

わが国における蓄電池製造装置産業の形成条件
—既存産業の時系列的 PEST 分析を踏まえて—
調査報告書

令和6年3月

一般財団法人 機械振興協会 経済研究所

委託先：日鉄総研株式会社

内容

はじめに	5
1. 調査の背景と目的	5
2. 調査の方法	5
3. 本調査での時代区分	7
4. 調査対象の装置について	8
5. 事例研究の対象企業について	13
(1) ファナック	13
(2) DMG 森精機	14
(3) ニコン	16
(4) キヤノン	17
(5) 東京エレクトロン	18
I. 1期（戦後復興から高度経済成長期まで）	20
経済・社会情勢（E・S）	20
1. 工作機械を取り巻く経営環境と業界の対応状況	22
(1) 工作機械業界の概況	22
(2) ユーザー産業（自動車）の動向	25
(3) 工作機械に係る技術動向（T）	27
(4) 競合国・企業の動向	30
(5) 政策・制度の概要（P）	32
(6) まとめ・日本企業の対応状況	34
2. 半導体製造装置を取り巻く経営環境と業界の対応状況	37
(1) 半導体製造装置業界の概況	37
(2) ユーザー産業（半導体）の動向	38
(3) 半導体製造装置に係る技術動向（T）	39
(4) 競合国・企業の動向	39
(5) 政策・制度の概要（P）	39
(6) まとめ・日本企業の対応状況	41
3. 関連年表	42
II. 2期（高度経済成長期からバブル景気まで）	44
経済・社会情勢（E・S）	44
1. 工作機械を取り巻く経営環境と業界の対応状況	48
(1) 工作機械業界の概況	48
(2) ユーザー産業（自動車）の動向	52

（注）目次のタイトルに付したP、E、S、Tは、工作機械、半導体製造装置の業界を取り巻く外部環境（P：政策・制度、E：経済、S：社会、T：技術）であることを示す

(3) 工作機械に係る技術動向 (T)	53
(4) 競合国・企業の動向.....	56
(5) 政策・制度の概要 (P)	57
(6) まとめ・日本企業の対応状況	60
2. 半導体製造装置を取り巻く経営環境と業界の対応状況	62
(1) 半導体製造装置業界の概況.....	62
(2) ユーザー産業（半導体）の動向.....	63
(3) 半導体製造装置に係る技術動向 (T)	65
(4) 競合国・企業の動向.....	69
(5) 政策・制度の概要 (P)	71
(6) まとめ・日本企業の対応状況	75
3. 関連年表.....	77
III. 3期（バブル景気からリーマンショックまで）	80
経済・社会情勢 (E・S)	80
1. 工作機械を取り巻く経営環境と業界の対応状況.....	83
(1) 工作機械業界の概況.....	83
(2) ユーザー産業（自動車）の動向.....	87
(3) 工作機械に係る技術動向 (T)	88
(4) 競合国・企業の動向.....	90
(5) 政策・制度の概要 (P)	92
(6) まとめ・日本企業の対応状況	93
2. 半導体製造装置を取り巻く経営環境と業界の対応状況.....	95
(1) 半導体製造装置業界の概況.....	96
(2) ユーザー産業（半導体）の動向.....	99
(3) 半導体製造装置に係る技術動向 (T)	101
(4) 競合国・企業の動向.....	105
(5) 政策・制度の概要 (P)	108
(6) 主要な日本企業の対応状況.....	110
3. 関連年表.....	110
IV. 4期（リーマン・ショックから現在まで）	114
経済・社会情勢 (E・S)	114
1. 工作機械を取り巻く経営環境と業界の対応状況.....	115
(1) 工作機械業界の概況.....	115
(2) ユーザー産業（自動車）の動向.....	118
(3) 工作機械に係る技術動向 (T)	119
(4) 競合国・企業の動向.....	121

(注) 目次のタイトルに付した P、E、S、T は、工作機械、半導体製造装置の業界を取り巻く外部環境 (P：政策・制度、E：経済、S：社会、T：技術) であることを示す

(5) 政策・制度の概要 (P)	123
(6) まとめ・日本企業の対応状況	129
2. 半導体製造装置を取り巻く経営環境と業界の対応状況	131
(1) 半導体製造装置業界の概況	131
(2) ユーザー産業（半導体）の動向	135
(3) 半導体製造装置に係る技術動向 (T)	137
(4) 競合国・企業の動向	138
(5) 政策・制度の概要 (P)	143
(6) まとめ・日本企業の対応状況	154
3. 関連年表	156
V. 蓄電池製造装置産業への示唆	158
1. 工作機械・半導体製造装置・蓄電池製造装置の比較	158
(1) 3産業の機械・設備、業界構造の概要	158
(2) 日本の3産業の発展の背景	159
(3) 日本の3産業の生産額・販売額	162
(4) 日本の3産業の輸出比率	163
2. 蓄電池製造装置への示唆	164
(1) 令和4年度機振協調査にて指摘された課題について得られた示唆	164
(2) 今回調査で新たに得られた蓄電池製造装置に対する示唆	167

(注) 目次のタイトルに付した P、E、S、T は、工作機械、半導体製造装置の業界を取り巻く外部環境
(P：政策・制度、E：経済、S：社会、T：技術)であることを示す

はじめに

1. 調査の背景と目的

生産機械については日本が世界的に高いシェアを有しているものが少なくない。その代表ともいえるのが工作機械と半導体製造装置である。

一方、現在注目を集めている生産機械の一つとして蓄電池製造装置が挙げられる。カーボンニュートラルの実現のため蓄電池の需要が急拡大していることから、蓄電池製造装置の生産能力の拡大が求められている。このため、経済産業省は今年度から蓄電池製造装置産業の技術的課題等の把握に向けた調査研究を開始するなど、蓄電池製造装置産業の競争力強化に向けた政府の施策が動きつつある¹。

装置を構成する技術やユーザー企業との関係性など、内部環境は産業によって様々である。また、高度経済成長期に急伸した工作機械、バブル景気時代に急伸した半導体製造装置と現在の蓄電池製造装置産業とでは、取り巻く経済、社会、政策といった外部環境は大きく異なる。しかしながら、蓄電池製造装置産業の競争力強化に向けた施策を講じる上で、過去の日本の工作機械と半導体製造装置の歴史から学ぶものは多いと思われる。

従って本調査では、日本の工作機械と半導体製造装置の産業の歴史を辿り、直面した課題と解決策等について整理し、調査結果をもとに蓄電池製造装置産業の支援策の方向性の提示を試みた。なお、蓄電池には鉛蓄電池など種類がいくつかあるが、今後多用されることが見込まれているリチウムイオン蓄電池（LIB）の製造装置を調査対象とした。このため以下で取り上げる「蓄電池製造装置」は特記しない限り LIB の製造装置を指す。

2. 調査の方法

①工作機械と半導体製造装置の産業史調査①

経済産業省（通商産業省）の政策資料、業界団体の資料や学術論文、報道記事など各種の文献から情報収集し、戦後復興期から現在までの工作機械と半導体製造装置の歴史の中で、当該産業が直面した課題と解決策等が何であったのかについて整理した。

②工作機械と半導体製造装置の産業史調査②（時系列 PEST 分析）

各種の文献から、戦後から現在までの工作機械と半導体製造装置を取り巻く外部環境を政治（Politics）、経済（Economy）、社会（Society）、技術（Technology）の4つの要因に分類し、①との関連を分析した。

¹ 令和4年8月31日に「蓄電池産業戦略」、令和5年1月19日に「蓄電池に係る安定供給確保を図るための取組方針」が定められ、蓄電池のサプライチェーンを構築するための大規模かつ積極的な政策支援の必要性が指摘された。その後令和5年4月25日に「蓄電池・材料の生産における製造装置の重要性」が「蓄電池産業戦略検討官民協議会」第7回において指摘された。さらに令和6年1月31日から2月29日にかけて経済産業省電池産業室は「蓄電池に係る安定供給確保を図るための取組方針改定（案）」において蓄電池製造装置メーカーを対象に設備投資の一部を補助する新制度案を公表し、意見募集を行った。

なお、本調査研究で取り上げた PEST の内容は下表の通り。

表 1 本調査で取り扱う PEST の内容

P：本来は政治となっているが今回は政策・制度（規制、標準化など）とした。
E：その時期の GDP など経済のマクロトレンドに加えて、3C（Company（会社・業界）、Customer（顧客）、Competitor（競合））の動向を整理した。
S：情報化社会、デジタル社会、脱炭素社会、SDGs、（日本の）少子高齢化社会などの社会情勢を整理した。
T：当該産業における技術革新のマクロトレンド（工作機械におけるマイコンの活用など）に加え、3C（Company（会社・業界）、Customer（顧客）、Competitor（競合））の動向を整理する際に必要に応じて技術についても言及した。

出所：日鉄総研作成

③工作機械と半導体製造装置の産業史調査③（代表的企業の事例研究）

日本の工作機械メーカー2社（ファナック²、DMG 森精機）、半導体製造装置メーカー3社（ニコン、キヤノン、東京エレクトロン）、計5社を取り上げ、上記の PEST の外部環境の変化に対して各社がどのように対応し、現在の成功等に繋がったのかについて事例研究を行った。

④産業年表の作成

①～③の結果をもとに工作機械と半導体製造装置の産業史のポイントを年表にまとめた。

⑤業界関係者・学識経験者ヒアリング調査

工作機械と半導体製造装置の業界関係者を対象としたヒアリング調査を行い、①、②についてコメントを得た。

⑥蓄電池製造装置の産業史調査

各種の文献から、蓄電池製造装置の産業史について、①、②と同様の文献調査を行い、工作機械、半導体製造装置と蓄電池製造装置の外部環境の相違点等について整理した。

⑦蓄電池製造装置産業の支援策の方向性検討

昨年度に機械振興協会経済研究所が実施した「蓄電池による再エネ主力電源化に向けた LIB 製造装置産業の可能性に関する調査研究」において示した日本の LIB 製造装置産業

² ファナックは工作機械メーカーではないが、NC 工作機械の発展に大きく貢献したメーカーであることから調査対象とした。

の可能性と課題について、これまでの調査結果をもとに見直しを行い、蓄電池製造装置産業の支援策の方向性の検討を行った。

3. 本調査での時代区分

本調査では戦後復興期から現在まで、日本の鉱工業にとって大きなターニングポイントとなった以下の4期に時代を区分して調査を行った。

表 2 本調査での時代区分

1期	戦後復興から高度経済成長期まで
2期	高度経済成長期からバブル景気まで
3期	バブル景気からリーマン・ショックまで
4期	リーマン・ショックから現在まで

出所：日鉄総研作成

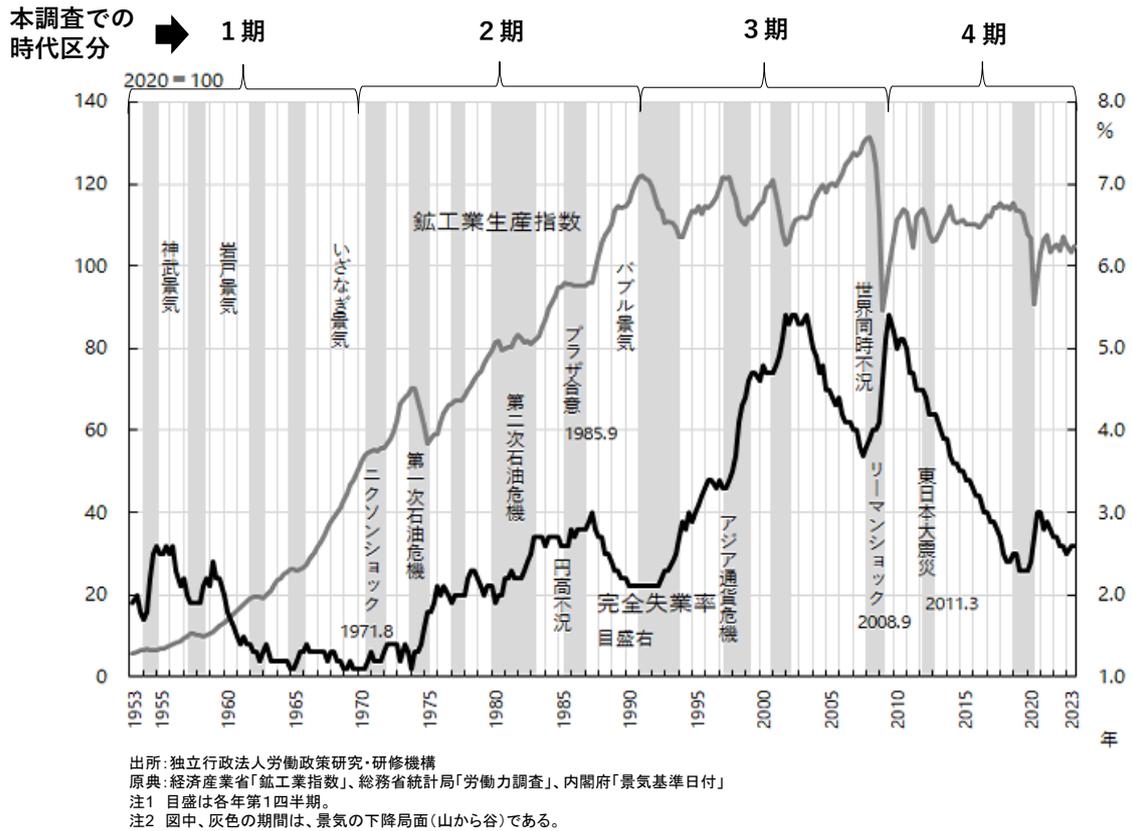


図 1 鉱工業生産指数と完全失業率の推移・本調査の時代区分

出所：独立行政法人労働政策研究・研修機構資料に日鉄総研加筆

(原典：経済産業省「鉱工業指数」、総務省統計局「労働力調査」、内閣府「景気基準日付」)

注1 目盛は各年第1四半期。

注2 図中、灰色の期間は、景気の下降局面（山から谷）である。

4. 調査対象の装置について

本調査で対象とする、工作機械と半導体製造装置、そして蓄電池製造装置について、その特徴等を簡潔に述べておきたい。

(1) 歴史

工作機械の歴史は古く、その起源は古代エジプトまで遡ることができるが、近代的な工業生産財としての工作機械は 1770 年代のイギリスで発明され、今日見られる工作機械のほとんどは、19 世紀後半までにその基礎が築かれたものとされる³。一方、半導体については、米国 AT&T ベル研究所にてトランジスタの実験に成功したのが第二次大戦後の 1947 年であり、半導体製造装置の歴史は工作機械に比して圧倒的に新しい。そして欧米に比して後発工業国だった日本は、工作機械は欧米に、半導体製造装置は米国に、それぞれキャッチアップする形で発展を遂げてきた。

一方、蓄電池そのものの歴史は、鉛蓄電池を 1859 年にフランス人のガストン・プランテが発明したことを起源とするものの、1960 年代以降、電子機器の高性能化、多機能化を支える電池の開発、製造を圧倒的な強さで世界をリードしてきたのは日本企業であった⁴。蓄電池については、ニッケル水素電池を 1990 年に、そしてニッケル水素電池を越えるエネルギー密度を持つリチウムイオン電池 (LIB) を 1991 年に、いずれも日本企業が世界で初めて量産化に成功している。しかし昨今では中国、韓国の電池産業が台頭し、生産規模のみならず先端技術の研究開発でも両国は日本を圧倒しつつある。蓄電池製造装置についても状況は同様であり、日本の電池産業を支えてきた蓄電池製造装置業界は、昨今では中国、韓国との厳しい競争に晒されている。

(2) 産業の規模

業界団体の資料をもとに工作機械、半導体製造装置の世界の市場規模をみると、2022 年で工作機械は 826 億ドル (生産額)、半導体製造装置は 1,077 億ドル (販売額) となっている。ただし工作機械のデータにはプレスマシンなどの成形機械が含まれており、日本で一般的に工作機械として分類される旋盤などの切削型の工作機械を対象を絞った金額ではないことに注意を要する。

一方、蓄電池製造装置 (LIB 製造装置) は、2022 年で 124 億ドルという売上高の数値を Interact Analysis 社が発表している。以上から、概ね蓄電池製造装置の市場は 2022 年で工作機械の 1/7、半導体製造装置の 1/9 ほどの規模であるものと推測される。

³ 日本工作機械工業会「工作機械の歴史」<https://www.jmtba.or.jp/machine/history>

⁴ 佐藤登「電池の覇者」日本経済新聞出版、2020 年

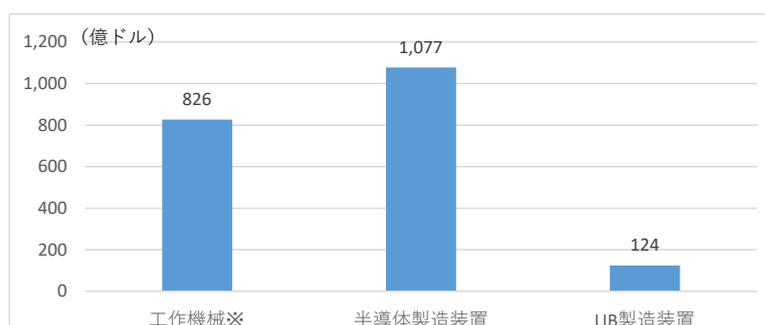


図 2 工作機械、半導体製造装置、LIB 製造装置の世界市場規模（2022 年）

※工作機械は切削型+成形型のデータ

出所：以下のデータより日鉄総研作成

（工作機械）日本工作機械工業会「工作機械統計要覧 2023」

（半導体製造装置）日本半導体製造装置協会「半導体・FPD 製造装置販売統計 2022 年版」

（LIB 製造装置）Interact Analysis 社・グローバルインフォメーション共催セミナー

「世界の電池製造業界動向の分析」（2024/1/23 開催）プレゼンテーション資料より

（3）装置の概要

経済産業省「生産動態統計」では、工作機械は 23 分類と細かく分類されている。しかしそれぞれの製品の生産機能は、ほぼ「主に金属の除去加工」に括ることができる⁵。

半導体製造装置は、経済産業省「生産動態統計」では 4 分類のみであるが、日本半導体製造装置協会の分類では、大分類として 7 分類、小分類として 30 分類に分けられており、さらにその分類ごとに多くの装置・機器の名称が例示されている。例えば「薄膜形成・エッチング・洗浄乾燥装置」だけでも、例示されている装置は「真空蒸着装置」、「スパッタリング装置」、「CVD 装置」、「洗浄装置」、「エッチング装置」、「乾燥装置」、「スクラブ装置」と、それぞれ求められる要素技術が異なる多種多様な装置群から構成されていることがうかがえる。実際、半導体製造に当たっては合計 1,000 以上の工程が必要であると言われ、工程ごとに異なる装置が用いられると仮定すると、半導体製造装置の種類は工作機械とは比べようがないほどに多い。

一方、蓄電池製造装置は、経済産業省「生産動態統計」ではデータを把握できず、日本標準産業分類にも記載はない。一般的には製造工程は表 6 の通り 7 工程に大きく分けられ、それぞれの工程について製造を担う装置が存在する。製造工程に求められる要素技術は工程の名称からも多様であることがうかがえるが、1,000 以上にも及ぶ製造工程を有する半導体ほど要素技術は多様ではないものと思われる。

⁵ 加藤秀雄「外需時代の日本産業と中小企業：半導体製造装置産業と工作機械産業」（新評論、2015 年）

表 3 工作機械の品目分類（経済産業省「生産動態統計」より）

旋盤	数値制御旋盤	立て形
		横形
研削盤	数値制御研削盤	円筒研削盤
		平面研削盤
		その他の数値制御研削盤
	その他の研削盤	
歯切り盤及び歯車仕上げ装置	数値制御歯切り盤及び歯車仕上げ機械	
	その他の歯切り盤及び歯車仕上げ機械	
専用機	数値制御専用機	
	その他の専用機	
マシニングセンタ	立形	前後ストローク500mm未満
		前後ストローク500mm以上
	横形	テーブルサイズ500mm未満
		テーブルサイズ500mm以上
その他のマシニングセンタ（立て・横兼用形、門形）		
その他の金属工作機械	数値制御ボール盤	
	数値制御中ぐり盤	
	数値制御フライス盤	
	数値制御放電加工機	形彫り放電加工機
		ワイヤ放電加工機
	その他の数値制御工作機械 他に分類されない工作機械	

出所：経済産業省「生産動態統計」より日鉄総研作成

表 4 半導体製造装置の品目分類（経済産業省「生産動態統計」より）

ウエハ製造用装置
ウエハプロセス用処理装置
半導体組立用装置
半導体製造装置用関連装置（マスク・レチクル製造用装置を含む）

出所：経済産業省「生産動態統計」より日鉄総研作成

表 5 半導体製造装置の分類（日本半導体製造装置協会の分類より）

大分類		小分類・細分類	
A	半導体設計用装置	1	
B	マスク・レチクル製造用装置 *マスク・レチクル製造用に限る。	1	フォトリソ工程装置
		2	薄膜形成・エッチング・洗浄乾燥装置
		3	検査評価装置・その他製造装置
C	ウエーハ製造用装置 *複数の装置を1つの装置にまとめた	1	単結晶製造装置
		2	ウエーハ加工装置
		3	検査評価装置・その他製造装置
D	ウエーハプロセス用 処理装置	1	露光・描画装置
		2	レジスト処理装置
		3	エッチング装置
		4	洗浄・乾燥装置
		5	熱処理装置
		6	イオン注入装置
		7	薄膜形成装置
		7-1.	CVD装置
		7-2.	スパッタリング装置
		7-3.	その他薄膜形成装置
8	検査評価装置		
9	CMP装置		
10	その他処理装置		
E	組立用装置	1	ダイシング装置
		2	ボンディング装置
		3	パッケージング装置
		4	検査評価装置・その他組立装置
F	検査用装置 *複合するテストの場合は、主となる テストの項目に入れる。	1	テストニング装置
		1-1.	SOC&Logicテストニング装置
		(1-3.	リニアテストニング装置) (旧)
		(1-4.	その他テストニング装置) (旧)
		1-2.	メモリテストニング装置
2	プロービング装置		
3	ハンドラ		
4	エージング装置		
5	その他検査装置		
G	半導体製造装置用関連装置	1	各種搬送装置
		2	純水・薬液装置
		3	各種ガス装置
		4	クリーンルーム装置
		5	その他製造関連装置

出所：日本半導体製造装置協会資料より日鉄総研作成

表 6 蓄電池の製造工程の概要

工程		内容
前工程	攪拌	固液混合の正極や負極の合剤（正極の場合はLiなどの金属酸化物+電導材+バインダー+溶剤、負極の場合は炭素粉末+電導剤+バインダー+溶剤）をミクロンレベルで均質に混練する。
	塗布	固液混合の合剤を金型の役割を担う「ダイ」に通過させることによって均一な液膜をつくり、それを基材の集電体（正極の場合はアルミ箔、負極の場合は銅箔）に接触させることで塗布する。その後、溶剤を乾燥させ、集電体に合剤を塗膜として密着させる。
	圧延・切断	集電体に塗布された合剤をプレスロールを用いて一定の厚みに薄くし、かつ高密度にする。その後、シート状の長尺ロールを繰り出し、任意の幅で縦方向に切断（スリット）すると同時に、再度ロール状に巻き取る。バリの発生が電池の不良の原因に繋がるため、バリレス加工が求められる。
後工程	捲回・積層	正極材・負極材・セパレータフィルム2枚の合計4枚を重ねて巻き取る（捲回）または交互に積み重ねる（積層）。シートのテンションムラやシワ、異物の混入が電池の性能・歩留まりに大きく影響する。
	組立	集電体に集められた電気を外部に送り出す端子を溶接で取り付ける。集電体をセルケースに挿入した後蓋を溶接する。
	注液	電解液をセルに注入する。精密な位置決めのほか、真空、脱泡などに関する技術が必要。
	検査	電池にエネルギーを充填し活性化させた後、電池の容量や内部抵抗が規格通りか、電池内部に微小な短絡など無いか等を検査選別する。

出所：製造装置メーカーHP などから日鉄総研作成

装置の単価は総じて高額である。中でも半導体製造装置のうち「ウエハ製造用装置」、「ウエハプロセス用処理装置」は、経済産業省「生産動態統計」から計算した装置の1台当たりの平均生産額は2022年で1億円から2億円を超える水準となっている。

蓄電池製造装置の価格についての情報は得られないが、工作機械、半導体製造装置と同程度の水準の価格の装置が少なくないものと思われる。ただし、半導体製造工程では際立って高額な装置が用いられることがあり、最先端の半導体工場で用いられる露光装置のEUVは1台約200億円といわれる⁶。

表 7 装置の1台当たりの平均生産額

		単位：百万円				
		2018	2019	2020	2021	2022
工作機械	旋盤	15.4	16.3	17.5	15.8	16.6
	研削盤	24.0	25.0	26.5	24.8	25.6
	歯切り盤及び歯車仕上げ装置	36.9	39.1	36.0	32.4	36.7
	専用機	24.9	24.7	21.8	26.2	28.8
	マシニングセンタ	12.1	17.4	13.0	10.7	13.3
	その他の金属工作機械	13.0	11.8	13.7	11.6	13.3
半導体製造装置	ウエハ製造用装置	75.9	89.3	86.8	94.6	108.1
	ウエハプロセス用処理装置	262.8	275.2	264.4	244.7	263.7
	半導体組立用装置	23.3	27.2	25.0	22.0	28.5
	半導体製造装置用関連装置	13.6	17.5	16.0	13.3	13.4

出所：経済産業省「生産動態統計」より日鉄総研作成

⁶ 湯之上隆「半導体有事」文春新書, 2023

(4) 装置の特徴

わが国の工作機械産業と半導体製造装置産業を比較した加藤秀雄（埼玉大学名誉教授）は「外需時代の日本産業と中小企業：半導体製造装置産業と工作機械産業」（新評論、2015年）において、両産業についてユーザー産業との取引構造、産業内の競争環境、生産加工機能・少量生産品といった製品特性、技術革新とユーザー企業との関連性などの4つの分析視点から整理している。本書と機械振興協会経済研究所「蓄電池による再エネ主力電源化に向けたLIB製造装置産業の可能性に関する調査研究」（委託先：日鉄総研株式会社、2023年）などから得た情報によって、工作機械、半導体製造装置、蓄電池製造装置の特徴の比較を試みたのが以下の表である。

表8 工作機械、半導体製造装置、蓄電池製造装置の特徴

	工作機械	半導体製造装置	蓄電池製造装置
ユーザー産業との取引構造	ユーザーは不特定多数 (機械産業を構成する様々な産業分野の部品生産に関わる膨大な数の製造業がユーザー) 代替機種への購買可能性あり	ユーザーは特定企業 (半導体メーカー) 代替機種への購買可能性低い	ユーザーは特定企業 (電池セルメーカー) 代替機種への購買可能性低い
産業内の競争環境	業界は過当競争 内需依存から外需依存に転換	業界は寡占状態 内需依存から外需依存に転換	国内は日本企業の寡占状態 内需は堅調だが外需も増加 海外は中韓が強い
製品特性	製品の生産機能はほぼ「主に金属の除去加工」	それぞれ求められる要素技術が異なる多種多様な装置群から構成	それぞれ求められる要素技術が異なる多種多様な装置群から構成（半導体製造装置ほどではない）
技術革新とユーザー企業との関連性	技術革新の主役は工作機械メーカー	ユーザーと装置メーカーが共同開発 半導体の微細化と大容量化の進展と共に開発投資が巨額化	技術革新は電池セルメーカーが主導

出所：加藤秀雄「外需時代の日本産業と中小企業：半導体製造装置産業と工作機械産業」（新評論、2015年）を参考として、日鉄総研作成

蓄電池製造装置は、「ユーザー産業との取引構造」、「産業内の競争環境」、「製品特性」については半導体製造装置に近いといえる。ただし「技術革新とユーザー企業との関連性」については、研究開発において蓄電池製造装置の場合は電池セルメーカーの主導下にある点は、装置メーカーとユーザーとの関係が対等に近い半導体製造装置と異なっている。

5. 事例研究の対象企業について

工作機械業界では「ファナック」「DMG 森精機」の2社を、半導体製造装置メーカーでは「ニコン」「キヤノン」「東京エレクトロンの3社の計5社を対象企業として取り上げた。各社が1期から4期までの時代背景の中で、どのような取組みを図ってきたのかを紹介することで、蓄電池製造装置業界の今後の取組にとって有益な“示唆”を抽出することとしたい。以下に、5社の企業概要を記す。

(1) ファナック

ファナックは、1955年にNCの開発をスタートさせて以来、一貫して工場の自動化を追求してきた。同社の特徴を端的に示す言葉は「NC装置の標準化(モジュール化)」である。モジュール化によって、中小の工作機械企業の多くは、NC装置部分はファナックに任せ、自社は工作機械自体の改善に専念することが出来るようになった。ファナック製のNC装置を使う企業が増えるにつれ、機械加工に伴う様々な使い方やノウハウがファナックに流れ込むことになり、同社はNC装置の機能をますます改善させていく。こうして工作機械に搭載されたファナック製NC装置は、日本の自動車業界をはじめ、世界の機械加工プロセスの自動化・効率化に大きな貢献を果たしていくことになる。

なお、ファナックは、その基幹となる基礎技術をNC装置に置いている。現在でこそ、ロボマシンやロボット事業も展開しているが、その柱は祖業ともいえるNC装置事業にある。

表 9 ファナックの企業概要

設立	1972年(昭和47年)
事業内容	1955年NC開発スタート、一貫して工場の自動化追求。FA事業(NCとサーボ、レーザ)、ロボット事業とロボマシン事業展開
資本金	65,476百万円(2023年3月末現在)
従業員数	連結18,790名 / 単体4,184名(2023年3月末現在)

出所：ファナックのHP(<https://www.jp.nikon.com/company/corporate/data/>)から日鉄総研作成

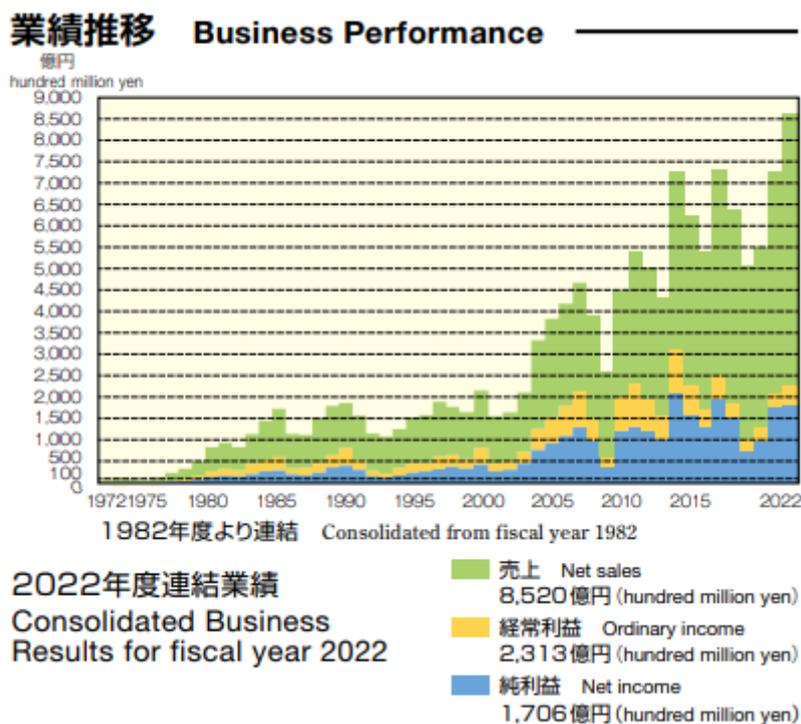


図 3 ファナックの業績推移

出所：ファナックの会社案内 (corporateprofile202403.pdf)
<https://www.fanuc.co.jp/ja/profile/booklet/pdf/corporateprofile202403.pdf>

(2) DMG 森精機

DMG 森精機（現在の社名を記載）の創業は1948年で、当初は繊維機械メーカーとしてスタートし、10年後に工作機械メーカーに転身した。工作機械業界の中では後発組であったため営業対象として早くから外需を意識していたことや、徹底的に顧客の使い勝手の良いNC旋盤づくりを追求したことなどで、成長を遂げていく。

同社は世界88カ国に113の拠点をもち、顧客に密着した販売・サービス体制を構築⁷している。同社HPによれば、「社会のニーズを的確にとらえた工作機械の技術革新、QoL、EV、AIなど社会の大きな変化に対応し、先端技術を導入しながら進化し続ける」「ソフトウェア、IoTによるプラットフォームの構築」「工作機械本体に加え、周辺装置、ソフトウェアを統合した生産システムをグローバルにご提供できる体制を整える」とあるが、これは同社が単なるモノづくりとしての工作機械の提供にとどまらず、社会ニーズに的確にこたえられる総合的なソリューションを提供する企業であることを表している。

⁷ 上図によれば、職種別人員配置の面からみると、製造関連部門対販売・エンジニアリング・サービス関連部門の比率は40%:60%とサービス関連がモノづくり関連を上回っている。顧客密着サービスを掲げる所以が伺える。

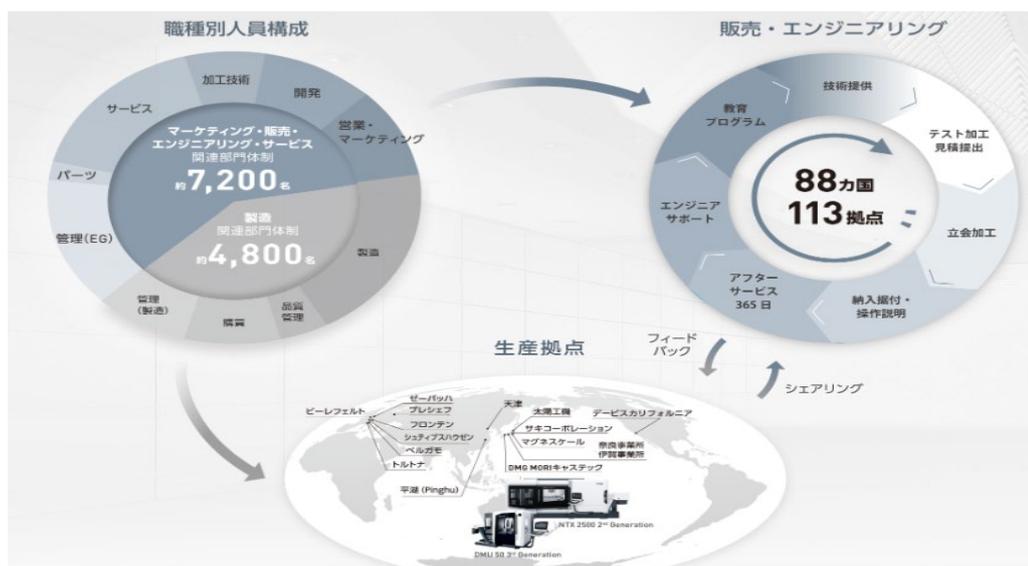


図 4 グローバルに展開する販売・エンジニアリング・生産体制
 出所：DMG 森精機の HP <https://www.dmgmori.co.jp/sp/mx/strength/>
<https://www.dmgmori.co.jp/sp/mx/strength/>

表 10 DMG 森精機の企業概要

設立	1948 年（昭和 23 年）10 月 26 日
事業内容	工作機械（マシニングセンタ、ターニングセンタ、複合加工機、5 軸加工機及びその他の製品）、 ソフトウェア（ユーザーインターフェース、テクノロジーサイクル、組込ソフトウェア等）、計測装置、修理復旧サポート、 アプリケーション、エンジニアリングを包括したトータルソリューションの提供
資本金	51,115 百万円
従業員数	連結 18,790 名 / 単体 4,184 名（2023 年 3 月末現在）

出所：DMG 森精機 HP から日鉄総研作成

表 11 DMG 森精機の業績推移(2019～2022)

年度	円換算額(単位: 百万円)				
	2019	2020	2021	2022	2023
損益状況					
売上収益	485,778	328,283	396,011	474,771	539,450
営業利益	37,339	10,674	23,067	41,213	54,150
(営業利益率)	7.7%	3.3%	5.8%	8.7%	10.0%
税引前当期利益	31,451	5,106	19,609	36,528	47,927
当期利益	18,861	1,696	13,231	25,800	34,229
親会社の所有者に帰属する当期利益	17,995	1,745	13,460	25,406	33,944
キャッシュ・フロー状況					
フリー・キャッシュ・フロー ^{※1}	20,101	△5,212	30,357	24,875	14,878
財政状況					
株主資本	124,006	185,420	213,139	245,897	267,990
資産合計	524,606	526,526	597,117	680,334	765,806
株主資本比率 ^{※2}	23.6%	35.2%	35.7%	36.1%	35.0%
1株当たり情報					
1株当たり株主資本(円) ^{※3}	1,008.36	1,493.86	1,703.51	1,957.61	2,134.72
1株当たり配当額(円)	60	20	40	70	90
その他の経営指標					
株主資本当期利益率(ROE) ^{※4}	15.3%	1.1%	6.8%	11.1%	13.2%
総資産利益率(ROA) ^{※5}	7.1%	2.0%	4.1%	6.5%	7.5%

出所：DMG 森精機 HP [2023 ir j.pdf \(dmgmori.co.jp\)](https://www.dmgmori.co.jp/2023_ir_j.pdf)

(3) ニコン

ニコンは、戦前からの光学技術を応用して「史上最も精密な機械」と呼ばれる半導体露光装置⁸を製造している。半導体露光装置の核となる技術は、①投影レンズの解像度、②重ね合わせ精度、③スループット⁹とされており、これらの技術を高いレベルで組み合わせることが求められる¹⁰。

表 12 ニコンの企業概要

設立	1917年(大正6年)7月25日
事業内容	光学機械器具の製造、ならびに販売
資本金	65,476百万円(2023年3月末現在)
従業員数*	連結 18,790名 / 単体 4,184名(2023年3月末現在)

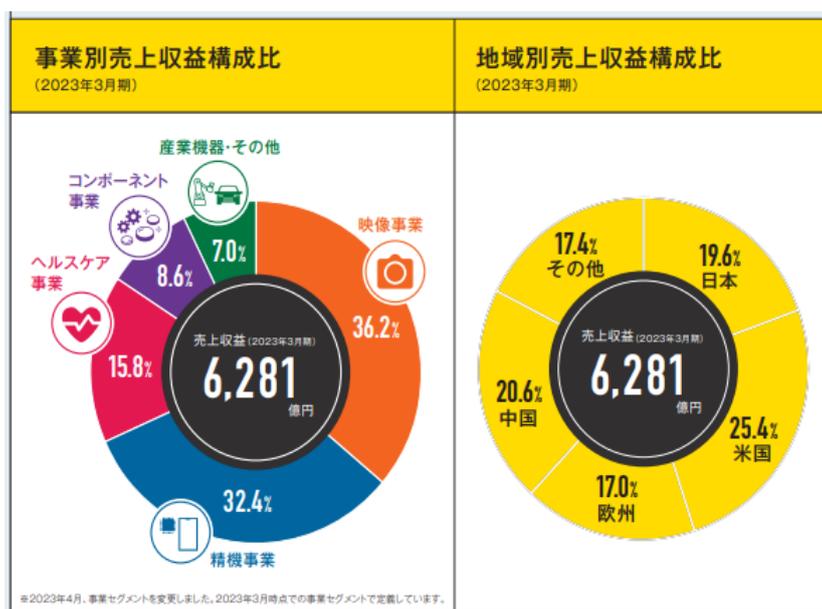
*単体従業員数はニコンから他社への出向者等を含まない。

出所：同社 HP (<https://www.jp.nikon.com/company/corporate/data/>) から日鉄総研作成

⁸ 半導体露光装置は、ガラス板に複雑で微細な電子回路のパターンを描いたフォトマスクを、極めて高性能なレンズで縮小して、シリコンウェハと呼ばれるシリコンの板に焼き付ける装置

⁹ この場合、半導体露光装置が単位時間あたりに処理できる作業量や生産量を指す。

¹⁰ ニコンの HP (<https://www.jp.nikon.com/company/>) を参照の上、日鉄総研作成



左記の事業別売上高の内、半導体露光装置は同社の精機事業に属している

図 5 ニコンの売上高構成比と地域別売上収益構成比

出所：ニコンの HP「会社案内 2023-2024」

(4) キヤノン

キヤノンは、プリンター/事務機から、カメラ/レンズ/映像機器など幅広い産業機器を製造する中で、半導体露光装置を手掛けてきた。同社は「ものづくり発想で、革新をつくる」をキャッチフレーズに、半導体デバイス以外の用途にも展開可能な露光装置群を取り揃えている。¹¹

表 13 キヤノンの企業概要

設立	1937年（昭和12年）8月10日
事業内容	プリンター/事務機、商業印刷機、カメラ/レンズ/映像機器 ネットワークカメラ、メディカルシステム、産業機器、材料 コンポーネント
資本金	174,762百万円（2022年12月31日現在）
従業員数	180,775人（2022年12月31日現在）

出所：同社 HP (<https://global.canon/ja/corporate/profile/index.html>) から日鉄総研作成

¹¹ 個々の記述はキヤノンの HP(<https://global.canon/ja/product/indtech/semicon/>)から日鉄総研作成

表 14 キヤノングループのここ 10 年の歩み

■ キヤノングループ最新の10年 (2023年12月31日時点)

■ 売上高・売上総利益・営業利益・税引前当期純利益・当期純利益

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
売上高	3,727,252	3,800,271	3,401,487	4,080,015	3,951,937	3,593,299	3,160,243	3,513,357	4,031,414	4,180,972
売上総利益	1,860,422	1,932,096	1,671,998	1,990,554	1,835,554	1,610,033	1,375,868	1,627,792	1,827,802	1,968,910
営業利益	345,354	343,729	216,338	322,211	342,452	174,420	110,547	281,918	353,399	375,366
税引前当期純利益	382,843	347,309	244,564	354,490	362,392	195,493	130,280	302,706	352,440	390,767
当社株主に帰属する当期純利益	254,627	219,943	150,334	242,081	252,441	124,964	83,318	214,718	243,961	264,513
1株当たり当社株主に帰属する当期純利益(EPS)										
(基本的)(円)	228.88	201.41	137.66	223.03	233.80	116.79	79.37	205.35	236.71	264.20
(希薄化後)(円)	228.88	201.40	137.66	223.03	233.78	116.77	79.35	205.29	236.63	264.08

*有給休暇の引当金について2014年～2019年の財務諸表を修正しています

出所：キヤノン HP <https://global.canon/ja/ir/individual/detail/02.html>

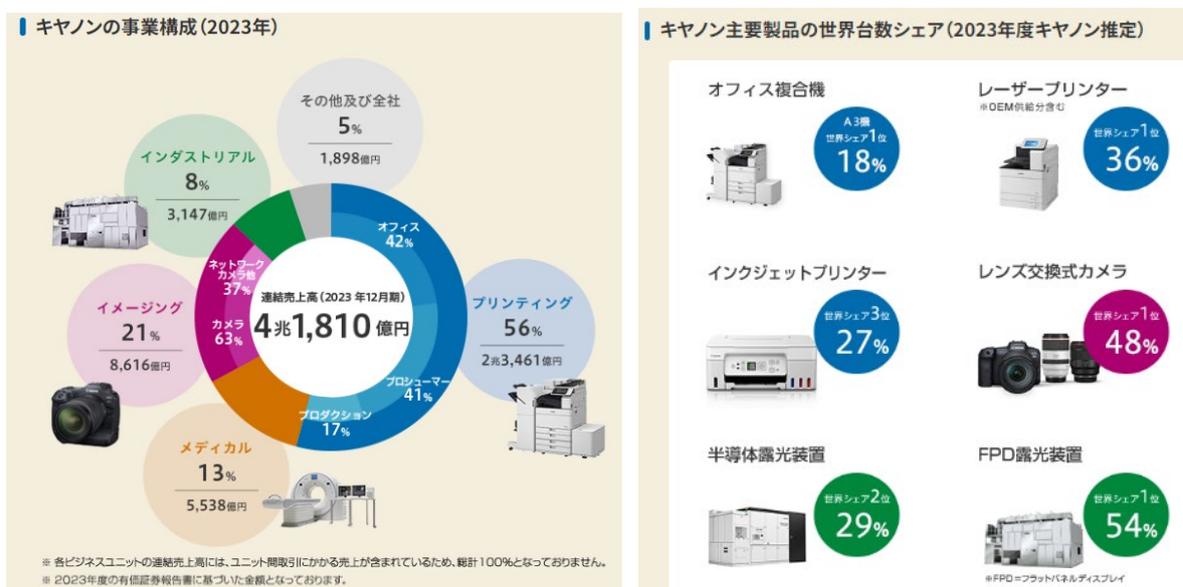


図 6 キヤノンの製品別売上高構成 (左図) 及び、キヤノンの主要製品世界シェア

出所：キヤノン HP 「The CANON STORY 2023/2024」

(5) 東京エレクトロン

東京エレクトロン (以下、TEL と記す) は、2023 年の半導体製造装置の前工程における企業価値 (時価総額ベース) で世界第 4 位¹²であった。同社は、主にリソグラフィ (露光)、エッチング、蒸着、クリーニングなどの装置を製造しており、半導体製造の主要な工程をカバーする広範な製品ポートフォリオを有し、また、品質と技術的優位性の点で、顧客より高

¹² Reinforz, Inc (リインフォース株式会社) 「2023 年最新版 : 世界の半導体・液晶製造装置 (前工程) 会社ランキング時価総額 TOP64」 <https://reinforz.co.jp/bizmedia/8148/> から日鉄総研作成

い評価を受けている。

TEL は、元々は日商岩井を飛び出した若い商社マンたちが 1963 年に TBS の出資を受けて起業したベンチャー企業であった。VTR やカーラジオなどの輸出、電位機器の輸入を商う商社としてスタートしたが、1968 年に米社との合弁により拡散炉の製造に転じていく。その後、1984 年にテルメック社と合併したことによって精密機械製造装置に関する製造技術とノウハウを獲得していく。

表 15 東京エレクトロン (TEL) の企業概要

設立	1963 年 (昭和 38 年) 11 月 11 日 (※)
事業内容	半導体製造装置事業
資本金	54,961.19 百万円 (2023 年 3 月末現在)
従業員数	連結 17,522 名 / 単体 2,021 (2023 年 3 月末現在)

出所：同社 HP (<https://www.tel.co.jp/corporatesummary/index.html>) から日鉄総研作成

TEL は、次図のとおり半導体製造装置の幅広いラインアップを有している (図 7)。前工程では成膜装置、リソグラフィ、エッチング、洗浄の各装置を、検査工程ではテスト装置を、また、後工程ではパッケージング工程のボンディング/デボンディングの各装置を生産している。

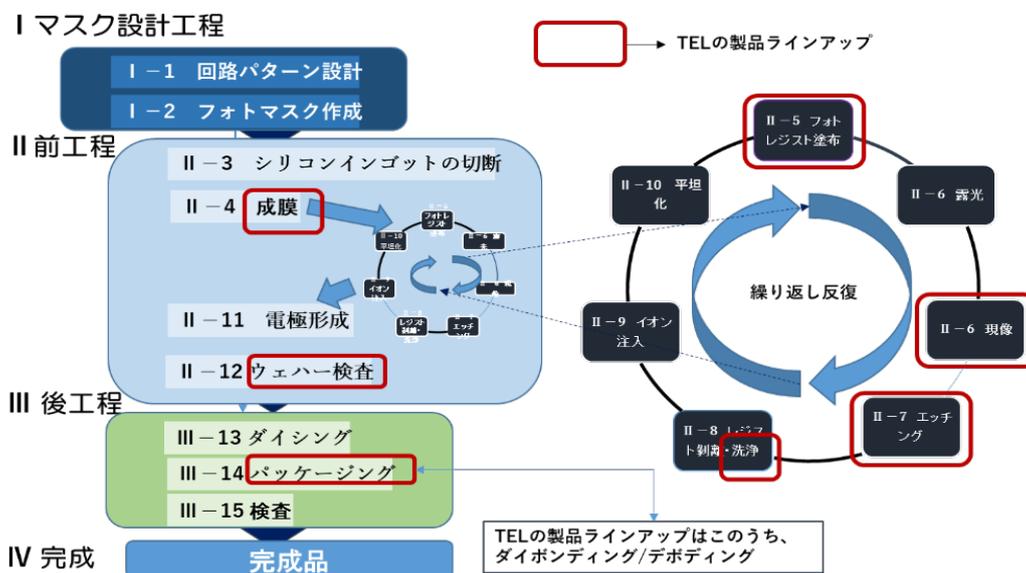


図 7 TEL が製品ラインアップを有する主な半導体製造工程 (赤枠内)

出所：同社 HP(<https://www.tel.co.jp/product/all/index.html#localnav>)、
 東洋経済「半導体の製造工程「流れ」と強い企業」<https://toyokeizai.net/articles/-/704888>
 同「半導体製造を支える『見る・測る・分析する』技術」<https://toyokeizai.net/articles/-/687780>
 から日鉄総研作成

I. 1期（戦後復興から高度経済成長期まで）

経済・社会情勢（E・S）

①戦後改革と復興

終戦直後の日本には鉱工業の生産能力が戦前の3割程度しか残っていない状況であったが、戦後改革は「財閥解体（1945～52年）」「農地改革（1947～50年）」「労働民主化（1946～49年）」等を柱に進められ、復興に向けた土台が形成されていった。

戦後経済の復興に大きく寄与したのは朝鮮戦争（1950～53年）とそれに伴う特需であった。朝鮮戦争の鎮静化によって若干の景気後退に見舞われたが、1952～53年頃に国民総生産は実質で戦前の水準まで回復しており、1956年の経済白書では「もはや戦後ではない」と高らかに宣言されるなど、高度経済成長に向けた跳躍台となっていた。

②高度経済成長

高度経済成長とは1950年代中盤から70年頃までのハイテンポな経済拡大期を指すが、65年を転換期として、高度経済成長第1期（1956～62年）と第2期（1968～70年）に大別することが出来る。

第1期は「神武景気（1954年12月～57年6月）」「岩戸景気（1958年7月～61年12月）」「オリンピック景気（1962年11月～64年10月）」の3つの短期循環を含んでおり、民間設備投資主導型の高度成長として特徴付けられる。世銀借款などの長期資金が投入され、電力、鉄鋼、道路、鉄道等の社会・経済のインフラ的な分野を中心に急速な設備投資が進められ、「投資が投資を呼ぶ」とも言われた時代であった。1960年には池田内閣が「所得倍増計画」を発表。人口が増加基調にあるにも拘わらず、失業率が低下し、労働力不足がささやかれるなど、景気は過熱した。当時は原燃料や生産機械の調達の多くを輸入に頼っており、当然ながら貿易収支は赤字となる。日本銀行が経済の過熱を防ぐために政策金利（公定歩合）を上げると資金不足となり経済は収縮する。すると、日本銀行は政策金利を下げ、景気は再び高成長に向かう。こうした短期の景気循環を繰り返しながら、1964年の東京オリンピック後の「昭和40年不況」と言われるリセッションを経験し、第2期の高度経済成長に入っていく。

対日世銀借款 時期別・分野別融資額

(100万ドル)

産業分野	第Ⅰ期 1953年10月～57年8月	第Ⅱ期 57年9月～61年11月	第Ⅲ期 63年9月～66年7月	合計
				%
電力(火力)	40.20	12.00	—	52.20 (6.0)
電力(水力)	—	101.00	25.00	126.00 (14.6)
鉄鋼	27.90	130.00	—	157.90 (18.3)
自動車	2.35	—	—	2.35 (0.3)
造船	3.15	—	—	3.15 (0.4)
農業	11.30	—	—	11.30 (1.3)
道路	—	80.00	350.00	430.00 (49.8)
鉄道	—	80.00	—	80.00 (9.3)
合計	84.90	403.00	375.00	862.90 (100.0)

表2 第Ⅱ期世銀

貸付番号	借款名	調印日	発効日	借入人	受益者
188JA	第2次川崎製鉄	1958. 1.29	1958. 3.28	日本開発銀行	川崎製鉄
196JA	第2次関西電力	6.13	8.22	〃	関西電力
200JA	北陸電力	6.27	8.22	〃	北陸電力
201JA	住友金属	7.11	9.24	〃	住友金属
204JA	神戸製鋼	8.18	10.10	〃	神戸製鋼
205JA	第2次中部電力	9.10	12.22	〃	中部電力
206JA	第2次日本鋼管	9.10	11.14	〃	日本鋼管
220JA	電源開発	1959. 2.17	1959. 2.24	〃	電源開発
238JA	富士製鉄	11.12	1960. 1.16	〃	富士製鉄
239JA	第2次八幡製鉄	11.12	1.16	〃	八幡製鉄
248JA	日本道路公団	1960. 3.17	5.25	日本道路公団	日本道路公団
272JA	第3次川崎製鉄	12.20	1961. 1.20	日本開発銀行	川崎製鉄
273JA	第2次住友金属	12.20	1.20	〃	住友金属
278JA	第2次九州電力	1961. 3.16	5.03	〃	九州電力
281JA	日本国有鉄道	5.02	6.30	日本国有鉄道	日本国有鉄道
302JA	第2次日本道路公団	11.29	1962. 1.30	日本道路公団	日本道路公団

[注] 償還期限の()内は据置期間。

出所：浅井良夫「高度経済成長初期の世銀借款 —1957～61年」

<https://www.seijo.ac.jp/education/faeco/academic-journals/jtmo420000001iji-att/218-asai.pdf.pdf>

第2期は「いざなぎ景気(1965年11月～70年7月)」であり、輸出主導型の高度成長として特徴付けられる。それまでの設備投資と技術革新の成果の結果、輸出が伸張し、貿易の赤字基調は克服された。政府は第1期のような政策金利操作による景気の引締めという呪縛から解放され、いざなぎ景気は57カ月間という戦後最長の好景気となった。

ともあれ、高度経済成長は、所得と消費を著しく増加させた。1人当たりの実質国民所得は1955年から70年までに5.9倍となり、「一億、総中流」時代となった。また、1人当たりの実質消費支出は同年に4.3倍に増加し、「大量消費時代」と言われるように、3種の神器が「テレビ、洗濯機、冷蔵庫」から「カラーテレビ、カー、クーラー(3C)」と移っていった。トヨタ自工が1961年にパブリカという所謂1000ドル・カーを発売し、66年にはトヨタ自動車がカローラの大量生産を開始するなど、モータリゼーション時代の幕開けもこの時代であった。

1. 工作機械を取り巻く経営環境と業界の対応状況

朝鮮戦争による特需の後、神武～いざなぎ景気にわたる日本経済の高度経済成長期において、工作機械業界は、「欧米先進技術のキャッチアップと自らの生産基盤の強化・拡充」の時代を迎えていた。

(1) 工作機械業界の概況

①生産

日本の工作機械産業は後に世界有数の規模となり、生産額は2010年代には180億ドル台に達することもあったが、1960年代はまだその規模は小さく、10億ドルの規模を超えたのは1970年になってからである。1960年代から1970年までの生産額の推移をみると、1962年から1966年にかけて3億ドル前後を微減傾向で推移していたが、1966年以降は急増に転じ、1970年には11.1億ドルと3倍以上の増加となった。

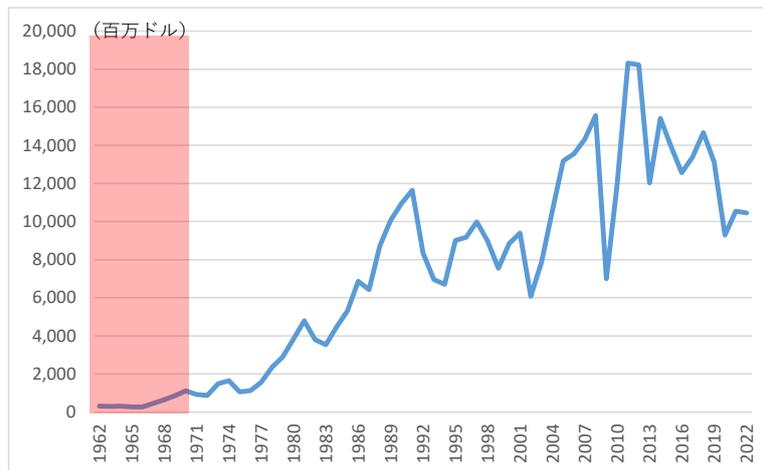


図 8 日本の工作機械の生産額（1962年～2022年）

出所：日本工作機械工業会データより日鉄総研作成

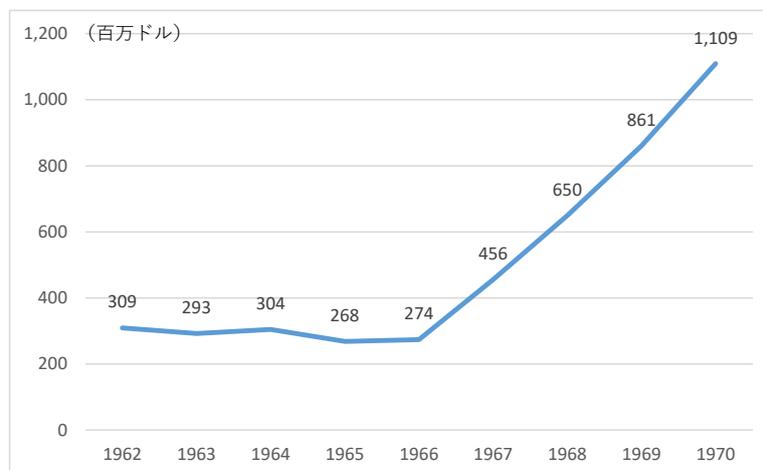


図 9 日本の工作機械の生産額（1962年～1970年）

出所：同上

②輸出

80年代以降、日本は世界有数の工作機械輸出国となりドイツと輸出額首位の座を争うようになるが、1960年代は輸出額は伸びていたとはいえ規模は小さく、1970年でも1億ドルに満たない91百万ドルであった。生産額に対する輸出額の比率（以下「輸出比率」）も20%に満たない。

むしろこの時期は日本の工作機械は大幅な輸入超過となっている。戦時中、輸入が途絶えた欧米製の工作機械をコピーすることによってメーカーはある程度の技術を蓄積していたとはいえ、戦後復興期の日本の工作機械の技術水準は欧米に比して低く、高度経済成長期においても高い精度を要求される場面では欧米製の輸入工作機械が好んで用いられていたとの指摘も見られる¹³。

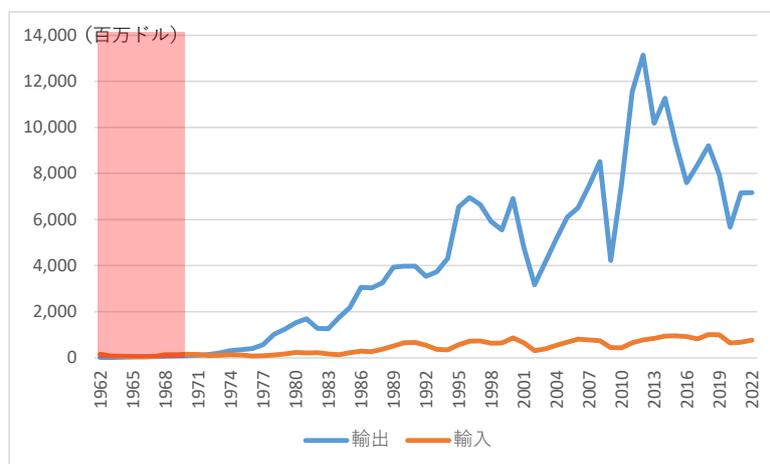


図 10 日本の工作機械の輸出入額

出所：日本工作機械工業会データより日鉄総研作成

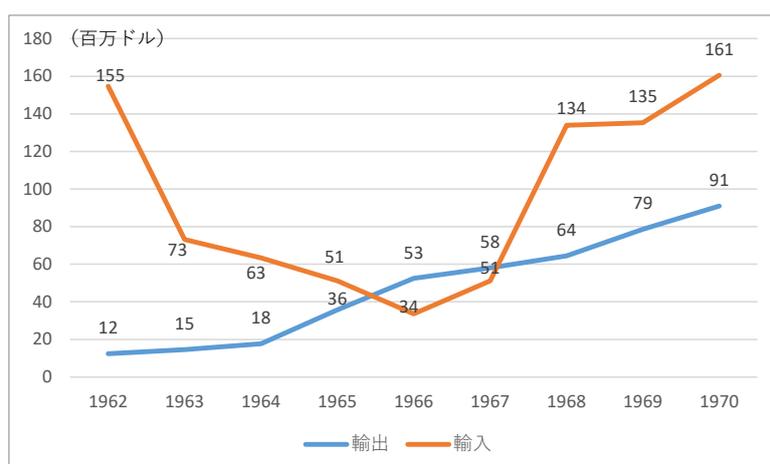


図 11 日本の工作機械の輸出入額 (1962年～1970年)

