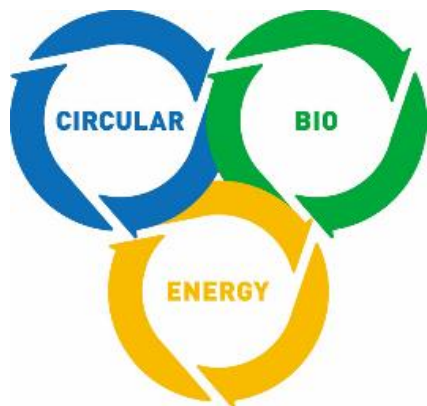


# デジタル技術の活用による マテリアル産業競争力強化に向けて



ナノテクノロジー・材料ユニット  
技術戦略研究センター  
新エネルギー・産業技術総合開発機構

1. はじめに	3
2. 日本のマテリアル関連産業の現状認識	8
3. デジタル技術活用の打ち手	21
4. デジタル技術の活用によるマテリアル産業競争力強化に向けて	29
まとめ	33
参考文献	34

# 1. はじめに

# マテリアル産業界における日本のポジション

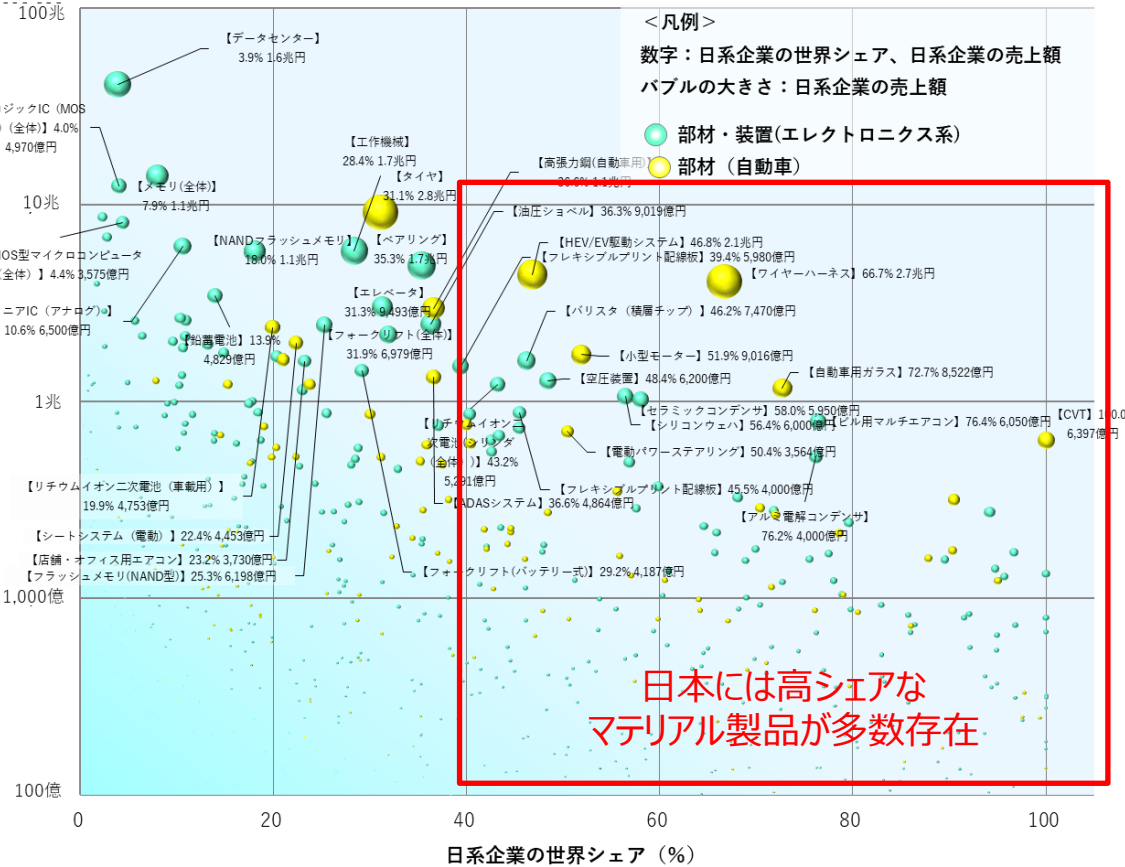
■ 日本には世界市場で高いシェアを有するマテリアル\*製品が数多く存在している。エレクトロニクスやモビリティ分野などの先進的な日系ユーザーに供給するマテリアルを中心に競争力を高めてきた。

\*材料や部品・加工品の総称

## 日本企業の自動車・エレクトロニクス系マテリアルの売上高と世界シェア（2020年）

## 高いシェアを有するマテリアル製品例（2020年）

世界市場規模（円）



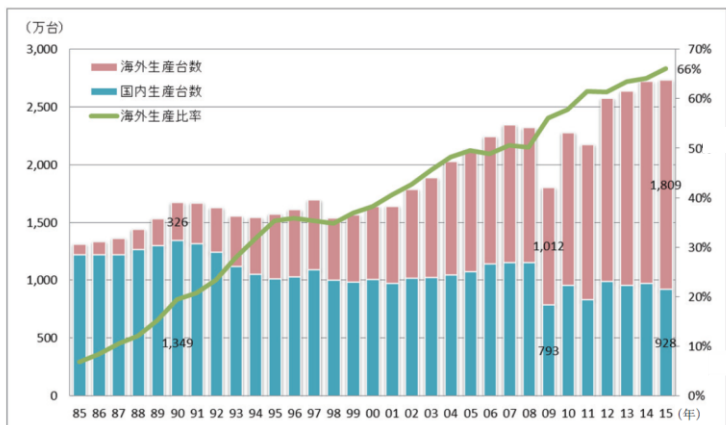
ジャンル	マテリアル	日系シェア
半導体	フォトレジスト*1	86%
	封止材料*2	66%
自動車	正極材*3	100%
	負極剤*3	98%
	自動車用ガラス	73%
家電	反射防止フィルム	83%
	カラーレジスト	70%
エネルギー	黒鉛電極	65%

\*1 フォトレジスト (ArF)  
 \*2 半導体封止材料 (トランスファーモールド)  
 \*3 ニッケル水素二次電池用部材

# 日本のマテリアル産業を取り巻く近年の環境変化

- 近年の市場のグローバル化に伴い、マテリアル企業の顧客となるセット製品（最終製品）企業は国内から海外へ展開を進めている。
- またマテリアル関連製品のライフサイクルが短縮して、製品は短期間で置き換わるようになった。
- 世界的な開発競争が激化しており、日本企業のマテリアル製品のシェアが奪われつつある。

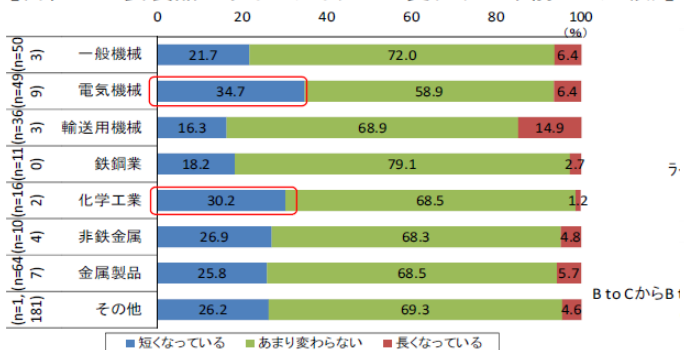
我が国自動車メーカーの世界自動車生産台数の推移



(注) 世界自動車生産台数=国内生産台数+海外生産台数  
(出所) 自工会ホームページより作成

出所：立法と調査378号「自動車産業の現状と今後の課題」<sup>[2]</sup>

【自社の主要製品のライフサイクルの変化(10年前との比較)】



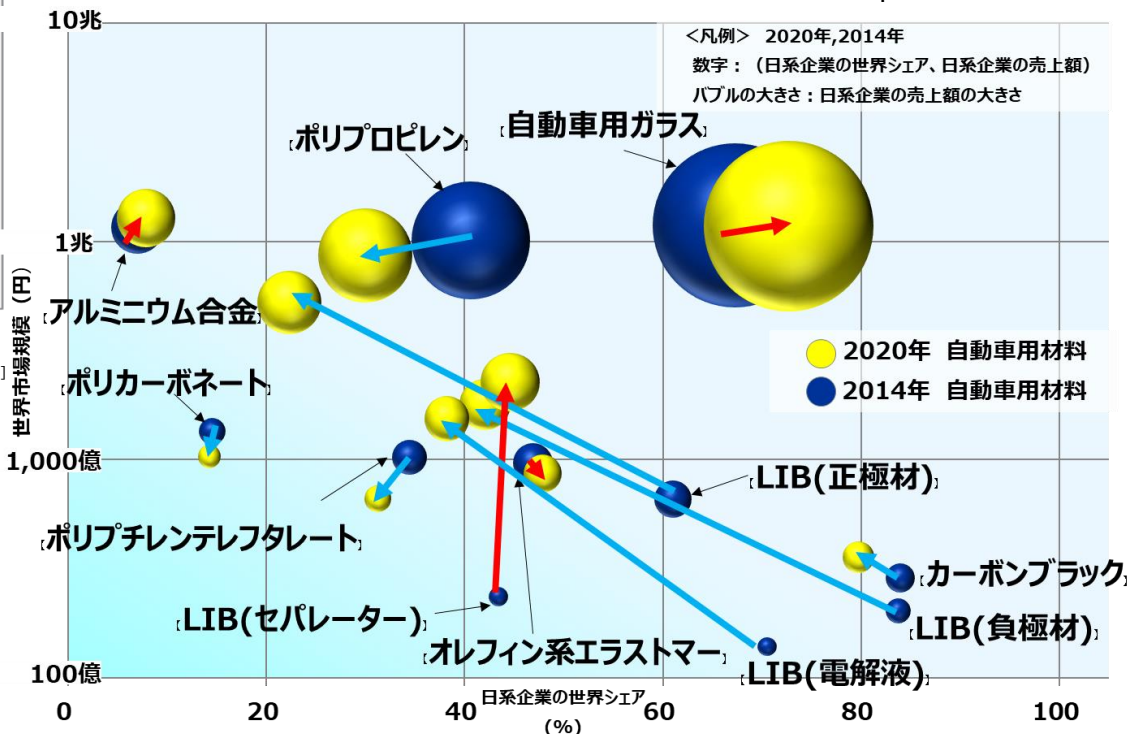
資料：経済産業省調べ(15年12月)

出所：日本機械学会 つながるサイバー工場研究分科会 第1回委員会講演資料

「2016年版ものづくり白書「概要」～第四次産業革命への対応～」<sup>[3]</sup>

## 日本企業の自動車用部素材における売上高・世界シェアの経年変化

→シェアup ←シェアdown



出所：NEDO「日系企業のITサービス、ソフトウェア及びモノの国際競争ポジションに関する情報収集」<sup>[1]</sup>を基に技術戦略研究センター作成

# マテリアル産業競争力強化に向けた日本の取り組み

- 政府はマテリアル産業における競争力の強化を重要戦略の一つとして掲げており、有識者会議等で具体的な施策が活発に議論されている。
- 特に最近では、データ駆動型研究開発などデジタル技術を活用する方針が盛り込まれるようになり、日本の勝ち筋となるマテリアル産業のDX（デジタルトランスフォーメーション）が期待されている。

## マテリアル産業競争力強化に係る政府戦略

マテリアル革新力強化戦略  
(概要)

令和3年4月  
内閣府

### ● マテリアル革新力強化戦略 (2021年4月 内閣府)

アクションプランの一つに、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促進を掲げる。

新・素材産業ビジョン  
中間整理  
～グローバル市場で勝ち続ける素材産業に向けて～  
(案)

製造産業局  
令和4年4月20日

### ● 新・素材産業ビジョン 中間整理 (2022年4月 経済産業省)

ビジネスイノベーションに向けたデジタル技術の活用を今後の課題とし、政策の方向性の一つに業界・企業の枠を超えたDXを掲げる。

### マテリアル革新力強化戦略(概念図)

**「マテリアル革新力」(マテリアル・イノベーションを創出する力)を強化するための戦略を、政府の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**

**戦略策定の意義**

- ESG/SDGs意識の高まり**  
マテリアルはカーボンニュートラルやサーキュラーエコノミー(循環経済)に直結  
⇒ マテリアルの位置付けの高まり
- 社会実装が遅い**  
社会を変える力を本来持つが、ドラッグな変化としては見えず  
⇒ 早く世に出し、走りながら変えていく姿勢
- 国際状況**  
技術覇権争いの激化、サプライチェーンの脆弱性、EU環境政策等  
⇒ 希少資源の確保や循環経済の重要性

**我が国の強み(高い技術力、優れた人材、良質なデータ、高度な研究施設・設備、産学官の連携関係等)に立脚した差別化を目指すべき姿**

**マテリアル革新力を高め、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に世界の先頭に立ち取り組み、世界に貢献**

- ・ Society 5.0の実現
- ・ 世界一低環境負荷な社会システムの実現
- ・ 世界最高レベルの研究環境の確立と迅速な社会実装による国際競争力強化

**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**  
・ バリューチェーンの上・下流/業種横断的/産官学がなる、社会課題解決型プラットフォームの推進 (ロールモデル: CLOMA)
- ・ スタートアップ等が保有する未活用/埋没技術の活用促進
- ・ 重要なマテリアル技術、実装領域での戦略的研究開発の推進 等
- **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促進**  
・ 良質なマテリアルのデータ、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プラットフォームの整備)
- ・ 製造技術とデータサイエンスの融合、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・プラットフォームの構築)
- **国際競争力の持続的強化**  
・ 資源制約の克服に向け、希少金属等の戦略的なサプライチェーン全体の強靱化 (供給源の多角化・技術開発・設備導入支援等)
- ・ サーキュラーエコノミーの実現に向けた制度整備と技術開発・実装 (方資源: 2035年までに使用済プラ100%リユース/リサイクル等)
- ・ 産学官協調での人材育成 (マテリアル分野の魅力向上、優秀な人材の確保、出口人材・データ人材の育成等)
- ・ 国際協力の戦略的展開 (国際ネットワークの戦略的構築、戦略的な標準化の推進等)

