日本の半導体戦略の現状と今後の取り組みに向けて
―昨今のトピックと茨城における事例―

国立大学法人宇都宮大学イノベーション支援センター　准教授
筑波総研株式会社　客員研究員
木 村 行 雄

はじめに

日本の半導体産業に関しては、最近報道も盛んに行われるなど、その活動の活発化が近年目覚ましい。2021年以降、多くのマスコミで様々な報道が取り上げられ、20世紀以来のその半導体戦略の問題点が議論されてきている。

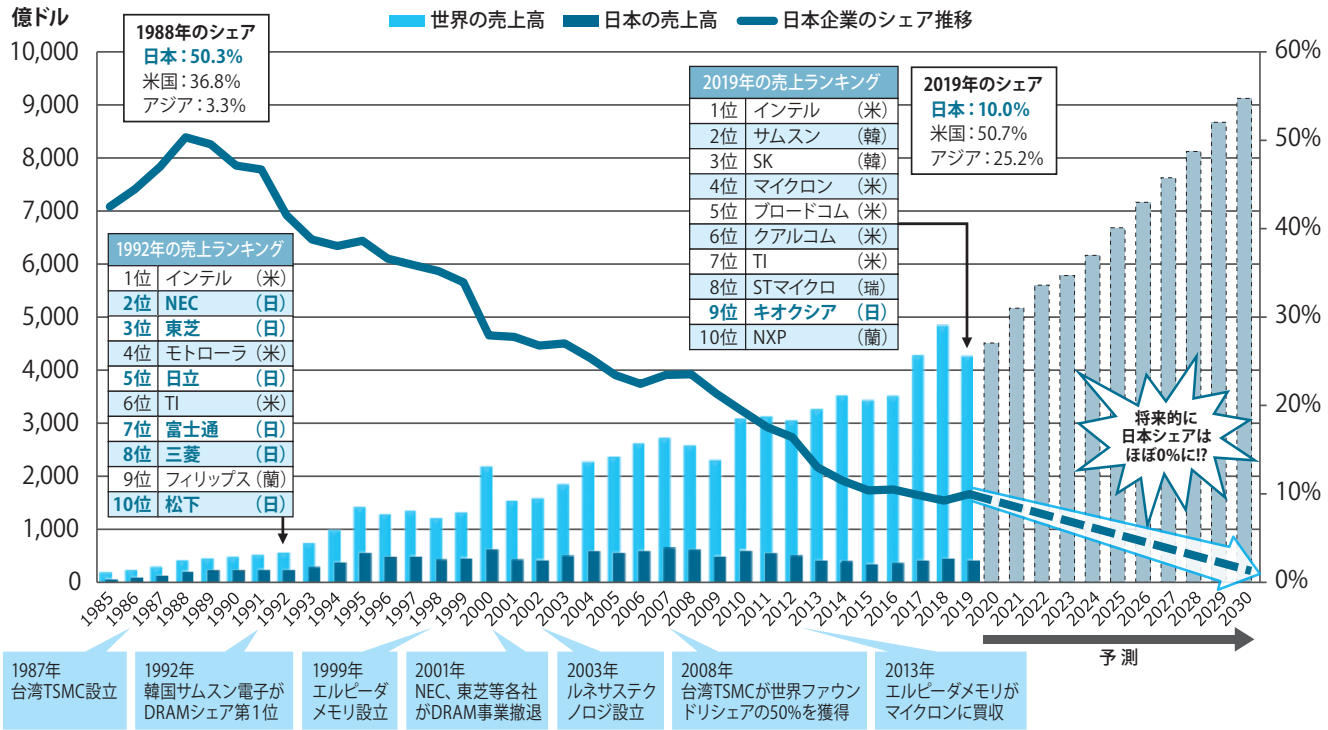
本稿では、近年の経済産業省を中心とする半導体の世界戦略の動向とともに、今後の日本の産業としての競争性も含めた可能性について探ることに加えて、茨城県でこれまで取り組まれてきたテーマも明らかにすることで、今後の取り組み方への示唆を与えられれば幸いである。

