

JST研究開発戦略センターセミナー

研究開発の俯瞰と潮流 ～科学技術イノベーションの動向と日本の活路～

「社会の変化と世界の動向から展望する マテリアル研究開発の重要課題」

2023年8月25日

JST研究開発戦略センター(CRDS)
ナノテクノロジー・材料ユニット
福井 弘行

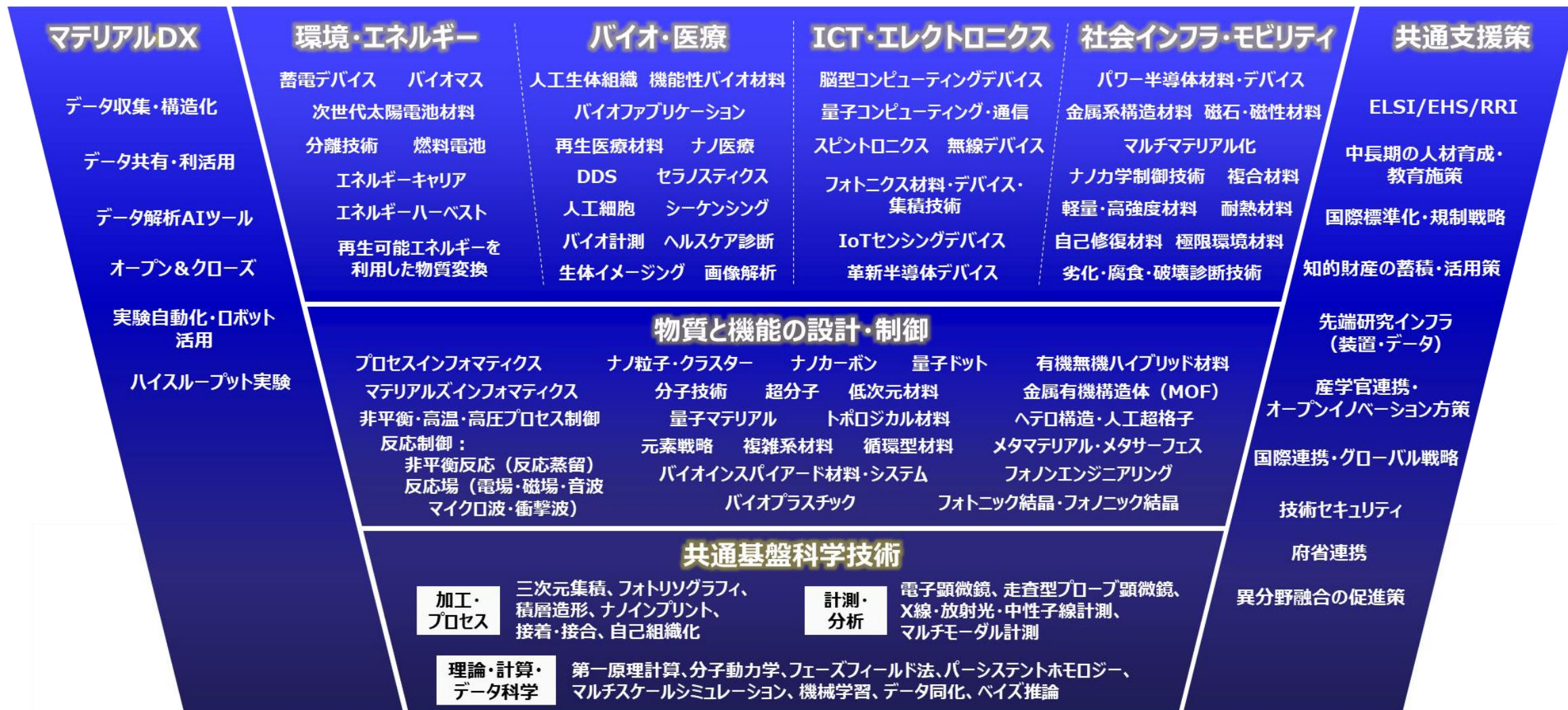


発表内容

1. **マテリアル研究開発の全体像**
2. **日本のマテリアル研究開発の現況**
3. **社会の変化と世界の動向**
 - ① マテリアル研究開発への期待と外部環境
 - ② 世界的な研究開発トレンド・技術開発の潮流
 - ③ 国内の主な動き
 - ④ 主要国のマテリアル関連の科学技術政策・国家戦略
4. **マテリアル研究開発の重要課題**
5. **まとめ**

