



設計試作が速くて安い 特異的半導体エコシステム に向けた 政府「半導体戦略」の具体化を

—CASE～ミリ波5G、DX、グリーン化
待ったなし

井上弘基

一般財団法人機械振興協会経済研究所

1

激変する世界、
資本主義

(1) 経済安全保障の環境変化

- 米中技術覇権の対立により、半導体の確保は経済安全保障と直結。

(2) アフターコロナのデジタル革命

- ありとあらゆる社会がデジタル化し、半導体はデジタル化の帰趨を握る基幹製品。

(3) エネルギー・環境制約の克服

- 2050年カーボンニュートラルを目指す上で、半導体の省エネ化・グリーン化は必須。

(4) レジリエンスの強靱化

- 半導体不足による最終製品の生産停止など、あらゆる産業へのインパクト（サプライチェーンリスク）が甚大。

(5) 日本企業の凋落

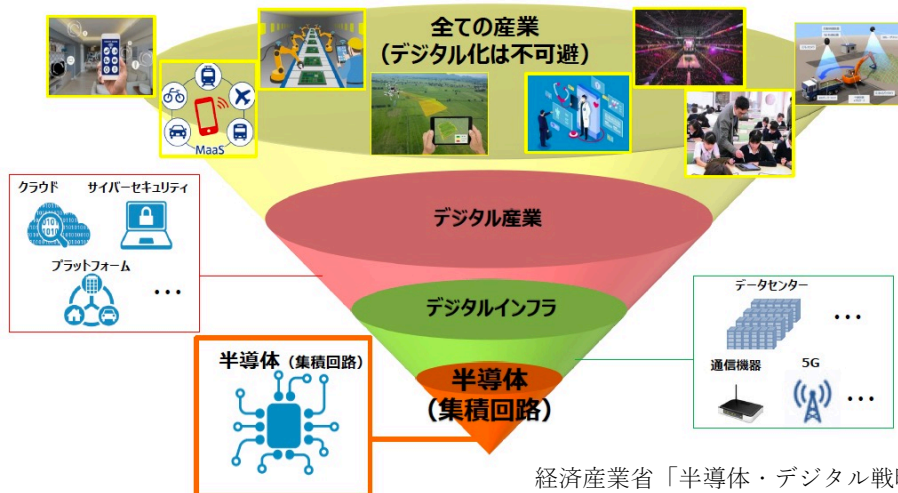
- 半導体世界市場の拡大にもかかわらず、過去30年間で日本の存在感は低下。

経済産業省「半導体・デジタル戦略」2021年6月より

2

半導体は産業、生活、施策の基礎

(ソフトウェアと共に)



経済産業省「半導体・デジタル戦略」2021年6月より

3

経済産業省「半導体戦略」

• 以下、書いてあること：結構ながらツッコミ入れると

「利用者」どう
なってる？ (井上)

• 「目指すべき姿」

• 「国家として必要となる半導体生産・供給能力の確保」

- 先端ロジック (ハイエンド、ミドルレンジ)
 - (マイコン)

- メモリ (低遅延、不揮発等)

- パワー、センサ、アナログ

- (別視点で) 「後工程」の高度化

• 「設計」 (EDA利用+ファブレス育成)

• 次世代技術 (と絡んだ) チョークポイント技術の維持 (国際共同R&D含)

1社成功だけでも大挑戦！
ユーザー振興や人材は？ (井上)

日本の装置・材料を主語にする？ Or
海外ファンドリ誘致が主語？ (井上)

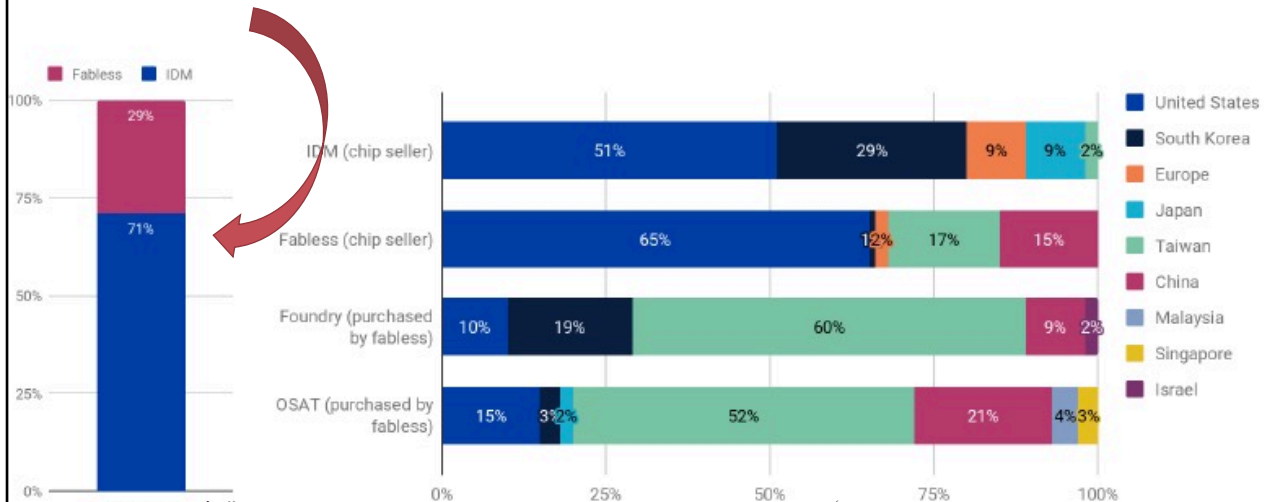
4

賛同と共に疑問も . . .

なんでTSMCなんだっけ？

5

ファブレス=ファウンドリって、「全体」
じゃないんだ！（重要。だが事実として、「部分」）

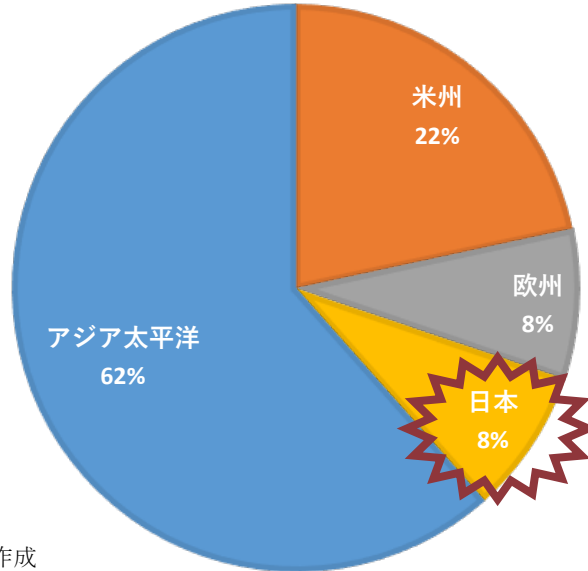


出典：Saif Kahn, *et.al.*, "Semiconductor Supply Chain", CSET(Center for Security & Emerging Technology), Jan. 2021

