

第5回 半導体・デジタル産業戦略検討会議

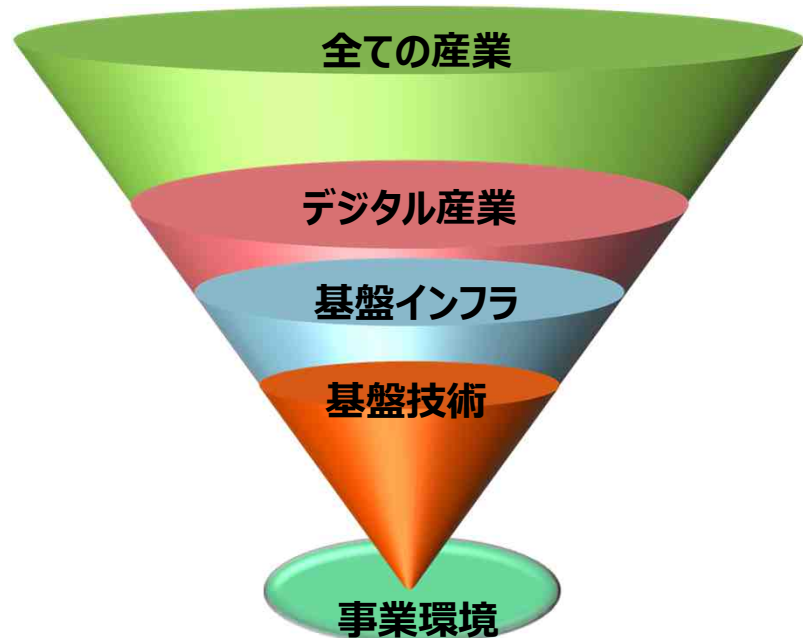
～デジタル産業基盤のサプライチェーン強靱化に向けて～

2022年4月

経済産業省

半導体・デジタル産業戦略検討会議について

- 経済・社会・民主主義を支えるデジタル産業基盤の確保について、これまでエネルギーや食料の確保に講じてきた政策と同様、資本主義や自由貿易を重視しつつ、一般的な民間事業支援の枠を越え、国家事業として取り組むべく、半導体・デジタル産業戦略の検討を実施してきた。
- 昨年11月に実施した第4回半導体・デジタル産業戦略検討会議や今年の1月に実施した産業構造審議会新機軸部会では、デジタル産業政策の新機軸を示してきた。
- 足元の経済・社会情勢の変化も踏まえながら、これらの具体化を推し進める必要がある。



海外の状況：

米、中、EU、台、韓、星、印等、
各国政府における政策の方向性

- ✓ 国全体のデジタル基盤の構築とデジタル関連産業育成
- ✓ 半導体、蓄電池等の重要技術の国家的育成
- ✓ データセンターの誘致等のデジタルインフラ整備 等

新機軸

(総論)

「デジタル投資」こそ、経済の牽引力であり、**官民各層の関係者全体が将来ビジョンを共有し、変革の創出にコミット**

(全層的アプローチ)

① 「全産業」の「本物」のDX促進

- ・ 現状維持でなく、変革(トランスフォーメーション)につながる産業DX促進

② 「デジタル産業」の競争力強化

- ・ BtoCプラットフォームでGAFAが興隆する中、BtoB領域の拡大や環境対応等を見据えたクラウド・ソフト産業の強化

③ 「デジタル基盤インフラ」の必要性

- ・ データ処理量の増加と、エッジ処理、オープン・仮想化及びその先の技術動向を見据えたインフラ整備を促進

④ 「基盤技術の保護・育成」

- ・ 半導体、蓄電池、光電融合、コンピューティング等の競争力強化

⑤ 「デジタル時代に即した事業環境整備」

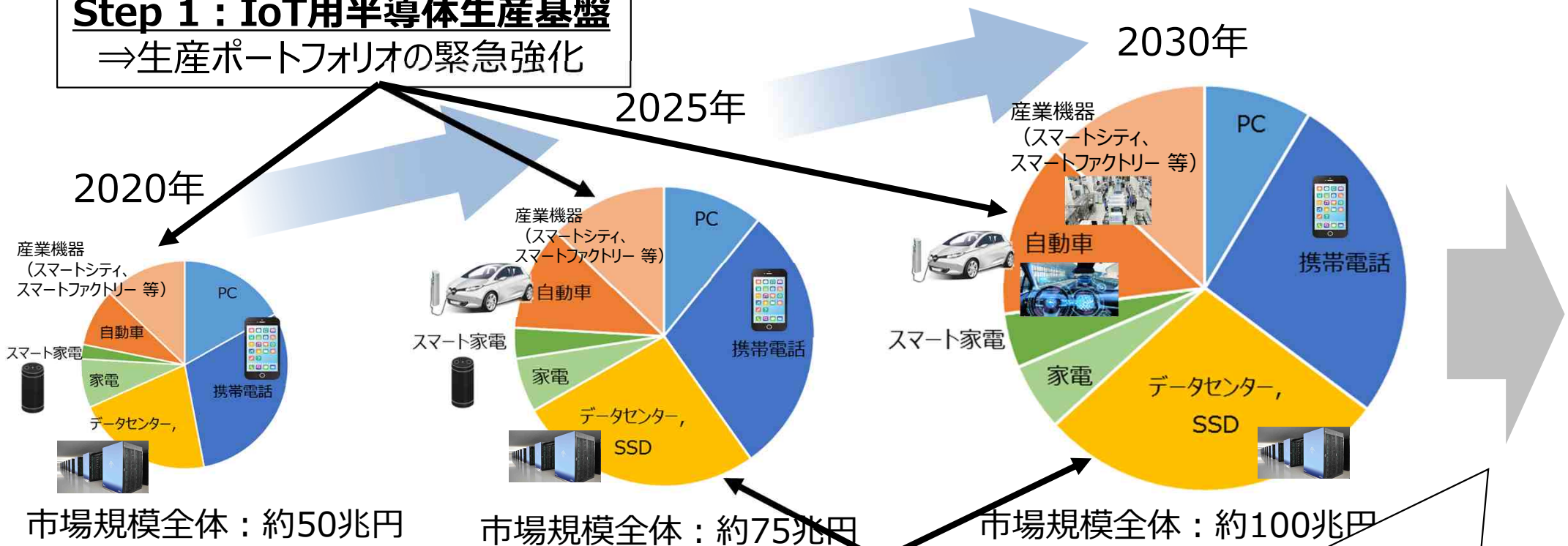
- ・ 社会全体のデジタル化・規制改革
- ・ 公共調達を活用した産業基盤の確立
- ・ 電力コスト対応、再エネ調達促進 等

我が国半導体産業復活の基本戦略

- 技術を研究開発に留めず、社会実装していくためには、その前提となる産業基盤が必要。量子や光電融合の社会実装には次世代半導体の産業基盤が必要であり、更に、次世代半導体の社会実装にはIoT用半導体の産業基盤が必要。
- Step1の取組として、JASMが熊本にIoT用半導体の製造拠点を整備予定であり、産業基盤の確立が進んでいる。Step2として次世代半導体の産業基盤の確立に取り組み、将来技術の社会実装に繋げていく。

引用：OMDIAのデータを基に経済産業省作成

Step 1 : IoT用半導体生産基盤 ⇒生産ポートフォリオの緊急強化



Step 2 : 日米連携強化

⇒日米連携プロジェクトで次世代半導体技術の習得・国内での確立

Step 3 : グローバル連携

⇒グローバルな連携強化による量子や光電融合技術など将来技術の実現

1. 足下のサプライチェーン強化 (足下の半導体不足等への対応)

1. 1. 現状評価

1. 2. 具体的なアクション

2. 将来のサプライチェーン強化 (次世代計算基盤の確保に向けて)

2. 1. 将来課題

2. 2. 具体的なアクション

3. 参考資料

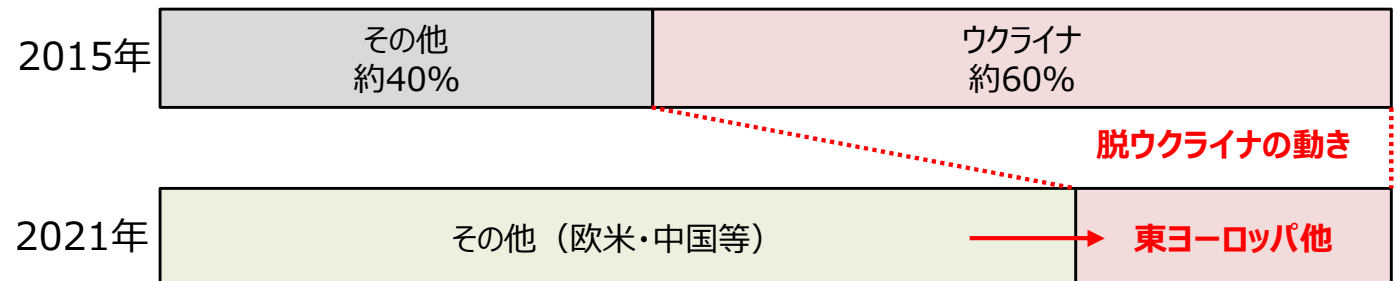
ウクライナ情勢が半導体サプライチェーンに与えるインパクト

- ネオン・クリプトン・キセノンの生産量はロシア・ウクライナで世界シェアはかつて6割を占めていたと言われていたが、その後シェア減少の動き。
- 日本国内では輸入のうち6%程度を当該地域に依存（その他、米国・中国など）。
- 今後、ロシア・ウクライナからの供給が途絶えることとなった場合、日本国内では各企業が一定の在庫を有しており、短期的には供給可能であるが、中長期的には供給不足が予想され、その際、半導体産業に影響が出る可能性あり（例：減産・調達先代替によるコスト上昇など）。

＜ネオン・クリプトン・キセノンの原産地の世界シェア内訳の変化＞

－ネオン・クリプトン・キセノン等の希ガスは、製鉄所等に酸素・窒素を供給する**大型空気分離装置から副生**。

－近年の**中国等の製鉄所の増設**や2014年のクリミア侵攻の際の不足を踏まえて、**一極集中回避**。



日本における半導体不足の要因分析結果

半導体需要の増加に対して、供給キャパシティの強化が追いついていない

- 2019年比で、2021年の世界半導体需要は20%増加。他方、供給能力については8%の増加に留まる。※参考 1
- 半導体不足が顕在化した2020年4Q以降、ファウンドリの稼働率は約95%を継続しており生産能力の限界。
(参考：ファウンドリの稼働率は90%を超えると需給逼迫状態と言われる) ※参考 2

【対応に向けた見解】

- ファウンドリを中心に生産能力の増強が必須。
- 市場原理の中では投資インセンティブの低いレガシー半導体についても投資促進策が必要。



国内半導体生産能力の強化策 「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・刷新事業費補助金」の実施

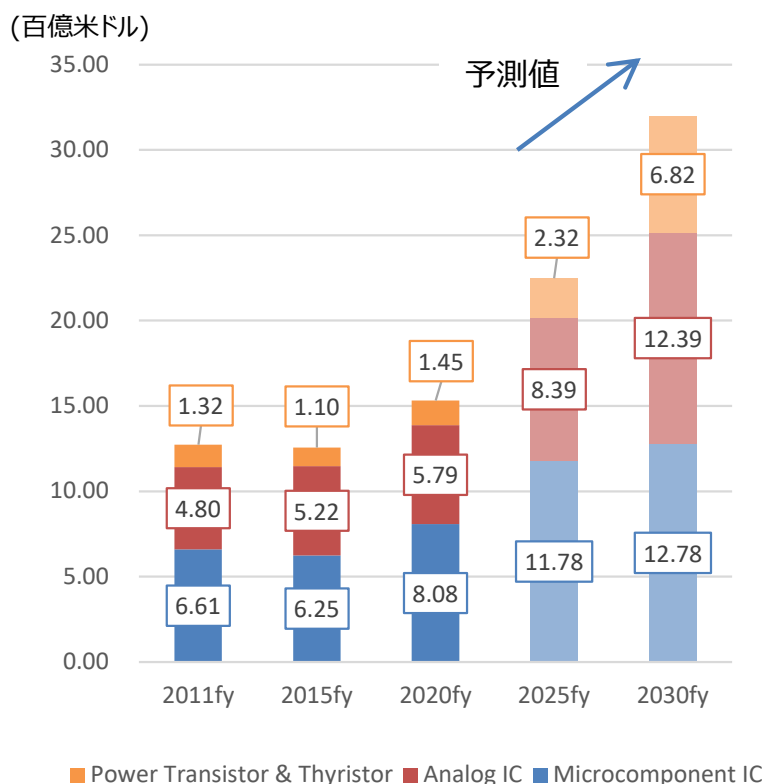
- 採択結果：
応募総数36件中、要件を満たした**30件、約465億円**を採択（予算470億円）
国内に存在するレガシー半導体用**81工場中、27工場（約33%）**
- 効果：
レガシー半導体の国内生産能力を**コロナ前（2019年）比で15%以上向上**させる見込み。



特にレガシー半導体について、半導体製造工場はもとより、工場に部素材・装置を提供する
周辺サプライヤも含めた中長期的な支援による、更なる製造基盤の強化を検討

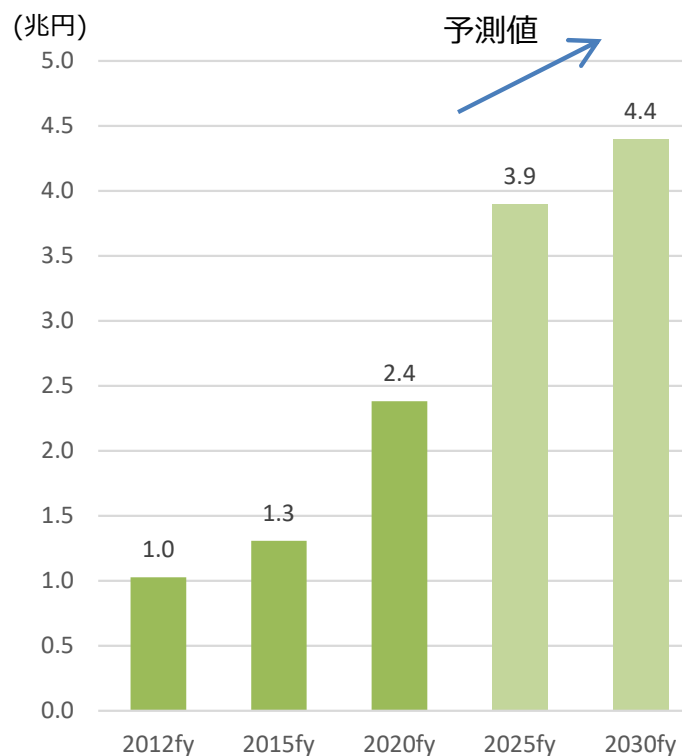
レガシー半導体、製造装置、素材の需要動向

- 世界の半導体需要については、足元で不足しているマイコンやアナログ半導体、パワー半導体についても中長期的に右肩上がりで増加傾向。
- この傾向は、半導体製造装置の販売高・半導体素材の消費動向にも表れている。日本製の半導体製造装置の販売高は増加傾向にあり、前年度比成長率もプラスで推移していく見通し。また、素材の代表としてのシリコンウエハ消費面積需要も、汎用品向けの堅調な伸びに加え、先端品向けの需要増加等の影響でプラス成長していく見通し。



