

産学連携による人材育成の取組例

非鉄金属資源循環工学寄付研究部門 (JX金属寄付ユニット)



参画機関

東京大学（生産技術研究所）、
JX金属株式会社

期間

2017年1月～2021年12月（第2期）
※第1期：2012年1月～2016年12月

概要

- 製錬技術を利用・発展させ、非鉄ベースメタルとレアメタルに関して新たな環境調和型リサイクル技術を開発するとともに、次代を担う若い研究者・技術者の育成を当該分野の企業と協力して推進。
- シンポジウムの開催を中心に、産官学から多くの業界関係者が集う機会を多数創出し、業界の活性化に貢献。
- 若手人材や専門家への啓発・育成に加え、一般社会、特に高校生以下の若年層およびその保護者に向けて、出張講義、特別講演、理科実験講座等を数多く開催。地道な普及活動（アウトリーチ活動）の実績が認められ、平成31年文部科学省大臣表彰科学技術賞を受賞。

[出典] JX金属株式会社、東京大学生産技術研究所プレスリリース
(https://www.nmm.jx-group.co.jp/newsrelease/upload_files/20190410_01_01.pdf)

東京大学生産技術研究所非鉄金属資源循環工学寄付研究部門HP
(<http://www.metals-recycling.iis.u-tokyo.ac.jp/>) より文部科学省作成

マテリアル・イノベーション・センター



参画機関

東北大学、JX金属株式会社

期間

2020年9月～本格稼働

概要

- 東北大学とJX金属株式会社は、2018年9月5日に組織的連携協力協定を締結。社会全体の発展に寄与するべく、非鉄金属産業分野における研究開発および人材育成等に取り組んでおり、その一環として、JX金属株式会社は、東北大学青葉山新キャンパスに研究棟（「マテリアル・イノベーション・センター」）を新たに建設し、同大学に寄贈。東北大学研究者、大学発ベンチャーを含む国内外の企業、研究機関等が結集した材料科学分野の国際オープンイノベーション拠点としての発展を目指している。
- 東北大学の世界最大規模の材料科学分野の研究者を有する強みと、JX金属株式会社の非鉄素材産業を代表する総合力をあわせ、同センターを活用し、人材、研究成果、装置など様々な部分で更なる連携を行うことにより、戦略的な研究開発と人材育成等を目指す。

[出典] 東北大学HP
(<https://www.tohoku.ac.jp/japanese/2020/08/news20200825-00.html> -) より文部科学省作成

デジタル人材育成（産業界）

- データ駆動型研究の推進には、**MIのスペシャリスト、データ駆動型ツールを自らの研究に活用できる人材**、キュレーションや構造化などデータベースの構築に係る人材が必要
- JACIや計算物質科学協議会においてMIを使いこなすための人材育成を実施



JACIの人材育成・確保に係る取組

～『化学×デジタル人材育成講座』の開設～



主催：(公社)新化学技術推進協会(JACI)

後援：(一社)日本化学工業協会

①目標

- ・新材料を開発するためにMI(ソフト)・AI(ハード)を駆使できる研究者を育成する。
- ・化学産業の研究者約3万人の5% = **1,500人**を**5年間**で育成する。
- ・化学産業のDX・国際競争力向上に貢献する。(DX: デジタルトランスフォーメーション)

②成果

- ・初級編として「**化学×デジタル人材育成講座**」を開設
- ・講師は、東大 船津教授、奈良先端大 金谷教授・小野准教授
- ・座学＋プログラミング学習(約40時間/7日間)
- ・2019年度 全2回開催(於: 東大本郷キャンパス 他)、
のべ125社約240名が受講
- ・2020年度は全3回開催予定、要望の多い関西開催も検討中
- ・中級編として協会内に**情報科学WG**を設置、上記研究者のコミュニティを形成する
- ・さらに、各社マネジメントによる**MI推進WG**を設置、
講座のブラッシュアップを担う



PCoMS（計算物質科学人材育成コンソーシアム）



参画機関

東北大学（主に金属材料研究所）、東京大学（主に物性研究所）、自然科学研究機構分子科学研究所、大阪大学（主にナノサイエンスデザイン教育研究センター）

期間

2015年8月～（JST『科学技術人材育成のコンソーシアムの構築事業（次世代研究者プログラム）』）

概要

- ・ 広範な物質科学領域と基礎、応用、実用化の全段階を俯瞰しつつ、ハイパフォーマンスコンピューティング（HPC）技術を駆使して物質科学分野の課題発見と解決ができる人材育成の環境を整備し、同時に、若手研究者の安定雇用につながる仕組みを構築することによって若手研究者を支援。
- ※ 下記の2タイプの研究者を育成。
 - ① 先鋭化された材料科学・物性科学・分子科学の専門性に加え、物質科学全体の素養を持ち、基礎から応用まで全体を俯瞰しつつ、HPC技術を駆使した最先端の計算物質科学研究を進める次世代グローバルリーダーとなる若手研究者（次世代研究者）
 - ② 計算物質科学の幅広い素養とHPC技術を持ち、かつ、長期インターンシップ等による所属機関以外の異なる研究環境を経験し、企業のニーズ等の理解や国際的な研究動向等を理解したポスドクや博士課程（後期）学生（イノベーション創出人材）

2. マテリアルを取り巻く状況

(4) 外部環境

①カーボンニュートラルと循環経済

2050年カーボンニュートラル宣言

- 2020年10月26日に菅総理より、2050年までにカーボンニュートラルを目指すとする方針を表明。
- 化学産業に起因して排出されるCO₂の大半は、ナフサ分解等の製造プロセス及び廃プラスチックの焼却プロセスである。プラスチック由来の「C」をリサイクルして循環させることもカーボンニュートラル実現に向けた議論の一環として捉え、アプローチを検討する必要。

カーボンニュートラル関連の直近の各国の動向

中国

2020.09.22 国連総会にて
2060年までにカーボンニュートラル宣言
(中間目標：2030年をピークとして以降減少)

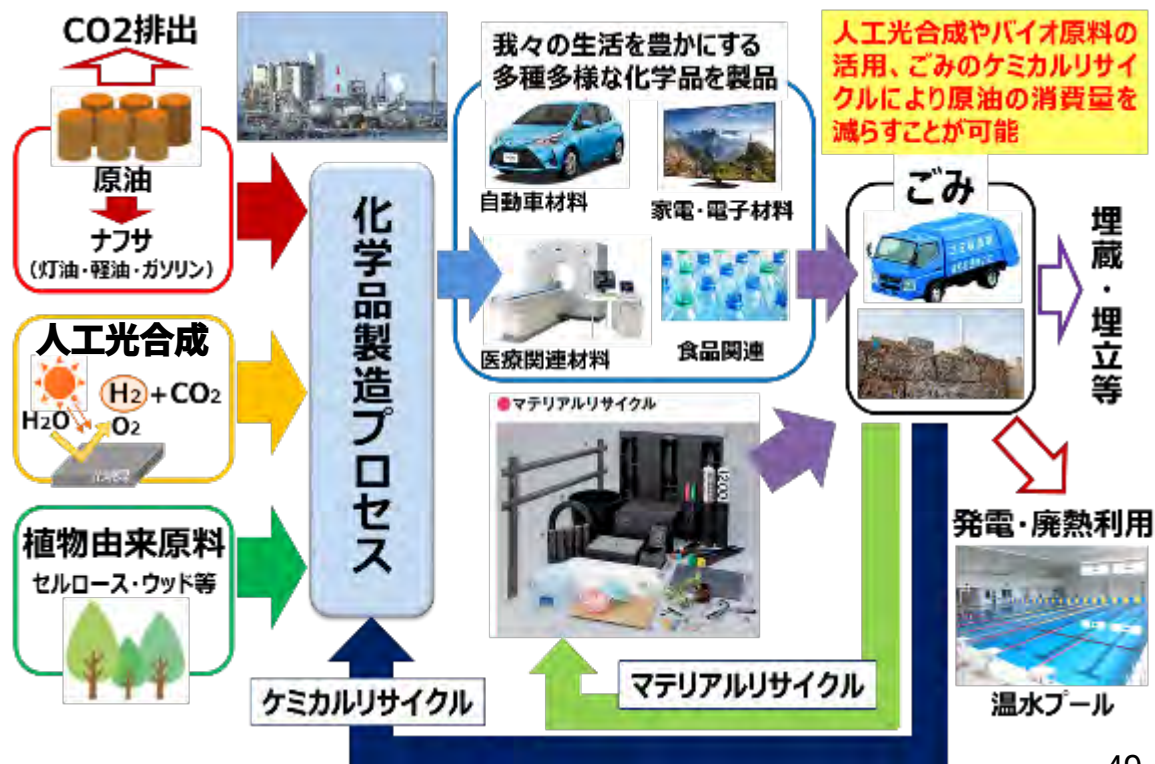
韓国

2020.10.28 国会にて
2050年までにカーボンニュートラル宣言

米国

バイデン大統領候補（民主党）の選挙公約
2050年までにカーボンニュートラルを発表
(中間目標：2035年までに電力セクターでネットゼロ)

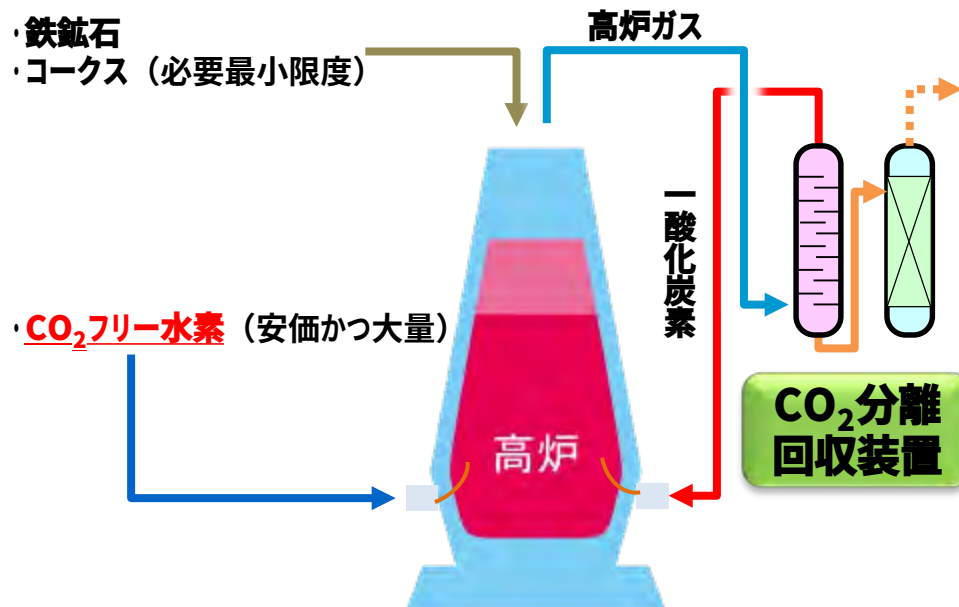
化学産業におけるカーボンニュートラルの考え方



ゼロカーボン・スチール

- 鉄鋼業は、我が国産業部門のCO₂排出のうち約40%（国全体のエネルギー起源CO₂の約15%）を占めており、CO₂排出量の削減は喫緊の課題。特に、全工程におけるCO₂排出量の約8割を占める製鉄プロセスにおけるCO₂排出削減が重要。
- 製鉄プロセスでは、コークスを用いて鉄鉱石を還元するため、大量のCO₂が発生。水素を用いて鉄鉱石を還元することで、コークスの使用量を最小限度まで抑制することができれば、CO₂排出量を激減させることも可能。
- ただし、CO₂排出量を実質的にゼロにできる「ゼロカーボン・スチール」を実現するためには、安価かつ大量のCO₂フリー水素及びCO₂を回収・活用するCCS/CCUSが必要。

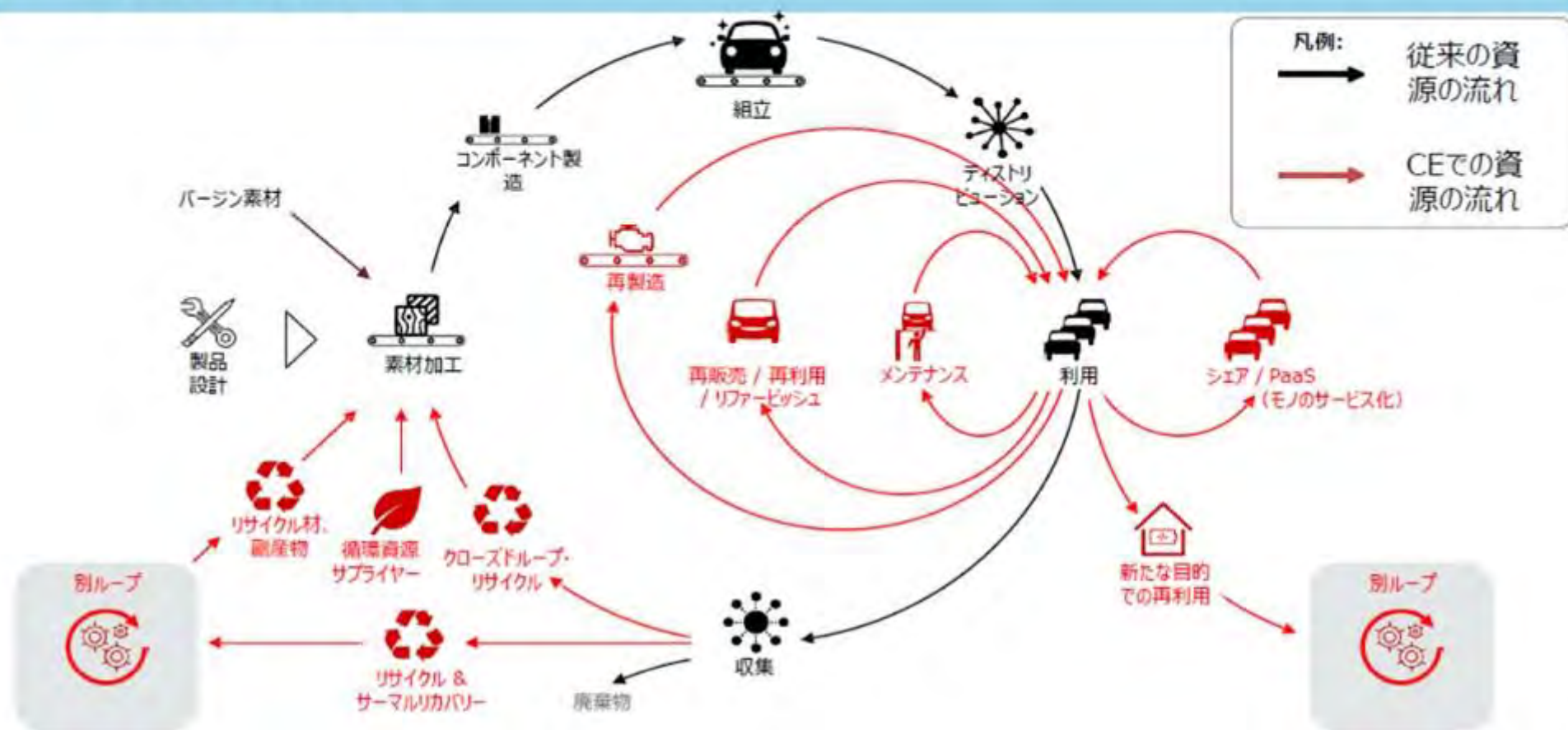
水素還元製鉄（第一段階）のイメージ



「ゼロカーボン・スチール」の実現に向けた試験高炉
(COURSE50、千葉県木更津市)

