



台湾リスクと半導体産業の今後

2024 年 3 月

一般財団法人 **国際貿易投資研究所 (ITI)**

INSTITUTE FOR INTERNATIONAL TRADE AND INVESTMENT

令和5年度（一財）貿易・産業協力振興財団 助成事業

は し が き

半導体産業は地政学的リスクの高まりとともに経済のみならず政治事案として技術・資源の囲い込み、あるいは争奪戦が繰り広げられるに至っています。こうした中で最先端の生産技術を有し、且つ、中国による侵攻リスクに晒される台湾の客観情勢は、安全保障上の問題にとどまらない世界の半導体産業に対し極めて大きなイシューとして受け止められています。半導体産業は一気通貫で部材集めから最終製品に仕上げることができる企業は今や世界に皆無であり、製造装置の一つである露光装置一つとっても部品点数 300,000 点以上という世界で、そのサプライチェーンの規模間が見て取れます。正に科学技術の粋を集めた産業は、平和利用のできる限りは公正な企業競争で技術革新も益々進むと考えられますが、安全保障上の武器製造にも欠かせない部品であることから各国のコントロールは日々強化される方向に向かっているのが現状です。本調査報告書は、一般財団法人貿易・産業協力振興財団 (ITIC) の助成を受け実施された調査研究会の実施報告書で、研究会メンバーには各分野の専門家が集い情報、知識の共有を図ることで確実性の高い分析を行いました。また動きの速い分野であることから当研究所の Web コラムサイト「世界経済評論 Impact」に掲載された調査研究会委員長執筆のコラムを巻末付録として掲載いたします。

令和 5 年度「台湾リスクと半導体産業の今後」調査研究委員会の構成員は次の通りです。

委員長	朝元 照雄	九州産業大学 名誉教授
委員	楊 英賢	台湾・国立嘉義大学 専任教授
委員	劉 慶瑞	台湾・輔仁大学 副教授
委員	林 倬史	立教大学 名誉教授
委員	伊藤 博敏	(独)日本貿易振興機構 調査部 国際経済課長
オブザーバー	川上 桃子	(独)日本貿易振興機構 アジア経済研究所 上席主任調査研究員
事務局	野口 直良	(一財)国際貿易投資研究所 専務
事務局	大木 博己	(一財)国際貿易投資研究所 研究主幹

本報告が関係者皆様方にとってご参考になれば幸いです。

なお、本報告書全文を別途弊研究所ホームページ <https://iti.or.jp/research> の「ITI 調査研究シリーズ」欄に掲載いたしますので、併せてご利用下さい。

2024 年 3 月

一般財団法人 国際貿易投資研究所

要 約

第 1 章 台湾リスクと半導体産業の今後

九州産業大学 名誉教授
研究会委員長 朝元 照雄

世界の半導体業界はこれまで、世界的な生産拠点である台湾が一つの中国政策により中国の武力侵攻を受ける可能性は低いと見なしていた。しかし、習近平体制が盤石のものとなった今、中国は露骨に台湾統一の意志を表し、2022 年 8 月、米国のペロシ下院議長の訪台時には台湾周辺で大規模な軍事演習を実施、周辺の海域に弾道ミサイルを発射するなど威嚇を激化させた。このため、業界内では「台湾リスク」を再考する動きが広がっている。台湾では世界の最先端半導体の大半が生産され、同産業の国際的な最重要拠点である。本稿では地政学から見た台湾リスク、また米中の覇権争いの中で台湾の置かれた状況と頼新総統による対中国政策などを俯瞰しながら本題である地経学における半導体サプライチェーンの今後を産業構造の詳細とともに解説する。

第 2 章 半導体産業の発展における TSMC の組織間関係の構築・変化

台湾・国立嘉義大学 管理学院・企業管理学系
専任教授 楊 英賢

本研究は、半導体産業の発展における TSMC とインテル、または設計メーカーと、装置・部材メーカーとの組織間関係の構築・変化を明らかにする。その主な研究結果では、半導体産業の発展においては、資源依存の共生的関係、または競争関係における企業は、お互いに緊密な協業、またはコーペティションを活用・構築することができればできるほどの企業が、その優れたパフォーマンスをもたらす可能性が高いという命題を提示する。

第3章 マクロ的な視点からみる台湾の半導体産業

台湾・輔仁大学
副教授 劉 慶瑞

米中貿易摩擦の激化を契機として、米国をはじめ、「脱中国化」の動きが進められている。世界の半導体産業は熾烈的な競争が展開していくなか、それに「地政学」リスクにより、台湾の半導体産業、特に ICT 産業、そして台湾の経済にどのような影響をもたらすのか。

この研究では、統計分析によりマクロ的な視点から台湾の半導体産業を探究していく。中でも、台湾の経済指標の推移、ICT 産業の国内総生産、総固定資本形成、生産高の生産高、半導体産業の輸出入額、海外直接投資（FDI）を順次に論説した後、台湾半導体産業の課題を述べる。

第4章 半導体有事とラピダスの成功可能性

立教大学
名誉教授 林 倬史

本論説では、「ラピダスの成功可能性」を、経営戦略論（Strategic management）的視点に留意しながら、下記の5点を中心に検討していく。即ち(1) ラピダスの設立経緯と位置づけ：IBM 社との関係性、(2) ラピダスの組織デザイン、ビジネス・エコシステム、ビジネスモデル、(3) 成功可能性に対するリサーチアナリストの見解、(4) 半導体有事下におけるラピダスの成功の可能性、(5) 成功可能性の推測と生成 AI の評価、そして(6) の結論ではラピダス社の成功可能性を、技術的視点、経営戦略論（strategic management）的観点を踏まえて、内的・外的補完的要因でもある地政学的外部環境要因判断し。本論稿であえてラピダス社の成功可能性の数値化を試論的に試みた。

第5章 グローバルサプライチェーンの中の台湾半導体産業

独立行政法人 日本貿易振興機構（ジェトロ）調査部
国際経済課長 伊藤 博敏

コロナ禍での全世界的な半導体供給不足や、米中間の技術覇権争いの激化により、半導体のグローバルサプライチェーンにおける台湾の存在感が高まっている。他方、米国による対中輸出管理規則や投資関連規制は、台湾企業の貿易・投資戦略にも少なからず影響を及ぼしている。目下、台湾の半導体産業が直面する課題には、台湾域内のリソース不足、投資分散先の国・地域でのビジネス障壁、中国市場における地場企業との競合激化などが挙げられる。

目 次

第 1 章 台湾リスクと半導体産業の今後.....1

九州産業大学 名誉教授
研究会委員長 朝元 照雄

第 1 節 地政学の台湾リスク	1
1. 地球上で最も危険な場所	1
2. 台湾を巡る米中戦争の回避ができるのか	2
3. 台湾のために戦う	3
第 2 節 地経学における半導体サプライチェーン	4
1. Chip4+1 による半導体対中包囲網.....	4
2. 国別半導体サプライチェーンの国別得意領域	5
第 3 節 半導体産業サプライチェーンの解明：供給面からの考察	7
1. IDM とファブライト	7
2. ファブレス	8
3. ファウンドリー	8
4. OSAT.....	9
5. IP コアと EDA	9
6. 半導体製造装置、原材料、その他	10
第 4 節 半導体産業サプライチェーンの解明：需要面からの考察	11
1. 非メモリーとメモリー半導体	11
2. 半導体流通専門商社	12
3. 半導体の需要側市場	13
第 5 節 地経学と半導体対中輸出規制の今後.....	13
1. 米中ハイテク戦の本質と対中輸出規制	13
2. 半導体に関する地政学上の課題.....	16
第 6 節 おわりに：補助金の供与により半導体工場の設置	19
1. 日本への半導体投資	19
2. 米国への半導体投資	20
3. ドイツへの半導体投資.....	21

第 2 章 半導体産業の発展における TSMC の組織間関係の構築・変化.....24

台湾・国立嘉義大学 管理学院 企業管理学系
専任教授 楊 英賢

第 1 節 はじめに	24
第 2 節 TSMC の概要と優位性.....	24

第3節	ムーアの法則に対する TSMC とインテルとの組織間関係の構築・変化	26
1.	ムーアは王様(1987-2000 年)	27
2.	深いムーア(2001-2010 年)	27
3.	ムーアを超えて(2011-2019 年)	27
第4節	TSMC と設計メーカーとの組織間関係の構築・変化	28
第5節	TSMC と装置・部材メーカーとの組織間関係の構築・変化	29
第6節	おわりに	30
1.	結論	30
2.	インプリケーション	30
3.	今後の課題	31

第3章 マクロ的な視点からみる台湾の半導体産業33

台湾・輔仁大学
副教授 劉 慶瑞

第1節	台湾の主な経済指標の推移	33
第2節	台湾 ICT 産業の国内総生産	34
第3節	台湾 ICT 産業の総固定資本形成	36
第4節	台湾半導体産業の生産高	38
第5節	台湾半導体産業の輸出入額	39
第6節	台湾半導体産業の FDI	46
第7節	台湾半導体産業の課題	48
1.	国内の課題	49
2.	国際の課題	50

第4章 半導体有事とラピダスの成功可能性52

立教大学
名誉教授 林 倬史

第1節	ラピダス社設立の経緯と位置づけ：IBM との関係性	52
第2節	ラピダス社の組織デザイン、ビジネス・エコシステムとビジネスモデル	53
第3節	成功可能性に対するリサーチアナリストの見解	56
第4節	ラピダスの 2nm チップ開発と量産化を可能とする諸条件	58
第5節	本論説時点の成功可能性の推測と生成 AI の評価	59
第6節	結論	61

第5章 グローバルサプライチェーンの中の台湾半導体産業63

独立行政法人 日本貿易振興機構（ジェトロ）調査部

国際経済課長 伊藤 博敏

はじめに 63

第1節 台湾半導体産業の立ち位置 64

1. 世界の半導体生産と台湾、台湾企業 64

2. 台湾の半導体関連輸出の動向 64

3. 台湾半導体企業による海外投資の動き 66

第2節 米中対立の狭間に立つ台湾半導体産業 69

1. 厳しさを増す米国の輸出管理法制 69

2. 米国の補助金受給企業に対する投資制限 70

第3節 台湾の半導体産業が直面する課題 71

1. 台湾におけるリソース不足 71

2. 海外投資先でのビジネス障壁 72

3. 中国市場における地場企業との競合 73

参考資料1 台湾半導体産業の発展：二つの磁場のもとで76

(独)日本貿易振興機構 アジア経済研究所

上席主任調査研究員 川上 桃子

参考資料2 世界経済評論 IMPACT90

第 1 章 台湾リスクと半導体産業の今後

九州産業大学 名誉教授
研究会委員長 朝元 照雄

第 1 節 地政学の台湾リスク

1. 地球上で最も危険な場所

2021 年 5 月 1 日発行の英誌『エコノミスト』の表紙デザインには、黒色のバックにレーダーの PPI (Plan Position Indicator) スコープが描かれ、スコープの中心には台湾の地図があり、英語で「TAIWAN」と書かれている。台湾島の左上の中国領の近くにはいくつかの光点と中国の国旗があり、右下の東側の太平洋側にはいくつかの光点とアメリカの国旗が描かれている。この「光点」は戦闘機か軍艦であると思われる。このデザインは台湾を挟み、アメリカと中国の両勢力による熾烈な勢力争いを示している。

雑誌特集号のタイトルは「地球上で最も危険な場所 (The most dangerous place on Earth)」であり、サブタイトルは「台湾の将来にわたって、米中は戦争を避けるために懸命に対処しなければならない (America and China must work harder to avoid war over the future of Taiwan)」と書いていた。ショッキングなタイトルである。

台湾は 2400 万人を擁する小さな島であり、中国の最も近い海岸までの距離はわずか 160 キロである。長年にわたり、北京政府は「中国は 1 つであり、台湾はそのなかの一部分である」と主張してきたが、アメリカは「戦略的曖昧方式」で台湾海峡の平和と安全を管理し、米・国内法として「台湾関係法」を通じて、台湾との交流と関係を維持してきた。「戦略的曖昧」とは、一方では、台湾が中国に武力攻撃を受けた際に、米国がどのように対応するかを明言しないという意味の政策である。他方では、中国を挑発せず、台湾が現状を維持することで、中国の台湾進攻を回避する意図が同政策にはある。これによって、過去 70 年間、台湾海峡の平和は保たれてきた。

しかし、戦略的曖昧方式は、今日において効果を失ってきたと『エコノミスト』誌は指摘している。この方式では北京政府による武力の統一を阻止することは困難と米国政府は考えており、米国が台湾の安全保障を約束する上で、独立の宣言の放棄が必要であるとしている。台湾は事実上、既に「独立」した国家であり、表面上の「独立」を表明する必要がない。また、米国国防省も「中華人民共和国はいままで一日も台湾を支配した事実がなく、自らの「国土」であると主張する根拠が乏しい」と指摘している。

2. 台湾を巡る米中戦争の回避ができるのか

英誌『エコノミスト』(2022年8月11日付)は、「如何にして台湾における米中戦争を防ぐか(How to prevent a war between America and China over Taiwan)」を特集した。雑誌のカバーには米国のパイロットが戦闘機に搭乗し、座席の外には中国の軍用機の姿が写されている。米中戦争の一步前に達した緊張感を表している。ペロシ下院議長の訪台により、中国は台湾を囲んでミサイルの発射を含む軍事演習を大規模に行った。

『エコノミスト』誌は、米国は直ちに戦艦と戦闘機を台湾海峡に派遣し、「台湾政策法(Taiwan Policy Act)」を通じて、台湾をあたかも“毒針を持つヤマアラシ”のように武装する戦略を構築する、と指摘した。それによって、中国の既存のバランスを崩し、中国の都合の良い新常态(ニューノーマル)を作ることを防ぐと分析している。『エコノミスト』誌は、一年前の特集「世界で最も危険な場所：台湾」に続く、台湾を巡る地政学上の米中衝突が目前に達した様子を伝えている。

近年、米中双方の主張はかけ離れている。繁栄と民主主義を堅持しようとする台湾を取り巻く現状は、米中それぞれの主張の齟齬によって危険な方向に向かっている。台湾海峡を挟んだ戦争は差し迫った状況には達していないものの、60年以上に続いた平和は、不安定で脆く、調和が崩れては始めている。

同年8月のナンシー・ペロシ米下院議長の訪台を引き金に、第4次台湾海峡危機が勃発した。ペロシ氏は自からの権限で、台湾を訪問し、中国共産党を激怒させた。1997年、ペロシ氏の前任者のギングリッチ(Newton Gingrich)下院議長も訪台したが、中国政府は、米国が現状を破壊したと主張したに過ぎなかった。しかし、ペロシ氏が台湾を離れた後、中国は海峡封鎖のリハーサルをするかのように、台湾を取り囲み実弾射撃訓練を実施、台湾に向かってミサイルを発射した。

台湾は蒋介石政権の権威主義国家から、李登輝政権以降の自由と民主主義国家へと大きく変貌した。台湾の1人当たりGDPは、中国のその2倍以上である。台湾の民主化への移行は、中国共産党政権による統治を拒否する明白なシグナルになっている。台湾の蔡英文総統は、独立宣言こそしないが、民主国家の台湾は中国から既に遠く離れている。「一国二制度」という中国の提案は、香港市民が「50年間不変」の約束の下で謳歌した自由を、僅か20数年で破られた。それ以来、「一国二制度」は“絵に描いた餅”に過ぎない。香港が直面した現実を見て、統一を支持する台湾人は非常に少ない。

米国の姿勢も変化するようになった。1950年代には、台湾の保護を目的に2度にわたり台湾海峡危機に介入した後、台湾を防衛する価値を疑問視し始めたことがあった。しかし今日、日米などの多くの国が台湾を信頼できるパートナーとして断固たる支持の姿勢を示すようになった。米国は、台湾を直接防衛するという正式な約束をしておらず、代わりに「戦略的曖昧」の政策を採用している。しかし、米中間の対立が強まり、米国の政治家たちは中国に対して強硬な姿勢を見せるようになった。万が一、中国が台湾に侵攻した場合、米国が

台湾を支援し、参戦することに疑いの余地はない。實際上、バイデン大統領は繰り返し台湾を支持し、参戦すると強調している。

しかし、現状の平和が続くか否かは習近平国家主席にかかっている。中国が豊かになるにつれて、習氏は“偏執狂的なナショナリズム”を育み、外国勢力の手によって中国が受けてきた屈辱を強調した。習氏は、2049 年までに台湾を統一するという「中華民族の復興」の目標を掲げた。

米国の対中威圧の目的は、中国に台湾侵略は「ペイに見合わない」と感じさせることである。米議会に提出され審議中の「台湾政策法」は、台湾により多くの訓練と武器を提供することが盛り込まれた（注：台湾政策法は、「台湾強靱性促進法（Taiwan Enhanced Resilience Act）」の形で「2024 年度国防権限法」に盛り込まれた）。ウクライナ兵が戦場でより効果を発揮できる小型機動性兵器を台湾にも配備するというものであり、高価な軍用装備ではない。台湾を「中国が呑み込むことができない毒針を持つ“ヤマアラシ”」のようにさせることである。そして台湾もウクライナのように、自衛する意欲をもっと示すべきだ。

バイデン政権は中国の侵略を非難すると同時に、台湾の独立を支持しないことも強調している。米議会ではワシントンの台北経済文化事務所を台湾代表処の名称に変更することに対し論議がある。『エコノミスト』誌は、その承認よりも実益のある貿易協定を積極的に行うことが重要と主張する。

3. 台湾のために戦う

英誌『エコノミスト』（2023 年 3 月 11 日付）は、特集「台湾のために戦う（The Struggle for Taiwan）」を組んだ。これは 2021 年の「地球上で最も危険な場所」、2022 年の「如何にして台湾における米中戦争を防ぐか」に続くもので、3 年連続の台湾有事の特集である。表紙の写真は、台湾海峡を航行する艦船数艘の航空写真で、台湾海峡の緊張した雰囲気を与えている。

2022 年 12 月、蔡英文総統は台湾有事について、「誰も戦争を望んでいない」、「しかし、平和は空から降ってくることはない」と述べ、苦肉の策として、「義務徴兵期間を従来の 4 カ月から 1 年間に延長する」と発表した。台湾は既に「世界で最も危険な場所」（2021 年の特集タイトル）になり、中国からの侵略に備える必要がある。特にウクライナ戦争以降、このリスクが高まっている。

国民政府が台北に移転した 1949 年以降、台湾は常に中国による脅威に晒されてきた。特に 2024 年初めには次期総統を選ぶ直接選挙があり、「台湾の行方」が注目されている（注：1 月 13 日の台湾総統・副総統直接選挙で、与党民進党の頼清徳と蕭美琴が次期総統と副総統に当選）。近年まで、米国は「台湾関係法」と「6 つの保証」により台湾へ安全保障を与えてきた。特に戦闘機やミサイルなどの軍事支援を通じ、70 年以上にわたり、台湾を侵略のターゲットとする中国に対して軍事的優位性を持たせてきた。この米国による「曖昧政

策」により、台湾海峡の平和が維持されてきた。

しかし、この 10 年間で中国は軍事力拡張資金を大量投入し、「あからさまな軍拡競争」へと変化した。そして、習近平国家主席は、米国による「既存の秩序」に挑戦するようになった。中国は世界最大の海軍を誇っており、2025 年までに軍艦数は 400 艘になると予想される（米国は 300 艘未満、台湾は 26 艘）。外国勢力を台湾海峡から遠ざけるため、ミサイルと核兵器を増強している。

また、中国は軍事衝突に至らないケースが多いものの、極めて危険な「グレーゾーン」行動を取っている。仮に、双方が誤判した場合は戦争に展開するリスクが高い。台湾海峡の境界線である中央線を越え、台湾南西部の防空識別圏（ADIZ）に侵入する人民解放軍の戦闘機の数、過去 2 年間でほぼ倍増した。2022 年 8 月にアメリカ下院議長（当時）ナンシー・ペロシが訪台後、人民解放軍の戦闘機の侵入数が急激に増加し、軍事的封鎖やミサイルを威嚇発射するなどで一気に緊張が高まった。

台湾有事の場合、世界経済に与える影響はウクライナ戦争よりも遥かに大きい。台湾は世界の半導体の 60%以上を製造しており、スマートフォンから F-35 戦闘機、誘導ミサイルに搭載する最先端の半導体（HPC）の 90%を製造している。調査会社のロジウム・グループ（Rhodium Group）は、台湾有事が発生した場合、世界経済に 2 兆ドル以上の損害を与える可能性があるとして試算した。

第 2 節 地経学における半導体サプライチェーン

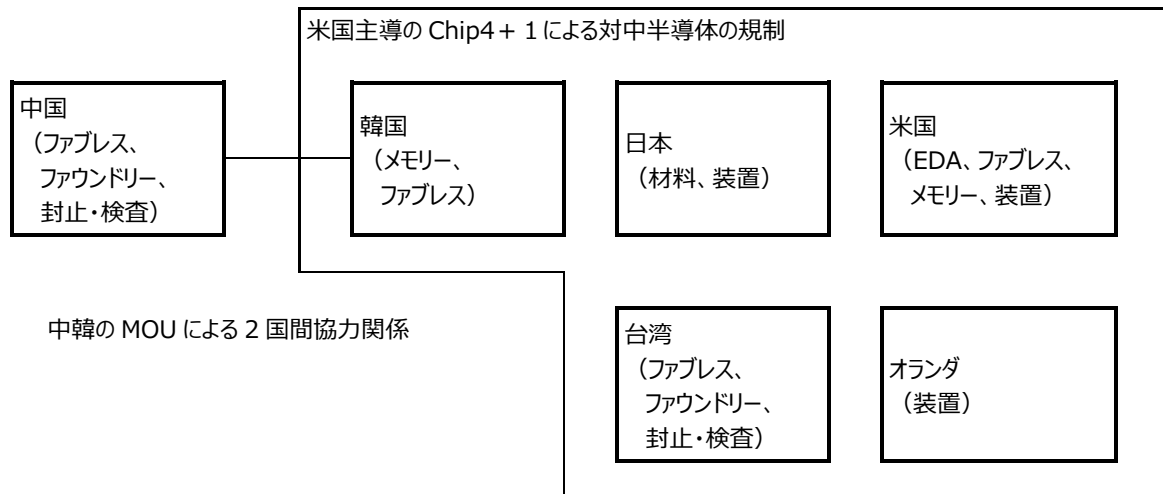
1. Chip4+1 による半導体対中包囲網

図 1 は Chip4+1 と対中の半導体サプライチェーンの構図を示している。「Chip4」とは、日本、米国、台湾および韓国の 4 カ国による半導体サプライチェーン構想・戦略のことを指す。「Chip4+1」は、この 4 カ国にオランダを加えたことである。

米中対立が深まるなか、中国の半導体産業に対するけん制の意味合いがあり、日本は半導体の材料と製造装置に、米国は IDM（Integrated Device Manufacturer の略で、半導体の設計、製造、封止めを 1 社で行う垂直統合型企業）、設計ソフト、IP ライセンス、半導体製造装置に強みがある。

台湾はファウンドリー（ロジック半導体）、OSAT（封止めと検査）に、韓国は DRAM（メモリー半導体）に強みがある。オランダの ASML 社は、7nm（ナノメートル）以下の最先端半導体の製造に欠かすことができない EUV（極端紫外線リソグラフィ）を製造しており、世界市場シェアは 100%である。

図 1 Chip4 + 1 と対中の半導体サプライチェーンの構図



(出所) 筆者による整理。

2. 国別半導体サプライチェーンの国別得意領域

図 2 は半導体サプライチェーンにおける国別得意領域を示した。「Chip4+1」および中国が半導体サプライチェーンにおける得意領域を見ると次のようである。カッコ内のパーセントはこれらの分野に占める市場シェアを現している。米国はインテル、テキサスインスツルメンツ (TI) などの IDM(51%)、アップル、Nvidia、AMD、クアルコム、ブロードコムなどの半導体設計 (96%)、IP ライセンス (52%)、アプライドマテリアルズ (AMAT)、KLA、Lam Research などの半導体製造装置 (46%)、Amkor の OSAT (19%) が含まれている。

日本は信越化学、SUMCO などのウエハー(57%)、東京エレクトロン (TEL)、SCREEN などの製造装置(54%) が含まれている。

台湾は TSMC (台湾積体回路製造)、UMC (聯華電子)、パワーチップ (力晶積成電子製造)、VIS (世界先進) などのファウンドリー(71%)、日月光 (ASE)、矽品 (SPIL)、京元電子 (KYEC)、頤邦(Chipbond)などの OSAT (54%)、環球晶圓 (グローバルウェーハズ) などウエハー(17%) が含まれている。

韓国はサムスン、SK ハイネックスなどメモリーを中心とする IDM (18%) 企業が活躍している。DRAM や NAND 型フラッシュメモリーの世界シェアが高い。

欧州は、IP コア (43%) のコンピューティング・アーキテクチャ開発企業の英国の ARM、シノプシス、ケイデンスの EDA (半導体の設計と製造工程、さらに部品として実装するプリント基板設計の自動化できる手法) が活躍している。欠かすことができないのは、オランダの ASML などの半導体製造装置(22%) だ。

図 2 半導体サプライチェーンにおける国別得意領域

	設計 (ファブレス)	製造 (非メモリー) (ファウンドリー)	封止・検査 (OSAT)
日本	IP コア (ARM)		
	(ソフトバンク。4 割)		
米国	アップル、Nvidia、AMD、 クアルコム、ブロードコム	GF	Amkor
台湾	メディアテック	TSMC、UMC、パワーチップ、 VIS	日月光、SPIL
韓国		サムスン	
中国	ハイシリコン、璧仞科技	中芯国際 (SMIC) 、華虹宏力	長電科技、通富微電、 華天科技
欧州	EDA (シノプシス、ケイデンス) IP コア (ARM)		

	IDM	製造 (メモリー)
日本	ルネサス	キオクシア
米国	インテル、TI	マイクロン
台湾		南亜科技
韓国		サムスン、SK ハイネックス
中国		長江メモリー
欧州	ST マイクロ、インフィニオン、 NXP	

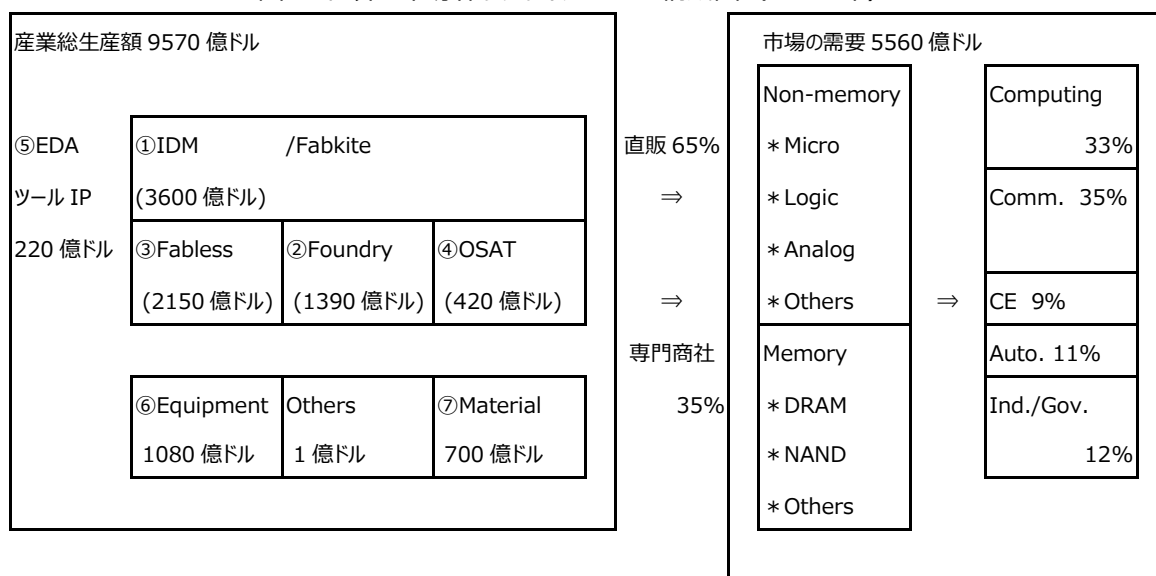
(出所) 筆者による整理。

中国は、通富微電 (TFME)、華天科技 (Hua Tian) などの OSAT (24%)、中芯国際集成電路製造 (SMIC) は米国による輸出規制にも関わらず、2023 年に華為傘下のハイシリコンが設計した 7nm の先端半導体を製造したことで警戒を浴びている。

第3節 半導体産業サプライチェーンの解明：供給面からの考察

半導体は単一の産業ではなく、IDM、ファブライツ、ファブレス、ファウンドリー、OSAT、IP コア、EDA、半導体製造装置、原材料など多岐にわたる関連分野を取り込んだサプライチェーンを形成している。図 3 の世界の半導体サプライチェーンの構成図（2022 年）に沿って解説する。

図3 世界の半導体サプライチェーンの構成図（2022年）



(出所) Digitimes の資料による。

1. IDM とファブライト

インテル、TI（テキサスインスツルメンツ）、サムスン、ルネサスエレクトロニクスなどなどは IDM（垂直統合型）企業である。ルネサスとは、三菱電機、日立製作所および NEC が経営統合した企業である。

一方、「ファブライト (fablite)」とは、自社では大規模な設備投資を行わずに、最小限 (lite) の製造規模にとどめ、需要が自社の生産能力を超えた場合、生産を外部企業（ファウンドリーなど）に委託する企業のことを指す。ファブライトでは、ST マイクロエレクトロニクスが著名だ。同社の前身は、SGS・マイクロエレクトロニカ（伊）とトムソン（仏）の半導体部門の合併企業体である。

2022 年の IDM とファブライトの売上高は約 3,600 億ドルであり、半導体 SC の最大の稼ぎ手である。インテルは世界最大級の CPU（中央演算処理装置）を製造する企業である。CPU はパソコンの頭脳部と言われる最も重要な半導体であり、インテルは“Wintel”（Windows と Intel の造語）の重要な担い手である。

近年、世界の半導体需要の趨勢は、パソコンからスマートフォンや生成 AI に拡大し、インテルは後者への参入に遅れている。また、インテルの技術力は TSMC とサムスン電子にも遅れを取り、一部分の半導体チップ、特に画像処理半導体（GPU）などを TSMC にも委託するようになった。

2. ファブレス

「ファブレス（fabless）」とは、工場（fab）を持たず（less）、開発と設計のみを自社で行い、ファウンドリ（製造）や OSAT（封止・検査）に委託するビジネスのことを指す。「デザインハウス」とも呼ばれている。ファブレスは少数精鋭の人員をキープし、ファウンドリーのように莫大な設備投資が不要なため、特に設備の減価償却や人員の生産管理という煩雑な手間を省くことができる。知的集約型ビジネスを追求しているため、付加価値が高い。ファブレスの 2022 年の売上高は約 2,150 億ドル。しかし、この売上高には下で述べるファウンドリーの 1,390 億ドルと OSAT の 420 億ドルが含まれているため、差し引くと付加価値は約 340 億ドルである。

ファブレス企業の世界ランキング(2020 年)は、クアルコム、ブロードコム、エヌビディア(NVIDIA)、メディアテック(聯発科技)、AMD、ザイリンクス(Xilinx)、マーベル(Marvell)、聯詠(Novatek)、瑞昱(Realtek)、ダイアログ(Dialog)の順となっている。クアルコムは、スマートフォンの通信システムチップの最大手企業である。NVIDIA は GPU の王者で、画像処理、ゲーム用チップ、自動運転、生成 AI 領域で優れた成果を挙げている。ブロードコムはネットチップ、周波数通信チップが強い領域である。メディアテックは通信用チップ、AMD は CPU、GPU の領域でインテルと NVIDIA を追い上げている。近年、AMD は FPGA（購入者や設計者が構成を設定できる集積回路）領域に優れたザイリンクスを買収した。

3. ファウンドリー

ファブレスやファブライイトから委託製造を担うのが「ファウンドリー(foundry)」である。ファウンドリー企業とは、半導体チップの専門製造工場を擁し、委託を受け生産する企業を指す。この独創的なビジネスモデルを構築したのが、TSMC の創業者張忠謀（モリス・チャン）である。

世界のファウンドリビジネスの規模は約 1,390 億ドルである。2022 年第 1 四半期のファウンドリー企業ランキングを見ると、①TSMC 53.6%、②サムスン 16.3%、③聯華電子(UMC) 6.9%、④グローバルファウンドリーズ (GF) 6.9%、⑤中芯国際 (SMIC) 5.9%、⑥華虹宏力 (Hua Hong) 3.2%、⑦パワーチップ (PSMC) 2%、⑧世界先進 (VIS) の 1.5%、⑨合肥晶集成電路 (Nexchip) 1.4%、⑩イスラエル・タワージャズ (Tower Jazz) 1.3%の順位

になっている。そのうち、TSMC、UMC、パワーチップ、VIS の 4 社は台湾の企業で市場シェアは 67%と、全体の 3 分の 2 強を占めている。また、TSMC は線幅 7nm (ナノメートル) 以下の HPC (ハイ・パフォーマンス・コンピューティング) の市場シェアは 84%で、世界で最も注目される企業である。

4. OSAT

ファウンドリーが製造した 12 インチや 8 インチのウェハーを後工程の封止と検査を行うのが、OSAT (Outsourced Semiconductor Assembly and Test) だ。1 つ 1 つ爪の大きさのチップに切断し、それぞれのチップにリード線を付け、セラミックスや樹脂で封止 (パッケージング) して検査を行い、半導体を完成させるのが OSAT の役割だ。

世界の封止・検査ビジネスの規模は 420 億ドルである。ビジネスランキング (2019 年) を見ると、日月光 (ASE、台)、Amkor (米)、矽品 (SPIL、台)、長電科技 (JCET、中)、力成 (PTI、台)、通富微電 (TFME、中)、華天科技 (Hua Tian、中)、UTAC Group (シンガポール)、京元電子 (KYEC、台)、頤邦 (Chipbond、台) の順となっている。また、1 位の日月光と 3 位の矽品は合併企業の日月光控股 (持株会社) を設立している。市場規模 420 億ドルのうち、台湾企業は約 60% のシェアを占めている。また、TSMC も最先端 2.5D や 3D 封止技術の InFO (Integrated Fan-Out)、CoWoS (Chip on Wafer on Substrate)、TSMC-SoIC の強みを持って、アップル、インテル、AMD、NVIDIA などから受注を勝ち取っている。

5. IP コアと EDA

大規模論理回路の設計で、知的財産権 (特許) を持つ設計データを他社にライセンス方式で供与する場合、この設計データを IP コア (Intellectual Property Core) という。ソフトウェアにおけるライブラリーに相当する。IP コアの市場規模は 70 億ドルに達する。この知的財産権分野の代表は、コンピューティング・アーキテクチャ開発企業の ARM (英)、市場シェアは約 40%で、スマートフォン市場では 9 割以上である。

これまで、全世界の 1800 億台の電子製品は ARM のプラットフォームによって設計された。将来、IoT (モノのインターネット) の進化で差別化が進んだ場合、ARM のプラットフォームは、省エネ分野で最も強みを発揮すると言われている。特に、クラウドコンピューティングからエッジ処理に至るまで、今後 10 年間に 3000 億台の電子製品は、ARM を利用すると予測される。現在、ARM はソフトバンク・グループ傘下にある。NVIDIA (米) が ARM 買収の意思を示したが、2022 年 4 月 19 日、イギリス政府が国家安全保障などの観点から、買収に懸念を示し、NVIDIA による買収は失敗した。

EDA (Electronic Design Automation) とは、集積回路など電気系の設計作業の自動化を支援するためのソフトウェアやツールである。仮に 1 つの半導体の設計を LEGO ブロックで作る“城”と譬えた場合、“築城”には 100 個の LEGO ブロックで、12 カ月を必要とする。しかし、EDA のソフトウェアを購入した場合、そのうちの 80 個相当のブロックはそれを使い、残りの 20% はファブレスが自社で設計すれば済む。その場合、12 カ月よりも“築城”の設計期間は大幅に短縮することができる。仮に LEGO を使わない場合、すべてのブロックは自社で開発するしかなく、手間は大幅に増える。IP コアと EDA の市場規模は約 220 億ドルである。

この分野において、シノプシス (Synopsys (米)) とケイデンス (Cadence (英)) の 2 社が、市場シェアの約 3 分の 2 を占める。EDA ツールは半導体製造装置に比べればコピーや盗用が容易である。EDA ツールの中国への輸出が継続されていることも問題視され、バイデン政権は米中半導体競争において、線幅 3nm 以下半導体の設計と製造に必要とする最新鋭の GAA (Gate All Around) FET 関連 EDA の中国企業への供与を禁止した。

6. 半導体製造装置、原材料、その他

2022 年における世界の半導体製造装置の売上高は約 1,080 億ドルであった。これを販売地域別に見ると、中国向けの売上高が 26%、台湾向けが 24%、韓国向けが 23% である。中国向けが高く見えるのは、サムスン (西安)、SK ハイネックス (無錫)、TSMC (南京、上海) が中国に半導体製造工場を設置し、外資が購入する半導体製造装置も中国向けに計上されるためだ。日中台韓の 4 カ国向けの売上高の比率は合計で約 84% に達する。

米・VLSI Research の調査によると、2020 年の半導体製造装置の売上高 Top10 は、①Applied Material (AMAT) (米)、②ASML (蘭)、③東京エレクトロン (TEL、日)、④KLA (米)、⑤アドバンテスト (日)、⑥Lam Research (米)、⑦SCREEN (日)、⑧Teradyne (米)、⑨日立ハイテク (日)、⑩ASM (欧) である。そのほかに、日系企業は第 11 位の日立国際電気、第 12 位のニコン、第 15 位のダイフクも活躍している。

次に掲げる製造装置では日系企業に存在感がある (括弧内は日系企業のシェア)。コータ/デベロッパ (92.1%)、洗浄装置 (69.4%)、CMP (平坦化) 装置 (43.6%)、ダイシングソー (100%)、テスト装置 (64.1%)、プロービング装置 (95.9%)、縦型熱処理装置 (89.6%) である。

原材料は 700 億ドルでその他は約 1 億ドルである。微細加工研究所の湯之上隆所長によれば、半導体前工程の主要材料における日系企業のシェアは、ウエハー (300mm、56%)、レジスト (アルゴン・フッ素 (ArF)) (87%)、レジスト (EUV) (100%)、ウエハー用 (85%)、ウエハー・ラッピング用 (93%)、ポリ Si 用 (65%)、STI 用 (72%)、Cu 用 (54%)、Cu バリア用 (65%)、CMP 後洗浄液 (54%)、高純度薬液：過酸化水素 (62%)、アンモニア水 (40%)、塩酸 (56%)、フッ化水素酸 (83%)、ポリマー除去液 (15%)、イソプロピルアルコール (56%) などである。紙幅の関係で後工程材料とその他は省略する。

第4節 半導体産業サプライチェーンの解明：需要面からの考察

1. 非メモリーとメモリー半導体

2022年の売上高では、IDM企業は3,600億ドル、ファブレスは2,150億ドル（ファブレスは半導体の設計を担当するが、ブランド企業であり、ファウンドリーに半導体の製造とOSATに封止めを発注するため、この数値は製造と封止めの額を含む）である。IDM企業とファブレスの合計が市場需要の5750億ドルに相当する。非メモリー半導体はロジック半導体、マイクロプロセッサ、アナログ半導体などが含まれる。メモリー半導体はDRAM（記憶保持動作を必要とするメモリー）、NAND型フラッシュメモリー（不揮発性記憶素子のフラッシュメモリー）、SRAM（スタティックRAM）などが含まれている。半導体ビジネスのうち、非メモリー半導体は約4分の3、メモリー半導体は約4分の1の売上高を占めている。

メモリー半導体は、「メモリー＝記憶する」装置である。パソコンの場合、ソフトやワードで書いた文書を記憶するのがこのICチップの役割である。この分野において韓国のサムスン電子、LG電子、SKハイニックスやアメリカのマイクロン・テクノロジーなどは、DRAMやNAND型フラッシュメモリーなどで寡占の状態を保っている。

また、原料別半導体の角度から見ると、1950～60年代にゲルマニウム（Ge）を原料とする半導体であったが、発熱制御が困難で、のちには淘汰された。Geに置き換わったものが、以下の原料である。

①第1種半導体：シリコン（Si）を原料とするもの。メモリー（DRAM、NANDフラッシュメモリー）やロジック（演算処理）のASIC（特殊用途IC）、SoC（システムLSI）で使用され、スマートフォン、タブレット端末、ノートパソコン（NB）などシリコンが広範囲で使用される。代表的な企業は、サムスン、TSMC、インテルなどである。

②第2種半導体：ヒ化ガリウム（GaAs）やリン化インジウム（InP）を原料とする半導体である。特に、高周波数、高効率、低電力消耗、WiFi通信、基地局などで使用される。この第2種半導体の代表は、STマイクロン、TI（テキサスインスツルメンツ）、台・穩懋半導体（WIN）などである。WINは“第2種半導体のTSMC”とも呼ばれ、受託製造分野で大きな市場シェアを持っている。

③第3種半導体：シリコンカーバイド（SiC、炭化ケイ素）、窒化ガリウム（GaN）を原料とする半導体。PMIC（パワー半導体）とは、パワーマネジメントICで複数の電源レールおよびパワーマネジメント機能をシングルチップに内蔵した集積回路である。化合物半導体材料の窒化ガリウムと炭化ケイ素を「第3類半導体」と呼ばれた（中国は「第3代半導体」を呼んだが、第1～3種半導体はそれぞれ異なった特徴と用途を持っているため、これは誤った表現である）。電力管理集積回路は、電力管理用の集積回路であり、携帯電話やポータブルメディアプレーヤーなどのバッテリー駆動デバイスに含まれることがある。

特に、パワー半導体が代表であり、電気自動車（EV）などの高周波、高圧、高温、高効率、大電流に使用される。この種の代表は、①インフィニオン（Infineon、独）、②オンセミ（米）、③ST マイクロン（スイス）、④三菱電機、⑤富士電機、⑥東芝、⑦ビジェイ・インターテクノロジー（米）、⑧NXP セミコンタクタズ（蘭）、⑨ルネサス、⑩ロームである。今後、車載半導体として伸びる領域であり、トップ 10 社のうち、日系企業は 5 社と、今後の成長が期待できる分野である。

2. 半導体流通専門商社

製造された半導体は、約 65%が IDM やファブレスから大口ユーザーに直接供給され、残りの 35%は半導体専門商社を通じてユーザーに供給される。

大口ユーザーとは、アップル、Dell、HP（ヒューレットパッカード）やファブレスのクアルコム、ブロードコム、NVIDIA、メディアテック（聯発科技）、AMD など、これらが IDM のインテル、サムスン電子、TI やファウンドリーの TSMC、UMC、グローバルファウンドリーズ（GF）などに半導体チップを発注する。その後、製造されたチップや電子部品は、EMS（電子製造サービス）企業の鴻海（ホンハイ）、広達（クアンタ）、仁寶（コンパル）、緯創、英業達（インペンテック）、和碩（ペガトロン）などに供給され、パソコン、スマートフォンなどが製造・組立される。

他方、少量多種の半導体・電子部品の需要は、半導体専門商社を通じて、ファブレスに発注される。2017 年の世界半導体専門商社の売上高ランキングは、①大聯大（WPG、台）、②アロー（Arrow Microelectronics、米）、③アヴネット（Avnet、米）、④文晔科技（WT Microelectronics、台）、⑤豊田通商（日）、⑥マクニカー・富士エレホールディングス（2022 年 8 月、マクニカホールディングスに社名変更、日）、⑦フューチャー（Future Electronics、加）、⑧至上電子（Supreme Electronics、台）、⑨益登科技（Edom Technology、台）、⑩丸文（日）である。

世界半導体専門商社トップの WPG は、インテル、マイクロン、サムスン電子、エレクトロニック、クアルコム、TI、NXP セミコンダクターズ、東芝、メディアテック、インフィニオン、ST マイクロエレクトロニクス、オン・セミコンダクター、AMD、マイクロチップ・テクノロジーズなど著名な半導体の大型企業 300 社から調達している。

これらの商社は製品の推進、在庫管理、受注管理、販売管理、運営管理、財務管理、情報管理などの業務を担当し、数十万種類の半導体・電子部品を代理している。また、ユーザーの資金力が不足の場合、融資業務も行っている。

3. 半導体の需要側市場

前述のとおり、IDM 企業の 3,600 億ドル、ファブレス（ファウンドリーと OSAT を含む）は 2,150 億ドルを足すと、市場需要は 5,750 億ドルに達する。それを半導体市場の需要側に提供し、パソコン関連は約 33%、スマートフォンなどのモバイル通信関連は約 35%、家電関連の消費電子は約 9%、自動車（EV）関連は約 11%、工業用コンピューター・国防関連は約 12%が使用される。今後、EV や自動運転の需要が大幅に増えると予測することができる。

第 5 節 地経学と半導体対中輸出規制の今後

本調査研究のタイトルである「台湾リスクと半導体産業の今後」を分析するには、「地政学の台湾リスク」（第 I 節）、「半導体産業サプライチェーン」（第 II 節）および「半導体産業サプライチェーンの解明」（第 III～IV 節）という異なる視点からのアプローチが必要になる。本節では「地経学における半導体産業」の視点から「半導体産業の対中輸出規制の今後」を考察する。

1. 米中ハイテク戦の本質と対中輸出規制

まず、米中ハイテク戦の視点から考察する。バイデン政権は 2022 年 10 月に先端半導体の対中輸出規制を施行し、スーパーコンピューターや人工知能（AI）搭載の半導体の先端技術、製造装置の中国向けに開発・輸出する条件を厳しく規制した。この輸出規制のターゲットは、主には半導体製造を請負う TSMC が製造する AI 向け先端半導体と同時に、14nm 以下の先端半導体製造装置の対中輸出規制を米国だけでなく、日本とオランダの政府と企業にも要請した。

しかし、2023 年に華為（ファーウェイ）が開発・販売した Mate60 Pro のスマートフォンをカナダの技術・知財コンサルタント会社テックインサイト（Tech Insights）が分析した。その結果、Mate60 Pro に搭載されたチップ Kirin9000S が、2022 年に華為傘下のファブレス企業のハイシリコン（海思）が設計したものであると判明した。つまり、中国のファウンドリー企業の中芯国際集成电路製造（SMIC）に委託し製造させた半導体が搭載されたのだ。SMIC は 2022 年の時点で 7nm（N+1）を開発し、これに 3 デンシティ（トランジスタの集積密度）を増やし、7nm（N+2）として先端半導体 7nm の設計能力に達したという。Kirin9000S から確認できた機能は、5G 通信のフルプロセスバージョン（完全な処理機能）を備えたことである。Mate60 Pro に 7nm チップを搭載したことで、米国の半導体規制という対中包囲網を突破したと大きな論議を呼んでいる。

