

JST研究開発戦略センター（CRDS）の 取り組みについて

2019年11月6日

研究開発戦略センター

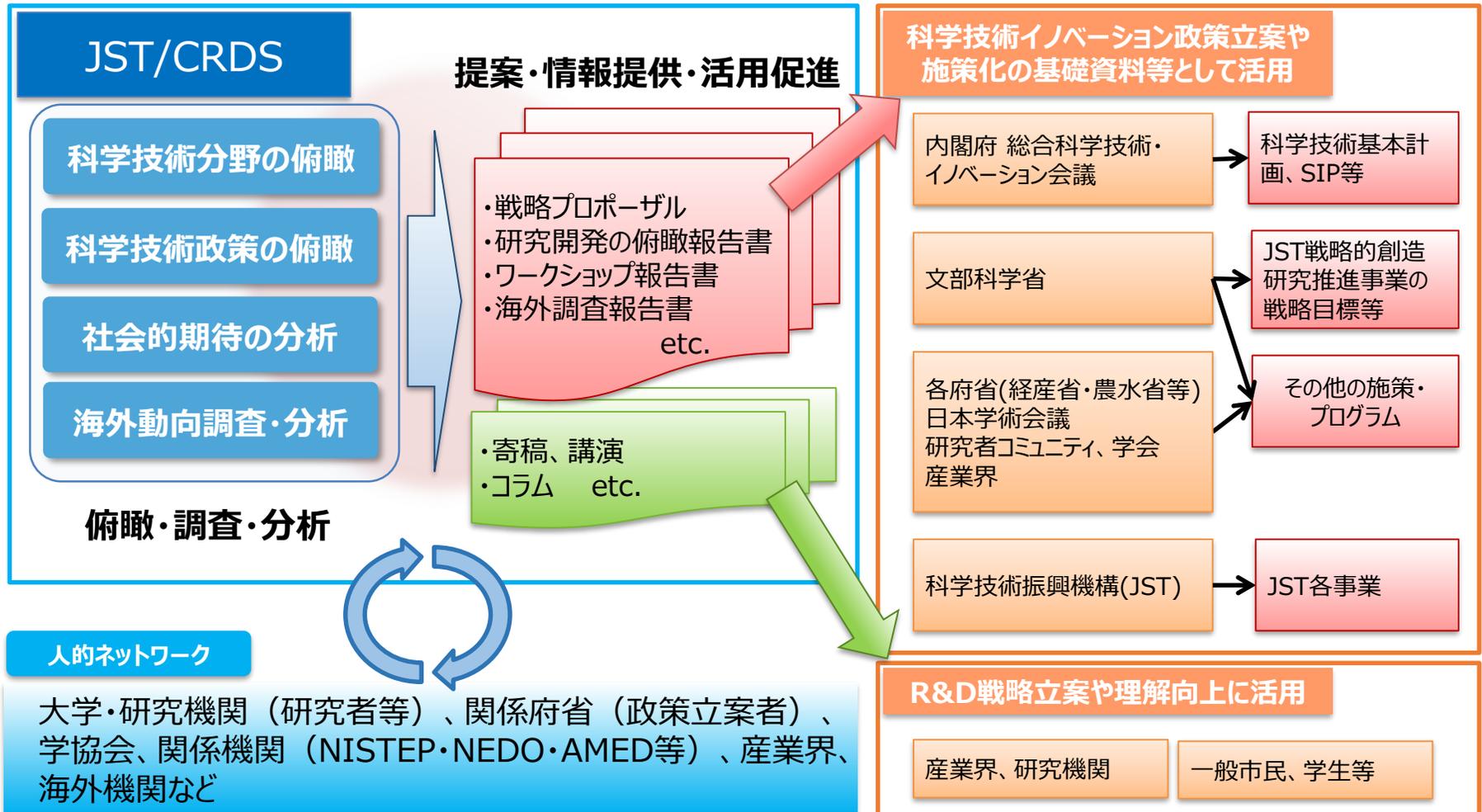
企画運営室長・フェロー 中山 智弘



国立研究開発法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター
Center for Research and Development Strategy Japan Science and Technology Agency

CRDSの活動概要

- ①国内外の社会や科学技術イノベーションの動向及びそれらに関する政策動向を把握し、俯瞰し、分析します。
- ②俯瞰報告書や研究開発戦略提言「戦略プロポーザル」をとりまとめ、提言の実現に向けた取組を行います。
- ③ワークショップ等を開催し、関係者の共通認識の醸成を図っています。



CRDSの主要なアウトプット

(件数は2019年10月31日時点)

■ 研究開発の俯瞰報告書：2年に1度、各分野報告書を発行

- 各分野の研究開発分野の全体像（俯瞰の構造と範囲、歴史、現状、今後の展開）や主要な研究開発領域ごとの動向や国際比較等を取りまとめたもの
- 別冊として主要国の研究開発戦略、科学技術イノベーション政策の変遷、等を発行

⇒文部科学省、内閣府などの関係府省や研究コミュニティ、産業界などが

政策・施策や研究開発戦略立案の基礎資料・根拠資料（エビデンス）として活用

■ 戦略プロポーザル：これまでに135件を発行（2004年～）

- わが国が取り組むべき研究開発に関する政策提言

⇒文部科学省、内閣府、経済産業省などにおける施策への活用



■ 調査報告書等：これまでに494件を発行（2004年～）

- 調査報告書：科学技術イノベーションや関連する政策の最新動向を取りまとめ
- 海外動向報告：国ごと、テーマごとに科学技術イノベーション政策動向や国際比較等を取りまとめ

⇒政府、産業界、アカデミア等、内外で広く活用

各種報告書はCRDSのウェブサイトからダウンロード頂けます
(CRDSウェブサイト：<https://www.jst.go.jp/crds/report/index.html>)



研究開発の俯瞰報告書（2019年）の概要

全7冊・約2,500頁
フェローが執筆

■ 統合版（2019年）～俯瞰と潮流～

各分野の注目動向や**分野を超えた動き**を俯瞰、「**社会との関わり**」の視点も重視。
今後の我が国の科学技術イノベーション政策を議論する上でのポイントや課題を提案。