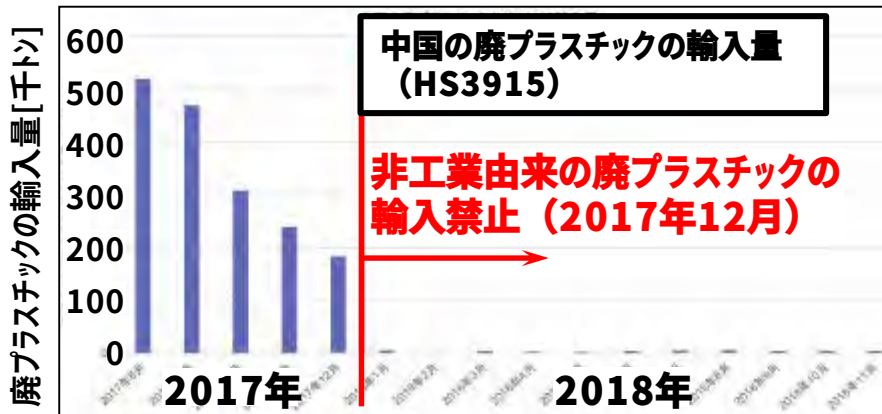
サーキュラー・エコノミー（循環経済）

- 循環経済とは、従来の「大量生産・大量消費・大量廃棄」のリニアな経済（線形経済）に代わる、製品と資源の価値を可能な限り長く保全・維持し、廃棄物の発生を最小化した経済を指す。
- これは、循環型社会に向けて我が国が推進してきた従来の3Rを、シェアリングやサブスクリプションといった循環性と収益性を両立する新しいビジネスモデルの広がりも踏まえ、持続可能な経済活動として捉え直したもの。

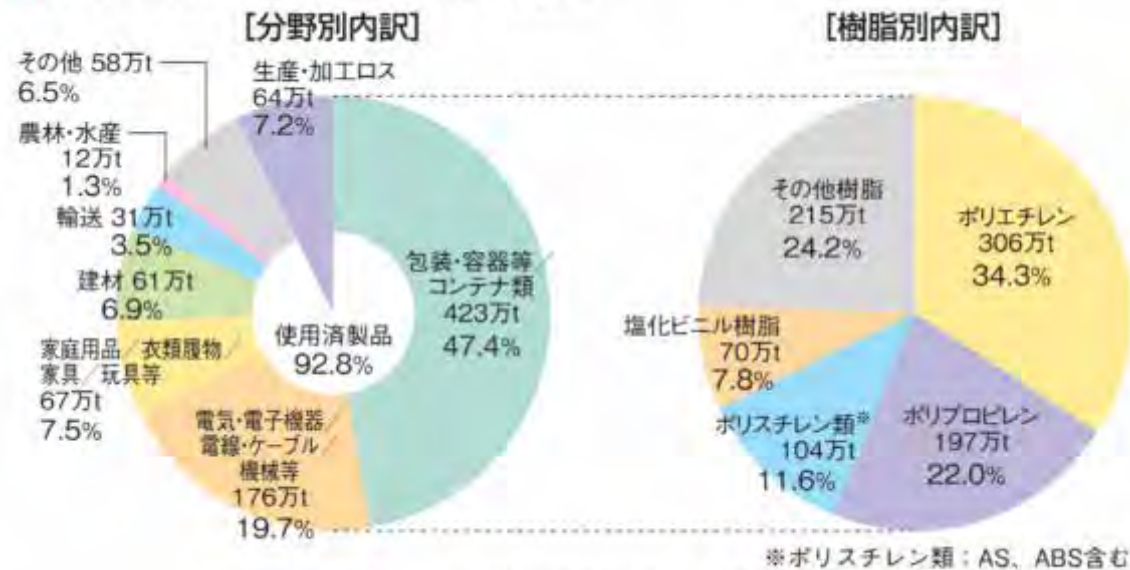


プラスチックリサイクルの波

- 世界的な人口増加及び経済成長に伴う資源の需要・消費量増加により、廃棄物問題がグローバルに顕在化。中国をはじめとするアジア諸国における廃棄物輸入規制等による世界全体のリサイクル・システムの機能不全なども相まって、日本国内にも大きな影響。
- また、海洋プラスチックごみによる海洋環境問題も顕著化し、プラスチック資源の生産・利用・処理方法を今一度見直す必要。



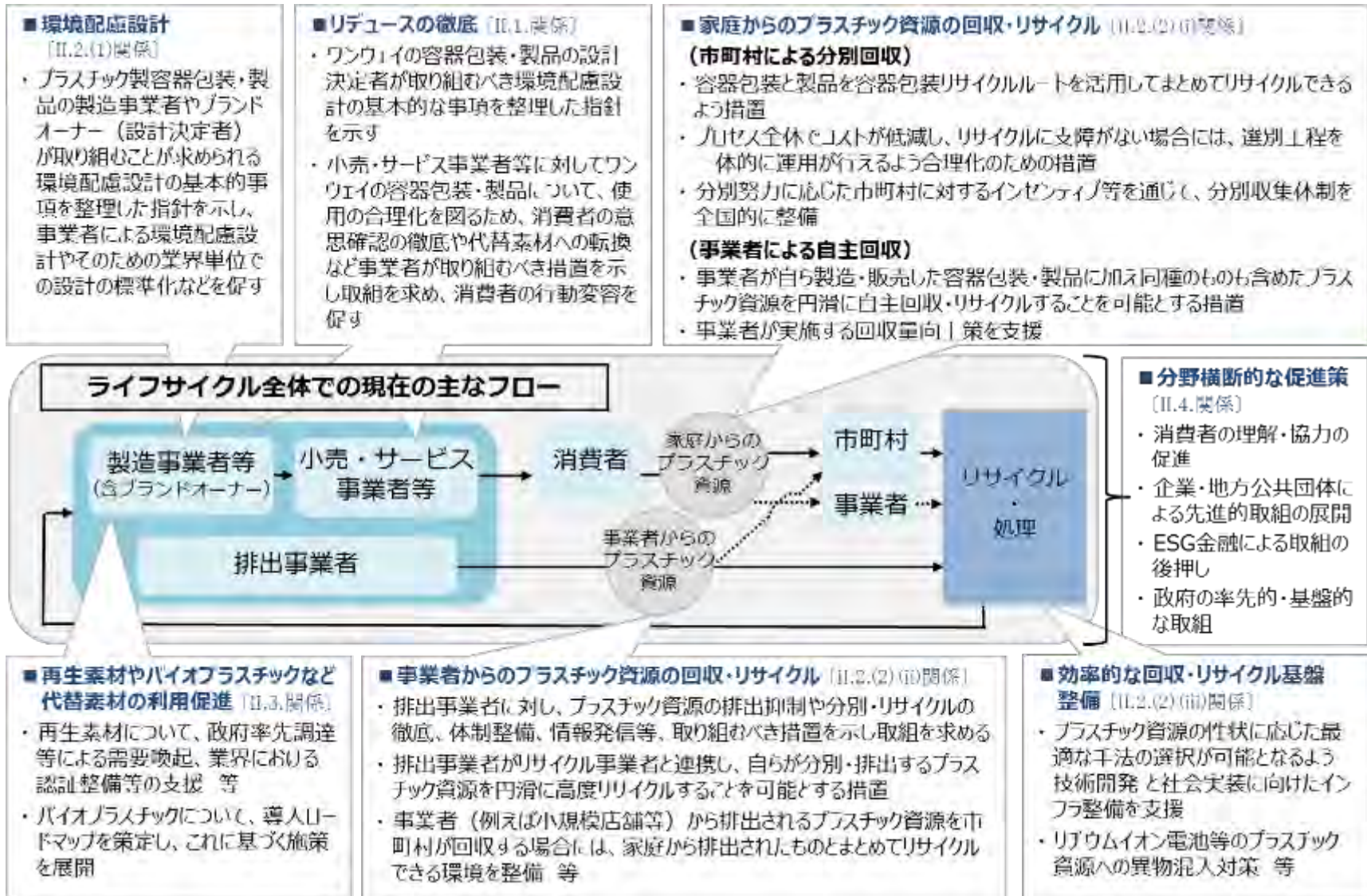
廃プラスチック総排出量 (891万t) の内訳



[出典] 一般社団法人プラスチック循環利用協会「プラスチック基礎知識2020」

今後のプラスチック資源循環施策の全体像

- 2019年5月31日、3R+Renewableを基本原則とした「プラスチック資源循環戦略」を策定。
- 2020年5月より、上記戦略の具体化に向けた合同審議会を開始。



プラスチックごみ対策の全体像

1. 海洋流出防止

G20

(2019/6/15-16 G20エネルギー・環境大臣会合@軽井沢、
2019/6/28-29 G20大阪サミット)

- G20大阪サミットで共有された「**大阪ブルー・オーシャン・ビジョン（2050年までに海洋プラスチックごみによる新たな汚染をゼロとすることを旨とする）**」の実現に向け、安部総理は同サミットにて、日本は途上国の廃棄物管理に関する能力構築及びインフラ整備等を支援していく旨を表明。
- そのため日本政府は、①廃棄物管理、②海洋ごみの回収、③イノベーション及び④能力強化に焦点を当てた、世界全体の実効的な海洋プラスチックごみ対策を後押しすべく、「**マリーン（MARINE）・イニシアティブ**」を立ち上げた。

①廃棄物管理	Management of wastes
②（海洋ごみの）回収	Recovery
③イノベーション	Innovation
④（途上国の）能力強化	Empowerment

⇒「**MARINE**」と総称

海洋プラスチックごみ対策アクションプラン

(2019/5/31 関係閣僚会議決)

「新たな汚染を生み出さない世界」の実現に向け、G20の実施枠組構築に先立って、日本国としての行動計画を率先して策定。

【対策分野】

- プラスチックごみの回収・適正処理の徹底（例：国内の廃プラ処理・リサイクル施設増強）
- 海洋に流出したプラスチックごみの回収（例：自治体による海岸漂着物の回収処理を支援）
- イノベーションによる代替素材への転換
（例：「海洋生分解性プラスチック開発・導入普及ロードマップ」
「クリーン・オーシャン・マテリアル・アライアンス(CLOMA)」）
- 取組を促進するための関係者の連携協働（例：経団連の「業種別プラスチック関連目標」）
- 途上国等における対策促進のための国際貢献（例：ASEANナレッジセンター設立） 等

海岸漂着物処理推進法基本方針の改正

(2019/5/31 閣議決定)

- マイクロプラスチック対策等を追加（事業者の使用抑制努力、国の実態調査等）

2. 国際資源循環の管理

バーゼル条約改正

(2019/5/10 採択)

- 「汚れた」プラ廃棄物を輸出入の規制対象に追加（輸出相手国の事前同意義務付け：2021年1月発効）

3. 国内資源循環の強化

プラスチック資源循環戦略

(2019/5/31 関係省庁連名策定)

○3R+Renewable

<リデュース>

- ・～2030年 ワンウェイプラ累積25%削減
※レジ袋有料義務化

<リユース・リサイクル>

- ・～2030年 容器包装の6割をリサイクル
- ・～2035年 使用済プラ100%有効利用

<再生利用等>

- ・～2030年 再生材利用倍増
- ・～2030年 バイオマスプラ200万トン導入

プラスチック資源循環戦略（概要）

令和元年5月31日

背景

- ◆廃プラスチック有効利用率の低さ、海洋プラスチック等による環境汚染が世界的課題
- ◆我が国は国内で適正処理・3Rを率先し、国際貢献も実施。一方、世界で2番目の1人当たりの容器包装廃棄量、アジア各国での輸入規制等の課題

