

## 第2章 半導体産業の概要

### (1) 半導体産業について

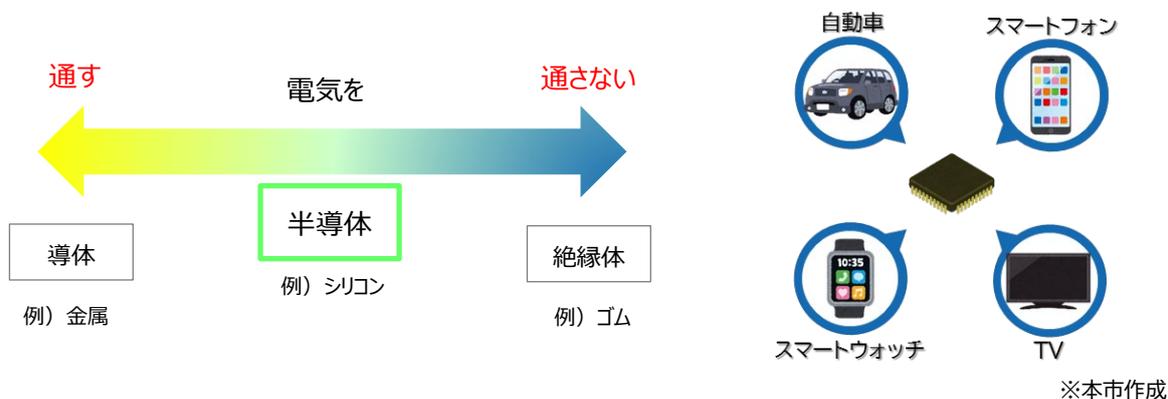
#### ① 半導体とは

半導体とは電気を通す「導体」と電気を通さない「絶縁体」の中間の性質を持った物質であり、通常時は電気を通しませんが、特定の条件下では電気が流れる特性を持っています。

この特性を利用して、電子機器の頭脳である集積回路(IC)が作られています。一般的には IC のことを広義で半導体と呼んでいます。

半導体は「産業のコメ」と呼ばれるほど、ありとあらゆる電子機器に組み込まれており、私たちが普段使用しているスマートフォンをはじめとして、冷蔵庫やテレビなどの家電、自動車など身近なものから近年話題の AI にも半導体が使われています。

図 1【半導体の特性と利用製品の代表例】



#### ② 半導体産業の構造

半導体はシリコンの円盤(シリコンウエハ)に特殊な光を当てることで電気回路を作り、チップの形に切り分け、組み立てることで完成します。製造工程を大別すると、①設計、②前工程、③後工程の3段階に分類することができますが、実際の製造工程は非常に多くの細分化された作業があり、先端半導体を製造するには前工程だけで合計 1,000 以上の製造工程が必要ともいわれています。一つの半導体を完成させるためには、膨大な製造工程に携わる人やそれに用いられる特殊装置を製造する企業など、製造現場を支える数多くの人や企業、研究機関等の関与を必要としており、このことから「半導体産業は裾野が広い産業」と言われています。

