

第2回素形材産業ビジョン策定委員会 事務局提出資料

2024年9月2日

製造産業局素形材産業室

目次

I. 第1回委員会の振り返りと第2回委員会の議論の進め方

II. ドイツにおける素形材産業の調査分析結果

1. 産業構造

1. 産業としての位置付け
2. 自動車生産動向
3. 素形材産業の動向

2. 企業事例

3. 政策動向

III. 米国における素形材産業の調査分析結果

1. 産業構造

1. 産業としての位置付け
2. 自動車生産動向
3. 素形材産業の動向

2. 企業事例

3. 政策動向

I. 第1回委員会の振り返りと第2回委員会の議論の進め方

第1回委員会の振り返り

素形材産業ビジョンの検討を進めていく上での主な論点①

<GX、循環型経済>

- カーボンニュートラルに向けた素形材産業としてのプロアクティブな取組を指し示すことが必要ではないか。また、循環型経済を目指す必要性や取組の方向性についても共有が必要ではないか。

<DX、標準>

- サプライチェーン全体としてのデータ連携、自動化への対応など、規格化・ルール作りが必要ではないか。また、日本の素形材産業の強みに繋がる標準を考えていく必要があるのではないか。

<経済安保、SC、CX>

- 素形材産業は価値作りの基盤であり、経済安全保障上も重要。規模を拡大していく企業が残っていく可能性や、供給責任あるサプライチェーン全体で強化していくことが必要ではないか。経営や供給責任をどう捉え、どうサプライチェーンを育てていくかという観点が必要ではないか。

<稼ぐ力>

- 前回のビジョンで設定した6つの方向性について（①技術力向上、②高付加価値化、③人材育成、④取引適正化、⑤情報発信力強化、⑥海外展開）、取組が進んでいる企業とそうでない企業の二極化が進んでいる。素形材産業を持続可能なものにしていくためには、人材育成・確保や研究開発投資が必要であるところ、こうした取組を進めるためには、まず、素形材産業を利益が出せる産業にしていくことが必要。そのためには交渉力や提案力を持ち、資本集約による規模拡大や、自社にしかできないことをしていくなどの方向性が考えられるのではないか。

第1回委員会の振り返り

素形材産業ビジョンの検討を進めていく上での主な論点②

<新技術、材料>

- 部品の軽量化やギガキャストといった**新技術の実用化**において、グローバル競争に勝っていくためには、**質の良い材料を調達**しなければならず、価格的にも競争力を出す必要があるのではないか。

<情報発信力、人材育成、異業種等連携>

- 人口減少に加え、素形材に関わる教育機関の減少、**素形材とは何かといったわかりにくさ、認知度の低さ**なども背景として、人材の育成・確保がより困難になっている。解決策として、高度外国人材の獲得や定着、**異業種や海外との連携**などによる次世代経営者の育成などが考えられるのではないか。
- **ユーザー業界と素形材業界の連携、デジタル化とビジネスプロセスの再構築を担うDX人材**の必要性に加え、事業規模を拡大していく上で、経営者人材の確保がボトルネックになっているのではないか。

<取引適正化、業界全体への波及>

- **日本特有の取引慣行の適正化**も必要ではないか。
- 目指す方向性と現場との間にはギャップがある。短期的な課題に追われ、将来課題にまで十分に意識が及んでいない経営者もいるのが現状であり、持続可能な産業にしていくためには、**どのように産業全体に広く良い影響を与えていけるか**を考えていくべきではないか。

<海外企業等のベンチマーク>

- 素形材産業において、ビジョンを持ち、リソースを有効活用できている**ロールモデルとなる企業や企業群を作っていく**ことが必要ではないか。その際、**ドイツやインドなど他国企業のベンチマーク**を行うことが有用ではないか。

第2回委員会（本日）の議論の進め方

事務局分析

第1回で提示された検討の論点の一つ

ロールモデルとなる
業界・企業等の分析の必要性

海外企業のベンチマーク比較を実施

第2回 分析国

1. ドイツ

- 伝統的に製造業が強く、1企業当たりの従業員数や生産量が多く、規模が大きい。
- 各企業においてGX、DX等に取り組みが進められ、政府においても積極的に政策を展開。
- また、CNを成長戦略としてビジネスを推進中。

2. 米国

- 素形材の需要先が自動車以外にも多角化している。
- 政府の後押しを受け先進的な製造技術開発が進んでいる。

第3回はインド、中国の分析を実施予定

委員等によるプレゼンテーション

テーマ

素形材産業・ユーザー産業の現状

- DX・GX等への対応
- グローバルサプライチェーンと国内製造基盤

- ドイツ、米国のベンチマーク比較も踏まえつつ、我が国素形材産業・ユーザー企業の視点からプレゼン。
- 特に、国際的な共通社会課題であるGX、DX、グローバルSCに係る取組等について紹介いただく。
- また、素形材の実情も踏まえた上で、国内製造基盤をどのように強化していく必要があるか、その方策等についても紹介いただく。

プレゼンター

- 門野委員（トヨタ）
- 友岡委員（メタルアート）
- 藤嶋委員（DMG森精機）
- 山梨オブザーバー（アマダ）

第2回で特に議論いただきたい論点

1. DX、GX等への対応と稼ぐ力の向上

急速な事業環境変化の中で、素形材産業がDX・GX等の課題に対応しつつ、収益向上のために必要な技術・事業における取組と時間軸をどのように考えるべきか。

2. SC上の製造基盤の維持

経済安全保障上、重要な物資（半導体、蓄電池、工作機械等）の製造に素形材は不可欠ではないか。サプライチェーンにおける製造基盤を維持するために必要な取組は何か。

第3回以降の論点

- 稼ぐ力
- 新技術、材料
- 情報発信力、人材育成、異業種等連携
- 取引適正化
- シナリオ、数値目標等の検討等

(参考) 今後の委員会の想定スケジュール

第2回 2024年9月2日(月)

- 事務局説明：海外ベンチマーク（ドイツ・米国）の調査分析結果
- 委員等プレゼン：素形材産業・ユーザー産業の現状（GX・DX等への対応、グローバルサプライチェーンと国内製造基盤）

第3回 9月下旬～10月中旬

- 事務局説明：海外ベンチマーク（インド・中国）及び国内素形材産業（マクロ分析）の調査分析結果
- 委員等プレゼン：素形材産業・ユーザー産業の現状（海外市場、コア技術、情報発信力、人材育成等）

第4回 10月下旬～11月中旬

- 事務局説明：国内素形材産業（ミクロ分析）の調査分析結果
- 委員等プレゼン：素形材産業・ユーザー産業の現状（経営戦略、価値創出等）

第5回 12月中旬

- 事務局説明：ビジョン骨子案（取組の方向性）の提示
- ディスカッション

第6回 1月下旬～2月上旬

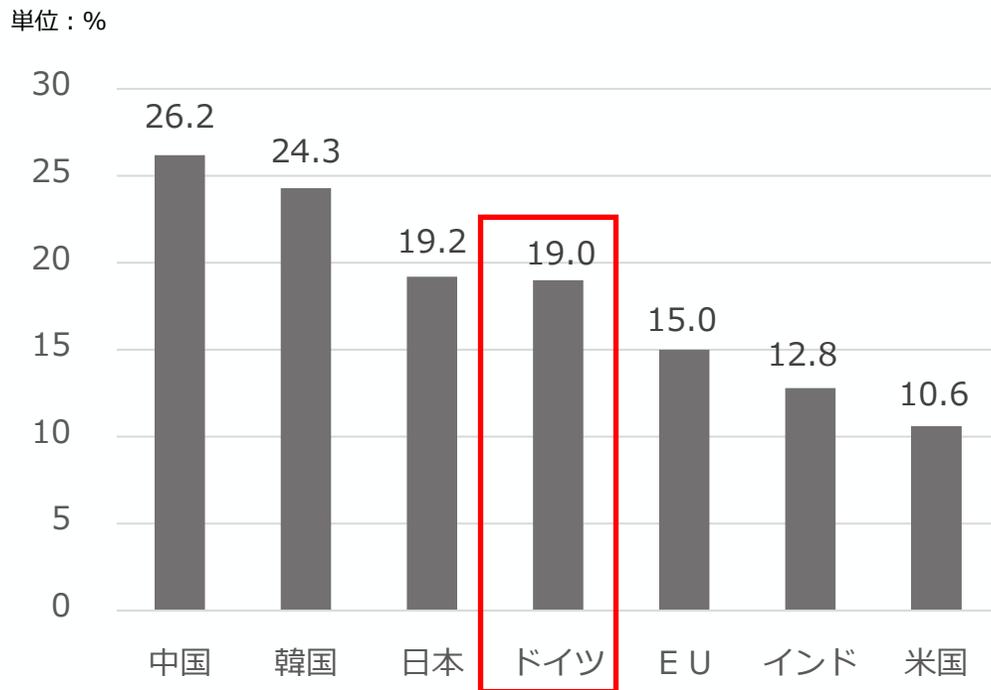
- 事務局説明：ビジョン案の提示
- ディスカッション、とりまとめ

II. ドイツにおける素形材産業の調査分析結果

1.1. 製造業の位置付け

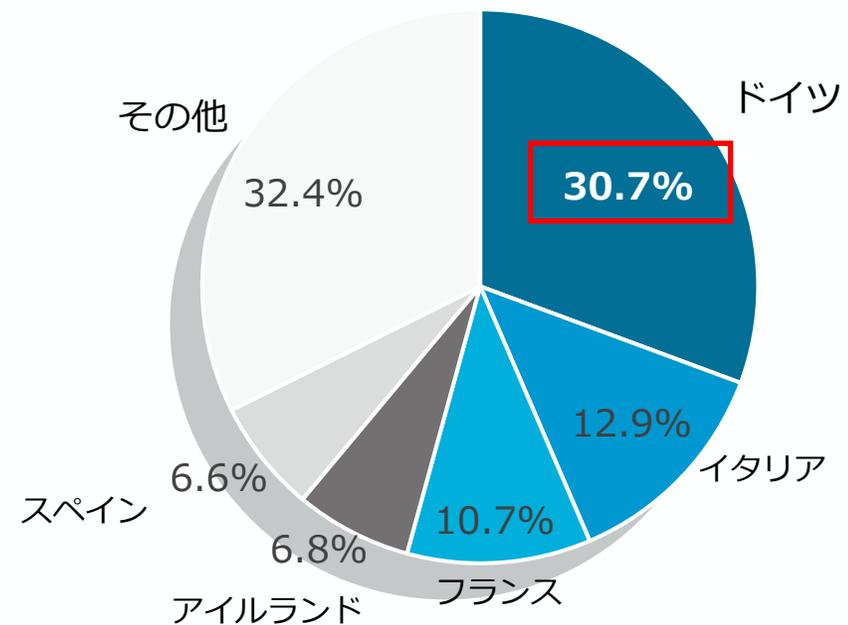
ドイツのGDPに占める製造業の割合は約2割で、日本と同程度。EU域内でのドイツ製造業のGDP割合は約3割で最大。

各国名目GDPに占める製造業の割合



出所：World Bank Open Data
※中国・韓国・ドイツ・インドは2023年データ、日本は2022年データ、米国は2021年データ

EU製造業の名目GDPに占めるドイツの割合

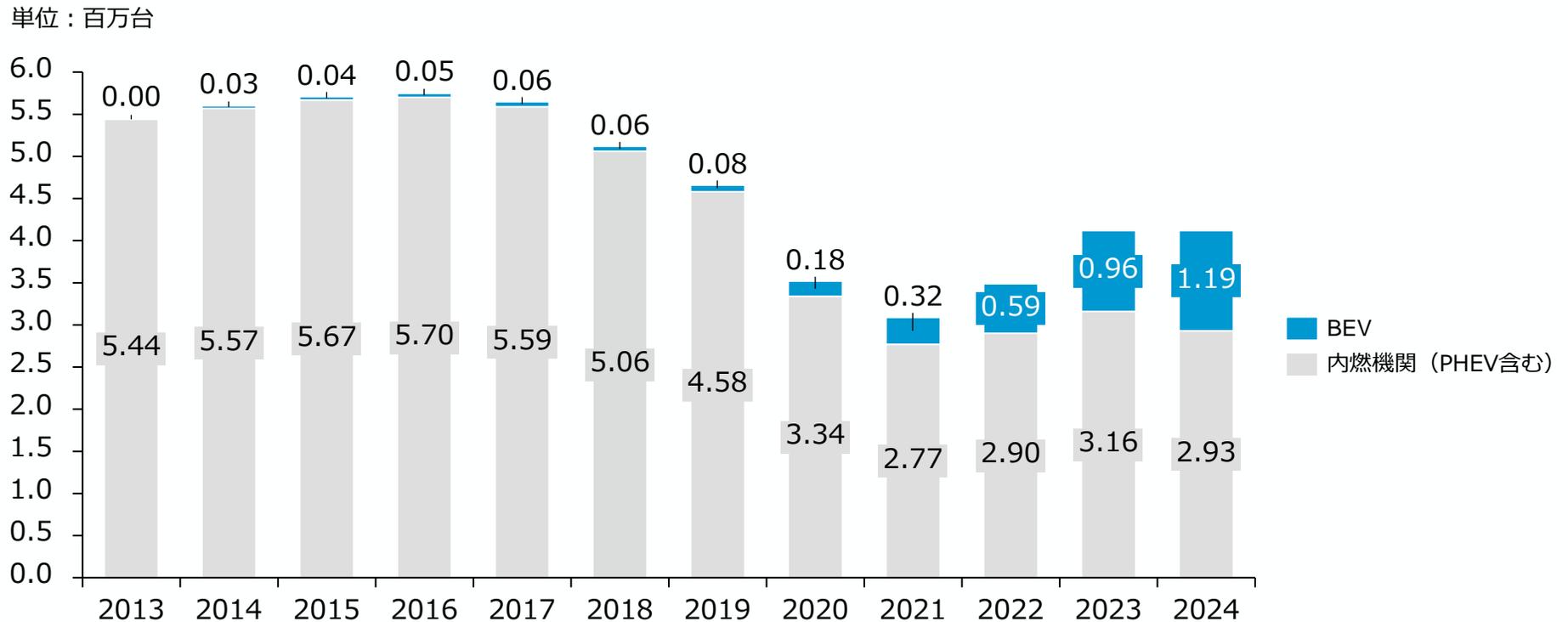


出所：World Bank Open Data (2023)

1.2. 自動車生産動向

ドイツ国内における自動車生産台数は、2016年をピークに2021年まで減少、その後増加傾向。近年、BEVの生産台数が増加し、全自動車生産台数に占める割合は約2割に上昇。

ドイツ自動車生産台数推移

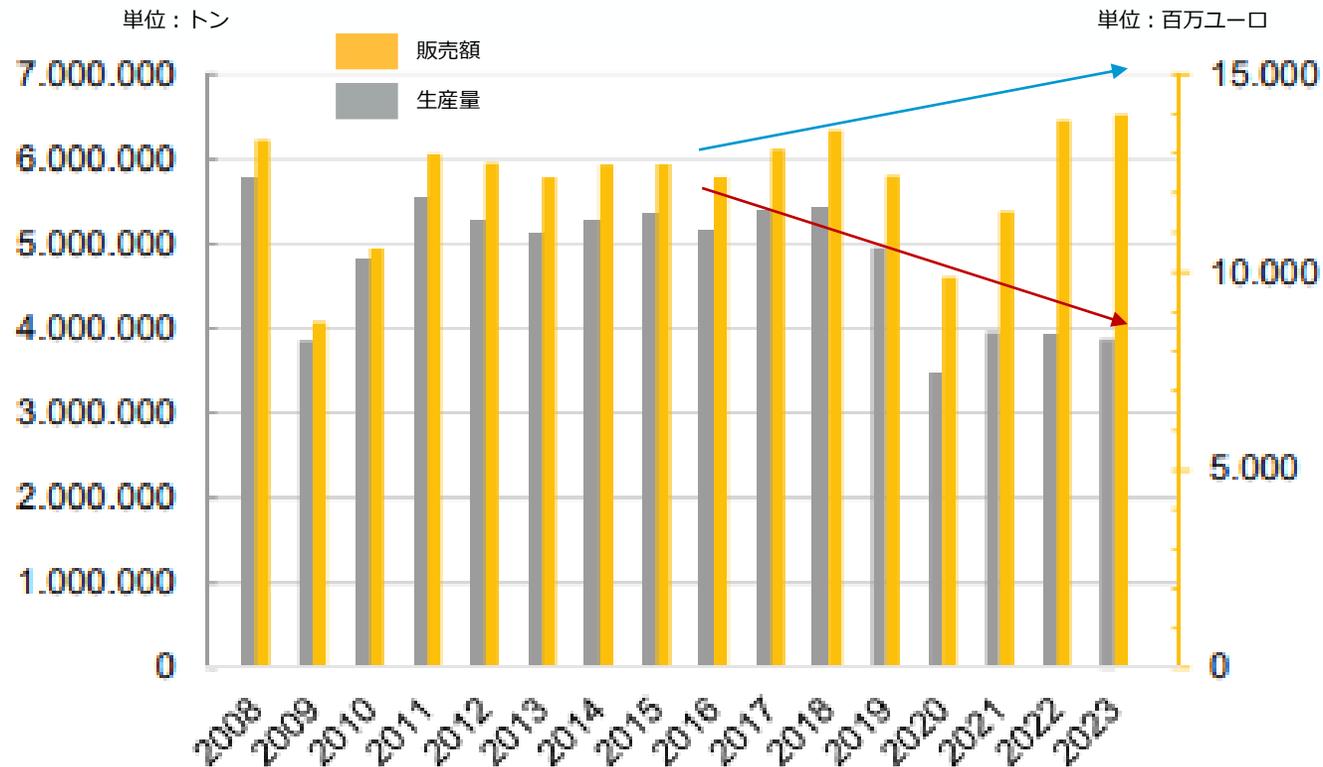


出所：Bundesverband der Deutschen Gießerei-Industrie e.V.(BDG)レポート (2024年)
※2024年は予測値

1.3. 素形材産業の生産量と販売額（鋳造）

鋳物の生産量は減少傾向にあるものの、販売額は近年増加傾向にあり、高付加価値化が進んでいる可能性。

ドイツ鋳物生産量、販売額の推移



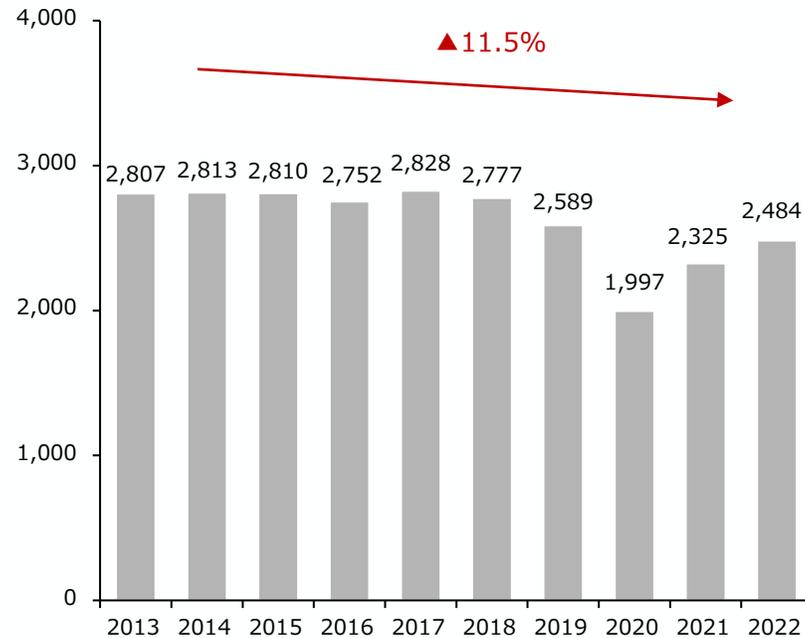
出所：Bundesverband der Deutschen Gießerei-Industrie e.V.(BDG)レポート（2024年）