6

概観 世界半導体市場における地域別の出荷先（需要）

（米ドルベース。2020年）



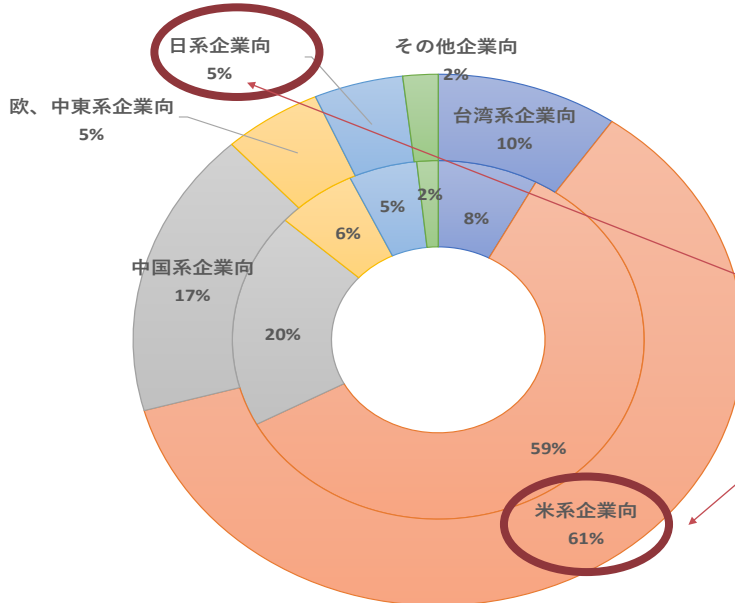
ほかの情報は後掲「資料編」ご参照

WSTSより筆者作成

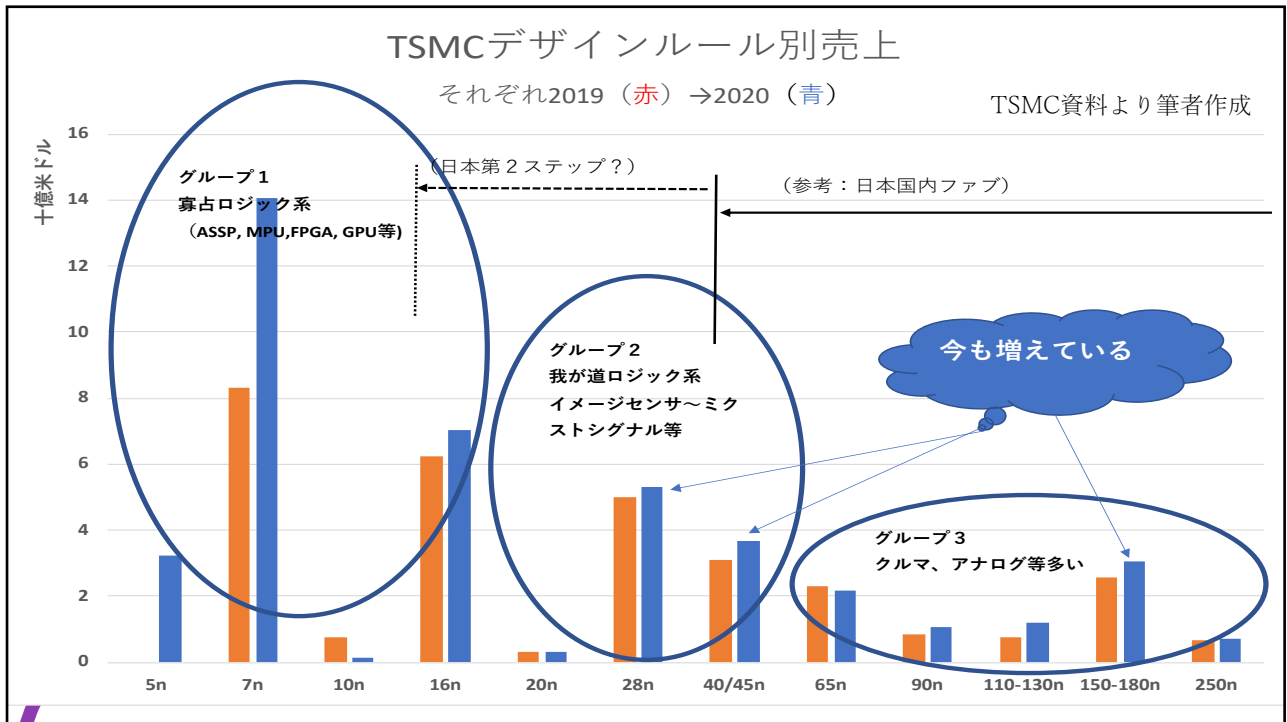
日系半導体企業の金額シェア || 約9%
 ウェハ面積でみた国内半導体工場能力シェア || 15%強