2

出所: 内閣府「マテリアル革新力強化戦略」[4]

### 新・素材産業ビジョン 中間整理 (案)

～グローバル市場で勝ち続ける素材産業に向けて～

資料 3

**我が国産業競争力の源泉**

- ①日本経済・地域経済の基幹産業 ②高い国際競争力(技術・シェア・エネルギー) ③川下産業・国民全般への質の高い素材供給 ④サプライチェーンにおける他産業との共生

**グローバル競争激化とリスクの高まり**  
中国の存在感 内需の減少・外需の拡大  
鉄鋼1億トン→6000万トン 化学(石油)600万→400万

**資源・IT材料の高騰**  
石炭・石油・天然ガス・電力の高騰 長期・大規模な脱炭素型投資 鉄鋼10兆円 化学7兆円

**2050年CN**  
マテリアルス・インフオマティクス 2/3のあり現職人材の確保

**DXと人材**

**安定供給の確保**  
ロシア・ウクライナ情勢も含め安定供給のリスクの高まりや、経済安全保障の意識の高まりを受けて、国民や経済社会に不可欠な素材の安定供給の確保を追求  
生産体制の変革

**内外最適立地と過剰生産能力の縮小 高付加価値品シフト 事業の新陳代謝 マザー工場機能の国内立地**

**商戦作戦のアプローチ**

- ①現在の市場で着実に収益を確保し、将来投資に向けた原資を確保
- ②新技術による脱炭素化・炭素循環に向けた投資実行し、将来市場を獲得

**政策の方向性**

- 1. ビジネスイノベーションの促進**
  - (1) **新素材・新需要の創出**  
・ユーザー体型、分野横断型のR/D支援 (例: CO2からプラスチック製造等)  
・開発コストのシェアリング  
・政府調達を通じた新技術の市場化支援
  - (2) **事業革新に向けた企業間連携の促進**  
・内外の生産体制最適化の促進  
・原料調達、設備産業の共同実施支援  
・CNに対応した競争政策の在り方  
・CN/CNピボットの転換  
・CN/CNネット官民協議会
  - (3) **サービス事業領域の拡張**  
・高度技術を活用したサービス事業展開 (例: 省エネ・脱炭素操業ノウハウの国際展開)
  - (4) **人材(現場・研究)の育成と活用**  
・キャリア教育や産学連携の研究プロジェクト推進  
・技能人材の流出防止
- 2. グリーンマテリアル産業への転換**
  - (1) **革新的な脱炭素・炭素循環技術の開発**  
・社会実装までの切れ目ない支援強化  
・国際標準化等のルール形成推進 (例: 経営戦略への位置づけ、CO2計測手法)
  - (2) **設備投資の促進**  
・既存投資の高度化支援 (例: 燃料転換等)、トランジション・プラットフォームの整備  
・カーボンニュートル革新技術の実装支援 (例: 大規模かつ長期的な設備投資支援)
  - (3) **オペレーションコストへの対応**  
・産業用電気料金の抑制  
・E-PIに電源・水素・アンモニアの安値で安定した供給  
・CCUSの実現に向けた官民の取組
  - (4) **グリーンマテリアル市場創出と脱炭素投資回収**  
・環境価値の評価  
・クレジットを活用した排出量のオフセット  
・脱炭素・炭素循環投資の回収と需要家の理解促進・対応
- 3. サプライチェーンにおける業界間連携**
  - (1) **安定供給体制の強化**  
・権益確保、代替技術開発、備蓄、リサイクル  
・不可欠物資の国内生産確保に向けた連携  
・共同調達・適正稼働など調達網一体での競争力確保
  - (2) **サーキュラーエコノミーへの転換**  
・原料調達からリサイクルまでの資源循環型プロセスの早期具体化 (技術開発、制度構築)  
・リサイクルの在り方の研究 (鉄鋼・化学)  
・リサイクルの国内有効活用  
・研究開発の推進 (例: 不純物除去、圧延、ケミカルリサイクル、CO2でプラスチック製造)
  - (3) **業界・企業の枠を超えたDX**  
・業界を超えたデータ共有基盤整備を通じた付加価値向上 (例: ユーザー体型のマテリアルス・インフオマティクス)

出所: 経済産業省「新・素材産業ビジョン 中間整理」[5]

## 本レポートの目的

- デジタル技術を活用したマテリアル開発が世界各国で急速に進められる中、日本においても「マテリアル革新力強化戦略」においてその重要性が指摘されており、今後マテリアル産業の国際競争力を高めるためのデジタル技術活用策を具体的に示していく必要がある。
- そこで、日本のマテリアル産業の現状についての文献調査と並行して、特に産業界の視点を主軸としたヒアリング調査を実施し、調査結果の分析等により、**日本ならではのマテリアル産業におけるデジタル技術活用の在るべき姿、および競争力強化に向けたDXの在り方**について検討した。

### ■ 調査手法\*1

- インターネット等での公開情報を基にした調査
- 企業等有識者へのヒアリングを基にした調査
  - 対象：材料、部品・加工企業、IT企業（大手・中堅・中小企業\*2、企業OB含む、合計21社）
  - 質問項目：マテリアル分野において勝ち筋となる自社の強みや課題
    - マテリアル分野における製品開発や事業の競争力に関わる、DXの課題やニーズ
    - マテリアル分野におけるDXのオープン・クローズ戦略に関する自社の現状と展望
    - マテリアル分野においてDXを活用していく上で日本として取り組むべき課題

\*1 2021年NEDO度委託調査「デジタル技術との連携によるマテリアル産業競争力強化に係わる調査」

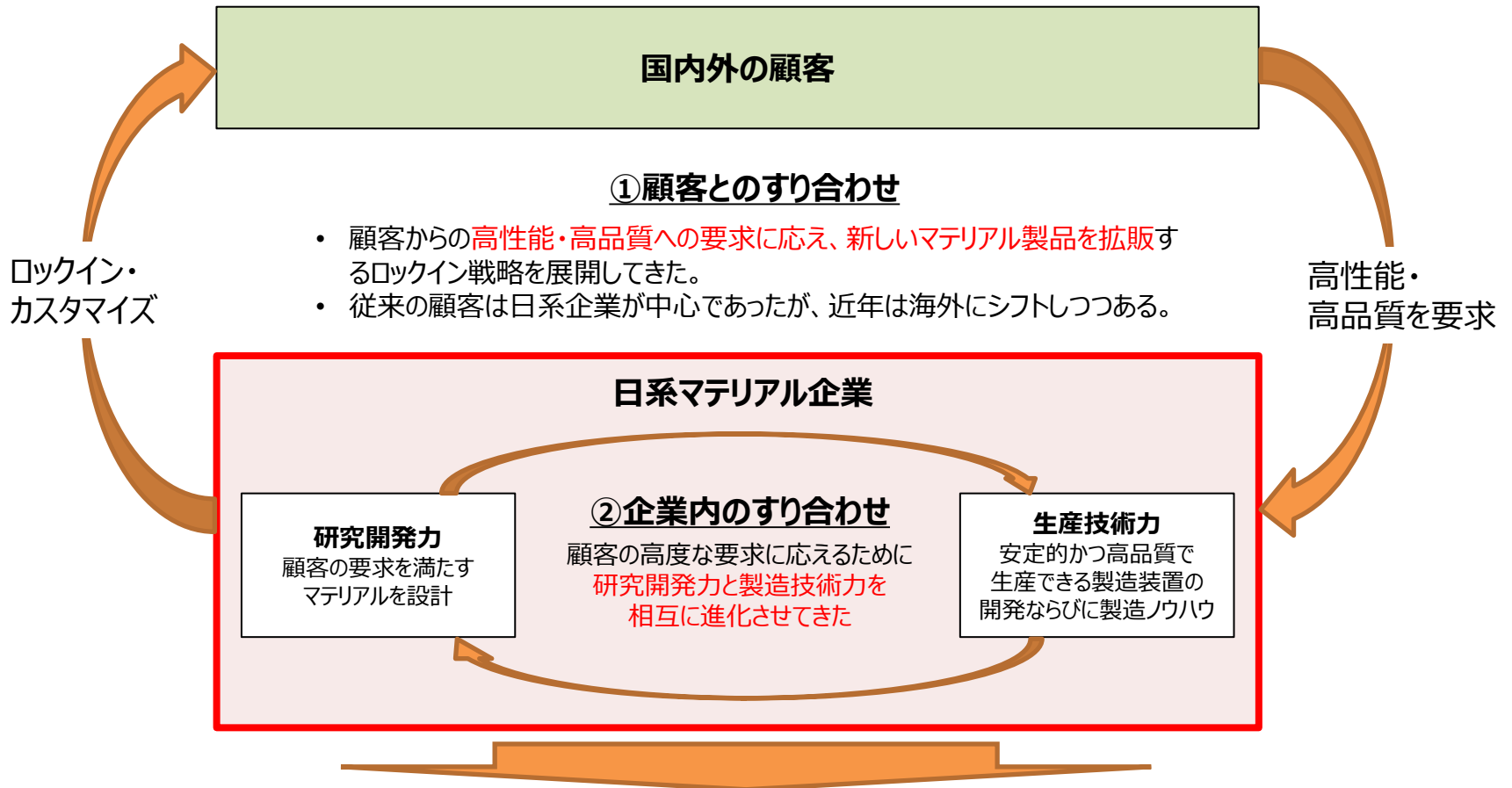
\*2 本調査においては、「大手：売上1兆円超の企業、中堅：売上数百億円～数千億円、中小スタートアップ：売上100億円以下」と定義

## 2. 日本のマテリアル産業の現状認識



# 日本のマテリアル産業における強みの源泉

- 日本の多くのマテリアル企業は、高性能・高品質なマテリアルで差別化を図る開発・事業を志向した結果、多くの製品で高い市場シェアを確保。マテリアル企業内外で調整や試行錯誤を繰り返して、より高性能・高品質な製品を作りこんでいく開発手法（すり合わせ<sup>[6]</sup>）が強みの源泉となっている。



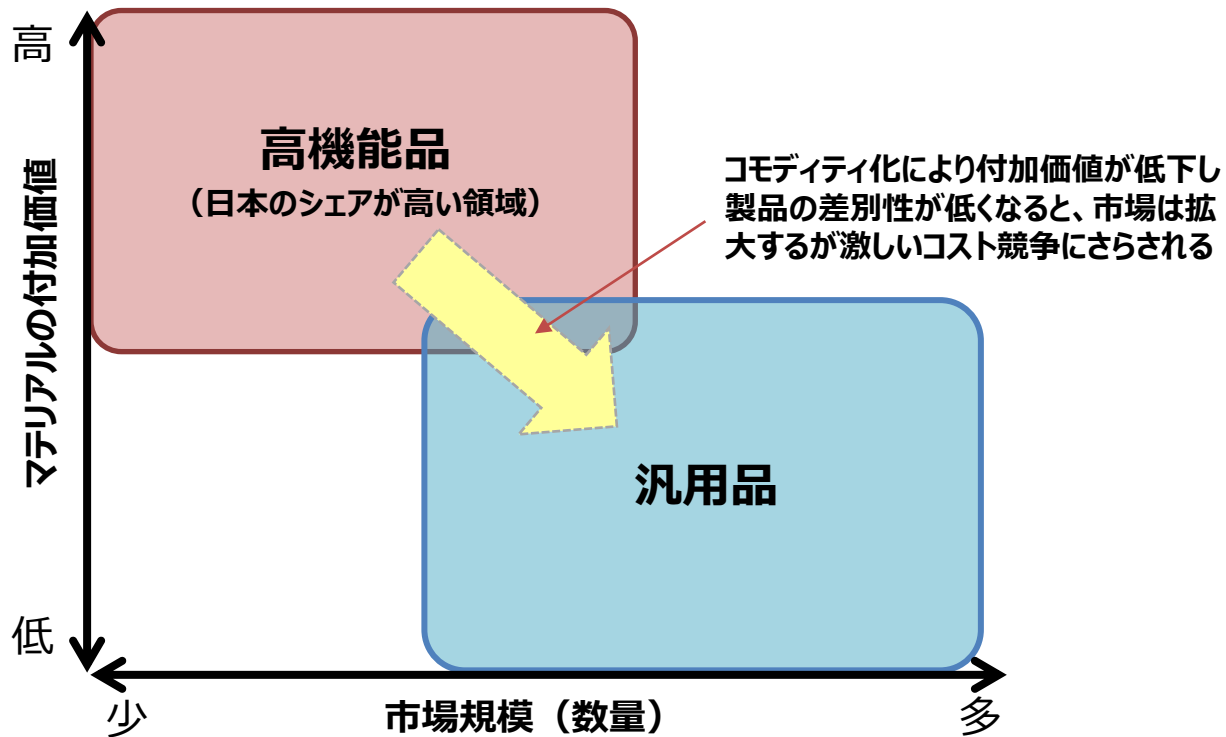
**高性能・高品質なマテリアルで差別化を図り、多くの製品で高い市場シェアを確保**

