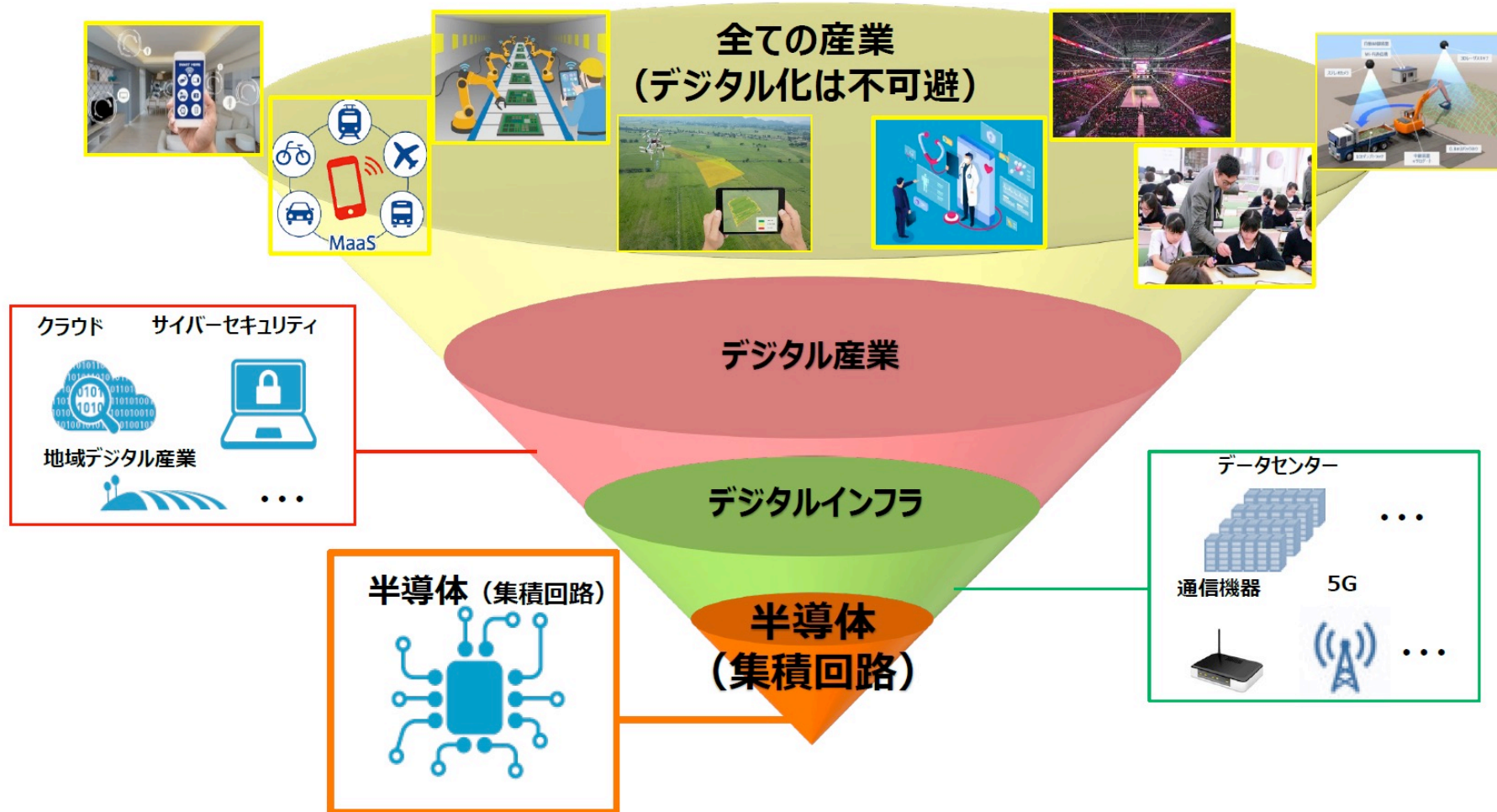


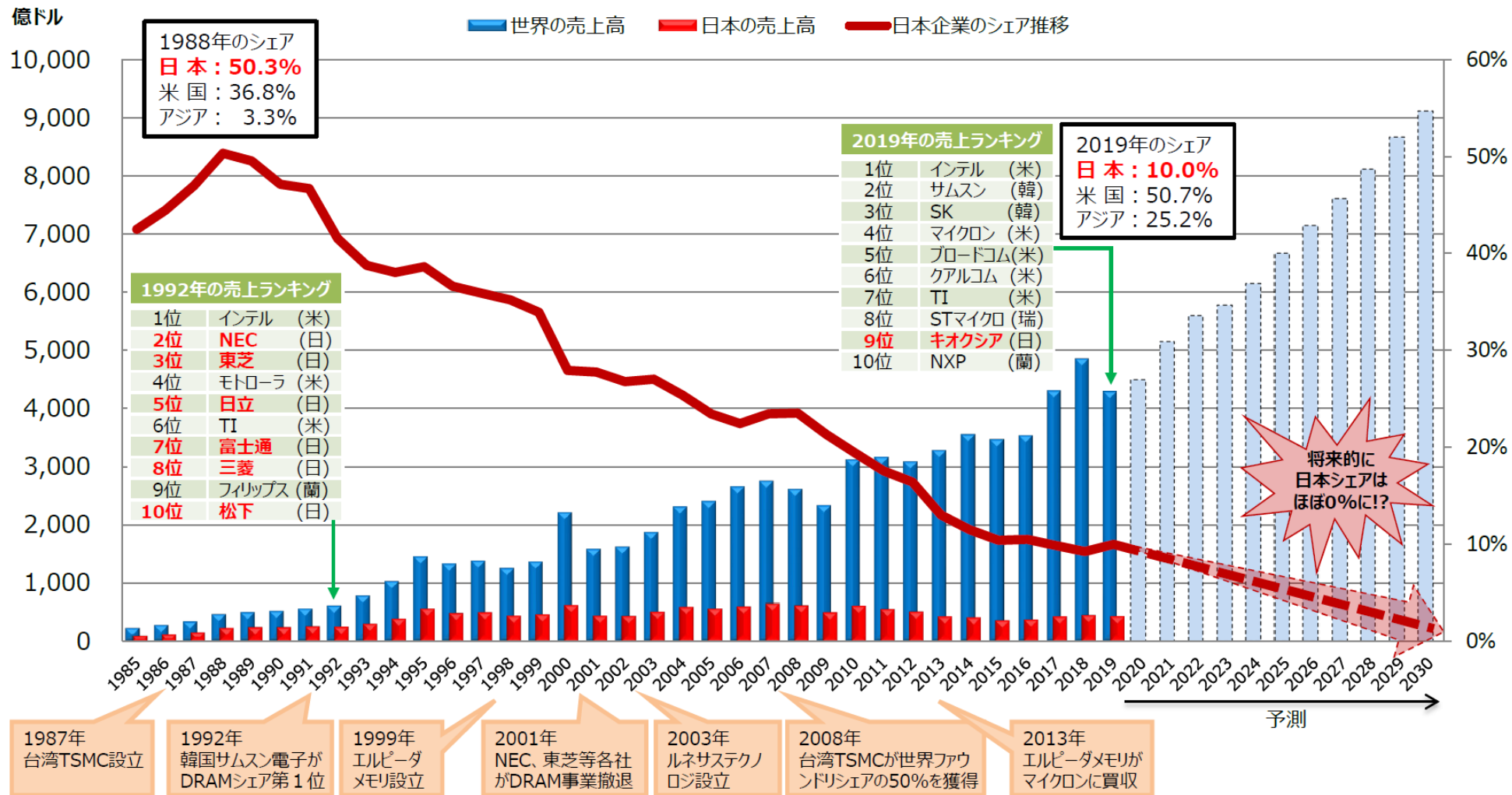
# 半導体の重要性

- 半導体は、5G・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、**安全保障にも直結する死活的に重要な戦略技術**。