ちなみに TSMC顧客本籍別売上構成2019（内）→2020（外）へ

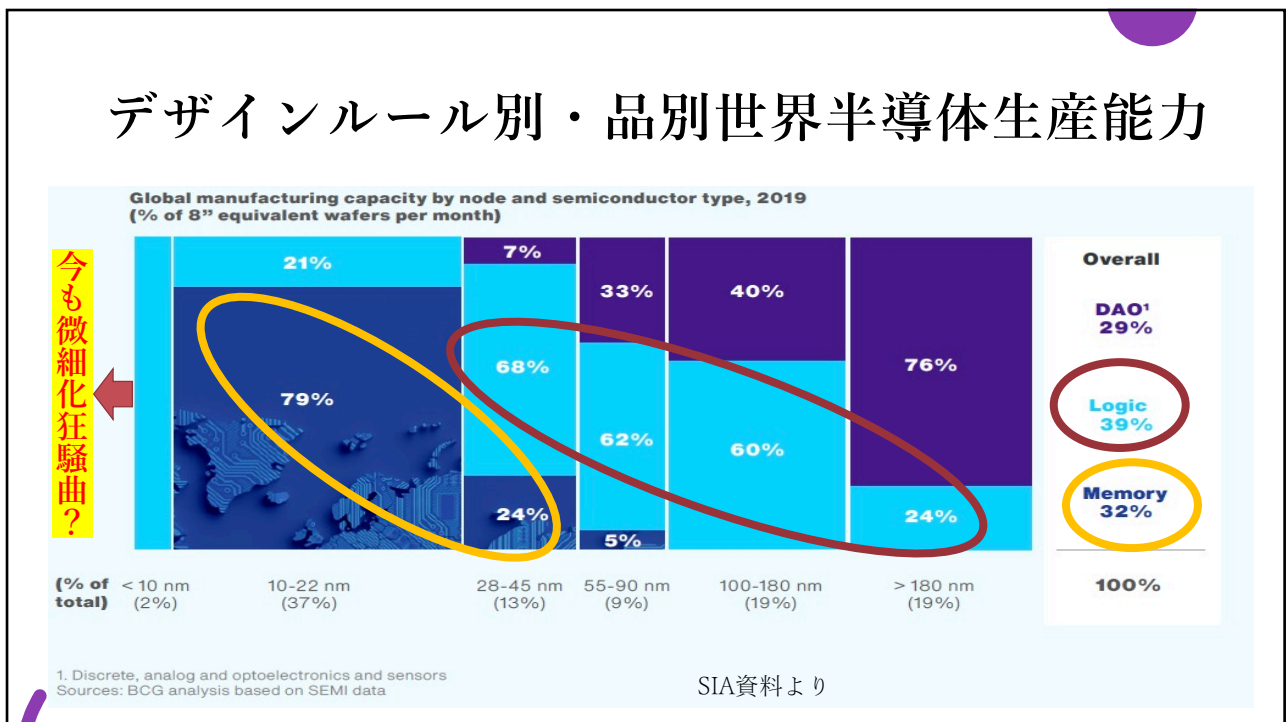
TSMC資料より筆者作成



TSMCから見るよ?



9



10

- “Security” : 「安寧」、安全・安定（保障）
- 安寧： 豊かさ（富、成長）と、「力」（防衛）
- 産業の繁栄がないと、National Securityも持続不能では？

- 産業の繁栄に集中（第一義）してるだろうか？

- まず半導体は日本で、なぜこれほど「市場」が少なくなったか？
- それを無視して強引に「作ろう」としていない？
- 誰が本気でやる気なのか？

11

アタマ冷して振返ると
(反省点等)

12

半導体問題の背景 「世界の物語」

その中での
“National Security”
(Security:安寧:力と富)

→たぶん「日本を徹底」しなければ世界に見向かれない

反省を汲取るなら、「世界の物語」への日本の姿勢

日米半導体摩擦も、戦後来の枠組みも

コロナ経る中での“グリーン/ESG”や“格差対処”

資本主義、官/民、国/国関係などの世界的変容

アメリカはいかなる物語を作ろうとしているのか？

・参考：Janan Ganesh, “US will prefer a China contest to the forever wars”, FT, by 日経7月7日「米、中国は『望ましい敵』」

日本は「物語」創作にどう関わるのか

・半導体も物語づくりの1つ

・同盟は米国と。が、中国ともつき合い続ける

13

- ・半導体、コンピュータ。→はじまり以上に「育て方」＝「デジタル化」
- ・OECD/米国, 資本自由化圧力→「超LSI技術開発」プロジェクト
- ・マクロ：ニクソンショック、勢力均衡7月と経済・通貨8月。日本アタマ越し
- ・電電公社民営化、「調達」規範（スパコンほか官需調達等も）
- ・マクロ：プラザ合意、前川レポート等→円高基調リード+内需拡大というバブル
- ・日米半導体協定： シェア数値目標ほか→GATT原則とどう整合？
 - ・米国：対中ハイテク輸出規制緩和@COCOM1984～
- ・基礎研究ただ乗り論→基礎シフト押付け（“cap”フタの効果はあった）
- ・インターネット→通信・情報処理に加え、AV機器、カメラ、事務機等、ことごとく追い詰め
- ・マクロ：基準曖昧なまま中国のWTO(’95)加盟を認めた米国官民2000～01
- ・「中国製造2025」誇大視（ファンドは画期的だった+米軍・南沙等警戒）
- ・アメリカは日中いずれか、アメリカの意に合うほうに、都度、切替えた
- ・→要は「太平洋国家アメリカ」。今は再びの「専制の防波堤」物語り？

半導体弱体化の背後にある「フレームワーク」

14

- 以上：
- アメリカもアメリカなら、
- 日本も80年代中葉から大きな物語が失せ、政治家も政府も迷走ケースが増えた？
 - それは繰り返すべきでない
- →経営陣はその枠組下に置かれていた（大手ほど）
- そうであるにせよ：外圧を逆用する構想力も衰えたのは日本側の問題
- →とはいえ、日本としての物語づくりを米国にもぶつけていくべき（知恵の糾合が必要。「官」が考えるのではない）

15

アメリカの今

（単なる参考情報）

16

バイデン大統領指令「米国のサプライチェーンについて」 EO14017, Feb 2021

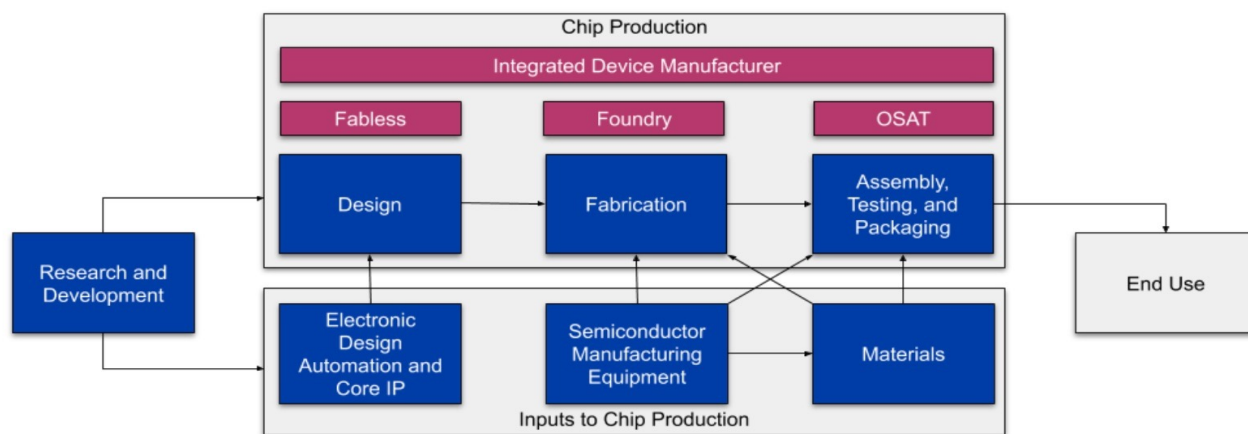
- “For want of a nail” 「釘がないので」（マザーグース：安全保障）
- 100日以内に指定された調査結果＝以下：
- NSC国家安全保障会議, NEC国家経済会議合同ホワイトハウス報告書
- *Building Resilient Supply Chains, Revitalizing American Manufacturing, and Fostering Broad-based Growth*, June 2021
- 1. 半導体製造と先進パッケージング、2. 大容量蓄電池、3. 稀少鉱物等（含レア・アース）、4. 医薬品とその成分
- →短期サプライチェーン調査を超えて、**中長期の米国製造レジリエンス・製造基盤再構築を求め**る（下院審議中の予算法案を意識？）
- →さらに2022年2月までに6産業セクターも追加調査予定