出所：日本工作機械工業会データより日鉄総研作成

¹³ 日本工作機械輸入協会「日本の工作機械輸入の歴史」2019年12月

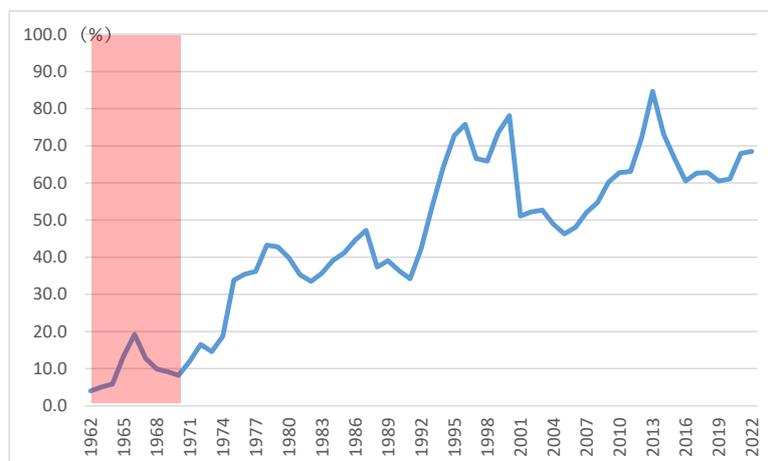


図 12 日本の工作機械の輸出比率 (1962年～2022年)

(注) 輸出額/生産額を輸出比率として定義した

出所：日本工作機械工業会データより日鉄総研作成

なお、日本のこの時期の工作機械の輸出先についてみると、年によって大小の振れがあるものの、ソ連向け、そして当時まだ国交がなかった中国（国交正常化は1972年）向けの輸出比率が高いことが特徴として指摘できる。1970年には金額ベースでソ連向けが13.2%、中国向けが21.0%に達しており、当時の日本の工作機械にとって共産圏は重要な輸出市場であったことがうかがえる。

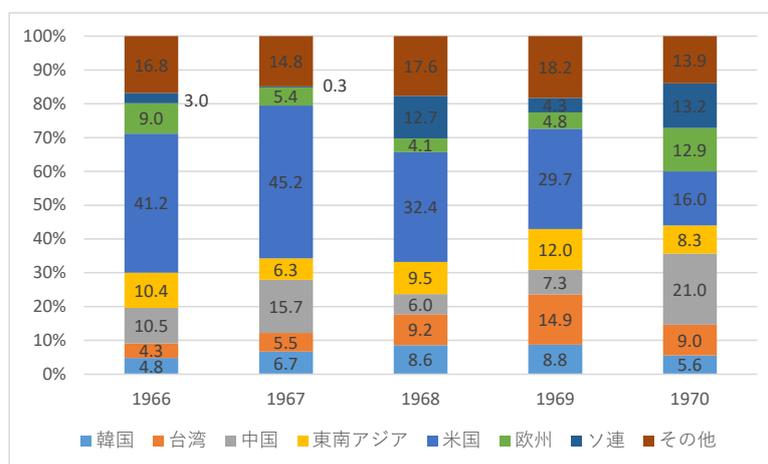


図 13 日本の工作機械の輸出先 (1966年～1970年)

出所：日本工作機械工業会データより日鉄総研作成

(2) ユーザー産業（自動車）の動向

① 工作機械と自動車産業の関係

工作機械の発展は自動車産業と強い関係を有している¹⁴。米国では自動車の大量生産とともに、工作機械の需要が拡大した。我が国でも1960年代後半から国内の自動車メーカー各社で大衆乗用車の大量生産が始まったが、当時の日本の工作機械産業の技術水準は低く、やむを得ず既に量産の実績を持っていた米国やドイツから量産型工作機械を数多く輸入して対応している¹⁵。

② 日本の自動車産業と工作機械需要の動向

1950年6月25日に朝鮮動乱が勃発し、51年にかけて連合軍が約1万台の大型トラック等を日本の自動車メーカーに発注したことが、日本の自動車産業の再生・発展の端緒となった。この「朝鮮特需」により、日本経済全体の復興が促進されて一般の自動車需要が急増し、また自動車生産設備の合理化が推進されてコスト削減と性能向上が図られた。そして、日本の自動車メーカーの技術が向上し、新小型自動車が生産されると同時に工場の合理化と大量生産が達成され、格安の日本車が外国へ輸出されることにつながっていった¹⁶。

日本自動車工業会のデータをもとに当時の日本の自動車の生産台数と輸出台数をみたのが図14である。生産台数は1950年は67千台、1951年は83千台、輸出台数は1950年は6千台、1951年は7千台であった。その後、生産台数は増加の一途をたどり、1952年に10万台、1961年に100万台をそれぞれ超え、1970年には500万台を超えて529万台に達した。輸出台数は、朝鮮特需の終わりに伴い1952年から1956年の間は年間1千台から2千台と低迷した。しかし1957年以降輸出台数は急増し、1958年は1万台、1964年には10万台を超え（15万台）、1970年には100万台を超えて109万台となり、生産台数に対する輸出台数の比率は20%を超えるまでに至った。

14 自動車産業では完成車メーカーが工作機械を内製する例も多い。これらは完成車メーカーでの部品生産に特化した専用機であり、外販されることはなく工作機械に関する製造販売の統計データにも記載されない（日本工作機械工業会ヒアリングより）。本調査ではこうした完成車メーカーが内製する専用機については調査対象外とした。

15 松野建一（日本工業大学理事・工業技術博物館長）「日本の工作機械産業発展史一日工大工業技術博物館の紹介と共に」日本音響学会誌 74 巻 8 号（2018），pp. 469-474

16 石川和男（専修大学商学部准教授）「朝鮮戦争から貿易自由化時期における自動車産業の環境をめぐって—複数マーケティング・チャンネル制への移行背景—」専修商学論集 87 1-23, 2008-07-18

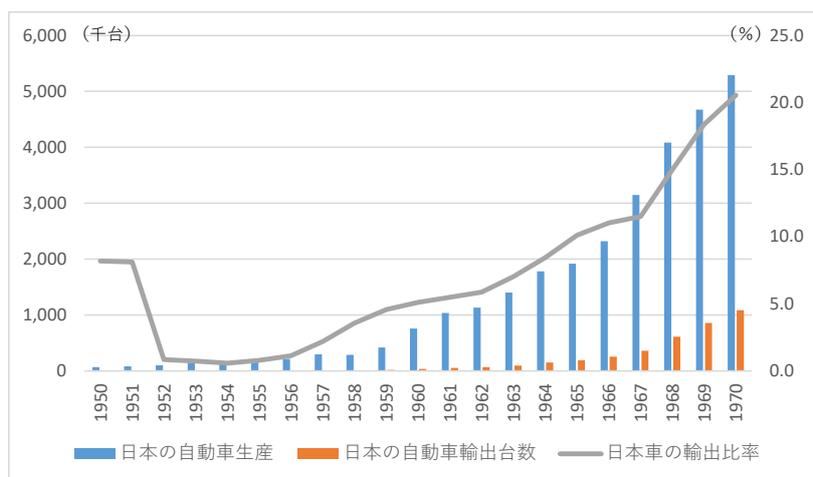


図 14 自動車生産台数・輸出台数・輸出比率（1950年～1970年）

出所：日本自動車工業会データより日鉄総研作成

こうした自動車の生産台数の急増は自動車産業向けの工作機械需要の拡大に繋がっていた。

日本工作機械工業会の受注確報によると（図 16）、1963年から1970年にかけて工作機械の内需は約600億円から約1,800億円へと3倍に拡大している。うち最大の需要先は一般機械であり、自動車向けの需要は概ね25%から30%の間を推移している。ただし、一般機械向けに分類される工作機械のかなりの割合が、自動車製造に用いられる工具や部品の製造に用いられている。正確には把握することはできないが、自動車産業向けの需要は工作機械需要全体の60%近くを占めると言われる¹⁷。従って、この時期に自動車産業向けの工作機械需要は約360億円から約1,080億円に3倍に拡大したものと推定される。

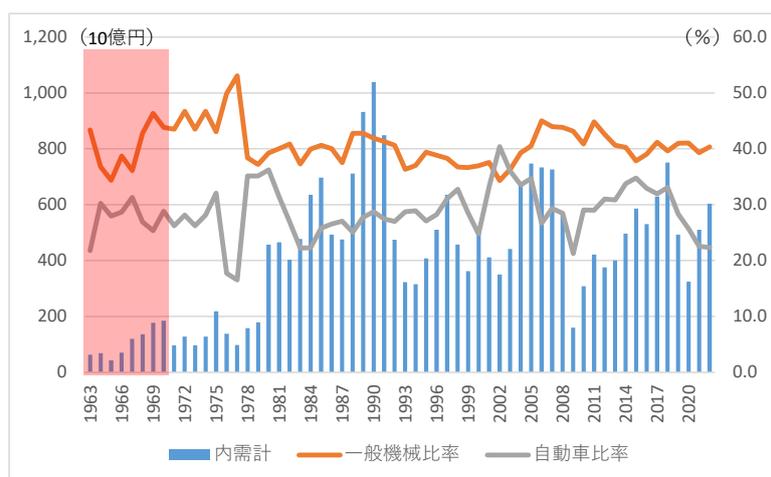


図 15 工作機械の内需と一般機械、自動車の占める比率（1963年～2022年）

出所：日本工作機械工業会 受注確報より日鉄総研作成

¹⁷ 日本工作機械工業会ヒアリングより

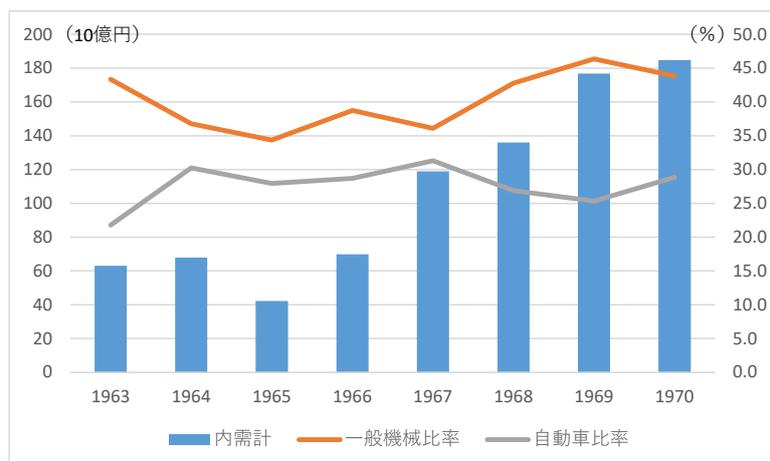


図 16 工作機械の内需と一般機械、自動車の占める比率（1963年～1970年）

出所：日本工作機械工業会 受注確報より日鉄総研作成

（3）工作機械に係る技術動向（T）

① 欧米メーカーとの技術提携を通じた基礎技術のレベルアップ

日本の戦後復興期の時代、米国では主に航空機向けの高精度加工のために NC 工作機械の研究開発が進められていた。

一方、日本は戦時中に輸入が途絶えた欧米製の工作機械を模倣して製造技術を習得してはいたものの、品質には問題が多く、朝鮮特需に伴う工作機械の需要増に対応するには、材料である鋳物の品質向上から取り組まなければならない状況にあった。当時、工作機械用の鋳物として最も適していると評価されていた、米国のミーハナイト・メタル社の製品の鋳造技術を導入するため、1951年に三井造船が同社と技術提携を行い、以後多くの工作機械メーカーが同社から鋳造技術を導入した。

表 16 戦後復興期における日米の工作機械に係る技術開発の動向

	海外（米国）の動向	国内の動向		
			NC化率	
～1949	第2次世界大戦以降、アメリカ空軍は、航空機開発のために複雑形状の部品加工や検査用ゲージの高精度加工を必要としていた	欧米の模倣、提携を通じた欧米からの技術導入	戦時中、多くの技術者たちが輸入が途絶えた 欧米製工作機械を模倣 して工作機械製造技術を習得	-
1951	米国は航空機の複雑な部品加工のため、世界初のNC工作機械の試作機を完成		日本工作機械工業会設立 三井造船がミーハナイト・メタル（米）と技術提携 以後多くの工作機械メーカー等が ライセンス としてミーハナイト鋳物を製造	-
1952	MIT、米空軍の要請で、世界初NCフライス盤完成		津上製作所がクリダン（仏）と技術提携 以後、1981年まで 欧米の工作機械メーカーとの技術提携 が相次ぐ（計160件）	-

出所：各種資料より日鉄総研作成

また、日本の工作機械メーカーは、1952年の津上製作所とフランスのクリダン社との技

術提携をはじめ、欧米の工作機械メーカーからの技術提携を積極的に行った（図 17）。こうした欧米メーカーとの技術提携を通じて各社は基礎技術のレベルアップを実現させていった¹⁸。戦後復興期から高度経済成長期に至る時期の日本の工作機械業界の成長は、NC 工作機械の成功によってもたらされたことは多く指摘されている。しかしその成功の礎は、欧米からの基礎技術の吸収にあった。

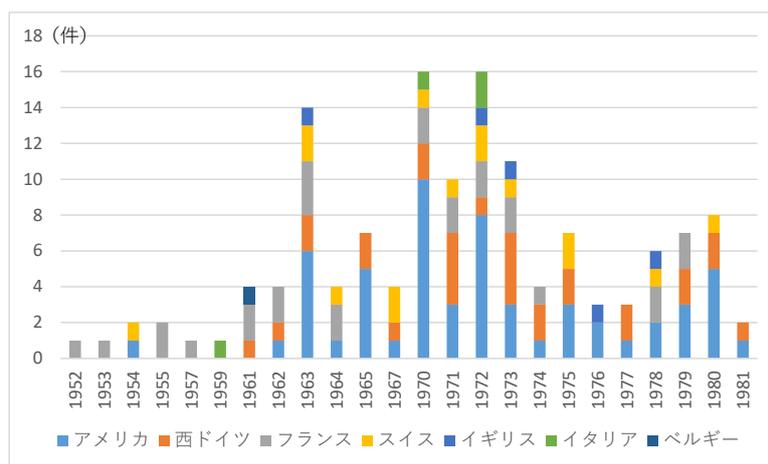


図 17 日本の工作機械メーカーの相手国別・海外メーカーとの技術提携の動向 (1952年～1981年)

出所：日本工作機械輸入協会「日本の工作機械輸入の歴史」2019年12月より日鉄総研作成

表 17 日本の工作機械メーカーの海外メーカーとの技術提携の内容

年代	技術提携の内容
昭和 20 年代後半～30 年代 (1950 年代～1964 年代)	<ul style="list-style-type: none"> フランスを中心とするヨーロッパ各国が中心 旋盤、フライス盤、研削盤といった、いわゆるコンベンショナルな機械が対象
昭和 40 年代 (1965 年～74 年)	<ul style="list-style-type: none"> 技術の導入先としてアメリカが急激に伸び、ヨーロッパ勢では西ドイツの増加が目立つ アメリカが大きく伸びた理由の一つは、国内業界における NC 工作機械の技術提携が始まったため
昭和 50 年代 (1975 年以降)	<ul style="list-style-type: none"> 技術提携は昭和 40 年代後半をピークにして急速に減少（戦後続いてきた欧米技術への依存体制が終了） 昭和 50 年代に入ってから技術提携は航空機分野など、ごく特殊な工作機械や従来の技術提携のフォロー的意味合いのものが中心

出所：日本工作機械輸入協会「日本の工作機械輸入の歴史」2019年12月より日鉄総研作成

② NC 技術の研究開発・実用化

NC 加工とは、工作機械をコンピュータで制御して切削を行う加工方法で、NC 加工がで

¹⁸ 日本工作機械輸入協会「日本の工作機械輸入の歴史」2019年12月

きる工作機械を「NC加工機」「NC工作機械」という。NCは「Numerical Control」の略で、日本語では数値制御を意味する。また、NC加工に用いられるプログラムはNC加工プログラムといい、これにより工作機械の動きや切削条件を指示し、ワーク加工を行う。NC加工はプログラムに基づくため、複雑な形状やデザインの部品も一貫して高い精度で加工を行えるのが大きな利点である¹⁹。

このNC工作機械の成功が、戦後の日本の工作機械産業が急速に発展した要因であることは、多くの先行研究において指摘されている。前に述べたように、日本の工作機械メーカー各社が欧米メーカーとの技術提携を通じて基礎技術の吸収に努めていた時期に、米国は主に航空機向けの複雑形状の加工に対応するためNC工作機械の研究開発を進めていた。米国では1951年に世界初のNC工作機械の試作機が完成、翌年の1952年には世界初のNCフライス盤が完成、そして1955年にはシンシナチ・ミラクロン社がNC装置を備えたフライス盤を開発し、以後多くの米国工作機械メーカーがNC工作機械の製造に参入した。

日本にNC工作機械の資料が初めて紹介され、東京工業大学や東京大学生産技術研究所などで研究開発が始まったのが1953年であり、米国に比して開発は大幅に遅れたスタートとなった。しかし、富士通（後のファナック）主導によるNC装置の開発は、当時まだ黎明期にあった半導体技術を米国に先駆けて採用するなどにより成功を収めた。しかしこの時期はまだNC工作機械は工作機械全体の中では少数派であり、1970年において日本国内でも出荷される工作機械に占めるNC工作機械の比率（NC化率）は7.8%であった。

表 18 NC工作機械に係る研究開発等の動向（1953年～1970年）

	海外（米国）の動向	国内の動向		
			NC化率	
1953			世界で最初のNC工作機械の資料が日本へ紹介され、東京工業大学や東京大学生産技術研究所などでNC工作機械の研究開始	-
1955	シンシナチ・ミラクロン（米）、NC装置を取り付けたフライス盤を開発 その後も米国の工作機械メーカーが、空軍や航空宇宙産業向けにNCの開発に従事	富士通主導によるNCの開発	1955年、富士通が稲葉清右衛門（電機系企業で数少ない機械系出身者）をNC開発に抜擢	-
1956		先行して開発していた米国へのキャッチアップ	富士通が日本初のNC装置開発 富士通の社内新規事業、その後独立、富士通ファナック	-
1959		半導体技術の積極的な採用等による性能向上の実現	富士通、「代数演算パルス分配方式」、「電気・油圧パルスモータ」発明 この2つの発明によって、NCの性能は飛躍的に向上、安定性もはるかに増した	-
1962		工作機械メーカーへのNC普及	富士通のNC部門、NC装置に初めてトランジスタを採用、回路素子は真空管から半導体へ移行	-
1968			森精機、NC旋盤に参入し急成長	-
1970				7.8%

出所：各種資料より日鉄総研作成

¹⁹ ブラザー工業株式会社 HP より引用

<https://www.brother.co.jp/product/machine/speedio-navi/articles/a0038/index.aspx>

(4) 競合国・企業の動向

1960年代において工作機械の生産は米国が首位の座を占めており、1962年から1967年にかけて生産額は867百万ドルから1,868百万ドルと2倍以上に増加した。しかしその後は減少に転じ、1970年には首位の座を特定分野に強みを持つ中堅企業が多いドイツに譲り1,443百万ドルと1967年時点の8割程度の規模となった。

一方、ドイツと日本の生産額は、米国が減少に転じた1967年前後から急増した。ドイツの生産額は1967年までは微増傾向であったが、1967年から1970年にかけて876百万ドルから1,479百万ドルと約2.5倍に増加し、米国を上回って工作機械生産額で世界首位の座を獲得するに至っている。日本の生産額は1966年までは微減傾向を示したが、1966年から1970年にかけて274百万ドルから1,109百万ドルと4倍以上の成長を示した。

なお、後に日本の工作機械産業を脅かすことになる中国、韓国、台湾の生産額について見ると、1970年時点で中国は52百万ドル（同年の日本の4.7%）、台湾は14百万ドル（同1.3%）に過ぎず、韓国については生産額のデータは得られなかった。当時の中国、韓国、台湾は、工業化が十分になされていなかったこと、中でもとりわけ中国は大躍進政策（1957年～1962年）や文化大革命（1966年～1976年）によって経済は疲弊していたことから、工作機械需要は少なく、内製化に向けた産業振興に資源を投じる余裕にも乏しかったものと推測される。

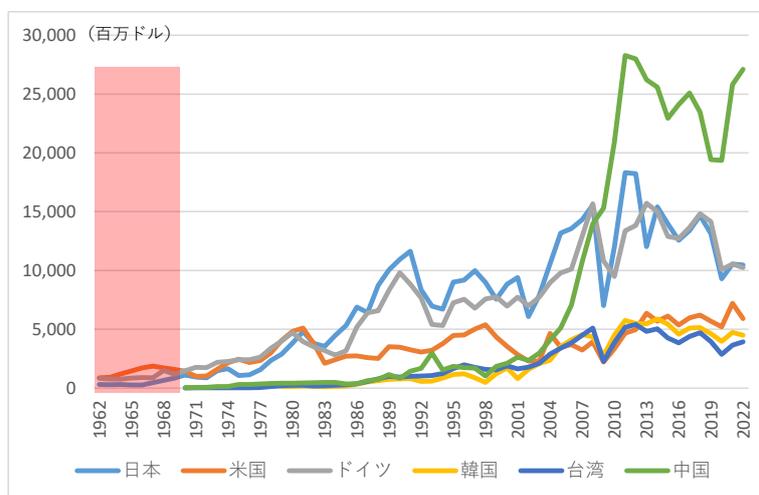
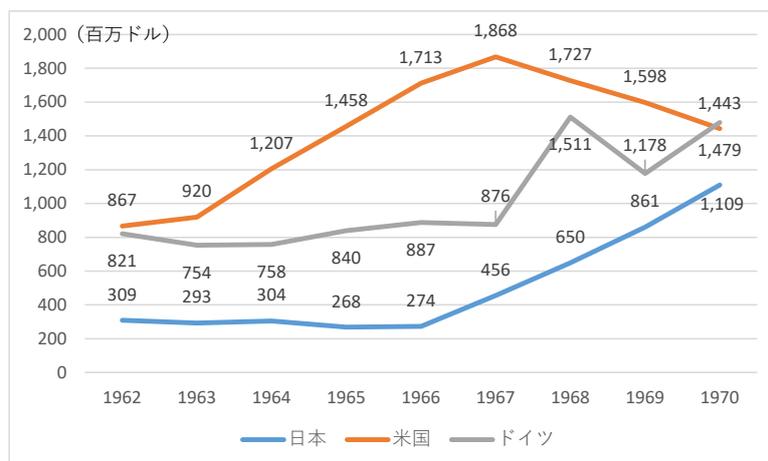


図 18 主要国の工作機械生産額（1962年～2022年）

出所：日本工作機械工業会データより日鉄総研作成



(参考) 台湾 14 百万ドル、中国 52 百万ドル、韓国データ無し (1970 年)

図 19 主要国の工作機械生産額 (1962 年～1970 年)

出所：日本工作機械工業会データより日鉄総研作成

ドイツの工作機械産業はこの時期に輸出市場でも存在感を高めた(図 21)。ドイツの工作機械の輸出額は 1960 年代前半の時点でも世界首位の座にあったが、1965 年以降、右肩上がりで増加し続け、1965 年から 1970 年の間に 400 百万ドルから 800 百万ドルと倍増し、米国を大きく引き離れた。日本の工作機械輸出もこの時期増加し続けているが、その規模はドイツに比して小さく、1962 年で 12 百万ドル (同年のドイツの 3.1%)、1970 年で 91 百万ドル (同 11.4%) にとどまった。

なお、中国、韓国、台湾の輸出額について見ると、1970 年時点で中国、台湾ともに 3 百万ドル (同年の日本の 3.3%) に過ぎず、韓国については輸出額のデータは得られなかった。

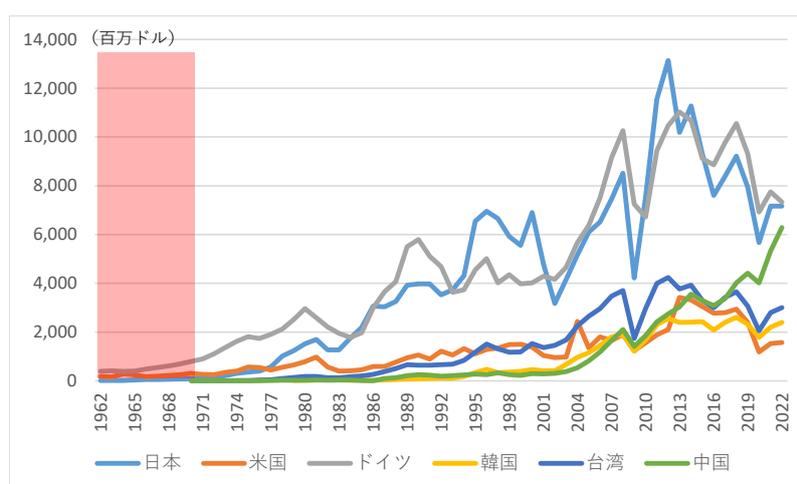
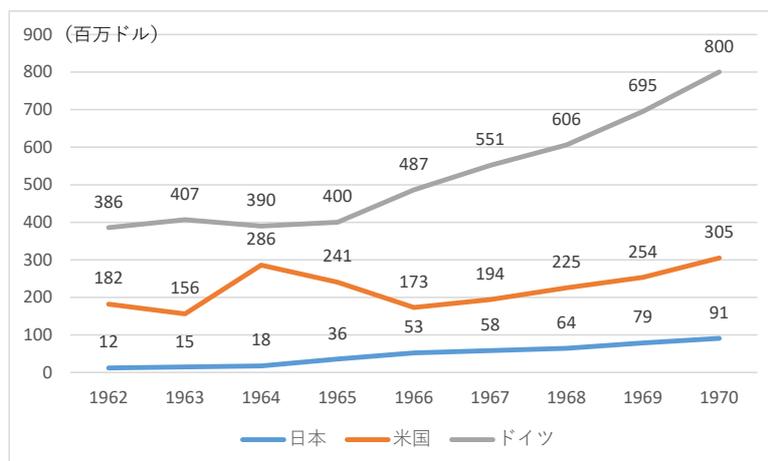


図 20 主要国の工作機械輸出額 (1962 年～2022 年)

出所：日本工作機械工業会データより日鉄総研作成



(参考) 中国 3 百万ドル、韓国データ無し、台湾 3 百万ドル (1970 年)

図 21 主要国の工作機械輸出額 (1962 年～1970 年)

出所：日本工作機械工業会データより日鉄総研作成

(5) 政策・制度の概要 (P)

この時期の政府の施策は、概ね、以下の 3 点に大別される。

①重要機械類の輸入促進

欧米の先進技術を学ぶため、政府は 1951 年 5 月に重要機械類の輸入免税措置を講じるとともに、翌 52 年 4 月には工作機械輸入補助金制度を制定した。

②工作機械産業の育成

1953 年、政府は国産の工作機の技術力向上を促すため、日本工作機械工業会 (1951 年創立) との連携の下、主な工作機械メーカー 28 社²⁰に対して工作機械等試作補助金制度を導入した。主な内容は、国産化未開発機械機種の高精度工作機械の試作に対する補助金であり、53 年から 55 年までの 3 年間で 2 億 8 千万円が交付された。

また、機械工業全体の近代化促進のため、1956 年には機械工業振興臨時措置法 (以下、機振法と記載) を制定した。主な内容は、

- 1) 目標年度を設け、生産技術の向上、製品の性能・品質の改善、生産コストの軽減、老朽設備の層化などの計画・実施を指示
- 2) 過当競争による個々の企業の経営体力の減衰を防止するために、特に「特定機械工業」の共同行為 (カルテル) を容認

であった。戦後復興期からの産業政策が鉄鋼や電力など大企業を対象としていたのに対し、機振法は完成品メーカーである大企業を介した育成ではなく、基礎機械と言われた

²⁰ 池貝鉄工所、日立精機、大隈鉄工所、三井精機、檜藤鉄工所、岡本工作機械、牧野フライス、新潟鉄工所、芝浦機械、豊田工機 等

工作機械等を製造する中小企業の育成を目的とする施策であったことも大きな特徴である。機振法は5年間の時限立法で、その後、2度更新され、1970年まで続いた。

さらに、1957年3月には金属工作機械製造合理化基本計画を発表し、1960年度末における合理化目標を決定した。主な内容は、以下の通り、政府が企業活動の細部まで指導する統制色の強いものであった。

- 1) 需要に即した性能と品質を有する機種を生産を可能にする
- 2) 生産費の引き下げ率を20%以下にする
- 3) 新たな生産設備に要する資金総額を50億円とする
- 4) 新設に置き換えられる旧式設備は屑化又は転用する
- 5) 共同の研究機関を設置し、生産技術の向上を図る

③工作機械需要の創出

工作機械需要を創出するため、政府は1952年に企業合理化促進法を制定した。これは、企業の新規取得設備機械に対して初年度50%特別償却の税額控除を適用することで陳腐化した工作機械の更新促進を図ろうとするものであった。

また、工作機械需要の創出に大きな役割を果たしたのは、工作機械を購入・使用する国内の製造業育成策であった。1955年に「国民車育成要綱案」を発表し、自動車産業の振興策を推進した結果、58年には富士重工がスバル360を、60年には東洋工業がクーペR360を、61年にはトヨタがパブリカを販売開始し、国内自動車産業興隆の端緒を開いた。

コラム 日本工作機械工業会の活動概要・組織等について

日本工作機械工業会の70周年記念誌「工作機械産業、未来への継承」（2022年発行）によれば、日本工作機械工業会創立（1951年）当時の活動は、

- ① 来日した米国工作機械調査団の受け入れ
- ② 海外需要調査・輸出促進活動
(海外視察団の派遣や貿易商社との連携、海外に常設のショールーム設置等)
- ③ 政府への働きかけ
(設備近代化助成策、工作機械試作助成策の実現に向けた要望活動等)
- ④ 組織内に技術委員会を設け、JIS制定に関する審議に参加

と記されている。

また、現在の日本工作機械工業会のウェブサイトによれば、工業会の組織は理事会の下に8つの常設委員会（総合企画、技術、経営、市場調査、国際、環境安全、見本市、輸出管理）と加工システム研究開発機構、人材確保・周知研究会で構成されており、

- ・ 業界に共通する有益な情報の収集と提供
(市場調査と統計データ整理、デジタル化や環境問題等の動向把握 等)

- ・ 産学官連携による技術開発の体制構築と開発促進
- ・ 規格化・標準化戦略の検討と推進
- ・ 政府や関係業界団体との連絡・調整
- ・ 業界の将来ビジョンや政府に対する要望事項の取りまとめと折衝
- ・ 見本市（JIMTOF）やメカトロテックジャパン（MECT）を通じた人材確保の支援等に取り組んでいる。

中長期的な研究開発を企業単独で進めることは難しいが、産学官連携の開発体制を構築して NEDO 等の政府支援を仰ぐ、業界の実態や要請事項を把握して政府や関係諸団体に向けて発信する等の業界団体のこうした取り組みは、蓄電池製造装置業界においても有益ではないかと考えられる。

（6）まとめ・日本企業の対応状況

第1期における日本の工作機械産業を取り巻く外部環境（PEST）のポイントを下表に整理した。

表 19 第1期における日本の工作機械産業を取り巻く外部環境（PEST）のポイント

外部環境		ポイント
P（政策・制度）		重要機械類の輸入促進 工作機械産業の育成 工作機械需要の創出
E（経済）・ S（社会）	経済・社会 情勢	戦後改革と復興 朝鮮特需～高度経済成長
	業界	生産額急増だが大幅な輸入超過
	顧客	自動車産業の発展
	競合	生産額で米独に追随 輸出額は独と大きな格差
T（技術）		欧米メーカーとの技術提携を通じた基礎技術のレベルアップ NC 技術の研究開発・実用化

出所：日鉄総研作成

これらの外部環境から調査対象企業が受けた影響および対応状況を以下に記す。

①ファナック

当時の富士通が、NC 装置の萌芽期にいち早くその将来性に着目して日本初の NC 装置を開発し、後にファナックとして独立する「NC 装置の開発」に特化した事業部を立ち上げたことは注目に値する。

富士通の NC 装置部門は、「代数演算パルス分配方式」と「電気・油圧パルスモーター」の2つの発明、そして半導体における飛躍的な技術進歩に後れを取ることなくその成果を NC 装置に取り込むことによって高性能化、安定化を実現することに成功した。また、NC

装置をユーザーごとに設計するのではなく、ユーザーから寄せられる仕様内容を分析して機能を類別化して標準機能を備えたモジュールを設計、そしてユーザーからの個別多様な特性要望に応じてモジュールを柔軟に組み合わせることで対応する、モジュール化戦略を採用したことも、富士通の NC 装置の成功に繋がった。

当時はまだ NC 工作機械の市場は小さく、富士通の NC 装置部門は赤字状態が 9 年間続いた。しかしこれを当時の富士通の経営者が NC 装置の将来性を見込んで許容したことも慧眼であったといえる。

表 20 第 1 期におけるファナックの PEST への対応状況

※当時のファナックは富士通の事業部門の 1 つ

外部環境	対応状況	
P (政策・制度)	—	—
E (経済) ・S (社会)	—	—
T (技術)	NC 装置開発 (1956 年)	民間における日本最初の NC の開発に成功
	NC 商用 1 号機出荷 (1958 年)	NC の商用 1 号機を (株) 牧野フライス製作所へ納入
	2 つの発明 (1959 年)	「代数演算パルス分配方式」と「電気・油圧パルスモーター」を発明。この 2 つの発明によって、NC の性能は飛躍的に向上、安定性もはるかに増した。
	初号機の完成 (1959 年)	日本最初の連続切削 NC、及び、電気・油圧パルスモーター第 1 号機、完成
	初号機の完成 (1960 年)	連続切削用オープンループ NC の一号機完成
	トランジスタ採用 (1962 年)	赤字が続くも NC 装置にトランジスタを採用、回路素子は真空管から半導体へ移行
	直線切削用 NC の初号機の完成 (1965 年)	歴史的なブームを巻き起こした直線切削用 NC の一号機完成
	完全 IC 化達成 (1966 年)	世界で最初の全 IC 化 NC を完成
	世界初の群管理システム (1968 年)	世界で最初に実用化された群管理システムを完成
	完全モジュール化成功 (1969 年)	完全にモジュール化 (工作メーカーの個別多様な特性要望に、標準機能を柔軟に組み合わせて対応) に成功。出荷台数急増、完全モジュール化 NC を完成

出所：各種資料より日鉄総研作成

②DMG 森精機

DMG 森精機 (記述の便宜上、現在の社名をそのまま遡及して記す、以下同じ) は、1948 年に繊維機械メーカーとして創業し、朝鮮特需で成功した後、高度経済成長の波に乗って繊維機械で培った技術を生かして工作機械メーカーに転じた (1958 年)。

同社は早くから外需を意識して、工作機械に転換してからわずか 2 年後の 1960 年から米国に工作機械を輸出して成功を収め、短期間に大手工作機械メーカーとなった。また工作機械業界の中でもいち早く NC 旋盤の生産を開始し (1968 年)、徹底的に顧客の使い勝手の良

い NC 旋盤づくりをこの時期から追求している。工作機械業界の中では後発組であった故に過去の遺産や考え方に捕らわれることの無い合理的な判断ができたことが、こうした同社の進取の気性に繋がったものと思われる。

表 21 第 1 期における DMG 森精機の PEST への対応状況

外部環境	対応状況	
P (政策・制度)	—	—
E (経済) ・S (社会)	繊維機械分野で創業 (1948 年)	軍手製造の繊維機械メーカーとして奈良県大和郡山市にて創業
	工作機械メーカーに転身 (1958 年)	朝鮮戦争の特需に沸いた後、繊維機械で培った技術を生かして工作機械メーカーに転じる
	米国へ輸出開始 (1960 年)	米国販売の伸びと 3 兄弟の得意分野で支え合う体制と高度成長の波に乗り、短期間で大手に
	事業拡張 (1970 年)	事業拡張のため伊賀工場を建設、操業開始
T (技術)	NC 旋盤参入 (1968 年)	NC 旋盤に参入し急成長
	完全な NC 機を投入 (1968 年)	山善などの強力な販売パートナーとファナック等の NC 装置メーカーとの綿密な打ち合わせにより、他にはない完全な NC 機を投入

出所：各種資料より日鉄総研作成

2. 半導体製造装置を取り巻く経営環境と業界の対応状況

「半導体」の歴史は、正確には1970年代初頭に米国 Intel 社が世界初の半導体メモリを開発してからスタートとなるが、ここではもう少し広義に捉え、その前段階である「トランジスタ～ICの時代（1950年以降）」から振り返っていくこととする。

(1) 半導体製造装置業界の概況

日本の半導体製造装置業界は、1950年代から60年代にかけて、米国からの輸入製品に大きく後れを取っていた。初めて量産型の製造装置の国産化が図られたのが1958年、続いて、65年にはウェハ処理工程の量産型製造装置の国産化がなされたという具合であった。その後、1970年になるとようやく「半導体製造装置の国産化元年」と評価されるようになっていく。しかしながら、半導体製造装置全体でみるとまだ当時の日本の電機メーカーは米国からの輸入装置に大きく頼っているという状況であった。

表 22 半導体産業全般と日本の半導体製造装置業界の動向（1950年代）

	半導体産業全般の動向	日本の半導体製造装置業界の動向
～1949	<ul style="list-style-type: none"> ・1939、ベル研究所のラッセル・オール、半導体にごく少量の不純物、P-N接合での整流作用発見 ・1945、AT&Tベル研究所、ウィリアム・ショックレー、半導体（電界効果型トランジスタ）による増幅器の開発 ・1949年、日本で文部省の研究費による「トランジスタ研究連絡会」発足 	<ul style="list-style-type: none"> ・戦時中の光学兵器製造で日本光学（ニコン）は精密機械技術を蓄積。戦後はカメラの開発に尽力、量産技術と世界最高水準のレンズ技術を習得。
1950	<ul style="list-style-type: none"> ・1950年代は米国においても半導体企業が半導体製造装置を内製 ・「1950年代～1960年代に米国で半導体産業が勃興して発展していったとき、かなり自由に米国の後を追うことができたのは、日本の半導体産業だけだった」 ・日本電気がトランジスタの研究開発に着手 	
1951	<ul style="list-style-type: none"> ・ショックレー、実用的な接合型トランジスタを完成 ・日本の電気通信研究所でもゲルマニウム単結晶を用いたトランジスタの制作に成功 	
1954	<ul style="list-style-type: none"> ・1954、TIのゴードン・テール、シリコントランジスタを開発 	
1958	<ul style="list-style-type: none"> ・1958、TIのジャック・キルビー、集積回路発明、TI社で試作 ・GCA社、グリーンバーグらによって設立 	<ul style="list-style-type: none"> ・量産型の組立工程の製造装置の国産化が図られる（1958年～1963年頃）東京精密、海上電気、新川など
1959	<ul style="list-style-type: none"> ・ジャック・キルビー、ICの基本特許（キルビー特許）を申請 ・ジーン・オルニ、光学リソグラフィ技術を利用した平面構造トランジスタ、プレーナートランジスタを試作。フェアチャイルド社はPlaner Processに関する特許申請 	

出所：各種資料より日鉄総研作成

表 23 半導体産業全般と日本の半導体製造装置業界の動向（1960年代）

	半導体産業全般の動向	日本の半導体製造装置業界の動向
1961	<ul style="list-style-type: none"> ・米国のフェアチャイルド社とテキサスインスツルメント社が商業ベースのICを発表 ・GCA社、世界初のフォトレピーター開発 	<ul style="list-style-type: none"> ・日本光学（ニコン）、東京教育大学光学研究所からルーリングエンジン（刻線機）の開発を受注、同社の精密機械技術の画期に
1962	<ul style="list-style-type: none"> ・日本、鉱工業技術研究組合法（1961年施行）による「電子計算機技術研究組合」設立、大型電子計算機の開発に着手 ・米RCA研究所、MOS型の電界効果トランジスタ発明 	<ul style="list-style-type: none"> ・日本真空技術、通産省の助成金によって電子ビーム過熱による超高真空蒸着装置の試作に成功 ・ニコン、フォトマスク製作用レンズも開発
1963	<ul style="list-style-type: none"> ・フェアチャイルド社、ICの商業生産開始 	<ul style="list-style-type: none"> ・東京エレクトロン設立
1965		<ul style="list-style-type: none"> ・ウエーハ処理工程の量産型製造装置の国産化（1965年以降） ・「1960年代後半、我が国電機メーカー、米輸入装置で半導体製造」 ・東京エレクトロン、日電アネルバ、日本真空技術は米国企業との合併で技術導入、国際電気は独自技術で開発
1966	<ul style="list-style-type: none"> ・通産省工業技術院、超高性能大型電子計算機開発プロジェクト開始 昭和41年度から5年間で総額約129億円を投じ、世界的にも最高の技術水準を誇る「夢の超高性能機」を国内技術だけで開発しようというもの →日本のコンピュータ産業は活況に 	
1967	<ul style="list-style-type: none"> ・インテル（米）創業 ※当初はDRAMなど半導体メモリで成功 	
1968	<ul style="list-style-type: none"> ・GCA社、パターンジェネレーター（10倍のマスク製作可） 	<ul style="list-style-type: none"> ・武田理研工業（現アドバンテスト）、通産省重要技術開発補助金を受け、ダイナミック・パラメトリックの試験機を開発
1969	<ul style="list-style-type: none"> ・シャープ、LSI電卓、約10万円で発売 ・インテル、MPUのアイデア、1969年から日本のビジコン社（電卓メーカー）の委託で電卓用LSIを共同開発開始 	<ul style="list-style-type: none"> ・半導体製造装置業界の活発化 キヤノン、フォトマスク等倍焼き付け複製装置開発 ニコン、IC用投影露光装置を本格的に拡販など
1970	<ul style="list-style-type: none"> ・日本のコンピュータ保有台数は世界第2位に 	<ul style="list-style-type: none"> ・「半導体製造装置の国産化元年」 島田理化がウェット処理の自動装置開発、日立製作所がインプラの国産化に成功、国際電気が酸化膜、窒化膜用CVD装置を製品化 など ・それまで完全に輸入していたICテストシステムの国産化を望む声の高まりを受けて、機械振興協会は「集積回路試験装置」の開発を採択、タケダ理研（後のアドバンテスト）が試験装置を開発

出所：各種資料より日鉄総研作成

（2）ユーザー産業（半導体）の動向

工作機械同様、朝鮮戦争による特需の後、神武〜いざなぎ景気にわたる日本経済の高度経済成長期において、半導体産業は「米国先進技術のキャッチアップと自らの生産基盤の強化・拡充」の時代を迎えた。

1947年に米国のAT&Tベル研究所がトランジスタの生産を開始し、54年に米国リージェンシー社がトランジスタラジオの発売を開始すると、日本では55年に東京通信工業（現ソニー）がトランジスタラジオを発売し、他の日本メーカーも競って参入・量産化するなど、60年には日本は米国を抜いて世界最大のトランジスタ生産国となった。ICについては、1958年に米国のテキサス・インスツルメンツ社が集積回路ICを発明し、60年代前半に米国でICを使った電気製品が発売されると、日本のメーカー各社は60年代後半に米国からIC技術を導入してラジオや電卓などの販売を開始し、量産化を進めた。続いて、米国Intel社が71年に世界初のマイクロプロセッサIntel4004を発表してLSIの時代になると、72年にカシオ計算機がLSIを使用したカシオミニを販売開始、73年にシャープ

プが液晶画面を使った電卓を販売開始するなど、日本は米国で開発された先進技術を貪欲に吸収し、数年遅れで商品開発を進めていった。

(3) 半導体製造装置に係る技術動向 (T)

単体トランジスタの製造技術の進歩に伴い、いくつかのトランジスタ、ダイオードを1つのチップの中に集積する、集積回路 (IC: Integrated Circuit) という発想が多くの研究者の間で生まれてきた。これを実現する画期的な特許が 1959 年に発表された、米国のフェアチャイルド社のロバート・ノイス氏による「プレーナー特許」とテキサス・インスツルメント社のジャック・キルビー氏によるいわゆる「キルビー特許」であったが、世界で初めてシリコンを使用してトランジスタを集積するこれらの技術は、今日の半導体集積回路の基本的なアイデアとなっている。

1960 年代に入ると、米国のフェアチャイルド社とテキサス・インスツルメント社によって IC の商業生産が開始される。フェアチャイルドの Jay Last と Robert Noyce は、ウェハ上のフォトリソに集積回路チップのパターンを繰り返し転写するステップ・アンド・リピートカメラを 1959 年に製作した。これによって、一枚のシリコンウェハに同一チップを多数形成する集積回路製造の基本方式が確立した。このステップ・アンド・リピートカメラの基本原理をベースにして、1961 年に GCA の David W. Mann 部門からフォトマスク製造に用いるフォトリピーターが販売されるようになった。このフォトリピーターの原理は、1970 年代にフォトリソグラフィへと展開する²¹。

このフォトリソグラフィは高精度なレンズの技術を必要とするが、戦時中の光学兵器製造で精密機械技術を蓄積した日本メーカーが、後にその技術を応用する形でフォトリソグラフィの製造に進出し、成功を収めることとなる。

(4) 競合国・企業の動向

半導体製造装置全体でみるとまだ当時の日本の電機メーカーは米国からの輸入装置に大きく頼っている状況であった。

(5) 政策・制度の概要 (P)

日本の半導体製造装置の向け先 (需要家) は、その創成期から 1980 年代末頃までの間、日本の半導体メーカーが太宗を占めており、日本の半導体産業の成長がすなわち半導体製造装置産業の成長であった。そのため、この章と次章、すなわち、1950 年～90 年頃に関する政策・制度については「日本の半導体産業育成のための施策」について記述を進めていく。

²¹ 日本半導体歴史館より引用 (<https://www.shmi.or.jp/index.html>)

①手厚い政府支援による産業育成 その1（大型技術研究開発制度）

この時代の半導体産業育成は、手厚い政府支援の下、官民一体となって大型技術の研究開発を推進しようとするものであった。

政府は1960年に「電計算機国産化5カ年計画」を策定した上で、62年に大型コンピュータの開発を目的とする「電子計算機技術研究組合」を発足させ、組合への補助金交付を実施した。続いて66年には「大型技術研究開発制度」を設け、「開発費が膨大な研究開発テーマについては全額国庫負担で開発するべきものであり、超高性能電子計算機の開発は重要テーマである」と表明し、68年に「超高性能電子計算機研究組合」を発足させた。66年には通産省工業技術院は超高性能大型電子計算機開発プロジェクト開始したが、これは昭和41年度から5年間で総額約129億円を投じ、世界的にも最高の技術水準を誇る「夢の超高性能機」を国内技術だけで開発しようというものであった。これは日本のコンピュータ産業の活況に繋がったが、同時に半導体製造装置の業界の発展にも繋がったものと考えられる。

さらに通商産業省は、69年7月に重工業局に電子政策課および官房に情報産業室を設置²²し、電子計算機特別償却制度の新設や電子情報処理振興審議会を設置するなど、着々と電子産業を重視する施策を講じていった。

②手厚い政府支援による産業育成 その2（機電法と機情法）

1971年3月に制定された特定電子工業及び特定機械工業振興臨時措置法（機電法）は、工作機械同様、半導体にとっても重要な産業育成策であった。機電法に基づいて72年度に創設された電子計算機等開発促進費補助金制度では、コンピュータメーカーだけでなく、周辺装置メーカーの開発費用に対しても以下の補助が行われた。

- ・ 電子計算機等開発促進費補助金：国産コンピュータメーカー6社²³に対し、50%補助
- ・ 周辺装置等開発促進費補助金：周辺装置等のメーカーに対し、50%を補助

また、78年には、ソフトウェア業を支援対象に加えるため、特定機械情報産業振興臨時措置法（機情法）が制定され、ユーザーに対する税制上の措置が行われるなど、コンピュータ産業に対する育成・強化が行われた。

²² 1973年に通産省機械情報産業局に改組

²³ 6社は、富士通・日立製作所、日本電気・東芝、三菱電機・沖電気工業の3グループ

(6) まとめ・日本企業の対応状況

第1期における日本の半導体製造装置産業を取り巻く外部環境（PEST）のポイントを下表に整理した。

表 24 第1期における日本の半導体製造装置産業を取り巻く外部環境（PEST）のポイント

外部環境		ポイント
P（政策・制度）		手厚い政府支援による産業育成 電子計算機技術研究組合の発足 機電法と機情法
E（経済）・ S（社会）	経済・社会 情勢	戦後改革と復興 朝鮮特需～高度経済成長
	業界	組立工程の製造装置の国産化
	顧客	ソニーなど、トランジスタを用いたラジオ、テレビ、計算機の生産開始
	競合	製造装置は圧倒的に米国製が優勢
T（技術）		集積回路製造の基本方式の確立

出所：日鉄総研作成

これらの外部環境から調査対象企業が受けた影響および対応状況を以下に記す。

①ニコン、キヤノン

キヤノン、ニコンは、両者ともに戦前から有していた光学技術と精密加工技術を活用して戦後はカメラ開発に尽力し、半導体露光装置に必要な量産技術と世界最高水準のレンズ技術を蓄積していた。集積回路製造の基本方式が確立し始めた1960年代には、ニコンは露光装置向けのレンズ供給を行い、1969年には両社ともに露光装置そのものの開発に成功している。

表 25 第1期におけるニコンのPESTへの対応状況

外部環境	対応状況	
P（政策・制度）	—	—
E（経済） ・S（社会）	—	—
T（技術）	フォトマスク製作用レンズ開発（1962年）	フォトマスク製作用レンズ開発
	当時世界最高の解像力を実現（1962年）	超高解像力レンズ「ウルトラマイクロ・ニッコール」発売、フォトリソグラフィ工程に必要なフォトマスク製作用に開発、当時世界最高の解像力を実現したレンズ。
	製作困難機の国産化（1964年）	超精密で製作が困難なため、日本では1960年代まで「幻のマシン」と呼ばれていたルーリングエンジン（回折格子刻線機）の国産第1号機となった。
	新製品開発（1969年）	IC用投影露光装置を開発

出所：各種資料より日鉄総研作成

表 26 第 1 期におけるキヤノンの PEST への対応状況

外部環境	対応状況	
P (政策・制度)	—	—
E (経済) ・S (社会)	—	—
T (技術)	新技術開発 (1969 年)	フォトマスク等倍焼付複製装置を開発
	国産初の半導体露光装置 (1970 年)	1970 年、国産初の半導体露光装置「PPC-1」発売

出所：各種資料より日鉄総研作成

②東京エレクトロン

東京エレクトロンは、エレクトロニクス製品の輸出入を行う商社、東京エレクトロン研究所として創業し、当時急成長し始めていた日本のトランジスタ製品（カーラジオなど）の米国への輸出で利益を上げた。

しかし、同社は徐々にメーカー機能を拡充し、徐々に半導体製造装置メーカーに転身していく。この時期は、創業の翌年の 1964 年に米サムコ社から拡散炉の輸入販売代理権を獲得、1968 年には米サムコ社と合弁会社を設立して装置の国内生産を開始した。同社の創業者は米国企業のアフターサービスの不備に不満があり、その不備を補うためにサービスエンジニアを養成していたが、彼らが装置の国内製造を担う人材となっていく。

表 27 第 1 期における東京エレクトロンの PEST への対応状況

外部環境	対応状況	
P (政策・制度)	—	—
E (経済) ・S (社会)	東京エレクトロン研究所の創業 (1963 年)	総合商社の日商岩井（現在の双日）出身のサラリーマンが TBS より出資を得て、エレクトロニクス製品の輸出入を行う商社、東京エレクトロン研究所を創業 創業時の事業の根幹は米国へのカーラジオの輸出
T (技術)	輸入販売代理権 (1964 年)	米国サムコ社から拡散炉の輸入販売代理権を獲得し、販売を開始
	拡散炉で米社と合弁 (1968 年)	米サムコ社と拡散炉において合弁テルサムコを設立、ノックダウン化を図る

出所：各種資料より日鉄総研作成

3. 関連年表

1 期（戦後復興から高度経済成長期まで）における工作機械、半導体製造装置に関連する PEST の動向を次頁の表にまとめた。

表 28 1 期（戦後復興から高度経済成長期まで）における工作機械、半導体製造装置に関連する PEST の動向

	P: 政策・制度				E: 経済												S: 社会					T: 技術					
	トピック的な出来事	工作機械関連	半導体関連	トピック的な出来事	一人当り GDP (current US\$)	一人当り GDP 成長率	円ドル為替相場	原油価格 (\$/bbl)	自動車生産 (千台)	自動車輸出 (千台)	日本車の海外生産合計 (千台)	日本車の海外生産比率	工作機械生産額 (100万ドル)	工作機械生産額 (億円)	工作機械輸出額 (100万ドル)	工作機械輸出比率 (%)	半導体製造装置高純度額 (億円)	半導体製造装置高純度の輸出比率 (%)	世界市場における日本製半導体製造装置のシェア (%)	人口 (千人)	人口増加率	65歳以上人口比率	携帯電話契約数 (千人)	インターネット利用人口比	工作機械関連	半導体関連	
1950	朝鮮戦争 (1950-1953)			朝鮮特需により戦後復興が始まる			361.1	67	6										83,656	1.65							
1951	サンフランシスコ条約 日本は国際社会に復帰	工作機械工業会 創立					361.1	83	7										85,050	1.48					世界初のNC工作機械、米で試作機開発	ショックレー、実用的な接合型 トランジスタを完成	
1952		「企業合理化促進法」					361.1	102	1										86,317	1.39					MIT、米空軍の要請で世界初の NCフライス盤完成		
1953		「工作機械等試作補助金制度」 (1953-55)		テレビ放送開始			360	148	1										87,526	1.21							
1954				「三種の神器」 電気冷蔵庫、洗濯機、テレビ			360	168	1										88,588	1.13							TIのゴードン・テール、 シリコントランジスタを開発
1955	ベトナム戦争 (1955-1975)	通商産業省 「国民教育成案綱要」 発表					360	157	1										89,598	1.09					米シンシナチ・ミラクロン、NC装置を 取り付けたフライス盤を開発	東京通信工業（現ソニー）、日本初の トランジスタラジオ発売開始	
1956		「機械工業振興臨時措置法」 (機振法)					360	217	2										90,582	0.97					富士通が日本初のNC装置開発		
1957		「金属工作機械製造合理化基本計画」	「電子工業振興臨時措置法」 (1957-1971)				360	297	7										91,461	0.82							
1958			日本電子工業振興協会 設立				360	287	10										92,215	0.99					牧野フライス製作所、大阪国際工作機 械見本市にNCフライス盤を出展（最初 の商用のNC工作機械）	米GCA社（露光装置）設立 日本電子工業振興協会（JEIDA）設立	
1959				岩戸景気			360	421	19										93,128	0.96							TIのジャック・キルビー、ICの基本特 許（キルビー特許）を申請
1960	「国民所得倍増計画」				475		360	1.6	760	39									94,024	0.93	5.8						
1961	「鋳工業技術研究組合法」施 行			日本の自動車生産、 年産100万台を超える	569	11.0	360	1.6	1,038	57									94,906	0.94	5.9						米国のフェアチャイルド社とTI社が商 業ベースのICを発表
1962	キューバ危機		鋳工業技術研究組合法による 「電子計算機技術研究組合」 設立		640	7.9	360	1.5	1,135	67		309	1,114	12	4.0				95,805	0.96	6.0				富士通のNC部門、NC装置に トランジスタを採用	回路素子は真空管から半導体へ移行	
1963					725	7.4	360	1.5	1,401	99		293	1,053	15	5.0				96,731	1.06	6.2						フェアチャイルド社、ICの 商業生産開始
1964				東京五輪開催 東海道新幹線開通	844	10.5	360	1.5	1,782	150		304	1,096	18	5.8				97,763	1.13	6.3						シャープ、世界初のオールトランジ スタ電卓発売
1965	日韓条約締結			40年不況	929	4.7	360	1.4	1,919	194		268	965	36	13.4				98,876	1.19	6.4				富士通のNC部門が黒字に転換、以後、 同社のNC装置出荷台数は急増		
1966	大型工業技術研究開発制度 (通称、大プロ) 創設		工業技術院「超高性能電子計 算機の開発」プロジェクト (1966-1971)	いざなぎ景気 (1966-1970) 新三種の神器（3C： カー、クーラー、カラー テレビ）	1,069	9.6	360	1.4	2,320	256		274	985	53	19.2				100,062	0.81	6.6				完全にIC化されたNC装置のファナック 260誕生		
1967				日本の国民総生産 (GNP) は米国、西独に 次いで資本主義世界で第 3位に	1,239	9.9	360	1.3	3,146	362		456	1,642	58	12.7				100,872	1.29	6.8						
1968				日本の国民総生産 (GNP) は西独を抜いて 世界2位に	1,451	11.6	360	1.3	4,086	612		650	2,339	64	9.9				102,184	1.24	6.9						インテル（米）創業
1969					1,685	11.1	360	1.3	4,674	858		861	3,099	79	9.1				103,455	1.24	7.1				ファナック、NC装置の 完全なモジュール化に成功		
1970	米国マスキー法			大阪万博開催 日本の自動車生産、 年産500万台を超える	2,056	1.3	360	1.2	5,289	1,087		1,109	3,994	91	8.2				104,749	1.27	7.2				NC化率7.8%	米インテル社、最初の「マイクロ セッサ」Intel4004を発表 米国の半導体産業を中心にSEM (Semiconductor Equipment and Materials International)、国際半導 体製造装置材料協会) 設立	

(注) 特記しない限り日本における動向を示す (以下同じ)
出所: 各種資料より日鉄総研作成

Ⅱ. 2期（高度経済成長期からバブル景気まで）

経済・社会情勢（E・S）

①ニクソンショック・オイルショックによる高度経済成長の終焉

1960年代の高度経済成長を経て、日本経済は1970年代に入ると様々な環境変化に直面した。既に公害問題が深刻化していたのに加え、先進国との貿易摩擦の激化などである。IMF・GATT体制下、固定為替のメリットを享受してきた日本経済にとって、1971年8月のニクソンショックは青天の霹靂であった。

1971年8月には米ニクソン大統領がドル防衛策として10%の輸入課徴金とドル・金兌換停止等を柱とする緊急経済対策を発表（ニクソンショック）し、同年12月にはIMFスミソニアン会議にて為替レートが調整（1ドル=360円から308円に）された後、なし崩し的に変動相場制に移行していくことになった。時代背景として、当時のアメリカは1965年から本格的にベトナム戦争に軍事介入し、財政赤字と経常赤字が拡大していた。日本の輸出拡大とともに、日米貿易摩擦が問題視され始め、繊維・鉄鋼・カラーテレビ・自動車等が交渉テーブルの俎上に載せられ、対米輸出自主規制が行われるようになった。また、農産物の輸入自由化についても交渉マターとなり、牛肉やオレンジの市場開放が要求された。

1972年7月に総理大臣に就任した田中角栄首相は「日本列島改造計画」に着手し、全国的な道路交通網の整備を推進した。石油関連品に課税する制度を設けて道路特定財源とし、精力的に公共事業を実施し、景気刺激策を発動した。しかし、そんな折に発生したのが第1次オイルショックであった。1973年10月に始まった「第4次中東戦争」を契機とし、OPEC諸国は原油価格を大幅に引き上げた。石油の8割近くを中東からの輸入に依存してきた日本は中立の立場をとってきたが、親イスラエルの米国と同盟関係にあったことなどから「石油が途絶え、物不足になるかもしれない」との社会不安が一気に拡がり、トイレットペーパーの買い占めや便乗値上げ等が発生し、物価は瞬く間に急上昇した。1973年の消費者物価上昇率（生鮮品を除く総合指数）15.6%、74年には20.9%という「狂乱物価」となり、急激なインフレはそれまで旺盛だった経済活動にブレーキをかけることになった。1974年度に日本経済は戦後初めてマイナス成長に落ち込み、高度経済成長時代は終焉を迎えた。

②オイルショックを乗り越え、中成長に

オイルショックという危機からの回復を可能にしたのは、経営の合理化努力と省エネルギー・省資源化の努力、さらに、輸出の拡大であった。石油危機を乗り切った日本の企業が製造する高品質かつ高効率・省エネルギーな製品は欧米各国の市場で高い評価を勝ち得た一方、欧米諸国政府からは脅威と受け取られるようになっていく。世界経済が第1次オ

イルショックのダメージを払拭出来た 1978 年に、第 2 次オイルショックが発生し、世界経済は再び大混乱に陥る。しかし、これに対しても日本の危機対応能力は再びの危機からの脱出を可能にした。エズラ・ヴォーゲルが「Japan as No.1」を著したのは 1979 年であったが、80 年代に入ると日本の貿易黒字は急激に拡大し、貿易赤字に悩む米国と対照的となっていた。こうした過程の中で、日米間の貿易摩擦は激化していく。

