

日本の先端半導体の現在地

◆Nexperia製半導体輸出禁止によるサプライチェーン混乱

2025年9月、米国産業安全保障局は、エンティティリスト掲載企業の子会社にも輸出管理規制を適用する規則を公布した。この翌日に、オランダ政府はオランダおよび欧州の経済安全保障に対するリスクをもたらす可能性があるとして、エンティティリスト掲載企業Wingtech Technology傘下の半導体メーカーNexperiaの経営に介入する措置を発動した。これに対する報復として、中国政府が同社製品の中国工場からの輸出を停止したため、欧州や日本の自動車メーカーで減産が広がる懸念が顕在化した。車載用途の製品は評価が厳格で、代替品へ短期に切り替えることが難しいためである。その後、11月初めには例外的に輸出停止を解除する検討が報じられ、供給ひっ迫は緩和方向となっている。なお、Nexperiaは、オランダ半導体メーカーNXPの汎用ロジック／ディスクリート事業が前身で、自動車業界向けに年間500億個超の半導体を供給している。19年に、中国半導体メーカーWingtech Technologyに買収され、完全子会社となった。

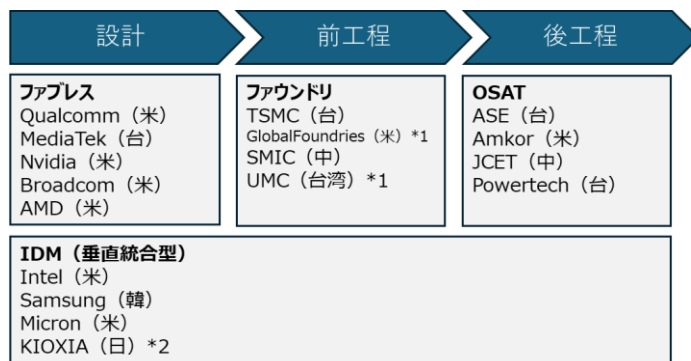
◆コロナ禍のサプライチェーン混乱の教訓

半導体を作る工程は、「設計工程」と「製造工程」に分けられる。設計工程では、必要な機能・性能を持ったICを設計する。さらに、製造工程は、「前工程」と「後工程」に分けられる。前工程では、シリコンウエハにトランジスタや配線などの微細な回路パターンを形成する。後工程では、シリコンウエハから個々のチップを切り出し、パッケージ基板に実装し、検査して半導体製品に仕上げる。

半導体企業の業態として、設計～製造～販売まで一貫して行う「垂直統合型：IDM (Integrated Device Manufacturer)」、設計専門の「ファブレス」、前工程を受託する「ファウンドリ」、後工程を受託する「OSAT (Outsourced Semiconductor Assembly and Test)」などがある。

半導体産業では最新の高度な技術と巨額の設備投資が求められるため、分野別の棲み分けによるグローバルな生産体制が進展してきた(図1)。1990年代に、製造能力を持たず半導体の設計と販売のみを行うファブレスと、受託製造に特化し

たファウンドリに分かれる「水平分業」が始まり、2000年代に、半導体製造にかかる分業が進み、前工程を担うファウンドリに加え、後工程を担う企業の多くもアジア地域に集積する現在の体制となった。半導体製造に必要な素材や装置の供給につ



*1 先端ノード非参入
 *2 メモリ専業

図1 半導体開発のバリューチェーンにおける主要企業（各種資料よりARC作成）

いては、依然として、日本や欧米が大きなシェアを占めているものの、先端半導体（プロセスノード10nm以下をいう）の製造は韓国や台湾に集中している。

こうした中、近年ではコロナ禍における大規模な供給制約の発生によって、半導体供給を他国に依存するサプライチェーンの脆弱性が改めて認識された。半導体は軍事分野も含めた幅広い産業で必要不可欠な財であることから、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いる。そのため、多くの国・地域は、大規模な資金を投じた産業政策を打ち出し（日銀レビュー2025年8月）、自国・域内に外国企業を誘致するとともに、自国の半導体産業への支援策などにより、半導体サプライチェーンを強化する動きを加速させている。

◆米中対立で、西側諸国では自国に工場を誘致する競争が激化

先端半導体のサプライチェーンを国内に構築するには、先端半導体製造の前工程を手掛けるファウンドリを国内に誘致し、サプライチェーンの後工程の企業や、素材メーカー、機器メンテナンス企業も産業集積化させることが重要になる。

