

# 経営講演会

## 講演録

『半導体技術と成長を目指す企業群の役割』

ーアジャイル・ダイナミック社会を先導する戦略ー

(2025年10月20日講演)

講師 東京科学大学 特別顧問

益 一哉 氏



RESONA

リソナ中小企業振興財団



講師 東京科学大学 特別顧問 益 一哉 氏

◆プロフィールご紹介

●主な経歴

1975 年 3 月 神戸市立工業高等専門学校卒業

1982 年 3 月 東京工業大学 大学院 理工学研究科 電子工学専攻 博士後期課程 修了  
東北大学 電気通信研究所 助手、助教授を経て、

2000 年 6 月 東京工業大学 精密工学研究所 教授  
東京工業大学 科学技術創成研究院 研究院長などを歴任し、

2018 年 4 月 東京工業大学 学長

2024 年 10 月 東京科学大学 特別顧問

産業技術総合研究所 量子・AI 融合技術ビジネス開発グローバル研究センター長

● 専門 電子デバイス、集積回路工学

● 著書 「異種機能デバイス集積化技術の基礎と応用-MEMS, NEMS, センサ, CMOSLSI の融合」(共編)

シーエムシー出版 2019

「電子物性とデバイス」(電子情報通信学会編、共著) コロナ社 2020

「大学イノベーション創出論 東工大発・未来社会 DESIGN の挑戦」

日経 BP コンサルティング 2020

「科学で未来を創造する大学へ Team 東工大、2,374 日の挑戦」ダイヤモンド社 2024 ほか

この講演録は、2025 年 10 月 20 日にオンライン開催および YouTube によりライブ配信した、当財団主催の経営講演会を収録・編集したものです。なお、財団ホームページにも掲載しております。<https://www.resona-fdn.or.jp>

# 半導体技術と成長を目指す企業群の役割 —アジャイル・ダイナミック社会を先導する戦略—

はじめに	1
1. 半導体（昭和・平成・令和）	1
■半導体発展の歴史	2
2. 今さらながら、半導体・集積回路とは	3
■集積回路	5
■スケールリング則の物理的根拠	5
■多層配線構造	7
3. 半導体（最悪だったが、変化があるような……）	8
■日本半導体の衰退について	9
■私の歴史認識	10
■半導体（具体的な投資）	12
■半導体での動き	15
■半導体復活に向けて	15
4. 量子の今（ちょっと紹介）	16
■ G-QuAT 施設整備状況	17
■量子技術（コンピュータ）の動向	18
■量子コンピュータの課題	19
5. 今という時代 Agile Dynamic Society	19
■イノベーションモデルの変遷	20
■今の時代	22
■最近の半導体・量子・AI	22
6. 半導体の勝ち筋は？	23
■米国の動きと技術動向	23
■ECI(Economic Complexity Index)を起点に考えてみる	26
■急速な少子化の中でも人材育成は必要	27
■世界の半導体研究開発拠点	28
7. 国際視点での半導体・集積回路	29
8. いかに踏み出すか	29
■「逆転のシナリオ」を具体化する5つの柱	30
■勝ち筋、逆転のシナリオへ向けて	31
■半導体人材育成（これは絶対に行うべきこと）	32
9. まとめ	33

## はじめに

ご紹介いただきました、益と申します。今、東京工業大学と東京医科歯科大学の統合により 2024 年に設立された、東京科学大学 (Science Tokyo サイエンス東京) の特別顧問をしております。

さて今日の講演の、もともと依頼された時のタイトルは「半導体技術と中小企業の役割—アジャイル・ダイナミック社会の生き残り戦略—」でした。しかし、中小企業と限定するのはどうかというのと、生き残り戦略という言葉はネガティブな雰囲気でしたので、本日は「半導体技術と成長を目指す企業群の役割—アジャイル・ダイナミック社会を先導する戦略—」というお話にしたいと思います。(図 1)

私は、大学におられます時は、志を持ってと学生によく言うておりました。同様に、企業も、単に待ちの姿勢ではなくて、「自分たちは何をしたいのか？」について是非とも一緒に考えていただければと思います。



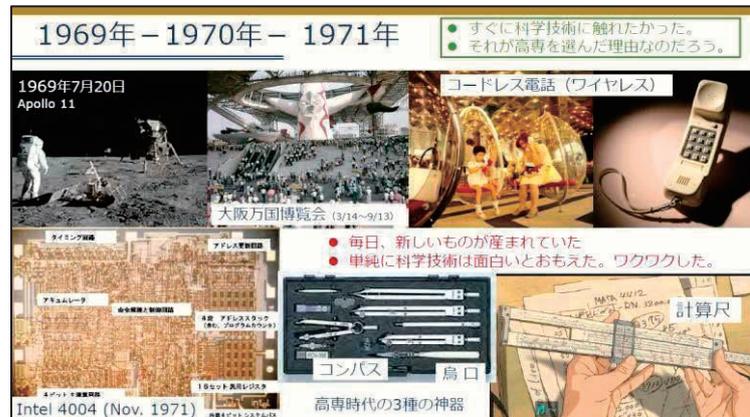
(図 1)

## 1. 半導体 (昭和・平成・令和)

私は、昭和、平成、令和と三世代生きております。1969 年、70 年、71 年というのは、ちょうど中学校を出たくらいの頃で、1969 年 7 月 20 日は、アポロ 11 が月に行った日と言えば、知っている人もおられるかもしれません。まん中にある 1970 年が、前のお阪万博があった年です。この時、万博では当時の電電公社が、コードレス電話の実演をしていました。

当時まだダイヤル式が普通だった時代に、この電話機はテンキーになっていて、このテンキーだけを使って四則演算ができました。子ども心に、こんなものを使って四則演算するのか、と思っていたのが 1970 年です。スマホの登場で、これが今やもうなくてはならないものになりました。

1971 年は、Intel 4004、世界で最初のマイクロプロセッサができた年です。ひょっとすると世界が変わるかもと思ったのがこの頃です。(図2)



(図2)

## ■半導体発展の歴史

さて、半導体の発展は、1947 年のトランジスタの発明から始まります。皆さんもキルビー特許という言葉はどこかで聞いたことがあると思いますが、これが 1958 年です。むしろ僕は、1959 年のノイスのシリコン表面を酸化膜で覆って拡散させるプレーナー技術の方が、半導体の実用化、半導体の産業化を決定的にした技術だと思っています。

続く 1960 年というのは結構重要で、ソニーがトランジスタラジオの輸出で世界市場を創った年です。ここで、なぜソニーをあえて挙げたかということ、半導体を作るのではなく、半導体を使った製品を作ったということの意味を、もう 1 回よく考えていただきたいからです。半導体というとみんな、つい半導体そのものの製造のことばかり言います。でも、製造もある程度はお金を生み出しますけれども、それ以上に使ってなんぼなのです。

日本人は、新しいものを創造するのがいまいちだと言われますが、振り返ってみれば、トランジスタを使って最初にビジネスに成功したのは日本だったということを、今一度われわれは認識してもいいのではないかと思います。

同じ時期に、メインフレームコンピュータの IBM System/360 が登場しました。まだ半導体メモリがなくて、メモリは磁気コアでした。

1965 年には、ゴードン・ムーアが「ムーアの法則」を提唱します。ムーアの法則なんて、単に線を引いただけだろう、と言いたくなるのですけれども、そういう時代です。(図3)

半導体集積化の加速は 1971 年から始まって、この年に Intel 4004 が登場しました。

このあとで、半導体のことを紹介する時に重要になってくるのが、1972 年にデナードとギースレンが提唱した「スケーリング則」です。半導体は、なんでこれだけ皆がしゃかりきになって微細化を進めているのかということ、学術的にも産業的にも、このスケーリング則があったからなのです。ムーアは線を引いて年々集積度が上がりますと言っただけですが、なぜ集積度を上げ、性能向上するのかという学術的な根拠を示したのがこのデナードとギースレ

ンです。

70年代の半ばは、64K DRAM ができた頃で、まだ 2 $\mu$ m ルールだったと思うのですけれども、このあたりから、だんだん日立、東芝、NEC などの日本勢が頑張っ、1M、4M くらいまで世界を主導していきました。(図4)

半導体発展の歴史 (1/5)	
■ 創成期：トランジスタからIC誕生へ	
1947年	トランジスタ発明 (ショックレー、バーディーン、ブラッテン: Bell Labs)
1952年	垂井康夫(東芝)「表面障壁トランジスタ」特許出願 (日本独自技術の萌芽)
1958年	ジャック・キルビー (Texas Instruments) 集積回路(IC)特許
1959年	ロバート・ノイス (Fairchild) モノリシックIC発明 (実用化の決定打)
1960年	ソニー、トランジスタラジオ輸出で世界市場席巻
1964年	IBM System/360登場 (磁気コアメモリ)
1965年	ゴードン・ムーアが「ムーアの法則」提唱

(図3)

半導体発展の歴史 (2/5)	
■ 集積化の加速と日本の台頭	
1971年	Intel 4004 (世界初マイクロプロセッサ) 日本企業 (Busicom) との電卓開発契約がきっかけ
1972年	Dennard, Gaensslenら、Scaling Lawを提唱
1973年	Intel 1103 (1K DRAM) → DRAM時代の幕開け
1975年	64K DRAM (日本勢が性能・信頼性で台頭)
1978年	Intel、DRAMから撤退開始 (日本の圧倒的品質力が背景)
1980年	256K DRAM (NEC、日立、東芝が世界首位)
1983年	1M DRAM (日立・NEC・富士通・東芝が世界を席巻)
1986年	4M DRAM (日立・東芝が主導) この頃、日本は世界DRAMシェアの約80%を占有

(図4)

ところが、1992年頃からだんだんおかしくなっ、94年にはファウンダリモデルができます。(図5)

300mm ウェハの量産が 2000年です。21世紀になる手前で始まるのですが、Infineon、Intel、TSMC が先行してきて、21世紀になると日本の半導体は凋落していくことになりま

す。実は今、皆さんがお使いになっている携帯電話の通信方式は、1990年代にそれまでのアナログからデジタルになりました。さらに通信効率の高い CDMA ができたのが 2000年、cdmaOne を開発したクアルコムは、ここらあたりから儲かり始めます。

その後、リーマンショックがあつたりして日本勢の再編が加速し、2020年になってやっと日本政府の半導体復活政策が出てくるわけです。(図6)

半導体発展の歴史 (3/5)	
■ グローバル再編と日本の変調	
1992年	日本の半導体シェア世界50%超 → 以後下降
1994年	TSMC (台湾)・UMCがファウンダリモデルを確立
1996年	SELETE (日本の半導体先端技術開発機構) 設立 日立・NEC・東芝など共同開発で90nm以降を目指す
1997年	Samsung、世界初1G DRAMを開発 (韓国が主役に)
1998年	Intel、マイクロプロセッサへ完全シフト (Pentium II)
1999年	300mmウェハ8層産ライン、Infineon/Intel/TSMCが先行

(図5)

半導体発展の歴史 (4/5)	
■ 21世紀：日本の停滞と再挑戦	
2000年前後	日本半導体の凋落 (経営統合・撤退が相次ぐ) - 日立+NEC → ルネサステクノロジ (2003) - 三菱電機+日立 → エルピーデータメモリ (1999) - 東芝 → NANDフラッシュで生き残り (後のキオクシアへ)
2000年	CDMA/携帯電話の普及 (シリコン需要多様化)
2003年	SamsungがNAND・DRAMで世界No.1
2008年	リーマンショック→日本勢の再編加速
2010年	TSMC、ファウンダリ市場シェア50%突破
2010年代	スマホ・クラウド・AIブームで→設計力・ソフト連携力が鍵となる
2017年	東芝メモリ (後のKIOXIA) 売却
2020年代	日本政府の半導体復活政策 (Rapidus設立、TSMC高本、経済安全保障の軸)

(図6)

## 2. 今さらながら、半導体・集積回路とは

ではここで、半導体・集積回路とは何かというのを簡単に復習しましょう。

半導体ってなんだ、というと、電気を半分しか通さない (適度に電気が流れる) 物質が半導体です。代表的な材料がシリコンで、このシリコンに不純物を添加することで、電気の流れる担体や導電率を制御することができます。担体はマイナスの電子 (electron) かプラスの正孔 (hole) で、電子の場合は n型半導体、正孔の場合は p型半導体と呼び

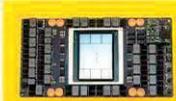
ます。(図7)

今では、テレビでもパソコンでもスマホでも、ほとんどの電気・電子製品に入っているのが、半導体を使った集積回路です。最近では、理系の学生でも製品を分解しないのですが、テレビ、パソコン、スマホを分解すると、集積回路のパッケージがあり、その中に半導体のチップが入っています。チップの中全部がシリコンかというとはなく、その中に少しシリコンのかけらが入っているわけです。

半導体チップは、もともと、レコード盤……といっても最近では知らない人も多いのですが、レコード盤と同じ大きさの円盤状のシリコンウエハの上につくられます。今多いのは300mmのウエハですけど、この上にたくさんの半導体を集積して複数のチップをつくり、その回路を一つひとつ切り出してパッケージし、それらが配線されているシステムになっていくわけです。(図8)

**半導体 Semiconductor**

- 導電率
  - 導体(金属): 電気を通す (約 $10^{-9}\Omega\text{cm}$ )
  - 絶縁体: 電気を通さない ( $10^6\Omega\text{cm}$ 以上)
  - 半導体: 適度に電気が流れる ( $10^{-2}\sim 10^4\Omega\text{cm}$ )
- 代表的な半導体
  - シリコン(Si) GaAs GaN SiC
  - 不純物を添加して、電気の流れる担体を制御し、また導電率も制御できる。
  - 流れる担体は、電子(electron)または正孔(hole)
  - 電子の場合はn型半導体、正孔の場合はp型半導体と言われる。




(図7)

**半導体ができるまで** <https://www.semiconductor-industry.com/process/>

■ シリコンウエハ上にチップを作り、パッケージ化するまで

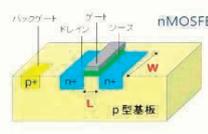


- ① シリコンウエハ製造工程  
CZ法によって単結晶シリコンを製造(信越、SUMCO等)
- ② シリコンウエハ上に半導体チップを作り込む工程(前工程)  
半導体製造のメイン工程(インテル、サムスン電子、TSMC等)
- ③ シリコンウエハ上に作り込まれた半導体チップを切り出してパッケージ化する工程(後工程)  
製品用途に応じて、さまざまなパッケージが施される工程(ASE、アムコア等)

(図8)

もっとも一般的なMOSトランジスタは、ソースとドレインという二つの端子間に流れる電流を、その間にあるゲートに電圧をかけることで制御します。ゲートに電圧をかけると電流が流れ、電圧を切ると電流が止まるスイッチの役目をするものです。(図9)

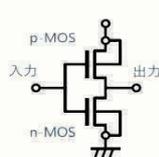
**MOS transistor and integrated circuit**



