

ナノテクノロジー・材料分野の 現状について

平成29年7月

文部科学省

参事官（ナノテクノロジー・物質・材料担当） 付

目次

1. ナノテクノロジー・材料科学技術分野における我が国の競争力 3
2. ナノテクノロジー・材料科学技術分野の政策及び国際動向 7
3. 【参考】ナノテクノロジー・材料科学技術分野における 22
文部科学省の取組

1. ナノテクノロジー・材料科学技術分野における 我が国の競争力

ナノテクノロジー・材料科学技術の動向

ナノテクノロジー・材料科学技術は、

エレクトロニクス、ライフサイエンス、環境・エネルギー等
幅広い産業課題・社会課題を解決に導く分野横断的な基盤技術。

我が国は産業において、高い国際競争力を有する。
学術においては、トップレベルを維持しつつも下降傾向。

欧米中韓とも国家イニシアティブの下、
政府投資を重点的に実施。

・欧米において集中研究拠点化・共用施設ネットワーク化等、
長期的な大規模投資を推進

✓ ナノレベルでの理論・解析・制御を徹底的に
追求し、革新的機能を持つ材料を絶えず創製
することが、次世代の産業競争力の生命線。

✓ 「元素を制する者は産業を制する」は
今や世界の共通認識。

宇宙



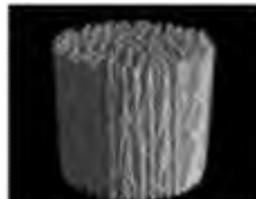
エンジンの
信頼性評価

環境



リサイクル
希少元素の分析

医療



しなやかな
人工骨

安全・安心



航空・船舶事故
の原因解析

都市・交通インフラ



補修・補強

産業技術



液晶TVの
バックライト

ナノテク・材料科学技術

微細構造解析・微細加工

新材料の創成

性能評価

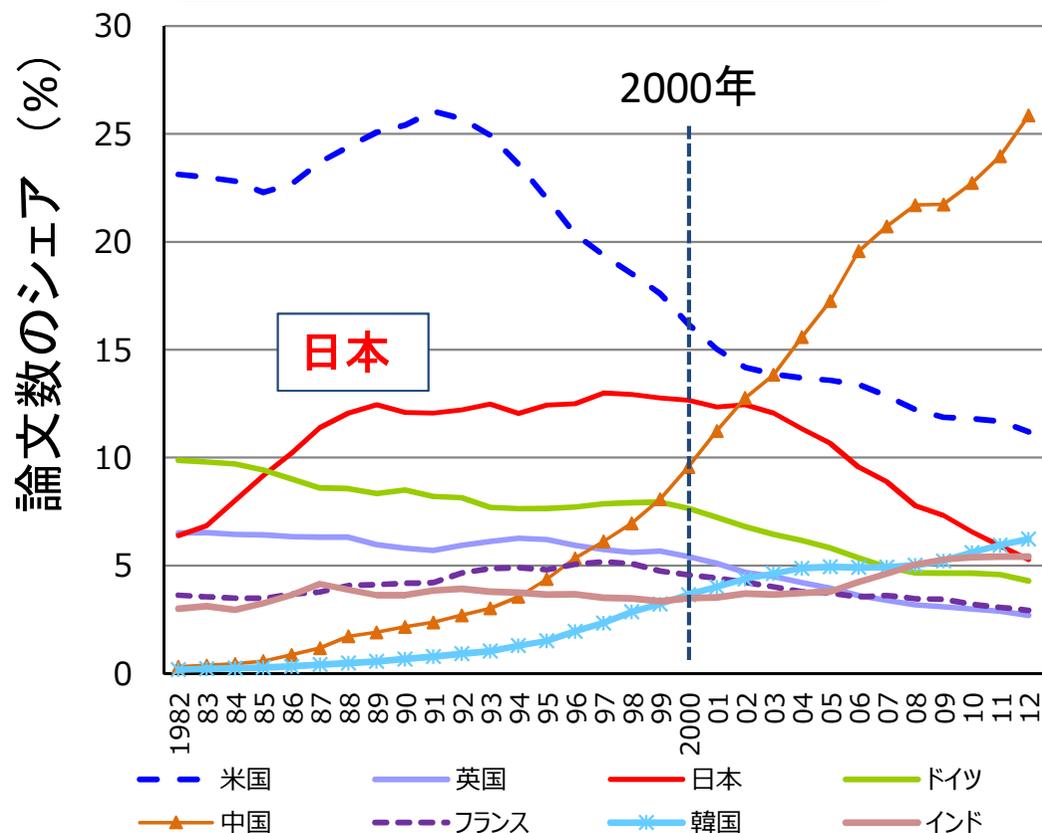
材料科学分野の学術論文数

□日本は、2000年頃まで論文の“量”、“質”（被引用回数 top10%）ともに世界2位の強さ

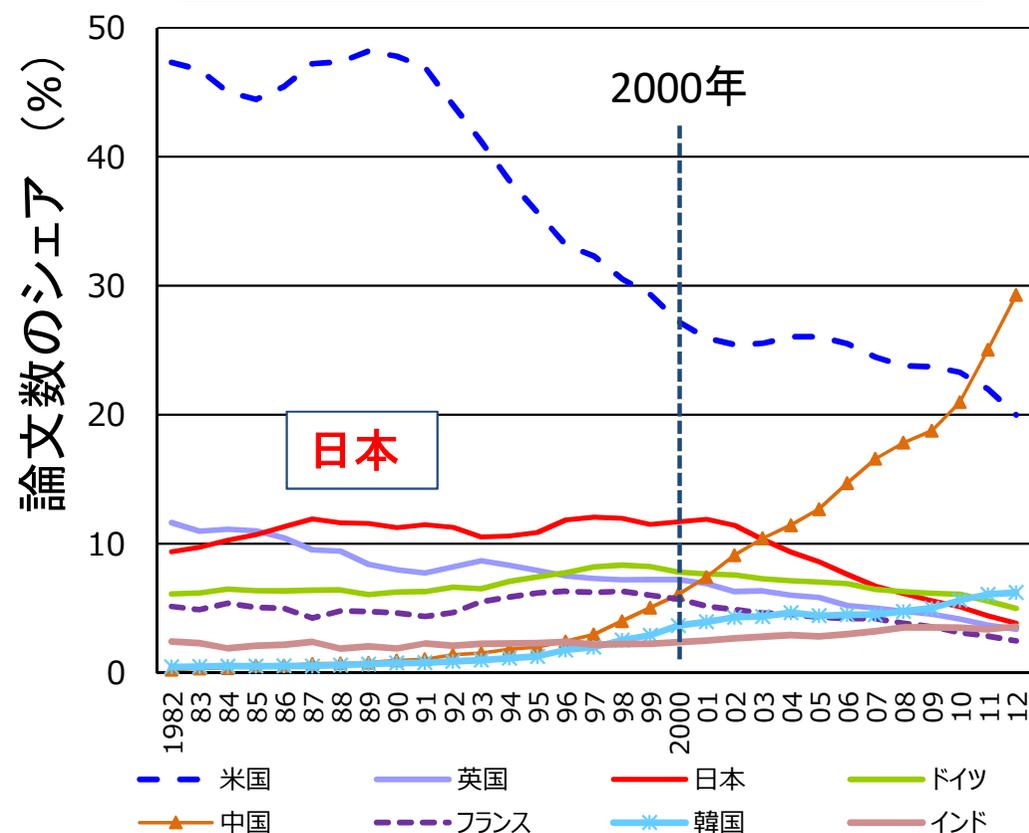
□2000年頃からの中国の急激な台頭、米・英・独・日・仏のシェアの相対的低下、韓国¹の追い上げ

