

次世代半導体のアカデミアにおける 研究開発等に関する検討会 報告書について

令和 6 年 7 月

研究開発局環境エネルギー課

次世代半導体のアカデミアにおける研究開発等に関する検討会



文部科学省

背景

- 令和5年6月に半導体・デジタル産業戦略が改定されたことを受け、文部科学省が推進すべき研究開発や人材育成について検討を行うもの。
- 地球規模課題の解決や未来社会の創造に資する半導体技術の創出に向けて、産学官の現在の取組、課題、文部科学省への要望事項等を確認し、技術的ボトルネックや必要な人材像などについて議論。

検討事項

- 国内外の施策動向、優先的に取り組むべき課題
- 未来社会での先端半導体の活用領域
- 産業界のニーズ
- アカデミアの強みを活かして、重点的に取り組むべき技術課題
- 研究基盤、高度人材育成、産学連携施策 等

委員一覧

石内 秀美

元 先端ナノプロセス基盤開発センター 代表取締役社長

石丸 一成

Rapidus株式会社 専務執行役員

大森 達夫

三菱電機株式会社 開発本部主席技監

黒田 忠広

東京大学 教授

五神 真

理化学研究所 理事長

橋本 和仁

科学技術振興機構 理事長、内閣官房 科学技術顧問

林 喜宏

応用物理学会システムデバイスロードマップ産学連携委員会（SDRJ） 委員長、慶應義塾大学 訪問教授、産業技術総合研究所先端半導体研究センター 招聘研究員

東 哲郎

技術研究組合最先端半導体技術センター（LSTC） 理事長

日高 秀人

ルネサスエレクトロニクス株式会社 フェロー

平本 俊郎 ※主査

応用物理学会 前会長、東京大学 教授

宝野 和博

物質・材料研究機構 理事長

三井 豊興

一般社団法人電子情報技術産業協会半導体部会政策提言TF主査

渡部 潔

一般社団法人日本半導体製造装置協会 専務理事

アカデミアにおける半導体強化の重要性

- 半導体は、5 G・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**であり、**経済安全保障にも直結する重要な戦略技術**。
- **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**。他方、**日本では半導体産業への支援に比べアカデミアへの支援は限定的**。
- 半導体が牽引する成長を持続可能にするためには、**アカデミアにおける半導体の研究開発、人材育成、研究基盤の整備を抜本的に強化**する必要があり、産学連携のもとで総合的かつ戦略的に施策を推進していくことが重要。

アメリカ	CHIPSおよび科学法がNSF（国立科学財団）の予算を倍増することを承認。DARPA（国防高等研究計画局）は民間団体であるSRC（Semiconductor Research Corporation）と共同で大学の研究拠点に5年間で約3.3億ドル支援。また、集積回路のプロトタイプ試作を支援する地域ハブを大学等が構築するため5年間で総額20億ドルを支援。
EU	研究開発プログラムであるHorizon Europeにおいて「デジタル、産業、宇宙」分野を重点支援することを計画。また、EU加盟国が連携し革新的なマイクロエレクトロニクス技術等の確立を目指すプログラムに総額81億ユーロ公的支援することを承認。
イギリス	2023年5月に半導体戦略を策定。The Compound Semiconductor Applications Catapult（CSA Catapult）が次世代半導体の研究開発に向けた産学連携を促進。また、半導体技術に関するイノベーション・知識センター（IKC）を設立する大学等を支援。
韓国	2022年半導体超大国達成戦略を策定し、次世代のシステム半導体における先進技術確保を目指すことを発表。また、2030年までに15万人の半導体専門人材を育成するため半導体特化大学の指定や財政支援を強化し、研究人材の養成を強化。
台湾	台湾大学、清華大学、陽明交通大学などが参加する先端半導体技術プロジェクトを立ち上げ。2021～2025に年間7.6億元を支援し、サブnmレベルの半導体量産に必要な技術（デバイス、回路、材料、プロセス、検査）の探索を支援。また、GaNなどのパワー半導体技術の研究開発計画も2022年から開始。

アカデミアにおける半導体分野の取組強化の方向性

- 地球規模課題は知識集約型社会における成長機会創出の要諦であり、それを我が国が先導するには、先端科学・産業の競争力の全般を支える次世代半導体の創出に向けて、産業界のみならずアカデミアの総力を結集することが不可欠。
- 文科省・経産省・産業界・アカデミアが緊密な連携の下で、収穫期となる2030年代以降に備えて、研究開発、研究基盤整備、人材育成に対し、アカデミアへの支援を抜本的に強化。
- 我が国の強み・弱みを踏まえて“勝ち筋”となり得るコア技術を特定して、アカデミアの総力を結集した統合的な研究開発に重点投資。その際、異分野・海外人材の引込や若手人材の育成、大型施設の活用を含めた設計・試作環境の整備などを一体的に推進。

“オールジャパンによる半導体研究開発・人材育成”



研究開発

人材育成

研究基盤

半導体研究開発

- ・ AI・ロボット等のユースケース（活用事例）開拓に関する研究開発を推進。
- ・ 次世代のエッジ用AI半導体（フィジカルインテリジェンス半導体）の実現に向けて取り組むべきコア技術（重点項目）を特定し、アカデミアの総力を結集した統合的な研究開発に重点投資。
- ・ 半導体産業が抱える基礎・基盤的な技術課題や革新的な研究開発課題（推進項目）に取り組むため、アカデミアでのシーズ創出・産学連携を支援。

半導体研究基盤

- ・ アカデミアの研究開発を産業界につなぐための設計・試作・検証環境の整備
- ・ 大型研究施設（放射光、計算機等）の整備・高度化や積極活用

半導体人材育成

- ・ 半導体分野に研究者を集めるための積極投資、将来の道筋の提示
- ・ 全国的なカリキュラム整備・連携や環境整備
- ・ 高専・大学のシームレスな人材育成、海外や産業界との人材交流・招聘

検討会での主な意見（今後重点的に取り組むべき研究開発課題）

- 今後10年以上にわたり半導体は国家戦略上重要な技術分野。先端ロジック半導体はラピダスが2027年に量産を開始することを計画しているが、その後も先端半導体分野で日本が持続的に成長するためには、10年後を見据えて今から基礎的・基盤的な研究開発や人材育成に着手することが必要。
- 未来社会を予測しつつ今後進展する地球規模課題や日本の課題の解決に必要な技術を特定し、集中して国として取り組むことが必要。その際、日本の弱みを補いつつ強みを活かす戦略が必要。