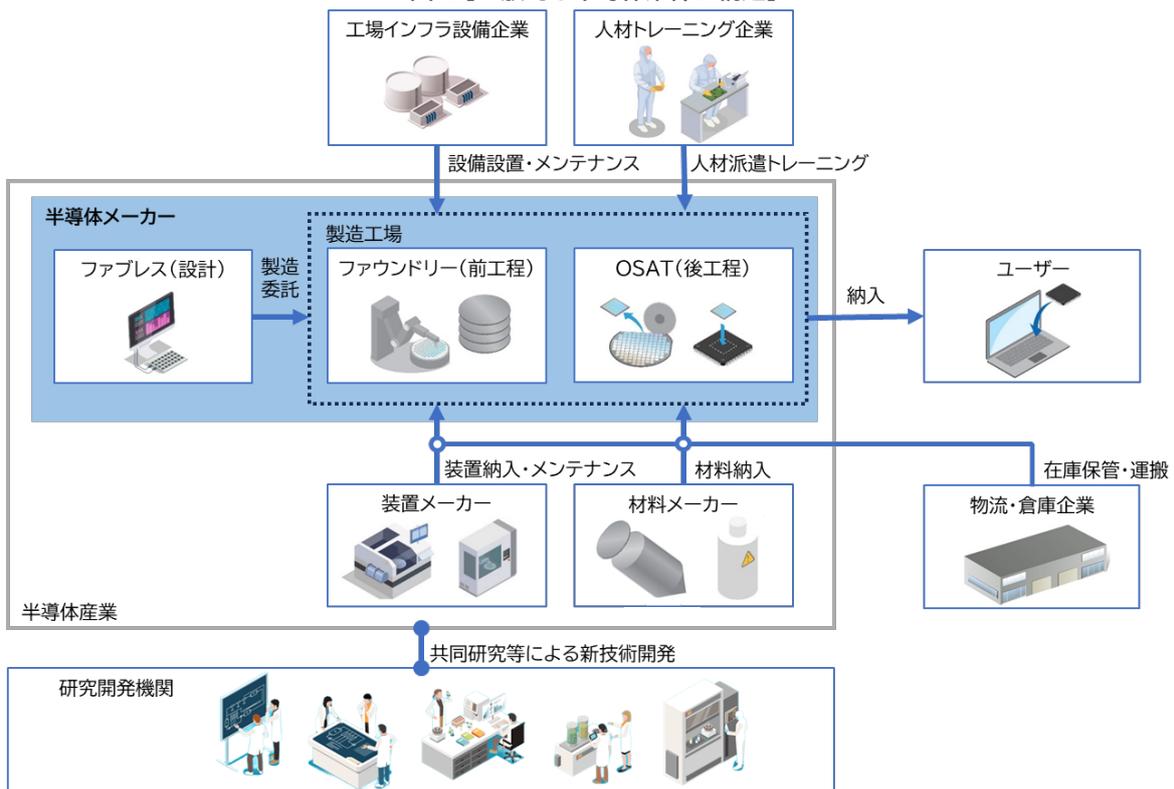
ここでは、半導体の製造工程イメージを図 2、一般的な業界構造を図 3、半導体業界の主要なプレイヤーの基本的な概要を表 1 に掲載しています。

図 2【半導体の製造工程イメージ】



※本市作成

図 3【一般的な半導体業界の構造】



※本市作成

表 1【半導体業界の主要なプレイヤー】

プレイヤー	説明	概要
半導体メーカー	半導体を設計または製造する企業	<ul style="list-style-type: none"> <li>一般的な半導体の製造工程は以下のとおり                     <ol style="list-style-type: none"> <li>①設計・開発</li> <li>②前工程(回路製造)</li> <li>③後工程(組立・検査)</li> </ol> </li> <li>主な種別として4つに分類される                     <ol style="list-style-type: none"> <li>①設計・開発の専門企業であるファブレス<sup>2</sup></li> <li>②回路製造の専門企業であるファウンドリー<sup>3</sup></li> </ol> </li> </ul>

<sup>2</sup> 工場を持たない(Fabrication facility less)ことから、こう呼ばれている。Apple や NVIDIA など世界的 IT 企業に多い。

<sup>3</sup> ファブレスから製造委託を受け、自社工場半導体を製造する企業をファウンドリー(Foundry)と呼ぶ。

プレイヤー	説明	概要
		③組立と検査の専門企業である OSAT <sup>4</sup> ④すべての工程を一貫して行う垂直統合(IDM <sup>5</sup> )
半導体製造装置メーカー	半導体の製造工程に必要な装置を製造する企業	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 半導体は製造工程が膨大であることに加え、極めて小さなスケールでの精密作業となるため、各製造工程で特殊な装置が必要</li> <li>● 装置の製造にも特殊な技術が必要とされ、多くの日本企業が世界で活躍</li> </ul>
半導体材料メーカー	半導体製造のために必要な材料を製造する企業	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 半導体製造に必要な材料の例は以下のとおり               <ul style="list-style-type: none"> <li>・半導体原料のシリコンウエハ</li> <li>・回路転写用のフォトマスク</li> <li>・産業ガスや特殊薬液</li> <li>・半導体を保護するための樹脂材 など</li> </ul> </li> <li>● 日本企業が世界的に強い</li> </ul>
工場インフラ設備企業	半導体工場に設置される特殊設備を製造/据付する企業	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 特殊設備の例は以下のとおり               <ul style="list-style-type: none"> <li>・半導体製造に用いられる超純水製造設備</li> <li>・わずかな異物も許さないクリーンルーム</li> <li>・シリコンウエハを搬送するための自動搬送設備 など</li> </ul> </li> <li>● 半導体工場と一体のため、建設工事から携わる</li> </ul>
物流・倉庫企業	半導体製造に関する物流をコントロールする企業	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 半導体工場運営には装置部品や材料などの消耗品が大量に必要</li> <li>● 取り扱いが難しい危険物(ガス・薬品)でもタイムリーな輸送が求められる</li> <li>● 保管時にも温度/湿度の管理など専門的な知見と技術が必要</li> </ul>
大学・研究開発機関	半導体製造の研究開発をする企業/団体	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 世界各国で企業と大学・研究機関が連携し、材料・製造技術の開発を牽引</li> <li>● 半導体に関連する専門人材の育成を目的に、大学が専門学部を設けるケースもある</li> </ul>
人材トレーニング企業	半導体工場働く人材をトレーニングする企業	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 半導体工場では 1,000~2,000 人の従業員が働いていることが一般的</li> <li>● 業界知識の習得や特殊装置の使い方などをトレーニングし、工場内で働ける人材を育成</li> </ul>

