

技術開発の日本の特質

— 半導体産業を事例に —

高橋 信 一

はじめに

第一節 日米における半導体産業の創成

- 1 アメリカ
- 2 日 本

第二節 半導体産業における技術開発の日本の特質

- 1 長期的な研究開発戦略
- 2 日本的雇用慣行とチームワーク
- 3 ビッグ・プロジェクトによる国家的支援
- 4 半導体製造装置メーカーとの連携 (デザイン・イン)

第三節 ASIC 生産への傾斜

第四節 日本半導体産業の変容と今後

はじめに

1996年7月31日、日米半導体協定が失効した。協定の実質的継続を望むアメリカ側と協定の廃止を望む日本側との日米半導体交渉が2月からずっと続けられてきたが、交渉は決着せず、協定の失効2日後の8月2日に、ようやく日米の合意となった。合意は協定よりも拘束力が弱く、中身もアメリカ側が大幅に譲歩するものになっていた。第一次の日米半導体協定が締結された1986年および第二次の日米半導体協定が締結された1991年と、今回とで

は、半導体産業におけるパワー・バランスあるいは競争環境が大きく変わっていたのである。

戦後、半導体技術においてアメリカに大きくリードされていた日本は、急速にキャッチ・アップ（追いつく）するために、官民一体となって技術導入および技術開発に努め、世界市場に占める市場シェアの拡大に励んできた。そしてついに、世界市場シェアでトップの座がアメリカから日本に移り、アメリカ側での「日本の脅威」論が一気に浮上したのが、第一次日米半導体協定締結の背景であった。しかし、今日、アメリカ企業における国際競争力の復活や強力なライバルとしてのアジア NIES の台頭、研究開発費および設備投資費の高騰など、新たな競争環境の変化のもとで、日本企業も新たな対応を迫られている。

本稿は、半導体産業における技術開発を例に、半導体技術に付随する特徴を考慮しながら、産業という枠組みで、日本の半導体産業を考察することによって、浮き出る特質を問題にしようとするものである。

ところで、本稿では、ASIC に関して述べているところを除けば、ほとんど DRAM の開発と生産を念頭に置いて論じることにする。半導体メモリー（特に、DRAM）は、半導体市場全体に占める割合（金額ベース）が最も大きい分野であるだけでなく、常に最先端の半導体技術が応用される分野だからである。

第一節 日米における半導体産業の創成

1 アメリカ

半導体産業が生まれる最初の契機となったのは、アメリカ電信電話会社（AT&T）のベル研究所（以下、ベル研）における動きであった。AT&T 社の電話交換機に使われていた真空管は交換機を大きなものにするだけでなく、高価で壊れやすく、大量の電力を消費するものであり、この真空管に代わるソ

リッド・ステート（固体回路）の部品を欲していた¹⁾。ベル研究所のウィリアム・ショックレー、ジョン・バーディーン、ウォルター・ブラッデンの3人は1947年12月23日に点接触型トランジスタを発明した。点接触型トランジスタは故障が多いという構造的弱点をもっていたので、この弱点を解決する接合型トランジスタがショックレーによって1948年に案出された。ちょうどこの頃、陸軍も無線通信機の小型化を望んでおり、ベル研でのトランジスタの発明を知るや、陸軍通信隊工学研究所（SCEL: Signal Corps Engineering Laboratory）はベル研との研究開発契約を結び、研究開発費を補助した²⁾。この陸軍通信隊からの支援によって、トランジスタの製品への応用に向けた実用化研究が促進されることになった。重要な特許の独占が反トラスト法に抵触し、特許の無料公開が強制されるのを恐れたAT&T社は、トランジスタに関する基本特許をどの企業にも有料公開することを決めた³⁾結果、多くの半導体企業が生まれることになった。