■ 科学技術分野別（4分野）

●環境・エネルギー分野 ●システム・情報科学技術分野 ●ナノテクノロジー・材料分野 ●ライフサイエンス・臨床医学分野

各分野の研究開発分野の全体像（俯瞰の構造と範囲、歴史、現状、今後の展開）や主要な研究開発領域ごとの動向や国際比較等を記載

1. 研究対象分野の全体像

- ・俯瞰の範囲と構造
- ・分野の研究開発を取り巻く現状
(社会・経済の動向、研究開発の動向等)
- ・今後の展望・方向性
(日本の研究開発力の現状、推進すべきテーマ等)

2. 研究開発領域（全126領域）ごとに以下を詳述

- ・研究開発領域の定義と概要
- ・国内外の注目動向
- ・科学技術的課題、その他の課題
- ・日、米、欧、中、韓等の国際比較

■ 主要国の研究開発戦略 ※毎年発行

主要国（日、米、EU、英、独、仏、中、韓、印）の科学技術政策立案体制、ファンディング・システム、科学技術基本政策、研究基盤政策、研究開発投資戦略等を記載。インドは2019年に新規追加。

■ 日本の科学技術イノベーション政策の変遷

我が国の科学技術イノベーション政策・予算の動向や、主要事業、新たな動向等を記載。

研究開発の俯瞰報告書作成プロセス

CRDSの主な手法 =

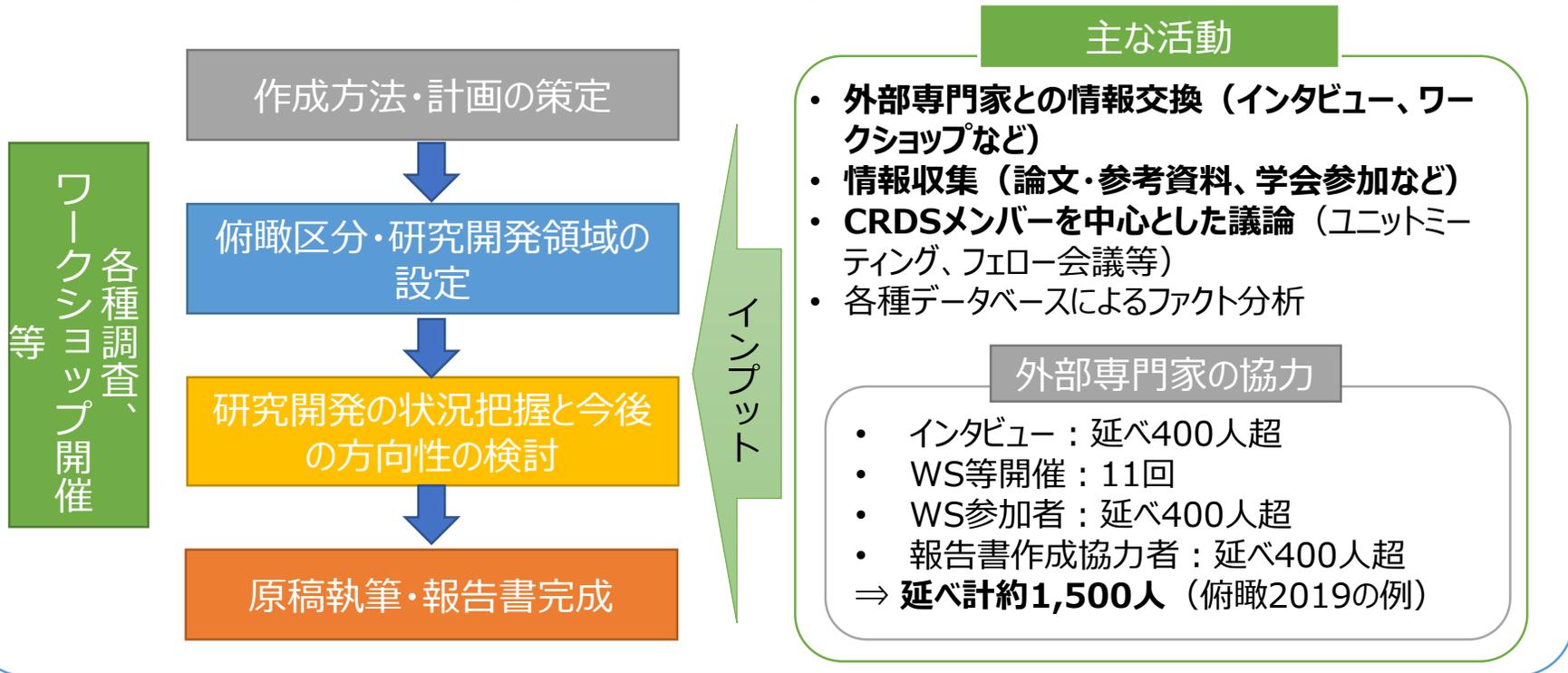
動の情報
(学会での情報収集や
インタビュー)

静の情報
(論文等の調査)

×

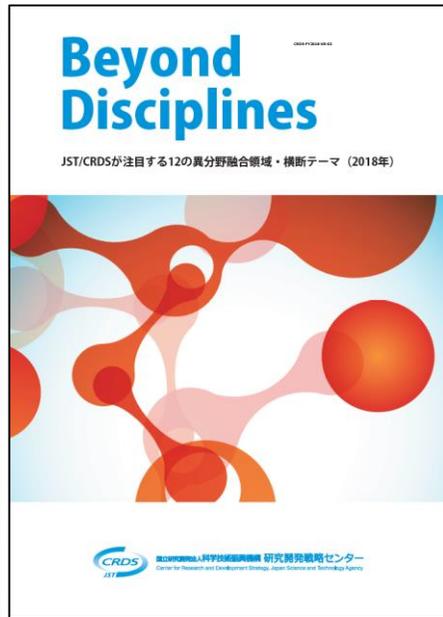
視点は高く広く
(多様な関係者との議
論、ワークショップ等)

俯瞰報告書の主な作成プロセス



俯瞰活動はCRDSの基盤。「それだけを見てそれを大事というなかれ」

融合・横断



2018年8月28日 公開

Beyond Disciplines

—JST/CRDSが注目する12の異分野融合領域・横断テーマ (2018年)—

- 世界的に注目される「異分野融合型研究」に着目して作成
- コンテンツ
 - 「融合」の考え方
 - 具体的な研究テーマ・システムの事例
 - 融合を考え、推進する上で参考となる国内外の制度やプログラム
- 対象
 - 研究者・技術者に限らず、政策立案者、政治家、企業人、学生等