バックゲート  
ドレイン  
ソース  
ゲート  
p型基板

回路記号  
ゲート  
ドレイン  
ソース

CMOS inverter



入力  
出力  
p-MOS  
n-MOS

入力	出力
0	1
1	0

論理記号

(図9)

## ■集積回路

最先端の CPU では、1cm 角のチップに数百億のトランジスタが集積されています。

ちなみに、CPU が 1 辺 100m 程度の野球場であるとすると、トランジスタの大きさはわずか 0.5mm 角と砂粒より小さい。それぐらい小さくたくさんのトランジスタが集積されているのが、今の最先端の集積回路です。(図 1 0)

しかも、1 辺 100m の野球場の端から端まで砂が敷き詰められているとして、それぞれの砂粒がどこにあるのか分かるとはとても思えません。ところがシリコンのウエハは、原子レベルでフラットになっており、かつ、どこにどんなトランジスタがあるか分かるぐらいの精度で作られています。

1971年に発表された、最初のMPUであるIntel 4004は、わずかトランジスタ2,300個できていました。数mm角のチップに2,300個ですけど、それでも肉眼では見えなぐらいの大きさでした。

現在の最先端のプロセッサには、数百億個のトランジスタが入っていますが、なんのことはない、集積回路というのは、結局はトランジスタを小さく微細化して、一つのチップにたくさん積んだだけのものです。こう言うと、怒られてしまうかもしれませんが。



(図 1 0)

## ■スケーリング則の物理的根拠

微細化の指導原理は、スケーリング則です。このスケーリング則は、こうやって小さくしなさい、ということを教えてくれます。微細化することで集積回路がどうなるかという、「速くなる」「たくさん集積できる」「低電力で動く」ようになります。だから今なお微細化が追求されるわけですが、もう一つ大きなメリットがあって「安くなる」。安くならないと、産業的には絶対うまくいきません。

では、スケーリング則とはいったい何でしょうか。

要は、平面的な寸法を  $1/k$  倍に小さくする時には、ゲートの長さとか酸化膜厚とかも  $1/k$  倍にしなさい。シリコンにドーピングする不純物の、基板濃度は  $k$  倍にしなさい。動作する電圧は  $1/k$  倍にしなさい。そうすると電流-電圧特性が劣化なくスケーリングされます、というものです。(図 1 1)

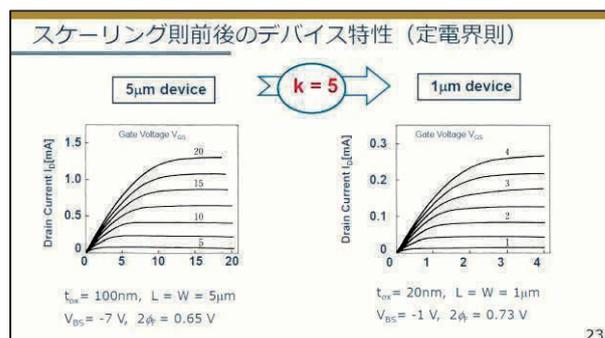
スケーリング則のポイントは、パフォーマンスがどれくらいになるか、も予想できることです。パフォーマンスとは、例えばゲート長を 1/5 にしたら、ゲートあたりの消費電力は  $1/k^2=1/25$  になりますよといったことです。そのため、デバイスの寸法を 1/5 にすると、同じ面積に 25 倍の数のトランジスタが入ることになりますが、ゲートあたりの消費電力は 1/25 になるため、単位面積あたりの電力は一緒となります。つまり、デバイスを微細化すれば、同じパワーでよりたくさんのデバイスを動かせることが分かるわけです。(図 1 2)

さらに、微細化すると、1 枚のウエハからよりたくさんのチップが取れます。しかも円形のウエハ上に矩形のチップをつくるので、円周近くでは矩形が取れないムダが発生しますが、平面寸法を 1/2 にするとそのムダの部分からも複数のチップが取れます。

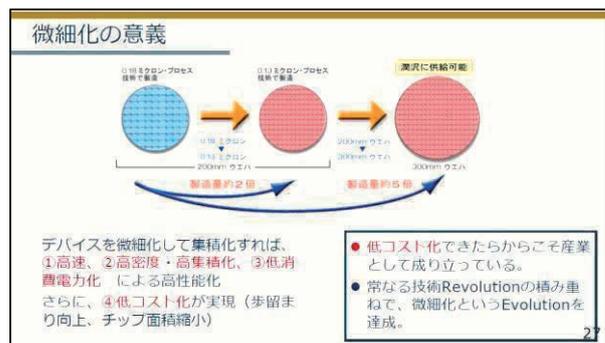
さらにすごいのは、チップの歩留まりも向上することです。半導体製造では、工程上で小さなゴミが付くと、そのチップは動かない不良品になってしまいます。でも、13 個のチップが作っていたウエハで、チップの平面寸法を 1/2 にすると、同じウエハから 76 個のチップが取れます。そこに 3 個ゴミが付くと、チップ 13 個の場合は 10 個しか動かないから歩留まりは 77%です。同じように 3 個のゴミが付いたとしても、微細化して 76 個分のチップが取れば、73 個は動くので歩留まり 96%が実現できるわけです。

ということで、微細化すれば、速くなり低消費電力になり、高密度、高集積、高機能化できて安くなる。二兎を追うもの一兎を得ずではなくて、なんでもありだったと。

0.18  $\mu\text{m}$  から 0.13  $\mu\text{m}$  に微細化することで製造量は約 2 倍、さらにウエハを 200mm から 300mm と大きくしていくことで製造量は約 5 倍。デバイスを微細化して高集積化すれば、高性能化するだけでなく低コスト化が実現できました。低コスト化が実現できたからこそ、産業としていまだに成り立っているということなのです。(図 1 2)



(図 1 1)



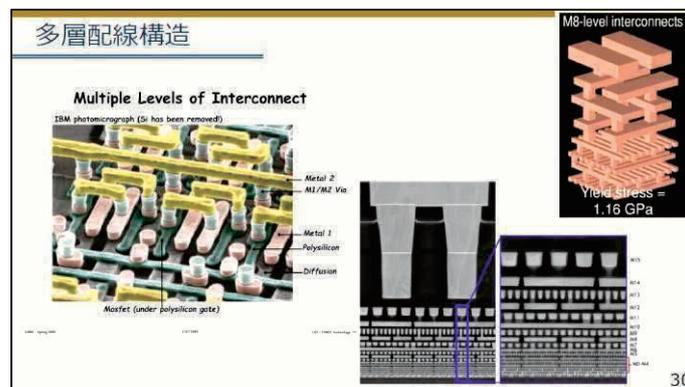
(図 1 2)

## ■ 多層配線構造

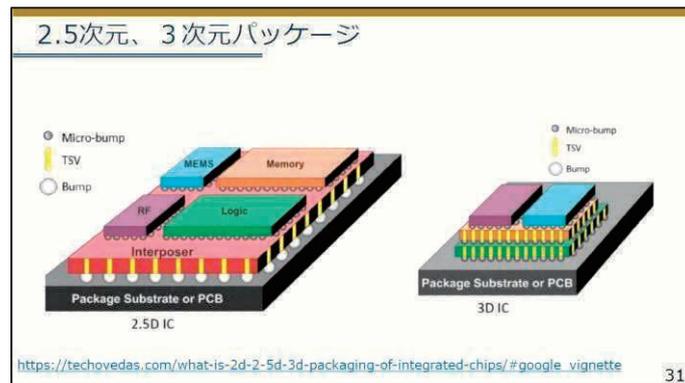
集積回路でもう一つ難しいのは、LSI などの製造には配線が必要なことです。パッケージ上にはいろいろな用途のデバイスが複数あるので、そのデバイス間を配線しないといけません。多層配線というのは、本当に縦横無尽に配線が走っています。だから一時、デバイスを作るよりも配線を作る方が大変だと言われていました。逆に、同じことの繰り返しだから簡単だろうとか言う「野蛮」な人もいますが、僕は多層配線をやっていたので、よく言うよと言いたい。これはこれで芸術品です。(図 1 3)

さらに最近はデバイスだけではなくて、むしろパッケージの方もいろいろな技術が開発され、競争もホットになっています。例えば、ロジックとかメモリ、MEMS や RF などのチップを、インターポーザー(配線用のサブ基板)に貼り付けて 1 パッケージ化する方式が、最近「2.5D IC」、2.5 次元の IC と言われているものです。あるいは直接チップを重ねる「3D IC」、3 次元 IC があります。要は、貫通孔を開けてウエハを上下に重ねて配線するという技術も今開発されています。

今のところ、2.5D の方が安くできるということで、こちらがどんどん使われていますが、究極的には 3D で直接ウエハを重ねた方が高密度になるので、その技術も今一生懸命開発が進められています。ここらあたりは、単にシリコンウエハでデバイスを作るだけではなく、インターポーザー、貫通孔、バンプという金属の接触のところをどうするのかということで、材料などの開発がすごくホットになっています。(図 1 4)



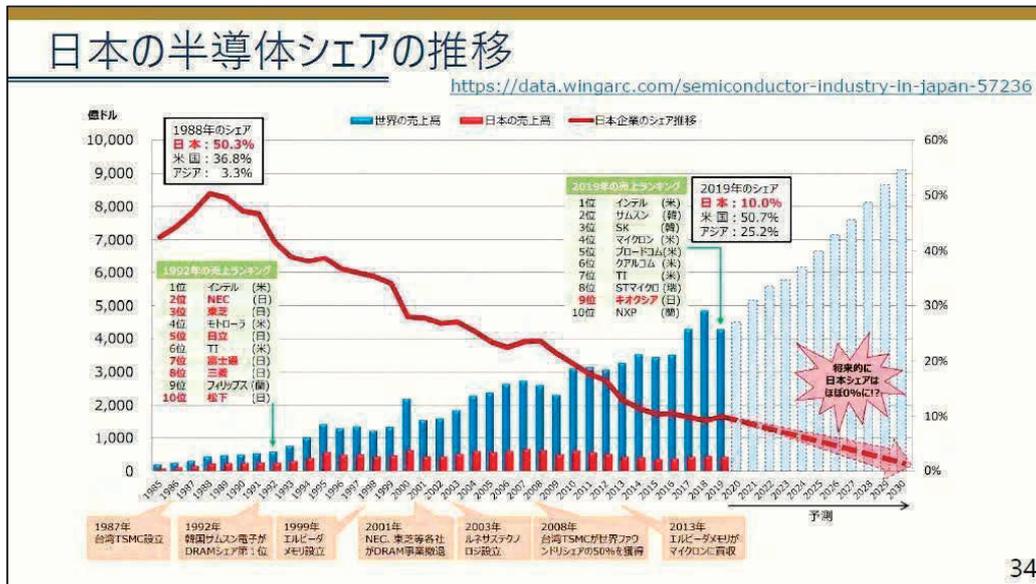
(図 1 3)



(図 1 4)

### 3. 半導体（最悪だったが、変化があるような……）

ピークだった 1988 年、日本の半導体シェアは 50%を超えていました。それ以降のシェアの推移は、本当に見るのも嫌になってくるのですが、DRAM だけだったらもっと圧倒的なシェアがあった時代から、きれいに落ちてくるのですね、もの見事に。(図 1 5)



(図 1 5)

1988 年に何があったかという、日米半導体摩擦とかいろいろあるのですが、実はその元になっているのが『ヤングレポート』です。当時のレーガン大統領に出されたこのレポートは、要は「日本にシェアをどんどん取られて困るから、とにかく 5 年以内にシェアをひっくり返せ」と。そして、「ひっくり返す方法を考えろ」と言われて、アメリカの半導体業界から出てきたのが、「SIA ロードマップ」です。

ロードマップというのは、目的があり、その目的に到達するためには何をいつまでにやらないといけないのかを定めたものです。

当時 SIA (Semiconductor Industry Association 米国半導体工業会) ロードマップと言われていましたが、実際 1988 年頃のものアメリカ国内だけあって、国外には公開されていません。とにかく、アメリカの半導体メーカーが、日本とのシェアをひっくり返すために、5 年以内に何をやらないといけないのかというのをまとめたもので、実際、88 年からちょうど 5 年目の 93 年に、日本のシェアとアメリカのシェアがクロスします。

そしてアメリカと日本のシェアがひっくり返った 1993 年以降は、SIA ロードマップの冊子が、日本にも漏れてくるようになりました。そして、95 年、96 年あたりから「ITRS (International Technology Roadmap for Semiconductors 国際半導体技術ロードマップ)」に変わるので、もうシェアはひっくり返したから、今度は私たちの言うことを皆さんに聞いていただきましょうということで、オープンにしたわけです。

1990年代、日本の半導体関連メーカーの人は、SIA ロードマップの情報をどうやって集めようかと一生懸命やっていたのだけれど、したたかにシェアをひっくり返されるきっかけとなったあのロードマップは、本当に素晴らしかったと思います。

## ■ 日本半導体の衰退について

日本の半導体の衰退については、日米半導体摩擦に続く日米交渉もあるのですが、テクノロジーの方から考えるとまた別の側面が見えてきます。80年代後半から90年代初頭まで、日本はメインフレーム用のDRAMを中心に頑張っていました。品質は最高でした。

要は、メインフレームのコンピュータにエラーがあつてはいけなからです。

ところが、1990年代からパソコンがどんどん出てきました。パソコン用では、品質保証10年なんて全然必要ないのです。パソコンは、この頃から5年使っている人はほとんどいかなかったと思います。だから10年保証なんか不要だし、そこそこの性能でいいというマーケットになりました。

さらに1990年代、0.25 $\mu$ m世代から、TSMCのファウンドリビジネスが立ち上がってきます。この当時もよく言われたのですが、製造装置を買ってきて、作ってみたら、できた。装置メーカーの技術が高くなったので、とにかく半導体の製造装置を買ってきて、教科書通りのレシピで作ったらできてしまった、ということです。

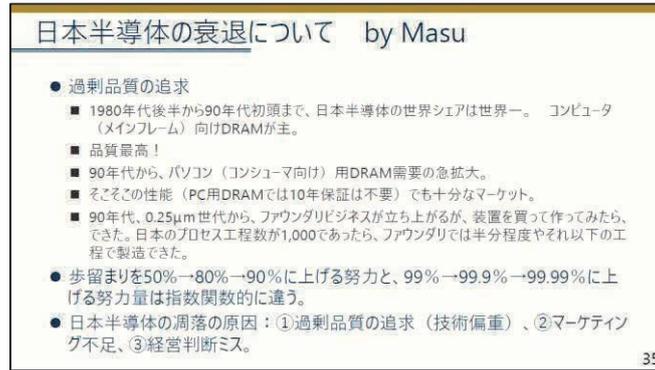
当時、日本は最高の品質を保つためにすり合わせをやっていたので、製造にはプロセスが1000工程ぐらい必要でした。ところが、ファウンドリが教科書通りにやったら、プロセス数は1/4ぐらいでできてしまった。日本人に限らず、製造プロセスをちょっと改良しようとなった時に、既存のプロセスは変えず、アドオンしていくのがふつうです。でも、そういうのを知らずにゼロベースで始めたらできてしまったというのが、ファウンドリビジネスの最初の立ち上げだったわけです。