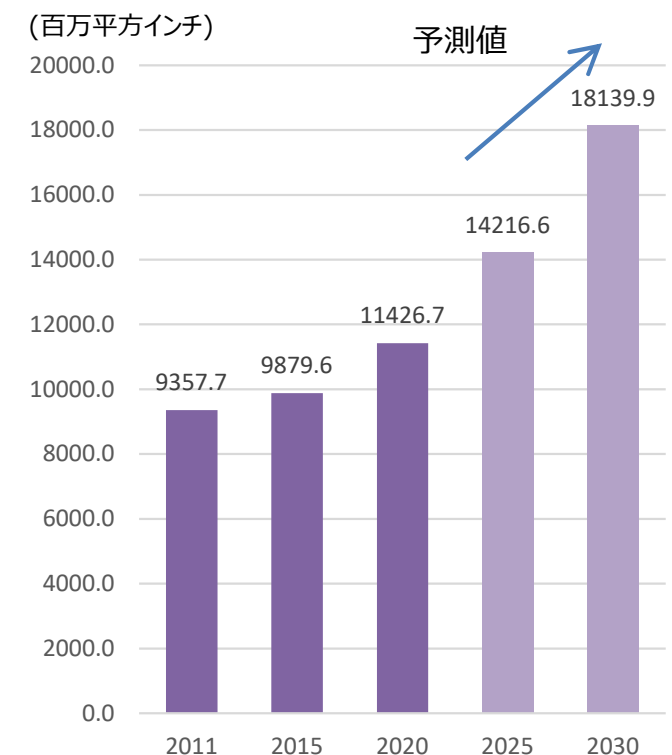
レガシー半導体の出荷動向

※omdiaのデータを基に経産省作成



日本製半導体製造装置の
販売高動向（国内外問わず）

※SEAJのデータを基に経産省作成



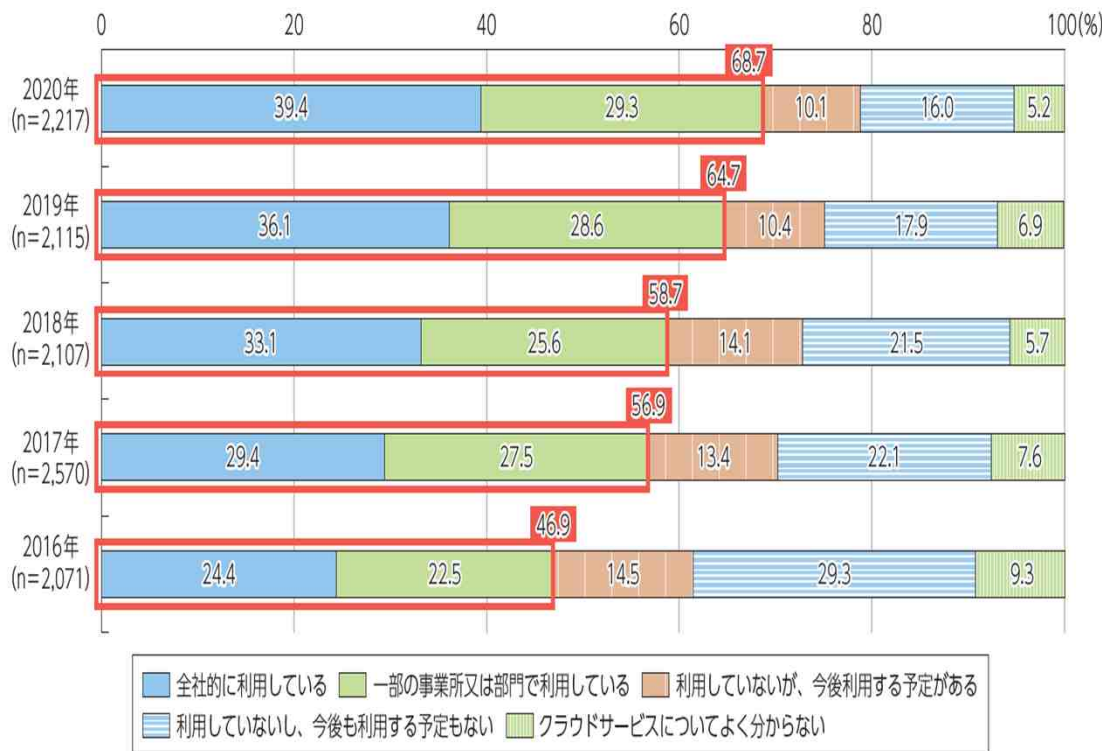
シリコンウエハ消費面積需要

※omdiaのデータを基に経産省作成

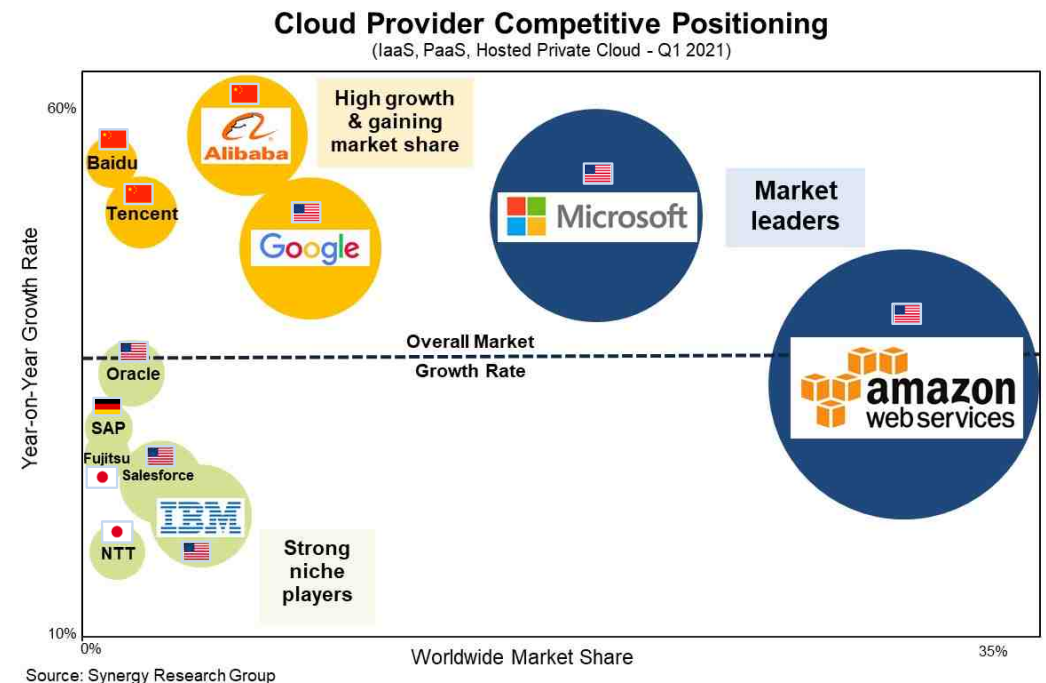
クラウドサービスの社会インフラ化とデジタル領域における自律性の確保

- 変化に柔軟な運用ができ、最新技術導入が容易なクラウドサービスの利用が進展。
- 今後、企業の基幹システムや行政サービス、社会インフラの制御の領域に拡大見込み。
- クラウドサービスは、国境をまたいだ提供が容易であるが、**有事の際、デジタル産業の技術基盤の有無が、国家盛衰を左右する大きな影響を与えうることを示唆する事象**が発生。
- こうした中で、デジタル領域における自律性を確保するため、機密性の高い情報を扱うシステムを中心に、国内に事業基盤を持つ事業者が提供するクラウドサービスを利用していくとともに、ユーザー・ベンダーの連携を促進し、さらなる技術・サービスの高度化を図っていくことが重要。

クラウドサービスの利用状況



クラウド事業者のポジショニング



(出典) Synergy Research Group 2021/4

海外におけるクラウド産業基盤への取組

- 各国はクラウドやソフトウェアを国家的課題として、政府情報システムの分野で施策を講じており、我が国においても、クラウド・ソフトウェア産業の基盤を確保するための施策を講じていく必要がある。

国名	政府の取組
	バイデン大統領は、2021年5月に <u>国家機関のサイバーセキュリティを向上する措置として大統領令を発表</u> 。政府機関のシステムやそのシステムを提供するベンダーはできるだけオンプレミスからクラウドへ移行することとされた。 <u>Google（米）やOracle（米）等が米国内から政府専用クラウドを提供するなど、政府機関でのクラウド利用が進んでいる</u> 。
	2011年に設立された <u>UKCloud（英）は、英国政府のITサービスの調達や利用を変えることに焦点を当て、VMWare、Oracle等で構成されるマルチクラウドプラットフォームを提供</u> 。2017年に <u>ヘルスケア部門向けのプラットフォーム</u> 、2018年に <u>防衛及び国家安全保障部門向けに、政府の機密情報を扱う初めてのクラウドプラットフォームを提供すると発表</u> 。
	2021年10月、大手防衛企業Thales（仏）とGoogle（米）が、フランスで政府系向けソブリン・クラウドサービスを提供するための新たな共同事業を発表。政府機関向けの「 <u>ソブリン・ハイパースケールクラウド提供</u> 」を共同開発する戦略的合意を行った。「 <u>トラステッドクラウド</u> 」要件を満たすサービスを、 <u>現地の公共・民間企業に提供する新会社を設立する</u> 。
	2021年9月、T-Systems（独）とGoogle（米）が、ドイツで民間および公共部門の組織向けに <u>ソブリンクラウドサービスを構築するパートナーシップを発表</u> 。T-Systemsは、ドイツのT-Systemsソブリンクラウドの顧客向けにGoogle Cloudインフラストラクチャの主要部分を運用し、個別に制御を行うことで、暗号化やID管理などの制御を管理。
	2021年12月及び2022年2月、国家発展改革委員会等4部門は、「東数西算」プロジェクトと呼ばれる、データセンター、 <u>クラウドコンピューティング</u> 、ビッグデータが一体となった新たなコンピューティングネットワークの構築を図る戦略を通知。 <u>アリババクラウド（中）やテンセントクラウド（中）が拠点を置く国内8地域をハブノードと認めることとしている</u> 。

経済安全保障推進法案におけるソフトウェア・クラウドの位置づけ

- 今国会において、安全保障の確保に関する経済施策を総合的かつ効果的に推進することを目的とする経済安全保障推進法案（令和4年2月25日閣議決定）を御審議いただいている。
- 本法案では、あらゆる産業・製品がソフトウェアを利用している状況であることを踏まえ、安定供給のための支援を可能とする「物資」として、通常含まれる有体物に加え、「プログラム」を含むこととしている。
- 法案が国会審議を経て成立すれば、例えば、クラウドサービスのための「プログラム」を指定することで、国内におけるクラウド産業基盤の確保に向けた支援をすることが可能となる。

経済施策を一体的に講ずることによる安全保障の確保の推進に関する法律（案）

（特定重要物資の指定） 第七条

国民の生存に必要不可欠な若しくは広く国民生活若しくは経済活動が依拠している重要な物資（プログラムを含む。以下同じ。）又はその生産に必要な原材料、部品、設備、機器、装置若しくはプログラム（以下この章において「原材料等」という。）について、外部に過度に依存し、又は依存するおそれがある場合において、外部から行われる行為により国家及び国民の安全を損なう事態を未然に防止するため、当該物資若しくはその生産に必要な原材料等（以下この条において「物資等」という。）の生産基盤の整備、供給源の多様化、備蓄、生産技術の導入、開発若しくは改良その他の当該物資等の供給網を強靱じん化するための取組又は物資等の使用の合理化、代替となる物資の開発その他の当該物資等への依存を低減するための取組により、当該物資等の安定供給確保を図ることが特に必要と認められるときは、政令で、当該物資を特定重要物資として指定するものとする。

1. 足下のサプライチェーン強化 (足下の半導体不足等への対応)

1. 1. 現状評価

1. 2. 具体的なアクション

2. 将来のサプライチェーン強化 (次世代計算基盤の確保に向けて)

2. 1. 将来課題

2. 2. 具体的なアクション

3. 参考資料

半導体に関するサプライチェーンの緊急強化（ロシア・ウクライナ関連）

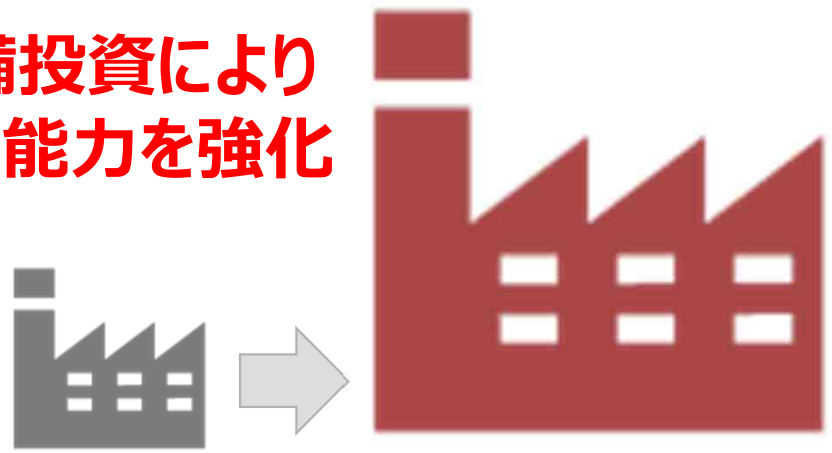
- 半導体製造の原材料（希ガス等）の供給確保

- 設備投資支援による生産能力強化
- リサイクル装置の導入、回収率向上のための研究開発

2022年中に企画・検討を完了、具体措置を開始し、2025年までに対策完了することを目指す。

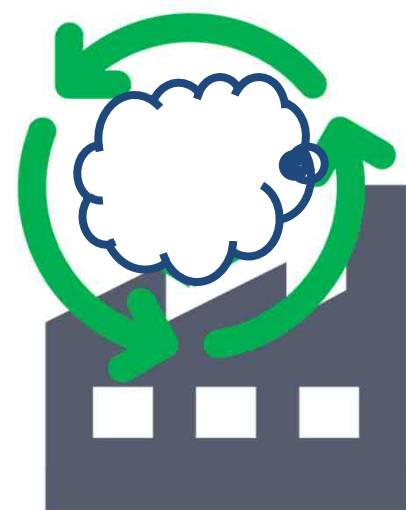
- 同時に、同盟国・有志国間でサプライチェーン協力の枠組みを構築。相互補完関係を構築。（上記の取り組みを通じて日本が枠組みを牽引）

設備投資により
生産能力を強化



半導体製造素材等メーカー

原材料の回収装置を導入
&回収率の向上のための
研究開発を推進



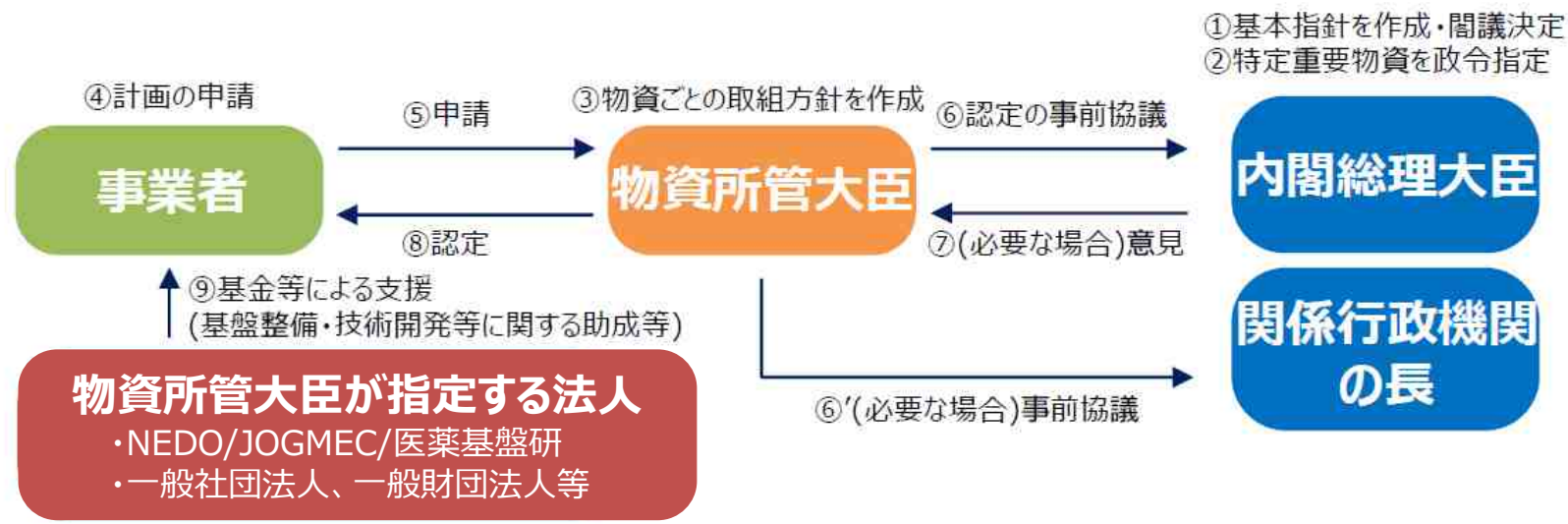
半導体製造メーカー

レガシー半導体および製造装置・素材の生産能力の増強

- 令和3年度補正予算事業を通じて、レガシー半導体の生産能力を増強。
他方、ウクライナ情勢の悪化をはじめ、半導体サプライチェーンが不安定化する中、半導体の生産能力に加え、製造装置や素材についても生産基盤の強化を通じた確保が必要。
- 同盟国・有志国間でのサプライチェーン強靱化を図る上でも、レガシー半導体や製造装置・素材の増強については、他国から我が国に対し、強い期待が寄せられている。
- 我が国の半導体サプライチェーン維持のために真に必要不可欠な物資を特定し、法的措置等も含めた、持続的な支援の検討が必要ではないか。

～経済安保推進法案におけるサプライチェーン強靱化～

- 内閣総理大臣が策定する特定重要物資に係る基本指針に則り、政令で特定重要物資を指定。
- 物資所管大臣が各物資の取組方針を作成、それに基づく事業者の計画を認定。事業者に対して、基金等を通じて、設備投資や備蓄、生産設備の保有等、幅広い支援を講ずる予定。

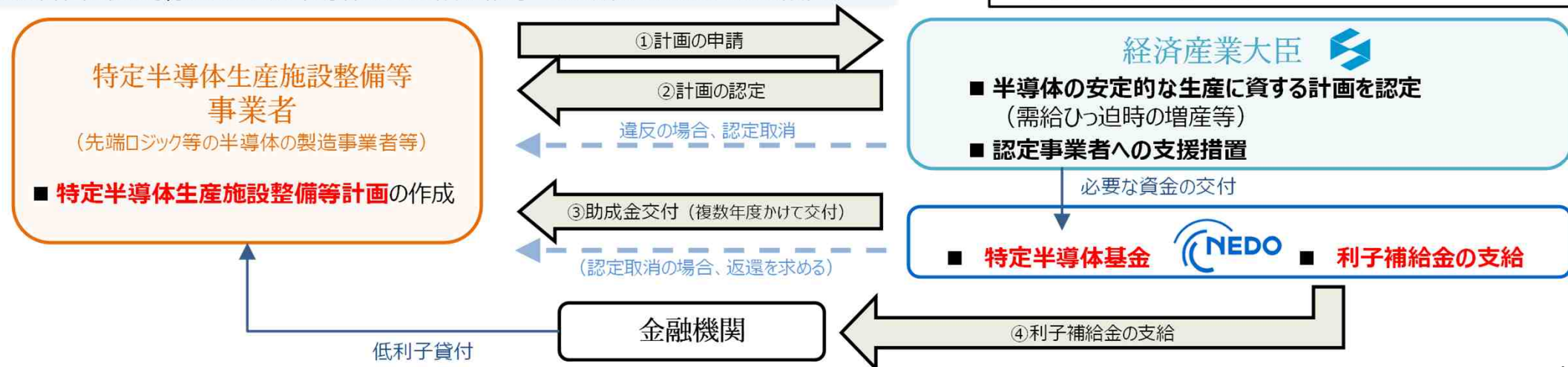


先端半導体の製造基盤整備

- 先端ロジックおよび最先端メモリ半導体の製造基盤整備を実現すべく、5G促進法およびNEDO法を改正し、令和4年3月1日に施行した。また、同法に基づく、支援のため、令和3年度補正予算で6,170億円を計上。
- 今後、半導体メーカーからの申請を受けて、先端半導体の生産施設の整備および生産を行う計画を認定。認定事業者に対して、助成金等をNEDOから交付し、支援を実施。
- 認定基準【5G促進法第6条・第11条・第12条関係】
 - ①指針への適合性、事業実施の確実性
 - ②一定期間以上継続的な生産、
 - ③国内での安定的な生産に資する取組を行うもの需給ひっ迫時の増産、生産能力強化のための投資及び研究開発等)
 - ④技術上の情報管理のための体制整備

先端半導体の製造基盤整備支援の概要

認定計画に従って行われる特定半導体生産施設整備等への助成金のための基金を設置。



半導体人材の育成・確保に向けた取り組みの強化

- TSMCとソニー、デンソーが合併で熊本県にJASMを設立し、86億ドルを投じて、10~20nmプロセスの半導体製造を行う予定。約1,700名の先端技術に通じた人材の雇用創出を見込む。
- JASMの投資を契機に、我が国半導体産業基盤の強化のため、設備投資支援のみに留まらず、人材育成・確保に向けた取り組みも推進。まずは、九州において、産官学一体の人材育成コンソーシアムを組成。人材ニーズを整理し、カリキュラム開発等を実施する予定。今後、同様の取り組みを全国に展開し、全国大で人材育成強化に取り組んでいく。