1981 年 1 月に「強いアメリカ」の復活を標榜して政権に就いたレーガン大統領は、小さな政府を実現して民間活力を再生することを企図し、大型減税・歳出削減・規制緩和等のレーガノミックス政策を遂行しようとしたが、米国の独歩高の高金利がドルの高騰と国際収支の悪化を招来した。この結果、米国は財政と国際収支という「双子の赤字」に悩まされることになっていった。米国政府にとっての問題は米国になだれ込んでくる輸入製品であり、その代表的なものが日本からの工業製品であった。そこで、米国政府は日本の意図的な円安誘導と市場の閉鎖性を問題視し、日米間で自動車や半導体を巡る貿易摩擦が発生することになった。貿易摩擦が日本側の輸出自主規制で決着したのは繊維・カラーテレビ・鉄鋼までで、自動車については米国製自動車の対日輸出増加、半導体についても日本の市場拡大が厳しく要求されるようになり、日本政府の課題は内需拡大と財政再建に移っていった。

2 度のオイルショックを乗り切った日本経済は安定的な中成長を遂げていたが、国の財政状況は惨憺たるものであった。第 1 次オイルショック直前に成立した「福祉元年」施策もその一因であったが、オイルショックや円高対策のための財政出動も大きな要因となった。財政再建を最重点項目とした大平内閣は一般消費税を導入しようとして失敗、鈴木内閣では財政非常事態宣言が発出されるとともに、第二臨調の会長を務めた土光敏夫氏は「増税なき財政再建」と「三公社（国鉄・専売公社・電電公社）の民営化」を提唱した。1982 年から後を継いだ中曽根内閣は内需拡大と財政再建を目指し、民間活力の活用とアーバンルネッサンス（都市再開発）を旗印として東京湾横断度往路や関西国際空港などの大型プロジェクトを民活方式で実施した。こうした施策が日本経済の成長を支えたことは明らかであったが、一方で、地価高騰や土地投機の遠因ともなっていた。

	景気		物価	株価・地価		為替レート	国際収支		労働市場
	実質GDP (成長率) (年度)	鉱工業生 産指数前 年度比 (前年度比) (年度)	消費者物 価指数 (総合) (前年度比) (年度)	日経平均 株価 (円) (年度)	市街地地 価指数 (6大都市 全用途平 均) (上昇率) (年度)	円ドル レート (円/\$) (年度)	経常収支 (億円) (暦年)	経常収支 (100万ドル) (暦年)	失業率 (%) (年度)
1970	8.2			2,126.9	17.6	360.0		1,970	1.2
1971	5.0		6.0	2,620.1	16.1	335.3		5,797	1.3
1972	9.1		5.5	4,431.0	12.9	296.2		6,624	1.3
1973	5.1		15.7	4,603.3	31.6	273.2		▲136	1.3
1974	▲0.5	▲9.7	21.0	4,225.1	18.0	293.7		▲4,693	1.5
1975	4.0	▲4.5	10.3	4,389.7	▲8.1	299.5		▲682	2.0
1976	3.8	10.8	9.5	4,802.2	1.0	291.5		3,680	2.0
1977	4.5	3.1	7.0	5,100.0	2.5	254.9		10,918	2.1
1978	5.4	7.1	3.8	5,818.0	3.0	200.3		16,534	2.2
1979	5.1	8.1	4.8	6,469.7	7.3	231.8		▲8,754	2.0
1980	2.6	2.0	7.6	7,050.8	13.2	216.4		▲10,746	2.1
1981	3.0	2.0	4.1	7,630.8	8.4	228.7		4,770	2.2
1982	3.1	▲0.6	2.5	7,585.9	6.8	250.1		6,850	2.5
1983	2.5	5.7	1.9	9,464.3	4.7	236.1		20,799	2.7
1984	4.1	8.4	2.2	11,144.5	5.2	244.6		35,003	2.7
1985	4.1	2.4	1.9	13,092.6	7.4	217.4	119,698	49,169	2.6
1986	3.1	▲0.3	0.0	18,379.4	14.3	158.6	142,437		2.8
1987	4.8	5.8	0.5	24,306.9	25.9	136.8	121,862		2.8
1988	6.0	8.9	0.7	29,192.6	27.9	128.8	101,461		2.4
1989	4.4	4.4	2.9	34,953.8	24.4	143.3	87,113		2.2
1990	5.5	5.0	3.1	26,678.8	30.1	141.3	64,736		2.1

注) 1. GDPは1968年基準である。

2. 鉱工業生産指数は平成7年度基準である。

出所) 内閣府「国民経済計算」、経済産業省「生産・出荷・在庫指数」、総務省統計局「消費者物価指数」、(財)日本不動産研究所「市街地価格指数」、日本経済新聞社「日経株価指数225」、財務省「国際収支状況」、総務省統計局「労働力調査」。

出所：内閣府「バブル/デフレ期の日本経済と経済政策」

https://www.esri.cao.go.jp/jp/esri/prj/sbubble/history/history_01/analysis_01_01_01.pdf

③プラザ合意と円高不況の到来

1980年代前半の日本を取り巻く国際経済は、米国の双子の赤字、日本の経常収支黒字、ドル高・円安という状況であったが、米国は1985年の夏頃にはドル高是正のための国際協調の動きを本格化させた。9月の「プラザ合意」である。主要非ドル通貨の対ドル為替レートの秩序ある上昇が望ましいとの合意がなされ、翌日から為替市場への大規模な協調介入が行われた結果、1985年末には1ドル=200円近傍に、翌年1月には200円割れという急激な円高・ドル安が進行した。日銀による公定歩合引き下げにも関わらず、輸出製造業を中心に景気が急速に悪化し、日本経済は円高不況に突入した。日本政府は1986年9月に事業量総額3兆6,000億円を超える「総合経済対策」を発表したが、1ドル=170円前後まで進んだ円高影響を抑え込むことはできず、繊維・鉄鋼・電機・自動車の下請け企業は軒並み赤字に陥っていった。1987年春には1ドル=140円台にまで上昇するととも

に、半導体を巡る日米通商摩擦が深刻化し、米国は日本の一部製品に報復関税をかけると発表するなど、日本経済は苦境に陥っていった。

④内需拡大による好景気とバブルの到来

日本政府は1987年5月に事業費総額6兆円規模の「緊急経済対策」を発表し、財政再建路線から一歩踏み出す方針に舵を切った。これを機に、日本経済は回復基調に転じ、内需拡大による好景気に突入する。内需拡大型経済構造に向けた構造調整という基本モデルを念頭に、東京臨海部の副都心開発構想などの大規模な民活プロジェクトが促進された。また、コンピュータなど情報ネットワーク構築や工場のFA化などに向けた投資が活発になり、10月にはブラックマンデーと呼ばれたニューヨーク市場の株式大暴落が不安要素となったにもかかわらず、日本の景気復調の動きは堅固であった。1988年頃から、輸出型製造業は円高メリットを活かした海外への工場移転と国内工場の内需シフトを進めた結果、ASEAN諸国との産業内分業ネットワークが形成された。自動車の国内生産台数は、1980年代半ばに1200万台超となっていたが、90年の1300万台をピークとして海外生産化に転じ、90年代には1000万台となった。グローバルな企業活動が展開され、回復基調を底上げした。また、好景気による所得の伸びの成果として、消費の多様化・高級化が進むとともに、マネーサプライは増加基調を強めた結果、株価・地価が急上昇した。所謂、「バブル経済」の発生である。企業には財テクが流行し、個人投資家はNTT株式の新規公募等に殺到した。こうした日本経済の好況ぶりに対し、米国政府は1989年5月に「スーパー301条」の対日適用を決定し、スーパーコンピュータ・衛星・木材製品の3品目を不正貿易行為に挙げるとともに、日本に対して構造協議の実施を要求してきた。

1. 工作機械を取り巻く経営環境と業界の対応状況

ニクソンショック・オイルショックを経て、日本経済の高度経済成長は終焉を迎え、安定的な中成長期に向かった。日本の工作機械産業は機電法や機情法等の産業育成策を受け順調に成長を続けていたが、日本の輸出拡大とともに次第に貿易摩擦が問題視され始め、80年代前半には日米貿易摩擦による緊張が極度に高まっていく。こうした社会・経済環境の下、工作機械業界は、「輸出の増加と国際化時代への対応を探る」時代を迎えることになる。

(1) 工作機械業界の概況

①生産

高度経済成長期を過ぎてバブル景気に至るまでの時期、日本の工作機械産業は大きな成長を遂げた。1971年に生産額931百万ドルであった生産額は、オイルショックなどで一時的に減少に転じた時期はあっても、傾向としては右肩上がりの急成長を続け、1990年に生産額は10,945百万ドルと10倍以上の規模に達した。

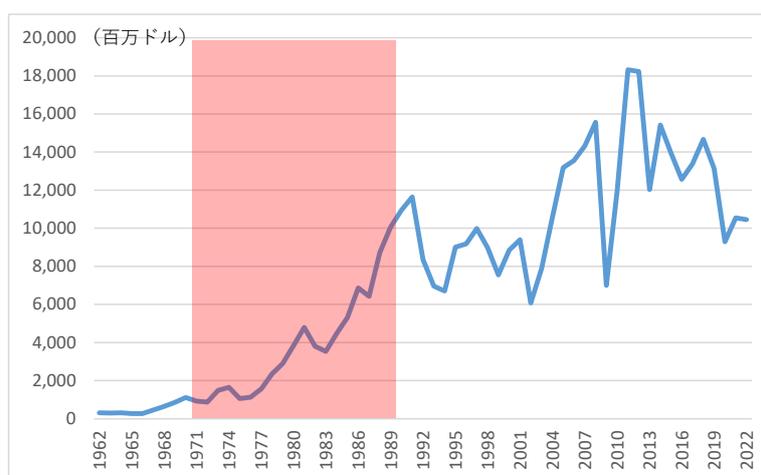


図 22 日本の工作機械の生産額（1962年～2022年）

出所：日本工作機械工業会データより日鉄総研作成

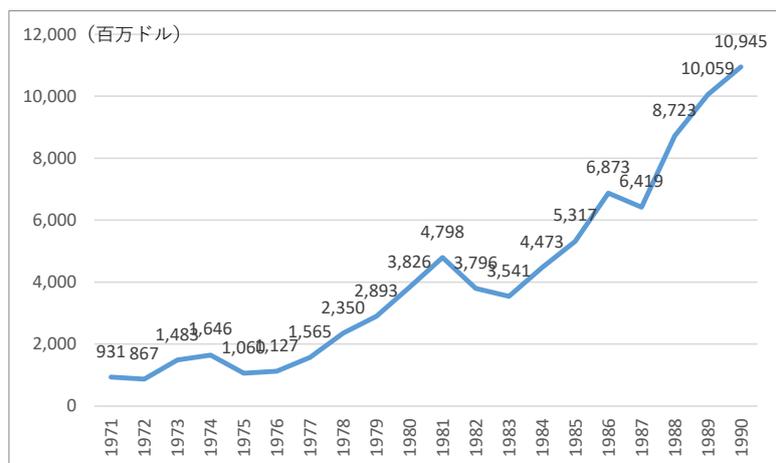


図 23 日本の工作機械の生産額（1971年～1990年）

出所：同上

②輸出入

生産と同様に輸出額もこの時期に大きな成長を遂げた。1971年に生産額111百万ドルであった輸出額は、1982年～1983年に一時的に減少に転じたものの、傾向としては右肩上がりの急成長を続け、1990年に輸出額は3,980百万ドルと30倍以上の規模に達した。輸出比率も急上昇し、1970年代半ば以後は30%台から40%台を推移するようになり、外需が日本の工作機械産業にとって確固たる位置を占めるようになったことがうかがえる。

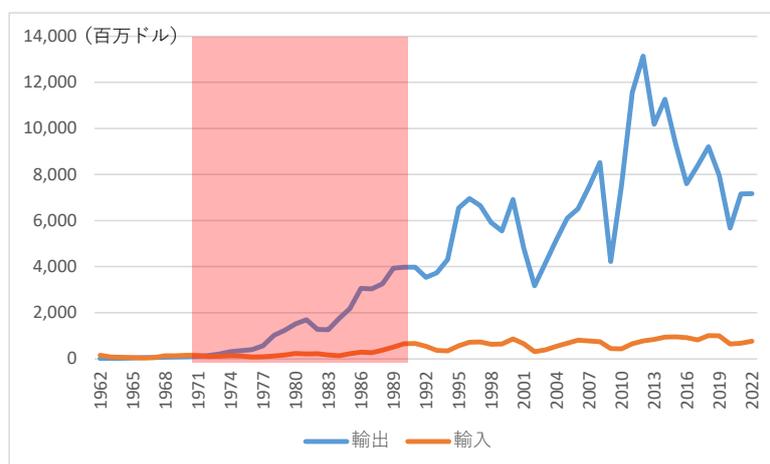


図 24 日本の工作機械の輸出入額

出所：日本工作機械工業会データより日鉄総研作成

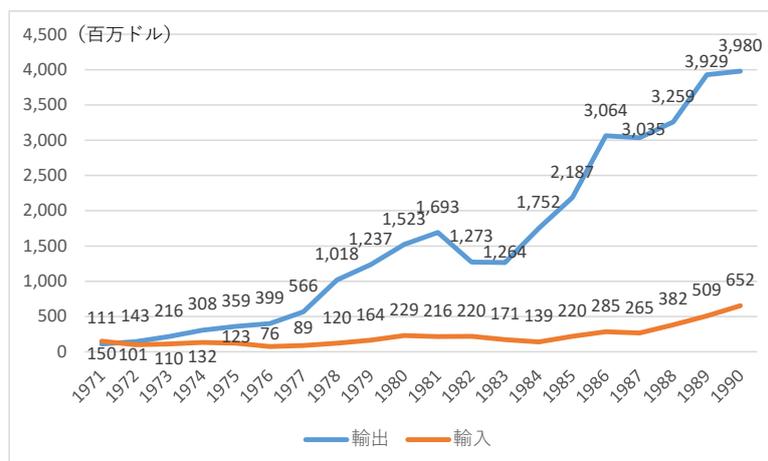


図 25 日本の工作機械の輸出入額（1971年～1990年）

出所：日本工作機械工業会データより日鉄総研作成

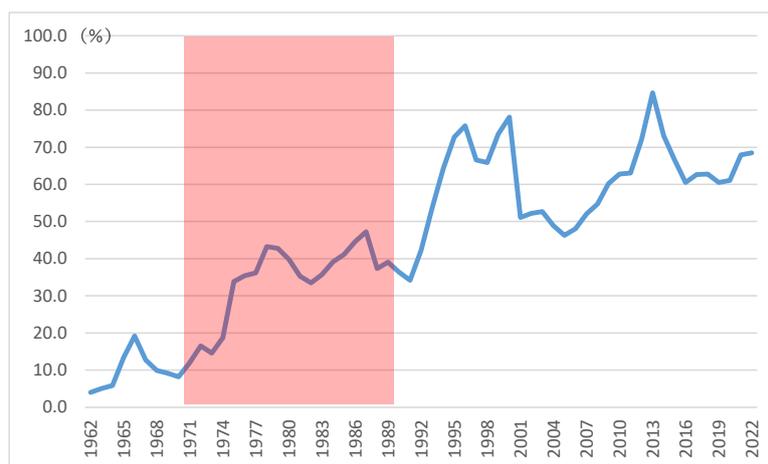


図 26 日本の工作機械の輸出比率（1962年～2022年）

（注）輸出額／生産額を輸出比率として定義した

出所：日本工作機械工業会データより日鉄総研作成

当時の日本の工作機械の輸出の急増の背景としては、日本が NC 工作機械の製品化で競争相手の欧米よりも先行していたこと、トラブル時に迅速に対応するなど充実したサービスをユーザーに提供していたことが挙げられる²⁴。また当時は相対的に低かった賃金コストと日本にとって有利な為替レートに支えられ、日本製の NC 工作機械の価格が米国製の 1/2 から 1/3 と大幅に割安であったとの指摘も見られる²⁵。

²⁴ 日本工作機械工業会ヒアリングより

²⁵ Heinrich Arnold, The recent history of the machine tool industry and the effects of technological change, November 2001, University of Munich, Institute for Innovation Research and Technology Management

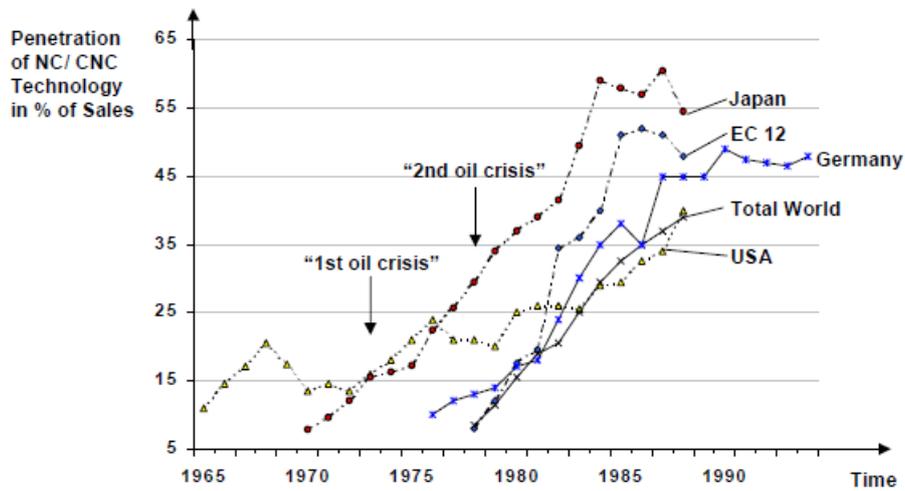


図 27 主要国における NC 化率の推移

出所：Heinrich Arnold, The recent history of the machine tool industry and the effects of technological change, November 2001, University of Munich, Institute for Innovation Research and Technology Management より引用

日本のこの時期の工作機械の輸出先についてみると、1960年代に目立ったソ連、中国という共産圏向けの輸出比率はこの時期減少する。代わって、1970年代後半に韓国向け、1980年代前半に米国向け、1980年代後半に欧州向けが、それぞれシェアを伸ばしていることが認められる。東南アジアと台湾向けはほぼ一貫して合わせて1割程度のシェアを占めている。この時期の日本の工作機械の輸出は、欧米向けおよび韓国、台湾、東南アジア向けを中心に拡大していったといえる。

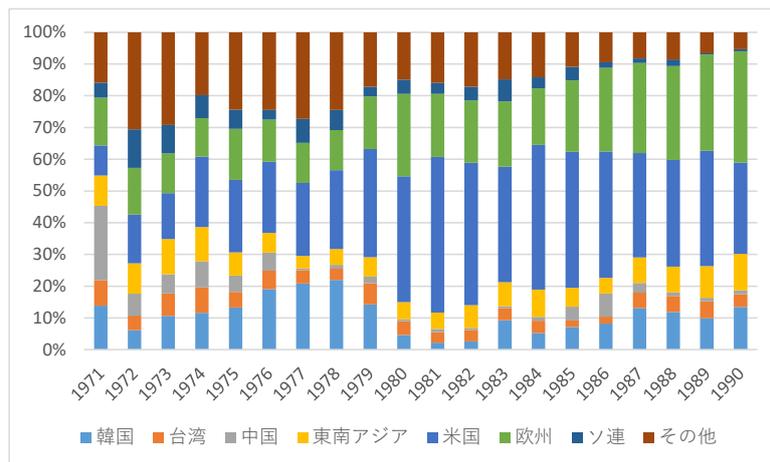


図 28 日本の工作機械の輸出先 (1971年～1990年)

出所：日本工作機械工業会データより日鉄総研作成

(2) ユーザー産業（自動車）の動向

この時期の日本の自動車産業は、オイルショックや円高による影響を受けつつも、生産台数、輸出台数ともに飛躍的な成長を遂げた。生産台数は1972年に600万台、1977年に800万台、1980年に1,000万台、1985年には1,200万台を超え、1990年には1,300万台を超えた。前章でも述べたように、自動車産業は工作機械の最大の需要先であり、工作機械の需要の60%近くを占めると推定されることから、この日本の自動車産業の急成長は工作機械産業の発展に大きく寄与したことは想像に難くない。

日本の自動車の輸出台数の増加のテンポはさらに速く、1971年には200万台弱であったのが、1980年には約600万台と3倍にまで拡大し、生産台数に対する輸出台数の比率（以後「輸出比率」）は50%を上回るまでになった。しかしこの急速な輸出の拡大、特に対米輸出の増加は日米間での経済摩擦を招き、輸出台数の拡大のテンポは以後鈍ることとなった。輸出比率も低下し輸出比率は40%台となった。

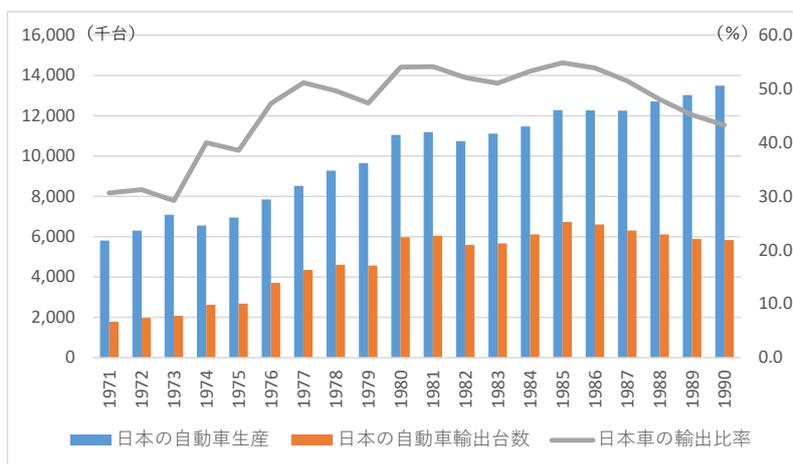


図 29 自動車生産台数・輸出台数・輸出比率（1971年～1990年）

出所：日本自動車工業会データより日鉄総研作成

日米経済摩擦の影響もあり、この時期に日本車メーカー各社は海外での現地生産を強化し始めている。日本車の生産台数に占める海外での生産台数（以後「海外生産比率」）は1985年には10%未満であったのが、1990年には20%近くにまで達している。

なお、工作機械産業でも、ヤマザキマザックのようにいち早く海外に進出して海外生産を行った（1974年、アメリカ）のようなメーカーも見られたが、総じて他の製造業の業種分野に比べて海外生産の展開は遅れがちであり、その理由としては技術流失や海外での技術者確保の困難などが指摘されていた²⁶。

²⁶ 韓金江（京都創成大学）「日本の工作機械工業の国際化－90年代以降の海外進出を中心として－」アジア経営研究 No.15 2009

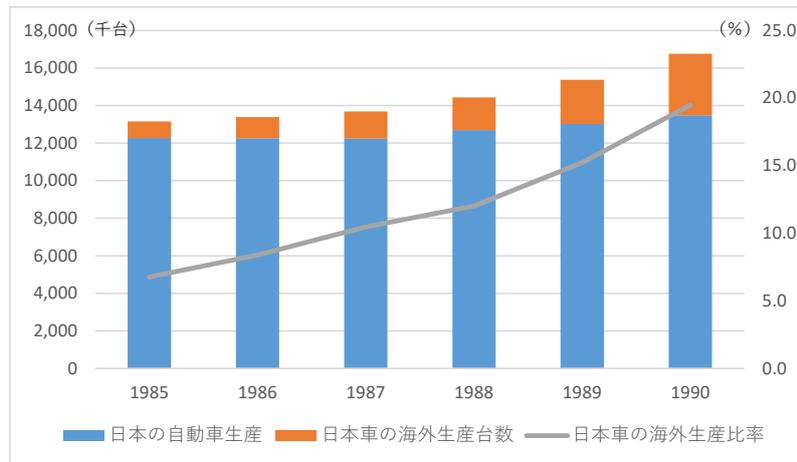


図 30 日本の自動車生産台数と日本車の海外生産台数（1985年～1990年）

出所：日本自動車工業会データより日鉄総研作成

（3）工作機械に係る技術動向（T）

この頃から CNC 工作機械（Computer Numerical Control）という呼称が登場する。もともと初期の NC 工作機械はテープに記録されたプログラムを読み取って機械制御を行っていたが、技術の進化とともにテープではなくコンピュータが利用され、そのようなコンピュータ内蔵の工作機械を特に CNC 工作機械と呼ぶようになった。CNC 工作機械と NC 工作機械は、もともとは別の工作機械を指していたが、その後工作機械の技術発達によって同じものととらえられるようになった²⁷。このため以下では NC 装置と CNC 装置、NC 工作機械と CNC 工作機械を区別せず、呼称を「NC 装置」、「NC 工作機械」で統一する。

24 ヶ月で集積トランジスタ数が倍増するというムーアの経験則が続き、コンピュータの性能は飛躍的に向上していく。プログラミングは容易になり、さらなる自動化が可能となるなど、NC 工作機械の価格性能比は大幅に向上した。また、NC により研削や旋盤などの複数の機能を 1 台の工作機械に統合することが可能となった。さらに、工作機械の NC 化に伴い、工作機械に必要な要素技術としてエレクトロニクスの地位が高まり、これまでのドイツやスイスの工作機械メーカーなどが得意としてきた職人技に支えられた精度の高い機械加工技術の重要性が相対的に低下したが、これは NC 化にいち早く取り組んだ当時の日本の工作機械の躍進の一因となったものと考えられる。

²⁷ ブラザー工業株式会社 HP（前出）より引用

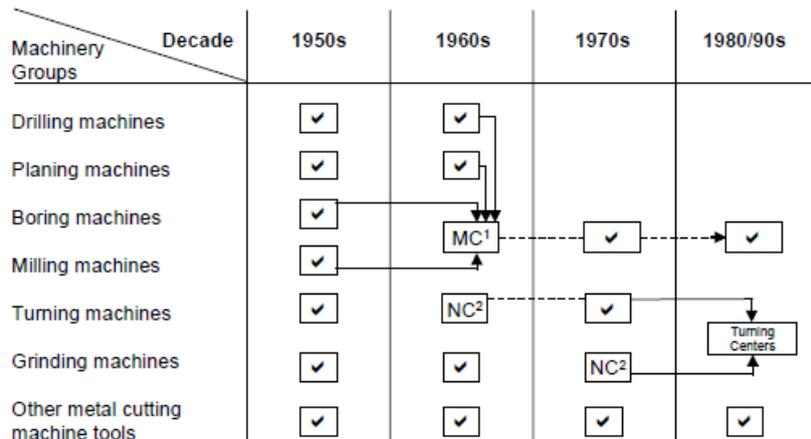


図 31 NC による切削機能の集約化

1) Machining centers, short MC. 2) Covers both NC and CNC.

出所：Heinrich Arnold,前出

日本のファナックは IBM に先行して NC 装置に米インテルの MPU を採用するなど、当時最先端のコンピュータの技術を活用することにより、業界において他社に比して優位な地位を確立した。1980 年代の終わりには、ファナックの NC 装置のシェアは世界の 50%、日本国内の 80% を占めたという²⁸。ファナックなどの NC 装置を備えた日本製の NC 工作機械は、日本の中小企業の間でも広く受け入れられるようになった。この結果、日本の工作機械の NC 化率は 1975 年には 17% であったのが、1985 年には 68%、1990 年には 76% と急速に上昇した。日本製の NC 工作機械は輸出向けも急増し、日本の工作機械の輸出額の増加にも大きく貢献した。

表 29 NC 工作機械に係る研究開発等の動向（日本、1971 年～1990 年）

		国内の動向	
			NC化率
1972	ファナック（富士通）主導のCNC装置開発	ファナック、世界初のCNC装置	-
1975		ファナック、インテル（米）のMPUをCNC装置に採用 対IBMで6年先行して採用	17.3%
1979	CNCにMPUをいち早く採用	ファナック、低価格の旋盤用CNC装置を開発 中小企業に販路を拡大	-
1985	中小企業への普及もあって国産工作機械のNC化率が急上昇	ファナック、大規模システムLSI搭載、初めて完全部品実装とロボットによる自動組立前提設計のNC装置開発	67.7%
1990		工作機械の生産額、過去最高の1兆3034億円を記録	75.7%

出所：各種資料より日鉄総研作成

²⁸ Heinrich Arnold, 前出

またこの時期には、工作機械の主要ユーザーである自動車産業を中心に、ものづくりのデジタル化が本格的に始まっている。自動車産業では1960年代からCAD（Computer Aided Design）というコンピュータを用いた設計、CAM（Computer Aided Manufacturing）という、CADで作成した図面を基に工作機械での加工に必要なNCプログラムなどを作成するツールが用いられ始めた²⁹。1980年代に入ると日本ではCAD/CAMに対する関心は中小企業の間でも高まり、公共の試験研究機関が発足させた全国の「CAD/CAM研究会」には多くの中小企業が参加してきたことが報じられている³⁰。

さらに、1980年台前半には、NC工作機械、産業用ロボット、コンピュータを組み合わせ、多品種少量・中量品を効率よく生産するフレキシビリティと無人化を追求するFMS（フレキシブル生産システム）が国内外でブームとなったことが報じられている³¹。こうしたものづくりのデジタル化に向けたニーズの動きは、NC工作機械のコンピュータ制御による自動化、高付加価値化を促した。

29 トヨタ自動車75年史 第7項 電子計算機の導入

(https://www.toyota.co.jp/jpn/company/history/75years/text/taking_on_the_automotive_business/chapter2/section7/item7_a.html) ほかより

30 「公共研究機関、中小企業のCAD/CAM導入を支援——最適システム開発」1983/03/26 日本経済新聞 ほか

31 「活路をさぐる、産業界83年の課題（5）メカトロニクス、FA革命担う——FMS」1983/01/15 日本経済新聞ほか

(4) 競合国・企業の動向

1983年には日本は工作機械生産額で世界一となり、以後日本は2008年に中国が世界一となるまでドイツと世界一の座を争うこととなる。一方米国については1980年まではドイツとほぼ互角の規模であったが、以後は生産額が減少していき、1990年には日本の30%、ドイツの35%程度の規模にまで縮小した。

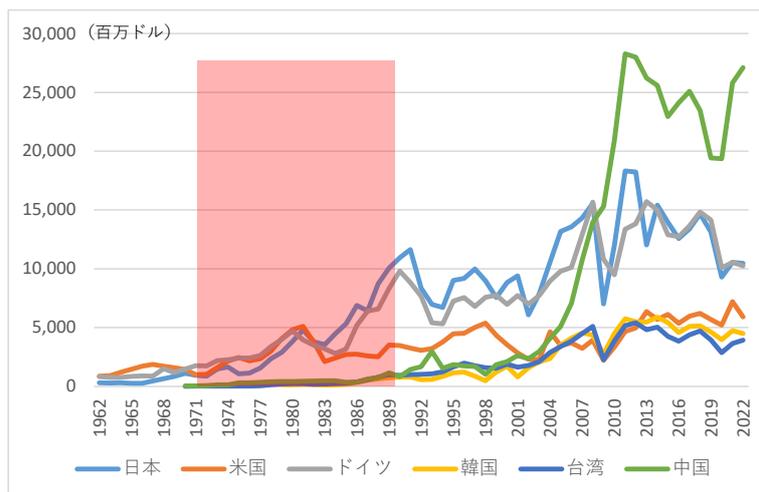


図 32 主要国の工作機械生産額（1962年～2022年）

出所：日本工作機械工業会データより日鉄総研作成

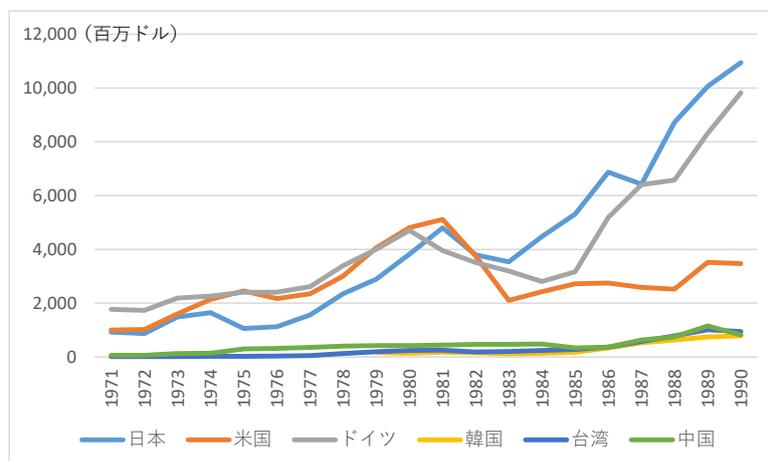


図 33 主要国の工作機械生産額（1971年～1990年）

出所：日本工作機械工業会データより日鉄総研作成

一方輸出額についてみると、ドイツが日本を大きく上回る時期が続いたが、1977年に日本が米国を上回る輸出国となった以降は日本とドイツの差が縮小していき、1985年、1986年には日本がドイツを上回り、世界一の輸出国の座を獲得するに至った。しかしその後はドイツの輸出額の伸びのペースが日本のそれを上回る。この時期は工作機械の輸出市場にお

いて日本とドイツは他国を大きく上回る2強の存在であったが、首位を奪還したドイツと第2位の日本との格差は拡大している。またかつて世界一の輸出国であった米国の輸出額は伸び悩み、この時期に台頭し始めた台湾の輸出額との格差が縮小した。

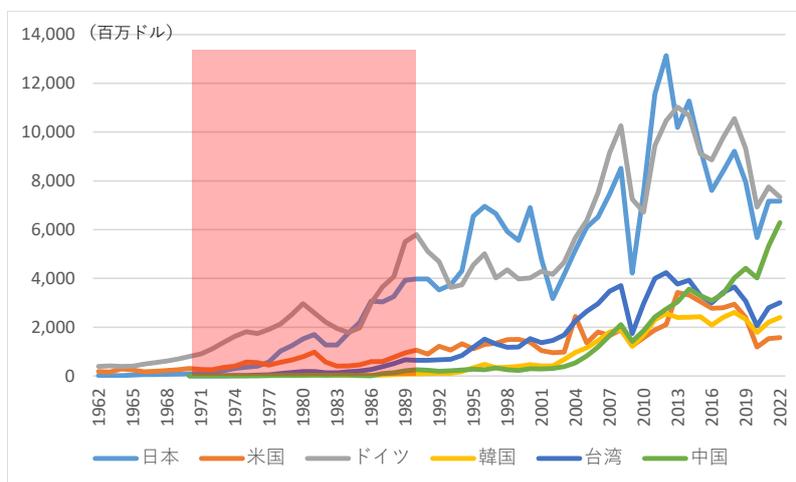


図 34 主要国の工作機械輸出額 (1962年～2022年)

出所：日本工作機械工業会データより日鉄総研作成

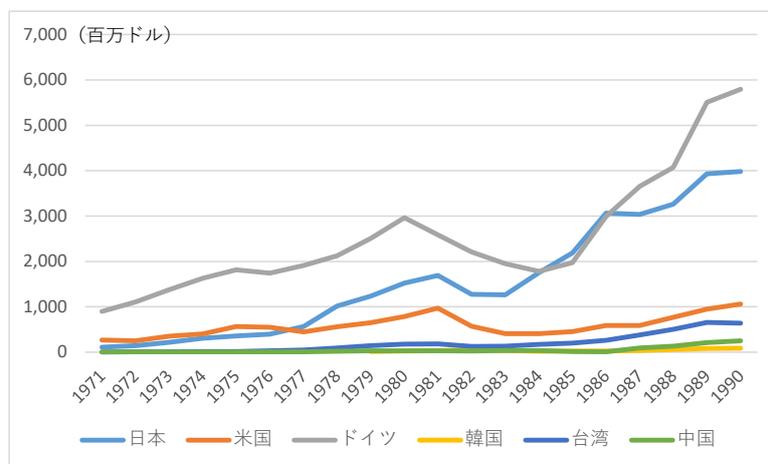


図 35 主要国の工作機械輸出額 (1971年～1990年)

出所：日本工作機械工業会データより日鉄総研作成

(5) 政策・制度の概要 (P)

①機電法と機情法による産業育成

第1期(初期)に行われた工作機械業界に対する産業育成策は、第2期(成長期)においても機電法・機情法へと受け継がれていく。

1971年3月に制定された特定電子工業及び特定機械工業振興臨時措置法（機電法）に基づいて策定された各機種的高度化計画により、共同事業会社の設立等³²、研究開発の促進、システム化の推進等が進められた。また、設備資金については日本開発銀行（開銀）および中小企業金融公庫（中小公庫）が特利特枠を設ける財政資金によって融資される仕組みとなっており、71～77年度の融資実績は機械産業全体への融資額468億6千万円に対して74%が機械産業に、また、機械産業のうち308億5千万円が自動車部品工業に向けられた。

機電法の流れを受けて1978年7月に制定された特定機械情報産業振興臨時措置法（機情法）は7年間の時限立法として、ハードウェア機器を、試験研究促進機器、工業化促進機器、合理化促進機器に分類した上で、機電法同様、高度化計画に基づいて補助金や政策的な融資を斡旋するとともに、

- 1) 機械工業について、電子計算機等との複合化がなされたものに限って新たに工業化促進機器として振興対象としたこと
- 2) 機械の政令指定要件に、機電法にあった「省力化その他の事業活動方式の改善に資する」を外し、「資源の利用の合理化に資する」を加えたこと
- 3) ソフトウェア業を法定事業として新たに振興対象に加えたこと

などの変更が加えられた。また、機情法には、「重要複合機械装置特別償却」制度として高性能電子計算機制御金属加工機械等に対して「初年度4分の1」償却を認めており、数値制御による工作機械の高付加価値商品の開発普及を促進するものであった。

②日米貿易摩擦と国際化への対応

1973年に発生した第1次オイルショック以降、世界経済が同時不況に苦しむ中、日本製の工作機械の高効率・省エネルギー性は欧米各国の市場で高く評価され、生産額・輸出比率は急増した。日本製のNC機は技術的信頼性を飛躍的に高め、ソフト面の充実により一段と使いやすさを増したこともあり、中・小型NC旋盤とマシニングセンタを中心に、70年代後半から総生産額の3割強が海外市場に向けられるようになった。

その後、70年代後半にかけて、世界経済が第1次オイルショックのダメージからようやく立ち直った頃、1978年に第2次オイルショックが発生し、世界経済は再び大混乱に陥ることになる。そうした状況下、当時の日本の工作機械の輸出額は、1977年に初の1,000億円超となる1,155億円、79年に2,066億円、81年には3,108億円と急伸を続けており、次第に日本の貿易黒字が米国政府の標的とされるようになっていく。

1977年に米国の工作機械工業会が日本製工作機械に対してアンチダンピング法提訴の動きを見せると、日本政府は1978年3月に輸出入取引法に基づく最低輸出価格（フロアプ

³² 「共同行為」については、化学機械、農業機械、繊維機械、搬送装置、プラスチック製品製造機械などが指定対象業種とされた。また、「グループ化の促進」は、金属工作機械、鍛圧機械などでその活動の強化が図られ、「共同事業会社の設立」については、ベアリング、工作機械、歯車、化学機械などが対象とされた。

ライス) 制を米国とカナダ向けの NC 旋盤と MC に適用し、日米貿易摩擦の緊張緩和に向けた姿勢を表明した。

貿易摩擦は日米間だけの問題にとどまらず、日欧間にも広がっていった。1980年に欧州工作機械連盟が日本製品の輸出急増に対する懸念を表明し、日本政府は欧州 15カ国に対してもフロアプライス制を適用することを余儀なくされた。通産省機械情報産業局長の私的諮問機関である産業機械政策懇談会が1984年8月にまとめた「産業機械産業を巡る課題と政策」は、従来の輸出振興路線から国際的な協調・調和路線に重点を移した内容となったが、こうした取り組みにも関わらず、米国工作機械工業会は1983年に工作機械の米国への輸入急増について国務省に提訴するなど、両国間の緊張は沈静化しなかった。レーガン大統領は86年に工作機械の対米輸出自主規制を日本に求める声明を発表し、翌年には日米両政府間で輸出自主規制の合意が行われた。NC工作機械の3機種についての輸出自主規制は「外国為替及び外国貿易管理法」に基づく輸出貿易管理令に即した数量規制を適用して行われた。また、非NC工作機械の3機種については、モニタリング方式で監視され、自主規制が開始された時点の対米輸出水準に事実上凍結されることとなった。

1986年4月に中曽根首相の私的諮問機関である「国際協調のための経済構造調整研究会」が発表した報告書（前川レポート）に基づき、通産省機械情報産業局では87年8月に「国際協調を目指した機械情報産業の在り方について」を取りまとめたが、政府の役割は「企業の自主的な努力が効果を発揮するような環境整備であり、適時・適切な情報提供によって企業活動を補完・支援する」という点が強調された。

(6) まとめ・日本企業の対応状況

第2期における日本の工作機械産業を取り巻く外部環境(PEST)のポイントを下表に整理した。

表 30 第2期における日本の工作機械産業を取り巻く外部環境(PEST)のポイント

外部環境		ポイント
P(政策・制度)		機電法と機情法による産業育成 日米貿易摩擦と国際化への対応
E(経済)・ S(社会)	経済・社会 情勢	ニクソンショック・オイルショックによる高度経済成長の終焉 オイルショックを乗り越え、中成長に プラザ合意と円高不況の到来 内需拡大による好景気とバブルの到来
	業界	生産・輸出共に右肩上がりの急成長(NC工作機械が貢献)
	顧客	自動車は生産・輸出ともに急成長 しかし米国との貿易摩擦を招き、輸出から現地生産にシフト
	競合	生産・輸出で日独の首位争い
T(技術)		コンピュータの発展に伴い、NCの価格低減と性能向上が進展

出所：日鉄総研作成

これらの外部環境から調査対象企業が受けた影響および対応状況を以下に記す。

①ファナック

この時期はコンピュータの発展が急速に進んだが、その端緒となったのが1971年のインテルによる世界初のMPUの開発である。1972年に富士通から独立したファナックはMPUの可能性にいち早く注目し、1975年にインテルのMPUを採用した世界初のMPU搭載NC装置を発売した。これはIBMがパソコンにMPUを採用する5年も前のことであった³³。以後、加工情報をパンチした紙テープを読み込ませることで加工を実現するハードワイヤードNC装置は、MPUを搭載したソフトワイヤードNC装置によって置き換わっていったが、MPUの急速な高性能化に伴いNC装置は小型化、低価格化が進み、ファナック製のNCを搭載した工作機械の中小企業向けの販路も拡大していった。

NC装置のモジュール化への取組も第1期から進化し、ユーザーとファナックの双方が「独立」・「並行」しながら各々「革新」を実行できる「分業体制」ができていった³⁴。この結果、世界中の工作機械メーカーの要望・ノウハウ・苦情などが、ファナック標準のCNC装置に、正のフィードバック効果をもたらすことになった。

また、従来のファナックはNCだけを手掛けていたが、1974年にロボットという最終製品にも参入した。ロボットに参入した理由として、同社の稲葉清右衛門社長(当時)は「産業界においては、労働人口の不足ならびに人件費の高騰に対処するため、あるいは作業環境改善および人間福祉の工場といった見地から、省力化・自動化への要請が高まってきており、

³³ 柴田友厚「ファナックとインテルの戦略 工作機械産業50年の革新史」光文社新書 2019

³⁴ 柴田友厚, 2019

そのため特に、産業用ロボットに対する認識が高まり、きわめて大きな期待がかけられている。」と述べているが、工作機械ではなくロボットという未開拓な領域を選択して参入したのは、顧客との競合を避けるという意味もあったものと考えられる³⁵。

なお、この時期のファナックは日本経済の国際化と軌を一にするような形で海外展開を活発化させている。1979年のブルガリア、ドイツでの現地法人の設置を端緒に、北米、欧州、アジアに現地法人を設置し、現地でのサービス体制を充実させている。

表 31 第 2 期におけるファナックの PEST への対応状況

外部環境	対応状況	
P (政策・制度)	—	—
E (経済) ・S (社会)	海外展開 (1979 年～)	ブルガリアに FANUC-MACHINEX JOINT OFFICE を開設、FANUC U.K. LIMITED を開設 (1979 年) 以後、欧州、北米、アジアに現地法人を設立
	ロボットを自社開発して参入 (1974 年)	従来のファナックは NC だけを手掛けていたが、ロボットという最終製品にも参入
T (技術)	インテル製 MPU の採用 (1975 年)	MPU を組み込んだ NC 装置の開発に世界で初めて成功 (MPU はインテルの 3000 シリーズ)
	CNC 装置サイズ約 1/10 に (1977 年)	CNC 装置を評価する重要指標の一つであるサイズ面で、1975 年比で約 1/10 を達成
	低価格機で中小販路開拓 (1979 年)	低価格の旋盤用 CNC 装置を開発→中小企業に販路を拡大
	LSI 搭載・自動組立前提設計 (1985 年)	大規模システム LSI 搭載、初めて完全部品実装とロボットによる自動組立前提設計の NC 装置開発

出所：各種資料より日鉄総研作成

②DMG 森精機

この時期の DMG 森精機は、製品の 9 割近い NC 化率を達成し (1978 年)、ユーザーニーズの高度化に対応してマシニングセンタに進出 (1981 年)、旋盤メーカーから工作機械の総合メーカーになり (1983 年)、マシニングセンタで国内トップメーカーになるに至った (1987 年)。当時は技術の転換期であり、森精機のような進取の気性に満ちた後発者には逆転するためのチャンスの時期であった。

好調だった当時の日本経済もこうした同社の成長を強く後押しし、1979年に大証第二部、1981年には東証第二部への上場を成し遂げている。また、外需への対応も第1期に引き続いて積極的で、1982年にドイツに現地法人を設立、1983年からは米国に営業サービス拠点を設けて現地商社との取引やユーザーへの直販を開始している。

³⁵ The 社史 ファナックの歴史 (<https://the-shashi.com/tse/6954/>)

表 32 第 2 期における DMG 森精機の PEST への対応状況

外部環境	対応状況	
P (政策・制度)	—	—
E (経済) ・S (社会)	大証二部上場 (1979 年)	大阪証券取引所市場第二部上場
	東証二部上場 (1981 年)	東京証券取引所市場第二部上場
	独法人を設立 (1982 年)	MORI SEIKI G. M. B. H. (現 DMG MORI Global Marketing GmbH) 設立
	海外直接取引開始 (1983 年)	森精機、米国に営業サービス拠点→現地商社との取引や直販を推進
T (技術)	NC 化率 9 割近くに (1978 年)	森精機の成功要因は、①NC 装置メーカーとの緊密な連携と調整、②工作機械本体を NC に適合させた→NC メリットをフルに引き出す、③対顧客密着サービス
	マシニングセンタに進出 (1981 年)	機械加工の自動化ニーズの高まりを受け、工作機械の主役となるマシニングセンタ (MC) に進出 1983 年には MC 横形機を開発、工作機械の総合メーカーになり、1987 年には MC で国内トップに

出所：各種資料より日鉄総研作成

2. 半導体製造装置を取り巻く経営環境と業界の対応状況

ニクソンショック・オイルショックを経て、日本経済は高度経済成長期から安定的な中成長期に移った。半導体関連産業は機電法や機情法による産業育成に加え、超 LSI 技術研究組合の発足・活動による技術開発を梃子として、黄金期を迎える。日本の半導体関連産業は順調に成長を続けていくが、工作機械同様、日本からの輸出拡大とともに次第に日米貿易摩擦が問題視されるようになり、1986 年の日米半導体協定締結につながっていく。

(1) 半導体製造装置業界の概況

1976 年に設置された超 LSI 技術研究組合は、半導体製造装置の競争力強化に大きく貢献した。その効果により、国内半導体メーカーの製造装置の国産化比率は 1970 年代後半に 20%であったのに対し、プロジェクトが終了する 80 年初めには 70%以上を国産化するに至った³⁶。1985 年には大手半導体製造装置メーカーが発起人となって、日本半導体製造装置協会が設立された。

コラム 日本半導体製造装置協会の活動概要・組織等について

日本半導体製造装置協会のウェブサイトによれば、当該協会は「半導体製造装置産業並びに、関連産業の健全な発展を図るため、統計調査、及び業界の課題や新技術に関する調査、各種セミナー、講演会の開催、標準化の推進等、幅広い活動を展開している」とされている。

協会の組織は、理事会・運営委員会の下に 3 つの部会 (技術、安全・サポート、環境) と部会に属さない 5 つの専門委員会 (半導体調査統計、FPD 調査統計、広報、貿易、人財開発) で構成されている。

³⁶ 半導体産業新聞「日本半導体 50 年史: 時代を創った 537 人の証言」

(2) ユーザー産業（半導体）の動向

1971年に米国のインテルが日本の計算機メーカーのビジコンと共同開発した4004は、「コンピュータといえば大きな建屋内に大きな仕掛けを入れたものだった。それと同等の能力を本当に小さなサイズで実現した」、当時としては画期的な、世界初の商用マイクロプロセッサであった。以後、マイクロプロセッサは進化と共に様々な電子機器に組み込まれ、現在では世界中の人々の日常生活のほぼすべての局面で利用されるまでに至っている³⁷。半導体の歴史において世界初のマイクロプロセッサであるインテル4004が占める位置づけは極めて大きい。

当時の世界の半導体生産は、いわゆるシリコンサイクルによる大きな増減を繰り返しつつも、長い期間で見ると増加傾向を続けてきた。日本経済がバブル景気に沸いていた80年代末は、半導体の生産額の対前年伸び率の低下が続くシリコンサイクルの下降期にあたるが、生産額自体は増加が続き、1986年から1990年にかけて生産額は260億ドルから510億ドルと約2倍に増加した。

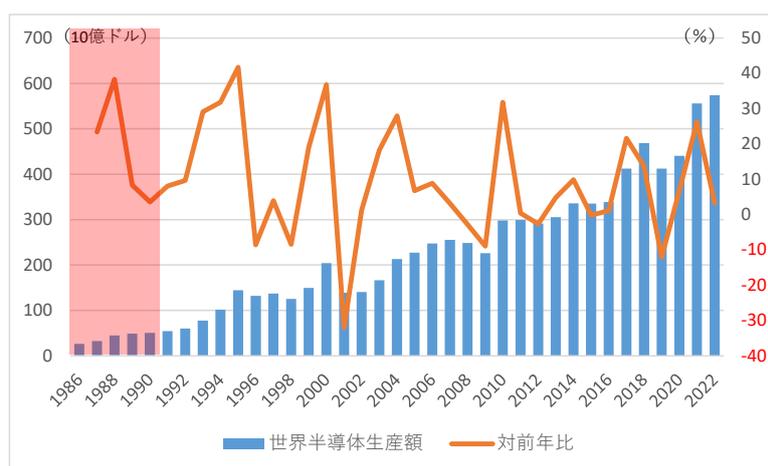


図 36 世界の半導体生産額・対前年比（1986年～2022年）

出所：WSTS, 36 Years WSTS Blue Book Data より日鉄総研作成

³⁷ インテル「世界を変えたチップ コンピューティングの基礎を築き、地球上のすべての人々の生活に影響を与えた インテル® 4004 マイクロプロセッサ」

<https://www.intel.co.jp/content/www/jp/ja/newsroom/opinion/chip-that-changed-world.html>

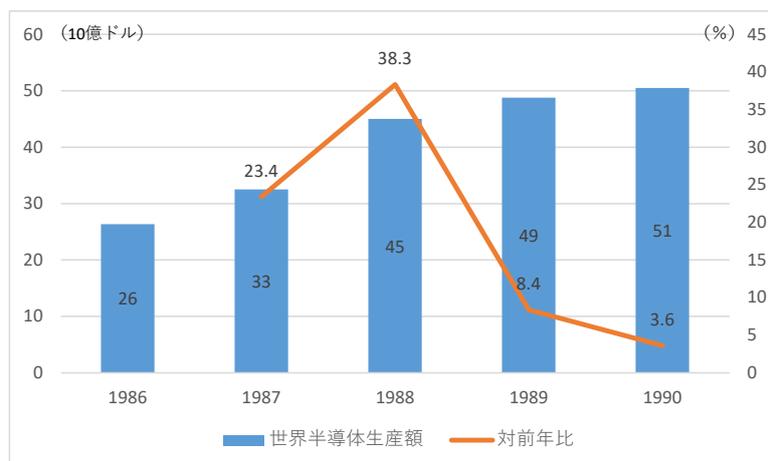


図 37 世界の半導体生産額・対前年比（1986年～1990年）

出所：WSTS, 36 Years WSTS Blue Book Data より日鉄総研作成

当時の半導体生産は大半を日米欧が占めており、中でも日本が世界最大の半導体生産地域であった。地域別の生産額の比率は日本4、米州3、欧州2、アジア大洋州1といったものであり、後に半導体の大生産地域となるアジア大洋州の存在感は小さい。しかし当時からアジア大洋州の生産比率は増加しており、1986年には7.8%であったのが1990年には13.7%に達している。

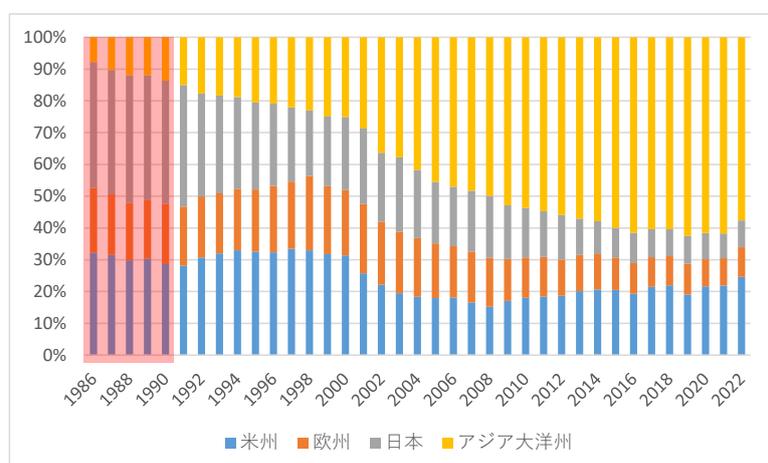


図 38 世界の半導体生産額・地域別比率（1986年～2022年）

出所：WSTS, 36 Years WSTS Blue Book Data より日鉄総研作成

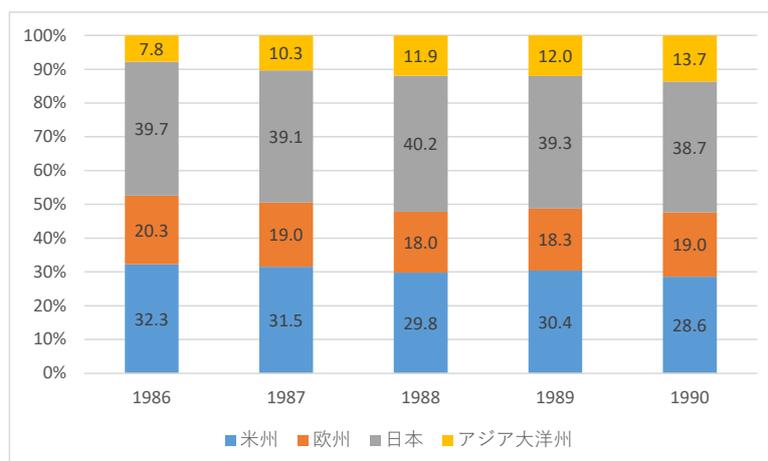


図 39 世界の半導体生産額・地域別比率（1986年～1990年）

出所：WSTS, 36 Years WSTS Blue Book Data より日鉄総研作成

（3）半導体製造装置に係る技術動向（T）

①超 LSI 技術研究組合が日本の半導体製造装置産業にもたらした成果

1970年代～1980年代には、半導体メーカー各社がばらばらに技術世代を選択し、メーカー毎に広範な要素技術からなる多岐にわたる装置を統合して半導体を生産していた³⁸。こうした中、日本の半導体製造装置は急速な発展を遂げた。

特に通商産業省が1976年に設立した、超 LSI 技術研究組合（詳細後述）での研究開発は、日本の半導体製造装置の技術力の向上に大きく貢献した。中でも、1977年に米 GCA 社（GCACorp.）によって発表されて以来、現在に至るまで半導体製造において最も重要な工程を担っているステッパー（シリコンウエハ上に極めて微細な回路を転写する、逐次移動式縮小投影露光装置）を、ニコンが初めて国産化したことは同組合の大きな研究成果として挙げられる。

1980年代に入ると日本の半導体産業は急成長し、1986年には米国を抜いて世界の生産国となる。半導体製造装置の技術開発も発展し、日本企業の技術力は半導体製造装置の多くの分野で米国企業と同等かそれを上回ると評価されるようになり、特にステッパーについては1986年にニコンとキヤノンの2社が全世界の90%近いシェアを占めるまでに至った。

³⁸ 立本博文「グローバル・エコシステムでのプラットフォーム戦略の成功要因—半導体製造装置産業の実証研究—」赤門マネジメント・レビュー 16巻2号(2017年4月)

表 33 半導体産業全般と日本の半導体製造装置業界の動向（1970年代）

	半導体産業全般の動向	日本の半導体製造装置業界の動向
1971	・インテル、世界初のマイクロプロセッサIntel 4004	
1975	・日本にて日電会社による超LSI開発プロジェクト開始	
1976	・米クレイ社、20万個のICを利用したスーパーコンピュータCray-1発表	<ul style="list-style-type: none"> ・通商産業省、超LSI技術研究組合設立 超LSI技術研究組合は、半導体製造装置の競争力強化に大きく貢献 設立前の国内半導体メーカーの製造装置の国産化比率は20%、プロジェクトが終了する80年初めには70%以上を国産化 ・日本真空技術、新技術開発事業団からの開発委着でプラズマCVD開発に成功
1977	<ul style="list-style-type: none"> ・米国の大手半導体メーカー5社が共同で業界団体SIA（Semiconductor Industry Association）を設立 ※日本の半導体産業への対抗が目的 ・アップル社（米）最初のPCを発売、PCの低価格化が進展 	
1978	・富士通、64kbit DRAM世界で初めて量産化に初めて成功	<ul style="list-style-type: none"> ・ニコン、国産初のステッパーSR-1を開発、超LSI技術研究組合に納入 ・東芝、電子ビーム描画装置の開発に成功
1979		<ul style="list-style-type: none"> ・キャノン、反射型投影露光装置発売 ・超LSI技術研究組合、二種の電子ビーム装置を発表
1980	・シリコンウェーハサイズ150mm時代に	<ul style="list-style-type: none"> ・超LSI技術研究組合、10項目の成果を発表 ・1980年代、日本の半導体製造装置メーカーは販売会社やサービス網を欧米に展開 ・ニコン、ステッパー市場に参入

出所：各種資料より日鉄総研作成

表 34 半導体産業全般と日本の半導体製造装置業界の動向（1980年代）

	半導体産業全般の動向	日本の半導体製造装置業界の動向
1981		・ニコン、画面サイズ15mm量産用ステッパー発売
1983		・半導体メーカー別の販売額ランキングで日本電気が1位に（インテルにトップを奪われる1992年まで、1983年～1991年は日本電気がトップを維持） ・キャノンがステッパー発表
1984		・キャノン、ステッパー市場に参入
1985	・インテル、1MビットDRAM製造設備投資打ち切り→DRAM事業からの撤退とMPU事業の戦略転換	・日本半導体製造装置協会設立
1986	・日本の半導体生産、米国を抜いて世界一に	・キャノン、世界初の8インチウエハー対応のステッパー開発 ・1980年代後半、ニコン（約60%）、キャノン（約30%）で全世界の90%近くのシェア、この状態が1990年代後半まで続く
1987	・TSMC（台）創業 半導体のファウンドリービジネスを開始	・日本企業の技術力は、半導体製造装置の多くの分野で米国企業と同等かそれを上回ると評価されるように
1988	・日本で異業種（鉄鋼、自動車など）からの半導体産業への参入が相次ぐ（その後一部を除いて撤退）	
1990	・1990年代、半導体素子微細化はサブミクロンの領域に。露光光源は、g線（超高压水銀灯の特定波長436nm）⇒i線（365nm）へと短波長化 ・1990年代より半導体産業と半導体製造装置企業は、半導体技術ロードマップ委員会（ITRS）が作成したロードマップや、SEMATEC等の半導体技術開発コンソーシアムにより、半導体技術世代に関する情報共有を産業レベルで実施 ・DRAMの用途がメインフレームからPCにシフト「過剰技術で過剰品質を作る」日本勢は競争力低下	

