

令和5年度重要技術管理体制強化事業 (工作機械及び産業用ロボット等に係るサプライチェーン強靱化に向けた調査)

最終報告書

2024年2月29日

PwCコンサルティング合同会社



調査報告書目次

1. 調査の目的・概要

2. 工作機械

- 2-1. 調査①：機種別シェア及び性能比較
- 2-2. 調査②：主要構成部品シェア及び性能比較
- 2-3. 調査③：新素材開発・導入、新機能付加の状況整理
- 2-4. 調査④：競合国の政策動向・必要な取組の検討

3. 産業用ロボット

- 3-1. 調査①：機種別シェア及び性能比較
- 3-2. 調査②：主要構成部品シェア及び性能比較
- 3-3. 調査③：競合国の政策動向・必要な取組の検討

4. 分析機器

- 4-1. 調査①：調査対象の分析機器の絞り込み
- 4-2. 調査①：市場調査
調査②：性能調査
- 4-3. 調査③：競合国の政策動向
- 4-4. 調査④：国際競争力強化に向けて必要な取組の検討

1

調査の目的・概要

事業背景・目的

- 工作機械・産業用ロボット・分析機器の国内需要の大半は国産品で賄われており、我が国製造業の事業基盤は安定している。一方、中長期的には、国内ユーザーの国内調達率及び国内メーカーの世界シェアは低下傾向にあり、今後、一層苛烈化する競争に敗れば、将来的に国内製造基盤が衰退し、我が国製造業の事業基盤の海外依存が進むおそれがある。
- **マザーマシンたる工作機械・産業用ロボット分野は、産業エコシステムおよび国内企業の技術力等の水準に鑑み、今後も高い国際競争力を維持・強化するための対応を図っていくべき分野の1つである。**
- 一方、弊社としては、現時点での経済安全保障分野の取組（特定重要物資確保指針等）は主に自律性を高めていく考え方に則ったものが多いと考えている。そのため、日本の強み＋他国の弱みの双方を見た企業戦略・施策を採用していくことが、今後は一層求められると思料。

現状認識

- 工作機械・産業用ロボット・分析機器の国内需要の大半は国産品で賄われており、我が国製造業の事業基盤は短期的には安定
- 一方、中長期的には、国内ユーザーの国内調達率及び国内メーカーの世界シェアは低下傾向にあり、将来的に国内製造基盤が衰退し、ひいては我が国製造業の事業基盤の海外依存が進むおそれ

あるべき姿

- 中長期的に、我が国工作機械・産業用ロボット・分析機器の国内需要を国産品を軸に満たし、製造業の事業基盤を安定的に保持
- 加えて、当該製品ユーザーのニーズに応えた製品の高度化や新技術の活用など、戦略的に国際競争力を高めていく

本事業の目的

- 工作機械・産業用ロボット・分析機器について、戦略的自律性の考え方に則ったサプライチェーン上を広く見た重要物資の確保等の戦略の高度化に向けた打ち手の検討を行う
- 加えて、不可欠性（他国にとって日本が不可欠である状況）をけん引しうるテクノロジーや顧客価値ベースでの「国際競争力」を高める施策の在り方の検討を行う

【工作機械】調査の流れ

- 調査は以下の①②③④の流れに沿って行った。

	調査①	調査②	調査③	調査④
	機種別 シェア及び性能比較	主要構成部品別 シェア及び性能比較	新素材開発・導入、 新機能付加の状況整理	競合国の政策動向 必要な取組の検討
調査対象	- 旋盤（NC旋盤・ターニングセンタ） - マシニングセンタ（5軸） - NC研削盤（研削盤・歯車研削盤・工具研削盤）	- ボールねじ - リニアガイド - CNC装置	- 新素材（アルミ合金、ミネラルキャスト） - 加工や計測の合理化に資する新たな機能の複合化（ギガキャスト） - 各種装置とのデジタル連携機能	工作機械およびその主要部品の主な生産国（米国、ドイツ、中国）の政策動向 - 技術開発や生産能力強化に関する支援策 - 国際競争力に影響を及ぼす規制などの関連する政策
整理事項 アウトプット	- グローバルシェア - 性能や技術水準比較 - 企業動向	- グローバルシェア - 性能や技術水準比較 - 企業動向	- 開発・導入の状況 - 企業動向	- 施策の実施状況 - 我が国として取るべき方策

【工作機械】Executive Summary

- 市場シェアは大きな変化はなく、日本企業はシェアを維持している状況。技術面でキャッチアップを進めてきた企業には中国企業（一部では実績があり）があるものの、日本や欧州企業のコア部品を使用しており、国内製品のみでハイエンド製品を内製する技術水準までには至っていないと思われる。
- 各国の政策状況は、米国とドイツでは際立った支援を行っておらず、一方中国は工作機械を科学技術政策上で重要な技術と位置づけ、国家戦略として工作機械に対する支援を行っている。さらに、中国は政府による支援の下で技術水準向上に注力している。

調査①	機種別 シェア 及び 性能比較	- 調査対象となったいずれの機種においても、日本および欧米の企業が世界シェア上位を占める - 製品カタログによる性能調査によれば、中国企業は、NC旋盤、5軸マシニングセンタ、ねじ研削盤において日/欧米のハイエンド製品に近いまたはそれをを超える性能の機種を出している - ハイエンド製品を売りにしている新興国企業の多くは、日本や欧州企業の部品(主にCNC装置)を使用している旨をカタログに記載していることから、当該部品により製品の価値を向上させていることが推察される
調査②	主要構成 部品別 シェア 及び 性能比較	- ボールねじとリニアガイドについては、日本および台湾の企業が世界シェアを占めており、CNC装置は、日本とドイツの企業が世界シェア上位を占める - 製品カタログによる性能調査によれば、精密ボールねじとリニアガイドの精度等級において一部の新興国企業はハイエンド製品の製造が可能になっており、特に精密ボールねじとリニアガイドでは中国企業のキャッチアップが進む。CNC装置については、日欧のトップメーカーの旧製品を上回る性能のものを出す新興国企業が現れるなど徐々にキャッチアップが進むが、他の主要構成部品に比べると更に時間を要すと推察される
調査③	新素材 開発・導 入、新機 能の付加	- ミネラルキャストについては欧州、ギガキャストについては米国が先行しており、日本と中国の企業においても次第に導入が進んでいくと思われるが、コストと需要面から部分的な導入になると推察される - 稼働監視、予兆保全、品質管理などのデジタル化に向けたIoTサービスを主要各メーカーが展開しているほか、熟練技術の一般化、複雑な加工条件の設定の自動化を実現するAI技術の開発等に各社が取り組んでいる
調査④	競合国の 政策動向	- 中国は工作機械を科学技術政策上で重要な技術と位置づけ、工作機械の技術力・品質の向上のために、国家主導で工作機械産業の育成に取り組んでいる - 米国とドイツでは、工作機械は重要技術に指定されておらず、政策的位置づけは高いとは言えない - 米国では、安全保障上観点から防衛製造業をサポートする重要な産業であると位置付けられ、国防総省主導で人材育成ならびに技術開発面での支援が行われていることが特長である

【産業用ロボット】調査の流れ

- 調査は以下の①②③の流れに沿って行った。

		調査①		調査②		調査③
		機種別 シェア及び性能比較		主要構成部品 シェア及び性能比較		競合国の政策動向 必要な取組の検討
調査対象		協働ロボット	スカラロボット	性能や機能に影響を及ぼすコア部品 (減速機)	性能や機能に影響を及ぼすコア部品 (AC/DCサーボモータ)	欧州、北米、アジアにおける産業用ロボット及び主要部品の技術開発や生産能力強化に関する支援策、国際競争力に影響を及ぼす規制など関連する政策
整理事項	マクロの 観点 (シェア等)	グローバルシェア	グローバルシェア	グローバルシェア	グローバルシェア	- 政策の実施状況 - 我が国として取るべき方策
	ミクロの 観点 (個別製品)	国内外の主要企業を選定して、型番ごとの性能水準等（公開ベース）を整理	国内外の主要企業を選定して、型番ごとの性能水準等（公開ベース）を整理	国内外の主要企業を選定して、型番ごとの性能水準等（公開ベース）を整理	国内外の主要企業を選定して、型番ごとの性能水準等（公開ベース）を整理	各国政策の動向等を整理

【産業用ロボット】Executive Summary

- ・ 協働ロボットを除くと、グローバルシェア1位から3位には日本企業が位置づけられているという調査結果があった。
- ・ また、産業用ロボットに限定した政策はなかったものの、中国では政府調達全般において国産品の優遇方針が見られた。

調査①	協働ロボット	・ グローバルシェア1位はA社、2位はB社、3位はC社という調査結果があった ・ 現時点でカタログ公開している範囲では、可搬重量30kg以上の協働ロボットを販売しているのは、日本企業のみであった。また、全ての可搬重量における協働ロボットについても、位置繰り返し精度のカタログ精度が高いことがわかった。位置繰り返し精度は日本企業の協働ロボットの方がカタログ精度が高い一方で、**系企業が販売する5kg未満の協働ロボットについてはほぼ同等の精度を実現していることがわかる
	スカラロボット	・ グローバルシェア1位はD社、2位はE社、3位はF社という調査結果があった ・ 可搬重量30kg以上のスカラロボットについては、日本企業と一部の新興国企業にて同一の性能を持っていることがわかった。位置繰り返し精度、最大速度、慣性モーメント、押し込み力については日本企業の方がややカタログ精度が良い一方で、標準サイクルタイム、についてはやや一部の新興国企業の方がカタログ精度が良い
調査②	減速機	・ グローバルシェア1位はG社、2位はH社、3位はI社という調査結果があった ・ RV減速機については、調査対象企業3社がそれぞれ販売する中空軸型減速機のC-Series / 主軸受内蔵型減速機のE-Seriesは出力回転数/主軸起動停止許容トルク/バックラッシ/ねじり・モーメント剛性/許容モーメントのカタログ値が一致していた
	AC/DCサーボモータ	・ グローバルシェア1位はJ社、2位はF社、3位はK社という調査結果があった ・ 対象とした海外企業においては、カタログ公開している定格電圧（最大値）のラインナップが豊富であった ・ 一部新興国企業は他社と比較してトルク/電流/慣性モーメントのカタログ値が大きい
調査③	競合国の政策動向	・ 中国では、政府調達全般において、国産品の優遇方針がみられ、地方政府も中央政府に倣い同様の取組をしている現状。一方、企業の一般的な調達においては、国内企業に対し国産の機器や部品の調達を推奨する文書は、公開文書および内部文書のいずれにおいても見つからなかった ・ また、米国・欧州においても一定の条件の下、政府調達において国産品の優遇方針が見られた。

【分析機器】調査の流れ

- 調査は以下の①②③④の流れに沿って行った。

	調査①	調査②	調査③	調査④
	調査する 分析機器の選出	市場調査	性能調査	競合国における 国際競争力強化に関する 政策動向整理
調査④	分析機器の国際競争力 強化に向けて必要な取 組の検討			
調査③	競合国における 国際競争力強化に関する 政策動向整理			
調査②	性能調査			
調査①	市場調査			
調査①	調査する 分析機器の選出			
調査対象	- 調査対象となる分析機器の絞り込みを行う - 絞り込みの方法として、経済安全保障視点／市場性視点を総合的に勘案し、今後国内外で成長が見込まれる分野に関連する分析機器を特定	- 分析機器の種類別に使用される産業分野・用途・求められる性能水準を整理 - 今後国内及び海外で特に成長すると考えられる分野で使用されている分析機器の国内/グローバルシェアを調査 - 世界の主要メーカーによる性能を比較し整理 - 国内メーカーが抱えている課題を調査	分析機器の主な生産国において措置されている技術開発や生産能力強化に関する支援策など、国際競争力強化に資する政策状況を整理	①～③を踏まえて、我が国の分析機器メーカーが国際競争力を維持・強化するために必要な取組を分析し、とりまとめる - 我が国の分析機器メーカーが国際競争力を維持・向上に資すると考えられる検討事項について調査・分析
整理事項	18種類の分析機器を特定	- 国内シェア・グローバルシェア - 競合国との性能や技術水準比較 - 企業動向 - 国内メーカーの技術的・経済的課題	実施状況（比較可能な形で整理）	我が国として取るべき方策
調査の視点	調査対象となる機器の絞り込みでは、 日本において経済安全保障的観点から特定された物資 に係る分野を対象とする	分析機器そのものの性能だけでなく、主要メーカーの技術動向及び市場動向を調査する	米国・ドイツ・中国情報に関して、主に2022年～の最新動向を調査	我が国の分析機器メーカーが国際競争力を維持・強化するために必要な取組について、戦略的自律性・不可欠性の切り口で、課題起点の施策を提言する

【分析機器】Executive Summary

- 分析機器業界は、分析機器ごとに市場が細分化されており、各市場において主要なプレーヤーは固定化している。参入障壁が高い一方で、新興国では技術的キャッチアップが加速しており、日本企業が現在の市場地位を維持・向上させていくためには、市場ニーズに応えた研究・製品開発が求められる。
- 日本の研究～製品化～市場シェア獲得のフローを確立するために、産学連携の仕組みを見なおすことが求められる。

調査①	調査する分析機器の選出	- 深堀する機器の絞り込みにおいて、日本の経済安全保障上重要な分析機器を、特定重要物資に関連する分析機器を洗い出し、特定した - 日本が市場で強みを持つ分析機器(不可欠性の向上)と、特定の国や主体に依存する分析機器(自律性の向上)の視点に基づき、調査する18機種を選定した
調査①	市場調査	- 調査対象となったいずれの機種においても、日本および米国又は欧州の企業が世界シェア上位を占める - 主要プレーヤーがシェアの大半を占める、一社寡占状態の市場構造をもつ分析機器も複数存在しており、区内・海外市場ともに、プレーヤーの固定化が見られた。日本の企業は電子顕微鏡で強みを有する一方、ライフサイエンス分野では、米国・欧州企業が市場シェアを占める
調査②	性能調査	- 各分析機器の主要メーカーの製品のうち、最もハイスペックなモデルの性能を調査した - 分析機器の分解能、処理速度等の基本的な性能差が明らかになるとともに、最近の自動化やユーザビリティ向上に係る技術トレンドを追究した各社の特色が判明した。特に米国企業は、自社製品の機能の幅出しをするために、積極的に要素技術を有する企業やソフトウェア企業を買収している
調査③	競合国の政策動向	米国、ドイツは国内に多くの大手分析機器メーカーがおり、政府機関は基本的なファンディングプログラムを提供するものの、研究開発～実用化に向けたバリューチェーンでは研究機関・民間企業が自主的に連携している。中国は、国家主導の分析機器に関する政策が数多く施行されており、自国製品の優遇措置に象徴されるような国力の底上げに向けた取組を行っている
調査④	必要な取組の検討	日本は大学機関での単独・共同研究が市場における製品ニーズを踏まえ、実用化に向けて民間企業と取り組むスキームが不足しており、産業界(ユーザ)と研究機関、分析機器メーカーが議論する場を構築することが重要である。また、経済安全保障上重要な分野は、産業界(ユーザ)寄りの議論が多く、分析機器業界における位置づけや重要性が明確でないため、シンクタンクのように今後の方向性の解析や明示が必須となる

2

工作機械の調査報告

2-1

調査①：機種別シェア及び性能比較

深掘対象とした機種名

- 各、大カテゴリ単位で、技術戦略および用途の観点で、特に調査対象とすべき小カテゴリを選定した。
- 旋盤はNC旋盤とターニングセンタ、マシニングセンタは5軸、NC研削盤はねじ研削盤・歯車研削盤・工具研削盤をそれぞれ深掘対象とした。

#	大カテゴリ	小カテゴリ
1	旋盤	NC旋盤
		ターニングセンタ
2	マシニングセンタ	5 軸
3	NC研削盤	ねじ研削盤
		歯車研削盤
		工具研削盤

各機種でベンチマーク対象とする企業の選定方法

- 各国の主要プレイヤーの技術優位性を定量的に評価するという本調査の目的を鑑みると、ハイエンド製品の機能・性能に着目した調査をすることが相応しいと考えられる。
- 性能調査では、売上高トップ企業をベンチマークとして、海外の製品との比較をすることで、海外企業の技術・性能面でのキャッチアップ状況を明らかにした。

機種の選定方針

目的	• 原則として、ハイエンド製品を中心にベンチマークを実施する
調査方法	• 高シェア企業の技術は優れているという仮説のもと、シェアトップ企業をベンチマークとしてハイエンド製品の性能調査を実施する • 対象企業は、シェアトップ企業（部品の場合はすべて日本企業）と高シェアの外国企業(米欧中)とする • 各社の製品カタログ上で、最もハイエンドと思われる製品の性能を比較する
調査対象	各機種ごとに約5社を想定

【NC旋盤】定量データを用いた性能調査結果

- 調査の結果、日本、有力（高シェア）である米国企業は最大加工径が小さいNC旋盤を販売しているのに対して、中華系企業は最大加工径が大きいNC旋盤を販売している傾向にある。当該加工径の差については、単純な製品ラインナップ上の差異であることが推察される。
- CNCについてはFanuc社、Siemens社、三菱電機社のものが使われている傾向にある。なお、耐久時間については公開がなされていなかった。

企業名	製品名	性能										CNC システム
		最大 加工 径 [mm]	最大 加工 長 [mm]	最大 主軸 回転数 [min ⁻¹]	移動量 [mm]	回転 工具の トルク [Nm]	早送り速度 [m/min]	主軸 電動機 (連続定格) [kw]	工具 取り付け 可能本数 [本]	位置 決め 精度 (X/Y) [mm]	繰り 返し 精度 (X/Y) [mm]	
シチズンマシナ リー株式会社	Cincom L32 XII	φ32	320	8,000	—	20	32 (Y2除) 24 (Y2)	3.7 / 7.5	30~40	—	—	—
	Miyano ANX42S YY	φ42	130	6,000	140 (X1,2) 240 (X3) 70 (Y1,2) 315 (Z1) 430 (Z2) /440 (Z3)	20	24 (X1,2,3) 18 (Y1,2) 24 (Z1,2) 30 (Z3)	11/7.5	12	—	—	—
Index-Werke GmbH & Co. KG(ドイツ)	ABC	65	280	6,000	90 (X) 280 (Z)	105	27 (X) 36 (Z)	20	27	—	—	Siemens S840D sl/ Fanuc 31i-B
Guangdong Create Century Intelligent Equipment Group(中国)	L-45M	φ450	400	4,500	240 (X) 430 (Z)	11	30 (X) 30 (Z)	14.5/17.8	12	0.006 /0.004	0.004 /0.004	Fanuc Oi-TF PLUS (5)
	L-P46G	φ460	400	6,000	480 (X) 460 (Z)	8	30 (X) 30 (Z)	7.5/11	7	0.006 /0.006	0.003 /0.003	Fanuc Oi-TF PLUS (5)
Ningbo Haitian Precision Machinery (中国)	HTC150 II	φ300	290	4,500	180 (X) 345 (Z)	220	30 (X) 30 (Z)	11/18.5	8	0.008 /0.008	0.005 /0.005	三菱電機 (E80B)
	TC25 II ×500	φ400	548	4,500	210 (X) 610 (Z)	250	24 (X) 30 (Z)	11/115	12	0.008 /0.008	0.010 /0.010	Fanuc Oi-TF

【ターニングセンタ】定量データを用いた性能調査結果

- Hyundai Doosan Infracore社は最大加工径/チャックサイズ等が大きいことから、大型のターニングセンタ、Hardinge社は最大加工径/チャックサイズ等の値が小さいことから、小型のターニングセンタを販売していることがわかった。
- なお、加工可能な大きさに差異はあるものの、その他の指標については特段差異がないことがわかった。（※耐久時間等については公開がなされていなかった。）

企業名	製品名	性能									CNCシステム
		最大加工径 [mm]	最大加工長 [mm]	最大主軸回転速度 [min-1]	移動量 [mm]	チャックサイズ [インチ]	早送り速度 [m/min]	位置決め精度 [mm]	繰り返し精度 [mm]	主軸電動機 (連続定格) [kW]	
DMG森精機	NLX2500 700	Φ460	450	4,000	260 (X軸) 795 (Z軸)	10	30 (X,Z軸)	—	—	15	三菱電機 (M730UM)
	ALX1500 500	Φ386	536	4,500	250 (X軸) 100 (Y軸) 575 (Z軸)	10	30 (X,Z軸)	—	—	11	三菱電機 (M730UM)
Hardinge (米国)	T-SERIES SUPER- PRECISION	Φ226.3 -313.7	360.7- 313.7	4000-6000	161.8-197 (X軸) 406.4-635 (Y軸) 82.55-88.90 (Z軸)	6-10	24-28 (X軸) 30.5-38 (Y軸) 12.7 (Z軸)	—	0.000762	11-26	Fanuc 31iTB
Hyundai Doosan Infracore (韓国)	Puma Series	Φ420- 525	765- 3150	4,000	293 (X軸) 130 (Y軸) 830-3190 (Z軸)	8-21	30 (X軸) 26-30 (Z軸)	—	—	22-26	DOOSAN- FANACi
BOCHI MACHINE TOOL GROUP (中国)	BL20-HSY	Φ340	500	6,000	190 (X軸) ±50 (Y軸) 605 (Z軸) 580 (W軸)	8	30 (X軸) 10 (Y軸) 30 (Z軸) 30 (W軸)	—	—	19.6	—
	BC3751-HY	Φ320	360	4,500	210 (X軸) 410 (Y軸) (±30) (Z軸)	8	30 (X軸) 30 (Y軸) (10) (Z軸)	—	—	—	—

【5軸マシニングセンタ】定量データを用いた性能調査結果

- 調査の結果、中華系企業はテーブル最大積載量が小さい5軸マシニングセンタを販売しており、最大主軸回転速度、位置決め精度が高いことがわかった。一方で、日本企業は大型の5軸マシニングセンタもラインナップしている。（※耐久時間等については公開がなされていなかった。）
- テーブルサイズ/最大積載量は各製品ごとに異なるが、最も主軸回転速度が速い製品はHermle社の製品であった。
- CNCシステムについて、中国企業のBeijing Jingdiao Group社のみ自社製のCNCを用いていることがわかった。

企業名	製品名	性能								CNCシステム
		テーブルサイズ [mm]	テーブル最大積載量 [kg]	最大主軸回転速度 [min ⁻¹]	移動量 [mm] (X/Y/Z軸)	早送り速度 [m/min] (X/Y/Z軸)	位置決め精度 [mm] (X/Y/Z軸)	繰返し精度 [mm] (X/Y/Z軸)	主軸電動機 (連続定格) [kW]	
DMG森精機	DMU 50 3 rd Generation	φ 630*500	300	15,000	650/520/475	42	—	—	16	Siemens (840D) HEIDENHAIN (TNC 640) FANUC (F31iB5)
	DMU 90 P dB	φ 900*700	1,800	20,000	950/1,050/850	60	0.005/0.005 /0.005	—	25	Siemens (840D)
	DMU 340 Gantry	4,400*2,700	10,000	15,000	3,400/2,800 /1,250	70/70/60	0.015/0.015 /0.012	—	25	HEIDENHAIN (TNC 640)
Haas Automation (米国)	UMC-500	Φ 400	226.8	10,000	610/406/406	23/23/23	—	—	22.4	—
	UMC-1000	Φ 635	454	8,100	1,016/635/635	23/23/23	—	—	22.4	—
Hermle (ドイツ)	C 20	Φ 280	300	40,000	600/450/450	45	—	—	—	HEIDENHAIN (iTNC 530)
	C 42	Φ 440	1400	25,000	800/800/550	45/45/60	—	—	—	
	C 60	Φ 900	2500	18,000	1200/1300/900	50	—	—	—	
Guangdong Create Century Intelligent Equipment Group(中国)	V-200U	φ 260*260	—	30,000	500/280/300	—	—	—	—	Siemens (SINUMERIK ONE)
Beijing Jingdiao Group (中国)	JDGR100	φ 160	15	36,000	400/200/200	10/10/10	0.002/0.002 /0.002	0.0018 /0.0018 /0.0018	—	Jingdiao (JD50)
	JDMR600	φ 630	400	15,000	650/660/500	10/10/10	0.003/0.003 /0.003	0.002/0.002 /0.002	—	

【歯車研削盤】定量データを用いた性能調査結果

- 歯車研削盤の調査を行ったところ、性能の数値については多くが公開されていなかったが、CNC装置については日本/欧州企業のもが使用されている。
- ・なお、欧州/中華系企業は日本/米国企業に比して研削可能な歯数が多い傾向がある一方、日本企業はワークスピンドル速度が高いものが多いことがわかった。（※耐久時間等については公開がなされていなかった。）

企業名	製品名	加工物							砥石				CNC装置
		研削可能な外形 [mm]	研削可能なモジュール [mm]	シャフトの長さ [mm]	研削可能な歯数 [No.]	両センター間距離 [mm]	圧力角 [deg.]	最大ねじれ角 [deg.]	幅 [mm]	外径 [mm]	ワークスピンドル速度 [min ⁻¹]	成形速度 [min ⁻¹]	
岡本工作機械製作所	SHG360 NCS	Φ 25-360	0.5-500	—	12-255	200-420	14.5-30	± 45	64/84/100	Φ 270 (最小)	1100-1800	75	—
ニデックマシントール	ZE16C	φ 160	4 ※単位なし	—	—	280	—	± 45	—	Φ 275	8,000	—	—
	ZE40C	φ 400	8 ※単位なし	—	—	570	—	± 45	—	φ 300	6,000	—	—
	Z120A	φ 200	1-3 ※単位なし	—	—	—	—	± 40	160	Φ 50-120	15000	—	—
Gleason (米国)	Phoenix 280G	280	—	—	1-300	—	—	—	—	22.86	900	—	Fanuc 30i/ Siemens 840D
	Phoenix 600G	600	—	—	1-300	—	—	—	—	50.8	630	—	
	Phoenix 800G	762	—	—	1-300	—	—	—	—	53.34	12	—	
Reishauer (スイス)	RZ 550	560	0.5-10	700	5-800	—	—	± 45	145/160	300	600	—	—
	RZ 260 4.0	262	0.5-5	490	—	—	—	± 48	125/160	275	1600	—	—
Qinchuan Machine Tool & Tool Group Share (中国)	YK7240	Φ 20-400	1~6	—	8-400	300	15~25	± 45	300	—	—	63	Siemens 840D
	YKS7225	Φ 12-150	0.5-4	—	180	180	—	± 45	160	275	1700	80	Siemens 840DSL

出典：各社HP・プレスリリース・製品カタログより抜粋

【ねじ研削盤】定量データを用いた性能調査結果

- 三井精機は、研削可能な外形/研削可能なねじ長さ/最大ワーク質量が幅広く、小型～大型まで研削可能であることが特徴であることがわかった。また、公開情報においてはCBN砥石の採用も他の企業にない特徴と考えられる。ついては、海外企業と比較して、日本企業は最大ワーク質量、両センター間距離、研削可能なねじ長さにおいて優れていることが推察される。
- 一方で、中型のねじ研削盤の性能については、各社ともに大きな差異がないことが推察される。

企業名	製品名	加工物				砥石			位置決め精度	CNC装置
		研削可能な外形 [mm]	研削可能なねじ長さ [mm]	最大両センター間距離 [mm]	最大ワーク質量 [kg]	外形×幅×内径 [mm]	傾き確度 [deg.]	砥石軸最高回転数 [min-1]		
不二越	GTE-7A	200	700	800	—	355×(10～32)×152.4	±45	—	—	—
	GTE-50A	200	5000	5400	—	510×(10～75)×228.6	±45	—	—	—
三井精機	GSE30A	80	300	450	15	φ355×10～32×φ152.4	±30	2420	—	—
	GSE500A	200	5000	5400	400	φ510×10～50×φ228.6	±45	1675	—	—
	GSE100B	200	1,000	1,250	150	φ510×10～50×φ228.6 (普通砥石) φ450×10～26×φ152.4 (CBN砥石)	±45	1675 (普通砥石) 3395 (CBN砥石)	—	—
Hardinge (米国)	KELLENBERGER100 (※1)	—	—	1000	150	500×100×150	—	4,500-42,000	0.0001	Fanuc 31i
Qinchuan Machine Tool & Tool Group Share (中国)	SK7432×15GX 高精高效数控丝杠磨床	250	1360	—	100	φ500～ φ400×φ305mm	±25°	1000	—	HCNC HNC-948M

※1：KELLENBERGER100は円筒研削盤として販売されているが、ねじの研削も可能な研削盤である

出典：各社HP・プレスリリース・製品カタログより抜粋

【工具研削盤】定量データを用いた性能調査結果

- 性能情報の公開が限定的であることから、定量情報にて性能比較することは難しい状況にあるが、CNC軸送りの最大送り速度、最小設定単位は日本企業が優れていることが分かった。
- また、日本企業と米国企業が販売する製品の性能には差異がないことが推察される。（※耐久時間等については公開がなされていなかった。）

企業名	製品名	研削可能な工具の大きさ					スピンドル モーター		運動範囲			CNC軸送り		CNC 装置
		最大 工具径 [mm]	最大 工具長 [mm]	最大 工具 重量 [kg]	最大 工具 刃長 [mm]	ねじれ 角度 [°]	砥石径 [mm]	研削軸 回転速度 [min ⁻¹]	X軸 [mm]	Y軸 [mm]	Z軸 [mm]	最大送り速度 (X/Y/Z) [mm/min]	最小設定 単位 [mm]	
牧野フライス製作所	MG30	Φ150	200	—	130	±45	—	—	300	300	200	30000/30000 /20000	0.0001	—
和井田製作所	DCG-G1	—	—	—	—	—	200	3000	60	110	—	—	—	Fanuc Series 0iF PANEL i
UNITED GRIDING Group (米国)	WALTER HELITRON ICG200	φ125	235	12	150	—	150	10,500	305	218	375	15000/15000 /15000	0.0001	Fanuc
XIANYANG JASON Machine Tool Manufacturing (中国)	MK6025*3	φ250	270	—	—	—	—	2700, 4000, 5500,	400	230	—	8000/4000	0.005	—