1.3. 素形材産業の生産量（鍛造）

鍛造品の生産量は、日本と同水準で減少傾向。

ドイツ鍛造品生産量の推移

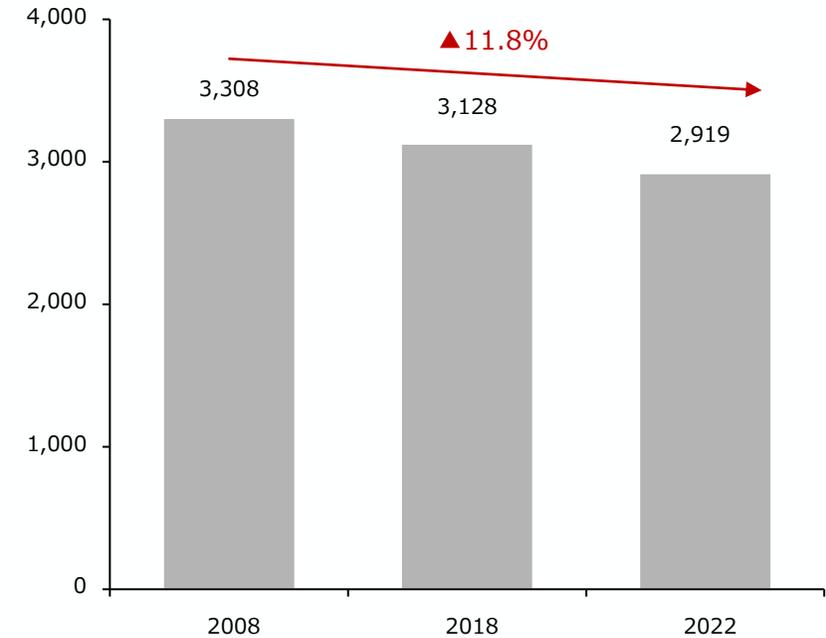
単位：千トン



出所：2022年度版素形材年鑑

日本鍛造品生産量の推移

単位：千トン

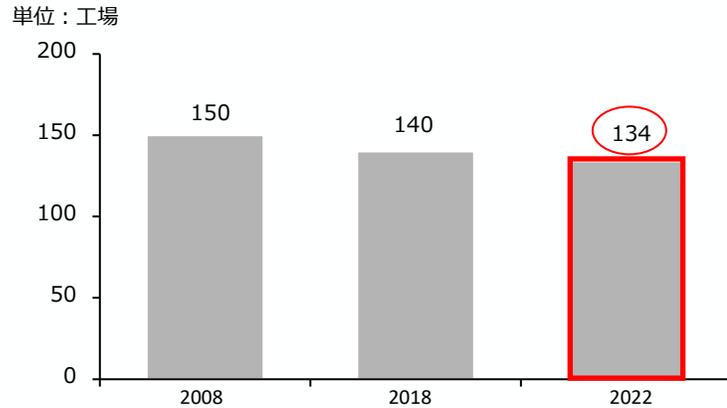


出所：第1回委員会資料

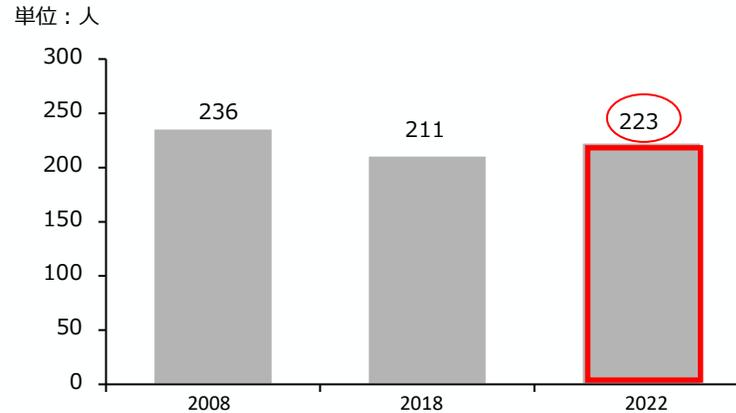
1.3. 素形材産業の事業所数、従業員数の比較（鋳造）

ドイツの鋳造（鋳鉄鋳物）の工場数は、日本の約5分の1。
1工場あたり従業員数は日本の約6倍、1工場あたり生産量は約4倍と大規模。

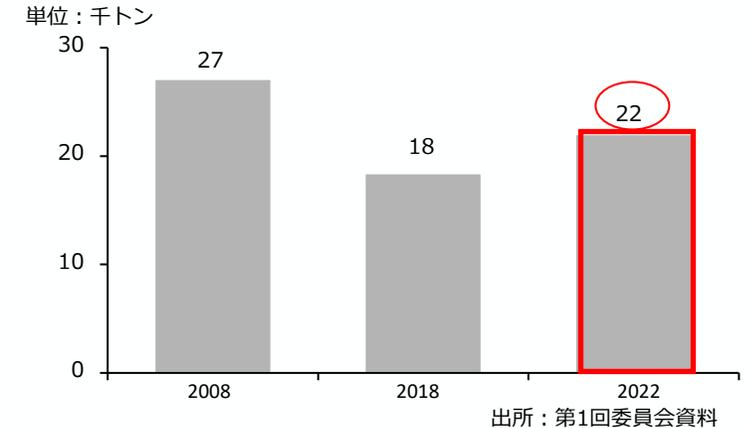
ドイツ鋳鉄鋳物工場数の推移



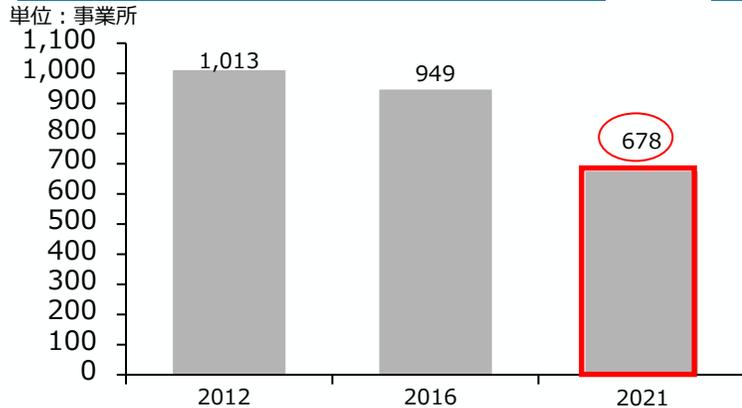
ドイツ鋳鉄鋳物1工場あたり従業員数の推移



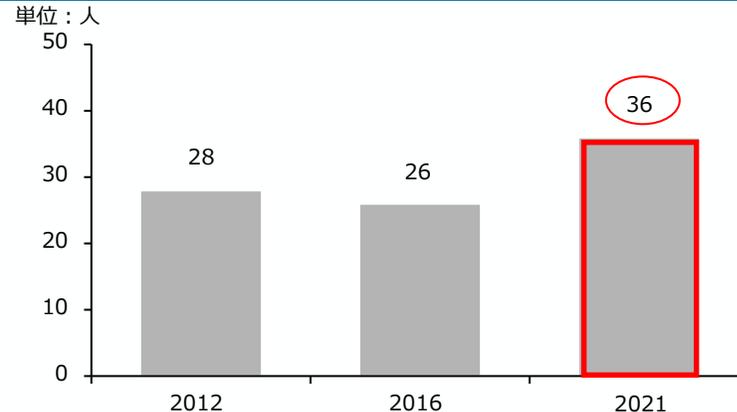
ドイツ鋳鉄鋳物1工場あたり生産量の推移



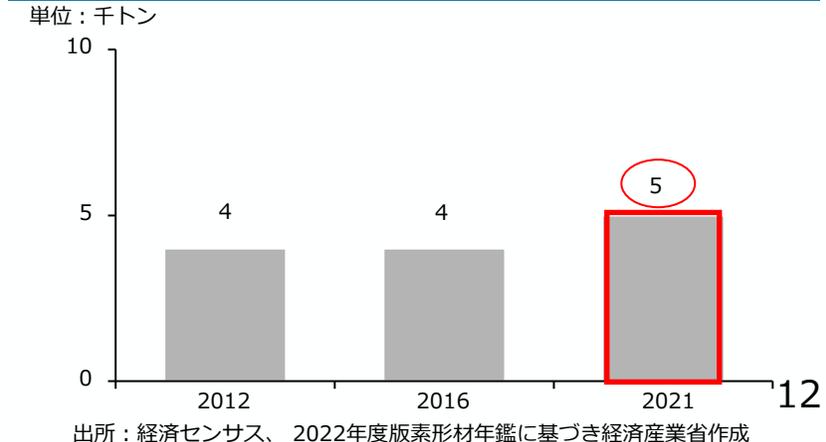
日本鋳鉄鋳物事業所数の推移



日本鋳鉄鋳物1事業所あたり従業員数の推移



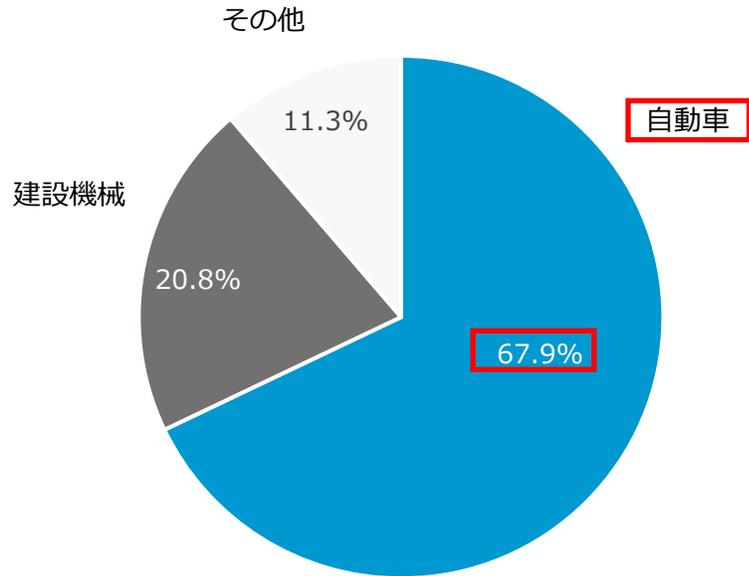
日本鋳鉄鋳物1事業所あたり生産量の推移



1.3. 素形材産業の需要先構成（鋳造、鍛造）

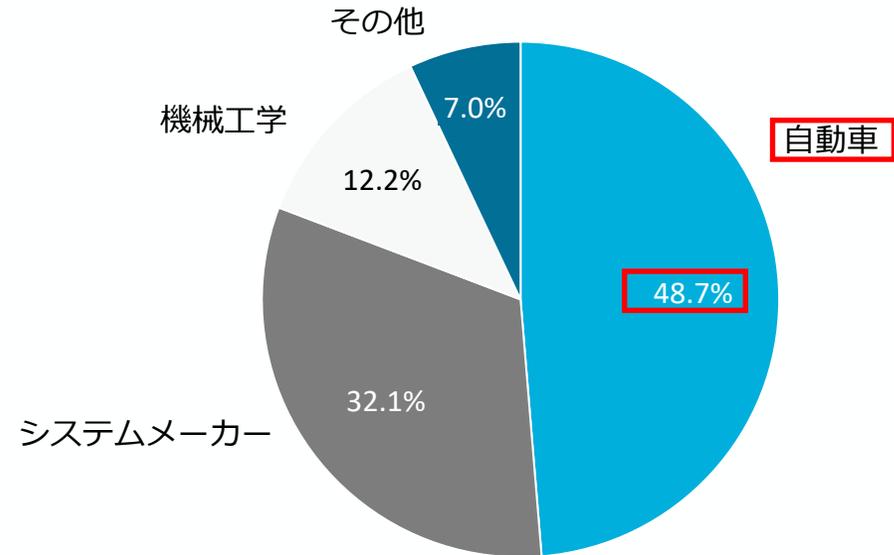
最大の需要先は自動車であり、鋳造は約7割、鍛造は約5割となっている。

ドイツ鋳造業（鋳鉄）の需要先（2022年）



出所：The European Foundry Association (CAEF) 2022
※生産量ベース

ドイツ鍛造業の需要先（2022年）



出所：Industrieverband Massivumformung e.V. (IMU) HP
※生産額ベース又は生産量ベースの記載なし

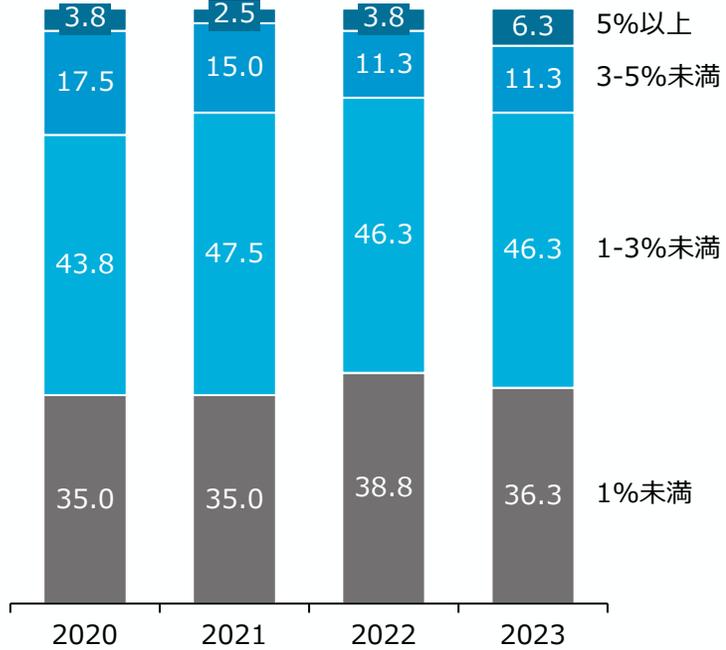
1.3. 事業収入に対する研究開発費の比率

素形材企業の事業収入に対する研究開発費の比率は、日本よりドイツの方が高い。

※N数が日本とドイツで大きく異なる点に留意。

日本

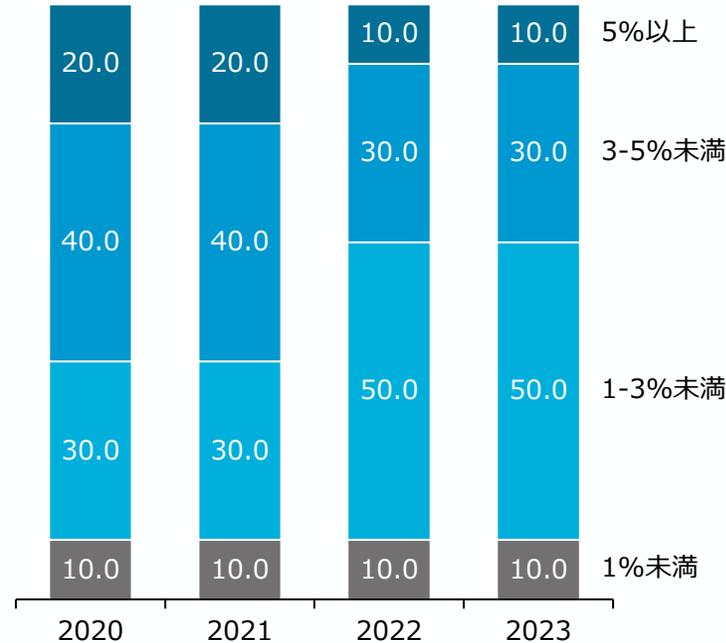
N = 80



	2020	2021	2022	2023
平均値	1.9	1.8	1.8	1.9
中央値	1.6	1.5	1.4	1.4

ドイツ

N = 10



	2020	2021	2022	2023
平均値	3.6	3.5	3.1	3.0
中央値	3.1	3.1	2.6	2.4

出所：LSEG Workspace（企業財務等データベース）から取得したデータよりPwC作成
 ※北米標準産業分類にて素形材関連企業（上場）を抽出、欠損値、事業収入500万ドル（約7.4億円）以下を除外し集計。
 ※素形材関連の上場企業で、LSEG Workspaceから研究開発費の値を取得できた企業をサンプルに比較。

2. 企業事例① AC Tech GmbH

基本情報

設立：1995年
所在地：ドイツ
従業員：380人
拠点：ドイツ、米国、インド
業種：**鋳造、金属積層造形 (AM)**

事業領域：

自動車（EV含む）、産業機械、船舶、鉄道、プラントエンジニアリング等に対する鋳造・金属3Dプリント部品を提供。主力は自動車向け部品。

事業概要：

- ・各市場向けに鋳造部品を提供。量産品ではなく、小ロット品及び試作機のラピッドプロトタイピングに注力。
- ・2017年にMaterialise社（本社：ベルギー）がACTech社を78億円で買収。
- ・ACTech社はMaterialise社が有する**金属3Dプリント技術を導入し、製法の幅を拡大。**

強み（技術・装置など）

- ・ダイレクトクロウニング法では、エンジンシリンダーヘッドで、プロトタイプ**の製造費用を1/10に、作成期間を1/2に**圧縮。
- ・化石燃料の代替駆動装置に関する鋳造品を製造。
 - 自動車、建設機械、商用車等の部品プロトタイプ。
 - 複雑な部品も短期間かつ高品質で製造可能**であることが利点。
- ・3DCADで鋳型をモデリングした後、充填と凝固プロセス全体をシミュレーションし、モデルの段階で最適化。
- ・Direct mold milling及び3Dプリント造形では、**3DCADを利用した自動加工**を行う。
- ・作成した型の組立時には光学スキャナーを使用し、3Dデータと型が一致するかどうかを検証。



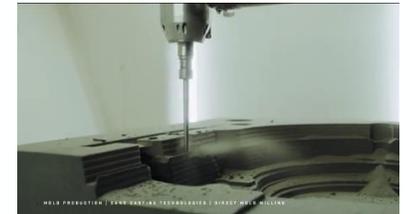
Stator Housing for Electric Motor including synthetic core



Truck Axle for an alternative drive system



Machining of a Printed Wheel Carrier for an electric vehicle



2. 企業事例② ARBURG

基本情報

設立： 1923年
所在地： ドイツ
従業員： 3,700人
売上高： 1,299億円（時期不明、連結）
拠点： ドイツ
業種： **生産用機械製造**

事業領域：

自動車、通信、家庭用電化製品、医療技術、家電用品、包装

事業概要：

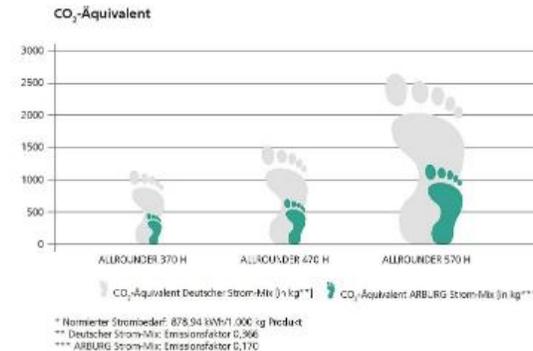
- ・プラスチック射出成型機及び周辺機器の製造
- ・ロボットシステムを用いたターンキーシステムソリューションの提供
- ・産業用樹脂3Dプリンターの製造



※2023年8月-2024年7月期平均レート 166.60円/ユーロで計算

強み（技術・装置など）

- ・ **主要部品の約6割を自社で製造**しており、サプライチェーンが短く、高品質と価格を両立。
- ・ プラスチック射出成型機本体、関連ロボット、顧客のニーズに応じそれらを統合したターンキーシステム、3Dプリンターを製造。
- ・ ARBURGテクノロジーセンターにおいて、製品に関する専門のトレーニングを提供。
- ・ **カーボンフリー電力を100%使用**（一部は自社での発電を実施）。
- ・ **各製品のカーボンフットプリントを算出**し、CO₂削減量を可視化。
- ・ サステナブル経営の質が上位5%に入るEco Vadisのゴールドメダルを受賞。



- ・ プロセスの進行状況、マシンの状態、アラート等を一元管理可能なホストコンピュータシステムを構築。

出所：企業HPに基づきPwC作成

2. 企業事例③ GKN Powder Metallurgy

基本情報

設立： 1996年
所在地： ドイツ
従業員： 5,000人以上
拠点： 9か国
業種： **粉末冶金**



事業領域：
自動車・産業・水素

事業概要：

- 高度な金属粉末の製造
- 高性能焼結金属部品の製造
- 3Dプリンティング技術を用いた部品の製造
- グリーン水素の貯蔵技術の開発

強み（技術・装置など）

- 最先端の3Dプリンティング技術を活用し、複雑な形状の部品を効率的に製造。
 - 2020年にプラスチック3Dプリンティング企業のForecast 3D社を買収。
 - 3Dプリントを30台以上稼働させ、プラスチック製品を大量生産できる製造能力を有する。



- グリーン水素の貯蔵技術（吸蔵合金）を開発し、サステイナブルなエネルギーソリューションを提供。
 - 事例1：20フィートのコンテナで250kgの水素を貯蔵し、熱管理システムを備えたスケラブルな貯蔵方法。
 - 事例2：最大100kWの電力を出力し、H2貯蔵を利用して電力を供給するシステム。
 - 事例3：車やバス、トラックに水素を供給する移動式の水素補給装置。
- リサイクル原料を使用した粉末冶金プロセスを採用し、資源の再利用と原料の節約に貢献。

2. 企業事例④ Hirschvogel

基本情報

設立： 1938年
所在地： ドイツ
従業員： 約6,200人(2023年)
売上高： 約2,468億円（2023年21月期、連結）
拠点： ドイツ、メキシコ、ポーランド、中国、インド
業種： **鍛造、機械加工**

事業領域：

自動車向けパワートレイン、モーター、トランスミッション、シャシー、燃料計、エンジン部品の製造

事業概要：

・自動車業界やそのサプライヤー向けに、スチール及びアルミニウム部品の製造及び加工を行う。



※2024年1-7月期平均レート164.6円/ユーロで計算

強み（技術・装置など）

- 鍛造工程を**100%電化したグリーン部品製造**。
- 2023年までにグループ全体の排出量を2019年と比較して半分にすることが目標。
 - ▶ 熱処理プロセスで**天然ガスから電気に切り替え**。
 - ▶ 供給エネルギーのグリーン化。工場周囲の**太陽光発電施設を買い取り**、グループ全体で再生可能エネルギー発電比率をさらに高めていく。
- 2025年までに**売上高の50%以上を持続可能な製品の販売によること**を目標としており、さらに2030年までにこの比率を70%以上に引き上げることを目指す。
- スマートファクトリー化
 - ▶ **効率的で自動化された製造プロセスを実現**し、従業員の作業を簡素化することを目指している。
 - ▶ 製品の企画、設計、製造、販売情報を一元管理。
- eモビリティ用AI搭載ソフトウェア開発会社Eatron社に出資。
 - ▶ モビリティ、自動運転、電動化における安全でクリーンで持続可能な未来のための革新という目標を追求するための戦略的提携。

出所：企業HPに基づきPwC作成

(参考) 調査企業事例一覧

	企業名	本社	設立年	業種	売上(円)	EBITDAマージン	社員数(人)	注目ポイント							概要		
								DX	GX	CX	人材	資本集約	多角化	海外進出		規格化	
1	ACTech GmbH	ドイツ	1995	鑄造金属3Dプリント	-	-	380	○					○				<ul style="list-style-type: none"> 自動車向け鑄造、金属3Dプリント部品が主力。2017年に3Dプリンティング用のソフトウェアや工業、医療用造形サービスなどを手掛けるベルギーのMaterialise社に買収されることで、製法の幅を拡大させている。 3DCADデータから直接鑄型を作るダイレクトクロージング法を開発し、ドイツで特許を取得。費用と製造にかかる時間を短縮するなど、プロトタイプ製造を高付加価値化することで、他社と差別化している。
2	ae group ag	ドイツ	1980	ダイカスト	-	-	1,300		○								<ul style="list-style-type: none"> ドイツとポーランドに拠点を置き、ダイカストによる自動車部品の製造を行う企業。 ドイツの連邦経済・気候保護省の支援を受け、2016年以降GXの取り組みを積極的に行っている。2021年には100%CO2ニュートラルとなり、アルミダイカストの生産でこの基準を達成した欧州初の企業の1つとなった。
3	Almatis	ドイツ	1910	鑄造ガラス製造	-	-	-		○					○			<ul style="list-style-type: none"> 100年以上にわたるアルミナの専門知識を持ち、プレミアムアルミナ及びアルミナベースの製品の開発、製造、提供における世界的リードカンパニー。世界14か所での販売、研究、製造ハブで事業を展開し、完全に統合されたアプローチで業界をリードしている。 グローバルでの展開・供給を強化するとともに、サステナビリティに優れた製品開発を行っている。
4	ARBURG	ドイツ	1923	生産用機械製造	1,299億	-	3,700	○	○								<ul style="list-style-type: none"> 世界各国に拠点・取引先を有するプラスチック射出成形機及び周辺機器の大手メーカーであり、2013年以降、産業用3Dプリンターの製造を開始するなど、事業の拡大に成功。 カーボンフリー電力を100%使用するとともに、各製品のカーボンフットプリントを算出しCO₂削減量を可視化するなど、サステナブル経営に注力。

※表中の-は公開情報からデータが取得できなかった項目
出所：各種資料よりPwC作成

(参考) 調査企業事例一覧

	企業名	本社	設立年	業種	売上(円)	EBIT DA マージン	社員数 (人)	注目ポイント							概要	
								DX	GX	CX	人材	資本集約	多角化	海外進出		規格化
5	Buschhoff Stanztechnik	ドイツ	1926	金属加工	58億	-	174									<ul style="list-style-type: none"> 自動車産業の集積地であるドイツ・ケルン市にて、100年以上の歴史を有する金属加工事業者。自動車業界以外にも、農業機械業界などその他産業にも進出。 少量から大量生産までいずれにも対応し、3,700の様々な製品を供給可能。
6	Christian Karl Siebenwurst GmbH & Co. KG	ドイツ	1897	金型製造 機械加工	166億	-	700						○	○		<ul style="list-style-type: none"> 自動車業界向けの金型製造を行う事業者で120年以上の歴史を有する。近年は、家電業界にも進出。 金型や工具を供給するだけでなく、顧客の製品開発プロセス全体に同行できる体制を構築。メンテナンスサービスの機能も整備し、グローバルなサービスプロバイダーへの進化を目指している。
7	GKN Powder Metallurgy	ドイツ	1996	粉末冶金	-	-	5,000 以上		○					○		<ul style="list-style-type: none"> ドイツに本社を置き、9か国に製造施設やイノベーションセンターなどの拠点を有し、金属粉末から高性能な焼結部品を製造する技術において世界をリードする。金属積層造形と水素貯蔵の将来の成長分野にも注力。 高度な粉末冶金技術に加え、成長分野（3Dプリントや水素貯蔵・供給システム）へのM&Aや技術開発を通じて、高品質な部品やソリューションを提供。粉末冶金プロセス内で資源の再利用や原材料の節約を実施し、サステナブルな製造基準や経営を推進。
8	Grunewald GmbH & Co. KG	ドイツ	1963	鋳造 工具製造 機械加工	-	-	-						○	○		<ul style="list-style-type: none"> 創業当初より、自動車業界、アルミニウム鋳造に強みを持つ事業者。1987年より、航空業界にも進出。 低圧砂型鋳造技術に強みを持っており、日本でも木村鋳造所と協業で、肉厚2mmのアルミ製品を展開。
9	Hirschvogel	ドイツ	1938	鍛造 機械加工	2,468億	-	6,200	○	○							<ul style="list-style-type: none"> ドイツを中心に6か国に拠点を有する鉄鋼及びアルミニウムの鍛造・機械加工部品の自動車部品サプライヤー大手。 2025年までに売上高の50%以上を持続可能な製品とすることを目標としており、さらに2030年までにこの比率を70%以上に引き上げることを目指している。

※表中の-は公開情報からデータが取得できなかった項目
出所：各種資料よりPwC作成

(参考) 調査企業事例一覧

	企業名	本社	設立年	業種	売上 (円)	EBITDA マージン	社員数 (人)	注目ポイント								概要	
								D X	G X	CX	人材	資本 集約	多 角化	海 外 進 出	規 格 化		
10	Robert Seuffer GmbH & Co. KG	ドイツ	1766	電子機器 機械製造	-	-	-	○									<ul style="list-style-type: none"> 2013年には家庭用電化製品や商用車、乗用車の部品製造を行うサプライヤーとして、3Dプリンターを用いた金型製造が注目されたが、新規事業への投資失敗により、2018年11月に破産申請。2018年にはすでにセンサーが主力製品だった模様。2019年9月に英Blantyre Capital Limitedが同社の資産を買収してAST International GmbHを設立。以降、ASTはスマートセンサー、制御装置製品に注力。
11	Saarschmiede GmbH Freiformschmiede	ドイツ	1913	鑄造 鍛造 熱処理 機械加工	-	-	-							○		<ul style="list-style-type: none"> 中小企業でありながら、世界有数のオープンダイ鍛造企業であり、国際的にベストパートナー、ベストサプライヤー企業として評価されている。 国際的な研究プロジェクトに参加することで、高い技術力を示し、プレゼンスを高めている。 	
12	SCHLAGER Industriefenbau GmbH	ドイツ	1984	工業窯 炉	-	-	40	○	○				○			<ul style="list-style-type: none"> 鉄鋼・アルミニウム産業や航空宇宙産業向けに、工業炉を設計・建設するドイツのサプライヤー。 鉄鋼・アルミニウム産業向けの熱処理技術が強み。水素を利用したカーボンニュートラルな熱処理に世界で初めて成功。2019年以降はElectrothermグループの独立部門として事業を展開。 	

※表中の-は公開情報からデータが取得できなかった項目
出所：各種資料よりPwC作成

(参考) 素形材産業団体の取組 (鋳造)

ドイツの鋳造業界団体 BDG (Bundesverband der Deutschen Gießerei-Industrie e.V) は、カーボンニュートラルに向けたロードマップ作成に着手。2024 年末までに公開される予定。

概要

- 2024 年 2 月 19 日、BDGは「**鋳造業界における温室効果ガス中立性**」ロードマップ作成の開始を公表。
- BDG は、BDG Service GmbH 及び FutureCamp Climate (コンサル) と協力して活動。
- BDG ロードマップは 2024 年末までに公開される予定。
- ロードマップの基礎となったプロジェクト「InnoGuss」において、**鋳造プロセスにおける化石燃料の水素等による代替技術、熱プロセスの電化等**に取り組んでいる。



Roadmap

Treibhausgasneutralität
für die deutsche Gießerei-Industrie

Eine Kooperation des BDG mit

:FutureCamp
Climate GmbH



(参考) 素形材産業団体の取組 (鍛造)

ドイツの鍛造業界団体 IMU (Industrieverband Massivumformung e.V.) は、脱炭素化、デジタル化、EV化への対応等に関し、企業をリードする取組を実施。

概要

- 2020年、脱炭素化に向けたコンソーシアム「NOCARB forming 2050」を形成し、CO2排出量の削減ソリューションの開発に取り組む。
 - ✓ プロジェクト「FRED」にて**製品のカーボンフットプリント計算ツールを開発**。
 - ✓ 2050年までに鍛造の脱炭素化実現を目指す。
- 中小企業向けに、デジタル技術導入による量産化を目的とした技術開発に取り組む (Massive Forming 4.0)。Industry 4.0実現に向け、部品のトレーサビリティ確保にも努めている。
 - 「EMuDig4.0」により鍛造プロセスのデジタル化を推進し、自己学習型データベースを構築。
- **EV化による鍛造部品への影響を検証し、将来シナリオを予測**。協会メンバーに対し、企業戦略立案に資する見通しを提供している。



MASSIVUMFORMUNG 4.0

Wie schafft die mittelständisch geprägte Branche den Sprung ins digitale Zeitalter? Der Industrieverband Massivumformung legt hierfür die Grundlagen durch Forschungsprojekte, Studien und Praxisworkshops. An den technologiespezifischen Ansätzen können sich die Unternehmen orientieren und für den globalen Wettbewerb fit machen.