## 本レポートにおけるマテリアルの製品の分類

TSC Nanotechnology &amp; Materials Unit

- 本レポートではマテリアル製品を、マテリアルの付加価値ならびに市場規模から「高機能品」と「汎用品」の2つに分類した。
- 日本は“すり合わせ”によって付加価値が高められた、差別性の高い高機能品でシェアが高い。
- 日本のマテリアルは、新興国や後発企業等のキャッチアップ・量産化によるコモディティ化を経てシェアを低下させてきた経緯があり、日本の強みである高機能品も今後コスト競争が激しい汎用品に変化するリスクを抱えている。

### 本レポートにおけるマテリアル製品の分類



・**高機能品**：顧客の仕様に徹底的にカスタマイズすることにより付加価値が高められた高性能・高品質なマテリアル製品。ニッチな領域になりやすいため市場は小さい。

・**汎用品**：付加価値を構成する特長が薄れ、選択基準が低価格性や数量に重点が置かれるマテリアル製品。市場が大きく一定の需要が見込めるが、コスト競争が激しい。

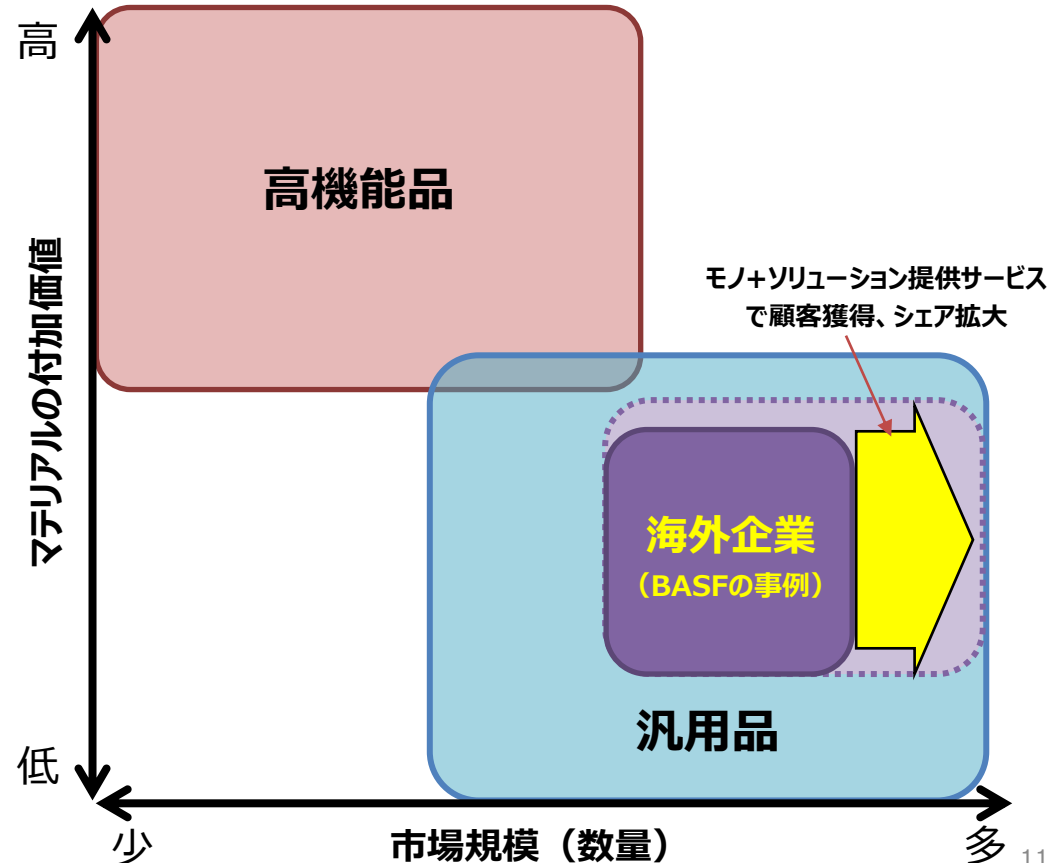
## 海外のマテリアル産業の特徴

- 日本のマテリアル企業は、開発段階から顧客企業にロックインし、すり合わせによる高機能品開発を志向する傾向が高いことが調査から判明している。
- 対して海外のマテリアル企業では、付加価値の低い汎用品をベースに顧客企業へソリューションを提供するサービスを組み合わせた事業展開を行い、市場規模を拡大している事例が増えている。

### 海外のマテリアル産業の特徴

注力分野	自動車・エレクトロニクスに加えて、農業、医療・ヘルスケア、鉱山、日用品など規模が出る分野にも注力
注力製品	<b>汎用品をベース</b> として幅広い品数を提供
提供価値	顧客のバリューチェーン全体のコストダウンなど、サービス視点での付加価値を提供
事業の仕掛け	<ul style="list-style-type: none"> <li>顧客が活用できる<b>デジタルツールの提供などのサービスと組み合わせて顧客にロックイン</b></li> <li>このツールから得たデータによる製品開発や、販売機会の獲得で事業を拡大</li> </ul>

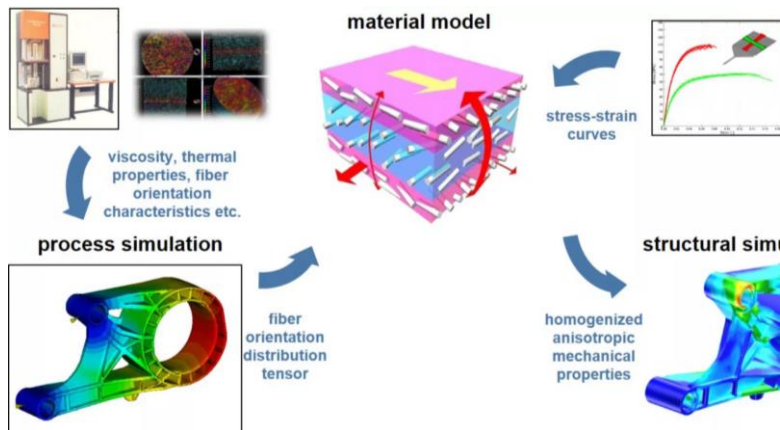
### 海外のマテリアル企業の事業展開



# サービスを組み合わせせた海外マテリアル企業の事業展開例

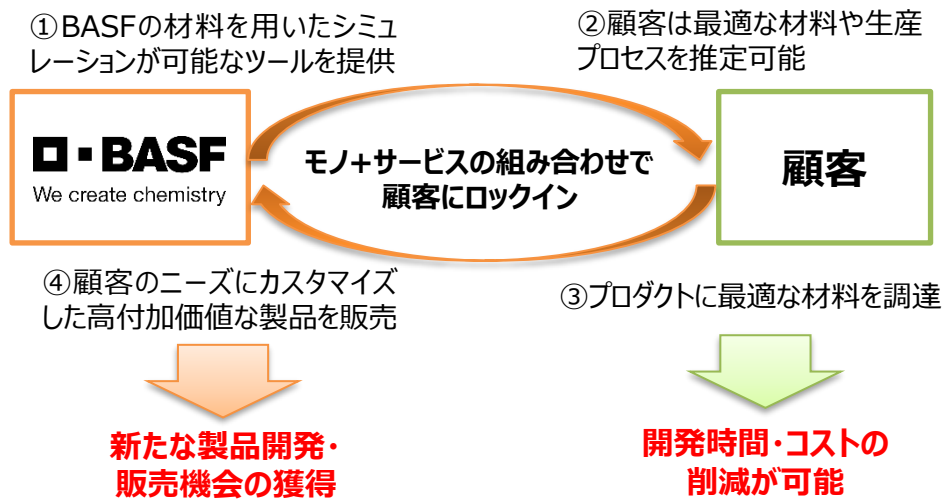
## ■ BASFのデジタル技術を活用したプラスチック事業の事例

- BASFでは**適合材料の選定、バーチャルプロトタイプの開発から、部品の生産プロセスの最適化まで、製造工程全体をカバーした**バーチャルシミュレーションツール『Ultrasim<sup>®</sup>』を顧客に提供している。
  - 顧客は、特定の用途において材料がどのような状態になるかを正確に把握でき、**開発期間短縮、コスト削減**につながる。BASFは新たな商品開発や販売機会を獲得して事業拡大につなげられる。
- 海外のマテリアル企業では、3MやLANXESSの事例のように、モノとサービスを組み合わせることで、**顧客との接点を強化**して事業を拡大するビジネスモデルの展開を志向する傾向がみられる。



The Solution: Ultrasim<sup>®</sup> Integrative Simulation, Material modeling  
出所：BASF HP<sup>[7]</sup>

### <サービスを組み合わせせた海外の事業モデルの例>



**3M**

- 3Mは自動車の塗装代替フィルム事業において、完成車メーカーに対して高耐久の意匠フィルムの開発や貼り付けプロセスに関するソリューション提供、技術者教育、自動車修理工場などにおける貼り換え需要対応等を行った。
- こうした**完成車メーカーと修理工場向けのサービス・ソリューション展開が参入障壁となり、フィルムの高価格販売を実現している。**

**LANXESS**  
Energizing Chemistry

- LANXESSでは水処理プロセスで使用されるイオン交換樹脂や逆浸透膜を製造するだけでなく、水処理用のデザインソフトウェア『LewaPlus<sup>®</sup>』を顧客に無料で提供している。
- これにより顧客は工業水処理において**LANXESS製品データを用いて迅速かつ正確なレイアウト設計が可能になった。**

## 海外企業における環境価値創出に向けた取り組み

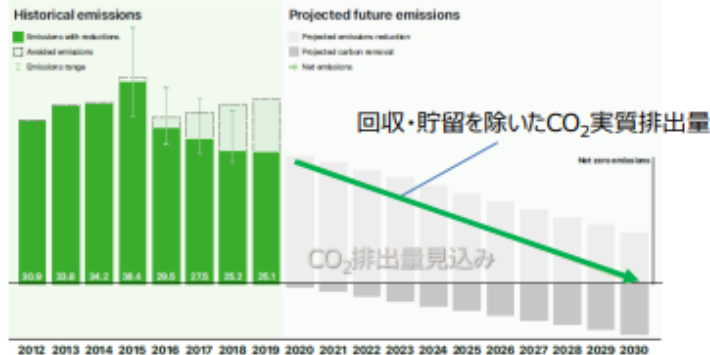
- 近年では脱炭素化の潮流を受けて、海外のマテリアル企業はデジタル技術を活用した効率的な環境価値の創出に取り組んでいる。また顧客側にもマテリアル企業に対し環境価値の開示・向上を求める動きがあり、日本のマテリアル企業の対応が遅れると顧客から排除される可能性がある。

- 製造業においても、**サプライチェーン全体でのカーボンニュートラルを目指して取り組むグローバル大企業**が現れ始めている。今後、**我が国のサプライヤーにおいても、このような動きに留意していく必要がある。**

### 事例 2030年までにサプライチェーンのカーボンニュートラルを実現 【米・Apple】

- 2020年7月、**2030年までにサプライチェーンも含めたカーボンニュートラルを目指す**と発表し、サプライヤーがApple製品の製造時に使用する電力についても、**2030年までに再生可能エネルギー100%を目指す**との目標を掲げた。
- この要求に応じると宣言したサプライヤーは2020年7月時点で**計71社**。このうち国内企業は、半導体関連製品を供給するイビデン（株）や、液晶画面のシートを製造する恵和（株）など、**計8社**。

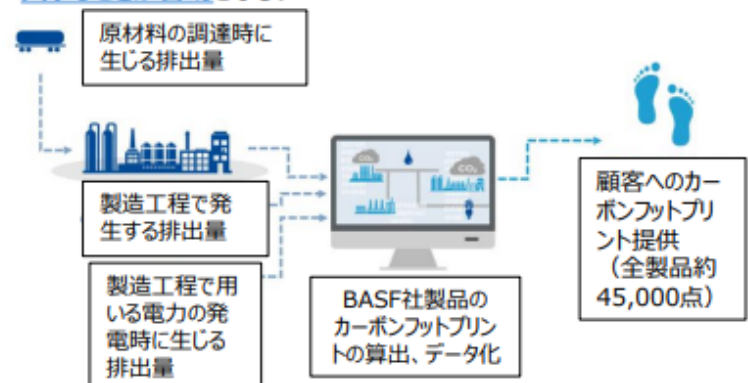
【Apple製品の製造から廃棄・リサイクルに至るライフサイクル全体でのCO<sub>2</sub>排出量】



(資料) Apple "Environmental Progress Report 2019"