※本市作成

<sup>4</sup> Outsourced Semiconductor Assembly & Test の略。オーサットと呼ぶ。

<sup>5</sup> Integrated Device Manufacturer の略。かつて日本の家電メーカーの多くがこの形態をとっていた。

### ③ 世界の半導体産業と日本

半導体産業に係るプレイヤーが多岐にわたることは先に示したとおりであり、サプライチェーン<sup>6</sup>を構成するそれぞれの機能は世界各国・地域に点在しています。ここでは、世界の半導体産業の中心的な国/地域である、アメリカ、台湾、ヨーロッパ、韓国及び中国について、それぞれの特徴や役割を整理し、世界の状況を俯瞰するとともにわが国が置かれている状況を示します。

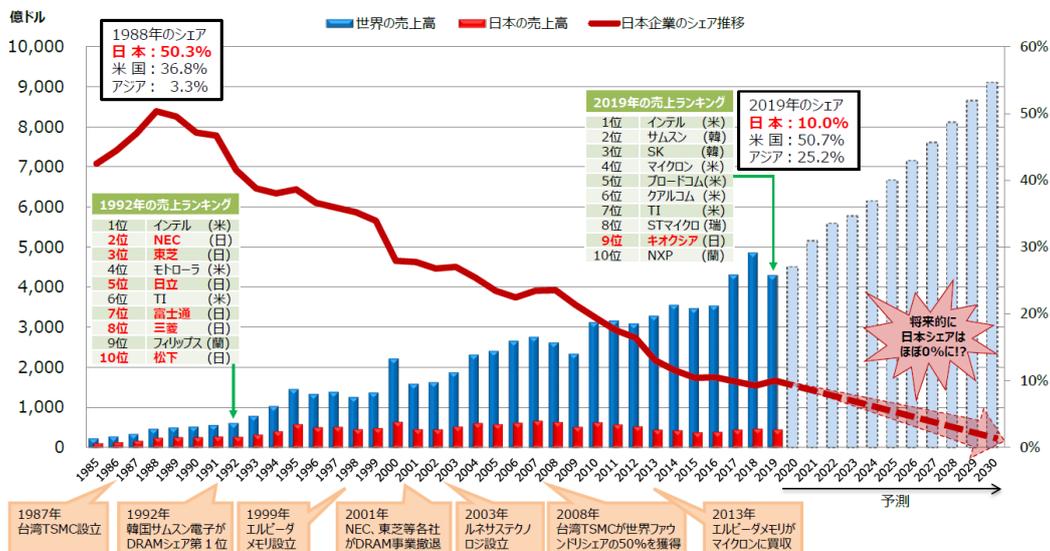
世界の半導体市場は、令和元年(2019年)に45兆円まで拡大し、今後もさらなる成長が予想される一方で、日本企業の売上高シェアは、昭和63年(1988年)の50.3%から令和元年(2019年)には10.0%まで低下しています。

わが国は日米貿易摩擦、台湾や韓国など諸外国の台頭といった様々な要因により競争に敗れたことで技術力を失っていき、急速にシェアを落とす結果となりました。特に、コンピュータの頭脳であるロジック半導体<sup>7</sup>分野においては、世界中の半導体メーカーが微細化<sup>8</sup>技術の熾烈な開発争いを繰り広げていますが、わが国はその競争に加わることができていません。

また、令和4年(2022年)のノード別半導体製造能力をみると、10nm未滿は台湾が60%を占めますが、わが国は、40nm~90nmで18%、32nm以下に関しては製造能力を有しておらず、ロジック半導体では世界に後塵を拝しているのが現状です。

微細化技術の開発では遅れをとっているわが国ですが、半導体製造装置と半導体材料の分野においては、素晴らしい技術や開発力を持つ装置メーカーや材料メーカーが多数存在しています。世界の先端半導体の製造工場では、わが国の企業が開発した装置や材料が使われており、存在感を堅持しています。

