

寡占的なシリコンウェーハ市場における競争優位の獲得
—中国における RST 社 12 インチプライムウェーハ製造への新規参入—

Gaining competitive advantage in the oligopolistic silicon
wafer market : Case study of RST Corp.'s new entry into
12-inch prime wafer manufacturing in China

2022 年度学位請求論文

2023 年 3 月

城西国際大学大学院経営情報学研究科

起業マネジメント専攻

方永義

目次

序章	4
1. 本研究の背景	5
2. 本研究の目的と3つの仮説	6
3. 本研究の特徴と構成	7
第一章 半導体市場をめぐるPEST分析	10
第1節 世界半導体市場の発展概要	11
第2節 米国主導の世界半導体市場	16
第3節 中国世界最大の半導体市場	18
第4節 日本半導体強国からの転落	20
まとめ	23
第二章 シリコンウェーハの仕組みと市場構造	25
第1節 シリコンウェーハ産業発展の四段階	25
第2節 シリコンウェーハの仕組み	26
第3節 シリコンウェーハの市場規模と「シリコン・サイクル」	31
第4節 シリコンウェーハ市場をめぐる競争要因	34
まとめ	36
第三章 総合シリコンウェーハメーカーのRST社	37
第1節 RST社の経営理念と成長実績	37
第2節 再生ウェーハからノウハウの蓄積	39
第3節 RSTグループ国内外生産工場の概要	42
第4節 バリューチェーンからの分析	47
まとめ	50
第四章 中国シリコンウェーハ市場をめぐる競争の現状	51
第1節 進化し続ける中国のものづくり	51
第2節 中国シリコンウェーハの市場動向	56
第3節 主要シリコンウェーハメーカーの概況	59
第4節 中国シリコンウェーハ市場競争要因の分析	73
まとめ	81
第五章 仮説1「RST社はものづくりを極めることが可能」の検証	83
第1節 ものづくりから生まれた日本の技術力	83
第2節 シリコンウェーハは日本のものづくりの代表的産業	89
第3節 ものづくりの視点からRST社の競争力の分析	92
まとめ	95

第六章 仮説 2 「RST 社は強い日本本社、強い中国現場を目指すことが可能」の検証	96
第 1 節 「強い現場」は日本のものづくりの原点.....	96
第 2 節 「日中ものづくりコーディネーションシステム (JCMCS)」の提案.....	99
第 3 節 RST 社の「強い日本本社、強い中国現場」構築の可能性.....	104
まとめ.....	107
第七章 仮説 3 「RST 社は競争優位獲得によるグローバル市場への展開が可能」の検証	109
第 1 節 RST 社 12 インチウェーハ市場への新規参入.....	109
第 2 節 中国子会社 GRITEK 社の技術力.....	111
第 3 節 「強い日本本社」と「強い中国現場」による競争優位の獲得.....	112
まとめ.....	116
終章	118
1. VRIO フレームワークによる分析の補足説明.....	118
2. RST 社の M&A による事業規模拡大戦略の補足説明.....	119
3. (補論)「孫子兵法」の視点から RST 社の経営戦略の展望.....	122
謝辞	127
参考文献	128

序 章

筆者は、30 数年前留学生として来日し、日本の大学院を修了後、ビジネスの世界に入った。その当初の業務は主にリサイクル関連のもので、これをきっかけに再生シリコンウェーハと出会った。今日では、そのシリコンウェーハをコアビジネスとして取り組む企業の経営を行っている。

シリコンウェーハ業界の詳細については、本論文の中で詳述するが、筆者は、再生シリコンウェーハビジネスから始まったシリコンウェーハ業界関係者の一人として、

- ① シリコンウェーハ製造の難しさ
- ② シリコンウェーハ販売の難しさ
- ③ シリコンウェーハは不確実性が高い世界である

ということを痛切に実感している。

製造業では、収穫逓増の法則があるが、労働と資本の投入増は通常その増分のより多くの製造物が産出されることになる。しかし、シリコンウェーハの世界では、投入増から生まれた産出物の増分は、必ずしもその分の良品率とは正比例的ではないという現実がある。そのために、グローバルシリコンウェーハ市場では、今日では、安定性のある製品を製造できる上位 5 社が市場シェア 95%以上を占有するほどの寡占状態が続く状況が作り出されているのである。

また、シリコンウェーハは半導体製造の欠かさない原材料であり、最高品質の半導体を製造するには最高品質のシリコンウェーハが不可欠である。そのため、半導体メーカーとシリコンウェーハメーカーとの間に認証制度が導入され、安定性の高いシリコンウェーハを製造できるメーカーからしか製品を納入しないという業界ルールが出来上がったのである。これは、新規でシリコンウェーハ業界に参入しようとするメーカーにとって、安定性の高い製品を製造できるまでの数年分のデータ、そのため、その分に応じた製品の製造実績が求められるということを意味する。つまり、シリコンウェーハの製造ができて、半導体メーカーは必ずしもその製品を納入してもらえない保証はないということである。このことは、新規で参入したシリコンウェーハメーカーにとって、半導体メーカーと安心して取引できる環境を整えるまでは、製品が売れない状態が続く可能性があることを覚悟する必要があるということである。

そして、近年では、シリコンウェーハは地政学的リスクにも影響を受けうるような懸念が生じつつある。一般に「シリコン・サイクル」と言われるように、半導体業界では、好景気には大量に発注が集中して供給が不足することがあるが、不景気には需要が急減して供給過剰になるという、約 4 年周期で好況と不況を繰り返す現象がみられる。

現在は、2020 年以降の新型コロナウイルスの感染拡大を機に、グローバル規模のデジタル化の急進展はシリコンウェーハに対する需要急増をもたらしている。その間、世界 1 位と 2 位の経済大国である米国と中国との貿易摩擦は、半導体にもその影響が広がり、半導体に

における世界最大の製造国である米国と、同世界最大の需要国である中国との分断を作り出している。これは、やがて米国主導の半導体の供給過剰と、中国が半導体の内製化の強化という事態が生み出し、米中貿易摩擦は半導体からシリコンウェーハへとその影響が広がる懸念が高まりつつあるのである。

このような不確実性が高いシリコンウェーハ業界において、筆者が関係している RS テクノロジーズ株式会社（以下、RST 社）は、2020 年から子会社を通じて、中国国内において最先端の 12 インチシリコンウェーハの製造に乗り出した。前述のように、シリコンウェーハの製造や、販売の難しさに、さらに地政学的リスクに影響を受けやすいことも加わり、RST 社が競争優位の獲得によってグローバル市場におけるシェア獲得の可能性があるかについて検証することが、本研究における主要目的である。

筆者は、中国で生まれ、日本で起業したが、経営者の一人として、日中両国にまたがって再生シリコンウェーハ事業とプライムシリコンウェーハ事業にかかわってきた。その意味で、筆者にとって、この度の学位請求論文をまとめることを機会に、これまでの実務を通じて積んできたシリコンウェーハの業界知識を学術レベルに引き上げられるかどうか、そして、学術的視点からシリコンウェーハの世界をより客観的、冷静に見つめなおせるかどうかは、今後の事業展開に向けての一つ重要な試練の一つにもなると考えており、実りのある研究を目指していく所存である。

1. 本研究の背景

「半導体は産業のコメ」であるという言葉は、社会一般に知られている。他方、シリコンウェーハが、半導体の製造において欠かせない材料であることはあまり知られていない。それは、シリコンウェーハは日常生活で目にすることはないからである。

シリコンウェーハは、その表面は鏡面に磨き上げられ、世界中のあらゆる物質の中で最も高い平坦度を誇り、微細な凹凸や微粒子を限界まで排除した、超平坦・超清浄な円板であり、半導体の作成に必須の基板材料である。そのような最高品質のシリコンウェーハが、最先端の半導体を製造するためには不可欠なのである。

一方、シリコンウェーハの製造に関しては、日本の信越化学工業（以下、信越化学）と SUMCO の 2 社だけで、世界シェアの 5 割以上を占めるほどの寡占市場が形成されている。それは、シリコンウェーハの製造には日本のものづくりの原点である擦り合わせ型技術が凝縮されていることが背景にあるからと言われる。シリコンウェーハの製造には、巨額な投資と無数の複雑な工程が必要である。このために、その製品の製造では高い歩留まり（良品率）が必須であり、できなければ、製造にかかった労力、時間、原材料が無駄になるほどの高い技術が求められるのである。

それに対して、長年蓄積されてきた日本のものづくりの代表ともいえる擦り合わせ型技術は、複雑な生産過程を要する製品の製造に適している。なぜなら、擦り合わせ型技術は、多くの要素・技術が組み合わさった独自のノウハウが必要で、TQC (Total Quality Control)

や技術継承も不可欠であるからである。そのため、この技術がシリコンウェーハの製造に用いることにより、日本製のシリコンウェーハがグローバル市場をリードし続けられる優位性や可能性を維持できているのである。

上述したように、シリコンウェーハの製造には、巨額な投資と高い技術力が必要であり、しかもそのグローバル市場は数社により寡占されている。このような市場に対して、本論文の研究対象である RST 社は、最先端の 12 インチプライムウェーハ（製品用ウェーハ）の製造をもって、シリコンウェーハ市場に参入してきた。

RST 社は、これまで再生ウェーハを通じて、技術力とノウハウを蓄積しながら成長してきた。同社は、12 インチ再生ウェーハでは、グローバル市場シェアトップの 3 割以上の獲得に至っているが、プライムウェーハ事業への進出は、2018 年に中国のシリコンウェーハメーカー GRITEK 社を傘下に収めることを機に、翌年中国山東省に設立した子会社、山東 GRITEK からスタートした。そして、2020 年にさらに現地の地方政府及び投資基金との間に合弁企業 SGRS を設立し、12 インチプライムウェーハの生産を目指すようになった。

しかしながら、RST 社は、後発シリコンウェーハメーカーとして、後述するように「技術蓄積不足」および、「本社は日本、生産現場は中国」という課題に直面している。その意味からも、この市場で成長していくためには、今後競争優位を如何にして獲得していくかという事は最重要な課題であるということができよう。

2. 本研究の目的と 3 つの仮説

本研究は、RST 社が、新規参入者として、寡占状態にあるシリコンウェーハ市場における競争優位を獲得できるか否かの可能性について検証するのが目的である。そこで、検証がより合理的、かつ客観的な結果が得られるようにするために、次の 3 つの仮説を立てて、3 段階法で論証していく。

仮説 1 : 「RST 社はものづくりを極めることが可能」

前述したシリコンウェーハのグローバル市場のシェアは、信越化学と SUMCO の日系 2 社だけで 5 割以上が占められ、3 位のグローバルウェーハズ（台湾系企業）の中核生産拠点も日本に構えている。このことは、日本は、垂直統合型の擦り合わせ技術が得意とする日本のものづくりの仕方が伝統的に根付いており、それがシリコンウェーハの製造に活かされているということである。それを別の言い方をすれば、日本のものづくり技術はシリコンウェーハの製造に適していることを意味しているのである。RST は、旧一部上場企業であるラサ工業から再生ウェーハの技術やノウハウなどを引き継ぎ、再生ウェーハメーカーとして発展してきた。その成長の原点は日本のものづくりにあるわけであるが、今後も RST 社はものづくりを極めることが可能という仮説である。

仮説 2 : 「RST 社は強い日本本社および、強い中国現場を目指すことが可能」

RST 社は、2018 年中国のウェーハメーカーを傘下に収めたことを機に、中国現地でプライムウェーハの製造に乗り出した。そのプライムウェーハの製造では、先述したように日本のものづくり技術が求められる。そのため、RST 社は、日本で獲得し蓄積してきているものづくりの神髄を中国の生産現場に伝達し、且つ活かしながら、中国でのモノづくりの活かすことができれば、「強い日本本社、および強い中国現場」を目指すことが可能であろうという仮説である。その際には、その仮説の延長上に、「日中間ものづくりコーディネーションシステム」の構築が必要であろう。

仮説 3：「RST 社は競争優位を獲得してグローバル市場への展開が可能」

RST 社は、プライムウェーハメーカーの新規参入者であり、しかも傘下の子会社を通じて、中国で最先端の 12 インチウェーハの製造に参入するので、競争優位の獲得は極めて難しいとみられている。しかし、そのような状況にはあるが、RST 社は、日本での再生ウェーハ事業および、中国でのプライムウェーハ事業という総合ウェーハメーカーとして培ってきた技術力をもとに、中国政府の各種優遇措置や自社が構築してきたグローバルな販売ネットワークといった経営資源を活かしながら、中国市場を足場に、グローバル市場における 12 インチウェーハの生産と販売の競争優位の獲得が可能であるという仮説である。

このように、本研究は、RST 社が「日本展開」、「日中展開」そして「グローバル展開」という三段論法に基づき、本研究の基本命題である、RST 社の 12 インチプライムウェーハへの新規参入は、中国市場を土台にしながらも、グローバル市場における競争優位獲得が可能であることを検証していく。

3. 本研究の特徴と構成

本研究は、シリコンウェーハという一般的に必ずしも馴染みのない半導体材料を研究対象としているが、より簡明に分かりやすいように展開するために、以下の流れに沿って進めていく。

まずはグローバル市場における半導体の需給関係を概説し、主要国の半導体をめぐる PEST 分析を行う。次に半導体製造において最重要の原材料であるシリコンウェーハを取り上げ、シリコンウェーハの仕組みや市場の競争現状などを考察する。

続いて、本研究の対象である RST 社の分析を行う。同社の経営理念とこれまでの成長実績などを踏まえながら、再生ウェーハとプライムウェーハという総合ウェーハメーカーとしての製造基盤を構築してきた RST 社のものづくりおよび、その成長過程を考察する。同時に、RST 社のプライムウェーハ製造の主戦場である中国市場の発展現状と競合企業の生産現状を考察する。

最後に、本研究の 3 つの仮説に対する検証を通じて、RST 社の中国市場を足場にしながら、グローバル市場における競争優位の獲得の可能性を実証していく。

昨今、シリコンウェーハという半導体の材料をめぐる産業レポートは多く発表されており、市況の分析や業界企業の戦略決定などに役立てている。しかし、本研究のように、シリコンウェーハを対象にしながらも、日本のものづくりや海外直接投資といった視座から、企業の競争優位の獲得に関する研究はまだ相対的に少ない。この意味から、本研究は、筆者の独創的な試みであり、特異かつ独自の存在であると言える。

また、本研究において、より学術研究に相応しい成果が得られるようにするために、次に示すような先行研究理論体系に応用している。

まず、政治、経済、社会、技術などの影響を受けやすい半導体市場の需給関係やサプライチェーンなどの分析には、コトラーの「PEST分析」モデルを活用した。

また、シリコンウェーハの製造では、自社仕様の製造装置の調整から、製品開発、生産、販売、アフターサービスなどのすべての工程が、一社による垂直統合的な擦り合わせ型技術が求められる。このようなシリコンウェーハの製造は日本のものづくり技術が最も適しているという先行研究成果が多数ある。本論文では、同説を実証するために、藤本氏の「日本のものづくり」説を用いて考察を行った。

そして、本研究の最大目的である RST 社の競争優位獲得の可能性を検証するために、グローバルシリコンウェーハ市場をめぐる競争環境、特に中国市場におけるシリコンウェーハの分析において、競争要因の分析に有効とされるポーターの「5 フォース分析」モデルを活用した。また、RST 社の競争優位獲得の分析のために、同社の強みを数値化して、検証可能なものとするバーニーの「VRIO フレームワーク分析」モデルを導入した。

最後に、ビジネス世界の戦略本として世界的にも非常に活用されてきており、多くの経営者が長らく愛読し続けてきている「孫子兵法」の考え方を、補論と位置付けられる RST 社の今後の展望に活用した。

なお、本研究は上記の特徴を踏まえて、以下のように各章の内容を構成する。

序章では、本研究の問題意識と目的を明らかにした後、RST 社が中国市場で 12 インチプライムウェーハの参入したことに関して、その競争優位獲得の可能性について考察・検証するという目的を達成するための 3 つの仮説を立てる。

第一章では、グローバル半導体市場の競争現状及び米国、中国、日本などの主要国における半導体の需給関係を考察する。その際の分析手法としては、PEST 分析モデルを用いる。

第二章では、半導体の製造に欠かせない原材料であるシリコンウェーハの仕組み、および、市場の競争現状などを考察し、シリコンウェーハは半導体業界の発展、さらにデジタル経済推進の原動力であることを明らかにする。

第三章では、本研究のメイン対象である RST 社の総合ウェーハメーカーとしての経営理念と成長実績を考察し、RST 社のこれまでの成長をバリューチェーン分析の視点から明らかにしていく。

第四章では、第五章以降の子会社を通じて中国で 12 インチウェーハ市場への新規参入に伴う RST 社の競争優位の獲得を分析するための準備として、中国におけるシリコンウェー

ハ市場の発展、主要メーカーの動向、及び競争要因などを考察する。

第五章から第七章では、本研究で立てられた3つの仮説についてそれぞれ検証する。仮説1に対して、「①ものづくりから生まれた日本の技術力」、「②シリコンウェーハは日本のものづくりの代表的産業」、そして、「③ものづくりの視点からRST社の競争力」の3つの観点からの分析を通して、「RST社はものづくりを極めることが可能」という仮説を検証する。

仮説2に対して、「①強い現場」は日本のものづくりの原点、「②『日中ものづくりコーディネーションシステム』の構築」、「③強い日本本社、強い中国現場」の可能性という分析を通して、「RST社は強い日本本社、および強い中国現場を目指すことが可能」という仮説を検証する。

仮説3に対して、「①RST社12インチウェーハ市場への新規参入の現状」、「②RST社の中国子会社であるGRTECの技術力の分析」、「③『強い日本本社』と『強い中国現場』による競争優位獲得の可能性」などの分析を通して、「RST社は競争優位の獲得によるグローバル市場への展開が可能」という仮説を検証する。

終章では、RST社の今後の発展の可能性と課題をまとめ、自社の強みを活かしながら、「強い日本本社と強い中国現場」を目指すべき方向性を再確認する。そして、補論では、RST社をめぐる競争環境を、「孫子兵法」の視点から、その外部要因、及び内部要因を検証し、「知」の時代におけるRST社の今後の方向性を展望する。

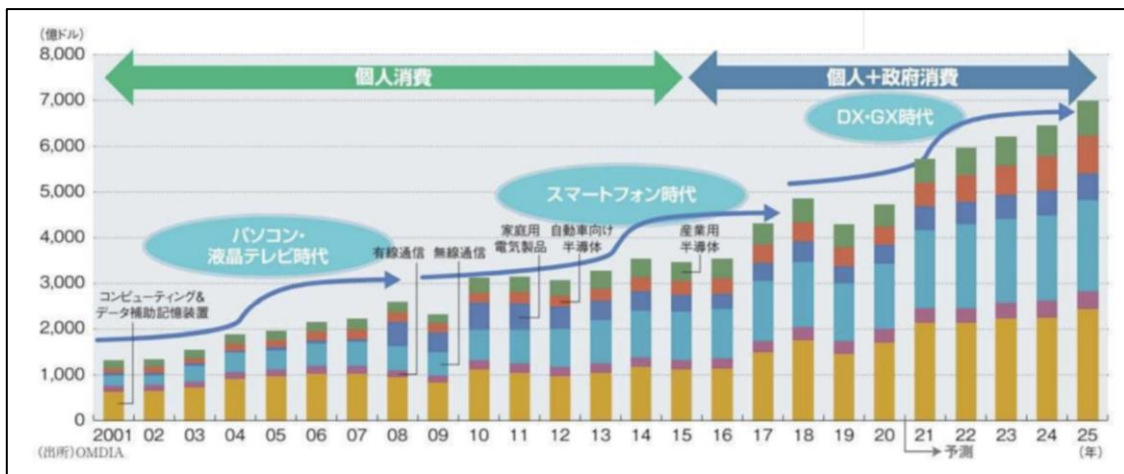
第一章 半導体市場をめぐる PEST 分析

デビッド・マナーズ氏は、1997年に共著の『Digital Nomad』の中で、半導体やパソコン、および通信技術の進歩による人々のライフスタイルや社会への影響について、半導体はやがて「個人消費」から「個人消費+政府消費」へと進化を遂げると指摘した¹。

2000年代に入ってから、デジタル製品市場において液晶テレビ、パソコン、スマートフォンなどが市場の成長を牽引してきた。つまり、民生品が中心となって半導体市場の拡大を引っ張ってきた。しかしながら、やがて製品普及率の上昇とともに、市場の成長は次第に鈍化する傾向を見せた。その典型的な事例はスマートフォンである。全世界の保有数は短期間で70億台に達し、1人1台が保有するという飽和状態に突入した。このような変化に直面して、スマートフォンメーカー各社は製品の性能アップを中心に市場の潜在性を掘り起こすという競争が次第に熾烈化したのである。

そして、2020年以降、世界の半導体市場は新たな成長期に入った。そのきっかけは新型コロナウイルスの世界規模の感染拡大であった。リモートワークや、オンライン教育、キャッシュレスなどのライフスタイルの変化とともに、各国によるデジタルトランスフォーメーション（DX）やグリーントランスフォーメーション（GX）が加速される効果が生じ、政府主導によるデータセンターへの投資が増加し始めてきたのである。

図表 1-1 半導体の「個人消費」から「個人+政府消費」の時代へ



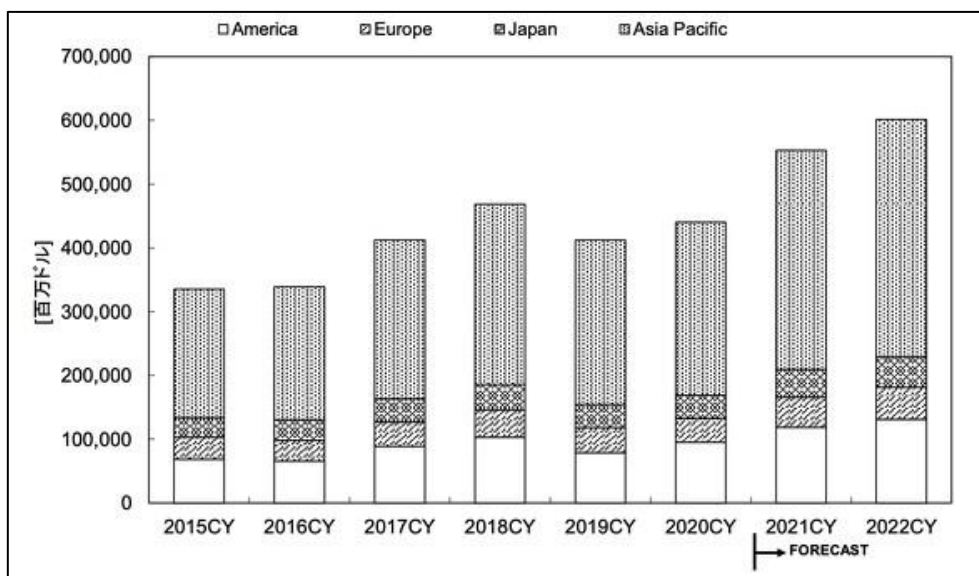
出所：南川明「半導体需要が爆発 世界的なデジタル、グリーン化 政府投資加速で次の成長段階へ」『週刊エコノミストオンライン』2022年1月24日より

このような変化は、まさにデビッド・マナーズ氏の予想が的中したものであると言える。この世界半導体の生産体制や半導体製品に対する需要の変化は、従来から寡占状態にあった世界の半導体市場に更なる競争の激化をもたらしている。

¹ Tsugio Makimoto and David Manners, Digital Nomad, Wiley, 1997. を参照

実際、世界半導体市場の需要動向をみると、特にアジア太平洋地域に需要が集中していることが分かる。図表 1-2 が示されるように、2015 年以降、中国をはじめとするアジア太平洋地域では世界市場の 6 割以上の需要をリードし続けており、その次は米国 2 割、欧州と日本はそれぞれ 1 割程度である。このようなアジア太平洋地域主導の世界半導体需要の背景には、前述の同地域における活発な民生品の需要増のほかに、特に近年の各国政府主導のデータセンターへの投資拡大に伴った半導体に対する需要増があったからである。

図表 1-2 世界半導体市場規模の推移



出所：WSTS

本章は、このような世界半導体市場の変化を的確にとらえるために、PEST 分析モデルを用いて考察する。PEST モデルは、『コトラーの戦略的マーケティング』²において提唱された分析手法である。これは、特に外部環境の変化に伴い、時代に即した事業・製品に変えていくことで、生き残りを目指す必要があるため、外部環境（特にマクロ環境）を把握し、自社への影響を図るフレームワークとして、政治制度 (politics)、マクロ経済 (economy)、社会情勢 (society)、技術インフラ (technology) に関する分析を行う必要性が強調され、各要因の頭文字を取って PEST 分析と呼ばれるものである。

以下に、半導体市場の発展概況を振り返りながら、特に米国、中国、日本などの半導体の需給関係をめぐる PEST 分析を行う。

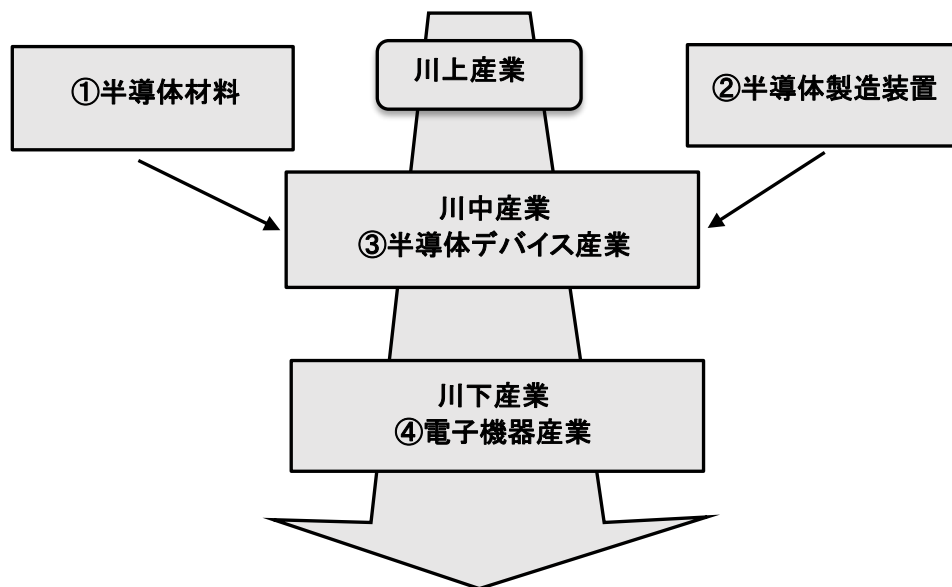
第 1 節 半導体市場の発展概要

半導体の分野にはさまざま関連産業があるが、一般に「半導体産業」といえば「半導体デ

² フィリップ コトラー(著)／木村 達也 (訳) 『コトラーの戦略的マーケティング—いかに市場を創造し、攻略し、支配するか』を参照

デバイス産業」のことを指す。これはマイクロプロセッサやメモリ、ロジック製品などを作る産業である。デバイス産業を中心として、上流にはそれらを作るための、①半導体材料産業、②半導体製造装置産業があり、それは川上産業と呼ばれる。また、川の中流に位置するのは、③半導体デバイス産業である。そして、デバイス産業の下流にはデバイスを使う産業としての④電子機器産業があり、これは川下産業と呼ばれる。(図表 1-3)。

図表 1-3 半導体関連産業のイメージ図



出所：筆者作成

半導体の材料に関しては、特にシリコンウェーハはが欠かせないものである。前述のように、シリコンウェーハは、あらゆる電子製品に搭載されている半導体の製造に欠かせない材料である。表面を鏡面に磨き上げ、世界中のあらゆる物質の中で最も高い平坦度を誇り、微細な凹凸や微粒子を限界まで排除した、超平坦・超清浄な円板で、半導体の基板材料である。特に最先端の半導体には高度な技術が必要な最高品質のシリコンウェーハが必要である。今日、世界のシリコンウェーハ市場では、日本の 2 社を含む上位 5 社がグローバル市場シェアの 9 割以上を占めており、そのうち、日本の 2 社の市場シェアでは 50%以上を占めるほどの突出ぶりであった（シリコンウェーハについては、第 2 章以降詳述する）。

また、半導体装置に関しては、SEMI（国際半導体製造装置材料協会）が 2021 年 4 月に発表した半導体製造装置市場に関する統計（図表 1-4）によると、2020 年の市場規模は 712 億ドルであったものが、2021 年には 14%成長して 1026 億ドルとなった。中でも中国市場は 58%増と急成長し、世界最大の市場となった。中国に続き、韓国 55%増、台湾 45%増となり、アジアを中心して世界半導体市場の成長を牽引していることが分かる。

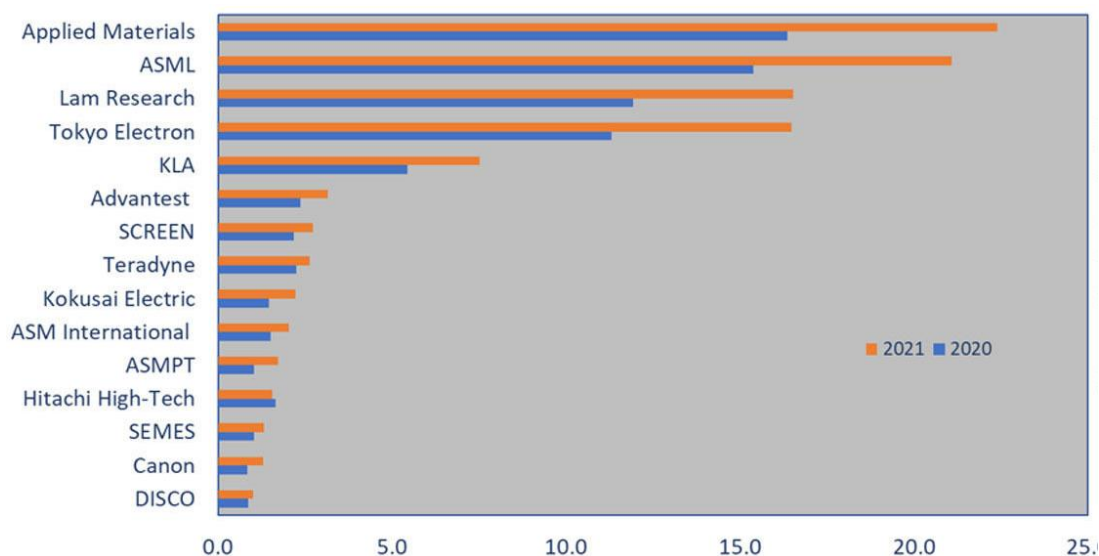
図表 1-4 2020-2021 年地域別半導体製造装置市場規模（単位：10 億ドル）

地域	2021 年	2020 年	前年比成長率(%)
中国	29.62	18.72	58%
韓国	24.98	16.08	55%
台湾	24.94	17.15	45%
日本	7.80	7.58	3%
北米	7.61	6.53	17%
その他地域	4.44	2.48	79%
欧州	3.25	2.64	23%
合計	102.64	71.19	44%

出所：SEMI(2022) より

そして、半導体市場動向調査会社である VLSI Research が、2021 年の半導体製造装置メーカー売上高ランキングトップ 15 を発表した半導体製造装置及び装置保守サービスの売り上げ上位 15 社のランキングでは、日本が最多の 7 社、次いで米国が 4 社、オランダ 2 社、シンガポール 1 社、韓国 1 社と、トップ 15 社のほぼ半分を日本企業が占めていることが分かる（図表 1-5）。

図表 1-5 2021 年半導体製造装置メーカー売上高トップ 15 社（単位：10 億ドル）



出所：VLSI Research/Tech Insights

特に半導体製造装置業界はプロセスの超微細化により、それに対応できる装置を提供できる AMAT、ASML、Lam Research、TEL のトップ 4 社が売上高を前年比で伸ばし、寡占化が進んでいる。一方、米国は半導体デバイスで 50%強のシェアを有しているながらも、製造装置市場のシェアは 7%程度に留まり、大きなアンバランスが生じている。米国はこの点を問題視しており、近年大規模な補助金を拠出し、製造工場の誘致に乗り出してきている。

半導体の進化に伴い、図表 1-6 が示されたように、川下産業の状況は大きく変化してき

た。

図表 1-6 世界の電子機器メーカー上位 10 社による半導体消費（単位：百万米ドル）

2021年 順位	2020年 順位	メーカー名	2021年	2021年 シェア	2020年	成長率 (2020年比)
1	1	Apple	68,269	11.7%	54,180	26.0%
2	2	Samsung Electronics	45,775	7.8%	35,622	28.5%
3	4	Lenovo	25,283	4.3%	19,023	32.9%
4	6	BBK Electronics	23,350	4.0%	14,258	63.8%
5	5	Dell Technologies	21,094	3.6%	16,814	25.4%
6	8	Xiaomi	17,251	3.0%	10,254	68.2%
7	3	Huawei	15,382	2.6%	22,710	▼32.3%
8	7	HP	13,789	2.4%	10,745	28.3%
9	9	鴻海精密工業	8,855	1.5%	7,387	19.9%
10	10	HPE (Hewlett Packard Enterprise)	6,736	1.2%	5,395	24.8%
—	—	その他	337,695	57.9%	269,849	25.1%
合計			583,477	100%	466,237	25.1%

出所：Gartner

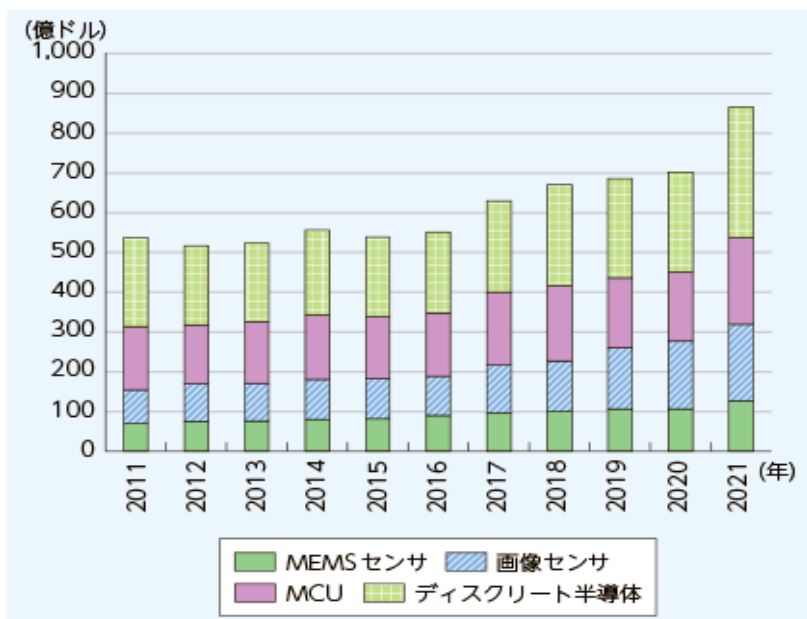
第 1 位のアップルは主要事業であるスマートフォンのほかにモバイルパソコン、タブレットパソコンなども手がけており、2021 年の半導体の購入額は 638 億ドルに達し、市場シェアは約 12%を占めた。2 位のサムスンもスマートフォンが世界トップの生産台数を誇り、半導体の購入額は 458 億ドルに達した。3 位のレノボはパソコン事業を中心に、半導体を 253 億ドル購入していた。ただし、前年の 3 位にあったファーウェイは「米中半導体戦争」と言われる米国からの半導体輸出規制を受けたため、半導体購入額は 2020 年の 227 億ドルから 2021 年の 154 億ドルの減少を余儀なくされた。また、4 位の BBK エレクトロニクス、6 位のシャオミはいずれも中国系企業である。これらの企業は、スマートフォンを中心に世界の半導体を利用しており、半導体とその関連産業の強みを活かされる対応がとれていることが分かる。

半導体デバイスのうち、画像センサ、MCU、MEMS センサ、及びディスクリート半導体などが含まれ、デジタルトランスフォーメーション（DX）で導入が進む IoT や AI を実装した電子機器においてキーデバイスとして位置付けられる。図表 1-7 が示されたように、世界の半導体の出荷額は、2015 年以降増加傾向にあり、2021 年には 9 兆 4,999 億円（前年比 26.7%増）となった。その内訳をみると、ディスクリート半導体³が最も多く、近年大きく成長しているのは画像センサとなっている⁴。

³ ディスクリート半導体とは、半導体製品の部品となる、トランジスタ、ダイオード、コンデンサ、サイリスタなど単機能の素子の総称。

⁴ 総務省「令和 4 年 情報通信に関する現状報告の概要」p77 より

図表 1-7 世界半導体出荷額の推移



出所：Omdia

一方、半導体市場の動向をみると、好況と不況が3~4年程度で周期的に訪れるという「シリコン・サイクル」と呼ばれる現象がある⁵。図表 1-8 が示されるように、その市場は、2016年あたりから低迷から回復し、翌年ピークに達したが、すぐ低迷期に転落し、2019年には底をついた。その後、市場は持ち直し、2021年あたりに再びピークに達したのである。

図表 1-8 好不況が繰り返す半導体市場



出所：WSTS の統計をもとに作成

このような半導体市場における好不況が繰り返す理由は、半導体はパソコンやスマート

⁵ 湯之上 隆『「コロナ特需」の終焉、それはシリコンサイクルの一現象だった』2022年8月8日を参照

フォンといったエレクトロニクス製品の需要に左右されることが多いため、半導体生産の原材料であるシリコンウェーハに対する需要は、最終製品の生産活動に先行する形で現れたからである。その意味から、「シリコン・サイクル」は世界景気の先行指標にもなると言われている。

近年、半導体の市場規模は拡大し続けているが、それでも定期的に大きな不況の波が訪れるのは、半導体の製造サイクルの長さが要因となっているからである。工場建設に1年超、製造には材料を投入してから完成まで数カ月を要する。そのために、需要の変動ほどには供給量を機動的に制御することができず、供給が過少や過多に振れやすいからである。

また、新型コロナウイルスの世界規模の流行によってサプライチェーン（供給網）が混乱し、需要の変動幅も大きくなり、世界的な半導体不足が問題となった。そのために、半導体各社は積極的に供給量を増やしてきたがために、景気の失速局面では必然的に過剰感も強くなった。

他方、先端開発や基礎的な需要増をにらんだ生産能力の引き上げも必要で、半導体企業は不況期でも継続的な投資を迫られるのである。加えて、近年の米中経済摩擦が表面化してきたために、特に米国による対中半導体輸出制限などは世界半導体需給関係に大きな混乱要因となりうる可能性高まってきているのである。その意味において、世界半導体市場の今後の変化には益々目が離せない状況になっていると言えよう。

第2節 米国主導の世界半導体市場

米国は、世界半導体市場において一番大きい市場シェアを持ち、サプライチェーンにおいても強い競争力を有する国である。そして、この優位性を維持するために投下した研究開発費も世界一である。近年、米国のGDPに半導体産業への投資比率は次第に大きくなり、国家発展戦略においてもその重要性が明記されているのである。それは、すなわち、「半導体を制すれば、世界を制する」という発想であろう。この発想の下で、米国は、中国のデジタル製品メーカーの発展に対する警戒を強めた。そのことが、中国の半導体産業に厳しい制限を実施するようになった背景にあるということができるのである。

一方、米国は半導体生産において、アジア太平洋地域（韓国、台湾）に依存する傾向がある。そのために、米中半導体摩擦が激化する中、米国は、近年、半導体製造を国内に誘致し世界半導体サプライチェーンの再編に注力してきているのである。

このような米国半導体市場の動向をPESTモデルでまとめると、図表1-9のようになる。

図表 1-9 近年の米国の半導体需給をめぐる PEST 分析

政治動向	国防授權法 (NDAA)による半導体産業振興	<ul style="list-style-type: none"> ・ NDAA2021 (大統領拒否権発動後、議会の再可決により成立)⁶ ・ 半導体産業向けインセンティブ支援 (9902 条) 上限 3,000 億円/件の補助金等、インセンティブプログラムの設置 ・ 信頼できる半導体及びサプライチェーン構築のための基金 (9905 条) 「多国間半導体セキュリティ基金」の設置、「相互コミットメント文書」の作成 ・ 研究開発の強化 (9906 条) 3nm プロセスの官民研究開発・最先端パッケージング技術プログラム策定
	輸出管理の強化等 ⁷	<ul style="list-style-type: none"> ・ ファーウェー等 153 社へ、米国原産技術を用いて製造された製品が供給された場合、第三国からの再輸出についても許可対象 (=原則不許可)に ・ 中国国営の半導体受託大手 SMIC と関係会社等を掲載した、ミリタリーエンドユーザーリストを策定。キャッチオール規制の対象とした。 ・ 台湾 TSMC はファーウェー等との取引を停止する一方、米国からの働きかけを受け、アリゾナ工場の建設を決定
	ファーウェー等製品の政府調達排除 ⁸	<p>ファーウェー等 5 社の製品について、連邦政府調達の禁止を発表(これらの製品を使用している他の事業者も排除)</p>
経済動向 ⁹	<p>・ 米国の半導体産業も GDP と経済収入に大きな影響を与えている。半導体は米国の最大の輸出品の 1 つとして、2020 年米国の半導体輸出額は合計 490 億ドルであった。航空機 (720 億ドル)、精製油 (650 億ドル)、原油 (500 億ドル) に次ぐ第 4 位である。2020 年には、米国の半導体産業が国内総生産に貢献した総額は 2464 億ドルである。</p> <p>・ 2021 年米国を拠点とする半導体企業は、半導体市場全体の 46.3% を占め、主要な国と地域の半導体市場シェアのリーダーシップを維持</p>	
社会動向 ¹⁰	<p>・ 米国は最も大きな半導体市場シェアを持っているが、米国の半導体消費市場は世界 3 番目であり、世界市場の 21.9% をしている。一方、アジア太平洋地域 (61.7%) は最大の地域半導体市場であり、中国 (34.6%) は世界最大の単一国市場である。</p> <p>・ 米国の半導体産業は、製造や技術開発の重要な役割を担う人材の不足に直面しています。人材不足を解消するためには、幼稚園から高校にわたる理数系教育、高等教育、アンプレンティスシップ (企業における見習い訓練)、職業訓練に資金を投下する必要がある。</p>	

⁶ 経済産業省 (2021) 「半導体戦略(概略)」を参照

⁷ 同上

⁸ 同上

⁹ 「2022 美国半导体行业现状」を参照

¹⁰ 同上

技術動向 ¹¹	<ul style="list-style-type: none"> ・米国の半導体企業は、研究開発、設計、製造プロセス技術において主導的または競争力の高い地位を維持している。米国の半導体業界は、EDA、IP、チップ設計、および（半導体）製造装置の分野で世界をリードしている。 ・2021年には、ファブレス企業を含む米国の半導体企業は、研究開発と設備投資に906億ドルを投下する予定である。2001年から2021年までの複合年間成長率は約5.9%である。米国の半導体産業が研究開発に投下する売上高に占める割合は世界に一番高いである。（米国18%、欧州15%、日本8.3%、中国7.6%）
--------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

出所：各種資料を基に筆者が作成

第3節 中国世界最大の半導体市場

中国は、世界最大の半導体消費市場であるが、国内の半導体内製率が低いため、国内の半導体需要は海外からの輸入に頼っているのが現状である。そのため、中国政府は半導体の内製化を重視し、半導体産業全般を促進する政策を推進してきている。具体的には、2015年に発表された「中国製造2025」構想において、半導体内製促進を含めた国家戦略を打ち出した。

その流れにおいて、国務院は中国を「製造大国」にするという認識に基づき、2013年に中国工程院に「製造強国戦略研究」を命じた。そして、2014年から中国工業情報化部は国家発展改革委員会、科技部、財務部、中国工程院などの政府機関と連携して、製造業振興の長期戦略プランを策定した。そして、国務院は2015年5月に「中国製造2025」を正式に発表した。同構想では、中国製造業の発展現状を踏まえて、次の目標を達成するという「3つのステップ」を通じて製造強国を目指すという戦略が明らかにされた。