それともう一つ、歩留まりを50%から80%、80%から90%に上げる努力と、90%から90.9%、99.99%と上げていく努力、どちらが大変かというと当然あとの方です。日本メーカーは、そのように指数関数的に大変な努力をしていました。やってきた人たちに言うと怒られてしまうけど、結局、過剰品質の追求、技術の偏重が競争力の低下を招いたことがあります。それと、何が売れるかということへのマーケティングの不足があります。

あとは、2000年代以降の経営判断ミス、投資ミスです。

日本の半導体メーカーは総合電機メーカーの一部門で、アメリカの半導体専門メーカーのように命をかけて半導体を作っていたわけではない、とかいろいろ言われるけれど、やはり結果としては、経営判断ミス、投資ミスがあつたと言われても仕方ないだろうと思います。

(図16)



(図 1 6)

ちなみに私は、東工大の学長をやっていたのですけれど、この歩留まりを上げる努力というのは、入試の試験問題のミスをなくす努力とよく似ています。大学で入試ミスをやるともうマスコミが飛んできて鬼の首を取ったように言われます。なので、入試ミスをなくすためにどれだけ先生が苦勞しているかという、何十回も見てチェックしているのです。

そのための教員の人件費は馬鹿にならないものです。

入試ミスぐらいしたっていい、とは言ってはいけないのだけれど、日本人はこういう場面でやりすぎるというのが、いろんなどころに出てきているなどは思います。入試ミスがあっても、その分合格者数に余裕を持っていればいいだけの話なのですけれど、それを許さないのが日本の文部科学省です。

## ■ 私の歴史認識

コロナの時に、ある人が「コロナショック」「コロナ敗戦」と言っていました。

日本はワクチンもできなかつたし、対応にも失敗して経済が低迷しました。

そのコロナ禍があった 2020 年から 75 年前を見たら 1945 年で、1945 年から 75 年前を見たら 1870 年。起点を換えて 2022 年から見ると、1945 年は 77 年前で、その 77 年前が 1868 年で明治維新になります。

ということは、もう明治維新から考えてみると、維新を経て、日本は欧米列国に追いつけ追い越せで頑張っ、日露戦争に勝って欧米に追いついたと勘違いした。その勘違いのまま世界に打って出て、コテンパンにやられたのが 1945 年。ちょっとやりすぎたかもしれないけど、その後、日本は高度経済成長するわけです。そして 2022 年には、もう 1 回コロナ敗戦。これまたボロボロになったのだから、もう 1 回 1945 年に戻ってゼロベースでやり直せばいいのではないかと僕は考えました。

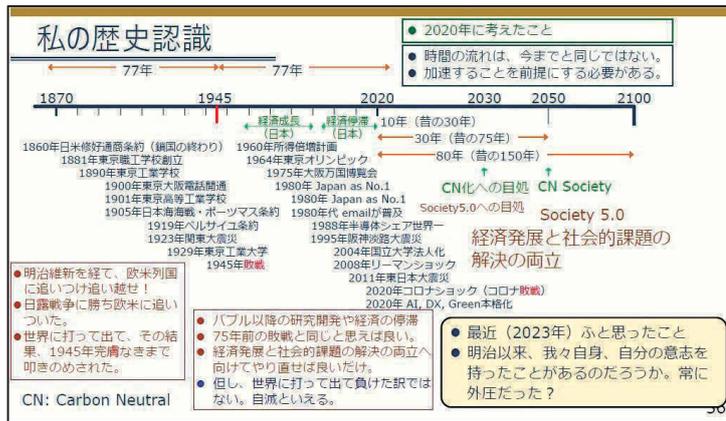
ところがふと思ったのは、1945 年からわれわれは経済成長してきたわけですが、残念なことに明治以来、われわれ自身、自分の意志を持ったことはあるのか、と。

結局、明治維新も黒船が来て、仕方がなくてやったのです。1945 年の敗戦後の高度成長も、朝鮮動乱から始まるのです。自分たちが本当に成長したいと思っていたかと言われるとそうではない。1979 年に『ジャパン・アズ・ナンバーワン』という本がありました。

日本は素晴らしいと書いてあって日本人は舞い上がってしまったわけです。確かにある分野ではナンバーワンになったかもしれないけれど、そもそもわれわれは、自分たちが何かをしたいと本当に思ったことがあるのか、ということなのです。

結果としては、「思ってこなかった」としか言いようがありません。

だから停滞の 30 年は必然だったのかもしれない。自分たちが何をしたいのかという意思を持っていなかったのですから。今度は本当に、自分たちは何をしないといけないのかという意志をまず持つことが、すべての分野において重要だというのが、僕がコロナ敗戦の時に思ったことです。(図17)(図18)(図19)



(図17)

停滞の30年のまとめ (1)		恐るべしChatGPT!
項目	平成の30年の停滞	半導体産業の衰退
起点(転換点)	● 1990年代初頭(バブル崩壊)以降、日本経済が長期停滞	● 1986年「日米半導体協定」→日本の半導体企業が市場競争で不利に
世界的な環境変化	● 冷戦終結とグローバル化により、米国・中国が経済の中心に移行 ● IT革命・デジタル化が進み、ソフトウェア産業が台頭	● 台湾(TSMC)、韓国(サムスン)が台頭 ● 米国は半導体設計(ファブレス企業)にシフトし、TSMCなどと連携
日本の対応の問題点	● 企業がリスク回避、「守りの経営」にベンチャー・スタートアップ文化が育たず、技術革新が遅れた ● 終身雇用・年功序列の硬直化により、新産業が育たなかった	● 「高品質・高性能」にこだわりすぎ、コスト競争で敗北 ● 経営の失敗(NEC・東芝・日立などが半導体事業を縮小) ● TSMCの「ファウンドリモデル」に適応できず
政府の対応	● デフレ対策に失敗(金融緩和が遅れた) ● IT産業育成に消極的で、GAFAのような企業が育たなかった ● 規制改革が進まず、新技術の導入遅れ	● 日米半導体協定を受け、政府の半導体産業支援が弱まった ● 90年代以降、国の支援が減り、投資が鈍化 ● 経産省の産業政策が遅れ、戦略的な支援が不足

37

(図18)

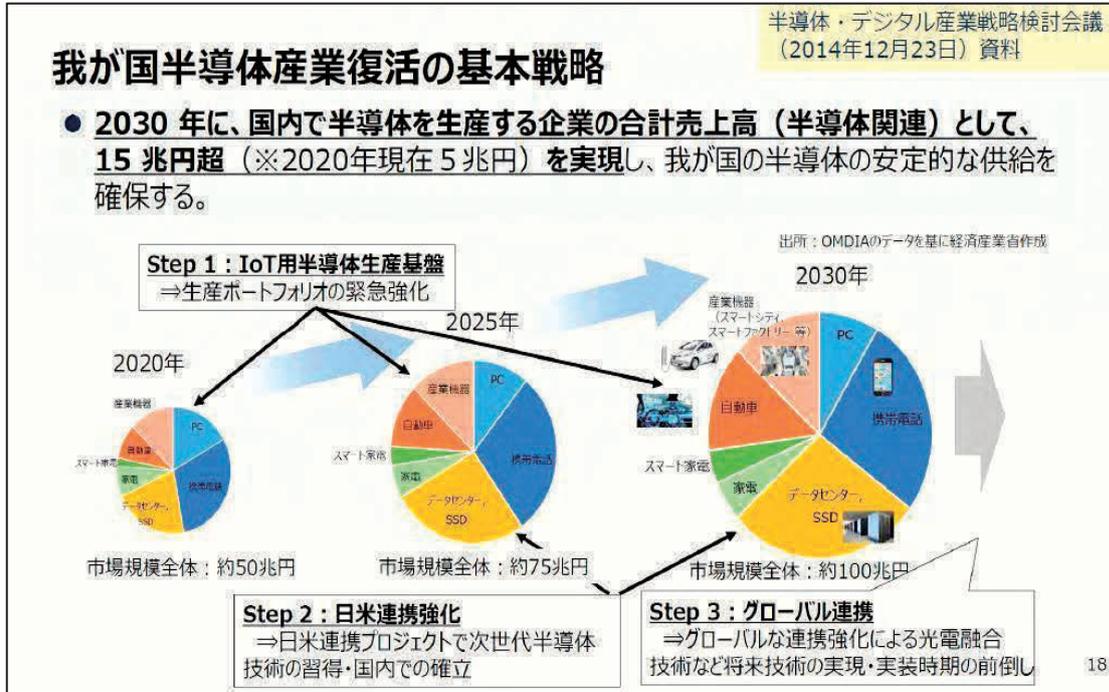
停滞の30年のまとめ (2)		恐るべしChatGPT!
項目	平成の30年の停滞	半導体産業の衰退
技術の進化への対応	● ソフトウェア・AI・データ活用が弱く、世界の技術潮流に乗れなかった ● DX(デジタルトランスフォーメーション)が遅れた	● 半導体設計(EDAツール)や製造技術(EUVリソグラフィ)の開発に出遅れた ● 最先端プロセス(2nm以下)の開発競争で脱落
チャンスはあったか?	● 1990年代後半(IT革命)→日本がソフトウェア・インターネット産業に投資していたれば成長できた ● 2000年代前半(グローバル経済)→中国・東南アジア市場に積極展開すれば競争力を維持できた	● 1990年代後半(ファウンドリ時代の幕開け)→TSMCと同じ戦略を取れば生き残れた ● 2010年代(EUV技術の開発)→最先端プロセスに投資を続けていれば、サムスン・TSMCと戦えた
現在の動き	● DX・AI・脱炭素分野で再起を図る ● スタートアップ支援を強化(岸田政権の「スタートアップ育成5か年計画」など)	● TSMC熊本工場の建設(日本の半導体製造能力を強化) ● Rapidusの2nm開発計画(最先端技術を取り戻す挑戦)

38

(図19)

## ■ 半導体（具体的な投資）

皆さんご存じのように 2024 年、経済産業省が「わが国半導体産業復活の基本戦略」として、半導体・デジタル産業戦略検討会議で、2030 年に国内で半導体を生産する企業の合計売上高 15 兆円程度を目指す」と表明しました。（図 2 0）



(図 2 0)

Rapidus は、次世代 2nm 半導体の量産を目指すとして政府が約 9200 億円を支援します。そして、TSMC 熊本工場を誘致し、LSTC(技術研究組合最先端半導体技術センター)への投資も行おうとしています。LSTC というのは、技術開発もやっていますし、人材育成についても考えているという技術研究組合です。（図 2 1）（図 2 2）

### 半導体（具体的な投資）

- 主な政府支援先：
  - Rapidus：次世代2nm半導体の量産を目指す。政府から約9,200億円の支援
  - TSMC熊本工場：TSMC（台湾の半導体大手）の日本工場に対し、約4,600億円の補助金が提供
  - LSTCへの技術開発投資
- 今後の計画：
  - 2030年度までに、政府は追加で10兆円以上の支援を行うと発表
  - 官民合計で50兆円以上の投資を目指し、半導体産業の強化を図る。

41

(図 2 1)

## LSTCについて

半導体・デジタル産業戦略検討会議  
(2014年12月23日) 資料

- 次世代半導体の量産技術の実現に向けた研究開発拠点として「技術研究組合最先端半導体技術センター (Leading-edge Semiconductor Technology Center (LSTC))」が2022年12月に設立。
- 研究開発においては、研究開発策定責任者委員会にて、国内外の産業界のニーズを基に、次世代半導体の設計・製造に必要な研究開発テーマを策定。各研究開発部門にて、国内外の企業・研究機関と連携しながら、次世代半導体に資する研究開発。今後必要と考えられる研究開発については、ロードマップを作成するとともに、米NSTCや欧州研究機関にも共有し、さらなる連携強化を図る。
- 人材育成においては、オールジャパンで半導体人材育成に取り組むための旗振り役として、人材育成検討委員会及び3つのワーキンググループを設置し、国内外の関係機関との連携を強化し、その取組の具体化を検討。次世代半導体の設計・製造基盤を担うプロフェッショナル・グローバル人材の育成や主に地域単位の取組が担う技術・技能系人材の育成を目指すとともに、次世代半導体の需要となる新産業の創出を目指す。
- 社会実装を意識した研究開発や産業界からのニーズを人材育成の取組により取り込むため、組合員等への参加を通して民間企業の参画を強化。

**LSTC**  
技術研究組合 最先端半導体技術センター  
Leading-edge Semiconductor Technology Center

理事長 車 広郎	アカデミア代表 五神 真、藤井 輝夫、大野 英明、冨金 清博、益 一哉
研究開発策定委員会 石丸 一成 (Rapidus) 昌原 明樹 (産業技術総合研究所) 黒田 忠広 (東京大学) 平本 俊郎 (東京大学) 須川 成利 (東北大学) 知京 豊裕 (物質・材料研究機構) 香沼 克昭 (大阪大学) 小池 淳哉 (Rapidus)	設計技術 黒田 忠広 デバイス技術 平本 俊郎、若林 豊 プロセス・装置技術 須川 成利 材料技術 知京 豊裕 3Dパッケージ 香沼 克昭 新産業創出 平山 昭輝
人材育成検討委員会 益 一哉	大学・地域・産業界連携WG 戸津 健太郎 設計人材WG 池田 誠 新産業創出人材WG 大橋 匠

組合員及び準組合員※2024年11月時点

(図 2 2)

文部科学省も頑張ってやらないといけないということで、全国レベルでの次世代の人材教育、それと研究設備の整備、研究開発に予算をつけ始めました。(図 2 3)

その施策から一つだけ紹介すると、「半導体に関連するものづくり・基礎人材の育成」のための「enSET」(Education Network for Semiconductor Technologies 半導体人材育成拠点形成事業)の拠点として、この 10 月、7 つの拠点大学が採択されました。(図 2 4)

### 次世代半導体の研究開発・研究基盤・人材育成施策

令和7年度予算額(案) 50億円  
(前年度予算額) 43億円  
令和6年度補正予算 76億円

文部科学省

文部科学省  
令和7年度予算(案)のポイント

**概要**

- 産業競争力や経済安全保障(戦略的自律性・戦略的不可欠性)とともに、地域経済の成長の観点からも重要性が増している半導体について、経済産業省と連携しつつ、アカデミアによる次世代半導体の研究開発等を推進。
- 国内外の優秀な人材を惹きつける魅力的な研究環境を構築するため、人材育成の取組と連携しつつ、共通の・基盤的な研究設備について拠点内外での共用が可能となる仕組みを構築。
- 次世代の高度人材や基盤人材を育成するため、全国/地域レベルでの産学協働の実践教育ネットワークを構築。