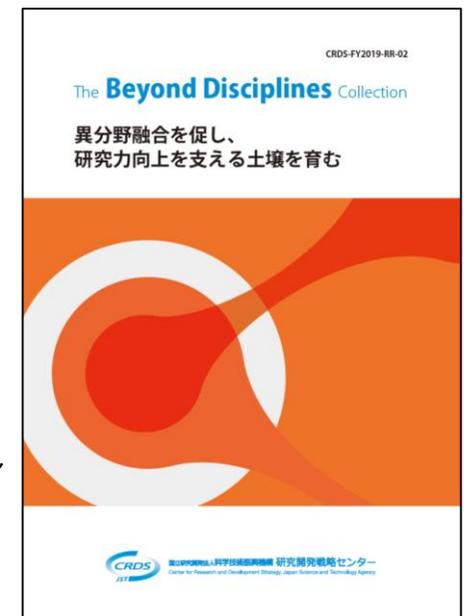
The Beyond Disciplines Collection

—異分野融合を促し、研究力向上を支える土壌を育む—

- 研究システムの議論を拡張・発展

関連の調査報告書等も発行、今後も充実

- 研究力強化のための大学・国研における研究システムの国際ベンチマーク
～米国、英国、ドイツおよび日本の生命科学・生物医学分野を例に海外で活躍する日本人研究者に聞く～
- 科学技術イノベーション政策における社会との関係深化に向けて
※我が国における ELSI/RRI の構築と定着を主題とする報告書
- ...



2019年7月31日 公開

CRDSのアウトプット

- 戦略プロポーザル、各種報告書は原則、全件CRDSウェブサイトで公開
- 本年4月より日刊工業新聞連載「科学技術の潮流-JST研究開発戦略センター」
(毎週金曜日)
- 「フェローの活動状況」として、各フェローの講演・発表・執筆・取材協力等の活動状況を随時発信
- コラム「CRDSフェローが解説！最新のサイエンス」で、俯瞰報告書でとりあげた研究開発テーマを中心に、各フェローがわかりやすく解説。
- 各種イベントでのセミナー・説明会開催など
- 書籍発行（これまで16冊発行、主に一般向け）
- 学会発表や学術誌・専門誌等への寄稿
- メディアからの取材対応など
- Facebook、メールマガジン、JST Twitterでの最新情報の発信など



注目動向：科学技術イノベーション全般

研究開発の潮流

- 情報技術の進展で研究開発プロセスの高速化・効率化が顕著。また、**研究開発の発想の拡大や分野を超えた動きなど質的に変革。**
- 科学技術と社会の関係(AIや生命技術等)が深化。**ELSI/RRI**が重要に。
- **社会課題の解決や出口重視の取組と、基礎的な研究の両輪重視**の流れ。
- **科学技術の成果を社会的価値に転換**させる動き。新興技術への戦略的投資、STI for SDGsへの期待、ESG投資への関心の高まりにも注目。
- **安全保障や技術覇権**に関わる分野では、各国が国家戦略として科学技術を強力に推進する傾向。
- 一個人、一機関、一ヶ国単体を超越したイノベーション創出にむけて**分野横断・融合、産学官・国際連携**が鍵。

日本の位置づけ・課題

- 科学技術における**国際的な地位の向上**にむけた対策が急務。
- 個別領域では、世界をリードする研究・技術開発が存在。
- **今後の研究開発人材の確保**に懸念。特に計算・データ科学系研究者の不足が課題であるが、同時に基幹産業・基幹技術を支える人材も枯渇。
- 技術革新の急速な進展や社会ニーズの予測・対応、基礎科学の維持・発展の両面を見すえた**研究開発基盤の整備**が急務。
- Society 5.0, STI for SDGsの実現、ミッション指向型研究開発等への投資バランスや推進方策の最適化が必要。
- 研究成果を社会・経済的価値に早期に転換するための**エコシステムの形成**、ELSI/RRIなど科学と社会の関係深化に取組むことが必要。
- 標準化・規制戦略など国際的枠組み立案について主要国に比較して遅れ。

注目動向、我が国が重視すべき方向性

■ ライフサイエンス・臨床医学関連

- データ駆動型研究による生命現象の予測とそれに基づく理解が各段に進展。シーケンサー、質量分析、イメージング、バイオエンジニアリング、データ解析の技術領域統合への期待。一方で技術革新により、ハイスループット化、高コスト化が顕著
- 「個別化・層別化医療」「バイオエコノミー、スマート農業」「生命の時空間階層ブリッジング」に注目
- **今後は、データ・情報統合的な研究の推進、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が必要。**

■ 環境・エネルギー関連

- 国際社会では、SDGs、気候変動対応、循環型社会形成への関心が高まっている。一方で、課題解決に資する技術・システムの優位性を巡る競争も盛ん
- 「温室効果ガスの正味ゼロ排出」「気候変動影響への対応（適応）」「循環型社会形成」「デジタル化、データ活用」「自然災害や事故への備え」に資する研究開発への期待
- 「二酸化炭素変換」「気候変動対応」「データ駆動型社会」「サーキュラーエコノミー」に注目
- **今後は、国際社会の要請への対応と、多様なエネルギー源の最適制御が課題。**

■ システム・情報科学技術関連

- 技術トレンドは「機器のスマート化・データのデジタル化」「様々な仕組みのシステム化・複雑化」「仮想化の拡大によるソフトウェア化・シェアリングエコノミー等に代表されるサービス化」
- 特にAI技術では、米中を中心とした技術覇権の動き
- 「安心・高信頼なAI」「人間と機械の共生」「情報×人社」「新コンピューティングアーキテクチャー」に注目
- **今後は、新たな価値の創出につながる情報技術との融合・横断領域の推進が急務。**

■ ナノテクノロジー・材料関連

- 素材・デバイス・製造技術の国際競争優位性確保が最優先。先鋭化・融合化された技術を含むシステムが差別化要因に。マテリアルズ・インフォマティクスは必須の流れ
- IoT/AI時代のコアテクノロジーとしての新材料・デバイス・プロセス技術への高い期待
- 「多機能・低消費電力IoT」「量子技術のデバイス化」「オペランド計測」「生体調和材料」に注目
- **今後は、基盤技術（データ・理論、計測、プロセス・加工）の高度化と活用が循環するラボ改革と、医工/産学連携、標準化/規制戦略、ELSI/RRI、先端研究インフラ・システムへの対応が急務。**

