

中国の半導体産業の発展可能性に 関する要因分析

苑 志佳

【要旨】

本稿は、中国の基盤産業の1つである半導体産業をターゲットにし、半導体産業発展に不可欠の条件分析によって中国半導体産業の発展可能性を探る目的とする。筆者が提起する基本問題は2つある。つまり、中国の半導体産業は今後、世界半導体先進国をキャッチアップすることができるのか。また、中国の半導体産業は独自の力で国産化を実現する場合、どのような条件が必要であろうか。本稿は、上記の問題意識をもって筆者独自の分析視点によって上記の疑問を解明しようとし、半導体産業の発展に大きな影響力を有する4つの条件と16要素によって中国半導体産業の発展要因を分析する。本稿の分析によって新たな発見があった。全16要素のうち、強い要素が9つ、弱い要素が5つ、中間状態の要素が2つ、という分布になっているため、中国の半導体産業の発展可能性は高いという楽観的な結論が付けられる。一方、中国半導体産業の発展に関わる「弱い」と「比較的弱い」要素は、「技術」と関わるものだけでなく、今後の産業発展にとって避けて通れないものも多いため、短期間で半導体先進国をキャッチアップすることが困難である、という発見もある。

【キーワード】 半導体産業、産業的条件、市場的条件、分業的条件、政策的条件

はじめに

本稿は、中国の基盤産業の1つである半導体産業をターゲットにし、半導体産業発展に不可欠の条件分析によって中国半導体産業の発展可能性を探る目的とする。

半導体産業とは、電子部品である半導体を生産し販売する産業である。これまで、世界における半導体産業は、アメリカを主体に欧州・日本で設計開発が行われ、これらの地域とアジア地域で生産が行われる傾向がある。2019年の世界半導体市場規模が前年比12%減の4120億米ドルであった¹。

半導体の歴史は、1940年代後半、アメリカで「トランジスタ」が開発されたことで幕を開けた。1950年代には、日本企業が世界初の「トランジスタラジオ」の開発に成功した。それまでの「真空管ラジオ」を凌駕する機能性と経済性から、世界的な大ヒット商品になった。その後も半導体は各企業の激しい競争の中で高性能化、小型化が進められ、さまざまな電化製品の実用化において大きな役割を果たした。さらに1970年代になると、小型ながら高い情報処理が可能な「マイクロプロセッサ」が登場し、コンピュータの時代が到来した。現在は、パソコンなどコンピュータだけでなくスマートフォン(スマホ)やタブレットなどの新たなデバイスにも半導体が搭載されている。今、人々が見ているそのパソコンやスマートフォンも半導体があるからこそ機能しているのである。近年インターネットに接続できるデバイスはパソコン、スマートフォン、タブレット以外にも家電製品や住宅、その他さまざまなものに広がっている。また、「コンピュータによる制御」が当たり前になった自動車産業でも、危険を検知して自動でブレーキをかける「衝突防止システム」などの実用化に伴い、半導体は欠かせない存在になっている。「自動運転技術」の研究開発も積極的に進められていることから、数年後に、ハンドルもアクセルもない無人自動車が街を行き交うようになるという予想もあり、自動車の新たな進化は半導体と密接に関わっている。

¹ こちらの統計数値は、アメリカ半導体工業会(SIA: Semiconductor Industry Association)の発表によるものである。

広く知られているように、2018年の米中貿易戦争の勃発以来、米中両国間にはしばしば次世代通信技術5Gをめぐる激しい応酬が展開している中では、半導体産業はその「主戦場」となっている。米中貿易戦争の勃発当初の2018年4月、アメリカ商務省は、中国通信機器製造大手企業の中興通信（ZTE）がイランなどに米国製品を違法に輸出し、アメリカ政府に虚偽の説明をしたため米国企業との取引を7年間禁じる制裁を科した。制裁によってZTEは米クアルコム社の半導体を調達できなくなり、スマートフォンなどの生産停止に追い込まれた²。さらに、2020年に入ってから、アメリカ商務省は、中国の通信機器最大手、華為技術（ファーウェイ）に対する事実上の米製半導体の禁輸措置を強化すると発表した。外国で製造した半導体でもアメリカ製の製造装置を使っていればファーウェイに輸出できなくなる。半導体メーカーの製品輸出が難しくなり、ファーウェイの経営には大きな打撃となる。アメリカ政府がファーウェイに米企業との取引を事実上禁止して以来、中国の指導部は果敢にも半導体技術を自前で賄うと主張している。同時に、半導体の国産化をめざす中国企業が資本調達を急拡大している。2020年の調達額は2020年半ばごろ時点で約2兆2千億円と、半年で2019年通年の約2.2倍となった。支援の主役は政府系ファンドと2019年に開設した新しい株式市場である。中国のハイテク産業の発展の阻止を狙うアメリカに対抗し、生き残りを懸けて半導体の自給率向上を急ぐ³。中国は現在、半導体自給率が10%台半ばにとどまる一方、高いシェアを誇るスマートフォンや次世代通信規格5G向け機器は国際的な影響力の源泉になっている。ハイテク産業での中国台頭を抑えるためにアメリカが半導体市場から中国を締め出せば、これら機器の生産が難しくなるうえ、アメリカとの覇権争いで脱落しかねない。

中国の半導体産業は技術的にまだ西側諸国にかなり遅れを取っているうえに有能な人材の確保も容易ではなく、ファーウェイなど国内ハイテク企業の全ての需要を満たす製品を供給するという課題をすぐにクリアするとは考えにくい。さらに、中国国内の半導体製造企業は及第点に達していないという見方が多い。まだ

² 『日本経済新聞』「米、ZTEの制裁解除 米企業と取引再開」、2018年7月14日

³ 『日本経済新聞』「中国半導体企業、2.2兆円調達 米国対抗へ国産化加速半年で2019年の2.2倍 政府系が支援」、2020年7月6日。

多くの分野でアメリカ、台湾、韓国、日本、欧州に依存しているのが実情で、政府補助は効率が悪いし、政府の政策にも限界があるという意見もある。このように、中国の半導体産業は今後、順調に世界半導体先進国をキャッチアップすることができるのか。また、中国の半導体産業は独自の力で国産化を実現する場合、どのような条件が必要であろうか。本稿は、上記の問題意識をもって筆者独自の分析視点によって上記の疑問を解明する。

1 産業発展に関する先行研究——ポーター・モデルの要点

では、一国の産業発展には必要な条件が何であろうか。これについては若干議論する必要がある。従来の産業理論には、すべての産業発展に共通する有用な一般論がおそらく存在していないが、世界でよく知られているポーターの「ダイヤモンド」モデルは、これに挑戦する数少ない1つの試みである(ポーター, 1992)。ポーターの理論は、本稿の分析枠組みの形成にヒントになるため、以下では、この理論について簡単にまとめておこう。

ポーターのダイヤモンドモデルとは、特定の国において、ある産業では競争優位を持って、他の産業では競争優位を持っていないということを説明したモデルである。言い換えると、ある国では特定の産業でしかイノベーションが起きず、それ以外の産業ではイノベーションが起きないということもできる。文字通りダイヤモンドの形をしたフレームワークで表現される。ポーターは、ダイヤモンドモデルにおいて、国の競争優位は、(1) 強固な企業戦略と競争状態、(2) 要因条件、(3) 需要条件、(4) 関連産業と支援団体の4つのファクターから成り立つとしている。もし、この4つが全てポジティブであれば、国内企業は継続的に成長、進化していくことができ、この4つに機会と政府の役割が加わることで、産業集積が起こっていくとしている。

まず、「強固な企業戦略と競争状態」について、企業の状況は、企業がどのように設立、編成、管理されてきたかによって大きく左右する。さらに、国内の競争は、企業にユニークで持続可能な強みと能力開発につながり、国際競争力の源泉となる。この激しい国内競争の結果、多くのメーカーは容易に外国市場でも競争

することができるようになる。次は、「要因条件」である。特定の国の要因条件とは、利用可能な自然、資本、人的資源のことを示す。人的資源とは、熟練した労働力、良好なインフラストラクチャー、科学的な知識ベースなどを示す。これらの要因条件は、スキルの開発と新しい知識の創造を通じて、絶え間なくアップグレードされることが重要で、そうしてアップグレードされたものが、その国の特定産業の大きな競争力の源泉になる。第3は、「需要条件」であるが、特定の国における需要は、その国の中で産業が大きく育つ条件になる。市場が拡大すればするほどチャレンジは増えるが、その結果、企業はより成長を遂げ、製品やサービスはより良いものになっていく。その国の需要側からの厳しい要求は、企業の成長、革新、品質向上にもつながる。こうした取り組みを通じて、その企業は国境を越えて顧客の将来ニーズにこたえることができるようになっていく。最後の第4点は、「関連産業と支援産業」である。関連産業と支援産業の存在は、その産業が卓越することができる基盤になる。企業は多くの場合、顧客に対する付加価値を創造し、より競争力を高めるために、他の企業との提携やパートナーシップを構築している。特にサプライヤーは、その企業のイノベーションを強化するために重要なパートナーとなる。

上記の4つの産業発展条件にはポーターが2つの「支援条件」を加えた。その1つは、「政府」の役割である。ポーターのダイヤモンドモデルにおいて、政府の役割は、「触媒と挑戦者」の両方として描かれている。ポーターは、政府を産業の本質的な支援者や支持者として見ておらず、競争力のある産業を創出することはできず、それができるのは企業だけだと考えている。しかし、各国政府は、より高いレベルの競争力に移行できるように促し、推進する必要があるとしている。例えば、インフラ、教育システムの整備などや、反トラスト法などの企業間の競争を促す法整備である。そして、2つ目の支援条件は、「機会」である。ポーターは当初、機会についての言及はなかったが、戦争や自然災害などの外的事象が国や産業に悪影響を及ぼしたり、利益をもたらしたりする可能性があることから、機会の役割がダイヤモンドモデルに含まれるようになった。機会は企業ではコントロールできないが、市場状況の変化にあわせて意思決定できるように、監視はしておく必要がある、という。

2 半導体産業発展に必要な条件は何か

以上は、産業発展におけるポピュラーなポーター・モデルの主なポイントを紹介した。確かにポーター・モデルは一国の半導体産業の発展に有用な仮説として通用することができると考えられるが、世界の半導体産業の歴史をみると、他産業に存在していない産業的特質が半導体産業に存在している。これらの特質は、本稿の分析焦点となる。本稿は、上記の半導体産業に特有な産業的特質を重視し、産業分析にあたって独特な着眼点が必要だと主張する。具体的には今日の半導体産業の発展に大きな影響力を有する4つの条件——「産業的条件」、「市場的条件」、「分業的条件」、「政策的条件」——が挙げられる。これらの4つの条件を取り上げる背景と理由は下記の通りである。

(1) 「産業的条件」

今日の半導体産業の発展に不可欠の「産業的条件」には、4つの要素——資金、人的資本、製造装置、周辺産業——があると考えられる。

第1に、半導体産業にとって「資金」という要素は、産業発展の大前提であり、他産業に比べると、より特別な意味がある。なぜなら、半導体産業は典型的な装置産業であり、多数の高価な製造装置を揃わないと、生産さえもできない、という産業的な特質を持つからである。数十億円単価の高価な装置をそれぞれの生産工程に多く配置すること自体は、莫大な投資を意味することがいうまでもない。かつて日本の半導体産業が強かったのは、世界でダントツの家電産業を持ち、これが多くの利益を稼ぎ、その資本力を半導体設備投資に集中したからであった。1990年代に1つの半導体メモリ量産工場を建設するには、最低でも10億円前後の設備投資をかける。そして、半導体産業の生産技術進歩は日進月歩であり、個々の製造装置の単価も想像以上のペースで上がっている。現行の半導体生産技術レベルでは、1つのフラッシュメモリの量産工場を新設する場合、3,000億円の投資をしなければならないという。さらに、最新鋭の半導体量産工場を新設する場合、設備投資は、兆円単位になりつつある。例えば、ファウンドリー（半導