→ 日本は現在、“量”において世界第5位、“質”において世界第5位

材料科学での論文数 – 全体



材料科学での論文数 – Top 10%



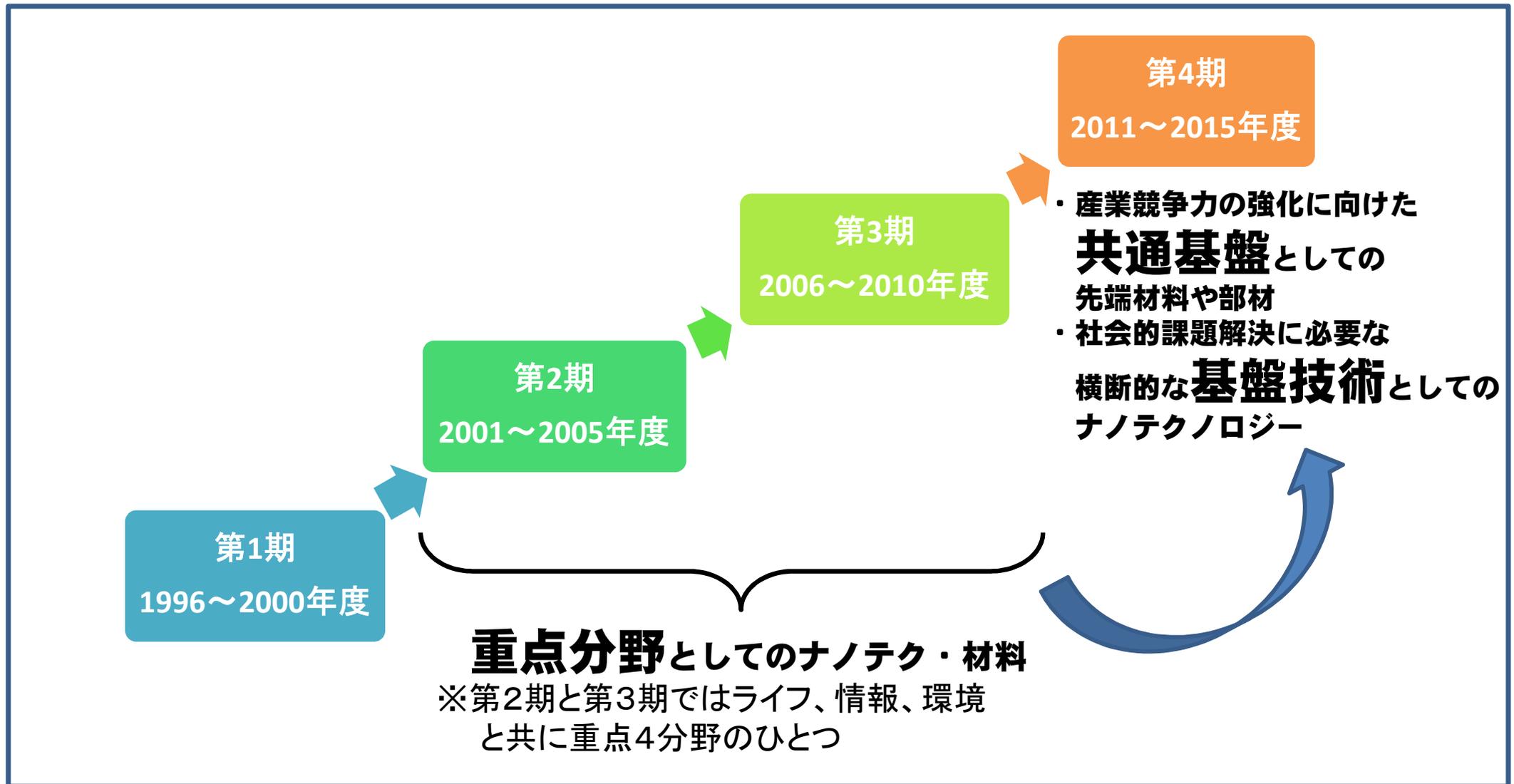
* 分数カウント法にて集計
* 被引用数は、2014年末の値を使用

(出典) 文部科学省 科学技術・学術政策研究所、研究論文に着目した日本の大学ベンチマーキング2015、調査資料-243、2015年12月を基に、文部科学省が加工・作成。

2. ナノテクノロジー・材料科学技術分野の政策 及び国際動向

これまでの基本計画における位置付け

基本計画において第2期及び第3期は重点分野として位置付け。
一方、第4期からは横断的な基盤技術の一つとしての位置付けに。



第5期基本計画においては、第4期より導入した「課題解決型アプローチ」に加え「未来創生型アプローチ」の考えを導入。特にナノテクノロジー・材料科学は、超スマート社会を支える「重要な基盤技術」として位置付け。

超スマート社会

- ◆ 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効率的かつきめ細やかに対応でき、あらゆる人が質の高いサービスを受けられ、年齢、性別、地域、言語等にかかわらず快適に暮らせる社会
- ◆ ICTを最大限に活用し、サイバー空間とフィジカル空間（現実世界）を融合させた取組により、人々に豊かさをもたらす未来社会の姿として共有
- ◆ その実現に向けた一連の取組を「Society5.0」とし、強力に推進



実現に向けた取組

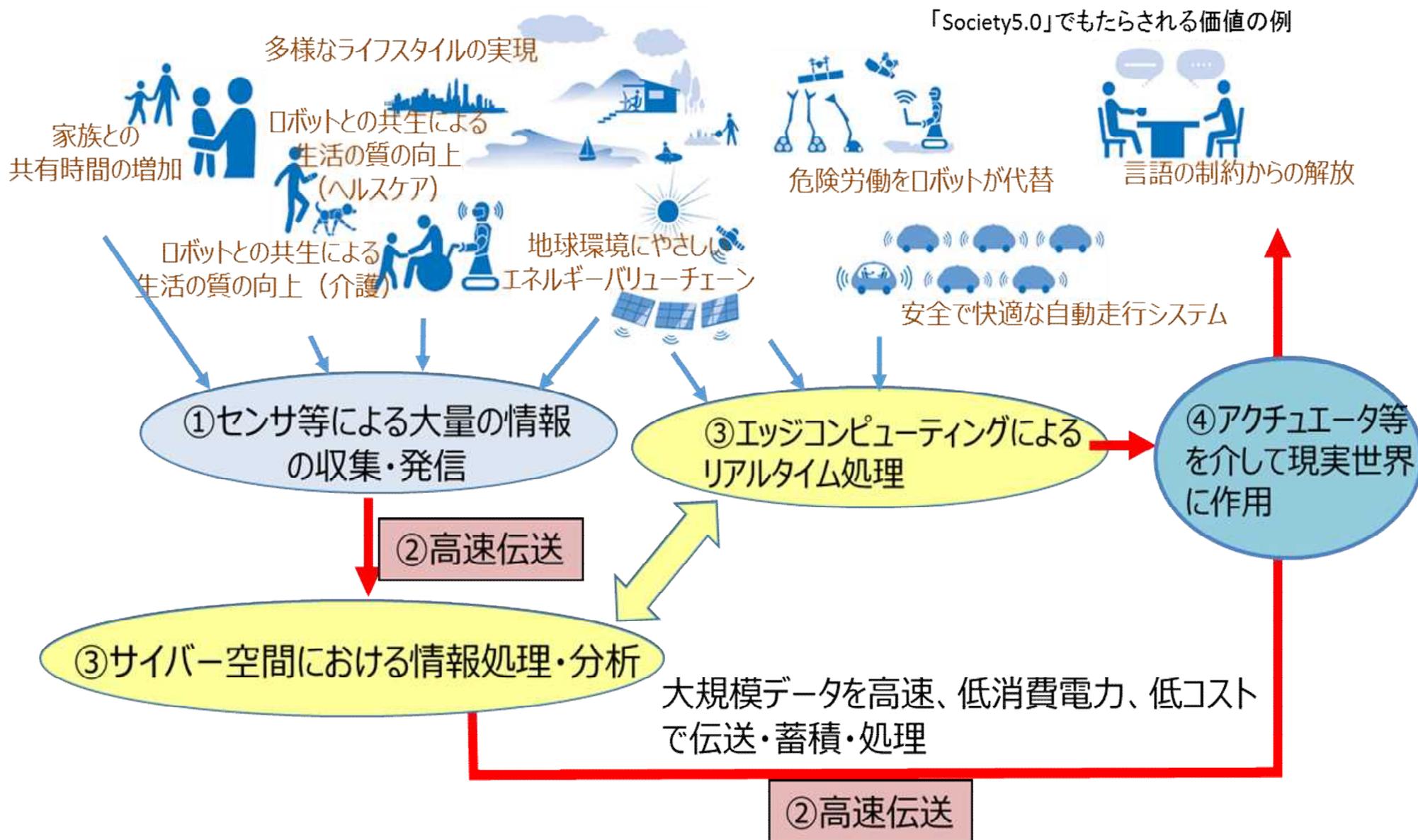
- 「超スマート社会」における競争力向上に向けた、基盤技術等の強化
 1. 超スマート社会サービスプラットフォームの構築に必要な基盤技術
 - IoTシステム構築技術、ビッグデータ技術、AI技術 等
 2. 個別のシステムで新たな価値創出のコアとなる強みを有する基盤技術
 - 革新的な構造材料や新機能材料など、様々なコンポーネントの高度化によりシステムの差別化につながる「素材・ナノテクノロジー」
 3. 基盤技術の強化の在り方
 - 10年程度先を見据えた中長期視野から、各技術において高い達成目標を設定
 - 特に、基礎研究から社会実装までをリニアモデルで進めるのではなく、相互に刺激しあいスパイラル的に研究開発することにより、新たな科学の創出、革新的技術の実現、実用化及び事業化を同時並行的に進めることのできる環境を整備

