

# 半導体をめぐる 米中競争合いと日本 ——オリジナリティが問われている

井上弘基

(一般財団法人 機械振興協会 経済研究所)

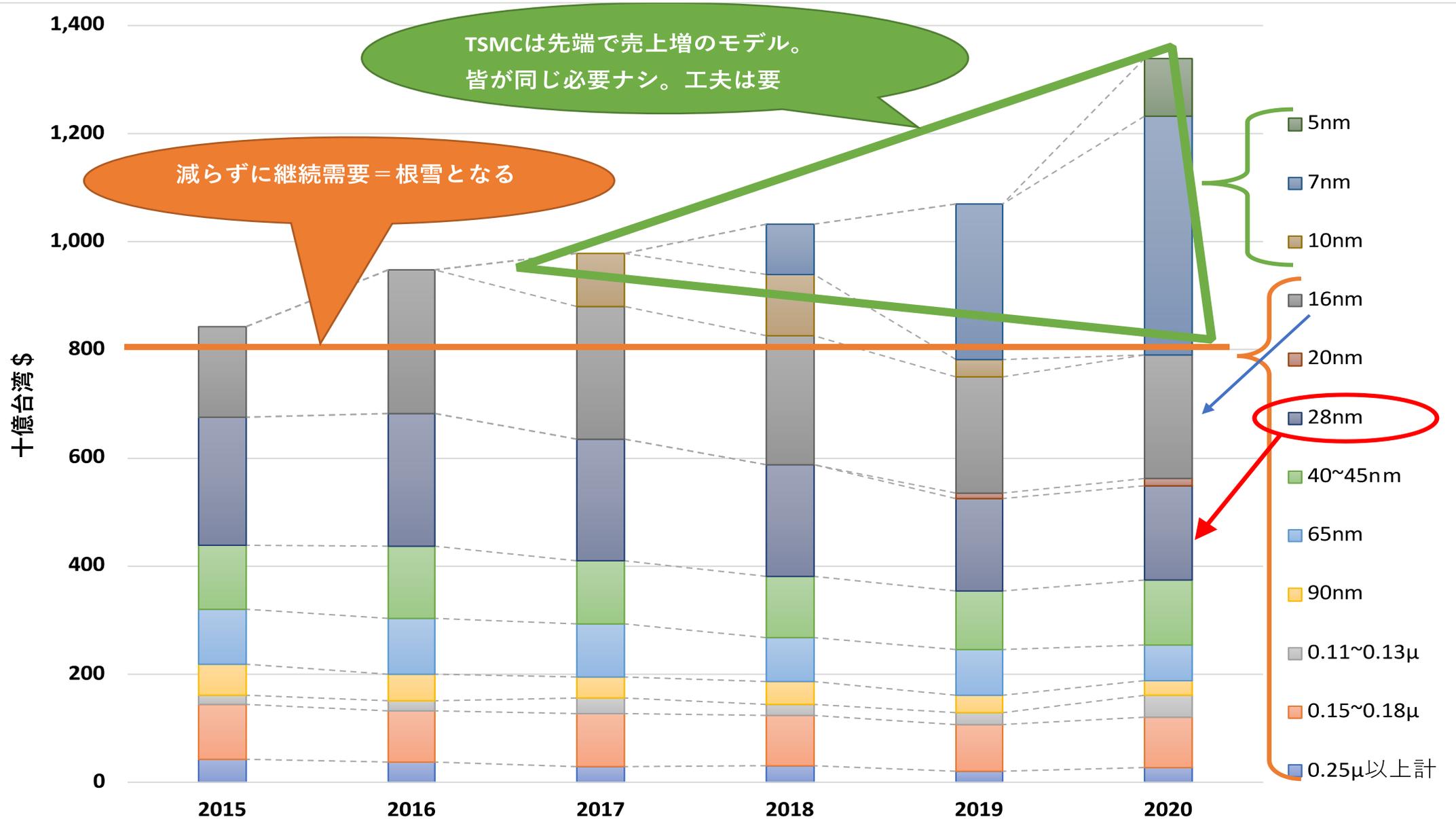
\* 法人見解ではない

ハナシの切り出し  
(序)

# 今の話題から…TSMC日本進出と 経済省「半導体戦略」：一里塚的成果

- 「戦略」は、半導体が、日本の産業社会～生活にとって不可欠の重要製品であることを あらためて広く焼きつけることに寄与
  - 火付け役はアメリカ政府（トランプ政権）だが、日本としても半導体に取り組むスタンスを明確にした
  - 同「戦略」は確かに分りづらい点もあるが「白書」とは違う役割
- 台湾TSMC工場（ファブ）の国内誘致は、実務問題が残るとはいえ、半導体を例とした経済安全保障法制その他、制度的環境を整える“具体”推進力として機能
  - 誘致が経済安全保障に効果というのは、法案が明らかになるまで理解しづらいが
- また、同ファブが20nm台ノードとされ、超微細（3～5nm等）でない点は日本に適合的で、必ずしも悪くない。日本にとって、その意味を汲み取る力が大事

# TSMC社ノード別売上推移が示唆するもの



# 日本半導体戦略はこれで終るわけもなく…

---

- TSMC件は「出発点」の意義であり、終着でない
- 二の矢、三の矢に期待したく
  
- 以下、本講演は少しばかりの「つぶやき」

- TSMC@台湾工場→輸出入→日本S社 (原材料在庫→後工程へ投入) …誘致はこれまで同様、供給されることになったであろう分の、拠点ロケ移動ということ
- 世界的「半導体供給不安」→
  - 第1歩：S社手元の原材料在庫を積み増し (⇔サプライ側T社が需要家Sの近傍に先置きする製品在庫増の場合も)
  - 完成チップの手元積み増しではなお不安? →
- 同・第2歩：チップ在庫を超え、それを作る工場自体をS社近傍に先置してもらう
  - 当該契約は複雑になるが当事者たちの責任
- 効果1：これまでも半導体は確保できていた (時々の変動あるが)。輸入より国内からの供給のほうが「どれほど」確実か?
  - 確度を上げた差分の効果と政府補助金が釣り合うか?
- 効果2：S社は日本半導体産業を支える第2の柱 (第1はメモリー)。そこを実質補助する効果。意味あるが問題は、金額が意味と釣り合うか (計算に合うか)
- 効果3：T社としては成熟したやや古いラインを日本にコピペするだけ? (不詳)
  - →玉突きでT社28nmライン@台湾のキャパはS社以外に割当て = そこへ発注できていなかった顧客は割り込みメリット? …ルネサスや日本自動車関係にどれほどメリットか不詳
  - 材料業界メリット：ほとんどナシか
  - 装置業界メリット：台湾28nm既存ラインの装置企業は日本国内から発注増? … 筆頭はオランダASML社の露光機?