未来社会	✓ <u>AIを搭載したロボティクスの活用が拡大。エッジの知能化（フィジカルインテリジェンス）により、科学研究を含む様々な産業分野を自動化しGXを推進することが可能。</u>半導体分野では、半導体の研究開発や設計、製造をAIにより自動化・高度化・省エネ化することが可能。 ✓ AIを搭載するエッジ側の半導体の重要性が高まる中、一部の半導体は水平分業型から日本が得意とする垂直統合型に移行する可能性。既にTesla、マイクロソフトなど非半導体企業が半導体設計を開始。
地球規模課題	✓ 人類の活動により、地球の温暖化、生物多様性の破壊、化学物質による汚染が進展。今後AIの利用拡大等によりコンピューティングに必要な電力が増加し、<u>2030年代には全クラウドシステムの消費電力が全世界の発電エネルギーを超える恐れがあり、エッジAI半導体の性能向上が必要。</u>
日本の課題	✓ 2030年には、人口の約1/3が高齢者になり、労働力人口が減少する見込み。<u>特にサービス、医療・福祉、製造、運輸などの労働力が不足するためロボティクス等による自動化が必要。</u>
日本の弱み	✓ 設計、先端ロジックの研究開発力やアプリケーションから半導体まで落とし込むシステム化が弱い。 ✓ <u>2030年以降（Rapidusが量産に成功した後）に必要な次世代の先端ロジック技術を支えるアカデミアの研究開発や人材育成体制を国内に整備できていない。</u>
日本の強み	✓ <u>装置・材料メーカーやメモリ・センサ等の分野において国際的な競争力を保持。材料や分析技術等、アカデミアの強みを活かせる分野もある。</u> ✓ <u>自動車・ロボット産業が一定の世界シェアを保持。</u>全体としてAIの研究開発力は米国に劣後しているものの、少数のAIスタートアップ（PFN等）が存在。

今後重点的に取り組むべき研究開発課題（重点項目）

これまでの検討会での議論を踏まえ、2030年代以降に向けてフィジカルインテリジェンス（エッジの智能化）を加速しエネルギー問題など地球規模課題の解決に貢献するため、エネルギー効率を抜本的に向上する次世代のエッジ用AI半導体実現に向けたコア技術について、アカデミアとして集中的に取り組むことが必要。

重点項目（超低消費電力の次世代エッジAI半導体創出に向けて、アカデミアで集中的に取り組むべきコア技術）

方向性①

ロボティクス等が普及する未来社会を見据え、ユースケースを想定した次世代エッジAI半導体開発を推進

方向性②

将来の電力消費激増を見据えたエネルギー効率改善等、国家として必要な技術の確立に注力

方向性③

産業界等と緊密に連携し、アカデミアの総力を結集した統合的な研究開発を推進

2030年代

産業界
主体

**超低消費電力な次世代エッジAI半導体（フィジカルインテリジェンス半導体）
創出に向けたアカデミア主体の基礎・基盤技術**

【アカデミアが重点化すべきコア技術例】

- ✓ AIを活用した高効率半導体システム設計
- ✓ 次世代AI回路（次世代3D半導体、in memory等）
- ✓ Beyond1ナノ世代チップ（新チャネル、配線材料等）
- ✓ 環境技術（PFAS対応、使用水量削減等）

研究開発と並行して具体的なユースケースを検討する体制を構築
設計・プロセス・デバイス・材料・分析等の統合的な研究開発を推進

- ・強力なマネージャーの下、研究開発の進展やユースケースに応じて、目標や計画を柔軟に変更
- ・産業界、LSTCとの緊密な連携により、タイムリーに成果を橋渡し

産業界、LSTC

AIの進化 と 物理世界への融合

- **AI基盤モデル**（GPTなど）は社会に大きなインパクトをもたらした。**世界は次のステージへ。**
- これらAI技術の飛躍的な進展は、**新たなイノベーションとして、機械（ロボット、IoT等）との融合に注目。**

- ✓ AIが学習したデータをもとに環境に適用した動作を推定できる技術（AIアルゴリズム）
- ✓ 先端半導体によりエッジで推論計算するAIチップ（エッジの知能化・計算資源）
- ✓ 知能ロボットと産業用ロボットの融合

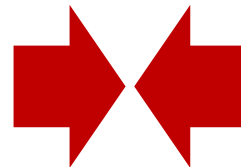
変化する実環境に柔軟に対応できるPhysical Intelligence※の開発・実装へ

AIが物理的な身体機能（ロボット等）を獲得することで、**AIの利活用が、デジタル世界（Digital）からこれまで不可能であった物理世界（Physical）へ拡大。**

- 世界はこの動向を捉え、大規模な投資を行う向き。**いち早く重要技術を獲得し、この変革のイニシアティブを取っていくべき。**これにより、**GX社会への移行と省人化に大きく貢献。**



融合
Physical intelligence



Physical Intelligence（これから）
 ➤ AIと機械が融合
 ➤ AIが物理動作を可能になる

現在のAI
 ➤ スマホなどデバイスに装備
 ➤ それ自体で物理的動作は出来ない

AI利活用の飛躍的拡大に向けた パラダイムシフト

※エッジの知能化等により、AI（知能システム）と機械（ロボット、IoT等）が高度に融合することで実現する、AIが物理的動作を行うためのシステム。
 これにより、AIの利活用が現実世界（Real World）に広がることで、リアルタイムに高付加価値を還元することを目指す。

Physical Intelligence 構想 : AIロボット研究

- AI推論計算が今後技術的に進展することで知能と身体機能システムが融合し、**研究の潮目が大きく変わる**。
- これまでのロボット研究は**社会的受容性が課題**。知能と身体機能システムの融合により、社会的受容性が高く、エコ（省エネ）で省人化可能な**“AIロボット”が破壊的イノベーションをもたらす可能性**。

知能と身体機能システムの融合

- エコ（省エネ）なエッジの知能化
- 知能と身体機能のリアルタイム性
- 適応・発達する知能

高い社会受容性※2をもつ
AIロボットの実現



（出典）第2回検討会五神委員発表資料

知能ロボットとして発展



情報科学的なアプローチ

知能ロボットとして活用
開かれた環境※1で限定的な利用

柔軟性
機能性

しかし・・・
開かれた環境での高速性、信頼性
などに懸念
大幅な利用拡大につながらない

産業用ロボットとして発展



機械工学的なアプローチ

産業用ロボットとして活用
工場などの閉じた環境で利用

高速性
完全性

しかし・・・
開かれた環境への対応が困難
閉じた環境どまり

限界突破
開かれた環境に対応

推論計算が今後進展
研究の潮目が変わる！

半導体の微細化、3Dチップレット、
十分なデータ取得、
AI基盤モデルの登場

※1 開かれた環境とは、多様性や動的な環境

※2 社会受容性とは、信頼性、確実性、ELSI、安全性などの観点を踏まえ、ヒト・社会が受容すること

今後重点的に取り組むべき研究開発課題の例①

＜アカデミアが重点化すべきコア技術例＞

次世代エッジAI半導体を実現するために不可欠であり、①将来（2030年代以降）にどんな課題が顕在化するか、②アカデミアの投資が必要／有効か（勝ち筋）、③重点化して統合的な研究開発を行うことが必要か、などの観点から、アカデミアが強みを発揮できるコア技術を検討