マテリアル研究開発 - 材料・デバイスの研究開発 -

CRDS 研究開発の俯瞰報告書 - ナノテクノロジー・材料分野 (2023年) - 俯瞰図 -



生命科学 量子科学 物質科学 数理科学 光科学 情報科学

日本のマテリアル研究開発の現況

■ 現在も日本経済を支える貿易収支

- **ミディアムハイテクノロジーが輸出の半分を占めている。**
- それを支えるマテリアル研究開発。

■ 新興国の経済および技術力の向上に伴う国際的プレゼンス低下

- 輸出規模は縮小してはいないが、**世界市場に占める割合は低下**
- 日本の**産業貿易収支比は漸減**
代わりに韓国や中国などの新興国が増加

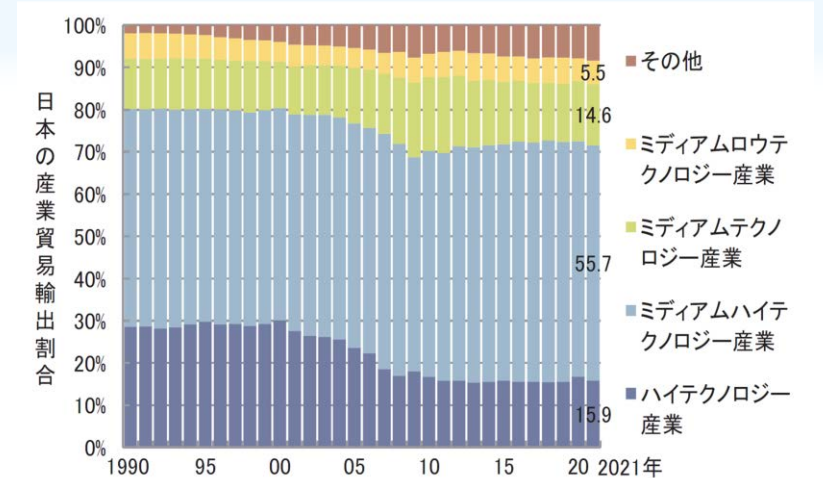
■ 相対的な研究開発力の低下

- 研究開発力の長期低落傾向が言われ始めて久しい。
- **Top 10%論文数は減ってはいないが、相対的な地位が低下。**
- 学会員の微減など研究コミュニティの弱体化の兆し。

■ 国の重点施策

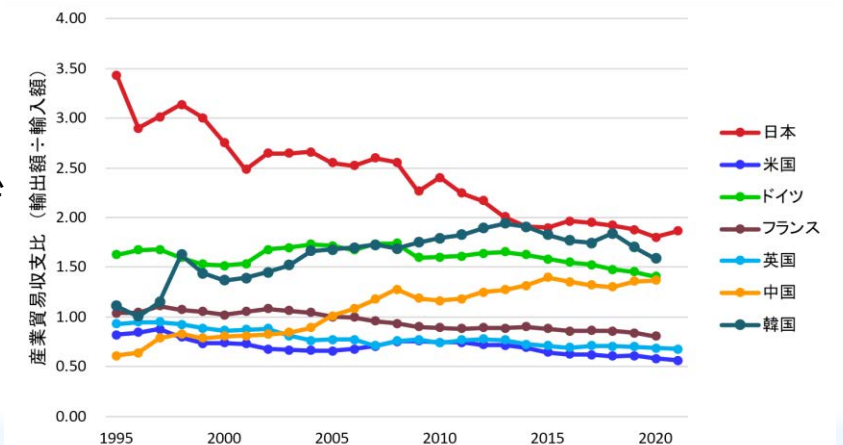
- 半導体、量子、電池など**経済安全保障に関わる施策**の急速な立上げ
- **マテリアル革新力強化戦略が実行フェーズに**
- 環境・エネルギー分野でも**多面的な大規模投資**

日本の産業貿易輸出割合 1)



ハイテクノロジー:
「医薬品」「電子機器」「航空・宇宙」
ミディアムハイテクノロジー:
「化学品と化学製品」「電気機器」「機械器具」
「自動車」「その他輸送」「その他（磁気・光学メディア、医療及び歯科用機器・備品など）」

各国の産業貿易収支比
ミディアムハイテクノロジー産業と電子機器産業の合計 2)



社会の変化と世界の動向

① マテリアル研究開発への期待と外部環境

■ 社会からの期待

▶ 私たちの生活を支える
素材・製品やシステム

社会を支える
先端テクノロジー

カーボン
ニュートラル
の実現

▶ 化石燃料代替、
省エネルギー、
CO₂吸収や利用

■ 外部環境

各国の戦略的
科学技術投資
が加速

▶ イノベーションの核
▶ 社会課題の解決
▶ 量子, AI, バイオ分野, 半導体, 電池,
水素関連の投資増大

不透明な
国際情勢

▶ グローバルサプライ
チェーンの混乱
▶ 経済安全保障関連
▶ 基幹産業の国内回帰と
重要技術の内製化
▶ 希少資源対策

カーボン
ニュートラル
に向けての
世界的動き

▶ 世界各国が協調すべき課題
▶ 主導権をめぐる競争
▶ 社会変革のための根本的な
技術的イノベーション
(水素, 電池, CCUS)

② 世界的な研究開発トレンド・技術開発の潮流

蓄電デバイス



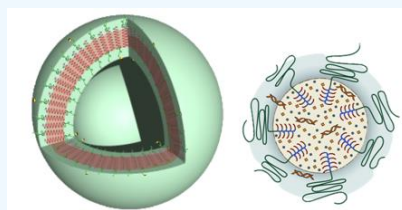
全固体電池 (LIBTEC)

再生可能エネによる 物質変換



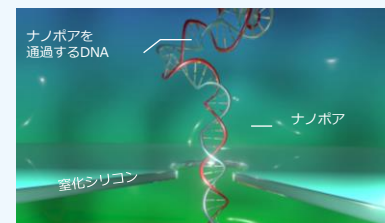
大型水電解システム (旭化成)

mRNAナノ医薬



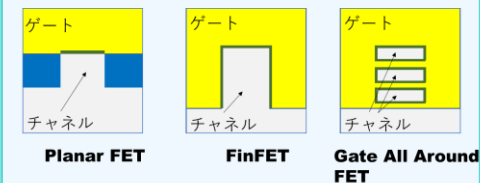
多様な医薬ナノ粒子 (東大)

生体分子 シーケンス



ナノポアDNAセンサー (阪大)

先端半導体



FETの構造

脳型AIチップ



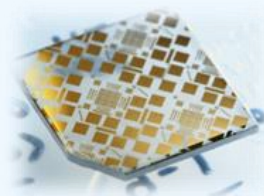
DNN推論アクセラレータ (東工大)