JASM : Japan Advanced Semiconductor Manufacturing

人材ニーズと対応の方向性

人材ニーズ

- 設計やプロセスインテグレーションのエンジニア
 - 設備・装置保全のエンジニア
 - オペレーター
- ⇒ 今後、具体的な人材像やスキルセットを整理

対応の方向性

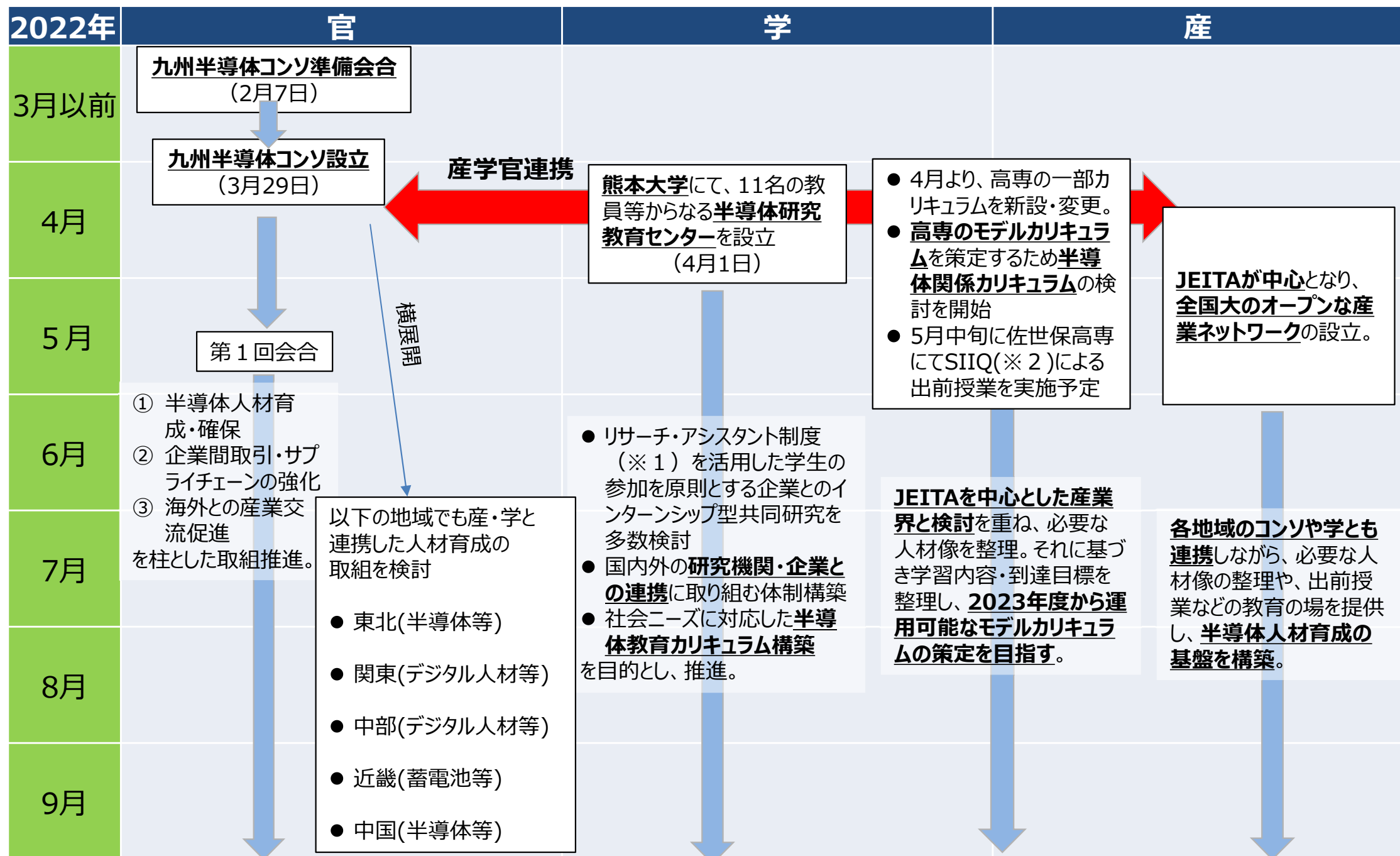
- 九州・沖縄の9 高専でエンジニア・プログラマ等を育成
・今年度から、モデルカリキュラムの策定に着手
- 半導体研究教育センターの立上げ（熊本大学）
・企業ニーズと大学シーズを繋げるコーディネート研究人材等を招聘し、半導体分野の教育・研究を統括。
- 技術大学セミコン人材トレーニングセンターの整備
・実習棟を改修し、技術者の人材育成プログラムを実施。

当面の進め方

- まずは九州で、人材育成等コンソーシアムを産学官一体で形成
- その後、横展開し、また全国大のネットワークを立ちあげて、半導体人材育成の基盤を構築。
- また、蓄電池等の他分野やデジタル人材においても、地域のニーズに合った人材育成を行う。



産官学一体となった半導体・蓄電池の人材育成ロードマップ（イメージ）



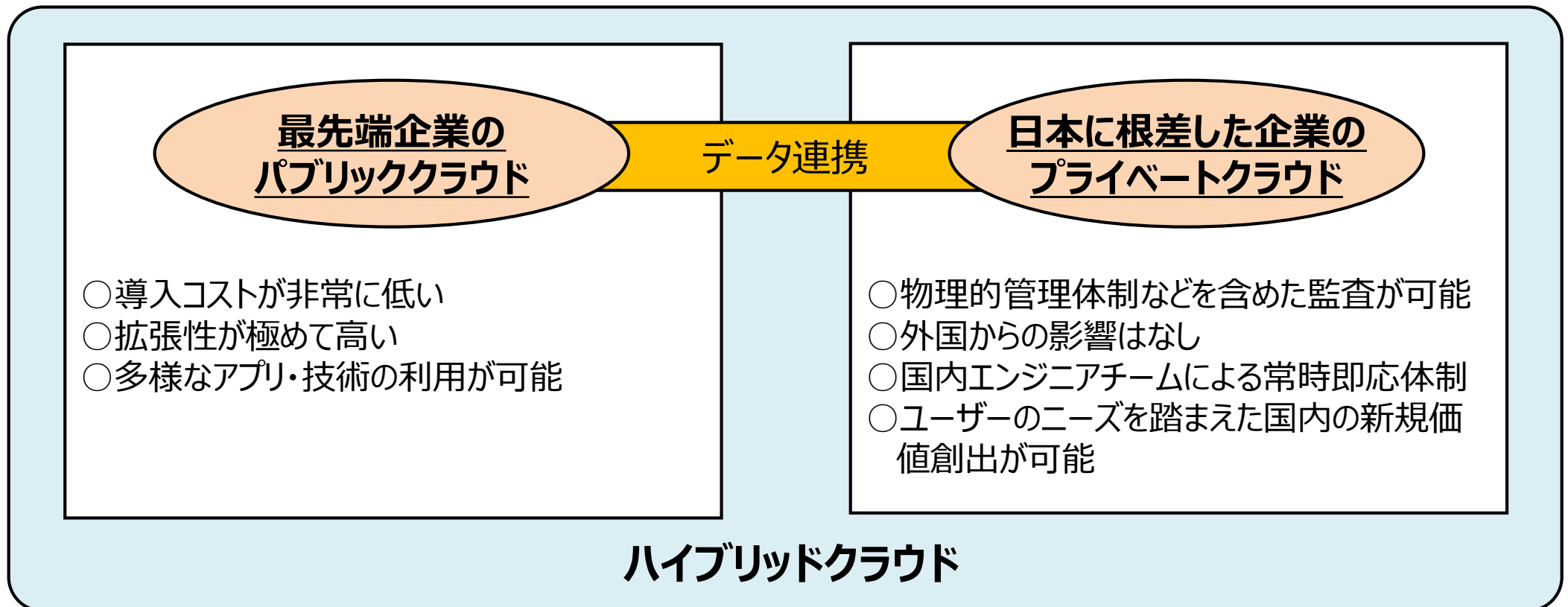
※1：研究プロジェクト等に、教育的配慮の下に、大学院学生等を研究補助者として参画させ、研究遂行能力の育成、研究体制の充実を図るとともに、これに対する手当の支給により、大学院学生の処遇の改善の一助とすることを目的とした制度

※2：九州半導体・エレクトロニクスイノベーション協議会

クラウド産業基盤の構築に向けて

- 我が国のクラウド産業基盤の構築に向け、海外の最先端企業との連携も視野に入れて、政府や企業のニーズに応じたサービスや技術の開発等を促進することは、**非常に重要**。
- 特に、最先端のクラウド技術を活用しつつ、機密性の高いデータを取り扱うためには、パブリッククラウド※¹とプライベートクラウド※²の長所を活かした“ハイブリッドクラウド”を構築することが有用であり、その利便性向上やセキュリティ面などの高度化に向けた**技術開発を促進**していくことが考えられる。

※1：情報処理リソースを多様な利用者で共有するクラウド、※2：情報処理リソースを特定の利用者で専有するクラウド



1. 足下のサプライチェーン強化 (足下の半導体不足等への対応)

- 1. 1. 現状評価
- 1. 2. 具体的なアクション

2. 将来のサプライチェーン強化 (次世代計算基盤の確保に向けて)

- 2. 1. 将来課題
- 2. 2. 具体的なアクション

3. 参考資料

大量のデータ処理を行うための需要の高まり

- 近年、材料開発や医療・ヘルスケア、気象予測などの分野ではAIの活用が進んでおり、今後のサービス高度化のためには、**大量のデータを処理する計算能力が必要**となる。
- 他方、**世界における日本の計算力は相対的に低下**するとの試算もあり、様々な産業における競争力の維持・強化のためには、**更なる計算能力の確保が不可欠**。

訓練を1日で終わらせるのに必要な計算リソース（推計） ※1、各種推定値は1GBの学習データに対して1日で訓練するためには1TFlops必要だとして計算

バイオ・ヘルスケア



100P ~ 1E Flops
一人あたりゲノム解析で約10M個のSNPs
100万人で100PFlops、1億人で1EFlops

自動運転



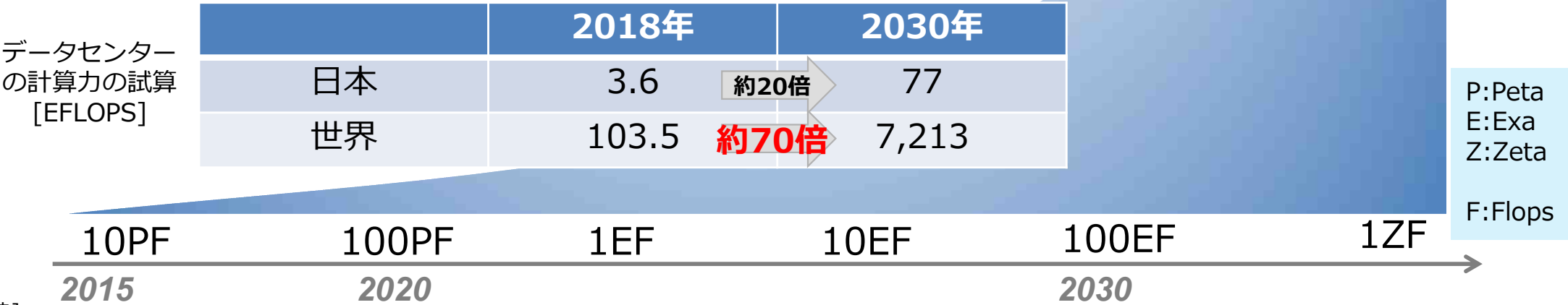
1E~100E Flops
自動運転車 1台あたり1日 1TB
10台~1000台, 100日分の走行データの学習

ロボット/ドローン



1E~100E Flops
1台あたり年間1TB
100万台~1億台から得られたデータで学習する場合

現在の計算負荷の増大傾向を前提とした将来の計算力の予測※2



[出典]
※1：Preferred Networks資料
※2：国立研究開発法人科学技術振興機構低炭素社会戦略センター 情報化社会の進展がエネルギー消費に与える影響（Vol.2）（令和3年2月）に基づき経済産業省が試算

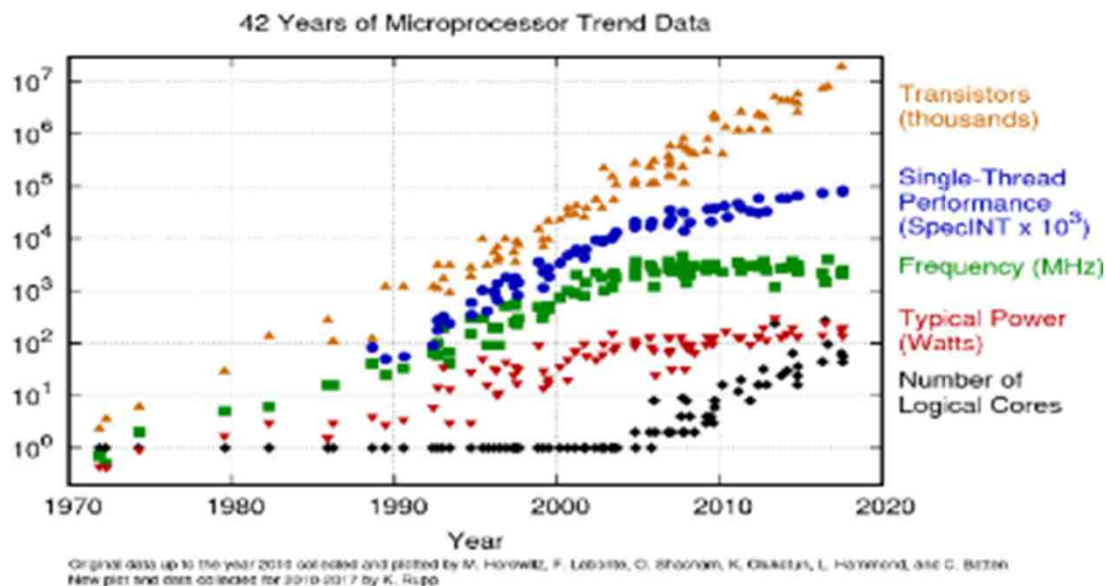
18

既存技術における課題

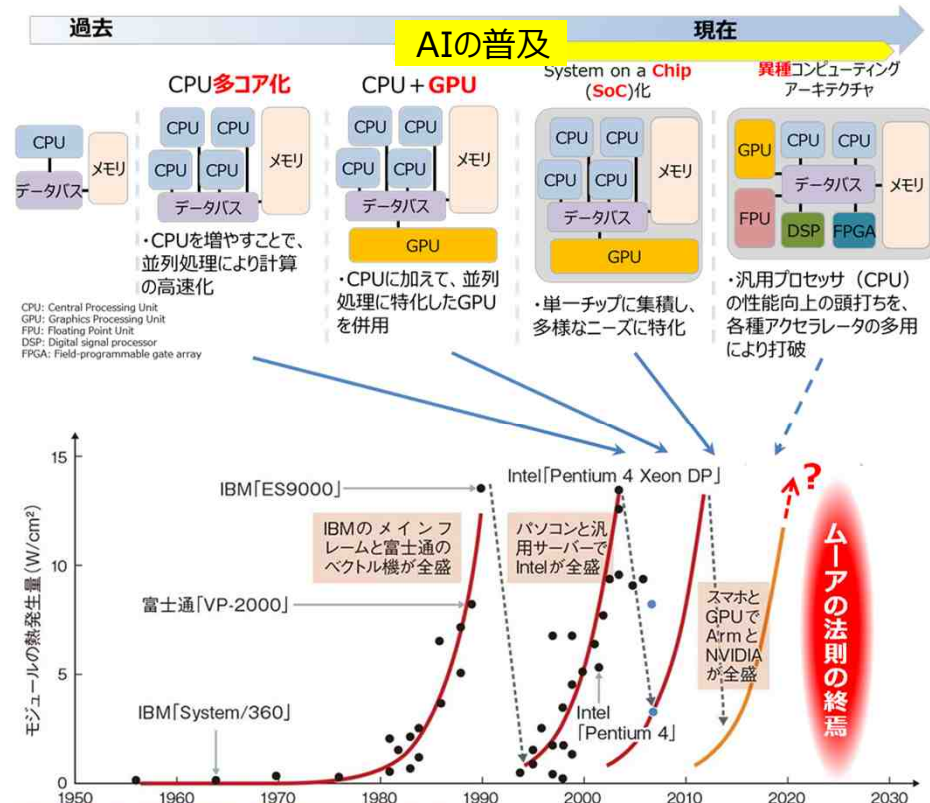
- 現在の計算技術の進化は半導体微細化による部分が大きかったが、物理的限界に近付いており、**既存のアーキテクチャでの持続可能な発展が困難な見込み**。
- 急増する計算需要に応えつつ、カーボンニュートラルと技術主権の確保を同時に達成していくためには、**半導体レベルからデータセンターにいたるまで、高性能かつ高効率な計算基盤を構築し、それをシステムとして活用していく技術を日本に有しておくことが重要**。

エネルギー消費・熱発生量の増大とコンピューティングアーキテクチャの進化

計算能力の限界（ムーアの法則の終焉）



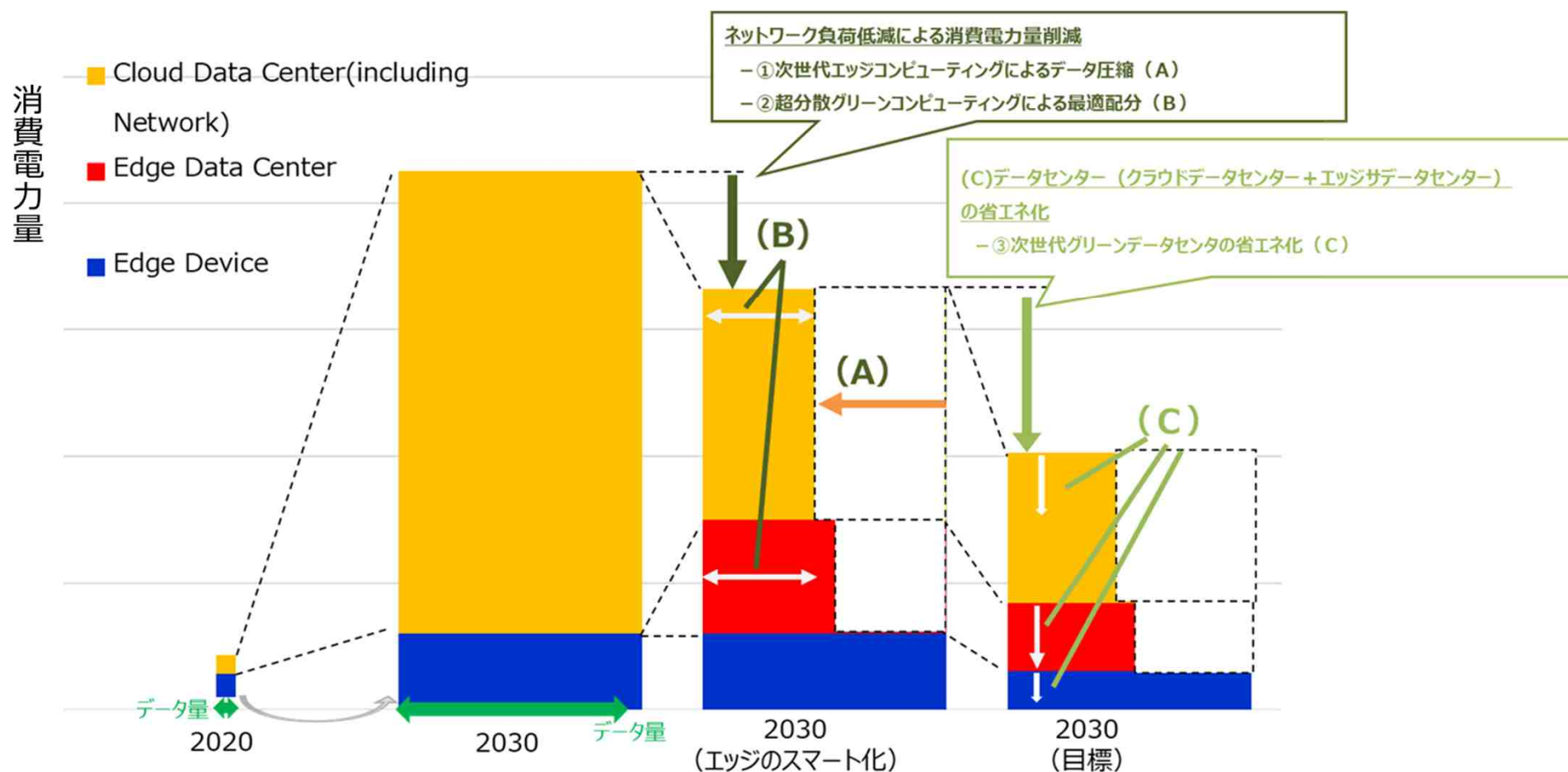
Source: "42 Years of Microprocessor Trend Data"(K. Rupp, 2018)



Source: 日経エレクトロニクス（2020）を元に経済産業省作成 時期（年）

グリーンデジタルコンピューティング

- A) クラウドコンピューティングとエッジコンピューティングの最適配分による省エネ化
- B) データセンターの最適配置による省エネ化
- C) データセンター（クラウドデータセンター＋エッジデータセンター）およびデバイスの省エネ化