図4【世界の半導体市場と日本シェア】



※出所:経済産業省「第1回 半導体・デジタル産業戦略検討会議」(令和3年3月24日)

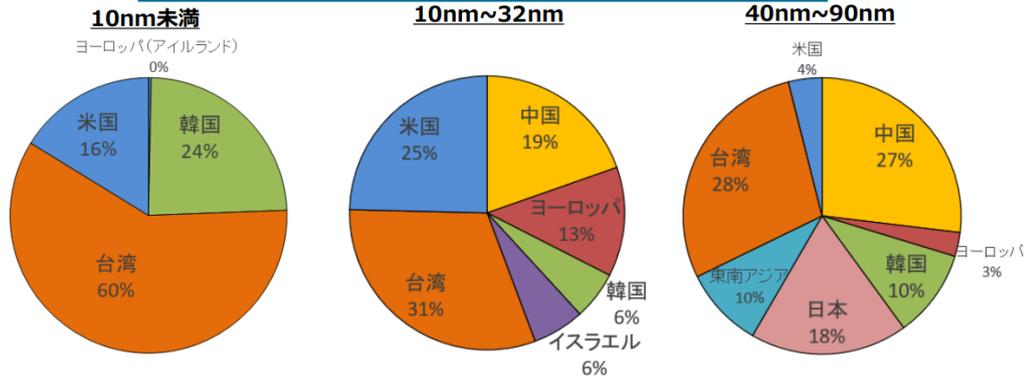
<sup>6</sup> 製品を製造し、顧客へ届けるまでの一連の流れや供給網を指す。製造に必要な材料や設備の調達、輸送、販売等の各機能を適切に働かすように管理することが、ビジネスにおいて重要とされている。

<sup>7</sup> 演算機能を持つ半導体の種類。ロジック半導体はCPUやGPUに使われている。

<sup>8</sup> 半導体の電気回路を細くすることで面積当たりの回路集積度を高めることを微細化という。Intelの共同創業者であるゴードン・ムーアは、「面積当たりの集積度は18か月で2倍になる」と唱えた(ムーアの法則)。昭和40年(1965年)に提唱されて以来、おおむねそのとおりに微細化が進んでいる。

図 5【2022 年 ノード別半導体製造能力の割合】

ロジックI.C.のノード別生産能力比率（200nmウエハ換算）



出所：SEMI “World Fab Forecast”

※期間は2022年第1～第4四半期、前工程の量産工場（R&Dやパイロットラインの機能を含んでも良い）のみを計上し、R&Dやパイロットラインのみの工場を含まない。ファーストシリコン以降の段階にある工場のみを含む。

※出所：経済産業省「第12回 半導体・デジタル産業戦略検討会議」（令和6年12月23日）

表 2【各国／地域の半導体産業の特徴】

国／地域	世界の半導体産業におけるポジション・特徴
日本	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 装置分野で力を発揮しており、世界的な装置メーカーを有する（世界シェアは2位）                     <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 代表的な企業は、東京エレクトロン、SCREEN、アドバンテストなど</li> </ul> </li> <li>● 材料分野でも強みがあり、主要材料の世界シェアはトップ                     <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 代表的な企業は SUMCO や信越化学工業、レゾナックなど</li> </ul> </li> </ul>
アメリカ	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ファブレスに強みがあり、世界シェアは約5割                     <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 代表的な企業は、NVIDIA など</li> </ul> </li> <li>● 装置分野でも世界的装置メーカーが複数あり、世界シェア1位                     <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 代表的な企業は、Applied Materials、Lam Research など</li> </ul> </li> <li>● IDM でも世界トップを競う                     <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 代表的な企業は、Intel や Texas Instruments など</li> </ul> </li> <li>● 日本との連携関係が強い</li> </ul>
台湾	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ロジック半導体製造能力で世界を圧倒しており、世界シェアは約6割                     <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ ファウンドリーで世界トップの TSMC（世界シェア5割）を有する</li> </ul> </li> </ul>
ヨーロッパ	<ul style="list-style-type: none"> <li>● オランダには最先端半導体の製造に必須な EUV 露光装置<sup>9</sup>を世界で唯一生産している ASML が存在する</li> <li>● 世界的な研究機関が多く存在している                     <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ ベルギー：imec ドイツ：Fraunhofer フランス：CEA-Leti など</li> </ul> </li> </ul>
韓国	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 世界のメモリ半導体<sup>10</sup>（NAND、DRAM）市場の6割弱を占めている                     <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 主なメモリ半導体メーカーは Samsung、SK hynix</li> <li>➢ Samsung はロジック半導体分野でも世界最先端の製造力を持つ</li> </ul> </li> </ul>

