

国立国会図書館 調査及び立法考査局

Research and Legislative Reference Bureau
National Diet Library

論題 Title	デジタル時代の半導体産業と各国の政策—経済安全保障の観点を含めた考察—
他言語論題 Title in other language	The Semiconductor Industry and National Policies in the Digital Age: A Consideration from the Perspective of Economic Security
著者 / 所属 Author(s)	廣瀬 淳哉 (HIROSE Jun'ya) / 国立国会図書館 前 調査及び立法考査局 国会レファレンス課
雑誌名 Journal	レファレンス (The Reference)
編集 Editor	国立国会図書館 調査及び立法考査局
発行 Publisher	国立国会図書館
通号 Number	849
刊行日 Issue Date	2021-9-20
ページ Pages	21-44
ISSN	0034-2912
本文の言語 Language	日本語 (Japanese)
摘要 Abstract	近年、デジタル化の進展により、世界的に半導体の重要性が高まる中、供給力の不足や偏在が顕在化している。背景には、半導体産業に特有の分業体制があり、各国は中長期的な対応を進めている。

* この記事は、調査及び立法考査局内において、国政審議に係る有用性、記述の中立性、客観性及び正確性、論旨の明晰（めいせき）性等の観点からの審査を経たものです。

* 本文中の意見にわたる部分は、筆者の個人的見解です。

デジタル時代の半導体産業と各国の政策

—経済安全保障の観点を含めた考察—

国立国会図書館 前 調査及び立法考査局
国会レファレンス課 廣瀬 淳哉

目 次

はじめに

I 半導体の概要

- 1 半導体の製品分類
- 2 製品分類別の売上高

II 半導体産業の構造とボトルネック

- 1 半導体の高度化と分業体制の進展
- 2 ファウンドリの寡占と偏在
- 3 製品分類別の国際分業の状況
- 4 リードタイムの長さ、工場建設の長期化
- 5 小括

III 各国の対応と今後の政策動向

- 1 各国の政策
- 2 各国の工場誘致

おわりに

補論 I 製品分類別の回路密度

補論 II 自動車向け半導体不足の現状と原因

- 1 半導体不足による自動車減産
- 2 自動車用半導体の内訳
- 3 自動車向け半導体不足の原因

キーワード：半導体、デジタルトランスフォーメーション（DX）、経済安全保障、米中摩擦、国際分業、ファブレス、ファウンドリ、IDM、新型コロナウイルス感染症（COVID-19）

要 旨

- ① 今日、半導体はスマートフォンから自動車、産業用機械に至るまで、あらゆる機器に組み込まれており、世界中で広く需要がある。
- ② 一方、半導体は高度な技術を有する限られた企業のみが設計、製造を担っており、供給能力を持つ国・地域にも偏りがある。2018年以降の米中摩擦や2020年末からの自動車向け半導体不足等によって、供給力の不足や偏在が世界的に問題となってきた。
- ③ 半導体は、その用途や特性によって多くの種類がある。特に市場の80%を占めるIC(集積回路)の動向が重要である。さらに、ICの過半を占めるロジック及びマイクロ半導体は、現代社会におけるデジタルデータの演算処理を担う核心部品であり、ICの中でも特に集積度が高く、技術的な要求水準も付加価値も高い。
- ④ 今日、特にロジック及びマイクロ半導体分野では国際分業が定着している。設計・デザインの多くが米国で行われる一方、製造は主に台湾や韓国等に偏在する受託製造企業であるファウンドリが担っている。製造については、必要となる技術と投資の水準が高いことから、既存の大手ファウンドリの競合相手は少なく、台湾のTSMCや韓国のサムスン電子等数社による寡占となっている。
- ⑤ 半導体は今後のデジタル社会に不可欠であり、DX(デジタルトランスフォーメーション)の進展により中長期的な需要の拡大が見込まれる。他方、米中摩擦によりハイテク分野の技術覇権競争が生じていること、ファウンドリが東アジアに偏在しており地政学的なリスクが意識されること等から、供給リスク管理や経済安全保障の観点で、近年、半導体は国際的な戦略物資としての性格を帯びている。
- ⑥ このような背景から、半導体の製造能力を自国内に保有することの重要性は増しており、特にコロナ禍以降、各国では中長期の産業政策として、半導体工場の誘致や設備増強に関する政策投資計画が進展している。

はじめに

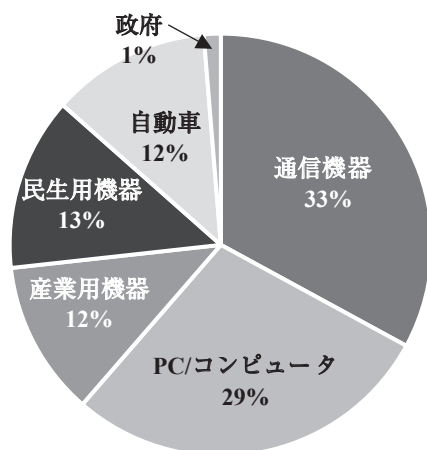
2018年以降の米中摩擦の深刻化や2020年の新型コロナウイルス感染症の流行（以下「コロナ禍」）を契機としたデジタル化の進展などを背景として、半導体の供給力の不足や偏在が世界的に問題となっている。この問題は、2020年末からの自動車向け半導体不足を端緒として顕在化した。

自動車向け半導体の不足それ自体は、直接的には、コロナ禍に伴う複数の事象が重なって供給網（サプライチェーン）の脆弱性が露呈したものと推測されている（補論Ⅱ参照）。ただし、半導体不足は、本質的には、デジタル社会の進展による半導体需要の増加と供給の逼迫が根底にあり、自動車向けに限定されず、普遍的な性格を有する問題である。

今日、半導体は通信機器、コンピュータ、産業用機器、民生用機器、自動車等あらゆる機器に組み込まれており（用途別の売上割合を図1に示す。）、先進国を中心に世界中で広く需要がある（地域別の売上割合を図2に示す。）。

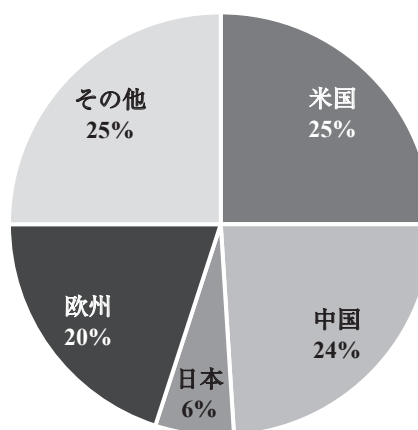
また、今後は温室効果ガスの削減、すなわちグリーン化を実現するため、スマート工場、スマートシティ、電動車等の環境配慮型の製品・サービス市場が世界的に拡大することが見込まれる。これらのグリーン技術を支えるためにも、半導体は非常に重要な位置を占める⁽¹⁾。

図1 半導体の最終用途別割合
(2019年全世界売上高推計ベース)



(注) 軍需品は政府に含まれる。
(出典) SIA, 2020 Factbook, [2020.4], p.10. <https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2020/04/2020-SIA-Factbook-FINAL_reduced-size.pdf> を基に筆者作成。

図2 半導体の地域別需要
(2019年製品最終消費地別、金額ベース)



(出典) Antonio Varas et al., *Strengthening the Global Semiconductor Supply Chain in an Uncertain Era*, 2021.4, p.11 (Exhibit 3). <https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2021/05/BCG-x-SIA-Strengthening-the-Global-Semiconductor-Value-Chain-April-2021_1.pdf> を基に筆者作成。

* 本稿は2021年7月27日までの情報を基にしている。インターネット情報の最終アクセス日も同日である。本稿は、筆者が調査及び立法考査局に在籍中、経済問題研究会において行った調査研究の成果である。本文中の日本円換算は、1ドル=109円、1ユーロ=132円、1元=17円、100ウォン=10円である（日本銀行国際局「報告省令レート（令和3年7月分）」2021.6.18. <https://www.boj.or.jp/about/services/tame/tame_rate/syorei/hou2107.htm/> による）。

(1) 経済産業省『半導体・デジタル産業戦略』2021.6, p.15. <<https://www.meti.go.jp/press/2021/06/20210604008/20210603008-1.pdf>>

一方、半導体の供給は、特定のハイテク企業とグローバルな供給網の上に成立しており、また、米中摩擦⁽²⁾の影響を強く受ける国際戦略物資でもあるため、ボトルネックが生じる可能性が少なくない。経済安全保障上、半導体の製造能力を自国保有することの重要性は増しており⁽³⁾、特にコロナ禍以降、各国で工場や設備関連の政策投資の機運が高まっている⁽⁴⁾。

半導体産業では高度な技術と巨額の投資が求められ、激しい競争の下で選択と集中が行われた結果、分野別の住み分けが進展してきた。デジタル時代に向けた課題を考察する際には、半導体の製品自体への理解と、国際分業やサプライチェーンの状況等の産業構造への理解が欠かせない。

本稿では、まず半導体製品の概要について確認した後、同産業の供給構造の全体像とボトルネックについて考察する。そして、経済安全保障という観点も踏まえた近年の各国の対応や政策、特に生産設備の誘致・育成に関する巨額の財政措置について紹介する。

I 半導体の概要

半導体は今日の社会に不可欠な電子部品であるが、その種類は様々であり、種類によって技術的な特性、用途、需要、重要度等は異なっている。

この章では、半導体の製品分類、及びそれぞれの特性と市場について紹介する。

1 半導体の製品分類

半導体は、トランジスタ、抵抗、コンデンサ等の素子を配列して作られる電子回路（又は素子そのもの）を封入した電子部品であり⁽⁵⁾、その性質と用途によって様々なカテゴリーがある。分類方法は、統計や報告書によって差異があるが、本稿では報道や論文等で一般的に用いられている WSTS（World Semiconductor Trade Statistics. 世界半導体貿易統計）による製品分類⁽⁶⁾に従う。

まず、半導体は内部の電子回路の集積度によって大きく2つに分かれ、①素子であるディスクリット、比較的集積度の低い光半導体及びセンサーと、②集積度の高い集積回路（Integrated Circuit: IC）がある（図3）。2020年の市場規模は①が約791億ドル（約8.6兆円）、②が約3612億ドル（約39.4兆円）であり⁽⁷⁾、半導体市場においては全体の約8割を占めるICの動向が重要な意味を持つ。ICは、さらにアナログ、マイクロ、ロジック、メモリに分かれる。

(2) 米国は2018年以降、特に対中国の貿易赤字を問題視して、対抗措置を講じてきた。当初は消費財等への追加関税措置が中心であったが、次第に中国のハイテク企業との取引に対する規制にも重点が置かれるようになった。代表的な例として、通信機器メーカーのファーウェイ（華為技術）への規制がある。その根底には安全保障分野を含む、技術覇権競争があるとされる。日本国際問題研究所『戦略年次報告 2020』2021, p.8. <https://www.jiia.or.jp/strategic_comment/pdf/StrategicAnnualReport2020jp.pdf>

(3) Michaela Platzer et al., “Semiconductors: U.S. Industry, Global Competition, and Federal Policy,” *CRS Report*, R46581, 2020.10.26, pp.1-2. <<https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R46581/5>>; 成長戦略会議『成長戦略実行計画案』2021.6.2, pp.14, 16. 内閣官房ウェブサイト <<https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/seicho/seichosenryakukaigi/dai11/siryou1-1.pdf>>

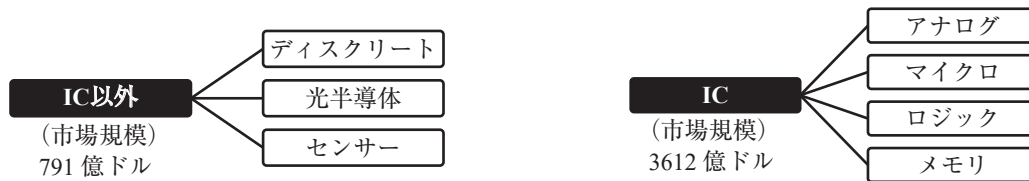
(4) 経済産業省『半導体戦略（概略）』2021.6, p.4. <<https://www.meti.go.jp/press/2021/06/20210604008/20210603008-4.pdf>>

