



令和3年度 重要技術管理体制強化事業 (重要技術の実態調査及び情報収集)

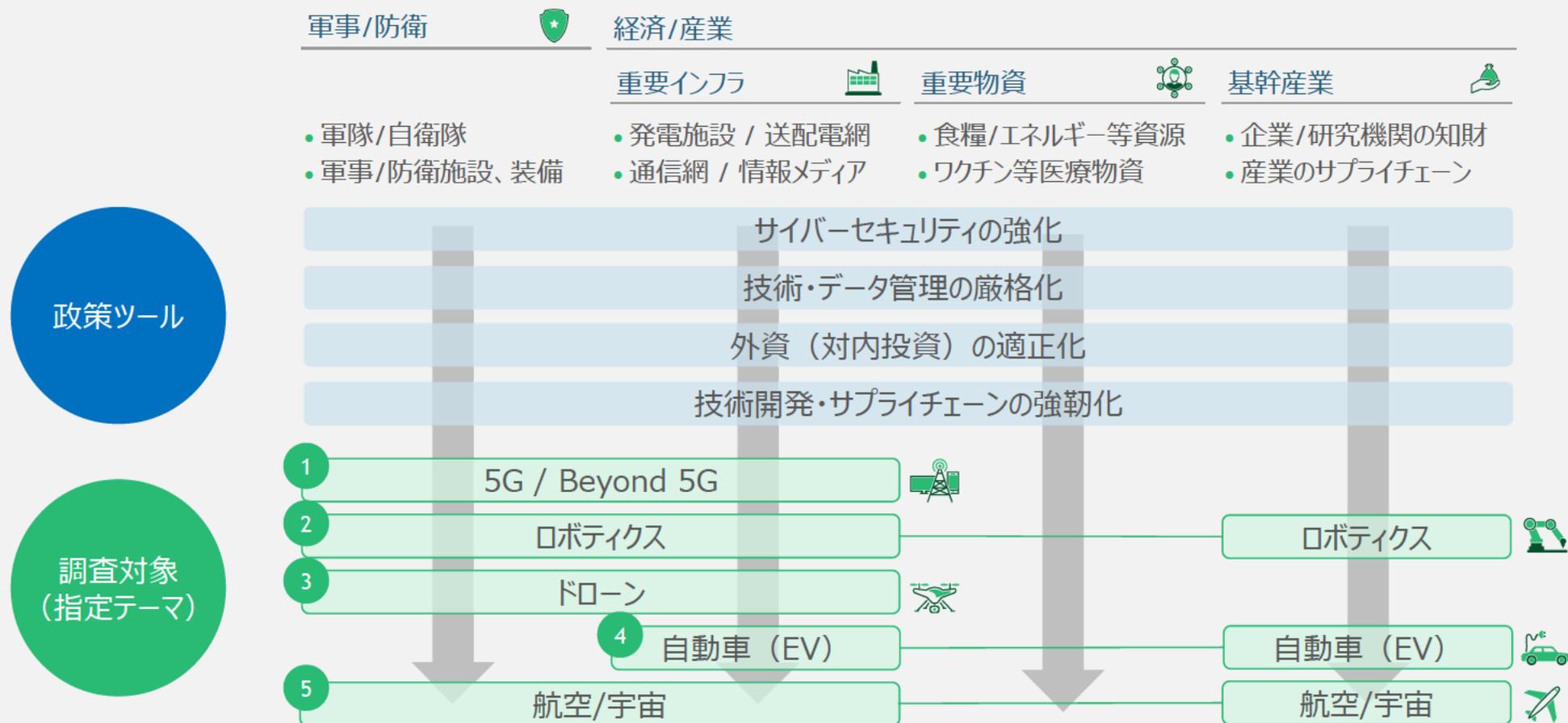
調査報告書

令和4(2022)年 2月28日



調査の背景 / スコープ

本事業では、政策ツールの運用に影響を与える重要技術を擁する、主要な産業を調査 本事業のスコープ



Source: 経済産業省指定 (BCG調整結果)

1



5G / Beyond 5G



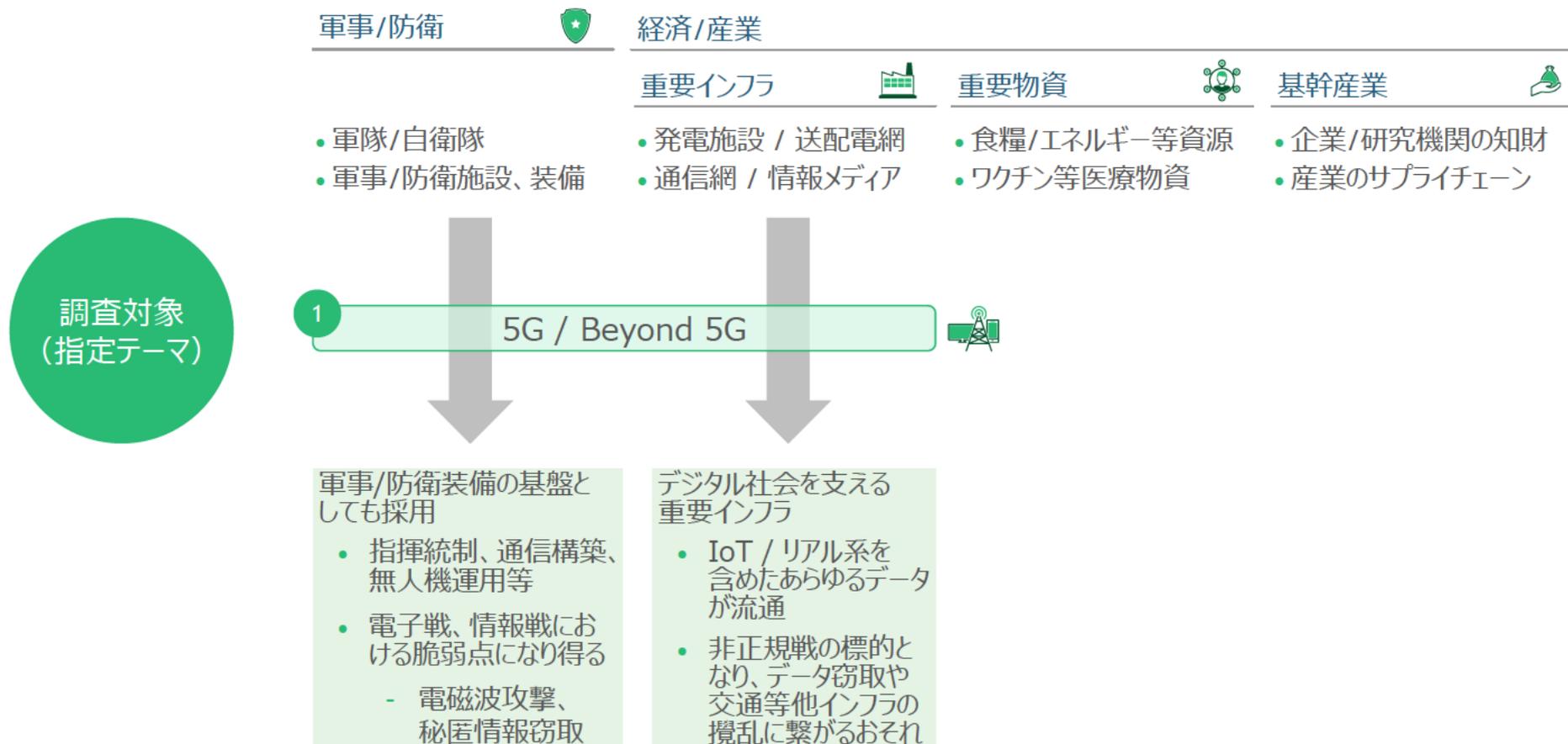
5G/Beyond 5G



1. 経済安全保障上の重要性
2. サプライチェーンの構造
3. 重要技術を擁する市場の実態
 - A) 通信サービス
 - B) 基地局
 - C) 石英ガラス
 - D) RFモジュール

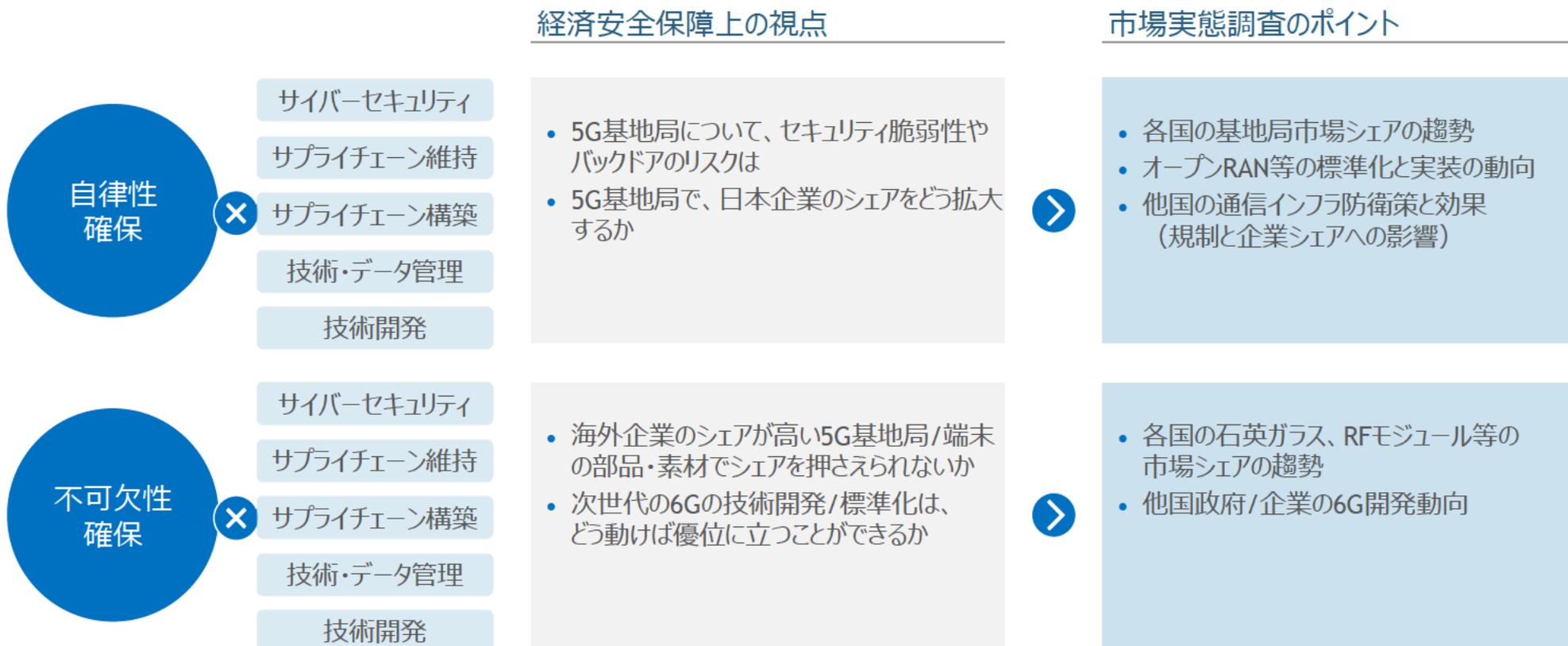
5Gは、軍事/防衛の基盤技術であり、かつ、民生の重要インフラでもある

経済安全保障上の重要性



このため、経済安全保障上の観点から、次のような点に注目していく必要がある

経済安全保障上の留意点





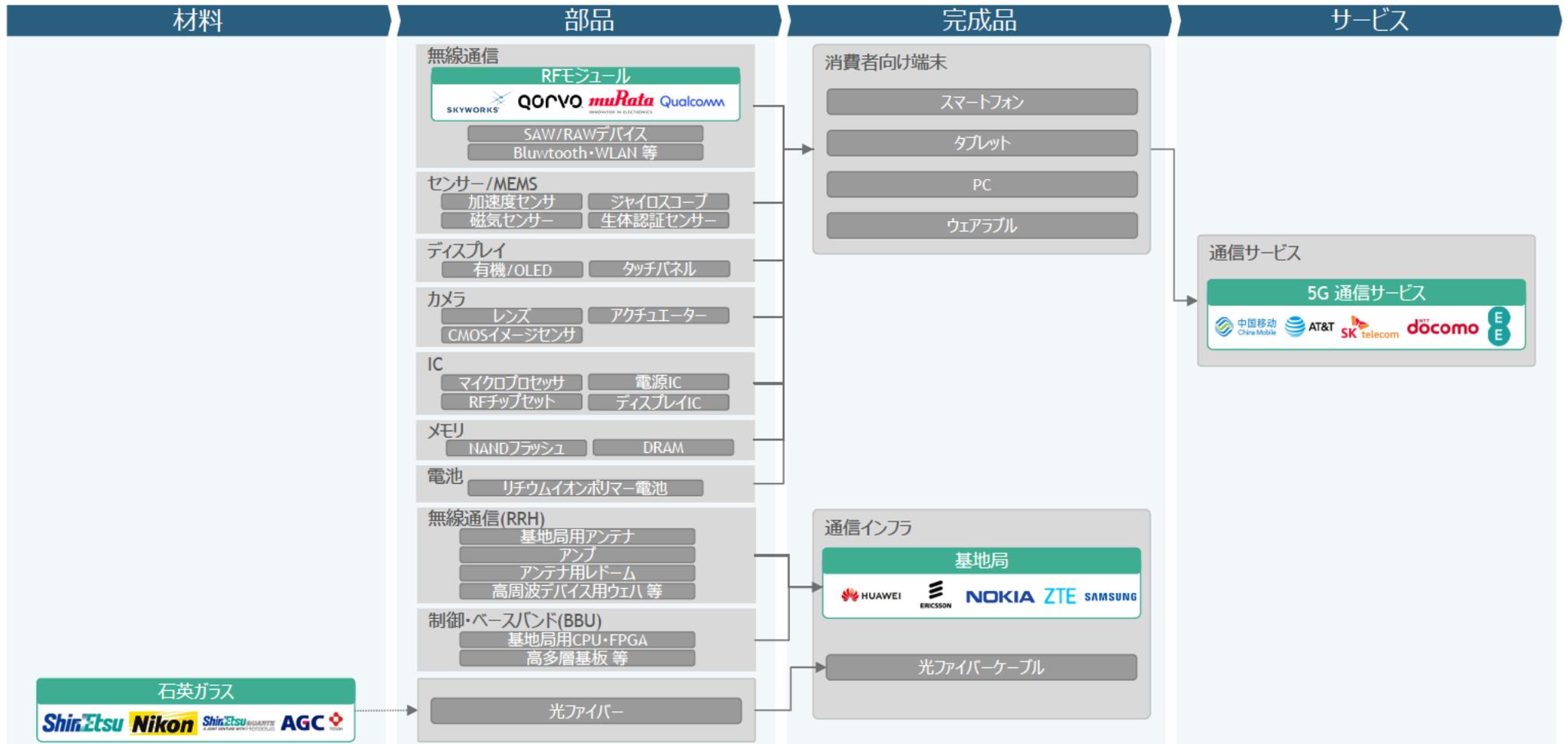
5G/Beyond 5G



1. 経済安全保障上の重要性
2. サプライチェーンの構造
3. 重要技術を擁する市場の実態
 - A) 通信サービス
 - B) 基地局
 - C) 石英ガラス
 - D) RFモジュール

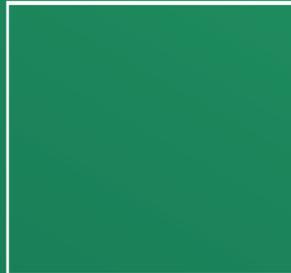
重要領域として、通信サービス・基地局・石英ガラス・RFモジュールの調査を実施

5G/Beyond5G分野のサプライチェーンの構造





5G/Beyond 5G



1. 経済安全保障上の重要性
2. サプライチェーンの構造
3. 重要技術を擁する市場の実態
 - A) 通信サービス
 - B) 基地局
 - C) 石英ガラス
 - D) RFモジュール

A. 5G 通信サービス

i. 注目の理由

ii. 当該市場の基礎データ

a. グローバル市場(利用者数)の推移

b. 主要プレイヤーの動向

iii. 注目すべきポイント

5G 通信サービスのポイント

i

注目すべき理由

- 防衛装備への活用や、IoTを通じた重要インフラへの活用が進む半面、サイバー攻撃のリスクも増大化している
 - インターネットトラフィックの大部分が5G経由で行われるようになり、情報セキュリティ上の重要性が増大
 - 5Gを介して様々な機器が制御されるようになり、サイバー空間のみにとどまらず、リアル空間へもセキュリティのリスクが波及・拡大する

ii

市場の基礎データ

- 世界全体では、5Gの普及率は数%程度と未だ限定的で、2025年に30%超と観測
- 2020年時点では、先行整備で中国が最も普及し、全体の8割弱を占める

iii

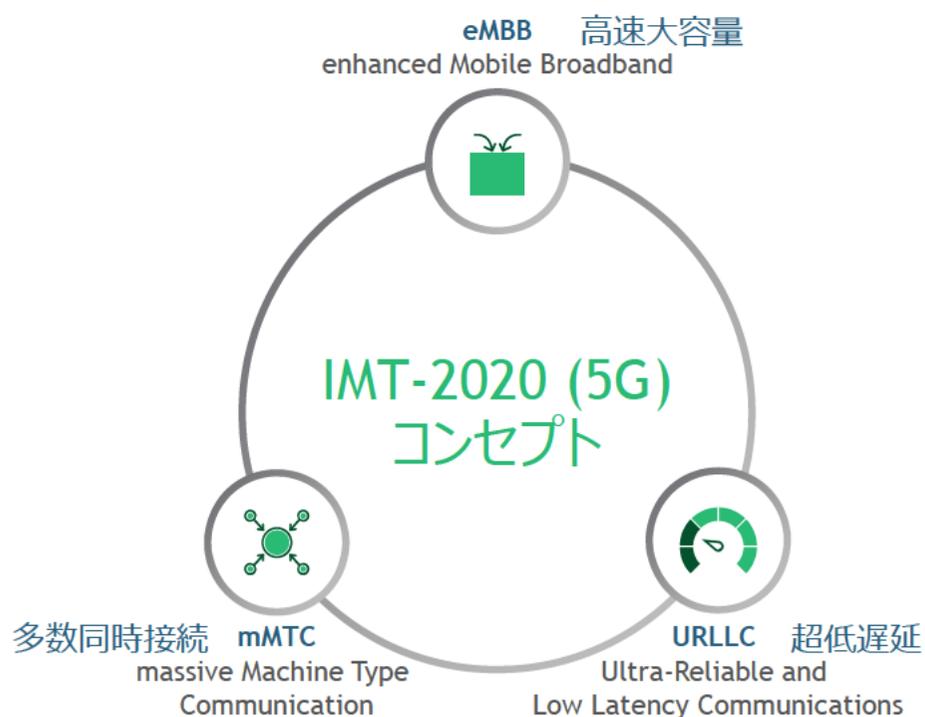
業界/企業の動向

- 政府の多大な支援を通じて、積極的な5G投資を図る中国キャリア。結果、自国内のベンダーの技術/コスト競争力の育成にもつながり、6Gに向けた投資動向も注視していく必要
- サービス自体はドメスティックな構造ではあるが、提供者であるキャリアは通信インフラ網のアセットオーナーでもある。どのベンダーから調達していくかは引き続き注視していく必要
 - 特に、大手未満のキャリアはコストメリットを優先しがち

5Gは、高速大容量/超低遅延/多数同時接続を特徴とする通信規格

5Gのコンセプトと特性

国際電気通信連合 (ITU) が取りまとめた5Gのコンセプト



Source: ITU IMT Vision; 総務省; NTT docomo

4Gと比較した5Gの特性

4Gよりも高波長帯を使用することで、より高い通信特性を実現

	4G	5G
主な周波数帯	<ul style="list-style-type: none"> ~ 3.6GHz 	<ul style="list-style-type: none"> 3.6~6GHz (sub-6帯) 28GHz帯~ (ミリ波帯)
通信速度	最大1Gbps	最大20Gbps
遅延速度	10ms	1ms
同時接続数	10万台/km ²	100万台/km ²

5Gの技術進化の結果、活用範囲が大幅に拡張。 それに伴い、平時/有事における経済安全保障上の潜在リスクや影響範囲も増大

5G/Beyond 5G分野の経済安全保障上の重要性

5Gの特徴

5Gによる情報通信の変化

経済安全保障上の変化



高速大容量

- 通信速度・容量の面で、固定通信を凌駕する可能性
- 従来は固定回線を利用していた通信も、5G経由で行われるように



- インターネットトラフィックの大部分が5G経由で行われるようになり、情報セキュリティ上の重要性が増大
- スマホ等のエッジデバイスや、基地局等に仕込まれたバックドアにより政府の機密情報や民間の技術情報等が流出する可能性



超低遅延

- IoTの浸透と相まって、5Gを介して機器や設備の統合的かつリアルタイムでの制御が可能に
 - 4G等従来の無線通信では実現できず個別の機器・設備でのエッジ処理で対応していた領域が、無線制御化



- サイバー空間のみにとどまらず、リアル空間へもセキュリティのリスクが波及・拡大する
- 他国メーカーに重要インフラ機器を依存している場合、戦争や有事の際に恣意的な停止等に利用される可能性
 - 内部からの制御のため、外部からのサイバー攻撃よりも潜在的脅威性が高い

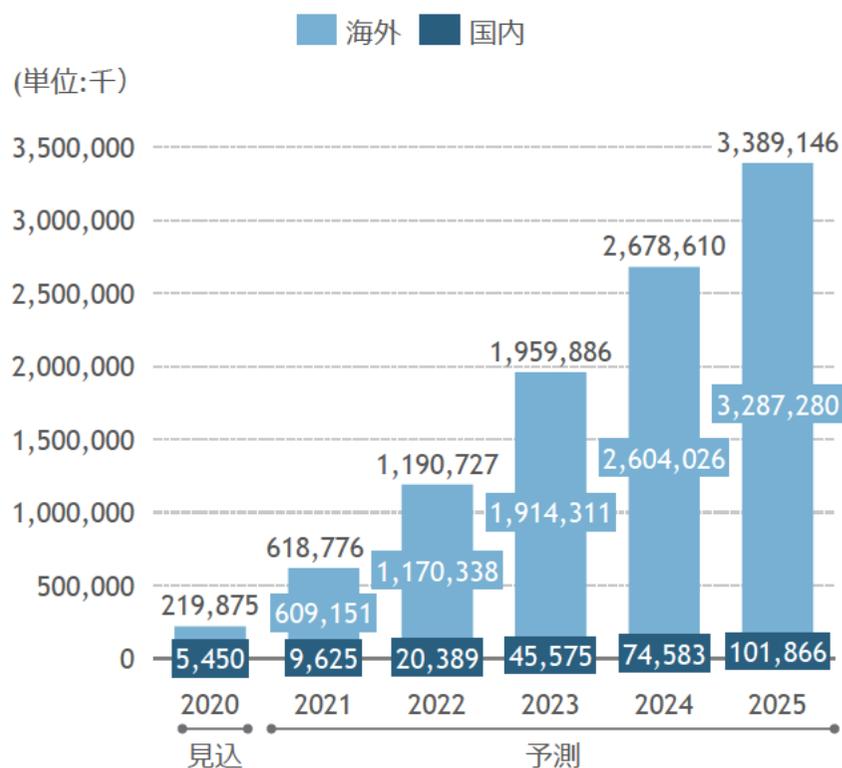


多数同時接続

各社5Gサービスの提供を開始したばかりであるため、世界の利用者は、現時点では2億人にとどまるが、25年には33億人に達する見込み

5G 通信サービスの利用者数 / 主要プレイヤー

世界の5G利用者数



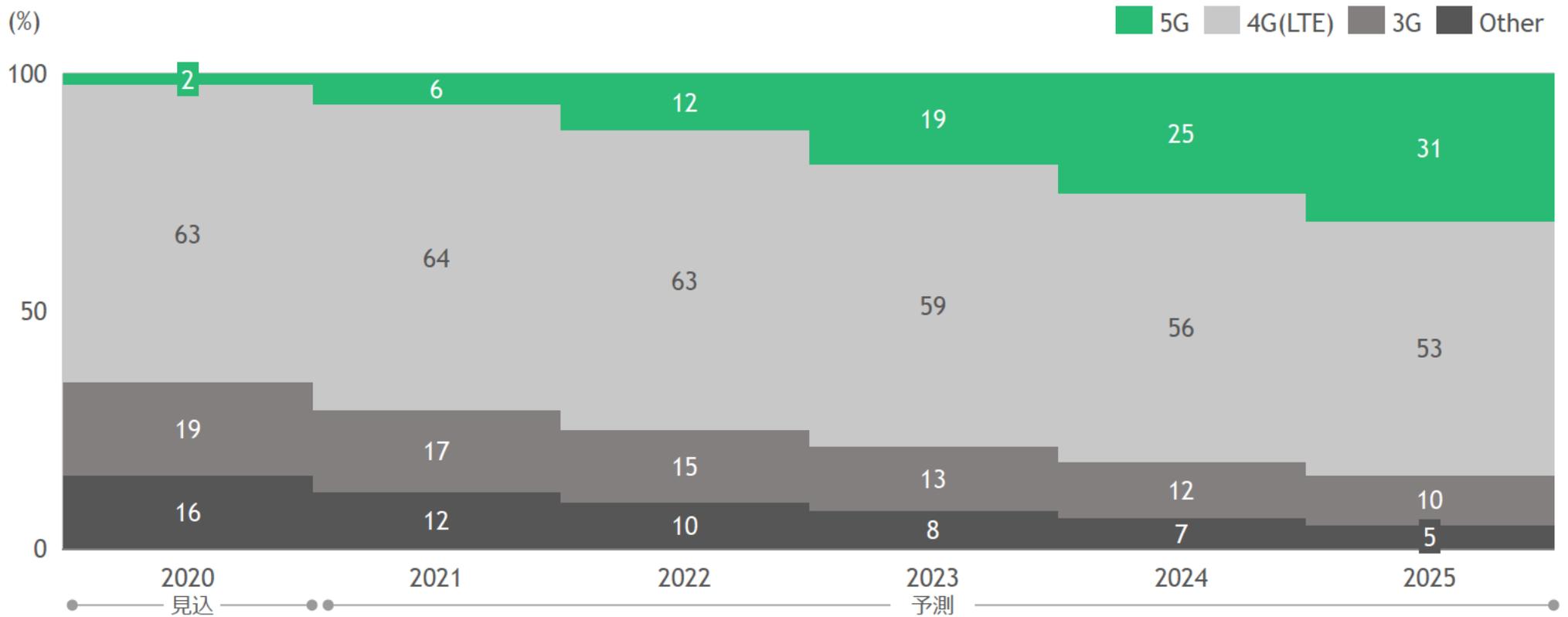
5G契約者数Top5か国の主要プレイヤー			
	5G契約者数 ¹⁾ (単位:千)	国籍	企業概要・動向
中国移动 China Mobile	165,000		<ul style="list-style-type: none"> 2019年11月に5Gサービスを開始 2020年度の売上高は約11兆円。9億人超の契約者の内、5G契約者は1.6億人 (18%)
AT&T	6,500		<ul style="list-style-type: none"> 2020年7月に5Gサービスを開始 2020年度の売上高は約18兆円。約9,300万人の契約者の内、5G契約者は650万人 (6%)
SK telecom	5,476		<ul style="list-style-type: none"> 2019年4月に5Gサービスを開始 2020年度の売上高は約1.5兆円。約2,900万人の契約者の内、5G契約者は540万人 (18%)
NTT docomo	2,500		<ul style="list-style-type: none"> 2021年3月に5Gサービスを開始 2020年度の売上高は約4.6兆円。約8,100万人の契約者の内、5G契約者は250万人 (3%)
EE	1,540		<ul style="list-style-type: none"> 2019年5月に5Gサービスを開始 2015年度の売上高²⁾は約7,800億円。約3,000万人の契約者の内、5G契約者は150万人 (5%)

1. Informa、IR発表を基にBCGが計算 2. EEは2016年以降の売上高の公開データなし

Source: Informa; 富士キメラ「5G通信を実現するコアテクノロジーの将来展望 2020」; China Mobile; AT&T; SK telecom; NTT docomo; EE

世界全体では、5Gの普及率は数%程度と未だ限定的で、2025年に30%超と観測

世界における5Gの普及率推移



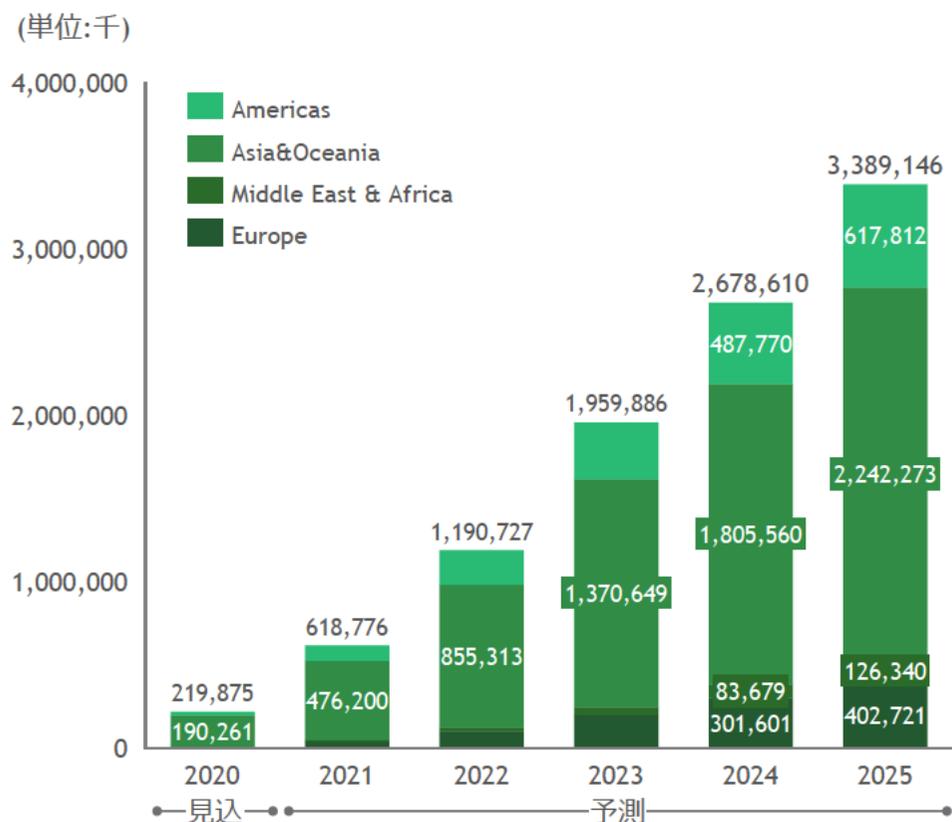
Note: OtherにはGSM/1xEV-DO/PHS/iDEN/US TDMA/AMPS/NMTが含まれる
Source: Informa

中国では5Gの普及が急速に進展している

地域別の5G利用者数と契約者上位5ヶ国

地域別の5G利用者数

2020年時点でアジア&オセアニアが約85%を占める

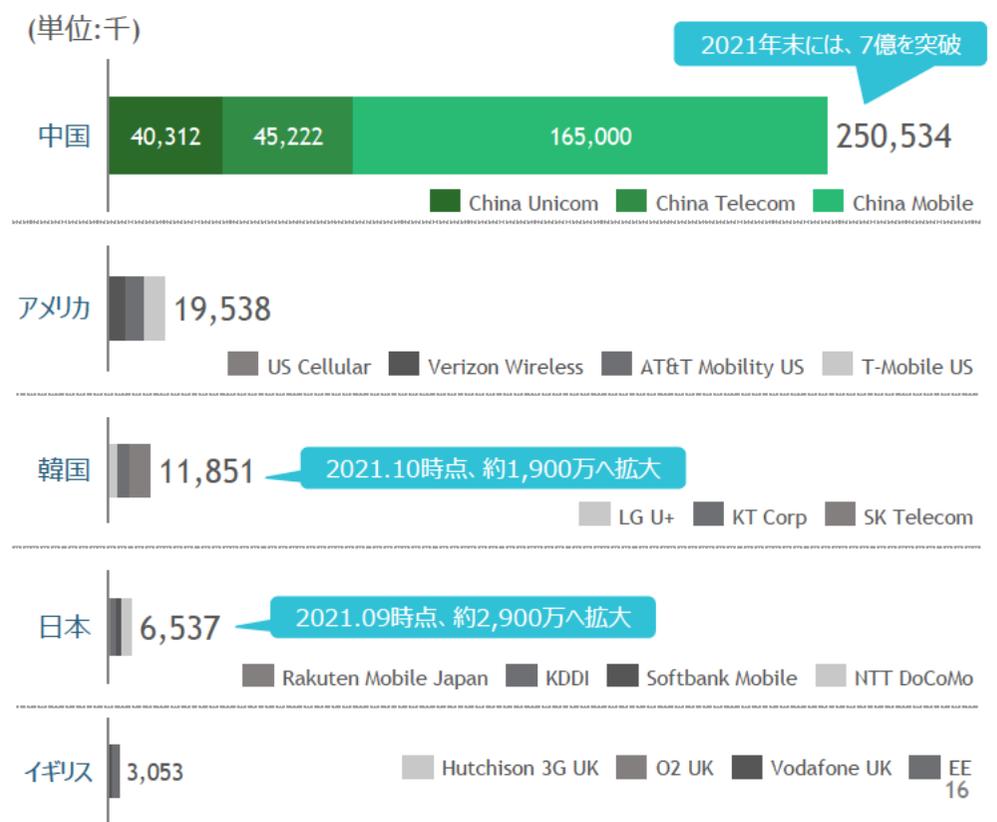


1. 中国の行政区分は省級、地級、県級、郷級の4段階からなる
 Source: Informa, IR発表を基にBCGが計算; CCTV; JETRO; 流媒体網; RCR Wireless

5G契約者数TOP5か国の主要キャリア (2020年時点)

中国は政府の支援もあり、急速に利用者を拡大

- 2021年3月末時点で、300を超える地級市¹⁾以上の都市全てに5G基地局を設置



6G (Beyond 5G) は、まだ各国の研究機関・企業が独自の研究を進めている段階

6G (第六世代移動通信システム、Beyond 5G) の概要

6G (IM-T2030) とは

要求規程・標準化は未着手であり、定義はない

- 19年5月に、国連機関である国際電気通信連合のFocus Group NET-2030が、ホワイトペーパー「Network 2030」を公開したのみ
- 現時点で統一された基準、定義は存在しないが、伝送速度は100Gbps～1Tbps、インターネット遅延1ms～0.1msなどの基準が検討されている

各国の研究団体・企業が各々の戦略に基づき研究を進めている

- 特許については、6Gとしての提案の動きはまだない

6G規格にむけた動き

6Gは、手探り段階で、各国の技術優劣はまだ明確ではないと言える

- 技術開発と合わせ、3GPP等での陣取りが重要になる

当面は、過渡的な技術 (5.5G) に焦点が当たる可能性

- ファーウェイは、6Gと並行して、5.5Gの早期対応を主導
- 研究開発と標準化に着手している



6G (Beyond5G) での主導権獲得に向け、各国は官民一体での研究開発等を加速

	 中国	 米国	 日本	 韓国
政府機関	<ul style="list-style-type: none"> 2019年、科学技術部は、5Gの商用利用開始と同時に先駆けて6Gの開発本格化を宣言 <ul style="list-style-type: none"> 「6G研究推進政府系の機関(IMT-2030(6G))」立上げ 2021年、IMT-2030(6G)は、世界における「6Gに係る根本的なシステム構築」を宣言 政府支援研究機関「紫金山実験室」は、テラヘルツ帯無線伝送で世界記録を達成 	<ul style="list-style-type: none"> 2019年2月、大統領が6Gへの取組強化をツイート。連邦通信委員会は研究用途のテラヘルツ帯利用を許可 DARPA、ニューヨーク大は無線とセンサ技術研究拠点を立上げ 5Gで出遅れた日本、韓国両政府とそれぞれ連携し、6Gに係る技術開発を推進 	<ul style="list-style-type: none"> 2018年、NICTは、欧州委員会と連携し、テラヘルツ波end-to-endシステムの研究を開始 2020年、「Beyond 5G推進戦略」を策定、産学官一体のコンソーシアムにて研究を推進 2021年日米共同声明にて、2030年の6G実用化を目指し、両国で約4,900億円投資し、研究開発を推進することで合意 	<ul style="list-style-type: none"> 2021年、「6G研究開発実行計画」策定。官民で国際標準化の主導権を握ることが重要」と認識の下、2025年までに約215億円を投資 <ul style="list-style-type: none"> SK/KT等キャリアのほか、Samsung電子/LG電子等のメーカーも連携 2021年韓米共同声明にて、両国で約3,800億円を投資し、研究開発を推進することで合意
民間企業	<ul style="list-style-type: none"> 2019年、華為技術は、IMT-2030(6G)の一員として、6G開発に向け聯合通信及びGalaxy Aerospaceと、戦略的パートナーシップ契約締結 2020年、5Gの進化系である5.5Gを提唱 	<ul style="list-style-type: none"> GAFAMなど大手クラウド、テクノロジー、テレコム企業は連携し、米国科学財団を介し、約44億円を投資。6G研究を支援 AT&Tは、サムスン、NOKIAとも連携し、テキサス大学に6G研究施設を立上げ 	<ul style="list-style-type: none"> 2019年6月、NTTは6Gを見据えたネットワークの構想「IOWN」を発表。米インテル、ソニーと次々世代の通信規格での連携を発表 ソフトバンクは情報通信機構等と共同研究を推進。ドコモはホワイトペーパーを発表し今後積極投資を表明 	<ul style="list-style-type: none"> 2019年、LG電子、Samsungは相次ぎ「6G研究センター」開設 Samsungは2020年、「6G白書」を公開し、2028、年商業利用開始を目指す <ul style="list-style-type: none"> 2024年までに5Gの拡充、6Gの開発を含む戦略分野に約22兆円の投資を表明

B. 基地局

i. 注目の理由

ii. 当該市場の基礎データ

a. グローバル市場の推移

b. 主要プレイヤーの動向

c. 我が国の輸出入の現状

d. 各国の政策動向

iii. 注目すべきポイント

基地局のポイント

i

注目すべき理由

- 5G通信を司る重要機器でありながら、国内においても海外ベンダーのシェアが高まっている
 - 基地局はコアネットワークと端末を繋ぐ基幹機器であり、5G向けでは従来と構成が異なる
 - 従来型はベンダー独自仕様の機器を相互接続するため、ベンダーロックインが助長される形
 - 基地局ベンダーは外資規制等の事業規制の網が必ずしも及んでいない

ii

市場の基礎データ

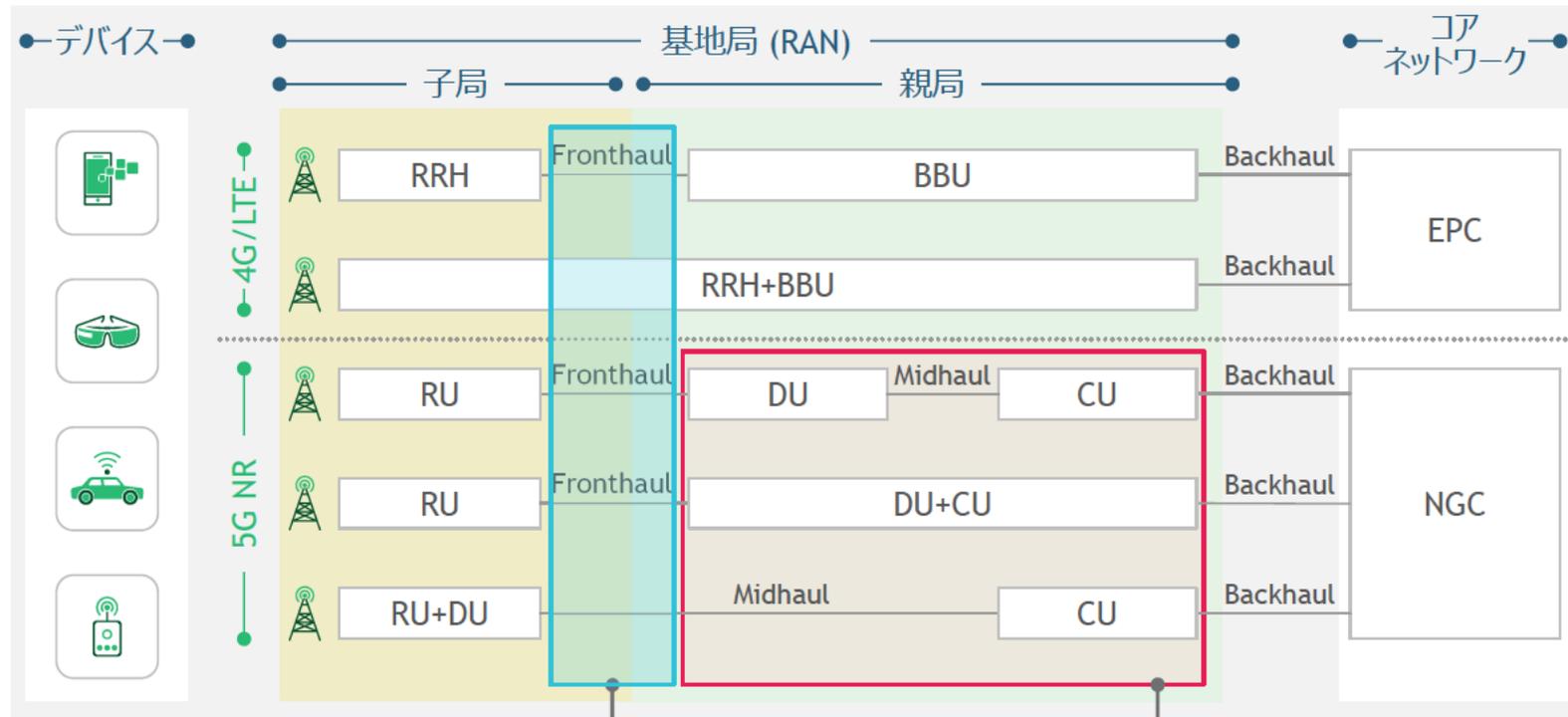
- 市場は急速に伸長しているが、中国系や欧州系ベンダーが寡占傾向にある
 - 中国企業は政府からの多大な産業補助金を通じて、コスト優位な競争を世界で展開
 - 米国が禁輸措置等の協調政策を他国に要請するも、コストメリットの大きい中国製品の排除に踏み切れている国は一部にとどまっている

iii

業界/企業の動向

- 一方で、コスト効率化を目指す通信キャリア主導の下で基地局仕様のオープン化を進める動きが加速
 - オープン仕様の標準策定や仮想化を通じて、ベンダーロックインを排する動き
 - 日系企業もオープン化を商機とみなし取り組みを強化

基地局はコアネットワークと端末を繋ぐ無線通信デバイスであり、5Gでは従来と構成が異なる 5G基地局の位置づけ



4Gの基地局は、無線送受信装置 (RRH) と制御部 (BBU) で構成

- 分かれているものがD-RAN
- 一体のものがC-RAN

5GではRRH→RU、BBU→DU/CUに配置する構成に変更された

- RU、DU、CUの構成にはいくつかのパターンが存在

この部分を標準化/オープンにして、異なるベンダーの相互接続性を実現するのがオープンRAN

- 4Gでは制御信号等がベンダー毎に異なり排他的

この部分を、機器ではなくサーバー上にソフトウェアで構成するのがvRAN

Notes: RU= Radio Unit; DU= Distributed Unit; CU= Centralized Unit; RRH= Remote Radio Head; BBU= Baseband Unit; EPC= Evolved Packet Core; NGC=Next Generation Core
Source: PanasonicよりBCG作成

5G通信を司る重要機器でありながら、国内においても海外ベンダーのシェアが高まっている 基地局に注目すべき理由

基地局は5G通信ネットワークの中核として、通信サービスの仕様やトラフィックの制御を司るも、ロックインが容易

通信キャリアは、基地局のベンダーに依存

- 基地局ベンダーが開発・製造する基地局を通信キャリアが購入・設置する構図
- 基地局は、通信キャリアが運営する5Gネットワークの基幹となる機器

ベンダーロックインが可能

- DU/CU等のデータ通信の制御を行う部分を、ベンダー独自仕様の機器で構成することで、ロックインされてしまう可能性
- 機能の柔軟な変更や拡張が困難

一方で、基地局ベンダーは通信キャリアではなく外資規制等の直接の事業規制の網が必ずしも及んでいない

海外ではベンダーシェア等を規制する動きも存在

- 英国は、2020年1月に、Huawei製品を容認しつつ、シェアを35%までとする規制を設ける姿勢を表明
 - 但し、現在は既に排除の姿勢に転換

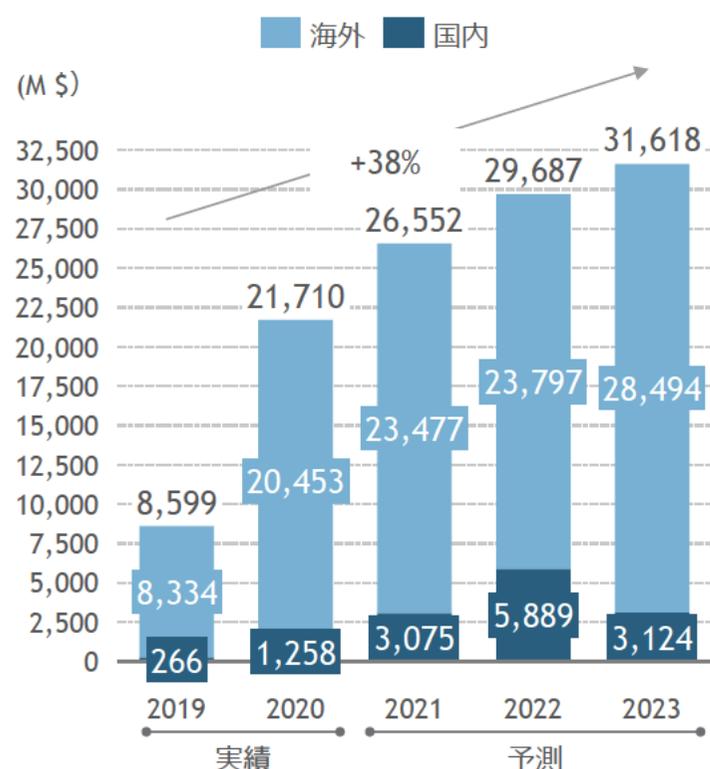
一方で、国内では基地局に対する規制等はなく、外国ベンダーのシェアが高まっている状況

- 2016年時点で40%超あった国内ベンダーシェアは、2019年には20%以下の水準に落込み
- 2021年に入り、ドコモがSamsungの基地局を採用する等、外国ベンダー比率は今後も上がっていく可能性

5G基地局市場は'23年に向け、CAGR38%で急速に拡大。欧中ベンダーがシェア上位を競う

5G基地局の市場規模 / プレイヤー

グローバル市場規模¹⁾



主要プレイヤー（2020年グローバル市場シェアトップ5）

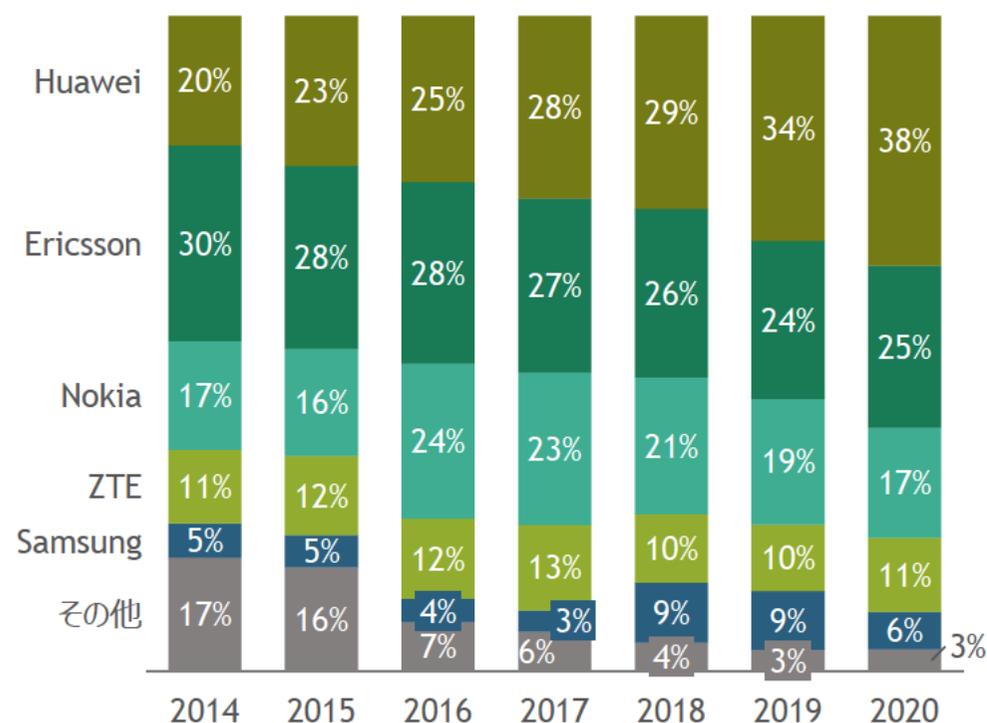
	市場シェア	国籍	企業概要・動向
HUAWEI	38%		<ul style="list-style-type: none"> 2019年時点で海外の通信会社50社超と商用化契約を結び、15万件超の基地局を出荷 5G商用契約は1,000件を突破
ERICSSON	25%		<ul style="list-style-type: none"> Huawei排除の動きに伴い契約件数が増加 <ul style="list-style-type: none"> - ギリシャの4GインフラはHuaweiが52%を占めるが5GインフラはEricssonが担う予定 外交関係悪化に伴い、中国国内のシェア低下
NOKIA	17%		<ul style="list-style-type: none"> 2020年時点で、100件の5G商用契約を締結 <ul style="list-style-type: none"> - 日本の通信大手3社を含む 2021年中国で5G無線契約を初めて獲得
ZTE	11%		<ul style="list-style-type: none"> アジアやアフリカを中心に世界の60社超の通信会社と5G分野で提携しており、関連基地局の受注を伸ばしている
SAMSUNG	6%		<ul style="list-style-type: none"> 2021年3月、ドコモに単独開発の5G基地局を提供する契約を締結 2020年9月、Verizonと7,000億円の5G関連システムの供給契約を締結 2021年6月、英vodafoneと提携し、欧州での5G用基地局を展開開始。欧州でのシェア拡大狙う

1. Omdiaの複数のレポートからBCGが算出

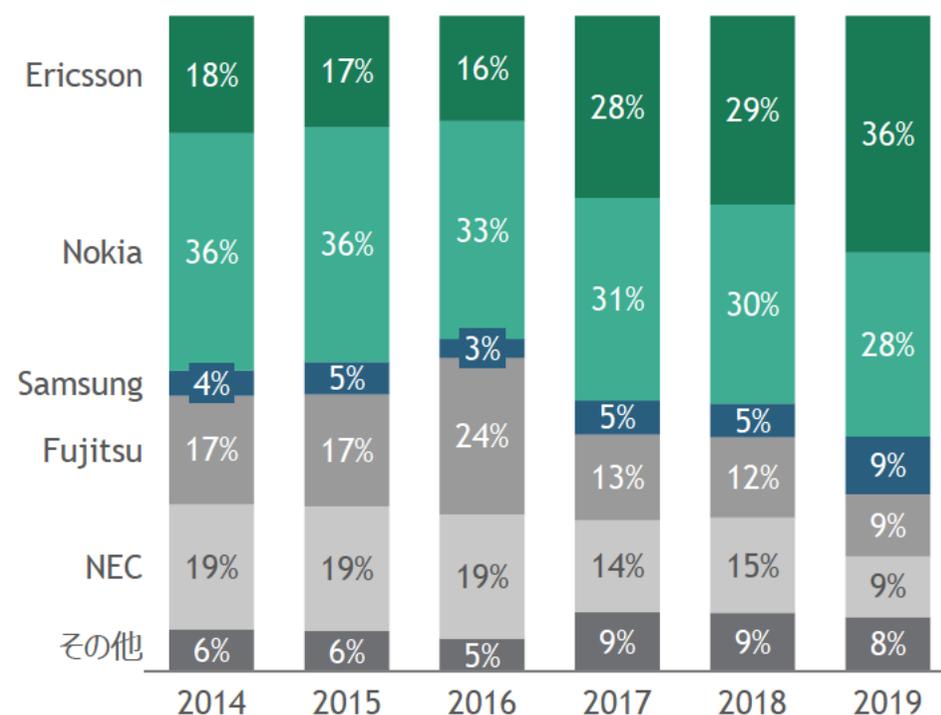
Source: Omdia; 富士キメラ「5G通信を実現するコアテクノロジーの将来展望 2020」; 日本経済新聞; 日本経済新聞; ビジネスネットワーク; 日本経済新聞; 日本経済新聞; REUTERS; NNA;

重要インフラである基地局において、少数メーカーによる寡占度が高まっている 基地局ベンダーのシェア推移

世界市場における基地局ベンダーシェア (実績)



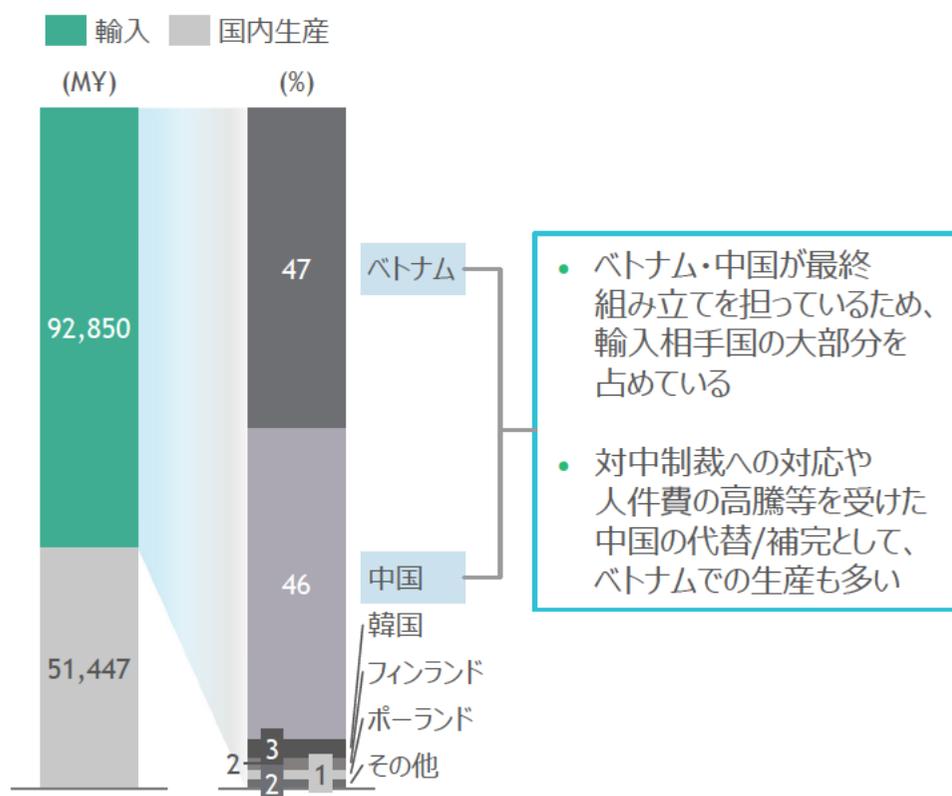
国内における基地局ベンダーシェア (実績)



