

半導体不足とサプライチェーン構築に向けて －全体動向と自動車産業を例として－

Towards semiconductor shortage and supply chain construction
－ Overall trends and the automobile industry as an example －

鈴木 道範：流通経済大学 物流科学研究所 研究員



略 歴

1978年日本大学理工学部卒業。設計会社、産業調査会社、みずほ情報総研を経て、2019年10月から現職。技術士（建設部門）。

[要約] 我が国の半導体売上高は世界の中で大きく後退し、生産の中心地は日米欧からアジアにシフトしている。集積回路の輸出入は、台湾、中国などのアジアを中心に行われている。半導体需要でも、アジアを中心に拡大傾向にあったが、米中の経済摩擦や新型コロナウイルス感染拡大等を契機に生産や物流が滞り、半導体不足が産業活動に大きな影響を及ぼし、各国は半導体自給率を高めるための新工場の整備や台湾企業の誘致に乗り出している。

我が国の基幹産業である自動車産業も、新型コロナウイルス感染拡大により減産を強いられる中で、半導体不足が減産に拍車をかけた。自動車向けの車載半導体は、自動車の電子化により需要が急拡大していくものとみられ、供給面での課題が顕在化する可能性がある。加えて、自動車生産体制のグローバル化により、サプライチェーンが複雑化している。今後とも、米中の貿易摩擦やウクライナ危機を契機とした原料不足などにより、サプライチェーンリスクがより拡大することが見込まれる。こうしたリスクに対しては、自動車産業の特性を踏まえた取組、物流を含めることの重要性、カーボンニュートラルへの対応がポイントとなる。

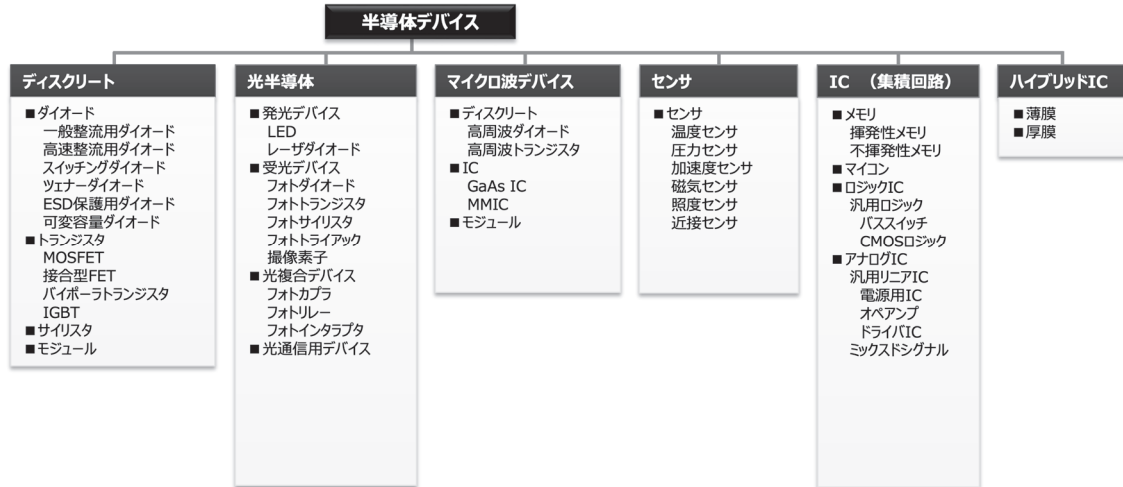
1. 半導体とは

半導体とは、一定の電気的性質を備えた物質であり、物質には電気を通す「導体」と、電気を通さない「絶縁体」とがあるなかで、その中間の性質を備えた物質とされている。また、半導体とは、トランジスタ、ダイオードなどの素子単体（ディスクリート半導体部品）や、トランジスタ等で構成される回路を

集積したIC（集積回路）を総称したものを示すことも多くある。

半導体を用いた電子部品のことを、半導体デバイスといい、半導体デバイスは、応用分野の拡大と電子機器の進化に伴い、多くの種類が生まれた。トランジスタやダイオードのように1素子が単独の機能を持つものをディスクリート（個別半導体）といい、複数の機能の素子を1チップに載せたものをIC（集

図1 半導体デバイスの分類



出所) 東芝デバイス&ストレージ株式会社ホームページより

積回路) という。メモリやマイクロプロセッサ (MPU)、ロジック IC などがその代表で、IC の集積度を高めたものが LSI である¹。一般的な機能・構造による分類を図1に示す。

2. 全体動向

経済産業省生産動態統計によると、2022年の電子機器 (民生用・産業用) の5月までの生産実績は5兆3,858億円、うち電子部品・デバイスは3兆6,252億円と全体の約67.3%を占めている。さらに、うち電子デバイスは1兆9,656億円 (電子管333億円、半導体素子4,619億円、集積回路1兆184億円、アクティブ型液晶素子4,528億円) で、集積回路が電子機器全体の18.9%を占めている。

そのため、本項では集積回路を中心に、生産、輸出入の動向を整理し、需要動向をまと

める。

2-1. 我が国における半導体生産の現状

我が国の半導体産業は、1970年～80年代のテレビ、オーディオに代表される民生機器での日系電機メーカーの競争力の高さを背景に、日系半導体メーカーの民生用途での半導体も世界で高いシェアを持ち、1988年の半導体売上高では日本が世界の50%を超えていた。その頃はNEC、東芝、日立製作所、富士通などが世界の売上高トップ10に入っていたが、その後、日本のシェアは徐々に下がり、2019年の世界シェアは10%にまで落ちている。

このような経緯の中で、半導体業界では再編が進むとともに、得意技術に特化した半導体生産を進める企業も出てきている。例えば、マイコンで高い世界シェアを誇るルネサスエ

1 東芝デバイス&ストレージ株式会社 2022年3月「ディスクリート半導体の基礎」第1章半導体の基礎

レクトロニクス²は、2010年4月にNECエレクトロニクス株式会社と株式会社ルネサステクノロジーが合併するとともに、日本電気、日立製作所、三菱電機を割当先とする第三者割当増資を実行した。

また、2000年代に入り独自のマイクロプロセッサ「Cell Broadband Engine (Cell)」を米IBM、東芝と共同開発し、「PlayStation 3 (PS3)」に搭載して普及を図ろうとしたソニーは、経営上の問題などにより断念した。

その後は競争力の優位が明確だったイメージセンサーとビデオゲーム（プレイステーション）に注力することになり、2019年度の半導体部門の売上高は初めて1兆円を超えた。そのうち、9割近くがイメージセンサーとなっている。