AIを活用した高効率半導体システム設計

①将来(2030年代以降)の課題

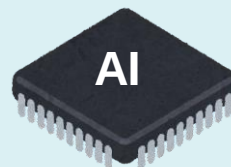
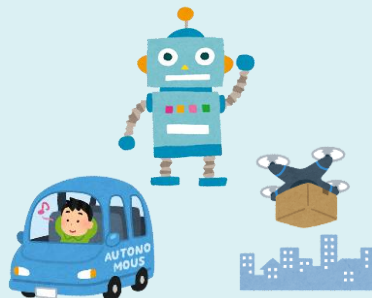
深刻化する世界のエネルギー問題を解決するため**超低消費電力の半導体**を設計する技術が必須。その際、半導体の3D集積や微細化の進展に伴い設計・検証コストが爆発的に急増することが予想されており、**AI等を駆使した自動設計（No human in the loop）やアーキテクチャ・回路・デバイスをつなぐ統合シミュレーション**が必要。

②アカデミアの強み/勝ち筋

設計技術・シミュレーション技術は先端半導体を様々なユースケースで活用する上でハブとなる不可欠な技術であり、我が国には全国の大学や産業界が繋がった**独自の設計デザイン環境**が存在。

③統合的な研究開発

海外機関や**AI等情報系の研究者と連携して設計技術等の高度化**に取り組み、**具体的なユースケースを想定した最適設計**を検討。



ユースケースに応じて超低消費電力の半導体を自動設計

超低消費電力な次世代AI回路

①将来(2030年代以降)の課題

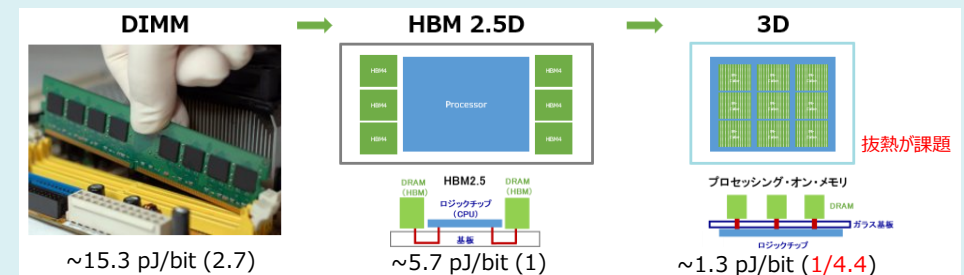
AI処理による消費電力増大が喫緊の課題となる中、**フォン・ノイマン・ボトルネック（ロジック・メモリ間の通信による処理速度や消費電力の限界）**を解消する**次世代AI回路**が不可欠。

②アカデミアの強み/勝ち筋

エネルギー効率の抜本的な改善に必須の**超低電圧回路**や**in memory回路**、**脳型回路**など次世代AI回路を実現するためには、我が国が強みを持つ**3D集積技術**や**材料**、**メモリ技術**が鍵。

③統合的な研究開発

次世代AI回路の実現に向けて、**AI・ロボティクスの研究者と連携し、システム化を見据えた回路、デバイス、材料開発を統合的に推進**することが必要。その際、**熱マネジメント**や**光・量子・物性科学**などの技術シーズを活用する。



今後重点的に取り組むべき研究開発課題の例②

＜アカデミアが重点化すべきコア技術例＞

次世代エッジAI半導体を実現するために不可欠であり、①将来（2030年代以降）にどんな課題が顕在化するか、②アカデミアの投資が必要／有効か（勝ち筋）、③重点化して統合的な研究開発を行うことが必要か、などの観点から、アカデミアが強みを発揮できるコア技術を検討

Beyond1ナノ世代チップに向けた新材料・デバイス・プロセス・集積化技術

①将来(2030年代以降)の課題

2030年代以降必要となる超低消費電力のサブナノ世代のCMOSを実現するには、**チャネル周辺の物理特性の解明や解析技術、低電圧化を可能にする新規チャネル材料・配線材料、プロセス技術の開発等**、多くの研究開発課題を解決することが必要。

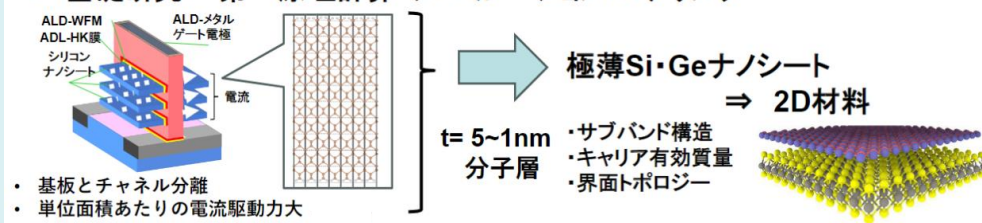
②アカデミアの強み/勝ち筋

我が国アカデミアには、**新材料開発、解析技術において強み**。

③統合的な研究開発

多種多様な新材料・新技術を開発・導入しつつ、産業界と密接に連携し、**実用化に向けたプロトタイピングのためにデバイス・集積化技術の研究開発を統合的に行う必要**。

■ 基礎研究： 第一原理計算・シュミレーション/モデリング



環境負荷の少ない製造技術・材料（PFAS、水等）

①将来(2030年代以降)の課題

有機フッ素化合物（PFAS）等の有害物質規制の厳格化や、生産工場における水・電力不足の深刻化など、半導体製造工程のグリーン化は今後避けては通れない課題。

②アカデミアの強み/勝ち筋

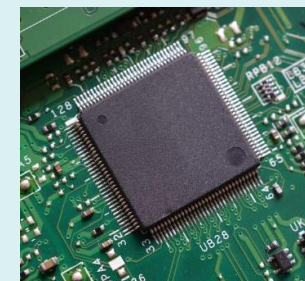
我が国が高いシェアを持つ製造装置・材料分野における共通課題となっており、**アカデミアの材料研究等への期待は大**。

③統合的な研究開発

規制に対応した次世代半導体プロセスを構築するためには、**製造プロセス全体の最適化を目指して、企業等とも密に連携した上で人文社会系の研究者を取り込みつつ新材料の開発・導入やプロセス開発、LCAの研究を統合的に推進することが必要**。

