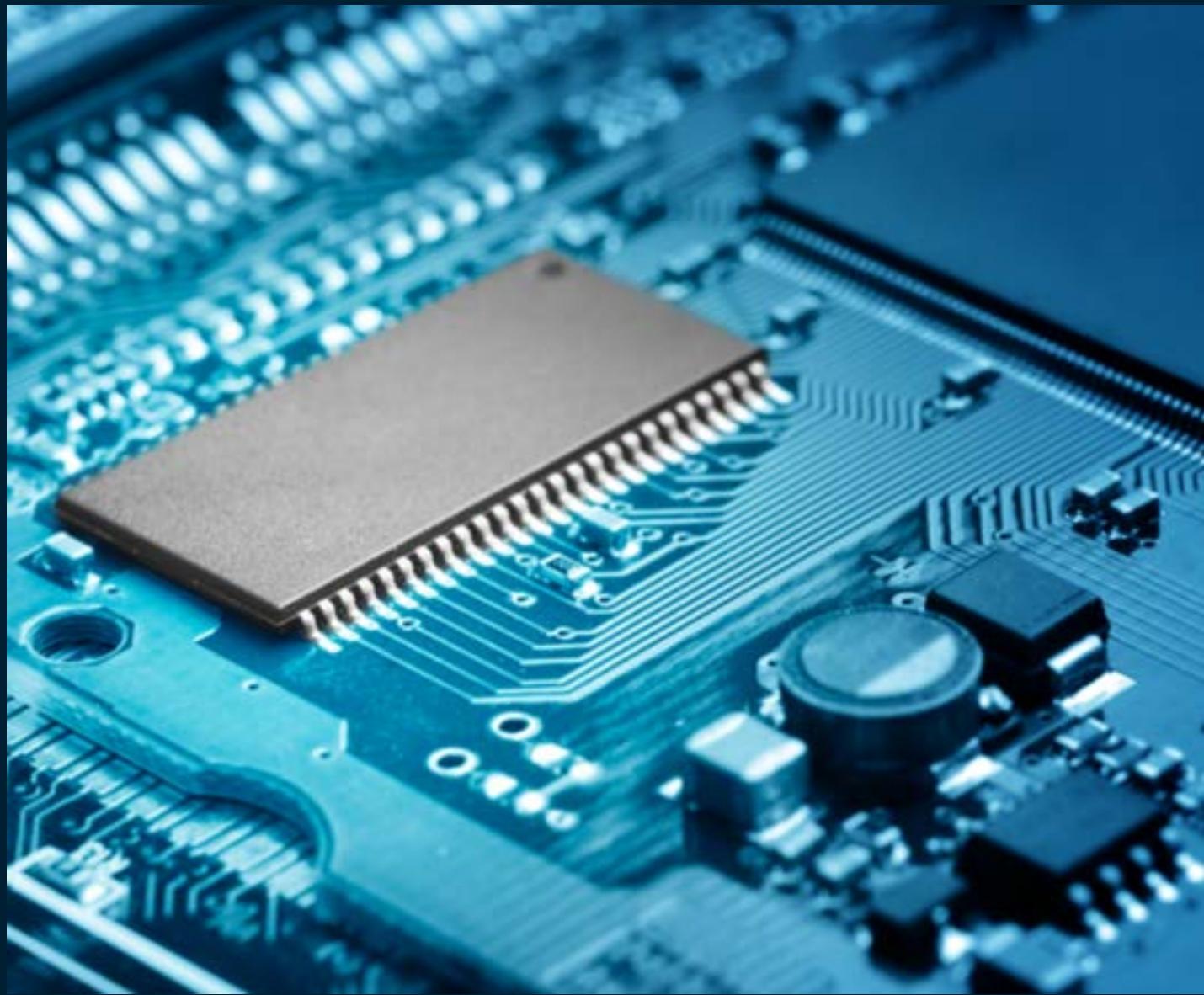


日本の半導体復権へ ～製造技術・人財・国際連携の課題と展望～



AKKODiS

@2025 AKKODiS Consulting Ltd.

はじめに

半導体は、現代社会のあらゆる技術の基盤として不可欠な存在であり、その重要性は年々高まっている。スマートフォンや自動車、データセンター、AI技術、再生可能エネルギー・システムなど、あらゆる分野で半導体の高度化が求められている。しかし、日本の半導体産業は、かつて世界をリードしていた1980年代から凋落を経験し、現在は製造装置や材料分野での強みを除き、グローバルな競争の最前線から後退している。

近年、米中対立の激化や半導体供給網の再構築が進むなか、日本の半導体産業復興の機運が高まっている。政府はTSMCの熊本工場支援や、ラピダスによる2nmプロセス開発プロジェクトなどを推進し、先端半導体技術の確保に向けた動きを加速させている。また、長年の課題であった人財不足の解消に向け、産官学連携による半導体教育の強化も進められている。

本レポートでは、日本の半導体産業の現状と課題を整理し、特に前工程技術の重要性に焦点を当てる。また、LSTC専務理事の森氏、元Intel・現東北大教授の富嶋氏、ルネサスCo-CTOの吉岡氏へのインタビューを通じて、日本の半導体産業の技術動向、人財育成、グローバル競争における戦略を探る。日本が再び半導体産業の競争力を取り戻すために必要な要素を明らかにし、今後の方向性を提言する。

AKKODiS Tech Reportについて

AKKODiS Tech Reportは、企業が直面する現在と未来の課題に対し新たな視点を提供することを目的に、社会課題と技術動向を深く洞察し、その解釈としてホワイトペーパーやインタビュー、対談記事を発行するものです。

半導体の基礎知識

1. 序論：なぜ半導体が重要なのか

半導体が現代社会に果たす役割

半導体は、現代社会のあらゆる分野で不可欠な役割を果たしている。データ社会の発展、自動車産業の電動化・自動運転、AI（人工知能）技術の高度化、そしてエネルギー分野の効率化において、半導体技術の進化は社会の発展と密接に結びついている。

データ社会において、半導体はクラウドコンピューティングやスマートフォン、PC、データセンターの基盤を支える。特に近年のデータ量の爆発的増加に伴い、高性能なプロセッサやメモリの需要が急増している。5G通信の普及も半導体技術なしには実現できない。

自動車産業では、従来のガソリン車からEV（電気自動車）へのシフトが進み、モーター制御、バッテリー管理、パワーエレクトロニクスといった分野で半導体が不可欠となっている。また、ADAS

（先進運転支援システム）や完全自動運転の開発も、センサー技術やAIチップによる高性能なデータ処理能力が求められる。

AI分野では、機械学習やディープラーニングの処理を支えているGPU（グラフィックスプロセッシングユニット）やTPU（テンソルプロセッシングユニット）の開発が急速に進んでいる。実際、NVIDIAやGoogleが開発する専用チップは、AI技術の発展を加速させ、医療診断や自動翻訳、画像認識などの応用範囲を拡大している。

エネルギー分野においては、電力効率を高めるパワー半導体や、再生可能エネルギーの最適な制御を行う半導体技術が重要視されている。特に、SiC（単価ケイ素）やGaN（窒化ガリウム）といった新素材のパワー半導体は、電気自動車や送電インフラの効率向上に貢献し、カーボンニュートラル達成の鍵を握る。

このように、半導体はデジタル社会を支える基盤技術であり、今後の技術革新の中心に位置する。しかし、その製造には高度な技術と多段階のプロセスが必要とされる。

半導体の基本的な製造工程（前工程と後工程）

半導体の製造プロセスは、大きく前工程（Front-end）と後工程（Back-end）に分けられる。

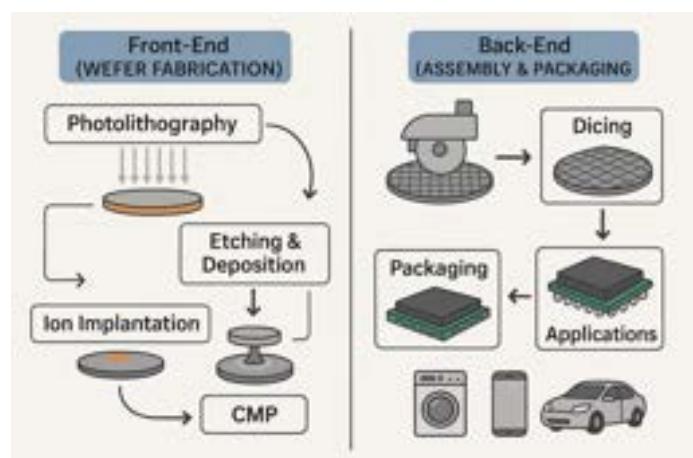
前工程では、シリコンウェハ上に半導体回路を形成する。代表的なプロセスには、以下のようなステップがある。

1. ウェハ製造：シリコンインゴットから、極めて純度の高いウェハを作成。
2. フォトリソグラフィ：EUV（極端紫外線）や紫外線リソグラフィ技術を用いて回路パターンを転写。
3. エッチング・成膜：不要な部分を削り取り、導電層や絶縁層を形成。
4. イオン注入：半導体材料に電子特性を持たせるためのドーピング処理。
5. CMP（化学機械研磨）：ウェハの表面を平坦化する工程。

6. 回路形成の繰り返し：何層にもわたる回路を積み重ね、最終的なプロセッサやメモリチップを完成させる。

前工程の特徴は、ナノメートル単位の微細加工技術が求められる点にある。特にEUVリソグラフィや3D積層技術などの先端技術の導入が必要であり、日本企業の技術力が強みを持つ分野でもある。

図1 半導体プロセス



後工程では、前工程でパターン形成したシリコンウェハからチップを切り出して実装し、出荷するまでを指し、代表的なプロセスには、以下のようなステップがある。

1. ダイシング：ウェハ上に並んだチップを個々に切り出す。
2. ワイヤボンディング・フリップチップ接続：チップを基板と接続する工程。
3. パッケージング：チップを樹脂や金属ケースで保護し、耐久性や放熱性を向上させる。
4. テスト：完成した半導体の性能評価と品質検査を行う。

後工程は、従来、人件費の安い地域（台湾・中国・マレーシアなど）に移管されるケースが多く、コスト競争が激しい。近年は先端パッケージング技術（ChipletやFO-WLP）による高性能化が進んでいる。

半導体は現代社会のあらゆる分野で不可欠な役割を果たし、データ社会、自動車、AI、エネルギー分野などで活用されている。特に、前工程の微細加工技術は日本企業が得意とする領域であり、今後の競争力強化が求められる。以降、半導体の微細化による性能改善と低コスト化、さらに日本の半導体産業がどのように発展し、凋落していったのか、その歴史を見ていく。

2. 半導体微細化とコストの課題

半導体技術は、「ムーアの法則」に基づいて進化してきた。この法則は、「半導体のトランジスタ密度は約2年ごとに2倍になり、性能が向上する」という経験則であり、1965年にインテルの共同創業者であるゴードン・ムーアによって提唱された。この法則に従い、半導体メーカーは微細化を進めることで、より高性能で低消費電力なチップを製造してきた。

しかし、トランジスタの微細化が進むにつれ、技術的・経済的な課題が浮上してきた。従来、プロセスノードの進展により、チップの集積度と性能が向上し続けてきたが、世代が進むごとに製造技術の難易度が飛躍的に上がり、コスト面での負担が急増している。これにより、半導体の微細化競争が単なる技術革新ではなく、企業の資本力や国家戦略に依存する段階に入ってきた。

微細化の技術的課題

1) EUVリソグラフィの導入コスト

微細化が進むにつれ、露光技術の革新が不可欠となった。現在の最先端プロセスでは、EUVリソグラフィが必要不可欠となっている。EUV技術を活用することで、従来のArF液浸露光では対応できなかった2nm以下のプロセスノードで用いられる微細なパターンを形成できるが、ASML（オランダ）のEUV装置は1台約500億円と極めて高額である。さらに、EUV光源の安定供給、マスクの精度向上、露光プロセスの最適化など、さまざまな技術的課題が残っている。

2) 配線抵抗とリーク電流の増加

微細化によってトランジスタが小型化すると、配線抵抗の増加やリーク電流（不要な電流の流出）が問題となる。これを解決するために、新しい材料（例：高κ（ハイカッパ）ゲート絶縁膜、Co（コバルト）配線、Ru（ルテニウム）配線）や、トランジスタ構造（例：FinFET、GAAFET）への移行が求められている。

3) 3D構造の導入とプロセスの複雑化

2Dの微細化には限界が見えてきたため、3D構造の導入が進んでいる。メモリ分野では、キオクシアやSamsungが3D NAND技術を採用し、垂直積層による高密度化を実現している。ロジック半導体においてもチップレットや3Dパッケージング技術の活用が進んでおり、微細化とは異なる技術開発が必要になっている。

微細化のコスト負担

半導体製造のコストは、技術革新とともに急激に増大している。たとえば、2nmプロセス対応工場のためには約4兆円の設備投資が必要とされており、最先端の半導体製造はもはや一企業が単独で維持できるものではなくなりつつある。

1) 製造コストの増加

- EUVリソグラフィの設備費が高額

- クリーンルームの維持コスト
 - 材料コストの上昇（高性能レジストやシリコンウェハ）
 - 歩留まり（良品率）の低下による生産コストの増加
- このような要因から、最新の半導体を製造できるのは、TSMC、Samsung、Intelといった巨大企業に限られつつあり、これらの企業のなかでもさらにサバイバルゲームの様相を示している。TSMCは、世界の先端半導体製造の70%以上を担い、莫大な設備投資を行っている。

2) 日本企業の対応

日本の半導体メーカーは、微細化競争に乗り遅れたため、現在はファブライト戦略（一部を外部委託するモデル）を採用し、設計や特定用途向けの製造技術に集中している。しかし、ラピダスが2nmプロセスの開発を進めるなど、日本国内での先端製造能力を再構築する動きも始まっている。

また、日本企業はEUV対応の装置や材料分野で強みを持ち、東京エレクトロン（TEL）、JSR、SUMCOなどが世界市場で重要な役割を担っている。これらの企業は、微細化の進展に伴うコスト増加を技術革新によって支える立場にある。

3) 今後の展望

半導体の微細化は依然として続いているが、そのペースは鈍化しており、コスト負担の増加が産業全体の大きな課題となっている。今後日本が競争力を維持するためには、以下の点が重要になる。

I) 最先端プロセスの開発を支える研究開発投資の強化

- ラピダスを中心とした国産ファウンドリの確立
- 大学・研究機関との連携強化（EUV材料開発、次世代リソグラフィ技術）

II) 3D構造やパワー半導体など、差別化可能な技術への注力

- 3Dパッケージング技術の開発
- SiCやGaNを活用したパワー半導体分野の強化

III) コスト分散のための国際連携強化

- TSMC、Samsung、ASMLとの技術協力
- 日本の装置・材料産業を生かした半導体エコシステムの確立

図2 ムーアの法則破綻に対する対応



このように、微細化競争が単なる技術の進化だけでなく、経済的・戦略的な観点からも重要な要素になっていることを理解し、日本が強みを生かせる分野での競争力を高めていく必要がある。

3. 日本の半導体産業の歴史：隆盛と凋落

1) 1980年代：黄金時代

1980年代、日本の半導体産業は世界のトップに君臨し、その象徴がDRAM市場での圧倒的なシェアであった。当時の日本企業（NEC、東芝、日立、富士通など）はDRAM市場の50%以上を占め、技術力と品質の高さで世界をリードしていた。

この躍進の背景には、通商産業省の「VLSI（超大規模集積回路）プロジェクト」の成功がある。1976年に開始されたこのプロジェクトでは、NEC、日立、東芝、富士通、三菱電機が連携し、政府の補助金と研究機関（電総研）との協力のもと、先端技術の開発を推進。これにより、日本の半導体メーカーは一斉に技術力を向上させ、国際競争力を高めることに成功した。

また、日本の半導体メーカーはIDH（統合デバイスマーケター）モデルを採用していた。これは、設計から製造、販売までを一貫して自社内で行う垂直統合型モデルであり、品質管理や技術開発の面で強みを持っていた。特に、日本の「ものづくり文化」との親和性が高く、高品質な製品を提供することで高い評価を得た。

さらに、当時の日本企業は、製造プロセスの自動化や精密加工技術の導入により、高歩留まりを実現し、製造コストを抑えながらも安定供給を可能にした。このような強みが組み合わさり、日本の半導体産業は1980年代に黄金時代を迎えた。

2) 1990年代～2000年代：米国との貿易摩擦と凋落

1980年代後半、日本の半導体産業は順調に成長を続けていたが、その成功が米国との貿易摩擦を引き起こした。1986年、米国政府は日本との間で「日米半導体協定」を締結し、日本の半導体企業に対し、市場開放と価格引き下げを求めた。この協定により、日本企業は国内外での価格競争力を失い、米国企業のDRAM市場参入を助ける形となった。

同時期、韓国・台湾企業が台頭し、日本のシェアを奪っていった。韓国のSamsungは、政府の強力な支援のもとDRAM市場で急成長し、日本企業と競り合うようになった。また、台湾のTSMC（台湾積体電路製造）は、世界初のファウンドリ（半導体製造受託）企業として、1990年代に急成長。設計を専門とするファブレス企業（Qualcomm、NVIDIA、Broadcomなど）と連携し、水平分業型の新しいビジネスモデルを確立した。

一方、日本企業は、垂直統合型のIDHモデルに固執し、ファブレス＆ファウンドリモデルの台頭に対応が遅れた。製造技術には強みがあったものの、リスクの分散に対応できず、設備投資や競争力の維持が困難になった。また、技術開発の遅れにより、最先端の微細化技術競争で後れを取り、DRAM市場ではSamsungに敗れ、多くの日本メーカーが撤退を余儀なくされた。

2000年代には、ソニー、NEC、日立などが相次いで半導体事業を縮小・統合し、日本の半導体産業は大きく衰退することになった。

3) 2010年代～現在：再起を目指す日本

2010年代に入り、日本の半導体産業は再編の動きを加速させた。ルネサスエレクトロニクス（NEC、日立、三菱の半導体部門が統合）や、東芝メモリ（現キオクシア）などが再編を行い、事業の効率化と競争力の回復を目指した。しかし、それでも世界の最先端技術競争に追いつくことは難しく、日本企業は特定分野に集中する戦略を取るようになった。