各種資料より、国内に立地している半導体関連の主な製造企業を整理したものを表1に示す。

表1 半導体関連の主な製造企業

企業名（本社所在地）	工場所在地（関連会社含む）	事業内容
キオクシア株式会社（東京都港区） ※キオクシアホールディングス	国内：三重、岩手	メモリ及び関連製品の開発・製造・販売事業及びその関連事業
ルネサスエレクトロニクス株式会社（東京都江東区）	国内：山形、茨城、群馬、山口、愛媛、大分、熊本	半導体に関する研究や設計、開発、製造、販売およびサービス
ソニーセミコンダクタマニュファクチャリング株式会社（熊本県菊池市） ※セミコンダクタソリューショングループ	国内：熊本、長崎、山形、大分、鹿児島、宮城、愛知	ソニーグループの半導体デバイスメーカー、スマートフォン等に搭載される半導体関連製品と電子・電気機械器具の設計・開発・製造・カスタマーサービス
ローム株式会社（京都市）	国内：京都、滋賀、静岡、岡山、福岡、宮崎、宮城 海外：米国、ドイツ、韓国、フィリピン、タイ、中国、マレーシア	カスタム LSI をはじめ、その他集積回路や半導体素子などの電子部品を製造・販売
東芝デバイス&ストレージ（神奈川県川崎市）	国内：兵庫 海外：タイ、フィリピン	半導体事業、ストレージプロダクト事業、デバイス&ストレージ研究開発事業、半導体製造装置事業、部品材料事業
日亜化学株式会社（徳島県阿南市）	国内：徳島	化学事業、光半導体事業（LED、LD、光半導体材料）
三菱電機株式会社（東京都千代田区）	国内：福岡、熊本（パワーデバイス製作所）	重電システム、産業メカトロニクス、情報通信システム、電子デバイス（パワー半導体モジュール、SIC パワー半導体デバイス等）、家庭電器
サンケン電気株式会社（埼玉県新座市）	国内：山形、福島、石川	IC 製品やディスクリートの製造および販売

2 半導体市場の専門調査会社である米 IC Insights による 2021 年のマイコンサプライヤ売上高ランキングトップ 5 によれば、マーケットシェアは 17.0%と第 3 位。第 1 位は NXP (欧州) の 18.8%、第 2 位は Microchip (米国) の 17.8%。

富士電機パワーセミコンダクタ株式会社（長野県松本市）	国内：長野、山梨、富山 海外：中国、フィリピン、マレーシア	富士電機株式会社半導体製品の組立（自動車電装用部品）
住友電工株式会社（大阪市）	国内：大阪、兵庫、茨城、神奈川県 海外：東アジア、欧州、中東・アフリカ、南北アメリカ、東南アジア、南アジア、オセアニア	自動車関連製品や情報通信関連製品などの開発、製造、販売
日本テキサス・インスツルメンツ合同会社（東京都港区）	国内：福島、茨城、大分	アナログ半導体などを柱に、半導体集積回路の製造・販売
KOA 株式会社（長野県伊那市）	国内：長野	電子機器等の回路部品である抵抗器や IC、複合部品などの製造ならびに販売
トレックス・セミコンダクター株式会社（東京都中央区）	国内：岡山、鹿児島 海外：ベトナム	アナログ電源 IC の開発・製造および販売
株式会社村田製作所（京都府長岡京市）	国内：神奈川、滋賀、京都、福井、宮崎、島根、富山、石川、宮城、岡山、長野、岐阜、福島、山口、岩手、群馬、東京 海外：中国、台湾、フィンランド、フランス、マレーシア、フィリピン、シンガポール、タイ、	ファンクショナルセラミックスをベースとした電子デバイスの研究開発・生産・販売 チップ積層セラミックコンデンサ、表面波フィルタ、EMI 除去フィルタなどのシェアは世界一

出所）半導体関連の企業名は各種資料、工場所在地及び事業内容は各企業ホームページより作成。

注）表中の企業は各種半導体を製造している企業で、半導体材料や製造装置を含まない

上記のように、国内各地には集積回路を含む半導体工場が立地しているが、日本経済新聞社の2021年12月20日に公表した資料³によると、日本の半導体工場は海外と比較して古くて小さいという特徴を有しているとし、以下の点を指摘している。

○先端のロジック半導体を作れない

日米欧が重視しているのはロジック（演算用）と呼ばれる半導体の生産拠点であり、最新のスマートフォンからスーパーコンピューターまで、ロジック半導体は「頭脳」の役割を果たす。日本と台湾の半導体の前工程（回路を描く工程）工場がある拠点を比べると、ルネサスエレクトロニクスは、国内に那珂工

場や川尻工場といった生産拠点を抱え、那珂工場では2000年、直径300ミリメートルのシリコンウエハー（基板）を使った半導体の生産にいち早くこぎ着けた。しかし、半導体の性能を左右する回路線幅は40ナノ（ナノは10億分の1）メートルで止まったままである。ルネサスは自前の工場に対する投資負担を抑制する「ファブライト」の経営方針を採り、最先端の製造技術が必要な製品はファウンドリー（製造受託企業）などを活用しており、先端製品をつくる技術を持つのは、台湾積体回路製造（TSMC）など一部のプレーヤーに限られている。

○生産の中心地は日米欧からアジアへシフト

3 <https://vdata.nikkei.com/newsgraphics/semiconductor-factory/>

半導体生産の中心はもともと欧米と日本であった。1990年の世界生産能力（ウエハーの面積ベース）は、日米欧が100%を占めており、人材や技術、装置などは日米欧に集中していた。しかし、2020年のシェアを見ると、台湾と韓国がそれぞれ20%超を占めるようになった。押し上げたのは先端の製造技術に莫大な投資を続けたTSMCや韓国のサムスン電子だ。日本勢はこの開発、投資競争から徐々に突き放されていった。

○日本は40ナノで足踏み、台湾は5ナノを生産

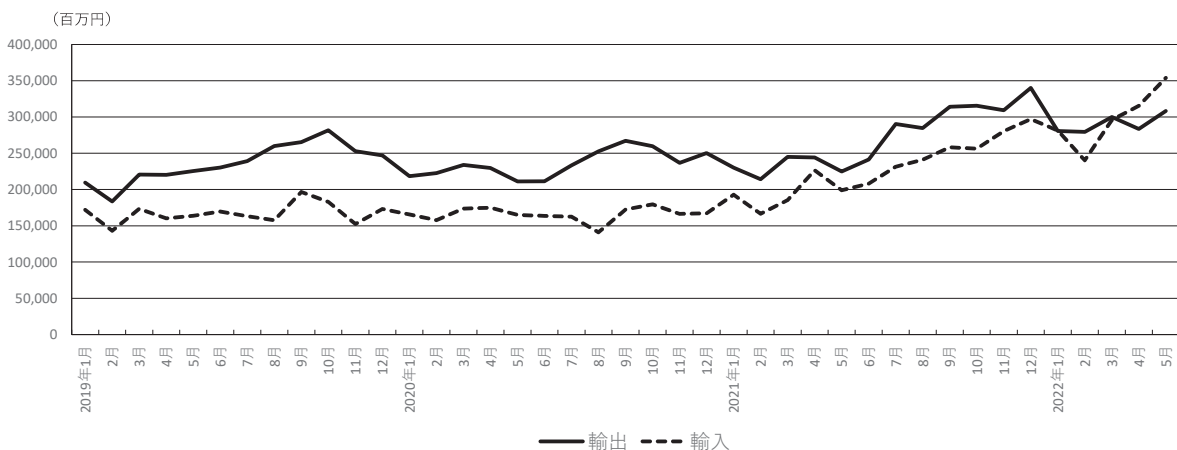
ロジック半導体で、日本の回路微細化は40ナノメートルで止まっている。一方、台湾TSMCは5ナノメートルまで進んでいる。日本は半導体の工場数は世界1位であるが、微細化技術の面では陳腐化している。微細な回路を描く製造能力は日本の半導体産業の「ミッシングリンク」となっていた。TSMCの工場誘致は、この欠けたピースを埋めるた