2-2

調査②：主要構成部品シェア及び性能比較

深掘対象とする部品名

- 各、大カテゴリ単位で、技術戦略および用途の観点で、特に調査対象とすべき小カテゴリを選定した。
- ボールねじは研削ボールねじ（精密ボールねじ）、リニアガイドは中・重荷重タイプ（2点接触式）、CNC装置はフルCNC装置をそれぞれ深掘対象とした。

	大カテゴリ	小カテゴリ	調査対象
1	ボールねじ	研削ボールねじ (精密ボールねじ)	○
		転造ボールねじ	
2	リニアガイド (リニアモーションガイド) ※ISOで「Recirculating linear ball bearing」、JISでは「玉循環リニア軸受」、工作機械工業会では「リニアガイドウェイ」	中・重荷重タイプ (2点接触式)	○
		ミニチュアタイプ (4点接触式)	
3	CNC装置	フルCNC装置	○
		簡易NC装置	

各部品でベンチマーク対象とする企業の選定方法

- 各国の主要プレイヤーの技術優位性を定量的に評価するという本調査の目的を鑑みると、ハイエンド製品の機能・性能に着目した調査をすることが相応しいと考えられる。
- 性能調査では、売上高トップ企業をベンチマークとして、海外の製品との比較をすることで、海外企業の技術・性能面でのキャッチアップ状況を明らかにした。

部品の選定方針

目的	• 原則として、ハイエンド製品を中心にベンチマークを実施する
調査方法	• 高シェア企業の技術は優れているという仮説のもと、シェアトップ企業をベンチマークとしてハイエンド製品の性能調査を実施する • 対象企業は、シェアトップ企業（部品の場合はすべて日本企業）と高シェアの外国企業(米欧中)とする • 各社の製品カタログ上で、最もハイエンドと思われる製品の性能を比較する
調査対象	各部品ごとに約5社を想定

定量データを用いた性能比較(製品カタログ掲載のハイエンド製品情報)

- 精密ボールねじの性能調査については、各社の代表的な技術力を示す定量項目として、精度等級に加えてカタログに記載されている製品の特長の整理を行った。
- 精密ボールねじの性能は精度等級で図ることができるが、各社がそれぞれ使用する規格で最もハイエンドな製品を生産しており、精度等で性能差を比較することは困難。そのため、定性情報を用いたハイエンド製品比較が必要と史料。
- 東呉証券の分析によれば、主要な海外メーカーは安定的にC1レベルの精度のボールねじを生産することができるのに対し、中国国内の上位メーカーは安定的にC2レベルの精度でのみ生産可能とされている。

製品名		製品カタログ情報	
日本精工	エンドデフレクタ式ボールねじ	精度等級	JIS C0、C1、C2、C3、C5、C17 (C0が最も高い)
		主な性能・特長	・静音・高音質：当社従来品（平均値）に比べ、騒音レベルを6dB (A) 以上低減 ・高速送り：ボールねじでは卓越したd・n 値18 万を実現 ・コンパクト：ナット外径を最大で30%の小型化（当社比）を実現 ・グリースニップル標準装備：軸径φ 25mm 以下はグリースニップル (M5×0.8) を標準装備
HIWIN TECHNOLOGIES (台湾)	【静音】【高DmN値】ボールねじ Super Sシリーズ	精度等級	JIS C0～C5
		主な性能・特長	・低騒音：従来品比約5～7dB低下 ・高加減速：特殊の循環回路と強度を上げた設計により、ボールの衝撃値を減少させ、高Dm～N値と高加減速運動を可能に ・Dm～N値最大22万：特許取得の循環システムにより、循環部の強度が大幅に向上
Nanjing Technical Equipment Manufacture (中国)	DKF型高速精密滾珠丝杠副	精度等級	1.2.3.4.5.7.10
		主な性能・特長	・高精度、低騒音、高効率、高負荷、長寿命、コンパクトな構造、強力な汎用性などの長所 ・DN値が12万以上
Shaanxi Hanjiang Machine Tool (中国)	HJG-S 端面反向结构滾珠丝杠副	精度等級	P0,P1,P2,P3,P4,P5 (精度P0が最も高い)
		主な性能・特長	・低騒音：一般的な構造に比べ、同一運転条件下での平滑性に優れ、3db以上の低騒音化を実現 ・高速性：リバースカーブを最適化することで、操作の自由度が向上し、操作速度が向上し、応答時間が短縮 ・高い信頼性：部品の強度を高め、製品の信頼性を向上 ・小型化：ナットの軸方向のサイズを小さくし、小型化を実現
SCHNEEBERGER (スイス)	ボールねじ駆動装置 SBS(SBS ball screws)	精度等級	IT 1、IT 3、IT 5
		主な性能・特長	・20,000時間以上の運転が可能 ・加速力荷重は、通常で定格動荷重の最大20%

定性データを用いた性能比較(IR・関連報道等のハイエンド製品情報)

- 日本精工と台湾のHIWINがハイエンド製品の更なる高付加価値化に取り組む中、中国の南京工芸・漢江機床やスイスのSCHNEEBERGERは、ボールねじの基本性能の向上に取り組んでいる状況である。

	ハイエンド製品の情報	差別化のポイント
日本精工	- 電動射出成形機用ボールねじ／高速性・耐熱性を実現(2023/12/4) 高負荷駆動用ボールねじの高速・耐熱仕様「HTF—SRM型」の開発を発表。新開発の「SRM循環方式」と構成部品の耐熱化により、業界最高水準の高速性・耐熱性を実現。電動射出成形機のハイサイクル化や薄肉成形化需要へ対応 - 日本精工が新型ボールねじ スマホ金型の工程短縮(2022/10/5) 工作機械で位置決めを使うボールねじの新製品を開発したと発表した。位置決め作業の際に生じる誤差が、従来より小さくなる	高速性・耐熱性 位置決め精度の向上
HIWIN TECHNOLOGIES (台湾)	i4.0BS® (Intelligent 4.0 Ballscrew) インテリジェントボールねじが第 15 回工作機械「研究開発革新的製品」コンペティションで優勝(2022/2/24) HIWIN Technology の世界初の i4.0BS® (Intelligent 4.0 Ballscrew) インテリジェントボールねじは、2022 年の第 15 回工作機械「研究開発革新的製品」コンペティションに参加し、数値制御工作機械の主要コンポーネント部門で第 1 位を獲得。同製品は、温度、振動、予圧、潤滑の 4 つの主要な診断機能を備え、センサーとアルゴリズムを使用してボールねじの健全性と寿命を判断する、新世代の伝達要素と言える	状態可視化システム
Nanjing Technical Equipment Manufacture (中国)	高速ボールねじの性能に関する情報(企業HPより抜粋) 高速ボールねじの60m/min運転時の騒音は70dB、高速リニアガイドの60m/min運転時の騒音は68dBであり、ボールねじと転がりガイドを精密構型マシンニングセンターと大量にマッチングさせ、<u>全軸40m/minの高速移動速度、0.002mmの位置決め精度、0.001mmの繰り返し位置決め精度を実現した</u>	移動速度、位置決め精度
Shaanxi Hanjiang Machine Tool (中国)	ボールねじの精度がP1レベルからP0レベルに向上 (2023/12/13) 2023年5月現在、漢江工作機械のボールねじ製品はP1レベルからP0レベルに引き上げられ、精度は国際的な先進レベルに達している (注；同社の本社のある陝西省の地方紙「陝西日報」記事より抜粋。中国のボールねじの精度等級はP1、P2、P3、P4、P5、P7、P10の7段階であり、P1は6段階中最もハイエンドな規格)	精度等級の向上
SCHNEEBERGER (スイス)	高性能ボールねじの世界的メーカーであるA.MANNESMANNをグループ傘下に加える(企業HPより抜粋) 2017年に高性能ボールねじの世界的メーカーであるA.MANNESMANNをグループ傘下に加えたことで、<u>0～150 m/minの範囲の移動速度、および最大20 m/sec²の加速度の製品の製造を実現</u> A.MANNESMANN のボールねじ(AM ボールねじ)は、IT 1、IT 3、または IT 5 の精度クラスで製造されている。これらは通常、水平および垂直の操作に同様に適している。予圧されたボールねじの軸力荷重は、通常、動定格荷重の最大 30% に耐えられる。通常、標準的な移動速度と加速度で 20,000 時間を大幅に超える動作時間を達成	動作寿命、移動速度、加速度

定量データを用いた性能比較(製品カタログ掲載のハイエンド製品情報)

- リニアガイドについては、中・重荷重タイプ(2点接触式)の性能調査を行った。
- リニアガイドの性能は精度等級で図ることができるが、THKおよび台湾のHIWINが最もハイエンドであるUP(超高精密級)の商品を出している。また、近年、中国の漢江機床(Shaanxi Hanjiang)が中国の規格で最もハイエンドな精度等級1の開発に成功している。

	製品名	製品カタログ情報	
THK	「FHS」シリーズ	精度等級	UP(超高精密級)、SP(超精密級)、P(精密級)、H、並
		主な性能・特長	「FHS」シリーズは、毎秒15mの速度で動かせる超高速リニアガイド - 静音・高音質：当社従来品(平均値)に比べ、騒音レベルを6dB(A)以上低減 - 高速送り：ボールねじでは卓越したd・n値18万を実現 - コンパクト：ナット外径を最大で30%の小型化(当社比)を実現 - グリースニップル標準装備：軸径φ 25mm以下はグリースニップル(M5×0.8)を標準装備
HIWIN TECHNOLOGIES (台湾)	RGシリーズ	精度等級	UP(超高精密級)、SP(超精密級)、P(精密級)、H(上級)、C(並級)
		主な性能・特長	- 最適化設計：ローラーがスムーズに無限循環するRGシリーズの循環システムは、世界各国で特許を取得。優れた有限要素法(FEM)を利用して、ブロックとレールの最適化構造を設計 - 四方向超高剛性、四方向高負荷容量：超高負荷容量を達成 - 長寿命：定格寿命100kmを基準に計算 - 型番RGW35CCは、送り速度120m/mで負荷荷重なしの場合15,000kmの走行距離で剥離減少なし
Shaanxi Hanjiang Machine Tool (中国)	HJG-DA、DB	精度等級	1,2,3,4,5
		主な性能・特長	- 超高剛性・高荷重：転動体を鋼球からローラに変更することで、接触剛性と負荷能力が向上高速 - 高精度：有限要素解析によるリバース軌道面の最適設計により高速・高精度を実現 - 低騒音、長期メンテナンスフリー
Nanjing Technical Equipment Manufacture (中国)	GGB 精密滾珠直線导轨副	精度等級	2,3,4,5
		主な性能・特長	- 動摩擦と静摩擦の差が非常に小さく、CNCシステムの応答速度と感度を改善 - 駆動電力が通常の機械の10分の1に相当
Shandong Bote Precision Industry (中国)	博特精工 JSA-LG/LZG	精度等級	4、5、6 (2020年10月時点の情報で現在は不明)
		主な性能・特長	・ 定量情報なし
HTPM (中国)	LGS系列滾珠直線导轨副	精度等級	B(超高精密級)、C(超精密級)、D(精密級)、E(精密級)、F(並級)
		主な性能・特長	・ 4,000時間の耐久テストをクリア
Schaeffler Technologies (ドイツ)	RUE	精度等級	不明
		主な性能・特長	リニアローラーガイドシステムは、100m/s²までの加速性、180m/minまでの速度、-10℃から100℃までの稼働温度に対応。無限ストローク、大きな、ないし非常に大きな荷重、高剛性ないし超高剛性が要求されるアプリケーションに最適なりニアローラーガイドシステム

定性データを用いた性能比較(IR・関連報道等のハイエンド製品情報)

- THKと台湾のHIWINがハイエンド製品の更なる高付加価値化に取り組む中、中国の南京工芸・漢江機床はリニアガイドの基本性能の向上に取り組んでいる状況である。
- ドイツのSchaefflerは、高精度製品の開発ではなく、ユーザーのニーズに応じたカスタマイズに注力をしていることがうかがえる（企業情報を参照）。

	関連報道	差別化のポイント
THK	・ 毎秒15mの速度で動かせる超高速リニアガイド「FHS」シリーズを開発(2023/5/22) 毎秒15mの速度で動かせる超高速リニアガイド「FHS」シリーズを開発。同社の従来製品で対応できる速度の上限が「毎秒3m程度」だったのに対し、同シリーズのそれはおよそ5倍。工場での高速搬送や、素早い挙動が求められるドライビングシミュレーターなどへの展開を狙う	高速性の向上
HIWIN TECHNOLOGIES (台湾)	・ 『状態可視化システム搭載 i4.0シリーズ』は、リニアガイドウェイ(i4.0GW(R))をラインアップ i4.0BS(R)では、ボールねじに取り付けたセンサーからの信号をECM (Edge Computing Module) で収集し、独自の診断アルゴリズムでインテリジェント診断(異常診断、部品疲労分析、潤滑状態分析)を行う。また、ログの自動保存や複数の端末による遠隔監視も可能に。生産ラインの性能を維持する予知保全や環境に配慮したクリーンなもののづくりといったニーズも満たす	状態監視
Nanjing Technical Equipment Manufacture (中国)	・ 高速リニアガイドの性能に関する情報(企業HPより抜粋) 高速ボールねじの60m/min運転時の騒音は70dB、高速リニアガイドの60m/min運転時の騒音は68dBであり、ボールねじと転がりガイドを精密横型マシニングセンターと大量にマッチングさせ、<u>全軸40m/minの高速移動速度、0.002mmの位置決め精度、0.001mmの繰り返し位置決め精度を実現した</u>	移動速度、位置決め精度
Shaanxi Hanjiang Machine Tool (中国)	・ リニアガイドの精度がレベル2から1に向上 (2023/12/13) 2023年5月現在、漢江工作機械のガイドレール製品の精度はレベル2からレベル1にアップグレードされることで国内の先進レベルに達し、中級から高級のCNC工作機械の要件を完全に満たすようになった(注：同社の本社のある陝西省の地方紙「陝西日報」記事より抜粋。中国のリニアガイドの精度等級は1～6の6段階であり、1は6段階中最もハイエンドな規格)	精度等級の向上
Shandong Bote Precision Industry (中国)	・ 関連情報なし	—
HTPM (中国)	・ LGSシリーズリニアガイドが国内で多くの賞を受賞 2017年、LGS25リニアガイドは中国工作機械工業協会から「2016トップテン製品品質」として表彰 2018年、LGSシリーズリニアガイドが広東省のハイテク製品に認定 2023年、工作機械国家品質監督検査センターより「製品品質に対する総合評価優秀賞」を受賞	自動センタリング機能、高剛性、高密封性
Schaeffler Technologies (ドイツ)	・ 関連情報なし	—

定量データを用いた性能比較(製品カタログ掲載のハイエンド製品情報)

- フルCNC装置の性能調査については、横並びで比較可能な各社の代表的な技術力を示す定量項目として、最大系統数、最大制御軸数、主軸数、最大同時制御軸数の整理を行った。
- 近年、ファナック社とSiemens社はCNC装置の最新版をリリースしているが、技術性能の定量データについては、過去のシリーズほど開示されておらず、最新シリーズでの性能比較は困難。
- 中国のGSK CNC EQUIPMENT(広州数控)は、最大系統数、最大制御軸数、主軸数においてファナック社とSiemens社の旧製品を上回る性能のものを出している。

	製品名	最大系統数	最大総制御軸数	主軸数	最大同時制御軸数
ファナック	FANUC Series 500i-A (最新機種)	—	—	—	—
	FANUC 30i-Model B Plus	Max 10 Max 15	96(10系統の場合) 72(15系統の場合)	Max 24(10系統の場合) Max 16(15系統の場合)	24
Wuhan Huazhong Numerical Control System (中国)	HNC-848Di五轴数控系统	Max 10	80	Max 4	80
GSK CNC EQUIPMENT (中国)	GSK 27i系列数控系统	Max18	100	Max 32	14
KEDE Numerical Control (中国)	GNC60数控系统	Max 8	32*8	Max 16	12 ?
Siemens (ドイツ)	SINUMERIK 840D SI	Max 30	93	Max 31	20
	SINUMERIK ONE (最新機種)	Max 10	—	Max 31	—

(出典)各社HPまたは製品カタログから引用

定性データを用いた性能比較(IR・関連報道等のハイエンド製品情報)

- 各社がCNC装置のデジタルへの対応面で差別化を図っている状況であり、CNC装置そのものの性能向上をうたっている企業はファナック社のみ。ファナック社は、20年ぶりに発表したCNCシリーズでCPU処置能力を2.7に向上させた。

	ハイエンド製品の情報	差別化のポイント
ファナック	・IoTやデジタルツインへの対応を強化したCNC「FANUC 500i-A」をリリース(2023/09/14) 2003年にリリースした「FANUC Series 30i」以来の新たなCNCを開発。シミュレーションを中心としたデジタル技術の活用、IoTによる製造現場の見える化や効率化、ロボットによる自動化といったニーズの高まりに柔軟に対応できるプラットフォームとなるCNCの開発を行った。カスタマイズ機能強化の一環として、CNC標準画面と機械メーカー様の独自画面が共通のユーザーインターフェイスエンジンで動作する形にするとともに、CPUの処理能力を既存の「30i-B Plus」に対して2.7倍に向上させた	IoT・デジタルツイン対応 カスタマイズ強化 CPU強化
Wuhan Huazhong Numerical Control System (中国)	・11機能を備えたハイエンドの5軸工作機械用CNC装置を発表(2024/4/12) 2023年4月、同社は新しいハイエンド5軸CNCシステム製品パッケージを正式にリリース。同製品は、5軸加工技術とデジタル、ネットワーク、インテリジェント技術を完全に統合し、高品質の5軸加工、CAMとCNCの統合、機上測定、リモート操作とメンテナンスなどの11の主要な機能を備え、国際的にも最先端の5軸CNCシステム標準に達している	デジタル+ネットワーク+インテリジェント機能
GSK CNC EQUIPMENT (中国)	・インテリジェント機能付きのCNC装置をCIMTで展示(2023/4) CIMT2023(第18回中国国際工作機械ショー)において、CNC装置を展示。そこで展示されたGSK 27iCNCシステムのインテリジェント機能には、インテリジェントバス診断のサポート、インテリジェント衝突防止検出、インテリジェントスピンドル負荷自己適応等の機能が搭載されている	インテリジェント機能搭載
KEDE Numerical Control (中国)	・インテリジェント機能付きのCNC装置をCIMTで展示(2023/4) CIMT2023(第18回中国国際工作機械ショー)において、CNC装置を展示。そこで展示されたGNC62シリーズは、デジタルツインを採用し、ピッチ誤差補正、逆バックラッシュ補正、垂直誤差補正、直線度誤差補正、トーション誤差補正、空間誤差補正、温度誤差補正などをサポートするほか、オンライン監視と情報統合をサポートし、加工プロセスのビッグデータと加工状態データ、機械設備情報をリアルタイムで収集し、情報の相互接続を実現するためのデータインターフェースなどの機能を有する	インテリジェント機能搭載
Siemens (ドイツ)	・SINUMERIK CNC製品ラインの新バージョンをリリースし、デジタルツインシミュレーションソフトウェアをアップグレード(2023/6/14) SINUMERIKはシーメンスのCNC製品ラインで、ユーザー/プログラミングパネルからサーボモーターを駆動するPLCに至るまで、完全なモーションコントロールパッケージを提供する。SINUMERIK ONEは、エンドユーザーがCNCマシニングセンターのデジタルツインを作成することを可能にし、最近シーメンスはSINUMERIK ONE製品に、SINUMERIK製品ファミリーの新バージョンをサポートする機能を追加した	デジタルツイン活用 機能の強化

注：日本・米国・スイスは、Factivaにおいて「社名+CNC（それぞれ日本語・英語）で検索
中国系企業については、Factivaに加え、中国の検索エンジンBaiduにて「社名+CNC（簡体字）検索

2-3

調査③：新素材開発・導入、新機能付加の状況整理

新素材の開発・導入状況に関する調査

ミネラルキャストの市場動向・技術トレンド等（サマリ）

概要

- ミネラルキャスト（別名：ミネラルキャストینگ、人工グラナイト、ポリマーコンクリート）は、高い振動減衰性と優れた熱特性を有す高機能複合材料である
- 0.1 mm ～16 mm 程度の大きさの鉱石を骨材とし、エポキシ樹脂で結合させた複合材料であり、高精度・高速動作が求められる産業機械用途を中心に欧州などで利用されてきた
- また、ミネラルキャストは、その優れた減衰性と熱安定性により、機械の工作精度向上や稼働率向上、メンテナンスコストの削減、あるいは周辺環境への配慮（振動や騒音の低減）に効果を示す新しい構造材として近年注目されている

想定される産業分野と用途

- 使用が想定される産業（製品）としては、工作機械のほか、半導体製造装置、計測機器、発電機、印刷機械、産業搬送機器などが挙げられる
- 工作機械構造体（マシンベッド、コラム）や半導体製造装置、CT・MRIなどの医療機器、精密測定機器、さらには近い将来に実用化が期待されるロボット加工機においては、各部位に求められる要求性能に応じ、鋳鉄、ミネラルキャスト、新技術であるハイブリッド技術、高減衰鋳鉄を最適に使い分けることで、更なる高速化・高精度化の実現が期待されている

	ミネラルキャスト需要の背景
工作機械	航空宇宙部品や医療機器部品、光学金型、電子機器でも、 <u>微細加工による高精度化が求められている</u> 。その実現のため、制御技術や作業環境保全（振動や温度・湿度管理）に加え、加工時に発生する振動を抑制する機械自体の制振性向上に取り組まれている
半導体製造装置	デジタル社会の進展やモビリティの電動化などに伴い、半導体需要は2030年には2022年比で約2倍に拡大すると言われている。 <u>市場拡大や半導体の微細化に対応するために、供給側では、製造装置の高速化、高精度化が模索されている</u>

経済安全保障上の位置づけ(特定重要物資との関連性)

- 工作機械および産業用ロボットの専用部素材の素材となる鋳物は、海外依存度が高く、供給途絶リスクがあり、メーカーによる鋳物の内製化が進む
- ミネラルキャストは、供給リスクを抱える鋳物の代替素材としての役割も期待されている
- 日本国内では、ミネラルキャストそのものを製造する企業はほとんどないが、その原材料であるエポキシ樹脂については生産メーカーがある

新素材の開発・導入状況に関する調査

ミネラルキャストの国内外における導入状況

国内外の導入状況

- ・ ミネラルキャストの導入は、欧州が先行している
- ・ 欧州では、高精度・高速動作が求められる産業機械用途を中心に、ハイエンドな工作機械に使われている
- ・ しかし、鋳鉄と比べ重く剛性に劣るなどのデメリットもあり、**日本国内では導入が進んでいないのが現状である**
- ・ 中国では、秦川機床が一部の機種に採用している
- ・ 国内での先行事例としては、ドイツのRAMPF Groupが日本のレジンコンクリート・メーカーである日之出水道機器との事業提携でミネラルキャストの国内量産化に取り組んでいる
- ・ また、直近では、ヤマザキマザック社がミネラルキャストの内製化と工作機械への採用拡大に向け先陣を切ったことで、工作機械業界でミネラルキャストの導入が加速する可能性があるとの指摘もある
- ・ 国内ユーザー企業については、ミネラルキャスト搭載の工作機械を優先的に利用するなどの事象はみられない

国内外の主要工作機械メーカーの対応状況

日本		欧米		中国	
企業名		企業名		企業名	
岡本工作機械製作所	×	Haas Automation(米国)	○	Beijing Jingdiao Group(北京精雕科技集団)	×
シチズンマシナリー	×	Hardinge(米国)	×	BOCHI MACHINE TOOL GROUP (宝鷄機床集団)	×
DMG森精機	×	HERMLE(ドイツ)	○	Guangdong Create Century Intelligent Equipment (広東創世紀)	×
不二越	×	Index-Werke GmbH & Co. KG(ドイツ)	○	KEDE Numerical Control (科徳数控)	○
牧野フライス製作所	×	Reishauer(スイス)	×	Ningbo Haitian Precision Machinery(寧波海天精工)	×
三井精機	×	UNITED GRIDING Group (スイス)	×	Qinchuan Machine Tool & Tool Group Share(秦川機床)	○
ヤマザキマザック	△				

注：○(工作機械に導入済み)・△(研究開発段階)・×(導入なし)

国内原材料サプライヤーの動向

- ✓ 国内においてミネラルキャストの材料となるエポキシ樹脂を生産している企業は少ない
- ✓ 主要なメーカーとしては、DIC、三菱ケミカル、日鉄ケミカル&マテリアルが生産をしているほか、三菱化学ガスはミネラルキャスト用エポキシ樹脂硬化剤を生産している

出典：各社HP・プレスリリース・製品カタログより作成

新素材の開発・導入状況に関する調査

アルミニウム合金に関する市場動向・技術トレンド等

概要

- アルミニウム合金(Al合金)は、アルミニウムに他の金属を混ぜて作った合金である。純粋なアルミニウムは柔らかさが特徴であるのに対し、アルミニウム合金は混ぜた金属の特性によって進展性や強度が変化する。熱や電気を良く通し、耐食性も持っているため、冷暖房のパーツや熱交換器などに使用される
- アルミニウム合金はアルミニウムに何を添加したのかによってNo.1000～8000番まで区別される。例えば、1000番台は純アルミニウムであり、加工性や耐食性、電気伝導性に優れるが、構造材として使用するには強度が不足している。NO.7000番台であれば、一般的にジュラルミンと呼ばれるアルミ合金が存在し、アルミ合金の中で最も強度の高い金属となる

No.(番手)	添加金属
1000番	なし
2000番	銅
3000番	マンガン
4000番	シリコン
5000番	マグネシウム
6000番	シリコン、マグネシウム
7000番	亜鉛、マグネシウム
8000番	リチウム

- アルミニウム合金は航空機の軽量化を目的として開発を進められてきたが、近年では地下鉄などの列車から人工衛星まで、その軽さ故に幅広く使用されている

想定される産業分野と用途

- アルミニウム合金は、産業分野で最も広く使用されている非鉄金属構造部品であり、航空、航空宇宙、自動車、機械製造、電子機械加工、金型、化学産業で広く使用されている
- 中でも、高強度アルミニウム合金は、耐久性、耐腐食性、高強度重量比、軽量性などの特性を備えていることから、航空宇宙、防衛、鉄道車両、自動車などの産業での利用が想定されている

市場規模予測

- Report Ocean社の予測によれば、高強度アルミニウム合金の世界市場は、2020年に313億米ドルに達し、さらに2021年から2027年の間に5.3%のCAGRで成長し、2027年には431億米ドルに達すると予測されている
- 高強度アルミニウム合金の需要の高まりの背景には、OEMの間で燃料効率や排出ガスに対する規制が強化されていることや、自動車産業における軽量部品の需要が加速していることが挙げられる

出典：Report OCEAN「Global High Strength Aluminum Alloys Market, Opportunities and Forecast, 2021-2027」

企業の新規開発動向

- 牧野フライス製作所が鋳物メーカーなどと軽量・高剛性の新素材を開発し、2021年度中に工作機械の可動構造部への適用を発表(2020/12/24)

牧野フライス製作所は、田島軽金属、ヒノデホールディングス、日之出水道機器との4社で軽量・高剛性のアルミ合金「ATHIUM(アシウム)」を開発し、2021年度中に工作機械の可動構造部に適用すると発表した。金属組織の制御の適正化やバラつきを抑える高度プロセス管理により、ネズミ鋳鉄と比べて重量を60%低減しつつ同等の剛性を実現。高速移動中のたわみを抑えられるほか、軽量化により移動物やボールネジ、モーターなどのイナーシャ(慣性)を全体で従来比50%削減可能

同社は2020年に発表したコンセプトマシン「e・MACHINE」の構造にATHIUMを採用する。牧野フライス製作所では、大型マシニングセンタ(MC)を除き、既存製品から新製品まで幅広くATHIUMを採用する予定。牧野フライス製作所は2021年中の製品化を目指す

出典：牧野フライス製作所プレスリリースより抜粋

新機能付加に関する調査

ギガキャストに関する市場動向・技術トレンド等

概要

- ギガキャスト（ギガキャスティング）は、型締め力の大きなダイカストマシンを使って金属製部品を成形する技術である。成形に使う材料は主にアルミニウム合金
- ギガキャストは、アルミ合金のインゴット（材料）を熱して溶湯にし、型締めした後の金型内に高速・高圧で流し込む。この溶湯が冷えて固まった後で金型を開いて取り出すと、大物の一体成形品を得られる仕組み。EVのアンダーボディーなどのボディー部品の他、2次電池のケースや電動アクスルのケースなどが想定されている
- ギガキャストの利点は、複雑な形状の大物部品を一発で成形できることであり、工数の大幅な削減の効果が期待されている
- 世界の主要なダイカストマシンメーカーには、IDRA(イタリア)、Buhler(スイス)、LK Technology(中国)、Haitian-海天精工(中国)などが挙げられる
- 日本では、UBE（旧宇部興産）グループが製造を行っているほか、リョービが2023年に国内最大級となる型締め力6000トンクラスのダイカストマシン導入を決定

ユーザー企業の採用状況

企業名	動向
Tesla (米国)	ギガキャストの高度化を進める テスラはプラットフォーム(車台)と呼ばれる複雑な車体下部のほぼ全てを一体成型する革新的な技術の実用化に近づいている。 この手法はイーロン・マスク最高経営責任者が3月に打ち出した「アンボックスト」（自動車各部を一程度程度のまとまった部品として造り、後で一体化して車両として組み立てる手法）という製造戦略の中核を成しており、今後10年間で数千万台の安価なEVを生産しつつ、利益を上げるという計画の要だとされている
トヨタ自動車	ギガキャストを26年に投入し。EVで採用を予定（2023年7月） トヨタ自動車は、自動車の新たな生産技術「ギガキャスト」について、2026年に投入する電気自動車（EV）で採用する方針を明らかにした。アルミ鋳造で一体成型した巨大な車体部品を組み込み、部品点数と生産工程を大幅に削減する。EVのコスト競争力を高め、販売拡大につなげる UBEグループからダイカスト設備の購入(2023年12月) トヨタ自動車はUBE（旧宇部興産）グループから、「ギガキャスト」と呼ぶ新しい生産方法を具体化するダイカスト設備を購入することが明らかになった。導入した場合には、車台向けに巨大なアルミ部品を製造する設備になる
本田技研	カナダに新設予定のEV工場におけるギガキャストの導入検討。（2024年1月） ホンダ技研は、北米での電気自動車(EV)の生産体制強化に向け、カナダに新工場の建設を検討している。北米では複数のEV生産拠点を設ける考えで、大型アルミ鋳造技術「ギガキャスト」などの工法も将来は採用していく考え

