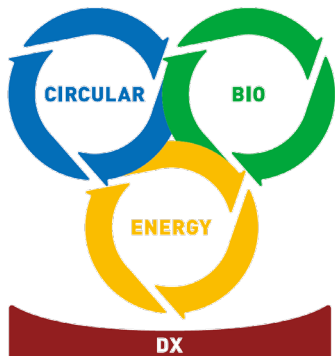


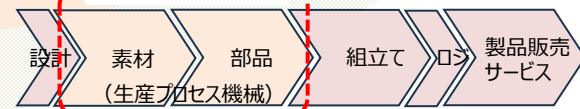
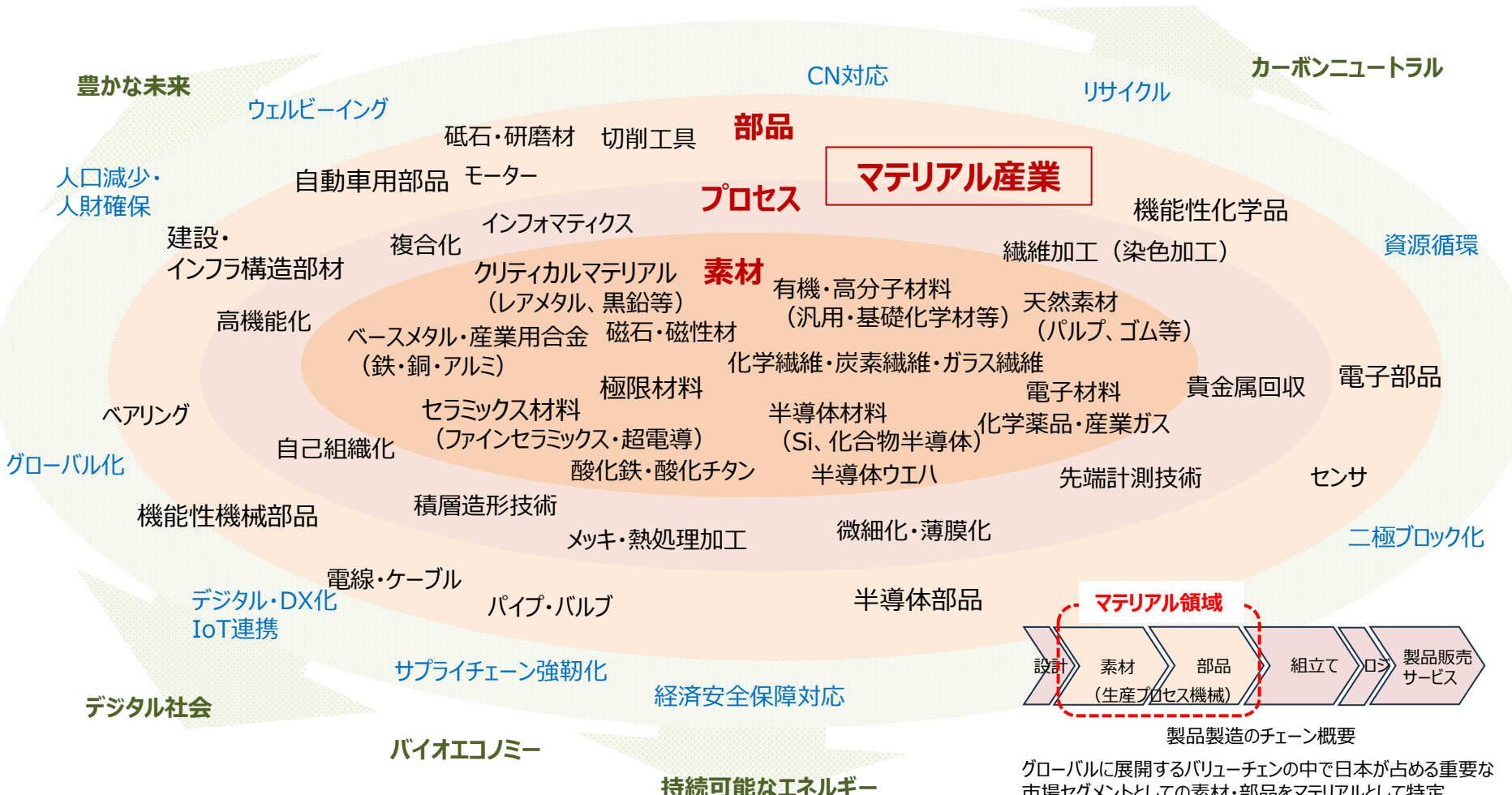
# 産業視点でのマテリアルのイノベーション フロンティアマテリアルの取り組み