(5) 半導体は、原義上は、電気を通す「導体」と、電気を通さない「絶縁体」の中間の性質を備えた物質を指す。その代表はシリコン（ケイ素）である。今日、報道等で用いられる「半導体」という用語は、正確には半導体電子回路又は半導体素子を意味し、シリコン等の基板上に作られた電子回路や素子を指すことがほとんどである。本稿でも特に断りのない限りこれを「半導体」と記すこととする。

(6) World Semiconductor Trade Statistics, *WSTS Product Classification 2018*, 2017.12.16. Semiconductor Industry Association Website <https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2018/07/Product_Classification_2018.pdf>

(7) WSTS, “WSTS Semiconductor Market Forecast Spring 2021,” 2021.6.8. <https://www.wsts.org/esraCMS/extension/media/f/WST/5088/WSTS_nr-2021_06.pdf>

図3 半導体の製品分類



(出典) 分類：WSTS, *WSTS Product Classification 2018*, 2017.12.16. Semiconductor Industry Association Website <https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2018/07/Product_Classification_2018.pdf>; 市場規模：idem, “WSTS Semiconductor Market Forecast Spring 2021,” 2021.6.8. <https://www.wsts.org/esraCMS/extension/media/f/WST/5088/WSTS_nr-2021_06.pdf> を基に筆者作成。

(1) IC 以外（ディスクリート、光半導体、センサー）

ディスクリートは、1つの半導体パーツから構成され、単一の機能を担う個別半導体を指す。電流の整流や切替えを行うダイオード、電圧の調整を行うトランジスタ等が含まれる。

光半導体は、光の感知や発光の機能を持つ半導体で、代表的なものはカメラ向けイメージセンサーや照明に使われる発光ダイオード等である。

センサーは、温度、速度、圧力等の物理的特性を検知・測定できるよう設計された半導体で、検温器の温度センサーや、スマートフォンに搭載されている加速度センサー等がある。

(2) IC（アナログ、マイクロ、ロジック、メモリ）

アナログは、各種アナログ信号を処理するためのICである。他のICはデジタルデータを扱うのに対し、アナログ半導体は物理現象（電流、音声等）の絶対値を識別し、値の管理や伝達、デジタルデータへの出力等を担う。例として、電圧等のアナログ信号を増幅させるオペアンプや、音声、映像、電波といったアナログ信号をデジタルデータ化するADコンバータ等がある。注目度の点において、ICの中では相対的に「地味な存在」であり⁽⁸⁾、売上高や利益率も大きいとはいえないが、通信機器や家電、自動車等に不可欠な半導体である。

マイクロは、デジタルデータの演算処理を担うMPU（Micro Processor Unit）や、回路内部に演算と記憶の機能を併せ持ち、個々の機器の制御に特化したマイコン（Micro Controller Unit: MCU）等のチップである。後者は主に自己完結的で定型的なデータ処理を行うものであり、コンピュータ、家電から自動車に至るまであらゆる製品に数多く使われている。なお、デジタルデータの演算処理を担うという点でマイクロとロジックとの区分は必ずしも明確ではなく⁽⁹⁾、統計や報告書によっては、マイクロはロジックに含まれる場合がある。

ロジックは、電子機器やデータセンター等におけるデジタルデータ演算の主力を担うICで、高速・大量の演算処理に特化されている。スマートフォンに搭載されているASIC（Application Specific Integrated Circuit. 特定用途向け集積回路）や、その他汎用プロセッサ等が広く含まれる。集積度、付加価値ともに高く、半導体市場全体の約4分の1を占める中核分野である。各社が演算速度やサイズを競って様々なモデルを開発している。

メモリは、デジタルデータを記憶・保持する役割を持つ半導体で、主にDRAM（Dynamic Random Access Memory. 通電時のみデータを記憶・保持できるメモリ）とフラッシュメモリ（通電時に記憶したデータを非通電時も保持できるメモリ）の2種がある。多くの機器やデータセ

(8) 泉谷渉「ニッポンのアナログ半導体は事業再編が急加速する」『電子デバイス産業新聞』2021.1.22. <<https://www.sangyo-times.jp/article.aspx?ID=6357>>

(9) 例えばWSTS分類では、MPUを含めた複数の機能コアを持つ比較的高機能なプロセッサは「マイクロ」ではなく「ロジック」に分類される（World Semiconductor Trade Statistics, *op.cit.*(6), p.14.)。

ンター等で用いられる必需品であり、ロジック半導体と並んで半導体市場全体の約4分の1を占める中核分野である。一方、汎用性が高いため1つのモデルが大量生産される傾向にあり、価格変動が激しい。

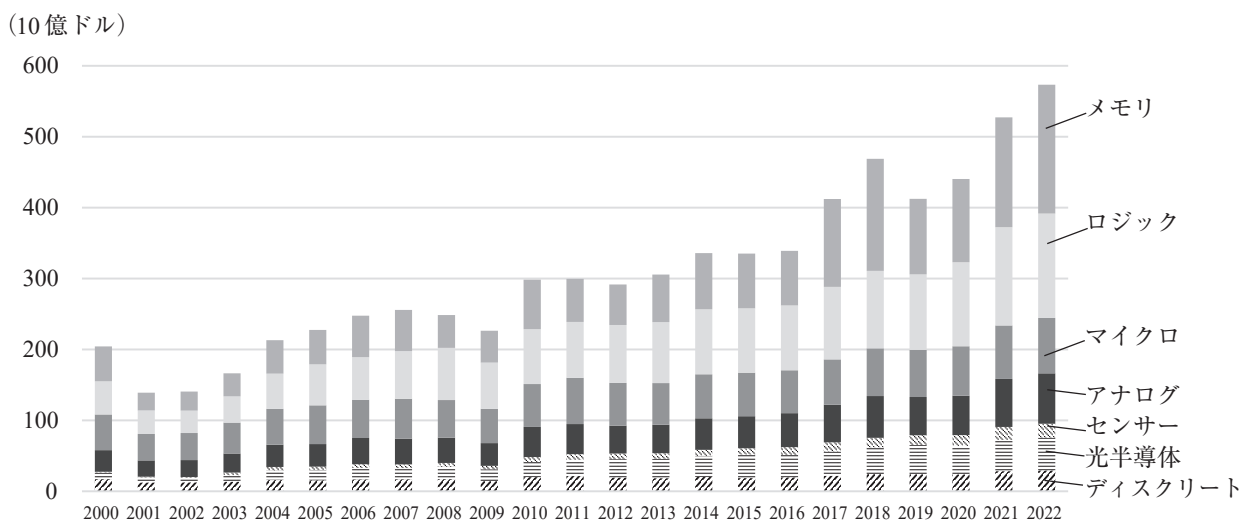
半導体の製品分類別に、機能・用途、搭載製品例、主なメーカー、市場規模を表1にまとめる。

2 製品分類別の売上高

過去20年間の半導体の製品分類別の売上高は、図4のとおりである。半導体市場では一般にシリコンサイクルと呼ばれる景気循環の波があるとされるが⁽¹⁰⁾、全体として見ても個々の製品分類別で見ても、短期的なサイクルの波を乗り越えながら、長期的には右肩上がり成長してきたことが分かる。製品分類別では、ロジック、メモリの伸びが大きい。

WSTSによると、2020年の世界の半導体市場規模は4404億ドル（約48兆円）であり、2019年から6.8%増加した⁽¹¹⁾。2021年以降も年平均6%の強い成長が予想されている⁽¹²⁾。需要面から見ると、中長期的にも、ロジック、メモリを中心に高品位な半導体の需要は高まっていくものと見られている⁽¹³⁾。これは、今後、人工知能（Artificial Intelligence: AI）、モノのインターネット（Internet of Things: IoT）、第5世代通信システム（5th Generation Mobile Communication System: 5G）等のデジタル技術によるサービスが広く普及し、それに伴って高速・大量のデータ処理が求められる結果、各種デジタル製品の高機能化が進むことによる⁽¹⁴⁾。

図4 半導体の売上高推移（製品分類別）



(注) 2020年までは実績値、2021年以降は予測値。

(出典) WSTS, “WSTS Semiconductor Market Forecast Spring 2021,” 2021.6.8. <https://www.wsts.org/esraCMS/extension/media/f/WST/5088/WSTS_nr-2021_06.pdf>; WSTS 日本協議会『WSTS 半導体市場予測について』各年版. 電子情報技術産業協会ウェブサイト <<https://www.jeita.or.jp/japanese/stat/wsts/index.html>> を基に筆者作成。

(10) 東壯一郎「半導体企業の設備投資に関する実証研究—半導体企業の変遷と財務指標の有効性について—」『産研論集』43号, 2016.3, p.132.

(11) Semiconductor Industry Association, “Global Semiconductor Sales Increase 6.5% to \$439 billion in 2020,” 2021.2.1. <<https://www.semiconductors.org/global-semiconductor-sales-increase-6-5-to-439-billion-in-2020/>>

(12) 津村明宏「半導体は年率6%成長に巨大投資計画が目白押し」『エコノミスト』99(22), 2021.6.8, pp.17-19.

(13) Handel Jones, “Semiconductor Industry from 2015 to 2025,” 2015.8.4. SEMI Website <<https://www.semi.org/en/semiconductor-industry-2015-2025>>

(14) William Chou et al., *Semiconductors – the Next Wave: Opportunities and winning strategies for semiconductor companies*, 2019.4. Deloitte Website <<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/cn/Documents/technology-media-telecommunications/deloitte-cn-tmt-semiconductors-the-next-wave-en-190422.pdf>>

表 1 半導体の製品分類（機能・用途、製品例、市場規模等）

製品分類	機能・用途	搭載製品例	主なメーカー*1		市場規模 (2020年)	
			金額*2	割合		
デバイスリポート	1つのパーツから成る個別半導体。主に電圧・電流の調整等を担う。	自動車、携帯電話、PC*3、家電	インフイニオン、三菱電機	23,804	5.4%	
光半導体	光の感知や発光の機能を持つ半導体。主に照明や光学機器向け。	カメラ、照明、有機ELディスプレイ	ソニー、オムニビジョン	40,397	9.3%	
センサー	温度、速度、圧力等の物理的特性の検知・測定を担う。	自動車、携帯電話、家電	ボッシュ、TI*4	14,962	3.4%	
アナログ	電圧、音声、映像、電波等の各種アナログ信号処理を担う。	携帯電話、自動車、家電、無線通信機器	TI、アナログ・デバイス	55,658	12.6%	
	コンピュータ等の内部の演算機能を担う。	PC、携帯電話、データセンター	インテル、AMD			
	記憶装置等を内蔵したスタンド・アローン型のIC。主に定型的な演算処理を担う。	家電、自動車、携帯電話、通信モデム、スマートカード	ルネサスエレクトロニクス、NXP	69,678	15.8%	
ロジック	画像や音声等のアナログデータの演算処理を高速に行う。	PC、携帯電話、ゲーム機	TI、NXP			
	マイクロ以外の演算用プロセッサ。PC、携帯電話等の演算処理の主力となるものが多い。	PC、携帯電話、データセンター、ゲーム機	クアルコム、エヌビディア	118,408	26.9%	
メモリ	コンピュータ等のデータ記憶・保持を担う。通電時にのみ高速、大容量での読み書きとデータの保持ができる。	PC、携帯電話、データセンター	サムスン電子、SKハイニックス、マイクロロン			
	コンピュータ等のデータ記憶・保持を担う。通電なしでデータを保持できる。	PC、携帯電話、データセンター、各種記憶媒体 (SDカード、USBメモリ等)	サムスン電子、キオクシア、ウエスタンデジタル	117,482	26.7%	

*1 TSMC (台湾積体電路製造) 等の受託製造企業は自社ブランドで最終製品を発売しないため、メーカーには含まれていない。

*2 市場規模の金額の単位は百万米ドル。

*3 PC: パソコン (Personal Computer)

*4 TI: テキサス・インスツルメンツ (Texas Instruments)

(出典) 市場規模: WSTS, "WSTS Semiconductor Market Forecast Spring 2021," 2021.6.8. <https://www.wsts.org/esraCMS/extension/media/f/WST5088/WSTS_nr-2021_06.pdf>; その他: *idem*, *WSTS Product Classification 2018*, 2017.12.16. Semiconductor Industry Association Website <https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2018/07/Product_Classification_2018.pdf>; 各社 IR 資料、ウェブサイトを基に筆者作成。