出典：各種メディア・公開情報より作成

2-4

調査④：競合国の政策動向・必要な取組の検討

【サマリ】主要国における工作機械の政策上の位置づけ：米国・ドイツ・中国の比較

- 米国・ドイツ・中国を対象に、過去5年間の科学技術政策と国家政策における工作機械の政策上の位置づけを比較した。
- 中国は工作機械を科学技術政策上で重要な技術と位置づけ、国家戦略として工作機械に対する支援を行っているが、米国とドイツで同様の動きはない。

国名	科学技術政策上の位置づけ(一部通商政策・産業政策を含む)		工作機械に関連する国家戦略(例：日本「ロボット新戦略」)	
	ポイント	主な政策名	ポイント	主な政策名
米国	<u>工作機械は重要な新興技術に指定されていない</u>	✓ 「重要・新興技術(CET)リスト」「重要・新興技術に関する国家標準化戦略」	- 工作機械を表題とした国家戦略・計画はない - 国家戦略の中で工作機械機械を重点分野に位置付けたものはない	
ドイツ	<u>工作機械は重要新興技術に指定されていない</u>	✓ 「ハイテク戦略2025」	- 工作機械を表題とした国家戦略・計画はない - 国家戦略の中で工作機械機械を重点分野に位置付けたものはない	
中国	<u>工作機械は重要技術に位置づけられ、複数の科学技術政策が出されている</u> - 国内の技術水準が十分でない技術については、外資企業からの積極的な投資を奨励する一方で、国内の技術水準が一定に達した重要技術については輸出を制限し、重要技術の内製化を進めている	✓ 「外商投資の奨励産業目録」 ✓ 「輸出禁止・制限技術リスト」 ✓ 「機械産業の安定成長作業計画(2023-2024年)」	- 製造強国になるための国家戦略の中にCNC工作機械・基盤製造設備が位置付けられている - インテリジェント製造業の発展が目指されて、その中の支援対象の一つにハイエンド NC 工作機械が含まれる - 政府の標準化戦略（「中国標準2035」）に基づき、今後はNC工作機械についても規格体系の整備が加速されることになる	✓ 中国製造2025 ✓ インテリジェント製造業発展「第14次5カ年計画」 ✓ 『国家標準化発展綱要』の貫徹実行に向けた行動計画の印刷配布に関する通知

(出典) 公開情報を元に作成

【米国】工作機械の政策上の位置づけ

- 米国は、自国の重要・新興技術(CET)の範囲を明確化し、R&Dへの投資や国際協力関係の構築等において優先順位付けの基準を作成。現状では、工作機械自体は重要新興技術に指定されていない。

政策名	「重要・新興技術(CET)リスト」の更新	「重要・新興技術に関する国家標準化戦略」
年月	2022年2月	2023年5月
概要	米国は機微・新興技術戦略に基づく技術優位性の確保を目的とし、2020年10月に「重要な新興技術のための国家戦略（National Strategy for Critical Emerging Technology）」を発表し、機微・新興技術20分野（CETリスト）を特定。2022年2月にリスト更新を行い、19分野を指定するとともに、2020年時のリストにはなかった各分野におけるサブカテゴリーを指定	CETリストの分野に関連する国際標準の規格作りを主導するための新戦略で、優先対象とするCETの8分野を特定。中国が「自国の軍事産業政策や独裁的な目的のために先進技術の国際標準作りに積極的に影響を与えている」と明記し、米国の経済および国家安全保障を強化を目的とする
注力分野・施策 (工作機械関連)	(全19分野のうち、工作機械に関連するものを抜粋) - 先端ガスタービンエンジン技術(サブカテゴリーに、航空宇宙・海洋・産業開発・生産技術) - 先端製造 - 先端原子力技術 - 人工知能 - 自動化技術及びロボット工学 - 極超音速技術 - 半導体・微細電子工学(マイクロエレクトロニクス) - 宇宙技術・システム	- 通信・ネットワーク技術 - 半導体 - 人工知能 (AI) - 機械学習 - バイオテクノロジー - 測位・航法・タイミング (PNT) サービス - デジタルアイデンティティのインフラおよび分散台帳技術 - クリーンエネルギー発電と蓄電 - 量子情報技術
工作機械技術の位置づけ	工作機械自体はCETリストに掲載されていないが、自動化技術及びロボット工学分野を始めとするリストに掲載された重要技術において工作機械の利用が不可欠であることから、当該分野の製造に関連する工作機械(特にハイエンドの工作機械)についても重要性が高まると思料	工作機械に関する言及はないが、半導体等の製造においてハイエンドの工作機械の利用が不可欠であることから、当該分野の製造に関連する工作機械(特にハイエンドの工作機械)の重要性は今後も高いと思料

【米国】工作機械に関する主要なプログラム

- 米国では、国防の観点から、国防総省が工作機械業界を資金面でサポートしている。
- 国防総省の産業政策局(IndPol)が実施する「Industrial Base Analysis and Sustainment (IBAS)」プログラムは、国家安全保障に不可欠な製品やサービスを提供する産業基盤の健全性と弾力性を確保することに重点を置いたもの。
- IBASプログラムでは、工作機械が防衛製造業をサポートする重要な産業であると位置付けられ、人材育成ならびに技術開発面での支援が行われている。

国防総省(DoD)・Industrial Base Analysis and Sustainment (IBAS)プログラムの概要

開始時期	2020年3月～2023年3月(予定)
背景・目的	• 国防総省産業政策局(IndPol)が実施しているプログラムの一つ。IBASプログラムは、国家安全保障に不可欠な製品やサービスを提供する産業基盤の健全性と弾力性を確保することに重点を置いている。国防産業基盤の分析と維持を目的としており、国防産業基盤が直面するリスクを特定し、脆弱性を軽減し、必要な能力を維持・強化するための戦略を開発することを目指すもの。IBASプログラムは、国家安全保障に不可欠な製品やサービスを提供する産業基盤の健全性と弾力性を確保することに重点を置いている • <u>IBASの主力事業の1つである最先端プログラム(America's Cutting Edge ; ACE)では、工作機械が防衛製造業をサポートする重要な産業であるとして、希望者に対し、機械加工と測定に関するオンラインおよび対面トレーニングを無料で提供支援を行っている</u>
支援策	• 工作機械業界の人材育成プログラムとしてACEを立ち上げ 製造業に不可欠な米国の工作機械産業の効率、信頼性、競争力を大幅に向上させることを目的として、短期的な科学技術研究を実施するための3年間のイニシアチブとして、オークリッジ国立研究所と先進複合素材製造イノベーション研究所と共同でAmerica's Cutting Edge (ACE)を立ち上げた • 2021年上半期にACEへの資金提供を実施 防総省（DoD2021暦年上半期に、国内製造業の製造力、処理能力等を支援するために総額約6560万ドル相当のプロジェクト16件を発注、その中の一つでACEプログラムに1,500万ドルの資金を授与した • 2021年9月に追加で資金提供を実施することで、ACEの工作機械技術開発を引き続き支援 エネルギー省のオークリッジ国立研究所(ORNL)に2,030万ドルの追加資金を授与することで、ACEの工作機械技術開発を継続した

【ドイツ】工作機械の政策上の位置づけ

- ドイツは、2006年から続く「ハイテク戦略」において今後数年間の研究イノベーション政策の省庁横断的な目標、重点およびマイルストーンを設定しているが、工作機械自体は重点技術領域に指定されていない。

政策名	国家産業戦略2030	ハイテク戦略2025
年月	2019年2月	2018年9月
概要	- ドイツ経済・エネルギー省が発表したもので、今後、長期的にドイツおよび欧州の製造業の競争力と経済・技術面の優位性を維持するための産業政策策定のための指針となる - 製造業の付加価値を現在のGDP比23%から2030年までに25%に引き上げる目標を提示するとともに、欧州レベルでも20%へ引き上げることを提案している	ドイツ連邦閣議が2006年にスタートした「ハイテク戦略」の4期目の戦略であり、今後数年間の研究イノベーション政策の省庁横断的な目標、重点およびマイルストーンを設定したもの。ドイツの将来の能力強化のため、国全体の研究開発費のGDP比率を2025年までに3.5%に引き上げることを目標にしている
注力分野・施策	「デジタル化」と「人工知能（AI）の活用」が最も重要な基礎イノベーションと位置付けられた	下記の重点技術領域が列挙されている。 - 目標①：社会的実装や応用を見据えた研究における（機械学習、ビッグデータ、サイバーセキュリティ、HMI、<u>ロボット</u>、VR、通信システム、5G通信技術、電池、3Dプリント、軽量化、<u>製造技術</u>） - 目標②世界トップへ飛躍させるべき技術（量子シミュレーションシステム、超精密計測技術、画像化技術、バイオテクノロジー、バイオインフォマティクス、<u>航空宇宙衛星</u>、<u>材料</u>）
工作機械技術の位置づけ	- 既存の強みがある製造業で技術を主導する立場に置くことが重要だとし、競争のためには欧州域内で、研究開発、生産、サービス・流通などの全てのバリューチェーンを完結させることが重要とした <u>工作機械自体への直接的な言及はないものの、工作機械はドイツ企業に強みのある分野の一つであり、工作機械の重要性は今後も高いと思料</u>	<u>工作機械自体への直接的な言及はないものの、重点的技術領域において工作機械の利用が不可欠であることから、当該分野の製造に関連する工作機械(特にハイエンドの工作機械)の重要性は今後も高いと思料</u>

出典：“National Industry Strategy 2030”, the German Federal Minister for Economic Affairs and Energy(ドイツ経済エネルギー省)、“The High-Tech Strategy 2025”, Federal Government(ドイツ連邦政府)

【中国】工作機械の政策上の位置づけ①(科学技術政策)

- 国内の技術水準が十分でない技術については、外資企業からの積極的な投資を奨励するとともに、プロジェクト実施支援を通じた産業競争力の強化や品質の向上を進めている。さらに、国家経済・技術権益の保護等を目的に一定の水準に達した重要技術は輸出制限を課している。

政策一覧			
政策名 ※2022年～	「外商投資の奨励産業目録 2022年版(鼓励外商投资产业目录)」(国家发展改革委员会)	「輸出禁止・制限技術リスト(中国禁止出口限制出口技术目录)」の改正(商務部・科学技術部等)	「機械産業の安定成長作業計画(2023-2024年)(机械行业稳增长工作方案)」(工業情報化部等)
年月	2022年11月	2023年12月	2023年9月
概要	外資企業からの投資を歓迎する分野を明らかにしたリスト。奨励類に該当する項目は、投資総額内で輸入する自家用設備の輸入関税免除(一部例外あり)や土地の優先供給などの優遇措置を受けられる	これまで4回にわたって同リストを更新。禁止リストに掲載された技術は輸出できず、輸出制限技術として掲載した技術を輸出する場合は、商務部主管部門に申請を行って技術輸出許可証を取得する必要。最新の改正によって、農業、食品工業、繊維工業等の伝統産業が削除され、先端の新興技術がリストの大半を占めるようになった	中国工業情報化部、財政部、交通運輸部、商務部、税関総局、金融監督管理総局及び国家エネルギー局が共同で、機械産業の質と利益の向上を目指す計画を策定。競争力のある中小企業と産業クラスターをの育成を目指す
対象となる分野(工作機械関連)	<u>外国企業からの投資が推奨されるもの</u> - 非鉄金属の精錬および圧延加工業(ハイエンド NC 工作機械) - 汎用設備製造業(ハイエンド NC 工作機械および重要部品の製造: 5 軸連動 NC 工作機械、デジタル制御座標ボーリング用フライス盤マシニングセンタ、デジタル制御座標グラインダー、ハイエンドミドルレンジの NC 工作機械およびマシニングセンタのベアリング、工作機械、建機、鉄道機関車設備等の機械設備の再製造)	<u>輸出制限技術の追加</u> : 工作機械産業の基本共通技術(工作機械の革新的な設計、基礎技術、試験・検証、信頼性と機能安全性などの工作機械基礎的な共通の技術研究)、3Dプリンター技術(鑄造・鍛造・ミリングが一体化した金属3Dプリンティングのキーテクノロジー)	- ボールネジ、ガイドレール、スピンドルを備えた工作機械、精密減速機およびその他の特殊部品を備えた産業用ロボット、ハイエンドベアリング、精密ギアおよびその他の一般的な基本部品 5 軸マシニングセンタ、大規模なハイエンドのインテリジェント農業機械、産業用ロボット、産業用制御装置およびその他のハイエンド製品
工作機械に関する技術の位置づけ	同目録に掲載される技術については、外国からの技術・資金面での投資が推奨されていると鑑みると、中国国内ではまだ技術水準が十分ではない分野であると思料	上記の技術で使用される工作機械関連技術は、経済安全保障の観点から中国の技術の保護のために輸出禁止/制限が必要だと考えられている	工作機械に関連する基本製品の信頼性向上のための“基礎”プロジェクトを実施することで、工作機械および基本部品の品質向上を目指す

【中国】工作機械の政策上の位置づけ②(国家戦略)

- 中国は、国家戦略における重点分野に工作機械を位置付けている。ハイテク分野をはじめとする分野の国産化に力を入れており、工作機械の標準化にも積極的に取り組んでいる。

	政策一覧		
政策名 ※2022年～	「中国製造2025（中国制造2025）」（国務院）	インテリジェント製造業発展「第14次5カ年計画」（工業情報化部等8部門）	「『国家標準化発展綱要』の貫徹実行に向けた行動計画の印刷配布に関する通知（关于印发贯彻实施〈国家标准化发展纲要〉）」（国務院の16部門）
年月	2015年5月	2023年12月	2022年7月
概要	中国の製造強国戦略実施に向けた最初の10年の行動綱領という位置づけ。2025年までに製造強国入り、2049年までに世界の製造強国のトップグループ入りを目指し、重点10産業23分野の育成を目指す	第14次五か年計画に基づき、工作機械、デジタルツイン、産業インテリジェンスなどの主要分野に焦点を当て、業界をリードする企業が大学、科学研究機関、上流および下流の企業と協力して多数の製造革新キャリアを構築し、インテリジェントなシステムを開発することを支援するもの	2021年10月に発表された「国家標準化発展綱要」を実行するために、2030年末までの重点活動を明確に定めたもの （※「国家標準化発展綱要」は2018年3月の「中国標準2035」をベースに策定）
対象となる分野(工作機械関連)	NC工作機械・基盤製造設備の重点分野 ・高精度/高速/高効率の柔軟性を備えたNC工作機械と基礎製造設備、統合製造システム、先端NC工作機械や3Dプリンターなどの技術・設備の研究開発 ・先端デジタル制御システムやサーボモーター、ベアリング等の主要部品と応用ソフトウェア	インテリジェント製造業の発展に向けて下記の工作機械の研究開発の支援を行う ・立形・横形5軸マシニングセンタ、旋削・フライス加工複合マシニングセンタ、高精度CNC研削盤等	下記の設備製造業分野の規格の水準を引き上げることを目指している ・NC工作機械、建設機械、船舶設備、農業機械などの重点分野をめぐる、ハイエンド設備製造の標準化による基盤強化事業を実施し、ハイエンド設備と情報技術、グリーン・低炭素、現代サービスが融合した複数の規格を制定し実施する。
工作機械に関する技術の位置づけ	・製造強国になるための国家戦略の中にCNC工作機械・基盤製造設備が位置付けられた ・ハイテク分野をはじめとする分野の国産化に注力をしていることが特徴で、中国で早急に必要とされている技術/分野の発展を促進するほか、中国が一定の優位性を持っている産業も含まれることから経済安全保障の視点からも分野の選定がなされている	・第14次五か年計画第8章「製造強国戦略の高度な実施」の発展を推進する施策としてインテリジェント製造業の発展が目指されており、その中の支援対象の一つにハイエンドNC工作機械が含まれる	・2018年に「中国標準2035」が公表されて以降、中国政府は標準化戦略を重要戦略に位置付け、財政支援策による標準化体系の整備や国際標準化活動への積極的な関与を進めてきた ・今後は、NC工作機械についても規格体系の整備が加速されることになる

国際競争力に影響を及ぼす政策：中国の産業構造における工作機械の位置づけの変化

- 中国は、「産業構造調整指導目録」によって、発展を奨励する分野、投資を制限・淘汰する分野を定めることで、政府主導で産業構造の調整を進めている。
- 2024年版の目録では、発展を奨励する分野に工作機械関連技術が入り、今後工作機械が産業の最適化や高度化に資するものとして政府による支援が行われると思われる。

	産業構造調整指導目録（2024年版）の公表
施行年	2023年12月
概要	国家発展改革委員会は、「産業構造調整指導目録（2024年版）を公表した。目録は、政府が産業構造の調整を進め、発展を奨励する分野、投資を制限・淘汰する分野を定めたもので、各種政策の根拠となっている。目録の制限類と淘汰類は、内・外資企業に適用する「市場参入ネガティブリスト」にも反映されており、外資系企業にも影響を与える。2024年版の目録は2月1日から施行され、現行規定の2019年版目録は同時に廃止となる 2024年版目録は全1,005項目あり、そのうち奨励類が352項目、制限類が231項目、淘汰類が422項目となった
政策の方針	2024年版の目録における政策方針は下記のとおり。 1. 製造業のハイエンド化、スマート化、グリーン化を推進する 2. 優位性のある産業の主導的地位を確かなものとし、伝統的産業の転換と高度化を加速させ、先進的な生産能力の比率を高める 3. 安全保障の発展に関連する分野の弱点の補強を加速させる（注：科学技術のハイレベルな自立自強の実現を加速させ、国家戦略上の必要性に基づいてコア技術の確立を目指すもの） 4. 高品質で効率的なサービス業の新しい体系を構築する
対象分野 （工作機械関連）	- 産業の最適化や高度化に資するとして、奨励類には「インテリジェント製造」「農業機械設備」「CNC工作機械」「サイバーセキュリティ」が追加された - 上記のうち、工作機械関連は以下のとおり ➢ 「インテリジェント製造」：ロボット、システムインテグレーション、スマート検測装置、センサー、3Dプリンタとその特殊材料、スマート物流、工業制御装置など ➢ 「農業機械設備」：トラクター、その関連主要部品、高効率収穫機、農地管理機械、節水型灌漑設備など ➢ 「CNC工作機械」：ハイエンドCNCを基準として、金属切削工作機械、金属成形工作機械、特殊加工装置、これらに用いられるデバイスと産業用ソフトウェア、主要コンポーネント、アクセサリ、測定ツールなど

出典：「产业结构调整指导目录（2024年本）」（国家发展改革委员会）

国際競争力に影響を及ぼす政策：米中の先端技術に関する輸出規制

- ・ 米国では、2018年に「輸出管理改革法(ECRA)」が制定され、新興技術に関する新たな規制を導入した。
- ・ 中国では、「輸出禁止・制限技術リスト」によって先端の新興技術をはじめとする技術の輸出を規制している。
- ・ 両国はそれぞれ、工作機械関連の技術の輸出を制限していることがわかった。
- ・ また、米国のECRAにおける規制分野は、中国の「中国製造2025」の重点分野と重なっている。

	米国	中国		
	輸出管理改革法(ECRA)	輸出禁止・制限技術リスト		
施行年	2018年	2023年(4度目リスト改訂)		
概要	既存の輸出規制でカバーしきれない「新興・基盤技術（emerging and foundational technologies）」のうち、米国の安全保障にとって必要な技術を輸出規制対象とすることなどを定めたもの	輸出禁止技術として掲載された技術は輸出できず、輸出制限技術として掲載した技術を輸出する場合は、商務部主管部門に申請を行って技術輸出許可証を取得する必要がある。最新の改正では、先端の新興技術がリストの大半を占めるようになった		
対象分野	対象分野は下記の14分野（工作機械関連には色付け）			
	ECRAの対象分野と中国製造2025の対応関係			
	ECRA対象分野	対応番号	ECRA対象分野	対応番号
	バイオテクノロジー	⑩	輸出関連技術	④⑤
	AI・機械学習	①	付加価値製造技術(3Dプリンタなど)	②
	測位技術	③	ロボット工学	②⑧
	マイクロプロセッサ	①	脳コンピューターインターフェース	①⑩
	先端コンピューティング	①	先端材料	③
	データ分析	①	先進技術	⑥⑨
	量子情報・量子センシング技術	①⑩	先端材料	①③⑦
対象となる技術は多岐にわたるが、工作機械関連は以下。				
・ 2023年の改正で、工作機械産業の基礎基盤技術が輸出制限技術となった。 ・ その他、汎用設備製造業のカテゴリに、鑄造技術、汎用部品製造技術、3D プリント技術も輸出制限技術とされている				
《出典》「中国製造2025」の重点分野 ①次世代情報通信技術/②ハイレベルNC工作機械・産業用ロボット/③航空・宇宙設備/④海洋エンジニアリング・船舶/⑤先端鉄道設備/⑥省エネ・新エネ自動車/⑦電力設備/⑧農業用機材/⑨新素材/⑩バイオ医薬・高性能医療機器				

出典：米国” Export Control Reform Act”,中国「中国禁止出口限制出口技术目录」

国際競争力に影響を及ぼす政策:ドイツにおける技術保護のための制度

- ドイツは、2018年以降に对外経済法を改正することで、重要分野における情報や技術の国外流出防止を強化している。
- ドイツでは、2016年に中国の美的集団がドイツの大手工作機械メーカーのKUKAを買収して以降、安全保障や技術流出を懸念する議論がおこっていた。

	对外経済法の改正																		
施行年	2020年																		
概要	ドイツでは、对外経済法に基づき、対内直接投資に係る規制として、分野特定の審査及び分野横断的審査の制度を導入している。2017年の改正では、欧州連合（EU）と欧州自由貿易連合（EFTA）以外の地域の企業による重要なインフラ産業などへの出資も規制されることになった。2020年の改正によって、重要分野における情報や技術の国外流出を防ぐことを目的として、該当分野の企業に対する欧州域外の企業のドイツ企業への出資に関して、連邦政府はより包括的かつ予見的に審査を行うことが可能となった 2020年の改正までは、防衛分野を除いて、事前報告の対象となる買収や出資は経済・エネルギー省の審査中でも行えたため、審査終了前に買収を既成事実化させるケースがあった。改正に伴い審査中の買収や投資は審査終了まで無効扱いとなる																		
対象分野	以下のいずれかのセクターで活動しているドイツ企業について、議決権の10%以上を取得する計画を立てている場合、通知が必要となる対象分野は下記の分野（工作機械関連には色付け） <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">対象分野一覧</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>地球探査衛星システム</td><td>量子技術を用いた製品</td></tr> <tr> <td>人工知能を使用して濫用的行為を行う商品</td><td>3Dプリント技術を用いた製品</td></tr> <tr> <td>自動運転車、ドローン又はこれらの関連部品</td><td>5Gなどのデータグリッド用の製品</td></tr> <tr> <td>産業用ロボット（部品を含む）</td><td>スマートメーターゲートウェイ又は当該ゲートウェイ用のセキュリティジュール</td></tr> <tr> <td>マイクロ又はナノ電気回路</td><td>ドイツ経済にとって重要と考えられる原材料</td></tr> <tr> <td>サイバー防衛用IT製品又はその部品</td><td>秘密特許で保護された製品</td></tr> <tr> <td>航空・航空貨物サービス、航空機・航空宇宙製品</td><td>（一定の閾値以上）食品の供給又は農業</td></tr> <tr> <td>原子力技術を用いた製品</td><td>政府の秘密の保護</td></tr> </tbody> </table>	対象分野一覧		地球探査衛星システム	量子技術を用いた製品	人工知能を使用して濫用的行為を行う商品	3Dプリント技術を用いた製品	自動運転車、ドローン又はこれらの関連部品	5Gなどのデータグリッド用の製品	産業用ロボット（部品を含む）	スマートメーターゲートウェイ又は当該ゲートウェイ用のセキュリティジュール	マイクロ又はナノ電気回路	ドイツ経済にとって重要と考えられる原材料	サイバー防衛用IT製品又はその部品	秘密特許で保護された製品	航空・航空貨物サービス、航空機・航空宇宙製品	（一定の閾値以上）食品の供給又は農業	原子力技術を用いた製品	政府の秘密の保護
対象分野一覧																			
地球探査衛星システム	量子技術を用いた製品																		
人工知能を使用して濫用的行為を行う商品	3Dプリント技術を用いた製品																		
自動運転車、ドローン又はこれらの関連部品	5Gなどのデータグリッド用の製品																		
産業用ロボット（部品を含む）	スマートメーターゲートウェイ又は当該ゲートウェイ用のセキュリティジュール																		
マイクロ又はナノ電気回路	ドイツ経済にとって重要と考えられる原材料																		
サイバー防衛用IT製品又はその部品	秘密特許で保護された製品																		
航空・航空貨物サービス、航空機・航空宇宙製品	（一定の閾値以上）食品の供給又は農業																		
原子力技術を用いた製品	政府の秘密の保護																		

中国企業によるドイツ工作機械メーカーの買収阻止事例 （「对外経済法」改正後の対応）

【ドイツ政府の対応の概要】

ドイツ政府は2018年8月、中国企業による独精密機械メーカー「ライフェルト・メタル・スピニング(Leifeld Metal Spinning AG)」の買収を「安全保障上の理由」により拒否することを閣議決定した

同社の製品は、航空機や宇宙船などに使われているほか、原発にも転用可能。報道によると、中国の民営企業で、金属や原発設備を手がける「煙台市台海集団」が、フランス企業と共に買収に乗り出していた

同年7月、Leifeld Metal Spinning AGの買収の審査を行っていたドイツ経済省が「安全保障を脅かす」と判断し、買収を却下していた

2017年にドイツが对外経済法施行令の改正によって、外国企業による買収規制を強化して以来、初の同法適用となる

出典：各種情報より作成

（注：）2020年に日本スピンドル製造株式会社がドイツ政府の認可を経て、同社の株式を100%取得している

我が国として取るべき方策

- 中国・ドイツ・米国において実施されている人材育成・研究開発支援、技術流出などの政策は、我が国においても分野によって濃淡はあるが実施されており、我が国の工作機械に関連する政策はバランスよく実施されている。
- 直近の動きとして、ドイツは、国内の大手工作機械メーカーの買収を受け、技術流出防止で外資の買収規制を強化したことは参考になる。また、中国においても引き続き、国家主導での支援が実施されている。
- 我が国においても引き続き技術開発・人材育成・技術流出防止の取組について諸外国の政策動向を注視し、積極的な支援策・規制策を検討する必要がある。

各国の動向

中国

- 中国は工作機械を科学技術政策上で重要な技術と位置づけ、工作機械の技術力・品質の向上のために、国家主導で工作機械産業の育成に取り組んでいる
- 産業支援面では、地方政府が地元の工作機械企業の発展を支援する動きがあり、政府が地元の工作機械のユーザー企業に対して省内にある企業からの調達を奨励する動きがある

ドイツ

- ドイツでは、工作機械は重要技術に指定されておらず、政策的位置づけは高いとは言えない
- 工作機械に対する政府の支援はなく、企業主導で技術開発が進んでいる
- 中国の美的集団によるKUKAを買収(2016年)を受けて、ドイツ政府は安全保障や技術流出防止の観点から、対外経済法施行令の改正によって、外国企業による買収規制強化に対応している

米国

- 米国では、工作機械は重要技術に指定されておらず、政策的位置づけは高いとは言えない
- 国家安全保障の観点から防衛製造業をサポートする重要な産業であると位置付けられ、国防総省主導で人材育成ならびに技術開発面での支援が行われていることが特長
- 新興技術に関する輸出規制(ECRA)では、工作機械に関連する技術を一部規制している

我が国として取るべき方策

- 中国・ドイツ・米国において実施されている人材育成・研究開発支援、技術流出などの分野の政策は、我が国においても実施されており、我が国の工作機械に関連する政策は各方面でバランスよく実施がされている
- 国内の工作機械メーカーが今後も引き続き、国際的に高いプレゼンスと競争力を維持していくためには、現状の政策支援を継続・拡大するとともに、先端技術の動向把握やマルチ・バイラテラルでの連携強化、技術開発・人材育成の支援、技術管理・技術流出対策等などについて、官民対話等を通じて総合的に検討していく必要がある。

3

産業用ロボットの調査報告

3-1

調査①：機種別シェア及び性能比較

調査①：協働ロボット 調査概要

- ・ 協働ロボットについては、グローバルシェア並びに以下6社が販売する協働ロボットの性能調査を実施した。
- ・ 現時点でカタログ公開している範囲では、対象企業のうち可搬重量30kg以上の協働ロボットを販売しているのは、日本企業のみであった。

性能調査	調査対象	協働ロボット
	調査内容	① 対象ロボットのグローバルシェア ② 各社が販売する協働ロボットの性能並びに各社の動向
	対象企業 (6社)	・ 国内外の主要企業を選定
	調査項目	・ 企業名（本社場所） ・ グローバルシェア ・ 機種名 ・ アプリケーション（マテリアルハンドリング、マシンテンディング、パレタイジング、パッケージング、組立、切削・加工、品質検査、溶接、接着・塗布） ・ ロボットの型（垂直多関節、双腕ロボット等） ・ 制御軸数 ・ 質量 ・ 可搬重量 ・ リーチ長（半径） ・ ダイレクトティーチング機能の有無 ・ 位置繰返し精度 ・ トルクセンサーの搭載有無 ・ TCP速度 ・ ISO10218の認証取得有無 ・ ISO/TS15066の認証取得有無 ・ 保護等級 ・ 各社カタログ情報 ・ 各企業のIR情報・統合報告書等の情報（企業動向）
調査結果	・ 対象企業のうち、現時点でカタログ公開している範囲では可搬重量30kg以上の協働ロボットを販売しているのは、日本企業のみであった。また、全ての可搬重量における協働ロボットについても、位置繰返し精度のカタログ精度が高いことがわかった ・ 位置繰返し精度は日本企業の協働ロボットの方がカタログ上精度が高い一方で、**企業が販売する5kg未満の協働ロボットについては、カタログ上はほぼ同等の精度を実現していることがわかった	