めの施策である。とはいえ、熊本に誘致する工場も20ナノメートル台であり、10年前に確立した製造技術で、最先端ではない。一方、日本は半導体のすべての分野で国際競争力を失ったわけではない。記憶用半導体「メモリー」ではキオクシアホールディングスが、画像用半導体の「CMOSセンサー」ではソニーグループが投資を続けている。

2-2. 集積回路の輸出入の推移

電子情報技術産業協会（JEITA）が発表している品目別の輸出入金額の毎月の推移を2019年からみると、電子工業全体の輸出では、2019年1月に6,718億円、2020年1月に6,826億円、2021年1月に7,702億円、2022年1月に8,552億円と、増加傾向にある。一方、輸入では、2019年1月に1兆201億円から2020年1月に9,498億円と減少したものの、2021年1月に1兆1,213億円、2022年1月に1兆3,247億円と、2020年1月以降、増加傾向にある。（図2）

図2 集積回路の輸出入の動向



出所) 電子情報技術産業協会「電子工業輸出入実績」より作成。

図3 2022年の集積回路の主要輸出入国割合（1月～7月）



出所) 電子情報技術産業協会「電子工業輸出入実績」より作成。

さらに、集積回路のみで、2019年1月から月別に輸出入金額の推移をみると、輸出では電子工業全体の3割前後で推移し、輸入では2割前後で推移してきたものの2022年の1月、4月、5月は輸入超過となっている。2022年（7月まで）の国別輸出入先では、輸出金額1位は台湾で6,973億円（全体の28.6%）、2位は中国で5,698億円（同23.3%）で2国で半数を超えている。輸入金額では、台湾が1兆2,375億円（全体の55.0%）と1国で半数を超えており（図3）、大幅な輸入超過となっている。ちなみに、同時期で100億円を超える輸入超過となっている相手国は、台湾（5,402億円）の他、シンガポール（199億円）、アイルランド（276億円）、米国（1,258億円）となっている。

さらに、集積回路について貿易統計のHSコードを用いて品目別にみると、数量では「プロセッサ及びコントローラ」、「記憶素子」、「増幅器」、「その他のもの」のいずれも輸出超過

であるのに対して、金額では「プロセッサ及びコントローラ」及び「その他のもの」は輸入超過の傾向にある。一方、「記憶素子」のみは他の品目に比べて単価が高い（「プロセッサ及びコントローラ」の5倍）こともあり、輸出超過となっている。

そこで、「記憶素子」の輸出入国をみると（表2、表3）、2021年の輸出金額で1兆円を超えている「実装していないもの」は、台湾、中国、マレーシアの順となっている。同様に、2021年の輸入金額で991億円と最も多い「DRAM」は、中国、台湾、マレーシアの順となっている。

輸出については、需要が拡大するアジアを中心とした海外の生産拠点向け⁴、輸入は不足気味の国内生産向けと考えられる。

さらに、「記憶素子」について、輸出入形態別（金額ベース）でみると、いずれの品目ともほぼ100%が航空機輸送となっている。そもそも付加価値の高い製品のため、コ

4 経済産業省「第50回 海外事業活動基本調査概要」によると、2019年度の製造業法人の海外生産比率（国内全法人ベース）は、23.4%で、業種別では輸送機械（44.2%）、はん用機械（28.2%）、情報通信機械（28.7%）など。

表2 集積回路（記憶素子）の品目別輸出金額と輸出相手国

品目	輸出金額（億円）	輸出相手国順位
実装していないもの (3542.32-100)	2017年：7,038 2021年：12,277	1位：台湾、2位：中国、3位：シンガポール 1位：台湾、2位：中国、3位：マレーシア
DRAM (3542.32-911)	2017年：332 2021年：19	1位：シンガポール、2位：香港、3位：米国 1位：香港、2位：台湾、3位：米国
その他のもの (3542.32-919)	2017年：97 2021年：62	1位：香港、2位：中国、3位：台湾 1位：香港、2位：韓国、3位：台湾

出所) 財務省「日本貿易統計」(()内はHSコード)

表3 集積回路（記憶素子）の品目別輸入金額と輸入相手国

品目	輸入金額（億円）	輸入相手国順位
DRAM (3542.32-010)	2017年：312 2021年：991	1位：台湾、2位：韓国、3位：米国 1位：中国、2位：台湾、3位：マレーシア
その他のもの (3542.32-019)	2017年：100 2012年：28	1位：台湾、2位：タイ、3位：中国 1位：中国、2位：タイ、3位：シンガポール
DRAM (3542.32-021)	2017年：1,478 2021年：279	1位：台湾、2位：韓国、3位：中国 1位：中国、2位：韓国
その他のもの (3542.32-029)	2017年：93 2021年：137	1位：アメリカ、2位：台湾、3位：中国 1位：台湾、2位：アメリカ、3位：中国
フラッシュメモリー (3542.32-031)	2017年：695 2021年：660	1位：台湾、2位：韓国、3位：マレーシア 1位：台湾、2位：中国、3位：韓国
その他のもの (3542.32-039)	2017年：413 2021年：923	1位：台湾、2位：タイ、3位：アメリカ 1位：台湾、2位：中国、3位：アメリカ
その他のもの (3542.32-090)	2017年：364 2021年：652	1位：韓国、2位：台湾、3位：アメリカ 1位：台湾、2位：韓国、3位：中国

出所) 財務省「日本貿易統計」(()内はHSコード)

ンテナ不足の影響は受けていない可能性が高いが、2022年8月25日に日本銀行により公表された企業向けサービス価格により国際航空貨物輸送の価格指数の動きをみると、2022年7月における国際航空貨物輸送の企業向けサービス価格指数は、2015年を100として前年同月比114.2ポイント高の246.7となり、2020年の新型コロナウイルス感染の影響を