# 日本の半導体の凋落

- 日本の半導体産業は、1990年代以降、徐々にその地位を低下。



2021年6月 経済産業省 半導体戦略(概略)から

<https://www.meti.go.jp/press/2021/06/20210604008/20210603008-4.pdf>

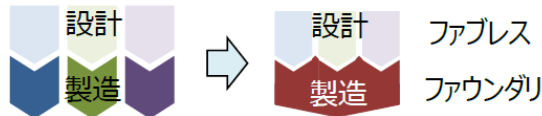
## ● 日米貿易摩擦によるメモリ敗戦

- 1980年代、世界を席巻した日の丸半導体メーカーは、**日米半導体協定による貿易規制**が強まる中で衰退
- その後、1990年代、半導体の中心が、**メモリ(DRAM)から、ロジック(CPU)へと変わる**潮流をとらえられず



## ● 設計と製造の水平分離の失敗

- 1990年代後半以降、ロジックの設計・製造が**垂直統合型から、オープンなアーキテクチャ(ARM)を用いたファブレス企業/ファウンダリ企業の水平分離型の新潮流**へ
- しかしながら、日の丸半導体メーカーは電機・情報通信機器の親会社が競争力を失う中で、**半導体製造部門の切り出し・統合が難航**。



## ● デジタル産業化の遅れ

- 21世紀に入り、PC、インターネット、スマホ、データセンタの普及など、世界的にデジタル市場が進展する中で、**国内のデジタル投資が遅れ、半導体の顧客となる国内デジタル市場が低迷**
- 必要な半導体の国内設計体制を整えられず、現状、**先端半導体は海外からの輸入に依存**



## ● 日の丸自前主義の陥穽

- 1990年代後半以降、多額の研究開発・技術開発予算を投じてきたものの、**日の丸自前主義**に陥り、供給側（設計・製造・装置・素材）の担い手はもとより、需要側（デジタル産業）も含め**世界とつながるオープンイノベーションのエコシステム**（欧州Imec、米国Albany）や**国際アライアンス**を築けず



## ● 国内企業の投資縮小と韓台中の国家的企業育成

- **バブル経済崩壊後の平成の長期不況**により**将来に向けた思い切った投資ができず**、国内企業のビジネスが縮小。
- 一方で、**韓国・台湾・中国**は、研究開発のみならず、**大規模な補助金・減税等**で長期に亘って**国内企業の設備投資・支援して育成**してきた。



# 半導体産業を巡る全体像

## <主な構造変化>

### 経済安全保障の環境変化

米中技術覇権の対立

中国向け  
販路・サプライチェーンの見直し

米国の設計開発・国内生産強化に伴う  
製造装置・素材の海外移転の懸念

製造拠点（ファウンドリ）の  
台・韓の地政学リスク

### アフターコロナのデジタル革命

- 5G・BD・AI・IoT・DXの進展（Society5.0の実現）
- エッジ処理の増加（エッジクラウド含む）、通信×コンピューティング融合
- 微細化の限界（前工程）⇒ 積層化・3D実装・ヘテロジニアスコンピューティング（中後工程）

### エネルギー・環境制約の克服（グリーン化）

- 産業自動化・電動化による電力消費増加
- データ処理量の急増に伴うIT機器の消費電力の急増  
⇒ 革新素材（SiC、GaN、Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）、光エレクトロニクス

### レジリエンスの強靱化

- 海外依存度の高まりによる  
サプライチェーンリスクの増大
- 世界的な半導体不足の発生

## <今後の対応策>

### 国内産業基盤の強靱化

#### 需要面

#### <デジタルニューディールの推進>

5Gインフラ、クラウドDC  
（エッジ・HPC含む）  
等投資促進支援

DX推進  
（5Gユースケース、自動走行・  
ロボティクス、FA・IoT、スマートシティ、  
医療・ヘルスケア、ゲーミング等）

#### 供給面

#### 【設計】

#### <ロジック半導体のアーキテクチャ強化>

アプリケーションシステムに係る  
ロジック半導体設計の促進

AIチップ・次世代コンピューティング技術開発  
（東大・産総研拠点、NEDO）

#### 【製造】

#### <ファウンドリの基盤確保>

先端ロジック半導体  
ファウンドリの国内立地

#### 【素材・製造装置】

#### <チョークポイント技術の磨き上げ>

先端製造プロセス  
パイロットライン

省エネ半導体・光エレ開発

国内半導体産業のポートフォリオ・サプライチェーン強靱化

### 経済安全保障上の国際戦略

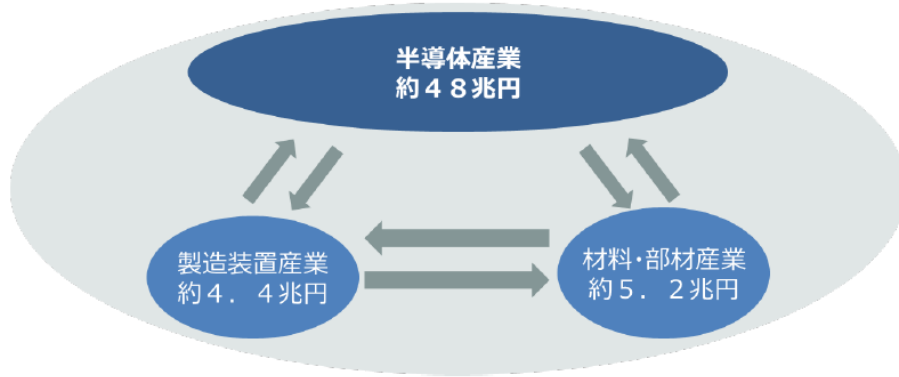
先端技術のインテリジェンス強化

有志国等の連携による産業政策の協調

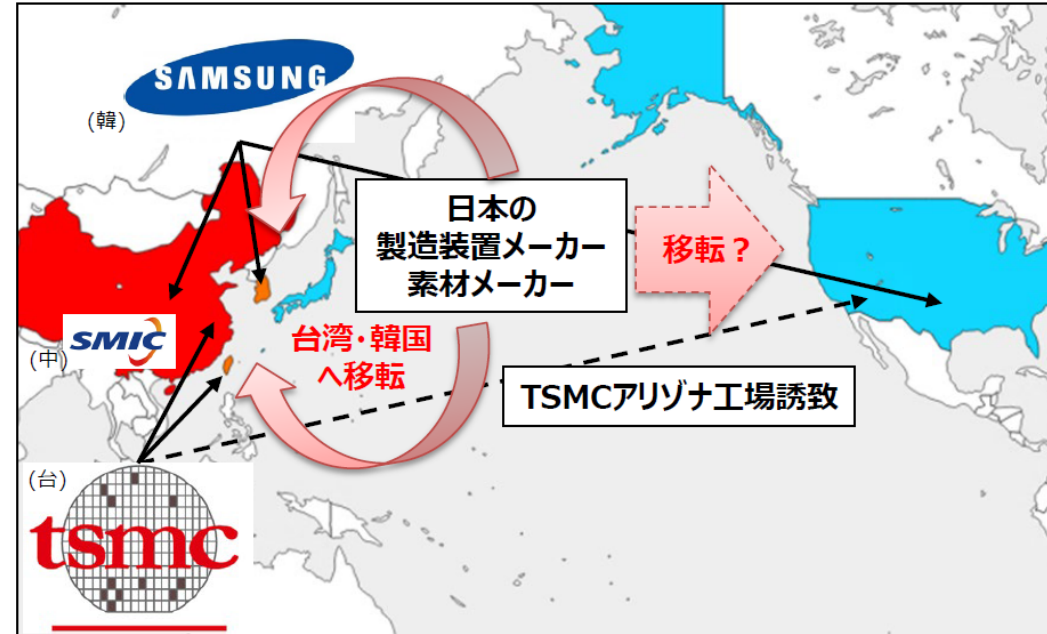
# 米中技術覇権対立の中で高まる日本の危機

- 米中技術覇権対立を背景に、米国の国内製造回帰の動きが活発化。それに伴って、世界の半導体エコシステムのチョークポイントとして、我が国が強みを有する製造装置・素材産業の開発拠点の海外移転につながるおそれあり（空洞化の懸念）。