17

- 「ワクチン」は米国の成功！（製造とベンチャーの勝利）
- しかし、脆弱領域は多い。半導体製造は筆頭例。
- 「市場の失敗」を問題提起（「**高き道**」と低き道（短期利益））
- 調達分散でも、「**グローバル分散**」は皮相なセリフに過ぎない
- →実態：**製造拠点が世界一極集中**する結果に（台湾、次は中国）
- →結果： サプライチェーン・レジリエンスは**むしろ危険になった**
- とはいえ：全て米国内製造はナンセンス。→**同盟国との連携必須**
- **が！**、（井上）：US→最初にオランダ政府へ（ASML社EUV機）
 - 日本経済産業省にもコンタクト来たが、米国勢の真剣さはケタ違い
 - 日本の装置・材料は**米国にとっては**チョークポイント迫力不足
- 「半導体」には、同製造とR&Dに特化した専用の資金割当てを（例の5兆円(5百億ドル)予算）（半導体以外の品目については略）

18

半導体サプライチェーン参考イメージ



19

政府よりも：インテル「IDM 2.0」構想

- 2021年3月公表 (@Gelsinger CEO)
- 1-1. 自前チップの根幹は自社で製造(IDM宣言。が、新しいかたち)
 - 「タイル」(チップレット、ダイdie)：コンピューティングコア (x86系)
 - 3D等の高度実装
- 2. 第三者ファンドリの活用・連携 (例TSMC-3nm)
- 3. Intel Foundry Services (IFS)部門設立→ファンドリに本腰?
 - アリゾナに2工場増設 (2兆円強) + 「欧州」工場? (EUに補助金求める)
 - 責任者 Randhir Thakur
 - X86コア開放、Armコア、Risk-Vコア + 周辺IP (エコシステムIP)揃える方針
- 4. IBMと連携@インテルオレゴン + Albany
 - まさかのGlobal Foundry買収交渉? (Mubadala)

20

- チップレット+高度実装（ミドルエンドプロセス）の路線は、世界半導体産業に、構造的な、深い影響を与えるだろう
 - 各論は別途
- 「微細化」 = 「イノチ」は愚か（微細化は否定せず。一つ）
- 日本の特色を発信するとき
- が、カネ以上に 「ヒト」（活力）が弱っている？
- → 「ご大層な」会議よりも、知恵の結集の「場」を！

21

進化してきたイメージ

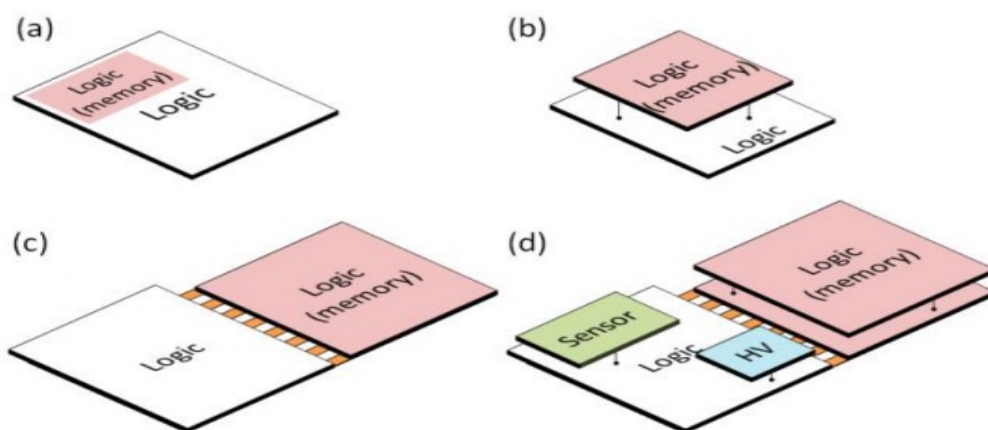
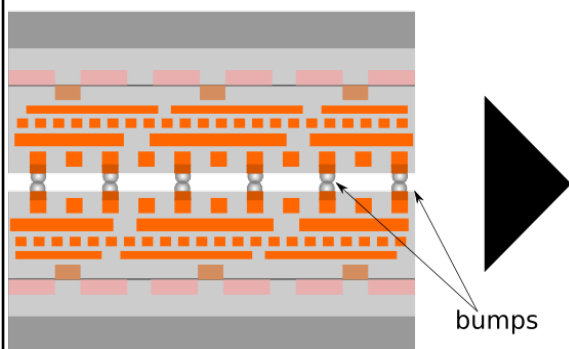


Figure 1. (a) SoC before chip partition; (b), (c), (d) Variant partitioned chiplets and re-integrated schemes enabled by SoIC

22

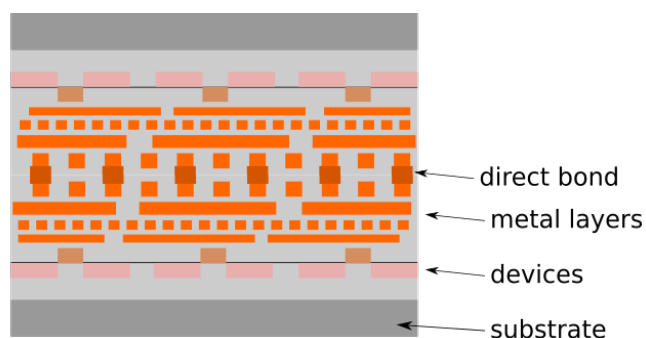
一例（AMDの場合）

Bumps/MicroBumps



© WikiChip

Direct Bonding



23

日本半導体 Overview

今は“一定”強い（ただし時間経過と共に いつも危機）

- メモリー：フラッシュ：キオクシア（四日市、岩手）
- 国内の外資：米マイクロン社=旧エルピーダ(DRAM：東広島)
- オプトセンサ：「ソニー」（長崎、熊本、大分、鶴岡、厚木）