体受託製造)世界最大手の台湾積体電路製造(TSMC)はこれから、米アリゾナ州に半導体製造工場を建設し、最先端の回路線幅5ナノメートル(ナノは10億分の1)のチップを製造する。新工場への投資額は、2021~29年の9年間で約120億米ドル(約1兆3000億円)である。半導体産業の投資額がここまで膨らむのは、やはり各生産工程に配置される装置設備の単価が急上昇しているからである。典型例を挙げると、現在は、先端の微細化プロセスに用いられる深紫外光(DUV)タイプの露光装置の単価は最新機種で60億円程度である。つまり、半導体産業は、言葉通りの「金食い虫産業」である。資金力のない国の場合、最新鋭の半導体産業を発展させること自体は無理である。

第2に、他産業に比べて半導体産業の発展に必要な「人的資本」は特別な要素である。では半導体業界は、どういう人材を求めるのか。実際の半導体企業の職種を募集する情報をみたら、わかりやすい。つまり、それは、「大きく分けて、設計・開発エンジニア、半導体製造のプロセスエンジニア、製造装置のフィールドエンジニアの3つである。このほか、品質管理、実験や不具合解析が若干ある」という。半導体そのものの設計・開発は、家電やクルマ、機械の回路設計とはまったく別物である。何らかの回路設計の経験者であったとしても、半導体への技術転用は、ほぼできない。半導体製造装置のフィールドエンジニアは、半導体業界に限らず安定的な人数の確保が必要である。景気の善し悪しにかかわらず、メンテナンスは常に必要だからである。半導体に限ると、製造装置が非常に繊細であるが故に、特に最新鋭設備の導入時期には試運転や稼働状況の見守りなど、多くのフィールドエンジニアが必要になる。したがって、半導体産業の現場は「常に忙しい」と言われている。プロセスエンジニアやフィールドエンジニアは、毒性の高い薬品やガスも扱うので、厳しく安全性は確保されていても、リスクと感じる人もいる。要するに、「半導体産業は、非常に繊細かつ最先端の技術を熟知する人材の存在が産業存立の前提条件である。まだ世の中になく技術を取り扱える、身につけられる、という技術的な面白さがある」(杉本, 2020)。現在、安定している世界の最先端半導体工場には、上記の経験豊富なエンジニアを数多く抱えている。これこそ、半導体企業の競争力の源泉である。

第3に、製造装置という要素は、装置産業としての半導体産業の発展に特別な

意味がある。既述のように、半導体は現代社会においてスマートフォンや自動車などあらゆる分野、産業で利用されているコア部品であるが、今日の技術トレンドではその生産には、ナノメートル (nm) レベルの精度が必要とされている。ナノは原子・分子の構造を表すようなごく小さな微視世界の単位である。そのため、半導体を加工することを人の手で行うことは完全に不可能であり、専用の加工装置が必要となる。その生産加工装置の一例として露光装置が挙げられる。半導体露光装置は、複雑で微細な電子回路のパターンを大きなガラス板に描いたフォトマスクを、極めて高性能なレンズで縮小して、シリコン・ウェハと呼ばれるシリコンの板に焼き付ける装置である。半導体露光装置には、3つの技術が必要とされている。この3つの技術が半導体露光装置の性能を決めるといっても過言ではない。第1は、「投影レンズの解像度」である。レンズの解像度が高いほど、細かい回路パターンを転写することができる。第2は、「重ね合わせ精度」である。1個の半導体を作るためには、数十回フォトマスクを交換しながら、繰り返し回路パターンを焼き付けなければならない。このため、シリコン・ウェハとフォトマスクの位置ずれがないことが非常に重要となる。第3に、「スループット」である。これは半導体の量産時に大切である。スループットは、1時間あたり何枚のシリコン・ウェハを露光できるかという生産性を表している。現在、先進的な露光装置を生産している企業は、日米欧に集中しているが、世界における最高技術レベルの露光装置を生産できるのは、オランダのASML社である。同社は現在、半導体露光装置(ステッパー、フォトリソグラフィ装置)を販売する世界最大の企業で、16ヶ国に60以上の拠点を有し、世界中の主な半導体メーカーの80%以上がASMLから製造装置を調達している。IDM⁴やファウンドリー⁵など

⁴ IDMは、Integrated Device Manufacturerの略称で「垂直統合型デバイスメーカー」と訳されることが多い。半導体メーカーのうち、設計から製造、販売まで自社ですべてを行なう(垂直統合で行なう)企業(あるいはビジネスモデル)がIDMと呼ばれる。現在の代表的なIDMとしてサムスン電子があるが、1980年代から1990年中頃にかけての日本の半導体メーカーはすべてIDMであった。

⁵ ファウンドリー(foundry)とは、半導体産業において、実際に半導体デバイス(半導体チップ)を生産する工場のことを指す。ファブ(fab)と呼ばれることもある。またファウンドリー・サービスという半導体製造のみを専門に行うビジネスモデルのことを指す場

の半導体メーカーは、ムーアの法則⁶に従い、製造するIC（集積回路）を年々微細化する。ICの製造工程では、30から40回シリコン・ウェハー⁷に露光するため、露光機の性能がICの性能を左右するといっても過言ではない。その為、ASMLは継続的に研究開発を行っている。売上高ベースで2007年のASML社の露光装置の世界シェアは65%に達した。1996年は日本のニコンが約50%弱、キヤノンが約25%のシェアを獲得していた。2008年の半導体製造装置メーカーランキングでは、日本の東京エレクトロンを抜き2位に浮上し、2011年の同ランキングではアプライド・マテリアルズ社を抜き、初めて世界1位となった。要するに、現在、ナノ技術レベルの半導体を生産する場合には、ASML社の露光装置がなければ、生産そのものが不可能である。

第4に、産業的条件の4番目の要素は「支援産業」である。他産業に比べて半導体産業の場合、「支援産業」はわれわれの想像以上に幅広い分野である。上記の製造装置以外に半導体支援産業には、フォトマスク装置メーカー、検査装置メーカー、材料メーカーなど数多くの支援分野がある。その中では、材料分野は非常に重要な支援産業である。ほとんどの半導体の基材となるシリコン・ウェハーを製造して半導体製品製造メーカーに販売する材料メーカーも、半導体産業の一部を構成している。一般的に言えば、半導体の製造プロセスは大きく前工程と後工程に分かれる。前工程はシリコン・ウェハーの表面に酸化膜や金属膜を重ね合わせる成膜、回路パターンを転写する露光、回路以外の部分を、ガスを使って取り除

合もある。

⁶ ムーアの法則 (Moore's law) とは、大規模集積回路 (LSI) の製造・生産における長期傾向について論じた1つの指標であり、経験則に類する将来予測である。発表当時フェアチャイルドセミコンダクターに所属しており後に米インテル社の創業者のひとりとなるゴードン・ムーアが1965年に自らの論文上に示したのが最初であり、その後、関連産業界を中心に広まった。

⁷ シリコン・ウェハーは、高純度なシリコンのウェハーである。シリコン・ウェハーは、珪素のインゴットを厚さ1mm程度に切断して作られる。シリコン・ウェハーは半導体集積回路の製造に最も多く使用される。このウェハーにアクセプターやドナーとなる不純物導入や絶縁膜形成、配線形成をすることにより半導体素子を形成することができる。

くエッチングなどから成る。こうして製造した半導体チップを基板に接合し、切断するのが後工程である。これらのプロセスでは、成膜工程の洗浄液や材料ガス、露光工程のレジスト（感光材）やフォトマスク、エッチング工程のエッチングガスなど多彩な材料が用いられる。世界の半導体出荷量に占める日本メーカーのシェアは1割に満たないが、これらの半導体生産に不可欠の材料の日本企業のシェアは5割に達するとの試算もある。2019年、日韓関係が悪化した際、日本政府は半導体材料を対韓制裁の武器として利用した前例があることは記憶に新しい。当時、日本政府は、韓国への輸出規制を厳しくするため、半導体材料の審査を厳格化した。韓国への輸出規制は、フッ化ポリイミド、レジスト、エッチングガス（フッ化水素）の3品目で個別の審査や許可を必要とした。規制対象の3品目半導体材料は日本企業の世界シェアが高く、フッ化水素は8〜9割に達する。調達先を変更しようとしても代替品が見つからない可能性が高いため、韓国半導体企業は、かなり憂慮していた。要するに、半導体産業の発展には、生産に不可欠の材料を如何に確保するか、という点が非常に重要である。

(2) 「市場的条件」

半導体産業の発展に不可欠の2番目の「市場的条件」には、4つの要素——市場需要、産業組織、市場供給、市場参入環境——が含まれる。

まず、一国の市場需要は、その国の半導体産業の発展を大きく左右する要素である。周知のように、半導体産業の早期段階では、軍事需要がアメリカの半導体産業を強く支えていた。日本の場合、1970年代のラジオ、電卓、80年代の家電、OA機器、90年代の自動車、パソコン、21世紀初頭のIT機器などは、半導体産業の需要先として連続して出現し、産業発展を力強く牽引していた。現在、5Gスマホ、AI、IoT、自動車などの旺盛な需要は、中国の半導体産業を牽引している。いうまでもなく、一国において上記のような需要の有無は、その国の半導体産業の発展を左右する条件である。これまでの世界半導体産業の発展歴史をみると、大きな需要市場を持つ国であればあるほど、その国の半導体産業は比較的速く発展することができる、という大まかな経験・傾向が存在している。

次に、半導体産業の発展パターンを大きく影響する要素の1つは市場供給構造

である。世界半導体市場をみると、市場供給はいくつかの類型に分かれる。「外部設計+自社生産+外部供給」型は、かつてのマーチンダイズ(外販型)であり、今日の台湾積体回路製造(TSMC)や聯華電子(UMC)のモデルである。そして、「自社設計+自社生産+自社消費」型は、かつてのIDMのモデルであり、韓国のサムスン電子のタイプである。「外部設計+外部生産+自社消費」というタイプは、少数派であるが、中国に存在している(例えば、ZTE社)。最後の類型は、「自社設計+外部生産+自社消費」である。現在、世界中の電気通信企業の多くはこのタイプに属している。中国のファーウェイもこのタイプである。

第3に、一国の半導体産業発展にとって、どのような「産業組織」が存在するかは、その国の半導体産業の発展方向性を大きく左右する。つまり、半導体産業内部における企業と市場の関係は、国によって大きく異なる。産業への参入障壁や独占的市場支配力の有無や政府の介入の強弱、といった半導体産業発展プロセスにおける特徴はそれぞれの国の半導体産業発展の形を決める。かつての日本の半導体産業の特徴は、日立や東芝、NECなどの多くの巨大な日本総合電機企業が、「全て自前で行う」という垂直統合型で半導体事業を行っていた。垂直統合型のメリットは、半導体産業において特にそうなのであるが、「自社の独自技術を他社に知られずに済む」という点である。しかし、今日、これらの垂直統合型総合電機企業は、苦境に立たされているだけでなく、半導体事業も手放した。これに対して、半導体産業におけるもう1つの「水平分業」は、「製品の核となる部分は自社で行い、それ以外の部分は他社に任せる」という産業モデルである。アメリカのファブレス(fabless)と台湾のファウンドリーは、その典型例である。ファブレスとは、「工場」を持たない半導体企業のことである。工場を所有せずに製造業としての活動を行う企業を指すモデルである。半導体関連企業は従来、半導体設計とその製造を同じ企業内で行ってきた。しかし、半導体製造装置やその周辺設備の投資には莫大な投資がかかることや半導体製造企業各社が約4年に一度、一斉に行うシリコンサイクルと呼ばれる製造プロセス更新、投資のため減価償却期間が短いなど事業として成り立たせるための資金の調達が難しくなる傾向がある。このため製造設備を持たず、研究開発のみに従事する企業とすることでこれらを回避し比較的安定した事業を行うことができる。設計した半導体は、一