## 世界の半導体エコシステム



## 製造装置・素材産業の空洞化の懸念



### 日系シェア

塗布装置	約9割
CVD装置	約3割
エッチング装置	約3割 等

### 日系シェア

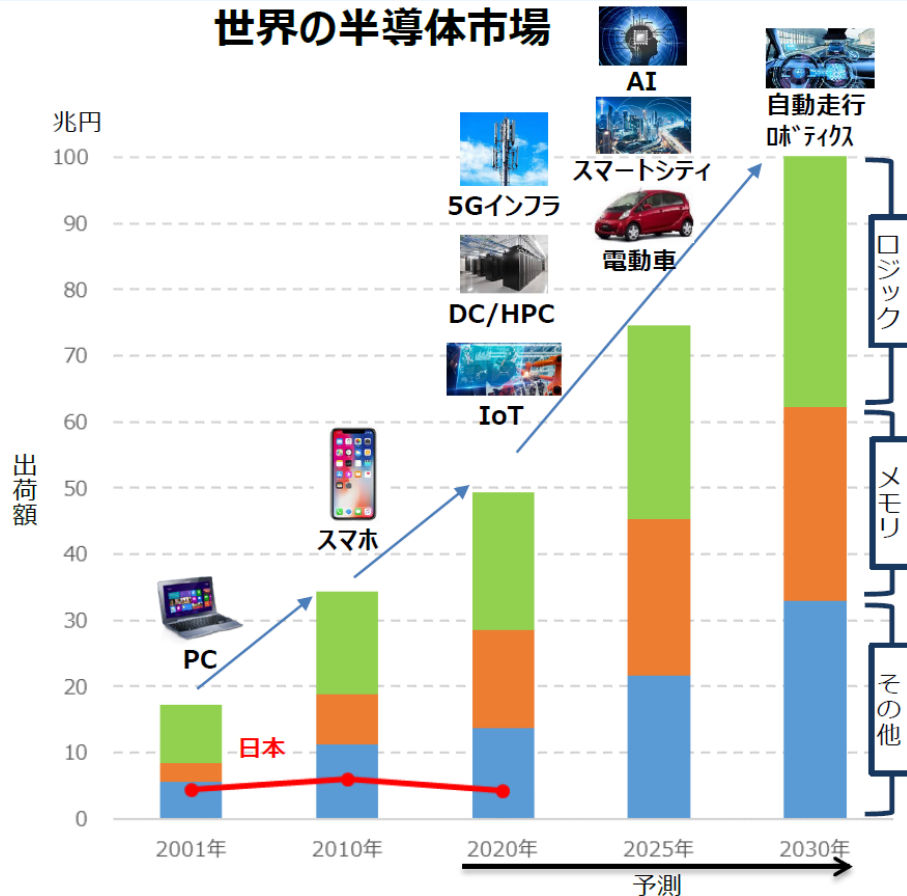
シリコンウエハ	約6割
レジスト	約7割
封止材	約8割 等



# 半導体市場の概況

- 半導体市場は、デジタル革命の進展に伴い今後も右肩上がりで成長（2030年約100兆円）。
- ボリュームゾーンは、スマホ・PC・DC・5Gインフラに使われるロジックとメモリで、米韓台が市場席巻。
- 今後、5G・ポスト5Gインフラの基盤の上に、エッジコンピューティング・アプリケーション・デバイス（自動運転、FA等）での新たな半導体需要の成長が見込まれ、これが日本の参入機会のラストチャンス。

## 世界の半導体市場



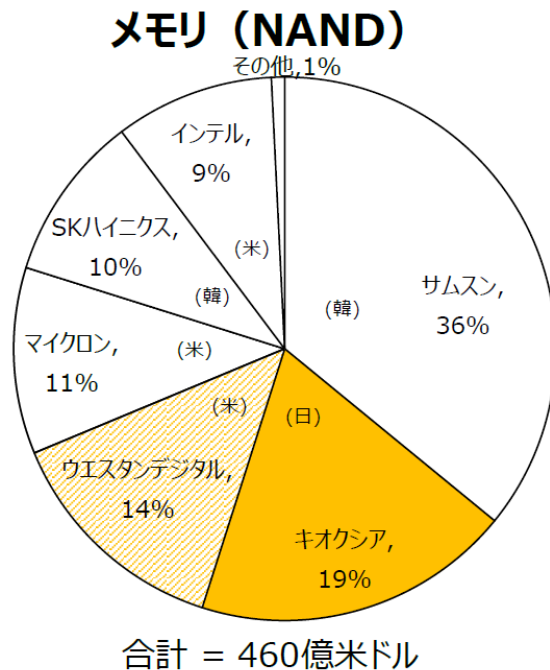
	市場規模 2018年	製品例	主要企業
ロジック (制御用)	21兆円	プロセッサ	intel, tsmc
		GPU	QUALCOMM, NVIDIA
		SoC	QUALCOMM, NVIDIA
メモリ (データ記憶用)	18兆円	DRAM	SAMSUNG, SK hynix
		NAND	Micron, KIOXIA
その他	15兆円	アナログLSI	infineon, SONY
		パワー半導体	ON Semiconductor, SONY
		イメージセンサ	ON Semiconductor, MITSUBISHI ELECTRIC

(出典) Omdiaのデータを基に経済産業省作成

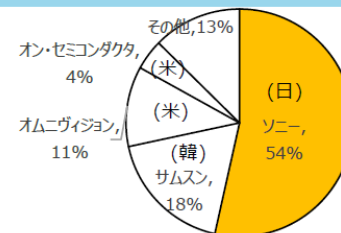
2021年6月 経済産業省 半導体戦略(概略)から

<https://www.meti.go.jp/press/2021/06/20210604008/20210603008-4.pdf>

- ロジック以外では、メモリ、センサ、パワー等で、世界市場で戦えるプレーヤーが国内に残っているものの、世界の半導体市場と各国の産業政策の競争がますます激化とする中、我が国も強力な対策を講じていかなければ、国内半導体産業が取り残され、ジリ貧になる危機。
- 各プレーヤーの強化に向け、経営・人材含めた国際連携の下で、各種金融・税制・制度的支援を総動員して、事業拡大・再編、先端技術開発等の促進を行っていく。
- 我が国の半導体・デバイス産業の新たな顧客開拓に向けた技術開発を促進。また、サプライチェーンのレジリエンスを強靱化するため、国内製造基盤の強化を支援。

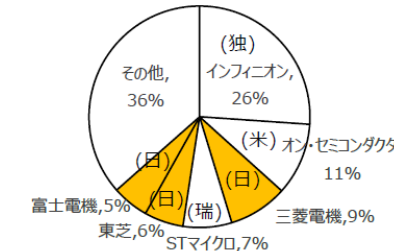


(出典) Omdia (2019年データ)