## 20nm級プロセス 不保持ファンドリーが国内にライン新設するケース（対比）

- 1. プロセスを新規開発する際、日本の半導体製造装置・材料メーカーが “新規に” 食い込み、マーケット拡大する機会を与える
  - かつ、装置の単なる売上増を超え、プロセス開発と一体での装置材料の 改良余地を与える → 契約条件次第だが改良版を第三者海外工場への売込に転用できる
- 2. 従来取引（高確度の見込客との反復的取引）の物理場所トランスファーではない分、従来のでない発注を内外で開拓せねばならないが、成功すれば 日本への半導体発注を20nm級で深掘り(ないしそのクラスへ移行)することに
- ⇨既に予定されていた民間ベース行動に、政府がかぶさっているだけのアクションとは本質的に異なる高難度政策＝ゆえ高価値
- 政府はミッドレンジ先端(20nm)級の内外需拡大をシステムチックに
  - 政府の役目はサプライサイド（工場）への補助金だけでない。 需要貧弱なところへ供給能力設置はない。D社呼びかけではなお不足。「仕掛け」でない

# 本論の構成

1. 半導体の「問題」化：狂騒曲

2. 世界が問う日本半導体のオリジナリティ：組曲

# 1. 半導体の「問題」化

狂騒曲

# 米中対立

すべて半導体  
(+ソフト)が死活的基盤

AI 5G 自動運転 ロボット フィンテック パイオ

サプライチェーン  
確保

サプライチェーン  
確保



# 軍事（安全保障）と経済（一般産業）

---

- 中国の軍事・経済両面での台頭＋統治（民主主義）のあり方問題 ⇔ 米国の危機感
- 軍事、一般産業の両面～絡み合いにおいて
  - いわゆるハイテクでも台頭する中国
  - 米中どちらも「技術の軍民両用」Dual Use Techの深まり
  - デジタルトランスフォーメーション（IoT, データ）の可能性
    - 軍にも民にも、IT～デジタル技術の使いこなしが死活的に→半導体必須
- 発生事態： 日米半導体摩擦の逆パターンのな米中半導体対立（米側の出超）
- =中国の軍・産に、「先端半導体」とその製造力へのアクセスを許したくない～引き延ばしたいアメリカ（輸出してあげないパターン）
  - 一般的半導体、装置等は通常貿易継続（区分問題発生）
- 中国は総力挙げて半導体サプライチェーンの自前建設へ
  - 米国の行動は、それを加速させた面と、減速させた面
- “狭間の”日本半導体
  - 「同盟」は、仲良し倶楽部ではないことにも留意

軍用（クルマ用）の視点： 半導体の圧倒的部分は微細チップではない。クルマ用半導体の不足も当初、非微細プロセスから

- 軍用： 微細化チップは1 装備に数個有るか無いか普通
  - ただし半導体搭載率はアップ中
  - その事情はクルマも似る（情報インパネ部と駆動制御数箇所等）
- 微細化チップへの **数少ない** 軍需例
  - スパコン（3大用途：暗号解析、核爆発シミュレーション、気象地象水象）
  - 上記、各装備に各1～2箇所、数チップ程度 ←ただし重要度アップ中
- →いよいよの場合：高値でOKな僅少量の微細チップは大工場（それ用装置）無しで製造可。大工場は必須でない（ASML-EUVの代わりにEB直描でOK等）
- **大半の** 軍用半導体
  - ピュアシリコンでない化合物半導体等（パワー、アナログ）
  - シリコン半導体でも、レガシー（枯れた）プロセスの耐環境・耐久的なチップ等
- **前工程でも恐らく350nm～90nm前後のプロセスに集中（ウェハ径も150mm～200mmあたりが中心）**
- →まさに日本国内に有り余っている“レガシーファブ”がドンピシャ
- （ただし実際は必ずしも適合しないが：詳細略）

# (資料) 半導体等、米側アクション

正確には  
CISTEC安全保障貿易情報センター等へ  
ご照会を！

## 米政権・議会を中心に

- 2012下院調査ZTE、Huawei→2016:商務省、対ZTE輸出規制→一旦和解
- 2014年夏、国務院「国家集積回路産業開発促進概要」、2015年「中国製造2025」、2017年中国「国家情報法」
- 2018商務省、再びZTEへ、米製品の輸出規制→同年内に制裁解除へ
- 同年、FCC、安全保障懸念から補助金規制、とくにZTE, Huawei
- 同年8月、(2019国防権限法にて) ZTE, Huawei製品を米政府機関が購入しないように
- ECRA (輸出管理改革法)、FIRRMA (外国投資審査現代化法)
- 同年10月、商務省、中国DRAMメーカーJHICCをEntity Listへ
- 同年12月、Huawei会長の長女、カナダで拘束 (米国機関の要請に基づく)
- 2019年3月、欧州委員会、「対中行動計画」10項目
- 2019年5月、商務省、HuaweiグループをEntity Listへ (→一時的一般許可2020年8月更新打切り)
- 同年11月、FCC、補助金享受の国内通信企業はHuawei製品利用禁止→2020年強化  
(2019年7月、日本政府、韓国をホワイト国から除外、3品目を包括許可制から除外)
- 2020年5月、商務省、米国製技術やソフトを用いて製造された半導体をHuaweiに販売してはならない (含海外工場、含リスト規制非該当の特定品、仕向地どこでも) = 拡大「直接製品規制」(TSMCのHiSilicon向等) →9月猶予終了
- 同年8月、上記直接製品規制の再拡大。特注でない一般半導体もHuaweiに販売禁止、但、5G未滿通信機向半導体等は個別判断 (その後インテル一般PC向け等、個別認可が続く)。
- また国際緊急経済権限法(IEEPA)に基づく大統領令によりTikTokを含むバイトダンスとの取引、WeChat (テンセント) 使用禁止
- 同年9月、商務省、対中軍事エンドユーザー規制発動 (SMIC向の半導体製造装置等の輸出、個別審査へ)