日本の基地局輸出入は、輸入超過。限られた輸出の相手先は、新興国市場が中心

基地局の輸出入

輸入の状況 (日本)



1. 国内需要は国内生産 - 輸出 + 輸入で算出
Source:貿易統計; 生産動態統計

輸出の状況 (日本)



参考) 基地局に関する各国政策 (公表情報まとめ)

自国企業支援策



- (米国の基地局メーカーは存在しないため、特になし)



- 全国5G基地局の前倒し整備と、ローカル5Gへの投資について、税額控除を実施
- 光ファイバー網の整備に65億円の補助金を用意



- Huaweiに約8兆2,000億円を支援
- 中央政府が5G基地局建設を促す政策支援を地方政府に要求



- "5G+戦略"で官民合わせて、約3兆円以上を5Gネットワーク装置等のインフラ整備に投じ、公共分野から5G活用サービスを導入する予定



- (英国の基地局メーカーは存在しないため、特になし)

他国企業制限・排除

- 国内の通信会社で使われるHuaweiやZTE製品の撤去や取り換え費用として、約2,000億円の予算を確保

- 米国の対中制裁に同調し、政府調達から事実上排除する指針を出す
 - ソフトバンクはEricssonとNokiaの基地局を選定

- (外国企業にも基地局の入札を開放。一方、8割はHuawei / ZTEが入札。NokiaやEricssonが参入するも、近年スウェーデンとの外交悪化により、Ericssonはシェア低下)

- (米政府からHuawei製基地局の排除を要請されているが、対応方針は明示せず)

- 当初はHuawei製品の利用を容認していたが、排除する方針に変更
- 2027年末までにHuaweiを含む高リスクベンダーの製品を5G通信設備から排除
 - 5G供給事業者の多様化のため、350億円を投じる

各国の対応パターン



全面禁止型
全面的にリスクを排除。
自国/同陣営内の調達による代替を促す
又は、オープン化戦略により寡占状況を打破



部分禁止型
得られるコストメリットも考慮して、基地局のコア部分は禁止、ノンコアは開放するなどしてリスクをコントロール



無防備型
①政府の経済安全保障戦略が弱く、民間の自律的な経済活動に任せる
②経済的に余裕が無く、リスクよりもコストメリットを優先せざるえない

C. 合成石英ガラス

i. 注目の理由

ii. 当該市場の基礎データ

a. グローバル市場の推移

b. 主要プレイヤーの動向

c. 我が国の輸出入の現状

d. 各国の政策動向

iii. 注目すべきポイント

合成石英ガラスの動向・ポイント

i

注目の理由

- 光ファイバーは5G普及に必須だが、製造に必須の母材市場では中国企業にシェアで劣後
 - 5Gでは多数の基地局が必要で、基地局間を繋ぐ光ファイバーも大量に必要
- 母材合成の技術基盤を維持しないと、次世代の高性能光ファイバーに対応する技術力を喪失する恐れ
- 更なる高速・大容量通信に対応するため、必要となる母材合成技術の水準も上昇
 - 日本が先行する分野だが、他国の国産化ターゲットとなる中でも優位性維持が必要

ii

当該市場の基礎データ

- 石英ガラス市場では、技術力を背景に、日本企業がToP5を占める
- 台湾や中国、韓国等、光ファイバーや半導体産業を有する国に対して、日本から輸出

iii

注目すべきポイント

- 合成石英ガラスは光ファイバー以外にも半導体製造にも使用され、素材の製造技術で優位性を失えば、他産業へも影響が波及する可能性
 - 韓国では光ファイバー技術を応用し、半導体向けに石英ガラス素材の国産化が進展

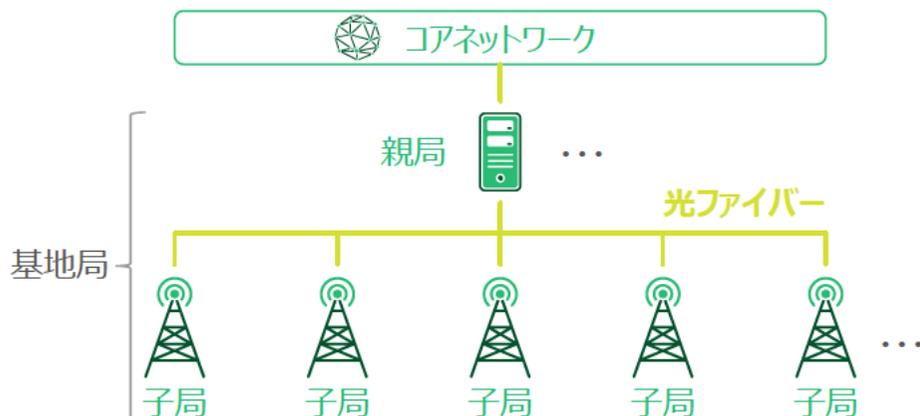
5G基地局間の通信に使用される光ファイバーは、SiO₄等の材料を化学合成した合成石英ガラスを母材として製造される

光ファイバーの用途と製造工程

5G通信における光ファイバーの用途

光ファイバーは基地局間等の有線ネットワークに使用される

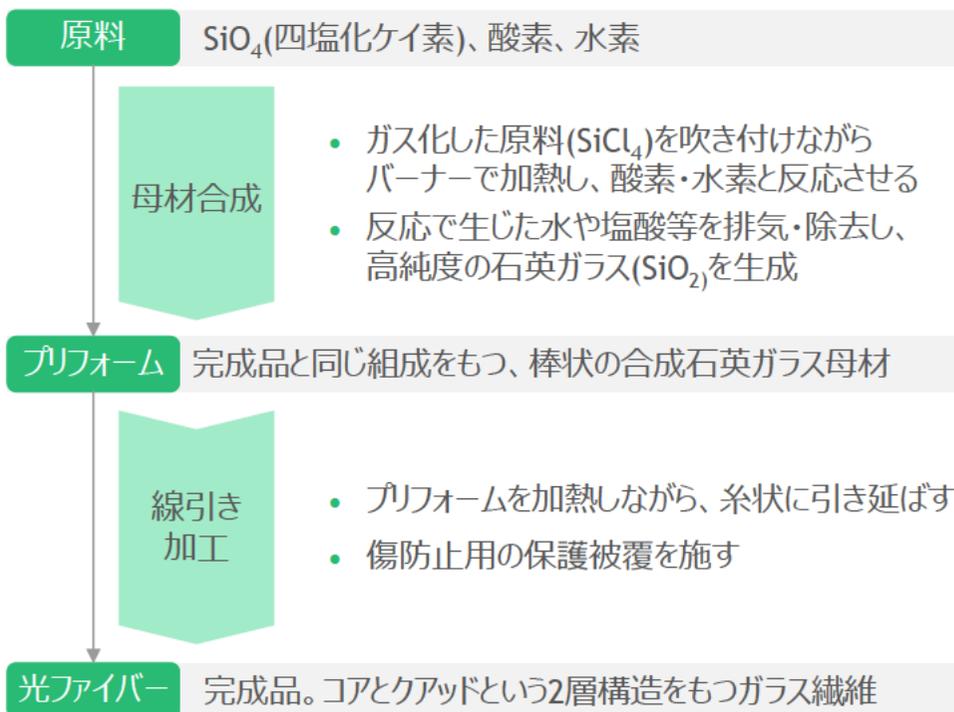
- 銅製の電線に比べ、通信速度/容量で勝る



5G普及により、基地局間を繋ぐ光ファイバーの需要は拡大

- 広範囲で5Gをカバーするには多数の基地局設置が必要
 - 5Gで使用する高周波の電波は障害物等に弱い

光ファイバーの製造工程 (概略)



市場は分散的であるも、欧米メーカーに加え内需拡大を背景に中国メーカーが台頭 光ファイバーの市場概要

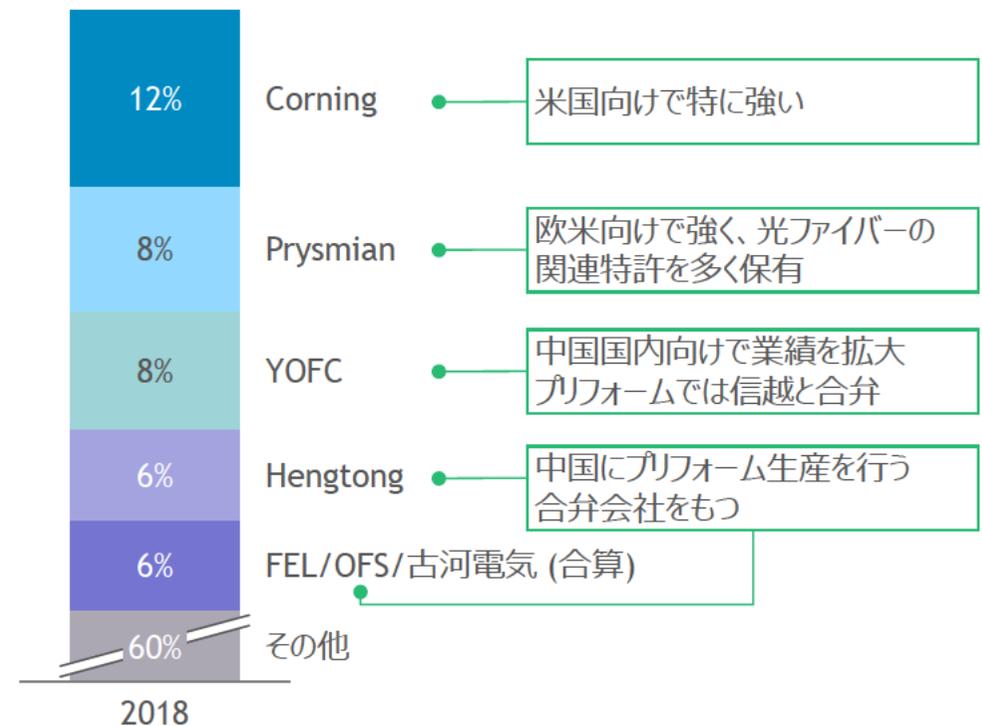
5Gインフラ整備に伴う光ファイバー市場規模の拡大

- 光ファイバーは、基地局間等をつなぐ通信網に使用される
- 特に5G普及に伴う通信容量の増大化に対応する上で、重要性はより一層高まっている



Source: 富士キメラ総研「2019 光通信関連市場総調査」

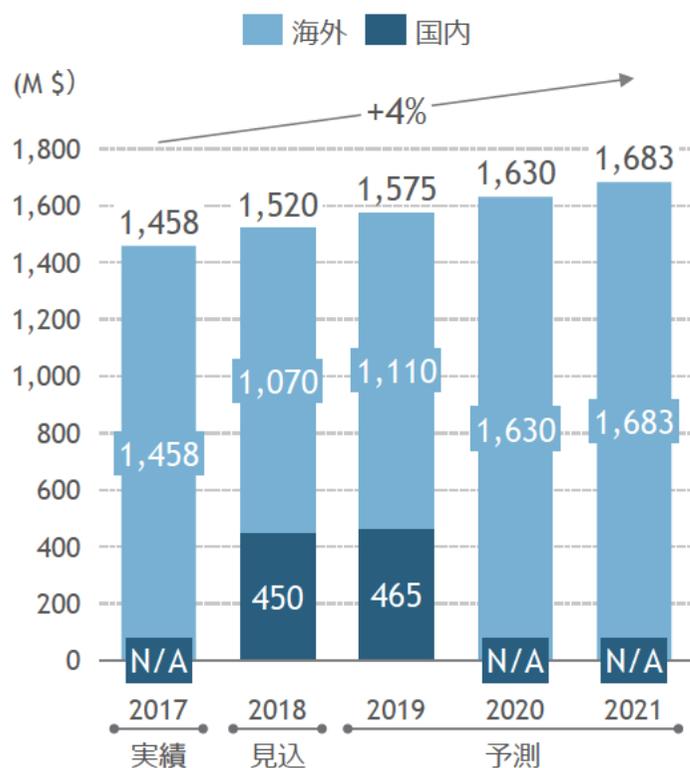
光ファイバー市場のメーカー別シェア (実績)



石英ガラス市場は'23年に向けてCAGR4%で成長見込みで、供給は日本企業が独占

石英ガラスの市場規模 / プレイヤー

グローバル市場規模¹⁾



(合成石英ガラス) 主要プレイヤー (2018年グローバル市場シェアトップ5)

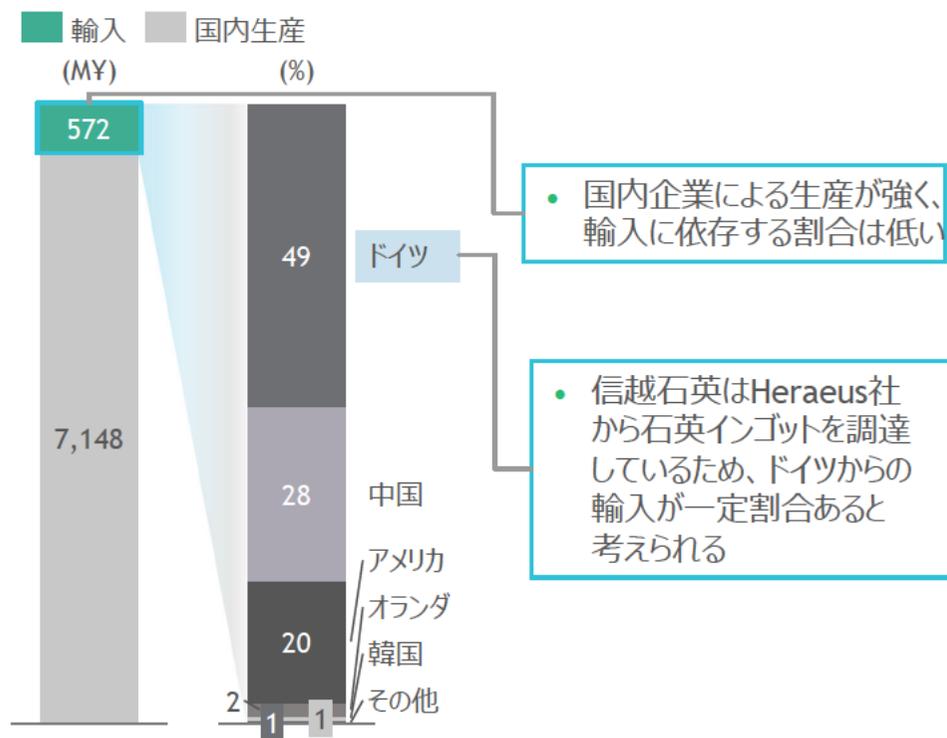
企業名	市場シェア	国籍	企業概要・動向
ShinEtsu 信越化学工業株式会社	32%	日本	中国2拠点への180億円の設備投資や国内の鹿島の増強により、生産力を増強予定
Nikon	8%	日本	光学機器メーカーの強みを生かした高品質な製品を提供
ShinEtsu QUARTZ A JOINT VENTURE WITH Heraeus 信越石英株式会社	5%	日本、ドイツ	信越化学工業とHeraeus社との合併企業 材料販売は一部で、大半は海外向けの加工品
AGC	4%	日本	5G向け合成石英ガラスアンテナを開発し、車載用等をターゲットにしている
東ソー・クォーツ株式会社 TOSOH	3%	日本	2019年に韓国法人を設立し、石英ガラス製品の現地生産を開始

1. 市場規模は合成・溶融を合算した値を記載。国内市場規模は富士経済に記載のあった2018/2019のみを記載
Source:富士経済「2019年セラミック材料市場の現状と将来展望」; AGC

石英ガラス市場は国内企業による生産が強いため、輸入の割合は低く、光ファイバーや半導体製造を担う主要国への輸出が多い

石英ガラスの輸出入

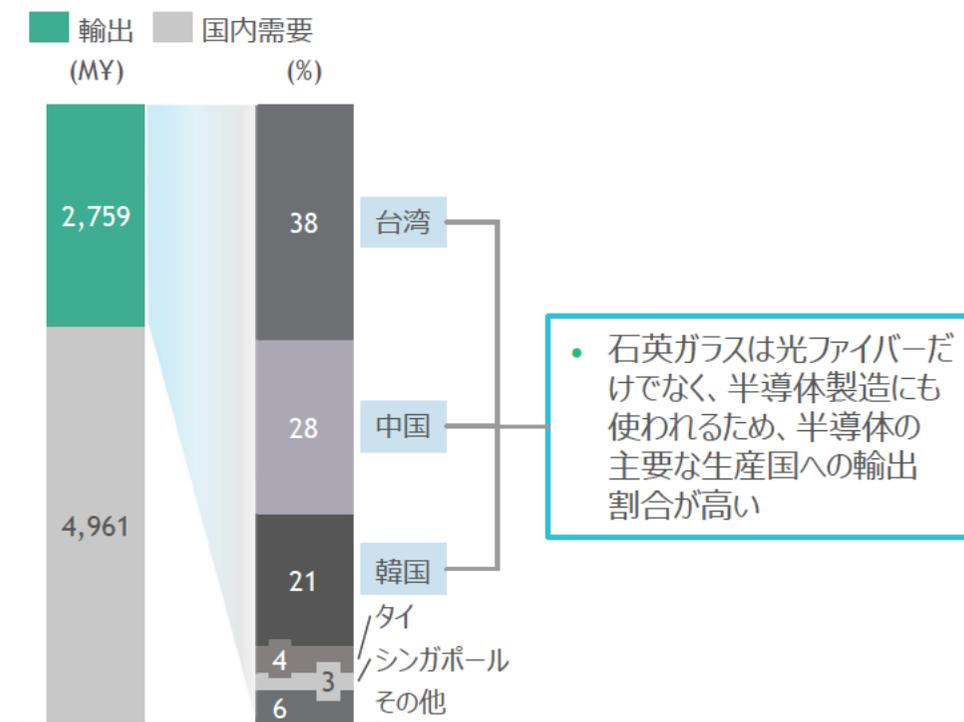
輸入の状況 (日本)



国内企業による生産が強く、輸入に依存する割合は低い

信越石英はHeraeus社から石英インゴットを調達しているため、ドイツからの輸入が一定割合あると考えられる

輸出の状況 (日本)



石英ガラスは光ファイバーだけでなく、半導体製造にも使われるため、半導体の主要な生産国への輸出割合が高い

1. 国内需要は国内生産 - 輸出 + 輸入で算出
Source:貿易統計; 生産動態統計

参考) 石英ガラスに関する各国政策 (公表情報まとめ)

自国企業支援策

他国企業制限・排除



- (特になし)

- (特になし)



- 工業・情報技術省は、石英ガラスの持続可能な製造技術を「産業界の重要な共通技術」に含め、地方政府に支援政策の強化を促している
- 「基礎電子部品産業発展行動計画」において、光ファイバーが重点製品に指定

- 中国政府は、日本と米国を原産地とする光ファイバー用プリフォーム (母材となる石英ガラス) に対してアンチダンピング関税をかける
 - 2015年に課税。20年9月には課税を14.4%から31.2%に引き上げ



- 2020年2月、韓国セラミック技術院がSTI社と共同で、合成石英ガラス素材を開発し、大量生産に成功
 - 半導体とディスプレイの石英ガラス市場において輸入代替効果を見込む
- 2021年4月には半導体の製造時に使用する溶接棒の国産化にも成功

- (特になし)

各国の対応パターン



国産化型

自国での生産に取り組む支援を政府が実施
さらに、政府機関と民間企業とが協働研究を行うケースもある



関税による排除型

アンチダンピング関税によって、
外国製品を排除し、国産品の保護を実施

D. RFモジュール

i. 注目の理由

ii. 当該市場の基礎データ

a. グローバル市場の推移

b. 主要プレイヤーの動向

c. 各国の政策動向

iii. 注目すべきポイント

RFモジュールのポイント

i

注目の理由

- 端末の通信を司るRFモジュールは、5Gの普及に伴って技術開発が進展中
 - アンテナの受送信電波と、端末内での信号処理をつなぐ役割
 - 5G普及にともない、搭載個数の増加や小型化/高密度化が進展中
- 産業構成上の重要性に加え、通信制御上のリスクの観点からも重要
 - 電子部品産業は、日本の産業構成上の重要性が大きく、中でもRFモジュールは通信の管理制御に関わるため、通信ネットワークの末端構成要素として重要

ii

当該市場の基礎データ

- 5G対応端末の需要拡大等によって市場は拡大傾向
- 米国企業が寡占する中で、日本からは村田製作所が唯一トップ3に入り込む構図

iii

注目すべきポイント

- 日本企業にとってシェア確保上の脅威となる動きが顕在化しており、動向を要注視
 - 米国企業によるRF領域への更なる注力強化
 - スマートフォン完成品メーカーを多く持つ中国による国産化

端末の通信を司るRFモジュールは、5Gの普及に伴って技術開発が進展中

RFモジュールの概要 / 5G普及による影響

RFモジュールの概要

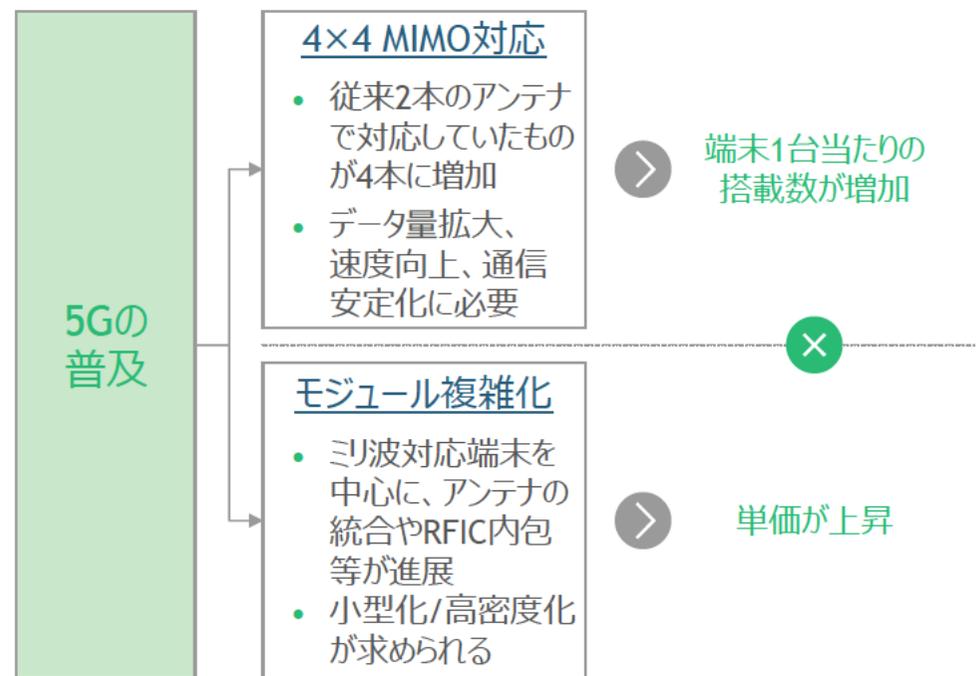
RFモジュールは、下記等の複数部品を基盤上に搭載し、封止・一体化した製品

- ICチップ等の能動部品
- SAWフィルタ、コンデンサ、抵抗、コイル等の受動部品

アンテナと端末本体プロセッサ間の信号処理を行うデバイスで、無線機器の通信を司る役割を有する

- アンテナで受信した電波から信号を抽出する復調処理
- 端末からの信号をアンテナから送信するための変調処理

5G普及によるRFモジュールの変化



⇒ 5G対応のハイエンドスマホの普及とともに需要拡大

産業構成上の重要性に加え、通信制御上のリスクの観点からも重要 RFモジュールに注目すべき理由

電子部品産業は、日本の産業構成上、重要性が大きい

通信端末では、米中韓にシェアを奪われた

- スマートフォン市場では、HuaweiやXiaomi等の中国企業やSamsungやLG等の韓国企業が台頭
- かつて携帯電話市場で上位にあった日本企業は、既に国際市場でのシェアを喪失

一方で、電子部品では、引き続き日系企業が高いシェア

- 半導体製品や小型モータ等、様々な電子機器に搭載される電子部品は、技術力の高さから優位性を維持

中でもRFモジュールは、通信の管理制御に関わるため、通信ネットワークの末端構成要素としても重要

バックドアを仕掛けられる可能性

- 通信を司るデバイスであり、バックドアを設置することで重要情報が抜き取られる可能性も存在

自動車等、今後無線制御が進む機器にも搭載される

- 現在はスマートフォン向けが大半
- ただし今後は、IoTが進展する中で自動運転車含め様々な分野の機器に搭載されていく

自動運転でもキーデバイスと見込まれている為、完成車メーカー/Tier1を多く持つ我が国にとって、安定調達や情報セキュリティ面からも注視すべき部品である

5G普及に伴うRFモジュールの用途拡大

5Gに伴うRFモジュール用途の拡大



特に、自動運転のレベルの向上に伴って5G通信の搭載が進み、自動車向けRFモジュールの需要は拡大する見込み

Source: 富士キメラ総研「Society 5.0時代の注目電子部品 2019」

5G対応RFモジュール市場の予測

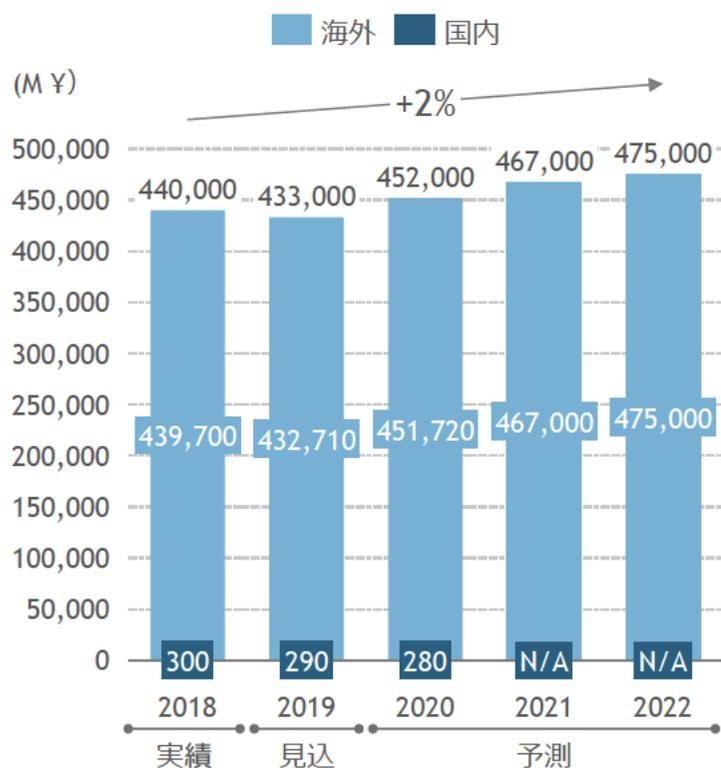
調査会社の試算によると、5G対応RFモジュール市場は、2025年時点で6000億円~規模に拡大

	2020年 (予測)	2025年 (予測)
市場規模 (出荷金額)	2,476億円	6,437億円
自動車向け出荷数量	270万個	1,030万個

RFモジュール市場は'22年に向けてCAGR2%で成長傾向であり、日・米企業で寡占状態

RFモジュールの市場規模 / プレイヤー

グローバル市場規模¹⁾



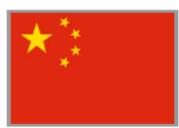
1. 国内市場規模は富士経済に記載のあった2018-2020のみを記載
Source: 富士経済「5Gを実現するコアテクノロジーの将来展望 2020」; 日本経済新聞

主要プレイヤー (2018年グローバル市場シェアトップ5)			
企業	市場シェア	国籍	企業概要・動向
SKYWORKS	35%		<ul style="list-style-type: none"> スイッチ、フィルター 等全てのフロントエンドデバイスを内製化できることが強み
QORVO	30%		<ul style="list-style-type: none"> 2020年12月最大飽和出力電力が他社製品の3倍にあたる10WのRFモジュール「QPF5010」を発売
muRata INNOVATOR IN ELECTRONICS	23%		<ul style="list-style-type: none"> 21年3月期通期の連結営業利益は過去最高の2900億円を見込む 高速通信を高めるミリ波対応部品に強み
⋮			
Qualcomm	—		<ul style="list-style-type: none"> 2019年にTDKと共同で設立した“RF360”を完全子会社化し、通信部品を含めたパッケージ提供を実現

参考) RFモジュールに関する各国政策 (公表情報まとめ)

自国企業支援策

他国企業制限・排除



- 工業情報化省は、5Gなどの分野における電子部品産業に、様々な支援政策を実施することを決定
 - 特定分野のトップ企業の合併を推進
 - 工場新設に必要な許認可の付与、地方政府系ファンドによる資金投入を行う重点工場の指定

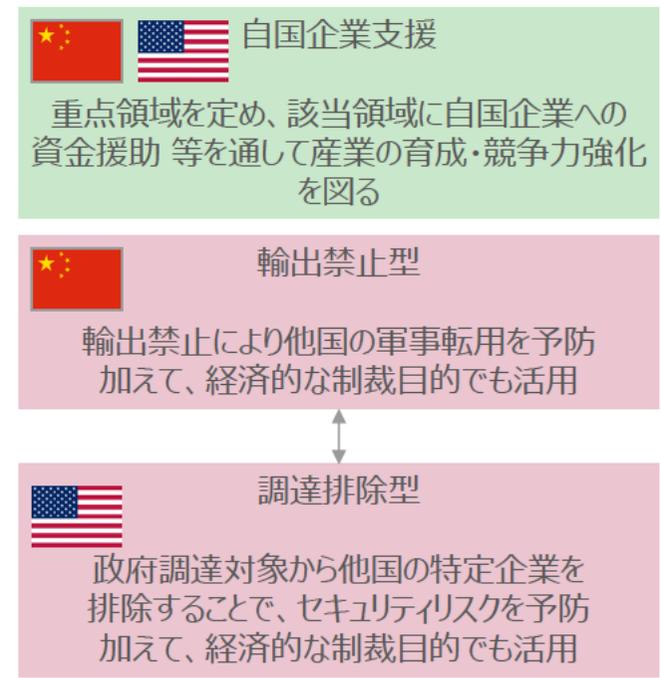
- ハイテク技術等の輸出管理を目的に中国輸出管理法を制定し、特定企業への輸出を禁止可能とする



- 重要な技術分野における米国のリーダーシップを強化する目的の元、「THE ENDLESS FRONTIER ACT」を制定し、先進的な通信を含む10分野に対する支援を実施

- 中国企業の製造する通信機器を政府調達対象から排除
 - 2020年8月には中国5社の製品を使う企業と米政府機関の取引を禁じる規制を施行
 - 2021年3月には5G関連システムや5G機器の部品禁輸を強化

各国の対応パターン



2



ロボティクス

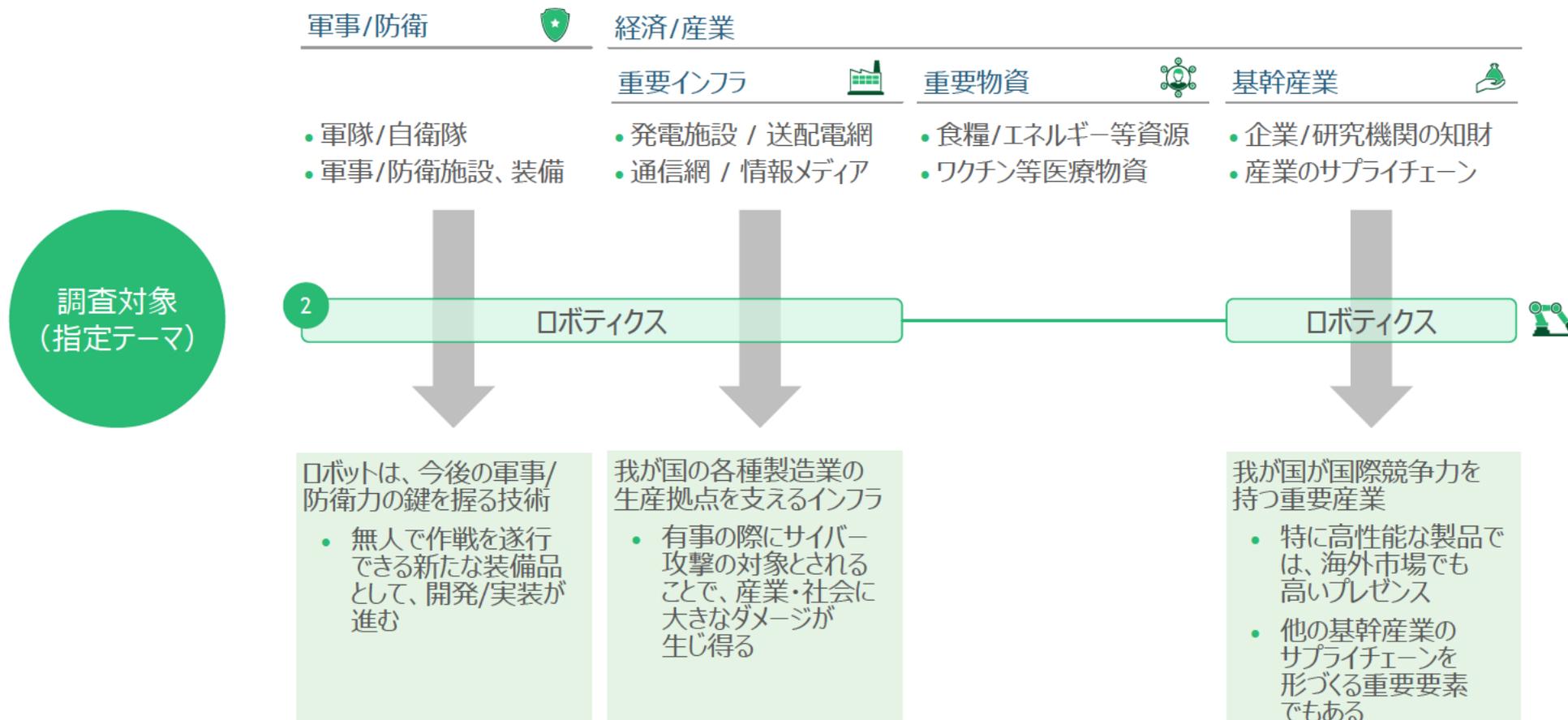


ロボティクス



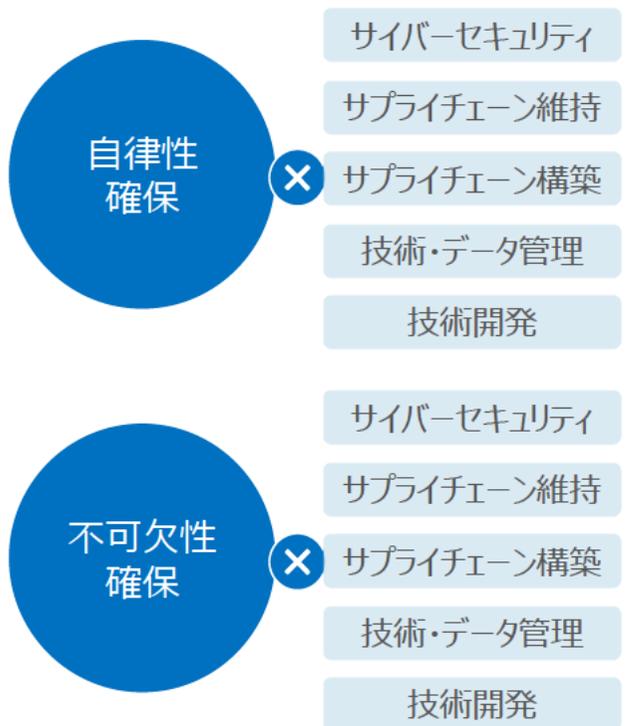
1. 経済安全保障上の重要性
2. サプライチェーンの構造
3. 重要技術を擁する市場の実態
 - A) ロボット (完成品)
 - B) サーボモータ
 - C) 減速機
 - D) PLC

ロボティクスは、我が国の重要産業であると同時に、軍事転用やサイバー攻撃のリスクも内包 経済安全保障上の重要性



このため、経済安全保障上の観点から、次のような点に注目していく必要がある

経済安全保障上の留意点



経済安全保障上の視点

- 国内で利用されるロボットについて、セキュリティ脆弱性やバックドアのリスクは
- ロボットメーカーからの技術流出のリスクは
- 同様に、サプライチェーン途絶のリスクは

- 完成品ロボット又はその部品で、日本がシェアを保ち続けられるか
 - 技術流出や買収で、逆転を許すリスクはないか
 - 産業構造転換や新技術の普及で、一気に競争力を失うリスクはないか

市場実態調査のポイント

- 各国の完成品ロボット市場のシェアの趨勢
- 他国の工業インフラ防衛策と効果
 - PLCセキュリティ規制と企業シェアへの影響

- 完成品ロボット及びモータ、減速機等の各国での市場シェアの趨勢
- 各国による上記産業の国産化政策
 - 外国企業に対する誘致や事業譲渡の働きかけ状況
- 各国によるロボット技術開発の動向



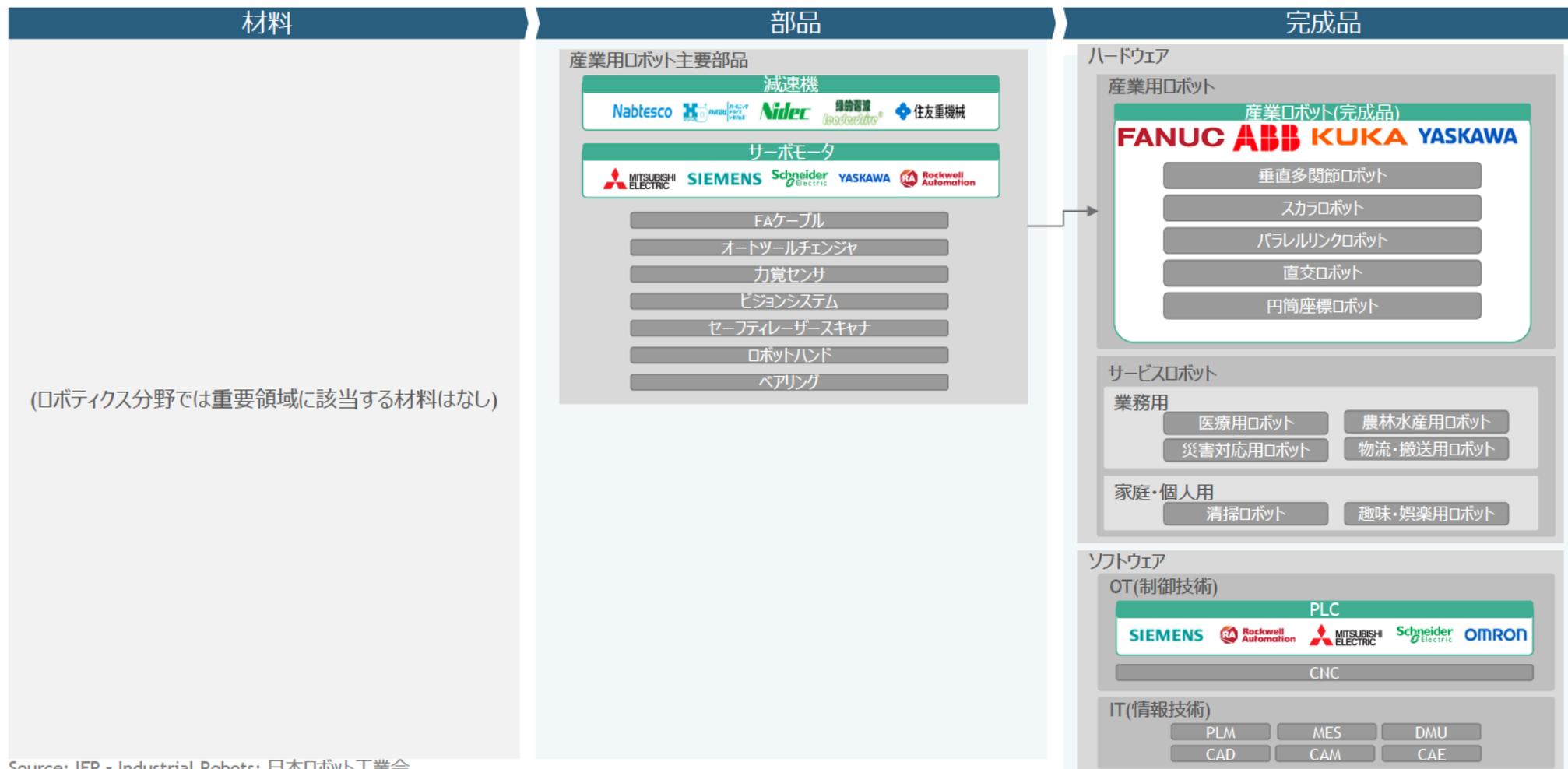
ロボティクス



1. 経済安全保障上の重要性
2. サプライチェーンの構造
3. 重要技術を擁する市場の実態
 - A) ロボット (完成品)
 - B) サーボモータ
 - C) 減速機
 - D) PLC

重要領域として、産業用ロボット(完成品)、減速機、サーボモータ、PLCの調査を実施

ロボティクス分野のサプライチェーンの構造



Source: IFR - Industrial Robots; 日本ロボット工業会



ロボティクス



1. 経済安全保障上の重要性
2. サプライチェーンの構造
3. 重要技術を擁する市場の実態
 - A) ロボット (完成品)
 - B) サーボモータ
 - C) 減速機
 - D) PLC

A. 産業用ロボット (完成品)

i. 注目すべき理由

ii. 当該市場の基礎データ

a. グローバル市場の推移

b. 主要プレイヤーの動向

c. 我が国の輸出入の現状

d. 各国の政策動向

iii. 業界/企業の動向

産業用ロボット (完成品) のポイント

i

注目すべき理由

他製造業への影響の大きさから、国産メーカーの競争力/シェア維持が重要

- 技術/コスト面でキャッチアップした海外メーカー製ロボットの普及は供給先の装置産業化を促し、我が国の重要製造業が品質/生産効率面で付加価値優位性を失っていく可能性
 - 国産メーカーの産業ロボットは、自動車等の基幹作業を中心に供給
- 国内製造業で海外メーカー製ロボットの採用率が高まると、有事の際の潜在的な供給停止リスクに晒される可能性

ii

市場の基礎データ

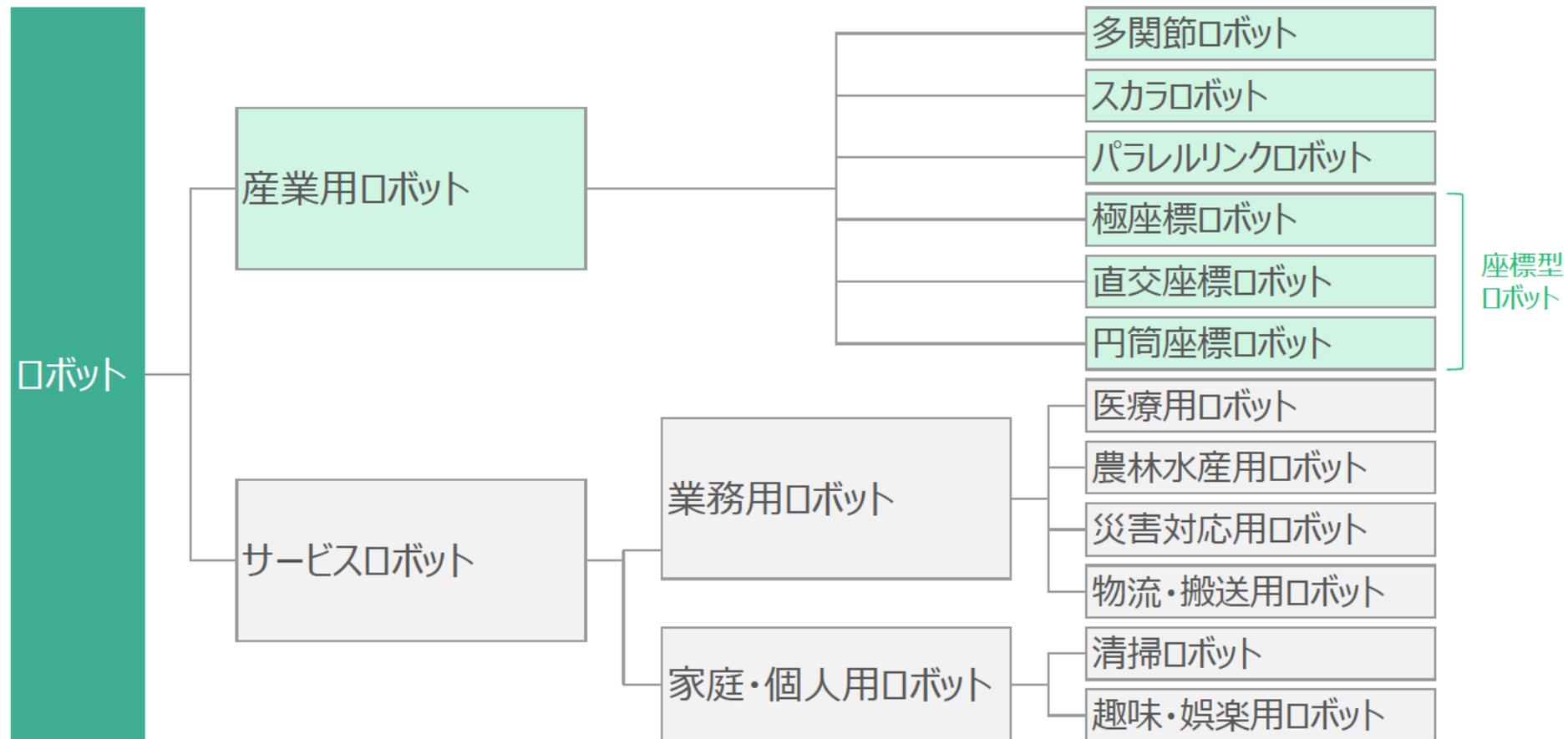
- 自動化の流れを受け、市場は堅調に拡大傾向であり、特に中国が一大市場となっている
- 従来から、日本メーカー2社、欧州メーカー2社の4強が高いシェアを誇る

iii

業界/企業の動向

- 最大の消費地/仕向け地である中国は、安定調達の確保に加え、技術内製化も両睨みで国産化ターゲットに位置付けている
- 日本メーカーは中国需要を取り込むために、JV設立等による生産移管を拡大

本検討では、FAに関連し工場等で稼働する「産業用ロボット」を対象とする ロボットの用途別分類



関節の配置・構造や可能動作により分類され、必要な技術水準も異なる 産業用ロボットの分類

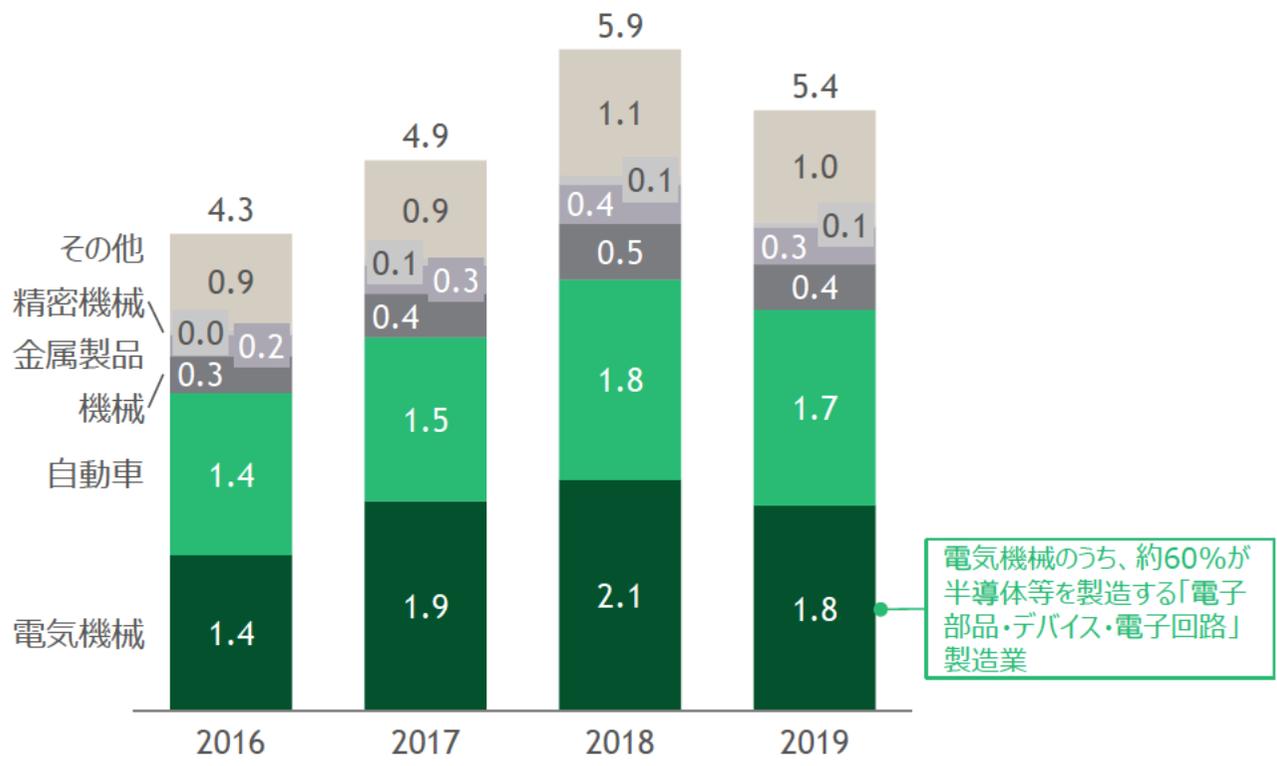
	概要及び用途	必要な技術水準	
多関節ロボット	<ul style="list-style-type: none"> 複数の関節を動かし、繊細な動きが可能 工場や、人が立ち入れない過酷な環境においても、作業が可能 	高	<ul style="list-style-type: none"> 主流である6軸以上の多関節ロボットは、微細な動きを実現するために高い技術力が必要
スカルロボット	<ul style="list-style-type: none"> 水平方向の動きに特化して、精度よく動くことができるロボット 組立や基盤への部品配置などの作業等に用いられる 	高	<ul style="list-style-type: none"> 短いサイクルタイムの中で、正確に(振動せずに)、素早く動くために、高い技術力が要求される
パラレルリンクロボット	<ul style="list-style-type: none"> 複数のアームを用いたピックアンドプレースを行うロボット ベルトコンベアで流れてくる食品の整列や選定などに利用される 	低	<ul style="list-style-type: none"> パラレルリンクロボットの位置決めで求められる精度は、多関節・スカルロボットよりも一桁低い
座標型ロボット	<ul style="list-style-type: none"> 極座標/直行座標/円筒座標等の座標軸を基準に動くロボット 基板や食品の搬送等、直線的/単純な動きの作業を代替 	低	<ul style="list-style-type: none"> 座標軸上を駆動する構造であり、機械構造は単純 生産技術部門が自作する企業も存在

Source: NEDO; 川崎重工 XYZ; エキスパートインタビュー; Fanuc; ヤマハ発動機;

国内ロボット企業の優位性が揺らげば、ロボット供給先の業界に影響が及ぶほか、潜在的な供給途断リスクにも繋がる可能性

産業用ロボット (完成品)に注目すべき理由

出荷先業種別 産業ロボットの国内出荷台数 (万台)



電気機械のうち、約60%が半導体等を製造する「電子部品・デバイス・電子回路」製造業

Source: 日本ロボット工業会

国内メーカーの競争力喪失による影響

海外ロボットメーカーに、技術面/性能面でキャッチアップされた場合・・・

国内ロボットメーカーがロボットを供給する、自動車や電気機械等の広範な製造業種で、各国製品に対する競争優位が低下する可能性

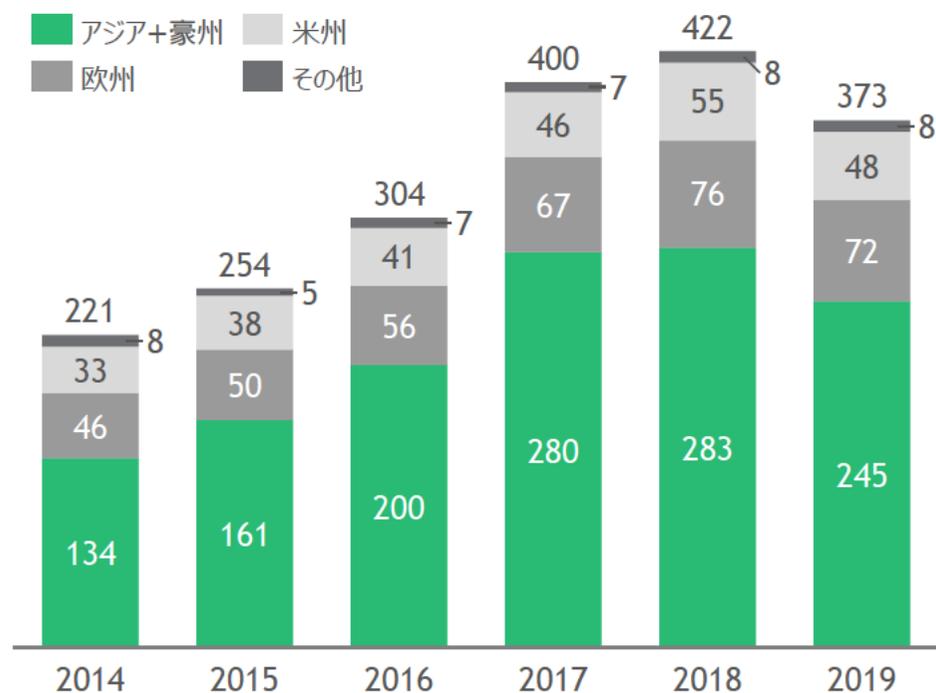
- 産業ロボットは品質や生産効率を支える重要な製造装置のひとつ

さらに、国内製造業に、海外メーカー製の産業ロボット導入が浸透した場合・・・

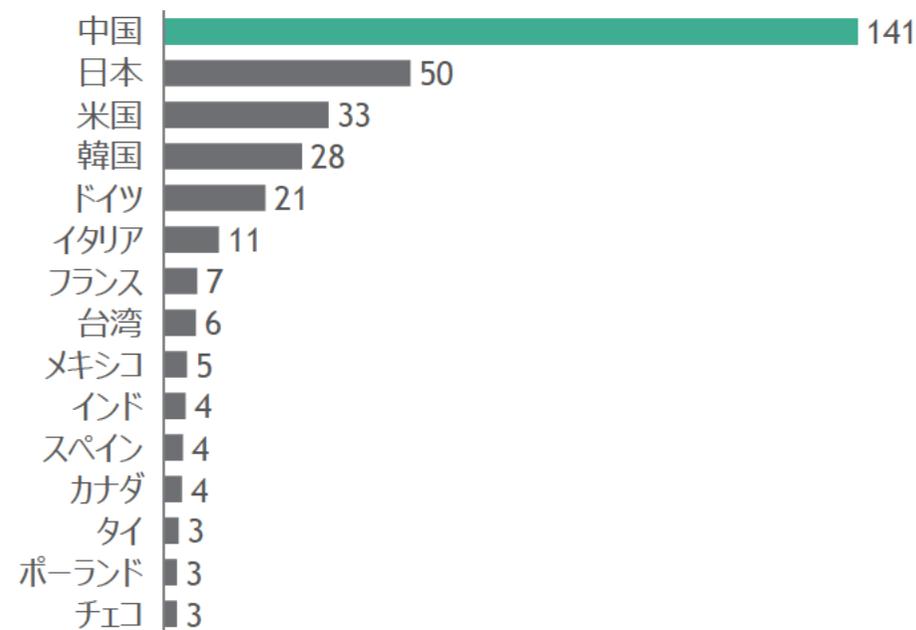
我が国の製造業が海外製の製造装置に依存することになり、潜在的な供給途断リスクに晒される可能性