<sup>9</sup> 先端半導体回路を作るためには波長の短い特殊な光をシリコンウエハに当てる工程が必要であり、この工程のための装置が露光装置

<sup>10</sup> 記憶の機能を持つ半導体の種類。メモリ半導体は RAM や ROM に使われている。NAND は電源を切った状態でもデータを蓄積できる「不揮発性メモリ」、DRAM は、一時的にデータを蓄積する「揮発性メモリ」と言われる。

国／地域	世界の半導体産業におけるポジション・特徴
中 国	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 国家戦略として半導体産業の育成に力を入れ、近年急激な成長を見せている</li> <li>● ロジック半導体分野では、世界最先端の技術はまだ獲得していないが、その一歩手前までは自国生産可能             <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ ファブレスでは Huawei 子会社の HiSilicon が急激に力をつけ、一時スマホ市場を席卷</li> <li>➢ ファウンドリーでは SMIC が成長しており、7nm まで製造力を持つ</li> </ul> </li> </ul>

※1:表中の世界シェアは経済産業省「半導体・デジタル産業戦略」(令和 5 年 6 月)を基に作成しており、令和 3 年(2021 年)実績  
 ※2:本市作成

#### ④ 半導体産業の集積事例

本市が今後の半導体の産業集積を目指すにあたっては、半導体産業が既に集積している地域や都市の先行事例を調査する必要があります。ここでは、わが国における一大集積地である九州地域と、世界の半導体製造地域である台湾の事例を掲載します。

#### 九州地域

わが国において九州地域はシリコンアイランドと呼ばれるほど半導体産業が盛んな地域であり、その成り立ちは昭和42年(1967 年)の三菱電機熊本工場が始まりと言われてしています。

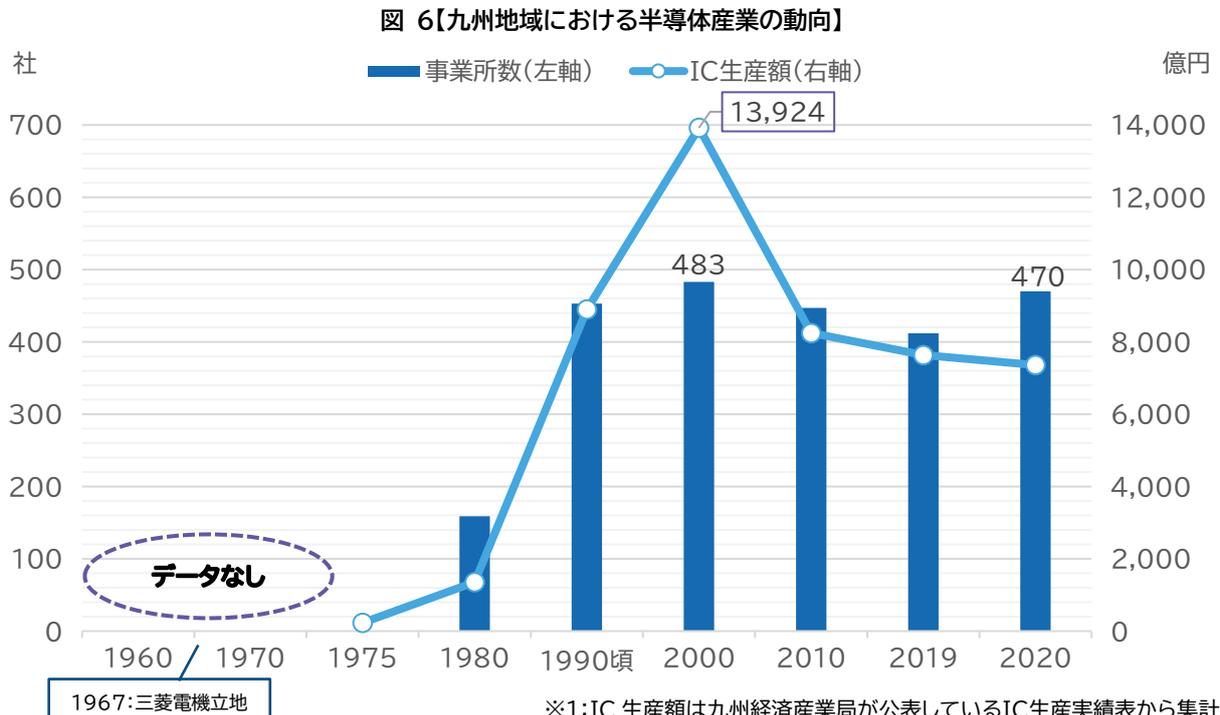
九州地域に半導体産業が集積した背景には、1950 年から 1970 年代において国が半導体産業の育成に相当の注力をしたこと、半導体工場が必要とする豊富な水資源や安価で広大な土地、安定した電力、豊富な若年労働力などの環境条件が整っていたことが理由として挙げられます。また、1970 年から 1980 年代の頃には製品輸送の重要性が増し、福岡空港の存在はさらに産業集積を促進させる要因になりました。