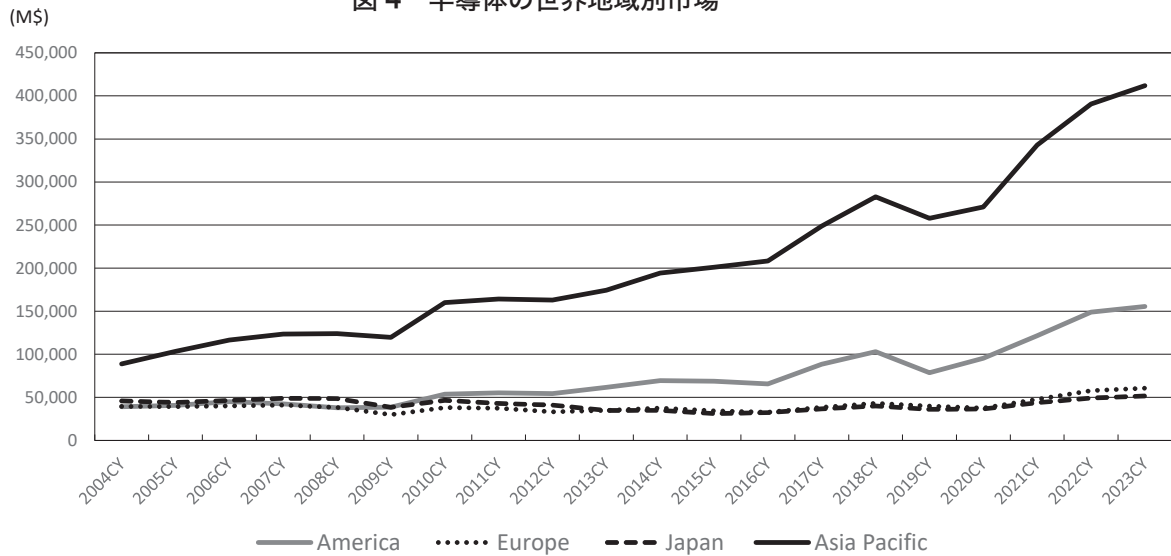
受けて、輸送コストは大幅に上昇した。

2-3. 半導体需要の動向

今後の半導体需要について、世界半導体市場統計（WSTS⁵）でみると、世界の半導体市場は拡大傾向にあり、2019年に前年比12%減と大きく減少したものの2021年には555,893M\$まで拡大し、その後の2022

5 世界の半導体メジャーブランドが会員となって月次統計報告書を発表しているNPOで、世界トップ半導体企業25社のうちの18社をカバーしており、市場の全体像を知る上では信頼度が高い情報源。

図4 半導体の世界地域別市場



(注) 2022年、2023年は予測。 出所) 世界半導体市場統計 (WSTS)

年、2023年も拡大が予測されている。一方、地域別にみると、「Asia Pacific」のシェアが年々高まり2015年以降は6割を超えている。「Japan」は長期的にシェアが減少傾向にあり、2020年には8.3%まで減少したものの、2021年には20.5%まで回復し2022年、2023年も拡大が予測されている。(図4)

さらに、製品別市場では、「Total Discrete」「Optoelectronics」「Sensor」「Total IC」のうち、「Total IC」のシェアが高く、2023年の予測では85%を占めるとされている。さらに、「Total IC」の内訳を見ると、「Analog⁶」「Micro⁷」「Logic⁸」「Memory⁹」のうち、「Logic」と「Memory」のシェアが高く、2023年の予測ではそれぞれ3割を超えるとされている。このように、中長期的に半導体需要が拡大するなか、新型コロナウイルス感染拡大を契機

として半導体不足が叫ばれるようになった。新聞記事検索サイトで、日本経済新聞(朝刊)において「半導体不足」を検索すると、2020年9月15日付で「ファーウェイ、スマホ7割減も、米の新規制きょう発効、21年出荷台数予測、半導体の調達困難に。」と報じている。これは、米政府の新たな輸出規制により、各国・地域からの半導体の調達ができなくなるというものである。その後は、2020年12月9日付で、「VW、中国生産に支障、コロナで半導体不足。」と、新型コロナウイルスの感染拡大で半導体の供給に支障が出ていることを報じており、その後も自動車生産への影響が相次いで報道され、「半導体不足」のキーワードが入った記事は2022年8月30日時点で1,284件となっている。

半導体需要については、不足が解消する時

6 AD/DAコンバータや電源ICなど

7 マイクロプロセッサやマイクロコントローラを含む

8 標準ロジックや特定用途のためのICチップ

9 DRAMやNANDフラッシュなど

期について 2023 年から 2024 年までずれ込むとの見方もあったが、世界的な半導体メーカーは 2022 年には半導体不足が解消するとの見方を示している。米国の AMD 社は 2022 年下期、米国の NVIDIA 社と英国の ARM 社も 2022 年下期と発表している。また、市場動向調査会社である米 Gartner は、7 月 27 日に 5 月に発表していた半導体市場規模を前年比 13.6% 増から 7.4% 増に下方修正した。また、同社は、2023 年の半導体市場についても 4 月時点での予測では 7,000 億ドルを超えていたが、今回の予測では同 2.5% 減の 6,231 億ドルに下方修正しており、2022 年中旬に世界の半導体市況が急速に変化してきたとされている。半導体の逼迫が解消され始め、DRAM や NAND などの半導体メモリは供給過剰になり、価格が暴落し始めた。そして、半導体メモリだけでなくスマートフォンや PC の出荷が低迷してきたため、それらに使われるプロセッサやロジック半導体の逼迫も解消されてきたとされている。

2-4. 各国の半導体戦略

米中貿易摩擦がハイテク業界にも影響し、各国は経済安全保障の重要性から半導体産業を政府主導で支援するようになった。2021 年に起きた世界的な半導体不足はこの流れを加速させ、それ以前では想定されていなかった新工場の整備や誘致を含めた半導体産業支援策が打ち出され、半導体製造の自給率を高めることを大きな目標としている（表 4）。しかし、半導体製造に必要な素材や製造装置も含めると、国際的な水平分業体制の中で、輸出規制とどう兼ね合いを付けていくかが課題となっている。

特に、台湾有数の半導体製造企業の TSMC（ファウンドリー業態）の 2021 年売上高は 569 億ドルと世界 3 位で、米国、中国、日本への進出に向けた準備が進められている。しかし、各国が高額な補助金を支出して自給率を高めるための外国企業の誘致を進めることに対する効果¹⁰の実効性に関する疑念も示されている。

表 4 各国の半導体産業支援策

国・地域	支援策の主な動向
米国	<ul style="list-style-type: none"> 最大 3000 億円/件の補助金や「多国間半導体セキュリティ基金」設置等を含む国防授權法(NDAA2021)の可決。 2022 年 8 月 9 日、バイデン大統領は 500 億ドル(約 5.5 兆円)の半導体産業投資を含む CHIPS 法案署名し成立させ、アメリカの半導体製造の自給率 12% のレベルを 33% に引き上げを目指している。同法の日玉の一つが半導体製造の強化で、例えば半導体の製造や研究開発、人材育成などに向けて総額 527 億米ドル (1 米ドル 135 円換算で約 7 兆 1000 億円) の補助金を投じて、てこ入れを図る。

10 2020 年 5 月に米国が発表したファーウェイに対する禁輸措置において、TSMC が米国製の半導体製造装置や設計ソフトなどを利用して生産した製品のファーウェイへの輸出禁止を行った効果。ファーウェイに半導体や電子部材を供給している日本企業への影響など。https://business.nikkei.com/atcl/seminar/19/00133/00035/?P=3