- ・ステップ1：2025年までに製造強国の仲間入りを果たす。
- ・ステップ2：2035年までに製造強国の中位レベルに到達する。
- ・ステップ3：中華人民共和国建国100周年の2049年には世界の製造強国の先頭グループに入る。

目標を達成するために、「中国製造2025」ではさらに9大戦略目標を展開するとともに、5つの大きなプロジェクトや重点を置く10の分野を明確にした。

9大戦略目標の中では、目標2の「情報化・工業化融合の深化」を主軸に置くことを明確にし、スマート製造を核心として推進すると述べられている。また、10大重点産業分野については、次世代情報技術(1分野)、ハイエンド設備(7分野)、新材料(1分野)、バイオ・医療(1分野)の4つに分けられ、ハイエンド設備は国民経済や国防安全の核心として進めるものである。

製造強国を目指す目標に合わせて、2015年6月に国務院は国家製造強国建設の指導グ

¹¹ 「2022 美国半导体行业现状」を参照

ープを設立した。そして、同年8月にシンクタンクとして国家製造強国建設戦略諮問委員会も設立され、製造業発展の展望や戦略に関わる重大問題・政策の調査研究や意見・建議を提出している。その他、民間シンクタンクや企業シンクタンクを含む多層なシンクタンクの設置を支援し、製造強国の建設を知識面から強力に支援している¹²。

一方、近年の米中半導体摩擦の激化により、中国の半導体産業は厳しい状況に直面されるようになった。2017年1月に発足した米国のトランプ政権は、「アメリカファースト」を打ち出した。トランプ政権は対中貿易赤字を削減するために、中国からの輸入品に対する関税の引き上げを実施し、いわゆる米中貿易戦が開始されたこととなった。しかし、米中貿易戦は米国内の物価上昇と国民の生活に悪影響をもたらしたため、トランプの後を継いだバイデン政権は対中国戦略の重点を次第に半導体に絞ってきたのである。

その背景には、中国はスマートフォンをはじめ、パソコン、テレビなどのデジタル製品を大量に生産し、世界最大の半導体消費国でもあるという事情があるからである。そして、中国は半導体に関わる国内製造能力が不十分のため、大半の半導体は、現在は海外からの輸入に頼らざるを得ない状態にあるのである。この課題を解決するために、中国政府にとって、半導体製造能力の向上は最も重要な戦略の1つとなってきたのである。

現状では、中国最大の通信機器メーカーであるファーウェイ傘下のハイシリコンをはじめ、設計の面では次第に研究開発能力の向上を実現しつつある企業数社あるが、完全なる半導体の内製化にはいまだ時間を要する状態にある。そのため、半導体は主としてTSMCなどのファウンドリに製造を依頼している。このような中で、ファーウェイは、アップルや、サムスンなどの先発企業と同じタイミングで5G向けのスマートフォンを発表し、世界に大きなインパクトを与えた。そして、2019年の全世界スマートフォンのファーウェイは、アップルを抜いてサムスンに次ぐ世界二位の市場シェアを獲得するまでに至った。このような中国半導体市場をめぐるPEST動向は、図表1-10で示されているとおりである。

図表 1-10 近年の中国半導体市場をめぐる PEST 分析

政治動向 ¹³	半導体産業発展に関わる産業育成関連法規	<ul style="list-style-type: none"> ・2000年に公表した「18号文件」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、企業の所得税に関する優遇政策を享受できると定めている。 ・2015年に公表された「中国製造2025」は、明確な国内自給率目標等も示され、自国企業への援助や優遇措置が明示されている
	政府介入（資金、人的資源、企業モデルなど）	<ul style="list-style-type: none"> ・大規模基金等による技術振興、「国家集積回路産業投資基金」を設置し、半導体関連技術へ合計5兆円を超える大規模投資を行う。地方政府で計5兆円を超える半導体産業向けの基金（合計10兆円超）

¹² 頼寧(2017).『進化し続ける「世界の工場」：「中国製造2025」に見る製造強国戦略』『日立評論』vol. 99, No. 06. を参照

¹³ 経済産業省(2021)「半導体戦略(概略)」を参照

		<ul style="list-style-type: none"> ・PPP モデルを利用し、社会の資本を IC 製造プロジェクトに流す ・2014 年に半導体産業育成の 220 億ドル規模の人材ファンドを創設し、1000 名近くの人材が中国に渡る
	輸出管理等の強化	<ul style="list-style-type: none"> ・輸出管理法(2020年10月成立)では、規制品リストの整備や、特定品目の輸出を禁止する主体を定める中国版エンティティリスト導入、再輸出規制導入、域外適用の原則を記載。産業・通商目的での輸出管理や、域外適用による影響。 ・特定の主体について中国における貿易・投資を禁止・制限、「信頼できない主体リスト」規定・公布・施行 ・対外貿易法に基づく「輸出禁止・制限技術リスト」に、AI・暗号チップ設計・量子暗号・高性能検知・ソフトウェアセキュリティ関連を追加。
経済動向 ¹⁴	<p>経済環境の面では、中国の半導体産業は発展していると考えられる。中国は半導体に対する需要が膨大だが、半導体技術が不十分のために輸入に大きく依存している。2018年に中国の半導体の貿易赤字は総額が5,228億1,000万ドルに達した。2019年、中国と米国との貿易摩擦が激化したため、半導体の輸入が制限された。これによって中国の半導体内製化が加速された。</p>	
社会動向 ¹⁵	<ul style="list-style-type: none"> ● 社会環境の面では、情報化時代に伴い、デジタル製品の普及と応用はますます広まり、電子製品は社会のあらゆる分野に浸透している。世界のデジタル製品市場は着実に拡大しており、2023年世界のデジタル製品市場は1.1兆米ドルに達し、中国は5200億米ドルに達すると推定されている。家庭用デジタル製品はライフサイクルが短く、反復速度が速いという特徴があり、半導体メモリ製品に対する需要が大きい。 ● 中国半導体産業の「人的資本」、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が不足。海外から優秀な人材を積極的に採用する 	
技術動向 ¹⁶	<p>技術環境に関しては、クラウド、IoT、AI、ビッグデータ、5Gなどの新しい情報技術の出現により、より大規模で高速なデータ処理需要が現れ、既存半導体部品の更新が促進される。IDCの予測によると、2025年世界のデータ量は175ZBに達し、中国は48.6ZBに達すると予想している。データ量の急増により、半導体製品の需要も爆発的な成長がくると想定されている。</p>	

出所：各種の資料を基に筆者が作成

第4節 日本半導体強国からの転落

米中貿易摩擦の激化およびそれに伴う米国から制裁が強化され、中国は半導体の内製化を加速してきている。一方で、日本企業は、シリコンウェーハや半導体製造装置などの分野において、その競争優位を保持し続けている。このことは、世界半導体の今後の生産拡大、

¹⁴ 「半導体存储行业未来发展趋势」 <https://www.q578.com/s-9-2640845-0/> (2022年7月12日参照)

¹⁵ 同上

¹⁶ 同上

および日中半導体材料の今後の貿易にも影響を及ぼすことがありうると予想することができる。

そこで、ここでは、まずそれらの進展を考えるうえでの基礎となる、日本半導体市場のこれまでの展開について検証しておく。

日本の半導体は、1980年代の日米貿易摩擦が惹起されるまでは世界トップ市場シェアを保持していたが、1986年9月2日に締結された日米半導体協定による貿易規制が強まり、次第に衰退していった。

また1990年代におけるメモリ(DRAM)からロジック(CPU)へと変わる流れと、1990年代後半以降のロジックの設計・製造が垂直統合型からオープンアーキテクチャを用いたファブレス企業、ファウンダリ企業の水平分業型へと変わる流れがあった。

日本の半導体メーカーはこれらの流れに乗ることができず、電機・情報通信機器の親会社が競争力を失うとともに、半導体製造部門の切り出しと統合が難航し、設計と製造の水平分業に失敗したのである。

つまり、日本は、それまで多額な経費を半導体の研究開発に投じてきたが、自前主義に固執したがゆえに、供給側(設計・製造・装置・素材)の担い手はもとより、需要側(デジタル産業)も含め世界とつながるオープンイノベーション企業などと国際アライアンスを築けなかった。さらに、日本は、バブル経済崩壊後の不況により、将来への投資が十分にかつ適切にできないまま、国内の半導体市場規模が徐々に縮小していったのである。

それに対して、韓国、台湾、中国では、研究開発のみならず、大規模な補助金・減税等で長期にわたって企業の設備投資を支援し育成してきたのである。

このために、特に21世紀に入り、PC、インターネット、スマホ、データセンターの普及などにより、デジタル市場が世界的に進展していく中で、日本のデジタル産業は、先進国との間の距離は益々大きくなったのである。

この結果、日本は現在、半導体の顧客である国内デジタル市場の低迷により、必要な半導体の国内設計体制を整えられず、先端半導体は海外からの輸入に依存し続けている状況に置かれているのである。

このような半導体産業の衰退に対して、日本政府は、近年促進政策を積極的に検討している。まず、情報通信技術の発展と近年の新型コロナウイルスの影響によるDX・GXの必要性から、政府はさまざまな半導体産業に対する政府戦略企画と補助政策が始めた。特に半導体製造のファウンドリを日本に誘致することを中心に動いている。2022年3月、経済産業省は「半導体産業の基盤強化」に向けて、2021年度補正予算と合わせて計8000億円投じた。目的は半導体の製造基盤を国内につくり、安定的に供給できるようにすることである。投資のほとんどを占めるのが、TSMC新工場の日本国内への誘致である。

また、情報通信技術の発展が遅れ、かつ少子高齢化によって先端のデジタル製品の浸透においても、米国や中国より遅れており、その打開策としてデジタル事業拡大政策を提唱したのである。同政策では、社会、経済システム、企業のDXを推進してDX関連市場を拡大させ

ることと、次世代情報通信インフラの実用化に向けた多くの研究開発・標準化支援も打ち出した。

そして、半導体産業への投資強化とビジネス規模の拡大を実現するために、半導体、データセンター、情報通信インフラの省エネ化・高性能化・再エネ化に対する支援策を設けて、2030年までに実用化と導入拡大を計画している。

しかしながら、日本は半導体サプライチェーンにおいて、現在、半導体製造装置と素材に強みがあるが、設計・開発と生産は先端より遅れている。さらに、学生の理系離れによる影響で、半導体人材は極めて不足していると言われる。

他方、半導体の素材であるシリコンウェーハの製造に関しては、日本の信越化学とSUMCOが2社で世界市場の5割以上を占有するほどの好調が続いている。その背景には、日本が得意とする垂直統合型のものづくり技術がウェーハの製造に活用され、他国（企業）が簡単に真似できないということが背景にある。このような日本の半導体市場動向は、図表1-11に示されているとおりである。

図表 1-11 近年の日本半導体市場をめぐる PEST 分析

政治動向 ¹⁷	日本国内の半導体製造基盤を作る	2022年3月、経済産業省は「半導体産業の基盤強化」に向けて、2021年度補正予算と合わせると計8000億円投じた。目的は経済安全保障上重要である半導体の製造基盤を国内につくり、安定的に供給できるようにすること。併せて、経済産業省は同年6月に半導体の受託生産で世界最大手の台湾のTSMCが熊本県に建設する新工場の整備費用を、最大で4760億円補助することを決めた。同工場は2024年に生産開始する計画で、22/28nmプロセスが中心。
	DX推進によって、次世代情報通信インフラの整備	<ul style="list-style-type: none"> ・社会、経済システム、企業のDXを推進してDX関連市場24兆円実現 ・国内データセンターによるサービス市場(3兆円超)を拡大 ・データセンター投資(サーバ、メモリ、光デバイス、空調・電源等)の国内調達を拡大(1兆円規模)⇒導入支援を検討 ・グリーン電力調達を行うデータセンターの立地を補助、国内での再エネ導入を支援⇒脱炭素電力の購入円滑化に向け、非化石価値取引市場の制度整備を検討 ・データセンターの系統への早期接続のため電力インフラ整備を迅速化 ・次世代情報通信インフラの実用化に向けた研究開発・標準化支援
	半導体、データセンター、情報通信インフラの省エネ化・高性能化	<ul style="list-style-type: none"> ・次世代パワー半導体等の研究開発、実証、設備投資を支援 ・2030年までに実用化・導入拡大、1.7兆円の市場を獲得 ・データセンター、情報通信インフラ省エネ化の研究開発、実証支援

¹⁷ 経済産業省（2021）「半導体戦略(概略)」を参照

	<p>能化・再エネ化を支援</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2030年までに全ての新規データセンターを30%省エネ化、データセンター使用電力の一部再エネ化義務化検討 ・2040年に半導体・情報通信産業のカーボンニュートラルを目指す
経済動向 ¹⁸	<ul style="list-style-type: none"> ・日本の半導体産業は、1990年代以降、徐々にその地位を低下 ・日本は世界第1位の半導体工場数を持つが、その多くは陳腐化・老朽化しており、ローエンドのレガシー工場が多数 ・米中技術覇権対立を背景に、米国の国内製造回帰の動きが活発化。それに伴って、世界の半導体エコシステムのチョークポイントとして、日本が強みを有する製造装置・素材産業の開発拠点の米国移転につながるおそれあり(空洞化の懸念)。
社会動向 ¹⁹	<ul style="list-style-type: none"> ・21世紀に入り、PC、インターネット、スマートフォン、データセンターの普及など、世界的にデジタル市場が進展する中で、日本のデジタル投資が遅れ、半導体の顧客となる国内でデジタル市場が低迷。必要な半導体の国内設計体制を整えられず、現状、日本の先端半導体は海外からの輸入に依存 ・日本の半導体産業は、初等教育から大学まで一貫した半導体人材育成策を講じる必要があるとの信念をもって、半導体デバイス、装置、材料も含めた全国大のオープンな半導体人材育成ネットワークを構築し、半導体関連産業の人材育成と獲得に向けた体制を整えていきたいと考えている。また、自動車産業などの半導体を使用するユーザー企業の支援も得ながら半導体関連産業の人材育成に注力し、半導体人材育成ネットワークを中心とした活動が推進されている。
技術動向 ²⁰	<ul style="list-style-type: none"> ・日本は製造装置・素材産業に強みがある。戦略的不可欠性を獲得する観点から、日本に強みのある製造装置・素材のチョークポイント技術を磨くために、海外の先端ファウンドリとの共同開発を推進する。 ・一方、日本は先端ロジック半導体の設計・開発能力は有しておらず、生産能力についても40ナノに留まる。ロジック以外では、メモリ、センサ、パワー等で、世界市場で戦えるプレーヤーが国内に残っているものの、世界の半導体市場と各国の産業政策の競争がますます激化とする中、日本半導体産業が取り残され、ジリ貧になる危機がある。

出所：各種の資料を基に筆者が作成

まとめ

世界3大半導体市場の現状を見ると、米国は世界半導体産業をリードし、グローバル規模の半導体サプライチェーンを構築している。このような現状において、当面、後発国の企業は新たに半導体市場への参入が極めて難しいと言わざるを得ないと言えるであろう。

それに対して、中国は米国との半導体摩擦の激化によって、半導体内製化と中国独自の半導体サプライチェーンの構築に注力している。中国は、世界最大の半導体需要市場を持ちながらも、今後の新たな飛躍を遂げるには、半導体製造技術のイノベーションに突破口を作る

¹⁸ 経済産業省(2021)「半導体戦略(概略)」を参照

¹⁹ 同上

²⁰ 同上

ことは必要不可欠である。そして、中国は、今後に向けて、米国の影響を受けにくい地域において新しい半導体サプライチェーンを構築し、後発国としてその成功の可能性を見出していくことが必要であろう。

そして、日本は、半導体サプライチェーンにおいて、製造装置と素材以外の部分は世界的に遅れており、半導体市場は米国と中国に比較すると、市場規模が非常に小さくなっているのである。その意味で、日本政府は半導体人材の不足および半導体産業に対する支援は、今後日本半導体市場の復活のカギであるといえるであろう。

第二章 シリコンウェーハの仕組みと市場構造

インテル創業者の一人であるゴードン・ムーアは、1965年に発表した論文において、同じ面積のウェーハ上に、半導体の最小単位であるトランジスタを作れる数が18ヶ月ごとに2倍になると予測し、集積回路の性能向上に関する経験則である「ムーアの法則」を提唱した。そして現在までのところ、その法則の予測あるいはそれ以上の状況が実現してきている。

このような半導体デバイスの急速な進歩と普及の背景には、シリコンウェーハの高品質化と低コスト化がある。また、この高品質化と低コスト化を実現できたのは、製造現場における様々な技術革新によるものである。そして、その中でも特にシリコンウェーハ市場シェアの5割以上を占有する日本企業の技術力が注目されてきている。

そこで、本章では、その半導体の素材であるシリコンウェーハの仕組みと市場の競争要因を考察し、次章のRST社の分析につなげていく。

第1節 シリコンウェーハ産業発展の四段階

シリコンウェーハ産業の発展は、半導体産業サプライチェーンの変化と内製化と密接な関係がある。1960年代以降、世界の半導体産業は米国から日本、韓国、台湾への移転を通じて、次第にウェーハ産業の土台が築かれ、各国におけるシリコンウェーハメーカーの台頭が始まった。その後、一連の合併と買収(M&A)を通じて、日本、台湾、韓国などの企業が市場を寡占する状態を作り出されてきたのである。これまでのシリコンウェーハ産業の発展を振り返ると、大まかに言って次の4つの時期に分けられる。

第一期は、MEMCを代表とする米国のメーカーが技術開発を主導し、市場を支配する時期である。1956年に設立された米国モンサント電子材料会社であるMEMCは、1959年にトランジスタと整流器用の単結晶材料である超高純度金属シリコンの製造が始まった。これにより、MEMCは半導体ウェーハ業界のリーディング企業として、研究開発を含め、業界リーダー的な立場を確立した。その後、同社は欧州や、アジアなどにおける工場を生産を拡大し続け、世界のウェーハサプライヤーとして市場をリードし続けた。

第二期は、日本メーカーの台頭と米国メーカーの衰退時期である。MEMCは、1980年代までシリコンウェーハ市場を支配していた。しかし、その後、日本メーカーのキャッチアップにより、次第にアメリカ勢の勢いが衰えていったのである。1976年から1980年にかけては、日本政府によるVLSI(超大規模集積回路共同研究開発プログラム)の開始を機に、日本のシリコンウェーハ産業が急速な発展を遂げた。1985年には新日鉄や、川崎製鋼などの製鋼企業もシリコンウェーハ産業に参入してきた。その後、業界の再統合により、信越化学とSUMCOというシリコンウェーハ大手2社が誕生したのである。

第三期は、上位5社の市場シェアが95%超を占めるほどの寡占時期である。20世紀末までは、世界のシリコンウェーハ市場において25社以上のメーカーがあったが、その後のM&Aの繰り返しの結果、最終的には信越化学、SUMCO、グローバルウェーハ、シルトロニック、

SK シルトロニックの 5 社が市場を寡占する状況が生まれ、今日に至っている。

第四期は、中国シリコンウェーハメーカーの台頭時期である。近年、国際情勢の大きな変化に伴い、シリコンウェーハ市場における上位 5 社集中の傾向は少しずつ弱まる兆しが表れてきている。特に世界最大の半導体需要市場である中国における半導体内製化の動きが、中国産のシリコンウェーハに対する需要が高まりとそれに伴い、沪硅産業、中環股份、立昂微に代表される中国シリコンウェーハメーカーによるその半導体内製化の進展によって、急浮上してきたのである。

図表 2-1 シリコンウェーハ産業の発展概要

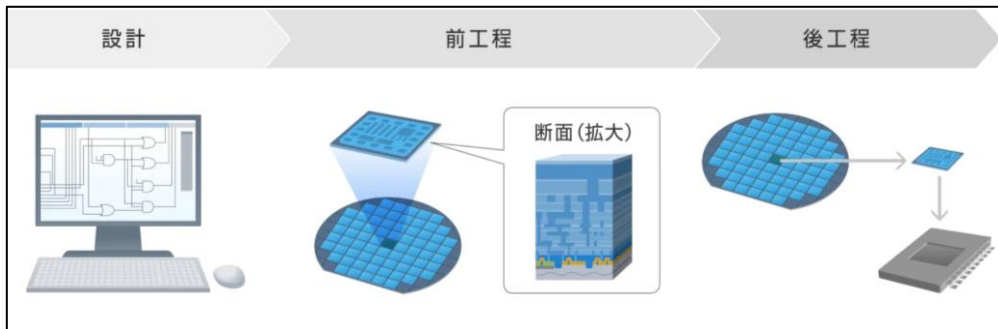
1956	米国モンサント電子材料会社は MEMC を設立、超高純度金属シリコン製造開始
1967	信越と Dow Corning Corporation は信越半導体を共同創立
1974	三菱金属は東洋シリコンを設立
1977	Toshiba Semicon 設立
1978	東洋シリコンと日本電子金属は合弁で日本シリコン設立
1981	台湾中米シリコングループ設立
1983	韓国 LG グループはシリコンウェーハ部門を LG Siltron に設立
1985	日本製鋼企業はシリコンウェーハ産業に参入
1989	米国モンサントは MEMC をドイツ化学工業会社に売却
1994	日本シリコンは三菱マテリアルシリコンに変更
1999	信越化学は日立シリコンウェーハ部門を買収
2002	インテルは IBM と世界初の 300mm ラインを設立
2011	中米シリコンは分割されてグローバルウェーハーズが成立
2017	SK は LG Siltron を買収し SK Siltron を成立

出所：中金「半導体材料系列：复盘硅片産業変遷，展望国産化発展机遇」より

第 2 節 シリコンウェーハの仕組み

シリコンウェーハの仕組みを見る前に、先に半導体チップの製造工程を見ておこう。半導体チップの製造工程は大きく「設計」「前工程」「後工程」に分けられる（図表 2-2）。「設計」とは、半導体チップに必要な機能を実現する回路を設計することである。設計された情報を「前工程」を通じて、シリコンウェーハの表面上にトランジスタなどを含む電子回路を形成していく。また、「後工程」とはウェーハから半導体を切り出し、所定の位置に固定・封入する組立工程である。これらの各工程には、さらに細かい工程があり、すべてはシリコンウェーハの利用を前提に工程が組み込まれている。つまり、シリコンウェーハがなければ、半導体チップの製造は不可能ということである。

図表 2-2 半導体の製造工程

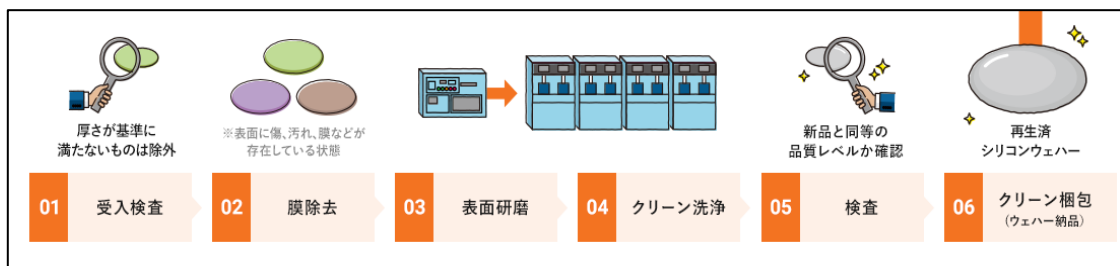


出所：「日立ハイテク」公式サイトより

続いて、シリコンウェーハを見てみる。シリコンウェーハとは、高純度のシリコンから切り出された円形の薄い板のことである。このウェーハと呼ばれる高純度の単結晶シリコン基板上に微細加工を繰り返すことにより、半導体デバイスが作られる。その用途によって、シリコンウェーハは、再生ウェーハとプライムウェーハに分けられる。

再生ウェーハとは、設備の確認やテスト用に使用済みダミーウェーハを研磨加工することで作成される。繰り返し使えるウェーハを指す。微細な加工が必要な半導体製造においては、設備の環境確認及びテストを頻繁に行う必要がある。そこでは、プライムウェーハから規格外となったモニタウェーハ、ダミーウェーハなどが使用されており、さらに設備の環境確認及び装置の動作テストで使用済のウェーハを薬液による表面膜除去、ウェーハ表面研磨で鏡面に仕上げる再生ウェーハも設備の環境確認及び装置の動作テストに多く使われている（図表 2-3）。

図表 2-3 再生ウェーハの加工過程



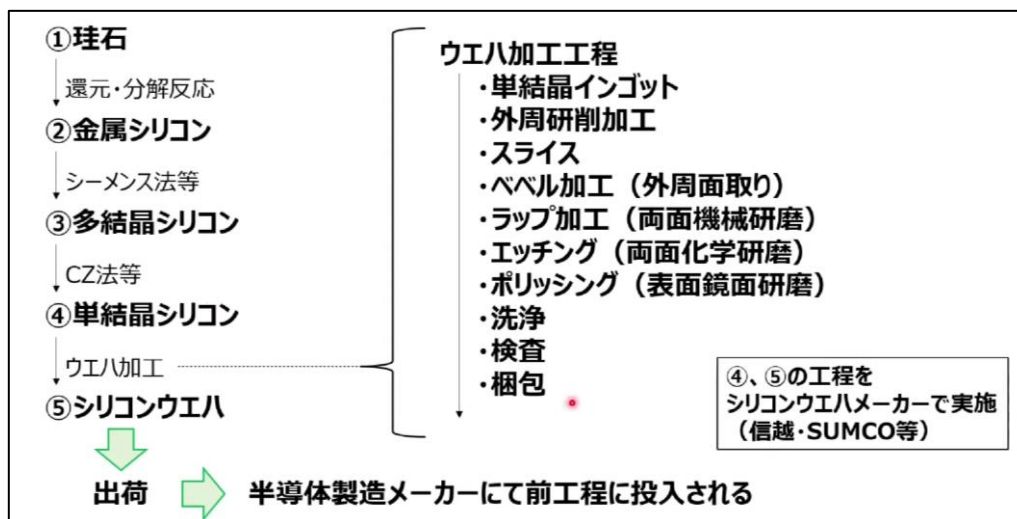
出所：濱田重工株式会社サイトより

半導体製造においては、製品となる物以外では、必ずしもプライムウェーハが使用されているわけではなく、安価なモニタウェーハ、ダミーウェーハ、更により安価で繰り返し使用可能な再生ウェーハが広く使われている。再生ウェーハは使用可能な厚みを下回るまで、何度でも再生加工を行うことが出来るので、非常に経済的なものであると言える。

また、プライムウェーハとは、IC チップを直接製造するためのウェーハであり、基板上に回路パターンを形成し、デバイスを製造する用途に使用されるものである。そのため、プ

ライムウェーハは、デバイスの機能性に関わる抵抗率、メタル、平坦性、パーティクルなどが厳重に管理されたウェーハとなっている。シリコンウェーハの製造工程は、大まかいうと図表 2-4 のようになる。その詳細説明は、次のとおりである。

図表 2-4 プライムウェーハの製造過程



出所：各種の資料を基に筆者が作成

① 珪石の還元・分解反応

珪石 (SiO_2) とはシリコン単結晶の原料となる石の一種であり、自然界では様々な形で存在している。

② 金属シリコン

金属シリコンとは珪石を還元反応によって、シリコン (Si) と酸素 (O) に分解して製造する金属の一種、純度は 98~99% 程度である。なお、珪石は極めて安定的な化合物であり、分解には多大なエネルギー (電気) を要するため、日本で使用する金属シリコンはすべて海外で生産されたものである。

③ 多結晶シリコン

多結晶シリコンとは、複数の単結晶が含まれるもの (複数の単結晶の集合体) である。その製造方法は、金属シリコンに水素と四塩化珪素を反応させてトリクロロシランとし、これを蒸留精製後、反応炉で水素と反応させてシリコンを析出されるというシーメンス法²¹が一般的に使用される。そこから 99.99999999% (イレブンナイン) という高純度のケイ素の塊、多結晶シリコンが作られる。

④ 単結晶シリコン

多結晶シリコンをるつばに入れて、溶解、種付け、回転引き上げなどを通じて単結晶イン

²¹ Semi ジャーナル <https://semi-journal.jp/glossary/sa/siemens.html> を参照

ゴットを製造する。CZ法²²（チョクラルスキー法）が一般的に使用される。

⑤ ウェーハ加工

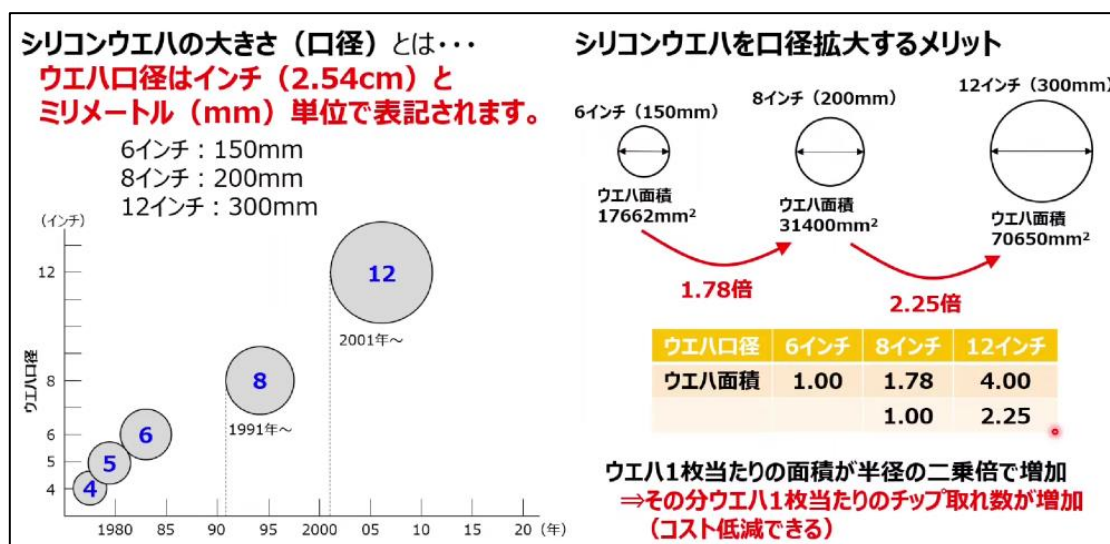
製造された単結晶インゴットを外周研削加工、スライス加工、ベベル加工（外周面取り）、ラップ加工（両面機械研磨）などにより、ウェーハが出来上がる。

なお、日本国内におけるシリコンウェーハの製造は、主として④単結晶シリコン、⑤シリコンウェーハの工程を中心に行われている。

既述のように、半導体はムーアの法則が示しているように、デバイスの微細化により高集積化を図り、トランジスタ当たりのコストを過去50年以上にわたり低減してきた。そして、コストダウンは、このような微細化・高集積化だけではなく、製造歩留まり（良品率）の改善や、製造効率化によるスループット（単位時間当たりの製品処理数）の向上などの製造現場の努力に加え、半導体デバイスの土台となるシリコンウェーハの大口径化によるところが大きい。それは、ウェーハの面積が拡大すれば、1枚のウェーハからとれる半導体チップの数を増やすことで、チップ当たりの製造コストを下げられるからである。

現在、シリコンウェーハは、サイズ別に直径5インチ（125mm）のものから6インチ（150mm）、8インチ（200mm）、12インチ（300mm）と複数サイズが量産化されている（図表2-5）。なかでも、高集積化（微細化）が求められる最先端のウェーハは12インチ（300mm）である。現在、それよりさらに大きい次世代18インチ（450mm）ウェーハの誕生も注目されている。シリコンウェーハの大口径化とともに、ウェーハの製造技術はさらに高度なものが求められるようになってきており、参入障壁もより高くなる傾向にある。

図表2-5 シリコンウェーハの大口径化



出所：各種の資料を基に筆者が作成

²² SEMI-NET「CZ法」<https://semi-net.com/word/CZ%E6%B3%95>を参照

また、さまざまなサイズのシリコンウェーハが、さまざまな下流のニーズに対応している。例えば、12インチ(300mm)ウェーハは主にスマート端末のロジックチップやメモリチップの製造に使用されるが、8インチ(200mm)ウェーハは主に自動車エレクトロニクス、産業オートメーション、指紋認識など成熟した技術におけるハイエンドロジック回路、アナログ回路、MOSFETやIGBT、パワーデバイスなど製品に使用されている。6インチ(150mm)以下のシリコンウェーハは主にパワー半導体(ダイオード・サイリスタなど)のローエンド製品などに使用される(図表2-6)。

図表2-6 サイズ別シリコンウェーハの応用分野

ウェーハサイズ	プロセス	応用分野
300mm 先端プロセス	7nm	先端スマートフォン・プロセッサ、高性能コンピュータ、超先端グラフィックス・カード(CPU/GPUなど)
	10nm	先端スマートフォン・プロセッサ、高性能コンピュータ、超先端グラフィックス・カード(CPU/GPUなど)
	16/14nm	端グラフィックス・カード(GPU)、スマートフォン・プロセッサ、先端メモリチップ、コンピュータプロセッサ、FPGAチップ
	20-22nm	メモリチップ、スマートフォン・プロセッサ、コンピュータプロセッサ、モバイル画像処理装置
300mm 成熟プロセス	28-32nm	WIFI/Bluetooth通信チップ、効果音処理チップ、メモリーチップ、FPGAチップ、ASICチップ
	45-65nm	DSPプロセッサ、イメージセンサー、無線周波数チップ、WIFI/Bluetooth/GPS/NFC通信チップ、メモリチップなど
	65-90nm	IoT MCUチップ、RFチップ、アナログチップ、パワーデバイス、パネルドライバIC、CISなど
200mm	90nm-0.13um	MCUチップ、基地局通信機器、高周波チップ、アナログチップ、パワーデバイス、パネルドライバIC、CISなど
	0.13-0.15um	指紋認証チップ、イメージセンサー、通信MCU、パワーマネジメントチップ、パワーデバイス、LEDドライバーIC、センサーチップなど
	0.18-0.35um	内蔵不揮発性メモリチップ、MEMS、MOSFETパワーデバイスなど
150mm 及以下	0.35-0.5um	MOSFETパワーデバイス、IGBTなど
	0.5-1.2um	MOSFETパワーデバイス、IGBTなど、MEMS、ディスクリットデバイス

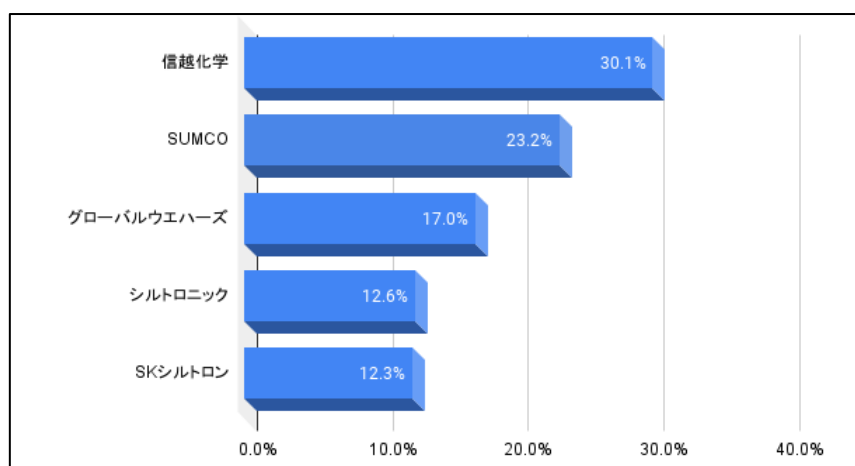
出所：各種の資料を基に筆者が作成

第3節 シリコンウェーハの市場規模と「シリコン・サイクル」

2020年における新型コロナウイルスの世界規模の流行は、人間の社会生活、ビジネスのスタイルなどに様々な変化をもたらし、特にデジタル分野では様々な技術革新を生んでいるのである。そして、その変化や技術革新に必要とされる各種電子機器に対する需要増は、同時にシリコンウェーハにおける需要増をもたらし、主要関連メーカーに対するシリコンウェーハ増産の圧力が高まってきている状態を生んでいるのである。

図表2-7で示されるように、2021年末現在、シリコンウェーハのグローバル市場シェアでは、1位は信越化学(30.1%)、2位はSUMCO(23.2%)であり、両社の市場シェアを合わせると、日本勢は世界市場シェアの53.3%を占めることになる。3位は台湾のグローバルウエハズ(17.0%)、4位はドイツのシルトロニック(12.6%)、5位は韓国のSKシルترون(12.3%)である。同市場は、上位5社が市場全体の95%超を占有する寡占状態にあることが大きな特徴であるといえることができる。

図表2-7 シリコンウェーハ上位5社の市場シェア(2021年)



出所：ディールラボのデータを基に作成

また、主要5社の概要は図表2-8で示されている通りである。

図表2-8 シリコン上位5社の概要

社名	創業年	概要
信越化学工業	1926年	<ul style="list-style-type: none"> シリコンウェーハ業界における売り上げNo1の企業 「塩ビ」などの生活環境基盤材料や、シリコンなどの機能材料を中心に事業を進める シリコンウェーハの中では大口径の300mmウェーハや、高速なのに消費電力を抑えることに成功した「SOI (Silicon on Insulator) ウェーハ」を大量生産できるという点に強みを持つ
SUMCO	1999年	<ul style="list-style-type: none"> 住友と三菱のシリコンウェーハ事業が統合して創業された 高純度シリコン事業に特化した会社 「技術で世界一の会社」というビジョンを持つ 信越化学に次いでNo2の会社
グローバ	2011	<ul style="list-style-type: none"> Sino-American Silicon Products (SAS、シノアメリカン・シ

ルウェーハズ	年	リコン・プロダクツ) のグループ会社 <ul style="list-style-type: none"> 台湾資本企業 (台湾名: 環球晶円) 直径 300mm までのシリコンウェーハを中心に供給 東芝セラミックス株式会社などを買収し、新潟、山形、山口、栃木などに生産拠点がある SUMCO に次いで No3 の会社
シルトロニック	1968 年	<ul style="list-style-type: none"> ドイツの半導体の化学メーカー エピタキシャルウェーハを強みとする 韓国や欧米にも販売範囲を広くもち、売上高 4 位につなげる
SK シルトロン	1953 年	<ul style="list-style-type: none"> 石油精製業や通信事業を軸とする韓国の財閥企業 半導体材料製造にも参入 市場シェアはシルトロニックに次ぐ 5 位

出所: 各種の資料を基に筆者が作成

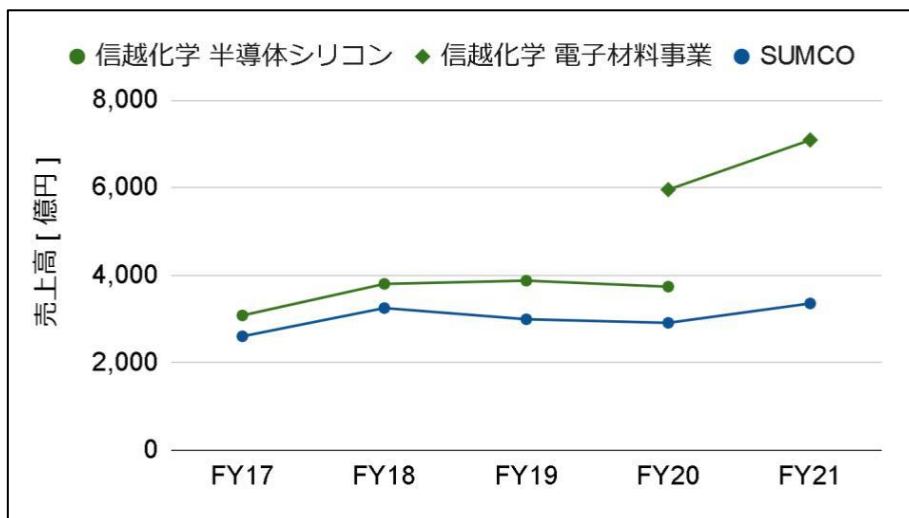
日系メーカー上位 1、2 位の信越化学と SUMCO を比較した場合、次のような特徴がみられる。

信越化学は 1926 年、信濃電気と日本窒素肥料の共同出資により、信越窒素肥料として発足した上場会社である。「塩ビ」などの生活環の製造に境基盤材料や、シリコンなどの機能材料を中心に事業を進める。12 インチウェーハに独自の技術力を発揮し、市場をリードしている。

SUMCO は 1997 年、住友金属 (現日本製鉄) と三菱マテリアルの 50:50 の出資により設立された。「技術で世界一の会社」というビジョンを持ち、シリコンウェーハ市場の成長を支える企業である。

また、両者の売上高の内訳をみると、信越化学の全社売上高のうち、現在の電子材料事業が占める割合は 30~40%程度であり、従来の半導体シリコン事業が占める割合は 25%程度であった。一方の SUMCO はシリコン事業を中心に利益を獲得している (図表 2-9)。

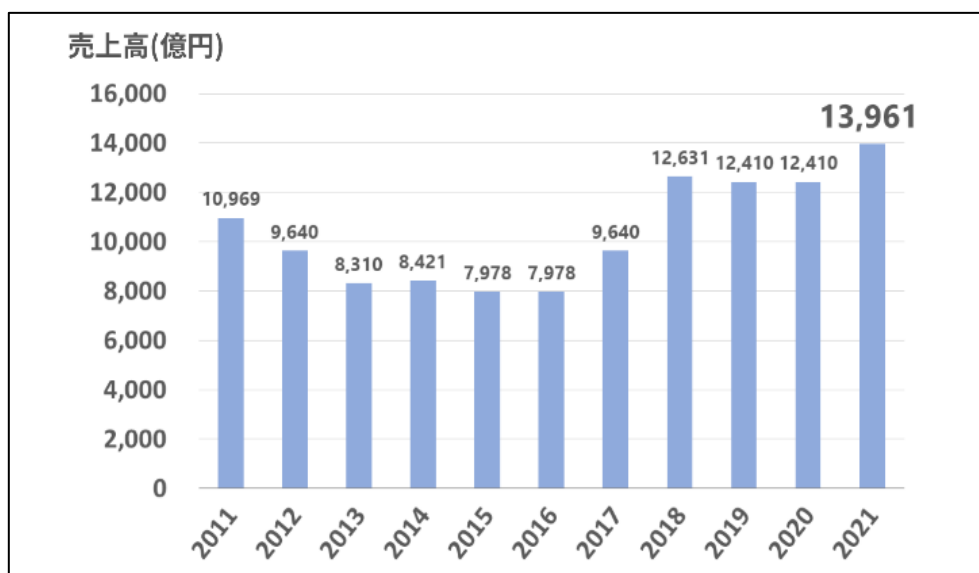
図表 2-9 信越化学と SUMCO のシリコンウェーハ事業利益の推移



出所: 「信越化学と SUMCO、サムコの違いと比較」 より

半導体需要の高まりに従って、シリコンウェーハの市場規模は 2011 年の 10,969 億円から 2021 年の 13,961 億円に拡大した。この拡大は、2013 年～2016 年の低迷期を経験した後、2017 年からの回復に基づくものである（図表 2-10）。

図表 2-10 シリコンウェーハ市場規模の推移



出所：国際半導体製造装置材料協会（SEMI）のデータを基に作成

このように、市場規模が大きく減少した年もあれば、大きく拡大した年もあるという現象は、先述したように、「シリコン・サイクル」と呼ばれるもので、年度ごとにその推移を見ていくと、3～4 年ごとに成長のピークとボトムを伴った周期がみられる。シリコンウェーハは半導体に多く搭載され、出荷数も多いパソコンやスマートフォンといったエレクトロニクス製品の需要に左右される局面が多かった。しかも半導体は最終製品の生産活動に先行するため、シリコン・サイクルは世界景気の先行指標にもなるのである。

近年、需要が伸び続けるシリコンウェーハに対して、「スーパー・サイクル」に入ったとの見方もある²³。特に 2018 年以降、第 5 世代通信（5G）やデータセンターといった経済活動の各分野ではデジタル化がさらに浸透し続け、それに伴う電子機器に対する需要増から、その材料であるシリコンウェーハへのさらなる需要増が生まれているといえる。加えて、新型コロナウイルスの影響により、グローバルサプライチェーンが混乱したうえ、需要の変動幅も大きくなり、世界的なシリコン不足が問題ともなっている。