こうしたなか、日本政府は半導体産業の復活に向けた政策支援を強化。2022年にはラピダス（Rapidus）が設立され、次世代の2nmプロセスの開発を目標に掲げた。ラピダスには、トヨタ、ソニー、NTTなどの大手企業が出資し、政府も約7000億円の補助金を提供。TSMCのような先端ロジック半導体製造を日本で確立することを目指している。

また、日本企業はファブライト戦略へとシフトし、自社工場を減らして外部のファウンドリを活用する方向へ転換した。ルネサスはTSMCとの協力を強化し、ソニーもTSMCと共に熊本に新工場を建設するなど、海外企業との連携を深めている。

さらに、日本の強みである半導体製造装置（東京エレクトロン、SCREENなど）や素材産業も重要な役割を果たしており、特にEUV関連技術ではグローバル市場での競争力を維持している。

このように、日本の半導体産業は、1980年代に世界をリードする成功を収めたものの、1990年代以降の貿易摩擦、韓国・台湾勢の台頭、水平分業モデルへの対応遅れにより衰退した。しかし、近年はラピダスの設立やファブライト戦略の推進により、再起を図っている。次章では、半導体製造のビジネスモデルの変遷と、日本が今後取るべき戦略について詳しく見ていく。

図3 世界の半導体売上高と日本の半導体シェアの推移



4. 半導体製造のビジネスモデルの変遷

1) IDHと垂直統合

半導体産業において、一般的だったのがIDH (Integrated Device Manufacturer : 統合デバイスメーカー) モデルである。このモデルでは、設計から製造、販売までの全工程を一社で完結させる「垂直統合型」のビジネス構造を持つ。

代表例として、Intel、NEC、日立、東芝、三菱電機などが挙げられる。彼らは、半導体の開発から生産までを一貫して行うことで、技術の蓄積と品質管理の強化を図り、高性能・高信頼性の半導体を供給することができた。このモデルの最大の利点は、製造技術と設計の両面を最適化できることであり、特に1980年代の日本のDRAM産業は、この手法によって世界トップのシェアを獲得していた。

しかし、IDHモデルには課題もあった。ファウンドリと異なり、設備投資の負担が極めて大きいことが最大の問題である。半導体製造は世代が進むにつれて巨額の投資が必要になり、特に微細化技術の開発には莫大なコストがかかる。また、全工程を自社でまかなうために、柔軟な生産調整が難しく、需要変動への対応が遅れることもあった。

1990年代以降、ファブレス & ファウンドリのビジネスモデルが台頭し、設備負担を分散する仕組みが確立されたことで、IDHの経営モデルは次第に苦境に立たされることになる。特に日本企業はこの変化に適応するのが遅れ、製造負担の増大によって国際競争力を失っていった。

図4 IDMとファブレス&ファウンドリモデル

	IDMモデル	ファブレス/ファウンドリモデル
Core IP	IPが自社で保有・開発 (例: Intel)	IPホルダーからライセンス取得 (例: Arm, Imagination)
チップデザイン	IDMが自社で行う (例: Intel, TI)	ファブレス企業が実施 (例: Qualcomm, NVIDIA)
チップ製造	IDMが自社でファブを製造 (例: Intel, Micron, TI)	専業ファウンドリが担当 (例: TSMC, Samsung, GF)
販売	IDMが自社で販売網を持つ (例: Intel)	ファブレス企業が販売 (例: Qualcomm)

2) ファブレス&ファウンドリの水平分業モデル

1990年代に入ると、半導体産業において新たなビジネスモデルが確立された。それがファブレス & ファウンドリの水平分業モデルである。このモデルでは、半導体の設計を行う「ファブレス企業」と、設計を受託して製造を担う「ファウンドリ企業」が分業することで、効率的な生産が可能となった。

ファブレス企業の代表例には、Qualcomm、NVIDIA、Broadcom、AMDなどがある。彼らは自社で工場を持たず、半導体の設計に特化することで、製造コストの負担を抑えながら、最新技術の開発に集中することができる。特に巨大な市場となったスマートフォンの普及に伴い、モバイル向けチップの需要が増えたことで、QualcommやAppleはTSMCを活用し、高性能な半導体を市場に供給できるようになった。

ファウンドリ企業の代表例には、TSMC (台湾積体電路製造)、Samsung Foundryなどがある。なかでもTSMCは、1987年の設立以来、顧客のニーズに応じた製造サービスを提供し、世界最大のファウンドリ企業として成長。現在では、最先端の2nmプロセ

スの開発においてもリーダー的な立場を確立している。

この水平分業モデルの強みは、設計企業が製造リスクを負わずに最先端の半導体開発に集中できる点にある。また、ファウンドリは多くの顧客からの受託生産を行うため、大規模投資のリスクを分散しながら収益を確保できる。

一方で、デメリットは、設計と製造の分離によるコミュニケーションコストの増大が挙げられる。また、製造技術の進化がファウンドリ側に依存するため、競争力のあるプロセスを確保できないと、ファブレス企業が競争に敗れるリスクもある。

日本企業はこのモデルへの適応が遅れたため、1990年代から2000年代にかけて国際競争力を低下させていった。一方、TSMCが成長し、Samsungがファウンドリ事業を拡大したことで、日本の半導体メーカーは新たな戦略を模索する必要に迫られた。

3) フアブライト戦略

2000年代以降、日本の半導体企業は、IDHから完全なファブレスに移行することなく、製造負担を軽減しながら技術開発を継続するハイブリッド型の「ファブライト戦略」を採用するようになった。これは、自社で一部の製造能力を維持しつつ、高度なプロセスや大量生産が必要な部分を外部のファウンドリに委託する手法である。代表的な日本企業として、ルネサスエレクトロニクスやソニーが挙げられる。

- ルネサスエレクトロニクスは、かつてのNEC、日立、三菱の半導体部門を統合した企業であるが、自社工場を縮小し、一部のプロセスをTSMCなどのファウンドリに委託する形に移行した。これにより、設備投資の負担を軽減しつつ、マイコンやアナログ半導体などの特定分野に経営資源を集中させた。
- ソニーは、CMOSイメージセンサーの分野で世界的な成功を収めたが、最先端プロセスの一部を外部のファウンドリに委託しつつ、独自の技術開発を継続している。

ファブライト戦略の最大の利点は、設備投資リスクを抑えながら、最先端の技術競争に対応できることである。また、一部の製造工程を維持することで、技術的なノウハウを蓄積し、設計と製造のシナジーを確保できる点も強みとなる。

しかし、この戦略にも課題がある。外部委託に依存しすぎると、最先端の製造技術を持つTSMCやSamsungに競争力を握られる可能性がある。また、日本国内の製造拠点が縮小することで、半導体のサプライチェーンが脆弱化するリスクも指摘されている。

現在、日本政府はラピダスの設立を支援し、先端ロジック半導体の製造を国内で再興する取り組みを進めている。このような動きが、ファブライト戦略の補完として機能するかどうかが、今後の日本の半導体産業の行方を左右するだろう。

以上のように、半導体産業のビジネスモデルは、IDHの垂直統合モデルから、ファブレス & ファウンドリの水平分業へと進化してきた。日本企業はこの変化に対応しきれず、国際競争力を低下させたが、現在はファブライト戦略によって生き残りを図っている。今後、日本が再び半導体産業で競争力を確保するためには、政府の支援を活用しつつ、国内外のファウンドリとの連携を強化する必要がある。

5. 日本の前工程技術と戦略

1) EUVリソグラフィ技術と日本の装置メーカー

半導体の微細化技術が進むなかで、EUVリソグラフィは、最先端の半導体製造に不可欠なプロセスとなっている。EUV技術を活用することで、2nm以下の微細プロセスが可能になり、チップの性能向上と低消費電力化が実現できる。

この分野の世界的なリーダーは、オランダのASMLである。ASMLはEUV露光装置の製造で圧倒的なシェアを持ち、世界で唯一、商業用のEUVリソグラフィ装置を提供できる企業である。日本企業はこの分野で後れを取ったが、東京エレクトロン(TEL)、ニコン、キヤノンなどがEUV関連技術の開発を進めている。特にTELは、EUV向けのコーターデベロッパー装置で高い競争力を誇る。

また、日本の材料メーカーもEUV技術に不可欠なフォトレジストやEUVマスクブランクスの分野で重要な役割を果たしている。たとえば、JSR、東京応化工業、信越化学などの企業は、ASMLとの協力を通じてEUV用の高性能材料を開発している。

日本がEUV技術で再び競争力を確保するためには、ASMLとのさらなる連携強化や、自国での露光装置開発を進めることが求められる。加えて、リソグラフィ装置の周辺技術（マスクやレジストなど）の開発を強化することで、サプライチェーン全体での存在感を維持する戦略が必要となる。

2) 3D積層技術と日本の強み

半導体の微細化が物理的な限界に近づくなか、3D積層技術が新たなブレークスルーとして注目されている。従来の半導体製造では、2Dの平面上にトランジスタを配置していたが、3D積層技術を活用することで、チップの性能を向上させながら、省スペース化と低消費電力化を実現できる。

日本企業のなかで、この技術の最前線にいるのがキオクシアである。キオクシアは、3D NANDフラッシュメモリ技術の開発をリードし、Samsung、Western Digitalと並んで世界市場で競争している。特に、「BiCS（Bit Cost Scaling）技術」により、メモリセルを垂直方向に積層し、1チップあたりの記憶容量を飛躍的に向上させることに成功している。

また、日立製作所も高密度積層技術や、TSV（シリコン貫通ビア）技術の開発に取り組んでおり、ロジック半導体やメモリの高度化に貢献している。さらに、ソニーのCMOSイメージセンサーも3D積層技術を活用しており、高感度・高解像度なカメラモジュールを実現している。

今後、日本企業が3D積層技術で競争力を維持するためには、さらなる技術革新とコスト低減が鍵となる。また、TSVやチップレット技術など、3D積層技術を活用した新しいパッケージング手法の確立も求められる。

3) 材料・装置分野での強み

日本の半導体産業は、製造装置や材料分野において世界トップクラスの競争力を維持している。特に、EUVリソグラフィや3D積層技術の進展に伴い、これらの技術を支える材料・装置メーカーの役割がますます重要になっている。

フォトレジスト（感光剤）：JSR、東京応化工業、信越化学

・日本企業は、フォトレジスト市場で圧倒的なシェアを持ち、EUV対応の最先端フォトレジストの開発をリードしている。

・米中デカップリングの影響で、日本のレジストメーカーがTSMCなどとの連携を強化し、より高性能な材料の開発を進めている。

シリコンウェハ：SUMCO、信越化学

・半導体製造に不可欠なシリコンウェハの供給において、日本企業は世界シェアの約50%を占める。

半導体製造装置：東京エレクトロン（TEL）、SCREENホールディングス、ニコン

・TELはEUV向けのコーターデベロッパー装置や成膜装置で世界トップのシェアを持ち、SCREENは洗浄装置分野で強みを持つ。

・ニコンはリソグラフィ装置の分野でASMLに遅れを取ったものの、精密測定技術を生かした装置開発を進めている。

日本の強みは、これらの材料・装置分野のサプライチェーンを支える技術基盤にある。今後も、TSMCやSamsung、Intelなどの先端半導体メーカーとの協力を強化し、新技術の開発と市場拡大を図る必要がある。

4) ラピダスの次世代半導体プロジェクト

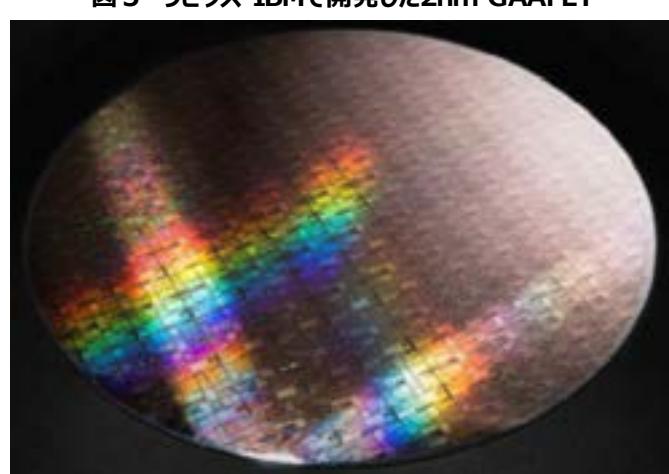
日本の半導体産業が再び先端技術分野で競争力を持つための鍵となるのが、ラピダス（Rapidus）による次世代半導体プロジェクトである。ラピダスは、2022年に設立され、政府の支援を受けて、2nmプロセスの開発を目指している。

ラピダスの特徴は、産官学連携による技術開発にある。トヨタなどの日本の大手企業が出資し、政府も約1兆円の補助金を提供。さらに、IBMとの技術提携により、米国の先端技術を取り入れながら、日本国内での製造能力の確立を目指している。

現在、ラピダスは北海道千歳市に最先端の半導体工場を建設中であり、2027年までに量産開始を予定している。

しかし、課題も多い。特に、技術者の確保や、EUVリソグラフィ装置の導入、量産化のコストなどが大きなハードルとなる。

図5 ラピダス-IBMで開発した2nm GAAFET



出典：経済産業省【半導体・デジタル産業戦略の現状と今後】

以上のように、日本は前工程技術において、EUVリソグラフィ用材料、3D積層技術、材料・装置分野で強みを持つが、ラピダスによる2nmプロセス開発が成功するかどうかが、今後の競争力を左右する。産官学の連携を強化し、先端技術の研究開発を推進することが、日本の半導体産業の復活に向けた鍵となる。

6. 日本の半導体人財育成と産官学連携

1) 技術者不足と教育課題

日本の半導体産業が再興を目指す上で、最大の課題の一つが半導体技術者の不足である。1990年代以降、日本の半導体産業が衰退し、企業の統廃合が進んだことで、半導体分野のエンジニアは大幅に減少した。特に、IDHの縮小や、ファウンドリ産業が発展しなかったことにより、最先端の半導体製造技術を持つ技術者が育たなかつたことが深刻な問題となっている。

この問題に拍車をかけたのが、日本の大学における半導体教育の衰退である。1990年代から2000年代にかけて、国内の半導体産業が縮小するなか、多くの大学が半導体関連の講座を廃止し、新規の研究室を開設する動きも停滞した。結果として、半導体技術者の養成が滞り、現場の技術継承が難しくなった。

一方、米国、台湾、韓国では、政府が大学と連携して積極的に半導体人財の育成を進めてきた。たとえば、台湾では、TSMCと国立清華大学が連携し、半導体専攻の大学院プログラムを設立するなど、産業界と教育機関が密接に連携している。日本もこのような取り組みを強化する必要がある。

近年、日本の政府や大学も危機感を持ち、半導体教育の復活を模索している。2022年には、東京大学、東北大学、京都大学などが中心となり、「半導体人財育成プログラム」を発足し、次世代エンジニアの育成を本格化させた。また、TSMCが熊本に工場を建設するにあたり、地元の大学（熊本大学など）が半導体技術者の養成に取り組んでいる。

しかし、教育改革だけでは技術者不足は解決しない。既存のエンジニアの再教育や、海外の優秀な人財を取り込むための施策も併せて推進することが求められる。

2) LSTCの役割

日本の半導体産業の人財育成を強化するために、政府と企業が協力して設立したのが、LSTC（Leading-edge Semiconductor Technology Center）である。LSTCは、産業界と大学の橋渡しを行い、半導体技術者の育成と研究開発の支援を目的とする組織であり、政府の補助金や企業の資金援助を受けて運営されている。

LSTCの最大の役割は、日本国内の大学・研究機関と半導体企業をつなぎ、実践的な教育プログラムを提供することにある。具体的には、以下のような取り組みが進められている。

1. 大学と企業の共同研究の促進

- ・LSTCは、日本の主要大学と連携し、半導体プロセス技術や設計技術の研究開発を支援する。
- ・ラピダスの2nmプロセス開発に向けた共同研究が進められており、次世代半導体技術の開発と人財育成が一体的に進められる。

2. 実践的な教育カリキュラムの提供

- ・半導体業界で求められるスキルを大学教育に取り入れるため、LSTCは教育機関と連携してカリキュラムを開発。
- ・実際の製造装置を用いたトレーニングや、企業のエンジニアによる講義を提供し、即戦力となる人財の育成を目指している。

3. 産業界との連携強化

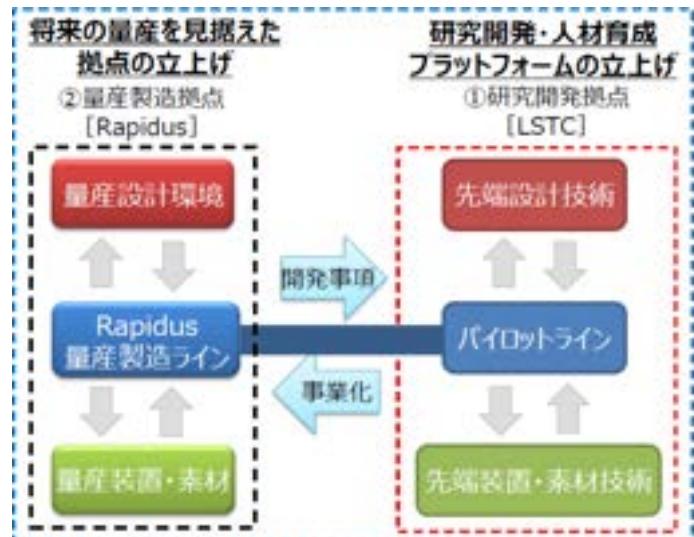
- ・国内の半導体企業だけでなく、海外のファウンドリや装置メーカー

とも協力し、グローバルな視点での人財育成を推進。

・また、日本国内においても、LSTCはTSMCの熊本工場やラピダスの北海道拠点と連携し、地域ごとに最適な教育プログラムを提供している。

LSTCは、日本の半導体産業の復活を支える重要な機関であり、今後の成功は、大学・企業・政府の三者がどれだけ協力できるかにかかっている。

図6 次世代半導体プロジェクト体制



出典：経済産業省【半導体・デジタル産業戦略の現状と今後】

3) グローバル人財獲得と競争

半導体産業は、もはや国家レベルの競争となっており、各国が優秀な技術者を獲得するために熾烈な競争を繰り広げている。特に、台湾と韓国は政府主導で人財確保を進めており、日本は大きく遅れを取っている。