昭和 55 年(1980 年)までに九州地域には三菱電機や東芝、日本電気(NEC)をはじめとした大手家電メーカーを中心に 14 棟の半導体工場が立地し、稼働を開始しました。その後グループ企業や協力企業の立地が進んだことを皮切りに、九州地域の半導体産業は急成長を遂げています。

九州は元々、官営八幡製鉄所を系譜に持つ北九州工業地帯にて重化学工業が栄えており、装置メーカーや材料メーカーの土壌が既に存在する地域でした。九州地域における半導体の産業規模が拡大したことは、地場の伝統的な機械産業や化学産業に半導体産業への参入の機会を与えたと考えられます。それを示すように、1980 年から 1990 年代にかけて関連産業が急速に成長し、製造装置向けの金型部品製造や精密加工、副資材といった業種への地元企業の参入なども促された結果、400 を超える事業所が立地しました。

このように、半導体工場が九州に立地してから 20～30 年の長い時間をかけ、地域に産業が定着していったことがうかがえます。

わが国の半導体産業の凋落により、九州地域においても長らく冬の時代が訪れましたが、令和6年(2024年)に JASM<sup>11</sup>が熊本県で日本工場を稼働させたことで、九州地域の半導体産業復活に期待が寄せられています。



※1:IC生産額は九州経済産業局が公表しているIC生産実績表から集計

※2:事業所数は1980年からは工業統計、2019年から2020年は経済センサスから集計

※3:1990年は工業統計未実施のため、1992年の数値で集計

※4:半導体産業とは半導体製造装置製造業と電子部品・デバイス・電子回路製造業の合計

※5:1980年から2020年までに日本標準産業分類の改定が複数回あるため集計業種は完全には一致していない

※6:本市作成

## 台湾(新竹市)

台湾にはファウンドリー最大手のTSMC、世界3位のUMC、世界6位のPSMC(いずれも令和3年(2021年)実績)の工場があり、世界で最も半導体が生産されている場所です。台湾の中でも、TSMCの本拠地がある新竹市には、新竹サイエンスパーク<sup>12</sup>というハイテク産業団地があり、そこに半導体関連企業が集積するなど、半導体製造の中心地となっています。

台湾における半導体産業は1960年代後半にアメリカやヨーロッパが安価な労働力を求めて半導体の組立工場を設置したことから始まります。1970年代に入ると台湾政府は半導体産業の本格的な育成に乗り出し、アメリカから前工程の技術移転を受けることに成功しました。その後、自国での半導体製造能力を身に付けるため、昭和55年(1980年)に新竹サイエンスパークを設置し、政府から民間企業へ技術移管をする形で昭和55年(1980年)UMC設立、昭和62年(1987年)にはTSMCが設立されました。その後も台湾政府は半導体産業へ積極的な支援を継続し、世界一の半導