出所：各種資料より日鉄総研作成

②半導体製造装置への計算機利用の進展

現在の半導体製造装置には何百ものセンサーがついており、センサーデータを解析して半導体プロセスの精度向上や生産性向上に応用されている³⁹。

半導体製造装置におけるデータ活用の歴史は古く、1980年代半ばの時点ですでに装置から取得したデータを活用するため計算機（コンピュータ）が多用されている。1986年に刊行された「電気学会雑誌 1986年 106巻 3号」に収録された遠藤伸裕氏（日本電気（株）マイクロエレクトロニクス研究所）の論文「最近の半導体製造プロセス技術概要」には以下の記述がみられる。

一見複雑極まりない半導体製造プロセスも、要素プロセスごとに分けることができ、「加法」「選択」「減法」各操作順に従い構成される。（以下略）

電子計算機は、ハードとソフトの両面でプロセス技術に刻々と取り入れられている。計算機があってはじめて実現できたものや、計算機が付加機能として用いられて装置の自動化、精度の向上に寄与したものがある。更に、シミュレーション技術は高速電子計算機の実在によってもたらされた新分野で、プロセス技術を側面から支える柱である。

³⁹ 東京エレクトロン「半導体製造装置とデータ活用の歴史」（2018.11.26）

https://www.tel.co.jp/rd/highlights/20181126_001.html

このように、LSI の高密度化はプロセス技術をはじめとするあらゆる技術が高度化することを強いるものであるが、そのときこそ、あらゆる分野に計算機の利用が広がるものと考えられる。

出所：遠藤伸裕「最近の半導体製造プロセス技術概要」（電気學會雑誌 1986年106巻3号 収録）

また、同じく同誌に収録された小谷教彦氏、河津哲氏（三菱電機（株）LSI 研究所プロセス開発第二部）の論文「半導体プロセスのデータ収集と処理方法」では、「超 LSI を効率的に開発し、高い生産性を確保するためには、プロセスパラメータに関するデータを可能な限り収集することが第一段階」とし、「各工程でのプロセスパラメータには、温度、時間、電圧、電流、真空度、流量など明確なものでも数種あり、それに原材料のパラメータや未知のパラメータも加えると、その数は膨大なものになると推定される」と述べてられている。

なお当時の半導体製造プロセス技術と計算機利用技術の関係は以下のように3種類に分類することができる。これらの1980年代半ばのこれらの半導体の製造装置およびプロセス技術における計算機（コンピュータ）利用は、まさに現在の製造業のDXの姿を見るようであり、DXの先駆け的な存在であるといえる。

表 35 半導体製造プロセスと計算機利用技術との関係（1980年代半ば）

装置の例	計算機の用途	期待される効果など
露光装置	人手では困難な高精度な制御 <ul style="list-style-type: none"> ウエーハを固定したステージの移動 露光光量、焦点深度その他の露光条件を決定するパラメータの制御 	計算機なくしては装置もしくはそのプロセス技術の存在価値さえもなくなる
CVD、RIEなどの装置	装置を稼働させたりプロセスの終点を検出したりするための自動化制御	人的な装置操作のミスの排除 プロセス中に生ずる各種のばらつきの低減 無人化による異物混入の防止など
—	デバイスやプロセスのシミュレーション予測	複雑化するプロセスの最適化に要する時間と労力の削減

出所：遠藤伸裕, 1986より日鉄総研作成

(4) 競合国・企業の動向

1970年代は半導体製造装置については米国企業が圧倒的に優勢であった。1979年の世界半導体製造装置企業上位10社の売上高ランキングをみると、9社が米国企業によって占められている。また先に述べた、半導体製造において最も重要な工程を担うステッパーについては、1977年に米GCA社（GCACorp.）が開発・量産化に成功し、1980年代初頭は世界市場の90%を占めた⁴⁰。

表 36 競合国・企業の動向（1970年代）

競合国・企業の動向	
1970	・米国の半導体産業を中心にSEMI（Semiconductor Equipment and Materials International, 国際半導体製造装置材料協会）設立
1976	・GCA社、パターンジェネレーター（ステージの位置決め、ヒューレッドパッカード社のレーザー測長器搭載）
1977	・GCA社（米）、実用的な半導体露光装置ステッパーの開発、生産に成功 急速に普及して高い市場シェアを獲得
1978	・GCA社世界初のステッパーを発表（1980年代初頭は世界の90%） ・GCA社、ステッパー発売（縮小投影光学系にレンズを使用した逐次露光装置ステップ&リピート式縮小投影露光装置） ・米GCA,アライメント機能を有し、直接縮小焼き付けする装置発表
1979	・半導体製造装置は米国企業が圧倒的優位 上位10社中、9社が米国企業、1社が西独企業（10位）
1980	・米国企業、日本法人を設立して進出 ・ラムリサーチ、エッチング装置世界トップ、加州サンタクララ設立

出所：各種資料より日鉄総研作成

表 37 世界半導体製造装置企業上位 10 社の売上高（1979年）

(単位：100万ドル)		
順位	企業名	売上高
1	フェアチャイルド・テスト・システムズG（米）	111
2	パーキンエルマー（米）	101
3	AMAT（米）	54
4	GCA（米）	54
5	テラダイン（米）	53
6	パリアン（米）	51
7	テクトロニクス（米）	39
8	イートン（米）	38
9	K&S（米）	37
10	バルザース（西独）	34

出所：肥塚浩. 半導体製造装置の現状分析, 立命館経営学 第49巻 第5号, 2011

しかしGCA社は、経営破綻して市場から1988年に姿を消す。同社の経営不振の理由としては、半導体不況やニコンとの競合だけでなく、生産量急増の中での納期遅れ・レンズの調達難と品質不良・サービス体制の不備等による顧客離れ、情報収集能力の不足による開発テーマの選定ミスと新型ステッパー導入時期の誤り、一貫性のない多角化などが指摘さ

⁴⁰ 高橋一雄. 露光装置技術発展の系統化調査, 国立科学博物館技術の系統化調査報告 Vol.6 2006. March

れている⁴¹。GCA社に代わってステッパー市場を握ったのは、1980年代初頭に開発に成功したニコンとキヤノンであった。1980年代後半、ニコン（約60%）、キヤノン（約30%）で全世界の90%近くのシェアを占め、この状態が1990年代後半まで続いた⁴²。

ニコン、キヤノンがステッパーで躍進しただけでなく、東京エレクトロン、アドバンテストなど他の日本勢も80年代に競争力を高めた。1989年の世界半導体製造装置企業上位10社の売上高ランキングをみると、上位10社に日本企業が5社がランクインしている。しかも日本企業は1位と2位にランキングされ、米国企業はようやく3位にランキングされているという状況であり、米国企業が圧倒的な強さを見せていた70年代とは様相が一変した。

表 38 競合国・企業の動向（1980年代）

競合国・企業の動向	
1984	<ul style="list-style-type: none"> ・ ASML、フィリップス社内部門からスピニアウト、部品調達組み立て方式の採用とそのリスク対策を学ぶ ・ ステッパー；先発の米GCA、ニコン、市場二分、他の追随許さぬハイテク製品
1985	<ul style="list-style-type: none"> ・ ASML、g線で初号機
1987	<ul style="list-style-type: none"> ・ 官民共同プロジェクトのSEMATEC（米）設立 米国防省と民間半導体デバイスメーカー14社が共同出資、1980年代半ばに凋落しかかった米国半導体産業の競争力を回復させることが目標 「製造装置とレシピをセットで導入すれば、誰でも同じように半導体を量産できる」というコンセプトで米国の半導体デバイスメーカーと半導体製造装置メーカーが一体となって標準の装置を開発 →台湾や韓国などのメーカーでも最先端のDRAMの製造が可能に ・ SEMIはアジア企業も含む国際的な組織に ・ ASML、キヤノンに先行してi線を投入、韓国、台湾市場（先端市場）でシェア増進
1988	<ul style="list-style-type: none"> ・ ステッパーメーカーのGCA社（米）、経営不振でゼネラル・シグナル社（米）によって買収される
1989	<ul style="list-style-type: none"> ・ 半導体製造装置は日本企業が優位に 上位10社中、5社が日本企業（1位、2位は日本企業）、5社が米国企業 ・ 1980年代末を迎えるころ、日本は世界のリソグラフィ装置の7割を供給。一方、米国メーカーのシェアは21%まで下落（クリス・ミラー、2003）
1990	<ul style="list-style-type: none"> ・ 米国の半導体製造装置業界、厳しい状況に 米政府、SVGL社の去就に関心、露光装置メーカーの米国内維持に腐心。同社は、露光装置メーカーPE社の技術を継承し、Step&Scanシステムをいち早く1990年代に世に送り出し、250nm(lamp)への短波長化で先行したが、市場を握ることができなかった ・ 売上高ランキングで1985年まで1位を占めていたパーキンエルマーが上位10社からも姿を消す ・ 露光装置メーカーはASML（蘭）、ニコン、キヤノン、SVGL（米）、ウルトラテック（米）、パーキンエルマー（米）の6社に集約 ・ 1990年代、加州サニーバールに専門テクノロジーズセンター設立、半導体プロセスライン構築、実際のデバイスの試作⇒ASMLが導入された

出所：各種資料より日鉄総研作成

⁴¹ 廣田義人. 半導体露光装置ステッパーの開発、普及とその要因, 技術と文明 12巻第2号 (142)

⁴² 高橋一雄. 前出

表 39 世界半導体製造装置企業上位 10 社の売上高 (1989 年)

(単位: 100万ドル)

順位	企業名	売上高
1	東京エレクトロン (日)	634
2	ニコン (日)	587
3	AMAT (米)	523
4	アドバンテスト (日)	399
5	キヤノン (日)	384
6	GS (米)	354
7	バリアン (米)	335
8	日立製作所 (日)	210
9	テラダイン (米)	200
10	ASM (米)	187

出所: 肥塚浩. 半導体製造装置の現状分析, 立命館経営学 第 49 巻 第 5 号, 2011

一方、米国では 1980 年代半ばに凋落しかかった米国半導体産業の競争力を回復させることを目指し、米国半導体工業会(SIA)が中心となって、国防総省 (DoD) の支援の下、1987 年に技術開発コンソーシアム SEMATECH が設立された。SEMATECH は日本の超 LSI 技術研究組合を参考に 5 年間で 5 億ドルの公的助成金を投入するとともに、米国の半導体産業が世界的な競争に対応できることを目的として半導体製造装置等の標準化戦略を推進した。「製造装置とレシピをセットで導入すれば、誰でも同じように半導体を量産できる」というコンセプトで米国の半導体デバイスメーカーと半導体製造装置メーカーが一体となって標準の装置を開発されたが、これによって、後に台湾や韓国などのメーカーでも最先端の DRAM の製造が可能になった⁴³。また、後に露光装置で世界一のシェアを握ることになる ASML が 1984 年に蘭フィリップスからスピナウトする形で創業したことも、この時期の市場の競合状況の動きとして注目される。

(5) 政策・制度の概要 (P)

①超 LSI 技術研究組合の発足と研究開発

1974 年当時、コンピュータ産業の世界的なガリバーであった IBM 社による新機種開発計画 (フューチャーシステム/FS 計画) に関する情報が伝えられると、通産省、電電公社 (後の NTT)、日本のコンピュータ関連企業は大きな衝撃を受けた。

通産省としては、「IBM の FS 計画に対抗する機種および超 LSI の開発には、膨大な経費と多大なリスクを伴うため、国内メーカーが独力で進めることは難しく、特に超 LSI については政府の補助金が必要である。また、超 LSI を搭載した国産コンピュータが開発されれば、低価格化を介して中小企業分野等にも普及し経済社会の高度化に貢献するところが大きい」と認識していた。そこで、通産省は 1976 年 3 月に「超 LSI 技術研究組合」を設立し、これを中心とする枠組みによって産業育成と技術開発を推進することとした。具体的には、76 年から 79 年度までの間、組合に対して開発費の 50%補助を行うと

⁴³ 高橋一雄「露光装置技術発展の系統化調査」国立科学博物館 技術の系統化調査報告 第 6 集 (2006 年)

ともに、通産省の外郭団体である工業技術院の下に富士通、日立製作所、三菱電機、日本電気、東芝といった半導体メーカーが参画し、各社から資材や優秀な人材を投入して研究開発を進めさせた。成果としては、76～79年の間に1,000件の特許が取得されるなど、LSI製造技術等の向上に貢献するものであった。

また、電電公社は1960年代から70年代にかけて、通信分野における最大の発注者であるとともに、同時にコンピュータ関連企業との共同研究開発を推進する動力となっており、電電公社主導のVLSI共同研究では、電通研が機能・性能・信頼性の観点から研究を、コンピュータ関連企業は製造技術の点から研究を推進するなど、市場の育成と技術開発の推進に対して大きな役割を果たした。

70年代後半においてもIBMが世界のコンピュータ業界をリードする構図はそのままであったが、日本としては超LSIを中核とする第4世代コンピュータの開発を国産コンピュータによって進めたいとするニーズが高く、このため超LSI技術研究組合(1976～79年)の取り組み以降も、79～83年度までの5年間にわたり半導体メーカーに対して次世代電子計算機用基本技術開発促進費補助金が導入され、産業育成と開発促進策が続けられた。

「コラム 超LSI技術研究組合の活動概要・組織等について」

超LSI技術研究組合は、通商産業省の旗振りの下、工業技術院電子技術総合研究所と富士通・日立・NEC・三菱電機・東芝およびコンピュータ総合研究所(富士通・日立製作所・三菱電機によるグループ研)、日電東芝情報システム(NEC, 東京芝浦電気によるグループ研)が参画して行われた共同研究(1976年～80年)。日本のLSI開発は、従前は電卓などの民生品主導であったが、この取組を機に、大型コンピュータ用超LSI開発へ方向転換することになる。

具体的な活動としては、研究施設をNEC中央研究所(川崎市高津区)の建物内に設け、5社のトップ技術者約100人が同一建物の中で議論しながら、微細加工技術と結晶技術、この2テーマを進めるための最小限必要なプロセス技術、試験・評価・デバイス技術について、4テーマ6研究室体制で行われた。なお、研究テーマの選定にあたっては、各社の「ノウハウ・技術流出の懸念」に配慮し、基礎的・共通的であることが考慮され、設計技術は最も製品に近い分野であるため共同研では対象外とされた。

研究組合の活動成果としては、半導体メーカーの製造装置の国産化比率は従前の20%程度からこのプロジェクトが終了する80年代初めには、国内半導体メーカーの使用する製造装置の70%以上が国産化されることになった。また、微細加工に集中した共同研究により、ここからステッパー、電子ビーム描画装置などの画期的な装置が誕生した。

こうした共同研究開発の取組に対し、国は「次世代電子計算機用大型集積回路開発促進補助金制度」等から補助金を支給するなど、全面的なバックアップを行った。余談ではあるが、米国内では、日本の超LSI国家プロジェクトに対抗しなければならないという世論が高ま

り、1987年のSEMATECH設立（詳細後述）へと繋がっていく。

日米半導体摩擦等の影響により、日本ではこうした共同技術開発の取組は以降20数年にわたって行われなくなり、それが半導体産業の国際的な競争力低下の一因であるとする指摘も散見される。経済産業省産業技術環境局では、2021年11月に「CIP（技術研究組合）の現況について」⁴⁴でこれまでの代表的組合として超LSI技術研究組合を取り上げ、「80年代以降の日本の半導体産業の躍進に大きく貢献」したと高く評価している。

中長期的な研究開発を企業単独で進めることは難しいが、複数の企業や大学・独法等が共同で試験研究を行うために、技術研究組合法に基づいて大臣認可によりCIP（技術研究組合）を設立する取組は、蓄電池製造装置業界においても有益ではないかと考えられる。

②躍進を続ける日本の半導体産業と日米半導体摩擦の表面化、日米半導体協定の締結

1970年代末頃における世界の半導体市場におけるメインプレイヤーは、Texas Instruments、Motorola、Philips等の欧米企業であり、日本企業は世界のベスト10以下の存在であったが、80年代前半になると日本の半導体は大きな躍進を遂げる。日本製のDRAMは米国のコンピュータメーカーから品質面で評価を得るようになり、本格的な採用が始まった。また、研究開発の成果により設計・プロセス技術でも最先端に立った日本製DRAMは、やがて品質・納期・価格すべての点で高い評価を獲得し、81年には64K DRAMで米国メーカーを抜いて世界シェア第1位を占めるようになっていく。

1979年にソニーが初代ウォークマンを発売開始し、80年代に入るとオーディオビジュアル系を中心に新たな民生機器がブームとなったが、この分野で圧倒的な競争力を持った日本のセットメーカーの急激な生産拡大は日本の半導体需要を力強く支える存在となった。16ビットPC向けDRAMの需要拡大もあり、日本の半導体メーカーの世界シェアは急速に拡大し、対照的に米国企業は苦戦を強いられていった。

こうした日本の半導体メーカーの躍進に対し、米国内では1970年代後半より、次第に危機感が醸成されていく。77年には米国で半導体工業会（SIA）が設立され、日本の超LSI関連施策に関する報告書を米国政府に提出するとともに、米国内でも産学連携の強化を提唱した。また、83年には米国の「フォーチュン」や「ビジネスウィーク」誌が日本半導体脅威論を取り上げたこともあり、米国保護主義の台頭とも相まって米国の半導体メーカーの危機感が高まっていく。

1982年から日米両政府間に日米先端技術作業部会が設置され、日本市場開放や日本メーカーの特許開放など、米国の業界要望についての協議が行われていたが、85年に世界的な半導体不況による採算悪化が業界を襲い、米国企業が半導体製造事業から撤退するようになると、米国から日本に対する要望は過激かつ具体的なものに変容していく。1985年6

⁴⁴ https://www.meti.go.jp/policy/tech_promotion/kenkyuu/cip1.pdf

月、米国半導体工業会（SIA）が米国通商法 301 条に基づき通商代表部（USTR）に日本製半導体製品をダンピング提訴、続いて Micron 社が日本の 64K DRAM をダンピング提訴するに至り、8 月より日米政府間の協議が行われ、そして遂に 86 年 9 月に日米半導体協定（1986.9～96.7）が締結された。

米国政府は「米国は競争力を持ちながら、日本市場の閉鎖性によって対日輸出が増加しない。これが米国の赤字の原因である」との主張を行い、日本政府は「日本のユーザーに対して外国製半導体の活用を奨励するとともに、日本国内で生産する半導体規格をアメリカの規格に合わせ、アメリカ半導体のシェアを 20%引き上げることを目指す」という自主規制を強いられることとなった。また、ダンピング防止を理由に最低価格制度（販売価格の維持）も導入された。

なお、日米半導体協定は半導体そのものを対象としており、半導体製造装置ならびに半導体材料については一部のメーカーを除いて概ね協定の対象外であった。

当然のことながら、日本が従来から行ってきた補助金絡みの積極的な半導体産業育成策を棚上げせざるを得なくなり、以降は米国政府からの恫喝とも言える申し入れに防戦一方に転じていくこととなる。

しかし、日米半導体協定の効果が早々に顕われるはずもなく、1986 年の世界の半導体売上ランキングは、第 1 位 NEC、2 位 日立製作所、3 位 東芝、4 位 Motorola、5 位 TI、6 位 Philips、7 位 富士通、8 位 松下電器産業、9 位 三菱電機、10 位 Intel と、日本企業が上位を占めていた。また、この年の半導体の国別シェアは、日本が米国を抜いて世界第 1 位に上昇、さらに 88 年には世界の 50%超のシェアを占め、当時の第 2 位である米国の 36.8%を大きく引き離すなど、80 年代を通じて日本の半導体産業の躍進は続いた。

(6) まとめ・日本企業の対応状況

第2期における日本の半導体製造装置産業を取り巻く外部環境(PEST)のポイントを下表に整理した。

表 40 第2期における日本の半導体製造装置産業を取り巻く外部環境(PEST)のポイント

外部環境		ポイント
P(政策・制度)		超LSI技術研究組合の発足と研究開発 躍進を続ける日本の半導体産業と日米半導体摩擦の表面化、日米半導体協定の締結
E(経済)・ S(社会)	経済・社会情勢	内需拡大による好景気とバブルの到来
	業界	超LSI技術研究組合が半導体製造装置の競争力強化に大きく貢献 製造装置の国産化比率の向上
	顧客	日本が世界最大の半導体生産地域に
	競合	米国が圧倒的優位であったのが、一転して厳しい状況になり日本勢が台頭 ASML(蘭)が台頭
T(技術)		日本企業の技術力が米国企業と同等またはそれを上回るように 特にステッパー装置はニコンとキャノンが世界シェア90%近くに (1986年)

出所：日鉄総研作成

これらの外部環境から調査対象企業が受けた影響および対応状況を以下に記す。

①ニコン、キャノン

円高や石油ショックの時期、ニコンは対応に腐心したが、おそらくキャノンも同様の状況にあったものと思われる。

この時期、ニコン、キャノンが参画した国家プロジェクト「超LSI技術研究組合」は、両社の半導体露光装置の研究開発を大きく進展させ、その結果、両社が開発した半導体露光装置は一時は世界市場をほぼ独占するまでに至った。

表 41 第2期におけるニコンのPESTへの対応状況

外部環境	対応状況	
P(政策・制度)	国家プロジェクト参画(1978年)	超LSI技術研究組合から縮小投影露光装置の開発を受託
E(経済)・ S(社会)	円高対策	米国向け輸出は逐次円建てに移行をすすめ、全面的に円建てに切替え(1971年、1973年、1977年) 1978年、VE活動によるコストダウンや財務改善策により、円高下で業績回復へ 1980年、対米輸出はドル建てに
	石油ショック対応策(1973年末以降)	物価高騰により、数回にわたり値上げ
	不況対策	内外厳しい状況下、不況克服運動を軸に業績改善努力傾注

	(1976年)	
T (技術)	国産初のステッパー 開発 (1980年)	商用機としての国産初のステッパー発売(1980年) 以後、サブミクロンの解像力を有するステッパーを世界に 先駆けて開発 (1984年)、64M 対応ステッパーを開発 (1990 年) と、ステッパー開発で世界をリード 1982年から対米輸出し、1980年代中頃に米 GCA 社を抜きニ コンが世界トップに
	外観検査装置発売 (1982年)	ウエハ検査顕微鏡装置「オプチステーション」発売 主に半導体製造のリソグラフィ工程・エッチング工程にお ける外観検査に使用され、歩留まりの向上や製造ラインの 安定化に寄与

出所：各種資料より日鉄総研作成

表 42 第 2 期におけるキヤノンの PEST への対応状況

外部環境	対応状況	
P (政策・制度)	国家プロジェクト 参画 (1977年)	超 LSI 技術研究組合からステッパーの開発受託 (1977~78 年)
E (経済) ・S (社会)	—	—
T (技術)	国産初の半導体 露光装置発売 (1970年)	国産初の半導体露光装置であり世界初のプロジェクション アライナー (非接触型露光装置) (1970年)
	世界初のサブミクロ ン露光装置発売 (1975年)	ステッパーの草分け的存在だが、この頃はまだステッパー という言葉がなかった 以後も開発を推進、1978年に開発したプロキシミティ方式 の半導体露光装置は世界初となるオートアライメント機構 を採用
	ステッパー方式 半導体露光装置 発売 (1981年)	ステッパー方式半導体露光装置の開発開始 以後も開発を推進、1986年には世界初の 8 インチウエハ 対応のステッパー、1990年には i 線ステッパーを販売

出所：各種資料より日鉄総研作成

②東京エレクトロン

東京エレクトロンは、創業から 10 年間はカーラジオ、電卓、カーステレオの OEM を手がける電機商社として業容を拡大してきたが、1973年のオイルショックでこれらの在庫が積み上がり業績が悪化した。1975年、同社は当時売上の 6 割を占めていた民生用電子機器の生産と輸出から撤退し、当時成長しつつあった半導体製造装置に特化することを決断した。この決断は功を奏し、1978年に (株) 東京エレクトロン研究所から東京エレクトロン (株) へ商号変更した同社は、DRAM の需要増加とともに半導体製造装置の需要も増加し、1980年には東証二部、1984年には東証一部への株式上場を果たした。

この時期、同社は米国の半導体製造装置メーカーとの合弁企業の設定を通じてメーカーとしての機能を強化し、さらに半導体不況の時期にその合弁企業を買収して 100%子会社化することによって、自社の生産を拡大させている。

表 43 第 2 期における東京エレクトロンの PEST への対応状況

外部環境	対応状況	
P (政策・制度)	—	—
E (経済) ・S (社会)	オイルショックで業績悪化 (1973 年)	創業から 10 年間はカーラジオ、電卓、カーステレオの OEM を手がける電機商社として業容を拡大 1973 年のオイルショックによって、これらの在庫が積み上がり業績が悪化
	事業の選択と集中半導体製造装置に特化 (1975 年)	当時売上の 6 割を占めていた民生用電子機器の生産と輸出から撤退、当時成長しつつあった半導体製造装置に特化
	東証二部上場 (1980 年)、東証一部上場 (1984 年)	DRAM の需要増加とともに半導体製造装置の需要も増加 東京証券取引所へ株式上場を果たした
T (技術)	世界初の高圧酸化装置を開発 (1976 年)	テル・サムコ (株) 世界初の高圧酸化装置を開発
	ウェーハプローバ技術導入 (1979 年)	ウェーハプローバの輸入先、米コビルト社経営悪化に伴い、その権利を買い付け 導入した技術を量産化して 1981 年にはトップシェアに
	回路基板検査装置の国産化 (1981 年)	テル・ジェンラッド (株) を設立、インサーキットボードテスタ (回路基板検査装置) を国産化
	イオン注入装置国産化 (1982 年)	山梨事業所内に総合研究所を設立、テル・バリアン (株) を設立、イオン注入装置を国産化
	エッチング装置の国産化 (1983 年)	米国ラムリサーチ社との合弁会社テル・ラム (株) を設立、エッチング装置の国産化をスタート
	半導体製造装置のラインナップを拡大 (1986 年)	半導体不況期にテル・ラム (株) を買収、
	テル・サムコの 100%子会社化 (1988 年)	米サムコ社の出資分を買い取り、100%子会社化

出所：各種資料より日鉄総研作成

3. 関連年表

2 期 (高度経済成長期からバブル景気まで) における工作機械、半導体製造装置に関連する PEST の動向を次頁にまとめた。

表 44 2期（高度経済成長期からバブル景気まで）における工作機械、半導体製造装置に関連する PEST の動向（1）

	P: 政策・制度			E: 経済														S: 社会				T: 技術						
	トピック的な出来事	工作機械関連	半導体関連	トピック的な出来事	一人当り GDP (current US\$)	一人当り GDP成長率	円ドル為替相場	原油価格 (\$/bbl)	自動車生産 (千台)	自動車輸出 (千台)	日本車の海外生産総額 (千台)	日本車の海外生産比率	工作機械生産額 (100万ドル)	工作機械生産額 (億円)	工作機械輸出額 (100万ドル)	工作機械輸出比率	半導体製造装置高売価 (億円)	半導体製造装置の輸出比率	世界市場における日本製半導体製造装置シェア	人口 (千人)	人口増加率	65歳以上人口比率	携帯電話契約数 (千人)	インターネット利用人口比	工作機械関連	半導体関連		
1971			「特定電子工業及び特定機械工業臨時措置法」(機電法) 制定	変動相場制移行「ニクソンショック」スミソニアン合意 (308円/USドル)	2,272	2.4	351	1.7	5,811	1,779			931	3,265	111	12.0				106,085	1.32	7.3						インテル (米) による世界初の MPU完成
1972	田中角栄内閣「日本列島改造論」日中国交正常化		「電子計算機開発促進補助金」として1972~1975に500億円支出		2,967	6.9	303	1.8	6,294	1,965			867	2,628	143	16.5				107,494	1.34	7.5				ファナック、世界初のCNC装置	インテル社、最初の8bitマイクロプロセッサIntel 8008発表	
1973	通商産業省に機械情報産業局設置 ※「知識集約型産業構造」への転換に対応			第一次オイルショック	3,975	6.5	272	2.8	7,083	2,068			1,483	4,029	216	14.6				108,947	1.34	7.7						
1974	産業構造審議会「昭和50年代の機械産業構造のビジョン」				4,354	-2.5	292	11.0	6,552	2,618			1,646	4,807	308	18.7				110,412	1.24	7.9				ファナック、電気・油圧バルブモーターをDCサーボモーターに切り替え		
1975				オイルショックに伴う不況がさらに進む	4,674	1.8	297	10.4	6,942	2,678			1,060	3,147	359	33.9				111,788	1.11	8.1				ファナック、インテル (米) のMPUをCNC装置に採用	ウェーハサイズ150mm時代に	
1976	文化大革命終結 (中国)		超LSI技術研究組合設立 (76年度~79年度、総額720億円、研究員約500名)	オイルショックの影響続く	5,198	2.9	297	11.6	7,841	3,710			1,127	3,342	399	35.4				113,036	1.04	8.3						
1977		アメリカ工作機械工業会、日本製工作機械のアナチダンピング法提訴の動き	米国の大手半導体メーカーが共同で業界団体SIA設立 ※日本の半導体産業への対抗が目的	トンネル不況で内需振るわず 円高加速	6,335	3.4	269	12.6	8,515	4,353			1,565	4,202	566	36.2				114,214	0.95	8.5					最初のアップル社PC発売	
1978	中国、改革・開放政策開始		「特定機械情報産業振興臨時措置法」(機情法) 制定	第二次オイルショック カラオケ、ゲーム機、日本語ワープロの登場	8,821	4.3	210	12.9	9,269	4,601			2,350	4,945	1,018	43.3				115,309	0.87	8.8					ニコン、国産初のステッパーを開発、超LSI技術研究組合に納入	
1979	米通商代表部 (USTR) 代表、日本製自動車の輸入規制を実施する用意があることを示唆			エズラ・ウォーゲル著「ジャパン・アズ・ナンバーワン」	9,104	4.6	219	31.0	9,636	4,563			2,893	6,338	1,237	42.7				116,310	0.78	9						
1980	全米自動車労働組合、日本製自動車の対米輸出自主規制と米国での現地生産を要求	欧州工作機械連盟、日本の輸出急増への懸念を表明	日米半導体競争勃発の兆候が見え始める	日本の自動車生産、米國を抜いて世界一に	9,463	2.0	227	36.9	11,043	5,967			3,826	8,674	1,523	39.8				117,221	0.69	9.3				NC化率49.8% 米國でMPU搭載CNC装置開発 ※MPU搭載のタイミングの遅れがその後の日米の盛衰を分けた	1980年代、日本の半導体製造装置メーカーは販売会社やサービス網を欧米に展開	

出所：各種資料より日鉄総研作成

表 45 2期（高度経済成長期からバブル景気まで）における工作機械、半導体製造装置に関連する PEST の動向（2）

P: 政策・制度			E: 経済														S: 社会				T: 技術				
トピック的な出来事	工作機械関連	半導体関連	トピック的な出来事	一人当り GDP (current US\$)	一人当り GDP成長率	円ドル為替相場	原油価格 (\$/bbl)	自動車生産 (千台)	自動車輸出 (千台)	日本車の海外生産台数 (千台)	日本車の海外生産比率	工作機械生産額 (100万ドル)	工作機械生産額 (億円)	工作機械輸出額 (100万ドル)	工作機械輸出比率	半導体製造装置販売額 (億円)	半導体製造装置の輸出比率	世界市場における日本製半導体製造装置シェア	人口 (千人)	人口増加率	65歳以上人口比率	携帯電話契約数 (千人)	インターネット利用人口比	工作機械関連	半導体関連
1981	通商産業省の指示に基づき、自動車の対米輸出自主規制 (~1994) 自動車部品の輸入関税撤廃		一人当たりGDPでドイツを抜く	10,360	3.5	221	35.5	11,180	6,048			4,798	10,580	1,693	35.3				118,028	0.61	9.5	13			
1982				9,576	2.6	249	32.6	10,732	5,591			3,796	9,457	1,273	33.5				118,744	0.6	9.8	20		米国とドイツを抜いて生産高世界一に (~2008年) 高度制御を行うACサーボモーター、世界で初めて商品化 (FANUC)	
1983		アメリカ工作機械工業会、工作機械の輸入急増について国務省に提訴	日米半導体摩擦が表面化	10,421	2.9	238	29.7	11,112	5,670			3,541	8,410	1,264	35.7				119,452	0.57	10.00	27			
1984	通商産業省機械政策懇談会 中間報告「産業機械産業を巡る課題と政策」 ※国際的な協調・調和に配慮		電気通信改革三法成立 ※ニューメディアの発展を視野に入れた通信関連制度の見直し	10,979	3.7	238	28.6	11,465	6,109			4,473	10,624	1,752	39.2				120,135	0.56	10.3	40			
1985	MOSS協議 (市場志向型分野別協議) 開始		日本半導体製造装置協会設立 米半導体工業界、日本の半導体市場の閉鎖性等を理由に301条提訴	11,577	4.5	239	27.2	12,271	6,730	891	11.7	5,317	12,680	2,187	41.1				120,806	0.52	10.5	62		FANUC、大規模システムLSI搭載、初めて完全部品実装とロボットによる自動組立を前提とした設計のNC装置開発	インテル、DRAM事業から撤退、MPU事業への戦略転換 日本の半導体産業、1985年から1995年まで膨大な設備投資を続ける
1986	中曽根首相の私的訪問機関が「前川レポート」発表 通商産業省「国際協調を旨とした機械情報産業の在り方」とりまとめ	レーガン大統領、工作機械の対米輸出自主規制を求める声明を発表	第一次日米半導体協定 (1986.9~1991.7) 日本の半導体メーカーにコストデータの提出要請、日本市場の外国製半導体比率10%→20%の購買義務	17,113	2.7	169	14.4	12,260	6,605	1,123	14.5	6,873	11,580	3,064	44.6				121,432	0.46	10.9	95			日本の半導体生産、米国を抜いて世界一に
1987		工作機械の輸出自主規制、日米両国政府間で合意 (1987~1993) 東芝機械コム違反事件	SEMATECH (米国官民共同プロジェクト) スタート 一人当たりGDPで米国を抜く	20,749	4.1	145	18.1	12,249	6,305	1,433	18.5	6,419	9,282	3,035	47.3				121,989	0.46	11.2	151			日本企業の技術力は、半導体製造装置の多くの分野で米国企業と同等かそれを上回ると評価されるように TSMC (台) 創業 半導体のファウンダービジネスを開始
1988	通商産業省「自動車問題懇談会」報告書 内需主導型産業構造への転換を掲げる		東証株価3万円台に財テクブーム過熱	25,059	6.2	128	14.7	12,700	6,104	1,735	22.1	8,723	11,182	3,259	37.4				122,549	0.41	11.5	243			
1989	ベルリンの壁崩壊 日米構造協議 (SII) 米国側は排他的取引慣行などの6項目を日本の構造問題とし、その具体的分野の一つとして自動車部品を指摘		消費税の導入	24,823	4.5	138	17.8	13,026	5,884	2,339	28.4	10,059	13,881	3,929	39.1				123,048	0.36	11.9	490			
1990	米国カリフォルニア州、ZEV (ゼロエミッション車) 規制発効		バブル崩壊 東証株価は2万円台を割り込む	25,371	4.5	145	22.9	13,487	5,831	3,265	35.9	10,945	15,849	3,980	36.4	5,973	19.1		123,494	0.31	12.4	868	0.02	NC化率75.7%	1990年代、半導体素子微細化はサブミクロンの領域に DRAMの用途がメインフレームからPCにシフト、「過剰技術で過剰品質を作る」日本勢は競争力低下

出所：各種資料より日鉄総研作成

Ⅲ. 3期（バブル景気からリーマンショックまで）

経済・社会情勢（E・S）

①バブルの崩壊と失われた10年

1990年8月に湾岸戦争が勃発し、翌91年12月はソ連が崩壊する、90年代初頭はそのような世界的な混乱の中でスタートした。日本の株価は1990年から、地価は91年から下落に転じ、バブルの崩壊とともに日本経済は「失われた10年」と呼ばれる長期低迷期に突入していく。地価が下落し、景気後退が本格化する中で、金融機関の不良債権問題が顕在化した。特に住宅金融専門会社が巨額の不良債権を抱えていることが明らかになり、その処理方法が大きな政治問題となった。最終的には公的資金が導入されて不良債権の回収が行われたが、政権が不安定な時期であったこともあり、一連の対策に時間を要してしまったことが経済的なダメージを大きくさせた。

1989年4月、リクルート疑惑により竹下首相が辞任し、宇野宗佑内閣、海部俊樹内閣と短期政権が続いた後、91年11月に宮澤喜一内閣が誕生したが、リクルート問題による政治不信感を払拭できず、93年6月に内閣不信任案が成立。7月の総選挙直前には新生党と新党さきがけが自民党から離脱し、選挙後は非自民8会派による細川護熙内閣が成立した。細川政権は、当初、国民の多くの支持を集めたが、突然の7%の国民福祉税構想により急失速し、94年4月には総辞職に追い込まれた。短命に終わった羽田孜内閣の後、6月には自民党・社会党・さきがけによる連合による村山富市内閣が成立。95年1月の阪神・淡路大震災を経て、96年1月に橋本龍太郎内閣が成立した。このように、短期間に政権交代が繰り返されて政治改革が最大の争点となる中で、バブルの処理は後手に回った感は否めない。

また、こうした政治状況や自然災害等に加え、日本経済にとって深刻なダメージとなったのが円高の進行であった。対米ドルレートは1993年1月頃には125円程度であったが、8月に一気に100円台に上昇した。プラザ合意直後の円高はドル安局面であったが、93年は円の独歩高であり、長期化する景気後退に追い打ちをかけるような不安要因となった。1995年4月には1ドル=79.75円と史上最高値を記録した。村山内閣は「当面の財政金融運営について」を発表し、ファンダメンタルズを反映しない円高の動きに対して強い懸念を示すとともに、規制緩和の前倒しや公共事業の積極的施行等を織り込んだ「緊急円高・経済対策」を発表したが、期待された程の効果を得ることは出来なかった。

②アジア通貨危機と金融ビッグバン、その後の大型景気刺激策による回復

1996年11月に発足した第2次橋本内閣（自民党単独）は、規制改革と財政構造改革を中心とする「構造改革」に取り組むことを表明し、97年4月には財政再建のために消費税を3%から5%に引き上げるなど、意欲的な取り組みを講じ始めたが、世界の経済状況は97年7月に発生したアジア通貨危機により一変し、政策変更を余儀なくされた。

タイの通貨下落を皮切りに発生したアジア通貨危機により、アジア各国は変動相場制が導入された。さらに通貨危機はロシア、中南米に伝播していき、ブラジルでは経常赤字と財政赤字の拡大により短期資金が急速に引き上げられたため、IMFの緊急融資にまで追い込まれた。

金融危機の流れは日本にも影響を与え、1997年11月に三洋証券、北海道拓殖銀行、山一証券が相次いで破綻した。国際資金市場ではジャパンプレミアムが発生し、国内資金市場では金融機関による「貸し渋り」が社会問題となった。政府は金融システムを安定化させるため、金融市場改革（金融ビッグバン）を進めるための金融システム改革法を制定し、金融監督庁や金融庁を発足させた。また、民間では金融再編の波が押し寄せ、大手都市銀行同士の合従連衡が起こり、メガバンクが誕生した。さらに、自動車などの製造業界や通信、流通業界においてもリストラクチャリングが進められた。

上述の通り、当初の第2次橋本内閣は財政構造改革路線を目指していたが、通貨危機を経る中で積極財政路線に回帰することを余儀なくされ、その流れは続く小渕・森内閣にも継承されることとなった。小渕首相は直属の経済戦略会議（議長：樋口広太郎アサヒビール会長）の提言を受け、合計約42兆円の経済対策を実施した。また、続けて森内閣においても、光ファイバーやLANの導入、公共施設のバリアフリー化、ETCシステムの整備などに対して約11兆円を投入する新発展政策を続けた結果、2000年頃にはIT関連企業の台頭もあり、ようやく国内景気に景況感が戻ってきた。

③いざなぎ越えとなる低成長のいざなぎ景気

2002年6月から2008年2月まで、73カ月間という長期にわたる景気はいざなぎ景気を超える「いざなぎ景気」と命名されたが、いざなぎ景気の成長率が10%超、バブル景気が5%程度であったのに対し、いざなぎ景気は1~2%という低成長であり「実感なき好景気」と評された。

いざなぎ景気の概況について記載する前に、2001年4月から2006年9月まで続いた小泉政権の政策等について、時代背景としてその概要を明らかにしておく。小泉内閣の経済財政政策は、2001年度から「骨太の方針」に基づいて実施されるようになった。2002年1月には5年間（2002~06年度）の中期経済財政計画である「構造改革と経済財政の中期展望」も閣議決定された。大括りに捉えれば、小泉内閣のマクロ政策は、緊縮財政と金融緩和を組み合わせたポリシーミックスである。日銀はゼロ金利政策に加えて量的緩和政策

を実施し、2003～04年に実施された大規模な為替介入は円高抑制と金融緩和政策を補完する役割を果たした。また、構造改革としては、「官から民へ」「国から地方へ」を旗印に、様々な改革に着手された。その代表例が郵政民営化であり、道路公団民営化である。小泉政権の劇場型の政治スタイルは国民の強い支持を集め、政権基盤が堅固であったことが一連の施策の背景となっていた。21世紀初頭の国際情勢を振り返ると、2001年9月のアメリカ同時多発テロ事件（9.11）とその後のアメリカ主導の第2次湾岸戦争（イラク戦争）が勃発していた。小泉内閣はアメリカ等と協力して国際テロと戦う姿勢を示し、イラク復興に自衛隊を派遣する判断を早期に下したため、アメリカのブッシュとは良好な安定的な関係を築くことが出来たが、その一方で、20世紀初頭から経済的に台頭しつつあり、貿易や投資を通じて経済関係が深まっていた中国とは政治的には「政冷経熱」の関係となった。

以上の背景の下、改めていざなぎ景気について概観すると、経済の主体は外需による牽引であった。中国の高度成長やアメリカのIT不況からの急速な回復等により外需が回復し、景気回復をリードした。輸出の拡大は、タイムラグを含みつつ設備投資の拡大に向かったものの、労働分配率の引き下げから民間最終消費や民間住宅の需要の伸びはきわめて小さく、「実感なき好景気」に加えて「賃金なき回復」「雇用なき景気」等と評され、本格的な少子高齢化時代とともに、非正規雇用の急激な増加や格差拡大が問題視されるようになっていった。また、長期の景気回復下にも関わらず、バブル崩壊以降、デフレは長期化しており、日銀はゼロ金利と量的緩和政策を継続した。

1. 工作機械を取り巻く経営環境と業界の対応状況

1985年9月のプラザ合意以降、円高・ドル安が急速に進行し、日本経済は円高不況に突入したが、日本政府は86年9月の「総合経済対策」に続いて87年5月には事業費総額6兆円規模の「緊急経済対策」を発表し、これを機に日本経済は回復基調に転じていった。自動車など日本の輸出型製造業は、1988年頃から円高メリットを活かした海外への工場移転と国内工場の内需シフトを進め、ASEAN諸国との産業内分業ネットワークが形成されるようになった。バブル経済に沸いた好調期を迎え、工作機械業界の受注額は1989年、90年と2年連続して過去最高額を更新する。

その後、日本経済は1990年頃からバブルが崩壊し、「失われた10年」と呼ばれる長期低迷期に突入していく。90年代後半は、95年1月の阪神・淡路大震災、超円高の進行、97年7月のアジア通貨危機とそれに伴う金融危機など、日本経済にとって厳しい局面が続くことになるが、日本の工作機械各社は90年代半ば頃から東南アジアに販売・サービス拠点を設け、自動車メーカーの海外展開にあわせて外需の取り込みに努めていった。

2000年代に入ると、日本経済は「いざなぎ景気」と言われる長期にわたる低成長期を迎えた。いざなぎ景気を牽引する主体は外需であった。中国の高度成長やアメリカのIT不況からの急速な回復等により外需が回復し、日本の景気回復をリードした。工作機械業界においても2006年、07年と2年連続で過去最高となる受注額を記録。アジア向けを中心とする外需が好調で、向け先としては自動車やデジタル家電業界等が受注増を牽引した。

(1) 工作機械業界の概況

①生産

バブル崩壊は自動車産業をはじめとする日本の製造業の大幅な生産減を招き、設備投資も冷え込んだことから工作機械の需要は大きく縮小した。このため日本の工作機械の生産額は急減し、1991年から1994年にかけて11,639百万ドルから6,708百万ドルと6割程度の規模にまで落ち込んだ。その後も生産額は増減を繰り返しながら減少傾向を続けていたが、2002年以降は外需を中心に急回復する(後述)。2008年には生産額はバブル景気におけるピーク時(1991年)を3割以上も上回る15,567百万ドルを記録した。

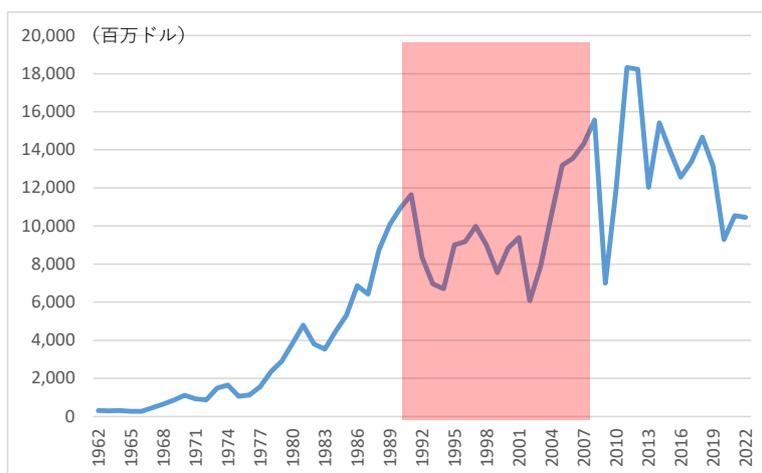


図 40 日本工作機械の生産額 (1962年～2022年)

出所：日本工作機械工業会データより日鉄総研作成

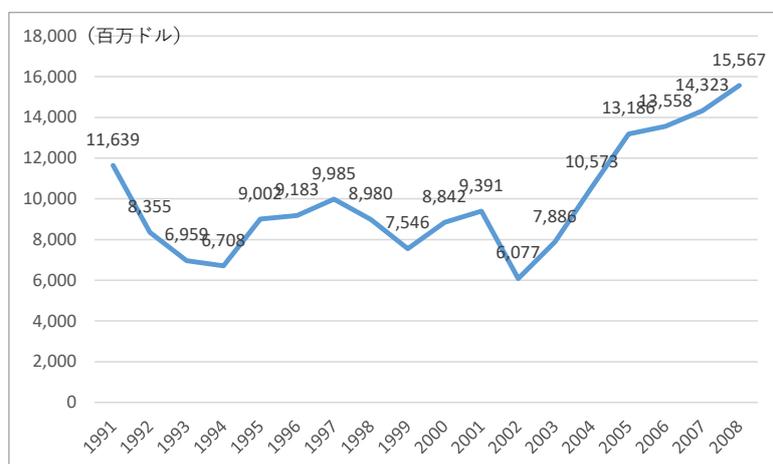


図 41 日本工作機械の生産額 (1991年～2008年)

出所：日本工作機械工業会データより日鉄総研作成

②輸出入

この時期、日本工作機械の生産額が1991年から1994年にかけて大幅に落ち込んだ一方、輸出額は1991年から1992年にかけて1割程度の減少となったもののその後は増加傾向を示し、特に1994年から1997年は5割以上の大幅な増加となった。世界的なIT不況の影響により2000年から2002年にかけては6,908百万ドルから3,170百万ドルと半減以下の大幅減となったが、その後は急増に転じ、2008年には2002年の2.7倍近い8,517百万ドルとなった。

輸出額が大きく伸びたこの時期は、外需シフトがさらに強まった時期であった。輸出比率についてみると、1991年から1996年にかけて34.2%から75.7%と40ポイント以上も上昇し、1999年は73.6%、2000年は78.1%にまで達した。2001年は一気に51.1%に低下、2005年にはさらに46.3%にまで落ち込んだものの、その後は回復に転じ、2008年には58.4%となり、

日本の工作機械産業にとって外需は市場の根幹を成す存在であることが示された。

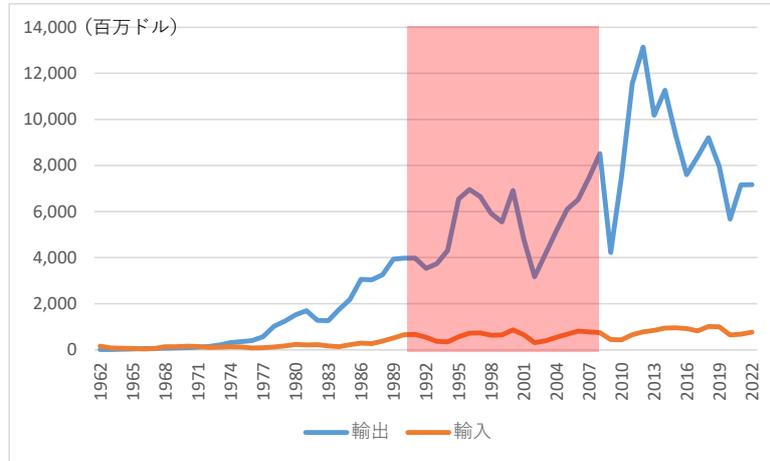


図 42 日本工作機械の輸出入額

出所：日本工作機械工業会データより日鉄総研作成

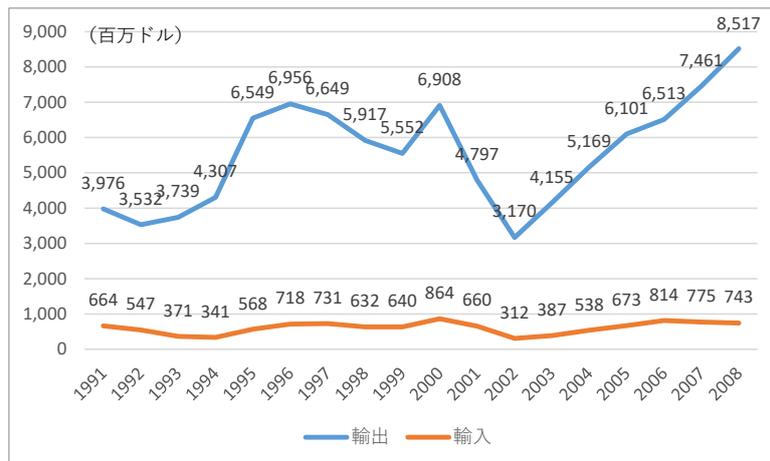


図 43 日本工作機械の輸出入額 (1991年～2008年)

出所：日本工作機械工業会データより日鉄総研作成

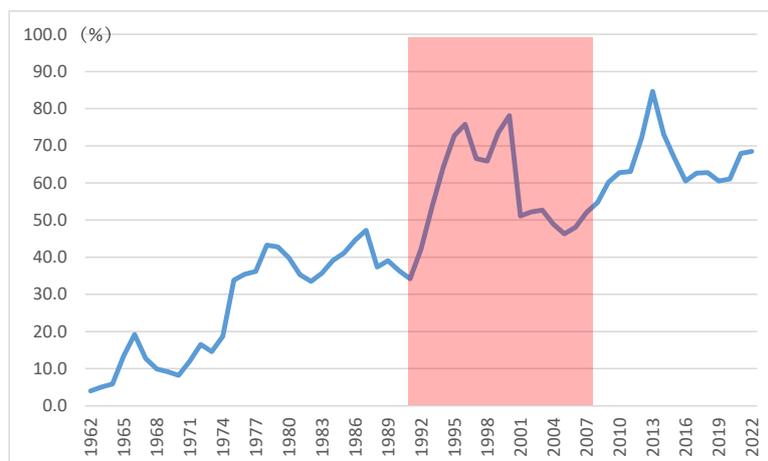


図 44 日本の工作機械の輸出比率（1962年～2022年）

（注）輸出額／生産額を輸出比率として定義した

出所：日本工作機械工業会データより日鉄総研作成

この時期の日本の工作機械の輸出先についてみると、中国向けの輸出の伸びが顕著であったことがうかがえる。1991年に1.1%に過ぎなかった中国向けの輸出比率はその後ほぼ毎年伸び続け、2008年には18.5%に達し、韓国（5.9%）、台湾（3.6%）、東南アジア（15.9%）を超える重要市場として浮上したことがわかる。

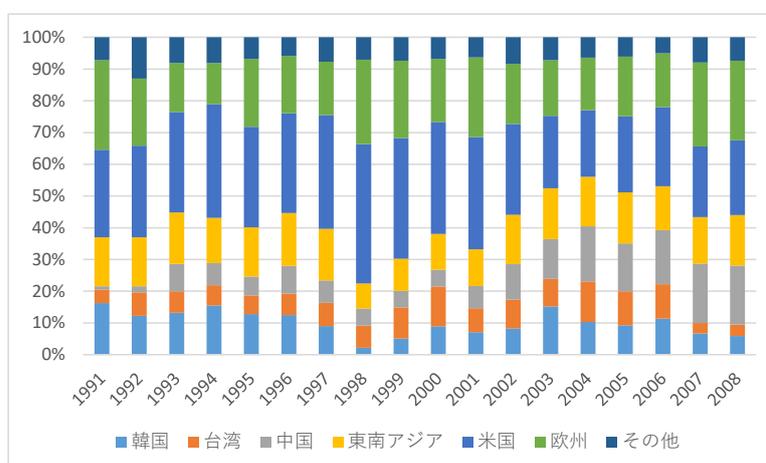


図 45 日本の工作機械の輸出先（1991年～2008年）

出所：日本工作機械工業会データより日鉄総研作成

③海外生産

この時期は輸出比率が高まったことに加え、工作機械メーカーが海外に生産拠点を多く設けた時期としても注目される。下表は90年代から2007年までの工作機械業界の海外進出状況についてみたものだが、これによると、90年代に海外で設置された現地法人数は57

社で、地域別にみるとうち 30 社がアジア地域であり、機能別にみると生産拠点は北米（4 社）とアジア（9 社）に集中している。これが 2007 年には海外で設置された現地法人数は 59 社で 90 年代と大きく変わらないが、地域別にみるとアジア地域が 38 社、機能別にみると生産拠点は 14 社中 13 社がアジア地域と、アジアへの集中がさらに進展した。

表 46 1990 年代以降の工作機械業界の海外進出

(海外法人数・単位：社)

進出先	設置時期	海外拠点の機能			小計
		開発	生産・販売	販売・サービス	
北米	90年代	1	4	7	12
	2001~2007年	1		4	5
南米	90年代			3	3
欧州	90年代	1	1	10	12
	2001~2007年		1	12	13
アジア	90年代	2	9	19	30
	2001~2007年		13	25	38
オセアニア	2001~2007年			3	3
合計		5	28	83	116
	うち90年代	4	14	39	57
	2001~2007年	1	14	44	59

出所：韓金江（京都創成大学）「日本の工作機械工業の国際化—90年代以降の海外進出を中心として—」
アジア経営研究 No.15 2009

（2）ユーザー産業（自動車）の動向

1990年に1,349万台であった自動車の生産台数は、以後は6年連続で減少し続け、1995年には1,020万台と1990年時点の8割以下の水準にまで減少した。1995年から1997年にかけての2年間はやや増加したが、その後は1,000万台近辺で増減を繰り返しつつ横ばいの傾向を示した。2002年からは生産台数は上向くようになり、2002年から2008年にかけて1,026万台から1,158万台と100万台以上の増加となった。こうした自動車産業の動向は自動車向けが需要の60%近くを占める工作機械にも大きな影響を及ぼし、自動車生産の推移と同様に工作機械の内需も、減少→やや増加→増減繰り返して横ばい→2002年から増加、というパターンで推移したものと推定される。

一方、輸出比率、海外生産比率の動きをみると、この時期は自動車産業の外需シフトが大きく進展した時期であったといえる。輸出比率は、1995年と1996年に4割台を下回ったものの、その後は上昇傾向が続き、1996年に35.9%であったのが2008年には58.1%と過去最高の水準となった。一方海外生産比率は、横ばいとなった1995年から1998年の4年間を除いて、基本的には上昇傾向が続き、1991年に20.8%であった海外生産比率は2008

年には 50.2%と 30 ポイント近い大幅な上昇となった。

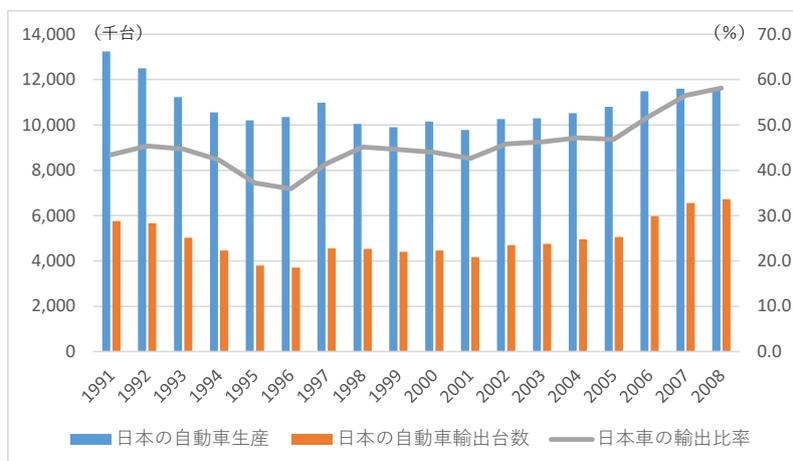


図 46 自動車生産台数・輸出台数・輸出比率 (1991年～2008年)

出所：日本自動車工業会データより日鉄総研作成

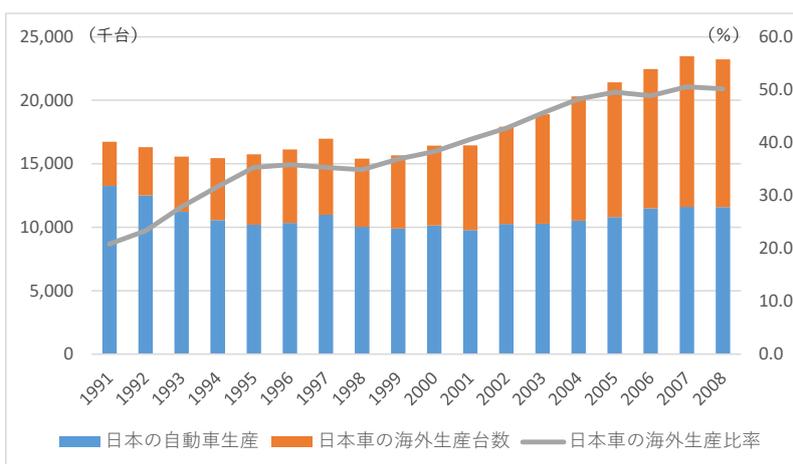


図 47 日本の自動車生産台数と日本車の海外生産台数 (1991年～2008年)

出所：日本自動車工業会データより日鉄総研作成

(3) 工作機械に係る技術動向 (T)

1990年代以降、CAD/CAE/CAMに係る技術が急速に発展し、設計などのプロセスのデジタル化も進展、中でも3次元CADは1990年代に急速に普及した。これに伴いNC工作機械はさらにソフトウェアへの対応が求められるようになった。日本工作機械工業会も、2001年からCAD/CAMなどのソフトウェア事業者、周辺装置メーカーに対しても門戸を開放している⁴⁵。ちなみに1990年頃からPCベースのNC装置が登場し、NC工作機械がより安

⁴⁵ 日本工作機械工業会 HP「日本工作機械工業会とは」(<https://www.jmtba.or.jp/about>)

価でかつオペレーターにとって操作性が容易になったことが指摘されている⁴⁶。

また、日本では1990年代末期から急速に普及し始めたインターネットを利用した遠隔保守などのサービスが普及し始めたことも注目される。

表 47 製造プロセスのデジタル化

	アナログ時代の製造プロセス	デジタル化した製造プロセス	デジタル化のメリット
設計	設計担当者の手作業による製図	CAD (Computer Aided Design)	2次元の設計、製図をコンピュータで支援し、作業効率化に貢献
		3次元 CAD	3次元 (立体映像) で動的な画像表示により視認性が向上
	試作と設計変更の繰返し	CAE (Computer Aided Engineering)	CADと連携し構造解析、流体解析等のシミュレーションをコンピュータ上で実施。開発コスト低減や期間短縮に貢献
試作	粘土・木型等による試作	3次元プリンタ	3次元 CADと連携し、樹脂や金属製の立体試作品を造形。試作コスト低減や期間短縮に貢献
加工指示	加工担当者の経験・ノウハウ	CAM (Computer Aided Manufacture)	CADと連携してNC 施盤・マシニングセンタへの指示プログラムを作成、高精度な加工を実現
加工	汎用工作機械 (旋盤・フライス盤・ボール盤) を手動で操作	NC 旋盤	コンピュータによる数値制御で自動運転。加工の失敗や精度のばらつきが少ない
		マシニングセンタ	多種類の加工を連続して行うことが可能。それぞれの加工に必要な工具を自動で交換するなど、生産性が高い