台湾の事例

- ・TSMCは、半導体人財を確保するため、大学との連携を強化し、修士課程や博士課程の学生に高額の奨学金を提供。
- ・さらに、台湾政府は半導体技術者に対して手厚い支援を行い、海外の技術者を積極的に呼び込んでいる。

日本の課題と対応

- ・日本では、半導体技術者の待遇が相対的に低く、海外の技術者を引き付ける魅力が乏しい。たとえばTSMCやSamsungの技術者の年収は、日本企業の1.5～2倍程度に達しており、優秀な人財が海外に流出する原因となっている。

これを受け、日本政府や企業も待遇改善を進めている。

今後、日本がグローバルな半導体競争の魅力を高め、世界中の優秀な人財が「日本で働きたい」と思える環境を整えることが必要である。

日本の半導体産業を再興するためには、技術者の育成と確保が最優先課題である。LSTCのような産官学連携の取り組みを強化し、国内の人財育成を進めるとともに、台湾や韓国との人財獲得競争に勝つための待遇改善と魅力的な研究環境の構築が求められる。今後、日本が半導体分野で世界のリーダーシップを確立するためには、長期的な視点で人財戦略を構築する必要がある。

7. 日本の半導体産業が今後取るべき方向性

日本の半導体産業は、かつて世界をリードしていたが、1990年代以降の競争力低下により、現在では製造装置や材料分野を除き、主要なプレイヤーではなくなっている。しかし、近年の地政学的リスクの高まり、技術革新の進展、各国政府の戦略的投資の強化により、日本の半導体産業にも再起のチャンスが生まれている。本章では、サプライチェーンの強化、製造技術の差別化、国際連携の強化、持続可能な半導体政策という4つの観点から、日本の半導体産業が今後取るべき方向性を探る。

1) サプライチェーン強化

米中対立と地政学リスクへの対応 半導体産業はグローバルなサプライチェーンに依存しており、特定の国や地域での供給停止が業界全体に深刻な影響を与えるリスクがある。特に米中対立の激化により、半導体供給網の分断が進んでおり、日本もこのリスクに対応する必要がある。

米国は「CHIPS and Science Act」を通じて、国内での半導体製造を強化し、中国への先端技術の流出を防ぐ戦略をとっている。一方、中国も半導体の自給率を高めるために国家的な投資を行い、国産化を進めている。この影響で、日本企業も特定の国への依存を減らし、サプライチェーンを多様化する必要に迫られている。

日本政府は、TSMCの熊本工場支援をはじめとして、国内の製造拠点を強化し、安定供給体制を構築する動きを加速している。また、ラピダスによる次世代ロジック半導体製造の確立も、サプライチェーン強化の一環として位置付けられている。今後、日本は米国や欧州と協力しながら、戦略的に重要な半導体の国産化を進めるとともに、リスクを分散するサプライチェーンの確立を目指す。

図7 半導体サプライチェーン強靭化



2) 製造技術の差別化戦略

量子コンピューティング、パワー半導体の可能性 日本の半導体産業が世界市場で競争力を持つためには、既存のロジック半導体やメモリだけでなく、新たな技術領域での差別化戦略が不可欠である。そのなかでも、量子コンピューティングやパワー半導体は、日本が強みを持つ分野として注目されている。

I) 量子コンピューティング

量子コンピュータは、従来の半導体技術とは異なる計算原理に基づいており、医薬品開発、材料設計、金融モデリングなど、さまざまな分野での活用が期待されている。日本では、東芝、日立、富士通などの企業や、理化学研究所、東京大学などの研究機関が量子コンピューティングの開発を進めている。

特に、東芝の量子暗号通信技術や、富士通の量子アニーリングコンピュータは、実用化に向けた開発が進んでおり、日本が世界市場で競争力を持つ可能性がある。競争を優位に進めるためには、国家的な投資と産官学連携の強化が必要である。

II) パワー半導体

パワー半導体は、電力変換の効率を向上させる技術であり、EV、再生可能エネルギー、スマートグリッドなどの分野での利用が拡大している。日本は、この分野でローム、三菱電機、富士電機などの企業が世界市場で競争力を持っており、特にSiCやGaNを用いた次世代パワー半導体の開発が進んでいる。

パワー半導体市場は今後も成長が見込まれるため、日本はこの分野での技術開発と量産体制の強化を進めることで、グローバルな差別化を図ることができる。

3) 国際連携の強化

半導体産業は一国単独で完結することが難しく、各国の企業との連携が不可欠である。特に、日本はEUVリソグラフィ装置で世界トップのASML、ファウンドリ世界最大手のTSMC、総合半導体メーカーのSamsungなどと協力関係を強化する必要がある。

4) 持続可能な半導体産業のための政策

日本が持続的に半導体産業を発展させるためには、政府の積極的な支援が不可欠である。具体的には、以下のようないくつかの政策が求められる。

・国の支援拡大

政府がラピダスやTSMCの熊本工場支援を行ったように、国内での製造能力の確保に向けた補助金などを拡大する。

・研究開発補助の強化

次世代半導体技術（EUV、3D積層、量子コンピューティング、パワー半導体）に関する研究開発資金を増やし、大学・研究機関と企業の共同研究を促進する。

・大学・研究機関との連携深化

半導体技術者の育成を目的とし、大学と産業界の連携を強化する。台湾のように、大学院レベルでの半導体専攻を拡充し、即戦力となる人財を育成することが重要である。

まとめ

日本の半導体産業が今後世界で競争力を持つためには、サプライチェーンの強化、技術の差別化、国際連携の強化、持続可能な産業政策が不可欠である。政府、企業、大学が一体となって戦略を推進し、日本の半導体産業を再び成長軌道に乗せることが求められる。



森 雅彦

技術研究組合最先端半導体研究センター(LSTC)
専務理事

"最後の10年"を活かせるか——LSTCが描く日本半導体人財の未来シナリオ

1986年、慶應義塾大学大学院修士課程修了。旧工業技術院電子技術総合研究所（現・産業技術総合研究所）に入所。入所以来、化合物半導体の結晶成長、光デバイス、光情報処理、シリコンフォトニクスの研究に従事。その後、ハイブリッドフォトニクスグループ長、光電子技術研究部門長などを歴任。さらに、エレクトロニクス・製造領域研究戦略部長として、産研次世代コンピューティング基盤開発拠点の活動を推進した。現在は、技術研究組合最先端半導体技術センター（LSTC）専務理事、産業技術総合研究所名誉リサーチャーを務める。

世界的な半導体争奪戦が激化するなか、日本でも政府主導による半導体産業支援と人財育成が本格化している。最先端の微細加工技術へのキャッチアップは急務である一方、それだけでは持続的な競争力は確保できない。真に求められているのは、产学研が一体となり、次世代を担うトップ人財を育成し、技術と人財の両面で自立的な成長を実現する仕組みである。本レポートでは、LSTC（最先端半導体技術センター）専務理事の森雅彦氏へのインタビューを通じて、日本の半導体産業が直面する構造的課題と将来に向けた可能性を多面的に探る。技術開発動向の分析に加え、深刻な人財不足の実態、求められるスキルセット、博士課程人財の育成と待遇改善、実践的教育環境の整備、さらには国際連携と地域コンソーシアムによる取り組みまで、半導体復興に向けた戦略と具体的なアクションの方向性を立体的に考察する。

■半導体産業は10年で数万人の人手不足



—LSTCの設立背景と、日本の半導体産業における主な役割を教えてください。

LSTC（技術研究組合最先端半導体技術センター）は2022年12月に設立されました。最先端半導体技術の研究開発と人財育成を、国際的な視野で推進することで、日本の半導体産業の持続的かつ自立的な発展を実現することがミッションです。

現在、国内で最先端半導体技術に対応できる企業は、実質的にラピダス一社のみという状況です。従って、まずはラピダスで活用されるような技術を開発することを基本構想として活動をスタートしています。

—LSTCが人財育成において果たすべき役割とは何でしょうか。

半導体産業の人財は、大きく「基盤人財」「高度人財」「トップ人財」の3層に分けられます。とはいえ、半導体産業全体が長期にわたる人手不足に直面しています。特にこの30年間、若手人財の流入が極めて少ない状況が続いている、それを変えることが急務です。

JEITAの調査では、今後10年で約4万人の人手不足が生じるとされていますが、われわれの分析では、それを大きく上回る規模の人財不足が発生すると見込んでいます。

現在、具体的にどの分野で人手が足りないのか、また技術分野としてどのスキルセットが不足しているのか、詳細な分析を進めています。それぞれの領域に必要な人財をどう補っていくのか——これがLSTCの人財育成ミッションの重要な柱となっています。

—プロセス開発や設計、アプリケーション、マネジメントなど、一口に半導体産業といつてもさまざまなカテゴリーがあります。人手不足はどのカテゴリーでも起きていると思いますが、あえてウエイトをつけるとしたらどのカテゴリーが中心になってくるのでしょうか。

単純に人数を見れば、半導体工場で実際にオペレーションを行う基盤人財です。たとえば、高等専門学校（高専）や工業高校の卒業生といった人財が、一番不足しています。

しかし、研究開発の人財も不足していますし、研究開発を指導する人財も不足しています。割合からいえば、トップ人財のほうがより危機的な状況かもしれません。

—半導体産業の人財不足の現状と、今後の課題についてどう考えていますか。

現在の状況として、10年で数万人、年間で1万人規模の人財が不足していくと見込んでいます。これに対して、どのような取り組みが必要かについては、現在さまざまな議論を進めています。

具体的な対応としては、全国6地域に半導体人財育成に関するコンソーシアムや協議会、連絡会が設置されています。なかには、小中学生に対して半導体への興味を喚起する取り組みを行っている地域もあります。

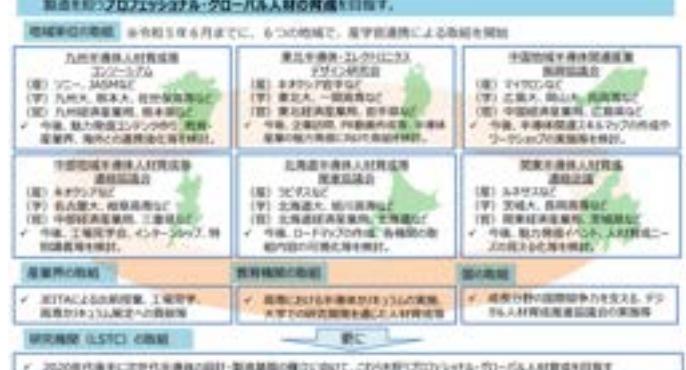
また、高専や工業高校においては、就職指導に関わる教員の理解が半導体分野では十分でないことが課題となっています。このため、教員の方々に工場見学や半導体に関する研修を受けていただく取り組みも進められています。

さらに、高専や工業高校、大学への「出前授業」として、民間企業のエンジニアが講師となって半導体に関する授業を行う取り組みも、いくつかの地域で始まっています。

あわせて、大学教育における半導体関連科目の整備や拡充についても、関係機関と議論を進めているところです。

半導体人材の育成に向けた取組状況

- 半導体産業を生み、その将来を担う人材の育成・確保に向けた、産業界、教育機関、行政の個々の取組に加えて、産業界が連携しながら、地域単位での取組を促進することが必要。すでに各地域で取組を開始。
- 更に、我が国において3世代半導体の設計・製造技術の確立を図るべく、LSTCを中心として、半導体人材育成・製造をつなぐプロジェクト「タカラ」による人財の育成を目指す。



半導体人財の育成に向けた取組み 出典：経済産業省

■半導体前工程の開発と国家プロジェクトの役割

一産総研は、半導体前工程に関する国家プロジェクトにおいて「総本山」とも言える存在と認識しています。そのなかで、LSTCはどのような役割を担っているのでしょうか。

現在、NEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）からLSTCが受託している、今後5年間で総額170億円規模の国家プロジェクトが進行しています。これはまさに半導体の前工程（プロセス技術）に関わる重要な取り組みです。

一方、LSTC自体は独自に研究員を抱えているわけでも、研究設備を保有しているわけでもありません。そのため、全国の大学の先生方や、国立研究開発法人の皆さんにLSTCの「組合員・準組合員」として、もしくは共同実施先として参画いただき、各分野の研究開発を推進しています。

現在NEDOでは、2ナノメートル世代の量産技術開発をラピダス向けのプロジェクトとして進行中です。さらに、その先の1.4ナノメートル以細（Beyond 2nm）世代に向けた微細加工技術の研究開発として推進しています。

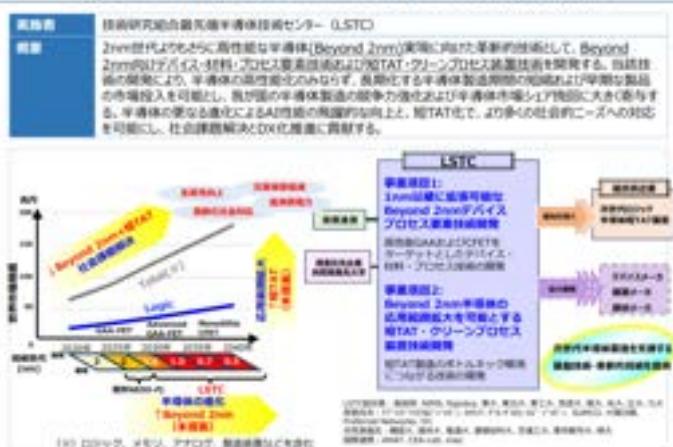
—2nm以降、いわゆる「Beyond 2nm」の半導体製造に必要なプロセス技術の確立に向けて、産総研の取り組みやLSTCとの連携はどのようにになっていますか。

産総研では、LSTC設立以前からNEDOの国家プロジェクトのもとで、次世代半導体に必要な前工程技術の研究開発を進めてきました。

具体的には、国内の製造装置メーカーであるキヤノン、SCREENホールディングス（旧大日本スクリーン製造）、東京エレクトロンと連携しています。これらの企業とともに、産総研のスーパークリーンルーム（SCR）内に最新の設備を導入し、次世代プロセス技術の研究開発ラインを構築しています。

この研究開発ラインを活用し、Beyond 2nm世代に必要となる新しい材料技術やプロセス条件、装置開発などを進めるのが目標です。産総研とLSTCが相補的に日本の半導体前工程技術の強化を推進して行きたいと考えています。

Beyond 2nm及び短TAT半導体製造に向けた技術開発



Beyond 2nm及び短TAT半導体製造に向けた技術開発
出典：経済産業省

■ 現在はキャッチアップのフェーズ

—現在の微細加工技術の研究開発において、日本が国際的な競争力を持つために必要な要素は何でしょうか。

現時点では、まだ日本はキャッチアップ（追いつく）段階にあると認識しています。世界の研究機関では、ベルギーのimecやフランスのLetiが最先端の技術をリードしています。これらの機関では、実際にクリーンルーム内の製造ラインで300mmウエハを用いた開発が進んでおり、量産レベルの実証が可能な状況にあります。

一方、日本国内には同様のレベルで300mmウエハによる開発が可能な設備や体制は、まだ十分に整備されていません。まずはこの差を埋めることが急務です。

ただし、相手も開発を進め続けていますので、単に追いつくだけでは国際競争に勝てません。LSTCでは、キャッチアップだけでなく、将来的に競争力を発揮できる先行技術の開発にも力を入れています。

特に、LSTCには国内の主要な国立研究開発法人3団体が参加しており、加えて、理系トップクラスの国立大学もほぼすべて参画しています。これらの大学では、半導体の最先端技術開発に取り組んでいる研究者が多く在籍しており、それぞれの知見を結集することで、キャッチアップのみならず、それを超える技術開発を目指しています。



—Beyond 2nmの開発においては、ラピダスがimscやIBMと提携します。LSTCとしてはどのような関与をされていますか。

現時点ではLSTCとしてはIBMとの連携は積極的には進めていません。あくまで国内の技術力を底上げし、自立した開発力を確立することを優先しています。

ー共用のパイロットラインの構築について、これが産業界にどのような影響を与えると考えていますか。

プロジェクトに参加しているキヤノンやSCREEN（旧大日本スクリーン製造）などはもちろん利用可能ですが、それ以外の産総研が運営するコンソーシアム型のプロジェクトに参加している企業にも広く活用していただけるようにしています。

具体的には、材料メーカーなど多様な企業が実際にこの研究開発ラインを使用することで、プロセス技術の検証や最適化が進み、オープンイノベーションの場として機能することを期待しています。

通常、NEDOのプロジェクトでは、設備やラインはプロジェクトメンバー以外の目的外使用が禁止されるケースが多いのですが、今回は経済産業省やNEDOと特別に調整を行い、コンソーシアムに加盟すれば利用できる仕組みとしました。

これにより、広範な産業界の企業が実際にラインを活用しながら研究開発に参加できる体制が整いつつあります。これは国内の半導体技術力全体の底上げに繋がる重要な取り組みになると 생각ています。



■半導体の人財育成の現状と課題

ーLSTCが出資している人財育成プログラムについて教えてください。

現在は、各地域で展開されている半導体人財育成の取り組みに対して支援を行っています。具体的には、地域ごとの活動への資金的なサポートや、優良事例を他地域に紹介・展開する取り組みなどを進めています。