一般的な半導体総合企業やファウンドリーとよばれる半導体製造専門企業に製造を委託する。アメリカのクアルコム社はその典型例である。そして、台湾半導体産業の成功要因は、上記の産業内の水平分業にある。つまり、ファウンドリー形成によって、台湾における半導体産業の分業は産業間の分業から産業内の製造工程における国際分業にまで拡大した。その波及効果として半導体の産業構造がダイナミックに転換してきた。こうして産業内の製造工程における国際分業にまで発展できたことが、台湾が半導体産業の後発国でありながら発展のチャンスを得ることができた最も重要な要因である(王, 2005)。

第4に、市場参入環境は、「市場的条件」の最後の要素である。広く知られるように、半導体産業は、独特な産業特質がある。それは、設計だけを行う企業、製造だけを行う企業、製造装置を作る企業、検査装置を作る企業、流通販売だけを行う企業、材料を作り供給する企業、これらの複数を1社で行う企業などが互いに関係を保ちながら大きな産業界を構成している。主にデジタル半導体産業に特有の特徴となるが、生産設備を整えるための初期投資はかなり大規模となるために、それぞれの製品は世界市場に向けて生産され、世界規模での半導体製造企業となる傾向が強い。このように、半導体産業は非常に細分化・専門化が進んだ分野である。一言で「半導体メーカー」といってみても、企業によって得意分野も違えば役割も異なる。半導体そのものを製造する企業のほかにも、半導体製造装置の研究開発や設計を行う企業や、半導体や半導体製造装置の評価検証を行う企業、半導体の生産プロセスの検証を担当する企業というものが存在し、半導体の製造だけを行う企業にしても、CPUを専門的につくる企業があったり、フラッシュメモリを得意とする企業があるなど、技術が高度であるだけに産業内の役割がそれぞれ細分化されているのである。ただ、一朝一夕には手に入れない高度な技術を持つことが、企業にとって「諸刃の剣」になることもある。というのも、市場の変革スピードが想像以上に速いため、これまでの主流製品がすぐに過去のものとなり、巨額の研究開発費を投じて培ってきた技術を使える場が失われることもあるからである。もちろん、それは大企業にとっても他人ごとではない。新たな技術領域の台頭などによって、これまでナンバーワンだった企業に変わり、新たなプレイヤーが登場することも考えられるのである。近年は半導体産業内の

再編が相次いでおり、2015年以降、買収金額が1兆円を超える大型M&A(合併・買収)が多数発生している。一から技術を開発するのではなく、その研究開発費を企業買収に振り向け、M&Aで技術を手に入れるほうが早いというケースもあるので、こうした産業再編はグローバル規模でまだまだ続くと考えられている。

(3) 「分業的条件」

半導体産業の発展に不可欠の3番目の「分業的条件」には、4つの要素——知的資産(IP)、設計(ファブレス)、製造(ファウンドリー)、管理ノウハウ——もある。既述のように、1980年代後半以降、世界の半導体産業は、画期的な産業内分業を経験してきた。かつてのように、一企業による半導体生産の全工程(設計・製造・組み立て・検査・販売)を企業内に抱え込む垂直統合の生産様式は終焉を迎えた。その代わりに、半導体産業に関わるそれぞれの工程は、独立し、水平分業のパターンになってきた。このような産業内分業に、どのようにかわるかという点は、一国の半導体産業の発展を大きく左右する。

まず、半導体の知的資産(IP)は重要な要素である。一般的に言えば、「IP(intellectual property)」は知的資産を意味し、発明やデザイン・著作物などを指すが、半導体企業が呼ぶIPは、半導体の設計情報を指す。半導体製品の需要側は、これまで半導体メーカーが市場に提供してきた半導体製品と同等の機能・性能を、需要側のシステムや製品に組み込んだり、製品単体として使ったりすることができる。これにより需要側は、システム全体をゼロから設計することなく、需要側独自部分の設計に集中できると共に、開発期間を短縮することができるなど、様々なメリットがある。IPには回路の種類、有償無償、ファイルフォーマットなどにおいて様々な種類が存在する。全ての機能を一から自社開発しようとする開発コストは大きくなり、開発期間も増大する。IPを利用することでこれらを抑えることができる。また、一度自社で開発した設計データを再利用できるようにしておくと、次回以降の設計において、IPとしてそれを利用して開発コストと開発期間を抑えることができる。したがって、半導体IPは、短い期間に蓄積することが不可能で、開発から生産までのプロセスから徐々に積み立てられる無形資産の

一種である。このため、半導体産業の新規参入者にとって、IPを先発者から導入するか、自ら蓄積するか、という選択が迫られることが多い。前者の場合は、産業キャッチアップを速めることが可能であるが、後者の場合は、キャッチアップのプロセスが長くなるであろう。

次に、分業的条件の2番目の要素は産業内分業のコアセクターに当たる設計分野(ファブレス)である。これまで述べたように、戦後の半導体産業の主流は、IDMと呼ばれるモデルであった。IDMとは、垂直統合型デバイスメーカー(Integrated Device Manufacturer)の略称で、半導体産業において、自社で全工程(設計・製造・組み立て・検査・販売)を一貫して行える設備を有しているメーカーである。かつてのNEC、日立、東芝など日本の主要半導体企業は、これであった。ところが、1980年代後半ごろから世界の電子産業では新たな分業がいくつか発展した。半導体産業でも、設計と製造の分業が盛んになった。つまり、1980年代後半から、半導体分野で設計と製造を別々の企業が担うという分業が発展する。半導体工場を持たない「ファブレス」の設計会社と、半導体製造サービスに特化した「ファウンドリー」による分業、これが次第に広まる。この世界的に広がった半導体分業トレンドに乗り、大成功を収めたのは、アメリカの設計企業(ファブレス)と台湾の製造企業(ファウンドリー)である。そして、日本の半導体メーカーは、この設計と製造の分業を嫌った。IDMに最後まで固執し続けた。これが日本半導体産業の衰退の一因だといわれる。現在、半導体産業にとって、高いレベルのファブレスとファウンドリーの存在は、産業発展の行方を左右するもっとも重要な要素となった。

第3の要素はファウンドリーの有無である。既述のように、1980年代後半以降、世界の半導体産業は、垂直統合型のIDMモデルから水平分業型(ファブレスとファウンドリーの分業)へと転換してきた。上記のファブレスとセットになるファウンドリーの存在は、一国の半導体産業の発展を大きく左右するようになった。ファウンドリーとは、半導体メーカーやファブレスからの委託を受けて半導体チップの製造を行う、生産専門の企業のことである。半導体の製造に関わる設備や製造技術の開発には、莫大な投資が必要となる。製造技術の微細化が進むにつれて、投資額は増大する傾向にある上、製品のライフサイクルも短くなってい

る。ファウンドリーは、半導体製造設備の運営のみに特化することで、経営戦略などに関するコスト負担はリスクを抑えている。製品はOEMで供給する。複数のファブレスから受注することも珍しくない。

第4の要素は、半導体生産に不可欠の管理ノウハウのストックである。半導体産業は典型的な装置産業である。このため、半導体の製造には、微細な光学的加工や真空やガスを扱い、常に純度の高い清浄な環境が求められる。他の製造業とは異なるこういった特徴によって、多いものでは600もの工程を必要とする半導体の製造に用いられる主要なものだけでも100種類以上にのぼる装置類の多くは、これらの高い要求を満たす高度な技術力を備えた専業の半導体製造装置メーカーによって作られ、半導体を設計・製造する企業に供給される。したがって、これらの高度な製造装置を操り、問題発生を最小限に抑え、高い歩留まり率を実現するには、高度の生産管理ノウハウのストックが必要である。これらのストックが長期間にわたって積み立てられた生産の無形資産である。

(4) 「政策的条件」

広く知られるように、これまでの世界半導体産業の発展は、決して自然発生もしくは自由市場競争原理に沿って発展してきた産業ではなかった。この産業の背後には、つねに「政府」の影がみられる。たとえ市場万能主義を信奉するアメリカにしても、セマテック⁸のような政府介入の例もある。日本の半導体産業の興

⁸ セマテックとは、1987年にアメリカ合衆国で官民合同によって設立された次世代半導体の製造技術の確立へ向けたロードマップを策定し、製造技術の開発を目的としたコンソーシアムである。1980年代前半では、米系メーカーが世界の半導体の50%以上のシェアを占めていたが、1980年代半ばにかけて日系半導体メーカーの躍進が明確になり、1987年にはついに日米の半導体シェアが逆転した。このため米国半導体の保護と復活の動きが業界を中心に盛んになり、復活の動きとして1982年には米国半導体技術における大学研究機関での長期的な前競争領域での研究開発の指揮、研究者の育成を目的としたSRC (Semiconductor Research Corporation) が米国半導体協会 (SIA) の提唱で半導体メーカー11社の出資により発足した。さらに日米間の逆転が明らかになった1987年に米国半導体産業の国際競争力回復を目的とした米国国内組織として米

隆における産業政策が世界的に広く知られている。1970年代、日本は半導体産業を国の重要戦略分野として明確に位置づけていた。1976年に始まった「超LSI技術研究組合」はその象徴である⁹。極端に言えば、産業政策なしでは、半導体産業は成り立たない。この「政策的条件」には、産業関連法規、政府介入（公企業）、民間企業へのサポート、技術開発支援の4つの要素があると考えられる。

第1に、半導体産業発展に関わる産業育成関連法規には、産業育成の法・規制・許認可などがある。半導体技術の向上は、階段状に進化するという特徴を見せる。企業が研究開発への投資を惜しめば、すぐさま先頭集団から脱落する。日本でも旧通産省の産業政策主導の下、オープン・イノベーション型の半導体開発が早くから進められていた。1970年代の超LSI技術研究組合がこれにあたる。一方、アメリカでは1980年に出版された『Japan as No.1』がトリガーとなり、産業競争力委員会が組織された1983年にはヤングレポートを発行している。半導体産業で日本に敗退することは国家の存亡に関する異常事態と認識されたのである（濱田, 2011）。このため、1987年にアメリカ半導体産業の国際競争力回復を目的としたアメリカ国内組織としてアメリカ政府と米系半導体メーカーおよび製造装置メーカー14社によりセマテックが設立されるに至った。

政策的条件の2番目の要素は、政府介入である。その典型例は、国有もしくは公有企業による介入である。このような半導体産業育成方式には日本の名が高い。よく知られているように、1965年から公企業の電電公社と半導体企業間で電子交換機用半導体の共同研究が始まった。先ず NEC が参加したが、翌年、富士通、日立、沖電気も加わり、設計及び評価は電電公社が、試作は各参加企業が担当した。電電公社は特殊な条件下での半導体の信頼性試験を行い、その過程で各参加

国政府と米系半導体メーカーおよび製造装置メーカー14社により SEMATECH (SEMI-conductor MANufacturing TECHNOlogy) が設立され米国の半導体産業の共通課題の強化および競争力の強化に重点的に取り組んだ。

⁹ 超LSI技術研究組合とは、官民合同によるVLSIの製造技術の確立へ向けたロードマップを策定し、製造設備の国産化を目指した技術研究組合である。競合会社の技術者達が共同で共通の技術的課題に挑むという前例はなく、この超LSI共同研究所の成功によって、世界的にこの種の形式の研究所方式が多く採用されることとなった。その期間は、1976年から1980年の約4年間であった。

企業間の競争を促進した。さらに、1969年以降ではこの開発体制がさらに進展し、半導体の共同開発を行った。1975年になると電電公社主導の超LSI共同研究が行われ、通産省主管下の超LSI技術研究組合に1年先んじた。日本以外の場合、台湾も、政府介入による半導体産業育成の事例があった(苑, 2002)。

そして、政策的条件の「民間企業へのサポート」と「技術開発支援」の2つは重要な要素でもある。その典型例は、前出のセマテックであろう。日米間の逆転が明らかになった1987年にアメリカ半導体産業の国際競争力回復を目的としたアメリカ国内組織としてアメリカ政府とアメリカ民間半導体メーカーおよび製造装置メーカー14社によりセマテック(SEMATECH)が設立されアメリカの半導体産業の共通課題の強化および競争力の強化に重点的に取り組んだ。当初の目的は最先端の製造技術の確立と次世代半導体製造装置の標準化であり、設立から5年間の政府(国防総省等)からの資金援助は5億ドルに上った。日本の場合、旧通産省による支援は有名である。既述したように、1976年、超LSI技術研究組合が発足され、旧通産省が呼びかけ、コンピューター・メーカー5社(富士通、日立、三菱電機、日本電気、東芝)が組合に参加した。1メガビット半導体メモリーのための製造技術の開発をめざす目的で、通産省が300億円、企業が400億円をそれぞれ出資した。