分野横断的に抽出した研究開発基盤、推進方策の課題

- **研究開発人材**の育成（特に AI、データ・情報、工学 等）
- 研究開発に関わる**高度専門人材**の確保とキャリア形成（技術専門職、産学連携人材）
- 新興技術における**ELSI/RRIの早期検討**（特にAI、ゲノム、ロボティクス 等）
- **STI for SDGs**への対応強化（ESG、官民投資、ミッション指向型研究 等）
- **ラボ改革・研究スタイルの変革**（実験自動化、データ蓄積・処理、高度機器インフラ 等）
- **データ取扱の最適化**（データ共有、データ作成者/保有者と社会の関係、規制 等）
- **新興技術の創出や融合・横断領域の促進**（プログラム、評価・インセンティブ、越境型組織・人材 等）

（参考）研究プラットフォーム化の動き

- 欧米では**研究インフラ・リソース等が共有化・共通化された研究ハブ**の整備が進み、産学官連携や融合領域研究の拠点（プラットフォーム）となっている。
- 米ブロード研や英フランス・クリック研、ベルギー-IMEC、仏MINATEC等、個別ラボと技術コアによる協働を前提とした**アンダーワンルーフ型研究所**が注目。
- 我が国では「ナノテクプラットフォーム」等、研究インフラ・リソース共有化やネットワーク化の好例があるが、担う人材と技術・機器更新などの**持続成長が課題**。

主要国の科学技術イノベーション動向

米国

「未来の産業」における優位性の確保

・ハイテク・新興分野の国家戦略策定動向（4つの未来産業）

- AI:**「国家AI戦略計画」の見直し、「米国AI イニシアチブ」大統領令
- 量子:**「量子情報科学国家戦略」発表、「国家量子イニシアチブ法」成立
- 5G:**「ホワイトハウス5Gサミット」
- 先進製造:**「先進製造国家戦略」

・2020年度「研究開発優先項目」

- 政府機関は**基礎研究および初期段階の応用研究に焦点**。
- 研究開発優先領域として「国民の安全保障」「AI、量子、戦略的コンピューティング」「接続性と自律性」「製造」「宇宙探査・商業化」「エネルギー支配」「医療イノベーション」「農業」

・NSFは「コンバージェンス研究」で融合領域研究を推進（2016年～）

・DODでのデュアルユース研究の重視

DARPAを中心に半導体デバイスや部材、AI、量子科学へ巨額投資（AI-NEXTキャンペーン、エレクトロニクス再興イニシアチブ）

中国

2050年までに世界一のイノベーション強国を目指す

イノベーションシステムの構築

- ・基礎からイノベーションまでの連続支援、拠点形成、人材育成など網羅する「**国家イノベーション駆動発展戦略綱要**」(2016-2030)を開始
- ・外国籍を含む優秀な海外人材の呼び込み奨励策「千人計画」(2008～)
- ・**競争的研究資金制度の大改革**(2015-2017)で効率的な支援を図る
- 戦略的領域に集中した大規模投資**
- ・「**中国製造2025**」(2015)：産業力強化によって半導体や部材の自給7割を2025年までに＝欧米の警戒感が高まる
- ・「**AI2030**」(2017)：国家次世代AIプラットフォームに5つの企業を認定、官民共同研究体制の構築を促進
- ・「**量子情報科学国家実験室**」：世界を先導すべく、各種の巨額投資

欧州

「Horizon Europe」(2021-2027) 策定に向けた動きが本格化

	Horizon2020	Horizon Europe (予算・名称は現在交渉中のもの)
第一の柱	卓越した科学 242億€	卓越した科学 (最先端研究の支援) 258億€
第二の柱	産業技術リーダーシップ 165億€	地球規模課題と欧州の産業競争力 (社会的課題の解決) 527億€
第三の柱	社会的課題への取組 286億€	イノベティブ・ヨーロッパ (市場創出の支援) 135億€

- ・ Horizon2020で高評価の欧州研究会議 (ERC)を中心に**最先端研究支援は継続・拡充**
- ・ 第二の柱で特定の課題解決に焦点を絞った分野横断的な**ミッションを複数設定**
- ・ 第三の柱で「欧州イノベーション会議 (EIC)」を新設し、中小企業やスタートアップへの助成・投資によって、市場創出につながる**漸進的・急進的・破壊的イノベーション創出**をめざす
- ・ 大規模研究拠点支援プログラム「**FETフラグシップ**」(2013～)も継続・拡充予定
既存プロジェクト：「ヒューマンブレイン」、「グラフェン」、「量子技術」
新規候補：HumanE AI, RESTORE, LifeTime, Sunrise, ENERGY-X, Time Machine

「産業戦略」で英国を世界最大のイノベーション国家に

- ・「**グランド・チャレンジ (AI・データ、高齢化社会、クリーン成長、将来のモビリティ)**」特定
- ・ UKRIを創設、ファンディングを効率化・最適化しイノベーション創出を図る (2018)
- ・ 量子分野は「**国家量子技術プログラム**」(2014年～)で重点支援
- ・ EU離脱後もHorizon Europeに準加盟国として参加したい意向

「ハイテク戦略2025」で知を産業につなげる

- ・ よりインパクトの高いイノベーション創出を支援する「**飛躍的イノベーション庁**」と安全保障分野のイノベーションを目指す「**サイバーセキュリティ庁**」を新設
- ・ **AI、量子、蓄電池**といった将来産業の核となる技術分野に集中投資、人材育成する

大統領が牽引するイノベーション政策

- ・ 「**イノベーションと産業の為の基金**」や「**国防イノベーション庁**」の設置で民間の技術力を活用しイノベーション創出に向けたシームレスな支援体制を整備
- ・ 大学再編/大規模化により地域ごとの研究機関の連携ならびに研究力を強化

