

# 1990年代の半導体産業

## ——逆転と再逆転の論理——

藤田 実

(桜美林大学)

### はじめに

半導体はコンピュータや通信機器、オーディオ機器といった製品だけでなく、家電、自動車や産業用機器の制御機器などあらゆるエレクトロニクス機器に組み込まれており、その意味で「産業のコメ」と言われる。

半導体の産業化はトランジスタを発明したショックレーが1954年にアメリカのカリフォルニアのパロアルト（現在のシリコンバレー）に半導体研究所を、ショックレー半導体研究所からスピアウトしたノイス（のちにプレーナーICを開発した）らが、1957年にフェアチャイルドの出資でフェアチャイルド半導体を設立したのに始まる。このような半導体産業の歴史的展開からもわかるように、半導体は自動車と並んでアメリカを発祥とし、そこで大きな展開をとげた産業である。

また半導体の開発・量産化は冷戦対抗との関わりを抜きに語ることはできない。1960年代初期のミニットマン・ミサイル計画は、ICの使用を前提としていたから、それによってICの量産化の土台が作られたからである。（ダニエル・沖本、菅野卓雄、F・B・ワインスタイン [1985] 15ページ）そしてそれ以後もICは軍事兵器や設備に必須のエレクトロニクス部品であり続けている。

さらに1980年代から急速に進展するダウンサイジング化、90年代からのネットワーク化などME・情報革命を支える基軸的産業の一つである。

ICに搭載される素子数は、「約1.5年で2倍に増える」というムーアの法則で知られるように、IC産業は技術革新が激しい産業である。したがってICの開発・量産化をめくっては、国家的な支援を交えて国家間・企業間で激しい競争が繰り広げられてきた。競争力を市場シェアで見れば、1980年代半ばの日米逆転、1990年代の日米再逆転と韓国・台湾の躍進という変転を見せている。

ただし半導体ICといっても多様な種類があり、構造的にはMOS（Metal Oxide Semiconductor）型ICが主流（とくに現在ではCMOS）である。MOS型ICは構造が比較的簡単で高集積化しやすく、消費電力が低いという特徴がある。MOS型ICは機能面からはメモリー（記憶素子）とロジック（論理素子）に分かれる。メモリーは情報の記憶を担う半導体で、自由にデータの読み書きができるRAMと読み出し専用のROMがある。とくにDRAMは構造が単純で高集積化・大容量化がしやすく、製造コストが低いため、PCの主記憶に用いられている。80年代の日米逆転の主戦場になったのがこのDRAMである。ロジックは演算処理を行う半導体で、PCの演算処理を担当するCPU（中央処理装置）やASIC（特定用途向けIC）、ゲートアレイなどに分けられる。とくにパソコン用のCPUはアメリカのインテル（Pentiumなど）やIBM、モトローラ（PowerPC）が独占的地位にあり、これが90年代の日米再逆転の一つの要因になっている。ASICはユーザーの仕様に合わせてつくられる特定用途向けの半導体であるが、日本

ではロームが高いシェアを有し、NEC、日立、東芝などが半導体不況で苦しんでいた時期でも、堅実な業績を上げていた。

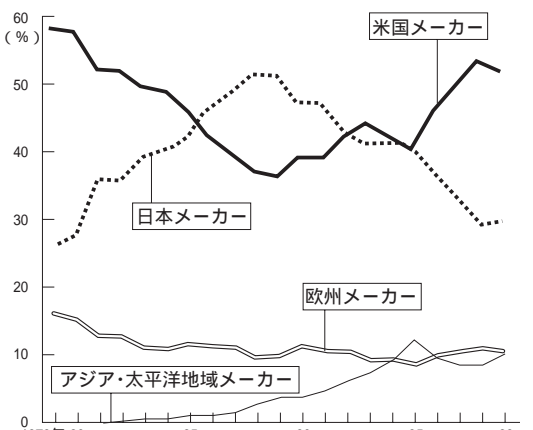
このように多様な半導体のなかで、本稿はとくにDRAMとCPUを対象に80年代と90年代における日米間の競争のダイナミズムを分析しようとするものである。その際、焦点は半導体産業の生産構造の特質と産業政策におき、その視角から80年代と90年代の日本半導体産業の逆転・再逆転の論理を探ることを課題とする。

## 1 80年代における日米逆転の論理

### (1) 半導体ICの量産化による日米逆転

アメリカの半導体産業は、1970年代までは核ミサイル開発に伴う政府調達かコンピュータ企業における自社消費用という販路保障のもとで成長を遂げてきた。しかしICのLSI化(1968年・米)や超LSI化(1977年・日本)は、VTRやワープロ、ヘッドフォンステレオに代表される新しい民生用エレクトロニクス機器の開発・量産化を促すとともに、民生用エレクトロニクス機器の生産拡大につれて半導体ICに対する需要を爆発的に増大させることになった。半導体ICの需要基盤が民生用エレクトロニクスに移ると、そこでの競争力は低コスト量産体制の確立に左右されることになる。低コスト量産体制の確立には歩留まりの向上が条件となるが、そのため

図1 地域別半導体メーカーの出荷額シェアの推移



(出所) 日本カートナグループ データクエスト調べ(2000年5月時点)

には全社的な、いや系列の協力企業も含めた全社的な品質管理が必要となる。この点では、IC、とくに構造が簡単で低コスト生産が可能なDRAMの生産は60年代にTQC(全社的な品質管理)を導入して以来、品質管理運動を展開していた日本企業に適合的であった。

こうして民生用エレクトロニクス機器の量産化を通じて、半導体ICの量産化軌道が成立し、日米逆転がもたらされたのである。すなわち1970年代は7割近いシェアを誇っていたアメリカは、1980年代に入ると急速にシェアを低下させ、1986年にはアメリカが39.8%であるのに対し、日本が47.6%と日米のシェアが逆転し、1988年には日本は51%と世界市場の過半を占めるまでになった。(図1) その結果、半導体企業ランキングで、1986年から1991年まではNEC・日立・東芝が上位三位を独占したほか、十位以内に富士通・三菱電機・松下電子がランキングされ、最大で6社が10位以内に入るといった状況を見せた。(表1) まさに「電子立国」日本の誕生である。