2025年1月29日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構  
イノベーション戦略センター  
ナノテクノロジー・材料ユニット



- **“マテリアル” = 素材・部材、それらを用いた部品・デバイス等、および製造プロセスを含む。**
- 様々な社会課題解決が前倒しで求められる中、外部環境変化の中でグローバルサプライチェーン上においても重要なポジションを占める日本の多様な高機能マテリアルが、その優れた機能やそれらの組み合わせなどを通して実現される新たな機能・付加価値の創出によって将来像実現に貢献することが期待されている。



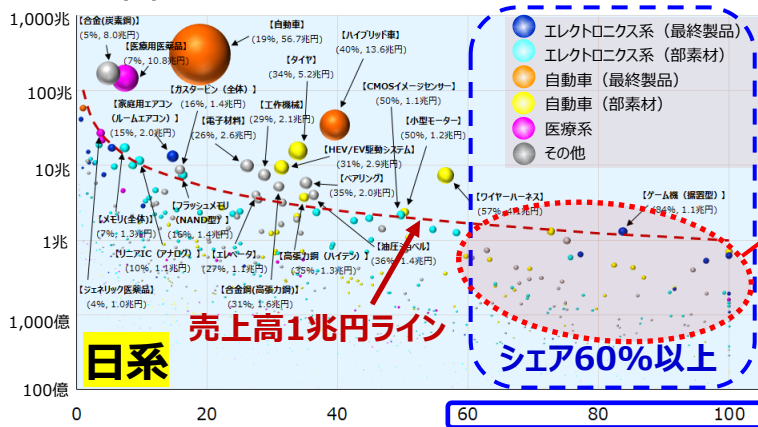
グローバルに展開するバリューチェーンの中で日本が占める重要な市場セグメントとしての素材・部品をマテリアルとして特定。

■ 60%以上の高シェア製品数は224、このうち素材・部材は163個で73%を占め、市場金額ベースでは比較的小規模なものが多いものの、多分野にわたる裾野の広い業界を形成。

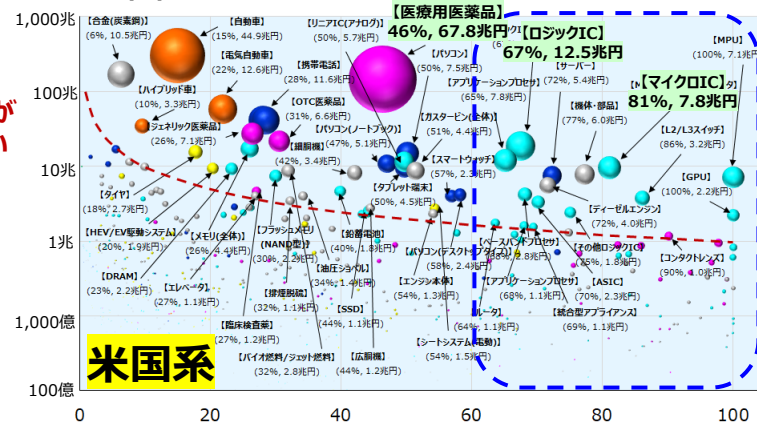
全969製品 ※売上高の重複する製品は除外	日系	米国系	欧州系	中国系
シェアの高い製品(シェア60%以上)の品目数 [総額 兆円]	224 [18]	117 [66]	69 [25]	53 [41]
売上高の大きい製品(売上高1兆円以上)の品目数 [総額 兆円]	20 [109]	40 [240]	28 [222]	31 [271]

