

参考資料（半導体）

産業のGX実現に向けた「分野別投資戦略」に基づく投資促進策の検討

- 【①】主要国との政策競争の状況（技術の成熟度）、【②】産業ごとの排出の特徴を踏まえ、効果の高い政策を選択。その際、【③】GX市場創造の観点から、他の政策（規制・制度）とも組み合わせる。
- 例えば、製造段階で排出され使用段階で排出されない産業（鉄鋼等の多排出産業）は、【①】製造段階での排出を抑えるための代替手段の確立・実装に向けた官民挙げた競争が進む中、【②】製造段階の排出削減に向けたR&D、実装支援を重点化。加えて、【③】グリーン素材調達に向けた誘因付けなど、市場創造に向けた取組が重要。
- 製造段階での排出は少ないが、使用段階の排出削減に貢献する産業（削減貢献産業）は、【①】主要国により国・地域内サプライチェーンの構築が進む状況（経済安全保障）等も踏まえ、大規模な投資支援を実施。【②】国内だけでなく世界のGXに貢献する観点からも、投資への支援を重点化。加えて、【③】市場創造・拡大に向けた需要喚起策も組み合わせる。
- その際、政策による我が国の排出削減、産業競争力強化のインパクトや、企業の投資コミットメントが大前提。

<検討の視座の例>

	【①】主要国との政策競争の状況	【②】排出源 (CPが直接効く)	投資促進策	【③】GX市場創造の観点	
多排出産業 (Hard to Abate)	R&D ▼ 実装 ▼ 市場拡大 （いち早い代替手段の確立に向けたR&D、実装競争）	製造段階	製造段階の排出削減に向けた、 R&D、実装支援 ※ CP導入による効果が十分に発揮されるまで	+	GX価値の見える化、 調達インセンティブ設計、規制 ※ 自然体では、最終需要家は、調達製品の製造工程の排出削減を評価せず
削減貢献産業 (Enabling)	R&D ▼ 実装 ▼ 市場拡大 （市場拡大に向けた、設備投資・立地競争）	使用段階 (製品を使用する段階で、電力等のエネルギー消費が発生)	国際的な投資競争の中、世界へ削減貢献 (Avoided Emissions) を実現するための、 実装、R&D支援	+	需要喚起 （購入補助） ※特にCP導入による効果が十分に発揮されるまで

大前提

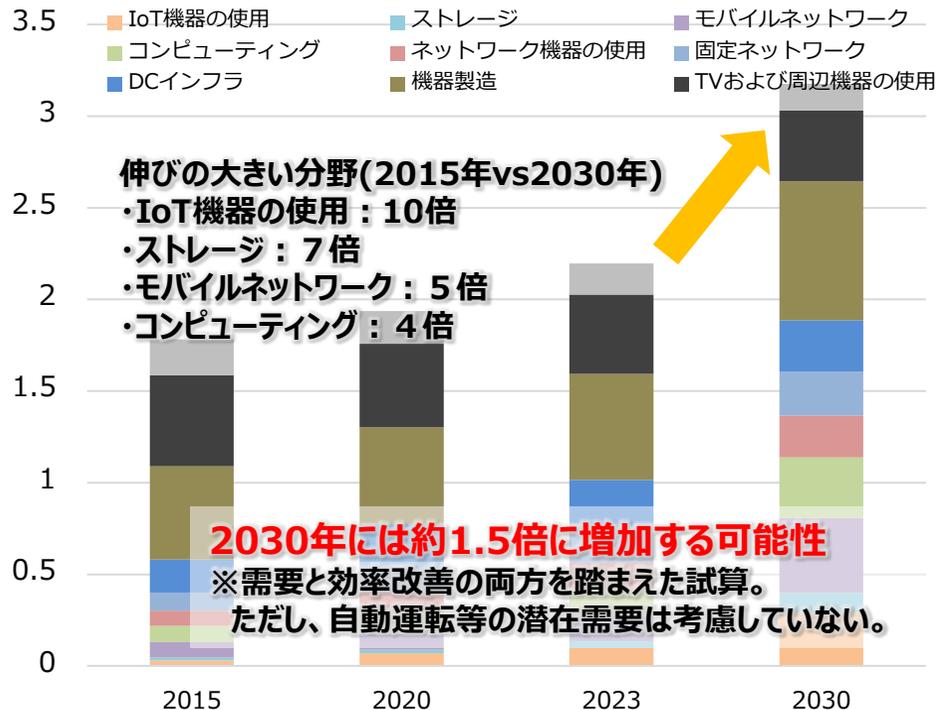
我が国への【排出削減】と【GX時代を見据えた競争力強化】へのインパクト + 企業の投資へのコミットメント

デジタル技術の進化と新たな社会の到来

- 情報の利活用が急速に進展する中、製造・運輸・くらしなど、あらゆる分野でデジタル化・DXが進むと、計算量の増加に伴い電力消費量も増加が予想される。
- これに対し、半導体は性能向上とエネルギー効率向上を両立して進化してきており、**GX実現のためにも先端性の高い半導体の確保が重要**。

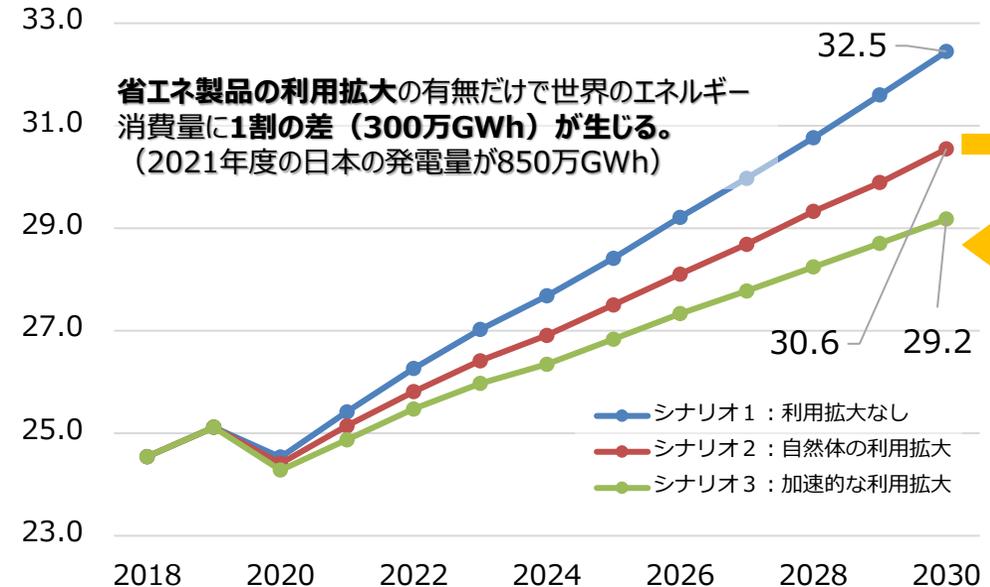
デジタル技術の進化による世界のIT分野の電力需要の推移

[100万GWh]