1．日本の半導体の歴史

まず、日本における半導体関連の歴史を振り返る。1980年代において、日本は半導体の母国であるアメリカをも凌駕し、日本製の半導体が世界をリードしていた。当時の中核製品であったDynamic RAM（DRAM）メモリにおいて、世界シェアの上位5社は日本企業だった（NEC、日立、東芝、富士通、三菱電機）。日本が技術、製造面で世界をリードしていたと考えることができる。その後日本における半導体戦略が転換され、台湾や韓国のメーカーの台頭をもたらすことになる。

技術の優位性があった日本は、サムスンや台湾

【図1．日本の半導体戦略の現状】



出所：経済産業省「第1回半導体・デジタル産業戦略検討会議（2021.3.24）」資料より筆者作成

メーカーなどが行ったような半導体ビジネスへの大規模投資に後れを取る。1999年にようやくNEC日立メモリ（後のエルピーダメモリ）、2003年に日立と三菱の半導体部門の統合によるルネサス テクノロジ（現ルネサス エレクトロニクス）が設立されたものの、これらの取り組みは成果を得られなかった。2006年にルネサスや東芝によるファウンドリ※1構想が持ち上がるが半年で挫折し、またエルピーダメモリは2012年に会社更生法の適用を受ける。結果的に先端半導体に関しては、日本は国際的に戦うことができない状況に追い込まれた。

2010年代は回路線幅の微細化を巡る投資競争に追従できず、技術的な空白が生まれた。韓国・台湾の企業は巨額投資を続け、競合を引き離し高収益なビジネスモデルを築いた。微細化が進むなかで日本企業が築いてきた垂直統合型モデル（Integrated Device Manufacturer 以下、IDMと表記）が台湾積体電路製造（Taiwan Semiconductor Manufacturing Company, Ltd. 以下、略称のTSMCで表記）等のファブレス＋ファウンドリに負けたことも大きかった。

このような流れのなかで2021年6月に経済産業省から半導体戦略が打ち出されるとともに、半導体・デジタル産業戦略検討会議等が開催されるに至る。この会議は日本における主に民間有識者を集め、半導体に関連するさまざまなテーマを取り上げたもので、2021年3月～2023年5月の間に9回の会合が開催された。座長として、東京エレクトロンの元社長・会長を務め、現在LSTC（技術研究組合最先端半導体技術センター）の理事長、及びラピダスの会長を務める東哲郎氏が就任している。

写真：経済産業省本館（東京都千代田区）

2．半導体の製造工程と日本の強み

半導体ビジネスとはどのような取り組みを行うことなのであろうか。多様な製造工程が半導体にはあり、そのサプライチェーンが構築されているため、多くの企業が参画しているとされているが、その分類に関して整理することで、理解度を高めていきたい。

半導体の製造工程に関しては、SEMI（エレクトロニクス製造 サプライチェーンの国際工業会として、全世界の2,000社以上の会員企業を持つ団体）のホームページを編集して以下に挙げる。

【表 1．半導体製造工程】

マスク製造工程	回路・パターン設計
	フォトマスク作成
ウェーハ製造工程	シリコンインゴット切断
	ウェーハの研磨
前工程	ウェーハ表面の酸化
	薄膜形成
	フォトレジスト塗布
	露光・現像
	エッチング
	レジスト剥離・洗浄
	イオン注入
	平坦化
	電極形成
	ウェーハ検査
後工程	ダイシング
	ワイヤーボンディング
	モールディング
	最終検査

出所：SEMIホームページより筆者作成

ここでいうウェーハとは、シリコン単結晶でできた円盤状の板のことであり、前工程とは、ウェーハの表面上に電子回路を高集積で形成していく、半導体ウェーハ処理工程のことである。また後工程とは、ウェーハから半導体を切り出し、所定の位置に固定・封入して検査を行う工程のことである。半導体製造工程はこのように長い工程分業が成立するモデルで、そこには多くのプレイヤーがそれぞれ参入している。