今後は、優良事例や教育教材の共通化にも力を入れていく予定です。2025年度には、文部科学省が半導体人財育成に関する拠点を整備するプロジェクトが立ち上がる予定であり、LSTCとしてもこれに協力し、教材の準備やオンライン配信プラットフォームの整備などを進めていく考えです。

ー一人財育成のなかでも、特に重点を置いている領域はありますか。

今後は、大学との地域連携や、半導体設計人財の育成にも取り組んでいく必要があると考えています。特に設計人財は、現在非常に不足しています。

日本の半導体産業は、最先端の半導体設計の領域から長年離れていたこともあり、本当に最先端の半導体設計ができる人財が国内にほとんどいないというのが実情です。

現在のAIの主流は、データセンターに大量のデータを集め、それにアクセスするというクラウド型の仕組みです。しかし今後は、自動車やヘルスケア、産業用ロボットなど、いわゆる「エッジ側」にAIが組み込まれるHuman-Agent Interaction (HAI) の時代が到来します。

このとき、用途に応じた最適なチップを自前で設計・開発できることは、企業の大きな競争力になります。最先端半導体を独自に開発したいという企業も、今後ますます増えてくるでしょう。

そのためには、ハードウェアを理解し、実際にチップを設計・開発できる人財を国内で育成することが不可欠です。LSTCとしても、こうした最先端設計人財の育成に本格的に取り組んでいきたいと考えています。

最先端デジタルSoC設計人材育成



最先端デジタルSoC設計人材育成

出典：LSTC、経済産業省

LSTCでは新たに「最先端デジタルSoC設計人材育成」プログラムを立ち上げました。

このプログラムは、初級・中級・上級という3つのコースに分かれています。レベルに応じた体系的な育成カリキュラムが用意されています。

初級コースでは、EDA（Electronic Design Automation）ツールであるSynopsysやCadenceといった設計ツールの基本的な操作スキルの習得を目指します。これは、半導体設計に携わる上で必要不可欠な基礎技術の習得フェーズです。

中級コースでは、実際に28nm以細のプロセスノードでの半導体チップ設計に取り組みます。ここでは、東京大学と産総研が共同運営する「AIチップ設計拠点」の施設と設備を活用し、EDAツールや検証用コンピュータを使って実践的な設計技術を身につけることを目的としています。

上級コースはさらに実践的で、アメリカのベンチャー企業Tenstorrent（Tenstorrent）に参加者を派遣し、現地で世界トップレベルの技術者とともにOJT（On the Job Training）形式で研修を行います。ここでは、2nmノードといった最先端プロセスでの設計技術習得が期待されています。

このプログラムは、初級から中級、中級から上級へと段階的に受講することもできますし、すでに知識や経験を持つ方であれば中級や上級から直接参加することも可能です。

受講対象としては、今後10年以上にわたって日本の半導体産業で活躍する意欲を持つ人財を想定しています。特に上級コースでは、アメリカのJ1ビザ取得が必要となることから、年齢制限もあり、対象は概ね40代までとなる見込みです。

このプログラムは、企業内のOJTやリスキリングの代替としても活用できる設計であり、半導体設計技術の新規習得だけでなく、企業内での人財再教育やジョブチェンジにも対応可能な内容です。

また、もう一つの対象として学生も想定しており、プログラム修了後にそのまま企業に就職し、半導体設計分野で活躍する人財が生まれることも期待されています。



—プロセスノードの観点では、特にどの世代の設計技術習得を想定していますか。

中級コースについては、主に28nm世代以細の設計技術習得が中心となります。初級は広く利用されているEDAツールの基礎習得が中心です。上級コースに関しては、テнстレント社の開発状況にもよりますが、2nmノードでの設計技術がテーマとなる可能性が高いと考えています。

■サブ2nm時代に求められるスキルセット ——物理・化学・AIの知識が不可欠に

—特にサブ2nmノード以降の微細加工技術の進展に伴い、エンジニアに求められるスキルセットはどのように変わっていくのでしょうか。

これからの時代は、設計スキルだけでは不十分で、材料や物理に関する知識がより重要になってくると考えています。特に2nm世代以降になると、極めて微細なスケールで不純物濃度や材料特性が大きく影響を及ぼします。たとえば、ゲート絶縁膜やチャネルといった領域で、原子レベルでの精密な制御が必要になることから、物理に近い知識が求められる場面が格段に増えています。

加えて、AIの活用が半導体研究・開発の世界でも極めて重要な位置づけになりつつあります。研究開発におけるAIの活用が進むことで、試行錯誤の効率化や設計・検証プロセスの高速化が可能になってきており、AIをどれだけ使いこなせるかによって研究開発のスピードに大きな差が生まれるフェーズに入っています。

もちろん、すべての技術者がAIに精通する必要はありませんが、半導体研究や開発の現場にいるチームのなかには、AI活用スキルを持つ人財が不可欠な時代になっているのは間違いありません。従って、今後求められるスキルセットは、物理・化学・AIといった分野を含めた幅広い知識になると考えています。

半導体業界で活躍できる人財を育成できるのは、まさに今が最後のチャンスだと言われています。その理由は、日本の半導体最先端技術を担ってきた世代が、現在60歳前後となっており、まだ現役として業界に残っているからです。

この方々は、かつての日本の半導体全盛期に最先端技術の開発を経験した貴重な技術者層です。今であれば、彼らの知見や経験を生かしながら、次世代の若手を直接指導・育成することができます。しかし、これがあと10年も経てば、多くの方がリタイアし、最先端の現場を経験した技術者が業界からいなくなってしまう恐れがあります。

だからこそ、われわれは強い危機感を持って、今このタイミングで半導体人財育成に本気で取り組まなければならないと考えています。これが日本の半導体産業の競争力を取り戻すための、最大の正念場だと感じています。

■産学連携と人財供給モデルの強化 ——日本半導体教育の課題と将来像

一産総研やLSTCを中心に、産学連携による人財供給モデルの確立が期待されています。どのようなモデルを目指しているのでしょうか。

現実的には、まだ産学連携による人財供給モデルは構築途上であり、ほぼ手つかずの状態だと認識しています。理想としては、東北大学が保有するクリーンルームのような実践的な設備を活用し、半導体技術を実際に「手を動かして学ぶ」教育の場を整備していくことが重要だと考えています。

特に半導体装置は、実際に使ってみないと理解しにくい部分が多くあります。たとえ特定のプロセスや装置を専門とするエンジニアであっても、一通りのプロセス全体像を理解しておくことは非常に重要です。そのため、実機を用いた教育設備の充実は不可欠だと考えています。

また、豊橋技術科学大学や九州工業大学のように、CMOSラインを保有し、実際に企業からの依頼を受けて短期間でチップを製造する取り組みを行っている大学もあります。こうした教育と実践が融合した取り組みは非常に効果が高いと感じています。LSTCとしても、これらの取り組みを支援できるよう取り組んでいきたいと考えています。

一方で、最近は実際のプロセス装置を使わずに、仮想環境（バーチャルシステム）のなかで試作やテストが行える技術も進展しています。こうした新しい教育技術も、半導体人財育成の現場では今後ますます重要になるでしょう。実機での経験とバーチャル技術のハイブリッドな活用が、これからの人財教育の在り方だと考えています。

一中国・台湾・韓国・欧米などと比較して、日本の半導体教育の強みと課題はどのような点にあると考えますか。

たとえば台湾では、国家戦略として半導体産業を支える仕組みが確立されており、TSMCが国内大学への多大な支援を行い、講座や学部を設立しています。これにより、半導体技術を体系的に学べる環境が整備されています。

一方、日本では、半導体を専門に学ぶ学部・学科は存在せず、東大や東京科学大など特定の大学の特定の講座で学ぶしかない状況です。こうした現状を改善するため、現在は東北大学を中心とした半導体教育に関するオンデマンド授業のカリキュラム整備が進められています。これが全国展開されれば、いわゆる「バーチャル半導体学科」のような仕組みが実現する可能性があります。

地方の国立大学では、自前で十分な授業を用意することが難しいため、オンデマンド授業や複数大学による授業の分担・単位の

共通化といった仕組みの検討が進められています。

アメリカでは、一つの大学が半導体教育コースを整備し、それを海外に展開する動きも出ています。日本の大学教育は、制度やカリキュラムが固定的で柔軟に動かしにくい部分があるのではないかと感じています。

半導体産業側の視点からすると、どこかに「半導体大学院大学」のような組織を新設し、そこにさまざまな大学の先生方を集めて教育研究に特化させるという発想も有効ではないかと考えています。

もちろん実現は簡単ではありませんが、「難しいから諦める」ではなく、今だからこそ取り組むべきテーマであると強く感じています。

一青色レーザーやワイドバンドギャップ半導体(GaN)開発の分野では、名古屋地域の大学に研究者を集約しようという取り組みがあつたとかがつことがあります。

そうですね。ガリウムナイトライド (GaN) 系の研究については、名古屋大学や名古屋工業大学に研究者を集約しようという流れがありました。これは、該当する研究者の数がそれほど多くなかつたため、集めやすい環境だったのかもしれません。

一方で、半導体全般の研究者となると状況は異なります。先生方の数が多い上に、それぞれの大学や地域が独自の産業振興や教育体制を持っていますから、人財の集約はそう簡単ではありません。各地域の大学や自治体が、簡単に研究者を手放すことは考えにくいですね。

現在、日本全国に6つの半導体人財育成コンソーシアムが立ち上がっていますが、これらは基本的に各地域の経済産業局が主体となって推進しています。

たとえば、北海道ではラピダスの進出を受けて半導体関連産業の強化が進められていますし、九州ではTSMC（台湾積体電路製造）の工場進出を契機に地域全体で半導体産業の振興が図られています。広島に関しても、マイクロン・テクノロジーの存在が大きな役割を果たしています。



このように、それぞれの地域が地元産業の振興を目的に、独自に半導体人財育成の取り組みを進めている状況です。従って、特定の地域に先生方を集約するという発想は現実的には難しく、各地域で人財を育てる体制をどう強化していくかが、今後の大きな課題になると考えています。



■半導体産業はものづくり

—半導体の進化に伴って、求められるスキルセットはどのように変化していくとお考えですか？

これまでお話ししたとおり、今後は物理・化学・AIといった分野の知識の重要性がますます高まっていくと考えています。加えて、半導体産業においては「自分の手を動かす経験」が極めて重要だという声は、業界の至るところで聞かれます。

半導体は「ものづくり」の産業です。そして、それをさらに深化させ、新しい技術や製品を生み出そうとするときには、物理的な現象や化学的な特性を理解し、設計や製造に反映させることが不可欠な時代に入っています。

—AIやデータ解析などの数理系の知識は、今後の半導体産業にとってどのような役割を果たすとお考えですか。

もちろん重要な領域です。ただし、具体的にどのレベルの知識やスキルが半導体技術者に求められるのかは、まだ業界内でも議論が十分に深まっているとは言えない状況です。

一方で重要なのは、AI技術の研究者と半導体の設計・製造現場が密接に対話し、相互理解を深めていくことだと思います。AIを活用した半導体開発や生産技術の革新に取り組む上では、双方が風通しよく意見交換し、協働できる環境づくりが不可欠です。

—かつてステッパー分野では、ニコンやキヤノンが優れた性能を誇った時代がありました。そこにはレンズ加工など熟練職人による技術継承があったと聞いています。こうした職人技術の継承に、AI活用の可能性はあるのでしょうか。

実は、そのような職人技の継承や自動化技術については、以前からさまざまな議論がありました。最近になって、そこにAIが活用できるのではないかという期待が高まっているのは確かです。

もとより、AIによる自動化や効率化には大量のデータが必要となることが多いため、少ないデータでも高精度なアウトプットを得られるようする技術開発は、AI研究の大きなテーマの一つです。しかし、この領域はまだ製造業と十分に結びついていないのが現状だと思います。

AIによって製造技術が自動化・効率化されてしまうと、逆に日本のものづくりの強みが失われてしまう可能性もあります。ですから、どこまでをAIで代替し、どこを人が担うのかという線引きや判断は非常に難しいテーマです。

あるいは、「一子相伝」のような職人技術ではなく、自社のAIシステムでそれを内製化・再現するという戦略も考えられます。ツールとしてはオープンソースや商用AIプラットフォームが利用可能ですが、最終的に自社データを活用し、自社内でノウハウや技術を囲い込むという考え方は、多くの企業で検討されているところでしょう。

—まさにオープンとクローズ戦略の難しさですね。

そうですね。オープンなツールやプラットフォームは活用しつつも、最終的には自社の強みや独自技術をどこまで内製化・秘匿化していくかは、各企業の経営陣による戦略判断と準備が問われる領域だと思います。それがうまくいかないと、日本が強みを持っている技術が外部に流出してしまうリスクもあるため、極めて重要なテーマだと考えています。

■アメリカの政策が日本に及ぼす影響

—ここ最近、日本政府も半導体産業への支援を積極的に進めています。LSTCや産総研の立場から、これをどのように評価されていますか。

率直に言えば、「やっと踏み出してもらえた」という印象です。とはいえ、このタイミングであれば、ギリギリ間に合うのではないかと考えています。

特に、これまででは考えられない規模の予算が半導体支援に投じられており、政府や経済産業省、そして政治家の皆さんのが強い危機感を持っていることが伝わってきます。

現在の社会や産業は、半導体がなければなにも動かない構造になっています。したなかで、半導体の供給を海外任せにすることはリスクであり、日本も東アジアの半導体生産エコシステムのなかで、主体的に関与し続けることが重要だと考えています。

もしここで半導体産業を手放してしまえば、日本の将来の国力や安全保障に大きな不安を残すことになるでしょう。

—アメリカではCHIPS法による半導体支援が進められてきましたが、政権交代に伴う方針転換への懸念も指摘されています。今後のアメリカの動きは、日本にどのような影響を与えると考えますか。

現時点では、正直なところ、アメリカの動向が日本に具体的にどのような影響を及ぼすかは読めない状況です。アメリカではNSTC（国立半導体技術センター）が立ち上りましたが、実はLSTCは、NSTC設立の動きを受けて「日本でも同様の組織が必要だ」ということで立ち上げられたという経緯があります。

ところが、結果的にはNSTCの立ち上がりが遅れたため、LSTCの方が先行する形となりました。おそらく、バイデン政権のうちに方針を固めようとした背景もあるのではないかと思いますが、今後トランプ政権に変わった場合の影響については不透明です。

アメリカの政策が変われば、日本への影響も一定程度は避けられないでしょう。ただし、現在の日本政府、とりわけ経済産業省や政界では、半導体の重要性は確実に認識されています。アメリカが支援を止めたからといって、日本も追随してやめるということにはならないと思います。

とはいえ、日本だけすべての半導体技術やサプライチェーンを完結させるのは現実的に不可能です。国際的な連携は不可欠であり、そのなかでアメリカが動かなくなると、やはり日本としても進めにいく部分が出てくるだろうと感じています。

—日本国内も政局が不透明で、次の参議院選挙の結果次第では、半導体支援などの投資が見直される懸念もあります。

そのあたりについて、一番心配しているのはラピダスではないでしょうか。LSTCとしては、政策や政局に左右されることなく、諒々と進めるべき研究開発や人財育成の取り組みを着実に進めていく方針です。

半導体産業は短期的なブームではなく、長期的な国力や安全保障に直結する戦略的な分野です。その認識が政策サイドや産業界で共有され続けることが、今後ますます重要になってくると考えています。

■産学連携と産業全体の魅力向上 ——人財育成の仕組みと給与水準の課題

—産官学が一体となって半導体人財を育成していくためには、今後どのような仕組みが必要になるとお考えですか。



まず重要なのは、「産」と「学」がしっかりと連携することです。具体的には、「企業側がどのような人財を必要としているのか」と「大学側がどのような人財を育てているのか」の間にズレがないようにすることが不可欠です。ここが噛み合わないと、双方にとって不幸な結果になってしまいます。

たとえば、高等専門学校（高専）機構では、半導体に関するスキルマップをしっかりと整備しています。どのようなカリキュラムで、どのようなスキルが身につくのかを企業側に提示できる形にしています。これは非常に参考になる取り組みであり、今後は大学レベルでも同様のスキルマップや人財育成の可視化が進められると良いと考えています。

大学の先生方にもこの課題意識は理解されていますが、実際に大学が具体的に動き出せるかどうかは、また別の課題だと感じています。

—学生が半導体業界を就職先として選ぶかどうかという点については、どのように考えていますか。産業の重要性や給与水準も関わってくると思いますが、対策はあるのでしょうか。

シンプルに言えば、半導体企業は給与を上げれば良いと思います（笑）。実際、九州ではTSMCの進出により人財獲得競争が激しくなり、JASM（TSMCの日本法人）も含めて賃金水準が大きく上昇しています。

熊本県では、一人当たりの収入が数万円上がったという話もありますし、コンビニのアルバイトですら時給が上がらないと人が集まらない状況だと聞きます。TSMCやインテルといったグローバル企業の給与水準はかなり高いため、国内の半導体企業も自然とそれに追随していく流れになるでしょう。

もっとも、最近の学生は給与だけで就職先を選んでいるわけではないという点も重要です。SDGs（持続可能な開発目標）への貢献や、「社会のため」「世界のために働く」という意識で企業を選ぶ傾向が強まっているという話は、大学の先生方からもよく聞きます。

そういう意味でも、半導体産業が日本や世界にとっていかに重要な存在であるかをしっかりと発信し、魅力を伝えていくことが今後ますます求められると考えています。半導体は日本の産業基盤を支え、未来の社会をつくる技術であるというメッセージを若い世代に届ける取り組みが不可欠だと思います。

■魅力的な博士課程の提供でトップ人財の育成を

—LSTCとして、今後の人財育成においてもっとも重要視しているポイントはどこにあるとお考えですか。

やはり、半導体産業界とアカデミアをしっかりと結びつけることが最も重要だと考えています。学生が学ぶ内容そのものはもちろんですが、産業界の人たちが大学や高専に足を踏み入れ、実際に授業を行うことが不可欠です。