強弱ミックス、混戦中

- パワー半導体：顕在～潜在でバトル中
- 半導体製造「装置」（材料）が強いというのは「危うい神話」。全体は混戦中

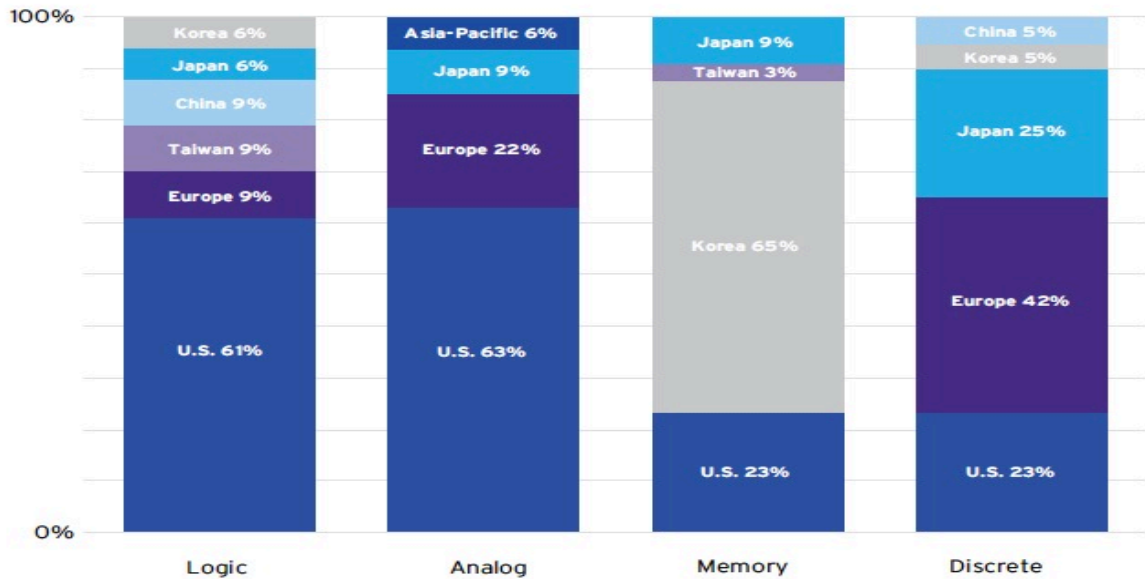
弱い→グローバル（ニッチ）トップへ??

- <個別>
- ロジック・ファブレス：サーバーチップ
- アナログ：高周波(RF)など（システム系ベンチャー等が牽引?）
- <共通>
- 「使われる環境」づくりは、おろそか（次頁）
- 次世代人材（コンピテンス+Gang-spirits）（同上）

24

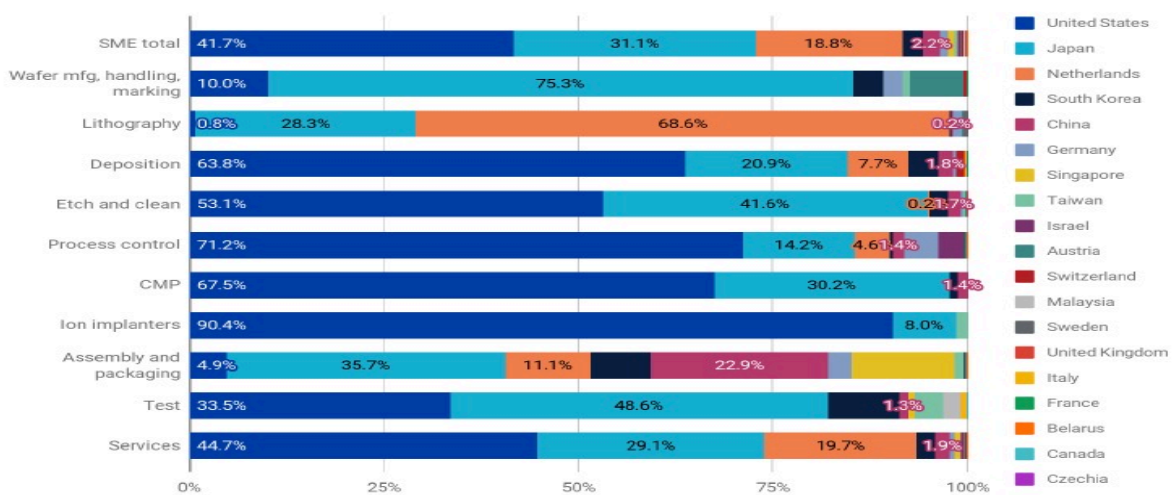
日本半導体企業カテゴリ別シェア

2019年。SIA資料より



25

日本半導体製造装置の微妙な立ち位置



Source: VLSI Research

26

視点（追加重点）を「使われる環境」づくりへ

- ・ 成功例＝特定技術＋「使われる環境」
 - ・ あまたの特定技術補助、という実績にもかかわらず
- ・ 環境整備の土台底上げは民間投資で“割に合わない”
 - ・ 政府介入の経済的合理性の一つ

「使われる環境」は多層的

- ・ 特定個社限りの環境（各社が用意）
- ・ 上記が効率的に作れるパーツ揃え／補助：土台底上げ
- ・ その領域は複数。領域ごとに
- ・ さらに利用促進：応用レベルでの調達基準等



強者を強くする -vs- 弱いところを強化

- ・ 前者：断固とした措置が必須：代表例＝キオクシア
- ・ 後者：ピンポイント領域は強化（後述）
 - ・ 「人材」は既に弱い→OJT強化の「環境」整備

提案編

- ・ 以上を見てきた結果として仮説的提案
- ・ 以下、原則として既にNEDOプロになっているものは省略

提言のまとめ—1（半導体種類別）

- メモリー：日本半導体産業にとって死活的
 - DRAM：国内立地の重要工場あり→連携模索
 - NANDの延長展開（新事業）はキオクシアが考えているはずだが・・・？
- ロジック
 - ハイエンド（3～5nm）：サーバーに「採用される」CPUの地合い作り（ファブレス・スピノフで成功できるか）
 - ミドル先端（28～16nm等）：試作・小量産が走りやすい「環境」
 - 「使われる」設計環境（含IP揃え、OJT人材養成）の大拡充
 - ミクストシグナル（アナログ）対応含めた外資系国内ファンドリのテコ入れ
 - その上で走るCASE～5G対応の半導体「利用」側ベンチャーのテコ入れ
 - ミクストシグナル（アナログ：45～28nm）
 - 上記ロジック・ミドル先端と同じ
 - ミリ波対応テコ入れ（大手側とベンチャー側どちらも）
- パワーほか：措置済み