半導体産業で使用されるPFAS

フォトレジスト
エッチングチャンバーガス
配管システム
プリント基板
樹脂パッケージ



※PFAS:フッ素化されたメチルまたはメチレン炭素原子を含むフッ素化合物。

今後推進すべき研究開発課題（推進項目）

他方、半導体産業が抱える基礎・基盤的な技術課題の解決や革新的な研究開発課題に取り組むため、アカデミアのシーズ創出や産学連携支援を強化することが必要。

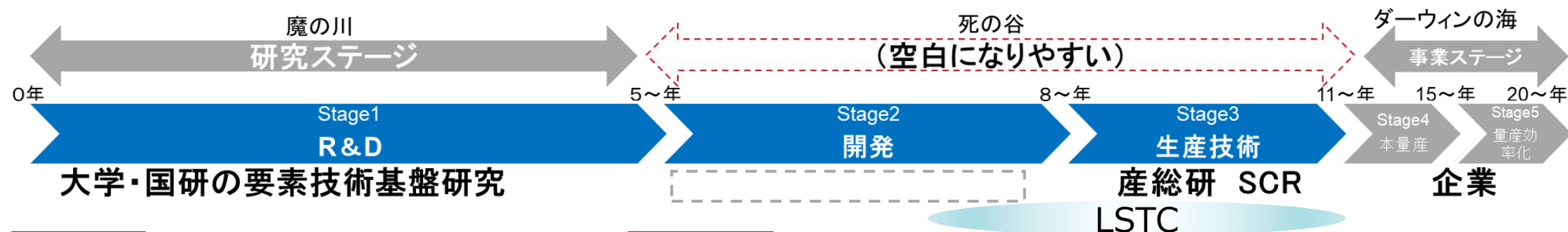
推進項目（基礎的・基盤的な研究開発課題の解決に向け、アカデミアでのシーズ創出・産学連携を支援）

半導体産業が抱える基礎的・基盤的な技術課題の解決や革新的な研究開発課題に取り組むため、アカデミアでのシーズ創出・産学連携を支援。様々な基礎的・基盤的研究や産学連携を支援するとともに、設計・試作・検証環境（半導体プラットフォーム（仮称））を整備し、アカデミアの研究成果を速やかに産業界へつなげることを目指す。

	研究開発課題例
ロジック	差異化回路応用技術（クライオCMOS、シリコンフォトニクス等）
メモリ	大容量化、高速化、省電力化に必要な新規材料（スピントロニクス等）、評価分析技術、新原理メモリ
センサ	新原理センサ、マルチモーダル化、知能化
パワエレ	酸化ガリウム、ダイヤモンドなど次世代材料の開発、GaN、SiCの品質向上に必要な学理解明、回路や受動素子を含めた全体システムの最適化
通信	次世代通信回路・デバイス
設計	自動設計技術、シミュレーション技術、検証技術
材料	マテリアルズ・インフォマティクス等による新奇材料開発
製造装置	プラズマ制御、化学反応プロセス、計測・分析技術、シミュレーション技術 等
ファクトリー・インテグレーション	製造ラインのGXに必要なデジタルツイン技術
ユースケース	新たな半導体のユースケースの開発

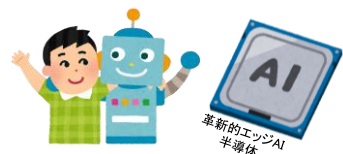
アカデミアにおける半導体研究基盤

最先端の研究開発の推進に当たっては、**空白域となりやすい「死の谷」を埋める研究環境が不可欠**。また、国内外の優秀な人材を惹きつけ、革新的なアイデア・シーズを継続的に生み出すためには、**様々な基礎・基盤研究を可能とする共用設備等の充実や、大型研究施設の活用**が重要。



課題1

どのようにして
“革新的なアイデア・シーズ”
を次々生み出すか？



次世代のエッジ用AI半導体の統合的研究開発
ユースケース開拓に関する研究開発

課題2

どのようにして
アカデミアと産業界の間にある
“死の谷”を埋めるか？



アカデミア発シーズの実証に必要な最先端設備の整備強化

- 新規材料・技術を統合し、デバイスでの動作実証・解析評価できる最先端設備を備えた環境
- 産・学・国研の結節点となる場



多様なシーズ創出・産学連携を支援する設備整備・共用 (半導体基盤プラットフォーム (仮称))

- 広く共用可能な設備を有し、推進項目に関連した様々な基礎・基盤研究を可能にする環境
- 研究開発・人材育成の裾野拡大のため、分散・ネットワーク型拠点を整備・強化
- 長期的には国際的な産学連携による国際拠点形成を検討



大型研究施設の整備・高度化や積極活用



- 国内外のトップ研究者を惹きつける魅力的な研究環境として、世界最高レベルの先端大型研究施設を整備・高度化し共用

先端半導体産業を支える人材育成の取組

我が国の半導体産業の持続的な発展のためには、喫緊の半導体人材不足にも対応する**基盤人材**の育成とともに、将来にわたって先端半導体分野を先導・けん引する**トップ人材・高度人材の育成が鍵**。

必要な人材像

トップ人材

- ◆ 半導体の事業戦略・研究戦略に携わるトップ人材
- ◆ 次世代半導体デバイスを創生し、新たなユースケースを開拓する卓越した研究人材

高度人材

- ◆ 設計・製造・研究開発・品質管理の中核的な専門人材
- ◆ 半導体、半導体製造装置の研究開発職、設計技術職、製品開発職

基盤人材

- ◆ 半導体及び半導体製造装置の製造と各工程の改良や品質管理を行う実践的人材

アカデミアの総力を結集したオールジャパンで、先端的な研究開発やグローバル連携を通じた人材育成

全国の大学等や産業界の連携による人材育成・基盤整備

大学・高専の機能強化や海外人材の取込

若手研究者・博士・修士

学部・高専

半導体人材育成に向けた教育体制の構築（イメージ）

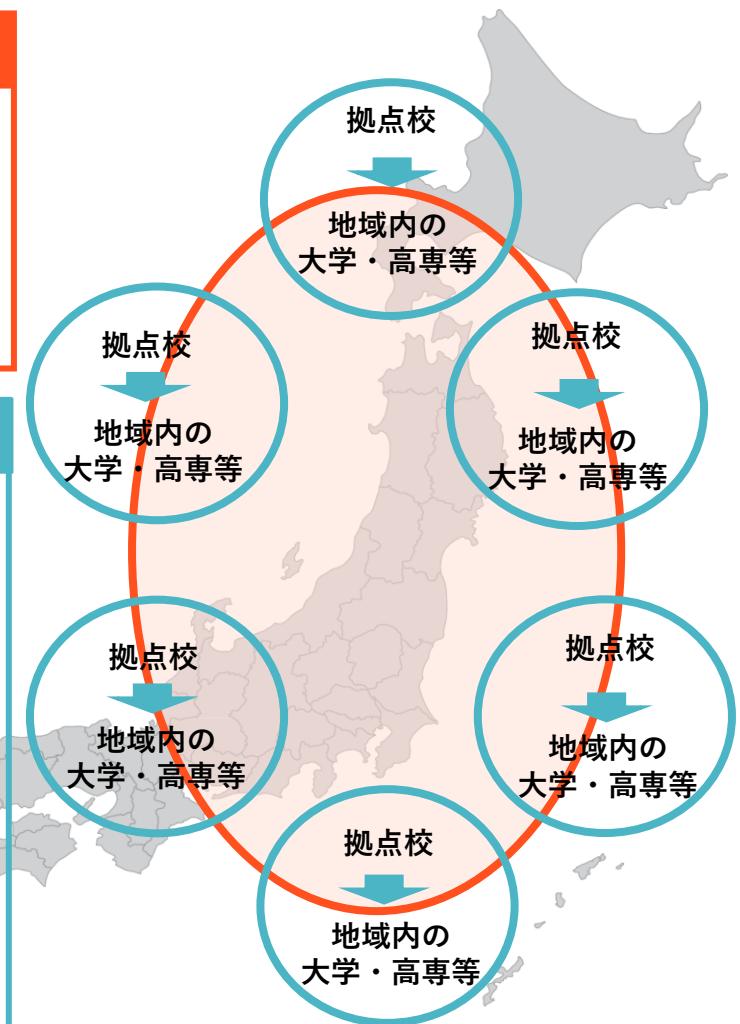
将来を担う高度人材や基盤人材（ボリュームゾーン人材）の育成に向け、各大学等の特色や地域性等を踏まえつつ、広域及び地域間で、産業界と連携して教育を行う体制（学部・高専～修士を中心に、次フェーズへ接続）を構築。