その際、単発のスポット授業では不十分で、年間を通した授業カリキュラムを産業界の担当企業が責任を持って受け持つ仕組みが理想です。LSTCは、産業界と密接に連携する組織として、こうした取り組みを積極的に支援・推進していく必要があると考えています。

実際、JEITAやSEAJなどがこのような産学連携の取り組みを各地で実施しており、うまくいっている事例もあります。これらの成功例を全国に展開していくと良いでしょう。

また、大学や高専側からは「企業の若手社員に講師をしてほしい」という声も多く聞かれます。若手が授業を担当することで、自らの知識の棚卸しや、新しい学びの機会にもなります。学生側から見ても、年齢の近い社会人と接することで、将来のキャリアイメージが具体的に描きやすくなるという効果があります。

—現在の半導体産業は「キャッチアップフェーズ」にあるとのお話がありましたが、競争力を維持・強化するためにはどのような施策が必要と考えていますか。

最終的には、キャッチアップした先で新しい技術を生み出していくのはトップ人財の役割です。従って、日本人の博士課程人財を増やしていくことが極めて重要だと考えています。これは中国などの留学生に頼るのではなく、日本国内の人財育成力を高めるという視点です。

加えて、人財育成のプラットフォーム整備も重要です。就職後の現場とのギャップがないように、実践的な設備やファシリティを人財育成にも活用できる環境を整備することが求められます。この両輪が揃ってはじめて、次世代を担うトップ人財の育成が可能になると考えています。

たとえば、修士卒と博士卒では企業に入社後の給与が3年分ほどしか違わぬのが現状です。これでは博士課程に進もうとする学生が少ないので当然です。少なくとも博士卒の給与が倍になるような仕組みがあれば、博士課程進学を志す学生はもっと増えるはずです。

また、アメリカと日本では博士号取得者（ドクター）への社会的評価が大きく異なります。日本でも、博士課程を修了すれば半導体産業界で活躍できるというキャリアパスをもっと可視化していく必要があります。

ただし、日本では博士課程に進学すると大学に残ることが第一選択肢となってしまう傾向があります。しかし、大学だけでなく、産業界でも博士人財が活躍できる場が多く存在するということを、もっと積極的に発信していくべきだと考えています。

産学官が連携し、博士課程の魅力を高め、優秀な人財が半導体産業で活躍する仕組みを整えていくことが、今後の日本の半導体産業の競争力強化に向けた重要な課題だと感じています。

今回のTech Reportでは、日本の半導体産業の最前線で人財育成と技術開発を推進するLSTCの取り組みと、その中心人物である森雅彦氏へのインタビューを通じて、日本の半導体復興に向けた戦略と課題を浮き彫りにした。

半導体は単なるITインフラの一部ではなく、あらゆる産業・社会基盤を支える戦略的物資である。グローバルな競争環境のなかで、日本が再び存在感を示すには、最先端の技術開発だけでなく、次世代を担う人財の育成と産学官の連携強化が不可欠であることが、今回の取材で改めて強調された。

まず、技術的な観点で言えば、日本の半導体開発は、今までにキャッチアップフェーズにある。ベルギーのIMECやフランスのLetiといった世界トップレベルの研究開発機関に追いつき、追い越すためには、物理・化学・AIといった複合的な知識を有するエンジニアの存在が不可欠となっている。特に、サブ2ナノ時代以降の微細化技術では、材料特性や不純物制御など物理学的知見が求められ、AI活用による設計・開発の効率化が国際競争力を左右する時代に入っている。

しかし、技術だけを追求しても社会実装は進まない。日本が直面している最大の課題は「人財」の不足である。これは単なる労働力不足ではない。次世代の半導体技術を創造し、競争力の源泉となるトップ人財をいかに育てられるかが、日本の未来を決定づける。これが今回の「社会課題解析」の視点である。

森氏が語ったように、日本の半導体産業における人財不足は深刻であり、今後10年間で10万人規模の人財が不足するとされている。その対応策として、全国6地域で産学官連携による半導体人財育成の取り組みが進められているが、実践的なスキルの習得と就職後の即戦力化が急務である。企業が大学や高専に直接関わり、年間を通じた教育カリキュラムを受け持つ仕組みづくりは、産学連携モデルのあるべき姿であろう。

また、今回特に印象的だったのは、博士課程人財の育成と待遇改善の重要性である。日本では修士卒と博士卒の給与差がわずかであることが、博士課程進学者数の伸び悩みに直結している。この状況を開拓するには、博士課程の魅力づけだけでなく、企業側の待遇改善と、博士号取得者が産業界で活躍するキャリアパスの可視化が不可欠である。日本では「博士＝大学教員」という固定観念が根強いが、半導体産業こそが博士人財の活躍フィールドとして最も相応しい産業の一つであるべきだ。

最後に、「人財育成視点」に立てば、半導体産業における人財戦略は、単なる人数確保や技能習得にとどまらない。次世代エンジニアが持つべきスキルセットの多様化（物理・化学・AI・デジタル設計）、実践的教育の場（ファシリティの整備）、キャリアパスの明確化（博士課程・ポスドク人財の待遇改善）、そして社会的意義の発信（半導体産業が社会を支える最重要インフラであるという認知の醸成）という、複層的な施策が求められている。

これらの取り組みは、日本企業が今後グローバル競争を勝ち抜くために不可欠な投資であり、長期的視点に立った戦略的な人財開発そのものである。

産業界、アカデミア、政策当局の三者が、それぞれの立場と役割を超えて連携し、知と技と人のエコシステムを創り上げること。それが、日本の半導体産業が持続可能な競争力を取り戻し、未来のテクノロジーをリードしていくための道筋であると確信している。



富嶋 茂樹 博士(工学)

東北大学 教授
元Intel Principal Engineer

「空白の20年」を取り戻せるか—— 日本の半導体産業復活の鍵は、ビジネス構造の変革にあり

1990年 三菱電機（株）入社。ULSI研究所、設計第1部にて、DRAM回路設計のキャリアをスタートさせ、幾つかの協業プロジェクトにも参画し、広い知見を得る。2004年 マイクロン テクノロジー、DRAM設計部（ボイジ・アイダホ）に移動し、USAでシニア回路設計エンジニアとして、次世代アレイ構造の研究開発に従事。

2011年 インテル コーポレーション、TMG/LTD/AD（ヒルズボロ・オレゴン）に転職し、混載DRAMの開発に従事。2014年インテル コーポレーション、インテル研究所（ヒルズボロ・オレゴン）に移り、プリンシパル エンジニア・シニア研究者として、メモリ素子から回路、アーキテクチャの研究に従事。2022年4月 インテル コーポレーション、DCAI/DPEA/MIO（ヒルズボロ・オレゴン）に移り、プリンシパル エンジニアとして、インテル内のメモリデバイスの統括業務やJEDEC役員を務める。

2024年 東北大学、国際集積エレクトロニクス研究開発センターにて教授として、高速MRAMの開発に従事。

かつてDRAMで世界を席巻した日本の半導体産業。しかし現在、その競争力は大きく低下し、世界の先頭を走るプレイヤーから大きく後れを取っている。この“空白の20年”を日本は取り戻すことができるのか。そのために必要な改革とはなにか。世界の半導体産業の現状をふまえつつ、日本が再び存在感を示すための道筋について、インテルやマイクロンといった米国企業で実務経験を積み、現在は東北大学 国際集積エレクトロニクス研究開発センター 研究開発部門の富嶋茂樹教授に、グローバルな視点から日本の半導体産業の現状と課題、そして再興への処方箋についてうかがった。

■世界をリードする半導体メーカーを キャッチアップすることが先決

—畠嶋先生は三菱電機、マイクロンご勤務の後インテルに所属されていましたが、当時はどのような研究や開発に携わっていたのでしょうか？

私はもともと、三菱電機でDRAM回路設計の基礎を学び、世界的にDRAMの開発を手がけるマイクロテクノロジーという会社で、最先端プロセスでのアレイ設計の研究開発に従事していましたが、その後インテルに転職しました。インテルでは、テクノロジー・マニュファクチャリング・グループ（TMG）に所属し、当時インテルが開発中の混載DRAMの設計から製品化までを担当しました。

その後はインテルラボへ異動し、「メモリーアーキテクチャ」チームで、メモリ全般の研究開発に従事しました。さらにDCAI・MIOグループに移り、データセンター向けの製品開発にも関与しながら、JED EC（Joint Electron Device Engineering Council）の委員も務めていました。



—インテルの技術開発における強みはどのような点にあったとお考えですか？特にプロセス技術やメモリ技術の観点から、競争力の源泉についてお聞かせください。

やはり、最先端のプロセス技術とCPU開発における強みが際立っていたと思います。それに加えて、CPUに付随するアーキテクチャやメモリ技術の高度な設計・開発力も含め、総合的な技術力によって世界のイニシアティブを握っていたのではないでしょうか。

—近年、インテルは「IDM 2.0」やファウンドリービジネスの強化を打ち出していますが、これらの動きについてどのように評価されていますか？

10年ほど前にも「IDM 1.0」としてファウンドリービジネスへの進出を試みたことがありました。個人的には、当時からインテルが本格的にファウンドリーに取り組むこと自体に違和感を覚えていました。

というのも、インテルは「インテル第一主義」とでも言えるような独自路線を貫く企業文化があり、顧客に対して「インテルのやり方に従

わなければ買ってもらわなくてもよい」といった、やや殿様商売的なスタンスがあったように思います。一方、ファウンドリービジネスは基本的に「顧客第一主義」でなければ成り立ちません。その意味で、企業ポリシーとのギャップが大きいと危惧していました。

その後、再登場した「IDM 2.0」にはさらに驚かされました。結果としてインテルの業績は大きく悪化しましたが、その背景には、このIDM 2.0戦略が大きく影響しているのではないかと見ています。

—インテルはかつて、半導体業界をリードする存在でしたが、現在はTSMCやサムスンとの激しい競争にさらされています。この変化についてどう感じていますか？

私自身はエンジニアとして現場で働いていましたが、インテルにはアメリカをはじめ、インド、中国、韓国など世界中から優秀な人財が集まっていました。そうした人財をうまく活用し、ビジネスに結びつけることができていれば、今のような状況には陥っていなかつたのではないかと感じています。

逆に言えば、ビジネス面や経営面、技術選定において、判断ミスが重なってしまったことが現在の苦境につながっているのではないかでしょうか。

—インテルが打ち出している「インテルファウンドリーサービス（IFS）」について、その成長性や、TSMCやサムスンとの差別化の可能性はどのように見ていらっしゃいますか？

現時点では、TSMCやサムスンといった世界のトップファウンドリー企業と差別化し、優位に立つの非常に難しいと感じています。まずは技術的に両社にキャッチアップすることが先決でしょう。

インテル独自のファウンドリープロセスにどこまで優位性があるのかという点についても、今の段階ではやや苦しい状況にあると見ています。

■半導体の最先端プロセスにおける日本の優位性

—TSMCやサムスン、インテルのファウンドリー事業を比較した場合、それぞれの強みと弱みは何でしょうか。

TSMCはプロセス技術で世界最先端を走る企業であり、ファウンドリーとしてナンバーワンの地位を確立してきた会社です。顧客対応にも定評があり、大学など教育機関との連携も進んでいるようで、TSMCの名が入った論文を多く見かけるのもその一例です。

サムスンは、もともとメモリ開発で成長してきた企業であり、ファウンドリービジネスにおいてはTSMCに次ぐポジションにあると考えています。私が聞いた話では、サムスンは提供可能なIP（設計資産）の種類が非常に豊富であり、ファウンドリーとして顧客に多様なIPを提供できる点が強みになっているようです。

インテルについては、先ほど申し上げた通り、IDM 2.0の戦略に失敗し、大きな赤字を計上しました。CEOも退任したという状況のなかで、現在の明確な強みを挙げるのは難しいのが現実です。
(現在は新CEOが着任済)

—先端プロセス（2nm以下）の開発競争が激化していますが、インテルが発表しているPowerViaやRibbonFETといった技術は、競争優位性を発揮できるものなのでしょうか。

確かに、従来のFinFETベースのCMOS技術は限界に達しつつあり、CMOSの延命を目的として、GAA（Gate-All-Around）やRibbonFET、最近ではCFET（Complementary FET）といった新技術が登場しています。また、PowerViaのような、基板裏面から電力供給を行う構造も注目されています。

これらは、新規研究開発という観点では非常に魅力的かつ有望な技術だと思います。ただし、こうしたプロセス技術を実際に製品に実装し、量産レベルまで仕上げていくには、依然として高いハードルがあるとも感じています。

—日本ではラピダスが中心となり、2nmプロセスの最先端開発を進めていますが、現実的に世界と競争できるだけの競争力を持つことは可能でしょうか？TSMCやインテルと比較した際の課題についてもお聞かせください。

基本的に、日本が独自にプロセス技術を開発するのは非常に難しいと思います。ラピダスの技術開発パートナーはIBMですが、IBMはすでにプロセス開発の最前線からは退いている企業です。そうしたIBMと組んで、果たして最先端プロセスを本当に構築できるのか、正直なところ疑問に感じています。

さらに、日本の半導体業界では「20年の空洞化」とも言われる時代を経てきました。その影響で、かつて最前線で開発に取り組んでいたベテラン層と、今の若手エンジニアの間に世代的な空白があり、いわゆる中堅層の人財が不足しているとも聞いています。

そうしたなかで、ラピダスが中堅クラスのエンジニアをどう集め、どれだけ実行力のあるチームを構築できるかが鍵となります。TSMCやサムスンにキャッチアップするのは現時点ではかなり厳しいのではないかと感じています。

—ラピダスのパートナーとしてIBMやベルギーの研究機関imecとの連携も報じられています。それについてはどのようにお考えですか。

imecはご存知の通り、ベルギーの研究機関で、先端の要素技術を提供する立場にある機関です。要素技術を教えてもらえること自体は意義があると思います。ただし、開発した要素技術を量産技術へと展開し、実際に製品として成立させるには、最終的に自力で進めなければなりません。

つまり、imecから要素技術を得ることは良いアプローチですが、それを商用製品として立ち上げるための道筋はラピダス自身が切り開かなければならず、そこには依然として大きなハードルがあると考えています。



■ メモリ業界のプレイヤーは変わらない

—DRAMやNAND市場では、サムスン、SKハイニックス、マイクロニンが強い立場にあります。インテルのOptane事業の終了なども含め、メモリ業界の競争環境についてはどのように評価されていますか？

コンピューターサイエンスの世界では、SRAMはキャッシュ、DRAMはメインメモリー、フラッシュメモリーはストレージという、いわば「スリーキング（3人の王様）」の構図が確立されています。この構造は、当面の間は変わらないと考えています。

この3種類のメモリを提供している企業は、それぞれの分野で引き続き安定したビジネスを維持していくでしょう。今後注目すべきは、こうしたメモリ階層のなかにどのような新しい技術やアイデアが入り込んでくるかという点です。ただし、既存のSRAM、DRAM、フラッシュメモリーを根本的に置き換えるような革新的なデバイスが登場するかといえば、それは簡単ではないと見えています。

—ということは、しばらくの間はプレイヤーの顔ぶれも大きくは変わらないということでしょうか。

はい、基本的にはそうなると思います。ただし、ビジネスの枠組みとしては変化が起こり得ます。たとえば、旧・東芝の半導体部門がキオクシアになり、そこにウエスタンデジタルや投資ファンドが関与するなど、資本構成やパートナーシップの面では今後も変化していく可能性があります。

—HBM（ハイバンド幅メモリ）の需要が急増しています。これにより市場の構造にも変化が出てくるのでしょうか。

近年のAIブームにより、NVIDIAがHBMを積極的に採用することを表明したことで、HBMの需要は一気に高まりました。HBMは、DRAMを垂直に積層した構造であるため、製造コストが高いとい

う難点がありますが、NVIDIAのように性能を重視する企業にとっては、価格よりも帯域幅や処理能力の方を重視しています。今後も、HBMの市場は拡大していくと見ています。

一方で、HBMをさらに大容量化するためには、DRAMの積層数を増やす必要があります。そして、高速化の推進のため、発熱の問題が避けられなくなります。処理を高速化すればするほど熱が発生し、放熱設計が追いつかなくなるリスクがあります。また、積層数を増やすことには物理的な限界もあり、一定の制約条件のなかでの技術開発が求められています。

—近年では、CPUやNPUの上にHBMを搭載するチップセット構造が主流になりつつあります。HBMを開発する企業と、Appleやクアルコムのような設計企業との関係性はどのように変化していくのでしょうか。

現状では、Appleやクアルコムといったモバイル向けCPUやMPUを手がける企業は、HBMを採用していません。HBMは基本的にデータセンター向けなどのハイエンド用途に使われており、AIコンピューティングのような大量データ処理に最適化された領域で活用されています。私の理解では、HBMはあくまでそのような高性能コンピューティング分野に特化したメモリです。

なぜなら、HBMは非常に高価なのです。従来のDRAMは「\$/bit (ビット単価)」でコスト評価されますが、HBMは「\$/bandwidth (帯域単価)」という異なる指標で評価されます。つまり、バンド幅が広くなればなるほど価格が高くなるため、民生機器などの採用は難しいのが実情です。

ちなみに、インテルでもHBMの導入は初期に検討されていましたが、当時は依然として\$/bitのコスト評価が重視されていたため、HBMの採用を躊躇している間に、NVIDIAが先行して導入を進め、市場で優位に立つことになりました。



■日本のメモリ業界の現状

—日本のメモリ業界では、旧・東芝半導体のキオクシアや、マイクロン広島などが存在しますが、現状についてどのようにお考えですか？

マイクロン広島については、あくまで製造拠点であり、設計や開発の主体はマイクロン本社にあります。従って、マイクロン本体が健全に運営されている限り、広島工場も安定して稼働を続けられるだろうと思います。

一方でキオクシアは、近年上場を果たしたこと自体は前向きな出来事ですが、ウエスタンデジタルとの提携関係には、政治的な問題を含んだ不透明さがあるように感じます。フラッシュメモリの老舗としての技術的蓄積は十分にありますが、経営が安定しなければ競争力を維持するのは難しいでしょう。