このような需要増に対して、業界大手による大幅な値上げの動きも注目されている。例えば、SUMCO をはじめとする業界大手は、シリコンウェーハを 2024 年までに 3 割程度値上げ

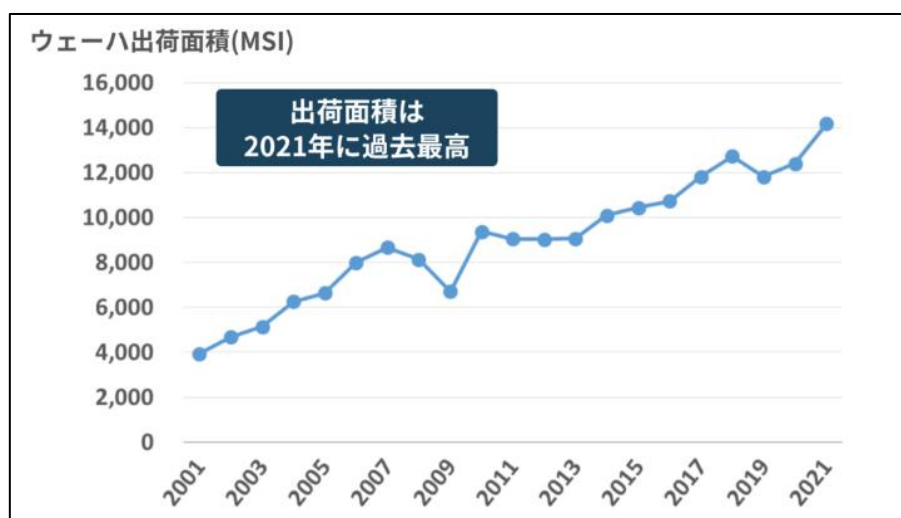
²³ 日興アセットマネジメント「シリコン・サイクルはスーパー・サイクルに入った!？」2021/05/10 月を参照

すると報道されたりしている²⁴。

半導体需要増およびその不足に伴ったウェーハの需要増は、価格上昇を通じて市場規模を拡大することになるわけであるが、シリコンウェーハの需給実態をより正確に把握するにはウェーハ出荷面積の動向も重要な指標の一つになるということができる。

ウェーハ出荷面積とは、どれくらいの枚数/面積のウェーハが使用されたかを示す指標であり、単位は百万平方インチ(Million Square Inches, MSI)で示される。市場規模ではウェーハ価格の上下による影響を受けやすいが、出荷面積は2001年から増加し続けており、2021年には過去最高の出荷面積を記録しており、半導体需要の堅調さを表しているということができるのである(図表2-11)。

図表2-11 シリコンウェーハ出荷面積の推移



出所：国際半導体製造装置材料協会（SEMI）のデータを基に作成

第4節 シリコンウェーハ市場をめぐる競争要因

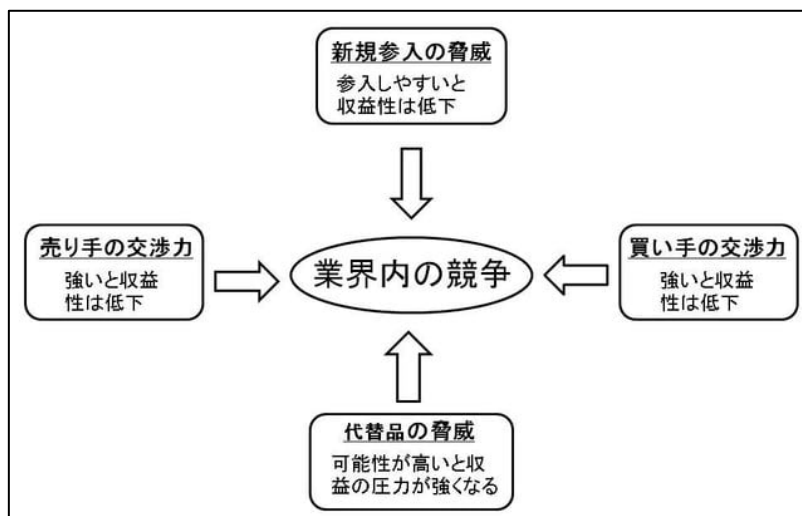
シリコンウェーハは、寡占市場であることを見てきた。次に、それではなぜこのような市場構造が生まれたのか、そしてその結果としてその市場において競争要因が存在しないのかという点について明らかにしていく必要がある。

市場の競争要因を分析するツールとして、マイケル・E・ポーターが考案した5つの競争要因(5フォース)がある²⁵。同モデルは、業界環境を、「①新規参入社の脅威」、「②売り手の交渉力」、「③買い手の交渉力」、「④業界内の競争」、「⑤代替品の脅威」という5つの要因に分けて分析を行うことが特徴である(図表2-12)。同モデルを通じて、業界の競争要因や自社の長所や短所、業界内のポジションなどを明らかにし、経営現場に有効に活用できることが広く知られている。

²⁴ 「SUMCO—もみ合い 半導体素材大手が一斉値上げ2~3割」『日本経済新聞』2022年6月9日を参照

²⁵ マイケル・Eポーター著／竹内弘高監訳『新版競争戦略論Ⅰ』（第1章五つの競争要因）ダイヤモンド、2018年を参照

図表 2-12 マイケル・E・ポーター5つの競争要因



出所：マイケル・Eポーター『新版競争戦略論 I』を基に作成

「新規参入の脅威」では、参入障壁がどれくらいあり、既存の業者が新規参入者にどれくらいの反撃を起こすと予想するかが条件となる。「買い手の交渉力」では、買い手が集中している、買い手のコストに占める割合が高い、買い手の購入する製品が差別化されていない、買い手から見てスイッチングコストが低いといったことが条件としてあげられる。

一方、「売り手の交渉力」では、売り手が集中している、売り手の取引に占める自社業界の割合が低い、売り手の製品が差別化されており、スイッチングコストが高いといったことがあげられ、「買い手の交渉力」の条件の裏返しである。

また、「業界内の競争」では、多数あるいは同規模くらいの競合企業が存在している、業界の成長が遅い、固定費または在庫コストが高い、製品差別化がない、あるいはスイッチングコストが発生しない、撤退障壁が高いといったことが条件となる。

最後に、「代替品の脅威」では、代替可能性の高い製品が存在し、価格対性能比が改善されやすいかが条件となる。

この「5つの競争要因」をシリコンウェーハ市場に当てはめて考えると、次のように説明することができる。

「新規参入の脅威」に関しては、シリコンウェーハ市場に参入するには巨額な設備投資が必要で、償却負担も重い。しかも半導体の微細化により、技術革新と認証の壁は高く、新規ウェーハメーカーにとって市場への参入には大量の運転資金の確保などの条件があるため、業界における新規参入の脅威が弱いと言える。

「売り手の交渉力」に関しては、素材である単結晶シリコン、製品であるシリコンウェーハは日本勢の優勢が続いている。単結晶シリコンからシリコンウェーハに至る製造基盤は日本国内で構築することにより、売り手に対して有利な交渉力の発揮が期待される。

「買い手の交渉力」に関しては、顧客である半導体メーカーが品質の安定性を認証するこ

とが前提である。認証を得るには少なくとも 3~5 年がかかるが、一旦認証が得られると、継続的な取引関係が構築されるメリットがある。これはメーカーと顧客との安定的な取引関係の維持に有利であり、同時に新規参入の障壁も高くなる。

「業界内の競争」に関しては、上位 5 社の市場シェアが 95%以上を占めるほどの寡占状態にあり、各社がこれまで築いてきた顧客との安定的な取引関係を通じて、市場の安定的な発展を維持しようとする。これは、競合相手とのし烈な競争による市場シェアの奪い合いはすぐ起きることはないといえることができるだろう。ただし、近年、中国における半導体内製化という国策の推進により、今後、中国メーカーの台頭が予想され、市場に変化要因が生じることが考えられる。

最後に「代替品の脅威」に関しては、シリコンウェーハの原料である珪石は地球上大量に存在することが選ばれた理由である。そのため当面は、低コストのシリコンにとって代われる原料が現れなければ、代替品の出現による脅威はないと見てよい。特に高品質なウェーハを生産できるのは上位 5 社であり、これらの企業が積極的に新しい原料の採用に動かない限り、代替品の脅威への心配もないと言って良いであろう。

このように、技術力と資本力で市場を支配する上位 5 社は、今後も売り手と買い手との安定的な取引関係の構築により、シリコンウェーハ市場における寡占状態が変わることはないと言える。そして、上位 5 社がグローバル市場シェアを分け合う状態も今後も続くことが予想できる。一方で、半導体産業の川上に位置するシリコンウェーハ産業は、新規参入が難しいとされる中、半導体市場の需給関係次第では、「シリコン・サイクル」と言われる現象は今後も回避することはできないであると言えるだろう。

まとめ

シリコンウェーハの製造は、巨額な先行投資および、高い技術力が不可欠であり、また業界独特の認証制度が存在するという特殊性を持つ市場である。資本に関しては、設備導入等を含めて巨額な資本投入が不可欠であるが、歩留まりの高い製品ができない限り、投入した労力、時間、コストはすべて無駄になるほどの高い技術力が求められる。そして、半導体デバイスメーカーはシリコンウェーハメーカーに導入した認証制度は、製品の品質に対する信頼関係ができなければ、製品自体が販売できないという厳しい取引関係にある。そのため、シリコンウェーハ市場への参入は極めて難しく、数社がグローバル市場を寡占している現状が生み出されていると言える。

さらに「シリコン・サイクル」と言われるように、半導体市場における需給関係の変化によって、シリコンウェーハ市場は、好況と不況の繰り返しに左右され、生産と販売に大きく影響を受けるのである。これらの要因は今後も消えることなく、シリコンウェーハの需給関係に影響を与え続けることであろう。そのため、シリコンウェーハ市場は寡占状態にあるが、メーカー各社は競争によって市場シェアを拡大していくことは不可欠な戦略となっているといえることができる。

第三章 総合ウェーハメーカーのRST社

本章は、前章のシリコンウェーハ市場の仕組みと競争要因の分析を踏まえて、RST社の市場参入の背景と現状を考察していく。

RST社は、2011年に再生ウェーハ業界に参入してから、業績を伸ばし続け、主力の12インチウェーハの世界市場シェアは現在、約33%のトップを占めている²⁶。一方のプライムウェーハ製造に参入したのは2018年からであった。そして、再生ウェーハとプライムウェーハで培った技術とノウハウを基に、2020年からは中国子会社を通じて、中国で最先端の12インチウェーハの製造を目指すようになったのである。

第1節 RST社の経営理念と成長実績

RST社の前身は、ラサ工業株式会社（旧東証1部上場、以下、ラサ工業）の再生ウェーハ事業部であった。ラサ工業は1984年から再生ウェーハ事業を開始し、25年を経て世界再生ウェーハのトップになったが、2008年のリーマンショックを受け、2010年に再生ウェーハ事業からの撤退を決めた。そこで、RST社は、2011年1月ラサ工業の再生ウェーハ事業部を買収し、再びウェーハ事業を起動したのである。

図表3-1 RST社の沿革

2010年（平成22年）12月	ウエーハ再生事業を主たる事業として株式会社RS Technologiesを設立
2014年（平成26年）2月	台湾に子会社として艾爾斯半導體股份有限公司（現・連結子会社）を設立
2015年（平成27年）3月	東京証券取引所マザーズに株式を上場
2015年（平成27年）6月	最先端設備を導入した三本木工場・第8工場が竣工
2015年（平成27年）12月	艾爾斯半導體股份有限公司（現・連結子会社）の台南工場が竣工
2016年（平成28年）9月	東京証券取引所市場第一部（東証一部）へ市場変更
2018年（平成30年）1月	北京有研RS半導體科技有限公司（BGRS）を設立、中国プライムウエーハ製造メーカーである有研半導體材料有限公司（GRITEK）を連結子会社化
2018年（平成30年）5月	株式会社ユニオンエレクトロニクスソリューションの100%株式を取得（日立パワーデバイスの特約店）
2018年（平成30年）8月	山東有研半導體材料有限公司（GRITEKの連結子会社、山東GRITEK）を設立
2019年（平成31年）1月	株式会社DG Technologies（DG）の100%株式を取得
2019年（令和元年）12月	有研科技集团有限公司（GRINM）、德州滙達半導體股權投資基金パートナー企業及び山東省德州市政府と四者間で合併契約を締結（SGRS）
2020年（令和2年）2月	上海悠年半導體有限公司（上海ユニオン）を設立
2020年（令和2年）3月	山東有研RS半導體材料有限公司（SGRS）並びに有研艾唯特（北京）科技有限公司（北京IVT）を設立
2020年（令和2年）10月	中国におけるプライムウエーハの生産拠点となる、山東GRITEKの新工場が竣工、生産開始
2022年（令和4年）3月	監査役会設置会社から監査等委員会設置会社へ移行
2022年（令和4年）4月	東証一部からプライム市場へ移行、及び、指名報酬委員会（任意）を設置

出所：株式会社RSテクノロジーズ「2022年12月期第2四半期 決算説明資料」より

²⁶ 「ウェーハ再生は12インチで業界シェア約33%とトップ」 <https://web.fisco.jp/platform/selected-news/00093500/0009350020220502042> を参照

RST 社は、創業時から「地球環境を大切にし、世界の人々に信頼され、常に創造し挑戦する」という、「環境・再生」「グローバル化」「信頼」「イノベーション」をキーワードとする経営理念を世間に公表している。

「環境・再生」に関しては、RST 社以前の商社時代から「なんでも再生」をモットーに事業を推進してきた。この「なんでも再生」の理念は事業再生にも反映されてきている。

同社は、2011 年ラサ工業の買収を機に、再生ウェーハ事業に参入した。その後、国内外の経営不振になった同業他社に対する M&A を中心に事業再生に乗り出した。現在、国内では宮城、茨城などの再生企業からなる生産拠点を構えるほか、台湾、中国大陸（北京市、上海市、山東省など）などの関連企業を傘下に収め、生産と研究の拠点を海外にも広げてきている。

国内外での事業再生と同時に、人材の再生にも力を入れている。買収先の経営陣、技術者、社員など希望者には雇用保証を前提にすることで、優秀な人材を確保することで、「再生」という経営理念を貫いている。

「グローバル化」に関しては、シリコンウェーハ産業はグローバル的な寡占産業と位置付けられ、日本国内での成功はグローバル社会での成功を意味しているわけであり、同産業の推進は同社の経営理念にも直結しているのである。そして、同社の再生ウェーハはグローバルシェアにおいてすでに 3 割以上を獲得しているが、今後中国でのプライムウェーハ製造を通じて、新たなグローバル規模の挑戦を試みていることも同精神の反映であるということができよう。

「信頼」に関しては、シリコンウェーハ業界においては、買い手と売り手の信頼関係の構築ということが重要である。特に買い手からの認証を得ることは製品の品質が認められたことを意味する。RST 社が、再生ウェーハを通じて、世界の主要半導体メーカーに製品を納入すると同時に、良好な取引関係の構築により、世界最大の再生ウェーハメーカーとして成長してきている。このような実績は、RST 社が顧客からの信頼が得られたからであると言える。また、その「信頼」は中国の現地パートナーにも伝わり、RST 社と組めば、今後グローバル市場への進出可能性があるという考えを共有することができたのである。そして、このようなパートナーからの信頼を基に、RST 社が順調に中国市場への進出を果たし、短期間で 12 インチウェーハの製造にも取り組むことが可能になった要因である。

「イノベーション」に関しては、RST 社は、これまで再生ウェーハを通じて、技術力とノウハウを蓄積してきた。これらを活かして、中国子会社との連携によるプライムウェーハの製造、しかも最高レベルの技術を要する 12 インチウェーハの製造に参入できたのである。それは正に連続的かつ継続的なイノベーションの賜物であると言える。

再生ウェーハ工程の一部はプライムウェーハ製造と共通点があるが、プライムウェーハの製造において最も重要なインゴットの引き上げは、現場における改良・改善の繰り返しによる自前技術の蓄積が不可欠なのである。また、文化や言語などが異なる中国での現地生産において、日本のものづくりの精神を生産現場に浸透させていることも、ある意味で大きな

かつ重要なイノベーションであるということができるであろう。

第2節 再生ウェーハからノウハウの蓄積

RST社は、2011年に再生ウェーハ事業を起動後、短期間で業績を大きく伸ばした。その成果が国内外に認められ、2015年3月には東証マザーズの上場を果たし、2016年9月に東証一部に変更された後、2022年4月に東証プライムに移行することができた。

また、海外では、2022年6月にプライムウェーハ製造子会社が、中国上海証券取引所科创板市場への上場に関するIPO審査合格を経て、同年11月上海証券取引所に上場を果たしたのである。

創業から短期間にもかかわらず、マザーズから東証一部・プライムへ、そして中国子会社の上場といった実績は、同社の経営理念を貫いてきた経営実践の賜物であると言えることができるであろう。

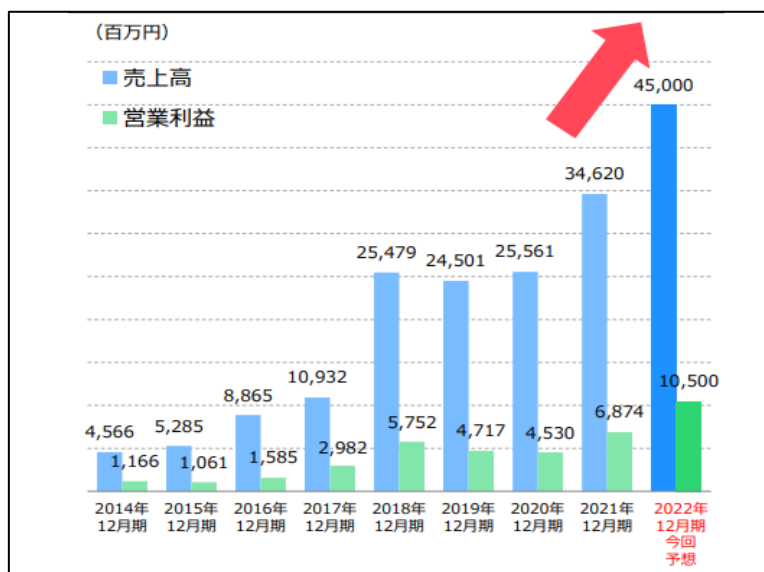
RST社は現在、再生ウェーハ事業及びプライムウェーハ事業を中心に、総合ウェーハメーカーとして事業を拡大・展開している。同時に半導体関連装置・部材等事業及びソーラー事業にも事業領域を拡大し続けている。

再生ウェーハの主な生産拠点は、三本木工場（宮城県）、台南工場（台湾）、および德州工場（中国山東省）にあるが、プライムウェーハ事業は、德州工場が主要な製造拠点で、中国国内向けに事業を展開している。現在、6インチと8インチ及び以下のプライムウェーハ製造を開始したが、旺盛な顧客需要及び新工場の安定操業により増収増益という良好状態が続いている。一方の12インチウェーハ事業に関しては、2020年にSGRS研究開発センター（中国北京市）を設立し、山東省德州工場に新しい生産ラインを導入した工場が起動しており、試験的に月産1万枚を目指す生産が始まっている。

そのほかに、半導体関連装置・部材等事業は神栖工場（茨城、DGテクノロジーズ、半導体関連装置・部材等事業）、栗原工場（宮城、DGテクノロジーズ、半導体関連装置・部材等の事業）がある。

このような日本、台湾、中国という半導体関連の3大市場における事業拡大の成果は、RST社の連結売上高および営業利益にも反映されている。売上高は、2014年の46億円から2022年には450億円に伸張し、わずか8年で売上高は約10倍に拡大した。また、営業利益に関しては、同期間の116.6億円から1050億円に、9倍以上に拡大したのである（図表3-2）。

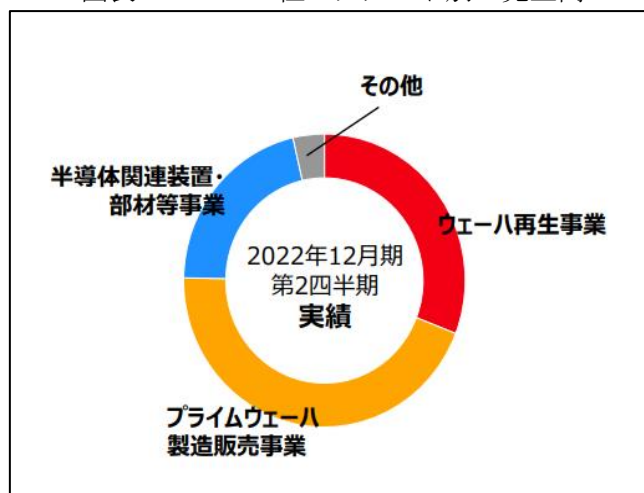
図表 3-2 RST 社連結売上高および営業利益



出所：同図表 3-1

セグメント別の売上高の比率を、2022年第2四半期（図9）時点で見ただけの場合、プライムウェーハをトップに、再生ウェーハ、半導体関連装置・部材が続いている（図表3-3）。後発企業としてプライムウェーハの製造に参入したにもかかわらず、短期間でこのようにプライムウェーハの業績を確実に伸ばしてきており、そのことから市場プライムウェーハメーカーとしての地位を着実に確立しつつあることが分かるであろう。

図表 3-3 RST 社セグメント別の売上高

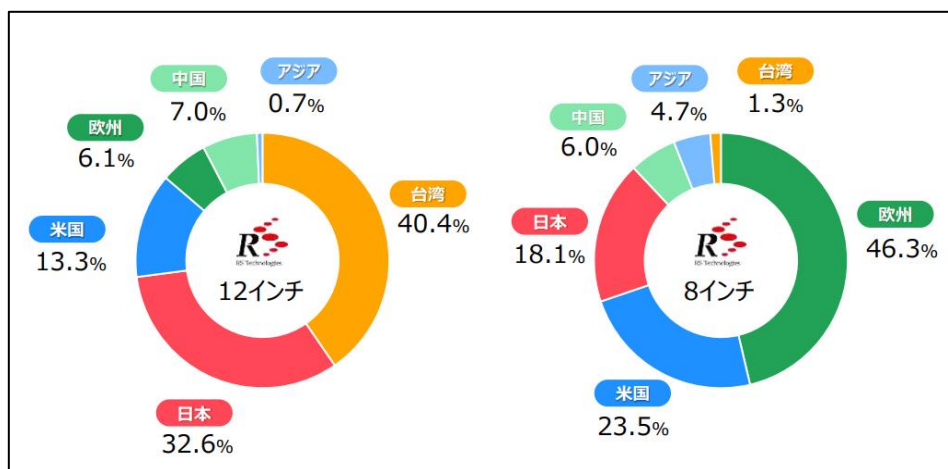


出所：同図表 3-1

また、再生ウェーハの出荷地域を見ると、日本、台湾、欧米、中国などの世界の主要な半導体メーカーを顧客としている。2021年度の出荷実績では、12インチは台湾（40.4%）、日本（32.6%）、米国（13.3%）、中国（7.0%）、欧州（6.1%）の順であり、8インチは、欧州（46.3%）、米国（23.5%）、日本（18.1%）、中国（6.0%）、台湾（1.3%）の順となってい

る（図表 3-4）。

図表 3-4 2021 年 RST 社再生ウェーハの地域別出荷数構成比



出所：同図表 3-1

シリコンウェーハ業界では、先にも論じたように顧客からの認証、つまり信頼が事業拡大の基本である。その意味において、RST 社は、世界の主要半導体メーカーとの良好な取引関係を持続できているからこそ、このような実績を生んでいるということができる。

これらの実績は、市場においても高く評価され、その結果が株価に反映されている（図表 3-5）。2015 年 3 月マザーズ上場時の株価は 1000 円台にあったが、2016 年 9 月東証一部への移行を経て、株価は 1300 円台に上昇した。その後、2018 年 2 月 8000 円の大台に乗せた後、2020 年頃コロナによる影響を受け、一旦 3000 円台で低迷した後、再び上昇した。2022 年 4 月プライムへの移行を経て、同年 10 月末現在では、7000 円台で推移している。

図表 3-5 RST 社株価の推移



出所：東証 PRSTM リアルタイム株価より

上記でみてきたように、RST 社の成長の原点は、ラサ工業再生ウェーハ部門の買収にあった。買収を通じて、再生ウェーハに関する様々な技術や、ノウハウなどの経営資源を手に入れたが、それだけでなく、ラサ工業が培ってきた販売ネットワークの一部も継承し、その後の自社販売ネットワークの再構築に活用することもできたのである。特に買収後、ラサ工業時代の技術者およびその他の社員を含めた希望者全員の再雇用を保証したことにより、地域から高い評価が得られ、地域密着の企業として税金や、雇用などを通じて地域社会にも貢献しているのである。

また、RST 社は、一部の工程において外国人研修生を受け入れている。その目的は、研修生たちが日本のものづくりを現場で体験しながら、技術を覚えることにある。そして研修生たちが帰国後、RST 社の海外現地工場の技術者になってもらうことも視野に入れているのである。

一方、過疎化しつつある三本木工場の周辺では、若い研修生が定期的に来ることが、地元の活性化にも貢献しており、地元では好意的に受け入れ、地元との信頼関係の構築にも役立っている。

これらの「グローバル化」「信頼」よる RST 社の経営実践は、新規顧客の開拓のさらなる波及効果を生み出し、そのことで、主力 12 インチ再生ウェーハのグローバル市場シェアの 3 割を獲得することができたと言っても過言ではなからう。

第 3 節 RST グループ国内外生産工場の概要

上記でみてきたように、RST グループは日本国内、台湾、中国という 3 大半導体の生産と需要地において、再生ウェーハとプライムウェーハ、及び半導体関連機器と部材の生産体制を整備し、ウェーハ市場におけるシェアの拡大とグローバル市場への挑戦体制を整えつつある。同グループの国内外の主要工場の概要について、次の説明と共に検討していく。

1. 三本木工場（宮城県大崎市）

本工場は、2011 年 1 月、ラサ工業から買収した再生ウェーハ事業部から再起動し、操業を開始したものである。同年 3 月東日本大震災を受け、三本木工場も被災した。翌年、銀行からの借入及び復興補助金の受給により設備投資資金を確保し、最新鋭の設備を導入した。同工場は、RST 社のシリコンウェーハの再生事業のメイン工場であり、2015 年 6 月から最先端設備を導入した第 8 工場が生産開始し、現在、5 インチから 6 インチ、8 インチ、12 インチと、再生ウェーハの全サイズをカバーする生産体制が整備されており、日本国内をはじめ、台湾、中国、韓国、欧米の半導体メーカー向けに製品を出荷し、グローバル的な展開が行われている。また、RST 社の経営理念にもあるように、地球環境を大切にするという理念を経営現場に徹底するためのメガソーラー設備を導入し、環境負荷の低減に努めている。

現在、同工場の中核製品の生産能力では、8 インチ再生ウェーハは、月産 15 万枚、12 イ

ンチは月産 30 万枚となっている。なお、製品の品質保証となる認証 ISO9001、ISO14001 をそれぞれ取得している。

図表 3-6 三本木工場

三本木工場 (RSテクノロジーズ、ウェーハ再生事業)

- 2011年1月、操業開始。
- 2015年6月、最先端設備を導入した第8工場生産開始。




社名	株式会社RS Technologies
設立	2010年12月
製品	5,6,8,12インチ再生ウェーハ
生産能力	8インチ：月産15万枚 12インチ：月産30万枚
所在地	宮城県大崎市
認証	ISO9001、ISO14001

出所：株式会社RSテクノロジーズ「2022年12月期第2四半期決算説明資料」より

2. 台南工場 (連結子会社、台湾台南市)

2014年に、RST社は、台湾の地元銀行より資金を調達し、台湾大手ファウンドリが立地する工場の近くに艾爾斯半導體股份有限公司(RSTW)台南工場を設立し、2015年12月より生産を開始した。

図表 3-7 台南工場

台南工場 (RSTW、ウェーハ再生事業)

- 2015年12月、艾爾斯半導體股份有限公司 (RSTW) 台南工場生産開始。




社名	艾爾斯半導體股份有限公司
竣工	2015年12月
製品	12インチ再生ウェーハ
生産能力	12インチ：月産20万枚
所在地	台湾台南市
認証	ISO9001、ISO14001

出所：同図表 3-6

同工場は、主に台湾及び東南アジアの半導体メーカー向けに再生シリコンウェーハ事業を展開し、主力製品は12インチ再生ウェーハである。2019年には再生ウェーハの生産能力の拡充を通じて、現在、12インチは月産20万枚の体制が整えている。なお、製品の品質保証となる認証ISO9001、ISO14001をそれぞれ取得している。

3. 德州工場（連結子会社、中国山東省）

2018年、RST社は、もと中国国有ウェーハメーカーである北京有研半導体材料有限公司と共同で、北京有研RS半導体科技有限公司(以下、有研珪、英語名称、GRITEK)を設立し、その子会社に当たる山東有研半導体材料有限公司(SGRS)も同時に設立した。北京有研半導体材料有限公司は、中国のプライムウェーハメーカーとして長い歴史を有しており、RST社の傘下に入ることにより、RSTより技術支援とグローバルな販売ネットワークを活用することが可能になるということで新たな発展の局面を迎えた。その連結子会社である山東GRITEK（德州工場）の業務は、中国国内向けのプライムウェーハの製造事業および、再生ウェーハ事業である。2020年10月新工場の竣工を機に、プライムウェーハ事業の新たな製造拠点としても稼働を開始した。

図表 3-8 德州工場



出所：同図表 3-6

なお、同工場の主要製品は、5インチ、6インチ、及び8インチのプライムウェーハの製造であり、現在の生産能力は、5インチは月産5万枚、6インチは月産15万枚、8インチは月産13万枚で、製品の品質保証となる認証ISO9001、ISO14001をそれぞれ取得している。

4. SGRS 研究開発センター(中国北京市)

2020年3月に、山東有研RS半導体材料有限公司(SGRS)は、12インチプライムウェーハの製造を目的とする子会社、SGRS 研究開発センターを設立した。德州工場に併設された生産ラインでは、2021年より12インチプライムウェーハ月産1万枚の開発ラインを設置し、品質向上及び量産化のための研究開発を実施している。月産1万枚(開発ライン)から、2022年度より月産5万枚に引き上げる予定である。

図表 3-9 SGRS 研究開発センター

SGRS研究開発センター (SGRS、12インチプライムウェーハ事業、北京市)

- 2020年3月、山東有研RS半導体材料有限公司 (SGRS) を設立。
- 2021年に月産1万枚の開発ラインを設置、品質向上及び量産化のための研究開発を実施中。



※写真は、中国北京市にあるSGRS研究開発センター



社 名	山東有研RS半導体材料有限公司
設 立	2020年3月
製 品	①12インチプライムウェーハ ②12インチ再生ウェーハ
生産能力	①月産1万枚(開発ライン) ②月産5万枚(2022年度より)
所 在 地	中国山東省徳州市※

出所：同図表 3-6

5. DG テクノロジーズ

DG テクノロジーズの前身は、1981年に創業された石英ガラス及びシリコン素材の研削・研磨加工を行う株式会社TS技研である。2016年2月に民事再生法適用の申請を経て、2019年RST社が100%株式を取得し、連結子会社として企業再生を実現した。

現在、同社はドライエッチング装置向けの石英ガラス・シリコン製の消耗部材の双方を生産しており、主力製品はコンタクト電極の石英シールド、シリコン電極、シリコン・石英フォーカスリング/プレートである。作業工程は材料投入からマシニング工程を経て、洗浄、仕上げ、検査、最終洗浄、クリーンルームでの梱包など、最大15に及ぶ綿密な工程から構成されており、その工程を経て製品に仕上げられる。

なお、信越石英、東ソー・クォーツ、テクノクォーツなどは石英製品が中心、三菱マテリアル、SUMCOなどはシリコン製品が中心である。DGT社のように石英ガラス・シリコン製の両方の部材を扱う企業が少ないのである。

DG テクノロジーズは、現在、神栖工場と栗原工場を中心に操業している。

- 神栖工場 (茨城県神栖市)

同工場は、2019年からはRST社の傘下に入った。主要製品はドライエッチング装置向け石英・シリコン製消耗部材の生産と販売である。拡大する需要に対応すべく、設備投資及び生産性改善による増産を実施しており、製品の品質保証となる認証ISO9001を取得している。

図表 3-10 DGテクノロジーズ神栖工場

神栖工場（DGテクノロジーズ、半導体関連装置・部材等事業）

- 2019年1月、株式会社DG Technologiesを連結子会社化。
- 拡大する需要に対応すべく、設備投資及び生産性改善による増産を実施中。




社名	株式会社DG Technologies
設立	1981年10月
製品	ドライエッチング装置向け 石英・シリコン製消耗部材
所在地	茨城県神栖市
認証	ISO9001

出所：同図表 3-6

● 栗原工場（宮城県栗原市）

図表 3-11 DGテクノロジーズ栗原工場

栗原工場（DGテクノロジーズ、半導体関連装置・部材等事業）

- 2021年5月、宮城県に栗原工場を立ち上げ。
- 従来からの生産拠点である神栖工場と栗原工場（新設）の2拠点体制で、増加する受注に対応。





シリコン電極



石英リング

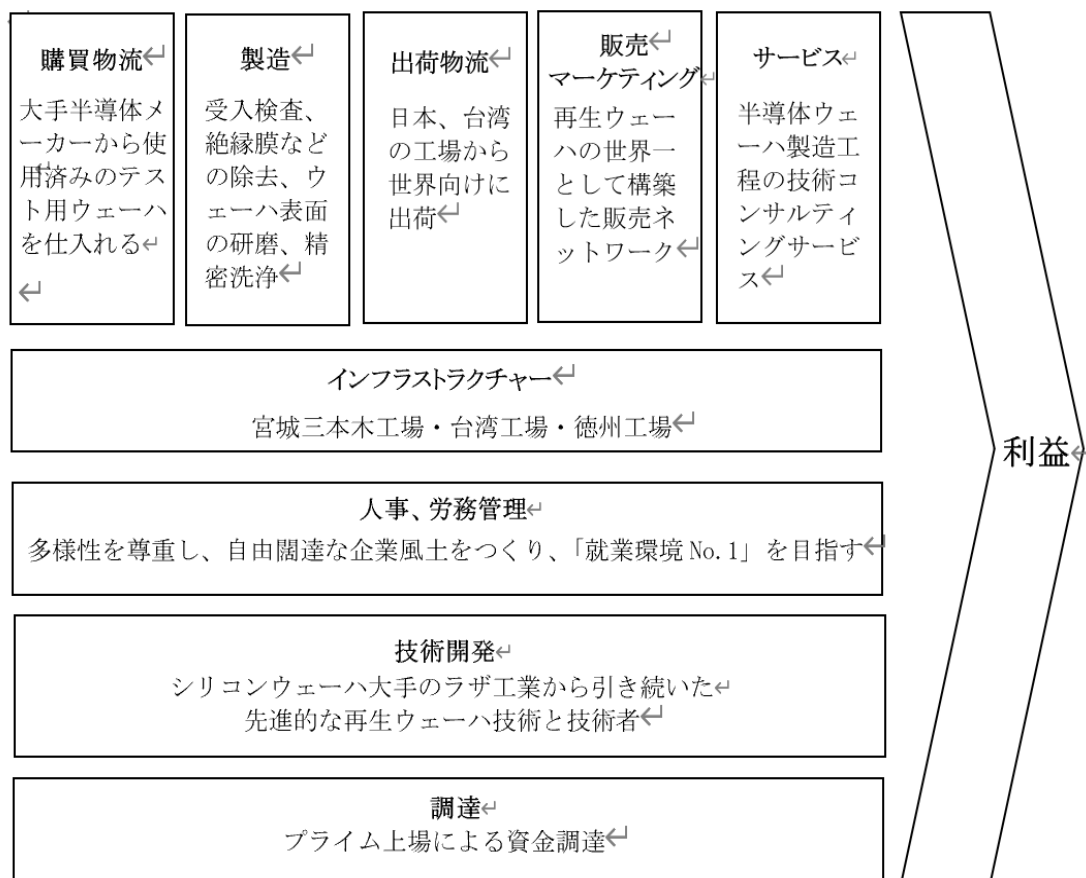
社名	株式会社DG Technologies
稼働開始	2021年5月
製品	ドライエッチング装置向け 石英・シリコン製消耗部材
所在地	宮城県栗原市
建物面積	5,000㎡

出所：同図表 3-6

次のようにいうことができる。

- ① 「購買物流」に関しては、世界の半導体メーカーと長年の信頼関係の下、順調な取引関係が構築されており、世界最大手の再生ウェーハメーカーとしての優位性を獲得している。
- ② 「製造」に関しては、ラサ工業から受け継いだ技術の改良・改善を通じて、品質安定な製品を出荷できている。
- ③ 「出荷物流」に関しては、世界の半導体メーカーへの出荷も順調に行われている。
- ④ 「販売・マーケティング」に関しては、世界の主要半導体メーカーより獲得した認証は販売実績にも反映され、順調に販売戦略の展開ができています。
- ⑤ 「サービス」に関しては、製品出荷前の相談、出荷後のアフターサービスなどのコンサル業務全般も展開しており、顧客との良好な取引関係を構築していると言える。ただし、世界に散らばる顧客からさまざまな要望と製品納期に関する相談があり、必ずしもすべてが要望どおり対応できているとは限らず、納期延期などを含めた対応は顧客との信頼関係の下で、解決されているケースもある。

図表 3-13 RST 社再生ウェーハのバリューチェーン



出所：筆者作成

また、これらの「主活動」を支える「支援活動」としては、特に株式市場上場から得た資金を、日本国内や台湾工場に新規設備投資に活用し、生産拡大と技術者の育成を行っていることである。

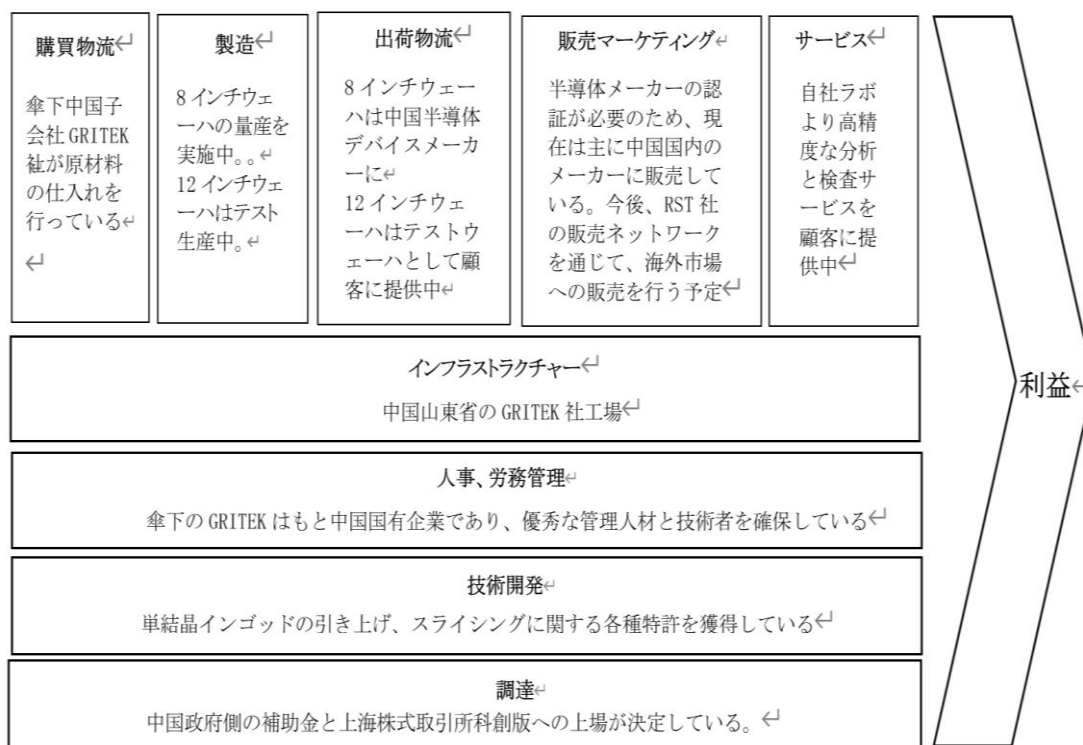
全般的に言えば、再生ウェーハ業務は順調に進んでおり、業績の拡大に伴った利益の拡大が続いている状態にあると言える。ただし、「シリコン・サイクル」と言われる繁忙期の出荷遅延ということは、業界の構造的問題ではあるために、顧客との信頼関係の構築という視点から、適切かつ有効な対応が求められる。

一方のプライムウェーハの製造は、RST 社傘下の中国子会社を通じて行い、販売も中国市場を中心としているので、そのバリューチェーンは、再生ウェーハと大きく異なっている。

図表 3-14 で示されるように、まず「主活動」の購買と物流に関しては、GRITEK（山東省徳州工場）が主導で行われている。GRITEK 前身は中国国有ウェーハメーカーであり、プライムウェーハ製造全般の技術と実績を有している。その意味で、現地に任せた方がより効果的な購買と物流の展開が期待され、収益につながるのである。

同様に製造面においても、8 インチウェーハの製造は、GRITEK がこれまで蓄積してきた技術力を活かし、製品の出荷と販売マーケティング全般に任せられる。

図表 3-14 RST 社プライムウェーハのバリューチェーン



出所：筆者作成

しかしながら、12 インチウェーハは現在テスト生産が始まったばかりであり、製造された製品は RST 社のネットワークを通じて、世界の半導体メーカーにテストウェーハとして

提供しているため、日本の本社と中国の生産現場との連携プレーが不可欠である。特にテストウェーハの使用状況などの顧客からのフィードバック情報は、製品の歩留まり（完成品率）の向上を目指す貴重な情報源となるものであり、それに基づく自社ラボによる研究開発の重要性も高まってくるであろう。その意味で、当面、これらの研究開発に対する投資が不可欠となると言えるだろう。

上記の「主活動」に対する「支援活動」は、山東省德州工場では、自社仕様の最先端の設備を導入しており、製品の品質の保証の確保を目指している。

現在、中国国内ウェーハメーカーのほとんどは、メーカーからの設備で生産に取り掛かっている。その際、歩留まりの高い製品の製造は機械任せであるため、良品率を下げることがたびたび起こっている。

それに対して、RSTは日系親会社として、日本の設備メーカーと事前に綿密な打ち合わせを行いながら、自社仕様の機械を中国に導入している。同時に日本から技術者を現地に常駐し、問題発生時、中国側の技術者と連携して解決に取り掛かり、製品品質の安定化と良品率の向上を目指している。その際、自社ラボは顧客からフィードバック情報に基づき、常に製品品質の改良・改善に向けた対応をしている。これらの研究開発に必要な資金は、当面、自社資金と中国政府側の補助金、及びGRITEK上場による多ルートでの資金調達を考えている。

全般的に言えば、8インチウェーハは中国の顧客に提供する実績があり、製品の安定性も確保されており、今後増産していく可能性があるが、最先端の12インチウェーハはいまだテスト生産中の段階にある。その意味からも、今後いかに確実に安定性を確保していけるかどうかは、中国市場を足場にして、今後のグローバル市場へのさらなる展開のための重要な試金石になるであろう。

まとめ

RST社は、「環境・再生」「グローバル化」「信頼」「イノベーション」をキーワードとする経営理念のもと、シリコンウェーハ市場に参入し、短期間で再生ウェーハはグローバル市場シェア3割を獲得している。また、プライムウェーハは傘下の子会社を通じて、中国で8インチウェーハの製造はすでに安定化してきており、その利益獲得を通じて、グループ全体の発展に貢献しつつある。一方の最先端の12インチウェーハの製造はいまだ始まったばかりであり、今後品質の安定化を通じて、中国からグローバル市場への挑戦を考えている。

現状では、半導体市場における「シリコン・サイクル」現象、及び米中半導体摩擦などの不確実性があり、RST社のグローバル進出計画に影響するであろう多くの要因が存在していると考えられる。