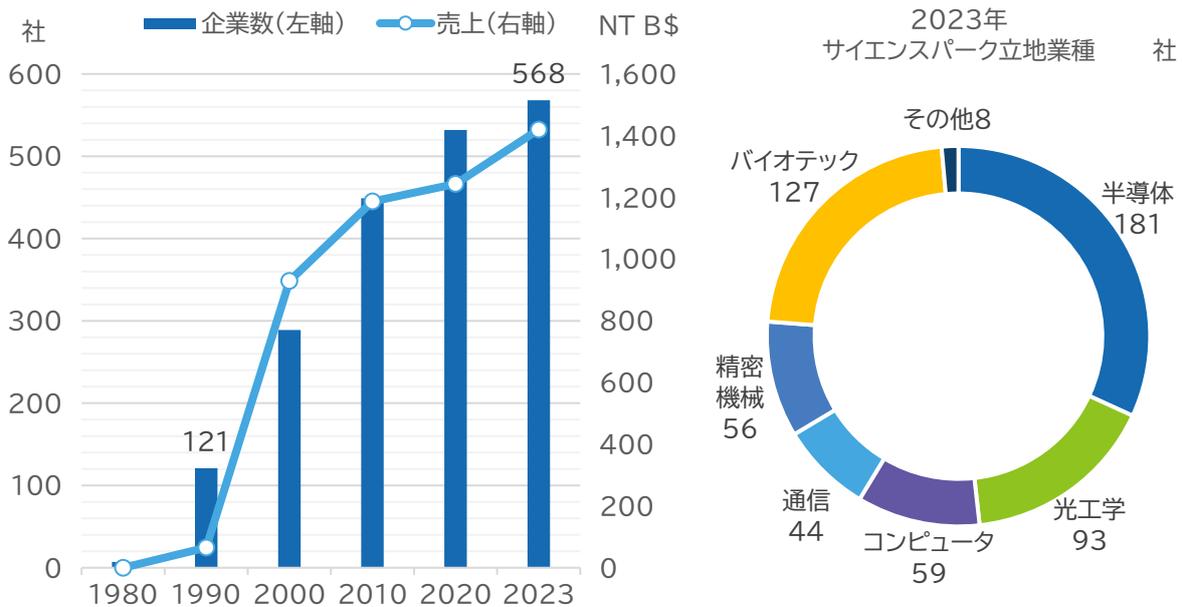
<sup>11</sup> ファウンドリーの世界最大手である台湾TSMCが過半数を出資して設立された日本法人

<sup>12</sup> 新竹サイエンスパークは全6エリア(Hsinchu, Jhunan, Longtan, Tongluo, Yilan, Biomedical)で構成され、半導体関連企業はHsinchuエリアにほぼ集積。

体製造地へと成長を遂げました。新竹サイエンスパークが設置された10年後の平成2年(1990年)には121社の企業が立地、さらに進出企業は増加し続け、直近令和5年(2023年)には568社が立地するハイテク工業集積地になっています。

また、集積地の形成に長い期間を要する点は、台湾の半導体産業においても日本の九州と同様であり、台湾では、TSMCがファウンドリービジネスを成功させ、世界のリーダーとなった1990年から2000年代にかけて、おおよそ20年の歳月を経て集積地が形成されました。新竹サイエンスパークはTSMCやUMCの本社があるため、集積企業のうち半導体や光工学関連企業が約半数を占めますが、コンピュータやバイオサイエンス関連企業も多く集まっています。

図7【新竹サイエンスパークにおける半導体産業の動向】



※:Hsinchu Science Park annual report, NSTC Statics Database から集計して本市作成

## (2) 日本政府の半導体産業戦略

### ① 国策としての半導体産業支援

現代社会はあらゆるものがデジタル化し、インターネットを通して世界中が繋がっています。進化し続けるデジタル技術は、これまで人々の社会・産業・生活様式を変革してきました。少子高齢化が進むわが国においては、進化する技術を活用し、生産性を高め、新たな付加価値を生み出し続けることで、国際競争力の強化と山積する社会課題を解決することが求められています。

このような状況下において、新型コロナウイルス感染症のパンデミックでは世界の物流システムが滞り、世界に点在する半導体のサプライチェーン機能が停滞した結果、世界的な半導体不足に陥り、世界経済の混乱を招いたのは記憶に新しいところです。

近年では、ChatGPTをはじめとする生成 AI の登場により半導体の重要度はますます高まりを見せており、各国が半導体を戦略物資として捉え、自国での製造能力確保に向け取り組んでいます。

一方、生成 AI も含めた、真の IoT が実現するデジタル社会の到来に向けては、情報通信量の著しい増大が見込まれ、その処理には膨大な電力が必要になると言われています。わが国のデータセンター<sup>13</sup>による消費電力は令和 32 年(2050 年)には平成 30 年(2018 年)対比で 800 倍超、そのうち AI にかかる電力は 4,000 倍超が必要になるといわれていますが、半導体の技術が進むことで性能向上と同時に低消費電力化も実現できるため、エネルギー問題の面でも半導体の技術革新による効果が期待されています。

このような背景から、日本政府はデジタル化や脱炭素化の実現に不可欠なキーテクノロジーであり、かつ経済安全保障の観点から重要である半導体の生産能力向上のため、大規模に予算を投入するなど、国策として支援しています。

図 8 【付加価値を生み出した製品・サービス・ビジネスモデルの例】



※出所: 経済産業省 「半導体・デジタル産業戦略」(令和 5 年 6 月)