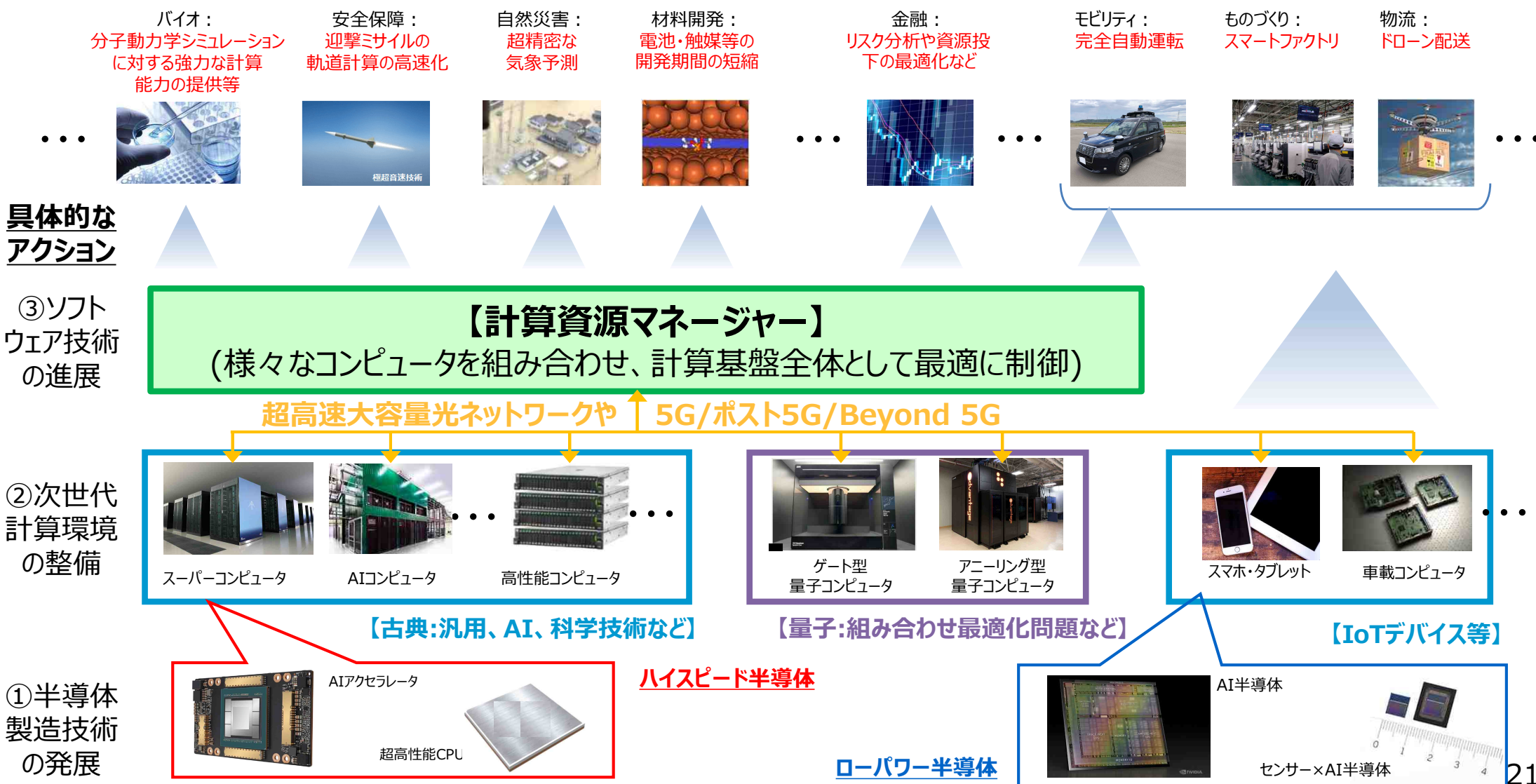
(出展)

IDC "Data Age 2025 ～The Digitization of the World From Edge to Core～" (2018年)

ASG Andrae "On Global Electricity Usage of Communication Technology: Trends to 2030" (2015年)

次世代計算基盤の俯瞰図

- ポスト5G、ビヨンド5G時代では、量子コンピュータやスパコン、IoTデバイス等を各種ネットワークでつなぎ、大規模なシミュレーションや個別の端末等における情報処理を最適化する。
- これらの実現のためには、基盤となる最先端半導体およびシステムとしての量子やスパコン、IoTデバイス、そしてそれらを統合管理するソフトウェアが必要であり、これらを統合的に開発し、社会実装していかなければならない。
- こうした社会基盤整備は幅広い産業や国家サービスの生産性を向上させるものであり、経済成長に不可欠な要素。



1. 足下のサプライチェーン強化 (足下の半導体不足等への対応)

- 1. 1. 現状評価
- 1. 2. 具体的なアクション

2. 将来のサプライチェーン強化 (次世代計算基盤の確保に向けて)

- 2. 1. 将来課題
- 2. 2. 具体的なアクション

3. 参考資料

2. 将来のサプライチェーン強化 (次世代計算基盤の確保に向けて)

2. 1. 将来課題

2. 2. 具体的なアクション

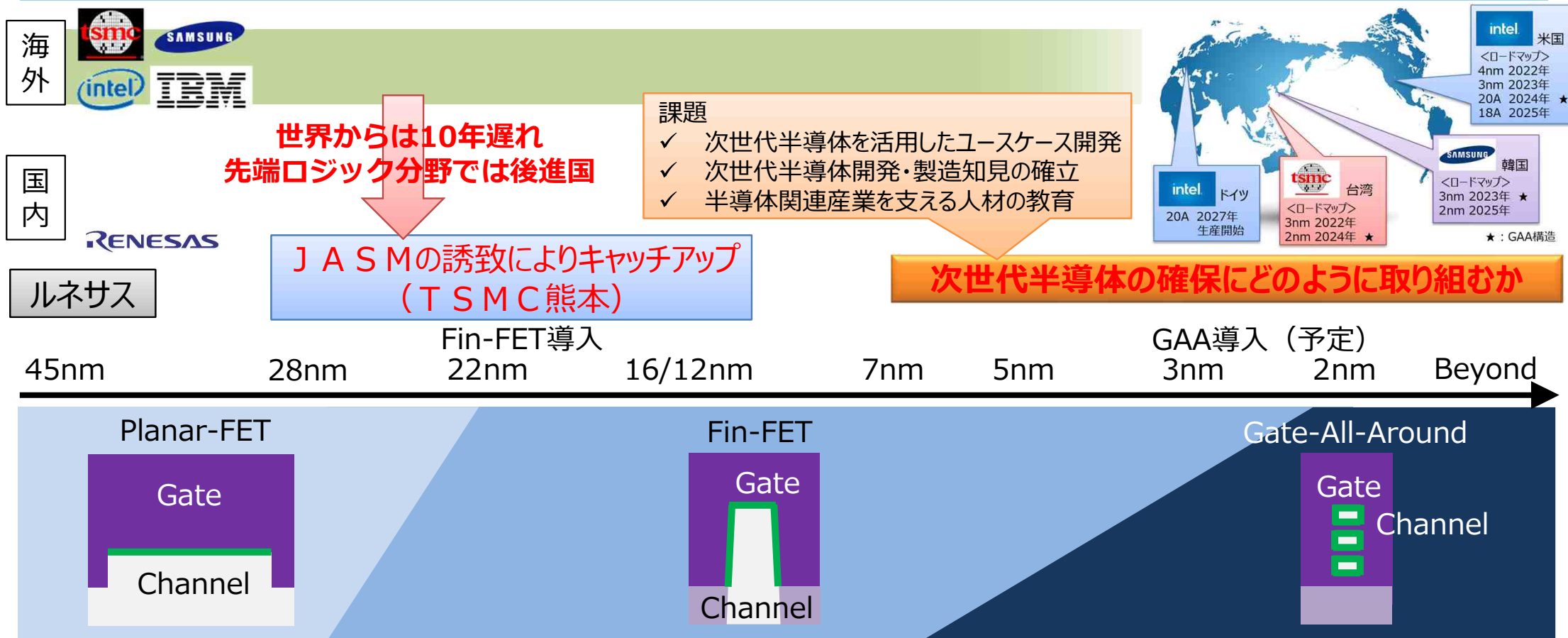
-半導体製造技術の発展

-次世代計算環境の整備

-ソフトウェア技術の進展

Beyond 2nmの次世代半導体の確保

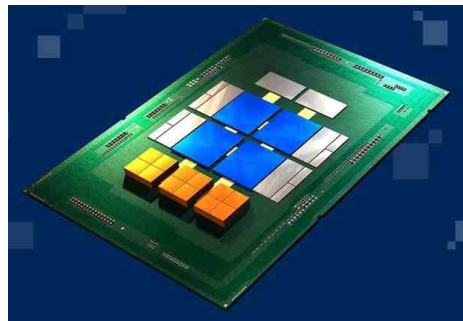
- 半導体トップメーカーを有する米国、韓国、台湾に加えて、欧州もドイツにIntelの工場を誘致するなど、世界中で次世代半導体の開発が加速。
- 最先端半導体はFin型からGAA型に構造が大きく変わり、量産に向けて高度な生産技術が必要となる転換期。
- 10年前にFin型の量産に至らなかった日本が改めて次世代半導体に参入するラストチャンス。
- その実現には、TSMC誘致、拠点拡大によるキャッチアップを進めるとともに、10年の遅れを取り戻すこれまでとは異次元の取組が必要。



先端パッケージ開発の先導・加速

- 半導体の高性能化に向けて、微細化とともに1つの基板上にロジック半導体とメモリなどを実装するチップレット技術に注目が集まっている。
- 2022年3月にはIntel, TSMC等がメンバーとなるチップレット標準化団体「**UCIe**」が設立するなど、取組が加速しているが、実現には2.5D/3D実装技術等の進展が不可欠。
- 我が国には世界有数の基板、材料、装置メーカーが存在しており、JOINT等のコンソーシアムも活用して強化を進める。
- 加えて、海外ファウンドリ・OSATとも連携して、先端材料・装置及び先端製造技術開発を日本の地で進める。

■ Intelらが主導するチップレット新規格「UCIe」

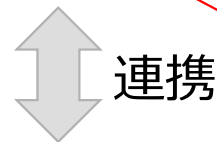


引用：UCIeホームページ

誘致／連携

■ 先端パッケージの技術要素

TSMCジャパン
3DIC研究開発センター

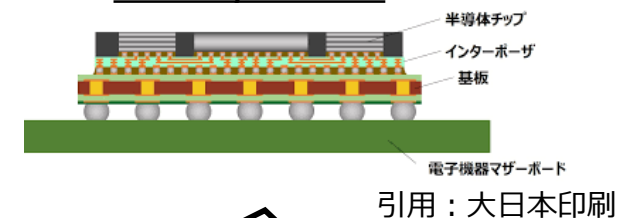


基板

材料
(放熱材、モールド材など)

製造技術
(再配線、接合など)

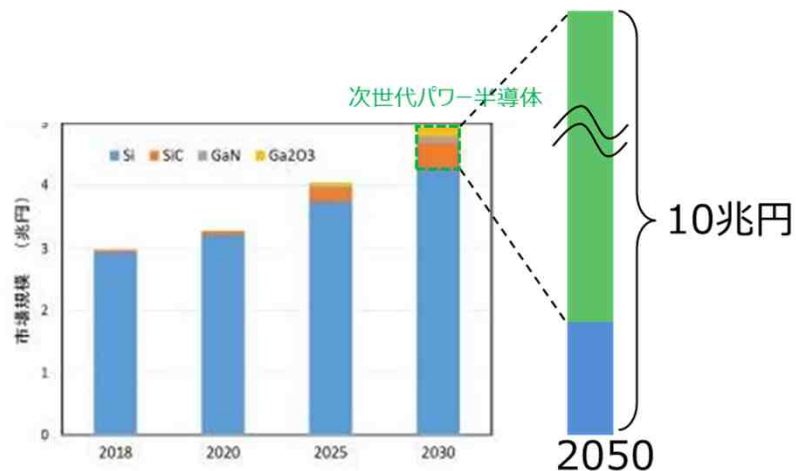
2.5D/3DIC



化合物半導体

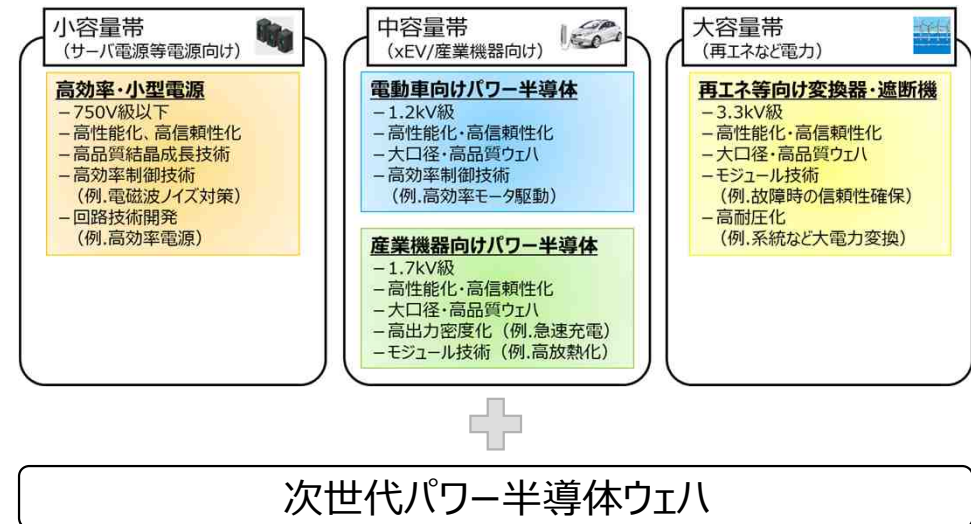
- パワー半導体は自動車・産業機器、電力・鉄道、家電など、生活に関わる様々な電気機器の制御に使用されており、カーボンニュートラルに向けた電化社会にとって、こうした電気機器の省電力化は極めて重要。
- 電気機器の多くは従来のSi（シリコン）が使用されているが、次世代パワー半導体（SiC（シリコンカーバイド）、GaN（窒化ガリウム）、Ga₂O₃（酸化ガリウム）等）はSiよりも省エネルギー性能に優れており、今後市場規模が拡大することが予想されている。
- グリーンイノベーション基金を活用して、次世代パワー半導体製造技術開発及び次世代パワー半導体ウェハ技術開発を実施。

■ パワー半導体の市場（世界）



出典：NEDO「低炭素社会を実現する次世代パワーエレクトロニクスプロジェクト」に経済産業省が加筆

■ グリーンイノベーション基金事業の実施テーマ



2. 将来のサプライチェーン強化 (次世代計算基盤の確保に向けて)

2. 1. 将来課題

2. 2. 具体的なアクション

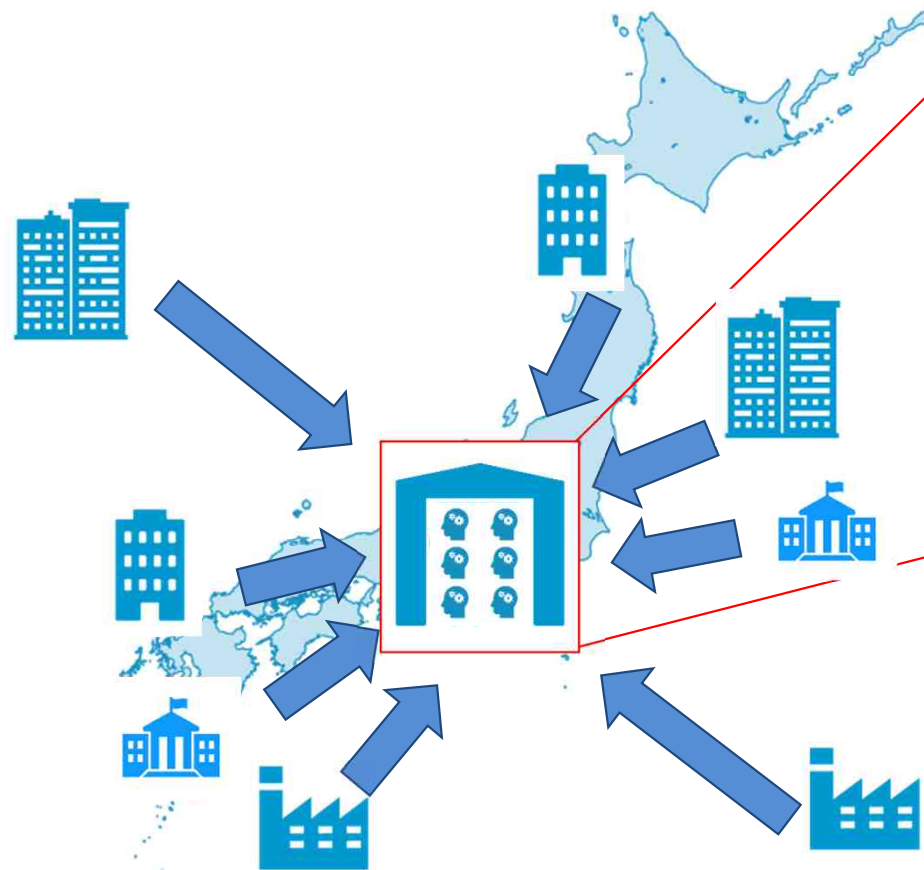
-半導体製造技術の発展

-次世代計算環境の整備

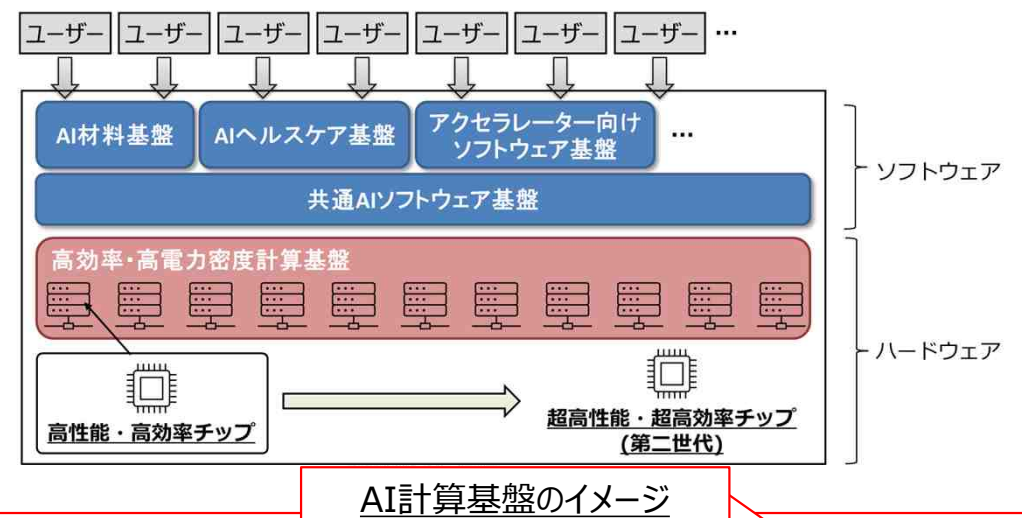
-ソフトウェア技術の進展

AIコンピュータ

- AI計算に特化した高性能・高効率チップ及びそれを利用するソフトウェア基盤等を組み合わせ、次世代のAI計算インフラとしてプラットフォーム的に構築する。
- 国研や民間企業等を含めたユーザーが広く活用できるような計算基盤を整備する。