### (2) 80年代における日米逆転の論理<sup>1)</sup>

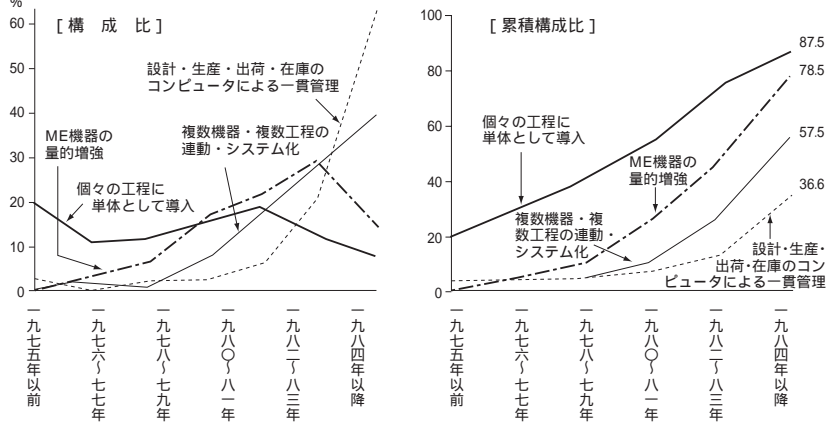
80年代に日米逆転を可能にした要因としては、次のような要因が指摘されている。まず経営類型の違いである。すなわちアメリカは半導体専門メーカーであるのに対し、日本は総合電機メーカーが半導体も製造しているが、これは資金調達面でアメリカの半導体専門企業よりもはるかに有利である。なぜなら、半導体の開発・量産化にあたって巨額の開発費用が必要になるが、日本の場合、その資金を他の部門から調達できるメリットがあるからである。需要面では、アメリカの場合には軍需中心であるのに対し、日本では民生需要中心であり、これは低コストでの生産を実現する圧力になったというものである。第三にアメリカではコスト削減のために、後工程を海外に移転したが、それは品質の悪化を招き、アメリカ製の半導体の信頼性の低下につながったと言われている。これに対して、日

表1 世界の半導体企業のシェアの推移

1982年		1989年		1993年		1999年	
TI	8.7	NEC	7.7	インテル	9.3	インテル	15.9
モトローラ	8.1	東芝	7.4	NEC	7.2	NEC	5.5
NEC	7.2	日立製作所	6.2	モトローラ	7.0	東芝	4.5
日立製作所	5.9	モトローラ	5.5	東芝	6.7	サムスン電子	4.2
フィリップス	4.8	富士通	4.8	日立製作所	5.9	TI	4.2
東芝	4.7	TI	4.8	TI	4.8	モトローラ	3.8
ナショナル・セミ	4.2	三菱電機	4.3	サムスン電子	3.6	日立製作所	3.3
インテル	3.1	インテル	4.2	富士通	3.4	インフィニオン	3.1
富士通	3.0	松下電子	3.1	三菱電機	3.3	STマイクロ	3.0
松下電子	2.8	フィリップス	2.8	IBM	2.9	フィリップス	3.0

(出所) データクエスト

図2 ME自動化の時期別到達段階



(出所) 電機労連「ME技術が雇用と労働に与える影響に関する第二次調査」(『調査時報』237号)

本では生産過程の自動化をすすめることによって、低コストと品質の確保という問題をクリアしたのである。

半導体生産における自動化という点では、1970年代末までは、「ME機器の量的増強」の段階にあったが、70年代末から「複数機器・複数工程の連動・システム化」が始まり、さらに82~3年ごろより「設計・生産・出荷・在庫のコンピュータによる一貫管理」いわゆるCIMの導入が開始されるようになった。(図2) 電気連合の調査では、通信・情報と並んで、電子部品の職場では「コンピュータによる一貫管理」が普及している。(電機労連[1987]) 製造工程へのCIMの導入コスト自体は巨額であるが、大量生産が続くかぎり「低コスト」での生産が可能となる。<sup>2)</sup>

自動化による低コストと品質の確保という問題は、アメリカと日本の64KDRAMのコスト比較をみれば一目瞭然となる。(表2) すなわち日本企業は厳密な純度基準を採用しているため、原材料費が高く、また自動化を推し進めているため、資本費も高く、日本のウエハーコストはアメリカよりも1.2倍も高い。また良品チップ1個当たりコストはアメリカ0.96ドルに対し、日本は0.85ドル、組立完了品1個当たりコストはアメリカの1.40ドルに対し、日本は1.32ドルと、ここでも差はわずかである。しかしウエハー検査歩留まりではアメリカの40%に対し、しかし日本は52%、累積歩留まりではアメリカの23%に対し、日本は38%と、いずれも歩留まり率が高くなっている。その結果、最終売価がアメリカの3.64ドルに対し、日本は3.17ドルと低価格になり、

表2 アメリカと日本の64KDRAMコスト比較

## A. ウエハー・コストの構成要素 (ウエハー1枚当りドル)

	アメリカ	日本
1. 原材料費	\$ 32	\$ 49
2. 資本費 (減価償却)	29	37
3. 人件費	24	20
合計	\$ 85	\$ 106
日本ウエハー・コスト ÷ アメリカ = 1.25		

## B. 工場コストの決定要因

	アメリカ	日本
1. ウエハー・プロセスコスト	\$ 85	\$ 106
2. ウエハー・プロセス歩留り	80%	95%
3. 良品ウエハー1枚当りコスト	\$ 106	\$ 112
4. チップサイズ (mil <sup>2</sup> )	35100	38600
ウエハー1枚当り理論収量	313	280
5. ウエハー・検査コスト	\$ 14	\$ 12
テスト済みウエハー1枚当りコスト	\$ 120	\$ 124
6. ウエハー検査歩留り	40%	52%
7. 良品チップ数	125	146
8. 良品チップ1個当りコスト	\$ 0.96	\$ 0.85
9. 組立てコスト	\$ 0.20	\$ 0.40
10. 組立て歩留り	90%	95%
11. 組立て完了品1個当りコスト	\$ 1.40	\$ 1.32
12. 最終検査コスト	\$ 0.20	\$ 0.20
13. 最終検査歩留り	80%	80%
14. 最終製品1個当り工場コスト	\$ 2.00	\$ 1.90
15. 累積歩留り	23%	38%
良品数	72	106
16. 粗利益	45%	40%
17. 最終売価	\$ 3.64	\$ 3.17
18. 総収益	\$ 262	\$ 336