（世界の研究開発の潮流）

- ICT 技術の進展等によって、**社会に存在する多様なデータの活用**が現実的になりつつある。社会からのフィードバックを研究のきっかけとして活用することが技術的にも可能になり、**社会・国民を巻き込んだ研究開発**が大きな潮流になりつつある。
- 世界的な大きなトレンドとなっている**個別化医療やバイオエコノミー**はその最たる例。
- **健康・医療分野、食料・農業分野、物質生産分野**が政策主導で重点領域に。

健康・医療分野：

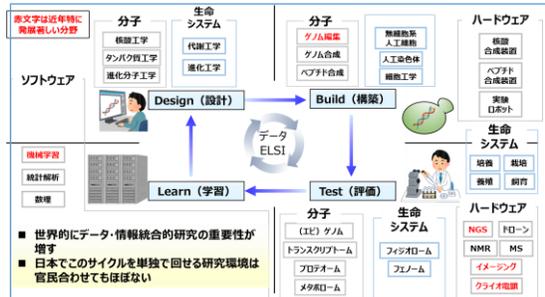
- ゲノム医療（がんを中心に）
- ヘルス・メディカルインフォマティクス、AI医療・創薬
- 創薬：がん免疫、中枢神経系、感染症
- 大規模な官民パートナーシップによる産学協働型研究
- 細胞治療・遺伝子治療
- 脳神経研究（長期的研究）

食料・農業分野：

- 持続可能、気候変動、循環型、スマート
- 物質生産分野：
- 合成生物学の取組（米英中）

（近年の技術革新）

- 第三・四世代DNAシーケンサ
- 一細胞オミクス技術
- クライオ電子顕微鏡（単粒子解析技術）
- 超解像顕微鏡
- 人工知能・機械学習技術
- ゲノム編集技術
- 光免疫技術、光遺伝学
- オルガノイド／Body on a Chip技術
- 遺伝子改変免疫細胞治療技術



- **ライフ・バイオは一細胞オミクス（シーケンサー）、質量分析、イメージング、バイオエンジニアリング、データ解析の5つの技術領域の総合への期待が大（図）。**
- 世界の潮流は、これら複数技術の統合による生命の理解や疾患の理解、創薬研究など。今後イメージング技術の更なる活用に期待。

（ライフサイエンスの研究スタイルの変化）

- 研究者あるいは研究コミュニティが、**生命の時空間階層を広く見ることができるようになった**（見ていかなければならなくなった）
- 「**データ駆動型**」の新しいアプローチによる**生命現象の理解が進展**し、今後「精緻な理解」と「予測」が大きな方向性となる
- 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**
- 今後ますます**実験デザイン（データの取り方と解析）が重要**に（上図）
- 従来の個別ラボで研究を進めるスタイルは新しい生物医学分野の課題に対する研究にそぐわない
- **ブロード研究所（米国）、フランシスクリック研究所（英国）など各ラボと技術コアによる協働を前提としたオープンなアンダーワンルーフ型の大規模研究所が誕生**

（我が国の強み/弱み）

免疫科学、植物科学、イメージング等の基礎研究に強み。今後主流になっていくであろうデータ駆動型のビッグサイエンス化が進む分野は弱い。

- 日本が**強み**を有する基礎研究領域：構造解析、細胞外微粒子、光学イメージング、核磁気イメージング、免疫科学、時間科学、脳神経科学、植物科学、畜産科学、高分子医薬、幹細胞・再生医療、オルガノイド、生活習慣病、精神・神経疾患
- 日本が**強み**を有する応用研究領域：細胞外微粒子、水産、機能性食品、高分子医薬、幹細胞・再生医療、精神・神経疾患
- 世界の潮流だが日本が**後塵を拝する領域**：遺伝子・細胞治療、がんゲノム医療

（注力すべき課題）

健康・医療、食料・農業・生物生産、先端基礎研究、共通基盤の4つに分けて記載。

- ① **世界的なトレンドになっている個別化・層別化医療に向けた研究の強化**
 - ・ “ヒト研究”および“データ研究”を戦略的に統合した研究の加速（次世代医療）
 - ✓ non-MD研究者を巻き込んだ“ヒト研究”推進支援策の策定
 - ✓ 健康・医療データ基盤の整備が急務
 - ・ 治療用デザイナー細胞（微生物）創出に向けた基盤技術と医療応用（次世代創薬）
- ② **バイオエコノミー、スマート・持続可能農業に関する次世代研究を推進**
農業や水畜産物の研究開発を強化し、**基礎と応用の橋渡し体制の整備が必要。**
 - ・ 医薬・化成品等有用物質の持続可能な生産（核酸・タンパク質・細胞をつなぐ）
 - ・ 機能性農産物の生産（ゲノム編集と代謝）
 - ・ 微生物・作物・環境をつなぐ環境負荷が少ない農業
 - ・ 植物による高付加価値植物質生産（植物分子工場）
 - ・ 高品質水畜産物の高速・持続可能な生産
- ③ **生命の時空間階層（ゲノム-タンパク質-細胞-組織）のブリッジング**
シーケンサー、質量分析、イメージング、バイオエンジニアリング、データ解析を駆使
 - ・ 「ライブ・セル・アトラス」の推進
 - ・ 「アトミック・セル・ダイナミクス」の推進
- ④ **研究開発推進の環境・土壌の変革**
 - ・ わが国独自の**研究プラットフォームの構築**を推進することが急務
 - ・ 研究者の**マインド、科学研究文化の変革**が必要
 - 研究者が研究に専念できる環境構築
 - 機器共用による全体コスト効率化
 - 若手研究人材のスタートアップ環境整備
 - 異分野融合による新しいサイエンスの創出
 - 異分野（生命科学・工学・情報学・医学）の統合や産学連携による基礎研究からイノベーションまでのコスト・時間短縮
 - Wet/Dry統合と人材育成
 - データマネジメントと計測技術等の標準化
 - マウスからヒトへ、ラボからフィールドへ
 - イノベーションのCo-driverという認識の下、ELSI/RRIを推進

（国際社会の動向）

- 気候変動をはじめ地球の持続可能性に関する懸念のこれまで以上の高まり。
- SDGs、気候変動対応（パリ協定）、循環型社会形成（海洋プラスチックごみ問題対応）への取組みとの運動に焦点。規制・制度、金融（ESG投資）、科学技術など総動員で取り組む必要性を認識。
- 課題解決に資する技術・システムに優位性を持つ者が世界潮流を左右する時代へ。