量子 コンピューティング



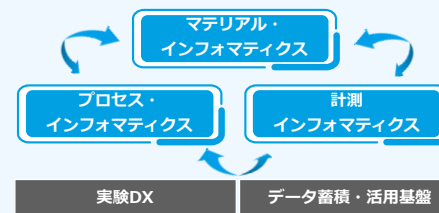
量子コンピュータ
(© RIKEN Center for Quantum Computing)

次世代 パワー半導体



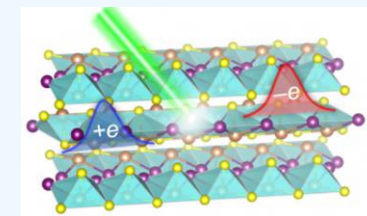
Ga₂O₃トランジスタチップ (NICT)

データ駆動型 材料設計・創製



MI、PI、計測インフォを連携

低次元材料・ トポロジカル材料



トポロジカル光電流発生 (理研)

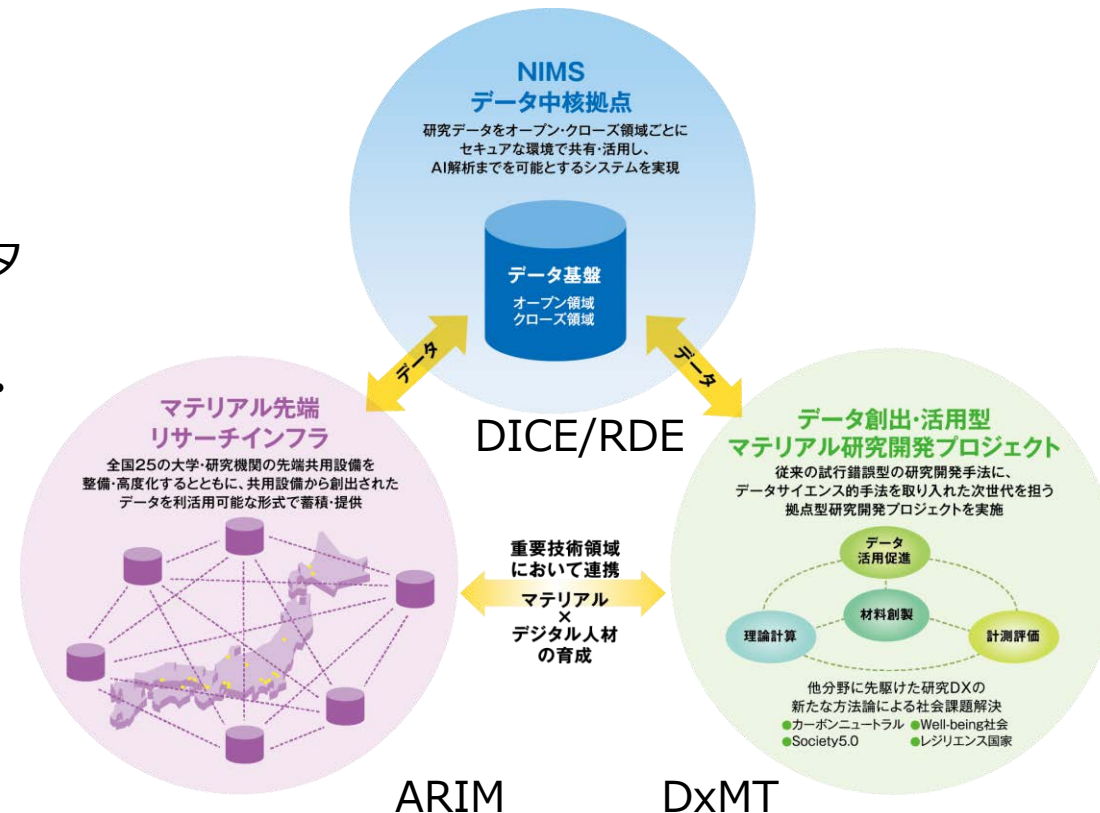
③ 国内の主な動き i データ駆動型研究開発

■ マテリアル革新力強化戦略：2021年4月

➤ アクションプラン

- 革新的マテリアルの開発と迅速な社会実装
- マテリアル・データと製造技術を活用したデータ駆動型研究開発の推進
 - ✓ 実データ、ノウハウ、未利用データの収集・蓄積、利活用促進
 - ⇒ **マテリアルDXプラットフォーム**
 - ✓ 製造技術とデータ科学の融合、革新的製造プロセス技術の開発
 - ⇒ **プロセス・イノベーションプラットフォーム**
- 国際競争力の持続的強化

マテリアルDXプラットフォーム実現のための取組み



出展：ARIM ホームページ
<https://nanonet.mext.go.jp/page/page000006.html>

③ 国内の主な動き ii 半導体関連

■ 半導体・デジタル産業戦略

- 2021年6月策定 ⇒ 2023年6月改訂
 - ・ 経済安全保障リスクへの対応
 - ・ 生成系AI、量子・AIコンピュータ等の情報処理の飛躍
 - ・ エッジ領域における分散情報処理の拡大と消費電力の削減
 - ・ ものづくり産業の競争力にとっても絶好機and死活問題。
 - ・ 世界各国も異次元の支援策を実施。