現在のフラッシュメモリ業界では、サムスン、SKハイニックス、ウエスタンデジタルの3社が優位に立っています。そうしたなかで、キオクシアが彼らに肩を並べるには、もう一段の競争力強化が求められるというのが現状の認識です。

—DRAMについては、かつて日本企業が世界市場を席巻していました時期もありました。この分野で日本が再び競争力を持つ可能性については、どうお考えですか？

正直なところ、現状では再び競争力を取り戻すのは難しいと思っています。というのも、コンピュータのメモリ階層においては、SRAMがキャッシュ、DRAMがメインメモリ、NANDフラッシュがストレージという「スリーリング（三強）」構造が確立しており、それを根本的に覆すような新しいアイデアや技術が、今のところ見当たりません。

SRAMに関してはプロセステクノロジーが鍵を握り、DRAMは微細加工技術の高度さが求められるため、現状ではサムスン、SKハイニックス、マイクロンの3社だけが開発・生産の主導権を握っています。フラッシュメモリにおいても競争は激化していますが、現在は3D NANDの積層数競争が主戦場になっており、これもサムスン、SKハイニックス、ウエスタンデジタルがリードしています。

このような市場環境では、日本発の新技術や新コンセプトで勝負することは容易ではなく、製品化してグローバル市場で競争力を持たせるというのは、現実的には厳しい状況だと見ています。

■次世代メモリのひとつ、MRAMの未来

—現在、東北大学ではMRAMの研究に取り組まれているどうかがっています。MRAMが現在抱えている課題、そして今後の展開や展望について教えてください。

MRAMには、MTJ（磁気トンネル接合）素子という基本素子が使われています。これは非常に微細な素子で、このMTJに電流を流してスイッチングを行います。ただし、スイッチングを行うにはある程度大きな電流が必要であり、その電流を流せるトランジスタの設計や微細化が課題となっています。

いくらMTJ素子が微細でも、トランジスタが大きければセル全体としての微細化は実現できません。現在、セルを反転（フリップ）させるには、およそ100μAの電流が必要とされています。この電流値に対応するトランジスタのサイズは自然と大きくなるため、微細化との両立が難しくなります。

また、不揮発性を高めるとスイッチングが難しくなり、逆にスイッチングしやすくするには不揮発性が犠牲になるというトレードオフも存在します。これらの技術的なジレンマをどう解消するか、最適なバランスをどこに見出すかという点は、今も研究が続けられているところです。

—MRAMが、今後ストレージ市場や組み込み分野において、どのような役割を果たす可能性があるとお考えですか？

フラッシュメモリやReRAM、PCMといった次世代メモリ※1は、いずれも比較的高い電圧を必要とします。一方、MRAMは現在、一般的なロジックCMOSと同じ1V前後の電源電圧でも動作可能です。これは、組み込み用途において非常に大きな利点です。従て、組み込み分野においては、MRAMはフラッシュやReRAMよりも適していると考えています。

現在、TSMCやサムスン、そしてアメリカのEverspinなどもMRAMの開発に取り組んでいますが、今のところは限定的かつニッチな用途での採用に留まっています。

—ReRAM、FeRAM、PCMといった他の次世代メモリ技術と比較した場合、MRAMの強みと課題はどのような点にあるのでしょうか？

高電圧を必要とするReRAMやPCRAMは、それだけ消費電力も大きくなります。また、それに耐える高電圧対応のCMOSプロセスが必要です。しかし現在のロジックチップは微細化が進み、それに伴い電源電圧も下がっています。そのため、高電圧対応が求められるメモリとの親和性が低くなっています。

一方、MRAMはロジックと同じ電圧で動作し、同一チップ上にロジック回路とメモリを集積する組み込み用途に適しており、プロセス互換性という点で大きなメリットがあります。また、MTJ素子の膜構成を変更することで、不揮発性の強度を調整することも可能です。同じ回路設計であっても、レシピ次第で高い不揮発性を持つメモリとしても、高速動作を重視した用途にも応用可能です。こうした柔軟性もMRAMの利点の一つだと考えています。

—NVIDIAやAMDが進めるチップレット設計の潮流のなかで、MRAMは適応可能な技術となり得るのでしょうか？

基本的にはMRAMもチップレット設計に適応可能です。ただし、CPUの近傍に配置されるメモリには、高速性、広帯域（ハイバンド幅）、低レイテンシーといった厳しい要求があります。そうした性能面では、現時点ではSRAMのほうが優位です。

MRAMはピュアCMOSに比べてマグネティックレイヤーを積層するため、コストが高くなるという課題もあります。性能とコストのトレードオフをどう捉えるかが、ビジネス上の判断となるでしょう。

MRAMの大きな強みは、同等の性能で低消費電力であり、かつ不揮発性である点です。スタンバイ時にもデータを保持できるため、待機電力の削減に寄与します。しかし、常時アクセスされるようなハイエンドコンピューティング用途では、スタンバイの恩恵が小さくなり、MRAMの特長が生かしにくい面もあります。

結局のところ、MRAMがどのようなアプリケーションで最適なのかを見極めることが、今後の鍵になると考えています。



■ 意思決定の早い、先見性あるトップが必要

—日本の半導体産業では、製造装置や材料技術の分野では引き続き世界トップレベルの競争力を維持していますが、ファブレスやファウンドリーの分野では大きく後れを取っています。このギャップを埋めるには、どのような取り組みが必要だとお考えですか？

難しい質問ですね（笑）。おっしゃるとおり、日本の製造装置や材料関連の企業は、今でも世界的に高いプレゼンスを保っています。実際、アメリカにいても東京エレクトロンやSCREENといった企業名はよく耳にしますし、薬品や材料分野でも東京応化工業などの名前は広く知られています。

一方で、日本の半導体メーカー自体は、残念ながら勢いを失っているという印象を持っています。

※1: 「次世代大容量不揮発性メモリ」ともいわれ、不揮発性（電源を切っても記憶したデータが消えない性質）を備えながら、DRAMよりも記憶容量が大きく、NANDフラッシュよりも書き換えが速いメモリ。実現技術として有力視されてきたのは3種類の技術。相変化メモリ(PCM)と抵抗変化メモリ(ReRAM)、磁気抵抗メモリ(MRAM)である。

その要因のひとつとして、企業のトップ層の意思決定の遅さが挙げられると思います。人財や設備に対して大胆に資源を投じる判断が、どうしても遅れがちです。日本の半導体メーカーは財閥系をはじめとする大企業グループに属しているところが多く、古い企業体质の影響もあって、意思決定に時間がかかる構造になってしまっているのではないでしょうか。

このような状況を打破するには、やはり先見性のあるトップ人財を迎える、ビジネス判断をスピーディに下せる体制を整える必要があります。現在の半導体ビジネスは、変化が極めて速く、失敗を恐れずに迅速に決断しなければ、グローバル競争に取り残されてしまいます。

—経済安全保障の観点から、日本政府は半導体産業への支援を加速しています。こうした状況を踏まえて、日本の半導体産業の復活の可能性について、どのように見ていらっしゃいますか？

個人的には、日本の半導体産業が「復活」するのはかなり厳しいと考えています。日本が世界に後れを取り始めてから、すでに20年以上が経過していますし、その間に他国との格差はさらに広がっています。今からキャッチアップするのは、正直言って現実的ではないと思っています。

ただし、「半導体全体のビジネス」という観点で考えると、製造から製品開発まで垂直統合型で行うIDM型の企業だけでなく、ブロードコムやクアルコム、Appleのように、設計に特化して製造はファウンドリーに委託する“ファブレス”モデルで成功している企業も多く存在します。

こうしたファブレス型のビジネス、特にIP（設計資産）やアーキテクチャの提案力において、日本にもまだチャンスがあると思います。製造自体はTSMCやサムスン、インテルといった大手ファウンドリーに任せるとても、独自の設計や用途に応じた優れたIPを持つことができれば、十分に世界と戦う余地はあります。

むしろ、日本の企業はこれから、設計やアーキテクチャといった上流工程に注力し、ソフトウェア的な発想を含めた新しい価値を生み出していく方向に転換すべきではないでしょうか。



■ユーザーが使いやすいファウンドリーとは

—TSMCが熊本に進出し、工場を建設しています。そのほかにも、北海道ではラピダスが工場を建設中であり、アメリカではCHIPS Actによる支援が進められています。こうした日欧米の半導体産業連携の動きについて、どのように評価されていますか？

TSMCの熊本工場については、建設費用の半分を日本政府が支援し、さらに4分の1を提携企業（製品を使う企業など）が負担し、TSMC自体は4分の1だけ出資していると聞いています。そのため、このプロジェクトは日本の半導体産業の強化というよりも、日本の製造業全体に対して、安定した半導体チップの供給を可能にするという意味で、大きなメリットがあると考えています。

加えて、現地での雇用が生まれ、半導体エンジニアの育成・確保にもつながっている点は、良い効果だと感じています。

ラピダスに関しては、私の手元にある情報は限られていますが、北海道・千歳に工場が建設されていると聞いています。製造プロセス技術の立ち上げが進行しているかとは思いますが、やはりその「先」が重要です。つまり、製造技術を軌道に乗せた上で、それをどう量産に生かし、設計・顧客対応・IPなどの面で事業を展開できるかが問われるでしょう。どれだけ有能なエンジニアを日本国内で確保し、育てられるかが、成功のカギを握ると思います。

アメリカのCHIPS Actについては、政権交代による影響が大きいため、先行きは不透明です。バイデン政権下では積極的な資金投入が行われましたが、特朗普氏の再登場により政策の方向性が変わる可能性があります。たとえば、台湾企業に依存したくないという主張があると聞いており、政策変更の可能性も否定できません。いずれにせよ、米国の政策動向に大きく左右されるため、現時点での明確な判断を下すのは難しい状況です。

—ラピダスのような企業が高性能なハードウェアを開発することは、確かに重要だと思いますが、同時にユーザーにとって「使いやすい」ことも求められます。ユーザー視点で見た場合、理想的なファウンドリーとはどのようなものでしょうか？

ひとつには、豊富なIP（知的財産回路）を取り揃えていることです。たとえば、顧客が「このような回路が欲しい」と思ったときに、「すでに準備できていますので、すぐにご利用いただけます」と対応できる状態が理想です。

また、トラブルや疑問があったときに、迅速かつ的確にサポートしてくれるカスタマーサポートの体制も重要です。ファウンドリーは顧客との信頼関係が非常に重要なビジネスですので、「技術的なサポート体制が整っていること」は競争力の源になります。

さらにもう一つ、複数のEDA（Electronic Design Automation）ツールベンダーに対応していることも欠かせません。多くの設計者が、慣れ親しんだEDAツールを長年使い続けています。それがファウンドリーの都合で別のツールへの乗り換えを強いられるとなると、大きなハードルになります。複数のEDAツールへの柔軟な対応力は、ユーザーにとって「使いやすさ」を大きく左右する要素のひとつです。

しかしながら、こうした包括的なサポート体制まで含めたビジネスモデルが、現時点でしっかり構築できているかというと、まだまだこれからだと感じています。

■韓国企業のビジネスに見習うべきところ

—インテル、TSMC、サムスンといった大手企業が進めている3D ICやチップレット技術の分野において、日本企業が強みを発揮できるポイントはどこにあるとお考えですか？

確かに3D IC化やチップレット技術は今後さらに発展していくでしょう。しかし、そのなかで日本企業が直接的に優位性を発揮できる分野は限定的だと見ています。具体的には、材料やパッケージングといった領域です。たとえば、3D ICの材料やチップレット実装時のパッケージ材料など、日本企業が長年培ってきた技術が生きる場面はあると思います。

特に、金属配線や放熱機構といったパッケージングの要素技術において、優れた加工技術を持つ企業は日本に存在しています。こうした“周辺技術”で強みを発揮するというのが現実的なシナリオではないでしょうか。

—日本の半導体産業が今後、国際競争力を維持・強化していくために、最も重要な要素は何でしょうか？

今の時代、ビジネスの意思決定のスピードはますます早くなっています。成功するかどうかはやってみないと分からぬ面もありますが、それでも先見性のあるトップがいて、迅速な意思決定で事業を推進するという「アメリカ型」の経営スタイルが、今の日本に必要だと思っています。

私は長年アメリカの企業で働いてきましたが、そこで実感したのは、アメリカ企業は優秀なエンジニアを採用し、エンジニアリングに集中できる環境を整えることに非常に注力しているという点です。逆に言えば、それ以外の仕事——たとえば、総務的な業務や雑務といったものは、徹底して省く。日本企業によくある「清掃委員会」など、エンジニアリングとは直接関係のない仕事は、本来なら

業務から切り離すべきです。

もう一つ重要なのは、アメリカのビジネススタイルを理解しているトップ人財を、外部から積極的に登用することです。これまでのような、日本特有の年功序列型・合議制の意思決定では、変化の激しい世界市場で勝ち残るのは難しいと思います。トップダウンで戦略的に事業を進めていける体制に変える必要があります。そして、もしトップの政策が失敗に終わったら、トップを変えさせる（退陣させる）事が出来る会社の体制作りも必要ではないでしょうか。昨年末、インテルがそうしたように。

—韓国企業の台頭も象徴的ですよね。

そうですね。韓国は、かつては日本を徹底的に勉強して模倣していました。日本の半導体産業がDRAMで世界を席巻していた時代、韓国は週末ごとに日本のエンジニアを呼び、技術指導を受けていたという話もあります。また、サムスンやヒュンダイの幹部クラスが、日本企業を訪問し技術を吸収していた時代もありました。

こうした努力の結果、韓国はDRAMの分野で日本を追い越すことに成功しました。そして今、韓国は「次の手本」としてアメリカを見ています。たとえば、韓国の大学はかつて日本と同様に4月入学でしたが、今ではアメリカと同じ9月入学にシフトしています。大学教授に付与される休暇も、サバティカルと呼ばれるアメリカ型の制度を取り入れています。

つまり、韓国から見ると「日本から学ぶことはもう終わった」という段階に来ているということです。

—そう考えると、日本の政策の方向性には少し懸念も感じます。

まさにその通りです。現在、日本ではラピダスのような取り組みを通じて、最先端のプロセス技術に再挑戦しようとしています。しかし、IBMのようにすでに製造から撤退した企業をパートナーに据えて、そこからキャッチアップできるのかというと、正直疑問が残ります。

今から巨額の資金を投じて新たなファブを作るよりも、その資金を魅力的なIP開発や、ファブレスの設計力強化に振り向ける方が現実的ではないかというのが、私の個人的な見解です。

もちろん政策としての方向性を変えることは簡単ではありませんが、日本が再び半導体産業でプレゼンスを持つためには、失敗した理由を良く熟考し、反省して、これまでとは違う「戦い方」をする覚悟が必要だと思います。

「空白の20年」を超えていくために、なにを問うべきか

今回のインタビューは、東北大学 国際集積エレクトロニクス研究開発センターの富嶋茂樹教授に、日本の半導体産業の過去・現在・未来について多角的に語っていただいた。インタビューを通じて印象的だったのは、その冷静かつ現実的な視点と、的確な問題意識である。

かつてDRAMやNANDで世界市場を席巻していた日本は、今や主役の座を韓国、台湾、米国などに譲り、20年以上にわたり凋落を続けてきた。インテルをはじめ、かつてのリーダー企業でさえ、ファブレスとファウンドリーによる新たな産業構造に適応できず、後退を余儀なくされている。一方で、NVIDIAやクアルコムといったファブレスの成長企業が台頭し、グローバルな産業構造の変化は決定的なものとなつた。

富嶋教授が指摘したのは、日本がこの構造変化に真剣に向き合はず、「自前主義」や「垂直統合」モデルに固執してきたことのツケである。技術は優れても、それをビジネスとして成立させるにはスピード感ある意思決定と、グローバルなエコシステムへの柔軟な参加が不可欠だ。韓国が日本を学び、さらに米国の制度や市場戦略を取り入れて成長していったように、日本も“変化を受け入れる力”が問われている。

とりわけ印象的だったのは、「製造装置や材料は今でも世界トップレベルだが、それだけでは勝てない」という言葉だ。裏を返せば、日本には依然として世界と戦える技術的資産が残っている。ただ、それをどうビジネスとして展開し、産業として育していくのか。そこには設計IPの活用、EDAベンダーとの連携、豊富なIPライブラリの整備といった、エンジニアリングだけではない広範な課題が横たわっている。

ラピダスをはじめとする国内の再興プロジェクトについても、教授は過度な期待を戒めつつ、量産までのハードルの高さと、製造技術を超えた顧客対応やEDA対応といったファウンドリーの本質的な価値に言及した。工場を建てるだけでは、競争には勝てない。むしろ、トップダウンで意思決定できるリーダーシップ、エンジニアが本来の仕事に集中できる環境、海外のビジネスモデルを学ぶ姿勢といった、組織文化や経営の在り方こそが問われている。

また、次世代メモリーとしてのMRAMの可能性にも触れていただいた。MRAMはロジックCMOSと親和性が高く、組み込み用途での活用が期待されるが、高速・高バンド幅が求められる用途ではSRAMに軍配が上がる。つまり、「万能なメモリー」など存在せず、アプリケーションに応じた最適な選択が求められる時代に突入しているということである。これは、ハードウェア偏重の発想から脱却し、「使いやすさ」「適用性」といったソフトウェア的な観点を取り入れる重要性をも示唆している。

今回のインタビューは、単なる産業論にとどまらず、日本の組織文化、意思決定のスピード、人財育成、そしてグローバル競争の本質にまで話が及んだ。富嶋教授の言葉には、過去を知り、現場を知り、そして未来を見据える実践的な知見が詰まっていた。日本の半導体産業が再び国際舞台で輝くためには、こうした知見を一つひとつ現場に落とし込み、変革を進めていく以外に道はない。空白の20年を取り戻せるかどうかは、まさに今、われわれがなにを学び、どう動くかにかかっている。



