

Back Number

本論文は

世界経済評論 2024 年 9/10 月号

(2024 年 9 月発行)

掲載の記事です



世界経済評論

定期購読のご案内

年間購読料

1,320円×6冊=7,920円

6,600円

税込

17%
送料無料
OFF

富士山マガジンサービス限定特典

※通巻682号以降

定期購読
期間中

デジタル版バックナンバー読み放題!!



世界経済評論 定期購読



0120-223-223

[24時間・年中無休]

お支払い方法

Webでお申込みの場合はクレジットカード・銀行振込・コンビニ払いからお選びいただけます。
お電話でお申込みの場合は銀行振込・コンビニ払いのみとなります。

Fujisan.co.jp
雑誌のオンライン書店

日本の半導体産業 強化の要件



JEITA 半導体部会政策提言 TF 主査 **三井 豊興**

みつい とよおき (株)東芝入社後、広報・IR、広告、法務、営業、経営企画、提携、新規工場立上げ、生産企画、渉外業務に従事。現在、キオクシア(株)経営戦略部提携・渉外担当参事。2009年からJEITA活動にも従事し、現在WSC・政策運営委員会委員長、JSTC日本議長、半導体統括委員会副委員長、政策提言TF主査等として活動中。

日本の半導体産業は、1980年代後半にはDRAM中心に世界シェア50%強を有していたが、新興勢力の台頭、半導体市場の変化、その他いろいろな要因により現在は10%以下となっている。しかし、成長市場であるCMOSイメージセンサー、NAND型フラッシュメモリ、パワー半導体、自動車向けMCUでは世界のトップ級の競争力を維持しており、アナログ半導体などでも特定分野やニッチ市場では存在感がある。

政府支援については、近年各政府による半導体産業への大型支援が、世界的な潮流となっている。米国では半導体産業支援策である「CHIPS and Science Act」(通称CHIPS法)が成立した。その後、EU、韓国、台湾等も次々と半導体支援策を講じてきており、さらには、インドやその他のアジア諸国、中南米諸国までも半導体支援策を打ち出してきている。国家安全保障および国際競争力強化の観点から主要国・地域が進める半導体産業への支援や強化に我が国も出遅れることのないよう、それら主要国・地域の補助金に比肩する支援を日本の半導体産業も必要としている。

I 高まる半導体産業の重要性

令和6年を迎え、政府はDX(デジタルトランスフォーメーション)やGX(グリーントランスフォーメーション)を推進し、データ駆動経済での更なる飛躍やエネルギーの安定供給と脱炭素の両立を図ろうとしている。世界各国・地域において半導体・デジタル産業政策の重要性が認識されている。

半導体の2023年世界生産は、車載半導体(MCUやアナログ製品、パワーデバイス等)の供給不足はほぼ解消し、電気自動車や運転支

援機能搭載車の増加は半導体需要を大きく底上げしている。しかし、経済の不透明感から最終消費は振るわずパソコンやスマートフォンの需要減少はメモリをはじめとする半導体の減少につながった。今後は、生成AIの急速な普及によりデータセンター増強に向けた設備投資の活発化、電気自動車の普及で半導体搭載率の拡大が見込まれること、またデジタル化の進展によるIT投資向けの需要も期待できることから二桁成長が見込まれる。中長期においては、カーボンニュートラルへの対応や生成AIの各種産業への波及で半導体需要が増加することが期待される。

II 複雑化する半導体のサプライチェーン

1980年代後半の我が国は、半導体企業もさることながら最終アプリケーションの企業も世界での競争力が高く、日本国内である程度のサプライチェーンを完結することができた。現在は、日本の半導体企業の多くは前工程を国内で行っているものの、後工程以降はアジアを中心とした海外で行っており、また最終アプリケーションを組み立てる企業も中国を中心としたアジアに多く点在している。つまり、半導体製品の製造から、最終アプリケーションが顧客の手に届けられるまでには、非常に多くの国・地域を経由することになる。このような複雑なサプライチェーンの抱える脆弱性が、コロナ禍によって顕在化したといえる。そして、コロナの影響がなくなったあとも、なお様々な問題が存在する。多様かつ自律的な信頼できるサプライチェーンの形成のため、有志国・地域との連携により公正で持続可能な市場の構築を図ることが求められる。