このニュースに世界は驚き、特に対中輸出規制を実施したジーナ・レモンド米国商務長官の面子は丸潰れ。つまり、2022年に半導体における主たる地政学リスクに対処するための対中輸出規制であったが、2023年になると、この対中輸出規制網が中国により突破され、無効となったことが判明したからだ。

2020年に米国はTSMCに対し、アリゾナ州への先端半導体ウエハー工場の建設を要請した。一部の台湾の親中派メディアでは「去台化（TSMCは台湾から去る）」というデマが流れ、2023年のTSMCグローバルR&Dセンターの落成式や台湾における3nm工場の投資や次世代の2nm、1nmの工場建設案の発表をもって、デマをようやく払拭することができた。

トランプ政権時に華為に制裁を加えた時期の対象は5Gであったが、2028年には6Gの規格が出始め、2030年に5Gに替わり6Gが主流になり、わずかな6年間で次世代に移行する。6Gと5Gの最大の相異点は、モバイル通信に大量のAIと量子技術が導入される点であり、将来にわたり米中ハイテク戦は継続すると考えられる。

ハイテク技術は、「軍民融合(Military-Civil Fusion (MCF))」の特質を持ち、米中の衝突を引き起こすか否かを決める重要な課題である。もともとハイテク技術は民用で使われる場合、生活の質を改善させる目的で用いられるため、それ自体は何の問題もないが、軍事用に転用されることがあると事情は変わる。2020年のトランプ政権が貿易戦を引き起こした主な理由は、中国がこの軍民融合技術を持って軍事力を強化したためだ。

中国はAIによるスーパーコンピューターによる次世代ステルス戦闘機や先端武器を開発し、AIによる暗号解読と認知戦を展開し、米国の情報機関は確たる証拠を掴んだ。AIを用いた量子コンピューターで暗号を分析すると、情報は解読するし、逆に量子コンピューターによる防衛措置も必要であると考えられる。

米中ハイテク対立の本質はAIを中核とし、演算、通信、先端半導体は米中对立で勝敗を決める重要なカギである。6GとAIにより世界の人々の自由と民主主義の普遍的価値を通じて私たちの生活にますます恩恵をもたらすようになる。将来にわたり次世代の6Gモバイル通信と量子技術まで、如何にして発展するかは注目に値する。

トランプ政権時に貿易戦から始まり、バイデン政権になると先端半導体関連に対中輸出規制を実施するようになった。2022年10月に米国商務省は、先端半導体による軍事用途への使用を防ぐ名義で、スーパーコンピューターとAIに搭載する14nm以下の先端半導体および製造装置、ソフトウェアの対中輸出規制を行った。その目的は中国の半導体製造能力を遅延させるためであった。米国はソフトウェアとハードウェアの両面の技術で中国と対峙するのは難しい。多くのソフトウェア技術はオープンソースのため、オープンソースを規制することは極めて困難である。

米国は同盟国・友好国と協調し、日台韓およびオランダ、イスラエル、英国などの同盟国が米国の対中輸出規制に同調するように期待した。これらの国々の政府は自国の半導体製造装置企業に、米国と同じ措置を採用するように要請した。2023年7月、日本政府は23項

目の先端半導体の材料や製造装置を輸出規制対象のリストに入れた。オランダは米国の対中輸出規制の11カ月後の2023年9月に追従し、深紫外線露光装置（DUV）を対中輸出規制の対象にした。この11カ月の空白期間に、中国はオランダのASMLにDUVを大量発注した。この11カ月は中国に規制の突破口を作らせる期間となった。具体的に、中国は2023年に400億ドルの半導体製造装置をASMLから購入し、中国の史上第2位の輸入額になった。また、2023年12月に中国がオランダから輸入したDUVは、対前年同期比で約10倍の輸入額を記録した。

第一財經の報道によると、中国の半導体企業が2023年の生産能力は対前年比12%増で、月産760万枚のウェハーに達し、2024年に年間13%増の月産860万枚に達すると予測している。Trend Forceによると、現在、中国では44の半導体製造工場が操業中で、そのほかに、22の半導体工場が建設中であり、2024年末にウェハー製造工場は28nmやそれよりも古いタイプの成熟プロセス半導体の生産能力が拡大する。つまり、成熟製造プロセスの半導体が初期に規制の対象外のため、中国が成熟半導体に大きく参入する突破口になり、それは成熟半導体の生産過剰によるダンピング販売をもたらし、世界の半導体製造企業に大きな打撃をもたらすことになる。米国は持続的に規制を強化し、中国は規制の突破口を探し求め、これは2023年の米中ハイテク戦の核心的出来事である。

海外の多くのシンクタンクの主張は、米国の対中輸出規制は大きな効果が発生していないと指摘した。米国の戦略国際問題研究所（CSIS）のAI・先端技術センター長のグレゴリー・アレン（Gregory C. Allen）の『フィナンシャル・タイムズ』への寄稿「華為の中国製最先端チップは米国を驚かせた（How Huawei surprised the US with a cutting-edge chip made in China）」（2023年11月29日付）は、「先端半導体の技術は、米国の独占ではなくなった。米国は先端半導体の輸出規制措置を採用したが、中国は技術面で絶えず進歩した」と述べ、前述の華為のMate60 Proに搭載された7nmの半導体製造により、対中包囲網戦略が実質的に失敗したことを指摘した。

しかし、中芯国際集成电路製造（SMIC）はASMLのDUVを使い、しかもTSMCやサムスンの特許技術を使った疑いがあり、華為のスマートフォンは海外企業の多くの特許を侵害した可能性があるため、輸出することができず、中国国内での販売に終始するだろうとも指摘した。米国が懸念しているのは、仮にSMIC製造の7nmの半導体チップが中国の軍事用に使われた場合、厄介な存在になるということだ。

『エコノミスト』（2024年2月13日付）誌の寄稿「中国は外国の半導体技術への依存を静かに減らしている（China is quietly reducing its reliance on foreign chip technology）」において、米国の対中輸出規制が効果を発揮できないのは、法令による規制だけでなく、執行面が非常に重要であると指摘した。記事によると、あらゆる国の政策の制定には1単位のリソースが必要だが、執行の推進には10単位のリソースが必要であると指摘した。米国が対中輸出規制を打ち出して以後、米国内部での執行が遅く、ましてはEUの同盟国の支持を得るのが遅いと指摘した。米国は対中輸出規制を実施し、同時に同盟国から強固な支持を得

る必要があるが、EU 内部の国家公務員でもハイテクに対する輸出規制を理解できず、米国の規制によるフォローや執行面で多くの落とし穴が存在していると述べた。『エコノミスト』誌は米国の輸出規制法規の実施だけでなく、執行面についても改善の余地があると厳しく指摘した。

2023 年 10 月 17 日、米国は AI に対応する先端半導体の販売に制限を加えた。これは最新の先端技術に関する輸出規制措置であり、先端半導体技術の中国への輸出を阻止し、執行面を強化することである。『エコノミスト』誌は、中国が海外に設けられた子会社を通じて、輸入が規制された先端半導体を購入することができ、この落とし穴を防ぐことが必要であると指摘する。

同年 10 月 9 日にサムスンと SK ハイニックスは、米国製半導体装置を使い許可の申請なしで中国の自社工場でのチップ製造が認められ、同月 13 日に TSMC も同じく認められた。米国による輸出規制を世界各国で執行する場合、発生する厄介な本質が明らかになった形だ。各国政府や EU の間の責務の分担によって、欧州の状態はより複雑になるため、現在、米国は EU のメンバー国に国家安全関連の輸出規制の自由裁量権利を認めている。その後、EU 規制委員会から対 EU 経済安全に関する重要な領域リストを提出し、EU 加盟国メンバーに先端半導体、量子技術、AI 関連の輸出規制の実施を要請した。

ここまでは米中対立における重要な出来事である。次は、半導体の地政学の課題を論じる。

2. 半導体に関する地政学上の課題

表 1 は 1993～2021 年の世界 Top10 の半導体ブランド企業の推移を示している。1993 年と 2000 年の時点、世界 Top10 社の半導体ブランド企業のうち、米国企業はインテル、モトローラ、テキサスインスツルメンツ (TI) の 3 社であり、2008 年にインテル、TI、クアルコム (Qualcomm) の 3 社、2019 年にインテル、マイクロン (Micron)、Qualcomm、ブロードコム (Broadcom)、TI、エヌビディア (Nvidia) の 6 社、2022 年にインテル、Micron、Nvidia、Broadcom、TI、AMD (アドバンストマイクロデバイセズ) の 7 社に増えた。

1993 年の時点での世界の Top10 企業のうち、日本企業は NEC、東芝、日立製作所、三菱電機、富士通、松下電器 (パナソニック) の 6 社が占め、殆どが IDM 企業である。2000 年になると東芝、NEC、日立製作所の 3 社になり、2008 年になると東芝、ルネサス (三菱電機、日立製作所、NEC の 3 社による構成)、Sony の 3 社、2019 年以降になると日本企業数はゼロになった。

韓国企業について、1993～2000 年に至るまでサムスンの 1 社だけで、2008 年サムスンとハイネックスの 2 社になり、2019 年と 2021 年にはサムスンと SK ハイネックスの 2 社をキープしている。

表 1 世界 Top10 の半導体ブランド企業の推移（1993～2021 年）

ランキング	(1993 年)			(2000 年)			(2008 年)		
	企業名	売上高 (億ドル)	市場シェア (%)	企業名	売上高 (億ドル)	市場シェア (%)	企業名	売上高 (億ドル)	市場シェア (%)
1	インテル	76	9.2	インテル	297	13.6	インテル	345	13.0
2	NEC	71	8.6	東芝	110	5.0	サムスン	203	7.6
3	東芝	65	7.6	NEC	109	5.0	TI	116	4.4
4	モトローラ	58	7.0	サムスン	106	4.8	東芝	104	3.9
5	日立	52	6.3	TI	6	4.4	ST	103	3.9
6	TI	40	4.8	モトローラ	79	3.6	ルネサス	70	2.6
7	サムスン	31	3.8	ST	79	3.6	クアルコム	64	2.4
8	三菱電機	30	3.6	日立	74	3.4	Sony	64	2.4
9	富士通	29	3.5	インフィニオン	68	3.1	ハイネックス	62	2.3
10	松下電器	23	2.8	フィリップス	63	2.9	インフィニオン	59	2.2
Top10 社計		572	57.2		1081	49.4		1191	44.9
合計		826	100.0		2190	100.0		2652	100.0

ランキング	(2019 年)			(2021 年)		
	企業名	売上高 (億ドル)	市場シェア (%)	企業名	売上高 (億ドル)	市場シェア (%)
1	インテル	708	15.9	サムスン	870	13.3
2	サムスン	557	12.5	インテル	767	12.5
3	SKハイネックス	232	5.2	SKハイネックス	374	6.1
4	マイクロン	202	4.6	マイクロン	300	4.9
5	ブロードコム	172	3.9	クアルコム	293	4.8
6	クアルコム	144	3.2	エヌビディア	232	3.8
7	TI	137	3.1	ブロードコム	210	3.4
8	インフィニオン	113	2.5	メディアテック	177	2.9
9	エヌビディア	108	2.4	TI	177	2.9
10	ST	95	2.3	AMD	164	2.7
Top10 社計		2469	55.5		3512	57.1
合計		4445	100.0		6146	100.0

（出所）Trend Force による。

台湾については、2021 年にメディアテック（聯発科技）が Top10 入り、そのほかは半導体受託製造の TSMC はブランド企業でないため、この表では現れていない。2021 年の世界 Top10 のうち、クアルコム、エヌビディア、ブロードコム、メディアテック、AMD の 5 社は半導体設計担当のファブレス企業であり、設計後は半導体製造担当のファウンドリー企業の TSMC に委託し、ファブレスとファウンドリーの協力により、ウィンウィン効果を果たしている。さらに、インテルは IDM 企業であるが、一部分のチップも TSMC の製造を委託している。

先端半導体技術は非常に重要であり、ロジック半導体の国産化と強靱化は、リスク回避ができるが、膨大な資本支出が不可欠である。先端半導体のうちロジック半導体は、主には演算用の HPC（ハイ・パフォーマンス・コンピューティング）に使われる。過去の日米欧の半導体の設計、製造から封止めが 1 社で行う垂直統合型である IDM 半導体企業は、20～30

年前の半導体の主軸を占めていたが、先端半導体へのニーズに移行した後、絶えず膨大な資本支出が必要である。しかし、IDM 企業が自社用として生産してもそれほどの使用量がない。

また、日本の IDM 企業が製造された半導体は主に自社の家電に使われ、1980 年代後半の最盛期に世界の半導体の約半分を占めていたが、1986 年 9 月の日米半導体協議により、日本製半導体の対米輸出関税が 100%課税、プラザ合意による円高・ドル安に加え、日本の半導体が次第に“凋落”し、近年、日本の家電は韓国や中国の低価格製品にキャッチアップされ、需要量が大幅に減少した。2022 年の市場シェアはわずか 9%になった。

そのほかに、日本では GAFAM (Google (現在の Alphabet)、Apple、Facebook (現在の Meta)、Amazon) などの巨大企業の参入、アップルの iPhone などのスマートフォンや生成 AI の発展に遅れを見せ、これらに使う先端半導体のニーズが少なく、ファウンドリー企業に委託して必要である数量の半導体を手に入るほうが安上がりである。その結果、IDM 企業は膨大な資本の調達に耐えられず、日欧米企業が次々と先端半導体ビジネスの参入から撤退するようになった。

次は、世界の半導体製造企業が製造プロセスの高度化への移行における参入企業数の変化を示している。

2002～2003 年	線幅 130nm	26 社
2004～2006 年	線幅 90nm	18 社
2006～2008 年	線幅 65nm	14 社
2008～2012 年	線幅 45nm/40nm	14 社
2010～2012 年	線幅 32nm/28nm	10 社
2012～2014 年	線幅 22nm/20nm	7 社
2014～2016 年	線幅 16nm/14nm	6 社
2017～2019 年	線幅 10nm	3 社
2020～2022 年	線幅 7nm	3 社
2022～2023 年	線幅 5nm/3nm	2 社

このデータからは線幅の微細化によって、世界の多くの企業は膨大な資本支出と優秀な人材の掌握ができず、比較優位の原則に基づいて、熾烈の競争において、日系企業を含めて次々と先端半導体への参入から撤退するようになった。2020～2022 年線幅 7nm の 3 社は、TSMC、サムスンとインテルであり、2022～2023 年線幅 5nm/3nm の 2 社は僅か TSMC とサムスンの 2 社が残った。

本来、グローバル化の比較優位の法則では、それぞれの国が得意分野に専念し、互いに交易を行い、最適の貿易状態である。しかし、地政学のリスクに備え、日米欧の主要国家は安全保障の視点から半導体の生産能力、特に先端半導体の製造が自国に戻るよう期待した。日米欧諸国の企業は膨大な資本支出を捻出することができず、半導体製造から撤退し、他方、TSMC の生産能力の質（微細化）と量が向上した後、ファブレス企業に協力し、ビジネスを拡大している。

近年、生成 AI が注目されるようになった。生成 AI 対応半導体の多くは、NVIDIA や AMD が設計し、TSMC が製造を担当している。これらの生成 AI の販売先はマイクロソフト、Meta (FaceBook)、Google、Amazon などのインターネット接続に欠かせない役割を果たす接続事業者「インターネットサービス・プロバイダ」である。

2024 年に入り、ライト・ストリート・キャピタル (Light Street Capital) のグレン・ケーチャー (Glen Kacher) 氏は、グループを完全に再構築する必要があると考え、生成 AI 領域の担い手であり、勝ち組の 5 銘柄を新しいトレンドとして特定し、それらを「AI5」と名付けた。「AI5」とは、NVIDIA、Microsoft、AMD、TSMC、Broadcom の 5 社である。NVIDIA、AMD、Broadcom の 3 社の共通点は半導体設計 (ファブレス) 企業であり、この 3 社の殆どが半導体製造 (ファウンドリー) 企業である TSMC に製造委託し、TSMC も 5nm 以上の先端半導体の 80%以上の市場シェアを持つ。

第 6 節 おわりに：補助金の供与により半導体工場の設置

先端半導体の製造に膨大な資本支出が必要のため、日米欧諸国は自国に半導体の製造基地の構築を望む場合、唯一の方策は補助金の提供による企業誘致である。この 2~3 年間に、日米欧諸国は中国の「政策的補助金」という奨励方式を真似て、補助金の提供により半導体への推進の手段を推進するようになり、国家の強靱性の強化を励んでいる。つまり、グローバル化の比較優位から見ると、半導体の製造は台湾と韓国に集中するため、日米欧諸国の指導者は自国の課題を分かったあと、企業では膨大な資金支出に負担できず、国からの援助金の提供による「逆グローバル化」の動きを見せるようになった。しかし、日米欧諸国の半導体の製造人材は非常に不足し、TSMC を誘致と同時に半導体の人材育成を強化している。

1. 日本への半導体投資

TSMC の熊本工場 (熊本県菊陽町) が 2024 年 2 月 24 日、第 1 工場の開所式を迎えた。同月 6 日には隣接地に第 2 工場の建設を発表し、両工場を合わせた設備投資額は 200 億ドル (約 2 兆 9600 億円) 以上に達する。熊本第 1 工場は線幅 22/28nm~12/16nm であり、日本政府は 4760 億円を補助、第 2 工場は線幅 6~7nm で、日本政府は 7320 億円を補助する。ちなみに、熊本第 1 工場の進出後、経済波及効果は 6 兆 8500 億円に達すると言われている。

TSMC が発表した第 2 工場建設によると、子会社の JASM は TSMC(86.5%)、ソニーグループ (6%)、デンソー (5.5%) が出資していたが、トヨタ自動車が 2%出資することになる。これまでトヨタの出資は自動車を含めた産業界全体で TSMC と関係を一層深めるための投資との意味合いが強い。日台の産業連携によって、熊本を含んだ九州シリコンアイランドの発展が見込まれる。

2. 米国への半導体投資

2022 年 12 月 6 日、アメリカ・アリゾナ州に設けた TSMC 工場の搬入式で TSMC 劉德音董事長（マーク・リウ会長）は、来賓歓迎の辞を述べた。「TSMC は 2020 年から 120 億ドルをフェニックス工場に投資し、線幅 5nm から 4nm の半導体ウエハー工場を立ち上げ後、400 億ドルまでに投資を増やし、2026 年には線幅 3nm 対応の半導体ウエハー工場を立ち上げる。2 つのウエハー工場の完成後は、毎年 60 万枚以上の半導体ウエハーを製造、年間売上高は 100 億ドルに達し、顧客には年間 400 億ドルの売上高をもたらす。また、2 つの工場は 1.3 万人の高度人材の雇用機会を創出する。そのうち、TSMC は 4,500 人の雇用機会を提供し、残りの雇用は TSMC のサプライヤーなどから生まれるものだ」と満面の微笑を浮かべて述べた。TSMC のアリゾナ州への投資は、同州史上最大の投資案件である。

しかし、TSMC のアリゾナ州フェニックス工場の設備搬入式典を行ったが、それ以降の進捗が遅れている。生産開始も、当初計画の 2024 年から 25 年にずれ込む。日本の熊本工場よりも 1 年前に建設が始まったが、熊本工場よりも進む具合が遅れている。その理由として製造設備の設置を担う技術者の不足が深刻という。TSMC の劉德音会長によると、生産が遅れるのは、最先端の回路線幅 4nm の半導体である。「台湾から米国の技術者を訓練するスタッフを送り、工期の改善をめざしている」としている。

その後、米国の労働組合が上院と下院に対し、派遣される 500 名のスタッフの EB-2 ビザ発給を阻止するように訴えている。EB-2 ビザとは、Advanced Degree（高学歴者、修士卒以上）や National Interest Waiver（国益に適う場合）に申請する永住権である。労働組合が要請するのは、技術者ビザで指導のみ行うことを認めるビザ（実際の操作は認めない）で、雇用確保の観点から現場での生産活動から派遣スタッフを排除することが目的という。これに対し TSMC は、500 人にはサプライヤー企業の組立用員が含まれていると、労組に対し丁寧に説明をしている。

米国大統領選挙が近くなり、労働組合を支持基盤にもつ民主党は、この要請を重視する可能性がある。米国政府が提供する補助金は、今になっても支払われず（ねじれ議会のため、インテルとサムスンに支給する補助金もまだ支給されていない）。この工場での量産化計画は延期され、第 2 工場も 1 年の順延になった。

アリゾナ工場の労働者組合問題によって建設が計画通りにいかず、投資額が約 3 倍の 400 億ドルに膨らみ、米国政府から約束された補助金の供与が今になっても下りていなく、量産化の延期が余儀なくされた。TSMC を中核とする多国間の進出に多くの雑音の流れ、2023 年末に TSMC の広報部は、劉德音会長が今年 6 月の株主大会時に辞職すると発表した。

3. ドイツへの半導体投資

2023 年 8 月 8 日、TSMC はドイツ東部ザクセン州の州都ドレスデン（Dresden）へ合併による進出を発表した。ドレスデンはインフィニオン・テクノロジーズから独立したキマンダやグローバル・ファウンドリーズ（GF）などが進出し、ドイツの半導体製造の集積地として知られる。TSMC のドレスデンにおける合併企業名称は「ESMC」で、投資総額は 100 億ユーロ以上、内訳はドイツ政府から 50 億ユーロの助成金が得られる。残りの 50 億ユーロのうち、TSMC の出資金は 70%（35 億ユーロ）、ボッシュ、インフィニオン、NXP セミコンダクターズの出資金はそれぞれ 10%（10 億ユーロ）である。計画によると、2024 年に工場建設が着工、2027 年に生産が開始される。製造品目は 12~28nm の成熟（旧世代）の車載半導体が中心で、主には欧州（ドイツ）の電気自動車（EV）に供給される。生産能力は 12 インチのウエハーで月産 4 万枚、約 2000 人の雇用機会を創出する。同年 7 月、EU（欧州連合）は 2030 年までに 430 億ユーロを投資する「欧州チップ法」を成立させた。現在、欧州の半導体生産の世界シェア 9%から 2030 年までに 20%に引き上げる目論見で、域内での調達拡大を目指している。しかし、ドイツ政府からの資金不足のため、この計画は 1 年間延期するようになった。TSMC の対日投資は対米、独投資よりも明らかに順調に行っている。

日本での“3nm 工場設置説”

米国通信社ブルームバーグの 2023 年 11 月 21 日の報道によると、TSMC が熊本県の第 1 工場を完成させ、第 2 工場の建設を計画するほか、日本で 3 番目となる先端半導体工場の建設を検討しているという。報道によると新たな工場では線幅 3nm の最先端半導体の製造を見据えている。この動きにより、日本国内で広範な半導体生産体制が整う可能性がある。この報道に関して TSMC は当面、第 2 工場の可能性を追求することに専念しているため、伝えられる情報はないとコメントしたという。

この報道は「政治的意図」で「商業的な考慮」によるものでないと筆者は考える。その背景には「米国の要因」があると見られる。熊本第 1 工場で製造する線幅 12/16nm~22/28 nm 半導体の主な顧客は Sony でイメージセンサーとトヨタなどの車載半導体に使われ、第 2 工場の線幅 6/7nm 半導体はスマートフォンとデータセンターに使われる。ところが 3nm の米国の主な顧客はアップルの iPhone とパソコン、Nvidia や AMD の生成 AI の需要であるが、日本国内の大きな需要は現在では見当たらない。

つまり、地政学リスクから、バイデン政権が考える台湾以外の製造拠点を設けるという「Taiwan+1」や「フレンド・ショアリング (friend-shoring)」の要請がある。「フレンド・ショアリング」とは、同盟国や友好国など近い関係にある国に限定したサプライチェーンを構築することを指す。以下に述べる TSMC のアリゾナの 4~5 nm 工場の設置と運営に、労働組合問題で進み具合に遅延が発生し、3nm が日本で製造できる場合、それ程急がなくても済むという思惑があると筆者は見ている。

【参考文献】

- クリス・ミラー著、千葉敏生訳『半導体戦争』ダイヤモンド社、2023 年。
- 林宏文『晶片島上的光芒』早安財經文化、台北、2023 年。
- 王百禄著、沢井メグ訳『半導体ビジネスの覇者』日経 BP、2023 年。
- 黄欽勇『決勝矽紀元』天下雜誌、2024 年。
- 黄欽勇『矽島の危與機：半導體與地緣政治』陽明交通大學出版社、2022 年。
- 朝元照雄「台湾・地球上で最も危険な場所：英誌『The Economist』は何を語るのか」世界経済評論 Impact No.2139、2021 年 5 月 10 日。
<http://www.world-economic-review.jp/impact/article2139.html>
- 朝元照雄「台湾を巡る米中戦争の回避ができるのか：英誌『Economist』は何を語るのか」世界経済評論 Impact No.2731、2022 年 11 月 7 日。
<http://www.world-economic-review.jp/impact/article2731.html>
- 朝元照雄「“台湾のために戦う”は“日本のために戦う”のだ：英誌『Economist』は何を語るのか」世界経済評論 Impact No.2910、2023 年 4 月 10 日。
<http://www.world-economic-review.jp/impact/article2911.html>
- 朝元照雄「半導体産業サプライチェーンの解明：供給面からの考察」世界経済評論 Impact No.2699、2022 年 10 月 3 日。
<http://www.world-economic-review.jp/impact/article2699.html>
- 朝元照雄「需要面から見た半導体産業サプライチェーン」世界経済評論 Impact No.2703、2022 年 10 月 10 日。
<http://www.world-economic-review.jp/impact/article2703.html>
- 朝元照雄「解析・半導体産業ビジネス」世界経済評論 Impact No.2161、2021 年 5 月 24 日。
<http://www.world-economic-review.jp/impact/article2161.html>
- 朝元照雄「アメリカの新しい対中半導体規制：ハイテク企業売上高の不振」世界経済評論 Impact No.2743、2022 年 11 月 14 日。
<http://www.world-economic-review.jp/impact/article2743.html>
- 朝元照雄「再論・アメリカの“対中半導体規制”」世界経済評論 Impact No.2784、2022 年 12 月 12 日。
<http://www.world-economic-review.jp/impact/article2784.html>
- 朝元照雄「アメリカの半導体誘致の奨励と対中規制：“CHIPS 法”は、どんな影響を及ぼすか」世界経済評論 Impact No.2937、2023 年 5 月 1 日。
<http://www.world-economic-review.jp/impact/article2937.html>

朝元照雄「米“対中半導体規制”の強化か：地経学上の要請と AI 企業の苦悩」世界経済評論 Impact No.3025, 2023 年 7 月 10 日。

<http://www.world-economic-review.jp/impact/article3025.html>

朝元照雄「半導体製造装置の対中輸出規制：オランダ・ASML と中国の技術力比較」世界経済評論 Impact No.2982、2023 年 6 月 5 日。

<http://www.world-economic-review.jp/impact/article2982.html>

朝元照雄「半導体 AI 関連の対中規制強化：NVIDIA の A800、N800 などが規制対象に拡大」世界経済評論 Impact No.3190、2023 年 11 月 20 日。

<http://www.world-economic-review.jp/impact/article3190.html>

朝元照雄「Mate60 Pro ショック：なぜ中国は米国の半導体規制を突破したのか」世界経済評論 Impact No.3175, 2023 年 11 月 6 日。

<http://www.world-economic-review.jp/impact/article3175.html>

朝元照雄「経済産業省主導の Sony と TSMC の合弁案：TSMC は要請に応えるか？」世界経済評論 Impact No.2206、2021 年 6 月 28 日。

<http://www.world-economic-review.jp/impact/article2206.html>

朝元照雄「TSMC グローバル R&D センターの落成式：魏哲家総裁、劉德音会長は何を語るのか」世界経済評論 Impact No.3067、2023 年 8 月 14 日。

<http://www.world-economic-review.jp/impact/article3067.html>

朝元照雄「TSMC のドイツ工場進出決定：熊本工場は計画通り、アリゾナ工場は遅れ」世界経済評論 Impact No.3095、2023 年 9 月 4 日。

<http://www.world-economic-review.jp/impact/article3095.html>

朝元照雄『台湾の経済発展』勁草書房、2011 年、第 1 章「産業の高度化と技術のインキュベーター：工業技術研究院の役割」、第 2 章「新竹科学工業園区と産業集積」、第 3 章「半導体産業の形成と発展」、第 5 章「ノートパソコン産業における台湾企業の役割」。

朝元照雄『台湾の企業戦略』勁草書房、2014 年、第 1 章「台湾積体回路製造（TSMC）の企業戦略」、第 2 章「聯発科技（メディアテック）の企業戦略」、第 5 章「華碩電腦（エイスーステック）の企業戦略」。

朝元照雄『発展する台湾企業』勁草書房、2018 年、第 4 章「日月光（ASE）の企業戦略」。

朝元照雄『台湾企業の発展戦略』勁草書房、2016 年、第 4 章「宏碁（エイサー）」。

朝元照雄・中原裕美子編著『台湾の企業研究』九州産業大学産業経営研究所研究叢書 7、九州大学出版会、2020 年、第 5 章「大聯大（WPG）のビジネス戦略」（朝元照雄執筆）。

第2章 半導体産業の発展における TSMC の組織間関係の構築・変化

台湾・国立嘉義大学 管理学院 企業管理学系
専任教授 楊 英賢

第1節 はじめに

近年、半導体は世界で最も重要な産業になっている。自動車や家電だけでなく、ロケットやミサイルにもふんだんに使われる半導体は、今や原油を超える「世界最重要資源」だった。半導体はもはや汎用品ではない (Miller、2022)。

特に、近年米中両国は貿易戦争から半導体戦争まで、経済、技術、チップ、国家安全などのあらゆる局面の戦場を拡大している。半導体の製造は台湾に集中していることから、台湾有事が発生した場合、世界に与える影響は非常に大きい。2023年3月に『半導体戦争』の著者であるMillerとのテレビのインタビューによって、現在の半導体産業における台湾の役割は既に大きく、特にTSMCの役割は中心的な地位を占める。他の企業にTSMCと同様の先端的な地位を期待することは難しい (朝元、2023)。

台湾半導体産業の発展、または世界発の半導体 (ウェーハ) 受託製造 (ファウンドリ (Foundry)、半導体製造受託サービス) の専門企業として設立されたTSMCの成功要因を研究した文献や報道などが多い。その要因としては、例えばアメリカのRCA からの技術導入 (朝元、2013)、産業集積 (楊・伊藤2004; 呉、2022)、産官学の連携によるネットワーク (青山、1999)、張忠謀会長のリーダーシップ、約1300メーカーからなるサプライチェーン軍団との協力 (王、2021)、顧客や先端の装置メーカーとの提携など (朝元、2013; 岸本、2016; 楊、2019; 川上、2021) が明らかにされている。

しかし、これまでの研究では、戦略産業としての半導体産業の発展における後発者であるTSMCと先行者インテルとの組織間関係、およびその他の関係業者との関係の構築・変化として論じることは少なかった。したがって、本研究は、半導体産業の発展におけるTSMCとインテル、または顧客である設計メーカー (すなわち、ファブレス企業) と、装置・部材メーカーとの組織間関係の構築・変化を明らかにする。

第2節 TSMC の概要と優位性

TSMC は、半導体の製造設計を行うテキサス・インスツルメンツ出身の張忠謀 (モリス・チャン) 氏が 1987 年に台湾で創業し、世界初のファウンドリー専門企業である。「ファウンドリー」とは、自社ブランドを持たず、他社からウェーハ加工による半導体の製造委託を受けるビジネスである。独創的に、新たな半導体ビジネスモデルを開拓したのである (朝元、2022)。

TSMC は台湾では近年、「護国神山」と呼ばれている。文字通り国を守る神の山という意味で、経済成長や技術水準を支えるだけでなく、外交上の切り札ともなって国を守っていると認識されている。この TSMC を創業した張氏は、ゴッドファーザーと呼ぶにふさわしい大物実業家だ（杉本、2021）。彼は 2018 年 6 月に経営の表舞台から身を引いた。

TSMC の 2022 年度 ESG 報告書によると、売上高が約 2.26 兆台湾ドル（以下同じ）で、13 年連続の新記録を創造して、そのうち、7nm 以下の先端のプロセスが 53%を占めている。また純利益が約 1.01 兆で、チップの出荷量が約 1530 万枚で、288 種の製造技術で 532 の顧客の需要を満足させて、従業員数が約 7.3 万人である。

TSMC 設立当初は赤字だったが、ビジネスが黒字化したのが 1991 年度から。1995 年から 2022 年までの TSMC の営業利益率の平均が 35.8%。比較として、同期間のインテルが 26.3%、AMD が 0.4%(AMD は大赤字を出すことが多かった)（ポジテン、更新:2023 年 06 月 15 日 公開:2022 年 11 月 17 日）。

2000 年に、台湾のライバル同士 UMC を超える分水嶺があった。それは、ある難関である微細化プロセスの開発については、当時 UMC が IBM と共同開発の提携を行った一方で、TSMC は自社で進める方針をとった。これが結果として TSMC が社内で製造技術を蓄積する契機となり、高い歩留まりを低コストかつ短期間で実現する戦略の成功により 2010 年以降ファウンドリー業態が国際的地位を獲得するようになると同時に、TSMC の国際的地位も上昇し、その製造技術進化の加速化をもたらした（朝元、2022）。

TSMC は今まで大きな成功としては、ICIC と呼ばれる同社のコア・バリュー（基本的価値観）がよく言われている（TSMC のホームページ）。それは、Integrity、Commitment、Innovation、Customer Trust の四つがある。次のように説明する。1.常に誠実であること（Integrity）、この理念は、最も基本的かつ重要な価値観である。2.コミットメント（Commitment）、TSMC は、顧客、協力会社、社員、株主そして社会の繁栄を約束する。3.イノベーション（Innovation）、イノベーションは、TSMC の成長の源である。4.顧客の信頼（Customer Trust）、TSMC では、顧客第一主義を念頭におく。顧客の成功は我々の成功であり、顧客の競争力は、我々の競争力と考える。長期的な顧客の成功の一環として、TSMC を信頼し、頼りにする顧客と、緊密で永続的な関係を築くことに尽力する。

また、川上（2021）の研究は、TSMC の優位性としては、以下の 5 要素が挙げられる。

① 長年にわたる持続的な超大型投資、② 中核的な装置メーカーとの緊密な協業の積み重ね、③ 傑出したプロセス技術の中核とし、新たな技術競争の焦点でもある 3D パッケージング等の関連領域にも広がりをもつ技術力、④ 充実した IP ライブラリに代表される、顧客企業の設計を支えるサポート力、⑤ 顧客の多様性の利益。

一方、TSMC の優位性を支える健全なサプライチェーンが台湾で完成されていることは無視することができない。それは、最先端製造工程を支える製造装置や特殊材料は輸入に依存する品目が多いものの、積極的に台湾域内生産品を採用する傾向にあるからのである。例えば、TSMC は、外部調達を行う品目を設備、部品、原材料、工場建設および管理、自動化関連など、台湾域内調達比率の向上を目標に掲げている（日本貿易振興機構海外調査部、

2022)。この台湾におけるサプライチェーンの高い健全さが、そのほかの国でも、あまり見えないと考えられる。

次の TSMC の優位性としては、ライバルに勝った理由については、自主技術の重視は TSMC の DNA だとモリス・チャンが語る。それは、ハイテクビジネスは自主技術が必要ということである。台湾には多くのハイテク企業があるが、自主技術を持っていない企業もある。だが TSMC は最初から自主技術を確認し堅持してきた。TSMC は既に 30 年間も歩み続けており、線幅 7nm 半導体の開発成功以降、私たちは十分な自信をもって TSMC の技術で世界をリードするようになった。R&D の構築は TSMC の大きな仕事である。売上高に占める R&D 費の比率「8%」は非常に重要な数値だ。この 8%は既に 20 数年間も維持され、年間の R&D 費用は約 55 億ドルである（朝元、2023）。このように、TSMC は技術の自主化から技術をリードすることができた。

最後に、TSMC の優位性としては、独自のコア半導体技術と半導体産業の集積効果を考察する。TSMC は世界トップクラスの多くの特許、独自のコア半導体技術を擁し、同時に知的所有権を駆使しライバルの参入を阻止した。これらの独自の技術に加えて、TSMC の高い歩留り率（良品率）は、海外の有名企業を魅了し、製造・R&D・設計拠点が台湾に設けられるようになった。これにより TSMC は半導体のサプライチェーン（SC）を構築し、産業集積の効果、産官学の協力、利益共同体のウィンウィン効果が発揮することができた。新竹、中部（台中）、南部（台南、高雄）の 3 大サイエンスパークから 2 時間以内の地点に、原材料・装置・部品などが集積している（朝元、2022）。

以上、TSMC はいろいろな優位性を持っているが、それをまとめて、最も注目したいのは、TSMC と川上の中核装置メーカー、または川下の多様化の顧客企業との緊密な協業関係を持っているのである。そこで、TSMC は最先端的な技術プロセスを探索して開発することができるだけでなく、さまざまな顧客によるフィードバックや信頼をもらえる。このように、TSMC は中核装置メーカーと多様化の顧客と、お互いに依存しないとけない立場で、垂直統合の共生依存の組織間関係を形成している。これこそ、TSMC の最大な優位性であろうと考えられる。

以下では、TSMC とインテル、設計メーカーと、装置・部材メーカーとの組織間関係の構築・変化を考察する。

第 3 節 ムーアの法則に対する TSMC とインテルとの組織間関係の構築・変化

すべての半導体企業にとって、イノベーションは半導体技術を進歩させるムーアの法則に基づいているだけでなく、ムーアの法則に対応し、習得し、突破するという課題からも生まれており、これは特にキャッチアップ経済にあるファウンドリモデルの先駆けとなった TSMC に当てはまる。

ここでは、台湾ハイテク産業の研究第一者である清華大学の洪世章教授の研究(洪、2021)

から、ムーアの法則に対する TSMC の対応が 3 つの段階、すなわち、「ムーアは王様」(1987--2000 年)、「深いムーア」(2001--2010 年)、「ムーアを超えて」(2011--2019 年)などをまとめて、TSMC とインテルにおける組織間関係の構築・変化を明らかにする。

1. ムーアは王様(1987－2000 年)

TSMC は設立当初、「ムーアは王様」という価値観の認識に基づいており、技術開発がムーアの法則に従いながら、当時すでに大手半導体メーカー、特にインテルからの関心の腫が欲しく、彼の製品認証を取らなければならなかった。つまり、TSMC は、起業したばかりのファウンドリモデルの正当性や製造能力など資源に対して、当時インテルの自由裁量が大きいので、インテルからの指導に依存しなければならない。すなわち、インテルからの製品認証が必要である。プロセス微細化競争では、もともと競争参加資格すら困難だった TSMC がインテルの認定によって正当性の第一関門を超え、他の半導体企業と対等に競争できるようになり、ムーアの法則を追いかけている。TSMC の顧客の数は、1987 年の 15 社から 2000 年には 300 社以上に増加した。顧客には、IC 設計業界だけでなく、従来の IDM も含まれる。技術開発の面では、TSMC は確固たる足場を築いた後、インテルとムーアの法則に厳密に従うようになった。TSMC は常に インテルに遅れをとらないよう努めてきた。

2. 深いムーア(2001－2010 年)

当時中堅企業の TSMC は、ムーア法則への執着が技術の深化 (exploitation) であるとするれば、未来に挑戦する技術の探索 (exploration) に重点を置くいわゆる「両利きの経営¹⁾」を実現することができた。例えば、「バーチャルファブ」の概念を利用して、インテルのような IDM に対して工場設立への投資を徐々に放棄するよう説得した。そして、競争相手が予想外の 28nm の技術により、TSMC はエヌビディアから 4G スマートフォンチップの大量受注を初めて獲得することができた。そこで、後進的な TSMC がインテルとの相互依存関係を降ろしながら、次第にインテルとサムスンを脅かす機会を持っている。つまり、TSMC とインテルにおける第二段階の組織間関係は、第一段階における世話をする依存関係から、次第にライバル同士になる競争関係へ変わっている。

3. ムーアを超えて(2011－2019 年)

TSMC は、2012 年に提案した「TSMC グランドアライアンス」における顧客との緊密な関係によって確立された市場フィードバックの力のおかげで、ムーアの法則を超えた新たな

な発展方向が見えた。例えば、TSMC は前の「バーチャルファブ」から、「バーチャル IDM」へ進化している。つまり、TSMC は、インテルが擁護したムーアの法則を徐々に超える同時に、川上（2021）が指摘したように、TSMC は、最先端の微細加工技術でも、インテルを抜いてフロントランナーになっている。現在、5nm プロセスが、世界で唯一、TSMC だけである。すなわち、インテルにとって最先端の微細加工技術の重要性が高ければ高いほど、TSMC への依存度が高くなる。

換言すれば、TSMC とインテルにおける第三段階の組織間関係は、第二段階の競争相手の関係から、すでにIDM2.0を発表したように、外部ファンドリ・サービスの利用拡大を行うインテルが徐々にTSMCの先端的なプロセス技術に依存しなければならず、すなわち、単純のライバル同士の競争関係から、お互いに競争だけではなく、協力することも必要である「コーペティション(Coopetition²)」関係に変わっている。コーペティションとは、お互いに競争することであり、協力することでもある。台湾自転車産業におけるA-Team を例にとると、GIANTとMERIDAのような大手組み立てメーカーが、お互いに、従来の競争関係から脱却してコーペティション関係が見えた。それは、同産業の国際的な競争優位をもたらしているのである（楊、2015）。

第 4 節 TSMC と設計メーカーとの組織間関係の構築・変化

約 30 年前、世界の半導体産業は米国と日本の大手 IDM メーカーによって独占されていた。チップの設計、製造、パッケージング、テストはすべて同じ会社によって完了していた。TSMC のファウンドリモデルが生き残れるかどうか、誰も楽観的ではなかった。当時、TSMC は大手メーカーが望まない注文しか取れなかった。しかし、TSMC 設立からわずか 2 年後に米ソ冷戦が終わり、大量の情報通信技術が民間に一般公開されるようになり、チップ設計能力はあるが、ファブ（製造工場）を建設する資金のない起業家集団がシリコン・バレーに現れた。現在のトップレベルのチップ設計企業である Nvidia、Qualcomm、Broadcom などは、TSMC とほぼ同時に台頭しており、若く、スマート・大胆で、何の負担もなく、太平洋の向こう側の台湾企業と協力して、新しいファウンドリモデルを試してみたいと思っている（王、2017）。

したがって、起業したばかりのこれらの設計メーカーと TSMC は、中国語で「難兄難弟」のパートナーになり、それぞれの得意な分野を専念して、今日まで、お互いに、それぞれのトップレベルの地位を確立することができる。

これらの設計メーカーの競争力の源泉が TSMC の優れた生産能力にあることが、徐々にはっきりしてきた。表 1 にみるように設計メーカーは最先端デバイス生産をすべて TSMC に依存しており、両者には強い相互依存関係があることがわかる（武者、2022）。そこでは、TSMC と設計メーカーとは、緊密な共生的な資源依存の組織間関係を構築している。

表 1 TSMC と設計メーカーとの取引

TSMC の半導体の主な供給先		
順位	企業名	TSMC の売上高に占める概算比率(%)
1 位	米アップル	25%以上
2 位	米 AMD	約 10%
3 位	台湾メディアテック	〃
4 位	米エヌビディア	約 5%
	米ブロードコム	〃
	米インテル	〃
	米クアルコム	〃

(注) 公表資料などを基に日経が作成

(出所) 日本経済新聞

第 5 節 TSMC と装置・部材メーカーとの組織間関係の構築・変化

ここでは、TSMC と装置・部材メーカーとの組織間関係の構築・変化を説明する。半導体製造に欠かせないのは、露光装置である。TSMC が世界最大のファウンドリーの座を得るに至ったのは、露光装置メーカーである ASML (蘭) の役割が大きい。ASML と TSMC が協力関係を構築したのは、2002 年にインテルが半導体業界に呼びかけた EUV LCC 連盟に TSMC が加盟できなかったことに端を発する。当時 TSMC の R&D 副総経理林本堅の開発した 193nm の液浸リソグラフィ技術、ASML から注目されたのが契機となり、TSMC は ASML と共同で R&D を行うようになった。最終的に業界は 193nm の液浸リソグラフィ技術を採用した。TSMC は業界をリードし、55nm 製造プロセスのチップが開発されるに至った。要するに、林本堅氏の「液浸リソグラフィ技術」により、世界の半導体業界は未来に大きな青図を描けるようになり、ASML と TSMC は半導体の新技術世代を築いた (朝元、2022)。また、楊 (2019) は TSMC と日系装置メーカー J 社の取引関係の事例分析から、両社の協調的な行動に基づいて、相互の技術能力向上により、結果としては、両社共に高い競争優位をもたらしているのである。以上の事例から、TSMC と中核的な装置メーカーとの緊密な協業関係を構築することは、お互いに資源依存だけではなく、最先端的な技術を探求して開発することができることをわかった。

そして、「2022 TSMC Excellent Performance Award (国内外 18 社)」からわかるように、TSMC は世界各国の重要なサプライヤーとの緊密な協力関係を持っているが、日本企業が半分近く 7 社が含まれており、資源依存の視点から、TSMC はかなり日本企業に依存している。そこでは、TSMC は、日本熊本の合弁工場の運営に対して、部材の海外調達する必要がなく、地元サプライチェーンの構築による半導体クラスターの効果を更に発揮しやすい。すなわち、今後、TSMC の日本海外工場でも、日本地元の部材メーカーとの取引・調達の関係を一層緊密化している。

一方、TSMC はこれらの装置・部材メーカーから単に調達するだけでなく、さらに先端的な技術開発を一步進んで共同研究を行っている。その代表例としては、TSMC は

2021年3月に、つくば市で「TSMC ジャパン 3DIC 研究開発センター」を設立した。

2022年6月開所にあたり TSMC CEO の C.C.Wei（魏哲家）氏は「デジタル化が広がりを見せる中、エレクトロニクス製品の重要性はますます高まっている。半導体の微細加工技術の物理的な限界が近づく中で、3次元パッケージング技術が重要になってきている。グローバル半導体サプライチェーンにおいて、台湾は製造拠点として強みを持ち、日本は素材や装置で強みを持つ。これらの強みを組み合わせることで、半導体バリューチェーンの中で設計や開発、素材、装置全てが関係する形で新しい将来像を作りたい」と語っている（三島、2022）。

要するに、TSMC と装置・部材メーカーにおける組織間関係は、最初の取引・調達の協力関係から、次第に先端的な技術開発分野に進んで共同研究を行う関係を構築することができる。

第6節 おわりに

1. 結論

第一に、TSMC はいろいろな優位性を持っているが、最も注目したいのは、TSMC と川上の中核装置メーカー、または川下の多様化の顧客企業と垂直統合の共生依存の組織間関係を構築しているのである。