そのため、RST社にとって何よりも重要なのは、「本社は日本、生産現場は中国」という生産体制のよりの確かな構築を通じて、同社の製品の高品質性をグローバル社会に発信し、半導体デバイスメーカーからの信頼を獲得していくことが必要かつ不可欠であるということができるであろう。

第四章 中国シリコンウェーハ市場をめぐる競争の現状

中国経済は、80年代の「改革・開放」を機に、持続的な高度成長を実現してきている。なかでも、中国に進出した外資系企業の活躍ぶりが注目される。これらの企業は、合資企業、合作企業、独資企業などの形態を通じて中国に進出し、中国の沿海部を中心に委託加工・組み立ての生産基盤を構築したのである。

一方、中国の沿海部はもともと豊富な資源と良質な労働力を有しており、地理的利便性もあり、外資にとって最適な輸出加工用の産業立地となってきた。改革開放後、農村の余剰労働力を吸収する目的で設立された農民が主体となる郷鎮企業も沿海部に集中していた。これらの企業は進出してきた外資との合弁・合作企業などを通じて、経営ノウハウと技術の吸収、経験蓄積と技術レベルの向上などを実現しながら成長を目指し、中には外資と互角の競争ができるまで成長した企業も多く誕生した。

つまり、外資導入によって、中国の沿海部には世界最大の外資系企業と地場産業からなる輸出加工地帯が形成され、世界向けの大量生産、大量輸出、そのための大量輸入という生産体制が作り上げられてきたのである。

そして、中国は、2001年のWTO加盟を機に、労働集約分野の比較優位を活かし、委託加工生産の拡大を通じて、世界に大量の工業製品を供給し続けることが可能となったのである。その結果、中国は「世界の工場」として注目され、その地位はその後の持続的な輸出拡大を通じて、確立しつつあった。また、大量生産、大量輸出の体制を維持するために、国際市場から大量の原材料や、エネルギー、部品などを輸入し続ける必要があり、加えて国内の14億の潜在的な消費市場に対する期待や、北京オリンピック、上海万博といったインフラ整備を中心とした内需拡大などから、中国は「世界の市場」としての期待も高まってきたのである。

このような外資導入による中国のものづくり、そして、「世界の工場」から「世界の市場」へと躍進した背景には、外資主導による中国での加工・組み立ての機能が最大限に生かされたことにある。

本章では、上記のような状況を踏まえて、進化し続ける中国のものづくりを考察し、中国シリコンウェーハ市場における競争要因と競合他社との競争現状を明らかにしていく。

第1節 進化し続ける中国のものづくり

外資導入による中国経済の躍進は、「モジュール化」という生産技術の革新から始まったと言える。「モジュール化」とは産業内の各プロセスを一定の「かたまり」ごとに整理・分割させることである。例えば、パソコンの場合、ハードディスクやディスプレイといった「かたまり」ごとに「モジュール化」されて生産が行われ、これらのモジュールを組み合わせることでパソコンが完成するのである。

一般にモジュール化された産業では、各モジュールについてあらかじめ設計ルールや機

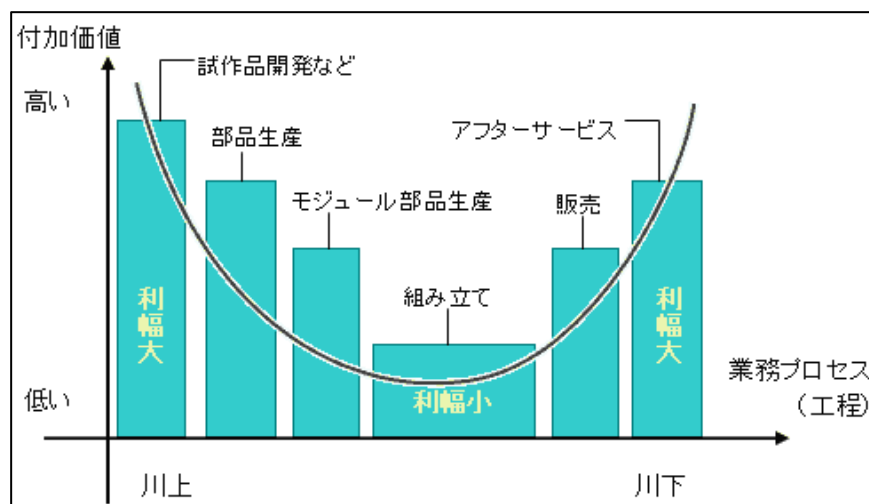
能が確立されており、その範囲内で業務を行うことになる。規格に準じていればどのような方法や部品を使用してもよいという自由度も持ち合わせているものである。また、各モジュールでのプロセスは他のモジュールのプロセスに影響を受けることもなく、影響を及ぼすこともない。したがって、「モジュール化」によって、各生産過程を別々の企業へ分割して発注することも、特定モジュールの生産へ特化することも容易になったのである。その結果、工業化を目指す発展途上国は、貿易・直接投資の自由化の進展と相まって、このような企業間の生産ネットワークのグローバル化を受け入れることで、自国の発展に貢献できるようになったのである。

1. 「モジュール化」される中国のものづくり

中国経済は、80年代以降、安価かつ豊富な労働力を武器に、多国籍企業の直接投資を積極的に導入し、沿海部に世界最大の委託加工の基地として急成長しながら、工業発展のペースを加速させてきた。その中で、特に「モジュール化」は中国のものづくりに大きく貢献した。なぜなら、「モジュール化」の生産は、企業は一つの製品を生産するためにすべての工程を一か所に集中する必要がなくなり、各工程を細かく分割した上、そのうち、労働集約的な加工、組み立て部分は、安価かつ豊富な労働力を有する中国に集約することが可能になり、中国はグローバル的な生産ネットワークに組み込まれることが可能になったのである。

一方で、このような多国籍企業主導によるグローバル的な生産体制は、製品の生産工程を開発、部品生産、モジュール部品、組み立て、販売、アフターサービスのように細分化された水平分業型の体制である。各生産工程の付加価値は、図表4-1のようなスマイルカーブが現れる。

図表4-1 スマイルカーブのイメージ図



出所：関志雄「モジュール化と中国の工業発展」2002年8月6日より

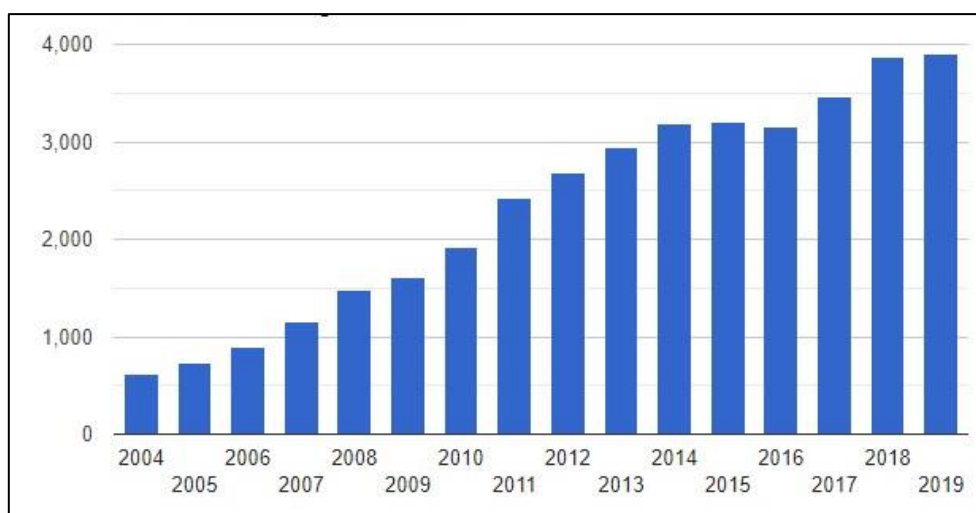
パソコンの例でみるなら、川上の OS や MPU（マイクロ・プロセッサ）や川下のアフターサービスなどの付加価値が高くなり、中流の組立の利幅が最も少なくなる。パソコンで言えば組立の部分、他の産業で言えば加工工程にあたる労働集約的なプロセスはモジュール化によって作業の標準化と競争の激化によって収益率が低下した。いわば、モジュール化によって儲かる部分と儲からない部分がスマイルカーブ化という形で浮き彫りにされた格好となったのである。

このスマイルカーブに沿って言えば、実際中国の国際分業に参入できる部分は底辺の最も付加価値の低い部分に限られている。その意味からすれば、2000 年代以降、中国の沿海部に形成された世界最大の輸出加工基地からなる「世界の工場」は、実質的には低付加価値の加工組み立てからなる「世界の加工工場」に過ぎなかったと言っても過言ではないであろう。

2. 高付加価値製造業への進化と課題

これまで中国の製造業は、原材料や部品を輸入し、これを組み立てて輸出するという加工貿易を中心に発展してきた。そのため、輸出の付加価値生産性が低いことは、上述したとおりである。しかし、近年こうした構造に変化が起こってきている。それは、中国国内で部品の内製化が進み、部品から製品まで中国国内で生産できるものが増えてきているからである。

図表 4-2 中国製造業付加価値の推移（単位：10 億ドル）



出所：China: Manufacturing value added The GlobalEconomy.com より

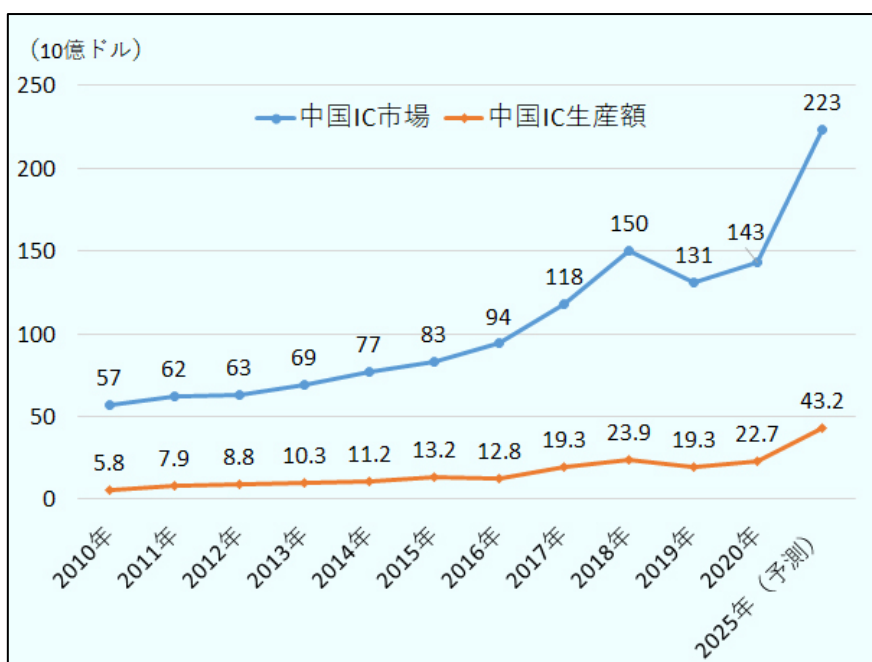
図表 4-2 で示されているように、中国製造業付加価値は、統計を開始した 2004 年から増加の傾向が続いたが、2019 年の製造業が生み出した付加価値は 3.9 兆ドルで世界第 1 位となった。ちなみに同年の世界第 2 位のドイツが生み出した付加価値は 0.7 兆ドルにとど

まり²⁸、中国の5分の1にも満たなかったのである。これは、中国の製造業が、従来の低付加価値の「世界の加工工場」から、部品から製品まで内製化への努力の結果が顕著に表れたと言えるだろう。

一方、製造業付加価値の向上は、まだ多くの課題が残されている。特に内需取込を優先しながらも、高機能部材は海外からの輸入依存に頼らざるを得ないことが目立っている。

図表4-3で示されているように、2010年から2020年の期間中の中国国内半導体(IC)の需要と国内生産の推移では、需要規模は570億ドルから1,430億ドルと2.5倍の増加となったが、国内生産規模は58億ドルから227億ドルと3.9倍に増加した。つまり、同期間における中国半導体の国内生産伸び率は需要伸び率を大きく上回っていたことがわかる。しかし、国内需要総額(1,047億ドル)対内製総額(155.2億ドル)の差では、891.8億ドルにもものぼり、国内需要の8割以上が海外輸入に頼っているのが現実である。さらに、2025年には、需要総額の2,230億ドルであるのに対して、国内生産額は432億ドルにとどまり、需要総額の8割以上が海外輸入に依存する状況が変わらないままであると、IC Insightsが予測している。

図表4-3 中国半導体(IC)市場の需要と国内生産の推移



出所：IC Insights「China Forecast to Fall Far Short of its “Made in China 2025” Goals for ICs」2021年1月6日

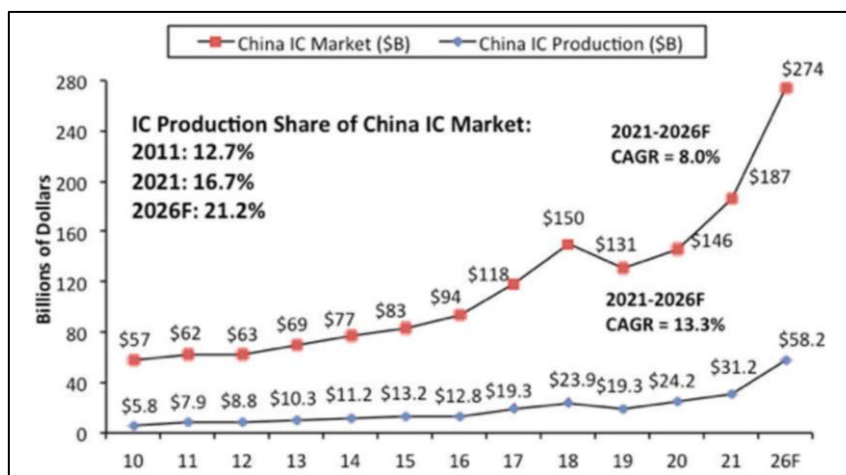
この事実は、2015年に発表された「中国製造2025」にもコア部品の自給率向上が目標に掲げられるなど、部材国産化の必要性が改めて認識されている。特に高機能部材の輸入増に対して、「中国製造2025」では、政策の核心である「中国半導体産業の育成」において、半

²⁸ Manufacturing value added The GlobalEconomy.com を参照

導体内製率を2020年までに40%、2025年までに70%に引き上げる目標を示している²⁹。

ただし、実際に2021年の実績を見ると、中国国内でのIC生産額(中国に進出している外資系企業の生産額を含む)は312億ドルに達したが、中国でのIC消費規模(1865億ドル)の16.7%を占めているとの調査結果を半導体市場動向調査会社であるIC Insightが発表した。ちなみに10年前の2011年の比率は12.7%であり、10年間の内製伸び率はわずか4%にとどまっていたことが分かる(図表4-4)。

図表4-4 中国IC生産額と内製率の推移



出所：IC Insights

図表4-5 2021年中国市場IC生産状況

Worldwide IC Market (\$B)	\$510.5
China IC Market (\$B)	\$186.5
China-based IC Production (\$B)	\$31.2
% of WW IC Market	6.1%
% of China IC Market	16.7%
China-HQ IC Production (\$B)	\$12.3
% of total China IC Production	39.4%
% of WW IC Market	2.4%
% of China IC Market	6.6%

出所：同図表4-4

さらに、2021年に中国で製造された312億ドル相当のICのうち、中国に本社を置く中国資本の企業は39%にあたる123億ドル相当を生産していた。これは、1,865億ドル規模の

²⁹ 半導体産業縦横「中国半導体製造2025」を参照

中国 IC 市場規模の 6.6%ほどとなる。残りの 61%は TSMC、SK Hynix、Samsung、Intel、UMC、および中国に IC ウェーハファブを持っている他の外国企業が生産したこととなる（図表 4-5）。

このような状況で推移していけば、2025 年において中国で製造される半導体は中国国内で消費される 19.4%にとどまり、自給率 70%に遠く及ばないであろうと IC Insight が予測している。

近年の米中貿易紛争などの影響が、目標達成に大きく影響していることは否めないが、米国の制裁がかえって中国の自立性の度合いの向上を促し、国を挙げて半導体内製化への投資を加速させる好機になってきていると捉えられることもできよう。

この傾向がより明確に表れたのは、半導体製造装置分野である。半導体内製化の拡大は、自前の製造装置が不可欠である。実際に、SEMI の半導体製造装置市場規模の発表によると、全世界では 2021 年に過去最高の 1026.4 億ドル（前期比 44%増）を記録した。うち中国は 296.2 億ドル（同 58%増）となった。これは、同年伸び率 2 位の韓国の 249.8 億ドル（同 55%増）を抜き世界最大の半導体製造装置市場となったことを意味している³⁰。

中国の半導体製造装置市場ではこれまで、露光装置（ASML ほか）、コーター・デベロッパ（東京エレクトロンほか）、エッチング装置（ラムサーチほか）、CVD 装置（アプライドマテリアルズほか）などで米欧や、日本企業のシェアが高く、中国の同製造装置企業は太陽電池や LED 向けを主力としてきた。しかし中国企業が台頭し、徐々に米欧や日本の企業との距離を縮めつつある事実があると言える。

世界の製造業では現在、AI と IoT を活用したソリューションによるスマートファクトリー化が注目されている。スマートファクトリーというのは、生産活動の一部または全部において AI 及び IoT などの先端技術を搭載し、情報と設備をコントロールすることで生産効率を劇的に上げるための取り組みである。スマートファクトリーを実現できれば、製造コストの極小化だけでなく極めて高度な「マスカスタマイゼーション（消費者個人に合わせた製品のカスタマイズ）」が実現することになり、世界の製造業をリードするほどのインパクトをもたらすことが可能である。

中国は、「中国製造 2025」においてデジタル経済の重要性を強調しており、今後、スマートファクトリー化を目指してより大きな投資と研究開発が行われるであろうと考えられる。その前提の半導体とその周辺産業の内製率化の拡大は最重要課題と言えるだろう。

第 2 節 中国シリコンウェーハの市場動向

前述のように、中国では強力な半導体サプライチェーンを自国で完結させる決意のもと、近年、世界のどの地域よりも多くの半導体生産計画を進行させており、半導体関連の生産能力は大きく加速化させてきている。他方で、中国の半導体生産能力の拡大には強い逆風が吹

³⁰ SEMI（2022）、図表 1-2 を参照

いている。その意味で、中国における最も大きな課題は高品質のシリコンウェーハの供給不足なのである。

ウェーハ市場は上位 5 社で市場規模の 95%以上を寡占しており、世界の生産量をコントロールしている。こうした状況に対処すべく、中国の中央および地方政府は、国内のシリコンウェーハサプライチェーン発展を重点事項とし、複数のシリコンウェーハ製造計画に資金を提供しているのである。

国際半導体製造装置材料協会（SEMI）は、2019 年に発表した「中国半導体シリコンウェーハウトルックレポート」において、中国のシリコンウェーハサプライヤーが提供可能なウェーハ口径は 6 インチ以下が多く、8 インチ、12 インチウェーハの製造技術ならびに生産能力では遅れをとっていることを指摘した³¹。

このような現状に対して、中国国内の旺盛な需要と政策支援によって、大口径ウェーハの製造が後押しされてきており、沪硅産業、天津中環、立昂微、及び RST 社傘下の GRITEK（中国略称：有研珪）を含む数社が、既に 12 インチ製造の重要な技術的マイルストーンを達成している。

しかしながら、新興サプライヤーが大口径ウェーハ市場からの要求に量的および、質的に十分に対応できるまでにはいまだ時間がかかると予想されている。そして、グローバル市場において競争力を有するレベルの高品質の製品の製造は、今後の課題と言えるだろう。

実際、中国シリコンウェーハメーカーの生産現状（図表 4-6）を見ると、ボリュームゾーンの 8 インチウェーハは天津中環をはじめ、9 社が市場シェアを競っている。そのうち、天津中環が 75 万枚/月と最大の生産能力を保有している。それに続くのは外資系の合晶科技（45 万枚/月、台湾系）、中欣晶園（40 万枚/月、日系）であり、上位 3 社の生産能力は 75 万枚/月に達しており、市場シェアは 55%を占有しているほどに、中国市場におけるシリコンウェーハの寡占状況が目立っているのである。そのほかは、鑫晶半導体（30 万枚/月）、立昂微（27 万枚/月）、沪硅産業傘下の新傲科技（23 万枚/月）と Okmetic（22 万枚/月）、神工股份（16 万枚/月）、有研珪（GRITEK）（13 万枚/月）の順となっている。

図表 4-6 中国シリコンウェーハメーカーの生産現状（2022 年 8 月現在）

シリコンウェーハメーカー	8 インチウェーハ	12 インチウェーハ
沪硅産業	新昇科技	30 万枚/月
	新傲科技	23 万枚/月
	Okmetic	22 万枚/月
天津中環	75 万枚/月	17 万枚/月
立昂微	27 万枚/月	18 万枚/月
奕斯偉		50 万枚/月
神工股份	16 万枚/月	
鑫晶半導体	30 万枚/月	10 万枚/月
有研珪 (GRITEK)	13 万枚/月	1 万枚/月

³¹SEMI (2019). CHINA SEMICONDUCTOR SILICON WAFER OUTLOOK. を参照

		(テスト生産)
合晶科技 (台湾系)	45 万枚/月	
中欣晶園 (日系)	40 万枚/月	20 万枚/月

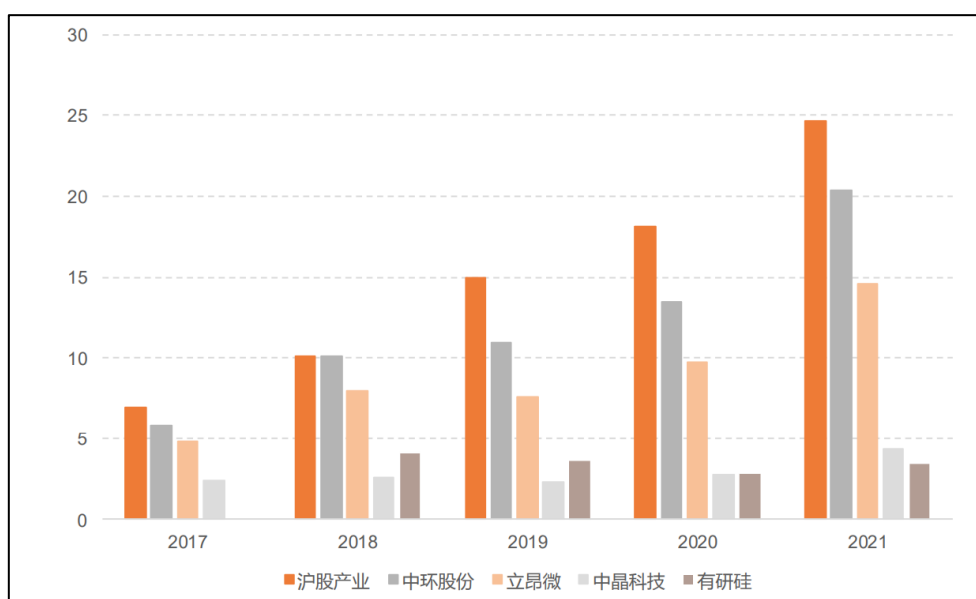
出所：「平安証券 | 半導体材料シリーズ報告 (二) より

一方の 12 インチウェーハの生産能力を見ると、沪硅産業傘下の新昇科技 (30 万枚/月)、天津中環 (17 万枚/月)、立昂微 (18 万枚/月)、奕斯偉 (50 万枚/月)、鑫晶半導体 (10 万枚/月)、中欣晶園 (20 万枚/月) の 6 社が競争しながら、生産量の拡大に注力してきている³²。

ただし、中国のウェーハメーカーは海外の半導体メーカーから認証を得られていないのが現状である。つまり、中国国内では生産拡大を目指しても、将来、海外市場への供給には様々なハードルをクリアする必要があるというのが現状といえよう。

また、主要メーカーのシリコンウェーハの売り上げの動向をみると、2017 年からの過去 5 年間に於いて、沪硅産業をはじめとする主要メーカーが業績を拡大し続けていることが分かる。中でも、RST 社傘下の有研珪 (GRITEK) は、2018 年に初めてベスト 5 にランクインし、中国主要シリコンウェーハの 1 社として頭角を現したことが注目される (図表 4-7)。

図表 4-7 中国主要シリコンウェーハメーカーの売上高の推移 (単位：億元)



出所：Wind、平安証券研究所

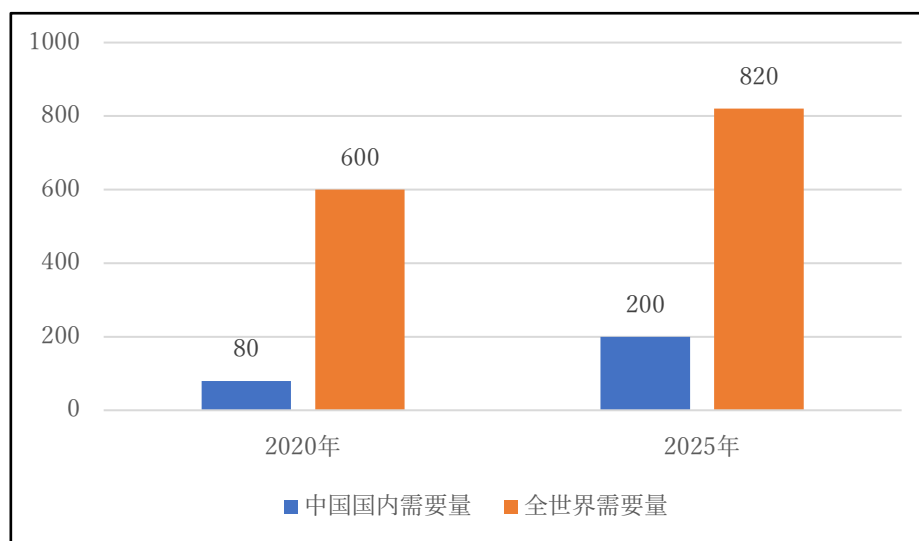
一方の需要量をみた場合、12 インチウェーハに対する世界と中国市場の需要量は、2020 年にはそれぞれ 600 万枚/月と 80 万枚/月で、2025 年には 820 万枚/月と 200 万枚/月に増えていくと予想されている (図表 4-8)。これは、中国国内では、2022 年 8 月現在の生産量は

³² RST 社傘下の GRITEK は、2022 年から 1 万枚/月のペースで 12 インチウェーハの生産を実施しており、製品は当面テストウェーハとして顧客に提供しているため、図表 4-6 に計上されていない理由である。

既に 145 万枚/月に達したという事実からすると、12 インチウェーハに対する需要は既に飽和状態に近づきつつあると言える。

しかも、RST 社傘下の GRITEK を含む数社が今後の生産拡大を通じて、市場シェアの争奪が激化していくことが予想される。これは、中国のウェーハメーカーにとって、今後、いかにこれらの生産量を世界に販売していくかということは最大の課題となってきたりすることができるのである。

図表 4-8 世界と中国市場における 12 インチウェーハの需要量（単位：万枚/月）



出所：SEMI、申万宏源の資料より作成

第3節 主要ウェーハメーカーの概況

上述したように、中国国内におけるプライムウェーハの需給関係は必ずしも楽観視できる状況にあるわけではなく、12 インチウェーハに代表されるように、市場の飽和状態が生まれつつある。その状況下において、RST 社は、傘下の中国子会社 GRITEK を通じて、中国でプライムウェーハの製造に参入したのである。

GRITEK 社の製造実績に関しては、8 インチウェーハは競合 8 社のうち、最下位にとどまっている。また、12 インチウェーハについては、競合 6 社が既に量産化しており、生産規模が拡大しつつある。それに対して、GRITEK はまだ 1 万枚/月のペースでテスト生産中にある。このことは、8 インチおよび、12 インチのウェーハともに、GRITEK 社は競合他社より遅れている状態にあると言える。

他方において、同社が、他社との違いは、親会社の RST 社が持つグローバルなネットワークを通じて、12 インチウェーハをテストウェーハとして世界の主要半導体メーカーに納入し、テスト使用状況に関するフィードバック情報を基に、製品の安定性を高めているための改善、改良を繰り返し行ってきたことである。

このことは、同社が、将来の顧客である半導体メーカーとの信頼関係の構築により、早期

歩留まりの高い製品を顧客に届けられるための準備をしているということができるということである。ただし、RST社の中国市場を足場にしながら、グローバル市場への進出という戦略において、確実に成功できると判断するにははまだ時期尚早であろう。

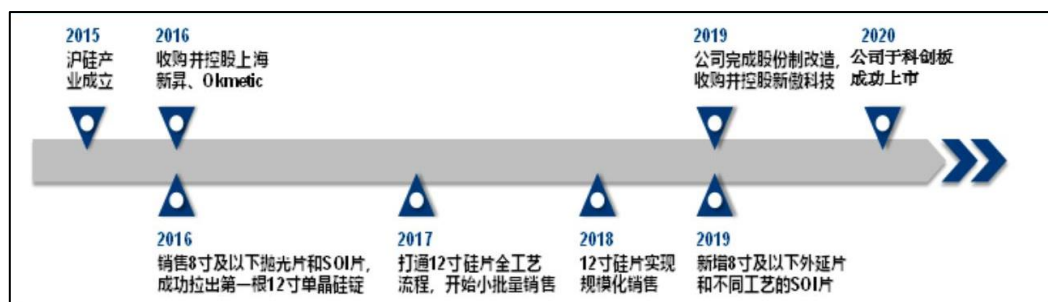
しかしながら、『孫子・謀攻』の「彼を知り己を知れば百戦殆からず」という考え方があ
る。つまり、RST社が、グローバル市場へ進出していくために、中国市場においてまず地歩
を固めるには、その中国市場の現状を知る必要があるということである。特に足元の中国市
場の競合他社の現状を知ることはまず重要である。

そこで次は、中国において各種情報が得られる同国の証券取引所に上場中、あるいは上場
予定の企業4社を中心にしながら、中国市場におけるシリコンウェーハメーカーの概況を
見ていこう。

1. 上海硅産業集团股份有限公司

上海硅産業集团股份有限公司（以下、沪硅産業）は、シリコンウェーハの研究開発、生産、
販売を事業として、中国大陸において最大のシリコンウェーハメーカーである。

図表 4-9 沪硅産業の発展年表



出所：同社広報資料、安信証券研究中心

沪硅産業は、2015年の設立後、2016年に上海新昇（2014年設立）を傘下に収め、同年フィンランドのOkmetic社（1985年設立）の株式100%を取得し、フランスSoitec1社株式14.5%を取得した。2017年に12インチウェーハの小規模生産を開始し、翌年中国初の12インチウェーハの国内量産と販売を実現した。2019年に上海新傲科技（2000年設立）を子会社化にし、8インチおよび以下のウェーハの生産も行うようになった。このように、沪硅産業は新昇、新傲、Okmeticを傘下に収めることにより、8インチ、12インチウェーハの2事業を主要業務とする中国最大のシリコンウェーハメーカーとして成長の基盤を作ることができたのである。これらは市場に高く評価され、2020年4月上海証券取引所科创板での上場を果たした。

● 主要顧客

沪硅産業の顧客をみると、TSMC、UMC、グローバルファウンドリーズ、STマイクロエレクト

トロンクスなどの海外大手半導体メーカーのほか、中芯国際、華虹宏力、華力微电子、長江存儲、武漢新芯、長鑫存儲、華潤微などの中国国内の主要半導体メーカーが含まれる。

「上海硅産業集団股份有限公司 2021 年度レポート」によると、トップ 5 の顧客からの売上は 782,465,400 人民元であり、年間売上の 31.73% を占めた。しかしながら、トップ 5 の顧客のうち、トップ 4 は沪硅産業の関連企業であり、年間売上の 28.23% を占めたことになる。つまり、沪硅産業の販売先は主として中国国内の半導体メーカーであることが分かる。

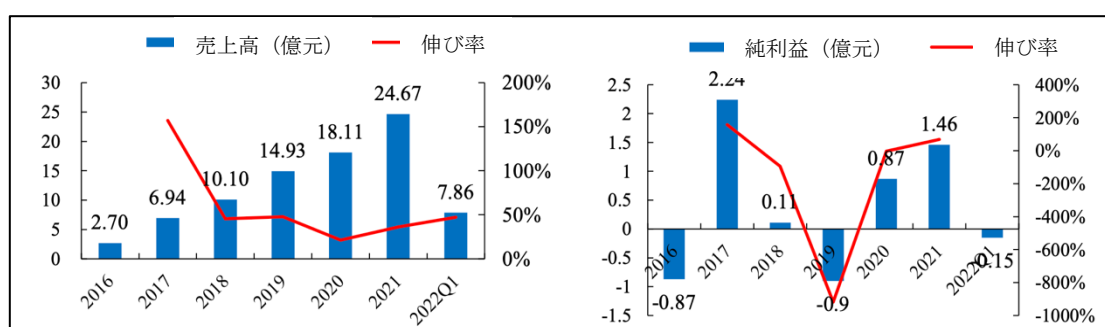
● 技術

技術面に関しては、子会社の上海新昇は中国で 12 インチウェーハの技術をリードしており、14nm 以上のロジックプロセスと 3D ストレージプロセスをカバーして量産できているため、国内の主要半導体メーカーに製品の供給ができています。同子会社の Okmetic と上海新傲は、8 インチ以下の技術レベルと市場シェアは中国国内でリードしており、世界半導体サプライチェーンにおける主要なサプライヤーとしてその活躍が注目される。

● 財務状況

沪硅産業は、設立後の営業利益は伸びており、収益が良い状況にある。売上高は、創業翌年の 2016 年に 2.7 億元に達し、2021 年に 24.7 億元まで増加した。わずか 5 年で売上高は 9 倍以上の増加を実現するという好調ぶりである。また、親会社にもたらす純利益は 2016 年の -0.87 億元から、翌年に一気に 2.24 億元のプラス利益を実現した。その後、利益の変動がみられるが、2021 年には 1.46 億元の純利益を確保している（図表 4-10）。なお、純利益の変動は主として株価の変動、及び当期政府補助金などの非経常的な利益の変動によるものである。

図表 4-10 沪硅産業の売上高と純利益の推移（2016～2021 年）



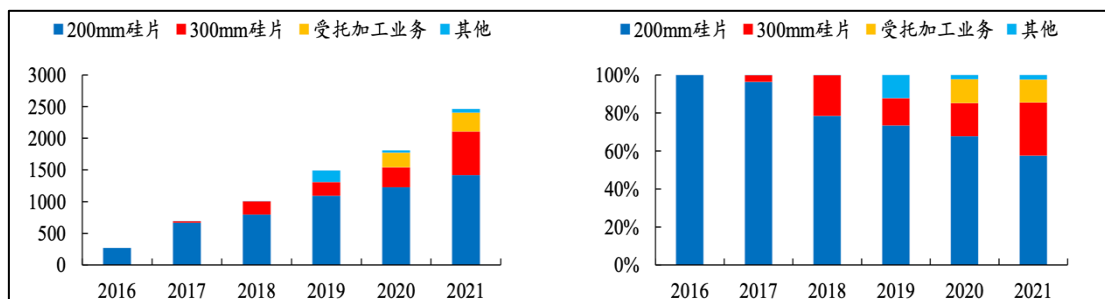
出所：Wind、開源証券研究所

● ウェーハ部門別の動向

8 インチウェーハ事業は好調で推移しており、12 インチは猛追している。図表 4-11 が示しているように、同社は 2016 年に本格的な生産開始後、特に 8 インチウェーハの製造を中心に業績を拡大してきた。2021 年末現在、同社の売上構造は、8 インチとそれ以下は 57.6%、

12 インチは 27.9%、受託加工は 12.1%であった。なかでも、12 インチの割合は 2017 年の 3.6%から 2021 年の 27.9%まで急拡大した。

図表 4-11 沪硅産業の 8 インチと 12 インチウェーハ別の売上高と割合

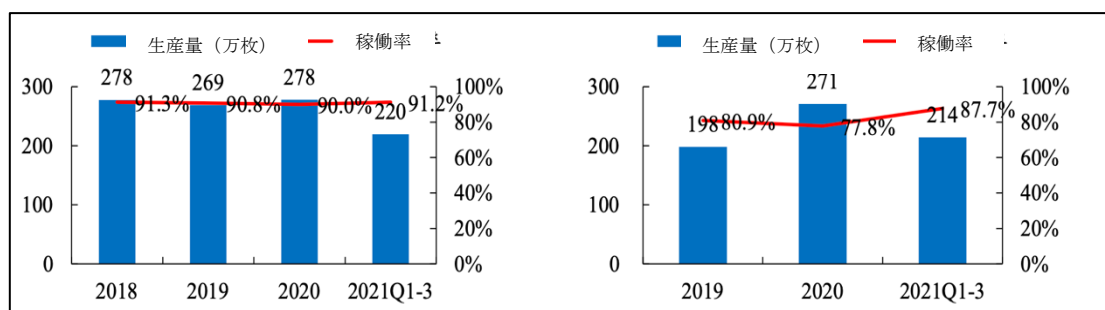


出所：Wind、開源証券研究所

● 稼働率

プライムウェーハの製造に当たって、製造装置の稼働率は必要な指標になる。上海新傲は、2020 年には生産能力を増強するため、8 インチ生産ラインの新規導入を行った。これは、製品の顧客認証には一定の期間が必要となるため、稼働率はわずかに低下していたが、2021 年には世界の半導体産業がまだ好調で、稼働率が上昇し始めていたからである。子会社の上海新傲と Okmetic は、いずれも稼働率約 90%を維持している（図表 4-12）。

図表 4-12 上海新傲と Okmetic の稼働率



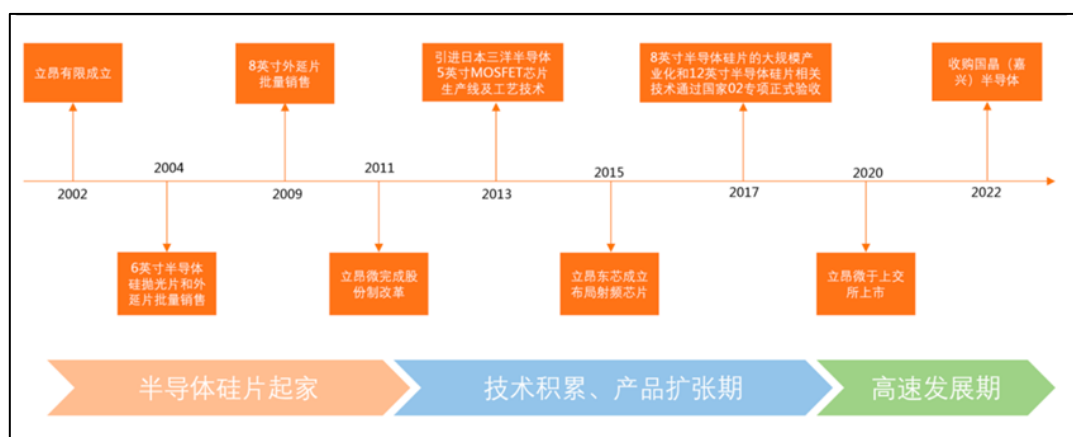
出所：Wind、開源証券研究所

上でみてきたように、中国最大のプライムウェーハメーカーは、好調な業績と生産高を通じて、中国プライムウェーハ市場をリードし続けていることが分かる。一方、国際市場での競争状況に関する報道情報が見当たらなかったことから、同社はまだ本格的に海外市場での展開がはじまっていないことが推測される。その最大要因は、海外半導体メーカーからの認証が得られていないことがあると考えられる。その意味で、今後、中国国内のウェーハの生産と需要が飽和状況に直面しつつある中、同社が、その認証を獲得し、国際市場での競争の突破口を作りだしていくことが最重要課題であると言える。

2. 杭州立昂微电子股份有限公司

杭州立昂微电子股份有限公司（以下、立昂微）は、主として半導体シリコンウェーハ、半導体パワーデバイス、化合物半導体 RF チップなどの研究開発、製造、販売に従事する会社（2002 年設立）。同社は、単結晶インゴット引上げ、シリコン研削ウェーハ、シリコン研磨ウェーハ、シリコンエピタキシャルウェーハの生産を含むシリコンウェーハ生産の全般をカバーする、中国における最も重要なシリコンウェーハメーカーの 1 社である。

図表 4-13 立昂微の沿革



出所：立昂微公式サイトと平安証券研究所より

同社は、長年の研究開発を通じて、半導体シリコンウェーハとディスクリート半導体などをカバーする技術力を有するだけでなく、これまで研究開発に多くの資金を投入した結果、半導体材料とウェーハ分野で独自の研究開発力と技術を蓄積してきた。子会社の浙江金瑞泓は、中国半導体協会「2019 年中国半導体材料企業トップ 10」の第 1 位を受賞するほどの実力を持っている。

また、同社は、2004 年に 6 インチウェーハとシリコンエピタキシャルウェーハの量産・販売を開始し、中国で 6 インチウェーハの量産を実現した先駆者的な企業となった。2009 年に、さらに 8 インチウェーハの量産を開始し、中国国内で同分野をリードする企業になった。2020 年上海証券取引所での上場を果たした。

● 技術蓄積

技術蓄積に関しては、同社の主力製品であるショットキーダイオードチップは、高い市場競争力を維持すると同時に、新製品を開発し続け、新しい応用領域を拡大し続けている。同社は、2013 年に日本の三洋半導体から 5 インチ MOSFET チップ生産ラインとプロセス技術の導入に続き、2015 年に RF チップを製造する立昂东芯を設立した。また、2016 年にボッシュとコンチネンタルのシステム認証により、自動車用パワースイッチの認証を取得した中国で数少ないショットキーダイオードチップサプライヤーのメーカーとなった。そして、2017

年にアウトソーシングにより、製品のラインは半導体ディスクリートデバイスまで延伸し、半導体ディスクリートデバイス製造全般をカバーする企業となった。

また、国家第 11 五カ年計画プロジェクトを引き受けたことにより、同社は 8 インチシリコン単結晶インゴット、シリコン研磨ウェーハ、シリコンエピタキシャルウェーハのフルレンジを量産する能力を有するようになった。同時に 12 インチ単結晶インゴット引上げの核心技術、及びアングル、研削、研磨、エピタキシーなどの技術を獲得した。その結果、8 インチウェーハの量産技術と 12 インチの関連技術は 2017 年 5 月に国家特別プロジェクトに承認されるまで至った。

● 事業拡大に向けて

立昂微は、2020 年の上場を機に、資金調達能力が大幅に向上した。生産規模の拡大と収益性の向上を継続することに加えて、内製化を加速するための研究開発への投資も増やした。同年新規増資で得た 2 億元は、「8 インチウェーハ年間 120 万枚生産」のために活用した。2021 年にさらに市場から 52 億元を調達し、「12 インチウェーハ年間 180 万枚生産」、「6 インチパワー半導体年間 72 万枚生産」などのプロジェクトに使用されたという。2022 年 3 月、同社の持株子会社の金瑞宏微電子は、国晶半導体の発行済み株式約 6 割を取得し、国晶半導体の 77.97%の株を取得することにより、国晶半導体の絶対的経営支配権を有した。国晶半導体の主力製品は 12 インチウェーハであり、月産 40 万枚の生産能力を有する設備を持っているため、国晶半導体を傘下に収めることにより、12 インチウェーハの生産能力が大幅に強化されることが見込まれる。

● 主要顧客

立昂微は、これまで高い技術力を活かした製品は中国国内で高く評価され、安定した顧客を獲得している。同社が公開された事業説明資料において、2019 年トップ 5 の顧客は、中国国内の主なウェーハファウンドリーである華潤微電子、中芯国际、上海先进、浙江佳明天和綠光伏科技、ONSEMI が含まれ、出荷量の約 40%を占めたと記されている。ここからは、同社の顧客集中度が比較的が高く、安定性が確認される（図表 4-14）。