### 事例 全製品のカーボンフットプリントを提供 【独・BASF】

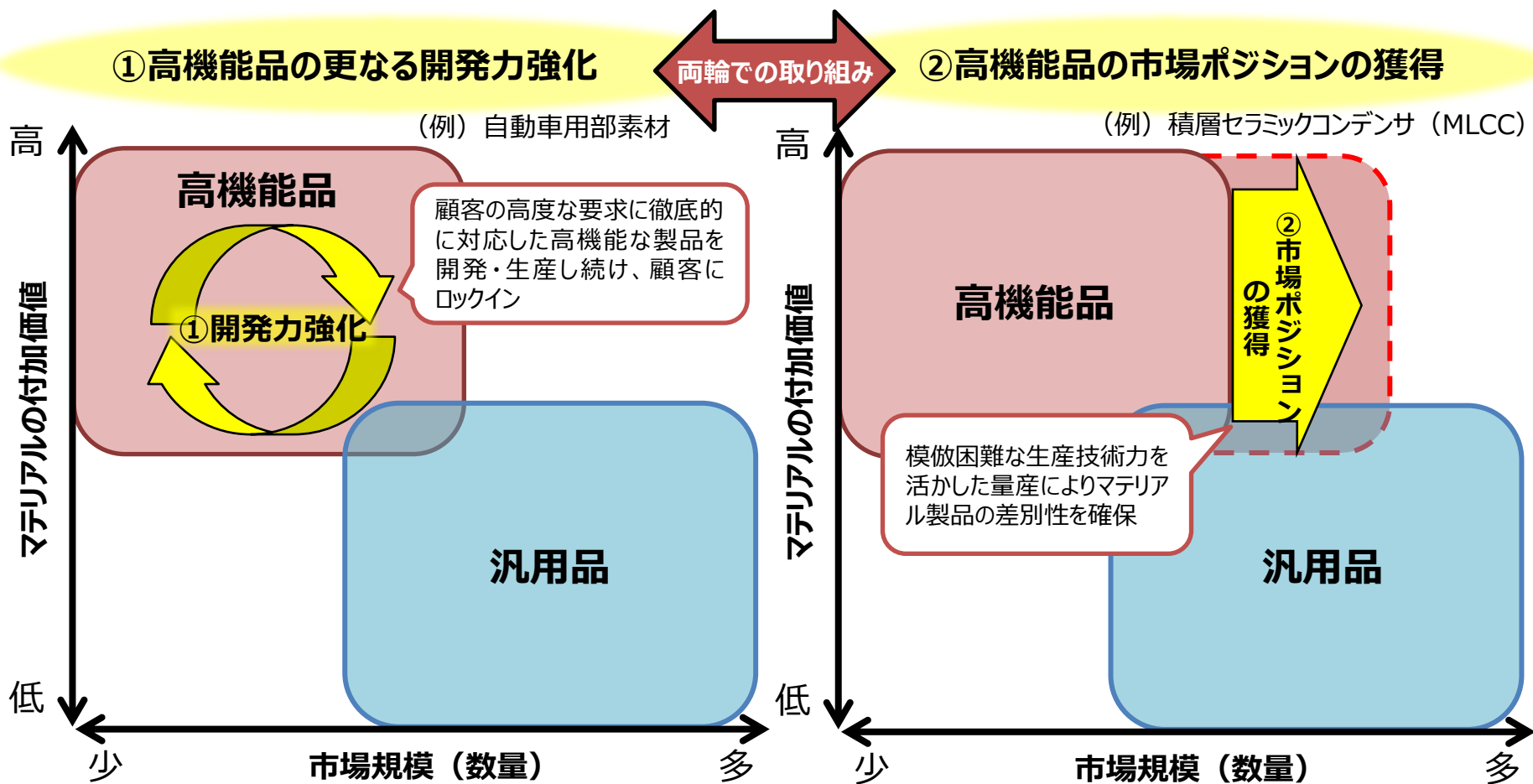
- 2020年7月、**製品の原材料調達から出荷までの温室効果ガス排出量（カーボンフットプリント）を算出**し、顧客への提供を開始すると発表。
- 2021年末までには、**全製品について、カーボンフットプリントのデータを提供できるようにする予定**。
- BASF社の製品を用いて最終製品を製造するメーカーにとっては、これらのデータを用いることで、**自社製品のカーボンフットプリントを算出することが容易**となる。



(資料) BASF "Product Carbon Footprint"

# 日本のマテリアル企業の今後の勝ち筋

- 日本のマテリアル産業は、顧客の要求にすり合わせの手法でカスタマイズすることで新しい高機能品を開発する技術開発力が強みであり、これを活かした取り組みが勝ち筋になりうる。
- 具体的には、高機能品の新たな製品開発あるいは機能拡充開発の強化（①）、および模倣困難な生産技術により幅広い顧客の要求に対応した高機能品を迅速に量産することで市場ポジションを獲得（②）する取り組み、これらを両輪で展開することが日本の勝ち筋になると考えられる。



# 日本のマテリアル産業の勝ち筋実現のための課題

- 企業ヒアリングの結果から抽出された“勝ち筋実現”のための高機能品の更なる開発力強化、および市場ポジション獲得に係る課題は以下の通り。
- 加えて、今後マテリアルにおいても脱炭素サーキュラーエコノミーなど環境対応が強く求められてきており、新たな付加価値を構成する取り組みになる可能性が高い。
- これらの課題解決においては、デジタル技術の活用が重要になると考えられる。

## 高機能品の更なる開発力強化

- **材料試作品のスピードアップ**  
 ー材料試作品へのフィードバックが不足しているため、**計算科学等によるモデルの予測値に対し実測値による補正**ができていない。
- **開発者の暗黙知依存からの脱却**  
 ー開発できるテーマが開発者の暗黙知に依存しており、**組織知として活用できるシステム**の構築が求められる。
- **外部ナレッジによる更なる成長**  
 ー特に中堅の材料企業では、自社のナレッジのみでは成長限界があり、外部のデータを活用するニーズが強い。

## 高機能品の市場ポジションの獲得

- **海外市場への展開**  
 ー海外での現地生産にあたっての製造ノウハウの移管や、海外の顧客企業を対象としたマーケティングに苦戦。
- **量産体制への迅速な移行**  
 ー短時間で顧客の仕様データに的確に応じた材料を開発・**製造条件をモデル化**し、迅速に量産体制に移行できる（マスカスタマイゼーション）必要がある。
- **材料加工企業の連携**  
 ー中小・中堅企業の技術力を活かし、材料と加工のセットで**最適なマテリアルを提供できるプラットフォームの構築**が望まれる。

## 新たな環境付加価値の創出

- **環境負荷低減への貢献**  
 正確かつ迅速な**製品別のCO<sub>2</sub>排出量算定**や**リサイクルのトレーサビリティの測定**などにより環境価値の創出が求められる。

- 海外企業が近年デジタル技術を積極的に活用し始めていることで、日本のマテリアル産業界にとって脅威となっている、という意見が企業ヒアリングで多く聞かれた。
- 今後日本のマテリアル産業がデジタル技術を活用するにあたっては、下記に整理した海外のデジタル技術活用動向や日本への影響を念頭に入れておく必要がある。

計算科学によるマテリアル開発	マテリアル設計のデジタル化対応	技術の流出リスク拡大
<p>MI*1等をはじめとする計算科学を主体とした技術開発が進展。また、計算基盤を担うIT企業が材料開発の主導権を握る可能性もあり、日本のマテリアル企業と競合するリスクも（①）。</p>	<p>顧客の3D設計やデジタルツイン*2の動きは加速している。対応できないと日本企業が外される危険性がある（②）。</p>	<p>日本の中堅マテリアル企業は、従来と同じように（③）海外顧客とのすり合わせを進めている（④）。日本のコアの技術が海外の競合企業に流出してしまうリスクがある（⑤）。</p>
<p>The flowchart illustrates the material development process: <b>Material Development</b> → <b>Prototype</b> → <b>Sales</b>. It shows <b>Domestic Material Companies</b> and <b>Foreign IT Companies</b> interacting with <b>Digital Design Software</b> and <b>Digital Twin Usage by Customers</b>. A red 'X' marks a point where domestic companies are being displaced by foreign IT companies in the digital design phase.</p>		<p>The diagram shows a vertical line separating <b>Domestic</b> and <b>Foreign</b> markets. <b>Domestic Material Companies</b> interact with <b>Domestic Customers</b> (③). <b>Foreign Material Companies</b> interact with <b>Foreign Customers</b> (④). There is also a cross-border interaction between domestic and foreign customers (⑤).</p>

\*1 MI：マテリアルズ・インフォマティクスの略

\*2 デジタルツイン：現実の世界から収集したさまざまなデータを、まるで双子であるかのように、コンピュータ上で再現する技術のこと



# デジタル技術の活用に関するマテリアル産業界の取り組み状況

- 日本のマテリアル企業におけるデジタル技術の活用方法や導入状況は、企業規模によって異なる。
- 企業規模によってデジタル技術の導入の進捗度に差がみられる理由としては、以下2点が考えられる。
  - ① **経営資源の差**：大手企業はデジタル技術の活用を個社単独で行う**財務面や人材面の体力を有する**。
  - ② **デジタル技術の投資特性**：デジタル技術は**一部門で導入した手法を他部門に横展開しやすい特性があり**、複数の事業部門をもつ大手企業はこの効果を楽しみやすいが、中小規模の企業は効果が得にくい。

活用の 方向性 規模 タイプ	高機能品の更なる開発力強化	高機能品の市場ポジションの獲得
大手	MI <sup>*1</sup> やAI <sup>*2</sup> を活用して新たな材料の開発を志向、一部で成果が出始めている	生産工程にデジタルツイン <sup>*3</sup> 概念を導入し、生産工程の高度化、円滑な量産化を志向
中堅	大手に比べてDXの着手が遅れており、現在、DX推進に向けての準備を進めている	
中小 スタートアップ	DXに対する取り組みはまだ本格化していない	

\*1 MI：マテリアルズ・インフォマティクスの略

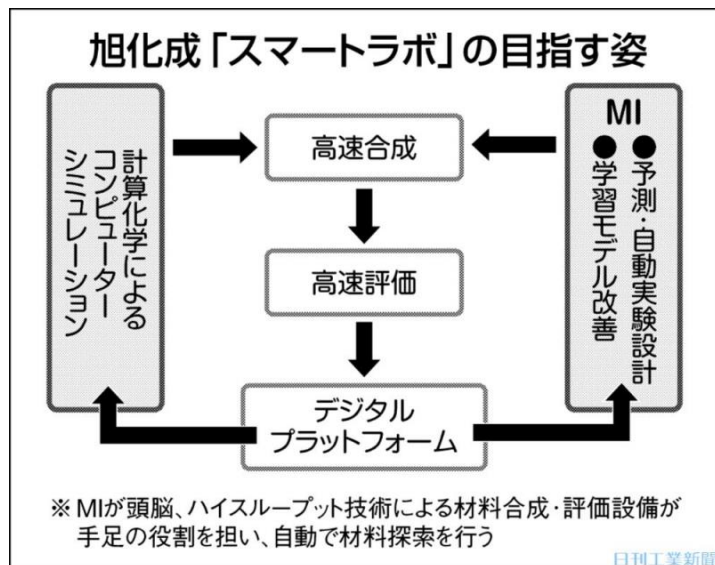
\*2 AI：人工知能（Artificial Intelligence）の略

\*3 デジタルツイン：現実の世界から収集したさまざまなデータを、まるで双子であるかのように、コンピュータ上で再現する技術のこと

- 旭化成ではMIを強力に推進しており、新素材の組成検討から実験、評価までに一連の材料探索工程を全自動化する「スマートラボ」について、2022年度から実証試験を実施予定。
- JFEスチールでは製造工程のデータを取得、これをデジタルツインに活用してシミュレーションを行うことでプラント運営を最適化。CPS（サイバーフィジカルシステム）によって、異常予知や仮想実験を行えるようにした。

### 旭化成の事例

- 2017年からMIのPoC（概念実証）を開始し、2018年には高性能な触媒の開発にも成功。
- 2022年からPoCを実施する「スマートラボ」では、MIと自動実験設備を組み合わせて、人が介在するよりも広範囲で材料探索を行う。
- 顧客へのMIツールも検討中であり、プラスチックの加工条件や目的に合うプラの種類・グレードの探索に利用を想定。



出所：日刊工業新聞 2021年8月18日<sup>[10]</sup>

### JFEスチールの事例

#### CPS事例：高炉CPS

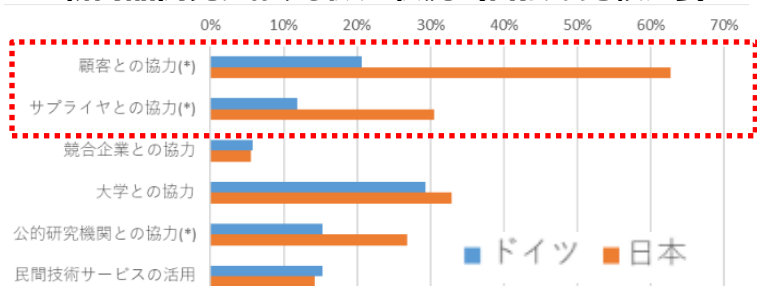
全ての高炉のCPS化を進めており、従来困難であった高炉炉内の重大トラブルの起因となりうる異常の予兆検知や、安定操業において重要な高炉炉内の熱の状態を最大12時間先まで予測できる技術を開発・導入しました。さらに、予測結果に対する現時点での最適なアクションをオペレーターにガイダンスするシステムを構築し、安定操業および安定生産に向けた操業アクションに活用を始めています。



出所：JFEグループ「DX REPORT 2021」<sup>[11]</sup>

- 日本の中小・中堅マテリアル企業は、サプライチェーン間での連携を重視した開発を行う特徴があるが、顧客企業のグローバル展開等によるサプライチェーンの流動化が進む中、複数のセット製品企業とのオープンな垂直連携を志向する傾向を強めている。
- 中小・中堅マテリアル企業についても、開発力強化とともに多様なセット製品企業との柔軟な連携をデジタル技術を活用して推進することで、市場ポジション獲得を図っていくことが重要になると考えられる。

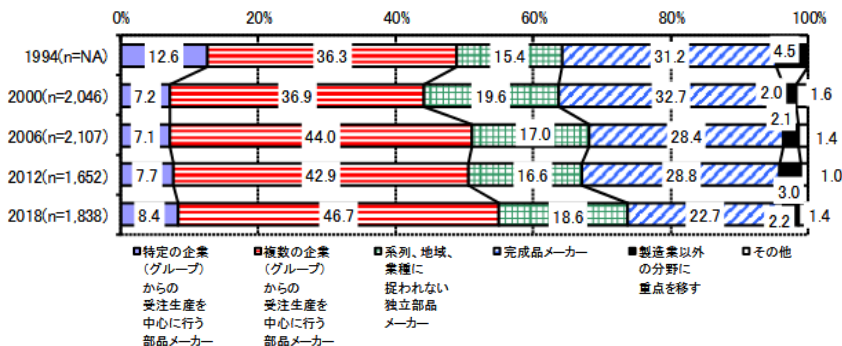
新商品開発における協力状況（日独の比較から）



※アンケート対象は顧客企業に材料・部品・設備等を納入するB2Bビジネスに分類される中小企業

出所：元橋一之「デジタル化による中小企業のモノづくりの変革」<sup>[12]</sup>  
 (赤枠はNEDO技術戦略研究センター加筆)