**省エネ・高性能な次世代半導体の研究開発** ※()は令和6年度予算額、【】は令和6年度補正予算額

- アカデミアの中核拠点等における次世代半導体の研究開発 23億円(23億円)  
X-nics事業(新たな切り口での半導体創生を目指す拠点形成)やINNOPEL事業(GaN等を用いたパワーエレクトロニクス研究開発)を通じ、次世代半導体の基礎・基盤的な研究開発等を推進
- 半導体研究基盤の整備  
●半導体基盤プラットフォームの構築(マテリアル先進リサーチインフラ(ARIM)の強化) 22億円(21億円)【66億円】  
研究開発の裾野拡大のため、マテリアル先進リサーチインフラ(ARIM)を活用しつつ、研究基盤となる設備を整備するなど、分散・ネットワーク型拠点を整備・強化
- 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 6億円(新規)【10億円】  
次世代の高度人材や基盤人材の持続的な育成に向け、各大学等の特色や地域性等を踏まえつつ、ネットワークを生かした教育プログラムの展開など、産学協働の実践的な教育体制を構築
- 半導体に関連するものづくり・基礎人材の育成 【74億円(DXハイスクール事業)の内訳】  
即戦力として半導体産業を支える人材や将来の高度人材等の育成に向け、半導体に関する教科・科目の設置など、高等学校段階における産業界と連携した半導体人材育成に資する取組を支援

“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 → 研究基盤 → 人材育成

(担当：研究開発局環境電子部一課、研究指図局基盤・基盤研究課、参事官(ナノテクノロジー・物質・材料担当)付、高等教育局専門教育課、初等中等教育局参事官(高等学校担当)付)

●予算額などは大きく変化しているが、半導体研究、施設整備、教育に文科省としても予算を配分し、促進しようとしている。

●予算についても、省庁の壁を越えた取り組みがなされようとしている。

(図 2 3)

## 成長分野を支える半導体人材の育成拠点の形成 (enSET)

enSET : Education Network for Semiconductor Technologies

	拠点校名	連携校名	事業名称
1	北海道大学	室蘭工業大学、北見工業大学、公立千歳科学技術大学、北海道科学大学、函館工業高等専門学校、苫小牧工業高等専門学校、釧路工業高等専門学校、旭川工業高等専門学校、九州工業大学	半導体を「つくる」「つかう」「つなぐ」人材の育成に向けた北海道半導体人材育成プログラム
2	東北大学	弘前大学、岩手大学、秋田大学、山形大学、福島大学	東北半導体タレントハブの構築
3	◎東京科学大学 (運営拠点校)	横浜国立大学、東京理科大学	未来共創半導体イノベーションアリーナ4 (SICA) ～〈半導体設計オーケストレーター〉を輩出する人材育成拠点～
4	名古屋大学	豊橋技術科学大学、三重大学	東海地域半導体実践人材育成拠点
5	大阪大学	京都大学、神戸大学、京都工業繊維大学、大阪公立大学	関西圏半導体人材育成共創拠点の構築
6	広島大学	岡山大学、山口大学、愛媛大学	中四国半導体人材育成加速プログラム-中四国VISTA (Value-Integrated Semiconductor Talent Acceleration) -
7	九州工業大学 (※)	長崎大学、鹿児島大学、佐賀大学、宮崎大学、琉球大学、大分大学、熊本大学	九州沖縄発：半導体産業けん引人材創出エコシステム拠点形成
8	熊本大学、九州大学 (※)	九州工業大学及び熊本大学・九州大学は一つの拠点となることを要件に採択。	半導体製造と設計の知が交差する「新生シリコンアイランド九州」人材育成拠点の形成

44

(図24)

僕はこの採択にも関係させていただきましたので、各大学がいろんなことを考えて人材育成をやっていることを知っています。例えば今日いらっしゃっている方が、半導体に関する事業に取り組んでみようかと思ったら、まず、こういう大学の産学連携本部などにアプローチしたらいいのかなと思います。

では、産学連携はどうやって進むのかと考えた時に、僕が研究者の時は、学会に出ると日本の半導体メーカーの方とか材料メーカーの方がいらっしゃって、そこで「今何をやっているの？」とか「それは、もう昔俺がやったよ」とか話をする。そのうち、いつの間にか自然と、共同研究をするようになったり、そういう感じでやっていました。このようなやり方は、1対1の、個々のチャンネルを使った共同研究です。

もちろん、このような個人のネットワークは大事なわけだけど、今どこの大学も注力しているのは、産学連携本部を使ったより組織的な連携です。

なので、もし皆さんの中で半導体に関連する事業を考えているのなら、僕のいた東京科学大学などの産学連携本部に、まだぼやとした思いつきでも、「うちはこのことをしたいと思っていますのんですけど、ご相談に乗っていただけますか？」と尋ねてみる意味が大いにあると思います。行った方がいいです。少なくとも、下手なコンサルに行くより安くつきます。

大学の先生の話を知りたい、というだけでも大丈夫です。

ただ、大学の先生は千差万別で、難しい話を難しく言う人もいるし、難しい話を簡単に言う人もいます。簡単な話を難しくしか言わない人もいて色々です。なので、何人かとお付き合いしないと本当の情報には得られないかもしれませんが、いろんな人がいるというのが大学の特徴なので、まずは遠慮なく、大学の産学連携本部を尋ねる手はあります。

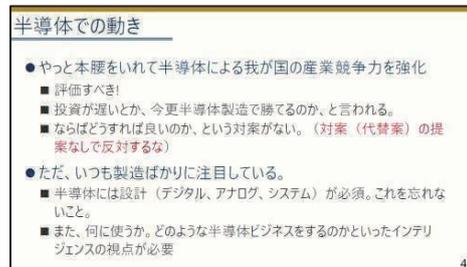
門前払いを食ったら、その大学には二度と行かなくてよいです。折角のお客様を門前払いする大学ですから、遠慮する必要はありません。

## ■ 半導体での動き

日本でも、国がやっと本腰を入れて半導体によるわが国の産業競争力強化に乗り出したという点は、僕は評価すべきだと思います。投資が遅いとか、いまさら半導体製造で勝てるのかとか、反対意見を言う人はたくさんいるのですけれども、でもそういう人に限って、どうすればよいかという対案がありません。ということで、代替案の提案なしに反対するな、というのは僕がいつも言っていることです。

ただし問題は、半導体というと製造のことばかりみんな言うのですね。違うだろうと。

半導体には、デジタルやアナログ、システムなどそれぞれの設計もあります。本日も最初のころに紹介した 2.5D とか 3D などのチップの集積、実装のところの設計は結構大変です。なんでそっちに競争力を求めてくれないのかという不満はあります。そして、何に使うのか、どういう半導体ビジネスをするのかという視点が日本に全く足りていないというのが、一番の問題だと思っています。(図 2 5)



(図 2 5)

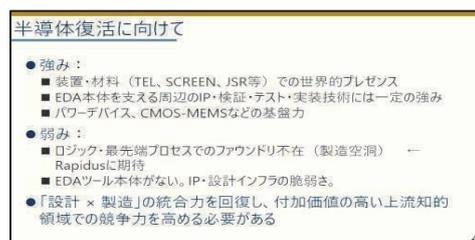
## ■ 半導体復活に向けて

日本の半導体復活に向けての強みは、装置・材料分野で東京エレクトロン、SCREEN、JSR といった企業には世界的にプレゼンスがあることです。また、EDA (electronic design automation 電子設計自動化ツール) 本体を支える、周辺の IP・検証・テスト・実装技術の部分にもちょっと強みがあります。パワーデバイスの分野では若干陰りが見えていますけれども、基盤力があり、CMOS-MEMS なども日本の強みです。

弱みは、やはりロジック系のところですね。

また、EDA ツールの本体がないとか、IP・設計インフラが脆弱であるというのがあります。特にこれからは、「設計×製造」の統合力を回復して、付加価値の高い上流知的領域での競争力を高めて、それを支える製造もある、というやり方を常に考えないといけない。

(図 2 6)



(図 2 6)

## 4. 量子の今（ちょっと紹介）

ここで、今日の本題のアジャイル・ダイナミックソサエティの話をする前に、量子の話をちょっとだけ紹介します。

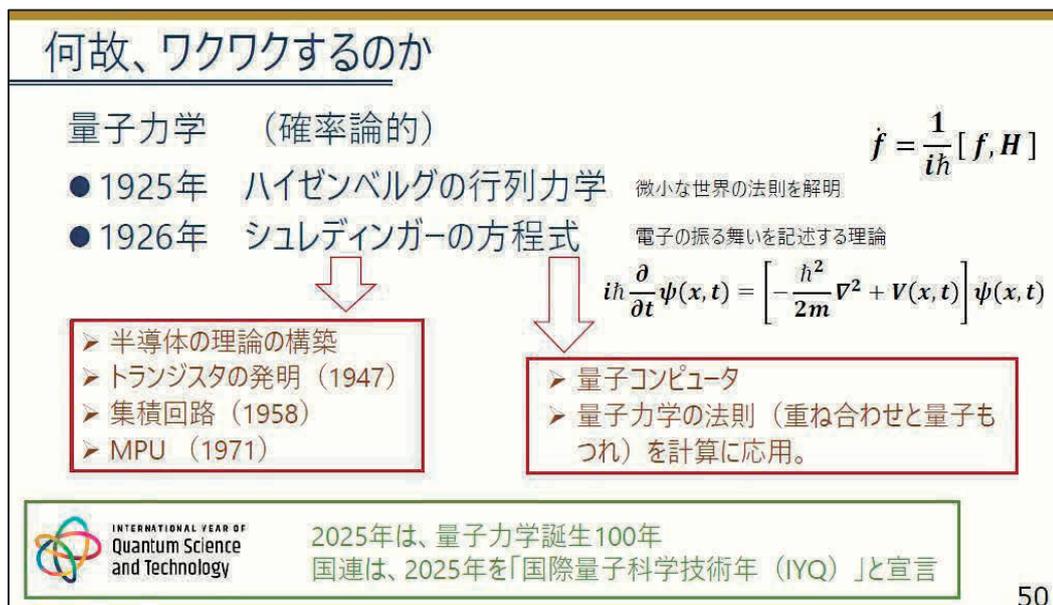
量子力学。頭が痛くなるかもしれませんが、実は 1925 年のハイゼンベルグの行列力学、1926年のシュレディンガーの方程式という言葉は、どこかで聞いたことはあるかと思います。「行列力学」から数えると、今年 2025 年はちょうど 100 年目の記念すべき年です。

そこでユネスコは今年を、国際量子科学技術年（IYQ = International Year of Quantum）と宣言しました。

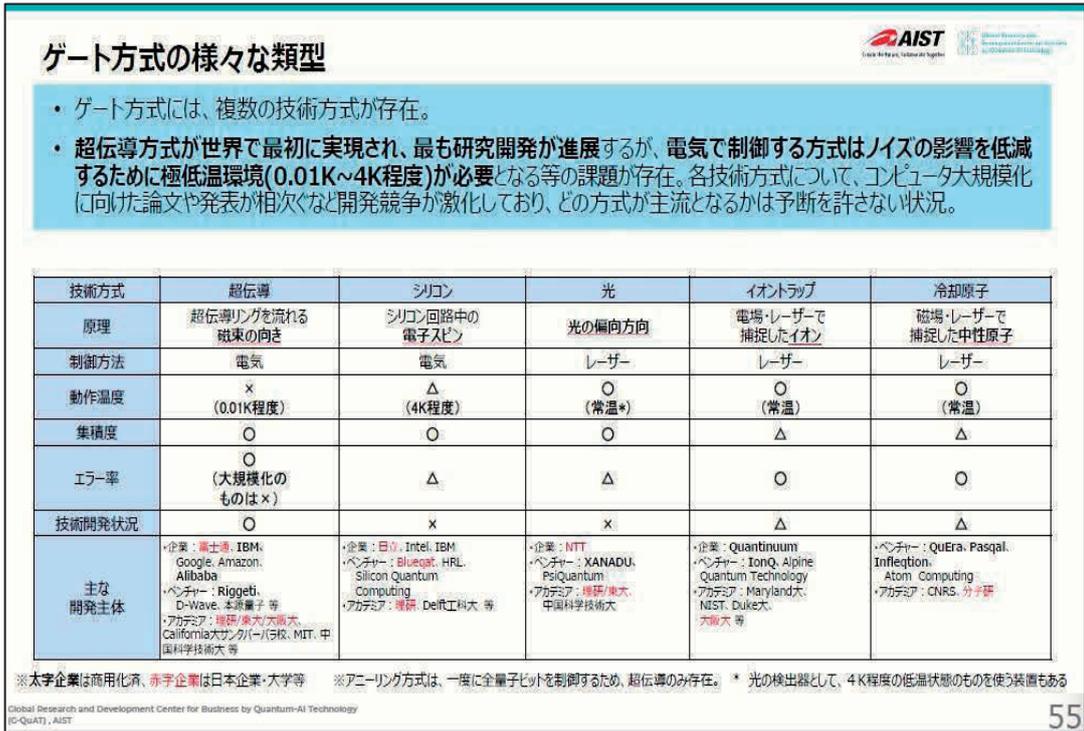
さらに「量子の日」というのもあるのです。プランク定数というのもどこかで聞いたことがあるかもしれませんが、この  $6.62607015 \times 10^{-34} \text{Js}$  をエレクトロンボルトで表すと  $4.14 \dots 10^{-15} \text{eV} \cdot \text{s}$  になるので、4月14日が量子の日になったそうです。（図27）

量子技術にもいろいろありますが、ここでは量子コンピュータに限ってお話しします。量子コンピュータで使用される情報の基本単位を量子ビットと呼びます。その作成にもいろんな方式があって、超伝導で量子状態を表現する方法とか、中性原子を使う方法、シリコンのスピン、イオントラップ、光そのものを使うものなどがあります。実は、どれを使っても量子計算はできるのですが、今何が問題かというところ、量子状態を維持するのがすごく難しいことと、誤り訂正をやらないと使いものにならないことです。そのためかつては、実際に実現するのは 2050 年ぐらいだろうと言われていました。

ところがここ 2、3 年、誤り訂正の画期的な技術などが出てきて、どんどんどんどん実現しそうな時期が前倒しになってきているのですね。（図28）



（図27）



(図 2 8)

## ■ G-QuAT 施設整備状況

そのため日本も、アカデミアだけの研究ではなく、産業化を目的としてできたのが、私の現在いる G-QuAT (Global Research and Development Center for Business by Quantum-AI technology 量子・AI 融合技術ビジネス開発グローバル研究センター) です。

令和 4 年度補正予算で 620 億円、令和 6 年度補正予算で 1000 億円が投じられ、茨城県つくば市の産総研内に本部棟などの建物も建てましたし、計算資源としてスーパーコンピュータと複数の量子コンピュータシステムを設備しました。(図 2 9)

今年 5 月に行われた落成式には、石破首相(当時)も出席されました。重要なのは、われわれは海外とのネットワークを大事にしていまして、この落成式にも、各国の大使館関係者や、NVIDIA、Intel、IBM などの外国企業の関係者も来ていただきました。(図 3 0)



(図 2 9)



(図 3 0)

設備としては、理研と富士通、一部産総研も関係して作った、富士通の超伝導方式量子コンピュータの商用マシンの 1 号機が入っています。アメリカの QuEra Computing 社の中性原子方式の原子量子コンピュータも入っております。それらも NVIDIA の GPU スパコンに接続されます。(図 3 1)