日本・世界各地から日本に設置されたAI計算基盤へアクセス可能に



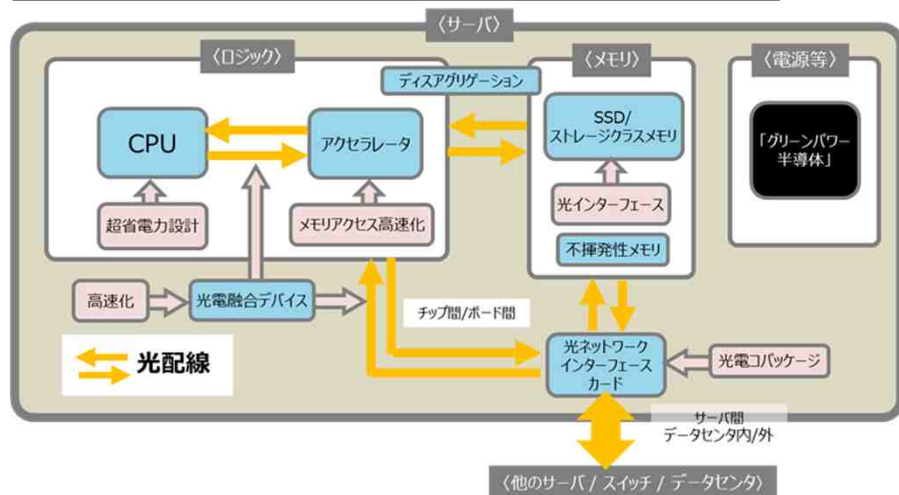
【チップ開発の方向性】

- AIの深層学習は多量の演算処理が必要なため、並列演算可能なメニーコアプロセッサを開発
- 性能改善に向けて、半導体の微細化、3次元実装等の技術開発を実施

グリーンデータセンター

- データセンター（サーバ、高性能コンピュータ）の40%以上の省エネ化を目標とした次世代グリーンデータセンターについてグリーンイノベーション基金事業で開発に着手。
- 我が国が強みを有する光電融合デバイスのサーバへの実装技術を開発するとともに、CPU、アクセラレータ等キーデバイスの高性能化・省エネ化技術開発を進める。

■ 開発する次世代グリーンデータセンター



■ 支援規模

事業期間：2021年度から2030年度

総事業費：約1178億円

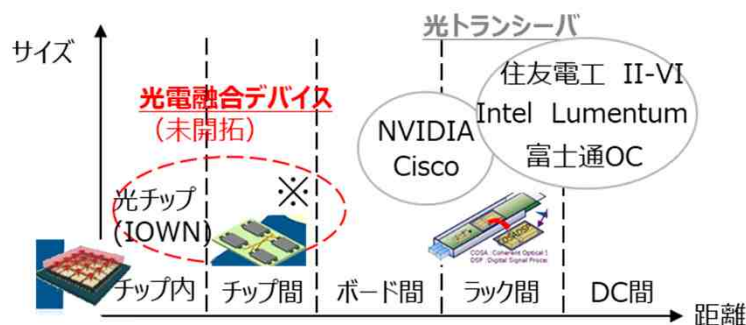
支援規模：約885億円※

※今後ステージゲート審査などに応じて変更の可能性あり。

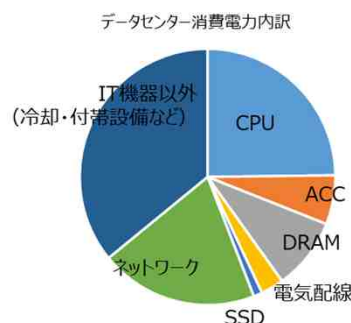
グリーンイノベーション基金採択結果：

<https://www.nedo.go.jp/content/100942452.pdf>

■ 光電融合デバイス開発

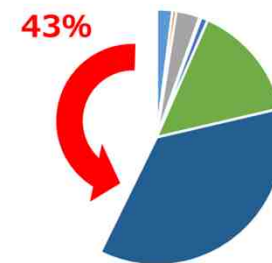


■ キーデバイスの高性能化・省エネ化



光への適合 + 高性能化

開発要素	電力削減 (単位性能あたり)
disaggregation (動的制御)	全体で20%
CPU	90%
アクセラレータ	90%
DRAM	60%
電気→光配線	90%
光NIC	25%

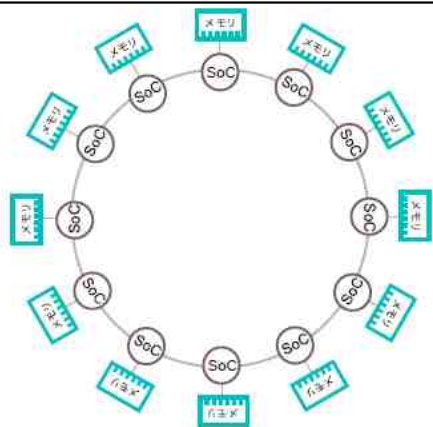


メモリスентリックコンピューティング

- 計算需要の高まりに対応するために従来は半導体の微細化及びコア数の増加で対応していたが、消費電力などの観点で対応しきれないという問題がある。
- こうした問題を解決するために、コンピューティングアーキテクチャそのものを見直し、CPUから指令を出して計算するのではなく、メモリを中心にして、周囲に配置されたプロセッサに適切に指令を出すメモリスентリックアーキテクチャが議論されている。
- 中心に配置されるメモリに適したDRAMよりも大容量、ストレージよりも高速、低消費電力といった性能を有する革新的メモリを開発する。

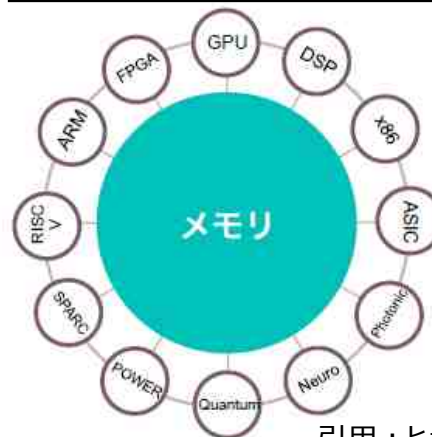
■ コンピューティングアーキテクチャ

現在のアーキテクチャ（プロセッサセントリック）



すべての処理がCPUを介して実行される
⇒CPUの処理性能に律速
データ転送が多く転送時の消費電力が大きい

メモリスентリックアーキテクチャ

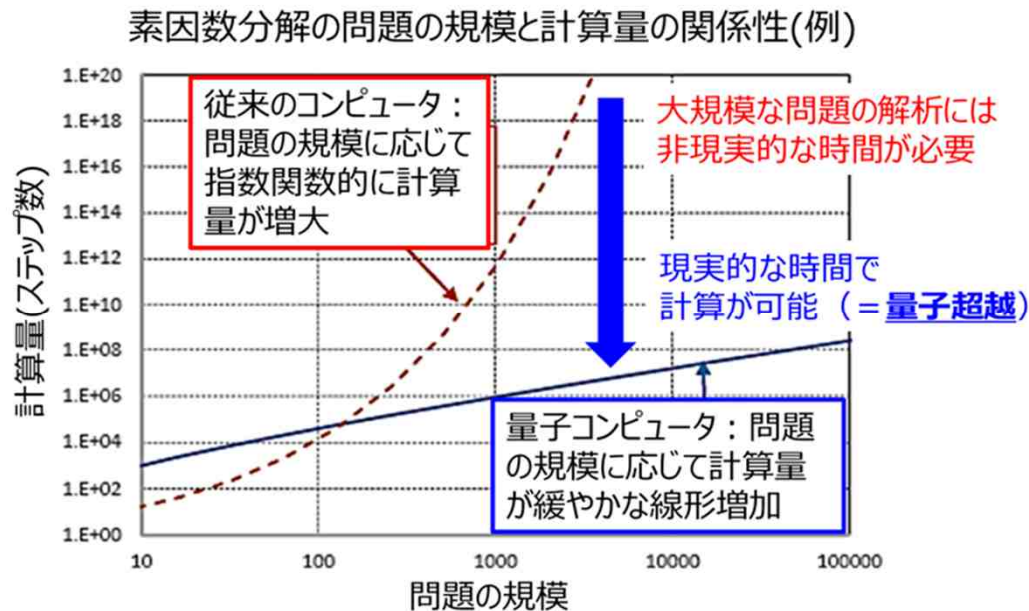


引用：ヒューレットパカード

メモリから周辺のプロセッサに処理を割り当て
⇒CPUを介さないで処理が速い
データ転送が少なくて済む

量子コンピュータ技術開発

- 量子コンピュータは計算処理速度を劇的に高速化できるため、従来のスーパーコンピュータ等では事実上計算ができない問題に対しても高速に計算可能に。
- 特に、①金融・交通分野等における組み合わせ最適化、②創薬・素材開発等における量子化学計算、③暗号解読等における素因数分解等の計算での活用が期待される。
- 短期的には、シミュレーテッドアニーリングと古典コンピュータとのハイブリッドコンピューティング実現に向けた各種ソフトウェアを開発、中期的には量子アニーリング技術確立に向けて、ラボレベルの技術から大規模化・システム化に向けた開発を進める。
- 加えて、長期的な技術開発項目として、大規模量子ゲート実現に向けた要素技術開発を進める。



【①組み合わせ最適化問題】

ゲート方式
アニーリング方式

膨大な組み合わせの中から最適解を探す問題の対応

(例1：無人搬送車ルート最適化)

工場内の複数の無人搬送車 (AGV) が互いに交差しないよう経路を最適化し、待ち時間を減らして稼働率を向上 (80%→95%) 【デンソー】

(例2：ポートフォリオ最適化)

最適な金融商品の組み合わせを高速に計算し、高速に売買することで高利益の取引を実現 【東芝、ダルマキャピタル】

(例3：AIモデルの高精度化)

金融取引の不正を検知するAIモデルの学習量を増やすことが可能になり、予測精度を向上 (正答率を最大15%向上) 【NEC、SMBC、日本総研】

(例4：中分子医薬品の候補探索)

低分子にしか出来なかった候補物質の探索を中分子医薬品でも現実的な計算時間で可能に (1年→半日) 【富士通、ペプチドリーム】

【②量子化学計算】

ゲート方式

分子・原子レベルでの量子力学現象のシミュレーション等により、薬や素材の設計を高速化

(例：リチウム硫黄電池の性能低下要因解析)

リチウムイオンの挙動をシミュレーションすることで、性能低下する原因を解明 【IBM、ダイムラー】

【③暗号解読】

ゲート方式

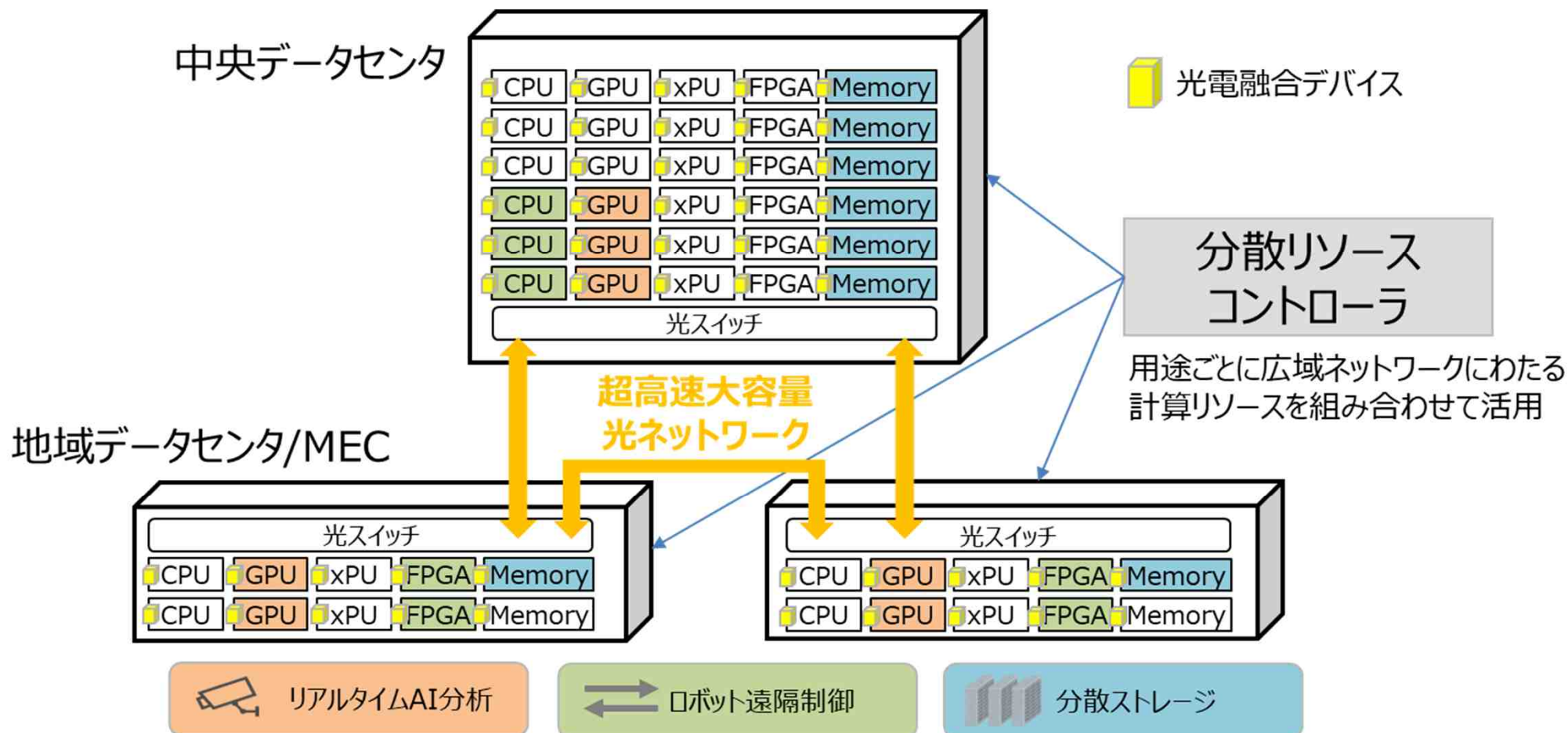
非現実的な計算時間がかかる素因数分解等でセキュリティを確保していた暗号技術が無効化 (安全保障上の課題)

(例：乱数生成)

暗号技術の鍵となる乱数生成を高速に実現 (1万年かかる計算を200秒に) 【Google】

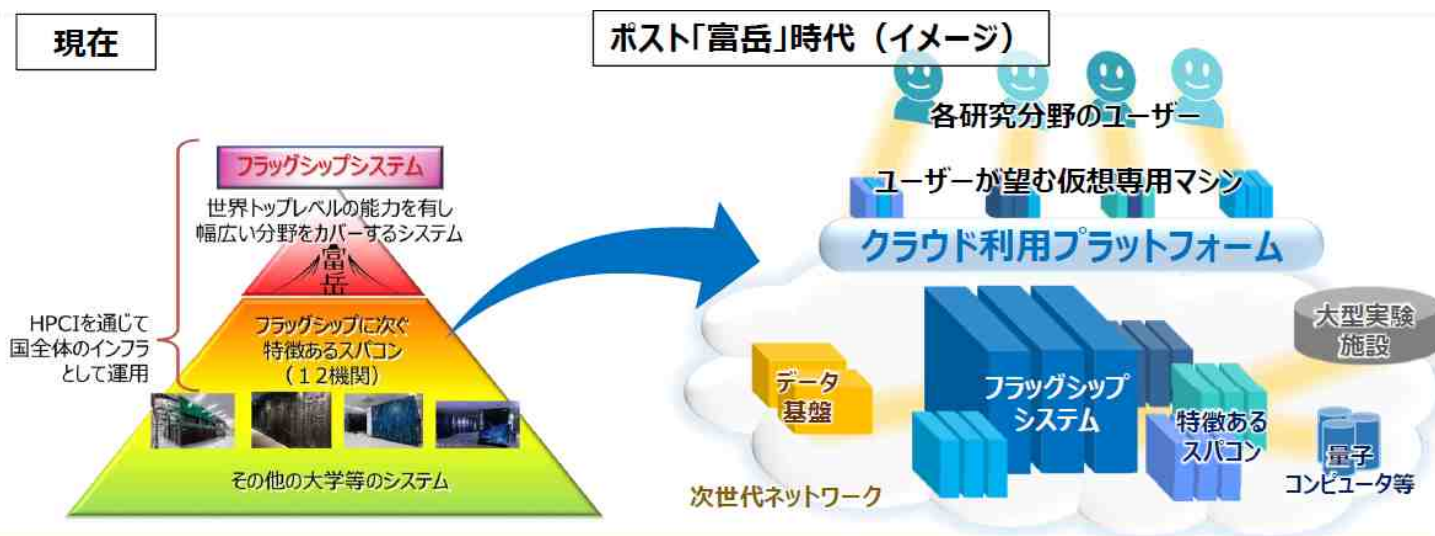
IOWN構想

- 分散したコンピューティング環境全体で光電融合技術を活用することで、広域に渡る計算リソースの活用・データ処理の抜本的効率化を実現する新たなコンピューティングアーキテクチャを構築し、多種多様で高度なアプリケーション/サービス創出とシステム全体での高い電力効率の両立を図る。



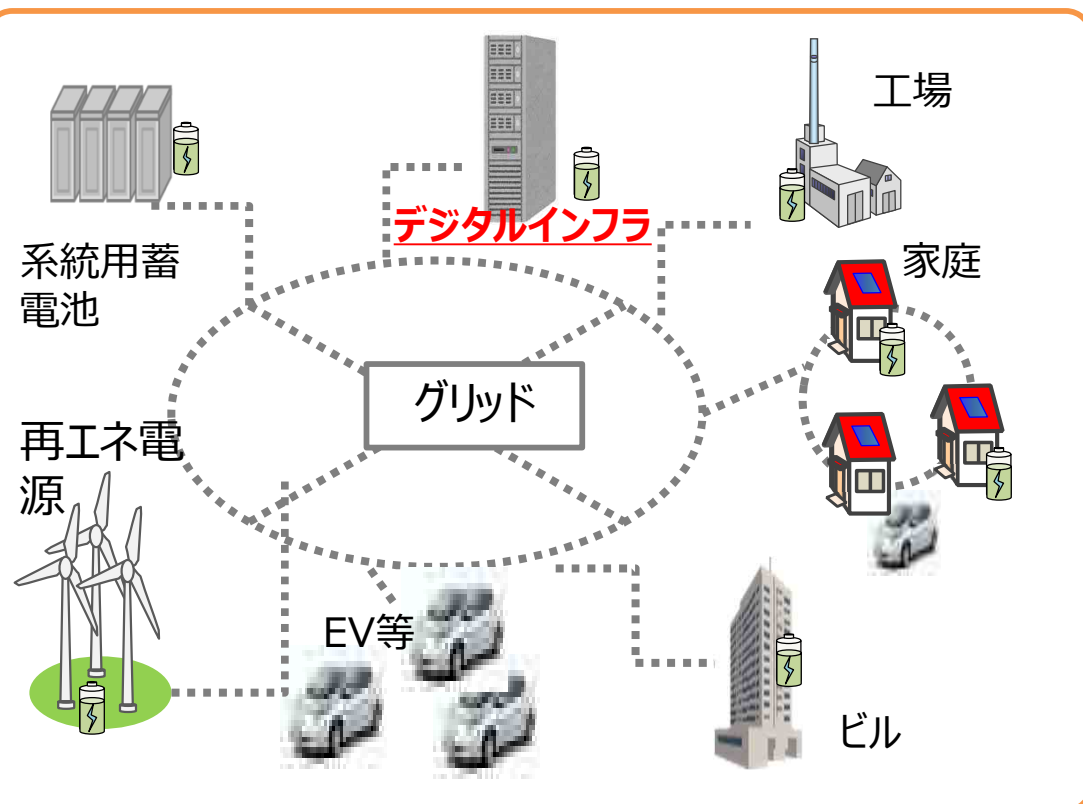
次世代スーパーコンピュータ ～ポスト富岳

- 高性能スパコンは、科学技術・学術の成果創出のみならず、社会課題の解決にも必要不可欠。また、量子コンピュータの実現等、新たな技術が発展する中でも必要。世界では、欧米・中国を中心にイノベーション、産業競争力、安全保障の観点から多額の投資が行われている。
- 「富岳」は、スパコン性能ランキングでは4期連続4冠を達成。ポスト「富岳」時代の次世代計算基盤は、「フラッグシップシステム」及び主要な計算・データ基盤、ネットワークが、一体的に運用され、総体として持続的に機能することを目指して、具体的な検討を行っているところ。