(出所) B.R. スコット / G.C. ロッジ 『日本の脅威、アメリカの選択1』  
393ページ

総収益もアメリカの262ドルに対し、336ドルとはるかに高い収益を上げることができたのである。

しかし日米逆転の要因は以上の要因につきるわけではなく、産業政策と下請け企業の活用という問題も指摘しなければならない。

80年代の日米逆転に大きく寄与した産業政策として、第一に指摘しなければならないのは超

LSI技術研究組合の存在である。これは当時の代表的なメインフレーム・コンピュータIBM 370の後継機種 < Future System > の開発の動きに刺激され、次世代コンピュータ開発の中核となる超LSIの開発のため、富士通・日立・三菱グループと日本電気・東芝グループからなる技術研究組合が組織され、76年度から4年間に291億円が政府補助金として交付されている。超

LSI技術研究組合は、組合の下部組織である共同研究所が微細加工技術、結晶技術などの基礎技術の開発を担当し、各企業グループの研究所がコンピュータのアーキテクチャや製造技術を担当するという分業方式で進められた。共同研究所は通産省工業技術院電子技術総合研究所からの研究員とメンバー各社からの研究員とから構成され、企業の秘密保持のため、企業ごとに研究グループが構成された。その成果として超微細加工用の電子ビーム露光装置の開発など微細加工技術の開発に大きく寄与し、80年代のDRAM領域での日米逆転に結びついていった。

自動化と並ぶもう一つの生産システム上の優位性は下請け企業の活用である。半導体産業は一見すると超微細加工を要する先端産業であるだけに、生産工程もすべて大企業が担っているかのように考えられやすい。しかし半導体産業も、他の産業と同じく生産に関わる下請け企業を活用している。それは半導体生産の場合、大きくはシステム設計とパターン設計、製造、評価試験に分けられるが、製造プロセスはマスク製作、酸化イオン注入、アルミ配線の前工程とパッケージ組立の後工程に区分できる。前工程は超微細加工（16Mで0.5 $\mu\text{m}$ 、64Mで0.35 $\mu\text{m}$ 、256Mで0.25 $\mu\text{m}$ ）を必要とするため、世代交代のたびに巨額の設備投資額が必要となる。<sup>3)</sup>そのため半導体の製造に参入できる企業は巨額の設備投資額を調達できる巨大企業に限られる。

しかしシリコンウエハーからチップを切り離し、パッケージングする後工程は単純な工程であるため、下請け企業が担当する場合が多い。例えば、1970年創業の九州日電にはICの組立・検査を担当する下請け会社が九州電子をはじめ5社存在している。また67年創業の三菱電機熊本工場には8社の下請け企業が存在している。

後工程を下請け企業に担当させるのは、前工程と比べて相対的に労働集約工程であるため、賃金コストが比較的高い親企業に担当させたのではコストパフォーマンスが悪くなるためである。

こうして自動化が進展し、資本集約的である前工程は親会社である大企業が担当し、労働集約的である後工程は下請け企業が担当することで、コストパフォーマンスを高めようとしているのである。また半導体産業では、シリコンサイクルと呼ばれる需給変動があるため、バッファとしての役割を下請け企業が担っているのである。

さらに労使一体となつての品質向上に努めたことも日米逆転に大きな役割を果たした。例えば半導体の製造工程では徹底したゴミの排除が行われるが、三菱電機の西条工場では製造ラインに入室前に入浴が義務づけられたが、組合もそれに協力したという。（相田洋 [1992] 340～341ページ）

このような要因によって、日本の半導体産業は日米逆転に成功し、80年代の「電子立国＝日本」の基盤を形成したのである。

## 2 90年代における日米再逆転

### (1) 90年代における日本半導体産業における生産停滞

日本の半導体産業は1986年にアメリカと逆転した後、80年代の後半にはいわゆるバブル景気にのり、全世界の生産高の過半数を占めるまでになった。しかし91年のバブル崩壊後、日本の半導体産業は一転してシェアを低下させ、1992年には日米再逆転といわれる事態を迎えることになった。（図1）また半導体ランキングに表れているように、80年代にはNEC、日立、東芝など日本企業が上位を独占していたが、92年以後はインテルが首位を占め、99年には韓国のサムスン電子が4位にランクされる一方、99年には富士通、三菱電機、松下電子などの日本企業がランク外になるなど、企業ランキングでも大きく様変わりするようになった。（表1）

集積回路の生産額も92年には11.6%も減少したほか、モスメモリは96年から3年連続で減少するなど、90年代は不安定な動きを示すことになった。また95年からの超円高をうけて輸入額

表3 日本半導体産業の生産と輸出入の推移

(単位 億円)

	生産				輸出	輸入	輸出指数
	半導体総計	うち集積回路	MOSメモリ	メモリ比率			
1985年	22,453	16,774	5,889	35.1%	5,818	1,654	0.56
1986年	21,638	16,113	5,161	32.0%	5,231	1,461	0.56
1987年	23,037	17,419	5,701	32.7%	5,924	1,627	0.57
1988年	28,931	22,639	9,210	40.7%	8,457	2,257	0.58
1989年	33,558	27,033	10,877	40.2%	11,478	3,102	0.57
1990年	33,828	26,728	9,173	34.3%	11,013	3,754	0.49
1991年	36,414	28,798	9,578	33.3%	11,120	4,072	0.46
1992年	32,144	25,458	8,927	35.1%	12,506	3,877	0.53
1993年	33,628	26,917	9,543	35.5%	14,525	4,697	0.51
1994年	38,350	30,940	11,488	37.1%	18,675	6,193	0.50
1995年	45,650	36,866	14,712	39.9%	24,492	10,167	0.41
1996年	45,007	36,539	13,289	36.4%	24,049	12,744	0.31
1997年	47,631	38,435	10,297	26.8%	24,335	13,364	0.29
1998年	43,535	34,629	8,184	23.6%	17,081	9,308	0.29
1999年	46,696	37,150	8,853	23.8%	23,074	13,553	0.26