Society5.0とは、
狩猟社会、農耕社会、工業社会、情報社会に
続く、以下のような新たな経済社会をいう。

- ① 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、
- ② 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かに対応したモノやサービスを提供することで 経済的发展と社会的課題の解決を両立し、
- ③ 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

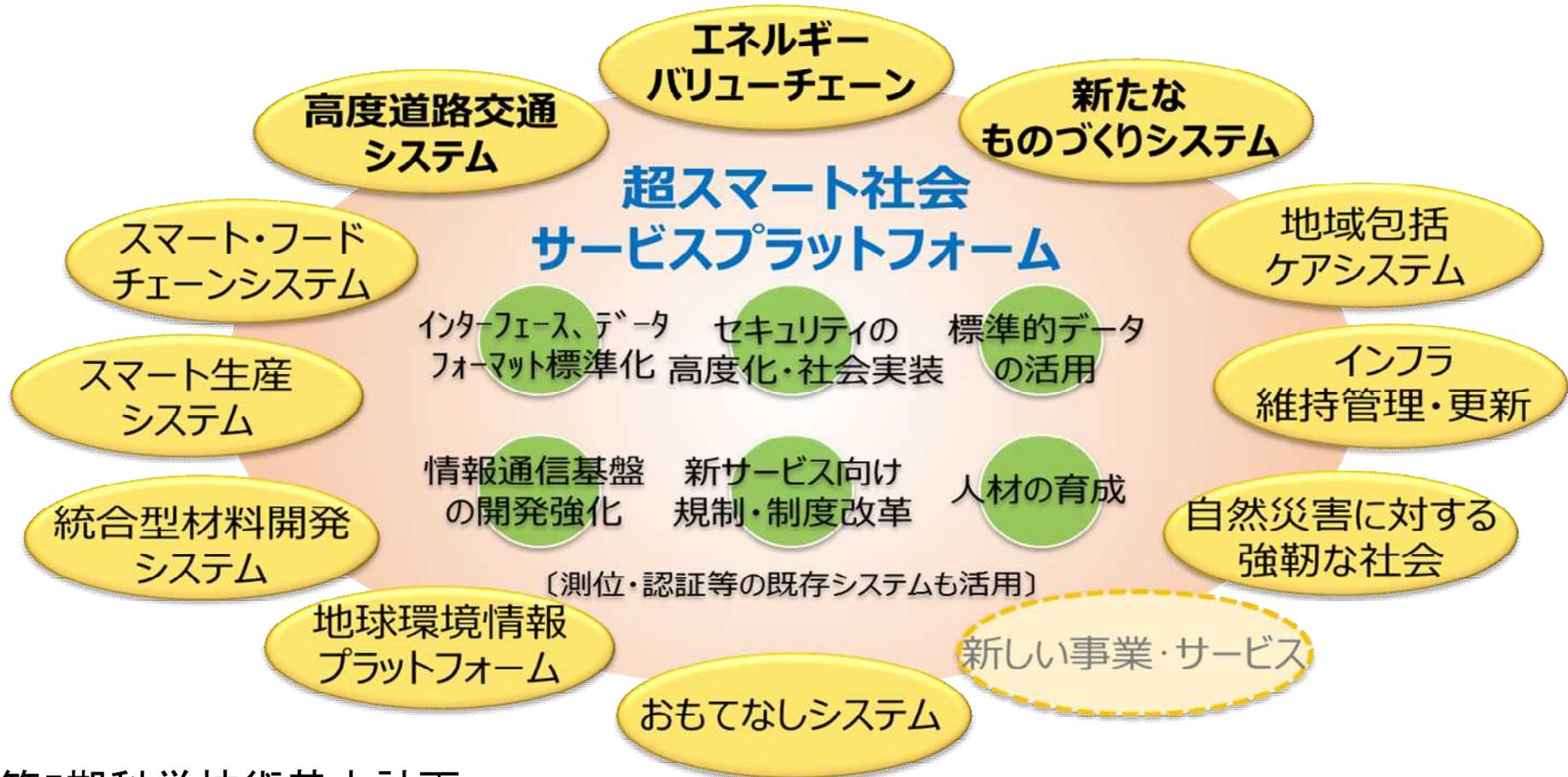


Society 5.0 : サイバー空間とフィジカル空間（現実空間）が高度に融合



超スマート社会 (Society 5.0) とは

「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かに対応でき、あらゆる人が質の高いサービスを受けられ、年齢、性別、地域、言語といった様々な違いを乗り越え、生き生きと快適に暮らすことのできる社会」であり、人々に豊かさをもたらすことが期待される



ターゲット領域の選定結果 (選定の視点を踏まえたターゲット領域検討委員会における検討結果)

平成30年度に設定することが望ましいターゲット領域候補 (3領域)

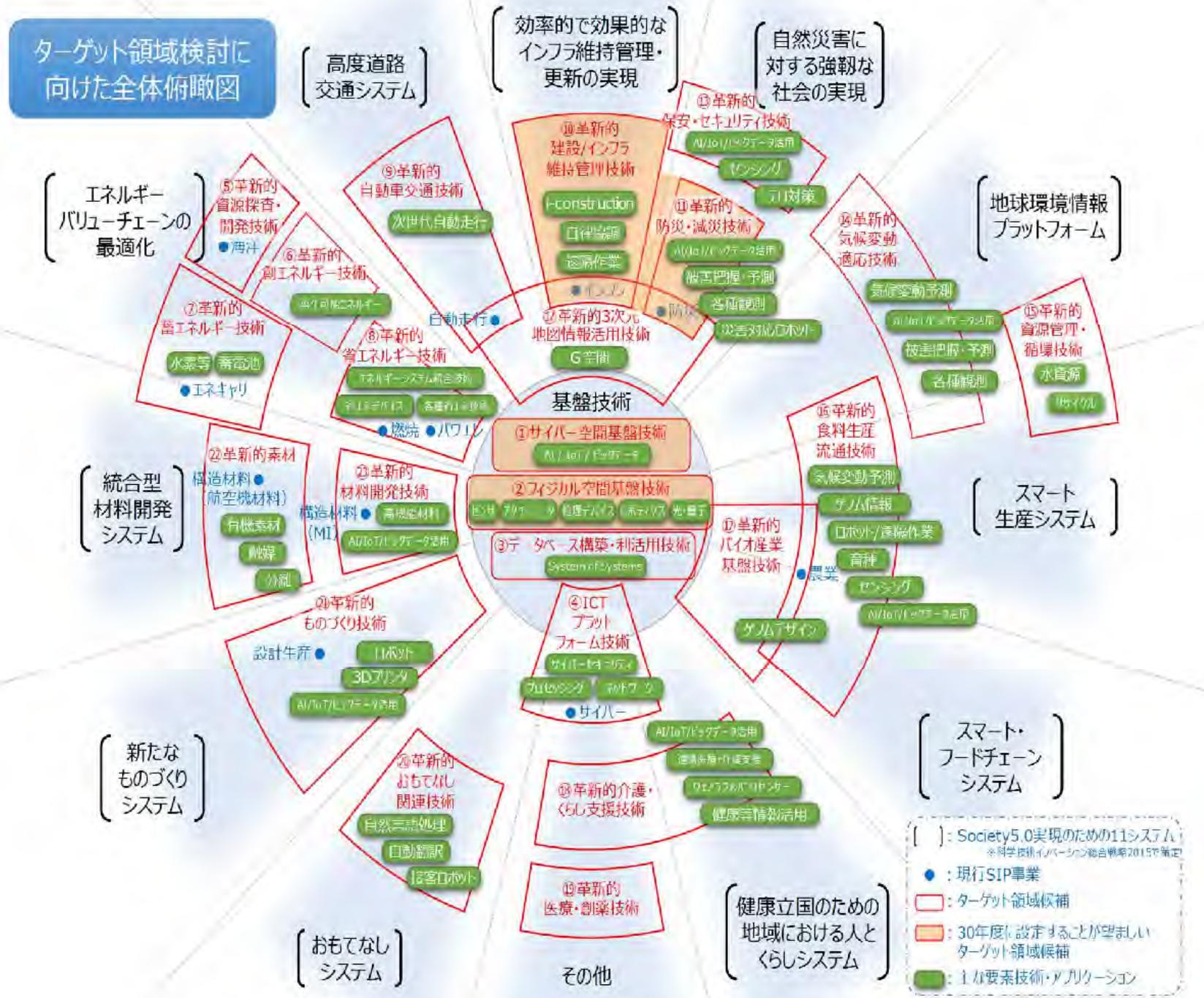
- ・ サイバー空間基盤技術 (AI / IoT / ビッグデータ)
- ・ フィジカル空間基盤技術 (センサ / アクチュエータ / 処理デバイス / ロボティクス / 光・量子)
- ・ 革新的建設・インフラ維持管理 / 革新的防災・減災技術