(資料) 中国半導体への中央・地方政府投資基金  
および外部誘導資金

• 中央政府：国家集成电路(IC)産業投資基金

- 第1期：2014~19年、1400億元（2兆1千億円） + 外部資金誘導5000億元（8兆円弱）
  - →紫光集団 長江存儲科技（長江メモリー・テクノロジーズYMTC武漢） NANDフラッシュメモリ
  - →重慶DRAM工場、2020末から着工予定だったが？、、、
- 第2期2020年~、2000億元強（3兆円強）
  - 中芯国際SMIC、浦東の中芯南方工場に、「基金」から15億ドル（1600億円）、上海集成电路投資基金から7.5億ドル（800億円）増資引受。SMICへの持ち分、前者23%、後者11.5%
  - 2つの重点（1）半導体製造装置・部材・半導体材料・EDAツール
    - 中微半導体AMEC等、エッチング、薄膜形成装置、テスター、洗浄装置、CMP、（リソ装置）、それらの部材
  - （2）応用面： 5G、スマートカー、スマートグリッド、AI、IOTに向けた半導体
- ChangXin Memory: CXMT長鑫ストレージメモリ2016~、8000億円
  - （旧Innotron = 旧Quimanda系スタックトDRAM）
  - 2019秋~8Gb-DDR4@19nm@20TWPM出荷→2020末40TWPM予定だったが？
  - 合肥産業投資基金（例） + （GigaDevice兆易創新2005, SV→北京NORファブレス） 2兆円規模

ただし昨今…

## (資料) CHIPS法案(5兆円)

→US Innovation & Competition Act (上院) 通過→下院別途審議中

- CHIPS for America法案 : Creating Helpful Incentives to Produce Semiconductors for America.
- 上下両院どちらも共和・民主の超党派 (5カ年、一部10年、総計約12兆円+税控除、の規模感)
- 趣旨 : 「米国の半導体製造、研究開発、およびサプライチェーンのセキュリティをサポートするための投資とインセンティブを確立」
  - Section2: 半導体投資に伴う法人所得税額控除 (American Foundries Actには当該項目がない)
  - Section3: 先進マイクロエレクトロニクスに関する米国の検証・製造能力確立
  - Section4: 州・地方政府によるインセンティブ供与を相殺する連邦政府贈与
  - Section5: 国防総省による半導体・同関連技術へのサポート
  - Section6: 商務省による半導体技術関連の産業基盤調査
  - Section7: セキュア・マイクロエレクトロニクスと同サプライチェーンの開拓と採用のための基金設立
  - Section8: 先進半導体研究・設計
- 同法案のほかに「American Foundries Act」法案も別議員から提出。中身は大スジ同じ (略)

# インテル動向

---

- 2021年2月、Pat Gelsinger, インテルCEO就任
- CEO、3月、「IDM 2.0」路線宣言（路線の大幅見直し）
  - 「製造」を再度重視
  - →アリゾナ工場への投資2兆円
  - Intel Foundry Services (IFS)：看板だけでなく、ファウンドリ事業に取り組む
  - 「モジュール型タイル」（チップレット）活用。それに伴う外部ファウンドリの部分利用
  - IBMとの連携検討スタート（ロジックとパッケージング。オレゴンとAlbany)
- →**日本との連携可能性高まるが、具体的にはこれから**
- インテル側ではドイツ等へ接近
- TSMC活用と、TSMCアリゾナ工場(1.3兆円、5nm2024年～) への補助金牽制
- Global Foundriesとの関係検討

# 中国の今後の読みは誰にとっても難しい

---

- 「中国製造2025」は未達だが、それを過大視して読込んだ側が、元来、誤り
  - 対中対決路線をアピールする意図？
- 借金まみれ（不動産取引）、人口減少・老齡化、中進国の罨？
- 技術、人材、金融つながり（ネットワーク）で、米国とのパイプが細ったのは重大な障害
- 「共同富裕」は重大な転換点になる可能性