ELEKTROMOBILITÄT

Legislative und gesellschaftliche Trends führen global zu einer gesteigerten Nachfrage nach Fahrzeugen mit elektrifiziertem Antriebsstrang. Die unterschiedliche Dimensionierung und Konstruktion von elektrifizierten Antriebsstrangvarianten resultiert in Veränderungen auf System- und Komponentenebene mit Auswirkungen auf die Menge der massivumgeformten Bauteile.

3. 政策動向（素形材産業に関連する主な政策）

素形材産業に関連する主な政策として、自動車産業の構造変化への対応、中小企業のデジタル化支援、産学連携による技術開発が挙げられる。

	トピック	施策	概要
1	自動車産業の構造変化への対応	<ul style="list-style-type: none">自動車産業の構造転換に向けた「未来投資プログラム」自動車産業未来ファンド	<ul style="list-style-type: none">自動車メーカー及び部品メーカー向け補助金プログラム。デジタル化や持続可能性など自動車産業の中長期的な課題へ対処する。2021年～2024年で合計15億ユーロを支援。2020年設置の基金。持続可能な車両への転換やデジタル化など、自動車産業の構造変化に伴う中長期的な課題に対処。基金の規模は10億ユーロ、期間は2021～2025年。
2	中小企業のデジタル化支援	<ul style="list-style-type: none">中小企業向けデジタル化支援	<ul style="list-style-type: none">投資コストや従業員のリスキリング等の課題に直面している中小企業向けのIndustry4.0推進政策群。中小企業の製造工程へのデジタル技術導入を進める。
3	産学連携による技術開発	<ul style="list-style-type: none">フラウンホーファー研究機構による技術開発、企業支援	<ul style="list-style-type: none">ドイツ各地にある78の研究所・研究施設にて、商用化を見越した技術開発と企業への技術移転等を実施。

3. 政策動向（自動車産業の構造変化への対応）

連邦政府（経済・気候保護省）は、自動車産業の構造変化に伴う企業支援を進めており、中小企業を含む自動車部品メーカーのデジタル化などの設備投資促進を支援。

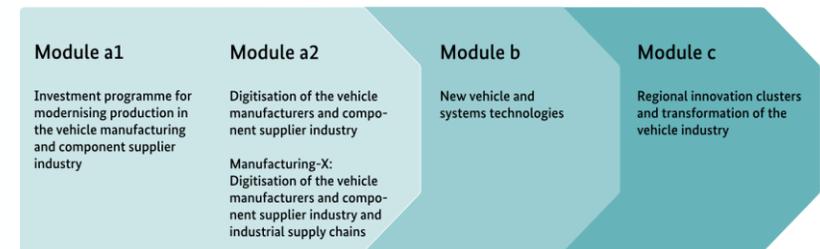
名称		内容
自動車産業の構造転換に向けた「未来投資プログラム」	Zukunftsinvestitionen Fahrzeughersteller und Zuliefererindustrie sowie Forschung und Entwicklung	<ul style="list-style-type: none"> 自動車メーカー及び部品メーカー向け補助金プログラムで、デジタル化や持続可能性など自動車産業の中長期的な課題へ対処する。 資金支援は以下の3つのモジュールから成る。 <ol style="list-style-type: none"> 生産設備などの近代化支援 <ul style="list-style-type: none"> ・ Manufacturing X: 中小企業がデータ共有プラットフォームへ接続するためのデジタル化支援等 競争力を有する革新的な製品の開発支援 <ul style="list-style-type: none"> ・ 自動運転、脱炭素、データ通信技術等 地域のイノベーションクラスター支援 <ul style="list-style-type: none"> ・ ハンベルク、ベルリン、カールスルーエにて産学連携を推進。 2021年～2024年で合計15億ユーロを支援。
自動車産業未来ファンド	Zukunftsfonds Automobilindustrie	<ul style="list-style-type: none"> 2020年設置の基金 持続可能なバリューチェーンへの転換やデジタル化など、自動車産業の構造変化に伴う中長期的な課題に対処 <ul style="list-style-type: none"> ・ スマートカー向けソフト、供給網確保等 基金の規模は10億ユーロ、期間は2021～2025年。

未来投資プログラムのモジュール概要

Modernisation of production as a boost to productivity and resilience

New and innovative products as a key for the vehicles and mobility of the future

Finding joint solutions and building regional innovation clusters



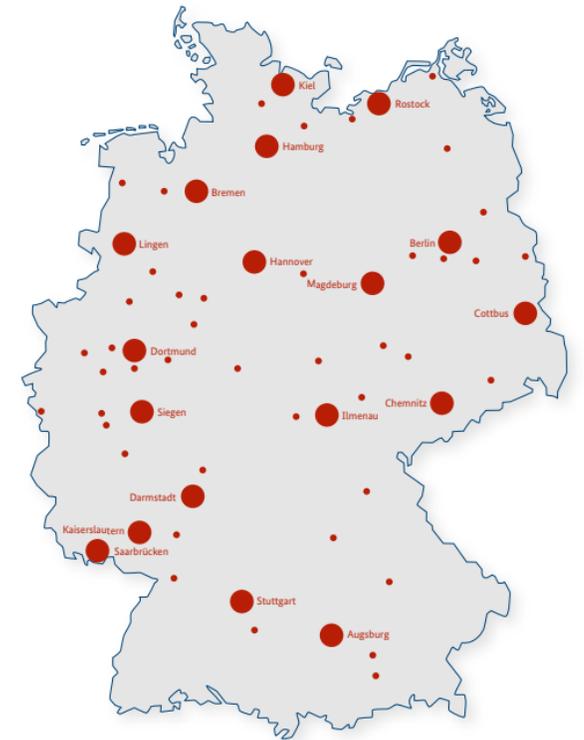
- モジュールa1では、新たな製造設備や製造プロセスへの投資を支援し、Industry 4.0対応インフラの整備を図る。**支援企業のうち、50%程度が中小企業。**

3. 政策動向（中小企業のデジタル化支援）

連邦経済・気候保護省（BMWK）が中心となり、大手企業に比べてデジタル化が進みにくい中小企業に対して、地域拠点型相談窓口の開設や費用面などでの支援を実施。

名称		内容
中小企業デジタル	Mittelstand-Digital	<ul style="list-style-type: none"> ドイツ国内に26拠点あるMittelstand Digital コンピテンスセンターを通じた地域拠点型の支援。 同センターは中小企業にとってのデジタル化に関する相談窓口として機能。企業のデジタル化進捗に合わせて、適切な助成金等の情報を提供。 先進事例紹介や教育イベント、デモンストレーション工場等でDXによる変化を可視化。
ゴー・デジタル	Go-digital	<ul style="list-style-type: none"> DXの取組に対し公認コンサルティング企業がアドバイスを提供した際の費用を補助。 具体的な内容はデジタル市場開拓、デジタル業務改革、ITセキュリティ、デジタル戦略、データコンピテンス等。 データコンピテンス領域では、中小企業が外部のデータプラットフォームに自社データを結びつけられるよう支援。
デジタルナウ	Digital Jetzt	<ul style="list-style-type: none"> デジタル化投資費用の一部を補助。具体的には、ハードウェア・ソフトウェアの更新、従業員のデジタル能力育成を支援。

Mittelstand Digital コンピテンスセンター（26拠点）

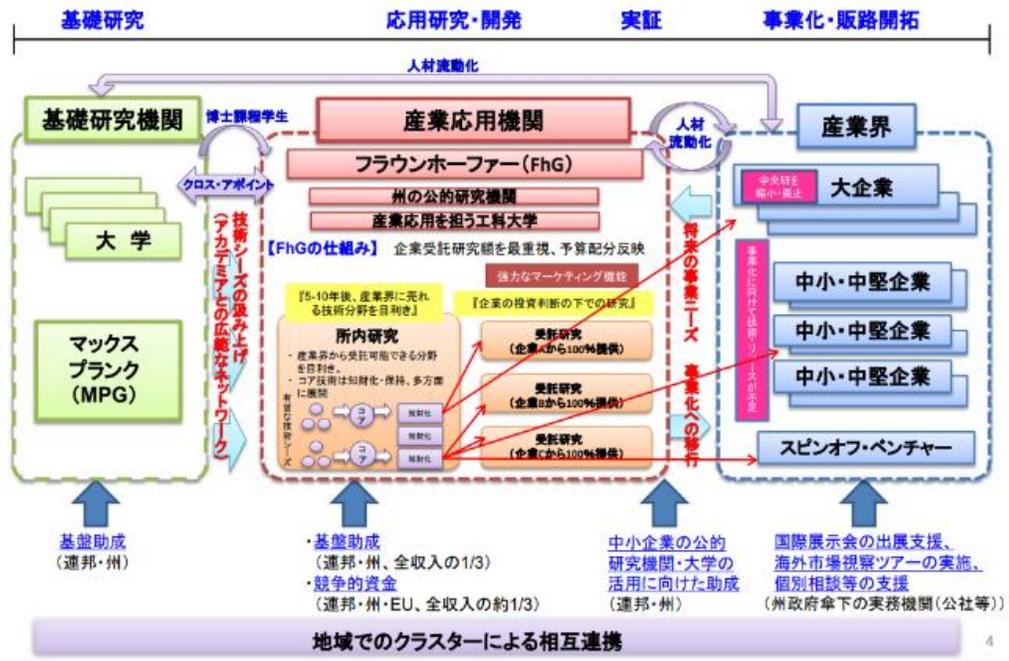


3. 政策動向（素形材に関する研究開発）

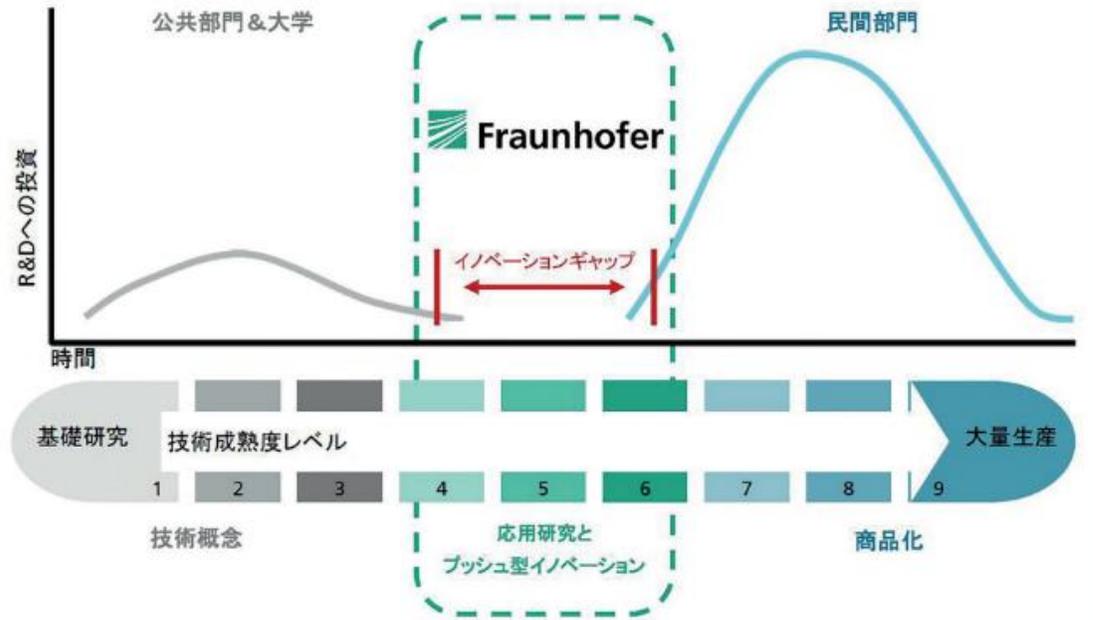
ドイツの非営利団体として1949年設立。78の研究所、3万人のスタッフを擁し、実用化研究を推進。国内外の産業ニーズを取り込み、高等教育や産業政策とも密接に連携。

フラウンホーファー研究機構と産学の関係*1

3. ドイツのイノベーション・システムの全体像



フラウンホーファー研究機構の担当領域*2



*1: 経産省「ドイツのフラウンホーファーモデルと我が国の新たなイノベーションシステムの構築について」より抜粋
 *2: Fraunhofer Brochuer 2019より抜粋

3. 政策動向（素形材に関する研究開発）

- フラウンホーファー研究機構の8つの研究所において、素形材に関する研究開発を実施。
- 具体的には31の研究開発プロジェクトを実施。テーマは金属積層造形（AM）が11件と最多。次いで、DXが9件（鋳物や金型の品質評価のデジタル化、シミュレーション等）、材料が4件（鋳造材料の合金開発等）と続く。

	研究所名
1	応用・統合セキュリティ研究所
2	海洋バイオテクノロジー研究所
3	マイクロシステム・固体技術研究所
4	エルスト・マッハ研究所
5	エレクトロ・ナノシステム研究所
6	電子ビーム・プラズマ技術研究所
7	バッテリーセル生産研究所
8	高周波物理・レーダー技術研究所
9	応用情報技術研究所
10	通信・情報処理・人間工学研究所
11	オープン通信システム研究所
12	ハインリッヒ・ヘルツ通信技術研究所
13	応用固体物理研究所
14	インテリジェント分析・情報システム研究所
15	労働経済・組織研究所
16	応用ポリマー研究所
17	付加製造技術研究所（IAPT）
18	生物医学技術研究所
19	建築物理研究所
20	化学技術研究所
21	デジタルメディア技術研究所
22	エネルギー経済・エネルギーシステム技術研究所
23	エネルギーインフラストラクチャー・地熱システム研究所
24	メカトロニクスシステムデザイン研究所
25	実験ソフトウェアエンジニアリング研究所
26	生産技術・応用マテリアル研究所（IFAM）

	研究所名
27	ファクトリーオペレーション・オートメーション研究所
28	境界層・バイオプロセス技術研究所
29	鋳造・複合材料・プロセス技術研究所（IGCV）
30	コンピューターグラフィックス研究所
31	大型構造物生産技術研究所
32	集積回路研究所
33	集積システム・デバイス技術研究所
34	コグニティブ・システム研究所
35	セラミック技術・システム研究所
36	レーザー技術研究所（ILT）
37	分子生物学・応用生態学研究所
38	個別化細胞医療工学研究所
39	物流・ロジスティクス研究所
40	マイクロエンジニアリング・マイクロシステム研究所
41	マイクロエレクトロニクスサーキットシステム研究所
42	国際マネジメント・知識経済研究所
43	材料・システム微細構造研究所
44	自然科学技術動向分析研究所
45	応用光学・精密機械工学研究所
46	オプトエレクトロニクス・システム技術・
47	画像処理研究所
48	生産技術・オートメーション研究所
49	生産システム・デザイン技術研究所（IPK）
50	物理計測技術研究所
51	フォトリソ・マイクロシステム研究所
52	生産技術研究所

	研究所名
53	空間・建築情報センター
54	ケイ酸塩研究所
55	太陽エネルギーシステム研究所
56	システム・イノベーション研究所
57	シリコン技術研究所
58	ソフトウェア・システムエンジニアリング研究所
59	被膜・表面技術研究所
60	毒物学・実験医学研究所
61	トランスレーショナル医療・薬理学研究所
62	技術・経済数学研究所
63	交通・インフラシステム研究所
64	プロセス技術・パッケージング研究所
65	風力エネルギーシステム研究所
66	材料リサイクル・資源戦略研究所
67	材料メカニクス研究所（IWM）
68	材料・ビーム技術研究所（IWS）
69	工作機械・成形技術研究所（IWU）
70	非破壊試験研究所
71	細胞療法・免疫学研究所
72	信頼性・マイクロインテグレーション研究所
73	構造耐久性・システム信頼性研究所
74	医用画像演算研究所
75	アルゴリズム・科学計算研究所
76	安全情報技術研究所
77	環境・安全・エネルギー技術研究所
78	ヴィルヘルム・クラウディッツ木材研究所
79	本部

(参考) 素形材に関する研究開発プロジェクト

AM : 11件
 材料 : 4件
 循環型経済 : 3件
 DX : 9件
 GX : 3件
 熱処理 1件

	プロジェクト名/タイトル	カテゴリ	担当研究所	ステータス	取組内容 (素形材関連)
1	3Dプリンターによる指関節インプラントの開発	AM	IAPT	継続中	<ul style="list-style-type: none"> AI を用いて指のモデルから各個人に最適化されたインプラントの設計を導き出し、3D プリンターにより個別化された 関節インプラントを製造 将来的には、ひどく湾曲した指、欠損した骨、非常に小さな関節などの 複雑な症例への対応が期待。
2	モビリティにおける付加製造	AM	IAPT	継続中と推測	<ul style="list-style-type: none"> 航空・宇宙関連企業と連携し、レーザー金属堆積における安定した品質確保に向け、AIを活用したプロセス制御に関する研究を実施。
3	積層造形部品のストリーム仕上げ	AM	IPK	継続中と推測	<ul style="list-style-type: none"> 複雑な形状の積層造形部品に対して、鏡のような滑らかで 気孔のない表面を実現するための研磨技術を開発。 美観の向上だけでなく、表面欠陥を最小限に抑えることが可能となり 部品の強度も向上。
4	積層造形用の機械部品とシステムの新たなコンセプト開発	AM	IPK	継続中と推測	<ul style="list-style-type: none"> サーモグラフィーを活用した 積算造形プロセスの新たな監視システムや、レーザーとプラズマのハイブリッド溶接システムなどの機器開発の新たなコンセプトを研究。
5	マキノ社との5軸CNCプラットフォーム共同開発	AM	ILT	継続中	<ul style="list-style-type: none"> EHLA3Dを5軸CNCプラットフォームに統合することで、高強度材料を使用して複雑な形状を効率的に製造、コーティング、または修復できるプロセスを開発。生産時間の短縮と部品寿命の延長により循環型経済に貢献。 日本の工作機械メーカーマキノ社とILTの共同研究。
6	自動車部品向けAdditive manufacturing開発	AM	ILT	継続中と推測	<ul style="list-style-type: none"> 自動車の量産向けAdditive manufacturingの工業化とデジタル化の取組。自動車部品の量産化に向けた金属3Dプリントの開発。 デジタルネットワークに接続し、自動化された3Dプリント生産ラインにおいて、製品を製造。
7	粉末床融解結合 (パウダーベッド) 技術開発	AM	IWS	継続中と推測	<ul style="list-style-type: none"> 金属3Dプリント用の 粉末床ベースのプロセスと製造用のプリントプロセスの開発。 レーザー粉末床融解 (PBF-LB) やバインダーージェットティング、電子ビーム融解 (PBF-LB)などの技術開発が含まれる。
8	次世代積層造形技術開発プロジェクト	AM	IAPT、IFAM、IGD、ILT、IWS、IWU	継続中	<ul style="list-style-type: none"> 金属部品の積層造形の開発を体系的に実施するための戦略プログラム。IAPT、IFAM、IGD、ILT、IWS、IWUが協力型プラットフォームを確立し、AMプロセスの拡張性、生産性、品質を向上させる技術を開発。
9	「MonCoat」プロジェクト：金型コーティングチェックの自動オンライン監視システム	DX	IGCV	完了 (~2022)	<ul style="list-style-type: none"> 金型のコーティング状態をチェックするための自動オンライン監視システムを開発。 従来は作業員による金型の仕上がり状態の目視検査を実施しており、鋳物の品質評価と金型の耐用年数は、従業員の実務経験に大きく依存していたが、偏差のリスクが最小限に抑えられ、金型のコーティング状態が評価可能となった。
10	革新的な鋳造材料の合金開発	材料	IGCV	継続中と推測	<ul style="list-style-type: none"> IGCVでは、特に高温での使用において大幅に改善された機械的特性を特徴とする 新しいアルミニウム合金の開発に取り組んでいる。 技術開発の主要トピックの一つがエネルギー効率と材料効率の向上であり、特に軽量構造が中心的な役割を果たす。
11	Schichtbauプロジェクト：洗浄しやすい形状を備えた耐荷重層	AM	IGCV	継続中と推測	<ul style="list-style-type: none"> 間接積層造形には、適度なコストで非常に複雑な形状を製造できるなど、モールドとコアの印刷に関するいくつかの大きな利点がある一方、金型が複雑になればなるほど、その後の砂の蓄積を除去するための洗浄プロセスも複雑になる。 Schichtbauプロジェクトでは、数学的にトポロジーに最適化された金型の分割によって、洗浄しやすい形状を備えた耐荷重層を作成。
12	鋳造業界のデジタル化	DX	IGCV	継続中と推測	<ul style="list-style-type: none"> 鋳造ではプロセスが多数の異なる変数に依存することが課題。 IGCVで開発されたデータバリュー ストリーム分析では、選択的データ分析とターゲットを絞ったオンサイトプロセス分析を組み合わせ、関連パラメーターを特定可能。
13	AnomalieKI : AIによる鋳造部品の品質保証	DX	IGCV	完了 (2020年6月-2021年4月)	<ul style="list-style-type: none"> Anomaly AIプロジェクトでは、AIを使用して鋳造コンポーネントの異常を特定し、コストと時間を節約するアプローチを開発する。 AIに基づく異常検出は、欠陥を特定する信頼性を高めるだけでなく、品質保証におけるCT装置の使用コストを削減する可能性がある。
14	成形及び鋳造材料の特性評価	GX	IGCV	継続中と推測	<ul style="list-style-type: none"> 砂型及び重力ダイカストでは、成形材料と鋳造材料を正しく選択することが、最終的に完成した鋳物の特性と品質を大きく左右するため、材料の詳細な特性評価が重要。 IGCVでは、高品質の試験方法を利用。