平成31年度以降に設定することが望ましいターゲット領域候補 (10領域)

- ・ データベース構築・利活用技術 (System of Systems)
- ・ ICTプラットフォーム技術 (サイバーセキュリティ/ネットワーク/プロセッシング)
- ・ 革新的蓄エネルギー技術/革新的省エネルギー技術
- ・ 革新的自動車交通技術/革新的三次元地図情報活用技術
- ・ 革新的ものづくり技術
- ・ 革新的介護・くらし支援技術
- ・ 革新的バイオ産業基盤技術
- ・ 革新的食料生産流通技術
- ・ 革新的医療・創薬技術
- ・ 革新的素材/革新的材料開発技術

※ 上記方針に基づき、各年度に設定するターゲット領域については、本プログラムへの予算措置や運用状況、戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) における次期課題等を勘案しつつ選定することが望ましい。

官民研究開発投資拡大プログラムに係る研究開発投資ターゲット領域②



科学技術イノベーション総合戦略2017【概要】

内閣府作成

5か年にわたる第5期科学技術基本計画(2016～2020年度)の下、科学技術イノベーション総合戦略を毎年度閣議決定し、来年度に向けて重きを置くべき取組を示す。

我が国を「世界で最もイノベーションに適した国」に変革すべく、以下の取組を推進。

赤字は総合戦略2017における新規事項・重要事項の主なもの

第1章 重点事項

世界に先駆けてSociety 5.0を実現するために特に重要な事項。以下に加え、卓越した研究拠点や多様な学術研究を生み出す研究環境を確保することも重要

(1) Society 5.0の実現

- 政府、産業界、学界が一体となり国民参加の下で推進
→若手研究者やベンチャー企業などのチャレンジを誘発
- 関係省庁等の取組を基礎研究から実用化まで一貫通貫で実施(基盤技術の強化、コネクテッド・インダストリーズの取組の推進など)
→SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)に関係省庁等の取組の方向性を合わせ推進
- Society 5.0のコンセプトを世界に共有すべく発信
→知識型社会を支えるビッグデータ活用プラットフォーム構築

(2) 「科学技術イノベーション官民投資拡大イニシアティブ」の着実な実行

GDP600兆円経済の実現に向け、総合科学技術・イノベーション会議(CSTI)の司令塔機能を強化し、3つのアクションを推進

① 予算編成プロセス改革アクション ※1

- 「科学技術イノベーション官民投資拡大推進費(仮称)」を創設。政府研究開発投資をテコとして民間研究開発投資を誘発、SIPと二本立ての相乗効果を発揮
- 「研究開発投資ターゲット領域」を設定し、各府省の研究開発施策を同領域に誘導
- SIP型マネジメントの各省への展開、ステージゲート評価の導入
→CSTIの司令塔機能の強化

② 研究開発投資拡大に向けた制度改革アクション ※2

- 大学と国研の聖域なき改革(「運営」から「経営」への脱却)の断行
- 「組織」対「組織」の本格的な産学連携の促進
- 多様な資金の獲得に向けた取組(保有資産の有効活用等)の充実
- 評価性資産(土地・株等)をはじめとする寄附の拡大
- 公共調達活用等による中小ベンチャー企業の育成・強化
- ベンチャー関係者等による技術シーズと市場ニーズの実効あるマッチングの推進
- 科学技術イノベーションによる地方創生の推進
- 産学官連携による科学技術イノベーションを支える人材の育成促進

③ 客観的根拠に基づく効果的な官民研究開発投資拡大アクション ※3

- 政府研究開発投資や政策効果等の「見える化」、適切な資源配分や評価の実現
- 重要な政策課題の判断材料を提供するエビデンスシステムの構築と活用
- 基本計画に基づく指標の継続的な検討、データの把握・公表によるフォローアップ
→客観的根拠に基づく政策のPDCAサイクルを実現

(3) 「Society 5.0の推進と政府研究開発投資目標の達成に向けて」の着実な実行

- Society 5.0の実現に貢献する等科学技術イノベーションに資することが期待される事業を特定(既存の事業に科学技術イノベーションの要素を導入することによりSociety 5.0の実現を目指すものを含む)
- 特定された施策について予算編成過程において重点が置かれるよう財務省と連携
→政府研究開発投資目標(対GDP比1%)を目指し、所要の規模の予算が確保されるよう努力

※1 第2章・第3章に記載するSociety 5.0実現のためのシステムに含まれる技術領域の中から、ターゲット領域として政府研究開発投資による民間投資誘発効果が高いと見込まれるものを選定

※2 第4章・第5章において具体的方策として、外部資金獲得の強化による資金源の多様化、国立大学改革・国研改革と研究資金改革との一体的推進等を記載

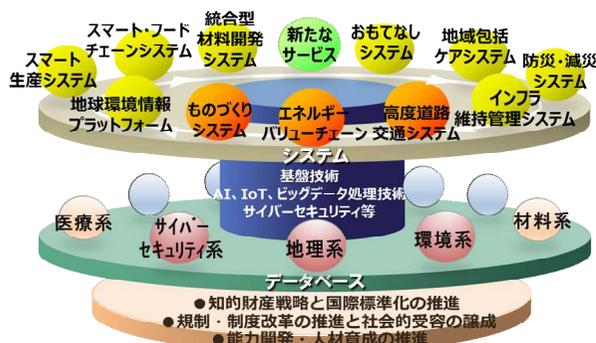
※3 第6章において具体的方策として、エビデンスに基づく実効性ある科学技術イノベーション政策の推進、司令塔機能の強化等について記載

Society 5.0とは

- 第5期科学技術基本計画で提示された未来社会の姿。
狩猟社会、農耕社会、工業社会、情報社会に続く、以下のような新たな経済社会をいう。
- 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かく
- 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的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



第2章 未来の産業創造と社会変革に向けた新たな価値創出の取組



Society 5.0を実現するプラットフォームのイメージ

(1) 未来に果敢に挑戦する研究開発と人材の強化

- ImPACTの継続的な運用の改善を通じた更なる発展
- 挑戦的研究開発を推進するプログラムの展開の促進

(2) 新たな経済社会としての「Society 5.0」を実現するプラットフォーム

- 新たな価値創出を容易とするプラットフォームを構築
- 「高度道路交通システム」、「エネルギーバリューチェーンの最適化」、「新たなものづくりシステム」をコアシステムとして開発

① 新たな価値やサービスの創出の基となるデータベースの構築と利活用

- 共通に活用可能な下記データベースの構築と利活用を先行的に推進(SIPの取組も活用)
- G空間や自動走行用地図等を基にした「地理系データベース」、気象データ及び衛星等による「環境系データベース」、サイバー攻撃等の情報収集に役立つ「サイバーセキュリティ系データベース」の構築

② プラットフォームを支える基盤技術の強化

- サイバー空間関連基盤技術の強化(AI技術、ネットワーク技術、ビッグデータ解析技術等)
- 人工知能技術戦略会議策定の産業化ロードマップ等を国家戦略とし、研究開発から社会実装まで政府一体で推進
- フィジカル空間関連基盤技術の強化(ロボット技術、デバイス技術、素材・ナノテクノロジー、光・量子技術等)