# 欧州

---

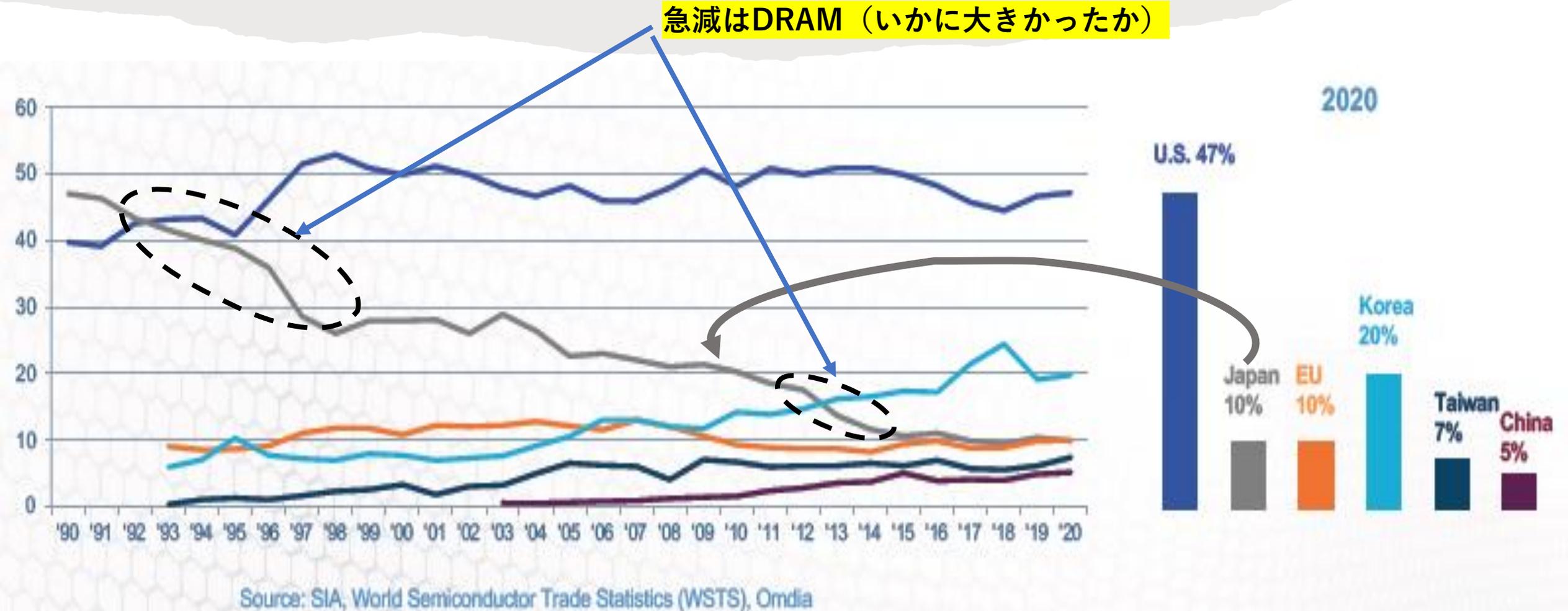
- EU: 半導体製造能力増強を目標に掲げるが、どのように実現するかは不透明
- 米欧、欧州内などのきしみ
  - AUKUS: 米英豪⇄仏 (潜水艦)
  - (Brexit)
  - 東欧
- 各国別施策： (例) フランス等、IT・半導体などのハードも支援増強方針

## 2. 世界が問う 日本半導体の オリジナリティ

組曲

# 資本国籍別の世界半導体シェア推移

急減はDRAM (いかに大きかったか)





エルピーダ (NEC, 日立, 三菱) → 2013年～マイクロンは痛恨。  
だが当時と今は状況が本質的に変化 → 二の舞は繰返さず (次頁)

まずコンピューティングにおける  
誤った印象から解放される

---

ロジック = 「頭脳」～「思考」と捉えるのは誤解

メモリー = 単なるデータの「保管庫」～暗記、、、と捉えるのは誤解

# 「思考」 = ロジック演算回路ではない

---

- 「データ」を流さないALU（演算処理回路）は、ただのハコ
  - 回路が存在するだけ。機能していない状態
- データは、センサ（キャッチ）・選別～伝送～ふつうは短期蓄積（＝メモリー） → ALU含むいわゆるプロセッサ等へ
- 「記憶」（メモリー）は、「思考」そのものをALUと“協働して”なり立たせる本質要素。演算のSlaveではない

ロジック = 「思考」 = 主人公であり大事、  
メモリー（保管庫\*）は従属物、

という印象は“**事実誤認**”であり、イメージ汚染されている

\*メモリーは暗記のようなものでなく、データセントリックの基礎

- 英米が主導してきた要求命令駆動式（殆どノイマン式）コンピューティング
- 今後データ駆動式ないしメモリーセントリックな方式がミックスされていく
- → つまり**メモリーは「国家戦略」（経済安全保障）的に「死活的」な問題**
  - **日本にとってのキオクシアは、米国にとってのインテルに匹敵（「頭脳」である）**
- 中長期に「大きく育てる」話であり、短期・目先の株価（上場予想）対策にひきづられるのは愚策の典型

再言： 演算（ロジック）=主人、  
データ（メモリー）=従属、  
の“イメージ戦略”から解放されるべき

## • ノイマン式コンピューティングのイメージに束縛されている

- 逐次命令が主導的に、データをメモリーに読出しに行く
- インテルCPU、アーム（RISC）、nVidia（GP-GPU）は皆、ノイマン式
- 論理演算はこれしかないと思う人が多数いる（実は違う。データ駆動型等）
- ←ムーア則活発時はコスパが良く、イケイケだったが、近年、“苦しんでいるモデル”になっている（通俗理解とは異なり）
- 徐々に「非ノイマン式」とミックスされる世界へ
  - 非ノイマンの分り易い例は量子コンピュータだが汎用的実用化は遠い
    - （特定問題だけに導入）
  - ニューロ・モルフィックも多くは、とても遠い（ただし革命的）
  - 近い将来：まずデータセントリック（メモリー・セントリック）なコンピューティングへ
    - ロジックのほうが“Slave”的に。 **データ／メモリーが主導的「駆動力」**

# 米中のロジック微細化・ハイパフォーマンス競争と、距離を取るべき日本半導体

「馬力」（ハイパフォーマンス）コンピューティングの全体ネットワークは 軍事力で圧倒する大陸国家（超大国）が強い

米国と中国が典型例（ただしスパコンは安易に妥協しない）

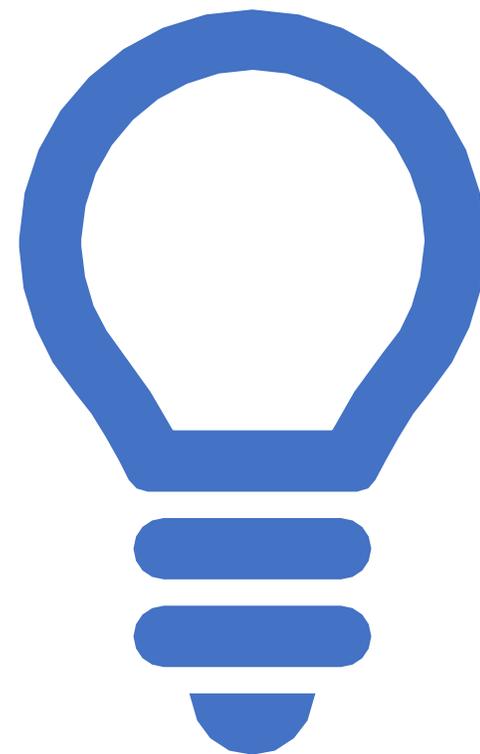
「エッジ・コンピューティング」重視と言うなら、ネタもEdgyに

- (1) メモリー重心コンピューティング（を見据えたメモリー「システム」戦略）
- (2) グリーン・ロジック（ファブレス）
- (3) 装置も世界が驚くユニークさを！