第二に、ムーアの法則に対する TSMC とインテルにおける組織間関係の構築と変化については、TSMC は、最初にインテルからの製品認証が必要である第一段階（「ムーアは王様」）の世話をする依存関係から、次第にライバル同士になる第二段階（「深いムーア」）の競争関係へ、最後に、お互いに競争だけではなく、協力することも必要である第三段階（「ムーアを超えて」）のコペティション(Coopetition)関係に変わっている。

第三に、TSMC と設計メーカーとは、中国語で「難兄難弟」のパートナーになり、すなわち緊密な共生的な資源依存の組織間関係を構築している。

最後に、TSMC と装置・部材メーカーにおける組織間関係は、最初の取引・調達の協力関係から、次第に先端的な技術開発分野に進んで共同研究を行う協力関係を構築することができる。

2. インプリケーション

第一に、本研究は、半導体産業の発展においては、資源依存の共生的関係における企業は、例えば、TSMC と設計メーカー、または中核装置・部材メーカーとは、お互いに緊密な協業活動を活用・構築することができればできるほどの企業は、その優れたパフォーマンスや競争優位をもたらす可能性が高いという第一命題を提示する（図1のR1）。

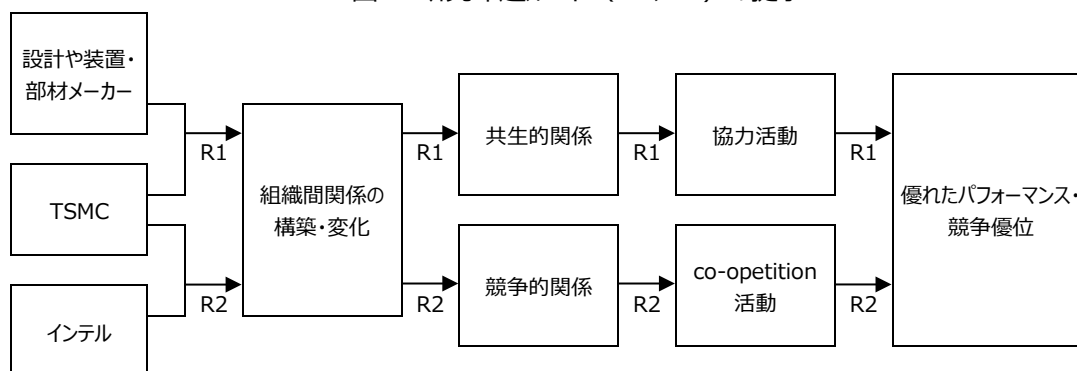
具体的には、TSMC は、それぞれの発展における顧客の設計メーカーと、または中核装

置・部材メーカーと、お互いに緊密な協業活動を行って、資源依存の共生的関係を構築している。その結果としては、WIN-WIN の競争優位や技術能力の同進化をもたらしている。特に、過去より、グローバル化による技術更新や競争激化などの経営環境の変化が一層速い ICT 産業において、企業が発展していくためには、外部の資源を活用できる組織間関係をいかにして構築するのか、一層重要になることを確認している。

第二に、本研究は、半導体産業の発展においては、資源依存の競争関係における企業は、例えば TSMC とインテルとは、単に競争だけではなく、お互いに、協力することが必要であるコーペティション関係を活用・構築することができれば、もっと優れたパフォーマンスや競争優位をもたらす可能性が高いという第二命題を提示する（図 1 の R2）。

具体的には、ムーアの法則に対する TSMC とインテルにおける組織間関係の構築と変化については、TSMC は、最初にインテルからの製品認証が必要である第一段階の世話をする依存関係から、次第にライバル同士になる第二段階の競争関係へ、最後に、お互いに競争だけではなく、協力することも必要である第三段階のコーペティション関係に変わっている。要するに、ライバル同士の関係における企業間の協業を行うことは極めて難しい。例えば、自動車業界におけるトヨタと本田、パソコン業界における HP と DELL、またはファウンドリー業界における TSMC とサムスンなどが、お互いに、協力することがあまり見えず、競争だけの関係が見られる。しかし、インテルは、新たな IDM2.0 モデルによると、外部ファウンドリ・サービスの利用拡大を行う対策がある。すなわち、インテルと TSMC とは、お互いに競争することであり、協力することでもある。

図 1 研究命題ルート (R1、R2) の提示



(出所) 筆者作成

3. 今後の課題

本研究は、いくつかの研究成果とインプリケーションをまとめているが、どのようにして、半導体産業の発展における組織間や資源依存関係のマネジメントを取るのか、どのようにして他組織への依存を回避できるのか、または、どのようにして協力するのか、どのようにしてコーペティションするのか、また深く議論していないのである。これらは、今後の研究課題として、引き続きに探索しよう。

【参考文献】

- 青山修二『ハイテク・ネットワーク分業—台湾半導体産業はなぜ強いのか—』白桃書房、1999年
- 朝元照雄「台湾積体回路製造（TSMC）における発展の謎を探る」『交流』 873、2013 年
- 朝元照雄「なぜ TSMC が世界最大のファウンドリーになったのか」『世界経済評論』Impact NO.2713、2022 年 10 月
- 朝元照雄（2023）、「自主技術の重視は TSMC の DNA：ライバルに勝った理由、張忠謀が語る」『世界経済評論』Impact No.3083、2023 年 8 月
- 王之杰「後張忠謀時代---台積電下個十年」『商業周刊』第1560期、2017年10月
- 王百祿『台積電為什麼神?』時報出版、2021 年
- 川上桃子「台湾 TSMC への高性能半導体依存が益々強まる事情」『API 地経学ブリーフィング』No.55、2021 年 5 月
- 岸本千佳司「半導体ファウンドリ・ビジネスにおける業績格差と成功要因—台湾 TSMC と UMC の比較を通して」『国際ビジネス研究』8(1)、2016 年
- 呉嘉鎮「TSMC の発展と台湾の半導体産業集積」『名城論叢』第 22 巻第 4 号、2022 年
- 洪世章『打造創新路徑---改變世界的台灣科技產業』聯經、2021 年
- 薛文蔚、徐世昌『贏在競合』商周出版、2009 年
- 杉本りうこ「中国は脅威じゃない」TSMC 創業者が唯一恐れる企業の名前」『DIAMOND Online』特集世界を動かす TSMC、2021 年 6 月 17 日
- クリス・ミラー（Miller）、千葉敏生訳『半導体戦争：世界最重要テクノロジーをめぐる国家間の攻防』ダイヤモンド社、2023 年
- 三島一孝（2022）TSMC はなぜ台湾外初となる 3DIC の R&D 拠点をつくばに設立したのか、MONOist FA ニュース、2022 年 6 月 27 日
- 楊英賢、伊藤宗彦「台湾パソコン産業の発展要因の分析----産業集積の形成に関する研究」『神戸大学 Discussion Paper Series(J60)』、2004 年
- 楊英賢「台湾自転車産業の発展と A-Team が果たした役割 —製品アーキテクチャの視点から」『国際ビジネス研究』第 7 巻第 1 号、2015 年
- 楊英賢「半導体産業における組織間関係の構築 —TSMC と日系装置メーカー J 社の取引関係の事例分析」『国際ビジネス研究』第 11 巻第 2 号、2019 年
- 日本貿易振興機構海外調査部「台湾における半導体産業について---台湾の関連政策と主要企業のサプライチェーン調査」日本貿易振興機構（ジェトロ）、2022年5月

¹「両利きの経営」とは、企業経営においては、既存の事業を深めていく「深化(exploitation)」の活動と、新しい事業の開拓をめざす「探索(exploration)」の活動が、高い次元で両立している状態を意味している（O'Reilly and Tushman、2016）。

²「コーペティション (Coopetition)」という用語は、もともと Novell の元 CEO であるレイ・ノールダ (Ray Noorda) によって造語された。レイ・ノールダは、企業間の競争と合作・協力の関係を説明するために、英語の「競争(Competition)」と「協力 (Cooperation)」という 2 つの単語を分解して「コーペティション」という言葉を作り出した。。なお、コーペティションとは、競争関係にある企業同士が、お互い利益を得るために協力すること（英和和英辞典から）。

第3章 マクロ的な視点からみる台湾の半導体産業

台湾・輔仁大学
副教授 劉慶瑞

ChatGPT と OpenAI（人工知能）は現在、間違いなく最も引かれる話題の1つである。多くの産業は AI の活用により、大きな変化をもたらしている。中でも、一般消費者向け製品及び AI 製品の生産に不可欠な技術である半導体チップの需要が急増している。そのため、半導体産業の発展が大きな注目を浴びている。

しかし、ここ数年米中貿易摩擦の激化を契機として、米国をはじめ、「脱中国化」の動きが進められている。特に、世界各国で半導体関連産業を含めるハイテク技術分野の国際競争力がますます重視され、中国以外のサプライチェーンの強化をはかる動きが加速化されるようになった。

台湾の新竹科学園區が 1980 年に設立されてから、半導体産業が急速に発展し、台湾経済に大きな貢献を与えている。¹現在、台湾は世界の半導体受託製造分野で世界の半分以上のシェアを占めることに至っている。ここ数年、中国大陆の半導体産業も飛躍的な発展を示しているが、世界最先端の半導体製造技術は今後台湾を中心に発展していくと予測される。²しかし、米中間の対立の影響により、台湾の半導体産業動向に世界各国の注目が集まっている。³

以上のことを踏まえて、世界の半導体産業は熾烈的な競争が展開していくなか、それに「地政学」リスクにより、台湾の半導体産業、特に ICT 産業、そして台湾の経済にどのような影響をもたらすのか。この研究では、統計分析によりマクロ的な視点から台湾の半導体産業を探求していく。まずは、台湾の経済指標の推移を示す。次に、台湾 ICT 産業の国内総生産、総固定資本形成、生産高の生産高を順次に論説する。そして、台湾半導体産業の輸出入額、海外直接投資（FDI）の変遷をそれぞれ述べてから、台湾半導体産業の課題を述べる。

第1節 台湾の主な経済指標の推移

1960 年代以降、台湾経済は急速な発展を遂げていた。中でも、比較的に安定な物価水準、低い失業率を実現したため、「経済の奇跡」だと言われた。⁴表 1 は 1961～2022 年における台湾の経済成長率・物価・失業率の長期統計の変遷を示すものである。この表からは、5 年ごとの年平均値から経済成長率をみれば、1990 年代前半までに 7%以上の経済成長率を継続した。ただし、1990 年代後半以降は安定成長に入り、高い経済成長率を実現できないことがわかる。一方、同期間の GDP デフレーターをみれば、石油危機の 1970 年代を除けば、比較的に低く、安定的な変動を示したが、1999 年からの 10 年間デフレも起こった。そして、同期間の失業率は比較的に低い水準を維持した。

表 1 台湾の経済成長率・物価・失業率の長期統計の変遷

(単位：％)

期間	経済成長率	GDP デフレーター	失業率
1961-65	10.2	2.2	4.0
1966-70	10.3	4.3	2.1
1971-75	9.8	10.9	1.7
1976-80	11.2	8.4	1.5
1981-85	7.2	3.4	2.3
1986-90	9.3	2.5	1.9
1991-95	7.5	2.9	1.6
1996-00	5.9	1.0	2.8
2001-05	4.1	-0.9	4.7
2006-10	4.4	-1.1	4.6
2011-15	2.9	1.0	4.1
2016-20	2.9	0.1	3.8
2021-22	4.4	2.4	3.8

(注) 各期間は年平均値である。

(出所) 中華民国主計総処 (<https://www.stat.gov.tw/>) により著者作成。

第 2 節 台湾 ICT 産業の国内総生産

台湾経済は持続的に発展してくる要因は時期により異なるが、1980 年代以降 ICT 産業の急速な発展は間違いなく重要な原因の 1 つである。表 2 は台湾政府が公表した 1981～2021 年における台湾の GDP 及び ICT 産業の国内総生産の推移を示したものである。この表からは 1981～85 年台湾国内総生産の年平均値は 2.17 兆台湾ドルであったが、2021 年のそれは 21.74 兆台湾ドルへと 10.0 倍も増加したことがわかる。一方、1981～85 年 ICT 産業の国内総生産の年平均値は 0.10 兆台湾ドルであったが、2021 年のそれは 5.58 兆台湾ドルへと 45.3 倍も増加し、全産業の増加幅より大きい。また、半導体製造業を含める電子部品産業は上記期間の 0.03 兆台湾ドルから 3.30 兆台湾ドルへと 103.7 倍も増加した (表 2)。それに対して、上記期間電子機器及び設備産業、基本金属及びその製品産業の国内総生産の増加幅はそれぞれ 5.8 倍、8.2 倍となり、全産業の国内総生産のそれより低い。

表 2 1981～2021 年における台湾の GDP 及び ICT 産業の国内総生産の推移

(単位：億台湾元)

期間	GDP	ICT 産業	電子部品	電子製品・ 光学	電子機器及び 設備	基本金属及び その製品
1981-85	21,730.4	1,012.8	318.6	331.9	319.3	689.9
1986-90	36,865.6	2,008.9	686.2	689.0	601.6	1,188.0
1991-95	61,996.0	3,681.5	1,346.9	1,094.6	819.5	1,916.9
1996-00	92,471.7	8,156.0	3,618.2	2,212.2	924.8	2,186.4
2001-05	110,614.6	13,630.8	7,215.1	3,041.4	901.8	2,275.2
2006-10	132,062.8	19,432.9	11,634.3	4,148.8	1,143.6	3,391.0
2011-15	155,047.6	25,381.6	15,751.8	5,764.6	1,445.3	3,711.8
2016-20	185,474.2	33,363.8	22,578.7	6,103.8	1,657.8	4,119.6
2021	217,389.8	45,847.8	33,040.2	7,536.5	1,848.1	5,676.0
年平均増加倍数	10.0	45.3	103.7	22.7	5.8	8.2

(注) 各期間は年平均値である。

(出所) 中華民国統計資訊網 (<https://nstatdb.dgbas.gov.tw/>) により著者作成。

表 3 は 1981～2021 年における台湾 ICT 産業国内総生産の全産業 GDP に占める割合の推移を示したものである。この表からは 1981～85 年台湾 ICT 産業の国内総生産が全産業国内総生産に占める割合は年平均値 4.6%であったが、2021 年のそれは 21.1%へと増加したことがわかる。中でも、上記期間の電子部品産業の国内総生産が全産業国内総生産に占める割合は 1.5%から 15.2%へと増加し、増加幅は最も著しい産業だといえよう。それに対して、上記期間の電子機器及び設備産業と基本金属及びその製品産業の国内総生産が全産業に占める割合はいずれも減少し、経済成長への寄与が低下した。

表 3 1981～2021 年における台湾 ICT 産業国内総生産の全産業 GDP に占める割合の推移

(単位：％)

期間	GDP	ICT 産業	電子部品	電子製品・ 光学	電子機器及び 設備	基本金属及び その製品
1981-85	100.0	4.6	1.5	1.5	1.5	3.2
1986-90	100.0	5.4	1.9	1.9	1.6	3.2
1991-95	100.0	5.9	2.1	1.8	1.3	3.1
1996-00	100.0	8.7	3.8	2.4	1.0	2.4
2001-05	100.0	12.3	6.4	2.7	0.8	2.0
2006-10	100.0	14.7	8.8	3.1	0.9	2.6
2011-15	100.0	16.3	10.1	3.7	0.9	2.4
2016-20	100.0	18.0	12.2	3.3	0.9	2.2
2021	100.0	21.1	15.2	3.5	0.9	2.6

(注) 各期間は年平均値である。

(出所) 表 2 と同じ。

第 3 節 台湾 ICT 産業の総固定資本形成

企業は収益性のある産業に設備投資を行うことにより、その産業の固定資本形成が増加する。したがって、個別産業の総固定資本形成の増減からその産業の盛衰が読み取れる。表 4 は 1981～2021 年における台湾の総固定資本形成の変化を示したものである。この表からは、1981～85 年台湾全産業の総固定資本形成は年平均値 0.53 兆台湾ドルであったが、2021 年は 5.68 兆台湾ドルへと 10.8 倍増加したことがわかる。中でも、製造業の総固定資本形成は上記期間の 0.14 兆台湾ドル（全産業の 26.2％）から 2.77 兆台湾ドル（全産業の 48.8％）へと 20 倍も増加した。特に、ICT 産業の増加幅は最も著しい。例えば、ICT 産業の総固定資本形成は 1981～85 年の年平均値 342.7 億台湾ドルから 2021 年の 2.17 兆台湾ドルへと 63.3 倍も驚くほど増加した。さらに ICT 産業の総固定資本形成が全産業に占める割合も上記期間の 6.5％から 38.2％へと大幅に伸びた。

表 4 1981～2021 年における台湾の総固定資本形成の変遷

(単位：億台湾元、%)

期間	全産業	シェア	製造業	シェア	ICT 産業	シェア
1981-85	5,254.9	100.0	1,376.6	26.2	342.7	6.5
1986-90	8,498.2	100.0	2,485.2	29.7	790.5	9.2
1991-95	16,611.1	100.0	4,549.8	27.1	1,700.7	10.2
1996-00	24,000.7	100.0	8,382.5	34.6	4,518.2	18.4
2001-05	25,306.6	100.0	10,158.9	39.7	6,969.2	27.2
2006-10	30,848.2	100.0	13,901.5	44.9	9,405.7	30.4
2011-15	34,814.4	100.0	15,182.7	43.6	10,683.3	30.7
2016-20	41,896.9	100.0	18,861.3	45.0	13,938.9	33.2
2021	56,764.2	100.0	27,706.5	48.8	21,692.0	38.2

(注) 1. 経常価格を示している。

2. 政府投資、公営事業投資、民間投資を含める。

3. 各期間は年平均値。

4. 総固定資本形成は建設、輸送手段、機械設備、知的財産を含める。ICT 産業は機械設備と知的財産が最も多い項目であり、中でも知的財産の増加幅が著しい。

(出所) 表 2 と同じ。

総固定資本形成は建設、輸送手段、機械設備、知的財産を含める。台湾の ICT 産業は機械設備と知的財産が最も多い項目であり、中でもは研究開発、コンピューターのソフトなどを含める知的財産の増加幅が著しい。

表 5 は 2003～2022 年における台湾製造業の固定資産購入増加額の推移を示したものである。この表からは、2003～05 年台湾製造業固定資産購入増加額の年平均値は 1.09 兆台湾ドルであったが、2021～22 年のそれは 2.10 兆台湾ドルへと増加したことがわかる。中でも、半導体産業を含める電子部品の固定資産購入増加額の年平均値 0.71 兆台湾ドル（製造業の 64.7%を占める）から 2021～22 年のそれは 1.47 兆台湾ドル（製造業の 70.6%を占める）へと増加し、台湾経済に莫大な貢献をもたらしている。それに対して、コンピュータ・電子製品・光学の固定資産購入増加額の年平均値 540.1 億台湾ドル（製造業の 5.0%を占める）から 2021～22 年のそれは 561.8 億台湾ドル（製造業の 2.7%を占める）にとどまり、台湾経済への寄与は限られている。

表 5 2003～2022 年における台湾製造業の固定資産購入増加額の推移

(単位：億台湾元、%)

期間	製造業	シェア	電子部品	シェア	コンピュータ・ 電子製品・光学	シェア
2003-05	10,914.9	100.0	7,066.8	64.7	540.8	5.0
2006-10	11,273.4	100.0	7,275.9	64.5	467.4	4.1
2011-15	10,236.9	100.0	5,921.1	57.8	486.9	4.8
2016-20	12,715.1	100.0	8,007.6	63.0	489.6	3.9
2021-22	20,965.1	100.0	14,792.2	70.6	561.8	2.7

(注) 各期間は年平均値。

(出所) 台湾經濟部統計処

(https://dmz26.moea.gov.tw/GMWeb/investigate/InvestigateEC.aspx) により著者作成。

第 4 節 台湾半導体産業の生産高

1980 年に台湾の新竹科学園區が設立されてから、台湾の情報エレクトロニクス産業の幕を本格的に掲げる。1980 年代から台湾の情報エレクトロニクス産業は飛躍的な成長を遂げ、台湾経済の成長エンジンの 1 つとなりつつある。表 6 は 1991～2022 年における台湾製造業と情報エレクトロニクス産業の生産高の推移を示したものである。この表からは、1991～95 年台湾製造業生産高の年平均値は 5.49 兆台湾ドルであったが、2021～22 年のそれは 19.37 兆台湾ドルへと 3.53 倍増加したことがわかる。中でも、上記期間の情報エレクトロニクス産業は 0.86 兆台湾ドル（製造業の 15.7%を占める）から 6.95 兆台湾ドル（製造業の 35.9%を占める）へと 8.08 倍も増加し、製造業の増加幅より大きい。

また、1991～95 年における台湾電子部品生産高の年平均値は 0.46 兆台湾ドル（情報エレクトロニクス産業の 52.9%）であったが、2021～22 年のそれは 5.89 兆台湾ドル（同 84.7%）へと 12.94 倍も増加し、情報エレクトロニクス産業の増加幅より大きい（表 6）。さらに、1991～95 年における台湾の集積回路産業の生産高は年平均値電子部品産業の 10.6%しか占めなかったが、2021～22 年のそれは年平均値電子部品産業の 57.7%へと伸びた。それに対して、半導体封止及びテスト業の生産高は上記期間増加にもかかわらず、電子部品に占める割合は 16.8%から 11.2%へと低下した。

表 6 1991～2022 年における台湾製造業と情報エレクトロニクス産業の生産高の推移

(単位：億台湾元、%)

期間	製造業-A	シェア	情報エレクトロニクス産業-B	シェア(B/A)	電子部品-C	シェア(C/B)	集積回路-D	シェア(D/C)	半導体封止及びテスト業-E	シェア(E/C)
1991-95	54,885.6	100.0	8,597.4	15.7	4,548.0	52.9	481.6	10.6	762.1	16.8
1996-00	74,803.9	100.0	19,806.2	26.5	11,589.1	58.5	2,765.3	23.9	1,551.1	13.4
2001-05	95,289.4	100.0	28,726.0	30.1	19,806.5	68.9	6,176.0	31.2	2,441.6	12.3
2006-10	134,259.5	100.0	39,502.9	29.4	32,379.0	82.0	9,836.4	30.4	3,739.9	11.6
2011-15	152,069.8	100.0	45,201.0	29.7	36,986.9	81.8	12,932.3	35.0	4,018.3	10.9
2016-20	148,466.5	100.0	48,062.3	32.4	40,622.1	84.5	19,311.5	47.5	4,744.2	11.7
2021-22	193,732.5	100.0	69,489.4	35.9	58,861.5	84.7	33,958.7	57.7	6,602.9	11.2

(注) 各期間は年平均値。

(出所) 台湾經濟部統計処

(<https://dmz26.moea.gov.tw/GMWeb/investigate/InvestigateDB.aspx>) により著者作成。

そして、台湾經濟部統計処が公表した統計データにより、2023 年に入ると、世界の半導体産業の不況などの要因により、2023 年第 2 四半期に集積回路、半導体封止及びテスト業はいずれも前年同期比大幅に減少した。中でも集積回路の減少は製造業、情報エレクトロニクス産業、電子部品のそれより大きい。⁵

第 5 節 台湾半導体産業の輸出入額

上述の視点から台湾半導体産業の成長ぶりを読み取れるだけでなく、半導体産業の発展により、輸出入を示す貿易額からも説明できる。表 7 は 1971～2022 年における台湾貿易額の推移を示したものである。この表からは、上記期間台湾の輸出額、輸入額、貿易額はいずれも順調に増え続け、中でも 1971～75 年の貿易収支の年平均値は赤字であったが、ほかの期間はいずれも黒字であったことがわかる。また、2021～22 年の貿易収支の年平均値は 578.7 億ドルであり、最高記録を更新した。

表 7 1971～2022 年における台湾貿易額の推移

(単位：百万ドル、%)

期間	輸出額	輸入額	貿易額	貿易収支
1971-75	4,120.3	4,217.6	8,337.9	-97.3
1976-80	13,285.3	12,350.3	25,635.6	934.9
1981-85	26,317.8	20,521.6	46,839.4	5,796.1
1986-90	57,665.5	43,201.7	100,867.3	14,463.8
1991-95	90,456.8	80,519.4	170,976.1	9,937.4
1996-00	126,005.9	115,007.1	241,013.1	10,998.8
2001-05	159,419.3	142,384.0	301,803.3	17,035.4
2006-10	242,976.6	221,299.9	464,276.5	21,676.7
2011-15	306,442.0	271,728.5	578,170.5	34,713.4
2016-20	320,590.4	268,598.0	589,188.3	51,992.4
2021-22	462,893.2	405,020.0	867,913.2	57,873.2

(注) 各期間は年平均値。

(出所) 台湾・財政部貿易統計資料

(https://www.mof.gov.tw/htmlList/100) により著者作成。

一方、表 8 は台湾の財政部（日本の財務省に相当）が公表した貿易統計により、2011～2022 年における台湾半導体産業の輸出額と全産業に占めるシェアを示したものである。この表からは、半導体製造機器（HS8486）と集積回路（HS8542）の輸出額は上記期間増加傾向であったことがわかる。例えば、2011 年に半導体製造機器と集積回路の輸出額、全産業に占める割合はそれぞれ 575.96 億ドル、18.4%であったが、2022 年にそれぞれ 1,892.06 億ドル、39.5%へと増加し、台湾の輸出、そして経済成長に大きく貢献しているといえよう。

また、表 9 は 2011～2022 年における台湾半導体産業の輸入額とシェアを示したものである。この表からは、半導体製造機器（HS8486）と集積回路（HS8542）の輸入額は輸出額と同じく、増加傾向であったことがわかる。例えば、2011 に半導体製造機器と集積回路の輸入額、全産業に占める割合はそれぞれ 452.56 億ドル、15.8%であったが、2022 年にそれぞれ 1,177.54 億ドル、27.5%へと増加し、台湾の重要な輸入産業となったといえよう。

さらに、表 8 と表 9 を合わせてみれば、2011～2022 年に台湾全産業の輸出額はどの年も輸入額より多く、貿易黒字であったが、集積回路業（HS8542）も輸出額は輸入額より多かったことがわかる。それは台湾の集積回路産業は国際的な競争力が強いといえよう。それに対して、半導体製造機器業（HS8486）の輸出額は上記期間どの年も輸入額より少なく、台湾の半導体製造機器産業は国際的な競争力が弱いといえよう。

表 8 2011～2022 年における台湾半導体産業の輸出額とシェア

(単位：百万ドル、%)

年	全産業	半導体製造機器 (HS8486)	集積回路 (HS8542)	(2)+(3)=(4)	(4)/(1)
	輸出額 (1)	輸出額 (2)	輸出額 (3)		
2011	312,182.4	1,196.7	56,398.9	57,595.6	18.4
2012	305,314.7	1,123.8	58,393.5	59,517.3	19.5
2013	310,865.6	1,334.0	64,132.7	65,466.6	21.1
2014	319,413.3	1,459.1	72,722.6	74,181.8	23.2
2015	284,434.0	1,488.4	70,038.6	71,526.9	25.1
2016	279,174.7	1,726.9	78,171.8	79,898.7	28.6
2017	315,486.7	2,809.0	92,307.8	95,116.9	30.1
2018	334,007.3	3,132.7	95,907.0	99,039.7	29.7
2019	329,157.3	3,224.2	100,316.9	103,541.1	31.5
2020	345,125.9	3,522.5	122,387.4	125,909.9	36.5
2021	446,371.2	4,832.7	155,496.1	160,328.8	35.9
2022	479,415.2	5,069.8	184,136.5	189,206.3	39.5

(注) 各期間は年平均値。

(出所) 台湾・財政部貿易統計資料

(https://www.mof.gov.tw/htmlList/100) により著者作成。

表 9 2011～2022 年における台湾半導体産業の輸入額とシェア

(単位：百万ドル、%)

年	全産業	半導体製造機器 (HS8486)	集積回路 (HS8542)	(2)+(3)=(4)	(4)/(1)
	輸入額 (1)	輸入額 (2)	輸入額 (3)		
2011	287,315.9	10,654.2	34,601.7	45,255.9	15.8
2012	276,466.4	10,085.5	31,909.6	41,995.1	15.2
2013	277,384.3	11,939.1	33,115.2	45,054.3	16.2
2014	281,095.6	10,211.1	34,945.2	45,156.3	16.1
2015	236,380.5	10,448.2	32,581.5	43,029.6	18.2
2016	229,199.5	14,121.2	36,316.7	50,437.9	22.0
2017	257,199.6	12,472.1	43,564.5	56,036.6	21.8
2018	284,791.7	11,692.2	50,811.0	62,503.3	21.9
2019	285,651.5	19,367.8	53,687.4	73,055.2	25.6
2020	286,147.6	18,143.7	62,291.8	80,435.5	28.1
2021	381,957.5	25,400.1	81,398.5	106,798.6	28.0
2022	428,082.5	29,688.9	88,065.2	117,754.1	27.5

(注) 各期間は年平均値。

(出所) 表 8 と同じ。

すでに述べたように米中貿易摩擦の激化により、アメリカを中心にする「脱中国化」が進められている。このような流れにより、米中とは経済関係が深い台湾に大きな影響をもたらす、特に台湾の半導体産業への影響が懸念される。表 10 は 2001～2022 年における台湾半導体製造機器業の米中への輸出額とシェアを示したものである。この表からは、2001～05 年に台湾の半導体製造機器業の（HS8486）中国大陆本土への輸出額、世界への輸出額に占める割合は年平均値それぞれ 1.73 億ドル、21.0%であったが、2021～22 年のそれはそれぞれ 19.79 億ドル、40.1%へと増加したことがわかる。また、同産業の中国大陆本土への輸出額、シェアはアメリカへのそれよりどの年も多い。

表 10 2001～2022 年における台湾半導体製造機器の米中への輸出額とその変遷

(単位：百万ドル、%)

期間	世界		中国大陆本土		アメリカ	
	半導体製造機器- HS8486	シェア	半導体製造機器- HS8486	シェア	半導体製造機器- HS8486	シェア
2001-05	747.7	100.0	173.1	21.0	141.8	18.6
2006-10	1,018.4	100.0	308.0	28.6	189.4	19.3
2011-15	1,320.4	100.0	507.4	38.0	216.3	16.5
2016-20	2,883.1	100.0	1,291.0	44.6	385.0	13.4
2021-22	4,951.3	100.0	1,978.6	40.1	616.2	12.4

(注) 各期間は年平均値。

(出所) 表 8 と同じ。

一方、表 11 は 2001～2022 年における台湾集積回路業（HS8542）の米中への輸出額とその変遷を示したものである。この表からは、2001～05 年に台湾の集積回路業の中国大陆本土への輸出額、世界への輸出額に占める割合は年平均値それぞれ 28.78 億ドル、11.2%であったが、2021～22 年のそれはそれぞれ 532.87 億ドル、31.4%へと増加したことがわかる。また、上記期間、同産業のアメリカへの輸出額は横ばいかやや増加傾向であったが、世界への輸出額に占める割合は低下傾向であったことが分かる。

表 11 2001～2022 年における台湾集積回路の米中への輸出額とその変遷

(単位：百万ドル、%)

期間	世界		中国大陆本土		アメリカ	
	集積回路- HS8542	シェア	集積回路- HS8542	シェア	集積回路- HS8542	シェア
2001-05	22,487.9	100.0	2,878.4	11.2	1,523.0	7.4
2006-10	42,445.0	100.0	9,215.9	21.7	1,462.5	3.5
2011-15	64,337.2	100.0	13,791.0	21.5	1,391.9	2.2
2016-20	97,818.2	100.0	30,249.1	30.5	1,475.2	1.5
2021-22	169,816.3	100.0	53,286.9	31.4	2,634.9	1.5

(注) 各期間は年平均値。

(出所) 表 8 と同じ。

しかし、近年米中間における経済関係の緊張などのことにより、半導体産業にも影響をもたらした。表 12 は 2022～2023 年第 3 四半期における台湾半導体製造機器業の米中への輸出額（四半期別）とその変化を示したものである。この表からは、2022 年から台湾半導体製造機器業の中國大陸本土への輸出額、前年同期比はいずれも減少傾向であったことがわかる。一方、同産業のアメリカへの輸出額、前年同期比はいずれも増加したり、減少したりしていた。

表 12 台湾半導体製造機器の米中への輸出額とその変化（2022 年～2023 年第 3 四半期）

（単位：百万ドル、％）

時期	世界		中国大陆本土		アメリカ	
	半導体製造機器- HS8486	前年同期比	半導体製造機器- HS8486	前年同期比	半導体製造機器- HS8486	前年同期比
2022.Ⅰ	1,237.9	0.8	446.4	-19.7	151.6	31.8
2022.Ⅱ	1,282.0	0.8	529.4	-6.4	151.1	21.4
2022.Ⅲ	1,328.7	0.8	466.6	-12.8	144.3	-17.7
2022.Ⅳ	1,221.2	0.0	352.5	-30.2	201.4	19.0
2023.Ⅰ	1,001.2	-2.4	263.4	-41.0	174.0	14.7
2023.Ⅱ	1,193.7	-0.9	314.5	-40.6	178.2	17.9
2023.Ⅲ	1,298.8	-0.3	393.1	-15.7	124.8	-13.5

（出所）表 8 と同じ。

一方、表 13 は 2022～2023 年第 3 四半期における台湾集積回路業の米中への輸出額（四半期別）とその変化を示したものである。この表からは、2022 年に台湾の集積回路業の中國大陸本土への輸出額、前年同期比はいずれも増加したが、2023 年になるといずれも減少傾向であったことがわかる。また、2022 年に台湾の集積回路業のアメリカへの輸出額は増加傾向であったが、2023 年第 2 四半期から前年同期比減少していた。台湾の集積回路業の中國大陸本土への輸出額は世界へのそれに占める割合が高いため、その減少は台湾の集積回路業への影響は比較的に大きいといえよう。

表 13 台湾集積回路の米中への輸出額とその変化（2022 年～2023 年第 3 四半期）

（単位：百万ドル、％）

時期	世界		中国大陸本土		アメリカ	
	集積回路- HS8542	前年同期比	集積回路- HS8542	前年同期比	集積回路- HS8542	前年同期比
2022.Ⅰ	45,704.4	35.2	14,444.3	31.6	688.4	71.4
2022.Ⅱ	47,121.7	26.2	13,601.9	16.9	803.6	62.6
2022.Ⅲ	46,849.1	11.4	14,935.5	15.0	916.7	63.1
2022.Ⅳ	44,461.3	5.1	14,564.7	8.4	825.2	42.8
2023.Ⅰ	38,321.7	-16.2	10,425.0	-27.8	752.4	9.3
2023.Ⅱ	41,449.7	-12.0	10,708.2	-21.3	781.1	-2.8
2023.Ⅲ	43,842.4	-6.4	12,341.0	-17.4	895.5	-2.3

（出所）表 8 と同じ。

そして、表 14 は 2001～2022 年における台湾半導体製造機器業の米中からの輸入額とその変遷を示したものである。この表からは、2001～05 年に台湾の半導体製造機器業の中国大陸本土からの輸入額、世界からの輸入額に占める割合は年平均値それぞれ 0.29 億ドル、0.4％であったが、2021～22 年のそれはそれぞれ 5.73 億ドル、2.1％へと増加したことがわかる。しかし、台湾の半導体製造機器業のアメリカからの輸入額、シェアよりいずれも少なかった。

表 14 2001～2022 年における台湾半導体製造機器の米中からの輸入額とその変遷

（単位：百万ドル、％）

期間	世界		中国大陸本土		アメリカ	
	半導体製造機器- HS8486	シェア	半導体製造機器- HS8486	シェア	半導体製造機器- HS8486	シェア
2001-05	6,876.8	100.0	28.8	0.4	1,887.0	27.9
2006-10	9,851.1	100.0	83.6	0.8	2,880.0	28.9
2011-15	10,667.6	100.0	177.6	1.7	2,917.6	27.4
2016-20	15,159.4	100.0	335.1	2.3	3,540.1	23.9
2021-22	27,544.5	100.0	572.5	2.1	5,511.4	20.0

（注）各期間は年平均値。

（出所）表 8 と同じ。

一方、表 15 は 2001～2022 年における台湾集積回路業の米中からの輸入額とその変遷を示したものである。この表からは、2001～05 年に台湾の集積回路業の中国大陆本土からの輸入額、世界からの輸入額に占める割合は年平均値それぞれ 9.40 億ドル、4.0%であったが、2021～22 年のそれはそれぞれ 208.55 億ドル、24.6%へと増加したことがわかる。それに対して、上記期間台湾の集積回路業のアメリカからの輸入額は増加傾向であったが、同産業の世界からの輸入額に占める割合はかえって減少した。

表 15 2001～2022 年における台湾集積回路の米中からの輸入額とその変遷

(単位：百万ドル、%)

期間	世界		中国大陆本土		アメリカ	
	集積回路- HS8542	シェア	集積回路- HS8542	シェア	集積回路- HS8542	シェア
2001-05	21,221.7	100.0	940.4	4.0	3,367.1	16.4
2006-10	28,908.0	100.0	3,117.4	10.7	3,630.8	12.7
2011-15	33,430.6	100.0	5,583.4	16.7	3,051.0	9.1
2016-20	49,334.3	100.0	11,380.9	22.7	4,113.5	8.6
2021-22	84,731.8	100.0	20,855.4	24.6	5,168.4	6.1

(注) 各期間は年平均値。

(出所) 表 8 と同じ。

表 16 は 2022～2023 年第 3 四半期における台湾半導体製造機器業の米中からの輸入額(四半期別)とその変化を示したものである。この表からは、2022 年から台湾半導体製造機器業の中国大陆本土からの輸入額、前年同期比はいずれも増加してから減少する傾向であったことがわかる。一方、同産業のアメリカからの輸入額、前年同期比はいずれも中国大陆本土のそれと同じ傾向であった。

表 16 台湾半導体製造機器の米中からの輸入額とその変動(2022 年～2023 年第 3 四半期)

(単位：百万ドル、%)

時期	世界		中国大陆本土		アメリカ	
	半導体製造機器- HS8486	前年同期比	半導体製造機器- HS8486	前年同期比	半導体製造機器- HS8486	前年同期比
2022. I	5,894.3	1.2	126.9	4.0	1,230.6	1.5
2022. II	7,030.0	41.7	173.3	44.0	1,469.6	48.3
2022. III	7,546.5	2.6	184.1	31.8	1,525.6	0.8
2022. IV	9,218.0	27.0	140.5	1.7	1,835.3	47.6
2023. I	6,742.0	14.4	120.4	-5.1	1,095.5	-11.0
2023. II	5,030.7	-28.4	143.4	-17.3	1,113.7	-24.2
2023. III	3,873.8	-48.7	91.6	-50.2	813.1	-46.7

(出所) 表 8 と同じ。

なお、表 17 は 2022～2023 年第 3 四半期における台湾集積回路業の米中からの輸入出額（四半期別）とその変化を示したものである。この表からは、2022 年に台湾集積回路業の中国大陆本土からの輸入額、前年同期比は増加してから減少傾向であったことがわかる。一方、上記期間、アメリカからの輸入額と前年同期比も同じ傾向を示した。2023 年から米中間の対抗、そして世界の半導体の不況で台湾半導体産業が大きく左右されて、中国大陆本土からの輸入はかなり減少した。

表 17 台湾集積回路の米中からの輸入額とその変動（2022 年～2023 年第 3 四半期）

（単位：百万ドル、％）

時期	世界		中国大陆本土		アメリカ	
	集積回路- HS8542	前年同期比	集積回路- HS8542	前年同期比	集積回路- HS8542	前年同期比
2022.Ⅰ	23,723.1	29.1	5,752.1	29.6	1,346.8	11.6
2022.Ⅱ	23,884.7	24.8	6,117.0	25.0	1,352.0	11.8
2022.Ⅲ	21,534.0	-1.1	5,431.9	2.4	1,289.1	0.3
2022.Ⅳ	18,923.3	-14.4	4,185.4	-25.1	1,232.3	-13.0
2023.Ⅰ	16,876.2	-28.9	3,555.7	-38.2	1,341.2	-0.4
2023.Ⅱ	16,858.5	-29.4	3,598.1	-41.2	1,306.4	-3.4
2023.Ⅲ	19,079.2	-11.4	4,772.1	-12.1	1,055.4	-18.1

（出所）表 8 と同じ。

第 6 節 台湾半導体産業の FDI

すでに述べたように、1960 年代～90 年代前半まで台湾経済が高度成長を遂げてきた。このため、台湾は投資受け入れ国から徐々に投資国となってきた。⁶特に、1980 年代後半以降、台湾企業が投資能力を備え、それに台湾の投資環境が悪化するなどにより、台湾企業の海外直接投資（Foreign Direct Investment, 以下は「FDI」を略称）が急速に増えつつある。⁷例えば、台湾の経済部投資審議司が公表した統計データにより、1990 年までに台湾の対外 FDI は対内 FDI より少なかったが、1991 年から 1992 年、2006 年、2019 年を除き、対外 FDI は対内 FDI より多かったことがわかる。⁸

1991 年から中国大陆本土への投資が集計されたことは台湾の対外 FDI が急速に増加する原因の 1 つである。安価な労働力、広大な市場、同文同種などで台湾企業による对中国大陆への FDI が加速化されている。上記の台湾経済部投資審議司が公表した統計データにより、2010 年に台湾企業が中国大陆本土への FDI は最も多く、146.18 億ドルであった。一方、台湾企業が中国大陆本土以外への FDI は 2018 年に最も多く、142.95 億ドルであった。

表 18 は 1991～2022 年における台湾企業の世界と中国大陆への FDI を示したものであ

る。この表からは、台湾企業の世界への FDI は COVID19 が起こった期間を除き、増加する傾向であったことがわかる。中でも、2002～2013 年に台湾企業による中国大陆への FDI は対世界 FDI に占める割合が毎年連続 60%を超えていた。2012 年からは中国大陆の投資環境や兩岸関係の悪化などの要因により、対中国大陆への投資額、対世界 FDI に占める割合は減少傾向であった。

表 18 1991～2022 年における台湾企業の世界と中国大陆への FDI

(単位：百万ドル、%)

期間	世界		中国大陆本土		その他	
	金額	シェア	金額	シェア	金額	シェア
1991-95	2,564.5	100.0	1,128.9	44.0	1,435.7	56.0
1996-00	5,631.9	100.0	2,291.6	40.7	3,340.3	59.3
2001-05	9,542.7	100.0	6,030.7	63.2	3,512.0	36.8
2006-10	14,229.1	100.0	10,012.9	70.4	4,216.2	29.6
2011-15	18,570.7	100.0	11,520.2	62.0	7,050.5	38.0
2016-20	18,828.8	100.0	7,499.4	39.8	11,329.4	60.2
2021-22	16,735.7	100.0	5,455.0	32.6	11,280.7	67.4
合計	380,310.2	100.0	203,328.6	53.5	176,981.6	46.5

(注) 各期間は年平均値。

(出所) 台湾・經濟部投資審議司

(<https://dir.moea.gov.tw/>) により著者作成。

一方、表 19 は 1991～2022 年における台湾企業の対世界 FDI（業種別）を示したものである。この表からは、1991～2022 年に電子部品産業の対外直接投資総額が最も多く、計 645.20 億ドルであり、全産業の 17.0%を占めたことがわかる。中でも、1991～95 年に電子部品産業の対外 FDI は年平均値 1.09 億ドルであり、全産業の 4.3%しか占めなかったが、2021～22 年のそれがそれぞれ 39.68 億ドル、23.7%へと増加した。また、表 20 は 1991～2022 年における台湾企業の対中国大陆本土 FDI（業種別）を示したものである。この表からは、1991～2022 年に電子部品産業の対中国大陆本土 FDI 総額が最も多く、計 394.49 億ドルであり、全産業の 19.4%を占めたことがわかる。そして、電子部品産業の対中国大陆本土 FDI は 1991～95 年の年平均値が 0.52 億ドルであり、全産業の 4.6%しか占めなかったが、2021～22 年のそれがそれぞれ 17.70 億ドル、32.4%へと増加した。このことから中国大陆本土は台湾の電子部品産業の主な投資先だといえよう。さらに、1991～95 年に台湾の ICT 産業に関連する電子部品、電子製品・光学、電子機器及び設備、基本金属及びその製品の中国大陆本土への FDI は全産業のそれを 25.1%しか占めなかったが、2021～22 年は 54.3%に上り、中国大陆本土への FDI 額の半分以上を超えることに至っている。したがって、半導体産業による米中対抗の中、台湾企業にとって大きな試練となるといえよう。

表 19 1991～2022 年における台湾企業の対世界直接投資－業種別

(単位：百万ドル、%)

期間	全産業		電子部品		電子製品・光学		電子機器及び設備		基本金属及び その製品		その他	
	金額	シェア	金額	シェア	金額	シェア	金額	シェア	金額	シェア	金額	シェア
1991-95	2,564.5	100.0	109.4	4.3	104.4	4.1	95.1	3.7	111.9	4.4	2,143.8	83.6
1996-00	5,631.9	100.0	499.4	8.9	569.3	10.1	290.1	5.2	249.8	4.4	4,023.3	71.4
2001-05	9,542.7	100.0	1,536.4	16.1	1,163.0	12.2	594.8	6.2	614.3	6.4	5,634.1	59.0
2006-10	14,229.1	100.0	3,104.9	21.8	1,582.9	11.1	827.0	5.8	935.3	6.6	7,779.0	54.7
2011-15	18,570.7	100.0	2,515.9	13.5	1,412.7	7.6	523.5	2.8	1,428.2	7.7	12,690.4	68.3
2016-20	18,828.8	100.0	3,550.7	18.9	1,122.0	6.0	362.3	1.9	996.5	5.3	12,797.3	68.0
2021-22	16,735.7	100.0	3,968.3	23.7	1,019.8	6.1	491.1	2.9	625.6	3.7	10,630.8	63.5

(注) 各期間は年平均値。

(出所) 表 18 と同じ。

表 20 1991～2022 年における台湾企業の対中直接投資－業種別

(単位：百万ドル、%)

期間	全産業		電子部品		電子製品・光学		電子機器及び設備		基本金属及び その製品		その他	
	金額	シェア	金額	シェア	金額	シェア	金額	シェア	金額	シェア	金額	シェア
1991-95	1,128.9	100.0	52.0	4.6	53.9	4.8	83.3	7.4	94.2	8.3	845.5	74.9
1996-00	2,291.6	100.0	243.9	10.6	348.1	15.2	221.5	9.7	186.3	8.1	1,291.8	56.4
2001-05	6,030.7	100.0	967.2	16.0	983.3	16.3	558.2	9.3	573.5	9.5	2,948.5	48.9
2006-10	10,011.1	100.0	2,550.5	25.5	1,439.7	14.4	784.6	7.8	705.6	7.0	4,530.8	45.3
2011-15	11,520.2	100.0	1,857.3	16.1	1,337.2	11.6	467.1	4.1	585.0	5.1	7,273.7	63.1
2016-20	7,499.4	100.0	1,510.9	20.1	921.7	12.3	255.6	3.4	419.5	5.6	4,391.7	58.6
2021-22	5,455.0	100.0	1,770.1	32.4	668.0	12.2	221.6	4.1	302.5	5.5	2,492.7	45.7