29

2
(含人材)
・
経済安全
(安寧)
保障視点

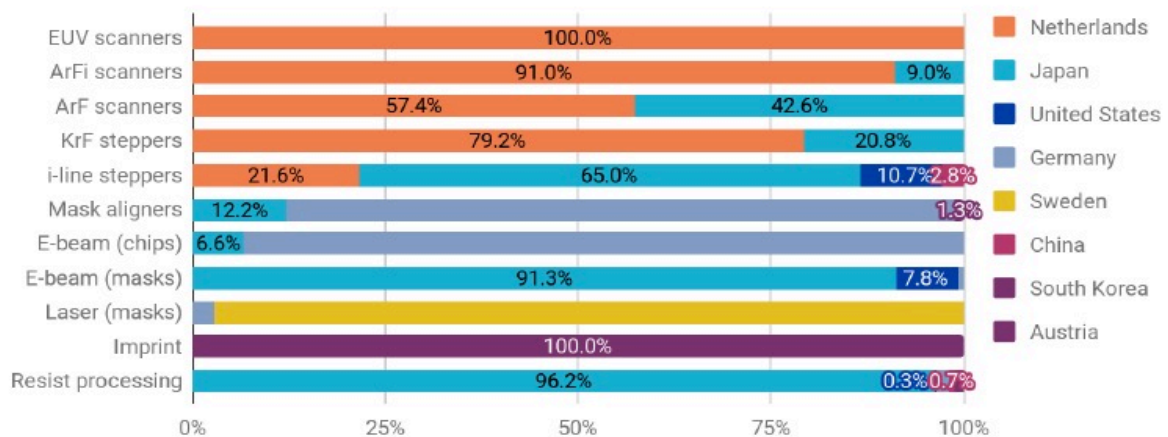
- 半導体製造装置主体の「新挑戦」（ファンドリ中心視点と異なる装置そのもの）：
「グリーンEUVシステム：G-EUV」（後述）等
 - ミドルレンジ28nm対応からスタート。段階を追って高度化
 - 新会社できるか？
 - 先生役のデバイスメーカーは広島マイクロン？
- 中期レジリエンス態勢整備
 - 有志国内レガシーファブ（+ミニマル）のネットワーク型「環境」テコ入れ
- <共通基盤>
- 速くて安い「設計／環境」（前述ハイエンド～ミドル～アナログ～レガシー～ミニマル）
+ カスタマ企業・大学による半導体「利用」人材OJT養成
- 速くて安い「チップ試作検証／環境」

30

(個別提案)

31

1. 好ましからざる半導体製造装置の現状：柱となる露光機=EUVに再挑戦？



Source: VLSI Research

32

2. 3D実装材料強化に欠けている 「プロセス・インフォマティクス」基盤整備

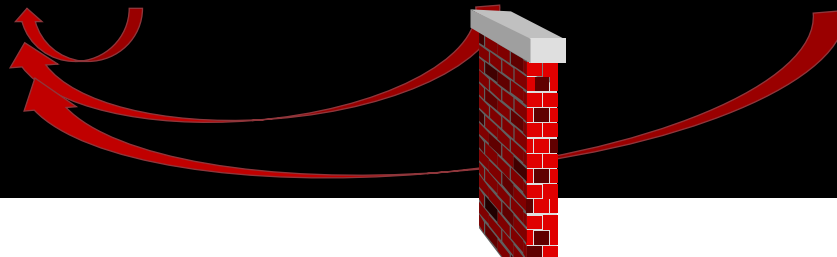
——特定決め打ちでなく、広汎な材料企業の競い合い
を助けてイノベーションを促す

33

パッケージ材料評価高速化の大きな壁

3D実装材料開発フローの呪縛；右に行けば行くほど、コストと時間がかかる
特に、プロセススクリーニングに莫大な投資が必要で大きな壁が存在している

材料開発 → 物理性能スクリーニング → プロセススクリーニング → コンソーシアム評価 → 最終



パッケージ材料評価高速化
3D「プロセス・インフォマティクス」整備

34

3. レガシーファブ挑戦者連合による Securedファブ・ネットワーク化

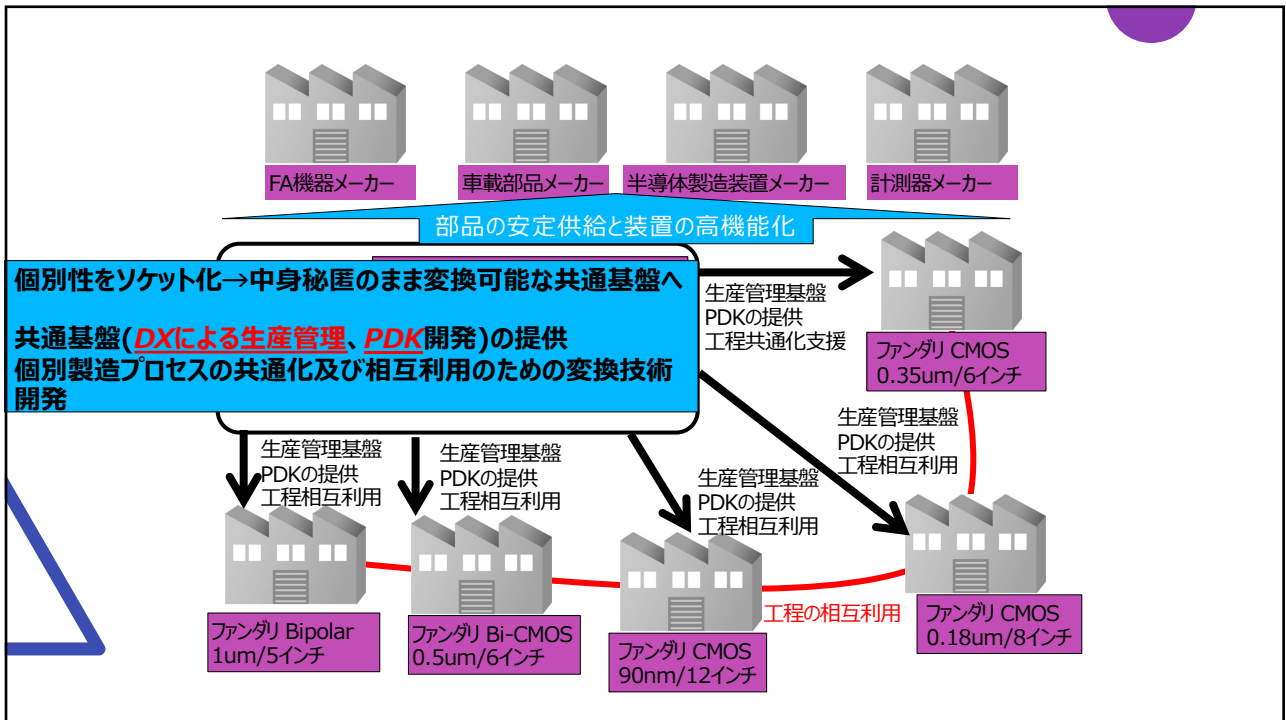
- ・中期レジリエンス（災害復旧力）・安全保障強化
- ・ネットワーク全体で多種・やや少量・短TATファブ
- ・=真のイノベーションが起きやすい環境を目指す