以上、世界半導体産業史という視点から、同産業の発展にとって、どのような条件は必要かについてまとめた。そこから、本稿の着眼点と分析枠組みは浮上してしまう。次節では、これを説明する。

3 本稿の分析枠組み

これまで半導体産業発展に必要なものについて筆者は4つの条件にわけて試論したが、これらの産業発展条件は世界半導体産業の発展歴史のなかで登場したものであり、各国・地域の半導体産業発展にとって依然として有用なものでもある。とりわけ、半導体産業において産業先発者をキャッチアップする立場におかれる国にとって、現実的な意味合いが大きい。本稿は、上記の4つの条件を中国半導体産業の発展可能性の検証要素として分析に取り組む。これよりはこの4つの条

表 1 中国半導体産業の発展への大きな影響要因・条件と点数評価

影響条件	内容	評価点
産業的条件	資金	5
	人的資本	2
	製造装置	1
	支援産業	2
市場的条件	市場需要構造	5
	市場供給構造	3
	産業組織	4
	市場参入環境	4
分業的条件	知的資産 (IP)	2
	設計 (ファブレス)	4
	製造 (ファウンドリー)	3
	管理ノウハウ	2
政策的条件	産業育成関連法規	5
	政府介入 (公企業)	5
	民間企業へのサポート	5
	技術開発支援	5

出所：筆者作成。

説明：5 = 強い, 4 = 比較的強い, 2 = 中間, 3 = 比較的弱い, 1 = 弱い。

件に基づく本稿の枠組みを説明する ([表 1] を参照)。

まず、本稿は、前節において説明した、今日の半導体産業の発展に大きな影響力を有する 4 つの条件——「産業的条件」、「市場的条件」、「分業的条件」、「政策的条件」——を中国半導体産業に照らしてそれぞれの要因を分析する。かつて中国半導体産業に関する情報が少なかったが、世界の最大市場になった現在では、米中貿易戦争が発生したことを加えて、中国半導体産業に関する情報はかなり増えた。これによって中国半導体産業分析に不可欠の情報とデータもほぼそろっているため、中国半導体産業の発展可能性の要因分析も可能になった。

次に、上記の 4 つの要因条件には、それぞれ 4 つの要素が入り、全部で 16 がある。これらの 16 の要素に対する分析は本稿の中心内容となる。16 の要素そのものについては、前節での説明通りであり、ここでは具体的な説明を省略する。

本稿の独特な分析手段は、上記の16要素分析に適切な数量評価を加えることである。つまり、それぞれの要素の内容・現状を精査するうえで、5点評価が行われる。この5点評価は、それぞれの要素の内容について、「強い」、「比較的強い」、「中間」、「比較的弱い」、「弱い」の5ランクに分けて、それぞれのランクに5点、4点、3点、2点、1点で評価する。たとえば、「産業的条件」における「資金」という要素の場合、もし、産業投資資金は十分に潤沢であれば、5点が付けられる。逆の場合、1点が付けられる。両社の中間状態の場合は、3点と評価する。さらに、その間に4点と2点のサブ中間評点を設ける。この点数評価によって中国半導体産業の強弱は明らかになるであろう。

第3には、上記の点数評価をベースにベンチマークを作成する。この作業の目的は、中国半導体産業の発展可能性を立体的かつ可視的な形で分析することにある。分析は、「16要素」と「4つの条件」に分けて行う。「16要素」の分析によって中国の半導体産業における各関係要素の強弱はわかるようになる。したがって、その後の分析はこの「16要素」の点数評価をみながら、中国半導体産業の発展可能性を予測する。そして、「4つの条件」分析は、これまで説明した半導体産業の発展に大きな影響力を有する4つの条件のうち、どれが中国半導体産業のボトルネックであるか、またはどれがその有利な条件であるか、を析出し、中国半導体産業の将来性を展望する。

本稿での分析に使われる情報・データは主に関係統計機関やこれまで公表された先行研究のソースである。そして、本稿の関係情報にはかつて筆者が行った現地・企業調査で獲得した現場情報が含まれる。

4 中国半導体産業の発展経緯と現状

中国の半導体産業の歴史を回顧すると、その原点は、第2次世界大戦後間もない時期に遡る。中国の半導体産業は1950年に勃発した朝鮮戦争をきっかけに生まれた。戦争に必要となる軍用電子製品（レーダー、軍用通信機器）の必要が、中国半導体産業の誕生を促した。半導体産業のうち、トランジスタ技術は1953年から旧ソ連によって中国に移転され、純国産のトランジスタの開発が1958

年に初めて成功した。1958 年からの第 2 次 5 ヶ年計画において半導体産業を含む電子産業は「国家重点産業」として位置づけられたが、その後、限られたトランジスタ製品がほとんど軍事需要に使われ、民生用分野への供給はゼロに近かった。1966 年に始まった「三線建設」¹⁰ をきっかけに半導体産業はますます軍事化され、生産された製品がミサイル、核兵器、軍用機、人工衛星といった軍事分野に使われた。ところが、1969 年に各地で繰り広げられた「全国電子大合戦」の結果、全国各地でトランジスタラジオが開発、生産され、トランジスタ搭載の白黒テレビも開発された。これによって半導体技術の民生用への道が開かれ、翌年の 1970 年にはトランジスタを含む「電子部品」の生産規模は 1 億個達し、半導体メーカーも数多く生まれてきた。集積回路 (IC) 技術は、1960 年代前半ごろに欧米から導入されたが、その成長はかなり遅く、1970 年の統計データによると、その年の生産規模はわずか 423 万個であった。さらに「文化大革命」の最中である 1972 年に中央指導部において、鉄鋼産業を優先的に発展させるべきか、電子産業を優先的に発展させるべきかをめぐる政策論争が行われ、その結果、鉄鋼優先派が勝利を収め、IC を含む電子産業は重点産業からはずされ、そのまま低迷期に入った (苑, 2001)。

¹⁰ 中国は建国以来、共産党陣営として、ソ連と歩調をあわせてきた。第一次五カ年計画にしても、ソ連から技術援助を受けて行われたプロジェクトが多く見られる。しかし、1960 年代に入り、中ソ援助協定は破棄され、中国は独自の道を歩かざるを得なくなった。そして、中ソ国境で小規模な紛争も起こり始めた。また、同時期に台湾国民党政権も、大陸反抗の旗印を掲げ、軍事衝突の危険性が常に付きまとい、軍備の拡張にせまられていた。しかし、中国の国内は大躍進運動の失敗により、経済の回復が急務であり、重工業、軍備よりも、農業を重視する政策が採られていた。この状況下で、1964 年にアメリカがベトナムに軍事介入する。いわゆるトンキン湾事件が起きた。これによって、中国は、北にソ連、東に台湾 (国民党)、南でアメリカと対立し、急速な軍備拡張にせまられた。そして、1964 年ついに毛沢東は三線建設の決定を下す。三線とは、戦争の危険性が高い沿海部、東北部を一線とし、戦争の危険性の低い内陸部を三線、その中間を二線とし、中国が全面的核戦争に突入することを想定した上で、万が一沿海部が壊滅状態に陥っても、内陸で抗戦できるように、内陸に軍需工場を建設し、さらに、沿海部の工場、技術者を戦火から避けるために、内陸に移転させ、後方基地建設をすすめたのが三線建設であると言われている。

1978年からの「改革・開放」によって、外国から先進技術の導入が急速に進められ、民生用IC量産技術も1978年に初めて海外から導入され、半導体産業が再び重視されるようになった。産業技術の進歩によりテレビの主要部分がトランジスタからICへ切り替えられた結果、ICに対する需要が急速に増え始め、供給が需要に追いつけないという需給構造のアンバランス現象は今日まで続いている。中国の民生用IC製品の量産化はテレビ産業の勃興によって生まれたといっても過言ではない(苑, 2007)。

これまで中国政府は一貫して半導体産業の育成政策をとっていた。しかし、そもそも中国の半導体技術は1970年代に世界との差が拡大し、それを取り返すために1980年代以降に育成政策をとったが、世界との差はなかなか埋めることは出来なかった。2000年代に入り、國務院のいわゆる「18号文件」¹¹を契機として急速な発展を見たのであり、その後5年間の投資額は過去20年の4倍になり、産業規模も5年間で3倍になった。中国の半導体産業は1990年代の様々な試行錯誤の努力の上に、2000年代になってようやく急速な成長軌道に乗ったのである。1970年代以降、COCOM(現ワッセナー・アレンジメント)のもとで、半導体技術の発展を図る他なく、技術格差が拡大していった。改革開放政策が推進されていく第6次5カ年計画(1981～85年)、第7次5カ年計画(1986～90年)において、電子工業部(当時)は1986年に半導体技術「531発展戦略(5ミクロン推進, 3ミクロン開発, 1ミクロン突破)」を提起し、国家計画委員会と機械電子工業部(当時)が1989年に半導体発展戦略を採択した。続いて、第8次5カ年計画(1991～95年)、第9次5カ年計画(1996～2000年)においては、「908プロジェクト」(1990～95年)と呼ばれる国家主導型の技術開発組合で6インチウエハと0.8～

¹¹ 2005年10月、國務院は「18号文件」という政府通達を公布し、中国の半導体業界に大きな影響を与えた。以後、同業界では政府による新たな支援策を待ち望んでおり、政府の関連部や委員会なども幾度となく新たな支援策について言及してきた。具体的には国家発展改革委員会、信息産業部、国家税関総署、国家税務総署などは、「第1次国家奨励集成回路企業」として94社の半導体製造企業を発表した。これらの企業は、政府から研究開発資金、税制優遇、人材養成、融資などを含む優遇政策を受けられるという。中国の半導体業界が待ち望んでいた支援政策が、ようやく実質的な進展を見せ始めた。

1.0 ミクロンの実現, 「909 プロジェクト」(1996~2000年)と呼ばれる2回目の国家級技術開発組合で8インチウエハと0.5~0.35 ミクロンの実現を図った。この時期には、垂直統合型企業(IDM)の育成を図ることを目標とし、中国華晶電子、上海貝爾微電子、上海先進半導体、首鋼NEC、華越微電子、華虹NECの6社を特に重点的に支援していった。しかしながら、世界との差を埋めるには不十分ということで、1990年代末に方針転換をし、IDMの受託製造業務、ファウンドリ・ビジネスへの転換を行うこととなった。そうした中で、中芯国際集成电路制造有限公司(SMIC)、上海宏力半導体制造有限公司(GSMC)が設立されたのである。そして、世界との差を埋めるべく、2000年に国務院が「ソフトウェア産業及びIC産業を奨励する若干の政策」(いわゆる「18号文件」)を出し、税制、投資、輸出入、人材、知財、購買、外貨等の様々な側面から半導体産業の育成を強力に行うことになった。以後5年間の投資額は過去20年の4倍、産業規模は5年で3倍となった。米国が2004年にWTO提訴したことから、同年に、中国は半導体製品の付加価値税還付政策等を廃止した。信息产业部は半導体産業3原則、すなわち、WTO原則遵守、支援体制継続、部門間連携強化を提示し、また、「2免3半減」(2年間免税、以後3年間半額減免)を「5免5半減」(投資額80億元、線幅0.25ミクロン以下の企業対象)へ変更した¹²。