Ⅱ 半導体産業の構造とボトルネック

世界的な半導体不足が顕在化する端緒となったのは、2020年末以降の自動車向け半導体不足である。しかし、目先の問題が解消されたとしても、半導体産業全体の供給問題は中期的に残る可能性がある⁽¹⁵⁾。その理由は、前述したAI、IoT、5Gの活用を含めて、デジタル・トランスフォーメーション(DX)⁽¹⁶⁾がコロナ禍を経て今後ますます進展し、半導体の需要拡大が見込まれる一方で、半導体工場の生産余力は乏しく、短期には生産能力が増強できないからである。

この章では、半導体産業の構造とボトルネック（生産能力の限界）について現状を概観し、供給面の課題を明確にする。

1 半導体の高度化と分業体制の進展

(1) 半導体の研究開発投資及び設備投資

半導体産業では、製品の性能向上のために高度かつ継続的な研究開発が必要であり、また製品の製造工程は非常に複雑である。特に、市場の約80%を占めるICでは、計算速度の向上と小型化というニーズに応えるために、単位面積当たりの回路密度が年々指数関数的に高まっており⁽¹⁷⁾、微細化のための研究開発投資及び製造工程のための設備投資は巨額である。例えば、半導体受託製造の大手であるTSMC（台湾積体回路製造）が米国に建設している先端工場への投資総額は120億ドル（約1.3兆円）である⁽¹⁸⁾。

半導体産業全体の投資規模は、総売上高に対し研究開発費が22%、設備投資費が26%であり（2019年）、研究開発と設備投資の両者にこの水準で投資を行っている産業は他に存在しない⁽¹⁹⁾。

(2) 垂直統合と国際分業のビジネスモデル

もともと、半導体メーカーは設計から製造までを自社で行う垂直統合的な業態である「IDM」

(15) 「サムスン、韓国で半導体新棟建設 2兆円超投資」『日本経済新聞』（電子版）2021.5.13. <<https://www.nikkei.com/article/DGXZQOGM134860T10C21A5000000/>>; Debby Wu, “TSMC Lifts Targets After Warning Chip Crunch May Hit 2022,” *Bloomberg*, 2021.4.15. <<https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-04-15/tsmc-profit-beats-as-chip-shortage-shows-no-sign-of-abating>>; Asa Fitch, “Intel Sees Protracted Chip Shortage,” *Wall Street Journal*, 2021.7.23, p.A.1.

(16) 企業がデータとデジタル技術を活用して、製品やサービス、ビジネスモデルを変革するとともに、業務そのものや、組織、プロセス等を変革し、競争上の優位性を確立することを指す（経済産業省『デジタルトランスフォーメーションを推進するためのガイドライン』2018.12, p.2. <<https://www.meti.go.jp/press/2018/12/20181212004/20181212004-1.pdf>>）。

(17) ICの集積密度が18か月で2倍になるという経験則「ムーアの法則」が広く知られている（田崎嘉邦「台湾のスマートシティの現状と日本企業のビジネスチャンス」『交流—台湾情報誌—』956号, 2020.11, p.8.）。

(18) “TSMC Announces Intention to Build and Operate an Advanced Semiconductor Fab in the United States,” 2020.5.15. TSMC Website <<https://pr.tsmc.com/english/news/2033>>

(19) Antonio Varas et al., *Strengthening the Global Semiconductor Supply Chain in an Uncertain Era*, 2021.4, pp.4, 23. <https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2021/05/BCG-x-SIA-Strengthening-the-Global-Semiconductor-Value-Chain-April-2021_1.pdf> ただし、この数字は素材や設計ツール等周辺分野への投資額を含んでいる。IC insightsのレポートによると、これらの周辺分野を除いた2019年の半導体産業のR&D投資（研究開発費）は売上高の14.6%である（IC Insights, “Semiconductor R&D To Nudge Higher Through 2024,” *Research Bulletin*, 2020.1.31. <<https://www.icinsights.com/data/articles/documents/1229.pdf>>）。また、同様に、周辺分野を除く半導体産業の2019年の設備投資額は約1025億ドルであり、これは同年の半導体の売上高（4123億ドル）比で計算すると約25%となる（IC Insights, “Foundry Capex to Account for 34% of Total Semi Capex in 2020,” *Research Bulletin*, 2020.12.9. <<https://www.icinsights.com/data/articles/documents/1324.pdf>>）。

(Integrated Device Manufacturer) が中心であった⁽²⁰⁾。

しかし、1990年代以降、パソコン(Personal Computer: PC)や携帯電話の普及に伴って半導体の用途と需要が急速に拡大し⁽²¹⁾、ロジックの需要が増したことで、ロジックは用途別に専用製品が使われることが多く、その設計・開発にはIDMが不向きであったこと⁽²²⁾、技術の高度化とともに設計・開発向け投資と生産設備向け投資の双方を一社で担うことが困難になったこと等から、川上の設計と川下の製造で分業が進んだ⁽²³⁾。

その結果、特に微細化、高集積化を求められ多種多様な製品需要のあるロジック半導体分野において、主に米国で設計・開発のみを自ら行い製造は外部に委託する半導体メーカーである「ファブレス」が、東アジアでウェハ処理(回路設計に基づき、基板となるシリコンウェハ上に電子回路を形成する工程)を受託する「ファウンドリ」及びテスト、パッケージングを請け負う「OSAT」(Outsourced Semiconductor Assembly and Test. 組立て及びテストの受託業)が発展した。

ただし、ロジック半導体分野においても、投資体力がある大手メーカー(例:インテル)は、引き続き垂直統合業態であるIDMとして存続した。一方、ロジック以外の分野においては、多くのメーカー(例:ルネサスエレクトロニクス、テキサス・インスツルメンツ)が、引き続きIDMとして存続した⁽²⁴⁾。なお、設備投資抑制のため、IDMでありながらも製品の一部のみを既存の自社工場で生産し、比較的新しい生産設備が必要な上位製品の生産をファウンドリに外注する「ファブライト」と呼ばれる業態も散見される。

加えて、設計・開発と製造のほか、製造装置、素材、回路の基本となるアーキテクチャ等のIP(Intellectual Property. 知的財産)、EDA(Electronic Design Automation. 半導体の設計ソフトウェア等の総称)といった周辺分野も専門化と住み分けが進んでいる。

以上のIDM、ファブレス、ファウンドリ、OSAT及び周辺分野の関係を図5にまとめる。

⁽²⁰⁾ 特に、日本が世界で半導体のシェアを大きく伸ばした1970年代から80年代は、日系電機メーカー各社はDRAM等の半導体を垂直的に内製していた。内製はこの当時の日本の製造業に適合的であった。湯之上隆『「電機・半導体」大崩壊の教訓—電子立国ニッポン、再生への道筋—』日本文芸社、2012、pp.56-60; 藤田実「1990年代の半導体産業—逆転と再逆転の論理—」『企業環境研究年報』5号、2000、p.48。<https://www.doyu.jp/research/issue/yearly/05/047-060_fujita.pdf>

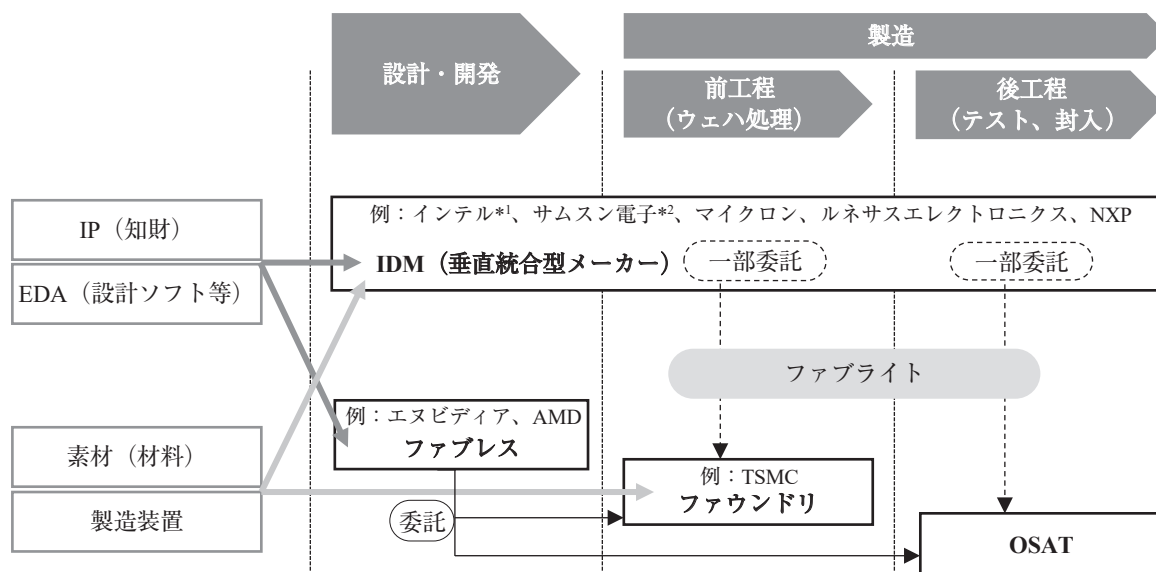
⁽²¹⁾ 御手洗久巳「第3章 半導体産業」水野順子編『韓国の輸出戦略と技術ネットワーク—家電・情報産業にみる対日赤字問題—』アジア経済研究所、2011、p.112。<https://ir.ide.go.jp/?action=repository_uri&item_id=31852&file_id=26&file_no=1>

⁽²²⁾ 岸本千佳司「台湾半導体産業における垂直分業体制と競争戦略の研究—日本企業凋落との対比により—」『AGI Working Paper Series』Vol.2014-05、2014.3、p.9。<https://agi.repo.nii.ac.jp/?action=repository_uri&item_id=72&file_id=22&file_no=1>

⁽²³⁾ 大嶋秀雄「高まる台湾半導体産業の国際競争力—ファウンドリ事業とスマートフォン需要の拡大で勢いを増す—」『日本総研 Research Focus』No.2014-38、2014.11、pp.7-8。<https://www.jri.co.jp/MediaLibrary/file/report/research_focus/pdf/7722.pdf>

⁽²⁴⁾ 朝元照雄「解析・半導体産業ビジネス」『世界経済評論 IMPACT』No.2161、2021.5.24。<<http://www.world-economic-review.jp/impact/article2161.html>>

図5 半導体生産の分業体制



*1 インテルは現在 IDM であるが、今後は並行してファウンドリ事業も展開する予定である。

*2 サムスン電子は IDM と並行してファウンドリ事業も行っている。

(出典) Antonio Varas et al., *Strengthening the Global Semiconductor Supply Chain in an Uncertain Era*, 2021.4, p.24. <https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2021/05/BCG-x-SIA-Strengthening-the-Global-Semiconductor-Value-Chain-April-2021_1.pdf> を基に筆者作成。

2 ファウンドリの寡占と偏在

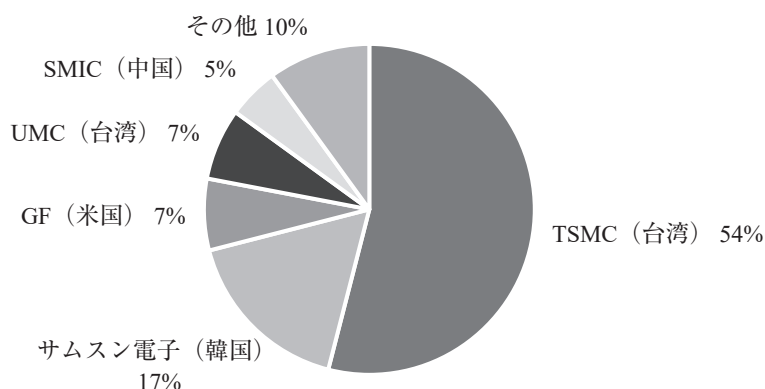
技術や資本が参入障壁となり、半導体産業では IDM、ファブレス、ファウンドリ、OSAT 及び周辺分野（素材、製造装置、IP、EDA）のいずれにおいても寡占が進んできた。

中でも近年、供給のボトルネックという観点から、ファウンドリの寡占が国際的に注目を集めている。注目される背景として、①主にロジック半導体において微細化が進み(補論 I 参照)、ファウンドリには研究開発費に加え、巨額の設備投資が継続的に求められるため、対応できる会社が数社に限られること、②この数社に対して、EU、米国、日本等の半導体メーカー（ファブレス及びファブライト）が集中的に製造を委託せざるを得ないことがある。

さらに、ファウンドリ首位の台湾 TSMC のシェアが 50% 以上と大きいこと⁽²⁵⁾、TSMC を含む上位のファウンドリのほとんどが台湾を中心とした東アジアに偏在していることも特徴として挙げられる（図 6）。

⁽²⁵⁾ ファウンドリは、その製造能力の大半を本社所在国・地域に保有している。例えば TSMC は米国と中国に工場を保有しているが、その割合は小さく、工場のほとんどは台湾に集約されている。サムスン電子も同様に、工場のほとんどを韓国内に保有している。Taiwan Semiconductor Manufacturing Company Limited, *FORM 20-F: For the fiscal year ended December 31, 2020*, p.15. <<https://investor.tsmc.com/sites/ir/sec-filings/2020%2020-F.pdf>>; Young-gun Kim and Yumi Cha, “Samsung Electronics,” *Mirae Asset Daewoo Research. Technology Initiation Report*, 2020.5.13, p.11 (Table 3). <<https://securities.miraecasset.com/bbs/download/2074906.pdf?attachmentId=2074906>>; 『半導体産業計画総覧 2020-2021 年度版』産業タイムズ社, 2020.9, p.64.