35

わが国半導体ファブ

- ・ Φ300mm大口徑ウェハ用ファブ
 - ・（一部ロジック：ハイエンド前工程(5~3n等)）
 - ・ 群1: 多くのロジック： ミッドレンジ先端(45~28~16n等)
 - ・ 群2: メモリー、イメージセンサ、（一部パワー、アナログ用）
 - ・ 群3: それぞれのパッケージング（後工程、中工程=積層）
- ・ Φ200~150mm等の小口径レガシーファブ（前工程、パッケージング）
 - ・ 群4: アナログmixed signal、パワーの多く。一部ロジック
 - ・（自動車・産機用、ディスプレイドライバ等、半導体不足の解消力）
 - ・ 群5: 多くのセンサ等：さらに小口径（一部ミニマルも活用）

36



37

4. 半導体利用システム／サービス企業（異業種大手～ベンチャー）をプッシュする

（デザインスタート／年が過少な日本を賦活する）

Part-1基盤： 設計基盤の圧倒的拡充（参入障壁下げる）。それを活用するカスタマ企業によるOJT 半導体利用人材養成を助ける

Part-2個別： 漏れ気味の「異見」的ベンチャーにも挑戦機会を与える（半導体ベンチャーでなく、半導体“利用”ベンチャーで良い）

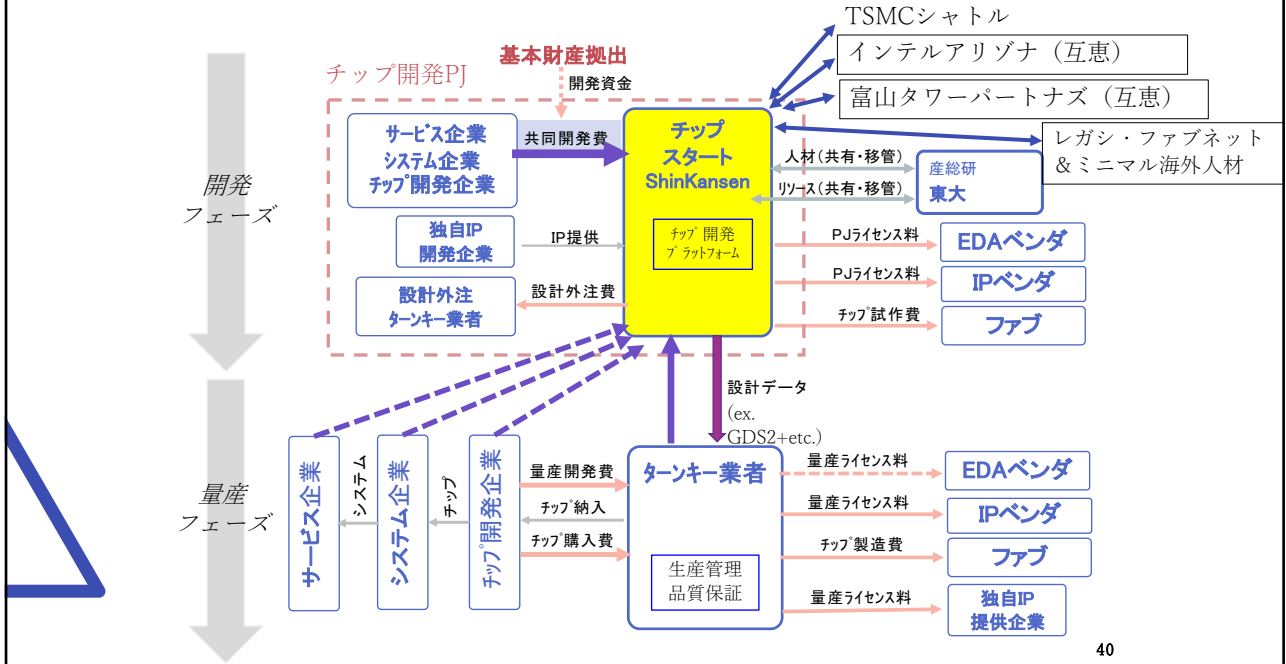
38

Part-1 設計基盤と利用人材養成： AIDCは、速くて安い 「チップスタートShinKansen」 (仮称) へ

- ・ デザインスタート過少を脱するのが至上命題
- ・ TSMC 1社 (日台) 依存でなく、インテルアリゾナ (日米)、富山タワーパートナーズ (日=イスラエル) 等とも連携
- ・ ダイに限らず、チップパッケージングの工夫・試作も助ける
- ・ チップを使いたい人、使える人を増やす

39

非営利法人「チップスタートShinKansen」案



40

40

Part-2 半導体利用の「異見」的システム／サービス「ベンチャー」の培養

- ・ デザインスタート過少を脱するのが命題：part-1と一貫
- ・ NEDOグリーン、ポスト5G拡充時、ベンチャー特別枠を
- ・ フィールド実験等もヘルプを
- ・ 5Gを3GPP（通信オペレータ）の世界だけで考えない
- ・ MEC期待を、グローバル化できない大手に集中させない

41

ベンチャー例1

ポスト5G時代の”CASE”は車載でなく、
V2「X」の外界(X)側や、
末端基地局間（横リンク）を考える

- ・ 移動体（携帯）無線環境におけるIT系ミリ波無線
- ・ フィールドテスト必要

42

ベンチャー例2

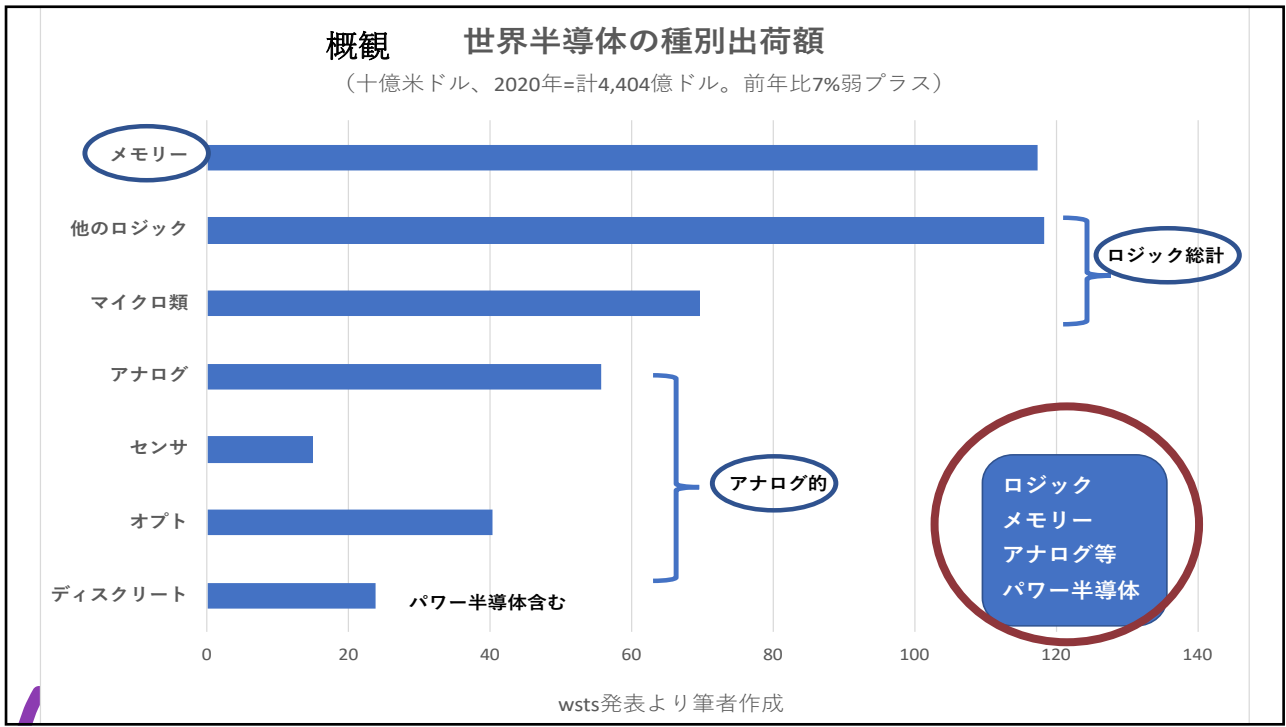
ポスト5G時代の”CASE”は車載でなく、
V2「X」の外界(X)側や、
末端基地局間（横リンク）を考える