＜凡例＞  
 縦軸：世界市場規模 [円]  
 横軸：各国の世界シェア [%]  
 バルーンの大きさ：各国の売上高の大きさ

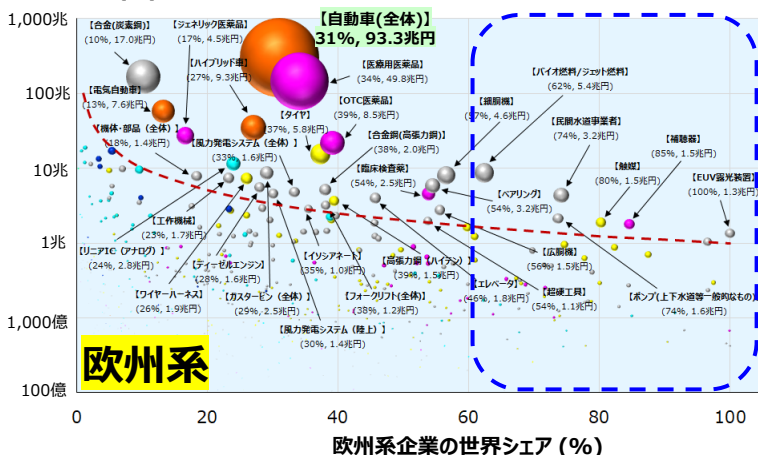
世界市場規模 (円)



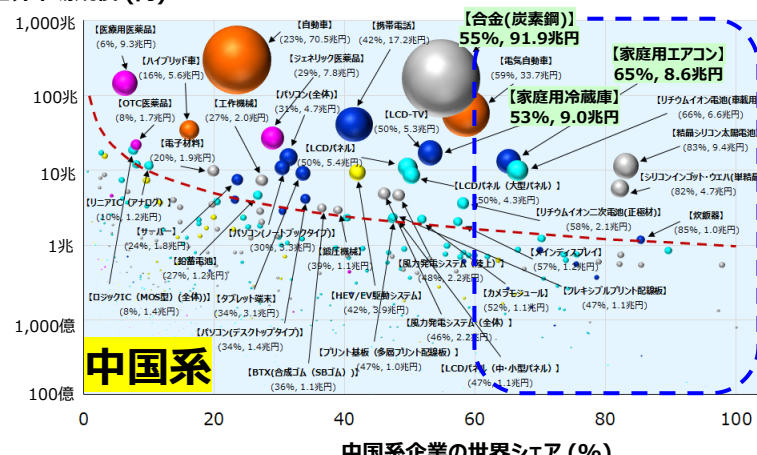
世界市場規模 (円)



世界市場規模 (円)



世界市場規模 (円)



日本のマテリアル産業は**多分野で多様なプレーヤーとその先進技術が集積する産業拠点**を形成しており、新たなマテリアルのイノベーションに繋がる**特長因子**となっている。

● **多分野にわたるマテリアル企業の開発力が結集することで新たな高付加価値部品を実現**

(1) **EV向けモーター**の省エネ・高性能化が、素材やプロセス技術等の多分野にわたるマテリアルの技術アップデートを通して実現。

(2) **ハイエンドPCやサーバー向けCPUなどの半導体FC-BGAパッケージ**には日系材料・装置プレーヤー中心の供給網体制が存在。

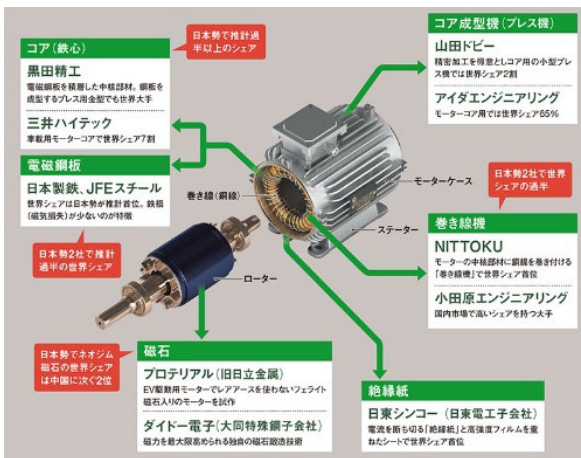
実装技術はチップレット化・3D化へ展開しており、既存・新規参入プレーヤーによる多様で裾野が広い日本のマテリアルの特長を反映したイノベーション創成が展開されている。