出所：経済産業省・厚生労働省・文部科学省「2013年版ものづくり白書」より引用

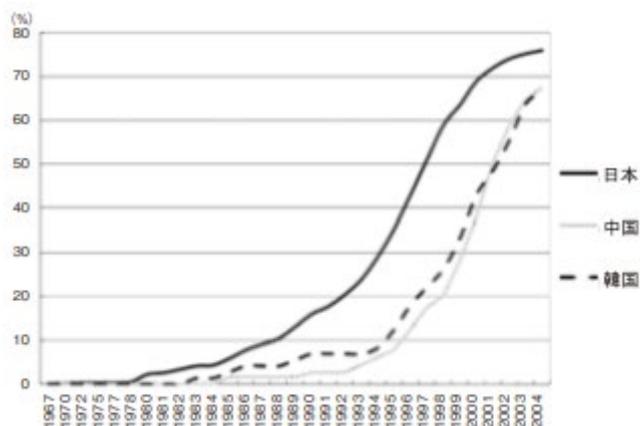


図 48 三次元 CAD の普及曲線 (日本、中国、韓国)

出所：経済産業省・厚生労働省・文部科学省「2012年版ものづくり白書」より引用

⁴⁶ Heinrich Arnold, 前出

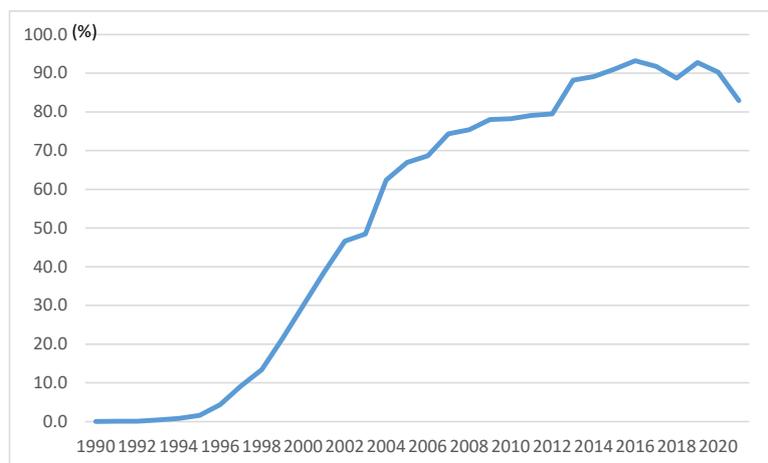


図 49 日本のインターネット利用人口比

出所：International Telecommunication Union (ITU) World Telecommunication/ICT Indicators Database より日鉄総研作成

(4) 競合国・企業の動向

この時期は、日本がドイツに対して優位を維持しつつ世界首位の座を争う状況が続く中、中国の生産額が急増し、日本とドイツの地位を脅かすようになった時期であるといえる。

ドイツの生産額は、1999年、2003年、2008年に日本を上回ったが、この時期の他の年は日本が首位の座を守った。注目すべきは中国の動きであり、2000年に20億ドルの規模を超えた中国の生産額はその後急増し、2004年に40億ドル、2005年に50億ドルを超えて米国を完全に抜き去り、2006年に70億ドル、2007年に100億ドルを超え、2008年には約140億ドルと、同年の日本(約156億ドル)、ドイツ(約157億ドル)に迫るまでに至った。

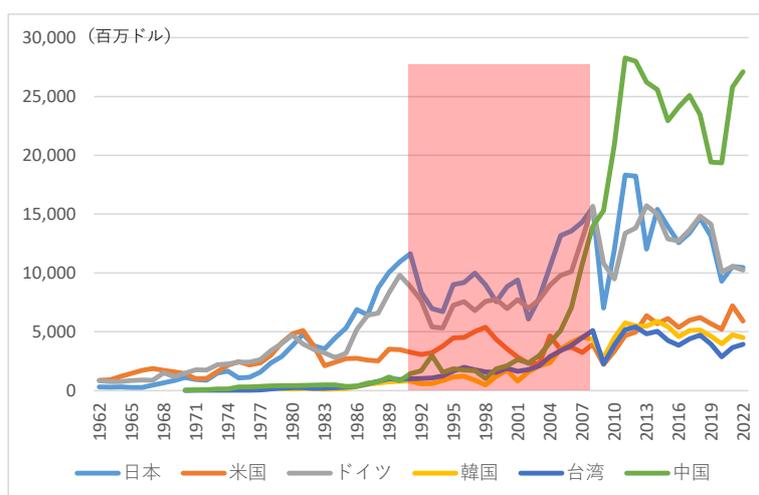


図 50 主要国の工作機械生産額 (1962年～2022年)

出所：日本工作機械工業会データより日鉄総研作成

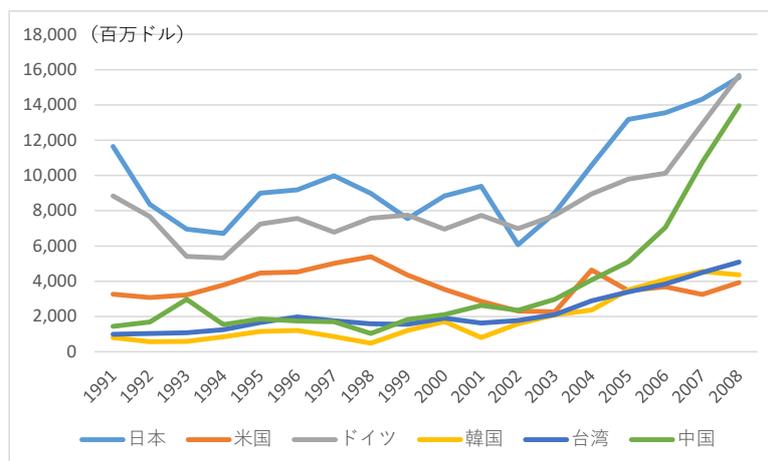


図 51 主要国の工作機械生産額（1991年～2008年）

出所：日本工作機械工業会データより日鉄総研作成

この時期の輸出額も日独の首位争いの状況となった。90年代半ばから2000年台初頭は逆に日本がドイツを大きく引き離れたが、以後はドイツ優位の中で日独が接戦を繰り返すという展開となった。またこの時期は台湾、韓国、中国が輸出額を伸ばし、米国を上回るまでに至っている。特に台湾の輸出額は10億ドル台から50億ドル台へとほぼ5倍の増加となった。

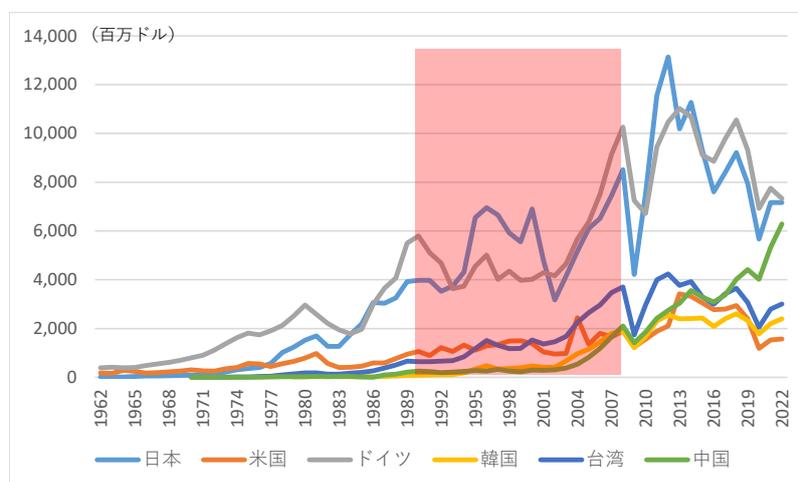


図 52 主要国の工作機械輸出額（1962年～2022年）

出所：日本工作機械工業会データより日鉄総研作成

このように、この時期は中国、韓国、台湾の台頭が目立ったが、彼らが力を付けてきたのは、低～中級の機種であり、また重要部品は主に日本からの輸入に頼るのが実情であった。

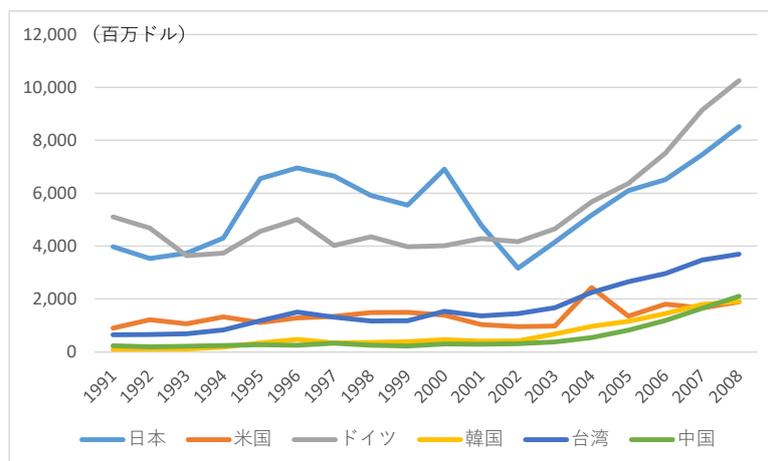


図 53 主要国の工作機械輸出額（1991年～2008年）

出所：日本工作機械工業会データより日鉄総研作成

（5）政策・制度の概要（P）

このような工作機械業界の動向に対して、政府による工作機械に対する産業政策は依然として国際協調と輸出自主規制（1987～93）に軸足を置くものとならざるを得なかったが、その中で、IMSプログラムの推進について以下に記載しておく。

1989年8月、通産省機械情報産業局長の私的懇談会である「FAビジョン懇談会」は、FAの将来展望について報告書をまとめ、以来、Intelligent Manufacturing System（知的生産システム、以下IMSと記載）が政策課題の一つとなった。IMSとは「製造業における諸々の知的な活動を生かし、かつ知能化された機械と人間との融合を図りながら、受注から設計、生産、販売までの企業活動全体をフレキシブルに統合・運用し、生産性の向上を図るシステム」と定義されている。通産省はIMSの実現のために、日本が提唱者となって生産技術分野の国際共同研究開発を行うことを呼びかけた。IMSでは1999年時点で16のプロジェクトが研究開発を推進し、延べ約400の世界各国の企業・大学・研究機関が、うち日本からは100以上の企業・大学等が参加し、30を越える新規プロジェクトが提案された。IMSの業務は2001年度からは新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)に引き継がれ、2010年4月まで継続されることとなった。

(6) まとめ・日本企業の対応状況

第3期における日本の工作機械産業を取り巻く外部環境(PEST)のポイントを下表に整理した。

表 48 第3期における日本の工作機械産業を取り巻く外部環境(PEST)のポイント

外部環境		ポイント
P(政策・制度)		通産省「FAビジョン懇談会」→知的生産システム(IMS)が政策課題に
E(経済)・S(社会)	経済・社会情勢	バブルの崩壊と失われた10年 アジア通貨危機と金融ビッグバン、その後の大型景気刺激策による回復
	業界	バブル崩壊により生産急減、その後外需を中心に急回復 輸出比率は最高で8割近く、外需シフトがさらに進展(特に中国向けが顕著)
	顧客	自動車生産は1,000~1,200万台を推移 海外生産比率は5割にまで上昇
	競合	日独の首位争いが続く中、中国の生産が急増
T(技術)		CAD/CAE/CAMの発展に伴い、ソフトウェアへの対応がさらに必要に インターネットを活用したサービス

出所：日鉄総研作成

これらの外部環境から調査対象企業が受けた影響および対応状況を以下に記す。

①ファナック

第3期におけるファナックは、海外展開を加速するとともに、体制固めにも注力している。とくに、海外展開はひととき目立つ。海外子会社の再編整備をはじめとして、海外資本との合弁事業も数多く見られる。合弁会社だけでもインド、中国、台湾、ロシア、ハンガリー、フランスなど多地点にわたる。ドイツ、ベトナム、チェコには現法を設立。海外拠点を整備して再編・調整を丹念に繰り返し、サービス体制の拡充に注力している。

表 49 第3期におけるファナックのPESTへの対応状況

外部環境	対応状況	
P(政策・制度)	—	—
E(経済)・S(社会)	海外展開	ドイツ(1991年)、インド、米国、中国(1992年)、台湾(1994年)、シンガポール(1995年)、ベトナム、ロシア(2003年)、ドイツ、チェコ(2004年)、ハンガリー(2006年)、南米、ポーランドほか(2007年)、スイス(2008年)
T(技術)	—	—
	—	—

②DMG 森精機

この時期の DMG 森精機の取組で注目されるのは、2000 年代初頭、IT バブル崩壊で経営に行き詰まった複数の老舗メーカーを買収したほか、鋳物メーカー、部品メーカー、ソフトウェア開発会社も買収、資本参加していった点である。また、2004 年にいち早くインターネットで顧客の工作機械を遠隔監視するというサービスを展開している点も注目される。

表 50 第 3 期における DMG 森精機の PEST への対応状況

外部環境	対応状況	
P (政策・制度)	—	—
E (経済) ・S (社会)	3 期連続赤字 (1992 年～1994 年)	92 年～94 年と 3 期連続赤字
	複合加工機参入 (1993 年)	旋盤と MC 機能を併せ持ち、生産リードタイム大幅削減 可能な複合加工機分野へ参入も、発売当初苦戦
	DX の推進 (2004 年)	インターネットで顧客の工作機械を遠隔監視 サービス無料で開始
	生産能力増強投資 (2005 年、2006 年)	熱処理工場、鋳物工場、板金工場新設、2006 年には主軸 工場 (主軸の部品加工～組み立て、検査まで一貫) も立 ち上げと内製能力増強
	エンジニア派遣サービ ス (2007 年)	レジデントエンジニアリンググループ設立、顧客は自動 車、精密、建設機械、油圧機器関連の主要企業
	積極的な企業買収・ 資本参加	日立精機 (工作機械メーカー) (2002 年事業譲受) 太陽工機 (工作機械メーカー) (2003 年子会社化) 渡部製鋼所 (鋳物メーカー) (2005 年資本参加) スイス・DIXI (工作機械メーカー) (2007 年買収) フランス・トブラー (部品メーカー) (2007 年買収) ピー・ユー・ジー (ソフトウェア) (2008 年出資→2013 年完全子会社化)
T (技術)	汎用 PC 機能活用 (2000 年)	MAPPS (Mori Advanced Programming Production System) を発売、現在はその五代目→対話型自動プログラミン グ機能やインターネット遠隔保守機能が利用可能
	MC で新技術開発 (2004 年)	MC の基本性能を極め、独創性として DCG (重心駆動) → 工具や加工物の振動を大幅に抑えられる技術で立形 MC と横形 MC を発売

2. 半導体製造装置を取り巻く経営環境と業界の対応状況

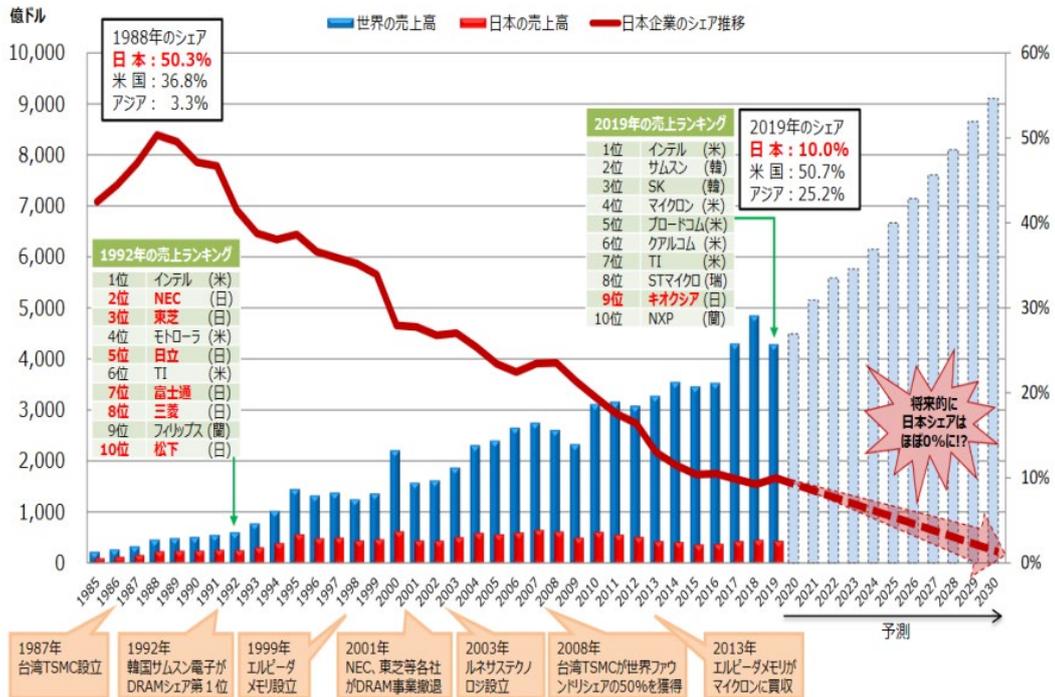
前章に記載した SEMATEC の取り組みは米国半導体産業復活の礎となるとともに、半導体デバイス企業が従来の「設計から製造まで一貫して半導体を製造する」垂直型のビジネスモデルから「設計を担当するファブレス企業と製造を担当するファウンドリー企業とで分業する」水平分離型のモデルに移行する流れを生みだしていった。なお、同時期の 1987 年に台湾で TSMC が誕生し、これがファウンドリーモデルの先駆けとなっていく。

一方、日本経済は 1990 年頃からバブルが崩壊し、「失われた 10 年」と呼ばれる長期低迷期に突入していく。90 年代後半は、95 年 1 月の阪神・淡路大震災、同年 4 月の超円高（1 ドル=79.75 円）、97 年 7 月のアジア通貨危機とそれに伴う金融危機など、日本経済にとって厳しい局面が続く中、日本の自動車メーカーは海外市場に積極展開し、外需の取り込みに努めていった。2000 年代に入ると、日本経済は「いざなぎ景気」と言われる長期にわたる低成長期を迎える。いざなぎ景気牽引の主体も外需であり、中国の高度成長やアメリカの IT 不況からの急速な回復等の外需が日本の景気回復をリードした。

この時期に、日本の半導体産業は撤退・再編・縮小の時代を迎えていくが、一方で半導体製造装置産業は海外輸出比率を高め、新たな市場開拓の途を探り出していく。

なお、1995 年には日本半導体製造装置協会は社団法人の認可を得た。これにより製造装置業界は通産省など官庁とのつながりが深まり、相互の情報交流の機会が増えたほか、日本電子機械工業会（EIAJ）、日本電子工業振興協会（JEIDA）、SEMI、新金属協会（JSNM）など関係諸団体との人的交流なども深まった⁴⁷。

⁴⁷ 半導体新聞社「日本半導体 50 年史」



(出所) 経済産業省「第1回半導体・デジタル産業戦略検討会議 (2021. 3. 24)」資料

(1) 半導体製造装置業界の概況

①販売

当時の半導体生産は大きな増減を繰り返したが、これに対応する形で当時の日本の半導体製造装置の販売額も大きな増減を示している。

1990年から2008年の間に日本の半導体製造装置の販売額は、①バブル崩壊(1990年→1992年)、②DRAM不況(1997年→1998年)、③IT不況(2000年→2002年)、④リーマンショック(2007年→2008年)と、4回の大きな谷を経ながら、概ね5,000億円から2兆円という大きな振れ幅で推移した。この期間内では特にIT不況に伴う落ち込みが大きく、2000年に1兆8,000億円だった販売額は、翌年2001年には8,800億円と50%以上の減少となった。



図 54 日本の半導体製造装置の販売額 (1990年～2022年)

出所：日本半導体製造装置協会資料より日鉄総研作成

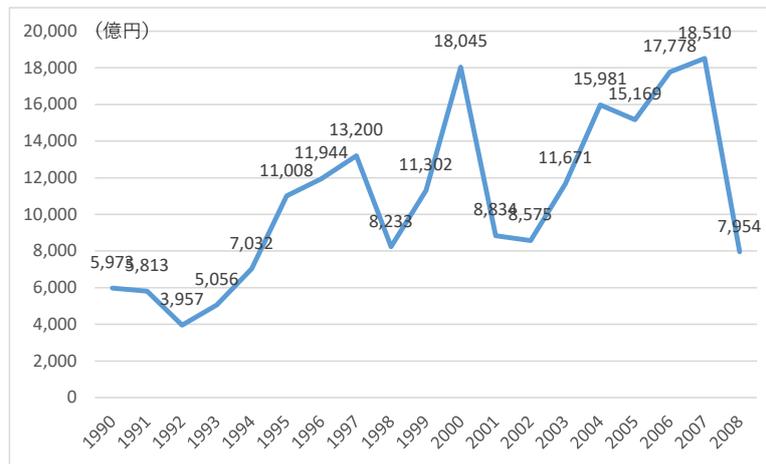


図 55 日本の半導体製造装置の販売額 (1990年～2008年)

出所：日本半導体製造装置協会資料より日鉄総研作成

②輸出

日本半導体製造装置協会のデータによると、日本の半導体製造装置の販売先は、1990年では8割が日本国内であったのが、この時期に急速に海外販売の比率が増加し、2008年には販売の6割が海外となった。なお、日本の半導体製造装置メーカーは現在に至るまで海外での製造はほとんど行っていない⁴⁸。このため以後、日本の半導体製造装置の海外販売＝輸出として記述する。

日本の半導体製造装置の輸出先についてみると、2000年代初めまでは米州、台湾、韓国の3地域向けがそれぞれ10%以上を占め、次いで欧州向けが6～7%といったところであった。2003年以降から日本半導体製造装置協会のデータに登場する中国への輸出は2008年まではまだ5%程度であった。

⁴⁸ 日本半導体製造装置協会ヒアリングより

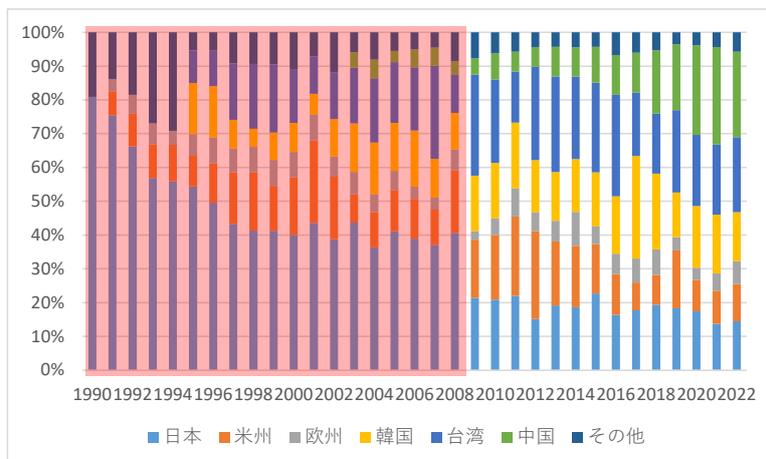


図 56 日本の半導体製造装置の販売先別比率（1990年～2022年）

出所：日本半導体製造装置協会資料より日鉄総研作成

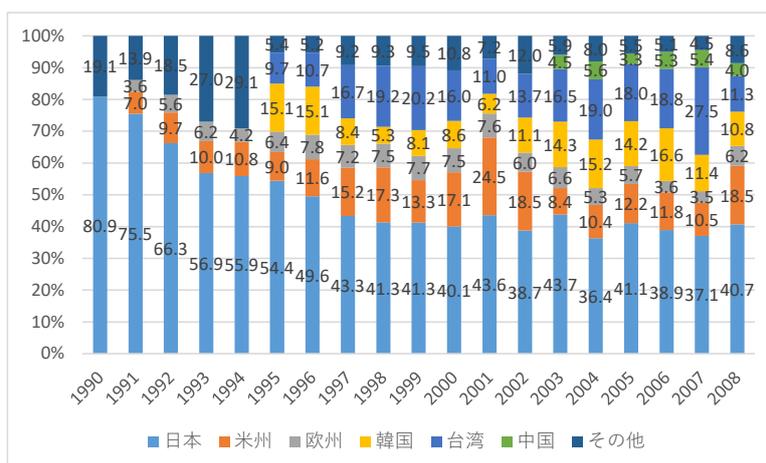


図 57 日本の半導体製造装置の販売先別比率（1990年～2008年）

出所：日本半導体製造装置協会資料より日鉄総研作成

③製造品目

世界の半導体製造装置の装置分類別の販売高比率をみると、2004年では「ウェーハプロセス用処理装置」が最も多く69%、次いで「検査用装置」が17%、「組立用装置」が7%、「半導体製造装置用関連装置」が6%、「マスク・レチクル製造用装置+ウェハ製造用装置」が2%となっている。同年の日本製の装置分類別の販売高比率も世界のそれと同様の順であるが、日本製は世界と比べて「検査用装置」の比率が高く（24%）、「ウェーハプロセス用処理装置」の比率が低い（64%）点が特徴であった。

なお年を経るにつれて世界の半導体製造装置は「ウェーハプロセス用処理装置」の比率が高まると共に「検査用装置」の比率が低下し、2008年には前者が75%、後者が12%となった。日本製の半導体製造装置も同様の傾向を示し、2008年には世界にほぼ近く「ウェーハプロセス用処理装置」が73%、「検査用装置」が13%となった。

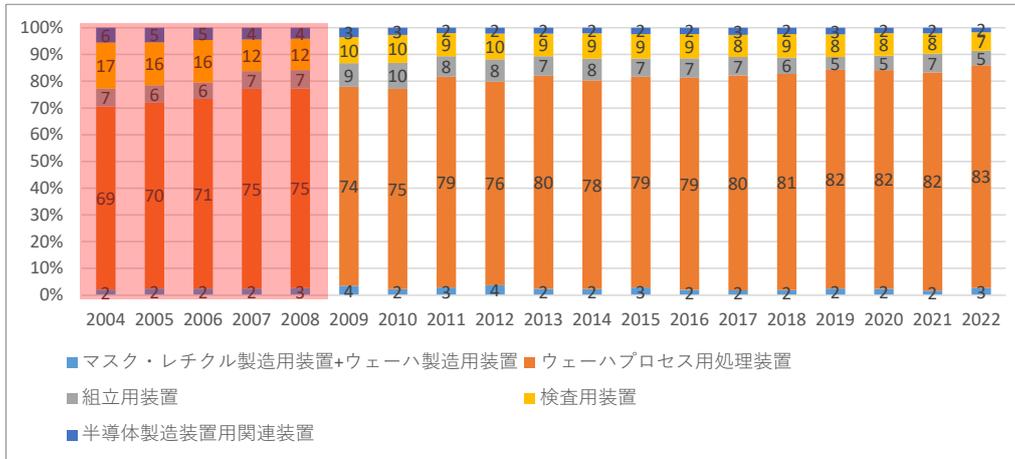


図 58 世界の半導体製造装置の装置分類別販売高比率

出所：日本半導体製造装置協会資料より日鉄総研作成

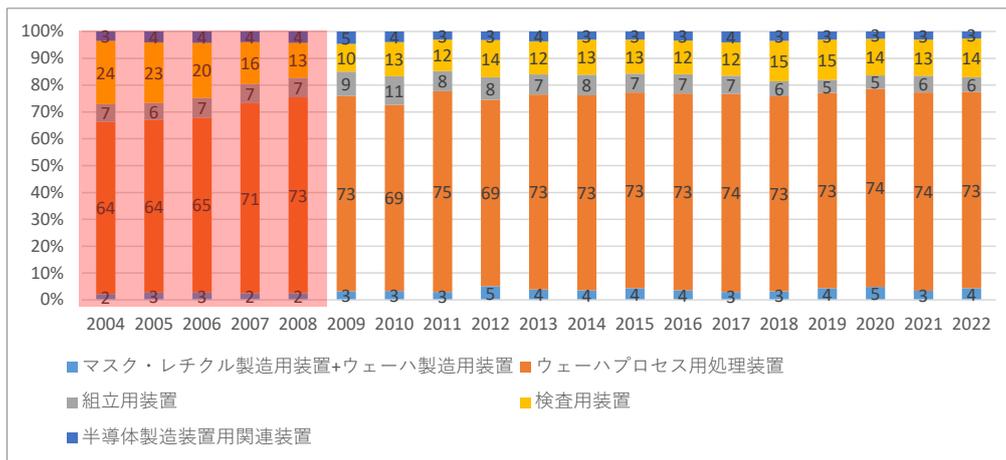


図 59 日本製の半導体製造装置の装置分類別販売高比率

出所：日本半導体製造装置協会資料より日鉄総研作成

(2) ユーザー産業（半導体）の動向

当時の半導体生産は大きな増減を繰り返した。1996年、1997年のDRAM不況の影響は大きく、1996年は▲8.6%、1998年は▲8.4%の対前年減となった。なおDRAM不況は、当時の半導体需要を支えたPCの法人需要が一巡し、増産を続けていた16MDRAMが急激な需要減少により在庫が増大したことでDRAM価格が急落したことなどを背景として起こったが、この不況が日系メーカ各社のDRAM撤退の契機となったことが指摘されている⁴⁹。

2001年のIT不況により半導体生産はさらに深い痛手を受け、2001年は▲32.0%の対前年減となった。その後生産は増加傾向を続けるも、リーマン・ショックの影響により2008

⁴⁹ 日本半導体歴史館 (<https://www.shmj.or.jp/museum2010/exhibi078.htm>) より

年は▲2.8%の対前年減となった。

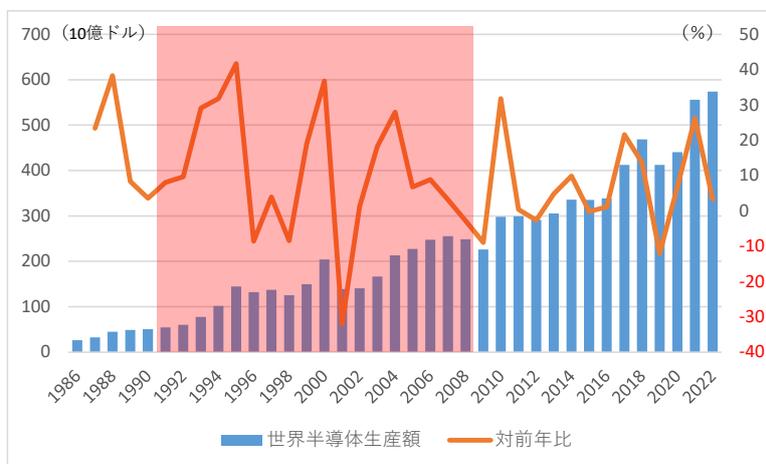


図 60 世界の半導体生産額・対前年比（1986年～2022年）

出所：WSTS, 36 Years WSTS Blue Book Data より日鉄総研作成

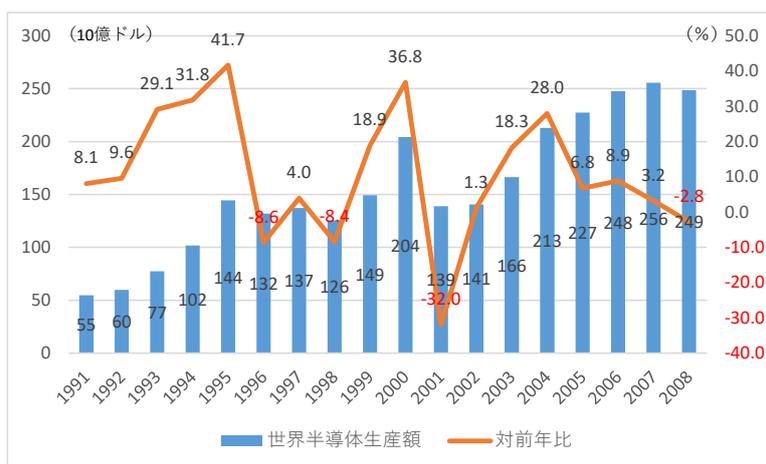


図 61 世界の半導体生産額・対前年比（1991年～2008年）

出所：WSTS, 36 Years WSTS Blue Book Data より日鉄総研作成

当時の半導体生産の地域別比率をみると、アジア大洋州での生産のシェアの上昇傾向は加速し、1991年から2008年にかけて15.0%から49.9%に上昇している。その大半は中国、韓国、台湾であり、これらの国・地域は、日米欧から輸入した製造装置を用いて半導体を大量生産した。1991年に38.3%を占め、当時まだ世界一の生産地域だった日本のシェアは低下を続け、2008年には19.5%となった。なお米州のシェアも2001年のIT不況以降低下しており、2000年に31.3%だった米州のシェアは2008年には15.2%にまで低下した。

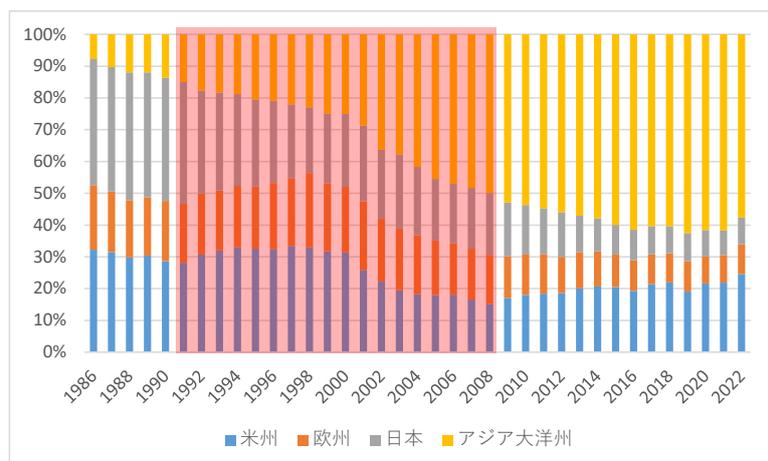


図 62 世界の半導体生産額・地域別比率（1986年～2022年）

出所：WSTS, 36 Years WSTS Blue Book Data より日鉄総研作成

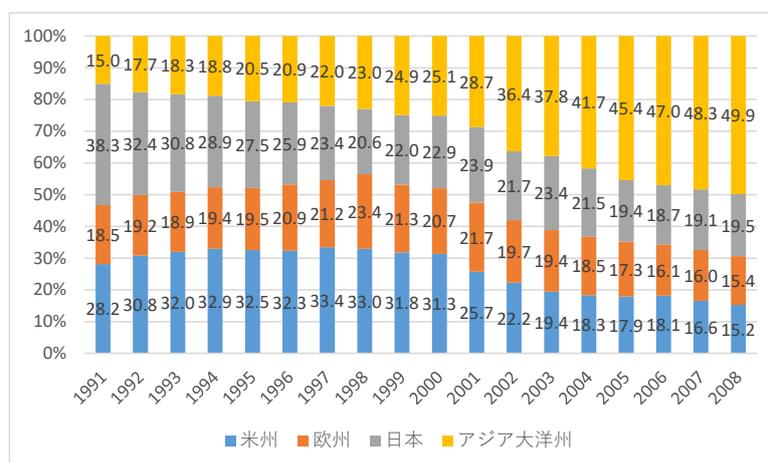


図 63 世界の半導体生産額・地域別比率（1991年～2008年）

出所：WSTS, 36 Years WSTS Blue Book Data より日鉄総研作成

（3）半導体製造装置に係る技術動向（T）

この時期は半導体素子の微細化に伴い、半導体製造技術の複雑化・高度化が進展した。配線の多層化が進み層間・配線工程も増加したほか、さらなる微細化を実現するために露光装置もステッパーから、照射面積が広く解像度も大きいスキャナーへの移行が始まり、2000年にはステッパーの時代は終焉を迎えた⁵⁰。

⁵⁰ 高橋, 2006年

表 51 ステッパーとスキャナーの違い

	ステッパー	スキャナー
露光方式	フォトマスク全面にレーザーを照射し、一度にウェーハに露光する。露光後は次のチップに移動し、再度露光を繰り返す。	フォトマスクの一部にレーザーを照射し、マスクの一部のみを露光する。レーザーの照射位置とウェーハを走査することで、フォトマスク全面にレーザーを当て、ウェーハにパターンを刻む。
メリット	○安価	○照射面積が広い ○解像度が高い
デメリット	×照射面積がスキャナより狭い ×解像度がスキャナより低い	○高価

出所：Semi ジャーナル (<https://semi-journal.jp/basics/process/exposure.html>) 記事より日鉄総研作成

しかしこの時期において半導体製造装置業界にとって最もインパクトが強い出来事と思われるのは、半導体製造装置産業における標準化である。

半導体デバイスを作成する工程・装置が複雑多岐であり 1 社だけで全てのプロセスの統合を行うことが困難になったことなどから、1990 年代より半導体製造の標準化が求められるようになった。半導体産業と半導体製造装置企業は、半導体技術ロードマップ委員会 (ITRS) が作成した「ITRS ロードマップ (半導体の技術世代目標を記した計画表)」や SEMATECH 等の半導体技術開発コンソーシアムにより、半導体技術世代に関する情報共有を産業レベルで行うようになった。

特に 1994 年になり次の技術世代 (300 mm 世代=12 インチ世代) が議論されるようになると、工場投資額が急激に上昇することが判明し、フォーマルな標準化の必要性が議論されるようになった。このような動機を背景に種々のコンソーシアム、アライアンス、イニシアチブが結成され、半導体製造装置企業のコンソーシアムの SEMI が中心となって、ウェーハ口径や製造装置間でやりとりするパラメータなどについて 300 mm ラインの標準化が進められた。SEMI 主導による標準化は 1998 年に完成し、このオープン標準に対応した製品 (半導体製造装置) は 2000 年前半に市場化が行われた⁵¹。

この 300 mm ラインの標準化によって、工場の施工から量産開始までの期間が大幅に短縮し、工場のインテリジェント化が進展したほか、半導体企業の製造装置企業に対する技術的優位性が低下したといわれる。また、製造装置が大型化し、搬送システムも自動化したことにより工場の建設に要する設備投資額が巨額になっていったことから、半導体企業の再編が進んだ⁵²。その一方で、製造装置企業は装置間の調整ノウハウも含めて複数の装置をパッケージとして販売する戦略をとったことから、半導体工場のオペレーションノウハウを十分に持っていない新興国の半導体企業が成長する契機となったとの指摘も見られる⁵³。

⁵¹ 立本, 2017

⁵² 東, 2016

⁵³ 立本, 2017

表 52 半導体産業全般と日本の半導体製造装置業界の動向（1990年代）

	半導体産業全般の動向	日本の半導体製造装置業界の動向
1991	・シリコンウェーハサイズ200mm時代に	
1992	・世界半導体製造装置ランキングで、これまで首位だった東京エレクトロンを米アブライドマテリアルが首位に	
1993	・ 米国の半導体生産、日本を抜いて再び世界一 ・半導体製造装置はLSIの高集積化、高速化が進むにつれ、配線の多層化が進み層間・配線工程も増加し、層間絶縁膜および配線関連のCVD装置が堅実に成長	
1994	・300nmの標準化活動；日系ではJEIDA,JSNM,SIRI,EIAJ,SEAJなどの半導体関連五団体が協力してJ300を組織、300nmの標準化を進める～米国は、SEMATECHなどが中心となりi300iを組織 ・PC、マザーボード、ディスプレイなどの供給基地としての台湾の存在感が高まる	・日本の半導体大手10社によって業界のシンクタンク「半導体産業研究所」設立
1995	・90年代後半、半導体素子の微細化はハーフミクロンの時代に、露光装置のスクャナーの開発開始 ・1990年代後半、半導体メーカーとフォトレジストメーカーが連携したR&Dの時代に変化→1980年代参入の化学メーカーの多くは、DUVフォトレジストの開発・量産化本格化に伴い、自前開発の困難性から市場退出	・ 日本半導体製造装置協会、社団法人化 1995年の補正予算案で半導体プロセス技術の開発を中心とする「超先端電子技術開発促進事業」（ASET）研究開発基本計画として100億円が計上されることに繋がった ・1995～1996年にかけて汎用DRAMが大暴落。多くの日本の半導体メーカーが撤退、日本勢のDUV露光の展開が遅れる ・東京エレクトロンが台湾に現地法人設立、米オレゴン州に海外初の開発製造会社設立、二コンが台湾に米欧韓に続く4箇所目の現地法人設立、アネルバが英国と台湾に支店開設
1996	・米政府、インテルや米エネルギー省運営国立研究所とEUV開発に関するパートナーシップ契約締結	・ 製造装置の海外への販売額が国内を抜く。以後、海外生産比率が上昇 ・二コンとキャノンは、独自のEUVリソグラフィ装置を開発断念。ASML（蘭）が世界で唯一のメーカーに
1997	・IBM、画期的な銅配線の半導体製造プロセス（CMOS7S）を開発	
1998	・日本の半導体製造大手5社、DRAMの不振で赤字に転落 ・SEMATECHはInternational SEMATECHへと変貌し、マイクロリソグラフィ、ESHのプログラム立ち上げ、技術開発を取り仕切る狙い ・これまで半導体需要をけん引してきたPCに代わって携帯電話、ゲームなどの情報家電向け市場が急拡大、このため半導体需要はDRAMからシステムLSIに移行 ・SIAのロードマップ活動は1998年からITRS(International technology Roadmap for semiconductors)に拡大、国際的な活動に。ITRSの議論はリソグラフィ技術の世代交代を誘導し、露光装置メーカーの寡占化に発展	・二コン、IBMと電子ビーム露光装置を共同開発
1999	・情報通信の主役がパソコンからインターネットに移行 低価格が進んだPCは収益性にうまみがなくなり、サーバーとモバイル情報端末、情報家電がPCに代わる重要なハード機器に（日本半導体50年史） ・システムLSI時代本格化、世界で事業再編急ピッチ DRAM価格の暴落と米マイクロン社の台頭というダブルパンチで行き場を失った日本と韓国のメモリーメーカーは急激な事業再編を進めた（日本半導体50年史） ・世界初の「国際半導体技術ロードマップ」のとりまとめ 米国半導体工業会（SIA）、日本電子機械工業会（EIAJ）、欧州電子部品工業会（EECA）、韓国半導体工業会（KSIA）、台湾半導体工業会（TSIA）が共同で作成 ・韓国が日本を抜いて世界最大のDRAM生産国に。日本の市場シェア1980年代終盤90%→1998年 20%へと下落（クリス・ミラー、2023）	・小淵首相主催「産業競争力会議」にて産官学連携による「インテリジェントシステムLSI」開発計画を提唱 ・通産省の支援のもとに新しい装置の実用開発が進展（東京エレクトロン、日本真空技術、コマツ）、小規模生産などを実現することが目標
2000	・2000年代、ステッパー技術は、スクャナー技術へ。露光光の波長193nm(ArF（アルゴン・フロライド）)へと進む	

出所：各種資料より日鉄総研作成

表 53 半導体産業全般と日本の半導体製造装置業界の動向（2000年代、リーマンショック前）

	半導体産業全般の動向	日本の半導体製造装置業界の動向
2001	<ul style="list-style-type: none"> ・半導体売上高ランキング 1位 インテル（米）、2位 東芝（日）、3位 STマイクロエレクトロニクス（欧） ・シリコンウェーハサイズ300mm時代に製造装置が大型化し、搬送システムも自動化するので300mm工場の建設にはおよそ3,000億円の設備投資が必要→半導体企業の再編が進んだ ・北方華創（中）の前身の七星電子が創業 ※中国最大の半導体製造装置メーカー 	<ul style="list-style-type: none"> ・2001～2004、ニコン社とASML/カールツァイス社間に特許紛争
2002	<ul style="list-style-type: none"> ・300mm世代の製造装置の普及が本格化 ※SEMIによる300mm標準化（1994～1998）により以下の変化がもたらされた。①工場の施工から量産開始までの期間が大幅に短縮、②工場のインテリジェント化が進展、③半導体企業の製造装置企業に対する技術的優位性が低下、④新興国の半導体企業が成長 	
2005	<ul style="list-style-type: none"> ・2000年代後半から「ムーアの法則」の限界が顕在化 微細化による集積度の向上が進展しない最大の理由は、露光・現像コストの増大 ・Dryの露光装置をベースとしたNA0.93の液浸露光装置登場 	

出所：各種資料より日鉄総研作成

(4) 競合国・企業の動向

日本半導体製造装置協会のデータをもとに世界の半導体製造装置の販売高の推移をみると、この時期に販売額は 300 億ドルから 430 億ドルの間を推移した。うち日本製装置のシェアは、2004 年は 40%、2005 年は 41%であったが、2006 年は 36%に低下し、2007 年は 38%にまで上昇したが、2008 年は 37%となり、期間中に世界市場における日本製装置のシェアは微減したことが認められる。

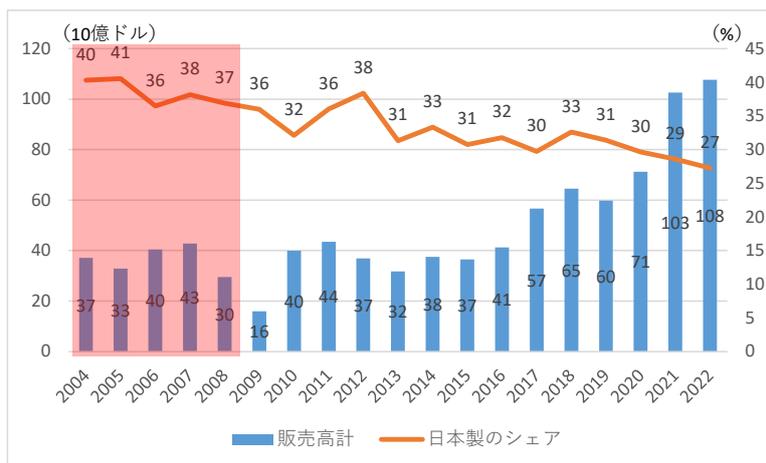


図 64 世界の半導体製造装置販売高と日本製のシェア (2004 年～2022 年)

出所：日本半導体製造装置協会資料より日鉄総研作成

1999 年と 2009 年の世界半導体製造装置企業上位 10 社の売上高ランキングを見ても、日本勢が競争力をやや下げていることがうかがえる。上位 10 社の中にランクインしている日本企業は、1999 年は 5 社、2009 年は 4 社と 1 社減に、また 1999 年に 2 位だった東京エレクトロニクスは 3 位に、3 位だったニコンは 9 位に、それぞれランクを下げている。

表 54 世界半導体製造装置企業上位 10 社の売上高ランキング

1999年			2009年		
順位	企業名	売上高 (単位: 100万ドル)	順位	企業名	売上高 (単位: 100万ドル)
1	AMAT (米)	5,457	1	AMAT (米)	3,146
2	東京エレクトロニクス (日)	2,634	2	ASML (蘭)	2,248
3	ニコン (日)	1,430	3	東京エレクトロニクス (日)	2,243
4	ASM (米)	1,276	4	ラム・リサーチ (米)	1,512
5	テラダイン (米)	1,210	5	KLA-Tencor (米)	1,152
6	KLA (米)	1,049	6	大日本スクリーン製造 (日)	863
7	アドバンテスト (日)	955	7	ASMI (蘭)	832
8	ラム・リサーチ (米)	894	8	日立ハイテクノロジーズ (日)	716
9	キヤノン (日)	751	9	ニコン (日)	701
10	日立製作所 (日)	743	10	ノベラス・システムズ (米)	569

出所：肥塚浩. 半導体製造装置の現状分析, 立命館経営学 第 49 巻 第 5 号, 2011

なお、地域別に日本製装置のシェアをみると、この期間中に日本は約 7 割から 6 割に低下、米州は 2 割強から 3 割に上昇、欧州は 2 割前後を上下しつつ推移した。

一方、後に世界の半導体生産の一大拠点となる中国、韓国、台湾では、日本製装置のシェアがこの時期から低下している。この期間中に中国では34%から28%、韓国では39%から36%、そして台湾では39%から36%にそれぞれ日本製装置のシェアは低下している。これらの国・地域での半導体製造装置メーカーの登場も、日本製装置のシェアの低下の一因と考えられる。1993年に韓国で洗浄装置のK-DNS（後のSEMES）が、1998年に米シリコンバレーで電子ビーム検査装置の台湾系資本の漢民微測科技が設立されている。

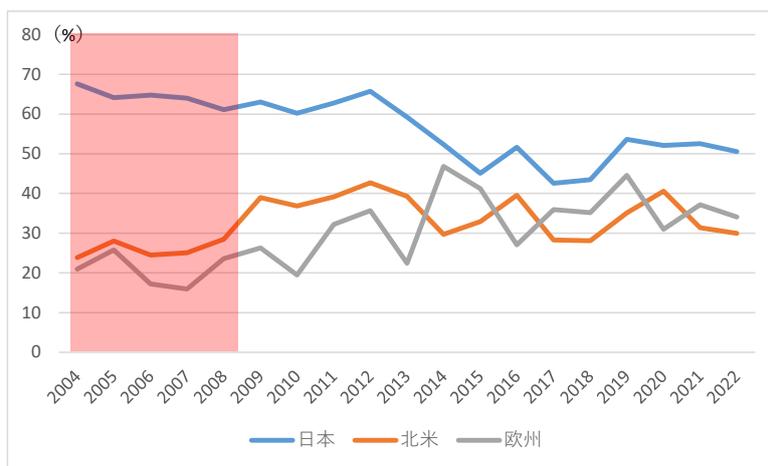


図 65 日本製半導体製造装置の地域別シェア（日本、北米、欧州）

出所：日本半導体製造装置協会資料より日鉄総研作成

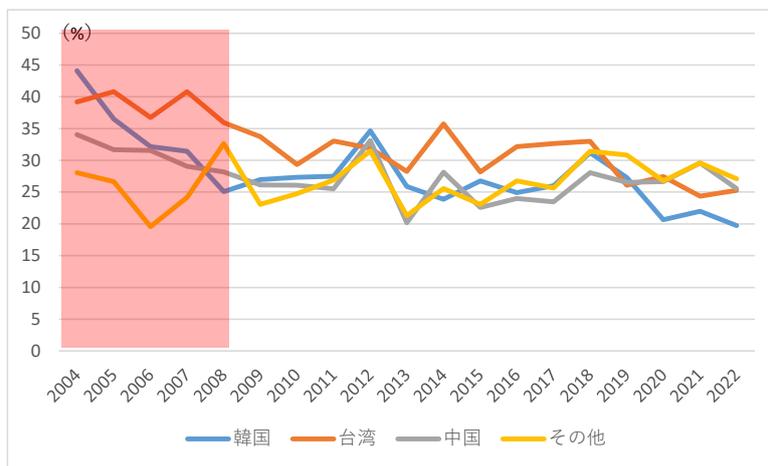


図 66 日本製半導体製造装置の地域別シェア（韓国、台湾、中国、その他）

出所：日本半導体製造装置協会資料より日鉄総研作成

表 55 競合国・企業の動向（1990年代）

競合国・企業の動向	
1991	<p>□1990年代初頭、半導体露光装置はニコン・キヤノン2社で80%に達する絶頂期</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ASML、半導体用i線露光装置初号機PAS5500リリース、米IBMへ納入、モジュール方式デザイン概念採用→モジュール交換によるダウンタイム最小化、アップグレード容易；エアベアリングとリニアモーター制御採用による位置制御高精度化、アライメント2点計測による時短→ウエハー当たりコスト低減可能に
1993	<p>□SVGL社は、1993/4~1994/11にわたり、キヤノンと提携交渉をしたが、米国商務省はこれを拒絶、キヤノンは2003/4まで関連する製造を禁止される</p> <ul style="list-style-type: none"> ・大日本スクリーン製造、サムスンの要請で韓国に洗浄装置のK-DNS（後のSEMES）設立
1994	<ul style="list-style-type: none"> ・SEMIによる300mm世代の標準化① シリコンウェーハの口径サイズや形状を標準化→材料の標準化完成 ※次の技術世代（300mm世代=12インチ世代）が議論されるようになると、工場投資額が急増することが判明、フォーマルな標準化の必要性が議論されるようになった。
1995	<ul style="list-style-type: none"> ・SEMIによる300mm世代の標準化② キャリアーの標準化開始、オープンカセット方式を採用
1996	<ul style="list-style-type: none"> ・SEMIによる300mm世代の標準化③ ファクトリーデザインの標準化開始→ハードウェアの標準化完成
1997	<ul style="list-style-type: none"> ・SEMIによる300mm世代の標準化④ Computer integrated manufacturing(CIM) ソフトウェアの標準化開始→生産システム全体を制御するソフトウェアの標準化完成 ・ASML、KrF Step&Scan投入
1998	<ul style="list-style-type: none"> ・ステッパーの世界市場、ニコン42%、キヤノン21%（廣田, 2001） ・SEMIによる300mm世代標準化の完成 このコンセンサス標準（≠デファクト標準、デジュリ標準）に対応した半導体製造装置が2000年前半に市場化 ・米シリコンバレーで漢民微測科技（台）設立 電子ビーム検査装置 ・ASML、ArF Step&Scan投入
1999	<ul style="list-style-type: none"> ・半導体製造装置企業上位10社中、5社が日本企業、5社が米国企業（1位は米国のAMATで2位の東京エレクトロンの2倍以上の規模）
2000	<ul style="list-style-type: none"> ・半導体露光装置はステッパーからスキャナーが主流に ニコン、キヤノン、ASMLの3社が全世界の90%を占める ・2000年代、米半導体製造装置メーカーはリソグラフィを除き、おおむね好調 ・ASML、TWINSCAN platform投入

出所：各種資料より日鉄総研作成

表 56 競合国・企業の動向（2000年代、リーマンショック前）

競合国・企業の動向	
2001	・ ASML（蘭）、SVGLを吸収合併し、露光装置の販売戦略で優位に SVGL：米最大手露光装置メーカー～パーキンエルマーなどシリコンバレー近郊の半導体関連メーカーが合同で設立、反射光学系（技術）
2002	□半導体露光装置はASMLがトップに
2003	・ ASML、（AT1150を）液浸露光に対応、プロセス開発機をimecに出荷～矢継ぎ早に顧客の場での液浸技術開発に向けて実験機を出荷
2004	・ 液浸対応機（AT1150i）をANTに出荷、数か月後にXT;1250iをTSMC、imec、AMATに出荷 ・ 漢民微測科技、本社を台湾の新竹に移転

出所：各種資料より日鉄総研作成

（5）政策・制度の概要（P）

日本では1990年にバブル経済が崩壊し、民間投資が後退するなかで、政府は日米半導体協定の「縛り」もあり積極的な政策を打ち出すことが出来ず、また、日本企業も垂直統合型から水平分業化への転換を上手く進めることが出来なかった。隣国の韓国ではSAMSUNGが集中的な開発と設備投資を行うことで競争力を高めていったのに対し、日本は日米半導体協定の最低価格制度のために韓国企業の価格攻勢に対抗することも出来ず、結果として韓国企業はDRAMの主要供給メーカーへと成長し、日本企業の半導体シェアは2019年に10.0%にまで下落していく。

①日本の半導体メーカーの撤退と再編

90年代後半以降の半導体産業政策は企業の撤退と再編等、「業界の整理」に重点が置かれるようになっていく。Windows95の導入から始まったOA機器・PCブーム（ITバブル）の反動減により、96～97年のPC市場は調整局面入りし、特にDRAMは大幅な供給過剰に陥った。多くの半導体メーカーの業績が悪化し、1999年に富士通がDRAM事業から撤退、同年に日立とNECがDRAM事業を統合してエルピーダメモリ社を設立⁵⁴、2002年1月には東芝がDRAM事業から撤退するなど、撤退と再編に追い込まれていく。

2022年4月の参議院内閣委員会の質疑の中で、萩生田経済産業大臣はこの時期の日本の半導体産業の凋落について「1980年代の日米貿易摩擦を契機に積極的な産業政策を後退させたこと、1990年代以降にロジック半導体の重要性が高まる中で、半導体の設計と製造を分業する世界的なビジネスモデルの大転換を読み切れず、産業界を導くことができなかったこと、また、日の丸自前主義ともいえるべき国内企業再編に注力し、イノベーション力の向上や販路開拓において有力な海外企業との国際連携を推進できなかったこと、バブル経済崩壊後の長期不況において民間投資が後退する中、諸外国が国を挙げて積極的な投資支援を行う一方で、我が国は国策として半導体産業基盤整備を十分に進めてこなかったこと、経済社会のデジタル化を十分に進めることができず、半導体の需要家となるデジタル

⁵⁴ 2003年に三菱電機のDRAM事業も統合する

産業が十分に育たなかったこと、そして、研究開発に当たっては、国際連携の視点が不足しており、官民を挙げて十分な研究開発費を確保できなかったために社会実装につなげることができなかったことなどが挙げられる」と答弁を行っている。

②日本の半導体製造装置産業は自助努力で海外市場に活路を開拓

1980年代に日本の半導体メーカーが競争力を有していた頃まで、日本製半導体製造装置の出荷先の太宗は日本の半導体メーカーであったが、90年代に入って半導体の製造が水平分業モデルにシフトし、半導体製造の主要プレイヤーが中国、韓国、台湾の半導体メーカーにシフトしてくると、円高の進行とも相まって、日本製半導体製造装置の出荷先は海外向けへと移っていく。

なお、半導体製造装置企業の海外販路の拡大に対して、政府から特段の支援策は行われていない。

(6) 主要な日本企業の対応状況

第3期における日本の半導体製造装置産業を取り巻く外部環境（PEST）のポイントを下表に整理した。

表 57 第3期における日本の半導体製造装置産業を取り巻く外部環境（PEST）のポイント

外部環境		ポイント
P（政策・制度）		米国 SEMATEC の設立（1987 年） 米国の国際競争力の回復が目的 垂直型ビジネスモデルから水平分離型ビジネスモデルに移行する流れを生み出す 日本政府は積極的な政策を打ち出せず
E（経済）・ S（社会）	経済・社会情勢	バブルの崩壊と失われた 10 年 アジア通貨危機と金融ビッグバン、その後の大型景気刺激策による回復
	業界	販売額は大きな振れ幅で推移 特に IT 不況（2000 年～2002 年）に伴う落ち込みは大 急速に海外販売の比率が増加、2008 年には販売の 6 割が海外に
	顧客	世界の生産額は大きな振れ幅で推移 アジア大洋州での生産シェアの上昇が加速、一方日本と米国のシェアは低下
	競合	日本製のシェア低下（特に中韓台にて顕著） 露光装置は ASML が世界トップに
T（技術）		シリコンウェーハサイズ 300mm 時代に SEMI による設備の標準化が進展

出所：日鉄総研作成

これらの外部環境から調査対象企業が受けた影響および対応状況を以下に記す。

①ニコン、キヤノン

波長 13.5nm の極端紫外線（EUV）を用いる最先端の EUV 半導体露光装置の開発は、オランダの ASML とニコン、キヤノンの 3 社が競っていたが、日本勢の 2 社が 1996 年に断念したと推測されることが注目される。ASML はその後も EUV 半導体露光装置の開発を継続、製品化して、現在半導体露光装置市場でニコン、キヤノンを抜いて世界シェアトップの地位を確保している。

しかし、最先端の半導体露光装置の開発では ASML に敗退してしまったとはいえ、ニコンもキヤノンも非最先端の半導体露光装置の分野ではロングセラー商品を地道に提供し続けた。また、キヤノンは EUV とは技術的に全く異なる新技術のナノインプリントリソグラフィ技術の開発を、2004 年から開始している。

表 58 第 3 期におけるニコンの PEST への対応状況

外部環境	対応状況	
P (政策・制度)	—	—
E (経済) ・S (社会)	能力増強投資 (1991 年)	主力工場第四期工場 (月産 600 台→700 台) 約 65 億円、 ステッパー用レンズ量産工場に約 40 億円 (生産能力従来 比+50%)
	出荷・輸出急減 (1992 年)	ステッパー出荷台数対前年 11%減、輸出台数対前年 35%減
T (技術)	KrF スキャナーの発売	縮小投影型露光装置「NSR-S201A」(1995 年) 縮小投影型露光装置「NSR-S306C」(2001 年)
	EUV 開発断念(1996 年)	「ニコンとキヤノンは、独自の EUV リソグラフィ装置の開 発を断念」(クリス・ミラー、2023)
	特許紛争 (2001 年)	ニコン社と ASML/カールツァイス間に特許紛争、ニコンは ステッパーとスキャナの米国特許を侵害されたとして提 訴→2004 年にクロスライセンスと \$145 百万ドルの和解 金を得る
	ArF 液浸スキャナーの 発売	NSR-S609B (2006 年)