（エネルギー分野の研究開発）

- 温室効果ガス（GHG）の正味ゼロ排出への移行に向けた技術・システム。
- 再生可能エネ（主に太陽光・風力）由来電力の導入拡大に伴う課題への対応。
- デジタル化の推進によるバリューチェーン全体の効率化・高度化。

（環境分野の研究開発）

- 社会的要請への応答（気候変動対応、海洋プラスチックごみ問題対応等）。
- ビッグデータ化・ビッグサイエンス化とデータの高度利活用の更なる進展。
- 政策立案や実課題への取り組みを支援する科学的知見の体系化、ツール開発（リスク評価ツール、社会－生態系評価ツール等）。

（主要国の政策動向）

- 日本**
- ・ エネルギー自給率は先進国の中でも極めて低い8.3%（2016年度）。
 - ・ 「第5次エネルギー基本計画」、「第5次環境基本計画」、「気候変動適応計画」等、ここ1～2年で計画や戦略を立て続けに策定。STI政策関連では府省横断的な戦略として「エネルギー・環境イノベーション戦略」。
- 米国**
- ・ 国家安全保障及び国内産業の保護・強化が第一優先。現基本方針の「米国第一エネルギー計画」ではシェールオイル/ガス等の非在来型化石資源の開発促進含む国内資源の活用最大化等を掲げる。
 - ・ 予算審議は大統領と議会の間で大きなギャップ。廃止方針が出されたARPA-E（エネルギー高等研究計画）が結果的に予算増となるケースも。
 - ・ エネルギー分野の研究開発は再生可能エネルギー含めて引き続き全方位的。環境分野は消極的だが気候変動対応は自治体や民間、アカデミアレベルで気運を継続。
- EU**
- ・ 「すべての欧州市民にグリーンエネルギーを」パッケージで2030年削減目標、「2050長期戦略」で2050年削減目標（80%以上削減）。
 - ・ 再生可能エネルギーの導入拡大とロシア天然ガス依存への懸念から、エネルギー安全保障への取り組み（国を超えたエネルギーネットワーク構築）も積極的。
 - ・ 海洋プラスチックごみ問題には「循環型経済」の推進としてSDGsとも関連づけ積極的。
- 中国**
- ・ 環境と経済の両立を重視し環境保全を推進。太陽光・風力を中心に再生可能エネルギー導入はEUに匹敵。新エネルギー自動車導入も積極推進。
 - ・ 豊富な資金と人的資源を背景に研究開発は全方位的に推進。

（我が国の強み/弱み）

- エネルギー分野：火力や原子力、地熱発電、熱利用、化学的なエネルギー利用、燃焼やトライボロジー等の基礎工学分野で伝統的に強み。
- 環境分野：海洋観測、気候変動予測、水循環、除去・浄化（特に自動車排気後処理技術）で強み。
- 両分野とも、全体システムの構想・構築、研究開発向けソフトウェア・データベース・シミュレーション技術、データ統合・大規模実証研究等に弱み。

（注力すべき課題）

- ① 二酸化炭素（CO₂）の物質変換技術**
 - ・ 合成炭化水素変換に関する基礎研究に優位性（強み）。
 - ・ 一方で欧州における重点投資により産業競争性を失うリスク。
 - ・ 天然資源代替、ESG投資やGHG排出削減の観点から、再生可能エネルギー由来電力を利用した物質変換技術（「Power to X」、「CCU」）の実現が望まれている。
- ② 気候変動適応への対応**
 - ・ 環境観測（例：海洋）や気候変動予測に関する基礎研究に優位性（強み）。
 - ・ 社会的には異常気象の頻発化などにより災害等のリスクの増大が懸念されている。
 - ・ 市民生活や産業への影響予測やそれへの対応方策検討が必要。
- ③ データ駆動型社会への移行対応**
 - ・ データ統合・活用の取組が弱く、高度な計測・観測技術が活かされない（弱み）。
 - ・ エネルギー分野では、多様なエネルギー源を最適制御する社会的ニーズがある。
 - ・ データインフラの整備が急務（共通データ基盤の構築、環境観測インフラ）。
- ④ サークュラーエコノミーへの移行対応**
 - ・ 物質循環、除去・浄化技術に優位性（強み）。
 - ・ 「海洋プラスチックごみ問題」「都市鉱山」「安全な水の利用」など社会的要請が高い。
 - ・ 産業戦略にも影響する資源に関する規制や標準の議論を先導する意義。
- ⑤ 研究開発システムの強化対応**
 - ・ 我が国の屋台骨である工学系分野の基礎基盤の弱体化（弱み）。
 - ・ モノづくりの高度化やデジタル化の進展等への対応で、工学基礎基盤強化の重要性は一層高まっている。
 - ・ 計測データの共有化やプラットフォーム構築、工学基盤科学（エンジニアリングサイエンス）に基づく知識基盤構築、人材育成等、根本的な強化方策の検討が必要。
- ⑥ 5つのキーワード：ZACSS**
 - Z ゼロエミッション：GHG正味ゼロ排出
 - A アダプテーション：気候変動影響への対応（適応）
 - C サークュラー：循環型社会形成
 - S スマート：デジタル化、データ活用
 - S セーフティ：自然災害や事故への備え



(技術トレンド)

- **スマート化**: 機器のスマート化とデータのデジタル化が進み、大量のデータの収集と解析が可能に。機械学習と組み合わせたサービスやアプリケーションも普及。
- **システム化・複雑化**: 情報通信の無線化・大容量化が進み、世界中のあらゆるシステムが地球を覆う巨大かつ複雑なシステムの一部に。
- **ソフトウェア化・サービス化**: 仮想化の拡大により、新たなIT活用技術が実現。人や資産をサービスコンポーネントとして共有するシェアリングエコノミー等の出現。

これらの技術トレンドと社会要請・ビジョンに鑑み、エマージング性、社会インパクト、ビジョン・ミッションを基準とした研究領域区分*毎に、課題や戦略を捉えることが有効である。

*「ビッグデータ・AI」「ロボティクス」「コンピューティングアーキテクチャー」「社会システム科学」

(主要国の政策動向)

日本 基礎研究を含む大型研究開発プロジェクトを推進。「Society 5.0」、「AI戦略」、「量子戦略」、「PRISM/SIP」、「AIPネットワーク」、ポスト「京」等