図6 世界のファウンドリの市場シェア（2020年売上高ベース）



(出典) “Foundry Revenue Expected to Reach New High in 2021 with Close to 6% YoY Growth as Capacities Remain Scarce Across Industry, Says TrendForce,” 2020.12.29. TrendForce Website <<https://www.trendforce.com/presscenter/news/20201229-10617.html>> を基に筆者作成。

先端ファウンドリ事業は、ひとたび競争から脱落すると技術的に後から追いつくことが難しいとされ、売上げと投資の循環の観点からも、台湾、韓国を中心に築かれた生産設備の優位性は強固なものとなっている⁽²⁶⁾。一方で、台湾と韓国で世界のファウンドリシェアの約4分の3が占められているという現状は、当該地域に天災地変等の供給ショックが発生した場合に品薄を招きやすく、また地政学的な観点からもリスクが高いと見られている⁽²⁷⁾。

3 製品分類別の国際分業の状況

国際分業の程度は、半導体の製品分類によって異なる。今日、国際分業が盛んなのは、図7のとおりロジック及びマイクロ分野であり、売上高ベースで約半分が分業体制の下で製造されている。国際的なファウンドリの寡占・偏在が問題になるのは主にこの分野である。

他方、メモリ分野は垂直統合の業態が支配的で、分業はほとんど見られない。その理由として、メモリは少品種を大量生産する性質の製品であり、設計と製造の工程を分業する利点が少ないことが挙げられる⁽²⁸⁾。

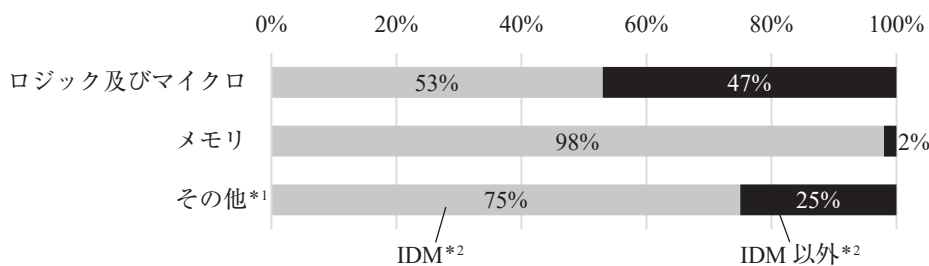
また、図7の「その他」に含まれるアナログ半導体等の分野は、IDMが支配的であるが、一部に分業も見られる。これは、アナログ半導体等のIDMが、一部製品の製造を外注している（ファブライト）⁽²⁹⁾ことと整合的である。

⁽²⁶⁾ 例えば2019年の世界の半導体設備投資を国・地域別に見ると、その約85%が韓国(31%)、米国(28%)、台湾(17%)、中国(10%)の4か国・地域で占められており、他国・地域の存在感は乏しい(Semiconductor Industry Association, 2020 State of the U.S. Semiconductor Industry, 2020.6.18, p.13. <<https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2020/06/2020-SIA-State-of-the-Industry-Report.pdf>>)。

⁽²⁷⁾ 米中摩擦により、中国企業は特にTSMCを始めとした先端ファウンドリへの発注を遮断されているため、中国政府は何らかの報復措置を採ることが考えられ、軍事行動を起こす可能性は低いものの、長期的には台湾海峡の地政学的緊張感が高まるリスクが存在する(Paul Triolo and Kevin Allison, *The Geopolitics of Semiconductors*, 2020.9, p.13. Eurasia Group Website <<https://www.eurasiagroup.net/files/upload/Geopolitics-Semiconductors.pdf>>)。

⁽²⁸⁾ 湯之上隆「半導体業界 ファブレス/ファンドリーの現状 分業を嫌ったから日本は衰退した? ファブレス/ファンドリーで成功するには」『Electronic Journal』246号, 2014.9, p.34. <https://yunogami.net/ej/_src/1108/EJ14年9月号.pdf>

図7 IDM（垂直統合型メーカー）が半導体市場に占める割合（製品分類別、2019年売上高ベース）



*1 「その他」には、ディスクリット、光半導体、センサー、アナログが含まれる。

*2 「IDM」は垂直統合型の半導体メーカーの製品売上割合、「IDM以外」は、ファウンドリ、ファブレス、OSATによって生産された製品の売上割合を指す。

(出典) Antonio Varas et al., *Strengthening the Global Semiconductor Supply Chain in an Uncertain Era*, 2021.4, p.24. <https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2021/05/BCG-x-SIA-Strengthening-the-Global-Semiconductor-Value-Chain-April-2021_1.pdf> を基に筆者作成。

4 リードタイムの長さ、工場建設の長期化

ファウンドリ分野には、寡占・偏在とは別に、供給能力が逼迫しやすい事情がある。それは、短期的には製造に要する時間が、長期的には工場建設に要する時間が、それぞれ長いことである。

半導体の製造では、受注から納品までの間の期間（リードタイム）が12週間から20週間と長い⁽³⁰⁾。これは、半導体が完成するまでに400～1400程度の製造工程を経るためである。したがって、何らかの理由で製品の増産が必要になった場合でも、短期間に対応することは難しい。また、2019年後半以降のファウンドリの工場稼働率は85～95%と高い傾向にあり⁽³¹⁾、このことも増産に柔軟に対応することを難しくしている。

また、長期的な供給能力も硬直化しやすい。これは、上記のように、ファウンドリの工場では数多くの複雑な製造工程に対応する必要があり、新規に工場を建設する場合、計画から稼働までに数年を要するためである⁽³²⁾。

5 小括

以上見てきたように、今日の半導体産業では、国際分業の中でファウンドリの重要性が増している。ファウンドリは実質的に、台湾と韓国等の数社による寡占であり、災害や地政学的要因による供給リスクが存在する。また、世界中の非メモリ半導体（ロジック、マイクロ及び一部アナログ等）の生産がこの数社に集中するため、コロナ禍以降のように半導体需要が急増した場合には、供給が逼迫する構造となっている。加えて、製品のリードタイムが長く、新規工場建設にも時間がかかることから、短期的にも長期的にも需要増への対応に困難が生じやすいという問題がある。

(29) Jan-Peter Kleinhans and Nurzat Baisakova, *The global semiconductor value chain: A technology primer for policy makers*, 2020.10, p.9. Stiftung Neue Verantwortung Website <https://www.stiftung-nv.de/sites/default/files/the_global_semiconductor_value_chain.pdf>

(30) Varas et al., *op.cit.*(19), p.16.

(31) Falan Yinug, “Chipmakers Are Ramping Up Production to Address Semiconductor Shortage. Here’s Why that Takes Time.”, 2021.2.26. Semiconductor Industry Association Website <<https://www.semiconductors.org/chipmakers-are-ramping-up-production-to-address-semiconductor-shortage-heres-why-that-takes-time/>>

(32) Varas et al., *op.cit.*(19), p.45; Richard Dixon ほか『2021年車載半導体不足への対処』IHS Markit, 2021.2, p.10. <<https://cdn.ihsmarket.com/www/pdf/0421/2021-in-vehicle-semiconductor-shortage-coping.pdf>>

Ⅲ 各国の対応と今後の政策動向

2020年末からの世界的な自動車向け半導体不足の際には、日米独の各国政府は、半導体生産能力が大きい台湾の当局に対して増産への協力を要請したと報じられた⁽³³⁾。しかし先述のとおり、既存工場の稼働率は既に高く、短期的な増産は難しいと見られる⁽³⁴⁾。

一方、このような事態を受け、世界各国において半導体供給網の脆弱性が改めて認識されるようになった⁽³⁵⁾。各国は半導体の安定調達と供給の主導権確保に向けた政策を相次いで打ち出している。これらの政策は、中長期的な供給問題の解消に加え、国・地域としての産業競争力の確保や経済安全保障の観点も同時に重視するものである。以下では、半導体分野の主要なプレイヤーである米国、EU、中国、韓国及び日本の動向をまとめる。

1 各国の政策

(1) 米国

米国では、2020年以降、国内の半導体生産能力を高めるための動きが特に活発化した。

2020年6月から7月にかけて、①半導体製造インセンティブ法案（CHIPS (Creating Helpful Incentives to Produce Semiconductors) for America Act)⁽³⁶⁾、②米国ファウンドリ法案（American Foundries Act of 2020)⁽³⁷⁾、③重要なサプライチェーンと知的財産の回復に関する法案（Restoring Critical Supply Chains and Intellectual Property Act)⁽³⁸⁾といった半導体の国内製造を強化するための複数の法案が提出された。

①は、半導体製造施設への投資に対する税額控除と、米国防総省を始めとする政府機関による半導体研究開発等のプロジェクトへの資金提供を主とした法案、②は国内における半導体生産設備の建設等を促進することを目指した法案、③は、マスク、半導体、鉱物といった重要物資について米国内での生産を促進することを目指した法案であった。

これらの法案自体は成立しなかったが、その趣旨は、2021年1月に成立した国防権限法（National Defense Authorization Act for Fiscal Year 2021: NDAA 2021)⁽³⁹⁾に組み込まれた⁽⁴⁰⁾。

(33) 「半導体増産 台湾に要請 日米独、不足解消求め TSMC「車用に協力」」『日本経済新聞』2021.1.25, p.1.

(34) 南川明「需要爆発の前夜 日本に好機到来」『エコノミスト』99(12), 2021.3.23, pp.20-23.