① 強みを持った大学・高専等が広域に連携する機能

- ・ 地域の枠を超え、半導体教育に強みを持った大学等同士が連携し、強みを補完した教育を全国に展開
（強みの例：実習環境、設計・プロセス等の分野など）
- ・ 人員や施設設備を含め各大学等の教育リソースを提供
※半導体基盤プラットフォーム等の取組とも連携

② 拠点校を中心に、大学・高専等が地域内で連携する体制

- ・ 拠点校が核となり、大学・高専等が地域内で協力して教育を発展させる体制の構築（地域コンソを通じ、域内の自治体や企業等とも連携）
（取組例）
 - ◎ 教育コース設定に向けた協力・助言
 - ◎ 各大学等の半導体に関する教育コンテンツの共有
 - ◎ 基礎的な共通教材の作成
（地域内大学での「半導体副専攻」の展開、基礎科目への組入れ等）
 - ◎ 半導体製造過程を学ぶための施設設備の共有や実習の受入れ
- ・ 地域企業でのインターンシップの充実など産業界との連携
- ・ 半導体に興味を持たせるために企業等と連携した地域内の中学・高校等へのアプローチ



次世代半導体のアカデミアにおける研究開発・研究基盤・人材育成施策の方向性

- 経済安全保障上の重要性（戦略的自立性・戦略的不可欠性）が増している半導体について、2030年代以降の社会での適用（ユースケース）を見通して、**ユースケース開拓と半導体開発の両面から研究開発・人材育成を推進**するとともに、次世代の高度人材や基盤人材を育成するため、**全国レベルでの産学協働の実践教育ネットワークの構築**を図る。
- 研究開発の推進に当たっては、国内外の優秀な人材を惹きつける魅力的な研究環境の構築が必要。また教育目的の設備も含め、共通的・基盤的な研究設備については、**拠点や機関の内外での共用が可能となる仕組みを構築**。

次世代半導体の研究開発等

●ユースケース開拓に関する研究開発

能動的に学習・進化する革新的なAIを搭載し、エッジの知能化によりエコで知能と身体機能のリアルタイム性を有するAIロボット（フィジカル・インテリジェンス）の研究開発とそれを通じた人材育成を推進

●次世代エッジAI半導体の統合的研究開発

2030年代以降のコア技術として、次世代エッジAI半導体の統合的研究開発とそれを通じた人材育成を推進（研究開発課題例）

半導体システムのAIによる高効率設計、次世代AI回路技術、Beyond 1 ナノ世代デバイスと製造技術、製造技術のグリーン化、新材料探索、設計・試作基盤の整備（推進体制）

従来の拠点型の取組（X-nics）に加えて、オールジャパンのチームで統合的な研究開発を推進

●半導体基盤プラットフォームの整備・強化

研究開発・人材育成の裾野拡大のため、既存の枠組みも活用しつつ、分散・ネットワーク型拠点を整備・強化

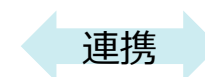
【取組推進の際の留意点】

- ・海外研究機関との連携
- ・経済安全保障
- ・研究セキュリティ・インテグリティの確保
- ・民間企業への橋渡し（L S T C・産総研等）
- ・研究設備の共用

全国/地域レベルでの次世代の人材育成

●成長分野を支える半導体人材の育成拠点の形成

将来を担う高度人材や基盤人材（ボリュームゾーン人材）の育成に向け、各大学等の特色や地域性等を踏まえつつ、広域及び地域間で、産業界と連携して教育を行う体制（学部・高専～修士を中心）を構築



各地方の人材育成
コンソーシアムの取組

参考資料

デバイスとアプリの相乗的发展

- 新デバイスが新アプリを生み、新市場が发展
- AIチップによってロボティクスの再发明
孫正義: ガラボからスマホへの転換
- AI搭載ロボティクスが新市場を牽引
- データセンタ分野はNVIDIAなど米勢強い