デジタル基盤インフラを支える蓄電池

- デジタル基盤インフラの安定運用のためには**バックアップ電源の配置が不可欠**。また増大する消費電力の脱炭素化を進める上で**再生可能エネルギー拡大に向けた調整力確保のための蓄電システムの導入促進も重要**であり、**蓄電池はデジタル社会の基盤を支えるために不可欠なインフラ**。
- 「蓄電池産業戦略検討官民協議会」において議論を進めている「**蓄電池産業戦略**」について今夏にとりまとめを行い、**蓄電池の国内生産基盤の確立等に向けた対応を進めていく**。



蓄電池産業戦略の検討の方向性

<今後の方向性>

1. 液系LiBの生産基盤の確立
2. グローバルプレゼンスの確保
3. 次世代電池市場の獲得

<対応の方向性>

- ① 国内製造基盤の確保、更なる国内生産基盤の拡充に向けた政策パッケージ
- ② グローバルアライアンスの戦略的構築
- ③ 上流資源の確保
- ④ 全固体電池・材料、リサイクル技術等の次世代技術開発
- ⑤ 国内市場の創造（電動車普及の環境整備、定置用蓄電池の普及促進 等）
- ⑥ 環境整備（人材育成、リユース・リサイクルの推進 等）

2. 将来のサプライチェーン強化 (次世代計算基盤の確保に向けて)

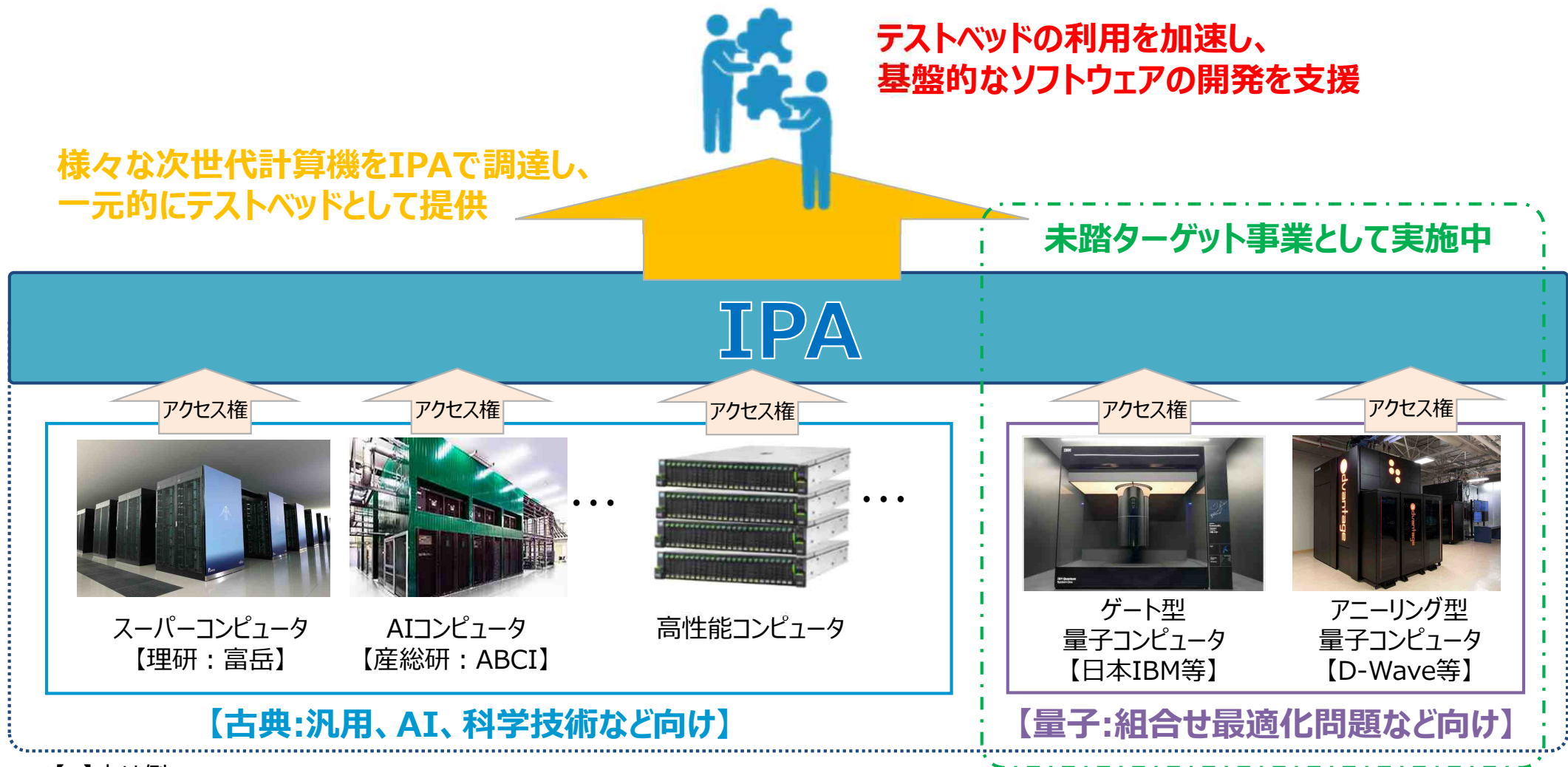
2. 1. 将来課題

2. 2. 具体的なアクション

- 半導体製造技術の発展**
- 次世代計算環境の整備**
- ソフトウェア技術の進展**

次世代計算機の利用拡大に向けて

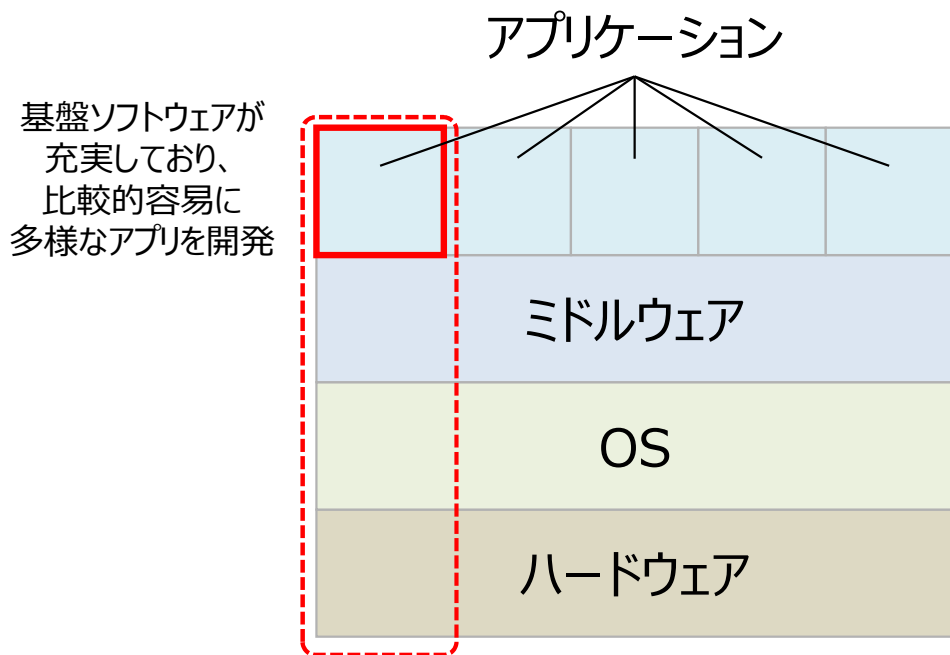
- 今後の計算需要に応える様々な次世代計算機が官民で整備されつつある中、個別用途での利用を加速するためには、利便性等を高める基盤的なソフトウェアの発達が必要。
- このため、次世代計算機を利用しやすくする一元的な環境を、様々な法人・個人に対し継続的に構築・提供することで、ソフトウェア開発を支援していくことが重要ではないか。



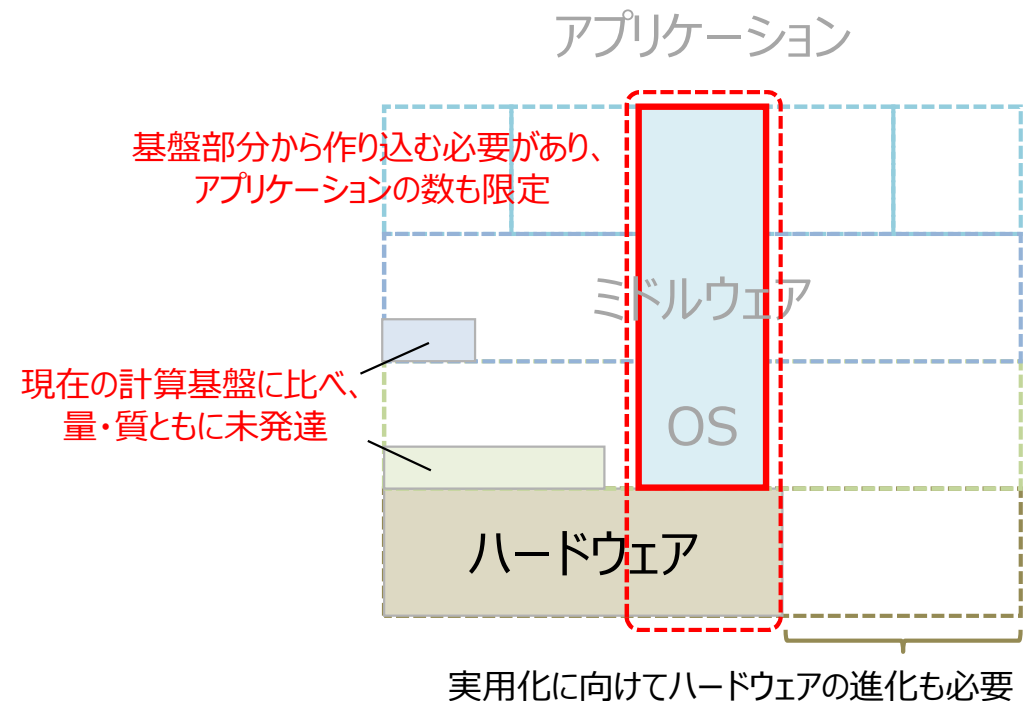
基盤ソフトウェア開発

- 現在普及しているような計算基盤に比べ、次世代計算基盤はハード・ソフトともに発展途上にあり、アプリケーション開発を行うにあたって、基盤的なソフトウェア（ミドルウェア・OS）から開発が必要な状況。結果として、ハードウェアにも精通した、限られた者しかソフトウェア開発ができない状況。
- 前述の次世代計算機を利用しやすくする一元的な環境を提供することにより、次世代の計算資源を活用してアプリケーション等を開発する中で、共通化可能なソフトウェアスタックを、基盤ソフトウェアとして開発していくことが期待される。

システム構成のイメージ



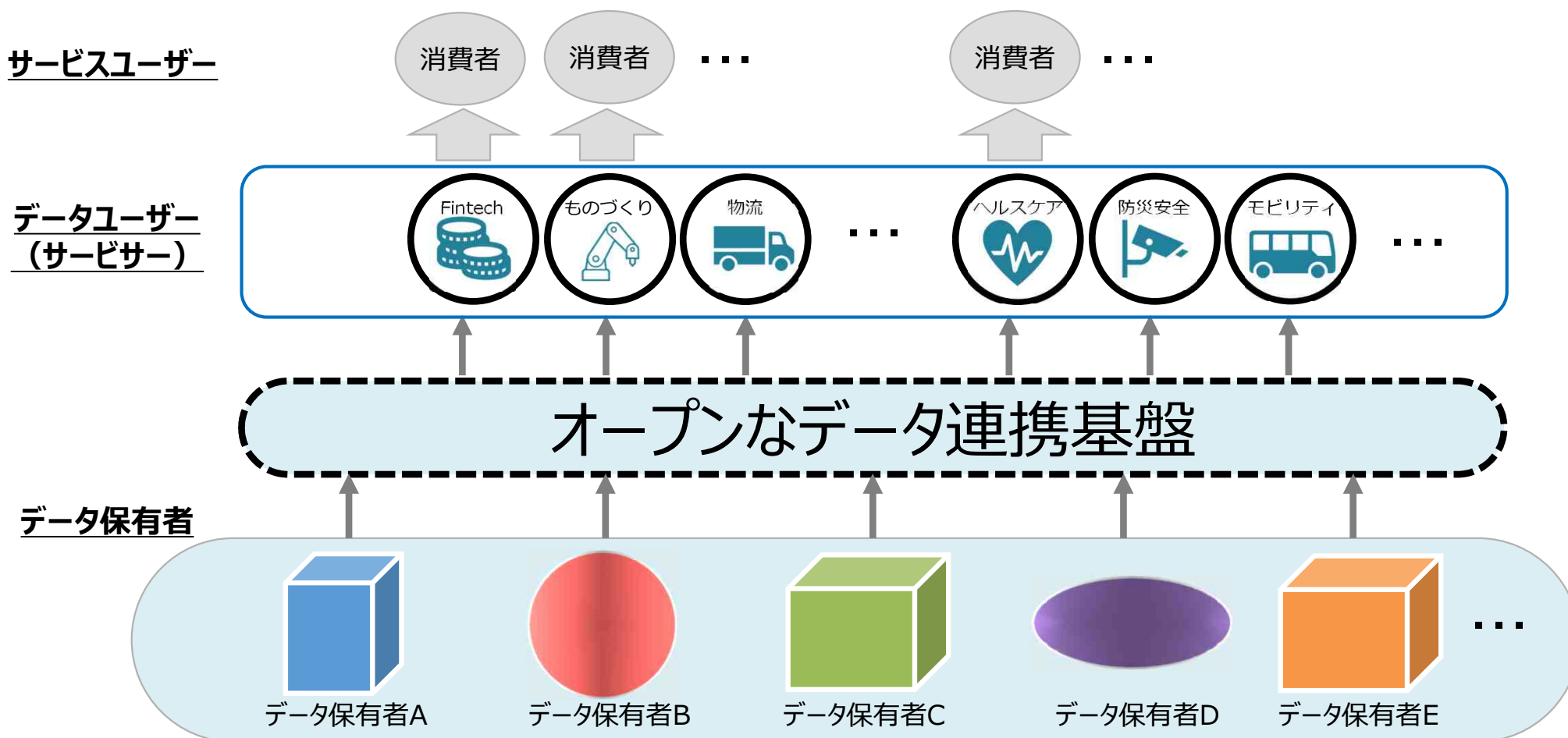
【現在の計算基盤：PC、スマートフォン等】



【次世代計算基盤：スパコン、AIコンピュータ、量子等】 37

データ連携基盤

- データの利活用を促進し、様々な産業の競争力強化に繋げるためには、データ利用者のニーズを踏まえてアップデートされる、**オープンなデータ連携基盤が重要**。
- 基盤の実装を加速するためには、政府支援が重要となるが、特に分野横断的に活用される重要な**基盤的ソフトウェアについて、要素技術の開発のみならず、運用も含めたサービスとして社会実装されるまでを見据え、取り組んでいく必要がある**。



1. 足下のサプライチェーン強化 (足下の半導体不足等への対応)

- 1. 1. 現状評価
- 1. 2. 具体的なアクション

2. 将来のサプライチェーン強化 (次世代計算基盤の確保に向けて)

- 2. 1. 将来課題
- 2. 2. 具体的なアクション

3. 参考資料

3. 参考資料

3. 1. 半導体関係

3. 2. ソフトウェア関係

3. 3. その他の政策的アクション

国内半導体産業の動向

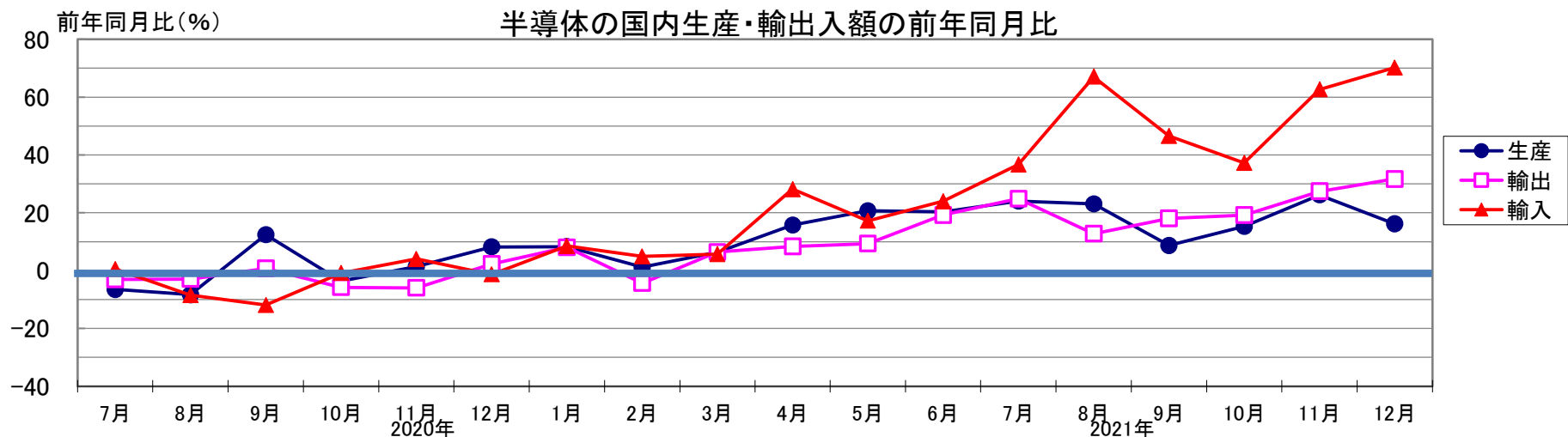
- 2020年12月以降は、**国内生産、輸入、輸出すべて前年比大幅増**で推移。
 - ✓ 2021年の国内生産は、前年比10～20%増が継続している状況
 - ✓ 輸入に至っては、12月に+70%の大幅増
- 他方で、自動車や家電をはじめとした、半導体ユーザー製品の減産傾向は継続中。