米国 情報科学技術の基礎研究と人材育成に継続的に投資。ホワイトハウス5Gサミット、「米国AIイニシアティブ」、「国家量子イニシアティブ」、NSTC先進製造国家戦略、DARPAでAI、電子技術のプロジェクト推進

欧州 アカデミア研究の強みやEUの巨大市場を産業競争力に。AI、量子等に重点投資 Horizon 2020からHorizon Europeへ、GDPR

中国 製造業の高度化からイノベーション重視へ。「中国製造2025」、「AI2030」

(我が国の強み/弱み)

これまでユーザであった、自動車産業、素材産業、サービス産業などが、製品・サービスを進化させるために、システム・情報科学技術の研究開発、ビジネス化に取り組んでいる。

- ・産業用ロボット、FAシステム、スーパーコンピュータ、生体認証などの個別技術に**強み**。
- ・AIやIoTに関しては一部に強みがあるも、産業として国際的競争力を有するには至らず。
- ・新たなビジネスモデルの構築や新産業創出に**弱み**。

(注力すべき課題)

<視点*>

- [技術] 強い技術を核とした骨太化
- [産業] 強い産業の発展・革新の推進
- [社会] 社会課題の先行解決
- [基盤] 社会基盤を支える根幹技術確保

【ビッグデータ・AI関連】

- ① **AIシステムの安全性・信頼性を確保する技術体系の確立** [技術][社会]
 - ・機械学習を利用したシステムの安全性・信頼性の技術体系（「AIソフトウェア工学」）を確立。
- ② **ITを活用した意思決定・合意形成を支援する仕組みの確立** [技術][基盤]
 - ・多様な価値観が混在する複雑社会において意思決定や合意形成を支援するツールの開発。
- ③ **「ハイブリッドAI技術」の開発** [技術]
 - ・人工知能の次世代技術として期待される、機械学習と記号推論を融合したハイブリッドAI技術の実現。

【ロボティクス関連】

- ④ **人間と機械の共生** [技術][社会]
 - ・人間と機械の協力作業に関するシステム・技術の開発並びに法制度的課題への取組。

【コンピューティングアーキテクチャ関連】

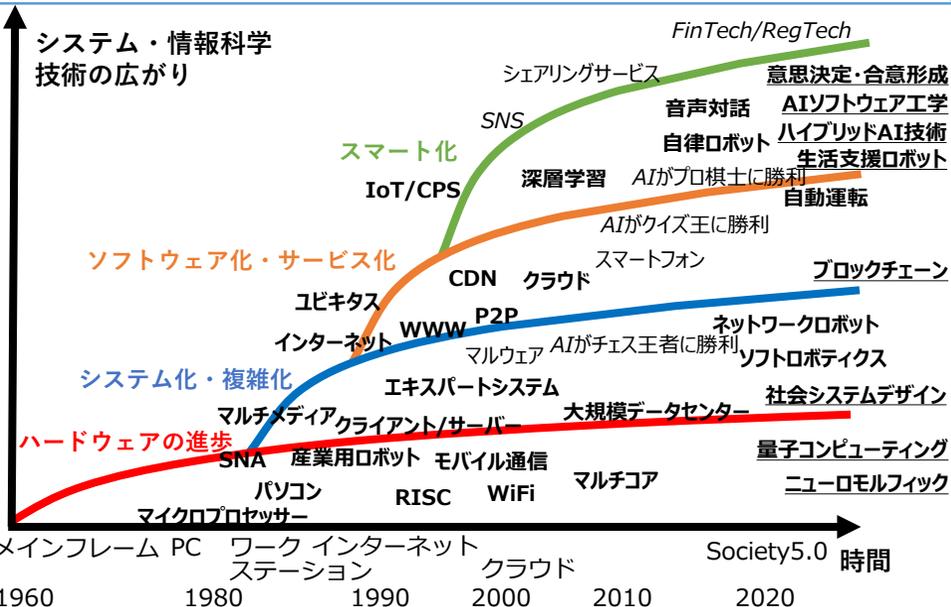
- ⑤ **非フォンノイマン型プロセッサアーキテクチャの開発** [技術]
 - ・ニューロモルフィック、量子計算、近似計算といった、新コンピューティングパラダイムの実現。
- ⑥ **ブロックチェーン基盤技術の応用開拓** [産業][社会]
 - ・ネットワーク上のデータの分散管理台帳を実現する技術の基盤構築と応用開拓。

【社会システム科学関連】

- ⑦ **情報技術と人文社会科学の連携による強靱な社会システムの実現** [基盤]
 - ・市民とのつながりを作り出し、強靱・柔軟・効率的な社会システムを実現するための取組。

【その他】

- ⑧ **研究開発推進の環境・土壌の変革**
 - ・情報技術が全ての研究開発領域の基盤となり、社会や経済のあり方にも影響を及ぼす中、**新たな価値の創出につながる情報技術との融合・横断領域の推進が急務**。（推進プログラム、評価・インセンティブ、越境型組織、AI人材・データ科学人材等）
 - ・AI・ロボティクスを含む情報科学技術分野の**ELSI/IRIへの取組**。特に、研究開発早期での人文・社会科学との連携。
 - ・様々なシステムの実装段階で取り扱われる**実世界のデータに関する取組**。例えば、データ作成者/保有者とステークホルダーの関係についての規制の取り決め。



(世界の潮流)

- **米中の技術覇権争いが、世界全体へ波及**
 - ・コアとなる先端技術の保有とそのシステム化が、新サービスの要となって普及する世界的構図はより鮮明に
 - ・重要技術 (AI、半導体、AIoT、5G) のソフトを握る米国、一方ハードは中国が攻勢
 - ・希少資源の「脱中国依存」への動きが米欧で活発化。ハイテク素材 (例：EV用電池材料など) は、急騰や不確実性が高まる
- **IoT/AI時代を牽引するナノテク・材料技術**
 - ・大量データが生み出され、至るところで最適解を生むコンピューティング (Izz/クラウド)
 - センサ・電子部品・半導体の活況、データとAIがキーに。その先の量子への期待
 - ・電子機器は「高機能・高性能」から「多機能・低消費電力」へ
 - センシング・ネットワーク・コンピューティング機能のハイブリッド化デバイスへの流れ
 - ポストムーアへの挑戦。CPUはGPU/FPGAへ。Intel 1強からGAFA/BATH
- **SDGsを技術ベースで支えるナノテク・材料技術**
 - ・水・大気・土壌の持続性と浄化、温室効果ガス削減、資源物質循環技術への期待
- **材料開発におけるデータ科学の重要性が増大**
 - ・マテリアル・インフォティクスが材料開発基盤として必須に。プロセス・インフォティクスは今後の鍵に
- **研究インフラ・プラットフォーム・拠点が、研究開発スピードと国際競争力の源泉に**
 - ・諸外国はナノ・材料国家予算の5%~10数%を継続投入することでR&D環境を蓄積
- **ELSI・EHS・RRI**
 - ・ナノテクが産業実装されるにつれ、国・地域単位で規制・制度が顕在化。REACH, ISO