中国	<ul style="list-style-type: none"> 「国家集積回路産業投資基金」を設置('14,'19年)、半導体関連技術へ、計5兆円を超える大規模投資。これに加えて、地方政府で計5兆円を超える半導体産業向けの基金が存在(合計10兆円超) 「中国製造2025」を掲げ、その中で、半導体自給率を2020年までに40%、2025年までに70%に引き上げるという計画を示している。
欧州	<ul style="list-style-type: none"> 2030年に向けたデジタル戦略を発表。デジタル移行(ロジック半導体、HPC・量子コンピュータ、量子通信インフラ等)に1345億€(約17.5兆円)投資等 欧州委員会は、2022年2月8日、EU域内での半導体の研究開発・生産の強化と安定供給を目指す法案を発表。世界的な半導体の供給不足などを背景に、2030年までに次世代半導体の域内生産の世界シェア20%以上を目標とするなど、この分野での技術的な主権の確保を目指している。
台湾	<ul style="list-style-type: none"> 台湾への投資回帰を促す補助金等の優遇策を始動。ハイテク分野を中心に累計で2.7兆円の投資申請を受理。(2019.1) 半導体分野に、2021年までに計300億円の補助金を投入する計画発表。(2020.7) 2020年、「5+2産業革新計画」の推進基盤に基づく「6つの戦略産業」政策を打ち出し、「情報・デジタル関連」などの6大戦略テーマを提唱。半導体業界との関連性の強い「情報・デジタル関連」では、主に次世代半導体技術の研究開発の重要性が強調され、シリコンウェハ材料サプライヤー、半導体装置メーカー、ファウンドリー、パッケージング・検査企業など、台湾の半導体企業の協力により既存技術を最適化し、次世代半導体コンポーネント・材料、先端製造プロセス、量子コンポーネントサブシステムなどの技術に引き続き先行開発を進めることが期待されている。
韓国	<ul style="list-style-type: none"> AI半導体技術開発への投資に1,000億円を計上。(2019.12) 半導体を含む素材・部品・装置産業の技術開発に2022年までに5,000億円以上を集中投資する計画を発表。(2020.7) 総合半導体大国実現のための「K-半導体戦略」を策定(2021.5)

出所) 2021年6月経済産業省「半導体戦略(概略)」各国による大規模な産業政策の展開に各種資料を用いて加筆。

表5 台湾半導体企業の海外進出状況および今後の進出戦略

企業名	進出国	海外進出状況および今後の進出戦略
TSMC	米国	2020年5月に米国アリゾナ州フェニックスでの工場建設計画を発表。2024年の量産開始を目指し、月産12インチウェハ2万枚の生産能力の5nmプロセス工場を建設するというもので、2021~2029年の期間で合計120億ドルを投資予定。工場建設にあたり、台湾で既に完成されたTSMCのサプライチェーンを形成している台湾企業も米国に進出。
	中国	現在南京と上海に各1拠点、合わせて2拠点の工場を所有。上海の8インチ工場は2003年から稼働しているが、2016年には中国への12インチ工場投資が解禁になったタイミングで南京に12インチ工場を建設した。さらに2021年7月28日には、投資審議委員会の承認を受けたことから、28億ドル(約794億台湾ドル)を投資して南京工場の生産能力増強を図る予定。
	日本	2021年3月、つくば市に子会社の研究開発拠点「TSMC ジャパン 3DIC 研究開発センター株式会社」が設立され、2021年夏に建設が始まり、2022年から研究開発を開始。製造拠点は、2021年11月9日に熊本市にソニーセミコンダクタソリューションズとの合弁会社となるJASMを設立し、22nm、28nmプロセスのファウンドリーサービスを提供する計画を発表。

	欧州	欧州への投資可能性に関して、TSMC はドイツ政府と初期的な議論を行っていることは認めつつもまだごく初期の評価段階にあるとして、欧州投資の可能性は肯定しながら具体的な計画はまだ出てきていないことを明らかにしている。
UMC	中国 シンガポール 日本	中国蘇州に 500nm から 110nm までの 8 インチ工場、同アモイに 40nm から 28nm までの 12 インチ工場のほか、シンガポールに 130nm から 40nm までの 12 インチ工場を所有。近年では、富士通セミコンダクターと合併運営していた三重県にある三重富士通セミコンダクターを買収し、2019 年 10 月 1 日に完全子会社の United Semiconductor Japan Co.,Ltd,(USJC)を設立。
GlobalWafers	イタリア	ドイツの Siltronics 買収不成立決定と同時に、2022 年 2 月 6 日に GlobalWafers はプラン B を発動し、同社買収目的で準備していた資金を生産拡大に充てるとして、2022 年から 2024 年までの 3 年間で 1,000 億台湾ドル(約 36 億ドル)を新工場建設等に投資する計画を発表。この生産拡大計画発表から約 1 カ月後の 3 月 15 日には、イタリアにある子会社が 12 インチウェハ工場を建設する計画を発表しており、急ピッチで生産拡大計画が進行。

出所) 日本貿易振興機構海外調査部 2022 年 5 月「台湾における半導体産業について～台湾の関連政策と主要企業のサプライチェーン調査～」台湾半導体企業の海外進出状況および今後の進出戦略

3. 自動車産業における半導体

3-1. 我が国における四輪車の生産動向

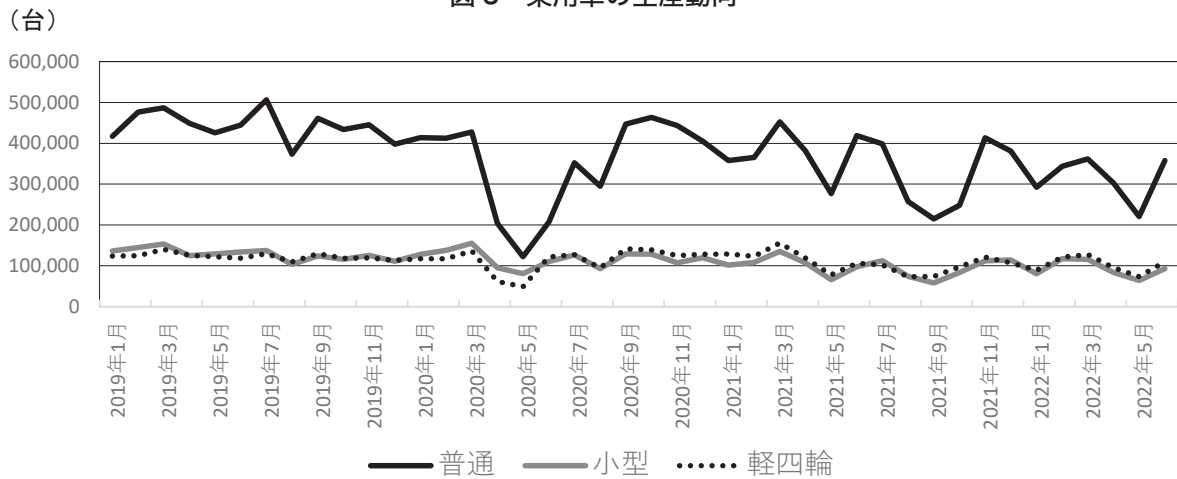
最初に、日本自動車工業会「日本の自動車工業 2022」で、四輪車（乗用車、トラック、バス）の生産、販売動向をみると、四輪車の生産台数は 785 万台（2021 年）のうち乗用車は 662 万台、普通乗用車が 6 割前後で推移している。普通乗用車のピークは 1990 年の 995 万台で、うち普通車は 2019 年の 532 万台となっている。推移でみると、新型コロナウイルス感染拡大の影響により 2020 年 3 月の約 72 万台から 4 月、5 月にかけて約 25 万台と大きく落ち込んだ。（図 5）