4. 半導体産業

【生産額】12月の国内生産額は2,132億円。対前年同月比+16.1%。対前月比は-5.7%。

【輸出額】12月の輸出額は4,087億円。対前年同月比+31.7%。対前月比は+10.2%。

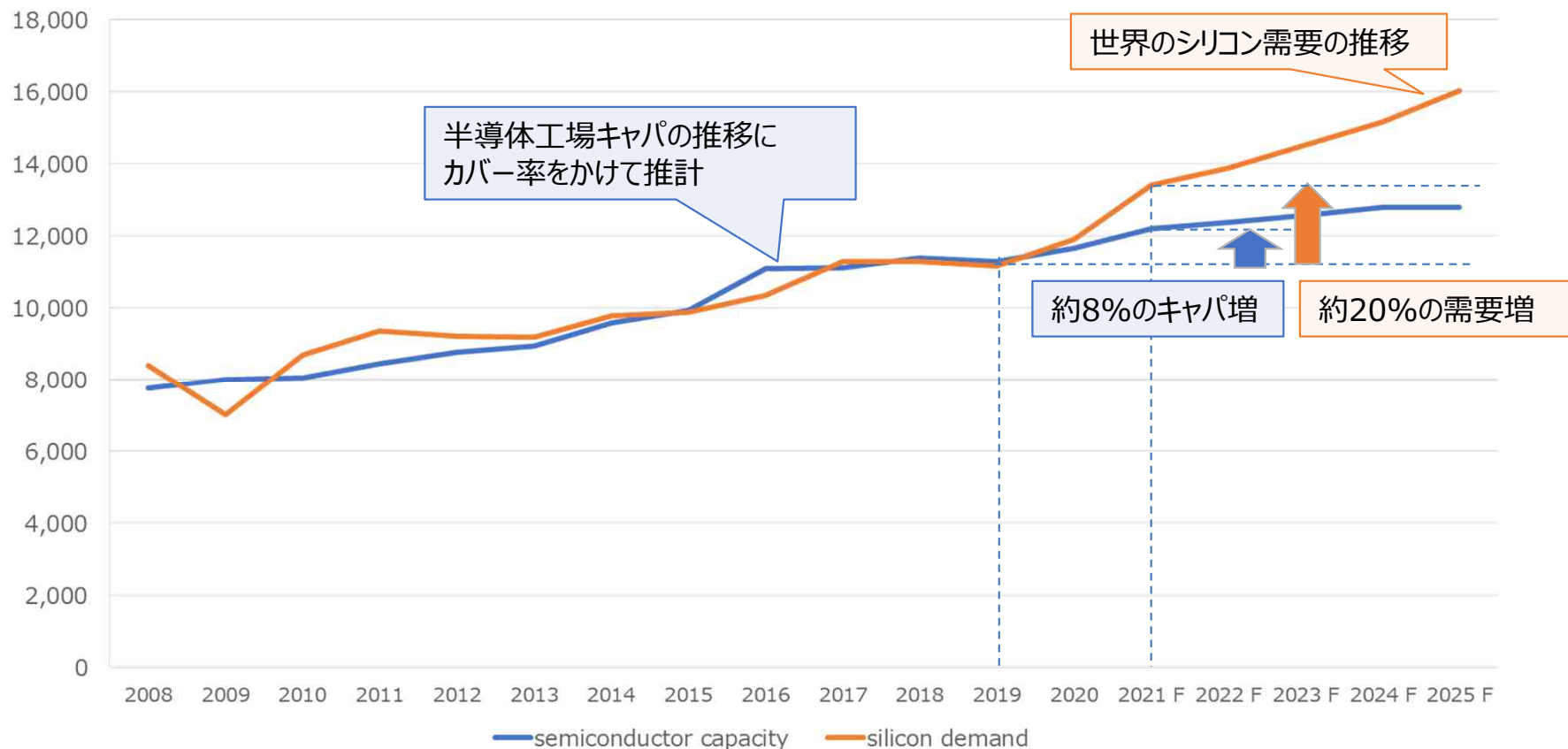
【輸入額】12月の輸入額(速報値)は3,318億円。対前年同月比+70.2%。対前月比は+4.7%。



半導体需要の動向

- コロナ前（2019年）と比較して、2021年度は約20%の需要増となる見込み。
- 他方で生産キャパシティは、約8%の増強となる見込みであり、需要の増加率には追いついていない状況。

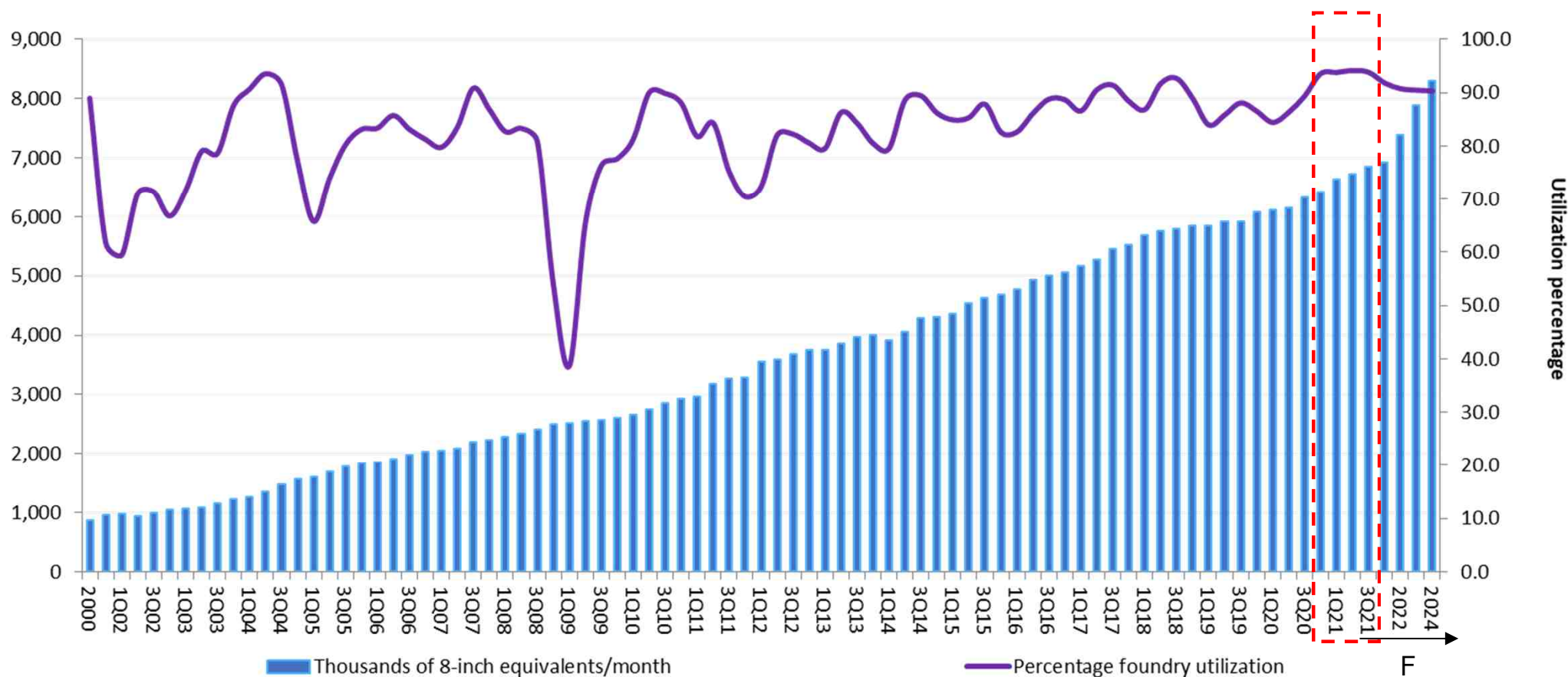
ウェハー面積ベースの推移
millions of square inches



ファウンドリの稼働率

- 2021年のファウンドリの平均稼働率は、かつてない高水準（95%以上）が継続
- 90%を超えると需給逼迫と言われる中、限界まで運営されたことがうかがえる。

Pure play foundry capacity and utilization



Source: Omdia

© 2021 Omdia

出所：OMDIA

3. 参考資料

3. 1. 半導体関係

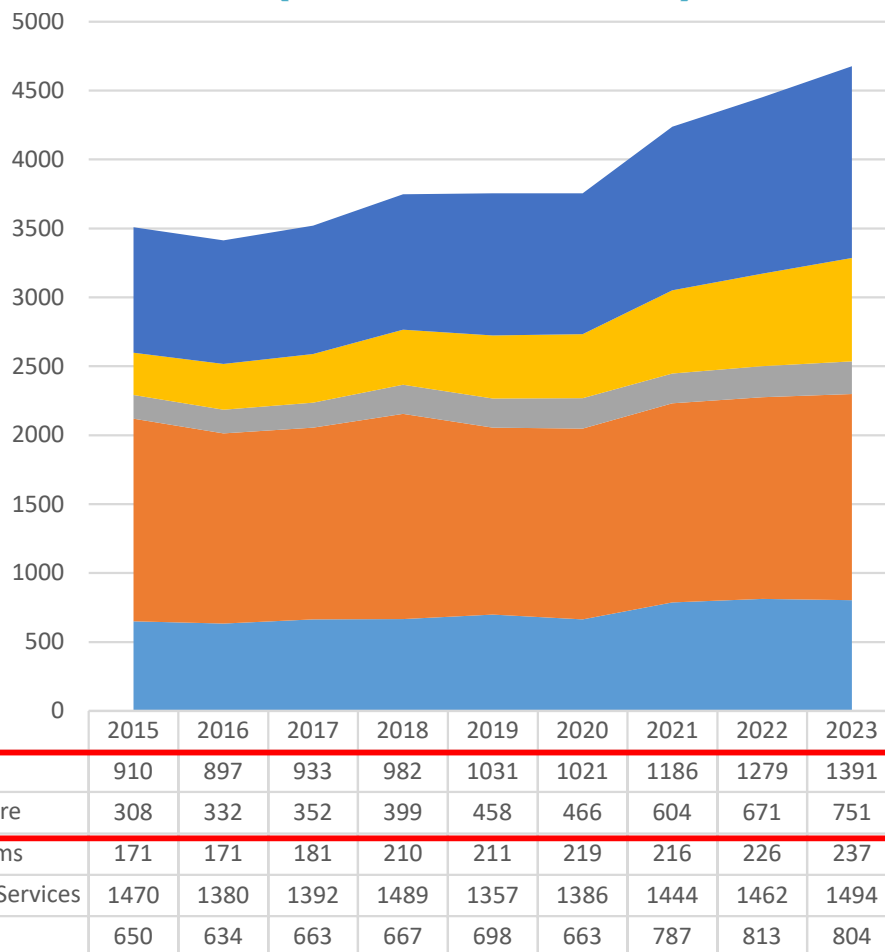
3. 2. **ソフトウェア関係**

3. 3. その他の政策的アクション

ソフトウェア投資の拡大

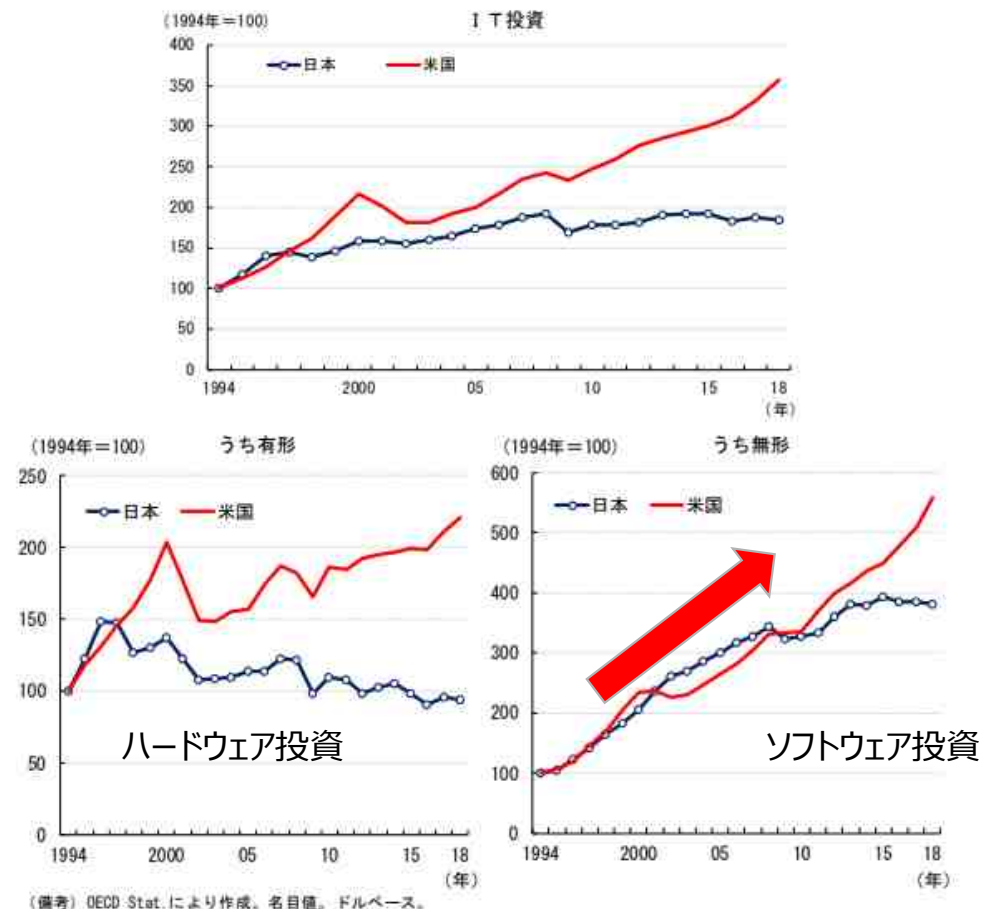
- 世界のIT支出において、ITサービス分野や企業向けソフトウェアが高成長率を維持。
- 日米のIT投資においては、ハードウェア投資に比較して、ソフトウェアへの投資が大きく伸展。特に近年は、ソフトウェア投資において日米で差が開いてきている。

グローバルIT支出の推移(2022年以降は予測値)



出典：Gartner:Worldwide IT Spending Forecast

日本と米国のIT投資の推移



出典：三菱UFJリサーチ&コンサルティング

過去の基盤的ソフトウェア開発プロジェクトの反省

- 特定の分野を対象にしたサービス・ソフトウェアについては、政府による開発・実証支援後、社会実装・実利用に結びついた実例あり。
 - 一方、分野横断的に活用される基盤的ソフトウェアに関する、政府による過去の開発プロジェクトについては、人材育成への貢献の面で評価する声はあるが、以下のような事由により、成果物の十分な実利用には至らず。
 - 基礎研究にとどまり、社会実装への道筋が描けなかった。
 - 受託企業がプロジェクトに充てられる社内体制に限界があった。
 - 受託企業が展開したいハードウェア機器を起点とした開発となった。
 - 目先の利用を追求するあまり、技術がすぐに陳腐化した。
 - 標準化がなされず、バラバラの成果物となった。
 - 米国など海外動向を踏まえていなかった。
 - 合併企業を作って事業化を目指したが、利用ニーズに応える開発やアップデートがなされなかった。
 - データが集まり、それに応じてソフトウェアをアップデートしていくエコシステムを構築できなかった。
- こうした反省を踏まえて取り組んでいくことが重要。

【参考】既存の計算資源提供サービス/プロジェクト

- 現在も、国研や民間企業において構築・運用される高度な計算資源を利用可能とするサービスが存在。

区分		システム/サービス名	提供主体	サービス概要
古典	スーパーコンピュータ	HPCI (High Performance Computing Infrastructure)	理化学研究所等	スーパーコンピュータ「富岳」及び国内の主要なスパコンをネットワークで結び、全国の研究者に計算環境を提供。「富岳」においてはクラウド的な利用サービス「富岳クラウドプラットフォーム (FCP)」の実証を実施。
	スーパーコンピュータ等	Fujitsu Computing as a Service	富士通株式会社	高度なコンピューティング技術とソフトウェア技術を、誰もが容易に利用できるサービス群として体系化し、2022年10月より提供開始。第一弾として、「富岳」の技術を適用したスーパーコンピュータをクラウド型で提供するサービスを2022年4月6日より開始。
	AIコンピュータ	AI橋渡しクラウド (AI Bridging Cloud Infrastructure、ABCI)	産業技術総合研究所	産総研が構築・運用する世界最大規模の人工知能処理向け計算インフラストラクチャ。処理スループットの最大化を可能とするバッチ型・対話型の実行サービスに加え、自由度の高い予約サービス、統合開発環境、各種ストレージサービスを提供。
量子	ゲート型	IBM® Quantum System One	日本アイ・ビー・エム株式会社	日本初のゲート型商用量子コンピューティング・システムを提供。東京大学の施設内で稼働。東京大学は本システムを活用し、企業、公的団体や大学等研究機関と量子コンピューターの利活用に関する協力を推進。
	アニーリング型	The Leap™	D-Wave Systems Inc.	D-Waveの有する先進的な量子コンピューターと量子/古典を組み合わせたSolverを、商業向けにクラウドサービスとして提供。

【参考】未踏ターゲット事業

- 新しい I T の世界を創り出す「突出した I T 人材」を発掘・育成する「未踏事業」
- このうち、基礎技術や領域横断的技術革新に取り組む先進分野の I T 人材の発掘・育成を「未踏ターゲット事業」として実施
- 募集プロジェクト：量子コンピューティング技術を活用したソフトウェア開発
- 対象分野：
 - 【区分 1】 アニーリングマシン向けソフトウェア開発
 - 【区分 2】 ゲート式量子コンピュータ向けソフトウェア開発

＜開発環境（2021年度）＞

- ・D-Wave 2000Q
- ・デジタルアニーラ
- ・CMOSアニーリングマシン
- ・Amplify
- ・IBM Q Network Hub
- ・シミュレータ 等

次世代IT分野の
ソフトウェアを構想

先進分野の専門家が
徹底サポート

知財はすべて
採択者に

開発環境を
提供

- 公募を審査し、採択を決定
- 委託契約を締結し、作業時間に応じた費用（委託金）を支給

- 先進分野について知識が豊富な専門家が、プロジェクトマネージャとして、徹底的に個別指導

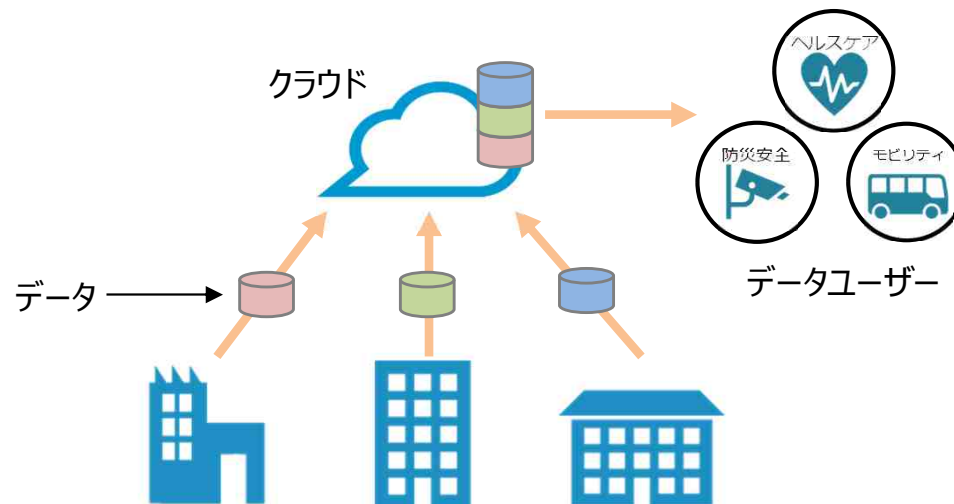
- 開発成果の知的財産は、すべて採択者に帰属

- 採択者は支援期間中、原則無料で利用可

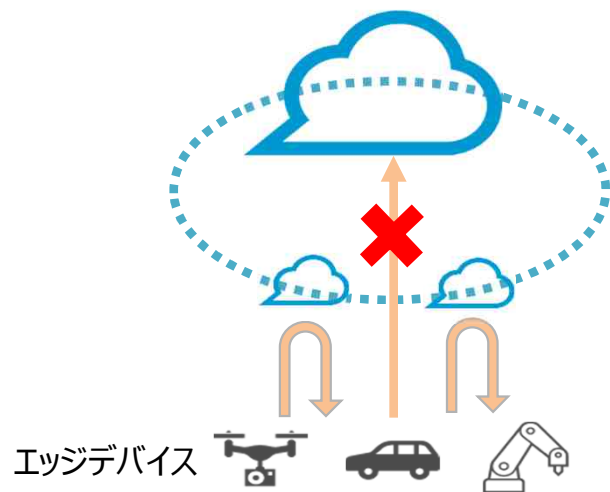
データ連携基盤が備えるべき機能

- データ連携基盤には、今後の多くのユーザーのニーズを想定した、以下の機能が重要。
- 今後、新たにニーズが生まれる場合には、支援の必要性を追加的に検討していく。