重点戦略

基本原則：「3R+Renewable」

【マイルストーン】

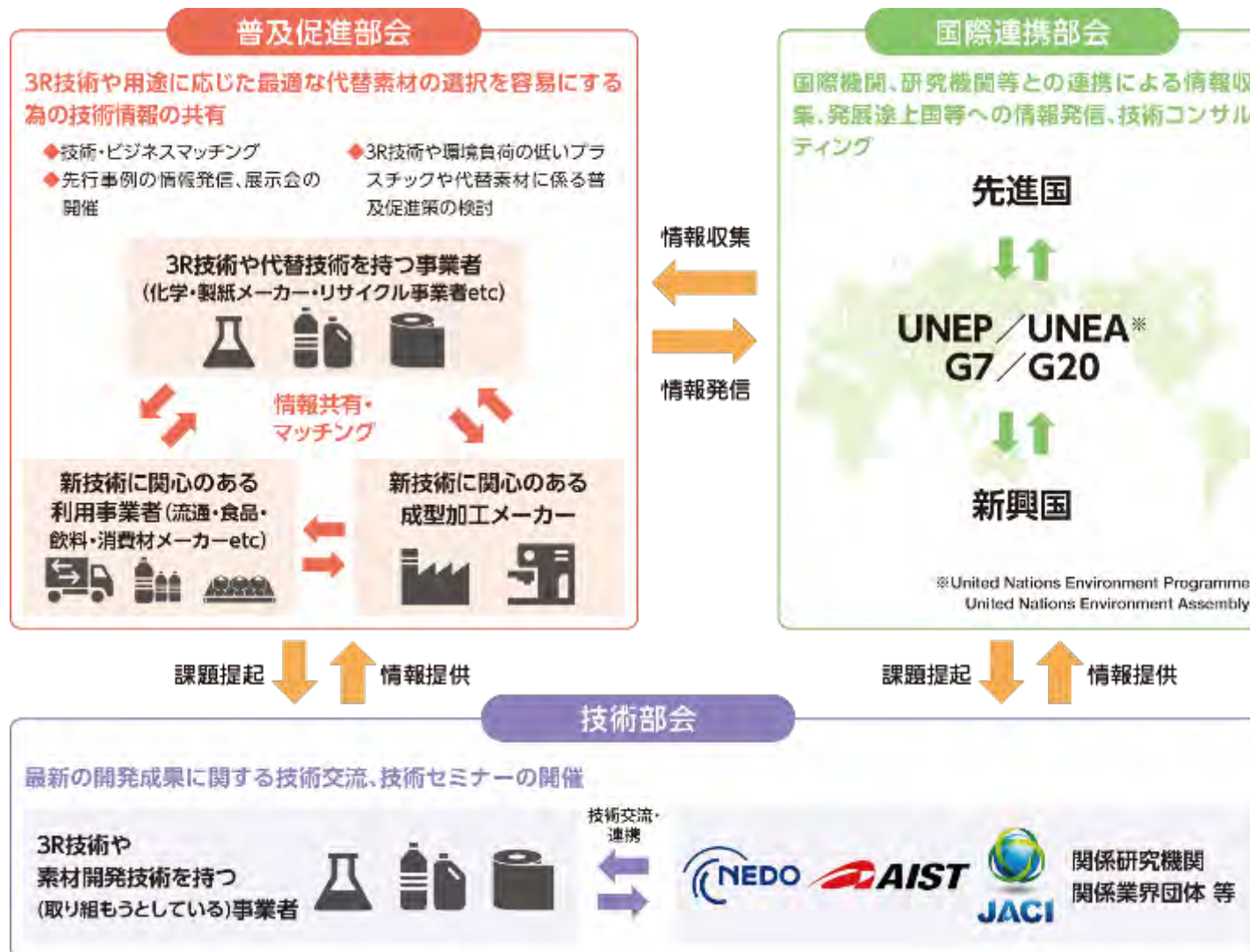
リデュース等	- ワンウェイプラスチックの使用削減(レジ袋有料化義務化等の「価値づけ」) - 石油由来プラスチック代替品開発・利用の促進	＜リデュース＞ ①2030年までにワンウェイプラスチックを累積25%排出抑制
リサイクル	- プラスチック資源の分かりやすく効果的な分別回収・リサイクル - 漁具等の陸域回収徹底 - 連携協働と全体最適化による費用最小化・資源有効利用率の最大化 - アジア禁輸措置を受けた国内資源循環体制の構築 - イノベーション促進型の公正・最適なリサイクルシステム	＜リユース・リサイクル＞ ②2025年までにリユース・リサイクル可能なデザインに ③2030年までに容器包装の6割をリユース・リサイクル ④2035年までに使用済プラスチックを100%リユース・リサイクル等により、有効利用
再生材 バイオプラ	- 利用ポテンシャル向上（技術革新・インフラ整備支援） - 需要喚起策（政府率先調達（グリーン購入）、利用インセンティブ措置等） - 循環利用のための化学物質含有情報の取扱い - 可燃ごみ指定袋などへのバイオマスプラスチック使用 - バイオプラ導入ロードマップ・静脈システム管理との一体導入	＜再生利用・バイオマスプラスチック＞ ⑤2030年までに再生利用を倍増 ⑥2030年までにバイオマスプラスチックを約200万トン導入
海洋プラス チック対策	プラスチックごみの流出による海洋汚染が生じないこと（海洋プラスチックゼロエミッション）を目指した - ポイ捨て・不法投棄撲滅・適正処理 - 海岸漂着物等の回収処理 - 海洋ごみ実態把握(モニタリング手法の高度化)	- マイクロプラスチック流出抑制対策(2020年までにスクラブ製品のマイクロビーズ削減徹底等) - 代替イノベーションの推進
国際展開	- 途上国における実効性のある対策支援（我が国のソフト・ハードインフラ、技術等をオーダーメイドパッケージ輸出で国際協力・ビジネス展開） - 地球規模のモニタリング・研究ネットワークの構築（海洋プラスチック分布、生態影響等の研究、モニタリング手法の標準化等）	
課題克服	- 社会システム確立（ソフト・ハードのリサイクルインフラ整備・サプライチェーン構築） - 技術開発（再生可能資源によるプラ代替、革新的リサイクル技術、消費者のライフスタイルのイノベーション） - 調査研究（マイクロプラスチックの使用実態、影響、流出状況、流出抑制対策） - 連携協働（各主体が一つの旗印の下取組を進める「プラスチック・スマート」の展開）	- 資源循環関連産業の振興 - 情報基盤（ESG投資、エシカル消費） - 海外展開基盤

- ◆アジア太平洋地域をはじめ世界全体の資源・環境問題の解決のみならず、経済成長や雇用創出 ⇒ 持続可能な発展に貢献
- ◆国民各界各層との連携協働を通じて、マイルストーンの達成を目指すことで、必要な投資やイノベーション（技術・消費者のライフスタイル）を促進



CLOMAの主な活動（3つの部会活動）

375社・団体
(2020年10月時点)





CLOMAビジネスマッチング事例

CLOMAビジネスマッチングの実績
(2020年2月会員アンケートより)

情報交流	50件
研究開発	18件
事業化検討	8件
事業化	6件



2019.09.05 第2回ベスブライントロセミナー

ビジネスマッチング事例



北村化学産業
発泡バリアトレ

日本製紙
紙製バリア蓋材
SHIELDPLUS®



プラ使用量 40%削減



凸版印刷
フィルム製造技術

GSIクレオス
生分解性樹脂
MATER-BI



生分解性プラのレジ袋
2019年12月から販売開始



カネカ
海洋生分解性ポリマー
PHBH®

セブン&アイ
セブンカフェ



2019年11月から
セブンカフェでストロー使用

2. マテリアルを取り巻く状況

(4) 外部環境

②希少資源

カーボンニュートラル社会の実現に必要な鉱物資源

- 2050年カーボンニュートラルに向けては、徹底した省エネを含むエネルギー転換が必須となることから、それらに必要な鉱物資源の安定的な確保が課題。
- 特に、今後普及拡大が見込まれる再エネ発電や電動車（EV、FCV等）の製造に欠かせないレアメタル等の一部は、特定国に埋蔵・生産が偏在することによる供給リスクあり。

	システム・要素技術		必要となる主な鉱物資源	
再生可能エネルギー部門	発電・蓄電池	風力発電	銅、アルミ、レアアース	
		太陽光発電	インジウム、ガリウム、セレン、銅	
		地熱発電	チタン	
		大容量蓄電池	バナジウム、リチウム、コバルト、ニッケル、マンガン、銅	
自動車部門	蓄電池・モーター等	リチウムイオン電池	リチウム、コバルト、ニッケル、マンガン、銅	
		全固体電池	リチウム、ニッケル、マンガン、銅	
		高性能磁石	レアアース	
		燃料電池（電極、触媒）	プラチナ、ニッケル、レアアース	
		水素タンク	チタン、ニオブ、亜鉛、マグネシウム、バナジウム	



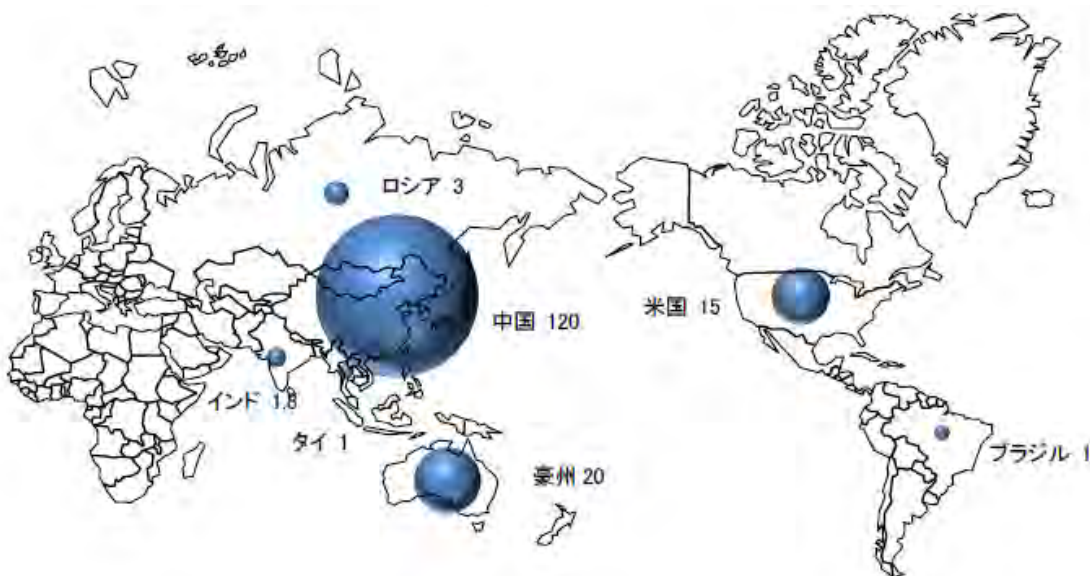
風力発電機器
(希土類磁石)



リチウムイオン電池

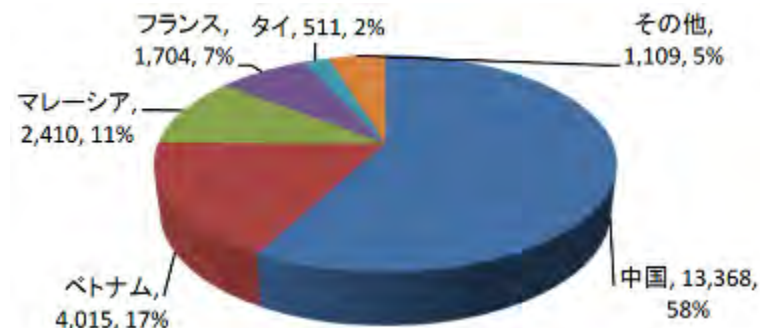
レアアースの世界の生産国と日本の状況

世界の主要レアアース鉱石生産国
(国名、国別生産量 (REO千トン、2018年間値))

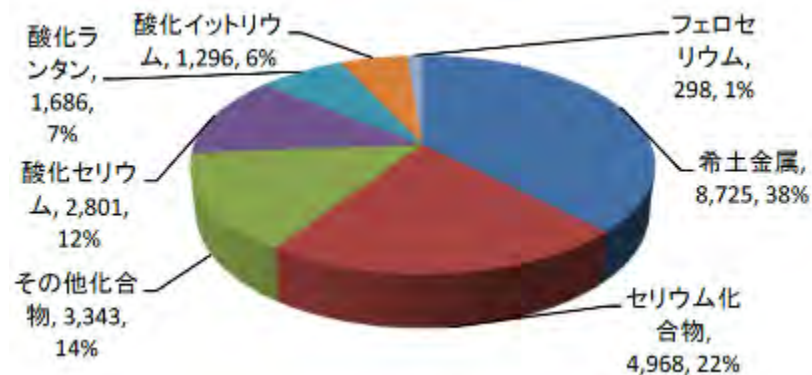


日本の希土類金属、
希土類化合物の輸入先、輸入内訳
(国名、数量 (純分t)、構成比% (2018年間値))

輸入先



輸入内訳



我が国の鉱種別自給率

2018年度 鉱種別自給率（日本企業による権益比率量又は輸入量ベース）



■ 自給率（権益ベース）（%）
 = 地金等の生産に要する原料のうち我が国が権益を有するもの等 + リサイクル量（①～⑤の合計） / 地金等の内需 × 100

- ① 海外自山鉱：日本企業が権益を有している鉱山の生産量に権益比率を乗じた量（権益量） ※
- ② 輸入地金等：日本企業が権益を有している製錬所等からの引取量 ※
- ③ スクラップ：国内で発生した市中スクラップ
- ④ 製錬残渣等：国内製錬所で発生する残渣等
- ⑤ 再生地金等：製造途中で発生する工程スクラップ等