(注)メモリ比率は集積回路のなかのMOSメモリ比率

輸出入は集積回路の金額

輸出指数は純輸出(輸出-輸入)÷貿易総額(輸出+輸入)により産出したもので輸出競争力が大きいほどプラスの値をとる。

(出所)生産額は通産省『生産動態統計』、輸出入は大蔵省『貿易統計』

が大きく増加するようになった結果、比較優位度を示す輸出指数は1988年の0.58を最高にして、99年には0.26と半減することになった。(表3)さらにメモリ比率も88年40.7%を最高にして、90年にはいってやや低下するものの92年からまた上昇し、95年には39.9%に達するなど90年代前半はメモリ(DRAM)依存度は高い割合を示していた。メモリ(DRAM)依存度が低下するのは、97年から半導体不況の直撃を受け、DRAM事業撤退など脱メモリ戦略をとるようになってからである。

## (2) 90年代日米再逆転の技術的枠組み

90年代における日米半導体産業の逆転の背景には、半導体の需要基盤の変化がある。80年代中央から始まったコンピュータのダウンサイジングによって、コンピュータシステムはメインフレームを中心とするシステムからパソコンを中心とするシステムに変化した。そのため、出荷額ベースでみると、90年代初頭の段階でパソコンやワークステーションが過半数を占めるようになり、その後もパソコンやワークステーショ

ンの出荷額は増大していった。そのため半導体の最大の需要基盤はパソコンになった。例えば、99年の半導体需要先をみると、デスクトップとノート型を合わせたパソコンが39%を占め、これにパソコンサーバーの6%を加えると45%と半数近くにのぼる。(産業タイムス社[2000]1ページ)

こうして半導体の需要基盤がパソコンになったということは、半導体産業にとって二つのことを意味する。一つはパソコンのCPUでデ・ファクト・スタンダードを占めるものがインテル製であることによって、半導体ビジネスにおけるインテルの独占的地位が確立されたということである。第二には、コンピュータの主記憶として使われるDRAMの需要量はパソコンの規格をデ・ファクト・スタンダードとして支配するマイクロソフトとインテル(いわゆるIntel体制)によって決定されるということである。

一般的に、CPUはコンピュータの入出力、命令の実行などのタスクを実行し、DRAMはCPUが直接アクセスし、処理されたデータを一時的に蓄えるものである。したがって「DRAMは

CPUに従うものであるという主従関係が厳然と存在する」(寺内衛[1999]73ページ)のである。したがってパソコンの急速な普及につれて、CPUに対する需要が拡大するから、それにしたがってCPU市場を独占するインテルの売上高も拡大するということになる。同時にインテルは80286からi386へ、i486SX/DXへ、i486DX2からPentiumへとMIPS単価を低下させつつ3年に1世代の世代交代を実現するとともに、より微細な加工に注力することでCPUクロック数を向上させ、高速化を図ることで、競合する互換メーカーとの競争を有利に進めようとした。(寺内衛[2000]73ページ)

またパソコンの処理速度を高速化するためには、メモリーの高速化が必要となる。なぜならパソコンが処理するデータやプログラムはハードディスクなどに格納されているが、それらは必ずメモリーに移されて処理が行われる仕組みとなっているからである。メモリーが高速でなければ、CPUが高速になっても、実際の処理速度はメモリーの処理速度に規定されて、遅延することになるからである。こうしてDRAMの高速化が必然となるが、現状の微細加工による高集積化ではアクセス速度に限界が生じると言われている。(寺内衛[2000]76ページ)そこでインテルは自らCPUとメモリー、拡張バスなどを相互に接続し、データの流れをコントロールするチップセットを開発するようになった。現在インテルからはi810E、i820、i840などのチップセットが開発されているが、i810Eは512MB、i820は1GB、i840は8GBと搭載される最大メモリー数が決定される。ここで注意すべきは、最大搭載メモリー数そのものは増大するが、必要とされるDRAMチップ個数は減少するということである。Windows3.1の時代にはPC1台当りの4MビットDRAMチップ個数は32個であったが、Windows98では64MビットDRAMで8個にすぎないという。(寺内衛[1999]76ページ)

このように半導体の需要基盤がパソコンになるとともに、パソコンに搭載されるDRAMはイ

ンテルのチップセットによって規定されるようになった。またパソコンに搭載されるチップ数も以前と同じようには増大せず、DRAM需要はパソコンの出荷台数に比例して増大することはなかった。すなわちパソコンにおいては、半導体投入計数の低下がみられるのである。これが90年代における日本の半導体生産の停滞をもたらすことになった一つの要因である。

### (3) 90年代日米再逆転の経済的枠組み - 80年代の「電子立国」化の反対要因の展開

日本の半導体産業は80年代から92年までは世界最大のシェアを占め、半導体における世代交代を主導してきた。その要因はすでに前章の「80年代における日米逆転の論理」で説明した。しかしこの日米逆転の要因は90年代に入ると、反対要因となって展開するようになった。

まず第一に民生用エレクトロニクス製品や通信機器を製造している総合電機メーカーが半導体生産でも中心的となることの有利性が90年代では減少するようになったということである。半導体生産における総合電機メーカーの優位性は一般的には資金調達における優位性から説明されることが多い。半導体生産には巨額の投資額が必要となるが、総合電機メーカーならば他の収益性のある部門からの内部補助が期待されるから、半導体生産における好・不況に関わらず継続的な投資が可能になるというものである。

もちろん総合電機メーカーでもある半導体メーカーがこうした資金調達面での有利性を十分に発揮したことは確かであるが、それと同じく生産ラインの活用という面でも有利性が存在したことを忘れてはならない。すなわち半導体の生産では最先端のDRAMを生産し、償却のすんだ前の世代の生産設備は民生用エレクトロニクス製品に使用される非先端のマイコンやゲートアレイ、スタンダードセルの生産に振り向けられ、一つの生産ラインで二度の収穫を行うことで収益を上げることが期待できたのである。

(直野典彦[1996]54ページ)

しかし91年のバブル崩壊によって、第二の収穫場である家電市場が急速に縮小するようになった。家電市場では93年までにVTRで22%、ビデオカメラで39%も市場が縮小することになった。(佐々木康文[2000]501ページ)このため最先端のDRAM設備の再利用も急速に縮小するようになり、それによって収益の一部分が失われることになったのである。同時にバブル崩壊後の不況の長期化により、総合電機メーカーの収益も低迷し、高収益部分での内部補助も困難になってきた。