調査①：スカラロボット 調査概要

- ・ 協働ロボットについては、グローバルシェア並びに以下4社が販売するスカラロボットの性能調査を実施した。
- ・ 調査の結果、カタログ上においては、日本と海外製品の性能に大差ないことがわかった。

調査対象		スカラロボット
調査内容		① 対象ロボットのグローバルシェア ② 各社が販売するスカラロボットの性能並びに各社の動向
性能調査	対象企業 (4社)	・ 国内外の主要企業を選定
	調査項目	・ 企業名 ・ 機種名 ・ アーム長（第1関節＋第2関節） ・ 最大可搬重量 ・ 位置繰り返し精度（第1関節＋第2関節、第3関節、第4関節） ・ 標準サイクルタイム ・ 最大速度（第1関節＋第2関節、第3関節、第4関節） ・ 第4関節許容慣性モーメント（最大） ・ 第3関節押し込み力 ・ ISO10218の認証取得有無 ・ 各社カタログ情報 ・ 各企業のIR情報・統合報告書等の情報（企業動向）
	調査結果	・ 可搬重量30kg以上のスカラロボットについては、日本企業と一部の新興国企業にてカタログ値上、同一の性能を持っていることがわかった ・ 位置繰り返し精度、最大速度、慣性モーメント、押し込み力については日本企業の方がややカタログ精度が良い一方で、標準サイクルタイム、についてはやや一部の新興国企業の方がカタログ精度が良い

3-2

調査②：主要構成部品シェア及び性能比較

調査②：構成部品 調査概要・方針

- 各国の主要プレイヤーの技術優位性を定量的に評価するという本調査の目的を鑑みると、ハイエンド製品の機能・性能に着目した調査をすることが相応しいと考えられる。
- 性能調査では、売上高トップ企業（≡日系企業）をベンチマークとして、海外の製品との比較をすることで、海外企業の技術・性能面でのキャッチアップ状況を明らかにした。

調査方針

目的	• 原則、ハイエンド製品を中心にベンチマークを実施する • <u>ベンチマーク企業選定においては、技術的優位性を有する企業（全て日本企業）と共に、有力な海外企業を選定し、基礎技術・応用技術・市場のキャッチアップ動向を定量・定性的に明らかにする</u>
調査方法	• 高シェア企業の技術は優れているという仮説のもと、シェアトップ企業（≡日系企業）をベンチマークとしてハイエンド製品の性能調査を実施する • 対象企業は、シェアトップ企業（≡日系企業）と高シェアの海外企業とする
対象部品	• 減速機（RV減速機、波動歯車減速機を含む） • AC/DCサーボモータ
対象企業	各部品毎に3社程度

調査②：減速機 調査概要

- 減速機のうち、① RV 減速機並びに②波動歯車式減速機について、製品カタログ上の性能調査を実施した。
- 調査の結果、RV減速機については、中空軸型減速機・主軸受内蔵型減速機のカタログ値（出力回転数/主軸起動停止許容トルク/バックラッシュ/ねじり・モーメント剛性/許容モーメント）が一致していた。

調査対象		減速機（RV減速機・波動歯車式減速機）	
調査内容		① 産業用ロボットに用いる減速機のグローバルシェア ② また、シェア上位にある国内企業をベンチマークとして、各社が販売する減速機に対応する製品を販売するシェア上位の日本企業を選定し、性能を比較	
性能調査（RV減速機）	対象企業	・ 国内外の主要企業を選定	
	調査項目	・ 企業名 ・ 機種名減速比 ・ 出力回転数に対する出力トルク・入力容量 ・ 定格出力 ・ 減速比 ・ 定格トルク ・ 起動停止許容トルク ・ 定格出力回転数 ・ 定格寿命 ・ バックラッシ ・ ロストモーション ・ ねじり剛性 ・ モーメント剛性 ・ 慣性モーメント ・ 許容モーメント ・ 各社カタログ情報 ・ 各企業のIR情報・統合報告書等の情報（企業動向）	
	調査結果	・ RV減速機については、調査対象企業3社がそれぞれ販売する中空軸型減速機のC-Series / 主軸受内蔵型減速機のE-Seriesは公開がなされているカタログ値に限定して、出力回転数/主軸起動停止許容トルク/バックラッシ/ねじり・モーメント剛性/許容モーメントのカタログ値が一致していた。（※1項目のみ一致していない項目有）	

調査②：減速機 調査概要

- 減速機のうち、① RV 減速機並びに②波動歯車式減速機について、製品カタログ上の性能調査を実施した。
- 調査の結果、波動歯車式減速機については、精密減速機の軽量化・コンパクト化、一般産業向けの製品ラインナップの拡充が業界トレンドであると推測される。なお、新興国メーカーの技術力キャッチアップが見受けられ、日系企業の脅威となりつつあることが想定される。

性能調査 (波動歯車式減速機)	対象企業	国内外の主要企業を選定
	調査項目	- 企業名 - 機種名 - 減速比 - 入力2000r/min時の定格トルク - 起動・停止時の許容ピークトルク - 平均負荷トルクの許容最大値 - 瞬間許容最大トルク - 許容最高入力回転速度 - 許容平均入力回転速度 - 慣性モーメント - 角度伝達誤差 - ヒステリシスロス - 最大バックラッシ量 - 剛性（ばね定数） - ラチェッティングトルク - 座屈トルク - 設計寿命 - 各社カタログ情報 - 各企業のIR情報・統合報告書等の情報（企業動向）
	調査結果	- 精密減速機の軽量化・コンパクト化、一般産業向けの製品ラインナップの拡充が業界トレンドであると推測される - 新興国メーカーの技術力キャッチアップが見受けられ、日系企業の脅威となりつつあることが想定される - 一部新興国では、国内において高精度製品を大量供給できるメーカーが台頭している

調査②：AC/DCサーボモータ 調査概要

- AC/DCサーボモータのシェア上位の日本企業をベンチマークとして、シェアが高い海外企業の性能調査を実施した。
- 一部新興国企業は他社と比較してトルク/電流/慣性モーメントのカタログ値が大きい点が特長であった。

性能調査	調査目的	- 原則、ハイエンド製品を中心にベンチマークを実施する - ベンチマーク企業選定においては、技術的優位性を有する企業（全て日本企業）と共に、有力な海外企業を選定し、基礎技術・応用技術・市場のキャッチアップ動向を定量・定性的に明らかにする	
	調査内容	① 対象ロボットのグローバルシェア ② また、シェアトップ企業（≒日系企業）と高シェアの海外企業を対象として、各社が販売するAC/DCサーボモータの性能並びに各社の動向	
	対象企業（3社）	国内外の主要企業を選定	
	調査項目	- サーボモータの各種サイズ - 定格電圧 - 定格出力 - 定格トルク/最大トルク - 定格電流/最大電流 - 定格回転速度/最大回転速度	- 回転子慣性モーメント（ブレーキなし、ブレーキ付き） - 質量 - 各社カタログ情報 - 各企業のIR情報・統合報告書等の情報（企業動向）
	調査結果	- 対象とした海外企業においては、カタログ公開している定格電圧（最大値）のラインナップが豊富であった - 一部新興国企業は他社と比較してトルク/電流/慣性モーメントのカタログ値が大きい	

3-3

調査③：競合国の政策動向・必要な取組の検討

競合国の政策動向に関する調査方針

- 近年、政府及びその関連部門の調達において国産品を優遇する措置が増加している。ついては、中国・欧州（EU）・米国を対象として、政府調達又は企業調達において、国産品（機器や部品等）を優遇する政策がなされているか調査する。

我が国における 経済的威圧等をめ ぐる昨今の議論

- 近年、政府及びその関連部門の調達において国産品を優遇する措置が増加している。既存の通商協定にもこうした措置に関連する規律は存在するため、こうした規律の遵守を措置国に働きかけていく。同時に、多くの場合は政府調達が適用対象外である等既存のルールにも限界あることを踏まえ、新しい規範・ルール作りを模索していく必要がある。なお昨今、以下の議論がなされている
 - 2022年6月、骨太方針2022では、経済安全保障の徹底を掲げ、「経済的威圧への対応を含め、同盟国・同志国との連携を強化する」と記述
 - 同年9月、G7貿易大臣会合で経済的威圧を初めてアジェンダ取り上げ、貿易関連の経済的威圧への深刻な懸念と連携した対応の探求を表明。なお、同年5月の日欧州定期首脳協議や日米首脳会談でも、経済安全保障等にかかる連携・協力を議論
 - 2023年4月のG7貿易大臣会合及び同年5月のG7広島サミットにおいて、経済的威圧への対応のための連携を強化し、G7を超えた同志国との協力も推進することを確認

調査目的

- 中国国内企業に対して国産品（機器や部品等）の調達を推奨するようなお達しが政府よりなされている可能性がある。ついては、中国国内において、国内企業に対して国産品を推奨するようなお達しが出ているか（出ていない場合には、政府調達において国産品の調達を推奨する施策でも可能）
- また、中国の施策に対抗して欧州/北米において同様の施策を打ち出しているか調査する

調査内容

- ① 中国国内企業に対して国産品（機種・部品）の調達を推奨するようなお達しが政府よりなされているのか。なされていない場合には、政府調達において国産品（機種・部品）の調達を推奨するようなお達しが政府よりなされているのか調査する
- ② ①の調査結果を踏まえ、中国の施策に対抗して、欧州（EU）/北米（米国）において国産品（機種・部品）の調達を推奨する政策がなされているのか調査する

調査対象国

- 中国
- 欧州（EU）
- 米国

【中国】政府による国産品の優遇措置

- 中国では、政府調達全般において、国産品の優遇方針がみられ、地方政府も中央に倣い同様の取組をしている現状であった。

製造業における国産品優遇を推奨する主な動き

公表元	概要		
中央政府 (国務院)	国務院の直属機関が正式に公表		
	公表年	公表元	文書名
	2022年	全国情報安全標準化技術委員会	情報セキュリティー技術オフィス設備安全規範の公示
中央政府 (国務院)	2022年	財政部	「政府調達法（改訂草案）」
			- 中国当局がオフィス機器の全面国産化の国家規格を規定する方針を打ち出したものの、2023年に撤回 - 第3章第23条に、政府の調達政策として、<u>中国国内で入手不可能または合理的な商業条件で入手不可能でない限り、国内の商品、工事、サービスを購入すべき</u>、として政府調達における国産品の優遇方針を記載
地方政府	地方政府は、中央政府から出された政府調達の方針に準拠する形で独自に政策文書を打ち出しており、各省、市等の行政レベルごとに様々な通知が存在する		

【米国/欧州】政策概況

- ・ 調査の結果、具体的にロボットやロボット関連部品に言及した上で、国内品を優遇する措置はなかった。
- ・ なお、米国、欧州は原則として政府調達（中央政府、地方政府を含む）において、基準額以上の物品や役務の調達を行う場合、原則として国内品の優遇を禁止（無差別待遇）する協定（GPA）を結んでいる。
- ・ その上で、米国はバイ・アメリカン政策という国内優遇措置を行っている一方で、欧州（EU）は経済的威圧や市場歪曲に限定して、国産品の優遇措置を行っていることがわかった。

欧州/北米の政府調達における国内品の優遇措置に関する規定

各国の規定	原則		WTO：政府調達に関する協定（GPA）	・ 政府調達（中央政府、地方政府を含む）において、基準額以上の物品や役務の調達を行う場合、原則として国内品の優遇を禁止（無差別待遇）する協定である
	米 国	バイ・アメリカン政策		・ 米国政府の調達で品目別に一定比率以上の米国製品を使うよう求める政策。現時点では、米国内で調達した部材の費用が「55%を超える」最終製品を「国内建設素材」「国内最終製品」と認めているが、2022年10月25日から基準比率を60%、2024～2028年の5年間は65%、2029年以降は75%に引き上げる
		国際調達規則（IPI）		・ 欧州企業と域外国企業との間の公平な競争条件の確保とともに、域外国での政府調達の市場アクセス拡大に向け、欧州企業に対して政府調達市場を制限している国に対して、欧州委員会が調査を行い、二国間交渉で解決が得られない場合はその国の企業による欧州域内の政府調達を制限できる制度
		外国補助金規則（FSR）		・ 域外国の補助金を受けた企業による欧州の政府調達や企業統合等が欧州域内市場への歪曲性が高いとみなされた場合、欧州委員会が是正措置等を課したり調達契約を禁止することができる制度
		反威圧措置案（ACI）		・ 欧州又は加盟国に対する非欧州諸国による威圧に対して、貿易・投資等の政策措置を迅速に制定することで、威圧の抑止やその影響打消しを図る制度。2021年12月に欧州委員会が提案し、2023年3月に暫定合意

WTO：政府調達に関する協定（GPA）

- ・ 欧州、米国、日本は、WTOの政府調達に関する規定を締約しており、基準額以上の物品や役務の調達を行う場合、原則として国内品の優遇を禁止されている（無差別待遇）。
- ・ 一方で、中国（香港、台湾を除く）は政府調達規定に関する規定を締約していないため、世界共通の政府調達における国内品の優遇を禁止する措置は適用されていない。

WTO：政府調達に関する協定（GPA）の概要

協定の概要	・ 政府調達（中央政府、地方政府を含む）において、基準額以上の物品や役務の調達を行う場合、原則として国内品の優遇を禁止（無差別待遇）する協定である
政府調達に関する協定	・ WTOの「政府調達に関する協定」（Agreement on Government Procurement：略称GPA）は、1995年1月に発効した「世界貿易機関を設立するマラケシュ協定（WTO協定）」の附属書四に含まれる複数国間貿易協定と呼ばれる協定のうちのひとつ ・ 複数国間貿易協定は、WTO協定の一括受諾の対象とはされておらず、別個に受諾を行ったWTO加盟国のみがこれに拘束される
締約国	・ アルメニア、豪州、カナダ、欧州連合（EU）、香港、アイスランド、イスラエル、日本、韓国、リヒテンシュタイン、モルドバ、モンテネグロ、オランダ領アルバ、ニュージーランド、ノルウェー、シンガポール、スイス、台湾、ウクライナ、英国、米国
加入申請交渉国	・ アルバニア、ブラジル、中国、ジョージア、ヨルダン、カザフスタン、キルギス、北マケドニア、オマーン、ロシア、タジキスタン
中国との交渉	・ 中国の何立峰副首相と欧州委員会（EC）のバルディス・ドムブロウスキス上級副委員長兼貿易担当欧州委員は2023年9月25日、北京市で第10回中国・欧州経済貿易ハイレベル対話を開催した ・ 政府調達について、中国は欧州に対し、中国企業・外資系企業を問わず、中国内で生産した製品については平等に扱うとした。その上で、中国はWTOの「政府調達協定」早期加入への支援を求めた

【米国】政府による国産品の優遇措置

- バイデン氏が打ち出した政策であり、具体的には米国政府の調達で品目別に一定比率以上の米国製品を使うよう求める制度（≡国産品の優遇措置）である。
- 具体的には、最終製品に含まれる部材が外部調達であったという課題に対して打ち出された施策であり、最終的には部材を75%以上国内調達した製品を国内最終製品（≡国産品）として、優遇する。**
- なお、米国政府においては、明示的にロボットに限定して国産品の優遇措置はなされていない。**

バイ・アメリカン政策

政策の概要

- 米国政府の調達で品目別に一定比率以上の米国製品を使うよう求める政策。施行は2022年10月25日からとなる

バイ・アメリカン政策

- 国内調達要求の基準比率を最終的に75%へ引き上げ：現時点では、米国内で調達した部材の費用が「55%を超える」最終製品を「国内建設素材」「国内最終製品」と認めているが、2022年10月25日から基準比率を60%、2024～2028年の5年間は65%、2029年以降は75%に引き上げる
- 国内最終製品と認められた「重要製品」に対する価格優遇の枠組みを創設：現時点では、連邦政府機関が調達価格を算定するに当たって、入札企業に対し、（a）「国内最終製品」を採用する場合は外国製品と比べて大企業なら20%、中小企業なら30%の価格優遇、（b）「国内建設素材」を採用する場合は企業の規模を問わず外国製品と比べて20%の価格優遇を与えているが、それらが「重要製品」に該当する場合はさらなる優遇幅を認める
 - ただし、「重要製品」の指定と優遇幅の設定については、規則を別途制定するとしているため、未完成の状態となっている。また、改正案時点では、「重要製品」に関する国内調達比率の報告義務を追加するとしていたが、これについても、別途の規則制定で扱うとしている
 - また「重要製品」に含まれ得る分野として、半導体や医療製品、先端電池などに言及した。なお、ホワイトハウスは最終規則の要点や、最近のインフラ関連の投資事例を紹介したファクトシート外部サイトへ、新しいウィンドウで開きますも発表しており、その中で今回の最終規則は国際的な通商法と整合的であり、国内調達の慣行において米国が他国と同等になることを可能にするとしている

本政策に対する海外企業の動き

- 「バイ・アメリカン政策」の強化策で、日本企業にとって米国向け輸出は不利になりかねない。そのため、米国に現地工場を設立すべく、日本の大手製造業の米国投資が拡大している

【欧州】政府による国産品の優遇措置

- ・ 近年、欧州は経済的威圧行為や市場歪曲的措置に対して、独自に対抗できる措置を相次いで公表している。欧州委員会の提案に基づき、理事会・欧州議会の審議を経て順次、実行に移されている。
- ・ 一方で、中国とは異なり政府調達において国産の機種や部品を購入すべきとの文章は見つからなかった。
- ・ なお、欧州政府においては、明示的にロボットに限定して国産品の優遇措置はなされていなかった。

経済的威圧や市場歪曲に対する国産品の優遇措置

国際調達 規則 (IPI)

- ・ IPI規則案は政府調達に関して、欧州企業と域外国企業との間の公平な競争条件の確保とともに、域外国での政府調達の市場アクセス拡大に向けた欧州の交渉力強化を目的としている
- ・ 欧州企業に対して政府調達市場を制限している国に対して、欧州委員会が調査を行い、二国間交渉で解決が得られない場合はその国の企業による欧州域内の政府調達を制限できる制度。インフラ事業については1500万ユーロ、物品・サービス調達については500万ユーロ以上の案件に適用。2022年8月に施行済み

外国補助金 規則 (FSR)

- ・ 欧州では、加盟国政府による特定企業への補助金を原則禁止していることから、欧州域内市場で補助金を受けていない欧州企業と域外国政府の補助金を受けた企業の間での公平な競争環境の確保の必要性が指摘されていた。外国補助金規則は、こうした問題に対応するため、域外国政府の補助金を受けた企業の域内市場での活動について、欧州委が審査する枠組みを設定することを目的としている
- ・ 域外国の補助金を受けた企業による欧州の政府調達や企業統合等が欧州域内市場への歪曲性が高いとみなされた場合、欧州委員会では是正措置等を課したり調達契約を禁止することができる制度。2023年1月に施行され、移行期間を経て7月から適用

反威圧措置 案 (ACI)

- ・ 域外国が貿易や投資に制限を課すことで、欧州や加盟国に対して特定の地政学的な政策の実施やその変更をするよう圧力をかける事例が増えていることから、こうした事態に対応できる権限を、欧州委に与えることを目的としている
- ・ 欧州又は加盟国に対する非欧州諸国による威圧に対して、貿易・投資等の政策措置を迅速に制定することで、威圧の抑止やその影響打消しを図る制度。2021年12月に欧州委員会が提案し、2023年3月に暫定合意

我が国として取るべき方策

- 近年、政府調達において国産品を優遇する措置や経済的威圧行為・市場歪曲的措置に対抗する措置が増加している。
- 日本として、現時点で国産品を優遇する措置までは不要であると考えられる一方で、経済的威圧行為や市場歪曲は今後増加すると考えられることから、経済的威圧行為・市場歪曲的措置に対する一定の措置を検討し始める必要があると思料。

各国の動向	中国	- 中国では、政府調達全般において、国産品の優遇方針がみられ、地方政府も中央政府に倣い同様の取組をしている現状 - 一方、企業の一般的な調達においては、国内企業に対し国産の機器や部品の調達を推奨する文書は、公開文書および内部文書のいずれにおいても見つからなかった
	米国	近年バイデン氏が打ち出した政策として、バイアメリカン政策がある。具体的には米国政府の調達で品目別に一定比率以上の米国製品を使うよう求める制度（≡国産品の優遇措置）である
	欧州	経済的威圧行為や市場歪曲的措置に対して、政府調達において独自に対抗できる措置を相次いで公表している。具体的には国際調達規則（IPI）、外国補助金規則（FSR）、反威圧措置（ACI）がある
我が国として取るべき方策		- 政府調達という観点においては、対米国、欧州に対してWTO政府調達協定が適用される一方で、各国ともに国産品を優遇する措置や、経済的威圧行為・市場歪曲的措置に対する施策検討を進めている。また、中国に対してはWTO政府調達協定が適用されない上に、国産品を優遇する措置を制定している - 日本として、現時点で国産品を優遇する措置までは不要であると考えられる一方で、経済的威圧行為や市場歪曲は今後増加すると考えられることから、経済的威圧行為・市場歪曲的措置に対する一定の措置を検討し始める必要があると思料

(出典)中国・米国・欧州のロボット政策の方向性

- 中国・米国・欧州のロボット政策は以下の通り。各国ともに産業用ロボットに関連する施策を行っている。
- 中国は①性能の数値目標まで施策として掲げている点（首台（套）主要技術機器普及・応用指導目録）、②ロボットの精度・耐久性の向上、③主要構成部品としては減速機・CNC・サーボモーターの発展に力を入れている点が特長である。

主要各国・地域のロボットに係る取組

地域	政策名	施行年	政策の概要
中国	中国製造2025	2015～2025年	2015年10月：重点領域技術イノベーショングリーンブック技術ロードマップが策定。中国製造2025の重点領域10分野の一つに「NC工作機械とロボット」が位置づけられる。ロボットに関する目標として、自動車・機械・電子・危険品製造・国防軍事等を中心とした「産業用ロボット」、家庭サービス・教育娯楽などの「サービスロボット」について、ロボットの標準化・モジュール化を進め、市場応用の拡大を目指す - また、重要要素技術としてロボット本体、減速機・サーボモーター・制御装置・センサー・ドライブ等の主要部品についてボトルネックのブレイクスルーを図るとした
	ロボット産業発展計画	2016～2020年	- 中国製造2025を受け、2016年に工業信息化部が発表したロボット産業振興の総合的計画 - 中国のロボット産業は、欧米に比べ特に減速機・サーボモーター等のコア技術水準は高くないとの認識のもと、①ロボット市場の拡大、②ロボット装備率拡大、③国内ブランドの生産・シェア拡大、④サーボモーター・コントローラーなどのコア技術の国産化などを目標とする
	外商投資産業指導目録	2022年	- 中国の重要な外国投資促進政策である。2022年版の外商投資産業指導目録には、ロボット関連で以下分野が選定されている - ハイエンド NC 工作機械およびロボット - 産業ロボット RV 減速機高調波減速機ベアリング 等
	首台（套）主要技術機器普及・応用指導目録	2016年～	2016年に工業信息化部が、国内産業に不足または空白の技術設備を重点的に育成し普及させ、中国製造2025を実装することを目的として、『首台重大技術装備の普及及び応用指導目録』を公布指導目録に掲載されている技術装備で認定された企業は優先的政府調達の対象になることや、燃料や電力などのインフラの供給、知的財産権の許認可や資金調達、税金、保険などにおける特別優遇策を受けられるとされている。2023年版には、以下の目標が記載されている - 産業用ロボット：位置決め精度: $\pm 0.01 \sim 0.15$ mm、平均故障間隔 (MTBF) $\geq 50,000$ 時間 - 溶接ロボット：中空リスト構造、最大移動半径: 1490mm、位置決め精度は: ± 0.05mm、J6 軸の最大速度: $630^\circ /s$、主要な機能コンポーネントは統合サーボドライブを採用

(出典)中国・米国・欧州のロボット政策の方向性

- 中国・米国・欧州のロボット政策は以下の通り。各国ともに産業用ロボットに関連する施策を行っている。
- 米国は3年～4年毎にロボティクスのロードマップを公開していることがわかった。また、欧州においては政策優先事項を支援する研究・イノベーション枠組みプログラムにおいて、2022年度「Robotics & AI」の分野において42のプロジェクトを行っていることがわかった。

主要各国・地域のロボットに係る取組

地域	政策名	施行年	政策の概要
中国	産業構造調整指導目録	2024年	- 政府が産業構造の調整を進め、発展を奨励する分野、投資を制限・淘汰する分野を定めたもの。ロボット関連では、以下分野が選定されている ➤ 産業用ロボットRV減速機・高精度減速機 ➤ 産業用ロボットおよび統合システム（溶接ロボット、スプレーロボット、組立ロボット、クリーンロボット、重量ロボット、大荷重協働ロボット、フレキシブル協働機械、ヒューマンロボット/複合ロボット、専門ロボットおよび特殊ロボット、医療ロボット、農業ロボット、鉱山ロボット、建設ロボット、水中ロボット、セキュリティロボット、危険環境操作ロボット） ➤ 高性能サーボシステム ➤ ハイエンド CNC 工作機械の主要コンポーネント ➤ 産業用ロボットに必要な超硬・超硬材料等の切削工具やツールシステム、高性能研磨工具（ダイヤモンド・CBN等の超硬材料及びその粉末、特殊材料を研削する砥石）、測定工具、測定器（オンライン測定機能により、計測レベルを超える精度）等
米国	A Roadmap : From Internet to Robotics	2009年～	- 産学連携・省庁横断組織によるロボティクスのロードマップ。2009年に初版が発行され、2013年に第2版、2016年に第3版、2020年に第4版が公開されている 「A Roadmap for US Robotics - From Internet to Robotics 2020 Edition」には、医療/ヘルスケアロボット、サービスロボットのロードマップが記載されている
欧州	Horizon Europe	2021～2027年	2021年から新たに始まった研究・イノベーション枠組みプログラム。このプログラムは、欧州と世界の最高の頭脳を集結して、現代の重要な課題に対する優れたソリューションを提供し、欧州の政策優先事項を支援するとともに、欧州の次世代のためによりよい未来を築くことを目的としている 2022年に「Robotics & AI」分野にて42の新しいプロジェクトが実施されている。（公募は2年毎） - Horizon Europeの予算は7年間で955億ユーロ（現行価格）である。なお、「Robotics & AI」分野の予算はデジタル、産業、宇宙のクラスターに該当するため、7年間で153億ユーロ（現行価格）である

出典：ロボットによる社会変革推進会議「ロボットを取り巻く環境変化と今後の施策の方向性～ロボットによる社会変革推進計画～」、NEDO「中国のロボット産業の動向」、JST CRDS「EUの研究・イノベーション枠組みプログラム」

4

分析機器の調査報告

4-1

調査①：調査対象の分析機器の絞り込み

項目①:深堀する分析機器の絞り込み

- ・ 深堀する分析機器の絞り込みは、本事業の当初目的である、自国の分析機器の自律性・不可欠性を高めることに鑑み、①日本が市場で強みを持つ汎用分析機器、②製品市場が特定の国や主体に依存する特殊な分析機器、の視点で整理する。

本事業の目的

- ・ 分析機器について、戦略的自律性の考え方に則ったサプライチェーン上を広く見た重要物資の確保等の戦略の高度化に向けた打ち手の検討を行う
- ・ 不可欠性(他国にとって日本が不可欠である状況)をけん引しうるテクノロジーや顧客価値ベースでの「国際競争力」を高める施策の在り方の検討を行う

深堀する機器の絞り込みの視点

主に不可欠性の向上
(チョークポイント技術の維持・強化)

①日本が市場で強みを持つ汎用の分析機器

【仮説】分野横断的に使用される分析機器について、日本が**市場性、技術優位性または代替可能性**において、**不可欠性**を有するものを候補とする

主に自律性の向上
(依存構造からの脱却)

②特定の国や主体に依存する特殊な分析機器

【仮説】特殊目的の分析機器について、その供給元が他国や国内の小規模事業体に**依存**するものを候補とする
(入手が容易な汎用品ではレバレッジが効かない)

視点

深堀する対象の分析機器

日本企業の不可欠性の向上及び自律性の向上という視点から、深堀対象とする分析機器を以下の**18種類**とした。

カテゴリ	##	分析機器名	特定重要物資等の主な活用分野
形態観察機器	1	走査電子顕微鏡(SEM)	半導体、メタンハイドレート、SiC繊維、分子分析
	2	デュアルビーム走査電子顕微鏡(FIB-SEM)	半導体、蓄電池、音響測深機
	3	測長SEM(CD-SEM)	半導体
	4	クライオ電子顕微鏡(CryoEM)	シーケンス
	5	透過型電子顕微鏡(TEM)	蓄電池、SiC繊維、半導体、音響測深機、分子分析
分光分析機器	6	紫外可視近赤外分光光度計(UV/VIS/NIR)	半導体、分子分析
	7	蛍光X線分析装置(XRF)	メタンハイドレート、分子分析
	8	分光蛍光光度計(FL)	分子分析
	9	X線回折装置(XRD)	蓄電池、メタンハイドレート、音響測深機、分子分析
分離分析機器	10	イオンクロマトグラフ(IC)	蓄電池
	11	高速液体クロマトグラフ(HPLC)	分子分析
	12	キャピラリー電気泳動装置	シーケンス
質量分析機器	13	ガスクロマトグラフ質量分析計(GC-MS)	蓄電池、メタンハイドレート、分子分析
	14	グロー放電質量分析法(GD-MS)	半導体
	15	高周波誘導結合プラズマ質量分析装置(ICP-MS)	蓄電池、音響測深機
	16	MALDI-TOF質量分析	分子分析
バイオ関連 分析機器	17	自動細胞破碎装置	シーケンス
	18	自動セルカウンター	シーケンス