(参考) 産業ロボット市場ではアジア市場の成長が大きく、中国が最大の消費地/仕向地

地域別 産業ロボットの年間設置台数 (千台)



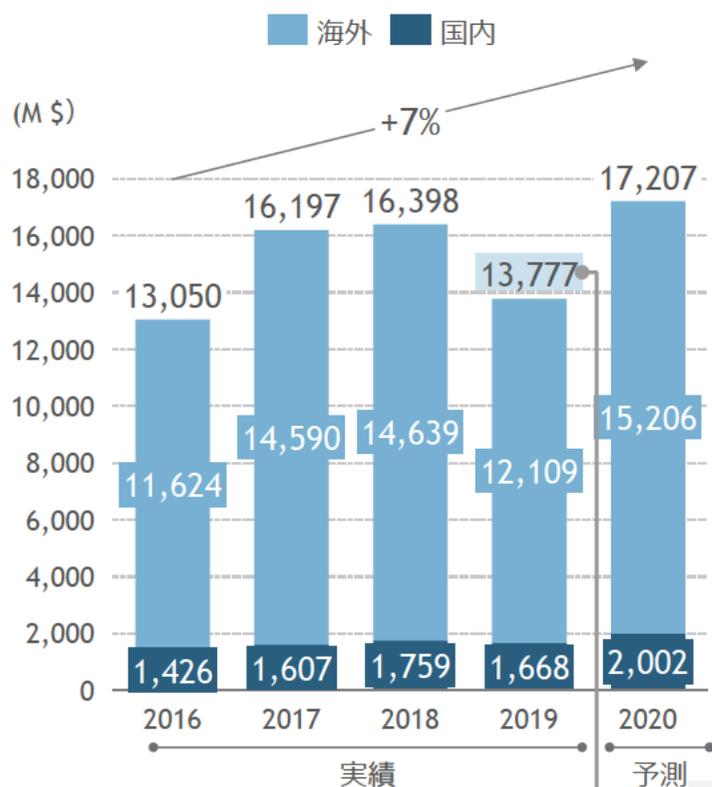
国別 産業ロボットの年間設置台数 (2019年, 千台)



産業用ロボット市場はCAGR7%で成長傾向で、日本企業が約3割のシェアを確保

産業用ロボットの市場規模 / プレイヤー

グローバル市場規模¹⁾



2019年は低価格帯ロボットへの移行や世界的な景気後退の影響により、販売額が減少

主要プレイヤー（2020年グローバル市場シェアトップ5）

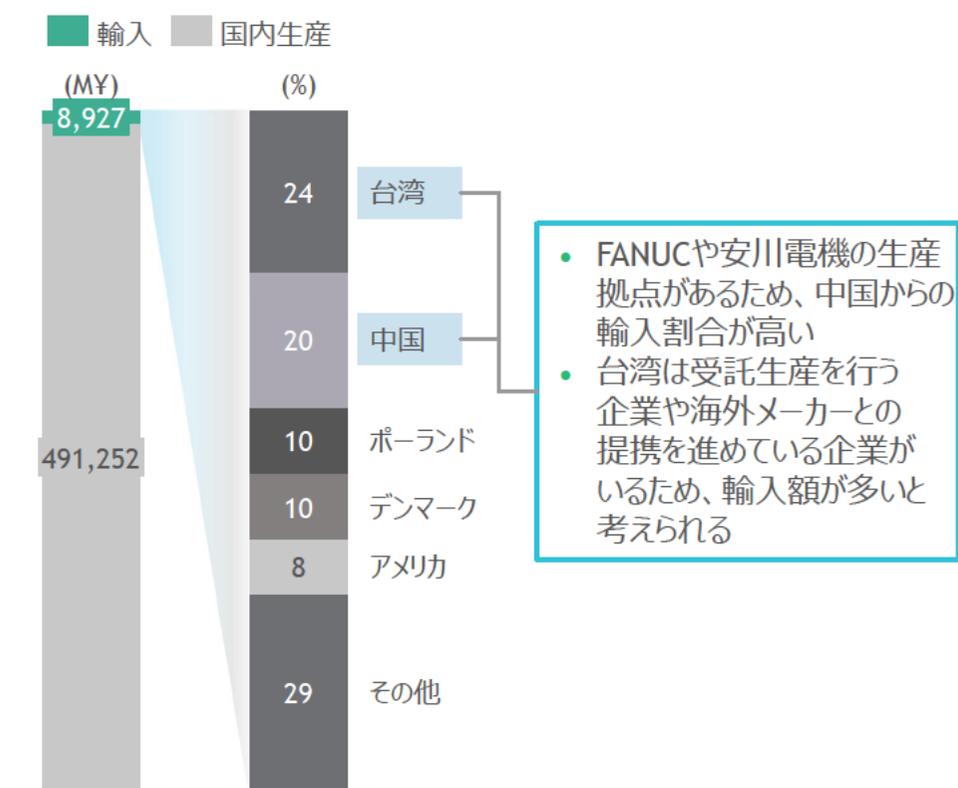
企業名	市場シェア	国籍	企業概要・動向
FANUC	18%	日本	<ul style="list-style-type: none"> ファクトリーオートメーションの総合的なサプライヤー 2016年にはIoT基盤「FIELD system」を販売 2021年、中国の上海に260億円を投資し、産業用ロボットの工場を増設
ABB	14%	スイス	<ul style="list-style-type: none"> ロボット本体だけでなく、システム構築やソフトウェアとの組み合わせに関する提案まで実施 欧州最大級のAMR²⁾企業 ASTIを買収 2021年に約160億円を投資し、中国にアジア最大級の新工場・研究施設を建設。地域拠点を整備
KUKA	14%	ドイツ/中国	<ul style="list-style-type: none"> 高性能かつ、剛性の高いロボットが特徴で、近年はソフトウェアの拡充にも取り組む 2016年に中国の美的集団により買収
YASKAWA	12%	日本	<ul style="list-style-type: none"> ロボット本体だけでなく、4社の中で、唯一ロボットの重要部品であるサーボモータの外販を実施 2021年には中国での設備投資に約50億円を投じる等中国拠点への投資を積極的に実施

1. グローバル市場規模はIFRのWorld Robotics 2020 Industrial Robots等を元にBCGにて計算、2. AMR:自律走行型協働搬送ロボット
Source: IFR - World Robotics 2020 Industrial Robots; statista; robot digest; Newswitch; 36Kr JAPAN; diamond online; ABB

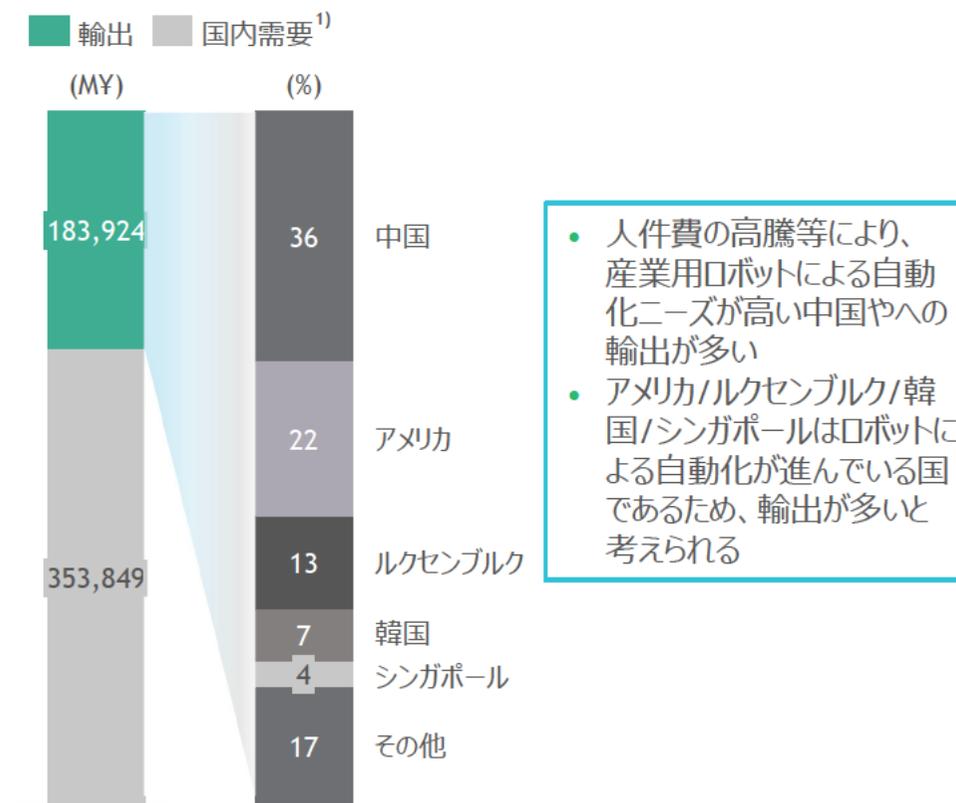
産業用ロボット市場は日本企業ではほぼ自給できており輸入の割合は低い 一方で、輸出先は工場の自動化ニーズが高い国が中心

産業用ロボットの輸出入

輸入の状況 (日本)



輸出の状況 (日本)



1. 国内需要は国内生産 - 輸出 + 輸入で算出

Source: 貿易統計; 生産動態統計; 日本ロボット工業会; MONOist

参考) 産業用ロボットに関する各国政策 (公表情報まとめ)

自国企業支援策



- 「中国製造2025」でロボット完成品やコア部品のシェア拡大を掲げる
- 政府系投資基金がロボットメーカーに出資
 - 上海新時達に80億円を出資
- 地方では上海市が「先端設備産業発展『十四五』計画」、安徽省が「ロボット産業発展計画」等を策定



- 「デジタル・ニューディール」の一環として、中小企業のロボット導入等を補助
 - 「ものづくり補助金」事業にて、最大1億円の補助金を提供



- (特になし)



- 製造業のデジタル化を目指す「インダストリー4.0」を掲げ、継続的にR&Dに補助金を提供
 - 最新の「PAiCE」IPJでは約60億円の資金を提供

他国企業制限・排除

- (外資企業の積極誘致により、国産化に向けた技術のキャッチアップを実施中であり、他国企業制限等はなし)

- (特になし)

- (特になし)

- (特になし)

各国の対応パターン



研究開発型

製造業に利用するロボット技術を含んだ研究・開発に政府が補助金を提供
上記により自国の技術力向上を図る



導入促進型

メーカーにロボット導入に伴う税制優遇や補助金を提供することで、
ファクトリーオートメーションを推進

B. サーボモータ

i. 注目すべき理由

ii. 当該市場の基礎データ

a. グローバル市場の推移

b. 主要プレイヤーの動向

c. 我が国の輸出入の現状

d. 各国の政策動向

iii. 業界/企業の動向

サーボモータのポイント

i

注目すべき理由

- サプライチェーン上の重要性・軍事転用の観点から、国産維持/技術流出防止ともに重要
- ロボットの精確な動作を支える等、完成品の性能を左右する重要部品であり、内製基盤・技術基盤を保持することが重要
 - 高い位置決め・速度制御精度に加え、小型化が求められる
 - 開発が進む小型軍事ロボットの重要部品でもあり、技術流出を防止すべき

ii

市場の基礎データ

- 市場は年平均7%と堅調に推移し、日本がトップシェアを確保する市場
- ロボット完成品メーカーの中では、安川電機のみ、モータの外販も行っている

iii

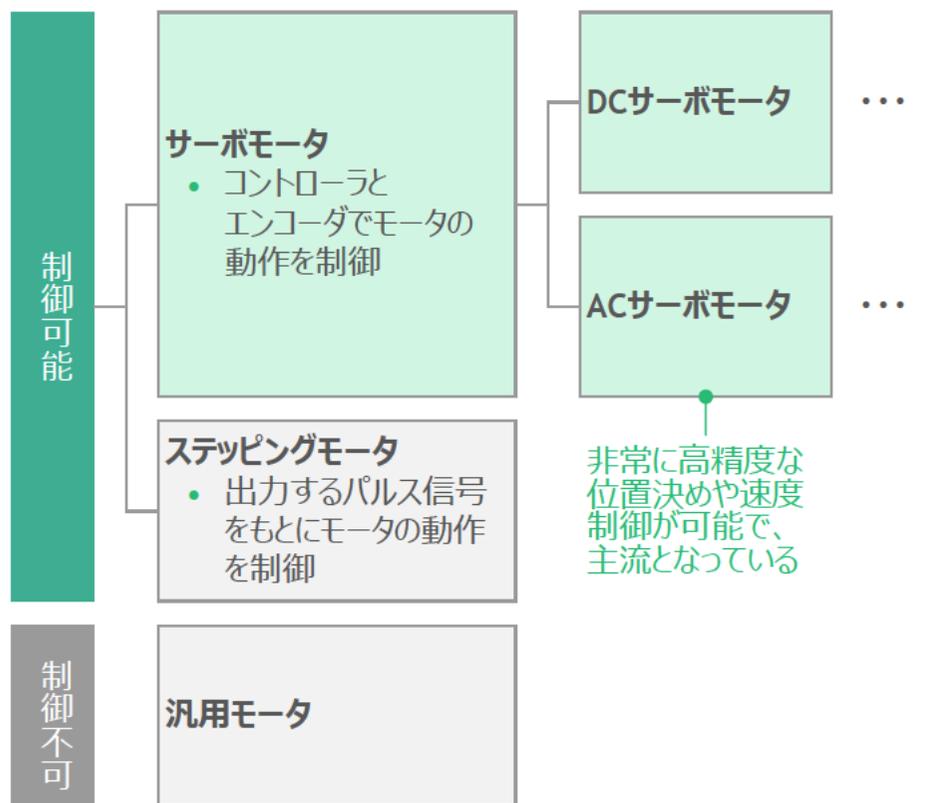
業界/企業の動向

- ロボット完成品と同じく中国政府の国産化ターゲットとなっており、中国市場では日系メーカーのシェアは低下傾向

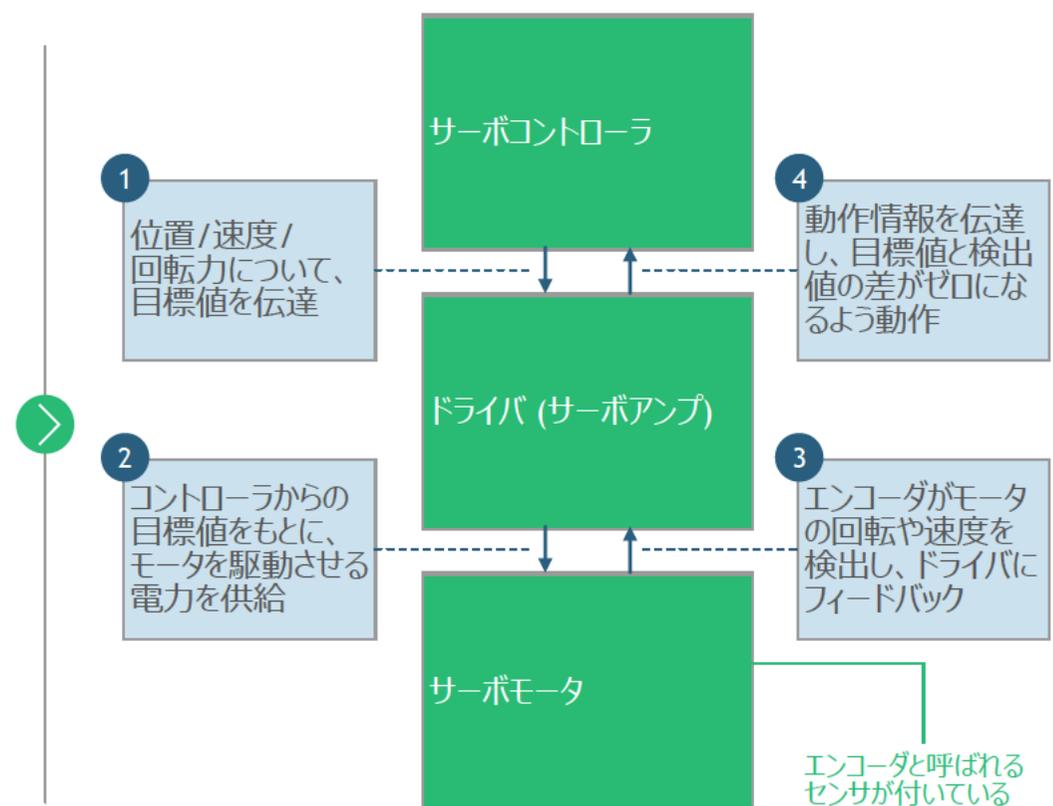
産業用ロボットには、主に位置検知により動作を制御できるサーボモータが使用される

ロボット用モータの概要

モータの分類



サーボモータの制御のしくみ



サーボモータは、産業ロボット完成品の性能を左右し、競争優位の源泉となる重要部品

サーボモータに注目すべき理由①

産業用ロボットにおける役割

- ロボットの関節(軸)部分に搭載される
- モータの回転を正確に制御することで、ロボットが決められた位置に高速かつ正確に動作する

サーボモータの主な差別化要素

- 高精度の位置止め制御
 - モータの駆動を感知するエンコーダの高分解能化技術
- 高精度の速度制御
 - 高い速度応答周波数の実現技術
 - サーボアンプも含めて高い周波数に対応する必要
- 小型化
 - 内部構造の設計技術や巻線技術
 - 高密度化による内部の温度上昇性にも留意する必要

ロボットの精確な動作を支える等、性能を大きく左右する重要部品であり、国内メーカーが生産基盤・技術基盤を保持することが重要

サーボモータは、軍事転用も想定される小型ロボットの運動性能を支える重要部品

サーボモータに注目すべき理由②

サーボモータを活用したロボット例

中国Unitree Roboticsが運動性能に優れる四脚ロボット“Unitree A1”を開発・発表

- バック宙も難なくこなせる運動性能
- 姿勢制御技術に加え、各脚に3つずつ配置されたサーボモータが高い運動性能を支える

米国Boston Dynamicsの四足ロボット“Spot”を模倣しているとみられる

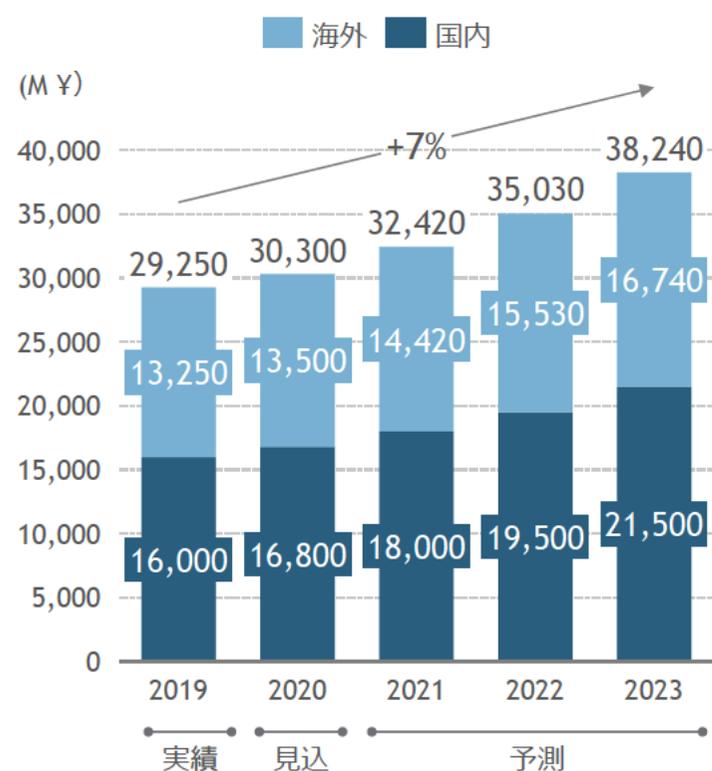
- “Spot”や、前世代モデルの“Big Dog”は、戦地での荷物運搬や偵察等の役割で軍事活用が進んでいる

サーボモータは軽快な動作を行う小型軍事ロボットの重要部品であり、軍事転用の観点からも、小型×高出力の高性能モータ技術の流出を防ぐ必要

サーボモータ市場はロボット完成品と同程度のCAGR7%の成長傾向で、モータとドライブを合わせた市場では日本企業が3割のシェアを占める

サーボモータの市場規模 / プレイヤー

グローバル市場規模



主要プレイヤー ¹⁾ (2019年グローバル市場シェアトップ5)			
	市場シェア	国籍	企業概要・動向
MITSUBISHI ELECTRIC	16%		<ul style="list-style-type: none"> サーボモータを含む幅広いFA製品を提供 名古屋と中国のFA機器の生産拠点に約44億円の設備投資を実施
SIEMENS	13%		<ul style="list-style-type: none"> 航空宇宙・自動車等幅広い産業に製品を提供 新製品の開発・販売を推進し、競争力を強化
Schneider Electric	13%		<ul style="list-style-type: none"> "EcoStruxure"というIoTプラットフォームを提供し、ソリューションビジネスへの転換を実施 成長戦略として、海外拠点の強化を推進
YASKAWA	12%		<ul style="list-style-type: none"> サーボモータ単体では世界首位のシェア 2021年には約50億円を投資し、中国江蘇省にサーボモータやコントローラの工場を新設
Rockwell Automation	6%		<ul style="list-style-type: none"> サーボモータ等のロボット用部品、ソフトウェア、保守サービスを提供

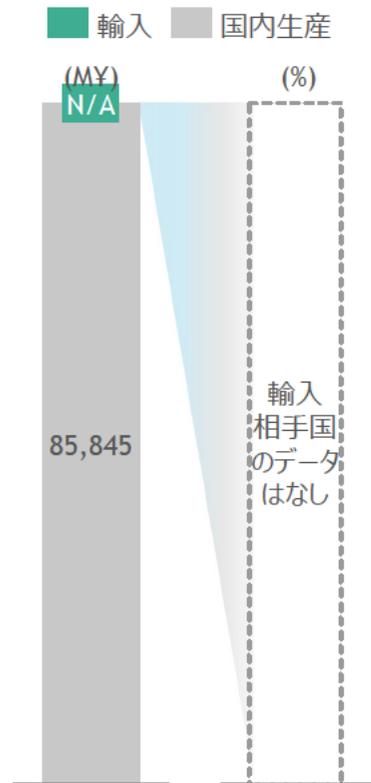
1. 主要プレイヤーのシェアはサーボモータとサーボドライブを合わせたシェア

Source: 富士経済 2020 ワールドワイドロボット関連市場の現状と将来展望; MarketsandMarkets Servo Motors and Drives Market; 設備投資ジャーナル; 日経

サーボモータは日本企業が一定のシェアを占めているため、輸入額は小さく、ロボットの製造拠点多い中国や台湾への輸出が多いと考えられる

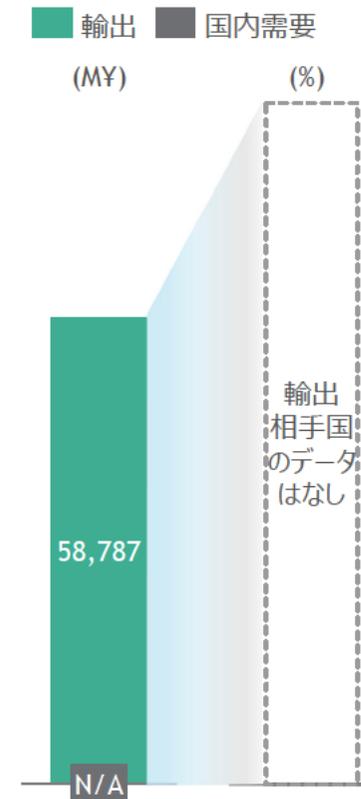
サーボモーターの輸出入

輸入の状況 (日本)



- 日本企業が一定のシェアを占めているため、輸入額は大きくないと考えられる

輸出の状況 (日本)



- 産業用ロボットの製造拠点多い中国や台湾等が輸出相手国に含まれると考えられる

Source: 日本電機工業会

参考) サーボモータに関する各国政策（公表情報まとめ）

	自国企業支援策	他国企業制限・排除
	<ul style="list-style-type: none"> • (特になし) 	<ul style="list-style-type: none"> • (特になし)
	<ul style="list-style-type: none"> • 「中国製造2025」ではサーボモータを含む中核部品のシェア7割を目標にする • 2016年の「ロボット産業発展計画」では2020年までにサーボモーター、減速機等のコア部品の国産化を目標に掲げる <ul style="list-style-type: none"> - 科学技術省の「産業用ロボットにおけるコア基本コンポーネントの適用実証」PJにて、企業と大学の共同研究に資金を提供 	<ul style="list-style-type: none"> • (特になし)
	<ul style="list-style-type: none"> • (特になし) 	<ul style="list-style-type: none"> • (特になし)
	<ul style="list-style-type: none"> • (特になし) 	<ul style="list-style-type: none"> • (特になし)
	<ul style="list-style-type: none"> • (特になし) 	<ul style="list-style-type: none"> • (特になし)

各国の対応パターン



 **国産化型**
 政府が自国企業によるシェアの目標値を明示し、自国生産を達成するための支援を実施

C. 減速機

i. 注目すべき理由

ii. 当該市場の基礎データ

a. グローバル市場の推移

b. 主要プレイヤーの動向

c. 我が国の輸出入の現状

d. 各国の政策動向

iii. 業界/企業の動向

減速機 のポイント

i

注目すべき理由

サプライチェーン上の重要性の観点から、国産維持/技術流出防止ともに重要

- ロボットの精確な動作を支える等、完成品の性能を左右する重要部品であり、サプライチェーン上、内製基盤・技術基盤を保持することが重要
 - 高精度・長寿命・耐衝撃性・高剛性等の観点で高度な技術が必要であり、現状では日本企業が圧倒的な技術力を誇る

ii

市場の基礎データ

- 日系2社が寡占し、日本メーカー合計で約8割のシェアを占める市場
- 中国による国産化の流れを受けて台頭したLeaderdrive社もトップ5に入る状況

iii

業界/企業の動向

- ロボット完成品と同じく中国政府の国産化ターゲットとなっており、中国市場では日系メーカーのシェアは低下傾向
- 現状では、未だ日本メーカーが技術的な優位性を保っている

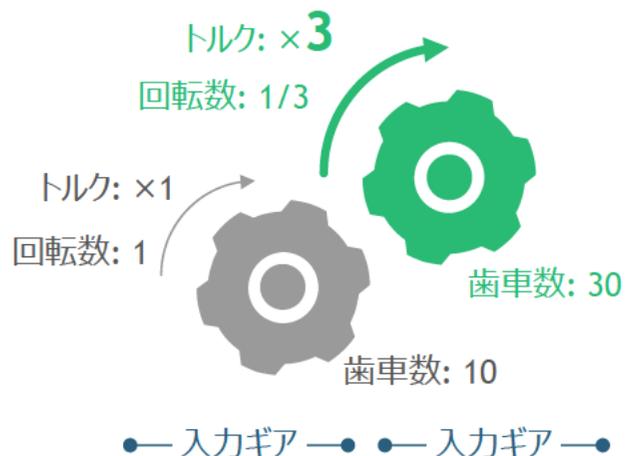
減速機は、モータの回転数を落とすことでロボットを動かすのに必要な力を得る機器

減速機の仕組み

減速機の機能原理

歯数の異なる歯車のかみ合わせ等を用いて、動力源(モータ等)から入力された回転数を落として出力することで、高い回転力(トルク)を生み出す

- トルクと回転数が反比例の関係をもつ性質を利用
- 減速機を取り付けることで、モータ単体に比べ、ロボットを動かすために必要なより大きな力を引き出すことが可能



減速機の仕組み

内部構造は各社製品ごとに異なるものの、モータの先に取り付けられて機能する

- 基本的に、歯車と軸、軸受、筐体、潤滑機構等で構成

ロボットの競争力に繋がる重要部品で、精密な技術的要素が性能を左右する

減速機に注目すべき理由

産業用ロボットにおける減速機的作用

- サーボモータとセットで、ロボットの関節(軸)部分に搭載される
- モータの動力からより大きな力を引き出し、ロボットの高速かつ正確な動作をサポート
 - 減速機が無い場合、より大型のモータが必要になってしまう

減速機主な差別化要素

求められる性能

高精度	<p>ズれない</p> <ul style="list-style-type: none"> • 産業ロボットには微細な位置決め性能が要求される
長寿命	<p>性能が落ちない</p> <ul style="list-style-type: none"> • 短期で劣化すると、追加投資が必要になる • メーカーにより初期性能の維持寿命が10倍以上になることも
耐衝撃性	<p>壊れにくい</p> <ul style="list-style-type: none"> • 関節部分は、他機器との接触/衝突があった際に、特に負荷がかかる部位 <ul style="list-style-type: none"> - ロボット本体のティーチング時の接触等
高剛性	<p>振動しない</p> <ul style="list-style-type: none"> • アーム先端の振動は、品質不揃いに繋がる • 剛性が低いと、振動が止まるまでに時間を要し、タクトタイムが上昇

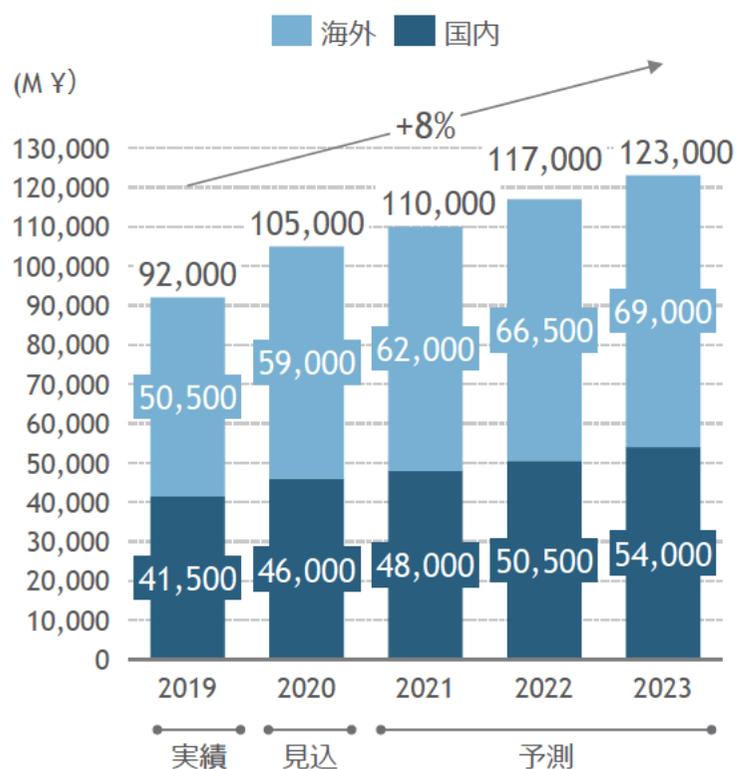
必要な技術的要素

- 高精度かつ堅牢製の高い歯車構造の開発/設計
- 歯車間の隙間(バックラッシュ)を低減する加工技術
- 潤滑剤の開発技術
- 高剛性かつ軽量の素材の選定/開発

減速機市場はロボット完成品と同程度のCAGR8%で成長傾向で、日本企業が約8割のシェアを占める寡占市場

減速機の市場規模 / プレイヤー

グローバル市場規模



主要プレイヤー（2019年グローバル市場シェアトップ5）

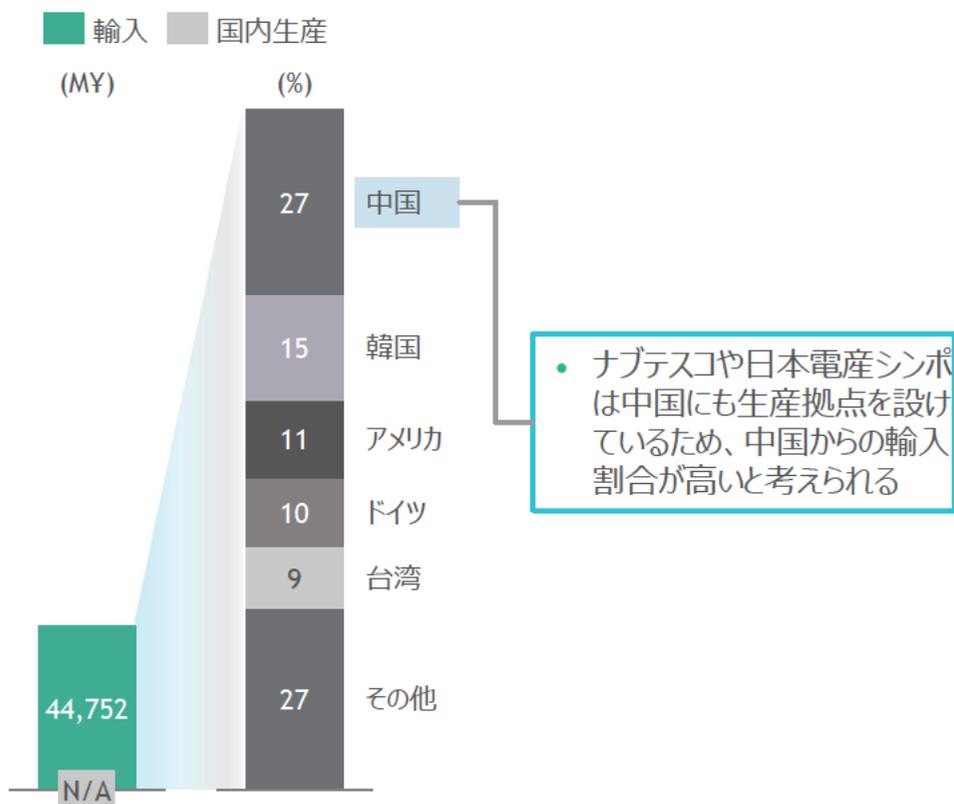
	市場シェア	国籍	企業概要・動向
Nabtesco	41%		<ul style="list-style-type: none"> 制御技術を核に、鉄道、産業用ロボット、自動ドア等幅広い分野に事業を展開 2017年に260億円の設備投資を実施
Harmonic Drive Systems Inc.	28%		<ul style="list-style-type: none"> 産業用ロボットや半導体製造装置に組み込まれる制御装置を製造販売 米国・欧州・アジアをメイン市場とし、積極的に拡販
Nidec NIDEC-SHIMPO CORPORATION	7%		<ul style="list-style-type: none"> 日本電産グループに属し、減速機とプレス機を販売 2020年には70億円を投資し、日本・中国・フィリピンの生産能力を強化
绿的谐波 Leaderdrive®	5%		<ul style="list-style-type: none"> ハーモニック減速機と金属部品事業が主力 中国のロボットメーカー主体に展開してきたが、近年は日本のロボットメーカーへの提案にも注力
Sumitomo Heavy Industries, Ltd.	5%		<ul style="list-style-type: none"> 総合機械メーカーとして幅広い事業を展開 イギリスの"インバーテック"(2019)、イタリアの"ラファート"(2018)の買収によりインバーターやモータと減速機の一体販売を目指す

(減速機を含む)変速機はロボットや航空機/自動車の工場が多い国への輸出額が大きい

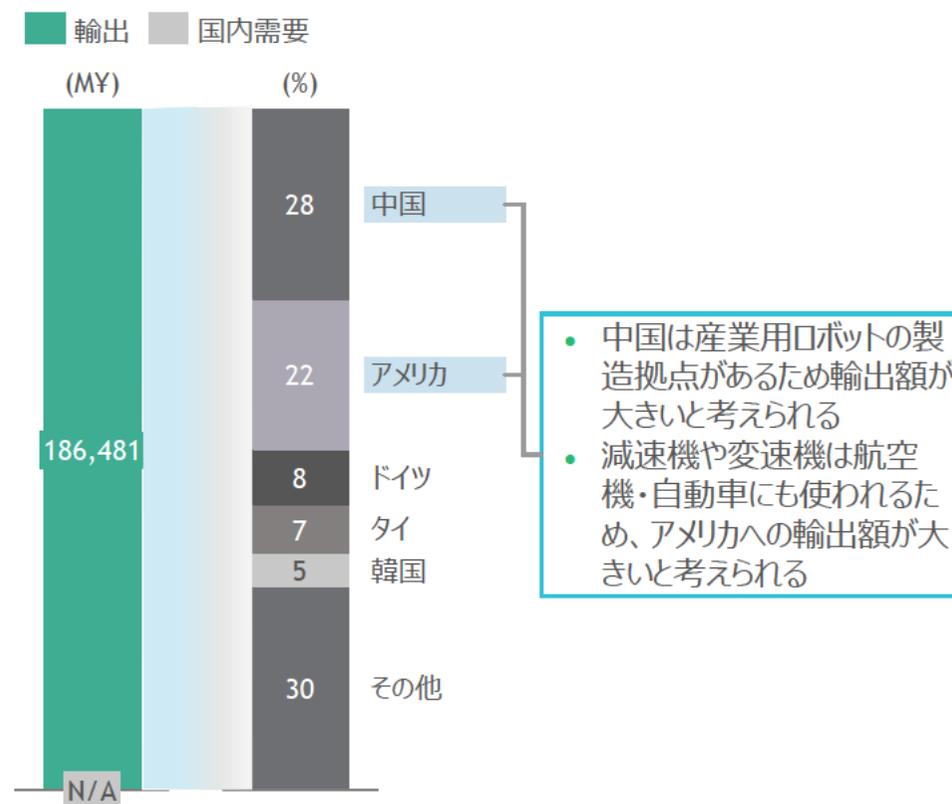
歯車及び歯車伝動機、ボールスクリュー、ローラースクリュー並びにギヤボックスその他の変速機の輸出入

*減速機単体での輸出入データは見つからなかったため、上記品目に関するデータを掲載

輸入の状況 (日本)



輸出の状況 (日本)



Note: HSコード：8483.40 “歯車及び歯車伝動機（単独で提示する歯付きホイール、チェーン sprocket その他の伝動装置の構成部品を除く。）、ボールスクリュー、ローラースクリュー並びにギヤボックスその他の変速機 70（トルクコンバーターを含む。）”の輸出入データを掲載

Source: 貿易統計

参考) 減速機に関する各国政策 (公表情報まとめ)

自国企業支援策



- (特になし)

他国企業制限・排除

- (特になし)



- 「中国製造2025」では減速機を含む中核部品のシェア7割を目標にする
- 2016年の「ロボット産業発展計画」では2020年までにサーボモーター、減速機等のコア部品の国産化を目標に掲げる
- 2018年の「一頭の龍」PJでも減速機の国産化に向けた研究資金支援を多数実施
 - LeaderDriveは「高精密波動歯車式減速機スマート製造」の実施者に選定

- (特になし)

各国の対応パターン



国産化型

政府が自国企業によるシェアの目標値を明示し、自国生産を達成するための支援を実施

D. PLC

i. 注目すべき理由

ii. 当該市場の基礎データ

a. グローバル市場の推移

b. 主要プレイヤーの動向

c. 我が国の輸出入の現状

d. 各国の政策動向

iii. 業界/企業の動向

PLC のポイント

i

注目すべき理由

サイバー攻撃の対象とされるリスクが高まっており、国産維持が重要な産業・製品

- PLCは、機器制御を司る最もエッジ側のシステムだが、Industry 4.0やスマート化の流れの中で、より上位層のITシステムとの垂直的な連携が進展中
 - 従来の閉鎖的な工場内ネットワークのみならず、インターネットへの接続も拡大
- 結果、マルウェア等により制御機器/システムが狙われ、稼働停止/誤作動等の攻撃を仕掛けられるリスクが増大化

ii

市場の基礎データ

- 年平均2%程度ではあるが、今後もスマート工場化等の潮流から市場は安定的に拡大
- FA分野で先行する日欧米のメーカーが強く、三菱電機・オムロンを含むトップ5社で約8割の市場シェアを占有

iii

業界/企業の動向

- PLCは機密性より可用性に重きを置かれてきた製品であり、国内外のセキュリティ関連機関等からサイバーセキュリティ上の脆弱性が指摘されている
- 国際的には、制御システムセキュリティの規格標準化が進められている

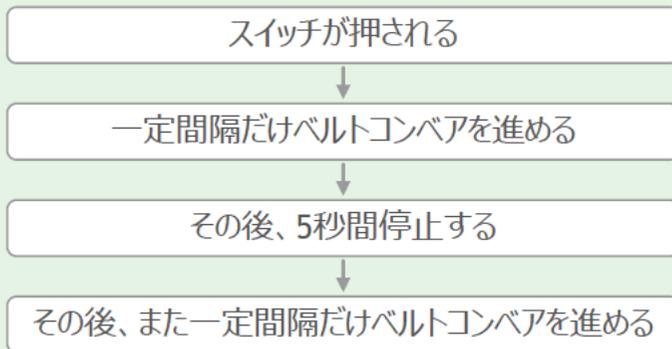
PLCは工場の産業用ロボットや製造機械等の動作順序の制御に活用される制御装置

PLCの仕組み

PLCとは？

- Programmable Logic Controllerの略称
 - なお、三菱電機では「シーケンサ」と呼称
- シーケンス制御と呼ばれる「あらかじめ定められた順序または手続きに従って制御の各段階を逐次進めていく制御」に長けた制御装置

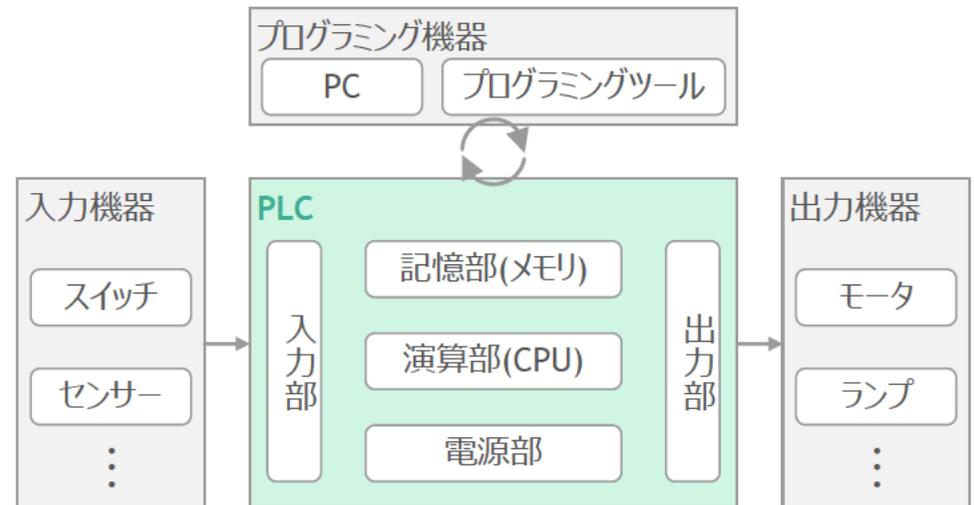
例えば・・・



工場の産業用ロボットや製造機械等の動作順序の制御に活用

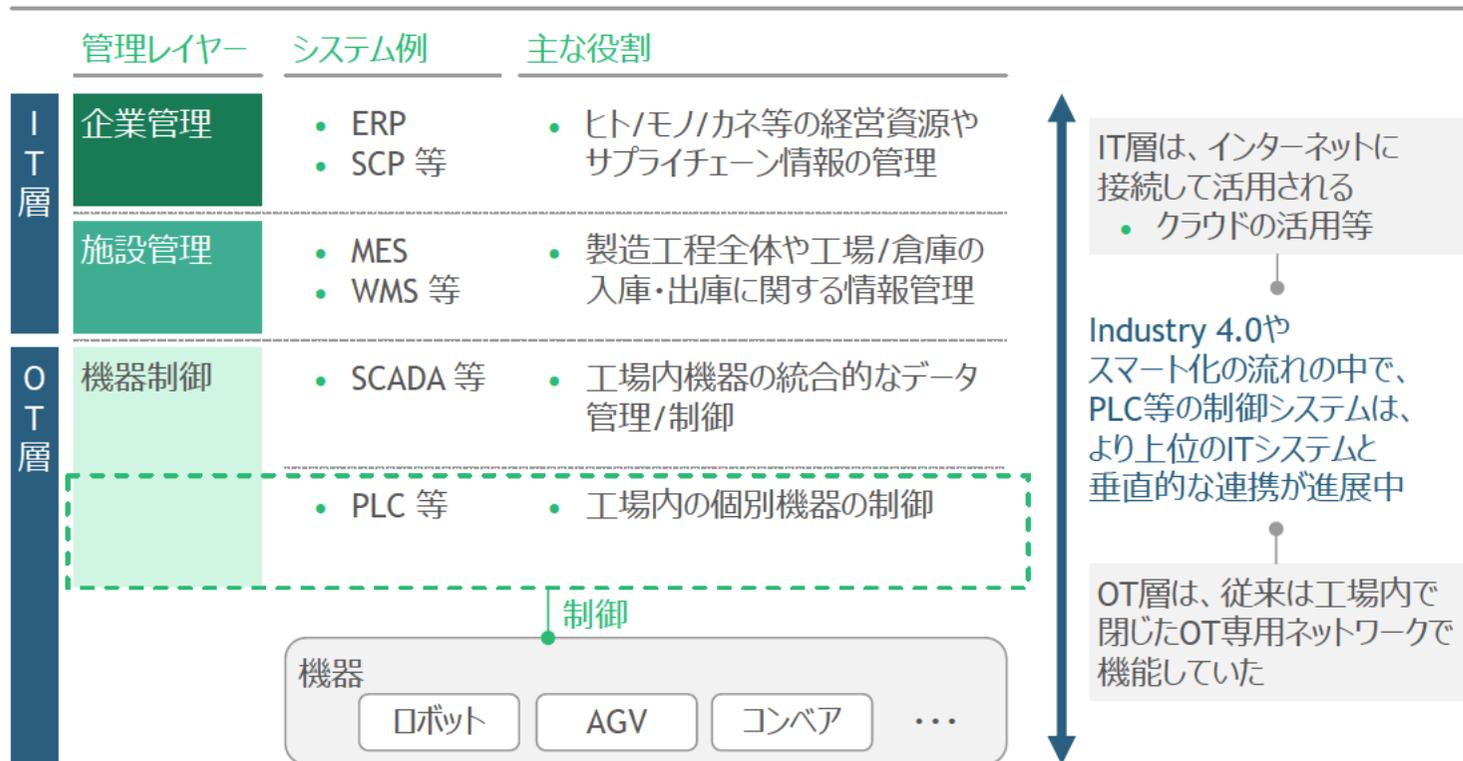
PLCの構造

- PLCは、大きく5つのユニット/モジュールで構成される
 - 入力部・出力部にそれぞれ様々な機器を接続することで、複雑な装置の制御が可能
 - 記憶部・演算部のソフトウェアに書き込まれているプログラムは、PC等の外部機器から書き換えや読み込みが可能



機器制御を司る最もエッジ側のシステムだが、より上位層のITシステムとの接続が進展中 PLCに注目すべき理由 (1/2)

主なFA関連システムの関係



IT層は、インターネットに接続して活用される

- クラウドの活用等

Industry 4.0やスマート化の流れの中で、PLC等の制御システムは、より上位のITシステムと垂直的な連携が進展中

OT層は、従来は工場内で閉じたOT専用ネットワークで機能していた



従来の工場内のクローズドネットワークは、外部のITネットワークと接続されていく

実際にサイバー攻撃の対象となっており、経済的・人的・物理的等の被害が危惧される PLCに注目すべき理由 (2/2)

PLCの上位システムとの垂直連携に伴うリスク

リスク	<p>潜在的なセキュリティホールの拡大</p> <ul style="list-style-type: none"> マルウェア等によりPLCの制御を奪われ、機器の稼働停止や誤作動を招く恐れ
想定される影響	<p>生産ラインの停止</p> <ul style="list-style-type: none"> 作業中断を余儀なくされ、生産計画に大幅な遅延をきたす可能性
	<p>機器の処理能力低下</p> <ul style="list-style-type: none"> 検査機器等がマルウェアに感染した場合は、品質問題に繋がる可能性
	<p>物理的な被害</p> <ul style="list-style-type: none"> 誤作動や爆発等で、機器自体の物理的損壊や作業員に対する人的被害が発生する可能性



大規模な経済的被害が発生する可能性

PLC等の制御システムを狙ったサイバー攻撃

<p>イラン ナタンズの核燃料施設における攻撃事例 (2010年 9月)</p> <ul style="list-style-type: none"> イラン核燃料施設の制御システムがマルウェア「Stuxnet」に感染 <ul style="list-style-type: none"> StuxnetはSiemens社のシステム制御システムを標的に攻撃 施設の技術者に誤作動を知らせない仕組みも含まれていた 遠心分離機を制御する PLC の設定ロジックが改ざんされ、8,400台中1,000台の遠心分離機が稼働不能に
--



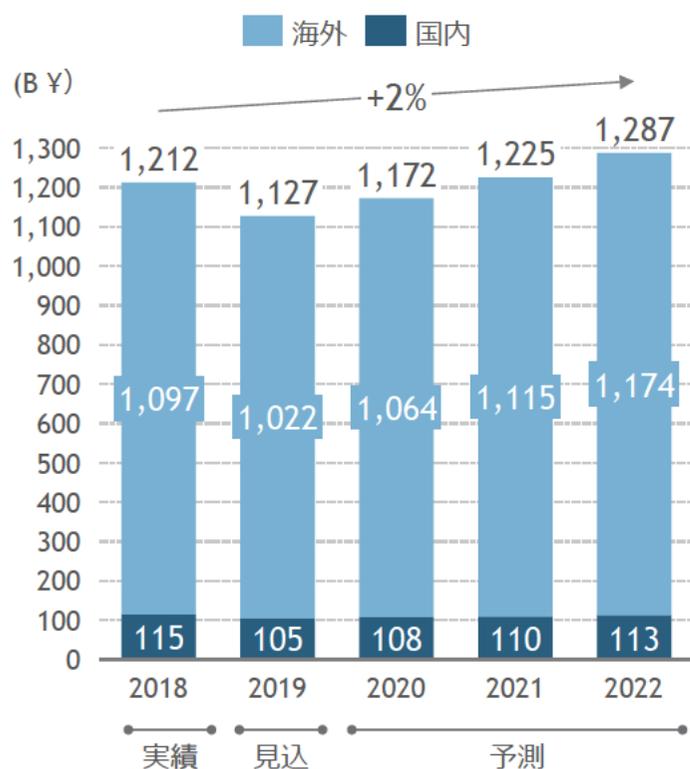
近年も、工場等の制御システムを狙った攻撃は増加

- IBMの調査レポートによれば、2019年にOTを狙った攻撃は対前年比で20倍に
 - PLCを含むICS (産業制御システム) への攻撃

PLC市場は2022年に向けて、CAGR2%で横ばい。日系プレイヤーも一定のシェアを占める

PLCの市場規模 / プレイヤー

グローバル市場規模



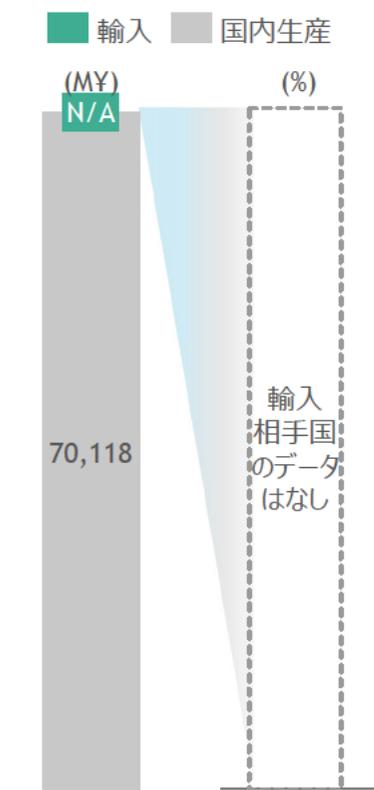
主要プレイヤー (2017年グローバル市場シェアトップ5)		
企業概要・動向	国籍	市場シェア
<p>SIEMENS</p> <ul style="list-style-type: none"> PLCだけでなく、FA機器全般を幅広く製造・販売 高いセキュリティ性を有する「SIMATIC」シリーズを展開 		31%
<p>Rockwell Automation</p> <ul style="list-style-type: none"> コントローラやスイッチ、モータ等の制御機器を展開し、アメリカで高いシェアを持つ 様々なニーズに対応できる「Logix」シリーズを展開 		22%
<p>MITSUBISHI ELECTRIC</p> <ul style="list-style-type: none"> FAに関連する全コンポーネントを自社で揃えるほどの豊富なラインナップが特徴 幅広い用途に対応可能な「MELSEC」シリーズを展開 		14%
<p>Schneider Electric</p> <ul style="list-style-type: none"> 工場のオートメーション化を支援する製品・システムを提供 表示機の利便性を重視した「Pro-face」製品を展開 		8%
<p>OMRON</p> <ul style="list-style-type: none"> 制御機器・FAシステムを製造、販売 PCベースのハイエンドマシンコントローラ「NJ/NX」の開発・拡販に注力 		6%