※1. ファウンドリ（Foundry）：半導体チップの製造を、他社からの委託で請け負う製造専業の半導体メーカーのことを指す。半導体チップを作り出すためには、チップの機能・性能を企画して、それを設計図に描き下ろす「設計」と、設計図通りの回路パターンを半導体基板（ウェーハ）上に形成する「製造」という大きく2つの作業を行う必要がある。ファウンドリは、このうち製造のみを請け負う。

JEITA（電子情報技術産業協会）半導体部会『国際競争力強化を実現するための半導体戦略』（2021.5）によれば、日本の強みとされている半導体に関連する取り組みと他で強みとする国を表2のようにまとめている。

【表２．半導体製造工程と有力国】

半導体製造工程		日本の強み	他の強国
ガス・材料（原料）			中国
ガス・材料（加工）		○	
ウェーハ		○	
EDA			米国
前工程	IDM	○	
	ファブレス		米国・台湾
	ファウンドリ		韓国・台湾
	装置	○	
後工程	組み立て		台湾
	モジュール		台湾
	装置	○	

出所：経産省資料より筆者作成

ここで出てくる用語を簡単に説明すると、「ガス」とは、半導体の製造工程で必要なネオン等の希ガスのことである。「EDA（Electronic Design Automation）」とは、半導体の設計をコンピュータシステムを用いて自動で行うことである。「IDM」とは、半導体の設計から製造までを行う垂直統合型のビジネスモデルまたその事業者のことである。「モジュール」とは、半導体単体チップに他の部品を組み合わせてできた製品のことをいう。

表1、2から具体的な製造工程と、その中での取り組むプレイヤー国が明らかになっているが、日本は装置分野を中心に素材（原料ではなく加工）などの川上に強みがあり、これらの分野では世界的企業も存在している。

ところで、半導体の種類について簡単に整理をしておくと表3のようになる。

【表 3．半導体の種類】

種類	機能や用途	搭載製品
ロジック	データ処理、機器の制御	スマホ、パソコン、自動車
メモリ	データ保存	スマホ、パソコン
アナログ	音や光温度などの情報をデジタル信号に変換	パソコン、電気自動車
パワー	電圧を制御し機器を省エネ化	EV、発電機器

出所：日本経済新聞（2022年12月14日）より筆者作成

2021年6月の経済産業省による半導体戦略の資料によると、「ロジック以外では、メモリ（特にNAND※2）、センサ（CMOSイメージセンサ）、パワー※3等で、世界市場で戦えるプレイヤーが国内に残っているものの、世界の半導体市場と各国の産業政策の競争がますます激化するなか、我が国も強力な対策を講じていかなければ、国内半導体産業が取り残され、ジリ貧になる危機がある。各プレイヤーの強化に向け、経営・人材含めた国際連携の下で、各種金融・税制・制度的支援を総動員して、事業拡大・再編、先端技術開発等の促進を行っていく。我が国の半導体・デバイス産業の新たな顧客開拓に向けた技術開発を促進する。また、サプライチェーンのレジリエンスを強靭化するため、国内製造基盤の強化を支援する」ことが謳われた。

ここで特に日本企業に強みがあるとされる、メモリ（フラッシュメモリと一般的にいわれることが多い。特にNAND）、センサ（CMOSイメージセンサ）、パワー（パワー半導体）における国際的な企業別シェアの状況を表4にまとめてみた。

【表 4．2019 年の半導体販売シェア】

メモリ（NAND）規模：460 億ドル		
サムスン	韓国	36%
キオクシア	日本	19%
ウエスタンデジタル	米国	14%
マイクロン	米国	11%
SK ハイニクス	韓国	10%
インテル	米国	9%
他		1%
CMOS イメージセンサ　規模：190 億ドル		
ソニー	日本	54%
サムスン	韓国	18%
オムニビジョン	米国	11%
オン・セミコンダクタ	米国	4%
他		13%
パワー半導体　規模：141 億ドル		
インフィニオン	ドイツ	26%
オン・セミコンダクタ	米国	11%
三菱電機	日本	9%
ST マイクロ	スイス	7%
東芝	日本	6%
富士電機	日本	5%
他		36%