(35) 「台湾 TSMC に世界の需要が集中：半導体特需、安全保障にも影響」『日本経済新聞』2021.2.21, p.8; 「焦点：半導体生産、国策主導の苛烈レースに 供給不安が拍車」『ロイター』2021.3.31. <<https://jp.reuters.com/article/usa-semiconductors-subsidies-idJPKBN2BL17H>>

(36) S.3933 - CHIPS for America Act. <<https://www.congress.gov/bill/116th-congress/senate-bill/3933>>

(37) S.4130 - American Foundries Act of 2020. <<https://www.congress.gov/bill/116th-congress/senate-bill/4130>>

(38) S.4324 - Restoring Critical Supply Chains and Intellectual Property Act. <<https://www.congress.gov/bill/116th-congress/senate-bill/4324>>

(39) S.4049 - National Defense Authorization Act for Fiscal Year 2021. <<https://www.congress.gov/bill/116th-congress/senate-bill/4049/text>>

(40) CHIPS for America Act 及び American Foundries Act of 2020 の主要な条項であった、米国内の半導体の製造と技術開発を促進するための補助金や税控除等のインセンティブ制度、先端研究や人材育成のためのプログラム等が調整・統合され、NDAA2021 に組み込まれた (Robert Atkinson and Daniel Castro, *The Year Ahead: Twenty-Four Ways Congress and the Biden Administration Can Advance Good Tech Policy in 2021*, 2021.1.4. ITIF website <<https://itif.org/publications/2021/01/04/year-ahead-twenty-four-ways-congress-and-biden-administration-can-advance>>; Nadia Schadow and Anthony Vinci, *Intel's Woes Offer an Opportunity for Resilience*, 2021.1.26. Hudson Institute Website <<https://www.hudson.org/research/16643-intel-s-woes-offer-an-opportunity-for-resilience>>)。また、Restoring Critical Supply Chains and Intellectual Property Act の半導体関連の条項である第 301 条～第 306 条の内容は、NDAA2021 の第 1094 条～第 1099 条とおおむね同じである。

その直後の2021年2月には、自動車向け半導体不足が深刻化したことなどから⁽⁴¹⁾、大統領令⁽⁴²⁾により、100日以内に半導体を含む重点4品目のサプライチェーンを調査し、リスクの特定と改善案の策定が行われることとなった。その調査報告書は6月に発表され⁽⁴³⁾、報告書の中では具体的なリスクとして、国際供給網の複雑性と脆弱性、技術覇権を守りながらも巨大市場である中国に依存せざるを得ないという矛盾、人材難、民間投資偏重等が挙げられている。また、これらのリスクを踏まえた対応策として、公的投資や補助金の拡大、国内の半導体消費市場の拡充、人材の獲得、友好国との協調等が挙げられている。

さらに2021年5月には、実際に国防権限法で示された予算を拠出するために米国技術革新・競争法案 (United States Innovation and Competition Act)⁽⁴⁴⁾が提出され、2021年6月に上院を通過した。成立すれば、今後5年間で約520億ドル(約5.7兆円)が米国内において半導体製造工場の建設を行う企業等への補助金として拠出される。

(2) EU

EUでは、2020年3月に新産業戦略 (A New Industrial Strategy for Europe)⁽⁴⁵⁾が発表され、半導体関連の目標が言明されているわけではないが、産業政策として①グローバルに競争力のある産業の維持・強化、②気候中立の実現に向けたグリーン化と循環経済への移行推進、③技術開発やデータ活用によるデジタル化の促進が掲げられた⁽⁴⁶⁾。

その後、2020年12月、ドイツ、フランス、イタリア等17の加盟国が、半導体の設計・製造に注力すること等を記した共同宣言に署名した。2025年頃までに、欧州復興基金の20%、1450億ユーロ(約19.1兆円)を目途に投資を行うとしている⁽⁴⁷⁾。

さらに2021年3月、2030年までの次世代デジタル産業の育成方針「デジタルコンパス」⁽⁴⁸⁾を発表した⁽⁴⁹⁾。この中で、半導体については生産の世界シェアを現在の2倍となる20%に引き上げるという目標が掲げられている。

また、2021年5月には、新産業戦略の更新版⁽⁵⁰⁾が発表された。この中では、新たに半導体産業の強化について個別に言及されており、プロセッサ及び半導体技術分野で2021年第2四半期を目途に新たなアライアンス(官民協働の事業連携体制)の発足を目指すとしている。こ

(41) “FACT SHEET: Securing America’s Critical Supply Chains,” 2021.2.24. White House Website <<https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/02/24/fact-sheet-securing-americas-critical-supply-chains/>>

(42) “Executive Order on America’s Supply Chains,” 2021.2.24, pp.21-80. *ibid.* <<https://www.whitehouse.gov/briefing-room/presidential-actions/2021/02/24/executive-order-on-americas-supply-chains/>>

(43) White House, *Building Resilient Supply Chains, Revitalizing American Manufacturing, And Fostering Broad-Based Growth: 100-Day Reviews under Executive Order 14017*, 2021.6. <<https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2021/06/100-day-supply-chain-review-report.pdf>>

(44) S.1260 - United States Innovation and Competition Act of 2021. <<https://www.congress.gov/bill/117th-congress/senate-bill/1260>>

(45) European Commission, “A New Industrial Strategy for Europe,” COM(2020) 102 final, 2020.3.10. <https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/communication-eu-industrial-strategy-march-2020_en.pdf>

(46) 小池拓自「欧州グリーンディールと欧州新産業戦略—2つの移行、グリーン化とデジタル化—」『レファレンス』846号, 2021.6, p.41. <https://dl.ndl.go.jp/view/download/digidepo_11687334_po_084602.pdf?contentNo=1>

(47) “Declaration: A European Initiative on Processors and semiconductor technologies,” 2020.12.7. <https://www.eusemiconductors.eu/sites/default/files/uploads/20201209_EuropeanInitiativeonProcessorsandsemiconductortechologies.pdf>

(48) European Commission, “2030 Digital Compass: the European way for the Digital Decade,” COM(2021) 118 final, 2021.3.9. <https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/communication-digital-compass-2030_en.pdf>

(49) European Commission, “Europe’s Digital Decade: Commission sets the course towards a digitally empowered Europe by 2030,” 2021.3.9. <https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/document/print/en/ip_21_983/IP_21_983_EN.pdf>

(50) European Commission, “Updating the 2020 New Industrial Strategy: Building a stronger Single Market for Europe’s recovery,” COM(2021) 350 final, 2021.5.5. <<https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/communication-new-industrial-strategy.pdf>>

の戦略に沿って、2021年7月には同アライアンスが開始された⁽⁵¹⁾。

このようにEUにおいては、徐々に半導体関連の政策方針が具体的なものになりつつあり、今後は、各種半導体の研究・開発や工場建設等に関し、予算措置も含めた積極的な施策が想定される。

(3) 中国

中国における近年の半導体産業政策の戦略は、2014年6月の「国家集積回路産業発展要綱」とそれに続く国家集積回路産業投資基金（China Integrated Circuit Industry Investment Fund: CICIIF）の設立、そして2015年5月に発表された今後10年間の製造業発展ロードマップ「中国製造2025」⁽⁵²⁾に遡ることができる⁽⁵³⁾。

国家集積回路産業発展要綱では、先端半導体の開発・生産体制にキャッチアップすることや、そのための基金の創設、金融・税制支援等が掲げられている。これを受けて2014年9月に組成されたCICIIFは、1387億元（約2.3兆円）規模で、主に製造設備（ファウンドリ）と設計（ファブレス）向けを中心に、有力な国内半導体企業に対して投資を行った。2019年10月設立の第2期基金は、第1期の約1.5倍となる約2040億元（約3.5兆円）の規模であると報じられた⁽⁵⁴⁾。

一方、中国製造2025は、「世界の工場」と言われた労働集約的な製造業から次世代型の高度な製造業にシフトすることを目指したものであり、半導体は10大重点分野の1つ（次世代情報技術）に含まれている⁽⁵⁵⁾。具体的には、半導体の設計・開発の国内化を進めるとともに製造設備についても国産化を進め、基幹となる供給能力を確立することとされた。国産化率（国内の半導体需要のうち、国内製造分が占める割合）は、2020年に40%、2025年に70%を目標としていたが、2019年のICの国産化率は約16%であり、達成は困難であると見られている⁽⁵⁶⁾。ただし、当該数値目標には届かないものの、国産化率の数値自体は急速に上昇する見込みである。

折しも2018年以降、ファーウェイ（華為技術）やSMIC（中芯国際集成電路製造）といった主力の半導体関連企業が米国の規制対象となり⁽⁵⁷⁾、先端の製造装置等の外部調達が難しく

(51) “Digital sovereignty: Commission kick-starts alliances for Semiconductors and industrial cloud technologies,” 2021.7.19. European Commission Website <https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_21_3733>

(52) 国务院「国务院关于印发《中国制造2025》的通知」2015.5.8. <http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-05/19/content_9784.htm>; 科学技術振興機構研究開発戦略センター海外動向ユニット「『中国製造2025』の公布に関する国务院の通知の全訳」2015.7.25. <<https://www.jst.go.jp/crds/pdf/2015/FU/CN20150725.pdf>>

(53) NEDO 北京事務所「中国のイノベーション・ベンチャーの現状」（産業構造審議会産業技術環境分科会第14回研究開発・イノベーション小委員会資料3）2019.10.16, p.6. 経済産業省ウェブサイト <https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sangyo_gijutsu/kenkyu_innovation/pdf/014_03_00.pdf>

(54) Yoko Kubota, “China Sets Up New \$29 Billion Semiconductor Fund,” *Wall Street Journal (Online)*, 2019.10.25.

(55) 科学技術振興機構, 中国総合研究所・さくらサイエンスセンター『中国の10大重点製造業とトップ企業の現状と動向』2018.9, p.5. <https://spc.jst.go.jp/investigation/downloads/r_2018_02.pdf>

(56) IC Insights, “China to Fall Far Short of its “Made-in-China 2025” Goal for IC Devices,” *Research Bulletin*, 2021.5.21. <<https://www.icinsights.com/data/articles/documents/1261.pdf>>; James Lewis, *Learning the superior techniques of the barbarians: China's pursuit of semiconductor independence*, 2019.1, p.14. CSIS Website <https://csis-website-prod.s3.amazonaws.com/s3fs-public/publication/190115_Lewis_Semiconductor_v6.pdf>

(57) 米国は、同国商務省が作成する「エンティティ・リスト」（Entity List）に中国企業を登載し、規制を図ってきた。リストに載った中国企業に対しては、米国製技術を用いて米国内外で製造される製品の輸出が規制される。リストには情報通信、人工知能、ドローン等の分野のハイテク企業を加えられることが多い。リストに掲載された半導体関連の大手企業として、ファーウェイとSMICがある。ファーウェイは先端情報通信機器メーカーとして半導体の大口需要者であったが、規制により、先端半導体の国外調達が困難となった。またSMICは、先端半導体を生産するための装置やソフトウェアを国外調達できなくなるとともに、SMICに生産を委託していた外国企業は代替発注先を探す必要に迫られた。日本台湾交流協会『台湾産業を取り巻く情勢と特許戦略への影響』2021.3, pp.7-8. <https://www.jpo.go.jp/resources/report/document/gaikoku/taiwan_202103.pdf>; 朱炎「米中対立が中国経済に与える影響と中国の対応」国際貿易投資研究所『令和2年度 グローバルガバナンスにおける中国の戦略とその影響力—2020年の中国経済政策及び今後の展望—』2021.2, pp.24-29. <http://www.iti.or.jp/report_111.pdf>

なったことから、国産化への政策支援はますます強まると予測される⁽⁵⁸⁾。

(4) 韓国

韓国では、半導体産業が基幹産業の1つであり、半導体に関する産業政策は多い。近年では、2019年5月に「システム半導体ビジョンと戦略」⁽⁵⁹⁾、2020年10月に「人工知能半導体産業の発展戦略」⁽⁶⁰⁾等が発表されてきた。そして2021年5月には、半導体産業の競争力強化のための包括的な政策である「K-半導体戦略」⁽⁶¹⁾が発表された。これは、韓国が世界の半導体強国として生き残り、躍進するための半導体振興戦略であり、各国における半導体供給能力の強化を目指す政策に通底するものである⁽⁶²⁾。

K-半導体戦略の目標として、現在世界第1位であるメモリ分野での確固たる地位を堅持すること、非メモリのシステム半導体についても躍進させることがある⁽⁶³⁾。具体的な施策としては、2030年までに韓国に半導体集積地域(K-半導体ベルト)を構築し安定した供給体制を整えること、製造装置や素材分野は外国企業の誘致を拡大すること、研究開発や施設整備に対する税額控除を拡充すること等が示されている⁽⁶⁴⁾。2030年までの10年間で、国内半導体業界の累積投資額が約510兆ウォン(約51兆円)になると想定され、これらに対する支援が行われる。

(5) 日本

日本では、2019年度から設定されている「ポスト5G情報通信システム基盤強化研究開発事業」⁽⁶⁵⁾(予算:1100億円)の基金が、2020年度第3次補正予算で900億円増額され、ポスト5G及び先端半導体の研究開発が強化される見込みである⁽⁶⁶⁾。