(注) 各期間は年平均値。

(出所) 表 18 と同じ。

第 7 節 台湾半導体産業の課題

台湾経済は 1960 年代以降急速に発展してきた。中でも、1980 年代以降半導体産業の急成長で台湾経済の成長エンジンの主役となっている。しかし、半導体産業の増減も台湾経済に大きく左右するようになった。言い換えれば、半導体産業は過剰在庫などの理由で不況に陥れたら、台湾経済にもマイナス影響となりうる。例えば、台湾の聯合報の記事によると、

2023 年の台湾輸出額は前年比 9.79%減少し、ちょうど集積回路の輸出額も前年比 9.51%減少したことがわかる。⁹そして、2023 年の台湾経済成長率は 1.4%にとどまり、2010 年以來の最低水準となった。したがって、台湾経済は半導体産業の依存度が高いとうかがえる。AI 技術の競争はますます激化だと予想されるので、半導体産業の需要が高まると期待されている。台湾の半導体産業はこのような波に乗っていけるか台湾経済の行方に関わっている。しかし、台湾の半導体産業は従来ほど発展していけることに世界の注目を浴びている。以下では、台湾半導体産業の課題は国内の課題と国際の課題に分けて述べる。

1. 国内の課題

2023 年 10 月にファウンドリ（半導体受託製造企業）最大手の台湾積体電路製造（以下は「TSMC」）は台湾桃園にある「龍潭科学園區」の第 3 期区画に 2 ナノメートル以降の先進製造プロセス工場の設置を断念すると公表した。このことで半導体産業には水不足、電力不足、産業用地不足、人材不足、労働者不足という「5 つの不足」が再び取り上げられた。¹⁰

1 つ目は水不足である。半導体製造の洗浄工程には不純物をゼロにした水を使わなければならない。地球温暖化が予想より悪化している中、純度の高い水を安定して確保することは半導体産業にかなり大切である。しかし、ここ数年台湾では水不足による断水措置がよく実施された。このことは半導体業者にとって耐え難い負担となる。したがって、国内の半導体産業の競争力を保つため、純度の高い水を確保しなければならない。

2 つ目は電力不足である。ここ数年台湾では電力不足で突然の停電が数回起こった。それは非原発政策による原子力発電削減で電力の提供が減少したと思われる。その対応として、再生可能エネルギーで補う予定であるが、期待通りに進んでいないからである。企業にとって突然の停電が予想できない損失になるので、十分かつ安定な電力供給は不可欠である。

3 つ目は産業用地不足である。台湾の面積は約 3.6 万平方キロであり、日本の九州よりやや小さいが、総人口は約 2,300 万人です。台湾の地形は 3 分の 2 ぐらい居住しにくい高山や林地である。このため、産業用地もだいたい開発されたため、新しい産業用地を開発しなければならない。そのため、農地や使われていない空き地などの徴収が必要である。

4 つ目は人材不足である。すでに述べたように、半導体産業は台湾の中核産業となり、高度人材の需要が高い産業である。台湾の 104 人力銀行の「半導体人才白皮書」によると、半導体業者は高給料でスタッフを募集しても、応募者が定員割れである。半導体の人材育成のため、2021 年の年末に、産学連携の形で台湾大学を始め、4 つの大学に半導体学院を次々と設立した。¹¹半導体産業の人材不足への対応策として見られるが、効果が出るまで時間がかかりそうである。

5 つ目は労働者不足である。台湾の労働部（日本の「労働省」に相当）の統計データによると、台湾の労働人口（15～64 歳）は 2015 年 11 月に 1,700.0 万人をピークに達し、その後減少傾向となり、2023 年 12 月現在それは 1,596.3 万人に減った。¹²これからも減り続けると予想される中、半導体産業、そして台湾経済には大きな試練となった。

2. 国際の課題

上述した国内の課題だけでなく、台湾の半導体産業も国際の課題に直面している。以下では、地政学リスク、米中対立、他国の追い上げなどの視点から試論する。

まずは、地政学リスクである。地政学とは地理的な条件をもとに他国との関係性や世界経済を国際的な視点で考えることである。ここ数年兩岸関係の悪化などで台湾は地政学リスクがあると懸念されている。兩岸関係をどう改善していくことは大きな課題となる。

次に、米中対立である。米中間の長期的な貿易不均衡により、アメリカは2018年に追加関税賦課を実施し、米中対立は顕在化した。また、追加関税の対象拡大、安全保障上で重要な製品の中国への供給の制限を実施するなど、米中対立が緩和する兆しは現在のところ見えていない。世界の二大経済体が対立することは世界経済に大きな影響をもたらすことに違いない。アメリカと中国大陆は台湾の半導体産業の重要なパートナーなので、台湾は慎重な対応が問われる。

さらに、他国の追い上げである。ここ数年、発展途上国の経済は急速に成長し、特に中国大陆、インド、ベトナム、インドネシアなどの半導体産業も速いスピードで発展してきている。台湾の半導体産業はこれらの国々の追い上げに対応するため、より一層のイノベーションが必要不可欠である。

TSMCを始め、台湾の半導体企業はここ数年、海外進出を積極的に行っている。上記の課題を多少緩和できると思われるが、台湾経済のGDP、就職、固定資本形成などに悪い影響をもたらす。2023年10月にTSMCの創業者であるモリス・チャンは全社運動会で「半導体産業においては、すでにグローバル化から遠ざかり、自由貿易もなくなった」と発言した。¹² この発言も台湾の半導体産業に大きなチャレンジになりそう。

【参考文献】

何培基、樊飛雄「我國 IC 半導體產業發展之研究」『育達研究叢刊』53-67、2003。

毛驥文「主要國家因應美中晶片戰爭之半導體產業發展策略」『臺灣經濟研究月刊』、46 卷 10 期、總號 550、83-91、2023。

日本貿易振興機構海外調査部「台湾における半導体産業について台湾の関連政策と主要企業のサプライチェーン調査」2022 年 5 月

(https://www.jetro.go.jp/ext_images/_Reports/01/c1353759e5d86029/20220008_ver3.pdf)。

湯士萱「中國大陸推動半導體產業之發展與影響」『經濟研究』國家發展委員會經濟發展處、22 期、(13) 1- (13) 37、2022。

劉慶瑞『外商投資台灣大解構』先知文化、2002。

林嘉華「美中新冷戰對中國高科技產業發展的影響--以半導體產業為例」『臺灣經濟研究月刊』，44 卷 12 期，總號 528，74-79、2021。

林嘉華「美、歐推動「晶片法案」對全球半導體產業之政策意涵」『臺灣經濟研究月刊』，45 卷 11 期，總號 539，68-75、2021。

104 人力銀行 (2023)「半導體人才白皮書」

(https://hunter.104.com.tw/img/manager/2023semi_WhitePaper_1.pdf?utm_campaign=2023semi-whitepaper&utm_term=pr-news)

壹蘋新聞網

(<https://tw.nextapple.com/finance/20231014/B3714DCC374A76DEC12F6DF4DD2419E9>)

經濟日報社論「新政府須面對的產業隱憂」

(https://udn.com/news/story/7338/7776719?from=udn_ch2cate6643sub7338_pulldownmenu_v2)

台灣經濟部統計處 (<https://dmz26.moea.gov.tw/GMWeb/investigate/InvestigateDB.aspx>)

台灣勞動部 (https://statfy.mol.gov.tw/statistic_DB.aspx)

中時新聞網 (<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20231108003854-260410?chdtv>)

¹ 何培基、樊飛雄 (2003) を参照。

² 中国大陸の半導体産業については湯士萱 (2022) を参照。

³ 詳しくは林嘉華 (2021)、林嘉華 (2021)、毛驥文 (2023) を参照。

⁴ 詳しくは劉慶瑞 (2001) 第 1 章を参照。

⁵ 詳しくは台湾經濟部統計處 (<https://dmz26.moea.gov.tw/GMWeb/investigate/InvestigateDB.aspx>) を参照。

⁶ 詳しくは劉慶瑞 (2001) を参照。

⁷ 詳しくは台湾・經濟部投資審議司 (<https://dir.moea.gov.tw/>) を参照されたい。なお、台湾の対内 FDI は 1952 年から集計されたことに対して、対外 FDI は 1959 年から集計された。また、中国大陸本土への FDI は 1991 年から集計されたことに対し、中国大陸からの FDI は 2009 年から集計された。

⁸ 詳しくは「経済日報社論／新政府須面對的產業隱憂」

(https://udn.com/news/story/7338/7776719?from=udn_ch2cate6643sub7338_pulldownmenu_v2) (2024 年 2 月 19 日確認) を参照。

⁹ このことについて新聞の報道が多い。例えば、中時新聞網

(<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20231108003854-260410?chdtv>) (2024 年 2 月 20 日確認) を参照。

¹⁰ 2023 年 5 月までに 6 つの大学に半導体学院が設立された。

¹¹ 台湾労働部 (https://statfy.mol.gov.tw/statistic_DB.aspx) を参照。

¹² TSMC の運動会は 2023 年 10 月 14 日に 4 年ぶり行われた。詳しくは壹蘋新聞網

(<https://tw.nextapple.com/finance/20231014/B3714DCC374A76DEC12F6DF4DD2419E9>) (2024 年 2 月 20 日確認)。

第4章 半導体有事とラピダスの成功可能性

立教大学
名誉教授 林 倬史

本論説では、「ラピダスの成功可能性」を、経営戦略論（Strategic management）的視点に留意しながら、下記の5点を中心に検討していく。

第1節 ラピダスの設立経緯と位置づけ：IBM社との関係性

第2節 ラピダスの組織デザイン、ビジネス・エコシステム、ビジネスモデル

第3節 成功可能性に対するリサーチアナリストの見解

第4節 半導体有事下におけるラピダスの成功の可能性

第5節 成功可能性の推測と生成AIの評価

第6節 結論

第1節 ラピダス社設立の経緯と位置づけ：IBMとの関係性

ラピダス社の設立は、日本関係者側からではなく、2020年にIBM社から東哲郎氏（東京エレクトロン社元社長・元会長）への打診が発端であったと言われている。2001年9月11日、いわゆる”September 11”のニューヨーク貿易センタービルへのテロ行為後、州都 Albany の未来のために、州知事が先端技術開発拠点として *Albany Nanotech Complex* の設立をIBM社とともに協力したのが東京エレクトロン社東氏（当時社長）であり、この3者協力がベースとなって、同市に Nanotech Complex が設立された（片岡 2023）。そしてこの同コンプレックスにある IBM Albany 研究所で開発されたのが 2nm チップである。同社から東氏への打診内容の革新は、同社が新たに開発した 2nm チップ設計技術をベースに日本側での量産が可能かどうかであった。それではなぜ、そしてなにを同社は個人的信頼関係をもとに東氏に打診したのだろうか。

想定されうるのは以下の3点である。

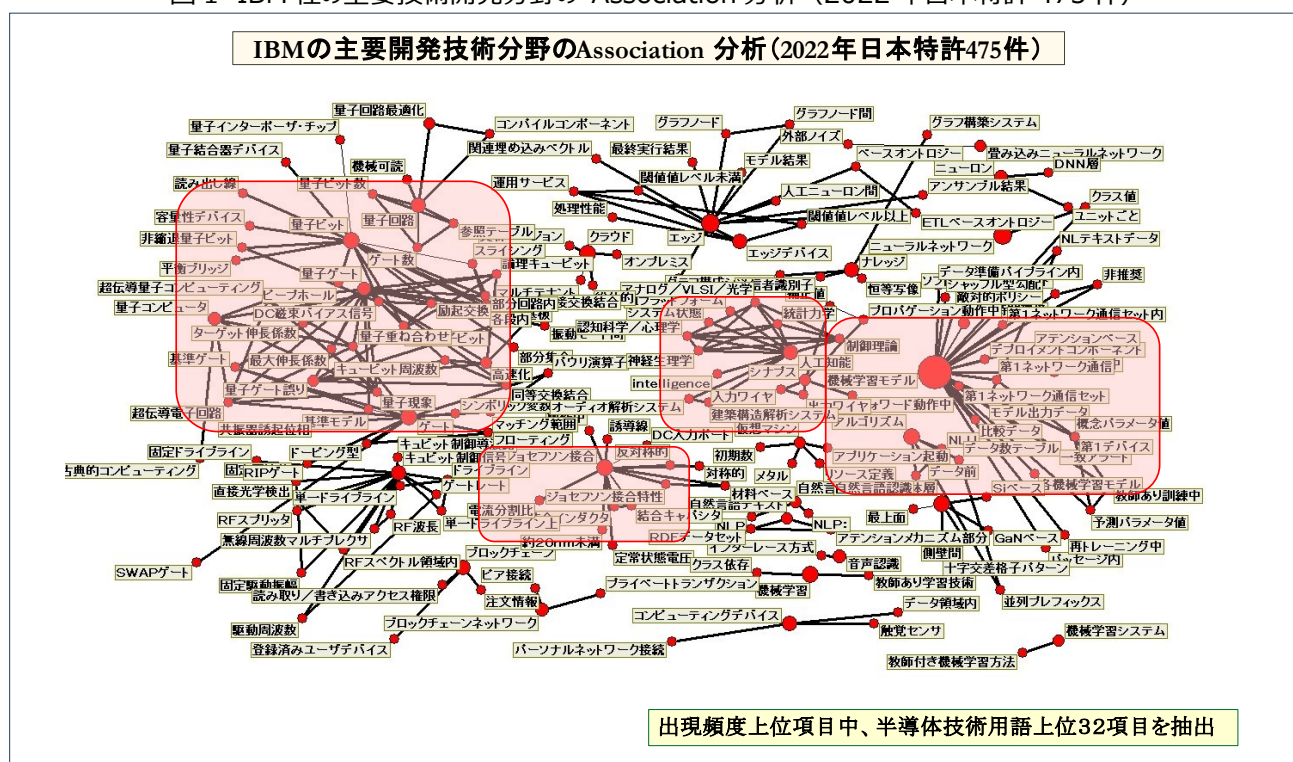
第1点目は、地政学的リスクマネジメント面からの危惧が想定されうる。同社は米国防省（DOD）の重要な認定パートナーであり、同省の各種システムやアプリケーションの開発を担当している。このことは、膨大なデータ解析に不可欠となってくる 2nm チップの量産・納入を、地政学的リスクのある国・地域に依存しないようにすることが絶対的条件となる。しかし、この条件を満たす日本には 2nm ロジック半導体の製造を委託する企業は存在しない。換言すれば、このことはこの 2nm 基礎技術の日本拠点の構築と技術移転が極めて重要な案件となっていることを意味しうる。

第2点目は、この技術移転によって、IBM側はラピダス側から高額のライセンス料を入手しうることが想定される。なお、IBM社の年間ライセンス収入額は総収入の約1%、約

14～16 億ドルにおよぶ（同社、Annual Report）。

そして第3 点目に、図 1 に示されているように、同社の戦略的技術開発は、「量子コンピュータ」分野と「AI・ニューラルネットワーク」分野を中心になされている。したがってそれを可能にするのは微細な戦略チップということになる。換言すれば、量子コンピュータの開発を軸に、同社の HPC(High Performance Computer)をベースとして高度なソリューションビジネスを展開していくいわゆる「アセットライトなビジネスモデル」の戦略をさらに強化、維持していくためには、上記条件を踏まえた上記チップ入手先の確保が前提となってくる。

図 1 IBM 社の主要技術開発分野の Association 分析（2022 年日本特許 475 件）

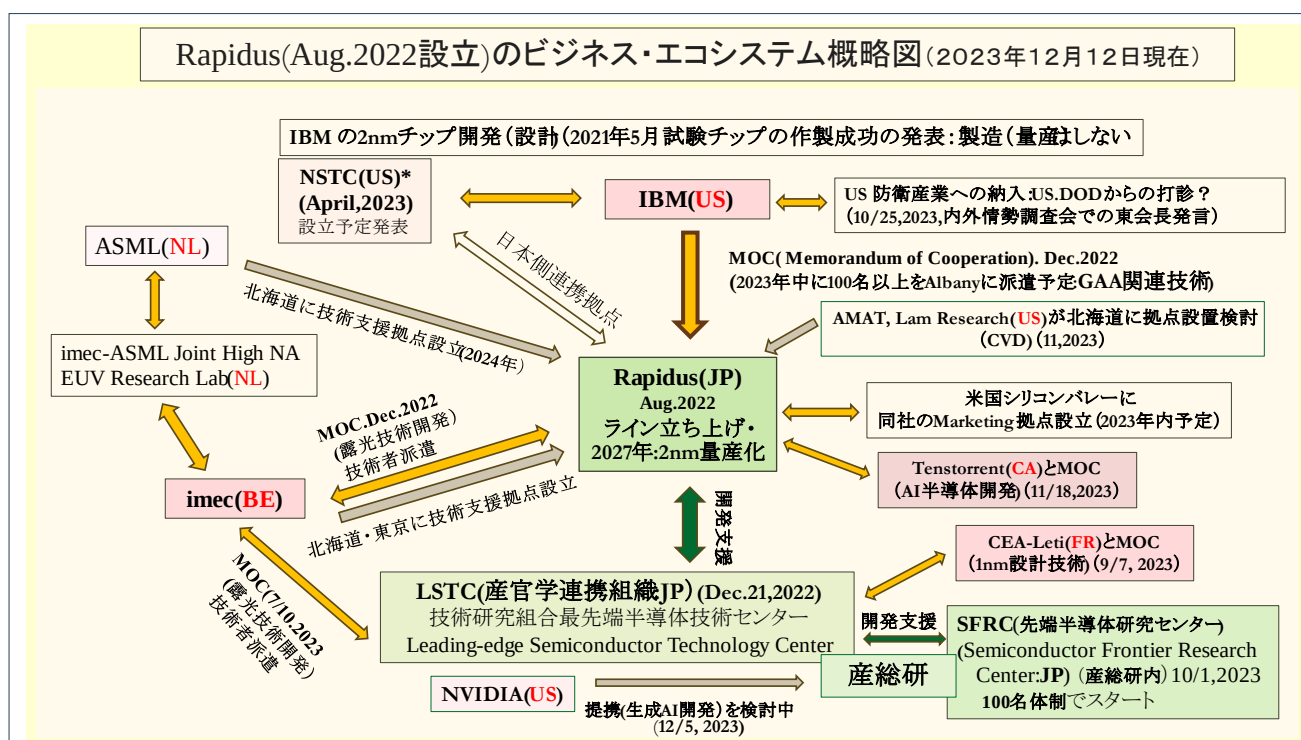


第2 節 ラピダス社の組織デザイン、ビジネス・エコシステムとビジネスモデル

同社社長（小池淳義氏：元日立製作所半導体生産技術本部長・元トレセンティ社長）、会長（東哲郎氏）による先端半導体企業設立に要する主要な資金確保に至る、政党、政府省庁（主に経産省、財務省）との各種会談、会議に関しては、片岡（2023）に概要が述べられているのでここでは省略する。ここでは、政府資金とトヨタ、ソニー等日系 8 社の出資をベースとした法人としての企業組織の設立（2022 年 8 月）以降、発表されている組織デザインをビジネス・エコシステムとビジネスモデルに留意しながら検討してみる。

下図は、各種の公表された資料から作成した 2023 年 12 月現在のラピダスのビジネス・エコシステム概略図である。2022 年 8 月の同社設立から 1 年数か月で国内における同社の技術開発担当組織(LSTC と SFRC)の設立、および海外主要研究機関との協力提携 (MOC: Memorandum of Cooperation)の制度化が可能となった背景には、トップ経営陣の構想力と実行力は当然のこととして、さらに主要政府関係者との強い連携・協力が想定されうる。特に、予算獲得を可能とした背景として、2022 年 5 月の経済産業大臣の IBM(Albany)訪問と提携内容の確認、レモンド米国商務省長官との会談、同月末のバイデン大統領来日の際の日米経済安全保障に関する共同声明に盛り込まれた「次世代半導体の開発を促進するための“共同 Task Force”の設立」、さらに「次世代半導体開発・人材育成に関する日米共同のロードマップ作製の策定を含む半導体のサプライチェーンの連携強化」を柱とする日米共同声明と署名、等々があげられる。換言すれば、IBM 社からの打診とラピダス社設立の背景には、日米政府間の地政学的リスクと経済安全保障に関する共同のリスクマネジメントがベースにあることになる。

図 2 ラピダスのビジネス・エコシステム概略図 (2023 年 12 月現在)



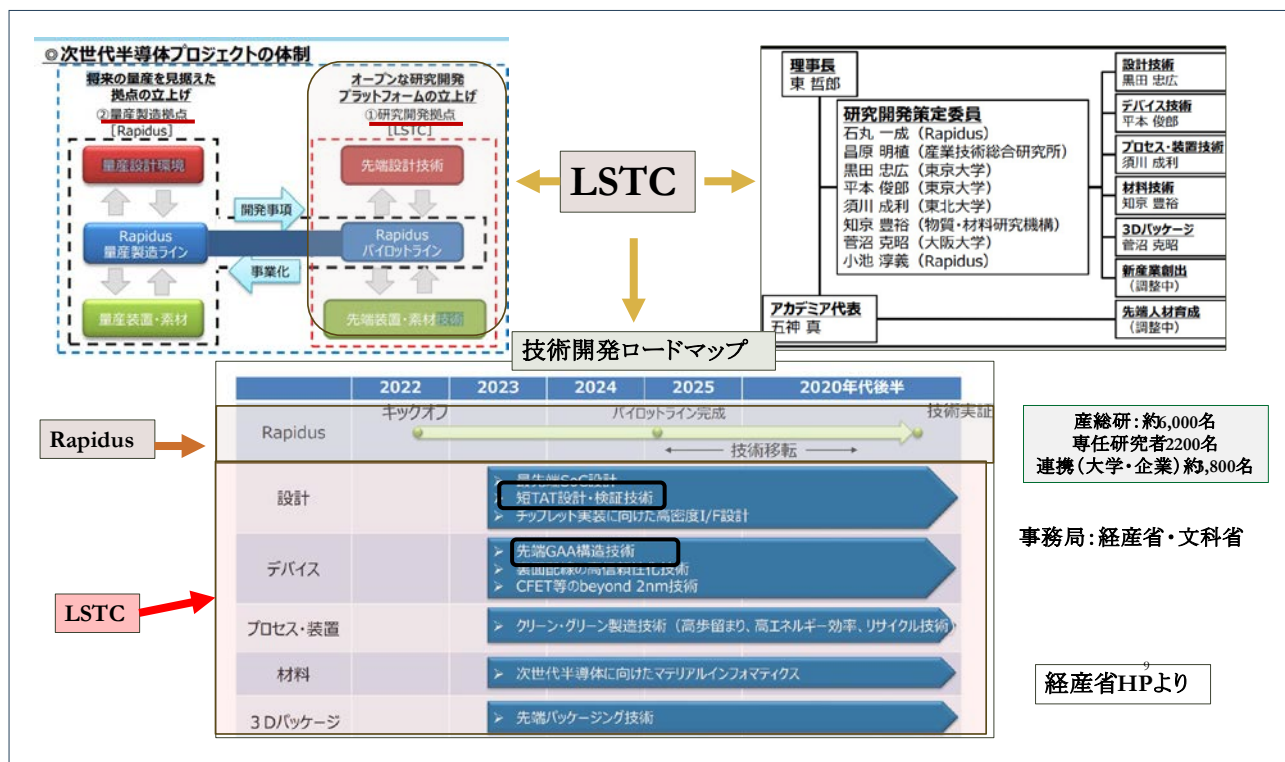
ラピダス社側との正式な技術協力協定が結ばれているのは、IBM 社(US)と Tenstorrent 社(CA)の 2 社、およびラピダスの技術開発部門の産官学連携組織の技術研究組合最先端半導体技術センター(以下、LSTC)は imec(BL)と CEA-leti(FR)の 2 社との間でそれぞれ成されている。Tenstorrent 社(CA)は、AI プロセッサ開発のスタートアップ企業、そして imec は在ベルギーにある次世代エレクトロニクス技術の開発、特に先端的露光技術で著名な国

際研究機関であり、EUV を独占供給する ASML 社(NL)との間で imec-ASML joint High NA Research Lab(NL)を保有している。また、CEA-leti は在フランスのナノテクを中心とする国際的電子情報研究所であり、1nm 技術開発にも取り組んでいる。

2nm チップ量産に向けたラピダスの中心的技術開発組織は図 3 に示されているように、LSTC となっているといえる。

ラピダスのパイロットラインにおける重要な技術開発戦略は、先端 GAA(Gate All Around)技術の早期習得、および2nm 半導体の製造期間を半減させるいわゆる短TAT(Turn Around Time)技術の開発であるが、その中心的担当組織が LSTC となっている。上図が示すように、この LSTC の事務局が経産省と文科省となっており、主要な担当部署と責任者は大学および産総研等の政府系研究機関所属の研究者となっており、必ずしもラピダス専任の技術開発担当者ではない。また、同社のパイロットラインは北海道千歳に建設中であり、研究開発拠点は千歳市に設けられ 2027 年 4 月稼働予定となっている。したがって、その間の技術・研究開発作業は、IBM Albany Lab、imec および国内の関係機関でなされることになると思われる。こうした状況も踏まえて、2023 年 10 月に LSTC のサポート組織として、産総研内に先端半導体研究センター（以下、SFRC）がつくば市のつくばセンター（2025 年 4 月稼働予定）に 100 名体制で組織されている。

図 3 LSTC とラピダスの関連図



ここでの技術開発担当陣は、産総研と半導体装置メーカー、特に東京エレクトロン、キャノン、SCREEN 各社を主要メンバーとしており、ゲートオールアラウンド(GAA)構造を含む 3 次元デバイスを作製できる共用パイロットラインの運営、および研究開発と試作サービスを一体として実施するオープンイノベーション拠点として位置付けられている（産総研ホームページより）。

ラピダス社のビジネスモデルの前提には、2nm 以降の微細半導体の製造期間を半減させるいわゆる短 TAT(Turn Around Time)技術の開発をベースとした短納期型の微細チップ多品種少量生産システムが確立、機能するかどうかが不可欠の要件となっている。それでは、この短納期型の微細チップ多品種少量生産システムを構築するためにはどのような技術開発が求められるのか。

imec 主催「ITF Japan 2023」（2023 年 5 月）での小池社長の講演によれば、以下のようなアプローチが提起されている。

「製造期間を大幅に短縮するために、最も時間を要する設計部分の効率化を図る。そのために、半導体の前工程と後工程の両方を手掛けることによって、そこで得られたデータをすぐに設計にフィードバックし、設計の効率化を図る。そこでは、複数のウェハーを一括処理するバッチ式ではなく、1 枚ずつ処理する枚葉式を採用する。枚葉式の採用によって、バッチ式に比べて 100 倍のシリコンデータが得られる。この豊富なデータを AI 技術などで分析し、その結果を設計に生かす。いわゆる[RUMS (Rapid & Unified Manufacturing Service) 方式に取り組む]」。

この RUMS システムの構築に取り組む中心的組織は、図 1、図 2 から LSTC と SFRC になることが想定される。このことは、2025 年 4 月に北海道千歳市での建設予定 2 工場略称「IIM (Innovative Integration for Manufacturing) -1」、 「IIM-2」が立ち上がり、2nm 世代の製造プロセスの試作ラインの稼働までに、どの程度、この RUMS システムが有効に機能しうるかが重要な意味を有している。

第 3 節 成功可能性に対するリサーチアナリストの見解

次に、台湾の著名なリサーチアナリストの **Lucy Chen 氏** (Isaiah Research Vice President) が、ラピダス社の今後の見通しと課題についてどのように見ているのか、その要点を吟味してみる（日経 XTECH 2023 年 2 月 23 日号）。

ラピダスが 2nm 世代プロセス半導体を量産できるかという質問に対する同氏の返答は、「技術的には可能だろう。ただし、**収益性のある量産の実現はまだ難しい**」とのことである。**その根拠の第一は**、「TSMC 社の場合には、2nm チップ設計開発後、2020 年に生産準備に入り、2024 年に 2nm 世代プロセスでの量産の準備に 5 年を見込んでいる。2nm 世代プロセス生産が完成したのが 2020 年第 1 四半期。その後、2024 年にリスクプロダクション（先行試験生産）を実施、そして 2025 年に（採算ベースでの）量産体制の計画となっている。

TSMC のような十分なノウハウを持つファウンドリーでさえ GAA 技術に基づく 2nm チップ設計開発後からでも量産をゼロから始めると 5 年がかかることになる」。ラピダスについては、「2nm テストチップの開発技術習得は、IBM をはじめ国際的機関との協力もあり可能であると思われる。また国際的にすぐれた装置メーカーや材料メーカーが日本国内にあることから製造も可能となると思われる。ただし、採算ベースでの量産は難しいと思われる」（同氏指摘）。

同氏が指摘するように、2nm チップ設計基礎技術開発に関しては、ラピダス側から IBM Albany Lab に約 100 名の技術者が派遣されて技術習得作業に従事していることから、1)2nm テストチップの開発技術の習得は可能となるとしても、2)2025 年稼働予定の IIM1,IIM2 が順調に立ち上がり、さらに 3)そこからいまだ量産経験のない状態から採算ベースでの量産まで 5 年で開始できたとしても、2030 年以降での量産開始ということになる。

続いて、同氏が指摘する困難であることの**第二の根拠**は、「毎年、数千億円以上の投資資金の確保と、関連技術分野の技術者数の確保が保証できるかどうか不確定であること」にある。ラピダス社が予定通り、1000 名以上の関連技術者数を確保できるかどうかは大きな課題となりうる。半導体の製造プロセスは前工程・後工程およそ 500 以上の工程から成り立っており、多くの製造装置、材料メーカーとの技術上の擦り合わせ、そして工程全体をシステム・インテグレートしうる人材の確保が絶対的条件となる。ちなみに、TSMC は 5 万人以上の従業員と 7,000 名以上の技術者数を擁しているが、それでも 2nm テストチップ開発後、採算ベースでの量産までに 5 年を要したことになる。

さらに、資金的負担に関しても、エッチング過程を中心に排出される排ガス・排水中に含まれる環境汚染物質の除去施設の建設費用等々を含む投資総コストは微細化が進むにつれて巨額化するため、資金的リスクに対応しうるファウンドリーメーカーは極めて限定されてきている。

そして**第 3 点目**に指摘されている困難な根拠は、仮に 2nm チップの量産に成功したとしても、先端的チップ需要が極めて限定的となり、したがって採算ベースに乗るだけの需要が見込めないリスクが考えられる点である。仮に、可能性が見込まれるとすれば、「日本が今後数年で、先端半導体が求められる電気自動車（EV）産業を急速に進化させることができた場合」との提言となっている。クラス 5 の自動運転のコネクテッドカーの場合、膨大なデータをデータステーションとのやり取りなしに、自律的に即座に演算、推論を可能とするおそらく 1 台当たり 500 個以上の生成 AI チップを必要とすることが想定されうる。しかも、自動車産業をはじめとする製造業のみならず、他の医療・教育・スポーツ・観光、等々の多くのサービス産業からのいわゆるソリューション・ビジネスに不可欠な膨大なデータ計算と推論を短時間で可能とする HPC 用 AI チップの需要の増大が見込まれるが、その時期に関しては不確定である。

以上が、半導体に関する台湾の著名なアナリストの Lucy Chen 氏によるラピダスの 2027 年を目安とした 2nm チップ量産の成否にかんするコメントである。

第4節 ラピダスの2nmチップ開発と量産化を可能とする諸条件

他方、以上の諸点を踏まえたうえで、現時点における同社の成功へと導くと想定される諸条件は、以下の7点に集約されるように思われる。

(1)次世代チップ対応型の製品（装置、材料）開発能力を有し、国際的に競争優位性のある半導体製造装置企業と素材企業が国内に多数存在する。(2)「ラピダスでの2nmチップ開発では、FinFETからの技術の切り替え作業をせずに、初めからナノシートのGAAのみの開発を目指せばよいので、目的やゴールがシンプルとなっている」（日本IBM最高技術責任者[森本CTO]のコメント）。GAA以前の技術に関しては関連するFinFETの一部技術の習得以降は、直接的にGAA技術開発に取り組む。(3)開発と製造技術経験と能力のある人材が期限内に揃う可能性がある。内外の半導体関連企業（Samsung, TSMCを含む）を退社してRapidusでの開発・製造業を希望する人材が多数入社（小池社長の談話）。ラピダス社所属の技術者数は最終的には1,000名を見込むが、それまではLSTCとSFRC関連の技術者陣によるサポートによって補完する。(4)日本政府による必要資金需要に対する助成、(5)半導体有事をめぐる経済安全保障をめぐる国際環境、政府間協議・合意を背景として、IBMからの2nm以降の関連先端技術、imec、等からのEUV露光技術の移転が効果的になされる。(6)IBMへの先端チップの納入以外に、Mobility産業の自動化・進化、AIベースの半導体ファブ数の急増、ビッグデータ対応型データセンター用をはじめとするHPC需要、次世代型ロボット産業の台頭、等による2nmチップ需要の急増、そして(7)高機能・多品種少量・短納期型ビジネスモデルに対応した前工程・後工程一貫型のミニマルファブ型生産システムの構築、以上の7点が実現可能性を高める諸条件といえる。

本報告では、以上の7点の諸条件のうち、とりわけ以下の2点に留意している。第1は、(5)の「半導体有事をめぐる経済安全保障をめぐる国際環境、政府間協議・合意を背景とする関連先端技術の移転」。そして第2は(7)の「多品種少量・短納期型ビジネスモデルに対応したミニマルファブ型生産システムの構築」である。上記第1点目に関する私見は、以下の通りである。

仮に、今回のラピダス社の創設事業が、いわゆる「日米半導体摩擦」を抱えた1980年代後半から1990年代半ばに至る時代的背景の下で遂行されていた場合には、今回の同社の成功可能性は限りなくゼロに近かったと推定される。逆に、米中間の経済的、政治的覇権を背景としたいわゆる地政学的「台湾・半導体有事」という現代的諸条件が、ラピダスの成功可能性を高めている。第2点目に関しては、製造期間・納期を半減させる（前工程・後工程一貫型の）ミニマルファブ型生産システムが構築された場合、多くのファブレス企業はチップ機能の確認による製品化時期を早めることを可能とするため、ラピダスはファウンドリーとしての競争優位性を高めることになる。さらに、ミニマルファブ型設備への投資額は大幅に減少するために、次第に当初の高価格から低価格・短納期のビジネスモデルへと推移しうることになる。換言すれば、短納期・低コスト型の一環生産システムの登場は、日本自動車産業の国際競争力の基盤ともなってきた「トヨタ生産システム」に匹敵しうる新たな生産システムの登場としての意義を有しているものとして認識できるように思われる。

第5節 本論説時点の成功可能性の推測と生成AIの評価

最後に、「ラピダス成功可能性の程度」の具体的数値化を試みてみよう。表1は、成功可能性の程度に影響を与える主な項目を、各種公表資料を参考に12項目10段階評価(各10%)によって、あくまで私見的推定によって作成したものである。図3の(1)から(4)までの、技術開発上の評価項目は(1)が5ポイント(41-50%の可能性)、(2)が2ポイント(11-20%)、(3)と(4)が各1ポイント(0-10%)の評価としてある。したがって、技術開発上の成功可能性は、4項目平均値は2.3ポイント、すなわちおよそ21-30%(より絞ると23-24%)水準となり、かなり低水準となる。しかしながら、他の評価項目を含む全体的評価値を考慮すると、別の評価値となる。すなわち、(5)のトップリーダーのいわゆる「Dynamic Capability」としての構想力等は8ポイント、(6)-(9)の外部資源活用能力は計25ポイント、平均値が6.3ポイント、そして(10)-(12)の外部環境要因が計22ポイント、平均値が7.3ポイントとなる。

表1 Strategic Managementの視点から見たラピダスの成功可能性

戦略論的視点からのラピダスの成功可能性				
評価設定項目：10段階評価・12項目				
(1). IBMからの2nm以降の試作チップ作成技術の習得	5		1(0-0.99)	0-10%
(2). 製造ラインでの技術開発を担う中核的技術開発組織・人材の有無	2		2(1-1.99)	11-20%
(3). 多品種少量型ライン開発に不可欠な人材が揃うか	1		3(2-2.99)	21-30%
(4). 短TAT(短納期型)製造システムの開発を可能にする装置・部材の開発	1		4(3-3.99)	31-40%
(5). トップが外的環境の変化を想定して構想力・imagination・Visionをもって組織運営しているか	8		5(4-4.99)	41-50%
(6). 内部資源の有する能力をダイナミックに向上させて「創発型」の「学習する組織」か	7	(1)	6(5-5.99)	51-60%
(7). 競争優位な外部経営資源を内部経営資源化する内部資源・外部資源活用型の組織と戦略か	6		7(6-6.99)	61-70%
(8). 異文化マネジメント能力とリーダーシップによる新たな知識創造の場の設定とマネジメント	5	(2)	8(7-7.99)	71-80%
(9). 動的な競争優位性を創出する国際的な「ビジネス・エコシステム」の構築が指向されているか	7		9(8-8.99)	81-90%
(10). 採算に見合う需要があり、採算に見合う歩留まり率での量産が可能となるか	6		10(9-10)	91-100%
(11). 資金面での国家的助成	7	(3)		
(12). 地政学的に有利に作用する諸要因	9			
(1),(2),(3),(4): 技術革新能力等 内部経営資源				
(5): トップの 経営/Leadership能力				
(6),(7),(8),(9): 外部資源活用能力				
(10),(11),(12): 外部環境要因				
			2.3	21-30% (23-24%)
			4.6	41-50% (47-48%)
			5.3	51-60% (53-54%)

以上の評価項目(1)-(12)全体の平均値5.3は、成功可能性の大枠が5.0-5.99(51-60%)の範囲、より限定づけると53-54%の範囲となる。

さらに、説明変数としての(1)-(4)の技術上の評価項目が、目的変数に与える影響度が高いと場合を考慮して、それぞれのポイントを2倍評価すると、平均ポイントは4.6(73/16)となる。したがって、この場合には41%-50%の枠、より限定すると47-48%の枠に入る(3倍評価の場合は、4.1ポイント、41-42%)。以上を集約すると、ラピダスの成功可能性は、大枠で41-60%、あえて絞り込むと47-54%(ないし41-42%)ということになる。

以上の前提の下で結論付けると、単に、技術開発上の論点だけで成功可能性を論じてしまうと、確かに可能性は低めに設定されることになる。しかしながら、技術開発上の諸問題が極めて重要な位置を占めているとしても、他の補完的諸要因を総合的に考慮した場合は、成功可能性の数値は若干高くなるということになる。例えば、(10)の需要の側面では、ラピダスへの国策的な優先的需要配分、そして特に、(12)の地政学的諸要因（台湾・半導体有事）を考慮した場合、言い換えれば、政治的解決による事態をも想定した場合には、成功可能性をより高める可能性がある点を否定できない。ただし、それでも可能性が極めて高いといえる水準とはならない。

しかしながら、表 1 の各評価は、関係各社の見解を反映させた統計的有意性を有するものではなく、あくまでも著者個人の主観的判断をベースにした数値化であるため、回帰分析等はなされていない。さらに、この想定は、1980 年代後半から 1990 年代にかけての日米間の外部環境要因のもとであれば、評価項目の(1)と(12)の前提条件そのものが崩れてしまい、ラピダス社の設立自体が否定されるため、可能性はほぼゼロということになる。

報告の最後に、同社の成功可能性を生成 AI がどのように評価しているのかを見ていこう。

質問内容は、“What is the percentage point of the probability that Rapidus will successfully manufacture and mass produce 2 nm chips by around FY 2027?”

Chatgpt は、2023 年 11 月 10 日検索時点では、ラピダスに関するデータがないため、評価は表示されなかった。Google bard/gemini の場合は、下記のような評価を提示してきた。以下、抜粋のみを記載する。

1:(accessed, 10 Nov. 2023) 「It is difficult to estimate the exact probability that Rapidus will successfully manufacture and mass produce 2 nm chips. However, based on available information, it seems likely that the probability is **between 25% and 50%**. -----」

2:(accessed, 14 Dec. 2023)

High Probability (50-70%): Medium Probability (20-30%): Low Probability (10-20%)。

3:(accessed, 24 Jan. 2024)

High Probability Scenario (Broadly Optimistic): Rapidus is likely to achieve some breakthroughs in 2nm manufacturing, potentially establishing themselves as a player in the field. However, reaching full-scale mass production might face delays or limitations.

Moderate Probability Scenario (Balanced Perspective): The company could face considerable hurdles but persevere to eventually achieve both manufacturing and mass production, albeit potentially with some setbacks or adjustments to their original timeline and ambitions.

Low Probability Scenario (Cautious Viewpoint): While not impossible, significant technical and economic challenges could lead to delays or even derailment of Rapidus's 2nm ambitions, requiring them to rethink their approach or adjust their goals.

4:(accessed, 20 Feb. 2024)

It's impossible to offer a precise percentage point probability due to the inherent uncertainties involved in such a complex undertaking. However, I can share some insights and frameworks to help you evaluate the situation for yourself:

Instead of a single probability, consider a range: Instead of focusing on a singular probability, consider a range of possibilities based on different scenarios and assumptions. Experts offer estimations ranging from **30% to 50%**, depending on their outlook.

以上、Google bard/gemini を通して、2023 年 11 月から 2024 年 2 月まで約 1 か月ごとに評価を出してみた結果、当初の 2023 年 11 月時点の成功確率は「25%-50%」であったが、次第に成功可能性に関する具体的提示はなくなったが、2024 年 2 月時点では、「Experts offer estimations ranging from 30% to 50%, depending on their outlook.」となっている。このことは、生成 AI によるラピダス成功可能性を数値化することが、時期尚早であるが、現時点でのネット上の情報レベルを総括してしいて言えば、30%-50%ということになる。

第 6 節 結論

本論稿の意図は以下の点にある。すなわち、ラピダス社の成功可能性を、単にその技術的視点からのみ限定づけてしまった場合には、確率的には極めて低水準となる。しかしながら、経営戦略論 (strategic management) 的観点を踏まえて、他の内的・外的補完的要因をも考慮に入れた場合には、その確率は上昇しうることになる。とりわけ、地政学的外部環境要因という現代的国際条件が、同社の失敗を許容しえない要因、換言すれば、成功させざるを得ない要因として存在することを認識する必要があるように思われる。このことは、同社が技術的に危機的状況に陥るほど、日米台湾政府および TSMC 社を巻き込んだ「戦略的提携 (strategic alliances)」への流れを高める要素として想定されうることを意味する。本論稿は、あえてラピダス社の成功可能性の数値化を試論的に試みたものである。

【参考文献】

朝元 照雄 (2014), 『台湾の企業戦略』勁草書房。

朝元 照雄(2022,1/10~2023,7/31)、『世界経済評論 IMPACT』各種掲載論評。

林 倬史・菰田 文男(2023), 「US IT MNEs のグローバル技術知識創造と技術開発分野: Google と IBM の特許分析を中心に」『立教大学ビジネスレビュー』Vol.16, 23-43.

片岡 利文(2023), 『Rapidus ニッポン製造業復活への最後の勝負』ビジネス社

菊池 正典 (2023), 『半導体産業のすべて』ダイヤモンド社。

久保田 龍之介 (2023), 『半導体立国ニッポンの逆襲』日経 BP。

黒田 忠広 (2023), 『半導体超進化論』 日経 BP/日経新聞社。

牧本 次生 (2021), 『日本半導体復権への道』。

宮崎 正弘(2023), 『半導体戦争』 宝島社。

中馬 宏之(2011), 「半導体産業における競争力低下要因を探る：ネットワーク分析の視点から」
『経済研究』 6(3), 225-240.

西久保 靖彦 (2021), 『よくわかる最新半導体の基本と仕組み』 秀和システム。

王 百禄(2023) 『半導体ビジネスの覇者』、沢井 メグ訳、日経 BP。

太田 泰彦(2021), 『2030 半導体の地政学』 日本経済新聞社。

坂本 義和 (2011), 「組織能力向上におけるマネジメントの役割」『三田商学研究』, 54(5), 73-89.

坂本 義和 (2009), 「組織能力とは何か」『三田商学研究』, 51(6), 145-160.

湯之上 隆(2023), 『半導体有事』 文芸春秋。

湯之上 隆(2013), 『電機・半導体大崩壊の教訓』 日本文芸社。

Chris Miller(2022), *Chip War*, London, Simon & Shuster, 千葉敏生訳 『半導体戦争』 ダイヤモンド社、2023 年。

Teece, D.J.(2018), Business Models and Dynamic Capabilities, *Long Range Planning*, 51, 40-49.

Teece, D.J.(2016), Dynamic capabilities and entrepreneurial management in large organizations: toward a theory of the (entrepreneurial) firm. *Eur. Econ. Rev.* 86, 202-216.

【雑誌、その他】

NIKKEI Tech Foresight, 12/6, 12/16(2022), 4/2, 5/30, 10/27, 11/6(2023).