● **持続する技術の進化を通して広がり続ける産業技術のフロンティアに向けた、新たなマテリアルのイノベーション**

目指すべき将来像を念頭に、「**フロンティアマテリアル**」への取り組みによるマテリアル産業の競争力強化が求められている。

マテリアル革新力強化戦略（令和3年）が挙げる「高度な機能発現を可能とするマテリアル」や「極限機能を有するマテリアル」等は、フロンティアマテリアルとして様々な将来技術実現に向けてニーズが高まるものと見られている。

## EV向けモーターの開発



出典：日経ビジネスウェブページ「モーター経済圏で光る黒子 省エネ・精度・材料で独走」  
(<https://business.nikkei.com/atcl/NBD/19/00117/00302/>)

## FC-BGA PK基板の開発

### FC-BGAパッケージ基板メーカー

### イビデン、新光電気工業

### 日系材料・装置企業

**材料** レゾナック（基板内層コア材）、日東紡（ガラスクロス）、味の素ファインテクノ（ビルドアップ絶縁フィルム）、レゾナック・旭化成（回路用レジスト）

**装置** ウシオ電機（ハイエンドパッケージ基板向け露光装置）、ピアメカニクス（ビア加工用UVレーザー装置）、ユニオンツール（コア層ビア加工用DLCドリル）

出典：電子デバイス産業新聞（2022）を元にTSCにて編集

## 宇宙関連基盤技術



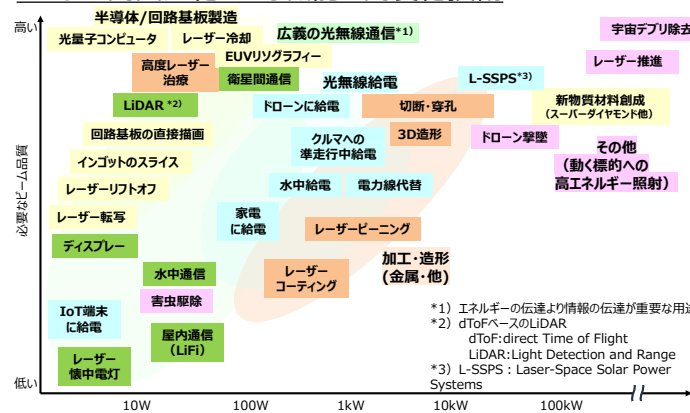
出典：日本航空宇宙学会「JSASS宇宙ビジョン2050」（2019）

## 電動・水素・超音速機等関連技術



出典：JAXA航空技術部門ウェブページ

## レーザー高出力化による機能の高度化技術

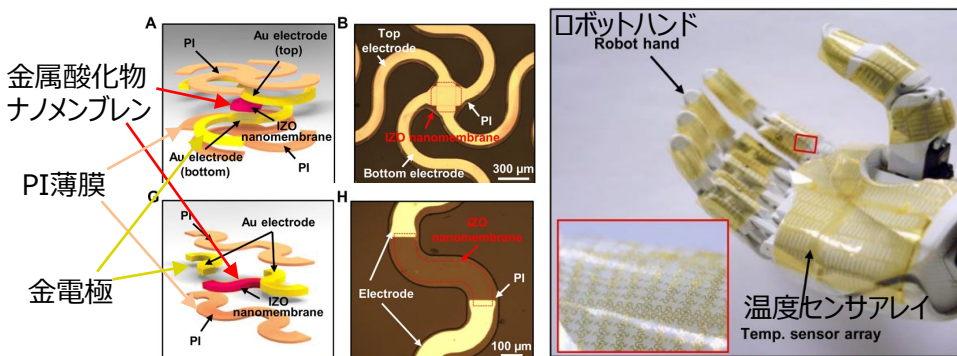


出典：日経クロステック（2023/8/21）他を参考にTSC作成

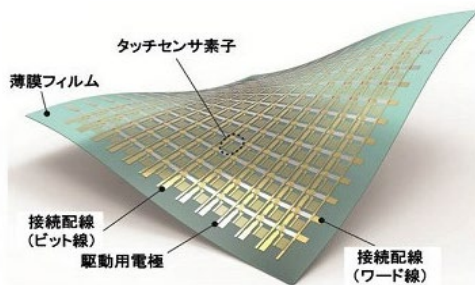
■ 高度先端マテリアル技術を既存マテリアル等と組み合わせ、微細加工・プロセス技術などを駆逐することで新たな付加価値を伴った革新的マテリアルが開発されており、マテリアルの組み合わせによっては物質固有の材料特性を凌駕する先端機能部品も実現されている。