また従来は償却済のラインで生産してきたEPROMが最先端DRAMと同様の生産設備での生産が必要になってきた結果、最先端のDRAM設備の再利用も困難になってきた。最近では、「微細化の進展に伴って各製品種別ごとに特化させられてきたため、ある製品を製造していたラインをすぐに別の製品向けに転用することが技術的にも困難になりつつある。」(寺内衛[1999]77~78ページ)

にもかかわらず日本の半導体メーカーはDRAMの集積度が3年で4倍になるという過去のトレンドにもとづきDRAM製造用のプロセス・デバイス技術の開発にしのぎを削ってきた。それは最先端のDRAM設備の再利用を前提として、最初に最先端のDRAMを生産し、市場を一挙に支配するという経営戦略から来ている。しかしつねにその当時の最先端のラインで最先端製品を作ることが競争力の源泉になるとは限らない。例えば日本メーカーは1992年に16MDRAMの製造ラインを0.5ミクロンのプロセスで構築したが、韓国は1994年により微細加工可能な0.35ミクロンで16Mを構築したため、需要が急増するようになった1995年以後にはコスト的にも性能的にも太刀打ちできないようになったのである。(寺内衛[1999]77ページ)

こうして技術的にも経済的にも半導体、とくにDRAMの生産においては、総合電機メーカーであることの優位性は失われつつある。

第二に一貫生産(前工程+後工程)+下請け

企業(後工程)の組み合わせによる大規模企業中心の生産システムの優位性も、いわゆるファブレス+ファンドリー企業の台頭によって色あせつつあるということである。すでにみたように、日本の半導体企業は後工程の労働集約工程を下請け企業に外注することで、生産コストの削減を図ろうとしてきた。

しかし自社工場を持たず研究開発に特化するファブレス企業と受託製造専門企業であるファンドリー企業の組み合わせで、一貫生産(前工程+後工程)+下請け企業(後工程)の組み合わせをとらなくても、低コスト生産が可能になってきた。ファブレス企業は膨大な設備投資を必要とする工場設備をもたず、研究開発や設計、マーケティングに特化し、ファンドリー企業は研究開発部門をもたず生産専門であるために、両者の組み合わせは低コストでの生産を可能にするのである。日本でも設立から8年で任天堂向けASICで急成長したメガチップス(従業員113人)や液晶制御用LSIのザインエレクトロニクス(1991年設立、従業員35名)、3DグラフィックLSIのリアルビジョン(1996年設立、従業員50名)、次世代携帯電話機用LSIの鷹山などのファブレス企業が登場し、注目されている。またファンドリー企業としては新日鉄の半導体子会社日鉄セミコンダクターを買収した、台湾のUMCグループの日本ファウンドリー(1999年社名変更、従業員600人)やフェニテックセミコンダクター(1968年設立、従業員520人)などが生産専門企業として生産額を増大させている。もちろんこれらのファブレス企業の生産品目は量産型のDRAMとは異なるASICなど特殊用途の半導体であるから、こうした生産システムをDRAMの生産に適用することはできない。しかし半導体生産の領域において一貫生産(前工程+後工程)+下請け企業(後工程)の組み合わせという大企業中心の体制をとらなくても、独創的な技術力とアイデアで「成長」できる可能性が開けたのである。

同時に労働集約的な後工程を主として担当す



るだけの大企業系列の下請け企業にとっては「困難」な時代が始まることを意味する。

例えばNEC九州の下請け企業でDRAMやマイコンなどの組立・検査を担当している九州日誠電気(1980年設立,従業員375人)の売上額は95年度の301億円をピークに96年度244億円,97年度247億円,98年度200億円,99年度200億円と日本の半導体生産の停滞と並んで停滞している。同じようにNEC九州からDRAMやマイコンなどの組立・検査を受託している原精機産業(1974年設立,従業員600人)も96年度の451億円をピークに99年度で400億円と低迷している。九州日誠電気や原精機産業のように,とくにDRAMの組立・検査など後工程を担当している下請け企業は世界的なDRAM需給変動の波を受け,それに企業業績も連動するなど不安定な構造の中に置かれている。<sup>4)</sup>

このように技術力ももたず単純な組立・検査を担当している下請け企業は,親企業からの安定的な受注を前提としており,DRAMのように韓国や台湾企業からの追い上げが激しい分野では,親企業に依存していれば安定的な受注が確保できるような時代は過ぎようとしている。また半導体大企業にとっても,韓国や台湾企業の追い上げのなかで,系列の下請け企業をどこまで維持していけるのかが問われようとしている。

第三にアメリカは日本の超LSI技術研究組合にならって,軍産一体になりSEMATEC(the Semiconductor Manufacturing Technology Institute:半導体製造技術研究組合)を組織し,半導体製造装置と半導体材料の研究開発に取り組んだ。SEMATECは年間1億ドルの資金をDARPA(国防先端研究局)から,また半導体企業関係企業からも年間1億ドルの資金提供を受けて発足した。DARPAが資金を出したことにみられるように,SEMATECは日本の半導体企業の攻勢に衝撃を受けたアメリカ軍が,軍事力の技術的優位を確保するために組織したものである。SEMATECは次世代の半導体の開発を目的にしたものではなく,半導体の製造技術の

開発をめざしたものであり,この点でも日本の超LSI技術研究組合に似ている。(井上弘基[1999]8~9ページ)そのため半導体メーカーと半導体製造装置メーカーの間でフォーラムを結成し,フォーラムではチップメーカーと装置メーカーの技術者が同席し,将来ニーズに関する実質的な議論を行ったのである。(リチャード・K・レスター[2000]147ページ)