Source: 富士経済 2019年 注目メカトロニクスパーツ市場実態総調査; Statista; Rockwell; 高木商会

PLCは主要メーカーを有するドイツ等からの輸入が一定あり、一方で、工場の自動化に取り組んでいる中国や韓国への輸出が多いと考えられる

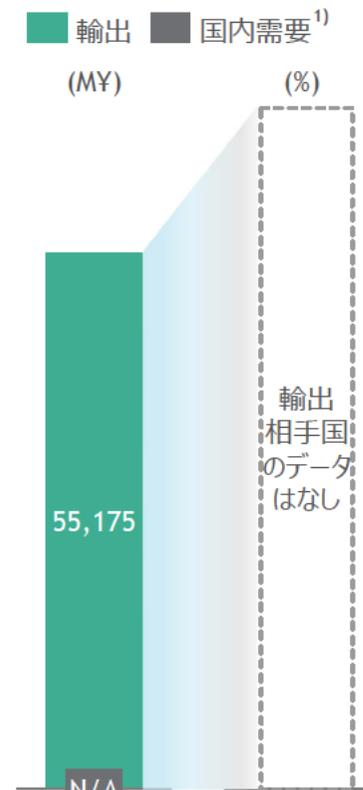
PLCの輸出入

輸入の状況 (日本)



- PLC市場で高いシェアを誇るドイツ・アメリカ・フランス企業からの輸入が一定あると考えられる

輸出の状況 (日本)



- 工場の自動化が進んでいる中国/韓国等が輸出相手国に含まれると考えられる

1. 国内需要は国内生産 - 輸出 + 輸入で算出
Source: 日本電機工業会

参考) PLCに関する各国政策 (公表情報まとめ)

自国企業支援策

他国企業制限・排除



- NISC¹⁾がサイバーセキュリティに関する情報提供・ガイドライン策定を実施
- 総務省が「IoT普及促進税制」を創設しサイバーセキュリティ対策が講じられたシステム・ロボ等の購入に税制優遇を適用

- (特になし)



- 「中国製造2025」ではロボット用制御機器を含む中核部品シェア7割が目標
- 2018年の「一頭の龍」PJで、研究開発資金を援助

- (特になし)



- 情報セキュリティ庁が産業用制御システムのセキュリティについても情報提供・ガイドラインの策定を実施
 - 「産業用制御システムのセキュリティ-10大脅威と対策-」を公開

- (特になし)



- 国家情報システムセキュリティ庁がセキュリティ戦略を定め、教育や企業支援を実施
 - 産業用制御機器も対象にセキュリティ認証CSPNの審査・付与を実施

- (特になし)



- 2020年、CISAが産業用制御システムを脅威から守るための活動方針を発表
 - 技術開発によるサイバーセキュリティの成熟等

- (特になし)

各国の対応パターン



国産化ファースト型

自国に大手メーカーを持たない為、まずは国産化を目指し、政府による国内企業目標の設定、研究開発に対する資金援助を実施



サイバーセキュリティ推進型

すでに国産大手メーカーを持つ国々では、PLCのサイバーセキュリティ強化を政府機関が主導して、ガイドラインの作成や標準化を実施

1. CISC = 内閣サイバーセキュリティセンター 2. CISA = 国土安全保障省傘下の組織。cyber security & infrastructure security agency
Source: 総務省; NEDO; JETRO; Tech; IPA

3



ドローン



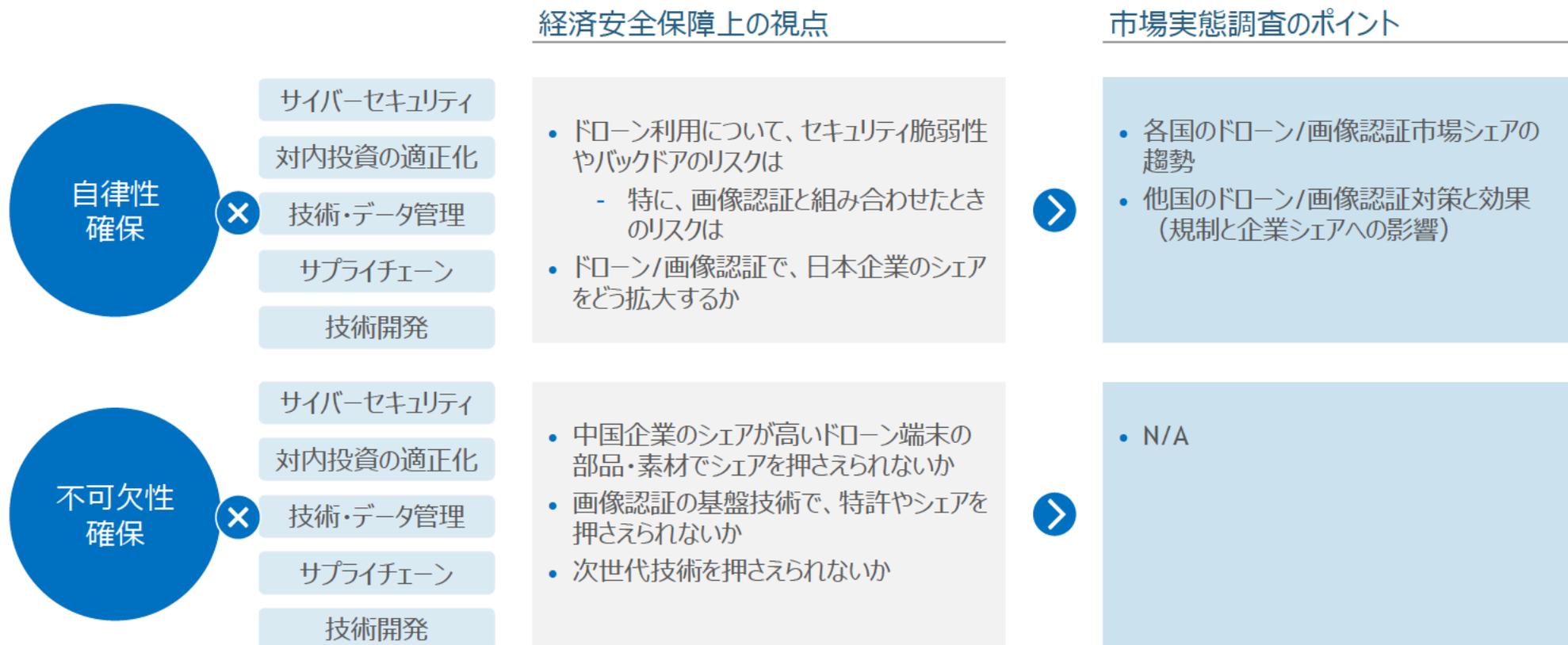
ドローン



1. 経済安全保障上の重要性
2. サプライチェーンの構造
3. 重要技術を擁する市場の実態
 - A) ドローン (完成品)
 - B) AI画像解析 (顔認証)

このため、経済安全保障上の観点から、次のような点に注目していく必要がある

経済安全保障上の留意点





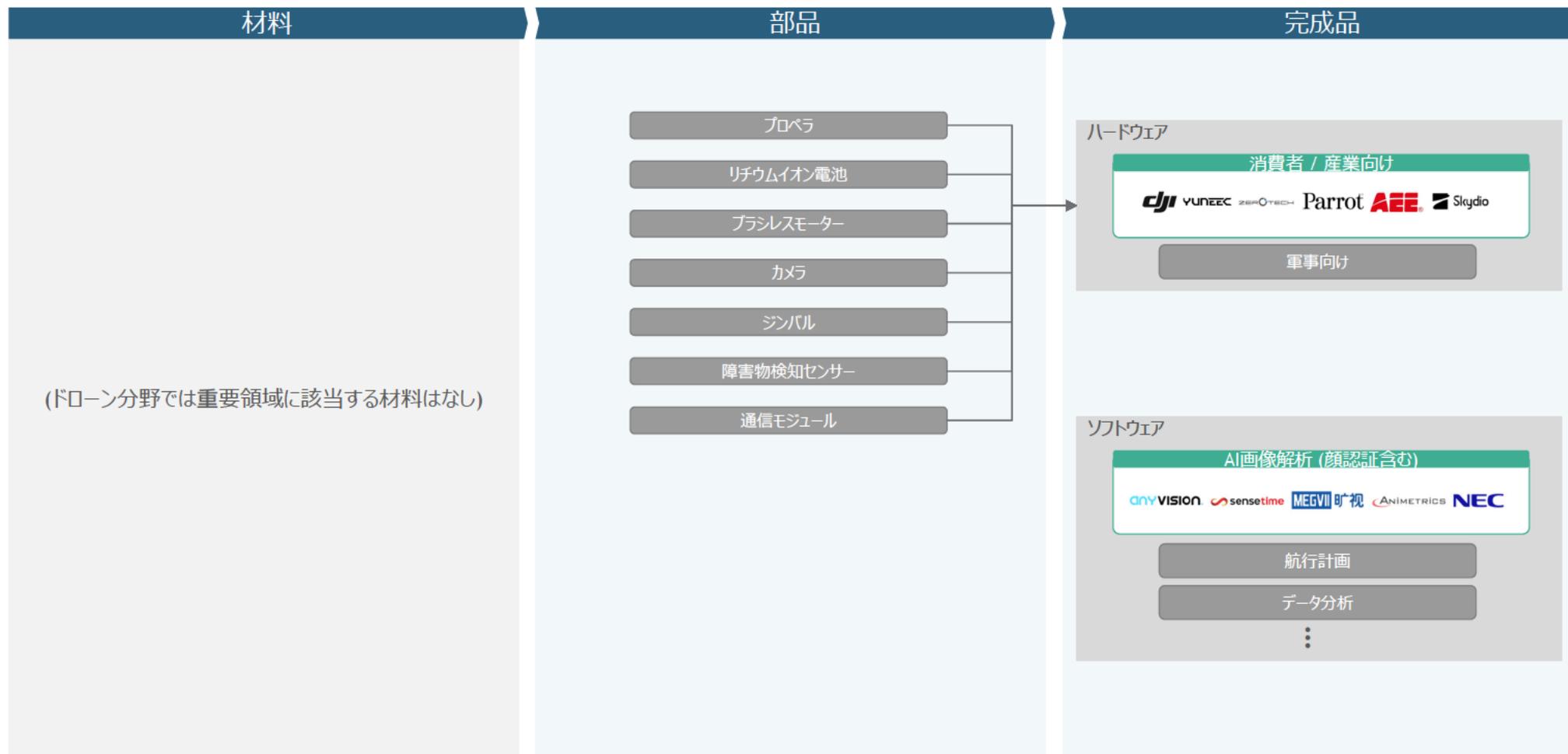
ドローン



1. 経済安全保障上の重要性
2. サプライチェーンの構造
3. 重要技術を擁する市場の実態
 - A) ドローン (完成品)
 - B) AI画像解析 (顔認証)

重要領域として、コンシューマ/産業向けドローン(完成品)とAI画像解析(顔認証)の調査を実施

ドローン分野のサプライチェーンの構造





ドローン



1. 経済安全保障上の重要性
2. サプライチェーンの構造
3. 重要技術を擁する市場の実態
 - A) ドローン (完成品)
 - B) AI画像解析 (顔認証)

A. ドローン (完成品)

i. 注目すべき理由

ii. 当該市場の基礎データ

a. グローバル市場の推移

b. 主要プレイヤーの動向

c. 各国の政策動向

iii. 業界/企業の動向

ドローンのポイント

i

注目すべき理由

軍事転用の他、民生用/産業用も情報窃取手段/武器となりうるため、国産化が重要

- もともと軍事用からスピノフした製品であり、民生用で開発/向上した技術は軍事用に転用/FBされうる
 - 民生用のドローン機体や搭載技術も、武器としてインフラ攻撃等に活用される危険性
- 重要インフラや国土/地理データ等、安全保障に関わる重要情報が流出する可能性
 - 産業用で最も多い用途は、電力など重要インフラの点検・監視

ii

市場の基礎データ

- 様々な分野での活用が進み、市場は今後数年は二桁成長の見込み
- 中国企業が独占的にシェアをもつ市場で、中でもトップのDJIは約65%のシェアを確保

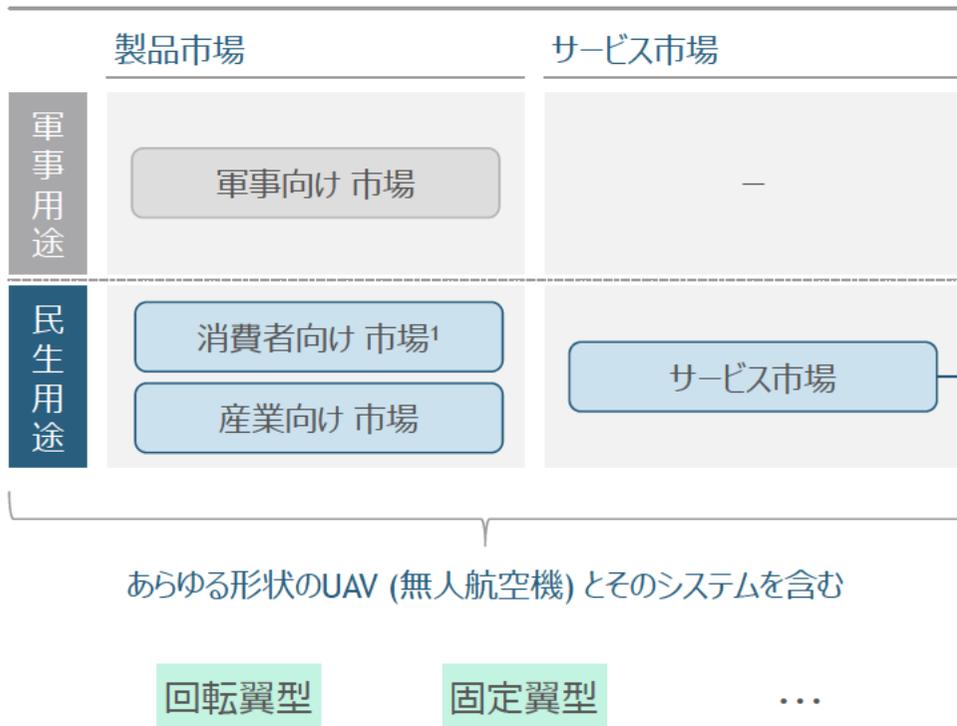
iii

業界/企業の動向

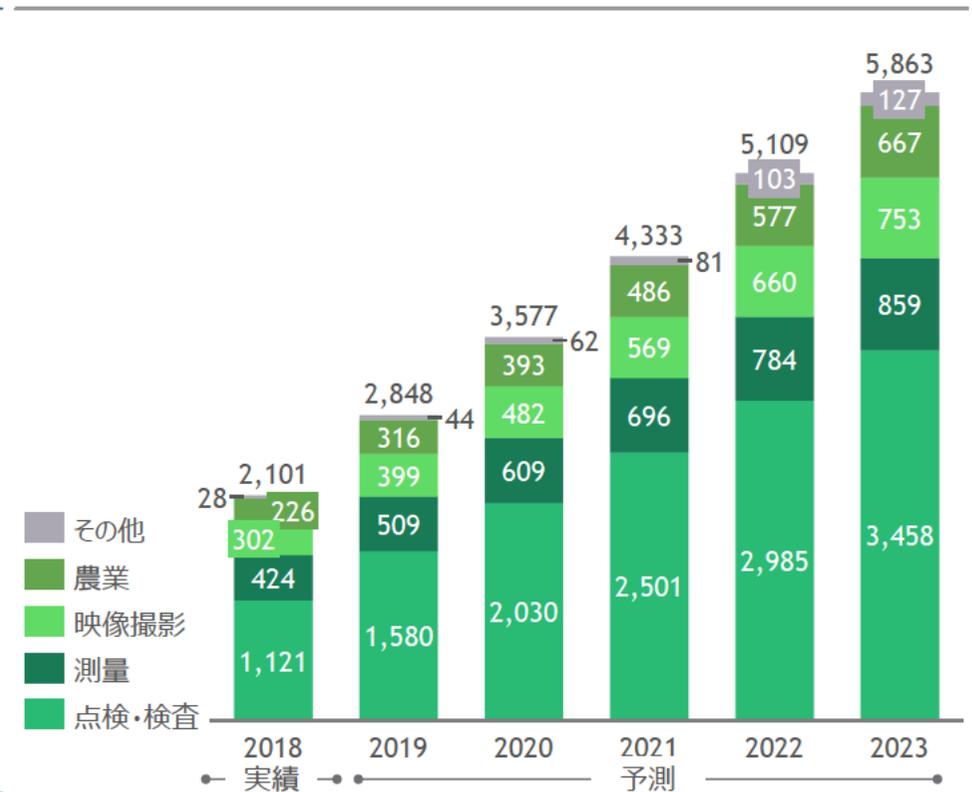
- 日本は政府系調達から中国メーカー製ドローンの排除方針を決定
- 国産ドローン市場の立ち上げが進められており、NEDOも加わって官民一体の技術開発が進められている

民生用ドローン市場の活用用途としては、点検・検査用途は最も大きく、次いで測量となる ドローン市場の構成

ドローン市場の全体像



ドローンサービス市場の構成 (億円)



1. 主にホビー用を念頭に置き、調査会社集計時には民生用のうち、価格5万円以下のものが消費者向けとして区分されている
Source: 矢野経済研究所「ドローン(UAV/UAS)の世界市場と将来予測 2019」; DJI; Wingcopter

民生用のドローン機体や搭載技術も、武器としてインフラ攻撃等に活用される危険性

ドローンに注目すべき理由①

ドローンを使ったインフラ施設などへの攻撃

近年、小型の爆弾等を積載したドローンによるインフラ施設等に対する攻撃が数多く発生

- ドローンは小型かつ低空域を飛行可能であるため、レーダーを含む既存の防空システム網で完全に防御するのが難しい
- 軍用ドローンのみならず、民生用ドローンも攻撃に使用される
 - 実際にイエメンの反政府勢力で使用されたドローンは、各国の民生用ドローン部品で構築され、数万円程度で製造可能だった

<事例>

- 2019年9月、サウジアラビアの製油所に爆弾を積んだドローンによる攻撃が発生



- 設備が損壊し、機能不全に陥った

Source: [NHK](#); [WSJ](#); [CNET](#); [DJI](#); [Sankei biz](#); [ミレポ](#)

民/軍 表裏一体で開発が進む自律飛行技術

各国でAI等を活用した自律飛行型ドローンの開発が進展中

- 屋内や橋梁下等のGPSが機能しない場所での点検・監視等に活用

米国 Skydio	中国 DJI
GPSが機能しない場所でも自律飛行できる技術を独自開発 障害物を検知し、自動で回避 飛行ルートを計算して自律航行	DJI製ドローンに搭載し、GPS無しで自律航行を可能にする超小型コンピュータを開発



自律飛行技術は各国が軍事開発を進める「スウォーム(自立制御されたドローンの群れ)」を用いた戦術に利用される

- AI等で識別した標的に向かって、自律制御されたドローンの群れが人間の操作無しに襲い掛かる
- ドローンは互いにネットワークで相互リンクされ、情報共有し合いながら標的を狙う
- 米国や中国で既に技術開発が進展中

重要インフラや国土/地理データ等、安全保障に関わる重要情報が流出する可能性 ドローンに注目すべき理由②

ドローンメーカーへのデータ送信の懸念

米国政府はドローンを通じ、安全保障に関わる重要情報が外国企業/政府に送信されている可能性があるとして指摘

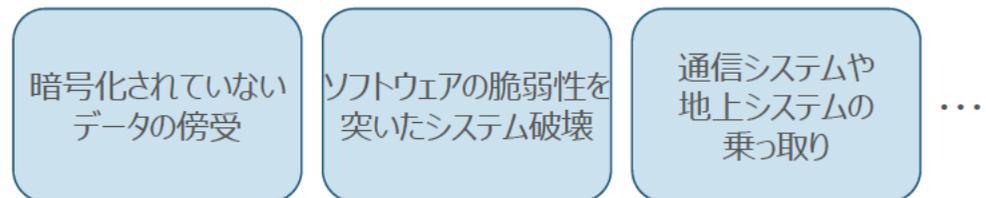
- 2019年に、米国土安全保障省のサイバーセキュリティー・インフラセキュリティー局が呼びかけ
- 飛行情報が中国のメーカーに送信されており、その情報は中国政府もアクセスできる状態と指摘
 - インターネット接続の無効化や、SDカードの除去等の対策実施を助言
- 当時米国・カナダで使用されていたドローンの約8割が中国DJI製であったため、実質的にDJIを念頭に置いた行動
 - 米国の捜査機関や、インフラ運営機関等でDJI製品が活用されていた
- 2020年には、内務省による中国製ドローンの使用停止に加え、DJI製ドローンが禁輸リスト入りする事態に

ハッキング/乗っ取りによる情報窃取の懸念

ドローンは、他のIT機器/システムと同じく、下記の要素から構成

- ハードウェア
- ソフトウェア
- ネットワーク/データリンク

ハッキング等により下記のような攻撃を受ける可能性が存在

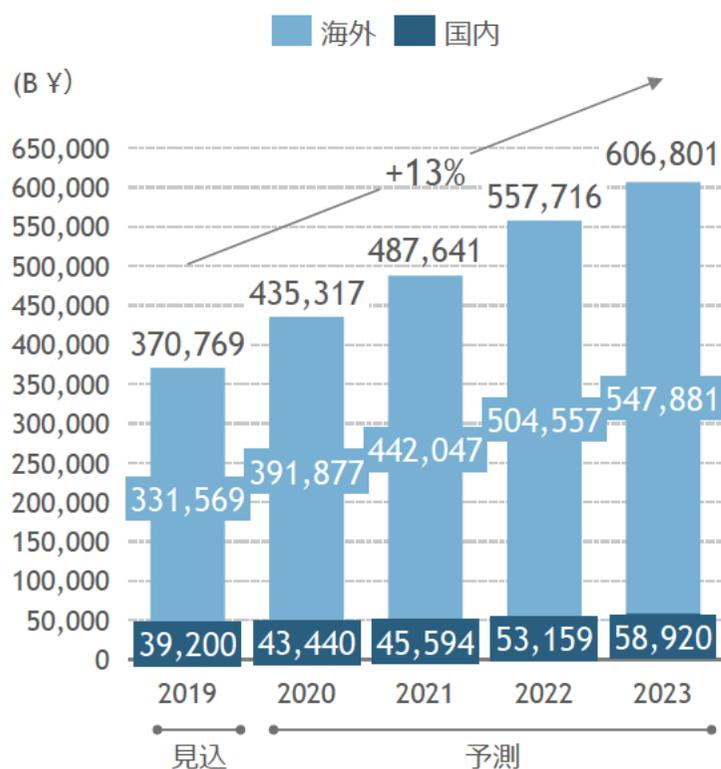


重要インフラの点検・検査データや、国土/地理の測量データ等、安全保障に関わるデータが窃取されるリスクが存在

ドローン市場はCAGR13%と大きく成長見込みであり、中国企業が約8割のシェアを占める寡占市場

ドローンの市場規模 / プレイヤー

グローバル市場規模(コマーシャル + コンシューマ向け)



主要プレイヤー (2019年グローバル市場シェアトップ5)

	市場シェア	国籍	企業概要・動向
	65%		<ul style="list-style-type: none"> 民生用ドローンで圧倒的なシェアを誇るが、米国による対中制裁により、収益成長は大きく鈍化 近年は産業用ドローンに注力
	5%		<ul style="list-style-type: none"> 2016年にIntel社から約60億円の資金調達を実施 700件以上の特許を持っており、高い技術力が強み
	4%		<ul style="list-style-type: none"> 顔認識により自動追跡が可能な200gの小型ドローンが有名 長距離飛行に適する固定翼機(VTOL)も提供
	3%		<ul style="list-style-type: none"> コンシューマー向けドローンが主力だが、傘下のSensefly(測量向けの製品を提供)、Pix4D(3D画像処理に強み)による他分野での拡大を図る
	3%		<ul style="list-style-type: none"> アクションカメラのメーカーであり、同製品を搭載したドローンを提供 中国公安に採用されるような産業用ドローンも開発
⋮			
	—		<ul style="list-style-type: none"> 「非GPS環境下での自律飛行」を可能にした技術力の高さが特徴 2020年にはドコモとの協業による製品提供を発表

Source: 矢野経済 "ドローン(UAV/UAS)の世界市場と将来予測"; Yuneec; CNET Japan

参考) ドローンに関する各国政策 (公表情報まとめ)

自国企業支援策



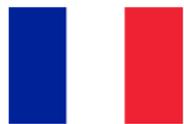
- 国防総省はSkydio社を含む米国のドローン企業5社に約15億円の投資を実施



- 経済産業省は「安全安心なドローン基盤技術開発」PJにて、政府調達向けを想定したドローンの研究開発に16.1億円を拠出



- 地方政府が農業用ドローンの購入に24-48万円の補助を提供
 - 湖北省では機体数が3年で230機(2016年)から2492機(2019年)に増加
- 工業和信息化部は2017年にドローン産業の育成に関する取組みを発表



- (特になし)

他国企業制限・排除

- 2020年、安産保障や外交政策上の観点から中国のDJIを禁輸対象企業に指定
- 2021年には政府調達から中国・ロシア等のドローンを排除する大統領を発令

- 各省庁が保有している約1,000機のドローンについて国産ドローンに入れ替える方針

- (特になし)

- (特になし)

各国の対応パターン



他国企業排除型

情報窃取や機体乗っ取りのリスク等安全保障上のリスクを考慮し、他国産のドローンを排除



自国企業支援型

他国企業のドローン排除を実現するために、補助金付与や投資等の国産化政策により、自国メーカーを育成



購入補助型

産業用ドローンの利用推進を目的に、購入時に補助金を交付
上記により、自国のドローン産業育成に寄与

A. AI画像解析 (顔認証)

i. 注目すべき理由

ii. 当該市場の基礎データ

a. グローバル市場の推移

b. 主要プレイヤーの動向

c. 各国の政策動向

iii. 業界/企業の動向

AI画像解析（顔認証）のポイント

i

注目すべき理由

他国のシステム/技術に依存した場合、国民や防衛等に関する重要情報を窃取されるリスクが高まるため、安全保障上の観点から国産化が重要

- 米国では、安全保障や軍事用途での応用検討が進められており、ドローンへの実装技術を持つ軍用テックベンチャー等への投資も見られる

ii

市場の基礎データ

- 顔認証は様々な分野に応用される基礎技術として市場は急速に伸長する見込み
- その中で、社会実装が一足先にすすむ中国と米国の企業がリードしている

iii

業界/企業の動向

- 顔認証の技術実証/社会実装は、個人情報/プライバシー保護の政策整備と表裏一体であり、中国と比して民主的プロセスを重視する米国ではボトルネックになりがち
 - 米国に近い日本は、国産化を今後進めていくうえで両面の整備が必要となる

米国では、安全保障や軍事用途での応用検討が進められており、ドローンへの実装技術を持つ軍用テックベンチャー等への投資も見られる

顔認証とドローンを組み合わせた技術開発

anyVISION.

- イスラエルのベンチャー企業
 - 経営層や相談役に、イスラエルの諜報当局や国防省の出身者が名を連ねる
- イスラエル政府に加え、香港やロシアにも監視カメラ製品を提供
 - 空港等に加え、デモ監視にも活用
- 2019年、米国特許庁に、ドローンの撮影画像から高度な顔認識を実現する技術に関する特許を申請
 - 顔を適切に撮影できる角度を把握し、移動中やホバリング中に高品質の画像取得を行う必要があり、難易度が高いと言われる

出資

Microsoft

2019年、マイクロソフトは自社のベンチャー投資部門を通じてAnyVisionに出資

- 同社の技術を利用する目的とみられる
- ヨルダン川西岸におけるパレスチナ人の監視活動への技術利用の可能性が報道され、現在は投資を引き揚げ済み

(参考)

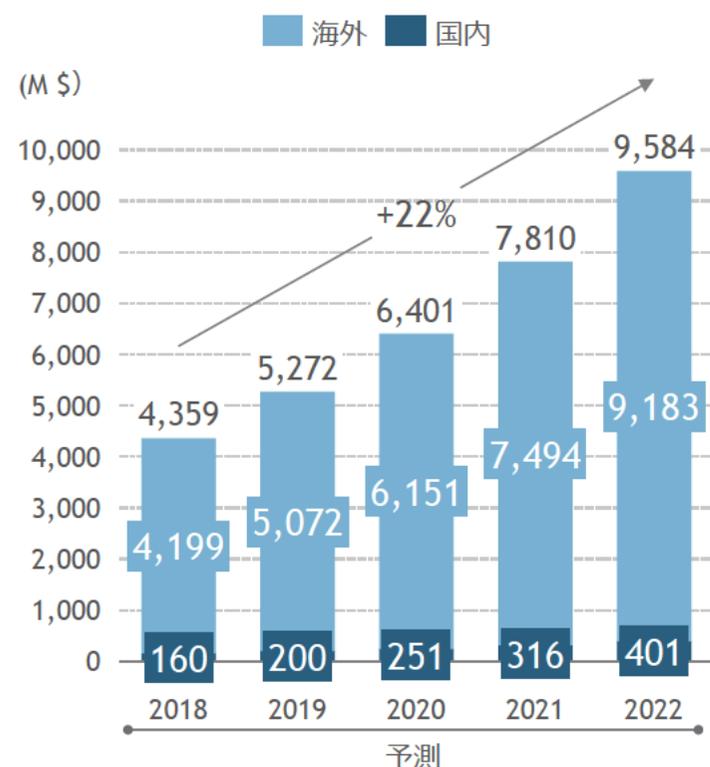
- 2021年4月、米陸軍にAR端末「ホロレンズ」の特注版を提供と発表
- 契約期間10年/総額2.4兆円の規模

米国の軍事/諜報機関も同様の技術開発に取り組んでいると言われる

- 米軍特殊作戦司令部 (SOCOM)
- インテリジェンス先進研究プロジェクト活動 (IARPA) など

顔認証市場は様々な分野に応用される基礎技術として、CAGR22%で急速に伸長する観測 その中で、社会実装が一足先にすすむ中国と米国の企業がリードしている

顔認証の市場規模 / プレイヤー
グローバル市場規模



主要プレイヤー			
	推定売上	国籍	企業概要・動向
	1-10億 ¹⁾		<ul style="list-style-type: none"> 顔認識に必要な画像を取得するためのドローンの飛行制御技術に関する特許を取得 主な出資社はEldridge, Bosch, DFJ Growth Lightspeed Venture Partners, Qualcomm 累計約128億円の資金調達を達成
	100~500億 ¹⁾		<ul style="list-style-type: none"> 顔検出/認証や車/歩行者検出等ディープラーニングを活用した画像認識技術が得意 クアルコムとパートナーシップを締結し、投資を受ける(2017)
	100~500億 ¹⁾		<ul style="list-style-type: none"> クラウド型の顔認識PFであるFace++を提供 中国警察の監視カメラに活用されており、群衆から犯罪者を識別・追跡することが可能
	—		<ul style="list-style-type: none"> 政府機関向けにクラウド型の顔検索アプリを提供 <ul style="list-style-type: none"> Forensica GPSは顔画像を2Dから3Dへ変換可能で、捜査機関にて利用 米国で多くの特許を登録しており、高い技術力が特徴
	(生体認証で) 1,000億 ²⁾		<ul style="list-style-type: none"> 2021年、米国国立標準技術研究所(NIST)による高性能顔認証のベンチマークテストで6回連続の世界1位を獲得。技術で業界を牽引

1. Crunchbaseによる予測売上 2. 顔認証含めた生体認証事業の2021年度目標売上高

Source: Allied Market Research 「Facial Recognition Market2015-2022」; Morder Intelligence GLOBAL FACIAL RECOGNITION MARKET (2020 - 2025); Monoist; BCN;

参考) 顔認証に関する各国政策 (公表情報まとめ)

	自国企業支援策	他国企業制限・排除
	<ul style="list-style-type: none"> • (特になし) 	<ul style="list-style-type: none"> • (特になし)
	<ul style="list-style-type: none"> • スカイネット(天網工程)の開発に際して、AIベンチャー"SenseTime"やMegviiに資金援助を実施 • 顔認証関連企業に政府系ファンドから資金を提供 <ul style="list-style-type: none"> - Megviiは2019年に、中国銀行から750万ドルを調達 	<ul style="list-style-type: none"> • (特になし)
	<ul style="list-style-type: none"> • (特になし) 	<ul style="list-style-type: none"> • ウイグル人等の監視や人権侵害に関与していることを理由に中国の監視カメラや顔認証技術関連企業等を禁輸措置リストに追加 • 2021年12月、SenseTime / Megviiを大統領令(2021.06)に基づくNS-CMICリストに追加し、米国民の投資を禁止

各国の対応パターン

	<p>自国企業支援型</p> <p>政府系ファンドや政府調達を通じて、自国企業の開発援助・育成を実施</p>
	<p>禁輸措置型</p> <p>輸入を禁止することで、他国へのプライバシーデータ流出リスクを回避</p>

4



自動車 (EV)



自動車 (EV)

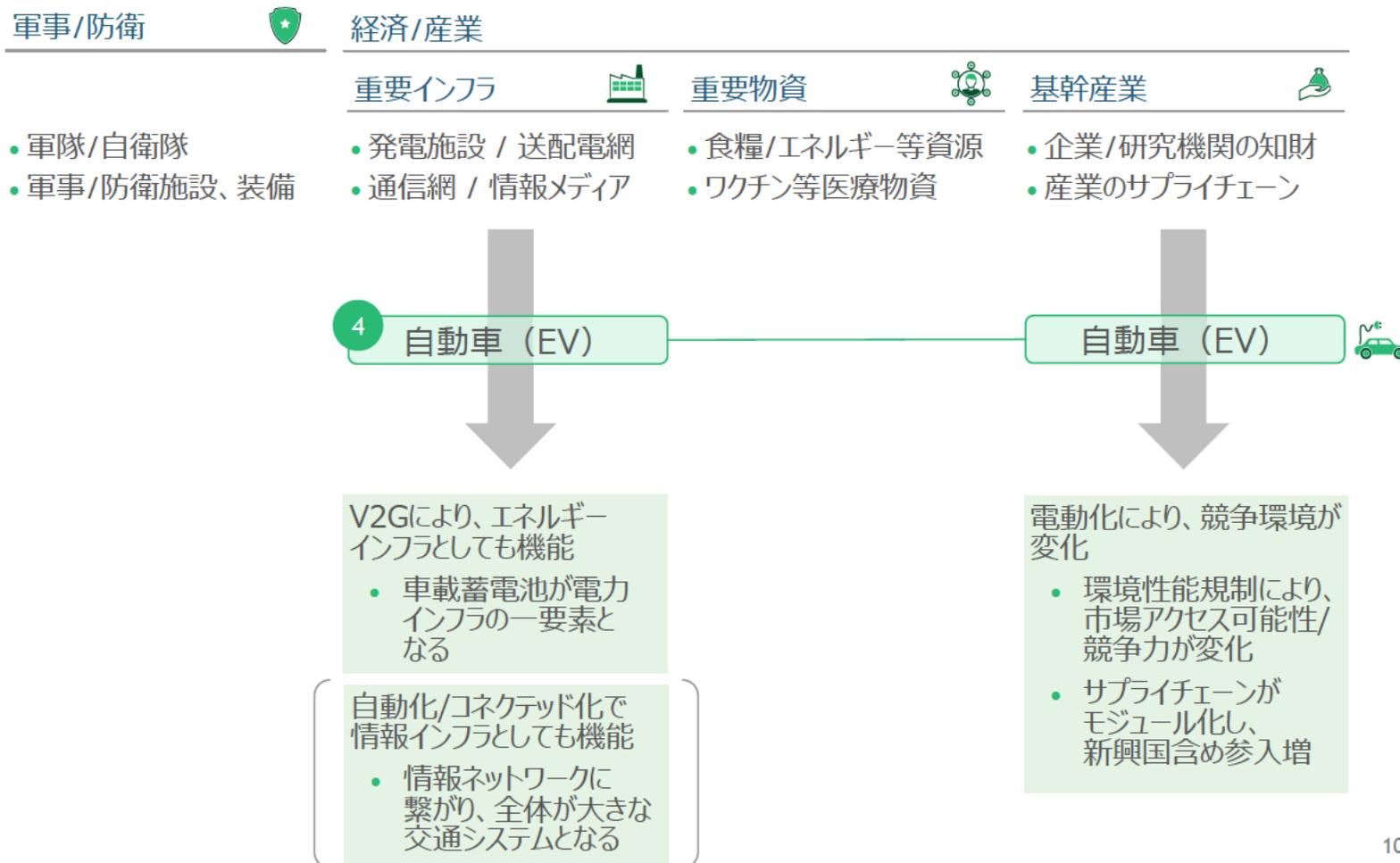


1. 経済安全保障上の重要性
2. サプライチェーンの構造
3. 重要技術を擁する市場の実態
 - A) EV (完成車)
 - B) リチウムイオン電池セル (LiB)
 - C) LiB 主要4部材
 - D) 駆動用モータ
 - E) SiC (パワー半導体新材料)
 - F) ECU

自動車産業は我が国の基幹産業であり、競争環境の変化が経済社会に強く影響

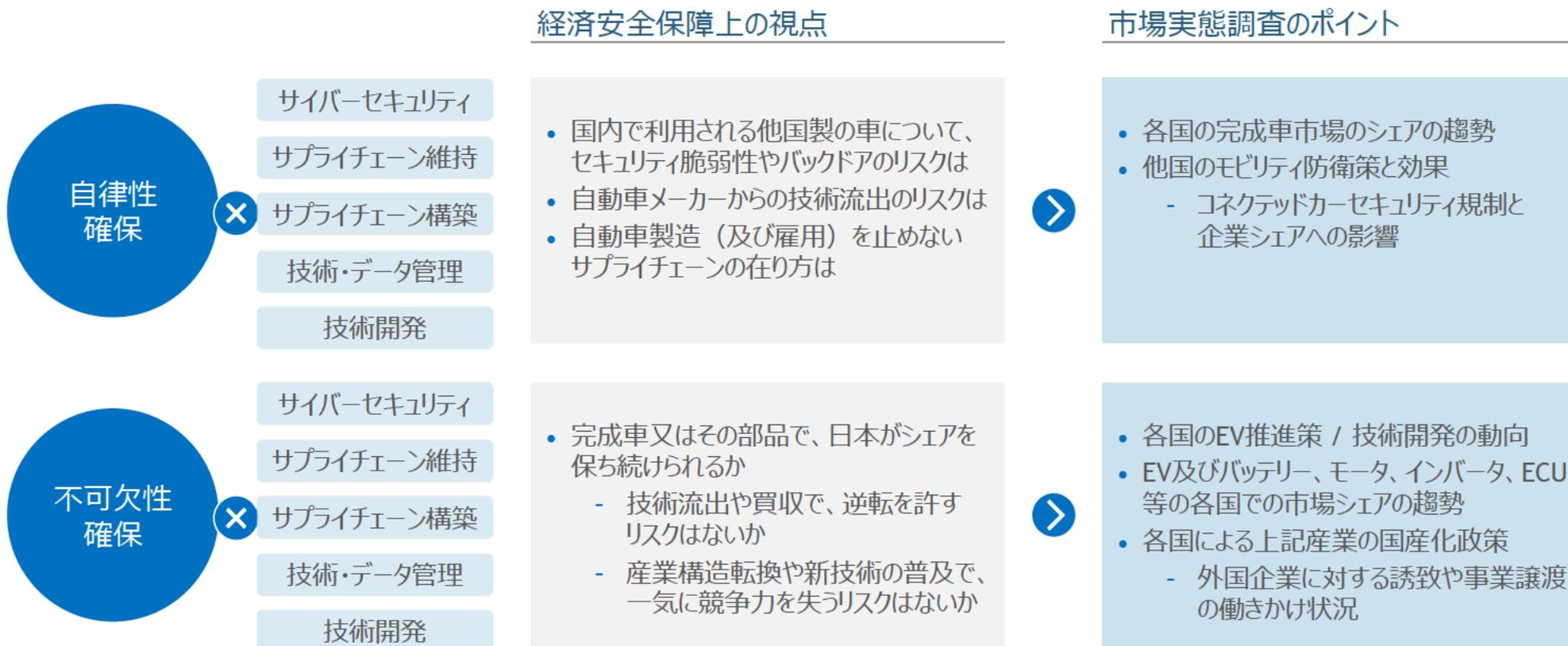
経済安全保障上の重要性

調査対象
(指定テーマ)



このため、経済安全保障上の観点から、次のような点に注目していく必要がある

経済安全保障上の留意点



補足：電動化（EV化）と経済安全保障上

環境政策と 他国産業の 排斥

- 脱炭素の世界的トレンドにより、各国によるガソリン車規制が加速中。目標厳格化に伴い、日本が優位性を持つHEVも制度次第で規制/優遇の両対象として揺れ動く
- ガソリン車規制は一義的には環境政策ではあるものの、恣意的な運用が行われると、ガソリン車を主力とする他国産業への実質的な市場アクセス排除として機能し得る。

サプライ チェーン 脆弱性の 高まり

- EV化により、自動車のアーキテクチャは、内燃エンジンを軸とするインテグラル型から水平分業が可能なモジュール型へ変化。新興国企業による市場への参入が容易になる。

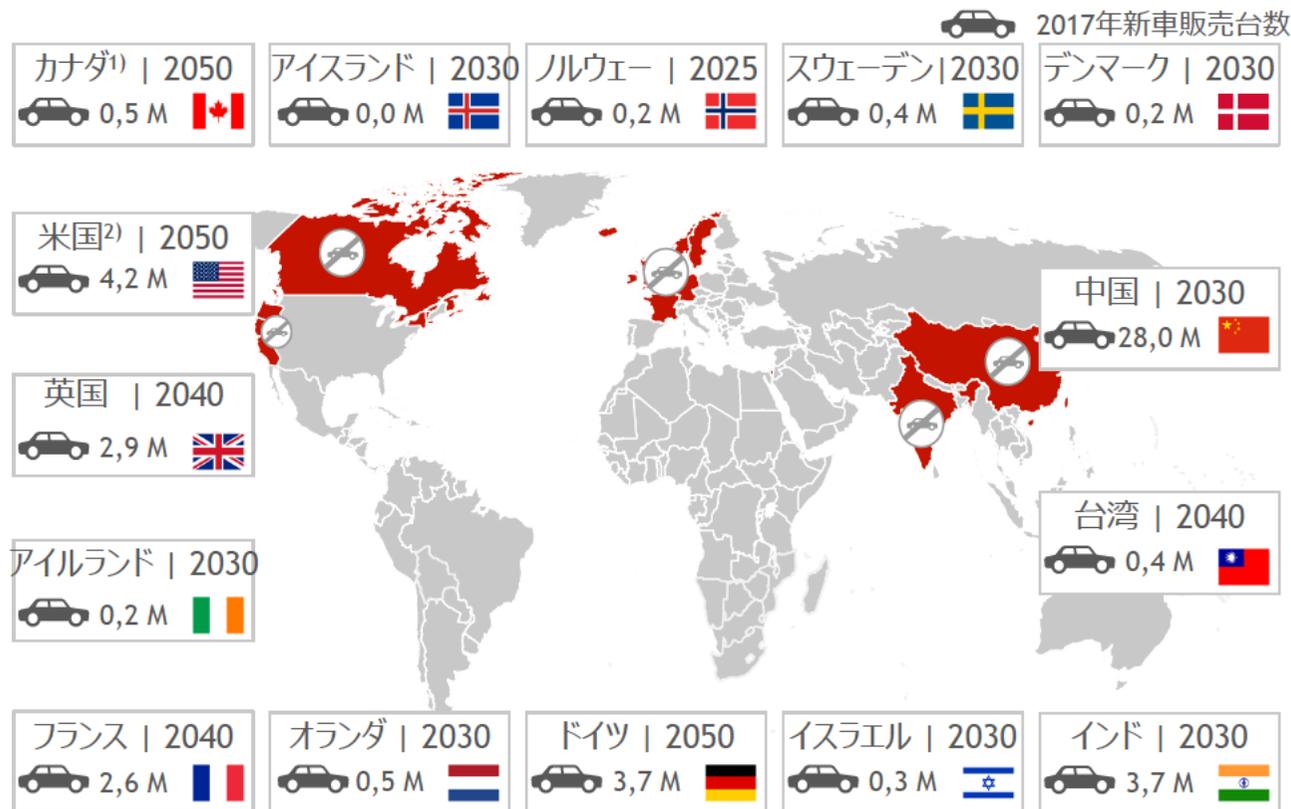
データ セキュリティ との近接

- 電流・モーター制御はインターフェースがシンプルであり、自動運転との親和性が高い。
- 自動運転車の走行ビッグデータは地理・社会情報を多く含み、安全保障に関連。
- 自動運転車は前提としてコネクテッドとなる。ECU（車載制御ユニット）への攻撃が行われることで、情報系だけでなく、走行制御そのものへの攻撃も懸念される。

脱炭素の世界的トレンドにより各国のガソリン車規制が加速中

脱炭素化に向けたガソリン車規制の状況

ICE販売禁止に向けた主要各国の規制動向



1. Québec 2. 一部の州のみ (California, Maryland, Massachusetts, New York, Oregon, Rhode Island, Vermont, Connecticut)
Source: Press research; 日本経済新聞; 日本経済新聞; IEA

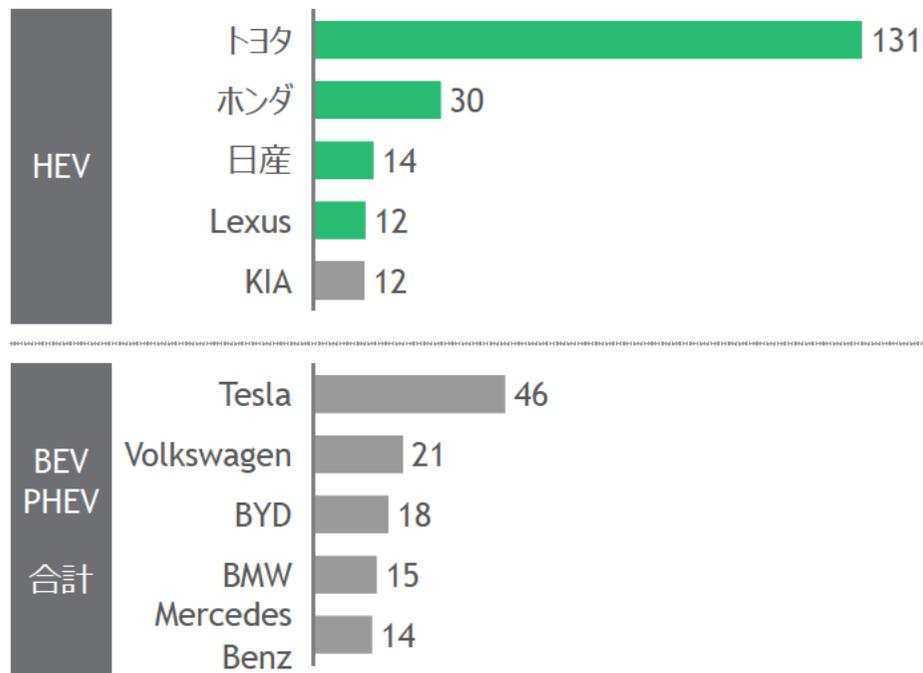
直近の動向例

- 日本**
 - 2021年1月、菅首相は**2035年までに全新車販売を電動車に転換**する目標を標榜
 - BEV、PHEV、FCVに加え、HEVも含む
 - 一方で、政府目標の「2050年までの温室効果ガス実質ゼロ」達成には、BEV等の普及が欠かせないとしている
- IEA**
 - 2021年5月、IEAが2035年までのEV化を前提とした脱炭素化ロードマップを発表
 - 2030年までに新車販売の6割をPHEV、BEV、FCVとする
 - 2035年までに内燃エンジンの新車販売を禁止し、PHEV、BEV、FCVとする
 - HEVは含まれていない

日本が優位性を持つHEVも各国の制度次第で規制/優遇の両対象として揺れ動く。 恣意的な運用が行われると、実質的な市場アクセス排除としても機能し得る

環境規制による各国自動車産業への影響

xEVのパワトレ別販売台数 上位5社 (2020, 万台)



Note: HEV以外にBEV・PHEVを含むモデルの数値は上段のHEVに算入
Source: Marklines; Reuter; 讀賣新聞; 日本経済新聞

環境規制による影響の可能性

欧州



HEV開発で後れと取っている欧州はxHEVを過渡期技術と位置づけBEVへ加速

- 欧州OEMはBEV開発に集中
- 英国はガソリン車に加えHEVも販売禁止に含める予定
- 規制厳格化でPHEVも規制対象となる可能性

中国



HEVが現実解と気付いた中国はHEVを規制対象から外し急転換して優遇へ

- 2019年にBEVとPHEVのみをNEV(新エネルギー車)と位置付け、他種車の規制を開始
- しかし、2020年にHEVを低燃費車として規制対象から外すよう変更

製品ライフサイクルやサプライチェーン全体を環境規制対象とする動きが強まれば、環境負荷をふまえた生産体制等も、サプライヤー選定の基準となりうる

包括的な環境規制の導入による影響

自動車に対するLCA (Life Cycle Assessment) の潮流

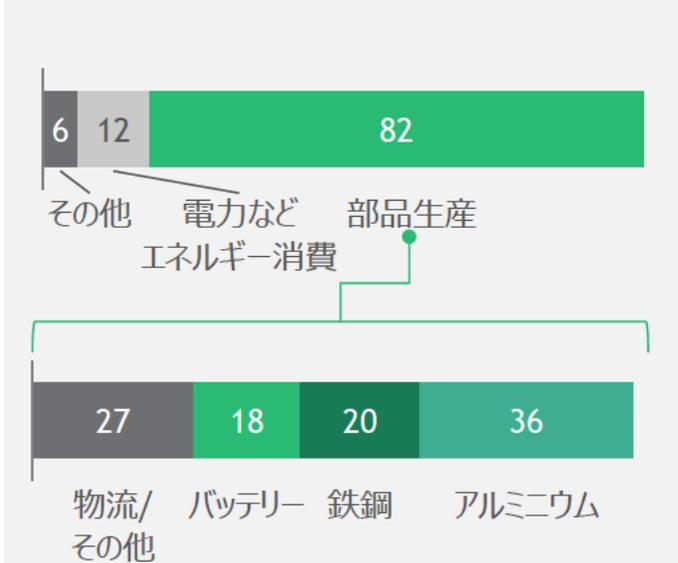
自動車に対する環境規制として、完成車の燃費性能のみならず、製品ライフサイクル全体での環境負荷を評価

- 製造⇒輸送⇒使用⇒廃棄/リサイクルの全要素を評価

ライフサイクル各段階におけるCO₂排出量の構成比

		ICE	EV
製造/輸送		15%	60%
	使用		
使用	Well to Tank	10%	45%
	Tank to Wheel	75%	0%
廃棄/再利用		0%	▲5%

自動車製造におけるCO₂排出量の構成比 (%)



国内自動車産業への影響

自動車OEMは、、、

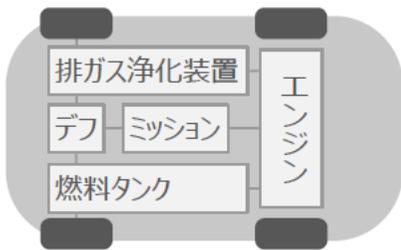
- 環境負荷の低い部品を調達する優先度が上がる
- 環境負荷に応じて、調達先部品メーカーや、生産拠点の立地を変更する可能性

EV化により、自動車のアーキテクチャは、内燃エンジンを軸とするインテグラル型から水平分業が可能なモジュール型へ変化。新興国企業による市場への参入が容易になる

EV化による車体構造/生産構造の変化

車体構造の変化

パートレイン構造



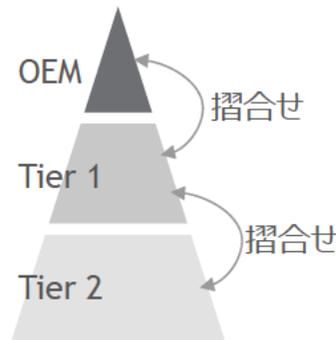
使用される部品

- 部品点数は約3万点

EVで不要になる部品

- エンジン部品
- トランスミッション等の駆動系部品 等

生産構造の変化

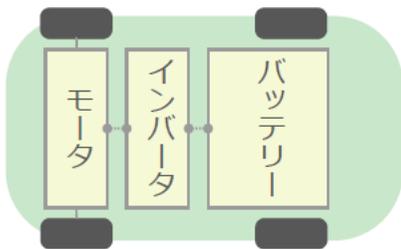


インテグラル型

- 特にエンジン関連の複雑性が大きく、OEM/サプライヤー間で綿密な摺合せが必要で、「系列」を形成
- これがOEMビジネスの技術競争力の源泉となっており、異業種からの参入障壁は高い

ICE

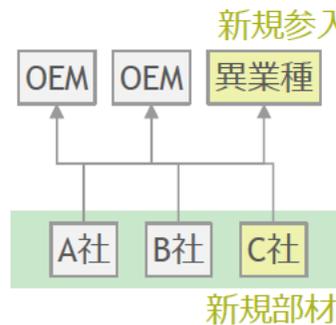
BEV



- 部品点数は約2万点

EVで新たに必要になる部品

- 駆動用モータ
- LiB
- インバータ 等



モジュール型

- 構造が単純であり、モジュール単位での組み立てで製造可能
 - 特定サプライヤーとの連携の必要は低下
- 参入障壁が下がり、IT等様々な分野から異業種企業が参入

業界全体が揺れ動き、自社で作るべき製品/外部調達すべき製品が変化

結果、新興メーカーに加えて、他業種からのファブレス型参入も相次ぐ。加えて、製造受託メーカーの参入も表明され、水平分業構造シフトの兆しは徐々に顕在化

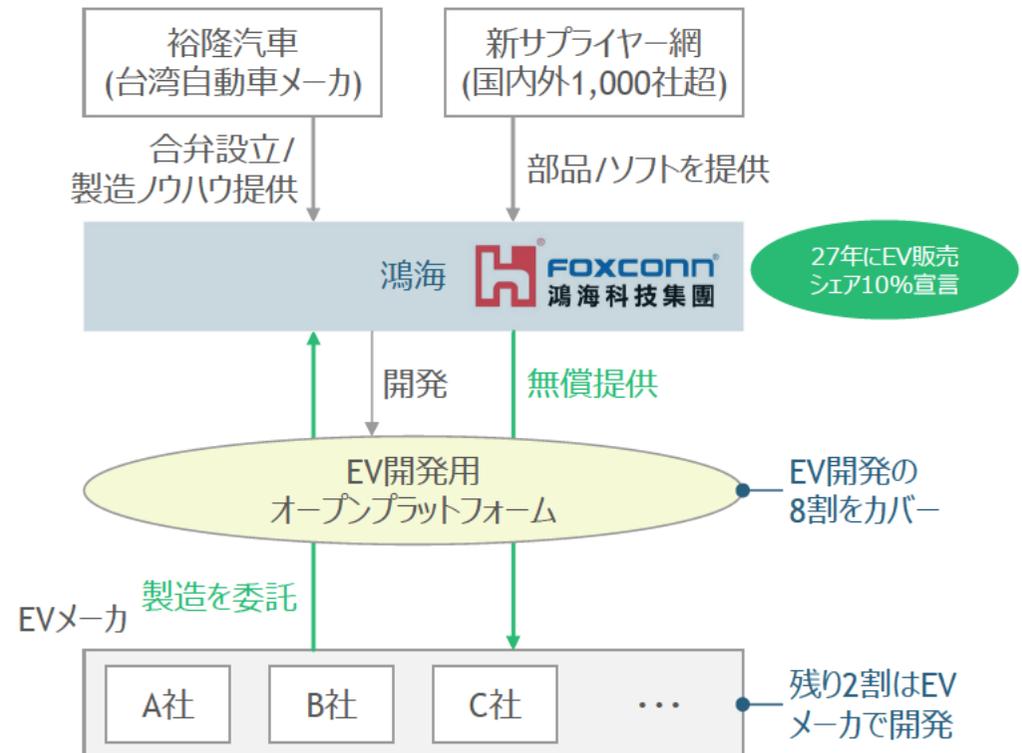
EV領域への新規参入プレイヤーの参入状況

EV領域への参入プレイヤー

	企業例	重視する領域		事業構造
		開発	製造	
既存	自動車 OEM <ul style="list-style-type: none"> トヨタ テスラ VW 	✓	✓	垂直統合型
新規参入	新興EV 専業 <ul style="list-style-type: none"> NIO (中) 小鹏 (中) フィスカー(米) 	✓		水平分業型
	ITサービス系 <ul style="list-style-type: none"> アリババ Huawei Apple¹ 	✓		
	インフラ/輸送系 <ul style="list-style-type: none"> 中国恒大 滴滴出行 出光興産 	✓		
	製造受託企業 <ul style="list-style-type: none"> 鴻海 マグナ(奥) 	△ PF開発のみ	✓	