クラウド
データセンタ

ロボティクス

AIチップ

スマホ

SoC

PC

マイコン

家電品

トランジスタ・IC

軍需・コンピュータ

トランジスタ・IC

半導体

アプリなければ

ただの石

<半導体は中間生産物>

1960

1970

1980

1990

2000

2010

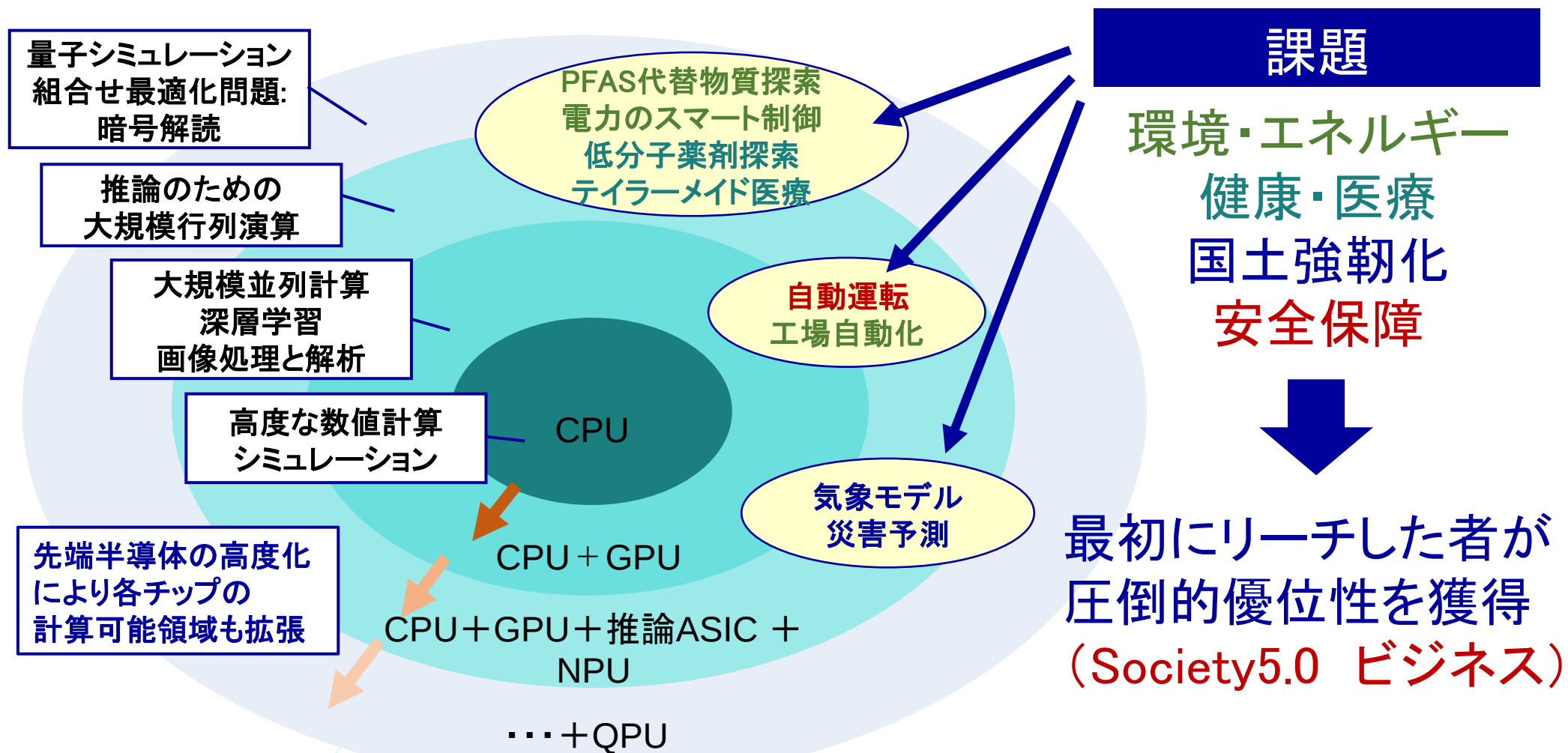
2020

半導体企業等による未来予測の例

2030年以降に向けた半導体企業等による未来予測は以下の通り。

Intel	半導体が中心となる経済（Siliconomy:シリコノミー）が今後10年で15倍になり、AI、5Gの進展により、クラウド及びエッジにおける高速データ通信、保存、処理の需要が拡大することを予測。AI、自動運転、クラウド、エッジ、サイバーセキュリティ、半導体設計・製造分野における企業買収・出資・提携を実施。
IBM	あらゆる産業でAIの活用が拡大することを予測。工場の自動化、医療AI、マテリアルズ・インフォマティクス、インフラ管理や物流の自動化など11業種におけるユースケースを分析。AI半導体や量子コンピュータの研究開発に投資。
NVIDIA	AIと5Gの組み合わせにより工場や物流システム、自動車の自動化、会話型AIツールの拡大が進展することを予測。また、天体物理学や創薬、気候科学、エネルギー探査など科学研究におけるAIの活用が拡大することを予測。
AMD	現在の速度で技術が進展すれば、2030年台にスパコン1台の処理速度が現在の1,000倍になるものの、消費電力が原発1基分に近づくことを予測。このため、デバイスレベルからシステムレベルの効率化に資する研究開発に投資。

計算可能領域の拡張

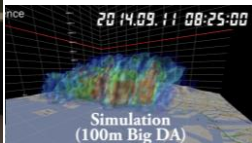


30秒毎の観測データによるゲリラ豪雨シミュレーション解析時間

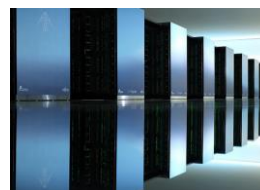


10 PFLOPS

(スマホ40万台相当)

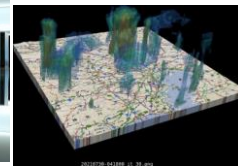


「京」では1時間
かかった



537 PFLOPS

(スマホ2,000万台相当)

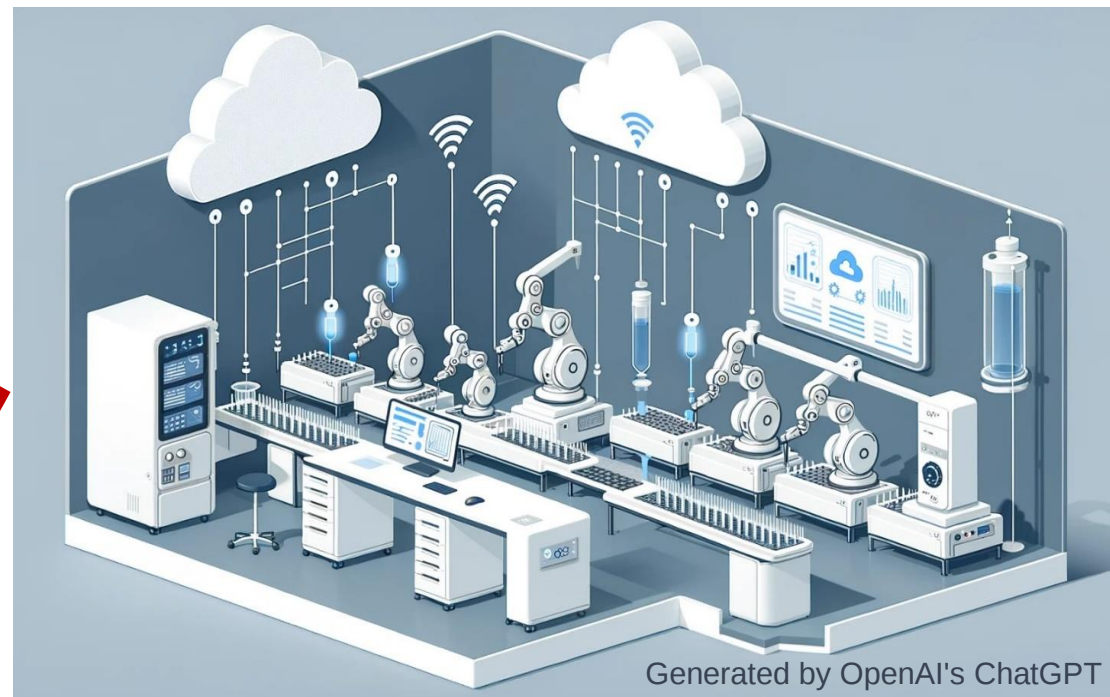


「富岳」では**15秒**、
リアルタイム予測へ

フィジカルインテリジェンス



AI for Scienceから
フィジカルインテリジェンスへ



エッジの智能化＝フィジカルインテリジェンス

半導体後工程の完全自動化、創薬ライフサイエンス実験の自動化などエッジの智能化
→ Society 5.0 (研究開発・生産、インフラ、農業、医療など) と社会経済の変革とGXを加速