SEMATECがアメリカの半導体産業の復活に果たした役割に関して,リチャード・K・レスター[2000]は,SEMATEC参加企業の多くが「SEMATECの投資による利益に満足している」という言を紹介し,「SEMATECは米国半導体産業の復活に余り大きくはないがある程度の役割を果たした(一方,半導体製造設備産業の復活には大きな役割を果たしたと言える)」(リチャード・K・レスター[2000]149ページ)として,限定的であると主張している。レスターは(半導体製造設備産業の復活には大きな役割を果たしたと言える)と控えめに述べているが,井上弘基[1999]によれば,SEMATECは「装置技術の方により重点をおいていた」(12ページ)のであり,具体的には日本の半導体製造装置企業の攻勢で,アメリカが危機に瀕していたウエハー露光装置やマスク関係機器など微細加工装置の研究開発に重点を置き,これらの領域で多くの成果を挙げている。(井上弘基[1993][1999])井上弘基[1999]が主張するように,これらの微細加工装置は「最高の性能(集積度,速度,低消費電力)を体現する半導体を製造し,またその歩留まりをあげるには,死活的に重要だった」(13ページ)のである。したがって,SEMATECがアメリカ半導体産業の復活に果たした役割は,リチャード・K・レスター[2000]が主張するよりもはるかに大きかったといわなければならない。

このように1980年代後半にアメリカがSEMATECにより軍産一体となり半導体産業の競争力の回復に躍起となっていたとき,日本では日米半導体摩擦の影響もあり,また政府と企業

の研究開発の方向が第五世代コンピュータの開発などコンピュータ関係にシフトしていたこともあり、超LSI技術研究組合のようなコンソーシアムを組織し、次世代半導体と製造技術の研究開発に一体として取り組むことはなかった。<sup>5)</sup>

#### (4) 90年代における日米再逆転の政治的枠組み

90年代の日米逆転を政治的に規定したのが、1986年に締結され、91年に再締結された日米半導体協定である。日米半導体協定は、85年の半導体シェアにおける日米逆転を受け、85年6月にアメリカ半導体工業会（SIA）が不公正貿易、ダンピングなどを理由に日本をアメリカ通商法301条違反で提訴したのに始まる。このSIAの提訴を契機に、日米半導体協議が開始され、その結果、86年9月に日本市場における外国系半導体の購入拡大のための勧奨、ダンピング防止のためのモニタリング等を内容とする日米半導体協定が締結（第一次協定）された。この協定は、シェア確保の明記と輸出自主規制を政府間の協定で行うものであり、日米の国際カルテルという性格をもつのであった。この協定のうちダンピング防止のためのモニタリングでは、DRAMとEPROMに関しては、日本メーカーがアメリカ商務省にコスト関連資料を提出し、それに基づいて商務省が各社ごとにアメリカ市場での販売価格（公正市場価格FMV）を決め、それ以下での販売を禁止し、それ以外の半導体に関しては、通関時に通産省が価格監視をするというものであった。<sup>6)</sup>

このFMV協定は「日本の半導体企業のコストは本当は高いのに、アメリカ市場でシェアを確保するためにコスト以下でダンピングしている」という仮定に基づき、モニタリングすることで日本半導体企業は高コストのはずだからアメリカへの輸出拡大は困難になるだろうと考えていた。しかし実際は、FMVの設定が最低価格となりFMVに接近しないように供給制限を行うため、半導体価格は高値安定となったので、価格競争が行われれば、存続できないような「高

コスト」メーカーにも一定の利潤をもたらすことになった。それは日本企業ばかりではなく、アメリカ企業にも一定の利潤を保障したから、アメリカ企業の「復活」の基盤となったのである。また半導体協定のもとで、供給制限が行われたため、DRAM価格が高騰したが、日本企業は半導体摩擦の再現を恐れ、生産拡大に慎重であったため、さらにDRAM価格の高騰を招くことになった。こうして日米半導体協定はDRAM価格の高値安定＝利潤保障をもたらし、日本企業のDRAM依存を決定的にした。

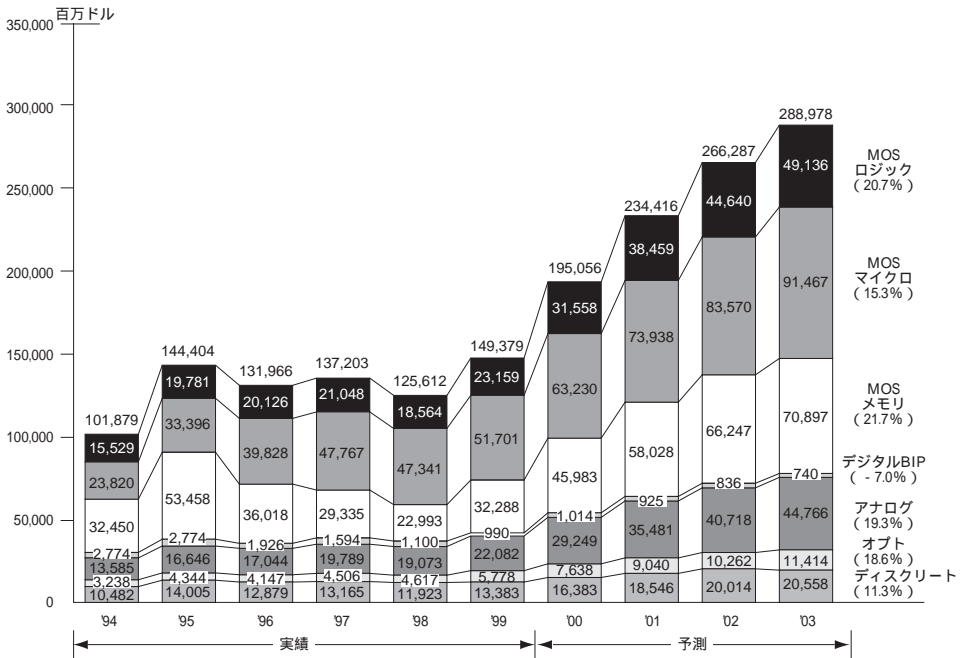
また日本市場における外国系（アメリカ系）半導体へのアクセスを保障し、シェアを20%にまで高めるという市場シェアの保障は、自由競争の結果としてシェアが拡大するという経済の論理ではなく、まさに政治の論理で日本企業が日本市場の一部をアメリカに提供するということを意味した。外国系（アメリカ系）半導体のシェアを高めるため、日本企業はこぞって外国系企業の半導体の購入を迫られたからである。これによって日本の半導体企業は自らの売上を抑制するように行動するようになったし、CPUなどアメリカが強い分野への進出を抑制することになった。それはまた日本企業のDRAM依存を高めることになった。