1. Appleは参入を目指し複数の自動車メーカーと提携交渉中とされる
Source: 日本経済新聞

(参考) 鴻海が企図するビジネスモデル

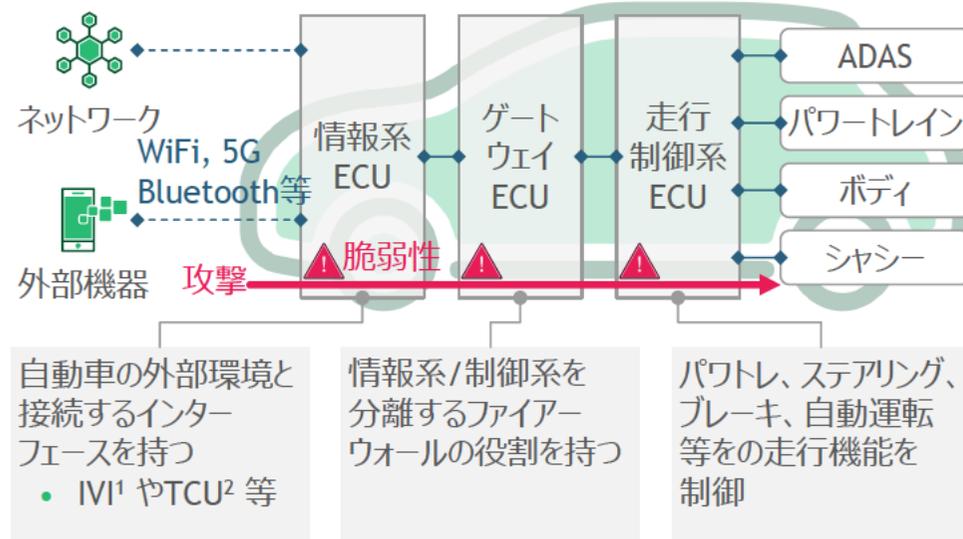


ECU (車載制御ユニット) への攻撃が行われることで、情報系だけでなく走行制御への攻撃も懸念される

自動車へのサイバー攻撃リスク

自動車の制御システム構造と攻撃のメカニズム

- 車載システムは情報系・制御系・両者を分つゲートウェイの3つに大別
- コネクテッドカーでは、主に情報系が外部ネットワーク/機器と接続
- 一方で、各所の脆弱性を伝って制御系ECUへの攻撃も懸念される



1. In-Vehicle Infotainment—カーナビ、オーディオ、ディスプレイ等; 2. Telematics Control Unit—自動車間等の外部通信
Source: Tokio Cyber Port; NTT; 野村総合研究所; NRI SECURE

想定/検証されている攻撃内容

情報系	<ul style="list-style-type: none"> • ユーザー個人情報の窃取 • 車両位置情報の追尾 • 車内音声の盗聴 等
制御系	<ul style="list-style-type: none"> • ドアロックの遠隔施錠/開錠 • スマートキー機能に乗っ取った遠隔エンジン始動 • ステアリング制御の奪取 • バッテリー内の電気を枯渇させ走行不能化 等
<h3>2015年実証実験(米国)の例</h3> <ul style="list-style-type: none"> • 実際に販売されている某メーカ製品で制御系ECUへの攻撃可能性を検証する実験を実施 • 制御機能を奪取することで、運転者の意に反して車両は路肩に転落 • 実験を受け、当該メーカ品は大規模なリコールに発展 	



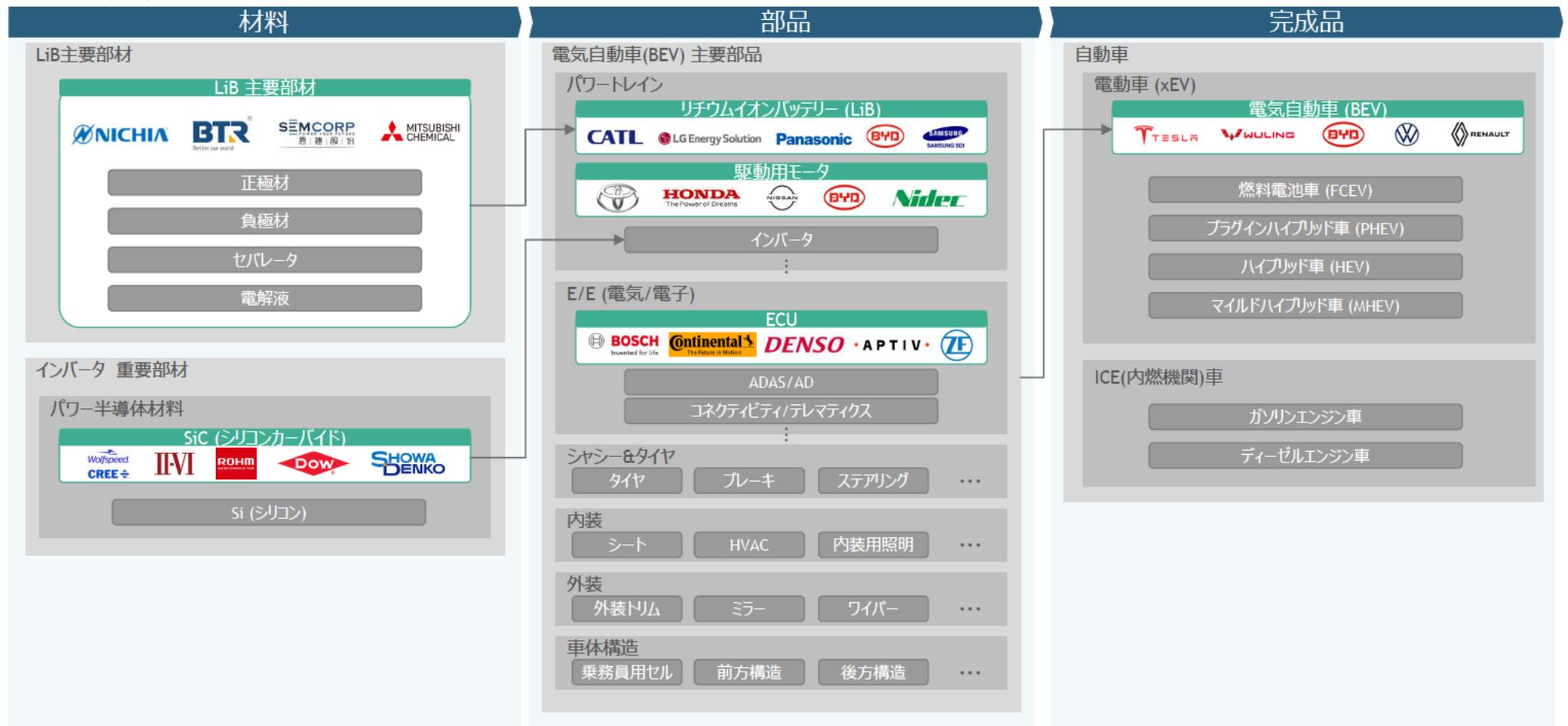
自動車 (EV)



1. 経済安全保障上の重要性
2. サプライチェーンの構造
3. 重要技術を擁する市場の実態
 - A) EV (完成車)
 - B) リチウムイオン電池セル (LiB)
 - C) LiB 主要4部材
 - D) 駆動用モータ
 - E) SiC (パワー半導体新材料)
 - F) ECU

重要領域として、電気自動車、LiB、駆動用モータ、ECU、LiB主要部材、SiCの調査を実施

自動車 (EV) 分野のサプライチェーンの構造





自動車 (EV)



1. 経済安全保障上の重要性
2. サプライチェーンの構造
3. 重要技術を擁する市場の実態
 - A) EV (完成車)
 - B) リチウムイオン電池セル (LiB)
 - C) LiB 主要4部材
 - D) 駆動用モータ
 - E) SiC (パワー半導体新材料)
 - F) ECU

A. EV (完成車)

i. 注目すべき理由

ii. 当該市場の基礎データ

a. グローバル市場の推移

b. 主要プレイヤーの動向

c. 我が国の輸出入の現状

d. 各国の政策動向

iii. 業界/企業の動向

EV (完成車) のポイント

i

注目すべき理由

- 完成車の採用するアーキテクチャが、前述の経済安全保障上の重要性を左右
 - 完成車のEV化により、サプライチェーン全体の構成が大きく変化
 - 中国の完成車のシェア拡大は、部素材のシェアにも波及（国産部品の優先規制）
- 高シェアを誇るEV完成車は、各国の経済安全保障上の象徴的なターゲットとされやすい

ii

市場の基礎データ

- 環境規制の強化を背景に、CAGR+28%で市場成長
- BEVでは米国テスラに続き、中国WulingやBYD等のEVメーカーが台頭

iii

業界/企業の動向

- 各国のEV化 / 自動車アーキテクチャの変化は、不可逆のトレンドになりつつある
- 最大市場の中国では、現地OEMによる「格安EV」等のイノベーションが続き、シェアを拡大
 - 中国国内で完結するサプライチェーンがより堅固に
 - 世界トップシェアのテスラに対する市場排除の動きが見られ、要注視

電動車は、狭義にはBEVのみ。欧米規制ではPHEVも含まれ、中国のNEV¹ 規制ではHEVも含めて定義される

xEV (電動車) のパワートレイン別分類

欧米環境規制等で念頭に置かれる

ただし、中国のNEV規制等ではHEVも含めて定義

パワートレイン	FCEV	BEV	PHEV	HEV	MHEV	ICE
自動車モデルの一例	Hyundai Nexso	Tesla Model 3	BMW 330e	Toyota Prius	Ford Puma EcoBoost-Hybrid	VW Golf 1.5 TSI
エネルギー貯蔵と準備	H ₂ タンク + 燃料電池 + Liイオンバッテリー (1.6 kWh)	Liイオンバッテリー (75 kWh)	燃料タンク (40 l) + Liイオンバッテリー (10,4 kWh)	燃料タンク (43 l) + NiMHバッテリー (1,3 kWh)	燃料タンク (42 l) + 48Vバッテリー (0,5 kWh)	燃料タンク (45 l)
推進力	駆動モータ (120 kW)	駆動モータ (225 kW)	内燃エンジン (135 kW) + 駆動モータ (83 kW)	内燃エンジン (72 kW) + 駆動モータ (53 kW)	内燃エンジン (114 kW)	内燃エンジン (96 kW)
フル電動運転/プラグイン充電	Yes/No	Yes/Yes	Yes (64 km)/Yes	一部/No	No/No	No/No
運転範囲 (NEDC)	750 km	409 km	680 km	1,303 km	954 km	960 km
装備重量	1,889 kg	1,611 kg	1,815 kg	1,450 kg	1,280 kg	1,315 kg
基本価格 ²	69,000 €	46,750 €	52,450 €	28,450 €	25,000 €	26,460 €

1. New Energy Vehicle (=新エネルギー), 2. German market base vehicle price according to auto motor sport vehicle database as of 17.02.2020
Source: ADAC; auto motor und sport; Corporate websites

完成車のEV化により、サプライチェーン全体の構成が大きく変化

EV完成車に注目すべき理由① (1/2)

EV化に伴って不要になる / 新たに必要となる部品例

不要になる部品	エンジン部品	燃料噴射器、エアクリーナー、オイルフィルター、マニホールド、ピストン、エンジンバルブ、ラジエータ、触媒装置、エキゾーストマフラー/パイプ、燃料系タンク/ストレナ 等
	電飾部品	スタータモータ、オルタネータ、ディストリビュータ、スパークプラグ、エンジン制御装置、変則関係電子部品、イグニッションコイル充電装置 等
	駆動系部品	フロントアクスル、リアアクスル、プロペラシャフト、トランスミッション、ディファレンシャルギヤ、クラッチカバー、クラッチ、ディスク 等
新たに必要になる部品		バッテリー(LiB)、駆動用モータ、インバータ、コンバータ、充電器、エアコン用電動コンプレッサ、ブレーキアシスト用電動油圧ポンプ、高圧系ハーネス/コネクター 等

部品サプライヤーへの状況

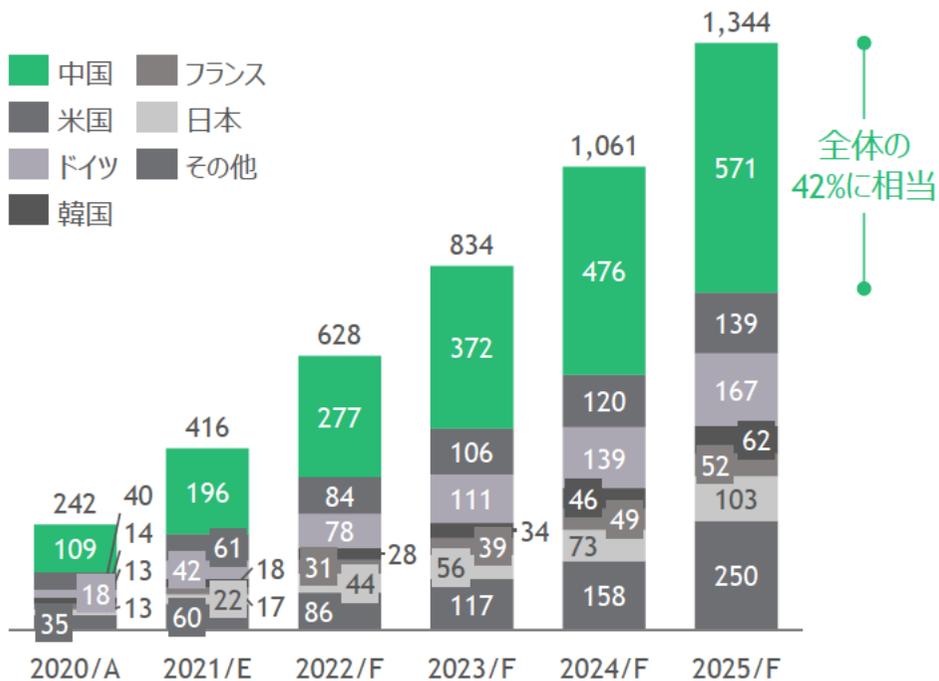
- これまでガソリン車向け部品を供給してきた部品メーカーは、生き残りをかけて製品ポートフォリオ転換を迫られる
 - 残存する部品への注力化
 - 新たな製品の生産
- 新出部品メーカーが参入し、EV用部品の新たなサプライチェーンが構築される

中国の完成車のシェア拡大は、部素材の国産化施策を通じ、部素材のシェアにも波及

EV完成車に注目すべき理由① (2/2)

BEV 国別生産台数予測 (万台)

中国がBEV完成車の最大市場となる見込み



中国によるEV部素材の国産化方針

中国は部品産業も含めて政策目標の設定を行い、自国でのサプライチェーン囲い込みを狙う

- 中国製造2025では完成車に加えて部素材の国産化を標榜
- 主要部品のLiBについては、完成車向けの購入補助金を政府指定メーカーのLiB搭載車に限定するなど、実質的な外資排除策も

「中国製造2025」における政策目標 (抜粋)

- 国産省エネ車の市場シェア50%の達成
- 乗用車重要部品の国産化比率を60%以上にする
- EVでは重要部品の国産化比率を80%以上にする
- 動力用電池、駆動モータなどの重要システムの大量輸出を実現
- 自動車情報化製品の国産品シェア60%の達成

Source: IHS Markit; 日本経済新聞

高シェアを誇るEV完成車は、各国の経済安全保障上の象徴的なターゲットとされやすい EV完成車に注目すべき理由②

テスラは中国政府等と連携しながら、独資工場を建設

- 2017年 ● テスラ、現地生産に向け中国政府と交渉を開始
- 2018/6月 ● 中国政府が、EV市場での外資の出資制限を撤廃
- 2019/1月 ● テスラ独資で巨大工場「GF3」を着工
 - 上海市の支援等も受け、短期間で建設
- 2020/2月 ● テスラ、モデル3等のEV生産を開始

しかし、今年に入って、安全保障や品質問題を理由に
テスラに対する風当たりが強まっている

**中国政府は、テスラEVが安全保障に関わる情報漏洩のもとになる
可能性があるとして、利用を制限 (2021年3月)**

- 軍 / 機密情報を扱う国有企業 / 主要な政府関係者 が対象
- 通勤利用の禁止や、国家機関の職員住宅への乗り入れを禁止
- 主に、EVのセンサーで周囲の視覚映像を録画できる点を懸念

**上海国際モーターショーにて、テスラ車への不満を訴える抗議騒動が
発生し、メディアで拡散された (2021年4月)**

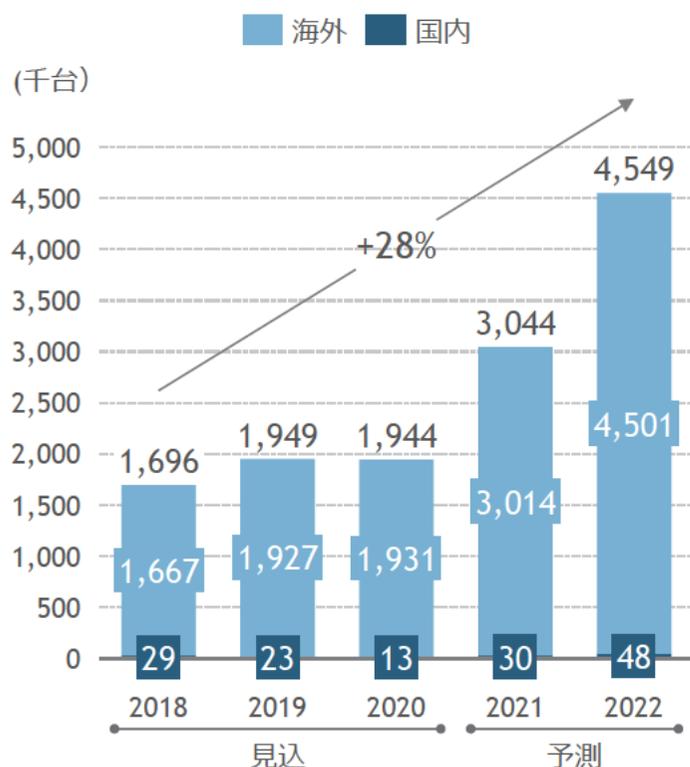
- テスラ所有者が「ブレーキ性能に問題があり、事故を起こした」と
会場のテスラブースで抗議
- 中国メディアは、「消費者には傲慢な態度をとるべきではない」と
テスラを批判

テスラは、工場拡張に向け計画していた土地の追加取得を中止

EV完成車市場はCAGR28%で急速に拡大見込み。中国の新興企業が一定のシェアを確保し、台頭し始めている

EV完成車の市場規模 / プレイヤー

グローバル市場規模 (BEV)



2020年 BEVグローバル市場シェアトップ5 / 日本企業シェアトップ

企業	市場シェア	国籍	企業概要・動向
TESLA	22%		<ul style="list-style-type: none"> 航続距離の長い高性能の電気自動車を製造・販売 20年度には創業依頼発の黒字化を達成 シェア拡大に向けて、中国・日本向け販売価格を低減
WULING	6%		<ul style="list-style-type: none"> '21年1月の「宏光ミニEV」の販売台数はテスラの2倍を記録 '20年にはサウジアラビアにも進出し、今後は南米市場にも展開予定
BYD	6%		<ul style="list-style-type: none"> 新EVに安価なLFPバッテリー¹⁾を採用し、低・中所得層をターゲットにする '20年には電気自動車を開発する合併会社「BYDトヨタ電気自動車技術有限公司」をトヨタと設立
VW	6%		<ul style="list-style-type: none"> '21年にはICEの新規開発を終了することを発表し、'30年までに欧州で販売する車の7割の電動化を目指す
RENAULT	5%		<ul style="list-style-type: none"> '25年に10車種(新型車は計24車種)のBEVを投入し、'30年には販売台数の9割の電動化を目指す
NISSAN	3%		<ul style="list-style-type: none"> '30年台には新型車全てにハイブリッド車技術“eパワー”を搭載する予定 - 上記を見据え、100億円超を国内工場に投資予定

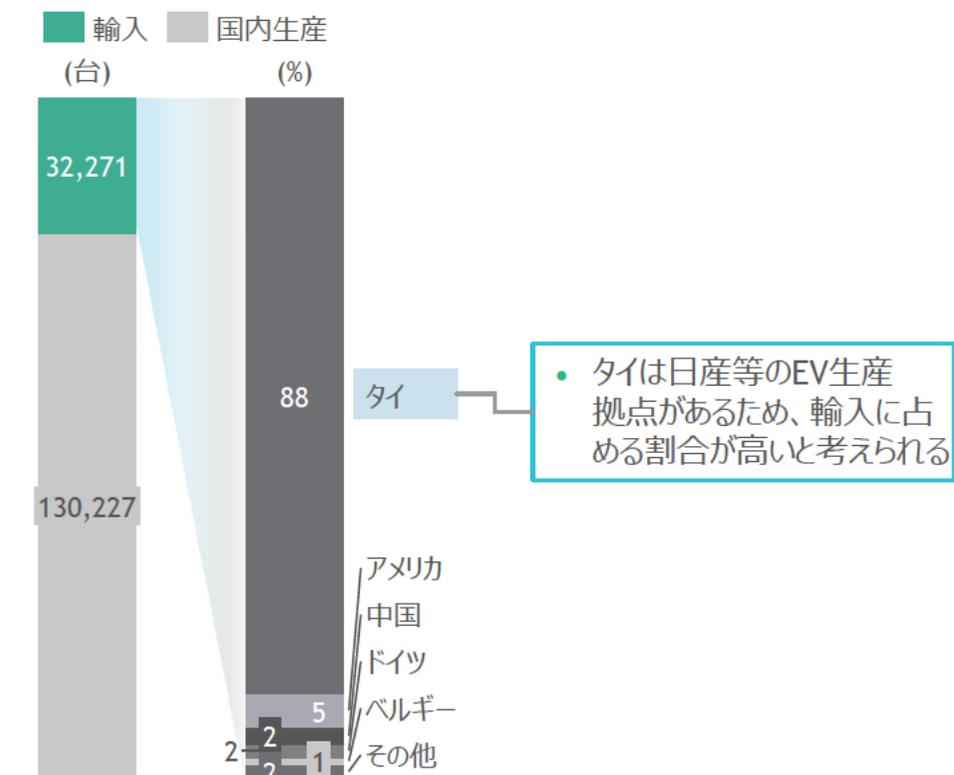
1. LFPバッテリーは正極素材にリン酸鉄リチウムを使用したもので、低価格で安全性が高く、長寿命でコストパフォーマンスが高いとされている
 Source: BCG Analysis; HARBOR; BBC; Clean Technica; BYD; Monoist; Car Watch; NHK; electrive

BEVは輸出入に大きな差はない。自動車メーカーの生産拠点があるタイからの輸入が多い。一方で、日系OEMにとって、現地生産をするほど市場が大きくない国への輸出が多い

BEVの輸出入 (台数ベース)

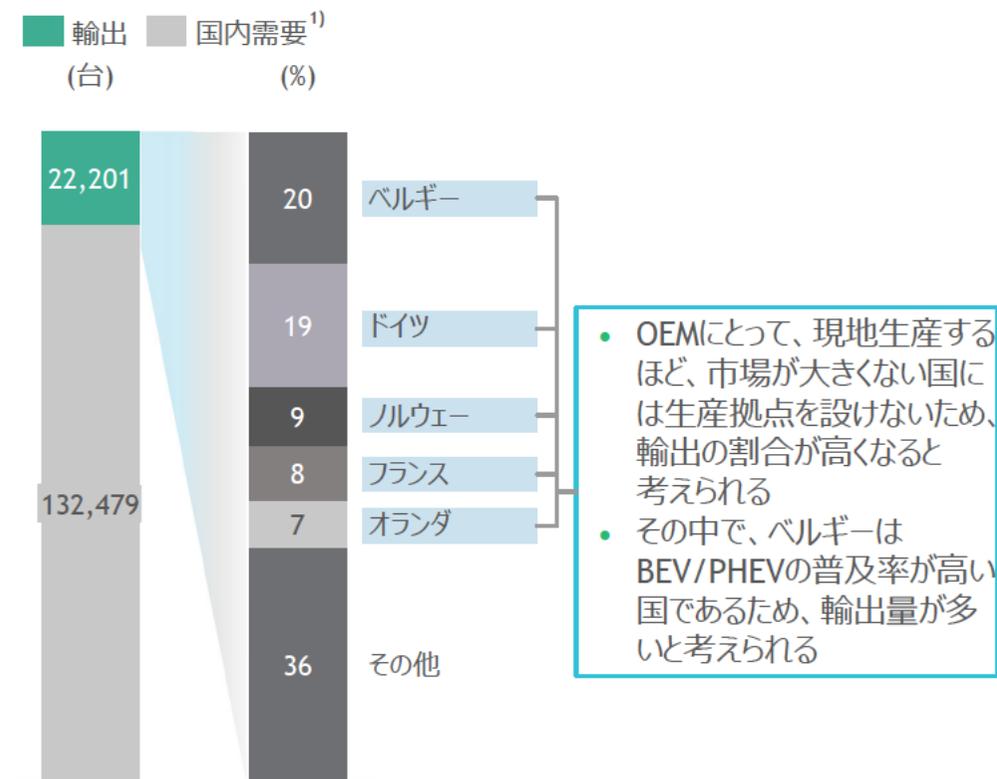
*統計データがないため、輸入は中古車を含む

輸入の状況 (日本)



タイは日産等のEV生産拠点があるため、輸入に占める割合が高いと考えられる

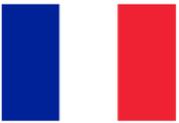
輸出の状況 (日本)



OEMにとって、現地生産するほど、市場が大きくない国には生産拠点を設けないため、輸出の割合が高くなると考えられる
 その中で、ベルギーはBEV/PHEVの普及率が高い国であるため、輸出量が多いと考えられる

1. 国内需要は国内生産 - 輸出 + 輸入で算出
 Note: 輸出入は販売金額ベースでの集計だが、国内生産は生産額/台数ベースでの集計となる
 Source: 貿易統計; IHS Markit Automotive, LV production FC,05,2021; MarkLines

参考) EV完成車に関する各国政策 (公表情報まとめ)

自国企業支援策	他国企業制限・排除
 <ul style="list-style-type: none"> EV/PHEVを購入すると最大7,500ドルの税還付を受けられる 州単位でも免税や補助金給付を実施 	<ul style="list-style-type: none"> (特になし)
 <ul style="list-style-type: none"> BEV/PHEVの販売に対して最大2.5万元の補助金を提供 <ul style="list-style-type: none"> '20年に廃止予定だったが、コロナの影響等も考慮し、'22まで延長 免税や地方政府による購入補助も提供 	<ul style="list-style-type: none"> 他国企業の自動車生産は合併でのみ可能とし、出資比率の上限を50%とする規制を定めた ('22年までに全廃予定) 中国でEVを販売するためには中国の生産部品を採用することが必要 中国政府は、情報漏洩の危険性があるとして、テスラ車の利用を制限
 <ul style="list-style-type: none"> '25年までxEVの購入時に補助金を交付 <ul style="list-style-type: none"> '20年限定で、4万ユーロ以下のBEVに対する補助金を6,000ユーロから9,000ユーロに増額 	<ul style="list-style-type: none"> (特になし)
 <ul style="list-style-type: none"> xEVの購入補助金策を発表 <ul style="list-style-type: none"> BEVの購入に6,000ユーロを補助 BEV/PHEV等への買い替えに最大5,000ユーロを補助 	<ul style="list-style-type: none"> (特になし)
 <ul style="list-style-type: none"> BEV購入時に最大40万円の補助金を交付 免税や地方政府による購入補助も提供 	<ul style="list-style-type: none"> (特になし)

Source: 矢野 車載用リチウムイオン電池市場の現状と将来展望; NHK

各国の対応パターン


xEV優遇型
 xEVの購入時に補助金の交付や免税を実施し、自国内におけるxEVの流通を促進


他国製品排除型
 他国企業による完成車の販売は許可するが、自国の生産部品の採用を求める等により、部品の他国製品排除を実施

B. リチウムイオン 電池セル (LiB)

i. 注目すべき理由

ii. 当該市場の基礎データ

a. グローバル市場の推移

b. 主要プレイヤーの動向

c. 我が国の輸出入の現状

d. 各国の政策動向

iii. 業界/企業の動向

リチウムイオン電池セル(LiB)のポイント

i

注目すべき理由

- 車載バッテリー、駆動モータ、インバータの3つが、EVパワートレインの中核
- 車載バッテリーの安定供給確保は、EV産業全体の経済レジリエンスを大きく左右
- なお、将来的には、V2Gの実用化等に伴いエネルギーインフラの一部を形成し、重要インフラのセキュリティリスクにもつながる可能性

ii

市場の基礎データ

- 市場はEV需要の急増を受けて急成長し、Panasonic/LGに代わりCATL(中)がトップシェア
- 国内需要の約75%を国内生産で満たす一方、輸入は中韓に依存
- 中国や欧州では他国排除や国産化に向けた積極的な支援策が採られる

iii

業界/企業の動向

- 中国や欧州では、国内/域内でのLiB調達が目標化され、コスト/性能両面での競争力強化が図られている状況
- 一方、次世代技術として全固体電池が、各国EVメーカーの注目を集めている
- バッテリー供給確保のためには、LiBメーカーへの補助金支援に加え、国内OEMとの協業/内製化促進、次世代技術へ注力促進の可能性が存在
 - 次世代電池技術については、技術流出防止の対策も必要

車載バッテリー、駆動モータ、インバータの3つが、EVパワートレインの中核

EVにおけるバッテリー(LiB)の位置づけ

EVパワートレインの構造

バッテリー

- パワートレインに電力を供給
- エネルギー密度が完成車の航続距離を左右
- 現在は、リチウムイオンバッテリー(LiB)が主流

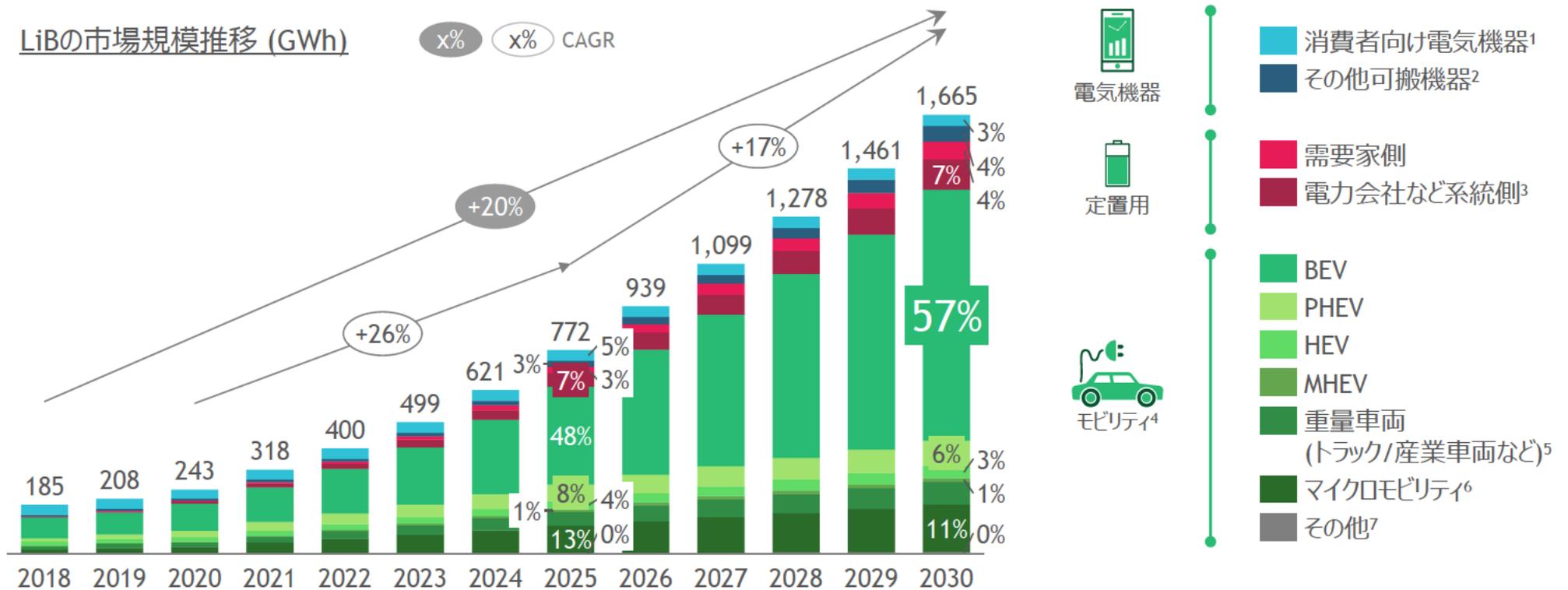
インバータ

- バッテリーからの直流電力を交流に変換
- モータの動きを制御し、出力を細かく調整

駆動モータ

- ガソリンエンジンに代わって駆動力を生み出す
- 十分な駆動力を生み出すために軽量、高効率であることが必要

(参考) LiBは自動車等のモビリティ用途の割合が大きく、今後の市場成長を牽引



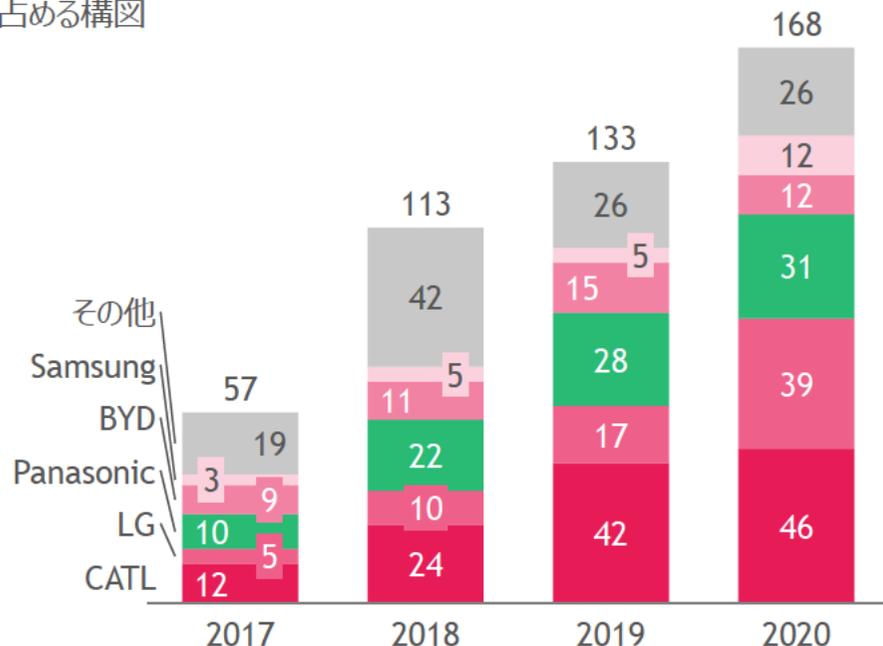
1. Mobile phones, Ultramobiles, Laptops. 2. Power tools, Garden tools, Drones, Materials handling, Other portable devices. 3. In front of the meter segment includes batteries for off-grid applications as well. 4. BEV, PHEV, HEV, MHEV include passenger and light commercial vehicles. 5. Medium and heavy duty trucks, Busses. 6. E-Scooter, E-Bike, E-Kick, 2-Wheelers, 3-Wheelers. 7. Marine, Aviation.
 Source: BCG analysis (2021.3月時点予測)

車載バッテリーの安定供給確保は、EV産業全体の経済レジリエンスを大きく左右

LiBに注目すべき理由①

車載用LiB市場 メーカーシェア推移 (出荷ベース 実績, GWh)

近年は、Panasonicが首位をCATLに明け渡し、上位を中・韓メーカーが占める構図



日系OEMとLiBサプライヤーの関係

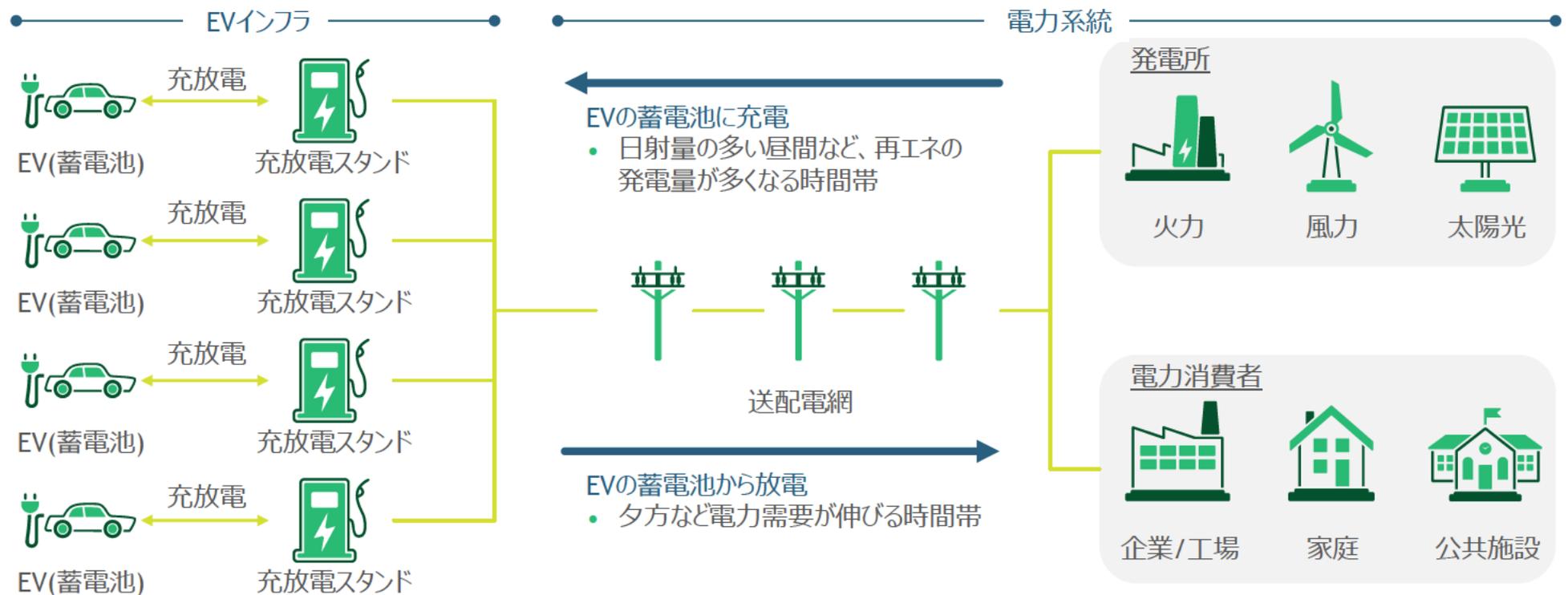
	主な調達元	中国サプライヤーとの調達・協業動向
<p>トヨタ</p>	<ul style="list-style-type: none"> パナソニック プライムアース CATL BYD 東芝 等 	<p>CATLと包括提携を締結 (2019)</p> <ul style="list-style-type: none"> それまでは、パナソニックやPEVEがベースとしてきた方針を転換 安定供給を見据え、製品開発やリユース/リサイクルでも連携の方針
<p>ホンダ</p>	<ul style="list-style-type: none"> パナソニック ブルーエナジー CATL 等 	<p>CATLとLiBの共同開発に合意したのち、資本提携にも踏み込み (2020)</p> <ul style="list-style-type: none"> 約1%(600億円)を出資 中国向けEVへの採用から始め、中国以外向けでも搭載を検討
<p>日産</p>	<ul style="list-style-type: none"> パナソニック エンビジョン AESC CATL 等 	<p>世界展開モデルにCATL製を採用 (2020)</p> <ul style="list-style-type: none"> 従来は中国向けにはCATLを採用も世界向けには、子会社製品を使用 「力強い走りを実現するのに最適」とコストのみならず性能も評価

Source: YDB「2020-2021 年版車載用リチウムイオン電池市場の現状と将来展望」; ニュースイッチ; 日本経済新聞; 日経xTECH

将来的には、V2Gの実用化等に伴いエネルギーインフラの一部を形成し、重要インフラのセキュリティリスクにもつながる可能性

LiBに注目すべき理由②

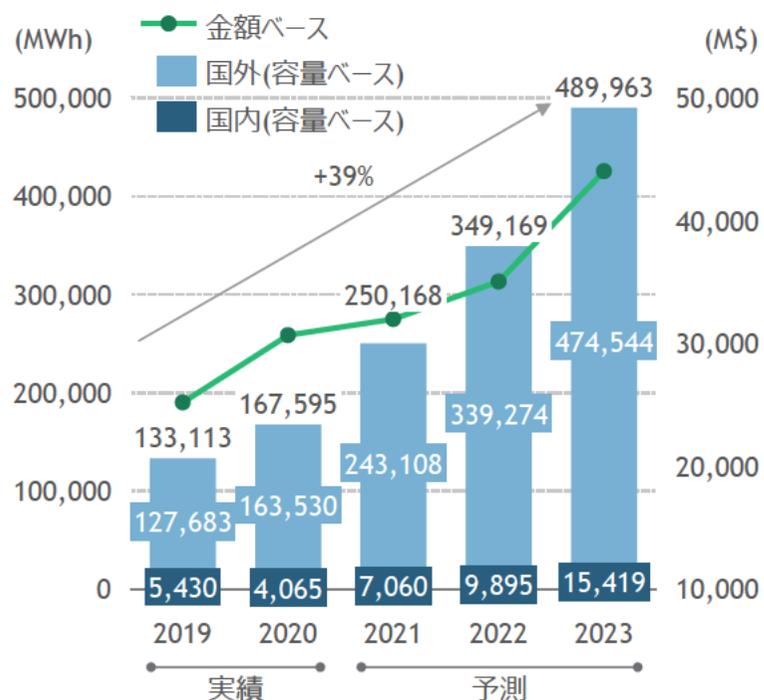
車載蓄電池に蓄積されている電力を、スマートグリッド等の電力系統に接続して電力需給の調整を行う仕組み = V2G (Vehicle-to-Grid)が検討されている



xEV普及に伴い市場は急速に拡大する一方、すでに供給は中韓が7割弱を寡占。各社、自動車OEMとの提携やJVを通して関係強化/販路拡大を目指す

車載向けLiBの市場規模 / プレイヤー

グローバル市場規模



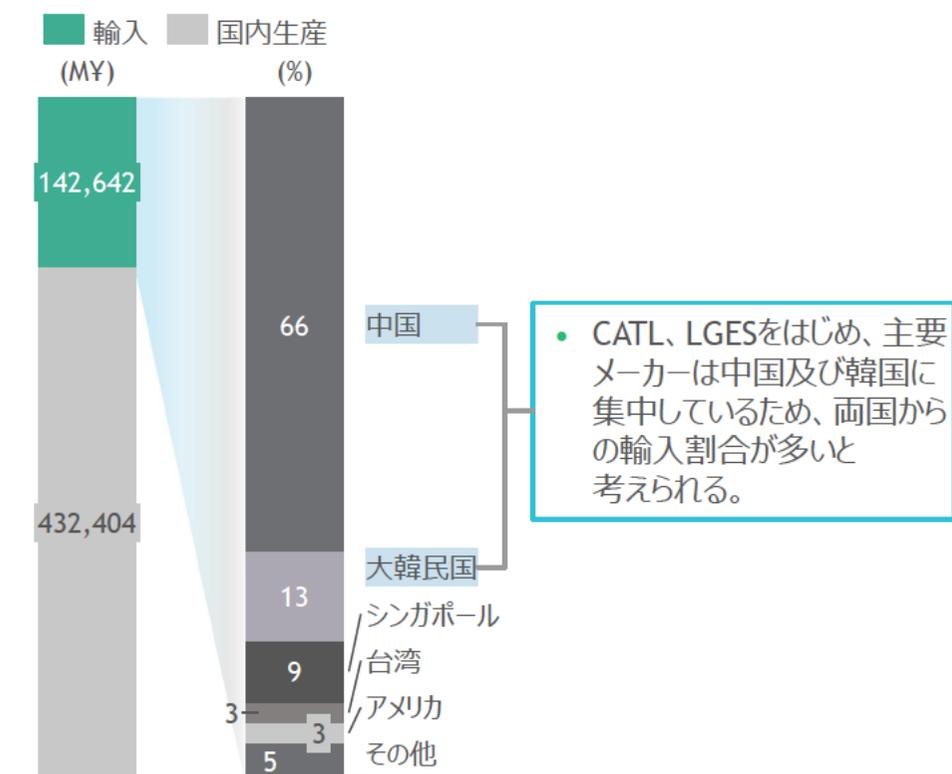
主要プレイヤー (2020年グローバル市場シェアトップ5)			
市場シェア	国籍	企業概要・動向	
CATL	28%	中国	<ul style="list-style-type: none"> EV用バッテリーやエネルギー貯蔵用バッテリーシステムの研究・開発・製造・販売を行う 中国、日本、欧州主要自動車メーカーとLiB供給に係る戦略的提携を結ぶ
LG Energy Solution	24%	韓国	<ul style="list-style-type: none"> 2020年 LG化学から電気事業部が独立。民生小型、車載用を中心に蓄電池を製造・販売 EV向け車載用電池拡販に注力。GMと新型バッテリー生産に向け、JVを設立
Panasonic	19%	日本	<ul style="list-style-type: none"> 電子部品・機器、電化製品、FA機器、情報通信機器等の生産・販売する総合電機メーカー トヨタと車載用電池に関する合併会社を設立¹⁾
BYD	7%	中国	<ul style="list-style-type: none"> 電気自動車等の製造・販売を中心に、エレクトロニクス及び二次電池に係る事業を展開 2022年に電池事業を上場、OEMの促進し、車載用LiB外販拡大を狙う
SAMSUNG SAMSUNG SDI	7%	韓国	<ul style="list-style-type: none"> 電子機器から車載用まで幅広く二次電池を提供 車載用LiBの欧州市場の成長見据え、ハンガリー工場の能力増強を推進

1. PPES: プライムプラネットエナジー&ソリューション株式会社
 Source: SPEEDA; 矢野経済 2020-2021年版 車載用リチウムイオン電池市場の現状と将来展望

国内需要の約75%を国内生産で満たす一方、輸入は中韓に依存。輸出は米国主体、EV自動車大手Tesla社向けが後押し

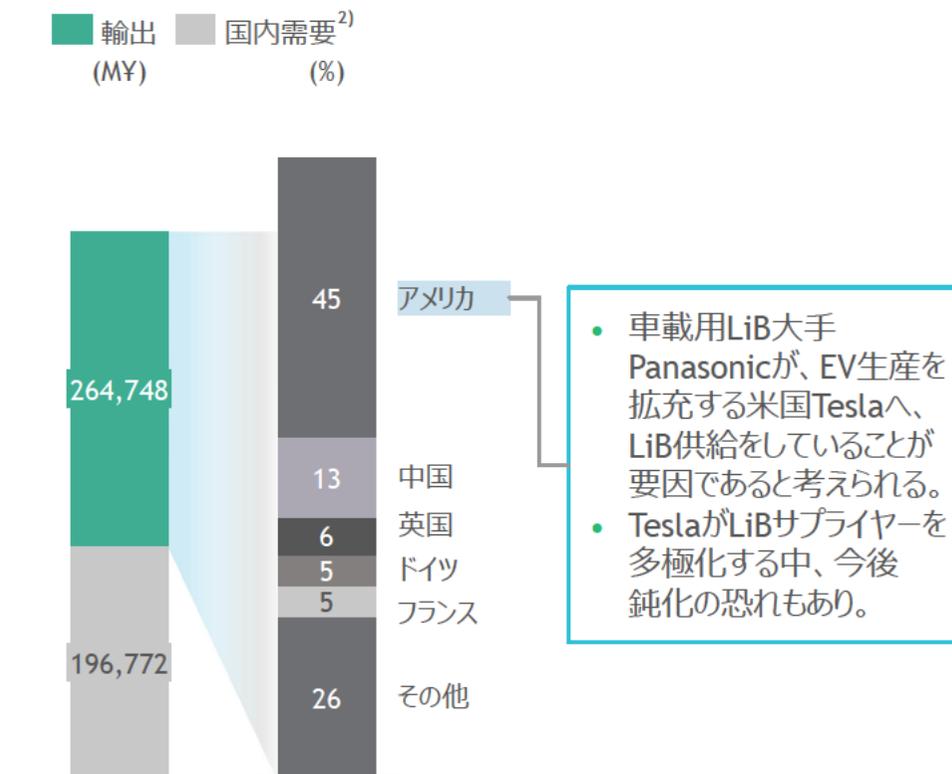
LiBの輸出入(※車載用途のみの統計は無い為、その他用途も含む¹⁾)

輸入の状況 (日本)



• CATL、LGESをはじめ、主要メーカーは中国及び韓国に集中しているため、両国からの輸入割合が多いと考えられる。

輸出の状況 (日本)



• 車載用LiB大手 Panasonicが、EV生産を拡充する米国Teslaへ、LiB供給をしていることが要因であると考えられる。
 • TeslaがLiBサプライヤーを多極化する中、今後鈍化の恐れもあり。

1. LiBの国内生産全体に占める車載向けの割合は2020年現在約75% (生産動態統計より); 2. 国内需要は国内生産 - 輸出 + 輸入で算出
 Source:貿易統計(LiBの用途別区分なし); 生産動態統計; 経済産業省; 矢野経済 2020-2021年版 車載用リチウムイオン電池市場の現状と将来展望

参考) LiBに関する各国政策（公表情報まとめ）

自国企業支援策

他国企業制限・排除



- 「自動車用バッテリー業界の規範条件（2019年廃止）」で、国内LiB産業をホワイトリスト化。使用企業に優遇政策を展開
- 「国家重点研究開発-新エネルギー自動車プロジェクト」1期（2016-2020）に、LiB技術開発に約60億円¹支援

- ホワイトリストから、国外LiB大手メーカーを除外



- LiBを含む産業技術開発、次世代のパワーバッテリー産業育成のため約3,082億円を投資。同時に、約51億円を投じ、企業共同ファンドを設立しパワーバッテリーの開発を推進

- （特になし）



- 「先進・革新蓄電池材料評価技術開発」で、産学官連携による全固体LiBの技術開発支援（2020年22億円）

- （特になし）



- 先端研究計画局、自動車技術局、化学局は、革新型蓄電池関連プロジェクトの一環として、LiB関連技術開発に2021年までに約336億円³支援

- （特になし）



- 2017年にEBA⁴を発足。「欧州バッテリー・イノベーション」として、2025年までにLiB等次世代電池の域内での自給化を目指し、技術開発等へ3,987億円⁵を補助

- 欧州グリーン・ディール政策の一環として、製品のカーボンフットプリント⁶（輸送を含む）上限値を設定、アジア依存脱却を模索（2027）

各国の対応パターン

研究開発型



自国企業、研究機関等の技術開発を支援し、小型大容量、低コスト化といった技術優位性を企業が保有ことを目指す

自国企業支援・他国企業排除型



自国企業を育成すると同時に、外資企業の活動を制限することで、より強力な産業保護政策を展開

1. 計355M元、1元=17.0円で換算、2. 3,200Bウォン、1ウォン=0.097円で換算、3. 計307M\$、1\$= 109円で換算、4. EBA: 欧州バッテリー連合(European Battery Alliance)、5. 計3400M€、1€=133円で換算
6. カーボンフットプリント: 製品のライフサイクル全体で排出された温室効果ガス排出量の合算したものをCO2量に換算した数値（原材料の調達、生産、流通・販売、使用・維持管理、廃棄・リサイクル）
Source: 矢野経済レポート; NRI記事; 中国工信部発表; ZDNet Korea; 日経ビジネス; JETRO; ユーラシア研究所;

C. リチウムイオン電池 (主要部材)

i. 注目すべき理由

ii. 当該市場の基礎データ

a. グローバル市場の推移

b. 主要プレイヤーの動向

c. 各国の政策動向

iii. 業界/企業の動向

リチウムイオン電池(主要部材)のポイント

i

注目すべき理由

- LiBセルの安定生産には、国内主要部材サプライヤーが一定の生産規模/能力を保持していることが必要
- LiB主要部材は、次世代電池開発の観点からも、技術優位性を追求しながら将来に渡って紡いでいくべき産業

ii

市場の基礎データ

- 急増するEV需要・LiB需要に対応し、極材ではCAGR30%を超えるなど高成長
- 4部材どれも従来トップシェアを保ってきた日本企業に対し中国企業が迫る/追い越す構図

iii

業界/企業の動向

- 主要4部材は全体的に中国がプレゼンス拡大。事業統合や中国企業との技術提携など業界再編の動きが存在
 - 日本が優位性を保ってきたセパレータ市場でも、中国企業がシェア奪取に加えてハイエンド品へ進出・拡大する動きがみられる
 - 正極材市場では、原料コバルトの供給リスクからコバルトフリー電池の開発が注目される。正極材メーカーは共同開発等を通じてサプライヤーとしてのポジションを固めることが必要