III 日本の半導体産業の重要性と現状

メモリ（NAND型フラッシュメモリ）、センサ（CMOSイメージセンサ）、パワー半導体、車載用マイコン、アナログ半導体等の製品群においては、依然として日本のシェアが高く国際競争力を保っている。社会全体のデジタル化は、国民生活の利便性を向上させ、様々な業務の効率化を実現する。また、データを最大限に活用することで、様々な社会課題を解決し、新たな価値を創造できる。それらのデジタル社会を実現するためのキーコンポーネントは半導体

である。来るべきデジタル社会を日本国内にも構築していくためには、日本の半導体産業を強化していく必要がある。また、経済安全保障の側面からも同盟国・地域と協調・連携しながら補っていく必要もある。

半導体製造工場、特に前工程は、24時間365日稼働しており、非常に多くの電力を使用している。電力源を再生可能エネルギーなどに切り換え、また生産設備を省電力なものに切り換えることは、カーボンニュートラルを達成するために有効だが、電力のカーボンニュートラル化には電気料金高騰の恐れがあり、また生産製造設備を省電力化するには膨大なコストと労力が必要となる。このため、電気料金の値下げ等、他国・地域に匹敵する電気料金体系構築が望まれる。

IV 国際的な半導体支援策の潮流

経済安全保障や国家安全保障を確立する上でのキーコンポーネントとして、米国CHIPS法をはじめ、各国・地域とも大型補助金を半導体産業に投じており、従来から半導体ビジネスに注力している欧州、韓国、台湾、シンガポール等の国・地域に加えて、半導体ビジネスの存在が薄かった国・地域においても半導体支援策を前面に打ち出し、半導体企業の自国・地域への誘致を促すケースも増えてきている。各国・地域政府による半導体支援策は、半導体製造に直結する補助金の支援策を中心としたものから、研究開発、税制支援、半導体人材の育成等今まで拡大した支援策も登場してきており、バラエティに富んだ支援内容となっている。

V 半導体戦略

1. 新たな時代や次世代半導体の研究開発体制

半導体は、5G・ビッグデータ・AI・IoT・自動運転・ロボティクス・スマートシティ・DX等のデジタル社会を支える重要基盤である。今後5-10年の未来社会を見据えた次世代半導体デバイスの研究開発を推進するためには、既存の研究施設の活用に加えて、最新の設備とある程度のスペースが必要だったが、LSTC (Leading-edge Semiconductor Technology Center) が設立された。LSTCにおいては、最先端の装置を導入した上、バランスの取れた研究開発体制を整備するとともに、大学のインターンも受け入れ、産官学による人材育成も実施できる研究所として更なる発展を期待したい。

また、LSTCにおいて研究開発を推進するにあたり、我が国が有する国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) や既存の研究機関 (産業技術総合研究所 (AIST)、物質・材料研究機構 (NIMS) 等) や大学等と連携することで、我が国における英知を結集し、相乗効果による最大限のアウトプット＝半導体市場の創出＝出口戦略を見据えて実施いただきたい。

WSTSのデータによるとシステムLSIに代表されるロジックIC、半導体メモリ、マイコンの集積回路製品で半導体市場の約70%がカバーされている。DX・GXを支えるデータセンター・エッジ向け半導体産業において、半導体メモリ市場はロジックICと並んで大きな市場を今後も有すると予測されており、日本半導体が競争力を高めていくためには、高性能化・大容量化・低消費電力化を実現する次世代メモ

リの研究開発及び量産体制も構築していく必要がある。次世代計算基盤では、更に低コストを実現する必要がある、その実現に向けて、新材料技術、新原理動作、低コスト製造技術等を駆使した大容量・高速な新しい半導体メモリを開発する必要がある。こうした次世代の半導体メモリを、日本が先行して開発・実証していくためには、日本に次世代半導体メモリの研究開発基盤や製造基盤を確保する必要がある。

また、半導体スペシャリティ技術 (混載メモリ、アナログ、センサ、パワー半導体等) の開発も同時に実現していく必要がある。

半導体産業をより強固なものとするために、世界における各国・地域では半導体企業への大規模支援と併せて大学等における研究開発への支援を強化しているが、日本では半導体産業への支援と比較して大学を中心としたアカデミアへの支援は限定的である。日本の半導体産業を更に成長させ、強化していくためには、その基盤となる研究開発の更なる強化が必須である。