日経 XTECH(10/18, 2023) 「ラピダスが目指す 2nm 世代の GAA って何？、半導体微細化 10 の疑問」

日経エレクトロニクス (4, 2023) 「半導体覇権の行方」、(6, 2023) 「Break Thorough: いよいよ異種チップ集積」

日経ビジネス (10/16, 10/17, 10/18/, 10/19, 10/20, 2023) 「半導体雪辱戦シリーズ」

Voice(6/6, 2023) 「半導体戦争の最前線」。

ダイヤモンド(2/25, 2023) 「半導体最後の賭け」

Newsweek(日本版) (12/6, 2022) 「台湾半導体王国に迫るリスク」。

東洋経済(11/12, 2022) 「半導体次なる絶頂」、(8/5, 2023) 「台湾リスク」(10/7, 2023) 「半導体止まらぬ熱狂」。

エコノミスト(11/2, 2022) 「半導体斑点の号砲」。

電子デバイス産業新聞、各号。

電子デバイス産業新聞主催セミナー資料 (2023 年 11 月 28 日)。

第5章 グローバルサプライチェーンの中の台湾半導体産業

独立行政法人 日本貿易振興機構（ジェトロ）調査部
国際経済課長 伊藤 博敏

はじめに

2020 年半ばから 2022 年にかけての全世界的な半導体の供給不足は、新型コロナウイルス感染症のパンデミックに伴う断続的な操業規制、物流網の混乱、さらには自然災害や主要工場の火災など、多くの混乱要因と重なり、自動車や産業機械をはじめとする主要産業のグローバルサプライチェーンの途絶を招いた。今日の主要国・地域の産業政策において、半導体の安定供給の確保によるサプライチェーン途絶リスクの解消は、最重要かつ喫緊の課題に位置づけられる。その中で、米国や日本、EU は、世界最大の半導体集積回路の受託生産拠点である台湾、ならびに台湾積体電路製造（TSMC）に代表される台湾のグローバル半導体メーカーの誘致競争に本腰を入れる。また、TSMC など台湾企業側でも、顧客からの要請や、主要国・地域の手厚い立地補助金の存在を理由に、台湾に集中する先端半導体の生産を他国・地域へ分散させようとする意識が高まっている。

加えて、近年の米中間の技術覇権争いなどを背景に、先端半導体は経済安全保障政策上の最重要な戦略品目と位置づけられ、その技術力と供給能力の高さが、国際枠組みにおける中長期的な競争力の源泉として認識されるようになった。その中で、米国政府が 2022 年後半から 2023 年にかけて相次いで発表した半導体の輸出管理や投資に関わる規則は、台湾企業を含む世界の半導体関連産業の投資・輸出戦略、サプライチェーンに少なからず影響を及ぼすことが見込まれる。台湾企業の間でも、米国による一連の政策への対応として、中国との取引に関わる半導体のサプライチェーンの再編を模索する動きが徐々に進展することが見込まれる。

本稿では、第 1 節において、半導体生産拠点としての台湾、生産の担い手としての台湾企業の位置づけを示すとともに、近年の台湾の半導体集積回路の輸出、台湾企業による海外投資の状況を整理する。第 2 節では、近年の米国の対中国向けの輸出管理強化や、米国補助金の受給企業に対する懸念国向け投資の制限措置が台湾企業の貿易・投資戦略に与える影響について分析する。最後に、第 3 節で、台湾の半導体産業ならびに台湾企業によるグローバルサプライチェーンが直面する課題について考察する。

第 1 節 台湾半導体産業の立ち位置

1. 世界の半導体生産と台湾、台湾企業

半導体のグローバルサプライチェーンにおいて、半導体生産拠点の立地先としての台湾、同生産の担い手としての台湾企業は、いずれもその中心に位置する。半導体国際業界団体の SEMI が世界の半導体製造施設の生産能力や設備投資見通しを報告する World Fab Forecast レポート（2023 年第 1 四半期版）によれば、台湾は、2023 年の世界全体の半導体前工程の立地先別の生産能力の 16%を占める。さらに、集積回路の回路幅 10 ナノメートル（nm）未満の最先端の半導体生産能力に限れば、同 48%を占める。また、2023 年の半導体前工程の生産プロセスにおける設備投資額（工場建屋を除く）見通しでは、世界全体のうち台湾域内の設備投資額は国・地域別で最大となる 32%を占める。なお、台湾域内における設備投資総額の約 8 割を、TSMC の 1 社による設備投資計画が占める。

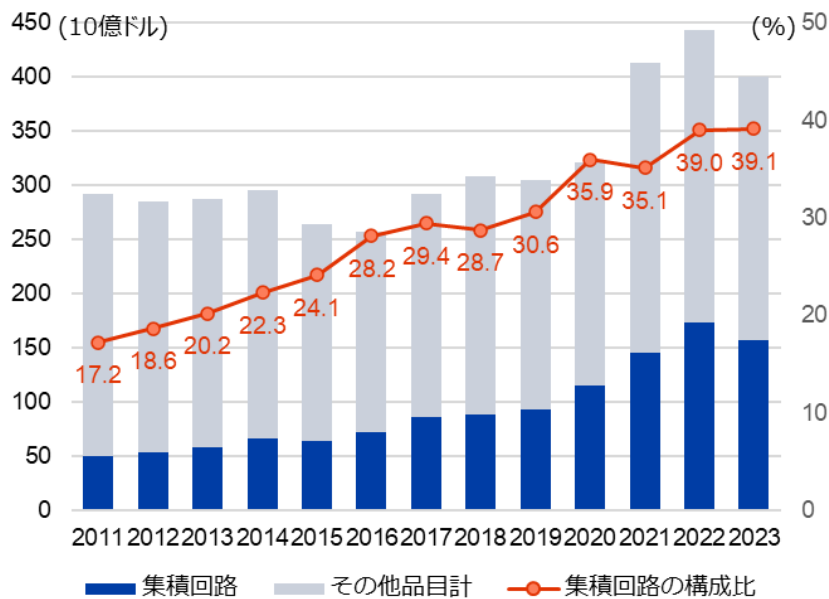
また、台湾の調査会社トレンドフォースの報告書（2024 年 2 月）によれば、2023 年の世界の半導体の受託生産企業（ファウンドリー）の売上高は 1,174 億 7,000 万米ドルに達し、このうち TSMC が 60%の構成比を占める¹。また、TSMC 以外の台湾企業では、聯華電子（UMC）が同 6%、台湾の力晶半導体（PSMC）および世界先進積体電路（VIS）もそれぞれ 1%の構成比を有し、これらを合わせた台湾企業の構成比は世界全体の 67%を占める。2024 年の売上高については、世界全体で約 1,316 億 5,000 万ドルに増加し、TSMC の構成比が 62%、台湾企業の構成比が 70%へ拡大すると予測する。

2. 台湾の半導体関連輸出の動向

国際貿易センター（ITC）の集計によれば、世界の集積回路（HS コード：8542 項）輸出総額に占める台湾の構成比は 17%である。また、世界の半導体製造装置（HS コード：8486 類）輸入総額に占める台湾の構成比は世界最大の 27%である（いずれも 2022 年実績ベース）²。これらのデータは半導体関連のグローバルサプライチェーンにおいて、台湾が際立ったプレゼンスを有していることを示す。

2023 年の台湾の輸出を主要品目別に見ると、輸出総額の 57%を電気機器および同部分品（HS コード：第 85 類）が占め、その中でも、集積回路（同 8542 項）の構成比が 39%と高い。以下の図 1 は、台湾の輸出総額、ならびに集積回路の輸出額と構成比を 2011 年以降、2023 年まで推移で見たものであるが、同期間で台湾の集積回路の輸出額が 3 倍以上に増加し、構成比も 17.1%から 39.1%まで拡大していることがわかる。

図 1 台湾の輸出および輸出に占める集積回路の構成比



(注) 集積回路は HS コード 8542 項に該当する輸出額を集計

(出所) Global Trade Atlas より作成

2023 年の台湾の輸出を相手国・地域別の構成比で見ると、中国（香港を含む）³が最大で 35.0%、米国が 18.2%、シンガポールやマレーシアを中心とする ASEAN（10 カ国計）が 18.0%、日本が 6.8%、韓国が 4.2%と、上位 5 カ国・地域で全相手国・地域の 8 割以上を占める。一方、輸出相手国・地域別の構成比を過去 10 年間の推移で見ると、中国（香港含む）の構成比が 2020 年の 43.4%をピークに、2021 年以降は 3 年連続で低下していることが分かる。とりわけ 2023 年については、中国（香港含む）向けの輸出額が 1,381 億ドルと前年の 1685 億ドルから 18%減少している（図 2）。

なお、最大の輸出相手国である中国（香港含む）向けの 2023 年の輸出のうち 6 割以上（61%）を集積回路が占める。台湾の集積回路が中国国内で半導体後工程の生産プロセスや、携帯電話や PC などの最終製品の組み立てに用いられるサプライチェーンの実態を反映したものと見られる。また、図 3 は、台湾の最大の輸出品目である半導体集積回路の輸出に絞り、主要相手国・地域の構成比の推移を見たものである。輸出全体に比べ、中国（香港含む）の構成比が高く、5 割以上を占める。また ASEAN（23.5%）、日本（9.0%）、韓国（7.1%）を含む東アジア地域向けの輸出が 93.4%を占め、米国などアジア域外向けの輸出比率が極めて小さい。台湾を核とする半導体生産のサプライチェーンが東アジア地域に偏重して形成されている実態が分かる。

図 2 台湾の輸出 相手国・地域別の構成比

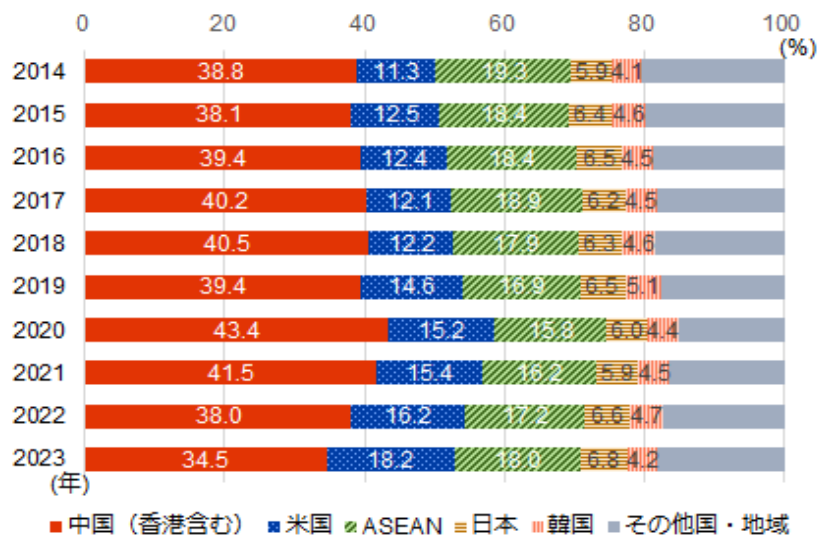
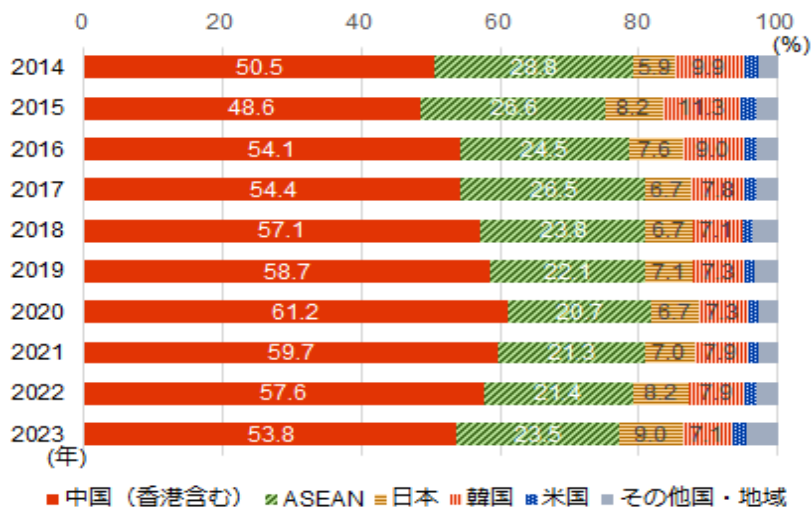


図 3 台湾の集積回路輸出 相手国・地域別の構成比



（出所）図 2、3 とも Global Trade Atlas より作成

3. 台湾半導体企業による海外投資の動き

2020 年以降、TSMC をはじめとする台湾半導体メーカーの間で、それまで台湾域内に一極集中していた生産拠点を、徐々に海外へ分散させる動きが進展している。

TSMC は 2022 年 12 月、アリゾナ州に建設中の第 1 工場に加え、第 2 工場を建設する計画を発表。第 1・2 工場を合わせた投資総額は約 400 億ドルと推計される⁴。米国内では、2022 年 6 月にも、半導体ウエハを製造するグローバルウェーハズがテキサス州ダラス北部

のシャーマンに 300 ミリシリコンウエハ工場を建設すると発表している⁵。

ドイツでは 2023 年 8 月、TSMC が欧州企業との共同出資により半導体工場を建設する計画を発表している。新設されるヨーロッパ・セミコンダクター・マニュファクチャリング・カンパニー（ESMC）には、TSMC が 70%、ドイツのボッシュ、インフィニオン、オランダの NXP がそれぞれ 10%を出資し、投資総額は 100 億ユーロ超を見込む⁶。

TSMC に次ぐ台湾第 2 位の半導体メーカーである聯華電子（UMC）は、2022 年 2 月、シンガポールでの第 2 工場の建設を発表⁷。投資額は 50 億ドルで、2024 年後半の生産開始を予定している。

そして日本では 2024 年 2 月、TSMC が、ソニー半導体、デンソー、トヨタ自動車との共同出資により熊本県に設立した子会社 Japan Advanced Semiconductor Manufacturing（JASM）の第 2 工場を建設すると発表した。既に建設している第 1 工場は、2024 年 2 月 24 日に開所式が行われ、同年第 4 四半期に量産開始を予定。第 2 工場については、2024 年末に建設を開始し、2027 年末からの稼働を計画する。両工場の総投資額は 200 億ドルを超える見込みである⁸。

日本国内では、さらに、TSMC、UMC に次ぐ台湾第 3 位の半導体メーカーである力晶積成半導体（PSMC）が 2023 年 10 月、同社と SBI ホールディングスの共同出資会社である JSMC を通じて準備中の国内半導体工場の立地先を宮城県内に決定したことを発表した⁹。PSMC の生産拠点は 2024 年 2 月現在、台湾域内のみに立地しており、宮城工場が初の海外拠点となる。

半導体の国際業界団体に所属し、グローバルサプライチェーンに明るい在 Taiwan アナリストは、「近年の台湾半導体メーカーによる海外投資の理由は大きく 3 つの理由がある」と指摘する¹⁰。第 1 の理由は、顧客からの指示であり、台湾への一極集中ではなく台湾の域外へリスクを分散してほしいという委託元の意向を反映したものである。第 2 の理由は、台湾における電力事情をはじめとするインフラの脆弱性、将来的な人材確保などのリスクを背景とするリソース確保のための分散である。そして、第 3 には、海外の主要国・地域政府による、立地補助金を含む手厚い支援策の存在があるという。とりわけ、同氏は「日本政府が拠出した TSCM への補助金は、TSMC による投資総額の約半分に相当し、米国など他国・地域との比較においても魅力が大きい」と指摘する。

この第 3 の理由に関連し、以下の表 1 は、米国、EU、日本、および台湾政府による半導体産業向けの支援策の概要を一覧で示したものである。米国で 2022 年 8 月に施行された「CHIPS および科学法（H.R.4346）」（以下、CHIPS プラス法）では、一定条件の下、半導体関連企業の米国内への設備投資に対し、総額 390 億ドルの補助金を用意するほか、最大 25%の税額控除の適用を認めている。EU では、2023 年 7 月に正式採択された欧州半導体法の下、EU 国家補助規制で原則禁止されている加盟国による国家補助を、先端半導体の生産施設などを対象に承認する。EU および加盟国による財政支援と民間投資を合わせ 430 億ユーロの投資を確保する計画である。

日本政府も、改正 5G（第 5 世代移動通信システム）促進法（特定高度情報通信技術活用システムの開発供給及び導入の促進に関する法律、2022 年 3 月施行）などに基づき、国内における高性能半導体生産設備の整備に対する助成金などを通じて、半導体産業を育成・強化する。2023 年度補正予算（2023 年 11 月 29 日成立）では、「先端半導体の国内生産拠点の確保」（6,322 億円）を含む半導体関連の予算として 1 兆 9,867 億円が計上されている。なお、経済産業省では、TSMC の第 1 工場に対して最大 4,760 億円（2023 年 6 月 17 日付認定）、第 2 工場に対して 7,320 億円（2024 年 2 月 24 日付認定）の助成を行うことを認定している¹¹。

表 1 米国、EU、日本および台湾の半導体産業支援策

国・地域	政策・根拠法	支援内容
米国	「CHIPS および科学法」 (CHIPS プラス法) (2022 年 8 月施行)	・半導体の設計、製造、研究開発のための国内施設・装置の建設、拡張または現代化への補助金(390 億ドル相当)。 ・商務省管轄の半導体関連研究開発プログラム推進(110 億ドル) ・半導体製造に関わる投資に対する最大 25%の税額控除。 ・補助金を受給する企業は中国を含む懸念国での半導体関連の新規投資を 10 年行わないことを誓約しなければならないなど、中国を念頭に置いた「ガードレール」条項あり
EU	欧州半導体法 (2023 年 7 月、正式採択)	・1)半導体の研究開発、生産への財政支援策「欧州半導体イニシアチブ」、2)半導体の生産施設への優遇措置、3)半導体サプライチェーンの監視と危機対応、で構成。 ・加盟国による半導体企業への財政支援、各種許認可の迅速化などを実現。 ・EU と加盟国による財政支援と民間投資の合算で 430 億ユーロを見込む。そのうち 2027 年までに割り当てられる EU 予算は、欧州委が提案した 33 億ユーロに限定。
日本	「特定高度情報通信技術活用システムの開発供給及び導入の促進に関する法律及び国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法の一部を改正する法律」(22 年 3 月施行)	・高性能な半導体生産施設整備等に係る計画認定制度の創設。 ・認定された計画の実施に必要な資金に充てるための助成金交付、および助成金交付のための基金の設置。 ※2022 年度第 2 次補正予算では、半導体産業の強靱化に合計 1.3 兆円を計上。さらに 2023 年度補正予算は、国内の半導体生産能力増強のための補助金を含む半導体関連の予算として 1 兆 9,867 億円を計上。(2024 年 11 月、経済産業省)
台湾	「産業創新条例(第 10 条の 2 および第 72 条の改正)」 (※通称「台湾版 CHIPS 法」)(2023 年 1 月施行)	・先端技術研究費支出の 25%、先端プロセスに用いる新規機器や設備費支出の 5%を、当該年度の法人税より控除。 ・研究開発規模や対売上高比率などが一定規模・割合を満たすことが要件。控除総額が法人税額の 5 割を超えないことを規定。 ・適用期間は 2023 年 1 月 1 日から 2029 年 12 月 31 日まで(第 72 条修正)。

(出所) 各国・地域政府の発表資料、ジェトロビジネス短信などに基づき作成

第2節 米中対立の狭間に立つ台湾半導体産業

1. 厳しさを増す米国の輸出管理法制

半導体を巡る米中間の技術競争では、米国商務省産業安全保障局（BIS）が2019年5月、中国の華為技術（ファーウェイ）と関連企業をBISが管理するエンティティリスト（EL）に掲載し、これら企業への米国製品（物品、ソフトウェア、技術）の輸出・再輸出などを原則不許可とする措置を導入。さらに2020年8月、米国の技術・ソフトウェアに基づき米国外で製造された直接製品に関し、①ファーウェイが購入者や使用者である場合、②ファーウェイが調達する部品・装置の開発または製造に使用される場合、についてはBISの事前許可取得の対象とする規制強化を行った¹²。さらにBISは、同年12月には中国の中芯国際集積回路製造（SMIC）を輸出管理規則（EAR）に基づくエンティティリスト（EL）に追加したことを発表した¹³。同社向けの米国製品の輸出・再輸出に対して、事前許可の取得が必要となったほか、線幅10nm以下の集積回路を生産するための設備については輸出することが原則不可となった。

台湾における半導体生産は、主に米国の主要IT企業からの受託であり、台湾国内で生産される集積回路の設計、生産プロセスに関わるソフトウェアの大半は、米国企業のライセンスに基づく。台湾経済部の所管するシンクタンクである中華経済研究院のアナリストによれば、「TSMCの主要顧客の上位7社のうちの6社は米国企業（アップル、AMD、クアルコム、エヌ・ビディア、ブロードコム、インテル）が占めるのが実態である」という¹⁴。そのため、台湾からファーウェイやSMICおよび関連企業向けの半導体輸出に対しても、その大半は同管理に基づく許可取得の対象品目となると考えられる。

さらに、2022年10月7日には、BISが対中輸出管理規則のさらなる強化措置を発表¹⁵。先端半導体、先端半導体を含むコンピュータ関連製品に加え、それらの製造装置を中国に輸出・再輸出・移転する際に、米国商務省による許可申請が義務付けられた。申請した場合も、原則不許可となる。同措置は、輸出相手に関わらず中国国内の先端半導体製造に関与する製品・技術の輸出を包括的に不許可とするエンドユース規制を導入した点において、過去に導入された輸出管理規則とは一線を画す極めて厳格な内容である。米国の半導体製造装置最大手3社であるアプライドマテリアルズ、ラムリサーチ、KLAを含む装置メーカー各社は、中国に対して、自社の製造装置の輸出のほか、装置の設置・メンテナンスなどに関する各種サービス提供を即時停止するなど、中国国内の設備投資およびサプライチェーンに一定の影響が及んだ¹⁶。なお、日本も米国に歩調に合わせ2023年7月、高性能な製造装置など23品目を輸出管理の対象に追加している¹⁷。

これらの措置は、規制対象となる先端半導体の生産能力を有する台湾企業に対し、既存もしくは将来的な中国市場でのビジネス機会を著しく制限する可能性がある。また、製造装置向けの輸出管理規則は、すでに中国に生産拠点を有する半導体メーカーによる工場拡張や設備増強の阻害要因になり得る。また、既存の中国拠点を持たない企業にとっても、今後の中国への工場進出の抑制につながるものと考えられる。

2. 米国の補助金受給企業に対する投資制限

前出の CHIPS プラス法は、米国の補助金を受給して米国内に投資を行う企業に対し、中国を含む懸念国への投資や既存設備の拡張を制限する条項を規定している。同条項は、TSMC や UMC など、中国にすでに生産拠点を有する台湾メーカーや、将来的に米国や中国への事業展開を図る企業に対し、投資戦略の見直しや、中国を含むサプライチェーンの再構築を迫る可能性がある。

米国商務省は 2023 年 9 月 22 日、CHIPS プラス法に基づく半導体産業向けの資金援助プログラムに関し、受益者が順守すべき安全保障上のガードレール条項に関する最終規則を公表。11 月 24 日より発効した。プログラムを統括する国立標準技術研究所（NIST）の CHIPS プログラム室によれば、最終規則では、（1）受益者が懸念国で半導体製造関連の実質的な拡張投資を 10 年間制限する条項（拡張ガードレール）と（2）受益者が懸念ある外国事業体と共同研究またはそれらへの技術ライセンスを制限する条項（技術ガードレール）について、詳細を定めており、これら条項への違反が発覚した場合、商務省は受益者から資金援助を引き上げることができる¹⁸。

このうち、先端的半導体施設の拡張について、基準規制の対象となる「実質的な拡張」の定義は規則案から変わらず、「既存施設の製造能力を、5%を超える割合で増強すること」とした。また、レガシー半導体施設の拡張については「新たなクリーンルームや生産ラインの増設を行い、結果として製造能力が 10%を超える割合で増強される場合は対象となる。」ことが明記された。なお、新規の施設の場合は、同施設の生産の最低 85%が、当該半導体が生産されている懸念国で消費される製品に組み込まれるのであれば対象外となる。

前述の通り、TSMC は米国アリゾナ州に 400 億ドル規模の先端半導体工場の建設を進める一方、中国の江蘇省南京市に大口径の 12 インチシリコンウエハーを用いた半導体の量産工場を有する。米国での工場新設は、CHIPS プラス法に基づく補助金受給を前提とした計画であり、その場合は既存の南京工場の拡張に対して、上記ガードレール条項の規定する制限が適用されることになる。

半導体の国際業界団体に所属する在台湾アナリスト（前出）は、「CHIP プラス法のガードレール条項の制限措置により、今後、TSMC 南京工場で追加投資が行われることはないだろう」と推察する。同工場では、すでに既存のラインはフル・キャパシティになっており、更なる拡張には新たな工場建屋の建設や機械設備の導入が前提となる。「条項には、先端半導体施設に加え、レガシー半導体施設の場合でも 10%超の増強は規制対象となることが明記されている。そのうえで米国政府から許可取得を試みることは将来的な米国との関係においてリスクとなる」と分析する。

第3節 台湾の半導体産業が直面する課題

1. 台湾におけるリソース不足

世界の半導体産業における台湾の戦略的重要性が高まり、TSMCを中心に北部から中部、南部に至るまで台湾全土に大規模工場が相次いで建設される中、台湾における電気や水、土地などのインフラ、および人材のリソースの不足は、産業立地先としての台湾の中長期的なリスクと指摘されている。いわゆる台湾「6欠」問題（①電力、②水、③労働力、④人材、⑤土地、⑥ごみ処理場の不足）である¹⁹。

台湾に拠点を有する日系半導体関連企業関係者は2024年2月、台湾での持続的な生産活動においては、「人材および水・電気・土地などのインフラ不足が最大のリスク」と指摘する²⁰。台湾国内にそれらのリソースが不足し、近い将来、グローバル市場の拡大ペースに台湾の生産能力が追い付かない状況が見込まれるため、「グローバル市場向けには、それぞれの主要市場での生産体制を構築せざるを得ないだろう」と見込む。

とりわけ水不足の問題については、過去10年間のうち2015年、2019年、2021年は降水量不足により給水制限が実施されている。中でも2021年は過去74年で最悪の干ばつに見舞われ、台湾中部から南部地域を中心に、最大2か月間の給水制限が行われた。半導体の製造工程では大量の水を消費することから、工業用水の安定的な供給確保は、半導体生産施設や周辺のサプライヤーにとって喫緊の課題である。例えばTSMCでは、同リスク対策として、独自の技術開発による水リサイクルシステムを確立。工場施設内の水サイクル全体を通じて水の利用効率を最大化する取り組みを推進している²¹。

また政府レベルでは、台湾経済部水利署が2017年、「工業用水安定供給アクションプラン」（2017～2031年）を立ち上げ、1日あたり183万トンの給水量増加、一日あたり306万トンの節水、北部の桃園－新竹間、南部の台南－高雄間の新たな給水ルート建設などを通じ、プラン最終年の2031年までに台湾全体への十分な給水を実現する計画を掲げる²²。他方、同プランの進捗に関わらず、少なくとも今後数年は、降水量次第で工業用水の供給量が不安定になるリスクが残る。企業の工場進出に際しては、立地先となる工業団地（園區）との間で、自社の消費量と供給可能量のバランス、園区内の浄水処理施設の容量、緊急時の給水ルートの確保状況などについて、入念な確認が必要となる。

土地の不足に関しては、北部に比べて土地の逼迫状況がそれほど深刻ではないとされる南部（台南・高尾地域）においても、開発済み・開発中の6カ所のサイエンスパーク（嘉義、台南、高雄、橋頭、楠梓、屏東）のうち、「台南園區（第三期）や高雄園區を含め、大半の工業用地は埋まっており、橋頭園區、および現在区画開発中の屏東園區を除いて、入居希望者に十分なスペースの提供ができない状態。また橋頭園區は、地震帯が地下にあるなど、解決すべき課題が多い」（国家科学及技術委員会南部科学園區管理局、2024年2月時点）状況にある²³。

人材の不足については、半導体産業の中でも、特に IC デザインやファウンドリにおける人材の不足が指摘される。台湾の公的研究開発機関として、台湾の科学技術発展と研究人材の育成を担う台湾工業技術研究院 (ITRI) において、国際戦略発展所 (ISTI) のマネージャーを務める杜政勳氏は、「毎年、国立大学の理工系人材の多くが TSMC に大量採用されるため、TSMC 以外のファウンドリや IC デザイン企業による高度人材獲得がさらに困難となる要因になっている。こうした状況の中、産学連携で人材育成と人材確保を目指す動きもみられる。」と話す²⁴。

なお、台湾政府は 2021 年 5 月公布の「国家重点分野の産学連携と人材育成の革新に関する規定」に基づき、主要大学内に半導体に特化した研究所 (学部) として「半導体学院」を設置。国内の主要半導体企業におけるインターンシップ (2 年間) プログラムなどの実践により、即戦力となる専門人材の育成強化を図っている。2024 年 2 月現在、半導体学院は、国立大学 6 カ所 (台湾大学、清華大学、陽明交通大学、成功大学、中山大学、台北科技大学) に設置され、それぞれの学院で、先端製造プロセスや、装置、部品、パッケージ・テスト等の重点分野の人材開発が行われている。

2. 海外投資先でのビジネス障壁

TSMC をはじめとする台湾の主要半導体企業の海外進出の動きが進む中、TSMC の米国・アリゾナ工場や、ドイツ・ドレスデン工場などにおいて、現地工場の建設の遅れなどを理由に、操業開始予定時期が当初計画から先延ばしされている。たとえば米国のアリゾナ工場は、計画発表時には 2024 年に第 1 工場、2026 年に第 2 工場の稼働開始が予定されていた。しかし、2024 年 1 月時点では、第 1 工場については 2025 年前半、第 2 工場は 2027 年～28 年に稼働時期が後ろ倒しされる旨が報告された。また、第 2 工場の計画の進展については、「今後、米国政府がどの程度のインセンティブを提供できるかにも関わる」と説明された²⁵。また同時点で、ドイツのドレスデン工場の建設開始予定時期も当初予定の 2024 年第 2 四半期から、同年第 4 四半期に後ろ倒しされた。

アリゾナ工場への機械設備の導入・据え付けサービスに関わる在台湾企業によれば、「アリゾナの新規工場建設から稼働準備にあたって、TSMC の生産技術系の人材の雇用、建屋の建設や機械設備の据え付けなどの準備は想定通りには進んでおらず、この原因は現地での人手不足や米国での商習慣がある。特に米国の現地人材については、時間外労働を含む働き方のスタイルや、納期に対する考え方がアジアとは異なり苦慮している。人件費の高騰も課題となっている。」と指摘する²⁶。他方、アリゾナで、TSMC 向けに設備を導入する日系製造装置メーカーは、「アリゾナ州での TSMC 工場の建設工事の遅れの大きな要因の 1 つは、米国連邦法やアリゾナ州法に対する理解の不足や、労使関係の相違や現地商習慣を考慮しない台湾方式の作業にある。サプライヤーとの関係構築や契約方法が米国基準やグローバルスタンダードから乖離していることによるトラブルも発生している。」と台湾側の課題を指摘する²⁷。

なお、TSMC の劉德音（マーク・リウ）会長は、同社の 2023 年第 4 四半期決算報告（2024 年 1 月 28 日付）の場で、アリゾナ工場の状況について「現在、奨励金と税額控除支援について米国政府と緊密に連絡を取り合っており、第 1 工場に係るインフラ整備とユーティリティ供給、設備設置が順調に進んでいる」と言及。また、課題とされていた労働者の確保や地元労働組合との関係構築についても「労働組合協議会（Arizona Building and Construction Trades Council）と新たな協力枠組みに関する協定を締結し、労働力の訓練・育成の強化に向けた協力関係を拡大する。同協定を含め、アリゾナ州の地元組合および労働組合パートナーとの緊密な協力関係を継続し、強固な関係を構築している」と強調した。

3. 中国市場における地場企業との競合

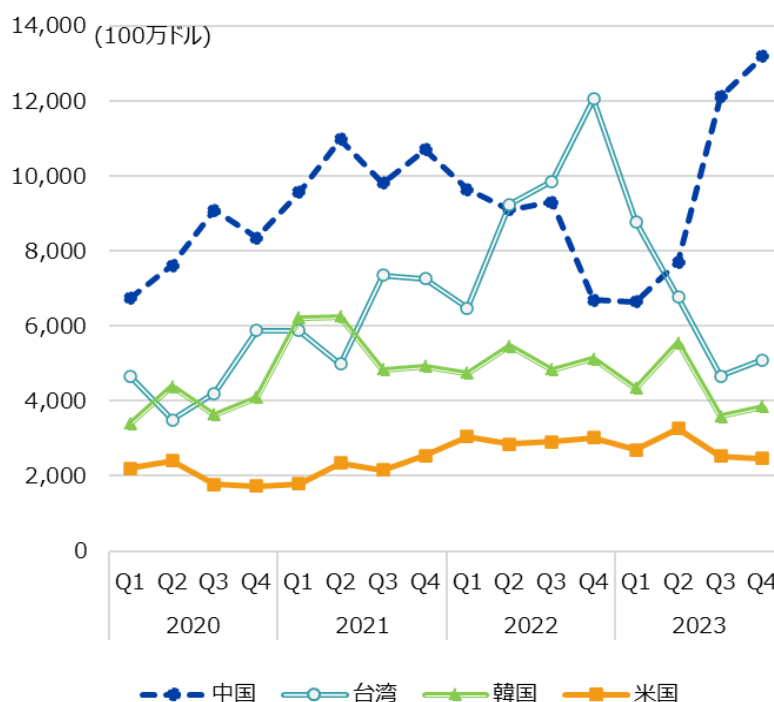
台湾の政府系シンクタンクである産業情報研究所（MIC）シニア産業アナリストは 2022 年 12 月、米国による対中輸出管理強化および CHIPS プラス法に基づく補助金受給企業への対中投資制限措置は、中国の国内半導体産業の発展を促し、台湾の利益にならないと指摘。それらの措置を受け「中国が国策として、より効率的な IC デザインやアプリケーション作成に集中し、競争力を高めることにより、台湾や日本、韓国企業との競合が激化する可能性がある。」との見解を示している²⁸。

米国の規制下において、中国が独自の集積回路製造技術開発に取り組み、一定程度の成果を上げていることを示す 1 つの根拠が、ファーウェイが 2023 年 8 月に発表した 5G 対応のスマートフォン「Mate 60 Pro」の存在である。カナダに本社を有し、半導体や電子機器の解析・技術情報提供サービスなどに強みを有するテックインサイツは 2023 年 9 月、同社の研究チームが Mate 60 Pro の解析を行った結果として、内蔵されるチップに SMIC による 7nm 技術が使用されている画期的な証拠を発見したと発表²⁹。中国国内の半導体設計および製造能力における重要なマイルストーンであると報告した。発表に際し、同社のダン・ハッチソン副会長は、SMIC による 7nm ファウンドリープロセスを使ったチップの存在が、「中国の半導体産業が EUV リソグラフィツールなしで技術的進歩を遂げることができたことの証拠であり、同開発を実現させた中国のチップ技術力の強靱さを示している」とコメント。同時に、「中国に対して重要な製造技術へのアクセスを制限する国々にとって、大きな地政学的挑戦でもある。その結果、現行の規制よりもさらに厳格な規制導入につながる可能性がある」との見解を示した。

なお、中国では 2023 年後半以降、半導体製造装置（HS8486 類）の輸入を増加させており、2023 年第 4 四半期（10～12 月）の輸入額は、四半期ベースで過去最高額に達している。世界の半導体製造装置の輸入上位 4 カ国・地域（中国、台湾、韓国、米国）の 2020 年～2023 年の輸入額の推移（四半期別）を比較すると、中国のみが 2023 年後半にかけて大幅に輸入額を伸ばしている（図 4）。なお、中国の主要輸入先である日本およびオランダは、それぞれ 2023 年 7 月 23 日、同年 9 月 1 日より、中国向けの特定先端半導体製造装置の輸出管理

規則を導入していることから、同管理規則の対象外となる半導体製造装置の輸入が増加しているものと見られる。2023 年後半の製造装置輸入の急増から推察される中国の地場半導体産業による設備投資の増強は、すでに中国が一定の競争力を有する旧世代のプロセス技術の半導体製造能力をさらに高める狙いがあると考えられる。

図 4 主要国・地域の半導体製造装置（HS8686 項）輸入の推移



(出所) Global Trade Atlas より作成

前術の通り、台湾の半導体産業にとって中国は最大の輸出先である（2 節 2 項参照）。中国企業が将来的に、独自の技術開発により、IC デザインから製造、パッケージまでを自国内で完結させるサプライチェーンを構築すれば、台湾企業の既存の中国ビジネスおよび将来の成長に多大な損失が生じる可能性がある。

¹ トレンドフォース、2024 年 2 月 23 日付発表資料に基づく。

² 品目ごとの世界輸出額（合計）のデータが取得可能な ITC の貿易統計を利用。2024 年 2 月時点で取得可能な最新データ（年別）は 2022 年まで。

³ 香港向けに輸出される半導体集積回路の 8 割以上は中国向けに再輸出されることから、中国（香港含む）として合計額で集計

⁴ TSMC、2022 年 12 月 6 日付発表「TSMC Announces Updates for TSMC Arizona」7

⁵ 米国商務省、2022 年 6 月 27 日付発表「GlobalWafers Selects Sherman, Texas for New Semiconductor Silicon Wafer Site」

- ⁶ TSMC、2023 年 8 月 8 日付発表、「TSMC, Bosch, Infineon, and NXP Establish Joint Venture to Bring Advanced Semiconductor Manufacturing to Europe」
- ⁷ UMC、2022 年 2 月 24 日付発表、「UMC announces new 22nm wafer fab in Singapore」
- ⁸ TSMC、2024 年 2 月 6 日付発表、「JASM Set to Expand in Kumamoto Japan」
- ⁹ PSMC、2023 年 10 月 31 日発表、「台日攜手, JSMC 首座晶圓廠落腳宮城縣」
- ¹⁰ 台北市内での筆者によるインタビュー結果に基づく（実施日：2024 年 2 月 20 日）
- ¹¹ 経済産業省「認定特定半導体生産施設整備等計画」（最終更新日 2024 年 2 月 24 日）に基づく。
- ¹² ジェトロ、2020 年 8 月 18 日付ビジネス短信、「米商務省、ファーウェイなどへの輸出管理を強化、第三者からの調達を制限」
- ¹³ ジェトロ、2020 年 12 月 23 日付ビジネス短信、「米商務省、中国半導体最大手 SMIC など 77 の外国事業体を輸出管理対象に追加」
- ¹⁴ 台北市内での筆者によるインタビュー結果に基づく（実施日：2023 年 6 月 16 日）
- ¹⁵ 米国商務省、2022 年 10 月 7 日付「追加的な輸出管理の実施：特定の先端コンピューティングおよび半導体製造品。スーパーコンピューターおよび半導体の最終用途。エンティティ・リストの修正」（同日施行、同月 13 日に官報公示）
- ¹⁶ アプライドマテリアルズ発表（2022 年 10 月 12 日付）、ラムリサーチ 2022 年第 3 四半期決算報告資料（10 月 19 日付）、ロイター通信報道（2022 年 10 月 20 日付）などに基づく。
- ¹⁷ 経済産業省、「輸出貿易管理令別表第一及び外国為替令別表の規定に基づき貨物又は技術を定める省令の一部を改正する省令」等の改正の概要について（2023 年 5 月 23 日公布、7 月 23 日施行）
- ¹⁸ ジェトロ、2023 年 9 月 25 日付ビジネス短信、「米商務省、CHIPS プラス法のガードレール条項の最終規則を公表」
- ¹⁹ 日本台湾交流協会（2022 年 3 月）、「産業界における台湾「6 欠」問題の影響とその対応策」は、それぞれの問題に関する詳細な実態調査の結果を報告
- ²⁰ 台北市内での筆者による現地日系企業向けインタビュー結果に基づく（実施日 2024 年 2 月 20 日）
- ²¹ TSMC ウェブサイト（Water Management）2024 年 2 月 28 日閲覧
<https://esg.tsmc.com/en/focus/greenManufacturing/waterResourceManagement.html>
- ²² ジェトロ（2022 年 2 月）、「台湾における半導体産業について－台湾の関連政策と主要企業のサプライチェーン調査－」
- ²³ 台南市・国家科学及技術委員会南部科学園區管理局での先方プレゼン資料および筆者インタビュー結果に基づく（実施日：2024 年 2 月 21 日）
- ²⁴ 新地市（ITRI 事務所）での筆者インタビュー結果に基づく（実施日：2024 年 2 月 19 日）
- ²⁵ https://investor.tsmc.com/english/encrypt/files/encrypt_file/reports/2024-01/77f58cc7cac9df532c274f893b1c722de15c3f85/TSMC%204Q23%20Transcript.pdf
- ²⁶ 台北市内での筆者インタビュー結果に基づく（実施日：2024 年 2 月 21 日）
- ²⁷ 米国・アリゾナ州での日系製造装置メーカー 4 社への筆者インタビュー結果に基づく（実施日：2023 年 3 月 16 日）
- ²⁸ 台北市内での筆者インタビュー結果に基づく（実施日：2022 年 12 月 16 日）
- ²⁹ テックインサイト（2023 年 9 月 4 日付リリース）「TechInsights Finds SMIC 7nm (N+2) in Huawei Mate 60 Pro」

参考資料 1 台湾半導体産業の発展：二つの磁場のもとで

(独)日本貿易振興機構 アジア経済研究所
上席主任調査研究員 川上 桃子

台湾半導体産業の発展 二つの磁場のもとで

2023年10月5日
報告：川上桃子（アジア経済研究所地域研究センター）

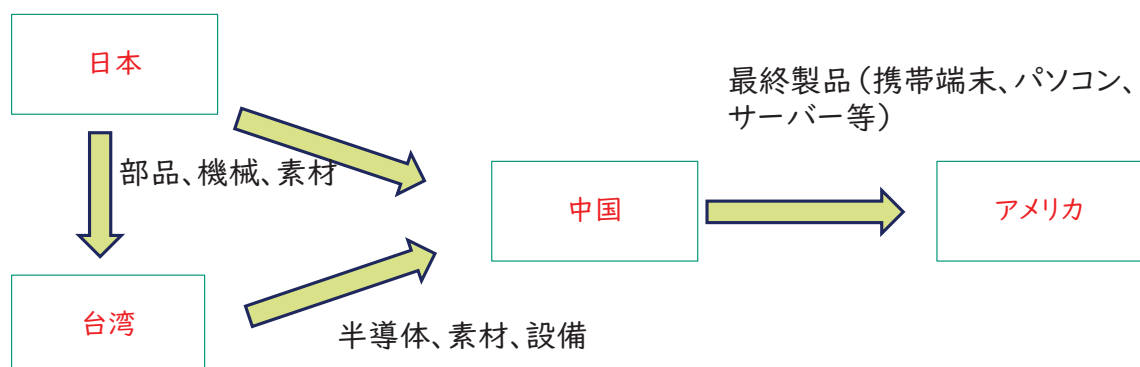
本日の内容

1. 半導体サプライチェーンと台湾
2. 米国の磁場: ロジック半導体とTSMCの事例
3. 中国の磁場: メモリ半導体の事例

3

1. 半導体サプライチェーンと台湾

台湾は「中国を出荷口とし、米国市場を大口顧客とする生産分業システム（猪俣2019）」のなかで発展を遂げてきた。

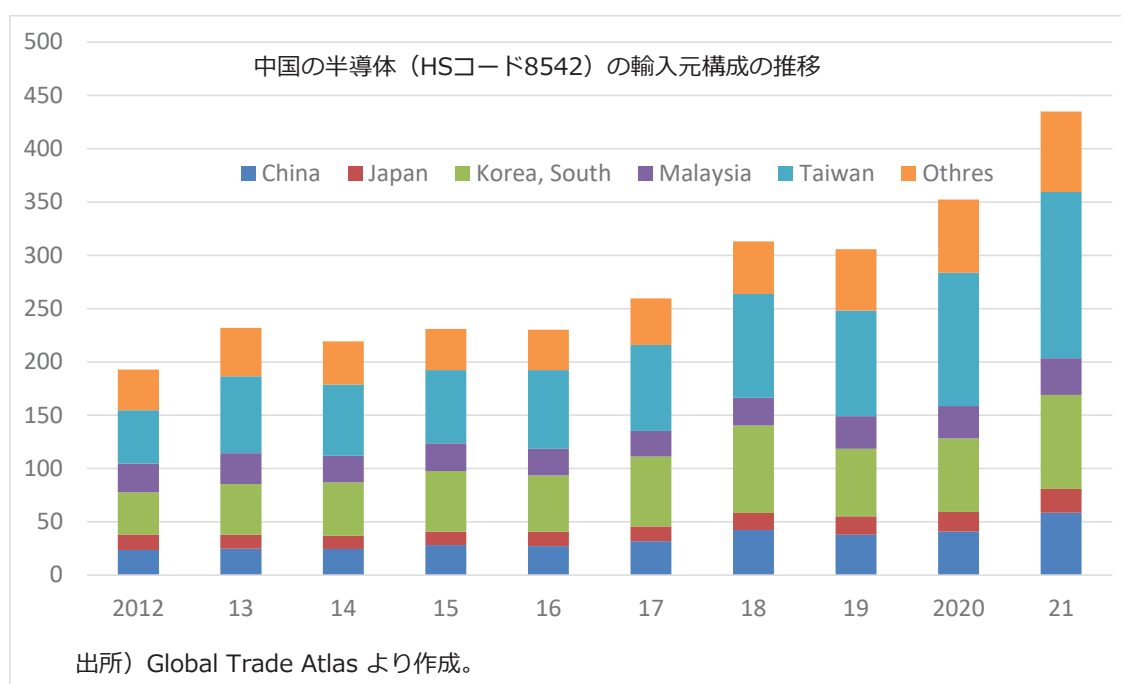


2000年代以降、台湾企業はこの構図のなかで

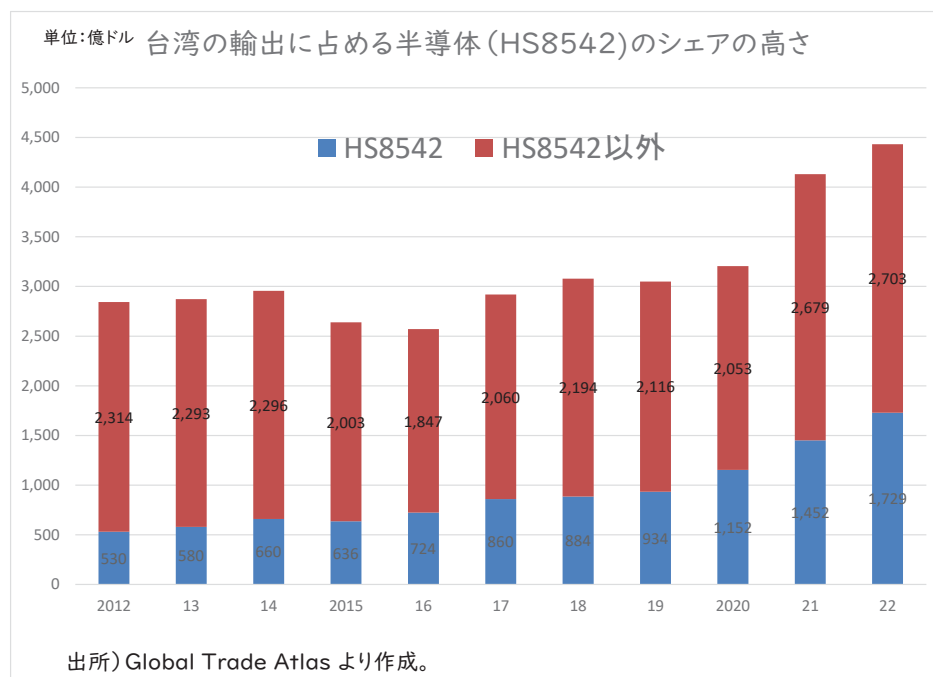
- (1) 中国における対米輸出の影の主役（ホンハイ、クアンタ、ウィストロン、TPV等）
- (2) 重要部品等の中国への供給者（TSMC、MediaTek等）