このように86年から10年にわたる日米半導体協定は、日本企業の投資・生産・輸出行動に抑制的な影響を及ぼすとともに、日本企業のDRAM依存を決定的にした。これに対してアメリカ企業はDRAMの高値安定と、日本への市場アクセスの保障によって、利潤の確保を確実にすることができるようになったほか、日本企業のCPU分野への進出などアメリカ企業の競争力の強い分野への進出をけん制することができたのである。このような意味で日米半導体協定は90年代の日米再逆転を政治的に決定づけたのである。

### 3 転換点にある日本半導体産業

DRAM依存を強めた日本の半導体産業は、日米再逆転、韓国・台湾企業の勃興によって、大

図3 世界の製品別半導体市場



(出所) 産業タイムズ社『半導体産業計画総覧』

きな転換点にたっている。

DRAMは世代交代と市場投入のタイミングさえ間違えなければ、巨額の利潤をもたらすと言われてきた。実際に、東芝は1Mで「1988年度の東芝全体の営業利益1760億円の約三分の二は半導体が稼ぎ、そのうちの約60%は1MDRAMによる利益(『1991年版日本半導体年鑑』)であると言われるほど、利益をあげたこともある。

しかしすでにみたように、Windows3.1以来、パソコンに搭載されるチップ数も以前と同じようには増大せず、DRAM需要はパソコンの出荷台数に比例して増大することはなくなっている。したがってDRAM依存を続けても、長期的には収益基盤の縮小が避けられなくなっている。

またインターネットの爆発的普及によって、インターネット接続がパソコンの主要機能になってきたが、そうしなければなるほどインターネット接続は必ずしもパソコンによる接続には限定されなくなる。いやむしろ、インターネット接続に限れば、現在のパソコンほどの高機能を必要としない。インターネット接続は携帯電

話でも、ゲーム機、PDA(携帯情報端末)、CATVでも可能になる時代を迎つつある。そうなれば、半導体需要の中心がパソコンであり、DRAMであるという時代は終わることになる。実際に、世界の製品別半導体市場では、96年にメモリーとマイクロのシェアが逆転した後、99年にはマイクロは34.6%と半導体全体の約3分の1を占めている。(図3)また94年から2003年(予測)までの増加率では、マイクロが2.84倍、メモリーが1.18倍とマイクロの成長率の方が高くなっている。

こうした半導体製品の成長予測をうけて、日本の半導体企業では脱DRAM戦略が鮮明になりつつある。とくに96年からの3年にわたる長期の半導体不況を受けて、DRAMビジネスからの撤退や事業統合が相次いだ。99年11月にはNECと日立はDRAM事業について開発から生産・販売までを事業統合することを発表した。NECと日立的事業統合ではそれぞれ50%ずつ出資して、DRAM専業会社「NEC日立メモリー」を設立し、開発、設計、販売を行い、NEC広島

とシンガポールの日立・日鉄セミコンダクタで生産を行うというもので、これにより日立はDRAMの国内生産から撤退することになった。また富士通はパソコン向けDRAMの生産から撤退したほか、次世代メモリーでは台湾のファンドリー企業に生産委託することを決定した。東芝は2000年8月に、半導体生産の後工程をアメリカの後工程専業会社アムコア・テクノロジーに売却するなど、半導体事業の再編に乗り出した。さらに新日鉄、NKKなどの鉄鋼企業も事業多角化の一環から進出した半導体事業から撤退している。このように日本の半導体産業では、98年ごろからDRAMを中心に事業撤退、再編などの動きが活発になっている。

では脱DRAMのあと、半導体企業はどのようなビジネスモデルを描いているのだろうか。この点では、日本企業はほぼすべての企業がシステムLSI事業の強化を掲げている。例えばNECはシステムLSI生産額を99年度の6500億円から2003年度に1兆円に、東芝はシステムLSI部門の売上を現在の半導体事業部門の40%から2001年までに55%に、日立も99年度の半導体事業部門の48%から60~70%へ伸ばそうと計画している。システムLSIは複数のICを組み合わせて構成していた機能をIP (Intellectual Property) を組み合わせることで、1チップに集約するもので、MPUやメモリーといった基本モジュールだけでなく、特定の目的のために設計した回路も組み込めるため、機器の小型化・高性能化を実現できる。パソコンに代わって携帯電話、モバイル機器、ネット家電などネットワーク対応機器が中心になると、CPUやメモリーに代わってシステムLSIが主役になるといわれている。そのため日本の半導体企業は半導体事業再編の柱にシステムLSI事業をおいている。

しかしシステムLSI事業のより一層の発展のためには、システム全体の理解にもとづく回路設計段階からのシステムの区分けパーティション、またそれら相互のインターフェース設計技術、システム要求を組み込む回路設計技術

と工程の微細加工技術が重要であるといわれている。(柿崎繁 [2000] 352ページ) 日本企業はプロセス技術を重視し、微細加工技術、材料技術、クリーンルーム化の徹底、品質管理などによって製品歩留まりを高め、コスト低減と高品質の達成を両立させてきた。しかしシステムLSIの生産においては、プロセス技術ではなく、システム全体の設計思想や仕様に基づいてそれに必要なIPを調達したり接続したりする技術、つまり全体構想と設計技術が重要となっている。この点は日本企業の弱点とみる見解が有力であり、80年代のDRAMのように世界的なシェアを確保するためには、システムLSIの設計と構想技術の向上が必要である。

脱DRAMのもう一つの柱は、急速に拡大している携帯電話などモバイル機器用のメモリー製品への傾斜である。とくに携帯電話の爆発的普及を受けて、フラッシュメモリーに対する需要が急増している。こうした需要急増を受けて、日立やNEC、富士通、東芝などの半導体企業はこぞってフラッシュメモリーの増産など大型の半導体投資に踏み出している。<sup>7)</sup> こうした動きを見ると日本の半導体産業は脱DRAMに向けて順調に動き出したかのようである。しかしフラッシュメモリーの需給が好調だということで、一斉に設備投資に動いているが、それではDRAMの需要増大 - 大型設備投資 - 供給増大 - 供給過剰 - 価格下落 - 半導体事業での赤字拡大という道筋をフラッシュメモリーでも繰り返す危険性が強いといわざるをえない。