(参考) 素形材に関する研究開発プロジェクト

プロジェクト名/タイトル	カテゴリ	担当研究所	ステータス	取組内容 (素形材関連)
15 ForNextGen ForNextGen - 工具及び金型製造における生成的製造プロセス	AM	IGCV	継続中と推測	<ul style="list-style-type: none"> 機能が最適化されたツール及び金型インサートの製造のための積層造形の柔軟性。 例えば、工具寿命を延ばすための長期耐久性コーティングを施した複数材料の工具金型やインサートが挙げられる。 射出成形ツールのトレインでは、1.2709 工具鋼で作られたベース本体が構築され、熱放散を改善するために2つの異なるコンポーネント領域がCCZ (銅) でコーティングされている。熱伝導性の高い材料で作られたこれらの内部冷却構造により、熱バランスが改善され、サイクル時間が短縮される。
16 UltraPLAS コーティング : 「GlossyCast」及び「UltraTrenn」プロジェクト	GX	IFAM	<ul style="list-style-type: none"> GlossyCast : 完了 (2021年2月1日 - 2024年1月31日) UltraTrenn : 継続中 (2022年10月1日 - 2024年9月30日) 	<ul style="list-style-type: none"> フラウンホーファー研究機構の研究者が開発したUltraPLAS コーティングは、冷プラズマプロセスを使用して傾斜層として塗布され、工具鋼、ステンレス鋼、アルミニウムなどの材料に適している。 高品質で洗練されたツール表面をコーティングして、生産性を向上させ、洗浄プロセスを大幅に遅らせたり簡素化のため、研究者はIndustrielle Gemeinschaftsforschung IGF が資金提供している「GlossyCast」及び「UltraTrenn」プロジェクトのパートナーと共同でこの問題を調査。プロジェクトの目的は、亜鉛高圧ダイカスト及びプラスチック射出成形の特定のストレスに永続的に耐えながら、型から取り出す力と堆積物の形成を減らすこと。 100 nm 未満の非常に薄い層厚の UltraPLAS コーティングの製造に成功し、射出成形の分野では離型力と堆積物の形成が減少することが実証されている。また、接着力の減少により、総離型力が減少することも実証されている。その結果、離型温度を上昇させ、摩擦の量を減らすことができる。 また、鋳造技術を使用して高品質の亜鉛ダイカスト表面を直接製造することで、経済効率を大幅に向上することも実証されている。 プロジェクトは、ドイツ連邦議会の決定に基づく共同産業資金 (IGF) 促進プログラムの一環として、連邦経済気候保護省から資金提供を受けている。
17 「HyFKAI」プロジェクト	GX	IFAM	継続中と推測	<ul style="list-style-type: none"> IFAM と Faserinstitut Bremen eV の専門家が、CFRP とアルミニウムを接合するための経済的なハイブリッド鋳造プロセスを開発。 一次成形アルミニウムダイカストプロセスを使用して、熱可塑性及び熱硬化性 CFRP 構造をアルミニウムパートナーと接合。
18 ハイブリッド及び複合鋳造	循環型経済	IFAM	継続中と推測	<ul style="list-style-type: none"> 「ハイブリッド鋳造」分野は、鋳造部品を使用した新しい接合技術を扱っている。 アルミニウム鋳物とアルミニウム半製品を組み合わせた複合鋳造は、現在特に重要な位置を占めており、同じ材料システムを使用することで、類似した熱膨張係数や、循環型経済の観点から後で種類別にリサイクルできるなど利点がある。
19 複雑な部品のコア及び金型材料	材料	IFAM	継続中と推測	<ul style="list-style-type: none"> 鋳造部品のより高度な機能統合とそれに伴う部品の複雑性の増加に対する需要が高まり、他方では持続可能で省エネなプロセスに対する需要が継続的に高まっている。 塩コア、砂コア、セラミックコアなどの新しい材料を生産に導入することで、リサイクルや必要な鋳型材料の量の削減を狙う。
20 電気自動車用鋳造品	DX	IFAM	継続中と推測	<ul style="list-style-type: none"> 「鋳造技術」と「電気自動車」の分野を横断的に緊密に連携し、鋳造技術、構造設計、電磁設計に重点を置いた製造面の総合的な把握を可能にする最適なノウハウ群を生み出し、電気駆動用部品の生産を成功に導く。
21 プレス及び焼結プロセス	DX	IWM	継続中と推測	<ul style="list-style-type: none"> プレス及び焼結プロセスの数値シミュレーションIWMが開発したシミュレーション方法により、グリーン密度分布とその結果生じる焼結歪みを定量的に予測。 プレス技術IWMは、有限要素 (FE) プログラム ABAQUS® に実装された連続体力学材料モデルを開発。このモデルは粉末層のシミュレーションをサポートしており、異方性降伏点や亀裂形成などの個々のメカニズムの詳細な分析を行い、この情報を使用して連続体力学特性を継続的に改善。 大型セラミック部品の乾燥及び焼結歪みの計算IWMで開発された乾燥及び焼結モデルを使用すると、鋳型の構築前にこの歪みを計算し、適切な調整を認識して実行することが可能。 大きな外部負荷下での焼結のシミュレーションIWMで開発された特別なシミュレーションモデルでは、熱間静水圧プレスまたは焼結成形プロセス中を詳細に計算し、熱間静水圧プレス時のカプセルの変形等を予測。

(参考) 素形材に関する研究開発プロジェクト

プロジェクト名/タイトル	カテゴリ	担当研究所	ステータス	取組内容 (素形材関連)
22 「ORCHESTER」プロジェクト	循環型経済	IWM	継続中 (2024年1月～)	<ul style="list-style-type: none"> プロジェクトでは、6つのフラウンホーファー研究機構がバリューチェーンに沿って協力。 目的は、使用可能な材料の範囲を拡大し、プロセスにおけるリサイクル材料の割合を増やし、一次資源からの希土類の使用を減らすこと。 機能的に信頼性の高い材料の強靱で持続可能な供給を確保するため、フラウンホーファー研究機構がデジタルエコシステムと迅速なスクリーニング方法を開発。
23 発泡金属	材料	IWU	継続中と推測	<ul style="list-style-type: none"> 発泡金属はその気泡構造により、特に振動、衝撃、音などのエネルギーを顕著に吸収。 研究対象は、発泡アルミニウム、発泡アルミニウムの研究から連続応用まで、パワーカーカバー、鋳造技術による銀発泡体の製造、プラスチック接続を備えた段階的な発泡金属構造。
24 レーザービーム溶解	AM	IWU	継続中と推測	<ul style="list-style-type: none"> 従来の製造技術では製造できない幾何学的特殊性を持つ金属部品をツールフリーで製造するための、レーザービーム溶解による積層造形プロセスの応用を研究開発。 鋼の新しいツールと金型は、主要な成形及び成形技術用に統合されたニアネットシェイプ冷却及び焼き戻しチャンネルを備えて開発されている。さらに、カスタマイズされた形状や内部機能構造を備えた医療用チタンインプラントは、治療の向上と患者の快適性の向上を実現。
25 「ZEvRA」プロジェクト	循環型経済	IWU	継続中 (2024～2027年)	<ul style="list-style-type: none"> 主な目的は、材料供給及び製造から製品寿命 (EoL) プロセスに至るバリューチェーン全体を通じて小型 EV の循環性を向上させること。 そのために、9Rに基づいて電気自動車 (EV) の生産を改善することを目的とした循環性設計 (DfC) 方法論と総合的な循環性評価を開発。 鋼鉄、アルミニウムの3つのバージョン (鍛造、鋳造、フォーム)、熱可塑性プラスチック複合材料 (長繊維及び連続繊維強化)、未充填/短繊維プラスチック、ガラス、タイヤ、希土類元素 (REE) に対するゼロエミッションソリューションの開発・検証を実施。
26 金属とプラスチックの複合材料を製造するための新しいプロセスの組み合わせ	材料	IWU	継続中と推測	<ul style="list-style-type: none"> 近年の自動車の軽量設計分野における要求の高まりにより、金属とプラスチックのハイブリッドコンポーネントが定着。現在、このような部品の製造は金属部品の製造とプラスチック部品の製造に分かれており、多大な労力とコストがかかっている。 連邦エクセレンスクラスター「MERGE - 多機能軽量構造技術」の枠組み内で統合プロセスが開発され、よりコスト効率の高いハイブリッドコンポーネントの製造が可能になるため、金属とプラスチックのハイブリッド部品を製造するための2つの異なるプロセスの組み合わせを調査中。
27 成形工作機械の解析・シミュレーションに関するサービス	DX	IWU	継続中と推測	<ul style="list-style-type: none"> 成形工作機械の分野では、対応するハンドリング機器を含む成形機械またはプラント用アセンブリの企画、開発、設計、及び特性分析の能力を提供。 成形工作機械の解析・シミュレーションに関するサービスは、機械開発における設計・試験から既存プラントの解析までを実施。
28 鍛造：高応力コンポーネントの成形	DX	IWU	継続中と推測	<ul style="list-style-type: none"> 型鍛造に関する調査は主に、対応する成形ユニット、ツールシステム技術、及び成形される材料と密接に関連しており、特に、その後の予備成形 (クロスローリング) などの工程も含めて技術開発の一環としてプロセスチェーン全体を検討。 ロッド最適化や接合初期鍛造形状による材料効率などを研究。
29 表面仕上げ済みのバリフリー鍛造品の製造	DX	IWU	継続中と推測	<ul style="list-style-type: none"> アキシアルクローズドダイローリング (ACDR) は、ボアの有無にかかわらず回転対称の鍛造品を製造するための成形技術の最新の製造プロセスで、従来は密閉型鍛造でしか達成できなかった品質の製品の製造が可能となる。 油圧アキユムレータ、ホイールの製造などを研究。
30 アクティブメディアベースの成形	DX	IWU	継続中と推測	<ul style="list-style-type: none"> アクティブメディアベースの成形には、チューブ、異形材、金属シートを成形するための多数のプロセスが含まれる。ハイドロフォーミング (HF) は、このプロセスグループの最も重要な技術。 従来の軽金属のHF熱間成形に加えて、IWUはHFとプレス硬化の組み合わせプロセスも実現。
31 プレス硬化	熱処理	IWU	継続中と推測	<ul style="list-style-type: none"> 板金コンポーネントの成形と熱処理を1つの単一プロセスステップで組み合わせる形状硬化は、超高強度自動車車体部品の製造に重要。 ハイドロフォーミングによる中空形材のプレス硬化や熱間板金成形におけるエネルギー効率の高いプロセスチェーンなどを研究。

(参考) 企業との連携事例 (AM、DX)

金属積層造形 (AM) やDXに関して、以下のようなフラウンホーファー研究機構とドイツ国内・海外企業との連携事例がある。

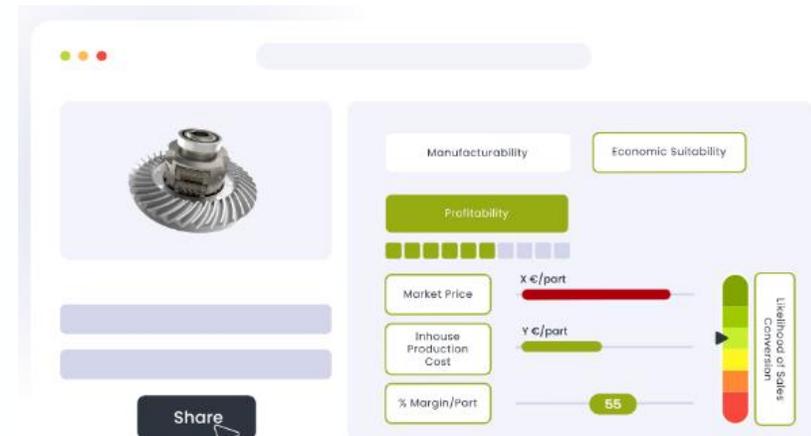
EXONE Company (米国)

- EXONEとフラウンホーファー研究機構IFAMは、金属バインダーと材料開発で提携を強化。
- 開発における両者の関係は 20 年以上。
- 近年では、IFAM の開発に基づく ExOne バインダーである CleanFuse を共同で改良し、最適化。その結果、ステンレス鋼や高級金属の 3D 印刷に最適なクリーン燃焼バインダーが誕生。
- 現在、アルミニウムやチタンなどの反応性材料を処理するためのCleanFuseバージョンの開発に取り組む。



3D Spark GmbH (ドイツ)

- 3D Sparkとフラウンホーファー研究機構は、ソフトウェアベースの部品スクリーニングの分野で協力。
- AI を利用して部品の製造に最適な材料と技術を見つけることで、リスクを軽減し、スムーズな作業を確保。製品の品質が向上し、市場投入までの時間を短縮。
- AI を活用したアルゴリズムを使用して技術図面を作成し、3D プリンティングの新しいアプリケーションも開拓。
- 3D Sparkは2021年、フラウンホーファー研究機構IPATの元従業員が設立。



3. 政策動向（EUの経済安全保障戦略）

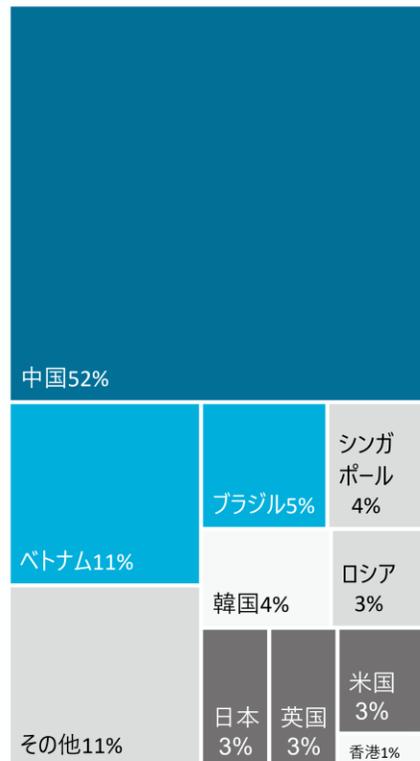
EUは、分断（de-coupling）ではなくリスク回避（de-risking）の方針のもと、2023年6月に経済安全保障戦略を公表。今後、EU域内への直接投資の審査や、EU企業向けの対外投資規制の議論が進む見込み。

経済安全保障 リスクの評価 (対象4分野)	サプライチェーンの強靱性リスク		重要インフラの物理的・サイバーセキュリティリスク	
	技術保護及び技術流出リスク		経済依存関係の武器化・経済的威圧リスク	
+	3つのアプローチ	施策の方向性		具体的法規制
経済安全保障 リスク低減の 取り組み	競争力確保と 経済振興 (Promoting)	域内経済の強化	<ul style="list-style-type: none"> 域内単一市場の維持強化 域内市場改革の実施と振興に向けた大規模投資 技術開発の促進と投資呼び込み 	<ul style="list-style-type: none"> 資本市場同盟の発展と域内金融システムの統合 欧州戦略的技術プラットフォーム（STEP） デュアルユース技術開発支援
		開かれたグローバル サプライチェーンの維持	<ul style="list-style-type: none"> 貿易関連施策 標準形成への関与 	<ul style="list-style-type: none"> グローバルゲートウェイ
		サプライチェーン強靱化	<ul style="list-style-type: none"> 欧州産業戦略、エネルギー安保 重要物資の確保 	<ul style="list-style-type: none"> 欧州原材料法、欧州半導体法、ネットゼロ産業法 CRM規則にて戦略的技術保有企業（AM、ロボット、宇宙産業、水素関連装置等）への供給網報告義務
	リスクからの保護 (Protecting)	経済的威圧への対処	<ul style="list-style-type: none"> 威圧的行為の抑止及び対抗措置の検討 	<ul style="list-style-type: none"> 反威圧的手段規則
		貿易・投資規制	<ul style="list-style-type: none"> 対内直接投資の審査 軍民両用品に関する輸出規制の改善提案 EUから外国への投資審査 	<ul style="list-style-type: none"> 対内直接投資規制 安全保障貿易管理制度 対外投資審査制度の検討
		技術流出防止	<ul style="list-style-type: none"> EU資金による研究の成果の保護 サイバー手段による知財窃取の防止 重要技術のリスク評価 	<ul style="list-style-type: none"> 「R&Iへの外国の干渉への対策」ツールキット EUサイバーレジリエンス法、サイバー外交ツールキット 先端材料、製造（AM含む）、リサイクル技術等の指定
		重要インフラ保護	<ul style="list-style-type: none"> 重要インフラの物理的・サイバーセキュリティ強化 重要インフラ関連サプライチェーンの安全確保 	<ul style="list-style-type: none"> 重要事業体レジリエンス指令、NIS2指令 5Gセキュリティツールボックス EUサイバーレジリエンス法、サイバー連帯法
	域外国との連携 (Partnering)	二国間・複数国間協力	<ul style="list-style-type: none"> 同志国との協力 FTAの拡大と途上国の連携強化 	<ul style="list-style-type: none"> 米EU TTC、印EU TTC、日EUハイレベル経済対話 イシューごとの国際アライアンスやパートナーシップ グローバル・ゲートウェイ
		多国間協力	<ul style="list-style-type: none"> G20や国際開発金融機関を通じた多国間協力 WTOの重視と改革推進 	<ul style="list-style-type: none"> G20その他の多国間枠組み WTO

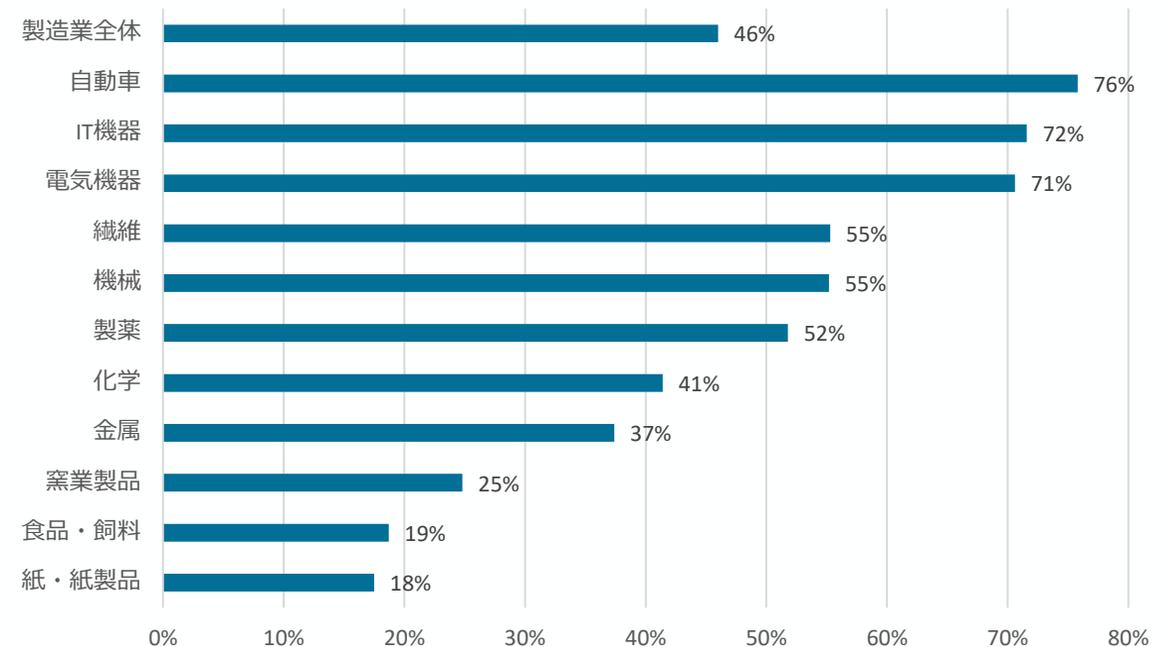
(参考) EUやドイツにおける外国への依存度

- EU全体における重要物資の輸入元は約 1 / 2 が中国。
- ドイツの製造業全体の約半数の企業が中国から輸入する中間製品に依存。

EU全体における重要物資（※）の輸入元割合



中国から輸入する中間製品に依存するドイツ企業の割合（業種別）



(※) 欧州委員会が分析した5,200品目中、センシティブかつ外国への依存度が高いと判断された137品目

出所：A. Baur and L. Flach, "Deutsch-chinesische Handelsbeziehungen: Wie abhängig ist Deutschland vom Reich der Mitte?"

3. 政策動向（Industry 4.0の進展）

ドイツは大手企業を中心にIndustry 4.0プロジェクトを着実に進め、業界を巻き込みながら、フレームワークの策定からユースケースの特定、実装まで進めている状況。

Industry4.0の背景と目標

- ドイツ連邦政府が産業の国際競争力強化を図る必要性から開始された取り組み。
- デジタル技術を用いて企業を超えたエコシステム全体の最適化を図り、産業全体の効率化・生産性向上を実現するとともに、新たなビジネスモデルの構築を目指す。

	主なイベント	概要
2011	Industry 4.0構想の発表	<ul style="list-style-type: none">• ドイツ連邦政府が「2020年に向けたハイテク戦略の実行計画」の施策の一つとしてIndustry4.0構想を発表。
2019	2030 Vision for Industrie 4.0の発表	<ul style="list-style-type: none">• ドイツのIndustry 4.0推進機関「Platform Industrie 4.0」が、2030年に向けたビジョン「2030 Vision for Industrie 4.0」を発表、自律性、相互運用性、サステナビリティを戦略領域として明記。
2020	Sustainable production: actively shaping the ecological transformation with Industrie 4.0の発表	<ul style="list-style-type: none">• ドイツのIndustry 4.0推進機関「Platform Industrie 4.0」が、「2030 Vision for Industrie 4.0」に基づいて目指すべき方向性と具体的なシナリオ（ユースケース）を明示。
2021	Catena-Xの発足	<ul style="list-style-type: none">• 2021年3月に経済・エネルギー省が開催したイベントで、ダイムラーとBMWが自動車産業のサプライチェーン間でデータを交換・共有するためのプラットフォームであるCatena-Xの設立を発表。
2022	Manufacturing-Xの発足	<ul style="list-style-type: none">• 2022年12月に製造業のデータ連携基盤構築イニシアティブであるManufacturing Xが発足。
2023	Confinity-Xの発足	<ul style="list-style-type: none">• Catena-X設立企業10社（BASF、BMW、ヘンケル、メルセデス・ベンツ、SAP、シェフラー、シーメンス、T-Systems、フォルクスワーゲン、ZFの10社）の共同出資により、Catena-Xの商用利用サービス提供事業者であるConfinity-Xを設立、10月にフォルクスワーゲンがサービス利用開始。