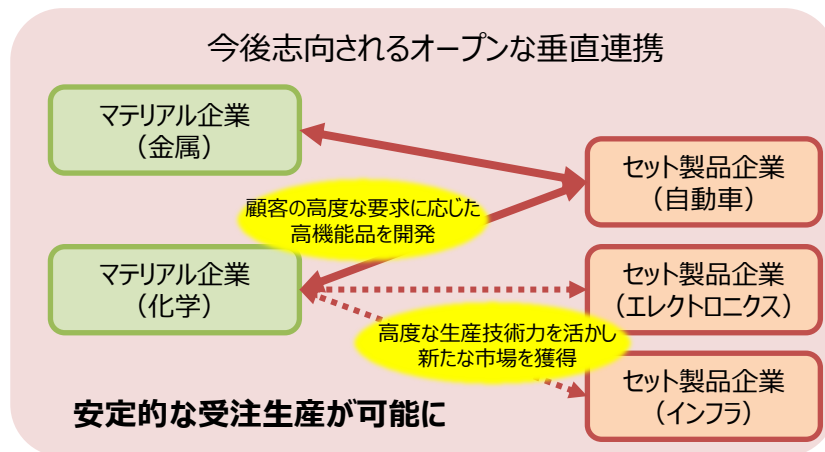
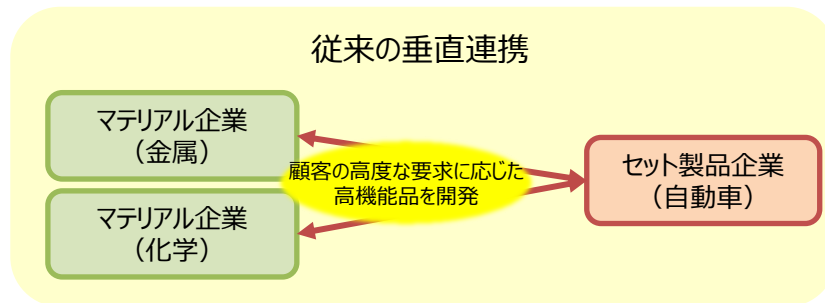
志向する企業のタイプの推移



※アンケート対象は機械・金属工業分野（中小企業の出荷シェアが5割を超え、中小企業に存在感のある業界）

出所：一般財団法人商工総合研究所「2018年度第9回中小機械・金属工業の構造変化に関する実態調査」<sup>[13]</sup>

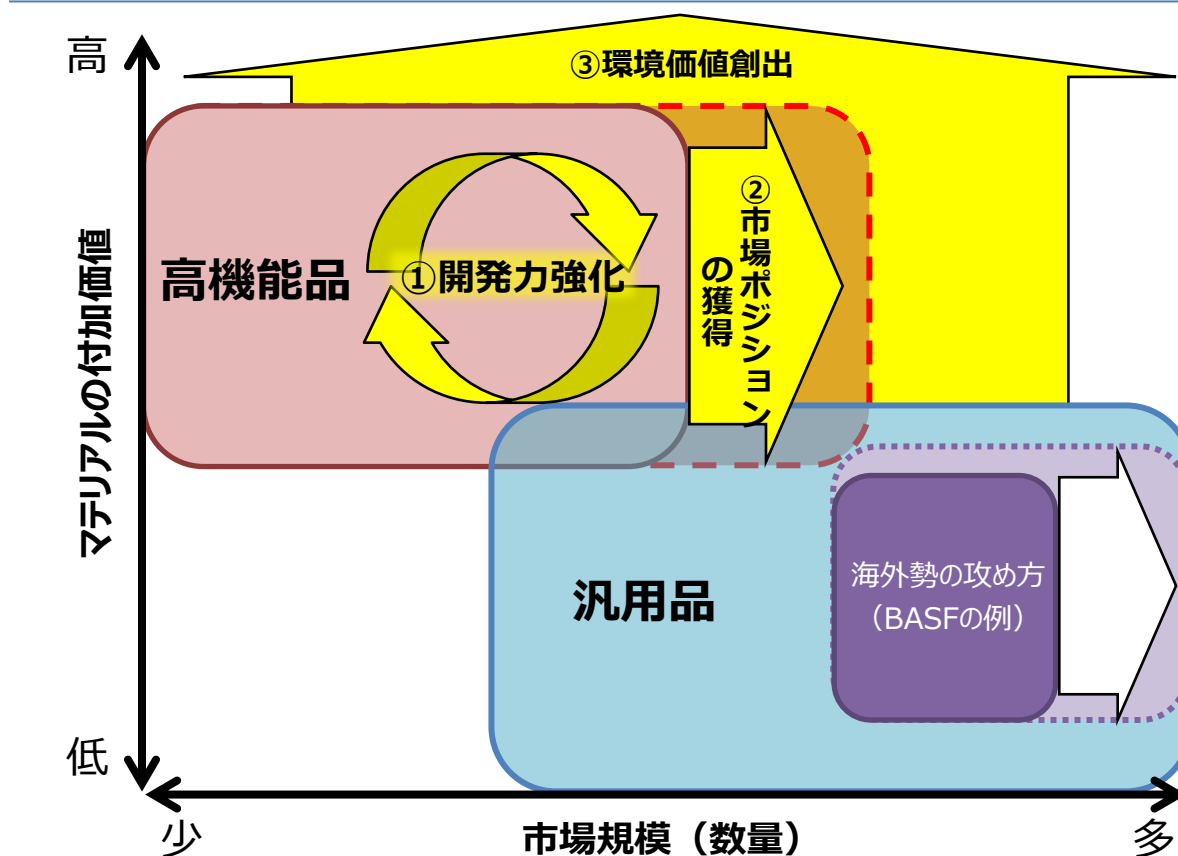
## 中小・中堅マテリアル企業の連携のイメージ



# 日本のマテリアル企業がデジタル技術を活用すべき方向性

- 日本のマテリアル産業の強みである高機能品を維持していくために、更なる開発力の強化が必要（①）。
- また、高機能品をベースに、幅広い顧客の要求に迅速に対応し量産につなげることで市場ポジションを獲得していくことも重要（②）。
- 中長期的な視点では、脱炭素・サーキュラーエコノミーへの対応に向けて、環境価値の創出が課題（③）。
- これらの課題の解決に向けて、デジタル技術を活用していくことが重要となる。

## 日本のマテリアル企業がデジタル技術を活用すべき3つの方向性



# 3. デジタル技術活用の打ち手

- 日本のマテリアル産業競争力強化に向けた、  
「高機能品の更なる開発力強化」  
「高機能品の市場ポジション獲得」  
「環境価値創出」

の3つの方向性を推進するにあたり、5つのデジタル技術活用の打ち手を提案する。

- これらを実現するためには、競争力となるデータを見極めオープン・クローズ戦略を策定する必要がある。

## 日本のマテリアル産業競争力強化に向けて

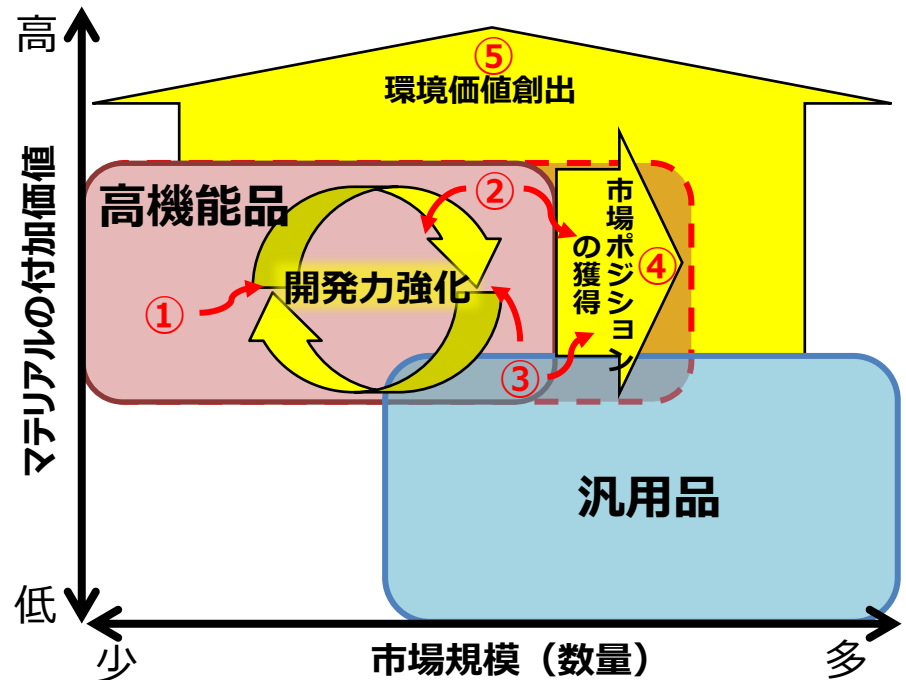
高機能品の更なる開発力強化／高機能品の市場ポジション獲得／環境価値創出

### ーデジタル技術の具体的な打ち手ー

- ① 計算科学×ロボティクスによる開発力強化
- ② 顧客接点の強化
- ③ 設計・加工支援プラットフォームの構築
- ④ 研究開発と生産の連携強化
- ⑤ DXグリーン評価基盤の構築

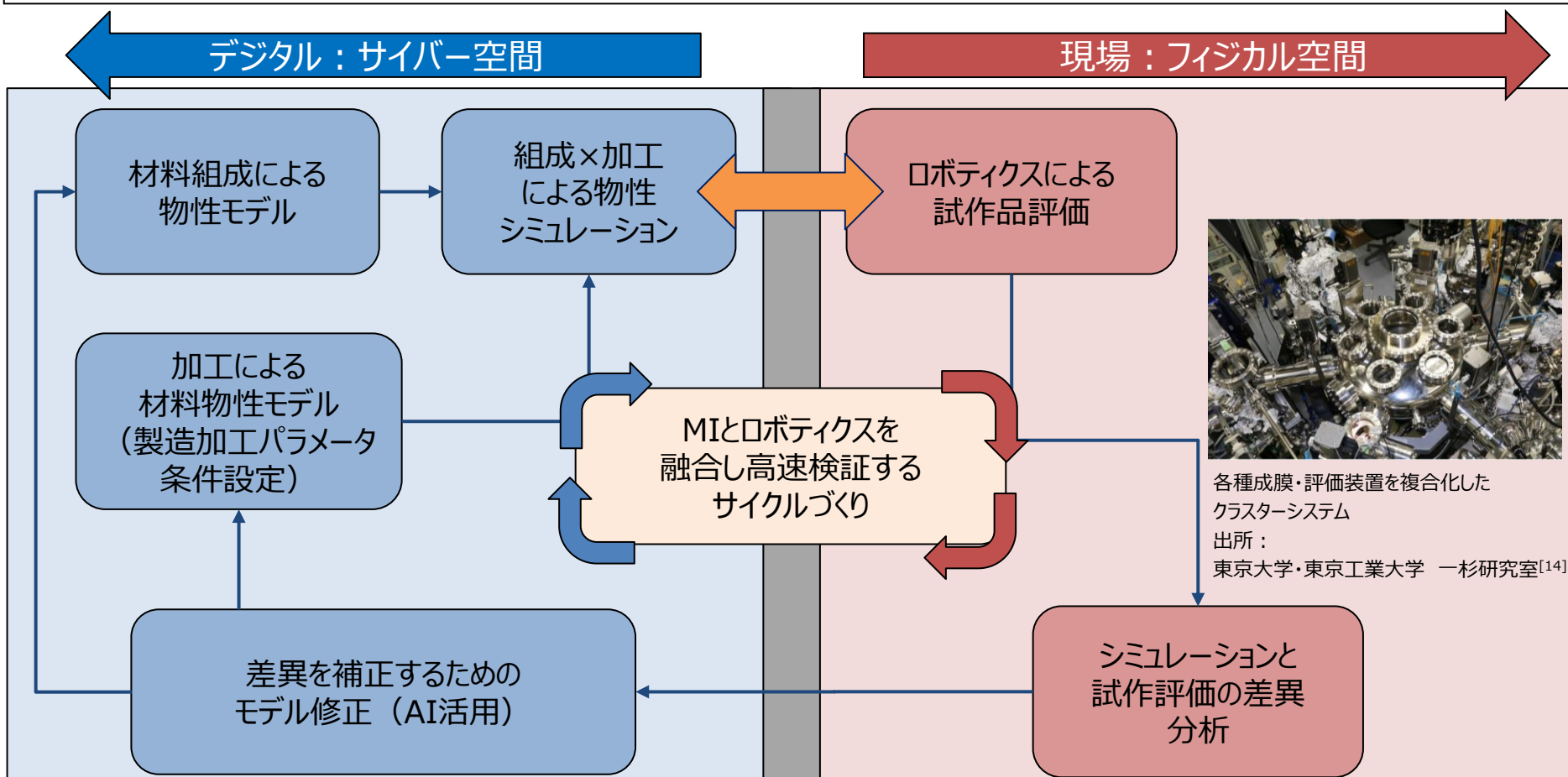
+

データに注目したオープン・クローズ戦略の構築



## ① MI等の計算科学とロボティクスの連携による研究開発力の強化

- 高機能品の開発力の更なる強化には、顧客が要求する品質・性能に合致する**試作品開発をスピードアップし、開発リードタイムを短縮**することが重要である。
- MI等の計算科学やロボティクス技術を導入して、**材料設計から試作品製作、評価に至る一連の材料研究開発サイクルをデジタル化**することで、開発スピードを高められる。また、評価結果を迅速にフィードバックすることで、更なる競争力の強化が期待できる。