また、2021年3月には、半導体産業等の政策を検討するため、経済産業省に「半導体・デジタル産業戦略検討会議」が設置され、6月に議論を取りまとめた「半導体・デジタル産業戦

58) 伊藤信悟「米中半導体摩擦と半導体産業育成策の歪みへの中国政府の対応」(「米中競争による先端技術分野の安全保障化の背景とグローバル経済への影響」2020年度エッセイ・シリーズ No.2) p.3. 東京大学未来ビジョン研究センターウェブサイト <https://ifi.u-tokyo.ac.jp/wp/wp-content/uploads/2021/02/ssuessay2_Ito_210131.pdf>

59) 관계부처합동「시스템반도체 비전과 전략」2019.5.1. <<http://www.korea.kr/common/download.do?fileId=186698967&tblKey=GMN>>; 向山英彦「CASE 革命の進展と韓国企業—システム半導体事業強化の契機にするサムスン電子—」『RIM—環太平洋ビジネス情報—』Vol.20 No.77, 2020, p.142. <<https://www.jri.co.jp/MediaLibrary/file/report/rim/pdf/11750.pdf>>

60) 관계부처합동『「인공지능 강국」 실현을 위한 인공지능 반도체 산업 발전전략—시스템반도체 비전과 전략 2.0—』2020.10.12. <https://www.motie.go.kr/common/download.do?fid=bbs&bbs_cd_n=42&bbs_seq_n=240&file_seq_n=5>; 当間正明「韓国政府、AI半導体の発展戦略を発表」『ビジネス短信』2020.10.19. JETRO ウェブサイト <<https://www.jetro.go.jp/biznews/2020/10/3572e248bce25ae.html>>

61) 관계부처합동『중합반도체강국실현을위한 K- 반도체 전략』2021.5.13. <<https://eic.kdi.re.kr/policy/callDownload.do?num=213854&filenum=2>>

62) 趙章恩「世界覇権へ先手、韓国が「K-半導体戦略」49兆円投資」『日経クロステック』2021.5.28. <<https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/01231/00034/>>

63) 当間正明「政府が競争力強化へ「K-半導体戦略」発表」『ビジネス短信』2021.5.19. JETRO ウェブサイト <<https://www.jetro.go.jp/biznews/2021/05/dcc8eb6890f591a6.html>>

64) 「官民協力で「K半導体ベルト」構築 10年間に50兆円超投資＝韓国」『聯合ニュース』2021.5.13. <<https://jp.yna.co.kr/view/AJP20210513001700882>>

65) 経済産業省「令和元年度補正予算の概要 (PR資料)」2020.1, p.52. <https://www.meti.go.jp/main/yosan/yosan_fy2019/hosei/pdf/hosei_yosan_pr_0130.pdf>; 「ポスト5G情報通信システム基盤強化研究開発事業」NEDO ウェブサイト <https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100172.html>; 新エネルギー・産業技術総合開発機構『令和元年度特定公募型研究開発業務(ポスト5G情報通信システム基盤強化研究開発)に関する報告書』2020.11.24, p.6. <[https://www.shugiin.go.jp/internet/itdb_gian.nsf/html/gian/gian_hokoku/20201124nedopost5g.pdf/\\$File/20201124nedopost5g.pdf](https://www.shugiin.go.jp/internet/itdb_gian.nsf/html/gian/gian_hokoku/20201124nedopost5g.pdf/$File/20201124nedopost5g.pdf)>

66) 経済産業省「令和2年度第3次補正予算の事業概要 (PR資料)」2021.1, p.5. <https://www.meti.go.jp/main/yosan/yosan_fy2020/hosei/pdf/hosei3_yosan_pr.pdf>

略」⁽⁶⁷⁾が発表された。この中で、半導体に関しては、世界的に産業としての重要性が増す一方、日本のシェアは低下しており、シェアの回復、安全保障の担保、サプライチェーンの強化、グリーン成長等を実現するためには、兆円単位の大規模な投資を行って競争力強化に取り組むことが必要になると述べられている。さらに、政府の成長戦略会議が策定した成長戦略においても、同様に経済安全保障の観点から「先端半導体技術の開発・製造立地推進」が掲げられている⁽⁶⁸⁾。

なお、日本の半導体産業に関しては、全方位的な支援策を行うのではなく、日本の優位性やコストを踏まえて強化すべき分野に特化し、効率的に資本を配分し、国内外からの安定した供給を確保する方法を考えることが重要であるという議論がある⁽⁶⁹⁾。上記の半導体・デジタル産業戦略においても、世界の半導体エコシステムの中で採るべき方針として、供給網のチョークポイント（要所）⁽⁷⁰⁾となる素材や製造装置分野の強化、有志国・地域との連携強化等が掲げられている⁽⁷¹⁾。

以上、各国の主な政策動向を表2にまとめる。

表2 各国・地域の半導体分野の主な政策動向

米国	2020年6-7月	連邦議会で、CHIPS for America Actほか、半導体の国内製造を強化するための法案が提出される。
	2021年1月	上記法案の趣旨が反映された国防権限法（NDAA 2021）が成立。半導体生産設備の建設1件当たり最大30億ドルの補助金を拠出すること等が盛り込まれる。
	2021年2月	バイデン大統領が、半導体等重点4品目の供給網を100日以内に見直す大統領令に署名。
	2021年5月	米国技術革新・競争法案（United States Innovation and Competition Act）提出。成立すれば、国防権限法（NDAA 2021）の内容に沿って、今後5年間で約520億ドル（約5.7兆円）が国内半導体メーカーの増産に対する補助金として拠出される。
EU	2020年12月	17の加盟国が、半導体の設計・製造に注力すること等を記した共同宣言に署名。2025年頃までに1450億ユーロ（約19兆円）を投じる見込み。
	2021年3月	2030年までに次世代のデジタル産業を育成する方針「デジタルコンパス」を発表。
	2021年5月	新産業戦略の更新版が発表される。プロセッサ及び半導体技術分野で2021年第2四半期を目途に新たなアライアンス（官民協働の事業連携体制）の発足を目指す。
中国	2014年6月	「国家集積回路産業発展要綱」を発表。
	2014年9月	国家集積回路産業投資基金の設立（資金規模：1387億元（約2.3兆円））。
	2015年5月	「中国製造2025」で今後10年間の製造業発展ロードマップが示される。
	2019年10月	国家集積回路産業投資基金第2期開始（資金規模：約2040億元（約3.5兆円））。
韓国	2019年5月	「システム半導体ビジョンと戦略」を発表。
	2020年10月	「人工知能半導体産業の発展戦略」を発表。
	2021年5月	「K-半導体戦略」を発表。
日本	2020年1月	ポスト5G情報通信システム基盤強化研究開発事業の設定（1100億円）。
	2021年1月	ポスト5G情報通信システム基盤強化研究開発事業の予算増枠（900億円）。
	2021年6月	経済産業省が「半導体・デジタル産業戦略」を発表。

（出典）各国・地域の政府資料、報道等を基に筆者作成。

(67) 経済産業省 前掲注(1)

(68) 成長戦略会議『成長戦略実行計画』2021.6.18, p.17. 内閣官房ウェブサイト <<https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/seicho/pdf/ap2021.pdf>>

(69) 鈴木一人「米中対立下での経済安保政策—日本の強み生かした長期的な戦略の構築を—」2021.7.5. ニッポンドットコムウェブサイト <<https://www.nippon.com/ja/in-depth/d00724/>>; 「半導体再興へ勝てる分野を見極めよ」『化学工業日報』（電子版）2021.6.17. <<https://www.chemicaldaily.co.jp/>【社説】半導体再興へ勝てる分野を見極めよ/>

(70) チョークポイントとは、本来は、海運上、戦略的に重要となる海上水路を意味し、その1点を押さえることで航路全体や海域を制圧することができる海峡等の要衝を指す。

(71) 経済産業省 前掲注(1), p.15.

2 各国の工場誘致

半導体生産に関し、近年各国は、地政学的なリスクも踏まえ、台湾及び韓国にある生産工場への依存度を下げするために、政策策定と並行して自国での工場建設を推進している。特に、先端半導体の生産技術を保有するのは、台湾のTSMC、韓国のサムスン電子、米国のインテル等に限られるため、各国がこれらの限られたメーカーの製造工場を自国に誘致している（表3）。

米国では補助金等の優遇措置の効果もあり、2020年5月にTSMC⁽⁷²⁾が、2021年3月にインテル⁽⁷³⁾がそれぞれアリゾナ州での製造工場の建設計画を発表した。いずれも2024年に操業開始予定である。さらに2021年5月には、サムスン電子も米国内に製造工場を建設する予定であることを公表している⁽⁷⁴⁾。

EUについては、域内にTSMCとサムスン電子の工場誘致を検討しているとの報道⁽⁷⁵⁾がなされている。

日本では、2021年2月にTSMCが茨城県つくば市に研究開発拠点を設置することが発表された⁽⁷⁶⁾ほか、2021年5月には、ソニーとTSMCが共同で熊本県に製造工場の建設を検討していることが報じられた⁽⁷⁷⁾。

このほか、韓国及び台湾においては、外国メーカーの工場誘致は行われていないものの、生え抜きのIDMやファウンドリ各社が自国・地域内で着実に工場建設を進めている。また、中国ではTSMCの南京工場において、成熟プロセス（旧式技術）である28nm⁽⁷⁸⁾の半導体製造ラインが増強されると報じられている⁽⁷⁹⁾。

(72) 総投資額は2021年から2029年までの間で約120億ドルとなる見込み（“TSMC Announces Intention to Build and Operate an Advanced Semiconductor Fab in the United States,” *op.cit.*(18)）。

(73) 当初投資額は工場2棟で約200億ドルとなる見込み（“Intel CEO Pat Gelsinger Announces ‘IDM 2.0’ Strategy for Manufacturing, Innovation and Product Leadership,” 2021.3.23. Intel Website <<https://www.intel.com/content/www/us/en/newsroom/news/idm-manufacturing-innovation-product-leadership.html>>）。

(74) 当間正明「韓国産業界、米国とのビジネスラウンドテーブルで大型投資を発表」『ビジネス短信』2021.5.24. JETRO ウェブサイト <<https://www.jetro.go.jp/biznews/2021/05/8a1000b7bf53f6c1.html>> なお2021年1月に米国テキサス州当局に提出された文書の中で、サムスン電子が170億ドルで新工場を建設予定であることが明らかにされている（Kevin O’Hanlon, “RE: Application to the Manor Independent School District from Samsung Austin Semiconductor, LLC,” 2021.1.18. Texas Comptroller Website <<https://assets.comptroller.texas.gov/ch313/1554/1554-manor-samsung-app.pdf>>）。

(75) Natalia Drozdiak and Helene Fouquet, “EU Weighs Deal With TSMC, Samsung for Semiconductor Foundry,” *Bloomberg*, 2021.2.11. <<https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-02-11/europe-weighs-semiconductor-foundry-to-fix-supply-chain-risk>>

(76) TSMC, *TSMC Board of Directors Meeting Resolutions*, 2021.2.9. <<https://pr.tsmc.com/english/news/2786>>; 「梶山経済産業大臣の閣議後記者会見の概要」2021.2.12. 経済産業省ウェブサイト <<https://www.meti.go.jp/speeches/kaiken/2020/20210212001.html>>

(77) 「ソニー・TSMC、合弁構想 熊本に1兆円超工場」『日刊工業新聞』2021.5.26, p.1.

(78) 1nm（ナノメートル）は、10億分の1メートル。

(79) 「車用半導体 中国で増産 TSMC、3100億円投資」『日本経済新聞』2021.4.27, p.1.