一方、四輪車の販売台数は 445 万台（2021 年）のうち乗用車は 368 万台、普通乗用車は 4 割弱で推移している。なお、販売面では軽

自動車の割合が高いことが特徴的である。推移でみると、普通乗用車のピークは 2005 年の 475 万台で、うち普通車は 2019 年の 159 万台となっており、年度末に販売が拡大している。（図 6）

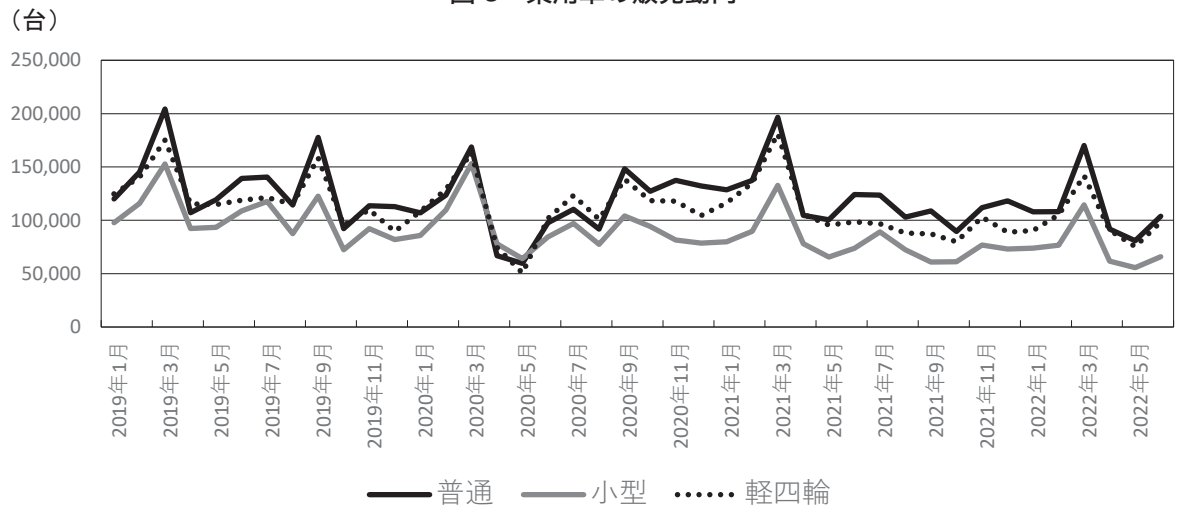
また、乗用車市場動向について、日本自動車工業会が実施した「2021 年度乗用車市場動向調査」では、新型コロナウイルス感染拡大の影響として、移動手段として公共交通機関より第三者接触を回避できる自家用車へのシフトが見られ、生活変化では「外向きの生活」が減少、不要・不急の外出を自粛したことで、「長距離移動を伴う外出」が大幅減したとされ、1 年後に外出や移動状況がコロナ前の状態に戻るかどうかは見方が分かれている。

図5 乗用車の生産動向



出所) 日本自動車工業会「日本の自動車工業 2020」より作成

図6 乗用車の販売動向



出所) 日本自動車工業会「日本の自動車工業 2020」より作成

3-2. 自動車における半導体需要

(1) 車載半導体の特徴

半導体を使う製品の中でも特に自動車は様々な電子的制御を必要とする。車体の制御や運転に関する制御、エンジン制御やナビゲーションの制御など、車種にもよるが車1台で数10から100余りの半導体を必要とするとされている。主要な車載半導体の種類は、「マイコン」(車両の動きを制御するユニッ

ト)、「パワー半導体」(電力、電圧などの電気システムを制御するユニット)、「プロセッサ」(制御の中での判断を行うユニット)、「センサー」(距離、画像などの測定を行うユニット)の他、高い環境性能を実現するための「ECU」(エンジンの電子制御を行うユニット)に分けられる。半導体デバイス技術は、「安全・快適・環境」という3つトレンドで進化する自動車に向けた開発が活発化している。自動

車の進化は、電子化によるところが大きく、自動車に搭載される半導体デバイスの数、量は、ますます増加し、車載向け半導体デバイスの進化が自動車の進化に直結しつつある。特に、電気自動車（EV）、ハイブリッド車（HEV）といった次世代車での半導体デバイスの役割は、従来以上に大きい。また、運転支援・走行制御、車車間・車路間通信といった自動車に新たな価値を加える技術でも、半導体デバイス技術が注目を集めている。

自動車の電子化は、あらゆる部分で進んでおり、カーオーディオやナビゲーションシステムなど車載情報系や、ダッシュボードや電動ミラーなど車体制御系、さらには、エンジ

ンやブレーキなど走行に関わる制御分野でも半導体技術は欠かせない存在になっている。

（2）車載半導体の需要

各社による車載半導体の需要予測をみると（表6）、車載半導体の需要は、自動車の電子化とともに増大していくものとみられ、特にHV/PHV/EV/FCV系の需要急拡大とともに、ADAS（先進運転支援システム）や自動運転などが加わり、引き続き需要が急拡大していくものとみられる。しかし、その一方で自動車以外の用途の半導体需要によっては、供給面での課題が顕在化する可能性がある。

表6 各社による車載半導体の需要予測

予測主体・発表時期	予測内容
Omdia（2022年2月） 2025年までの車載半導体市場の予測 ¹¹	<ul style="list-style-type: none"> ・21年は前年比28.6%増の516億米ドル（約5兆9700億円）に達し、車載半導体市場は今後も順調に大きくなる ・25年までの平均年間成長率（CAGR：Compound Annual Growth Rate）を12.3%と見込み、25年の同市場は821億米ドル（約9兆5000億円） ・市場のけん引役は、電動化とADAS（先進運転支援システム）、インフォテインメント&テレマティクス（I & T）システム ・駐車アシストや衝突回避向けのカメラといったADASアプリケーション、I & Tシステムのインスツルメントクラスターのデジタル化も、車載半導体の利用が進む要因
富士キメラ総研（2022年5月） 車載電装デバイス&コンポーネンツ総調査2022下巻 ¹²	<ul style="list-style-type: none"> ・2021年における自動車1台当たりのECUは平均で29.6個搭載で、今後搭載数は年々増加し、2035年には46.6個になるとみられる ・車載ECU（パワートレイン系、xEV系、走行安全系、ボディ系、情報系、スマートセンサー/アクチュエーター）の世界市場予測は2022年の8兆9,732億円から2035年予測では21兆198億円に拡大すると予測（2020年比2.9倍） ・ECUの搭載数増加に伴い、構成要素となる半導体や回路、基板などの部品の需要が増加しており、市場は堅調な拡大が期待される。 ・ECU構成デバイス（センサー、半導体、回路部品、その他）の世界市場予測は2022年の15兆4,589億円から2035年予測では24兆7,334億円に拡大すると予測（2020年の2.1倍）