半導体を核とした省エネエレクトロニクス製品の利用拡大が世界のエネルギー消費量に与える影響

[100万GWh]



世界の半導体に関する投資動向

- 半導体産業は、技術革新の競争が激しく、**巨額の研究開発費と設備投資**で高性能な製品が次々と生み出される業界。
- 世界の企業は、**毎年兆円規模の投資**を行うなど、激しい競争の中でしのぎを削っている。



2021年10月、マイクログループ全体で、**次の10年間で世界全体で総額1,500億ドル**を開発および生産に投資する旨発表。【同社プレスリリース、JETRO（2022年12月）】



2021年3月、アリゾナ州に**200億ドルを追加投資**し、新工場2棟を建設する計画を発表。…2022年9月、オハイオ州で**新たな最先端半導体製造工場**の起工式を開催。**初期投資は200億ドル以上**【JETRO（2022年12月）】



インフィニオンは26年に50億ユーロ（約7900億円）を投じて、独ドレスデンでパワー半導体などを製造する工場を稼働させる。欧州連合（EU）から補助金など支援を受ける。【日本経済新聞（2023年9月）】



10月5日、フランス・イタリア系半導体メーカーのSTマイクロエレクトロニクスは5日、…2026年までの**5年間で7億3000万ユーロを投資すると発表**した。…資金面は**イタリア政府が2億9250万ユーロを支援**する。【ロイター（2022年10月）】



TSMCは8日、欧州初となる工場をドイツに建設すると発表した。総投資額は100億ユーロ（約1兆5700億円）以上で、2027年末の稼働を予定する。【日本経済新聞（2023年8月）】



中芯国際集成电路製造（SMIC）は9日、2023年12月期の投資額について前期並みの高水準を維持すると発表した。…習近平（シー・ジンピン）**指導部の支援を受けて高水準の投資で生産能力の拡大を急ぐ**。【日本経済新聞（2023年2月）】

- GXに向けた取組の成否が、企業・国家の競争力に直結する時代に突入する中、**各国・地域は半導体を重要な物資と位置づけ、異次元の支援策等を実施。**
- 関連産業・企業に対する誘致・投資競争が激化しており、莫大な投資競争に対応できるよう、**我が国も早急に手を打たなければ手遅れになるおそれ。**

各国・地域における政府支援額

○米国

2022年、CHIPS法成立。5年間で計527億ドル（**約7.7兆円**）の資金を提供。4年間の25%の税額控除。

○欧州

2022年欧州半導体法案を公表。2030年までに、累計430億ユーロ（**約6.8兆円**）規模以上の官民投資（**官:約6.1兆円以上、民:約0.7兆円以上**）を計画。

○中国

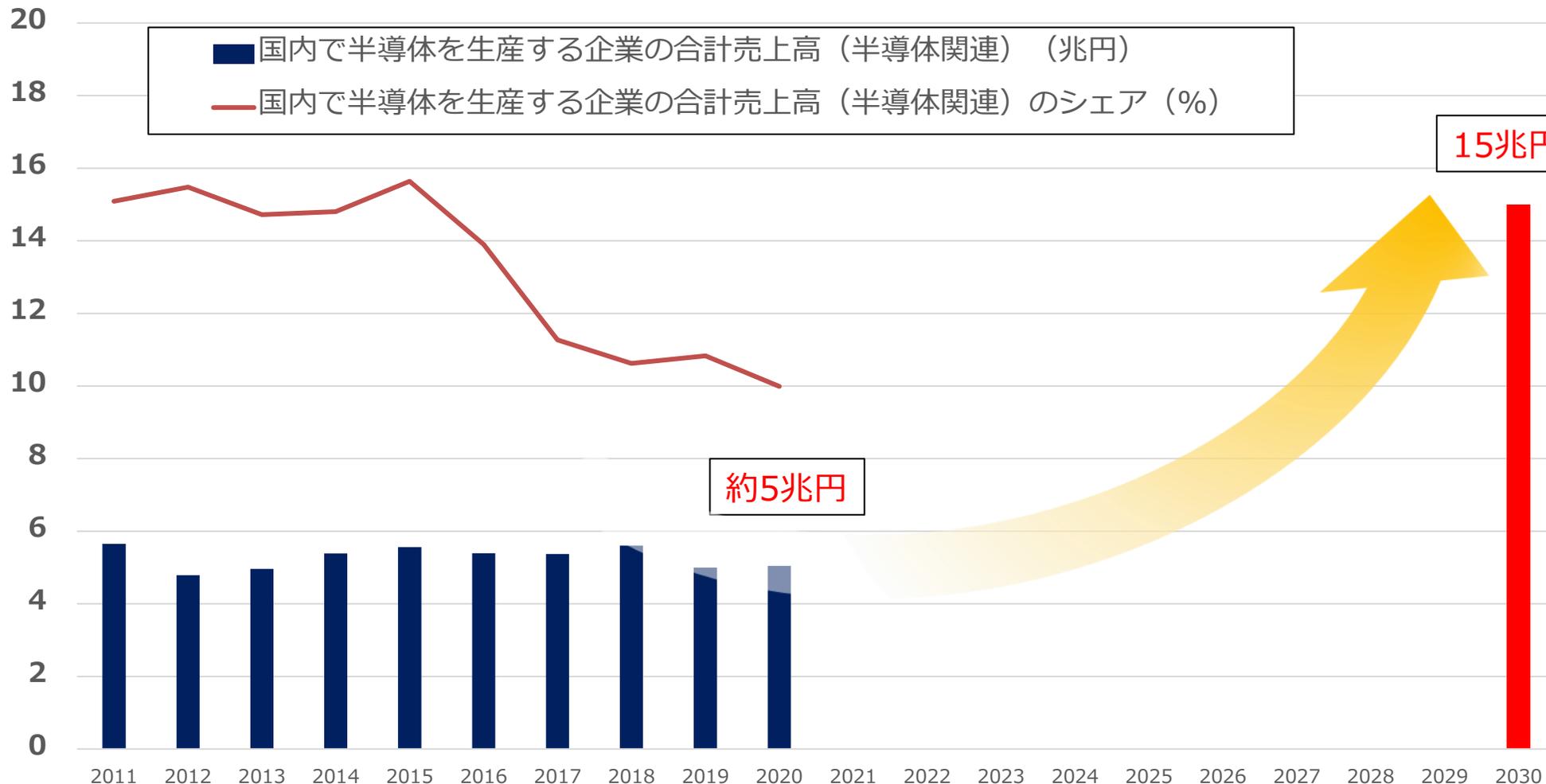
2014年以降、国家集積回路産業投資基金により**計5兆円**を超える大規模投資を実施。地方政府でも半導体産業向けの基金で**計5兆円**を超える。