## ② デジタル技術を活用した顧客接点の強化

### ■ デジタルシミュレーションツールの開発

セット製品の価値をどの程度高めるかを定量的に示して、潜在顧客に対して効率的にマテリアル製品を売り込むためには、複数の装置企業、部品・加工企業、材料企業が連携してデジタルツイン上で試作品を製造・評価するシミュレーションツールを開発することが望ましい。

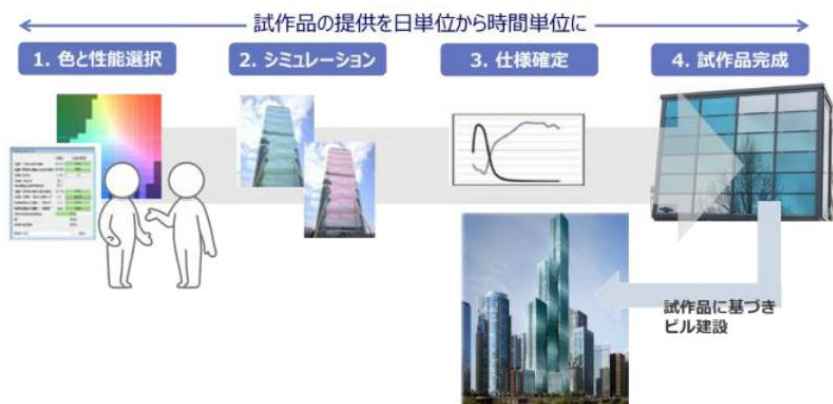
### ■ デジタルマーケティング基盤の整備

海外市場の獲得は日本のマテリアル産業の喫緊の課題。個社ごとのマーケティングではなく、国内の材料企業と部品・加工企業が連携してマーケティングできるよう、デジタル技術を活用したプラットフォームを構築することが望ましい。

#### デジタルシミュレーションツール例

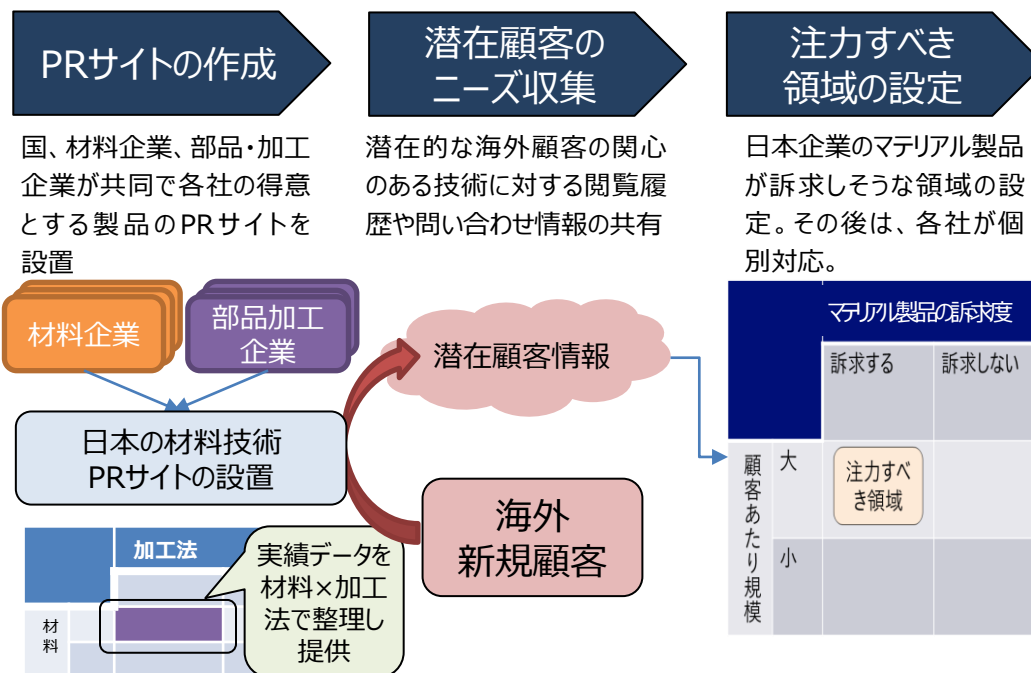
##### AGCの事例

顧客とともに、建築用ガラスの耐熱性能や色をシミュレーション



出所：経済産業省「DX銘柄2020」<sup>[15]</sup>

#### デジタルマーケティング基盤の考え方



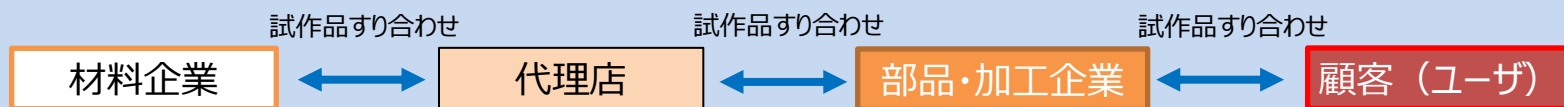


### ③ 設計・加工支援プラットフォームの構築

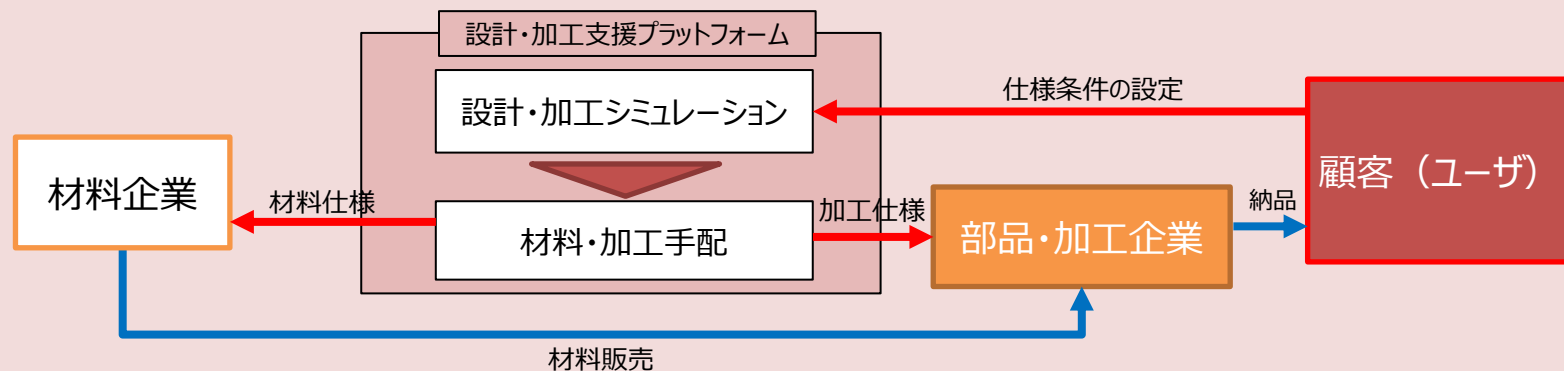
- 従来、マテリアル企業の“人”の暗黙知に依存していた設計や加工のすり合わせプロセスについて、デジタル技術を活用して可視化・定量化することで、迅速な製品開発・生産につなげることが望ましい。
- シミュレーションや3D設計図などを活用し、サイバー空間上で最適な材料や加工方法を効率的に選択できるプラットフォームを構築する。これにより、マテリアル産業に対して、開発期間の短縮や、設計業務の工数削減、量産時の生産性向上といったメリットを提供できる。

#### 設計・加工支援プラットフォームの構築による業界構造の変化

##### 従来の業界構造



##### DX後の業界構造



開発期間の短縮

3D図面などシミュレーションにより試作数を絞り、開発期間を短縮できる

設計業務工数削減

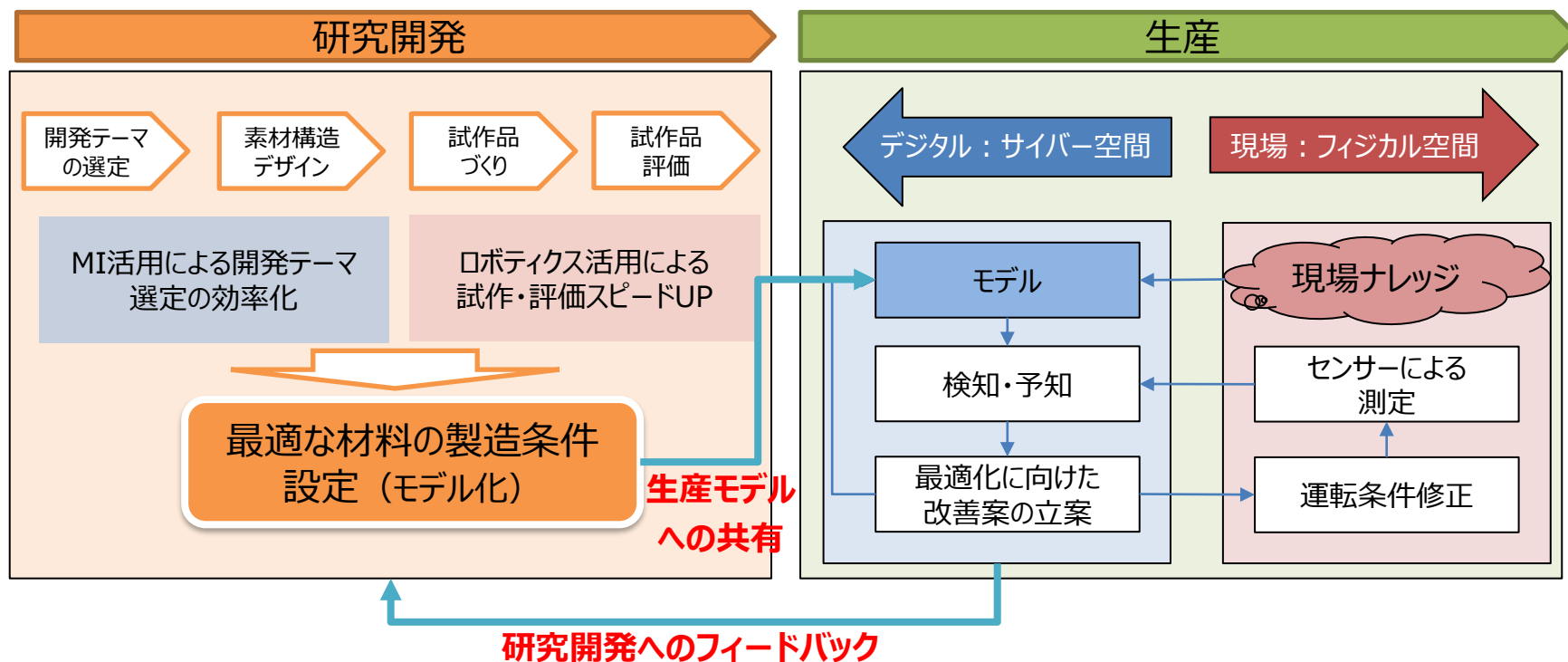
3D図面の過去実績を活用して、設計業務削減・アウトソーシングが可能となる

量産時の生産性向上

最適な材料と加工の組合せが選択でき、量産時の生産性向上が図られる

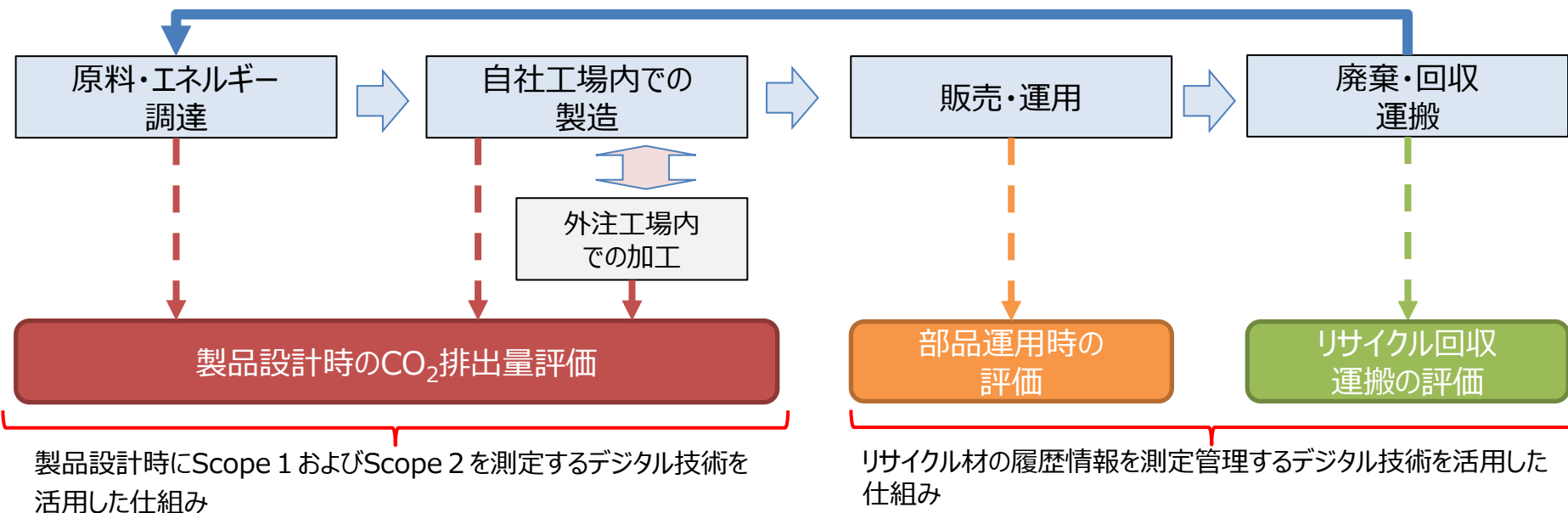
## ④ 研究開発と生産の連携強化

- 日本のマテリアル産業における研究開発と生産の間のすり合わせにおいて、属人的であるがために非効率な部分が多いことは、市場拡大に向けて速やかな量産体制の構築を進めるうえでの重要な課題である。その解決のためには、デジタル技術により企業内でのナレッジ共有を進め、**研究開発と生産でのデジタル基盤上でのデータ連携の強化を図ることが重要**である。
- 具体的には、**研究開発時に設定された最適な材料の製造条件を、生産のモデルと速やかに共有**して短期間で量産体制を構築できるようにすることが望ましい。また**生産の各種データを研究開発に迅速にフィードバックすることも生産効率の向上にとって重要**になる。
- 当面は自社内や系列企業間での連携が想定されるが、今後は国内で複数のマテリアル企業とセット製品企業間でナレッジを共有できるような仕組みも必要となる。