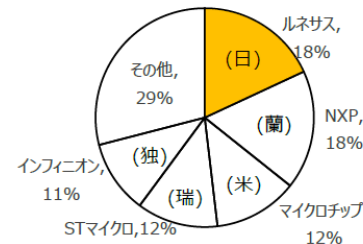
### CMOSイメージセンサ

合計 = 151億米ドル



### パワー半導体

合計 = 141億米ドル

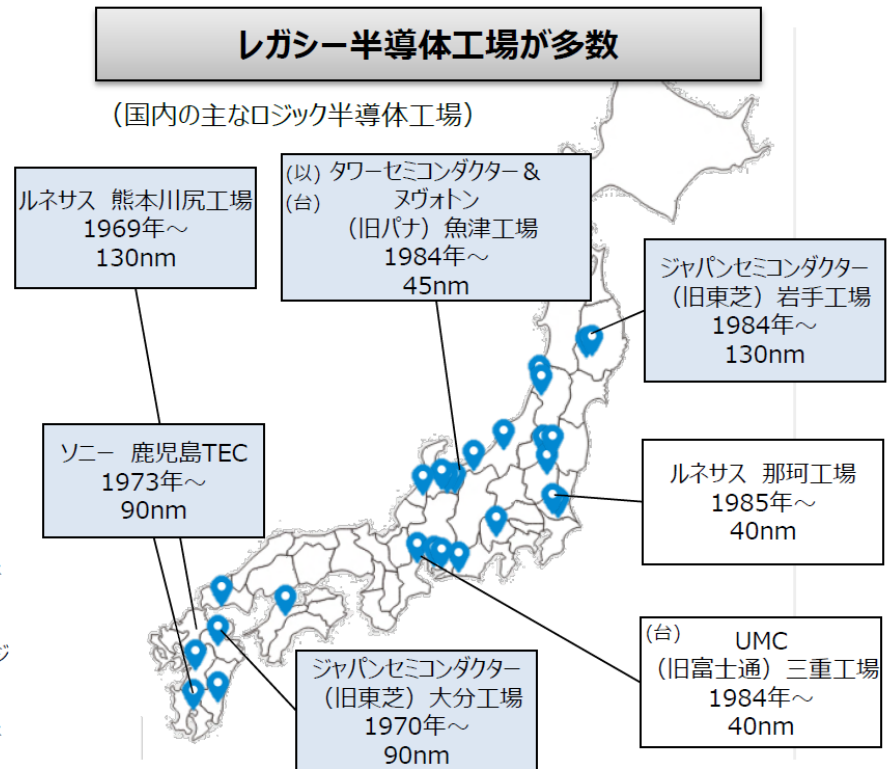
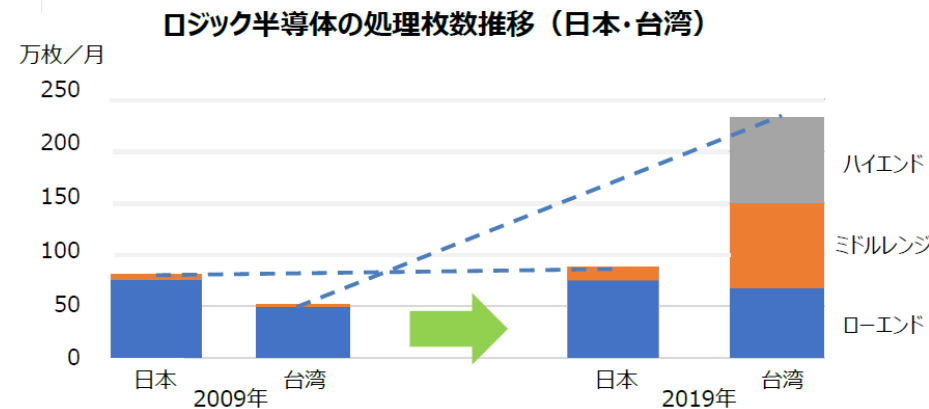
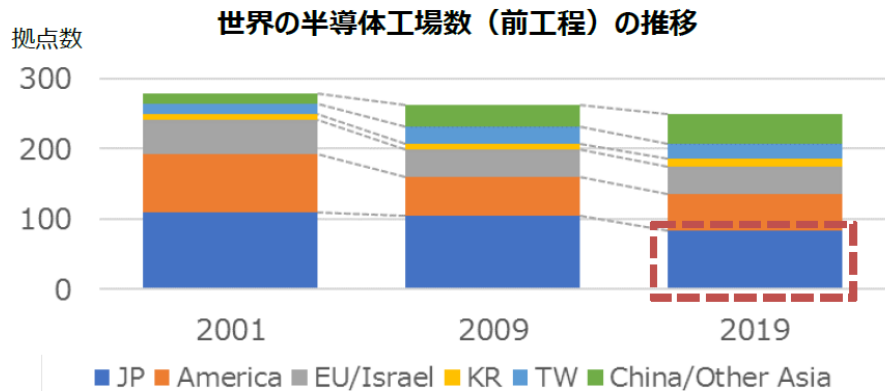


### マイコン (自動車、FA用ロジック)

合計 = 175億米ドル

# 日本の半導体工場の現状

- 世界の**ロジック半導体**の生産能力については、**デジタル化の進展**に伴い、この10年間でTSMC・サムスン・インテルを中心に、スマホ・DC・5G等向けの**ハイエンド（線幅:5nm～16nm）**が急増。併せて、自動車・産業機械・家電等向けの**ミドルレンジ（線幅:20nm～40nm）**についても中国市場向けを中心に**増加**。
- 我が国は**世界第1位の半導体工場数**を持つが、**その多くは陳腐化・老朽化**しており、**ローエンドのレガシー工場が多数**。



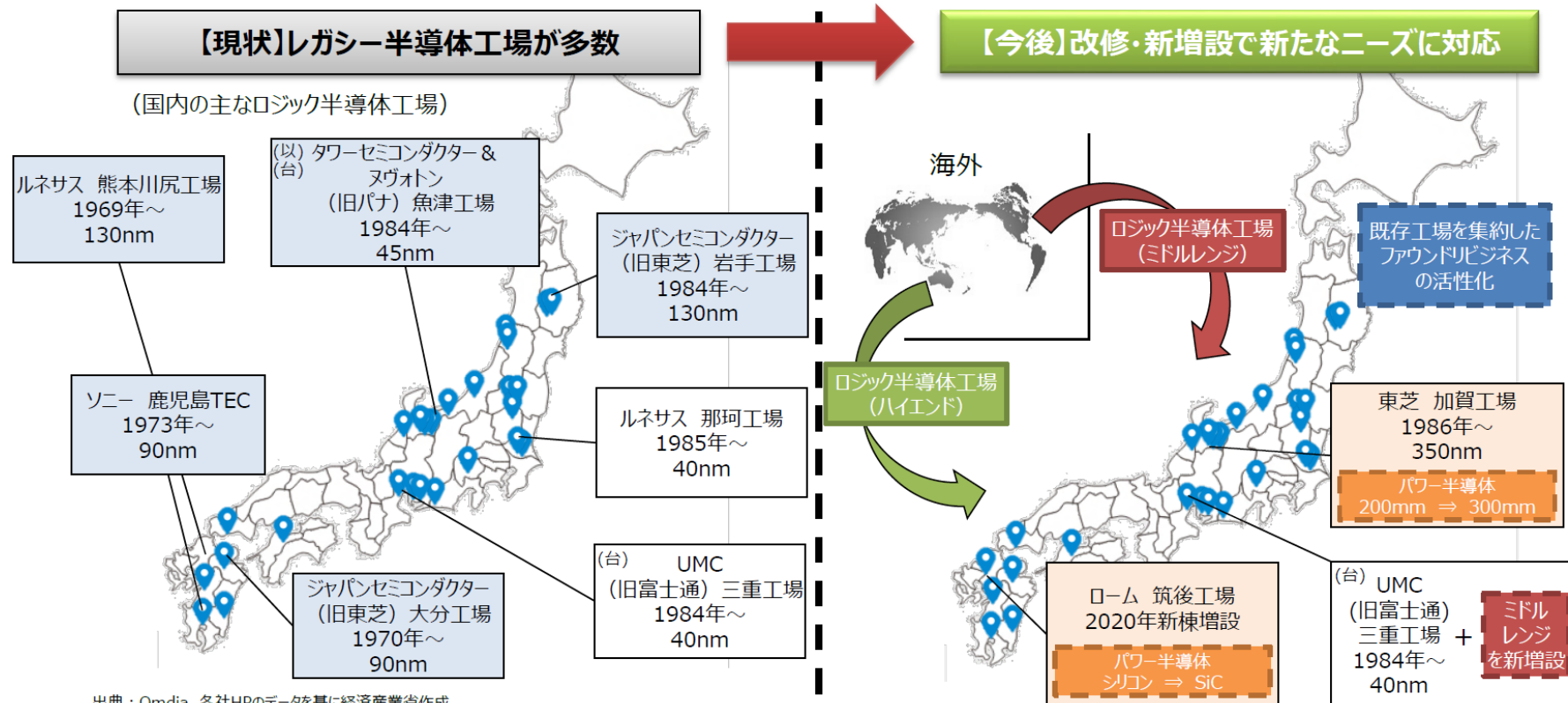
出典：Omdia、各社HPのデータを基に経済産業省作成

2021年6月 経済産業省 半導体戦略（概略）から

<https://www.meti.go.jp/press/2021/06/20210604008/20210603008-4.pdf>



- 世界のロジック半導体の生産能力については、デジタル化の進展に伴い、この10年間でTSMC・サムスン・インテルを中心に、スマホ・DC・5G等向けのハイエンド（線幅:5nm～16nm）が急増。併せて、自動車・産業機械・家電等向けのミドルレンジ（線幅:20nm～40nm）についても中国市場向けを中心に増加。
- 「産業のコメ」である半導体の安定供給を確保するため、半導体を開発・生産できる工場を確保する。具体的には、我が国は世界第1位の半導体工場数を持つが、その多くは陳腐化・老朽化しており、その再生を行う。
- また、我が国が失った先端半導体生産能力（40nm未満）について、海外ファウンドリの協力を得て、新たに工場を設立する。  
 （※）先端半導体工場設立には5000億円から1兆円程度の投資が必要。米国は先端半導体工場一件30億ドル、合計370億ドルの支援（補助） 枠組みを構築。