表3 工場等の誘致をめぐる各国・地域の動き

米国	2020年5月	TSMCが米国アリゾナ州に工場建設を発表。
	2021年3月	インテルが米国アリゾナ州に工場建設を発表。
	2021年5月	サムスン電子が米国内に工場建設を計画していることを公表。
EU	2021年2月	EUがTSMC及びサムスン電子の工場誘致を試みていると報道される。
中国	2021年4月	TSMCの南京工場で28nm製造ラインが増強されると報道される。
日本	2021年2月	TSMCが茨城県つくば市に研究開発拠点を設置することを発表。
	2021年5月	TSMCが熊本県にソニーと共同で20-40nm製造ラインの建設を計画していると報道される。

(出典) 各種政府資料、報道等を基に筆者作成。

おわりに

デジタル化の進む今日の社会において、半導体はあらゆるデータ処理を担う中核部品であり、その存在感は強まっている。将来的にも、デジタル化に加えて、グリーン化が世界的に進展する中で、半導体の重要性はますます高まると考えられる。

ただし、半導体産業は高度に国際分業と寡占が進んでおり、供給面において何らかのショックがあれば、世界的に影響が広がる構造を持つ。また、製品のリードタイムが長く、新規工場建設にも時間がかかることから、短期的にも長期的にも需要増に柔軟に対応することは難しい。

これまでは供給が比較的安定しており、大きな問題となることは少なかったが、2018年以降の米中摩擦や、コロナ禍とそれ以降のDXによる需給逼迫によって、その地政学的リスクや供給面での脆弱性、とりわけ、東アジアに偏在するファウンドリに世界中の製造依頼が集中することへのリスクが意識されるようになってきている。

米国では、経済安全保障の観点から自国内の半導体製造能力を増強するため、世界に数社しかない大手ファウンドリやIDMに働きかけ、巨額の公的資金を投じて自国に工場を誘致する動きが加速している。他方中国は、米国との対立により半導体関連の先端技術へのアクセスが制限されたが、巨額の政策投資によって先端半導体の自国での開発、製造を目指しており、ハイテク冷戦とも言われる米中の技術覇権争いは今後も続くと思われる。

日本においても、半導体の安定的な確保は死活的に重要である。ただし、半導体産業の高度な国際分業化の中で、一国で全ての工程をカバーすることは難しい。日本が国際社会の中でとるべき立場については、半導体エコシステムの中で日本が担うべき分野、連携協力すべき国・地域と企業、安定供給のための方策等を見極めながら、国内産業育成や投資の費用便益等の観点も踏まえて戦略的に検討することが求められよう。

(ひろせ じゅんや・総務部支部図書館・協力課)

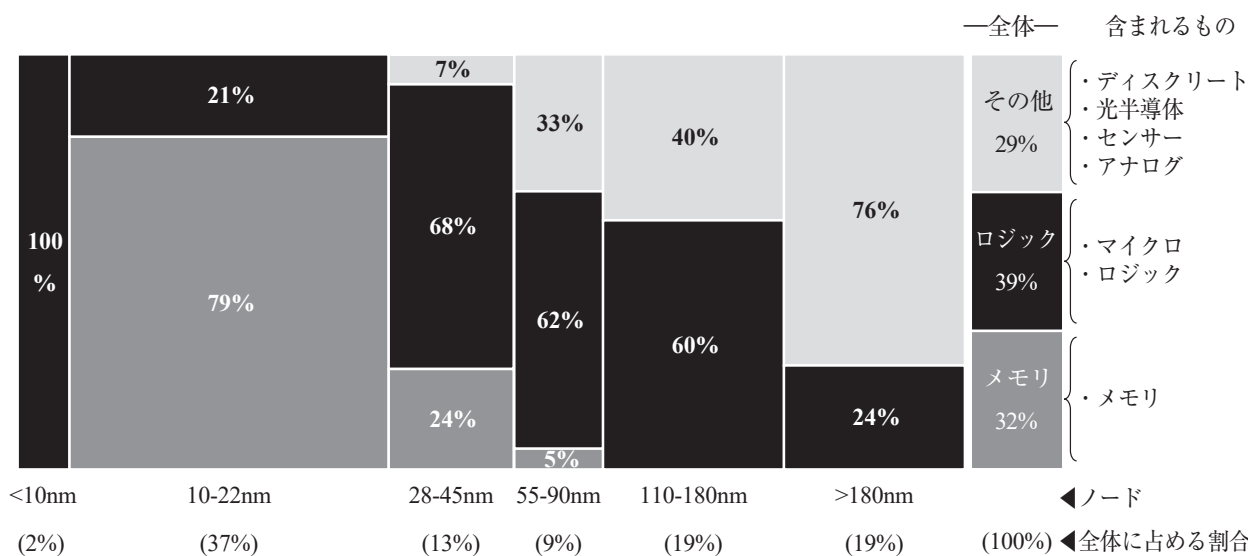
(本稿は、筆者が国会レファレンス課在籍時に執筆したものである。)

補論 I 製品分類別の回路密度

半導体は基板上に複雑な電子回路を描くことでその機能を実現している。隣接する回路との距離はノード（線幅）と呼ばれ、ノードを狭めることで、小型化や省電力化が進展する⁽⁸⁰⁾。半導体メーカーは長年にわたり競争的な研究開発を行い、ノードを狭めて小さな面積に高密度の回路を描き、集積度を高めてきた。2021年の最先端のノードは5nmである。現在でも、一層の小型化、高機能化を目指して各メーカーが微細化を競っている。

ただし、あらゆる種類の半導体に最先端の微細化が求められているわけではなく、その程度は製品の種類によって異なる。製品分類別の世界の製造能力とノードは図8のとおりである。この図のとおり、微細化が特に進んでいるのは、ロジック（マイクロを含む。）の一部及びメモリ⁽⁸¹⁾であることが分かる。これらの半導体は主にデジタル機器に使用され、微細化に伴う高機能化、小型化により大きな恩恵を受ける。その他の種類の半導体は、微細化によるメリットが大きくはない等の事情により、比較的ノードの広い旧式技術で生産される傾向にある⁽⁸²⁾。

図8 世界の半導体の生産能力（ノード別、製品分類別、ウェハ生産可能枚数ベース）2019年



(出典) Antonio Varas et al., *Strengthening the Global Semiconductor Supply Chain in an Uncertain Era*, p.18. <https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2021/05/BCG-x-SIA-Strengthening-the-Global-Semiconductor-Value-Chain-April-2021_1.pdf> を基に筆者作成。

⁸⁰⁾ 東京応化工業株式会社『CSR Report 2017』2017, p.16. <<https://www.tok.co.jp/content/download/3898/57540/file/all.pdf>>

⁸¹⁾ なお、図8のとおり、10nm未満の超微細ノードの生産設備は現在のところロジック向けであり、ここにメモリは含まれていない。その理由として、超微細ノードの実現にはEUV（extreme ultraviolet、極端紫外線）と呼ばれる非常に短い波長の光線を用いた回路の作成が必要であり、技術的な難易度が高くメモリメーカーが導入に苦慮していること、メモリのうちフラッシュメモリでは回路を三次元に積層化させて密度を高める方法が確立され、平面的な微細化が必ずしも追及されていないこと等がある（嚴在漢「SKハイニックス、EUVの難題解決策を提示」『電子デバイス産業新聞』2021.2.19. <<https://www.sangyo-times.jp/article.aspx?ID=6387>>; 服部毅「半導体産業発展を支える「ムーアの法則」の過去・現在・未来」『Telescope Magazine』2021.6.2. <<https://www.tel.co.jp/museum/magazine/report/202106/>>）。

⁸²⁾ Varas et al., *op.cit.*(19), pp.17-18.

補論Ⅱ 自動車向け半導体不足の現状と原因

1 半導体不足による自動車減産

2020年末以降、自動車向け半導体の不足が表面化し、各国の自動車メーカーは減産を余儀なくされた。調査機関の予測によれば、2021年2月の時点では、年内に全世界で140万台の減産が見込まれていた⁽⁸³⁾。その後、新型コロナウイルスワクチンの普及もあって、中国に続いて米国等の先進諸国でも経済再開が急速に進み、自動車需要は回復基調を強めた。一方で、半導体の供給能力は短期的には増えないため、半導体不足は一層深刻化し、世界の自動車メーカーでは更なる減産を余儀なくされている(表4)。半導体不足の状況は2021年を通して続く見込みであり、2021年7月時点の予測では全世界で約685万台の減産となる見通しである。これは、世界の販売台数の約8%に当たる⁽⁸⁴⁾。

表4 半導体不足による2021年の自動車減産台数見込み(地域別)

	減産台数(予測)	2019年生産実績	減産メーカー(事例)
北米	208.8万台	1280万台	GM、フォード、フィアット・クライスラー
ヨーロッパ	215.2万台	2131万台	フォルクスワーゲン、ダイムラー、ルノー
中国	126.8万台	2572万台	一汽大衆、蔚來、トヨタ
アジア(中国除く)	106.0万台	2355万台	ホンダ、日産、トヨタ、現代
その他	28.5万台	841万台	
合計	685.5万台	9179万台	

(注1)「減産台数(予測)」について、日本は「アジア(中国除く)」に含まれる。南米、アフリカ、中東アジアは「その他」に含まれる。

(注2)「2019年生産実績」について、南米、アフリカは「その他」に含まれる。太平洋州は「アジア(中国除く)」に含まれる。
 (出典) 減産台数: “The latest numbers on the microchip shortage: Chinese, N.A. plants pinched,” *Automotive News*, 2021.7.25;
 2019年生産実績: 日本自動車工業会『日本の自動車工業 2020』2020.8, p.55. <http://www.jama.or.jp/industry/ebook/2020/PDF/MIoJ2020_j.pdf>; 減産メーカー事例: 各種報道を基に筆者作成。

2 自動車用半導体の内訳

自動車には多くの種類の半導体が用いられており、①車載カメラやイメージセンサー等に用いられる光半導体、センサー、②電流の整流器やスイッチ等に用いられるディスクリット、③ドア、ウィンドウ制御や電源管理等に用いられるアナログ、④データ処理回路等に用いられるロジック、⑤エンジンやブレーキ制御等に用いられるマイクロ、⑥車載制御やディスプレイ用メモリ等に用いられるメモリがある⁽⁸⁵⁾(図9)。

不足している半導体の製品分類は明らかにされていないが、報道や調査機関の調べによれば、⑤の一種でエンジンやブレーキの制御等を担うMCUや、②・③に含まれ電気系統を担うパワー

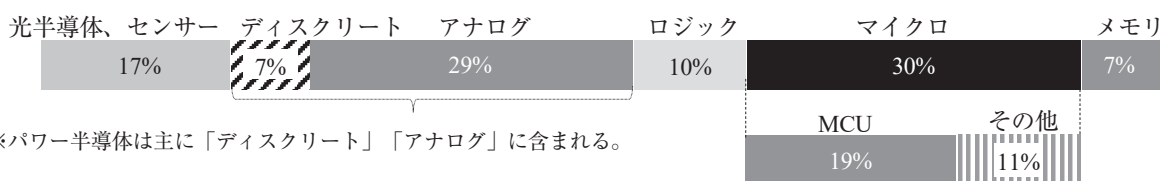
⁸³ “The growing toll of the microchip shortage,” *Automotive News*, 2021.2.22.

⁸⁴ 調査機関により差があるが、おおむね、2021年の世界の自動車販売台数は8300万～8500万台程度と予測されている(“Global Auto Sales Forecasts: The Recovery Gears Up,” 2021.5.11. S&P Global Website <<https://www.spglobal.com/ratings/en/research/articles/210511-global-auto-sales-forecasts-the-recovery-gears-up-11952032>>; Neil Winton, “Strong Growth Forecast For Global Auto Sales In 2021 With Europe Strongest, Barring Anything Unexpected,” *Forbes*, 2021.6.3. <<https://www.forbes.com/sites/neilwinton/2021/01/03/strong-growth-forecast-for-global-auto-sales-in-2021-with-europe-strongest-barring-anything-unexpected/?sh=666ebb53141a>>).