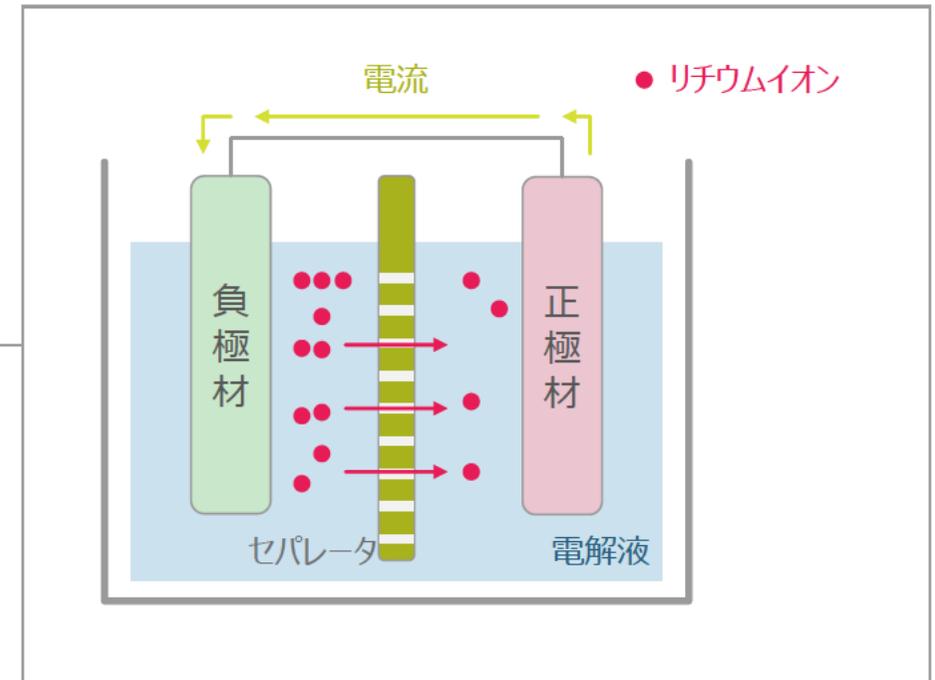
正極板・負極版・セパレータ・電解液が主要部材であり、Liイオンの移動で電流が発生 リチウムイオン電池の内部構造・主要部材

LiBの内部構造と主要部材

- LiBは、薄膜状の正極材、負極材、セパレータを積層させることで構成されている
- 上記に加えて、内部を満たす電解質が主要4部材

LiBが機能する仕組み

- 放電時は、負極側から正極側にリチウムイオンが移動し、電流が流れる (充電時は逆向き)
- セパレータは物理的変形や高温化などの異常時に、電池機能を停止させ、正極と負極の短絡を防ぐ役割をもつ



車載バッテリー分野全体での、安定生産確保・次世代電池も踏まえた技術的ポジション 確立の観点から注目すべき

リチウムイオン電池 (主要部材) に注目すべき理由

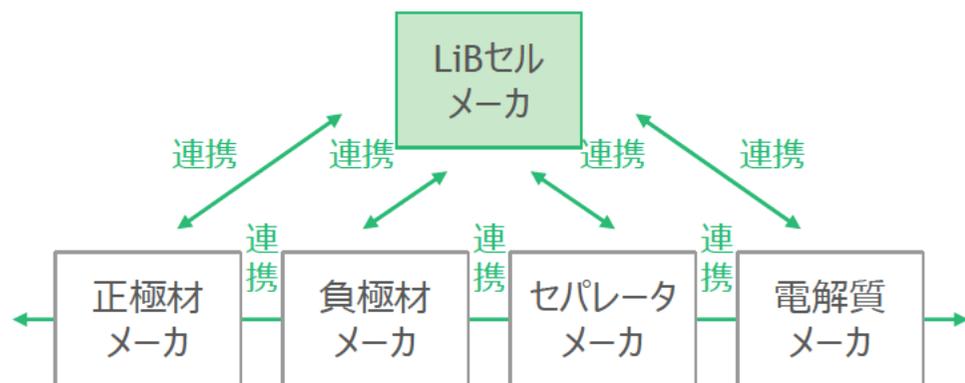
LiB業界の特徴

LiBの性能や価格は、各部材の組み合わせで決まる部分が多い

- 部材の性能/価格が基盤



セルメーカーと各部材メーカーによる共同開発等、相互連携が重要



LiB部材に注目すべき理由

1

LiBセルの安定生産には、国内主要部材サプライヤーが一定の生産規模/能力を保持していることが必要

- 完成品需要が伸長する市場では、部材供給が生産のボトルネックとなる可能性
- 特定国に依存すれば、供給途断等、サプライチェーン上のリスクが上昇

2

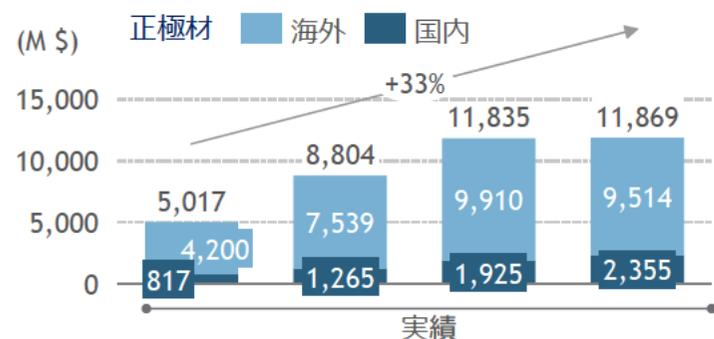
LiB主要部材は、次世代電池開発の観点からも、技術優位性を追求しながら紡いでいくべき産業

- 技術面での差別化が出来なければ、価格勝負となりLiBセルメーカーの海外サプライヤー依存を招く可能性
- 次世代電池開発は、我が国の将来的なバッテリー分野全体でのポジションを左右する

EV市場拡大に伴い極材需要は大幅拡大。極材分野で中国優位、大規模投資により差が拡大し、国内企業の事業撤退も

LiB主要4部材 (セパレーター・電解液) の市場規模 / プレイヤー

グローバル市場規模(2020年は見込のため記載せず)



正極材主要プレイヤー (2019年グローバル市場シェアトップ2)

企業	市場シェア	国籍	企業概要・動向
NICHIA	10%		<ul style="list-style-type: none"> 蛍光体の国内トップメーカー。粉体合成技術をコア技術としLiB用活物質を開発・製造 中国等で生産する日本部材メーカーが増える中、技術流出を防ぐために国内生産にこだわる
洛阳金鹭	8%		<ul style="list-style-type: none"> モリブデン、タングステン等非鉄金属製品の製造、希土事業の運営、電池材料の販売 2019年から約3兆円を投じ、中国国内に大型LiB正極材工場を建設。2021年稼働開始予定

負極材主要プレイヤー (2019年グローバル市場シェアトップ2)

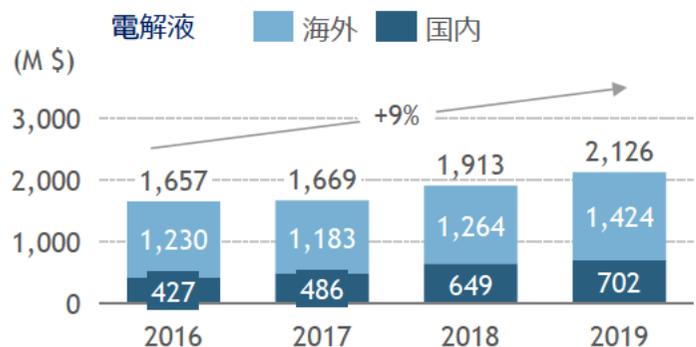
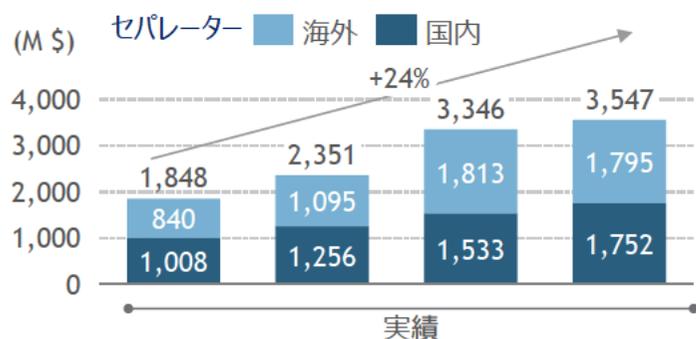
企業	市場シェア	国籍	企業概要・動向
BTR	27%		<ul style="list-style-type: none"> LiB用材料を専門に研究開発、製造・販売を行う。LiB用黒鉛負極材料の国家標準を開発 Jingyang TechnologyとJV設立。人造黒鉛負極材の大規模工場建設に約507億円投資
SHOWA DENKO Hitachi Chemical	13%		<ul style="list-style-type: none"> 2020年に昭和電工グループの子会社化。高機能材料、蓄電システム等の先端部品を展開 経営統合を控え、年内にもLiB負極材事業から撤退することを表明、事業再編を目指す

Source: SPEEDA; YDB「2020年版 リチウムイオン電池部材市場の現状と将来展望 ～主要四部材編～ 1ST HALF REPORT」; 日亜化学; 日経; JOGMEC; 日経; 新浪财经

セパレーター分野で日本企業と海外企業のシェア逆転。中国企業は、技術力の獲得、生産力の向上により、シェア拡大狙う

LiB主要4部材 (セパレーター・電解液) の市場規模 / プレイヤー

グローバル市場規模(2020年は見込のため記載せず)



セパレーター主要プレイヤー (2019年グローバル市場シェアトップ2)

企業	市場シェア	国籍	企業概要・動向
SEM CORP 恩捷股份	18%	中国	<ul style="list-style-type: none"> 2010年設立、電子機器用の小型から、車載用の中大型までLiB用セパレーターの製造を行う 2019年から、帝人とセパレーターコーティング製造に係る包括的な技術ライセンス契約締結
Asahi KASEI	18%	日本	<ul style="list-style-type: none"> 繊維・ケミカルから電子機器まで展開する総合化学メーカー 2015年に米Polyporeを買収。セパレーター事業へ投資を強化 (600億円) し生産能力を増強

電解液主要プレイヤー (2019年グローバル市場シェアトップ2)

企業	市場シェア	国籍	企業概要・動向
MITSUBISHI CHEMICAL	18%	日本	<ul style="list-style-type: none"> 三菱化学・三菱樹脂・三菱レイヨンが事業統合され創設。国内最大の大手総合化学メーカー 米国工場の生産能力を拡大。電解液含むLiB部門として売上高2,000億円 (2025年) 目指す
新宙邦 CAPGEM	12%	中国	<ul style="list-style-type: none"> コンデンサ、半導体及びLiB等電子化学製品の研究開発、製造、販売する企業 2018年、ポーランド市場への参入を発表し、LiB用電解液の工場を建設

参考) LiB主要部材に関する各国政策（公表情報まとめ）

自国企業支援策

他国企業制限・排除



- 「国家重点研究開発-新エネルギー自動車プロジェクト」として、部材含むLiB技術開発に約60億円を支援
- 国家発展改革委員会は「産業構造調整指導目録」に、LiB材料を重点カテゴリーに加え政策支援強化を決定

- 中国は2019年戦略物資やハイテク技術の輸出を許可制にし、2021年には、コバルトなど部材原料のレアアースを追加



- 韓国貿易産業エネルギー省は、2021年に部材原料を含む、水素自動車や二次電池などの新産業に係る31品目の輸入関税率を0%に引下げ

- (特になし)



- 2020年「国際資源戦略」において、LiB部材に係るレアメタル等の供給源の多角化、備蓄制度の見直し発表
- 2021年次期エネルギー基本計画では、部材原料となる資源確保を重視する方向

- (特になし)



- エネルギー省は「次世代EV用バッテリーの新計画」により、コバルトをサプライチェーン上、脅威大と評価。今後、コバルト使用量をゼロを目標に、研究開発を支援

- (特になし)



- 2020年、欧州原材料連合を創設。リチウム、コバルトを含むLiB主要部材に必要なレアメタルを焦点に、EU域内での独自のエコシステムの構築目指す

- (特になし)

各国の対応パターン

原材料資源確保型



部材製造に必要な、レアメタル、レアアースの資源確保に係る官民一体となった政策を展開

原材料の寡占/禁輸型



レアアース資源の産地における購買寡占。自国のレアアースの輸出規制により、他国企業の生産能力を制御

1. レアメタル: 「地球上の存在量が稀であるか、技術的・経済的な理由で抽出困難な金属」のうち、工業需要が現に存在する(今後見込まれる)ため、安定供給の確保が政策的に重要であるもの(現在、31種類)
Source: 中国国際能源新聞; 韓国Newspim; 日経(1, 2, 3); President Online; NEDO; EVsmart; 資源エネルギー庁(1, 2); 経済産業省

D. 駆動用モータ

i. 注目すべき理由

ii. 当該市場の基礎データ

a. グローバル市場の推移

b. 主要プレイヤーの動向

c. 各国の政策動向

iii. 業界/企業の動向

駆動用モータのポイント

i

注目すべき理由

- 車載バッテリー、駆動モータ、インバータの3つが、EVパワートレインの中核
- 駆動モータの安定供給確保は、EV産業全体の経済レジリエンスを大きく左右
 - OEM内製がメインであった駆動装置（パワートレイン）が、EV化により新市場として開放され、OEM、Tier1、新規参入組を交えた主導権争いが激化

ii

市場の基礎データ

- 駆動用モータ市場はCAGR18%で大きく成長予定で、OEM以外にも日本電産等の新規参入組もシェア拡大を目指す
- 日本電産はシェア40%の獲得を目指して、積極的に設備投資を実施

iii

業界/企業の動向

- 最大のEV需要国である中国では、産業育成政策もあり、自国内メーカーのシェアが高かったが、低価格戦略をとる外資モータメーカーのシェアが上昇
- インバーターや減速機を含む機電一体型モジュールの採用が始まっている

駆動モータは、車載バッテリー、インバータと並ぶEVパワートレインの中核部品であり、安定供給確保は、EV産業全体の経済レジリエンスを大きく左右

EVにおける駆動モータの位置づけ

EVパワートレインの構造

バッテリー

- パワートレインに電力を供給
- エネルギー密度が完成車の航続距離を左右
- 現在は、リチウムイオンバッテリー(LiB)が主流

インバータ

- バッテリーからの直流電力を交流に変換
- モータの動きを制御し、出力を細かく調整

駆動モータ

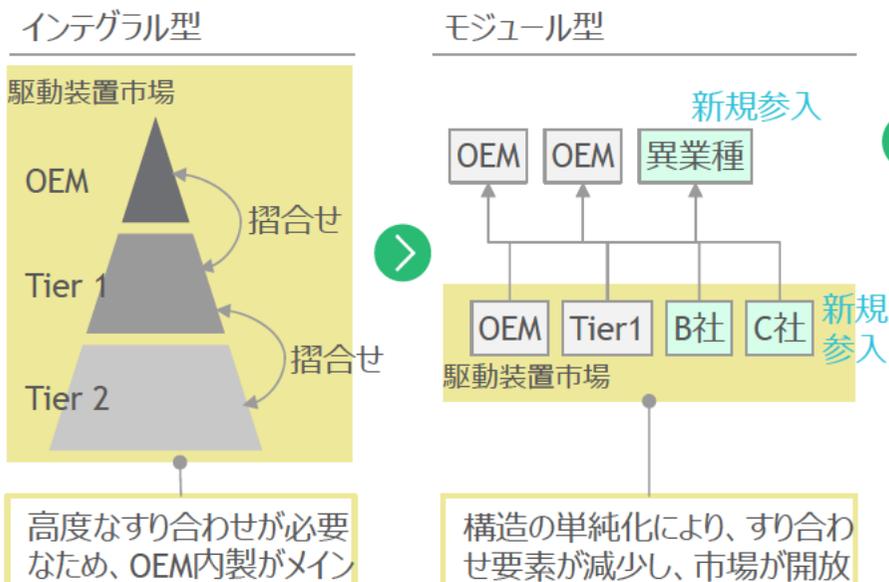
- ガソリンエンジンに代わって駆動力を生み出す
- 十分な駆動力を生み出すために軽量、高効率であることが必要

EV化によりOEM内製がメインであった駆動装置（パワートレイン）が新市場として開放され、OEM、Tier1、新規参入組を交えた主導権争いが激化

駆動用モータに注目すべき理由

EV化に伴う駆動装置市場の変化

- インテグラル型からモジュール型へのアーキテクチャの変化により、駆動装置が新市場として開放
- 駆動用モータ市場は大きなシェアを持つメーカーが不在であり、Tier1も新規参入組も同じスタートライン



Source: 日本経済新聞

駆動用モータ市場の参入プレイヤー

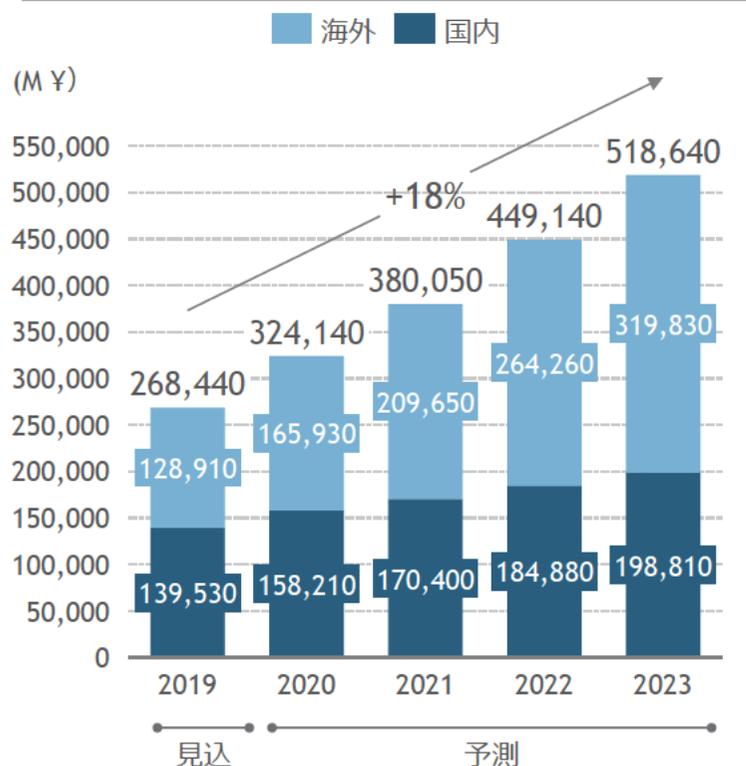
企業名	主要企業の動向
OEM	<ul style="list-style-type: none"> • トヨタ • ホンダ • 日産 • BYD 等 <ul style="list-style-type: none"> • トヨタは'19年にモータを含むEV向けの部品やシステムを他社に外販する方針を決定 <ul style="list-style-type: none"> - 2万件を超える特許も無償で提供
Tier1	<ul style="list-style-type: none"> • デンソー • Bosch • Continental 等 <ul style="list-style-type: none"> • デンソーとアイシンは"BluE Nexus"を設立し、電動アクスルの開発・量産を進める • Boschは'19年から電動アクスルの量産を開始し、1,300億円規模の売上を目指す
新規参入	<ul style="list-style-type: none"> • 日本電産 • ヤマハ • 三菱電機 等 <ul style="list-style-type: none"> • 日本電産は'25年度には駆動用モータ関連事業で1,000億円規模の売上を目指す • ヤマハは'20年2月から試作品の外販を開始し、'21年にはスーパーカー向けの高出力モータを開発

駆動用モータ市場はCAGR18%で大きく成長予定。現時点ではOEMのシェアが高いが、日本電産等の新規参入組もシェア拡大を目指して積極的な設備投資を実施

駆動用モータの市場規模 / プレイヤー

HEV/BEV/PHEV/FCEVに搭載される駆動用モータおよび発電用モータ(ジェネレータ)が対象

グローバル市場規模



主要プレイヤー (2019年グローバル市場シェアトップ5)

企業	市場シェア	国籍	企業概要・動向
	49%		<ul style="list-style-type: none"> HEVを中心に電動車両の生産台数が多い '21年にはFCVのコスト半減させ、BEVだけでなく、FCVも普及を目指す
	8%		<ul style="list-style-type: none"> '18年に日立との合併会社が100億円を投じ、EV用モータの開発拠点を新設 '20年に、米ケンタッキー州にBEVやHEV向けモータを生産する工場を立ち上げ
	6%		<ul style="list-style-type: none"> エンジンで発電機を回し、その電力でモータを駆動するハイブリッド機構の「e-POWER」などHEV向けの技術開発を推進
	6%		<ul style="list-style-type: none"> 自社EV/PHV向けのモータ全量を内製しているとみられ、EV完成車のシェア拡大に伴い、シェア上位となっている
	5%		<ul style="list-style-type: none"> モータを含むEV用部品を生産するために約35億円を投資し、工場を整備
	—		<ul style="list-style-type: none"> 電気自動車向けのトラクションモータの生産に'19年からの7年間で5,000億円を投資する予定

Source: 富士キメラ総研 車載電装デバイス&コンポーネンツ総調査2020 上巻; 日本経済新聞; 日本経済新聞; 日本経済新聞; Newswitch

参考) 駆動用モータに関する各国政策 (公表情報まとめ)

自国企業支援策

他国企業制限・排除



- NEDOが「次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発」PJに3.8億円を投じる

- (特になし)



- EV用モータ分野の自国企業育成を目指し、「外商投資産業指導目録」において、外資系企業の進出を奨励

- (特になし)



- '20年から'25年にかけて、駆動用モータを含むxEVのコア部品の開発に約37億円の研究開発費を交付

- (特になし)

各国の対応パターン



自国企業育成型

国内での生産を目指し、外資企業の誘致等を通して、技術のキャッチアップを図る



技術開発促進型

EVに必要とされる高効率のモータ開発等に補助金を交付し、産業競争力を高める

E. SiC (パワー半導体新材料)

i. 注目すべき理由

ii. 当該市場の基礎データ

a. グローバル市場の推移

b. 主要プレイヤーの動向

c. 各国の政策動向

iii. 業界/企業の動向

SiC(パワー半導体新材料)のポイント

i

注目すべき理由

- 車載バッテリー、駆動モータ、インバータの3つが、EVパワートレインの中核
- 高性能インバータの製造を可能にする材料は、サプライチェーンのレジリエンスを左右
- 日本もプレゼンスがあるSiCウェハ―は、他国の国産化ターゲットとして狙われる可能性

ii

市場の基礎データ

- 米国2社で計75%、ロームを加えた3社で約90%のシェアを占める寡占市場
- 米国等でも安全保障の観点からサプライチェーン維持の施策が採られている

iii

業界/企業の動向

- SiCウェハ―安定確保の重要性が増す中、日本勢は動きが鈍く政府支援余地が存在
 - 欧米半導体メーカーは、長期供給契約やM&Aを通じてSiCウェハ―の安定確保に奔走
 - また、ウェハ―メーカーも生産能力拡張のため、積極的な設備投資を計画
- 技術面では、ウェハ―大口径化と高歩留り率を実現する量産技術の確立が待たれる状況
 - 国内では、産官連携の研究開発プロジェクトが始動

インバータは、車載バッテリーと駆動モータを機能させるために不可欠な、EVの中核部品

EVにおけるインバータの位置づけ

EVパワートレインの構造

バッテリー

- パワートレインに電力を供給
- エネルギー密度が完成車の航続距離を左右
- 現在は、リチウムイオンバッテリー(LiB)が主流

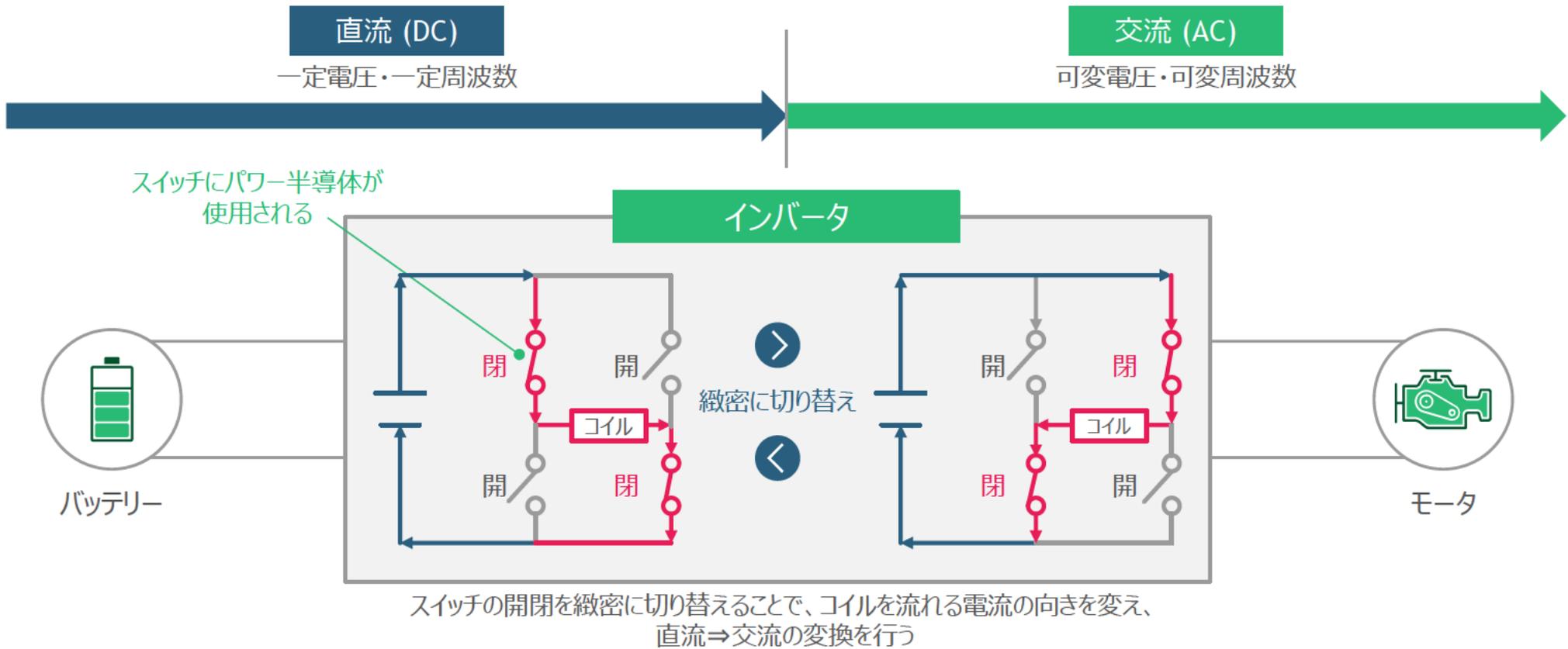
インバータ

- バッテリーからの直流電力を交流に変換
- モータの動きを制御し、出力を細かく調整

駆動モータ

- ガソリンエンジンに代わって駆動力を生み出す
- 十分な駆動力を生み出すために軽量、高効率であることが必要

(参考) 搭載したパワー半導体のスイッチング機能を用いて、直流電流を交流に変換 インバータの仕組み



高性能インバータの製造を可能にする材料は、サプライチェーンのレジリエンスを左右 SiC (パワー半導体新材料) に注目すべき理由① (1/2)

高性能インバータにより、
下記の点でEVの性能は向上

航続距離の延長

加速性能の向上

軽量化/小型化による車内
空間の確保

高性能インバータ向け材料としてSiC(シリコンカーバイド)が注目されており、長航続距離モデルを中心に搭載が加速

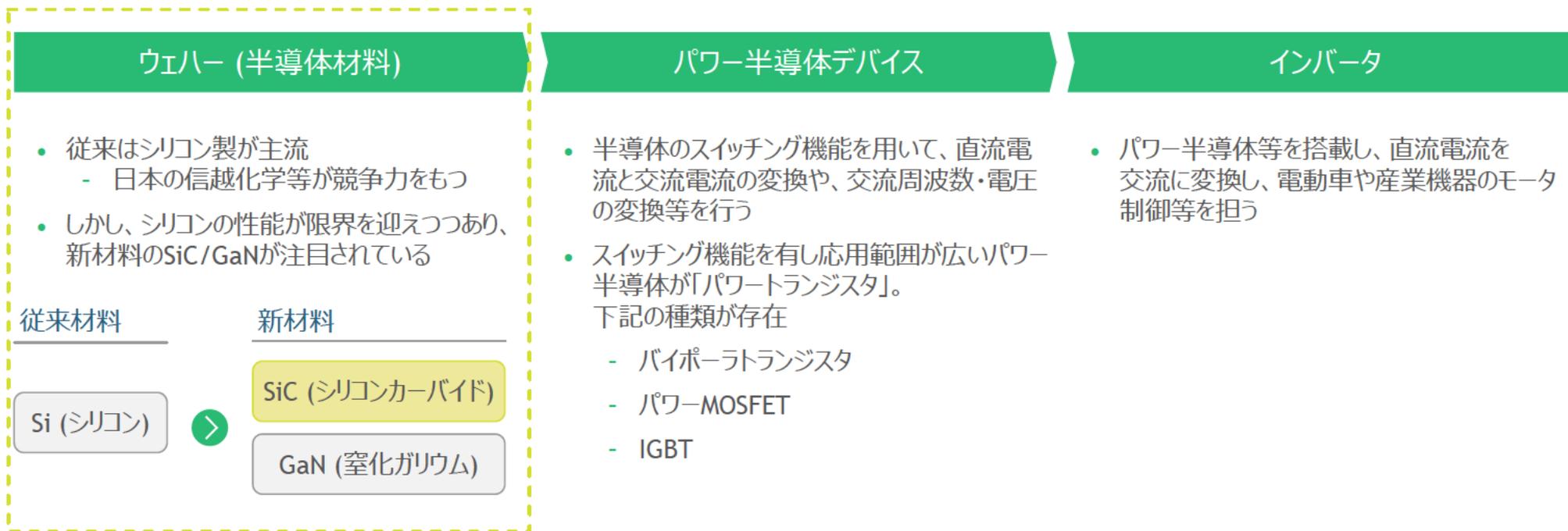
航続距離300マイル以上のEV一覧

OEM	モデル	上市時期	航続距離	加速性能	電池容量	半導体材料
Tesla	Tesla Roadster	2022E	620	0 - 60mph/1.9秒	200	SiC
Tesla	Tesla Cybertruck	2021E	500	0 - 60mph/2.9秒	200	SiC
Nio	ET7	2022E	435	0 - 62mph/3.9秒	100	SiC
Lucid	Lucid Air	2021E	406	0 - 60mph/2.5秒	113	SiC
Tesla	Model S (Long Range)	2020	402	0 - 60mph/3.7秒	100	SiC
Nio	ES6	2019	380	0 - 62mph/4.7秒	100	IGBT
BYD	Han	2020	376	0 - 62mph/3.9秒	77	SiC
BMW	i4	2021E	375	0 - 62mph/4秒	80	IGBT
Ford	Mustang Mach E (ER) RWD	2020	379	0 - 62mph/3.7秒	96	IGBT
Tesla	Model 3 (Long Range)	2019	353	0 - 60mph/4.4秒	75	SiC
Tesla	Model X (Long Range)	2019	370	0 - 60mph/3秒	100	SiC
VW	ID.3 (Tour)	2020	336	0 - 62mph/7.9秒	77	IGBT
VW	ID.4	2021E	325	0 - 62mph/8.5秒	77	IGBT
Tesla	Model Y (Long Range)	2020	326	0 - 60mph/3.5秒	75	SiC
Hyundai	Ioniq 5	2021E	310	0 - 62mph/5.2秒	73	SiC
Porsche	Taycan 4S	2020	301	0 - 62mph/4秒	79	IGBT
Jaguar	i-Pace	2018	292	0 - 62mph/4.5秒	90	IGBT
Polestar	Polestar 2	2020	292	0 - 62mph/4.7秒	78	IGBT

Note: 航続距離-mile, 電池容量-KWh
Source: Telescope Magazine; Credit Suisse Research

高性能インバータを支える技術的要素として、半導体新材料のSiCが注目される

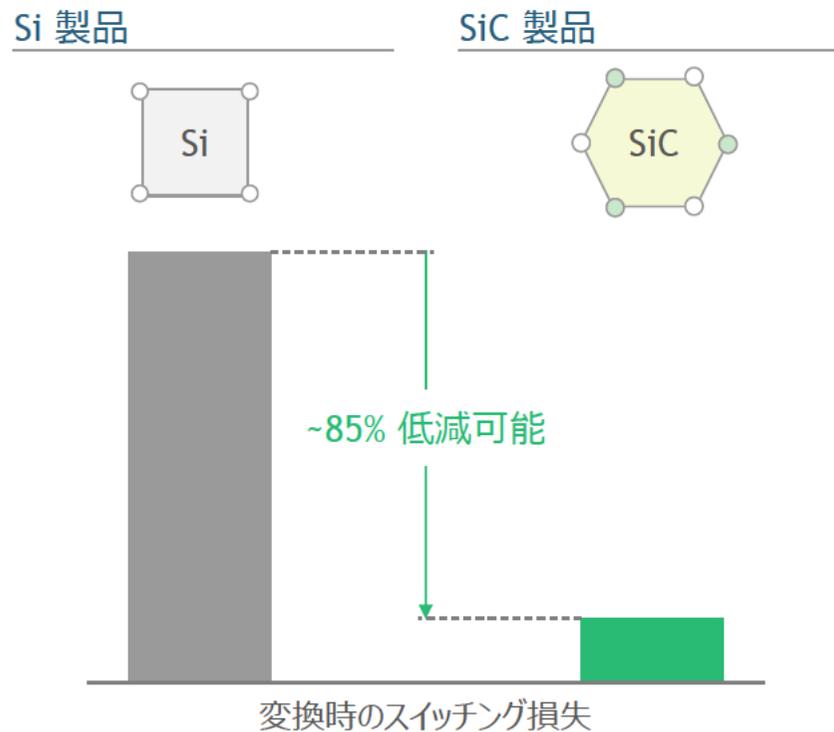
SiC (パワー半導体新材料) に注目すべき理由① (2/2)



(参考) SiCを用いることでパワー半導体・インバータの低損失化と小型化を実現できる

従来材料に比したSiCの優位性

1 低損失性



Source: [TechWeb](#)

2 小型化

SiCの特長	効果	従来比 サイズ
低抵抗 	<ul style="list-style-type: none"> 電力損失が低い 損失が少ない分、小型の素子を使用できる 	$\sim \frac{1}{10}$
高速動作 	<ul style="list-style-type: none"> 高いスイッチング周波数により、トランス等の周辺部品も小型化 	$\sim \frac{1}{10}$
高温動作 	<ul style="list-style-type: none"> より高い温度での動作が可能となり、冷却機構を簡素化できる 	$\sim \frac{1}{10}$

日本もプレゼンスが高いSiCウェハ―は、他国の国産化ターゲットとして狙われる可能性

SiC (パワー半導体新材料) に注目すべき理由②

日本

日本のトップメーカーであるロームは、他国に先駆けて2000年より、SiCの基礎研究に取り組んできた

京都大学でも研究が進められており、2020年には業界全体で20年間解決されてこなかった技術課題の克服に成功

- SiCと酸化膜の界面に大きな欠陥 (半導体の不完全性) が存在
- SiCの理論性能を長らく発揮できずいた



- 原因がSiC自体の酸化にあると特定
- SiCの酸化を防ぐ製造方法を開発・実現
- 欠陥が1桁低減し、20年越しに10倍の性能向上を実現

中国の動向

従来から半導体の国産化を目指してきたが、近年になってSiCを含む新材料への注目度が上がっている

- 2015年 ● 中国製造2025
 - 半導体自給率を2020年に40%、2025年に70%と設定
 - 政府系基金から大規模投資を行い開発を加速
- 2020年 ● 第19期中央委員会第5回全体会議 (5中全会)
10月
 - SiCやGaNのウェハ―開発を優先的に強化するよう指示

こうした政府方針を受け、民間企業でも国産化を目指す姿勢がみられる

第三代半導体業界への参入は技術的ハードルが非常に高く、SiC単結晶を成長させるのは非常に困難で、**その成長、加工技術を確立しているのは一部の先進国だけだ。**

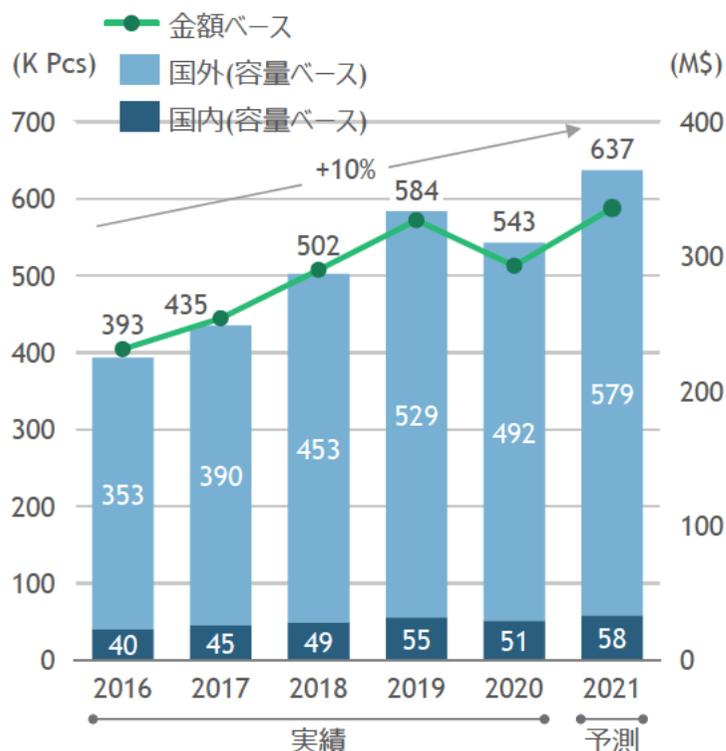
SiC単結晶の国産化は、**第三代半導体における海外の独占状態を打破するのに極めて重要だ。**

— 北京天科合達半導体股份(SiCウェハ―現地メーカー)

SiCウェハの需要増、供給不足の中、半導体大手企業はSiCウェハ企業の困り込みを強化。各企業、積極的な投資により増産及び安定供給目指す

SiCウェハの市場規模 / プレイヤー（車載用以外の用途を含む）

グローバル市場規模



主要プレイヤー (2020年グローバル市場シェアトップ5)		
市場シェア	国籍	企業概要・動向
62%	アメリカ	<ul style="list-style-type: none"> 次世代パワー半導体に不可欠なSiC関連製品、GaN-on-SiCベースのRF関連製品を販売 半導体製造大手のInfineon、STMicroelectronics等へウェハの長期供給契約を締結。他ウェハサプライヤー買収による事業拡大
13%	アメリカ	<ul style="list-style-type: none"> 産業、光通信、軍事、ライフサイエンス、半導体機器等多様な製品を開発、製造する会社 SiCウェハ製造にも必要となるレーザー技術等を有するコヒレントを約7,610億円で買収
13%	日本	<ul style="list-style-type: none"> 半導体素子事業を中心に、自動車、産業機器、家電、IT機器等、幅広い分野に製品を提供 半導体競合企業STMicroelectronicsへのSiCウェハを大規模供給を約146億円で契約締結
5%	アメリカ	<ul style="list-style-type: none"> 接着剤、添加剤、シリケート等を扱う世界最大級の総合化学薬品メーカー 2018年、高いSi関連技術を有する東レは、合併会社を設立
2%	日本	<ul style="list-style-type: none"> 油化学、化学品、カーボン、セラミックス、エレクトロニクス材料等の製品を提供する化学メーカー 高品質SiCウェハ製造技術を保有。半導体製造大手InfineonとSiCウェハに係る大型事業を締結

1. PPES: プライムプラネットエナジー&ソリューション株式会社

Source: SPEEDA, CREDIT SUISSEレポート「Global Semiconductors, Automotive Semis: Powering the EV megatrend」, EETimes; Laser Focus World; 日経XTECH; ザウ・東レ; 昭和電工; 日経

参考) SiCウエハに関する各国政策 (公表情報まとめ)

自国企業支援策



- 米国重要サプライチェーン確保に向けた大統領令に基づき、今後4兆円超の財源確保し、自国生産強化



- NEDOは2009年からSiCウエハなどの高品質化に取り組む事業を展開²⁾
- 産業技術研究所は、企業と公的機関の連携により、SiCウエハの量産技術の確立を目指す共同研究を開始 (2021)



- 国務院は、ウエハを含む特定のSiC関連企業に対し、最初の2年間は企業所得税免除、3~5年目までは25%または50%の軽減税率適用を公表³⁾
- 工信部、国家発展改革委員会は、SiC含む第3世代半導体材料を奨励カテゴリーに指定。政府支援強化を表明



- 欧州共通利益重要プロジェクトとして、パワー半導体含む半導体分野に約2000億円の補助金投入を決定

他国企業制限・排除

- NDAA法に基づき、同盟国等と協働し、半導体サプライチェーンを構築目指す

- (特になし)

- (特になし)

- (特になし)

各国の対応パターン

研究開発型



半導体事業と併せ、SiCウエハに係る技術開発を強化

構築したサプライチェーン以外の企業の排除型



自国半導体製品、または他国の半導体製品の輸出入を制限することにより、他国企業を排除

1. NDAA法(アメリカ国防権限法: National Defense Authorization Act) に2021年「多国間半導体安全保障基金」の設立を記載; 2. NEDOは、SiCウエハの高品質化に係る事業として「低炭素社会を実現する次世代パワーエレクトロニクスプロジェクト」を2009年より10年間実施; 3. 中国国務院、「新時代のIC産業とソフトウェア産業の高品質な発展を促進する政策」

Source: 経済産業省, NEDO (1,2); 日本経済新聞; 産業技術総合研究所; 中国国務院; 中国工信部; 中国in-en.com; JETRO; EETimes; Reuters

F. ECU

i. 注目すべき理由

ii. 当該市場の基礎データ

a. グローバル市場の推移

b. 主要プレイヤーの動向

c. 各国の政策動向

iii. 業界/企業の動向

ECUのポイント

i

注目すべき理由

- ECUの統合化とコネクテッド化により、車両を司る頭脳が潜在的な攻撃対象になり得る
- ECUは、データマネジメント / サイバーセキュリティの両面で、次世代車の安全性を左右
 - 車両へのサイバー攻撃は、ECUをターゲットとして行われる

ii

市場の基礎データ

- ECU市場はCAGR6%で成長傾向で、ドイツ企業が3割近いシェアを占めている
- 日本企業としてはデンソーが統合ECUや車両ソフトウェアの開発に取り組む

iii

業界/企業の動向

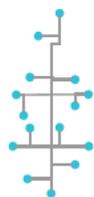
- 政府としてもサイバーセキュリティ/AI等のIT人材の確保・育成やガイドライン・認証制度のさらなる整備に取り組む必要がある
 - この10年で自動車へのサイバー攻撃はすでに増加。更に2035年に向けコネクテッドカー率は約8割に到達し、外部からの攻撃対象は拡大
 - 統合ECU化によりビークルOSの搭載も進展し車両のソフトウェア比重が増加
 - 結果、セキュリティ/AI等を含めたIT人材が国内自動車業界で今後ますます不足していく恐れ

ECUの統合化とコネクテッド化により、車両を司る頭脳が潜在的な攻撃対象になり得る

ECUに注目すべき理由①

E/Eアーキテクチャの進化

フラット型



過去: フラット型

制御方式

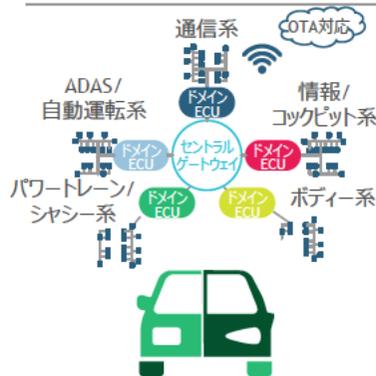
- 電装品毎のECUが処理や制御を実施
- ECUの相互接続する際は1対1で無理やり接続

通信方式

- (外部通信はなし)



ドメイン型



現在: ドメイン型

- 扱うデータ単位でドメインを構築し、ドメインECUが処理や制御を実施
- 異なる電装品をつなぐ場合、セントラルゲートウェイがデータ転送を担う



ゾーン型



将来: ゾーン型

- ① 統合ECUが負荷の高い情報処理や全体制御を実施
- 異なる電装品をつなぐ場合、ゾーンECUがデータ転送を担う

ECUの統合化とコネクテッド化により、車両を司る頭脳が潜在的な攻撃対象になり得る

- ① 統合ECUを攻撃することで車両全体に影響を与えられる
- ② コネクテッド化による外部通信に伴いサイバー攻撃の危険性が発生
- ③ 内部通信にEthernetを利用する場合、全ての車載機器がインターネットにつながり、攻撃対象となりうる



- ② 外部通信には「DSRC」や「LTE V2X」といった技術を利用

- ③ 内部通信にはオープンな技術であるEthernetを利用

ECUは、データマネジメント / サイバーセキュリティの両面で、次世代車の安全性を左右する ECUに注目すべき理由②

ECUをターゲットとした実証実験

車両へのサイバー攻撃は、ECUをターゲットとして行われる

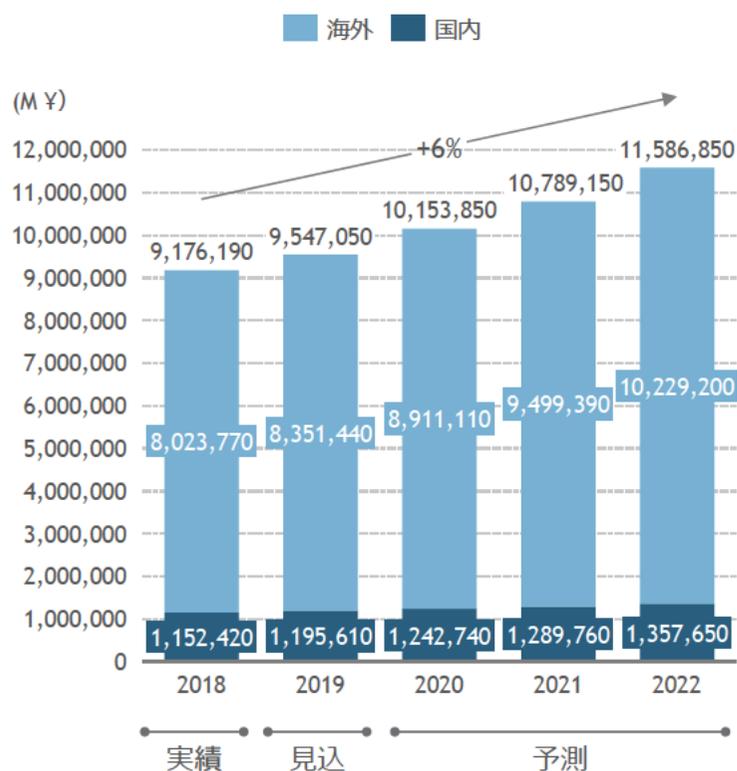
2015年実証実験(米国)の例

- 実際に販売されている某メーカ製品で制御系ECUへの攻撃可能性を検証する実験を実施
 - 無線ネットワークの脆弱性を利用し、車両システムに侵入
 - 車体やパワートレインの制御技術である「CAN」通信装置のファームウェアの脆弱性を利用し、ECUに不正な指示を送信
 - 制御機能を奪取することで、運転者の意に反して車両は路肩に転落
- 結果、140万台の車両がリコール対象となった

ECU市場はCAGR6%で成長傾向で、ドイツ企業が3割近いシェアを占めている。 各社統合ECUの提供に向けた製品開発を進めている

ECUの市場規模 / プレイヤー

グローバル市場規模 (ECU全体)



主要プレイヤー (2019年グローバル市場シェアトップ5)			
	市場シェア	国籍	企業概要・動向
BOSCH Invented for Life	11%		<ul style="list-style-type: none"> 幅広い自動車メーカーへの納入実績があり、ECUからシステムまで一貫した開発・生産技術をもつ '22年に統合ECUの実用化を目指す
Continental The Future in Motion	10%		<ul style="list-style-type: none"> 同社が力を入れる統合ECU"HPC"がVolkswagenの電気自動車に採用 <ul style="list-style-type: none"> - ルネサスエレクトロニクス製の半導体を採用
DENSO	9%		<ul style="list-style-type: none"> '19年4月にアイシン・アドヴィックス・ジェイテクトの4社で自動運転向け統合ECUソフト開発の合併会社「J-QuAD DYNAMICS」を設立
• APTIV •	4%		<ul style="list-style-type: none"> 同社のECUが、BMWが'21年に投入するレベル3の自動運転車に採用
ZF	6%		<ul style="list-style-type: none"> 走行安全系ECUに強みを持ち、幅広い地域に供給を実施 完全自動運転(レベル4)向けECUを'24-'25年に市場投入予定

参考) ECUに関する各国政策 (公表情報まとめ)

自国企業支援策



- 交通・デジタルインフラ省が自動運転に関連するPJへの研究助成を提供
 - '20年には約11億円の助成を決定



- 国交省と経産省が、無人自動運サービス実現へ向けた取組み計画を策定
 - 技術開発や実証実験の推進、国際標準に関する情報提供を実施



- '16年に公道における実証実験時のガイドラインを作成
 - '19年時点で80社以上が実証実験を実施



- '20年2月策定の「スマート自動車イノベーション発展戦略」にて、自動運転関連のコア技術・車載センサー等の技術開発支援から法制度整備までを計画

他国企業制限・排除

- 自動車基準調和世界フォーラム(WP29)やISO 21434¹⁾が定める自動車サイバーセキュリティに対応するルールを策定予定で、対応していない車は販売不可となる
 - '20年6月に、WP29はサイバー攻撃対策を義務付ける指針を採択

- 自動車基準調和世界フォーラム(WP29)やISO 21434¹⁾が定める自動車サイバーセキュリティに対応するルールを策定予定
 - WP29のサイバーセキュリティTFで議長を務め、議論を主導

- 自動車技術者協会(SAE)と連保政府が自動車のサイバーセキュリティ対策の国際標準化を進める

- 「国家IoV産業規格体系構築ガイドライン」において、自動車等の標準策定の方針を定める
- 「テレマティクス産業発展行動計画」では20年までにセキュリティ等の安全保障体系整備に取り組むとしている

各国の対応パターン


自動運転推進型
 実証実験の許可や研究助成を行い自動運転の実現を目指す
 ECUを含む自動運転関連コア部品の開発援助を行うケースもある


サイバーセキュリティ対策型
 自動車のサイバーセキュリティ対策についてガイドラインや標準を整備し、規定をクリアした自動車のみ販売を許可する

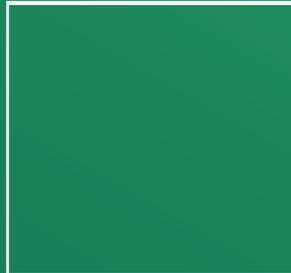
5



航空/宇宙



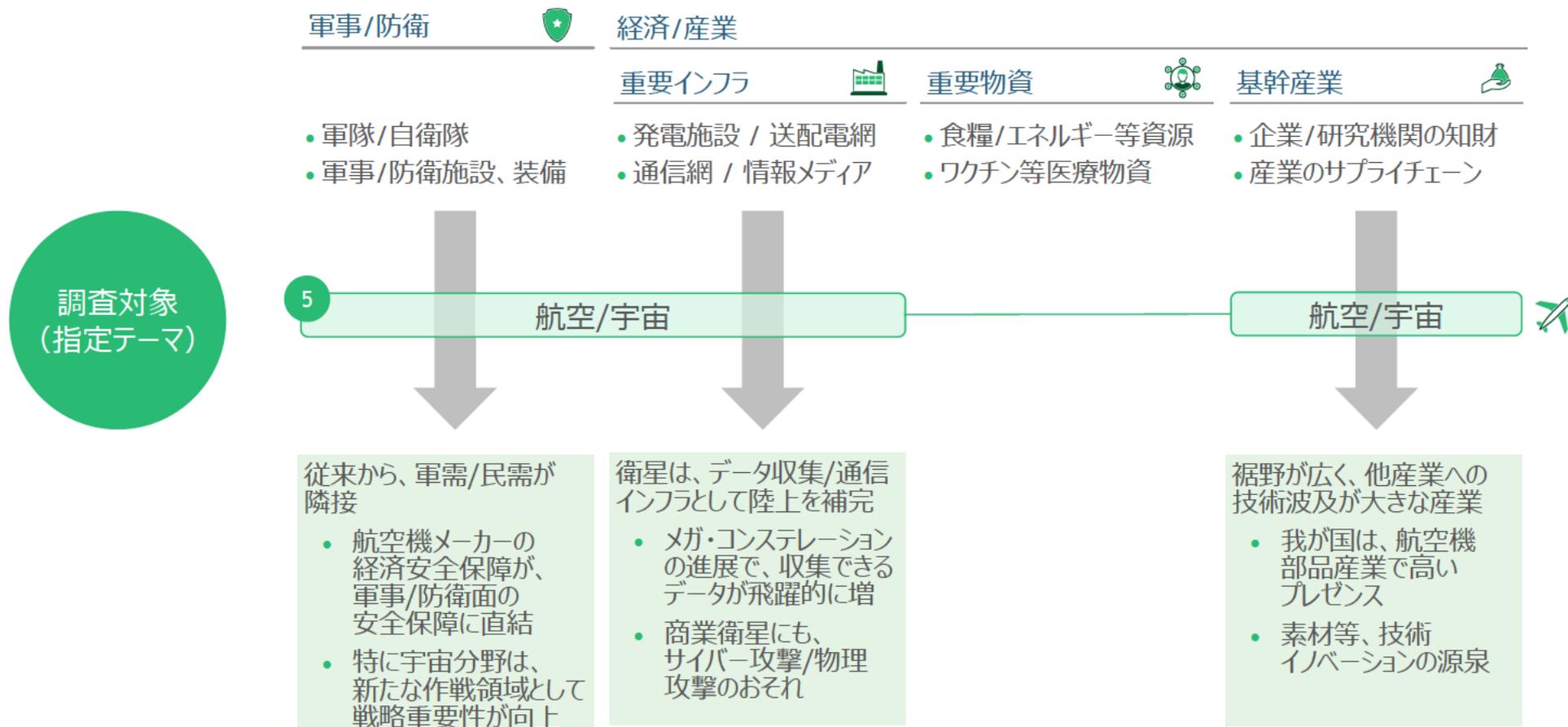
航空 / 宇宙



1. 経済安全保障上の重要性
2. サプライチェーンの構造
3. 重要技術を擁する市場の実態
 - A) 航空機 機体
 - B) 航空機 エンジン
 - C) 炭素繊維複合材料
 - D) 人工衛星