として成長を遂げてきた。

中国の半導体輸入に占める台湾のシェア

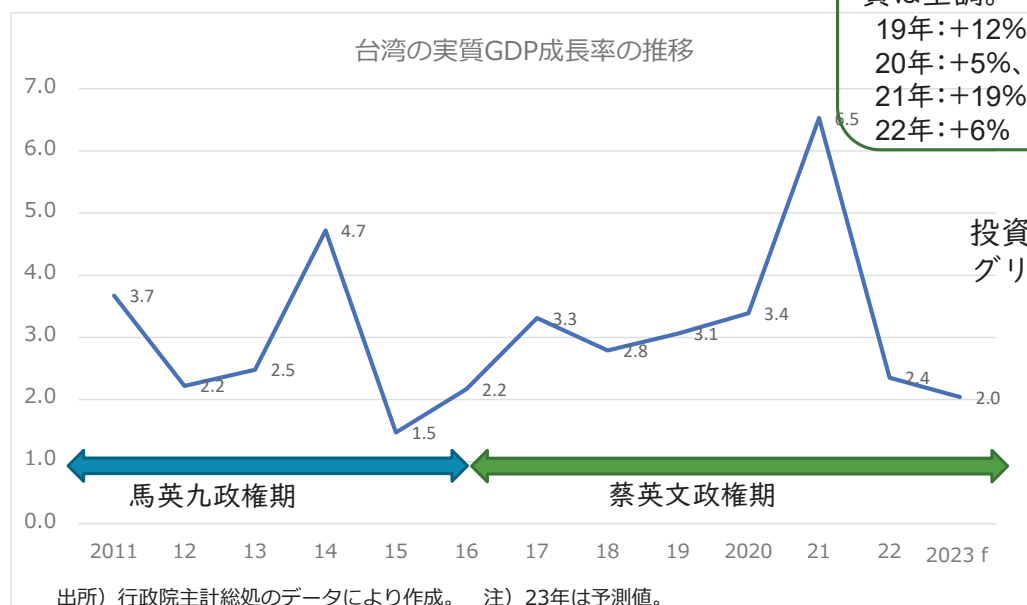


半導体への依存を深める台湾経済



- ✓ 半導体産業は台湾のGDPの14%を占めている。
- ✓ 半導体は輸出額の4割を占める。
- ✓ 半導体産業は台湾の生命線であるが、依存度の高さはリスクでもある。

蔡英文政権期の堅調な経済実績 (23年は厳しいが...)と半導体産業の貢献

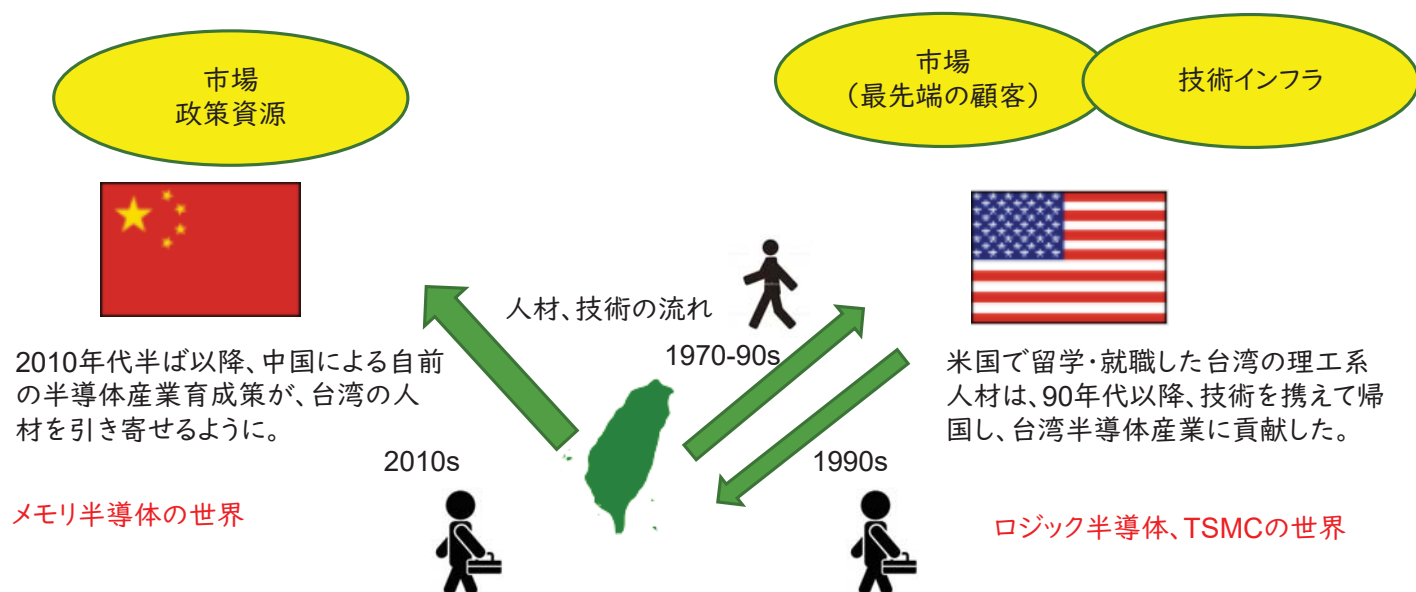


半導体産業の旺盛な投資と中国からの「回帰投資」により、19年以降、民間投資は堅調。

19年: +12%
20年: +5%、
21年: +19%
22年: +6%

投資の主力は半導体、グリーンエネルギー等。

台湾のハイテク産業は「二つの磁場」のもとで発展を遂げてきた： 半導体の事例



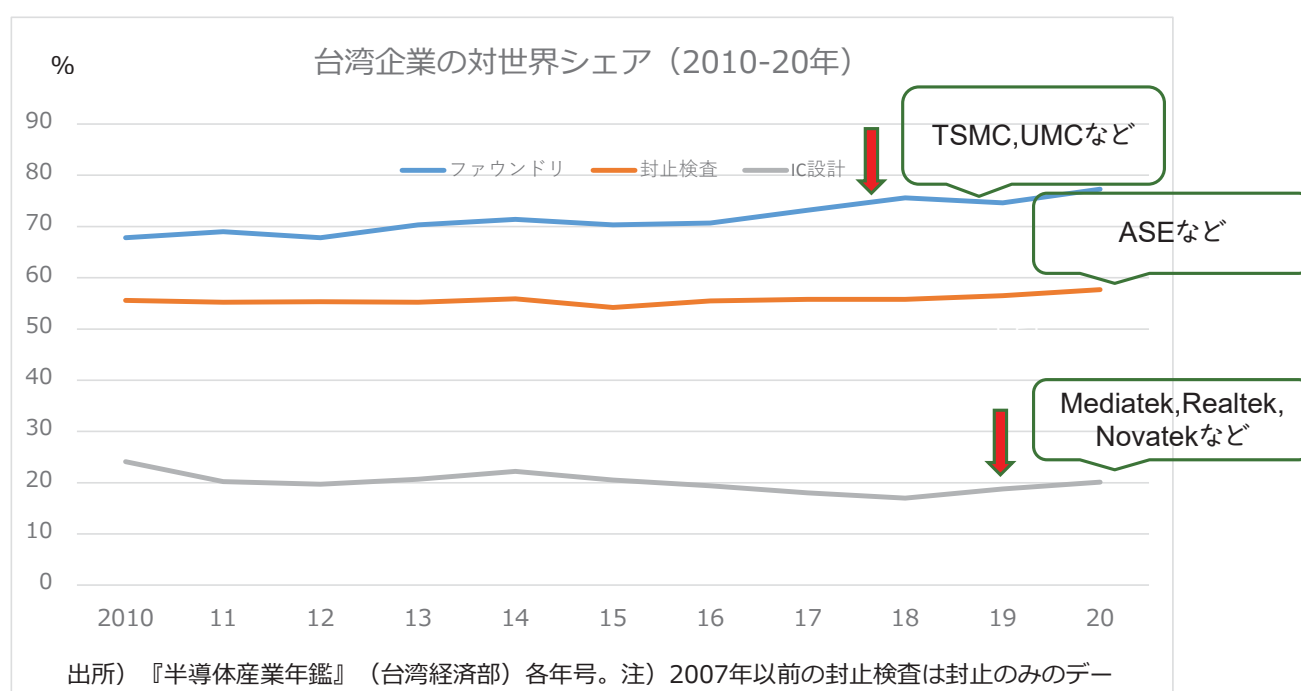
2. 米国の磁場： ロジック半導体とTSMCの事例

◆ ロジック半導体では、国境を越えた工程間分業が行われてきた。

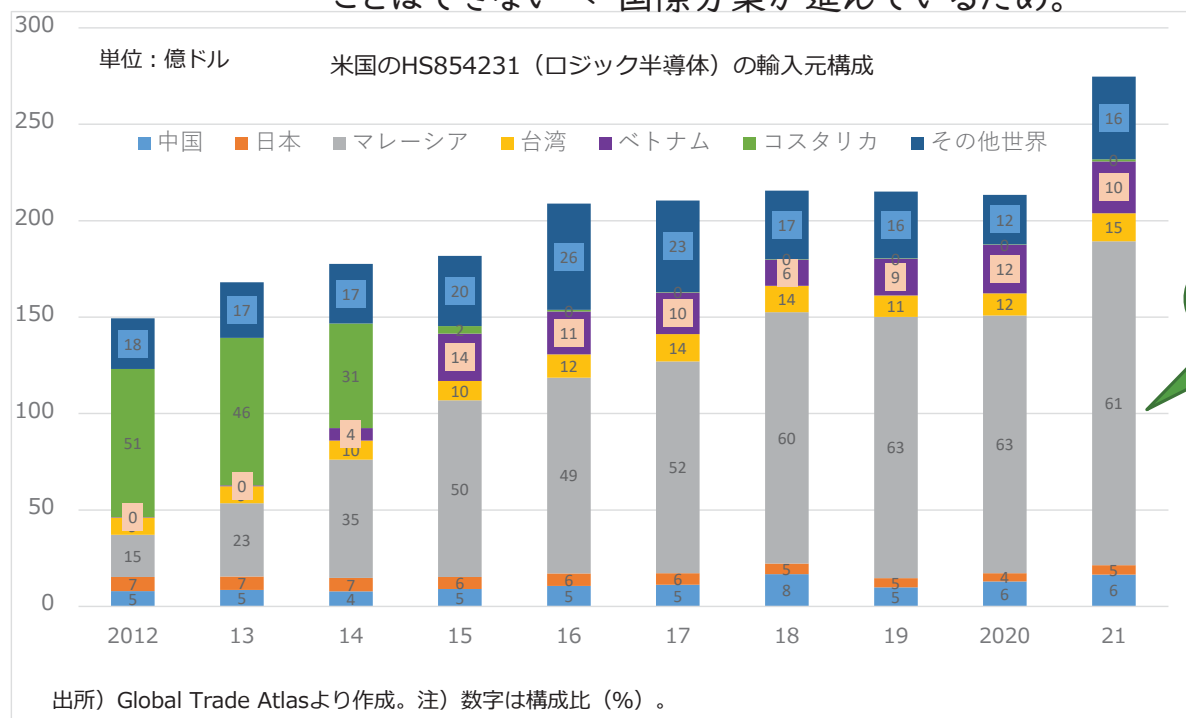
*TSMCは1987年に世界初のファウンドリ専門企業として創業して以来、米国のファブレスと二人三脚で、ロジック半導体のグローバルな産業内分業を推進してきた。



「世界の半導体工場・台湾」はロジック半導体の世界でその真価を発揮している

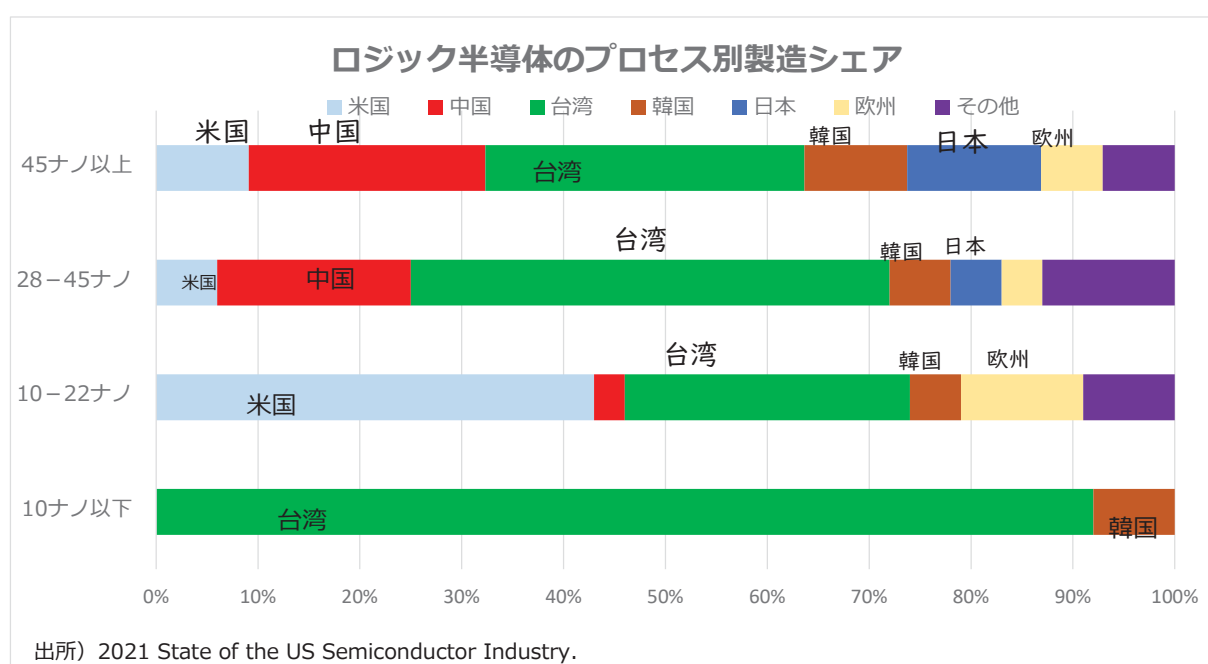


(参考資料) もっとも、ロジック半導体の国際貿易データからは、台湾の存在感を読み取ることはできない ← 国際分業が進んでいるため。



インテルや
ASE等の後
工程がある

□10ナノ以降の最先端プロセスにおける台湾（TSMC）の突出ぶり



TSMCはロジック半導体の産業内分業の立役者

- ✓ 1987年に、政府の半導体技術プロジェクトを母体とし、世界初のウェファァー加工専門企業として創業。
- ✓ 1990年代以来、米国系ファブレスと二人三脚で発展。
- ✓ 1999年頃までに、微細加工技術面で米国、日本企業へのキャッチアップをほぼ果たす。
- ✓ 2000年代を通じて、顧客（＝ファブレス）向けの技術サポート体制の充実に取り組む（IPライブラリの充実等）。
- ✓ 2010年代を通じて最先端微細加工技術のフロントランナーへと成長。この過程で基幹設備メーカーとの協業をいっそう深める。

TSMCの市場構成, 用途別構成

地域別市場構成*	構成比%		
	2020年	2023	Q1
北米	61		63
中国	17		15
日本	5		7
中国・日本以外のアジア	12		8
欧州・中東・アフリカ	5		7
合計	100		100

* 顧客の本社所在地ベース

用途別	構成比%		
	2020年	2023	Q1
スマートフォン	48		34
ハイパフォーマンス演算	33		44
IoT	8		9
自動車向け	3		7
コンシューマエレクトロニクス	4		2
その他	3		4
合計	100		100

出所) 同社Quarterly Management Report。

北米系の顧客:アップル, AMD, Nvidia, クアルコム等。+ 近年はGAFAも。
中国系の顧客:20年まではハイシリコン等。その後はスマートフォンメーカー (Xiaomi 等)

TSMCのプロセス別売上高

技術ノード (ナノ)	22 1Q	23 1Q	%
5	20	31	
7	30	20	
16	14	13	
20	0	1	
28	11	12	
40/45	8	7	
65	5	6	
90	2	2	
0.11/0.13ミクロン	3	2	
0.15/0.18ミクロン	6	5	
0.25ミクロン以上	1	1	
合計	100	100	

10ナノ以降の売上高が半分以上を占める。

出所) TSMC management report 2023年第1四半期

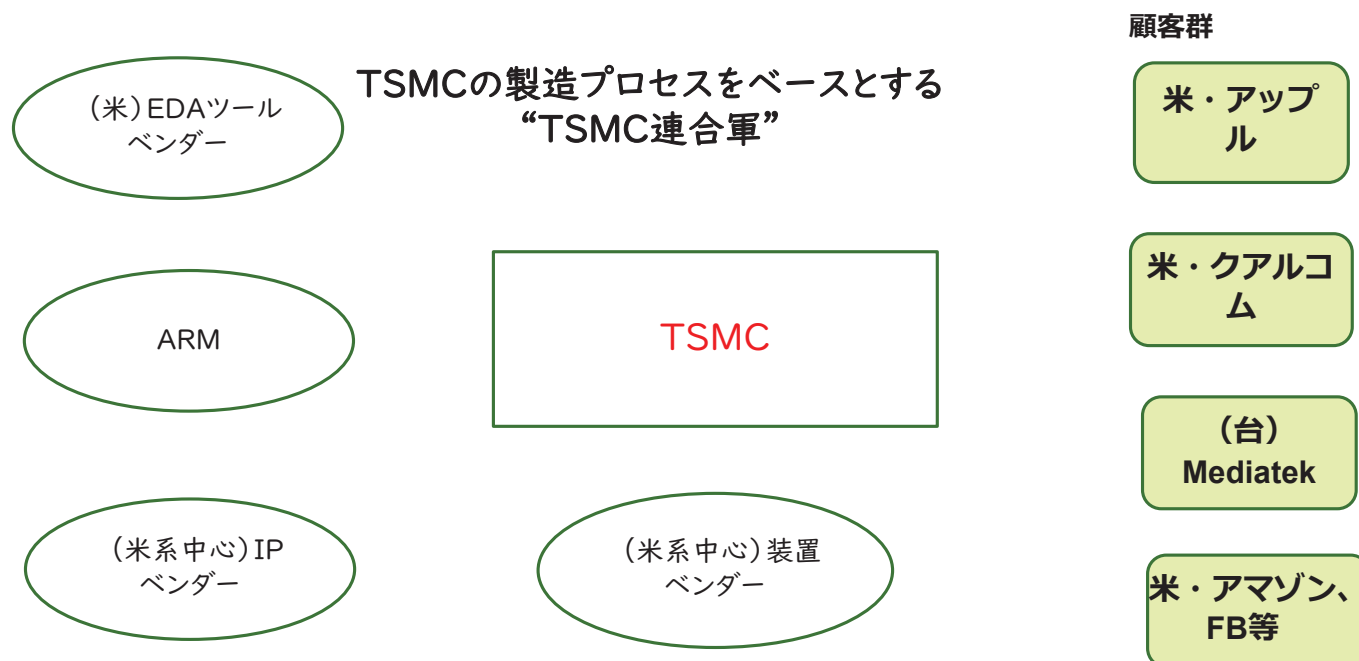
TSMCの傑出した競争力の背景には「台湾という場の強み」がある

- 傑出した微細加工技術 ← 持続的な超大型投資、基幹設備メーカーとの協業
- 顧客（ファブレス）が中核的な設計業務に専念することを可能にするサポート体制。
- 500社を越える多様な顧客を持つことの技術上、情報上のメリット。

⇒ これらを支えているのは、①野心的、有能、相対的に若いエンジニア集団、経験豊富なマネージャー、②素材や設備サプライヤー群の集積、といった台湾という場の強み。

☆ しかし、コロナ禍の発生、台湾海峡情勢の緊迫化とともに、台湾への一極集中がリスク視されるように。

「台湾での集中生産体制の効率性」vs 各国政府の安全保障上の要請の強まり



「米国か中国かという選択」を迫られたら、TSMCの答えはおのずと明らか。

各国の誘致合戦とTSMCの国際展開

TSMCの国際展開の動き

- ✓ 2018年、南京工場操業開始。
- ✓ 2020年：米国による誘致に応え、アリゾナ工場建設を発表。24年より5ナノ、26年より3ナノでの量産開始予定。
- ✓ 2021年10月：熊本工場建設計画を発表。22／28ナノ、2024年量産開始予定。第二工場の検討。
- ✓ ドイツでの工場建設も検討中と報じられる。
- ✓ 最先端プロセスは引き続き台湾内で大型投資。

☆台湾の「手狭」感（資源制約）、顧客からの要請をうけて経営上効率的な台湾での「一地集中生産体制」からの転換が進んでいるが、台湾の重要性は変わらない。

台湾の「五つの不足」

- ✓ 人材（半導体学院のユニークな仕組み）
- ✓ 電力（グリーンエネルギー）
- ✓ 土地
- ✓ 労働者
- ✓ 水

3. 中国の磁場：メモリ産業の事例

台湾人経営者・エンジニアは中国の国策メモリーメーカーの立ち上げに大きく寄与してきた

メモリーメーカー名	出資母体	製品	技術来源、台湾とのつながり	現状
長江ストレージ	紫光集団、国家半導体産業投資基金、湖北省	NAND型フラッシュメモリ、DRAM	台湾の最有力DRAMメーカー華亜科技の幹部らの引き抜き	フラッシュメモリについては量産開始?、拡張中
CXMT	安徽省合肥氏等	DRAM	同上	同上
JHICC	福建省電子情報集団、福建省晋江市、泉州市	DRAM	台湾の大手ファウンドリUMCが開発したDRAMプロセス技術の導入	司法省より提訴され、装置禁輸に。プロジェクトは頓挫。

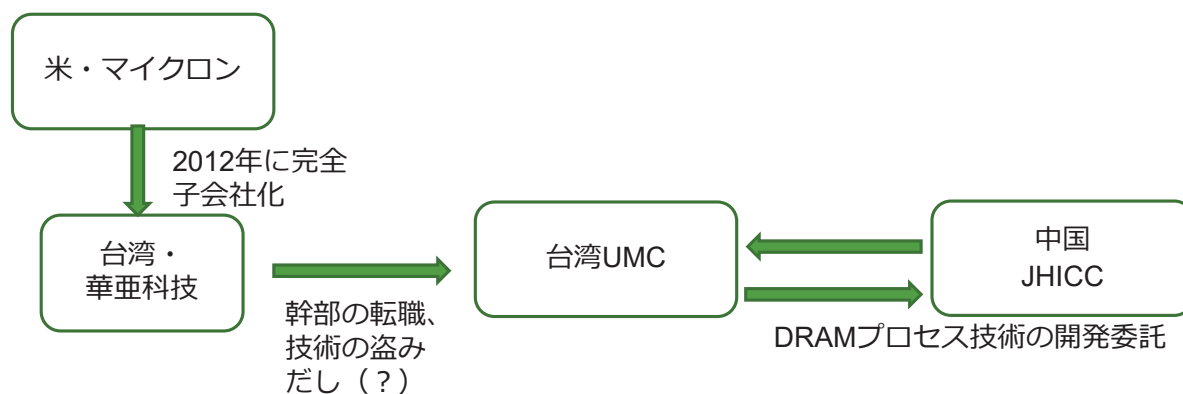
出所) 各種資料により作成。一部、未確定情報を含む。

- ✓ 3社のメモリーメーカー: いずれも2016年頃に設立され、18年頃から工場立ち上げを開始。
- ✓ この過程で、台湾人エンジニアが大量に引き抜かれた。数十人~数百人単位での引き抜きも。
- ✓ ただし、米中対立、コロナ禍の発生による台湾から中国への人材の流れは急減している。

JHICC-UMC事件の構図にみる技術漏洩チャネルとしての台湾

事件のあらまし: 2018年に、台湾UMCが、米マイクロンの技術を窃取し、技術開発委託元の中国のJHICC社に提供しようとしたとして、米国司法省から提訴された(川上 2019)。

“台湾の企業や人材を通じて米国の技術が中国国策企業に流出するリスク”



中国の半導体企業の「潜伏地」：台元科技園區

・米中対立の影響で加速する、中国の半導体企業による台湾人エンジニアの雇用・活用

- ✓ 外資・華僑投資、迂回投資の活用。
- ✓ 「電子部品貿易」等の看板を掲げる。
- ✓ 特定企業をターゲットに設定。
- ✓ 「持ち出し」の代わりに「学習、記憶」させる。

☆ただし、多くはコロナ禍で帰国。
そして、台湾での再就職は厳しい・・・

台湾政府による対応 ＊江（2022）の整理を手がかりに

台湾の重要技術保護の枠組みと近年の取り組み

1) 対内投資の審査→中国資本による迂回投資の規制の厳格化（'20年末）。ただし限界が多い。

2) 対外投資、技術提携の審査→半導体については対中投資規制あり。一部の技術に関する対中投資について、投資認可後の株式・技術供与を事前認可制に（'22.4）。

3) 特定商品の輸出許可→国家安全法、兩岸人民關係条例の修正により「国家中核重要技術」の営業機密を外国、大陸地区の組織、団体等に漏洩することに最高12年の懲役、最高1億元の罰金を科す（'22年5月）。

まとめ

- 台湾の半導体産業は、米国と中国という二つの磁場の強い影響のもとで発展を遂げてきた。
- ✓ ロジック半導体の事例から → TSMC等の強さ（競争力）の背後にあるアメリカとの関わり
- ✓ メモリ半導体の事例から → 中国にとっての台湾の位置づけ
- ✓ 近年の情勢のポイント → 米中ハイテク対立の構図

ご清聴ありがとうございました

参考文献

猪俣哲史『グローバル・バリューチェーン：新・南北問題へのまなざし』日本経済新聞社、2020年。

川上桃子「米中経済対立と東アジアのグローバル・バリューチェーン——台湾電子産業の事例分析——」丁可編『米中経済対立——国際分業体制の再編と東アジアの対応——』アジア経済研究所、2023年。

川上桃子「米中ハイテク覇権競争と台湾半導体産業——『二つの磁場』のもとで」（川島真・森聡編『アフターコロナ時代の米中関係と世界秩序』東京大学出版会、2020年）

参考資料 2 世界経済評論 IMPACT

本稿は一般財団法人 貿易・産業協力振興財団（ITIC）の助成を受け、令和 5 年 4 月～平成 6 年 3 月にかけて実施された調査研究事業「台湾リスクと半導体産業の今後」において、研究会座長を務めた九州産業大学朝元照雄名誉教授が、「世界経済評論 IMPACT」に寄稿したコラムの抜粋である。本研究会はテーマの性格上機動的な情報提供が求められるものであったため、研究会と並行して常に情報発信を行っていただいた。本報告書掲載以外にも以下の URL から関連する情報を閲覧いただければ幸甚である。

(<http://www.world-economic-review.jp//impact/>)

半導体サプライチェーンの地政学

：『半導体戦争』の著者が何を語ったのか

朝元照雄

（九州産業大学 名誉教授）

2023.04.03

米中による半導体競争が激しさを増している。半導体の製造は台湾に集中していることから、台湾有事が発生した場合、世界に与える影響は非常に大きい。スマートフォン、パソコン、自動車、家電などに必要とする半導体は、私たちの日常生活に欠かすことができない。しかし、半導体は地政学に関わる懸案と絡む事態に発展し、状況は複雑化している。

半導体の歴史を描いた米国際史家で、タフツ大学フレッチャー法律外交大学院国際歴史学准教授のクリス・ミラー（Chris Miller, 以下、ミラー）の近著『半導体戦争：世界最重要テクノロジーをめぐる国家間の攻防』（千葉敏生訳、ダイヤモンド社、2023年）が注目されている。米中の半導体競争を描いたことで、ビジネス書籍部門のベストセラーになり、フィナンシャル・タイムズの「ビジネスブック・オブ・ザ・イヤー2022」を受賞した。同書は日本語訳、中国語訳なども出版された。3月、ミラーは台湾を訪問。講演会に参加したほか、TSMC（台湾積体回路製造）の創業者の張忠謀（モリス・チャン）と会談、テレビのインタビューも受けた。本稿では、台湾・三立テレビの司会者・黄寶慧（以下、黄）によるインタビューの概要を紹介する（三立獨家專訪"晶片戰爭"作者米勒！張忠謀稱美砸錢拚晶片大國"太天真" 米勒點台積電"這優勢" 晶片戰.動全球 台定位能靠"矽盾"重新改寫？ | 黃寶慧 主持）。

- **黄**：『半導体戦争』は世界でベストセラーになった。台湾は世界一の半導体の生産基地であることから、将来の情勢と今後の行方を知りたい。高著を拝読し、半導体は世界で最も重要な産業になっていると改めて理解したが、日本経済新聞社の記事に「半導体は世界の秩序を破壊している」と指摘された。この考えに同意するか。
- **ミラー**：ここ数年、日米欧諸国と中国の政府は、半導体産業を政治的事案と関連付け注目するようになった。これは過去にはなかった現象である。各国とも半導体産業や電子産業を地政学や国家安全保障の課題として考えるようになった。世界の大国は、半導体サブ

ライチェーンの再構築を政治的と戦略目標に合わせるようになった。

- **黄**：半導体製造は、多くの国の企業によるサプライチェーンに依っている。米商務長官のジーナ・レモンドは、「アメリカは半導体製造での自給自足を達成することは永遠にできない」と認める。しかし、半導体サプライチェーンには中国も含まれているが、アメリカは中国の先端半導体製造への関与をどう扱うつもりなのか。
- **ミラー**：アメリカの半導体戦略は2つの面から見る事が出来る。先ず、アメリカとそのパートナーである日台韓の技術力は中国よりも優勢を保ち、今後も持続することができる。次に、最も困難な懸案事項であるが、電子産業や情報産業のサプライチェーンでは中国が大きな比重を占めることから、安定した供給を確保するには、適切なバランスを保つ必要があるということだ。それは経済効果とコスト面からの評価で決まる。一方、国家安全保障面からこれを評価する場合、自国の電子企業が中国での組立・製造に過度に依存している時は、それから脱却させる必要がある。つまり、中国に代わる製造拠点を他国に見出すなど、新たな方法でバランスを保つことである。こうした行動が必要となるのは、電子製品でも低水準の半導体が使われる電子機器である。
- **黄**：アメリカのニュースメディア『ポリティコ（Politico）』の最近の報道によると、米下院議長（当時）のペロシが昨年8月に訪台し、モリス・チャンと面談した際、彼女に対し「アメリカが大金をかけて半導体産業を掌握できると考えるのは稚拙だ」、「アメリカが信頼できる半導体産業を真に得たいのであれば、台湾の安全保障に続けて投資すべきだ」、「台湾はアメリカが求める能力を既に持っている」と述べた。モリスの考えに同意するか。
- **ミラー**：多くの理由から、アメリカは台湾の安全保障に投資すべきで、それは既に半世紀以上継続している。半導体は多くの理由の中の一つだが、最も重要なことは、半導体サプライチェーンの構築の時に直面する課題にどう向き合うかだ。現在の半導体産業における台湾の役割は既に大きく、特に TSMC の役割は中心的な地位を占める。他の企業に TSMC と同様の先端的な地位を期待することは難しい。企業は常に熾烈な競争に晒され、市場シェアだけでなく、技術も優先的な地位も奪取の対象になる。また各国の政府は、自国の企

業が最先端の技術を掌握できるように、一定の役割を演じている。TSMC は世界の半導体産業において増々重要な役割を発揮するだろう。

- **黄：**過日，世界半導体会議（WSC）の合同運営委員会（JSTC）が中国廈門で開催された際，米国の半導体工業会（SIA）も代表を派遣した。アメリカは半導体サプライチェーンから中国を排除することができるのか。
- **ミラー：**アメリカは中国を半導体，電子製品のサプライチェーンから完全に排除するつもりはない。アメリカの戦略を詳しく見ると，中国が低水準半導体を大量に持つことを容認している。事実上，中国の半導体産業は，低水準の半導体で発展してきたし，今後も中国が低水準の半導体で大きな市場シェアを持ち続けることについてアメリカだけでなく，日本，台湾，欧州も容認している。中国の今日の半導体産業におけるポジションは，こうしてできたと説明することができよう。もちろん，中国製の半導体に過度に依存することが良いかについては疑いがあるし，今後中国政府が半導体企業に大規模な補助金を出し，より高度な半導体を製造しようとするのであれば，アメリカは挑戦を受けるだろう。しかし，今の時点で「中国の半導体サプライチェーンの地位を完全に排除すること」はアメリカの戦略が描く姿ではない。
- **黄：**台・中間の緊張状態が今後さらに高まった時，人々は半導体産業を“シリコン・シールド（シリコンの盾）”と見なし，中国からの攻撃を防ぐことができると考えている。本当に半導体産業は，台湾を防衛できるのか。
- **ミラー：**台湾の安全保障で最も信頼できるのは，第一に台湾自身の国防軍事力であり，その次がアメリカの軍事力である。アメリカは中国の圧力から持続的に台湾を防衛している。それは半導体が発明された 1950 年以前から続いている。1950 年代の中台両岸は第一次，第二次台湾海峡危機で軍事的緊張情勢が高まった。しかし，台湾海峡で中国が軍事力を増強しない最大の理由は，中国の指導者が武力行使による負の影響を恐れたためであり，経済的要因ではない。

- **黄**：台湾の企業は、ミラー准教授の「半導体戦争」に注目し、また大変重要な内容と考えている。台湾企業はどんな役割を果たしたらいいのか。
- **ミラー**：この質問は非常に重要である。多くの台湾企業は有事に慌て、為す術がない状態と思う。過去5年間に、半導体産業は地政学上の議題にあがり、多くの企業は、それによってもたらされる予想外のコストに対応しなければならない。新しい法と輸出規制により、多くの企業はやむを得ず、製造・組立の生産ラインを中国から他の拠点に移転するだろう。こうした影響は増える一方で、減少することはない。米中は、それぞれが自国の政治的利益にマッチするサプライチェーンを構築することを試みている。
- **黄**：『半導体戦争』を執筆する前から、地政学的議題に発展すると予見できたのか。
- **ミラー**：『半導体戦争』を書くとしたのは、世界中が半導体に依存する度合いが高いにも関わらず、それを生産できるのは限られた国の限られた企業でしかないと考えたためだ。半導体が簡単に入手できると考えるのは危険だ。一般の消費者に半導体産業を説明した後、彼らはやっとこの事実を意識し始める。世界経済や国際政治の構造分析の中心に、半導体産業を置くことで課題を読み解く必要がある。
- **黄**：あなたの洞察力と見識が世界の半導体産業の発展に有益であることを期待し、今回の対談に感謝の意を述べたい。

[参考文献]

- クリス・ミラー著、千葉敏生訳『半導体戦争：世界最重要テクノロジーをめぐる国家間の攻防』ダイヤモンド社、2023年

半導体製造装置の対中輸出規制

：オランダ・ASML と中国の技術力比較

朝元照雄

(九州産業大学 名誉教授)

2023.06.05

ASML のリソグラフィ

半導体製造に欠かすことができないものは EUV（極端紫外線リソグラフィ）と DUV（深紫外線リソグラフィ）である。リソグラフィは「露光装置」とも呼ばれる。線幅 7 nm（ナノメートル）以下の最先端半導体チップの製造に欠かすことが出来ないのが EUV で、世界で唯一 EUV を製造できるのがオランダの ASML だ。同社は DUV の世界市場でも 70% のシェアを有している。前述（世界経済評論 Impact No.2937）のように、米国は日本とオランダと共同で中国に対抗し、輸出規制による協議に合意を得ている。

線幅 28nm から 10nm の成熟製造プロセスには DUV が必要であるが、コストや稼働率（良品率）の最適化を考慮せずに、重ねて露光すれば 7 nm の半導体チップも製造が可能である。現に、TSMC（台湾積体回路製造）は、2018 年に DUV を使って 7 nm チップの「A12」を量産し、アップルの iPhone XS に搭載した実績がある。後に ASML が EUV を開発したあと、2019 年に TSMC は EUV を使って線幅 7 nm チップの「A13」を量産し、アップルの iPhone 12 に搭載した。

現在、ASML は主な顧客である TSMC、サムスン、インテルなどから約 2 年分のリソグラフィの受注を得ているが、最近の半導体の生産過剰から、キャンセルや受取の引き延ばしがされている。半導体が不況になった場合、設備投資を縮小させるか、先延ばしし、景気の回復を見てから改めて投資するのは当然であるが、米国による半導体装置の対中輸出規制があるため、最先端半導体製造装置を中国に販売することができず、ASML にとっては二重苦になる。

多国籍企業は、利潤最大化を追求し、株主に利益を還元することが最大の目標で ASML も例外ではない。ASML の売上高に占める中国の市場シェアは約 15% で、金額で約 22 億ユーロである。当然、ASML は中国の市場を放棄することではなく、どのような規格のリソグラフィであれば中国へ販

売することができるか、リソグラフィが輸出規制のレッドラインの範囲を明らかにする必要がある。

半導体製造装置の対中輸出規制：ASML のケース

2022 年 10 月、米国は半導体製造装置の対中輸出規制に明確な規定を発表した。ASML の液浸タイプの DUV を紹介し、このうち、対中輸出規制にの対象になる DUV を明示する。

- ①28nm 対応の製造装置型式（NXT：1950i）, 2009 年に発売。
- ②28nm 対応の製造装置型式（NXT：1960Bi）, 2011 年に発売⇒（16/14nm の製造も可能）。
- ③28nm 対応の製造装置型式（NXT：1965Ci）, 2013 年に発売。
- ④20/16/14nm 対応の製造装置型式（NXT：1970Ci）, 2013 年に発売⇒（10nm の製造も可能）。
- ⑤10nm 対応の製造装置型式（NXT：1980Di）。
- ⑥7nm 対応の製造装置型式（NXT：2000i）。

半導体製造装置の対中輸出規制が発表後、ASML では前述⑥の線幅 7 nm 製造装置の型式「NXT：2000i」以降が輸出規制の対象であると考えていた。しかし、事実上、米国がいわゆる先端半導体を線幅 16/14nm 以下（10nm, 7 nm, 5 nm, 4 nm, 3 nm）の製造装置としていることで、ASML の液浸タイプの DUV の代表である 2013 年に発売された「NXT：1970Ci」以降（④以降）が輸出規制の対象になる。ASML がレベルアップ・バージョンを追加的に開発したのは、顧客がより長く製造装置を使えるように加えた機能である。

2011 年に発売された②28nm 対応の製造装置型式「NXT：1960Bi」のレベルアップ・バージョンは 16/14nm チップの製造が可能となる。その場合、対中半導体製造装置の輸出規制のレッドラインに引っかかることになる。果たして、オランダ政府はこのレッドラインを何処に（②以降か、それとも④以降か）に設定するか注意深く観察したい。

前述のように、「NXT：1960Bi」が発売された 2011 年、「NXT：1965Ci」と「NXT：1970Ci」が発売された 2013 年当時は、米中対立は現在ほど深刻化しておらず、これらの型式の DUV は既に中国に販売されたと考えられる。事実、中芯国際（SMIC）は前述の DUV を使って 14/16nm チップを製造した。その後、SMIC はこの製造装置で 7nm の開発に成功し

たと発表している（但し、SMIC の年報中、全製品の売上高に 7 nm チップの記載はない）。しかし、米国の要請は、対応する最新ソフトや部品・消耗備品、レベルアップ・バージョンも輸出規制の対象になると考えられることから今後、中国においては製造装置の維持にも影響が出るものと考えられる。

果たして米国、日本、オランダは、半導体領域において共同の輸出規制の下で、中国の半導体開発のスピードを遅延させることができるのか。SMIC や華為（ファーウェイ）など米国のエンティティリストの対象になった中国の企業は、当然、中国の半導体製造装置企業製の製品を採用すると考えられる。以下では、中国の半導体製造装置企業の実力を考察する。

ASML と中国の半導体製造装置企業の実力比較

日米欧の半導体製造装置の輸出規制に、中国は簡単に屈することはないと思われる。中国は半導体の材料、製造装置、量産技術から EDA ツールに至るまで、ある程度の技術力がある。中国のリソグラフィ装置企業トップの「上海微電子装備有限公司（SMEE）」を例として実力を見ることにする。

SMEE のリソグラフィの代表的な 3 機種は次のようである。

- ①型番：SSA600/20、画像解像度：90nm、露光光源：フッ化アルゴン・エキシマレーザー(ArF excimer laser)、ミラーヘッド倍率 1：4、ウエハー寸法 200mm または 300mm。
- ②型番：SSC600/10、画像解像度：110nm、露光光源：フッ化クリプトン・エキシマレーザー(KrF excimer laser)、ミラーヘッド倍率：1：4、ウエハー寸法：200mm または 300mm。
- ③型番：SSB600/10、画像解像度：280nm、露光光源：水銀灯（i-line mercury lamp）、ミラーヘッド倍率：1：4、ウエハー寸法：200mm または 300mm。

上記 3 機種のリソグラフィのうち、最も進んであるのが①の 90nm 対応の型番「SSA600/20」だが、ASML のリソグラフィと比べると約 6～7 世代遅れていることがわかる。

ASML の技術は、単に ASML 一社の能力によるものではなく、多くの国の企業からの支援の賜物である。例えば、ASML の DUV で使われる光源レーザー技術は、米国のサイマー社（Cymer）を M&A したことによって

得た技術である。EUV で使われるレンズは、ドイツのカール・ツァイス（ZEISS）が EUV のために開発したものである。EUV に搭載されるレンズ表面の平坦度をドイツの国土面積と譬えると、「全国土の平坦度（上下の路面段差）は 1 センチ以内」という大変驚かされるレベルの精度である。ASML のリソグラフィは 4000～5000 社から調達された約 10 万個の部品によって構築され、単に 1 国や 1 社の実力で製造できるものではない。

米中のハイテク戦争は継続しており、米国は同盟国、友好国陣営の企業と共同で中国の技術発展を抑える目論見がある。現状、中国で使われる半導体製造設備のうち約 8 割は、日米欧の企業に依存しており、中国が自力で国産化を実現するには、非常に長い道のりを経る必要があろう。

〔参考文献〕

- 朝元照雄「アメリカの半導体誘致の奨励と対中規制：“CHIPS 法”は、どんな影響を及ぼすか」世界経済評論 Impact No.2937, 2023 年 5 月 1 日

クリス・ミラーが『半導体戦争』を語る

： 冷戦から生まれた半導体競争

朝元照雄

(九州産業大学 名誉教授)

2023.06.19

『半導体戦争』の著者クリス・ミラー (Chris Miller, 以下, ミラー) は、3月16日に開催された台湾・天下雑誌主催のフォーラム (CWEF) に出席し、講演と TSMC 創業者張忠謀 (モリス・チャン) との対談を行った。

『半導体戦争』は昨年10月に出版され、ベストセラーと同時に『フィナンシャル・タイムズ』の「ビジネスブック・オブ・ザ・イヤー2022」の受賞作として注目された。ミラーはタフツ大学フレッチャー法律外交大学院国際歴史学准教授である。本稿では、ミラー氏が講演会で論じた世界半導体産業に対する研究と観点を紹介する。

ミラー氏は経済史の視点から冷戦前の世界情勢を出発点とする時間軸に沿って、半導体の発展過程の様々な出来事を緻密に解説した。以下はミラー氏がフォーラムで行った講演の要旨である。

ミラー氏の問題意識は、半導体産業の発展史を北米、アジアおよびヨーロッパなどの3大洲を越えて探求することである。この講演では、半導体の誕生と演算能力 (コンピューティング・パワー) の進歩が、地政学上の競争と関わっており、半導体と軍事力の関連性は、この産業が誕生した時から始まっていたと伝えた。

第1に、半導体は冷戦下の軍備拡張競争の中で誕生して以降、各国の軍拡競争の一角を形成した。第2に、グローバル化と米国一極の巨大な軍事覇権に関係性があると主張する。

第3に、現在、アジアを主な舞台に米中対立による軍拡競争が再燃していると指摘した。最後に、各国軍隊はAI (人工知能) を軍事システムに応用しようとするが、その軍事システム自体は先端半導体 (HPC = ハイ・パフォーマンス・コンピューティング) に依存しているとした。

20 世紀中期、最初に軍事用途に使われたコンピュータは、ドイツの暗号を解読したコロッサス・コンピュータ（Colossus = 第二次世界大戦の期間中、ドイツの暗号通信を読むための暗号解読器としてイギリスで使われた専用計算機である。電子管を計算に利用）や、弾道計算に使われたエニアク・コンピューター（ENIAC = 米国で開発された黎明期の電子計算機）などがあった。冷戦期の軍拡競争におけるミサイル配備計画は、演算能力の進歩を促す最も重要な推進力であった。ペンタゴン（国防総省）からの発注がなかったら、今日のシリコンバレーは存在しなかったとミラー氏は述べた。

1950 年代に半導体が発明されて以降、半導体は弾道ミサイルとロケットの開発計画に主に用いられてきた。アポロ計画では、最も早い時機に発明された半導体チップを用いた宇宙船によって、宇宙飛行士を月に送り込むことができるようになった。また、ミニットマンII ミサイル（Minuteman II）にも最初に開発された半導体チップが使用された。

半導体チップ初期の企業であるテキサス・インスツルメンツ（TI）やフェアチャイルド・セミコンダクター（Fairchild Semiconductor）の顧客の大半は、米国空軍、陸軍と NASA であった。これらの国防機関は、演算能力の発展推進に極めて重要な役割を果たした。特に、小さい計器に入れる計量・小型の半導体チップは、軍事ニーズによって誕生が促された。

冷戦の軍拡競争に、米国政府は大幅な予算を投資したため、今日のシリコンバレーが誕生した。例えば、テキサス・インスツルメンツ（TI）では、米軍のレーダー設備、音声測定ソナー設備および演算能力を必要とする様々な設備の開発に取り組んだ。冷戦の軍拡競争で軍事用半導体の開発者は大きな恩恵を受けた。

TI のジャック・キルビー（Jack Kilby）やフェアチャイルド・セミコンダクターのロバート・ノイス（Bob Noyce）が集積回路を発明した時から、半導体は国防総省とは切り離せない関係になっていたのである。

1950 年代と 1980 年代、TSMC の創業者張忠謀（モリス・チャン）の TI での同僚ウエルドン・ワード（Weldon Word）は、レーザーによるミサイルのペイブウェイ（paveway = 米国の航空爆弾の名称。"PAVE" とは「Precision Avionics Vectoring Equipment（精密航空電子誘導装備）」の略称である）の発明者である。攻撃する目標のルートをミサイルに内蔵さ

れた半導体の演算によって誘導する仕組みである。米軍は半導体が通信システム、探査システムや誘導システムなど多種多様に応用が利くことに気づくようになった。

更に米軍は、半導体が近代戦の基礎を構築できることにも気がついた。ベトナム戦争で米軍は最初のレーザー誘導ミサイルを使用した。しかし、大きな成果を出さなかったため、レーザー誘導ミサイルが使用されたことはあまり知られていない。結局、米軍にとって、ベトナム戦争は新しい兵器の試験場所であり、シリコンバレーで開発された最新型武器をこの試験場で検証し、米軍のシステムとして構築していった。