更に、中国国内の半導体製造や研究に投資する新たな基金を設立し、約3000億元（**約6兆円**）規模の調達を目指しているとの報道。

売上高の増加目標

- 2030年に、国内で半導体を生産する企業の合計売上高（半導体関連）として、15兆円超を実現し、我が国の半導体の安定的な供給を確保する。

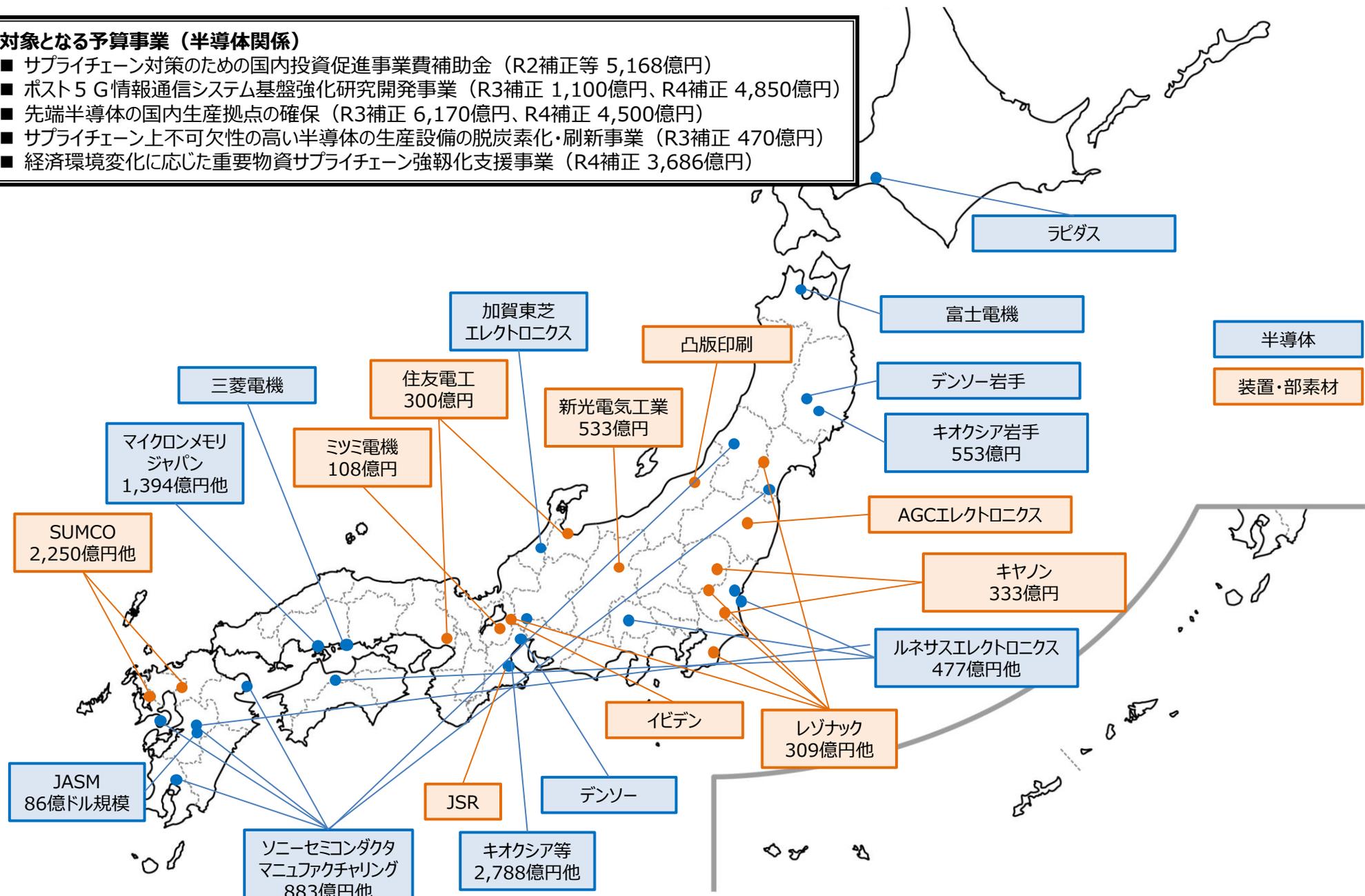
(% / 兆円)



(出所) 実績分について、世界全体の売上はOMDIA、日本国内売上は経済産業省「工業統計調査」の品目別出荷額の値を集計。出荷額については、半導体関連（半導体素子、光電変換素子、集積回路）及び、「他に分類されない電子部品・デバイス・電子回路」のうち半導体関連品目を出荷額ベースで按分した値の合計。

(参考) 政府の支援により動き出している大規模な国内投資案件 (半導体関係)

- 対象となる予算事業 (半導体関係)**
- サプライチェーン対策のための国内投資促進事業費補助金 (R2補正等 5,168億円)
 - ポスト5 G情報通信システム基盤強化研究開発事業 (R3補正 1,100億円、R4補正 4,850億円)
 - 先端半導体の国内生産拠点の確保 (R3補正 6,170億円、R4補正 4,500億円)
 - サプライチェーン上不可欠性の高い半導体の生産設備の脱炭素化・刷新事業 (R3補正 470億円)
 - 経済環境変化に応じた重要物資サプライチェーン強靱化支援事業 (R4補正 3,686億円)