図表 4-14 立昂微の主要顧客と売上高

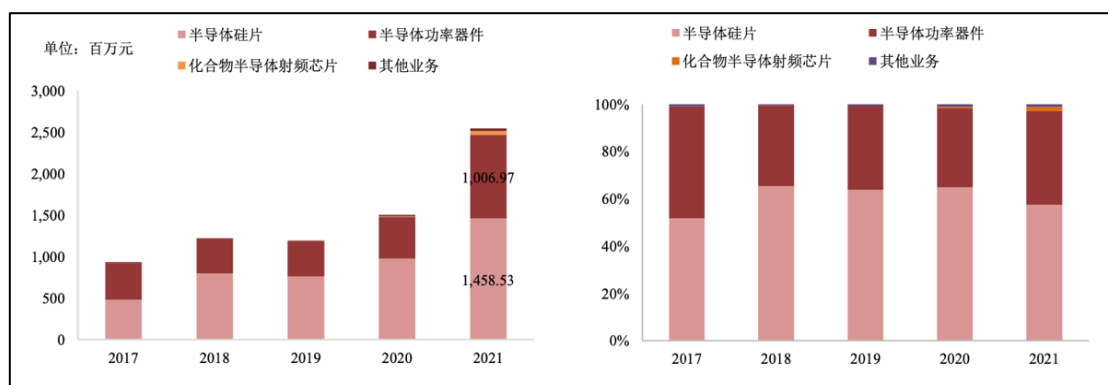
時間	序号	客户名称	销售产品	金额 (万元)	主营收入占比
2020 年 1-3 月	1	华润微电子	硅研磨片、硅抛光片、硅外延片	5,628.55	18.33%
	2	中芯国际	硅外延片、硅抛光片	3,154.66	10.27%
	3	深圳深爱半导体	硅外延片	1,595.79	5.20%
	4	上海先进	硅外延片、硅抛光片	1,441.06	4.69%
	5	士兰微	硅抛光片、硅外延片	1,285.81	4.19%
		合计		13,105.87	42.67%
2019 年度	1	华润微电子	硅研磨片、硅抛光片、硅外延片	21,092.85	17.70%
	2	中芯国际	MOSFET 芯片、硅抛光片、硅外延片	7,391.10	6.20%
	3	上海先进	硅抛光片、硅外延片	7,129.23	6.03%
	4	浙江佳明天和绿光伏科技	肖特基二极管	6,855.26	5.75%
	5	ONSEMI	肖特基二极管、硅抛光片、硅外延片	5,066.12	4.25%
		合计		47,534.55	40.19%

出所：Wind、平安証券研究所

● シリコンウェーハ事業収入

同社は、6 インチと 8 インチウェーハは、生産ラインがフル稼働しており、特殊仕様の高濃度シリコンエピタキシャルウェーハの供給が不足している。12 インチウェーハに関しては、主要技術や、製品品質、生産能力、および顧客開拓に大きな突破が期待されるため、生産量も増え続けており、2021 年に年間生産能力は 180 万枚に達した。その結果、同社の 3 大主要事業部門（シリコンウェーハ、半導体パワーデバイス、化合物半導体 RF チップ）のうち、シリコンウェーハ部門は、最大の営業利益を獲得し続け、2021 年はこれまでの最高を記録し、総売上高の 57.4%を占めたこととなった（図表 4-15）。

図表 4-15 立昂微事業収入の内訳



出所：Wind、首創証券

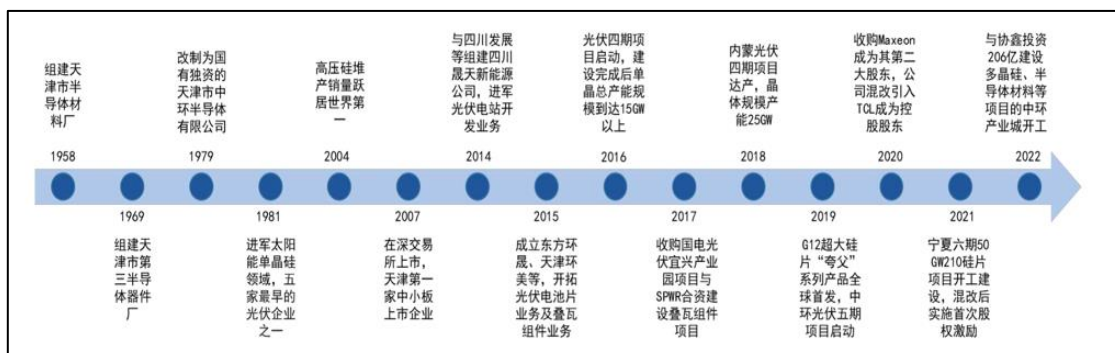
上記のように、立昂微は中国国内の主要ウェーハメーカーとして、20 年間で蓄積してきた技術を活かしながら、6 インチ、8 インチ製品市場の優位性を発揮し、市場シェアと利益

を獲得し続けている。一方の 12 インチについては、生産量を拡大しているが、販売の実績に関する公開情報は限定され、実態が見えない状況にある。

4. 天津中環半導体股份有限公司

天津中環半導体股份有限公司（以下、天津中環）は、国有半導体デバイス工場から誕生した。その前身は 1958 年に設立された天津半導体材料工場および、1969 年に設立された天津第三半導体デバイス工場である。

図表 4-16 天津中環の沿革



出所：天津中環広報資料、国信証券經濟研究所整理

シリコン材料の生産技術と生産工程に関しての長年の経験が蓄積され、単結晶シリコン材料の生産に長けている。天津中環自体は、1988年に設立された後、2007年に深圳証券取引所の中小企業版に上場した。単結晶シリコン技術を強みとし、シリコンウェーハ事業を起点に、太陽電池業界では2019年にG12超大型シリコンウェーハ「クアフ」シリーズを発売し、中国シリコン業界の変革をリードする企業である。また、半導体シリコンと太陽電池シリコンの双方にサプライチェーンを延伸する中国唯一の上場企業である。

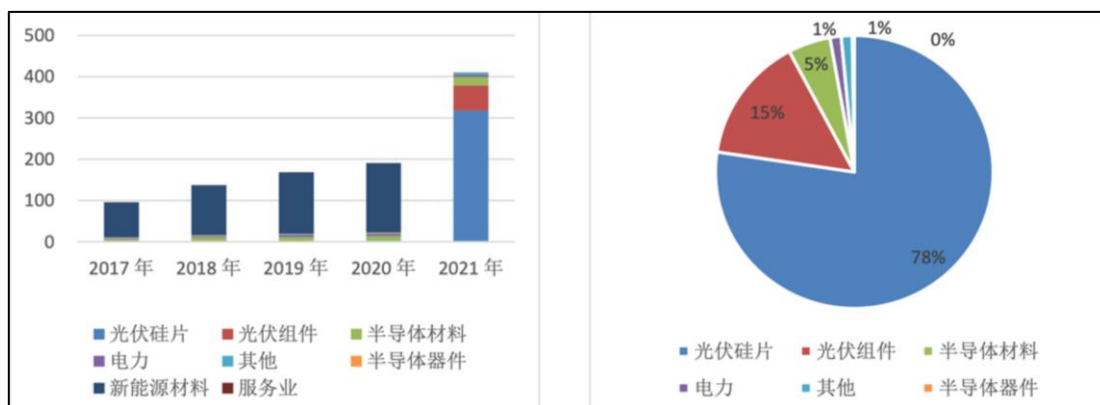
特に半導体事業に関しては、2000年天津環欧半導体材料が設立された後、国家重要プロジェクトの引き受けを通じて、溶解設備製造、単結晶製造、シリコンウェーハ加工、及びIGBT設計・製造などのIGBT産業サプライチェーンの構築に成功した。2008年天津中環领先、天津环鑫などの子会社を相次いで設立し、半導体研磨ウェーハ、エピタキシャルウェーハ、パワーデバイスなどの事業にも進出し、半導体事業の多様化と規模の拡大を図った。

● 事業構成

同社の太陽発電用シリコンウェーハと半導体材料の2つの主要事業は、いずれも増収増益が続いている。2017年からの過去5年間の営業収益の内訳をみると、2020年までの最大利益源は新エネルギー材料部門であったが、2021年に入ると、収益構成に大きく変化が現れた。同年では、411億5000万元の売り上げを達成し、前年比116%増となったが、収益の内訳は、太陽電池ウェーハ(317億9700万元、前年比124.54%増)、太陽電池モジュール(61

億 1900 万元、同 129.32%増)、半導体材料 (20 億 3400 万元、同 50.61%増)、太陽発電所 (5 億 3300 万元、同 0.23%増)、半導体デバイス (9200 万元、同-45.21%) の順である。特に 2021 年の太陽電池ウェーハ部門の収入は 78%に達し、会社の収入柱になっていることが分かる (図表 4-17)。一方のシリコンウェーハを含む半導体材料部門は、全売上高に占める割合は 5%にとどまっている。

図表 4-17 天津中環事業収入の内訳

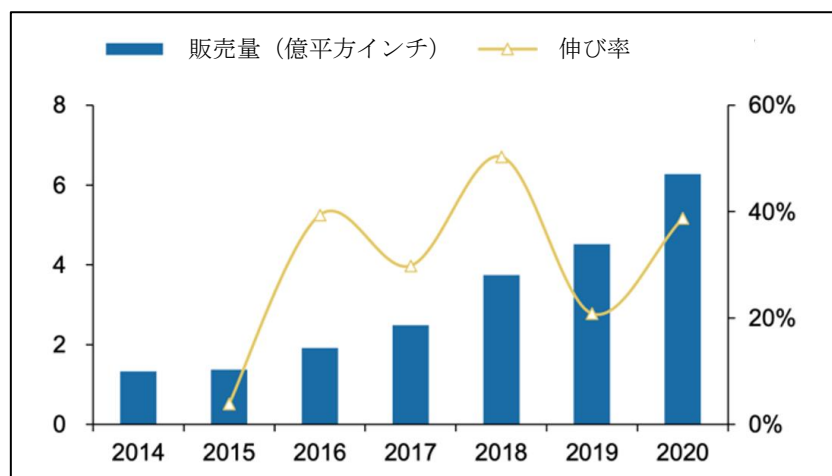


出所：iFind、長城証券研究院

● シリコンウェーハ事業

シリコンウェーハ事業はこれまで積み重ねてきた実績と国内ユーザーからの高い認知度を基にして、事業を展開してきた。現在、8インチ以下のシリコンウェーハはフルカバレッジを達成しており、月間生産量は 65 万枚に達し、国内ユーザーを中心に供給されている。また、12インチウェーハは 28nm 以上のフルカバレッジを持っており、月間生産量は約 10 万枚で、国内大手半導体メーカーに供給している。図表 4-18 で示されたシリコンウェーハ販売量と伸び率の推移から分かるように、2014年から一貫して上昇し続けている。

図表 4-18 天津中環シリコンウェーハ販売量と伸び率の推移



出所：同社広報資料、広発証券発展研究センター

4. 杭州中欣晶園半導体股份有限公司

杭州中欣晶園半導体股份有限公司（以下、中欣晶園）は、もともとは日本の老舗半導体メーカーであるフェローテックの子会社であった。1980年に設立されたフェローテックは、主に半導体材料・装置の製造・開発を行っており、2002年に東芝セラミックスから4~6インチの半導体単結晶シリコンウェーハ製造ラインと加工技術を導入し、そして、2007年4月に東芝セラミックスから4~6インチの半導体単結晶シリコンウェーハ製造ラインを導入した。

フェローテックは1992年に中国に進出した。その時期はちょうど日本から中国へと半導体投資の波が押し寄せた転換点の頃でもあった。当時、日本の半導体産業はバブル経済崩壊の影響で投資が激減し、売上高で世界のトップ10に入っていたNEC、東芝、日立、富士通、三菱といった有力半導体メーカーがアメリカや韓国のブランドに押され、シェアを大きく落としていた。フェローテックなど下位の半導体メーカーは、投資誘致や生産能力増強の必要性から、チャンスを求めて中国に進出したのである。同時期、日本留学経験のある現社長の何仙翰氏が、中国での業務を開拓し、同社経営のかじ取りが任せられたのである。

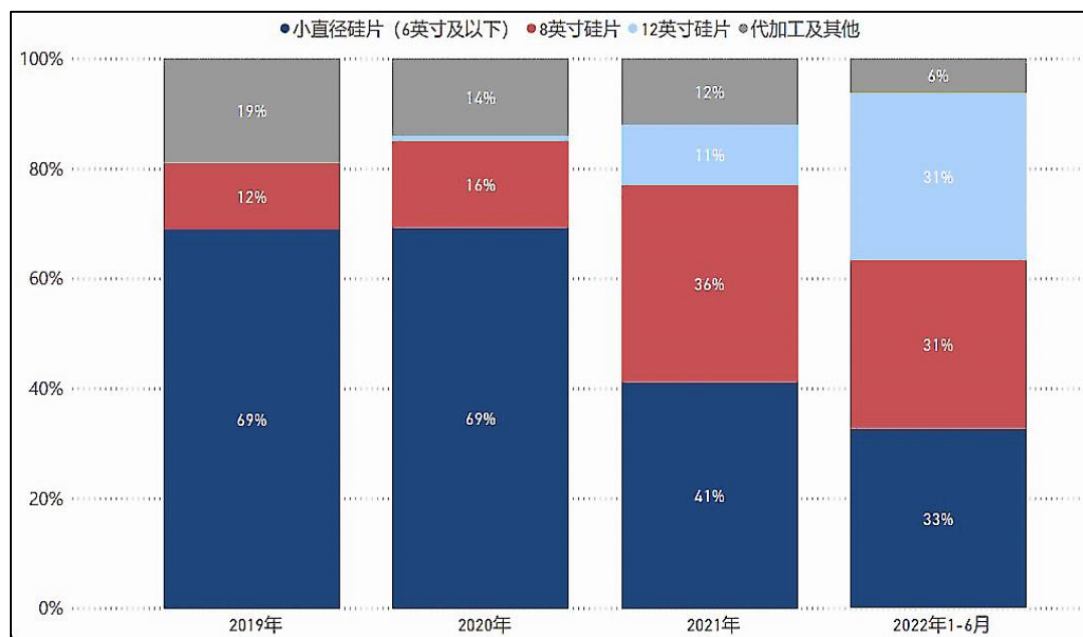
2017年に設立された中欣晶園は、半導体ウェーハの研究・開発・生産・販売を主な事業とし、主力製品は4インチ、5インチ、6インチ、8インチ、12インチの研磨ウェーハと12インチエピタキシャルウェーハに及ぶ。また、半導体ウェーハの委託加工、単結晶シリコンロッドの販売も手掛けており、現在までに約30社の半導体ウェーハが製造されている。2022年8月、同社の上海証券取引所科創版上場申請が受理されたという報道があった。

● 製品構成

上述のように、中欣晶園のシリコンウェーハは、小口径の6インチ以下、及び8インチ、12インチを主力製品とする。6インチ以下の小径シリコンウェーハは、主にダイオード、トランジスタ、電界効果管などの半導体部品に使用されており、需要が少ないため、業界では一般的に生産能力的には後進的であるとみられている。

実際の同社サイズ別の製品構成（図表4-19）をみると、2019年時点では、6インチ以下のウェーハが占める割合が69%となっており、主力製品となっていた。そのほかとしては、8インチ12%とその他の委託加工製品（19%）などがあった。その後、少しずつ変化が現れ、2022年上半期では、6インチ以下の割合は33%に減少し、代わりに8インチ31%、12インチ31%、その他6%という大きな変化が現れた。なかでも、12インチの割合が急拡大したことが注目に値する。

図表 4-19 中欣晶園シリコンウェーハ主要製品の比率



出所：同社広報資料

● 主要顧客

2022 年上半期の資料を見ると、最大顧客は環球晶園(19.01%)で、次いで顧客 A(16.69%)、士蘭微 (13.61%)、台積電 (TMIC、11.41%)、沪硅産業 (6.34%) の順である。上位 5 社で同社生産量の約 7 割を占めている (図表 4-20)。

図表 4-20 2022 年上半期中欣晶園主要顧客への販売額と割合 (単位：万元、%)

	主要顧客	販売額	比率	主要製品
1	環球晶園	13,337.62	19.01	ウェーハ・受託加工
2	顧客 A	11,709.43	16.69	ウェーハ・受託加工
3	士蘭微	9,547.51	13.61	ウェーハ
4	台積電	8,005.40	11.41	ウェーハ
5	沪硅産業	4,449.18	6.34	ウェーハ・受託加工

出所：同社広報資料

● 営業利益

営業成績の面では、2019 年から 2022 年 6 月 30 日までの報告期間における同社の営業収益は、それぞれ 3 億 8654 万 700 元、4 億 2510 万 5000 元、8 億 2330 万 500 元、7016894 元となり、過去 3 年間の成長率は 45.94%となる見通しである。しかしながら、当期純利益はそれぞれ -175.883,695.24 元、-423.712,071.33 元および -318.058,081.70 元、-79,983.110.35 元、であり、一度も黒字を達成したことがないのが現状である (図表 4-21)。

図表 4-21 中欣晶園の営業収入と利益（単位：元）

項目	2022年1-6月	2021年度	2020年度	2019年度
一、营业收入	701,689,367.80	823,305,453.69	425,120,480.11	386,545,684.70
减：营业成本	633,824,833.81	917,353,706.43	487,668,457.66	345,601,891.50
税金及附加	2,322,466.12	4,250,260.10	3,212,573.77	3,302,991.45
销售费用	18,686,241.37	24,289,206.85	14,638,097.89	16,901,388.81
管理费用	45,953,432.11	82,914,176.57	80,869,330.07	51,728,825.94
研发费用	62,697,757.56	94,747,810.43	70,082,070.31	50,909,166.47
财务费用	-20,964,283.55	-51,537,609.00	24,657,761.03	50,483,739.99
其中：利息费用	19,554,117.59	55,369,526.30	31,769,746.02	19,445,772.11
利息收入	16,064,335.52	23,465,274.21	1,079,248.93	341,778.09
加：其他收益	30,982,218.53	50,543,333.66	27,114,804.28	2,611,565.44
投资收益（损失以“-”号填列）	6,931,051.28	12,855,205.39	-	-
信用减值损失（损失以“-”号填列）	-3,570,725.76	-2,916,950.98	-3,127,185.99	-955,773.50
资产减值损失（损失以“-”号填列）	-68,300,286.68	-93,812,881.21	-187,078,533.88	-43,046,849.46
资产处置收益（损失以“-”号填列）	-	-389,454.55	-	-5,341.88
二、营业利润（亏损以“-”号填列）	-74,788,822.25	-282,432,845.38	-419,098,726.21	-173,778,718.86
加：营业外收入	146,592.99	500,622.57	271,118.93	6,533.02
减：营业外支出	5,239,446.30	36,126,027.67	4,884,464.05	2,111,509.40
三、利润总额（亏损总额以“-”号填列）	-79,881,675.56	-318,058,250.48	-423,712,071.33	-175,883,695.24
减：所得税费用	101,434.79	831.22	-	-
四、净利润（净亏损以“-”号填列）	-79,983,110.35	-318,059,081.70	-423,712,071.33	-175,883,695.24

出所：同社広報資料

上記のように、中欣晶園は中国国内のシリコンウェーハ主要メーカーとして、市場が求められる各口径別の製品提供ができていますが、顧客面では、中国国内の主要5社にとどまっておらず、経営業績も赤字状態が続いている。これは、同社が上場による資金調達が多様化を通じて、今後、12インチ市場への進出から大きな成長を獲得するという視点から、極めて重要な判断材料になるであろうと考えられる。

5. 主要各社現状のまとめ

現在の生産能力と販売、及び経営実績から見ると、上場企業の沪硅産業、天津中環、立昂微は、中国市場における3大競争相手になっているといえる。

沪硅産業は、中国国内のサプライヤーとして初めて12インチ半導体ウェーハの量産を実現した。また、立昂微、天津中環とは異なり、半導体シリコンウェーハの製造・販売のみに特化し、2021年の売上高は24億6700万人民币元であった。

天津中環の主な事業は、太陽電池シリコンウェーハの生産と販売である。太陽電池シリコンウェーハの売り上げは隆基股份に続く世界2位である。2021年同社の収益に占める太陽

電池シリコンウェーハの割合は、77.36%に達した。同時に、同社はまた国内有数の半導体ウェーハメーカーである。同社のウェーハ製品は4~12インチをカバーし、2021年の事業収益は20億3400万元で、総売上高の4.95%に過ぎなかった。

また、立昂微は、半導体ウェーハ、半導体パワーデバイス、化合物半導体RFチップの製造・販売を主な事業とする国内半導体ウェーハ業界のリーディングカンパニーの1つである。半導体ウェーハ事業は同社の中核事業で、2021年の売上高は、14億5900万元に達し、総事業の6割近くを占めた。

図表4-22 主要シリコンウェーハメーカーの概要

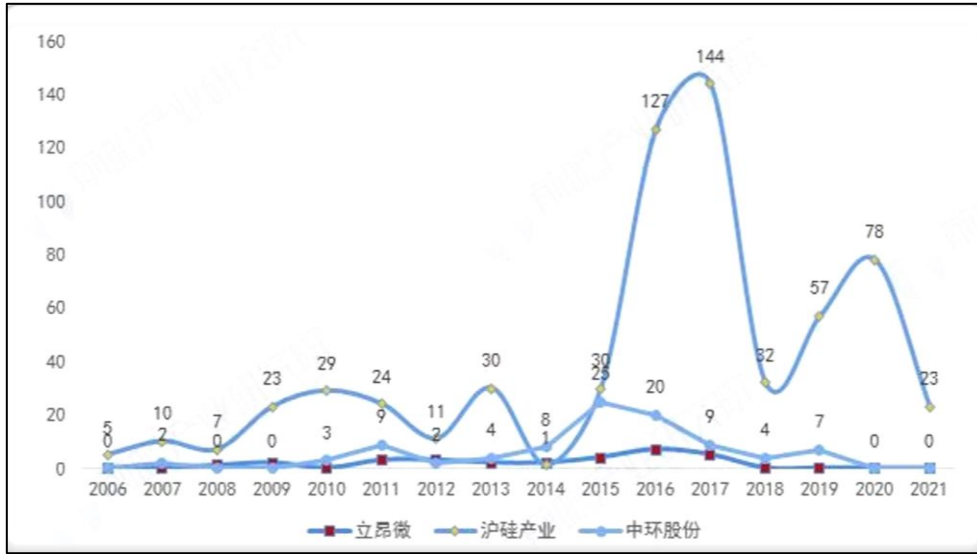
会社名	設立	ウェーハ比率	会社概要	生産能力
沪硅産業	2015	100%	上海新昇、上海新傲、Okmeticの3社で構成され、6-12インチのウェーハを揃える	12インチ：30万枚/月 8インチ及びそれ以下：40万枚/月
立昂微	2002	57%	半導体ウェーハ、パワーデバイス、化合物半導体RFチップなどを主要事業。6~12インチウェーハ、ポリッシュドウェーハ、エピタキシャルウェーハなどが含まれる	12インチ：15万枚/月 6インチパワー半導体チップウェーハ：6万枚片/月 6インチシリコンエピタキシャルウェーハプロジェクト技術転換：12万枚/月
天津中環	1988	5%	半導体ウェーハ、半導体デバイス、太陽電池材料、太陽電池モジュールなどが事業。半導体ウェーハは4インチから12インチまである	8インチ：75万枚/月 12インチ：15万枚/月

出所：各社発表資料を基に申万宏源がまとめ

● 保有特許数

沪硅産業は、中国国内の半導体ウェーハ製造の技術蓄積により優位性を持っている。2021年末までに計479件の発明特許を保有し、そのすべてが半導体ウェーハに関連するものである。一方の天津中環と立昂微はそれぞれ154件と33件で、半導体のほか、他の事業に関連する特許も含まれる（図表4-23）。

図表 4-23 主要 3 社保有特許数

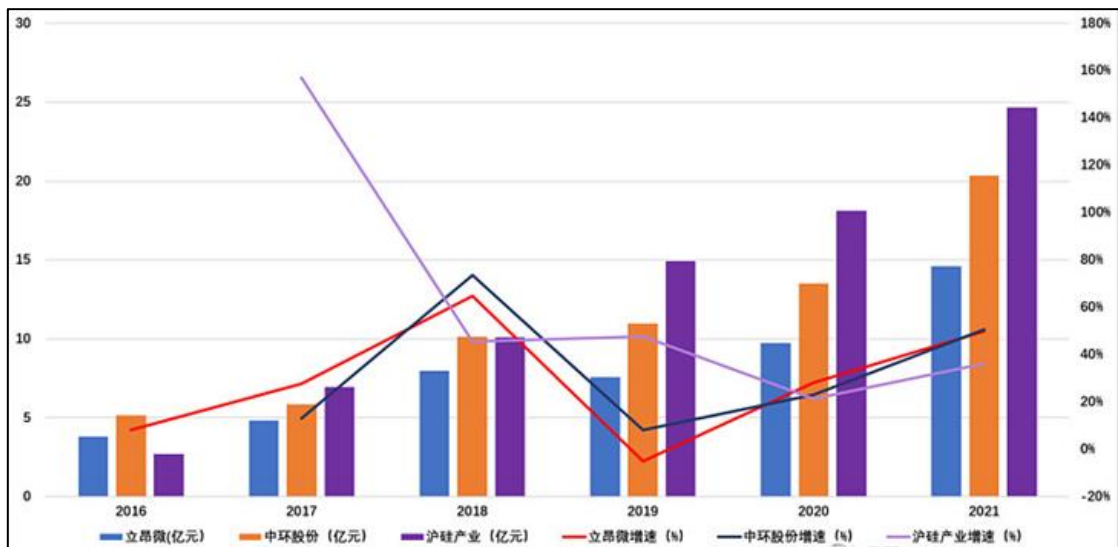


出所：智慧芽、前瞻産業研究院の資料を基に筆者が作成

● 収益性

3社のシリコンウェーハ事業の粗利益率から、立昂微の優位性が明らかである。同社の6年間の平均粗利益率は37.16%であるのに対して、同時期の天津中環は23.66%、沪硅産業は17.09%に過ぎず、後2社を大きく上回っている。より重要なのは、立昂微の粗利益率は非常に安定しており、業界のブームが下火となった2019年においても、なお成長を維持し45.74%にまで達していたことがわかる（図表4-24）。

図表 4-24 主要 3 社の収益性



出所：各社公開資料を基に筆者が作成

上記のように、3社の現在の生産能力と今後の拡張計画から、沪硅産業は主に12インチシリコンウェーハをターゲットにしていることがわかる。同社の12インチウェーハの売上比率は、2017年の3.56%から2021年には27.91%と、ここ数年年々上昇している。だが、12インチの粗利益率は現状でもマイナスであり、ウェーハを1枚多く生産すれば、その分損失が増えるという状況にある。しかし沪硅産業は、今後も12インチウェーハの生産能力を継続的に拡大し、2025年には760万枚/年を達成する計画である。

天津中環は、引き続き太陽電池用シリコンウェーハの開発を主な事業としている。同社の製品は主に8インチ以下に集中しており、総生産量は125万枚/月である。また、2021年には12インチウェーハの生産能力を15万枚/月から、2023年には32万枚/月に増産予定である。

一方の立昂微は、8インチ以下の開発に注力している。同社の発表によると、2023年末までに6インチ及びそれ以上は110万枚/月、8インチは100万枚/月、12インチは60万枚/月の生産能力目標を達成する見込みである。

最後に、2022年中上場予定の日系メーカーの中欣晶園は、6インチ以下のウェーハは主力製品であり、12インチの量産が始まったが、製品の生産と販売はいずれも上位3社に劣っており、赤字経営体質の早期改善が今後の課題であると言える。

第4節 中国シリコンウェーハ市場競争要因と産業発展要因の検証

上述した中国シリコンウェーハ市場の現状を踏まえて、中国市場におけるシリコンウェーハの競争要因を検証する。

1. ポーターの「五つの競争要因」による検証

ポーターが提示する「新規参入の脅威」「売り手の交渉力」「買い手の交渉力」「業界内の競争」「代替品の脅威」という5つの要因を中国のシリコンウェーハ市場に当てはめて分析するとき、次のような現状に対する分析が得られる。

● 新規参入の脅威

これまで中央と地方政府が提供した各種の補助金は、ウェーハメーカーにとって多様な資金調達のチャンネルが確保できるという期待から、多くの新規メーカーが市場に参入してきた。その後、過当競争を防ぐという目的で、政府による窓口指導が行われるようになり、新規参入に対する条件も徐々に厳しくなった。その背景には、新規に参入した企業の多くは、参入後の安定性の高い製品の製造、及び販売による利益獲得などは、必ずしも期待通りに行かなかったことがある。これらのことは、既存メーカーにとって、新規参入による脅威は極めて弱いと考えられる。

● 売り手の交渉力

中国では、シリコンウェーハの原材料である多結晶シリコンの輸入依存度が高く、サプライチェーン上流の海外原材料メーカーに対して交渉力が弱いとみられる。原材料の調達次第では、製品の納期や価格に影響する可能性があると考えられる。

● 買い手の交渉力

中国市場は、半導体の内製化に注力されていることから、半導体に対する需要増から、シリコンウェーハへの需要増が期待される。しかし、これは、製品品質の安定性が高く、及び固定客がついているメーカーにとって、交渉力の発揮が期待されるが、その他のメーカーにとっては、むしろ苦戦に強いられる可能性が高いことを意味する。つまり、顧客がつかず、在庫を抱えてしまう危険性があるということである。特に半導体メーカーからの認証を得られてはじめて顧客との交渉ができるというシリコンウェーハの世界では、認証がなければ、顧客との会話のスタートラインに立つこともできないという現実がある。また、現段階において、中国国内のウェーハメーカーが海外の半導体メーカーからの認証を得られたケースがほとんどない。そのことは、今後、中国製ウェーハがグローバル市場での販路拡大を目指すための海外の顧客との交渉力の発揮にも大きな課題になると言えよう。

● 業界内の競争

中国国内において現在、12 インチウェーハを製造し、市場に供給しているのは、沪硅産業、天津中環、立昂微、奕斯偉、鑫晶半導体、中欣晶園（日系）の6社である。市場の潜在性と競争相手の数から、当面、市場シェアを獲得するためのメーカー同士による熾烈な競争が起きにくいとみられるが、各社は安定性の高い製品を通じて、市場シェア拡大による固定客の獲得を計画している。そうなれば、業界内の競争は避けられなくなると予想される。

● 代替品の脅威

シリコンを原材料とするウェーハは、低コストで製造できるため、当面代替品の心配はないと言って良い。技術革新が意欲旺盛な中国市場では、次世代ウェーハの研究に熱心に取り組んでいる企業が多数のようであるが、実用化にはいまだ時間を要するであろうと考えられており、当面代替品の脅威はないと言ってよい³³。

2. 中国シリコンウェーハ産業発展条件の検証

苑志佳(2020)は半導体産業に特有な産業的特質を重視し、中国の半導体産業の発展に大きな影響力を有する4つの要因条件として、「産業的条件」、「市場的条件」、「分業的条件」、「政策的条件」を挙げている。この4つの要因条件は、それぞれ4つの要素から構成されて

³³ 津田建二「次世代半導体材料はやはりシリコン 半導体産業全体から俯瞰するシリコンウェーハの価値」2022年11月2日を参照

おり、全部で 16 個の要素からなる。

本研究では、その分析仕組みを踏まえる共に、それにシリコンウェーハ産業の特質を加味して、特に半導体市場における「分業的条件」から、シリコンウェーハ市場における「統合的条件」を改め、中国シリコンウェーハ産業の発展に必要な 4 つの要因条件と 16 個要素から構成される分析枠組みを構築した。それをまとめたのが図表 4-25 である。その枠組みを基に、以下検証していく。

図表 4-25 中国シリコンウェーハ産業の発展条件の検証

影響条件	内容	影響条件	内容
産業的条件	資金	産業的条件	資金
	人的資本		人的資本
	製造装置		製造装置
	支援産業		素材と原材料
市場的条件	市場需要構造	市場的条件	市場需要構造
	市場供給構造		市場供給構造
	産業組織		半導体メーカーの認証
	市場参入環境		市場参入環境
分業的条件	知的資産(IP)	統合的条件	知的資産(IP)
	設計(ファブレス)		販売ネットワーク
	製造(ファウンドリー)		製造
	管理ノウハウ		管理ノウハウ
政策的条件	産業育成関連法規	政策的条件	産業育成関連法規
	政府介入(公企業)		政府介入
	民間企業へのサポート		民間企業へのサポート
	技術開発支援		技術開発支援

出所：苑志佳「中国の半導体産業の発展可能性に関する要因分析」を基に筆者が作成

(1) 産業的条件

産業的条件は、「資金」、「人的資本」、「製造装置」、「素材と原材料」の 4 要素に分けられる。

まず、産業発展の「資金」面では、中国における後発シリコンウェーハメーカー各社にとって、国による補助金は一部の恩恵ではあるが、シリコンウェーハ製造においては巨額な先行投資が不可欠であり、製品の歩留まり（良品率）が悪ければ、これまでにかけた原材料、時間、コストはすべて無駄という大きなリスクがある。加えて、半導体メーカーからの認証を得るには数年間がかかるのが一般的であるため、その間の潤沢な運転資金の確保も不可欠なのである。

また、「人的資本」では、シリコンウェーハ製造の各工程のうち、最も重要とされるのは単結晶インゴットの引き上げとスライシングであり、特に単結晶インゴットの引き上げは最も重要とされる技術である。安定性の高い製品を製造するためには、各社は製品のテストおよび、データの蓄積などの試行錯誤を繰り返し行っていくことが必要であり、研究成果を特許として取得することを通して、初めて業界における実力が認められるのである。そのため、優秀な技術を持つ技術者、つまり、人的資本の確保が不可欠であることは言うまでもないことである。

そして、「製造装置」に関しては、装置メーカーより導入するのは通常のやり方であるが、これらの装置から製造された製品は安定性が保証されたものではない。安定性の高い製品を製造するには、製造装置の開発段階からメーカーと共同による研究開発、すなわち自社仕様の製造装置が求められる。現状では、中国のシリコンウェーハメーカーは、そのような工夫などにおいて必ずしも十分ではなく、メーカーから導入した装置を製品の製造に直接使用する傾向にあるため、製品の安定性に欠ける問題が存在し続けている。

最後に、「素材と原材料」は、シリコンウェーハ産業に不可欠な外部資源である。特に単結晶インゴット引上げ用の原材料である多結晶シリコンはほぼ海外からの輸入に頼らざるを得ないのが現状である。海外輸入価格の上昇は、国内製品の出荷価格にそのコストが転嫁され、市場での価格競争力を低下させてしまう心配がある。また、海外からの納期次第では、中国国内生産にも影響を受ける可能性もある。

上記のように、中国におけるシリコンウェーハにおける産業的4条件は、必ずしも楽観できるものではなく、むしろ深刻な状況にあると言わざるを得ない。近年、「中国製造 2025」を契機とした中央や地方政府による各種補助金と優遇措置などを通して、業界環境は好転しつつあるが、生産現場は依然として厳しい状態に直面し続けていると言える。

(2) 市場的条件

次に、市場的条件は、「市場需要構造」、「市場供給構造」、「半導体メーカーの認証」、「市場参入環境」という4要素に分けて検証していこう。

「市場需要構造」に関して、プライムウェーハに対する需要、特に12インチを含む大口径ウェーハに対する需要は、半導体内製化という国策の下、増え続けていくと考えられる。

これらの需要に対応するための「市場供給構造」では、ウェーハメーカー各社は大口径ウェーハを中心に相次いで増産の計画を発表し、生産量の拡大が期待される。

ただし、製品の安定性に対する「半導体メーカーの認証」という業界のルールがあるために、製造された製品は必ず市場で売れるという保証はない。各社とも、中国国内ばかりでなく、将来海外市場での販売ルートを確認していくことも不可欠である。特に景気の影響による「シリコン・サイクル」に影響を受けないためには、国内外における安定的な販売ルートの確保は各社にとって重要な課題なのである。その際、半導体メーカーからの認証は非常に重要な条件となるのである。

そして、「市場参入環境」に関しては、既述のように、新規参入後、製品の安定性次第では、販路の確保に保証できないのが現状である。また中国国内限定でみても、現段階、大口径ウェーハに対する需要は飽和しつつある傾向がみられ、今後大きな市場環境、及びグローバル市場の環境変化がない限り、新規には積極的に参入してこないとみてよいであろう。

上述のことからもわかるように、中国のシリコンウェーハ産業をめぐる市場環境は、グローバル市場と同様に、今後も数社による寡占状態が続くとみられる。そして、そのような状況においては、中国市場を足場にしながら、グローバル市場への競争に参入していくことは、

今後の新たな発展として必要かつ重要な条件となるのであろうと考えられる。

(3) 統合的条件

統合的条件に関しては、「知的財産」、「販売ネットワーク」、「製造」、「管理ノウハウ」という4要素に分けられる。

シリコンウェーハメーカーの技術力は、「知的財産」の蓄積から生まれる。企業にとって自社の研究開発の成果が特許として取得され、知的財産の蓄積となることで評価されることが要件の一つである。

前節で検討した中国主要ウェーハメーカーの特許取得状況に関する分析から、主要メーカー3社は共に一部の特許取得がなされてはいるが、グローバル市場での競争に勝てるほどの実力は有しているとはいえず、むしろその差が逆に広がってきていると言わざるを得ない。

実際に世界2位のシリコンウェーハメーカーであるSUMCOが直近3年で取得した特許件数(図表4-26)をみると、それぞれが2019年の146件(185位)、2020年の56件(290位)、2021年の93件(298位)である。

図表4-26 直近3年SUMCOが取得した特許件数

年	件数	世界順位
2019	146	185位
2020	56	290位
2021	93	298位

出所：IP Force

SUMCOの特許取得件数は、いずれも中国の主要3社より多いにもかかわらず、世界ランキングを見ると、直近3年では平均200位以降にとどまっている。この事実から、中国のウェーハメーカーの技術力は、世界と大きな差があることを証明したことになる。

中国シリコンウェーハメーカーの技術力が遅れている背景には、中国企業によるシリコンウェーハ市場への本格的な参入は近年になって始まったもので、これは物理的に世界の先発企業とは数10年ほどの時間的かつまた、技術的差が生じたことになる。つまり、その間、世界の先発企業は既に多くの知的財産やノウハウを蓄積していたことになっているからである。

また、「販売ネットワーク」に関して、現在中国のシリコンウェーハメーカーは、基本的に国内半導体メーカーを主要顧客として製品を販売している。国内では、主要メーカーは安定顧客の確保を通じて、販売ネットワークの構築に注力し続けている。今後、半導体内製化の浸透により、半導体の需要増から生まれる国産ウェーハへの需要増は、各社が新たな販売ネットワークの構築における好機であると言ったことができ、それに合わせた顧客獲得の競争が激しくなるであろうと予想される。他方、中国産ウェーハの海外市場への進出に関して

は、認証という形で信頼を獲得しなければならないという高いハードルが存在し続けている。

半導体 IC の製造に関しては、生産設備に莫大なコストがかかるため、1990 年代以降、一つの企業が開発から生産までを一貫して行う業態から、ファウンドリとファブレスの分業化が進んだ。なお、ファウンドリとは半導体集積回路の生産を専門に行う企業であり、ファブレスとは半導体業界などで、付加価値の高い開発・設計のみを行い、製造は外部に委託するメーカーなどの向上を持たない製造業の事である。

それに対して、シリコンウェーハの「製造」は、1社で最初から最後まで複雑な工程を統合して対応することによって、安定性の高い製品が出来上がる。そのために、現段階では、各社でウェーハサイズ別の技術力にばらつきがある。また、より自社製品の競争優位に立つために、各社が一斉に大口径化製品を製造するように舵を切り、大口径製品市場における競争を激化させている。このことは、今後、一部の企業が、優劣がついていく過程で脱落してしまう可能性があり、それはやがて市場の統廃合につながる可能性があることを意味しているのである。

また、「管理ノウハウ」は、技術力と同様に、中国のシリコンウェーハメーカーが不足している部分である。市場の発展が遅れたことにより、海外の先発企業と管理ノウハウの蓄積に大きな差が生じていることを否めない。その距離を縮めるには、先発企業の技術人材を採用し、それを通じて管理ノウハウの吸収および蓄積をしていくことが必要不可欠であるといえることができるであろう。

上記のように、半導体集積回路の生産に分業が進む状態と違って、シリコンウェーハの製造現場では、安定性の高い製品の製造を通じて、認証獲得と販売ネットワークを構築していくことがその成功における必要条件である。そのために、寡占状態にあるグローバル市場と同様に、中国においてシリコンウェーハメーカーの統廃合を通じて安定的市場を作り出すことが、中国市場における将来の可能性を向上させ、グローバル市場と競争していくための条件と言えよう。

(4) 政策的条件

政策的条件は、「産業育成関連法規」、「政府介入」、「民間企業へのサポート」、「技術開発支援」という4要素があげられる。

中国政府による資金面からの支援は、①補助金、②税制上の優遇、③資金供給の3つに大別できる。補助金は、主に産業振興補助金と企業救済補助金を中心に、「中国製造 2025」、戦略的新興産業、科学技術、国有企業改革、地方政府による企業救済などがある。また、税制上の優遇は半導体集積回路 (IC) などのハイテク産業を中心に税制優遇や限定した税の優遇、研究開発を奨励するための税制上の優遇措置などがある。そして、産業振興を主目的とした資金供給は、政府系ファンドからの出資と国家開発銀行の金融支援の二つが挙げられる。つまり、これらの「産業育成関連法規」や「政府介入」、「民間企業へのサポート」、「技

術開発支援」という中央政府と地方政府による総合的支援策を通じて、中国半導体産業の振興を支援し、半導体の内製化を促進していることが分かる。

上記の現状分析を基に、中国シリコンウェーハ産業の発展現状をめぐる「産業的条件」、「市場的条件」、「分業的条件」、「政策的条件」という4条件に、それぞれ4つの要素に加えた項目に対する評価を点数化したのが、図表4-27である。

図表4-27 中国シリコンウェーハ産業の発展現状に関する評価

要素	内容	評価点 (満点5点)	条件の検証
産業的条件	資金	2	<ul style="list-style-type: none"> ・中央・地方政府の補助金や金融機関による多様な融資ルート、投資ファンドの設立などがある ・条件を満たした企業の上場による資金調達の支援・奨励もある。 ・投資総額が先発国の企業に比べると極めて不足している
	人的資本	1	<ul style="list-style-type: none"> ・ウェーハメーカーは一定数に達しているが、豊富な経験を持つ技術者が不足している ・経営陣はグローバル的な視野よりも国内市場に重点を置いている
	ウェーハ製造装置	2	<ul style="list-style-type: none"> ・ウェーハ製造装置は輸入への依存度が高い ・一部装置の国産化は一部進みつつある
	素材と原材料	2	<ul style="list-style-type: none"> ・多結晶シリコンは海外輸入に頼っているが、一部は国産品の代用が進みつつある
市場的条件	市場需要構造	3	<ul style="list-style-type: none"> ・6インチ以下のシリコンウェーハの需要は安定している ・8インチウェーハの需要は増加している ・12インチウェーハに対する需要は増加しつつある
	市場供給構造	2	<ul style="list-style-type: none"> ・国産ウェーハの生産量は増えつつあるが、半導体メーカーによる認証の関係上、必ずしもすべての製品は売れる保証がない。 ・半導体メーカーは海外からの輸入を続けている
	半導体メーカーの認証	2	<ul style="list-style-type: none"> ・6インチ、8インチウェーハの海外半導体メーカーによる認証は一部ある ・12インチウェーハは国内半導体メーカーに認証されるが、海外半導体メーカーによる認証はほとんどない
	市場参入環境	1	<ul style="list-style-type: none"> ・中国シリコンウェーハ市場も寡占状態にある ・半導体内製化のもと、国と地方の支援策はあるが、技術面の未成熟により、簡単に参入できない
統合的条件	知的資産	1	<ul style="list-style-type: none"> ・大手ウェーハメーカーは特許を取得しているが、先発諸国の企業に比べると、極めて不足している
	販売ネットワーク	2	<ul style="list-style-type: none"> ・主要ウェーハメーカーの販売先は中国国内に拠点のある大手半導体メーカーに依存する