米国で22年8月に成立したCHIPSプラス法では、米国内で半導体製造設備の建設や拡張などに投資した企業に対して、米国政府が最大390億ドルの助成と25%の投資税額控除を行うことなどを規定している。ファウンドリにとっては、スマートフォン、自動運転車両やAIを動かすデータセンターなど先端半導体に対する米国での旺盛な需要も魅力である。また、米国には、設計を支援し、製造装置を作ることのできる優れた企業があることから、国内に半導体を製造する能力を確保することで、国内で完結する半導体のサプライチェーンができることになる。

TSMCは、20年5月にアリゾナ州で最初の半導体製造工場投資を発表した。第1工

場については25年1月、米国初となる4nmのチップの生産を開始したことが発表された。第2工場は3nmの量産拠点として28年量産を目標とし、第3工場は2nmおよび1.6nmの最先端ノードで30年頃の量産を視野に入れる。

Samsungは、24年12月、テキサス州テイラー市での2つの最先端ロジック半導体製造施設と研究開発施設の建設、同州オースティン市にある既存施設の拡張のため、CHIPSプラス法に基づく支援を受けた。テイラー市の先端半導体製造施設では、26年にプロセスノード2nmと4nmのロジック半導体の量産が計画されている。

欧州で23年7月に成立した欧州半導体法は、半導体製造企業への補助金ルールを一定程度緩和し、先端半導体の製造拠点の域内誘致を狙う。

TSMCは、24年8月、欧州で初となるドイツ東部ドレスデン工場の起工式を開催し、TSMCの欧州合弁会社であるESMC (European Semiconductor Manufacturing Company) に対し、ドイツ連邦政府が50億ユーロの国家補助を行うことを欧州委員会が承認した。同工場は、車載半導体などを中心とする生産ラインを27年末までに稼働させる計画である。

他方、25年7月、Intelは、欧州域内で最先端半導体工場の投資計画として期待されていたドイツとポーランドの半導体工場プロジェクトから撤退を発表した。

欧州の場合、製造工程すべてを域内で完結することは難しい。米国や日本など同盟国・同士国との連携も重視されており、ベルギーやドイツなどの研究開発機関が中心となって、国際的な協力を深めていくと見られる。

◆ TSMC熊本は日本になかった28nm以下の半導体製造・供給力を確保する

TSMC、デンソー、ソニーセミコンダクタソリューションズ、トヨタが共同出資するJASM (Japan Advanced Semiconductor Manufacturing) は、24年2月に開所した熊本県菊陽町の第1工場 (22nmおよび28nm、12nmおよび16nm) に続き、第2工場 (6nmおよび7nm) を建設予定である。JASMの出資比率は、TSMCが約86.5%を占め、ソニーセミコンダクタソリューションズが約6.0%、デンソーが約5.5%、トヨタが約2.0%である。出資は単なる資金提供にとどまらず、顧客としての戦略的な意味合いを持つ。ソニーセミコンの目的は、主力製品である積層型CMOSイメージセンサーで情報処理を行うロジック半導体部分の安定調達である。自動車部品メーカーで電子制御ユニットやセンサーなどを手掛けるデンソーは、電子制

御ユニット用車載マイコンをJASMから安定調達する狙いがある。トヨタは、電気自動車や自動運転技術の進展を念頭においている。

◆ラピダスはGAA構造の最先端プロセス2nmに挑む

ラピダスは、日本の半導体産業再建を目指し、最先端ロジック半導体を日本国内で製造するため、22年8月に設立された。しかし、日本の製造技術は40nmで停滞し、最先端半導体の技術はない。そこで、22年12月、ラピダスは、ベルギーの半導体研究開発機関imecと協力覚書、米国のIBMと戦略的パートナーシップをそれぞれ締結し、国際連携を強化した。

ラピダスは、23年2月、北海道千歳市に製造拠点IIM（Innovative Integration for Manufacturing）を建設することを発表した。工場の1棟目となるIIM-1は、23年9月に建設を開始し、25年4月にパイロットラインの立ち上げを開始した。25年7月には、IBMから導入した技術で試作した2nmトランジスタの動作をIIM-1にて確認したと発表した。事業計画によると、27年度後半に2nm世代の半導体の量産を始め、29～30年度をめどに1.4nm世代の量産を挑戦的目標に据える。