➢ 4分野+a：半導体／情報処理／情報通信インフラ／蓄電池

➢ 半導体分野

◆ 先端ロジック・メモリー半導体、産業用スペシャリティ半導体

➢ 先端半導体の製造基盤確保

✓ TSMC/JASM、KIOXIA/Western Digital、Micron

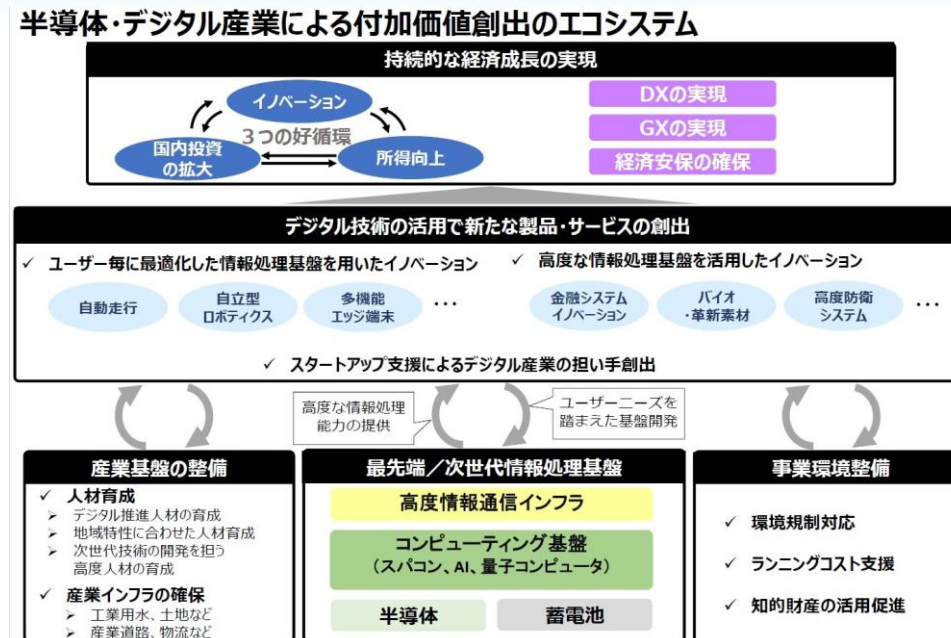
➢ 次世代半導体

✓ 研究開発拠点：LSTC 設立 (Leading-edge Semiconductor Technology Center)

✓ 量産製造拠点：Rapidus (株) (IBM、imecと連携)

◆ 先端パッケージ

◆ 製造装置、部・素材

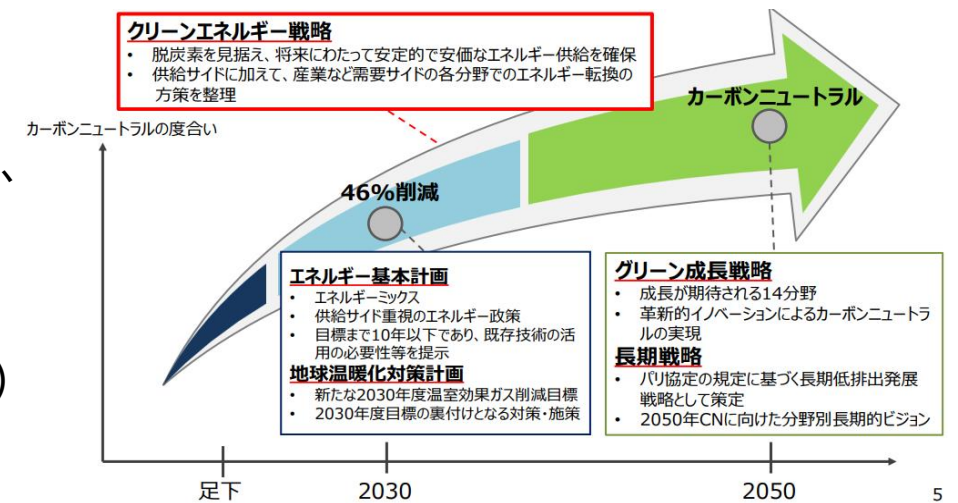


出展：経済産業省 半導体・デジタル産業戦略 2023.6
https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/joho/conference/semicon_digital/kaitei_senryaku.pdf

③ 国内の主な動き iii カーボンニュートラル

◆ カーボンニュートラル

- 「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」
 - グリーンイノベーション (GI) 基金：2兆円 (2021年～)
 - ・ 太陽電池、水電解、水素製鉄、アンモニア合成・利用、CO₂利用、蓄電池など
- 「クリーンエネルギー戦略」：策定中
- 革新的GX技術創出事業(GteX)：500億円/5年 (2023年～)
 - ・ 3領域：蓄電池、水素・燃料電池、バイオものづくり
- 先端的脱炭素化技術開発(ALCA-NEXT)：10億/1年 (2023年～)