このためには、半導体製品のアウトプットにつなげる各大学や各研究機関 (アカデミア) による研究開発と人材育成、半導体産業界とアカデミアの連携推進 (産学連携) がますます重要となっており、次世代半導体を研究開発するための最先端の研究機器を整備した研究所やその戦略的な研究開発を総合的かつ戦略的に推進していく体制づくりが必須となる。

例えば日本の半導体メーカーやLSTCと緊密に連携しつつ、我が国が既存の研究機関や大学といったアカデミアの体制を早急に整備し、5年から10年先を見据えた次世代半導体の研究開発や研究人材の育成を行う産学連携の体制を構築していただきたい。経済産業省や文部科学省など、各省庁が連携することにより、半導

体産業界への支援とアカデミアへの支援をバランスよく実施し、日本の半導体産業が今後ますます発展していくための強固な研究開発基盤を早急に構築していくことが肝要ではないのか。

我が国がDXやGXで世界をリードしていくためには、日本の強みを集積したシステムを構築することに主軸を置いた研究開発が重要となる。あるユースケースを想定したアプリケーションを設定し、半導体の設計やプロセス技術、デバイス技術、材料や分析技術等も含めて、総合的かつ統合的な研究開発を進めることが肝要となる。また、我が国におけるデジタル産業が発展・推進していくためには、AI技術の進歩が一つの大きなカギを握ることとなる。AI技術の進歩により、事業運営の効率改善や生産性向上、コストの削減など、多くのメリットがもたらされる。我が国が世界に先立ち、次世代AI半導体の開発に成功した場合、その結果として、日本半導体産業の競争力強化にもつながってくると考えられる。

日本が世界をリードできるAIやロボティクスなどのユースケース（アプリケーション）を想定し、そこに向けた半導体の研究開発体制を早急かつ強力に進めることが重要である。具体的には、日本が競争力を保持している次世代半導体メモリ、センサ、パワー半導体、マイコン、アナログなどの半導体スペシャリティ技術の研究開発を推進するとともに、日本の技術力を結集し、ターゲットと定めたアプリケーション向け特定半導体の研究開発を実施する必要がある。

また、研究開発の実施にあたっては、強力なリーダーの下、アカデミアから日本半導体企業へのタイムリーな成果の受け渡しと、市場などの環境の変化に応じて、当初定めた目標や計画をその時々の方情勢に則して柔軟かつ臨機応変に変更

できる制度の構築や体制の整備が求められる。

2. 新時代のサプライチェーン対応

半導体の原料から半導体を製造する装置に至るまでの一連のサプライチェーンにおいては、各国・地域とも特色を有しており、サプライチェーンが一つでも分断されてしまうと、半導体が製造できなくなってしまう。輸出管理や地政学リスクが高まれば、人やモノの移動や価値の交換や交流がますます難しくなるため、国際物流の正常化が求められる。そのためには、新しいサプライチェーンの構築・強靱化、エコシステム、都市交通網、経済圏の再構築が必要となる。

日本が強い分野は更に強化し、チョークポイント技術を磨き上げることで、世界的な優位を確保し続ける必要がある。そのため、日本の半導体業界としては、自助努力を継続していくが、デジタル投資やDX・GX推進によるデジタル需要の喚起が重要となり、日本国内における半導体市場の創出が最優先事項と考える。更に、デジタル需要が喚起された折には、それらを実現する半導体製造基盤の整備も重要になってくる。また新時代のサプライチェーンを構築していくためには、海外企業との協業を始めとした国際連携の重要性も増してくる。

なお、デジタル需要の拡大に伴い、半導体のサプライチェーンを維持して継続的な供給を確保することの必要性も益々大きくなる。また、新型コロナウイルス感染症の影響や地震・風雪被害等の自然災害による半導体工場の操業停止などに加え、米中を筆頭とした輸出管理強化策やロシア・ウクライナ問題、サイバー攻撃など、半導体サプライチェーンが分断されるリスクが顕在化し、日本半導体企業各社のビジネスにも多大な影響を及ぼしている。

地政学リスクの回避や BCP 体制強化に向けては、半導体製造に必要不可欠な部素材・原料、ガス、レアアースも含めた原石、設計ツール、各種製造装置、検査・測定・解析装置等の安定的な調達が必要となる。また、輸出入規制、有事の出来事（自然災害、火災、パンデミック、戦争・紛争等）、各国・地域の規制等により、日本半導体製造の危機に直面した際には、企業－政府間での情報共有体制の早期確立、その他日本政府による迅速な支援（他国・地域との調整・交渉他）も必要となる。地政学リスクにより、調達難となる部素材における代替品開発やリサイクル技術の確立も重要だ。