出所：経済産業省作成資料より筆者作成

※ 2. NAND：「Not AND」の略で、デジタル信号の取扱いで重要になる、論理演算の一手法。NAND メモリとは、この手法を利用し、コンピュータ等のデータ記憶・保持を担う半導体のことであり、イメージセンサーデジタルカメラやスマートフォンのカメラ機能で使われる半導体のことである。

※ 3. パワー：パワー半導体といわれるモータや照明などの制御や電力の変換を行う半導体のこと。

3．先端ロジック半導体と今後の日本企業

ロジック半導体は、スマートフォンやパソコンにCPU（中央演算処理装置）などとして搭載され、電子機器の「頭脳」の役割を担う。回路を微細にしてトランジスタ（素子）の数を増やし計算能力を高めてきた。ロジック半導体は付加価値が最も高く、2021年の世界市場規模は1,548億ドル（約21兆円）と半導体全体の3割弱を占める。日本にはメモリなどの工場はあるが、現在先端のロジック半導体の工場はない。また先端ロジック半導体の設計・開発能力は日本では有していないとされ、生産能力についても40ナノに留まる※4。

ロジック半導体のファブレス企業Top5としては、米国のQualcommを筆頭に、NVIDIA、AMD、台湾のMediatek、中国のHisiliconが挙げられる。またロジック半導体のファウンドリとしては、台湾のTSMC、UMC、米国のGlobalFoundries、中国のSMICなどが上位を占める※5。

先端のロジック半導体の生産には1工場当たり1兆円を超える巨額投資が必要となり、量産できる企業は台湾のTSMCや韓国のサムスン電子などに限られる。米中対立の激化などで経済安全保障上の重要性が高まっており、TSMCの工場を熊本県に誘致するなど、政府も国産化を後押しし始めた。

2022年8月10日にソニー、トヨタ自動車、デンソー、キオクシア、NTT、NEC、ソフトバンク、三菱UFJ銀行など日本国内大手企業8社が出資し、ラピダス株式会社が設立された。設立の目的は世界最先端のロジック半導体の開発と製造である。設立メンバーとして、会長に先ほど半導体・デジタル産業戦略検討会議の座長で名前の挙がった東哲郎氏が就任、社長には日立製作所やウエスタンデジタルの日本法人等で活躍した小池淳義氏が就任した。

ラピダスが設立された背景には、日本の半導体産業が世界から後れを取っていたため、重要性が薄れていくことに懸念があり、またファウンドリは台湾と中国に多くあるため経済安全保障の面でもリスクを感じていたからとされる。日米欧連携、国内外の素材産業と装置産業と協力体制を構築し、2nm最先端LSIファウンドリを日本で実現しようという取り組みである。これまでに2022年12月6日にベルギー半導体国際研究機関アイメック（以下、imec）と最先端半導体技術の長期的、経済産業協力に向けた覚書も締結するなどの国際的な取り組みを行ってきた。

【表5．ラピダス株式会社概要】

項目	内容
会社名	Rapidus 株式会社 （英文名 :Rapidus Corporation）
本社所在地	〒 102-0083 東京都千代田区麹町 4 丁目 1 番地 麹町ダイヤモンドビル 11 階
設立	2022 年 8 月 10 日
代表者	取締役会長 : 東哲郎 代表取締役社長 : 小池淳義
資本金	73 億 4600 万円 （2022 年 11 月時点。資本準備金を含む）
決算期末	12 月 31 日
事業内容	・半導体素子、集積回路等の電子部品の研究、開発、設計、製造及び販売 ・環境に配慮した省エネルギーの半導体および半導体製造技術の研究、開発 ・半導体産業を担う人材の育成、開発

出所：設立記者会見時資料（2022年11月11日）より筆者作成

ラピダスは2024年10月までに北海道千歳市に工場の建屋を完成させる予定であり、製造設備を入れて2025年4月には試作ラインを稼働させる。2027年に2ナノ半導体の量産を目指し、半導体の技術開発に特化している米IBMから2ナノ半導体の製造技術の供与を受ける。ニューヨーク州オルバニーにあるIBMの研究拠点にラピダスの技術者を派遣して、製造技術の開発に取り組んでいる。