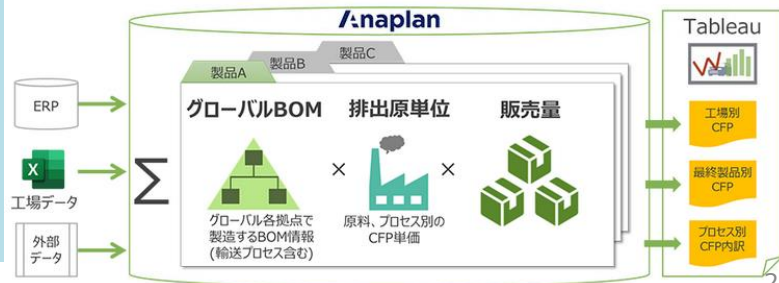
## ⑤ DXグリーン評価基盤の構築

- 脱炭素やサーキュラーエコノミーへの対応としては、環境負荷低減への貢献度（環境価値）に関するデータを、複数のマテリアル企業とセット製品企業の間で業界横断的に共有することが必要となる。そのためには、デジタル技術を活用した、環境価値を定量的に測定・評価する基盤の構築が重要になる。



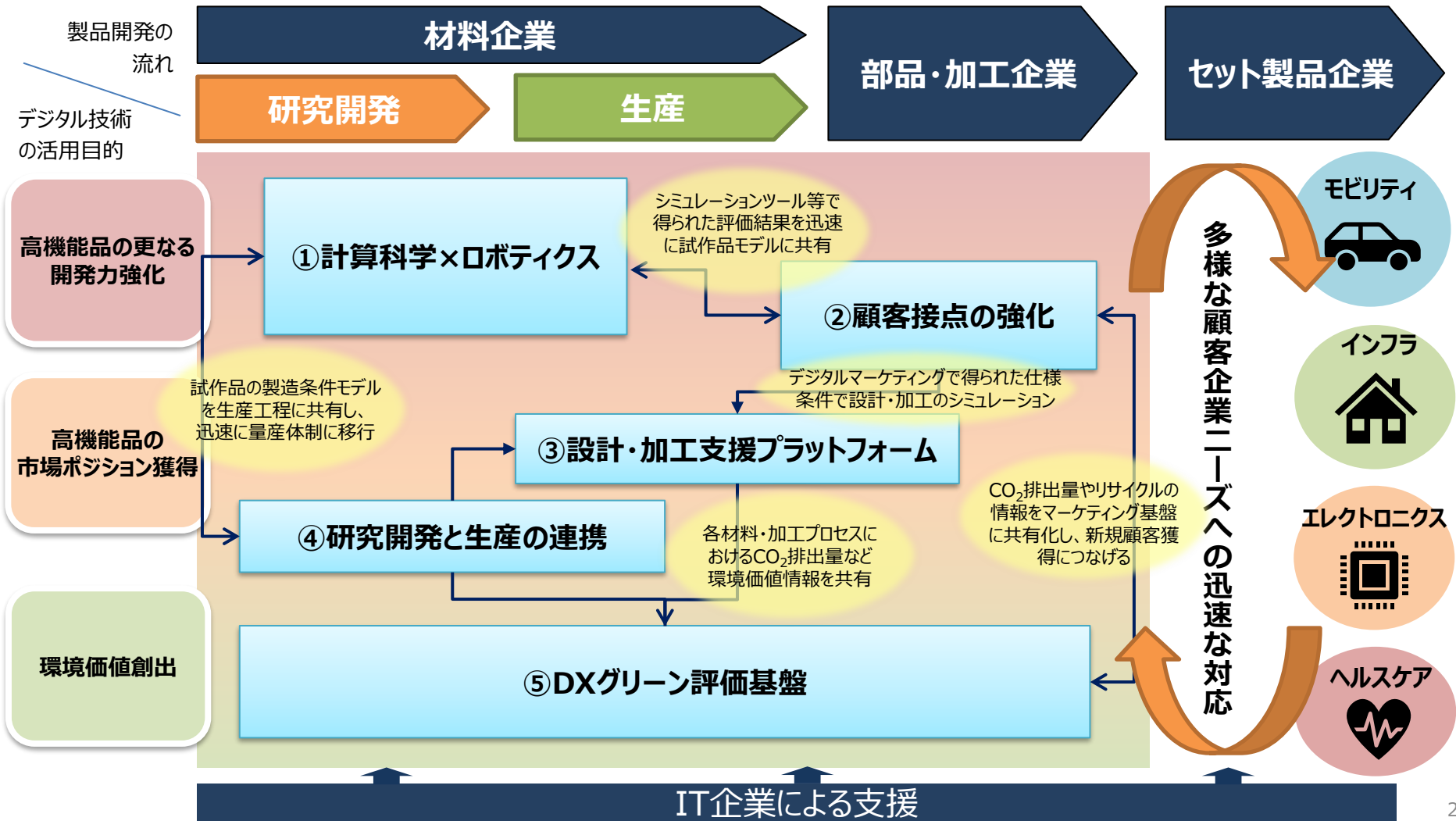
### 旭化成とNTTデータの取り組み事例

- 旭化成とNTTデータ共同で、最終製品別の製品カーボンフットプリント（CFP）管理基盤を開発。旭化成の機能材料事業部で2022年4月より本格運用開始。
- Anaplanの高速演算の強みを活かし、グローバルの製造プロセスを網羅した、最終製品別のCFPを数秒で算出。
- 最終製品種別や顧客別など様々な視点で、価格とCFPを組み合わせた分析が可能。



# デジタル技術活用の全体像

■ デジタル技術を活用した5つの取り組みは個別単独として推進されるのではなく、各取り組みの間で適宜データを共有し統合的に展開していくことが望ましい。日本のマテリアル産業界がこのようなデジタル技術の活用を進めることで、多様な顧客企業のニーズにより迅速に対応できるようになり、競争力を強化することが期待できる。

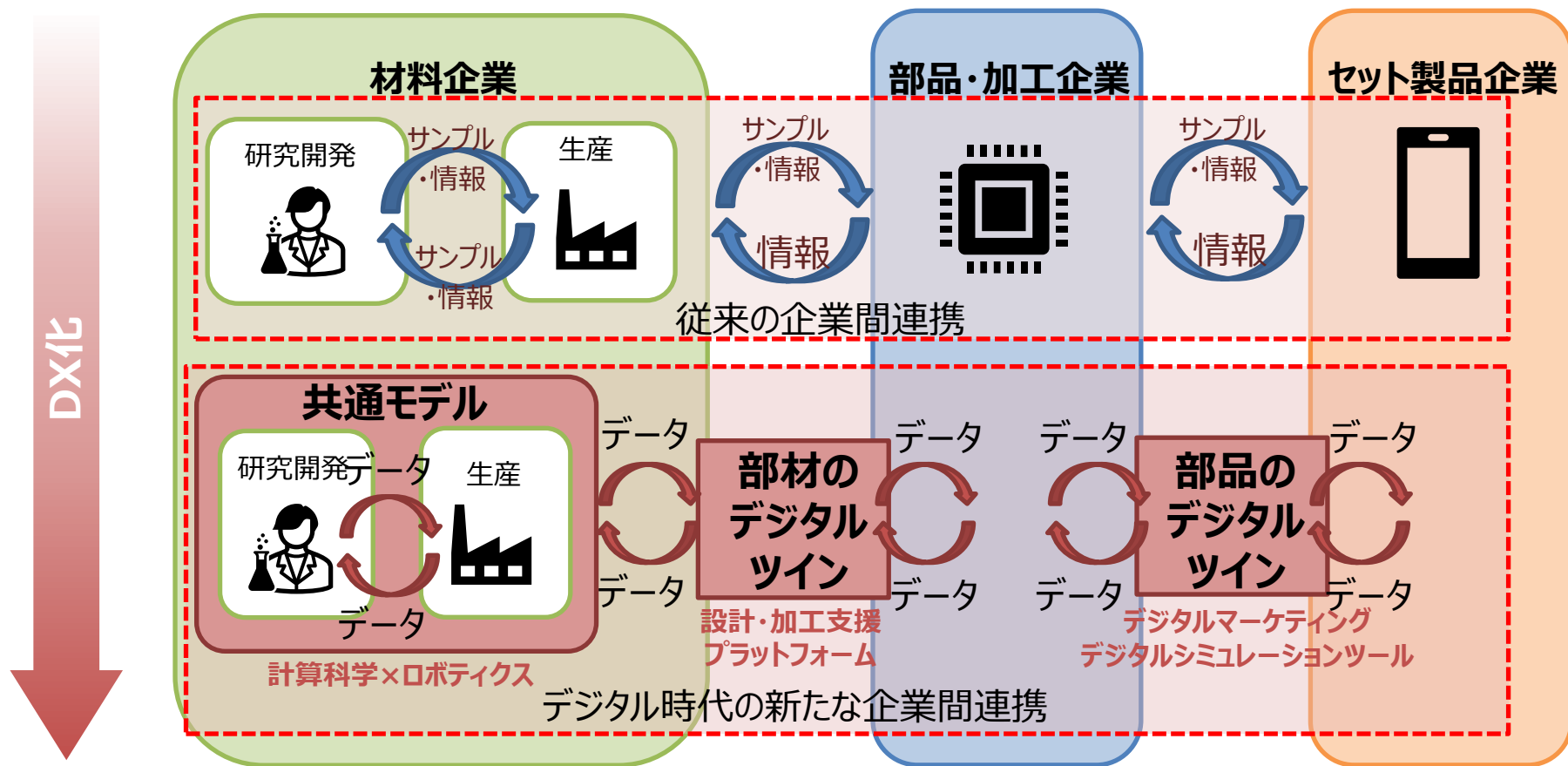


# 4. デジタル技術の活用による マテリアル産業競争力強化に向けて

# デジタル技術を活用することによる新しい企業連携の可能性

- デジタル技術の活用により、企業間連携が従来の「モノ」を介したスタイルから**「デジタルツイン」を介したスタイルに転換すると予想**。
- マテリアルデータが入出力可能なデジタルツインをサプライチェーン企業間で連携して開発し共有することで、**デジタル時代の新たな企業間連携のスタイルが確立する**と考えられる。

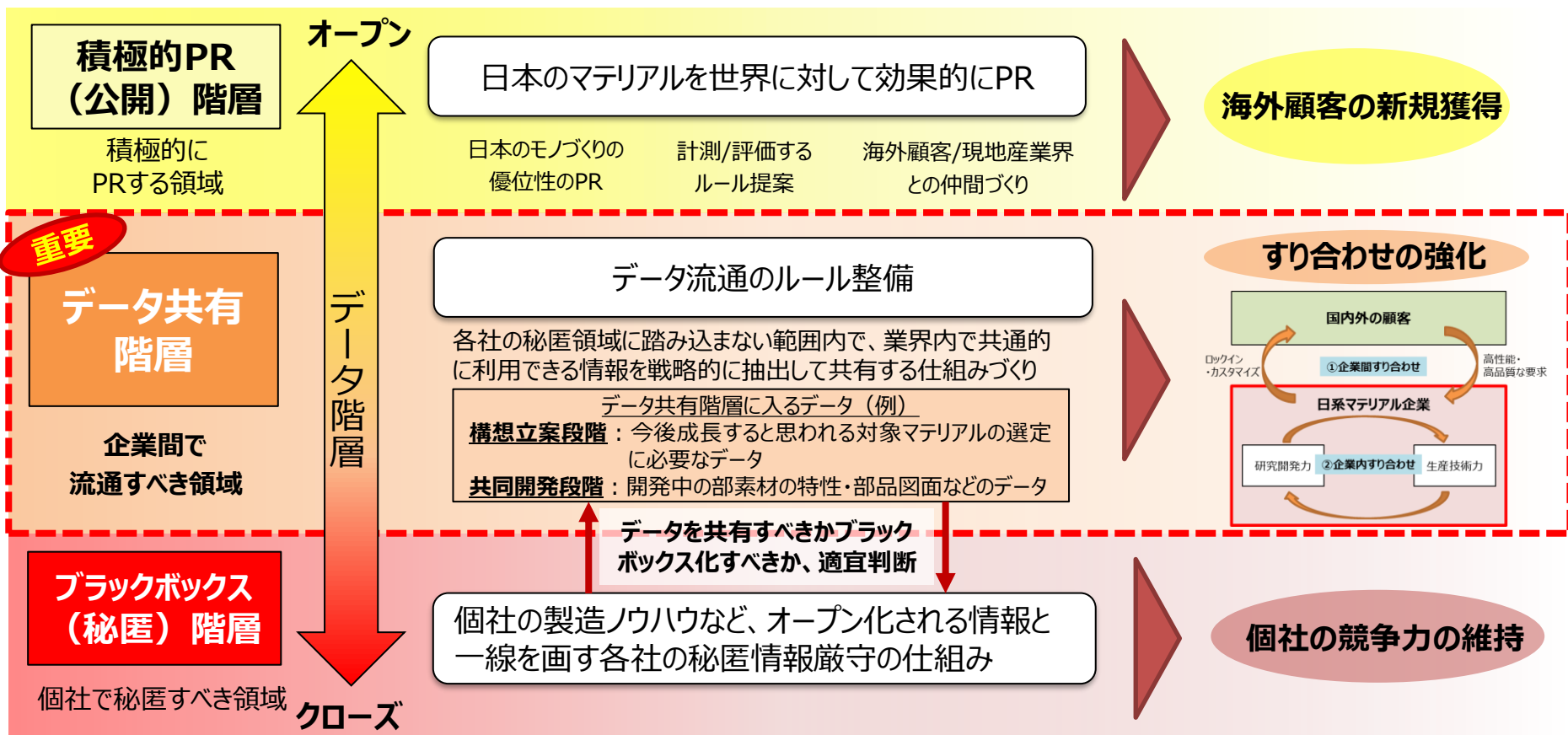
## 「モノ」を介した連携から「デジタルツイン」を介した連携へ



■ デジタル時代の新たな企業間連携の実現に向けては、ステークホルダー（顧客企業、開発協業先、環境価値創出に向けた協力企業など）とのデータ連携において、**企業間連携強化の視点でデータを階層的にカテゴリライズしたうえで、企業間で共有すべきデータの戦略的抽出**と、その活用手法やルール整備等が重要となる。