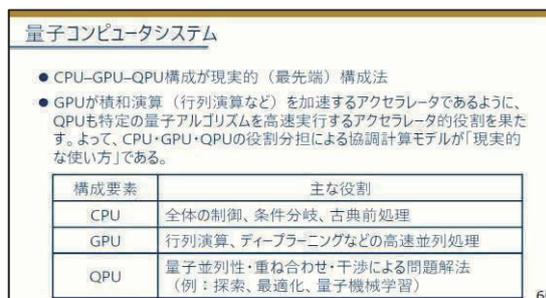
現実的な量子コンピュータシステムの構成は、CPU-GPU-QPU です。

CPU と GPU はご存じかと思いますが、QPU は、量子並列性・重ね合わせ・干渉といった量子アルゴリズムにより問題を解くプロセッサです。計算システム全体としては CPU がコントロールし、高速並列処理は GPU、量子アルゴリズムだけやる QPU というのが現実的な構成になるわけですが、われわれはそれを準備しました。量子コンピュータの方式も、光量子コンピュータを加えた 3 種類を今用意しているところです。

現在、3 種類の量子コンピュータを 1 カ所に集めて、コントロールして、どういう計算ができるか。ソフトウェアスタックがどうなるかとやっているのは、世界中でもわれわれのセンターだけです。そういう意味では世界に一步先んじています。(図 3 2)



(図 3 1)

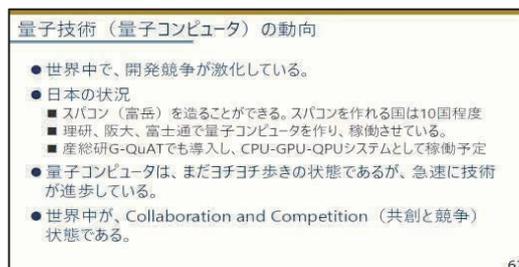


(図 3 2)

## ■ 量子技術（コンピュータ）の動向

世界で量子技術の開発が激化していますが、皆さん、日本の状況をよく考えて下さい。

まず、なんだかんだ言いつつ、日本は自前でスパコンを作る国なのです。そして、なんだかんだ言いつつ、量子コンピュータも動いているのです。なんだかんだいって、これら最先端の技術を開発できる国が日本だということで、当然、それを支える半導体だってできてもいいのではないかと、もう 1 回思い直すのも重要だ、ということをお伝えしたいと思います。(図 3 3)



(図 3 3)

それから、中性原子量子コンピュータを作った QuEra というのは、ハーバードと MIT

のスタートアップの会社です。でも、この規模の 256 ビットのマシンはまだアメリカ本国でも導入されておらず、日本の G-QuAT に入るのが最初のマシンとなります。

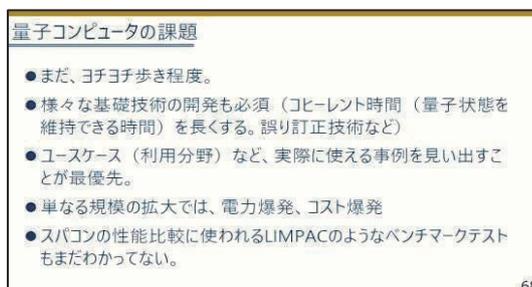
なぜ、最初のマシンが日本に入っているか。実は、中性原子を冷却するためにレーザーを当てるのですが、オプティカルな部分の制御で、カミオカンデをやった浜松ホトニクスという会社の技術が非常に重要で、それと直結しているところはどこかということから、わざわざ 1 号機が日本に来ているのです。もともと日本にそういう技術があるから、最先端のマシンが来るということ、今一度僕らは認識しておかなければいけないと思います。

## ■ 量子コンピュータの課題

量子コンピュータで可能になること、いろいろ期待されていることはたくさんあります。ただ重要なのは、基礎技術の開発も必須で、実はさらに重要なのは、ユースケースです。何にどうやって使うのかという実際の事例を、もっと見つけていく必要があります。

でも、もしこれが使えるとなっても、単に今の量子コンピュータを大きくしていこうとするだけでは、電力爆発、コスト爆発です。集積回路は、先程言った通り、小さくすれば性能はアップするし、同じ電力ですごい計算ができて、コストも安くなるというスケーリング則があったのですが、残念ながら量子コンピュータにはまだそれがない。さらに言うと、スパコンの性能比較に使われる LIMPAC のようなベンチマークテストもないのです。

そういうことを少しずつやってはいるけれど、まだないという状況です。(図 3 4)



(図 3 4)

## 5. 今という時代 Agile Dynamic Society

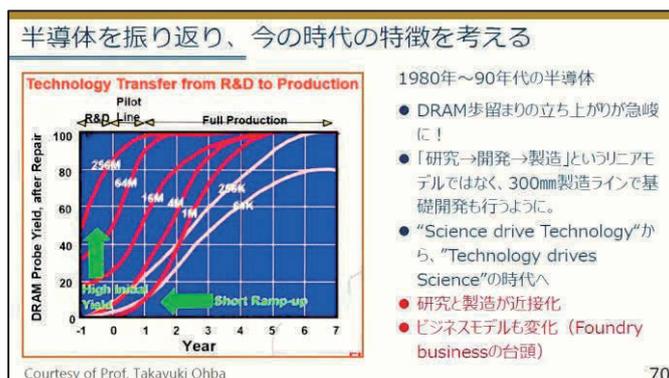
1990 年代、64K DRAM の歩留まりは、何年かかかっても 8 割ぐらいまでしかいきませんでした。それが 256K、1M、4M、16M、64M になると、生産を始めてからすぐに歩留まりが立ち上がるようになってきて、64M、256M になると、もうプロダクションが始まってすぐ歩留まり 8 割になる垂直立ち上げになっています。

要は、昔なら研究所、日立だったらデバイス開発センター、東芝だったら半導体研究所でプロダクションの基礎をやって、プロセスフローを固めて、それで製造に持っていくという順番でやっていたのを、そんなことをやっている場合ではないと、300mm ウエハの製造ラインで一気に基礎開発から実用化までやり始めたからです。

さらにこの頃、昔は科学がテクノロジーをドライブすると思っていたのが、むしろテクノ

ロジーがサイエンスをドライブするような状況も起き始めました。シリコンウエハの表面は原子レベルでフラットになっていますが、誰がやったのだと言ったら、現場で一生懸命エッチングして平らにしていたら、結果アトミックフラットになったと。

テクノロジーを極めればアトミックフラットになって、それがむしろ表面化学というサイエンスをドライブしていったわけです。そういう時代になったのは、1980年代、90年代だと僕は思っています。(図35)

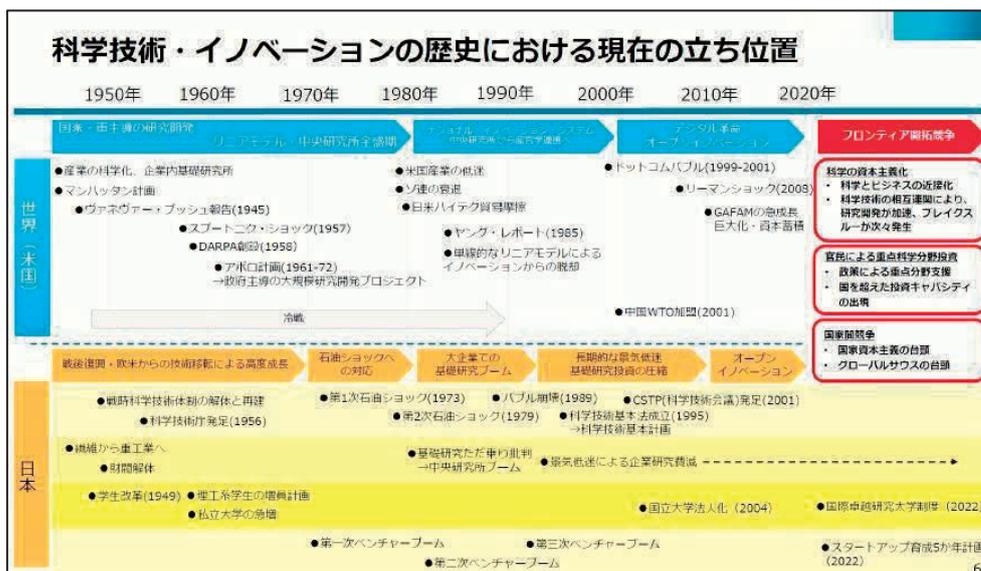


(図35)

## ■ イノベーションモデルの変遷

ここに、経済産業省イノベーション・環境局のイノベーション小委員会が作った「わが国のイノベーション・エコシステムの現状と課題」という資料があります。

この資料で 1950年代から現在までの科学と技術の進歩を見ると、50年代は国とか軍が主導した研究開発があって、70年代、80年代は企業の中央研究所、アメリカであればIBMのTJワトソンだとか、ベルラボとか、RCAのラボとかそういうのが牽引していました。産官学のナショナル・イノベーション・システムを作り出したのが80年代で、90年代になるとデジタル化が進んだことによるオープンイノベーション化が進んだというように、時代によりだんだん変わってきました。(図36)



(図36)

今はどういう時代かという、「フロンティア開拓競争」と彼らは言っているのですが、科学の資本主義化、科学とビジネスがより近接化しています。それから、官民による重点科学分野への投資が進み、国家間競争が激しくなっています。(図37)

要は、昔なら国家が金を出して科学を育てて、技術にして、技術をビジネスにしていたのが、だんだんビジネスが技術にちょっかいを出し、最近はこの技術も基礎科学ともっと近接して、ビジネス、科学、技術が一緒くたになって動いている時代だというのが今の見立てです。(図38)

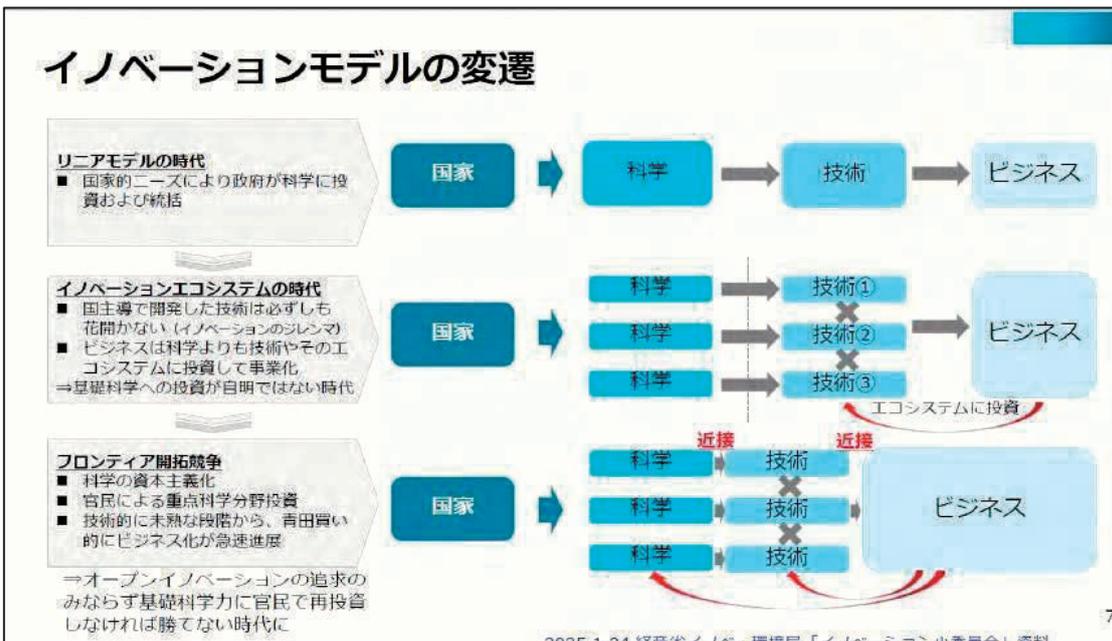
第5回 産業構造審議会 イノベーション・環境分科会 イノベーション小委員会 (2025年1月24日) を英訳

## フロンティア開拓競争

- 科学の資本主義化
  - ✓ 科学とビジネスの近接化
  - ✓ 科学技術の相互関連により、研究開発が加速、ブレイクスルーが次々発生
- 官民による重点科学分野投資
  - ✓ 政策による重点分野支援
  - ✓ 国を超えた投資キャパシティの出現
- 国家間競争
  - ✓ 国家資本主義の台頭
  - ✓ グローバルサウスの台頭

72

(図37)



(図38)

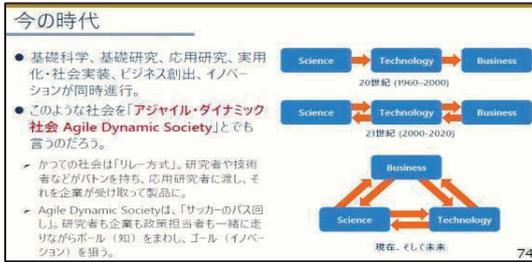
## ■ 今の時代

現在では、基礎科学、基礎研究、応用研究、実用化・社会実装、ビジネス創出、イノベーションが同時進行している。まさに僕は今、量子の世界でこれを感じています。

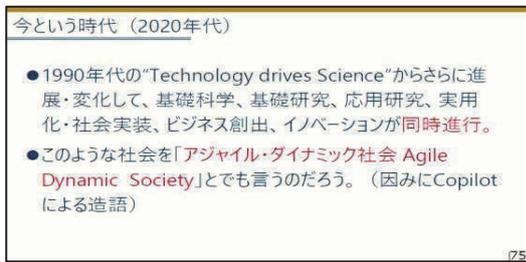
量子力学というすごく基礎的なところで、まだまだ誤り訂正とかいろいろやらないといけないのだけれども、一方でどうやって使うのかということとを並行してやっているのです。

同時進行することによって、どんどんどんどん量子コンピュータ、量子計算というのは、使いものになっていきます。

こういう社会をどう呼ぶのかと Copilot に聞いたら、「アジャイル・ダイナミック社会 Agile Dynamic Society」と返答があったので、僕はこの言葉が気に入っているの、広めているところです。アジャイル（素早く）でダイナミック（動的）に、すべてが同時進行している社会です。（図39）（図40）



(図39)



(図40)

## ■ 最近の半導体・量子・AI

科学と技術のすべての分野でこういうことが起きていますが、国家単位で見ると、すべての分野に投資できるのは、アメリカ、中国のみです。日本も含めた他の国は戦略分野を限定して勝ちを目指していかないといけないのが今の時代だと言われています。（図41）

日本は、持つ（供給）側か、持たない（需要）側か、どちらを選択するのか。好むと好まざるとに関わらず、供給側が世界を支配するのだとしたら、われわれは持つ側に立つ。

やると決めたらやりきる。投資し続ける。研究開発し続けることが必要であるということ、結局は「志」を常に持って、あとはやり続けること、これが一番重要なのではないかと思っています。（図42）