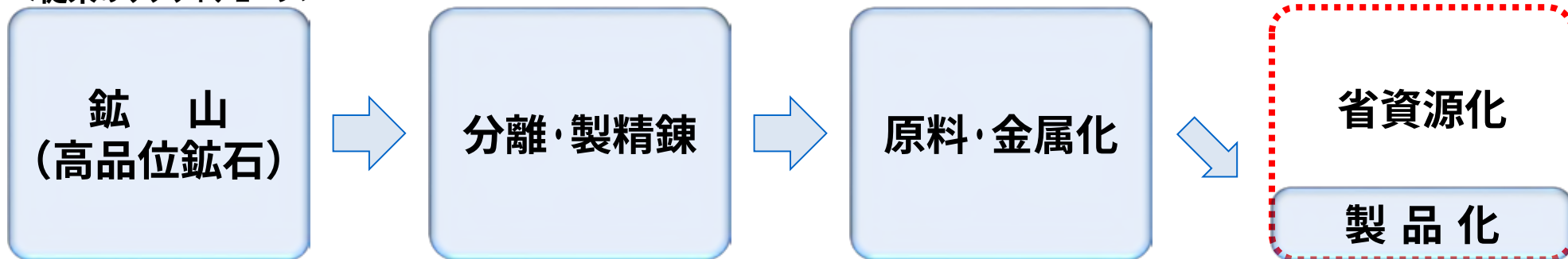
※ 実際の輸入量・引取量が権益量より下回る場合は、輸入量・引取量を採用。

資源制約の克服に向けた取組み

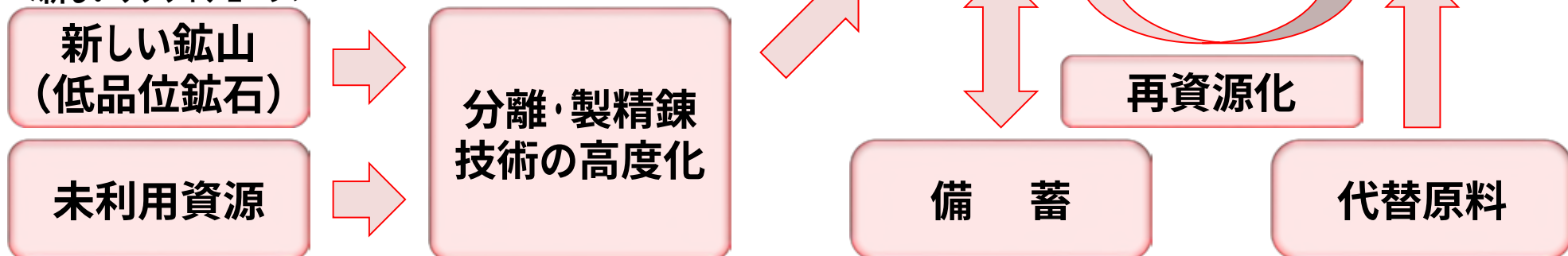
- レアメタル・レアアース等の希少資源の安定確保は、我が国製造業の産業競争力確保のための大前提。特に我が国の競争力の基盤である高度部材・部品の製造業の存立に必要不可欠。
- 資源制約克服のため、新しい鉱山の開発や未利用資源の有効利用（分離・製精錬技術の高度化）、備蓄、再資源化、代替・省資源化に取り組んでいる。

サプライチェーン強靱化に向けた取組

<従来のサプライチェーン>



<新しいサプライチェーン>



新国際資源戦略

- 令和2年3月、経済産業省は「新国際資源戦略」を発表。同戦略は、資源・燃料政策を取り巻く環境が大きく変化する中で、日本政府の新たな対応の方向性を示すもの。
- 同戦略において、重要鉱物の必要性が強調されるとともに、日本向けの鉱物資源の安定供給に向け、5本柱の対策が示された。

① 鉱種ごとの戦略的な資源確保策の策定

- ┆ 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特性を踏まえた、戦略的な資源確保策を策定する。

② 供給源多角化の促進

- ┆ JOGMEC法の改正（リスクマネー支援機能強化）、債務保証案件の採択に係る審査の合理化

③ 備蓄制度の見直し等によるセキュリティ強化

- ┆ 鉱種ごとのリスクに対応するための柔軟な備蓄目標日数の設定、備蓄放出時等における国の関与の強化

④ サプライチェーン強化に向けた国際協力の推進

- ┆ 重要鉱物に関する国際協力体制の構築、相手国側の協力ニーズに応じた技術協力等の取組、JOGMEC のボツワナ・地質リモートセンシングセンターが持つ知見や先進的な衛星画像解析技術等を活用した協力

⑤ 産業基盤等の強化

- ┆ ヒ素等の不純物増加に対応した製錬等の技術開発、リサイクルの推進、人材育成

2. マテリアルを取り巻く状況

(4) 外部環境

③ パンデミック

ものづくりに対するコロナ禍の影響（1）

コロナショックにおいて発生したサプライチェーンの寸断

- 現代のサプライチェーンが有する①**効率的な生産体制**（少ない在庫、コスト競争力のある海外での集中生産）、②**陸海空の機動的な物流**、③**人の円滑な移動**という特徴のいずれにおいても供給途絶リスクが顕在化。

新型コロナウイルスを受けたサプライチェーンの寸断の一例



（資料）Global Trade Alert、独立行政法人日本貿易振興機構「地域・分析レポート」、内閣府「景気ウォッチャー調査」、Sixfold, Baldwin "Supply chain contagion waves: Thinking ahead on manufacturing 'contagion and reinfection' from the COVID concussion"

ものづくりに対するコロナ禍の影響（２）

サプライチェーンの特性とコロナショックの影響（自動車、IT製品、医療用品、食料・食品）

- 産業や財のサプライチェーンの特性に応じた生産体制や物流、人、規制等の要因により、コロナショックは異なる影響をもたらした。
- 自動車・IT製品については、部品供給が滞り生産工程が停滞するという点は共通。**自動車**は部品数が多く一部の部品供給の停止で生産停止に。**IT製品**についてはモジュール化により操業継続。
- **医療物資**については、需要が爆発する中で、多くの国で**輸出制限**が行われ、医療物資の一大生産地である中国において工場が再稼働しても、**世界的に供給不足**がみられた。

	自動車	IT製品	医療物資	食糧・食品
工場	部品数が多い。電気自動車は組み立て加工まで多くの工程。モジュール化しやすい。	組み立て加工まで多くの工程。モジュール化しやすい。	部品、製造工程は少ない。	機械化できない作業も多い
物流	海運中心	空運中心	空運（高付加価値）、海運（汎用品）、陸運（全般）	空運（高付加価値）、海運（汎用品）、陸運（全般）
在庫	在庫少	在庫少～多	在庫少～多	在庫多
コロナショック前のサプライチェーン	地産地消で多様な労働集約的な部品は生産拠点が集中しやすい。	組立は労働集約的付加価値の高い部材は高度技能者が多い場所に集中	汎用品は労働コストの低い地域に集中しやすい	気候や土地の豊富さに応じて集中
コロナショックの影響	一部の部品供給が滞るだけで生産工程全体が停滞。更に需要低迷を受け稼働停止に。	感染拡大を受け一時期に部品調達と組立加工が困難になるものの操業を続ける企業も多い。	各国において医療物資の需要が急増。多くの国で輸出制限が行われ、世界的に供給不足に。	一部の国では輸出制限も。国境を越える物流で遅延が発生し、農作業で労働者が不足になる地域も。

コロナ禍後の社会変化と具体事例

社会の変化

各国の経済・社会運営の脆弱性露呈
需要、供給、金融のトリプルショック

価値観の変化、体制の破壊・淘汰
普遍的価値の精査・新しい価値の創造

新しい社会像、社会的価値観

变化

1. デジタルシフト
2. 政治体制や国際情勢変化
3. 産業構造、企業行動の変化
4. 集中型から分散型への変化
5. 人々の行動変化
6. 環境問題への意識の変化



社会構造:集中型から分散・ネットワーク型へ

具体事例

医療・感染予防

オンライン診療(IT・AI、センシング技術)



行政

政府:国が雇用拡大、医療物資生産・調達を主導、重要産業へ資本注入

自治体:知事権限の拡大・強化の要求
IT化への対応、柔軟な政策の実現

テレワークシフト(職住一体・職住近接・多拠点生活)に対応した行政運営

都市の変化

人々は(都心の)職場中心から
自宅・近所・地域中心に回帰

デジタル対応都市の出現に期待
デジタル技術を中心とする情報ネット
ワーク空間に対応した社会

都市活動全体のデジタル化・最適化
自動運転、AI、IT、ロボット技術
に対応した都市の計画・建設
医療資源集約、エネルギーの効率化



教育·家庭

教育格差改善:オンライン授業
仕事=自宅⇒家族の価値観変化
要求人材変化⇒教育の多様化



GIGAスクール構想 の早期実現

リモート化
オンライン化

仕事・産業

先端技術(AI、IT、ロボット)=業務効率化
競争力人材確保、サプライチェーン変化
中小企業の集積・スマート化



感染症対策や強靱な社会・産業づくりへのマテリアルの貢献事例（1）

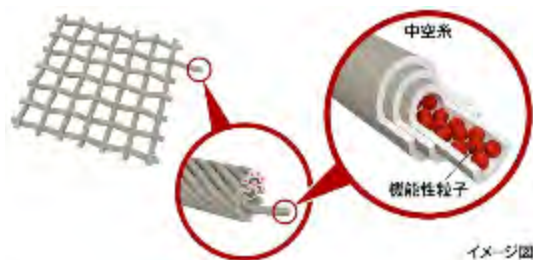
経済産業省事業、所管機関におけるマテリアルの研究開発から、**新型コロナウイルス感染症対策に貢献する、また、新型感染症の拡大に伴う影響からの脱却を図るための取組事例**が生まれてきている。

感染症対策（防疫、治療、診断等）

研究開発

①繊維に抗菌性等の機能性付与を可能とする マイクロ波処理技術の開発 【産総研】

- 繊維の中空部分に、選択的に機能性微粒子や結晶を成長させる技術を開発。例えば、**コットンの中空部分に銀ナノ粒子を合成して抗菌性をもつ繊維の製造が可能**。
- 本技術により製造した綿は機能性粒子が中空部分にのみあるため、繊維の特徴は維持しつつ、摩擦等による機能劣化の抑制も期待でき、医療用の病衣、シーツ等への利用が想定。



繊維の中空部分への機能性微粒子導入のイメージ

<出典等>

① 産総研プレスリリース：発表・掲載日：2020/01/21
https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2020/pr20200121_3/pr20200121_3.html

② 経済産業省 令和2年度補正予算
「サプライチェーン強靱化に資する技術開発・実証」として実施

③ NEDO 次世代人工知能・ロボット中核技術開発にて実施（2015年7月～2020年2月）
<https://www.nedo.go.jp/content/100902378.pdf>

サプライチェーンの強靱化

研究開発

②部素材の代替・使用量低減に資する 技術開発・実証 【経済産業省】

- 供給途絶リスクが高い**レアアースの使用を極力減らす、又は使用しない技術の開発により、サプライチェーンの強靱化を図る**。
- <重希土類等>
使用量を減らしても同等程度の性能を発揮させる技術開発
- <軽希土類等>
品位向上や低品位のままでも利用できる技術開発



重希土類を使用しない
磁石の開発（イメージ）

無人化／省力化、リモート社会

研究開発

③人との親和性が高いアシスト機器のための 革新的ソフトアクチュエータの開発 【NEDO】

委託先：学校法人中央大学

- 人のように粘弾性を制御できる**人工筋肉と機能性流体デバイスの開発、その動作アシストへの応用**。



感染症対策や強靱な社会・産業づくりへのマテリアルの貢献事例（2）

文部科学省事業、所管機関等におけるマテリアルの施策・研究開発から、**新型コロナウイルス感染症対策に貢献する、また、新型コロナウイルス感染症の拡大に伴う影響からの脱却を図るための取組事例**が生まれてきている。

研究開発活動の継続支援

施策

○ 産学官のマテリアル研究開発を支援する共用施設・設備での技術代行サービスの実施

文部科学省ナノテクノロジー・プラットフォーム事業では、実施機関へ出張できない利用者に代わって技術スタッフが試作や測定を行う「技術代行」サービスを活用し、**日本全体の研究開発活動の継続を支援**。令和2年4月時点※で、33の実施機関において技術代行を受付。

※緊急事態宣言前



電話で利用問い合わせ
☎029-859-2777

（出典）
ナノテクノロジー・プラットフォームHP

施策

○ 研究データの共有環境整備やスマートラボ導入など、研究環境のデジタル転換の推進

NIMSでは、材料データプラットフォームを最大限活用し、**実験の自動化などスマートラボ化への転換を進めており、実験室での研究活動が制限される中、成果を持続的に創出**。



材料データプラットフォームを含めたスマートラボの概念図

感染症対策能力の強化

研究開発

○ 感染症対策能力の持続的強化に向けた研究開発の実施

大学等の研究現場において、**感染症対応能力の強化に貢献する、あるいは今後貢献が大きく期待されるマテリアルからの研究成果が生まれている**。

① 病院等で使用する器具や素手で触る箇所の**ウイルス不活性化**を通じた感染リスク低減への貢献

【具体的事例】

- ü ウイルスを分解する性能に優れた新しい光触媒材料をはじめとする、**抗菌・抗ウイルス材料**の開発
- ü **滅菌効果が高い深紫外線LED**の開発や、当該技術を用いたどこでも使えるUV滅菌機の開発

② 極微量**ウイルスの迅速検出**や**分離・分解・除去**を通じたウイルス蔓延防止への貢献

【具体的事例】

- ü **微細加工技術**や**ナノ物質**を活用した、簡易で高感度な極微量ウイルス検出法や検出センサ、分離・分解・除去技術の開発

③ 医療従事者や生活者の**遠隔操作**や**支援ロボット**の**活用**を通じた感染リスク低減への貢献

【具体的事例】

- ü **遠隔操作技術**や**ロボット向け**の材料・デバイスの開発

3．諸外国の動向

米国 ナノテクノロジーイニシアチブ：2021予算要求

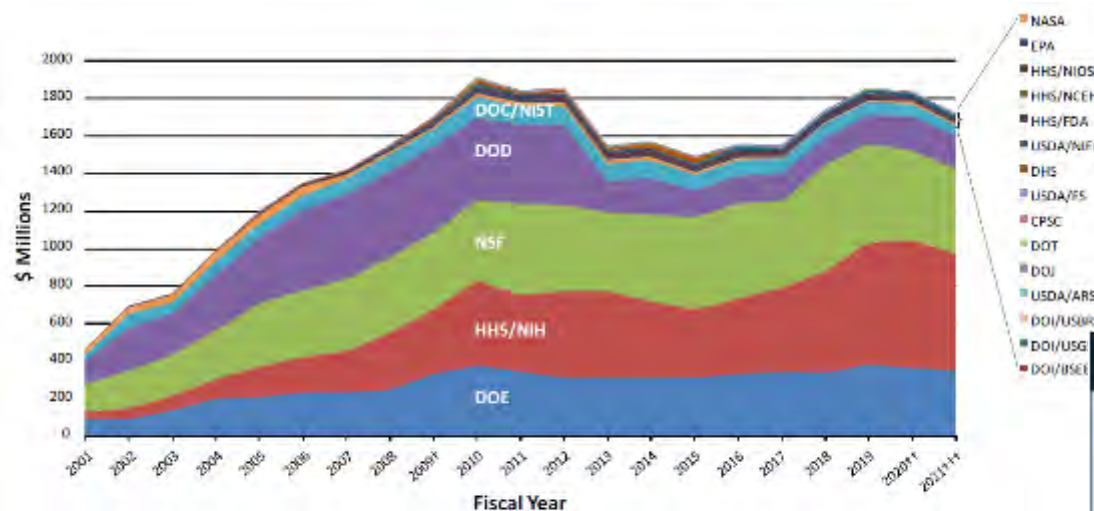


Figure 1. NNI Funding by Agency, 2001-2021.