<p>アリックスパートナーズ（2022年7月） 2022年版グローバル自動車業界アウトック¹³</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・半導体を含む部材の供給不足が自動車業界に及ぼす影響は、2024年まで続く ・自動車業界は、他業種と比較して半導体の需要ボリュームが小さいため、半導体メーカーとの交渉力が弱い ・半導体メーカーは、シェアの小さい自動車向けに新たな生産ラインを整備することに二の足を踏む（TSMCの収益ベースの世界シェアは、2021年にスマートフォン向けが44%、自動車向けが4%） ・ICE（内燃機関）向け半導体需要が減少するいっぽう、BEV（電池式電気自動車）向け半導体需要は2021～26年の年平均で55%増加
--	---

3-3. 車載半導体のサプライチェーンの構築に向けて

(1) サプライチェーンリスク

これまで見てきたように、米中貿易摩擦を契機として始まった半導体不足は、半導体需要が拡大していく中で、新型コロナウイルス

感染拡大やロシアによるウクライナ侵攻などにより、世界レベルで産業活動や国民生活に大きな影響を及ぼしている。自動車産業においても、車載用半導体工場の火災や新型コロナウイルス感染拡大や地震による完成車メーカーの工場の稼働停止などが発生した（表7）

表7 コロナ禍以降に生じた主なサプライチェーンリスク

項目	内容
北米寒波(21年2月)	北米寒波によって、現地半導体工場や石油化学プラントが一時停止。半導体の他、樹脂部品の調達に影響し、完成車工場の稼働に影響。
ルネサス那珂工場火災(21年3月)	車載用半導体を主に生産するルネサス那珂工場(茨城県ひたちなか市)のN3棟における火災発生によって、半導体調達に影響。生産能力の復旧には6月下旬までかかった。
東南アジアロックダウン強化(21年7月～10月)	マレーシアでは、指定業種以外の稼働規制やワクチン接種率に応じた出勤率規制が措置され、半導体等の現地工場の稼働に影響。 ベトナムでは、3オンサイト(工場での宿泊・飲食・生産)の対策を取らない限りは操業できない規制が措置され、現地自動車部品工場の稼働に大きく影響。
国内工場での感染拡大(22年1月～3月)	オミクロン株の拡大に伴って、国内の完成車メーカーやサプライヤの工場でクラスターが発生し、完成車工場の稼働に影響。
福島沖地震(22年3月)	東北の完成車メーカーやサプライヤ工場が被災し、完成車工場の稼働に影響。
上海ロックダウン強化(22年4月～6月)	「ゼロコロナ」政策の下、上海市において宿泊前提の工場操業(出勤不可)、物流は許可証を交付された事業者のみに限る等の強力な行動制限が措置。 現地にはティア2以下を含め多くのサプライヤが立地。半導体のみならず広範な部品調達に影響し、完成車工場の稼働に影響。

11 <https://www.mapion.co.jp/news/column/cobs2390242-1-all/>

12 <https://www.fcr.co.jp/pr/22053.htm>

13 <https://www.acnnewswire.com/press-release/japanese/76227/> アリックスパートナーズ

ことなどにより、新車の納期の遅れが顕在化し車種によっては受注停止にまで追い込まれている。

9月15日付の東洋経済 ONLINE によると、「納期遅延の原因は、半導体の不足だけではない。例えば電気信号を伝えるワイヤーハーネスなどの部品、複数の部品によって構成される各種のユニットなどが、幅広く滞っている。しかも、供給の滞りは不定期に生じるから、計画が立てられない」との指摘があり、ガソリン燃料車で約3万点とされている部品点数の多い自動車の難しさがある。

(2) 車載半導体の安定調達に向けた取組の検討状況

経済産業省が2022年8月6日に公表した車載用半導体以外の部素材も含む自動車サプライチェーンの強靱化に向けた中間報告の取りまとめでは、車載用半導体の安定調達に向けた取組として、下記の内容が示されている(表8)。

また、同取りまとめでは、自動車サプライチェーンの強靱化に向けた方向性について、下記の内容が示されている(表9)。

自動車メーカーが平時からサプライチャー

表8 車載半導体の安定調達に向けた取組

項目	取組内容
生産計画の提示方法の改善	半導体メーカーの予見性向上を図るため、自動車メーカーからサプライヤーに提示する生産計画の改善を実施(期間の長期化、情報粒度・提示頻度の向上等)。
半導体の製品・工程変更手続の標準化	調達先の複線化や切替えを効率化するため、半導体の素材変更等の際に必要な製品・工程変更手続において、自動車メーカーごとの品質評価プロセスを標準化し評価期間を短縮。

(出所) 経済産業省「車載用半導体以外の部素材も含む自動車サプライチェーンの強靱化に向けた中間報告」

表9 自動車サプライチェーンの強靱化に向けた方向性

項目	取組内容
サプライチェーンリスク評価	<ul style="list-style-type: none"> ・社内外のデータベース・分析ツールの活用を進めることで、サプライチェーンの構造把握を効率的に実施。 ・一部のサプライヤーは自社の競争情報である等の理由で取引先情報を開示していないという現状を踏まえ、情報開示に理解を得られるよう平時から関係を強化。 ・カーボンフットプリントの計算等の社会的要請を背景とした自動車産業の横断的なデータ連携基盤の構築も見据え、情報流通のあり方について検討。
サプライチェーンリスク対応	<ul style="list-style-type: none"> ・リスクの高い部素材については、代替調達先の事前評価やコスト面も考慮しつつ在庫の積み増しを検討。 ・車両電子プラットフォームの高度化や、旧世代の半導体の生産撤退リスク等を考慮し、中長期的な半導体戦略を構築。 ・部素材産業のカーボンニュートラル実現に向けた支援によって国内生産基盤を維持。その上で撤退が避けられない場合には、特定国への依存を回避する形で調達先の複線化について検討。

(出所) 経済産業省「車載用半導体以外の部素材も含む自動車サプライチェーンの強靱化に向けた中間報告」

ンリスクを分析し、コストとリスクのバランスを考慮しつつ、柔軟かつ強固なサプライチェーンの構築を目指す。この際、個社で解決できない課題については、業界横断での取組や政府のサポートを得つつ、進めていく。