③ 知的財産戦略と国際標準化の推進

- 競争領域と協調領域の見極め
- データベース構築、データ利活用を推進するインターフェース、データフォーマット等の標準化を推進

④ 規制・制度改革の推進と社会的受容の醸成

- AIやロボットを活用する現場の課題を踏まえて、制度の見直しやルールの策定等を先行的に検討
- 科学技術イノベーションの進展による倫理的視点や社会的影響を含め、産業界、学界を交えて包括的に研究を実施

⑤ 能力開発・人材育成の推進

- IoT等を通じた新ビジネスの創出を担う人材等の育成
- 高度化する脅威に対するサイバーセキュリティの人材育成
- 数理科学や計算科学技術、データサイエンスの振興や人材育成

第3章 経済・社会的課題への対応

(1) 持続的な成長と地域社会の自律的な発展

① エネルギー、資源、食料の安定的な確保

i) エネルギーバリューチェーンの最適化

(エネルギープラットフォームの構築/クリーンなエネルギー供給の安定化と低コスト化/水素社会の実現に向けた新規技術や蓄電池の活用等によるエネルギー利用の安定化/革新的な材料・デバイス等の幅広い分野への適用/エネルギー・環境イノベーション戦略の推進)

ii) スマート・フードチェーンシステム

(バイオテクノロジーによる生物機能の高度利用/次世代育種システム/ニーズオリエンティッドな生産システム/加工・流通システム/実需者や消費者への有益情報伝達システム)

iii) スマート生産システム

(AI、IoT、ビックデータ解析等を活用した生産性向上)

② 超高齢化・人口減少社会等に対応する持続可能な社会の実現

i) 世界最先端の医療技術の実現による健康長寿社会の形成

ii) 高度道路交通システム

(自動走行システムに係る大規模実証実験等の開始、関連技術・システムの開発・実証の推進、応用実装・ビジネスモデルの確立)

iii) 健康立国のための地域における人とくらしシステム

(ICT等の活用による健康情報等の利活用の推進/支援を必要とする者の自立促進及び看護・介護等サービスの支援技術/人にやさしい住宅・街づくりに資する研究)

③ ものづくり・コトづくりの競争力向上

i) 新たなものづくりシステム

(サプライチェーンシステムのプラットフォーム構築/革新的な生産技術の開発)

ii) 統合型材料開発システム

(信頼性の高い材料データベースの構築/高速で高効率な材料試作計測・評価技術の確立)

(2) 国及び国民の安全・安心の確保と豊かで質の高い生活の実現

① 効率的かつ効果的なインフラ維持管理・更新・マネジメントの実現

(構造物の劣化・損傷等を正確に把握する技術/補修・更新の必要性を判断する評価技術/強度や耐久性を付与する技術/アセットマネジメントシステムの構築)

② 自然災害に対する強靱な社会の実現

(「予防力」「予測力」「対応力」の向上/府省庁連携災害情報共有方式の導入推進)

③ 国家安全保障上の諸課題への対応

(安全保障関係/テロ対策関係)

④ おもてなしシステム

(多言語音声翻訳システム/空間映像システム)

(3) 地球規模課題への対応と世界の発展への貢献

(地球環境情報プラットフォームの構築/生物多様性の保全を促す情報基盤の構築)

(4) 国家戦略上重要なフロンティアの開拓

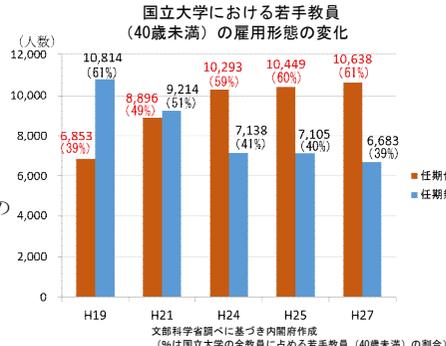
(民間宇宙ビジネスの拡大に備えた関連規制の整備等)

第4章 科学技術イノベーションの基盤的な力の強化

(1) 人材力の強化

① 知的プロフェッショナルとしての人材の育成・確保と活躍促進

- 国立大学や国研における先駆的な人事政策の促進(任期制若手研究者等の無期転換の増等)
- 組織の新陳代謝の促進(シニア研究者等の任期制への変更等)による若手の無期雇用ポスト確保
- 人材育成に資する産学協同の研究開発への投資促進
- 地域の特色を活かした教育研究や研究開発の強化



② 人材の多様性確保と流動化の促進

- 女性リーダーの登用促進、女性が継続的に活躍できる環境整備
- 国外の優秀な研究者の受入れ強化、国内への定着を促進する環境整備
- 産学官の壁を越えた人材流動化を促す制度(クロスポイント制度等)の導入促進

(2) 知の基盤の強化

① イノベーションの源泉としての学術研究と戦略的・要請的な基礎研究の推進

・大学や国研が改革(戦略的経営等)を断行し、民間とパートナーシップを築いて基礎研究に投資を呼び込む取組の加速

② 研究開発活動を支える共通基盤技術、施設・設備、情報基盤の戦略的強化

・ビックデータに対応した情報基盤等の強化や共用の促進

③ オープンサイエンスの推進

・知識型社会における国際的なルールメイキングへの対応と公的資金による研究成果のオープン化(データプラットフォームの整備等)

(3) 資金改革の強化

① 基盤的経費の改革

・大学や国研における長のリーダーシップによる改革の取組推進

② 外部資金獲得の強化による資金源の多様化

- 大学と同窓会組織とのつながりの強化など寄附文化・環境の醸成
- 評価性資産(土地・株等)の寄附拡大に向けた分析と評価性資産を寄附しやすい制度の在り方を検討
- 外部資金の獲得に積極的な大学等の事例収集と周知
- 国立大学の保有資産の利活用促進と老朽化対策等による施設機能向上、インキュベーション施設等としてのベンチャー企業等への貸付の促進

③ 公募型研究資金の改革

・公募型研究資金のより効果的・効率的な予算執行の実現

④ 国立大学改革・国研改革と研究資金改革との一体的推進

- 国研における出資機能の更なる活用の在り方を検討
- 対価としての株、新株予約権の取得と長期保有の在り方を検討
- 国立大学が自己収入をより効果的・効率的に活用する運用改善の推進と国研における適用の検討



第5章 イノベーション創出に向けた人材、知、資金の好循環システムの構築

(1) オープンイノベーションを推進する仕組みの強化

- 地方大学や中小企業も含めた「組織」対「組織」の大型の産学官共同研究を推進
- 部局横断的に研究者を組織、研究開発を集中管理する組織の設置支援
- ベンチャー関係者等による技術シーズと市場ニーズの実効あるマッチングの推進
- 国内外から産学官金のプレイヤーが結集し、異分野融合による研究開発、事業化、人材育成等を一体的に展開する「場」の形成

(2) 新規事業に挑戦する中小・ベンチャー企業の創出強化

- 小・中・高等学校から大学までを通じて起業家マインドを持つ人材の裾野拡大
- 大学発や国研発のベンチャー創出を促進する取組の推進
- 公共調達の活用等による中小ベンチャー企業の育成・強化
- 大学発ベンチャー等に係るデータベース構築、ベンチャーキャピタルとのマッチングの推進

(3) イノベーション創出に向けた知的財産・標準化戦略及び制度の見直しと整備

- ビックデータ、AI等に国際的視座から対応した知財システムの構築
- 標準化人材の育成や戦略的な標準化活動など国際標準化の変化への対応
- Society 5.0の実現に向けた規制・制度改革の推進とELSI(倫理的・法的・社会的課題)の視点を含めた社会的需要の醸成

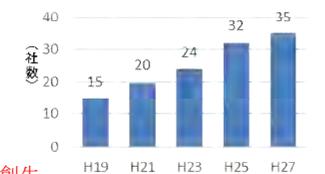
(4) 「地方創生」に資するイノベーションシステムの構築

- 地域経済の牽引役となる中核企業の発掘、一貫した成長支援
- 地域の強みや特性を生かした地域のコミットメントに基づく科学技術イノベーション施策による地方創生

(5) グローバルなニーズを先取りしたイノベーション創出機会の開拓

・グローバルニーズを先取りする研究開発や新ビジネスの創出に向けた分析体制の構築

大学発・国研発ベンチャー企業※の株式上場(IPO)企業数の推移



第6章 科学技術イノベーションの推進機能の強化

・大学や国研の聖域なき改革の断行

・研究開発の特性を踏まえた政府調達手続の迅速化(期間短縮等)