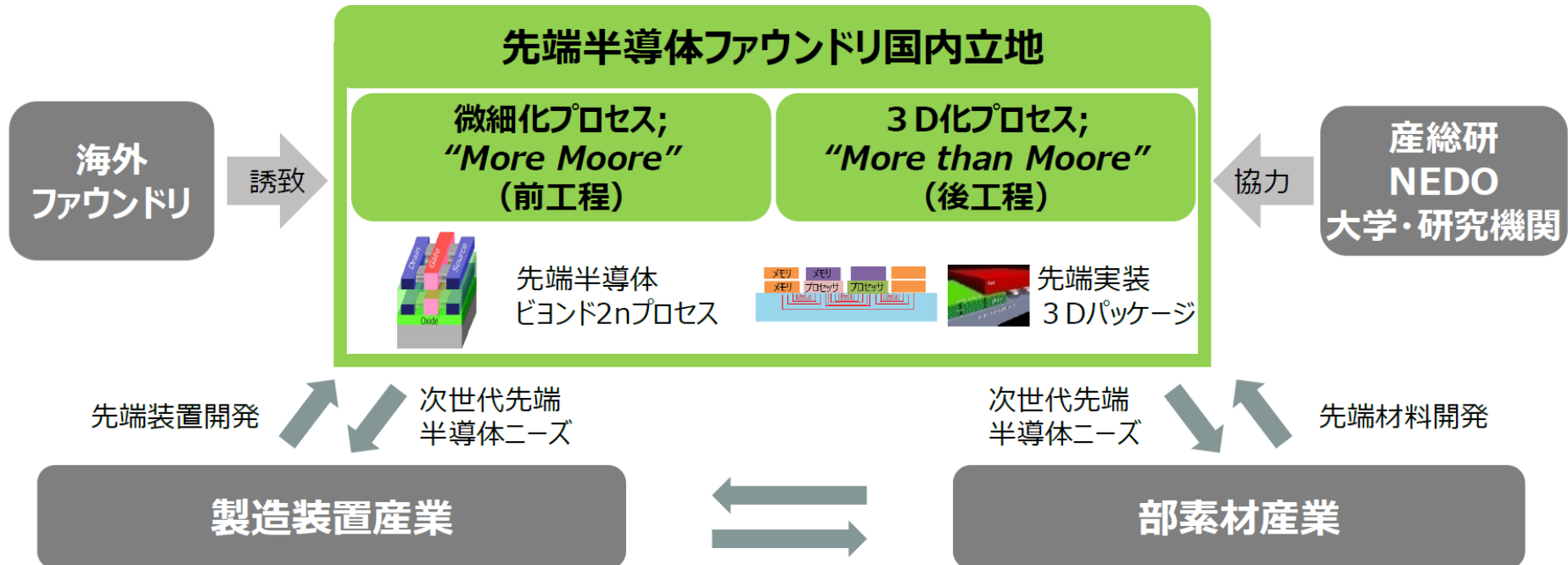


出典：Omdia、各社HPのデータを基に経済産業省作成

2021年6月 経済産業省 半導体戦略（概略）から

<https://www.meti.go.jp/press/2021/06/20210604008/20210603008-4.pdf>

- 日本の①製造装置・素材産業の強み、②地政学的な立地優位性、③デジタル投資促進をテコに、戦略的不可欠性を獲得する観点から、日本に強みのある製造装置・素材のチョークポイント技術を磨くために、海外の先端ファウンドリとの共同開発を推進する。さらに、先端ロジック半導体の量産化に向けたファウンドリの国内立地を図る。
- 具体的には、先ず先端半導体製造プロセスの①前工程（微細化ビヨンド2nm）、②後工程（実装3Dパッケージ）で、我が国の素材・製造装置産業、産総研等と連携した技術開発を順次開始。
- さらに、こうした開発拠点をベースに、将来の本格的な量産工場立地を目指す。



# 半導体デバイスのコストについて

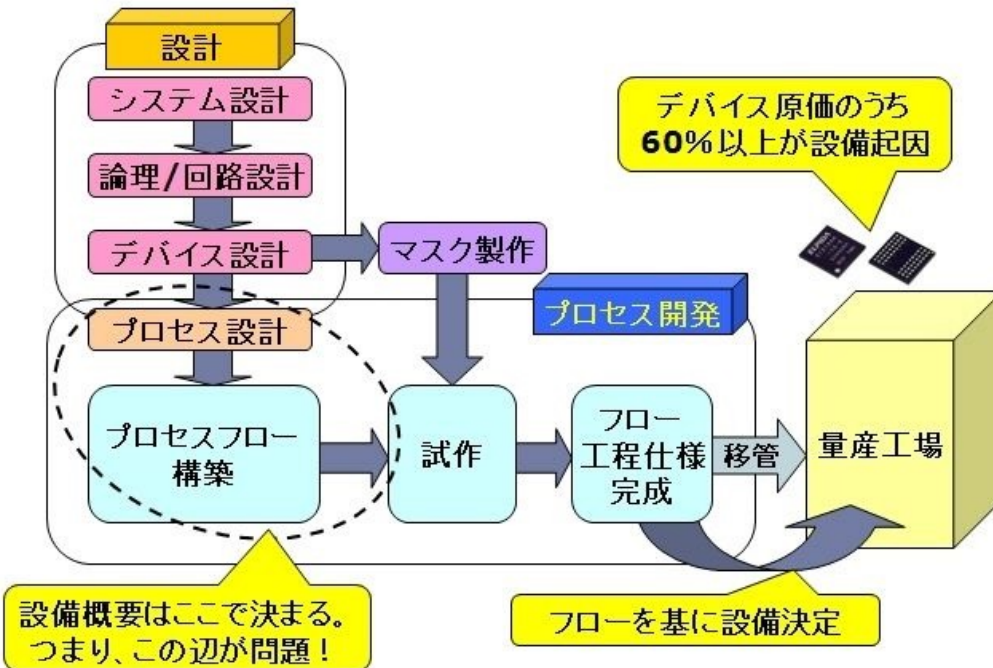


図2 半導体デバイスのコストはどのようにして決まるのか？

(引用)