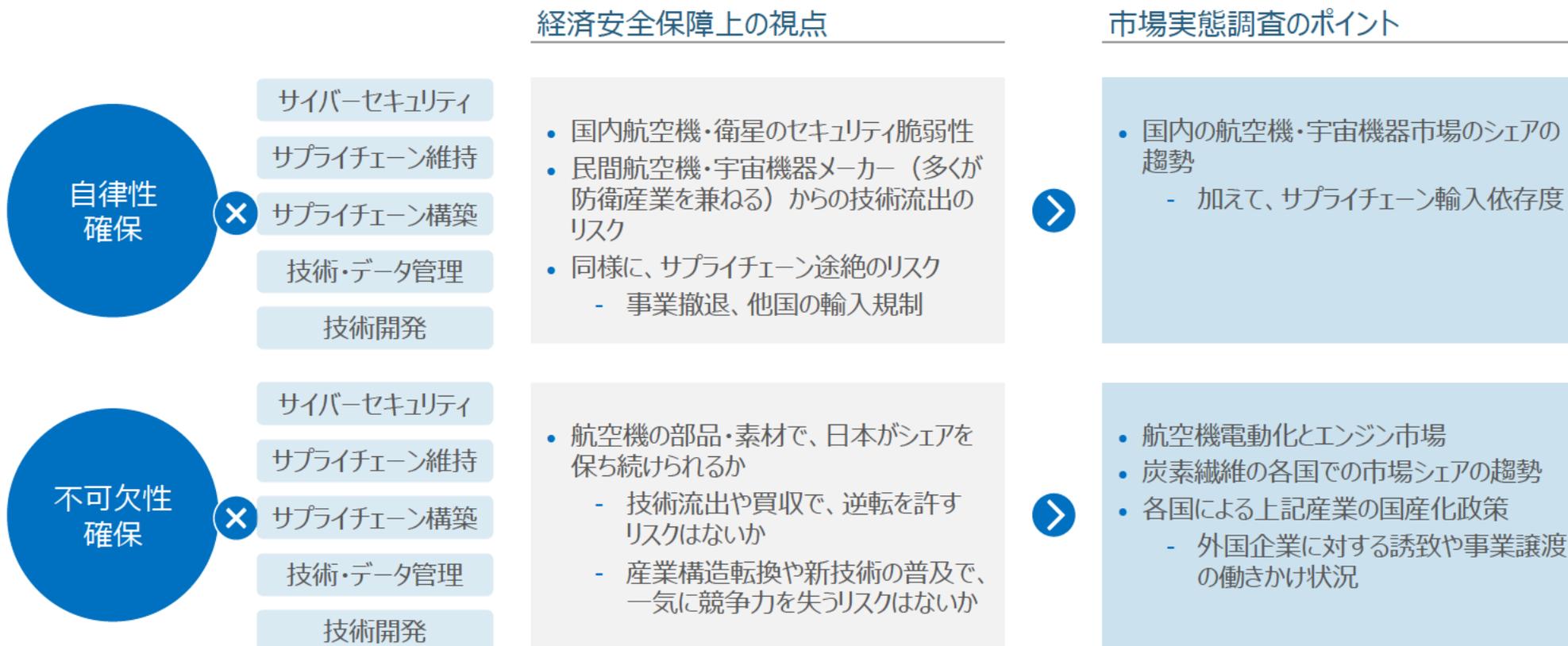
航空機/衛星は、軍事/防衛との関りが深く、特に近年は戦略上の重要性を増している

経済安全保障上の重要性



このため、経済安全保障上の観点から、次のような点に注目していく必要がある

経済安全保障上の留意点



航空分野 - 経済安全保障上の重要性

防衛装備 基盤の 安定

- 我が国では、航空機メーカーの経済安全保障が、軍事/防衛面の安全保障に直結
 - 我が国には工場がなく、装備品の生産・技術基盤は、民間の防衛産業に立脚
 - 防/民事業の一体性も高く、民需事業の安定性が防衛基盤にも影響

重要インフラ 防御

- 民間航空機は旅客輸送の重要インフラであり、厳重な防御が必要
 - 特に、デジタル航空機（e-Enabled航空機）の時代となり、サイバーセキュリティの確保が重要 이슈となっている

高度技術の 源泉

- 航空分野の先進技術が他産業へ波及することで、広く製造業の技術力向上に寄与
 - 航空産業で培われた高度技術・製品の他産業への応用
 - 他産業で開発された技術・製品が航空産業への採用によって更に高度化

我が国には工場がなく、装備品の生産・技術基盤は、民間の防衛産業に立脚

我が国の防衛生産基盤・技術基盤構造

民間防衛産業への立脚

我が国には工場 (国営工場)が存在せず、装備品について、生産基盤の全てと技術基盤の多くの部分を防衛産業が担う

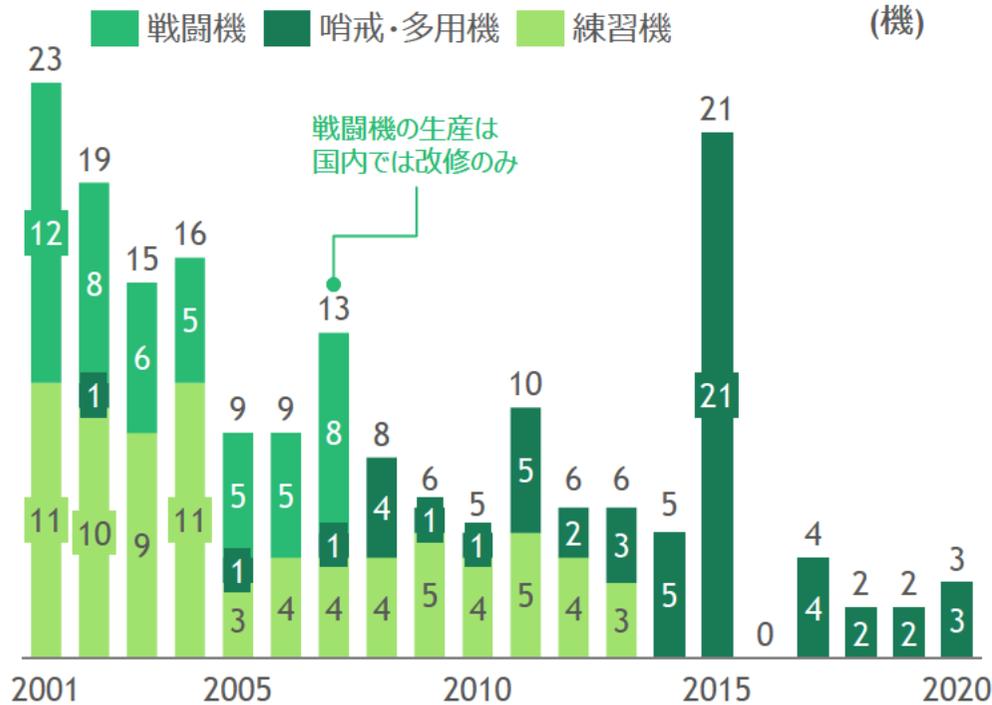


我が国では、航空機メーカーの経済安全保障が、軍事/防衛面の安全保障に直結

我が国では、防衛事業に専門特化したメーカーは少なく、多くが防需/民需向け事業を兼業 航空機産業における防衛需要の割合

防衛航空機 国産新規調達機数

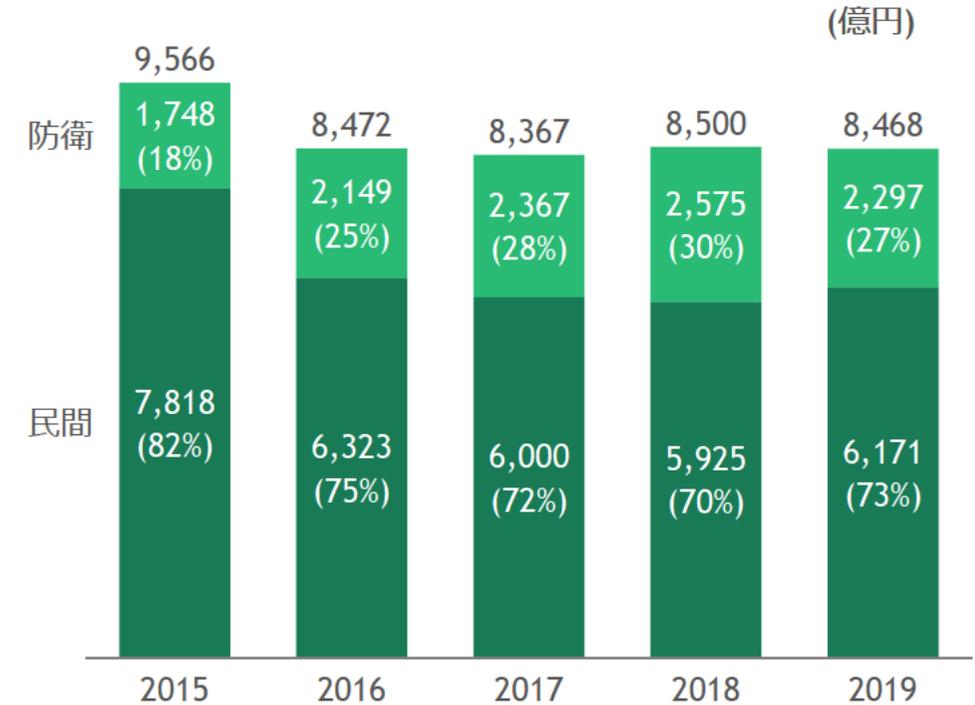
防衛航空機の数量は限定的であり、近年は減少傾向にある



1. 修理を含まない製造のみの金額
Source: 日本航空宇宙工業会; 日本航空宇宙工業会

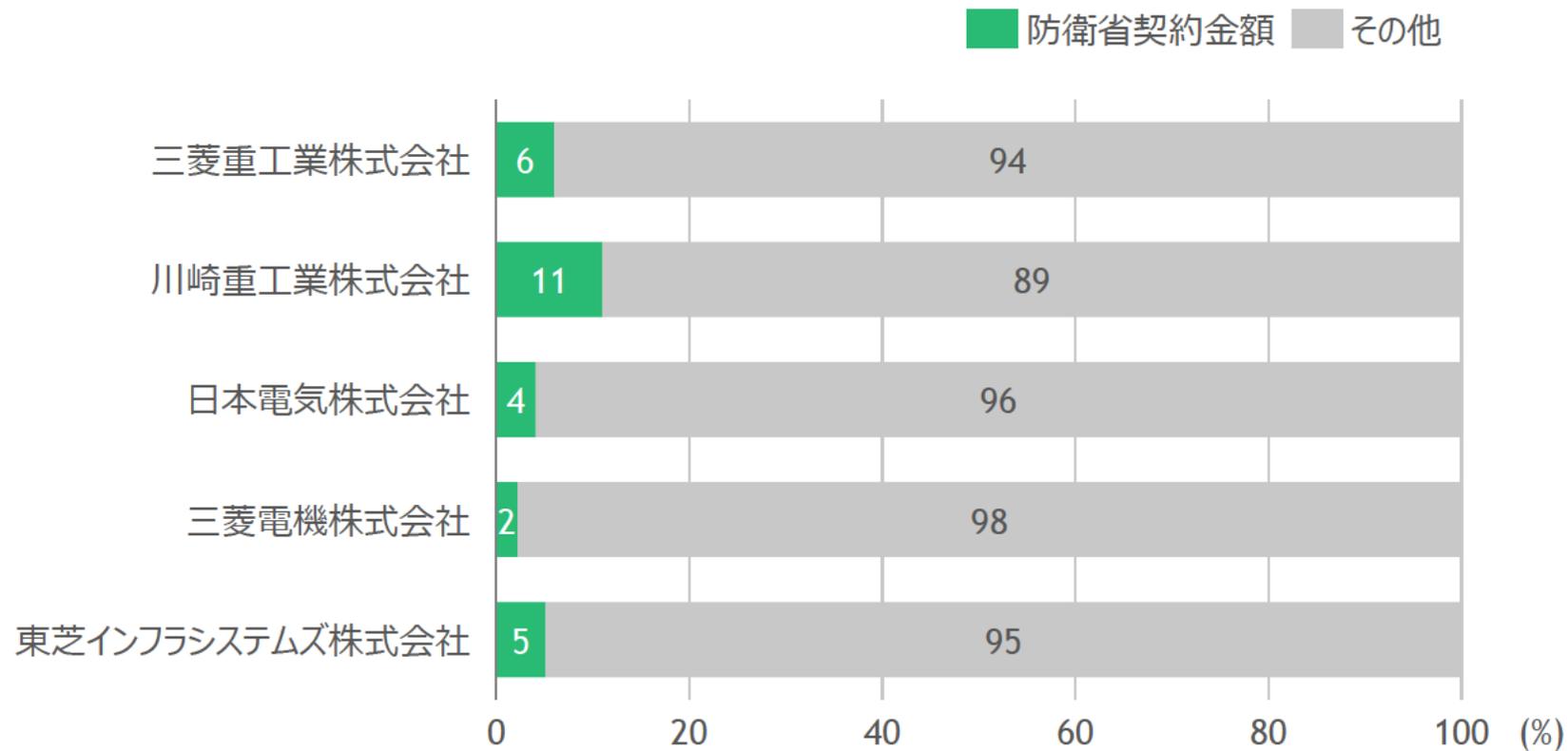
国内 機体生産額¹ (年度ベース)

航空機の機体製造における防衛比率は30%以下に留まる



防需/民需兼業の構造は、上位のプライム企業でも同様

主要防衛関連企業の売上高に占める防衛省契約金額の割合



Source: 防衛省「主要防衛関連企業の売上高に占める防衛省契約金額の割合」平成31年3月8日；エキスパートインタビュー

民需事業の業績が悪化すると、防衛事業継続の経営合理性が問われるという構図も存在 防衛事業の収益性

防衛事業の収益性

- 原価計算方式での価格決定では、利益率は概ね5%程度(低位安定)
- 航空機では、多くが原価計算方式によって価格を決定される

原価計算方式の概要

P率は、防衛省側で規定

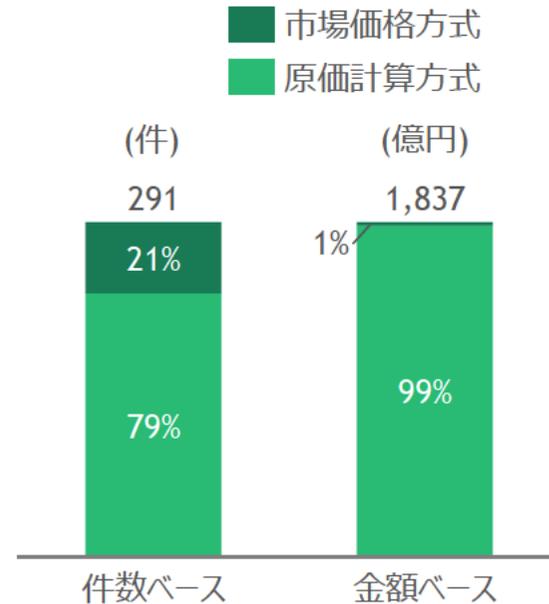
IP: 利子/利益

+

費用

GC: 一般管理及び販売費

製造原価



デジタル航空機（e-Enabled航空機）の時代となり、サイバーセキュリティが重要 이슈化

民間航空機のサイバーセキュリティ

サイバーセキュリティの重要 이슈化

- 「航空機のハッキング」が可能になり、重要インフラとしてのサイバーセキュリティの確保が経済安全保障上のトピックに

主なアビオニクス・セキュリティガイドライン

RTCA DO-326A

耐空性セキュリティ
プロセス仕様

RTCA DO-356A

耐空性セキュリティの
方法と考慮事項

RTCA DO-355

耐空性を継続するための
情報セキュリティ

航空産業は高い技術力を要する産業であり、培われた技術が他産業へ波及することで、ひろく国内製造業の技術力向上に寄与 他産業への技術波及

政府による航空産業の技術波及効果の位置づけ

国際共同開発に関する基本的な指針 (H26, 経済産業省)



航空機工業は高い技術力に支えられた高付加価値な加工組立型産業に位置付けられる産業であるとともに、裾野が広く、関連分野への技術波及効果の高い産業であり、今後のわが国経済を担う基幹産業の一つとして、発展が期待されている。

航空分野で培った高度技術の他産業への波及が
目指されている

技術波及効果の例

- 
金属加工技術
 Ex. ジュラルミン、チタン材ボルト
 - 
素材技術
 Ex. 炭素繊維複合材料
 - 
システム・制御・電気電子技術
 Ex. アンチスキッドブレーキ、フライ・バイ・ワイヤ、ミリ波レーダー
 - 
空力・構造設計技術
 Ex. 数値流体解析
- 
車両、医療機器
 Ex. リニアモーターカー・自動車 (アルミ合金)、骨折補強器具 (チタン合金)
 - 
自動車、鉄道、電力
 Ex. ボンネットフード、新幹線機首、風力発電 (炭素繊維複合材)
 - 
自動車
 Ex. アンチブレーキシステム、ステア・バイ・ワイヤ、衝突防止レーダー
 - 
船舶、鉄道、自動車
 Ex. 船体等の周りの流れ解析

宇宙分野 – 経済安全保障上の重要性

宇宙の 戦闘領域化

- 宇宙領域のプレイヤーはアメリカ・ソ連の2極構造から多数の国が宇宙活動を行う多極構造へと変化
- 多数の国家の進出により、宇宙は不用意な攻撃を控えるべき「聖域」との認識が崩れ、米国をはじめ各国で、宇宙を「戦闘領域」・「作戦領域」と位置付ける動きが拡大

重要インフラの 保護

- メガ・コンステレーションの進展により、“データの津波”と言われるほど膨大なデータが取得可能となっている
- コンステレーションを活用した衛星ブロードバンドサービス等も進展し、民生を含めた通信インフラとしての位置づけが従来以上に高まる

産業成長の 期待

- 諸外国が宇宙活動を活発化させていることに加え、民間でも新たなビジネスモデルが台頭するなど宇宙産業自体が大きく成長する見込み
- 新たな情報通信基盤として応用分野が進展し、様々な産業の創造・育成の土台となる可能性

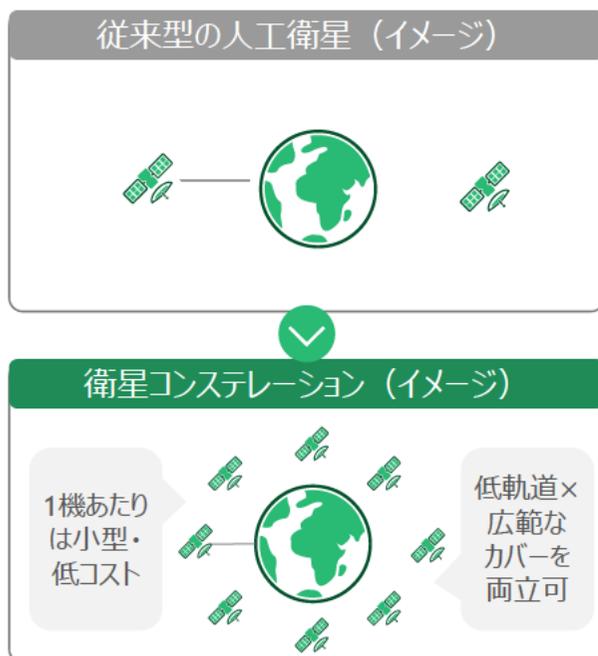
衛星コンステレーションは、通信・観測・防衛の各分野で、従来にない機能を実現

衛星コンステレーションの特徴

衛星コンステレーションとは

多数の小型衛星の一体的機能システム

- "コンステレーション" = "星座" の意味
- 数十～数万機の衛星を一体的に運用



衛星コンステレーションの重要性

衛星コンステレーションは、通信、地球観測、ミサイル防衛の各分野でイノベーションを実現

- "低軌道 (高速通信・高解像度)" × "常時・広範囲なエリアカバー" を両立できることが特徴
- 民生 / 軍事防衛の両面から、経済安全保障上、高い自律性が求められる



世界をカバーするブロードバンド通信サービスを実現

- 地上基地局を用いた無線ブロードバンドと異なり、「圏外」が極小化される
- 従来の通信衛星に比べ、高速・低遅延、かつ広範囲の通信が可能となる
 - 従来の通信衛星は、高高度静止衛星。低速で、極域カバーが弱い



リモートセンシングによる高精度・高頻度な地球観測を実現

- 従来の観測衛星に比べ、高精度画像で、高頻度な観測が可能になる
 - 従来の観測衛星は、低軌道で太陽同期準回帰軌道を用い、同一地点の観測には数時間～数日の間隔を必要とするものが多い



新たな脅威に対応したミサイル防衛の高度化を実現

- 従来の衛星と異なり、HGV (極超音速滑空兵器) に応じたMDが可能となる
 - 従来の早期警戒衛星では、低高度・変速機同様なHGVの追尾が困難
 - 米国は、コンステでHBTSS (極超音速・弾道追跡宇宙センサー) を計画

米ソ二極から多極の構造へと変化し、各国が宇宙を「戦闘領域」・「作戦領域」と位置付け 宇宙領域をめぐる関連国家の変化

アメリカ・ソ連の2極構造

- 宇宙利用のために必要なロケットや衛星等はアメリカとソ連を中心に進展

ソ連(ロシア)



- 1957年10月、世界初の人工衛星「スプートニク」を打ち上げ
- 以降、コスモス衛星と称される多数の衛星を打ち上げ、米国域内の偵察等軍事面でも利用

アメリカ



- 1958年月、人工衛星「エクスプローラー」を打ち上げ
- 以降、多くの資金を偵察衛星に投じ、ロシア内の軍事施設や核の監視等に利用

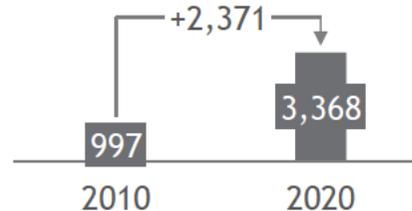


核戦争へのエスカレーションを避けるため、「宇宙アセットを攻撃しない」という暗黙の了解を伴う「聖域 (Sanctuary) 」との共通認識が存在

複数の国家が参加する多極構造

- 宇宙での活動国が急増し、軍事行動における宇宙空間の利用も増大
 - 90か国以上が衛星を保有し、2020年には、3,000機以上が稼働中

稼働衛星数の推移



求められる衛星通信速度の変化

1990	湾岸戦争	100Mbps
2001	アフガン戦争	700Mbps
2003	イラク戦争	3,200Mbps

2007年、中国は、自国衛星を地上発射ミサイルで破壊する実験を実施
キラー衛星等、ミサイル以外の対衛星兵器 (ASAT) も開発



米国は、2018年「国家宇宙戦略」で、宇宙が戦闘領域に変わったとの認識を表明



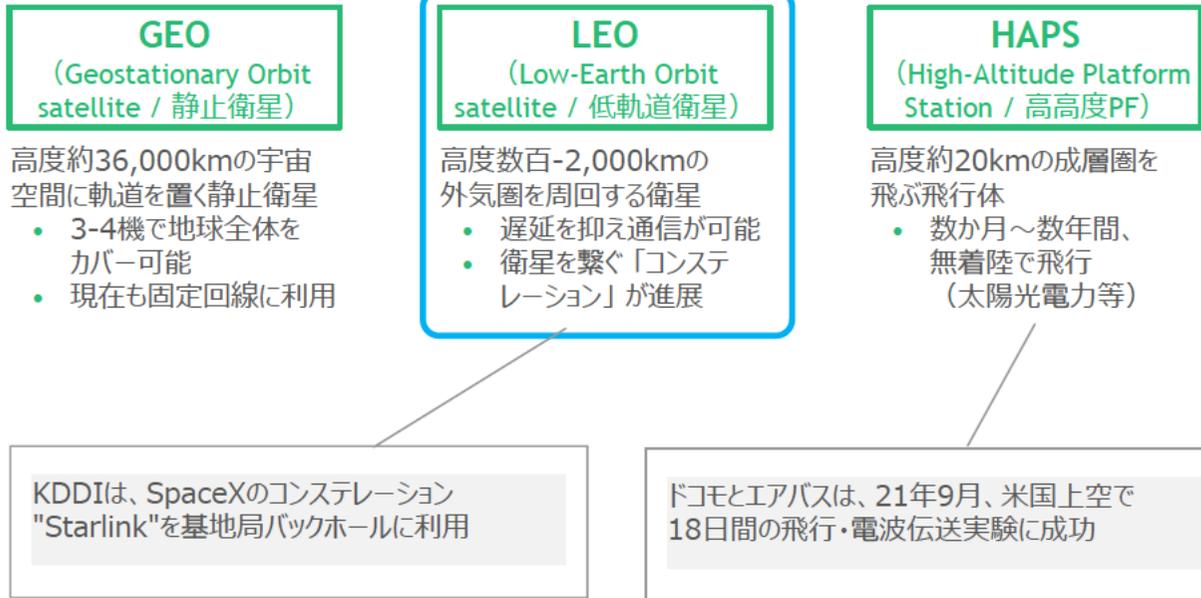
6Gでは、低軌道衛星やHAPSを使った「上空からのエリア化」が進むと見られている

6GとNTN (非地上波ネットワーク)

6GとNTN (Non-Terrestrial Network / 非地上波ネットワーク)

6Gでは、空・海・宇宙を含め通信エリアとする「超カバレッジ拡張」が企画されている

- このため、人工衛星やHAPSによるNTNに注目が集まり、3GPP等で規格化が進んでいる



経済安全保障への示唆

6G時代の「基地局」のプレイヤーは、これまでの地上波基地局の顔ぶれとは変わる可能性



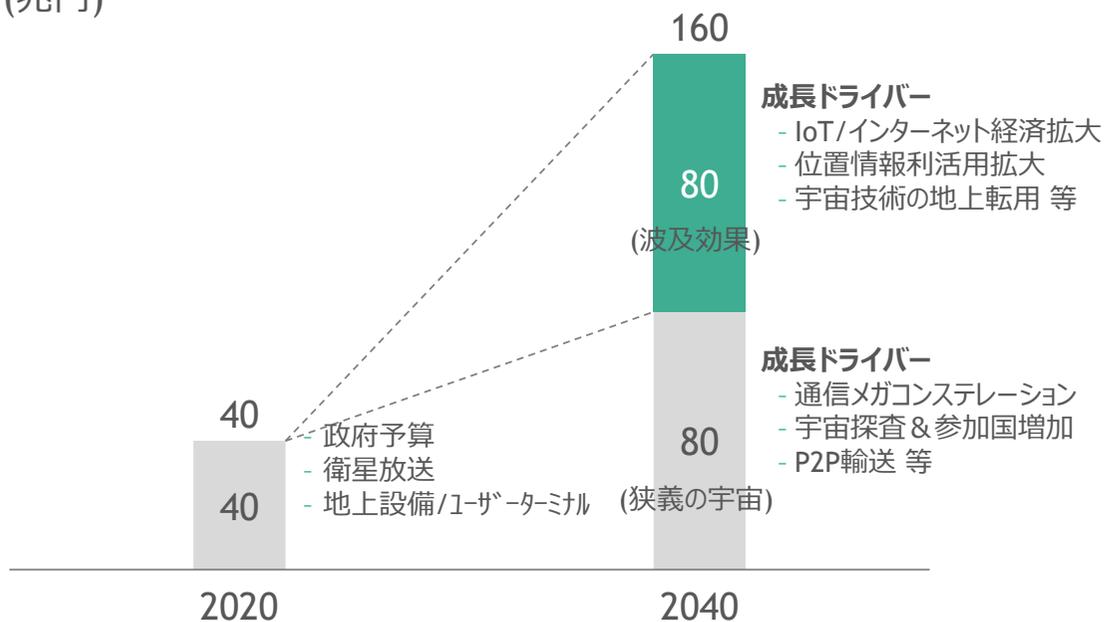
民間・政府による宇宙活動の活発化に伴い、宇宙産業は大きく成長見込み。成長に伴い、宇宙産業自体が重要インフラとなることが想定され、様々な産業の競争力に影響を与える

宇宙領域をめぐる関連国家の変化

宇宙産業の市場規模推移

狭義の宇宙業界も成長市場だが、他業界や地上経済への波及効果も大きい

(兆円)



他産業への影響

通信・データ収集の進展により、様々な産業に効果が波及

通信産業	<ul style="list-style-type: none"> 地上基地局の代替・バックアップとして利用
自動車産業	<ul style="list-style-type: none"> 完全自動運転における通信時の主手段 精密な位置情報のリアルタイム取得に利用
1次産業	<ul style="list-style-type: none"> 衛星データを用いた漁場探索などの更なる効率化
資源開発産業	<ul style="list-style-type: none"> リモートセンシングによる資源探査の拡大・精緻化
建設産業	<ul style="list-style-type: none"> 工事現場の測量高度化・精緻化 工事現場における建機との通信手段
小売り産業	<ul style="list-style-type: none"> 気象情報の精緻化による需要予測の高度化 他社や他業態を含めた消費者の行動把握による one to oneマーケティングの実現
金融産業	<ul style="list-style-type: none"> 農業保険市場等リモートセンシングが活用可能な領域の更なる拡大

Source: Bryce Space and technology; Morgan Stanley; UBS; Grand view research; CNBC; Space Food X; A.T.カーニー; みずほ銀行



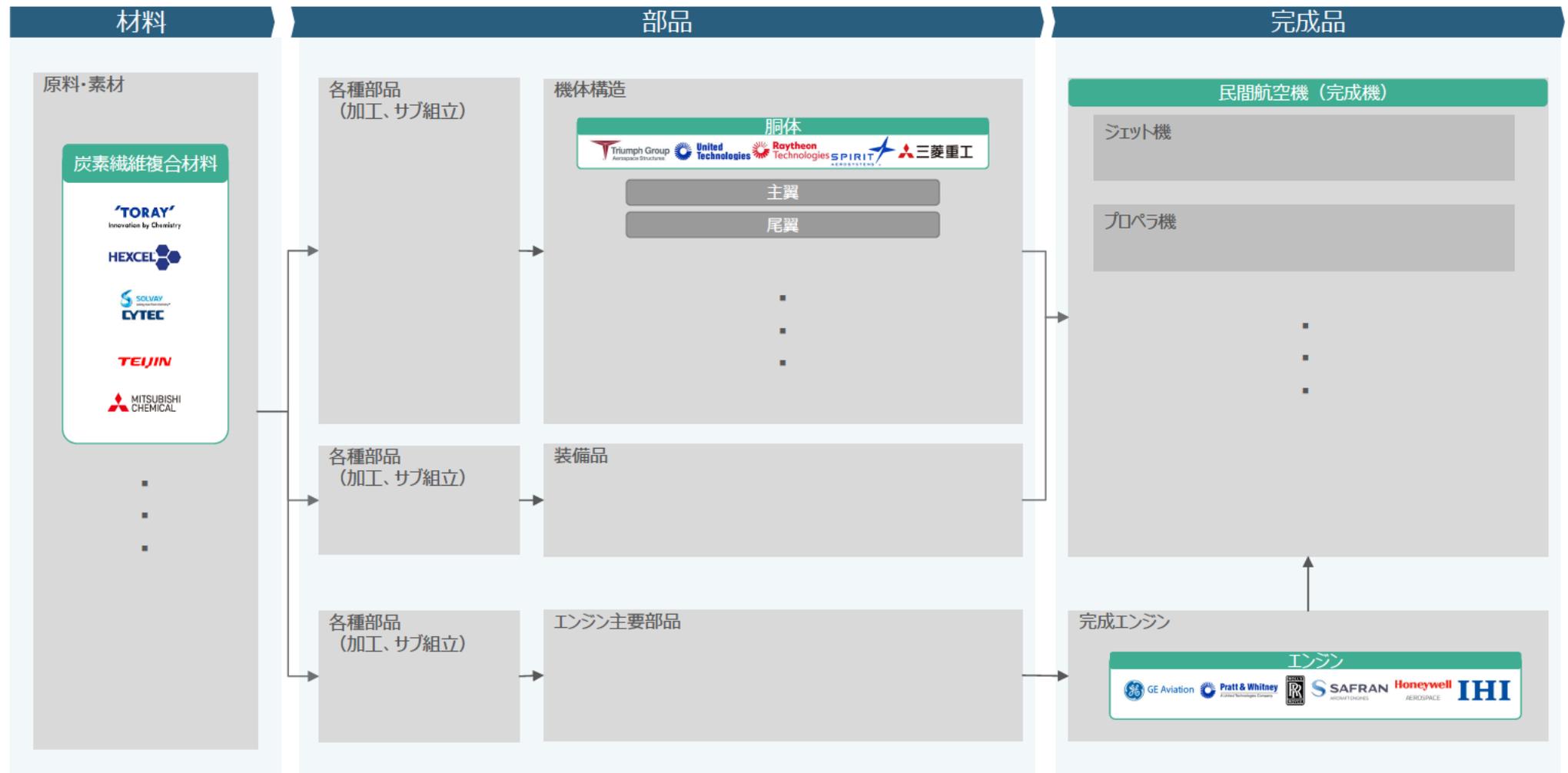
航空 / 宇宙



1. 経済安全保障上の重要性
2. サプライチェーンの構造
3. 重要技術を擁する市場の実態
 - A) 航空機 機体
 - B) 航空機 エンジン
 - C) 炭素繊維複合材料
 - D) 人工衛星

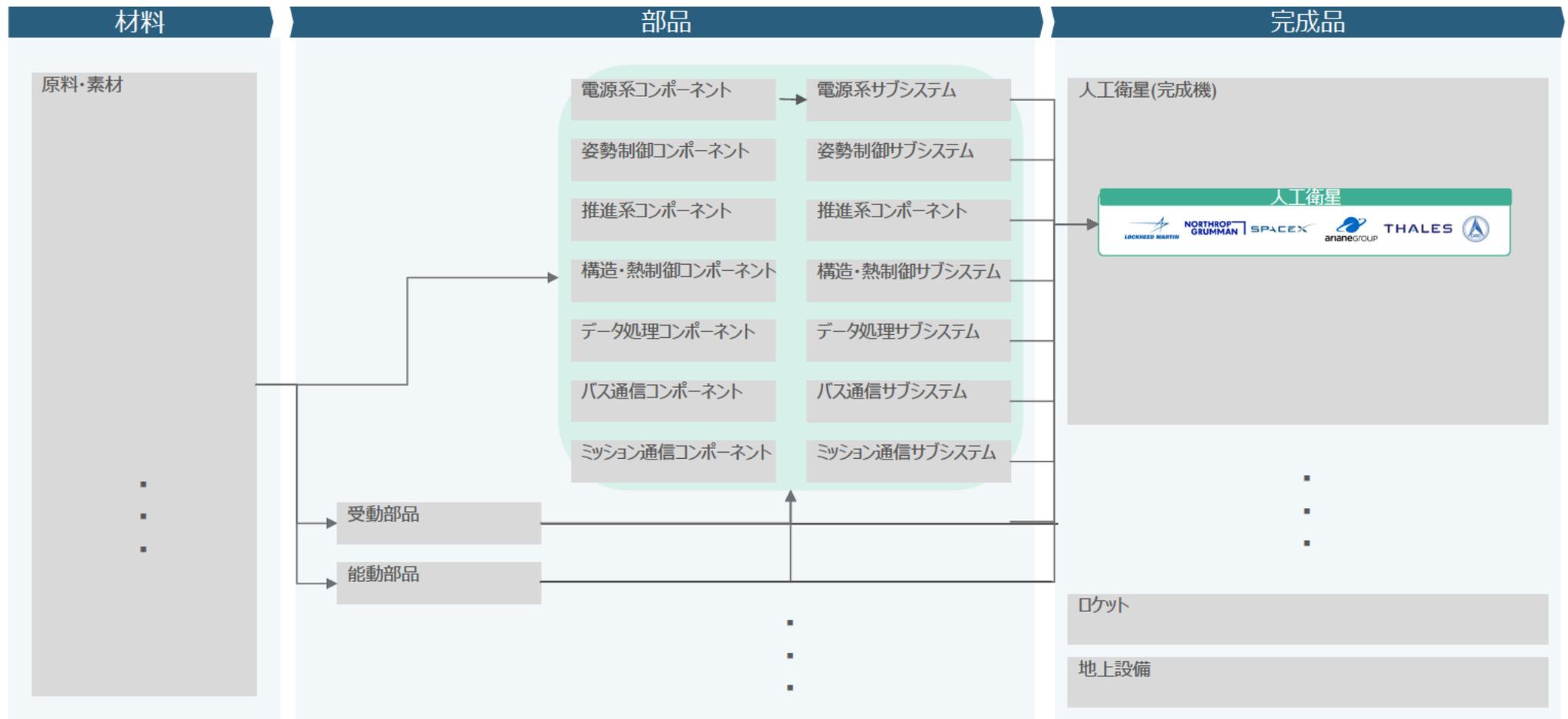
航空機については、重要領域として、完成機、機体構造、エンジン、炭素繊維材料を調査

航空宇宙分野のサプライチェーンの構造 (1/2)



航空機に加え、人工衛星（完成品）についても調査

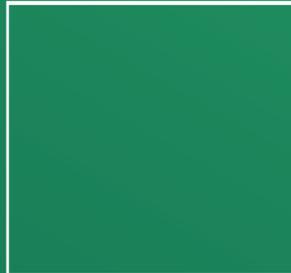
航空宇宙分野のサプライチェーンの構造 (2/2)



Source: [宇宙用部品・コンポーネントに関する総合的な技術戦略](#)



航空 / 宇宙



1. 経済安全保障上の重要性
2. サプライチェーンの構造
3. 重要技術を擁する市場の実態
 - A) 航空機 機体
 - B) 航空機 エンジン
 - C) 炭素繊維複合材料
 - D) 人工衛星

A. 航空機 機体

i. 注目すべき理由

ii. 当該市場の基礎データ

a. グローバル市場の推移

b. 主要プレイヤーの動向

c. 我が国の輸出入の現状

d. 各国の政策動向

iii. 業界/企業の動向

航空機 機体のポイント

i

注目すべき理由

- 民生用の機体産業が、国内航空産業の柱
 - 完成航空機メーカーには、防衛/民間の完成航空機事業を兼ねる社/専門の社があるが、我が国には、防衛専門のみが存在（民間完成航空機のメーカーが存在しない）
 - 民間完成機事業への参入が試みられているが、実現に至っていない
 - 結果として、国内関連産業の裾野は機体メーカー(Tier1)を頂点に広がる構図

ii

市場の基礎データ

- 米系のTier-1メーカーが上位を寡占し、胴体では7割を占有
 - 日本メーカーでは、主にBoeing向けに構造部品を納入する三菱重工が16%を占める
- 完成機メーカーを有する欧米、国産化を進める中国では、研究開発を中心に政府が支援

iii

業界/企業の動向

- 機体市場は需給の両面から大きく変化。日本の機体メーカーのシェア推移に注意する必要
 - コロナ禍以降、完成機需要が激減。特に、大型機の落ち込みが激しく回復も鈍い
 - 中国は完成機の国産化を推進。部品についても、徐々に国産シェアを高める可能性
 - 欧米ではメガサプライヤーの再編が進み、交渉力を高めている

民間航空機の中でも、中・大型機とリージョナルジェットを念頭に調査・検討

民間航空機の分類

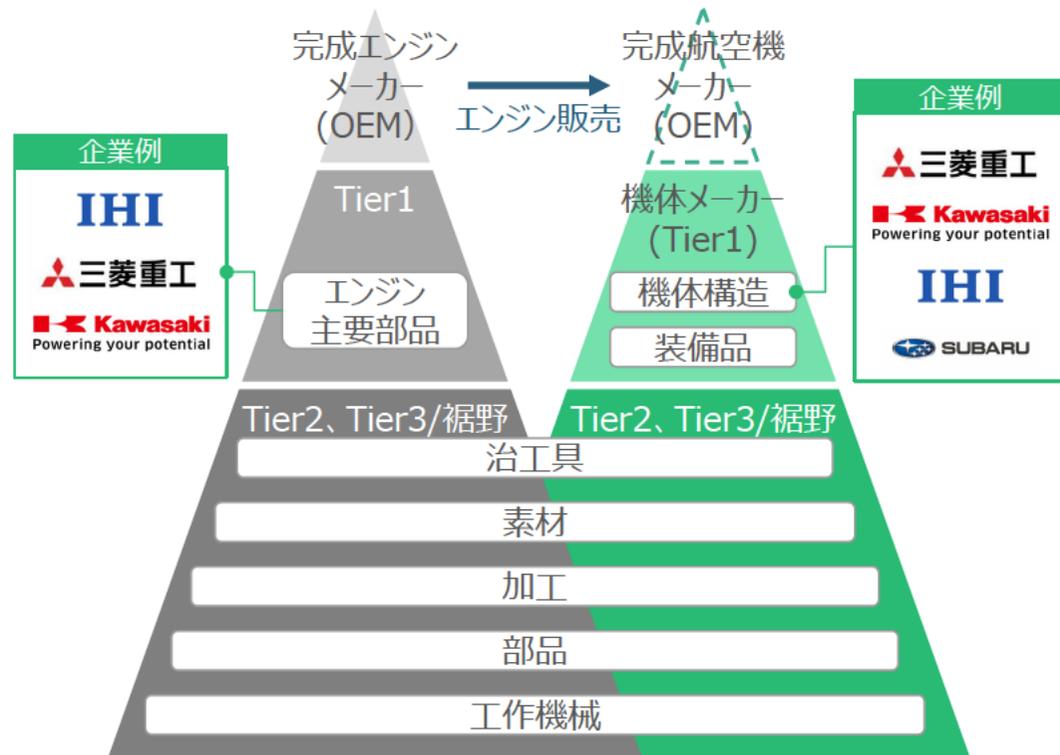
航空機の分類		席数の目安	主なプレイヤー	主な航空機プログラム					ジェット旅客機
ジェット機	中・大型機 ワイドボディ機 (2通路)	<ul style="list-style-type: none"> 230席~400席以上 	<ul style="list-style-type: none"> Boeing Airbus COMAC 	B747	B777	B787	A380	A350	...
	中・大型機 ナローボディ機 (1通路)	<ul style="list-style-type: none"> 120~230席 程度 		B737	A320	A220	C919	...	
	リージョナルジェット	<ul style="list-style-type: none"> 50~100席 程度 	<ul style="list-style-type: none"> Embraer Bombardier 三菱航空機 	ERJ	CRJ	MSJ/ MRJ	...		
	ビジネスジェット	<ul style="list-style-type: none"> ~20席 程度 	<ul style="list-style-type: none"> Bombardier Gulfstream Honda Aircraft 	G550	グローバル 8000	ACJ 220	Honda Jet	...	
プロペラ機	ターボプロップ機	<ul style="list-style-type: none"> 40~100席 程度 	<ul style="list-style-type: none"> ATR DHC 	ATR42	ATR72	DHC-8	...		
	レシプロ機	<ul style="list-style-type: none"> ~数席 	<ul style="list-style-type: none"> セスナ ビーチクラフト 	セスナ 152	ビーチ クラフト ボナンザ	...			

Source: 経済産業省; 日本航空機開発協会; 日本ビジネス航空協会; Airbus

歴史的経緯から日本には民間完成航空機メーカーが存在せず、国内の関連産業の裾野は機体メーカー(Tier1)を頂点に広がる構図

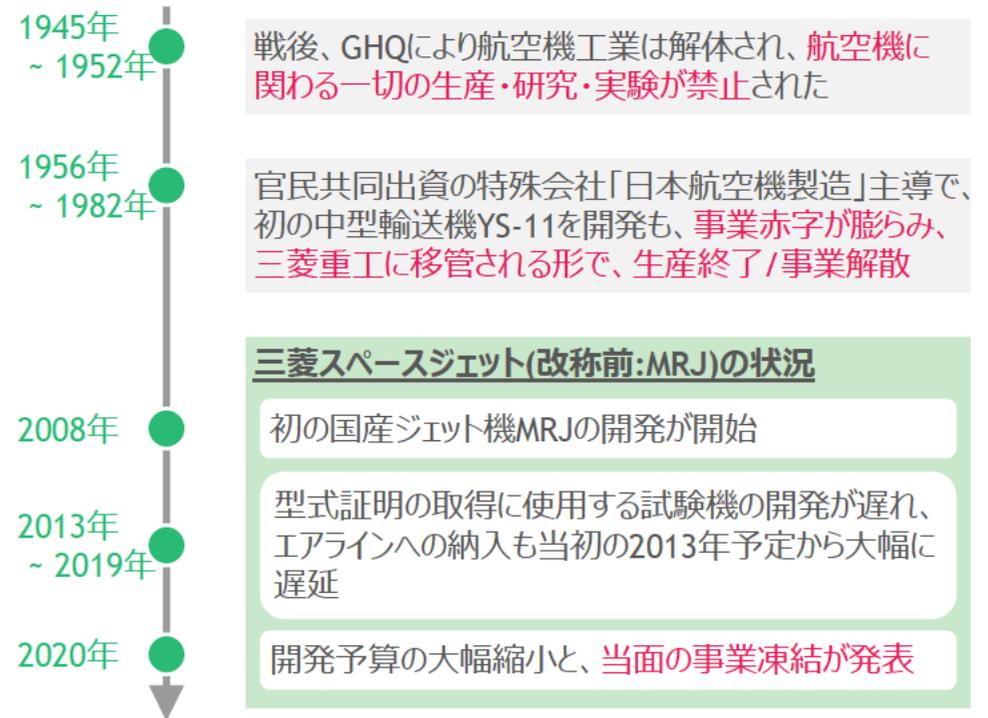
航空機 機体に注目すべき理由

航空機産業の産業構造



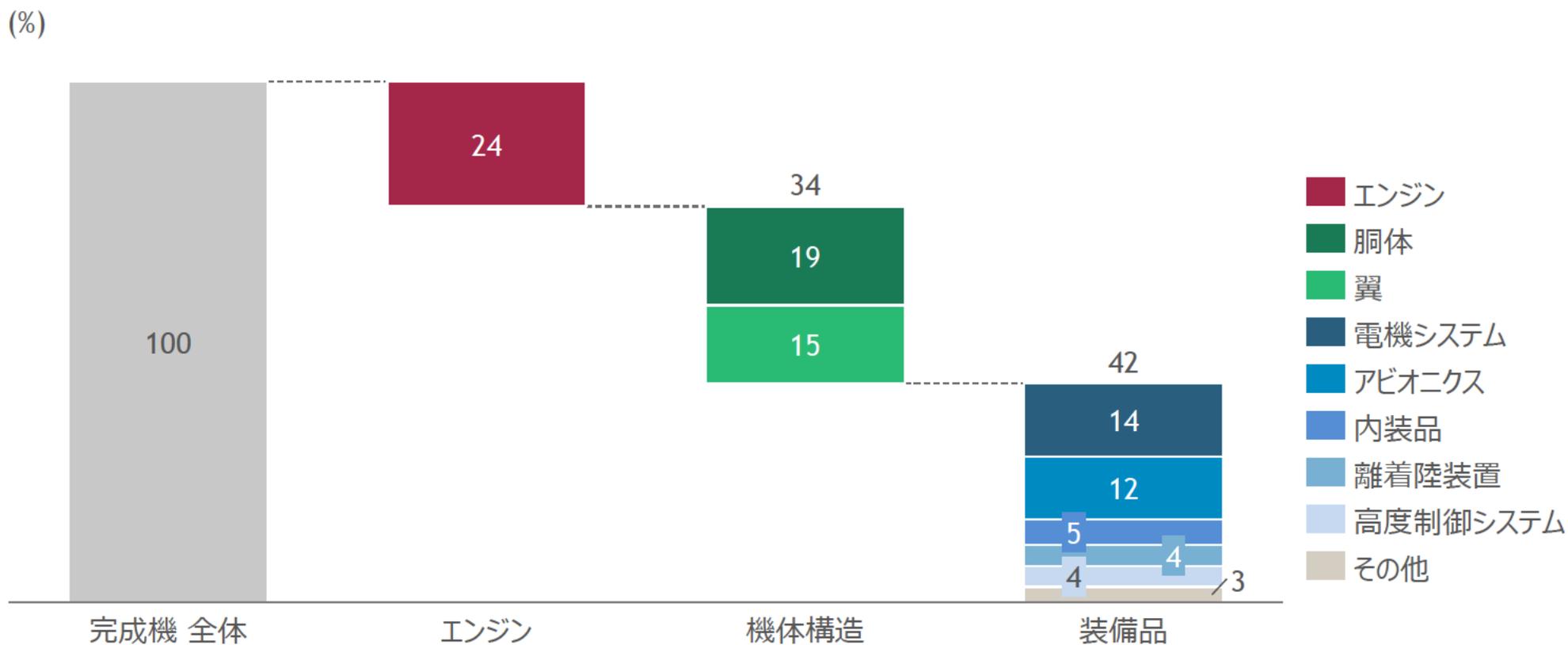
Source: DBJ; 日本航空宇宙工業会; 日経 xTECH; 三菱重工

国産民間完成機開発の経緯



(参考) 胴体・翼等の機体構造は、価値ベースで完成機のうち34%を占める

航空機の部品別価値構成

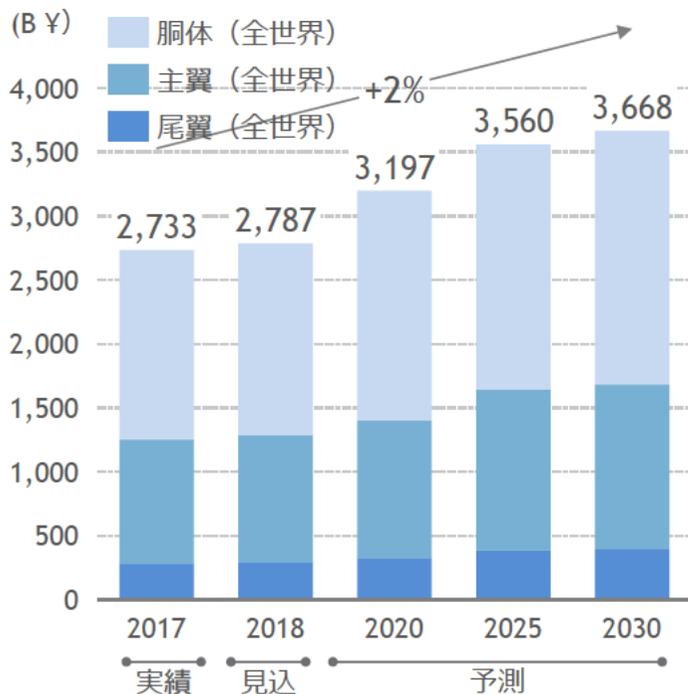


市場は緩やかな成長の中で、航空機体メーカーのM&Aが進み、米企業の市場寡占が顕著 三菱重工もボーイング向け中心に頭角を現す

機体構造（うち、胴体・主翼・尾翼）の市場規模 / プレイヤー

グローバル市場規模（胴体・主翼・尾翼）

※2018年レポートを基に作成。日本の市場規模は確認できず

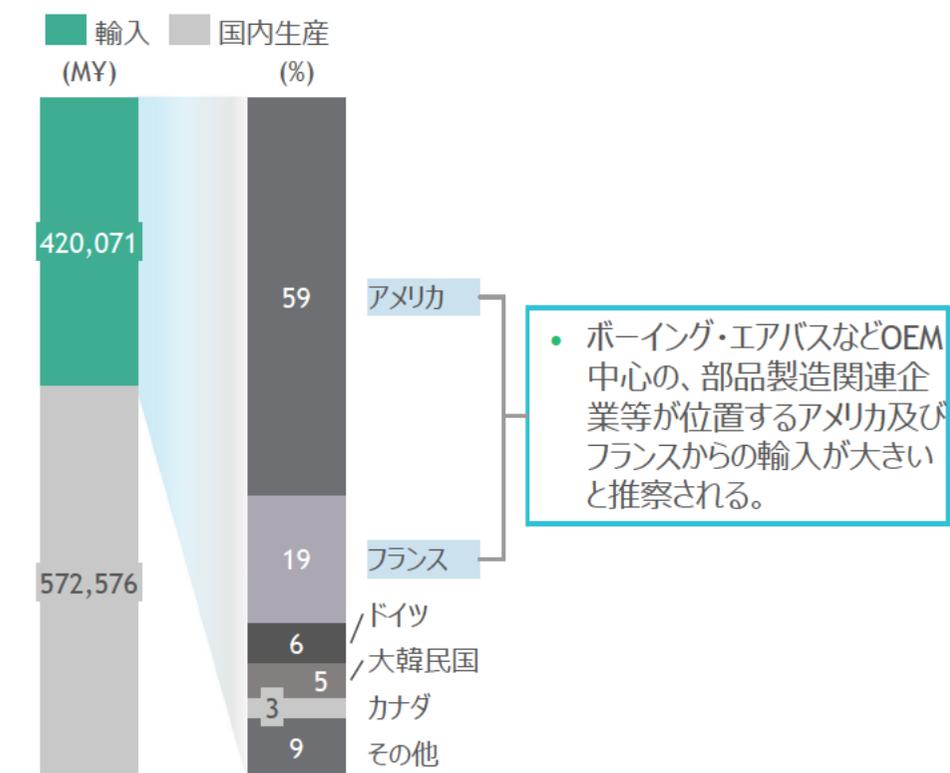


胴体 主要プレイヤー (2018年グローバル市場シェアトップ4)		
市場シェア	国籍	企業概要・動向
16%	USA	 <ul style="list-style-type: none"> 軍民問わず、航空宇宙産業の主要グローバル企業として航空機体、部品及びシステム的设计・製造行う - 2010年大手機体メーカーVought Aircraft買収以降、機体生産能力を大幅向上
14%	USA	 <ul style="list-style-type: none"> 軍民問わず、航空機体から航空エンジン (P&Wは同社子会社)、システム设计、製造販売、整備まで展開 2020年米軍事機器大手レイセオンと経営統合し、時価総額約18兆超の世界最大の航空宇宙軍事企業に
11%	USA	 <ul style="list-style-type: none"> 2005年ボーイングから独立した航空機体の设计製造を中心に行う企業 アジア太平洋地域の機体MRO事業拡大のため、Evergreen AviationとJV設立に加え、米MRO企業Applied Aerodynamicsを買収
10%	JPN	 <ul style="list-style-type: none"> 国内総合重機メーカーとして、ガスタービンや機械、設備システム中心に、防衛・民間向け航空機開発・製造行う ボーイング向け中心に航空機体構造で一定のシェア担う 2020年、国産ジェット旅客機MSJ事業を凍結する一方、防衛向けで、約1兆円規模の次期国産戦闘機開発の主要契約締結

Source: 総合プランニング_2018年版航空・宇宙関連産業市場の将来予測; SPEEDA; AFP; AVIATION Business News; Sankei Biz; 日経; Business Journal