	米国	中国	英国	独逸	韓国	豪州
戦略分野	<p>CSTIの最新リスト (2024/2)</p> <p>637(c)(1) and emerging technologies</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>先進AI/コンピュータ</li> <li>先進ソフトウェア/ハードウェア</li> <li>先進量子/量子技術</li> <li>先進ネットワーク/量子センシング</li> <li>先進ロボティクス</li> <li>AI/機械学習</li> <li>サイバーセキュリティ</li> <li>最先端材料/ナノテクノロジー</li> <li>宇宙/宇宙技術</li> <li>バイオ/再生医療</li> <li>先端製造/製造業</li> <li>先端エネルギー</li> <li>先端航空宇宙</li> <li>先端海洋/海洋技術</li> <li>先端宇宙/宇宙技術</li> <li>先端サイバーセキュリティ</li> <li>先端量子/量子技術</li> </ul>	<p>第14の五年計画 (2021/5)</p> <p>国家戦略的新興産業/重点産業</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>量子技術</li> <li>人工知能</li> <li>先端製造</li> <li>先端材料</li> <li>先端航空宇宙</li> <li>先端海洋</li> <li>先端宇宙</li> <li>先端サイバーセキュリティ</li> <li>先端量子</li> </ul>	<p>英国科学技術戦略 (2023/3)</p> <p>国家戦略的技術分野</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>量子技術</li> <li>人工知能</li> <li>先端製造</li> <li>先端材料</li> <li>先端航空宇宙</li> <li>先端海洋</li> <li>先端宇宙</li> <li>先端サイバーセキュリティ</li> <li>先端量子</li> </ul>	<p>ホワイトペーパー(技術主権) (2023)</p> <p>国家戦略的技術分野</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>量子技術</li> <li>人工知能</li> <li>先端製造</li> <li>先端材料</li> <li>先端航空宇宙</li> <li>先端海洋</li> <li>先端宇宙</li> <li>先端サイバーセキュリティ</li> <li>先端量子</li> </ul>	<p>12大国家戦略技術 (2022/10)</p> <p>国家戦略的技術分野</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>量子技術</li> <li>人工知能</li> <li>先端製造</li> <li>先端材料</li> <li>先端航空宇宙</li> <li>先端海洋</li> <li>先端宇宙</li> <li>先端サイバーセキュリティ</li> <li>先端量子</li> </ul>	<p>産業科学技術重点 (DSK)の主要なクリティカル/テクノロジー (2023/3)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>先端製造</li> <li>先端材料</li> <li>先端航空宇宙</li> <li>先端海洋</li> <li>先端宇宙</li> <li>先端サイバーセキュリティ</li> <li>先端量子</li> </ul>
注	<p>全ての分野に注力できるのは、米国と中国のみ</p> <p>その他の国は、戦略分野を限定せざるを得ない。</p>					

(図41)

**最近の半導体・量子・AI** 結局は「志」をもち、やるか  
(やる気や気合) である!

- 最先端技術 (半導体、量子、AIなど)
  - もつか (供給) 側か、持たない (需要) 側か、どちらを選択するのか?
  - 好むと好まざるにかかわらず、供給側が世界を支配する。
- やるなら、やり切る (投資し続ける、研究開発し続ける) ことが必要。
- 量子コンピュータの状況
  - とてつもない可能性を秘める。一方で、未だ疑心暗鬼。
  - Global collaboration and competition
  - 日本は、スパコンや量子コンピュータを独自で開発できる能力をもつ数少ない国であることを再認識し、研究開発、ビジネス展開に取り組むべきである。

77

(図 4 2)

日本がやるべき最先端技術分野は、半導体、量子、AI などの領域です。

日本の政府は本当に本気かということになるのですが、2020 年、安倍政権から菅政権に変わった時に、「2050 年カーボンニュートラル (温室効果ガス実質ゼロ)」を目指すことを公式に宣言しました。その時に政府は、グリーンイノベーション基金 2 兆円 (現在は 2.8 兆円) の投資を決めています。同じ頃にちょうど Rapidus への支援など半導体もやるぞと決めて、量子・AI 支援もやるぞと決めました。(図 4 3) (図 4 4)

少なくとも日本政府は停滞の 30 年、ずっと、うにやうにや言っていたのだけれど、こういう重点分野に投資して、リスクを背負ってでもやると決めたということ、今一度、皆さんにもご理解いただきたい。何を言いたいかというと、全然投資してないのは大会社だろうということをお願いいたします。

**2021年グリーンイノベーション基金 (GI基金) の創設**

- 気候変動対策の国際的要請 (背景)
- 日本政府の脱炭素宣言と政策転換 (2020年10月)
  - 当時の菅義偉首相が所信表明演説で「2050年カーボンニュートラル (温室効果ガス実質ゼロ)」を公式宣言
  - これを契機に、経済・産業界においても脱炭素技術開発と産業移行への関心が急速に高まる。
- 2021年: グリーンイノベーション基金 (GI基金) の創設
  - 当初2兆円 (後に増額)
  - 「10年間で重点14分野に継続的に支援」\*という異例の長期・大型支援が特徴

80

(図 4 3)

**日本の挑戦はGI基金から始まった**

年	政策・予算	主な対象分野	特徴
2020年10月	2050年カーボンニュートラル宣言 (菅首相)	脱炭素・再エネ・グリーン技術	政治的転換点
2021年1月~	GI基金 (2兆円) 創設	水素、CCUS、アンモニア、蓄電池、グリーン素材など	長期・集中投資の初事例、政府主導の「ミッション型政策」開始
2021~22年	半導体支援: TSMC熊本、Rapidus等 (経産省主導)	製造基盤、先端ロジック、設計支援	GI基金方式を民間製造にも適用し始める
2022~23年	量子・AI支援: Q-LEAP、OIH、G-QuAT (産総研)、AI戦略基金など	基礎~応用技術、人材育成、社会実装	複数府省にまたがる大型戦略投資に展開
2023~24年	GX株実移行債 (150兆円規模構想)	ITネットワー産業・デジタル・脱炭素	GI基金の経験を踏まえた新スキームへ進化

\*半導体・AI・量子などに対する現在の最大規模な政府投資の潮流は、GI (グリーンイノベーション) 基金によって始まった。\*国家的な長期戦略投資の先行モデルである。

81

(図 4 4)

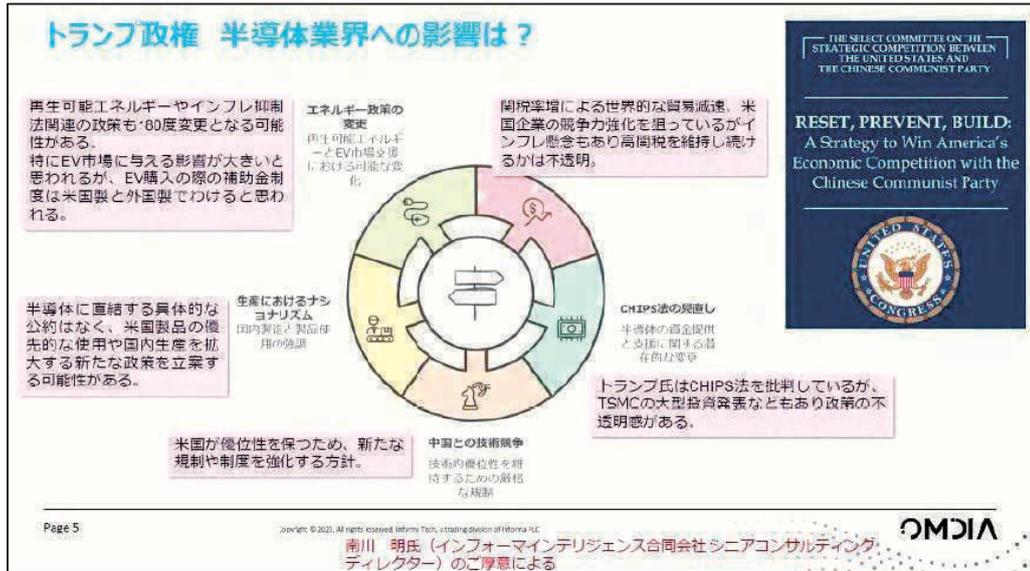
## 6. 半導体の勝ち筋は?

### ■ 米国の動きと技術動向

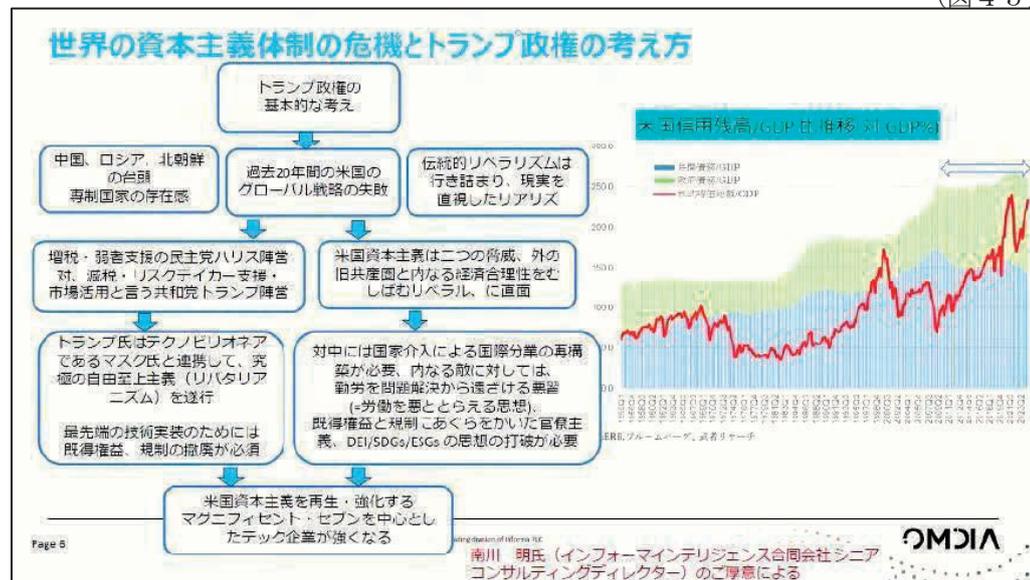
ここからは、南川さん (インフォマティクス合同会社 シニアコンサルティグディレクター 南川明氏) の資料をもとに、アメリカの動きと技術動向についてお話していきます。

トランプ政権の半導体業界に関する政策は、はっきりしません。トランプ氏は CHPS 法 (アメリカの半導体エコシステムの強化を目指すための法律) を批判しているが、TSMC の大型投資発表は歓迎するなど、不透明感があります。(図 4 5)

とはいえトランプ政権は、米国資本主義を再生・強化する、マグニフィセント・セブンを中心としたテック企業が強くなる、といったことを考えているだろうと。(図 4 6)



(図 4 5)



(図 4 6)

では、その中でわれわれはどうやって成長を目指すかということです。

中国とインドについては、南川さんが面白いことを言っていました。

彼の 7 月時点での見立ては、中国は元高により製造業の競争力が落ち、日本とインドは回復が期待できる。インドはなんとなく IT 系の会社が強いというイメージをわれわれは持っているのだけれど、どうもインドも半導体製造をやりたいがっているらしい。だから、日本とインドをうまくつなげるといのは、非常に重要なのでないか、と彼は話していました。

(図 4 7)

それでは、その半導体のチップをどこに使うかというと、やっぱりそれは「エネルギー不足」「水・食糧不足」「交通渋滞」「医療不足」「環境問題」、そういうところをサイバーフィジカルシステムで解決していく。(図 4 8)

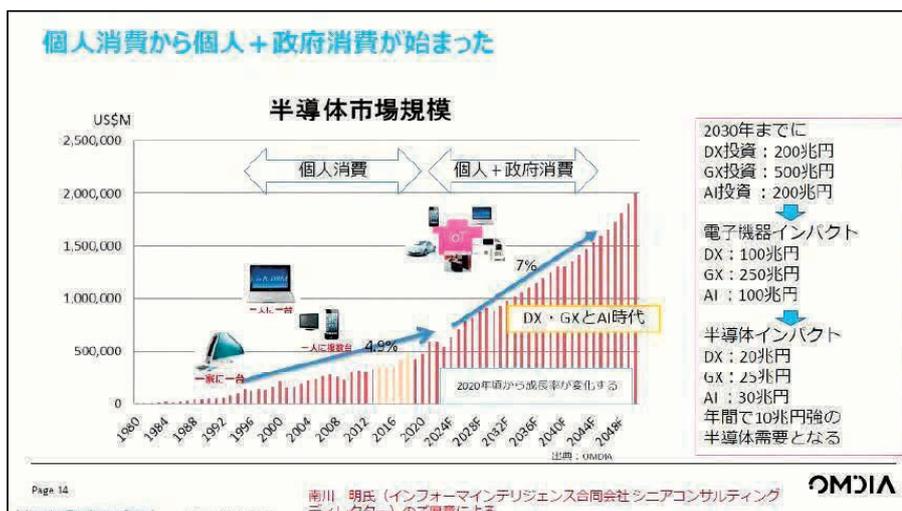


(図 4 7)



(図 4 8)

半導体の市場規模は、2024 年までは個人消費で伸びていたけれど、今後は「個人+政府消費」、政府が DX・GX と AI で社会をどう変えるかというニーズが出てくるので、規模が大きくなって成長率も高くなる。ちょうど 2025 年頃から成長率の変化があるということを彼は言っていました。(図 4 9)



(図 4 9)

## ■ ECI (Economic Complexity Index) を起点に考えてみる

次に、少し違う観点から半導体をみたいのですが、ECI (Economic Complexity Index 経済複雑性指標) という経済指標があります。これは 1995 年にハーバード大学の人が作ったもので、日本はこの指標で、95 年以降 20 年以上ずっと 1 位です。

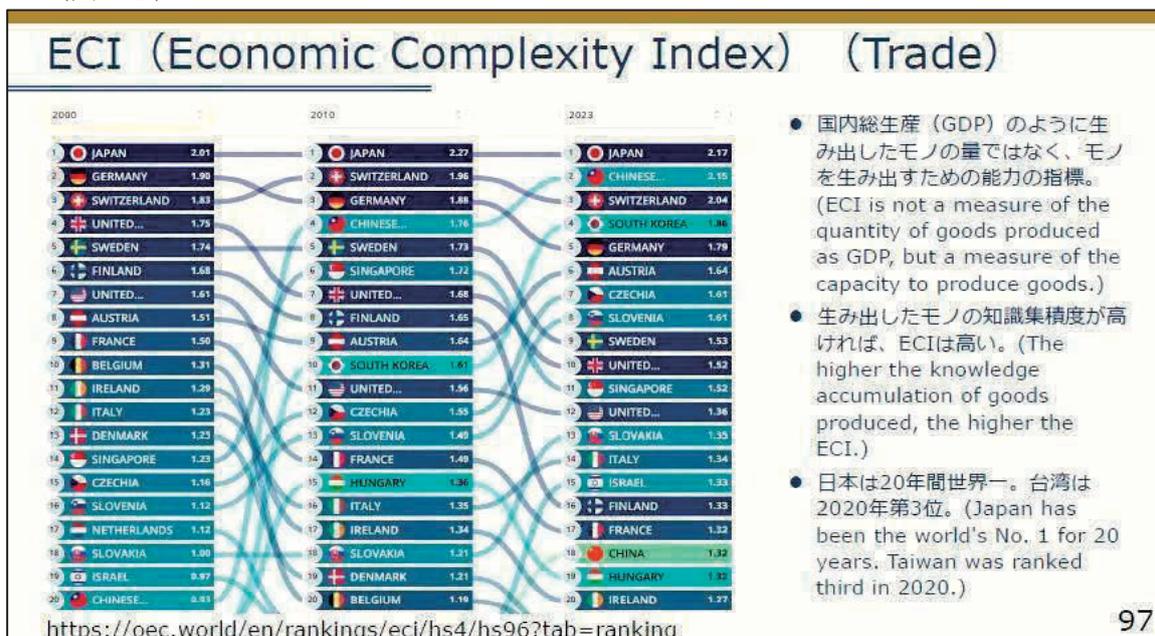
ECI は、GDP 国内総生産のように生み出したものの量ではなくて、ものを生み出すための能力の指標です。生み出したものの知識集積度が高ければ、ECI は高い。だから原料しか作っていない、石油だけしか掘ってない国の ECI は低く、複雑なものを作れる国が高いと。日本はそういう複雑性において、世界に誇れる国であるのは確かです。