4-2

調査①：市場調査

調査②：性能調査

調査①：市場調査の設計

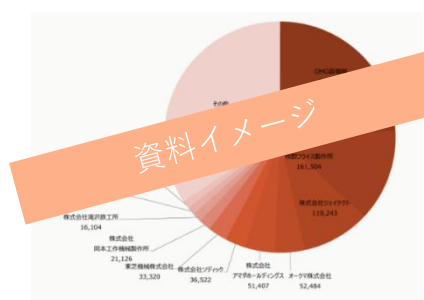
- 調査対象の分析機器について、下記の調査を行った。
- 各分析機器毎に、**使用される産業分野・用途・求められる性能水準に関する**情報を整理。
- また、今後**国内外で成長が見込まれる産業分野や特定重要物資**に係る産業分野において使用される分析機器の国内シェア及び海外シェアを整理。
- その上で、**今後シェアを獲得するために求められる技術と性能水準**をとりまとめた。

I. 機器概要の整理 (使用分野・用途・性能水準)

#	調査項目	詳細
1	使用される産業分野	半導体、蓄電池等
2	用途	サンプルの純度評価、組成分析、構造解析等
3	求められる水準	ハイ/ミドル/ロー

II. 国内・海外シェア調査

- 対象となる分析機器の国内シェア及び海外シェアは、各分析機器毎にグラフを用いて整理
- グローバルシェアについては、各社HP情報や、市場規模全体からの推計値で可能な範囲で示す



III. 今後求められる技術 性能水準の整理

- シェア獲得のために重要となる技術と性能を一覧化
⇒調査②性能調査において、必要な性能水準の比較を実施
- 国内メーカーが抱える課題に関して、技術面、経済面等の観点で整理
⇒ヒアリング結果を活用
- 調査については、文献・WEB調査に加えて、有識者へのインタビューを実施

調査②：性能調査の設計

- 特定した分析機器について、**世界の主要メーカーによる製品性能を整理**した各社の最新の技術動向を調査し、各社の強みについて分析した。
- ヒアリング等を通じて性能水準の差を生じさせている重要技術及びチョークポイントを深掘することで、我が国の分析機器メーカーの課題を明らかにした。

世界の主要メーカーの技術力の分析

各主要メーカーの製品性能に係る情報の整理

重要技術の分析

性能差に係る重要技術の情報の整理

I. 主要メーカー間の性能比較

- 主要メーカーの製品間の性能比較表を作成
- 比較する「主要メーカー」を、以下の定義によって選出する
 - 調査①で調べた当該製品の国内/海外シェアの上位(Top3程度)を占める企業又は
 - ✓ 分析機器メーカーとして、欧州・アジア・北米地域で売上高上位(Top10程度)に入る企業(但し、当該製品を製造している場合のみ)

II. 主要メーカー毎の技術動向

- 当該分析機器に関する主要メーカーの最新動向を整理し、技術動向を調査
- 各社の主要製品(最新モデルやハイエンドモデル)の性能水準を比較
- 各社の当該製品に関する以下の情報を利用
 - ✓ M&A
 - ✓ 研究開発内容
 - ✓ 特許申請
 - ✓ その他公開情報

III. 分析機器の重要技術の特定

- 分析機器の性能差を生じさせている重要技術及びチョークポイントとなる**重要技術や部品を特定**
- 今後市場で、どのような分析機器が求められているかについては、求められる性能(アプリケーション視点)・スペック・市場性の三つの関連から整理

分析機器の個別調査

##1－走査電子顕微鏡(SEM)

走査電子顕微鏡(SEM)

原理・重要技術

- 電子線を試料表面に照射、X-Y二次元走査し表面からの様々な応答を用いて表面構造の観察や組成分析などを行う
- 汎用SEM**と、より電子密度や平行性の高い電子線を出せる**FE-SEM**に分かれる
- 高分解能で焦点深度が深く、立体感のある表面構造を高倍率(数万倍以上)で観察できる。同じ場所から発生した二次電子、反射電子、X線などの信号をそれぞれの検出器で取得し、元素マッピングなどの多角的解析が可能
- SEMの分解能は試料上の**電子スポットの直径**(プローブサイズ)、**対物レンズの集束性能**に左右される
- 特に、**半導体装置を分析**するための**標準的な画像手法**であり、品質管理手順、故障解析、研究開発において非常に重要

使用される産業分野

金属 (鉄、非鉄)	無機材料 (硝子、セラミック)	有機材料 (ケミカル、高分子)	環境 (汚染、水質等)	エネルギー (発電、電池)	電子・電気 (半導体、家電)
○	○	○	○	○	○
ディスプレイ (表示素子、発光素子)	自動車 (エンジン、制御装置等)	医薬・医療 ・バイオ	食品	衣料品	土木建築
○	○	○	○	○	○

用途

	一般的な用途
(1)	金属、セラミック、ポリマー、半導体、生物組織などの表面形状観察と元素分析、元素分布測定
(2)	材料表面に付着する異物の形状観察と組成分析
(3)	劈開面を作製して半導体、金属の断面構造観察

特定重要物資関連	主な用途
半導体	試電子線照射で試料内で発生した内部起電力を検出し、半導体チップの断面観察やウェハ上の異物元素の特定等(欠陥部分分析)
メタンハイドレート	堆積物中のガスハイドレート産状の観察等、天然コア堆積物の物性分析
SiC繊維	数 μm ～数十 μm という微視的レベルで、高温化での損傷・破壊挙動を観察・分析
分子分析	高分子材料の表面や複雑な内部構造の形態観察と状態分析、微小領域の状態分析

##1－走査電子顕微鏡(SEM)

国内メーカーの課題

現状認識

- ・ 半導体業界が主要ユーザであり、走査電子顕微鏡の需要は今後拡大されるが、国内市場は主要メーカーで飽和状態であり、新興国等で新たな市場開拓が期待される
- ・ 小型で廉価な卓上型走査電子顕微鏡は、小規模な研究室等で需要があり潜在的な顧客は拡大する

技術面

【SEM装置】

- ・ 複数の検出器等が標準搭載されつつあるが、検出機器の違いによる信号や画像の解釈が複雑
- ・ 極低加速での高分解能化に応じ、どこまでの深さ情報が極表面と定義されるか解釈が曖昧

【分析】

- ・ 広域のマクロ分析の精度向上
- ・ CL、TOF-SIMS等の他の分析装置とのSEMデータのリンク

【前処理】

- ・ 断面作成法など従来の技術ノウハウは職人の属人的要素が強く、複合材、ナノ材料などの新材料の前処理が困難
- ・ 各材料と観察目的に適した前処理方法の検討が課題

- ・ **試料**…高分子や半導体、電池など、複雑な層構造の試料について、動作時の構造を維持した観察・分析用試料を作成する方法の開発

経済面

【市場】

- ・ 国内市場規模は横ばい成長の頭打ちで、海外市場開拓が必至

【コスト】

- ・ 生産コストとメンテナンス費用が高く、成長市場参入のために、低コスト化が課題

国内 メーカーの 課題

2－デュアルビーム走査電子顕微鏡(FIB-SEM)

デュアルビーム走査電子顕微鏡 (FIB-SEM)

原理・重要技術

- FIBカラムとSEMカラムを同一のチャンバ内で一定の角度を持たせて配置した複合イオンビーム装置で、FIB加工/SEM観察を同時に行える。試料から放出される二次電子を走査と同期して検出し、走査顕微鏡像を得る。得られた画像を基に加工領域を設定し、イオンビームを設定領域のみに照射し試料加工を行える
- 以下の3つの機能を使い分けられる
 - ✓ 見る：試料最表面情報の画像化や、結晶性の試料では強いチャネリングコントラストが得られる
 - ✓ 削る：イオンビームの軌道に沿った方向性のある加工が可能。3次元的加工も可
 - ✓ 付ける：ガスを併用することで、局所的にデポジション膜を形成できる

使用される産業分野

金属 (鉄、非鉄)	無機材料 (硝子、セラミックス)	有機材料 (ケミカル、高分子)	環境 (汚染、水質等)	エネルギー (発電、電池)	電子・電気 (半導体、家電)
○	○	○		○	○
ディスプレイ (表示素子、発光素子)	自動車 (エンジン、制御装置等)	医薬・医療 ・バイオ	食品	衣料品	土木建築
		○			

用途

	一般的な用途
(1)	電子顕微鏡用の試料作製
(2)	金属配線等の結晶粒観察、半導体デバイス配線修正
(3)	マイクロマシニング
(4)	試料の三次元観察

特定重要物資関連	主な用途
蓄電池	- 電池材料(正極材、負極材、電解質)の不純物の分析・評価、不良解析電池の劣化、不良の評価。正極・負極活物質の結晶構造の分析等 - セパレーターにおける微細構造解析
航海用具 (音響測深機)	音響測深機の超音波振動子(共振現象によって強い超音波が発生させる)として使用される圧電セラミックス素材のバルク構造(組成・結晶相等)の分析
半導体	半導体デバイスの構造解析で、表面や断面を観察。3次元化の立体的画像で、構造解析や故障箇所の特定を行う

2－デュアルビーム走査電子顕微鏡(FIB-SEM)

国内メーカーの課題

現状認識

- ・ 製品の用途別では、材料科学が最大の用途で、2022年には43.9%のシェアを占めるが、米国を中心に、半導体の製造強化に伴い、FIB-SEMの導入・利用が拡充する見込み
- ・ 電子部品・半導体の故障・欠陥解析以外に、分子構造解析やバイオマテリアルの分析など、使用分野が拡大している

国内 メーカーの 課題

技術面

- ・ 近年の被解析物の構造の多様化や微細化に伴い、より高い精度での解析が行われるようになり、FIB-SEM複合装置で行う解析試料作製で、高品質な試料の作製を求められるようになった

【FIB照射起因のダメージ低減】

- ・ 解析試料がより薄いものが求められるようになったため、エッチング加工を行う際のFIB照射に起因したダメージ層を低減する必要がある

【カーテン効果の抑制(FIB加工後、試料の断面の下半分にイオンの入射方向と平行なすじが現れること)】

- ・ 解析試料はより厚みが一様であることが求められるので、試料の表面や内部構造や材料分布に起因したカーテン効果による段差を抑制する必要がある

【効率的で高品質な試料作製プロセス】

- ・ 超薄試料の作製に利用される従来の方法は時間がかかるため、通常は高度なトレーニングを受けた作業員による数時間または数日の労力を要する。プラズマFIB-SEMシステムと、自動化ソリューションを提供するソフトウェアを組み合わせ、より高速かつ大面積の加工が可能にする必要がある

経済面

- ・ FIB-SEM複合機は、FIB単独の装置に比較して、導入費用が2倍以上高く、シェアリング利用などが推進されている
- ・ 最先端のFIB装置の故障・欠陥解析技術に対応可能な、熟練した人材が不足している

##3－測長SEM(CD-SEM)

測長SEM(CD-SEM)

使用される産業分野

金属 (鉄、非鉄)	無機材料 (硝子、セラミック)	有機材料 (ケミカル、高分子)	環境 (汚染、水質等)	エネルギー (発電、電池)	電子・電気 (半導体、家電)
					○
ディスプレイ (表示素子、発光素子)	自動車 (エンジン、制御装置等)	医薬・医療 ・バイオ	食品	衣料品	土木建築

原理・重要技術

- 走査型電子顕微鏡(SEM)の応用装置で、特に半導体等のウェーハ上に形成された微細パターンの寸法計測用に特化。半導体等の電子デバイスの製造ラインで使用される
- 電子銃から放出された電子ビームを収束レンズで細く絞り、試料上を偏向器で二次元的に走査。電子線照射によって試料表面から発生した二次電子を検出器で捉える。走査像で寸法を計測する場所を指定し、その部分の二次電子強度分布(ラインプロファイル)を用いて、倍率より演算して寸法測定
- 非導電性試料を扱うので1kV以下の低加速電圧が使われるが、これにより試料の損傷を防ぐ

用途

	一般的な用途
(1)	現像後のフォトリジストパターンの寸法計測
(2)	エッチング後の配線幅や、コンタクトホール径/ビアホール径の測定

特定重要物資関連	主な用途
半導体	半導体の製造ラインでプロセスの寸法管理に用いられ、数百nm幅のパターン幅の自動測定を行う。この計測値に基づき継続的にリソグラフィとプロセスをキャリブレーションすることで、確実に補正されたパターンがウェーハにエッチングされる

##3－測長SEM(CD-SEM)

国内メーカーの課題

現状認識

- ・ 半導体デバイスの小型化と高性能化を追求し、より小さなトランジスタや微細な回路の製造を受け、CD-SEMは、線幅やスペースなどの重要な寸法を検査・測定する機能が要求される
- ・ 半導体業界がチップ製造にEUVリソグラフィや新材料の先端技術を採用するのに応じ、CD-SEMツールも計測に必要な柔軟性と精度を追求する

国内 メーカーの 課題

技術面

【微細かつ高精度な測定技術の開発】

- ・ 半導体デバイスの微細化が進むにつれ、先端デバイスメーカーは微細かつ高精度な加工が可能なEUV露光プロセスを導入し、5nm世代デバイスの量産や3nm世代デバイスの開発を開始するが、EUVにより加工されるより微細な回路パターン寸法を安定的かつ正確に検査計測できる技術が、プロセスや歩留まりの管理に必要

【確率的なパターン欠陥への対応】

- ・ EUV露光特有の回路線幅のばらつきや、レジスト構成材料の不均一性、露光装置のコントラスト低下による、ランダム発生する微小Stochastic欠陥の低減など、高品質なEUVマスクを確保することが最重要。検査計測ポイント数の増加に伴う高スループットな検査計測のニーズが高まっている
- ・ EUV露光技術の実用化に伴う、レジストのLER(Line Edge Roughness) の計測と制御が重要課題

【3Dモニタリングの要請】

- ・ 構造の複雑化が進み、微小形状の三次元形状モニタや三次元計測技術への要請が高まっている

【半導体用レジストへの損傷軽減】

- ・ High-NA EUVリソグラフィ工程は使用するレジストの薄膜化が一層進み、高精度計測にはレジストにできるだけダメージを与えずに計測することが求められる

経済面

- ・ 半導体製造の前工程装置である測長SEMは、日本企業のシェアが高いものの(A社、約65%)、市場規模自体は小さい

4－クライオ電子顕微鏡(CryoEM)

クライオ電子顕微鏡(CryoEM)

使用される産業分野

金属 (鉄、非鉄)	無機材料 (硝子、セラミック)	有機材料 (ケミカル、高分子)	環境 (汚染、水質等)	エネルギー (発電、電池)	電子・電気 (半導体、家電)
○		○		○	○
ディスプレイ (表示素子、発光素子)	自動車 (エンジン、制御装置等)	医薬・医療 ・バイオ	食品	衣料品	土木建築
		○	○		

原理・重要技術

- 液体窒素(-196℃)冷却下でタンパク質などの生体分子に対して電子線を照射し、試料の観察を行うための装置、透過電子顕微鏡(TEM)をベースとした新手法で、単粒子解析法は、2017年にノーベル化学賞が授与
- 単粒子解析法(single particle analysis, SPA)とは液体窒素温度条件下(クライオ)において透過型電子顕微鏡を用いてタンパク質分子の像を多数撮影し、それらの平均化を行い3次元構造へと再構築する手法
- 多数の撮影画像の加算平均をとることでノイズを低減し、2Dでの平均化、3D構築での平均化を通して観察対象タンパク質の分解能を向上させることが可能。また、多数のタンパク質から画像を取得するため、生物試料特有の電子線によるダメージに弱いという課題を克服

用途

	一般的な用途
(1)	精製タンパク質、ウイルス、細胞内小器官（オルガネラ）などの単粒子解析。精製タンパク質分子をそのまま急速凍結して電顕の分解能で観察でき、生物試料であっても前処理が不要
特定重要物資関連	主な用途
分子分析	液状試料を非晶質状態に凍結し、そのまま液体窒素温度下において観察することで、液体状態に近い状態での構造観察が可能。溶液中でタンパク質が本来もつ構造多型性やダイナミクスの情報を引き出すことが可能。

4－クライオ電子顕微鏡(CryoEM)

国内メーカーの課題

現状認識

- ・ 創薬・バイオ領域での利用が主流で製品も同分野に特化したものが開発されているが、金属・半導体・蓄電池など異なる産業分野での利用も拡大しつつある
- ・ 顕微鏡本体は、一部企業の寡占状態。後発の国内メーカーは市場参入に至っていない。関連の部品・アクセサリやソフトウェアでは多くの企業が市場参入しているが、日本国内にはまだ関連企業が少ない

国内 メーカーの 課題

技術面

【分析の限界】

- ・ 単粒子解析法では、複数構造が混ざっている場合、TEM像にはCTF(コントラスト伝達関数)による、フォーカスずれ依存のひずみがあり、大量の像が解析に必要なのでデータ収集後の処理に時間がかかる。ひずみの無い像の取得が課題
- ・ 電子線のダメージが大きい、長時間観察が困難
- ・ 分子量の小さい試料の解析は困難。解析可能な生体分子の最小サイズは、試料の許容電子線量に対する画像のSN比(シグナル/ノイズ比)で決まるため、電子顕微鏡の加速電圧を下げる必要があるが、多重散乱効果が上がるため、試料をできる限り薄くする必要がある
- ・ 観察対象の試料は軽元素から構成されており、主として位相コントラストを観察する場合、粒子像へのダメージを避けるため低い電子線で記録されている場合、イメージ強度コントラストが低い

経済面

【供給】

- ・ 導入が高コストであり、国内のユーザ(研究所・創薬会社等)が利用しにくい市場環境にあり、他国と比較して導入が進んでいない
- ・ 新規市場・ユーザ層の開拓が必至であるが、高自動化機能でユーザビリティ向上に特化した製品が顧客ニーズが高い

5－透過型電子顕微鏡(TEM)

透過型電子顕微鏡(TEM)

原理・重要技術

- 数百倍～数百万倍の広い倍率をカバーする試料の投影拡大像を得ることができ、X線分析装置や電子線エネルギー損失分光装置を付加することにより、微小部の元素分析や状態解析までも可能
- TEMは厚さ100nm以下の薄く切った試料に電子線を透過させ、試料中を透過した電子を電磁レンズで結像し、高倍率で観察可能。試料の狭い領域での元素情報や結晶構造や、試料の厚さ(奥行き)方向の情報をとらえる三次元観察(3D-TEM)も可能
- 電子ビームを作る電子銃や加速管、ビームを絞って試料に照射する集束レンズ、試料を透過・散乱した電子線を拡大する対物・中間・投影レンズ、情報を選択する絞り、像を撮影する蛍光板やカメラ、元素分析装置で構成される

使用される産業分野

金属 (鉄、非鉄)	無機材料 (硝子、セラミック)	有機材料 (ケミカル、高分子)	環境 (汚染、水質等)	エネルギー (発電、電池)	電子・電気 (半導体、家電)
○	○	○	○	○	○
ディスプレイ (表示素子、発光素子)	自動車 (エンジン、制御装置等)	医薬・医療 ・バイオ	食品	衣料品	土木建築
○	○	○	○	○	○

用途

	一般的な用途
(1)	各種形状・形態の観察、微粒子の三次元形状評価
(2)	各種寸法評価(積層膜厚・寸法(ゲート長)など)
(3)	結晶欠陥(転位・積層欠陥・粒界・析出物など)の観察
(4)	結晶性評価(配向性・結晶化度・結晶粒サイズなど)
(5)	特定箇所の故障解析(不良の原因究明)
(6)	異物の評価(形態観察・EDXによる定性分析)…など

特定重要物資関連	主な用途
蓄電池	材料特性や充電・劣化メカニズムを解析
SiC繊維	繊維の微細観察(高温下での引張強度改善のため等)
航海用具 (音響測深機)	超音波振動子のセラミックス素材の界面構造(粒界、接合界面等)観察
分子分析	高分子材料内部の階層構造を可視化。元素識別、化学状態(結合や分子振動状態)観察、3次元ナノ観察も可能

##5－透過型電子顕微鏡(TEM)

国内メーカーの課題

現状認識

- ・ 市場はエンドユーザーに基づいて産業(半導体、自動車、鉱業等)、医療機関、研究所、法医学分野などがある。特に、証拠収集のための生物学的物質検査の必要性から、法医学研究所セグメントは今後伸張が見込まれる
- ・ 今後は、さらなる高速・高解像度・高感度のカメラ、3Dイメージング、およびラベルフリーイメージングの開発が期待

国内 メーカーの 課題

技術面

【分析】

- ・ TEM 像のコントラストは独特のものであり、TEM 像を正確に解釈するにはそのコントラストの発生原理を理解することが重要
- ・ 高エネルギーの電子線を使用するため、試料が破壊される場合がある。特に高分子分析では、一般的に、電子線の照射により、①材料内に生じた活性ラジカルによる結合の切断と再結合(非弾性散乱によるイオン化)、②材料内の原子との衝突により原子がはじき出されてしまうことによる損傷、③フォノンによる温度上昇、④欠陥の二次的拡散、が起こるとされ、試料自体の導電性や試料の厚みや染色の有無など、様々な試料作製条件なども考慮する必要がある

【前処理】

- ・ 電子線を透過できるだけの超薄切片を作成することが極めて重要な要素だが、一部の試料において薄片化が困難な場合がある
- ・ 試料加工および観察により、試料が変質・変形することがある

経済面

- ・ 高コストであり、高い初期投資が市場の障壁となる
- ・ 透過電子顕微鏡の原価は、輸入関税等の政府による輸出入規制によって上昇傾向

6 – 紫外可視近赤外分光光度計 (UV-VIS-NIR)

紫外可視近赤外分光光度計(UV/VIS)

原理・重要技術

- 紫外可視分光光度計は物質の紫外・可視領域における光の吸収に関する情報である紫外・可視吸収スペクトルを取得する
- 吸光度測定は、主に試料の構造解析や試料中の目的成分の定性・定量分析に、透過率・反射率測定は、試料中の成分に特有の透過・反射特性の評価だけでなく、フィルムやコーティング膜の膜厚、染料・顔料の色の評価、試料の表面形状や混合物の分散状態を反映した光拡散性、ヘイズの評価などに用いる
- 通常、紫外可視領域は200-800nm程度の波長範囲、近赤外線領域の測定は800-2500nm程度の波長範囲となるが、紫外可視近赤外分光光度計では紫外から近赤外まで広い波長範囲(200～3200 nm)を測定可能

使用される産業分野

金属 (鉄、非鉄)	無機材料 (硝子、セラミック)	有機材料 (ケミカル、高分子)	環境 (汚染、水質等)	エネルギー (発電、電池)	電子・電気 (半導体、家電)
	◎	○	◎		○
ディスプレイ (表示素子、発光素子)	自動車 (エンジン、制御装置等)	医薬・医療 ・バイオ	食品	衣料品	土木建築
◎		◎			

用途

	一般的な用途
(1)	生物・環境分野：重金属イオンなどの種々の陽イオン，陰イオンやタンパク等の定量分析など
(2)	工業材料分野：フィルム，光学素子，半導体，化粧品，顔料，樹脂，ガラス等に対して，色度や濁度等の各種指標，膜厚，光学分散等種々の定量や定性分析
(3)	公定法：工業用水試験法（JIS K 0101），工場排水試験法（JIS K 0102），食品分析法，衛生試験法，日本薬局方など
(4)	研究用途：化合物の電子状態、バンドギャップ、経時変化や温度変化の分析など

特定重要物資関連	主な用途
半導体	半導体のドーピングにて生じる不純物半導体層の特定や、半導体材料の透過率や反射率から、バンドギャップを測定
分子分析	試料における分子濃度の測定

6－紫外可視近赤外分光光度計(UV/VIS/NIR)

国内メーカーの課題

現状認識

- ・ 民需の主な需要分野ではコロナ渦による更新延期、検討案件の見送りの影響が和らぎ、市場は全体的に堅調。
- ・ 環境モニタリングと汚染制御への注目の高まりにより、水質分析や大気質分析などの分野や、臨床試験や創薬の増加により、製薬分野の薬物分析分野での市場成長が促進されている

国内 メーカーの 課題

技術面

【最新テクノロジー開発の停滞】

- ・ 国内メーカーでも製品開発は行っているが、世界的な需要を満たすことができるような革新的な開発は行われていない。例えば、A社は近年、人工知能技術を有する企業との戦略的パートナーシップの締結や新しいソフトウェアのパッケージによりテクノロジー主導のソリューション提供へ注力している

【精度の限界】

- ・ 新たな汚染物質の検出において、UV-VisおよびNIR分光法は、特異性および感度の不足、複雑なサンプルへの適用性の制限などがある
- ・ 懸濁物質を含む溶液や多層構造の薄膜の場合や、薄膜試料について着目箇所が10mm角未満の場合、評価不可となる場合がある

経済面

【コスト】

- ・ 分光光度計は初期費用と先行費用が高額である。多額な設備投資が必要になるため、購入できるのは病院や研究室など多額の設備投資が可能なユーザーに限られる
- ・ 紫外可視近赤外分光光度計は測定可能なレンジが広い特徴を持つ一方で、コスト観点からは、紫外可視近赤外分光光度計に集約するのではなく、レンジの狭い分光計を複数使用した方がコスト削減に繋がる

7－蛍光X線分析装置(XRF)

蛍光X線分析装置(XRF)

原理・重要技術

- ・ 蛍光X線分析装置(XRF)は、対象物質にX線を照射した際に発生する蛍光X線の波長や強度を測定することにより、試料に含まれる元素の種類や含有物を分析する装置である。
- ・ 蛍光X線分析装置(XRF)は、蛍光X線の検出方式により、分光結晶を用いて様々な波長を分類し検出する波長分散型(WDS)と、半導体検出器/SSDで検出するエネルギー分散型(EDS)の2種類に分類される。
- ・ 波長分散型(WDS)は、検出限界が広く、高い正確性を持っていることが特徴である。
- ・ エネルギー分散型(EDS)は分析スピードが圧倒的に速いという特徴を持つ。なお、EDSには主に推江沖型の汎用型とハンドヘルドタイプがある。

使用される産業分野

金属 (鉄、非鉄)	無機材料 (硝子、セラミック)	有機材料 (ケミカル、高分子)	環境 (汚染、水質等)	エネルギー (発電、電池)	電子・電気 (半導体、家電)
○	○		○		○
ディスプレイ (表示素子、発光素子)	自動車 (エンジン、制御装置等)	医薬・医療 ・バイオ	食品	衣料品	土木建築
		○	○		△

用途

	一般的な用途
(1)	医薬品に含まれる不純物のスクリーニング、分析
(2)	食品やリチウムイオン電池などの製造プロセスにおける原材料の異物解析・品質評価
(3)	材料科学、地質学、考古学、法医学等の科学研究開発
(4)	水質・大気汚染等の環境モニタリングや製品の品質・安全性評価

特定重要物資関連	主な用途
メタン ハイドレート	泥火山などから掘削により得られたコア試料の分析
分子分析	構成元素の定性分析、成分分析などに用いられる

7－蛍光X線分析装置(XRF)

国内メーカーの課題

現状認識

- ・ XRFは非破壊で材料の元素組成分析が可能であり、利用分野は多岐に渡る。研究開発以外にも生産ライン及び検査や品質管理といった場面(医薬品、食品飲料、環境モニタリング等)の需要が大きい
- ・ 汎用市場では、ハイエンド機器の需要は堅調だが、ミドルからスタンダードモデルは低調である

国内 メーカーの 課題

技術面

【代替技術との競争】

- ・ 誘導結合プラズマ分光法(ICP)、原子吸光分光法(AAS)、レーザー誘起破壊分光法(LIBS)等の元素分析技術との競合が存在。特に、他の元素分析法と比較して感度が高くなく、原子番号12～13(Mg,Al)付近以下の元素に対しては感度が低い点、測定対象元素の化学構造は把握できない点で、選択肢として限界が存在する

【分析精度の限界】

- ・ 品質管理と品質保証のために蛍光X線分析に依存している業界は、測定精度に懸念がある場合、この技術の採用や使用の拡大をためらう可能性がある。サンプル前処理方法、装置の校正、マトリックスの影響など、測定精度に影響を与えうる要因が数多く存在するため、結果の信頼性に影響を及ぼすリスクがある
- ・ オンサイト利用需要に応じポータブルなXRFが開発されアクセス性を向上させたが、大型のラボグレード機器と同レベルの精度と感度を必ずしも提供できない

経済面

【市場性】

- ・ 北米・欧州市場は持続可能性・循環経済分野(リサイクルや廃棄管理プロセス)で市場拡大が促進されているが、日本市場は自動車・エレクトロニクス・金属などの製造業が主な需要分野であり、環境保護規制分野での利用が他地域と比較して未成熟

【価格】

- ・ ハイエンドのWD-XRF装置は高額で導入コストが高く、潜在顧客にとって購入の障壁となっている

8－分光蛍光光度計(FL)

分光蛍光光度計(FL)

原理・重要技術

- ・ 蛍光光度法ではスペクトルや蛍光の強度から**定性および定量分析**を行うことができる。
- ・ 光源（主に中圧水銀灯やキセノンランプなど、輝度の高いものが用いられる）を出た光は励起波長選択部で単色光となり、試料に照射される。試料から放射された蛍光は、蛍光波長選択部で目的の波長の光だけが検出器に入り、電気信号に変換され、蛍光強度に応じた信号がコンピュータに表示される。
- ・ 蛍光光度法は、吸光光度法に比べて一般に 10^3 倍以上高感度な分析手法である。さらに蛍光物質を測定対象とするため、目的成分だけを蛍光物質に変えることにより、選択性に優れた極微量の分析手段として用いられることもある。

使用される産業分野

金属 (鉄、非鉄)	無機材料 (硝子、セラミック)	有機材料 (ケミカル、高分子)	環境 (汚染、水質等)	エネルギー (発電、電池)	電子・電気 (半導体、家電)
	○	○			
ディスプレイ (表示素子、発光素子)	自動車 (エンジン、制御装置等)	医薬・医療 ・バイオ	食品	衣料品	土木建築
○		○	○		

用途

	一般的な用途
(1)	LED材料の量子収率など性能評価及び品質管理
(2)	三次元蛍光スペクトルデータ測定と多変量解析を組み合わせた食品の産地判別や製品の合否判別
(3)	生化学臨床医学関係分野：医薬品の分析，各種ビタミン，添加物の食品分析，アミノ酸分析など
(4)	多様な材料の蛍光現象の解析：染料，蛍光増白材，ディスプレイ部材など