			・製品の安定性などにより、12 インチウェーハがテストウェーハとして使用されるケースがある
	製造	3	・6 インチ及びそれ以下のウェーハ、8 インチウェーハの製造能力は成熟している ・12 インチの製造能力の向上を獲得しつつある
	管理 ノウハウ	1	・先発諸国に比べると、管理ノウハウは不足している
政策的 条件	産業育成 関連法規	5	・近年、産業育成に関連する法規が相次いで打ち出され、シリコンウェーハ産業の成長を加速させる効果となった ・市場の健全な発展に対する管理も徹底しつつある
	政府介入	5	・政府の資金支援が企業の成長につながる ・国産ウェーハの優先使用も政府によって支持される
	民間企業 へのサポ ート	5	・民営企業を中心とするウェーハメーカーに対する手厚い支援を行っている
	技術開発 支援	5	・技術力を高めるための、金融ファンドによる獲得を行う ・R&D 費用に付加価値税優遇を講じる ・海外企業の M&A による技術導入を推奨する

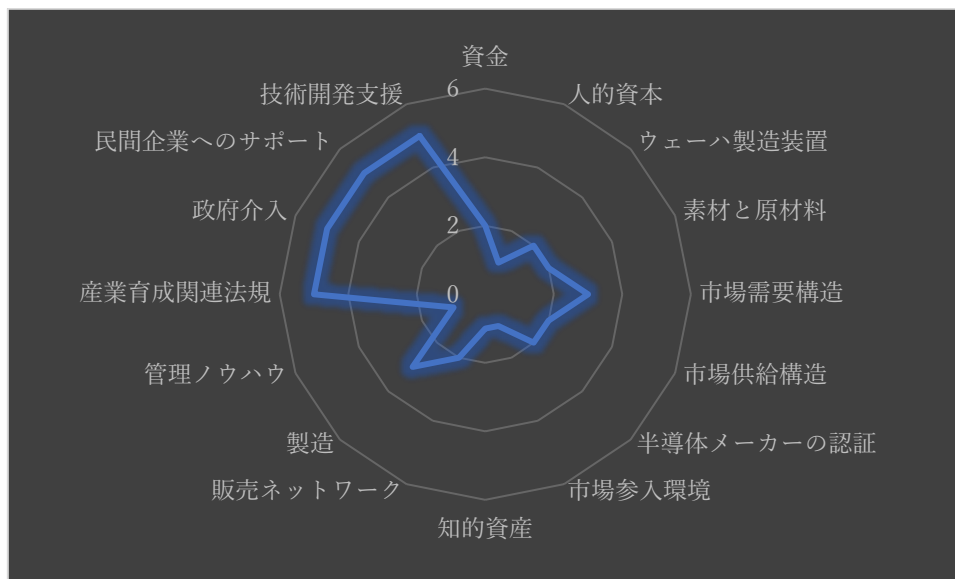
出所：筆者作成

同図表から分かるように、中国シリコンウェーハ産業の発展現状に対して、「強い(5点)」、「相対的に強い(4点)」、「普通(3点)」、「弱い(2点)」、「極めて弱い(1点)」という5段階で評価するとき、「政策的条件」の4要素は、オール5点と満点が付けられた。また、「普通」は「市場需要構造」と「製造」の2つである。これは、ウェーハの生産量に限ってみる場合、需要を超過している現状が評価の理由である。しかし、6インチ以下から12インチまで製造がフルカバーされた中国市場ではあるが、特に大口径製品の安定性は不十分の可能性が高く、今後の課題であるといえることができる。そのほかは、「弱い」は6つ、「極めて弱い」は4つである。

上記の点数化した各項目をレーダーチャット式(図表4-28)で置き換えると、中国シリコンウェーハ産業に関わる諸要素強弱の分布図になる。同図から、「政策的条件」4要素を除けば、全般的に発展のバランスに欠けた分布図になることがわかる。

もちろん、上記の評価点は、筆者の主観的観点による部分があることを否めないが、先発諸国・企業に比べると、製品の安定性、人的資源、グローバルな販売ネットワークの構築といった中国シリコンウェーハ産業が抱える三大課題が今後も存在し続けていくことであり、国内市場の発展は当面政府の支援策に大きく依存する状況が続くことであろうと考えられる。これらは、全般的に中国のシリコンウェーハをめぐる市場環境は、弱いと評価する理由となる。

図表 4-28 中国シリコンウェーハ産業に関わる諸要素強弱の分布



出所：筆者作成

まとめ

本章は、中国ものづくりの進化から、中国におけるシリコンウェーハ産業の発展動向と主要メーカーの概要を考察し、中国シリコンウェーハ産業の競争要因と今後の発展条件を考察した。

中国のものづくりは、80年代以降の外資導入を機に、グローバル的な水平分業に組み込まれたことから本格的に発展してきた。特に加工・組み立てを中心に発展し、スマイルカーブから最も付加価値の低い部分が中国の利益となったために、いわゆる「世界の加工工場化」した中国のものづくりという状況であったということができよう。

この低付加価値を改善するために、中国は部品や素材の内製化を通じて、少しずつ付加価値の向上を目指してきているが、産業構造では、依然として加工・組み立てを中心とするモジュール化された状況が中国のものづくりの現状である。これは、垂直統合型のシリコンウェーハ製造とは大きく異なり、中国シリコンウェーハ産業が出遅れた一つの大きな理由であると指摘することができるだろう。

近年、シリコンウェーハ生産における機械化と自動化の推進により、技術面の参入障壁が低くなりつつある中、中国国内でも、多くのメーカーがシリコンウェーハの製造に参入してくるようになった。現在、6インチ以下から8インチなどの製品の生産内製化率と製品の安定性が高まりつつあるが、最先端の12インチは、いまだ試行錯誤の段階にある。

そして、各社にとって最大の課題は、生産能力は高まりつつあるが、販売ネットワークの構築にある。その際には、特に認証が前提のシリコンウェーハ購入制度では、中国国内だけでなく、海外への販売では認証という高い技術信頼度が求められるということを認識すると共に、その構築が必要不可欠なのである。

このような現状を考慮すると、中国のシリコンウェーハ産業は、資金、技術、製造能力、人材などの多くの課題が抱えており、製品の競争力も海外大手と大きな差が厳然として存在しているといえる。さらに、シリコンウェーハのサプライチェーンも脆弱であると言わざるを得ない。

その意味において、今後、中国におけるシリコンウェーハ産業の健全な競争環境、及び今後の持続的な発展環境の整備は当面の最重要な課題であるといえるであろう。

第五章 仮説1「RST社はものづくりを極めることが可能」の検証

本研究は、本研究の序章で言及したように、3つの仮説を通して、RST社の12インチウェーハ市場への参入、および競争優位獲得の可能性を検証することである。

その3つの仮説は、まず仮説1「RST社は日本のものづくりを極めることが可能」であるということである。続いて、そのものづくりは「日中モノづくりコーディネーションシステム」の構築により、RST社の中国子会社に日本のものづくりの神髄を伝達し、進化させていくことで、仮説2「RST社は強い日本本社、強い中国現場を目指すことが可能」であるということである。そして、これらに基づき、RST社は、中国市場を土台にしながら、グローバル市場との競争優位を獲得していくという3段階論法による検証を通じて、仮説3「RST社は競争優位獲得によるグローバル市場への展開が可能」であるということである。本研究は、その3つの仮説を検証し、立証することである。

本章では、まず仮説1「RST社はものづくりを極めることが可能」を検証していく。その検証は、まず日本のものづくりを概説し、次にシリコンウェーハ市場を寡占する日本の企業は擦り合わせ型技術によって支えられていること、そして、RST社は総合シリコンウェーハメーカーとして成長できたのは、日本のものづくりを極めているからであるという流れで行っていくこととする。

第1節 ものづくりから生まれた日本の技術力

藤本は、ものづくりとは、媒体つまりモノに設計情報、つまり設計者の思いを作り込むことであると定義している。それは、媒体が有形であれば製造業であり、無形ならばサービス業になる。設計情報が流れる現場という意味では、製造業とサービス業に違いはない。そもそもサービスとは、製造物の構造を操作することで発生する機能のことであり、一方、製造業では、生産設備を操作することで発生した生産サービスによって製造物を作るものである。産業の課題は、製造にせよ、サービスにせよ、「良い設計の良い流れ」によって付加価値を生み出すことであり、これが国民経済の土台であると、強調している³⁴。

上記の意味から、ものづくりは、設計論、生産管理論、経済学などに基づく広義の概念であり、生産現場のみならず、開発現場や販売現場も含むものである。こうした広義のものづくりは、次のようになるのである。

『良い設計の良い流れによって、顧客満足、企業利益、雇用確保の「三方良し」を実現するための企業・産業・現場活動』の全体を指します。付加価値は設計情報に宿っているので、「付加価値の良い流れ」を作るための現場主導の活動です。すなわち、「ものづくりの現場」

³⁴ 一般社団法人ものづくりネットワーク『藤本教授のコラム』“ものづくり考”を参照

とは、「モノ」ではなく「付加価値」が生まれ流れる場所のことになります』³⁵。

図表 5-1 藤本教授によるものづくりの概念図



出所：一般社団法人ものづくりネットワーク『藤本教授のコラム』“ものづくり考”より

1. 「擦り合わせ型技術」と「組み合わせ型技術」

また、ものづくりの技術は、「擦り合わせ型技術」と「組み合わせ型技術」に分けられると藤本は指摘している³⁶。

「擦り合わせ型」とは、垂直統合型の製品開発で、製品の開発から生産、販売にいたるまで上流から下流のプロセスをすべて一社で統合したビジネスモデルであり、「インテグラル型」とも呼ばれる。

一方の「組み合わせ型」とは、水平分業型の製品開発で、製品の核となる部分の開発・製造・販売は自社で行い、それ以外の部分を外部委託するビジネスモデルであり、「モジュール型」とも呼ばれる。

両者の違いを決めるのは、「製品アーキテクチャ」、「組織能力」、「能力構築環境」の3つの要素とされる。

「製品アーキテクチャ」とは、開発する製品の基本設計思想である。基本設計思想が製品の内部構造に反映されるため、アーキテクチャの差となって現れる。「擦り合わせ型」の場合は、部品や機能ブロックの仕様を相互に調整し、製品ごとに最適設計を行うことで高い性能を実現する。「組み合わせ型」の場合は、インターフェースが標準化された部品や機能ブロックを使い、これらの組み合わせを通じて製品としての魅力的な機能や性能を実現する

³⁵ 同上掲

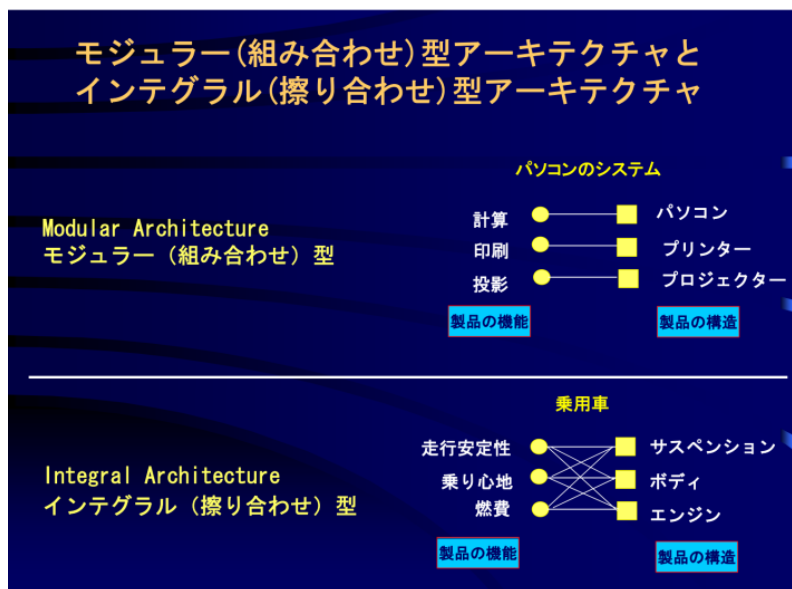
³⁶ 藤本隆宏+東京大学 21 世紀 COE ものづくり経営研究センター著『ものづくりの経営学—製造業を超える生産思想』p. 23 を参照

ものである。

「組織能力」とは、重視される技術者個人の能力で、その組織に所属していることで技術者が身につける能力である。組織全体が重視しているスキルと言ってもよい。「擦り合わせ型」の場合は調整能力が重要で、そのため、コミュニケーション能力や関連領域における幅広い基礎知識が重要なスキルとなる。「組み合わせ型」の場合は、分業化された開発の各業務における専門知識や経験が重要視される。

「能力構築環境」とは、前述の組織能力を作っている制度や仕組みのことである。この場合、国として企業に対してどのような制度を提供するのかが大きな要因となる。「擦り合わせ型」に必要な調整能力やコミュニケーション能力は、年功序列や終身雇用の仕組み、ローテーションによる関連部署での業務経験蓄積などにより育成されている。「組み合わせ型」の場合は、成果主義を基本とする明確な目標設定と報酬制度が、専門性向上や機動的な専門能力獲得に役立っている。

図表 5-2 擦り合わせ型アーキテクチャと組み合わせ型アーキテクチャ



出所：藤本博隆「広義のものづくり論と現場発のサービス概念」より

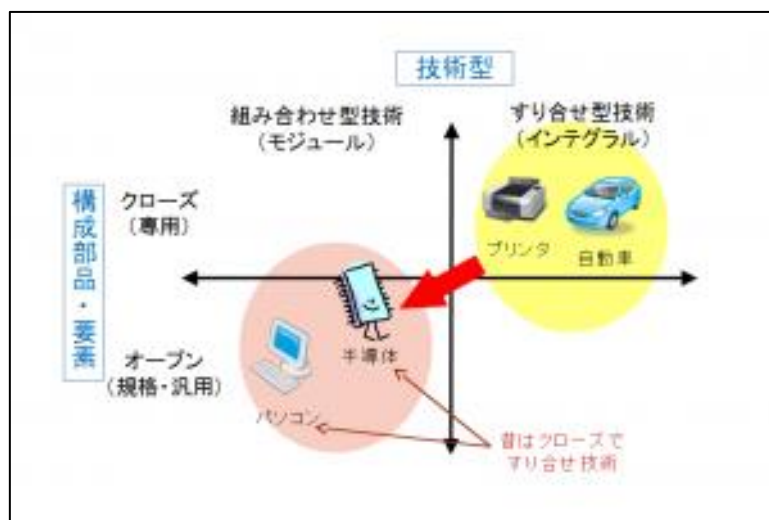
今日、ものづくりがデジタル化する時代に突入し、多くの製品がモジュール化してきている。例えば、図表 5-3 で示されているように、半導体やパソコンは、もともとクローズで擦り合わせ型技術が求められていたが、標準的規格やインターフェースの導入からオープン化が実現され、組み合わせ型の技術に変わってきているのである。

特に同図表で示されているように、「構成部品・要素」は定まっていない状態が多いため、クローズ型専用になるが、これに対して、「規格・汎用」は定まっており、さらに誰でもその技術がオープンになっている状態にあるのである。そのため、擦り合わせ型技術は、ドキュメントで表現しにくい、ノウハウが必要な技術であるが、組み合わせ型技術は、すでにある技術の組み合わせにより成り立っており、だれでもこの技術を用いて簡単に生産活動に

参加することが可能になる。

つまり、図表の矢印が示しているように、昔のパソコンや半導体分野はクローズ（専用）で擦り合わせ型技術であったが、現在ではオープン（規格・汎用）で組み合わせ型技術になってきており、技術の型は移り変わってきているのである。このような時代と共に、構成部品・要素がオープン化されると、擦り合わせ型技術が一般化され組み合わせ型技術に移行していくことが分かる。

図表 5-3 擦り合わせ型技術から組み合わせ型技術への進化



出所：「ものづくり 1 日本のものづくりの強み・弱み」より

勿論、相対的に擦り合わせ型の製品群はいまだ数多く残りっている。例えばスマートフォンは全体としてはモジュール型であるが、それを構成する部品の一部は擦り合わせ型である。言うまでもなく、スマートフォンに使用する半導体シリコンはこのポジションにある。また、擦り合わせ型に近いのは高性能自動車であり、代表的な構造要素であるサスペンション・ボディ・エンジンなどは、自動車の走行安全性・走り心地・燃費のすべてに影響を与えている。

このような考えに基づき、製品アーキテクチャの位置取りは、次の四つの基本ポジションに分類できると、藤本は主張する（図表 5-4）。

- (1) 中インテグラル・外インテグラル：代表的な製品は自動車である。
- (2) 中インテグラル・外モジュール：代表的な製品は半導体シリコンである。
- (3) 中モジュール・外インテグラル：代表的な製品はカスタマイズ PC である。
- (4) 中モジュール・外モジュール：代表的な製品は汎用液晶、DRSTAM である。

図表 5-4 アーキテクチャの四つの基本ポジション

インテグラル	モジュール
(1) 中インテグラル・外インテグラル 日本の自動車、2 輪部品 自動車用樹脂 システム LSI コピー・プリンター消耗品…	(2) 中インテグラル・外モジュール インテル、シマノ (ギア) 信越化学 (半導体シリコン) 村田製作所 (コンデンサ) 超小型家電、プリンタ…
(3) 中モジュール・外インテグラル デル (カスタマイズ PC) デンソー (一部の部品) キーエンス (ソリューション) ダイキン (ソリューション) …	(4) 中モジュール・外モジュール 汎用樹脂 汎用グレード鋼 汎用液晶、DRSTAM…

出所：同上記図表 5-2

デジタル化の時代、製品の核となる部分の開発・製造・販売は自社で行い、それ以外の部分を外部委託するビジネスモデルは、今後もグローバル規模で一層の推進が考えられる。しかしながら、製品の機能を工程ごとに相互に調整し、製品の最適化を行うことで高い性能を実現する必要性のある製品については、その製造のモジュール化は、現段階では難しいと言わざるを得ない。

2. 擦り合わせ型技術が得意な日本のものづくり

日本は、歴史的な理由により、これまで設計や生産で作業員間および技術者間で深い連携が必要とされる調整集約的な製品、すなわち、擦り合わせ型アーキテクチャの製品を開発し、輸出競争力を発揮してきた。これらの調整力に富む技術は、日本のものづくり技術として、アジア諸国のものづくり現場で今も注目されている。

日本のものづくりを支えてきた原点は、日本型経営の三本柱とされる「終身雇用、年功序列、企業別組合」にあるとされる。この三本柱を基に、従業員は自分が入社した会社に貢献したいという愛社精神が生まれ、ものづくりの現場では、集団的意思決定がなされてきたのである。つまり、経営陣と従業員の相互信頼のもと、従業員が高いモチベーションの維持が可能になり、生産現場での様々な問題点を見つけ出し、改善案を含めた提案がなされてきたのである。そこから誕生した、戦後日本経済の飛躍的發展を支えてきた TQC (Total Quality Control) に代表されるような「小集団活動」や「提案制度」などは、いずれもこの集団的意思決定や相互信頼に基づいたものだったのである。

また、集団意思決定のもとでは、集団責任制も行われた。つまり、稟議制度のように、部下が何かを決める場合、まず文書を作成し、上司に回覧してから決めてもらう仕組みである。この場合、意思決定に対する責任は必ずしも管理者だけにあるのではなく、従業員を含めた組織全体が担いながら、意思決定に参加し、仕事を進めていくのである。その結果、従業員は一方的に管理されているだけでなく、場合によって、責任や権限を超えて仕事を行うことができるような、従業員一人一人が能動的に仕事を行うように組織され、意思決定や管理に

ついて積極的に参加できるようになったのである。そして、このような集団責任制のもと、日本のものづくりにおける「強い現場」が生まれてきたのである。

日本のものづくりは、特に技術力の向上に注力する点は特徴であると言える。これらは、「職人的技術志向」「技術を神聖化している」「改善・改良志向」³⁷などの面に現れている。

「職人的技術志向」とは、日本人は忍耐強く、何年も同じ仕事をする傾向にあることである。そのため、型通りに削るなど目標が明確で、かつドキュメントにしにくい技術（長年の経験と勘の技法等の摺り合わせ技術）に強いのである。

また、「技術を神聖化している」とは、何年も同じ仕事をする中で、この技術では誰にも負けない「頑固おやじ」的な考えがでてきていることである。そのため、時には性能・品質が最優先した結果、高いコストを費やしてしまうことが起きる。

そして、改善・改良志向とは、長年同じ仕事をする、製品を長く使おうとするところから見えてくる問題点を見つけやすい。また性能・品質を優先し、そこに焦点がいく考え方が優先しやすくなることである。

このような技術への追求から、日本のものづくりでは、ドキュメントしにくい技術の分野、作業工程に競争力がある分野、技術継承が必要とされる分野といった得意分野が生まれたのである。

ここで、ドキュメントしにくい技術の分野とは、多くの要素・技術が組み合わさった独自のノウハウが必要な擦り合わせ型技術の分野のことである。作業工程に競争力がある分野とは、TQC（Total Quality Control）や改善活動で作業・生産効率が向上して競争となる分野である。そして、技術継承が必要とされる分野とは、今後も持続していく産業の中で技術進歩が要求されるような分野である。例えば自動車（膨大な部品の組み合わせ）、プリンタ（インクなど液体制御）などはその得意分野であるといえる。

もちろん日本のものづくりにおける不得意な分野、すなわち日本の技術的特徴からきている不得意な分野も存在する。それらには、例えば、標準・組み合わせなどが求められる技術分野、基盤・基礎作り、新しいものを作り出すといったプラットフォームとなる分野、低コスト競争になる分野などがある。具体的には、PC製造（組み合わせ）や、半導体デバイスなどが該当する。つまり、日本のものづくりは擦り合わせ型技術が基本となっており、組み合わせ型技術が不得意なのである。

そのため、擦り合わせ型技術の応用分野が次第に減少していく今日では、日本のものづくりは、技術の型を組み合わせ型技術も視野に入れてあわせていくか、もしくは新たな擦り合わせ型技術の分野を見出していくことが必要であろう。すなわち、日本の不得意な分野を得意な分野に変えていくことは、今後、日本のものづくりが再出発していくために必要であるということができるのである。

³⁷ 日本のものづくり「ものづくり1 日本のものづくりの強み・弱み」2016年4月17日を参照

第2節 シリコンウェーハ産業は「日本のものづくり」の代表的産業

日本のものづくり産業は、これまで国内雇用や貿易立国を支える基幹産業であった。かつては「ジャパン・アズ・ナンバーワン」と言われたように、1960年代から80年代にかけて、日本のものづくり企業は画期的な新製品を次々と開発し、自動車や家電を始めとする“Made in Japan”製品は、その高い品質・性能に支えられ、世界市場を席捲するほどの抜群の競争力を有していた。そのため、数次にわたる大幅な円高の進行にもかかわらず国内生産は拡大し、輸出を伸張させ、ものづくり産業は日本経済の躍進の大きな原動力となったのである（図表5-5）。

図表5-5 バブル経済の崩壊に伴った日本ものづくり環境の変化

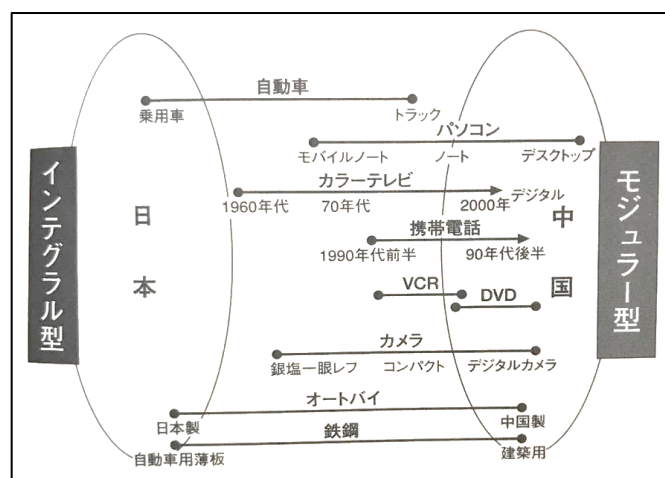
	日本の 経済成長率 (平均)	最終製品 (例:自動車)	部品・装置
1960年代	10.4%	国内での開発・生産が中心 + 輸出の拡大	高い競争力を有した時期
1970年代	5.2%		
1980年代	4.4%	内需拡大 輸出の拡大 + 現地生産の始まり (1986年:トヨタ米国工場設立)	● 最終製品の国内生産向けを中心に生産
1990年代	1.5%	内需の頭打ち 輸出の拡大 + 現地生産の拡大	● 最終製品の海外展開が進む中で、海外で作れない部品などを日本から輸出 ● 最終製品メーカーに追隨して徐々に海外展開が進行

出所：経済産業省『2013年ものづくり白書』p.3

しかし1990年代以降、日本がバブル崩壊後の長い低迷から脱却できずにいる中、中国・韓国を始めとする新興国企業が相次いでグローバルな大競争に参入してきた。特に中国の労働集約型産業主導による国際水平分業の展開は、製品のコモディティ化（一般商品化、競合する製品同士の機能や品質面の差がなくなってしまうこと）が生まれ、日本が得意としてきた「高品質・高性能」に支えられた競争に対して、激しい価格競争が引き起こされるようになった。

その結果、図表5-6で示されるように、これまで日本ものづくりが得意とする家電製品などは、次から次へと中国の組み合わせ型技術に代替され、同時に日本の擦り合わせ型技術の応用分野が次第に減少していったのである。

図表 5-6 日本の擦り合わせ型技術が中国の組み合わせ型技術へ



出所：藤本隆宏『ものづくり経営学 製造業を超える生産思想』 p. 40

一方、そのような状況下にもかかわらず、シリコンウェーハ産業においては、その「高品質・高性能」は、引き続き現在においても日本ものづくりの代表的産業として世界をリードし続けている。既述のように、日本の信越化学と SUMCO は寡占状態のシリコンウェーハ市場において、2社だけでグローバル市場シェアの5割以上を占有し続けている。ちなみに3位のグローバルウェーハズ（台湾）も、日本国内に多数の工場を構えており、中核生産地は日本国内にある³⁸。

このような事実から、開発・製造には高い技術やノウハウを必要とする高品質のシリコンウェーハを創り上げる技術は、高いものづくりの技術を有する日本を中心した形で世界に発信していると言っても過言ではないであろう。

SUMCO 会長兼 CEO の橋本真幸氏は、インタビューの中で、「(日本の) 半導体そのものの世界シェアは下がったが、シリコンウェーハに関しては日本勢で 60%弱のシェアを何十年も維持している。擦り合わせが必要で、工程が多く、1工程でも失敗したら製品ができないシリコンウェーハは、日本人のカルチャーに向いている」とコメントした³⁹。また、シリコンウェーハ製造世界最大手の信越化学の会長金川千尋氏は著書の中で、「ものは売る。技術は売らない」と力説している⁴⁰。

世界1位と2位のシリコンウェーハメーカーの経営者が、シリコンウェーハの製造は、擦り合わせ型技術が不可欠で、日本人の文化に合っていることを強調していることは象徴的である。なぜなら、その日本人の文化に表れともいえる日本のものづくりは、多くの要素・技術が組み合わさった独自のノウハウが必要だからである。作業工程において、TQC (Total

³⁸ グローバルウェーハズ日本拠点一覧 <https://www.sas-globalwafers.co.jp/jpn/corporate/sites.html> を参照

³⁹ 「トップ直撃」『週刊東洋経済』2022年7月23日を参照

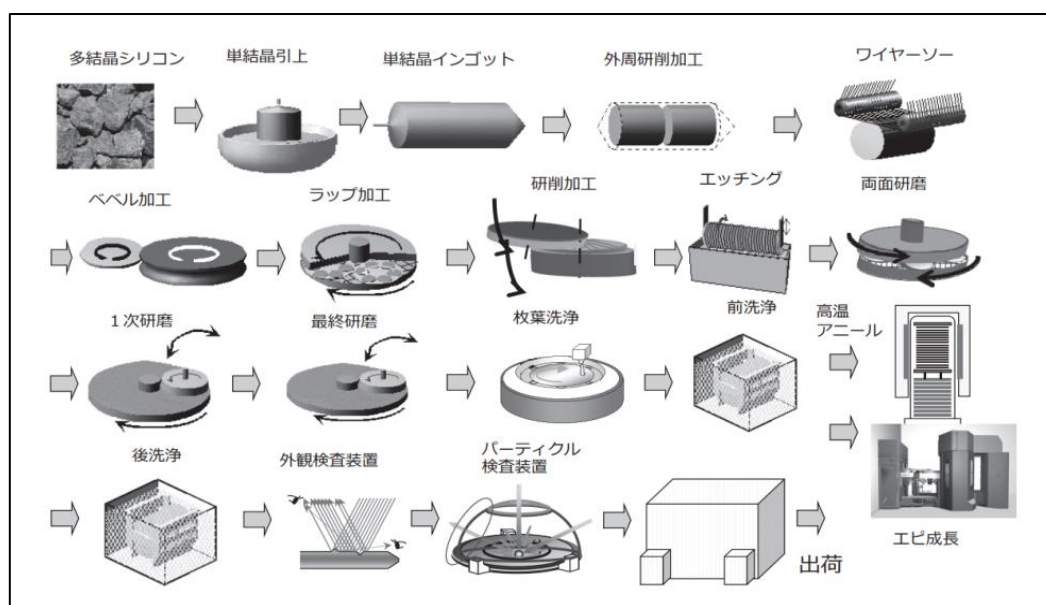
⁴⁰ 金川千尋『常在戦場金川千尋 100の実践録』p. 31を参照

Quality Control) や改善活動で作業・生産効率の向上が求められるだけでなく、技術継承も不可欠だからからである。

図 5-7 で示されるように、12 インチウェーハの製造は 20 以上の工程がある。代表的なのは、下記の①～⑨のように、各工程間の擦り合わせが求められる。

- ①単結晶シリコンインゴットの作成
- ②スライシング
- ③ベベリング
- ④研磨 (ラッピング)
- ⑤エッチング
- ⑥熱処理 (アニーリング)
- ⑦ポリッシング
- ⑧洗浄・乾燥
- ⑨品質・特性検査

図表 5-7 代表的な 12 インチウェーハの加工過程



出所：泉妻宏治「シリコンウェーハの最新の市場及び技術動向」

つまり、単結晶シリコンインゴットの引き上げから、加工、洗浄、検査、包装に至るまで、一貫した生産と厳しい品質管理体制が構築できなければ、半導体デバイスメーカーの要望に応えられる高品質のシリコンウェーハを作り出すことは不可能なのである。

また、これらの製造面の課題のほかに、製造前段階の、製造装置にも厳しい基準が求められる。つまり、シリコンウェーハメーカーはこれまで蓄積してきた技術と各種データに基づいて、歩留まりの高い製品を生産していくためには、自社の擦り合わせ型技術に適した製造装置が不可欠なのである。

そのため、シリコンウェーハメーカーは、完成品である製造装置だけに頼ることなく、事

前に装置メーカーと綿密な調整をしながら、自社仕様の装置を仕上げていくことが必要であり、それがあつること、自社の擦り合わせ型技術に適した製造装置を完成していただけるのである。

このように、製品の開発から生産、販売にいたるまで上流から下流のプロセスをすべて一社で統合することが求められるのである。そのためには、本社による高い組織調整能力と現場とのコミュニケーション力も不可欠となるのである。

その点において、伝統的に経営陣と従業員が相互に信頼し、従業員の高いモチベーションのもと、ものづくり現場の様々な問題点を見つけ出し、改良改善していくという擦り合わせ型の製品開発は、シリコンウェーハの製造に適しており、シリコンウェーハは日本のものづくりに原点であるということができるのである。

そして、日本のシリコンメーカーは、今後も従来から能力を構築してきた「強い現場」を、高い戦略能力をもつ本社が支援し、その間の連携を強化させることによって、シリコンウェーハのグローバル市場シェアを確保し続けられるのであろうと考えられる。

第3節 ものづくりの視点から RST 社の競争力の分析

日本のものづくりは、垂直統合の擦り合わせ型技術を得意とする分野であり、特に多くの複雑な工程を経て製品が完成されるシリコンウェーハの製造に適した技術に適合していることは、既述のとおりである。

RST 社は、ラサ工業から受け継いだ再生ウェーハの技術を中心に、日本国内および台湾で事業を拡大してきた。再生ウェーハの生産工程はプライムウェーハの工程と一部共通点があり、プライムウェーハ製造の中核技術であるインゴットの引き上げ、スライシングなどを習得すれば、RST 社は自前のプライムウェーハを製造していくことが可能になるのである。

一方、RST 社の傘下に入った GRITEK 社はもともとプライムウェーハメーカーであり、プライムウェーハ製造技術は有している。つまり、RST 社は自社で蓄積してきた再生ウェーハ技術と GRITEK 社のプライムウェーハの製造とを的確に融合させることによって、プライムウェーハ事業に進出できるという可能性を見出し、生み出してきたのである。

次に、製造において重要なのは、高い安定性および高品質を有する製品を製造することである。その点において、RST 社は、まずプライムウェーハの試験生産を行い、製品をテストウェーハとして認証をもらっている顧客に納入し、顧客からの使用後のフィードバック情報を基に製品の改良・改善を繰り返しながら、自前の製造技術を蓄積し続けてきた。

RST 社は、これらの経験および知見を通じて、再生ウェーハだけでなく、さらにプライムウェーハも製造も可能であるという総合シリコンウェーハメーカーの基盤を構築し、2020年以降、中国現地での生産を開始したのである。

その中でなによりも重要なことは、ラサ工業時代から培ってきた顧客との信頼関係があつたことである。それにより、テストウェーハの製品データが蓄積でき、プライムウェーハの製造が可能になったと言える。

しかしながら、それだけでは、RST社が中国市場で競争優位を得ることはできない。本格的なプライムウェーハメーカーとして、中国市場において競争優位を獲得するためには、日本のものづくりの原点である擦り合わせ型技術を中国工場に受け入れてもらい、消化、定着、歩留まり（良品率）の高い製品として反映させていくことが必要かつ不可欠なのである。このことは、RST社の中国市場でのプライムウェーハ事業が成功するか否かにかかわる核心的な課題と言える。

中国は、これまで安い労働力と資源を活かして、外資による加工・組み立てを中心に製造業を発展させ、「世界の工場」として認められた実績がある。労働と資源の活用による水平分業型のものづくりは、中国の得意とする分野である。その観点からすると、「本社は海外、工場は中国」というモジュール型技術の普及に適した生産体制なのである。他方で、「強い現場」が求められる擦り合わせ型技術は、必ずしも中国生産現場の強みとは必ずしも適合的ではない。

そのために、RST社は、プライムウェーハの製造に重要とされる擦り合わせ型技術を中国にどのようにして伝達・定着させ、中国の生産現場にいかにして有効に機能させるかという課題に関して、次のように試行錯誤を繰り返してきているのである。

RST社は、日本の技術を中国側に伝承するために、まず中国側の幹部社員の日本での研修を実施したのである。同社の徳州工場はもともとプライムウェーハを製造しており、優秀な技術者の下で品質の良い製品を製造してきた。RST社は、同工場を傘下に収めた後、その幹部社員を日本に招き、現場での研修を通じて、日本のものづくりの考え方を理解させることに努めてきた。

次に日本からの技術者の派遣も実施してきている。徳州工場に導入した最先端の生産ラインでのオペレーションは、日本本社からの技術者と中国側技術者との協働作業による品質検査の実施に重きを置いており、製品に問題が生じた際には、日中双方の技術者が検証を行い、相互に協同で問題解決に努めてきた。このようにして、日中双方の技術者の共通理解や、信頼関係、人間関係の構築にも心がけたのである。

また、日本のものづくりの現場では、「5S」（整理・整頓・清掃・清潔・しつけ）を徹底し、精密機器や部品の品質を守る伝統がある。中国にもこの伝統を定着するため、日本から派遣された技術者を中心に指導を行い、「習慣化」を加えた「6S」を生産現場に徹底させるようにしたのである。このようにして、日本レベルの製造体制に時間をかけて少しずつ構築していったのである。

日本のものづくりは、「強い現場」と本社との連携が重要である。これは、「本社は日本、工場は中国」になると、リアルタイムのコミュニケーションによる問題解決に支障を来すことになる。特に製造されたプライムウェーハは、当面中国市場に供給することが前提であり、その意味では現地事情に詳しい現場責任者への大幅な権限委譲が不可欠である。

RST社には、社長をはじめ、多数の中国事情に詳しい幹部およびスタッフがいることで、中国現地責任者に経営判断をゆだねることの重要性を心得ているという強みがある。その

強みに基づいて、現場で決められることは原則的に現場の判断にゆだねるという方針が、RST社（本社）と現場との間に決められたのである。

特に工場での生産が開始された直後は、新型コロナウイルスの世界規模の流行のために、人員の移動は大幅な制限を受けた時期であった。そのために、本社と現地経営陣、技術者とのコミュニケーションは定期的なオンライン会議でその役割を担うことを余儀なくされた。そのために、当初は双方とも戸惑いを感じた。しかし、同社はこの状況に対応するために、本社に対応を求めるといふ日系進出企業が多く行なっているオペレーションを簡略化し、現場主導の運営を一層強化させたのである。そして、現地工場に問題が発生した際にもその問題の解決後に、本社に報告するという流れにすることで、中国の現地事情に合った「現場と本社」との関係の構築を目指していたのである。

このようにして、RST社は、日本側の技術者と日本で研修を受けた中国側技術者との連携を通じて、製品の各工程の機能と仕様を相互に確認と調整、そして、工程ごとに最適な連携を通じてウェーハの高い性能の実現を目指しながら、日本のものづくり精神を中国現場と共有しつつ、現地経営陣の強みを活かし、さまざまな調整や統合を行うという、迅速かつ合理的な対応を通じて効率を向上させてきたのである。これらの対応と活動等を通じて、RST社は日本型ものづくりの精神と中国現場の経営力を融合させ、独自のものづくり体制を整えてきたのである。

日本型ものづくりの競争力に関しては、「ものづくり組織能力」「裏の競争力」と「表の競争力」「収益力」の4つに分けられると、藤本は強調している⁴¹。「ものづくり組織能力」は、生産現場の組織の能力であり、「裏の競争力」は、消費者から見えない安全、品質、コスト、納期、フレキシビリティなどの競争力を指す。また、「表の競争力」は、消費者から見える競争力であり、「収益力」は会社の利益を生み出す力である。

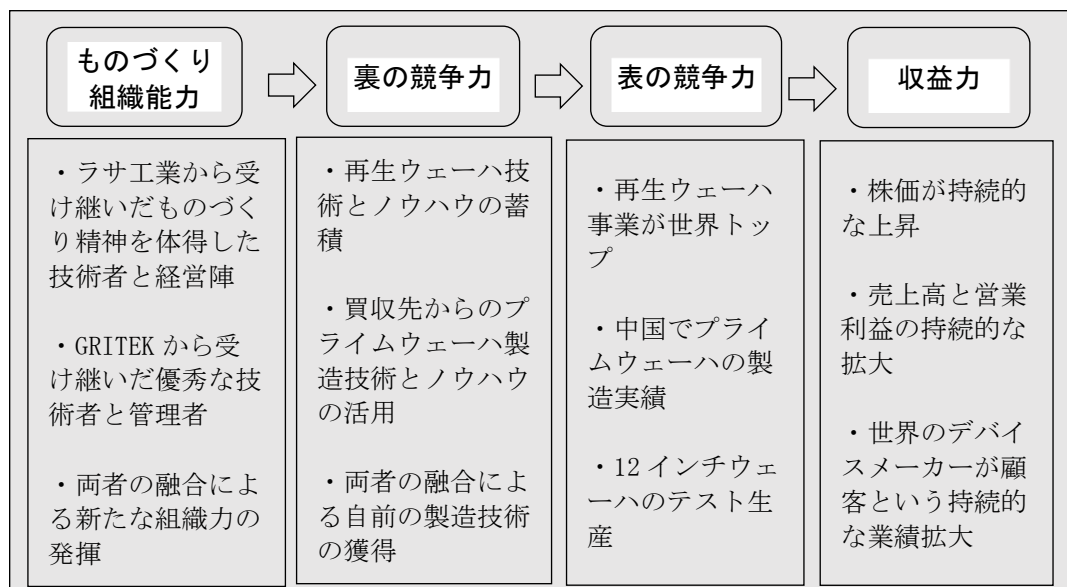
つまり、経営陣の組織能力が発揮されることで、他社が簡単に真似できない現場、顧客から見えない現場の実力、顧客が評価する製品の実力などが形成され、それらが会社の利益や株価に反映されることで収益力などの向上として評価されることになる。この考えに従ってまとめたのは図表5-8である。

同図表からわかるように、RST社は、日本のものづくり精神を活かした経営実践を通して、「ものづくり組織能力」の向上を実現し、それらが「表の競争力」および「裏の競争力」の獲得につながっている。また、再生ウェーハやプライムウェーハの製造と販売から、その「収益力」が売上高や株価の上昇などを通じて成果として生み出しているのである。

そして、そのことによって、RST社は、「ものづくりを極めることが可能」であるという本研究の仮説1を証明していると言えるのである。

⁴¹一般社団法人『モノづくり改善ネットワーク』藤本隆宏“ものづくり考”を参照

図表 5-8 RST 社のものづくりと 4 つの力



出所：筆者作成

まとめ

90 年代以降のグローバル化の進展は、世界の製造業が国際水平分業への転換をもたらし、かつて日本の強みである垂直統合的な擦り合わせ型技術から生まれた高品質、高性能の製品は、次第に一般化されたコモディティ製品に代替されてきた。

このようにして、日本のものづくりは相対的に存在感が薄れてきているが、その中で依然として世界のトップシェアをリードし続けているのは日本のシリコンウェーハ産業である。その背景には、シリコンウェーハの製造は、多くの要素・技術が組み合わさった独自のノウハウが不可欠で、作業工程において、TQC (Total Quality Control) や改善活動で作業・生産効率の向上が求められるだけでなく、技術継承も不可欠だからである。つまり、擦り合わせ型技術によって支えられているのが日本のシリコンウェーハ産業なのである。このことは、本章で検証しようとするものづくりから生まれた日本の技術力、そして、「シリコンウェーハ産業は日本ものづくりの代表的産業である」命題を証明しているといえるのである。

一方、RST 社は、前身のラサ工業から再生ウェーハのノウハウと販売ネットワークを継承しながら再起動した日本のものづくり企業である。そして、そのものづくりの精神を、やがて中国のシリコンウェーハの老舗と連携することにより、中国にも伝達・定着させていこうと図っている。近年における同社のものづくりの精神や手法は、組織能力から、裏の競争力、表の競争力、そして、収益力においても反映されており、総合ウェーハメーカーとして成長してきていることが分かる。つまり、そのことから、本章の目的である RST 社は「ものづくりを極めることが可能である」という仮説の検証ができたと言えるであろう。

第六章 仮説2「RST社は強い日本本社、強い中国現場を目指すことが可能」の検証

本章では、仮説「RST社は強い日本本社、強い中国現場」を目指すことが可能であることを検証していく。

検証の手順として、まず日本のものづくりを支える「強い現場」について概説する。

次にRST社は、現在中国において、日本のものづくりの要素が強く求められるシリコンウエーハの製造を展開してきている。しなしながら、中国における事業を成功させ、中国市場でのその成功を土台にしながら、グローバル市場でさらなる成果を勝ち取っていくためには、なによりも「強い日本本社、強い中国現場」という状況を高度な形で実現していくことが必要不可欠である。

その実現のために、日中双方において、有効且つ有機に機能し確実に成果を出していける新たなフレームワークである「日中ものづくりコーディネーションシステム（Japan-China Manufacturing Coordination System、JCMCS）」を構想し、その構築を目指していくことが必要不可欠である。

そして、その「日中ものづくりコーディネーションシステム（JCMCS）」を有効に構築及び活用することができれば、RST社は、「強い日本本社、強い中国現場」を目指すことが可能であるということを、本章において検証していく。