2000年のITバブル以降は、日米欧の先進国の市場が停滞しているのに対して、アジア市場が急成長していた。このアジア市場には、中国市場が含まれているが、2007年以降、中国市場が世界最大となり、その後も猛烈な勢いで市場規模が拡大している。中国の半導体市場の急成長の第1の理由は、中国が経済発展を遂げ、パソコン、スマホ、デジタル家電など、半導体が搭載されている製品を大量に購入するようになったことにある。第2の理由としては、従業員130万人を擁するEMSのホンハイが、世界の約9割のパソコン、スマホ、デジタル家電を組み立てており、それには大量の半導体が必要となったことが挙げられる(湯之上, 2019)。中国国内の半導体市場の規模(販売額)は、2001年の1,260億元から2017年の14,250.5億元へと11.3倍に拡大している。2010年代以降では、2011年の

¹² この時期における中国政府の産業政策については、肥塚(2011)を参照されたい。この記述はその一部の引用である。

8,065.6 億元から 2017 年にかけて 1.8 倍の規模となっている。成長率（対前年増加率）の推移をみると、2000 年代は概ね 20% 前後から約 40% の間で高成長率を記録し、世界金融危機の影響で一旦落ち込み、その後は数パーセントから十数パーセントと安定的な成長をみせている（岸本，2020）。2019 年末時点では、中国の半導体消費額は世界の総消費額の約 50% に達している。一方、国内消費量が国内供給量を大きく上回っており、国内生産分は、需要の約 30% にとどまる。海外からは、いまだ年間 2,000 億ドルもの半導体を輸入している。中国企業が半導体を購入している先には、米国企業が多く含まれており、自給率のさらなる向上が課題となっている。

半導体の自給率を向上させるために、中国政府は、2014 年 6 月に半導体振興を目指す「国家 IC 産業発展推進ガイドライン」を制定し、「中国 IC 産業ファンド」を設立した。このファンドは当初 2 兆円程度であったが、現在は 18 兆円にのぼっている。この巨額ファンドを基に、中国は国内に巨大半導体工場を建設することにした。国有企業の紫光集団傘下の長江ストレージは、2016 年春に 240 億ドルを投じて、2020 年までに、月産 10 万枚の 3 次元 NAND フラッシュメモリの工場ファブを 3 棟建設し、2030 年には月産 100 万枚規模に拡張するという予定である。また、DRAM では、紫光集団が四川省成都に、台湾系ファウンドリー企業 UMC と合併している JHICC が福建省泉州に、イノトロンが安徽省合肥市に、それぞれ、最先端 1Xnm 用の巨大工場を建設している（湯之上，2019）。

2015 年に策定された「中国製造 2025」¹³ では、半導体自給率について「2020

¹³ 中国政府が掲げる産業政策で、2015 年 5 月に発表した。次世代情報技術や新エネルギー車など 10 の重点分野と 23 の品目を設定し、製造業の高度化を目指す。建国 100 年を迎える 49 年に「世界の製造強国の先頭グループ入り」を目指す長期戦略の根幹となる。第 1 段階である 25 年までの目標は「世界の製造強国の仲間入り」としている。品目ごとに国産比率の目標を設定しており、例えば産業用ロボットでは「自主ブランドの市場占有率」を 25 年に 70% とした。次世代通信規格「5G」のカギを握る移動通信システム設備では 25 年に中国市場で 80%、世界市場で 40% という高い目標を掲げた。中国政府は「中国製造 2025」の策定後、関連産業に対する金融支援や、基盤技術の向上支援などの施策を相次ぎ打ち出している。中国と技術覇権を争う米国は「中国製造 2025」の中身に警戒を強めている。18 年に入ってから開かれた米中貿易協議の中で、米国は

年までに 40%、2025 年までに 70% 達成」を目指すと言われているが、2018 年実績は 15.5% に過ぎない。2023 年時点でも 19.7% にとどまる見通しである (IC Insights による)。しかも、現状の 15.5% は、ファウンドリーの TSMC やサムスン電子など「外国企業の中国工場製造分」を入れた数字である。純粋な中国企業による自給率はわずか 4.2% である。

そして、近年は設計と販売のみを行うファブレスメーカーが急速に台頭している。起業ブームを背景に、企業数は 715 社 (2015 年) から 1362 社 (2016 年) へと急増した。この代表格が、ファーウェイ系の海思半導体 (ハイシリコン) や、清華大学の後押しを受ける紫光展鋭 (Unisoc) である。もっとも、これらの企業は開発・設計のみで、製造は TSMC のようなファウンドリーに委託する。そのため、中国全体としては「国産製造率 (自給率)」がなかなか伸びないというジレンマがある。中国にも、SMIC や華虹半導体といった有力ファウンドリーがあるが、最大手の SMIC でも世界シェアは 5.1% に過ぎない。中国が目指すのはファブレスではなくファウンドリーを含む IDM とされる。大量の資金と高度な技術が必要とされる製造部門の強化が大きな課題となっている (東洋証券, 2019)。

5 中国半導体産業の発展に関わる要因分析

潜在性は「世界一」とも言われる中国半導体産業であるが、半導体の国産化 (内製化) はなかなか進展していない。政府は「2025 年までに自給率 70% 達成」という目標を掲げるが、現時点では 15% 程度にとどまっている。中国の半導体産業は、製造装置、人材、技術などの不足に加え、米中貿易摩擦の影響も受けている。この険しい産業環境のなかで中国半導体産業の発展可能性はどうか。本節では、本稿の分析枠組みを用いて上記の問いに答えよう。

中国に対し、関連産業への補助金といった政府支援の中止など計画の抜本的見直しを要求した。中国は応じない姿勢を続けている。

5-1 産業的条件の検証

既述のように、「金食い虫産業」と呼ばれる半導体産業にとって「資金」という要素は、産業発展の大前提であり、他産業に比べると、より特別な意味がある。これまでの中国半導体産業が先進国に大きく立ち遅れた原因の1つは、投資資金不足であった。そして、高度経済成長を背景に中国半導体企業が現在、潤沢な資金源を持つようになった。とりわけ、巨大な政府資金ファンドの立ち上げは中国半導体産業の今後の発展に保障する力になる。特筆すべきことは、上記の「中国IC産業ファンド」の設立である。半導体の自給率を向上させるために、中国政府は、2014年6月に半導体振興を目指す「国家IC産業発展推進ガイドライン」を制定し、「中国IC産業ファンド」を設立した。このファンドは当初2兆円程度だったが、現在は18兆円にのぼった。この巨額ファンドをもとに、中国は2015年頃、世界の半導体企業を買収しようとしたが、米国や台湾の司法当局が認可しなかったため、買収は不発に終わった。そこで中国は、今度は豊富なファンドをもとに、中国国内に巨大半導体工場を建設することにした(湯之上, 2019)。したがって、中央政府の巨大ファンドと並行して、北京や上海を始め各地方政府もIC産業ファンドを立ち上げ、これに銀行が加わり、3大メモリプロジェクトであるYTMCの3D-NAND工場建設やシンガポールOSAT(後工程企業)の事業買収等の巨額な資金支援となっている(江藤, 2019)。総じていえば、「資金」要素の評点は、5点(強い)である。

第2に、中国半導体産業の「人的資本」要素は、決して強くない。中国の政府機関の統計によると、中国の半導体セクターで働く専門スタッフは2017年末時点で約40万人にすぎず、2020年までに必要とされる推定72万人を大幅に下回っている、という¹⁴。中国半導体産業の場合、半導体事業を起業する人材は決して少なくないが、製品製造に携わるプロセスエンジニアやフィールドエンジニアはきわめて不足している。人材不足に対処するため、中国企業は韓国や日本のエンジニア獲得を狙っているものの、最大の成功を収めているのは、共通の言語や文化を有する台湾である。潤沢な資金を武器に中国半導体企業は、台湾を中心とす

¹⁴ 「焦点：中国の半導体企業、高待遇を武器に台湾の人材引き抜き」、ロイター通信、2018年9月7日の記事による。

る海外からの人材に高い待遇を用意している。例を挙げると、台湾から中国の半導体メーカーに転職した上級エンジニアは2018年だけに300人を超えた。中国政府が2014年に半導体産業育成のために220億ドル規模のファンドを創設して以来、トータルで1000人近くの人材が中国に渡っている、という¹⁵。現時点では、中国半導体産業における「人的資本」の評点は、2点（比較的弱い）にとどまっていると考えられる。

第3に、製造装置の要素も決して強くない。半導体工場の着工数において、2016年に中国が13工場、中国を除く世界全てが9工場となり、中国での半導体工場が建設ラッシュに入った。その着工数は2017年に、中国が26工場、中国を除く世界全てが22工場と、中国の半導体工場建設ラッシュの勢いが止まらない（湯之上、2018a）。半導体工場を建設したら、次は、製造装置を搬入する。中国の製造装置市場は2018年に前年比4割の成長を遂げ、台湾を抜いて世界2位（120億ドル、19%）となり、2019年には韓国を追い越し世界最大規模（170億ドル、シェア25%）になった。一口に製造装置といっても半導体の製造工程は複雑に分かれており、各工程で必要とされる装置があり、現在は装置の分野ごとにアメリカ、日本、欧州の企業が高いシェアを占めている。これらの外資のトップ製造装置メーカーと比較される中国製造装置メーカーの技術レベルは依然として低い。中国政府は半導体製造装置の国産化を推進しているが、最先端から5年遅れ程度のところまで開発が進んでいるといえる。中国製の製造装置が、すぐに最先端の半導体製造に使用できる可能性は低いが、2～3世代遅れの半導体製造に使用されるようになり、少しずつ最先端の技術に追いついてくるというパターンになるしかない。総じていえば、製造装置は、中国半導体産業にとって最大の弱みだといえる。評点は1点（弱い）と付けたい。

第4に、支援産業にも多くの問題がある。中国の半導体材料市場の規模は今後3年間で20%以上の平均成長率を維持し、2021年までに11.9億元に達すると予想されている。半導体材料市場は、ウェハー材料とパッケージ材料市場に分けることができる。半導体材料の分野では、ハイエンド製品の高度な技術的障壁と長

¹⁵ 同注14.

期的な研究開発投資と国内企業の蓄積の欠如のために、中国の半導体材料は主に国際分業の中低価格域にあり、ハイエンド製品市場は主に日本、ヨーロッパ、アメリカ、韓国、台湾などの少数の海外企業によって独占されている。例えば、シリコン・ウェハーの世界市場における上位6社の市場シェアは90%以上、フォトレジストの世界市場における上位5社の市場シェアは80%以上、高純度試薬の世界市場における上位6社の市場シェアは80%である。現在、国内の8インチウェハーメーカーは国内市場を満足させるには程遠いNew Materialsや金瑞のような少数のメーカーしか持っておらず、12インチのシリコン・ウェハーは基本的に輸入されており、国内半導体業界では欠けていると言える。このため、支援産業の要素には2点(比較的弱い)を付ける。

5-2 市場的条件の検証

第1に、半導体需要構造の条件は中国半導体産業の発展を支える強い要素である。中国国内の半導体需要構造はスマートフォンや自動車、サーバー、防犯カメラネットワーク、産業用ロボットなど様々な分野で広がりを見せる。「中国製造2025」の担い手とされていた5GメーカーのファーウェイやZTEは、現状ではアメリカなどから締め出されているものの、高性能半導体への需要は依然として旺盛である。中国国内の半導体市場の需要規模(販売額)は、2001年の1,260億元から2017年の14,250億元へと11.3倍に拡大している。2010年代以降では、2011年の8,065.6億元から2017年にかけて1.8倍の規模となっている。中国の半導体市場シェアは年々拡大し、2020年には世界の47%にまで達するものと予想されている(岸本, 2020)。とりわけ、2016年ごろより、世界のスマホ出荷台数の増加を受け、中国の半導体需要は2014年以降約20%の成長率を維持している。半導体設計市場に着目すると、中国は2017年の世界市場シェア4割を占めており、世界平均と比較しても、非常に高い水準を維持している。これほど大きく成長した半導体需要市場は、しばらく中国半導体産業の発展を牽引していく。この好条件を考えると、需要構造という要素には5点(強い)を付ける。

第2に、中国の市場供給構造にはやや複雑な事情がある。これまで説明したように、中国の半導体自給率が非常に低い。2019年の中国製半導体の6割は外資系

表 2 中国半導体の売上高上位 10 社 (単位: 億元, 2017 年)

順位	企業名	売上高
第 1 位	三星電子 (中国)	274.4
第 2 位	中芯国際	201.5
第 3 位	SK 海力士半導体	130.6
第 4 位	英特爾	121.5
第 5 位	上海華虹	94.9
第 6 位	華潤微電子	70.6
第 7 位	台湾積体電路 (中国)	48.5
第 8 位	西安微電子	27.0
第 9 位	武漢新芯集成電路	22.2
第 10 位	和艦科技 (蘇州)	21.1

出所: 岸本 (2020), 18 頁.