<https://jbpress.ismedia.jp/articles/-/3446>

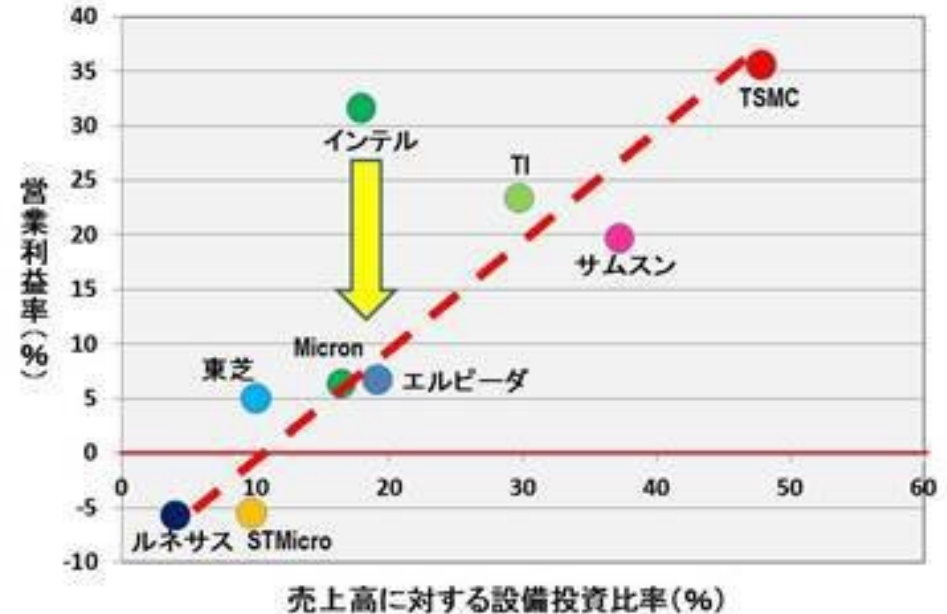


図4 設備投資比率と営業利益率の関係

注) 2010~2012年の平均売上高、平均営業利益、平均設備投資から算出  
出所: 電子ジャーナル『半導体データブック』および各社HPのIRデータ

(引用)

<https://yunogami.net/asahiwebronza/131030.html>

- 一旦設備投資すると、コスト（単価）を下げるため、**稼働率を上げて最大限生産するのが有利**
- 日本企業に多かったのは、汎用ではなく、**顧客に応じたプロセス**で、特別な設備が発生するため、最大稼働が難しくなり**コスト的に不利**
- 一方で、**減価償却が進む**と、会計上はコストが下がり、**競争力が上がる**  
今残っている日本の半導体の多くは、古い設備を使ってこの競争力を使っているのではないか？  
だから、安くて良い製品だが、最先端の製品は作れない、というのが現状ではないか？

<1993～2007年 パナソニックにて半導体に携わっていたものとしての**個人的な見解**>

- ・ 萩生田大臣の日本が凋落した理由に賛成。事業者側の視点から下記も挙げられる
- ・ **半導体專業では無い**会社が多く、**規模の経済性の発想ができなかった**  
(連携よりも技術囲い込み)
- ・ 総合電機メーカーにとっての半導体は、**セットで勝つための手段でしかなかった**  
(コンカレント開発による新製品の早期発売、独自性能の付与)
- ・ 半導体担当者は、**個別事業としての経営感覚が不足**  
他社より少しでも優れた特徴、独自性を優先し、利益とのバランスの考慮が十分でなかった
- ・ 「産業の米」と言われ、**強化された人材や技術**は、半導体が経営の重荷となるに従い、事業の売却や早期退職制度などにより**直接的に流出**すると共に、共同開発してきた**設備メーカーや材料メーカーを通して間接的に流出**した
- ・ 技術開発が多岐にわたるため、日本の特長である協調性や勤勉性が優位に働いていたが、設備メーカー間で競争させたり、博士課程履修者を交代制として24時間開発を進めるなど**資本の力での勝負に勝つことができなかった**
- ・ 機能ブロック**設計の資産化** (IP化) により、**水平分業が進めやすくなった**

前2ページから考えると、

- 半導体専業、もしくはそれに相当する権限委譲ができている企業に、資本や税金等のバックアップを十分行う。  
バックアップは、国際連携を促す仕組みにするとともに、並行して、日本のデジタル化の推進を実施する。
- 半導体製造メーカーではなく、  
現状優位である設備メーカーや材料メーカーへのアプローチもあり得る

というまとめ方もできるが、

そもそも半導体を作るのに必要なものを自国のみで全て揃えられる国はないので、  
国の補助で安く製造できるメーカーがあればそこに任せておくという考え方もある。

個人的には、

- AI社会に向けた主要部品なので、ある程度技術的に理解しておく必要がある  
そのためには、実際に製造することも必要なアプローチと考える
- 大きな投資等により、ものづくりとして先端を行っている部分も多いため、  
製品・技術そのものに加え、業務の仕組みの進化や人材育成にもつながると考える

上記理由で、復興させるアプローチをしておくべきと考える

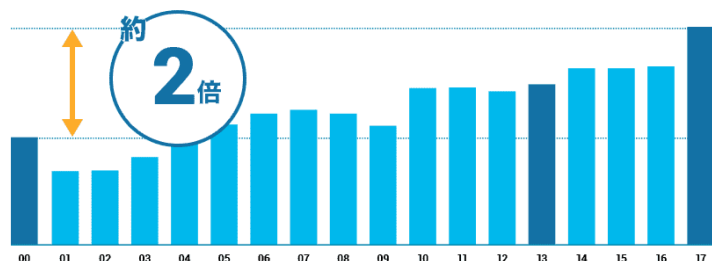
## 半導体業界の売上推移

SIA/WSTS historical year end reports

半導体業界の売上は、

約 **43兆円** に到達

※日本の2019年度一般会計歳出総額は約101兆円



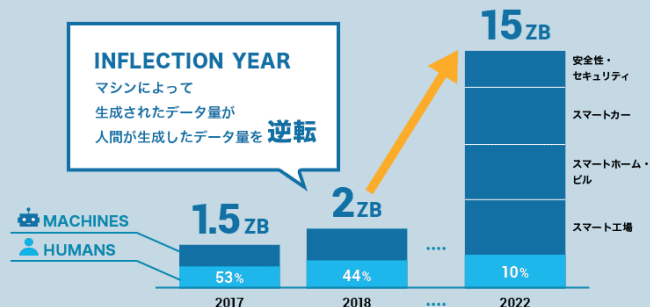
## 全世界のデータ生成量

Applied Materials, SEMICON West July 2018

全世界のデータ生成量は、爆発的に増加

2022年には 約 **10兆ギガバイト** (10ゼタバイト)

を突破するといわれている



【引用】[https://www.semijapanwfd.org/semicon\\_infographics.html](https://www.semijapanwfd.org/semicon_infographics.html)

設備投資が高額になっているため、どの分野を狙うかは半導体デバイスメーカーの戦略となっている

保護することで淘汰されないと、供給能力が大きくなりすぎて業界全体が不況になるというのがこれまでの歴史

足りない状況がずっと続くのかがポイント  
(投資増では無く技術進歩による供給能力増もある)

個人的には、主体的に考えられる民間が出てこなければ、半導体デバイスメーカーの復興は難しいのではと考える

国策として考えるのであれば、得意な装置、材料からの戦略もあるのではないかと考える

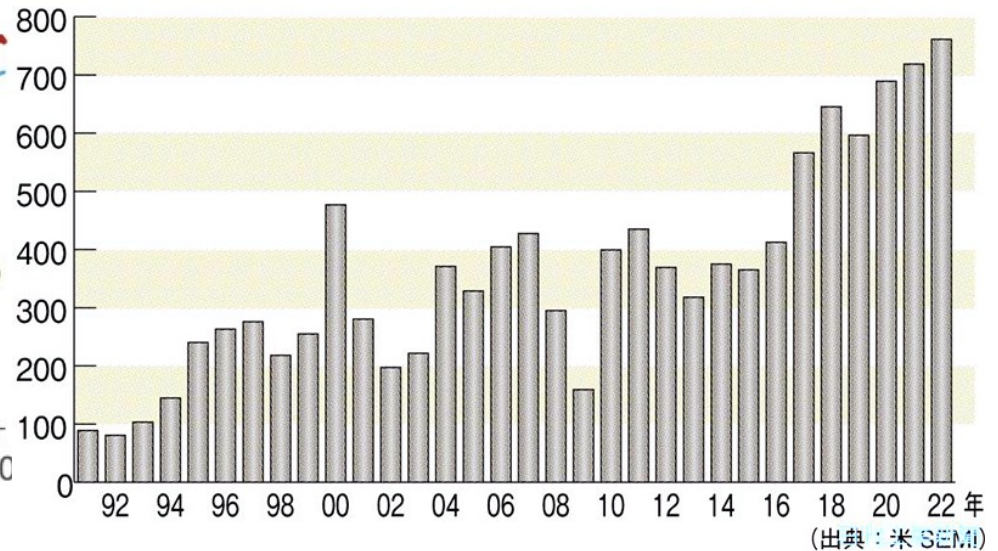
## 世界の半導体売上高推移

(1998年12月～2021年2月)  
※2015年2月を100として指数化



(信頼できると判断したデータをもとに日興アセットマネジメントが作成)  
上記は過去のものであり、将来の運用成果等を約束するものではありません。

## 世界半導体製造装置販売額 (単位: 億ドル)



(引用) <https://www.itmedia.co.jp/business/articles/2104/28/news098.html>

(引用) <https://newswitch.jp/p/25774>

私が在籍していた会社では、

### <トップの判断>

- 投資してすぐには生産できないので、**シリコンサイクルが落ち込んでいる時に設備投資した方が良いという認識**はあった。**半導体を理解した強力なトップがいなかった**日本は動けなかったが、サムスンやTSMCは積極投資で成功した。