特定重要物資関連	主な用途
分子分析	構成元素の定性分析（含有元素の特定）・定量分析（対象試料中の元素の含有率）に用いられる。 他の機器（UV/NIRなど）では分析できないような分子分析が可能。

8－分光蛍光光度計(FL)

国内メーカーの課題

現状認識

- ・ 製薬及びバイオテクノロジー分野でのアプリケーションが主流
- ・ 主要販売先であるアカデミア向けの製品が伸び悩んでいる一方、環境モニタリングや食品安全検査等、産業界でのニーズが高まっている

国内 メーカーの 課題

技術面

【分析精度の限界】

- ・ 分析装置ごとの違いやランプの劣化などにより一貫性に欠ける結果が出てしまうことがある。また、ランプは消耗品であり、メンテナンスコストがかかる
- ・ 励起側・蛍光側の波長走査に時間がかかるため、検査に係る時間の短縮が課題

【代替技術との競争】

- ・ 質量分析法やNMR分析法などの代替分析技術との競争に直面

【汎用性】

- ・ 分析の感度は高いが、汎用性がなく応用範囲が限定される
- ・ 蛍光分光法は、分析対象に合った関連アクセサリーの選定が必要であり、取扱いに熟達した専門家の存在が重要

経済面

【市場】

- ・ 国内市場規模は前年度から9%減少がみられ、海外市場開拓（新興国含む）が必至

9－X線回折装置(XRD)

X線回折装置(XRD)

原理・重要技術

- 試料に一定波長のX線を照射した際に生じる回折X線角および強度を測定することで、物質の同定や血相の構造分析を行うことができる。
- 対象試料は多岐にわたり、無機・有機物質の粉末、高分子材料、タンパク質、金属部品、有機・無機薄膜半導体、などが中心となる。
- 粉末試料では、構成成分の同定や定量、結晶サイズや結晶化度、単結晶試料では、分子の三次元構造、加工材料試料では、残留応力や内在する歪み、蒸着薄膜では、密度や結晶性、結晶軸の方向や周期、小角散乱測定では、ナノスケールの粒子の大きさや形状・粒径分布を測ることができる。

使用される産業分野

金属 (鉄、非鉄)	無機材料 (硝子、セラミック)	有機材料 (ケミカル、高分子)	環境 (汚染、水質等)	エネルギー (発電、電池)	電子・電気 (半導体、家電)
○	◎	○	○	○	○
ディスプレイ (表示素子、発光素子)	自動車 (エンジン、制御装置等)	医薬・医療 ・バイオ	食品	衣料品	土木建築
○	○	◎			○

用途

	一般的な用途
(1)	医薬品などの化合物の定性分析や定量分析、結晶多形、結晶化度、結晶子サイズ、粒径分布、結晶構造、分子構造の決定など
(2)	二次電池の充放電過程における正極材の相変化のその場測定や定量分析、微細構造の決定
(3)	金属、半導体分野での酸化物、窒化物の検出や表面処理状態の結晶学的変化、膜厚、膜構造

特定重要物資関連	主な用途
蓄電池	電池が充電または放電される際の電極材の変化を測定可能。電池劣化のメカニズムの調査に活用
メタンハイドレート	メタンハイドレートの結晶構造(同定、サイズ、配向性等)の決定に活用
航海用具 (音響測深機)	超音波振動子として使用されるセラミックス素材のバルク構造(組成・結晶相等)と界面の構造(粒界、接合界面等)の物性評価に利用
分子分析	分子の三次元構造(結晶を構成する原子や分子の配列等)の決定

9－X線回折装置(XRD)

国内メーカーの課題

現状認識

- ・ コロナの影響(創薬の動き)により、XRDの国内販売実績は増加傾向(回復傾向)にある。22年度は前年比伸び率13.2%増である
- ・ 官需の規模はそれほど大きくなく、民間がメインユーザとなる

国内 メーカーの 課題

技術面

【分析の限界】

- ・ 定性分析において含有量が少ない成分は測定することができない
- ・ 非晶質材料の識別ができない
- ・ 試料のサイズに制限があり(大きい試料は測定不可)適切な試料調製が必要となる。一方で、微小な試料では回折線の強度が十分に得られず測定不可
- ・ 試料が混合物質で構成されている場合、検出限界は試料の2%程度である

【代替技術との競争】

- ・ 材料分析には、電子顕微鏡、NMR分光法、蛍光X線分析などの代替分析技術が存在するため、導入や分析の簡便性を追究する必要がある

【耐久性】

- ・ 封入管型X線源の管球部分は消耗品であり、使い方や保守(エージング)によってかなり寿命差が出る。長寿命の封入管型X線源の開発が求められるとともに、長寿命化させるために管電圧・管電流の任意の設定が必要

経済面

【市場】

- ・ 国内市場はすでに成熟しており、生産された製品は海外輸出がメイン。海外市場では、現地企業が競合となるため、価格・品質ともに競合できる水準を維持する必要がある
- ・ 分析対象が増加し、ユーザ層が多様になる中で、各業界のニーズを正確に補足し、各々に適したソリューションを提供する必要がある

10－イオンクロマトグラフ(IC)

イオンクロマトグラフ(IC)

原理・重要技術

- イオンクロマトグラフ法（IC法）は液体クロマトグラフ法の1種であり、液体試料中のイオン成分を検出する手法である。溶離液と呼ばれる移動相に液体試料を導入し、試料中のイオン成分を固定相である分離カラム内で分離させることで試料を測定する。
- 一般的にICは、溶離液を送るためのポンプ、インジェクションバルブ、カラム、サプレッサー、電気伝導度検出器、ワークステーションから構成されている。
- 水質分析などの環境測定や、工業、医薬品、食品分野の品質検査など幅広い用途で利用される。
- 主に無機の陰イオンと陽イオンの測定を行うことができる。また、一部の有機酸やアミンの測定も可能である。

使用される産業分野

金属 (鉄、非鉄)	無機材料 (硝子、セラミック)	有機材料 (ケミカル、高分子)	環境 (汚染、水質等)	エネルギー (発電、電池)	電子・電気 (半導体、家電)
△		○	○	○	○
ディスプレイ (表示素子、発光素子)	自動車 (エンジン、制御装置等)	医薬・医療 ・バイオ	食品	衣料品	土木建築
		○	○	○	

用途

	一般的な用途
(1)	表層水，地下水，酸性雨などの環境分析
(2)	農地の土壌分析や肥料などの農業関連分析
(3)	発電所などのボイラー水や冷却水の管理

特定重要物資関連	主な用途
蓄電池	リチウムイオン電池の不純物および分解生成物の特定、バッテリー原料の研究や品質検査、バッテリー電解液中のマンガン測定、電解液劣化生成物の分析

10－イオンクロマトグラフ(IC)

国内メーカーの課題

現状認識

- ・ 医薬品開発に対する学術および商業研究開発支出の増加、技術進歩の高まり、食品、飲料、および水産業におけるイオン交換技術の採用の増加に伴い、市場規模は拡大
- ・ 国内市場規模は成長(前年比26.8%)したが、全体的にハイエンド機器の比率が高くなったこと、社会情勢に伴い多くのメーカーが値上げしたことが要因として考えられる

国内 メーカーの 課題

技術面

【分析の限界】

- ・ 測定可能試料は、純水に溶解するものが基本で、測定目的成分以外の物質が大量に試料に入っていると、分析精度が著しく低下したり、測定目的成分が妨害を受けて測定できない。また、純水に溶解しない油脂、有機溶媒、タンパク質などは故障の原因となるため、前処理を行い、除去する必要がある
- ・ 電気伝導度検出器はイオンに対する選択性が低いため、測定目的イオンだけを検出することはできない
- ・ 他の装置と比較入して、分析時間が長い。複数成分を1回の試料注入で同時に測定することが多いため、1検体の測定は10～30分程度かかる
- ・ カラムの劣化や詰まりに精度が影響されるため、適切な試料の前処理(微粒子、可溶性高分子や、金属イオン、有機溶媒等の劣化成分)手順が必要で手間がかかる

【代替性】

- ・ 検出感度、速度、検体との適合性の観点から、質量分析法や、高速液体クロマトグラフィー(HPLC)等の競合技術が存在する

経済面

【市場】

- ・ 国内外シェアの約7割を1社が占めており、他の企業はカラムの幅広さや機能拡充で差別化を図る必要がある

11－高速液体クロマトグラフ(HPLC)

高速液体クロマトグラフ(HPLC)

原理・重要技術

- クロマトグラフは、物質が固定相とこれに接して流れる移動相との親和力（相互作用）の違いから一定の比率で分布し、その比率が物質によって異なることを利用して各物質を分離する。移動相が液体の場合、液体クロマトグラフ（HPLC）と呼ぶ
- HPPLCは、液体の移動相をポンプなどによって加圧してカラムを通過させ、分析種を固定相及び移動相との相互作用（吸着、分配、イオン交換、サイズ排除など）の差を利用して高性能に分離して検出する
- HPLCは、ガスクロマトグラフ（GC）と同じ分離分析装置だが、溶媒に溶解できる物質ならそのまま測定ができ、分析目的以外に天然物成分や化学合成品などの分離精製するための分取装置としても用いられている

使用される産業分野

金属 (鉄、非鉄)	無機材料 (硝子、セラミック)	有機材料 (ケミカル、高分子)	環境 (汚染、水質等)	エネルギー (発電、電池)	電子・電気 (半導体、家電)
		○	○	○	○
ディスプレイ (表示素子、発光素子)	自動車 (エンジン、制御装置等)	医薬・医療 ・バイオ	食品	衣料品	土木建築
	○	◎	○	○	

用途

	一般的な用途
(1)	医薬品：原料中不純物，製品中有効成分，代謝成分の分析
(2)	生化学：蛋白質，核酸等の生体由来試料の分析
(3)	食品：不純物分析，栄養成分の分析
(4)	天然物：成分分析，不純物分析
(5)	環境：水道水，土壌，大気の分析
(6)	工業材料，電子，エネルギー関連材料：主成分分析，不純物分析，劣化物分析

特定重要物資関連

主な用途

分子分析

低分子量物質の分離、分析に使用。カラムとの相互作用の差を利用して、極性の異なる異種ポリマーや極性の異なる多種類のモノマーからなるコポリマー等を分離するなど、高分子にも応用可能

11 – 高速液体クロマトグラフ(HPLC)

国内メーカーの課題

現状認識

- ・ 20年度はコロナ禍の影響で案件の先送りや凍結が続き一時的に停滞したが、21年度は当時の先送り分が上積みされたことに加え、主要分野の活性（製薬、環境、など）により市場は全体的に堅調
- ・ 例年から数量は減少していることに対し、金額は上昇している背景には、為替変動や部材費及び輸送費の高騰による機器の値上げがある
- ・ 近年の開発傾向として、システムソフトウェアの開発や自動化が主流

国内 メーカーの 課題

技術面

【分析の限界】

- ・ LCで最も多く使用される吸光度検出器は、糖類などUV吸収のない化合物の検出が困難であり、UVスペクトルの定性能力も他の検出手法に及ばない
- ・ 試薬水の品質により、試料や標準の調製からカラムの洗浄や溶出に至るまで、高速液体クロマトグラフィー分析のほぼすべての面に影響が及ぶため、水中の有機物レベルを正確に監視する必要がある

【機器の管理】

- ・ 定期的なメンテナンスが必要。例えば、長期放置によるカビの発生を防止するためには、保管用の溶媒が必要
- ・ カラムの取り扱いに注意が必要(衝撃に弱く、カラム圧が必要以上に上がらないように配慮)

経済面

【市場】

- ・ 国内市場の約半数を米国のメーカーが占めており、少数の大手企業が業界を支配。海外メーカーは中小企業を買収することでポートフォリオを拡大し、競争力をつけることが予想される

【製造コスト】

- ・ HPLC装置の開発には、自動化機能とデータ解析ソフトウェアの搭載が必須であるが、これら技術は製造コストが高額。価格競争力のあるソフトウェア開発技術のための提携先を探すことが重要

12－キャピラリー電気泳動装置

キャピラリー電気泳動装置

使用される産業分野

金属 (鉄、非鉄)	無機材料 (硝子、セラミック)	有機材料 (ケミカル、高分子)	環境 (汚染、水質等)	エネルギー (発電、電池)	電子・電気 (半導体、家電)
		○	○	○	○
ディスプレイ (表示素子、発光素子)	自動車 (エンジン、制御装置等)	医薬・医療 ・バイオ	食品	衣料品	土木建築
		○	○		

原理・重要技術

- ・ フューズドシリカキャピラリー管内に泳動液を満たし、試料溶液の注入後、両端に電圧(-30～+30kV)を掛けて電気泳動を行うことにより、成分を荷電・大きさ・形などに基づく移動度の差異で分離する手法
- ・ 水溶液中の塩化物イオン、フッ化物イオン、硫酸イオン、硝酸イオンなどの陰イオン(アニオン)、ナトリウムイオン、アンモニウムイオン等の陽イオン(カチオン)、ギ酸等の低級有機酸、テトラメチルアンモニウム等の低級アミン類を測定できる。水以外の液体試料、気体試料、固体試料についても、適切な前処理(試料調製)で測定可能
- ・ 分離においては分子だけでなくより大きな粒子(細菌細胞、動物細胞、細胞内小器官、ナノ粒子)の分離にも有効

用途

	一般的な用途
(1)	化学工業，医薬，食品，電子部品，半導体，環境をはじめとする広い分野での成分分析、品質管理

特定重要物資関連	主な用途
分子分析	低分子、生体高分子や合成高分子(泳動媒体を水系から非水系溶媒に変更)について、分子量の決定、等電点や純度決定、各成分の比較・定量・精製確認等に利用
(DNAシーケンス)	キャピラリーの両端に1万ボルト以上の電圧をかけ、DNAのサイズの違いによる泳動速度の差により分離することで、ヒト・ゲノムDNAシーケンシング及び遺伝子診断・解析が可能

12－キャピラリー電気泳動装置

国内メーカーの課題

現状認識

- ・ 個別化医療の利用に対する一般の意識の高まりが、市場の成長を大きく推進する
- ・ 高効率、高スループット、高速という利点により、ヒトの感染症を迅速に診断するための有力な技術として、今後ますます需要が高まる分野

国内 メーカーの 課題

技術面

【分析の限界】

- ・ 高速液体クロマトグラフ法(HPLC)と比較して、再現性が低い(HPLCではピーク面積の精度は1%以内のこともしばしばあるが、CEでは5%以内程度)。試料注入するキャピラリーの温度環境が測定再現性に影響するため、制御機能が必要
- ・ 疎水性試料の分析に不向きな点、分取が困難。疎水性の高い試料の場合には、泳動液中にメタノールやアセトニトリルなどの有機溶媒を添加して溶解状態を保ち、析出による再現性低下を防ぐ必要がある

【スピード向上】

- ・ 遺伝子治療において、よく使用されるベクターとしてのアデノ随伴ウイルス自体のたん白質や、適切な遺伝子DNAを含んでいるかの分析評価を自動化できる分析装置として注目されているが、製薬・医療研究の場でより迅速なアウトプットが要求される

経済面

【市場】

- ・ 国内市場が外資系メーカーに寡占されており、ライフサイエンス部門全体への投資規模の違いから、日本の分析機器メーカーがシェアを取りにくい領域
- ・ グローバルレベルも市場規模が大きい分野であるため、どこまで投資するのか、また、国内にキャピラリー電気泳動に関する技術・サービスに特化したプレーヤーが少ない中、シナジーを創出する協業相手が限られる

13－ガスクロマトグラフ質量分析計(GC-MS)

ガスクロマトグラフ質量分析計(GC-MS)

原理・重要技術

- ガスクロマトグラフィー(GC)は、多成分混合気体を分離カラムに通して分析する手法である。キャリアガスにはヘリウムなどの不活性ガスが使用され、固定相には中空キャピラリーの内壁に保持したポリシロキサン系やポリエチレングリコール系の液相などが使われる
- 各成分はカラム通過中に固定相への親和性、溶解性、吸着性などの違いによって分離され、質量分析計(MS)などの検出器へ到達する。質量分析計において、成分はイオン化され、質量数(m/z)に応じて検出される。
- 得られたクロマトグラムやマススペクトルから主に有機成分の同定(定性)及び定量分析が可能となる

使用される産業分野

金属 (鉄、非鉄)	無機材料 (硝子、セラミック)	有機材料 (ケミカル、高分子)	環境 (汚染、水質等)	エネルギー (発電、電池)	電子・電気 (半導体、家電)
		◎	○	○	○
ディスプレイ (表示素子、発光素子)	自動車 (エンジン、制御装置等)	医薬・医療 ・バイオ	食品	衣料品	土木建築
		○	○	○	

用途

	一般的な用途
(1)	食品、香料、環境、化成品、石油・石化、高分子、材料
(2)	法医学、臨床、医薬品、メタボロミクス

特定重要物資関連	主な用途
蓄電池	電解質の経年劣化で形成される化合物を同定および定量することにより、リチウムイオン電池の劣化に関する情報の獲得
メタンハイドレート	メタンハイドレートに含まれる化合物の同定
炭素繊維	加熱発生ガスの成分同定
分子分析	分子の質量情報を有するマススペクトル測定

13－ガスクロマトグラフ質量分析計(GC-MS)

国内メーカーの課題

現状認識

- ・ GC-MSは、研究機関のみならず、産業分野(食品、化学、製薬、石油業界)の幅広いユーザがおり、分析初心者でも使用できる操作性、ダウンタイムの削減、設置スペースの削減、分析作業の効率化等の需要が高まっている
- ・ 特に、血液・尿サンプルに基づく薬物スクリーニング検査での使用が増加しており、世界反ドーピング機関がGC-MSによる検出基準を採用するなど、今後も違法ドラッグの検出に活用が期待される

国内 メーカーの 課題

技術面

【自動化機能の拡張】

- ・ 前処理、前段階の設備整備(標準物質の調整、有機溶媒の取扱い、ガス配管設備等)に係る手間でダウンタイムが発生する。したがって、時間短縮のために、近年ではサンプルの前処理を完全に自動化し、あらかじめ定義されたワークフローが実行できる機器のニーズが高まっている。現状、データとソフトウェアの開発は、GC、GC-MS、LC、LC-MS/MSが同じソフトウェアプラットフォームの下で機能し、簡単に操作できるところまで来ているが、当該機能はハイエンド製品に限定されるため、ミドル・ローエンド製品における標準搭載対応が求められる

【キャリアガスの転換】

- ・ 稀少で供給不足やコストの上昇へのリスクが高いヘリウムガスについて、使用量削減や代替のキャリアガス(水素や窒素)を追究する必要がある

【分析の限界】

- ・ 分析時は常に高温にさらされるため、不揮発性の物質や熱に弱い物質や気化しない化合物(無機金属、無機塩類、イオン類など)は分析できない。LC-MSと比べると、分析できる試料の適応範囲が狭い

経済面

- ・ 22年度は日系B社の大幅な売り上げ拡大により、国内市場は13.5%増加したが、日系B社以外の市場規模は前年度と変わらない。23年度は微減予測であり、国内市場全体の成長は見込めないため、海外市場開拓が必至

14－グロー放電質量分析法(GD-MS)

グロー放電質量分析法(GD-MS)

使用される産業分野

金属 (鉄、非鉄)	無機材料 (硝子、セラミック)	有機材料 (ケミカル、高分子)	環境 (汚染、水質等)	エネルギー (発電、電池)	電子・電気 (半導体、家電)
○	○		○	○	○
ディスプレイ (表示素子、発光素子)	自動車 (エンジン、制御装置等)	医薬・医療 ・バイオ	食品	衣料品	土木建築
	○		○	○	○

原理・重要技術

- 試料を陰極として、アルゴン(Ar)ガス中でグロー放電・スパッタし発生したイオンを高分解能質量分析計(MS)で検出する分析手法
- 固体試料を直接高感度分析でき、試料の溶解作業等を必要とせず、水素や希ガスを除くほぼ全ての元素を同時測定が可能
- メリットとして、主成分からppbレベルの極微量成分までの70元素以上の同時分析が可能である点、従来困難であったC,N,Oをppmレベルで検出できる点、nm～数十μm以上の深さ方向分析が可能な点、安定したイオン減が得られることで再現性が高い点、前処理が複雑で時間を要する化学分析法に比べ迅速な点、金属材料中の道の成分元素が想定できる点などが挙げられる

用途

	一般的な用途
(1)	金属、セラミック、ポリマー、半導体、生物組織などの表面形状観察と元素分析、元素分布測定

特定重要物資関連	主な用途
半導体	半導体材料中の不純物の検出 特に、耐薬性が高いため完全溶解することができず、化学分析での不純物分析が困難であった、ワイドギャップ半導体材料として用いられるSiCやGaNの不純物分析に適応
蓄電池	リチウム二次電池正極シートの活物質の元素分析
音響測深機	セラミック材料の表面の深さ方向の元素分析

14－グロー放電質量分析法(GD-MS)

国内メーカーの課題

現状認識

- ・ 材料科学や冶金学などの主要産業における精密な元素分析への需要の高まり及び環境モニタリングと半導体製造におけるアプリケーションの増加が市場拡大に寄与
- ・ GD-MS市場は上位3社の寡占状態(ほぼ100%を占める)

国内 メーカーの 課題

技術面

【分析の限界】

- ・ プラズマによるスパッタを用いるため、空間分解能が悪く、局所分析が行えない
- ・ 化学分析法に比較して、定量精度が低い
- ・ フラットな板状に成形した試料についてグロー放電分析を行うフラットセル式の場合、試料表面の放電跡(削られた跡)が不均一になることがあり、表面あるいは深さ分析に対する組成情報の正確な質量分析が困難

経済面

【市場】

- ・ 日本はGD-MSの導入率では、アジア太平洋地域で中国をしのぐ第1位。日系C社が、高周波グロー放電発光表面分析装置を提供するが、国内でGD-MSを製造・販売する企業はない
- ・ 用途が金属材料の分析が主要で、限られ他業界でのニッチなニーズしかなく、市場規模が小さい

15－高周波誘導結合プラズマ質量分析装置(ICP-MS)

高周波誘導結合プラズマ質量分析装置 (ICP-MS)

原理・重要技術

- ICP-MSは、アルゴン（Ar）ガスに高周波電力を印加して生成した誘導結合プラズマ（Inductively Coupled Plasma, 以下、ICP）をイオン源に用い、ICP に液体試料を霧状にして導入させ、プラズマによってイオン化された試料中の元素を質量分析計（MS）によって分離、検出
- アルゴン（Ar）プラズマは 6000～10000 K の高温とされ、プラズマ中では多くの元素が高い効率でイオン化される。原子（実際に検出されるのはイオン）のもつ質量数は元素固有であるため、得られた質量スペクトルの質量数（正確には質量電荷数比 m/z ）から元素の種類が分かり（定性分析）、元素濃度に比例して得られた信号強度から試料中元素の濃度を求められる

使用される産業分野

金属 (鉄、非鉄)	無機材料 (硝子、セラミック)	有機材料 (ケミカル、高分子)	環境 (汚染、水質等)	エネルギー (発電、電池)	電子・電気 (半導体、家電)
		○	○	○	○
ディスプレイ (表示素子、発光素子)	自動車 (エンジン、制御装置等)	医薬・医療 ・バイオ	食品	衣料品	土木建築
		○	○	○	○

用途

	一般的な用途
(1)	環境モニタリング：土壌、水、大気などからの汚染物質や元素の追跡、監視、および評価に活用。地球環境の変化や汚染源の特定など、環境に関する重要な情報を提供
(2)	食品安全性：有害な金属や微量栄養素の検出
(3)	薬品製造：製品中の微量元素や汚染物質の定量に使用。製薬プロセスの品質管理や新薬の研究開発において重要なツール
(4)	地質学と鉱業：岩石や鉱石中の元素組成を調査し、鉱床の特性を評価。鉱業業界でも、鉱石評価や鉱石の品質管理に応用される
(5)	生物学的研究：細胞や生体組織中の微量元素を分析するのに使用。微量元素の代謝、毒性、および生体内の分布を調査などに応用

特定重要物資関連

主な用途

蓄電池	電池用電解液中の元素不純物の分析
航海用具 (音響測深機)	超音波振動子として使用されるセラミックス素材の高感度な元素分析（微量特定有害金属の分析などの微量不純物分析）

15－高周波誘導結合プラズマ質量分析装置(ICP-MS)

国内メーカーの課題

現状認識

- ・ 冶金業界における誘導結合プラズマ質量分析技術の応用や、ヘルスケア領域での利用など、元素の同位体組成を検出する利点についての認識が高まり、市場成長を後押ししている

国内 メーカーの 課題

技術面

【研究開発】

- ・ ICP-MSは、測定可能なほぼすべての元素について、極めて低い検出下限を提供できる唯一の装置である。特に、低い検出下限を要する半導体、エレクトロニクス、製薬業界において、更なる検出加減に対するニーズがある

【結果の安定性】

- ・ ICP-MSは、試料導入効率が試料毎に異なるため分析値が安定しない。例えば内標準法は濃度既知の主成分元素が存在すれば利用できるが、未知試料の分析など主成分から微量成分まで含んだ全ての成分の分析には適用が困難
- ・ 超微量分析であり、作業環境や治具などからの汚染のリスクへの対応が求められる

【分析の限界】

- ・ ICP-MSで「As、Se、Fe、K、Ca」など特定の元素を低濃度で測定することは、他の元素の測定より困難

経済面

【市場】

- ・ 国内市場が外資系米国メーカーに寡占(約90%のシェア)されており、グローバル市場においても主要シェアを獲得している日本企業は1～2社のみ

16 – MALDI-TOF質量分析

MALDI-TOF質量分析

原理・重要技術

- MALDI はマトリックスと呼ばれるイオン化を促進する試薬を試料と共にサンプルプレート上に結晶化させ、そこにレーザー光を照射する。マトリックスはレーザー波長に対して吸収を持っているので急速に加熱され試料と共に気化される。
- 試料は気相反応（プロトン移動など）によってイオン化し、TOF-MS と呼ばれるイオン源で発生したイオンがフライトチューブ内を飛行し検出器まで到達する時間によって質量を測定する装置により分離、検出される。

使用される産業分野

金属 (鉄、非鉄)	無機材料 (硝子、セラミック)	有機材料 (ケミカル、高分子)	環境 (汚染、水質等)	エネルギー (発電、電池)	電子・電気 (半導体、家電)
○		○	○		○
ディスプレイ (表示素子、発光素子)	自動車 (エンジン、制御装置等)	医薬・医療 ・バイオ	食品	衣料品	土木建築
		○	○	○	

用途

	一般的な用途
(1)	金属、セラミック、ポリマー、半導体、生物組織などの表面形状観察と元素分析、元素分布測定
(2)	材料表面に付着する異物の形状観察と組成分析
(3)	劈開面を作製して半導体、金属の断面構造観察

特定重要物資関連	主な用途
分子分析	分子の質量から、有機化合物の同定などの分析。合成高分子分析では、のモノマー、末端基、分子量分布などのポリマー情報や添加剤情報を引き出すことが可能

16 – MALDI-TOF質量分析

国内メーカーの課題

現状認識

- ・ 新型コロナウイルスの検出に関連して需要が急増したが、流行が新常态に入ったことに伴い、成長率は鈍化
- ・ 微生物を迅速かつ正確に識別して特性評価ができるため、臨床質量分析販売業界の重要なトレンドとなっており、臨床診断市場の更なる成長が見込まれる

国内 メーカーの 課題

技術面

【使用場面の限定】

- ・ 質量分析機器は大型で消費電力が大きいため、予算やスペースに余裕がある、研究所等での使用に限られる。今後、宇宙探査、微量爆発物の検出、遠隔地での環境モニタリングなど新しい場面での利用のために、小型化が求められる

【分析の限界】

- ・ 臨床検査の中核的な技術として活用が期待されるが、臨床科学・臨床診断領域では、検体前処理を含めた操作性、複数の菌種が存在する検体に対する感受性・耐性に課題がある
- ・ 微生物の同定法では、同定結果の不完全性と不確実性が課題であり、特に糸状菌や放線菌では得られる結果が一定でなく、参照用ライブラリーと一致しないことがある
- ・ MALDI-TOFは、試料導入の際にクロマトグラフィーなどによる分離を要さないが、試料とマトリクスの混合比や混合状態などによって得られる結果が変わるため、再現性が低い。また、目的の分子以外の分子に構造異性体等が含まれる場合、区別して検出することが困難

経済面

【市場】

- ・ 国内市場の半分以上が外資系メーカーに寡占されており、ライフサイエンス部門全体への投資規模の違いから、日本の分析機器メーカーがシェアを取りにくい領域となっている

【コスト】

- ・ 臨床用質量分析計の制約要因として、機器とメンテナンスコストが高いことが挙げられる。コストの削減は市場の更なる開拓に繋がる

17－自動細胞破碎装置

自動細胞破碎装置

使用される産業分野

金属 (鉄、非鉄)	無機材料 (硝子、セラミック)	有機材料 (ケミカル、高分子)	環境 (汚染、水質等)	エネルギー (発電、電池)	電子・電気 (半導体、家電)
ディスプレイ (表示素子、発光素子)	自動車 (エンジン、制御装置等)	医薬・医療 ・バイオ	食品	衣料品	土木建築
		○			

原理・重要技術

- 細胞破碎には、超音波破碎機、ホモジナイザー、ビーズ式細胞破碎装置を使用する
- 機械的な破碎方法である超音波破碎では、パルス状の超音波を用いて、細胞、細菌、胞子および細かくした組織を攪拌・融解し、極小の気泡を発生・破裂させ、サンプルに繰り返し激しい衝撃を与え破碎する
- 機械的な破碎方法であるビーズ式細胞破碎では、ガラス、ジルコニアやステンレス等のビーズとサンプルを同一容器に入れ高速で振とう又は攪拌させることにより、サンプルとビーズを激しく衝突させ、その衝撃と摺り作用により細胞壁等を確実に破碎します。タンパク・DNA・RNA等目的物をきれいに回収することが可能

用途

	一般的な用途
(1)	細胞を破壊して細胞小器官などの細胞内の各構成要素を分離する。細胞破碎は、細胞の壁や膜を破壊して細胞内の成分を取り出すために重要なステップであり、細胞の状態を解析するための基盤