極小の2ナノ半導体は、極端紫外線（EUV）という最新技術に対応した露光装置や周辺機器がなければ半導体回路を加工できないとされる。これら装置は現在、世界で奪い合いになっている。半導体材料も素材の構造や成分の配合などを材料メーカーと共同で開発するケースもある。ラピダスは装置や材料の確保にも奔走している。半導体受託製造はTSMCが世界シェアの過半を握っている。

米国のNVIDIAをはじめ、世界中の半導体メーカーがTSMCに製造を委託しており、サムスンやインテルも受託製造を手がける。大規模量産によって低コストを目指す投資競争では勝ち目がないと判断し、ラピダスは、高付加価値の特注半導体に特化する方針を描く。少量多品種は顧客の需要に柔軟に応えられる一方で、チップ単価を高額に設定しなければ、開発費や製造費用の投資回収ができないことが挙げられている。また、ラピダスは国内外

※4. 半導体産業では回路線幅を細くして、より多くのトランジスタを集積することによって消費電力を下げて高速動作（性能）を向上させるといった微細化加工技術が競われている。10nm 以下の最先端に関しては台湾が 92%の製造能力を占めている。日本は 28 － 45nm で 5%、45nm 超で 13%を占めている一方で、22nm 以下の先端半導体を生産する能力を保持していないとされる。

※5. ロジック半導体のファウンドリの世界シェアは台湾 73%、米国 12%、中国 9%、イスラエル 3%、日本 2%、韓国 1%とされ、日本の 2%は富士通であるとされる（2018 年、経産省資料より）。

のプレイヤーと共同歩調を取り、製造技術を確立し、採算の取れるビジネスモデルを構築することを目指している。ラピダスの経営トップは複数企業からの出資や国の支援、海外との協業などさまざまな利害が入り乱れるなか、早急に技術開発や投資に取り組む必要がある。

最近の情報によると、「次世代半導体の量産などに向けた必要な法案を早期に国会に提出する。関係省庁で内容や提出時期の検討を開始する」と岸田首相が表明した（2024年7月24日のラピダス工場視察時）。政府は民間からの資金調達を促すため、ラピダスへの融資に政府保証をつける案を検討し、早ければ臨時国会に裏付けとなる法案を提出することを検討している。

4．茨城県における半導体の取り組み等

さて、日本においてラピダスという新たな半導体企業が立ち上がり、日本政府からの強力な支援を得ていることを示してきたが、次に茨城県において取り組まれている半導体関連の動きもまとめておきたい。

表6では茨城県における主に大企業の半導体各テーマへの取り組み事例をまとめてみた。近年報道が多くなってきている所があり、筆者が2024年8月に主に直近の3年程度のものを整理したところ、このようになった。特にレゾナックは元々の昭和電工や日立化成の事業体を整理再編し、2023年に発足した企業であるが、茨城県の多くのエリアで関連事業を実施している。

ルネサスエレクトロニクスのひたちなか市の工場は、これまでも2011年の東日本大震災や、2021年3月の火災などの被害に遭うたびに、その生産の重要性から多くの報道がなされてきた。元々日立製作所の工場を継承した施設であり、茨城県における半導体製造拠点として重要な場所である。

TSMCの研究開発拠点がつくば市にあるとされているが、これは国立研究開発法人産業技術総合研究所のつくば西事業所に所在する。

2022年、先進パッケージング技術の開発拠点「TSMCジャパン3DIC研究開発センター」を設立したが、台湾外に同技術の開発拠点を設けたのは初めてで、NVIDIAの画像処理半導体（GPU）向けで引き合いが急増した2.5次元実装技術「CoWoS（チップ・オン・ウエハ・オン・サブストレート＝コワス）」などを活用した、次世代パッケージング技術を開発する。これには日本の装置・部材メーカー数十社が参画している。TSMCは、日本に後工程工場を建設することも検討している、と見られている。