①主体を超えたデータの相互利活用が促進されること



②制御分野を中心に求められる低遅延性が満たされること

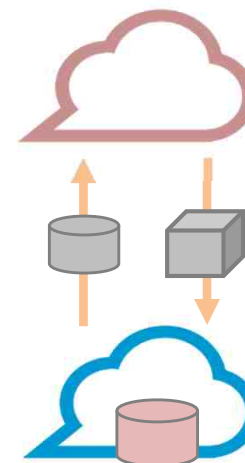


③異なるセキュリティポリシー間で相互に接続できること

※次ページの詳細参照

<新技術を使ったデータの処理>

<機微なデータの管理>



データ連携基盤の実現に必要な技術

- 多くのユーザーのニーズを想定した、データ連携基盤が備えるべき機能を実現するためには、下記の要素技術が必要となる。こうした技術について、政府としても開発支援を行い、実用化を加速していくことが重要。

＜データ連携基盤の実現に必要な要素技術＞

- ① データを安心・安全・円滑に流通させる技術
複数事業者間での円滑なデータのやり取りを可能とするためには、重要な部分を秘匿しながら、必要な部分だけを適切に流通させ、データ量やデータの生成スピードに応じて最適に処理することが必要。
- ② データを一箇所に集約することなく分散したまま処理・連携する技術
データそのものの流通が難しい場合にもデータ利活用を行うためには、データ利用者の処理プログラム等を、地理的に分散したデータ保有者側の計算資源で同時に処理・連携することが必要。
- ③ 地理的に分散した計算資源に最適に処理を割り当てる技術
低遅延な処理を実現するためには、計算資源の状態をリアルタイムで把握し、計算資源の負荷状況に応じて最適に処理を割り当てる必要がある。

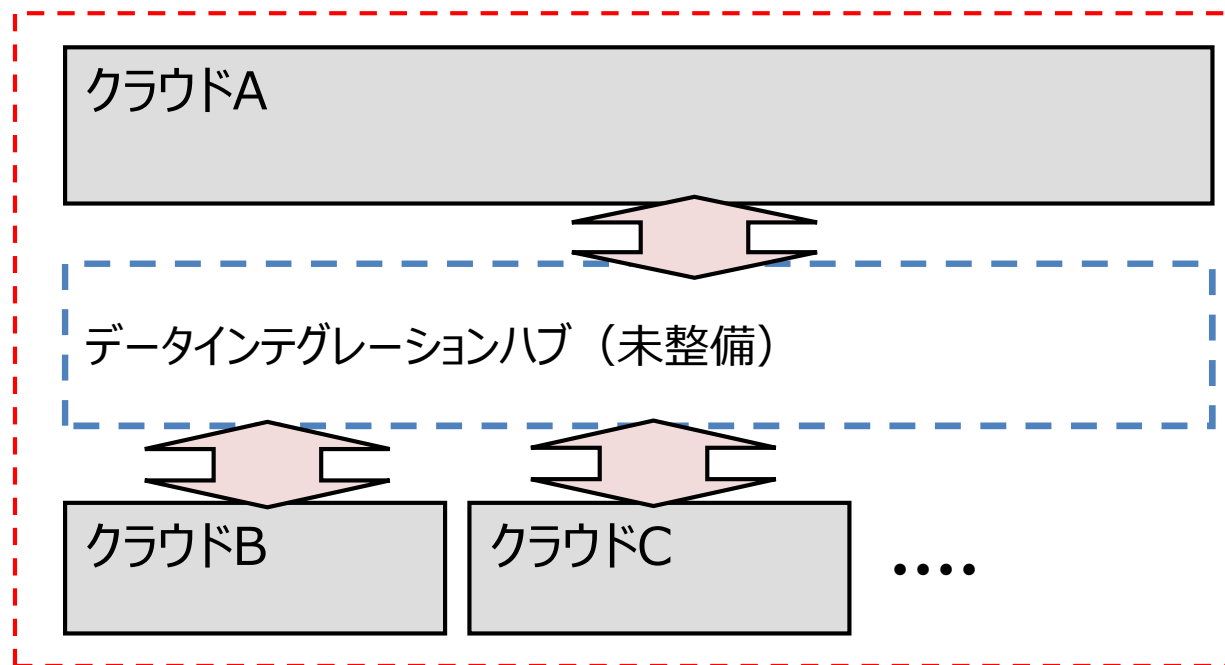
データを安心・安全・円滑に流通させる技術の例

- 異なる特長を持った複数クラウドからなるシステム構築により、利用可能な性能・機能の充実、情報の重要度に応じたデータ管理等を図ることが考えられる。
- その際、データの重要度に応じて適切に保護しつつ、安全かつ低コストにクラウド間のデータ連携を可能とするようなデータインテグレーションハブの実装が期待される。

パブリッククラウド
(データ処理の需要急変動や
新技術利用)

データ連携層
(データを適切に保護しつつ
安全なクラウド間データ連携
を実現)

プライベートクラウド
(機密性の高いデータ管理)



ハイブリッドクラウド構築・
運用管理共通システム
(未整備)

3. 参考資料

3. 1. 半導体関係

3. 2. ソフトウェア関係

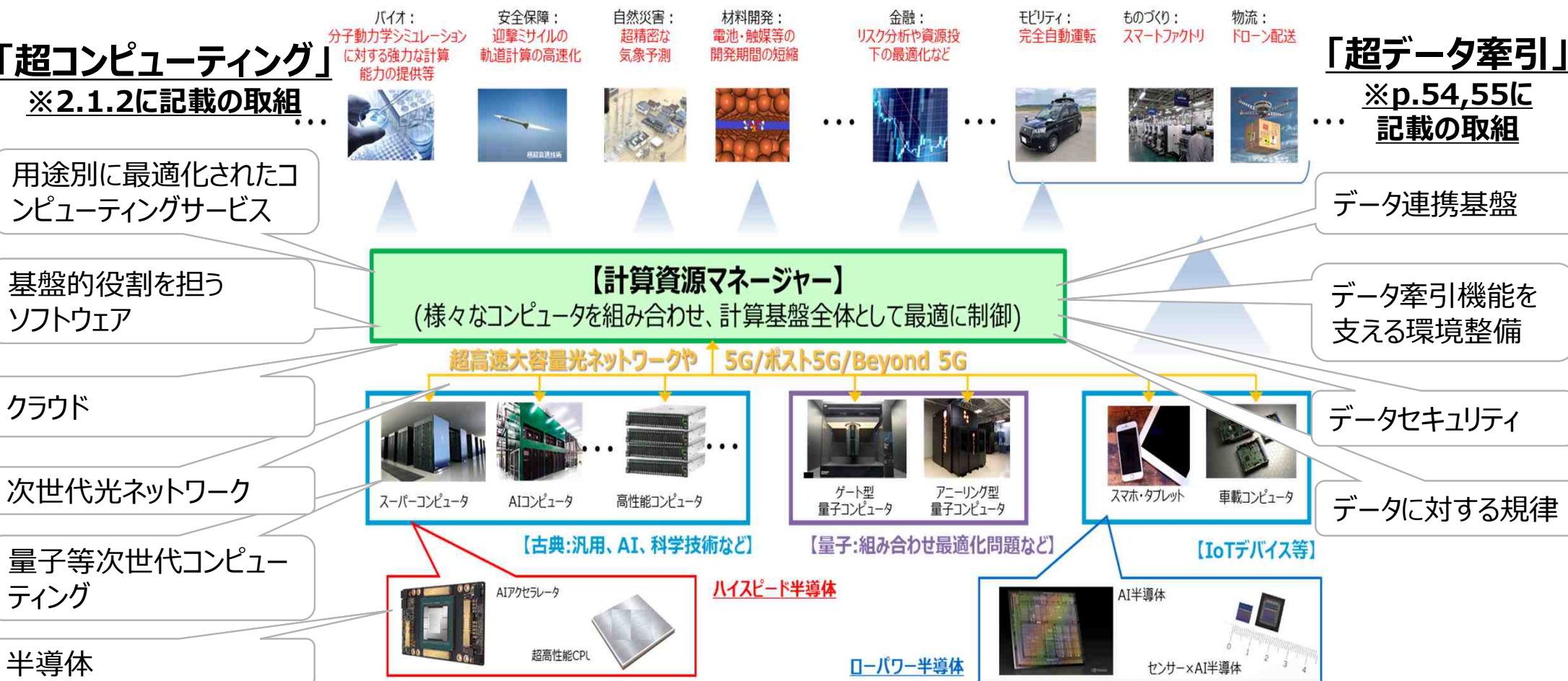
3. 3. その他の政策的アクション

「超”コンピューティング＋データ牽引”産業社会」の実現に向けた取組の方向性

- 今後ますます高度化するデジタル社会の実現のためには、**誰もがいつでも手軽に高度なコンピューティングパワーを使える“超コンピューティングな環境”** だけでなく、**信頼できるデータをセキュアで自由に使える“超データ牽引型創造活動”**を促進する環境の整備が必要。
- こうした次世代社会の実現のため、**ハード／ソフト両面での取組を進めていく。**

「超コンピューティング」 ※2.1.2に記載の取組

「超データ牽引」 ※p.54,55に記載の取組



「超データ牽引」関連施策

データ牽引機能を支える環境整備

データ量が爆発的に増大する中、データの利活用を支えるソフトウェアの開発環境も多種多様に。オープンソースソフトウェア（OSS）をコミュニティ単位で開発する活動も活発化。今後、ソフトウェア開発において国際競争力を強化するためには、国内における人材育成や海外からの呼び込みに取り組むとともに、こうしたソフトウェア開発環境を中心に人材を引きつけるエコシステムを形成できるかが鍵。

✓ OSSコミュニティの活性化

- OSSコミュニティで取り組んでいくべきテーマとして、ソフトウェアの信頼性向上が挙げられる。
- 具体的には、①OSSの管理手法等に関する好事例の取りまとめ・普及を行うとともに、②ソフトウェアの「成分表示表」であるSBOM（Software Bill Of Materials）についての実証事業を通じ、ソフトウェアに潜在する脆弱性の検出から対応までのコスト削減等に繋がるような効果的な活用モデルや、SBOM共有に係る責任関係を明らかにする取引モデル、ノウハウ等の構築に取り組む。

データセキュリティ

クラウド化が進む中で、機微なデータであっても安心して分析・加工できる環境整備が必要。新たなセキュリティ技術の開発と制度への位置づけを実施し実用化を促進することで、プライバシー保護・セキュリティ確保と両立した新たなサービスの創出等を図る。

✓ 秘密計算・秘密分散・量子暗号

- 従来の暗号技術と異なり、データを秘匿化したまま分析を可能にすることで情報漏洩の防止やプライバシー保護の強化を実現する秘密計算技術については、産総研において早期の実用化に向けた研究開発を実施中。
- 中でも秘密計算技術の一つである秘密分散方式については、秘密情報を分散してやりとりすることで第三者の解読をより困難にしており、暗号を活用したデータ保管の一類型として取り入れるべく検討中。
- 量子技術により、理論上、解読が不可能とされており、超長期的な情報の保護を実現する量子暗号については、国際標準化や認証ガイドライン策定等の動向をフォロー中。

「超データ牽引」関連施策

データに対する規律

デジタル経済における価値の源泉であるデータについて、自由な流通を促進するため、産業横断的・国際的にデータの取扱いに関する透明性、技術と標準化を実施するルールメイキングを実施する。

✓ **DFFTの具体化**

- データの越境移転に関する障壁の特定とその解消に向けた様々な施策を議論している。特にデータの生成を起点とするライフサイクルの観点から、データがどのような過程を経て企業等に利活用されているのかを調査し、データの越境移転の実態を踏まえた上で、障壁を軽減する措置の実行とそのモニタリングを行う国際体制の在り方を検討する。各国の固有の事情を踏まえながら、DFFTを国際制度として具体化するため、OECD等と連携してギャップ分析を実施。

✓ **モビリティサービス**

- デジタル庁や国交省等とも連携しつつ、自動運転車やドローン、自動配送ロボット等の迅速な導入・活用のため、「3次元空間ID」（3次元空間の情報を横断的に参照するためのID）と個々の車両・機体等を識別する仕組み等について、2022年度中に検討し、空間での運行環境の把握と経路決定など空間シミュレーションの有効性に関する検証を継続的に行う。

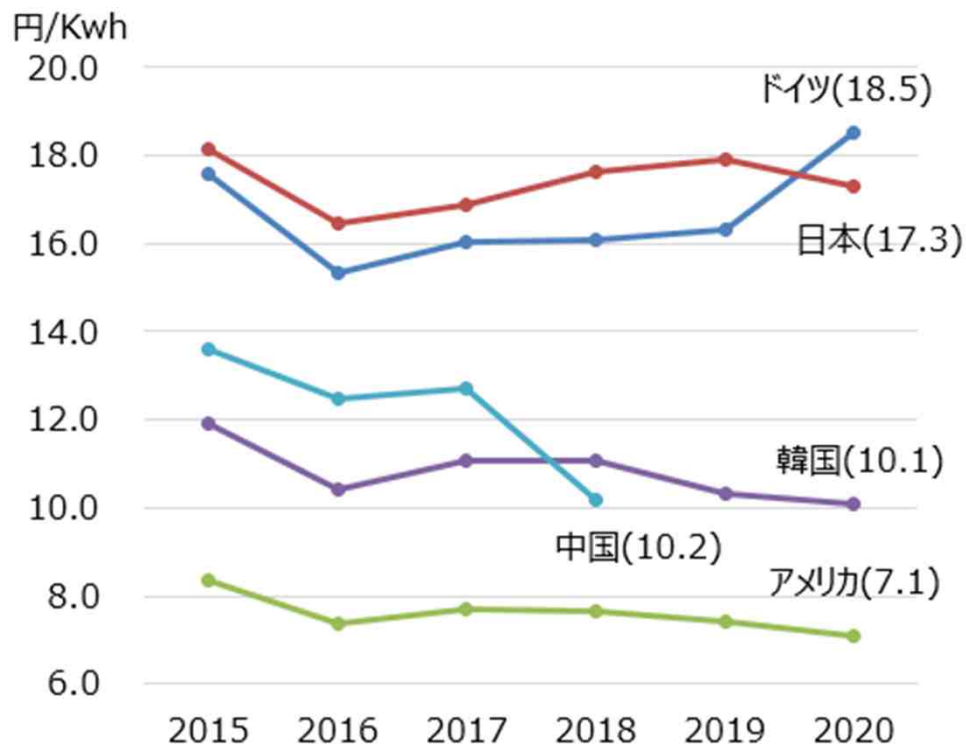
✓ **企業間契約・決済の次世代基盤**

- デジタル庁、経産省、金融庁と関係企業が連携し、DADCにおいて、データ化されリアルタイムで把握可能な取引の割合を増やすために、どのようなルール、システム、技術が必要か、その設計図と工程表を包括的に検討を行う。

【参考】我が国のデジタル産業の競争力強化

- 「カーボンニュートラル（電化が不可避）」と「デジタル化」が世界の大きな潮流になる中、電力コストの抑制と事業活動用のカーボンフリーエネルギーの効率的な調達の可否が、競争力のカギとなりつつある。

産業用電気料金の国際比較

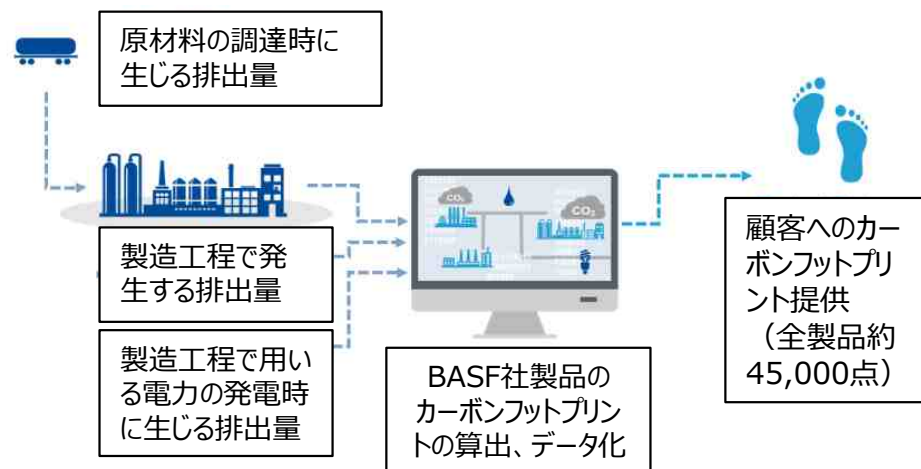


(注1) ドイツ、日本、アメリカ、韓国はIEA発表のデータを引用。再エネ賦課金を含んだもの（諸元は国ごとに異なる）数字は2020年実績。
(注2) 中国は国家能源局から引用。税金以外、国は定めた不可費用を含まない。数字は2018年実績。
(注3) 単価算定方法は、ドイツについては、産業用は200万～2000万kwhの需要家の料金を消費量で加重平均算出したもの。日本、アメリカ、韓国は総合単価で算出したもの。フランスは需要水準別料金を消費量で加重平均して算定したもの。
(注4) 上記料金は各国の算定方法で求められた単純単価を、出典の資料に掲載されている各年の円ドル為替レートで変換したもの。
(出典) IEA Energy Prices and Taxes 等を基に作成

カーボンニュートラルへの対応

全製品のカーボンフットプリントを提供【独・BASF】

- 2020年7月、製品の原材料調達から出荷までの温室効果ガス排出量（カーボンフットプリント）を算出し、顧客への提供を開始すると発表。
- 2021年末までには、全製品について、カーボンフットプリントのデータを提供できるようにする予定。
- BASF社の製品を用いて最終製品を製造するメーカーにとっては、これらのデータを用いることで、自社製品のカーボンフットプリントを算出することが容易となる。



(資料) BASF “Product Carbon Footprint”

(出典) 2021年度 ものづくり白書より

【参考】諸外国における投資支援制度

- 諸外国では、半導体や蓄電池等のデジタル関連基盤技術に対し、予算措置に加え、税制措置でも研究開発や設備投資を積極的に支援。

米国の取り組み

- CHIPS Actに次ぐ新たな半導体支援法案として、FABS法案（Facilitating American-Built Semiconductors Act）が3月に米国下院で提出された。
- 本法案では、半導体設計と製造への投資に対する25%の税額控除とともに、研究開発の税額控除のインセンティブを措置するもの。

韓国の取り組み

- 昨年5月に「K-半導体戦略」を制定・発表。今年1月には「国家先端戦略産業競争力強化および育成に関する特別措置法」が国会を通過。
- 本法に基づき指定した戦略技術（半導体や蓄電池、ワクチンを対象とする方向で検討）について、研究開発費用（大企業と中堅企業は最大40%、中小企業は最大50%）や設備投資（大企業の場合6%、中小企業は16%）に対して税額控除を措置。