特定重要物資関連	主な用途
DNAシーケンス	次世代シーケンス用ライブラリーの調製(せん断、DNA抽出)に使用

17 – 自動細胞破碎装置

国内メーカーの課題

現状認識

- ・ 患者サンプルからの遺伝物質の抽出と分析を前提とする個別化医療のニーズ拡大で、細胞の溶解および破壊技術は、DNA および RNA の精製を含む下流の処理のために細胞から遺伝物質を抽出する際に不可欠なプロセスとして需要伸張
- ・ 細胞破碎装置は、専門で製造する企業は少なく、 バイオ領域に強みを持つ分析機器メーカーが製品ラインナップの一部として提供しており、いずれも主力製品には位置しない

国内 メーカーの 課題

技術面

【非破壊な細胞解析技術】

- ・ 細胞破碎による細胞の破壊や変性を避けるため、非破壊的な細胞解析技術が要求される
- ・ 超音波や凍結融解による物理的破碎は、操作が煩雑で、機器から発する熱の影響により、たびたびタンパク質の変性および凝集が引き起こされる。器具を予冷却やサンプルを常に氷上で取り扱う等の対応が必要
- ・ サンプルの取り扱いに関するプロトコルが曖昧で均一な結果が得がたい。破碎条件が均一ではないとサンプル溶液の粘度に影響がでる
- ・ 目的のサンプル(タンパク等)自体を破壊してしまうことがある。ラベルフリーの生細胞イメージング技術やシングルセル解析技術などの進化で、細胞の生理活性をリアルタイムで評価する手法が求められる

経済面

【市場】

- ・ 単価が高くない汎用製品のため市場規模は小さい
- ・ 細胞への遺伝子導入による形質転換、細胞培養、細胞破碎、生体分子検出などの機能を集積化したトータルシステムの需要が高まっているため、細胞破碎機能だけの装置はより低価格な汎用装置なることが見込まれる。また、機器のツールシステム化に日本メーカーで取り組んでいる企業はおらず、外資C社が先進的に取り組んでいる

18－自動セルカウンター

自動セルカウンター

使用される産業分野

金属 (鉄、非鉄)	無機材料 (硝子、セラミック)	有機材料 (ケミカル、高分子)	環境 (汚染、水質等)	エネルギー (発電、電池)	電子・電気 (半導体、家電)
ディスプレイ (表示素子、発光素子)	自動車 (エンジン、制御装置等)	医薬・医療 ・バイオ	食品	衣料品	土木建築
		○			

原理・重要技術

- 電子線を試料表面に照射、X-Y二次元走査し表面からの様々な応答を用いて表面構造の観察や組成分析などを行う
- 汎用SEM**と、より電子密度や平行性の高い電子線を出せる**FE-SEM**に分かれる
- 高分解能で焦点深度が深く、立体感のある表面構造を高倍率(数万倍以上)で観察できる。同じ場所から発生した二次電子、反射電子、X線などの信号をそれぞれの検出器で取得し、元素マッピングなどの多角的解析が可能
- SEMの分解能は試料上の**電子スポットの直径**(プローブサイズ)、**対物レンズの集束性能**に左右される
- 特に、**半導体装置を分析**するための**標準的な画像手法**であり、品質管理手順、故障解析、研究開発において非常に重要

用途

	一般的な用途
(1)	生物学研究分野での、増殖、生存率の測定、細胞濃度・添加物の最適化および維持、細胞の状態の把握、細胞継代(特にフラスコ内の濃度を推測することが難しい浮遊細胞)
(2)	臨床・産業分野での、セルカウントで得られた結果からの健康状態把握、細胞療法を適用する患者に投与する細胞数コントロール、免疫細胞化学(抗体療法や細胞療法)における細胞数標準化

特定重要物資関連	主な用途
DNAシーケンス	サンプル調整時に、細胞受領後、セルカウンターによる細胞数・生存率測定(傷ついた細胞膜を持つ細胞(死細胞)の検出)

18－自動セルカウンター

国内メーカーの課題

現状認識

- ・細胞計測は、精密医療、特に細胞治療や製品の安全性において、高度に洗練された評価パラメータとして、必要不可欠なプロセスであり、今後も需要は拡大
- ・デジタル画像処理、フローサイトメトリー、蛍光機能など計数以外の機能を統合した、ワークフロー全体を自動化した装置のニーズが高い

国内 メーカーの 課題

技術面

【分析の限界】

- ・自動セルカウンターは精度は高いものの真度が低く(細胞の分類に関して誤分類の発生率が高い)なるため、実際濃度より低い結果が出る可能性がある。例えば、トリパンブルー(死細胞を染色する試薬)の沈殿物を自動セルカウンターが死細胞と誤判定することがある
- ・自動セルカウンターでは細胞計測における計数パラメータを設定し、各パラメータを調整することで、使用する細胞に合わせたカウント、生死判定が行えるような柔軟性が求められる。例えば、生細胞の凝集塊を単一の細胞とみなしてカウントするように自動セルカウンターを設定した場合とそれ以外の場合では、算出される数値が大きく異なる

経済面

【市場】

- ・国内市場が外資系メーカーに寡占されており、ライフサイエンス部門全体への投資規模の違いから、日本の分析機器メーカーがシェアを取りにくい領域
- ・セルカウンターは、関連の消耗品と試薬が細胞の正確な計数と分析に不可欠であり、セルカウンター装置単体の開発では市場シェアの拡大は困難

【コスト】

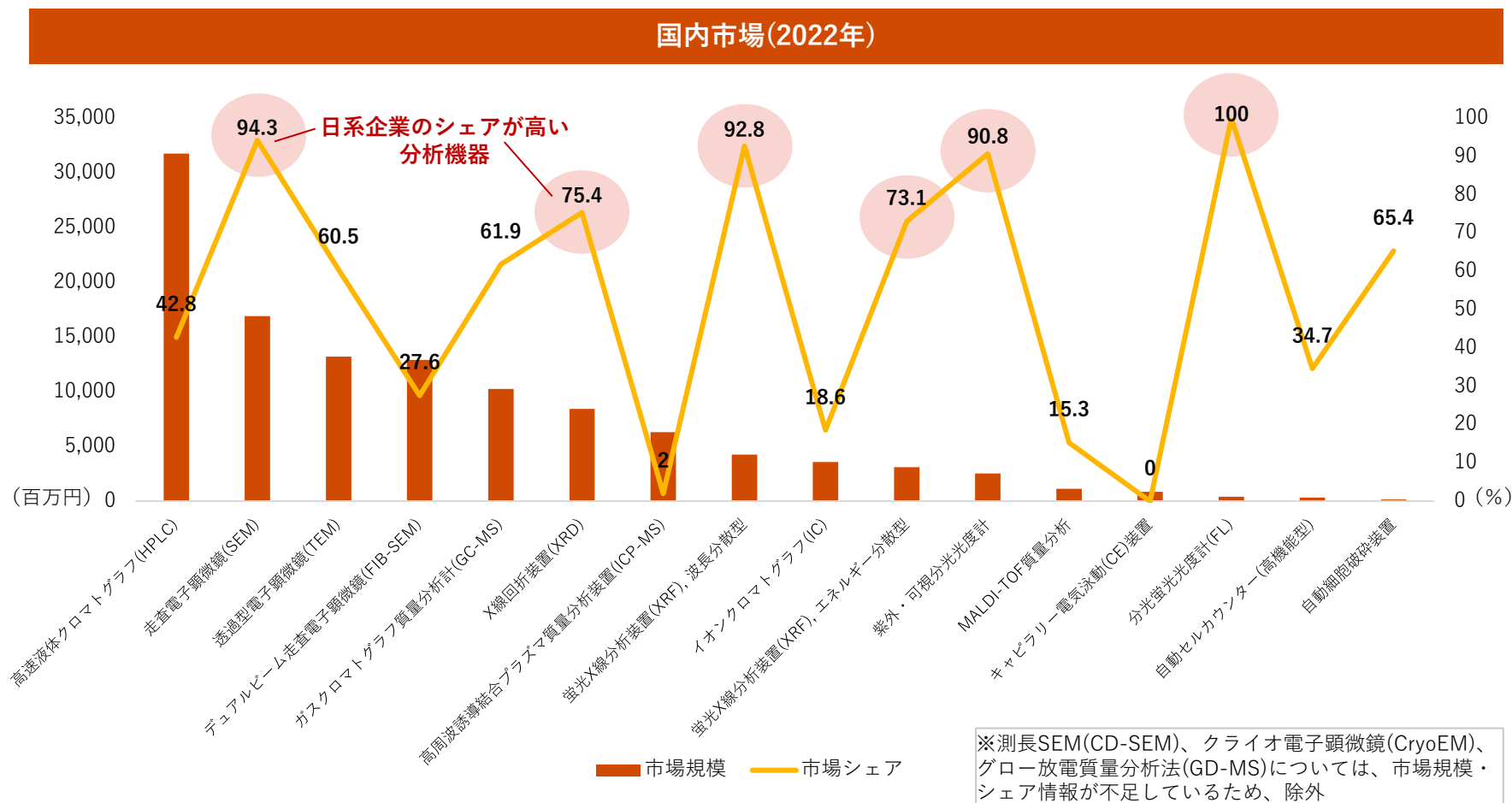
- ・自動セルカウンターは、マニュアルセルカウンターと比較して、初期費用が導入の大きなハードルであり、約1,000倍もの導入コストがかかる。また計数の正確性に重要な消耗品の追加コストがかかる

調査対象の分析機器からみる市場動向

市場規模及び日系企業の位置づけ：国内市場

- 最も市場規模が大きい高速液体クロマトグラフ(HPLC)は、日系企業が約4割のシェアを占める。2番目に市場規模が多い走査電子顕微鏡(SEM)は日系企業が9割以上のシェアを有し、強みがある領域である。
- 日系企業のシェアが高い分析機器は、市場規模として比較的小さいものが多い。

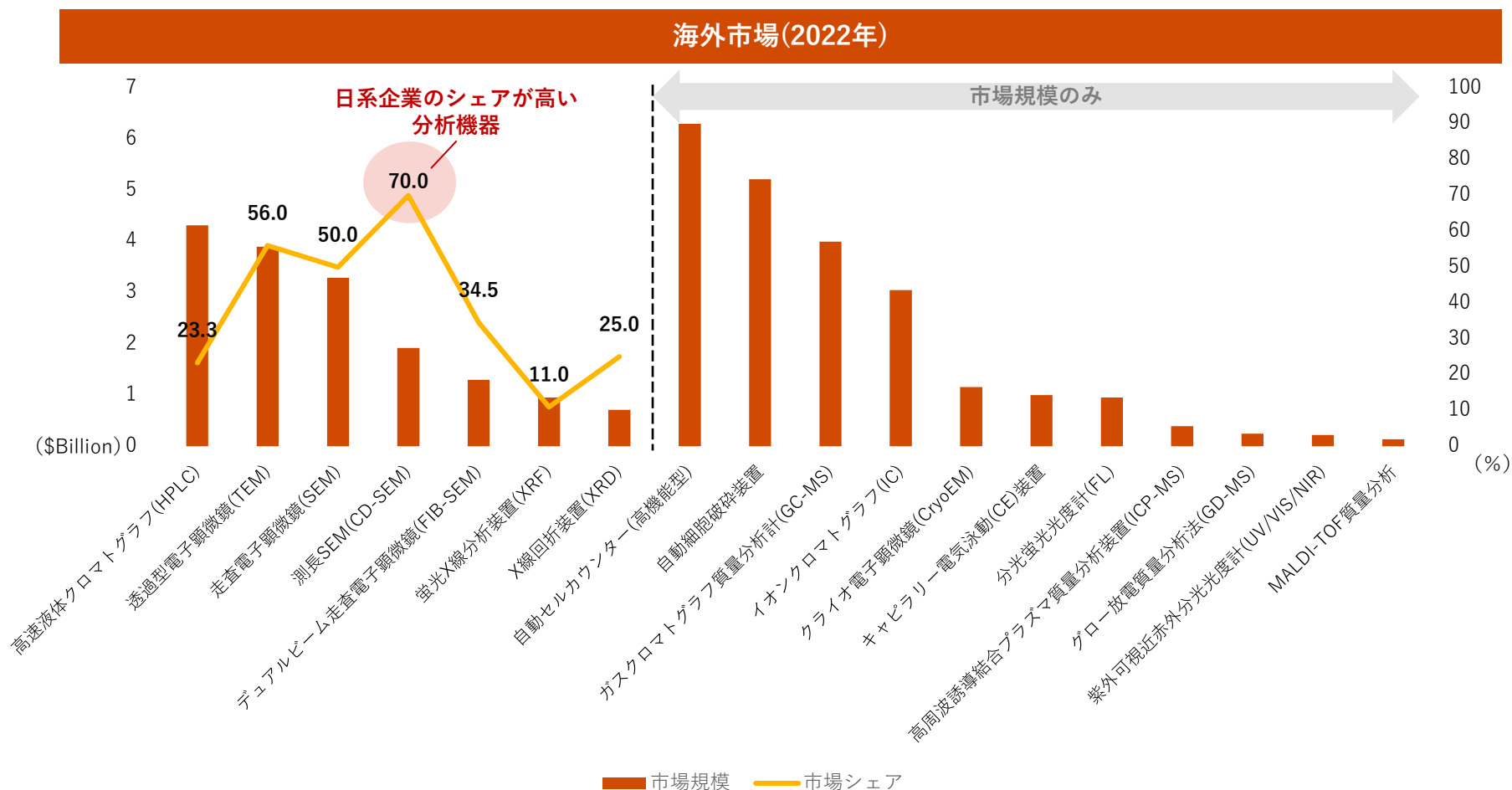
分析機器の市場規模及び日系企業の市場シェア



市場規模及び日系企業の位置づけ:海外市場

- 調査した分析機器中で最も日系企業のシェアが高い測長SEMは、市場規模(約19億ドル)は比較的小さい。
- また、き市場規模について、自動セルカウンターや自動細胞破壊装置などライフサイエンス分野の市場規模が最も大きい。

分析機器の市場規模及び日系企業の市場シェア



4-3

調査③：競合国の政策動向

調査③：競合国の政策動向の概要

- 文献調査では、米国・ドイツ・中国の各市場・技術トレンドを踏まえたうえで、以下の事項について調査した。特有な取組については、個別に深掘りして取り纏めた。

調査項目	概要
分析機器の科学技術政策上の位置づけ	科学技術政策の大方針の概要、注力分野、分析機器技術の位置づけ
分析機器に関連する国家戦略	国家戦略の有無、概要、対象分野、ルール形成 等
主要な科学技術機関の分析機器に関するプログラム	プログラムの種類、目的、資金調達方法、対象分野・分析機器、プログラムの運用実態 等
人材育成	人材育成のための施策・プログラム、コミュニティの活動、学術的活動 等



定性的な情報については、ヒアリングで掘り下げた

分析機器の科学技術政策上の位置づけ

分析機器の科学技術政策上の位置づけ：米国(1/2)

- 米国は、自国の重要・新興技術(CET)の範囲を明確化し、R&Dへの投資や国際協力関係の構築等において優先順位付けの基準を作成。関連する分析機器は今後輸出管理対象に入り、米国の技術保護における重要な地位に置かれると見料。

項目	国名	
	米国	
政策名 ※2022年～	「重要・新興技術(CET)リスト」の更新	「先進製造業に関する国家戦略(National Strategy for Advanced Manufacturing)」
年月	2022年2月	2022年10月
概要	国家科学技術会議(NSTC)が輸出規制の対象とする新興技術リストを更新。19の分野を指定するとともに、2020年時のリストにはなかった各分野におけるサブカテゴリーを指定	4年に1回策定されるホワイトハウスの科学技術政策局の国家戦略。先進製造業において米国が世界リーダーの地位を維持するために、今後4年間の目標には、「先進製造技術の開発・導入」「先進製造業労働力の拡大」「製造業サプライチェーン及びエコシステムへのレジリエンス導入」の3点を挙げ、11の戦略目標と37の技術およびプログラムの推奨事項が特定
注力分野・施策	- センシング技術(核物質・化学兵器・生物兵器・新興病原体の検出と特性評価等) - 先進原子力技術 - バイオテクノロジー(核酸・タンパク質合成、多細胞システム、バイオマニュファクチャリング・バイオプロセス技術) - 再生可能エネルギーの発電・貯蔵 - 半導体とマイクロエレクトロニクス(製造プロセス技術と製造装置、先端マイクロエレクトロニクス用新素材等)…など	- クリーン且つ持続可能な製造業の実現 - マイクロエレクトロニクス、半導体製造促進 - バイオエコノミーを支援する先進製造業の導入 - 革新的マテリアル・処理技術の開発 - スマート製造業の未来の主導 - 先進製造業に携わる人材の拡大・多様化 - 先進製造業教育及び訓練の開発・拡大・促進 - 雇用主と教育機関との繋がり強化 - サプライチェーンの相互接続強化、脆弱性縮小 - 先進製造エコシステムの強化・活性
分析機器技術の位置づけ	- 直ちに具体的な政策立案や予算配分に影響するものではないが、特に、米国が技術的リーダーシップを推進する取組、同盟・友好国との協力、CETの開発・設計・管理・利用、米国の安全保障への脅威に対応するための米政府の措置の考案に活用 - 当該分野に関連する分析機器(Ex. 表面分析、物性評価バイオ機器)の重要性も高まると見料	目標1.3. バイオエコノミーを支える先進製造業の導入：ゲノム・タンパク質工学的生産ツール、多細胞システムの工学、生物学的モデル、バイオプロセスのためのバイオテクノロジー手法など、バイオマニュファクチャリング、バイオ計測学を推進するための研究を支援するなど、計測技術開発が目標

分析機器の科学技術政策上の位置づけ：米国(2/2)

- 米国は、自国の重要・新興技術(CET)の範囲を明確化し、R&Dへの投資や国際協力関係の構築等において優先順位付けの基準を作成。関連する分析機器は今後輸出管理対象に入り、米国の技術保護における重要な地位に置かれると見料。

項目	国名
	米国
政策名 ※2022年～	「重要新興技術に関する国家標準化戦略」
年月	2023年5月
概要	CETリストの分野に関連する国際標準の規格作りを主導するための新戦略で、優先対象とするCETの8分野を特定。中国が「自国の軍事産業政策や独裁的な目的のために先進技術の国際標準作りに積極的に影響を与えている」と明記し、米国の経済および国家安全保障を強化を目的とする
注力分野・施策	- 通信・ネットワーク技術 - 半導体 - 人工知能（AI） - 機械学習 - バイオテクノロジー - 測位・航法・タイミング（PNT）サービス - デジタルアイデンティティのインフラおよび分散台帳技術 - クリーンエネルギー発電と蓄電 - 量子情報技術
分析機器技術の位置づけ	- 技術革新を促進する標準化前の研究開発への投資を強化。非営利組織などがまとめる国際標準規格を支援する。米主導の国際標準のために新興国の学術機関(中南米など)と連携する方針 - 分析機器の研究開発分野でも、国際標準作りに向けた取組が推進される可能性がある

分析機器の科学技術政策上の位置づけ：ドイツ

- ドイツは、自国の研究機関が行った研究成果の応用や商業化において課題があると認識し、研究～実用化のプロセスに今後注力すると発表。
- 分野は特定のではないが、分析機器分野の新興プレーヤーが今後、市場で先導的役割を担う可能性があると史料。

項目	国名	
	ドイツ	
政策名 ※2022年～	独技術移転・イノベーション機構(Deutsche Agentur für Transfer und Innovation/DATI) 構想	「研究とイノベーションのための未来戦略(Zukunftsstrategie Forschung und Innovation)」
年月	2022年4月(2023年10月～設立委員会が始動)	2023年2月
概要	研究成果を経済的・社会的応用につなげ、新たなイノベーションの可能性を実現することを志向(BMBF主導)。社会的・技術的イノベーションのための資金調達プロセスを簡素化、加速化、改善し、独立した機動的な資金提供機関としての役割を果たす。2023年11月～DATIpilotロードショー“Innovation on Stage”を開始し、今後資金提供の対象とする移転・革新プロジェクトのアイデアを約150選定する予定	ドイツ連邦教育研究省(BMBF)主導で、全省庁を横断した科学技術・イノベーションのための戦略を策定。他省庁間で重複した政策構造や資金調達プログラムを特定し、削減、各省庁の内部的な財政的優先順位付けの基礎とし、今後数年間の研究とイノベーションの目標、マイルストーン、優先順位を定めた
注力分野・施策	2023年7月に発表されたDATIpilotの資金調達ガイドラインは、あらゆるテーマを対象としている	- 競争力を持続しながらも気候中立的な産業のための<u>クリーンエネルギー生成と供給</u> <u>持続可能なモビリティ確保</u> - 気候、生物多様性、持続可能性、地球システム適応戦略と持続可能な農業と食料システム <u>バイオと医療の技術革新</u>による予防的な先進医療システムと加齢性疾患や貧困による疾病対策
分析機器技術の位置づけ	- 研究アイデアの多くが市場に出回らないのは、潜在的な研究開発者が科学からビジネスへのステップを踏み出すための資金とパートナーの両方を欠いているからと認識 - 実用化に特化した新しい資金調達枠組みの中で、選定テーマの中に分析機器に係る技術分野が含まれる可能性がある	- 研究機関は<u>起業、成果の応用、商業化</u>といった知識/技術移転を志向するが、<u>実用化に課題があると認識</u>。基礎から応用への知識移転の促進や、イノベーションの推進力として拠点となる地域を重視 - 新興企業や中小企業など特定の研究開発パートナーに焦点を当てる - 基礎研究の実用化に長けたスタートアップの取組を重要視しており、同分野の分析機器メーカーも今後注目が高まると思料

分析機器の科学技術政策上の位置づけ：中国(1/2)

- 中国は、第14次5か年計画上のトラックで、産業発展に資する計画を複数発表している。特に産業全体の品質と信頼性向上に繋がるような計量技術・計測ルール作りは、中国が目指すハイエンド分析機器の開発に資するものである。

項目	国名	
	中国	
政策名 ※2022年～	「計量発展計画(计量发展规划) (2021～2035年)」 (国務院)	「第十四次五カ年計画バイオエコノミー発展計画(“十四五”生物经济发展规划)」(国家発展改革委員会)
年月	2022年1月	2022年5月
概要	第14次5カ年計画のフォローアップとして、2025年までに先進的な測定システムを確立し、一部の分野が国際的な先進レベルに達することを目指す	第14次5カ年計画期間中に中国のバイオエコノミーの発展を体系的に推進するための計画。バイオ技術と情報技術の融合とイノベーションを推進し、バイオ医薬、バイオ育種、バイオ材料、バイオエネルギー等の産業発展を加速し、バイオエコノミーを拡大する
注力分野・施策	- 重要な共通測定技術の研究を強化し、イノベーション主導の発展を推進 - 測定アプリケーションを強化し、主要分野(航空・航空宇宙・海洋の測定能力、人工知能とスマート製造業、カーボンニュートラル等)を開発 - 高品質な計測機能の開発(測定標準の構築) - 計量法執行体制の構築を強化し、健全な測定サービス市場を発展させる	以下の4分野で重点的な発展を目指す - 医療・ヘルスケア(薬品、ワクチン、先端診断技術・設備、医療用素材、精密医療、検査) - 食品(育種、肥料、飼料、農薬) - グリーン・低炭素排出(バイオベース材料、発酵製品、バイオマス) - バイオセーフティー(国のバイオセーフティーリスク予防とガバナンスシステム構築)
分析機器技術の位置づけ	- 分析機器関連では、主要な測定・試験機器のローカライゼーションを促進し、ハイエンド機器の開発と精密製造を目指す 「クロマトグラフ、質量分析計、走査型電子顕微鏡、高精度原子重量計などのハイエンド汎用機器の開発を強化」「インテリジェント製造、環境監視、国防などのための特殊測定機器の開発・推進を加速」する旨が明記 - 品質向上プロジェクトを実施し、測定の基本的保証の役割を果たす計測器測定試験評価システムの確立する	- 分析機器関連では、上記分野で関連技術・製品の転換を加速させる。 - 特に、<u>高スループット遺伝子配列決定技術、マイクロ流体・高感度・その他のバイオ検出技術、合成生物学の技術、バイオ株の設計技術、ハイスループットスクリーニング・高効率発現・精密制御技術、バイオコンピューティングやデオキシリボ核酸(DNA)貯蔵などの主要新技術の開発を奨励</u> - そのために研究機関とイノベーション開発の提携を奨励する

分析機器の科学技術政策上の位置づけ：中国(2/2)

- 中国で生産・販売拡大したい外資企業からの積極的投資を奨励する一方、輸入製品の比較分析を計画するなど、国策として「緩和してから引き締める」ことで外資企業を段階的に誘致しながら重要技術の中核を国内で確立しようとしている。

項目	国名		
	中国		
政策名 ※2022年～	「外商投資の奨励産業目録 2022年版(鼓励外商投资产业目录)」(国家発展改革委員会)	「輸出禁止・制限技術リスト(中国禁止出口限制出口技術目録)」の改正(商務部・科学技術部等)	「機械産業の安定成長作業計画(2023-2024年)(机械行业稳增长工作方案)」(7部局共同)
年月	2022年11月	2023年12月	2023年9月
概要	外資企業からの投資を歓迎する分野を明らかにしたリスト。奨励類に該当する項目については、投資総額内で輸入する自家用設備の輸入関税免除(一部例外あり)や土地の優先供給などの優遇措置を受けられる	これまで4回にわたって同リストを更新。禁止リストに掲載された技術は輸出できず、輸出制限技術として掲載した技術を輸出する場合は、商務部主管部門に申請を行って技術輸出許可証を取得する必要。最新の改正によって、農業、食品工業、繊維工業等の伝統産業が削除され、先端の新興技術がリストの大半を占める	中国工業情報化部、財政部、交通輸送部、商務部、税関総局、金融監督管理総局及び国家エネルギー局が共同で、機械産業の質と利益の向上を目指す計画を策定。競争力のある中小企業と産業クラスターをの育成を目指す
注力分野・施策	- 外資の先進製造業への投資をさらに奨励(電子部品や機械部品、計器類、設備製造に関する産業分野など) - 外資の現代サービス業への投資(5世代移動通信技術、ブロックチェーン技術の研究開発など)	- 禁止技術の追加・修正：ヒト用細胞クローニング及び遺伝子編集技術、太陽電池シリコンウエハー製造技術、通信機器・PC・他電子機器製造業、CRISPR法遺伝子編集技術、合成生物学技術など - 規制技術の修正：輸送機器製造業(船舶の設計・試験技術)、通信機器、コンピューター、他電子機器製造業、計器製造技術など	- 計測機器産業の革新的研究への支援強化 - 業界資源をより適切に統合し、独立した知的財産権と国際競争力のある一流企業を育成 - 国内製品と輸入製品の比較試験と分析を組織的に行い、ハイエンド機器や部品の製品カタログを研究・作成 - 大手企業と研究機関の共通技術プラットフォームを構築し、ハイエンド機器の研究開発を効率化
分析機器技術の位置づけ	以下の分析機器の研究と製造が明示 - 高解像度顕微鏡(200nm未満) - 高精度デジタル電圧計、電流計 - 海洋探査観測計器、設備 - 原子力機器、計器 - グロー放電質量分析計 - 透過型電子顕微鏡	- 上記技術で使用する分析機器は、経済安全保障の観点から中国の技術の保護のために輸出禁止/制限が必要だと考えられる - 中国が市場優位性を有する技術(例えば世界シェア95%以上のシリコンウエハー等)に関する他国の産業発展を抑制できる可能性が示唆されている	国内生産品と輸入品の比較試験・分析を組織に義務付け、ハイエンド製品の生産奨励、有効需要の継続的拡大、高品質な供給能力の向上等を志向し、国際競争力のある一流計測機器企業の育成を目指す

分析機器に特化した国家戦略

分析機器に特化した国家戦略：中国(1/2)

- ・ 米国、ドイツは、分析機器に特化した国家戦略は発出されていなかったが、2023年2月に、中国は分析機器(計測)産業に特化した国家戦略を発表。

項目	内容			
国家戦略名	「インテリジェント検出機器産業の発展のための行動計画(智能检测装备产业发展行动计划(2023-2025年))」 (工業情報化部)の通知			
年月	2023年2月			
概要	工業情報化省およびその他7つの部門による、第14次5か年計画におけるインテリジェント機器産業の行動計画。中国のインテリジェント試験装置産業は技術的基礎が弱く、ハイエンドの供給が不十分であるなど、供給能力とレベルを向上させることが急務であり、2025年までに以下の目標達成を目指す ①技術レベルの大幅向上…50種類以上のインテリジェント試験設備のブレークスルー、コアコンポーネントと特殊なソフトウェア、一部のハイエンド機器の国際先進レベルに達すること ②企業実用の深化…100以上のインテリジェント試験設備の実証を推進し、多くの優れた現場と実証工場を育成し、機械、自動車、航空宇宙、電子、鉄鋼、石油化学、紡績、医薬など8分野のインテリジェント試験設備の応用規模を深化させる ③産業システムの初期構築…材料、部品、特殊ソフトウェアから設備に至るまで、より完全なサプライチェーンを構築し、規格試験、人材などを含む産業システムを構築。30以上のインテリジェントな検査装置、新しい「小さな巨人」企業を育成し、業界をリードする技術革新チームを10以上作成する			
主要プロジェクト	産業基盤イノベーション・プロジェクト	供給能力強化プロジェクト	技術・設備振興プロジェクト	産業エコロジー最適化プロジェクト
	相乗的なインテリジェント試験装置産業革新システム構築 1. 企業が技術センターの建設強化、重点技術と応用技術の開発を行うことを奨励 2. コア技術研究を強化(非凡な検査技術などの共通技術を研究し、重点分野のユーザーニーズとのドッキングを強化) 3. 産業基盤の欠点を補足(材料、部品、特殊ソフトウェア企業、メーカーを有機的に結合しサプライチェーンを通じた共同研究を実施)	経済/安全保障重点分野でのプロセス、品質等、機器の供給能力を強化 1. 最先端インテリジェント試験設備(基礎理論、新製造工程と独自検査技術の統合) 2. 一般的なインテリジェント試験装置開発(化学成分分析、性能試験、信頼性評価など) 3. 特殊インテリジェント試験設備の開発(業界固有のテストニーズを中心に新興分野開発を強化) 4. 使用中試験設備の転換とアップグレード	技術試験と検証、エンジニアリング研究を強化し、技術成熟と性能の反復強化を促進 1. 技術試験と検証の強化(実際の製造シナリオのテスト検証プラットフォームに基づいて設備を構築することを奨励) 2. 応用実証と普及(デモやテスト装置のアプリケーションのシナリオ推進) 3. 普及と応用の雰囲気形成(革新的な製品の応用に対する政策措置を改善、試験装置に対する政府調達支援増加)	インテリジェント検査設備業界の健全で持続可能な発展を確保 1. 優良企業育成(企業の専門家を誘導し、大・中小企業の融合を促進) 2. 標準の開発強化(積極的に国際標準化に参加し、国家標準と国際標準の同期発展) 3. 産業公共サービスの改善 4. データセキュリティの共有(国内外の試験設備のデータ比較と性能評価を実施し開発と応用の検証レベルを高める) 5. 人材育成