## ● 人工皮膚・生体適合デバイスにおける高度先端材料技術

金属酸化物半導体ナノメンブレン（抵抗変化型メモリ、トランジスタ、UVセンサ、温度センサ、歪センサ）、柔軟有機材料（伸縮性基材）、PI（ポリイミド）薄層フィルム（絶縁機能、保護機能）、金属薄膜（導電機能）など：



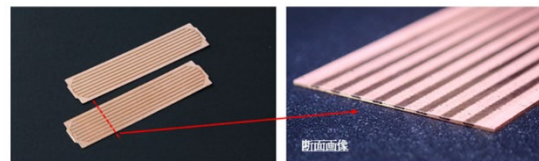
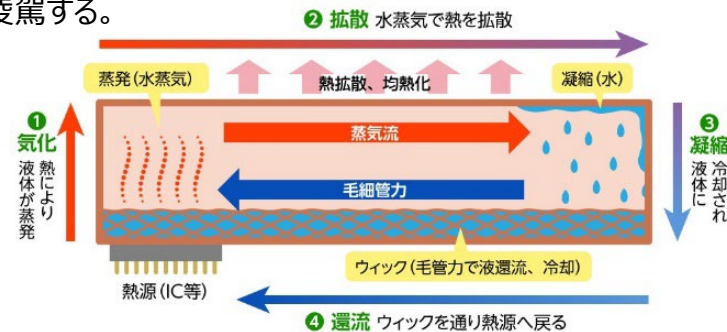
酸化半導体極薄層を用いた伸縮性のある多機能な人工皮膚



1マイクロメートル程度の極薄の高分子フィルムに有機デバイス

## ● 超薄型高熱伝導放熱部品

素材を微細加工技術と組み合わせることで画期的放熱性を実現、実質的熱伝導率はダイヤモンドの物質固有熱伝導率を大きく凌駕する。



微細加工技術等の適用により、250μmの薄型化が可能に。

	ベーパーチャンバー	グラファイトシート	グラファイトバルク
概要	水の気化・凝縮による熱移動放熱部材	グラフェンベース（17～100μm程度）	グラフェンベース
熱伝導率 W/mK	<b>21200</b>	700～1800	1700
特長	・スマホの放熱部材として急速普及	・薄膜での利用	・バルク材としても利用可能

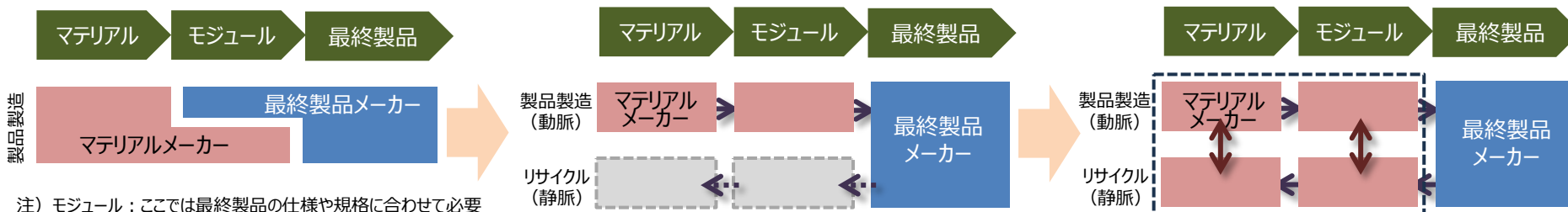
- 主に高機能品を中心に国際競争力を確立している日本のマテリアル産業は、デジタル技術活用による開発効率化（MI/PI、AI）を行いながら、ProductからSolutionへの移行や環境課題解決、経済安全保障視点でのサプライチェーン強靱化貢献等、**新たな価値創出へシフト**している。