※掲載した予算事業で採択された案件のうち、事業総額が一定額以上の案件を掲載 (事業総額が公表されている場合は金額を記載)。

半導体の製品分類とGX実現に向けた重要性

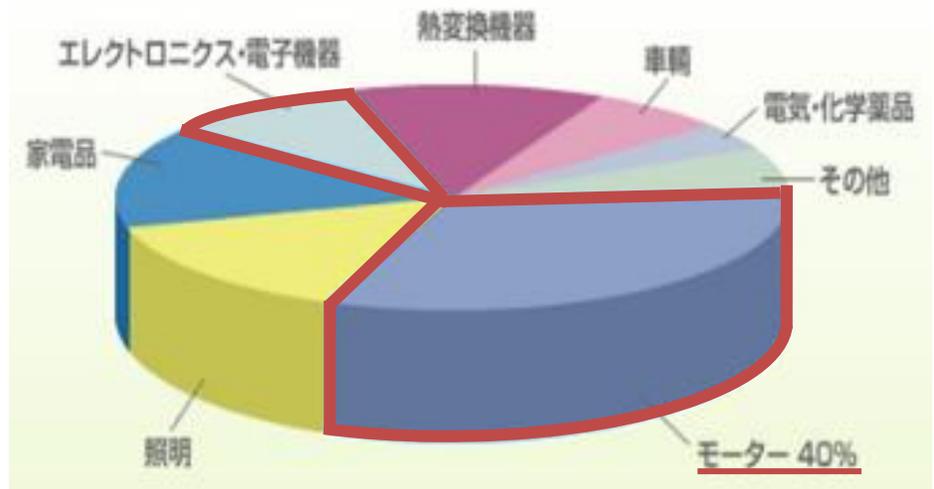
- ◆ 半導体は、情報を処理する演算用、情報を記録する記憶用、その他信号変換等用の3つに分類される。
- ◆ 特に、**パワー半導体は電力の変換用途に用いられる**ものであり、**性能の向上が消費電力の削減に直結**するため、**GX実現のカギを握る**。

半導体の製品分類

(以下の半導体市場の総計 83.1兆円 (2022年))

	分類 (市場規模)	製品例	概要	用途例
記憶	メモリ (20.9兆円)	DRAM	データ記憶用 (電源オフでデータ喪失)	パソコン 携帯電話
		NAND	データ記憶用 (電源オフでも消えない)	携帯電話 デジカメ
演算	ロジック (39.1兆円)	MPU	高速演算処理用	パソコン サーバー
		マイコン	一般的な機械の制御用	白物家電 自動車
		システムLSI	特定の用途に対応するため 様々な機能を1つまとめたもの	携帯電話 カーナビ
その他	パワー (3.8兆円)	パワー半導体	電力の変換用	電源 モーター
	アナログ (13.2兆円)	AD/DA 変換器アンプ	アナログ信号の変換・調整等用	オーディオ 通信機器
	光半導体 (6.1兆円)	CMOSイメー ジセンサ	光信号の感知・変換用	携帯電話 デジカメ

世界の用途別電力需要



(出所) Omdia

パワー半導体は、主に電圧や周波数、直流・交流の電力変換などに利用される。モーターの制御は典型的な用途例。

※上記の他、イメージセンサ以外のセンサ等、単独の半導体素子からなる製品等が存在 1ドル=145円

(出所) Omdia

パワー半導体の概要

- パワー半導体は自動車・産業機器、電力・鉄道、家電など、生活に関わる様々な電気機器の制御に使用されており、カーボンニュートラルに向けた電化社会にとって、こうした電気機器の省電力化は極めて重要。
- また、パワー半導体のウエハは、これまでSi（シリコン）が使用されてきたが、足下では、より省エネ性能の優れた次世代パワー半導体（SiC（シリコンカーバイド）等）が注目されている。
- 今後は、電動車などの世界的なグリーン投資の後押しで、特に省エネ性能に優れたSiCパワー半導体を中心に需要は拡大する見込み。



(出所) 富士電機ホームページより引用

<Si/SiCパワー半導体のエネルギー損失>



※用途は、鉄道車両用インバーターを想定

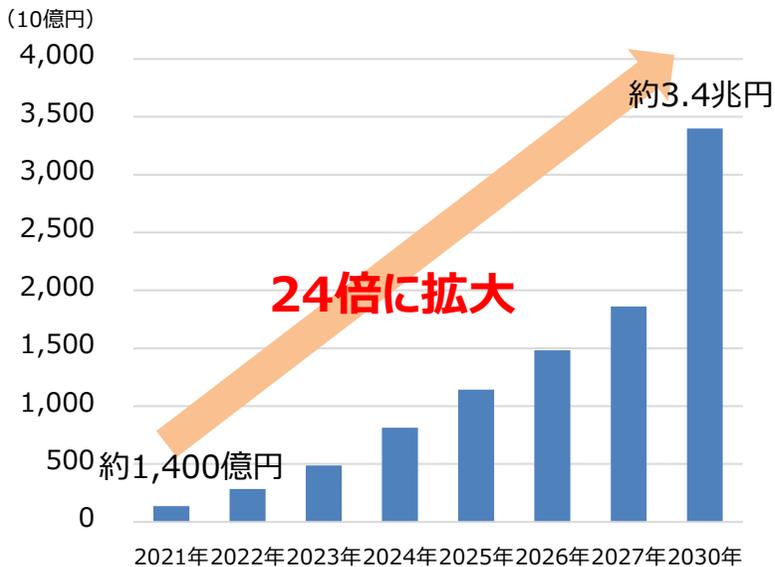
※縦軸（エネルギー損失）は、Siパワー半導体を100とした場合の値

(出所) NEDOウェブマガジンをもとに経産省作成

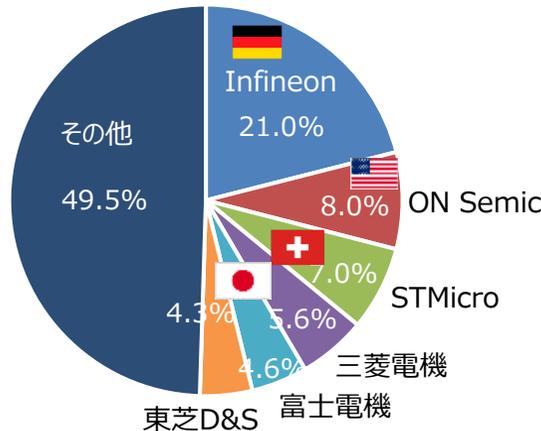
パワー半導体の国際競争力

- ◆ 省エネ性能に優れるSiCパワー半導体の市場は、**今後10年間で約24倍**（約1,400億円→約3.4兆円）に拡大することが見込まれる。
- ◆ Siパワー半導体はウエハの大型化に向け、設備投資競争に突入する一方で、まだ**次世代パワー半導体（SiC,GaN）**ではSiパワー半導体とは勢力図が異なり、**新興勢にも競争力獲得の可能性**。
- ◆ 2020年代中盤以降の需要拡大に向けて**高性能化に向けた技術開発及びコスト削減**を推進することで、**初期の段階でシェアを拡大することが重要**。