吉岡 真一

ルネサスエレクトロニクス(株) Co-CTO

日本の半導体産業は生き残れるか？ AI・EV時代にルネサスが仕掛ける成長戦略

1986年4月 株式会社日立製作所 入社

2004年10月 株式会社ルネサス テクノロジ システムソリューション統括本部 システムソリューション第二事業部 モバイルSoC第一部長

2009年10月 同社 システムソリューション統括本部 システムソリューション第二事業部長

2010年4月 ルネサス エレクトロニクス株式会社 SoC第二事業本部 モバイルマルチメディア事業部長

2010年12月 ルネサス モバイル株式会社 取締役副社長

2013年12月 ルネサス エレクトロニクス株式会社 第一ソリューション事業本部 車載制御システム事業部長

2014年8月 同社 第一ソリューション事業本部 副事業本部長 兼 車載制御システム事業部長

2016年4月 同社 第一ソリューション事業本部 副事業本部長 兼 セーフティ・ソリューション事業部長

2017年7月 同社 執行役員 兼 オートモーティブソリューション事業本部 副本部長

2018年7月 同社 執行役員 兼 オートモーティブソリューション事業本部 CTO

2019年8月 同社 執行役員 兼 CTO

2025年1月 同社 Co-CTO

かつて日本が世界を牽引していた半導体産業。しかし、近年は海外メーカーの躍進に押され、厳しい状況が続いている。そんななか、ルネサス エレクトロニクスは2030年までに時価総額を6倍にするという大胆な目標を掲げている。日本の半導体メーカーとして、どのような成長戦略とビジョンを描いているのか。また、日本の半導体産業復興の鍵はどこにあるのか。ルネサス エレクトロニクス株式会社 Co-CTO（最高技術責任者）吉岡真一氏に話をうかがった。

■「時価総額6倍」実現に向けた3つの方策

ルネサスは、2030年に時価総額を6倍にするという目標を掲げています。この達成に向けた戦略と事業ビジョンについてお聞かせください。

時価総額6倍というのは、全社的なアスピレーション（大望）として掲げており、現在もその目標は変わっていません。しかし、これは決して簡単に達成できるものではありません。そのため、3つの方策を掛け合わせることで実現を目指しています。

1つ目は、売上や収益の倍増です。これは事業規模の拡大とともに、新たな市場でのシェア獲得を進めることで達成を目指します。2つ目は、企業としての評価を向上させることです。過去、当社は経営危機に直面した時期があり、その影響で市場からの評価が低くなっていました。その評価を改善するためにも、具体的な業績と成果を積み上げることを重視しています。3つ目は、ビジネスモデルの変革です。これまでのような「半導体チップの売り切り・買い切り」というデバイスセントリックなビジネスモデルから、継続的な収益を生み出せるソリューションビジネスへとシフトしています。



自動車

信頼性の高い車載制御
安全で安心な自動運転
環境にやさしい電気自動車



産業

無駄がなく、フレキシブルで
スマートなインダストリ



インフラ

安全と豊かさをもたらす
堅牢なインフラ



IoT

IoTを活用した
安心・健康的で快適な
ライフスタイル

ルネサスのソリューション展開

出典：ルネサス エレクトロニクス

—現在、注力している分野の次なる成長軸として、どのような領域を想定していますか？

基本的に、現在の注力分野から大きく外れることはできません。ただし、産業分野は非常に幅広く、今後の成長が期待される特定領域があります。

たとえば、急速に進化するAI技術に伴い、ロボティクス分野が大きく成長すると考えています。また、世界的な高齢化の進行により、メディカル分野での半導体活用も増加するでしょう。

さらに、インドをはじめとした新興国の近代化が進むなかで、最初に整備が求められるのが電力インフラです。このため、新興国の電力インフラへの投資拡大が予想されます。また、カーボンフリーに向けたエネルギーの効率的な活用も非常に重要な分野になります。

これまで主に送配電システムや自動車の電動化に注力してきましたが、今後はデータセンターなどのインフラ系の電力事業が成長分野と見ています。

これらの取り組みは、戦略を発表してから約2年半が経過していますが、順調に進んでいると認識しています。

■ルネサスの強みは組み込み制御の技術にあり

—御社では、産業・IoT・インフラ事業と自動車事業を分けた戦略を展開していますが、その背景と狙いについて教えてください。

当社は産業、IoT、インフラ、そして自動車の4つの領域をビジネスターゲットとしています。しかし、以前はこれに加えてゲームや携帯電話関連の事業も手掛けていました。

そのようななかで、「本当にルネサスが強みを発揮できる分野はどこか」を再考し、組み込み制御技術に強みを持つことを踏まえて、社会インフラ分野に注力する方針を決めました。

社会インフラといつても、そのなかには自動車、産業、IoT、インフラといった分野が含まれます。これらはすべて信頼性・安全性・組み込み制御の高度な技術が求められる領域であり、当社の強みを発揮しやすい分野です。

—メディカル分野に関してですが、この領域は少量多品種のイメージが強く、御社のような半導体大企業が扱うのは難しいように感じます。どのようにアプローチをお考えでしょうか？

確かに、血圧計や血糖値測定機器といったメディカルデバイス単体では、半導体ビジネスとして大きな収益を上げるのは難しい分野です。しかし、そこで収集されるデータは膨大であり、このデータを活用できる可能性があります。

たとえば、収集されたデータを蓄積し、AIを活用した解析によって新たな価値を生むようなサービスプロバイダーと連携することで、新たなビジネスモデルを構築できるのではないかと考えています。

これまでメディカル分野では、「低消費電力で通信機能を搭載する」といったデバイス単体の技術がKBF（Key Buying Factor）として語られることが多かったですが、それらは私たちにとっては必要条件にすぎません。

重要なのは、メディカル分野で大きな展開を目指すサービスプロバイダーと連携し、どのような価値を提供できるかという点です。そのためには、デバイスをより多くのユーザーに使ってもらうための出口戦略まで考えなければならないと考えています。



■ ファブレスではなく「ファブライト」

一日本では、半導体技術の復権を目指し、大型投資が進められています。そんななか、御社は特にアプリケーションソリューションの提供に注力しています。この選択と将来的な展望について、どのようにお考えでしょうか。

ルネサスは、3つの半導体企業（NEC、日立製作所、三菱電機の半導体部門）を統合して生まれました。これらの企業はかつてDRAMの大量生産を行い、大規模な前工程の設備を各所に持っていました。その結果、日本企業の半導体競争力が向上しました。

しかし、半導体の前工程プロセス開発には莫大な投資が必要であり、それを各企業が単独で賄うのは難しくなりました。一方、台湾のファウンドリー企業は世界中の需要を集め、巨額の投資を回すビジネスモデルを構築し、競争力を高めました。韓国やアメリカの企業も同様にファウンドリー事業に巨額の投資を行っていますが、これは極めて高度な計算の上で成り立っています。

ルネサスは、「ファブレス（完全外注）」ではなく、「ファブライト（自社生産と外部委託の併用）」を掲げています。そのため、自社での製造は維持しつつ、最先端のプロセスノードについては外部のファウンドリーを活用するという方針を取っています。結果として、当社の強みを生かせるアプリケーションやソリューションの分野に資源を集中投下する戦略を採っています。

■ 海外半導体メーカーの日本進出は歓迎すべきこと

一台湾のTSMCが熊本に工場を建設し、大きな話題となりました。しかし、TSMCにおける日本のクライアント比率はわずか4~5%程度とも言われており、日本に工場を作る意義に疑問を持つ声もあります。TSMCの日本進出について、どのようにお考えですか？

ルネサスとしては、TSMCが熊本に工場を建設したことを非常に歓迎しています。台湾は地震が多く、また地政学的リスクも抱えています。そうしたなかで、台湾国内だけでなく、日本（九州）にも生産拠点を持つことは、サプライチェーンの強靭化という点で非常に大きな意味を持ちます。

実際、TSMCの九州工場ではマイコン（MCU）の生産も予定されています。これにより、当社の供給網の強化にもつながると考えています。

また、北海道でも新たな半導体関連プロジェクトが進行中ですが、私たちとしては、特定の企業に製造プロセスが独占されることは好ましくないと考えています。台湾のTSMCだけでなく、他の企業も選択肢として増えることは、業界全体の競争力向上につながります。

TSMCが日本に進出した理由の一つとして、台湾は電力や水資源に限りがあることが挙げられます。そのため、彼らは日本だけでなく、アメリカやヨーロッパにも工場を建設し、資源の豊富な場所で生産を行おうとしています。これは、進出先の国々にとってもWin-Winの関係を築く好機だと思います。

一前工程の拡充がトレンドとなるなか、御社が強みを発揮すべき分野や技術はどのようなものでしょうか。

TSMCをはじめとするファウンドリー企業は、主にハイパフォーマンスコンピューティング（HPC）やモバイル向けの先端ノードを開発しています。ただし、それらの技術はその後、自動車や高信頼性が求められる分野へ応用される流れになります。

ルネサスは、こうした先端ノードを車載向けに活用する際の品質管理や温度・電圧の要件設定などを、ファウンドリーと共同で開発しています。つまり、私たちは単に製造を委託するのではなく、プロセスの適用分野を広げるためのノウハウ提供を行っています。

また、自社製造を通じて培った高信頼性の品質管理技術を生かし、特にパワー半導体の分野では、自社製造能力を強化しています。たとえば、山梨県甲府工場では新たな投資を行い、パワー半導体の生産能力を拡張しています。さらに、GaN（窒化ガリウム）などの次世代パワー半導体に関しては、海外企業を買収し技術評価を進めるなど、自社製造の継続に必要な技術基盤を確保しています。

一パワー半導体市場では、ドイツのインフィニオン・テクノロジーズが寡占状態になりつつあります。日本政府からは、各社が個別に活動するのではなく連携して競争力を高めるべきという意見も出ています。この点について、どのようにお考えですか？

確かに、日本の半導体企業は個別で見ると規模が小さいですが、全体を合わせると世界市場で約20%のシェアを持っています。

そのため、政府からの連携促進の働きかけがあることは理解しています。

一方で、政府の支援に依存することはリスクも伴います。過度に支援を当てにすると、企業としての競争力が鈍る可能性があります。そのため、自立した技術開発を続けつつ、競争力向上のため支援を活用するというバランスが重要だと考えています。

各企業が独自に強みを発揮する分野と、協働した方が効率的な分野を見極めながら、適切な戦略を取っていくことが求められます。私たちとしては、今後も自社の技術基盤を強化しつつ、業界全体の競争力向上に寄与する形で連携を進めていく方針です。

■ サステナビリティへの取り組みで高評価

一御社は、低消費電力・省電力の製品やソリューションを通じて、持続可能な社会の実現を目指していると標榜しています。具体的な成果や今後の開発計画についてお聞かせください。

たとえば自動車分野では、半導体の搭載数が増え、性能も向上する一方で、消費電力の増加が課題となっています。特に電気自動車（EV）の航続距離は、バッテリー性能に大きく左右されるため、低消費電力技術の開発が極めて重要です。

ルネサスでは、マイコン（MCU）やSoCだけでなく、パワー半導体やアナログ半導体を含めた省電力化に取り組んでいます。具体的には、最適なプロセスノードの選択や、ハードウェアだけでなく自動車全体のパワーマネジメントを支援するソリューションの提供を進めています。

また、AIデータセンター向けの投資も行っています。データセンターは膨大な電力を消費するため、電力効率の最適化が不可欠です。当社では、電力供給プラットフォーム向けのソリューションを開発し、データセンターの電力消費削減に貢献しています。

こうした取り組みが評価され、2024年度にはサステナビリティ評価機関から高評価を得ました。また、各種ESG（環境・社会・ガバナンス）投資インデックスにも組み込まれるなど、持続可能な社会への貢献が認められています。

■ より多くの人が簡単に半導体を扱えるように

一御社では、「ウイニング・コンビネーション」や「バーチャル・プラットフォーム」といった取り組みが注目されています。これらの拡張や新たな方向性について教えてください。

近年、半導体のプロセス技術は急速に微細化し、製品の規模と複雑さが増しています。一方で、顧客のシステムも高度化し、制御が難しくなるとともに、開発すべきソフトウェアの規模も拡大しています。このため、従来の手法では開発の効率が追いつかなくなり

つつあるのが現状です。

さらに、半導体を活用する企業は先進国だけでなく、新興国にも拡大しています。こうした状況を踏まえ、より多くの企業が、より簡単に半導体を利用できる環境を整備することが、当社の成長戦略の鍵になると考えています。

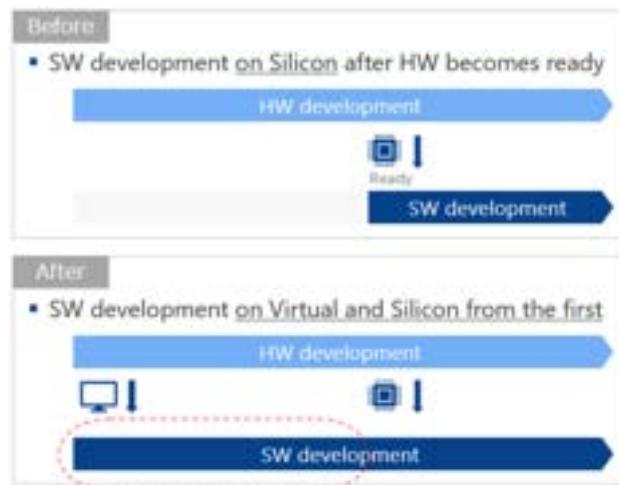
この課題に対する解決策の一つが「ウイニング・コンビネーション」です。これは、複数の半導体を最適に組み合わせたプロトタイプを事前に作成し、顧客に提供するという手法です。これにより、顧客は開発の初期段階でスムーズに実装を進めることができます。



ウイニング・コンビネーション 出典：ルネサス エレクトロニクス

もう一つの重要な取り組みが「バーチャル・プラットフォーム」です。従来は、半導体デバイスを物理的に入手し、プロトタイプを作成した後にソフトウェア開発を行うという流れでした。しかし、ソフトウェア開発の大規模化が進む現代において、この手法では市場投入（time to market）が大幅に遅れてしまいます。

そこで、ルネサスでは、仮想環境上で動作するモデルベースのプラットフォームを提供し、半導体のハードウェア開発と並行してソフトウェア開発を進められる仕組みを構築しました。このアプローチにより、物理的なデバイスが完成する前にソフトウェアの開発・検証を進めることができとなり、システム全体の開発期間を大幅に短縮できます。



バーチャル・プラットフォームによる効果イメージ

出典：ルネサス エレクトロニクス

—バーチャル・プラットフォームは、プロセスノードごとにかなり違つるものになるのでしょうか。

実際には、背後で動作するモデルやパラメーターはデバイスごとに異なりますが、顧客がその違いを意識しなくても済むような設計を目指しています。たとえば、電磁界特性、機械的強度、温度特性など、さまざまなアプローチでの検証を統合的に行える開発環境を構築しています。

このため、顧客は異なるシミュレーターやモデルを個別に扱う必要はなく、統一されたインターフェースからメニューを選択するだけで開発プロセスを進められるようになります。

こうした環境を実現するために、2024年にアルティウム（Altium）社を買収しました。アルティウムは、PCB（プリント基板）設計の自動化や仮想環境の提供に強みを持つ企業であり、その技術を活用することで、設計プロセス全体を仮想環境で完結できるプラットフォームを拡張しています。

—フレーナーからFinFET、GAAFETへと、デバイスの物理構造が根本的に変化しても、シームレスな設計環境を提供する方針でしょうか？

はい。デバイスの構造が変化しても、設計環境がシームレスであることが理想です。現在、各プロセス技術に対応したシミュレーション環境は存在しており、それらを組み合わせることで、デバイス構造の違いを吸収しながら設計を進めることができます。

たとえば、顧客が当社のマイコンを設計する際、デバイスレベルの挙動をすべてシミュレーションするわけではありません。代わりに、デバイスの線形密度や特性を抽象化したレベルのモデルを活用し、より高いレイヤーでの機能検証を行っています。

最終的には、目的に応じた抽象度を適切に設定し、シミュレーション環境を最適化することが重要です。物理レベルから抽象化された情報を活用し、各レイヤーでのシミュレーションを効率的に進めることで、開発の柔軟性と精度を両立させていきたいと考えています。

■自動車全体のシステムを最適化した 製品をお届けしたい

—EEアーキテクチャ、ADAS、EVなどが進化するなか、ルネサスが自動車領域で優位性を維持するために、どのような製品や技術を提供していく方針ですか？

自動車産業は現在、大きな変革期を迎えています。特に「ソフトウェアデファインドビークル（Software Defined Vehicle, SDV）」の潮流が強まっており、自動車の設計プロセスが従来のハードウェア中心からソフトウェア主導へと移行しています。この変化に対応するため、半導体メーカーとしても、新しい開発手法に適応する必要があります。

先ほどお話ししたような「バーチャル開発環境」の活用は、このSDVの開発手法と整合しています。ハードウェアとソフトウェアを並行開発できる環境を整備することで、自動車メーカー・サプライヤーが求める開発スピードと効率性に対応していきます。

また、自動車は単一の半導体で動作するわけではなく、さまざまなアクチュエーター・センサーの集合体です。各アクチュエーターが分散処理を行ながら、車両全体のシステムインテグリティを確保する必要があります。従って、車両全体のネットワークアーキテクチャの最適化が不可欠です。

ルネサスは、マイコン（MCU）、SoC（システムオンチップ）、パワー・デバイス、アナログ・デバイスなど、多様な半導体製品を提供しています。これらを統合し、自動車メーカーが効率的にシステムを構築できる開発環境を整備することで、「ルネサスの半導体を採用すれば、よりシンプルかつ高性能な車両が設計できる」状態を目指しています。



—QualcommやMediaTekのような企業が、プラットフォームを開発・供給する流れが強まっています。こうした企業が台頭することで、部品の決定権が彼らに移る可能性があります。この点について、ルネサスはどのような対策を講じていますか？