† 2009 figures do not include American Recovery and Reinvestment Act funds for DOE, NSF, NIH, and NIST.

†† 2020 numbers are based on appropriated levels.

††† 2021 Budget.

- NNIは20年間4代の政権に渡って継続。20省庁が参加する省庁横断イニシアティブ。2021年予算(要求)まで含めると累計310億ドル以上の国家投資。
- 2021年度予算は約17億ドルの要求、前年比6%減。バイデン新政権における方向性は未定(2020.12時点)。2021年1月、NNIを次の10年間へ向けてどう展開するかを議論する「ステークホルダー・ワークショップ」をNNCO (National Nanotechnology Coordination Office)が開催。
- NNI予算の96%は、NSF、DOE、NIH、DOD、NISTの5省庁・機関で占める。



NIST/Boulder cleanroom showing specialized tools and facilities. Image credit: NIST.



Proposed 2021 Agency Investments by Program Component Area (dollars in millions)*												
Agency	1. Nanotechnology Signature Initiatives (NSIs) and Grand Challenge	1a. Nanomanufacturing NSI	1b. Nanoelectronics NSI	1c. NNI NSI	1d. Sensors NSI	1e. Water NSI	1f. Future Computing GC	2. Foundational Research	3. Nanotechnology- Enabled Applications, Devices, and Systems	4. Research Infrastructure and Instrumentation	5. Environment, Health, and Safety	NNI Total
CPSC	0.0	0.0	-	-	0.0	0.0	-	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
DOC/NIST	4.7	3.7	-	-	0.7	0.3	-	10.0	16.1	25.8	1.8	58.4
DOD	13.2	0.4	-	-	12.8	0.0	-	127.5	29.4	1.7	0.2	172.0
DOE	0.0	0.0	-	-	0.0	0.0	-	182.3	33.9	136.6	0.0	352.8
DOJ/NIJ	0.0	0.0	-	-	0.0	0.0	-	0.0	1.5	0.1	0.0	1.6
DOT/FHWA	0.0	0.0	-	-	0.0	0.0	-	0.0	0.5	0.0	0.0	0.5
EPA	0.0	0.0	-	-	0.0	0.0	-	0.0	0.0	0.0	2.0	2.0
HHS (total)	21.4	0.5	-	-	20.9	0.0	-	155.8	392.6	35.9	41.4	647.1
FDA	0.0	0.0	-	-	0.0	0.0	-	0.0	0.0	0.0	13.6	13.6
NCEH	0.0	0.0	-	-	0.0	0.0	-	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
NIH	21.4	0.5	-	-	20.9	0.0	-	155.8	392.6	35.9	16.8	622.5
NIOSH	0.0	0.0	-	-	0.0	0.0	-	0.0	0.0	0.0	10.9	10.9
NASA	0.6	0.4	-	-	0.2	0.0	-	4.7	4.6	0.0	0.1	10.0
NSF	53.5	32.0	-	-	8.5	13.0	-	282.3	73.8	33.4	10.5	453.5
USDA (total)	7.5	2.5	-	-	3.0	2.0	-	3.8	11.0	1.0	2.0	25.3
ARS	0.0	0.0	-	-	0.0	0.0	-	0.0	3.0	0.0	0.0	3.0
FS	1.5	1.5	-	-	0.0	0.0	-	1.8	0.0	0.0	0.0	3.3
NIFA	6.0	1.0	-	-	3.0	2.0	-	2.0	8.0	1.0	2.0	19.0
TOTAL	100.9	39.5	-	-	46.1	15.3	-	766.4	563.3	234.6	58.0	1723.2

米国 希少鉱物資源対策

- ・ 大統領令「Critical Minerals Executive Order」(2017.12)を受け、DOEの Innovation Hub の一つ Critical Materials Institute (CMI) が5年間継続 (2018-)。CMIは2012年にAmes研究所に設置、5年間120Mドル。
- ・ 米国の経済・安全保障上の脆弱性要因となりうる希少鉱物の輸入依存の低減と安定供給ルートの確保を目的に、内務省が希少鉱物リストとして35鉱種を指定。
- ・ 商務省が政府機関全体の行動計画を含む希少鉱物の供給確保戦略を発表 (2019.6)、リサイクル技術や代替技術の開発、サプライチェーン強化など、希少鉱物の対外依存度低減に向けた方策を取りまとめ
- ・ 2020年9月、大統領令「希少鉱物を敵対的な外国に依存することによる、サプライチェーン脅威への対処」を発出。希少鉱物サプライチェーンの確保と拡大に向け、輸入制限措置を始め、資源マッピングやリサイクル、プロセス技術への資金提供など、必要な行政措置を整備するよう関係省庁へ指示
- ・ CMIでは、希少鉱物資源の国内サプライチェーンの確立に向けた課題に対処するため、産業界と協力して取り組む4つの研究開発プロジェクトを選定 (下表、計400万ドル、2020.10)。さらに、次世代の抽出・分離・処理技術に焦点を当てた研究開発のための3,000万ドルの資金提供を発表。

CMIの新規PJ	概要
半連続石灰熱による希土類元素の還元製造	・ 磁石製造に必要なレアアース金属の生産と精製を商業化するため、既存のマグネシウム加工装置を適応させる。国内の磁石サプライチェーンにおけるレアアース金属の生産と精製に対応。
Liイオン電池からCo, Li, Mnを回収するためのSO2浸出と電解析出	・ リチウムイオン電池のリサイクル経済性を向上させるために、使用済み電池から金属を分離し、電池製造のサプライチェーンで再利用する。電池の重要材料を再生する新方法を模索。
アイダホ・アイアンクリーク鉱床鉱石からのCo選鉱の改善	・ 物理的・化学的分離方法を組み合わせて、不要物質を除去し、アイダホ州中央部のアイアンクリーク鉱床で採掘された鉱石から高濃度のコバルトを精製。コスト、エネルギー消費、発生する廃棄物の削減に役立てる。
ミズーリ州のCoの可能性を解き明かす	・ 採掘された鉱石から物質を除去し、ミズーリ州の資源から他の貴重な金属とともにコバルトを回収するための新規かつ経済的なプロセスを開発。米国の外国資源への依存度を30%削減できる可能性がある。

米国 ポストマテリアル・ゲノム・イニチアチブへ向けた展開

大統領科学諮問会議PCASTのレポート「RECOMMENDATIONS FOR STRENGTHENING AMERICAN LEADERSHIP IN INDUSTRIES OF THE FUTURE」において、ポストMGIとしてテコ入れを指摘（2020.6）

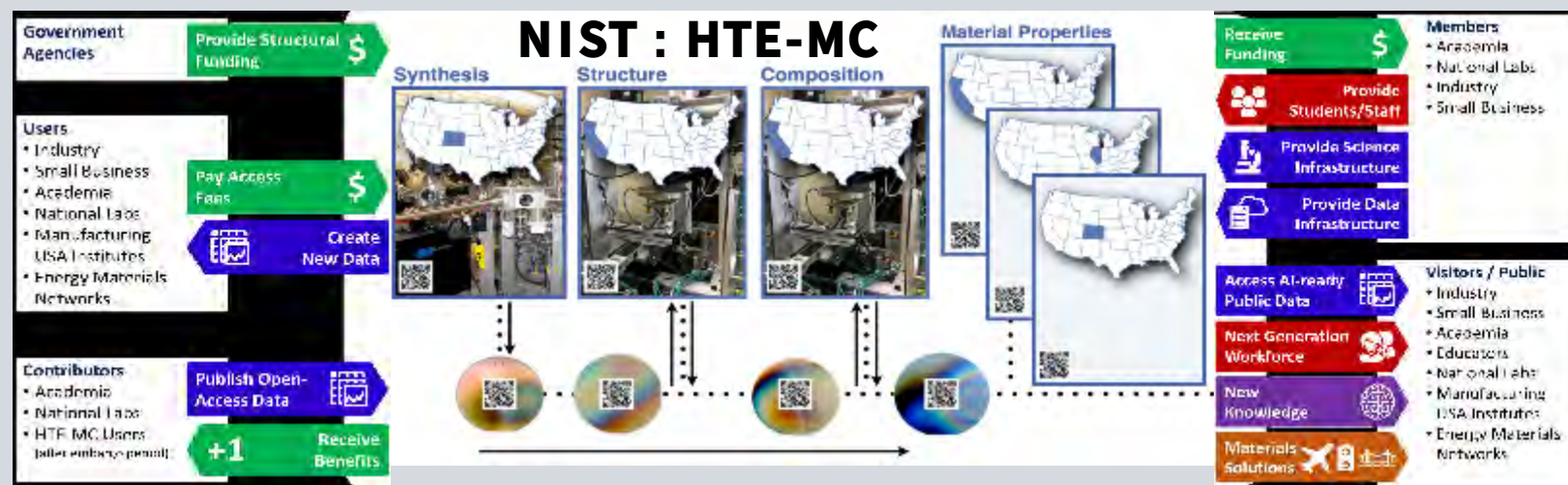
<レコメンデーション1.21：MGIを再活性化し、スケールアップすべき>

米国の材料イノベーション・インフラの改善による潜在的な経済的利益は、年間1,230億ドルから2,700億ドルと推定。PCASTは以下のアクションを推奨する。

- ・AIと量子をMGIの中心に置き「新たな材料発見の加速ワークフロー」を開拓する。
 - ・マテリアル・グランドチャレンジのセットを定義する。
- ワクチンの発見、農業用肥料、リチウム電池などで米国が成功するために、今後5年で発見すべき材料のトップ5、10年間でのトップ10、20年間でのトップ20、の3つのカテゴリーを定義する。
- ・マテリアル・グランドチャレンジのために、DARPA型のコンテストとアワードを立ち上げる。
 - ・「新材料発見の加速」ミッションをサポートするために、国研のソフトウェア工学と計算能力への投資を拡大する。

NIST : HTE-MC High-Throughput Experimental Materials Collaboratory

- n Materials Genome Initiativeの後継の一つでNISTが主導しDOEの国研が参画
- n 材料合成・特性評価・データ管理の統合ネットワーク。研究機関間をデータ／試料が行き来することで材料研究を加速しようという、一種のバーチャル研究所
- n サンプル・ライブラリ（物理オブジェクト）とデータ／メタデータ・レコード（デジタル・オブジェクト）を紐付け、永久コードを付与。QRコードも付与
- n サンプルと新しい測定データを自動的に関連付け



EU Horizon Europe (2021-2027年) : 内容構成と予算

単位: ユーロ

第一の柱 (最先端研究支援) 「卓越した科学」		249億	第二の柱 (社会的課題の解決) 「グローバルチャレンジ・欧州の産業競争力」		538億	第三の柱 (市場創出の支援) 「イノベティブ・ヨーロッパ」		134億
欧州研究会議(ERC)		161億	6つの社会的課題群 (クラスター) ・健康 ・文化、創造性、包摂的な社会 ・社会のための市民の安全 ・デジタル、産業、宇宙 ・気候、エネルギー、モビリティ ・食料、生物経済、資源、農業、環境		518億 (80億) (23億) (19億) (155億) (152億) (90億)	欧州イノベーション会議(EIC)		97億
マリー・スクウォッドフスカ・キュリー・アクション		64億				欧州イノベーション・エコシステム		5億
研究インフラ		24億				欧州イノベーション・技術機構(EIT)		32億
参加拡大と欧州研究圏 (ERA)強化								34億
参加拡大とエクセレンス普及			30億	欧州研究・イノベーション(R&I)システムの改革・強化				4億
合計								955億