- ・ 同時多元接続、超低レイテンシの5G-MECはハード一体型・動的データベースから攻める
- ・ フィールドテスト必要

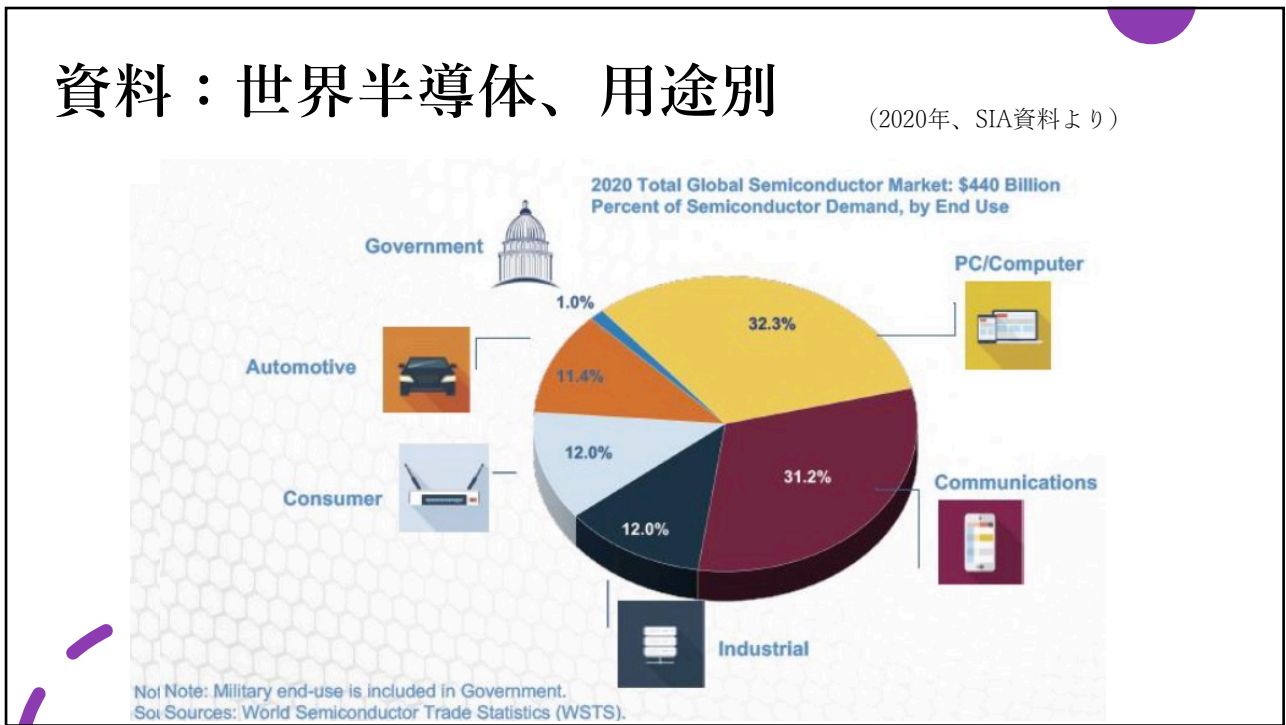
43

資料編

44



45



46

ホワイトハウスサプライチェーン報告書（続き）

- 商務省に、常設の「サプライチェーン・レジリエンス」プログラムを設置し、繰返しモニタリング、分析、予測を行う態勢を
- 「国防生産法」を拡大利用して、国内製造能力の拡充に資すべき
- ワーカーの教育訓練の拡充
- 米「輸銀」(EXIM-bank)の拡大利用： 「輸出増進目的」での米国内企業による米国内製造能力アップへの投融資
- 中小製造企業への配慮も（部材等）
- 高い要求水準の「規格、基準」づくりとその普及： 米国企業が自然に「高い道」を選択する方向へ誘導するのが米国政府の役割
- 「政府調達」の意図的利用：“Buy American Act”その他で政府調達をMade-in-America品に絞り込む方向へ

47

- USTR（通商代表）に外国政府の不公正慣行に対する「攻撃部隊」Strike Forceを設置し、「悪品が良品を駆逐する」結果を招いている例などを、政府間通商交渉で叩く
 - ネオジウム永久磁石（モータ用）、蓄電池、後発医薬品等が念頭に
 - （井上）陪審の口頭審問におけるAmerican lawyerのやり方そのまま
 - 自分がやることと矛盾しても平気。言わない。それは相手が言ってくるべき事項。反論～異議申立てをしない奴は存在しない者＝無視。攻撃されたら自己弁護。判定は世界劇場（陪審）が決める。その誘導に長けている者が「正義」を勝ち取る
- その他あれこれ（やれることは何でもやる姿勢）
- ←いずれも「提言」。実現が決ったわけでない。むしろ大統領に、あれこれの選択メニュー提供する役割。この中からチョイスされる

48

他方で： 中国半導体企業の相次ぐ破綻

- 1. Tsinghua Unigroup (清華紫光集團) 会社更生法相当？
 - Unisoc等 (ファブレス)
 - 長江存儲科技Yangtze Memory Technologies Corp (YMTC) :NAND
 - 西安紫光国芯(Guoxin): DRAM

- 2. 武漢弘芯HSMC (Hongxin Semiconductor Manufacturing)
ロジックファクトリー →既に破産