分析機器に特化した国家戦略：中国(2/2)

- 中国の行動計画では、主に基幹部品製造と専用ソフトウェア開発を根幹として、各業界ごとのニーズに適した分析・計測機器技術について供給能力を強化できるよう、明確な目標を掲げる。

項目	内容
国家戦略名	「インテリジェント検出機器産業の発展のための行動計画(智能检测装备产业发展行动计划(2023-2025年))」 (工業情報化部)の通知
対象分野	①基本的イノベーションの優先方針 1. 基幹部品(キーとなる部品・コンポーネント)の開発 高精度接点、高精度非接触ガス電気変換プローブ、高性能光電子増倍管、高精度回折格子、高精度エンコーダ、高精度真空ポンプ、高精度センサ、高性能X線検出器、高出力微小焦点X線管、高精度工業用カメラ、高精度光学部品 2. 専用ソフトウェアの開発(上記の分野で)
	②供給能力強化の方針 1. 一般装置の開発 非破壊試験装置、製品疲労試験システム、シミュレーションテストベッド、安全計装システム、遠隔操作・メンテナンス、工業計測・校正装置などの一般装置とそのモジュール式で柔軟な統合ソリューションにおけるブレイクスルーを製造業に提供し、オンライン試験、組込み試験、ライン検出、インサービスタ試験の主要分野の基礎を築く 2. 専門化された特殊装置の開発 機械(空間三次元レーザー測定装置、工作機械空間誤差補正測定システム、加工品質同期測定システムなど)、自動車(表面品質オンライン測定装置、溶接強度非破壊検査装置など)、航空宇宙(特大金属部品全自動検査装置、複合部品成形検査装置など)、電子(表面粒子検出装置、欠陥検出装置、電気性能試験システム、高精度プローブテーブル、高信頼性電磁干渉測定受信機など)、鉄鋼(材料組成オンライン検出装置、放射温度計など)、石油化学(非金属石油ガスパイプライン非接触検出装置、大型軸方向変位測定装置など)、繊維(張力オンライン検出装置など)、製薬(近赤外分光計、プロセス分析技術機器、インテリジェント光検査システム、マシンビジョン認識システム、選別検査ロボットなど)
	③活用場面の実証と推進 ユーザの業界ごとの課題解決：機械(検出の高精度化・効率化)、自動車(電気化、軽量化ニーズ)、航空宇宙(新素材、新工程、新構造の検出)、電子(新素材、新工程、新構造の検出)、鉄鋼(低炭素の鉄鋼生産、効率生産)、石油化学(安全、継続的、効率的な検出)、繊維(変形しやすい処理オブジェクト)、製薬(原薬の合成結晶制御、工程の品質管理と欠陥検出)

分析機器に関する主要な政策・プログラム

分析機器に関する主要な政策・プログラムの整理

- ・ 各国の政策やプログラムについて、その内容に応じ、以下の種別で整理する。

分析機器に関する主要な政策・プログラムの整理

種別	内容
研究開発	企業、大学や主要研究機関における分析機器技術に関する研究開発に対する全般的な支援制度
投資	分析機器技術の研究の推進のために、政府や主要研究機関が当該分野に投資すること
資金調達	企業、大学や主要研究機関における分析機器技術に関する特定の研究に対する資金提供制度
機器調達	企業、大学や主要研究機関における分析機器技術に関する研究に対する補助金制度のうち、特に分析機器の獲得を支援する制度
標準化	分析機器の規格や仕様を普及させるための標準化の推進
ルール形成	政府による、分析機器の研究開発や市場に係る法整備やルールの整備
技術移転	主要研究機関が分析機器に係る技術や研究開発のためのノウハウを、他の主体に共有・移転させること
税制優遇	分析機器の研究開発や市場拡大のために、一定の条件下で税金を少なくするなどの優遇措置が取られること
金融支援	分析機器や関連設備の供給や保守を必要とする企業、大学、主要研究機関に対する資金融資に係る制度

【米国】分析機器に関する主要な政策・プログラム(一覧)

- 分析機器に関する各国の主要なプログラムは下記の通り。

分析機器に関連する政府・研究機関・その他団体の支援制度やプロジェクト一覧(主に2022年～の変化点を抽出)

国名	実施主体	政策・プロジェクト名	概要	種別
米国	国立標準技術研究所(NIST)	(一般のプロジェクト)	測定技術・標準化・技術進歩のための研究を行い、米国の産業競争力を支える	研究開発
		Scientific and Technical Research and Services (STRS)	重要技術と新興技術(CET)の研究の推進のために、CETの研究、測定、データに投資	投資
	国立科学財団(NSF)	Major Research Instrumentation(MRI) Program	高等教育機関及び非営利の科学/工学研究組織における研究が、重要な研究機器にアクセスできるための資金支援	資金調達 機器調達
		Major Research Equipment and Facilities Construction(MREFC)	大型化し、技術的に複雑化している主要な研究施設と、大規模インフラストラクチャーの取得・建設・試運転のための支援枠組み	資金調達
		Mid-scale Research Infrastructure-1 (Mid-scale RI-1)	MRIとMREFCに該当しない中規模金額の研究に資金援助する枠組み。研究インフラ(機器、サイバーインフラ、大規模データセット、人員を含む)の設計と導入をサポート	資金調達
		Mid-scale Research Infrastructure-2 (Mid-scale RI-2)		機器調達
	国防総省(DoD)	Defense University Research Instrumentation Program(DURIP)	研究機器や機器の取得に資金を提供することにより高等教育機関が米国の国防にとって重要な分野で研究を実施し、科学者や技術者を教育する能力を向上させる	研究開発 資金調達
	国防高等研究計画局(DARPA)	Young Faculty Award(YFA)	DARPAの国防科学局(DSO)の研究推進分野で、DARPAからの資金提供を受けていない若手研究者を発掘し、支援する。国防総省と国家安全保障の問題にキャリアを集中させる次世代科学者、エンジニア、数学者とのパイプラインを構築する	研究開発
				資金調達

【ドイツ】分析機器に関する主要な政策・プログラム(一覧)

- 分析機器に関する各国の主要なプログラムは下記の通り。

分析機器に関連する政府・研究機関・その他団体の支援制度やプロジェクト一覧(主に2022年～の変化点を抽出)

国名	実施主体	政策・プロジェクト名	概要	種別
ドイツ	ドイツ研究振興財団(DFG)	Schwerpunktprogramme(SPP)	2023年に向けて8つの新しい優先プログラムを選定し、新興の研究領域の科学的な根拠を調査。優先プログラムは6年間資金提供	研究開発 資金調達
		DFGプログラムにおける機器(Equipment in DFG Programmes)	DFGプログラムを推進するに際し、各研究所のコアサポートには含まれない科学機器の入手に資金を提供	資金調達 機器調達
		主要な機器へのイニシアティブ(Major Instrumentation Initiatives)	特定の科学的・技術的課題を推進することを目的とした高価な機器へのアクセスを支援。研究者サイドが機器の必要性を説得する	資金調達 機器調達
		主要な研究機器プログラム(Major Research Instrumentation Programme)	あらゆる種類の大学の主要な研究機器に対する投資コストの50%を拠出	資金調達 機器調達
		研究用の新しい機器プログラム(New Instrumentation for Research)	基礎研究で使用する新しい機器の開発に資金提供。最終的に研究用途での新しい手法の有効性を実証する「証明」が求められる	研究開発 資金調達
		州の主要機器(Major Instrumentation in Research Buildings)	法律に従い、州および連邦政府が大学の研究棟に共同で資金を提供。DFGはこれらの提案を評価・査定し、それぞれの推薦を行う	資金調達
		その他の資金提供プログラム	計測技術関連ネットワーク活動への資金提供。研究者が選択した計測関連のテーマについて意見交換する機会を研究者に提供	資金調達
	ドイツ産業協会(SPECTARIS)	LADS – Laboratory and Analytical Device Standard	スマートラボ確立のための分析装置の新しい規格標準づくり。ブランド横断の自動化システム、プロセスの効率的なネットワーク化のためのワーキンググループ	標準化
	国立物理技術研究所(PTB)	PTB 作業および研究プログラム 2023年～2025年(Arbeits- und Forschungsprogramm der PTB)	2023年～2025年までの具体的な目標を策定し、研究プログラムを数年毎に連邦経済・気候保護省に送付	研究開発
		計量技術移転プロジェクト(TRANSMET)	PTBの計量・計測ノウハウを、特に中小企業に移転し研究基盤と競争力の強化に貢献	技術移転
		中小企業向け中央イノベーションプログラム(ZIM)	中小企業および協力研究機関(大学を含む)による市場志向の技術研究開発プロジェクトや、イノベーション・ネットワークのマネジメントを支援	技術移転

【中国】分析機器に関する主要な政策・プログラム(一覧)(1/2)

- 分析機器に関する各国の主要なプログラムは下記の通り。

分析機器に関連する政府・研究機関・その他団体の支援制度やプロジェクト一覧(主に2022年～の変化点を抽出)

国名	実施主体	政策・プロジェクト名(時系列)	概要	種別
中国	中華人民共和国司法部	* * 人民共和国科学技術進歩法 《中华人民共和国科学技术进步法》 改正(2022年1月1日施行)	中国の科学技術の基本法で、改正法は「基礎研究」の章が総則に次いで追加され、基礎研究を重要視。プロジェクト申告、資料提出、資金償還などにおける科学技術職員の負担軽減と科学技術職員の科学研究時間の確保を具体的に言及	ルール形成 税制優遇
	中華人民共和国科学技術部	研究基礎条件・主要科学機器研究開発国家特別プロジェクト《国家“基础科研条件与重大科学仪器设备研发”专项》(2022年2月)	グロー放電質量分析計、第三世代遺伝子シーケンサー、超高分解能ライブセルイメージング顕微鏡などの研究開発支援に重点を置き、主要なコンポーネントの現地化を突破口として、5億3900万元の国家資金の見積もりを手配	研究開発 資金調達
	中華人民共和国財政部	政府調達枠組み協定調達方法管理暫定弁法《政府采购框架协议采购方式管理暂行办法》(2022年3月)	* * 人民共和国科学技術進歩法第91条では、①製品、サービス、機能、品質、その他の指標で、政府調達の条件下で政府調達のニーズを満たすものを購入すべき②市場に初めて登場するものについては、政府調達率が率先して購入すべき③まだ研究開発されていない製品の政府調達は、発注方式で実施する旨が規定されているが、多頻度・少額調達活動を規制し、政府調達プロジェクトのパフォーマンスを向上させるための措置	ルール形成 機器調達
	中国国家発展改革委員会ハイテク技術局(四川大学華西病院)	国家精密医療産業イノベーションセンターが四川省に開所(2022年4月)	全国精密医療イノベーションの発祥地、高度な医学イノベーションの成果移転モデル、精密医療産業の集積地、世界的精密医療優秀人材集積地域、および国家医療健康分野の戦略的中核シンクタンクを目指す。国の重大戦略的展開に目を向け、精密診断、精密治療、精密評価および精密医療戦略資源プール等の重点分野における科学技術イノベーション、成果移転、産業化を強化	研究開発 投資
	中華人民共和国財政部	政府調達枠組契約の調達に関する問題に関する通知《关于做好政府采购框架协议采购工作有关问题的通知》(2022年5月)	政府調達枠組み協定調達方法管理暫定弁法の実効性を高めるために、政府調達枠組調達に関する通知では各行政機関が調達要件基準の策定を推進し、各商品の要求基準を決定の上、基準の科学性・完全性を常に向上させることを要する	ルール形成 機器調達
	財政部、国家発展改革委員会、中国人民銀行、監査委員会、銀監会	特定分野の設備更新・改築融資に対する金融補助の加速化に関する通達《关于加快部分领域设备更新改造贷款财政贴息工作的通知》(2022年9月)	設備更新・再建のための特別借換融資の設立は、製造業、社会サービス分野、零細・中小企業、個人事業主などの設備更新・再建のための融資を3.2%以下の金利で行うよう、金融機関を具体的に支援	金融支援

【中国】分析機器に関する主要な政策・プログラム(一覧)(2/2)

- 分析機器に関する各国の主要なプログラムは下記の通り。

分析機器に関連する政府・研究機関・その他団体の支援制度やプロジェクト一覧(主に2022年～の変化点を抽出)

国名	実施主体	政策・プロジェクト名(時系列)	概要	種別
中国	中国国家自然科学基金会(NSFC)	国家重点科学研究器械開発プロジェクト《国家重大科研仪器研制项目》(2023年～)	主要な科学研究機器と設備の開発を重点的に支援し、中国の独創的なイノベーション能力を高める。部門推薦と自由申請の2つのサブカテゴリーがある	研究開発 資金調達
	中華人民共和國商務部・科学技術部	「外商投資による研究開発センター設立をさらに奨励することに関する若干の弁法」《关于进一步鼓励外商投资设立研发中心的若干措施》発表(2023年1月)	外資系R&Dセンターへの支援をさらに増加させるために、科学技術イノベーションを支援する税制を実施し、ハイテク企業の認定申請の指導とサービスを強化するなど、外資系研究開発センターが基礎研究と重要な共通技術の研究開発を行うことを支援するための強力な条件を提示	ルール形成 税制優遇
	国家市場監督管理総局	「計量データの管理・運用の強化に関する指導意見」《关于加强计量数据管理和应用的指导意见》発表(2023年6月)募集要項公開	「計量発展計画(2021年～2035年)」の実施のために、計量システム及び能力構築を強化し、計量データの収集、管理等、計量データの十分な活用を目指す。2035年までに、20の重要なタスクを定義。国家測定データ要件ライブラリの確立を模索し、データの構築とアプリケーションベースと政府部門、産業界、企業、研究機関や他のユニットの測定を促進する協力し、着実にデータの共有を促進する。特にハイエンド機器製造では、データ統合とエンパワーメント測定のために、国家の測定データ構築とアプリケーションベースの実例構築を優先順位とする	ルール形成 標準化
	中華人民共和國科学技術部	「基礎科学研究条件および主要科学機器・装置の研究開発」科技部关于发布国家重点研发计划重大科学仪器设备开发重点专项2023年度项目申报指南的通知(2023年6月)募集要項公開	科学技術部の重点プロジェクトの2023年度版募集。「リスト公開(国家戦略によって緊急に必要とされ、明確な応用方向性を持ち、明確な方針を持った重要な研究課題)」プロジェクト、若手研究者プロジェクト、省・省(市)連携プロジェクト、技術準備レベル(TRL)管理における改革策についても言及	研究開発 資金調達
	国家市場監督管理総局	「計測器業界の質の高い発展を促進するための計測に関する指導」《市场监管总局关于计量促进仪器仪表产业高质量发展的指导意见》(2023年9月)	【目標】2035年までに、国産分測機器の測定性能と技術指標が国際先進レベルに達し、一部が国際レベルに達する。【重要タスク】①ハイエンド分析機器・計測メーターの供給能力の向上②主要な測定技術研究(国家安全保障と経済活動に関連する主要産業分野)を加速③ハイエンド計測器の供給能力を高める	研究開発 標準化

人材育成

【米国】分析機器分野の人材育成に関する主要な政策・プログラム(一覧)

- ・ 米国では、国レベルでSTEM(科学・技術・工学・数学)教育の推進をしており、研究開発への積極的な投資だけでなく、各実施主体による実質的なトレーニングプログラムの提供により、**分析機器ユーザーの技術向上**を支援している。
- ・ 分析機器の技術開発に留まらない**アプリケーション側への積極的な支援**は、ドイツや中国と比べて特徴的な取り組み。

分析機器の研究開発に係る人材育成に関連する政府・研究機関・その他団体の支援制度やプロジェクト一覧

国名	実施主体	プロジェクト名	対象	目的	概要	フェーズ
米国	国立標準技術研究所(NIST)	OMN(度量衡局) Training Program	測定技術の専門家、および教育従事者、など	研究所及び法定計量士、度量衡関連の従事者が、技術的なスキルを構築し伸ばすこと	度量衡分野において、テーマ別でウェビナー／セミナーを毎月開催（内容に応じ無料／有料） ・ ハンズセミナーも開催しており、装置の操作、測定結果の計算の理解と応用などを学ぶことができる	ユーザー
	疾病予防センター(CDC)	CDC OneLab (Laboratory Trainings)	研修により対象は異なるが、公衆衛生および臨床検査業界全体の学習者	公衆衛生上の緊急事態への迅速かつ大規模な対応を集团的に支援するため、研究室へ従事する専門家や臨床検査従事者間の能力開発を目的とする	無料のオンデマンド研修を提供。他にも、CDCの教育担当者に現場のニーズを共有するチャネルや専門家同士のコミュニケティの形成などもある。 ・ 研修例) 生化学遺伝学研究所における液体クロマトグラフィー-タンデム質量分析計(LC-MS/MS)を使用した新しい臨床検査法の確立と検証のステップバイステップのプロセスについて理解を促すオンデマンド研修	ユーザー
	国立科学財団(NSF)	Experiential Learning for Emerging and Novel Technologies (ExLENT)	多様な専門的・教育的背景を持つ個人	新興技術分野（先進製造業、先進ワイヤレス、人工知能、バイオテクノロジー、量子情報科学、半導体、など）へのアクセスやキャリアパスへの関心を高める体験学習の機会を支援	・ 本プログラムは、教育・人材総局（EHR）と技術・イノベーション・パートナーシップ総局（TIP）が主体となる ・ 新興テクノロジーの状況に対する理解を深め、雇用可能性を高めるSTEM起業家精神と技術スキルのトレーニングを提供する体験学習機会の提供 ・ 専門的な能力開発と新興技術分野でのキャリアの追求を支援し、ExLENTプログラム以外の道も提供するメンターシップ支援	研究開発

【ドイツ】分析機器分野の人材育成に関する主要な政策・プログラム(一覧)

- ・ ドイツでは、研究開発への資金提供に加え、国外からの技術者の誘致や技術人口を増やすべく、国外の若者を対象とした育成プログラムに力を入れている。
- ・ 分析機器分野に特化したプログラムはないが、注力分野に含まれている。

分析機器の研究開発に係る人材育成に関連する政府・研究機関・その他団体の支援制度やプロジェクト一覧

国名	実施主体	プロジェクト名	対象	目的	概要	フェーズ
ドイツ	ドイツ研究振興財団 (DFG) / 国立物理技術研究所 (PTB)	研究研修グループ「NanoMet」	若手研究者、及びその研究所	「複雑なナノシステムのための計測学」における新たな研究開発の促進と共に、専門的な知識を持った若手研究人の人材育成	ドイツ研究振興財団 (DFG) とブラウンシュヴァイク工科大学 (TU BS) と国立物理技術研究所 (PTB) による研究研修グループ ・ 超小型・超精密物体の正確な測定分野における若手研究者の研究プロジェクトを支援 ・ 2014~2018年での支援が決まっていたが、2019年に2024年までの延長が決定した	研究開発
	連邦内閣	SKILLED LABOUR STRATEGY	国外の35歳未満の若者	他国の若者を訓練する、二重職業訓練制度の支援	・ 国内における二重職業訓練制度（義務教育修了者や大学入学資格取得者を対象に、企業での実践的な訓練（週3～4日）と、後期中等教育にあたる職業学校での教育（週1～2日）を並行して行う職業訓練制度）の推進・実施 ・ 国外のドイツ企業の支援も拡充しており、海外の7つのドイツ商工会議所（ボスニア・ヘルツェゴビナ、インドネシア、ケニア、クロアチア、マレーシア、マケドニア、ベトナム）への職業訓練専門家（技能専門家）の派遣に資金を提供	研究開発～製造

【中国】分析機器分野の人材育成に関する主要な政策・プログラム(一覧)

- ・ ワークショップを通じて分析機器に関わる人材の国際的な知見を高めるとともに、創業・企業ができる研究者の支援を実施している。
- ・ 中国では、科学分野に従事する人材の単なる育成だけでなく、グローバルな飛躍を見越した支援を行っている。
- ・ 分析機器分野に特化したプログラムはないが、国策として注力している分野には含まれている。

分析機器の研究開発に係る人材育成に関連する政府・研究機関・その他団体の支援制度やプロジェクト一覧

国名	実施主体	プロジェクト名	対象	目的	概要	フェーズ
中国	中国科学技術部 (MOST)	International Training Program (ITP)	中国の企業、大学、研究機関	国際的な意見交換やワークショップの機会提供	平等と相互利益、成果の共有、知的財産保護の原則に基づき、科学技術と経済の分野での共通発展を図るため、研修ワークショップを通じて技術を共有するプログラム - 中国の企業、大学、研究機関による国際研修ワークショップの開催を支援 2006年～2022年の期間に、700を超えるワークショップを開催、14,000人を超える研修生が参加 - ワークショップの分野は農業（林業、畜産、漁業を含む）、新エネルギー、情報技術と先端製造、資源と環境、ヘルスケア、科学技術管理など多岐にわたる	研究開発
	人力資源社会保障部	2020年1月「公的機関に所属する研究者のイノベーション・創業のさらなる支援・奨励に関する指導的意見」の発表	科学研究者	政府関係機関所属研究者がイノベーション創出や起業による休職や兼職を支援する	- イノベーション主導型発展の実施を加速し、新たな運動エネルギーを拡大するという中央政府の戦略の実施を促進する重要な措置 - パートタイム・イノベーターや実地起業家の人事関係のある部署における正当な権利と利益の保護により、「兼業創新」活動を行う科学研究者は、質・量ともに自己の仕事の完成を確保することを前提に、非常勤創新と実業創新を行うことができる - 科学研究者の企業への派遣やプロジェクト協力に際しては機関が支持・奨励すること、革新的な職位を設け、監督・管理を強化することを機関が支持・奨励することも公表している	研究開発

【中国】分析機器分野の人材育成に関する主要な政策(一覧)

- 2022年5月に** 人民共和国職業教育法が改正・施行された。近年、世界的に技能人材の需要が高まる中、中国政府は職業教育改革を推進し、職業教育の本科課程（学士課程レベル）の設置、職業教育機関と企業の連携促進などの改革を進めてきたが、職業教育法の改正により、それらの内容が法的に位置づけられることとなった。

分析機器の研究開発に係る人材育成に関連する政府施策

国名	年	プロジェクト名	対象	目的	概要	フェーズ
中国	2021年	14次五カ年期間の人材育成方針	科学研究者	魅力的な研究環境を提供し、海外から優秀な研究者を招致	「ハイレベルな人材チームの育成」：世界的トップクラスを目指した国内人材・チームの育成、基礎研究を重視した育成、海外からのハイレベル人材の招致 - 世界トップクラスの戦略的科学技術人材、イノベーションチームの育成、国際的に競争力のある若手科学技術人材の養成などによりハイレベルなエンジニアや高度なスキルを持つ人材チームの充実を図る - よりオープンな人材政策として、国内外から優れた人材を集める科学研究イノベーションの重要拠点を構築。ハイレベル人材が研究交流等で訪中するための滞在・居留政策を整備し、技術移民制度の確立を模索する。海外からの科学者が中国で働くために国際的に競争力のある魅力的な環境を提供する 「人材の役割発揮の奨励」：人材評価方法やインセンティブの仕組み整備 - 人材の評価とインセンティブの仕組みを整備し、イノベーション能力、品質、有効性、貢献度を重視した科学技術人材の評価システムを完備し、知識・技術等のイノベーション要因を反映した収益配分の仕組みを構築する - リーダー人材と優秀な人材の選出・活用、より大きな技術ロードマップの決定権と経費の使用権を与える	研究開発
	2021年	「中国科学院の基礎研究強化に関する若干の意見」	科学研究者	若手人材のイノベーションの活性化	基礎研究における特任研究ポスト制度の実施、基礎研究分野の若手チーム計画の実施、若い人材チームの構築強化	研究開発

4-4

調査④：国際競争力強化に向けて必要な取組の検討

調査④：取り得る政策に関する検討

- 我が国の分析機器メーカーが国際競争力を維持・強化するために必要な取組について、各主体に関する現状の課題やニーズを整理する。そこから導出される施策の方向性を戦略的自律性・不可欠性と市場性の切り口で詳細化する。

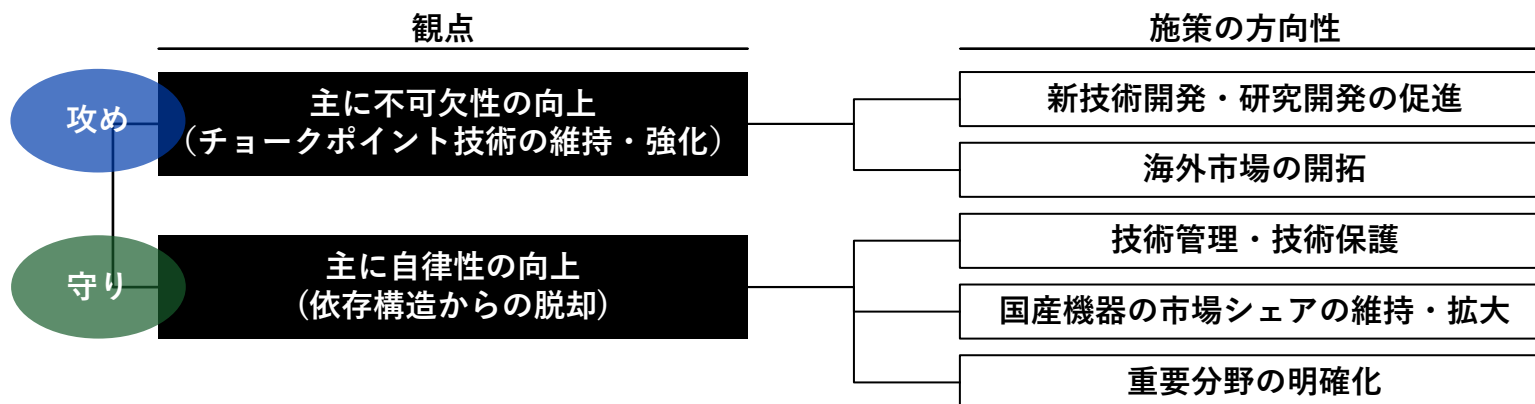
1. 日本の分析機器業界の各主体の抱える課題とニーズの洗い出し

- 公開調査やヒアリング調査の意見より、課題とニーズを各主体の思考や活動にあわせ整理

主体分類		課題整理		
		技術面	経済面	政策面
供給側	総合分析機器メーカー	各主体が抱える課題の現状について整理 政策可能性に繋がる要因やニーズを特定		
	専門分析機器メーカー			
需要側	各産業の民間企業			
	大学等の研究機関			

2. 各主体が持つ現状の課題に応え日本の分析機器業界の国際競争力を高めるための政策案の検討

- 公開調査やヒアリング調査の意見、海外主要国(米国・ドイツ・中国)が国内分析機器業界を保護・成長させるための施策を踏まえ、政策の在り方の基本体系を整理



不可欠性の向上のために取り組むべき政策の検討

- 課題から導出した施策の方向性と、海外政府の支援事例を踏まえ、我が国として取り組むべき政策の方向性を、以下の通り検討した。主に、補助金等の資金援助、研究機関とメーカーの議論の場の構築、海外当局に関する情報共有等が想定される。

不可欠性の向上	
テーマ	施策の方向性
新技術・新装置の開発促進	▶ 実用化を見据えた研究開発(ニーズの補足)
	▶ 産業分野を超えたソリューション開発、連携枠組みの形成
	▶ 大学機関・スタートアップ等との協業によるイノベーション創出
	▶ 資金援助・資金調達枠組みの拡充
	▶ 従来機器分野及び自動化・AI等、新興技術分野における人材育成・獲得
海外市場の開拓	▶ M & Aによる事業拡大
	▶ ローカライゼーションの推進
	▶ 相手国政府の規制や対外資企業に関する政策情報を収集
	▶ 国際標準化に関する取組促進

自律性の向上のために取り組むべき政策の検討

- 課題から導出した施策の方向性と、海外政府の支援事例を踏まえ、我が国として取り組むべき政策の方向性を、以下の通り検討した。主に、技術管理に関する意識啓発、国内メーカーのサプライチェーンの現状把握、政策レベルでの重要分野に関する認識を分析機器業界内で共有する等の取組が想定される。

テーマ		施策の方向性
自律性の向上	技術管理・ 技術保護	▶ 競合企業や競合国の具体的な開発状況や性能水準に関する調査・情報提供 ▶ 技術事例に関する最新状況を把握し、必要な体制作りに関する情報提供
	国産機器の市場 シェアの 維持・拡大	▶ 一部の企業に依存している製品や技術について、より詳細な情報を取得し、代替製品や部品の供給元を確保
	重要産業の明確化	▶ 各産業界と分析機器メーカーが協議する場を設け、業界課題に対する全体的なソリューションを検討する ▶ 日本の経済安全保障上の重要分野を分析機器業界内でも共有、供給確保のための体制を構築

Thank you

pwc.com/jp

© 2024 PwC Consulting LLC. All rights reserved.

PwC refers to the PwC network member firms and/or their specified subsidiaries in Japan, and may sometimes refer to the PwC network. Each of such firms and subsidiaries is a separate legal entity. Please see www.pwc.com/strucrure for further details.

This content is for general information purposes only, and should not be used as a substitute for consultation with professional advisors.