・エビデンスに基づく実効性ある科学技術イノベーション政策の推進とCSTIの司令塔機能強化

持続可能な開発目標(SDGs)

持続可能な開発目標 (Sustainable Development Goals: SDGs)

- ・ 2015年9月の国連サミットで全会一致で採択。
- ・ 先進国を含む国際社会全体の開発目標として、2030年を期限とする包括的な17の目標を設定。
- ・ 「誰一人取り残さない」社会の実現を目指し (=人間の安全保障の理念を反映)、経済・社会・環境をめぐる広範な課題に、統合的に取り組む。
- ・ 全ての関係者(先進国、途上国、民間企業、NGO、有識者等)の役割を重視。

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

世界を変えるための17の目標



【参考】世界経済フォーラムにて予定されているイベント

世界経済フォーラムにおいても「SDG」や「第4次産業革命」が注目される。

Sustainable Development Impact Summit

18-19 September 2017
New York, USA

- 2017年9月18-19日開催予定 <https://www.weforum.org/events/sustainable-development-impact-summit-2017>
- SDGs及びパリ協定に資するため開催。国連総会に集まる各界のリーダーと以下を目的に開催
 - 多様なステークホルダーのイニシアチブを強化
 - 新たなパートナーシップやアライアンスの構築を促進
 - 第4次産業革命に見られる先端技術を持続可能な発展へと活用するための方法を検討

Annual Meeting of the Global Future Councils

11-12 November 2017
Dubai, United Arab Emirates

- 2017年11月11-12日開催予定 <https://www.weforum.org/events/annual-meeting-of-the-global-future-councils-2017>
- Global Future Councilsのメンバーでよりよい未来を創るための検討を行う
- 第4次産業革命に関連したブレークスルーテクノロジーによる医療・エネルギー・インフラといった重要領域における体系的変化を促進させるための方法を検討

【参考】Top 10 Emerging Technologies of 2012-2016 (World Economic Forum)

	2012	2013	2014	2015	2016
1	Informatics for adding value to information 情報に価値を付加するための情報学	Online Electric Vehicles オンライン電気自動車	Body-adapted Wearable Electronics 身体適合型ウェアラブルエレクトロニクス	Fuel-cell vehicles 燃料電池車	Nano sensors and the Internet of Nanothings ナノセンサーとインターネット・オブ・ナノシングス
2	Synthetic biology and metabolic engineering 合成バイオロジーと代謝工学	3D printing and remote manufacturing 3D印刷とリモート製造	Nanostructured Carbon Composites ナノ構造炭素複合材	Next-generation robotics 次世代ロボット	Next Generation Batteries 次世代電池
3	Green Revolution 2.0-technologies for increased food and biomass グリーンレボリューション2.0 - 食糧やバイオマスを増やす技術	Self-healing materials 自己修復材料	Mining Metals from Desalination Brine 海水脱塩化廃棄物からの金属回収	Recyclable thermoset plastics リサイクル可能な熱硬化性プラスチック	The Blockchain ブロックチェーン
4	Nanoscale design of materials 物質のナノスケール設計	Energy-efficient water purification (高エネルギー効率システムによる水の浄化)	Grid-scale Electricity storage グリッドスケールの蓄電	Precise genetic-engineering techniques 遺伝子工学のための精密技術	2D Materials 二次元物質
5	Systems biology and computational modelling/simulation of chemical and biological systems システムバイオロジーと化学生物系のコンピュータモデリング/シミュレーション	Carbon dioxide conversion and use 二酸化炭素の変換と使用	Nanowire Lithium-ion Batteries ナノワイヤリチウムイオン電池	Additive manufacturing 積層造形	Autonomous Vehicles 自律走行車
6	Utilization of carbon dioxide as a resource 資源としての二酸化炭素の利用	Enhanced nutrition to drive health at the molecular level 分子レベルで健康促進する改良栄養素	Screenless Display スクリーンレスディスプレイ	Emergent artificial intelligence 創発する人工知能	Organs-on-chips 生体機能チップ
7	Wireless power 無線電力	Remote sensing リモートセンシング	Human Microbiome Therapeutics ヒトマイクロバイオーム(ヒト微生物叢)治療	Distributed manufacturing 分散型製造	Perovskite Solar Cells ペロブスカイト太陽電池
8	High energy density power systems 高エネルギー密度パワーシステム	Precise drug delivery through nanoscale engineering ナノ工学による精密ドラッグデリバリー	RNA-based Therapeutics RNAを用いた治療	'Sense and avoid' drones 環境認識、衝突回避能力をもつドローン	Open AI Ecosystem オープンAIエコシステム
9	Personalized medicine, nutrition and disease prevention テーラーメイド医療、栄養摂取と病気予防	Organic electronics and photovoltaics 有機エレクトロニクスと太陽光発電	Quantified Self(Predictive Analytics) 自己定量化(予測分析)	Neuromorphic technology ニューロモフィック(脳構造模倣)技術	Optogenetics 光遺伝学
10	Enhanced education technology 高度な教育技術	Fourth-generation reactors and nuclear-waste recycling 第4世代原子炉と核廃棄物のリサイクル	Brain-computer Interfaces ブレイン・コンピュータ・インターフェイス	Digital genome 遺伝子情報のデジタル化	Systems Metabolic Engineering システム代謝工学

日本のナノテクノロジー・材料科学技術政策の課題

【背景・課題】

○近年の科学技術の更なる進展やAI/IoT/ビッグデータの活用等による社会の変化により、ナノテクノロジー・材料分野の位置づけは大きく変化。Society5.0やSDGsといった新たな社会の実現に向けた取組も始まっている。

第5期科学技術基本計画では、分野横断的な基盤技術としての位置づけに加えて、Society5.0を実現するための「新たな価値創出のコアとなる強みを有する技術」として素材・ナノテクノロジーが新たに位置付けられ、その重要性が謳われている。

○国際的な動向を見てもナノテクノロジーや材料は引き続き重要分野という位置づけ。またIoNT(Internet of Nano Things)等、新たなトレンドが来る可能性。

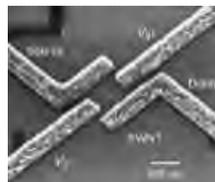
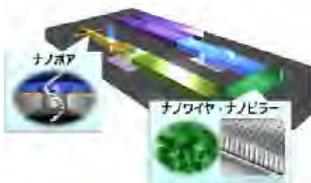
○我が国においても元素戦略やマテリアルズ・インフォマティクスに続く、新たな政策を打ち出す必要。

○ナノテクノロジー・材料分野における研究開発戦略検討作業部会では、**Society5.0等の未来社会の実現に向けて、ナノテクノロジー・材料分野の具体的な研究開発の方向性について御議論いただきたい。**

【検討キーワード(案)】

＜サイバーとフィジカルの高度な融合を実現する
基盤技術の革新＞

- ・人やあらゆる「もの」から情報を収集する「**センサ技術**」
- ・サイバー空間の処理・分析の結果を現実世界に作用させるための機構・駆動・制御に関する「**アクチュエータ技術**」



引用：NIMS、JST、東大 HP

＜11システムを中心とした他分野との融合による革新＞

- ・ナノ材×バイオ(例：バイオセンサー)
- ・ナノ材×サイバー(例：マテリアルズインフォマティクス)
- ・ナノ材×エネルギー・環境(例：固体燃料電池)
- ・ナノ材×社会インフラ(例：超軽量構造材料)

＜その他＞

- ・自己修復材料
- ・相反する特性を有する材料(硬くて靱性のある構造材料)
- ・非平衡な特性を有する材料(例：断熱・蓄熱等の熱制御技術)

【参考】事務局による有識者へのヒアリングから得られた論点

(1) 社会の役に立つ(革新的)材料(両立しえない複数の機能を持つ材料等)

(革新的な)材料を研究開発する際には、社会にどう役立つのかという具体的な用途イメージを持ちながら行うことが重要。その中でも両立しえない複数の機能(例えば、導電性がありかつ熱を発生しない等)を持つ材料を開発していくことが今後の鍵。これからの材料開発は必ずしも新しい物質・材料である必要はなく、既存の材料をプロセッシングにより高度化する技術や別の用途へ展開するという発想の転換も重要。