## マテリアル産業界で取り組むべき施策

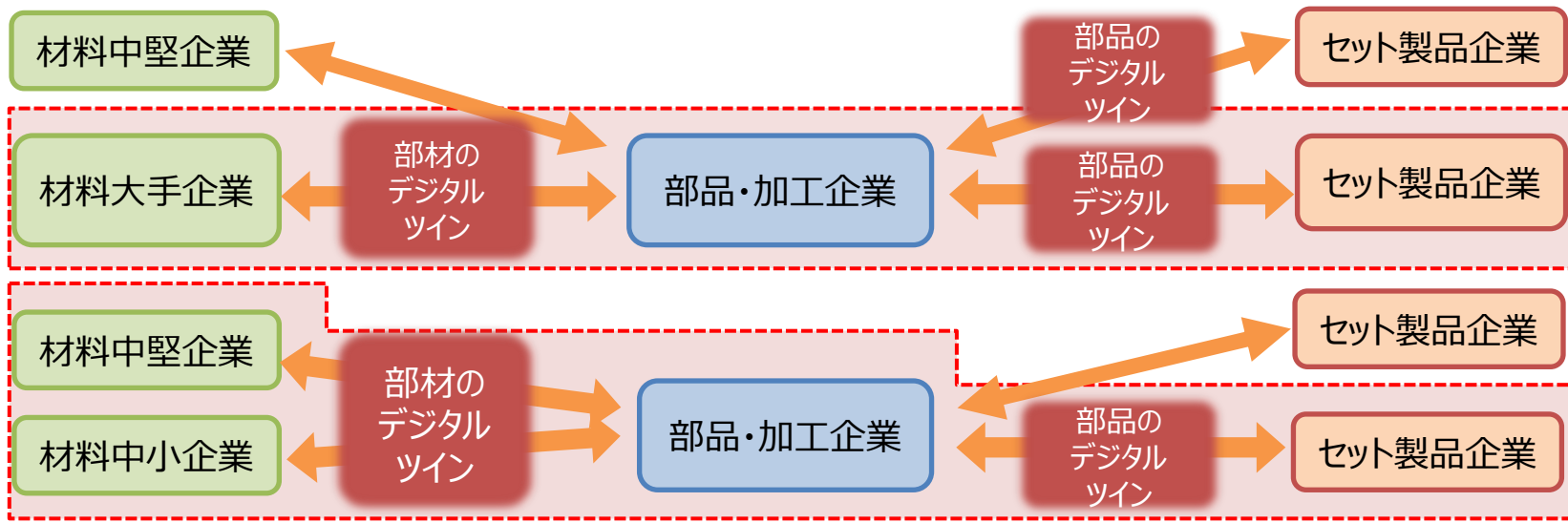
## 想定されるアウトカム



# 今後のデジタル技術の活用における国に求められる役割

- デジタルツインを介した企業間の垂直連携が進むと、セット製品ごとの仕様に沿ってカスタマイズされたマテリアル製品の開発に際しては、マテリアル企業と顧客企業があたかも一体となって技術・製品開発を行う、いわゆる**“バーチャルカンパニー”**のような企業連携がセット製品ごとに形成されてくる\*。これは**日本企業の強みである“すり合わせ”が効果的に機能する、オープンな垂直連携体制**と考えられる。
- 日本のマテリアル産業の競争力強化に向けた国の役割としては、中小・中堅のマテリアル企業に対するデジタル技術の導入を支援すると同時に、**デジタル技術を活用した企業間連携の成功例をつくり、多様な分野に成果を波及**させていくことが重要となると思われる。

\*バーチャルカンパニーの形成により、柔軟な連携を進める企業も現れている<sup>[17]</sup>



“バーチャルカンパニー”がセット製品ごとに形成

多様な分野に成果を波及





- 日本のマテリアル企業は、顧客企業との“すり合わせ”を強みの源泉とした高機能品の開発と市場展開によってその競争力を高めてきた。
- 他方、海外企業は、デジタル技術を駆使したサービス主体の付加価値創出によって、汎用品をベースに市場を拡大する傾向がある。
- 日本のマテリアル産業は、デジタル技術の活用によって新たな高機能品開発の加速・効率化を進めることに加え、幅広い顧客の要求に対応した高機能品を迅速に量産することでマテリアル市場におけるポジションを確保していくことが求められる。併せて中長期的には、デジタル技術の活用による脱炭素等に貢献する環境価値創出が望まれる。
- 具体的な打ち手として、①計算科学×ロボティクス、②顧客接点の強化、③設計・加工支援プラットフォーム、④研究開発と生産の連携、⑤DXグリーン評価基盤が挙げられる。加えて、これらを進めるために、データに注目したオープン・クローズ戦略の構築が必要となる。
- 今後デジタル技術を活用することでデジタルツインを介する新たなスタイルの企業間連携が進むと、あたかも関連企業群が一体となって技術・製品開発を行う“バーチャルカンパニー”がセット製品ごとに形成されてくる。これは日本企業の強みである“すり合わせ”が効果的に機能する、オープンな垂直連携体制と考えられる。
- 国の役割としては、中小・中堅のマテリアル企業に対するデジタル技術の導入を支援すると同時に、デジタル技術を活用した企業間連携の成功例をつくり、多様な分野に成果を波及させていくことが重要となると思われる。

スライド	注	書誌	URL/ページ
4, 5	1	“日系企業のITサービス、ソフトウェア及びモノの国際競争ポジションに関する情報収集”、NEDO、2015年度および2021年度	
5	2	柿沼重志・東田慎平 “自動車産業の現状と今後の課題” 参議院、立法と調査 No.378、pp135-150	<a href="https://www.sangiin.go.jp/japanese/annai/chousa/rippou_chousa/backnumber/2016pdf/20160701135.pdf">https://www.sangiin.go.jp/japanese/annai/chousa/rippou_chousa/backnumber/2016pdf/20160701135.pdf</a>
5	3	“2016年版ものづくり白書「概要」～第四次産業革命への対応～”、日本機械学会 つながるサイバー工場研究分科会 第1回委員会講演資料、経済産業省	<a href="https://www.jsme.or.jp/msd/sig/cpps/cpps01-02.pdf">https://www.jsme.or.jp/msd/sig/cpps/cpps01-02.pdf</a>
6	4	“マテリアル革新力強化戦略”、内閣府	<a href="https://www8.cao.go.jp/cstp/material/material.html">https://www8.cao.go.jp/cstp/material/material.html</a>
6	5	“新・素材産業ビジョン 中間整理 ～グローバル市場で勝ち続ける素材産業に向けて～（案）”、経済産業省	<a href="https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/seizo_sangyo/pdf/013_04_00.pdf">https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/seizo_sangyo/pdf/013_04_00.pdf</a>
9	6	藤本隆宏、“日本のもの造り哲学”、日本経済新聞社（2004）	
12	7	Ultrasim®- CAE Competence for Your Innovative Components, BASFホームページ	<a href="https://plastics-rubber.basf.com/global/en/performance_polymers/services/service_ultrasim.html">https://plastics-rubber.basf.com/global/en/performance_polymers/services/service_ultrasim.html</a>
12	8	中島崇文・青嶋稔 “化学産業における事業開発モデル”、知的資産創造（2017年3月）	<a href="https://www.nri.com/-/media/Corporate/jp/Files/PDF/knowledge/publication/chitekishisan/2017/03/cs20170305.pdf?la=ja-JP&amp;hash=8F89261E5E735570F82AA0ADE062D4A60B22347C">https://www.nri.com/-/media/Corporate/jp/Files/PDF/knowledge/publication/chitekishisan/2017/03/cs20170305.pdf?la=ja-JP&amp;hash=8F89261E5E735570F82AA0ADE062D4A60B22347C</a>
13	9	“2021年版ものづくり白書 概要”、経済産業省	<a href="https://www.meti.go.jp/report/whitepaper/mono/2021/pdf/gaiyo.pdf">https://www.meti.go.jp/report/whitepaper/mono/2021/pdf/gaiyo.pdf</a>
18	10	“新素材の探索を実験まで全自動化！旭化成が稼働する「スマートラボ」の全貌”、日刊工業新聞（2021年8月18日）	<a href="https://newswitch.jp/p/28423">https://newswitch.jp/p/28423</a>
18	11	“DX REPORT 2021”、JFEホールディングス株式会社	<a href="https://www.jfe-holdings.co.jp/investor/library/dxreport/2021/pdf/all.pdf">https://www.jfe-holdings.co.jp/investor/library/dxreport/2021/pdf/all.pdf</a>
19	12	元橋一之、“デジタル化により中小企業のモノづくりの変革”、機械振興協会研究所小論文 Vol23（2021）	<a href="http://www.jspmi.or.jp/system/file/6/122/202109essay23_Motohashi.pdf">http://www.jspmi.or.jp/system/file/6/122/202109essay23_Motohashi.pdf</a>
19	13	“2018年度第9回中小機械・金属工業の構造変化に関する実態調査”、一般財団法人商工総合研究所商工中金産業調査部（2019年7月）	<a href="https://www.shokochukin.co.jp/report/research/pdf/news_190710_01.pdf">https://www.shokochukin.co.jp/report/research/pdf/news_190710_01.pdf</a>
23	14	東京大学・東京工業大学 一杉研究室ホームページ	<a href="https://solid-state-chemistry.jp/instruments.html">https://solid-state-chemistry.jp/instruments.html</a>
24	15	“デジタルトランスフォーメーション銘柄（DX銘柄）2020”、経済産業省	<a href="https://www.meti.go.jp/policy/it_policy/investment/keiei_meigara/report2020.pdf">https://www.meti.go.jp/policy/it_policy/investment/keiei_meigara/report2020.pdf</a>
27	16	“旭化成とScope1, 2, 3を網羅した製品別CFP管理基盤を共同開発 ～2022年5月からCFPデータを提供開始予定～”、NTTデータ（2022年4月20日）	<a href="https://www.nttdata.com/jp/ja/news/release/2022/042000/">https://www.nttdata.com/jp/ja/news/release/2022/042000/</a>
32	17	“ユニクロ、東レ/ヒートテック発売10年、取引1000億円規模に”、流通ニュース（2012年9月26日）； “分社化経営からバーチャルカンパニーへ。アイシン精機が「攻め」にピボット”、日刊工業新聞社（2017年2月24日）	<a href="https://www.ryutsuu.biz/backnumber/strategy/e092605.html">https://www.ryutsuu.biz/backnumber/strategy/e092605.html</a> <a href="https://newswitch.jp/p/8133">https://newswitch.jp/p/8133</a>



技術戦略研究センターレポート

# TSC Foresight 短信

## デジタル技術の活用によるマテリアル産業競争力強化に向けて

2022年9月16日 発行

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構  
技術戦略研究センター（TSC）

- センター長            岸本 喜久雄
- センター次長        飯村 亜紀子
- ナノテクノロジー・材料ユニット  
  ユニット長            藤本 辰雄  
  研究員                岡田 明彦  
  研究員                柏谷 誠  
  職員                    大里 武

- ・本資料に掲載されている全てのドキュメント、画像等の著作権は、特に記載されているものを除き、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 技術戦略研究センター（以下、NEDO TSCという。）に帰属します。
- ・本資料の内容の全部又は一部について、私的使用又は引用等著作権法上認められた行為として、適宜の方法により出所を明示することにより、引用・転載複製を行うことができます。  
ただし、NEDO TSC以外の出典元が明記されている場合は、それぞれの著作権者が定める条件に従ってご利用下さい。
- ・本資料に掲載されている著作物を商業目的で複製する場合は、予め下記お問い合わせ宛にご連絡下さい。  
商業目的で複製とは、直接収益を得ることを目的に著作物を複製して販売すること等を指します。
- ・本資料の全部又は一部について、NEDO TSCに無断で改変を行うことはできません。
- ・本資料に関する問い合わせ先：  
国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
技術戦略研究センター  
電話 044-520-5150    E-Mail: tsc-unit@ml.nedo.go.jp