表7の通り、このつくば市のTSMCセンターでは多くの日本企業との連携が行われており、有望な成果が出ているとの報道もあり、今後の工場建設等への戦略展開にも注目したい。

【表6．茨城県における半導体への取り組み例】

企業名	所在地	トピック
キヤノン	阿見町	半導体露光装置の製造、周辺ユニットの設計・製造、部品加工
日本テキサス・インスツルメンツ	美浦村	半導体製造等
TSMC	つくば市	後工程の3次元パッケージ技術の量産を可能とするための技術開発を日本の材料メーカーや装置メーカー、研究機関との共同研究で実施
ルネサス エレクトロニクス	ひたちなか市	300MMラインにおける車載マイコンや汎用マイコン向け半導体の量産
日立ハイテク	ひたちなか市	半導体製造装置および解析装置の設計・開発・製造
レゾナック	日立市	半導体放熱用のシートの生産
	ひたちなか市	半導体研磨材料の生産工場建設
	神栖市	半導体の後工程で使用する接着フィルムである、ダイシング・ダイボンディング一体型フィルムの生産
JX金属	ひたちなか市	半導体の配線材料となるスパッタリングターゲットの生産

出所：各社ホームページから筆者作成

【表 7. TSMC と開発協力する日本企業】

社名	保有する技術や製品
旭化成	半導体素子の表面保護膜
イビデン	半導体基板
信越化学工業	半導体チップの保護材料
住友化学	厚膜レジスト
積水化学工業	絶縁フィルム
東京応化工業	バンプ形成用フォトレジスト
富士フイルム	半導体研磨材料
レゾナック・ホールディングス	アンダーフィル、絶縁材料

出所：経済産業省作成資料より筆者作成

おわりに

本稿では歴史的にみた日本の半導体の戦略、その製造工程や日本の強み、半導体の種類などを示し、先端ロジック半導体に向けた国際的なプレイヤーを示すとともに、日本で新たに立ち上がったラピダスに関しての説明を行った。さらに茨城県における半導体に関する製造や開発の状況についても触れてみることにした。

かつての日米貿易摩擦や、半導体に関する世界的な競争の後、日本の半導体産業の立ち位置の変化は大きかった。経済安全保障の名の下、日米連携が取り組まれ、ラピダスのような企業も誕生した。米国、欧州そして台湾、韓国と取り巻くプレイヤーは国際的であり、その事業モデルの性質上から競争以上に協力が求められるモデルである。また、国家的にも極めて大きい予算をつけて、勝ち残らないと事業モデルは成立しない。現在の我々の日々の生活には半導体が大きく関わっており、それが安定的に供給されることは必要不可欠である。文中でも記したようにラピダスの活動も迅速に行うことが求められており、本当に日本初の先端ロジック半導体の実現が可能であるのか、そしてその役割を本当に担うことができるか等が注目される。

また、つくば市の研究開発拠点におけるTSMCの活動も注目される。茨城県における取り組み事例でも見てきたように、多くの製造業大企業がこれらの取り組みに何らかの形で関わっており、その多様さは他の産業では見られない。すなわち、単に半導体そのものを作るだけでなく、様々な工程に日本の製造業が多く関わっており、彼らの役割なくしては、この産業そのものが成り立たないという状況も理解できる。TSMCやサムスン、その他の半導体大企業の年間売上高を見ればわかる通り、産業そのもののスケールが大きく、その覇権争いと国際情勢という複雑な要素のからみ合うテーマでもあり、今後の世界情勢に注視する必要を感じている。

＜主要参考文献＞

木村行雄（2023）
日本の半導体戦略とオープンイノベーション
『日経研月報』2023年12-2024年1月号特集
https://www.jeri.or.jp/survey/日本の半導体戦略とオープンイノベーション/

経済産業省 商務情報政策局（2021）
半導体・デジタル産業戦略（概要） 2021年6月
https://www.meti.go.jp/press/2021/06/20210604008/20210603008-3.pdf

経済産業省 商務情報政策局（2023）
半導体・デジタル産業戦略 令和5年6月
https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/joho/conference/semiconductors_and_digital.pdf