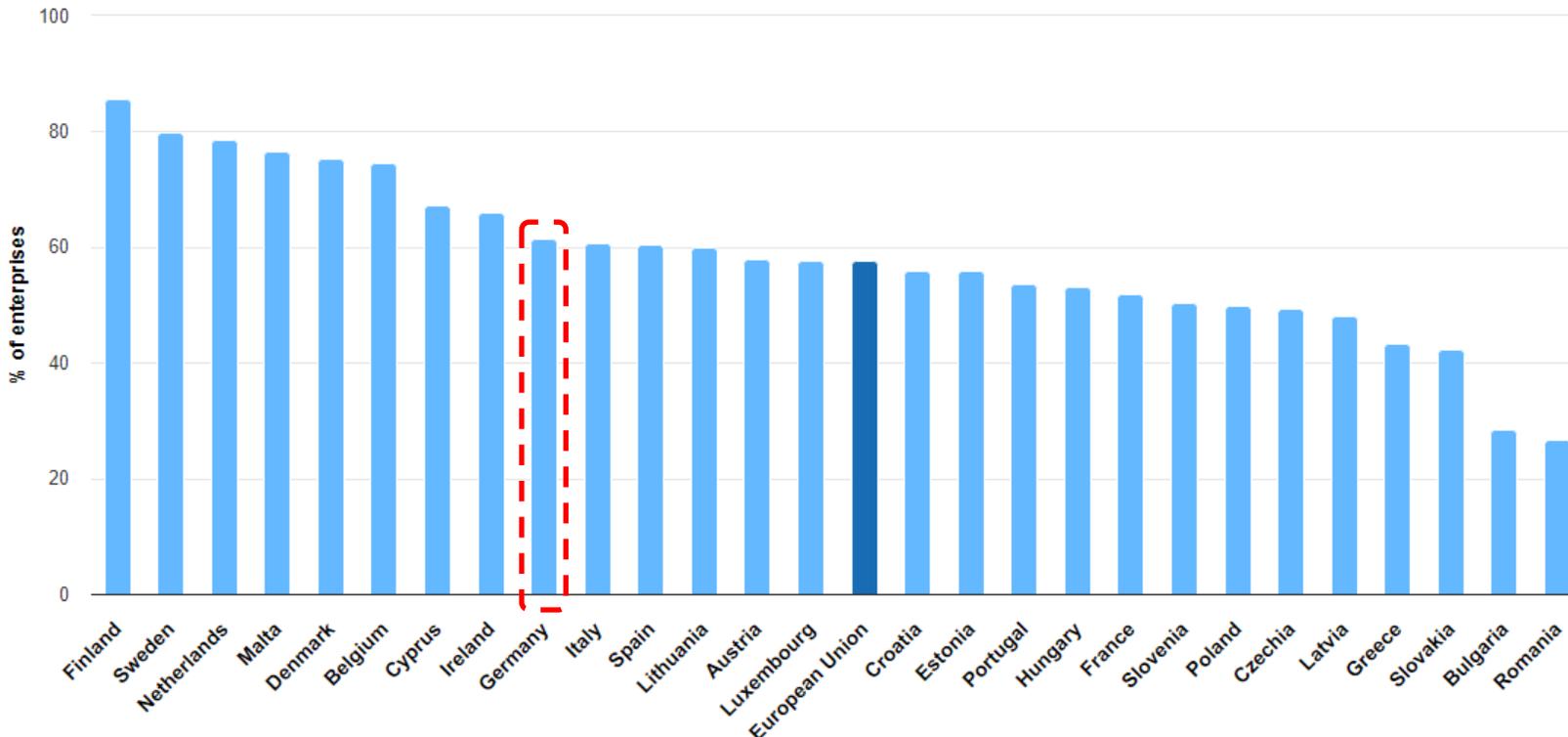
3. 政策動向（中小企業のデジタル化の状況①）

一方で、欧州内の比較においては、ドイツの中小企業（全業種）のデジタル化は欧州平均を若干上回る程度の進捗。

欧州委員会「Digital Economy and Society Index」における最低限の基礎レベルのデジタル集約度にある中小企業の割合

調査の概要

SMEs with at least a basic level of digital intensity (DII v3, available years: 2021 and 2023), Small and medium enterprises (10-249 persons employed)
DESI period: 2024 (data from 2023)



- 欧州委員会にて、EU加盟27か国のデジタル化の進展度を評価するための指標「デジタル経済及び社会指数（Digital Economy and Society Index : 以下DESIという）」を設定。
- 左記の「最低限の基礎レベルのデジタル段階にある中小企業*の割合」は、調査年次ごとにDESIで定める12の条件（インターネット接続環境、AIの活用、ERPやCRMの導入等）のうち4条件以上を満たす企業を示すもの。
- 同項目における欧州委員会の2030年の目標は90%。

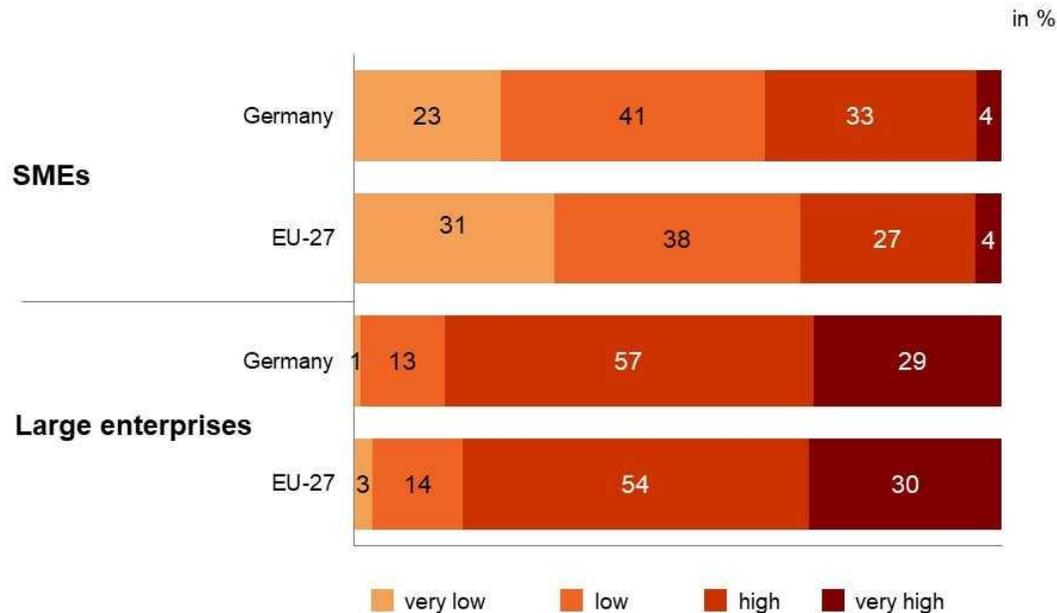
* EUにおける中小企業（Small and medium-sized enterprises: SMEs)の定義は、従業員数250人未満、または売上高50百万ユーロ以下、または総資産43百万ユーロ以下（European Commission HP）

3. 政策動向（中小企業のデジタル化の状況②）

IfM Bonn（ボン中小企業研究所）の調査でも、中小企業は大企業に比べてデジタル集約が進んでいない状況。

最低限の基礎レベルのデジタル集約度にある中小企業の割合

Digital intensity in the EU comparison (2022)



調査の概要

- IfM Bonnにて、Eurostat（EU統計局）のデータから、欧州とドイツにおける中小企業（SMEs）と大企業のDigital Intensity（デジタル集約度）の現状を取りまとめたもの。
- EU全体とドイツではほぼ同じ傾向がみられ、大企業では8割以上がvery highまたはhighとなっている一方、中小企業では半数未満にとどまる。

(参考) 中小企業のデジタル化が進まない理由の分析

Research Council of the Plattform Industrie 4.0のレポートにおいても、中小企業でデジタル化が浸透していない現状が分析されている。

「Industry 4.0の実施における盲点 (Blinde Flecken in der Umsetzung von Industrie 4.0)」

レポートの概要

- Research Council of the Plattform Industrie 4.0にて、デジタル化が進んでいない企業の実態を調査、文献レビューや企業や労働者団体へのインタビューを実施。

分析結果の要約

- **中小企業は短期的な成功に焦点を当てている**ため、デジタル化のソリューションが費用対効果がないと見なされることが多い。**資金調達の問題**もこれらの企業にとっての障壁である。また、**デジタル化の変化への心理的及び競争的圧力が不足**している場合がある。これにより、デジタル化措置の実施を開始するための勢いが欠如している。
- デジタルトランスフォーメーションを始めたばかりの企業は、**パートナー間で異なるデジタル化のレベル**に直面し、標準や規範の欠如がデジタル化プロジェクトに対する重要な障壁となる。
- ICTインフラの不十分さによって、十分な帯域幅にアクセスできず、冗長なネットワークセキュリティ対策を実施できないという問題もある。
- **自動車業界や電機業界と比較して、その他製造業はデジタル化の進展が遅い傾向**がある。



3. 政策動向（州政府）

自動車産業が集積する州において、自動車産業の構造転換に対応するための中堅・中小企業支援、研究開発支援を実施。

州	名称	内容
バーデン・ヴュルテンベルク州	自動車産業の構造転換に対するコンサルティング	<ul style="list-style-type: none"> 自動車産業に属する中小企業に対する構造転換（新しい製造方法、ビジネスモデルの多角化・展開、デジタル化、従業員教育など）に関するコンサルティング。 申請期間は 2021 年 1 月 11 日～2023 年 12 月31 日。同州に本社を置く自動車産業に関わる従業員数 3,000 人以下の企業が対象。 10 日分（一日当たりの報償は 1,250 ユーロまで）のコンサルティング費用の最大 80%を助成（上限額は 1 万ユーロ）。
	モビリティ分野専門企業の研究開発プロジェクト支援	<ul style="list-style-type: none"> 持続可能なモビリティ関連製品やサービスの開発を手掛ける企業による意欲的かつ将来性のある研究開発プロジェクトを支援。 対象は、本社が同州に所在し、売上は 2,000万ユーロ以下、従業員数 100 人以下の企業。 自動運転、車両のネットワーク化、フェール・セーフ部品及びシステム、新しい車両部品群、バッテリー、そのための製造技術、駆動装置、充電技術、パワーエレクトロニクスなどの研究開発が支援対象。 支出額の最大 50%（最大 2 万ユーロ）を支援。
バイエルン州	分野融合研究支援プログラム	<ul style="list-style-type: none"> バイエルン州経済・地域開発・エネルギー省が、モビリティ分野の研究開発プロジェクトを支援するプログラム。 2 社以上の企業・研究機関などが行う研究開発プロジェクトを支援。中小企業を優先。 エンジン技術（特に水素エンジン、電気モーター）、高効率トランスミッション技術、エネルギー・熱マネジメント技術、ハイブリッド技術（燃料電池）、貯蔵技術（特にバッテリー技術）などを対象とする。 実施予定の研究開発プロジェクトは、①顕著な技術的もしくは経済的リスクが伴うこと、②高度なイノベーションを目標とすること、③プロジェクトの主たる部分の実施はバイエルン州内で行うこと、④研究開発コストを自社で賄える予算が確保できていることなどの条件を満たすことが支援を受けるために必要。 産業における研究開発プロジェクトでは、対象となるプロジェクト・FS 調査に関する支出額の最大 50%まで助成。

(参考) 政策動向 (日本の自治体)

自動車産業が集積する自治体において、自動車産業の新たな潮流 (CASE、MaaS等) への対応や事業転換に向けた中堅・中小企業支援を実施。

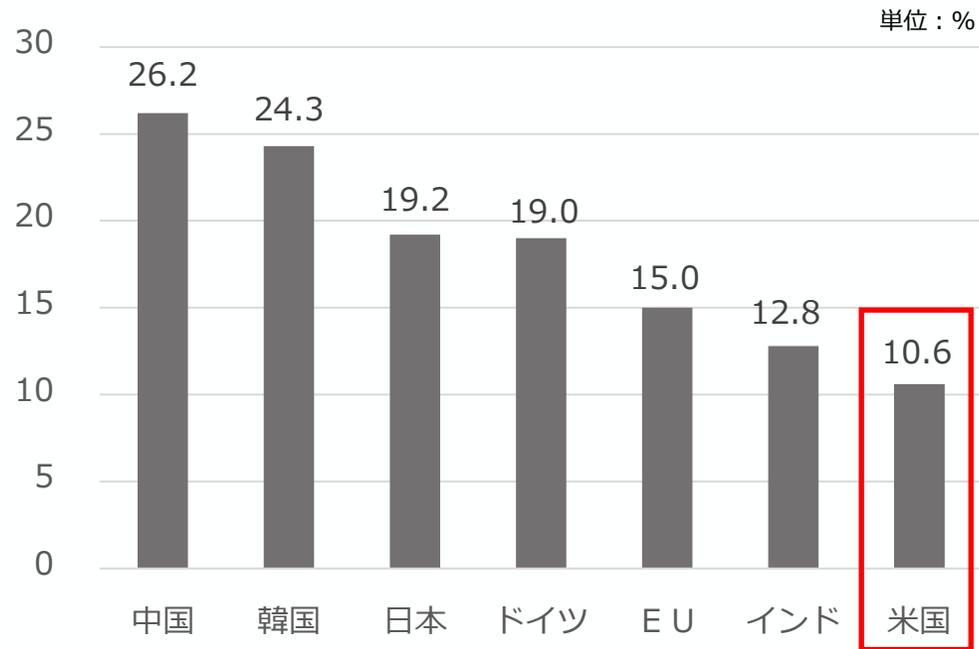
都道府県	名称	内容
愛知県	自動車産業アクションプランに基づく振興策の実施	<p>「あいち自動車産業アクションプラン」(2021年3月策定、計画期間:2021年度~2025年度)に基づき、自動車産業が100年に一度の大変革期に対応するため、自動車関連企業の基盤強化や、CASE、MaaSといった新たな潮流への対応に向けた取組を実施。</p> <p>(具体的な支援策の例)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 自動車サプライヤーの新規事業開発支援 県内の自動車サプライヤー(中堅・中小企業)による新しい製品開発や、新事業領域へのチャレンジの促進を目的として、オープンイノベーションや自社のコア技術の活用による新事業開発プロジェクトを支援するハンズオン支援プログラム「愛知県自動車サプライヤー BUSINESS CREATION」を実施。 ▶ マッチング・商談機会の創出 電動化のトレンドで求められる新規部品や、新しい技術を取り入れた新工法などに積極的に取り組む自動車サプライヤーとトヨタ自動車株式会社をはじめとするトヨタグループ各社とのマッチング・商談の機会を提供。 ▶ BEV関連部品展示解説イベント 中堅・中小自動車サプライヤーを対象に、BEVを始めとする次世代自動車分野について理解を深めるため、BEV、FCEV、PHEVの構成部品等を展示・解説する「BEV関連部品展示解説イベント」を開催。
静岡県	次世代自動車対応支援	<p>(公財)浜松地域イノベーション推進機構と連携し、次世代自動車に搭載される部品を開発するための各種支援を実施。</p> <p>(具体的な支援策の例)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 次世代自動車に搭載される技術的価値の高い部品(電動パワートレイン、熱マネジメントシステム等)を購入し、分解調査を行い、各分解部品等に関する技術的解説を行う報告会を開催。 ▶ CASE対応のため、次世代自動車関連部品のベンチマーク活動などから得られた知見により、新たな試作部品にチャレンジし、技術力の向上や取引先に対する提案力を高めようとする中小企業に対し、公募により試作品などを製作委託し費用の一部を支援。
神奈川県	自動車部品サプライヤー支援	<p>(公財)神奈川産業振興センターに自動車部品サプライヤー支援センターを設置し、県内中堅・中小自動車部品サプライヤーが「攻めの業態転換・事業再構築」を進めるにあたって抱える事業転換に向けた戦略策定、技術開発、販路開拓・マッチング、設備投資などといった経営課題を支援センター在籍のコーディネーターが分析し、課題に応じたアドバイスや専門家派遣などを実施することで事業再構築を支援。</p>

III. 米国における素形材産業の調査分析結果

1.1. 製造業の位置付け

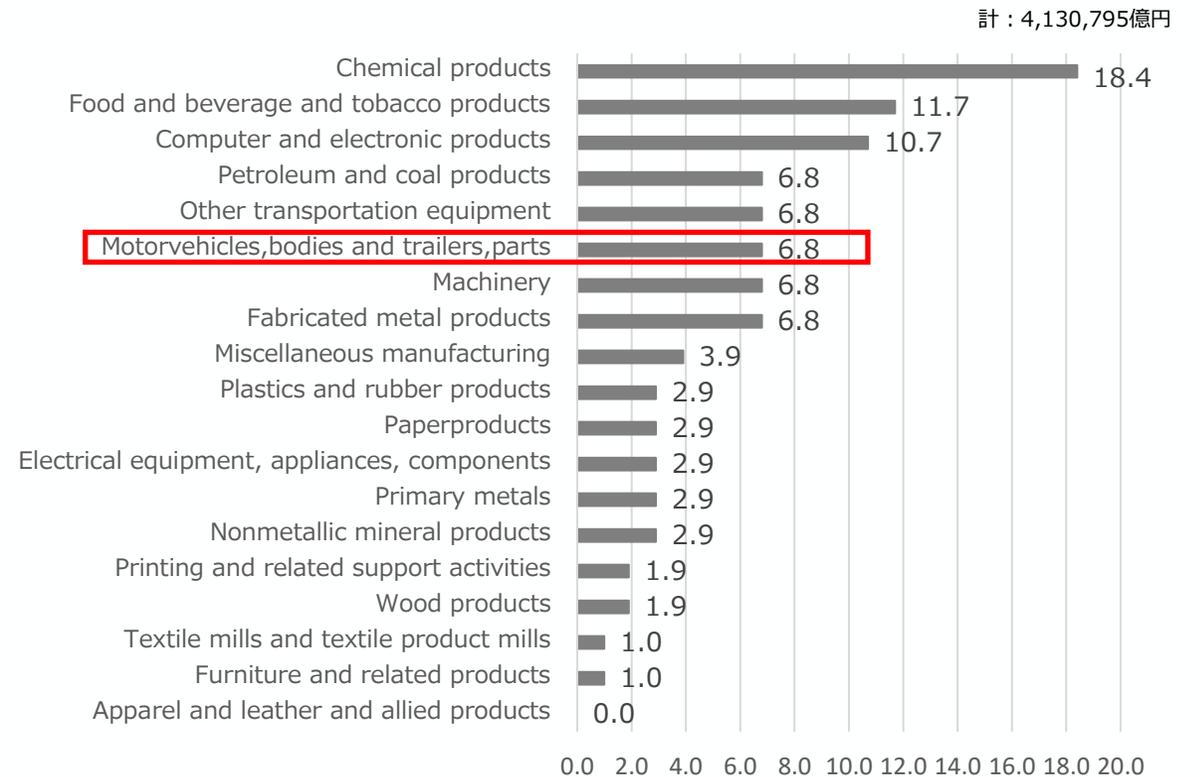
米国名目GDPに占める製造業の割合は、日本、ドイツの約半分の10.6%。自動車及び自動車部品は、米国製造業の実質GDPのうち約7%を占める。

各国名目GDPに占める製造業の割合



出所：World Bank Open Data
※中国・韓国・ドイツ・インドは2023年データ、日本は2022年データ、米国は2021年データ

米国製造業実質GDPに占める業種別の割合



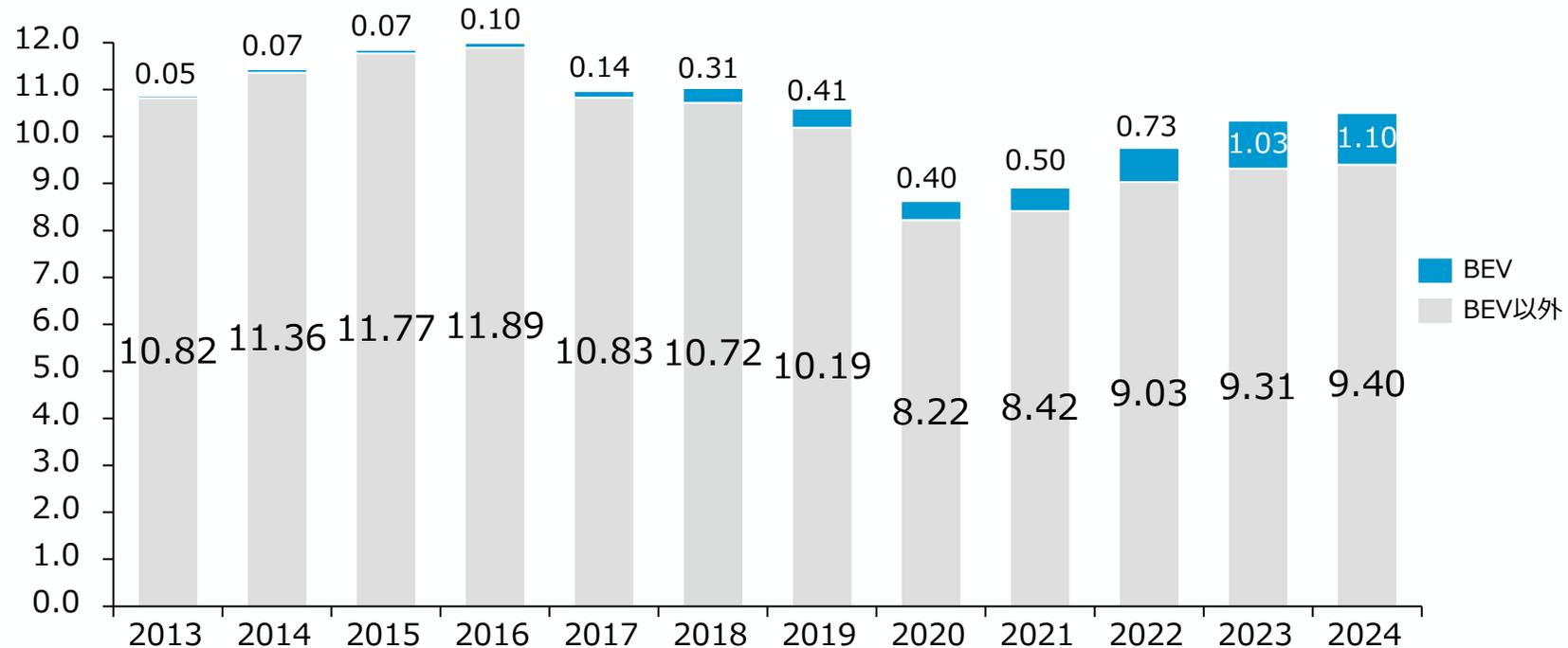
出所：US Department of Commerce Bureau of Economic Analysis (2023)
※1ドル=147.28円(2023年8月-2024年7月平均)で計算