製品タイプ	ビジネスモデル	日本のマテリアル企業の勝ち筋
<p>① <b>高機能品</b> 顧客の要求性能が常に向上し、かつ仕様順守に対する要求が高い</p>	<p>原材料、製造設備、生産ナレッジの3つにより常に新しい機能を達成</p>	<p>(1) 新たな高機能製品あるいは機能拡充への開発強化、模倣困難な生産技術による迅速量産技術確立に向けた<b>デジタル技術（MI/PI、AI）</b>や<b>ロボティクス活用</b>            (2) カーボンニュートラルやサーキュラーエコノミーの環境価値などの<b>新たな価値創出に向けた中長期的取り組み</b>            (3) 競争力の源泉となるデータを見極めた<b>オープン・クローズ戦略</b>策定</p>
<p>② <b>優良グレード品</b> 要求性能は一定であるが、仕様順守に対する要求が高い</p>	<p>自社工場内での製品の仕様バラツキを小さくするとともに、ユーザと連携して納入時の欠品をなくし勝ち組企業シェア拡大</p> <p><b>モノ売り+ソリューション</b></p>	
<p>③ <b>汎用品</b> 要求性能は一定であり、仕様順守に対する要求も比較的低い</p>	<p>大規模工場を建設し規模の経済によりコスト低減を実現。その他、原料調達や顧客立地で差別化</p>	<p><b>日本</b>：自社の強みに立脚して“すり合わせ”開発することで①高機能品と②優良グレード品にシフト、国際競争力を維持してきた経緯あり。  <b>海外</b>：汎用品をベースとして、優良グレード品までデジタルを活用した顧客の業務プロセスを理解しソリューション提案に注力するケースが多い。</p>

- グローバル化などの外部環境変化の影響により、BtoBとしてのマテリアル企業の**企業価値を構成する付加価値の源泉が、より広い社会を包摂する対象へ拡張**している。

付加価値の内容	価値を構成する内容	マテリアル企業の具体的なアクション
顧客価値 (BtoB)	・顧客が製品やサービスに対して適正だと感じる価値。グローバル化の中、製品や事業のモジュール化が進むトレンドに対して、高機能品開発とともにソリューション提供型のマテリアル製品や事業へシフトへ。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高付加価値マテリアル製品のモノ売りからソリューション提供による競争優位の確保</li> <li>・マテリアル開発起点は技術シーズや市場調査から、顧客の体験やニーズから解決策やアイデアを見出していくデザイン思考へ</li> <li>・グローバル化に伴う多様な文化圏でのBtoB関係性構築</li> </ul>
環境価値	・製品が環境に与える影響評価やその製品が持つ環境への貢献など、環境貢献の成果による製品への付加価値およびそのサステナビリティの取組みを通じた企業活動への価値。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・グリーンマテリアルなどの環境配慮製品への関心高まり、LCA等による環境評価明示</li> <li>・製品のみならず事業全体のCNやCEへの取り組み</li> <li>・経済安全保障にも貢献する新たなCEへの取り組み（リマニファクチャリング等）</li> </ul>
社会価値	・主に政府や自治体等が取り組んできた社会課題解決が、それらに加えて投資家や金融機関を介してマテリアル企業にも解決に向けた実質的な貢献を期待。その貢献や課題解決によって生まれる製品および企業活動の価値。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・CSRからCSVへのマテリアル企業経営、利益などの経済的価値と社会的価値（社会的課題の解決）の両立</li> <li>・持続可能なビジネスモデルの構築</li> <li>・地域経済と共創の活性化（雇用、市民生活、等）、ウェルビーイング社会実現への貢献</li> </ul>