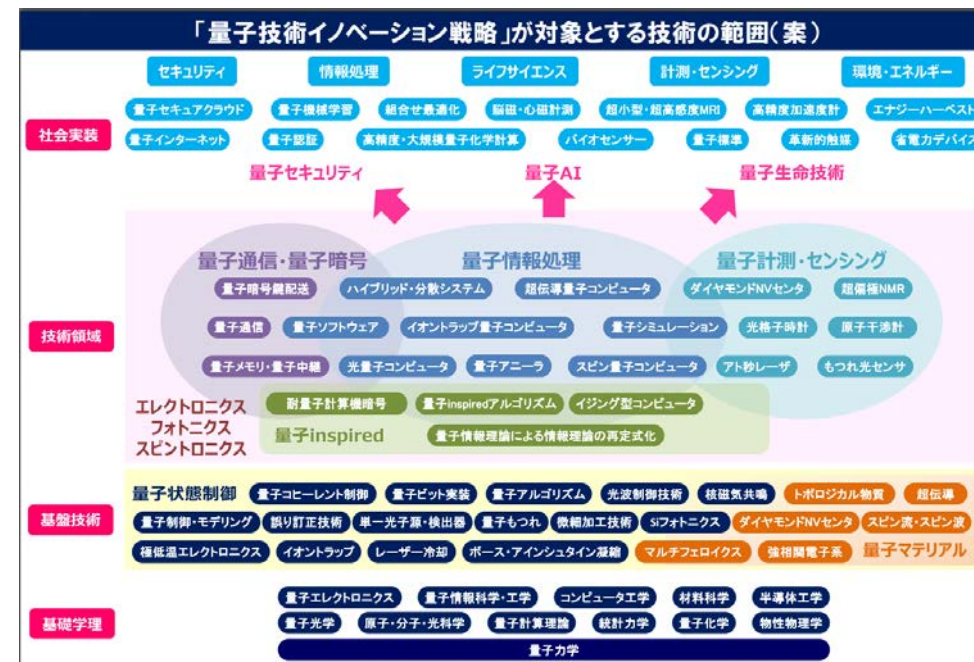


出展：クリーンエネルギー戦略 中間整理。経産省。2022.5
https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_poli_cy_subcommittee/carbon_neutral/report_20220519_01.pdf

③ 国内の主な動き iv 量子技術

◆ 量子技術関連

- 「量子技術イノベーション戦略」
 - 4領域：量子コンピュータ・シミュレーション、量子計測・センシング、量子通信・暗号、量子マテリアル（量子物性・材料）
- 「量子未来社会ビジョン」 2022年4月
- 「量子未来産業創出戦略」 2023年4月



出展：量子技術イノベーション有識者会議 2019.11
<https://www8.cao.go.jp/cstp/ryoshigijutsu/6kai/siryoy1-3.pdf>

④ 主要国のマテリアル関連の科学技術政策・国家戦略

| | |
|----|---|
| 米国 | <ul style="list-style-type: none"> ◆国家ナノテクノロジーイニシアティブ (NNI、2001-)、NNI戦略計画 (2021-) ◆マテリアル・ゲノム・イニシアティブ (MGI、2011-)、MGI戦略計画 (2021-) ◆The CHIPS and Science Act (半導体・科学法2022) |
| 欧州 | <ul style="list-style-type: none"> ◆Horizon Europe (2021-2027) <ul style="list-style-type: none"> - Graphene Flagship、Quantum Flagshipなどを推進 - バッテリー戦略活動計画：2019年よりBattery 2030+を推進 |
| | <ul style="list-style-type: none"> ◆ハイテク戦略2025 (HTS2025) (2018-2025) ◆Quantum Technologies (2018-2022、最長2028)、未来パッケージ追加投資 (2020-) ◆水素戦略2020 (The National Hydrogen Strategy) (2020-) |
| | <ul style="list-style-type: none"> ◆UK Nanotechnologies Strategy (2010-) ◆UK COMPOSITES STRATEGY (2009-) ◆UK National Quantum Technologies Programme (2014-) |
| | <ul style="list-style-type: none"> ◆ 5 年投融資計画「フランス2030」(2021-)： マイクロエレクトロニクス、量子技術、環境・エネルギー、農業・食料 |
| 中国 | <ul style="list-style-type: none"> ◆中国国民経済・社会発展第14次五カ年計画および2035年長期目標綱要 (2021-2035) <ul style="list-style-type: none"> - 集積回路、脳科学と脳模倣型人工知能、新エネルギー、新材料など。 |
| 韓国 | <ul style="list-style-type: none"> ◆第5期科学技術基本計画 (2023-2027) 策定中 ◆K-半導体戦略、K-バッテリー発展計画 (2021-) ◆未来戦略産業として半導体、車載電池など |

マテリアル研究開発の重要課題

マテリアル研究開発の重要課題

| 重要課題 | 選定の観点* | | |
|----------------------|--------|---------|---------|
| | 社会の変化 | 科学技術の潮流 | 産業/安全保障 |
| 1 先進半導体材料・デバイス技術 | ○ | ○ | ○ |
| 2 量子特有の性質の操作、制御、活用 | | ○ | ○ |
| 3 電気-物質エネルギー高度変換技術 | ○ | ○ | ○ |
| 4 マルチスケール熱制御技術 | ○ | | ○ |
| 5 資源循環と炭素循環を両立する材料技術 | ○ | | ○ |
| 6 生体適合性の拡張的理解と制御 | ○ | ○ | |
| 7 生物機能を活かすハイブリッド材料 | ○ | ○ | ○ |
| 8 ナノスケール高機能材料 | ○ | ○ | |
| 9 極限環境下の高信頼性材料 | ○ | | ○ |
| 10 マテリアルDX基盤技術 | | ○ | ○ |
| 11 オペランド・マルチモーダル計測 | | ○ | |
| 12 新物質・新材料の戦略的ガバナンス | ○ | ○ | ○ |