さらに、欧州 REACH や米国 EPA による化学物質規制、特に PFAS（per- and polyfluoroalkyl substance：パーフルオロキル及びポリフルオロアルキル物質）については、ドライエッチング装置の冷媒用途を含め、半導体製造工程で使用する装置や材料、更には一部の最終半導体製品に極めて少量含有しており、使用禁止となった場合は、世界のほとんどの半導体企業が半導体を作ることができなくなってしまう、その影響は計り知れない。また、ありとあらゆる電子機器に搭載されている半導体供給もできなくなるため、世界経済に対する影響は甚大となる。各国・地域の化学物質規制においては、半導体にとっては代替品が極めて困難であり、かつ（最終的な含有量が極めて小さく、小型家電リサイクル法などの適切な廃棄の仕組みがある）化学物質については、半導体は適用除外（エッセンシャルユース）となるように官民共に該当政府に対して働きかける必要がある。日本の半導体サプライチェーンの強靱化を実現するためにも、半導体の共同研究開発や材料調達リスク対応等において、日本政府と他国・地

域間で既に確立されている同盟国や有志国・地域との枠組み（日米、日欧、日米欧、日英他）での対話や交渉が重要であると認識している。同盟国や有志国・地域でそれぞれの強みを生かしつつ相互補完することで、今後の半導体不足解消や半導体のサプライチェーンの強靱化に寄与できるのではと考える。

デジタル社会の発展とともにインターネットが普及し、インターネットを活用するデバイスとユーザーの数が増加して世界中と繋がっており、その結果、不正アクセスは世界中のどこからでも行われる可能性がある。半導体の世界的なサプライチェーンが更に複雑になり、インターネットを介するデータのやり取りが重要になっている。全体的なサイバー攻撃の数が増加していて、数十秒に一度行われているとの情報もある。サイバー攻撃の目的は、IT システムへの不正アクセス、業務妨害、データ改ざん、システムの不正操作、データ窃盗、企業スパイ等々である。半導体企業としては、機密情報漏洩や事業システムの障害に繋がるサイバー攻撃のリスクを最小限に抑え、システムとデータを保護するために、強力なサイバーセキュリティ対策を施す必要がある。

3. 国際的な半導体支援策の潮流への対応とイコールフットINGの実現

ここ数年の我が国政府による補正予算においては、DX や GX に不可欠な半導体や部素材・原料・製造装置について、生産能力強化等の支援を行い、我が国の DX・GX を推進するとともに、サプライチェーンの強靱化を図るための支援事業やデータセンターや AI 等の最先端技術に必要不可欠な半導体の国内生産拠点を整備するとともに、その拠点での継続生産や投資・

研究開発等を進めることで、国内での半導体の安定供給を実現するための支援事業を推進いただいているが、日本が世界的に競争力を有しており、DX・GXの推進やデータセンターやAI等の最先端技術に必要な不可欠な半導体分野（メモリ、センサ、パワー半導体、マイコン、アナログ半導体）においては、日本政府からの継続的な大規模支援を引き続きお願いしたいと考えている。特に、CO₂排出量削減への寄与度が大きい低消費電力デバイスの製造拠点整備・研究開発やエッジAI処理等のトータルシステムの排出量削減にかかる研究開発等に対しても引き続き大規模な支援をお願いしたい。ご支援にあたっては、ご支援をより効果的に活かせるような施策、例えば、設備納期などを考慮した単年度執行ではない、より長期的な視点での支援が必要となる。

DX・GXの推進やデータセンターやAI等日本国内のデジタル需要が創出されるにつれ、それらのデジタル機器のキーコンポーネントとなる半導体需要も増大する。日本国内のデジタル産業が発展していくためには、国内の半導体拠点からの半導体の安定供給が必要となる。また、我が国におけるカーボンニュートラル実現に向けて「GX 経済移行債」が創設されたが、我々が国際的な競争力を有する半導体製品群は、機器の低消費電力化に大きく貢献できる。メモリ、センサ、マイコンなどのデジタル半導体のほか、特にパワー半導体は、あらゆる機器の電源回り等の低消費電力化に大きく寄与している。日本が得意とする半導体製品群は、GXに大きく貢献できるであろう。