表 3 【国内データセンター消費電力推定】

年	2018	2030	2050
全体 (TWh)	14	90	12,000
うち AI (TWh)	0.7	16	3,000

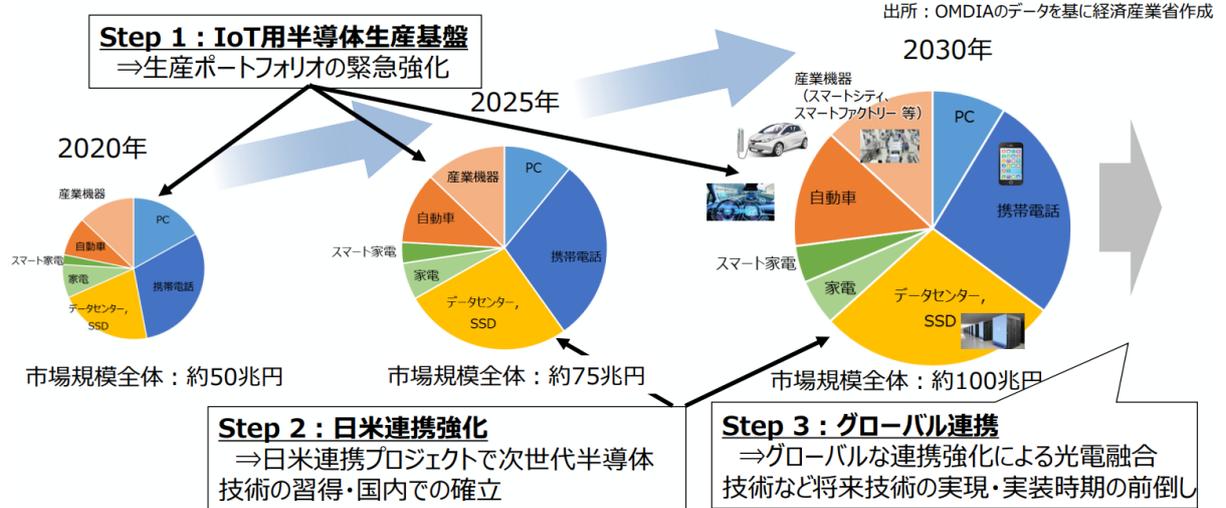
※国立研究開発法人科学技術振興機構 低炭素社会戦略センター 「情報化社会の進展がエネルギー消費に与える影響 (Vol.4)-データセンター消費電力低減のための技術の可能性検討-」から本市作成

<sup>13</sup> サーバーやデータ通信を行うネットワーク機器を収容するための施設。一般的にはパソコンやスマホからの要求がインターネットを介してデータセンターに送られ、データセンターサーバーで処理をしている。高度な処理を可能とするため、高性能の情報処理機器(HPC)が設置されている。

## ② 戦略とロードマップ

世界の半導体産業におけるわが国が置かれた状況や、地政学的リスク等の世界情勢を背景として、日本政府は半導体基本戦略を公表しており、次のステップで進めています。

図 9【日本政府による半導体産業の基本戦略】



※出所：経済産業省「第12回 半導体・デジタル産業戦略検討会議」(令和6年12月23日)

Step1～3について、経済産業省「半導体・デジタル産業戦略」を参考に本市の認識を以下のとおり整理しました。

### Step1: 緊急基盤整備／IoT用半導体生産基盤の緊急強化(生産ポートフォリオ<sup>14</sup>の緊急強化)

#### ■ 製造能力の強化

経済安全保障の観点から、国内で半導体を製造するための製造基盤の整備や強化を重点的に行っていきます。

### Step2: 次世代半導体製造技術開発／日米連携による次世代半導体技術基盤の構築

#### ■ 次世代半導体製造拠点の立ち上げ(Rapidusはここに位置づけられます)

日本が世界から10年遅れた技術を取り戻し、国際競争力を強化すべく日米連携による次世代の半導体製造技術開発に注力し、次世代半導体生産基盤を整備します。

### Step3: 将来技術の実現／グローバル連携

#### ■ 将来技術によるゲームチェンジ

日本が世界に先行して研究してきた新技術(光電融合技術<sup>15</sup>等)を実現し、有志国と連携をしながら世界を主導するポジションを目指します。

<sup>14</sup> それぞれ異なるものを集め、組み合わせ、ひとまとめにしたもの。本ビジョンで扱う生産ポートフォリオとは、半導体の種類、サプライチェーン等の半導体製造に係る事柄を総称したもの。

<sup>15</sup> 電子デバイスに光エレクトロニクスを融合し、電気配線を光配線に置き換えることで、省エネ化・大容量化・低遅延化を実現する技術。