* 選定の観点

➤ 社会の変化

社会の変化がもたらす
新たな科学技術への要請

➤ 科学技術の潮流

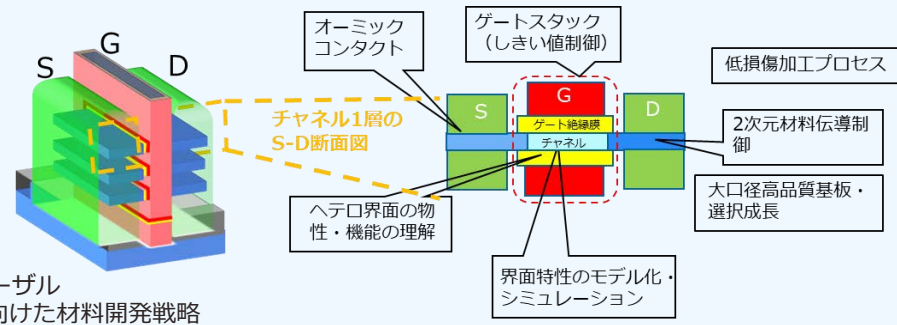
科学技術の新たな潮流
に伴う戦略的投資必要性

➤ 産業/安全保障

日本の産業競争力と安全
保障から重要技術の確保

1. 先進半導体材料・デバイス技術

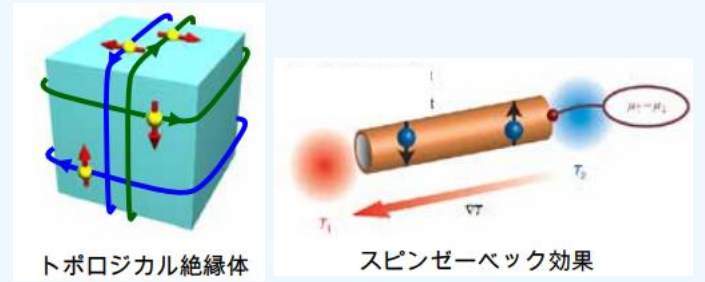
- ポスト5G通信、IT/AI機器など。新材料や回路アーキテクチャー、チップ構成技術。



図出典：CRDS戦略プロポーザル
「半導体デバイス革新に向けた材料開発戦略
～2次元半導体材料の新規導入～」

2. 量子特有の性質の操作、制御、活用

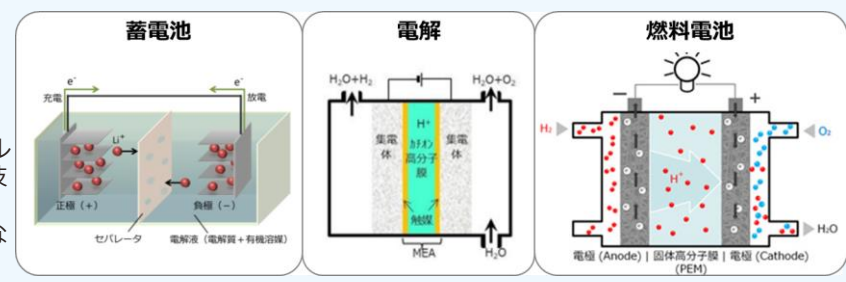
- 量子特有の性質を活かした量子コンピューティング、量子暗号・通信、量子センシングなど。



図出典：量子イノベーション戦略（内閣府）

3. 電気-物質エネルギー高度変換技術

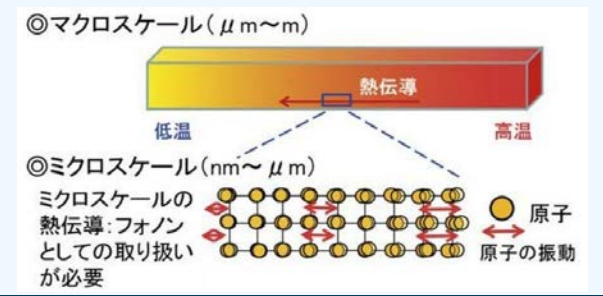
- 再生可能エネ最大限活用のため、蓄電デバイス、水電解、燃料電池や、電力による二酸化炭素や窒素からの化学合成。



図出典：CRDS戦略プロポーザル
「電気-物質エネルギー変換技術の革新
～再生可能エネルギーの大量導入に向けた多様な反応場の実現～」

4. マルチスケール熱制御技術

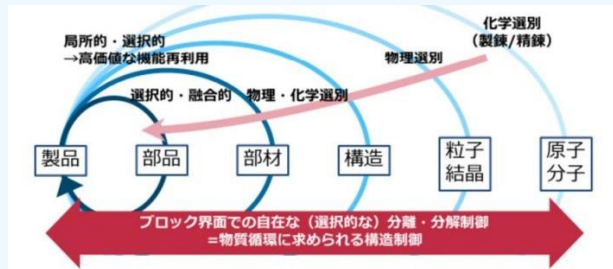
- デバイスの低温排熱の有効利用や蓄熱など、熱を精密に制御する技術。ナノスケールでの熱制御をメソ～マクロスケールまで拡張する技術。



図出典：CRDS戦略プロポーザル
「ナノスケール熱制御によるデバイス革新
- フォノンエンジニアリング -

5. 資源循環と炭素循環を両立する材料技術

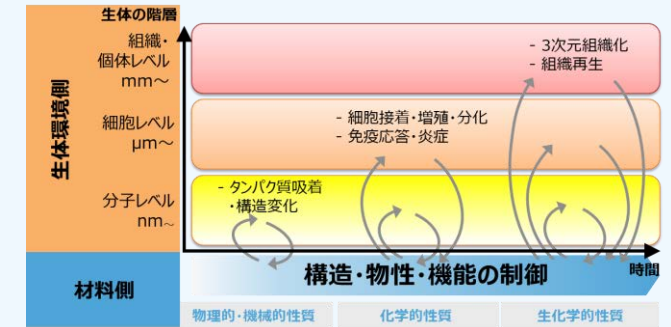
- 希少資源の代替/削減/分離・回収、易分解材料、固・液・気相での分離技術などを開発。
- 製品ライフサイクルの環境負荷を定量評価手法確立。



図出典：CRDS戦略プロポーザル
「未来材料開拓イニシアチブⅡ
～高機能材料の創製・分離・循環を実現する
階層構造の自在制御～」

6. 生体適合性の拡張的理解と制御

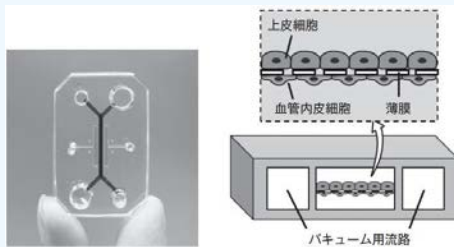
- 材料の「生体適合性」を多面的かつマルチスケールに捉え、生体の力学的応答も踏まえた材料・デバイス設計を展開。