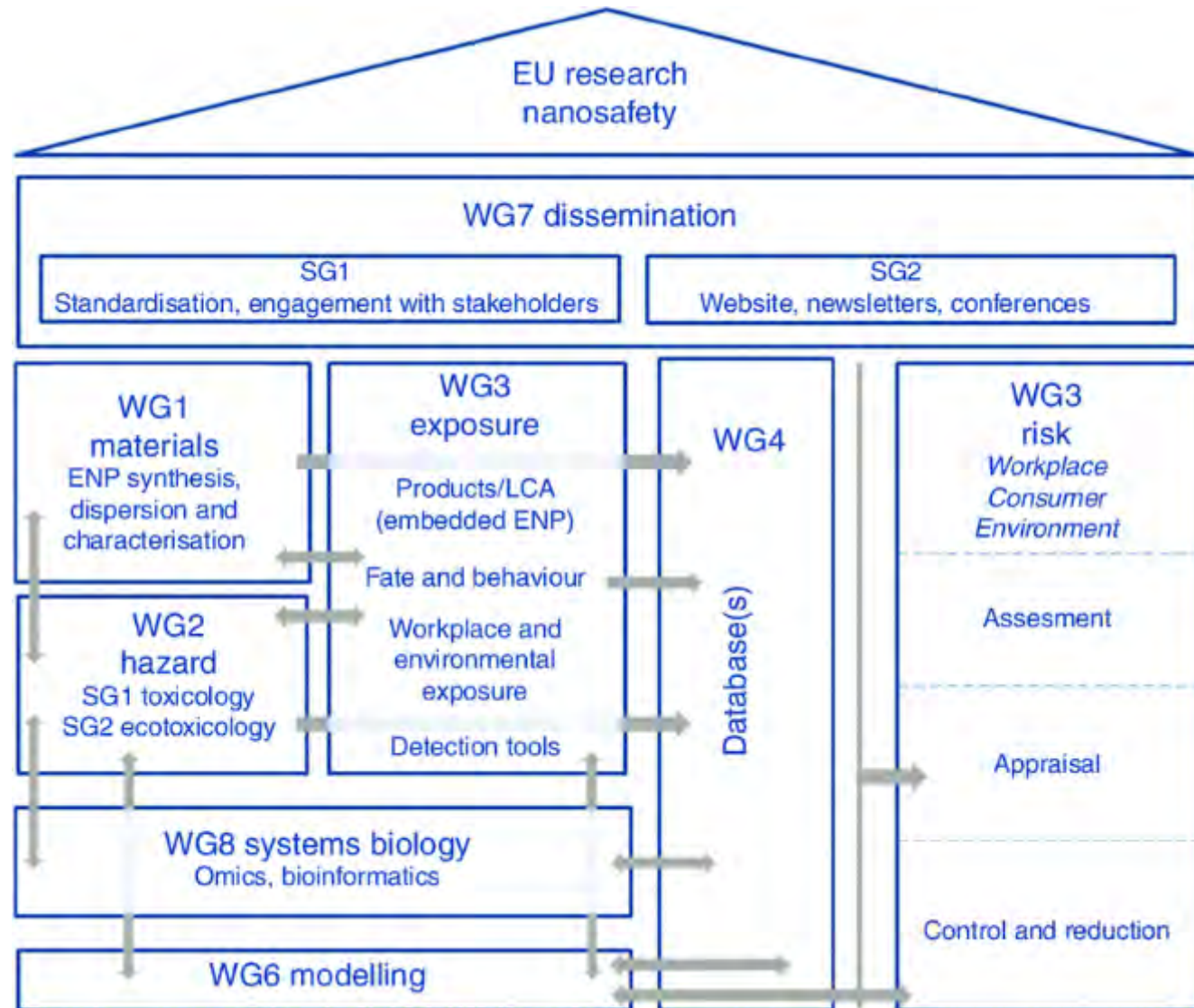
- Holizon2020 (2014-2020年、74.8Bユーロ)のもと、ナノテク・先端材料に継続的に投資。次期プログラム Horizon Europeにおいては、“Advanced Materials”が強化の方向。
- Horizon 2020で注目されたのは10年間総額1.0BユーロのFuture & Emerging Technologies (FET)。“Graphene Flagship”, “Human Brain”, “Quantum Flagship”(進行中)のいずれにおいてもマテリアル研究が深く関係して実施。
- Graphene Flagshipには、21カ国146機関、1,200人以上が参画。材料、ヘルスケア、センサー、エレクトロニクス、フォトンクス、エネルギー、複合材、製造技術があり、15のワーク・パッケージを推進。顕著な成果として、高性能光検出器や光変調機の開発など。論文数3,114報、スピンオフ企業12社
- PPPによる ECSEL (Electronic Components and System for European Leadership) : 総額5Bユーロ (EU 1.2B、各国 1.2B、企業 >2.6B) を実施。さらに、デバイス設計・作製を行うインフラとして ASCENT (Access to European Nanoelectronics Network) があり、LETI、IMEC、Tyndall National Institute (Ireland) の連携で2015年に開始。先端CMOS、ナノワイヤ、二次元材料、FINFETなどの最先端プロセスを提供。
- “Battery 2030+” イニシアティブ(2019.3-) Horizon 2020において40.5Mユーロ投資

(出典) 国立研究開発法人科学技術振興機構 研究開発センター作成資料より抜粋

EU Nano Safety Cluster



- ナノマテリアルのリスク評価、伝達、情報交換のツールを開発し、リスク管理の基盤を構築するという明瞭な目標を設定。
- EU全体の主要研究機関及び規制官庁の共同で巨大Clusterを形成しプログラムを推進。この枠組み・傘下に多数の新プロジェクトを発進させる構造が確立されている。
- Clusterのもと、規制当局や国研のほか、大学、NGO、NPO、産業界、シンクタンクなど、多様なステークホルダーがプロジェクトに参画。
- 欧州化学品庁ECHA や各国におけるナノ材料登録規制に貢献
- 近年は対象をナノマテリアルのみならず、Advanced Materials に拡張



独・英・仏 マテリアル研究開発関連政策

国	マテリアル関連政策
ドイツ	・ 「ハイテク戦略2025」（2018-）。自動車・機械・化学を支える未来技術として、マイクロエレクトロニクス（5G）、材料（電池、3Dプリント、軽量化、製造技術、宇宙航空）、バイオテクノロジー、ナノテクノロジー、人工知能（機械学習、ビッグデータ）、量子技術。 ・ 連邦教育研究省（BMBF） 「材料からイノベーションへ」基本計画を発表。2024年に向け毎年1億ユーロを計画。 - 発電タービン材料、電気貯蔵システム用材料、EVバッテリー技術、水素貯蔵システム用材料、セルフクリーニング・抗菌材料、空気・水フィルター材料、医薬品製剤用材料、循環型材料社会の構築、希少原料代替、リサイクル、建築用断熱材、防汚性塗料、光触媒、インテリジェント材料、ハイブリッド材料、炭素材料、磁性材料 ・ 特に電池に関しては、バリューチェーン全体（原材料、部材、セル製造、トータルバッテリーシステム）をドイツでカバーすることを目指す。 ・ デジタル関連では、材料革新によってプロセッサ、データストレージ、伝送技術などの情報通信技術を開発。さらにマルチスケールモデリングやシミュレーション、デジタルツイン、データ科学により材料創製を革新 ・ 「水素戦略2020」。水素製造技術、Power-to-X技術の商業化、水素製造・輸送・貯蔵・利用の安全性確保と関連する計測技術・監視技術の革新に取り組む。
イギリス	・ ブレクジットに備えた産業戦略チャレンジ基金（2017-）。製造技術・新材料（26Mポンド/4年、2017年）、量子技術（20Mポンド/4年、2018年）、量子技術実用化（70Mポンド/4年、2019年）等。 ・ ビジネス・エネルギー・産業戦略省（BEIS）は研究インフラへの投資、2021年度までに58億ポンド。サー・ヘンリー・ロイス先進材料研究所（マンチェスター）に1.26億ポンド、ライフサイエンス・物理科学全英中核研究センター（オックスフォード）に1.03億ポンドなど。また、新技術とイノベーション支援への投資（2020～2021年）として、材料加工研究所（Materials Processing Institute）に22Mポンド。 ・ UK Nanotechnologies Strategy（2010-）。対象には、医療技術、製造技術、設計技術、機器・機械技術、構造材料など。2014年に設定した重点8技術の一つが、ナノテクノロジー・先端材料。 ・ UK COMPOSITES STRATEGY（2009-）。 「高付加価値製造カタパルト」において国立複合材料センター（National Composite Center）をブリストル地区に設立。年間20億円規模
フランス	・ 「SNR France Europe 2020」（2015-）：10の社会的課題に対する重点的研究方針として、希少資源への依存度減少、化石燃料からの脱却、新材料設計、センサーを特定。 ・ 「Nano 2022」：2018-2022年に10億€。自動運転・5G用次世代マイクロエレクトロニクスの研究開発拠点および製造拠点を形成。

中国・韓国のマテリアル研究開発関連政策

国	マテリアル関連政策
中国	- 国家中長期科学技術発展計画綱要（2016-2020） - 先端技術8分野の一つに「新材料技術」、重大科学研究4分野の一つに「ナノ研究」 - 国家イノベーション駆動発展戦略綱要（2016～2030年） - 国家重点研究開発計画の一つとして「材料ゲノム工学のキーテクノロジーと支援テクノロジー」を開始（2016-） - 中国製造2025 半導体自国化へ向け投資拡大。R&D投資を対GDP比で1.5%程度から3%程度へ引き上げる。 - 国家レベルで複数のナノ科学技術拠点を設置済。国家ナノ科学技術センター（NCSNT）（北京）、国家ナノテクノロジー・工程研究院（天津）、ナノテクノロジー・応用国家工程研究センター（上海）、国家ナノテクノロジー国際イノベーションパーク（蘇州） - 蘇州工業園区、NanopolisやBiobayが成長。CAS傘下のナノテクノロジー・ナノバイオ蘇州研究所（SINANO）では材料の合成、特性評価、デバイス製造の全プロセスを、1つの超高真空環境下に統合したナノテク真空相互接続実験装置（Nano-X）を設置。2019年からオープンプラットフォームとして提供
韓国	- 第4期ナノ技術総合発展計画（2016-2025）米国の技術レベルを100%としたときに、92%まで到達させる - 第3次National Nanotechnology Map（2018-2027） 70のコアテクノロジーを同定。ポータブル人工知能、ポータブル無線通信、無人飛行機、超急速充電電池などの開発を推進 - ナノファブ・センターの機能高度化とともに、実習中心の専門人材教育プログラムを企業と連携することで、雇用創出。企業における技術の商業化のサポートにより、ナノ融合産業の雇用を拡大。 - ナノ安全基準の設定、認証システムの確立など、ナノ物質とナノ物質を含む製品の全サイクル安全管理システムを構築。 - 革新成長に向けた人中心の第4次産業革命対応計画（I-KOREA4.0）（2017）ではナノテクノロジー・材料に関連する未来型新産業として、EV・水素自動車、半導体、ディスプレイ、炭素産業、製薬・バイオ・マイクロ医療ロボットなどの医療機器産業を育成 - 未来素材源泉技術確保戦略（2018）「30の未来素材」を導出し中長期R&D投資戦略を取りまとめ - ナノ総合技術院（旧ナノファブ・センター）をKAISTを中心に全国6か所運営。超低消費電力ナノデバイス、フレキシブルディスプレイ、インテリジェントセンサなど、産業需要が急増している分野の標準的な工程を構築。ナノ融合先端デバイスの公認試験・認証機関へと発展させる

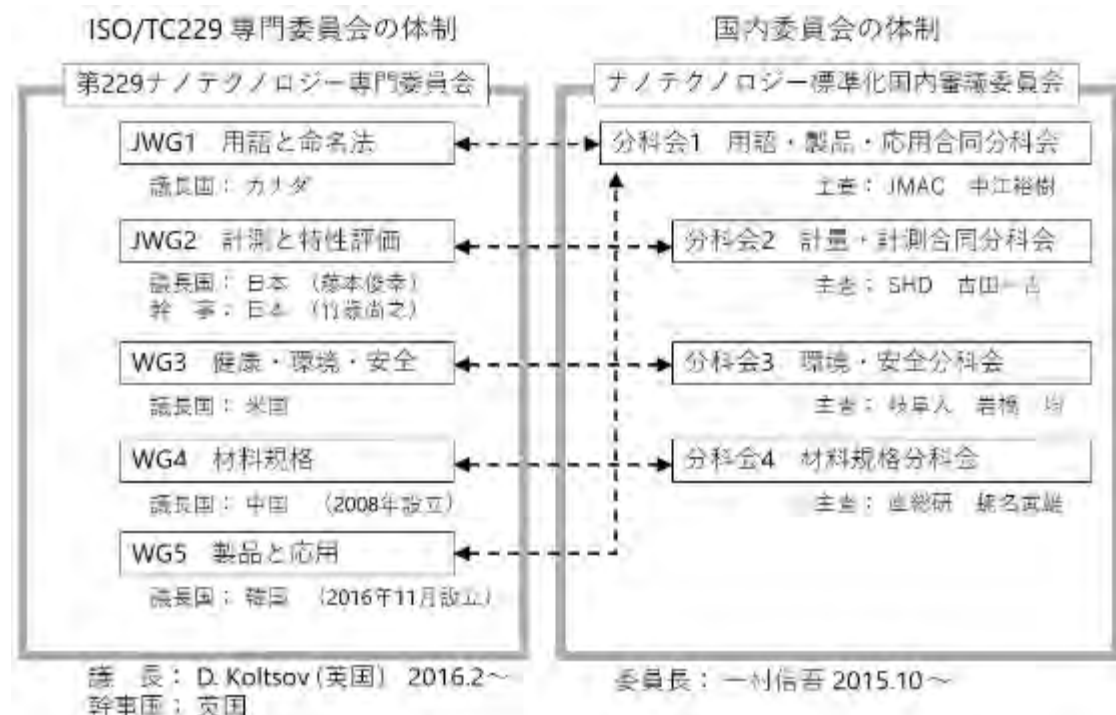
インドのマテリアル研究開発関連政策

国	マテリアル関連政策
インド	2018年から、科学技術省 科学技術局（Department of Science and Technology: DST）とドイツDFGと共同で、材料科学・工学分野の共同プロジェクトを開始するなど、マテリアル分野において積極的な国際共同研究を推進。 - DSTでは2001年以来、Nano Science and Technology Initiative（NSTI）を推進。2007以降は National Mission on Nano Science and Nano Technology（Nano Mission）を2020年まで継続。 - 基礎研究の促進、ナノサイエンス・ナノテクノロジーのインフラ整備、産業応用開拓、フェローシップを通じた人材育成、国際共同研究促進が掲げられ、それぞれのミッションごとに公募を行っている。 - ナノ科学・ナノテクノロジーに関する人材育成プロジェクトを支援し、全国のいくつかの研究所にナノ科学技術研究所の基盤を構築することにより、当該分野のエコシステムを構築している。 - エレクトロニクス・情報技術省では、ナノエレクトロニクスセンターを国内主要研究機関に設置している。これらセンターの最先端ナノ加工施設は、インド・ナノエレクトロニクス・ユーザー・プログラム（INUP）により、インド理科大学院とインド工科大学 ボンベイにある、Centre of Excellence in Nanoelectronics (CEN)を中心に、研究開発コミュニティへナノエレクトロニクスの研究とスキル開発を行うための施設を提供。毎年約400人の研究者が微細加工プロセスの実地訓練を受けている。 - CENで開発された技術の一部はインドの新興企業にライセンス供与されている。さらに、CENは国立研究所と密接に協力し技術開発を推進。ナノエレクトロニクスの最先端研究を通じたインドの半導体製造のためのエコシステムの開発、国内の社会・産業的要請に応える製品・デバイスの開発、世界クラスのナノテック製造施設の創設に重点を置いている。 Clean Energy Material Initiativeを2016年より推進