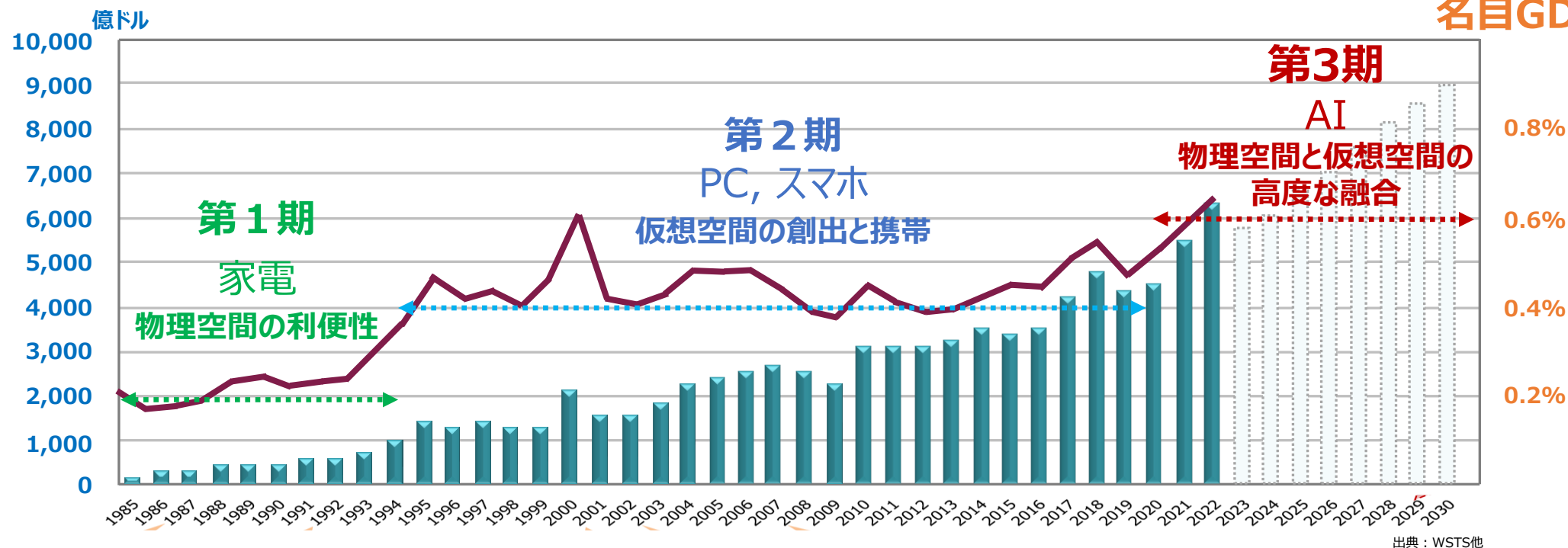
広義のロボティクス：身の回りの智能化が進むことを捉える

AIが半導体需要を生むと共にエネルギー危機を招く

- 第3期成長期を迎え、物理空間と仮想空間の高度な融合で価値を創る
- AIが半導体の需要を創出し、2030年には市場の70%(760B\$)がAI半導体になる⁽¹⁾
- 2030年には現在の総電力の2倍、2050年には200倍もの電力をIT機器だけで消費⁽²⁾
- 大型火力発電換算で2030年に28基、2050年に4,500基が必要⁽³⁾

出典 (1) IBS Inc.
(2) 経済産業省『半導体・デジタル産業戦略』
(3) 経済産業省第5回半導体・デジタル産業戦略からSoftBankが試算

半導体市場

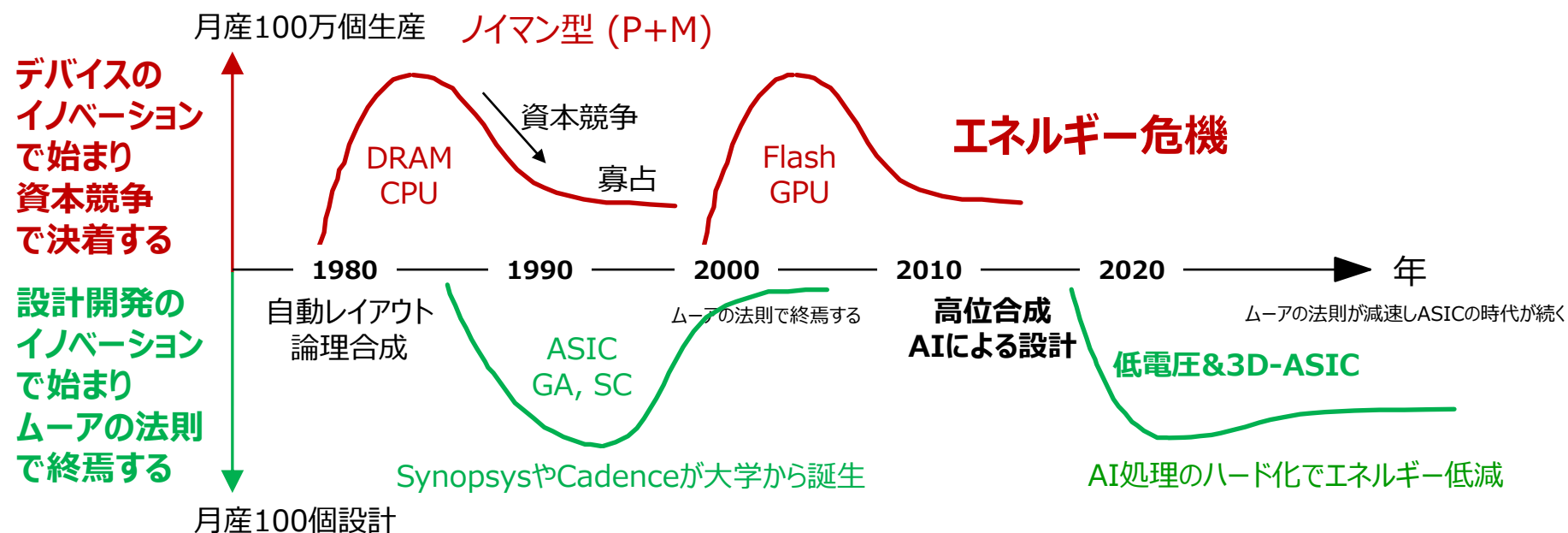


エネルギー効率の高い専用チップ^oを効率良く開発する

- 汎用チップ(資本競争)の時代から専用チップ(設計競争)の時代に移る
- 低電圧設計 & 3D集積を可能にするDMCO⁽¹⁾が競争力の源泉

備考 (1) DMCO(Design Manufacturing Co-Optimization)はRapidusの戦略、設計と製造の協調最適化。
エネルギー消費は電源電圧の2乗に比例するので電源電圧を下げるが有効。しかし、電源電圧を下げるときい値電圧のばらつきが性能に大きく影響する。低電圧設計を可能にするプロセス情報(PDK)と3D集積を可能にするパッケージ情報(PADK)を設計者に提供することが重要。