SiCパワー半導体の市場推移



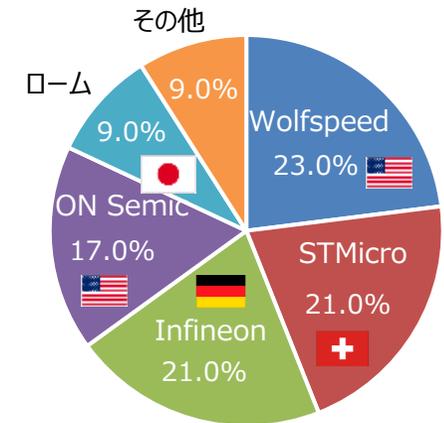
Siパワー半導体のシェア



3.2兆円（2021年）

3.7兆円（2025年）

SiCパワー半導体のシェア



約540億円(2021年)

約2,500億円（2025年）

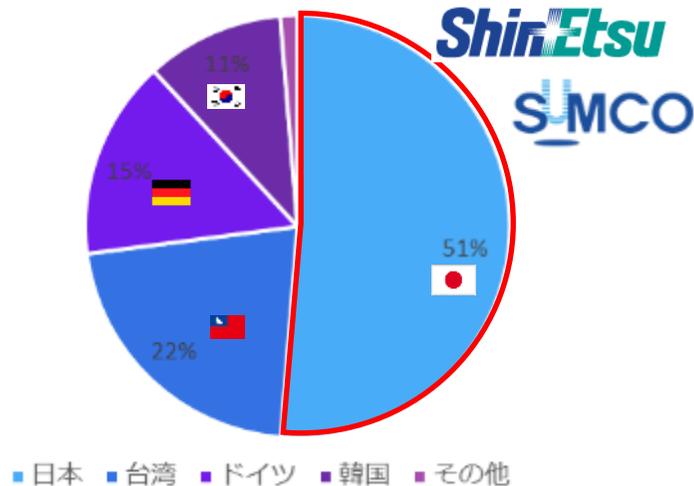
◎ 材料別市場規模

パワー半導体の素材（ウエハ）に関する国際競争力

- パワー半導体やそれらを用いた電動車などのデバイスの性能は、基板とするウエハの品質に左右されることから、ウエハの重要性は市場拡大に伴って増大する。
- Si半導体ウエハ市場のシェアは日本勢が優位。
- 一方で、**SiCパワー半導体市場においては圧倒的に米国勢**。
⇒ウエハは**安定供給及びコストの面で非常に重要な要素**であり、次世代パワー半導体の**シェア拡大のためには国内のウエハ産業も強化する必要**がある

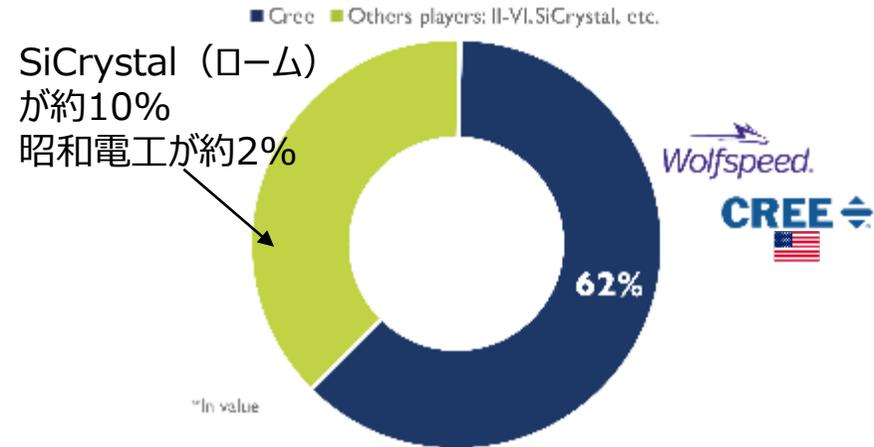
※GaNパワー半導体（GaN on Si）のウエハはほぼデバイスメーカーの自社製造であるため、デバイスメーカーのシェアと連動。

◎ Siウエハの世界シェア（国別）



出所：インフォーマ

◎ SiCウエハの世界シェア



出所：Yole Development

◎ **市場規模** 2.0兆円（2022年）

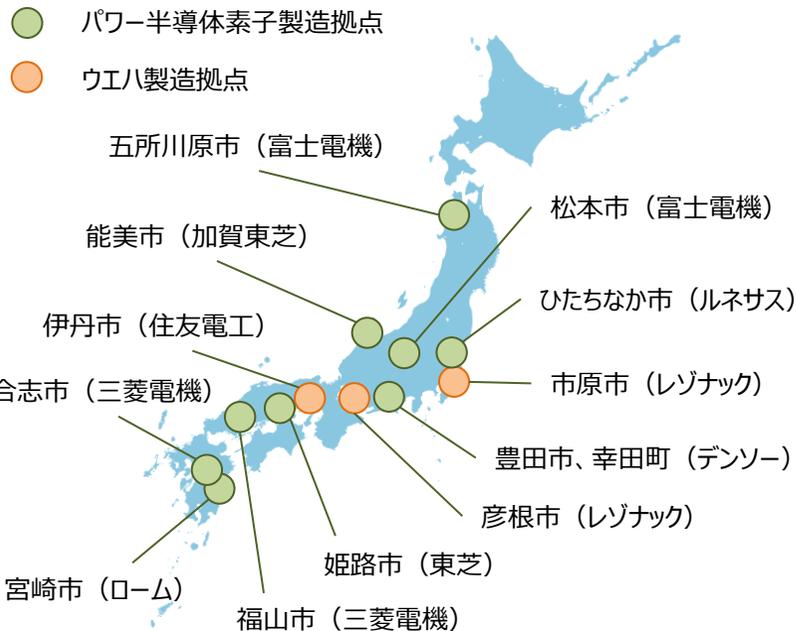
（出所）富士キメラ総研

126億円(2021年)