図出典：CRDS戦略プロポーザル
「生体との相互作用を自在制御する
バイオ材料工学」

7. 生物機能を活かすハイブリッド材料

- 非生物起源材料と生物由来材料の組み合わせや、生物機能を活かした機能性材料。医用材料、治療薬、エネルギー生産技術、自己修復性構造材料など。



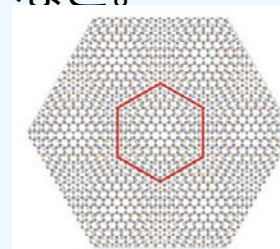
Drug Delivery System 34— 4, 2019 268



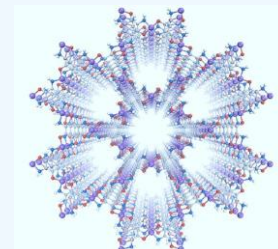
Journal of Environmental Biotechnology
Vol. 23, No. 1, 23-27, 2023

8. ナノスケール高機能材料

- ボトムアップ的に構造形成される材料は特異な性質を示す。物質の吸着・分離やエネルギー変換などへ応用可能。ナノチューブ、二次元物質、MOF、超分子など。



表面と真空 Vol. 61, No. 11, pp.706, 2018



J. Am. Chem. Soc. 2020, 142, 43, 18346-

9. 極限環境下の高信頼性材料

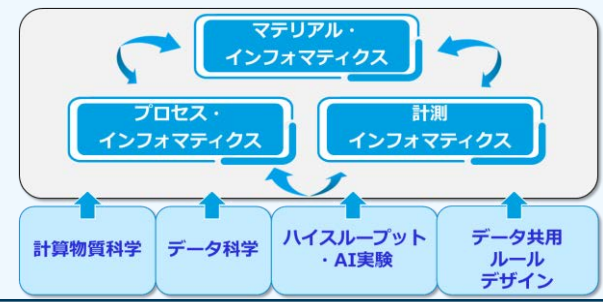
- 高強度材料、耐腐食性・耐放射性材料など。航空・宇宙用途や、新エネルギー、社会インフラの長寿命化。安全保障の観点からも重要性高まる。



図出典：JAXA

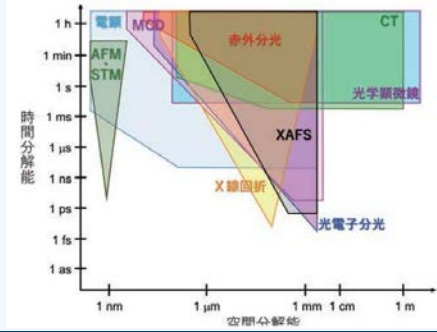
10. マテリアルDX基盤技術

- データ活用による材料開発の加速、競争力向上。データ科学/計算科学、ハイスループット・AIによる自律実験技術など。データの管理方法・共有ルールの確立も重要。



11. オペランド・マルチモーダル計測

- デバイス動作中や生物が生きた状態で行うオペランド計測や、電子や光など複数プローブで同時計測するマルチモーダル計測。ハードウェアに加え、データ処理手法開発も重要。