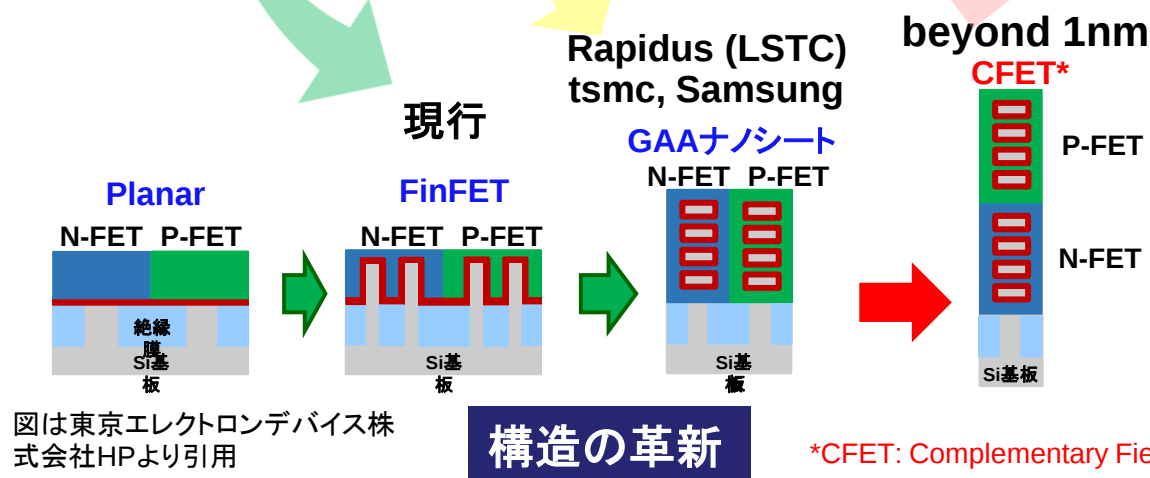
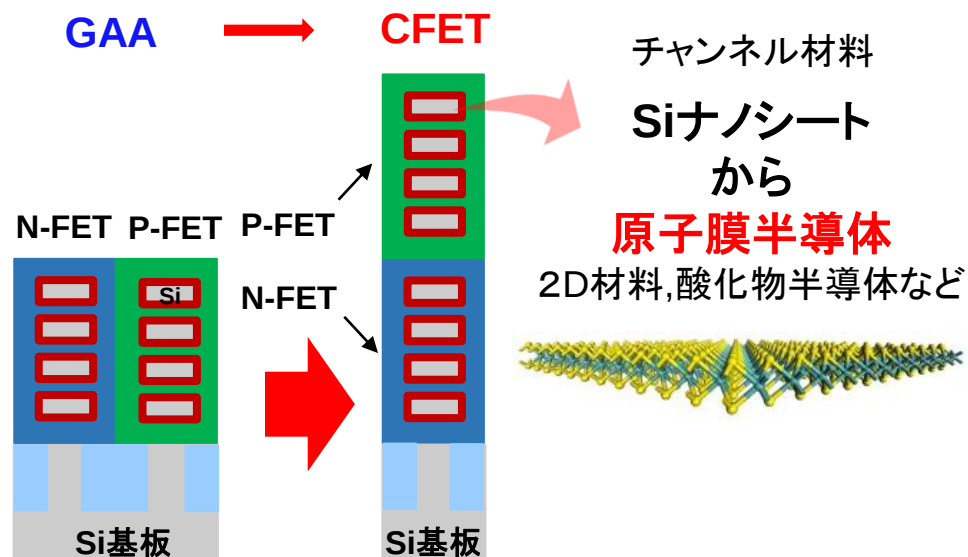
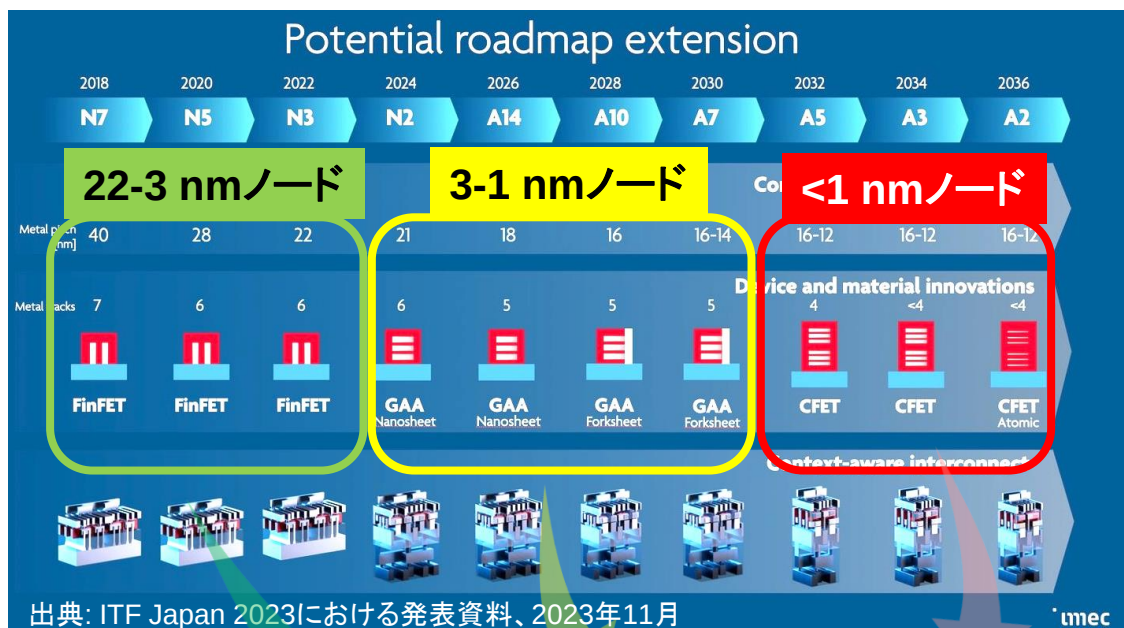
汎用チップ (規格大量生産)



専用チップ (特注少量生産)

出典 : T. Kuroda, ISSCC 2010 Panel Discussion, "Semiconductor Industry in 2025".

Beyond 1 nm 半導体材料の開発の基盤技術



微細化に伴う「短チャネル効果」

しきい値電圧の低下、移動度の低下

新チャネル材料が必要

材料の革新

経済安全保障に係る産業・技術基盤強化アクションプラン

経済産業省が2023年10月に公表した「経済安全保障に係る産業・技術基盤強化アクションプラン」では、次世代コンピューティング基盤として、エッジAIコンピューター、量子コンピューター、光電融合、脳型コンピューターが位置づけられている。

- コンピューティング（情報処理）を支える産業・技術基盤は、技術要素（半導体／電子部品）、計算基盤（データセンター／エッジ）、ソフトウェア（ファウンデーション／アプリケーション）等から構成される。さらに、足下では生成AIや脳型コンピュータ、将来的には量子・光電融合といった、産業・技術基盤全体に影響を与える破壊的な技術革新が進行している。コンピューティング基盤は、通信基盤や電力基盤とも、技術的・インフラ的に融合化が進み、一体的・戦略的な取組が必要とされる。
- 「半導体・デジタル産業戦略」に基づき、必要な措置を迅速に講じていく。