なお、微細化は、図2（a）→（b）→（c）に示すようなトランジスタの構造と共に進化してきた。トランジスタは、ソース、ドレイン、ゲートの3つの領域から構成される。ゲートにしきい値を超える電圧をかけると、ゲートと接するシリコン基板に電流が流れるチャンネルが形成され、ソースとドレイン間が導通する。しかし、微細化でゲート長が短くなるとリーク電流が制御できなくなる。そこで、ゲートとチャンネルの接する面を増やす方向でトランジスタ構造は進化し、GAA型では4面全てを囲んでいる。

最先端半導体（25年後半時点で2nm）はGAA構造に移行するという技術的な転換期にあるため、FinFET構造の量産技術を持たない日本が最先端半導体に挑戦する最後の機会といわれている。また、最先端半導体では、従来単一のチップに集積

していた機能を複数のチップに個片化して横方向に接続する「チップレット」やチップを縦方向に積

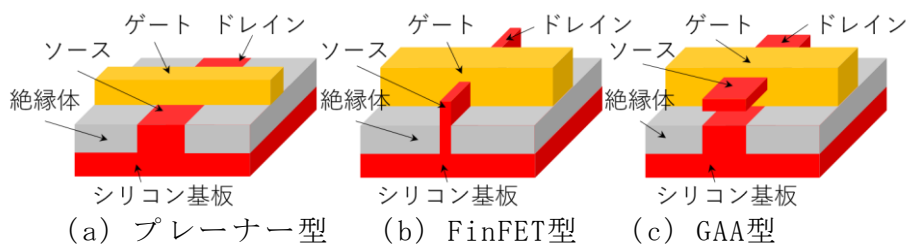


図2 トランジスタ構造の変化(各種資料よりARC作成)

層する「3次元実装」など、後工程の重要性が高まっている。そこで、ラピダスは設計支援・前工程・後工程を一貫して行うビジネスモデルの構築を目指すことにより、半導体の製品開発にかかる期間を大幅に短縮する短TAT (Turn Around Time) を訴求する。

AIのアルゴリズムは月単位で進歩しているので、AI企業は、製造に時間をかけずに最新のアルゴリズムを組み込んだ半導体を作りたい。そこで、ラピダスは短TATによるスピードを強みとし、先行するファウンドリと差別化を図る。また、最新のAI技術を既存システムに導入したい自動車・ロボット・通信などのユーザー企業側で、汎用半導体ではなく特定用途向けの高性能なカスタム半導体を自社で開発・保有したい需要が広がっている。たとえばTeslaは、自動運転におけるニューラルネットワーク演算用に、冗長性や安全機能を組み込んだ独自のプロセッサを設計している。ラピダスには、幅広い需要層の開拓だけでなく、多品種の生産に柔軟に対応できる生産体制の構築が求められるだろう。

◆米中を中心とする先端半導体をめぐる覇権競争は今後も続く

西側諸国ではファウンドリ誘致や自国・域内の半導体産業への支援を通じて、自国・域内の供給・生産能力強化を図ることにより、台湾・韓国・中国に偏っていた生産拠点が分散されつつある。なお、土地、水、電気、人的資源などのリソースが限られている台湾の半導体工場にとっても、海外展開は検討しなければならない選択肢である。ただし、最先端プロセスの研究開発と生産は引き続き台湾を優先し、台湾の半導体産業クラスターを最大限活用すると考えられる。

半導体が覇権争いの中核に位置付けられている以上、規制は強化されて行く可能性が高い。西側諸国が先端半導体の生産拠点や関連産業を国内に誘致する一方、中国は他国に依存しない自前技術に基づくサプライチェーン構築に動いている。すでに先端半導体の分野では、モノや技術を中国に出していくことが難しくなっており、中国は先端ではなく、成熟技術を使うレガシー領域へ注力する。中国がレガシー領域でさらに存在感を増せば、同領域での中国依存のリスクが高まる。市場やサプライチェーンの分断が今後も進むことを前提に、日本は、西側諸国陣営と連携しながら、ラピダスやTSMC熊本を軸とした先端技術基盤の確立と、装置・材料領域で強みを維持することが重要となる。 【永田紘基】