DRAMでの失敗を繰り返さないためには、アメリカなどの支配的規格のもとでの半導体の生産ではなく、インテルのCPUやモトローラのDSPなど独自の支配的規格をもつ製品を開発しないかぎり、今後ともシリコンサイクルによる好不況の循環と韓国・台湾などの新興企業の攻勢に苦しみ続けるのではないかと思われる。

## おわりに

日本の半導体産業は80年代には世界市場の

50%近いシェアを占め、世界の電子供給基地と呼ばれるまでになった。半導体の日米逆転によって、アメリカの半導体産業の立ち直りは困難であると思われた。誰が90年早々の日米再逆転と韓国企業の参入を想定できたであろうか。日本の攻勢の前に、DRAM生産では、社内用にDRAMを生産していたIBMとATTを除いて外販メーカーは撤退したのだから。

しかしそれから数年後、日本の半導体産業は、バブル崩壊後の不況の中で、急速に世界市場でのシェアを低下させ、日米のシェアは再逆転することになった。それ以後、90年代の日本半導体産業は生産の停滞と収益性の低下に苦しむことになった。多くの半導体企業がリストラや事業再編に追われることになった。

1999年後半から半導体市場は劇的に回復し、半導体企業は好調を維持している。半導体・コンピュータ大手は2001年3月期には大幅な利益増大が予想されている。98年度や99年度の赤字決算とは様変わりであり、半導体事業が全体の業績を牽引するようになってきている。しかもそれはDRAM一辺倒でなされたのではなく、フラッシュメモリーやマイコン、ASICなどで多様な半導体でなされている。

では今回の半導体企業の業績回復は脱DRAM、収益源の多様化の結果なのだろうか。確かにDRAM生産からの撤退や縮小によってDRAM依存度は低下したが、最近の好調は日本企業の独創的な半導体製品の開発による収益回復というよりも携帯電話の急速な拡大による需要増という側面が強く、したがって今回の好調さが長期間継続するという保障はない。それどころかフラッシュメモリーの需要増は2001年で終わり、その後は供給過剰による価格低下が生じるとも言われている。

このようにDRAM一辺倒で半導体ビジネスを構築する時代は終わろうとしているが、日本企業が支配的規格をつくり、半導体産業のデザインを描くという段階には至っていない。システムLSIへの集中にしても、それで支配的規格

を形成できる見通しが立っているわけではない。しばらくは日本の半導体産業は「模索」の時代が続くものと思われる。

- 1) 本節の内容は藤田実 [1992] を要約したものである。展開の詳細については、上記著作を参照して欲しい。
- 2) ME機器の導入と低コスト生産との関係については、山口義行・小西一雄 [1997]、藤田実 [2000] を参照のこと。
- 3) 三菱電機の小宮啓義氏によれば、過去のトレンドから推計したDRAM製造コストは、世代交代ごとに組立設備投資は1.2倍、前工程設備投資は2.25倍、テスト設備投資は1.8倍、これらを合わせた設備投資額は2.1~2.2倍、開発費は1.6~1.7倍になると予測している。(直野典彦 [1996])
- 4) ただし同じNECの下請け企業のなかでも、DRAM以外の組立・検査を担当している九州電子(1973年設立、従業員720人、フォトカプラー、光通信デバイスなどの組立)や内藤電誠工業(1950年設立、従業員1046人、CCD, ASICなどの組立)は97年からの半導体不況期でも業績を伸ばしており、DRAMの下請け企業と対照的となっている。
- 5) 90年代に入ってから日本の半導体産業のシェア低下を受けて、電子デバイス関連技術の開発を目的とした技術研究組合「超先端技術開発機構ASET」が組織されたり、「半導体新世紀委員会」が組織されるなど、日本の半導体産業の復活に向けて官民一体となった取り組みが開始されている。最近の日本の取り組みについては、機械振興協会経済研究所 [1997] を参照のこと。
- 6) FMVの説明に関しては、伊丹敬之 [1995] 224ページを参照した。
- 7) 各種資料・報道によると、半導体企業の2000年度の設備投資は、4月末の時点より大幅に積み増す方向にある。すなわち三菱電機は当初計画の1000億円を1500億円に、富士通が1600億円から2000億円に、NECは2000億円から2200億円に大幅に上方に修正しており、これに当初計画通りの東芝(1300億円)、日立(2040億円)を加えると、大手五社の半導体投資額は過去最高の9000億円に達する。

#### <参考文献>

- 相田洋 [1992] 『電子立国 日本の自叙伝 完結』  
日本放送出版協会  
伊丹敬之 [1995] 『日本の半導体産業 なぜ「三つの逆転」は起ったのか』 NTT出版  
井上弘基 [1993] 『米国の半導体製造技術R&Dコンソーシアム=セマテックについて』 機械振興協会経済研究所 『機械経済研究』 24号

- 井上弘基 [1999] 「米国半導体産業における産業政策の登場 = セマテック」機械振興協会経済研究所 『機械経済研究』 30号
- 柿崎繁 [2000] 「再逆転下の日本半導体産業」産業構造研究会編 (『現代日本産業の構造と動態』 新日本出版社, 所収)
- 機械振興協会経済研究所 [1997] 『転換迫られる日米欧産業技術協力政策』
- 佐々木康文 [2000] 「家電産業における「輸出主導型」生産拡大構造の転換」産業構造研究会編『現代日本産業の構造と動態』 新日本出版社, 所収)
- 産業タイムス社 [2000] 『半導体産業計画総覧2000年度版』9月
- ダニエル・沖本, 菅野卓雄, F・B・ワインスタイン [1985] 『日米半導体競争』 中央公論社
- 寺内衛 [1999] 「ソフトウェアによるDRAM支配」『政経研究』 第73号, 政治経済研究所, 11月
- 寺内衛 [2000] 「PCバブル」『政経研究』 第74号, 政治経済研究所
- 電機労連 [1987] 「ME技術が雇用と労働に与える影響に関する第二次調査」『調査時報』 237号
- 直野典彦 [1996] 『転換期の半導体・液晶産業』 日経BP出版センター
- 藤田実 [1992] 「日本電子産業の構造的特質」(中央大学 『商学論纂』 第34巻第1号)
- 藤田実 [2000] 「生産システム革新における情報ネットワーク対応」(都留康編 『21世紀の生産システム革新』 日本評論社, 近刊)
- 山口義行・小西一雄 [1997] 『ポスト不況の経済学』 講談社, 1997年