1.2. 自動車生産動向

- 米国国内における自動車生産台数は、2016年をピークに2020年まで減少、その後増加傾向。
- BEVの生産比率は、現状約1割。

米国の自動車生産台数推移

単位：百万台

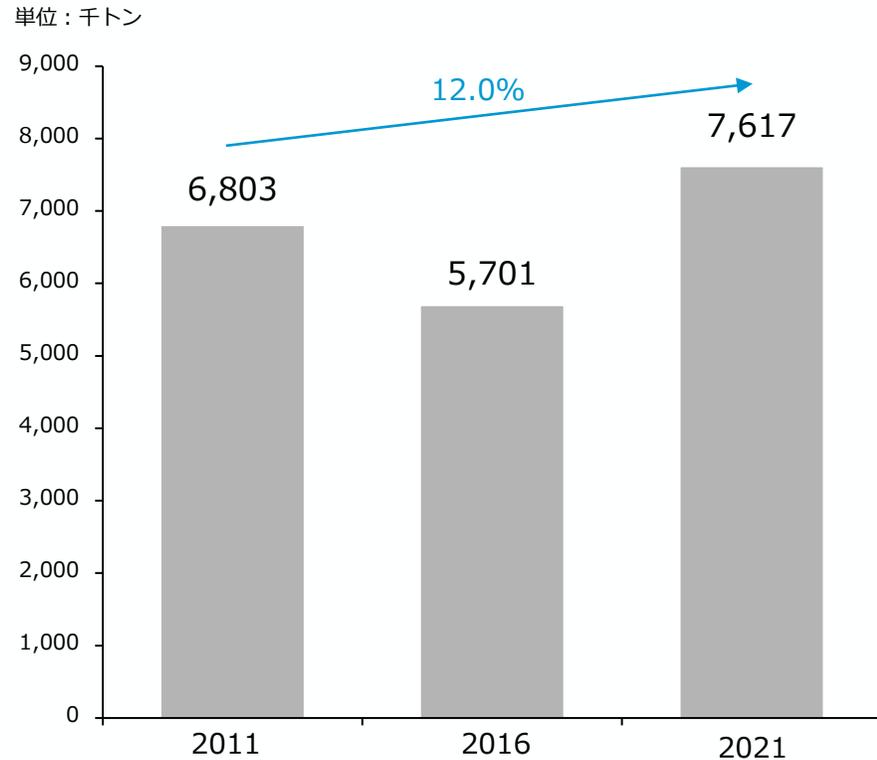


出所：S&P Global
※2024年は予測値。一部FCVを含む。

1.3. 素形材産業の生産量（鋳造）

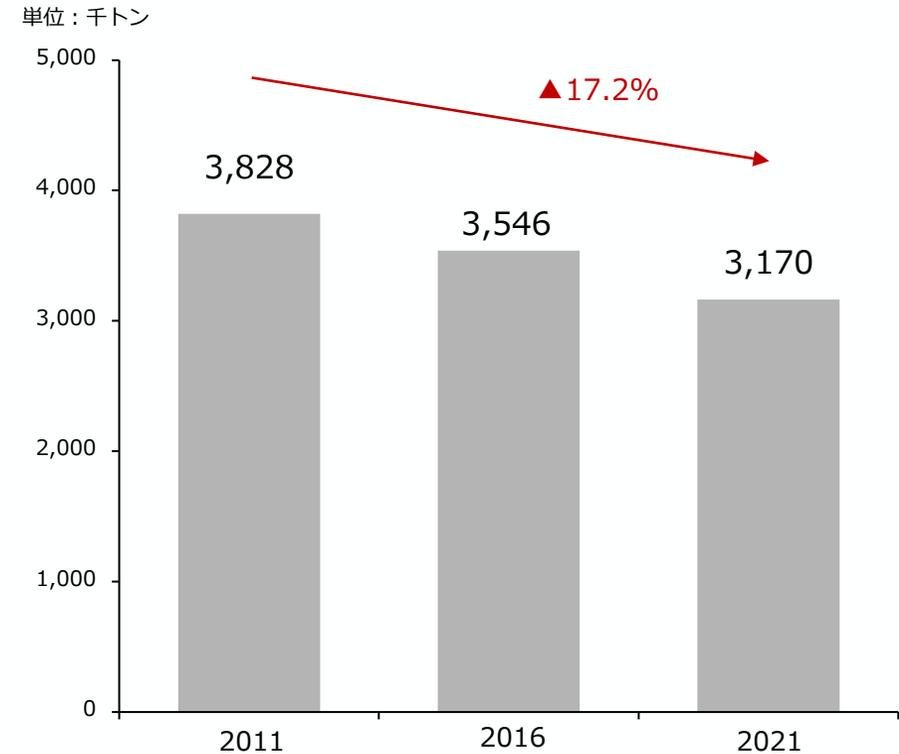
米国の鋳造（鋳鉄鋳物）の生産量は増加傾向にある。

米国鋳鉄鋳物生産量の推移



出所：第1回委員会資料

日本鋳鉄鋳物生産量の推移

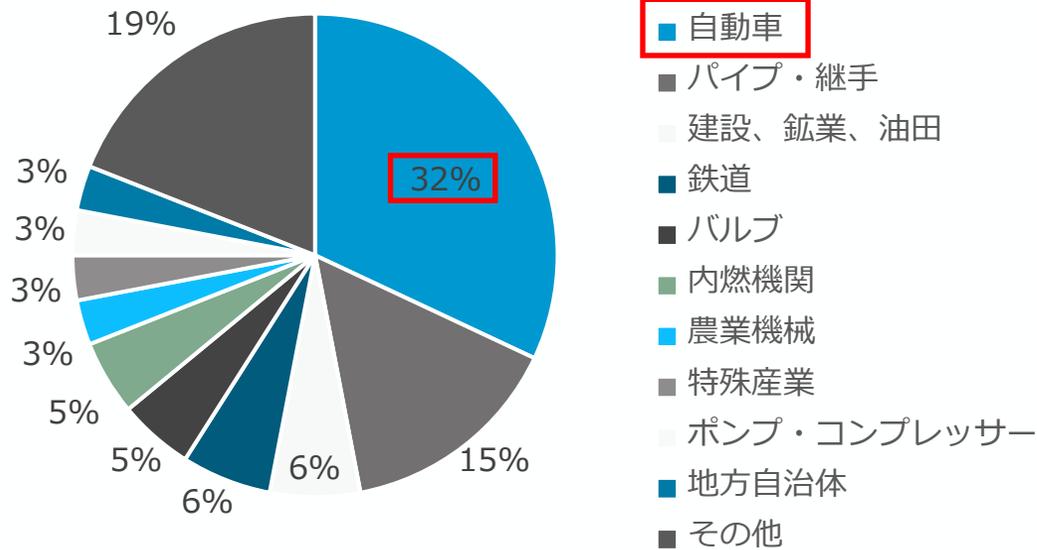


出所：第1回委員会資料

1.3. 素形材の需要先の構成

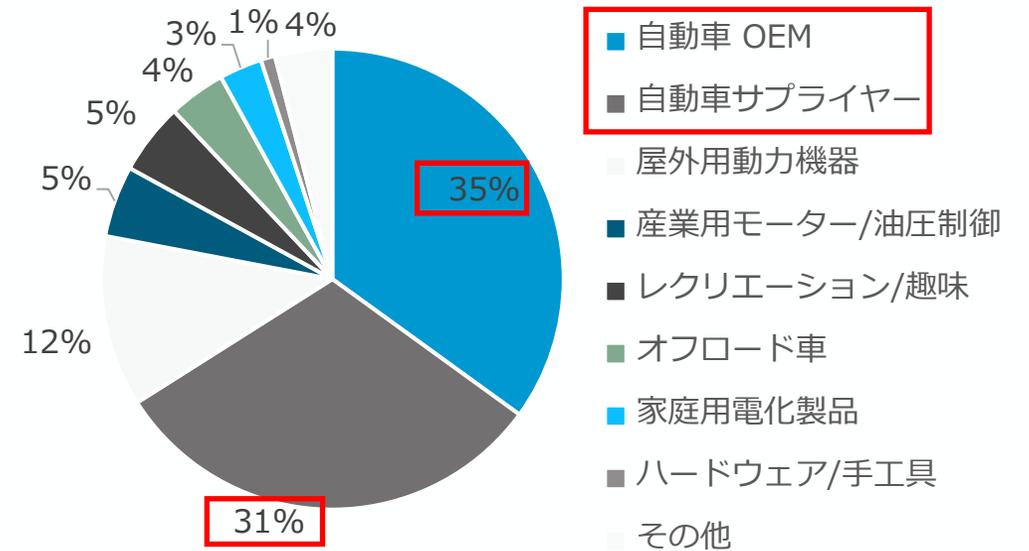
最大の需要先は自動車であるが、鑄造の場合、約3割と日本の半分程度となっている。

米国鑄造業の需要先（2022年）



出所：United States Department of Energy 「DOE MARKET RESEARCH STUDY DOMESTIC CASTING INDUSTRY」(2022)
 ※生産額ベースか生産量ベースの記載なし

米国粉末冶金業の需要先（2022年）

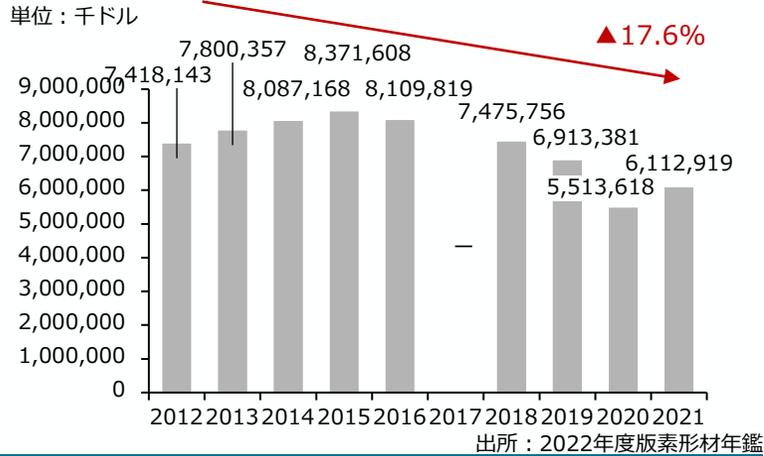


出所：MPIF 「PM INDUSTRY ROADMAP」(2023)
 ※生産額ベースか生産量ベースの記載なし

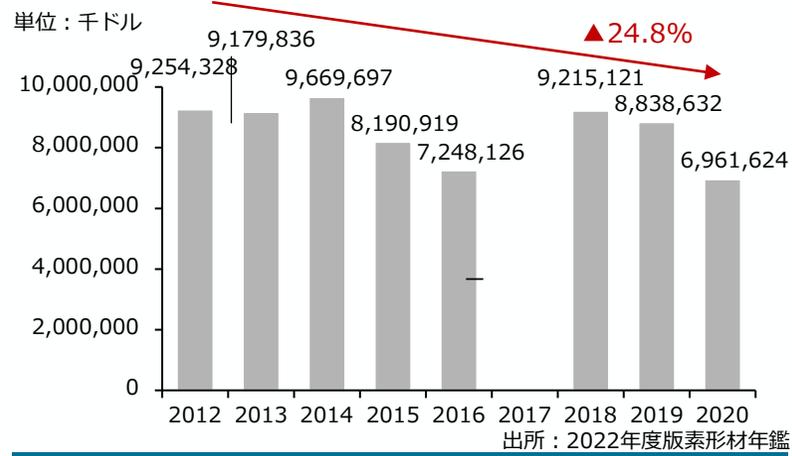
1.3. 素形材産業の出荷額（ダイカスト、鍛造、金属プレス）

米国では、ダイカスト、鍛造の出荷額はともに日本と比較して大きく減少傾向にあり、2012年から2021年にかけて2割程度減少。一方、金属プレスは増加。

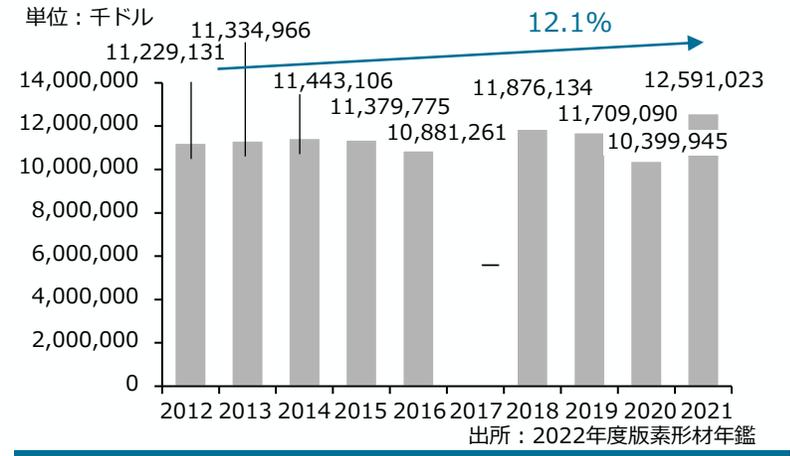
米国ダイカスト出荷額



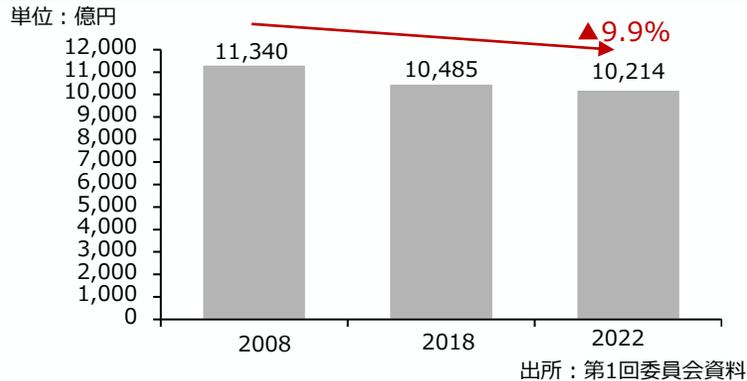
米国鍛造出荷額



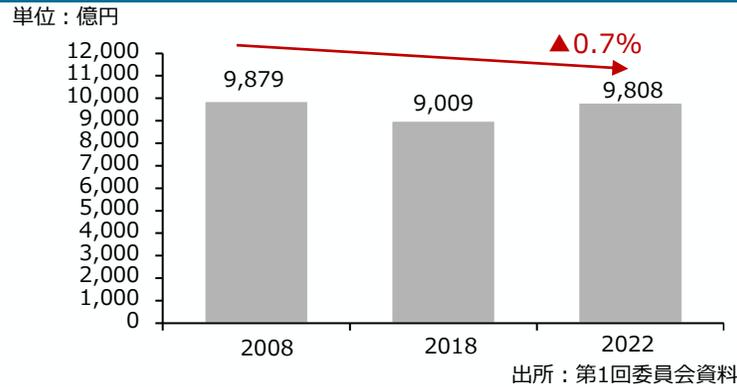
米国金属プレス出荷額



日本ダイカスト出荷額



日本鍛造出荷額



日本金属プレス出荷額



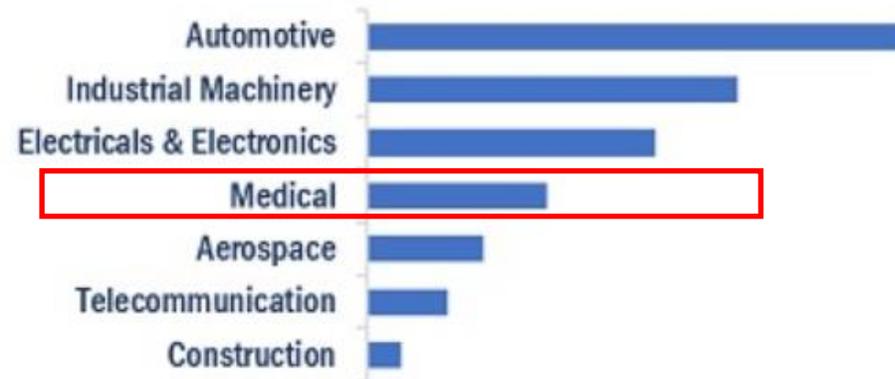
(参考) 金属プレス需要先

北米の金属プレスは、自動車最大の需要先であり、産業機械や電気・電子機器もあるが、今後、医療機器については、高齢化による伸びが予想されている。



BY END-USE INDUSTRY

2023 (USD BILLION)



DRIVING FACTORS FOR GROWTH IN NORTH AMERICA

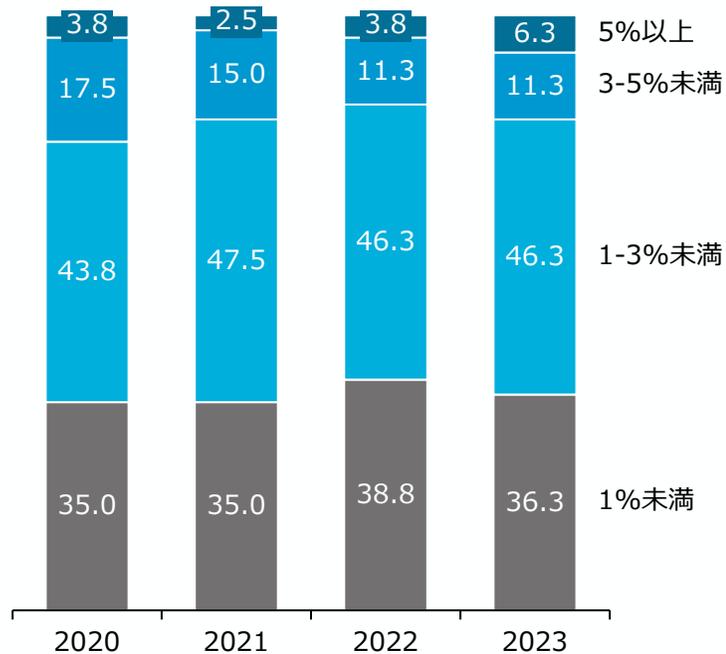
- Growing aging population, increasing healthcare expenditure and advancement in medical technology are the key factors driving the market in North America region.
- North America is expected to experience significant growth due to increasing consumer base for the electric vehicles.

1.3. 事業収入に対する研究開発費の比率

素形材企業の事業収入に対する研究開発費の比率は、日本と比べて米国は2倍程度高い。

日本

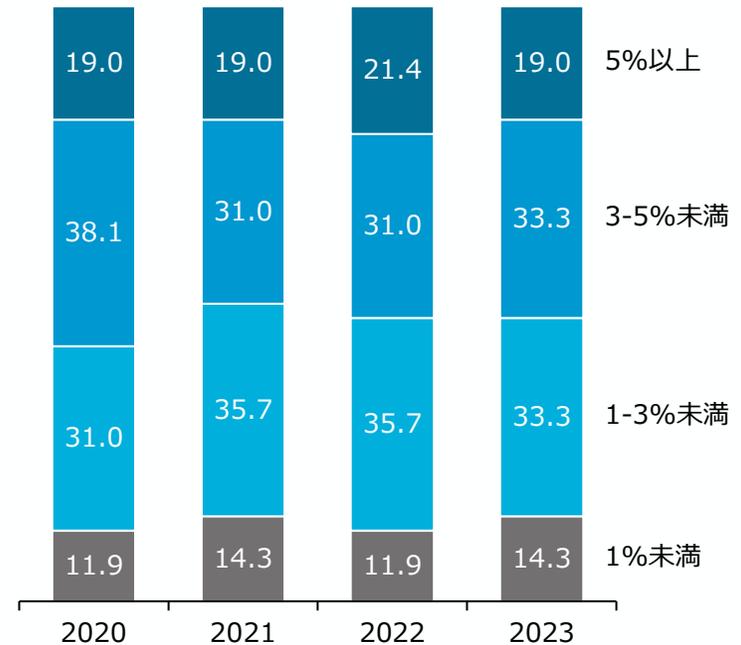
N = 80



	2020	2021	2022	2023
平均値	1.9	1.8	1.8	1.9
中央値	1.6	1.5	1.4	1.4

米国

N = 42



	2020	2021	2022	2023
平均値	4.7	4.7	3.9	4.1
中央値	3.5	3.1	3.0	3.1

出所：LSEG Workspace（企業財務等データベース）から取得したデータよりPwC作成

※北米標準産業分類にて素形材関連企業（上場）を抽出、欠損値、事業収入500万ドル（約7.4億円）以下を除外し集計

※事業収入500万ドル（約7.4億円）以下の企業は、ドイツ、日本には存在せず。米国では主に新興企業が該当すると考えられ、ドイツ、日本の企業群と比較可能性を高める目的で除外している

※素形材関連の上場企業で、LSEG Workspace（企業財務データベース）から研究開発費の値を取得できた企業をサンプルに比較

2. 企業事例① Carpenter Technology

基本情報

設立：1889年

所在地：米国

従業員：4,500人(2023年6月期)

売上高：約2,468億円（2023年21月期、連結）

拠点：米国、カナダ、ベルギー、中国、メキシコ、シンガポール、韓国、スウェーデン、台湾、英国

業種：**鋳造・鍛造・粉末冶金**

事業領域：

航空宇宙・輸送・防衛・エネルギー・産業・医療

事業ポートフォリオ（2023年売上高比率）：航空宇

宙：48%、産業・消費者：19%、医療：14%、輸送：7%、防衛：7%、エネルギー：5%

事業概要：

・特殊合金事業：ニッケル、鉄、コバルト基超合金や高強度鋼などの高性能合金製品を提供し、次世代のモーターや電子機器も製造。

・**チタン合金や金属粉末の製造、積層造形技術の提供を通じて、航空宇宙、医療、BtoCなど多岐にわたる高付加価値製品**を提供。

強み（技術・装置など）

・幅広い業界の顧客に性能・耐久性・コスト効率などがカスタマイズされた製品を提供するために**研究開発、品質保証、品質管理を重点的に注力**。

▶グローバル研究開発チームは、様々な合金化学の専門知識を持つ冶金学者、技術サービス、材料モデリングの専門家で構成。

▶研究開発ラボでは、**独自で高品質な特殊合金を開発**。金属加工や合金の研究を行い、顧客のニーズに合わせた特別な合金の開発や電化製品の材料製造も実施。

▶各拠点では、単一な品質管理システム（QMS）が使用され、国際標準・業界水準・SAE International※の方法論などに準拠しており、厳格な品質保証と品質管理を徹底。

※SAE International：Society of Automotive Engineers（航空・宇宙、自動車、商用車業界のエンジニアと専門家で構成される米国の協会）

・2022年と比べ、Co2排出量を20%以上削減し、事業の90%を占める4つの主要生産施設でISO14001認証を取得。



2. 企業事例② Howmet Aerospace Inc.

基本情報

設立：1888年

所在地：米国

従業員：23,200人（連結）

売上高：9,340億円（2023年12月期、連結）

拠点：米国、英国、フランス、ドイツ、ハンガリー、モロッコ、日本、中国など23カ国

業種：**鋳造・鍛造・機械加工**

事業領域：航空機器、防衛・宇宙、商用車

事業概要：

- ・航空機エンジン、ガスタービン向けの鋳造部品等の製造
- ・航空宇宙向けのボルト、リベット、ラッチ等締結部品の製造
- ・合金、ステンレス鋼、チタン等の押し出し材製造
- ・商用車向けアルミホイール製造



※2023年1-12月期平均レート140,67円/ドルで計算

強み（技術・装置など）

・軽量金属、超合金を用いた航空機ジェットエンジン、ロケットエンジン、発電用ガスタービン等に使用される加工部品、**精密鋳造部品に強み**を持つ世界有数の企業。1948年に世界初のトラック向け鍛造アルミホイールを販売した企業であり、現在も「Alcoa Wheels」ブランドで販売。

・**高度な冷却機能を備えた翼や、極端な温度用途向けのコーティング**など、**差別化された高付加価値製品に強み**。航空機体及びエンジン部品の90%以上を製造可能。

・同社の主力は航空宇宙産業(防衛含む)であり、2023年売上高の約64%を占め、産業用ガスタービン、石油・ガス等インフラ関連が約15%、トラック用アルミ鍛造ホイール（鍛造）が約21%。
地域別では、北米56%、欧州31%、アジア11%、その他2%の内訳。

・**2023年決算は対前年比17%増。民間航空市場の需要増に加え、エンジン製品と鍛造ホイール部門が過去最高の利益。**

・社名変更と再編に伴い、**航空宇宙、産業ガスタービン、鍛造ホイールに注力**。最近では、ハンガリー拠点に約70億円投資し、鍛造アルミホイール生産能力を大幅に拡張（2025年完了予定）。

2. 企業事例③ Meadville Forging Company

基本情報

設立：1971年

所在地：米国

従業員：185人(単体)

拠点：米国

業種：鍛造、熱処理、機械加工、金型製作

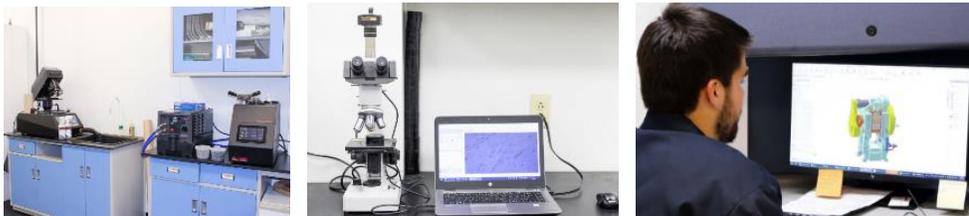
事業領域：

自動車、大型トラック、石油・ガスプラント

(※うち石油・ガスプラント向けの鍛造品が事業の約10%を占める)

事業概要：

- ・自動車部品：リングギア、スピンドル、ハブ、PTO (Power Take off) ギア、フランジ部品の製造。
- ・大型トラック部品：シャフト、PTOギアの製造。
(緊急車両/消防車両用の部品も含む)
- ・石油・ガスプラント向けの鉄鋼部品：ボールバルブ、ボトムバルブ、シートなどの製造。



強み (技術・装置など)

- ・ 設計、金型製作、鍛造、熱処理、機械加工までを自社でワンストップに行い、コスト/納期に柔軟に対応。
- ・ 顧客へ高い製品価値を提供できるよう、施設や設備に継続的に投資を実施。
- ・ 部門横断的なエンジニアリングチームがあり、設計、機械、電気、制御を専門とするエンジニアで構成。
- ・ 製品と金型のソリッドモデリング、3D材料フローシミュレーション、FEA (Finite element analysis 有限要素解析：仮想環境で製品とシステムをモデル化し、潜在的または既存の製品性能の問題を見つけ解決するための解析) を行うことができ、試作品製作のスピードや精度向上に寄与。
- ・ 社内に研究所があり、金属元素を観察可能な発光分光分析装置により鍛造工程中の鋼の挙動を評価可能。また、ブリネル硬さやロックウェル硬さを測定できる硬度計や顕微鏡を有し、微細構造や粒径の確認も可能。
- ・ 各工程での製造関連データをシームレスに収集し、製造状況を確認しつつ、将来的な改善に役立てるためのプラットフォームとなるソフトウェアIgnition SPC®を導入している。
- ・ 機械加工部門には52台のCNC旋盤、8台のCNC加工機、4台の誘導硬化機があり、製品を自動計測するゲージや関節ロボットを複数導入しており、測定結果をフィードバックすることで、製品の精度向上やスクラップ率低減に寄与している。