(2) 生物のメカニズムを取り込んだ材料創製

これまでバイオミメティクスは構造ばかりが注目されてきたが、ある特定の生物の機能・プロセスに学び、それを人工的に再現・再構成することで、元来生物が有している機能と情報が融合したシステムを超えたものを創出するといった観点での材料創製も新機軸。例えば環境に適応する生物の進化(DNA)のように、既存の材料に生物のプロセスを加える人工的な進化の観点を取り入れるといった考え方は期待が高い。

(3) サイバーとフィジカルをつなぐ新たな材料創製

デジタル化時代の進展に伴い、デジタルツインという概念も生まれている。そのような進展の中で、サイバーとフィジカルをつなぐセンサ・情報処理・アクチュエータというシステムの存在は重要だが、それぞれをデバイスでつなぐという考えは陳腐化している。更なる未来社会の実現には材料自身が情報を持ち、サイバーとフィジカルを直接つなぐ、という発想も必要。

※デジタルツイン: 現実の世界に存在するモノから様々なデータを収集し、現実の世界をコンピュータ上で(リアルタイムに)再現するもの。

(4) 新たな材料開発手法

情報科学・データ科学等を活用したMIや、これまでの還元論的な材料開発ではない、階層を取り払った材料開発、脳科学(ニューラルネットワーク)の活用など、材料の開発手法そのものに、新しく発展してきたサイエンスの成果を導入していくことが必要。また、何と何をどのように融合・統合するか、といった視点を組み込んだ材料開発も重要。

3. 【参考】ナノテクノロジー・材料科学技術分野における 文部科学省の取組

文部科学省における研究開発計画について①

第5期科学技術基本計画が閣議決定(平成28年1月22日)されたことを踏まえ、研究計画・評価分科会(以下計評分科会)及びナノテクノロジー・材料科学技術委員会において、主に第5期基本計画の第2章及び第3章に関する研究開発課題に対応するため、今後10年程度を見通し、おおむね5年程度を計画の対象期間として、今後実施すべき「重点的に実施すべき研究開発の取組」及び「推進方策」について、「研究開発計画」を取りまとめた(平成29年2月8日)。

【目次】

第1章 未来社会を見据えた先端基盤技術の強化

I. 大目標

2. 大目標達成のために必要な中目標(ナノテクノロジー・材料科学技術分野)

(1) 中目標達成状況の評価のため指標

(2) 中目標達成のために重点的に推進すべき研究開発の取組

① 未来社会における新たな価値創出に向けた研究開発の推進

ア. 未来社会としての「超スマート社会」を実現する機能性材料・構造材料研究

イ. 新たな研究開発手法の開発

(i) 社会システムを俯瞰した材料開発

(ii) データ駆動型の材料設計手法の開発

(iii) 材料開発に資するプロセス技術の開発

(iv) 先端材料計測解析技術の開発

ウ. 新たな技術領域・未来社会を切り拓く挑戦的な基礎・基盤研究の強化

【目次】

②広範な社会的課題の解決に資する研究開発の推進

ア.エネルギーの安定的な確保とエネルギー利用の効率化

イ.資源の安定的な確保と循環的な利用

ウ.世界最先端の医療技術の実現による健康長寿社会の形成

エ.効率的・効果的なインフラの長寿命化への対策／国及び国民の安全・安心の確保と豊かで質の高い生活の実現

オ.ものづくりの競争力向上

カ.更なる社会課題への対応

Ⅱ. 研究開発の企画・推進・評価を行う上で留意すべき推進方策

(1)人材育成

(2)オープンサイエンスの推進

(3)オープンイノベーション(産学連携)の推進

(4)知的財産・標準化戦略

(5)社会との関係深化

ア. ナノテクノロジーにおける人文社会科学的視点の導入

イ. 情報発信・アウトリーチ

(6)ナノテクノロジー・材料科学技術を支える基盤の強化・活用

ア.最先端の研究施設・設備の整備・共用・活用等

イ.知的基盤としてのデータプラットフォームの整備・利活用

(7)国内外の研究ネットワーク構築の強化

(8)戦略的研究テーマ等の提案力の向上

(9)分野融合の推進

文部科学省におけるナノテクノロジー・材料科学技術分野 主な研究開発の取組

①日本のナノテク・材料科学技術分野を支える中核拠点

◆国立研究開発法人 物質・材料研究機構（NIMS）：29年度予算額 運営費交付金 135億円（120億円）

うち 革新的材料開発力強化プログラム：16億円（新規）※データプラットフォーム拠点関係経費として5億円を含む
-基礎研究と産業界のニーズの融合による革新的材料創出の場や、世界中の研究者が集うグローバル拠点の構築、これらの活動を最大化する最先端機器やデータプラットフォーム等の研究基盤を整備。

②先鋭的な研究開発領域

◆元素戦略プロジェクト：29年度予算額 20億円（20億円）

-長期的視野に立ち希少元素（レアアース等）を用いない革新的な代替材料を創製。

（4つの材料領域（拠点型） ①磁石材料 ②触媒・電池材料 ③電子材料 ④構造材料）

◆統合型材料開発プロジェクト：29年度予算額 3億円（3億円）

-材料研究とライフサイクル設計を同時に行うことで社会実装での課題を回避し、研究開発の加速・実用化に向けた革新的な材料研究（太陽電池・二次電池・燃料電池）を実施。

③共通基盤としての事業

◆ナノテクノロジープラットフォーム：29年度予算額 16億円（17億円）

-最先端装置の共有化による研究基盤の強化。（微細構造解析/微細加工/分子・物質合成）

*その他、戦略的創造研究推進事業/環境エネルギー分野での取組/産学連携事業における取組 等

革新的材料開発力強化プログラム ~M³(M-cube)プログラム~

平成29年度予算額 : 1,581百万円 (新規)
※運営費交付金中の推計額

我が国が伝統的に強みを有し、「超スマート社会」実現の基盤技術であるナノテク・材料分野においてイノベーションの創出を強力に推進するため、その中核であり、特定国立研究開発法人となる「物質・材料研究機構(NIMS)」に、基礎研究と産業界の民間ニーズの融合による未来を見据えた非連続な革新的材料創出の場や、世界の研究機関や企業の研究者が集うグローバル拠点、全国の物質・材料開発のネットワーク化/最先端計測・データ基盤整備による知見の集約・提供・提案を行う機能を構築する。

産業界、研究機関による【オープンイノベーション】の推進

MOP (Materials Open Platform)

各民間企業の持つ「基礎研究所」の一部機能をNIMSに誘致し、NIMSを中核とした**産業界と大学等**を結ぶ**業界別のOpen Platform**を形成



世界中の人・モノ・資金が集まる【国際研究拠点】の構築

MGC (Materials Global Center)

NIMSにおいて、国内外から優れた若手研究者を招聘するプログラムを実施し、その人材を育成することで呼び水とし、**世界中の連携機関から[人]・[モノ]・[資金]**がNIMSに集まる**グローバル拠点を構築**



- ① 優秀な国際人材を確保、育成
- ② 機関間連携の構築・強化 (人材交流、モノ・資金のNIMSへの集約)
- ③ 若手研究者のキャリアパスの多様化 (人的・機関ネットワーク構築)
- ④ 長期的な協力関係構築

我が国産業競争力の確保

All Japanの材料開発力を強化

グローバルなネットワーク構築により日本の材料開発力を牽引

MOPやMGCの活動を最大化するための【世界最高水準の研究基盤】の構築

MRB (Materials Research Bank)

【提案力の向上】 将来を見据えた戦略的研究テーマの提案

知識・知見
(Database, 生き字引)

智恵
(解釈・応用・戦略)

技
(操作・技能・ノウハウ)

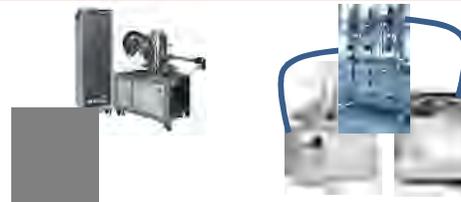
モノ
(装置・設備・施設)

【地方創生】
地方大学との共同研究等による
全国研究ネットワークを構築

NIMS×地方大学



【世界最先端機器の整備】
魅力的な研究環境の整備・活用



【世界最大級の物質・材料データプラットフォームの構築】



元素戦略プロジェクト

背景

○レアアース等の材料の高性能化に必須な希少元素※の世界的な需要急増や資源国の輸出管理政策により、深刻な供給不足を経験した我が国では、**資源リスクを克服・超越する「元素戦略」が必要不可欠**。