計測プローブ・手法ごとの時間・空間分解能の目安

図出典：CRDS戦略プロポーザル
「機能解明を目指す実環境下動的計測の革新
～次世代オペランド計測～」

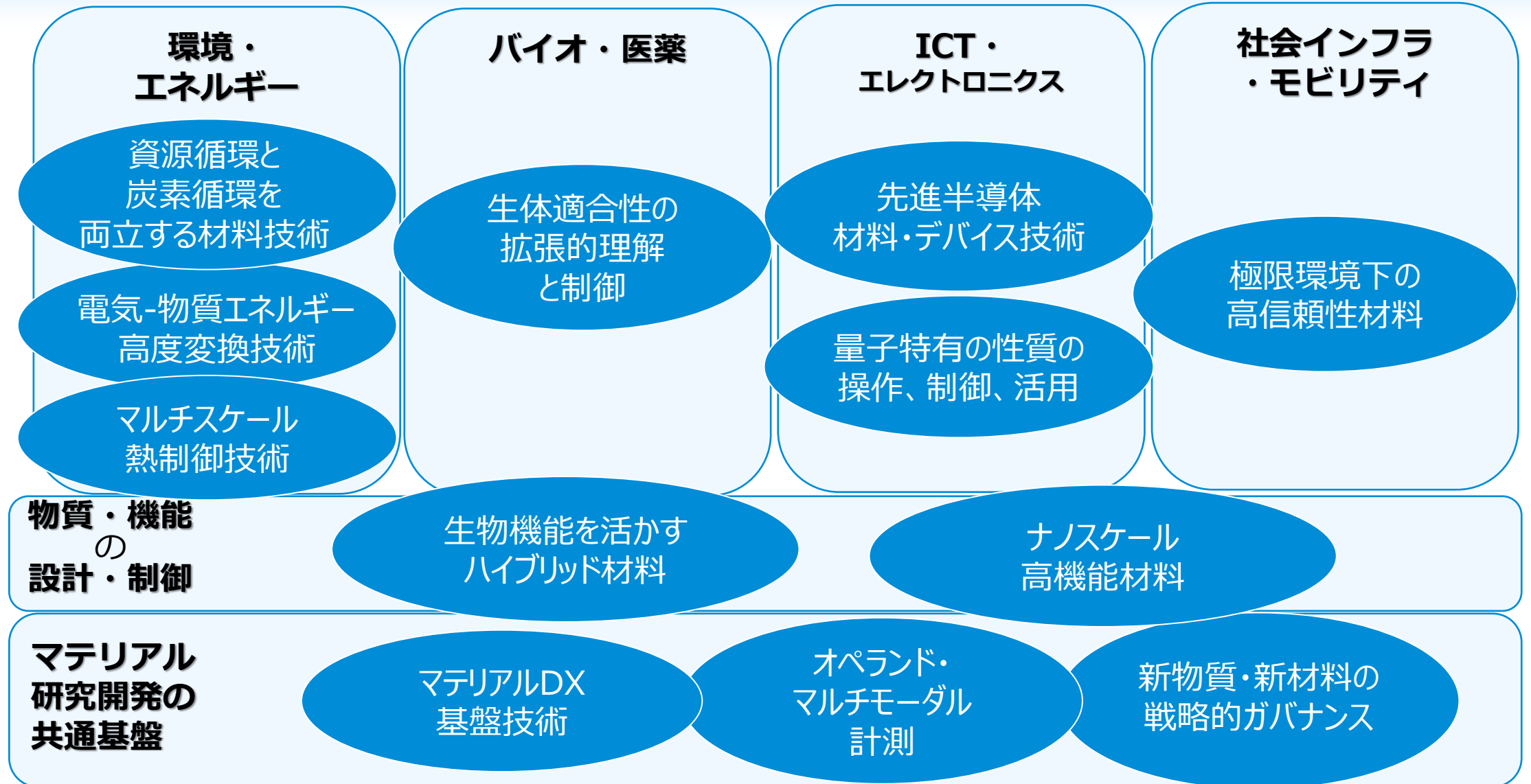
12. 新物質・新材料の戦略的ガバナンス

- 安全性評価手法開発や規制構築など、欧州を中心に進展。国際的ビジネスに必要な知識の獲得および安全性評価研究が必要。戦略的な国際標準化提案や審議には、産学官の協調が重要。



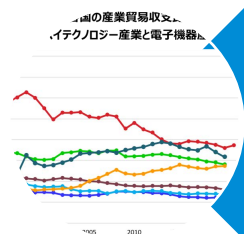
図出典：CRDS戦略プロポーザル
「科学技術・イノベーションの土壌づくり
としてのELSI/RRI 戦略的な科学技術ガバナンスの実現に向けて」

各重要課題が関連する技術分野

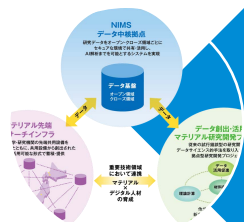


まとめ

マテリアル（材料・デバイス）の研究開発



日本経済を支える重要な技術分野
国際的プレゼンスは低下傾向



国の重点施策が始まっている



CRDSが考える12の重要課題を紹介

CRDS 研究開発の俯瞰報告書
ナノテクノロジー・材料分野（2023年）



ご清聴ありがとうございました

最新の俯瞰報告書（2023年版）をご覧になりたい方はこちら



- 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
- 科学技術・イノベーション政策の国際動向
- 日本の科学技術・イノベーション政策の動向

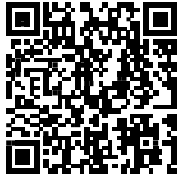
<https://www.jst.go.jp/crds/report/CRDS-FY2022-TOP.html>



日刊工業新聞連載 — 科学技術の潮流 —



2019年4月にスタートした
CRDSの日刊工業新聞連載
毎週金曜日に紙面に掲載、
1週間後にCRDS公式HPにて公開



<https://www.jst.go.jp/crds/column/choryu/index.html>



公式SNSで最新情報発信中



@CRDS_Japan



https://twitter.com/CRDS_Japan



@CRDSjapan



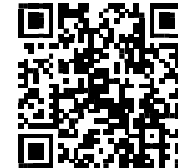
<https://www.facebook.com/CRDSjapan>

月刊メルマガ配信中

毎月15日（土日祝の場合は翌営業日）配信予定



登録はこちら



<https://www.jst.go.jp/melmaga.html#M01-06>



デイリーウォッチャー （海外記事検索）



科学技術に関連する、諸外国の
主要行政機関・研究機関の発表を
要約記事として日本語で提供



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

国内外の研究開発動向やイノベーションについてご関心のある方は
お気軽にお問い合わせください



crds@jst.go.jp

■ 作成担当 ■

福井 弘行 フェロー（ナノテクノロジー・材料ユニット）

TP20230825-3

その他報告書

**研究開発の俯瞰と潮流 ～科学技術イノベーションの動向と日本の活路～
「社会の変化と世界の動向から展望するマテリアル研究開発の重要課題」**

令和5年8月 August 2023

ISBN 978-4-88890-873-3

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

〒102-0076 東京都千代田区五番町7 K's五番町

電話 03-5214-7481

E-mail crds@jst.go.jp

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

本資料は著作権法等によって著作権が保護された著作物です。

著作権法で認められた場合を除き、本資料の全部又は一部を許可無く複写・複製することを禁じます。

引用を行う際は、必ず出典を記述願います。

なお、本報告書の参考文献としてインターネット上の情報が掲載されている場合には、本報告書の発行日の1ヶ月前の日付で入手しているものです。

上記日付以降後の情報の更新は行わないものとします。

This publication is protected by copyright law and international treaties.

No part of this publication may be copied or reproduced in any form or by any means without permission of JST, except to the extent permitted by applicable law.

Any quotations must be appropriately acknowledged.

If you wish to copy, reproduce, display or otherwise use this publication, please contact crds@jst.go.jp.

Please note that all web references in this report were last checked one month prior to publication.

CRDS is not responsible for any changes in content after this date.