(主要国の政策動向)

日本	<ul style="list-style-type: none"> ・第5期基本計画 新たな価値創出のコアとなる強みを有する基盤技術として「素材・ナノテクノロジー」を位置付け ・蓄電池(ALCA-SPRING, RISING II), 元素戦略、Q-LEAP(2018-)、Materealize(2019-)などの国プロを推進。研究インフラ (ナノプラ) が善戦、先端設備更新と技術人材が肝に ・ナノ材料のELSI/EHSの国際戦略・データ構築に難、ルール化が進む世界に遅れ
米国	<ul style="list-style-type: none"> ・NNI(国家ナノテクイニシアティブ)を4代の政権にわたり継続 ・ホワイトハウス5Gサミット(2018)、DARPA電子技術復活イニシアティブ(2018-)、NSTC先進製造国家戦略(2018-)、国家量子イニシアティブ(2019-)開始
欧州	<ul style="list-style-type: none"> ・Horizon 2020でナノテク・先端材料をKETsとして位置付け。Graphene, Brainに続きQuantum Flagship (2018-) 開始。ナノELSI/EHSの枠組み作りで世界のリーダーに ・英「産業戦略」でAI・データ・エネルギー等のグランドチャレンジを呈示 ・独「ハイテク戦略」でAI、量子、蓄電池へ集中投資、人材育成
中国	<ul style="list-style-type: none"> ・第13次五ヶ年計画 2030年を見据えた15の重大科学技術プロジェクトに「重点的新材料」「量子通信・量子コンピュータ」等を指定 ・中国製造2025 半導体自国化へ向け投資拡大 ・合肥に量子科学技術国家実験室を建設中 (2020年完成予定)

(我が国の強み/弱み)

- **長年の技術蓄積に基づく物質創製・設計技術、計測評価・分析・品質管理に強み**
 - ・元素戦略、分子技術、蓄電池部材、電子材料、パワエレ、複合材料、顕微鏡技術
 - ・製造プロセスにおける省エネ・低環境負荷技術に優位性
- **一方、データ科学、標準化、規制戦略、産学・医工連携からの価値創造に弱点**
 - ・研究開発の枠組みを構築して実行するまでの問題の共有や意思決定スピードに問題
 - ・ナノELSI・EHSは高度評価技術を持つにも関わらず、データ蓄積とルール形成で遅れ
- **研究インフラプラットフォーム・拠点の魅力度を如何に構築し持続成長させるか**
 - ・新技術開発とその導入、先端設備の戦略的更新、高度技術人材の確保

(注力すべき課題)

- 国の生命線である輸出は、部素材・デバイス・製造機械産業にかかっている。この価値提供において世界から求め続けられるかどうかは死活問題。源泉となるのはナノテクノロジー・材料技術。将来を見据えた研究開発から価値創出までのエコシステム強化。
- 新機能・新価値を実現する研究開発の方向性は、①「**ナノ機能**」の実装・活用、②**多元化・複合化による新機能材料とそれを実現するプロセス**、③**データ・インフォマティクスを含むテクノロジープラットフォーム**によって研究成果の生産性を向上させる

①超スマート社会 (Society 5.0) 実現への課題

- ・大量データ取得・処理を実現する**多機能・低消費電力IoTデバイスシステム**
- ・ポストムーアにつながるデバイス創製のための**高度な量子状態制御技術**

②SDGs実現への課題

- ・水・大気・鉱物資源はいずれも戦略物質。資源制約を打破する技術 (循環、少量化・代替) を確立する**強固な材料開発基盤の確保 (=戦略物質の技術的セキュリティ)**
- ・EV向け蓄電池や太陽電池等再エネの大量導入に対し、資源対応の材料技術が核に
- ・社会インフラの恒常性や、ヒトの病気やけがにつながる異常予兆を**高度に検知・認識するIoTセンシング・デバイス・システム**の実現
- ・省エネ・低環境負荷材料・デバイスの高機能化は、**ナノスケールの特性をマクロ物性に接続して表出させる技術で実現** (例：ナノマクロの連結、新機能を生む多元化・複合化材料) 研究を高速化する**インフォマティクス・オペランド計測・プロセス研究開発**

③少子超高齢化社会への対応に求められる科学技術課題

- ・「健康維持」「疾患治療」「身体機能の補修・代替・拡張」を可能にする生体/材料相互作用を能動制御する**生体調和材料・デバイス、共生ロボティクス**。

④研究開発環境の変革

- 異分野を横断し融合するナノテク、社会実装へ向けたシステム化には、縦横に横断
- ・基盤技術としてのナノテクから、IT、環境・エネルギー、ライフの融合を促進する場を構築
 - ・ELSI・EHS・RRIは基礎段階から実用までの道のりを伴走
 - ・ラボ改革 (自動化、データ構築・利活用による研究成果の生産性向上)
 - ・データ基盤を含む、先端研究インフラ・プラットフォームの持続成長策
 - ・高度技術専門人材や産連人材は、研究者とともに課題解決を担う必須のパートナーに

CRDS活動・最新情報について

■ CRDSの活動・成果・コラムはウェブサイトでご覧いただけます



<https://www.jst.go.jp/crds/>



各種報告書・コラム公開中

■ 最新情報はメールマガジン、Facebookでも配信中



<https://www.jst.go.jp/melmaga.html>



<http://goo.gl/WxEJn4>



■ その他 お問い合わせはこちらまで



crds@jst.go.jp