(3) サプライチェーンリスク構築のポイント

前述のように、経済産業省は日系自動車メーカーの2020年前半のコロナウィルス拡大による工場稼働の停止や外出の抑制による大幅な生産、その後の世界的な需要の急拡大を背景とした半導体不足などを背景に、2021年5月、国内自動車メーカーと共同で「車載用半導体サプライチェーン検討WG」を立上げ、半導体の安定確保に向け対策を検討してきた。

自動車産業のサプライチェーン構築に当たっては、グローバルな生産供給体制が構築されている中で、数多くの部品企業や物流も含めてどう構築していくのか。また、自動車産業が、設計・生産・販売の過程で世界的な気候変動にどう対応していくのか。といった大きな課題にも対応していかなければいけないことを念頭に置きつつ、以下にいくつかのポイントを提示する。

①自動車産業の特性を踏まえた取り組み

日本自動車工業会によると、我が国の2019年の自動車製造品出荷額等は60兆円、2020年の設備投資額は1.4兆円、研究開発費は3.1兆円とされ、日本経済を支える重要な基幹産業となっている。また、自動車部品の

生産金額は、2020年で7.2兆円となっている。

自動車はガソリン車で、部品点数が3万点に及ぶと言われている中で、自動車産業の取引構造は自動車メーカー（OEM）を頂点として、Tier1、Tier2、Tier3といったピラミッド型（垂直統合型）の取引構造を有しているため、様々なリスクに対してサプライチェーンをどうマネジメントしていくかが大きな課題となっている。特に、欧州では「ボッシュ」「ZF」「コンチネンタル」などのメガサプライヤーが自動車メーカーに対して車両やプロジェクト、部品単位で提案を行い、受注を得ていく「水平分業モデル」での自動車製造プロセスが主流になっている。今後、CASEの技術革新が進む中で部品構成が大きく変わることが見込まれている中で、特定分野で強みを持つ企業やIT系企業の活動も活発化しており、Tier2、Tier3においても、自動車メーカーの系列外から受注した仕事の中で新しい技術や仕事の進め方を革新していくことが求められている。

このように、グローバルレベルでの水平分業型の進展は、垂直統合型に比べてサプライチェーンの管理が難しく、自動車メーカーが取引先のどこまでサプライチェーンリスク対応能力ができるかが課題となろう。

②物流を含めることの重要性を認識

我が国の製造業は、1990年代に海外進出が加速し、取引企業も含めた市場での生産体制の構築が進み、海外工場とのコスト競争、多品種少量生産や短納期への対応が求められていた。1963年にトヨタ自動車が全工場で

採用した「かんばん方式」は協力会社にも採用され「トヨタ生産方式」は共存共栄のための有効な手段として定着し、自動化とジャスト・イン・タイムが進み、海外進出の際も「トヨタ生産方式」が取り入れられてきた。

しかし、このジャスト・イン・タイムの考え方は、2011年の東日本大震災に見直しの契機となり、その後、新型コロナウイルスの感染拡大や半導体不足などによるグローバルでのサプライチェーンリスクの顕在化に伴い、自動車各社に見直しを迫っている。

特に、新型コロナウイルスの感染拡大は物流の混乱を招き、物流コストが大幅に上昇するとともに、生産や販売に大きな影響を与えたこともあり、サプライチェーンの見直しの際には取引企業も含めた在庫の積み増しといった対策とともに、物流は重要な経営戦略であるという認識のもと、物流企業も含めて在庫管理や輸送管理をしっかりと検討していくことが求められよう。

③カーボンニュートラルへの対応

2021年10月から11月にかけて英国で開催された「第26回国連気候変動枠組み条約締約国会議（COP26）」では、世界の平均気温の上昇を1.5度に抑える努力を追求とした成果文書が採択された。協議の過程では、自動車分野は主要なセクターのひとつとして注目を集め、「世界のすべての新車販売について、主要市場で2035年までに、世界全体では2040年までに、電気自動車（EV）等、二酸化炭素を排出しないゼロエミッション車とすることを旨とする」という共同声明が発表

された。しかし、この共同声明には賛否が分かれ、自動車大国である日本は、アメリカ、ドイツ、中国、フランス、イタリア等とともに、基幹産業への影響の大きさなどを懸念して政府として署名を避けた。

一方で、2020年10月、政府は2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、カーボンニュートラルを目指すことを宣言したこともあり、自動車産業はカーボンニュートラル対応なくしては存続が厳しい時代となっている。

具体的には、生産から販売までの過程で発生する二酸化炭素の削減対策や、自動車の環境性能を高めるための、軽量化やEV化等に向けての技術開発を部品サプライヤーとの連携のもと、実現していくことが求められている。

おわりに

本稿では、半導体不足の影響が産業や生活に及ぼしている影響の大きさを踏まえ、半導体について解説した上で、半導体生産の現状、半導体の中でも大きな生産額を占めている集積回路の輸出入の推移、半導体需要の動向を整理し、今後の半導体需要を占う各国の半導体戦略をまとめた。さらに、我が国の基幹産業である自動車産業を例に、四輪車の生産動向、自動車における半導体需要を整理し、最後にサプライチェーン構築に向けてのポイントを示した。

本来、半導体産業には、半導体を生産するための素材や製造装置も含むが、本稿では製

品としての半導体に着目した。また、半導体の用途は多様であるが、代表的な例として自動車を取り上げて、まとめてみた。

ただし、自動車は非常に多くの部品で構成されている上に、部品メーカーも含めて世界の市場に向けてグローバルな生産体制が構築されており、そのサプライチェーンの把握自体は自動車メーカーでない限り困難を伴う。こうした状況の中でテーマを掲げて執筆に取り組んだものの筆者の知識不足もあり、是非とも読者に皆様のご指摘をいただければ幸いです。

参考文献

JEITA 半導体部会 2022年5月18日「国際競争力強化を実現するための半導体戦略 2022年版」
https://semicon.jeita.or.jp/news/docs/20220519_JEITA-JSIA_teigensyo.pdf

Toshiba Clip 2018.08.21「半導体が拓く自動車の未来～車載半導体最前線～」
<https://www.toshiba-clip.com/detail/p=183>

Business Journal 2022.08.18「自動車用半導体の不足が解消されない原因」
https://biz-journal.jp/2022/08/post_312551.html

日本貿易振興機構海外調査部 2022年5月「台湾における半導体産業について～台湾の関連政策と主要企業のサプライチェーン調査～」
https://www.jetro.go.jp/ext_images/_Reports/01/c1353759e5d86029/20220008_ver3.pdf

電波新聞社 電波プロダクトニュース 最新トレンド情報コーナー 車載半導体関連情報
<https://www.dempa.co.jp/productnews/trend/h120223/h0223.html>

東洋経済 ONLINE 9月15日「半導体不足だけでなく「新車の納期遅れ」の真実」
<https://toyokeizai.net/articles/-/580699>

経済産業省 2022年7月「新型コロナウイルス対策検討自動車協議会 車載用半導体サプライチェーン検討WG 中間報告「自動車サプライチェーンの強靱化に向けた取組」」
<https://www.meti.go.jp/press/2022/07/20220701006/20220701006-a.pdf>