第1節 「強い現場」は日本のものづくりの原点

既述のように、日本のものづくりは、部品や機能ブロックの仕様を相互に調整し、製品ごとに最適設計を行うことで高い性能を実現する「製品アーキテクチャ」と、本社と現場とのコミュニケーション能力や関連領域における幅広い基礎知識から生まれた調整能力である「組織能力」、年功序列や終身雇用の仕組み、ローテーションによる関連部署での業務経験蓄積といった「能力構築環境」が重要視される。

そのような要素が有効に組み合わさって、「強い現場」を作り出してきたのである。そして、製品をいかに正確・効率的に製造、物流、納入するかを求められる「現場力」の実現には、「人材」「技術」「経営」などの面の対応が不可欠な要素である。

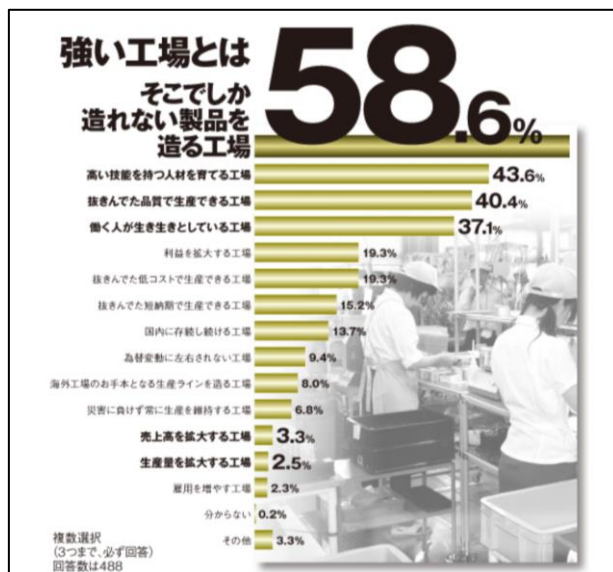
日経BPが2013年に製造業のエンジニア（技術者）488名を対象に実施した強い工場に関するアンケートでは、次のような結果が得られた。

強い工場とは、「そこでしか造れない製品を造る工場」（58.6%）をトップに、「高い技術を持つ人材を育てる工場」（43.6%）、「抜きんでた品質で生産できる工場」（40.4%）、「働く人が生き生きとしている工場（37.1%）」であるという回答が続いた。それらの他社が持っていない技術、優れた人材、最高の製品が生産できる、最高の職場といった回答は、別の言い方をすれば、まさに日本のものづくりの原点というべき各要素が有機的に融合され、「そこでしか造れない製品を造る工場」が生まれたのである。

なお、一般的に強い工場を意味すると考えられる「売上高を拡大する工場」（3.3%）、「生

産量を拡大する工場」(2.5%)などは少数回答であった(図表6-1)。

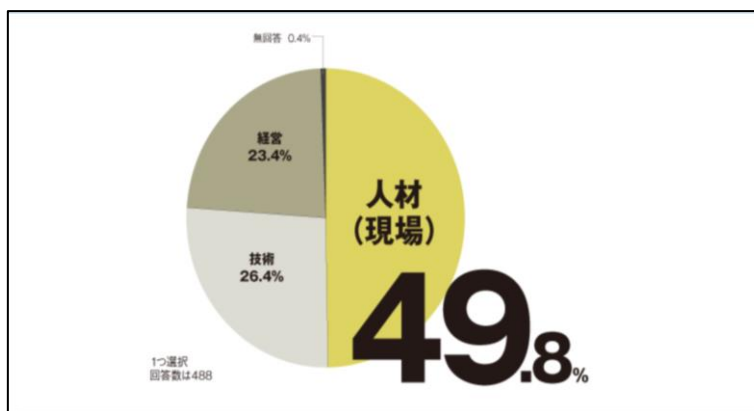
図表6-1 強い工場とは(複数回答)



出所：日経ものづくり調査「数字で見る現場」(2013年)

また、強い工場に最も必要な要因に関する質問では、現場に精通した「人材」(49.8%)が最も多く、「技術」(26.4%)、「経営」(23.4%)などの回答が続いた(図表6-2)。

図表6-2 強い工場に最も必要な要因(単一回答)



出所：同図表6-1

既述のように、擦り合わせ型技術の特徴は、多くの要素・技術が組み合わさった独自のノウハウ、TQC (Total Quality Control) や改善活動、技術継承などがあげられる。これらの要因に応えられるのは、現場に精通した人材であり、そしてこれらの人材こそが、高い技術力を活かして、最高の製品を作り出し続けることが可能なのである。

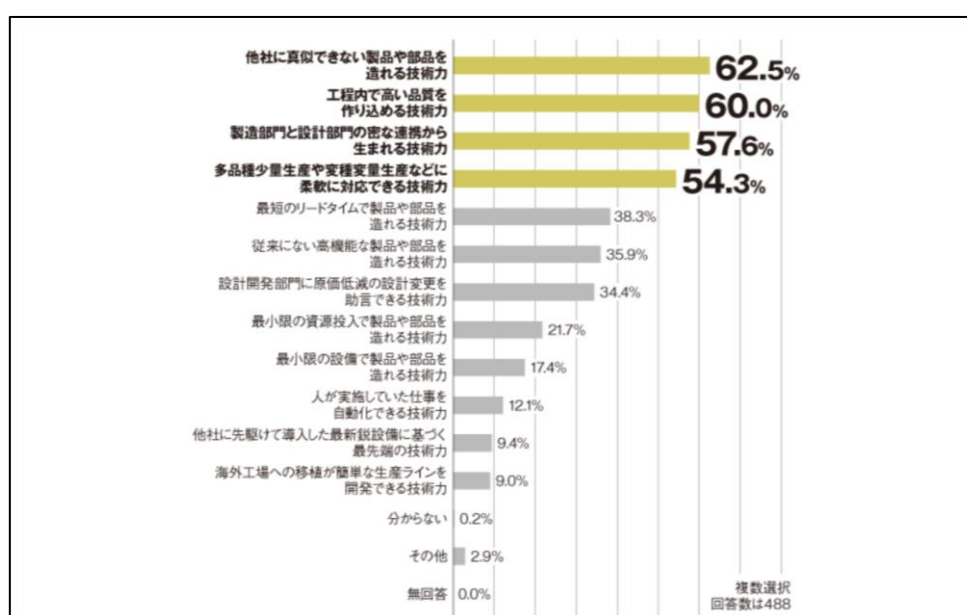
そして、強い工場に最も必要な要因である「経営」が最後に来たのは、日本のものづくりの実態に即した回答であると言える。製品はその後の効果的なマーケティング戦略を通じ

て、市場に投入し会社の利益につながっていくが、そのためには、当然本社による効果的なマネジメントが重要視され、すなわち、「経営」が求められるのである。

また、そのことは、最高品質の製品を作り出すことが前提であることから、「強い現場」に「経営」が加えられるという、現場と本社との関係性が的確に反映された回答内容となっているということができらるだろう。

続いて、強い工場に必要な技術に関する質問には、「他社に真似できない製品や部品を造れる技術力」(62.5%) が最も多く、「工程内で高い品質を作りこめる技術力」(60.0%)、「製造部門と設計部門の密な連携から生まれる技術力」(57.6%)、多品種少量生産や変種変量生産などに柔軟に対応できる技術力」(54.3%) の順となった(図表 6-3)。

図表 6-3 強い工場に必要な技術 (複数回答)



出所：同図表 6-1

技術に対するそれらの厳しい要望には、長年擦り合わせ型技術をやってくることでできた現場にしか対応できないものであるとすることができる。特に、今日世界規模で展開されている組み合わせ型のものづくりは、同じ作業を繰り返して行うルーティング作業である現場であるために、そのような要望に応えることは不可能である。その意味でも、それらの要望は日本のものづくり現場に求められる技術力の高さを示した回答であると言えるだろう。

しかしながら、ここで重要な点について説明を加えておく必要があるだろう。それは、本アンケートは、バブル経済が崩壊後、いわゆる日本経済が「失われた 20 年」に突入した時期に実施されたものである。同時期には、従来の「日本型経営」が大幅に見直されたにもかかわらず、生産現場では、独自の技術の進化を追求するあまり、世界的な標準規約からかけ離れていく状態となった。それこそが、ガラパゴス化という言葉で批判的に表現される日本

製造業の実態であった。その意味からすると、本回答の内容は、伝統的な日本のものづくりを追求する精神そのものが当時において全く変わっていないという印象を強く与えるものであったとすることができるだろう。

もちろん、その状況においても、「強い現場」が不要であるということの意味するものではなく、むしろそれらの「強い現場」が有効に機能するためにも、「強い本社」との組み合わせが必要であり、その両者の組み合わせこそが不可欠であるということを強調したいのである。なぜなら、日本の企業は、「現場は強いけれど本社は弱い」としばしば言われているからである。

「擦り合わせ型」において必要な調整能力やコミュニケーション能力は、年功序列や終身雇用の仕組み、ローテーションによる関連部署での業務経験蓄積などを通じて育成されてきていたわけであるが、バブル経済崩壊に伴い、従来の「日本型経営」が終焉するとともに、従来の「能力構築環境」や「組織能力」などが次第に見直されてきてもいるのである。そのために、「弱い本社説」がこれまで以上に目立ってくるようになってきたのである。そのような社会変化及びそれに伴う製造業及びその企業内部における組織構造の変化・変容を踏まえると、今後においては、その優位性がある「強い現場」を維持していくためにも、有効な「強い本社」がより強く求められるようになっていくのであろうし、それが必要であると言えるだろう。

図表 6-4 「強い現場」と「強い本社」を組み合わせさせた日本型経営

	現場	本社	結果
従来の日本型経営	強	弱	ガラパゴス化
今後の日本型経営	強	強	グローバル市場での競争優位の獲得

出所：筆者作成

なお、本研究で論じている「強い本社」に必要な「本社力」とは、目標の設定力、強力なリーダーシップ、問題発見能力、高度なリスク管理能力等があげられる。これらの能力は「現場力」とは異なるが、本社の「組織能力」を活かした現場との効果的なコミュニケーション力がその中でも最も重要な基本と言えるだろう。

第2節 「日中ものづくりコーディネーションシステム (JCMCS)」の提案

上述のように、日本のものづくり企業である、シリコンウェーハメーカーのRST社は、中国子会社を通じて最先端の12インチウェーハ製造に新規参入してきた。また、これまでの考察から分かるように、擦り合わせ型技術が強く求められるシリコンウェーハの製造では、「強い中国現場、強い日本本社」の組み合わせこそ、その市場における優位性を発揮できるのである。すなわち、その組み合わせが有効に実現・機能してこそ、中国及びグローバル市場での競争優位の獲得が可能であるということができるのである。

そこで、次に、両者の連携による高品質な製品の生産と販売による市場競争力の獲得が期

待される「日中ものづくりコーディネーションシステム (JCMCS)」の構築を提案したい。同システムの定義等については、以下で詳細に考察していく

1. 「ものづくりコーディネーションシステム」とは

「コーディネーション」という言葉は、「調整・協調・連携」の意味がある他、「組み合わせ、調和」といった含意もある。またこの言葉の用例に関しては、「最適な行動の組み合わせが確率的に決められるような環境の場合、コミュニケーションを通じた行動のコーディネーションモデルの分析が有効」という用例や、「異質な組織や個人を柔軟にコーディネートする」ことで、多様なオープンネットワーク環境と多様なコーディネーションが存立するといった先行研究での用例などがある。

これらに共通することは、複数の要素、つまり、ヒト、モノ、カネ、コト、サービスなどの統合を表しているということであり、また「協力」「交渉」「合意」といった趣旨を含みつつ、目標やゴールに達するための「ツール」としての役割を持たされているということである。

また、「システム」とは、個々の要素が相互に影響しあいながら、全体として機能するまとまりや仕組みのことである。IT 分野の例では、コンピュータや他の電子機器、ソフトウェア、通信ネットワーク、データなど様々な要素を組み合わせ、全体として何らかの機能を発揮するひとまとまりの仕組みを、「情報システム」や、「IT システム」、「コンピュータシステム」などのように使われるのである。

その中でも特に「情報システム」は、情報通信技術 (ICT) が急速な進展を実現し続ける今日において、従来の基準を超えた量の情報を取り扱うことを可能にしている。また、こうした情報通信技術を用いることで、「情報システム」を取り囲む環境についての膨大な情報を、「情報システム」の運営に反映させることが可能になってきているのである。しかも、これらの技術を用いて機械的・電子的なシステム運営を行えば、人間が経験に基づいたり、直接対応したりするよりもはるかに迅速かつ正確に、「情報システム」を運営することが可能になってきているのである。

他方、「情報システム」が有効に機能し望ましい結果を得るためには、システムを取り巻く不確実性 (環境情報) の変化に対応して、システムを構成する様々な構成要素 (例えば、組織であれば、経営者、技術者、現場作業員など、製品であれば、製造装置、部品、原材料など) を効果的にコーディネートしていく必要がある。つまり、「情報コーディネーションシステム」ともいべきものを構築できて、「情報システム」を構成する様々な構成要素を効果的にコーディネートすることができるということになるのである。

このような「情報コーディネーションシステム」の考え方は、本研究のものづくりに関する「コーディネーションシステム」にも援用できるであろう。つまり、それに従えば、「ものづくりコーディネーションシステム」は、次のように考えることができるのであろう。

ものづくりは、主としてヒト、モノ、カネ、情報などの構成要素から成り立っていること

である。それに基づけば、「ものづくりコーディネーションシステム」は、経営者、技術者、現場作業員といった「ヒト」の構成要素や、製造装置、部品、原材料といった「モノ」の構成要素、調達、生産、物流、販売、購買などの各段階における資金の流れといった「カネ」の構成要素、そして、これらのカネの流れの各段階に関わる情報の流通といった「情報」の構成要素などから構成されている。

そして、同システムは、それらの構成要素を統合し、かつ最適な組み合わせにコーディネートすることにより、最高品質の製品を作り出していくための仕組み・方策であると定義することができるだろう。

なかでも、経営者、技術者、現場作業員などの「ヒト」に関わる構成要素間における効果的なコミュニケーションを通じた行動のコーディネーションは、最高品質の製品を作り出すための最も重要な要件になると言えるのであろう。

2. 「日中ものづくりコーディネーションシステム (JCMCS)」とは

これまでの考察で分かるように、RST社にとって、安定性の高いシリコンウェーハを製造するためには、「日本の本社」と「中国の生産現場」におけるヒト、モノ、カネ、情報などのものづくりの構成要素を統合し、かつ効果的なコーディネートが行われることが必要不可欠なのである。そして、そのプロセスにおいては、「日本の本社」および「中国の生産現場」におけるものづくりに関する情報的、技術的ギャップ、文化的差異などに対する調整は、経営者、技術者、現場作業員などによる効果的なコミュニケーションが最重要課題になる。そのコミュニケーション（調整）においては、次のような対応が必要であらう。

- ・「中国の生産現場」で生じた課題や問題点を速やかに「日本の本社」と共有すること
⇒ものづくり情報の「共有」
- ・「日本の本社」および「中国の生産現場」で交わされた情報に対する各種の調整を行うこと
⇒ものづくり情報の「調整」
- ・「日本の本社」と「中国の生産現場」との連携による様々な課題や問題点への対策を含めた情報の円滑なやりとりすること
⇒ものづくり問題・課題の「解決」

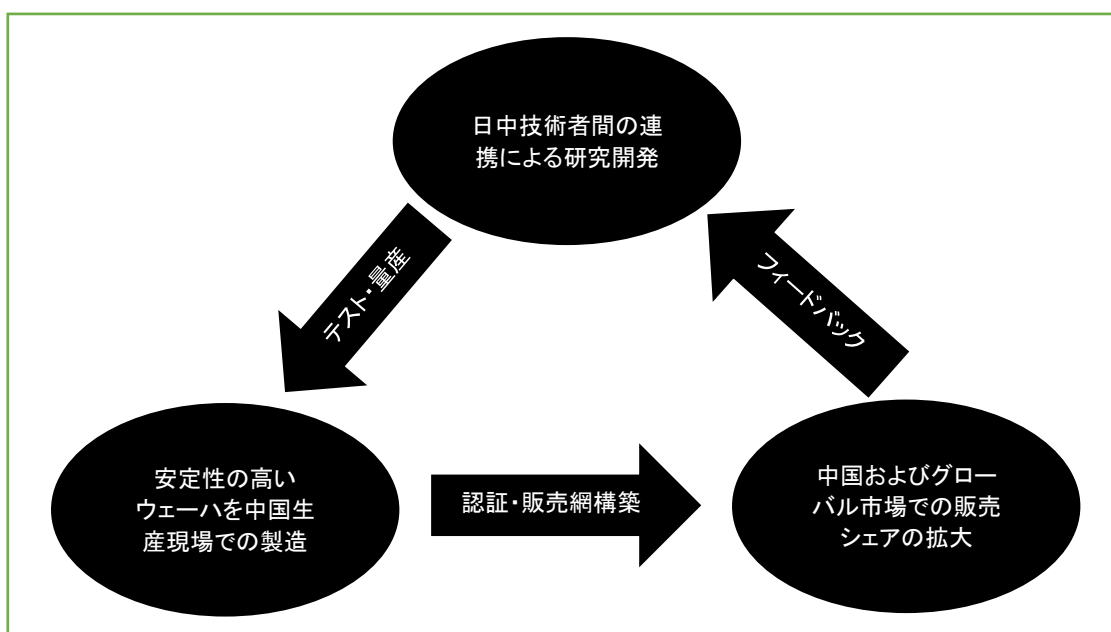
これはつまり、これらの情報と課題を、「日本の本社」と「中国の生産現場」の双方の間で共有し、有効に調整し、解決していくといった、「共有」「調整」「解決」に関わる仕組みを構築することである。本研究では、この仕組みを、「日中ものづくりコーディネーションシステム (Japan-China Manufacturing Coordination System, JCMCS)」と呼ぶことにする。

このように、「日中ものづくりコーディネーションシステム (JCMCS)」には、上述してきたものづくりのすべての構成要素を統合し、かつ最適な組み合わせにコーディネートする

ことにより、最高品質の製品（安定性の高いシリコンウェーハ）の研究開発と製造のほかに、中国国内およびグローバル市場での販売シェアの拡大、そして顧客である半導体メーカーからの製品使用情報のフィードバックにより、製品の改良・改善が継続的に実施していきけるような機能を備えることが不可欠であろう。

そのために、これまでの議論を踏まえつつ、RST 社が「日本の本社」と「中国の生産現場」で構築する「日中ものづくりコーディネーションシステム（JCMCS）」は、図表 6-5 で示されるような、下記の要点から表現することができるだろう。

図表 6-5 「日中ものづくりコーディネーションシステム（JCMCS）」のイメージ図



出所：筆者作成

- ① 安定性の高いウェーハを製造するための、日中技術者の協力による製品の研究開発
- ② 歩留まり率の高いウェーハのテスト生産を経て、量産化へ
- ③ 半導体メーカーの認証を得て、製品を中国国内および、グローバル市場での販売シェアの拡大
- ④ 半導体メーカーからのフィードバック情報を基に、開発部門がさらなる改良、改善を行い、一層安定性の高い製品に反映させる

これはつまり、RST 社が「日本の本社」と「中国の生産現場」との間に、研究開発から、製造、販売までのすべての工程を統合しながら、「共有」「調整」「解決」という好循環を通じて、「日中間ものづくりコーディネーションシステム（JCMCS）」を構築していくことである。

3. 藤本「ものづくり」の構想から「日中ものづくりコーディネーションシステム (JCMCS)」の再確認

上述の「日中間ものづくりコーディネーションシステム (JCMCS)」を、藤本の「ものづくり」構想に当てはめて考えるとき、下記のように理解することができよう。

既述のように、藤本は、広義の「ものづくり」とは、人工物に託して設計情報、すなわち付加価値を創造し、転写紙、発信し、顧客に至る流れを作って顧客満足を得ること、そして「モノをつくる」のではなく、設計情報を「モノに作り込む」ことが「ものづくり」なのであるとしている。単にモノを製造することが「ものづくり」なのではなく、「設計情報の作り込み＝ものづくり」と解釈している。

それに基づけば、「ものづくり」は、その本質が設計情報の作り込みにあるとするなら、「設計情報を創造するのが開発という仕事であり、それをもの（サービス）に転写するのが生産の仕事、顧客に向けて発信し、そこから次の設計に必要な市場情報をフィードバックするのが販売の仕事⁴²⁾」なのである。また「製品の設計情報を創出するときの基本的な設計思想をアーキテクチャと呼ぶ。これは製品（サービス）設計を構成要素と構成要素間の関係性でとらえる視点である⁴³⁾」という考え方が成り立つのである。

上記の藤本の主張に従えば、RST社が目指す「日本の本社」と「中国の生産現場」との間に構築される「日中ものづくりコーディネーションシステム (JCMCS)」は、設計の段階から、その設計情報を製品である「シリコンウェーハに作りこむ」ということである。そのため、安定性の高いシリコンウェーハを開発するには、日中技術者による新たな設計情報を創造することであり、その成果は生産現場における歩留まりの高い製品に転写されることになるということである。そして、中国およびグローバル市場での販売を通じて、顧客からのフィードバック情報を基に、製品の更なる改良、改善に取り組んでいくことであるということができる。

さらに藤本は、「構成要素間の関係性が相互依存的である場合と相互独立的な場合で、設計思想（アーキテクチャ）は異なり、そのモデルも異なる」⁴⁴⁾と述べており、次のような事例を説明している。

- ・ 構成要素間の相互依存性が「強い」ケース

例) 自動車: セットする企業は、部品企業と協力しながら全体の最適な設計を目指す。相互依存関係が複雑になる程、セット企業の調整機能が重要になる。このアーキテクチャは「すり合わせ型 (インテグラル型)」と呼ぶものである。

- ・ 構成要素間の相互依存性が「ない・少ない」ケース

⁴²⁾ 藤本隆宏「ものづくり経営学 製造業を超える生産思想」pp. 285-286

⁴³⁾ 同上掲 p. 523

⁴⁴⁾ 同上掲 p. 534

例) パーソナルコンピュータ：製品設計と構成要素の設計が分断されているため、セット企業と部品企業、また部品企業間で高度な調整と必要としない。構成要素間のインターフェースが標準化され、部品企業が、部品最適化を図ればそのまま全体最適になる。このアーキテクチャは「**組み合わせ型 (モジュール型)**」と呼ぶものである。

そして、ものづくりアーキテクチャ（設計思想）の特性を考慮すれば、日本は擦り合わせ型（インテグラル型）の産業分野で比較的優位を保ってきており、インテグラル・イノベーションと市場の創造を目指すべきだともしている。

この擦り合わせ型産業の諸条件、海外での生産拡大や、海外での販路拡大を見出すというケースは、まさに RST 社が推進中の「日本の本社」と「中国の生産現場」の状況や環境と合致していると言える。そして「日中双方の技術者が協力しながら全体の最適な設計を目指して、擦り合わせていく」というシリコンウェーハのアーキテクチャは、まさに「すり合わせ型（インテグラル型）」であり、日中共同によるものづくりを成功に導いていく上での前提とも言えよう。

さらに、藤本は、インテグラル・イノベーションで市場を創造し、成果を得た企業から学ぶべき事例として、次のような事例を挙げている⁴⁵。

- ・ソニー：海外市場にブランド構築で挑む。アメリカの大型小売店の OEM 製品供給にはタッチせず、独自の技術と商品開発、その意図を消費者に伝えることに重点を置いた。
- ・キリン：「午後の紅茶」や「氷結」の成功例。中国の流通改革の中、コンビニエンスストアと緊密な連携。日本型の「売場作り」を現地で実施、新しいカテゴリの市場を創造した。

ソニーとキリンのこれらの成功例では、グローバル市場を目指して「インテグラル型商品の独自性」を打ち出し、根源的な市場創造を図る重要性を物語っており、その取り組みで会社のブランド価値を向上させたという。さらにこうした成功に共通する貴重な示唆があると言ひ、それは国際経済の環境や産業構造の変化に直面しても、次のような対応がなされていたと指摘している。

- ・基本理念や経営戦略が明確であること
- ・その基本理念が国境をこえて共有されたこと
- ・理念の共有により組織の行動が統一的になったこと

これらの条件を、本研究の課題の一つである「日本の本社」と「中国の生産現場」に置き換えるとき、それは、RST 社が、中国におけるシリコンウェーハの製造という、構成要素間

⁴⁵ 同上掲 p. 534

の相互依存性が強い製品を製造する場合、「日本の本社」と「中国の生産現場」が協力し合いながら全体の最適な設計を目指すということである。そして、その「日中ものづくり情報の設計＝日中ものづくりコーディネーションシステム」は、別の言い方をすれば、「日中すり合わせ型ものづくりシステム」とも呼ぶことができるものであろう。

第3節 RST社の「強い日本本社、強い中国現場」構築の可能性

以上で考察してきたように、RST社がヒト、モノ、カネ、情報などの構成要素間の相互依存性が強いシリコンウェーハを中国で研究開発、製造、販売をするには、「日本の本社」と「中国の生産現場」が協力し合いながら全体の最適な設計を目指すことが必要不可欠である。すなわち、シリコンウェーハの研究開発、製造、販売をめぐる情報と課題を、「日本の本社」と「中国の生産現場」の双方の間で共有し、有効に調整し、解決していくといった「日中ものづくりコーディネーションシステム(JCMCS)」を有効に機能させることは、シリコンウェーハの研究開発、製造、販売の統合という好循環を通じて、中国およびグローバル市場シェアを獲得するための前提条件と言える。

既述のように、RST社の強みは、再生ウェーハで培ってきた技術とノウハウを活かして、世界の半導体メーカーとの取引から醸成してきた信頼関係、そしてこの信頼関係の下、グローバルな販売ネットワークを構築できていることである。

一方のRST社の中国子会社GRITEK社の前身はシリコンウェーハ製造に長い歴史を持つ中国の老舗ウェーハメーカーであり、6インチ以下から8インチまでウェーハの安定的な製造技術を有しているが、最先端の12インチウェーハ製造ははじめての挑戦である。そのため、安定性の高い製品を量産化できるかどうかは、GRITEK社の今後の発展を左右する重要な課題である。

さらに、生産された製品は中国国内半導体メーカーの認証を経て、中国国内での販売基盤の構築を基にしたグローバル市場への販売網の構築は、RST社の今後の最大の課題であると言える。そういう意味において、RST社の日本の「本社力」と中国子会社の「現場生産力」の組み合わせによる安定生産体制が的確にかつ有効に構築されることは必要不可欠なこととなるのである。

シリコンウェーハは無数の複雑な生産工程を経て初めて歩留まりの高い製品が完成されるという特徴から、日本が得意とするものづくり技術である擦り合わせ型技術が向いていることは、これまでのところで既に検証してきた。

また、日本のものづくりでは、「製品アーキテクチャ」、「組織能力」、「能力構築環境」の3つの要素が重要視される。「擦り合わせ型」の場合は、「製品アーキテクチャ」は、部品や機能ブロックの仕様を相互に調整し、製品ごとに最適設計を行うから高い性能を実現するというものである。「組織能力」とは、その組織の調整能力、つまり、コミュニケーション能力や関連領域における幅広い基礎知識の獲得と活用などが組み合わさった能力である。そして、「能力構築環境」は、従業員が安心して働く環境のもと、業務経験蓄積などにより

育成がされていることである。

このような3要素は、日本国内では、「強い現場」を通じて、実現可能性をもたらしている。しかしながら、「弱い本社」という課題は存在し続けてきたのである。

これに対して、RST社の場合、「本社は日本、現場は中国」となるので、さらに難しい課題になることは言うまでもない。しかし、「日中ものづくりコーディネーションシステム（JCMCS）」を的確に構築していくことによって、これらの課題を緩和しさらに解決し、新たなビジネスモデルを生み出していける可能性が生まれるのではないかと考えられる。

一方、「日中ものづくりコーディネーションシステム（JCMCS）」をRST社に当てはめて考えた場合、前述したなかで、①ものづくり情報の「共有」、②ものづくり情報の「調整」、ものづくり問題・課題の「解決」を目指すことの3点が最も重要となるのである。

これまでのRST社のバリューチェーンの分析においても分かったように、「主活動」に対する「支援活動」も行われている。その点に関しては、RST社は、徳州工場においてはすでに、日本の設備メーカーと事前に綿密な打ち合わせを行いながら、自社仕様の機械を中国に導入してきているのである。

同時に日本から技術者を現地に常駐し、問題発生時には、中国側の技術者と連携しながらその解決に取り組み、製品品質の安定化と良品率の向上を目指している。その際、同社のラボは顧客からのフィードバック情報に基づき、常に製品品質の改良・改善に対応している。

そして、これらの研究開発に必要な資金は、同社の自己資金と中国政府側からの補助金、及びGRITEK上場による多様なルートの資金調達も活用しているのである。

また、日本の技術を中国側に伝承するために、中国側の幹部社員に対しての日本での研修も定期的実施されてきており、日本の現場での研修等を通じて、日本のものづくりの考え方の理解の向上にも努めてきている。それに加えて、日本から技術者の派遣も行っている。そのような工夫や対応をしながら、徳州工場に導入した生産ラインでのオペレーションは、本社からの技術者と中国側技術者との協働作業による品質検査の実施に重きを置いており、製品に問題が生じたとき、日中双方の技術者による検証を行い、問題解決に努めている。このようにして、日中双方の技術者の共通理解や、信頼関係・人間関係の構築にも心がけてきたのである。

さらに、日本のものづくりの現場では「5S」（整理・整頓・清掃・清潔・躰）が重視されていることに関して、RST社の中国現場では、その「5S」徹底するために、それに「習慣化」を加え強調した「6S」を生産現場に導入していることは前述のとおりである。

つまり、上記のような中国側の幹部社員の日本での研修や、生産現場における日中技術者による共同作業、そして、日本的な現場管理体制の構築を通じて、日本のものづくりの神髄を中国の工場現場に少しずつ浸透させてきている。そして、そのような活動を通じて、「強い中国現場」を目指してきていることになるのである。

一方、中国は、これまで安い労働力と資源を活かして、外資による資本や設計などに基づく製品の加工・組み立てを中心にした製造業（ある意味で「弱い現場」）を発展させ、「世界

の工場」として認められてきた実績がある。それは別の言い方をすれば、「本社は海外、工場は中国」という組み合わせ型技術の普及に適した生産体制であるということもできるのである。

その観点からすると、「強い現場」が求められる擦り合わせ型技術は、必ずしも中国生産現場の強みと適合するものではないということもできる。特にリアルタイムのコミュニケーションによる問題解決は、本社が海外（日本）になると、現場と本社との感覚のずれなどから生じる理解のずれが多発する可能性があり、難しくなる可能性がある。その意味では、中国生産現場の強みを活かすための現地責任者に権限の委譲が不可欠である。

その点において、RST社は、社長をはじめ、中国事情に詳しい多数の幹部およびスタッフがいて、中国現地責任者に経営判断をゆだねることの重要性を心得ており、現場で決められることは原則的に現場の判断にゆだねることに心がけてきているのである。

そして、上述したようなこのようなさまざまな工夫や対応を通じて、経営環境や生産地などの変化に直面しても、RST社と中国現場との間に、次のような理解や認識を共有できるようにしてきたのである。

- ・中国におけるシリコンウェーハのトップ企業を目指すという経営目標が明確であること
- ・中国における土台をもとにしてグローバル市場シェアでの獲得という目標を共有していること
- ・強い中国現場および強い日本本社という目標の共有に基づく統一的組織的行動をとることへの理解が共有されていること

そのようにして、日本と中国における組織能力の偏在と得意技分布の違いを少しずつ解消し、そこからRST社の「強い日本本社、強い中国現場」の構築を目指してきているのである。

まとめ

藤本は「アジアものづくりの比較優位説」を提唱している⁴⁶。相対的に言えば、世界の主要地域ごとに、企業の組織能力が偏在しているように見えるとも主張している。それは、そうした「地域に偏在する組織能力」と当該製品のアーキテクチャの「相性」が、地域ごとの産業競争力に少なからぬ影響を与えるという発想である。

戦後日本企業の国内拠点に多く見られた組織能力は、「統合力」とりわけ開発、生産現場の統合的組織能力であり、そうした能力が活きるのは、オペレーションの一貫性で勝負するタイプの「擦り合わせ型製品」である。

⁴⁶ 藤本隆宏『ものづくりの経営学—製造業を超える生産思想』pp. 423-435

韓国では、特に財閥系出身の大企業において、思い切った設備投資で勝てると確認した時のトップの意思決定の集中力、及び資金の集中力に身を見張るものがある。こうした組織能力から迅速かつ大量の設備投資によって競争力に直結するモジュール的な製品を大量に作り出すことに成功したのである。

一方の中国では、80年代以降の海外からの直接投資に、国内の大量の労働と資源を投入し、加工・組み立て的な生産活動を行い、労働集約的なモジュール製品を世界に大量に供給することができたのである。

このようなアジア主要国のものづくりの特徴から分かるように、日本のものづくりは単純に工場を中国に移転しても効果が表れることはないもということができる。その意味において、本章の分析を通して見えてきたことは、「日中ものづくりコーディネーションシステム (Japan-China Manufacturing Coordination System、JCMCS)」の構築こそが、日中企業間の組織能力や得意技の偏在を解消させる可能性があるということなのである。それはつまり、RST社が目指す「強い日本本社、強い中国現場」という考え方やビジネスモデルこそが、「日本のものづくり」がグローバル市場においても成功を生み出していくことのできるヒントになるのではないかということである。もちろん、「日中ものづくりコーディネーションシステム」は現段階における構想であり、今後、RST社が中国生産現場との擦り合わせながら、実践的に高度化を図っていくことは必要不可欠であろう。そして、その経験・知見から、日本のものづくり企業の新しい可能性や方向性が見いだせると考えることもできるだろう。

第七章 仮説3「RTS社は競争優位の獲得によるグローバル市場への展開が可能」の検証

本章は、RTS社は「競争優位の獲得によるグローバル市場への展開が可能」であることを検証することである。検証の手順として、まずRST社が中国子会社GRTEC社による中国で12インチウェーハ製造に参入する計画と生産体制を概説する。次に、GRTEC社の技術力の考察を通じて、12インチウェーハの製造の実力を明らかにする。最後に、「強い日本本社」と「強い中国現場」による競争優位獲得の可能性をバーニーの競争優位モデルを用いて実証する。

第1節 RST社12インチウェーハ市場への新規参入

RST社の「2022年12月期第2四半期決算説明資料」によると、再生ウェーハ主力製品である12インチウェーハに関しては、日本国内、台湾、中国における2021年の合計46万枚から2024年には63万枚に拡大する予定であると共に、特に中国市場においては、0枚から5万枚に増産予定である（図表7-1）。目標を達成するために、3主要市場における投資も増やしていく計画である。

図表7-1 RST社再生ウェーハの生産と投資計画

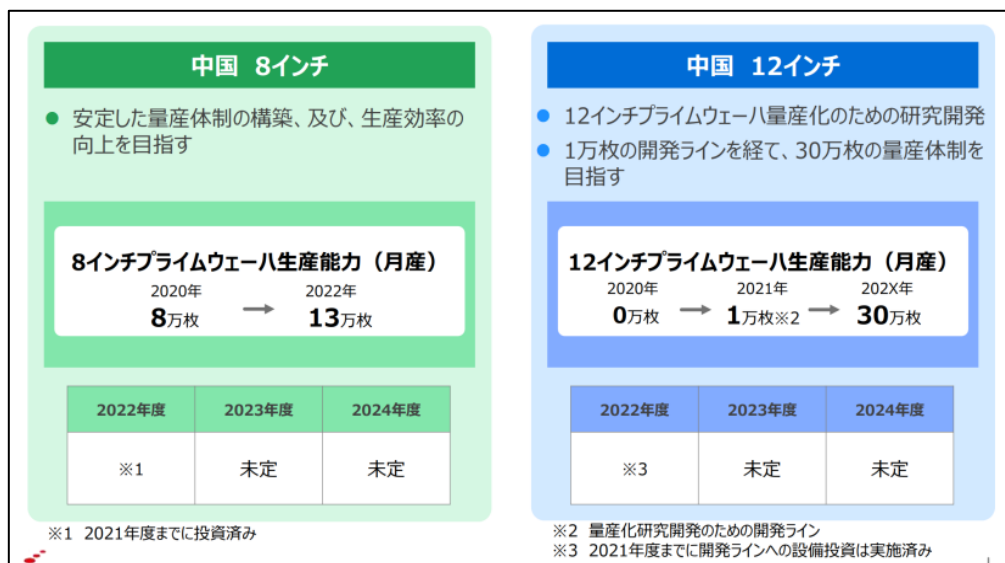
日本		台湾		中国							
総投資額：21億円		総投資額：30億円		総投資額：36億円							
<ul style="list-style-type: none"> 12インチ再生ウェーハの生産能力拡充及び微細化対応 2022～2024年：21億円(4万枚) 		<ul style="list-style-type: none"> 12インチ再生ウェーハの生産能力拡充及び微細化対応 2022～2024年：30億円(8万枚) 		<ul style="list-style-type: none"> 12インチ再生ウェーハ生産拠点の新設投資 第1期投資(2021～2023年)：36億円(5万枚) 第2期投資(2024年～)：投資額未定(5万枚) 							
12インチ再生ウェーハ生産能力(月産)		12インチ再生ウェーハ生産能力(月産)		12インチ再生ウェーハ生産能力(月産)							
2021年	2022年	2023年	2024年	2021年	2022年	2023年	2024年	2021年	2022年	2023年	2024年
28万枚	30万枚	31万枚	32万枚	18万枚	20万枚	23万枚	26万枚	0万枚	5万枚	5万枚	5万枚
2022年度		2023年度		2024年度		2022年度		2023年度		2024年度	
9億円		10億円		2億円		9億円		11億円		10億円	
5億円		1億円		未定		5億円		1億円		未定	

※ 30億円は2021年度までに投資済み

出所：株式会社RSテクノロジーズ「2022年12月期第1四半期決算説明資料」より

一方のプライムウェーハに関しては、中国市場においては、8インチは2020年8万枚から2022年13万枚に引き上げ、12インチは2021年に量産化向けの研究開発として1万枚にし、202×年に30万枚を目標とする計画を明らかにしている（図表7-2）。特に12インチプライムウェーハに関しては、次に示すような戦略と計画を明らかにしている。

図表 7-2 RST 社のプライムウェーハ事業計画



出所： 同図表 7-1

同社は現在、中国の半導体市場の技術レベルは 28nm～40nm が中心であるので、プライムウェーハのボリュームゾーンもこれに対応した製品となっている。しかし今後、12 インチ製品の品質を確保しながら、M&A 等を活用しながら、中国シェア No1 を目指す計画である。

RST 社はこれまで M&A を通じてシリコンウェーハ市場に参入してきた。また、中国市場における 12 インチウェーハの生産枚数はすでに飽和状態に近づいていることは、第 4 章で検討した。

これは、今後、一部のメーカーにとっては、製造された製品であっても販売確保ができない限り、経営状況が悪化する可能性があることを意味する。それは、RST 社のような独自の販売ルートを有するメーカーとの間に M&A をしやすくなる状況が生まれる可能性があると考えられる。つまり、RST 社はこれまでと同様に、M&A というビジネスモデルの展開による事業規模の拡大を計画していけるということである。

一方、製品の販路に関しては、まず中国での現地生産による低価格を実現した後、これまでに再生ウェーハを通じて構築してきた顧客網を活かして、将来グローバル市場シェア 30% を目指すことを計画している。

この目標を実現していくために、RST 社は、中国市場における強みとして、再生ウェーハで培ってきた経験と技術力と、傘下の GRITEK 社のプライムウェーハ製造に長年の経験と技術の蓄積があるという。両者によるシナジー効果は既に 8 インチウェーハの製造に発揮されており、今後 12 インチにも大きな相乗効果が期待できるという。

具体的には、①中国国内での販売に際し、中国国内の内資企業としての優遇条件や中国半導体施策の恩恵を享受できる、②RST 社のグローバルな販売網で全世界顧客への販売が可能、③RST 社の再生ウェーハの技術を活用できることなどがあげられる。そして、再生ウェーハ

とプライムウェーハの両輪作戦により、グローバルなシリコンウェーハメーカーを目指すというのが、RST 社の戦略となっているのである。

第2節 中国子会社 GRITEK の技術力

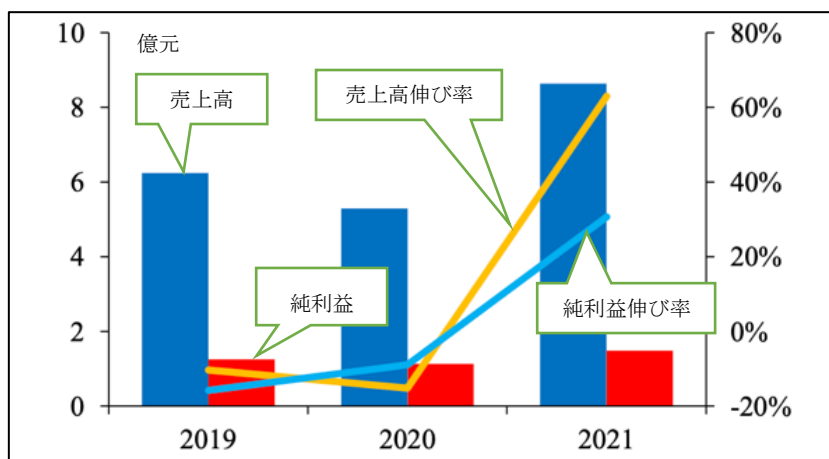
上述したグローバル展開による市場シェアの獲得という RST 社の目標を実現するためには、12 インチウェーハの製造を主担当する中国子会社である GRITEK 社の存在は極めて重要になる。そこで、次は、GRITEK 社の発展とその技術力について検討していこう。

GRITEK 社の前身は、中国の国有企業であり、早くから半導体用シリコン材料の開発と製造に取り組み、2005 年頃からすでに 6 インチウェーハ、および 8 インチウェーハの量産、および IC エッチング装置用シリコン材料の量産を実現し、中国国内の当該分野の空白を埋める企業となっていた。また、12 インチウェーハに関しては、技術面の突破が図られ、テスト用の製品はすでに中国国内外の主要半導体メーカーに提供している。

そのほかには、半導体ウェーハ製造分野における重要なコア技術である、エッチング装置用シリコン材料技術が国際的レベルに達しているだけでなく、長年にわたる研究開発により、半導体単結晶の欠陥、ボディ鉄濃度、シリコンウェーハ表面金属汚染、シリコンウェーハ表面平坦度などの制御問題を相次いで解決し、中国半導体関連分野のリーディング企業として成長し続けている。

同社の売上高を見ると、2019 年は 6 億元に達していたが、2020 年はコロナの影響を受けて、5 億元規模に低下したが、2021 年は 8 億元を超えるほどの持ち直しが生まれており、同期間の年平均伸び率は 18.0%を実現した。それに合わせて、親会社に帰属する純利益はそれぞれ 1.2 億元、1.1 億元、1.5 億元となり、年平均伸び率は 9.0%に達した。

図表 7-3 GRITEK 社の売上高と純利益



出所：Wind、開源証券研究所

これらの業績は、同社の継続的な研究開発投資と切り離して語ることはできない。2019 年から 2021 年にかけての研究開発費はそれぞれ 34,445,100 元、45,898,100 元、76,412,900

元に達しており、同期売上高の 5.52%、8.25%、7.64%にそれぞれ相当するものである⁴⁷。このことから、同社の発展は持続的な研究開発と密接な関係があることが分かるであろう。

シリコンウェーハメーカーの技術力を評価するに当たって、特許の取得件数は重要な指標である。2022年10月現在、同社および持ち株会社の保有する特許数は137件、そのうちシリコンウェーハ関連特許は63件である⁴⁸。なかでも、特筆すべきは、GRITEKは、その製品と技術力に対して、これまで国家科学技術賞2回、省・大臣レベルの科学技術賞6回、国家新製品・技術認定2回、省・工業会イノベーション製品・技術認定6回、中国発明特許金賞1回などをそれぞれ受賞しており⁴⁹、中国国内では、トップ技術レベルを有するシリコンウェーハメーカーとして今後のさらなる成長が期待されているのである。