従来、自動車の部品の選定権は、車両のシステムを開発するティアワン（Tier 1）サプライヤーにありました。しかし、SDVの台頭により、自動車メーカー自らがデバイスを選定する動きが強まっています。

この流れを象徴するのがテスラです。テスラは、トップダウンのアプローチでSDVを開発し、デバイスの選定も自社で行う企業の代表格です。加えて、供給不足に直面した際には、互換品ではない半導体を迅速に採用し、ソフトウェアの変更を加えて問題なく生産を続けるという柔軟な対応を見せました。こうした対応が可能であれば、半導体の選定において、ティアワンに依存しない自動車メーカーが増えるのは自然な流れです。

そのため、現在ではワールドワイドの自動車メーカーも、Tier 1に依存せず、自社で半導体の選定を行う動きを強めています。実際、半導体に特化した部門を社内に設置したり、関連会社や子会社を通じて半導体の開発・選定を進めるメーカーも増えています。

一方で、自動車プラットフォームを提供する企業群（例：クアルコムやメディアテック）も、デバイスの選定権を握る傾向が強まっています。この流れは今後さらに加速すると見られ、ルネサスとしても無視できない状況になっています。

—こうしたデバイス選定権の変化や、プラットフォームの台頭に対し、ルネサスはどのように対応していきますか？

ルネサスの強みは、「自動車全体のシステムを最適化できる多様な製品ラインナップを持っていること」です。単なる個別の半導体提供にとどまらず、包括的なソリューションを提供することで、プラットフォーム企業との差別化を図ります。

具体的には、以下のような戦略を展開しています。

1. 車両全体の最適化に向けた統合設計

- ・MCU、SoC、パワーデバイス、アナログデバイスを組み合わせ、自動車メーカーがワンストップで開発しやすい環境を構築する。

- ・各デバイスが効率的に連携するネットワークアーキテクチャの提供。

2. ソフトウェア開発環境の強化

- ・バーチャル・プラットフォームを活用し、ハードウェアの物理開発が完了する前にソフトウェア開発を開始できる環境を提供する。

- ・自動車メーカーが求めるソフトウェア開発の自由度を確保し、プラットフォーム企業との競争力を維持。

3. セキュリティと安全性の強化

- ・コネクテッドカーの普及に伴い、高い堅牢性（ロバストネス）を持つ半導体の需要が増加。

- ・ルネサスの強みである車載用セキュリティ技術を前面に押し出し、差別化を図る。

こうした取り組みを通じて、単なるデバイスサプライヤーではなく、自動車メーカーとともにシステム全体を最適化するパートナーとしての地位を確立したいと考えています。

チを探っていますか？

従来通りの新卒定期採用は継続しつつ、それに加えてワールドワイドでの広範な人財採用を強化しています。特に、半導体業界では技術革新のスピードが速く、急激な需要増加にも迅速に対応しなければなりません。これに対応するため、個別の採用だけでなく、特定分野の技術者が必要な場合にはM&A（企業買収・統合）を活用し、リソースプールの拡充と質の向上を図るという戦略を取っています。

また、これまで以上に海外、たとえばインド工科大学（IIT）などの有力大学と連携し、優秀な卒業生を採用するためのインターンシッププログラムを実施するなど、新たな人財確保策も進めています。これにより、これまでとは異なるバックグラウンドを持つ人財の採用・育成を積極的に推進していきます。

—自動車分野以外にも、IoTやインフラ分野への進出が進んでいますが、専門的な知識を持つ人財の確保や育成に関して、どのような取り組みをされていますか？

技術の進歩が非常に速いため、大学で学んだ知識が、実際に企業で求められる技術と乖離してしまうことは避けられません。そのため、私たちは、半導体の物性や電気回路に詳しい人財だけでなく、システムアーキテクチャやソフトウェアに精通した人財の確保に力を入れています。

ルネサスはもともとハードウェア中心の企業であり、論理設計（ロジックデザイン）が得意なエンジニアは豊富にいます。しかし、その論理設計を生かして、システム全体のアーキテクチャを設計・開発できる人財は不足しています。これは、自動車、産業、インフラ、IoTといったすべての分野で共通の課題です。

そのため、ハードウェアだけでなく、ソフトウェアやシステムアーキテクチャを設計できる人財の採用・育成を強化し、将来的な技術開発の基盤を整えていきます。

■半導体メーカーの競争力向上が日本の半導体産業を盛り上げる

—日本の半導体産業の競争力向上のためには、産官学の連携が必須であると言われています。産官学連携において、ルネサスが果たすべき役割についてどうお考えですか？

これは非常に難しい課題ですね（笑）。結局のところ、各企業が独自に競争力を高めることが、日本の半導体産業全体の活性化につながると考えています。

たとえば、当社の技術を他社にライセンス提供することが、必ずしも日本の半導体産業全体の発展に直結するわけではありません。むしろ、各半導体企業がそれぞれの分野で強みを発揮し、競争力を高めることが最も重要だと考えています。



■上位レイヤーを得意とする人財をワールドワイドで確保

—日本の半導体産業は、長らく低迷していましたが、近年、巻き返しを図る動きが活発化しています。しかし、業界全体で「人財不足」が大きな課題となっています。ルネサスではどのようなアプロー

その一方で、共通基盤の構築は重要です。たとえば、チップレット技術の開発では、自動車メーカー、ティアワンサプライヤー、EDAツールベンダー、さらには同業他社とも連携しながら、業界全体で取り組むことが求められています。こうした業界横断的な協力が必要な分野では、ルネサスも積極的に貢献していきたいと考えています。

しかし、本質的には、日本の半導体企業が個々に強くなることが最も重要であり、そうすることで結果的に日本の半導体産業全体の競争力が向上すると考えています。

—日本の半導体産業では、前工程・後工程に多額の投資が行われています。一方で、御社が手掛けるアプリケーションやソフトウェア領域への政府投資はそれほど大きくないよう見受けられます。この点についてどのようにお考えですか？

政府関係者ともこの点についてお話を機会がありますが、政府も「単に半導体工場（ファブ）を作れば産業が活性化するわけではない」という認識を持っています。重要なのは、半導体がどの産業で活用され、どのような出口を持つかを明確にすることです。

半導体の発展には、適用される産業の成長が不可欠です。そのため、今後は、半導体を活用するアプリケーションやソリューション領域への投資が拡大していくと考えています。

たとえば、中国のEV（電気自動車）産業の成長を見ても、スタート地点は「半導体を作ること」ではなく、「国を挙げてEVを推進すること」でした。アメリカも、パソコン、ネットワーク、スマートフォンといった民間主導の産業が成長し、それに合わせて半導体産業が拡大してきました。その結果、NVIDIA、クアルコム、ブロードコムといった企業が誕生し、今やAIのリーダー企業として世界をリードしています。

日本においても、こうした「出口戦略を意識した成長のサイクルをどのように確立するか」が鍵となります。過去30～40年を振り返ると、かつて世界をリードしていた産業が衰退してしまった例も少なくありません。この課題を解決しない限り、日本の半導体産業の真的復興は難しいでしょう。

■ルネサスの半導体で生活をもっと楽に、もっと豊かに

—御社はインド市場での展開やAI関連製品の強化に注力していますが、これらの取り組みの具体的な成果と今後の目標について教えてください。

インド市場は、多くの完成品を輸入に依存しているものの、二輪車市場だけは国内生産が盛んで、年間約2000万台が生産されています。現在、二輪車の電動化が進む流れにあり、この分野に取り組む二輪車メーカーと強固なエンゲージメントを築くことで、インド市場での基盤を確立していきたいと考えています。

また、インドの四輪自動車市場では、マルチ・スズキがトップシェアを誇るため、ルネサスとしてもスズキとの連携を深め、インド市場でのプレゼンスを強化していきます。

ルネサスは、4つのコア技術の一つとしてAIを掲げています。ただし、AIといつても幅広い分野があり、ルネサスが提供する組み込み向け半導体では、NVIDIAのGPUのような高性能な処理環境だけでなく、低コストのマイコン（MCU）でも十分なAI機能を発揮する必要があります。

これを実現するため、2022年にReality AIを買収しました。Reality AIは、微小な信号のセンシングをもとに故障予知や環境認識を行うAI技術を持っており、組み込み向けの低コストかつ高性能なAIソリューションの開発を加速させています。今後、こうした技術を活用し、「アフォーダブルなAI」（手頃な価格で実装できるAI技術）の普及を目指します。

また、ルネサスのハイエンドSoC（システムオンチップ）に関しては、先日ホンダとの提携を発表しました。このように、ハイエンドAI向けの半導体開発を進める一方で、マイコン領域でのAI活用も強化し、幅広い市場に対応していきます。

—エッジAIの分野に注力されているのでしょうか？

はい。ただし、エッジAIは単にインファレンス（推論処理）を行うだけではなく、学習フェーズからのシステム開発が求められます。そのため、ルネサスでは、AIのフロントエンド（学習環境）の開発支援や、エンベデッドAI（組み込みAI）の最適化を行うためのコンパイラ開発など、トータルのソリューションを提供しています。

具体的には、フロントエンドで開発されたAIモデルを、組み込みデバイスに適用するための開発ツールを整備し、インファレンス性能を最大限に引き出せる環境を構築しています。こうした統合的なアプローチによって、より実用的なエッジAIの活用を推進していきます。



一スケールメリットを生かすためには、GAFAのような大企業との競争が避けられないのではないでしょうか？

どのバトルフィールド（競争領域）を選ぶかが重要です。産業や自動車分野には非常に多くのアプリケーションがありますが、そのなかでルネサスが最もスケールメリットを生かせる分野に集中することが重要です。

また、GAFAのような巨大企業と対立するのではなく、どのように協調していくかが鍵になります。ルネサスとしては、GAFAと競争するのではなく、共存しながら市場を拡大する戦略をとります。

—クローズドな環境とオープンな環境について、どのようにお考えですか？

究極的には、クローズド（閉鎖的）な環境とオープン（開放的）な環境のどちらが優れるのかという話になります。結論として、クローズドな環境は、オープンな環境には太刀打ちできないと考えています。なぜなら、多くの人が同時にさまざまな開発を行うことで、一社の投資努力では到底追いつけない規模のイノベーションが生まれるからです。

オープンイノベーションをうまく活用すれば、開発リソースや資金を効率的に活用でき、当社がすべての開発費を負担せざとも、世界中の開発者がルネサスの半導体上で自由にアプリケーションやシステムを構築できます。その結果、多くのビジネスが生まれ、ルネサスの技術が自然に市場へ広がる環境が形成されるわけです。そのためには、開発環境をユーチューフレンドリーにし、誰でも簡単に利用できる状態を整えることが不可欠です。

かつてLinuxが登場した際、「オープンソースのOSを誰が使うのか？」という疑問が多くの人から投げかけられました。しかし、現在では企業の基幹システム、金融システム、さらには東京証券取引所のシステムにもLinuxが採用されるほどに広まりました。自動車分野でも「Automotive Grade Linux (AGL)」が普及しています。このように、オープンイノベーションの力は最終的にはクローズドな環境を凌駕するのです。

ルネサスの半導体は、「製品としては優れているが、使いにくい」と言われることがあるのも事実です。膨大なハードウェアマニュアルを読み込まなければ使いこなせないので、開発者の負担が大きすぎます。理想は、開発者がハードウェアメーカーを意識せずに開発を進められる環境を整えることです。

現在、私たちはハードウェアのメカニズムやアーキテクチャを前面に出して提供していますが、今後はより上位のAPI（アプリケーションプログラミングインターフェース）や開発環境の整備に注力しなければなりません。開発者が直感的に使えるツールやプラットフォームを提供し、ルネサスの半導体が「勝手に使われる」状況を作ることが重要なことです。

一見、「ハードウェア・アグノスティック（特定のハードウェアに依存しない）」という考え方には、半導体メーカーにとって矛盾するように思えます。しかし、市場への広がりを優先するのであれば、製品の「ブランド」よりも、ユーザーにとっての使いやすさを追求する方が効果的です。一度広まりさえすれば、弾み車（フライホイール）のように、自然に市場で採用が拡大していきます。



■ルネサスが描く未来像 —「To Make Our Lives Easier」

一産業、IoT、インフラ、自動車などの領域において、ルネサスが描く未来像と、その実現に向けたメッセージをお願いします。

ルネサスは、「To Make Our Lives Easier（人々の暮らしを楽“ラク”にする）」というパーソン（企業理念）を掲げています。半導体技術を活用することで、これまで困難だったことを容易にし、人間の能力を拡張することが、私たちの使命です。

私たちが事業の中心とする産業、IoT、インフラ、自動車の4分野は、どれもこのパーソンを実現するために不可欠な領域です。ルネサスの半導体があれば、

- ・生活がより快適になる
- ・煩雑な作業が自動化される
- ・より安全で効率的な社会が実現する

こうした未来を形にすることが、ルネサスの存在意義だと考えています。

たとえば、自動車の電動化や自動運転技術が進展すれば、移動の利便性が向上し、事故のリスクが減少します。また、スマートインフラが整備されれば、都市のエネルギー消費が最適化され、持続可能な社会の実現につながるでしょう。

私たちは、半導体技術を通じて、人々の生活をより快適にし、社会全体に貢献できる企業であり続けたいと考えています。そのためには、クローズドな環境にこだわらず、オープンイノベーションを積極的に活用し、多くのパートナーや開発者と協力しながら、技術革新を進めることが重要です。

ルネサスの半導体は、単なる電子部品ではなく、社会全体のDX（デジタルトランスフォーメーション）を加速し、人々の生活をより豊かにするための鍵となるものです。そのため、これからも私たちは、より開かれた開発環境を提供し、誰もが簡単に使える半導体ソリューションを追求していきます。

ルネサスは長らくハードウェア中心の企業として成長してきたが、近年ではソフトウェアや開発環境の整備に力を入れ、よりオープンな開発エコシステムを構築しようとしている。この方針転換は、これまでのルネサスの強みである「高性能な半導体製品を開発する」という領域にとどまらず、「開発者にとって使いやすいプラットフォームを提供する」という新たな価値創造へとシフトしていることを示している。

半導体業界は、かつて「どのメーカーが最も高性能なチップを作るか」という競争が中心だった。しかし、今日では「どのメーカーの技術が最も広く使われ、どのエコシステムが最も強いか」が競争の鍵となっている。

・オープン化の波とルネサスの戦略

ルネサスの半導体は「優れているが使いにくい」と言われることがある。これは、ハードウェアの性能は高いものの、開発者が扱う際に専門的な知識が必要で、学習コストが高いためだ。

この課題を解決するため、ルネサスは開発環境のユーザーフレンドリー化に注力している。たとえば、APIの提供やツールの整備を進めることで、開発者がハードウェアの詳細を意識せずにアプリケーションを構築できるようにする。このアプローチは、過去のIT業界の成功例とも共通するものがある。

また、ルネサスは「To Make Our Lives Easier」というパーサスを掲げ、産業、IoT、インフラ、自動車の各分野でその実現を目指している。これは、技術力を高めることに留まらず、実際に社会やユーザーにどのような価値を提供できるかを重視する姿勢の表れだ。

・インド市場への進出とAI戦略

ルネサスは、グローバル市場での成長にも注力している。特にインド市場では、二輪車の電動化を機に、現地の自動車メーカーとのエンゲージメントを強化している。加えて、スズキとの連携を生かし、インド市場でのプレゼンスを確立しようとしている。

さらに、AIの分野でも新たな展開を見せている。2022年にはReality AIを買収し、組み込み向けのAI技術を強化した。これにより、単なるハイエンドAIチップの開発にとどまらず、低コストなマイコンもAI機能を持たせ、幅広い市場ニーズに対応する戦略を打ち出している。

・未来に向けて：開発者との共存

半導体業界は、これまで「ハードウェアの性能を高めること」に重点を置いてきた。しかし、これから競争は「いかに多くの開発者がその技術を使いやすいと感じるか」にシフトしている。開発者が使いたくなる環境を整え、オープンなイノベーションを促進することが、持続的な成長には不可欠だ。

ルネサスは、これからも「開発者が勝手に使いたくなる」プラットフォームを構築し、クローズドからオープンな環境へとシフトしていくだろう。その結果、ルネサスの技術がより多くの人々に使われ、世界中で「To Make Our Lives Easier」のビジョンが実現されていくことを期待したい。

編集後記

本レポートを通じて、日本の半導体産業が直面する課題と、その再興に向けた戦略を整理した。特に前工程技術の競争力、人財育成の重要性、グローバルな連携強化が今後の鍵となることが明確になった。

森 雅彦 LSTC 専務理事

LSTCの設立背景、日本が持つ技術的な強みと、それを生かすための方向性が示された。一方で、長年の課題である「人財」不足への対応についてうかがった。

富嶋 茂樹 東北大学 教授

ファウンドリ戦略の課題、Rapidusが直面する技術的・事業的ハードル、さらには韓国や米国との競争環境を踏まえた日本の進むべき道についてうかがった。

吉岡 真一 ルネサスエレクトロニクス Co-CTO

日本の半導体メーカーとして、どのような成長戦略とビジョンを描いているのか。また、日本の半導体産業復興の鍵はどこにあるのかについてうかがった。

今、日本は半導体産業の地殻変動のなかで新たなポジションを確立する岐路に立っている。政府の支援拡大、産学連携の深化、グローバルパートナーとの協力強化が不可欠であり、これらを一体的に進めることができ、持続可能な半導体産業の再構築につながる。

本レポートが、産業界・学術界・政策立案者の議論の一助となり、日本の半導体産業が再び世界をリードする一歩となることを願う。

AKKODiS

@2025 AKKODiS Consulting Ltd.



AKKODiS Tech Report 2025 Vol.4

日本の半導体復権へ ～製造技術・人財・国際連携の課題と展望～

2025年5月31日発行

AKKODiSコンサルティング株式会社
People Development本部

谷本 琢磨 博士(工学)

AKKODiSコンサルティング株式会社

〒108-0023 東京都港区芝浦3丁目4番1号
グランパークタワー3F
<https://www.akkodis.com/ja>