### <ミドルの状況>

- 技術では勝っていると思っていた。**自分の担当領域で世界のトップになれば良い**と思っていた。日本の半導体まで考えている人はほとんどいなかったと思う。
- 2009年に「技術力で勝る日本が、なぜ事業で負けるのか」という本がヒットした。「技術」だけではなく、「ビジネスモデル」と「知財マネジメント」。課題認識はあったが、**自分の携わる事業を超えることまでは考えられなかった**。

# パナソニック半導体の状況

## 半導体メーカーの売上高ランキング(1971年~1996年)

順位	1971年	1981年	1986年	1989年	1992年	1996年
1位	TI	TI	NEC	NEC	Intel	Intel
2位	Motorola	Motorola	日立	東芝	NEC	NEC
3位	Fairchild	NEC	東芝	日立	東芝	Motorola
4位	NS	日立	Motorola	Motorola	Motorola	日立
5位	Signetics	東芝	TI	富士通	日立	東芝
6位	NEC	NS	Philips	TI	TI	TI
7位	日立	Intel	富士通	三菱電機	富士通	Samsung
8位	AMI	松下	松下	Intel	三菱電機	富士通
9位	三菱電機	Philips	三菱電機	松下	Philips	三菱電機
10位	Unitrode	Fairchild	Intel	Philips	松下	SGS-Thomson

出典: Gartner Dataquest

略記説明: TI(Texas Instruments)、NS(National Semiconductor)、AMI(American Microsystems, Inc.)、日立(日立製作所)、松下(松下電子工業)、Fairchild(Fairchild Semiconductor International)、Samsung(Samsung Electronics)、SGS-Thomson(SGS-Thomson Microelectronics)

2020 Copyright by Akira Fukuda. All rights reserved.

## 国際学会ISSCC 1991で

## 64Mbit DRAM(当時の最大記憶容量)を発表した 企業の一覧

企業名	概要	ダイ写真	論文番号
松下電器産業	4M×16bit構成、0.4μmツインウェルCMOS積層キャパシタ、ダイ寸法10.85mm×21.60mm	あり	TAM6.3
東芝	64M×1bit/16M×4bit構成、0.4μmトリプルウェルCMOS溝形キャパシタ、ダイ寸法9.22mm×13.13mm	あり	TAM6.6
三菱電機	64M×1bit/16M×4bit構成、0.4μmツインウェルCMOS、ダイ寸法12.5mm×18.7mm	あり	TAM6.4
富士通	64M×1bit/16M×4bit/8M×8bit構成、0.4μm CMOS積層キャパシタ、ダイ寸法11.27mm×19.94mm	あり	TAM6.5

2020 Copyright by Akira Fukuda. All rights reserved.

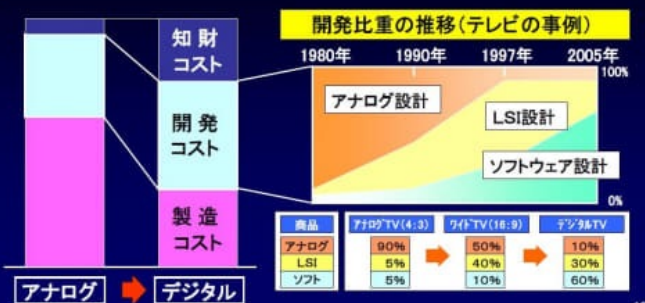
(引用)

<https://pc.watch.impress.co.jp/docs/column/semicon/1246246.html>

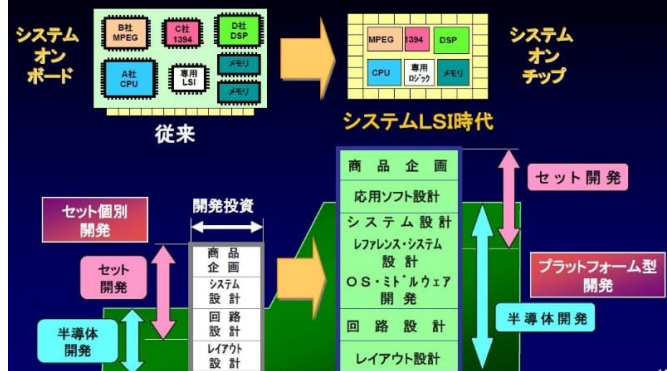
「松下」はかつてDRAM開発で世界の先頭集団を走っていた。「松下半導体」の60年を振り返る

## 商品の付加価値の変化

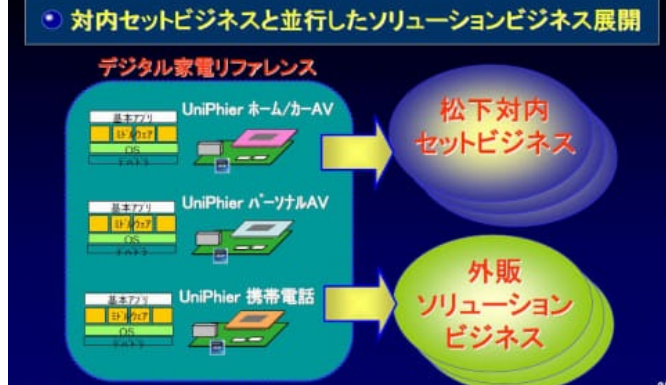
- デジタル化に伴ない、開発コスト、知財コストが激増
- 開発の中でもソフトウェアとシステムLSIの比重が増大



## セットと半導体の役割分担の変化



## 外販ソリューションビジネス展開



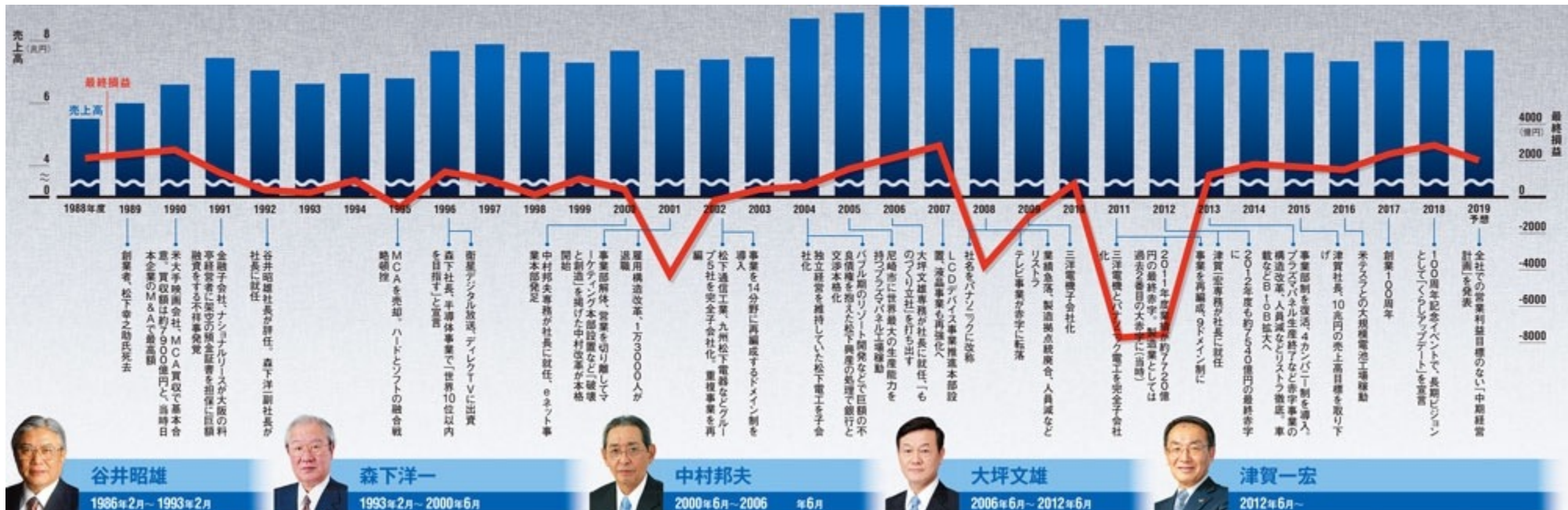
(引用) <https://pc.watch.impress.co.jp/docs/column/semicon/1266939.html> 松下電器産業が2006年4月20日に発表した資料「デジタル家電のプラットフォーム戦略」から