出所：各種資料より日鉄総研作成

表 59 第 3 期におけるキヤノンの PEST への対応状況

外部環境	対応状況	
P (政策・制度)	米社と提携交渉も米政 府から拒絶と禁止 (1993-94 年)	米 SVGL 社は 1993/4-1994/11 にわたり、キヤノンと提携 交渉をしたが、米国商務省はこれを拒絶、キヤノンは 2003/4 まで関連する製造を禁止される ⁵⁵
E (経済) ・S (社会)	ランクアップ第四位に (1992 年)	製造装置国際ランキングで 4 位に浮上 (1991 年は 5 位)
	販売台数減少、輸出比 率 60%に (1992 年)	ステッパー販売台数対前年 30%減も輸出比率 60%に上昇
T (技術)	EUV 独自開発断念 (1996 年)	「ニコンとキヤノンは、独自の EUV リソグラフィ装置の 開発を断念」(クリス・ミラー、2023)
	非最先端分野でのロン グセラー商品を地道に 提供	日本の半導体黄金時代を支えた FPA-3000 シリーズ第 1 弾を発売 (1994 年) 300mm ウェハという大口径化時代の主力となるラインア ップを発売 (2001 年) 第 5 世代ガラス基板に対応した MPA-7000 に改良を重ね た露光装置を発売。高い生産性と安定性が好評となり、 販売期間 15 年のロングセラー装置となった。(2003 年) 大ベストセラーの i 線ステッパー、FPA-5550 シリーズ 発売 (2008 年)
	新技術開発(ナノイン プリントリソグラフィ) (2004 年)	NIL (ナノインプリントリソグラフィ) の開発開始 (2017 年から納品開始)

出所：各種資料より日鉄総研作成

⁵⁵ 「米国の国防問題」に関する以下の資料から「半導体 R&D システムのオープン化：F2 リソグラフィ事例に学ぶ」東川巖 IIR Working Paper WP#13-10 2013 年 3 月 一橋大学イノベーション研究センター

③東京エレクトロン

この時期、東京エレクトロンは外需の拡大に対応する形で海外展開を積極化しており、この時期の進出先は米国に加えて、台湾、韓国、中国、そしてインドに及んだ。

表 60 第3期におけるTELのPESTへの対応状況

外部環境	対応状況	
P (政策・制度)	—	—
E (経済) ・S (社会)	海外展開	米オレゴン州 (1995年) 初の海外開発・製造会社 台湾 (1995年) 技術サポート 韓国 (1996年) サポートセンター 中国上海 (2002年) ロジスティックセンター 韓国 (2006年) Tokyo Electron Korea Solution Ltd. 米 (2006年) TEL Venture Capital, Inc. 米 (2006年) TEL Epion Inc. 買収 インド (2008年)
T (技術)	300mm ウェハ対応施設 完成 (1998年)	山梨・穂坂地区に 300mm ウェハ対応のプロセステクノロ ジーセンター完成

出所：各種資料より日鉄総研作成

3. 関連年表

3期 (バブル景気からリーマンショックまで) における工作機械、半導体製造装置に関連するPESTの動向を次頁にまとめた。

表 61 3期（バブル景気からリーマンショックまで）における工作機械、半導体製造装置に関連するPESTの動向

トピック的な出来事	P: 政策・制度		E: 経済														S: 社会				T: 技術						
	トピック的な出来事	工作機械関連	半導体関連	トピック的な出来事	一人当り GDP (current US\$)	一人当り GDP成長率	円ドル為替相場	原油価格 (\$/bbl)	自動車生産 (千台)	自動車輸出 (千台)	日本車の海外生産比率 (千台)	日本車の海外生産比率	工作機械生産額 (100万ドル)	工作機械生産額 (億円)	工作機械輸出額 (100万ドル)	工作機械輸出比率	半導体製造装置生産額 (億円)	半導体製造装置の輸出比率	世界市場における日本製半導体製造装置のシェア	人口 (千人)	人口増加率	65歳以上人口比率	携帯電話契約数 (千人)	インターネット利用人口比	工作機械関連	半導体関連	
1991	第一次湾岸戦争 ソ連崩壊(東西冷戦の終焉)		第二次日米半導体協定 (1991.8~1996.7)		28,915	3.1	135	19.4	13,245	5,753	3,482	37.7	11,639	15,677	3,976	34.2	5,813	24.5		123,879	0.31	12.9	1,378	0.04			ウェーハサイズ200mm時代に
1992	日米「東京宣言」(グローバル・パートナーシップ行動計画) 日本の自動車メーカーによる部品購入の努力目標が掲げられた			東証株価1.5万円割れ 6兆円を上回る総合経済 対策も目に見える効果は 上がらず	31,415	0.5	127	19.0	12,499	5,668	3,804	40.2	8,355	10,586	3,532	42.3	3,957	33.7	37.9	124,269	0.28	13.4	1,713	0.1			
1993			米クリントン政権 情報スーパーハイウェイ構想 発表	大型不況の深刻化	35,682	-0.8	111	16.8	11,228	5,018	4,340	46.4	6,959	7,738	3,739	53.7	5,056	43.1	39.2	124,620	0.26	13.9	2,131	0.4			米国の半導体生産、日本を抜いて再び 世界一に
1994			通商産業省、日米半導体摩擦 の終息宣言		39,934	0.8	102	15.9	10,554	4,460	4,896	52.3	6,708	6,856	4,307	64.2	7,032	44.1	42.8	124,939	0.29	14.4	4,331	0.8			PC、マザーボード、ディスプレイなどの 供給基地としての台湾の存在感が高ま る
1995	村山内閣「高度情報通信社会 に向けた基本方針」決定		日本半導体製造装置協会 社団法人化	1ドル=80円台を突破 国内メーカーの海外シフト が加速 景気低迷で企業倒産は過去 最悪を記録 阪神淡路大震災	44,198	2.4	94	17.2	10,196	3,791	5,559	59.5	9,002	8,471	6,549	72.8	11,008	45.6	44.7	125,300	0.21	15.0	11,712	1.6			Windows 95発売 一般家庭にも急速な普及を見せた画期的 なOSで、パソコンを爆発的に普及させ る原動力に 1995~1996年にかけて汎用DRAMが大暴 落→多くの日本の半導体メーカーが撤退 90年代後半、半導体素子の微細化は ハーフミクロンの時代に、露光装置の スキャナーの開発開始
1996					39,150	2.9	109	20.4	10,347	3,712	5,784	60.9	9,183	9,991	6,956	75.7	11,944	50.4	44.2	125,568	0.25	15.5	26,907	4.4			ニコンとキャノン、EUVリソグラフィ 装置を開発断念
1997	COP3開催(京都) 京都議定書合意 先進国に温室効果ガス削減義務付け			アジア通貨危機 バブル崩壊の最終段階 山一証券破綻	35,638	0.7	121	19.2	10,975	4,553	5,991	56.8	9,985	12,082	6,649	66.6	13,200	56.7	37.3	125,884	0.23	16.1	38,254	9.2			
1998				日本、不況の度合いを強 める EU、通貨ユーロ導入	32,424	-1.5	131	13.1	10,042	4,529	5,371	54.3	8,980	11,755	5,917	65.9	8,233	58.7	32.6	126,172	0.22	16.7	47,308	13.4			SEMによる300mm世代標準化の完成 このコンセンサス標準に対応した半導 体製造装置が2000年前半に市場化 韓国が日本を抜いて世界最大のDRAM生 産国に
1999				アジア諸国、通貨危機から 急回復	36,610	-0.5	114	18.1	9,892	4,409	5,780	56.7	7,546	8,595	5,552	73.6	11,302	58.7	32.4	126,445	0.17	17.2	56,846	21.4			アジア大洋州の半導体生産額が米国を 抜いて世界一の生産地域に 情報社会の主役はPCからインターネッ トへ
2000	通商産業省「自動車産業技術 戦略報告書」 地球温暖化やリサイクルの諸 問題に対応した政策課題浮上				39,169	2.6	108	28.2	10,141	4,455	6,288	58.5	8,842	9,531	6,908	78.1	18,045	59.9	34.3	126,665	0.22	17.8	66,784	30.0			半導体露光装置はステッパーからス キャナーが主流に ニコン、キャノン、ASMLの3社が全世 界の90%を占める
2001				ITバブルの崩壊 一人当たりGDPで米国に 抜かれる	34,406	0.1	122	24.4	9,777	4,166	6,680	61.6	9,391	11,410	4,797	51.1	8,834	56.4	34.6	126,943	0.19	18.4	74,819	38.5			ウェーハサイズ300mm時代に 製造装置が大型化し、搬送システムも 自動化するので300mm工場の建設には およそ3,000億円の設備投資が必要→ 半導体企業の再編が進展
2002					32,821	-0.2	125	24.9	10,257	4,699	7,652	62.0	6,077	7,620	3,170	52.2	8,575	61.3	32.4	127,189	0.18	19.0	81,118	46.6			日立精機、経営破綻 有力工作機械メーカーの相次ぐ破綻で 業界の危機感ピークに
2003					35,387	1.3	116	28.9	10,286	4,756	8,608	64.4	7,886	9,140	4,155	52.7	11,671	56.3	39.0	127,415	0.14	19.6	86,655	48.4			
2004					38,299	2.2	108	37.7	10,512	4,958	9,798	66.4	10,573	11,440	5,169	48.9	15,981	63.6	39.6	127,590	0.13	20.1	91,474	62.4			
2005					37,813	1.8	110	53.4	10,800	5,053	10,606	67.7	13,186	14,531	6,101	46.3	15,169	58.9	41.5	127,753	0.07	20.6	96,484	66.9			
2006				一人当たりGDPでドイツ に抜かれる	35,992	1.3	116	64.3	11,484	5,967	10,972	64.8	13,558	15,767	6,513	48.0	17,778	61.1	36.7	127,844	0.09	21.3	99,826	68.7			
2007					35,779	1.4	118	71.1	11,596	6,550	11,860	64.4	14,323	16,873	7,461	52.1	18,510	62.9	36.9	127,960	0.07	21.9	107,339	74.3			初代iPhone発売 全世界の携帯電話をスマートフォンへ とパラダイムシフトさせる契機に 半導体の性能向上を先導したほか、工 作機械の特需を生み出す
2008				リーマンショック	39,876	-1.3	103	97.0	11,576	6,727	11,652	63.4	15,567	16,096	8,517	54.7	7,954	59.3	34.9	128,053	0.04	22.6	110,395	75.4			

出所：各種資料より日鉄総研作成

IV. 4期（リーマン・ショックから現在まで）

経済・社会情勢（E・S）

①リーマン・ショックによる世界同時不況

2008年9月、米国でリーマン・ショックが発生した。日本の金融機関はサブプライム関連の金融商品をさほど購入していなかったため、マネーがリスク回避のために日本にシフトしたこともあり、円相場は2009年1月に1ドル=86円台にまで急上昇した。加えて、日本のいざなぎ景気は輸出依存型であったため、世界同時不況の影響は欧米よりも日本において深刻度が厳しく、2009年の輸出は対前年比マイナス24.2%と激減し、生産調整のための「派遣切り」が社会問題となった。中国では2008年11月に4兆元の大型景気刺激策が発動されたこともあり、影響を一時的な景気減速程度に抑えることが出来たが、対照的に日本では2011年3月に東日本大震災が発生し、また、タイ洪水被害により海外の生産・出荷ネットワークが寸断されるなど、想定外の天災が景気後退に拍車をかけた。

②アベノミクスによる経済回復

2012年12月の第2次安倍政権発足とともに、リーマン・ショック不況から転じ、低成長の景気拡大期がスタートした。アベノミクス景気は2012年12月から18年10月に至る71カ月間継続し、いざなぎ景気（73カ月）に迫るほどであった。有効求人倍率も回復し、「完全雇用」が達成されるまでになった。

アベノミクスの原動力となったのは日本銀行が2013年4月に導入した「異次元の金融緩和」であった。大量の国債を購入することで市場に資金を供給し、金利を引き下げて企業活動を活性化した。加えて、財政政策による景気刺激を図るとともに成長戦略による経営環境の改善で企業の賃上げや投資を促すという「三本の矢」で、企業の業績改善を個人消費の回復につながる「好循環」を模索したが、2014年4月に実施した消費税引き上げ（5%→8%）後は個人消費が低迷に向かうことになる。2018年に米中摩擦が激化し、19年には米国政府が中国商品への追加課税と華為技術（ファーウェイ）への制裁措置を講じるようになると、海外経済の減速とともに輸出が鈍化し、景気は再び後退に転じるようになった。2019年10月の消費税引き上げ（8%→10%）や20年4月の新型コロナウイルス感染症緊急事態宣言も足枷となり、今なお、日本経済は低成長からの脱出への途を模索し続けている。

1. 工作機械を取り巻く経営環境と業界の対応状況

リーマン・ショックによる急激な円高により、輸出依存型の日本経済は大打撃を受け、2009年の工作機械受注額は前年度比40%超減にまで落ち込んだが、その後は、以下の通り好・暗転を繰り返しながら、工作機械業界の活動は、長期的に見れば安定期を迎えていく。

現在では日本の工作機械は中位機種から上位機種までカバーし、性能・サービスで世界最高水準にあって高い国際競争力を有しているとされる。

(1) 工作機械業界の概況

①生産

日本の工作機械産業がリーマン・ショックにより被った影響は大きく、2008年に15,567百万ドルだった生産額は2009年には7,007百万ドルと半分以下に急減した。翌年の2010年には対前年7割増の11,971百万ドル、2011年は対前年5割増の18,327百万ドルとV字回復し、2012年は前年とほぼ同水準の18,231百万ドルとなった。しかし以後は増減を繰り返しながら減少傾向を示し、2022年はピーク時の2011年の6割弱の規模の10,458百万ドルにまで減少した。

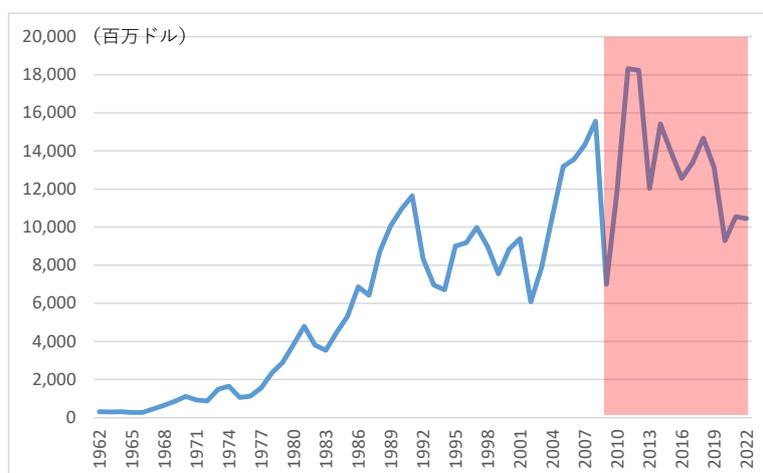


図 67 日本の工作機械の生産額（1962年～2022年）

出所：日本工作機械工業会データより日鉄総研作成

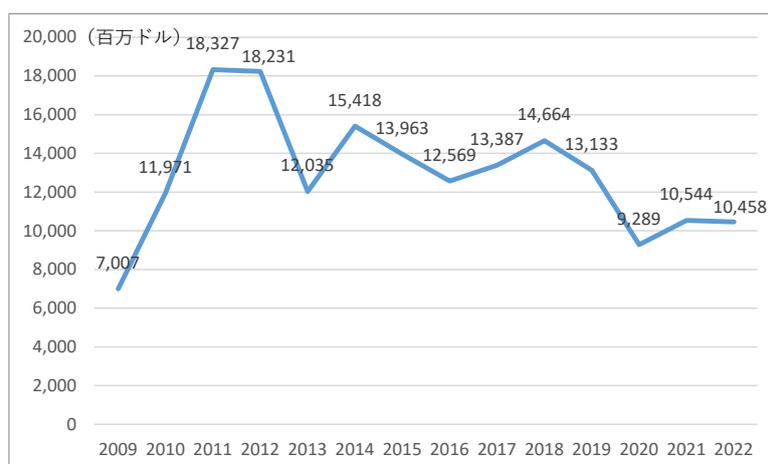


図 68 日本の工作機械の生産額（2009年～2022年）

出所：日本工作機械工業会データより日鉄総研作成

②輸出入

生産額と同様に、輸出額も2008年から2009年にかけて急減し、その後一時V字回復を示すも、以後は増減を繰り返しつつ減少傾向が続いている。2008年に8,517百万ドルだった輸出額は翌年2009年には半分以下の4,216百万ドルにまで急減した。2010年には対前年約8割増、2011年には同約5割増、2011年には同約1割増となったが、以後は増減を繰り返しつつ減少傾向が続き、2022年はピーク時の2012年の6割弱の規模の7,164百万ドルとなった。

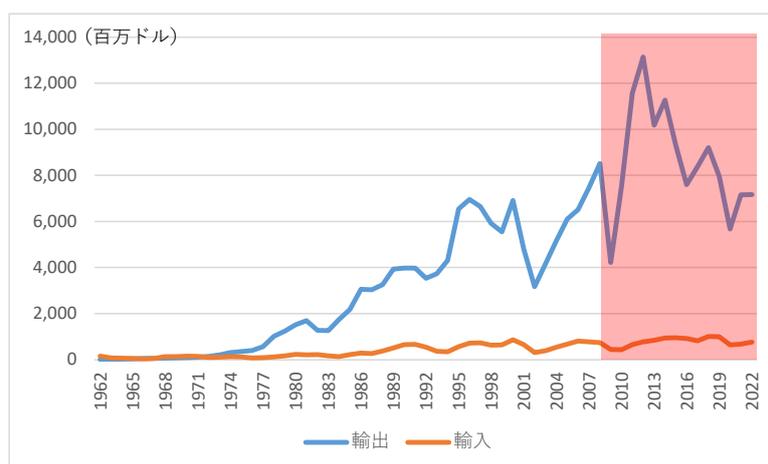


図 69 日本の工作機械の輸出入額

出所：日本工作機械工業会データより日鉄総研作成

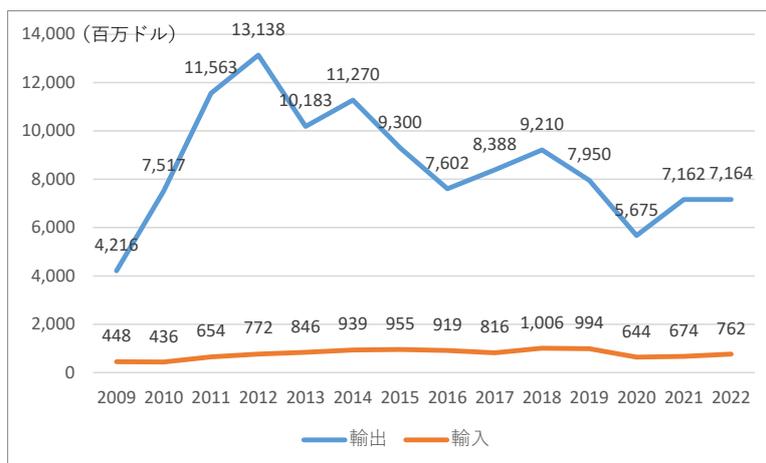


図 70 日本の工作機械の輸出入額（1971年～1990年）

出所：日本工作機械工業会データより日鉄総研作成

先に見たようにリーマン・ショックにより 2008 年から 2009 年にかけて生産額、輸出額共に急減したが、輸出比率は逆に上昇し 2008 年に 54.7%であったのが 2009 年には 60.2%となった。その後も輸出比率は上昇を続け、2013 年には 84.6%と過去最高を記録した。以後は輸出比率は急下降し 2016 年には 60.5%となり、その後は 60%台を推移し 2022 年は 68.5%となった。

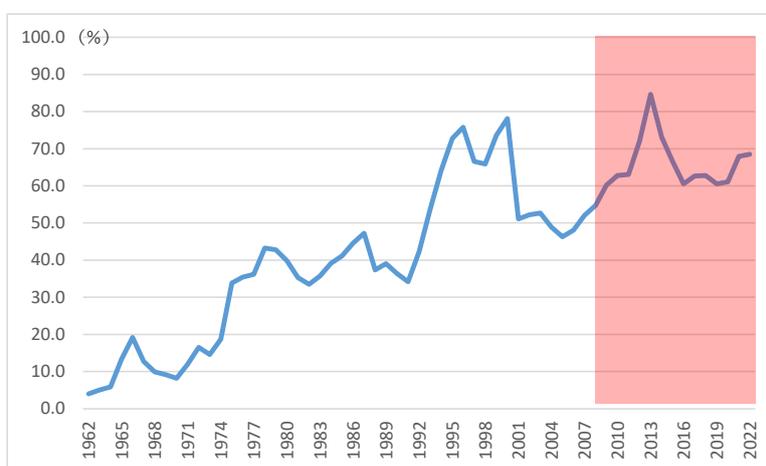


図 71 日本の工作機械の輸出比率（1962年～2022年）

(注) 輸出額／生産額を輸出比率として定義した

出所：日本工作機械工業会データより日鉄総研作成

この時期の日本の工作機械の輸出先をみると、中国向けの比率がさらに上昇し、主要国・地域の中で最大の市場となった。特にリーマン・ショックの影響が残る 2010 年から 2012 年は外需の 35%近くが中国向けの輸出によって占められた。2022 年は中国向けが 26.7%、

米国向けが 23.9%、欧州向けが 19.4%、東南アジア向けが 13.7%、台湾 5.5%、韓国 5.2% であった。

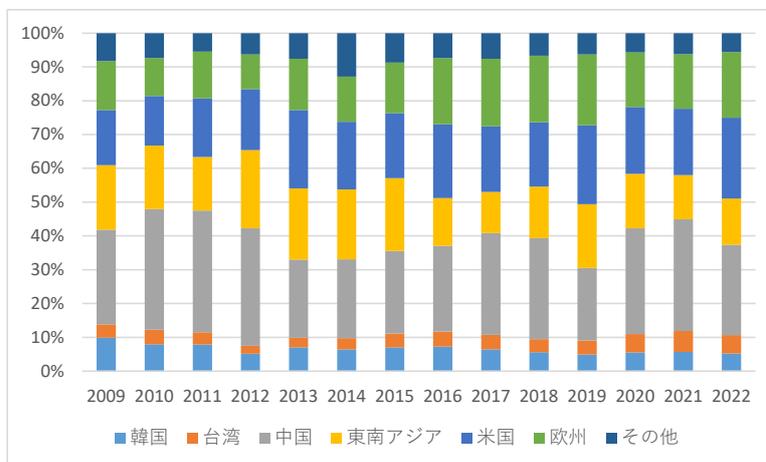


図 72 日本の工作機械の輸出先 (2008年～2022年)

出所：日本工作機械工業会データより日鉄総研作成

(2) ユーザー産業（自動車）の動向

2008年に11,576千台だった日本の自動車生産は2009年には7,934千台と7割以下の水準にまで低下、輸出も6,727千台から3,616千台と5割近い減少となった。翌年の2010年には生産、輸出ともに回復をみせたが、生産は1,000万台弱、輸出は400万台強の水準を2019年まで推移、2019年から2020年に新型コロナウイルスの感染拡大に伴う世界的な景気後退により、生産は800万台弱、輸出は400万台弱に減少して2022年まで推移した。

輸出比率はリーマン・ショックの影響が残る2009年から2011年にかけて大きく伸びたが、その後は増減を繰り返しながら減少傾向が続き、2022年は48.7%となった。

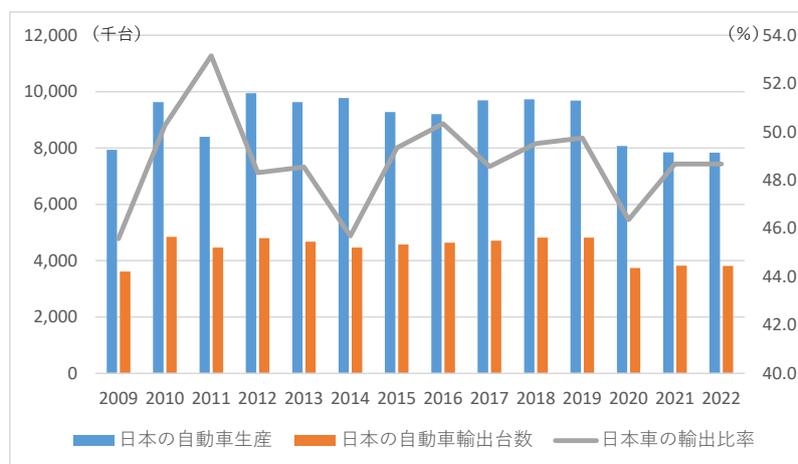


図 73 自動車生産台数・輸出台数・輸出比率 (2009年～2022年)

出所：日本自動車工業会データより日鉄総研作成

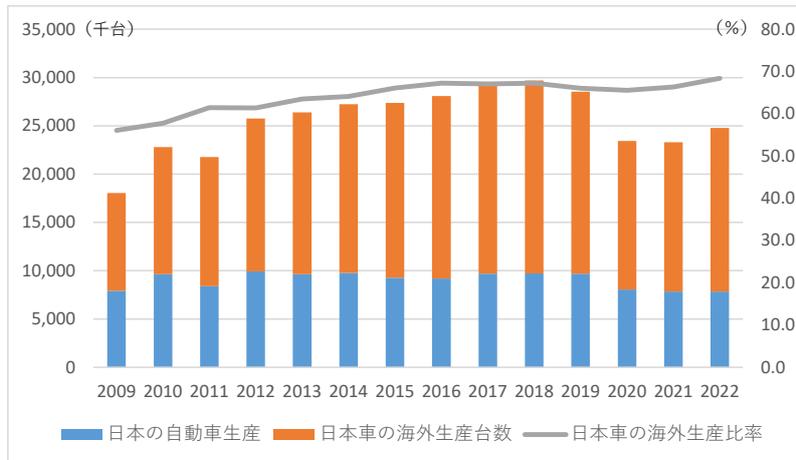


図 74 日本自動車生産台数と日本車の海外生産台数 (2009年～2022年)

出所：日本自動車工業会データより日鉄総研作成

国内での自動車生産は、先に見たように 2019 年から 2020 年に生産は 800 万台弱に減少して 2022 年まで推移したが、自動車産業を最大の需要先とする工作機械の内需はコロナ禍からの V 字回復を見せ、2020 年から約 3,000 億円から約 6,000 億円に倍増している。コロナ禍後は電気からの受注比率が顕著に増加しており、EV 需要の拡大に向けた関連産業の設備投資の増加も、この工作機械の内需の V 字回復に反映していることが考えられる。

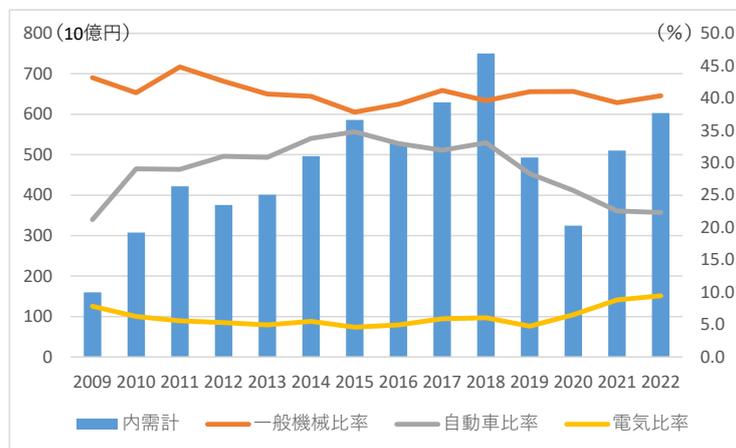


図 75 工作機械の内需と一般機械、自動車、電気の占める比率 (2009年～2022年)

出所：日本工作機械工業会 受注確報より日鉄総研作成

(3) 工作機械に係る技術動向 (T)

中小企業庁は平成 18 年に、中小企業者がその高度化を図ることが我が国製造業の国際競争力の強化又は新たな事業の創出に特に資するものとして、17 技術の特定ものづくり基

盤技術を指定し、技術の高度化に関する指針（以下「指針」）を定めた⁵⁶。指針はその後計9回にわたって見直しが行われ、名称も「中小企業の特定制品づくり基盤技術及びサービスの高度化等に関する指針」に変更となり、令和4年2月に定められたものが最新のものとなっている。

以下に、平成18年6月に定められた指針のうち「切削加工に係る技術に関する事項」に記された切削加工技術に関する研究開発課題、および令和4年2月に定められた指針から（指針改正の結果、切削加工に係る技術に関する事項が無い）工作機械の研究開発課題について言及している箇所を抜粋する。これらの研究開発課題が、現在の工作機械業界において多く取り組まれている事項であると思われる。

表 62 切削加工技術に関する研究開発課題（平成18年度指針より）

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">• 高精度・超精密化を目的に位置決め精度の向上を始めとする各種研究開発• 小径工具による高速加工や機上計測技術についての研究開発• 電子部品や光学部品等の微細形状を切削加工で行うための研究開発<ul style="list-style-type: none">➢ こうした切削加工を行うための微細小径工具の開発• 段取時間や回数を削減し、高効率に加工を行うことを目的とした、多軸・複合工作機械の開発<ul style="list-style-type: none">➢ これら加工機の高精度化に関する研究開発• 硬度や高脆性といった特性を持つ新材料への切削加工適応に関する研究開発<ul style="list-style-type: none">➢ こうした切削加工を行うための新工具の開発• 被削材料の大きさに応じた加工機の小形・軽量化 |
|---|

出所：中小企業庁「中小企業の特定制品づくり基盤技術の高度化に関する指針」について」平成18年6月より日鉄総研抜粋

⁵⁶ 中小企業庁「中小企業のものでづくり基盤技術の高度化に関する法律に基づく「特定制品づくり基盤技術」及び「中小企業の特定制品づくり基盤技術の高度化に関する指針」について」平成18年6月20日

表 63 工作機械に関する研究開発課題（令和 4 年度指針）

- 加工工程における工作機械・工具・製品の洗浄工程の削減、潤滑剤（油等）の使用量の削減、リサイクルへの配慮、加工機械の消費エネルギーの削減といった、省エネルギーと環境調和性を実現するための技術開発
- デジタル技術を導入することにより、各工程におけるCO₂を見える化し、求められる加工精度に応じて加工工程を最適化することで排出CO₂を削減する等といったデジタル技術を積極利用することによる環境配慮に向けた技術開発
- 加工工程の高精度化や高効率化、省力化等の厳しい要求仕様に対応する、高性能化、耐熱性、高強度化

出所：中小企業庁「中小企業の特定期ものづくり基盤技術及びサービスの高度化等に関する指針」令和 4 年 2 月より日鉄総研抜粋

（４）競合国・企業の動向

生産額で首位を争っていた日本とドイツを含む、主要な工作機械生産国がリーマン・ショックによって 2009 年に大幅な生産額の減少となったのとは対照的に、中国は 2008 年から 2009 年にかけても生産額を大きく増加させ、2009 年には日独を抜いて世界一の工作機械生産国となった。以後も 2022 年に至るまで、中国は日独を大きく上回り、世界一の工作機械生産国の地位を維持し続けている。しかしながら世界市場で通用するような中国メーカーは登場しているとはいいがたく、中国メーカーの工作機械を日独等の先進国メーカーの工作機械と単純な比較はできないとの指摘もある⁵⁷。

リーマン・ショック以前まで日本と生産国首位の座を争ったドイツの生産額は、2014 年以降は日本とほぼ平行の動きを示すようになり、2022 年の生産額は日本（10,458 百万ドル）とほぼ同額の 10,248 百万ドルとなった。なお、それまで生産額を伸ばし続けてきた台湾と韓国はリーマン・ショック以降は伸び悩み、2012 年以降は微減傾向を示している。特に台湾はこれまで生産額で上回っていた韓国に抜かれてしまっている。その一方で、2007 年に台湾、韓国に抜かれてしまった米国の生産額が、リーマン・ショック以降はやや増加の傾向を示しており、2022 年は台湾（3,932 百万ドル）、韓国（4,490 百万ドル）を上回る 5,907 百万ドルとなった。

⁵⁷ 日本工作機械工業会ヒアリングより

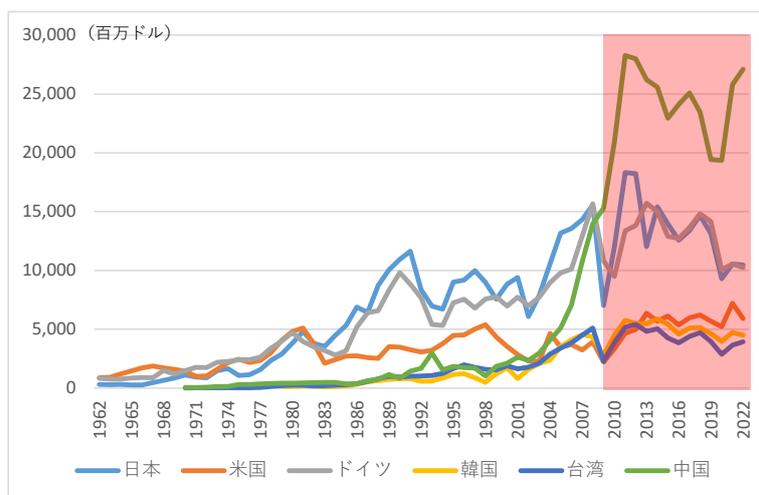


図 76 主要国の工作機械生産額（1962年～2022年）

出所：日本工作機械工業会データより日鉄総研作成

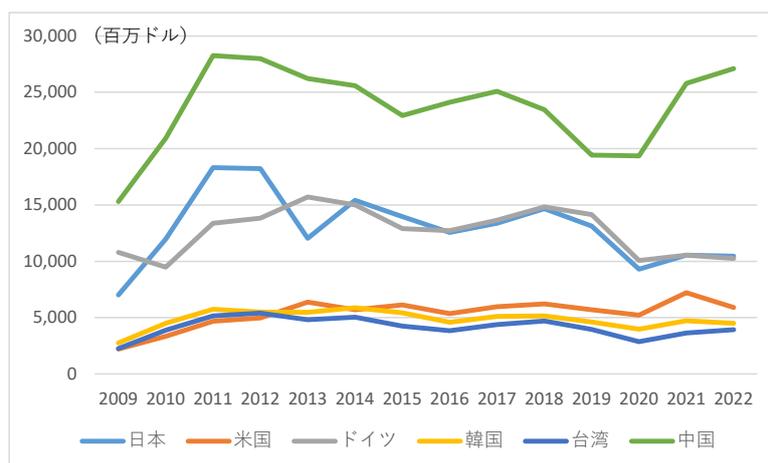


図 77 主要国の工作機械生産額（2009年～2022年）

出所：日本工作機械工業会データより日鉄総研作成

輸出額についてみると、リーマン・ショックによって工作機械の輸出主要国はいずれも大きな打撃を受けたものの、翌年からはV字回復を遂げた。しかし日本と台湾は2013年から、ドイツと米国は2014年から、それぞれ輸出額は減少傾向に転じた。2022年の輸出額はピーク時の2012年に比して日本は約5割、台湾は約7割、同じくピーク時の2013年に比してドイツは約7割、米国は約5割の規模に縮小した。

これに対し、韓国は2012年以降も増減を繰り返しつつ、ほぼ2,000百万ドル台の輸出額の規模を維持して2022年まで推移している。こうした中で中国の輸出額はリーマン・ショックで一時的に落ち込むものの、その後はV字回復のペースをほぼ崩すことなく推移しており、2022年はリーマン・ショックでの落ち込み時である2009年に比して約4.5倍の6,290百万ドルに達し、長く輸出額の首位を争ってきた日独の規模に迫る勢いを示している。

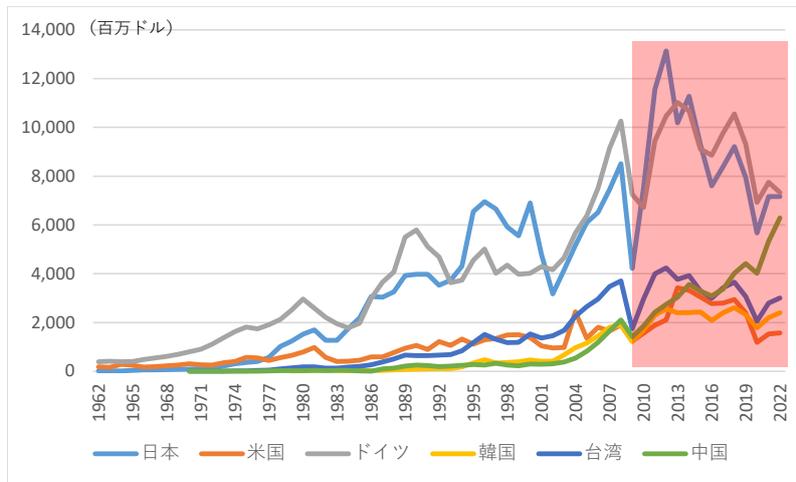


図 78 主要国の工作機械輸出額（1962年～2022年）

出所：日本工作機械工業会データより日鉄総研作成

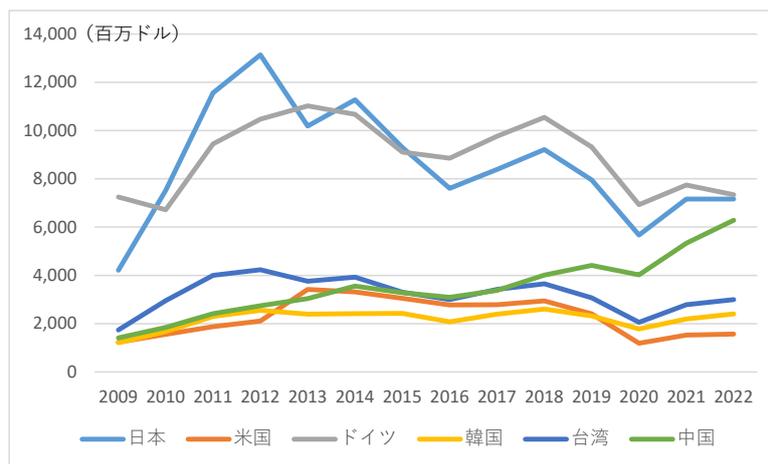


図 79 主要国の工作機械輸出額（2009年～2022年）

出所：日本工作機械工業会データより日鉄総研作成

（5）政策・制度の概要（P）

アベノミクスによる景気刺激策

第4期における政府の経済政策の大枠としては、アベノミクス、すなわち、日銀による「異次元の金融緩和」があげられる。大量の国債を購入することで市場に資金を供給し、金利を引き下げて企業活動を活性化させた。加えて、財政政策による景気刺激を図るとともに成長戦略による経営環境の改善で企業の賃上げや投資を促すという「三本の矢」で、企業の業績改善を個人消費の回復につながる「好循環」を模索した。

ものづくり中小企業・小規模事業者試作開発等支援補助金制度の創設

工作機械業界に対する支援策としては、2013年にもものづくり中小企業・小規模事業者試作開発等支援補助金制度の創設が挙げられる。中小企業・小規模事業者等が取り組む革新的なサービスの開発や生産プロセスの改善を行う設備投資に対して支援を行う⁵⁸もので、2019年には、生産設備におけるエネルギー使用合理化等事業者支援事業費補助金（省エネ補助金）が工作機械業界に適用された。

経済安全保障の確保に向けた取り組み

2020年代に入ると、政府は「経済安全保障の確保」を旗印として大胆な産業支援策に取り組む。岸田内閣は2022年5月に「経済施策を一体的に講ずることによる安全保障の確保の推進に関する法律（経済安全保障推進法）」を成立・公布した。この法律は、国際情勢の複雑化、社会経済構造の変化等により、安全保障の裾野が経済分野に急速に拡大する中、国家・国民の安全を経済面から確保するための取組を強化・推進するもので、具体的には、法制上の手当てが必要な喫緊の課題に対応するため、

- 1) 重要物資の安定的な供給の確保
- 2) 基幹インフラ役務の安定的な提供の確保
- 3) 先端的な重要技術の開発支援
- 4) 特許出願の非公開

に関する4つの制度を創設するものとなっている。以下に、上記1) および3) について概要を記載する。

1) 重要物資の安定的な供給の確保

政府は2022年12月に、特定重要物資として11物資（抗菌性物質製剤、肥料、永久磁石、工作機械・産業用ロボット、航空機の部品、半導体、蓄電池、クラウドプログラム、天然ガス、重要鉱物及び船舶）を指定し、24年2月には、先端電子部品（コンデンサー及びろ波器）を追加指定し、また、重要鉱物の鉱種にウランを追加した。

政府支援のスキームは、11の特定重要物資及び、当該物資の生産に必要な原材料、部品、設備、機器、装置若しくはプログラムについて、安定供給確保のための計画書を事業者が提出し、政府の認定後、助成金の交付や、日本政策金融公庫による指定金融機関を通じた低利・長期の資金の貸付けなどの支援を受けるというものになっている。

なお、各特定重要物資の取組方針の概要は以下の通り。

⁵⁸ 2020年に、ものづくり・商業・サービス生産性向上促進補助金に変更された

物資名	指定の理由／安定供給確保に向けた取組
工作機械・産業用ロボット	<ul style="list-style-type: none"> ● 制御関連機器は工作機械・産業用ロボットの性能を特に大きく左右する部素材。DX やカーボンニュートラル (CN) 等のメガトレンドを踏まえて拡大するニーズへの対応等が必要。 ● 将来にわたり我が国製造業の事業基盤 (工作機械・産業用ロボット) の海外依存リスクを低減するため、国内生産能力や技術力を強化し、国際競争力の維持・強化を図ることを目標に、以下の取組を行う。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 2030 年までの工作機械・産業用ロボットの安定供給確保に関する目標 (工作機械：約 11 万台/年、産業用ロボット：約 35 万台/年) の達成に資する、制御関連機器の国内生産能力強化 (工場新設、生産ライン増強等の設備投資) ・ DX や CN 等のメガトレンドを踏まえて拡大する制御関連機器のニーズに対応するための研究開発
半導体 (半導体素子及び集積回路)	<ul style="list-style-type: none"> ● 世界的に需要が増加し、諸外国が戦略的な積極投資を行う中、日本企業の競争力は低下。製造装置・原料の一部について海外に大きく依存する物資が存在し、従来型半導体や製造装置、部素材等、我が国が一定の強みを有し、他国から我が国に供給を期待されている物資についても、支援を講じなければ、今後、更に外部依存が進むおそれ。 ● 5G 促進法に基づく先端ロジック・メモリ半導体への生産施設整備等への支援等に加え、従来型半導体 (パワー半導体など) 及び、半導体のサプライチェーンを構成する製造装置・部素材・原料について、国内で半導体を生産する企業の合計売上高 (半導体関連) 2030 年 15 兆円超を実現するべく設備投資等の支援を行う。
蓄電池	<ul style="list-style-type: none"> ● 車載用・定置用蓄電池については、海外メーカーが政府支援も背景に急速に供給を拡大しており、日本のシェアは低下。蓄電池部素材については、安全性や性能面で一定のシェアを有する部素材もあるが、海外メーカーはコスト面や品質面で猛追し、多くの部素材で外部依存の傾向。 ● 2030 年までに、蓄電池・蓄電池部素材の国内製造基盤 150GWh/年の確立等を目標に、以下の取組を行う。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 蓄電池及び蓄電池部素材の国内製造基盤強化に向けて、大規模な生産拡大投資を計画する事業者、若しくは、現に国内で生産が限定的な部素材や固有の技術を有する事業者の設備投資を支援 ・ DX・GX による先端的な製造技術や最先端の製造基盤を確立・強化する技術開発を支援
{ 抗菌性物質製剤、肥料、永久磁石、航空機の部品、蓄電池、クラウドプログラム、天然ガス、重要鉱物及び船舶に関する取組方針については内容省略 }	

3) 先端的な重要技術の開発支援

経済安全保障推進法では、「特定重要技術」に関し、官民連携を通じた伴走支援のための協議会の設置、指定基金協議会の設置等による強力な支援、調査研究業務の委託等の枠組みを通じて、特定重要技術の研究開発の促進とその成果の適切な活用を図ることとしている。

具体的には、経済安全保障重要技術育成プログラム（K Program⁵⁹：Key and Advanced Technology R&D through Cross Community Collaboration Program）というスキームの下、閣僚級会議にて国のニーズ（研究開発ビジョン）を決定し、研究開発構想を公募・決定し、協議会等による伴走支援を実施することとしている。

なお、研究開発ビジョンは既に第一・二次の決定がなされており⁶⁰、領域横断技術として

- ・ **多様なニーズに対応した複雑形状・高機能製品の先端製造技術**
 - － 高度な金属積層造形システム技術
 - － 高効率・高品質なレーザー加工技術
- ・ 省レアメタル高機能金属材料
- ・ 輸送機等の革新的な構造を実現する複合材料等の接着技術
- ・ **次世代半導体材料・製造技術**
 - － 孤立・極限環境に適用可能な次世代蓄電池技術
 - － 多様な機器・システムへの応用を可能とする超伝導基盤技術

等が選定されている。

【参考】研究開発ビジョンに基づく研究開発構想の事例

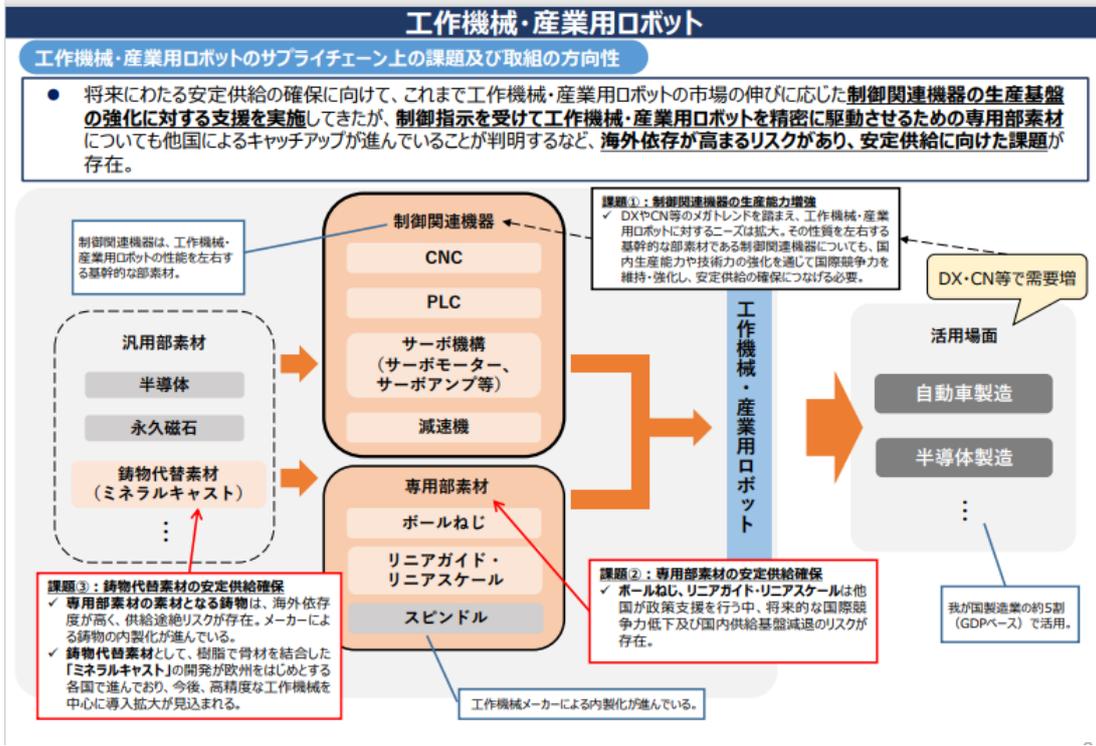
作成日	研究開発構想
2023. 10. 20	高効率・高品質レーザー加工技術の開発 https://www8.cao.go.jp/cstp/anzen_anshin/02-09_20231020_meti_7.pdf
2023. 10. 20	次世代半導体微細加工プロセス技術 https://www8.cao.go.jp/cstp/anzen_anshin/02-11_20231020_mext_3.pdf

出所：内閣府 https://www8.cao.go.jp/cstp/anzen_anshin/kprogram.html

⁵⁹ K Program の運営基金は国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）と国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）を指定。

⁶⁰ 内閣府 K Program https://www8.cao.go.jp/cstp/anzen_anshin/sankol.pdf

特定重要物資（工作機械・産業用ロボット）に関する取組の方向性



工作機械・産業用ロボット（「取組方針改定案」）

安定供給確保取組方針改定案

現状認識・目標

- SCの構造・課題：**
 制御関連機器は工作機械・産業用ロボットの性能を特に大きく左右。DXやCN等のメガトレンドを踏まえて拡大するニーズへの対応が必要。また、同じく工作機械・産業用ロボットの性能を左右する専用部素材についても、諸外国のキャッチアップが進んでいることを踏まえ、支援対象の重点化により競争力強化を図り、安定供給確保に向けた取組を進める必要。
- 安定供給確保に関する目標：**
 将来にわたり我が国製造業の事業基盤（工作機械・産業用ロボット）の海外依存リスクを低減するため、国内生産能力や技術力を強化し、国際競争力の維持・強化を図る（今後の世界需要増に応じて、2030年時点の生産能力の目標を、工作機械は約11万台／年、産業用ロボットは約35万台／年とする。）。

安定供給確保に向けた施策

（取組1） 制御関連機器及び専用部素材の国内生産能力強化

→目標：2030年までの工作機械・産業用ロボットの安定供給確保に関する目標（工作機械：約11万台／年、産業用ロボット：約35万台／年）の達成に資する、制御関連機器の国内生産能力強化の実現

※ これまで対象としていた制御関連機器に加え、専用部素材（ボールねじ、リニアガイド・リニアスケール）及びその素材となる鑄物の代替素材（ミネラルキャスト）を対象として追加。事業者による技術流出対策など強みを守る取組と合わせ、実効性を確保。

（取組2） 制御関連機器及び専用部素材の研究開発

→目標：DXやCN等のメガトレンドを踏まえて拡大する制御関連機器のニーズに対応するための研究開発

※ これまで対象としていた制御関連機器に加え、専用部素材（ボールねじ、リニアガイド・リニアスケール）及びその素材となる鑄物の代替素材（ミネラルキャスト）を対象として追加。事業者による技術流出対策など強みを守る取組と合わせ、実効性を確保。

● 技術管理への対策

計画認定に当たって、以下の対策を確認

- 重要技術へのアクセス管理（重要技術の特定・管理体制、アクセス可能な者の限定）
- 重要技術を扱う者への対応（守秘義務誓約、再雇用制度含めた適切な待遇）
- 取引先企業との秘密保持契約、外国への技術移転への対策 等

● その他の取組

- 人材育成（産学官による「未来ロボティクス育成協議会」を通じた、ユーザー側を含めた総合的な人材育成の推進等）
- 工作機械・産業用ロボットをより効果的に活用するための技術開発支援（2020～2024年度「革新的ロボット研究開発等基盤構築事業」等）
- 外為法の規定に基づく措置（外為法の厳格な運用及びその対象の不断の見直し）
- 技術管理対策等に関する産業界へのアウトリーチ
- 関連する戦略
 - 工作機械産業ビジョン2030（2022年4月）
 （一社）日本工作機械工業会が策定。DX、CN、SC強弱化等の課題に対して講ずるべき方策等について幅広く論じている。
 - ロボット産業ビジョン2050（2023年5月）
 （一社）日本ロボット工業会が策定。今後のロボット産業の姿とそれに向けて克服すべき課題に対して講ずべき方策等について幅広く論じている。

出所：内閣府「特定重要物資に関する取組の方向性について」（2023年11月）

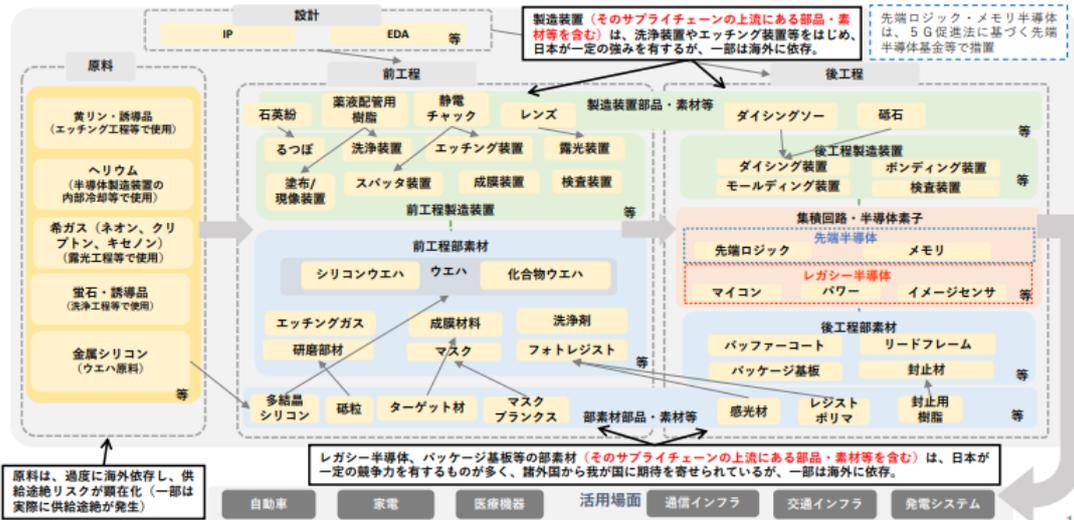
https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/keizai_anzen_hosyohousei/r5_dai8/siryou2.pdf

【参考】特定重要物資（半導体）に関する取組の方向性半導体（出所は同上）

半導体

半導体のサプライチェーン上の課題及び取組の方向性

- 半導体の安定的な国内供給の実現に向け、**従来型半導体、製造装置及び部素材の供給基盤の整備・強化に対して支援**を実施しているところであるが、**製造装置や部素材のサプライチェーンの上流に位置する重要な部品・素材等についても、原料の海外依存や他国企業による技術獲得に向けた取組の強化等を背景に外部依存リスク・供給途絶リスクが高まっている。**
- 新たに**製造装置や部素材のサプライチェーンの上流に位置する重要な部品・素材等についても、措置を講ずることが必要。**



12

半導体（「取組方針改定案」）

安定供給確保取組方針改定案

現状認識・目標

- **SCの構造・課題：**
世界的に需要が増加し、諸外国が戦略的な積極投資を行う中、日本企業の競争力は低下し続けてきた。製造装置・原料のほか、それらサプライチェーン上流にある部品・素材等について海外に大きく依存する物資が存在し、従来型半導体や製造装置、部素材等、我が国が一定の強みを有し、他国から我が国に供給を期待されている物資についても、支援を講じなければ、今後、更に外部依存が進むおそれ。
- **安定供給確保に関する目標：**
5G促進法に基づく先端ロジック・メモリ半導体への生産施設整備等への支援等に加え、経済安全保障推進法に基づく支援により、従来型半導体及び、半導体のサプライチェーンを構成する製造装置・部素材・それらサプライチェーン上流にある部品・素材及び原料の製造能力の強化等を図ることで、各種半導体の国内生産能力を維持・強化する。これにより、2030年に、国内で半導体を生産する企業の合計売上高（半導体関連）として、15兆円超を実現し、我が国の半導体の安定的な供給を確保する。

安定供給確保に向けた施策

（取組1）従来型半導体の製造基盤整備

→ 目標：従来型半導体の国内製造能力強化に向けた大規模な設備投資等の支援により、2030年の売上高目標を実現し、需要に応じた安定的な供給体制を構築。特に、パワー半導体については、市場が大きく拡大すると見込まれているSiC/P-W半導体を中心に、国際競争力を将来にわたり維持するために必要と考えられる相当規模な投資に対して集中的に支援を実施。

（取組2）半導体製造装置及びその重要な部品・素材の製造基盤整備

→ 目標：製造装置及び製造装置を構成する重要な部品・素材の国内製造能力強化に向けた設備投資等を支援し、2030年の国内売上高目標実現に向けた安定的な供給体制を構築。

（取組3）半導体部素材及びその重要な部品・素材の製造基盤整備

→ 目標：パワー半導体産業の国際競争力確保に不可欠なSiCシリコンウエハ等の部素材及び製造装置を構成する重要な部品・素材の国内製造能力強化に向けた大規模な設備投資等を支援し、2030年の国内売上高目標実現に向けた安定的な供給体制を構築する。

（取組4）原料の供給基盤整備

→ 目標：半導体原料のリサイクルの促進、国内生産の強化、備蓄、輸送体制の強化に向けた設備投資等を支援し、半導体の2030年の国内売上高目標実現に向けた安定的な供給体制を構築する。

※重要な部品・素材等については、供給途絶の蓋然性が高く投資の必要性の非常に高いものなど、一定の要件（メーカーから増産の要請があること、供給途絶の蓋然性が高いこととみせる客観的な根拠があること、等）を満たした取組に限定。

技術管理への対策

- 計画認定に当たって、以下の対策を確認
 - ・重要技術へのアクセス管理（重要技術の特定・管理体制、アクセス可能な者の限定）
 - ・重要技術の流出への対応（守秘義務誓約、再雇用制度を含めた適切な待遇）
 - ・取引先企業との秘密保持誓約、外理への技術移転への対策 等

その他の枠組による取組

- 先端半導体の生産施設整備・生産支援（5G促進法）
 - ※ロジック・メモリ半導体のうち、高性能なもののみが対象
- 既存製造基盤の刷新・強靱化（令和3年度補正予算「サプライチェーン上不可欠性の高い半導体の生産設備の脱炭素化・刷新事業」）
- 次世代半導体技術の開発（ポスト5G基金等）
- 次世代技術に向けた日米連携（日米半導体協力基本原則等）
- ゲームチェンジャーとなりうる将来技術の開発
- 半導体人材の育成・確保
- 技術管理対策等に関する産業界へのアウトリーチ
- 外為法の規定に基づく措置（外為法の厳格な運用及びその対象の不断の見直し）

関連する戦略

- 半導体・デジタル産業戦略（2023.6）
 - ・半導体については、失われた30年の反省と足下の地政学的変化を踏まえ、過去のレガシーが残存している間に、大胆な基盤強化を図り、産業発展の方向に舵を切り替える。

13

(6) まとめ・日本企業の対応状況

第4期における日本の工作機械産業を取り巻く外部環境（PEST）のポイントを下表に整理した。

表 64 第4期における日本の工作機械産業を取り巻く外部環境（PEST）のポイント

外部環境		ポイント
P（政策・制度）		ものづくり中小企業・小規模事業者試作開発等支援補助金制度の創設 経済安全保障の確保に向けた取り組み
E（経済）・ S（社会）	経済・社会 情勢	リーマンショックによる世界同時不況 アベノミクスによる経済回復
	業界	リーマンショックで生産・輸出急減 V字回復するもその後は減少傾向 輸出先は中国向けがさらに増加
	顧客	リーマンショックで生産・輸出急減 回復するもここ数年は減少傾向
	競合	生産額で中国首位に 輸出は日独が首位を争う状況が続くも中国が日独に迫る状況
T（技術）		エネルギーと環境調和性の実現 デジタル技術導入による排出CO2削減 厳しい要求仕様に対応する、高性能化、高強度化 など

出所：日鉄総研作成

これらの外部環境から調査対象企業が受けた影響および対応状況を以下に記す。

①ファナック

第4期のファナックは、GE との合弁解消後、グローバルな環境変化に応じて海外子会社の再編を繰り返し実行している。この背景には、海外のサービス拠点を絶えず見直すことによって、よりアフターサービスを充実させる狙いがあるものと思われる。

表 65 第4期におけるファナックのPESTへの対応状況

外部環境	対応状況	
P（政策・制度）	—	—
E（経済） ・S（社会）	海外子会社再編	GE社との合弁解消に伴い、米欧におけるCNCのセールスとサービスを行う会社を再編（2009年） FANUC FA Europe S.A. が FANUC EUROPE GmbH を吸収合併、FANUC ROBOMACHINE EUROPE GmbH が FANUC ROBOSHOT EUROPE GmbH を吸収合併（2010年） FANUC Robotics Europe S.A. FANUC FA Europe S.A. 及び FANUC ROBOMACHINE EUROPE GmbH 3社を統合し、FANUC Europe Corporation を発足（2012年） FANUC Robotics America Corporation および FANUC FA AMERICA CORPORATION 2社を統合し、FANUC America Corporation を発足（2013年）
T（技術）	—	—

出所：各種資料より日鉄総研作成

②DMG 森精機

第4期の森精機のPESTへの対応状況の中でも注目されるのは、2009年のドイツの欧州工作機械最大手のDMGとの提携である。将来的な経営統合も検討されるものこの時期から推測され、統合が実現すれば世界最大の工作機械グループとなるほか、今回の提携が工作機械業界の合従連衡の機運をもたらすなどと報じられた。

また、同社はこの時期にDMGと提携したことに加えて、イタリアの販売店10社を買収して直販化、単独で米国に工場を立ち会経て工作機械部品の加工と組み立てを行うなど、グローバル化への対応を加速させている。さらに国内での生産も加工するほか、人材育成を強化している点も注目される。