が生産した。中国は 2005 年以降、世界最大の消費市場となったが (2019 年は世界全体で 3584 億ドル, そのうち中国市場は 1246 億ドル), 中国内での半導体製造はそれにまったく追従できておらず, かつ中国における半導体製造の多くが外資系半導体メーカーの工場が担っている。2019 年の中国で製造された半導体は約 195 億ドルで, そのうち中国に本社を置く地元半導体メーカーの生産額は 76 億ドルほどで全体の 38.7% 程度であり, 残りの 61.3% は TSMC, SK ハイニクス, サムスン, インテルなどといった中国に半導体生産工場を持つ外資系企業を占めている。中国を拠点とする地元企業が製造した 76 億ドルの半導体のうち, 約 18 億ドルが IDM によるもので, 残りの 58 億ドルが SMIC などのファウンドリーが製造したものであると推定されており, これらによる半導体生産額は中国市場全体の 6.1% にしか過ぎないとしている (服部, 2020)。このように, 自力による供給能力の現実を考えると, 市場供給構造の要素は 3 点 (中間) を付ける。

第 3 に, 中国半導体産業の産業組織の要素は独特なものである。これまでに中国政府が重点的に育成した産業は, 独占的の多い (石油, 航空, 鉄道など) が, 半導体産業は別であり, 比較的競争的な分野である。個別年度の 2017 年の状況を見ると ([表 2] を参照), 上位 10 社の比重は比較に高く, 2012 年までは 80% 台から 90% 台を維持してきたが, その後徐々に比重を下げ, 2017 年には

69.9%となっている。上位3社でも、2012年まではほぼ60%台から70%台であったが、その後低下2017年には41.9%となっている(岸本, 2020)。したがって、中国半導体市場には、多くの外資系企業が入っており、競争的な状況を示している。たとえば、[表2]における製造10社には、外資系企業が5社ある。このため、産業組織の要素は、4点(比較的強い)になる。

第4に、市場参入環境は、「市場的条件」の最後の要素であるが、上記の産業組織に関連して中国半導体産業の市場参入環境は決して厳しくなく、比較的参入ハードルが低い。それよりもむしろ、半導体産業の育成に全力を入れている中国政府側は、外資系やロカール系を問わずに、産業の各分野への参入を奨励している。このため、現在の中国半導体産業には、世界主要企業がそろって参入している。製造分野をみると、2018年の半導体市場の規模(外国企業および中国企業による中国市場での半導体売上高総額)は1,550億ドルであったが、そのうち、240億ドル(全体の15.5%)だけが中国国内で製造されたものである。しかも、そのうち、中国国内に本社を置く企業(中国企業)は65億ドル(240億ドルの27.1%)しか生産しておらず、これは中国半導体市場全体の4.2%に過ぎない。これはTSMC, SKハイニクス, サムスン, インテルはじめ中国国内に半導体製造工場を有する外資系企業が残りを生産したことを意味している。結論からいうと、市場参入環境の要素が、比較的高く、4点(比較的強い)と付けられる。

5-3 分業的条件の検証

まず、中国半導体産業における知的資産(IP)要素は、貧弱の状態である。前述したように、半導体の設計・開発において、IPは設計情報で、その重要性を増しており、特にシステムLSI(SoC)などコア・プラットフォームにおいてはその傾向が強い。これは最近始まったことではなく、プロセスノードが微細化されるにつれ、標準設計の一部としてIPを使用する必要性が増している。しかし、IPは、一朝一夕で作れるものではなく、長期間にわたって蓄積された設計情報のストックである。中国の場合、高性能半導体を生産する歴史が短く、先進国企業に比べてそのIPの蓄積は比較的浅い。しかも、対外的依存度合いも強い。たとえば、高性能通信用半導体を設計する中国主要ファブレスは、これまで主に英国の

表 3 中国半導体産業の分業・技術現状

	ファブレス	ファウンドリー	メモリー	後工程製造
企業	企業数が 5 年で 500 社から 1300 社へ増大	SMIC が大物をヘッドハントホンハイが 1 兆円の工場建設	3 次元 Nand: 紫光集団傘下の YMTC が 16 年に参入; DRAM: 3 社が最先端 1Xnm へ参入を表明	トップ 10 にランクされる 3 社の成長率が二桁増
技術・製造	ファーウェイ傘下のハイシリコンが 10 nm の SOC を設計	2020 年までに 16/14 nm を大量生産の予定	3 次元 NAND: 32 層をサンプル出荷, 64 層の開発に着手月産 10 万枚の第 1 棟が完成; DRAM: イノトロンと JHICC が月産 10 万枚の第 1 棟に装置を導入中	装置導入で台湾を抜いて世界 1 位になった

出所: 湯之上 (2019), 175 頁.

アーム社の IP を利用してきた。米中貿易戦争発生以降、中国の半導体業界で、アーム社の知的財産 (IP) を使わない開発が増えている。事実上の世界標準であるアームを避け、アリババ集団などが誰もが自由に使える「オープンソース」の IP で半導体を相次ぎ完成させた。米中対立の長期化で、特定の海外企業に技術依存することへの懸念が広がっているためである。ハイテク支援策「中国製造 2025」が促す自主開発の強化に沿った動きでもある。しかし、現状では、中国企業の IP 蓄積ストックが依然として不足状態である。このため、中国半導体産業の知的資産の要素は 2 点 (比較的弱い) にとどまる。

第 2 に、中国半導体産業の設計 (ファブレス) の要素は急速に強まりつつある ([表 3] を参照)。中国のファブレスメーカー数は、2000 年ころまではわずか 100 社であったが、2001 年～2004 年には、一気に 470 社へ増加した。さらに、2016 年には起業ブームが一気に沸き起こり、ファブレス企業数は 1,300 社を超えた。ファーウェイの半導体子会社である「海思半導体」(ハイシリコン) が 2008 年以降一貫してトップの座にあり、また、「展訊通信」は 2010 年以降第 2 位の座にあ

る。ただし、展訊通信は2013年に紫光集団によって買収された。また「銳迪科微電子(RDA)」も2014年に紫光集団によって買収され、2015年以降は、これらを統合し「清華紫光展銳」の社名で掲載されている。設計業は、製造業(含ファウンドリ)やパッケージ&テスト業と異なり、中国内資企業の存在感が大きいのが特徴である。しかも、海思半導体は、ファブレス企業としては中国のトップ企業であり(世界のトップ10にもランクインしている)、AIチップを設計することができる高い技術力がある。以上のように、設計(ファブレス)の要素は比較的高い4点(比較的強い)を付ける。

第3の要素はファウンドリーである。2000年以降、中国半導体産業には、IDMから水平分業への動きが加速した結果、多くのファウンドリーは登場した。中国の半導体ファウンドリーによる売上高は2018年前年比51%増と大きく伸び、約112億ドルに到達した。この売上高は北米に次ぐ第二位で、台湾を含むアジアその他地域の売上を初めて上回る。中国の半導体ファウンドリーの市場シェアは5ポイント上がり19%となる。2018年の世界半導体ファウンドリー市場の成長率は8%で金額にして42億ドル増であるが、その90%は中国市場における売上増となる。しかし、台湾のTSMCやUMCなどに世界大手ファウンドリーに比べると、中国本土のファウンドリーの規模と技術水準は落ちている。中国最大手のSMICは2019年から14nm(ナノメートル)のプロセス技術による量産を開始し、さらに12nmの技術開発を進めている。だが世界のリーディング企業と比較すると、SMICのプロセス技術は3世代遅れている。ファウンドリー世界最大手のTSMCは、すでに今年上半期から5nmの量産を開始した。このため、ファウンドリー要素の評価点は3点(中間)になる。

第4の要素の管理ノウハウは、芳しくない。半導体産業では、高度な製造装置を操り、問題発生を最小限に抑え、高い歩留まり率を実現するには、高度の生産管理ノウハウのストックが必要である。これらのストックが長期間にわたって積み立てられた生産の無形資産である。中国半導体産業の本格的な産業ブームは2000年以降に発生した経緯を考えると、管理ノウハウの蓄積は決して厚くない。このため、中国半導体企業は、外国企業や台湾企業から有能な管理者や技術者を高給でヘッドハンティングしている。この要素の評価点は2点(比較的弱い)である。

表4 中国半導体産業の発展に関わる産業政策の変遷

時期	政策・法規	要点
1980年代	「863計画」	半導体産業を「支柱産業」と位置づけ
1990年代	「908プロジェクト」, 「909プロジェクト」	華晶電子, 華虹微電子などIDMの育成
2000年	「18号文件」	2010年までに「主要生産基地に」, 200mm工場急増
2004年	「当面のハイテク産業重点領域の優先発展に関するガイドライン」	SMICなどファウンドリー出現
2008年	「集積回路産業第11次5ヵ年計画特別発展計画」	200mm工場継続増加
2014年	「国家IC産業発展推進綱要」	国家IC産業投資資金の設置
2015年	「中国製造2025」	「半導体産業強国」へ
2020年	「新時代の集積回路産業及びソフトウェア産業の高品質発展促進の若干の政策」	財政・税制, 投融資, 研究開発などの面で産業優遇

出所: 各種の報道, 政府HPなどに基づいて筆者作成.

5-4 政策的条件の検証

第1に, 半導体産業発展に関わる産業育成関連法規について, これまで説明したように, 中国政府は半導体産業を国家の「支柱産業」もしくは「基盤産業」として位置づけ, 強力的にサポートしてきた. [表4]に示されたように, 改革・開放期以来, 中国政府は, 様々な「計画」, 「綱要」, 「文件」の形で半導体産業を育成しようとしてきた. そのうち, 2つの政策は中国半導体政策の発展に大きなインパクトを与える. 1つ目は, 2000年に公表した「18号文件」(18号法令)である. 同法令は, 史上初めて半導体産業という単一産業を対象に国家の育成方針を示している. 「国家計画の範囲にある集積回路設計企業が関連条件を満たした場合, 国家が発令した18号令の規定に基づき, 企業の所得税に関する優遇政策を享受できる」. 2つ目は, 2015年に公表された「中国製造2025」である. この政府政策では明確な国内自給率目標等も示されているので, その達成のために自国企業への多大な援助や優遇措置が明示されている. つまり, 半導体集積回路の目標としては, 中国は2020年に自給率49%, 世界シェア約43%, 2030年に自給率75%,

世界シェア約 46% という数値が明確に示されている。国家による半導体産業育成政策を長期的にみれば、産業育成関連法規の要素は、非常に「強く」、5 点を付けることが相応しい。

第 2 に、政府介入の要素も「強い」。上記のように、中国政府は 2014 年に半導体の自給率の引き上げに向けた技術水準の向上・規模拡大を標榜する「国家集成电路産業発展推進綱要」を発表し、10 兆円を超える基金を設けた。2015 年には産業政策「中国製造 2025」を発表し、半導体の目標自給率を提示した。そして、直接的な政府介入の方法の国有企業についても多くの例がある。そのうち、もっとも注目されるのは、紫光集団であろう。紫光集団はこれまで、国家開発銀行など中国の政府系金融機関から巨額の資金を調達しており、買収や設備投資を積極的に展開している。同社は、中国の大手半導体メーカー長江ストレージ、2009 年に破綻したドイツの半導体大手キマンダの西安工場を継承した西安華芯半導体を前身とする西安紫光国芯半導体などを傘下に持ち、中国で半導体メモリーを製造している。さらに、2015 年、紫光集団は、傘下の紫光を通して、ウェスタン・デジタルの株式の 15% を 37.8 億ドルで買収した。10 月には、台湾の企業である力成科技を 6 億ドルで買収した。以上の経緯から判断すると、国家投資による政府介入の要素評点は、5 点に該当する。