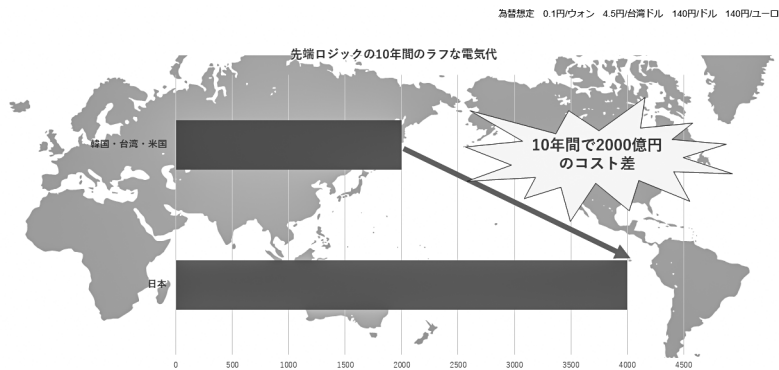
半導体の製造拠点は24時間・365日稼働を続ける必要があり、最先端で膨大な数の設備を動かし続ける必要があるため、電力コストの負

担が非常に大きい。日本、米国、欧州、韓国、台湾の電気代を比較すると欧州、日本が高く、米国、韓国、台湾の電気代はその半分以上である。

世界の半導体企業各社の公表レポートや一般書籍のデータから、ウェハ月産10万枚の工場の年間電気料金を算出し、日本、米国、欧州、韓国、台湾それぞれで同工場を運営した場合の年間電気代を算出してみると、先端ロジックでは、日本や欧州の年間電力コストが400億円を超える中、米国、韓国、台湾はその半額以下である。メモリでは、日本や欧州の年間電力コストが300億円を超える中、米国、韓国、台湾はその半額以下となる。アナログやミドルレンジのロジックはメモリの半分の電力コスト、パワー半導体はさらに低いコストとなるが、日欧vs. 米韓台の電力コスト差は同じ傾向となる。例えばメモリの場合、日本と米国・韓国の差は年間170億円と非常に大きな差となる。この資料の米国の電気代は、全州平均値としており、例えばニューヨーク州の電気代は全州平均より20%以上安価となるので、日本と米国のコスト差はさらに広がる。この年間コスト差は、日本に半導体製造拠点を持つ半導体企業の事業運営にとり大きな負担となるとともに、成長していくための次世代投資にも大きな影響を及ぼすことになる。年間電力コスト差は年々倍増していくので、10年間で2,000億円近い差となる可能性が高い。

経済安全保障を実現する上で、世界中が半導体産業の重要性を認識し、各種インセンティブを用意し半導体工場拠点の誘致を進める中、このように膨大な電力コストは日本に誘致するには非常にマイナス案件となる。また、日本に半導体工場を持つ半導体企業にとっては、最近の電気代高騰も相まって非常に大きな負担と

図 1 半導体工場にかかる各国・地域の電気代の違い（コスト競争力に直結）



なっている。さらに、日本の半導体産業が今後成長していくための足枷となるとともに、このままでは日本に拠点を有する半導体企業は海外に拠点を移さざるを得ない選択に迫られるかもしれない。その結果、日本の先端産業の空洞化にもつながり、DX/GXを実現する上でキーコンポーネントとなる半導体関連産業の世界的な競争力が失われていくとともに、今後日本として経済安全保障体制を確立できなくなる恐れがある。日本半導体産業の更なる競争力強化のため、他国並みの電気料金の実現あるいは他国のような負担低減策が必要となる。さらに、電力供給体制の安定性確保や送配電網の強化による再生可能エネルギー拡充も必要だ。

また、日本、米国（ニューヨーク州＝今後多くの半導体工場建設が予定されている）、韓国、台湾それぞれに先端ロジック又は先端メモリ Fab（半導体製造の前工程拠点）を新設した場合を比較してみた。前提としては、10年間の建屋・設備投資額を約2.7兆円とし、建屋投資額（全体の20%として仮定）は5年毎に2,700億円投じるものとし（2,700億円×2＝5,400億円）、製造装置を含めた設備投資額は年間2,100億円（10年間で2兆1,000億円）と仮定した。研究開発費は年間850億円（10年間で