表 66 第4期におけるDMG 森精機のPESTへの対応状況

外部環境	対応状況	
P (政策・制度)	—	—
E (経済) ・S (社会)	独 DMG と提携 (2009 年)	森精機と DMG の間で資本・業務提携、両社の提携により、ブランドロゴマークを DMG MORI に統一 (2009 年) DMG と共同開発で小型 MC 量産、CNC 装置はシーメンス製で統一 (2014 年)
	グローバル化への対応 加速	イタリアの販売店 10 社買収→直販化 (2012 年) 単独で海外初の北米加州に工場立ち上げ、工作機械の部品加工と組立 (2012 年) 米国販売店、イタリアの販売店それぞれ買収→製販連携強化 (2013 年) 中国天津工場稼働、鋳物部品の加工と工作機械の組立 (2013 年)
	国内生産増強	ソニーから計測機器事業買収、マグネスケール内製化、精度向上とコスト低減推進 (2010 年) ベッド、コラムの精密加工工場を伊賀事業所に新設 (2012 年)
	人材育成策 (2012 年)	優れた技能者認定制度「マイスター」開始
	サービス網強化 (2014 年)	サービスネットワーク強化→テクニカルセンター (国内 38、海外 103 拠点、2014/5 時点)、ターンキーやレジデントエンジニアなどの新サービスにも注力
T (技術)	コンパクト化実現 (2009 年)	複合加工機で不可能と思えるほどのコンパクト化実現
	生産改革始動 (2011 年)	トヨタ系出身社員による生産改革始動→生産標準化と納期遅れの解消

出所：各種資料より日鉄総研作成

2. 半導体製造装置を取り巻く経営環境と業界の対応状況

リーマン・ショックによる急激な円高により、輸出依存型の日本経済は大打撃を受け、また、2011年の東日本大震災やタイ洪水被害による生産・出荷ネットワーク寸断は日本経済の景気後退に拍車をかけた。企業の投資意欲は急速に冷え込み、その影響を受けて世界の半導体メーカーの経営も悪化したが、こうした世界的な不況下においても、世界の半導体開発スピードが緩むことはなく、有力企業による先端技術開発・投資はロードマップ⁶¹に従い着々と進められていく。しかし、不況に喘ぐ日本の半導体メーカーに研究開発・投資に対する投資余力は残っておらず、日本の半導体メーカーの採算はさらに悪化せざるを得なくなった。経営悪化したエルピーダメモリに対し、政府は2009年に300億円の支援を行ったが、2012年に遂に経営破綻に追い込まれた。

半導体製造の水平分業への流れはさらに加速し、こうして、先端ロジック半導体を製造する能力を有するファウンドリーは、TSMC、SAMSUNG、Intelの3社に絞られていった。

一方、海外の半導体メーカーに販路を拓いていた半導体製造装置企業は、上記ロードマップに基づく先端半導体の開発スピードに追随し、研究開発・投資を進めた結果、2010年以降、さらに輸出比率を高め、世界の地歩を確たるものに固めていった。

(1) 半導体製造装置業界の概況

①販売額

この期間中に日本製の半導体製造装置の販売額は急増している。リーマン・ショックの影響により2009年は6,528億円にまで落ち込んだ販売額は、2012年、2019年に落ち込みを見せたものの、期間中は増加傾向が続き、2022年は3兆9,222億円と2009年時点の6倍もの増加となった。

⁶¹ システムデバイスロードマップ産学連携委員会 (SDRJ)のウェブサイトには、IEEE Rebooting Computing (IEEE RC)のIRDS (International Roadmap for Devices and systems)が紹介されている。

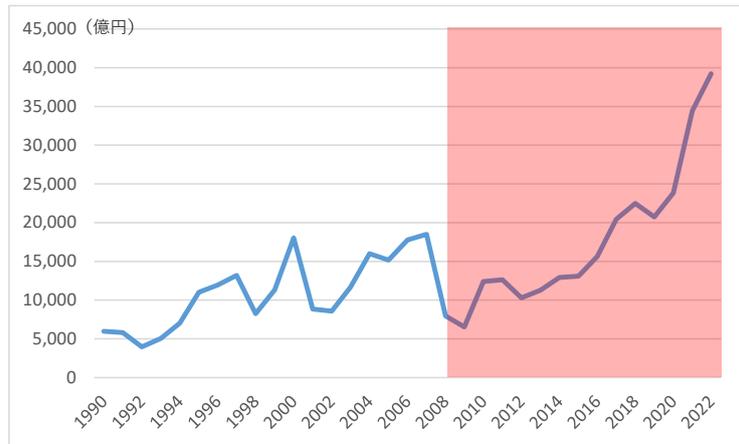


図 80 日本の半導体製造装置の販売額 (1990年～2022年)

出所：日本半導体製造装置協会資料より日鉄総研作成

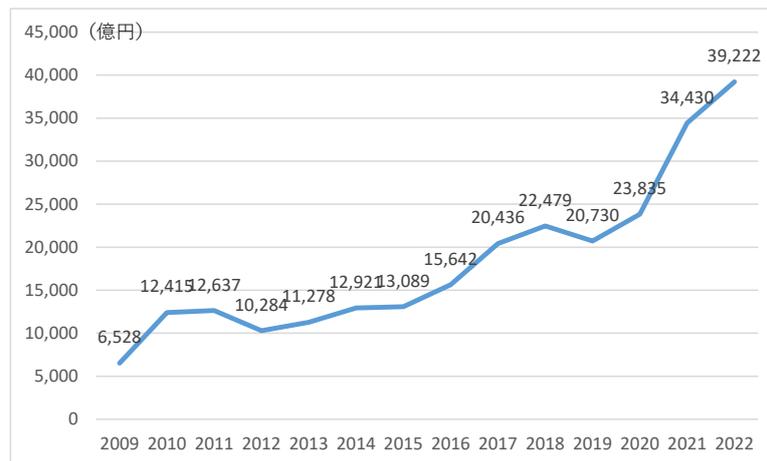


図 81 日本の半導体製造装置の販売額 (2009年～2022年)

出所：日本半導体製造装置協会資料より日鉄総研作成

②輸出

2008年から2009年にかけて、日本の半導体製造装置の日本国内での販売比率は一気に40%から20%に低下し、以後は若干の増加を示す年もみられたが、2022年までさらなる低下傾向が続いた。リーマン・ショックは、日本の半導体製造装置産業の外需シフトを急速に押し進める要因になったことがうかがえる。輸出先（海外の販売先）としては、2009年では最も多いのが台湾（販売シェア29.9%）、次いで米州（同17.3%）、韓国（同16.5%）、中国（同4.8%）、欧州（同2.4%）であったが、中でも中国向けの輸出が増加し続けた結果、2022年には輸出先の順位は中国（25.3%）、台湾（22.2%）、韓国（14.4%）、米州（11.1%）、欧州（6.8%）となり、中国、韓国、台湾の3地域で日本製半導体製造装置の市場の6割を占めるまでに至った。

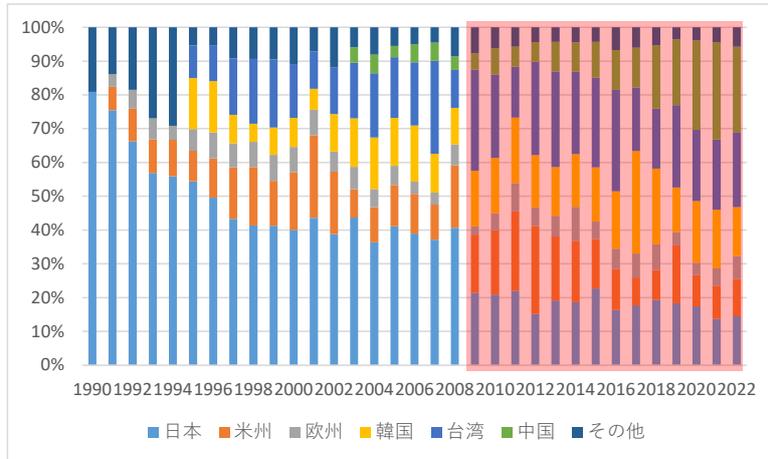


図 82 日本の半導体製造装置の販売先別比率（1990年～2022年）

出所：日本半導体製造装置協会資料より日鉄総研作成

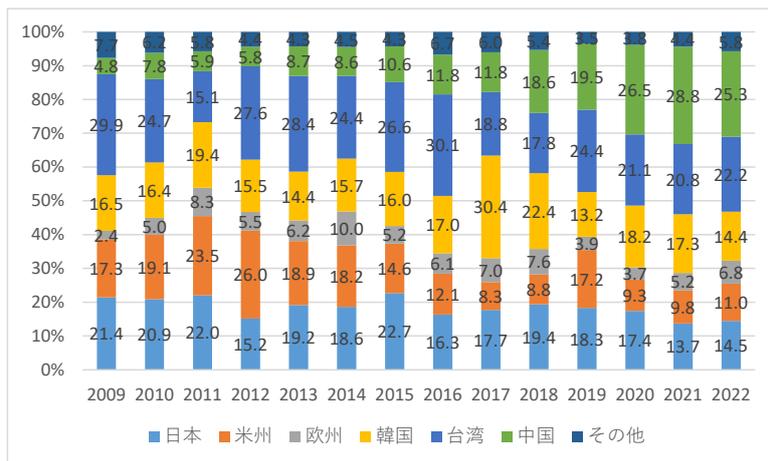


図 83 日本の半導体製造装置の販売先別比率（2009年～2022年）

出所：日本半導体製造装置協会資料より日鉄総研作成

③製造品目

日本製の半導体製造装置の装置分類別販売比率は、2004年から2008年にかけて「ウェーハプロセス用処理装置」の比率が上昇、「検査用装置」の比率が低下した結果、世界と同様の構成となった。日本製装置の装置分類別販売比率は以後大きな変化がなく2022年まで推移したが、世界の装置分類別販売比率は「ウェーハプロセス用処理装置」の比率がさらに上昇し続けた。この結果、2022年では日本製装置は世界の中でも「ウェーハプロセス用処理装置」の比率が世界（83%）に比してやや低い73%となった。

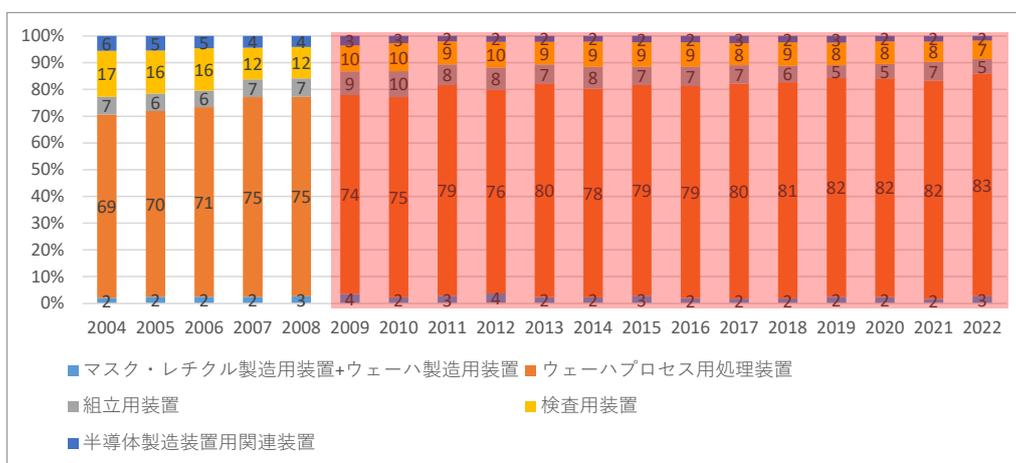


図 84 世界の半導体製造装置の装置分類別販売高比率

出所：日本半導体製造装置協会資料より日鉄総研作成

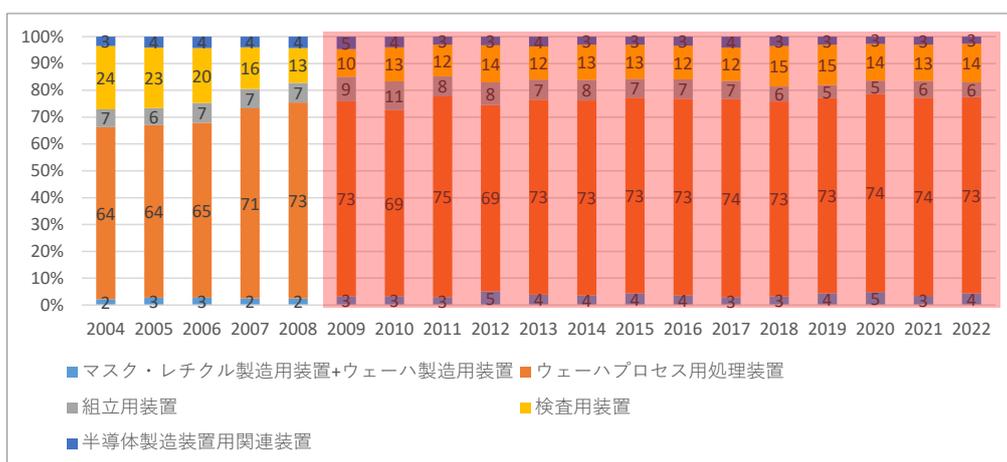


図 85 日本製の半導体製造装置の装置分類別販売高比率

出所：日本半導体製造装置協会資料より日鉄総研作成

(2) ユーザー産業（半導体）の動向

世界の半導体生産はリーマン・ショックによって2009年に大きく落ち込んだ（対前年比▲9.0%）。その後も2012年（同▲2.7%）、2015年（同▲0.2%）、2019年（同▲12.0%）に落ち込みを経ながらも、期間中に生産額は増加傾向を続け、2009年から2022年にかけて2,260億ドルから5,740億ドルと約2.5倍にまで増加した。

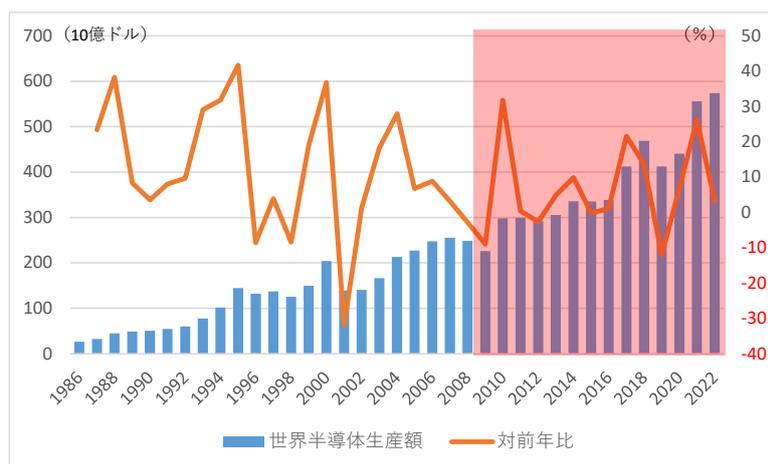


図 86 世界の半導体生産額・対前年比（1986年～2022年）

出所：WSTS, 36 Years WSTS Blue Book Data より日鉄総研作成

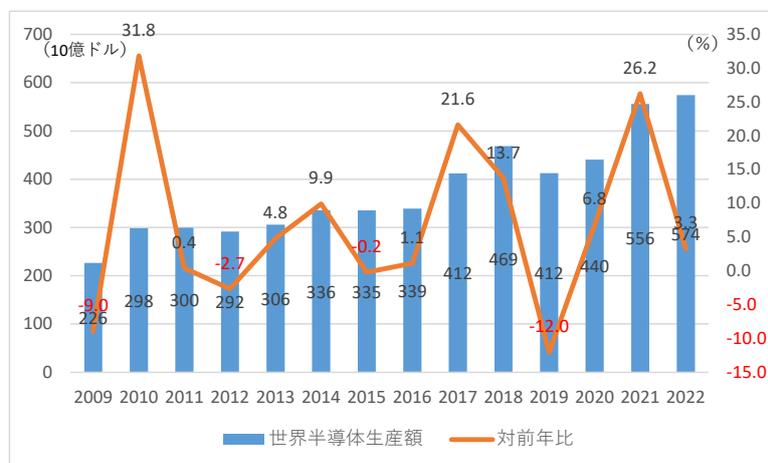


図 87 世界の半導体生産額・対前年比（2009年～2022年）

出所：WSTS, 36 Years WSTS Blue Book Data より日鉄総研作成

生産地域については、この期間中もアジア大洋州への生産シフトは止まらず、同地域の生産シェアは2009年に52.9%であったのが2019年には62.5%となった。その後はアジア大洋州の生産シェアは微減となったが、それでも2022年は57.6%であり6割弱を占めた。日本の生産シェアは2009年に16.9%であったのが低下傾向が続き、2015年には10%を下回り、2022年には8.4%となった。なおこの期間中に米州での生産シェアが回復傾向を見せて

おり、2009年に日本とほぼ同じ17.0%であったシェアは2022年には24.5%にまで回復している。

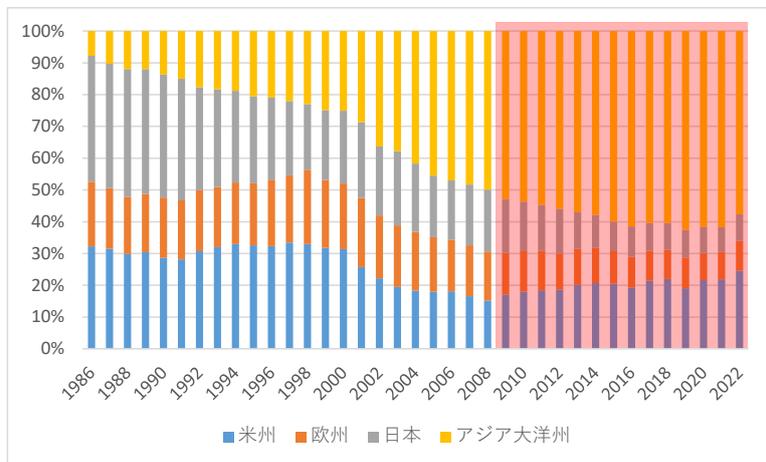


図 88 世界の半導体生産額・地域別比率 (1986年～2022年)

出所：WSTS, 36 Years WSTS Blue Book Data より日鉄総研作成

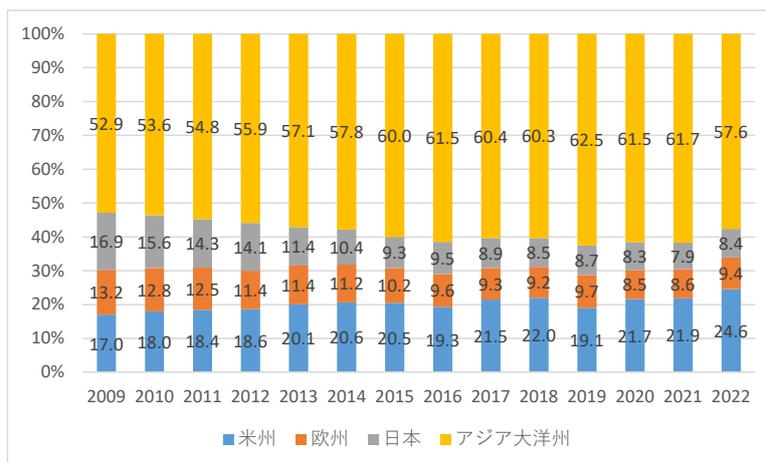


図 89 世界の半導体生産額・地域別比率 (2009年～2022年)

出所：WSTS, 36 Years WSTS Blue Book Data より日鉄総研作成

(3) 半導体製造装置に係る技術動向 (T)

この時期の半導体製造装置の技術動向で注目されるのは、半導体製造プロセスで最も重要といえる工程を担う露光装置の、ASML (蘭) による最先端技術の開発である。

表 67 半導体産業全般と日本の半導体製造装置業界の動向 (リーマンショック後)

	半導体産業全般の動向	日本の半導体製造装置業界の動向
2009	<ul style="list-style-type: none"> ・リーマンショックにより市場縮小 ・半導体の市場規模2263億ドル、半導体製造装置の市場規模159億ドル ・半導体工場が急速にアジア (韓国、台湾、中国、シンガポール) にシフト 	<ul style="list-style-type: none"> ・円高ユーロ安が重なり、ニコンとキャノンの回復は見られず、キャノンは液浸露光装置から脱落
2011	<ul style="list-style-type: none"> ・半導体売上高ランキング 1位 インテル (米)、2位 サムスン (韓)、3位 TSMC (台) 	
2012	<ul style="list-style-type: none"> ・エルピーダメモリ (日) 経営破綻 	
2014		<ul style="list-style-type: none"> ・キャノン、ナノインプリント装置メーカー米モレキュラーインプリント (現キャノンナノテックジズ) 買収
2016		<ul style="list-style-type: none"> ・国内半導体メーカー中心に、少ない投資コストで装置を延命、改良、改善するニーズ一気に拡大→ニコン、ポストセールス強化へ ・ニコン、半導体露光装置事業に関する構造改革発表、液浸露光の開発縮小、採算性重視、顧客先稼働中3000台以上をベースにサービス事業拡大
2017	<ul style="list-style-type: none"> ・世界の半導体市場は急激に拡大 ※その大きな部分はメモリに頼っており、メモリの成長要因はスマホ需要とデータセンター需要 	
2018	<ul style="list-style-type: none"> ・極端紫外線リソグラフィ (Extreme ultraviolet lithography、略称: EUVリソグラフィ または EUVL)2018年から量産ラインで実用化 	
2019	<ul style="list-style-type: none"> ・半導体の売上高シェア、日本10.0%、米国50.7%、アジア25.2% ・トップ10社に入っている日本企業は1社 (キオクシア) のみ ・TSMC (台)、最先端露光装置EUVを7nm+に量産適用開始 	<ul style="list-style-type: none"> ・TEL、2019年度から3年間R&D4000億円投資計画→膜質改善、超臨界乾燥技術導入
2020	<ul style="list-style-type: none"> ・TSMC (台)、EUVを5nmに量産適用開始 ・中国が世界一の半導体製造装置市場に 	<ul style="list-style-type: none"> ・スクリーン、業界最高レベル生産性の洗浄装置SS-3300S販売開始
2021	<ul style="list-style-type: none"> ・半導体売上高ランキング 1位 サムスン (韓)、2位 インテル (米)、3位 TSMC (台) 	<ul style="list-style-type: none"> ・キャノン、IC製作用投影露光装置PPC-210開発 ・ニコン、米国向け輸出、逐次円建てに移行をすすめ、全面的に円建て切替 ・キャノン、先端パッケージなどの後工程向け新製品i線ステッパー (2016開発の改良版) 販売開始 ・TEL、蘭imec-ASML高NAラボで2023稼働予定のEUV露光装置に組み込まれる塗布現像装置を連携開発 (対顧客微細化要求対応)
2022	<ul style="list-style-type: none"> ・半導体売上高ランキング 1位 TSMC (台)、2位 サムスン (韓)、3位 インテル (米) ・萩生田経済産業大臣、JASM (TSMC、ソニー、デンソー合併) による熊本県菊陽町に建設する特定半導体生産施設整備等計画を認定 ・ラピダス (日) 設立 「40nmレベルの実力しかない日本が、2027年までに2nmをいきなり量産するのは無理」 ・TSMC (台)、3nmの量産を宣言 	

出所: 各種資料より日鉄総研作成

半導体露光装置については、初期は米 GCA 社がほぼ独占の形で供給していたのが、同社は経営不振により姿を消し、1980 年代末にはニコンとキャノンが市場の 7 割を占めるまで

に至った。

しかし、2001年に当時米国最大手の露光装置メーカーであった SVG Lithography 社を吸収合併した蘭 ASML が急速に勢力を伸ばした。ASML は露光装置の開発と市場投入でニコンとキヤノンに圧倒し、2011年には露光装置のトップメーカーとなり、2016年には露光装置分野で世界シェアの約 80%を占めるに至ったが、同社の勝因としては、顧客に積極的に試作実験機を提供してフィードバックを得ることで欠陥対策を進めたこと、キヤノンやニコンの一貫戦略に対して ASML はモジュール化とアウトソーシングによるオープンイノベーション戦略を取ったことが指摘されている⁶²。

さらに ASML は波長 13.5nm の極端紫外線 (EUV) を使う EUV 露光装置の開発、製品化に成功し、2016年から量産機の出荷を開始した⁶³。現在、7nm 世代以降のロジック半導体や最先端メモリーの製造で不可欠な同装置は、世界で ASML のみが供給している。

表 68 装置メーカー別・半導体露光装置の製造状況

露光技術	波長	製造プロセス世代 (nm)	量産開始年	ASML (蘭)	ニコン (日)	キヤノン (日)	SVGL (米)	ウルトラテック (米)	パーキン・エルマー (米)
i線	365nm	800	1990						
		600	1994						
KrF	248nm	350	1995						
		250	1997						
		180	1999						
		130	2001						
ArF		90	2004						
		65	2006						
ArF液浸	193nm	45/40	2009						
		32/28	2011						
		22/20	2014						
		16/14	2015						
		10	2017						
		7	2018						
EUV	13.5nm	5	2020						

(注) 網掛け箇所は装置を製造している、網掛けなしの箇所は装置を製造していないことを意味する
出所：CSET(Center for Security and Emerging Tecnology). China's Progress in Semiconductor Manufacturing Equipment, Georgetown University's Walsh School of Foreign Service, 2021 より日鉄総研作成

(4) 競合国・企業の動向

①日本製の半導体製造装置のシェアの動向

⁶² 東川巖「半導体 R&D システムのオープン化：F2 リソグラフィ事例に学ぶ」IIR Working Paper WP#13-10 2013年3月 一橋大学イノベーション研究センター ほか

⁶³ 湯之上隆. 「半導体有事」文春新書, 2023年

日本半導体製造装置協会のデータをもとに世界の半導体製造装置の販売高の推移をみると、リーマン・ショックの影響を受けた2009年は、前年に比して約5割減の160億ドルと低迷したが、その後の販売額は増加基調を示した。シリコンサイクル影響を受け対前年減となった年（2013年、2015年、2019年）も見られたが、2022年は1,080億ドルと2009年時点の6.8倍の規模に達している。

しかし日本製装置のシェアは、前年に比して増加を示した年（2011年、2012年、2014年、2016年、2018年）も見られるが、傾向としては低下傾向を示しており、2009年に36%だった日本製装置のシェアは2022年には27.5%となった。

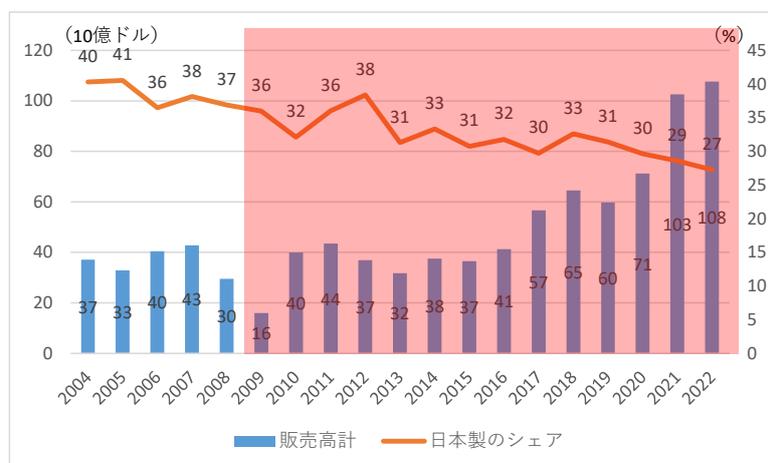


図 90 世界の半導体製造装置販売高と日本製のシェア（2004年～2022年）

出所：日本半導体製造装置協会資料より日鉄総研作成

世界半導体製造装置企業上位10社の売上高ランキングを見ても、2009年も2022年も日本企業が4社ランクインしているが、2009年には3位だった東京エレクトロンは4位に、6位だったSCREEN（旧・大日本スクリーン製造）は7位に後退しており、日本勢が北米勢、欧州勢に比してやや後退していることがうかがえる。

表 69 世界半導体製造装置企業上位 10 社の売上高ランキング

2009年			2022年		
順位	企業名	売上高	順位	企業名	売上高
1	AMAT (米)	3,146	1	AMAT (北米)	24,854
2	ASML (蘭)	2,248	2	ASML (欧)	21,342
3	東京エレクトロン (日)	2,243	3	ラム・リサーチ (北米)	19,048
4	ラム・リサーチ (米)	1,512	4	東京エレクトロン (日)	16,439
5	KLA-Tencor (米)	1,152	5	KLA (北米)	10,448
6	大日本スクリーン製造 (日)	863	6	アドバンテスト (日)	3,549
7	ASMI (蘭)	832	7	SCREEN (日)	2,769
8	日立ハイテクノロジーズ (日)	716	8	ASMI (欧)	2,535
9	ニコン (日)	701	9	KOKUSAI ELECTRIC (日)	2,199
10	ノベラス・システムズ (米)	569	10	テラデザイン (北米)	2,112

出所：(2009年) 肥塚,前出

(2022年) マイナビニュース (2023/06/07 17:05) (原典は TechInsights (旧 VLSI Research) 調べ)

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20230607-2698830/>

なお、地域別に日本製装置のシェアをみると、この期間中に北米については増減を繰り返しつつもほぼ 30%から 40%の間を推移し、欧州も 2009 年から 2014 年にかけて 20%台から 30%台に上昇した後は、北米と同様に増減を繰り返しつつもほぼ 30%から 40%の間を推移している。しかし、日本でのシェアは、前年に比して回復した年も見られるものの、傾向としては低下基調にあり、2009 年に 63%だったシェアは 2022 年には 51%にまで低下している。

半導体生産の一大拠点となった中国、韓国、台湾についてみると、中国での日本製装置のシェアは 25%前後を推移し続けているのに対し、台湾は増減を繰り返しつつも低下基調にあり、2009 年に 34%だったシェアは 2022 年には 25%に低下している。また韓国も台湾と同様であり 2009 年に 27%だったシェアは 2022 年には 20%に低下している。

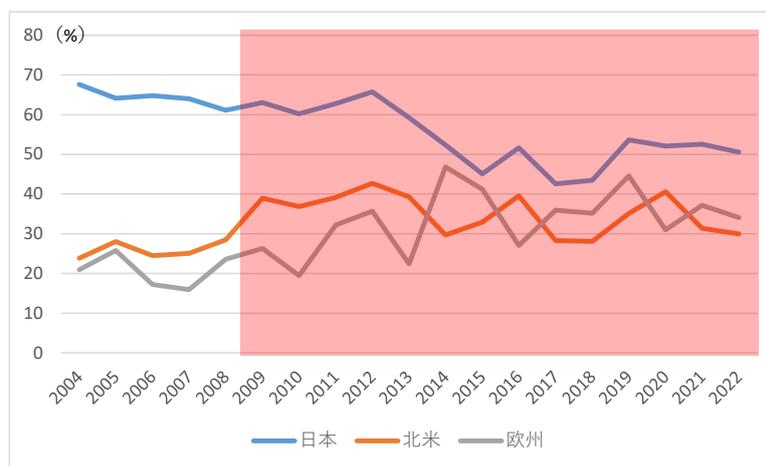


図 91 日本製半導体製造装置の地域別シェア (日本、北米、欧州)

出所：日本半導体製造装置協会資料より日鉄総研作成

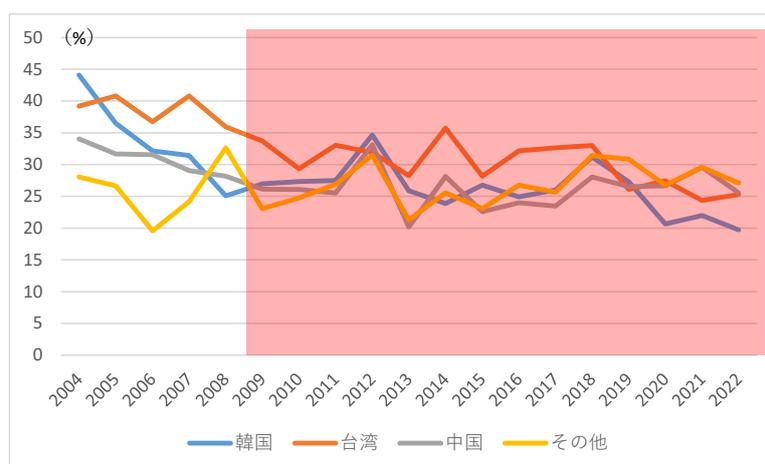


図 92 日本製半導体製造装置の地域別シェア (韓国、台湾、中国、その他)

出所：日本半導体製造装置協会資料より日鉄総研作成

表 70 競合国・企業の動向 (2009年～2016年)

競合国・企業の動向	
2009	<ul style="list-style-type: none"> 半導体製造装置企業上位10社中、4社が日本企業、4社が米国企業、2社が欧州企業 1位は米国企業 (AMAT)、2位は欧州企業 (ASML)、3位は日本企業 (東京エレクトロン) 半導体産業ほど日米の差は拡大せず、なお日本の半導体製造装置は競争力あり 半導体露光装置はASMLのシェア増大が続き、日蘭間に決定的な差が生じた ASMLは将来の顧客に積極的に試作実験機を提供し、多くの顧客と欠陥対策を進めた。デバイスメーカーはその実践からのフィードバックを装置メーカーに提供し、その装置の顧客になっていった。ASMLは顧客を取り込む戦略がニコン社とキャノン社を圧倒した。
2010	<ul style="list-style-type: none"> 洗浄装置メーカーのSEMES (韓)、サムスンの100%子会社に
2011	<ul style="list-style-type: none"> ASMLは半導体露光装置の売上高のトップに
2012	<ul style="list-style-type: none"> インテル、TSMC、サムスンからASMLに資金投入
2013	<ul style="list-style-type: none"> 2013年以降、日本の半導体製造装置のシェアは低下傾向
2016	<ul style="list-style-type: none"> ASML (世界2位) は露光装置分野で世界シェア約80% キャノンやニコンの一貫戦略に対してASMLはモジュール化とアウトソーシングによるオープンイノベーション戦略 販売市場は台湾、韓国、中国で68.1% ASMLがEUV露光装置の量産機を出荷 (1台200億円) ASMLが台湾の漢民微測科技を買収

出所：各種資料より日鉄総研作成

表 71 競合国・企業の動向（2018年～2022年）

競合国・企業の動向	
2018	<ul style="list-style-type: none"> ・中国の「ビッグファンド」(National Integrated Circuit Industry Investment Fund)、2017年末までに155億ドルを調達、うち9.5億ドルを半導体製造装置関連の株式に投資 ※半導体関連向けの投資を目的としたファンドは省、市レベルでも多数存在
2019	<ul style="list-style-type: none"> ・中国の半導体製造装置企業の世界シェアは2.2% 中国企業の露光装置は世界最先端に比して約8世代（16年）遅れたもの ・AMAT、KOKUSAI ELECTRICを約22億ドルで買収すると発表
2020	<ul style="list-style-type: none"> ・半導体製造装置の生産シェア、米州38%、日本32%、オランダ19%、中国8%、韓国2%、台湾1%
2021	<ul style="list-style-type: none"> ・半導体製造装置のシェア、①米国40.8%、②日本25.5%、③欧州22.8%、④韓国3.3%、④中国0.4% ・AMAT、KOKUSAI ELECTRICとの経営統合断念、成膜装置で両社補完関係あるも、中国規制当局の承認得られず→契約解除料\$154M払う ・ラムリサーチ、マレーシアとオレゴン州で生産能力増強
2022	<ul style="list-style-type: none"> ・AMAT、基礎半導体技術とプロセス装置の次世代研究開発センターをシリコンバレーに設立

出所：各種資料より日鉄総研作成

②中国の半導体製造装置の国産化の状況

2000年代に入り「世界の工場」として台頭した、中国の半導体製造装置の国産化の状況についてみてみたい。

中国政府は2014年と2019年に「国家集積回路産業投資基金」を設置し、半導体関連技術へ計5兆円を超える大規模投資を行ったほか、加えて地方政府で計5兆円を超える半導体産業向けの基金が存在（合計10兆円超）する⁶⁴。こうした中、中国では半導体製造装置の国産化も目指されているものの、その成果は十分に上がっているとはいえない。米ジョージタウン大学のCSET(Center for Security and Emerging Tecnology)の調査⁶⁵によると、中国の半導体製造装置産業は、組立・パッケージング装置については2019年において世界市場において2割以上のシェアを占めているものの、その他の装置のシェアは2%未満にとどまっており、イオン注入装置、ウエハー製造・ハンドリング・マーキングの装置については0%となっている。

⁶⁴ 経済産業省商務情報政策局「半導体・デジタル産業戦略」令和5年6月

⁶⁵ CSET(Center for Security and Emerging Tecnology). China's Progress in Semiconductor Manufacturing Equipment, Georgetown University's Walsh School of Foreign Service, 2021

表 72 中国の半導体製造装置企業の世界シェア等 (2019年)

工程	代表的な中国企業	中国企業の売上高計(百万ドル)	世界市場での中国企業のシェア	中国にとり最重要のボトルネック
組立・パッケージング	Hoson, Grand Tec	678	22.9%	特になし
サービス	多種多様な企業が存在	297	1.9%	-
成膜	NAURA, Piotech	235	1.8%	ALD (原子層堆積法) RTP (ラピッドサーマルプロセス)
エッチング	AMEC, NAURA	246	1.7%	ALE (原子層エッチング)
プロセスコントロール	RSIC, NAURA, Grand Tec	94	1.4%	計量及び検査
CMP (化学機械研磨)	Hwatsing	20	1.4%	次世代向けのCMP
テスト	Acco TEST, Hoson, JHT, Grand TEC, Shanghai Juno EI,	69	1.3%	次世代型ロジックチップ向けのテストツール
リソグラフィ	SMEE, Kingsemi	33	0.2%	EUV及びArF液浸露光装置
イオン注入	Kingstone Semi, CETC	-	0.0%	次世代向けのイオン注入装置
ウエハの製造・ハンドリング・マーキング	JSG, LanZhou, Beijing JingYi, SMEE	0	0.0%	ウエハの製造及びハンドリング
計	-	1,672	2.2%	-

出所：CSET, 2021 より日鉄総研作成

同調査によると、1980年代の日本のように中国の半導体製造装置産業が米国にキャッチアップすることは不可能ではないと前置きしつつも、その可能性は低いと評価している。その理由としては、1980年代と現在とでは半導体製造装置に求められる技術が比べ物にならないほどまで高度になっていること、技術は米国とその同盟国（日本、オランダなど）の少数の企業によって独占されており、しかも最先端の装置の部品については輸出が厳しく規制されていること、TSMC、インテル、サムスンといった世界的な半導体メーカーは中国の半導体製造装置メーカーと一切協業していないこと、などが挙げられている。

(5) 政策・制度の概要 (P)

2012年12月以降、第2次安倍内閣が「異次元の金融緩和策」等のアベノミクスをスタートさせると、景気は緩やかな低成長軌道を取り戻していく。

①半導体製造装置メーカーの自助努力による躍進

日本の半導体製造装置企業は、上記ロードマップに基づく先端半導体の開発スピードに追随し、研究開発・投資を進めた結果、2010年以降、さらに海外の半導体メーカーに対する販路開拓を進め、世界の地歩を確たるものに固めていった。なお、こうした半導体製造装置企業の研究開発投資に対して、政府から特段の支援策は行われていない。

②半導体産業育成・強化策の新たな展開

(ア) 諸外国における半導体産業支援策

リーマン・ショック後になっても日本政府は依然として積極的な半導体産業育成策に踏み込めていなかったが、2010年代後半から20年代に入ると、半導体を巡って以下のようなグローバルな構造変化が広がり、米国や中国を始めとする各国・地域は半導体の生産基盤を囲い込むための大規模な支援策を展開していた。

【半導体を巡るグローバルな構造変化】

- ・ 経済安全保障の環境変化
 - ： 米中技術覇権の対立⁶⁶により、半導体の確保は経済安全保障と直結
- ・ アフターコロナのデジタル革命
 - ： あらゆる社会がデジタル化し、半導体はデジタル化の帰趨を握る期間製品に
- ・ エネルギー・環境制約の克服
 - ： 2050年カーボンニュートラルに向け、半導体の省エネ・グリーン化は不可欠
- ・ レジリエンスの強靭化
 - ： 半導体不足による最終製品の生産停止が現実化

日本の半導体産業は、NANDメモリ、イメージセンサやパワー半導体、特定の半導体製造装置、材素材等については国際的に高い競争力を有する企業が存在している状況であったが、従前通りの消極的な産業政策のままでは海外との競争に敗退していくことも懸念された。

こうした状況下、日本においても、改めて半導体産業の育成・強化が大きな課題となっていく。

⁶⁶ 2022年10月、米商務省はスーパーコンピュータや人工知能（AI）に使う先端半導体やその製造に必要な装置、技術について、中国への輸出を事実上禁止。23年10月に同内容を改訂。

表 73 諸外国の主な半導体産業支援策

国・地域	半導体産業支援策の主な動向
米国	<ul style="list-style-type: none"> 最大 3,000 億円/件の補助金や「多国間半導体セキュリティ基金」設置等を含む国防権法 (NDAA2021) の可決。 最先端工場新設のための立地補助金を盛り込んだ CHIPS 法 (520 億ドル (約 6 兆円) の支援) を可決。 CHIPS 法に次ぐ新たな半導体産業支援法案として、FABS 法案 (Facilitating American-Built Semiconductors Act) の成立に向け、米国議会で議論が進められている。なお、本法案は、半導体設計と製造への投資に対する 25% の税額控除とともに、研究開発の税額控除のインセンティブを措置するものである。
中国	<ul style="list-style-type: none"> 「国家集積回路 (IC) 産業投資基金」を中心として半導体に 1,500 億ドル (約 17 兆円) の資金を注入するとの計画。さらに、第 14 次五か年計画において、地方政府から兆円規模の半導体支援を計画しているとの報道もある。 2020 年に 5 年間で次世代半導体、AI、データセンター、モバイル通信などに 9.5 兆元 (約 152 兆円) の投資を行う「新しいインフラストラクチャ」キャンペーンを発表。
欧州	<ul style="list-style-type: none"> 2021 年 3 月、半導体を含むデジタル分野に今後 2~3 年で 1,450 億ユーロ (約 19 兆円) を投資する計画を公表。 2021 年 9 月、製造を含む欧州の最先端チップ・エコシステムの構築を目指し、「新・欧州半導体法案」の制定を宣言。 2022 年 2 月、域内の半導体産業を強化し、米国やアジアからの供給への依存を減らすため、官民で 2030 年までに 430 億ユーロ (約 5.6 兆円) を投じる計画を発表。
台湾	<ul style="list-style-type: none"> 2019 年 1 月から台湾への投資回帰を促す補助金等の優遇策を実施 (台湾がグローバルサプライチェーンの中核になることを目標に掲げている)。 2020 年 7 月、半導体分野に、2021 年までに計 300 億円の補助金を投入する計画を発表。 なお、台湾政府は、土地、電気、水などのインフラはもとより、サイエンスパーク (科学園区) では、他のサプライチェーン企業との製造エコシステムを統合するためのスペースも割り当てている。
韓国	<ul style="list-style-type: none"> 2021 年 5 月、「K-半導体戦略」を発表。2030 年までにソウル近郊に世界最大・最先端の半導体供給網「K-半導体ベルト」を構築する計画。サムスンやSKハイニクスなどの民間企業が今後 10 年間に総額 510 兆ウォン (約 50 兆円) 以上を投資する一方、韓国政府も民間投資を後押しするため税額控除や金融支援、教育支援などを拡大。 2022 年 1 月、「国家先端戦略産業競争力強化及び育成に関する特別措置法」が成立。本法に基づき指定した戦略技術 (半導体や蓄電池、ワクチンを対象とする方向で検討) について、研究開発費用 (大企業と中堅企業は最大 40%、中小企業は最大 50%) 等について税額控除を措置。
インド	<ul style="list-style-type: none"> 2021 年 12 月、総額 100 億ドル (約 1.2 兆円) にのぼる半導体産業補助制度を閣議決定。半導体前工程工場の初期費用の半分まで補助する支援策であり、中央政府と州政府が協力して用地、水、電力、物流インフラなどを備えたハイテク工業団地を用意。一方で、後工程工場も補助金の対象であり、半導体ファブレス企業の支援や人材の育成・供給も進める方針で、半導体産業全体を包括的に育成する計画。

出所：「我が国半導体産業の現状と課題」参議院内閣委員会調査室 (2022.8)

https://www.sangiin.go.jp/japanese/annai/chousa/keizai_prism/backnumber/r04pdf/202221501.pdf

表 74 各国・地域の半導体製造関連星取表

		日本	米国	欧州	韓国	台湾	中国
ガス・材料 (原料)		×→中国他	×→中国他	×→中国他	×→中国他	×→中国他	◎
ガス・材料 (加工)		◎	×→日本	×→日本	×→△?	×→日本	×→日本
ウエハ		◎	×→日本	×→日本	×→日本	×→日本	×→日本
EDA		×→米国	◎	○	×→米国	×→米国	×→米国
前工程	IDM	◎	◎	◎	◎	×	○
	ファブレス	×	◎	×	×	◎	○
	ファウンドリ	×→台湾	○→台湾	×→台湾	◎	◎	○
	装置	◎	◎	◎	×→日米欧	×→日米欧	×→日米欧
後工程	組立	×→アジア	×→アジア	×→アジア	×→アジア	◎	○
	モジュール	×→アジア	×→アジア	×→アジア	×→アジア	◎	△
	装置	◎	◎	×→日米	×→日米	×→日米	×→日米

出所：同上

【参考】米国 CHIPS 法の概要

2022 年 8 月に、米国で CHIPS and Science Act (CHIPS 及び科学法) が成立した。同法は、トランプ前政権下の 2021 年 1 月に成立していた CHIPS for America の補助金の枠組みに、予算措置を講ずる法律である。バイデン政権は同法を通じて、今後 5 年間で連邦政府機関の基礎研究費に約 2,000 億ドル、国内の半導体製造能力の強化に約 527 億ドルを充てることを決定した。

約 527 億ドルの主な支出先内訳は、

- ・ 先端ロジックおよびメモリ半導体の国内生産の確立に約 280 億ドル

- ・ 現世代およびレガシー半導体の国内生産の確立に約 100 億ドル
- ・ 半導体の研究開発における米国のリーダーシップの強化に約 110 億ドル

が充てられる。先端半導体だけでなく、現世代およびレガシー半導体も重視されている。

CHIPS プログラムを所管する商務省は 2023 年 2 月に第 1 弾の資金援助申請の受け付けを開始すると発表した。同日、「成功のためのビジョン」を公表し、以下の目標について今後 10 年での達成を目指すとしている。

- ・ 最低 2 カ所、先端ロジック半導体の大規模クラスターを形成する
- ・ 複数、先端パッケージングの量産施設を建設する
- ・ 先端メモリ半導体（DRAM）を量産する
- ・ 現世代およびレガシー半導体の生産能力を高める

留意すべきは、その適用申請において、「受益者は資金受領日から 10 年間、懸念国（北朝鮮、中国、ロシア、イラン）での投資を制限される⁶⁷」等の制約が設けられている。

こうした「ガードレール条項」は中国との長期的な競争を見据えたものだが、現在の世界市場の約 3 分の 1 が中国市場であり、また、中国に工場を持つ米国の半導体企業や、対中依存度が高い韓国半導体企業が受けるインパクトは特に大きいことから、米国商務省に対して様々な形で意見書が提出されている。

なお、こうした米国の規制を踏まえ、中国政府は総額 1 兆元の半導体産業政策を計画し、補助金対象を絞り込む形での支援拡大を進めているとの報道もあるが、一方では、中国の半導体メーカーに与えるダメージを免れることは難しく、一部の半導体メーカーでは規制対象外や中古の半導体製造装置を購入し、規制が拡大される前に必要な機材を確保しようとしているとも報じられている。

（イ）新たな半導体産業戦略の策定

半導体を巡るグローバルな構造変化や諸外国の半導体産業に対する積極的な取り組み等を踏まえ、経済産業省は 2021 年 6 月に「半導体・デジタル産業戦略」を、続けて同年 11 月に「半導体産業基盤緊急強化パッケージ」を策定し、半導体やデータセンターなどのデジタル産業支援についての政策指針を明らかにした。また、内閣としても「新しい資本主義実現会議」による緊急提言において、岸田総理が「最先端半導体の受託製造でトップシェアを誇る台湾企業の日本進出は、日本の半導体産業の不可欠性と自律性を向上し、安全保障に大きく寄与することが期待される。こうした先端半導体の国内立地の複数年度に渡る

⁶⁷ 先端半導体施設の場合、既存施設の能力の拡張を伴う 10 万ドル以上の取引に関与してはならない。また、既存施設の能力を 5%以上高める投資は禁じられる。レガシー半導体施設の場合、既存施設の能力を 10%以上高める投資は禁じられる。また、製造施設の建設は、チップの 85%以上が懸念国内で消費される場合に限定される。加えて、安全保障上懸念のある技術や製品に関して、受益者は懸念国の団体と共同研究を行ったり、技術ライセンスの供与契約を締結したりできなくなる。

支援、必要な制度整備を早急に進め、強靱なサプライチェーンを構築する」と発言し、従前からの方針を転換して半導体産業に対する支援を積極的に行っていく旨の政府方針を明らかにした。

1) 半導体・デジタル産業戦略の概要

「半導体・デジタル産業戦略」は、以下3つのプロセス（Step1~3）を踏んで半導体産業の育成を図るもので、5分野（先端ロジック半導体、先端メモリ半導体、産業用スペシャリティ半導体、先端パッケージ、製造装置・部素材）に対して、Step毎に課題を明確化するとともに、人材育成・国際連携・グリーン化対応についても課題整理を行っている。

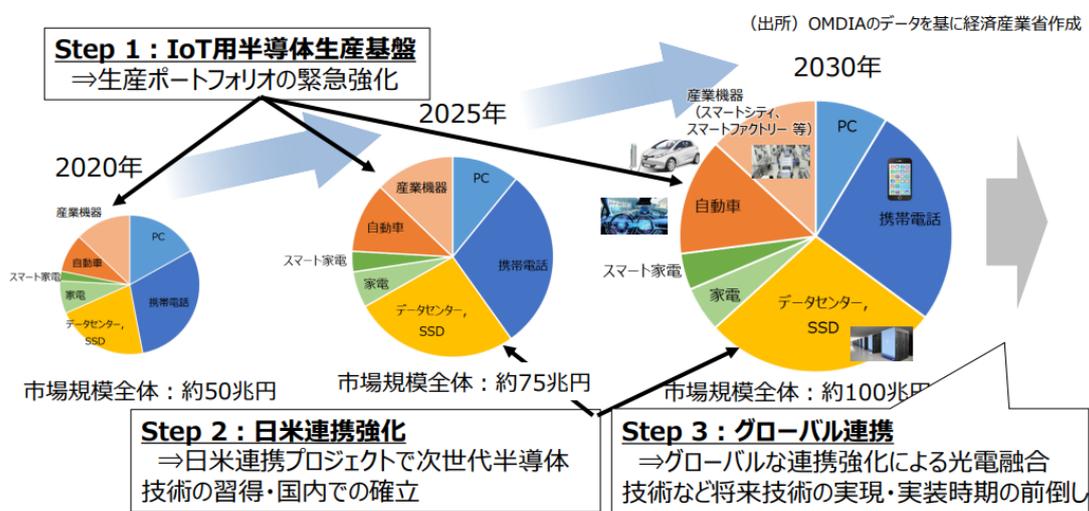
Step-1 : IoT用半導体生産基盤の緊急強化（生産ポートフォリオの緊急強化）

Step-2 : 日米連携強化（次世代半導体技術の習得・国内での確立）

Step-3 : グローバル連携（光電融合技術など将来技術の実現・実装時期の前倒し）

我が国半導体産業復活の基本戦略

- IoT用半導体生産基盤の緊急強化（Step: 1）
- 日米連携による次世代半導体技術基盤（Step: 2）
- グローバル連携による将来技術基盤（Step: 3）



今後の半導体戦略の全体像①

	ステップ1 足下の製造基盤の確保	ステップ2 次世代技術の確立	ステップ3 将来技術の研究開発
先端ロジック半導体	✓ 国内製造拠点の整備・技術的進展	✓ 2nm世代ロジック半導体の製造技術開発 →量産の実現 ✓ Beyond2nm実現に向けた研究開発（LSTC）	✓ Beyond2nm実現に向けた研究開発（LSTC） ✓ 光電融合等ゲームチェンジャーとなる将来技術の開発
先端メモリ半導体	✓ 日米連携による信頼できる国内設計・製造拠点の整備・技術的進展	✓ NAND・DRAMの高性能化 ✓ 革新メモリの開発	✓ 混載メモリの開発
産業用 スペシャルティ 半導体	✓ 国内での連携・再編を通じたパワー半導体の生産基盤の強化 ✓ エッジデバイスの多様化・多機能化など産業需要の拡大に応じた用途別従来型半導体の安定供給体制の構築	✓ SiCパワー半導体等の性能向上・低コスト化	✓ GaN・Ga ₂ O ₃ パワー半導体の実用化に向けた開発
先端パッケージ	✓ 先端パッケージ開発拠点の設立	✓ チップレット技術の確立	✓ 光チップレット、アナデジ混載SoCの実現・実装
製造装置・部素材	✓ 先端半導体等の製造に不可欠な製造装置・部素材の安定供給体制の構築	✓ Beyond 2nmに必要な次世代材料の実用化に向けた技術開発	✓ 将来材料の実用化に向けた技術開発

今後の半導体戦略の全体像②

人材育成	✓ 地域の特性に合わせた地域単位での産学官連携による人材育成（人材育成コンソ等） ✓ 次世代半導体の設計・製造を担うプロフェッショナル・グローバル人材の育成
国際連携	✓ 日米関係では、日米半導体協力基本原則に基づき、共同タスクフォース等の枠組みを活用し、米NSTCとLSTCを起点に連携を深め、次世代半導体の開発等に取り組む ✓ EU・ベルギー・オランダ・英国・韓国・台湾等の諸外国・地域と、次世代半導体のユースケース作りや研究開発の連携等に関し、相手国・地域のニーズ等に応じて進める
グリーン	✓ PFAS規制への対応 ✓ 半導体の高集積化・アーキテクチャの最適化・次世代素材開発により、半導体の高性能化・グリーン化を実現

出所：経済産業省「半導体・デジタル産業戦略の現状と今後」（2023. 11. 29）

https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/joho/conference/semicon_digital/0010/3_strategy.pdf

なお、半導体製造装置については、上記5分野の内、「製造装置・部素材」分野として以下の内容が記載されている。

製造装置・部素材戦略

- レジスト塗布・現像装置やダイシング装置などの製造装置、シリコンウエハやレジストなどの部素材は、**世界の半導体エコシステムにおいて、我が国が引き続き優位に立っている**。これらの製造装置・部素材は、先端半導体の製造に必要不可欠であり、**戦略的不可欠性の観点から、経済安全保障上も重要な存在**。
- 他方、米中技術覇権対立を背景に、**各国の製造業国内回帰・誘致に向けた圧力が強まっている中**、大手の半導体製造拠点に引き寄せられて、**製造装置・部素材産業についても我が国から流出する懸念**がある。
- このため、まずはステップ1にて、**製造装置・部素材の安定供給体制を強化し**、サプライチェーンの強靭化を図ることが急務。その上で、ステップ2・ステップ3で次世代半導体技術の確立および量産、更なる発展に向けて、製造装置・部素材の付加価値を更に高めることで、経済安全保障上の戦略的不可欠性を強化し、**世界の半導体エコシステムにおける我が国製造装置・部素材産業の優位性を不動のものとする**ことを目指す。
- なお、原料についても、半導体生産に必要な安定供給体制を確保していく。



出所：経済産業省「半導体・デジタル産業戦略」（2023. 5. 30）

https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/joho/conference/semicon_digital/0009/4hontai.pdf

2) 半導体・デジタル産業戦略の主な進捗

経済産業省では、3～4回/年の頻度で半導体・デジタル産業戦略会議を開催⁶⁸し、施策の実施状況や今後の方針等について報告が行われている。

以下に、TSMC 熊本工場建設に代表される先端半導体の製造基盤確保の進捗を紹介する。

⁶⁸ 第1回は2021年3月24日に開催。直近の開催は第10回（2023年11月29日開催）。

https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/joho/conference/semicon_digital/0010/0010.html

先端半導体の製造基盤確保

- **先端半導体の製造基盤整備**への投資判断を後押しすべく、**5G促進法およびNEDO法を改正**し、令和4年3月1日に施行。同法に基づく支援のため、**令和3年度補正予算で6,170億円、令和4年度補正予算で4,500億円を計上。**
- 2023年10月までに、先端半導体の生産施設の整備および生産を行う計画につき、**経済産業大臣による認定を4件実施。**

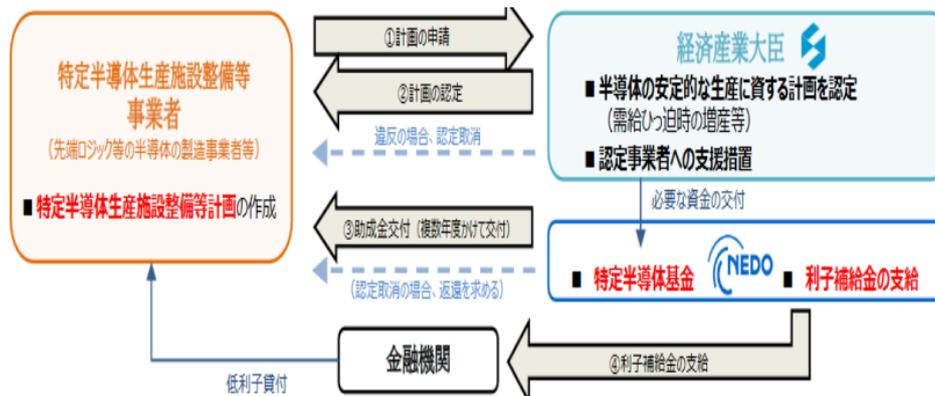
関連事業者	 <small>(※) JASMの株主構成：TSMC（過半数）、ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社（20%未満）、株式会社デンソー（10%未満）</small>	 			
認定日	2022年6月17日	2022年7月26日	2022年9月30日	2023年10月3日	
最大助成額	4,760億円	約929億円	約465億円	1,670億円	
計画の概要	場所	熊本県菊池郡菊陽町	三重県四日市市	広島県東広島市	広島県東広島市
	主要製品	ロジック半導体 <small>(22/28nmプロセス・12/16nmプロセス)</small>	3次元フラッシュメモリ <small>(第6世代製品)</small>	DRAM (1β世代)	DRAM (1γ世代) ※EUVを導入して生産
	生産能力	5.5万枚/月 (12インチ換算)	10.5万枚/月 (12インチ換算)	4万枚/月 (12インチ換算)	4万枚/月 (12インチ換算)
	初回出荷	2024年12月	2023年2月	2024年3~5月	2025年12月~2026年2月
	製品納入先	日本の顧客が中心	メモリーカードやスマートフォン、タブレット端末、パソコン/サーバー向けのSSDの他、データセンター、医療や自動車等分野	自動車、医療機器、インフラ、データセンター、5G、セキュリティ等	自動車、医療機器、インフラ、データセンター、5G、セキュリティ等 ※生成AIにも活用
設備投資額 <small>※操業に必要な支出は除く</small>	86億ドル規模	約2,788億円	約1,394億円	約5,000億円	

(※) いずれも10年以上の継続生産

36

【参考】半導体支援法に基づく半導体製造基盤整備に関する助成のスキーム

事業者が策定する生産設備施設整備に対して、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)に設置する基金から、計画の実施に必要な資金の助成金交付（補助率は最大で1/2）等を複数年にわたって継続的に行う。



参考図 半導体支援法に基づく助成等のスキーム

元出所：経済産業省

https://www.sangiin.go.jp/japanese/annai/chousa/keizai_prism/backnumber/r04pdf/20222150

経済産業省では、こうした先端半導体の製造基盤確保に取り組むことで、国内の部材や装置メーカーはもとより、周辺の半導体関連産業を再活性化させ、また、地域での雇用創出期待の効果を実現させ、半導体関連産業の集積エコシステムの再形成を進めていくこととしている。

加えて、政府としては、経済安全保障推進法に基づき、従来型半導体や半導体製造装置・部素材・原料の製造能力強化に向けた大規模な設備投資に対する支援策（補助金）も講じている。