- パナソニック全体の中では、製造プロセス開発は、「開発」ではなく、「製造」の位置付け。  
**セットやソフトウェア設計重視の戦略だが、結局それで勝てなかった。**



# パナソニック全社の状況

(引用) <https://business.nikkei.com/atcl/NBD/19/special/00338/> 日経ビジネス：パナソニックが示す成長阻害の4つの「病」



 <b>谷井昭雄</b> 1986年2月～1993年2月 録音、ビデオ事業	 <b>森下洋一</b> 1993年2月～2000年6月 電機、特機営業	 <b>中村邦夫</b> 2000年6月～2006年6月 海外営業、AVC社社長	 <b>大坪文雄</b> 2006年6月～2012年6月 海外子会社、AVC社社長	 <b>津賀一宏</b> 2012年6月～ 本社研、AVC社社長
--	--	--	---	--

**プラズマに大規模投資**  
(計6千億円)

**プラズマ生産終了**

中村・大坪両社長時代に副社長だった古池進氏 (**当時の半導体事業のトップ**) は「市場が何を求めているから考え、そのための**ビジネスモデルを発想することから事業の改革をする戦略がなかった**。自分の反省点でもあるが、作り手の考え方が強すぎた」

**半導体、ユニファイ**(前ページで述べたシステムLSI)は、09年に米グーグルのOS「アンドロイド」搭載のスマホで使えるものを試作したが、「当時の**モバイル関係会社が反対するとまったく前に進まなくなった**」。結果として米半導体大手がそのビジネスを獲得した。

松下幸之助はかつてこう語っている。水道哲学を筆頭に「師」である創業者の経営手法を単にまねるだけでは、新しい価値は生み出せない。**人々の暮らしを良くしたいという「師」の考えを吸収消化し、時代に合わせてアップデートし続ける**。それができたとき、経営陣も従業員も偉大なる「師」を超えられるはずだ。

# 東芝 半導体の売上・営業利益推移

東芝時代の半導体の売上高・営業利益の推移 (引用) <https://positen.jp/410>

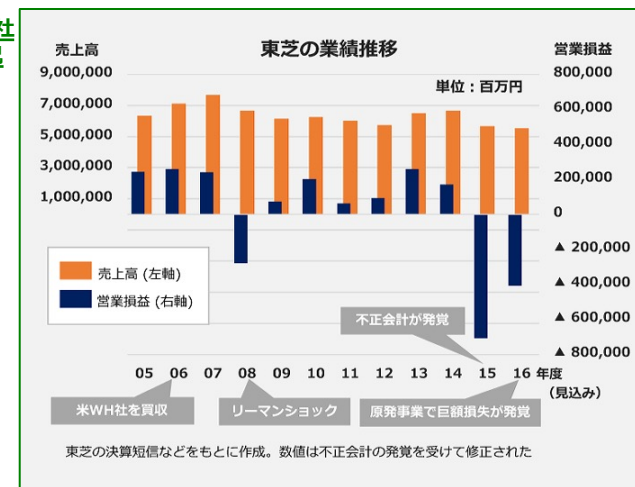
年度	売上高	営業利益	営業利益率
2003年度	8988億円	1184億円	13.1%
2004年度	9389億円	827億円	8.8%
2005年度	1兆3881億円	1233億円	8.8%
2006年度	1兆6573億円	1197億円	7.2%
2007年度	1兆7385億円	741億円	4.2%
2008年度	1兆3249億円	-3232億円 (赤字)	-24.3%
2009年度	1兆3091億円	-242億円 (赤字)	-1.8%
2010年度	1兆1395億円	664億円	5.8%
2011年度	9802億円	473億円	4.8%
2012年度	1兆3353億円	914億円	6.8%
2013年度	1兆6934億円	2385億円	14.0%
2014年度	1兆6934億円	2385億円	14.0%
2015年度	1兆6049億円	-1016億円 (赤字)	-6.3%
2016年度	1兆7000億円	2470億円	14.5%
2017年度	2兆64億円	5196億円	25.8%

2001年 DRAM撤退、NANDフラッシュに集中 (https://www.huffingtonpost.jp/2017/06/01/diamond-online-toshiba\_n\_16906432.html)

設備投資計画2,250億円 (https://www.toshiba.co.jp/about/ir/jp/pr/pr2005q3.htm)

東芝全社の状況

リーマンショック



(引用) <https://em.ten-navi.com/article/9728/>

シリコンサイクルによる在庫増加

'16~'18で1.5兆円投資の計画 (https://jbpress.ismedia.jp/articles/-/47766)

GAFaがデータセンターに投資

## キオクシアの売上高と営業利益の推移

年度	売上高	営業利益	営業利益率
2018年度	1兆2639億円	1163億円	9.2%
2019年度	9872億円	-1731億円 (赤字)	-17.6%
2020年度	1兆1785億円	66億円	0.5%

NANDだけになったため減少

GAFa投資減少で在庫増

東芝メモリからの独立に伴うコストが負担

2023年 2兆円の新工場稼働の計画 (https://newswitch.jp/p/27187)

私は同じ会社で、半導体部門とディスプレイ部門の経験がありますが、例えば、下記の点で半導体は優れていると感じ、ディスプレイにも取り入れようと取り組みました。

## 【情報（データ）重視】

- ・ 試作や生産基板の中に、テスト素子を入れ、個別特性を抜き出して評価していた。  
どのような素子を入れ、データを取得するかは、技術者の主要な手腕の発揮場所でもあった。  
生産と同時にデータを取り、フィードバックする仕組みでもある。
- ・ 自分の考えや経験よりも実際のデータを重視した。

## 【時間重視】

- ・ 投資した設備を試作も含めて最大稼働しようという意識がほとんどの技術者にあった。
- ・ かかる時間ではなく、顧客からの逆算で時間を考えていた。  
時間を短縮できる工夫を重視した。例えば、加速寿命（信頼性）評価。

## 【論理重視・全体思考】

- ・ 生産性を考慮した設計・技術は当然のものと捉えられていた。  
歩留は重要であったが、歩留は結果ではなく、設計するものと考えられていた。  
同じ製造方法でも、商品（レイアウト設計）毎に、欠陥密度という数値を出していた。  
⇒ レイアウトする人によって、歩留（利益）に差が出るのが明確化されていた。  
例えば、同じ配線内に、別の配線間とのつなぎ目（コンタクト）を一つにするか二つにするかで歩留差が出る。  
また、回路配置に余裕がある場所では、配線スペースを広げると歩留が上がる。
- ・ 階層化して繰り返せる仕組みを生み出そうとした。自動的に広がる仕組み。  
例えば、全社経営方針から、事業部、部門、部課、個人に目標が落ちる仕組み。  
ロードマップを作って全体を示す。そして、それを真似させて広げる（ロールモデルの提示）。  
例えばが分かれば、応用するのが日本人は得意。