現在の主要顧客は、华润微、士兰微、华微电子、中芯国际などの中国半導体大手企業のほかに、米国、日本、韓国など半導体メーカーからの認証を獲得し製品を輸出している。安定性の高い製品と、優れた研究開発能力、良質な顧客サービスなどにより、同社の製品は、市場でも高い評判が得られている。そして、顧客との安定的な協力関係を築くことにより、製品の販売ルートも安定化しつつある。

第3節 「強い日本本社」と「強い中国現場」による競争優位の獲得

次に、上述の仮説1、仮説2に対する検証、および本章のRST社の中国子会社GRITEKを通じた、RST社の中国市場における12インチウェーハの参入、及び中国市場を足場にグローバル市場での成長可能性を検証していこう。検証をより効果的に進めるために、先にRST社をめぐる内部環境と外部環境の視点から、RST社の強み(S)、弱み(W)、機会(O)、脅威(T)を整理してみる。

図表7-4 中国市場におけるRST社12インチウェーハ参入のSWOT分析

	強み (Strength)	弱み (Weakness)
内部環境	<ul style="list-style-type: none"> 世界最大の再生ウェーハメーカーとして、半導体メーカーに対する営業力 再生ウェーハメーカーで培ってきた技術と信頼 中国政府系プライムウェーハの買収による製造技術と優秀な人材の獲得 中国政府側との合弁事業、及び子会社の上場を通じて、安定的な投資資金の確保 試験生産のテストウェーハを国内外の半導体メーカーに納入し検証データを蓄積 経営陣に中国語を駆使出来る幹部多数いる 	<ul style="list-style-type: none"> 量産に向けての製品の安定性 12インチウェーハ販売実績が不足 12インチウェーハ製造技術を習得した人材の不足 生産規模を拡大するための設備と知的財産の蓄積が不足 「強い日本本社」と「強い中国工場」との連携強化 日本型ものづくり精神が中国現場での定着
外	機会 (Opportunity)	脅威 (Threat)

⁴⁷ 邓秋贤『天天 IC』「有研硅科创板 IPO 启动招股 致力成为半导体硅材料领域领军企业之一」を参照

⁴⁸ 同上掲

⁴⁹ 同上掲

部 環 境	<ul style="list-style-type: none"> ・液晶・太陽パネルなどで半導体材料の製造に一定の経験と技術を有するが、高い技術力が不足 ・中国政府による積極的な事業推進策は設備投資とM&Aがしやすい環境にある ・生産能力の拡大とコストダウンを武器に海外市場シェア獲得の可能性 ・海外半導体メーカーによる認証を得られるウェーハメーカーはほとんどない 	<ul style="list-style-type: none"> ・中国半導体メーカーが技術進歩の遅れのため、12インチウェーハに対する需要増がすぐ見込めない ・技術力の向上による製品の歩留まり、安定性向上の可能性 ・12インチウェーハメーカー各社は市場シェア獲得の競争激化の可能性
-------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

出所：筆者作成

まず内部環境に関しては、RST社にとっての強みは、なんといっても再生ウェーハとプライムウェーハの両輪からなる総合ウェーハメーカーとしての技術力とグローバルな販売ルートを有していることである。また、外資系ではあるが、中国企業を傘下に収めることを通じた内資企業扱いによる各種優遇措置や政府半導体振興補助金の利用ができていているというプラス要因があることがあげられる。

そして、シリコンウェーハの製造に重要視される日本のものづくりは、日中双方の技術者による日々の技術交流と切磋琢磨を通じて、もともと競合他社より高い技術力を有する中国の生産現場は一層の技術力のアップが期待され、さらに日本的現場管理ノウハウも中国の生産現場に導入されることを通じて、製品の安定化に寄与することも期待されることである。

他方で、その最大の弱みとして、12インチ製造技術の未成熟から生じうる製品品質の不安定性の可能性があげられるであろう。

次に外部環境に関しては、中国政府による半導体内製化政策のもと、投資資金調達の容易さ及び競合他社との競争・協力関係構築の可能性が生まれてくる。特に生産規模の拡大を目指したM&Aをしやすい環境にあることがあげられる。これは、RST社が目指す中国での低コスト、高品質な製品を通じて、グローバル市場への進出に可能性をもたらすものでもある。

また現段階では、海外の半導体メーカーからの認証を得られた中国のシリコンウェーハメーカーはほとんどない。これも再生ウェーハを通じて、グローバル的な販路を既に確保してきているRST社にとっての強みとなるものである。ただし、今後中国国内におけるシリコンウェーハメーカーが12インチウェーハの製造量を増やすことが考えられ、中国国内での競争激化が生まれてくる可能性があると考えられる。

上記であげたRST社の強みが、実際に同社の競争優位性の構築につながっているかどうかを検証するためには、VRIOフレームワークが有効と考えられる。VRIOフレームワークとは、ジェイ・B・バーニーが提唱したもので、経済価値(V)、希少性(R)、模倣困難性(I)、組織(O)という4要素が競争優位獲得の指標になっているものである⁵⁰。それらの要素は、

⁵⁰ ジェイ・B・バーニー、ウィリアムS.ヘスタリー著/岡田正大訳『新版企業戦略論【上】基本編－戦略経営と競争優位』p.127を参照

次のような問いかけから、競争優位を分析・検証するものである。

- ① 経済価値 (Value)は、企業が保有する経営資源が外部環境における脅威や機会を無力化することは可能か
- ② 希少性 (Rarity)は、経済価値を生む経営資源は競合他社よりどれぐらい多く持っているか
- ③ 模倣困難性 (Inimitability)は、競合他社が真似できない経営資源をどれぐらい持っているか
- ④ 組織 (Organization)は、自社が保有する経営資源がそのポテンシャルを組織的に活用されているか

つまり、要素ごとの分析結果により、図表 7-5 の「競争劣位」、「競争均衡」、「一時的な競争優位」、「持続的競争優位」という 4 段階の競争優位の状態にわけることができるのである。

図表 7-5 競争優位の状態分析

経済価値があるか？	希少性が高いか？	模倣困難性が高いか？	組織に優位性はあるか？	競争優位の状態
○	×	×	×	競争劣位
○	○	×	×	競争均衡
○	○	○	×	一時的な競争優位
○	○	○	○	持続的競争優位

出所：筆者作成

より正確に言えば、RST 社の VRIO フレームワーク分析の実態を把握するために、筆者は、経済価値 (V)、希少性 (R)、模倣困難性 (I)、組織 (O) の各項目に RST 社の経営状況と密接な関係を有する要素それぞれ 3 点ずつを追加し、1 要素ごとに 5 点満点とし、オール 5 点の場合、60 点になるという、数値化された方法を導入し、客観的に現段階 RST 社が保有する経済価値、他社との比較したときの経営資源の希少性、他社が模倣困難性、組織運営能力を検証していくのである。実際に集計された結果は図表 7-6 で示されたとおりである。

図表 7-6 RST 社をめぐる VRIO フレームワーク分析

VRIO フレームワーク	要素	得点 各 5 点 満点 60 点
経済価値 (Value)	・再生ウェーハとプライムウェーハからなる世界 唯一の総合ウェーハメーカー	5
	・再生ウェーハの市場シェア世界 1	5
	・中国産プライムウェーハがグローバル市場への 進出可能性	1
希少性 (Rarity)	・再生ウェーハを通じて海外半導体メーカーと信 頼関係の構築	3
	・親会社と子会社は日本と中国の株式市場にダブル 上場を果たす	5
	・子会社は中国伝統のあるシリコンウェーハメー カー	5
模倣困難性 (Inimitability)	・親会社は日本の企業、子会社は中国の内資企業 待遇	5
	・日本のものづくりを活かした中国の現場実践	3
	・中国政府による各種支援が期待される	4
組織 (Organization)	・本社は日本、工場は中国	3
	・日中ものづくりコーディネーションシステム (JCMCS) の構築	2
	・中国現地事情に詳しい RTS 社経営陣	4
		総得点：45 点 (75%)

出所：筆者作成

同図表から分かるように、「**経済価値**」に関しては、RST 社は、再生ウェーハとプライムウェーハの双方の実績を持つ世界唯一の総合ウェーハメーカーであり、しかも再生ウェーハの市場シェアは世界 1 という実力および実績は中国市場における経済価値が非常に高いと言える。今後、中国市場を足場に、グローバル市場への進出という明確な経営目標を有していることも評価できるだろう。

また、「**希少性**」に関しては、同社が再生ウェーハを通じて海外半導体メーカーと構築した信頼関係は、中国市場における希少性が高い資源として認められるものである。親会社は日本の株式市場に上場しながら、子会社の GRITEK も中国株式市場での上場を果たし、日中両国の資本市場から資金調達がしやすくなる。しかも、GRITEK は中国の伝統のあるシリコンウェーハメーカーであり、製造技術基盤がしっかりできていることも中国市場では希少

性が高いと認めることができるだろう。

そして、「**模倣困難性**」に関しては、親会社は日本の企業、子会社は中国の内資企業待遇が得られるということは、競合他社では模倣したり、追随したりすることはほぼ不可能である。これらのメリットを活かして日本のものづくり技術が親会社を通じて中国の現場で実践され、より安定性の高い製品の製造がなされていくことが期待される。

最後に、「**組織**」に関しては、「本社は日本、工場は中国」という組織運営上の不利な点を、「日中ものづくりコーディネーションシステム (JCMCS)」の構築によって補い、克服していくことができれば、「強い日本本社、強い中国現場」という組織的な優位性を発揮していくことも可能であろう。

上述してきたことを踏まえて、VRIO フレームワークによる RST 社の獲得点数を見ると、競争優位点数は 45 点で、総点数の 75% を獲得するという計算になる。もちろん、この得点は、筆者の個人的な経験や見解に基づく要素設定を行い、採点された点も考慮する必要がある。

また、満点にならなかった理由は、RST 社の 12 インチウェーハの製造をめぐる、現在、主として①「技術蓄積の不足」、②「本社は日本、現場は中国」という二つの課題に直面しているからである。

「技術蓄積の不足」に関しては、現在、テストウェーハを再生ウェーハで構築された顧客ネットワークを通じて得られた各種データのフィードバックを行い、それに基づく形で製品の改良・改善に取り組んでおり、そのプロセス次第に克服されていくことが期待される。

一方の「本社は日本、現場は中国」は、当面組織運営上の課題になるが、本研究提案の「日中ものづくりコーディネーションシステム (JCMCS)」が効果的に機能すれば、やがて「強い日本本社、強い中国現場」の姿に変わり、グローバル市場と挑戦していくことが期待されるであろう。

以上のようなことから、RST 社による 12 インチが中国での製造は始まったばかりであるという実情であることも考慮すれば、VRIO フレームワーク分析で得られた競争優位はあくまで現時点において「**一時的な競争優位**」を獲得できているものであるという認識の基で、今後の可能性を考えていくべきであろう。

まとめ

RST 社が中国市場を足場に、グローバル市場への進出可能性を検証する本章において、同社が、12 インチウェーハ市場への新規参入の背景と計画に関する考察からすれば、一定の合理性があると認められたということができる。

これは、RST 社自身の技術力とグローバル的な販売ネットワークを有するという強みのほかに、中国子会社が前身の国有企業時代からプライムウェーハの生産と開発能力を蓄積し、関連分野では多くの特許を取得するほど、中国シリコンウェーハ分野のリーディング企業としての地位を確立してきていることも強みであると考えられる。

一方、このような「本社は日本、現場は中国」という組み合わせは、組織運営の弱点であるようにも見えるが、これらを克服するものとして、「日中ものづくりコーディネーションシステム」が効果的に機能すれば、「強い日本本社」と「強い中国現場」の組み合わせに変貌させることでできると期待される。

それらの点を踏まえると、RST社の競争優位に関する検証では、現時点での7割の優位である「一時的な競争優位」の獲得可能性という結果が得られた。その理由は、12インチウエーハの製造に「技術蓄積の不足」、と組織運営上の「本社は日本、現場は中国」という弱点があげられるからである。しかしながら、これらの課題は、RST社の経営陣と社員一同が共通の目標の下、解決していくことも可能であるというようにいうことできるであろう。

終章

本研究は、筆者が、シリコンウェーハ業界での実務に基づきながらも、学術的な視点から、RST 社の 12 インチウェーハにおける競争優位獲得の検証を行ったものである。

より具体的には、次の 3 つの仮説のもと、RST 社の 12 インチプライムウェーハ市場への新規参入、そして、今後、中国市場を土台にしながら、グローバル市場における競争優位獲得の可能性を検証したのである。

- ① 「RST 社はものづくりを極めることが可能」
- ② 「RST 社は強い日本本社、強い中国現場を目指すことが可能」
- ③ 「RST 社は競争優位の獲得によるグローバル市場への展開が可能」

一方、上記 3 つの仮説を通して行った本研究の検証は、必ずしも十分とは言えず、多くの課題が残っていると認識している。中でも、RST 社の「一時的な競争優位」獲得に対する分析や、同社の M&A 戦略の展開による企業成長などの説明の不十分は、本研究の客観性と完成度に影響する心配がある。したがって、以下では、これらの不足に対する補足説明を行いたい。また、最後に筆者の愛読書である『孫子兵法』の視点から、RST 社の今後の発展への展望を補論とし、本研究の締めくくりにする。

1. VRIO フレームワークによる分析の補足説明

RST 社の競争優位の獲得に関する検証は、主としてバーニーの VRIO フレームワークの分析モデルを用いて行った。その際、経済価値 (V)、希少性 (R)、模倣困難性 (I)、組織 (O) の各項目別に RST 社の経営実態と密接な関係を有するそれぞれ 3 要素を取り出し、点数化するという検証を行った結果、RST 社の総得点は 60 点満点のうち、45 点 (75%) が得られた。そして、その検証結果に基づき、RST 社の競争優位は、現段階では、「一時的な競争優位」を獲得できる可能性があるという結果を導き出した。

もちろん、上述の結果は、できるだけ客観的な視点に基づきながらも、厳選した各要素からあくまで相対的に採点したものであり、絶対的なものではないことを、筆者は認識している。

ただし、本研究の冒頭にも言及してきたように、「シリコンウェーハ製造の難しさ」、「シリコンウェーハ販売の難しさ」、「シリコンウェーハは不確実性の高い市場」という現状は、今後緩和されるというよりも、むしろさらに深刻化していく可能性が高いと、筆者は考えているところである。

その最大要因は、半導体の世界最大生産国の米国と世界最大需要国である中国との間のデカップリングから生じる不確実性が、今後より一層高まっていく可能性があると考えられるからだ。それにより、生産側の過剰供給と需要側の持続的な品不足という、世界半導体市場の二分化ともいえるべき様相を呈する懸念が強まっていくことが予想される。

そのような現状に直面する中、RST 社は、子会社を通じて中国で現地生産の拡大を目指しているがゆえに、その状況がむしろ有利に働く可能性が高いと考えられる。それは、次のような理由によるものである。

① 半導体世界における信頼関係の重要性

既述のように、RST 社は再生ウェーハとプライムウェーハの双方の技術を有する総合ウェーハメーカーであるが、グローバル市場を見ても、同じポジションにある競合相手は皆無である。しかも、RST 社は再生ウェーハを通じて、世界の主要半導体メーカーとの信頼関係を既に構築してきている。そのために、競合他社がプライムウェーハを半導体メーカーに導入してもらうための前提条件としては、最低月産 10 万枚の製造実績が必要と言われる中においてでも、RST 社は、その十分の一の月産 1 万枚であっても、半導体メーカーと直接連絡調整や交渉が可能になるという有利条件にあるのである。同社は、現に既に 12 インチウェーハの月産 1 万枚のテスト生産を開始し、半導体メーカーと直接連絡調整や交渉も始まっている。

② 追い風としての米中半導体摩擦

また、米中半導体摩擦は、中国国内における半導体の内製化を加速させる効果および方向性を生んできている。それは、中国国内において子会社を通じて 12 インチウェーハの現地生産の拡大を目指す RST 社にとって、追い風になっており、今後その傾向はさらに高まる可能性が高いということできるだろう。

以上のような理由から、RST 社は、これらの有利条件を有効に活かすと同時に、これまで展開してきた M&A による事業拡大というビジネスモデルを活用しながら、競合相手の吸収合併等を行うことを通じて、市場シェアの獲得という戦略はより効果的に機能しやすくなっていくだろうといえることができるのである。

そして、RST 社は、その抱えている「技術蓄積不足」および、「本社は日本、生産現場は中国」などの課題は当面存在し続けるが、今後、これまで以上に経営努力と大胆な経営実践を通じて、それらの問題や課題を克服していけると、筆者は確信している。

2. RST 社の M&A による事業規模拡大戦略の補足説明

また、上述したように、RST 社にとって、今後グローバル市場シェアを獲得していくためには、特に M&A という戦略手段の活用が極めて重要になると考える。

RST 社は、2010 年創業してから 2020 年までのわずか 10 年という短い期間において、再生ウェーハ事業からプライムウェーハ事業までカバーする世界唯一の総合ウェーハメーカーとして成長を成し遂げてきた。また、半導体関連事業及びその他の分野においても事業を拡大し続けている。その結果、同社は、今日では、日本、台湾、中国本土という半導体およ

びその材料と製造装置の生産と需要を作り出す世界三大市場に生産拠点を構える企業グループになっている。

そして、RST社を中核として形成された企業群グループは、再生ウェーハ事業部門、プライムウェーハ事業部門、および半導体関連装置・部材事業部門という3つの主要事業部門から構成され、親会社は東京証券取引所プライム市場、中国子会社は上海証券取引所科創版にダブル上場を果たすという快挙を達成し、国内外から大きな注目を集めている。

RST社のこのような急成長を遂げた背景には、同社が創業以来、継続的に行ってきたM&A戦略による事業規模の拡大という経営実践によるところが大きい。M&Aは、文字通り「企業の合併（吸収合併・新設合併）・買収（株式取得・事業譲渡）」のことである。

RST社は、これまで数多くのM&Aを行ってきたが、ほとんどのケースは、相手企業の株式取得や事業譲渡という「買収」の戦略によるものであった。例えば、同社の中核事業である再生ウェーハ事業は、元一部上場企業であるラサ工業の再生ウェーハ部門から事業譲渡の形で同社の傘下に入ったものである。また、プライムウェーハの製造事業を担う中国子会社GRITEKは、株式取得を通じて行われた。そして、半導体関連装置・部材事業を行うDGテクノロジーズも同方式を通じて、RST社の傘下に収めたものである。

以上のことから分かるように、RST社は、「買収」という成長戦略の手段を通じて、まずウェーハ再生事業に参入するきっかけを得た。そして、それが中国におけるプライムウェーハの製造という事業内容に拡大されて、さらに半導体関連事業への拡大へと繋がってきているのである。このようにして、RST社は、再生ウェーハ、プライムウェーハ、半導体関連事業という3つの中核事業を確立させることができたのである。

また、これらの事業拡大の成果は、既述のように、12インチ再生ウェーハ分野では、グローバル市場シェア3割の獲得と、プライムウェーハ分野では、6インチ以下から、8インチ、そして12インチというウェーハ製造をフルカバーする生産体制を構築することができていると共に、近い将来において、12インチウェーハのグローバル市場シェア3割という目標の確立にもつながってきているといえる。もちろん、この目標を実現していくためには、M&A戦略手段の活用が今後も強い意味合いを有するといえるだろう。

一方、RST社にとって、「買収」による事業規模の拡大戦略は、相手企業の事業や株式の買収にとどまらず、相手企業が所有する経営資源の獲得においても大きな意味を持っているといえる。具体的に言えば、例えばラサ工業を買収する場合、生産技術や設備のほかに、有能な技術者や、従業員、そして、ラサ工業が構築してきたグローバルな販売ネットワークという経営資源を入手し、その後のRST社の持続的な発展を支える原動力になったのである。

また、中国において伝統あるシリコンウェーハメーカーであるGRITEKの買収は、RST社が、世界最大の半導体需要市場である中国に進出できるきっかけになっただけでなく、再生ウェーハからプライムウェーハまでカバーする世界唯一の総合ウェーハメーカーの誕生につながったのである。それと同時に、GRITEK社が有するウェーハの製造技術や、優秀な技

術者、ウェーハ製造をめぐる各種特許といった有形無形な経営資源をも手に入れることができたのである。これら優位性を基に、中国市場を足場にしながら、12 インチウェーハのグローバル市場での競争優位獲得の目標の実現の可能性を持てるようになってきたのである。

さらに、DG テクノロジーズの買収は、RST 社が、半導体関連装置・部材の空白を補うことができ、近い将来、半導体分野の総合メーカーとして成長できる可能性を生んだのである。

上述のように、RST 社による「買収」を中心に展開した M&A 戦略のメリットは、次のようにまとめることができる。

(1) 売上規模の拡大および市場シェアの向上

RST 社は、再生ウェーハ部門の買収を機に、ラサ工業が有する設備と生産技術を活かしながらも、最新の設備投資による再生ウェーハ事業の強化・拡大も同時に行い、その製品は、ラサ工業がこれまで築いてきたグローバルな販売ネットワークを活用し、12 インチ再生ウェーハのグローバル市場シェアの3割の獲得につながる事ができたのである。

そして GRITEK の中国子会社としての買収は、半導体分野の世界最大の需要市場への進出のきっかけとなり、中国におけるプライムウェーハの生産、特に高い安定性と、低価格である 12 インチウェーハの製造の実現に大いに貢献できるのであろう。

そうすれば、RST 社が再生ウェーハを通じて構築してきたグローバルな販売網を活用し、中国市場を足場にしながら、グローバル市場での競争優位の獲得という戦略目標の実現に近づけることになる。

(2) バリューチェーンの補完による関連事業領域拡大

DG テクノロジーズの買収は、既存のシリコンウェーハ事業を強化するだけでなく、半導体に関連する事業分野のバリューチェーンを強化することにも有効である。つまり、その買収によって、RST 社は、これまではなかった関連事業をグループ内に入れることにより、顧客との交渉力をさらに強化できると考えることができる。

(3) 事業の多角化、新規事業参入の効果

RST 社は、再生ウェーハ、プライムウェーハ、半導体関連分野のその三大中核事業は、いずれも既存企業の買収によってグループの傘下に取り込んだものである。それにより、RST 社は、事業の多角化が進展すると共に、人材やノウハウ、設備の獲得含めスピーディーに展開できる可能性を獲得してきたのである。そして、今後、目指しているグローバル市場シェア獲得の可能性も生まれてきているのである。また、もし RST 社が自社でそれらの事業を一から新規事業を立ちあげたならば、シリコンウェーハのグローバル市場の一角を占める同社の姿は見られることはなかったであろうと言えよう。

(4) 人材の獲得、技術力向上

RST社にとって、シリコンウェーハという全く新しい分野への進出において、何よりも重要なことは、専門人材の獲得および技術力の向上であった。同社の経営者は、もともとシリコンウェーハとは関係の遠いリサイクル事業を専門でやっていたが、ウェーハのリサイクル関連の事業展開において、再生ウェーハに出会い、本格的にシリコンウェーハの世界に入ってきたものである。

シリコンウェーハに出会うまでは、その分野の専門人材はもとより、技術力は皆無に近い状態であった同社は、ラサ工業の買収を通じて、専門人材の獲得および技術力の土台づくりに大きく貢献し、RST社が本格的に再生ウェーハ事業に入るきっかけとなったのである。そして、ラサ工業時代の人材と技術力は、今日のRST社の経営源泉になっているといっても過言ではないだろう。

また、GRITEKの中国子会社としての買収は、プライムウェーハ製造の専門人材の獲得に貢献したほかに、より重要なのはGRITEKがこれまでに蓄積してきたプライムウェーハ製造に関する数多くの特許や発明の獲得に貢献した点である。これらを基に、RST社は、中国国内同業他社と互角な競争が可能になり、そして、グローバル市場シェア拡大に向けての基礎を構築することが可能になったといえることができるのである。

このように、RST社は、「買収」という事業規模拡大の戦略手段を通じて、買収された企業とのシナジー効果を高め、営業利益の持続的な拡大を実現すると共に、世界主要国・地域の半導体メーカーを顧客とするグローバルな販売ネットワークの構築を通じて、今後において、本格的にグローバル市場シェアを獲得していける可能性を得ることになってきたのである。

他方、「買収」後の組織再編がスムーズにいかない、簿外債務が発生する、のれん代の減損リスクなどのM&Aの課題が起きる可能性はある。

しかしながら、RST社は、次のようなPMI（ポスト・マージャー・インテグレーション）を意識した統合プロセスに注力している。

- ① M&Aの検討フェーズの段階からアフターM&Aに関するプランニングを綿密に行う
- ② 買収後、買収先企業に派遣する人材の選定に最善を尽くす
- ③ 買収先の技術者、スタッフのモチベーションを高めるように注力する

これにより、現段階では、シナジー効果と、相互補完的経営戦略に成功してきていると言える。また、これまでの「買収」の経験を今後の経営実践に活用していくことも期待されよう。

3. (補論)『孫子兵法』の視点からRST社の経営戦略の展望

『孫子兵法』は、紀元前500年ごろの中国春秋時代の軍事思想家孫武の作とされる兵法書であるが、今日においても、ビジネス世界の戦略本として重宝されている。筆者も時々原文や日本語解説本を好んで読む、愛読者の一人である。そして、読むたびに、現代人が直面する様々な課題に対して、『孫子兵法』からその解のヒントが得られるのではないかと、感銘

を受けている。

そこでここでは、本研究の研究対象である RST 社の今後の発展をめぐる外部環境と内部環境、及びその対応について、『孫子兵法』の視点から見ていくことにする。

(1) 『孫子兵法』の視点から見た RST 社の外部環境

『孫子兵法』では、勝算のあるなしを判断するポイントは、「道、天、地、将、法」の 5 項目にはかならないと強調された。

「一ニ曰ク道、二ニ曰ク天、三ニ曰ク地、四ニ曰ク将、五ニ曰ク法」

現代文：「戦力の優劣を判断するカギは、道、天、地、将、法の 5 項目である」

これをビジネス社会に置き換えると、

「道」とは、国の場合、指導者と国民、会社の場合、経営陣と社員を一心同体にさせるもの、それが道である。つまり、正しいことをするための大義名分である。

「天」と「地」とは、「天の時」、「地の利」と解することができる。

「将」とは、有能な指導者、経営者に恵まれているか、これもまた勝敗を分けるポイントになる。

「法」とは、分かりやすく言えば、組織運営力ということである。

現代の企業活動においても、この 5 項目はほぼそのまま当てはめると考えられる。そして、その論法にのっとり、RST 社をめぐる外部環境は、次のように考えることができる。

経済活動のデジタル化の突入という大義名分（道）のもと、半導体に対する現在の需要増は、RST 社の 12 インチウェーハ製造の参入に追い風になっている。しかも中国が半導体の内製化を強力に推進しようとする最高の天の時（天）でもある。その意味で、中国の国有ウェーハメーカーを傘下に収めたことにより、現地での製造に地の利（地）を最大限に活用できることが期待できるということができよう。RST 社創業者は前身の商社時代から、多くの企業買収に手掛け、企業再生を推進してきた。これらは、経営陣（将）が、天の時を認識しながら、強力なリーダーシップが発揮できたから成し遂げ得た実績であり、今後も効果的なマネジメント（法）を通じて、一時的な競争優位から持続的な競争優位に変えていくことが期待されるであろう。

(2) 『孫子兵法』の視点から見た RST 社の内部環境

また、孫子は、「謀攻編」において、「勝ヲ知ルニ五アリ」といって、勝利を収めるための条件を五つ挙げている。

①「以ッテ戦ウベキト以ッテ戦ウベカラザルトヲ知ル者ハ勝ツ」

現代文：「彼我の戦力を検討して、戦うべきか戦わざるべきか、的確な判断を下せる者が勝利を収める」

これをビジネス社会に置き換えると、「リーダーが的確な判断力を持つこと」である。

②「衆寡ノ用ヲ識ル者は勝ツ」

現代文：「兵力に応じた戦い方をすること」

ビジネス社会に置き換えると、「自社の強みを活かすこと」

③「上下欲ヲ同ジクスル者は勝ツ」

現代文：「共通の目標のもとに、組織としてのしっかりしたまとまりを作ること」

ビジネス社会に置き換えると、「経営陣と社員が共通の目標を持つこと」

④「虞ヲ以ッテ不虞ヲ待ツ者は勝ツ」

現代文：「万全な態勢を固めて敵の不備に付け込むこと」

ビジネス社会に置き換えると、「社内に万全な態勢を整えること」ということである。

⑤「将能ニシテ、君御セザル者は勝ツ」

現代文：将軍が有能であって、君主が将軍の指揮権に干渉しないこと」

ビジネス社会に置き換えると、「有能な部下や海外子会社の現場責任者に任せること」ということである。

上述の勝つための5項目は、RST社の12インチシリコンウェーハへの新規参入に置き換えたときに、すべての項目が現状に合致していると言っても過言ではなからう。

RST社の12インチウェーハ市場への参入戦略は、グローバル市場の動向、中国と日本市場の動向、自社内外をめぐる各種要因の総合判断を以って、参入すべき時の参入を決めたものである。言うまでもなく、これは、RST社および中国子会社が有する強みを活かした判断であり、社内全体の共通の経営目標でもある。そのため、万全な態勢のもと、12インチウェーハ市場に参入してきたのである。一方、「本社は日本、生産現場は中国」という課題に対して、孫子の教えのように、最大限に現場の判断をゆだねる方針をとるべきとの解釈に該当すると言えるだろう。

つまり、『孫子兵法』に従えば、現段階におけるRST社の12インチウェーハへの新規参入にその合理性が認められていると言える。ただし、ビジネス社会では、不確実性に伴った変化が多く、特に半導体世界では、半導体自身を持つ周期的なサイクルのほかに、地勢学的リスクへの備えも不可欠であり、その意味では、冷静沈着な経営が求められるところであろう。

(3)「知」を活かしたデジタル化時代を勝つために

そして、孫子は、「軍形編」において、「勝兵ハ先ズ勝チテ而ル後二戦イヲ求メ、敗兵ハ先ズ戦イテ而ル後二勝チヲ求ム」といって、あらかじめ勝利する態勢を整えてから戦う者が勝利をおさめ、戦いを始めてからあわてて勝機をつかもうとする者は敗北に追いやられると、戦争は、戦う「態勢」において既に勝負がついているということを説いた。

『孫子兵法』が書かれた時代は、今日の世の中とは大きく異なっていることは言うまでもない。特に今日のグローバル市場を相手にする企業の活動は、ヒト、モノ、カネ、情報がボーダレスの地球社会に効率的に活用されることが前提となる。これまで一部の国、地域にとどまっていた海外直接投資が、企業が経済規模のメリットを求めて、次第にほかの国へと拡大していくと共に、国際分業体制が先進国と発展途上国との間に、また先進国同士、発展途上国同士の間に構築されてきているのである。その過程において、地球規模の資本（カネ）の移動と労働力（ヒト）の活用という生産体制が構築され、生産された製品（モノ）は地球上の最も必要とする住民に効率的に供給していく（情報）体制を整えることが可能となるのである。

そして、このヒト、モノ、カネ、情報の動きは、近年のデジタル化の進化によって、「知」という要素の重要さが一層目立ってくるようになってきている。人工知能をはじめ、これまで人類が蓄積してきた英知が組織的に活用され、そこから生み出されたさまざまな「知」を武器にグローバル市場を勝ち取っていくという仕組みが作り出されてきたのである。すなわち、今日の国境を越えて経済活動を行う企業は、「道、天、地、将、法」のほかに、人類が蓄積してきた「知」の総動員も必要不可欠となってきているのである。

とりわけ、高度知識集約型の半導体産業においては、特許を中心とする知的財産の蓄積、および運用による企業の成長が求められる。その意味において、RST社は、中国を足場にしながらグローバル市場への進出を目指していくうえで、優秀な研究者・技術者の獲得および育成による「知」の獲得が重要なことであると考えられる。

2010年RST社の設立に伴った再生ウエーハ事業の開始を、第一の創業期とするなら、2020年プライムウエーハ事業に参入したことは第二の創業期に当たる。今後、第二の創業期に相応しいパスを獲得するには、何よりも優秀な人材を獲得および育成すること、イノベーションを通じて多くの知的財産を獲得・蓄積していけるかどうかにかかっていると言っても過言ではなかろう。すなわち、孫子が言う勝機を掴むための「態勢」である。

また、その「態勢」を掴むための強い組織は、「数」「勢」「形」（孫子兵法兵勢編）にあると孫子が言う。それは、次のとおりである。

「数」とは、効果的な指揮命令系統を確立すること

「勢」とは、勢いに乗ること

「形」とは、有利な態勢を作ること

RST社の12インチウエーハ市場での競争優位の獲得は、「強い日本本社、強い中国生産現

場」という経営陣による強い統制力が不可欠である。そして、米中貿易摩擦に伴った中国半導体内製化の拡大は、RST社にとっての追い風であり、その勢いに乗ること（勢）は言うまでもない。そのために、日中双方の人材、技術力、資金の集結による有利な態勢（形）を作り出すことは、組織を預かるRST社経営陣の手腕（数）にかかっていると見て良いであろう。

新型コロナウイルスの世界規模の流行を契機とした経済活動のデジタル化は、今後一層の進展・深化が予想される場所である。他方で主要先進各国では、自国産業を優先とした半導体をはじめとした先進的な製品や技術の保護強化の動きが顕在化しつつある。

これらのことは、半導体業界にとっては、機会および危機・脅威の両面に同時に直面することとなり、その対応次第では、大きな成長を得ることができるが、大きな失敗にもつながる可能性もあるということである。その意味で、筆者は、今後も本研究テーマに関して、研究し続けていく必要性を強く感じているところである。

【謝辞】

本研究を進めるにあたり終始あたたかいご指導と激励を賜った、城西国際大学大学院経営情報学研究科教授孫根志華先生に深謝致します。同研究科袁福之先生、染谷芳臣先生、酒向浩二先生には、研究の進め方や悩みについて親身になって相談にのっていただきました、ここに深謝の意を表します。また、城西国際大学大学院特任教授の鈴木崇弘氏には文章のチェック、見直しなどを賜ったことに厚く御礼申し上げます。

特に孫根志華先生のご指導と激励がなければ、ここまで研究を進めることはできませんでした。孫根志華先生の研究に対する真摯な姿勢に非常に感銘しており、大変勉強になりました。また研究内容と本論文に関して多大なご協力とご助言を頂きました元 SMIC 創業者張汝京氏にも深く感謝の意を表します。さらに研究内容にご助言を頂きました、在日中国企業協会王家馴会長、また共に切磋琢磨して勉強している研究室の皆様に深く感謝の意を表します。

最後に、これまで私をあたたかく応援してくれた家族、親戚、そして会社のスタッフの皆様方に心から感謝します。

【参考文献】

(日本語文献)

1. 佐藤 淳一著『図解入門よくわかる半導体プロセスの基本と仕組み[第4版]』秀和システム、2020年
2. 太田泰彦著『2030 半導体の地政学 戦略物資を支配するのは誰か』日本経済新聞社、2021年
3. マイケル・Eポーター著／竹内弘高監訳『新版競争戦略論Ⅰ、Ⅱ』ダイヤモンド、2018年
4. 藤本隆宏＋東京大学21世紀COEものづくり経営研究センター著『ものづくりの経営学—製造業を超える生産思想』光文社、2007年
5. 藤本隆宏/新宅純二郎/青島矢一編著『日本のものづくりの底力』東洋経済新報社、2015年
6. 金川千尋『常在戦場金川千尋 100の実践録』宝島社、2018年
7. 藤本隆宏・新宅純二郎『グローバル化と日本のものづくり』放送大学教育振興会、2019年
8. 牧本次生『日本半導体 復権への道』筑摩書房、2021年
9. Philip Kotler (著)、木村 達也 (訳)『コトラーの戦略的マーケティング—いかに市場を創造し、攻略し、支配するか』ダイヤモンド社、2000年
10. 澤田直宏『ビジネスに役立つ経営戦略論—企業の戦略分析入門』有斐閣、2020年
11. ジェイ・B・バーニー、ウィリアム S. ヘスタリー著／岡田正大訳『新版企業戦略論【上・中・下】』ダイヤモンド社、2021年
12. 守屋洋『孫子の兵法がわかる本』三笠書房、2008年
13. M.E.ポーター (著)、土岐 坤 (翻訳)『競争優位の戦略—いかに高業績を持続させるか』ダイヤモンド社、1985年
14. フィリップ コトラー(著)／木村 達也 (訳)『コトラーの戦略的マーケティング—いかに市場を創造し、攻略し、支配するか』ダイヤモンド社、2000年
15. 経済産業省『2013年ものづくり白書』経済産業調査会、2013年
16. 南川明「半導体需要が爆発 世界的なデジタル、グリーン化 政府投資加速で次の成長段階へ」『週刊エコノミストオンライン』2022年1月24日
17. 苑志佳「中国の半導体産業の発展可能性に関する要因分析」『立正大学経済学季報第70巻第3号』2020年

(英語文献)

1. Tsugio Makimoto and David Manners, Digital Nomad, Wiley, 1997.
2. SEMI. (2019). CHINA SEMICONDUCTOR SILICON WAFER OUTLOOK.

(日本語 WEB 文献)

1. 株式会社RS テクノロジーズ公式サイト <https://www.rs-tec.jp/> (2022年8月13日閲覧)
2. 株式会社RS テクノロジーズ「2022年12月期第1四半期決算説明資料」
<https://contents.xj-storage.jp/xcontents/AS02916/43635b3c/3024/4b70/9331/c28c54f22a31/140120220513548067.pdf> (2022年8月13日閲覧)
3. SUMCO 公式サイト <https://www.sumcosi.com/products/about.html> (2022年9月1日閲覧)
4. 濱田重工株式会社公式サイト <https://hamada-hi.com/service/semiconductor/> (2022年9月1日閲覧)

5. 「信越化学とSUMCO、サムコの違いと比較」 <https://kaito-business.com/archives/1080> (2022年9月1日閲覧)
6. 「シリコンウェーハ業界の世界市場シェアの分析」
<https://deallab.info/siliconwafer/> (2022年9月1日閲覧)
7. 「シリコンウェーハ市場の業界研究：市場規模・シェア・今後の見通し」
<https://semi-journal.jp/business/market/wafer2.html> (2022年9月1日閲覧)
8. 「シリコンウェーハのシェアは？概要や今後の動向、日本企業との関わり方を解説」
<https://pimlus.com/media/3875/> (2022年9月1日閲覧)
9. 「ウェーハ再生は12インチで業界シェア約33%とトップ」
<https://web.fisco.jp/platform/selected-news/00093500/0009350020220502042> (2022年9月1日閲覧)
10. 藤本隆宏「広義のものづくり論と現場発のサービス概念」
<https://www.ism.ac.jp/servicesci/materials/ISMsrc2012JanFUJIMOTO.pdf> (2022年9月1日閲覧)
11. 泉妻宏治「シリコンウェーハの最新の市場及び技術動向」
https://www.jstage.jst.go.jp/article/sfj/67/8/67_389/_pdf/-char/ja (2022年9月1日閲覧)
12. SEMI「2021年世界半導体製造装置販売額、前年比44%増の1,026億ドルで過去最高を記録」
<https://www.semi.orSTg/jp/news-RSTesouRSTces/pRSTess/20220413> (2022年10月15日閲覧)
13. 経済産業省(2021)「半導体戦略(概略)」
<https://www.meti.go.jp/press/2021/06/20210604008/20210603008-4.pdf> (2022年7月12日閲覧)
14. 関志雄「モジュール化と中国の工業発展」『中国経済新論：実事求是』2002年8月16日掲載
<https://www.rieti.go.jp/users/china-tr/jp/ssqs/020816ssqs.html> (2022年10月15日閲覧)
15. 半導体産業縦横「中国半導体製造2025」
https://mbd.baidu.com/newspage/data/landingsuper?rs=1766533155&ruk=gbJhoHbJkhc2UdKzCQTHaA&isBdboxFrom=1&pageType=1&urlext=%7B%22cuid%22%3A%22gOSCa0u2Hu_zuHtY0a2uilaZSaja8v8S_iv0t_a1Silc0-iogavCu_80QPr19WPXzrFmA%22%7D&context=%7B%22nid%22%3A%22news_9574830344537794198%22%7D (2022年10月15日閲覧)
16. 一般社団法人ものづくりネットワーク『藤本教授のコラム』“ものづくり考”
<https://mkn.or.jp/Colum1.html> (2022年10月15日閲覧)
17. 日経ものづくり調査「数字で見る現場」
<https://www.nikkeibp.co.jp/atcl/newsrelease/corp/newsrelease20130327/> (2022年10月15日閲覧)
18. 「ものづくり1 日本のものづくりの強み・弱み」
https://www.placeon.jp/blog/monozukuri/making_japan/strong_weak_japan/amp/ (2022年10月15日閲覧)
19. 日立ハイテク公式サイト <https://www.hitachi-hightech.com/jp/ja/knowledge/semiconductor/room/manufacturing/process.html> (2022年7月12日閲覧)
20. 日興アセットマネジメント「シリコン・サイクルはスーパー・サイクルに入った!？」2021/05/10月
<https://money-bu-jpx.com/news/article030683/> (2022年10月17日閲覧)
21. 津田建二『TELESCOPE magazine』「次世代半導体材料はやはりシリコン 半導体産業全体から俯瞰するシリコンウェーハの価値」2022年11月2日

https://www.tel.co.jp/museum/magazine/report/202211_01/ <https://money-bu-jpx.com/news/article030683/> (2022年12月17日閲覧)

22. 湯之上 隆『JB press』『「コロナ特需」の終焉、それはシリコンサイクルの一現象だった』2022年8月8日 <https://jbpress.ismedia.jp/articles/-/71225> (2022年12月17日閲覧)

(中国語 WEB 文献)

1. 长城证券, 邹兰兰、张元默 (2022年)「半导体硅片行业深度报告: 半导体硅片高景气, 国产替代进程加速」https://xw.qq.com/cmsid/20220531A01UGT00?pgv_ref=baidutw (2022年8月13日閲覧)

2. 「中金 | 半导体材料系列: 复盘硅片産業变迁, 展望国产化发展机遇」
<https://finance.sina.com.cn/stock/stockzmt/2022-05-24/doc-imizirau4439594.shtml>
(2022年7月12日参考)

3. 「申万宏源研究| 沪硅産業 (688126) 研究报告: 国产半导体硅片航母, 12英寸硅片放量释放弹性。」<https://www.vzkoo.com/document/20220429018645f59371358664a82a61.html>
(2022年8月13日閲覧)

4. 「华紫研究| 沪硅産業 | 国产替代浪潮下的大硅片之王」
<https://xueqiu.com/4313751636/220287450> (2022年8月13日閲覧)

5. 「2022 美国半导体行业现状」<https://www.q578.com/s-5-2888289-0/> (2022年7月12日閲覧)

6. 「平安証券 | 半導体材料シリーズ報告 (二)」
https://pdf.dfcfw.com/pdf/H3_AP202208171577300930_1.pdf?1660754771000.pdf (2022年10月15日閲覧)

7. 邓秋贤『天天 IC』「有研硅科创板 IPO 启动招股 致力成为半导体硅材料领域领军企业之一」<https://mp.weixin.qq.com/s/t1AHLL6qsVzH48PXd79xdg> (2022年10月25日閲覧)

8. 立昂微公式サイト <https://aiqicha.baidu.com/detail/compinfo?pid=xlTM-TogKuTwcZ5H4MtEzET7TYHK2F5RyQmd&rq=es&pd=ee&from=ps> (2022年7月12日閲覧)

(英語 WEB 文献)

1. China: Manufacturing value added The GlobalEconomy.com
https://www.theglobaleconomy.com/China/manufacturing_value_added/ (2022年10月17日閲覧)