※ハイブリッド自動車のモーター用高性能磁石や、モバイル機器の大容量電池などあらゆる先端産業製品に利用されている。

○ナノレベル(原子・分子レベル)での理論・解析・制御により**元素の秘めた機能を自在に活用することが**、未知なる高機能材料の創製、ひいては**産業競争力の鍵**。

概要

- ・我が国の資源制約を克服し、産業競争力を強化するため、**希少元素を用いない、全く新しい代替材料を創製**。
- ・産業競争力に直結する4つの材料領域を特定し、トップレベルの研究者集団により、**元素の機能の理論的解明から新材料の創製、特性評価までを一体的に推進する研究拠点を形成**。
- ・平成29年度は、特に、物材機構の情報統合型物質・材料研究拠点との連携等によるマテリアルズ・インフォマティクスのさらなる活用により物質の原子レベル解析と電子論への展開、特性評価の強化を図る。

【推進体制】

分野の壁を打破

～理論と実験、理学と工学、物理と化学の**徹底的な融合**～

電子論グループ

基礎科学に立脚した、**新機能・高機能な材料の提案**

3グループ(歯車)を一体的に推進

材料創製グループ

目的とする機能を有する**新材料の作製**

解析評価グループ

新材料の**特性の評価**、問題点の検討

省庁の壁を打破

成果の速やかな実用化に向け経産省事業との連携体制を構築

経済産業省

・未来開拓研究プロジェクト

企業等

・材料領域(拠点設置機関):

- ①磁石材料(物質・材料研究機構)
- ②触媒・電池材料(京都大学)
- ③電子材料(東京工業大学)
- ④構造材料(京都大学)

・事業期間:10年(H24年度～)

平成29年度のポイント

- 元素機能の理解の更なる深化を目指し、元素戦略の思想とデータ科学の融合による研究の加速
- 中間評価を受けた平成28年度の研究成果を踏まえながら各拠点到に戦略的に配分

ナノテクノロジープラットフォーム

背景

- ・**ナノテクノロジー・材料科学技術**は、我が国が強みを有する分野として、基幹産業(自動車、エレクトロニクス等)をはじめ、あらゆる産業の技術革新を支える、**我が国の成長及び国際競争力の源泉**。
- ・しかし、近年、先進国に加えて、中国、韓国をはじめとする新興国が戦略的な資金投入を行い、**国際競争が激化**。
- ・世界各国が鎬を削る中、ナノテクノロジーに関する最先端設備の有効活用と相互のネットワーク化を促進し、我が国の**部素材開発の基礎力引上げとイノベーション創出に向けた強固な研究基盤の形成**が不可欠。

概要

- ・**ナノテクノロジーに関する最先端の研究設備とその活用のノウハウ**を有する大学・研究機関が連携し、**全国的な共用体制を構築**。
 - ・部素材開発に必要な技術(①微細構造解析②微細加工③分子・物質合成)に対応した強固なプラットフォームを形成し、若手研究者を含む産学官の利用者に対して、**最先端の計測、評価、加工設備の利用機会を、高度な技術支援とともに提供**。
- ①:プラットフォームは一体的な運営方針(外部共用に係る目標設定、ワンストップサービス、利用手続の共通化等)の下で運営。
 - ②:産業界をはじめ、利用者のニーズを集約・分析するとともに、**研究現場の技術的課題に対し、総合的な解決法を提供**。
 - ③:施設・設備の共用を通じた交流や知の集約によって、**産学官連携、異分野融合、人材育成を推進**。

【事業内容】

○事業期間:10年(平成24年度発足)

○技術領域:

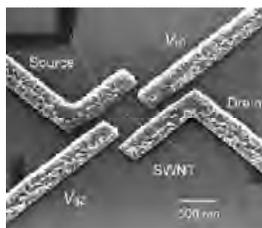
微細構造解析 <10機関>

超高压透過型電子顕微鏡、高性能電子顕微鏡(STEM)、放射光 等



微細加工 <16機関>

電子線描画装置、エッチング装置、イオンビーム加工装置、スパッタ装置 等



分子・物質合成 <11機関>

分子合成装置、分子設計用シミュレーション、システム質量分析装置 等



【プラットフォームの目標】

- 最先端研究設備及び研究支援能力を分野横断的にかつ最適な組合せで提供できる体制を構築して、**産業界の技術課題の解決**に貢献。
- 全国の産学官の利用者に対して、**利用機会が平等に開かれ、高い利用満足度を得るための研究支援機能を有する共用システムを構築**。
(外部共用率達成目標:国支援の共用設備50%以上、それ以外30%以上)
- 利用者や技術支援者等の国内での相互交流や海外の先端共用施設ネットワークとの交流等を継続的に実施することを通じて、**利用者の研究能力や技術支援者の専門能力を向上**。

統合型材料開発プロジェクト

背景

- ・ 持続可能な未来社会を実現するためには、既存の研究開発の延長ではなく、「ズームアウト」の視点による社会システム全体を俯瞰した目標設定と、「ズームイン」の視点による要素技術課題へのブレークダウンの双方が必要である。
- ・ 地球温暖化問題の解決へ向けた二酸化炭素排出量削減のためには、再生可能エネルギーの導入・拡大が求められており、太陽光の時・空間的偏在性を克服して安定的にエネルギーを供給するために重要な材料技術として、太陽光発電などの発電技術に加えて、発電した電力を貯蔵する二次電池、発電した電力を水素等のエネルギーキャリアへ変換して貯蔵・輸送したうえで電力へ再変換する燃料電池等が挙げられている。

概要

- ・ 本プロジェクトでは、太陽光エネルギーから出発するエネルギーフローに関わる一連の材料技術である太陽光発電、電力貯蔵用二次電池、及び燃料電池を出口側の対象として、技術シーズの源泉となる基礎基盤研究を強化し、出口課題の実用化に向けた研究開発を推進する。
- ・ 研究開発に当たっては、未来社会のニーズと材料シーズの適切なマッチングを図るため、社会システム全体を俯瞰した技術統合と理論・計測・材料創製を融合した材料研究との協働により研究開発を推進する。

研究内容・実施体制

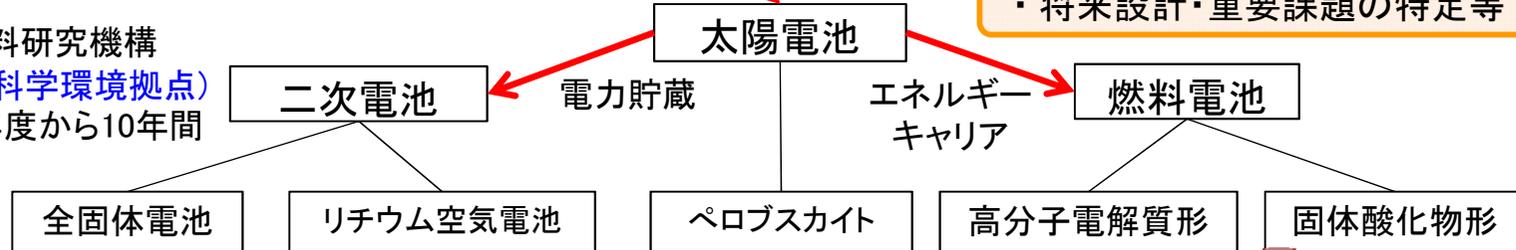
未来社会のニーズ
 再生可能エネルギーを活用した持続可能な未来社会

研究課題 ▶ 太陽光エネルギーから出発するエネルギーフローに関わる一連の重要技術

- ・ 中核機関: 物質・材料研究機構 (ナノ材料科学環境拠点)
- ・ 実施期間: 平成21年度から10年間

＜技術統合化ユニット＞
 社会システム全体俯瞰と材料研究との協働

- ・ 現状特性の精査・将来特性の見込評価
- ・ 将来設計・重要課題の特定等



経験的な材料開発を脱却し、合理的に材料設計を行うために、計算科学・先端計測・材料創製を融合した研究開発のハブ拠点を世界に先駆けて形成



ナノテク・物質・材料分野から見た文部科学省関連施策 (俯瞰マップ)

 : ナノテクノロジー・物質・材料分野を主眼とした研究開発事業
 : ナノテクノロジー・物質・材料分野に特定しない研究開発事業