日本列島をパワー半導体の世界拠点に

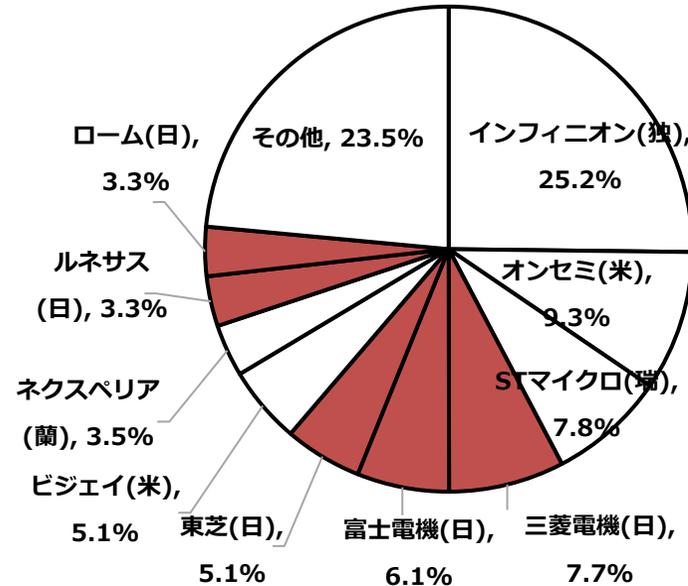
- パワー半導体は、様々な電気機器の制御に使用されており、電化社会に向けてその省エネ性能向上が不可欠（シリコンから、より省エネ性能に優れたシリコンカーバイドへの転換等）
- 日本では、国内企業が複数社でシェアを分け合い、個社単位ではシェア1位（27%）のインフィニオン（独）に大きく劣後。
- 激化する国際競争を勝ち抜くため、個社の技術的優位性を活かしつつ、国内での連携・再編を図ることで、日本全体としてパワー半導体の競争力を向上する必要がある。

➡ 今後も、グローバルにおいて、日本を欧州・米国と並ぶ世界の第三極の拠点とすることを目指す。



（出所）各社公表資料をもとに、経産省作成

パワー半導体の世界シェア
(2021年、189億米ドル)



日本全体では20%以上のシェアを占めるが、**個社では10%にも満たない**

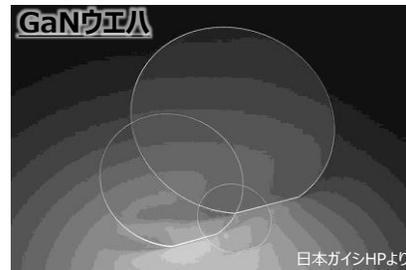
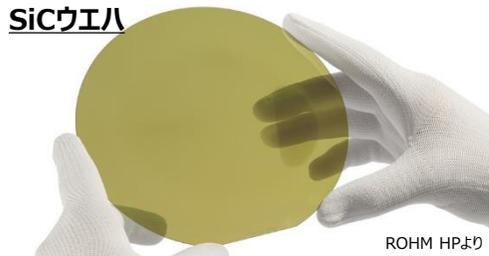
リソースを有効活用しながら投資の規模とスピードを確保した競争力強化の必要性

（出所） OMDIA 2022年をもとに経産省作成

半導体のグリーン性能の更なる向上

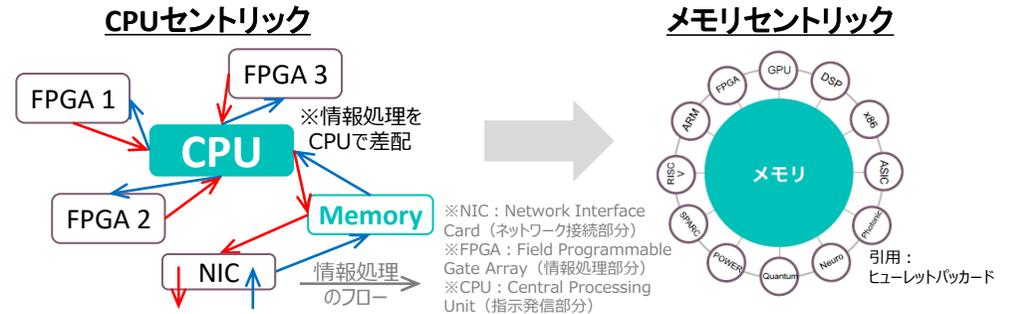
- 半導体の性能向上とエネルギー効率の両立のための主な手段としては、「**素材進化**」による抜本的な機能向上やシステムや設計等の「**最適化**」等がある。
- こうした技術の開発を進めることで、さらに排出削減と産業競争力強化を加速していくことが重要。

素材の進化



- エネルギー損失軽減に加え、冷却など含め**全体効率化**

最適化



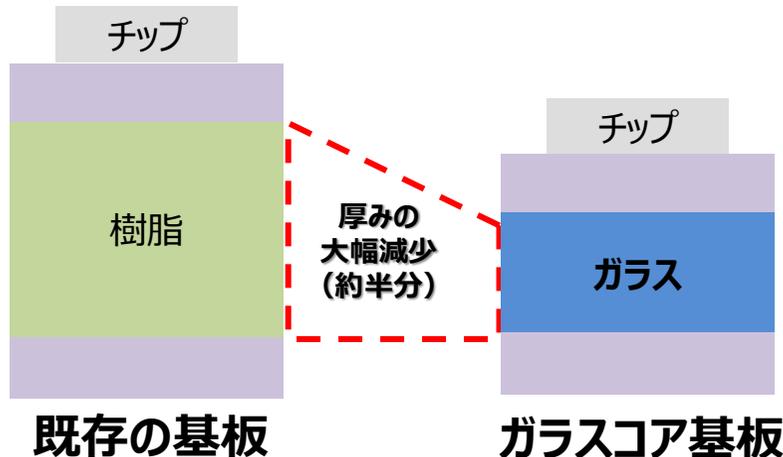
- **設計・システム等の最適化**によりエネルギー効率を改善

革新的な基板素材（ガラス）

- 半導体の高機能化に合わせて、パッケージ基板は大型化・高速対応が必要。
- 現在の基板素材（樹脂）では、大型化と歩留まり（＝基板の反りを防ぐ）の両立のために厚みが必要。その結果、パッケージ内の配線（伝送距離）が長くなり、処理速度の低下・消費電力の増加という課題が発生。
- これらを解決する手段として、ガラスコア基板を各社が開発中。ガラスはプラスチックと比較して基板の厚みを増さずに大型化が可能であり、消費エネルギーの抑制と性能向上の両立を可能にする。
- さらに、チップレット化にあたっては、複数チップを1つのチップに実装するため、大型基板が必要であり、ガラスコア基板が鍵。