ISOにおけるナノテク・ナノマテリアルの国際標準化動向

- **ISO/TC229（ナノテクノロジー）**においてナノテク・ナノマテリアルの国際標準化が進められており、幹事国は英国。
- ナノ材料の、用語・命名法（JWG1）、計測と特性評価（JWG2）、環境・健康・安全（WG3）、材料規格（WG4）、製品と応用（WG5）の5つのワーキンググループにより構成。
- これらのうち、用語・命名法ならびに計測と特性評価のワーキンググループはIEC（国際電気標準会議）/TC113（ナノエレクトロニクス）と合同ワーキンググループ（JWG：Joint Working Group）を形成。
- 2020年現在で P- メンバー（Participating members）36 か国、O- メンバー（Observing members）18 か国が参加、2005年のTC設置以来81の規格文書を出版、ISOのなかでも最も活発に活動が展開されている技術委員会の一つ。
- 後から設置された二つのWG、**材料規格（2008年設置）は中国が、製品と応用（2016年設置）は韓国が、各々提案してコンビナーを獲得しており、中国や韓国が主導的立場の確保に動いている。**

- 用語・命名法WG のスコープは、ナノ材料における一義的かつ一貫した用語及び命名法を定義し、開発することであり、新技術の普及には不可欠。
- これまでに、ナノ粒子やナノファイバーなどのナノ物質に関する用語、CNTなどの主に炭素から成るナノ物質に関する用語、ナノ物質のキャラクタリゼーションと計測方法に関する用語、医療応用に関する用語、加工製造に関する用語などの多数の規格を出版。
- 今後は、グラフェンやリポソーム、ナノ空孔を有する構造材料など、応用分野における新規材料に対応する。
- 米国主導で、ドラッグデリバリーシステムへの応用が進んでいるリポソームに関するスタディグループが立ち上り、リポソームに係る用語規格の予備検討が始まった。TSとして整備される可能性があり、定義された用語に基づき、計測法の規格や安全性に関する規格が今後提案されると考えられる。



引用図：ナノテク国際標準化ニュースレター[2020特別号]
ナノテクノロジー標準化国内審議委員会事務局

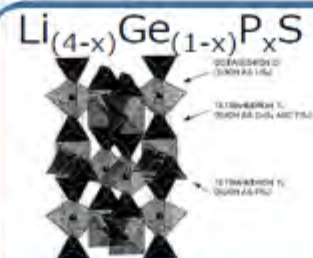
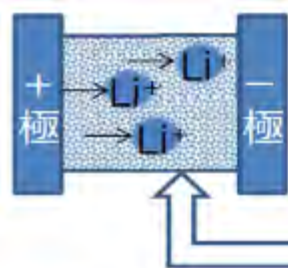
4．重要技術領域

(1) マテリアルズ・インフォマティクス

データ駆動型の研究開発が世界的に進展（１）

デジタル革命によるAIやビッグデータの発展が、マテリアルの研究開発手法を大きく変革しており、**データ駆動型の研究開発が世界的に進展**している。

- ✓ 米国では、2012年に「Material Genome Initiative」の研究者が中心となり、日本が発表した電池材料の論文情報に基づき、コンピューターシミュレーションを実施
- ✓ その結果、日本のA社の未公開特許（出願はA社が先）の実験データと同等の物性値を算出



固体電解質
（固体でもリチウムイオンが移動できる物質）

リチウムイオンの移動速度が電池の定常出力を決める

海外では、インフォマティクス的な手法を活用し材料開発を既に実施！

国内

2011年5月：国内A社 特許出願
（特許公開は2012年11月）

$\text{Li}_{(4-x)}\text{Ge}_{(1-x)}\text{P}_x\text{S}$
↓
リチウムイオンが速く動ける
構造を持つことを**実験的**に見出した
従来型研究

海外

’12年10月：韓国B社・MIT論文公開
*この系の開発情報なく、突然特許公開前に論文発表

$\text{Li}_{(4-x)}\text{Ge}_{(1-x)}\text{P}_x\text{S}$
↓
実験なしでデータ分析だけで
実験と同じ結果を導出
マテリアルズインフォマティクス的手法

米国“Material Genome Initiative”の中心研究者が深く関与し推進

〔出典〕文部科学省作成資料を基に経済産業省作成

データ駆動型の研究開発が世界的に進展（２）

データ駆動型の研究開発に対して、**2011年以降、主要国の政府や企業が投資を強化。**

主要国政府のマテリアル×データの取組

国	概要
米国	◆ Materials Genome Initiativeを2011年に立上げ。マテリアル開発の短期化・低コスト化に向け、従来の実験、計算に加え、データの重要性に着目。2014年6月に「Strategic Plan」を公表。2016年までに約5億米ドル（約560億円）を投資。 ◆ NIST, NSF, DOE, DoDなどで関連プロジェクトを実施（下記は代表例）。 CNGMD（ローレンスパークレー国立研究所、UCバークレーなど）、 SUNCAT Center（スタンフォード大、SLAC国立研究所）、 CHiMaD（NIST、ノースウェスタン大、シカゴ大など）、 PRISMS（ミシガン大） ◆ データプラットフォーム（レポジトリ）も各所で構築。
欧州	◆ EUの枠組みでNOMAD（Novel Materials Discovery）プロジェクト（2015～2018：約500万ユーロ（約7億円））を実施。マックスプランク協会フリッツ・ハーバー研究所が中核。 ◆ スイスは独自にMARVEL（Materials' Revolution: Computational Design and Discovery of Novel Materials）プロジェクト（第1フェーズ：2014～2018で約1800万スイスフラン（約20億円））を実施。スイス連邦工科大学（EPFL）が中核。
アジア	◆ 中国では、2016年、国家重点研究開発計画の一つとして、「材料ゲノム工学のキーテクノロジーと支援プラットフォーム」（約3億元（約50億円）/5年）を開始。上海、北京において大学を中心に拠点を構築。 ・上海大学に「Materials Genome Institute」（2015年）、上海交通大学に「材料ゲノム共同研究センター」（2016年）を設立。 ・中国科学院物理研究所・北京科技大学、中国鋼研科技集团有限公司等が共同で「北京材料ゲノム工学イノベーションセンター」（2017年）を設立。 ◆ 韓国では、2015年から10年計画で「Creative Materials Discovery Project」を実施（採択課題あたり最大約2.4億ウォン（約2500万円）/6年）。2016年、韓国科学技術研究所（KIST）に「Materials Informatics Database for Advanced Search（MIDAS）」を設置。

【出典】科学技術振興機構（JST）研究開発戦略センター作成資料を基に文部科学省作成

マテリアル開発をAIで支援するスタートアップ（例）

シトリン・インフォマティクス@シリコンバレー

- ◇ **2013年**に創設されたスタートアップ企業
- ◇ マテリアルデータベースにAIの機械学習機能を統合して、求められる条件に最適化された組成を選び出すなど、マテリアル開発を加速するソフトを開発。
- ◇ 投資家にはアルファベット（旧グーグル）元会長のエリック・シュミット氏やヤフー創業者のジェリー・ヤン氏らが含まれている。

【出典】三菱総合研究所「17号 フロネシス 知財誕生！」より文部科学省作成

日本におけるマテリアル×データの取組動向

- ◇ 我が国政府では、**2013年**にJST研究開発戦略センターが戦略プロポーザル（※）においてデータ駆動型物質・材料開発の重要性について政府に提言を行ったことをきっかけに、**2015年**にNIMSを中核機関とする「情報統合型物質・材料開発イニシアティブ」が発足。その後、内閣府（SIP）、文科省、NIMS、経産省、AIST等が取組を強化。

（※）「データ科学との連携・融合による新世代物質・材料設計研究の促進（マテリアルズ・インフォマティクス）～物質・材料研究を飛躍的に発展させるための新たなパラダイムシフト～」

- ◇ 企業においても、特に**2017年以降**、素材メーカーで、IT関連投資を拡大させる動き
 - ・ **2017年10月** 日立製作所
新材料開発の期間・コストの削減を支援する「材料開発ソリューション」提供開始
AIを活用したマテリアルズ・インフォマティクスに基づくデータ分析支援サービスなどを提供
 - ・ **2017年10月** 横浜ゴム
インフォマティクス技術を活用したタイヤ設計技術を開発
 - ・ **2019年6月** 三菱ケミカル株式会社
統計数理研究所と三菱ケミカルの共同研究部門設置について
 - ・ **2019年10月** 住友ゴム工業株式会社
タイヤの性能持続技術開発を加速させるAI技術「Tyre Leap AI Analysis」を確立

【出典】各社ニュースリリースより文部科学省作成

マテリアルズ・インフォマティクス（MI）の主要国動向

国・地域	MI関連プロジェクト・機関
米国	• “Materials Project” シミュレーションによるデータ蓄積や機械学習オンラインツールを用いて材料スクリーニングを可能にすることを目指す。開発されたオンラインツールやデータベースは、その利便性から世界中で広く使用されている。MITのグループ（現在は UC Berkeley）とローレンス・バークレー国立研究所等。 • “CHiMaD” (Center for Hierarchical Materials Design) 2019年に5年間の継続を決定。構造材料を中心に、結晶構造から材料組織までのマルチスケールを、プロセス、材料組織との関係も含め、データから相関を統合。ノースウェスタン大学、シカゴ大学を中心とし、熱力学・状態図計算など、ニーズに合わせて速度論のシミュレーションを行って材料特性の予測、材料開発の支援を実施。 • “HTE-MC” (High-Throughput Experimental Materials Collaboratoly) 前頁参照 • “MaRDaC” (Materials Research Data Council) (2019.11-) オープン・アクセス・相互運用可能な材料データを実現することを目的として設立された「材料研究データアライアンス (MaRDa)」の運営委員会として位置付け。
EU	• “FAIR-DI” (FAIR Data Infrastructure for Physics, Chemistry, Materials Science, and Astronomy e.V)” ドイツ・オランダを中心とする研究機関連携が母体。Horizon2020で2015年から実施するNOMADを主軸に、バイオ・天文学とも横串を指す形で FAIR原則に従うデータ管理の実現と、そのための世界的なデータインフラストラクチャーの構築を目指す。2020年に3年間の継続投資を決定。 • “Materials design at the eXascale (MAX) a European centre of excellence” エクサスケールHPCインフラに焦点。5箇所のHPCリソースをネットワークし、データ管理プラットフォーム、Materials Cloudを運用。スイスEPFLが中核。 • “EMMC” (European Materials Modeling Council) 材料分野で企業をカスタマーとするデータ市場の立ち上げを掲げ、市場でデータを流通させるために必要な共通記述様式の策定を進めてきた。2018年にロードマップをまとめて Horizon2020プロジェクトを終了したが、2019年7月に非営利法人化してその後も活動を継続。 • “OPTIMADE” データ入出力結果へのアクセスを全てAPI化し、そのAPIの仕様を標準化する、コミュニティ主導で進められている活動。
中国	• Shanghai Materials Genome Institute (2014-) 上海市と研究所と北京科技大学が共同を設立。 • マテリアルズゲノム連合研究センター (2016-) 上海交通大学に設立。上海大学が共同で設立。 • 北京マテリアルズゲノム工学イノベーション連盟 (2016-) 中国科学院物理
韓国	• “Creative Materials Discovery Project” 2015 年から 10 年計画で開始。 • “MIDAS” (Materials Informatics Database for Advanced Search) 韓国科学技術研究所 (KIST) に設置。

4．重要技術領域

(2) 製造プロセス技術

ポテンシャル：産業①～マテリアル×プロセス技術で数多くのイノベーション

日本から生まれた、革新的なデバイスのイノベーションは、**先進的な材料開発**とそれを活用するための**プロセス技術開発**を両輪として**推進**することで実現されている事例が多い。

材料開発



プロセス技術開発



マテリアル・イノベーション

材料開発と製造・成形・加工プロセスの開発を同時進行することが重要。
材料の調整と加工プロセスの擦り合わせに要するノウハウが、暗黙知として材料メーカーに蓄積され、産業競争力の高い技術・製品を開発。
川下ユーザーとの垂直連携をうまく機能させることも重要（光ディスクの記録媒体の製造工程、偏光フィルムやTACフィルムといったフィルム材料など）。