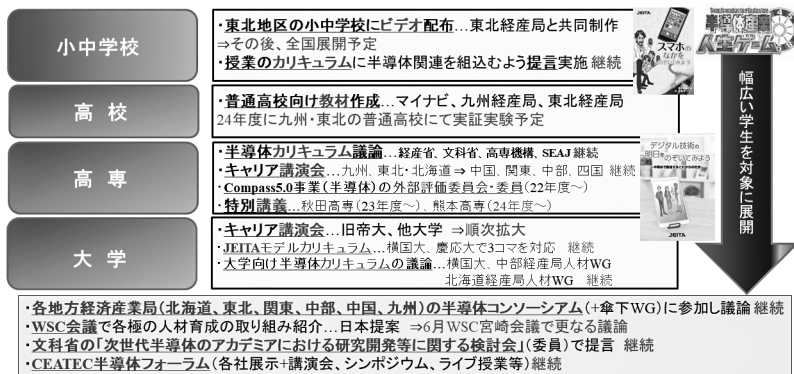
8,500億円）と仮定した。

2023年度の年間税額控除可能額を試算したところ、日本と比較して韓国は約12倍、米国は約10倍、台湾は約4倍という結果となった。韓国がこの税制支援を10年間継続したと仮定した場合、約8,000億円もの税額控除の恩恵を被れることになる。日本は同じ前提を仮定したとして約720億円である。米国は、FABS法に加えて、ニューヨーク州のTax Incentive Programも合わせて試算したが、CHIP法の補助金プログラム（基本は5年間で30億ドル）もあるので、単純計算だと年間1,000億円を優に超える支援を継続して受けることになる。税額控除は、単年ではなく時限措置ではあるもののある程度継続的なものなので、半導体企業を運営していくために非常に有益な支援策と言える。

4. 半導体の人材育成と獲得

日本の半導体産業が国際競争力を堅持し今後も持続的に発展していくためには、半導体に関わる人材育成が非常に重要となる。2000年代初頭のITバブルの崩壊に端を発し、半導体部門を抱える日本の電機が徐々に競争力を失っていく中で、高校や大学で半導体を学び、半導体企業への就職を目指す学生が減少の一途を辿っ

図2 JEITA 半導体部会の人材育成まとめ



てきた。日本が経済安全保障の観点から、そのキーコンポーネントである半導体産業を発展させ、世界的に競争力がある強固な基盤を日本国内に確立していくためには、広く世間一般に半導体産業の重要性を訴える必要があるとともに、デジタル社会やカーボンニュートラル社会を実現する半導体産業を支えていく人材の育成が急務である。日本の半導体産業は、初等教育から大学まで一貫した半導体人材育成策を講じる必要があるとの信念をもって、半導体デバイス、装置、材料も含めた全国大のオープンな半導体人材育成ネットワークを構築し、半導体関連産業全体で、我々の産業に必要な人材像を整理し、出前授業などの教育の場を提供するとともに、半導体教育に必要となるカリキュラムについても議論し、まとめ上げることで、半導体関連産業の人材育成と獲得に向けた体制を整えていきたいと考えている。日本は他国・他地域と比較して、理系人材の比率が低いと言われている。我が国における半導体人材を拡大していくためには、初等教育から中等教育にかけての半導体の基礎教育や啓蒙活動が非常に重要になると考える。そのため、JEITA 半導体部会としては、小中学から大学まで様々な半導体人材育

成の取り組みを実施している。また、今後は外国人材の活用も非常に重要になってくるだろう。

経済産業省の地方経済産業局主催による産官学一体の取り組みとして、地域ブロックごとの半導体コンソーシアムが九州ブロックを皮切りに東北、中国、中部、関東、北海道で設立された。JEITA 半導体部会としては、この活動に全面的に協力する形で取り組んでおり、ブロックごとに幹事社を決め、出前授業の講師派遣や地域ブロックごとの人材育成やサプライチェーン等のワーキンググループに積極的に参加し、協力している。

おわりに

日本の半導体業界が世界的な競争力を高めていくには、新たな時代や次世代半導体の研究開発体制、新時代のサプライチェーン対応、国際的な半導体支援策の潮流への対応とイコールフットリングの実現、そして半導体の人材育成が要件となる。そのために、我々日本の半導体産業界自身が自助努力を積み重ねていくとともに、世界的なイコールフットリングを実現するために、日本政府による継続的な支援が必要である。