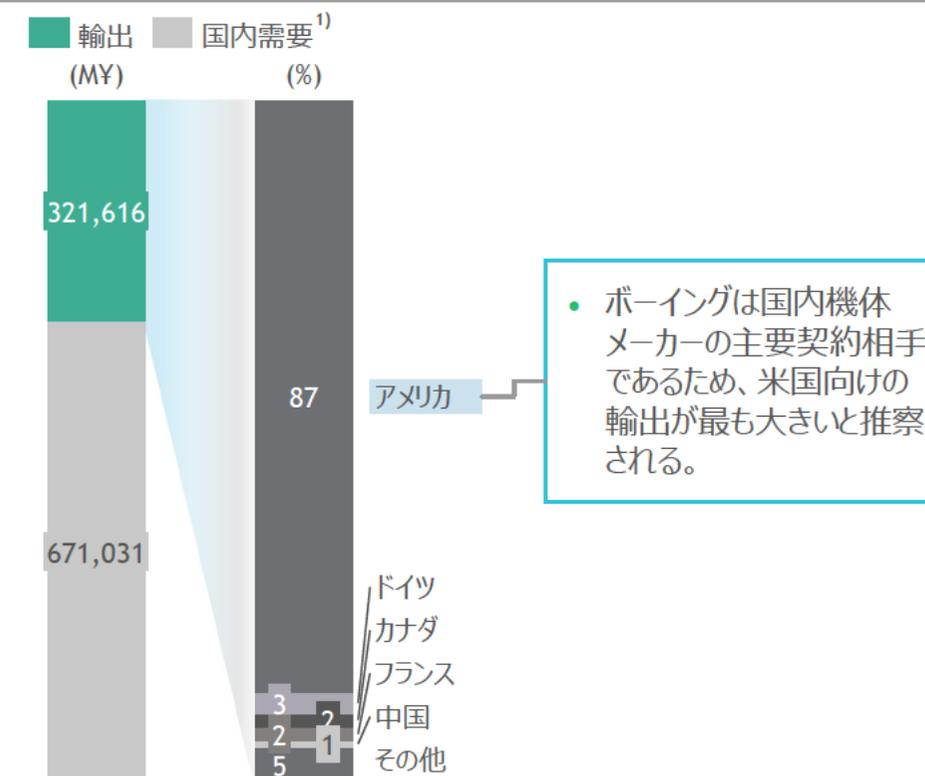
国内企業の主契約相手であるボーイングが位置するアメリカ中心に輸出入が構成 航空機体及び部分品の輸出入 (回転翼機を含む)

輸入の状況 (日本)



1. 国内需要は国内生産 - 輸出 + 輸入で算出
Source: 貿易統計; 生産動態統計

輸出の状況 (日本)



参考) 航空機 (完成機、機体及び部分品) に関する各国政策 (公表情報まとめ)

自国企業支援策



- ボーイングと関連工場が位置する各州で、同社事業税と売上税の減免などの措置
- NASAや国防省などの公的資金用い、ボーイング社の研究開発を推進。また、輸出補助金を同社に交付



- エアバス機開発・製造時、低利融資として約2兆円を融資。売上が一定未満の場合、返済を免除
- 研究開発、インフラ整備でも約1,300億円を助成



- NEDOは「航空機用先進システム実用化プロジェクト」にて、機体構造含む航空先進システム開発に投資²⁾
- 経産省は三菱重工のMSJ事業に総額500億円投資、国産旅客機開発目指す³⁾



- 「産業構造調整指導目録(2019)」の奨励カテゴリーに指定。各行政区に財政、税金、輸出入等で奨励策策定を指導
- 政府と上海市が共同出資する中国商用飛行機 (COMAC) の国産機開発を融資、調達で支援の可能性大

他国企業制限・排除

- 2004年以降、EUがエアバスに大規模な補助金を供給しているとWTOに提訴
 - 航空部品等への関税引上げ含む約8,200億円相当の報復措置決定¹⁾

- 2004年以降、米国がボーイングに大規模な補助金を供給しているとWTOに提訴
 - 航空部品等への関税引上げ含む約4,400億円相当の報復措置決定¹⁾

- (特になし)

- (特になし)

各国の対応パターン

技術開発支援及び国内企業への直接投資型



航空機の研究開発を助成し、技術開発を支援するとともに、国内大手企業の、航空機開発及び販路拡大などにより支援

関連部品等への関税率の引上げによる輸入阻害型



他国航空部品の輸入関税を引上げることにより、他国企業製品の自国輸入を阻害

1. 2021年3月米国とEUは双方、報復関税4か月停止し、2004年から始まった航空機を巡る対立の包括的かつ永続的な解決を目指すことで合意、2. 航空機用先進システム実用化プロジェクトへは2020年までに約40億円を投資、3. 三菱重工のMSJ事業は、2020年現在、コロナ感染拡大に伴う航空需要低下により事実上も事業凍結

Source: JETRO(1, 2); 日本関税協会; 経済産業省(1,2); 経済産業研究所; 航空機国際共同開発促進基金; NEDO; 中国国家発展改革委員会; AFP; REUTERS

B. 航空機 エンジン

i. 注目すべき理由

ii. 当該市場の基礎データ

a. グローバル市場の推移

b. 主要プレイヤーの動向

c. 我が国の輸出入の現状

d. 各国の政策動向

iii. 業界/企業の動向

航空機 エンジンのポイント

i

注目すべき理由

- 我が国では、航空機メーカーの経済安全保障が、軍事/防衛面の安全保障に直結
 - 工場を持たない日本は、防衛装備品を民間企業の技術・生産基盤に依存
 - 防衛装備品の発注量には限界があり、民生品需要による基盤維持が必要

ii

市場の基礎データ

- 欧米メーカーが市場の約9割を寡占、日本メーカーではIHIが最大
- 中国政府が国産化政策を実施する一方、米・欧・日は次世代エンジンを見据えた研究開発に対し経済的に支援

iii

業界/企業の動向

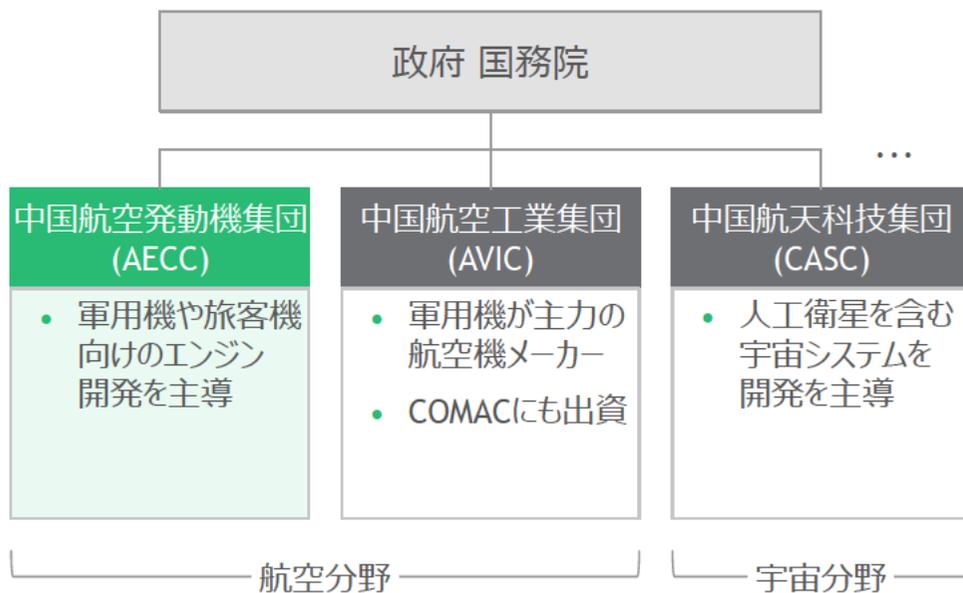
- 市場環境に加え、次世代技術や、諸外国による国産化の観点から、日本のエンジンメーカーのシェア推移を注視すべき
 - コロナ禍以降、完成機需要が激減し、日本のエンジンメーカーの業績にも影響大
 - 脱炭素化の流れを受け、エンジンの電動化(ハイブリッド化)に向けて開発が進展中

工場を持たない日本は、エンジンについても、民間企業の技術・生産基盤に依存

航空機 エンジンに注目すべき理由 (1/2)

中国の航空エンジンメーカー

- 中国では、軍需を含む航空宇宙産業を国有企業が担う
- 航空エンジンでは、軍用機のエンジン開発を手掛ける中国航空発動機集団 (AECC) が中核



Source: 日本経済新聞; IHI

日本の航空エンジンメーカー

- 国有の軍用機/防衛航空機用エンジンメーカーは存在しない
- 民間企業の航空・宇宙・防衛部門により、開発/生産される

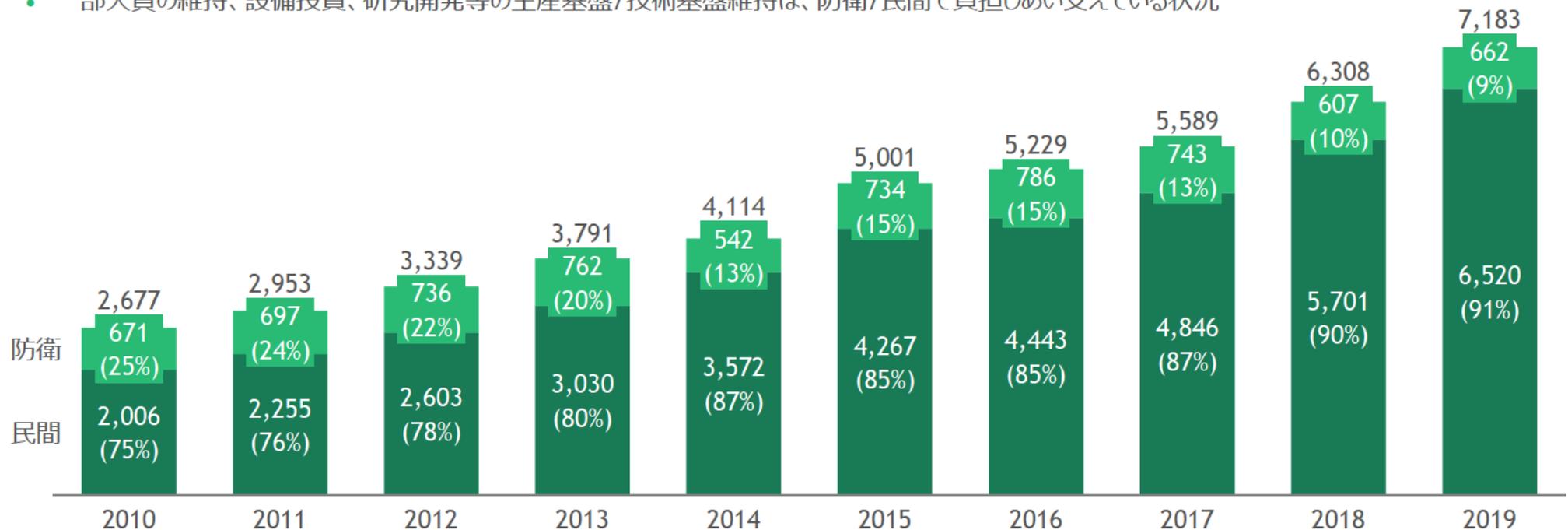


防衛装備品の発注量には限界があり、民生品需要による基盤維持が必要

航空機 エンジンに注目すべき理由 (2/2)

国内 エンジン生産額¹ (FYベース)

- 航空エンジン製造における防衛比率は年々低下傾向であり、直近では10%を下回る水準
- 一部人員の維持、設備投資、研究開発等の生産基盤/技術基盤維持は、防衛/民間で負担しあい支えている状況

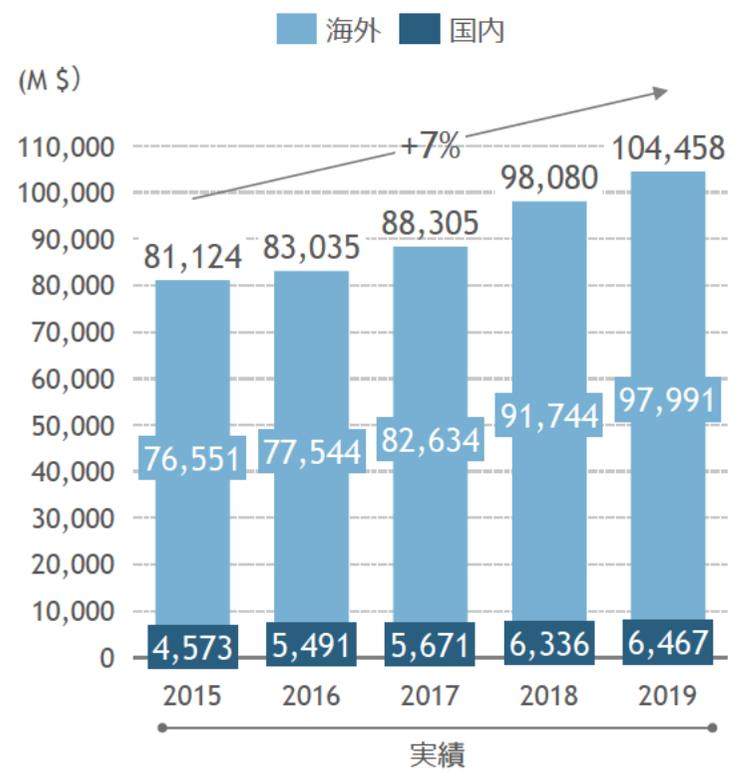


1. 修理を含まない製造のみの金額
Source: 日本航空宇宙工業会

市場は急成長する一方、欧米企業が市場の約9割を寡占。日本からはIHIが頭角を現す

航空機 エンジン（部分品含）の市場規模 / プレイヤー

グローバル市場規模 (航空エンジン)



2019年 航空エンジングローバル市場シェアトップ5 / 日本企業シェアトップ

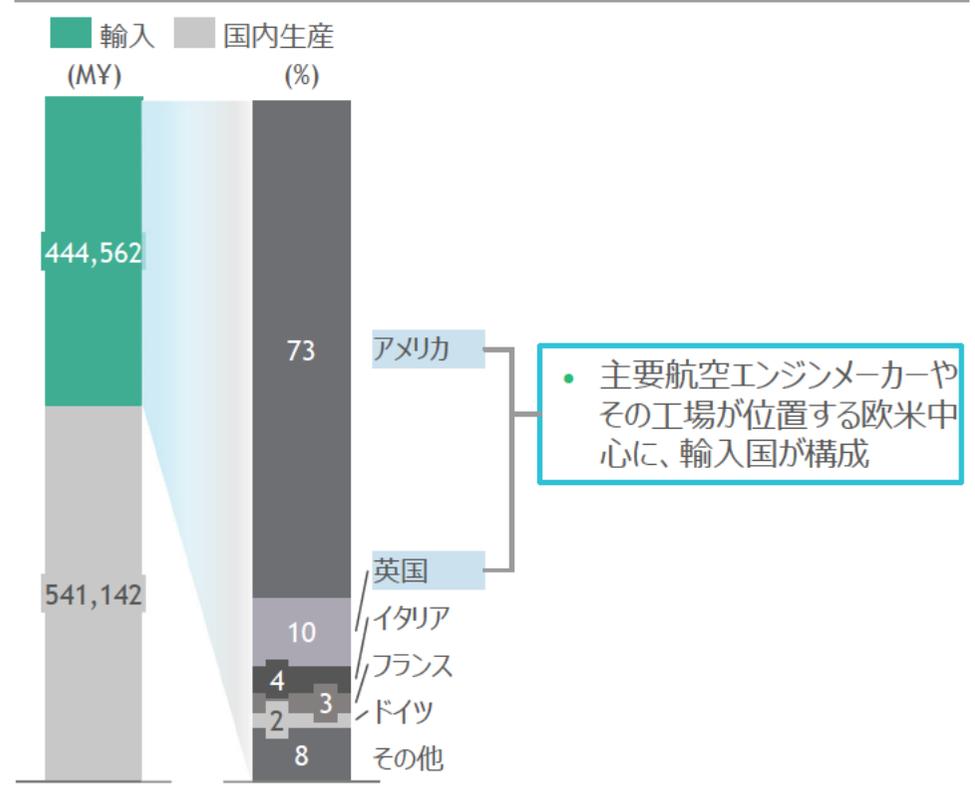
企業	市場シェア	国籍	企業概要・動向
GE Aviation	32%		<ul style="list-style-type: none"> 家電からインフラ等まで手掛ける国際グローバル企業 米国内に、民生・軍事用の航空エンジンに係る技術開発から製造、整備まで通貫する大型製造工場を新設
Pratt & Whitney A United Technologies Company	20%		<ul style="list-style-type: none"> 電力用ガスタービン、軍民航空機、ロケットエンジンまで手掛けるレイセオン・テクノロジーグループ企業 2018年、バトナム航空会社と約2千億円超の契約締結。エンジン及び整備支援を提供
ROLLS ROYCE	14%		<ul style="list-style-type: none"> 民間航空事業、パワーシステム事業、防衛事業の3つの中核事業を展開。A330用エンジンの約67%は同社製 需要拡大が期待される整備事業を強化を推進
SAFRAN AIRCRAFT ENGINES	13%		<ul style="list-style-type: none"> 航空エンジンを中心に、航空機器、内装を手掛ける 欧州次期戦闘機NGFのエンジン設計と統合を担当 インドに大規模整備工場建設で約160億円超を投資
Honeywell AEROSPACE	11%		<ul style="list-style-type: none"> サーモキットから電子制御システム、軍事兵器及び航空機器まで手掛ける企業 日DENSOと、電動航空機用推進システム事業でアライアンス契約を締結し、共同事業を加速
IHI	—		<ul style="list-style-type: none"> 国内ジェットエンジンの6割強を生産する総合重機メーカー 民間航空エンジン整備工場を埼玉県に新設（約250億）、事業拡大目指す

Source: SPEEDA; 日本航空宇宙工業会; SG総研; GE; VIET JO; MTU Aero; Business Standard; Response; IHI

輸出入ともに主要プレイヤーの位置する欧米が約8割超を構成。国際共同開発の拡大が大きく影響

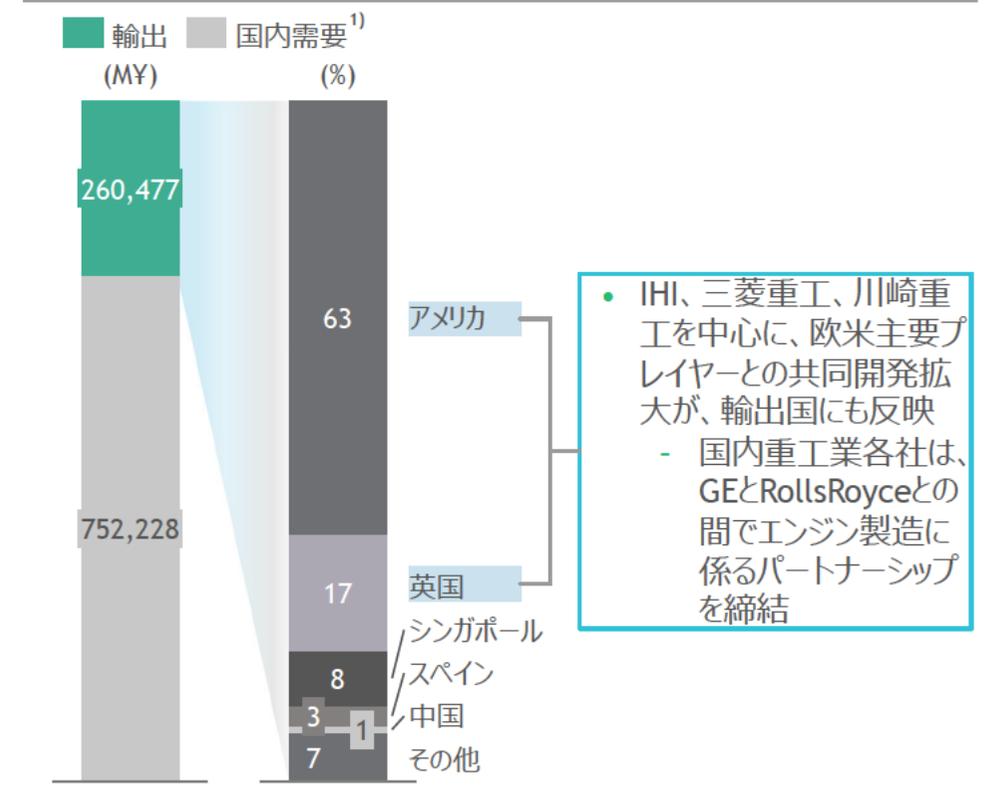
航空機 エンジン (ピストン式・タービン式とその部分品) の輸出入

輸入の状況 (日本)



• 主要航空エンジンメーカーやその工場が位置する欧米を中心に、輸入国が構成

輸出の状況 (日本)



• IHI、三菱重工、川崎重工を中心に、欧米主要プレイヤーとの共同開発拡大が、輸出国にも反映
 - 国内重工業各社は、GEとRollsRoyceとの間でエンジン製造に係るパートナーシップを締結

1. 国内需要は国内生産 - 輸出 + 輸入で算出
 Source: 貿易統計; 生産動態統計; 経済産業省

参考) 航空機 エンジンに関する各国政策 (公表情報まとめ)

自国企業支援策

他国企業制限・排除

各国の対応パターン



- エネルギー省は、低コストの電動航空エンジン技術と
- パワートレインシステムの開発支援に、約61億円を投資。排出ガス軽減を推進

• (特になし)



- 次世代旅客機の電気航空機、ハイブリッド航空機を見据え、次世代エンジンの研究開発を含み約500億円を投資

• (特になし)



- Horizon 2020¹⁾にて、大幅な燃料効率改善が見込まれる、推進機構一体型胴体コンセプトの技術開発を推進

• (特になし)



- NEDOは、欧米中心のエンジン市場で、設計段階からの参画目指し、次世代航空エンジン向け合金開発と材料データベースの研究開発に着手

• (特になし)



- 「産業構造調整指導目録(2019)」の奨励カテゴリーに指定。各行政区に財政、税金、輸出入等で奨励策を定めるよう指導
- 「中国製造2025」にて、ターボファンエンジンなどの開発・製造を重点に指定。金融優遇や政府調達を推薦

• (特になし)

先進技術開発支援型

企業・研究機関等における技術開発を支援し、電動などの次世代旅客機用エンジンなどの研究を推進

産業優遇政策型

自国企業の育成を強化するため、公的な財政優遇政策等を展開

1. Horizon 2020: 全欧州規模で実施される、研究及び革新的開発を促進するための欧州研究・イノベーション枠組み計画。2014-2020の間で総額約10兆円の公的資金が投入
Source: 米エネルギー省; GREEN AIR; INTERFERENCE TECHNOLOGY; NCP Japan; IATA; CENTRELINE; NEDO; 中国国家発展改革委員会; 中国政府公刊;

C. 炭素繊維複合材料

i. 注目すべき理由

ii. 当該市場の基礎データ

a. グローバル市場の推移

b. 主要プレイヤーの動向

c. 各国の政策動向

iii. 業界/企業の動向

炭素繊維複合材料のポイント

i

注目すべき理由

- 機体やエンジン部品を手掛ける日系メーカーのサプライチェーン維持の点で重要
- 非航空用途でも活用され、安全保障/基幹産業の競争力維持の観点から管理が必要
 - 軍事用途や、遠心分離機等の原子力用途に活用される恐れ
 - 自動車等にも採用が広がっており、他産業製品の品質/性能を左右

ii

市場の基礎データ

- 中長期的な需要拡大が見込まれ、2030年までに市場規模は2倍以上となる見込み
- 東レ・帝人・三菱ケミカルの日系3社で市場シェア約50%を占有
- 日・米等で技術流出防止策が採られており、中国企業のキャッチアップは鈍い

iii

業界/企業の動向

- 日米欧プレイヤーは、顧客対応/規制対応の面で差別化すべく川下での技術開発を促進
 - 新成形法や樹脂の活用による、顧客ニーズに応じた低コスト×短時間の製造方法開発
 - 環境負荷低減のため、リサイクル技術の確立/獲得を促進

機体やエンジン部品を手掛ける日系メーカーのサプライチェーン維持の点で重要

炭素繊維複合材料に注目すべき理由①

炭素繊維複合材料の概要

炭素繊維複合材料とは？

樹脂を母材、炭素繊維を強化材とする強化プラスチック材料

- CFRP (Carbon Fiber Reinforced Plastics) と呼ばれる

炭素繊維複合材料の特長

軽量性



- 鉄の1/4の比重
- アルミやガラス繊維等の軽量素材と比べても70%程度

高強度



- 比強度(引張強度÷比重)が鉄の10倍
- 比弾性率(引張弾性率÷比重)が鉄の7倍

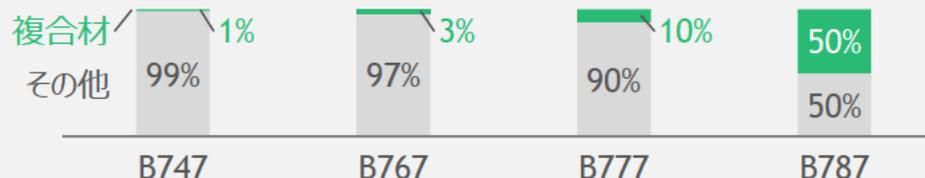


錆びない、疲労しない、化学的・熱的に安定 等の様々な性質

航空機への使用状況

航空機への複合材使用が拡大しており、重要度が増している

Boeing 各プログラムにおける複合素材の割合



具体的には、機体構造部品やエンジン部品に採用



B787では、主翼(MHI製)、中前部胴体(KHI製)等、広範囲に採用

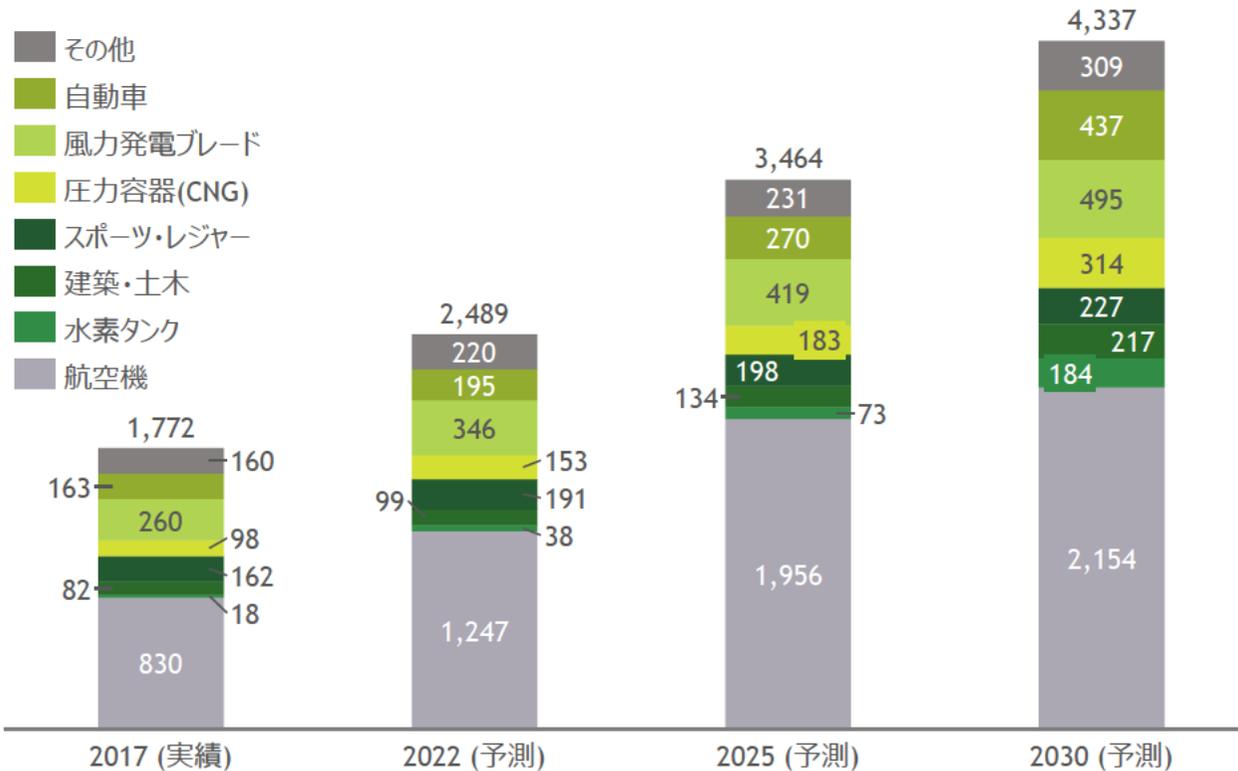
- 下図 青色部分がCFRP

チタンに代わり、ファンブレードやファンケースに採用。B787では、CFRPの黒いブレードが覗く

非航空用途でも活用され、基幹産業の競争力/安全保障の点で管理の重要性が大きい 炭素繊維複合材料に注目すべき理由②

炭素繊維複合材料の用途別販売金額 (億円)

自動車等にも採用が広がっており、他産業製品の品質/性能を左右



航空用途以外の活用例

軍事用途や、遠心分離機等の原子力用途に活用される恐れ

戦闘機への活用

F-2戦闘機の主翼に、
一体成型で製造された
炭素繊維複合材料を利用

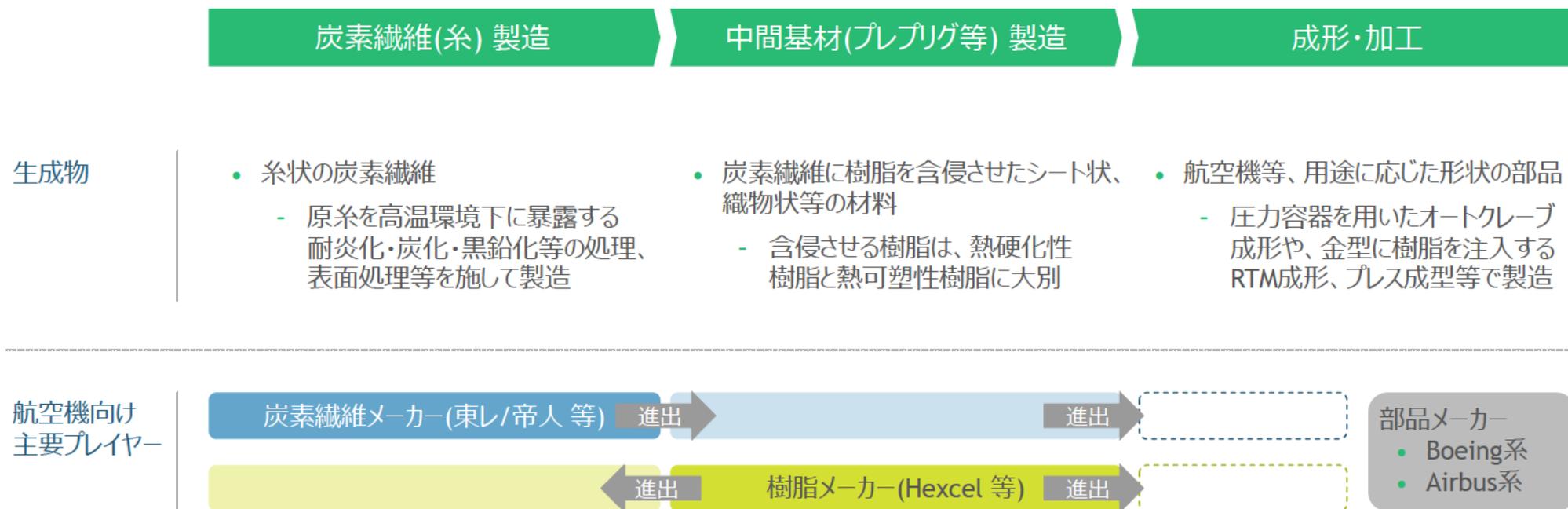
遠心分離機への活用

ウラン濃縮用遠心分離機の
回転胴部分に炭素繊維
複合材料を利用

Source: 富士経済「炭素繊維複合材料(CFRP/CFRTP)関連技術・用途市場の展望2019」; 日本経済新聞; 乗り物ニュース; 日本原燃

(参考) 製造工程は3工程に大別されるが、各メーカーは垂直的な進出を模索

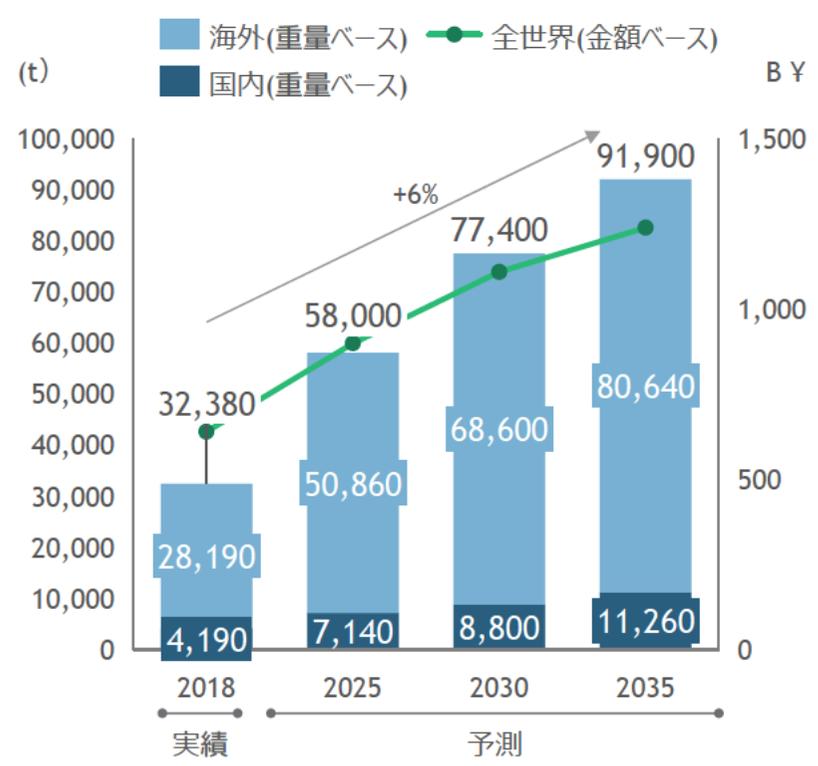
炭素繊維複合材料の製造工程



航空機向けCFRPの需要増大に伴い、各社買収等による事業拡大及び拠点確保狙う

航空機用CFRP, CFRTP (バージン材) の市場規模 / プレイヤー

グローバル市場規模 (CFRP+CFRTP (バージン材))



主要プレイヤー (2018年グローバル市場シェアトップ5)			
市場シェア	国籍	企業概要・動向	
TORAY Innovation by Chemistry	30%	日本	<ul style="list-style-type: none"> 繊維を基幹事業に、炭素繊維・複合材料・機能化成品を取扱う総合繊維メーカー 2018年、オランダ炭素繊維加工会社TACHDを約1,230億円で買収し航空機向け製品を強化
HEXCEL	24%	アメリカ	<ul style="list-style-type: none"> 航空宇宙、防衛、その他の産業で使用される炭素繊維を含む高性能複合材料の設計・製造を行う 製品の約72%が民間航空機向け。コロナ感染拡大に伴い売上停滞も、宇宙航空向けは増大
SOLVAY advances from chemistry CYTEC	18%	ベルギー	<ul style="list-style-type: none"> 化学品、プラスチック及び複合材料のそれぞれで、世界主要プレイヤーに位置する化学メーカー 2015年、航空機向け炭素繊維素材大手米Cytecを約6,820億円で買収
TEIJIN	16%	日本	<ul style="list-style-type: none"> 合成繊維事業を中心に、ヘルスケアまで事業を拡大アラムド繊維や複合素材に強みを持つ 2019年、米炭素繊維部材メーカーRenegadeを買収大手航空機器メーカーSafranと提携し、炭素繊維複合材料を供給
MITSUBISHI CHEMICAL	2%	日本	<ul style="list-style-type: none"> アクリル樹脂原料及び炭素繊維に強みを持つ、国内最大総合化学メーカー 2020年、炭素繊維複合部材中間材料に強い、独C-M-Pを約40億円で買収。欧州に生産拠点確保

Source: FK_炭素繊維複合材料(CFRP/CFRTP)関連市場の展望2020; SPEEDA; Sankei Biz; HEXCEL; 日経 (1, 2, 3);

参考) CFRP、CFRTPに関する各国政策 (公表情報まとめ)

自国企業支援策



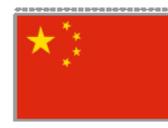
- NEDOは「次世代複合材創製・成形技術開発プロジェクト事業」(14.5億)において、航空機向け炭素繊維加工技術開発の強化を発表



- (特になし)



- 「循環型経済行動計画」の一環、EU繊維戦略により、域内生産強化に加え、再利用やカーボンフットプリントなど環境規制を策定予定(2021)



- 「産業構造調整指導目録(2019)」の奨励カテゴリーに指定。各行政区に財政、税金、輸出入等で奨励策策定を指導

他国企業制限・排除

- 外為法に基づく貨物等省令により、炭素繊維を安全保障貿易管理品として輸出規制し、他国への技術流出を防止

- 商務省産業安全保障局は、輸出管理規則に基づく規制品目リストに炭素繊維を指定、輸出規制し、技術流出を防止

- (特になし)

各国の対応パターン

技術開発強化による優位性獲得型



国内の炭素繊維加工技術を強化することで、他国企業に優る国内製品開発能力を獲得

産業優遇政策型



自国企業の育成を強化するため、公的財政優遇政策等を展開

輸出管理規制による技術流出防止型



ワッセナー・アレンジメントに基づく自国規制により、輸出制限技術流出防止

独自規制策定による域外製品制限、域内生産優遇型



生産に係る炭素排出量の上限値、再利用など独自環境政策の規定により、域外製品の制限、域内生産優遇

1. 循環型経済行動計画: 「欧州グリーン・ディール」及び「欧州新産業戦略」の一部をなす計画。競争力と環境保護の両立、消費者の権利強化を目的。重点政策の一つとして繊維が指定
Source: NEDO; JETRO(1, 2, 3); 米国商務省産業安全保障局; 化学工業日報; MRIレポート; 経済産業省; 中国国家発展改革委員会

D. 人工衛星

i. 注目すべき理由

ii. 当該市場の基礎データ

a. グローバル市場の推移

b. 主要プレイヤーの動向

c. 我が国の輸出入の現状

d. 各国の政策動向

iii. 業界/企業の動向

人工衛星のポイント

i 注目すべき理由

- 人工衛星は近年応用分野が進展しており、軍事・民事共にインフラ基盤としての重要性が高まっている
 - 軍事面では、通信・監視・ミサイルの誘導等様々な場面で衛星が必要不可欠
 - 民事面では、IoT化/Beyond 5 Gが進展する中で、通信インフラとしての役割も模索されており、他産業への影響も大きい
- キラー衛星による物理的攻撃やサイバー領域の両面で人工衛星が攻撃の対象となっている

ii 市場の基礎データ

- 人工衛星製造・打上げシステム市場はCAGR4%で成長傾向で、米企業が高シェアを占める
- 中国では、「中国航天科技集団」が国有企業として、宇宙産業を牽引し、8年間で売上が4兆円規模に倍増し、急拡大

iii 業界/企業の動向

- 衛星コンステレーションの覇権争いが激化
 - 米・中・欧はコンステレーションの構築に動いており、特に、米中は衛星の打ち上げを加速。一方、日本は政府支援の段階に留まっており、衛星の打ち上げも低調
 - 中国は政府機関と国有企業を中心に宇宙開発を推進し、近年は民間企業も台頭
- 米中対立が宇宙空間へも波及し、両陣営の軍事/民間活動が活発化

本検討では人工衛星を対象に調査を実施

宇宙産業のバリューチェーン

上流領域

下流領域

基礎研究と規制	インフラ整備	打ち上げ	衛星製造	衛星運用・サービス	サテライト エンドユーザー
<u>宇宙機関</u> <ul style="list-style-type: none"> 研究開発 規制の制定 国際的なパートナーシップの促進 	<u>スペースポート</u> <ul style="list-style-type: none"> ロケットの打ち上げ 宇宙船の帰還受入れ 	<u>ロケット製造</u> <ul style="list-style-type: none"> ロケットのサブシステムや部品の製造 	<u>人工衛星</u> <ul style="list-style-type: none"> 通信 測位 	<u>人工衛星の運用</u> <ul style="list-style-type: none"> 運航管理 キャパシティ・リース 	<u>エンドユーザー向け機器</u>
<u>軍事機関</u>	<u>地上局</u> <ul style="list-style-type: none"> ゲートウェイ、VSAT等の衛星ネットワーク機器の運用 	<u>打ち上げサービス</u> <ul style="list-style-type: none"> 打ち上げロケットの調達 ロケット組み立てとペイロードの調整 打ち上げの管理 	PNT(Positioning, Navigation & Timing)	<u>地上インフラのメンテナンス</u>	<u>エンドユーザーの利用</u> <ul style="list-style-type: none"> 通信会社 鉱山・石油会社 農業従事者 宇宙機関等
<u>市民団体</u>	<u>地上の観測所</u> <ul style="list-style-type: none"> 宇宙機やデブリ等の宇宙物体の観測 		<ul style="list-style-type: none"> リモートセンシング 軍事 	<u>デコミッショニング</u>	
			<u>衛星コンステレーション</u>	<u>衛星サービスの提供</u> <ul style="list-style-type: none"> 通信 測位 	
			<u>探査システム</u>	PNT(Positioning, Navigation & Timing)	
			<u>宇宙ステーション</u>	<ul style="list-style-type: none"> リモートセンシング 	

人工衛星は近年応用分野が進展しており、軍事・民事共にインフラ基盤としての重要性が高まっている

人工衛星に注目すべき理由①

軍事面における人工衛星の利用

軍事面では、通信・監視・ミサイルの誘導等様々な場面で通信衛星が必要不可欠

衛星の種類	用途
早期警戒衛星	<ul style="list-style-type: none"> 弾道ミサイル発射の早期探知に利用
偵察衛星	<ul style="list-style-type: none"> 地理情報の収集や陸上施設や船舶からの電波を捉え、発信源を割り出す等に利用
気象衛星	<ul style="list-style-type: none"> 気象状況の把握・予測に利用
通信衛星	<ul style="list-style-type: none"> 遠距離の部隊との通信に利用 衛星コンステレーションにより、あらゆる場所で迅速な衛星通信を行うことが可能となる
測位衛星	<ul style="list-style-type: none"> 数センチ単位の場所の把握やシステムの時刻同期、ミサイルの誘導に利用

民事面における人工衛星の利用

民事面では、IoT/コネクテッド化が進展する中で、インフラとしての役割が期待されており、他産業への影響も大きい

影響が及ぶ産業(例) 想定される用途

通信産業



- 地上基地局に変わる5G/6Gのバックホールとして利用
 - 建設費用が地上基地局より安価であるため、基地局未整備の地域での利用可能性がある
- 災害発生時等に既存の通信設備のバックアップとして利用

自動車産業



- 自動運転を実施する際の通信手段
 - 衛星通信であれば、どこを走行していても通信が可能
- 自動運転時の地図情報の取得
 - 最新の地図情報をリアルタイムで取得可能

建設業



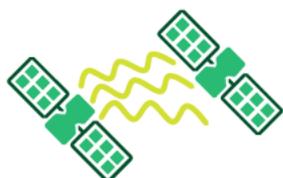
- 衛星通信により、施工の高度化を実現
 - インターネットが接続できない環境での建設機械との通信に衛星を利用 等

キラー衛星による物理的攻撃やサイバー領域の両面で人工衛星が攻撃の対象となっている

人工衛星に注目すべき理由②

想定されているキラー衛星による物理攻撃

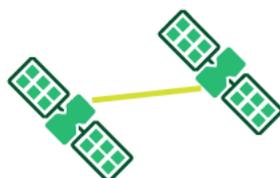
現時点ではキラー衛星¹⁾による攻撃の実例はないが、中国・ロシア等で開発が進んでいると言われている



ハイ・パワー電磁波



電波妨害



レーザー攻撃



化学物質による
攻撃



物理的攻撃



ロボット技術による
攻撃

“ 中ロが電波妨害兵器やレーザー兵器、キラー衛星などさまざまな衛星攻撃兵器を開発している
2020年6月17日 キティ国防副次官補 (宇宙政策担当)

1. 人工衛星に対して物理的に攻撃や妨害を行う軍事衛星
Source: 時事; 経済産業省; NICT; ZDNet; 宙畑

人工衛星に対するサイバー攻撃事例

現時点で複数の攻撃事例が確認されている

- 2007・2008 米国衛星が中国系ハッカーによって制御を奪われる
 - NASAの地球観測衛星2機 (Landsat-7等) が数分の間、制御不能に

- 2014 アメリカ海洋大気庁 (NOAA) の衛星が中国によってハッキングされる
 - 気象観測ネットワークが、一時閲覧不能に

- 2015 ロシア関係とみられるハッカー集団による通信衛星の悪用
 - サイバー攻撃を実施時、拠点隠ぺいに衛星ネットワークを悪用

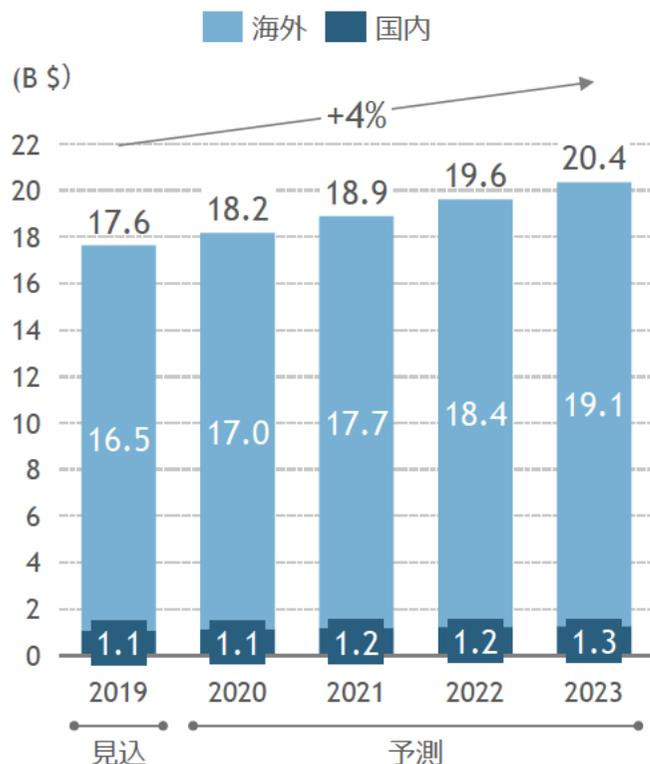
- 2018 中国のサイバー攻撃集団が衛星の通信データを不正に収集していることが発覚

“ 宇宙システムへのサイバー攻撃は国以外の主体によっても懸念すべき頻度で発生している
2020年9月4日 米政府担当者

人工衛星製造・打ち上げシステム市場はCAGR4%で成長傾向。宇宙産業で先行するアメリカの企業が4割のシェアを占める

人工衛星製造&打上げシステムの市場規模 / プレイヤー

グローバル市場規模 (人工衛星製造&打上げシステム)



2019年 人工衛星製造&打上げシステム市場シェアトップ5			
	市場シェア	国籍	企業概要・動向
	20%		<ul style="list-style-type: none"> 米国国防総省および連邦政府機関との取引が大半 投資中のABL社から小型衛星輸送に利用できる小型ロケット58機を購入し、打ち上げ能力を強化予定
	12%		<ul style="list-style-type: none"> NASAや米国国防総省や商業企業などに衛星を提供 '18年にオービタルATK社を買収し、衛星製造能力を強化 '20年1月に生産能力を2倍に増強する設備投資を実施
	10%		<ul style="list-style-type: none"> 衛星コンステレーション「スターリンク」の構築や宇宙輸送システムの製造・運用を実施 米国国防総省の衛星打ち上げ契約の40%を獲得し、今後シェア拡大が見込まれる 各国通信キャリアと連携し、5G/6Gインフラとなりつつある
	8%		<ul style="list-style-type: none"> エアバス社とサフラン社の50対50の合併会社 民間および軍事用の打ち上げシステムと宇宙アプリケーションを提供
	7%		<ul style="list-style-type: none"> フランス政府が一部国有しており、通信衛星に強み 合併会社であるタレス・アリアン・スペース社（タレス67%、レオナルド33%）を通じて衛星システムを提供

Source: Mordor Intelligence "Global Satellite Manufacturing and Launch Systems Market"; Sorae;

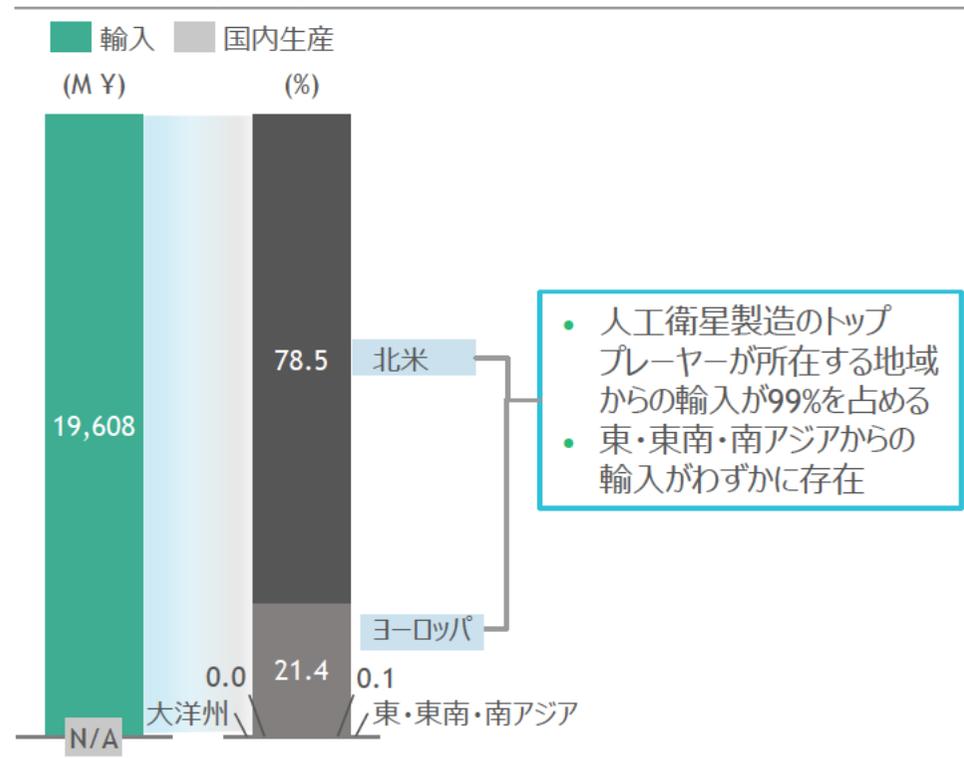
人工衛星は輸入の割合が大きい。輸出入ともに、人工衛星のトッププレーヤーが存在する北米・ヨーロッパが相手国の大部分を占める

人工衛星の輸出入

*輸出入は人工衛星の共通部分であるバス機器と用途に合わせたセンサー等からなるミッション機器を合算した値

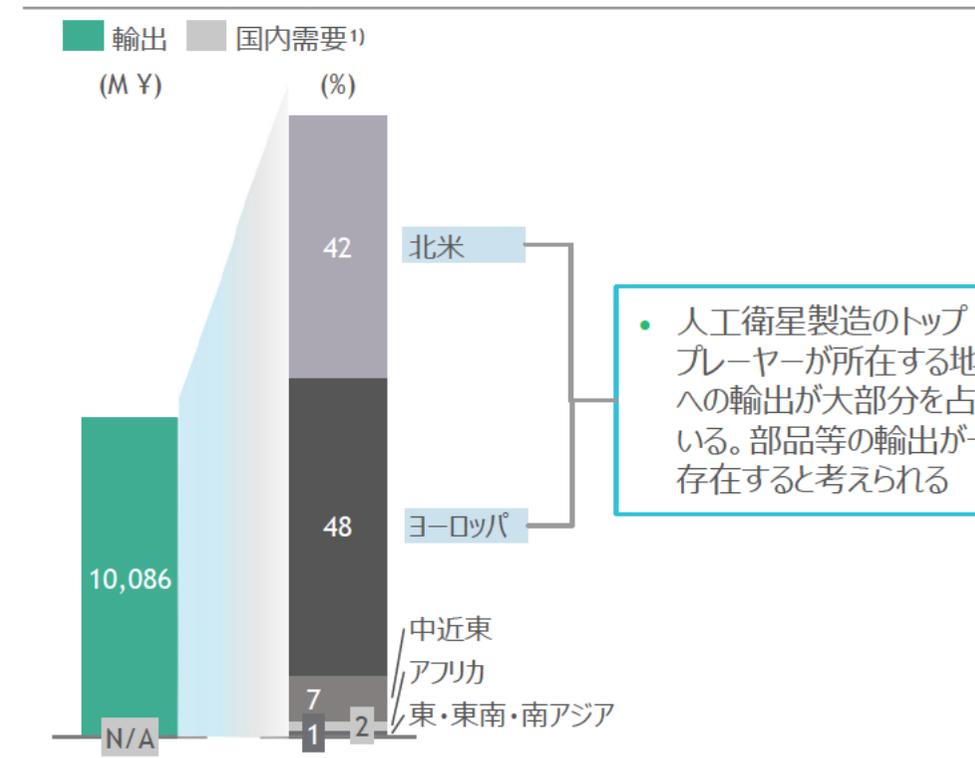
*輸出入の地域別割合は飛翔体(人工衛星・ロケット)・地上施設・ソフトウェアを含んだ値

輸入の状況 (日本)



- 人工衛星製造のトッププレーヤーが存在する地域からの輸入が99%を占める
- 東・東南・南アジアからの輸入がわずかに存在

輸出の状況 (日本)



- 人工衛星製造のトッププレーヤーが存在する地域への輸出が大部分を占めている。部品等の輸出が一定存在すると考えられる

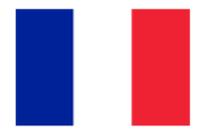
1. 国内需要は国内生産 - 輸出 + 輸入で算出
 Note: 輸出入は人工衛星の共通部分であるバス機器と用途に合わせたセンサー等からなるミッション機器を合算した値
 Source: 日本航空宇宙工業会

参考) 人工衛星に関する各国政策 (公表情報まとめ)

自国企業支援策



- 研究開発支援や民間企業のサービス購入、税制優遇等により支援を実施
 - スペースXのスターリンクに連邦通信委員会が9億ドルの補助金を提供



- 自国企業に対する補助金の交付を実施
 - 21年、小型人工衛星のスタートアップを強化支援対象に選定



- 日本企業による生産力強化を目指し、ロードマップの策定や新規企業参入支援を実施
 - '18年に、宇宙用部品の開発助成に0.7億円を拠出



- 国有企業「中国衛星網絡集団」を設立し、1.3万基のコンステ"国網"を構築
 - CASC "鴻雁"/CASIC "虹雲"等の小型コンステを統合する方針を示す

他国企業制限・排除

- 武器輸出管理法にて、衛星技術の輸出管理を実施
 - 輸出入には国務省の承認が必要

- EUの輸出入品目規制に準じ、衛星システムを二重用途物品に指定し、輸出管理を実施

- 人工衛星を外為法のリスト規制対象とし、輸出管理を実施
 - 輸出には経産省大臣の許可が必要

- '20年8月に「輸出禁止・輸出制限技術リスト」に衛星発射プラットフォームや衛星データの暗号化技術を追加

各国の対応パターン

自国企業育成型



自国企業の育成を目的に
政府調達・補助金交付・技術開発支援等を実施

輸出規制型



人工衛星が軍事技術にも利用可能であることを考慮し、輸出規制の対象に指定



[bcg.com](https://www.bcg.com)