2. 企業事例④ Metal Technologies

基本情報

設立：1997年

所在地：米国

拠点：米国、メキシコ

業種：**鋳造、機械加工**

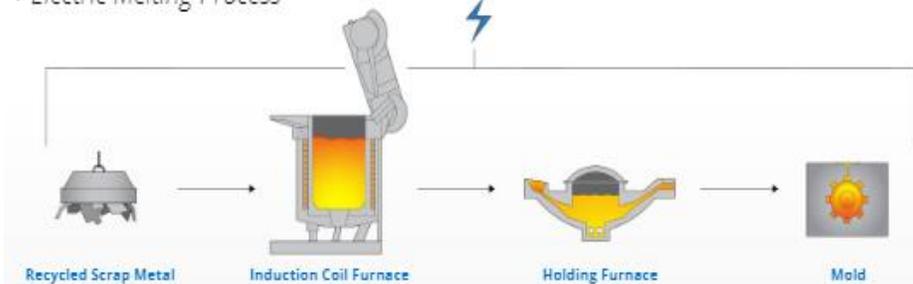
事業領域：

米国・メキシコにある6つの製造拠点を軸に、鉄道、商用車、建設機器などの市場へ鋳造製品と機械加工製品を提供。

事業概要：

- ねずみ鋳鉄、オーステンパ処理鋳鉄などの鋳鉄製品を製造。
- 最先端の電気溶解技術を駆使し、カーボンニュートラル鋳鉄製品を提供。

▶ Electric Melting Process



強み（技術・装置など）

• 電気溶解プロセスによるグリーン製品の製造

- ▶ コークスを燃やし加熱する従来のキュポラ溶解技術ではなく、加熱に電気を用いる**電気溶解技術の活用とカーボンフリー電力の導入**により、CO2排出量（Scope1及び2）を60%削減することが可能。（Scope3まで加えると、電気溶解プロセス全体で最大75%の削減が可能）

• 企業買収による技術の獲得

- ▶ 2024年3月、アルミダイキャストや小型ダクタイル鋳鉄の施設等を有するKey 3 Casting LLC（年間売上高:約109億円、従業員数:約300人）を買収し、市場の需要増加が見込まれる鋳物の重量削減に必要な技術を獲得。

• **北米初となるカーボンニュートラル鋳鉄製品**

- ▶ 自社のサステナビリティロードマップにおいて、CO2排出量（Scope1及び2）の削減目標を25%に設定。
- ▶ 製品の各プロセスにおけるカーボンフットプリントの調査・検証を行い、第三者認証を取得したカーボンニュートラル製品（ENVIRON）を展開し、Scope3のGHG排出量の削減に貢献。
- ▶ 2024年4月までに自動車や油圧機器の部品など、約210万個のENVIRON製品を販売。（従来のキュポラ溶解での製造に比べ2,400万ポンド以上のCO2排出削減に貢献したと推定）

• **CNC（コンピューター数値制御）加工技術による自動化生産ライン**

- ▶ 水平・垂直フライス盤、旋盤、研削盤など225台のCNC加工マシンを保有している。

出所：企業HP,[MEXICO NOW](#), Modern Castingに基づきPwC作成

2. 企業事例⑤ Tooling Tech Group

基本情報

設立：1982年

所在地：米国

従業員：600人以上

拠点：米国に11、中国に1の製造拠点

業種：鋳造、鍛造、プレス加工、金型製造、プラスチック加工

事業領域c：

自動車・航空宇宙・家電・農業・海洋・オフロード車両

事業概要：

- ・ ツーリングの製造：熱成形、圧縮成形、ブロー成形、ダイカスト、プレス加工などの加工により、様々なツーリングを製造。
- ・ 自動化ソリューション：自動化された組立システム・接合システム・検査システム・マテリアルハンドリングなどの自動化ソリューションを活用し、製造プロセスの最適化・コスト削減・品質向上を実現。

主なM&A：

1998:Alpha Mold社とAir City Models and Tools社を買収し、自動車内装用の模型、射出成型金型技術等を獲得。
2015:Majestic Industries社及びGH Tool&Model社を買収し、航空宇宙分野におけるダイカスト技術等を獲得。
2018年以降も、企業買収を積極的に進め、複合部品製造用の金型設計技術を強化・獲得するなど事業拡大を進める。

強み（技術・装置など）

- ・ 鋳造、鍛造、プレス加工、金型などの加工法により、様々なカスタマイズされたツールを製造。
- ・ ツールの設計・エンジニアリング・製造・テストまでの生産プロセスを統合。
 - ▶ 拠点内には鋳造所があり、鋳造の全工程を管理できるため、コストの削減、リードタイムの短縮、そして製品の品質保証を可能とする。
- ・ 組立・接合・検査・マテリアルハンドリングなどの自動化ソリューションを活用し、製造プロセスの効率化と最適化を実現。
- ・ 米国に11の自動化・プラスチック加工・ダイカスト拠点、中国にプレス加工及び金型設計拠点を持つ。
- ・ CNC（コンピューター数値制御）を活用し、迅速でかつ高精度な精密部品を製造。迅速な見積もりと生産開始、高精度な加工能力、多様な材料対応力の観点で差別化を図っている。
- ・ 同社が製造・販売するSEGENとは、空気圧の調整のみであらゆるものを素早く固定・保持できるシステムであり、設備や工具のセットアップ時間を大幅に短縮し、生産効率を向上。



(参考) 調査企業事例一覧

	企業名	本社	設立年	業種	売上(円)	EBITDAマージン	社員数(人)	注目ポイント							概要	
								DX	GX	CX	人材	資本集約	多角化	海外進出		規格化
1	Bluewater Thermal Solutions	米国	2001	熱処理	-	-	-				○	○	○			<ul style="list-style-type: none"> • ホウ化処理ソリューションを強みとする米国有数の熱処理事業者。熱処理に特化した事業を展開。 • 米国内に11の拠点を有しており、立地に応じ周辺産業ニーズに沿った加工処理サービスを提供し、航空宇宙、農業機械、エネルギー、自動車、医療分野等幅広い業界に顧客を有している。経営陣は各業界に知見を有する人材で構成。
2	Carpenter Technology	米国	1889	鑄造 鍛造 粉末冶金	3,756億	10.4%	4,500		○					○		<ul style="list-style-type: none"> • 米国に本社を置き、9か国に製造施設や流通サービスなどの拠点を有する。130年以上熟練された特殊合金やプロセス革新の専門性を生かし、多岐にわたる業界にカスタマイズされた付加価値のある製品を提供。 • 特殊合金の製造において高度な専門技術と強固な製造インフラを持ち、研究開発や品質管理を通じて品質と性能を追求する。また、持続可能な製造プロセスを推進し、カーボンニュートラルを目指したGXへの取り組みにも注力。
3	Howmet Aerospace	米国	1888	鑄造 鍛造 機械加工	9,340億	23.0%	23,200	○						○		<ul style="list-style-type: none"> • 売上高約1兆円の大企業であり、米国の民間航空機や防衛・宇宙産業の成長に伴い、近年売上を伸ばしている。主要な事業は航空機や防衛・宇宙向けの鑄造・鍛造部品製造であり、全社売上の70%程度を占める。 • 軍や企業と提携し、製造方法と合金開発に関する技術をもとに付加価値の高い部品を開発。主力製品でシェアNo.1を獲得している。
4	Littlestown Foundry, Inc.	米国	1916	鑄造	-	-	70									<ul style="list-style-type: none"> • アルミ製の鑄物生産に特化した砂型鑄造事業者で、創業100年を超える歴史を有する。 • もともとは、ねずみ鑄鉄工場として創業開始したが、時代の変化と共にアルミ鑄物の生産特化にシフトし、多様な産業向けに様々な製品を供給。

※表中の-は公開情報からデータが取得できなかった項目
出所：各種資料よりPwC作成

(参考) 調査企業事例一覧

	企業名	本社	設立年	業種	売上(円)	EBITDAマージン	社員数(人)	注目ポイント								概要	
								DX	GX	CX	人材	資本集約	多角化	海外進出	規格化		
5	Meadville Forging Company	米国	1971	鍛造 熱処理 機械加工 金型製作	-	-	185	○								○	<ul style="list-style-type: none"> 海外に製造拠点は持たず、米国内で自動車（大型トラック含む）向けの鍛造部品を中心に製造している中小企業。自社に研究所を有しており、鍛造部品の設計・金型製作・鍛造・熱処理・機械加工までをワンストップで行っている。 設計から各製造部門まで積極的にテクノロジーを活用、製造工程におけるデータ収集・監視ツールやロボットの導入、社内研究所における発光分光分析装置の導入等を行っている。
6	Meritor, Inc.	米国	2000	鋳造 プレス 機械加工	4,122億	10.9%	9,600									○	<ul style="list-style-type: none"> 米国に本社を置き、19か国に製造施設やエンジニアリングセンターなどの拠点を有し、自動車向けにドライブトレインシステムや構成品などを提供する。2022年8月、米国Cummins社により買収される。 電動パワートレインなど電気自動車向け部品を主力の製品とし、ゼロエミッション化に尽力する。ルーマニア・メキシコ・ブラジル・オーストラリアなどに海外拠点を有する。
7	Metal Technologies	米国	1997	鋳造 機械加工	-	-	-		○							○	<ul style="list-style-type: none"> 米国に本社を置き、メキシコに拠点を持つ鋳造・機械加工企業。年間145,000トンのねずみ鉄・215,000トンのダクタイル鉄を生産する能力を有する。 CO2排出量の大幅な削減が可能電気溶解プロセスにより鋳鉄部品を製造。第三者認証を取得したカーボンニュートラル製品の開発や企業買収による技術獲得を推進。
8	PC Krause and Associates	米国	1983	エンジニアリング等	-	-	48	○									<ul style="list-style-type: none"> 先進的なエネルギーシステムにおいて高水準のエンジニアリング及びコンサルティングサービスを提供しており、特にパワーエレクトロニクスやエネルギー変換に重点を置いている。 SBIRプログラムの一環として、LPBF 3Dプリンタの欠陥を検出するために、印刷された部品の完全性を解析するシステムを設計・テストし、将来的に3Dプリントの精度を管理することを目指している。

(参考) 調査企業事例一覧

	企業名	本社	設立年	業種	売上(円)	EBITDA マージン	社員数 (人)	注目ポイント							概要	
								DX	GX	CX	人材	資本集約	多角化	海外進出		規格化
9	Tooling Tech Group	米国	1982	鑄造 鍛造 プラ加工 プレス 金型製造	-	-	600 以上	○								<ul style="list-style-type: none"> 米国最大のツーリング企業として、自動車や航空宇宙など多岐にわたる業界向けに、鑄造、プラスチック加工、鍛造、プレス加工などで高品質なツールを提供し、ツールの設計・エンジニアリング・製造・テストまで一気通貫で行っている。 長年蓄積された経験や専門知識を生かして、多岐にわたる業界向けにカスタマイズされたツールを提供。統合された生産プロセスと自動化ソリューションを活用し、製造プロセスの効率化と最適化を実現。
10	VEXOS	米国	2014	電子機器 製造	-	-	1,100					○				<ul style="list-style-type: none"> 電子機器製造事業（EMS）を主力事業とし、PCB製造やプラスチック射出成型、金属加工事業にも取り組む。 航空・宇宙・防衛、クリーンエネルギー、医療機器分野を今後の成長市場と捉え、グローバルで体制を構築中。金属加工事業では、ダイカスト、砂型鑄造、精密鑄造が可能で、アルミニウム、マグネシウム、亜鉛など様々な材料を扱う。
11	Walker Forge	米国	1950	鑄造 金型製造 金属加工	-	-	-			○	○					<ul style="list-style-type: none"> 特殊棒鋼（Special Bar Quality、SBQ）を加熱して鍛造し、顧客のカスタム仕様に合わせた形状に仕上げる閉塞鍛造を主な事業としている。自動車、鉄道、エネルギー、農業等、幅広い産業に製品・サービスを提供。 参加型の経営スタイルを推進し、従業員のエンゲージメントを向上させることで、より高品質なサービス提供につなげている。また、鑄造製品供給に留まらない付加価値サービスの提供（金型製造、熱処理、機械加工等）にも取り組む。

※表中の-は公開情報からデータが取得できなかった項目
出所：各種資料よりPwC作成

3. 政策動向（素形材産業に関連する主な政策）

素形材産業に関連する主な政策として、製造業の国内回帰促進、先端技術への投資、人的投資、中小企業支援が挙げられる。

	トピック	名称	概要
1	製造業の国内回帰促進	CHIPS及び科学法、インフレ抑制法等の制定	・ インフラ投資雇用法、CHIPS及び科学法、インフレ抑制法等、産業への大規模投資を伴う産業政策が展開。
2	先端技術への投資	重要技術・先進技術リストの更新	・ 米国科学技術政策局（OSTP）が重要技術・先進技術リスト（CRITICAL AND EMERGING TECHNOLOGIES LIST UPDATE）にて戦略的に重要な技術を特定。Additive manufacturing等が含まれる。
		国家先進製造戦略	・ 国家科学技術会議（NSTC）国家先進製造戦略にて、米国の経済及び安全保障を牽引する技術への投資計画を立案。スマート製造等へ技術開発投資を実施。Additive Manufacturing等が含まれる。
		Additive manufacturing forward	・ 2022年5月に開始された連邦政府のプログラムで、大手メーカーと中小企業の間で、3Dプリンターの導入支援や3Dプリンターで製造された部品の購入の約束等を定める。国内のサプライチェーン強化、中小企業の競争力強化を目標とする。
		SBIR	・ 研究開発型スタートアップ支援の省庁横断的・統一的枠組み。
3	人的投資	国家先進製造戦略	・ 国家科学技術会議（NSTC）国家先進製造戦略にて人的投資を推進。今後新規雇用が創出されることが予測される自動化、AI、ロボティクス等先進製造の分野での人材育成を図る。
4	中小企業支援	国家先進製造戦略	・ 国家科学技術会議（NSTC）国家先進製造戦略にて、サプライチェーン強化の観点から、中小企業を支援。具体的には、中小企業へ先端創造技術の導入支援やスキルアップ支援、地域におけるネットワーク構築等を支援する。Additive manufacturingについて触れられている。
		中小サプライヤー事業転換支援	・ エネルギー省（DOE）はアルゴンヌ国立研究所(Argonne National Laboratory)と協力して、内燃機関サプライヤーのビジネスモデル移行支援のため、小規模サプライヤーEV移行プレイブックを作成。
		中小企業支援施策	・ 標準技術研究所（NIST）にて中小企業活動を全面的に支援。中小企業へ技術移転、市場評価、ビジネスモデル立案等、全面的な支援メニューを展開する。
		中小企業向けアドバイザリー	・ 各州において中小企業へ個社支援を目的としたアドバイザリーを提供。

3. 政策動向（製造業の国内回帰促進）

連邦政府は、米中対立、コロナ禍によるサプライチェーン混乱を受けて、積極的な産業政策を推進し、サプライチェーンの強靱化、EV工場誘致などの国内基盤強化を図っている。

大統領令14017号（2021年2月）

コロナ禍の供給網寸断や地政学的緊張の高まりを受けて、供給網強化に向けた大統領令を發布

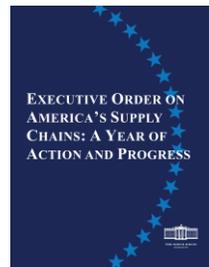
- 100日以内に以下4分野のサプライチェーンリスク報告書の提出を指示

- 半導体製造・先端パッケージング
- EVバッテリー・大容量バッテリー
- 重要鉱物（レアアースなど）
- 医薬品・医薬品有効成分



- 1年以内に以下6分野のサプライチェーン評価報告書の提出を指示

- 防衛
- 公衆衛生・生物学的危機管理
- 情報通信技術
- エネルギー
- 運輸
- 農産物・食料生産



各分野で
施策実施

半導体

CHIPS及び科学法（2022年8月成立）

- 半導体工場誘致や開発強化に向けて527億ドルの補助金提供

国立半導体技術センター（NSTC）のビジョンと戦略（2023年5月発表）

- 先端半導体開発のハブとなるNSTCの目標と施策を設定

EV・
再エネ

インフラ投資雇用法（2021年11月成立）

- バッテリー製造・再利用、重要鉱物生産強化に計79億ドル投資

インフレ抑制法（2021年11月成立）

- EV購入時税額補助金や再エネ導入支援などに計4000億ドル投資

バイオ

大統領令14081号（2022年9月発布）

- 国内バイオ技術・製造分野の強化に向け各省庁に戦略策定を指示

対中競争法案2.0（策定中）

- 国内バイオ研究・製造の強化に向けた大型法案を含む予定

インフラ

インフラ投資雇用法（2021年11月成立）

- 道路、橋梁、鉄道、水道などインフラ建設に5年で新規5500億ドル投資

バイアメリカン法改正（2022年10月施行）

- 政府調達における国内調達要求を段階的に55%から75%へ引き上げ

3. 政策動向（先端技術への投資）

米国科学技術政策局（OSTP）が公表した、安全保障や経済発展に戦略的重要技術・先進技術リスト（2024年2月）では、先進積層造形（Advanced additive manufacturing）が記載されている。

設定の背景

- 2011年6月の大統領科学技術諮問委員会（PCAST）報告書「Ensuring American Leadership in Advanced Manufacturing」にて、**米国はハイテク分野の製造業でも世界のリーダーシップと研究開発基盤を失いつつあるとし、政府を挙げてAdvanced Manufacturingに取り組むことが提言された。**
- 2022年国家先進製造戦略（National Strategy for Advanced Manufacturing）では、米国製造業の技術的優位性を確立するために人材育成、雇用確保等、各種の施策が打ち出されている。

概要

- 米国科学技術政策局（OSTP）が国家科学技術会議（NSTC）、国家安全保障会議（NSC）と連携し、安全保障や経済発展に戦略的に重要とされる技術を特定し、2年に一度リストを更新して公開

特定された 素形材関連技術

- **Advanced Manufacturing**
 - Advanced additive manufacturing
 - Advanced manufacturing technologies and techniques including those supporting clean, sustainable, and smart manufacturing, nanomanufacturing, lightweight metal manufacturing, and product and material recovery

3. 政策動向（先端技術への投資）

- 国家科学技術会議（NSTC）による国家先進製造戦略では、米国製造業は先進技術において世界をリードしているものの、近年いくつかの業種において生産と雇用が急減していることを受け、競争力強化のためのR&D投資を行うとしている。
- 具体的には、先進製造技術の開発・実装として、革新的な材料・加工技術の開発にAdditive Manufacturingが盛り込まれている。

Goal 1	目的	内容
先進製造技術の開発・実装	• 脱炭素を支えるクリーンで持続可能な製造の実現	<ul style="list-style-type: none"> • Decarbonization of Manufacturing Processes • Clean Energy Manufacturing Technologies • Sustainable Manufacturing and Recycling
	• マイクロエレクトロニクスと半導体の製造技術イノベーションの加速	<ul style="list-style-type: none"> • Nanomanufacturing of Semiconductors and Electronics • Semiconductor Materials, Design, and Fabrication • Semiconductor Packaging and Heterogeneous Design
	• バイオエコノミーを支援する先進製造の実現	<ul style="list-style-type: none"> • Biomanufacturing • Agriculture, Forest, and Food Processing • Biomass Processing and Conversion • Pharmaceuticals and Healthcare Products
	• 革新的な材料・加工技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> • High-Performance Materials Design and Processing • Additive Manufacturing • Critical Materials • In-Space Manufacturing
	• スマート製造の未来への牽引	<ul style="list-style-type: none"> • Digital Manufacturing • AI in Manufacturing • Human-Centered Technology Adoption • Cybersecurity in Manufacturing

3. 政策動向（人的投資）

国家科学技術会議（NSTC）による国家先進製造戦略では、自動化、AI、ロボティクス等の領域において今後新規雇用が創出されることを見越し、主に教育機関経由での人的投資を行うとしている。

【背景】

- 米国の製造業における雇用は、1960年から1990年までは比較的安定していたが、1990年代後半から減少し始め、2000年から2010年までに製造業労働者全体の約1/3、600万人程度が職を失った。その後、雇用を回復できたのは200万人程度に留まる。
- 労働者の先進製造スキル形成を図り、雇用を確保することが必要。

Goal 2	目的	内容
先進製造に関する労働力の育成	• 先進製造の人材プールの拡大と多様化	• 学生向けイベント等を通じて先進製造業におけるキャリア像を提示、産業界との接点を提供 • Underrepresentedコミュニティに対して、産業界主導でパートナーシップを構築 • 社会的に不利益を被ってきた背景をもつ人々や退役者などに対し、機会を設ける
	• 先進製造の教育と訓練の展開、拡大、促進	• 初等中等教育のSTEMプログラムに先進製造を組み込む • 補助金等を通じて先進製造業のためのキャリア、技術教育を近代化する • 初等中等教育において先進製造用機器に触れる機会を増やすとともに、社会人のリスキリングも行う
	• 雇用者と教育機関の連携強化	• インターンシップ等の実践機会の提供 • 業界と教育機関が先進製造に必要な資格、スキル定義を検討

3. 政策動向（中小企業支援）

国家科学技術会議（NSTC）による国家先進製造戦略では、サプライチェーン強化の観点から、中小企業向けの支援として、先端製造技術の導入支援やスキルアップ研修、地域における製造業のネットワーク構築等を行うとしている。

【2022年版国家先進製造戦略（抄）】

- コロナ禍において、医薬品、重要鉱物、半導体などの主要物資が大幅に不足し、製造業のサプライチェーン脆弱性が露になった。
- **米国製造業のオフショアリングにより、国内企業のコラボレーションは失われ、結果として中小企業は技術投資に後れを取っている。その一因は、単価といった測定しやすいコスト削減を指向しがちな大手企業の姿勢にある。**
- 中小企業が技術面で遅れを取ると、結果として大口の需要先にも不利益が生じる。例えば、**中小企業のAdditive Manufacturing導入の遅れは、鍛造、鋳造のサプライチェーンにおいて、航空宇宙・防衛産業企業にとってボトルネックとなる。**
- 中小企業（SMMs: small and medium size manufacturers）※は政府やサプライヤーからの支援を必要としており、レジリエンス構築プログラムを実施する。

Goal 3	目的	内容
製造サプライチェーンのレジリエンス構築	• サプライチェーンの相互連携強化	<ul style="list-style-type: none"> • 官民パートナーシップにより先進技術の受容と排出量削減をサプライチェーン全体で実施 • 官民が分析可能なデジタルサプライチェーンを可視化に向けた取り組みを進める
	• サプライチェーンの脆弱性低減の取り組み拡大	<ul style="list-style-type: none"> • サプライチェーン可視化により脆弱性対応能力を強化 • 重要物資サプライチェーンの影響分析、事前予測 • サプライチェーンリスクマネジメントの改善 • サプライチェーンの俊敏性向上のためのリード企業、サプライヤー間協業の促進
	• 先進製造エコシステムの強化及び活性化	<ul style="list-style-type: none"> • 新規事業の形成促進 • 中小企業向けに先進製造技術の導入支援、スキルアップ研修 • 研究機関からの技術移転促進 • 地域における製造業のネットワーク構築、強化 • 官民パートナーシップによる労働者向け教育プログラムの実施

出所：NSTC「[NATIONAL STRATEGY FOR ADVANCED MANUFACTURING](#)」（2022年10月）に基づきPwC作成

※中小企業は「従業員数500人未満」の企業を指すと定義されている。また、米国製造業に属する企業の98%が中小企業に該当し、労働者の43%が中小企業で働いているとされている。

3. 政策動向（中小企業支援）

米国立標準技術研究所（NIST）は、製造業向け支援プログラムMEPにより、技術開発からマーケティングまでの全面的な企業活動を支援。

【Manufacturing Extension Partnership (MEP) 概要】

- 米国商務省傘下の標準技術研究所（NIST）は、米国の技術革新と産業競争力の強化のため、科学的測定方法、標準化に関する研究を実施
- Manufacturing Extension Partnership (MEP) では、中小製造業者を対象とし、収益性の高い事業拡大に資することを目的とし、全国50超の拠点において1440人以上の専門家が支援を提供
- 技術移転、技術開発、製品設計開発、市場評価、ビジネスモデル立案、販売・マーケティング戦略、輸出戦略など、企業活動のあらゆる面において、企業の変革を支援

支援メニュー（一部）	概要
• 輸出	• 米国商務省とNIST MEPが開発したExporTechプログラムにより、製造業者向けにグローバル市場参入や事業拡大の支援を実施
• 新製品開発	• 試作や小ロット製造支援など、製造プロセス段階ごとに効率化を支援
• リショアリング	• 米国商務省経済統計局とNIST MEPが開発したCost Everywhereにより、企業の製造コストを評価するフレームワーク、ツールを提供。製造拠点を米国内、海外に置いた場合のシミュレーションを可能とする
• 中小企業イノベーション	• The Small Business Innovation Research (SBIR) プログラムを通じ、中小製造業者の研究開発を促進
• テクノロジー主導型の市場インテリジェンス	• Technology-Driven Market Intelligence (TDMI)により、テクノロジーと市場に関する障壁と機会についてインテリジェンスを提供し、効果的な戦略、投資決定を支援。新製品や新市場への参入を成功させるためにカスタマイズされた実用的な情報が提供される