第 3 に、民間企業へのサポートの要素も「強く」5 点を付けることが相応しいものである。これまで述べたように、これまで中国政府が育成しようとする産業は、少数の国有企業を優遇し、独占的な市場になることが多いが、2000 年以降の半導体産業の場合は、これに該当しない。反対に政府は民間半導体企業への強力的な支援に惜しまない。中国最大の民間ファウンドリーの SMIC は好例である。2014 年に設立された「国家 IC 産業投資基金」は、2018 6 月までに総額 1,387 億元を上場企業 20 社超、非上場企業 50 社超に対して投資した。SMIC は、政府からとりわけ手厚い支援を受けた企業の 1 つで、41 億 5,000 万元の投資を受け、イタリアの LFoundry 社の買収や北京・天津・上海工場の拡張建設が進められた(尹, 2019; 佐野, 2020)。2020 年 5 月には、SMIC はこうした政府系ファンドから 22 億 5,000 万米ドルの出資を確保し、これは増産や技術開発に充てられた。アメリカ政府の制裁強化で、TSMC がファーウェイからの新規受注を停止した

ことを背景に、SMIC がこれに代わる発注先になることを目指していると思われる（岸本，2020）。

そして、技術開発支援の要素も「強く」5点である。2000年以降、半導体産業の技術開発への政府支援策が前述の「18号文件」と「中国製造2025」に凝縮されている。まず、「18号文件」により、「納税者が自ら生産した半導体製品を販売する際に17%の法定付加価値税を徴収し、実際の税負担額が6%を超えた部分については還付する。還付する部分は、企業の半導体の技術開発と拡大再生産を助成するものとする」と規定された。さらに中国政府は効率的に「18号文件」を実施させるために、「納税者は自ら生産した半導体製品を販売する際に17%の法定付加価値税を徴収し、実際の税負担額が3%を超えた部分については還付する。還付の部分は企業の半導体の技術開発と拡大再生産に助成する」と明示した。さらに、2015年に立ち上がった「中国製造2025」も強力的な支援策を示す。「中国製造2025」に関連する補助金は、2015年に策定された「中国製造2025」に掲げられた次世代情報技術や半導体、航空・宇宙といった重点10業種の発展を後押しするためのものである。財政部と国家発展改革委員会の2省庁が補助金給付の対象を選定した後、地方政府の一般会計に資金が移される。その資金が企業に補助金として給付され、技術開発等に用いられる（佐野，2020）。

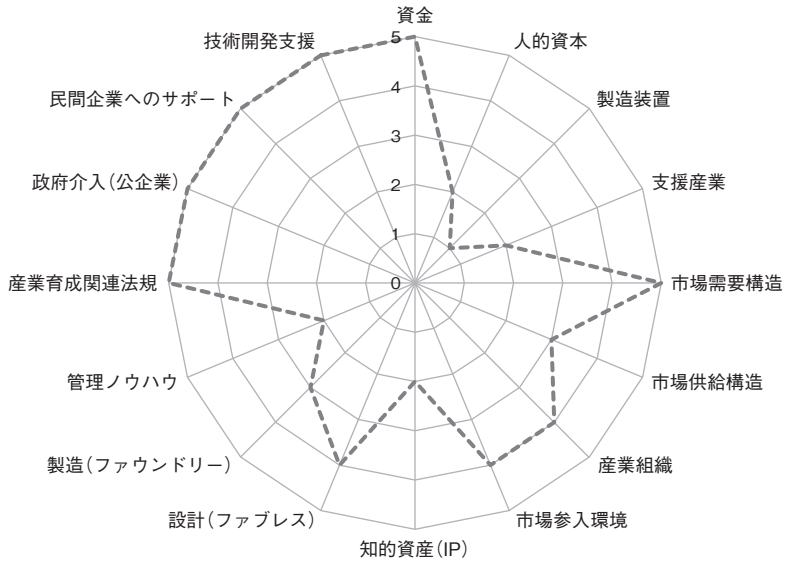
6 点数評価からみた中国半導体産業の発展可能性

以上、中国半導体産業の発展に関わる要因について分析・検証した。本節は、上記のそれぞれの要素検証に基づいて付けられた点数をもとに中国半導体産業の発展に関わる要素の強弱を見出し、その発展可能性について総合的に分析する。

6-1 産業発展の強い要素

〔図1〕は、本稿が取り上げた中国半導体産業の発展に大きな影響を与える16要素の評点分布図である。この図における中国半導体産業発展に関わる「強い」と「比較的強い」要素、つまり、5点と4点と付けられたものは、それぞれ6つと3つある。以下では、5点の要素をみよう。

図 1 中国半導体産業発展に関わる諸要素強弱の分布



出所：著者作成。

まず、市場需要構造という要素は、中国半導体産業の発展を強く牽引する力になる。これまでの分析のように、中国は2005年以降、世界最大の半導体消費市場となった(2019年は世界全体で3584億ドル、そのうち中国市場は1246億ドル)。現在、中国一国の半導体市場規模は世界全体の約半分弱を占める。中国半導体市場における応用分野(半導体がどのような最終製品に使用されたか)について、2017年ではネットワーク通信(30.9%)、コンピュータ(27.3%)、消費電子類(21.0%)、工業制御(13.1%)、自動車(3.7%)の5大分野は、全体の9割以上を占めている(岸本, 2020)が、これらの分野はいずれも世界最大の生産規模を持っているため、今後、その需要は伸びるに違いない。しかも中国国内産の半導体製品の供給は、これらの巨大な市場需要に追いつかない。このため、半導体供給側には、設備投資や技術開発などのインセンティブがかなり強い。なによりも、

この有利な市場需要構造は、中国半導体産業のさらなる発展を力強くプッシュしていく。

次に、「資金」要素は中国半導体産業の発展にきわめて強い推進力であろう。これまで繰り返したように、「金食い虫産業」の異名を有する半導体産業は、資金なしでは何も語れない分野である。すでに現在の中国は、かつてのように巨額投資資金に苦しむ時代と決別し、潤沢な投資資金を保有している。この巨額な投資資金源こそ、今後の半導体産業の発展を保証する重要な客観的条件である。

第3に、残りの4つの「強い」要素は、「政策的条件」（産業育成関連法規、政府介入（公企業）、民間企業へのサポート、技術開発支援）に集中している。今日の世界全体をみると、中国政府ほど、自国の半導体産業の育成に熱心な政府はほかにないといっても過言ではない。したがって、現在、激化しつつある米中貿易戦争は逆に、中国政府側を刺激し、産業育成にいっそう拍車をかける。現在、トランプ政権が、ファーウェイに対して制裁を強めるなか、アメリカ商務省は「ファーウェイが制裁を、う回してアメリカの技術を手しようとしている」として制裁の対象を広げ、アメリカの技術を使った外国メーカーの製品であっても、半導体部品の提供を認めないとする制裁内容を追加した。しかし、アメリカのウォールストリートジャーナルが「ファーウェイが米国の制裁の中で生き残れるかは不透明」としながらも「中国は半導体産業の育成にさらに拍車を加えるだろう」と主張した。実際、中国は半導体生産基盤の建設に熱を上げている。中国は株式市場と政府を通じて数十億ドルの資金をSMICなど自国の半導体企業に投資している¹⁶。

6-2 産業発展の弱い要素

一方、中国半導体産業発展に関わる「弱い」と「比較的弱い」要素、つまり、1点と2点と付けられたものは5つある。これらの要素は、中国半導体産業の今後の発展にとって避けて通れないものが多い。

まず、16要素のうち、唯一1点（「弱い」）と付けられたのは、製造装置の要素

¹⁶ 『中央日報』「泥沼化する米中半導体戦争、笑うのは日本？」2020年8月28日。

である。上記の分析のように、今、中国は半導体産業への投資資金に困らないが、問題は、装置産業の半導体産業に不可欠の製造装置そのものである。つまり、中国では、半導体工場が建設ラッシュを迎えつつあるが、製造装置について中国は、日米欧に深く依存している。多くの製造装置のうち、もっとも重要なものを取り上げると、露光装置では、オランダのASML社がシェア86.9%と市場を独占している。2018年から出荷が本格化したEUVを供給できるのはASML社しかないため、この分野はASML社の独壇場になる。レジストを塗布し、露光後に現像するコーター・デベロッパは、日本の東京エレクトロン(TEL)が84.8%のシェアを独占している。ドライエッチング装置では、アメリカLam社がシェア49.2%で1位、以下、TELが23.9%、Applied Materials(AMAT)が19.3%、日立ハイテクノロジーズが3.3%と続いている(湯之上, 2018a)。米中対立によって、将来、アメリカが中国に対してアメリカ製装置の禁輸という圧力をかけ、さらに米国から日本に対して、対中共同制裁という圧力がかけられたら、中国は、露光装置を除く、ほぼ全ての製造装置を、日米から購入することができなくなる。「中国の半導体設計能力はかなりのレベルまで高まっている。なにしろAIチップを作れるほどのデザイン力があるのだ。しかしながら、米国の半導体製造装置が手に入らなければ中国は設計できても製造できない。これでは中国製造2025も絵に描いた餅になってしまう」(泉谷, 2018)。「5年後、10年後、中国の製造装置業界はどうなっているであろうか。CVD装置、PVD装置、CMP装置、パーティクル検査装置、洗浄装置の各分野では、中国製装置が、中国のメモリー工場やファウンドリーで大量に使われている可能性がある。一方、クリティカル工用のドライエッチング装置やCMP装置、ALD装置、パターン欠陥検査装置については、日米の装置に頼らざるを得ない状態が続いているかもしれない」(湯之上, 2018a)。

次に、「比較的弱い」(2点)と評価された「支援産業」と「人的資本」の2要素は、産業的条件に存在している。この2つの要素は、一朝一夕で確保できるものではない。半導体前工程の製造プロセスでは、成膜工程の洗浄液や材料ガス、露光工程のレジスト(感光材)やフォトマスク、エッチング工程のエッチングガスなど多彩な材料が用いられる。世界の半導体生産量に占める日本メーカーの現在

のシェアは1割に満たないが、これらの材料の日本企業のシェアは5割に達する。製造材料を中心とする支援産業は、製造装置に類似するもので、長期的な技術蓄積と研究開発が必要である。たとえば、最も重要な半導体材料のシリコン・ウェハーについては、中国国内では自給率はまだ5%もなく、その大部分は日本に依存している。今の日本のレベルに到達するには、しばらく時間がかかると考えられる。そして、「人的資本」の養成も長期間を要する。前述したように、経験豊富な人材供給がその需要に追い駆けない間に、中国企業は海外の即戦力を狙い始めた。最近、人材不足に対処するため、中国は韓国や日本のエンジニア獲得を狙っているものの、最大の成功を収めているのは、共通の言語や文化を有する台湾だという。

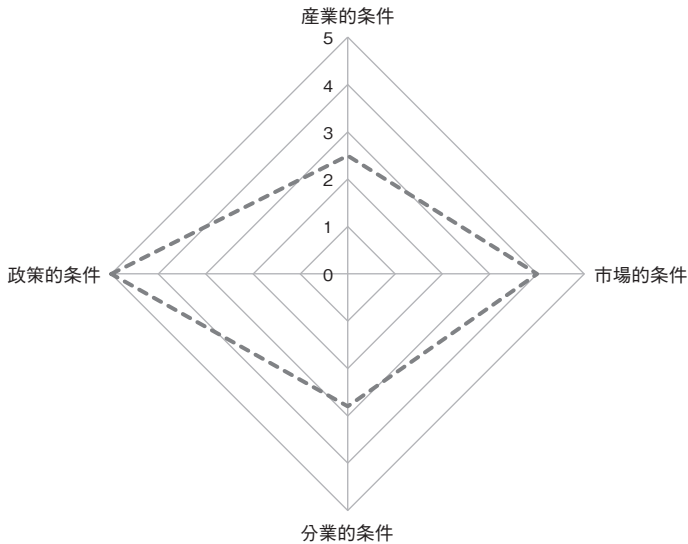
第3に、残りの「比較的弱い」(2点)2要素は、「分業的条件」における知的資産(IP)と管理ノウハウである。この2つの要素の共通点は、「時間をかけて蓄積するもの」である。つまり、半導体産業の歴史が長ければ長いほど、強くなるという特徴がある。前者の半導体設計資産市場は、2017年に37億5,000万米ドルの規模に達し、2018年から2023年の予測期間中に11.22%を記録し、2023年には70億9,000万米ドルに達すると予測されているが、IPの大部分を握るのは、日米の企業である。後者の管理ノウハウの場合は、韓国のIDMと台湾のファウンドリーが追加される。中国の場合、個別企業は高いレベルに到達したが、産業全体としては、まだ低いレベルにとどまっている¹⁷。