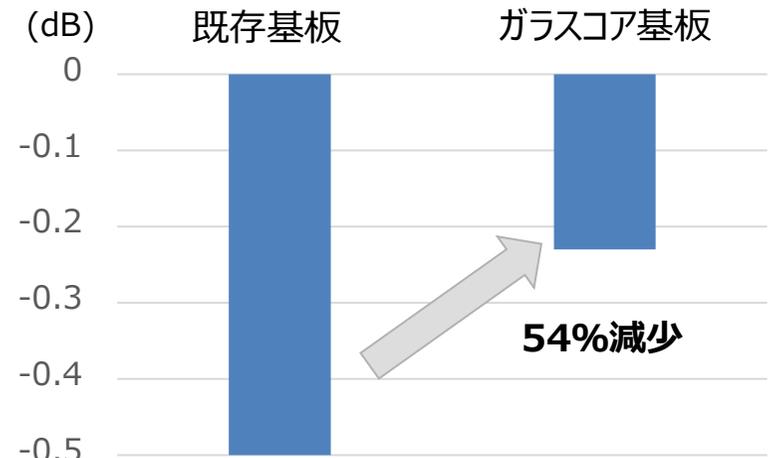
基板の厚み減少

- ✓ ガラスは薄くても平坦性が保たれる剛性があるため、既存の基板と比較して薄く大型化が可能。



伝送ロスの削減

- ✓ HBM (High Band Memory)実装時の伝送ロスは54%減少。



(出所) 各社ヒアリング資料より作成

AI半導体設計

- AIの活用には多量の計算が必要となり、**電力消費量の低減が課題**となるおそれ。
- 用途毎に特化した半導体を使用することで情報処理における電力効率を上げる取組も進んでおり、**AI等のソフトウェアとハードウェアの協調設計による専用半導体の活用が必須**。

※一般的に、専用半導体の電力消費量は、汎用半導体の数分の一。

- 自動車、通信といった用途に特化して、システム・ソフトウェア要件から定義した専用半導体を開発することで、電力消費量の大幅な削減を目指す。

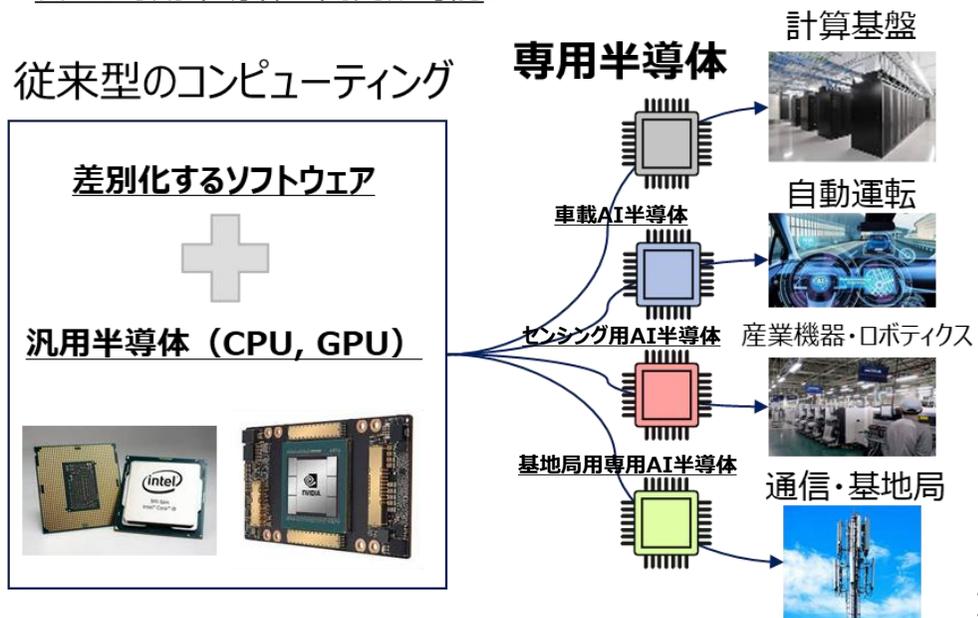
専用半導体の開発事例

TESLAは自動運転用の半導体を自社設計している。また、GAFAMなどのクラウドベンダーも、専用の半導体を使用するだけでなく、自社で設計する事例も増えてきている。

メーカー	用途	ノード
TESLA	自動運転	14nm
	スパコン	7nm
Apple	スマートフォン	5nm
	デスクトップ	5nm
Google	AI半導体	7nm
aws	サーバー	5nm
	AI半導体	不明
Microsoft GRAPHCORE	AI半導体	7nm
Meta	AI半導体	不明

SoC (システム・オン・チップ) 開発

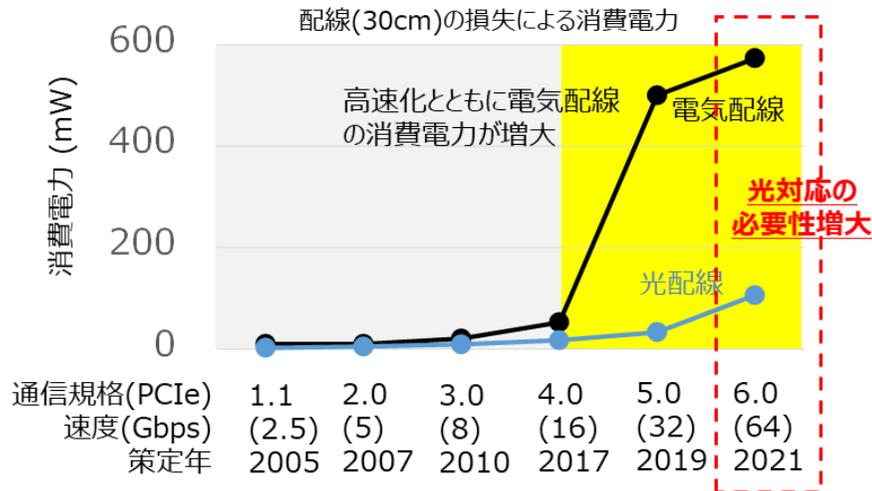
SoCはマイクロプロセッサ、チップセット、ビデオチップ、メモリなど、従来はそれぞれに独立していたコンピュータの主要機能/部品を、1つにまとめた技術集約型の半導体。これにより、**開発すべきシステム製品の目的に合った専用半導体の開発が可能**。