出所：NIST「[Manufacturing Extension Partnership \(MEP\)](#)」

3. 政策動向 (SBIR : Small Business Innovation Research)

- 米国SBIRは1982年創設、研究開発型スタートアップ支援の省庁横断的・統一的枠組みとして機能。
- 国防総省、航空宇宙局、国土安全保障省など11省庁が参加し、統一的ルールに則ってプログラムを実施。
- フェーズが進み市場化に近づくにつれ件数が絞られるステージゲート方式を採用。
- 公募にあたっては具体的な開発目標を提示。開発目標は省庁の調達ニーズ・政策課題に基づく。

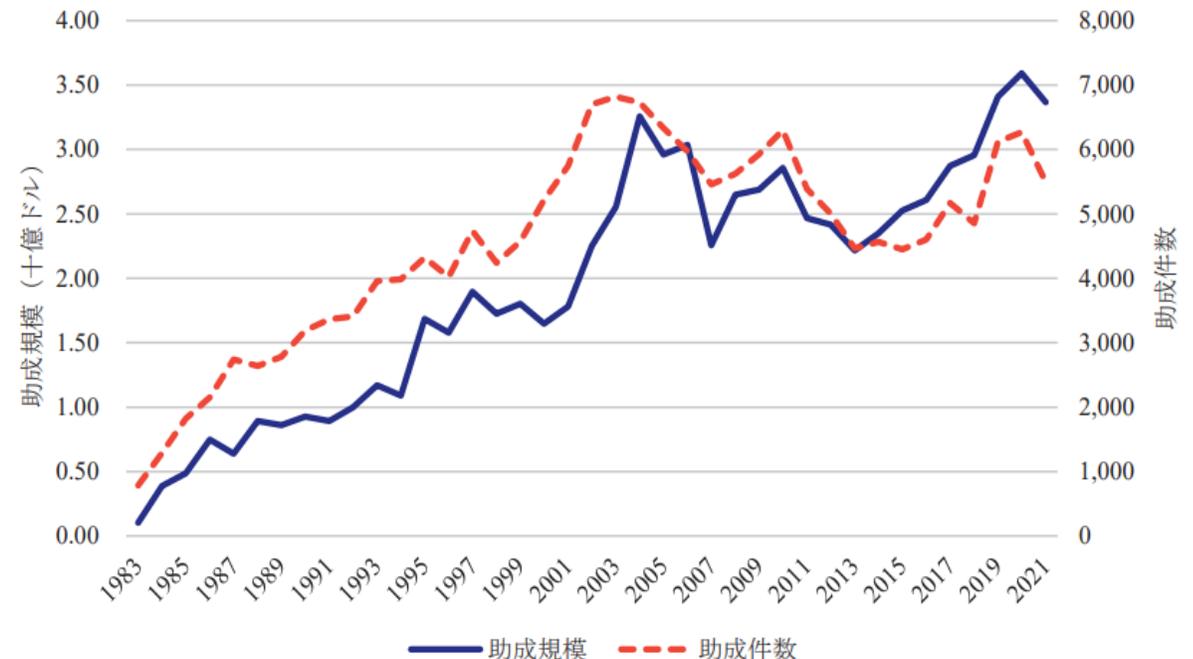
米国SBIR 制度概要

中小企業庁 (SBA) が全体を統括するが、一定の共通ルールの下で各省庁に執行は任されている

項目	内容
開始時期	1982年
根拠法令	中小企業技術革新法 (Public Law 97-219, the Small Business Innovation Development Act, 15 U.S.C. 638)
プログラム対象	米国国内で研究開発を行う中小企業
予算規模	約23億6,203万ドル (2016年度)
実施機関	✓ 中小企業庁 (Small Business Administration: SBA) がプログラム全体を統括するが、プログラムの実施は各省庁が個別に行う。
実施方法	<ul style="list-style-type: none"> ✓ SBAが、科学技術政策室ディレクター、行政管理予算局政府間関係課と共に連邦調達政策室行政官へ諮問を行い、政策指示 (Policy Directives) を策定し、実施方式 (三段階)、公募プロセス、資金提供プロセス、参加省庁の責務等を定めている。 ✓ ただし、実際の実施方法は、「政策指示」の枠内であっても省庁によって大きく異なる。 ・ テーマについては、課題設定型 (省庁の調達ニーズや政策課題に基づく) とオープン型が併存。 ・ 補助金交付型と委託契約型が併存。 ・ 契約内容によっては、前払いも可能。
採択率	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Phase I: 申請18,630件に対して、採択2,909件 (採択率15.6%) ✓ Phase II: 申請 3,283件に対して、採択1,592件 (採択率48.5%) ※ いずれも2016年度の場合
運営上の特徴	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 各省庁の科学技術に精通したプログラムマネージャー (その多くはPh.D) が公募テーマ設定、提案の審査等、各省庁内でのプログラム運営に大きな役割を果たしている。 ✓ 現場レベルに、サイエンスアドバイザーが置かれ、プログラムマネージャーと共同で、現場の調達ニーズと最新技術の動向を踏まえて公募テーマを設定する場合がある (海軍研究事務所の場合) ✓ SBIRにより開発された技術が「公共調達」される場合も多い (参加企業にとってのインセンティブ)。 ✓ 常設・オープン型プログラムで採択された提案を、のちにSBIRとしてカウントする仕組みもある。 ✓ 採択企業に対しては、資金提供だけでなく、様々なハンズオン支援あり

※中小企業庁：米国SBIRやその類似制度の概要及びポイント (2019)

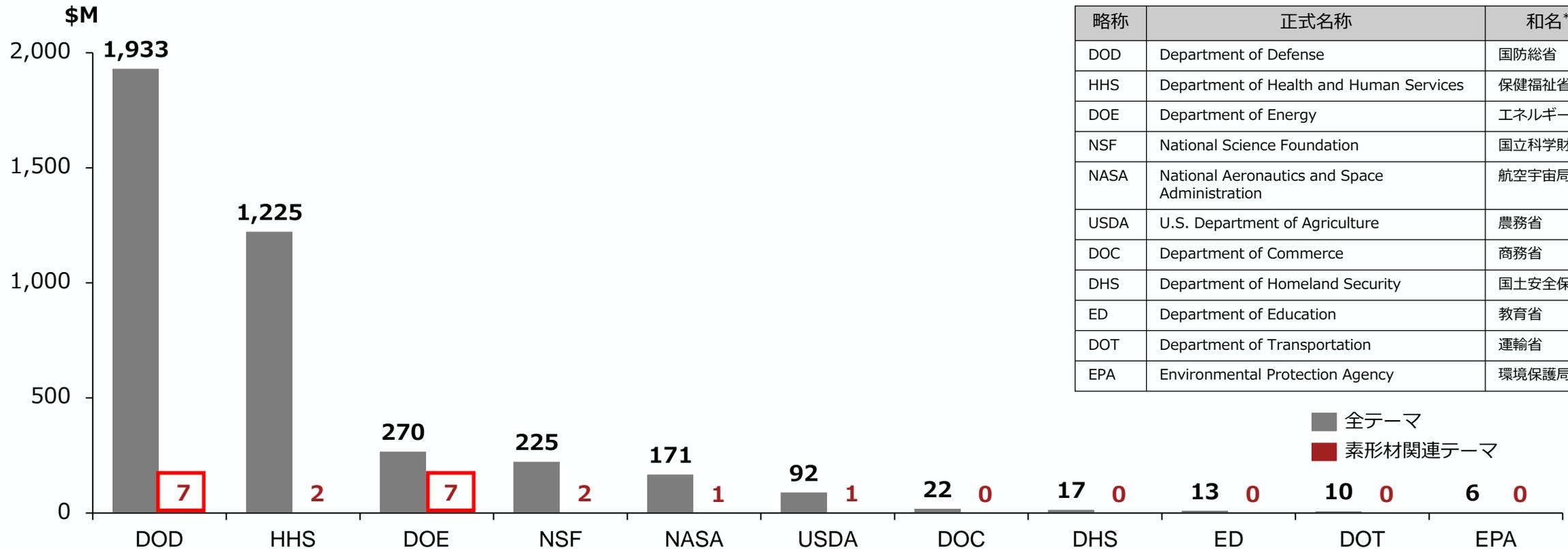
米国SBIR の規模 (助成額、助成件数) の推移



※関西大学：宇宙空間の利用をめぐる動向と課題 科学技術に関する調査プロジェクト報告書第5章 (2022)

3. 政策動向（素形材に関するSBIR助成額）

- 全体の助成額はDOD（国防総省）、HHS（保健福祉省）が特に多い。
- このうち、素形材関連の助成額（2023年）*1はDODとDOE（エネルギー省）が最も多く、各7百万ドル程度。



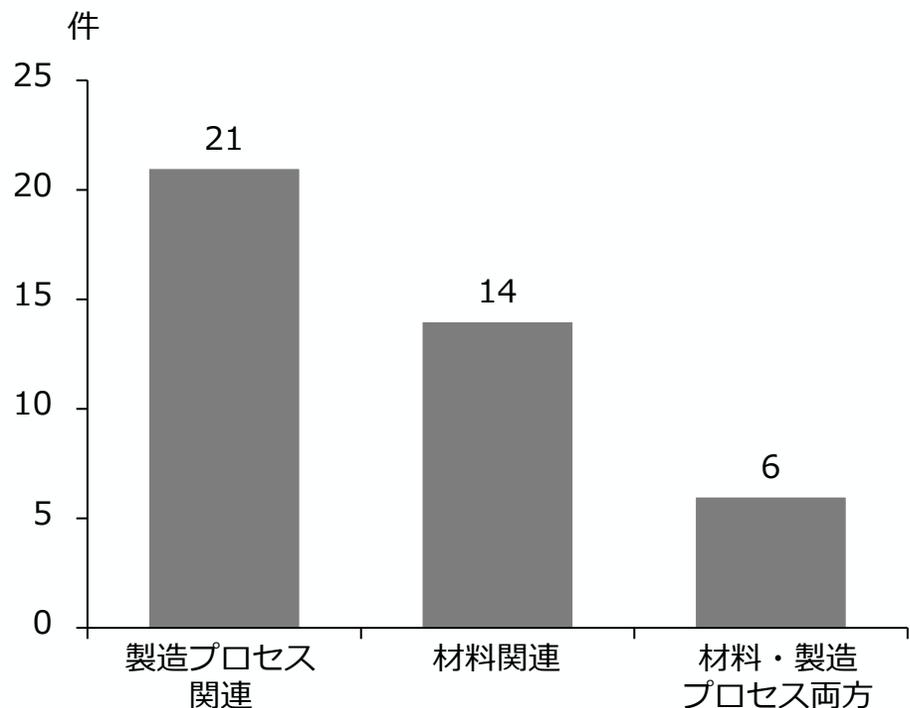
*1: 米国SBIRホームページのデータをもとにPwC作成。素形材関連テーマのキーワードとして、Casting、Forging、Metal stamping、Mold、Die、Heat treatment、Powder metallurgyを設定し、助成データベースを検索。

*2: アメリカンセンターJAPANホームページより抜粋

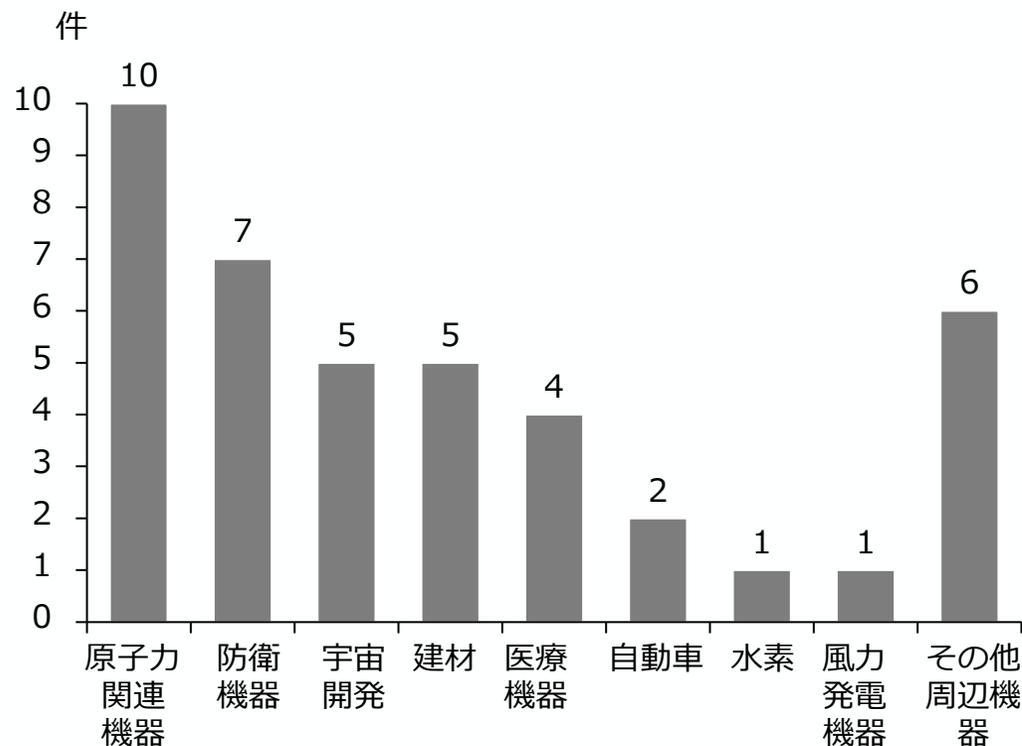
3. 政策動向（素形材に関する助成テーマ）

- 2023年の素形材関連テーマは41件あり、目的別では製造プロセス開発と新材料開発に大別され、前者は既存技術との組み合わせ、後者はCE・GX観点での開発。
- 開発用途は多岐にわたるが、原子力、防衛、宇宙機器関連が主。

目的別の助成テーマ件数



用途別の助成テーマ件数



(参考) 素形材に関する助成テーマの具体例

製造プロセス関連のテーマ

- 既存技術であるAMや射出成型（粉末射出成型含む）をベースとしつつ、他の要素技術と組み合わせて、**防衛、原子力、宇宙関連機器の開発、性能向上やコストダウンを狙うものが多い。**

Award Title
Advanced Manufacturing of Piezoelectric Textured Ceramic Materials
3D Printed Bimetallic Structures for Radio Frequency Devices, Topic 34a
C56-20c: Highly Conductive Polymer Composites Enable Next-Generation Electronics Manufacturing
Enabling Resilient and Secure Domestic Supply Chains for Critical Reactor Components with Novel Materi

Award Title
Powder Injection Molding Processes for Manufacture of Fast Reactor Nuclear Fuels
Powder Injection Overmolding of High Burnup Light Water Reactor Fuels
Islet dosing and loading density in injection molded macroencapsulation devices

- ロボットやAIの活用は各1件程度。

Award Title
AI/ML for Additive Manufacturing Defect Detection

Award Title
Rapid Metal Tooling for High Rate Production of Composite Parts

- その他、環状押出成形、熱間静水圧プレス、圧縮成形、連続鋳造といったキーワードが存在。

材料関連のテーマ

- 脱炭素やエネルギーに関連し、農作物の生産工程で排出される**バイオ原料**や、建材の生産工程で排出される**鉱物由来の産廃**を用いた**新材料開発**があり、それに合わせた**製造プロセス検討**も進められている。

Award Title
Mineralization of the produced water cations to concrete
Decorative Architectural Panels from Agricultural Byproducts
SBIR Phase II:Developing scale-up manufacturing of engineered waste coal ash based lightweight

Award Title
Biodegradable PFAS-Free Paper and Molded Fiber Tableware for Food Packaging
Producing Multifunctional Automotive Composites with Sustainable Plant Based Graphene
Decorative Architectural Panels from Agricultural Byproducts
Maximizing Carbon Negativity in Next Generation Framing Materials

- その他、導電性プラスチック、バルク金属ガラス、ナノ構造合金、バイメタル、テクスチャーセラミックス、月面レゴリスといったキーワードが存在。

(参考) DOD、DOEが助成対象とするAMの研究開発

- AMについて活発な研究開発が進められている。
- DODでは、AMを使うことを前提とした機器製造プロセス開発や、AM用の新材料開発もテーマとして存在。陸・海・空軍いずれの領域においてもテーマが存在し、兵器や航空機、通信部材に向けた開発を対象とする。防衛機器開発において、強度向上、製造ダウンタイム短縮、コストダウン、軽量化などの目的で有効と考えられている。
- DOEでは、原子力機器の開発手段として取り上げられており、複雑形状や微細構造を実現できることも利点とされている。Advanced & Additive Manufacturing (A&AM) として、さらなる高度化も期待されている。

DOD

- Automated Functional Grading of Materials for Directed Energy Deposition Additive Manufacturing
- Additive Manufacturing for High-Density Materials
- OptiFrame- Topology Optimized Load-Bearing Airframe with Additive Manufacturing
- Development of New Oxidation Resistant Refractory Alloys for Additively Manufactured (AM) Components
- Optical Additive Manufacturing in Mid-Wave and Long-Wave Infrared Bands
- Additive Manufacturing for Graded-Index Lens Apertures

DOE

- Fusion materials and internal components
- Fusion materials
- Advanced technologies for nuclear energy

3. 政策動向（経済安全保障）

2010年代後半より米国と中国の経済・技術覇権をめぐる対立が激化し、米国は国家安全保障戦略にて技術開発支援による経済強化など経済安全保障関連の政策を強化。重要物資の供給網確保やサプライチェーンの見直しが進んでいる。

デカップリング措置の分類		主な法規制	各法規制の概要（今後実施が想定される事項含む）
個人・組織制裁	特定企業制裁	各種制裁リスト（SDN、EL、UVLなど）、中国軍・監視企業制裁法案	<ul style="list-style-type: none"> 中国軍や人権侵害に関わる中国企業などを中心に金融・輸出・投資分野で各種制裁を実施 特定中国企業をSDN指定する法案審議
	特定人物排除	チャイナイニシアチブ、破壊的技術ストライクフォース	<ul style="list-style-type: none"> 産業スパイや諜報活動の疑いで中国国籍の人物を捜査・逮捕
貿易管理	輸出規制	輸出管理改革法、輸出管理・人権イニシアチブ、DENIAL Act	<ul style="list-style-type: none"> 重要・新興技術を禁輸（最近は特に半導体、次はバイオやクリーンエネルギーに焦点） 輸出管理改革法にてデュアルユース技術であるAdditive Manufacturingを輸出規制の対象化
	輸入規制	ウイグル強制労働防止法、輸入保全公正法案	<ul style="list-style-type: none"> 強制労働の疑いから新疆ウイグル自治区産品の対米輸入を原則禁止 今後、執行優先分野の拡大やデミニマムスルールの廃止などによる執行強化の可能性
	関税措置	通商法、対中恒久通常貿易関係廃止法案、Level Playing Field 2.0法案	<ul style="list-style-type: none"> 中国製鉄鋼・アルミやその他中国製品に追加関税（232条関税、301条関税） 今後、中国の最恵国待遇撤廃やアンチダンピング・相殺関税措置強化による関税賦課の可能性
投資規制	対内投資規制	外国投資リスク審査現代化法、Not One More Inch or Acre法案、DARE法案	<ul style="list-style-type: none"> 対米外国投資委員会等による外国投資リスク審査現代化法により、航空機エンジン、部品製造が投資規制の対象化
	対外投資規制	大統領令13959・14032号、CHIPS及び科学法、国家重要能力防衛法案	<ul style="list-style-type: none"> 中国軍や人権侵害に関わる中国企業への米国人の証券投資を禁止 2023年国家重要能力防衛法案では自動車製造を対外投資規制の対象に含む
	上場規制	外国企業説明責任法	<ul style="list-style-type: none"> 米国当局による監査状況審査が行えない中国企業を米国証券市場から排除（現在、米当局による審査が進行中、2024年までに審査通過で上場廃止を回避）
デジタル規制	データ規制	外国監視米国人データ保護法案、米国データプライバシー・保護法案	<ul style="list-style-type: none"> 輸出管理に基づき米国人機微情報の懸念国への提供を制限する法案審議 中国など懸念国に対するデータ提供の開示を義務化する個人情報保護法案審議
	サービス排除	大統領令14034・14034号、FY23歳出法、ANTI-SOCIAL CCP Act、DATA Act	<ul style="list-style-type: none"> TikTokなど中国系アプリの米国内使用を制限（政府機器での使用禁止などを実施済み）
政府調達規制	デジタル関連	国防権限法（FY18, 19, 23）、安全で信頼される通信ネットワーク法、安全機器法	<ul style="list-style-type: none"> ファーウェイなどの通信機器・監視カメラの政府調達禁止・製品承認禁止 SMICなどの半導体を含む製品の政府調達を禁止
	防衛関連	国防権限法（FY22, 23）	<ul style="list-style-type: none"> 国防総省による特定中国製品（プリント基板、新疆ウイグル自治区産品など）の調達を禁止 中国など懸念国に対する供給網上の依存度低減に向けた計画を策定・実行
産業政策	産業・供給網強化	大統領令14017・14081号、インフレ抑制法、CHIPS及び科学法、対中競争法案2.0	<ul style="list-style-type: none"> インフレ抑制法に基づき税額控除による風力発電部材（タービン等）の国内調達促進 バイデン政権サプライチェーン強化策（2022年）において防衛分野で鋳造品、鍛造品を指定

3. 政策動向（州政府）

州政府等においては、自動車部品サプライヤーも含めてモビリティ分野のスタートアップエコシステム形成を目指す動きがある。また、中小企業に対するカウンセリングなどを実施。

州名	名称	名称（英語）	内容
ミシガン州/ ミッシュオート	イノベーターエク スチェンジ/ モビリティミート アップ	MICHauto/ Innovator Xchange/ MOBILITY MEETUPS	<p>モビリティ分野のスタートアップエコシステム形成</p> <ul style="list-style-type: none"> デトロイト地域の自動車・モビリティ関連の業界団体であるミッシュオート*が、州内のエコシステムの活性化を目指したプログラム「イノベーター・エクスチェンジ」を2019年より毎年開催し、州内の自動車産業関連企業とモビリティ関連のスタートアップのネットワーキングを中心とした支援を実施。（2024年の参画スタートアップ企業の中には、プラスチック射出成型システム向けに軍用断熱技術を応用する企業などがある）。 この他、ミッシュオートは、会員企業や州政府等と連携し、ネットワーキングイベント「モビリティ・ミートアップ」を2カ月に1回程度の頻度で開催。 ミートアップには、毎回30~40社のスタートアップが参加し、完成車メーカーやサプライヤーに新たな技術との出会いの機会を、スタートアップに潜在顧客とのコネクション機会を提供している。 <p>※自動車メーカー、サプライヤー、モビリティ関連のスタートアップ、法律事務所、大学、州の経済開発公社など幅広いステークホルダーが加盟。</p>
インディアナ州	中小企業等支援策	Indiana Economic Development Corporation	<p>中小企業アドバイザー</p> <ul style="list-style-type: none"> インディアナ州経済開発公社（IDEC）に設置されたIndiana Small Business Development Center（SBDC）が州内の中小企業に対し、起業、成長、資金調達等に係る無料のカウンセリング、オンデマンドトレーニングなどの教育プログラムを提供。 インディアナ州経済開発公社（IDEC）に設置されたIndiana APEX acceleratorが、州内企業に対して、製品・サービスを政府や軍へ販売するための支援を提供。
ジョージア州	商務省 経済発展支 援策（企業誘致、 既存中小企業支 援）	The Georgia Department of Economic Development	<p>中小企業アドバイザー</p> <ul style="list-style-type: none"> 州内12地域にプロジェクトマネージャを設置し、各社のニーズに合わせた戦略的カウンセリング・輸出入見本市などの開催、州内企業との協力関係構築、海外バイヤー紹介などによる輸出産業の成長支援を実施。 雇用税額控除（製造・流通・データ処理等の産業分野に限り新規雇用創出1件につき年間1,250~4,000ドルを5年間）、法人税率の引き下げ、湾岸税控除、高い賃金（職種の週平均賃金110%以上）での雇用に対する税額控除、基準額を超えるR&D投資に対する税額控除など、企業の税負担を軽減する多くの制度を展開。 主に中小企業を対象に、創業や事業拡大に伴う利用可能スペースや施設の調査・情報提供、アドバイザーの紹介を実施。