別な言い方をすると、さまざまな業種業態の会社が存在していることが日本の強みだということです。中堅・中小企業が非常にバラエティに富んでいるということ、これが 1 位の原因です。(図 5 0)

ただしここも、可能性があるというだけであって、それを結果に結びつけるには、複雑性を束ね直すという視点で、「産業政策の再構築」「国際協力の再構築」「教育と研究の再構築」が必要です。経済複雑性がさまざまなモノやコトを生み出す原点であることと、中小企業が多々あることを生かすという観点から、地方創生と中小企業のあり方を再考すべきだというのが一番言いたいことです。

その上で、複雑性が高いことを意識したグローバルサプライチェーンのチョークポイントを押さえる施策を実行しなければなりません。中堅・中小企業の方は、それぞれに競争力を持っています。だけれどもその競争力が、半導体なら半導体、量子なら量子のサプライチェーンのどこを握っているのかを、もっと意識することが重要だということになります。

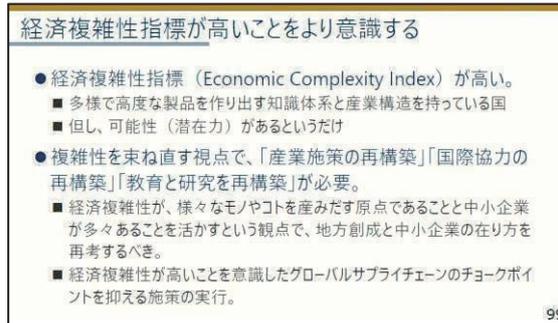
(図 5 1)



- 国内総生産 (GDP) のように生み出したモノの量ではなく、モノを生み出すための能力の指標。(ECI is not a measure of the quantity of goods produced as GDP, but a measure of the capacity to produce goods.)
- 生み出したモノの知識集積度が高ければ、ECIは高い。(The higher the knowledge accumulation of goods produced, the higher the ECI.)
- 日本は20年間世界一。台湾は2020年第3位。(Japan has been the world's No. 1 for 20 years. Taiwan was ranked third in 2020.)

97

(図 5 0)



(図 5 1)

## ■ 急速な少子化の中でも人財育成は必要

待ったなしの少子化時代という視点は、皆さんも会社経営を考える時、絶対に必要です。

2024 年の出生者数は、70 万人を切っています。今 18 歳人口が110 万人ですから、18 年後にはこれが 7 割以下になります。そして、2100 年には日本の総人口が 6000 万人にならなくなると言われています。

出生率向上策は必要ですが、何十年も分かっていながら増えていないので、効果は期待薄です。そうすると、個人的見解ですが、もう正直言って外国人に来てもらって国力を増強するしかないと思います。同時に大学にも、海外から優秀な留学生を集める必要があります。大学の研究で考えると、研究者の頭数がないと成果は出ませんから、海外から研究者を集めるしかありません。

だとしたら、どのようにして外国人を受け入れて共生するのか、今から、課題と解決策を真剣に考えないといけません。ちなみに、国立大学協会は今年の 3 月に、2050 年留学生 3 割という数値を出しました。

僕が東工大の学長の時に、学部では 5%、修士で 20%、博士で 40%ぐらい留学生がいました。だけど、もう学士課程から留学生を受け入れていかないとはいけません。本当はプラスアルファで留学生を入れるべきなのだけれど、文科省に言ってもらちが明かないので、毎年の入学生 1000 人のうち、日本人を減らしてもいいから世界中から 300 人の留学生を入れたいと。毎年 10 人ずつ日本人を減らしその分留学生を増やしていけば、30 年経てば 1000 人中 300 人になります。それをやろうとすると、学内での日本語・英語公用語化、留学生の国内就職先の確保、入試はどうするのか、入学時期はどうするのか、等のさまざまなことを考えないといけません。でも、それを先送りしていたら、日本の大学の研究力がもっと落ちるけれど、それでいいのかということです。

これは大学だけではなくて、社会全体が突きつけられていることなので、真剣に考えないといけません。そう、僕は強く思っています。

産業界の皆さんとも一緒に考えないといけません。賛成意見、反対意見、いろいろありますが、そんなことを言ってる場合ではないのです。

## ■ 世界の半導体研究開発拠点

半導体の研究開発拠点は世界中にあります。皆さん、よく聞く imec (Interuniversity Microelectronics Centre 大学際微細電子工学中央研究団) はベルギーのルーベンにあり、1984年に設立されました。アメリカのニューヨーク州にある Albany NanoTech Complex には、IBM や Applied Materials のほか、日本の東京エレクトロンもパートナーとして入居しています。TSMC などが参加している TSRI (Taiwan Semiconductor Research Institute 台湾半導体研究所) には、0.18 $\mu$ m プロセスの設計ができる基盤があります。(図52)

imec には 6000 人の研究者がいますが、そのうち 800 人が、世界 40 カ国からの PhD の学生です。集まるだけではなく、学生ですから循環します。一見すると最先端の開発をやる拠点だということに見えますが、実は人が集まって循環するという部分が一番重要です。

これはある人が教えてくれたのだけど、imec のビジネスモデルは何かというと、「研究を観光にした」ことだということです。ブリュッセルから 1 時間もかかる田舎になぜ人が来るかということ、研究という観光資源に人が引き寄せられ、1 日しかいない人もいるし、1 週間の人もいるし 3 カ月の人も、2 年 3 年いる人もいる。それでお金を落としていく。こういうことを僕は、日本でも考えていいのではないかと考えています。(図53)

項目	imec (ベルギー)	Albany/IBM (米国)	TSR (台湾)
設立年	1984年	2001年頃 (SUNY Albany起源)	2019年 (NARLabs統合)
背景	ベルギー政府+大学 (KU Leuven)	NY州+IBM+装置メーカー、州政府主導	国家実験研究院 (NARLabs) 下に設立
主要プレイヤー	Intel, TSMC, Samsung, ASML など	IBM, GF, Applied Materials, TEL, ASML, Intel	TSMC, UMC, MediaTek, ASE など
研究領域	2nm/1.4nm CMOS, EUV, 3D集積, PKG, AI, バイオ	2nm試作, GAA, nanosheet, AIチップ, EUV	設計(PDK), 試作, 先端PKG, 教育・人材育成
特徴	国際コンソーシアム型	半国家戦略産産	教育+試作統合、産業産産
強み	国際的参加と装置・材料アクセス	IBM研究力+米政府支援	人材育成と量産産産
現状	2nm/1.4nm世代研究を推進中	2nm試作成功 (2021)、CHIPS法で強化	人材教育・試作基盤を開放

(図52)

**研究開発拠点としてのimec**

- 世界中から人が集まる (6千人のうち、800名が世界40ヶ国からのPh.D学生)
  - 情報と知の集積
- 集まるだけではなく、循環する
  - 知の循環拠点

●人が集まり、情報と知が集積し、グローバルな知の循環拠点となる。

**研究観光都市**

111

(図53)

アジャイル・ダイナミック社会の本質は、基礎研究・応用研究・産業実装・社会課題・ビジネス創出が、同時並行で、相互に影響を与え合いながら進むことにあります。ECI の高いわが国には、高度な複雑性がありますが、それらが連携し、それらを束ね直すことをやらないといけません。(図54)

**複雑性 × アジャイル・ダイナミック社会**

- アジャイル・ダイナミック社会の本質
  - 基礎研究・応用研究・産業実装・社会課題・ビジネス創出が、同時並行で、相互に影響を与え合いながら進む。
- ECIの高い我が国には、部品・材料・装置・知見などが各所に分散して存在。アジャイルに連動しなければ、それらは「連携されない単なる知」のまま。
- 今こそ、複雑性を「束ね直す」力。すなわち、静的な体系ではなく、動的に知をつなぐ再設計が不可欠。

112

(図54)

## 7. 国際視点での半導体・集積回路

半導体・集積回路の未来を考える時、国際的な視点を外すことはできません。

アメリカの CHIPS 法、中国の過剰供給リスクは頭に入れておく必要があります。

注目技術としては、半導体はチップもあるのだけれど、2.5D、3D 実装のところは結構重要です。EUV 関連では、部品やモーターなどを含むモジュール開発で、国内だけでなく海外メーカーとの戦略的連携によりシェアを確保していくことが重要です。(図 5 5)

そのために、国家間の協創のための役割分担を意識的にやっていかないといけないわけですが、そこでは攻めの姿勢で日本が不可欠な要素技術を担う必要があります。(図 5 6)

I. 安全保障と技術戦略
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 米国: CHIPS法、カードレール条項、日台韓との戦略連携</li> <li>● 中国: 巨額投資 → 過剰供給リスク (液晶・太陽光・電池の再現懸念)</li> <li>● 日本の強み: 装置・材料 (EUVマスク検査、レジスト、ウエハ等)</li> <li>● 注目技術           <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 先端パッケージ (2.5D/3D, HBM対応)</li> <li>✓ パワー半導体 (SiC/GaN)</li> <li>✓ EUV関連・信頼性評価・メトロロジ</li> </ul> </li> <li>● 戦略提案           <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 先端後工程でシェア確保 (日本だけではなくIntel、台湾、Intel・韓国との戦略的連携)</li> <li>✓ 電子部品・小型モーター・基板メーカーを巻き込んだモジュール開発</li> </ul> </li> </ul>

(図 5 5)

II. 国家間協創の必要性
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 背景: 一国完結は非現実的、相互依存不可避</li> <li>● リスク: 中国の過剰投資によりレガシーノード喪失の懸念</li> <li>● 外交的含意           <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 輸出管理の精密化と透明性</li> <li>✓ サプライチェーン可視化と代替経路確保</li> <li>✓ 国際標準化・規格策定で主導権を握る</li> </ul> </li> <li>● 方向性           <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ ミニラテラル (日米欧台韓) で役割分担</li> <li>✓ モジュール開発を共同で推進</li> <li>✓ 攻めの姿勢: 日本が不可欠な要素技術を担う</li> </ul> </li> </ul>

(図 5 6)

日本の立ち位置としては、装置・材料、画像センサー、パワー半導体、モノづくりの経験など強いところは当然やります。設計などの弱いところはちょっと強くしていかないとけません。人材流動性・博士・国際人材育成が不足しているところも、大学がまずは頑張らないといけないのではないのでしょうか。

政策的には先端半導体パッケージだとか、設計人材を作るだとか、知財ライセンスビジネスの展開というところをやっていかないといけないでしょう。(図 5 7)

III. 日本の立ち位置と政策課題
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 強み           <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 装置・材料シェア、画像センサー、パワー半導体、モノづくり経験</li> </ul> </li> <li>● 課題           <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ EDA/IP、設計人材不足</li> <li>✓ 応用市場形成力の弱さ</li> <li>✓ 人材流動性・博士・国際人材育成の不足</li> </ul> </li> <li>● 政策提案           <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 先端パッケージ国家計画</li> <li>✓ EUV関連技術の厚み確保 (二重化・増産)</li> <li>✓ 設計人材・EDA教育強化 (RA・国際採用)</li> <li>✓ モジュール開発推進を政策的に後押し</li> <li>✓ 知財確保・ライセンスビジネス展開</li> </ul> </li> </ul>

(図 5 7)

## 8. いかに踏み出すか

次の問題は、では、いかに踏み出すか、ということです。それぞれが 2030 年とか 2035 年にどうありたいか、これがまずないとだめなのです。でも、意外とこれがないのです。

研究開発では、半導体に関しては、少なくとも世界と伍するレベルの設計、実装、研究力を維持確保しないといけません。アカデミアの部分では、IEDM (国際半導体デバイス学会)、ICC (国際通信会議)、DAC (設計自動化会議)といったトップレベルの会議や論文誌での存在感が重要です。きちんと日本人の論文が出ていないとだめだということです。

製造では、少なくとも Rapidus が成功して、世界最先端のファウンダリと差別化しないと  
いけません。信頼性・実装技術・設計融合でたぶん勝負できるので、そういう高付加価値型  
の製造力の確立をしないといけないのだろうと思います。

産学連携では、大学や国研が連携し、実証・試作・量産試験が一体となった共創拠点を複  
数運用するぐらいのことを考えないといけません。量子で言えば私のいる G-QuAT、この半  
導体版というのを真剣に考えなければいけないと思います。

人材に関しては年間 500 人規模の設計・実装人材を作らないといけないし、国内外の人材  
流動性の確保も必要です。

国際戦略では、アジア、欧米の企業、大学との共創プロジェクトが複数同時に回っている  
ようにならないといけないだろうし、日本製の部材・EDA・実装技術が国際サプライチャー  
ンの中にぐっとはいつていないといけません。

2030 年から 2035 年にはこういうことになっていたいよね、ということをもまず思わないと  
いけません。(図 5 8)

2030～2035年にどうありたいか を考えてみる	
	目指す姿
研究開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 世界と伍するレベルの設計・実装研究力の維持、確保</li> <li>● Top会議・論文誌での存在感 (3D実装、低電力設計、AIアクセラレータ、光電融合など)</li> </ul>
製 造	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 世界最先端のファウンダリと差別化</li> <li>● 「信頼性・実装技術・設計融合」で勝負する高付加価値型製造力の確立 (Rapidus、国内3DICファウンダリ含む)</li> </ul>
産学連携	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 大学・国研が連携し、実証・試作・量産試験が一体となった共創拠点を複数運用 (G-QuATの半導体版)</li> </ul>
人 材 人 財	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 年間500人規模の設計・実装人材 (修士・博士) を戦略分野で育成。</li> <li>● 国内外の人材流動性の確保</li> </ul>
国際戦略	<ul style="list-style-type: none"> <li>● アジア、欧米の企業・大学との共創プロジェクトを多数推進</li> <li>● 日本製部材・EDA・実装技術が国際サプライチェーンに組み込まれる</li> </ul>