先端光電融合技術の開発

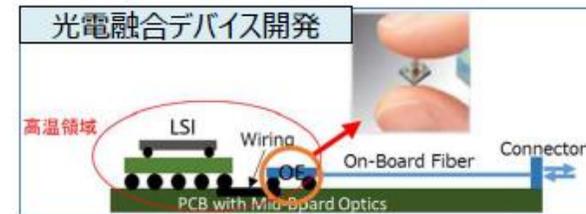
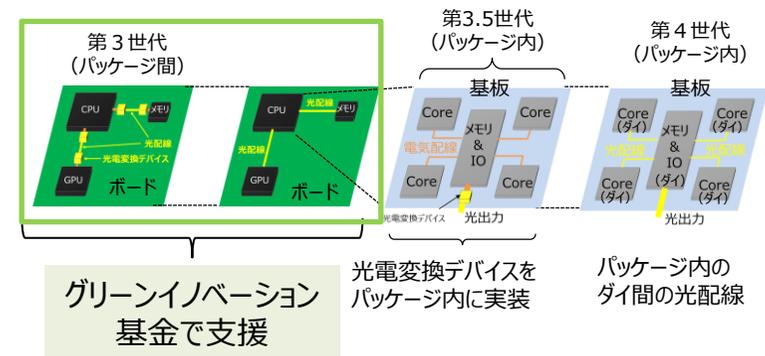
- データセンター等の革新的省エネ化に向けて、「光電融合技術」がゲームチェンジ技術として登場。
- 光電融合技術は、電子デバイスに光エレクトロニクスを融合し、電気配線を光配線に置き換えることで、省エネ化・大容量化・低遅延化（ネットワークシステム全体で電力消費1/100）の実現が期待される技術。
- 今後、データセンター等において増大する電力消費量への対応が課題となる中、サーバ内等の電気配線を光配線化する革新的な光電融合技術により、データセンターの大幅な省エネ化を目指す。

■ 光配線化による消費電力抑制の効果



情報の伝送速度が上がる中、電気配線を用いた場合の消費電力が急増。
光配線化による消費電力抑制が不可欠に。

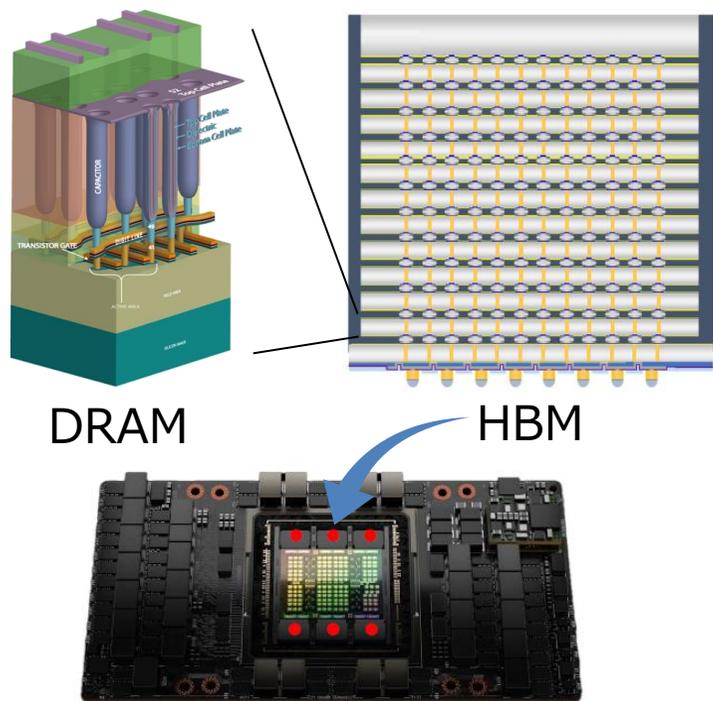
■ 光電融合技術開発のロードマップ



最先端メモリの開発を通じた次世代コンピューティングアーキテクチャの実現

- メモリがすべての処理の中心として機能するアーキテクチャとすることで、効率的なデータ伝送が実現されて、消費電力を抜本的に改善することが可能。
- 例えば、足元では、AI処理等に必要な大量のデータ処理を短時間で実行するため、プロセッサとの間で高速にデータ転送を行う広帯域メモリ（HBM）の重要性が高まっている。

HBMの実装例

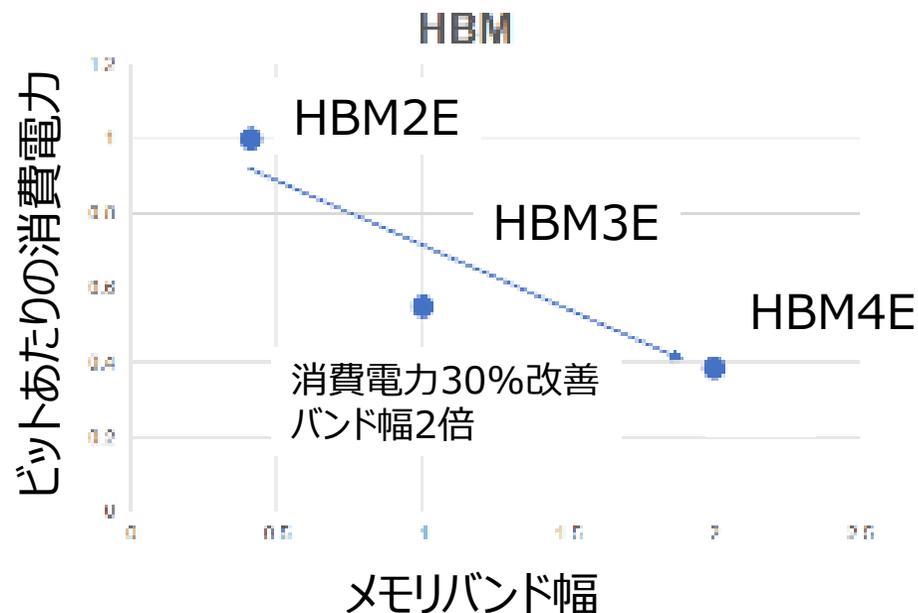


NVIDIAが発表した生成AI対応GPU「H100」
中央部にGPUと6つのHBMが実装されている。

(出所) NVIDIA

HBMの高性能化

HBM3EからHBM4Eの進化で30%以上の省エネ化が実現され、AIの進化とグリーン化を同時に実現可能。



(出所) マイクロン社資料