# 「半導体・デジタル産業戦略」 のさらなる展開を

---

それには いささかの批判的吟味なども、肥し  
になるか？



# 経済省「半導体・デジタル産業戦略」に、“抜け”はないか？

- 1. TSMC工場の誘致は、おおかた日本半導体S社（大口顧客）の力に依る = **民間**  
**「マーケットの力」**
  - 政府にあっては補助金（契約）よりも、直接投資（出資）が望ましい。発言権の視点では
  - 将来に向け、20nm級より先とか、量的能力拡張とか、展望が、誘致だけでは見えない
  - →問題は：**「需要」（マーケット）開拓のほう**
- 2. DX = データ重視なら、**データ（メモリー）ドリブン・コンピューティングなど、長期施策まで踏込むべき**だが、**手近かな内外勢力呼び込みに集中し過ぎていないか？**
  - 迫る一大課題（メモリー）：**キオクシア社の行くえ**
  - ロジック：**ファブレスでの成功例**を（ファブよりも）
  - 装置・材料チョークポイント：**「囲われ」型より、日本発のリソグラフィ等を**
- 3. 日本半導体産業劣化の重要敗因 = **直接金融（出資）の力不足。**そこへ踏込むべき
- 4. 世界が日本をどう見ているか？・・・も、多少は考えるべき
  - 日本のオリジナリティ、“特色”が、世界から見えづらい
  - →国際交渉にはカード（手ふだ）が要る。カネも市場も乏しければ技術はどうなってる？

# 「戦略」と言うなら全体を押える（多数ある：top3のみに触れる）

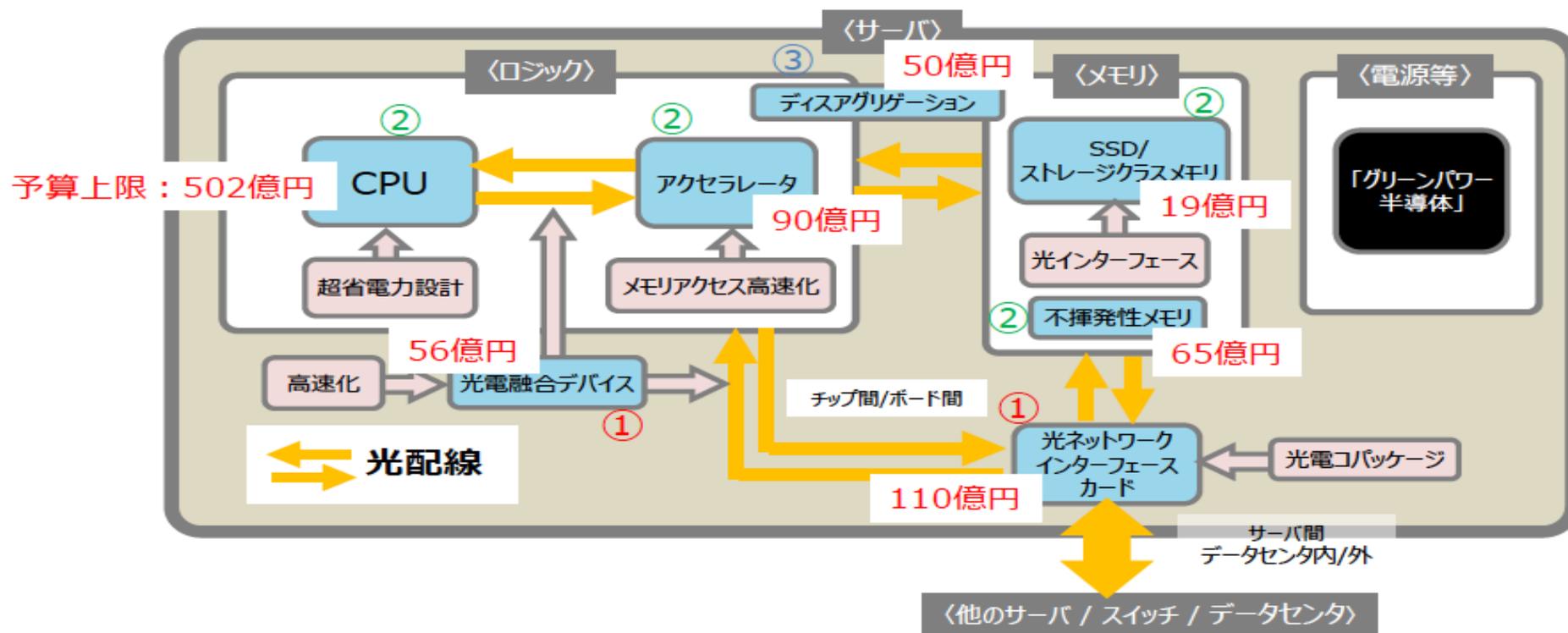
- 1. メモリー：日本発フラッシュメモリー会社における世界戦略
- 2. ロジック：ファブレス成功例を日米連携で（具体候補有り）
- 3. 装置・材料：「開われ型」でない日本発グローバルエッジ
  - 将来リソグラフィ装置（EUV、NIL、検査装置）
  - クリーン・サステナブル装置評価指標とグローバル実効化
  - 3D半導体：マテリアル・プロセス・インフォマティクス、3D向けリソ等
- 4. Endless Frontier！
  - 「システム企業」の半導体「興し」障壁低減＝マーケット開拓（post-AIDC）
  - デバイス・プロセスでの世界ニッチ先端性&ファブ連携
- 5. サプライチェーン・レジリエンス
  - ミッドレンジ先端：20nm台、熊本1箇所では不足。差別化も要
  - レガシーファブ対策
- 6. その他（ミリ波アナログ、パワエレ）
- 7. 全視点・全領域において：それぞれ「人材」への取組み
  - 含ミニマル@大学等～社会連携性
- 総じて：産総研「次世代コンピューティング基盤」の戦略も借用