1970年代と80年代の開発された新型兵器は、最終的にはすべての軍事システムに組み込まれた。空軍、海軍、陸軍など異なる軍種を越えた軍事ネットワークを構築し、一層緻密で正確に目標を打撃できるミサイルシステムを開発するようになった。

崩壊前のソ連は米国の先端半導体が兵器に内蔵され戦場に投入されることを恐れていた。特に米軍の新型誘導ミサイルシステムは、長距離で精度が高い打撃能力を備えたもので、旧ソ連は軍拡競争で敗色を色濃くさせた。言い換えれば、米国の半導体の演算能力が軍事システムに組み込まれたことが、冷戦の終焉に直接的な影響を与えた訳である。

旧ソ連はシリコンバレーのイノベーションの速度に追従することはついにできなかった。半導体の誕生から、旧ソ連の科学者の座右の銘は「複製（コピー）」であり、米国や日本、ヨーロッパの技術の“複製”を試みていた。しかし、半導体産業において“複製”での競争は無意味である。仮に旧ソ連が生産ラインを持ち、半導体生産を開始したとしても、その時に米国などの半導体技術は次世代へと大幅に躍進しているからだ。旧ソ連の国防軍事の政策決定者は、半導体開発に多額の資金を投じることもしなかった。そのため、旧ソ連は小規模、低品質、技術の集約度が低い半導体産業しか持ち得なかった。

こうした政策は結果的に旧ソ連の経済発展を遅れさせ、同時に自国の崩壊による冷戦の終焉を決定付けた。要するに米国は、先端半導体を製造し、軍事目的に応用し、冷戦を終結させた。シリコンバレーと冷戦を歴史の視点から見ない場合、この物語の結論を理解することができないだろうと、ミラー氏は述べている。

その後、半導体チップは、軍事産業からハイテク産業へと移行していった。韓国と台湾は半導体産業に多額を投資し、サムソン電子や TSMC（台湾積体回路製造）などの世界一流の企業を誕生させた。また、グローバリゼーションの中で独り勝ちした米国は「パクス・アメリカナ」から得る平和と秩序を享受したが、これは多額の資金を軍事力に投下する必要がないからこそ達成できたものとミラー氏は主張する。

〔参考文献〕

- クリス・ミラー著（千葉敏生訳）『半導体戦争：世界最重要テクノロジーをめぐる国家間の攻防』ダイヤモンド社，2023 年。

米“対中半導体規制”の強化か

：地経学上の要請と AI 企業の苦悩

朝元照雄

(九州産業大学 名誉教授)

2023.07.10

NVIDIA, 「1兆ドルグループ」入り

「Chat GPT」など生成 AI（人工知能）の“時代の寵児”は、半導体大手の NVIDIA（エヌビディア）である。このブームの中核の一角を担い、追い風に乗って、5月30日には同社の時価総額が一時1兆ドル（約140兆円）に達した（『日本経済新聞』2023年6月1日付）。

NVIDIA は GAFA（Google（アルファベット）、アップル、Facebook（Meta）、Amazon）などを代表とする米巨大テクノロジー企業による「1兆ドルグループ」の仲間入りを果たした。半導体関連企業としては初めての出来事であり、ハイテク業界の勢力図は大きく変化した。

2022年10月7日の米商務省産業安全保障局（BIS）の対中半導体規制（以下、規制）によって、NVIDIA の時価総額は低下したが、生成 AI ブームによって再び大きく躍進した。

また、AI ブームによって、アップルの株価が史上高を記録し、3兆ドル近くにまでに達し、時価総額は世界ランキングの7位に達した。これは英国一国の GDP に相当する。

新しい“対中半導体規制”のターゲットは AI か

AI は、米中対立の新しい火種となり、昨年10月に BIS は「規制」を導入した。筆者は巻末に記載した3本の寄稿で、その規制について紹介した。詳細はそれを読んでいただきたい。

2022年9月に NVIDIA は「BIS から輸出の許認可証明を得ていない」という理由で、中国向け A100 と H100 の出荷を停止すると発表した。同年10月にバイデン政権は、対中国「規制」を発表し、軍事転用できる HPC（ハイ・パフォーマンス・コンピューティング）、スーパーコンピュータ、量子計算などに関連する半導体の対中輸出を事前輸出許可制とし、事

実上の輸出禁止とした。この措置は NVIDIA, AMD, マイクロン・テクノロジーなど米系企業の対中ビジネスに大きな影響を及ぼすことになる。

特に規制に引っ掛かった NVIDIA の「A100」の性能は、ピーク時の総演算能力 4,992TOPS（TOPS = 1 秒当たりの電力効率を表す単位）、I/O ピーク時帯域幅 600（GB/S）で TSMC の 7nm(ナノメートル)を搭載している。一方、上級機種「N100」の性能は、ピーク時の総演算能力 24,208TOPS、I/O ピーク時帯域幅 600（GB/S）で SMC の 4nm を搭載する AI 対応高性能 GPU（画像処理装置）である。

また、同じくライバルの AMD の「MI210」は、ピーク時の総演算能力 1,448TOPS、I/O ピーク時帯域幅 800（GB/S）で TSMC の 6 nm を搭載している。一方、「MI250」は、ピーク時の総演算能力 2,897TOPS、I/O ピーク時帯域幅 800（GB/S）で TSMC の 6 nm を搭載している。更に上級機種の「MI250X」は、ピーク時の総演算能力 3,064TOPS、I/O ピーク時帯域幅 800（GB/S）で TSMC の 6 nm を搭載した GPU である。

その後、NVIDIA は「A100」および上級機種の GPU が、「規制」に抵触するため、それぞれ性能を落とし、チップに機能制限を組み込み、「規制」をパスした。この「A800」は、中国の顧客も満足させる性能となっており、2022 年 9 月末までに生産が開始された。

『ウォール・ストリート・ジャーナル（WSJ）』（6 月 27 日付）の報道によると、バイデン政権は新たに「規制」を拡大し、AI 用半導体の中国向け輸出を禁止すると伝えた。NVIDIA が中国市場向けに開発した「A800」などは認可を得ないと輸出ができなくなる。最新情報によると、早くて 7 月にも次の生成 AI 向けの「規制」が公布されるという。当然、NVIDIA のライバル企業の AMD の GPU も規制の対象である。NVIDIA, AMD の売上高と中国の AI 産業の発展に影響を及ぼすことは必至だ。

NVIDIA の売上高に占める中国市場のシェアは 20～25% に及ぶ。NVIDIA の広報は、規制による業績と株価への悪影響を牽制し、「現在、世界の GPU のニーズは大きく、7 月に発表されかも知れない新たな規制措置が直ちに当社に“財務の衝撃（immediate financial impact）”を惹き起こすことはない」とアナウンスした。しかし、「AI 半導体の中国への輸出制限は、米国産業の発展の機会を“永遠に喪失（permanent loss of opportunities）”させた」とする自社の見解を述べた。

NVIDIA のジェンスン・フアン CEO（最高責任者）が 6 月初めの台湾での講演時に「米国のハイテク業界の売上高の約 3 分の 1 は中国市場からだ。全面禁輸やデカップリング（分断）になった場合、失う 3 分の 1 の売上高を何で代えることができるのか」と大きな懸念を述べていた。

また、6 月 28 日に NVIDIA の CFO（財務最高責任者）Colette Kress は財務会議で「新しい規制は NVIDIA の財務に直ちに影響を及ぼしはないが、将来の NVIDIA の発展に悪影響を与える」と述べた。「BIS の新しい規制によって、AI 向け半導体の A800 と N800 は中国に輸出することができなくなる」が、「NVIDIA の製品は世界からの需要が多く、新規制が発令されても財務には影響を及ぼすことはない」と繰り返した（ロイター通信、CNBC などの報道）。

規制による中国への影響

6 月 29 日、フラッシュメモリ チップを専門とする中国の国有半導体統合デバイスメーカー長江存儲科技（YMTC＝長江メモリ）の陳南翔会長・CEO は、「規制によって、欧米の最新半導体製造装置の輸入ができなくなるため、中国製装置の性能が向上せず、企業の発展に大きな障害になっている」と悲鳴をあげた。

中国検索エンジン市場のシェア 2 位の「Sogou（搜狗）」の創業者の王小川は、自社の持株をテンセントに 35 億ドルで売却した。2022 年 11 月、王氏は Open AI 会議に出席し、AI 領域のベンチャー企業に参入する可能性に注目が集まっている。一方、「中国の AI の父」と呼ばれ、動画に特化したソーシャルネットワークサービス TikTok（抖音）の親会社「字節跳動（ByteDance）」、京東商城（JD.com）と Google China の元社長で、台湾生まれの李開復（カイク・リー）は、150 億ドルを投資し、生成 AI 分野に参入すると見られている。中国企業は恐らく BIS の規制が AI 分野に伸びると警戒し、この数か月に NVIDIA に AI サーバー向け A800 などを大量に発注した。

ファブレス大手の米・クアルコム（Qualcomm）の売上高の約 60% は中国市場からのものであり、新しい規制が実施されれば、業績の悪化は免れないだろう。しかし、この規制の目的が国家の安全保障に関する地経学上の問題に起因していることから、これを避けることは難しく、各企業は今後の規制の動向を注視する必要があるだろう。

[参考文献]

- 朝元照雄「アメリカの新しい対中半導体規制：ハイテク企業売上高の不振」世界経済評論 Impact No.2743, 2022 年 11 月 14 日。
- 朝元照雄「再論・アメリカの“対中半導体規制”」世界経済評論 Impact No.2784, 2022 年 12 月 12 日。
- 朝元照雄「半導体製造装置の対中輸出規制：オランダ・ASML と中国の技術力比較」世界経済評論 Impact No2982, 2023 年 6 月 5 日。
- 朝元照雄「“Run ! Don’t Walk !”：台湾大学卒業式で NVIDIA の CEO の言葉」世界経済評論 Impact No2993, 2023 年 6 月 12 日。

トウキディデスの罠，グローバリゼーションは死んだ ： TSMC の創業者は何を語るのか

朝元照雄

(九州産業大学 名誉教授)

2023.07.24

7月4日、台湾の中華民国工商協進会の全国大会に招かれた TSMC 創業者の張忠謀（モリス・チャン）は、「グローバリゼーションの再定義」をテーマに講演を行った。昨年12月、TSMCのアリゾナ工場の設備搬入式典でモリスは“グローバリゼーションは死んだ”と語り、大きな注目を浴びていた。この日の講演は、グローバリゼーションの歴史、グローバリゼーションが世界にもたらした長所と不都合な点、グローバリゼーションによる変化と将来の姿について大胆な予測を語った（「0704 數位國家、減碳永續 蔡英文、張忠謀出席工商協進會會員大會 | 民視快新聞 |」）

論者の文献レビュー

米連邦準備制度理事会（FRB）第13代議長のアラン・グリーンズパン（Alan Greenspan）が書いた回顧録『波乱の時代（上・下）』において、グローバリゼーションを「国境を越えて商業の最大の利益を追求し、同時に商業リスクを負う」と定義した。

トーマス・フリードマン（Thomas Loren Friedman）のベストセラー『フラット化する世界』のサブタイトルは「経済の大転換と人間の未来」であり、グローバリゼーションの進展に対し著者は大胆で楽観的に「世界はフラットである」と主張した。

フランシス・フクヤマ（Francis Yoshihiro Fukuyama）の著書『歴史の終わり』で「1990年代初期に“歴史は既に終焉を迎え”，民主主義と自由主義は最終的に“勝利”した」と主張した。

2001年にノーベル経済学賞を受賞したジョセフ・E・スティグリッツ（Joseph E. Stiglitz）の著書『世界を不幸にしたグローバリズムの正体』は、歴史的価値を持つ良書であるが、出版後、グローバリゼーションの不都合な点（貧富格差の拡大）は、当時よりも進み悪化している。

グローバリゼーションの長所は人々に豊かさをもたらした点だ。しかし、不都合な点は、貧富の格差拡大である。人と人の間、国家と国家の間の格

差拡大は今や至る所で見ることができる。グローバル化によって多くの人は不公平を感じるようになった。

1980 年代前半、当時の IBM など大企業のお雇い CEO（最高経営責任者）の年間所得（給与とボーナス）は、従業員の所得の約 40 倍であったが、現在は約 400 倍になった。ハイテクの進化でグローバル化のテンポが速まり、同時に従業員雇用数が増え、企業規模も大きくなったが、CEO は 1 人で変わらない。CEO の所得は企業の成長（売上高と利益額の増加）で、急速に増えたが、従業員の所得はそれほど多く増えていない。その結果、CEO と従業員の所得格差が拡大したのだ。

モリスが TI（テキサスインスツルメンツ）で勤務した当時（1972 年）、氏の序列は No.3 の副社長である。当時、フォーチュン誌の「フォーチュン 500」（全米上位 500 社の総売上高ランキング）で、TI は凡そ 70 位～80 位ぐらいの企業ランキングである。当時、TI の CEO は定年退職時に約 1,600 万ドルの退職金が貰えた。モリスは No.3 のため約 800 万ドル（トップの約 1,600 万ドルの半分）、同社の No.50 の人物は約 35 万ドル、No.100 は約 25 万ドルの退職金で、そのカーブは順当であり、当時の所得格差はさほど大きくない。ところが現在のお雇い CEO は月収だけでも 1,600 万ドルに達し、所得格差は大幅に拡大した。

ハーバード大学ケネディ行政大学院の初代学長グレアム・アリソン (Graham Allison) は、この 500 年間の覇権国家と新興国家の新旧対決から決定の本質を探る応用歴史学を研究し、「トゥキディデスの罠 (Thucydides Trap)」という造語を創り出した。古代アテナイの歴史家トゥキュディデスにちなむ言葉で、従来の覇権国家のスパルタと新興国家のアテナイの対立による緊張関係から、戦争が不可避な状態になる現象を指す。過去 500 年間の覇権争いから 16 の事例を抽出し、そのうち 12 の事例は戦争に発展した。しかし、20 世紀初頭の英米関係や冷戦など 4 つの事例では、新旧大国の譲歩により戦争を回避した。氏の著書『米中戦争の前夜』は、トランプ大統領（当時）と習金平国家主席が、この“古典的な罠”に陥ると警鐘を鳴らしている。

国家の安全保障はグローバル化よりも重要

中国政府は多額の補助金をハイテク産業に拠出している。2015 年、習近平国家主席は「2025 年に中国は半導体の自給自足を達成する」（中国製造

2025)と述べ、米国の警戒を引き起こした。2017年以降、トランプ政権下の米国は、対中輸入関税の引き上げ実施、バイデン政権に移行してもハイテク制限策を採り、米日台韓とオランダが連携し、高性能計算機能を持つ先端半導体（HPC）、半導体製造装置、ツールや原材料・部品に対中輸出規制をかけるようになった。その後、米国は「CHIPS 法」で半導体企業の米国国内での工場建設に補助金を拠出するようになった（筆者注：日本政府もこれに似た半導体企業の誘致策を実施）。

グローバリゼーションの基礎は、デヴィッド・リカード（David Ricardo）の「比較生産費説」にある比較優位の原則で、国際分業を行うことである。しかし現在、国家の安全保障によるハイテクや経済の利益の重要性は、グローバリゼーションによるその重要性よりも重視されるようになった。

米国の新たな定義は、「米国の国家の安全保障、ハイテク、経済の優位性を毀損しないという原則の下、米国系企業の海外での利益の追求が認められ、外国の製品・サービスが米国への持ち込まれることが認められる」ものである。

他方、中国の定義も、「中国の国家の安全保障、ハイテク、経済の未来の優位性を毀損しない原則の下、中国の企業が海外で利益を追求することが認められ、外国の製品・サービスが中国への持ち込まれることが認められる」となっている。

「これは果たして本当のグローバリゼーションであるのか、皆様から回答を求めたい」と、モリスは会場の出席者に問いかけ講演を終えた。

[参考文献]

- 朝元照雄「TSMC フェニックス工場の設備搬入式典：線幅 3 nm ウエハーに追加投資も」世界経済評論 Impact No.2786, 2022 年 12 月 19 日。紙幅の関係上、この記事は、モリスの「グローバリゼーションは死んだ」の発言を省いた。
- 朝元照雄「TSMC 創業者・張忠謀の 3 つの予言：海外進出のウィンウィン戦略、熊本に進出するのか？」世界経済評論 Impact No.2273, 2021 年 9 月 6 日。
- アラン・グリーンズパン『波乱の時代：わが半生と FRB（上・下）』（山岡洋一・高遠裕子訳、日本経済新聞出版、2007 年）。

- トーマス・フリードマン『フラット化する世界：経済の大転換と人間の未来（上・中・下）』（伏見威蕃訳，日本経済新聞出版，2010年）。
- フランシス・フクヤマ『歴史の終わり：歴史の「終点」に立つ最後の人間』（渡部昇一訳，三笠書房，1992年）。
- ジョセフ・E・スティグリッツ『世界を不幸にしたグローバリズムの正体』（鈴木主税訳，徳間書店，2002年）。
- グレアム・アリソン『米中戦争の前夜：新旧大国を衝突させる歴史の法則と回避のシナリオ』（藤原朝子訳，ダイヤモンド社，2017年）。

自主技術の重視は TSMC の DNA

：ライバルに勝った理由，張忠謀が語る

朝元照雄

（九州産業大学 名誉教授）

2023.08.28

去る7月28日，TSMC グローバル R&D センターの落成式が開催された（前著世界経済評論 Impact No. 3067 参照）。R&D センターでは主に先端ロジック半導体技術や長期に亘る探究技術の R&D が行われる。落成式には劉德音会長，魏哲家総裁，創業者の張忠謀（モリス・チャン）など TSMC の代表者のほか，新型コロナの感染のため欠席した蔡英文総統の代理として陳建仁行政院長（首相に相当）のほか，王美花経済部長（経済相），吳正中国家科学委員会主任委員（閣僚）の政府関係者や楊文科新竹県長（県知事），高唯言清華大学学長などが出席した。本稿は，前著での魏総裁と劉会長の挨拶に続くもので，モリスの挨拶を中心に紹介する（【完整公開】台積電全球研發中心 啟用典禮）。

自主技術の重視

冒頭，モリスは R&D チームと量産化チームに対する謝意を述べた。その上で「TSMC は世界の半導体と世界経済に対し，多大な貢献をしてきた。これは皆さんの努力の賜物だ。しかし，同時に台湾は“兵家必争の地”になった。この点については皆さんが企図したことではないかも知れない」。「いくつかの基本概念を復習しよう。まず初めに，ハイテクビジネスは自主技術が必要ということである。台湾には多くのハイテク企業があるが，自主技術を持っていない企業もある。だが TSMC は最初から自主技術を確立し堅持してきた。当初ある海外の企業（筆者注：フィリップス）は，彼らの技術を使うことを TSMC に勧めた。彼らの技術を“持株”として使用し，彼らの知的所有権（特許）の保護の下で運用できると言われた。私たちは自らの技術を開発することが大事だと考えたので，最初はそれを頑なに拒否したが，その後，彼らの出資を受け入れ，特許も使用した（筆者注：TSMC 創業時，フィリップスは 27.5%の株を取得，うち，3%は権利金方式で，線幅 1.5 μ m の技術に対する特許使用を認めた）。彼らの方式は，海外の企業の持つ自主技術に関する特許と自らの特許を相互に交換使用できるもので，巨額の特許料を支払うことなく，自らの権利を保護することが

できた。我々は創業から 5～10 年の間にこの方式を用いてきた（筆者注：その後、フィリップスは自社経営悪化のため、TSMC の全持株を売却）。

技術の自主化から技術をリードするまでの緩やかな長い道程の物語は、私が書いた自伝の 1 章にある（筆者注：近日出版予定の『張忠謀自伝（下冊）』を指すと思われる）。TSMC は既に 30 年間も歩み続けており、線幅 7 nm 半導体の開発成功以降、私たちは十分な自信をもって TSMC の技術で世界をリードするようになった。R&D の構築は TSMC の大きな仕事である。売上高に占める R&D 費の比率「8 %」は非常に重要な数値だ。この 8 %は既に 20 数年間も維持され、年間の R&D 費用は約 55 億ドルである。マサチューセッツ工科大学（MIT）の年間予算は約 20 億ドルで、要するに、MIT の年間予算の 2.5 倍以上の資金を TSMC は R&D に投じている。

製造部門担当の王英郎（筆者注：TSMC 序列 13 位）副総経理と R&D 部門担当の張宗生（同・序列 15 位）副総経理はまるで双子の兄弟（双胎）のようで、両者が緊密な協力関係を作り上げている。これは TSMC が勝ち続ける重要なキーポイントである。劉德音会長は TSMC の R&D 部門には自分の“ホーム（家）”がなつたと述べた。確かに 30 数年来、研究開発に特化した施設はなかったが、遂にグローバル R&D センターという自分のホームを得ることができた。心から祝福したい。」

英国海軍の教訓

「他方、皆さんに教訓として憶えておいて欲しいことがある。数十年前、私はテキサスインスツルメンツ（TI）に勤務していた。当時、新社屋の完成時、TI の会長は私たちに 1 冊の書籍を紹介した。そこには、植民地拡張で 19 世紀の世界に権勢を誇った英国海軍が、20 世紀になって海軍基地として部隊のホーム（ビルディング）を持った途端、“没落”したことが紹介されていた。私は R&D チームに感謝し、同時に新しいホームを持ったことを祝福したい。しかし、英国海軍が歩んだ道を絶対に歩かないように気をつけてください。」

ライバルに勝った理由

モリスが挨拶で強調したのが「自主技術の重視は TSMC の DNA」である。なぜ、TSMC はライバルとの戦いに勝ち抜けたのか。TSMC は 1987 年に工業技術研究院（ITRI）からスピノフしたが、それに先立って聯華電子（UMC）は 1980 年にスピノフし独立した。ある意味で、UMC は“長

男”で、TSMCは“次男”に相当する。創業後、この2社は売上高も大きな差がないライバルで、TSMCのモリスとUMCの曹興誠CEO（当時）との競争関係であった。

しかし、TSMCは上述のように「自主技術重視」を徹底し、筆者が「なぜ、TSMCが世界最大のファウンドリーになったのか」（世界経済評論 Impact No. 2713 参照）で指摘したように、TSMCのR&D副総経理（当時）林本堅（現在、清華大学半導体研究学院院長）が開発した193nmの液浸リソグラフィ（Immersion Lithography）技術に、ASMLが注目したことを契機に、両社が共同でR&Dを行うようになって以降、TSMCは常に業界をリードし、世界の半導体業界は未来に大きな青図（完成予想図）を描けるようになった。

また、林宏文は近著『晶片島上的光芒』の中で、UMCが0.13 μ mの開発でTSMCに負けた理由として、UMC内部の問題点として3点、すなわち、①UMC傘下の聯瑞の火災、②「五合一」の統合・認証問題、③曹興誠の退職を挙げた。「五合一」とは、UMC傘下の聯瑞、聯嘉、聯日などの子会社をUMCに統合・認証する際のトラブルを指す。具体的には、聯瑞CEOの許金榮はTSMCの出身で、聯嘉CEOの溫清嘉は華邦電子の出身であり、両社の機器設備が異なり、統合と認証に遅れがでた。

また、TSMCは「拙」であり、UMCは「巧」であると、林宏文は2社の社風の違いを表現した。TSMCはプロジェクトの目標に向かい、一生懸命に開発する社風である。他方、UMCの曹興誠は「開創（ビジネスを創造する）性格のオーナー」である。確かに、TSMCとの競争にUMCは負けたが、ファブレスのメディアテック（聯発科技）、液晶パネルの聯友光電（現在の友達光電（AUO））、PCB（ポリ塩化ビフェニル）の欣興電子（Unimicron）など影響力のある企業を設立した。

TSMCの業績はUMCを遥かに凌駕し、その後、DRAM（ダイナミック・ランダム・アクセス・メモリ）の王者サムスン電子、CPU（中央演算処理装置）の王者インテルがファウンドリー業界に参入し、熾烈な競争を展開する。2014年、TSMCの線幅16nmの半導体に対し、サムスンは14nm（2015年）、インテルは2016年に線幅10nmの半導体を開発すると公言した。これにより、TSMCでは2016年以前に10nm半導体を確立する必死のタイムスケジュールが組まれた。

TSMC はインテルとサムスン電子の追撃を振り払うため、「夜鷹計画」を実施する。「猫頭鷹（フクロウ）」のように夜間に活動する小さな動物を捕獲する意味が含まれ TSMC の R&D 部隊は「夜鷹部隊」を組織し、24 時間体制で半導体開発体制に取り組んだ。R&D チームの 400 人体制の深夜開発担当者には基本月給 30%アップ、ボーナス 50%アップの優遇条件が提示された。その成果によって、ファウンドリーの王者として不動の地位を確立した。

[参考文献]

- 朝元照雄「TSMC グローバル R&D センターの落成式：魏哲家総裁，劉德音会長は何を語るのか」世界経済評論 Impact No.3067, 2023 年 8 月 14 日。
- 朝元照雄『台湾の企業戦略』勁草書房，2014 年，第 1 章「台湾積体電路製造（TSMC）の企業戦略」。
- 朝元照雄「なぜ，TSMC が世界最大のファウンドリーになったのか」世界経済評論 Impact No. 2713, 2022 年 10 月 17 日。
- 朝元照雄「TSMC の人材戦略」世界経済評論 Impact No.2645, 2022 年 8 月 22 日。
- 朝元照雄「TSMC の線幅 3 nm 技術：Rapidus の挑戦」世界経済評論 Impact No. 2846, 2023 年 2 月 13 日。
- 林本堅『把心放上去：「用心則樂」人生學（増訂版）』啟示出版，2022 年。
- 林宏文『晶片島上的光芒』早安財經，2023 年 7 月。

TSMC のドイツ工場進出決定

：熊本工場は計画通り，アリゾナ工場は遅れ

朝元照雄

（九州産業大学 名誉教授）

2023.09.04

TSMC のドレスデン進出決定

8月8日，TSMC はドイツ東部（旧・東ドイツ）ザクセン州の州都ドレスデン（Dresden）へ合併による進出を発表した。ドレスデンはインフィニオン・テクノロジーズから独立したキマンダやグローバル・ファウンドリーズ（GF）などが進出し，ドイツの半導体製造の集積地として知られる。TSMC のドレスデンにおける合併企業名称は「ESMC」で，投資総額は100 億ユーロ以上，内訳はドイツ政府から 50 億ユーロの助成金が得られる。残りの 50 億ユーロのうち，TSMC の出資金は 70%（35 億ユーロ），ボッシュ，インフィニオン，NXP セミコンダクタースの出資金はそれぞれ 10%（10 億ユーロ）である。計画によると，2024 年に工場建設が着工，2027 年に生産が開始される。製造品目は 12～28nm の成熟（旧世代）の車載半導体が中心で，主には欧州（ドイツ）の電気自動車（EV）に供給される。生産能力は 12 インチのウエハーで月産 4 万枚，約 2000 人の雇用機会を創出する。

去る 7 月，EU（欧州連合）は 2030 年までに 430 億ユーロを投資する「欧州チップ法」を成立させた。現在，欧州の半導体生産の世界シェア 9%から 2030 年までに 20%に引き上げる目論見で，域内での調達拡大を目指している。

ドイツ投資の懸案事項

対ドイツ投資の懸案事項には，(1)水，電力，労働者賃金，建設材料の高騰，(2)強い労働組合，(3)インフラの老朽化と再建の遅れ，(4)高い法人税（平均 28.8%）による資本の流失（1250 億ユーロ）などがある。以下ではそれぞれを詳しく説明する。ロシア産の石油や天然ガス（パイプライン経由）は，ウクライナ戦争による EU のロシア制裁で，輸入が滞り，先のコロナ禍から一層の諸物価高騰をもたらした。2021 年 11 月 1 日から 2023 年 4 月 1 日までの僅か 17 カ月の間に，ドイツ西部の賃金は 8.5%，東部でも

6.2%上昇した。さらに、ライン川の水位低下のため、大型船舶の航行ができず、荷物を小型船舶で輸送するため、輸送費が 5 倍に上昇している。また、水不足により水力発電量が 20~25%減少している。

ドイツは EU のなかで週間労働時間が最も短い国として知られ、OECD の年間平均勤務時間で見ると、ドイツは 1382 時間、米国は 1791 時間、そして台湾は 2000 時間である。ドイツは台湾の年間平均勤務時間の約 65% に留まる。労働効率と労働単価が同じと仮定した場合、労働賃金だけでも約 35%のアップになる。労働組合についても易々とストライキを実施する。これもドイツ進出の悩みの種であろう。

ドイツではインフラの老朽化と再建の遅れが目立っている。第 2 次世界大戦前に建設した高速道路の架橋は 60 年を越え、最近撤去された。環境保護の議論で再建が大幅に遅れ、交通に支障が生じている。また、一部の主要橋梁では通過できる自動車に 3.5 トン、幅 2.3 メートルの制限がある。13 万ある橋梁のうち、8 分の 1 に修繕が必要であり、EU 諸国のインフラ投資ランキングでは下から 3 位である。

ドイツの法人税は 28.8%と高く、台湾のそれはドイツの約半分である。高い法人税により近年だけでも 1250 億ユーロの資本が国外流失した。

先行してドイツに投資のインテルの半導体製造投資のケースを見ると、投資額 170 億ユーロ（政府の助成金 68 億ユーロ）を計画したが、諸物価の高騰により総投資額は倍以上の 350 億ユーロに膨らんだ。電気料金や液体ガス代金の高騰、建屋の屋根建設だけでも 3 割増、価格が倍に上昇した材料もある。

他方、テスラのドイツ・ベルリン工場は 2019 年に建設が開始し、2022 年に量産を開始するまで実に 4 年間（そのうち、環境評価に 2 年以上費やした）を要した。同社の上海工場は僅か 8 カ月で量産が可能になり、効率の差は自明である。それ故にドイツは、「欧州の病人（Sick man of Europe）」と言われ、2023 年のドイツの GDP 成長率はマイナス 0.3%と予測される。

アリゾナ工場建設の遅れ

昨年 12 月、TSMC のアリゾナ州フェニックス工場の設備搬入式典を行ったが、その後の進捗が遅れている。生産開始も、当初計画の 2024 年から

25 年にずれ込む。その理由として製造設備の設置を担う技術者の不足が深刻という。TSMC の劉德音会長によると、生産が遅れるのは、最先端の回路線幅 4 nm の半導体である。「台湾から米国の技術者を訓練するスタッフを送り、工期の改善をめざしている」としている。

ところが、労働組合が上院と下院に対し派遣される 500 名のスタッフの EB-2 ビザ発給を阻止するように訴えている。EB-2 ビザとは、Advanced Degree（高学歴者、修士卒以上）や National Interest Waiver（国益に合う場合）に申請する永住権である。労働組合が要請するのは、技術者ビザで指導のみ行うことを認めるビザ（実際の操作は認めない）で、雇用確保の観点から現場での生産活動から派遣スタッフを排除することが目的という。これに対し TSMC は、500 人にはサプライヤー企業の組立用員が含まれていると、労組に対し丁寧に説明をしている。米国大統領選挙が近くなり、労働組合を支持基盤にもつ民主党は、この要請を重視する可能性がある。

近年、米国では半導体産業が流失し、無塵空調室内設備（台湾・漢唐製）の組立ができる労働者がおらず、遅れが生じている。労組は、インテルの 10nm 工場の設備組立の経験があると主張するが、TSMC の 4 nm 工場のレベルは完全に違う。例えて言うならば、10nm 工場を小型車とすると、4 nm 工場は F1 ラリーに使われるスーパーカーであり、レベルが全く異なる。

アリゾナ州知事は TSMC と労組の間に「現場安全パートナー新協議」を設置させ、企業の職業安全と健康部門による監督、現場監督と労働者訓練の強化に関する協議を要請した。当然、TSMC は現場安全を一貫して重視しており、2021 年の着工後に死亡事故は一切なく、米連邦政府の標準安全措置基準よりも優れた実績となっている。しかし、米国の労働者は規律を遵守せず、休憩時間に設備の下に寝転んでスマートフォンを使ってゲームをしていた。TSMC の台湾の場合、スマートフォンを現場に持ち込むだけで即座に「クビ（解雇）」である。サムスン電子西安工場では中国人労働者がスマートフォンを持ち込み、その後、中国の他社に対し西安工場のレイアウトのコピーは渡ると言った産業スパイ事件が発生したことで知られる。

TSMC のアリゾナ進出後、現地のマリコパ郡コミュニティカレッジは、10 日間の課程に対する学生募集に次のような宣伝文句を書いた。「経験不問、申請費 15 ドル、学費 291 ドル、修了後の平均年俸は 4 万 3000 ドル

（技術作業員）」。この宣伝文句からも、技術作業員の不足が深刻であることが窺える。

アリゾナ工場にTSMCが派遣するトップには王英郎（TSMC序列13位）副総経理が決まった。氏はTSMCの線幅10nm、7nmと5nmの先端製造技術による量産化を推進し、283件以上の特許を擁した台湾交通大学博士である。

TSMCの海外工場の量産化開始予定は、熊本菊陽工場は2024年、アリゾナ工場は2025年に遅延（？）し、ドイツのドレスデン工場は2027年とされている。熊本工場は、TSMCの計画通りに着実に進むが、アリゾナ工場は熊本工場よりも約1年前に決定し工場建設を開始したが、量産化は熊本工場よりも遅れると言われている。

〔参考文献〕

- 朝元照雄「TSMC フェニックス工場の設備搬入式典：線幅3nm ウエハーに追加投資も」世界経済評論 Impact No.2786, 2022年12月19日。
- 朝元照雄「TSMC の人材戦略」世界経済評論 Impact No.2645, 2022年8月22日。
- 朝元照雄「TSMC の熊本進出決定：決算報告会で何を語ったのか？」世界経済評論 Impact No. 2344, 2021年11月18日。

なぜ TSMC は熊本に進出するのか

：熊本工場が現地にもたらした役割

朝元照雄

(九州産業大学 名誉教授)

2023.10.02

「なぜ TSMC は熊本に進出するのか」。答えは「日本政府からの要請に
応えるため」である。1980 年代、日本の半導体は世界シェアで 80% 台を
有したが、その後、競合する他国が台頭し、今ではすっかり“凋落”してし
まった。それを“挽回”しようと、総投資額 9800 億円のうち 4760 億円を補
助し TSMC を誘致した。

なぜ TSMC は九州の熊本を選んだか。それは、九州が“シリコンアイラ
ンド”と呼ばれる半導体関連産業の集積があるためである。九州には大小
の約 1000 社の半導体関連企業があり、そのうち、200 社以上が熊本県に集
中している。九州各県の代表的な半導体関連の大企業は、福岡県の三菱電
機、ローム、大分県の東芝、ソニー、佐賀県と長崎県の SUMCO、熊本県
のソニー、東京エレクトロン (TEL)、ルネサス、宮崎県の旭化成、鹿児
島県のソニーなどがある。そして、『日本経済新聞』(9月25日付)は、
三菱ケミカルはフォトレジスト向け高分子素材の新工場を福岡県に設け、
数十億円を投資すると報じた。これは TSMC の熊本工場に原料供給のため
に設けるものである。TSMC の合併企業 JASM 熊本工場の周辺にはソニー、
TEL のほか、重要な顧客とサプライヤーが林立し、この集積効果も熊本が
選ばれた理由の一つであろう。

また、熊本では清潔な水が豊富に供給される。綺麗な水はウエハー製造
中に発生した雑質の洗浄に使われる。台湾では 2021 年は台風が 1 度も上
陸せず、多くのダム貯水量は 10% 未満に下がった。台風は大きな災害を
もたらすため、決して歓迎されるものではないが、ダムに大量な貯水をも
たらすのも事実だ。台湾政府は家庭用水と工場用水を確保するために、農
業の灌漑用水の停止で調整をはかった(農家には援助金を提供)。台湾の
高率の経済成長率を維持するには、半導体の増産が不可欠であるが、半導
体工場は大量の水を消費する「水食いマンモス」でもある。台湾の多くの
人々は、水不足が長期に続くと半導体製造に悪影響を及ぼすと心配するほ

どだ。熊本の持つ極めて有利な条件とは、水源の 100%は地下水によるもので、熊本の周辺に多くの河川、湖、湧き水などから豊富な水が供給されている。環境省の「名水百選」のうち熊本は 4 つの水源を擁している。熊本の水資源が豊富で、半導体サプライチェーンが完備され、かつ、台湾との距離が近いなどの利点を総合的に考慮すると、熊本への進出がベストの選択になった訳だ。

日本の取り組み

日本政府が TSMC を必要とするのは、コロナ禍で半導体が不足し、自動車工場などが操業停止となったことへの危機意識によるものである。一方、TSMC にとっての日本は注目に値する「半導体関連大国」である。国別半導体製造装置の世界シェア（2020 年）を見ると、1 位の米国は 35%、2 位の日本は 31%、3 位の EMEA（Europe, the Middle East and Africa）は 22%、4 位の中国は 9%、5 位の韓国は 2%、6 位の台湾は 1%となっている（野村証券のデータによる）。また、半導体部素材（ウエハー、レジストなど）の世界シェアでは、1 位の日本は 48%、2 位の台湾は 16%、3 位の韓国は 13%、4 位の EMEA は 10%、5 位の米国は 9%、6 位の中国は 3%である（日本の材料メーカーのデータによる）。半導体製造装置と半導体部素材の双方において日本の市場シェアは大きく、TSMC の日本進出は半導体産業サプライチェーンの川上段階で半導体製造装置と部素材に接近できる契機でもある。

TSMC の熊本への進出が決まった後、工場が設置される熊本菊陽町は産業用地の整備と建物の建設のため、24 時間フル稼働状態だ。日本政府は一日も早く量産化体制に移行することを期待している。TSMC の熊本への進出発表後、半導体サプライチェーン関連の企業が芋づる式に次々と熊本に進出するようになり、経済の乗数効果が発揮されるようになった。産業用地の問題を解決するため、熊本県は 2026 年度に合志市、菊池市に工業団地を開設し、熊本市、八千市、合志市、玉名市、益城町、大津町、西原村などにも継続的に工業団地を設置することとしている。

熊本大学（小川久雄学長）は 2022 年度から半導体専門課程を開設し、新学部に対応する「情報融合学環」を 2024 年から設置する。前者の動きは大学創立以来 75 年ぶりの新しいカリキュラムであり、後者も創立後初の新学部の設立である。この「情報融合学環」は、データサイエンスをベースに、これからの社会課題と企業課題に取り組む 2 つのコースが用意され

る。社会と自分をトランスフォーメーション（変換）し、挑み続けるための学びを提供する。加えて今年9月、工学部に「半導体デバイス課程」を開設した。一方、熊本高等専門学校は九州、沖縄の9つの高専と協力し、半導体関連の課程を開講し、クリーンルームも設置する。そして、TSMC 所在の菊陽町に設けられた「県立技術短期大学校」も2024年に「半導体技術科」を開設した。同校は2年制大学に相当する職業能力開発短期大学校であり、卒業後に4年制大学に編入も可能になる。そのほか、人材派遣企業はトレーニング施設を整備し、半導体の専門人材を積極的に育成する。

九州地域の取り組みを見ると（1）半導体産業の重要性和魅力を発信し、学生と社会人における半導体産業に対する意識や企業における採用活動の実態などに関する調査を実施する。（2）半導体人材を育成する仕組みを創る。高専における半導体概論等を開設し、教員向けの企業研修会も開催、半導体とデジタル研究教育機構の開設、大学（熊本大学）の設備を通じ実践的な研修の実施、学生向けの出前授業・インターンシップの実施など、各自の取組を実施するなどとなっている。

「百年一遇」のチャンス

熊本県にとってTSMCの進出は、「百年一遇」のチャンスと言っても過言ではない。TSMCの熊本工場の着工後、半導体関連サプライチェーン企業の熊本進出や、工場を拡大すると表明した企業数は80社に達する。菊陽町の人口は約4万人であるが、2023年8月、TSMCの従業員とその家族約600人が熊本に移住し始めた。就労人口もTSMCの雇用数1700人を含むと計7500人に達する。熊本県の計画によると、今後10年間の半導体関連産業の生産額は2022年の2.3倍の約2兆円に達する。熊本金融機構・肥後銀行傘下の地方経済総合研究所の予測によると、今後10年の経済効果は4兆3000億円に達し、それはTSMCの工場投資、関連企業の進出、新しい団地の開発、住宅建設、就業人口の増加に伴う消費の増加などによるものである。

2023年7月、TSMCは第2工場も「熊本に優先的に投資」と発表した。菊陽町のTSMC第1工場の東側の土地は、もともと小麦と大豆を栽培する先祖伝来の土地で、地主はTSMCへの売却に難色を示した。しかし、TSMC効果で熊本の経済活動が活気に溢れて来たことに感動し、「町の発

展のため、日本の幸せのために町に協力する」と述べ、政府の計画に全面的に協力するようになったという。

TSMC の初任給（月給）は、大卒で 28 万円、修士で 32 万円、博士で 36 万円であり、賞与は 2 回で、それぞれ基本給の約 2 カ月が支給される。具体的な一例として、求人サイド Regional career（リージョナルキャリア）が掲載した「募集職種技術系（設備機器エンジニア、ESH エンジニア、インテリジェンス・マニファクチャリング、エンジニアなど）」の採用人数は 101～200 名である。大卒給与の 28 万円は地元の平均 20 万円よりも遥かに高く、初年度の年収は 600～1200 万円に達すると見ている。優遇された給与のため、他社から TSMC に転職するケースも見られた。就労人口が増え、住宅のニーズ、交通渋滞の対策の必要性も高まった。2023 年 9 月 19 日には土地取引の目安となる「基準地価」が発表された。7 月 1 日時点の前年比で熊本大津町の商業地の上昇率は、全国トップの 32.4%増である。これも「TSMC による経済効果」であろう。

〔参考文献〕

- 「熊本大学の取組について」第 3 回デジタル人材育成推進協議会資料，2023 年。
- 「デジタル推進人材育成の取組について」経済産業省商務情報政策局，2023 年。
- 「九州半導体関連企業サプライチェーンマップ」経済産業省九州経済産業局，2023 年。

Mate60 Pro ショック

：なぜ中国は米国の半導体規制を突破したのか

朝元照雄

(九州産業大学 名誉教授)

2023.11.06

中国・華為技術（ファーウェイ・テクノロジーズ）のスマートフォン Mate60 Pro が 7 nm チップを搭載したことで、米国の半導体規制を突破したのではないかと大きな論議を呼んでいる。カナダの技術・知財コンサルティング会社 テックインサイト（Tech Insights）は、このチップを解析し、報告書（66 ページ）を発表した。本稿ではこの報告書について紹介する。

Mate60 Pro に搭載されたチップは Kirin9000S で、昨年、華為傘下のファブレス企業のハイシリコン（海思）が設計し、中国最大のファウンドリー企業の中芯国際集成电路製造（SMIC）に委託し製造させた半導体が、搭載されたと考えられる。SMIC は昨年の時点で 7 nm（N+1）を開発し、これに 3 デンシティ（トランジスタの集積密度）を増やし、7 nm（N+2）として先端半導体 7 nm の設計能力に達したという。Kirin9000S から確認できた機能は、フルプロセスバージョン（完全な処理機能）を備えたことである。

Mate60 Pro から取り外された Kirin9000S の表面には「Hisilicon Kirin9000S」の文字が印字されている。これは、このチップを「ハイシリコン」が設計したことを示している。ところがその下に「2035」の文字がある。通常この意味は「2020 年第 35 週」に製造されたとの意味である。しかしこの可能性はない。なぜならば、この時点において SMIC は 7nm（n+2）の技術を持っていなかったからである。つまり、この番号は製造された時点を示していないことが推測できる。一方、Kirin9000S の 7 nm のサイズは、 107m^2 (平方ミリメートル) であり、米国の対中規制前に TSMC に委託製造させた「Kirin9000」の 5nm は 105m^2 のため、2% も大きい（当然、線幅 7nm のチップは 5 nm のチップよりも大きい）。識別できる特徴から見ると、ここまでで得られた結論は、Kirin9000S は SMIC によって製造された可能性が極めて大きいということである。

報告書に掲載された 7nm のダイ(die)の写真は、以前の SMIC の 14nm のダイよりも密度が高い。「ダイ」とは、半導体チップの製造工程で、円盤状の基板に回路パターンを焼き付け、賽の目状に切り分けて得られた一枚一枚のチップのことである。これに金属端子やプラスチックのカバーなどを取り付け封止（パッケージ）すると半導体チップになる。

この 7 nm のダイの線幅は前述の 14nm のダイより小さく、しかし、5 nm のダイまでには至らず、14nm と 5 nm の間のレベルである。多くの臨界次元（critical dimensions ; CDs）は 5 nm よりも劣り、おおよそ 7 nm のレベルに相当する。走査電子顕微鏡(SEM)による比例寸法によるゲートピッチ、フィンピッチ、半導体製造工程の後半部分（Back-end-of-line ; BEOL）などを測ると、7 nm チップの特徴を確認することができる。

2022 年にテックインサイツは SMIC の 7 nm (N+1) を測定し、この Kirin9000S に搭載した 7 nm (N+2) は、明らかに 7 nm (N+1) よりも優れているとしている。しかし、TSMC、サムスンやインテルなどの 7 nm チップより密度が低いことも判明した。

米国による対中規制のため、SMIC はオランダの ASML 社製の最先端 EUV（極端紫外線）露光装置を入手することができず、ASML 社製の DUV（深紫外線）露光装置を使って多重露光（multi pattern）方式で製造したと考えられる。多重露光は、リソグラフィを繰り返し露光することで、より細かい線幅の製造ができるが、良品率は高くない。この 7 nm (N+2) は昨年開発した 7 nm (N+1) と非常に類似していることも SMIC が製造したと結論付ける根拠の 1 つである。7nm (N+2) のチップがより小さく、ノード（node）の密度も 7 nm (N+1) より高い。「ノード」とは、「結び目」、「集合点」、「節」といった意味である。なお、SMIC の良品率は約 70%と言われているが、最も悪い見積もりでは約 50%だ。因みに業界の良品率の基準は 90%以上である。具体的な例を挙げると、今年 10 月半ばに発売されたアップルの iPhone15 Plus に搭載された A17 チップは、TSMC が最新鋭の EUV を使用して製造した 3 nm の先端半導体である。TSMC の試作段階当初の良品率は 50%台で、次第に 80%以上に向上させていった。