<https://www.iza.ne.jp/kiji/>より転載



<https://www.excite.co.jp/news/>より転載

高成形性超ハイテン：

<組成制御×プロセス技術>

国内鉄鋼メーカー各社が2000年前後から開発を加速。両立が困難な「高強度」と「良加工性」を、組成×制御冷却・熱処理のプロセス技術管理を通じて自在に制御可能に。



イノベーション

・自動車等の軽量化、高強度化

青色LEDの事例：

<優れた研究シーズ>

1980年代、天野浩教授、赤崎勇教授がGaN（窒化ガリウム）材料に関する論文発表。



<プロセス開発+研究開発投資>

中村修二日亜化学研究員（当時）の材料やプロセス技術の研究によりLED発光輝度の飛躍的な向上。



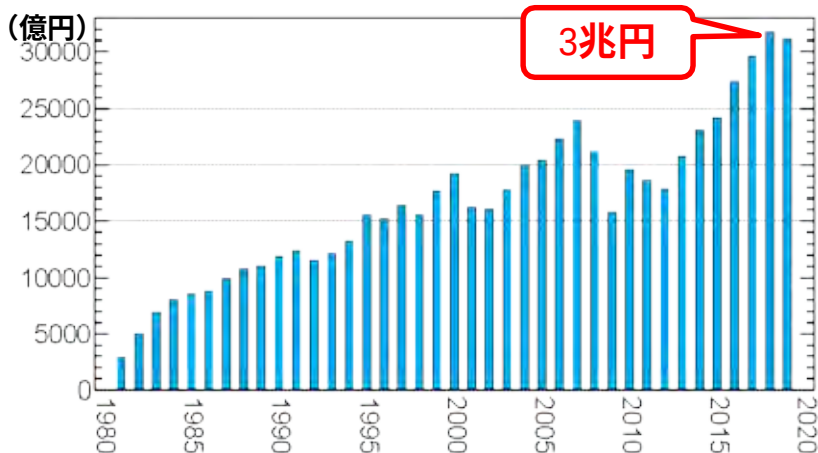
イノベーション

・レーザー開発、光源の代替、省エネ化、LEDディスプレイ

ポテンシャル：産業②～模倣困難な製造技術を伴うマテリアルは強い

製造プロセスが複雑で模倣困難なファインセラミックス部材産業は近年堅調に成長し、2019年国内生産額は約3兆円。
日本のシェアは世界の約4割を占める。

ファインセラミックス部材の国内生産総額推移



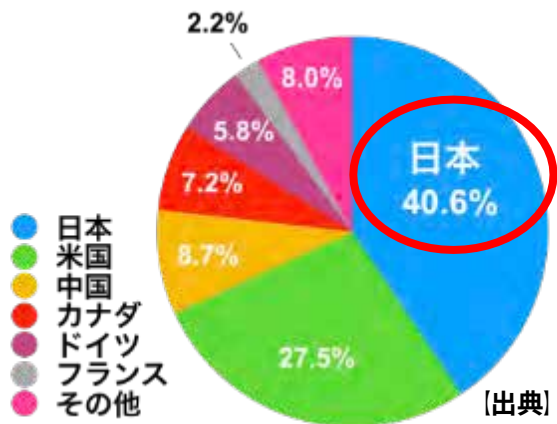
【出典】ファインセラミックス協会、産業動向調査、2019年
作成資料を基に経済産業省作成

最新電気自動車(EV)には、7,000～10,000個の電子セラミックス部材が搭載され、今後、さらに市場が拡大することが予想されている。



【出典】Institute for Applied Material, Ceramics in Mechanical Engineering
作成資料を基に経済産業省作成

ファインセラミックス産業の2018年国別市場規模



【出典】富士経済、2019年8月
作成資料を基に経済産業省作成

自動車向け積層セラミックコンデンサ(MLCC)の2017年度シェアと市場規模予想



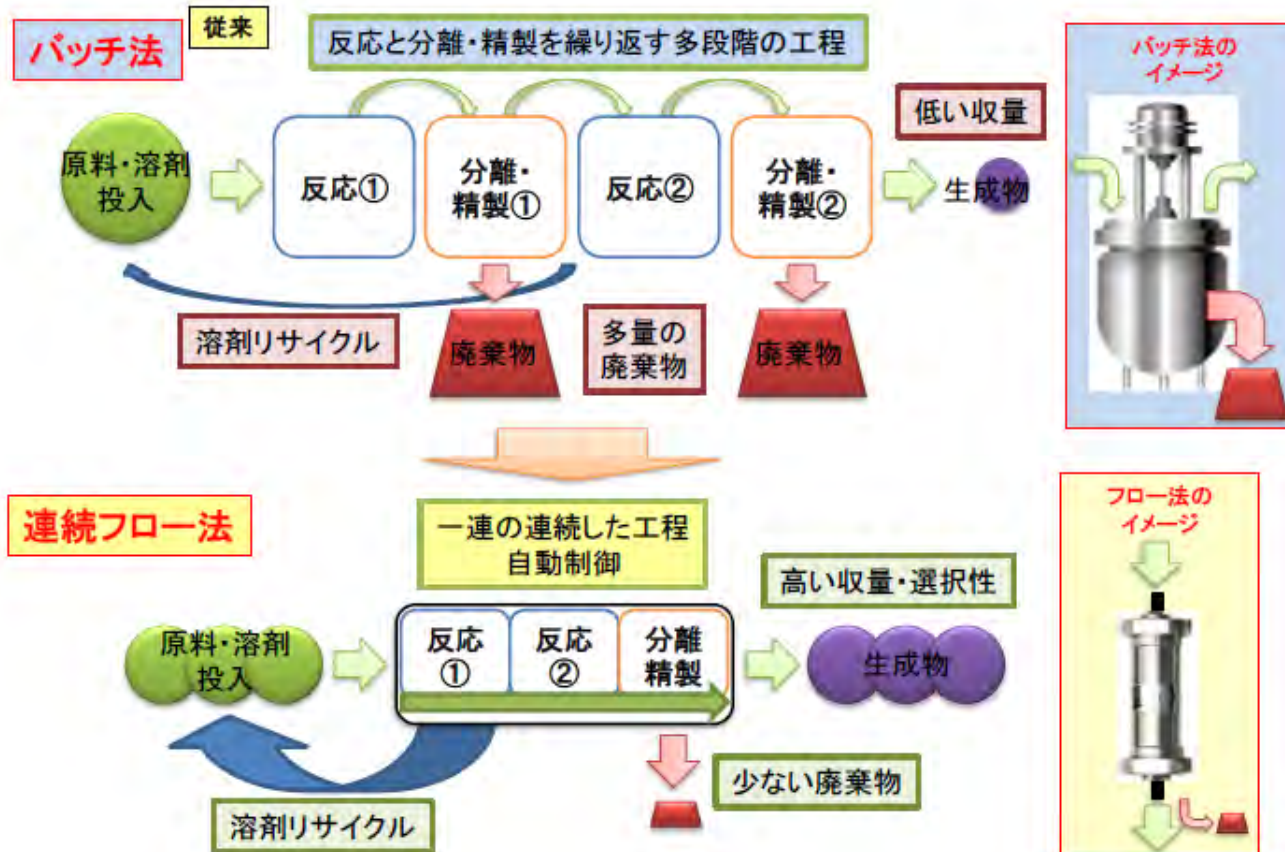
【出典】週刊ダイヤモンド 2018.10.19

ポテンシャル：産業③～プロセスイノベーションの可能性

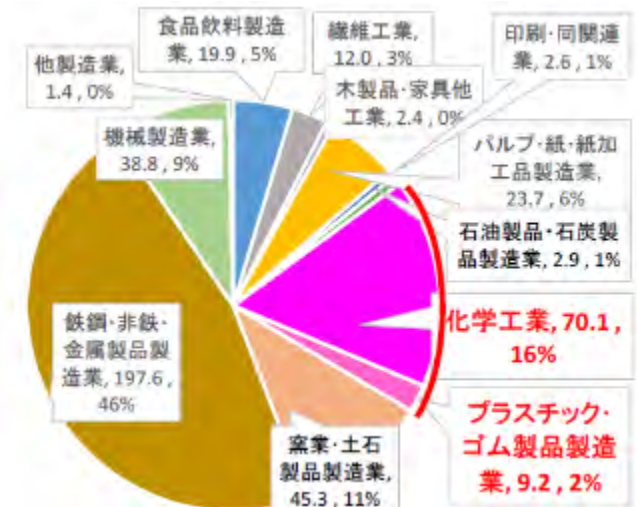
高性能・高品質の製品安定供給を主としたこれまでの日本モデルが限界を迎えている中、従来の強みを生かし、且つ、**循環型社会、サプライチェーンの強靱化、ニーズの多様化に対応した革新プロセス技術の開発と迅速な社会実装が重要**である。

機能性化学品：従来のバッチ法から連続フロー法への転換により期待される効果

- ・ 廃棄物、CO2排出量を大幅削減
- ・ 少量多品種、オンデマンド製造の実現
- ・ コスト競争力強化による、医薬・農薬中間体及び電子材料等製造の国内回帰能



化学産業のCO₂排出量は、製造業の中で鉄鋼業に次ぐ割合



(電気・熱配分後 [間接排出量]、単位：百万トン)

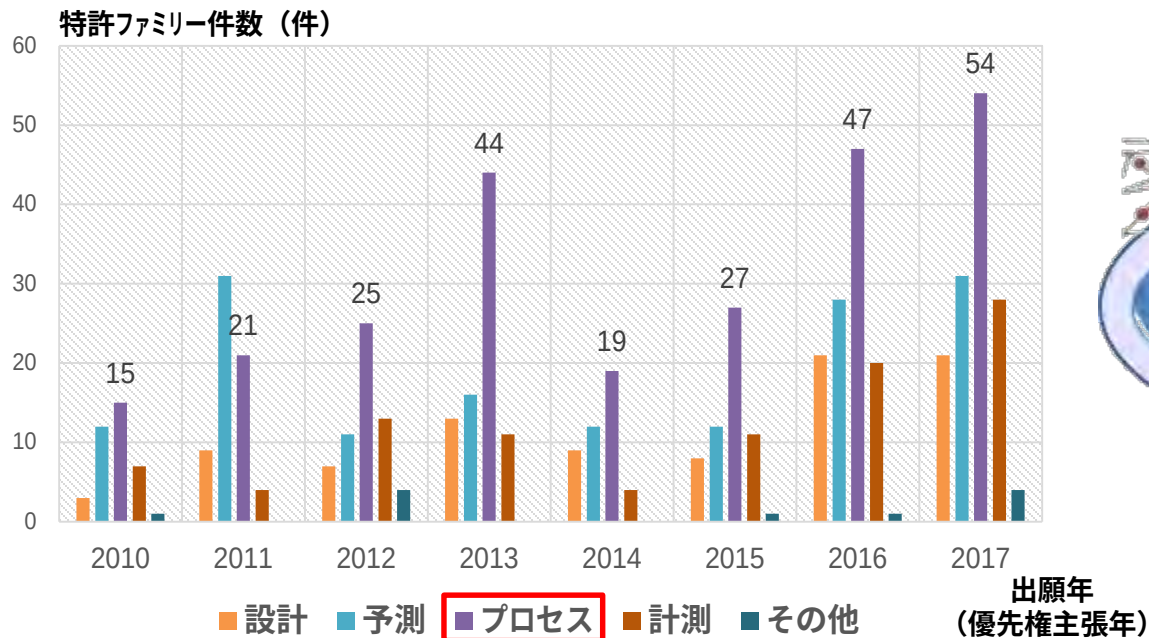
出典：国立環境研究所HPを基にNEDO 技術戦略研究センター作成 (2018)

ポテンシャル：産業④～プロセスインフォマティクスの重要性

マテリアル分野でもDXが進行しており、従来サイエンスとして扱われていなかった**プロセス過程について、試行錯誤や摺り合わせ等の暗黙知化されたノウハウを、データとして取得・解析（プロセス・インフォマティクス）**し、社会実装を簡略化するための取組が必要。

特許ファミリー件数の推移

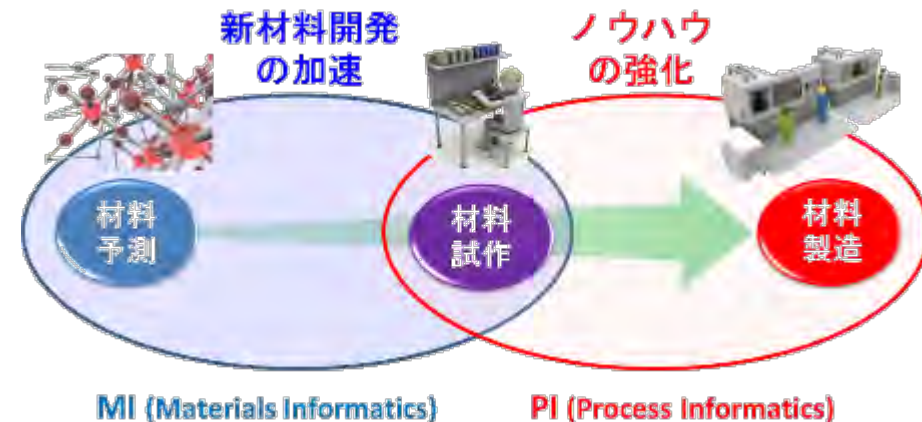
（出願先：日米欧中韓印 出願年：2010-2017年（優先権主張年））



【出典】特許庁「令和元年度特許出願技術動向調査結果概要マテリアルズ・インフォマティクス」（2020）より経済産業省にて作成

データ駆動型材料研究開発における特許ファミリー件数は、技術区分別（設計、予測、プロセス、計測、その他）にみると、「プロセス」が最も多く、増加傾向にある状況

データ駆動型マテリアル開発技術



MI活用による材料開発を発展させ、競争力の源泉である暗黙知化されたノウハウを、共有・体系化することで、短期間でプロセスの高度化、社会実装を実現