全領域、「直接金融」  
（出資）  
の力不足対策Ⅱ新成長

# 単調：計算アーキテクチャに革新が乏しい「通信」発想の「光」化構想

## 次世代グリーンデータセンターの開発（全体像）

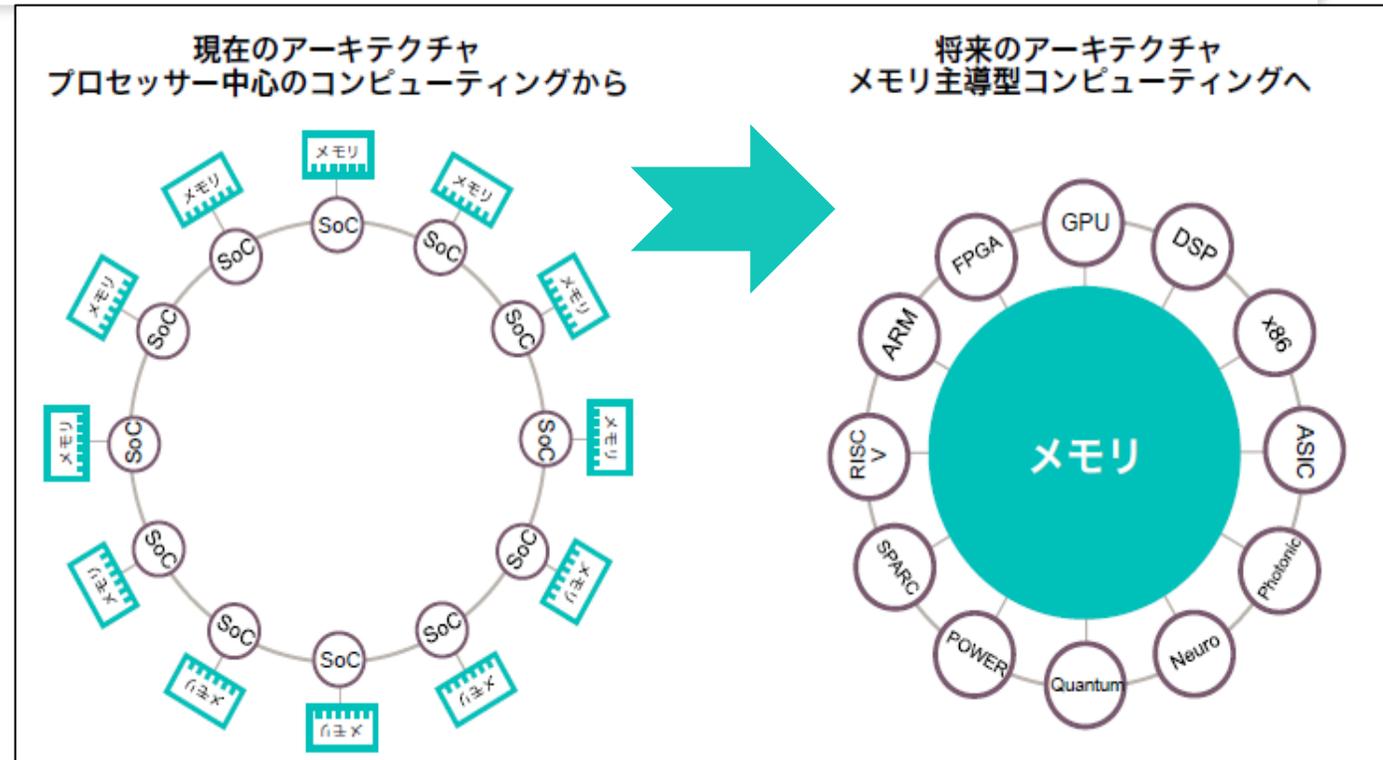
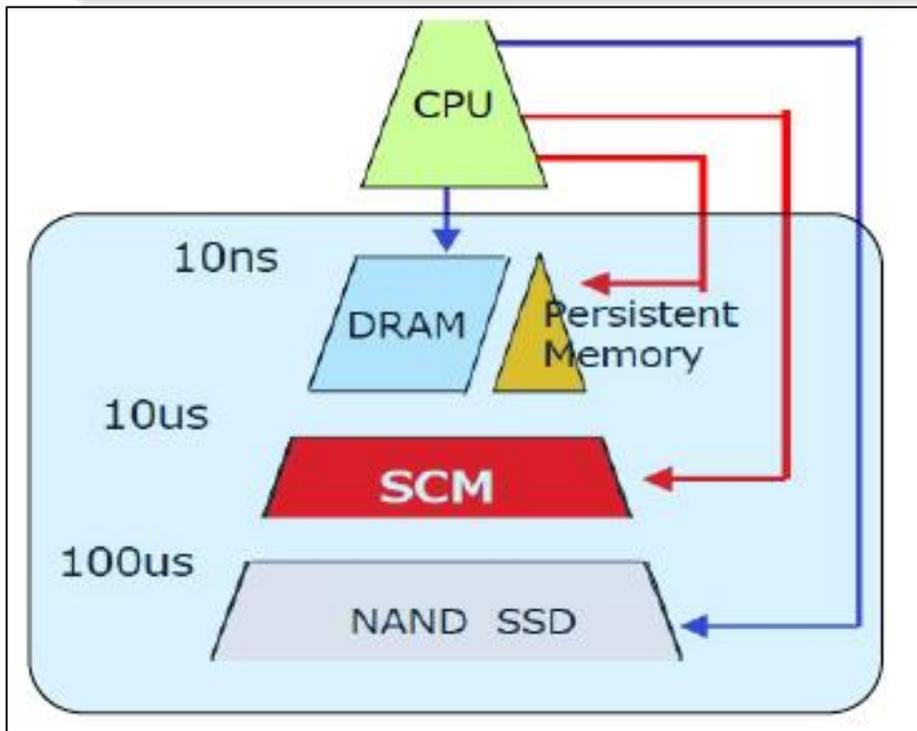
- 2030年までに、①光エレクトロニクス技術の開発、②光に適合したチップ等の高性能化・省エネ化技術の開発、③ディスクアグリゲーション技術の開発により、データセンターの40%以上の省エネ化を実現。 ※IOWN構想と連携