3 nm, 5 nm, 7 nm のチップは既に実際の物理的寸法との相関度がなく、TSMC、サムスンやインテルを問わず、自社のバージョンや編成番号によ

る定義である。チップの標準面積に搭載されるトランジスタの数を観察することで、どの水準に達したか判断することができる。具体的に言えば、インテルの 10nm のトランジスタの密度は 1.012 億/m², TSMC とサムスンの 7 nm のトランジスタの密度はそれぞれ 1.012 億/m²と 9120 億/m²に相当する。この場合、3 社のレベルには大きな差がない。インテルの 10nm チップの呼び名からは、TSMC とサムスンよりも遅れているイメージがあるため、後に「インテル 7」に改称するようになった。要するに、トランジスタの密度が、重要視されるようになった。

米国が中国の半導体製造技術を脅威と感じたのは、EUV 露光装置の対中輸出を制限すれば、中国の半導体製造技術は 14nm に留まり、7nm の技術水準は達成することができないと誤って判断したからだ。2018 年にアップルのスマートフォン iPhoneXS に搭載した A12 チップは、TSMC が DUV を使って 7 nm チップを開発し納入した。EUV がなくても、先端半導体を製造することができた前例があるにも拘わらず、米国は中国を侮って見ていたと言えよう。

なお、SMIC で 7 nm の開発に当たったのは元・TSMC 技師の梁孟松だ。同氏は「TSMC の R&D の 6 人組」（林本堅、楊光磊、蔣尚義、孫元成、梁孟松、余振華）の 1 人であり、「TSMC の裏切り者」とも呼ばれた。カリフォルニア大学バークレー校で電子工程博士号を取得し、博士課程の指導教授である胡正明は、半導体製造の Fin FET（魚のフィン（ヒレ）を立てたような構造の電界効果トランジスタ（FET））技術を開発した人物である。線幅 22nm～5 nm の半導体はこの技術が必要になり、梁孟松は胡正明教授の愛弟子の 1 人であることを考えると、同氏が 7 nm 製造技術の能力を有していることを疑うことはできない。

マスコミは、「Mate60 Pro ショック」との見出しで報道し、中国の 7 nm チップの国産化に驚くが、重要な点を報じていない。多くの論者が見落とした点は、次のことであると筆者は考えている。米国製の最新鋭の F35 戦闘機とミサイルは、ファブレス企業 AMD 傘下のザイリンクス（Xilinx）が設計し、TSMC に製造を委託した FPGA（設計者がフィールド（現場）で論理回路の構成をプログラムできるゲート（論理回路）を集積したデバイス）の 7 nm 半導体チップを搭載している。中国による 7 nm チップ開発で米国が脅威と捉えたのは、SMIC が製造した 7 nm チップを中国製の戦闘機やミサイルに搭載した場合、国防総省が急いで 3 nm 半導体

を開発し、既存の戦闘機とミサイルのバージョンアップを図らない限り、米国の優位性がなくなるためである。

[参考文献]

- Tech Insights,“Tech Insights Finds SMIC 7nm (N+2) in Huawei Mate 60 Pro” Sep.2023。
- 朝元照雄「半導体製造装置の対中輸出規制：オランダ・ASML と中国の技術力比較」世界経済評論 Impact No.2982, 2023 年 6 月 5 日。
- 朝元照雄「TSMC の“裏切者”か、中国半導体の“救世主”か：中国に渡った台湾人技術者—梁孟松と高啓全」世界経済評論 Impact No.2309, 2021 年 10 月 11 日。
- 朝元照雄「米“対中半導体規制”の強化か：地経学上の要請と AI 企業の苦悩」世界経済評論 Impact No.3025, 2023 年 7 月 10 日。

フレンドショアリング・台湾企業の対タイ大移転 ：米中対立と台湾企業の対中戦略の変化

朝元照雄

(九州産業大学 名誉教授)

2023.11.27

「フレンドショアリング (friend-shoring)」とは、同盟国や友好国に限定したサプライチェーンから調達する行為を意味する。民主主義陣営では、権威主義国家からの物質調達にかかる地政学的リスクを軽減し、友好国間でサプライチェーンを構築する方法としてこの用語が使われた。近年米国では、物資調達における脱中国を進めるため、商務長官ジーナ・レモンドがフレンドショアリングの推進を主張している。

台湾企業の対タイ投資

通常、海外直接投資 (FDI) を実施する前には、現地の政治、経済、社会、文化、風習に加え、投資額が多額に上る場合は為替リスクの検証を行うほか、土地、電力、マンパワー、天然資源、インフラなどの条件について評価を行う。蔡英文政権は 2017～18 年にかけて西向政策 (対中投資) から南向政策 (東南アジアや南アジアへの投資) への移行を奨励したが、その成果は大きくなかった。2019 年頃になると、南向政策の成果が出始め、2021 年以降は対東南アジア・南アジア向けの投資額は対中投資額を凌駕するようになった。この背景には、トランプ政権末期の米中貿易戦争による対中関税の引き上げや制裁、半導体サプライチェーンのデカブリング (分断)、クラウド上のデータ保全、地政学リスクへの考慮から、チャイナ・プラス・ワン (China + 1) や台湾・プラス・ワン (Taiwan + 1)、フレンドショアリングが要請されるようになったことがある。

東南アジア諸国は、それぞれの国に特色がある。タイについては、初期に日系自動車メーカーが進出し、その後、台湾の台達電子 (デルタ、電源とトランスシステムに特化した電子機器メーカー)、泰金寶科技 (タイ最大の電子製造サービス (EMS) 企業、金寶グループのタイ法人) などの電子分野やハイテク製品製造企業が進出するようになった。

タイは仏教国家で (人口の 92.5% は仏教徒)、国民は性格的に温和と言われる。例えば、殺生を嫌うため、庭で蛇を見つけても追い払うだけとい

う。過去には軍部によるクーデターが発生したが、政権交替レベルで国体をゆがめる事態には至っていない。大きな群衆デモによる流血事件や爆弾物を用いたテロ活動は極めて稀である。タイの3つの勢力は王室、国軍、民衆代表によってバランスが保もたれ、過去の混乱では国王が仲裁者となり、事態を收拾する役割を担ってきた。

一方、マレーシア、インドネシア、ベトナムなどでは「華人排斥暴動」が発生している。これらの国々では、社会不安を引き起こす問題があると、度々群衆によるデモが発生する。共通の背景には、少数の華人が大多数の経済資産を掌握しており、多数を占める他のエスニックグループとの間に貧富の格差が生じ、そのことへの不満が暴動に結び付いていることがあげられる。この点、タイはこのような「華人排斥暴動」は生じておらず、タイ進出にあたり評価される点であろう。

半導体産業や電子産業のサプライチェーンにプリント基板（PCB）は欠かせない存在である。近年、台湾のPCB企業のタイ進出が注目されている。タイのプラーチンブリー（Changwat Prachin Buri）、ムアンチャチューンサオ郡（Amphoe Mueang Chachoengsao）、チョンブリー（Chonburi）、ラヨー（Rayong）などには台湾企業が集積している。プラーチンブリーなどの地域は首都バンコクから東北側約 100 キロに立地している。タイを南北に流れるチャオプラヤ川はバンコクの北側を通るため、大雨の時には水没しやすい地域があるが、東北側の地域にあたるプラーチンブリーは比較的に地勢が高い。バンコクから北方に 60 キロほどに位置するアユタヤ（Ayutthaya）は、防洪壁によって洪水の進入を阻止されており、日系自動車メーカーの基地があった。しかし、2011 年には大規模な洪水が発生し、日系企業も甚大な被害を蒙った。現在、ホンダの工場は、アユタヤからプラーチンブリーに移設されている。

台湾のPCB企業のタイ進出は先述の China + 1 や Taiwan + 1 の動きを受けたことによる。タイはブーケットなどリゾートへの旅行がブームになっていて、「観光大国」となっている。一方、「農業大国」でもあるが、将来は「製造業大国」になる可能性を秘めている。タイの自動車産業は持続的に発展することが考えられ、特に今後は電気自動車（EV）へと発展すると考えられる。PCB 企業がタイに進出したあと、英業達（Inventec）が安価な人件費に着目し、サーバーの組み立て工場をタイに設けている。

台湾企業は、タイ進出に際し、洪水リスク、バンコク市内の交通渋滞など様々な事象を検証し、極めて高い適応能力を発揮している。台湾商人は「アメーバの如く、叩いても死なないゴキブリ（小さくて強い奴のたとえだ）」という表現があるように、勤勉で市場の変化に直ちに柔軟に反応できる習性を持ち、時代の趨勢に企業も直ちに合わせて変化する能力を持っている。

1990年代、台湾の電子企業の職員は職場に旅行用のトランクを備え、上司からの命令で直ちに上海に出張していた。今後は出張先としてタイが増えることが見込まれる。時差も大きな差がなく、食生活でも豊かなグルメ大国として台湾との共通点が多い。現地の幹部には華人・華僑（特に潮州系の2世や3世）の割合が多く、現地でのコミュニケーションの問題を解決してくれる頼りになる存在だ。台湾企業がタイへの駐在員を募集すると、多くの幹部は喜んで赴任する。派遣された幹部は手厚い給与のほか現地滞入手当が付き、現地の物価が安いため、初期に派遣された駐在員は台湾への帰国を希望せず、現地で豪邸を購入し、運転手、家政婦を雇い、子女はインターナショナルスクールで勉学し、卒業後にはアメリカやイギリスに留学している。今後、フレンドショアリングによる新しい潮流が生まれると、台湾とタイとの関係は一層緊密化してゆくと考えられる。

[参考文献]

- 朝元照雄「プリント基板製造企業の新しい動向：“チャイナ・リスク”による“タイ・シフト”の加速」世界経済評論 Impact No.2756, 2022年11月21日。

TSMC がライバルに勝った理由

： UMC, IBM, インテル, サムスン電子

朝元照雄

(九州産業大学 名誉教授)

2023.12.11

TSMC vs UMC

周知の通り、TSMC（台湾積体回路製造）は世界最大のファウンドリー企業である。聯華電子（UMC）は 1980 年に工業技術研究院（ITRI）からスピンオフし、TSMC は 1987 年に同じく ITRI からスピンオフした。そういう意味で、UMC は“長男”で、TSMC は“次男”である。設立後、UMC は IDM（垂直統合型）ビジネスを採用し、TSMC は設立時から一貫してファウンドリーをビジネスの方針に定めた。“次男”の TSMC はファウンドリー・モデルが結実し、業績も伸び、“長男”である UMC を凌駕するようになった。

ファブレス企業が IDM 企業に半導体の製造を委託する場合、自社の機密が IDM に連なる企業などに流出し、模倣されるリスクが生じる。そのため、UMC の曹興誠 CEO は、自社を分社化するアイデアを考えた。

1995 年に生じた半導体の供給不足により、UMC は僅か 3 カ月の間に 10 数社のファブレス企業から共同出資のオファーを受けた。これにより、1997 年に UMC は IDM からファウンドリーへとビジネスモデルの転換を図り、同時に設計部門の聯発科技（メディアテック）、聯詠科技（ノバテック）、聯陽半導体（ITE Tech）、聯傑國際（DAVICOM）、聯笙電子（AMIC テクノロジー）、智原科技（Faraday Technology）と盛群半導体（Holtek）のファブレス企業に分社化した。

また、米国、カナダなどのファブレス企業 11 社と共同出資し、8 インチのファウンドリーを手掛ける聯誠、聯瑞、聯嘉の 3 社を設立した。UMC の 3 社への出資比率はそれぞれ 35% で、技術料として別途に 15% の株を取得している。これにより、ビジネスモデルの転換による資金不足を解消し、顧客とその発注を維持することで、競争力を確保できると考えた。

その後、1999 年には、聯誠、聯瑞、聯嘉と合泰の 4 つのファウンドリー企業を合併（UMC の「5 合 1」と呼ばれた）し、UMC の生産能力は

TSMC の 85% にまで達し、いよいよ TSMC に追いつく距離にまで迫った。UMC がファウンドリービジネスに転換した時の世界市場に占める同社のシェアは 1 割未満であったが、「5 合 1」の合併によりシェアは 35% に増加した（ちなみに、当時の TSMC のシェアは 45%）。

他方、TSMC は 1999 年 12 月 30 日、テキサスインスツルメンツ（TI）とエイサーの合併企業である德基（TI-Acer）半導体の合併を公表。さらにそのわずか 8 日後に TSMC は 1 対 2 の持ち株の交換比率で世大積体回路製造を合併すると発表した。この合併により、TSMC と UMC との市場シェアの差はさらに拡大するようになった。後日談であるが、世大積体回路製造の創業者張汝京は元・世大の従業員 100 名以上を引き連れ、上海に中芯国際集成回路製造（SMIC）を立ち上げた。現在、SMIC は中国最大、世界第 5 位のファウンドリー企業までに成長した。

TSMC vs サムスンとインテル

2000 年、TSMC は 0.13 μ m（マイクロメートル）チップの開発成功によって、その後の技術的優位を確立した。それ以前の TSMC の技術について、林宏文の著書『晶片島上的光芒』は「購入、特許の譲与、ファブレス企業からの無償供与による」（268 頁）と指摘している。TSMC 設立時の技術は、工業技術研究院（ITRI）の 6 インチのウエハー技術の移転で、同技術も米国 RCA 社からの技術移転と ITRI の研究成果によって得られたものである。1987 年に TSMC が取得した特許技術は、フィリップス社の線幅 1.2 ミクロン（=1200nm）の製造特許であり、当時の世界最先端技術に比べるとおよそ 2 ～ 3 世代遅れていた。その後の 1 ミクロン（1000nm）と 0.8 ミクロン（800nm）は TSMC が自ら開発した技術である。

TSMC 研究開発所の所属の林茂雄の著書『摩爾旅程』によると、TSMC の顧客は生産能力の拡大のため、自社内部の貴重な技術を TSMC に供与していたと指摘している。具体的には、1990 年に TSMC が 0.8 ミクロン技術を開発した際、米国 VLSI 社は試作したチップの技術を無償提供した。また、1993 年に TSMC が 0.5 ミクロン技術を開発した際には、同じく米国の AMD 社が自社開発の 0.5 ミクロン技術の 486CPU（中央演算処理装置）製造に関し、自社の生産能力不足から TSMC に製造支援を要請、タングステンプラグ（Tungsten Plug）と化学機械研磨（CMP）の 2 つの貴重なプロセス・モジュール技術を無償で TSMC に供与した。林氏の著書によると、当時、インテルと AMD の 2 社が 486CPU チップのプロセス・モジュール技

術を持ち、互いに市場シェアを争っていた。TSMC では、このプロセス・モジュール技術を手に入れたことによって、0.6 ミクロンと 0.5 ミクロンの開発技術が大きく向上したという。その後、TSMC の“鶴の恩返し”による線幅 7 nm と 5 nm の CPU チップの製造によって、AMD の業績は持続的に向上した。TSMC は 1994 年には数百万ドルでヒューレット・パッカード（HP）から 0.35 ミクロンの 64K SRAM のクラウドにデータを保存する技術を購入したと林氏の著書で述べている。

2000 年に 0.13 ミクロン銅製造プロセス技術を開発する際、TSMC は IBM の技術を購入しようと考えたが、IBM は自社工場での試作にこだわったため、TSMC は自社開発を決めた。その後、IBM は UMC、インフィニオン・テクノロジーズ（Infineon）、サムスン電子、AMD（のちのグローバルファウンドリーズ（GF））などで半導体開発連盟を組織した。最終的に、TSMC が世界初の 0.13 ミクロン銅製造プロセス技術を開発し、IBM 連盟チームは 2 年後に開発に成功、さらにその後になってから開発した企業もあった。

なぜ TSMC が世界で初めて 0.13 ミクロンの量産化に成功したのか。蔣尚義総指揮（当時）によると、TSMC が前世代の 0.18 ミクロンを開発時に用いた Low-k（低誘電率）材料の HSQ（水素シルセスキオキサン）は、試作段階では良かったが、量産化になると良品率が芳しくない。対する IBM は HSQ に類似した技術の SiLK 材料を採用したが、TSMC は失敗の経験を踏まえて、より適正な材料選びに注力した結果、世界でいち早く 0.13 ミクロンの開発に成功し、業界をリードすることができたという。また、TSMC の先端封止技術の第 1 人者である余振華によると、TSMC の R&D には特に難しい理屈はなく、基本的な研究を確実に行き、直接的・間接的な全ての証拠を詳しく分析し、プロジェクトを丁寧に進め、理性的な分析を行えば時間の無駄を省けると指摘している。0.13 ミクロンの量産化に成功した開発のキーマンは「TSMC の R&D 6 人組」（林本堅、楊光磊、蔣尚義、孫元成、梁孟松、余振華）だ。IBM などを追い越した後、TSMC では自社開発を原則に研究が進められた。

2005 年、TSMC の創業者張忠謀（モリス・チャン）は最高経営責任者（CEO）の地位を蔡力行（リック・ツァイ）に渡した。しかし、2008 年の世界金融危機による不況で、TSMC の受注が大幅に減少するようになると、蔡力行は当時の先端半導体の線幅 0.13nm（ナノメートル）半導体の製造装

置の購入を緩め、社内に業績制度を導入、業績の悪い従業員 5 % をリストラした。しかし、リストラされた従業員がデモ抗議活動を展開するなど混乱が生じたため、引責した蔡は更迭され、モリスが再び CEO に返り咲いた。

2009 年 6 月、モリスは資本をそれまでの 2 倍の 59 億ドルに増資した。これにより、ライバル他社との市場シェアの差は更に拡大した。2009 年は世界的な不況であったが、翌年からの世界景気の回復で、半導体業界は年間 31.8% の高い成長を果たした。そして、モリスの決断で線幅 28nm 半導体製造過程へ大規模投資を実施、28nm 半導体の市場シェアの 8 割を TSMC が掌握するようになった。

2014 年 12 月、サムスン電子は線幅 14nm の Fin FET 技術のチップの試作に成功し、線幅 20nm 技術を飛び越え直接的に 14nm 技術を開発し、1 年後には量産化を開始することになる。当時、TSMC は線幅 16nm 半導体の量産化を始め、ライバルのインテルも 10nm 技術の R&D を開始し、各社は TSMC の牙城に挑戦するようになった。

TSMC は全社的に次世代の 10nm 半導体チップ開発に取り組み、これに応戦するようになった。モリス会長がリーダーシップを取り、半導体 R&D 部門初の「夜鷹プロジェクト」を開始した。このプロジェクトに 400 数人の R&D メンバーを集め、深夜当直者には「基本給 3 割増、ボーナス 5 割増」の優遇な条件を提出し、24 時間に 3 交替の体制で R&D を推進し、2016 年にサムスン電子とインテルを越えて、世界初の 10nm の量産化を目指した。このプロジェクトの成功で TSMC はアップルの iPhone6S 搭載の A9 チップを供給できた。同時に供給されたサムスン製造のチップは高温の熱を発するトラブルにより、TSMC 製の性能に軍配が上がった。そのため、2016 年の iPhone7 の A10 チップは全数が TSMC からの供給になり、それ以降の iPhone 搭載の線幅 7 nm, 5 nm, 3 nm の半導体チップは全て TSMC 製だ。「夜鷹プロジェクト」による成果は、明らかにライバルとの間に大きく差を生じさせる結果となった。TSMC の次の目標は、システムの統合であり、独創的な 3D 封止技術によって再び世界の王者の座を占めることを目指す。

[参考文献]

- 朝元照雄『台湾の企業戦略』勁草書房，2014年，第1章「台湾積体電路製造（TSMC）の企業戦略」。
- 朝元照雄「なぜ，TSMC が世界最大のファウンドリーになったのか」世界経済評論 Impact No.2713，2022年10月17日。
- 朝元照雄「TSMC の“裏切者”か，中国半導体の“救世主”か：中国に渡った台湾人技術者—張汝京と蔣尚義」世界経済評論 Impact No. 2303，2021年10月14日。
- 林宏文『晶片島上的光芒』早安財經文化，2023年。
- 林茂雄『摩爾旅程』白象文化，2023年。

“赤いサプライチェーン”は台湾企業を代替できるのか ：ブルー・オーシャンを追求する台湾企業

朝元照雄

(九州産業大学 名誉教授)

2024.01.22

2023 年 7 月、台湾の緯創資通（ウィストロン）は、中国の EMS（電子機器受託製造サービス）トップと言われた立訊精密工業（ルクスシェア・プレシジョン・インダストリー）の全持ち株を売却し、55 億台湾元の損失を計上した。どのような事情があったのか、本稿では企業情報を基に解説を試みる。

ウィストロンは、もともとパソコン大手の宏碁（エイサー）の製造部門であり、設計と製造の分社化によって、2000 年 12 月にブランド企業のエイサーと EMS のウィストロンに分けられた。他方、ルクスシェアは 2004 年に、世界最大の EMS である台湾企業の鴻海（ホンハイ）の中国法人「富士康」で働いていた王來春と兄の王來勝が広東深圳で創業した企業で、ビジネス戦略は鴻海を真似たことによって「小さな富士康（鴻海）」とも呼ばれていた。

台湾ではかねてから中国のサプライチェーンを“赤いサプライチェーン（赤色供給鍵）”という言葉でメディアなどが使ってきた。米中対立が顕在化して以降、中国の製品製造・流通にかかわるサプライチェーンは警戒感をもたれ、企業の中国投資引き揚げなどの動きと相まって中国以外に供給網を構築する「非赤色供給鍵」（非中国のサプライチェーン）の動きが活発化している。こうした中、アップルのティム・クック CEO は、2016 年と 2023 年 10 月にルクスシェアの工場を訪問した。同工場は Apple Watch などを製造している。アップルは台湾の鴻海、ウィストロン、華碩（エイスース）の製造部門から分社化した和碩聯合科技（ペガトロン）などのほかに、ルクスシェアなどを育成し、製造の委託コストダウンを図っている。ルクスシェアは、アップルの“赤いサプライチェーン”の中核企業である。

“赤いサプライチェーン”の台湾企業買収

2020 年 7 月、ルクスシェアは、33 億人民元（約 505 億円）でウィストロン傘下の緯新資通（昆山）と緯創投資（江蘇）の 2 つの工場を買収した。

代わりに、ウィストロンは 30 億人民元でルクスシェアの株 0.81%を取得した。冒頭で述べたウィストロンが売却したルクスシェアの持ち株である。

また 2020 年 8 月，“赤いサプライチェーン”のスマートフォン用ガラス製造の藍思科技（レンズ・テクノロジー）は、台湾の金属筐体製造企業である可成科技（キャッチャー・テクノロジー）傘下の中国拠点である可勝科技（泉州）と可利科技（泰州）の 2 社を 14 億 3000 万ドルで買収した。

ルクスシェアは、アップルのワイヤレスイヤホン「AirPods (エアポッズ)」の委託製造を請負ったことを皮切りに、同社の“赤いサプライチェーン”になった。2020 年には、初めて iPhone の製造を委託されている。ルクスシェアとレンズ・テクノロジーが台湾企業を買収したことは、アップルの iPhone 事業に参入するための条件整備であった。ルクスシェアのこれらの買収ニュースが台湾で報じられると、台湾のサプライチェーンは“赤いサプライチェーン”に呑み込まれたのかと危惧されるようになった。また、ウィストロンは 2017 年、インド南部の IT 産業集積地であるベンガルール近郊に iPhone の組立工場を立ち上げていた。同工場では 2020 年 12 月に暴動が発生するなどしたが（Impact No.1989）2023 年 10 月に、インド財閥のタタ・グループに 1 億 2500 万ドルで売却しており、ウィストロンの経営環境が悪化しているのではないかと懸念された。

ブルー・オーシャンを追求する台湾企業

しかし、ウィストロンの経営環境の悪化は、少なくとも株価から見ると杞憂であったと言える。ルクスシェアの株を取得した 2020 年 7 月、ルクスシェアの株価は 1 株が 53 人民元であった。2020 年 10 月には 1 株 61.44 人民元とピークに達したものの、その後の株価は漸減し、2023 年 7 月 26 日には遂に 1 株 32.01 人民元と、最高値時の約半分にまで下落した。ルクスシェアのこれからの事業に期待できないと判断したウィストロンは 55 億台湾元の損失を蒙っても放出したというのが実情だ。

他方、中国の 2 つの工場の売却とルクスシェアの持ち株を取得した 2020 年 7 月のウィストロンの株価は、1 株約 30 台湾ドルであった。2023 年 7 月には 1 株 156.50 台湾ドルと約 5 倍にまで上昇した。これは、同社がより付加価値の高い生成 AI 関連製品の AI サーバー（クライアントと呼ばれるコンピュータ）、電気自動車（EV）の充電スタンド（地上設置型の充電装置）に事業転換したことによるものである。要するに、ウィストロンはアップルの“赤いサプライチェーン”における熾烈な価格競争による「レッ

ド・オーシャン」から、独自技術で高付加価値を追求する「ブルー・オーシャン」へ転換できた訳である。

ウィストロン傘下の緯穎科技（Wiwynn）は Nvidia から生成 AI 向けの AI サーバーの「H100」の生産を受託、台湾の3つの工場の建設拡大を行い、メキシコ工場も 2024 年 1 ～ 4 月期に生産が開始する。

ルクスシェア以外の“赤いサプライチェーン”についても考察してみよう。筐体を製造するレンズ・テクノロジーが、台湾のキャッチャー・テクノロジーが中国に設けた2つ企業を買収した時、株価は1株約 50 人民元であったが、2023 年 7 月 26 日の時点では 12.07 人民元と、僅か 4 分の 1 以下にまで下落した。また、著名な“赤いサプライチェーン”の歌爾声学の 2021 年 12 月の株価は 1 株 58.43 人民元であったが 2022 年 2 月には 43.79 人民元に下落した。

次に鴻海（富士康）が iPhone の製造委託を受けた際、金属筐体製造を担当する傘下の「鴻準精密工業」と、ルクスシェアが受託した場合のレンズ・テクノロジーなどの筐体製造企業の市場シェアを見てみよう（出所：モルガン・スタンレー）。

2018 年から 2022 年の鴻準精密工業の市場シェアは 73%，64%，60%，73%，67%であるのに対し、キャッチャー・テクノロジーは 21%，26%，23%，（レンズ・テクノロジーの買収後は）6%，13%，ケーステック・ホールディングスは 2018 年から 22 年まで実績がなく、ルクスシェアの買収後の 22 年は 6%，その他（米国のジェイビル（Jabil）を含む）は 5%，9%，17%，19%，16%のようになっている。

2022 年の“赤いサプライチェーン”企業のレンズ・テクノロジーとルクスシェアの買収後の市場シェアの合計はわずか 19%であり、買収前のキャッチャー・テクノロジーの 2020 年の市場シェアの 23%にも及ばない。

鴻準精密工業のスマートフォン筐体製造の強みは、①ステンレスの価格で主導的地位を確保、②筐体表面のアルマイト（陽極酸化処理）技術に優れている、③筐体加工処理の良品率が高い、④早くからアルミやステンレスの基礎材料に研究費を投入し、コンピュータ数値制御（CNC）工作機械は 1 万台以上を保有。規模の経済効果を発揮し、ライバルのキャッチャー・テクノロジー、米国のジェイビルを凌駕し、iPhone の筐体の 6 割以上の市場シェアを保持している。

これまで台湾企業がスマートフォンの受託製造で指導的な地位を保っている理由は、筐体産業で多額（数百億円から数千億円）の資本を継続し投下、CNC 工作機械を数千台単位で新規取得していること。また、長期間に亘る技術の累積がなされている点である。

鴻海の劉揚偉会長は「製品 1 つを作ることは簡単であるが、1000 個を作ると話は別だ。1000 万個作るのはさらに別の次元の難易度がある。今後私たちのライバルは、これらの困難を経験するようになる」と指摘した。TSMC の創業者の張忠謀（モリス・チャン）は「台湾企業が最も優れているのは良品率である。世界最大規模の製造を担う台湾企業の地位を代替することは難しい」と述べた。

アップルの最も高価なスマートフォンである iPhone13 Pro Max と iPhone14 Pro Max の国別で稼得金額比を見ると（出所：Nikkei Research）、米国が 22.6%と 32.4%、韓国が 30.4%と 24.8%、日本が 14.5%と 10.9%、台湾が 8.4%と 7.2%、中国が 4.5%と 3.8%、その他が 19.6%と 20.9%である。米国一国が独り勝ちで、日韓台中のいずれも分け前が減少していることがわかる。これもウィストロンが、脱“アップルサプライチェーン”の路線に転換したことの要因であろう。

〔参考文献〕

- 朝元照雄『台湾企業の発展戦略』勁草書房、2016 年、第 4 章「エイサー（宏碁）」。
- 朝元照雄『台湾の企業戦略』勁草書房、2014 年、第 3 章「鴻海（ホンハイ）の企業戦略」。
- 朝元照雄「インドへの海外直接投資のリスク：緯創資通（ウィストロン）のケース」世界経済評論 Impact No.1989, 2020 年 12 月 21 日。
- W・チャン・キム, レネ・モボルニュ著（入山章栄・有賀裕子訳）『〔新版〕ブルー・オーシャン戦略』ダイヤモンド社、2015 年。

地経学下，台湾企業の対中戦略の新展開

：フレンド・ショアリング，ペガトロンの選択

朝元照雄

（九州産業大学 名誉教授）

2024.01.29

米中対立以降，世界のサプライチェーンは，中国を主軸とする“赤いサプライチェーン”とフレンド・ショアリングによる“非中国のサプライチェーン”の2つの陣営に分けられるようになった。このような地経学の要請に応じ，台湾企業は東南アジアやインドに生産拠点を移転・設置するようになり，中国の生産拠点を“赤いサプライチェーン”の中国企業に売却するようになった。この新しい展開による台湾企業の対中戦略の変化は，和碩聯合科技（ペガترون）でも緩やかであるが，脱中国の動きとして見ることができる。本稿は，前掲のコラム（[No. 3253](#)，[No. 3266](#)）の続編であり，合わせて読んでいただきたい。

パソコン大手の華碩（エイスース）の製造部門から分社し，EMS（電子機器製造受託サービス）の業務を行うのがペガترونである。もともとエイスースの4人の創業者は，パソコン大手のエイサー出身のため，エイサー（ブランド企業としてのエイサーとEMSの緯創資通（ウィストロン）の分社化）を参考にして類似の経営方法を採用している。

ベトナムとインドの投資

まず近年のペガトロンのベトナムとインドへの投資について紹介する。

2020年2月，ペガترونは45億台湾ドルを投じてベトナム工場の建設に着手，以降，2022年9月までに同工場に3期に分けて増資した。その後，2023年12月にはハイフォン（ベトナム第4の都市で北部最大の港湾都市）の工場と宿舍の建設に20億1400万台湾ドルを再び投資した。

一方，2021年2月，同社は南インドの東側コロマンデル海岸沿いベンガル湾に面するタミル・ナードゥ州の州政府と投資に関わる覚書を交わし，州都チェンナイ近郊の工業団地にアップルのiPhone向け組立工場を設置した。投資額は42.9億台湾ドルで，最終的には1万4000人を雇用予定である。これによりペガترونは，ウィストロン，鴻海（ホンハイ）に次ぐインド進出の台湾大手EMS企業となった。2022年11月にはPhone14 Plusの

生産を開始、売り上げは好調で、インド進出はペガトロンの経営に有益と見られている。

中国の工場売却

続いて、ペガトロンの中国工場売却の動きについて見てみる。

2020 年 9 月、ペガトロンは、傘下の金属筐体製造の鎧勝控股（ケーステック・ホールディングス）を 145 億台湾元で買収し、100%の子会社にした。同時に、ペガトロンは同社を中国大手 EMS の立訊精密工業（ルクスシェア）に 25 億 2700 人民元で売却し、合わせてルクスシェアの持ち株を 0.57%に増やした。ケーステックは iPhone の金属筐体を製造する企業である。

2023 年 12 月、ペガトロン傘下の iPhone 組立工場の「昆山世碩電子」の持ち株をルクスシェア傘下の立臻精密智造（昆山）に 94.79 億台湾ドルで譲り、持ち株をそれまでの 100%から 37.5%まで減少させた。これにより、ルクスシェアは昆山世碩電子の経営に大きな影響力を持つようになった。同時に、ルクスシェアは米国の Qorvo 社を買収し、RF（無線周波）チップ事業にも参入した。

中国における製造版図の変化

“赤いサプライチェーン”の躍進は、iPhone の組立業務の勢力図を大きく変化させた。iPhone 組立工場の「昆山世碩電子」の売却前（2023 年）の中国拠点の ESM による市場供給シェアを見てみよう。

- (1) iPhone15, 6.1 インチ（鴻海 45%, ルクスシェア 45%, ペガトロン 10%）
- (2) iPhone15 Plus, 6.7 インチ（ペガトロン 50%, ルクスシェア 50%）
- (3) iPhone15 Pro, 6.1 インチ（鴻海 88%, ペガトロン 12%）
- (4) iPhone15 Pro Max, 6.7 インチ（鴻海 85%, ルクスシェア 15%）

「昆山世碩電子」の売却後、ペガトロンのシェアはルクスシェアに移り、ルクスシェアは鴻海に続く「アップル・サプライチェーン」の第 2 のサプライヤーに躍進した。

ペガトロンは「昆山世碩電子」（のちの立臻精密智造（昆山））の37.5%の持ち株を保持しているため、完全な「脱中国」には至っていない。アップルからすればペガトロンは依然重要なサプライヤーであるが、地政学や地経学のリスクに触れたくなく、鴻海のほかに“赤いサプライチェーン”のルクスシェアを育成し、中国市場でのプレゼンスを維持している。

こうしたペガトロンの動きについて、同社の米国など非中国市場に供給する製品は、“非中国のサプライチェーン”であるインドやベトナム工場での組立に力点を置き、米国などによるフレンド・ショアリングに、より強く関与する方策をとったと筆者は考えている。また、ペガトロンの「中国を刺激しないで、緩やかにフレンド・ショアリングや「China + 1」の要請に対応する」という、新しい選択の結果と見ている。

このように地経学のリスクの中で、台湾企業も緩やかに「China + 1」や脱アップルの動きを示すようになった。ペガトロンはベトナムに進出したあと、マイクロソフトと Alphabet（Google の親会社）から AI サーバーの製造委託を受けることができた。中国の工場（昆山世碩電子など）を使うよりも地経学のリスクを受けないで済むことがその背景にあらう。

アップルが中国で製造委託している事案は、「MR メガネ」でペガトロンからルクスシェアに、パソコンの「MacBook」は広達電腦（クアンタ）と鴻海（中国法人名称は富士康）から聞泰科技（ウイングテック）に、「iPad」は仁寶電腦（コンパル）から比亞迪（BYD）に、「アップルウォッチ」と「エアポッズ」は、英業達（インベンテック）とクアンタからルクスシェアと歌爾声学（ゴアテック）と言った“赤いサプライチェーン”に移るようになった。

台湾の大手EMS各社の売上高に占める「アップル・サプライチェーン」の比重は、ペガトロン（60.6%）、クアンタ（55.6%）、鴻海（富士康、50.2%）、ウイストロン（19%）、インベンテック（3.7%）までに減少しているが、完全な「脱アップル」には至っていない。

以上、本稿では、台湾企業の独壇場であった「アップル・サプライチェーン」が、フレンド・ショアリングの要請に応えた台湾企業が、ベトナムやインドなどに製造拠点を移し、同時に中国の製造拠点を“赤いサプライチェーン”に売却することで、“赤いサプライチェーン”と“非中国のサプライチェーン”の差別化を進めている現状を明らかにした。

台湾企業が中国の地方都市昆山で起こした繁栄の“奇跡”を、東南アジアやインドで再び起こすか、また、東南アジアやインドが新しい“世界の工場”に躍進するかなど、今後の展開から目を離すことができない。

[参考文献]

- 朝元照雄「赤いサプライチェーン”は台湾企業を代替できるのか：ブルー・オーシャンを追求する台湾企業」世界経済評論 Impact No.3266, 2024 年 1 月 21 日。
- 朝元照雄「中国からの撤退“It’s Moving Time”：台湾企業対中戦略の変化」世界経済評論 Impact No.3253, 2024 年 1 月 15 日。
- 朝元照雄『台湾の企業戦略』勁草書房, 2014 年, 第 5 章「華碩（エイーステック）の企業戦略」。
- 朝元照雄『台湾の経済発展』勁草書房, 2011 年, 第 5 章「ノートパソコン産業における台湾企業の役割：OEM・ODM 企業群による“Made in China by China”の様相」。

“春江水暖鴨先知”から“寒江水冷鴨先知”

：“Chiwan”から脱中する台湾企業

朝元照雄

（九州産業大学 名誉教授）

2024.02.05

「春江水暖鴨先知」（春江 水暖にして 鴨先ず知る）は、北宋の詩人蘇軾の「惠崇春江曉景」（惠崇の描いた『春江曉景』画）を詩に詠んだ中の一節である。南方の地に越冬した渡り鳥の鴨が、春が来て江川の水が暖かくなり、北方の地に戻る季節が来たことを、水面にいる鴨が先ず知ることを意味している。逆に表題の「寒江水冷鴨先知」は、冬寒波の到来で、北方の棲息地にいた渡り鳥の鴨が、南方の地に渡る季節を知ることの意味している。

しかし、本稿における「寒江水冷」は、米中対立を意味している。中国の経済悪化や「反スパイ法」の強化により恣意的に外国人を逮捕できる投資環境の悪化を意味し、「鴨先知」とは台湾企業を含む外資系企業が先ずその危険のシグナルを感じ取り、中国ビジネスから撤退することを意味している。

本件について、『The Economist』（2020年11月1日付）の記事「なぜ台湾と中国の通商関係がほころび始めているのか（Why Commercial ties between Taiwan and China are beginning to fray）」は、台湾企業の対中投資が年々減少している事実を伝えている。

中国の鄧小平、江沢民および胡錦濤の改革開放時代に、台湾企業は積極的に中国に進出した。その結果、“Chiwan（チャイワン）”という中国（China）と台湾（Taiwan）をかけ合わせた造語が巷間で使われるようになった。“Chiwan”は“Made in China by Taiwan（台湾企業による中国での製造）”と同義で、台湾企業の中国での活発な活動を象徴する言葉でもあった。ところが、中国は南シナ海に人工島を次々と建造し、「戦狼外交」に象徴されるように周辺国に威圧の態度を見せるようになった。また、軍備に大量の資金を投入し、遼寧号空母（ソ連製の「ヴァリヤーク」を購入し改造した空母）、山東号空母、福建号空母など戦艦などを次々と建造、地政学的に米国の覇権に挑戦する動きを見せはじめた。

こうした動きを機敏に察知した台湾企業は、中国の製造拠点を重視し、さらにビジネスを延伸させる“チャイナ・プラス・ワン（China + 1）”から“デカブリング”や“フレンド・ショアリング”という「中国離れ」に大きく舵を切るようになり、撤退する事例も出るようになった。

昆山の“経済奇跡の消失”

上海から車で約 1 時間あまりに地方都市の昆山がある。2020 年までに約 5300 の台湾企業、約 10 万人が集積し、台湾企業は昆山の総生産の 30%、工業生産の 50%、外資投資額の 60%、輸出入額の 70%に寄与しており、それ故に昆山は「リトル・タイペイ（小台北）」と呼ばれている。しかし現在、この「リトル・タイペイ」に大きな異変が起きている。2023 年 7 月までに 3 分の 1 の台湾企業が撤退し、台湾企業を含む外資製造業の輸出額は対前年比で 15%減に達し、現地の経済に大きな打撃を与えている。中国に滞在する台湾人の数は、2013 年の 43 万人から 2022 年には 17.7 万人と大幅に減少し、台湾の中国への投資額も 2010 年の 146 億ドルから 2023 年 1 月～11 月期には 29.6 億ドルに急減した。

中国は改革開放初期に台湾企業に優遇条件を与え、台湾企業は長江デルタの昆山、重慶、蘇州や珠江デルタの東莞などに進出し、集積効果をもたらした。東莞などには労働集約型産業が集積、これに対し、昆山、鄭州などはハイテク関連の資本集約型産業が集積した。台湾企業の進出によって、昆山は中国のなかで最も豊かな地方の町に変化し、同時に、昆山も台湾企業に儲けのチャンスをもたらした。しかし近年、新型コロナ禍の影響も相まって、台湾企業は撤退するようになり、昆山も過去の繁栄の輝きを失うようになった。台湾企業の撤退は、昆山“没落”をもたらしたと言えよう。

昆山だけでなく、他の地方でも撤退が見られる。台湾企業の中国からの撤退の背後に、中国が直面する困難である。国外や国内のメディアの報道や統計データなどから、中国からの撤退は単に台湾企業だけの問題ではなく、他の外資企業でも同様に“世界の工場”としての中国の地位が崩れ始めている。

台湾企業の撤退の理由は次の 3 点であると筆者は考える。すなわち、
(1) 米中貿易戦争以降、米国などの顧客から EMS を受託する台湾企業に中国以外の製造拠点へ移つるよう「フレンド・ショアリング（friend-shoring）」の要請がある。「フレンド・ショアリング」とは、同盟国や友

好国など近しい関係にある国に限定したサプライチェーンを構築することを指す。

(2) 製造コスト側から観察すると、近年、中国の人件費の高騰、労働に関する法規の修正、環境保護からの要請、地方政府との交渉過程の行政コストの上昇、改革開放の推進初期に享受した優遇条件の消失などが挙げられる。そのほかに、模倣品の氾濫や技術を習得した従業員のヘッドハンティングを通じた類似品製造など知的所有権の侵害や、2023年7月から強化された「反スパイ法」による外国人駐在員の安全リスクの高まりがある。

(3) 中国の需要側から観察すると、中国経済がデフレスパイラルに陥り、都市部16歳から24歳までの失業率が2割を超え（2023年6月）、国内需要が大幅に減少した。そのために、台湾企業は中国以外の同盟国や友好国の製造と消費市場の開拓が必要となり、中国から撤退する動きもこうした事情が反映されている。近年、脱中国により台湾に戻って投資した企業数は1428社、2兆台湾ドルを上る。

前述したフレンド・ショアリングの対象国・地域は、東南アジア（ベトナム、タイ、マレーシア、インドネシアなど）、インド、メキシコなどである。しかし、これらの国・地域への移転過程は簡単なことではない。製造基地の移転には様々な困難に直面し、言語、風習、インフラ整備、サプライチェーン構築、現地法規などの問題が存在するが、中国からの撤退とフレンド・ショアリングへの移転は一つの趨勢になっている。

米国は、先端半導体やハイテク技術、軍事的用途に転換可能な技術について、中国とのデカップリング（分断）を進めており、同盟国や友好国にも要請している。一般的な民生用品についても、中国への過度な依存を減少させ、輸入先を分散させている。要するに、「China + 1」と称して、中国からの完全撤退までは要請せず、「China + 1」の「China」に残す部分が多いか、または「+ 1」の部分が多いかは、企業自身の判断に任せているようだ。

台湾企業の視点から見ると、世界の製造基地の再構築は、経営コストの低い地域を求め、企業の最大利益を追求することである。当然、台湾企業によってもたらされた“昆山経済の奇跡”は、台湾企業の撤退によって次第に“消失”してゆき、中国の経済状況はますます悪化の一途を辿るようになる。中国が謳歌した“世界の工場”と役割も次第に終焉を迎えるようになる。

恒大集団、碧桂園などの不動産開発業者による巨額の赤字と債務不履行（倒産）、「一帯一路」による巨額赤字、“鉄公基”（鉄道、道路、インフラ）の建設がもたらした巨額の財政赤字、過度のゼロコロナ政策で行われたPCR検査・抗原検査による地方政府の財政崩壊などの構造不況により、中国のセメント業、紙業、百貨業、飲食業、美容医療業など6つの業界における台湾企業の利益は急速に低下した。これらの産業だけでなく、前述の通り、コスト面、需要面に加え国際情勢の大きな変化による台湾企業の製造拠点の再構築は東南アジア、インド、北米、欧州で確認することができる。TSMCの熊本菊池町、米国アリゾナ州やドイツ東部ザクセン州ドレスデンの半導体工場の建設は、代表的な海外拠点構築の実例だ。

米商務省の貿易統計によると、2023年1～11月の米国の対中輸入額は対前年同期比で20%超減少し、年間ベースでメキシコに抜かれる公算が大きく、カナダにも抜かれる可能性がある。スマートフォンの中国からの輸入額は対前年同期比で約1割減、逆にインドが5倍に増加した。パソコンは対前年同期比で約3割減、一方でベトナムが4倍に増加した。台湾企業の中国からの撤退とベトナムやインドへの拠点整備が米国の貿易統計に明確に表れた。

単に台湾の企業だけでなく、中国家電大手の海信集団（ハイセンス）は2億6000万ドルをメキシコに投資し、米国市場向けに冷蔵庫などの工場を設けた。自動車メーカーの上海汽車集団などもメキシコ工場の建設を計画している。トランプ前大統領が中国製品に課した計3700億ドルの制裁課税やバイデン政権の「フレンド・ショアリング」の推進も背景にあると考えられる（『日本経済新聞』2024年1月11日付）。

[参考文献]

- 朝元照雄『台湾の経済発展』勁草書房、2011年、第5章「ノートパソコン産業における台湾企業の役割：OEM・ODM企業群による“Made in China by Taiwan”の様相」。
- 朝元照雄「中国からの撤退“It’s Moving Time”：台湾企業対中戦略の変化」世界経済評論 Impact No.3253、2024年1月15日。
- 朝元照雄「“赤いサプライチェーン”は台湾企業を代替するのか：ブルー・オーシャンを追求する台湾企業」世界経済評論 Impact No.3266、2024年1月22日。

- 朝元照雄「地経学下，台湾企業の対中戦略の新展開：フレンド・ショアリング，ペガトロンの選択」世界経済評論 Impact No.3276，2024 年 1 月 29 日。
- 朝元照雄「フレンドショアリング・台湾企業の対タイ大移転：米中対立と台湾企業の対中戦略の変化」世界経済評論 Impact No.3202，2023 年 11 月 27 日。
- 朝元照雄「プリント基板製造企業の新しい動向：“チャイナ・リスク”による“タイ・シフト”の加速」世界経済評論 Impact No.2756，2022 年 11 月 21 日。
- 朝元照雄「中国から ASEAN・インドにシフトする「世界の工場」：台湾の海外直接投資の新しい動態」世界経済評論 Impact No.2409，2022 年 1 月 31 日。
- Milton Ezrati「米国，中国からの「デカップリング」は想像以上に困難だ」，『Forbes JAPAN』2024 年 1 月 16 日付。
- “Why Commercial ties between Taiwan and China are beginning to fray”, The Economist, Nov 19th 2020.

〔禁無断転載〕

台湾リスクと半導体産業の今後

令和5年度（一財）貿易・産業協力振興財団 助成事業

発行日 2024年3月

編集発行 一般財団法人国際貿易投資研究所（ITI）

〒104-0045 東京都中央区築地1丁目4番5号

第37 興和ビル3階

TEL：(03) 5148-2601 FAX：(03) 5148-2677

Home Page：https://iti.or.jp