(図 5 8)

## ■ 「逆転のシナリオ」を具体化する 5 つの柱

このシナリオを具現化する 5 つの柱についてお話しします。

まず「1. 『研究』と『実装』を結びつける実験場を構築」しないといけません。

現在基礎研究はありますが、社会実装までの隙間が大きい。そうすると、PoC (概念実証) からプロダクトまで一気通貫型の場を国内に持つ必要があると思います。

次に、「2. 『知の再統合』 = ECI 的強みを束ねるインテリジェンス」ですね。

たぶん、今強みを持つ分野で、どういうサプライチェーンの中に知のネットワークがあるのかということを一生涯懸念考えるインテリジェンス機能が必要です。(図 5 9)

そして、「3. 『戦略的フォーカス』: ニッチな勝負領域に集中」する必要があります。

全方位ではなく、勝てるところで勝つ。先ほどお話ししましたが、低消費電力×3D 集積×AI edge のところで行くのか、量子×センシング×カーボンニュートラルのところでやるのか、AI×日本語特化×ローカルガバメントでいくのか、です。

不可欠性を確保できるのはどの領域かを決めて、そこにフォーカスするのです。

それから、「4. 人材投資の”再定義”：博士・越境型・国際協働」が必要です。

企業も大学も人材を育てるという意識を持たないといけません。

それと、博士人材を使い倒すということも必要だし、育てた人材を囲い込まず、流動性を保つことが大事です。(図60)

「逆転のシナリオ」を具体化する5つの柱

1. 「研究」と「実装」を結びつける“実験場”を構築
  - 課題：基礎研究はあるが、社会実装までの“すきま”が大きい。
  - 提案：
    - ✓ G-QuATのような量子・AI・半導体を融合するTestbedの全国展開。
    - ✓ 例えば「大学拠点における3D ICプロトタイプ環境」（微細化ではなく集積・システム実装を志向）
  - 狙い：PoCからプロダクトまで一気に通貫の場を国内に持つ。
2. 「知の再統合」= ECIの強みを束ねるインテリジェンス
  - 課題：部品・材料・装置・知識が分散しており、“知のネットワーク化”が弱い。
  - 提案：
    - ✓ 複数大学・研究機関・企業による「知の連携構造体」の設計（例：コンソーシアム2.0）
    - ✓ 設計・製造・材料をまたぐ縦断型プロジェクトの明確化
  - 狙い：分散された“知”を束ね直し、日本型の総合力モデルを構築。 119

(図59)

「逆転のシナリオ」を具体化する5つの柱

3. 「戦略的フォーカス」：ニッチな勝負領域に集中
  - 課題：全方位ではなく「勝てるところで勝つ」必要
  - 提案：
    - ✓ 低消費電力 × 3D集積 × AI edge
    - ✓ 量子 × センシング × カーボンニュートラル
    - ✓ 日本語 × AI × ローカルガバメント
  - 狙い：「特定領域での不可欠性」を確保 = 日本発サプライチェーンの構築
4. 人材投資の“再定義”：博士・越境型・国際協働
  - 課題：全方位ではなく「育てる」意識が希薄。博士人材が埋もれている。
  - 提案：
    - ✓ 博士人材の「流動性と可視化」→ 研究インターン、ラボ間移動のインフラ
    - ✓ 若手研究者のグローバル・フェロー制度（例：日EU型 Mobility）
  - 狙い：「囲い込まない流動性」でアジャイルな人材育成と配置。 120

(図60)

最後に、「5. 『産業界の覚悟』と『大学の開き直り』」も必要です。

もう国は金を出したのだから、産業界も金を出せ。大学も補助金待ちとか言っていないで、自分たちもリスク取って研究をやれ、ということです。

これらを、僕が大学学長を務めて思ったことに重ねてみると、結局は「意志を持ち、やってみる」ということです。それと、日本のマインドセット、すべてのマインドセットを変えることに尽きるのではないかと思っています。(図61)

「逆転のシナリオ」を具体化する5つの柱

5. 「産業界の覚悟」と「大学の開き直り」
  - 課題：産業界は「声」は出すが「金」は出さない。大学は「補助金待ち」。
  - 提案：
    - ✓ 企業：人材育成の本気投資（財団や共同基金）
    - ✓ 大学：リスクある挑戦研究への比重を増やす（ベンチャー創出含む）
  - 狙い：「共通の目的」のもとで協調する産学連携の再設計

● 大学学長を勤めて思ったことに重ねてみると、結局は：  
➢ 意思を持ち、やってみること  
➢ Mindsetを変えること。これまでの固定観念を変える（見直す）ことに尽きる

121

(図61)

## ■ 勝ち筋、逆転のシナリオへ向けて

政府は投資を決断し実行しています。

産業界の方に言いたいのは、次のようなことです。

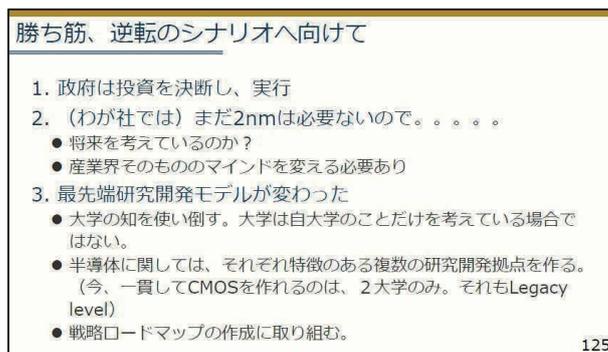
わが社ではまだ 2nm は必要ないので、Rapidus がどうなろうと知ったことではないという言い方をされる方がいる。

でも、数年もすれば、2nm がふつうに使われるようになりますから、今から半導体がどうなっていくかきちんと見ておいてください、と言いたいのです。

技術は必ず進歩します。

ある日突然、ChatGPT が出てくるわけです。そして、ある日突然、量子コンピュータができてしまう時代です。だから、2nm はまだ先なんてことを言っている場合ではないということをもう 1 回考えないといけません。

それと、最先端研究開発モデルはどんどん変わっていますので、産業界の方も、大学の産学連携本部に飛び込みでもいいですから行って、話を聞かせてくれと。遠慮なく行くといいかと思います。(図 6 2)

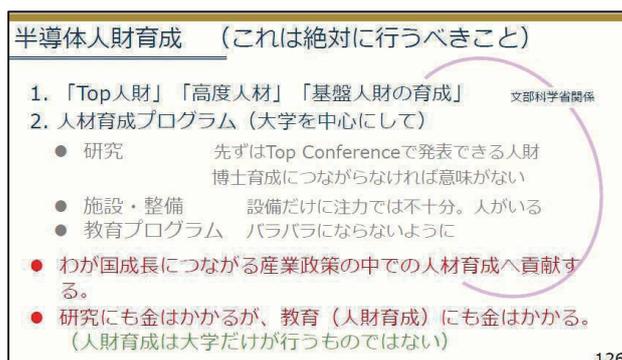


(図 6 2)

## ■ 半導体人財育成（これは絶対に行うべきこと）

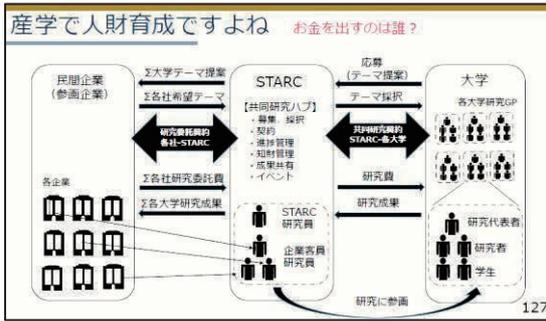
日本の半導体産業を復活させるには、基盤的な人財も必要だし、修士レベル以上の高度人財もいるし、研究もできてマネジメントもできて経営もできるTop 人財も必要になります。

こういう人財の育成を大学でやらないといけません。研究にも金がかかりますけれども、教育にも金がかかります。特に半導体のように産業と直結している分野の人財育成は、大学だけで行うものではなくて、産官学で一緒になってやらないといけないということを、ぜひ半導体に興味を持つ方は考えていただきたいと思います。(図 6 3)



(図 6 3)

昔、半導体メーカーがお金を出して設立した STARC (株半導体理工学研究センター) という会社がありました。この会社は大学と共同研究をやり、その成果を研究費を提供した企業に還元するというスキームで、大学と産業界をつないでいた。僕は、もう一度このスキームを考えないといけないなと思っています。産業界にあえて言いたいのは、人材育成は未来への投資だということです。(図 6 4) (図 6 5)



(図 6 4)

**産業界に言いたい：人材育成は「未来への投資」**

- 嘗て、産業界は協力して、未来を見据えて研究・教育投資した
  - 半導体10社：STARC (半導体理工学研究中心) を設立
  - 大学との連携で優れた人材を育成。その人材が現在の半導体復活の中核を担っている
- 今の産業界
  - 「人材が足りない」「育成が必要だ」と声は大きい。本気で投資をしているか？
  - 「未来を担う人材」は待っているだけでは生まれない
- 認識すべきこと
  - かつての投資と努力が今の産業を支えているという事実
  - 次世代人材育成のために、産業界は「本気の一步(金)」を！
- 大学は本気で取り組んでいるか？ 補助金があればやるという程度か？
  - 覚悟のひとつでも示してはどうか？
- 人材育成はコストではない。未来への投資である。産業界と社会、大学が共に人材を育成する！

(図 6 5)

## 9. まとめ

まず、日本は ECI が高く、潜在的に、複雑性が生み出すかもしれない新たな可能性があります。ただ、その多様で高度な製品技術を生み出す「知の体系化」と「産業構造」があるのに、その知が分散して十分結びついていないことが問題です。

大企業、大学、研究機関、中小企業が並列に存在しているだけでなく、中堅・中小企業が中心となって、ちゃんとその現場力とネットワーク力を生かしてやっていくという意識が必要です。それぞれの個々の企業にも必要だし、全体としてもそういうことを考えないといけないのだと思います。(図 6 6)

そして、中堅・中小企業は「支える側」という意識ではなく、「動かす側」という意識が必要です。半導体産業全体が「知のネットワーク産業」になるわけですから。

設計・材料・装置・製造・テスト・応用も多層に連携し、それぞれの企業が分散した知恵を束ねる結節点としての役割を持つことが重要です。

だから、設計・材料・装置・製造・テスト・応用といろいろある中で、自社の技術がどこに生きるのか、どこに強みがあるのかをもう 1 回考えなければならぬといえます。

こう考えていくと、日本の産業再生は、むしろ地域発のアジャイル企業から生まれるのではないかと思います。(図 6 7)

**まとめ：日本の「複雑性」が生み出す新たな可能性**

我が国は「多様な知」が結集する国 - ECIが示す潜在力

- 日本は20年以上も、経済複雑性指標 (ECI) で世界トップクラス
- 多様で高度な製品・技術を生み出す「知の体系」と「産業構造」
- しかし、その知が分散し、十分に結びついていない
- 大企業・大学・研究機関・中小企業が「並列」に存在
- いま求められるのは、「分散した知」を束ね直す力
- その中心となるのが、現場力とネットワーク力を持つ中堅・中小企業

(図 6 6)

**地域発イノベーションの結節点**

中堅・中小企業は「支える側」ではなく「動かす側」

- 半導体産業は「知のネットワーク産業」へと進化
- 設計・材料・装置・製造・テスト・応用が多層に連携
- 分散した知を束ねる「結節点」としての役割が重要
- 専門技術と現場対応力こそ中堅・中小企業の強み
- 「自社の技術がどこで生きるか」を戦略的に見極める
- 日本の産業再生は、地域発のアジャイル企業から始まる

(図 6 7)

アジャイル・ダイナミックな社会というのは、研究・開発・ビジネスが同時進行しているのだから、もう成功のカギは、規模じゃなくて、俊敏さと共創力、お互いどれだけネットワークを作れるかということにかかっています。中堅・中小企業であればこそ、ともに走りながら価値を作る「共走型経営」ができます。その時に、自分たちだけでやるのではなく、大

企業とつながる、大学の知恵をうまく使う、自治体とつながる、という柔軟なネットワーク経営が必要なのです。

ということで、遠慮なく大学に電話するなり、メールを送るなりして頂ければと思います。実際、量子・AI・半導体はもう連携力が競争優位の源泉になっています。(図68)

最後に、人を育てる企業は次の産業を作ります。結局は人です。人材育成はコストではなくて未来への投資で、その時に育てて困うのではなくて、育ててつなぐ、外に出すことです。流動性を高めることこそが地域や産業を強くします。学びと実践の循環こそアジャイル社会の原動力です。(図69)

**アジャイル・パートナーとしての経営**

大きいことより「速く・柔らかく・つながること」

- アジャイル・ダイナミック社会：研究・開発・ビジネスが同時進行
- 成功の鍵は“規模”ではなく“俊敏さ”と“共創力”
- 中堅・中小企業は、共に走りながら価値を創る「共走型経営」が可能
- 大企業・大学・自治体とつながる柔軟なネットワーク経営
- 量子・AI・半導体など最先端分野でも、連携が競争優位の源泉
- 「動ける知のノード」として、日本の産業構造を変える存在へ

134

(図68)

**人材育成は“共創投資”**

人を育てる企業が、次の産業をつくる

- 技術が進化しても、動かすのは“人”
- 人材育成はコストではなく、未来への投資
- 若手・学生・研究者を巻き込む「共育の場」づくりが重要
- “育てて困う”から“育ててつなぐ”へ
- 流動性を高めることが、地域産業を強くする
- 学びと実践の循環こそ、アジャイル社会の原動力

135

(図69)

複雑性とアジャイルな中堅・中小企業が、日本の新たな産業構造を創ります。

つまり、アジャイル・ダイナミック社会を先導するのが、これからの中堅・中小企業の役割です。

僕が一番言いたいのは、中堅・中小企業はもはや下請けではなく、「共創の中核」だということ。

アジャイルダイナミック社会では、中堅・中小企業のスピードと柔軟性、連携力、これがすべての未来の源泉になる。これを最後にお伝えしたいと思います。(図70)

**アジャイル・ダイナミック時代を生き抜く**

日本の複雑性 × アジャイル企業 = 新たな産業構造へ

- 日本の強みは「知の多様性」と「複雑な産業構造」
- 分散した知を束ね直し、現場からイノベーションを起こす
- 中堅・中小企業は、もはや“下請け”ではなく“共創の中核”
- スピード・柔軟性・連携力が新しい競争軸
- 人材と知をつなぐネットワークが未来を動かす
- 「アジャイル・ダイナミック社会」を共に創る主役へ

136

(図70)

どうもありがとうございました。



The Resona Foundation  
For Small And Medium Enterprise Promotion

〒141-0021

東京都品川区上大崎三丁目 2 番 1 号

Tel. 03-3444-9541 Fax. 03-3444-9546 URL:

<https://www.resona-fdn.or.jp>

Facebook: <https://www.facebook.com/Resona.fdn>

Email: [staff@resona-fdn.or.jp](mailto:staff@resona-fdn.or.jp)