産構審資料より

# データの移動=通信自体を「抑える」のがエッジコンピューティングの「一丁目一番地」

- 「データ」中心（通信中心ではない）
- 「データ・セントリック、メモリー・ドリブン」
  - メモリー主体に、ロジックを はべらせる方向へ近づく
  - “徐々に、一歩ずつ”
  - 例：H P E（ヒューレットパッカードエンタプライズ）



*Bower Group Asia 「日本の半導体戦略：メモリーコントロールセンタ」 2021年9月より  
および日本ヒューレットパッカード社発表資料より*

# メモリーには階層構造がある

- 超短期・超高速：レジスタ、SRAMキャッシュ等（大脳生理学等ではワーキングメモリ）

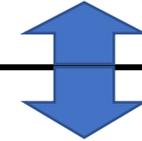
- 短期・高速：主にDRAM（PC等の、いわゆるメインメモリ。データのほかプログラム等も格納） ← 揮発性

- 中期・やや鈍足：フラッシュメモリ等（不揮発）

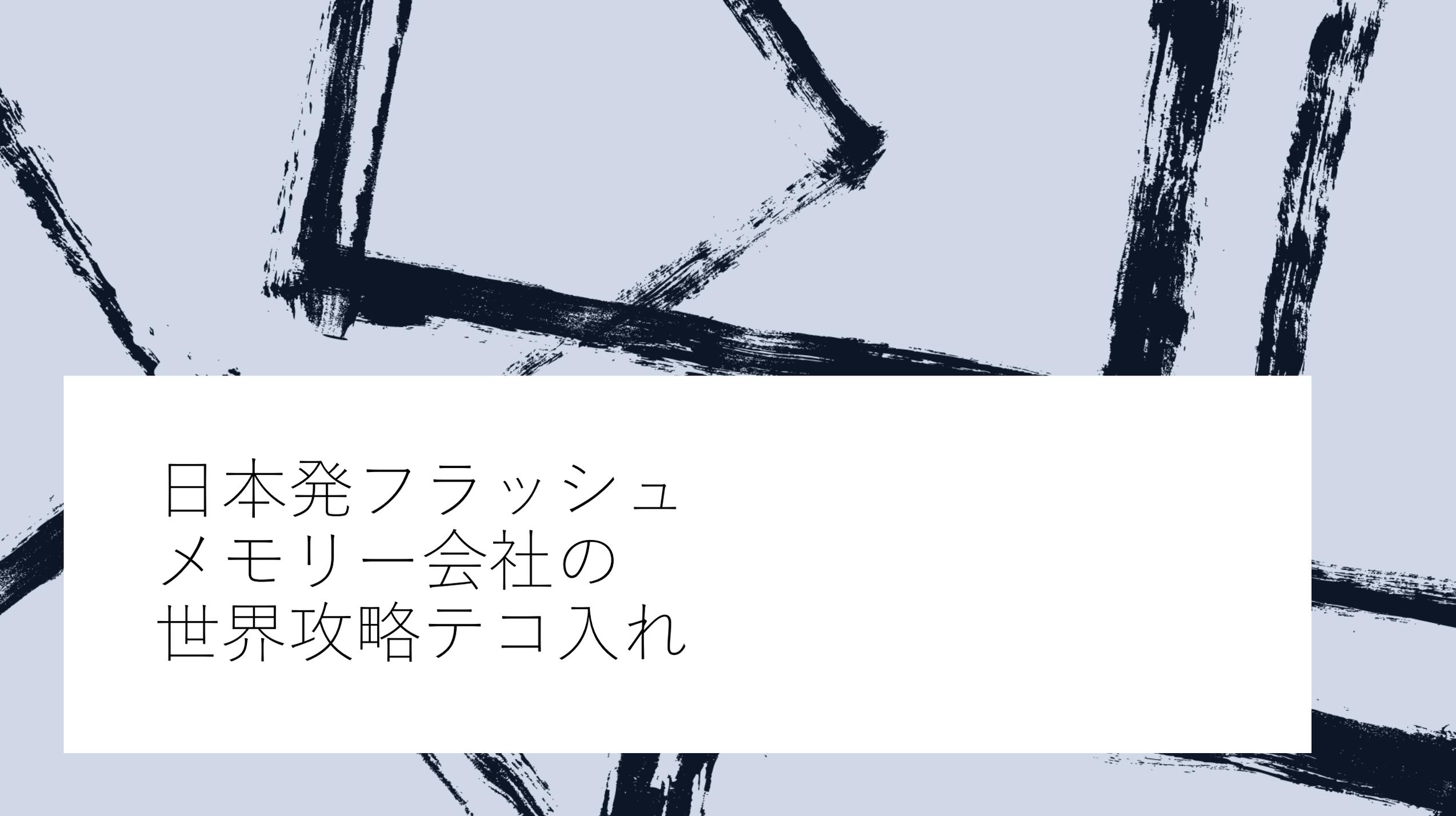
- 長期・鈍足・電力喰い・壊れやすい：ハードディスク

- 超長期・超鈍足：テープ等

拡大成長。トレンドは変化中



世界市場額、縮小中。生残りに ながく

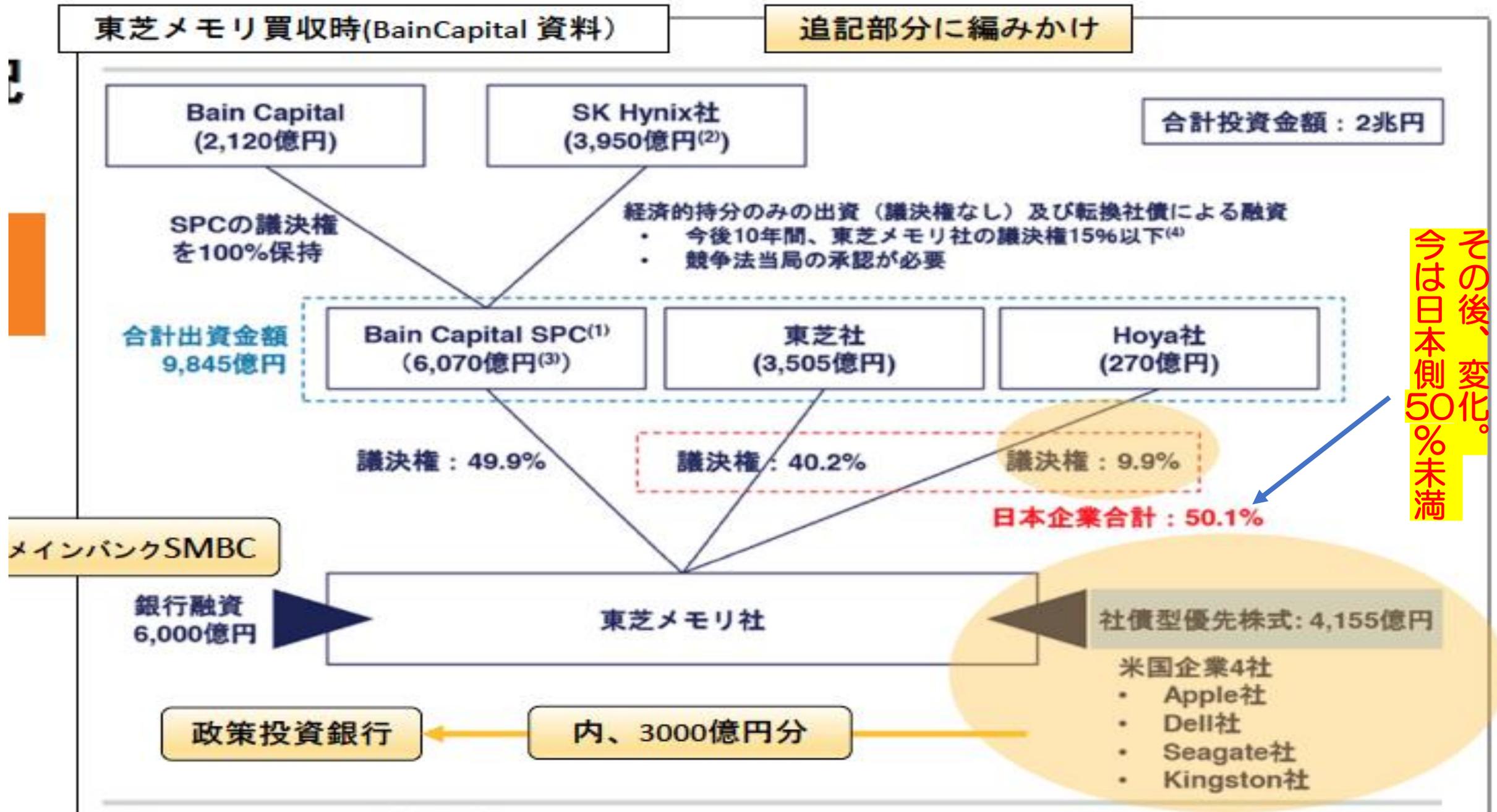


日本発フラッシュ  
メモリー会社の  
世界攻略テコ入れ



キオクシア

- 四日市工場。1拠点としては世界最大のフラッシュメモリー工場



その後、変化。  
今は日本側50%未満

# ポイント (示唆)

---

- 「DRAM」事業と組むことが死活的に重要
  - DRAM大手は：SK-Hynixか、Micronしかない（どちらもフラッシュは弱い）
    - 三星は自社でフラッシュとDRAMの両方が強い
    - SKは現在すでにキオクシアの大株主
- 日米連携は大事。だが米国勢の支配・優位を意味しない
  - DRAMは元来がインテル、IBMなどのオリジナル商品・技術だった