⁸⁵ 各種半導体の用途の具体例は、東芝の半導体カタログ(TOSHIBA, *Automotive Solutions*, 2021.5. <<https://toshiba.semicon-storage.com/info/docget.jsp?did=10901>>)を参照した。

半導体等が不足していると思われる⁽⁸⁶⁾。

図9 自動車に使われている半導体の製品分類とその割合（2020年売上高推計ベース）



* 各製品分類の具体例は以下のとおり。光半導体及びセンサー：車載カメラやイメージセンサー、ディスクリート：電流の整流器やスイッチ、アナログ：電源管理機器やドアロック、ロジック：データ処理回路、マイクロ：エンジン制御やブレーキ制御、メモリ：車載制御やディスプレイ用メモリ。

（出典）Stefan Burghardt et al., “Mobility trends: What’s ahead for automotive semiconductors,” 2017.4.28 (Exhibit 5). McKinsey & Company Website <<https://www.mckinsey.com/industries/semiconductors/our-insights/mobility-trends-whats-ahead-for-automotive-semiconductors>> を基に筆者作成。

3 自動車向け半導体不足の原因

半導体不足の根底には、半導体産業の寡占と生産能力の制約、半導体市場における自動車向け製品の位置付け、コロナ禍後のDXの進展に伴う半導体需要の増加、自動車需要の急回復等が影響している。以下、説明する。

(1) 生産設備の寡占構造と生産能力の制約

自動車向け半導体メーカーの多くはIDMであるが、設備投資を節約するため、相対的に高度なノード（線幅）の製品をファウンドリに外注する戦略を採っている⁽⁸⁷⁾。本論第Ⅱ章で紹介したとおり、今日の半導体産業ではファウンドリの生産能力に上限があり、稼働率も高く、リードタイムも長いため、外的要因等で供給が逼迫した場合、速やかな増産は困難である。

(2) 半導体市場における自動車向け製品の位置付け

自動車に装備されるMCUやパワー半導体は、他のIT関連機器向け半導体と比べると旧式技術で生産可能であり⁽⁸⁸⁾、利幅が薄く⁽⁸⁹⁾、ファウンドリ側が積極的に生産したい製品ではないとされる⁽⁹⁰⁾。加えて自動車向け半導体は、高度な安全性を求められ、品質要件が厳しい⁽⁹¹⁾。技術的には、例えば、スマートフォンやデータセンター向けの半導体のノードは最先端の10nm以下が主流であるのに対し、自動車向けMCUはノード16～40nm程度であり⁽⁹²⁾、集積度は必ずしも高くはない（回路密度の詳細については補論Ⅰ参照）。

⁸⁶ 「広がる「産業のコメ」騒動 自動車に半導体不足の逆風」『日本経済新聞』（電子版）2021.1.15. <<https://www.nikkei.com/article/DGXZQOFK1339Z0T10C21A1000000/>>; 「台湾 TSMC、21年の車載用半導体6割増産 米に協力」『日本経済新聞』2021.5.21.

⁸⁷ Dixonほか 前掲注⁽³²⁾, p.4.

⁸⁸ 「焦点：半導体不足に泣く自動車業界、サプライ関係の優劣逆転自覚」『ロイター』2021.2.23. <<https://jp.reuters.com/article/analysis-carmaker-chip-idJPKBN2AM0U5>>

⁸⁹ 「半導体増産 台湾に要請 日米独、不足解消求め TSMC「車用に協力」」前掲注⁽³³⁾

⁹⁰ 「車向け半導体 生産停滞 TSMCなどスマホ・5G中心 品不足、半年以上続く恐れ」『日本経済新聞』2021.2.14, p.7.

⁹¹ Brady Wang, “Semiconductor Component Shortage Hits Automobile Industry,” 2021.1.7. Counterpoint Technology Market Research Website <<https://www.counterpointresearch.com/semiconductor-component-shortage-hits-automobile-industry/>>

⁹² Dixonほか 前掲注⁽³²⁾, p.5.

こうした事情から、半導体市場全体の中で、自動車向けの割合は、金額ベースで 12% 程度にとどまっており⁽⁹³⁾、主力市場は通信機器やコンピュータである（本論図 1）。売上げの観点から、自動車向け半導体の大幅な増産は望みにくいことがうかがえる。

(3) DX の進展と半導体需要の増加

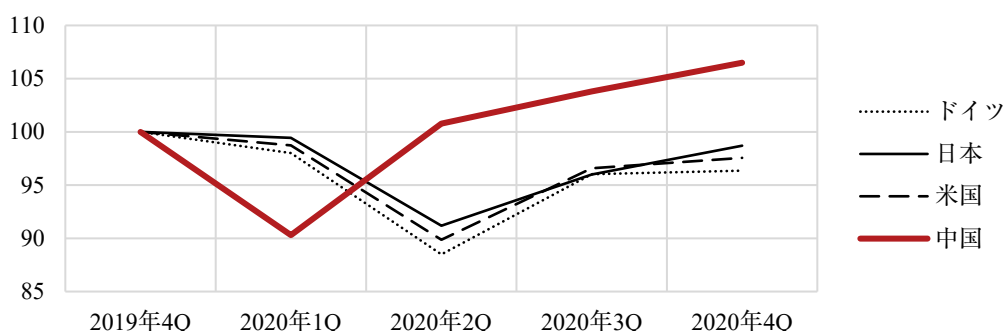
コロナ禍による在宅勤務・在宅学習の増加や、巣ごもり需要の高まりと各種オンラインサービスの普及等によって、社会全体の DX が急速に進展した。2020 年はこれらに関連する製品やサービスへの需要が高まった。その結果、IT 関連機器（データセンター、PC、ゲーム機器、スマートフォン等）向けの半導体の需要が増加し、世界の工場稼働率も高い水準で推移した⁽⁹⁴⁾。DX の進展は今後も継続することが予想されており、稼働率は 2021 年も引き続き 90% 以上となる見込みである⁽⁹⁵⁾。IT 関連機器向け半導体の需要の高止まりによって、自動車向け半導体の生産が圧迫される可能性がある。

(4) 自動車需要の低迷とその後の急回復

コロナ禍によって、2020 年前半の世界経済は供給面・需要面の双方で急激に縮小したが、その後は回復傾向にある（図 10）。自動車販売台数についても、米国、中国では 2019 年と同じ水準まで急速に回復している（図 11）。

当初、自動車メーカー及びサプライヤー各社は、受注の見通しが不透明であることから在庫を削減し、半導体メーカーとの生産契約もキャンセルする傾向にあった。余剰生産枠は、需要の旺盛な IT 関連機器向け半導体の受注で埋まったため、2020 年後半に自動車需要が上向いた際、各工場には自動車向け半導体を追加生産する余力がなかったとされる⁽⁹⁶⁾。

図 10 各国 GDP の相対推移（2019 年第 4 四半期 = 100）



（出典）OECD, “Quarterly National Accounts: G20 - Quarterly Growth Rates of GDP in volume.” <<https://stats.oecd.org/index.aspx?queryid=33940>> を基に筆者作成。

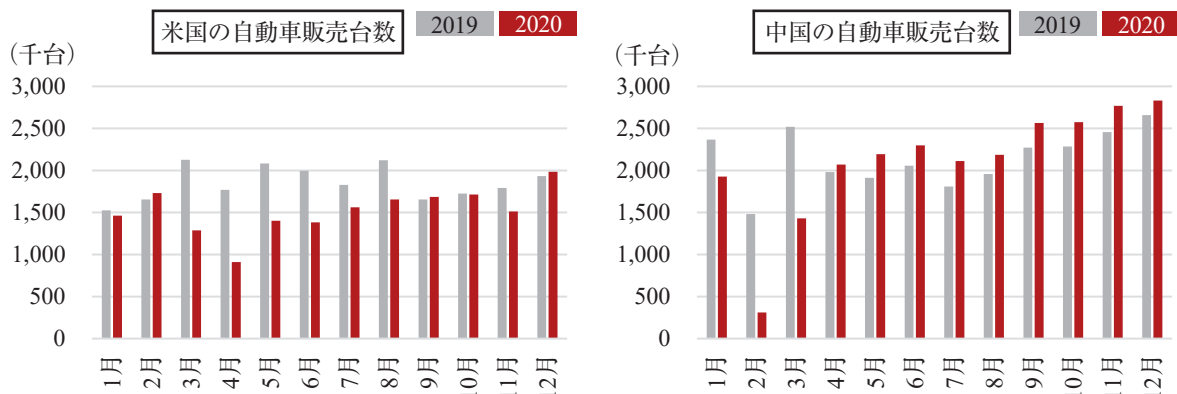
⁹³ SIA, 2020 Factbook, [2020.4], p.10. <https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2020/04/2020-SIA-Factbook-FINAL_reduced-size.pdf>

⁹⁴ 世界の半導体工場の稼働率は、2020 年 1-3 月期に 86%、7-9 月期に 88.8%、2021 年 1-3 月期には 90% 以上になると見込まれている（「世界の半導体工場 コロナでも高稼働 7～9 月、88.8% 見通し ビデオ会議需要追い風」『日本経済新聞』2020.7.5, p.7; 「車向け半導体 生産停滞 TSMC などスマホ・5G 中心 品不足、半年以上続く恐れ」前掲注⁽⁹⁰⁾）。

⁹⁵ “Global Smartphone Production Expected to Reach 1.36 Billion Units in 2021 as Huawei Drops Out of Top-Six Ranking, Says TrendForce,” 2021.1.5. TrendForce Website <<https://www.trendforce.com/presscenter/news/20210105-10630.html>>

⁹⁶ “Automotive semiconductor supply constraints expected to resolve by second half of 2021,” 2020.12.23. IHS Markit Website <<https://ihsmarkit.com/research-analysis/automotive-semiconductor-supply-constraints-expected-to-resolve.html?itc=994420&ito=1274&itq=b2c895df-c25c-43c4-ad6b-f7a19e856b7a&itx%5Bbidio%5D=101198753>>

図 11 2019 年、2020 年の月次自動車販売台数（米国、中国）

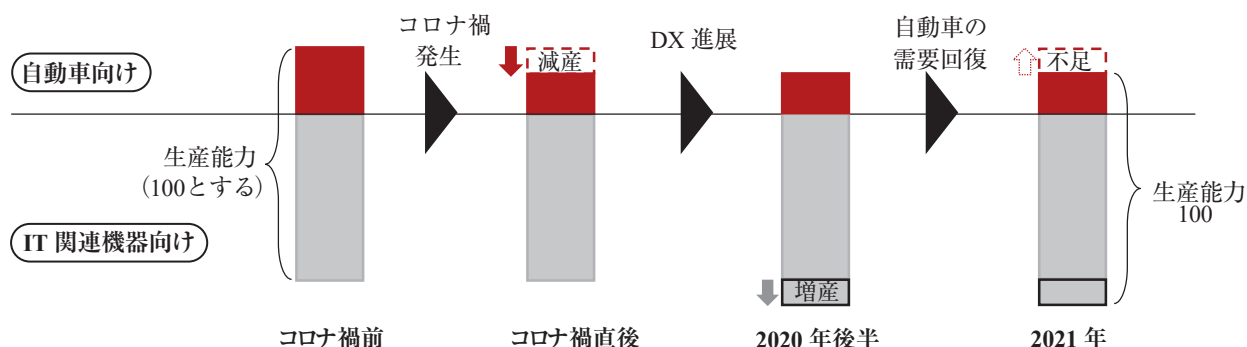


（出典） Bureau of Economic Analysis, “Auto and Truck Seasonal Adjustment,” 2021.7.2. <https://apps.bea.gov/national/xls/gap_hist.xlsx>; “China - Flash report, Production volume, 2019,” 2020.1.14. MarkLines Website <https://www.marklines.com/en/statistics/flash_prod/productionfig_china_2019>; “Automotives Statistics.” China Association of Automobile Manufacturer Website <http://www.caam.org.cn/chn/21/cate_463/list_1.html>（月次の“Production of Automobiles”）を基に筆者作成。

以上の背景を踏まえた全体像を図 12 に示す。

なお、半導体不足による自動車の減産と需給逼迫の影響は、2021 年、各国での中古車価格の上昇に顕著に表れている⁽⁹⁷⁾。

図 12 自動車向け半導体不足の全体像（イメージ）



（出典） 各種資料を基に筆者作成。

⁽⁹⁷⁾ Orla McCaffrey, “Hot Market for Used Cars Boosts Auto Lenders and Borrowers too,” *Wall Street Journal*, 2021.7.27, p.B.1; Alaa Shahine and Andrew Atkinson「英インフレ率、6月は3年ぶりの高い伸び—幅広く物価が上昇」『Bloomberg』2021.7.14. <<https://www.bloomberg.co.jp/news/articles/2021-07-14/QW81TDT0AFB401>>; 「中古車高騰、米 48% 上昇、日本も高値、感染回避で需要」『日本経済新聞』2021.5.23, p.2.