6-3 産業発展に関わる「4つの条件」の強弱構図

この節では本稿が設定した「4つの条件」の強弱分布から、中国半導体産業の発展に関わる可能性をみよう。〔図2〕は16要素の評点に基づいて算出した「4つ

¹⁷ ファーウェイの子会社でファブレスのハイシリコンは、2019年に次世代通信規格「5G」向けの半導体チップ「Baron 5000」を発表し、5Gスマホに搭載するという。現行規格の4Gに比べ10倍の通信速度を実現し、米Qualcomm社の競合製品よりも通信速度が2倍速いという。ハイシリコンの半導体設計能力は、米国政府やシリコンバレーのファブレス企業が危機感を抱くほど高度化している。しかし、ハイシリコンと同レベルの中国のファブレスはほとんどない。

図2 中国半導体産業発展に関わる4条件の強弱の分布



出所：著者作成。

の条件」の分布図である。この図は「4つの条件」の「強い」から「弱い」への順で「政策的条件>市場的条件>分業的條件>産業的條件」の構図を示している。

まず、最高点になった「政策的条件」については、これまで説明した通りである。つまり、2015年中国政府が策定の「中国製造2025」では、半導体自給率について「2020年までに40%、2025年までに70%達成」を目指そうとしている。これを実現するために中国政府は2014年以降、半導体産業向けに巨額の投資ファンドを立ち上げた。同ファンドの主な出資元は、政府財政部と各地方政府、中国煙草総公司、国有3大通信キャリア、その他民間資本となっており、半導体の設計から製造、テスト・パッケージまで自国内で完結するサプライチェーンの育成を目指して国内の半導体企業に対して出資を行っている。これを活用し、紫光集団系の長江ストレージ(YMTC)、長鑫ストレージ(CXMT)、福建省晋華集成电路(JHICC)の「国策メモリー3社」を支援している。政策面では、米中対立

を背景に中国政府は2019年に、通信機器に組み込む半導体製品などに不可欠な集積回路を設計する企業などの企業所得税を免除すると決定した。トランプ米政権が中国通信機器最大手、ファーウェイへの輸出規制を決めたことから、米中貿易戦争の長期化に備え、国内の半導体産業の早期育成をめざす。中国財政部などの公告によると、集積回路の設計企業やソフト開発企業を対象に、税率が25%の企業所得税について1~2年間免除し、3年目から5年目までは半減にするとしている。要するに、自国の半導体産業育成のために、中国政府側は、直接的または間接的なサポートを全力的に行う姿勢である。

次に、「市場的条件」は、上記の「政策的条件」に次ぐ強いものである。とりわけ世界の半分を占める中国市場の膨大な需要は、半導体産業の発展を牽引する力であって海外半導体企業が無視できない存在でもある。世界半導体産業の歴史を振り返ってみると、半導体産業の発祥の地としてリードしてきたアメリカであるが、その後日本、韓国、台湾とトップは入れ替わり、現在は中国が国を挙げて半導体産業の変革を起こそうとしている。この産業発展過程における経験は、需要がそれぞれの国・地域の半導体産業をプルし、半導体産業の発展を実現したことである。

しかし、将来の中国半導体産業の発展に不利な条件も2つあり、「分業的条件」と「産業的条件」である。これらの条件は中国半導体産業の発展を遅らせたり阻害したりする可能性がある。そこでは「産業的条件」はかなりアンバランスの状態を示している。つまり、「資金」要素は、強いのに対して人的資本、製造装置、支援産業などは一般的に弱い。この構図は、中国企業が何故、これまで海外半導体企業を巨額な資金で買収しようとするをよく説明できる。つまり、資金という強い優位性を駆使することによって、人的資本、製造装置、支援産業など競争劣位をカバーしようとする戦略を中国企業は多用してきた。この戦略は、これまで部分的に通用したが、米中間の経済的対立が発生してから、アメリカ政府の制裁によってこの戦略が徐々に通用しなくなっている。その結果、中国半導体産業の今後の発展は困難になるかもしれない。そして、「分業的条件」の劣位も大きなマイナス点である。この産業発展条件は、技術的性格が強いだけでなく、「時間をかけて蓄積」する特徴もあるため、短期間で先進国をキャッチアップするこ

とが困難である。

7 おわりに

以上の各節をもって本稿は、中国の基盤産業の半導体産業をターゲットにし、産業発展の不可欠の要因分析を行うことによって産業発展の可能性を探った。そのために本稿が独自の分析枠組み——4つの条件、16の要素——を設定した。最後には、これまでの分析によって得られた発見をまとめる。

まず、半導体産業の発展に関わる16要素からみた中国の同産業の発展構図は、次の通りである。全16要素をみると、強い（「強い」と「比較的強い」と付けられた）要素が9つ、弱い（「弱い」と「比較的弱い」と付けられた）要素が5つ、中間状態（「中間」と付けられた）の要素が2つ、という分布になっている。単純な数字だけを比べると、強い要素は全体の半分強を占めるため、中国の半導体産業の発展可能性は高いという結論が付けられる。

次に、上記の楽観的な結論は、決して中国半導体産業が順調に発展していくということを意味しない。なぜなら、中国半導体産業の発展に関わる「弱い」と「比較的弱い」要素が存在しており、これらの要素は、「技術」と関わり、中国半導体産業の今後の発展にとって避けて通れないものが多いからである。とりわけ、典型的な技術集約的な分野の半導体産業の場合、ハード技術（装置、材料）とソフト技術（設計、IP、製造ノウハウ、生産管理、技術者）の両方を揃わないと、産業の発展は困難である。しかもこれらの要素は、「一朝一夕で確保できないもの」と「時間をかけて蓄積するもの」が多いので、短期間でキャッチアップすることが困難である。

第3に、産業発展に関わる「4つの条件」は、強い条件が2つ、弱い条件が2つあり、拮抗する状態である。「政策的条件」と「市場的条件」は強く、産業発展を牽引するものである。つまり、自国の半導体産業育成のために、中国政府側は、直接的または間接的なサポートを全力的に行う姿勢が鮮明であると同時に、世界市場の半分を占める中国の膨大な市場需要は、半導体産業の発展を牽引する力である。

第4に、将来の中国半導体産業の発展に不利な2つの条件の「分業的条件」と「産業的条件」は、中国半導体産業の発展を遅らせたり阻害したりする可能性がある。これらの2つの産業発展条件は、技術的性格が強いだけでなく、「時間をかけて蓄積」する特徴もあるため、短期間でキャッチアップすることが困難である。

広く知られているように、今日の半導体産業は、典型的な国際分業型の分野として変身してしまった。かつての半導体産業は、設計から組立まで一国内で完結する垂直統合型産業であったが、現在、生産プロセスのそれぞれの工程がそれぞれの国・地域で単一産業として水平分業型になってしまった。その結果、半導体産業の発展は国際間分業・協力の重要性は高まっている。しかし、現在、激化している米中対立は、中国半導体産業だけでなく、世界の同産業の発展の脅威になっている。中国は今後、自国の半導体産業をどの方向へ誘導していくか、目を離せないであろう。

【主要参考文献】

1. 泉谷渉(2018)「米中貿易戦争は中国半導体にマイナス——米製造装置入手できず投資減退へ」『semiconportal』(<https://www.semiconportal.com/archive/>)
2. 尹麗波編(2019)『工業和信息化藍皮書 集成電路産業発展が報告(2018~2019)』国家工業信息安全発展研究中心, 社会科学文献出版社
3. 苑志佳(1996)「中国電子産業における中国型生産システムの形態と特徴: 中国国有半導体企業の事例を中心に」日本現代中国学会『現代中国』第71号
4. 苑志佳(2000)「半導体産業——政府主導の産業育成」日本貿易振興会アジア経済研究所『移行期中国の産業政策』(丸川知雄編)第11章
5. 苑志佳(2000)「IC・半導体産業」『中国産業ハンドブック 2001-2002年版』(丸川知雄編)蒼蒼社, 第8章
6. 苑志佳(2001)『中国に生きる日米生産システム——半導体生産システムの国際移転の比較分析』東京大学出版会
7. 苑志佳(2002)「台湾半導体産業の形成過程における政府の役割」立正大学『経済学季報』第51巻第2号

8. 苑志佳 (2003) 「台湾の複線型経済開発——半導体産業の経済過程における政府の役割」『東アジア市場経済——多様性と可能性』(山口重克編) 御茶の水書房, 第10章
9. 苑志佳 (2003) 「IC・半導体産業」『中国産業ハンドブック 2003-2004年版』(丸川知雄編) 蒼蒼社, 第8章
10. 苑志佳 (2004) 「中国華晶電子集团公司——国有企業の生成・進化・変革——」『成長する中国企業: その脅威と限界』(今井理之編) リプロ出版, 第4章
11. 苑志佳 (2006) 「半導体 (IC) 産業」『中国産業ハンドブック 2005-2006年版』(丸川知雄編) 蒼蒼社, 第9章
12. 苑志佳 (2007) 「半導体・IC産業」『中国産業ハンドブック 2007-2008年版』(丸川知雄編) 蒼蒼社, 第8章
13. 江藤進 (2019) 「中国製造 2025・半導体の潜在力を考える」米中経済研究会『平和研・研究ノート』(NPI), No. 13.
14. 王淑珍 (2005) 「台湾における半導体産業の構造とその特徴——製造委託一受託制度を中心に——」産業学会誌『産業学会研究年報』第21号
15. 岸本千佳司 (2020) 「中国半導体 (IC) 産業の発展状況」アジア成長研究所, Working Paper Series Vol. 2020-14
16. 肥塚浩 (2011) 「日本および中国の半導体産業の動向」立命館大学『立命館国際地域研究』第33号
17. 佐野淳也 (2020) 「中国の産業支援策の実態: ハイテク振興重視で世界一の強国を追求」『JRI レビュー』2020 Vol. 3, No. 75
18. 杉本恭子 (2020) 「今, 半導体業界が求めている人材とは」MONO ist (https://monoist.atmarkit.co.jp/mn/articles/2006/12/news033_2.html)
19. 東洋証券 (2019) 「自給率 15% と出遅れ, 政府支援で大きな潜在性——中国半導体産業の現状と見通し——」(<https://www.toyo-sec.co.jp/china/report/>)
20. 服部毅 (2020) 「中国の半導体自給率は目標の 1/3 止まりの可能性」, 「マイナビ」(<https://news.mynavi.jp/article/20200527-1044261/>)
21. 濱田初美 (2011) 「日本半導体産業の再生はあるか」産業学会誌『産業学会研究年報』第26号
22. 湯之上隆 (2018a) 「製造装置の国産化を加速する中国」EE Times Japan
23. 湯之上隆 (2018b) 「米国による中国への経済制裁, 中国が半導体「国産化」で日本企業の関連産業「消滅」危機」EE Times Japan

24. 湯之上隆 (2019) 「米中ハイテク戦争と中国半導体産業——10年後には紅色半導体が世界を席卷?」一般財団法人安全保障貿易情報センター, CISTEC Journal, No. 179
25. マイケル・E. ポーター (1992) 『国の競争優位』, 土岐坤・中辻萬治・小野寺武夫・戸成富美子訳, ダイヤモンド社