経済安保推進法に基づく半導体サプライチェーンの強靱化

- 経済安全保障推進法に基づき、**特定重要物資として指定された半導体（従来型半導体及び、半導体のサプライチェーンを構成する製造装置・部素材・原料）の製造能力の強化等**を図ることで、**各種半導体の国内生産能力を維持・強化**する。
- 半導体サプライチェーン強靱化支援事業（令和4年度補正予算、**合計3,686億円**）において、**従来型半導体1件、製造装置1件、部素材5件、原料9件の供給確保計画**を認定済（令和5年10月末時点）。**16件合計で、事業総額は約6,000億円、助成額は最大約2,000億円**。

品目	支援内容
① 従来型半導体 〔パワー半導体 マイコン アナログ〕	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 国内製造能力強化に向けた大規模な設備投資等を支援。投資規模の下限は300億円（パワー半導体は2,000億円） ✓ パワー半導体については、市場が大きく拡大すると見込まれているSiCパワー半導体を中心に、国際競争力を将来にわたり維持するために必要と考えられる相当規模の投資に対して、重要な部素材の調達に向けた取組内容についても考慮しつつ、集中的に支援を実施。
② 半導体製造装置	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 国内製造能力強化に向けた大規模な設備投資等を支援。投資規模の下限は300億円。
③ 半導体部素材	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 国内製造能力強化に向けた大規模な設備投資等を支援。投資規模の下限は300億円。 ✓ SiCウエハに関しては、パワー半導体産業の国際競争力の確保に資する取組内容であるかについても考慮。
④ 半導体原料 〔黄リン・黄リン誘導品ヘリウム、希ガス 蛍石・蛍石誘導品〕	<ul style="list-style-type: none"> ✓ リサイクルの促進、国内生産の強化、備蓄、輸送体制の強化に向けた設備投資等を支援。

40

経済安保推進法に基づく認定供給確保計画（半導体）

分類	事業者名	品目	投資場所	供給開始	生産能力	事業総額 (億円)	最大助成額 (億円)
従来型半導体	ルネサス	マイコン	茨城県ひたちなか市 山梨県甲斐市等	2025年3月	10,000枚/月（茨城・山梨） 29,100枚/月（熊本）	477	159
製造装置	キヤノン	露光装置	栃木県宇都宮市 茨城県阿見町	2026年4月	i線:71台/年 KrF:55台/年	333	111
部素材	イビデン	FC-BGA基板	岐阜県大野町	2025年9月	現状比約12%増強	-	405
	新光電気工業	FC-BGA基板	長野県千曲市	2029年7月	現状比約6%増強	533	178
	RESONAC	SiCウエハ	栃木県小山市 滋賀県彦根市等	基板:2027年4月 エビ:2027年5月	基板:11.7万/年 エビ:28.8万枚/年	309	103
	住友電工	SiCウエハ	兵庫県伊丹市 富山県高岡市	基板:2027年10月 エビ:2027年10月	基板:6万枚/年 エビ:12万枚/年	300	100
	SUMCO	シリコンウエハ	佐賀県伊万里市 佐賀県吉野ヶ里町	結晶:2029年10月 ウエハ:2029年10月	結晶:20万枚/月相当 ウエハ:10万枚/月	2,250	750
原料	ソニーセミコン	ネオン（リサイクル）	長崎県諫早市 大分県大分市等	2026年3月	2,090kℓ/年	11.2	3.7
	キオクシア	ネオン（リサイクル）	三重県四日市市 岩手県北上市	2027年3月	2,480m3/年	8.3	2.8
	高圧ガス工業	ヘリウム（リサイクル）	-	2025年6月	10,200m3/年	-	-
	住友商事	黄リン（リサイクル）	-	2031年度	12,000t/年	-	-
	岩谷産業、岩谷瓦斯	ヘリウム（備蓄）	-	2026年1月	同社の年間輸入量の1ヶ月分	-	-
	JFEスチール 東京ガスケミカル	希ガス（生産）	-	2027年4月	ネオン:1,000万ℓ/年	-	-
	大陽日酸	希ガス（生産）	-	2026年4月	ネオン:2,700万ℓ/年 クリプトン:200万ℓ/年 セシウム:25万ℓ/年	-	-
	日本エア・リキード ラサ工業	希ガス（生産） リン酸（リサイクル）	- -	2027年10月 2027年4月	ネオン:2,680万ℓ/年 960t/年	- -	- -

各国・地域の半導体に関する政策動向

- 各国・地域が、経済安全保障の観点から重要な生産基盤を囲い込むため、異次元の支援策等を実施。

国・地域	政策動向
米国	<ul style="list-style-type: none"> 「The CHIPS and Science Act of 2022」が成立。半導体関連（半導体及び関連材料・装置）のための設備投資等への補助基金（5年で390億ドル（約5.3兆円））やR&D基金（5年で110億ドル（約1.5兆円））、半導体製造・装置の設備投資に対する25%の減税等が措置。（2022.8）商務省は目標などを記したVision for Success及び、CHIPS法における半導体関連投資等補助基金（390億ドル）に関する詳細を公開。また、最先端・現世代・成熟ノードの半導体（後工程含む）について、申請受付を開始。（2023.2）また、NSTCのビジョンと戦略を発表。（2023.4）製造装置・材料の3億ドル以上の大規模設備投資について、申請受付を開始。（2023.6）ガードレール条項の最終案項を発表。3億ドル未満の設備投資についても申請受付開始。（2023.9） 中国向けに輸出される、①AI処理やスーパーコンピュータに利用される半導体、②先進的な半導体製造に利用される半導体製造装置等、に対する新たな半導体輸出管理措置の導入を発表（2022.10）AI関連チップや製造装置の規制をさらに強化した半導体輸出管理措置の最終規則を発表（2023.10）
中国	<ul style="list-style-type: none"> 「国家集積回路産業投資基金」を設置（'14年、'19年）、半導体関連技術へ、計5兆円を超える大規模投資 これに加えて、地方政府で計5兆円を超える半導体産業向けの基金が存在（合計10兆円超） 集積回路生産企業に10年間の法人税免除・減免などを含む支援策を設定。（2020.9）法人税免税措置の延長を決定。（2023.3） 「国家車載半導体の標準システム構築のガイドライン」に関するパブリックコメントを実施。（2023.3）
欧州	<ul style="list-style-type: none"> 2030年に向けたデジタル戦略「デジタル・コンパス2030」を発表。次世代半導体の欧州域内生産の世界シェア20%以上を目指すこととしている。（2021.3） 半導体の域内生産拡大や研究開発強化を図る「欧州半導体法案」を発表。2030年までに累計430億ユーロ（約6.2兆円）規模の官民投資を計画。①ヨーロッパイニシアチブ設置、②安定供給確保のための新たな支援枠組設定、③半導体市場の監視と危機対応の3本柱から構成。（2022.2）2023年9月に施行。②の安定供給確保のための新たな支援枠組の対象を、半導体の生産に必要な設備の製造拠点や設計拠点にも拡大。（2023.9）
台湾	<ul style="list-style-type: none"> 台湾への投資回帰を促す補助金等の優遇策を始動。（2019.1）「台湾投資三大方案」を活用した台湾企業の投資金額は累計で2.1兆台湾元（約9.4兆円）に。（2023.5） 産業創新条例（台湾版CHIPS法）の改正案が可決。半導体関連のR&D費用に最大で25%の税額控除を適用。（2023.1）
韓国	<ul style="list-style-type: none"> 「半導体超強大国達成戦略」を発表。インフラ支援、規制緩和、税制支援等により、2026年までに、340兆ウォン以上（約35.7兆円以上）の投資を達成する方針。（2022.7） 半導体関連等の設備投資に対し、追加税額控除を含めると、大企業・中堅企業で最大25%、中小企業では最大35%に税額控除率を引上げることを盛り込んだ租税特別制限法改正案が可決。（2023.3） ※追加税額控除：国家戦略技術の投資税額控除率から、投資増加分（2023年投資額－直前3年平均投資額）について10%追加で税額控除（2023年1年限り）



2022年8月、バイデン米大統領がCHIPS法に署名し、同法が成立。

（出所）Bloomberg

※以下の為替レートで計算
1USD=135円
1ユーロ=145円
100ウォン=10.5円
1台湾ドル=4.4円

（出所）各国政府HP・報道等

③日本の対中半導体輸出管理の厳格化

2022年10月、米国政府は米中間の半導体技術競争をめぐって新たな管理制度を導入したが、その後、日本とオランダ⁶⁹は、米国との合意に基づき新たな輸出管理を発表した。

2023年7月から施行された日本の輸出管理強化策の内容は、

- ・ 半導体製造装置23品目を、外為法に基づく省令上の管理対象に追加する。
半導体の製造プロセスに必要な成膜や露光、洗浄、エッチングなどに用いられる装置が対象となる。
- ・ 全地域向けの輸出が経済産業大臣による許可申請対象となる。ただし欧米など42の国・地域については、包括許可を適用可能。

とされており、米国の規制と整合的な内容になっている。

これに対し、中国は23年8月にガリウムおよびゲルマニウム（次世代半導体材料に使用される材料）やその関連品目を管理対象に追加する等の対抗措置を講じたが、半導体製造装置に関する影響がどのような形で現出するのか、現時点では予見できていない。

表 75 米国とオランダの半導体輸出管理策の概要

国 施行時期	主な内容
米国 2022年10月	対象製品・技術の対中輸出について、事前に米商務省への許可申請が必要になる。中国内の半導体関連施設が(1)米国または米国の同盟国の企業が有する施設の場合は「ケース・バイ・ケース」の審査、(2)その他すべての場合は「原則不許可」の審査になる。 FDPルールを導入。FDPルールとは、先端半導体とスパコンについて指定された米国製の技術・ソフトウェアを用いて米国外で製造された外国直接製品(FDP)にも、許可申請が必要になるという規定。 米国人による特定の行動(出荷や搬入、修理、メンテナンスなど)が、指定レベル以上の半導体の開発または生産の支援につながる場合、許可申請が必要。
オランダ 2023年9月	深紫外線(DUV)露光装置など、先端半導体の製造に必要な製品・技術・ソフトウェア8品目を輸出管理対象に追加。 参考:極端紫外線(EUV)の露光装置(最先端半導体の製造に必要とされる)については、2019年から管理対象に加えていた。

出所:JETRO「従来の輸出管理から脱却へ、企業はどう対応すべきか」(2023.9.8)
<https://www.jetro.go.jp/biz/areareports/special/2023/0501/8166cfa9b502bda8.html>

⁶⁹ 米国と並ぶ半導体製造装置の主要輸出国

(6) まとめ・日本企業の対応状況

第4期における日本の半導体製造装置産業を取り巻く外部環境（PEST）のポイントを下表に整理した。

表 76 第4期における日本の半導体製造装置産業を取り巻く外部環境（PEST）のポイント

P（政策・制度）		米国や中国をはじめとする各国・地域は半導体の生産基盤を囲い込むための大規模な支援策を展開 日本政府は積極的な育成策に踏み込めずにいたが、2021年に「半導体・デジタル産業戦略」を策定、方針転換して半導体産業に対する支援を積極化
E（経済）・ S（社会）	経済・社会情勢	リーマンショックによる世界同時不況 アベノミクスによる経済回復
	業界	リーマンショック後、販売額は急増 外需シフトが急速に進展
	顧客	世界の半導体生産は増減を繰り返しつつ増加傾向 アジア大洋州への生産シフトが継続、6割弱を占めるまでに 米国はシェア回復、一方日本は10%を下回るまでに低下
	競合	日本製のシェア低下、3割以下に 中国勢が製造装置の開発に巨費を投じるも国産化には程遠い状況、 韓国、台湾もシェア低い
T（技術）		最先端の露光装置を生産できるのはASMLのみ（ニコン、キヤノンは断念） AI、量子など最先端のデジタル技術を装置に活用する動き

出所：日鉄総研作成

これらの外部環境から調査対象企業が受けた影響および対応状況を以下に記す。

①ニコン、キヤノン

ニコン、キヤノンは、EUVという最先端分野からは撤退した。しかし、「半導体への需要⁷⁰」が最先端分野だけとはかぎらない。例えばEVの普及に伴うパワー半導体などの分野において、非先端露光装置に対する需要が旺盛になりつつある。また近年需要が高まっている3次元メモリは縦方向に積層するため、ウェハにわずかな歪みが生じやすい。だが、「ニコンの装置はその歪みを96点に分割して精密に計測する。ゆがみに合わせて回路を正確に転写でき、競合のASMLに比べて計測点数は倍以上」という⁷¹。キヤノンも前世代の技術である「i線」を復活させる戦略へと転換しており、実際にi線を中心とする露光装置の23年の販売台数見通しは195台と10年前の底の時代に比べ4.5倍に増加したという⁷²。

⁷⁰ ニコン 2023年8月31日 PRESS RELEASE/報道資料より

https://www.jp.nikon.com/company/news/2023/0831_nsr-2205i11_01.html

⁷¹ 上阪欣史「キヤノン・ニコン、半導体装置で逆襲 ASMLに敗れて見えた別の道 半導体 雪辱戦(7)」 2023.10.19 <https://business.nikkei.com/atcl/gen/19/00112/101300165/>

⁷² キヤノン グローバル テクノロジー 最先端を切り開く技術「ナノインプリントリソグラフィ」
<https://global.canon/ja/technology/nil-2023.html>

さらにニコンは2000年からニコン製の露光装置を買い取り、内部をリフレッシュして再販売するリユース活動をいち早く事業化し、2023年3月までに449台を再販売し、約4,100トンの廃棄物削減を実現⁷³している。さらにソフトウェアのアップデートにより、露光装置自体の仕様変更をすることなく、生産性を約8%アップさせることに成功⁷⁴している。

表 77 第4期におけるニコンのPESTへの対応状況

外部環境	対応状況	
P (政策・制度)	—	—
E (経済) ・S (社会)	—	—
T (技術)	新技術製品発売 (2008年)	ダブルパターニングを用いた量産プロセス対応の液浸スキャナー「NSR-S620」を2009年第4四半期に提供
	液浸露光製品発売 (2016年)	ArF液浸スキャナー「NSR-S631E」発売
	液浸露光開発縮小、既存資産ベースにサービス事業展開 (2016年)	半導体露光装置事業に関する構造改革発表、液浸露光の開発縮小、採算性重視、顧客先稼働中 3000台以上をベースにサービス事業拡大
	i線の露光装置発表 (2023年)	縮小投影倍率5倍 i ステッパー「NSR-2205iL1」を発売 (i線で25年ぶりの新製品)

出所：各種資料より日鉄総研作成

なおキヤノンは微細化技術とは全く次元の異なる新技術としてナノインプリントに以前から着目しており、2014年、米社買収によってこの技術をさらに確実なものにした。その9年後の2023年に、キヤノンは開発成果を新製品として発売した。ナノインプリントは「常識を大きく変える半導体業界のイノベーター」として期待されており、キヤノンにおいて量産化に向けての取り組みが現在進んでいる。

表 78 第4期におけるキヤノンのPESTへの対応状況

外部環境	対応状況	
P (政策・制度)	—	—
E (経済) ・S (社会)	—	—
T (技術)	液浸開発脱落 (2009年)	円高ユーロ安が重なり、キヤノンの回復は見られず、液浸露光装置の開発から脱落
	M&Aで新技術ナノインプリント (NIL) 獲得 (2014年)	NIL (ナノインプリント) 装置メーカー米モレキュラーインプリント (現キヤノンナノテクノロジー (Canon Nanotechnologies)) 買収
	非最先端のi線ステッパーで新製品投入 (2021年)	先端パッケージなどの後工程向け新製品 i 線ステッパー販売開始

⁷³ ニコン 企業情報「半導体露光装置のリユースで、廃棄物を削減」
https://www.jp.nikon.com/company/sustainability/highlight/1902_reuse/

⁷⁴ 同上

	ナノインプリント (NIL) 製造装置の開発・製造	キオクシアホールディングス (旧東芝メモリ ホールディングス)、大日本印刷と共同で開発 (2022 年) NIL 発売開始 (2023 年)
--	------------------------------	---

出所：各種資料より日鉄総研作成

②東京エレクトロン

この時期の東京エレクトロンは海外大学も含めて産学連携を活発に推進している点が注目される。またビジネスのグローバル化がさらに進展したことに伴い、海外展開も引き続き積極的に行われた。

表 79 4 期における TEL の PEST への対応状況

外部環境	対応状況	
P (政策・制度)	—	—
E (経済) ・S (社会)	産学連携への取組	北京大学「Tokyo Electron Scholarship」創設 (2011 年) 東北大学新産学連携センター、製造装置技術開発開始 (2012 年) TOKYO ELECTRON House of Creativity (東北大学知の館) 竣工 (2015 年)
	海外展開	Tokyo Electron (Kunshan) Ltd. 設立 (2011 年) Tokyo Electron Singapore PTE Ltd. 設立、NEXX, Inc. 買収、FSI, Inc. 買収、Magnetic Solutions Ltd. を買収 (2012 年) 蘭に持ち株会社、拠点統廃合も (2013 年) TEL Manufacturing and Engineering of America, Inc. (グループ会社合併) (2019 年) Tokyo Electron (Malaysia) Sdn. Bhd 設立 (2020 年)
	AMAT と統合 → 契約解消	AMAT と経営統合と発表 (2013 年) → 契約解消 (2015 年)
	海外連携開発 (2021 年)	蘭 imec-ASML 高 NA ラボで塗布現像装置連携開発
T (技術)	エッチング装置 生産 (2010 年)	東京エレクトロン宮城設立、エッチング装置生産

出所：各種資料より日鉄総研作成

3. 関連年表

4 期 (リーマン・ショックから現在まで) における工作機械、半導体製造装置に関連する PEST の動向を次頁にまとめた。

表 80 4期（リーマン・ショックから現在まで）における工作機械、半導体製造装置に関連する PEST の動向

トピック的な出来事	P: 政策・制度		E: 経済													S: 社会					T: 技術				
	工作機械関連	半導体関連	トピック的な出来事	一人当り GDP (current US\$)	一人当り GDP成長率	円ドル為替相場	原油価格 (\$/bbl)	自動車生産 (千台)	自動車輸出 (千台)	日本車の海外生産台数 (千台)	日本車の海外生産比率	工作機械生産額 (100万ドル)	工作機械生産額 (億円)	工作機械輸出額 (100万ドル)	工作機械輸出比率	半導体製造装置販売額 (億円)	半導体製造装置の輸出比率	世界市場における日本製半導体製造装置シェア (%)	人口 (千人)	人口増加率	65歳以上人口比率	携帯電話契約数 (千人)	インターネット利用人口比	工作機械関連	半導体関連
2009				41,309	-5.7	94	61.8	7,934	3,616	10,118	73.7	7,007	6,559	4,216	60.2	6,528	78.6	33.9	128,103	0.02	23.2	116,295	78.0	中国、ドイツの生産額が日本を抜く 中国の生産額は世界一に。以後、中国の世界一が続く 潘陽機床（中）、独自のNC装置の開発に成功 ※それまで中国製の工作機械に搭載されていたNCはすべて輸入品	半導体工場が急速にアジアにシフト
2010				44,968	4.1	88	79.0	9,629	4,841	13,182	73.1	11,971	10,511	7,517	62.8	12,415	79.1	32.2	128,131	-0.04	23.6	123,287	78.2		
2011			東日本大震災 (マグニチュード9.0、最大震度7)	48,760	0.2	80	104.0	8,399	4,464	13,384	75.0	18,327	14,625	11,563	63.1	12,637	78.0	37.2	128,079	-0.11	24.0	132,761	79.1		
2012	再生エネルギーの普及を促す制度として固定価格買取制度 (FIT) 開始			49,145	1.5	80	105.0	9,943	4,804	15,823	76.7	18,231	14,549	13,138	72.1	10,284	84.8	38.5	127,935	-0.13	24.6	141,129	79.5		エルピーダメモリ (日) 経営破綻
2013				40,899	2.2	98	104.1	9,630	4,675	16,757	78.2	12,035	11,746	10,183	84.6	11,278	80.8	33.4	127,772	-0.15	25.6	147,888	88.2		
2014				38,475	0.4	106	96.2	9,775	4,466	17,476	79.6	15,418	16,327	11,270	73.1	12,921	81.4	33.1	127,586	-0.17	26.5	157,857	89.1		
2015	COP21開催 (仏パリ) 2100年における地球温度の上昇を産業革命前対比2度以下の世界共通目標			34,961	1.7	121	50.8	9,278	4,578	18,095	79.8	13,963	16,895	9,300	66.6	13,089	77.3	30.6	127,368	-0.18	27.3	160,560	91.1		
2016			パリ・モーターショーで独ダイムラー社長が「CASE」について発言	39,375	0.8	109	42.8	9,205	4,634	18,879	80.3	12,569	13,676	7,602	60.5	15,642	83.7	31.2	127,134	-0.22	27.9	166,853	93.2		ASMLは露光装置分野で世界シェア約80% ASMLがEUV露光装置の量産機を出荷 (1台200億円)
2017	オバマ大統領 (米) 「オバマ・レポート」 米中ハイテク競争の発端		トヨタ自動車社長が「100年に一度の大変革の時代」と発言	38,834	1.8	112	52.8	9,691	4,706	19,742	80.8	13,387	15,021	8,388	62.7	20,436	82.3	30.1	126,854	-0.3	28.5	172,790	91.7		
2018	トランプ大統領 (米)、中国を対象に大規模な関税引上げ、中国はこれに対抗して報復関税 米國がEV規制強化			39,751	0.8	110	68.3	9,730	4,817	19,966	80.6	14,664	16,189	9,210	62.8	22,479	80.6	33.2	126,471	-0.34	28.9	179,873	88.7	中国の「ビッグファンド」(National Integrated Circuit Industry Investment Fund)、2017年末までに155億ドルを調達、うち9.5億ドルを半導体製造装置関連の株式に投資	
2019	新型コロナウイルスが発生 (中国・武漢市) 感染が拡大し、世界規模のロックダウンや入国制限、国際行事の延期や縮小など、人類が過去に経験していない事態に (2023年5月にWHOが国際的に懸念される公衆衛生上の緊急事態の宣言を終了)	日本政府、韓国に対する半導体材料輸出の厳格化		40,416	-0.3	109	61.4	9,684	4,818	18,850	79.6	13,133	14,315	7,950	60.5	20,730	81.7	30.9	126,041	-0.4	29.3	186,514	92.7	中国、日独に次ぐ世界3位の輸出国に 中国企業の露光装置は世界最先端に比して約9世代 (16年) 遅れ TSMC (台) EUVを7nm+に量産適用開始	
2020	バイデン政権 (米) 発足 「グリーンニューディール政策」 経済産業省「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」策定		テスラ (米) の株式時価総額がトヨタ自動車を上回る 半導体不足による精品遅れ (自動車、家電、医療など)	39,987	-4.0	107	41.3	8,068	3,741	15,377	80.4	9,289	9,921	5,675	61.1	23,835	82.6	28.2	125,543	-0.48	29.6	195,055	90.2	TSMC (台) EUVを5nm+に量産適用開始 中国が半導体製造装置市場世界一に	
2021	COP26開催 (英グラスゴー) 日本などは2050年までに温室効果ガス排出量をネットゼロにすることが目標	経済産業省「半導体・デジタル産業戦略」策定 「半導体支援法」成立 先端的な半導体生産拠点の国内整備を後押しするスキーム創設		39,827	2.6	110	69.1	7,847	3,819	15,463	80.2	10,544	11,577	7,162	67.9	34,430	86.3	30.2	124,947	-0.54	29.8	200,479	82.9		
2022	「経済安全保障推進法」成立 ロシア、ウクライナに軍事侵襲	米國、中国に対して厳しい輸出規制「10+7規制」を発表 ※中国の半導体産業を封じ込める措置 米OHPS法成立 →TSMC (台)、米アリゾナ進出と中国ファーウェイへの半導体供給停止を決定 経済産業大臣、JASM (TSMC、ソニー、デンソー合弁) による特定半導体生産施設整備等計画 (熊本県菊池町) を認定		33,815	1.5	132	97.1	7,835	3,813	16,962	81.6	10,458	13,752	7,164	68.5	39,222	85.5	27.2			29.9	207,648			

出所：各種資料より日鉄総研作成

V. 蓄電池製造装置産業への示唆

1. 工作機械・半導体製造装置・蓄電池製造装置の比較

今回実施した工作機械、半導体製造装置に係る調査結果、および日鉄総研がこれまで実施した調査で得てきた蓄電池製造装置に係る情報をもとに、まず工作機械・半導体製造装置・蓄電池製造装置（以下「3産業」）の機械・設備、業界構造、そして日本の3産業の特徴と経営環境、生産額・販売額、輸出比率について比較した。

(1) 3産業の機械・設備、業界構造の概要

3産業の業界構造について比較したのが下表である。

蓄電池製造装置は、主要生産国が中国という点では工作機械と共通しており、ユーザーが特定企業であり代替機種のパイプラインが低い点や、様々な装置・多様な要素技術が関与している点では工作機械・半導体製造装置と共通している。しかし、その他の点では工作機械、半導体製造装置とは異なる特徴を有している。

特に、工作機械、半導体製造装置の市場では確固たる地位を占めている欧米企業の存在感は蓄電池製造装置においては影が薄く、日本、中国、韓国の3か国によってほぼ占められている点が大きく異なっている。

表 81 工作機械、半導体製造装置、蓄電池製造装置の特徴（再掲）

	工作機械	半導体製造装置	蓄電池製造装置
ユーザー産業との取引構造	ユーザーは不特定多数 (機械産業を構成する様々な産業分野の部品生産に関わる膨大な数の製造業がユーザー) 代替機種の購買可能性あり	ユーザーは特定企業 (半導体メーカー) 代替機種の購買可能性低い	ユーザーは特定企業 (電池セルメーカー) 代替機種の購買可能性低い
産業内の競争環境	業界は過当競争 内需依存から外需依存に転換	業界は寡占状態 内需依存から外需依存に転換	国内は日本企業の寡占状態 内需は堅調だが外需も増加 海外は中韓が強い
製品特性	製品の生産機能はほぼ「主に金属の除去加工」	それぞれ求められる要素技術が異なる多種多様な装置群から構成	それぞれ求められる要素技術が異なる多種多様な装置群から構成（半導体製造装置ほどではない）
技術革新とユーザー企業との関連性	技術革新の主役は工作機械メーカー	ユーザーと装置メーカーが共同開発 半導体の微細化と大容量化の進展と共に開発投資が巨額化	技術革新は電池セルメーカーが主導

出所：加藤秀雄「外需時代の日本産業と中小企業：半導体製造装置産業と工作機械産業」（新評論、2015年）を参考として、日鉄総研作成

表 82 工作機械・半導体製造装置・蓄電池製造装置の業界構造

	工作機械	半導体製造装置	蓄電池製造装置
主要生産国	①中国、②ドイツ、③日本、 …⑥韓国、⑦台湾、⑧米国 (2020年)	米国50%、日本23%、欧州 21%、中国および韓国がそれ ぞれ3%	日本、韓国、中国
日本企業の特徴	性能、サービスで世界最高水 準 中位機から上位機種までカ バー 高い外需比率	1980年代に急成長 国内の半導体産業の衰退に伴 い外需に大きくシフト	中小・中堅企業を中心 特定の工程の装置製造に特化 高い内需比率（推測）
中韓台企業の特徴	世界最大の生産国だが世界的 メーカーを生み出せない中国 低～中機種で力を付けるも、 重要部品を日本に頼る韓国、 台湾	日米欧の装置を輸入し半導体 製造は急増するも、国産化で きた装置はわずかにとどまる	中国には全工程の装置を一貫 して担う大企業が登場 韓国は中国ほどではないが複 数工程の装置を製造する企業 あり
欧米企業の特徴	特定分野に強みを持つ中堅企 業が多いドイツ 世界最大だったが凋落した米 国	最先端のEUVリソグラフィ装 置を製造出来るのはASML (蘭)のみ サプライチェーンは米国およ びその同盟国がほぼ独占	欧米企業の関与は少ない

出所：各種資料より日鉄総研作成

また、企業規模についても、工作機械、半導体製造装置と蓄電池製造装置の間では違いがみられる。工作機械、半導体製造装置を製造する中小企業も少なくないが、業界には大企業が多く含まれるのに対し、蓄電池製造装置業界は大半が中小企業によって占められている。

(2) 日本の3産業の発展の背景

日本の3産業の発展の背景について整理したのが次頁の表である。

日本企業は、ユーザーのニーズに対応して業界に参入するに際して全くの素人の状態から参入したというわけではなく、ある程度の基礎となる技術を有していたという点、そして、内需中心から外需にシフトしていった点（蓄電池製造装置は現状では工作機械、半導体製造装置に比して内需の比率が高いものと思われるが、中国、韓国メーカーからの受注のシェアが高い企業は少なくない）では3産業は共通するが、その他は大きく異なる。

大きな相違点として以下の4点を指摘したい。

①中韓からのキャッチアップ

工作機械、半導体製造装置は日本が技術的に先行していた欧米に対しキャッチアップする形で技術開発を進めた。一方、蓄電池製造装置は最先端の技術を確立している日本が逆に中国、韓国に急速にキャッチアップされて両国の企業のシェア拡大を許してしまっている。

なお日本の工作機械産業、半導体製造装置産業が欧米へのキャッチアップを目指していた時期、大躍進政策（1957年～1962年）や文化大革命（1966年～1976年）で国内が混乱していた中国、朝鮮戦争（1950年～1953年）で破壊された経済の復興に専念していた韓国、

台湾海峡をはさんで軍事的に中国と緊張関係にあった台湾には、これらの産業振興に資源を投じる余裕に乏しく、その間に日米欧による技術革新が飛躍的に進み、彼らが製造装置の内製化を目指そうとした時には、すでに日米欧には容易にはキャッチアップできない壁ができてしまっていたことが考えられる。

しかし、蓄電池が情報通信産業のキーデバイスとして急速に重要性が増し始めた1990年代には、これらの国・地域はすでに工業化を成し遂げていた。このため技術的に先行していた日本へのキャッチアップも比較的容易となっていたことも、これらの国・地域によるキャッチアップの要因として指摘できる。

ただし、蓄電池製造装置の市場で中国、韓国のメーカーが急速に台頭した一方、台湾企業の名前はほとんど見出すことができない。台湾は半導体生産において世界でも有数の地位を確保している一方、装置や材料という上流分野は大きく輸入に頼っているが、産業競争力維持のために今後は上流分野の強化を目指すことが報じられている⁷⁵。このため蓄電池の分野でも同様に、上流分野の強化が台湾においても目指されようになるかもしれない。

②業界団体の役割

工作機械は日本工作機械工業会（1951年設立）が、半導体製造装置は日本半導体製造装置協会（1985年設立）が、それぞれ業界団体として情報収集・分析や、政策提言も含めた政府との情報共有の機能を果たし、業界の発展に貢献してきた。

蓄電池製造装置の場合、電池サプライチェーン協議会（2021年設立）の会員となっている製造装置メーカーもみられるものの、同会は、電池メーカー、部素材メーカー、資源商社が幹事企業を務めており、製造装置メーカーの業界団体とは言いにくい。

③通商産業省（経済産業省）からの支援

工作機械、半導体製造装置の市場がこれから拡大していこうとする時期に、タイミングよく通商産業省（経済産業省）が業界再編に向けた行政指導や巨額の資金を投じた支援を行い、これが新技術の開発をはじめとする日本企業の競争力の向上に繋がった。一方、蓄電池製造装置に対して経済産業省が本格的な支援策に乗り出したのは、すでに中国と韓国の企業が技術的に大きく日本企業にキャッチアップし、日本を圧倒するまでシェアを拡大した時期であった。

④米国との関係

工作機械と半導体製造装置は米国との貿易摩擦の影響を大なり小なり被った。一方、蓄電池製造装置の場合は米中の貿易摩擦により中国製の装置が米国市場に入りにくいことから、むしろ日本の蓄電池製造装置産業が米国市場において「漁夫の利」を得る可能性がある。

⁷⁵ JETRO「半導体サプライチェーンの上流強化を目指す台湾」（2021年6月21日）
<https://www.jetro.go.jp/biz/areareports/2021/dbd0fa7223039355.html>

表 83 3産業の発展の背景

	工作機械	半導体製造装置	蓄電池製造装置
基礎となる技術があった	戦時中、輸入が途絶えた工作機械をコピーして技術を蓄積	戦時中、輸入が途絶えた光学機械をコピーして技術を蓄積	繊維機械などの事業で塗布や裁断、捲回などの技術を蓄積
欧米から技術を学んだ	戦後復興期において日本は欧米の工作機械を輸入して対応する傍ら、技術提携により欧米の技術を吸収	戦後トランジスタの可能性に気付いた技術者たちが米国の技術を学んだ（当時の米国は先端技術を教えるのに寛容だった）	ほぼなし 1960年代以降、日本が電池の開発・生産で世界をリード
業界団体の役割	日本工作機械工業会（1951年設立） 情報収集・分析や、政策提言も含めた政府との情報共有の機能を果たし、業界の発展に貢献	日本半導体製造装置協会（1985年設立） 情報収集・分析や、政策提言も含めた政府との情報共有の機能を果たし、業界の発展に貢献	電池サプライチェーン協議会（2021年設立） 会員となっている製造装置メーカーもみられる ただし同会は、電池メーカー、部素材メーカー、資源商社が幹事企業を務めており、製造装置メーカーの業界団体とは言えない
通産省（経産省）による支援策	「機械工業振興臨時措置法」（1956年）などで業界を指導・支援	「超LSI技術研究組合設立」（1976年）に巨額の資金を投じるなど半導体産業を積極的に支援した結果、半導体製造装置の国産化に貢献	バッテリーメタルと蓄電池を戦略的物資として認識したのが2022年 製造装置にはようやく目を向けたところ
中国、韓国、台湾の状況	政治的な混乱などで日本にキャッチアップする余裕なし（1950年代～1960年代） その後工業化を成し遂げて廉価市場に参入して成功	政治的な混乱などで日本にキャッチアップする余裕なし（1950年代～1960年代） その後工業化を成し遂げて半導体産業に参入し成功するも、製造装置は技術的に難度が高く参入に苦戦	蓄電池が情報化社会のキーデバイスとなった頃には政府主導の工業化を成し遂げ、日本などからの技術も吸収 自国の電池産業の旺盛な需要に対応し装置の国産化が進展（※台湾は装置への進出が少ない）
競合相手との戦略の違い	NCの技術を米国は高級機に活用、日本のファナックは中小企業向けに活用	日本はボトムアップ型の開発、欧米はトップダウン型の開発	日本は工程ごとにニーズにあわせてカスタマイズ 中国、韓国は複数工程の装置をまとめて納入する傾向
米国の動き	日本の工作機械産業、および自動車産業の勃興を危険視、日米貿易摩擦	日本の半導体産業の勃興を危険視、日米貿易摩擦に その後、中国の勃興を危険視、技術流出を警戒し輸出管理を強化	インフレ抑制法（IRA）を始めとするサプライチェーンの国内立地促進と同盟国との協業を強力に推進（中国は外される方向）
市場	高度経済成長期に自動車をはじめとする旺盛な内需に対応貿易摩擦を回避するため外需が主流に	高度経済成長期にテレビなど家電、その後のPC、情報家電の旺盛な内需に対応 日本の半導体産業が衰退し、外需が主流に	自国の蓄電池メーカーのみならず、中国、韓国の蓄電池メーカーからの発注に対応

出所：各種資料より日鉄総研作成

(3) 日本の3産業の生産額・販売額

日本の工作機械の生産額と半導体製造装置の販売額の推移をみると、2015年までは似通った周期で大きく増減を繰り返しながら推移していたが、半導体製造装置は2016年以降に急増し、工作機械の生産額とはかけ離れた動きを示している。

蓄電池製造装置については生産・販売に関する統計が存在しない。しかし、蓄電池製造装置の生産額・販売額と比例するものと仮定して二次電池の販売額の動きをみると、工作機械、半導体製造装置のような激しい増減を経ることは無く推移していることがうかがえる。

二次電池の販売額の動きから、蓄電池製造装置は1980年代半ばから比較的緩やかに増加し続けていたのが、2019年から2022年にかけては増加のテンポが増していることが想像される。この動きは、高度経済成長期に差し掛かる時期の工作機械の生産額のそれに類似しており、世界のLIB製造装置の出荷額の将来の予測値からも、今後の蓄電池製造装置の生産額・販売額は当時の工作機械と同様に急テンポの増加傾向を示すものと思われる。

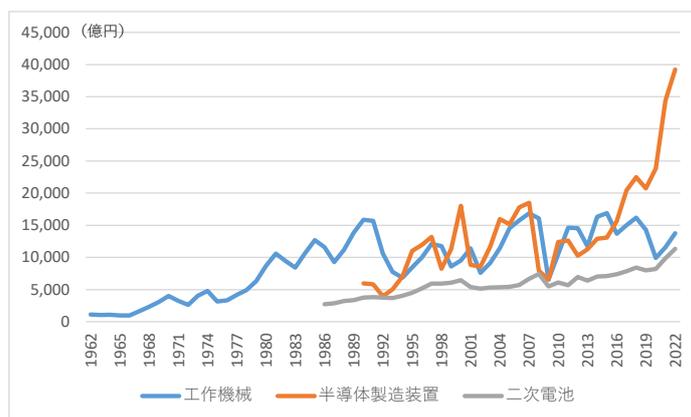


図 93 日本の工作機械の生産額、半導体製造装置と二次電池の販売額の推移

出所：日本工作機械工業会、日本半導体製造装置協会、日本電池工業会資料より日鉄総研作成



図 94 LIB製造装置の出荷額と対前年伸び率の推移と今後の予測

(注) Aは実測値、Eは推計値

出所：Interact Analysis社・グローバルインフォメーション共催セミナー「世界の電池製造業界動向の分析」(2024/1/23開催)プレゼンテーション資料より転載

(4) 日本の3産業の輸出比率

日本の工作機械と半導体製造装置はいずれも急速に外需への依存度を増しており、その主要なターゲットは中国をはじめとしたアジア諸国である。蓄電池製造装置の輸出データは得られないが、当社は経済産業省の委託調査⁷⁶にて実施した蓄電池製造装置メーカーを対象としたヒアリング調査を通じて、生産している装置の大半を中国や韓国に輸出している事例を複数確認しており、輸出比率は工作機械、半導体製造装置と同様に高まっており、今後はさらに日本の蓄電池メーカーの積極的な海外展開も予定されていることから、輸出に対するニーズはますます高まっていくと思われる。

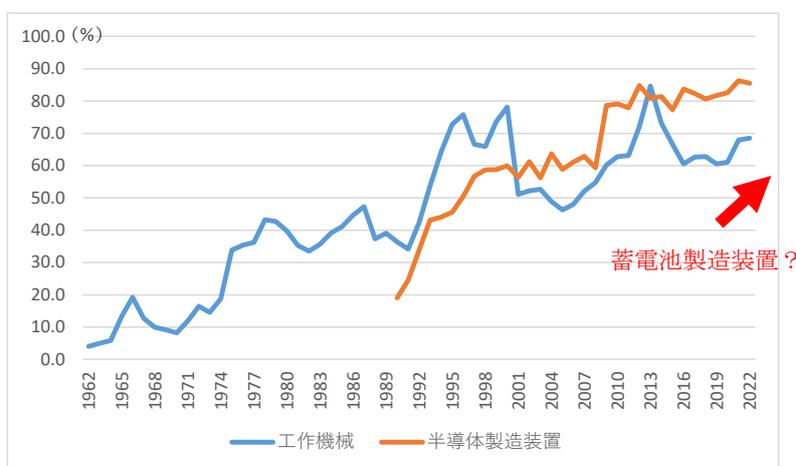


図 95 日本の工作機械と半導体製造装置の輸出比率

出所：日本工作機械工業会、日本半導体製造装置協会の資料より日鉄総研作成

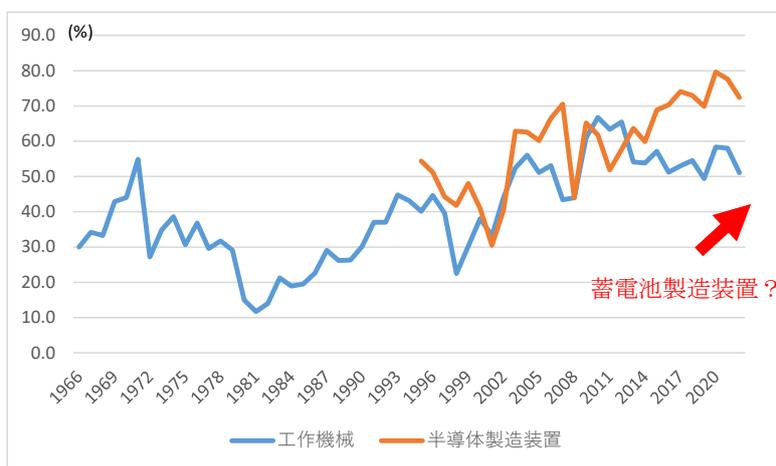


図 96 輸出先におけるアジア地域が占める比率

(注) 工作機械：韓国+中国+台湾+東南アジア、半導体製造装置：韓国+中国+台湾

出所：日本工作機械工業会、日本半導体製造装置協会の資料より日鉄総研作成

⁷⁶ 経済産業省「令和5年度重要技術管理体制強化事業（バッテリーメタル及び蓄電池製造装置に係る動向調査）」、経済産業省近畿経済産業局「令和5年度地域経済産業活性化対策調査事業（蓄電池製造装置サプライチェーン強化に向けた調査事業）」

2. 蓄電池製造装置への示唆

(1) 令和4年度機振協調調査にて指摘された課題について得られた示唆

昨年度に機械振興協会経済研究所が実施した「蓄電池による再エネ主力電源化に向けた LIB 製造装置産業の可能性に関する調査研究」(以下「昨年度調査」)では、日本の蓄電池製造装置産業の可能性と課題について、以下が指摘された。

表 84 日本の LIB 製造装置産業の可能性と課題 (令和4年度機振協調調査より)

可能性	①高い技術力と最適な製造装置開発での優位性 ②国内外の市場の高い成長性
課題	①急成長する LIB の市場の拡大と技術革新へのキャッチアップ ②海外市場の開拓 ③中韓の製造装置産業に対するベンチマーキング ④次世代 LIB 向けの製造装置開発への早期対応 ⑤政府による製造装置産業向けの支援制度の創設 ⑥製造装置メーカーによる業界団体の設立

出所：(一財)機械振興協会経済研究所「蓄電池による再エネ主力電源化に向けた LIB 製造装置産業の可能性に関する調査研究」令和5年3月(委託先：日鉄総研株式会社)より日鉄総研作成

昨年度調査で挙げられた6つの課題については、工作機械、半導体製造装置も過去に同様の対応を取ったことによって成功に繋がっている。当時の経済環境などは大きく異なるが、蓄電池製造装置産業は両産業の取組を参考としつつこれらの課題に対応していくことは有効であろう。

①急成長する LIB の市場の拡大と技術革新へのキャッチアップ

昨年度調査では、急成長する LIB の市場の拡大と技術革新にキャッチアップしていくことが必要であること、そのためには生産能力の拡充や研究開発、マーケティングの強化のために十分な資金と人材の確保が重要となることを述べた。

戦後復興期から高度経済成長期における市場の拡大と、NC という技術革新に挑み、世界市場において成功を収めた工作機械、そして、家電や PC、情報通信機器向けの半導体市場の拡大と、「ムーアの法則」に沿った半導体の集積度の飛躍的な発展に対し、技術革新のキャッチアップを怠らなかった半導体製造装置の取組は、参考になるものと思われる。

②海外市場の開拓

昨年度調査では、製造装置産業にとって海外市場開拓は重要な課題であり、海外市場の開拓に向けて、品質の高さに加えてユーザーニーズに対するきめ細かい対応という日本メー

カーならではの優位性を活かして営業展開していくことが有効ではないかと提言した。

工作機械は米国との貿易摩擦、半導体製造装置は内需の縮小が、それぞれ主な要因となって内需中心型産業から外需型産業に移行した。蓄電池製造装置産業は、貿易摩擦に直面しているわけではなく、また現況では国内での電池メーカーが設備投資を強化しており当面は内需の成長も期待できる。しかし、すでに外需が重要な市場となっていることを考慮すると、工作機械、半導体製造装置の外需シフトとアフターサービスの充実によるユーザーニーズの吸収は参考となるものと思われる。

③中韓の製造装置産業に対するベンチマーキング

昨年度調査では、中韓の製造装置産業の経営姿勢（生産能力の増強に向けた大規模投資や海外企業との戦略的な提携を急ぐなど、迅速で大胆な経営判断）、ビジネスモデル（大量生産によって低コストを実現するのみならず、広範な工程の製造装置の開発製造を行い製造工程全体の包括的なソリューションプロバイダーとなる）について注視し、必要に応じて自社に合うようにアレンジして取り入れていく（ベンチマーキング）ことの必要性を指摘した。

工作機械は欧米の、半導体製造装置は米国の、日本よりも先行していた技術をベンチマーキングして成功を収めた。蓄電池製造装置については、技術的にはまだ日本は中国、韓国よりも優れているのかもしれない。また、彼らの経営姿勢やビジネスモデルは日本企業にとっては異質かもしれないが、世界市場において優勢な地位にある中韓企業についてベンチマーキングすることは重要であるものと思われる。

④次世代 LIB 向けの製造装置開発への早期対応

昨年度は、実用化が期待されている次世代型の全固体 LIB について、世界に先駆けて量産装置を開発してシェアを確保するために、研究開発に積極的に参加して必要な技術に係る情報を入手することの必要性を指摘した。NC 装置の開発に早期に対応して成功した工作機械、先進的な露光装置の開発にいち早く取り組み成功した半導体製造装置の取組は、蓄電池製造装置にとっても参考となるものと思われる。

⑤政府による製造装置産業向けの支援制度の創設

工作機械については、1950年代の工作機械等試作補助金制度（国産化未開発機械機種の高精度工作機械の試作に対する補助金、1953年～1955年）、工作機械等を製造する中小企業の育成を目的とする機械工業振興臨時措置法（1956年～1970年）、金属工作機械製造合理化基本計画（1957年）といった、1950年代の国の支援策が、後の工作機械産業の発展に大きく貢献した。半導体製造装置に対しては、直接的な国の支援策は講じられなかったが、通産省の後押しによって設立された超 LSI 技術研究組合（1976～79年）の研究開発から先進的な露光装置などの成果がもたらされ、結果的に半導体製造装置の大幅な国産化に繋がったことは強調されるべきであろう。

昨年度調査では製造装置産業向けの支援制度の創設を提言し、経済産業省も電池産業室が令和6年1月31日から2月29日にかけて「蓄電池に係る安定供給確保を図るための取組方針改定（案）」において蓄電池製造装置メーカーを対象に設備投資の一部を補助する新制度案を公表し、意見募集を行ったところである。しかしながら、工作機械、半導体製造装置に係る通産省の支援策がもたらした成果を考慮すると、例えば全固体 LIB の研究開発など、国のさらなる支援の強化が期待されるところである。

⑥製造装置メーカーによる業界団体の設立

昨年度調査では、①～⑤の課題の解決策を講じていく上では、蓄電池製造装置産業の企業の声を集約することに加え、需要動向などに関する情報収集・分析や、政策提言も含めた政府との情報共有の機能を、蓄電池製造装置業界として保有することが有効であるものと考えられた。このため、競争力強化のためにも、政府に対して業界の声を届けていくためにも、製造装置メーカーによる業界団体の設立の必要性を提言した。

わが国の工作機械、半導体製造装置の歴史を辿ると、日本工作機械工業会と日本半導体製造装置協会が、情報収集・分析や、政策提言も含めた政府との情報共有の機能を果たし、業界の発展に貢献してきたのみならず、業界の地位向上において大きな役割を果たしてきたことがうかがえる。

(2) 今回調査で新たに得られた蓄電池製造装置に対する示唆

工作機械、半導体製造装置の歴史から得られた蓄電池製造装置産業への示唆は、昨年度調査で指摘された6つの課題に概ね沿っているといえる。

以下では、今回調査で新たに得られた蓄電池製造装置に対する示唆として、「デジタル技術の活用」、「装置の標準化の検討」について述べたい。

① デジタル技術の活用

(ア) 工作機械のデジタル技術の活用

ものづくりへのデジタル技術の活用は、おそらく工作機械のNC化を端緒とするものと思われる。工作機械のNC化の進展によって、切削加工の現場では職人の技に頼る場面は大きく減少し、また研削や旋盤などの複数の機能を1台の工作機械に統合することも可能となった。

「ムーアの法則」に沿ったコンピュータの性能の飛躍的な向上は、NC工作機械の価格低減と性能向上、操作性の向上、そして切削加工の現場の大幅な生産性向上に繋がった。さらにもものづくりのデジタル化は加工部門だけでなく、設計部門、検査部門などでも進展、インターネットを利用した遠隔保守などネットワークへの対応も進展している。このNC化をはじめとするデジタル技術の活用で世界に先行したことが、現在の日本の工作機械業界の確固たる地位に繋がっているものと思われる。

(イ) 半導体製造装置のデジタル技術の活用

また、半導体製造装置もデータ活用とともに進化してきたと言っても過言ではない。装置には多くのセンサーが付いており、収集したデータを解析して半導体プロセスの精度向上や生産性向上に応用されている。

半導体製造装置におけるデータ活用の歴史は古く、センサー情報から仮想的にプロセス加工結果を予測するVirtual MetrologyやFDC (Fault Detection & Classification) などの取り組みは20年近くにわたっている⁷⁷。またネットワーク化への対応も早く、装置をネットワークでつないでデータを分析、管理する仕組みが構築されており、装置本体や周辺のサーバーや端末などのソフトウェアが必要とされている⁷⁸。さらに、昨今ではAIチップが半導体製造装置に搭載され、歩留まりや生産スピードを改善する原動力、更にはこれまで人間では改善できなかった開発課題の解決や、新材料の発掘といった用途でも期待されている⁷⁹。

⁷⁷ 東京エレクトロン「半導体製造装置とデータ活用の歴史」(2018.11.26)

https://www.tel.co.jp/rd/highlights/20181126_001.html

⁷⁸ エンジニア type「半導体製造装置は“マルチタレント時代”に突入。澤田が東京エレクトロンに聞く「エンジニアが半導体業界で働く」って実際どう？」2022.09.02

<https://type.jp/et/feature/20325/>

⁷⁹ SEMI-NET「半導体製造装置へのAIの応用」

<https://semi-net.com/feature/posts/semiconductoreqai>

(ウ) 蓄電池製造装置のデジタル技術の活用の課題

一方、蓄電池製造装置については、デジタル技術の活用は、工作機械、半導体製造装置に比して見劣りすると言わざるを得ない。たとえば、蓄電池製造装置の重要な要素技術は、「ウェブハンドリング技術」という薄くて柔軟な素材を搬送し塗布や乾燥などの工程を経て製品に仕上げる技術であるが、依然としてその制御は勘と経験に頼る部分が大きく、デジタル技術を活用することで取得したデータを搬送条件等の最適化に繋げることが課題となっている⁸⁰。

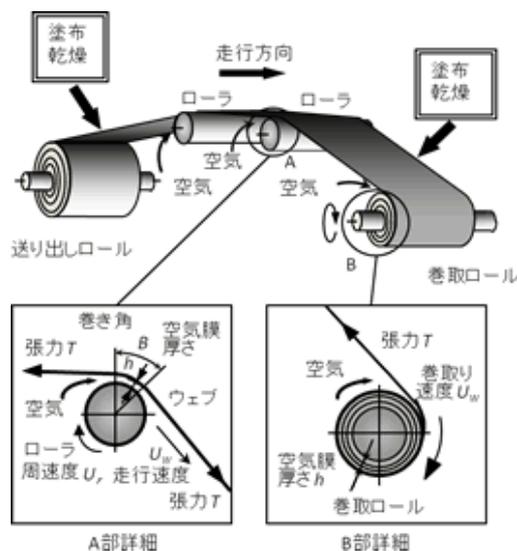


図 97 ウェブハンドリング技術の概要

出所：橋本巨「入門ウェブハンドリング」（加工技術研究会，2010）より転載

日本の蓄電池製造装置業界にとって強力な競合相手となっている中国の蓄電池製造装置メーカーの中には、デジタル技術の積極的な活用をホームページ上で強調しているところも見られる。日本の蓄電池製造装置業界が競争力を高めていく上では、工作機械、半導体製造装置の成功に倣い、デジタル技術の活用に挑んでいくことが重要であるものと思われる。前項において、製造装置メーカーによる業界団体の設立の必要性を提言したが、この業界団体に、デジタル技術の活用について会員間での情報交換や共同研究を行う「技術部会」を設けることも有効であるものと考えられる。

⁸⁰ ウェブハンドリング技術研究会 砂見雄太会長（東海大学工学部准教授）のコメントより

②装置の標準化の検討

(ア) 工作機械の標準化

工作機械の標準化の歴史は古く、日本でも戦前から規格が定められている。

例えば昭和6年(1931年)7月に発行された日本機械学会の「機械學會誌」では、工作機械規格制定委員会が万能ミリング盤と堅ミリング盤の、①呼称寸法、②設計構造、③工作、④材料、⑤寸法及数値、⑥附属書類、⑦精度、⑧運転試験、について規格を制定したことが報告されている。参考までに以下に当時の工作機械規格制定委員会が定めた「堅ミリング盤標準精度」を示す。

堅ミリング盤標準精度

検査事項	許容誤差 (300 mm = 付 mm)	
	第一種	第二種
(1) 主軸中心線ト主軸 テーバー 孔ノ中心線トノ偏倚程度	0.02	0.04
(2) テーブル 上面ノ真直程度	前後	0.025
	左右	0.025
(3) 主軸中心線ト テーブル 上面トノ直角程度	前後	0.025
	左右	0.025
(4) テーブル 上面ト ニー ノ運動トノ直角程度	前後	0.025
	左右	0.025
(5) 主軸 ヘッド ノ運動ト テーブル 上面トノ直角程度	前後	0.025
	左右	0.025
(6) テーブル ノ運動ト其ノ上面トノ平行程度	前後	0.02
	左右	0.02
(7) テーブル ノ左右運動ト テーブル ノ溝トノ平行程度	0.025	0.05
(8) テーブル ノ前後運動ト テーブル ノ溝トノ直角程度	0.025	0.05
(9) テーブル ノ送り螺桿 ねじ ピッチ ノ誤差	0.035	0.06
(10) 圓 テーブル 上面ノ真直程度	0.025	0.05
(11) 圓 テーブル 上面ト其ノ回轉軸トノ直角程度	0.02	0.04
(12) 圓 テーブル 上面ト主軸中心線トノ直角程度	0.025	0.06

備考 1. 精度検査=於テ 0.005 mm 未満ヘ之ヲ零ト見做ス
2. 精度検査=使用スル試験桿ハ主軸ノ心孔ニ合致スル テーバー ヲ備ヘタル支端ヲ有シ、之ニ近キ部ニ始マリ他端マデ 300 mm ノ長ヲ有スル圓筒形ノモノトス

図 98 日本機械学会 工作機械規格制定委員会が昭和6年(1931年)に定めた「堅ミリング盤標準精度」

出所：日本機械学会「工作機械規格制定委員会第3回報告」より転載
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsmemagazine/34/171/34_KJ00001470081/_pdf

その後も、工作機械に関する規格化は絶え間なく行われ、現在では国際的な標準である国際規格 (ISO) 並びに日本国内の工業標準である日本工業規格 (JIS) が主としてあるほか、団体規格として日本工作機械工業会規格 (MAS) が用いられている。

(イ) 半導体製造装置の標準化

半導体製造は技術世代ごとに広範な要素技術を統合することが求められるが、1970年代～1980年代には、技術世代の選択は投資戦略に応じて各社ばらばらに行われていた。しかし、半導体デバイスを作成する工程・装置が複雑多岐であり1社だけで全てのプロセスの統合を行うことが困難になったことなどから、1990年代より半導体製造の標準化が求められるようになった。

特に1994年になり次の技術世代(300 mm 世代=12 インチ世代)が議論されるように

なると、種々のコンソーシアム、アライアンス、イニシアチブが結成され、半導体製造装置企業のコンソーシアムの SEMI が中心となって、ウェーハ口径や製造装置間でやりとりするパラメータなどについて 300 mm ラインの標準化が進められ、1998 年に完成した⁸¹。この業界自主的な国際基準である SEMI 規格ができたことによって、エレクトロニクス製造技術の標準化が加速し、製造の自動化が進み、基準に適合する製品が安全性の目安となり、品質も保たれるようになっている⁸²。また、半導体工場のオペレーションノウハウを十分に持っていない新興国の半導体企業が成長する契機となったとの指摘も見られる⁸³。

JIS (日本工業規格) でも、2009 年に第 1 版として発行された IEC (国際電気標準会議) 60204-33 を基に、半導体製造装置の電気的安全に関する要求事項を規定する JIS B 9960-1 (機械類の安全性－機械の電気装置－第 33 部:半導体製造装置に対する要求事項)が 2012 年に発行されている⁸⁴。

(ウ) 蓄電池製造装置

電池については下表に示すように安全性や試験方法などに関する多くの JIS 規格が発行されているが、蓄電池を含む電池の製造装置については規格が定められていないのが現状である。例えば電池の製造では、塗布、圧延、捲回といった工程で多くのローラーが用いられるが、これらの幅や直径は装置によって仕様がすべて異なっているという⁸⁵。

標準化は、日本企業の競争相手である中国企業、韓国企業が日本市場に参入するための門戸を広げる可能性もありえる。しかしながら、中小企業によって支えられている日本の蓄電池製造装置業界の生産性の向上を図るうえでは、装置を構成する部素材や精度、試験方法などの規格についても検討する必要があるものと思われる。

⁸¹ 立本, 2017

⁸² 露光装置 Perfect Guide 「半導体業界で注目される「SEMI 規格」とは？」
<https://www.exposure-equipment.com/knowledge/semi-standard.html>

⁸³ 立本, 2017

⁸⁴ https://webdesk.jsa.or.jp/preview/pre_jis_b_09960_033_000_2012_j_ed10_ch.pdf

⁸⁵ ウェブハンドリング技術研究会 砂見雄太会長 (東海大学工学部准教授) のコメントより

表 85 電池に関する JIS 規格の一覧

規格番号	規格名称	規格番号	規格名称
C4402	浮動充電用サイリスタ整流装置	C8711	ポータブル機器用リチウム二次電池
C8500	一次電池通則	C8713	密閉形小型二次電池の機械的試験
C8513	リチウム一次電池の安全性	C8714	携帯電子機器用リチウムイオン蓄電池の単電池及び組電池の安全性試験
C8514	水溶液系一次電池の安全性	C8715-1	産業用リチウム二次電池の単電池及び電池システム 第1部：性能要求事項
C8515	一次電池個別製品仕様	C8715-2	産業用リチウム二次電池の単電池及び電池システム 第2部：安全性要求事項
C8702-1	小形制御弁式鉛蓄電池 第1部：一般要求事項、機能特性及び試験方法	C8972	太陽光発電用長時間率鉛蓄電池の試験方法
C8702-2	小形制御弁式鉛蓄電池 第2部：寸法、端子及び表示	G62133-1	ポータブル機器用二次電池の安全性－第1部：アルカリ蓄電池
C8702-3	小形制御弁式鉛蓄電池 第3部：電気機器への使用に際しての安全性	G62133-2	ポータブル機器用二次電池の安全性－第2部：リチウム二次電池
C8704-1	据置鉛蓄電池一般的要求事項及び試験方法 第1部：ペント形	D5301	始動用鉛蓄電池
C8704-2-1	据置鉛蓄電池 第2-1部：制御弁式 試験方法	D5302	二輪自動車用鉛蓄電池
C8704-2-2	据置鉛蓄電池 第2-2部：制御弁式 要求事項	D5303-1	電気車用鉛蓄電池 第1部：一般要件及び試験方法
C8705	ポータブル機器用密閉型ニッケル・カドミウム蓄電池（単電池及び組電池）	D5303-2	電気車用鉛蓄電池 第2部：種類及び表示
C8706	据置ニッケル・カドミウムアルカリ蓄電池	D5306	アイドリングストップ車用鉛蓄電池
C8708	ポータブル機器用密閉型ニッケル・水素蓄電池（単電池及び組電池）	F8101	船用鉛蓄電池
C8709	シール形ニッケル・カドミウムアルカリ蓄電池		

出所：（一社）電池工業会ホームページより日鉄総研作成

<https://www.bai.or.jp/publication/books03.html>

(禁無断転載)

23-11-1

わが国における蓄電池製造装置産業の形成条件
—既存産業の時系列的 PEST 分析を踏まえて—
調査報告書

令和6年3月

一般財団法人 機械振興協会 経済研究所
委託先:日鉄総研株式会社

〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5番8号
TEL: 03-3434-8251
<http://www.jspmi.or.jp>

© JSPMI-ERI 2024