  - しかしフラッシュは東芝（キオクシア）がオリジナル発明者→守れないなら国家は無力
- 世界的メモリー「システム」会社には「地球大」の経営者
  - 米国人にも稀
  - メモリー事業経験者

# 大陸欧州や台湾(WTO加盟) は 堂々と国家出資

---

- T S M C : 国家発展基金 議決権6.38%、筆頭株主 (除ADR)
- S T - M i c r o H o l d i n g s :
  - フランス公共投資銀行 : 28.1%議決権
  - イタリア経済財政省 : 28.1%議決権
  - → "Holdings" が 事業会社ST-Micro社を支配・所有



ロジック・ファ  
ブレスを日米連  
携で成功させる

# 富岳チップは世界一級

---

- デリバティブ・チップも設計可能であろう
- 現にNEDO等も利用しながら挑戦するのではないか
- しかしチップ、とりわけロジックチップは戦略パートナーとのエコシステムの中でのみ、世界的に成功し得る。**商品単体では無理**
- →母体企業からの出島（マイルドなスピンオフ）？
- →ここでも「**エクイティ**」が必須（キオクシアに同じ）

# 日本発グローバル エッジ装置

装置・材料における日本発のユニーク  
性を世界に発信

リソグラフィ（露光）で日本は勝ち、リソで負けた。  
が、ユニークさは今も最後に残る

---

- 1. 世界における装置の独占を打破する
- 2. 装置は多種多様。リソ関係は多様な装置・プロセスの「結節点」
- 具体例：
  - ア： EUV（極端紫外光）露光システム…ASMLと違う特色（出資必要）
  - イ： ナノインプリント（NIL）
  - ウ： リソ周り検査・計測システム

前掲「全体戦略」中の  
項目4以降は別機会。  
本日はtop3のみで終る

日本にはユニークさ、粘り強さがあり、世界的成功も経験したが、  
だけに「負け癖」＝どうせ成功しない神話が蔓延  
→突破しよう！ <写真はミニマルファブ装置：産総研発>



オリジナルだけがカードになり得る

米中対立