## ● ソリューション提供と環境対応への取り組みにより見込まれるマテリアル企業の価値創出領域の展開



注) モジュール：ここでは最終製品の仕様や規格に合わせて必要な材料や部品を搭載した複合部品群の総称。従来では最終製品メーカーが自社のために組み上げることが通例。

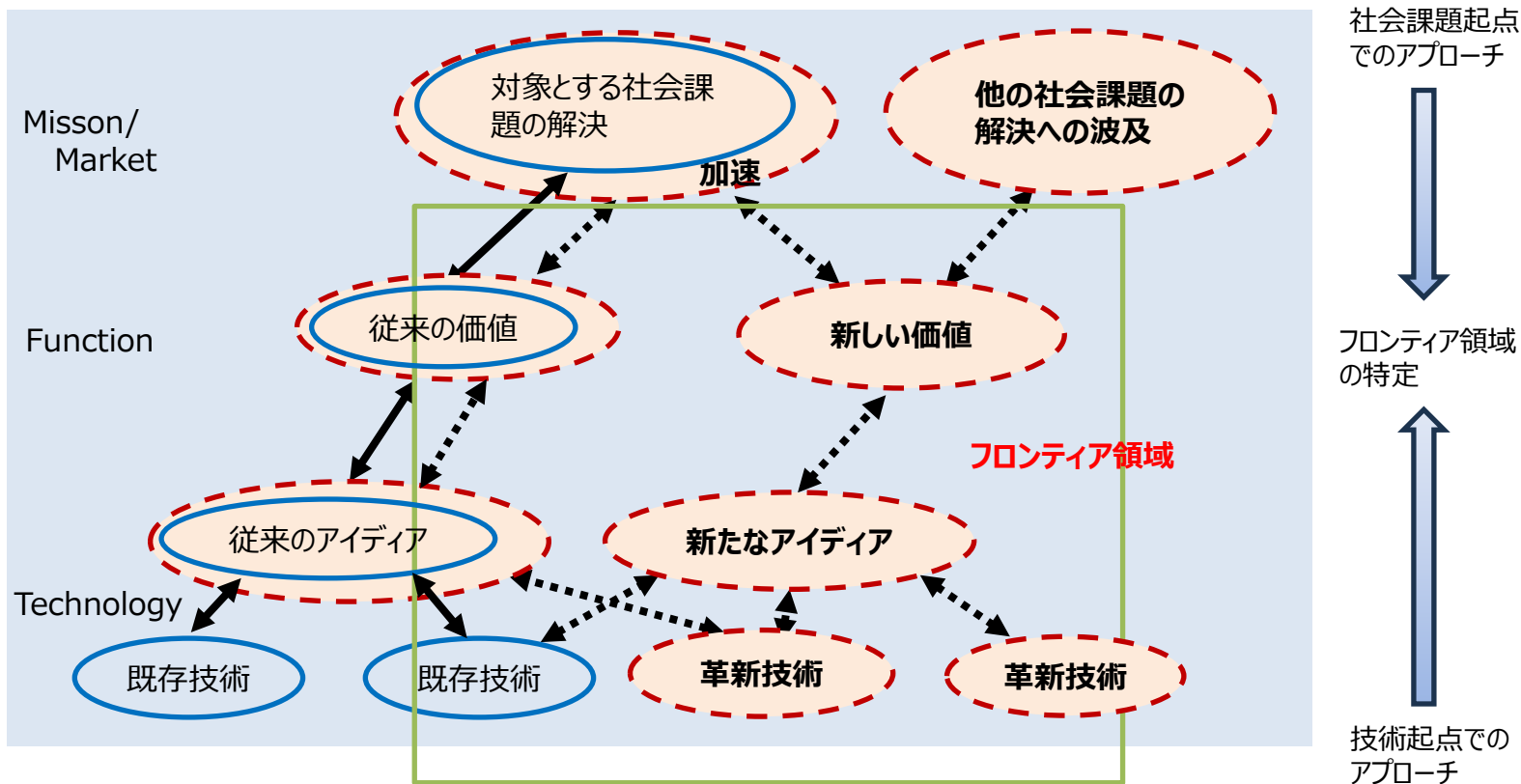
- 人間中心のウェルビーイング志向にもつながり得るマテリアル開発やモノづくりの事例が増える傾向。
- 例えば人体・感覚マテリアル技術は、遠隔製造技術などのモノづくり強化に繋がる基盤技術としての展開が見込まれると同時に、それにより従業員などのステークホルダーのウェルビーイング促進に繋がる社会課題の解決とマッチすることで企業の社会価値創出にもつながることが期待されている。

将来像・社会課題起点でのアプローチ

技術起点でのアプローチ

将来像	価値創成領域例	ウェルビーイングとの関係、社会課題	事例：マテリアル技術開発、マテリアル企業の取り組み、等	
マテリアル×ウェルビーイングによる人間中心のウェルビーイング社会	リアル・バーチャル・エモーションが一体化したデジタルマニュファクチャリング	触覚等の活用による感情・感覚共有の遠隔操業技術。	<ul style="list-style-type: none"> <li>海外製造工場への国内職人ノウハウ遠隔適用（AGC）、4K高精細映像などにより現場に近い感覚で遠隔操業指導（NECなど）。</li> <li>アバターによる遠隔工場操作技術（ANA、大成建設など）→深海底無人スマートファクトリによる日本EEZ海底資源活用への展開可能性。</li> </ul>	
	“共創”の環境・エネルギーマテリアル/マニュファクチャリング	環境基盤保全に貢献する超長期ビジョンのマテリアル製造開発。  協力と協働による共通課題解決。	<ul style="list-style-type: none"> <li>カーボンニュートラルへの取り組み：化学品製造CO<sub>2</sub>削減（デンカなど）、スコープ3基準のCN化への取り組みに向けたデジタル基盤構築の試み（旭化成+NTTデータ）など。</li> <li>インターネットを活用したバーチャルカンパニーによるソリューション提供と開発（京都試作ネット）。半導体後工程における関連企業コンソーシアムの取り組み（レゾナック）、企業組織のフラット化など。</li> </ul>	
	エモーション・シェアリングマテリアル/マニュファクチャリング	設備シェアリングによる職人のノウハウを活かした自己実現エコシステムへの展開。  建築や街区等のウェルビーイング視点による環境性能評価。	<ul style="list-style-type: none"> <li>工場設備余力を新たな目的に活用する業界を超えた「工場シェア」（シェアリングファクトリー）。Manufacturing as a Serviceへの展開。</li> <li>WELL（WELL Building Standard）認証制度：ウェルビーイング視点でより良い住環境の創造を目指した、構造材料を含む評価システム。</li> </ul>	
	感性がドライブするデータ駆動型マテリアル	文理融合による新たな人間中心の価値創出。	データ駆動型材料開発（MI、PI）に心理学や脳科学を適用し、人間の「感性」評価軸を導入。心地よい感性素材のMI開発（旭化成）など。	
	機能から感性価値へ：癒やしマテリアル		モノづくりの価値軸に感性を導入。人間中心視点で質感を改善することにより価値を高める。	建物の建材や車の外装・内装材などの感性価値向上（住友理工など）や、非侵襲脳活動計測（fMRI、NIRSなど）によるマテリアル特性と脳活動パターンとの対応関係解明開発への展開。
			音や触覚など人間の感覚に踏み込んだ自然の素材やデザイン。	HEMSやZEHなどのエネルギーマネジメント機能に加え、光や音、触覚などの感覚を刺激する生活空間を構成する自然素材製品づくりへのシフト。

- 社会課題解決の視点からのバックキャスト、および技術起点によるフォアキャストの両面からアプローチすることによって特定されるフロンティア領域において、社会課題解決に資する革新技術としての先端材料をフロンティア材料と位置付け、フロンティア材料を軸に既存材料も含めた様々な要素技術 (Technology) について、それら要素技術の比較、複数の要素技術のパッケージ化、他技術分野からの要素技術の開拓等にあたっては、価値基準 (Function) の設定が社会実装の確度を上げるために重要となる。



- 高機能・高付加価値で競合との差別性あるマテリアル製品の技術開発、および模倣困難な製造プロセス技術の開発が日本の強みを活かす方向。**デジタルやロボティクス技術などを活用したマテリアル技術開発とその普及が開発効率化につながる。**
- マテリアルの価値を構成する源泉は、**BtoB顧客から環境・グリーン化貢献、更には経済や社会などより広い対象を包摂する方向へ拡張**しており、日本のマテリアルの高機能性を活かした社会課題解決へ向けたマテリアル企業の取り組みが政府・自治体、および関連団体、スタートアップなどの取り組みと協働・協調しつつ、マテリアル企業自身の事業経営と共通性あるいは両立性のある活動につながる施策やインセンティブ付けがより重要に。
- 我が国のマテリアル技術が、目指すべき社会像の実現や社会課題の解決に貢献し、社会実装されるためには、**先端マテリアル技術開発に係る視点からのフォアキャスト（あるいはボトムアップ的）アプローチと、社会課題解決の視点からのバックキャスト（あるいはトップダウン的）アプローチの両方の視点を理解することが必要になる。**
- 特にマテリアル産業としては、革新マテリアルとしての**フロンティアマテリアル開発にはアカデミアとの連携が重要**であり、加えて日本企業の強みとである機能の更なる高度化と製造プロセスの模倣困難性確保を、情報科学との融合（MI/PIから生成AI等）を並行させながら行うことが求められる。