まず、ベル研を退社したウィリアム・ショックレーが、同時にベル研を退社した科学者・技術者たちとともに、1955年にショックレー半導体研究所を設立した。これが世界最初の半導体デバイス製造企業ということになる。しかし再び、ショックレーと対立したロバート・ノイス、ゴードン・ムーアたちは、同研究所を退社して、後に代表的な新興企業となるフェアチャイルド・セミコンダクタ社（以下、FC社）を設立した。

FC社と並んで、半導体産業の創成期に大きな役割を果たした企業に、テキサス・インスツルメント（以下、TI）社がある。もともと石油機器会社であったTI社は、ベル研で成長型トランジスタを開発したゴードン・ティールを1958年にスカウトして、半導体産業に参入した。同年、TI社に入社したジャック・キルビーは、入社してまもなく、電子部品の組立を容易にする装置のマイクロ化に取り組み、すべての部品を一つの材料から作り、内部で接続すれば装置になるという着想（集積回路へのアイデア）に達した。そして、キルビーは特許申請書を1959年2月にアメリカ特許庁に提出した。しかし、

ほぼ同時期に、同様の研究を行っていた FC 社のロバート・ノイスもすぐ後に特許を申請しており、特許審査裁判所は、相互接続に関するキルビーの記述は不適切であるとして、ロバート・ノイスに特許を認めた⁴⁾。キルビーとノイスは、特許権をめぐる10年も争い、最終的にノイスの勝利とはなったが、その集積回路に関する特許を実際の製造技術へと発展させるには、互いに補完し合う関係にある FC 社と TI 社のそれぞれの技術的成果を結び付けねばならなかったもので、結局は手を結ばざるをえなかった。

集積回路 (IC) の最初の製品化は、TI 社がアメリカ空軍から開発契約を勝ち取り、ミニットマン・ミサイル用誘導コンピュータを納入したときである。TI 社は 1958 年 11 月と 12 月の 2 回、空軍関係者の前で、IC の公開実演を行い、開発契約を得た。開発費としての資金援助は毎年 100 万ドルを受け取った。スプートニク・ショックに最も衝撃を受けた空軍は、ミサイルへの搭載物を軽量化することで航続距離を確保し、電子機器を改善することでミサイルの精度を上げようと考えたからである⁵⁾。TI 社は 1961 年から設計にとりかかり、1964 年までに最初のプロトタイプを試作した。これを搭載したミサイルがフライト・テストに成功し、大量の生産注文となった⁶⁾。このように、アメリカで最初の IC の製品化は、軍事関連の需要と研究開発費支援によって促進されたものであった。

さらにもう一つ、FC 社において、集積回路の製造にとって重要で画期的な技術が開発された。それはプレーナ・プロセス技術、すなわち、シリコン表面の大切な部分を絶えず酸化膜で覆いながら、シリコン・チップの上にアルミニウムを真空蒸着して配線する技術である。プレーナ・プロセス技術がなくては、「酸化膜を介しての相互接続」は不可能であり、集積回路の大量生産も不可能であった。ところで、同社でこの技術を開発する上で、アポロ計画が大きな恩恵になったとされている。

この頃には、新しく半導体メモリーが登場し、コンピュータのメイン・メモリーの主役の座を磁気コア・メモリー⁷⁾から奪おうとしていた。トランジ

スタ構造がバイポーラ型から MOS（金属酸化膜）型へと移行し、その MOS トランジスタとコンデンサーを縦横基盤の目状に整然とシリコン・チップ上に作りこんだ DRAM（Dynamic Random Access Memory）と、数個の MOS トランジスタのみで作られる SRAM（Static Random Access Memory）が開発され、利用されるようになった。ところで、SRAM は電源が投入されている限り情報を保持するのに対して、DRAM はコンデンサーに蓄えた電流によって情報を保持するため、絶えず再書き込み（リフレッシュ）が必要である。高速処理では SRAM の方が優位であるのに対して、高集積化・低コストでは DRAM が優位であるという特徴をもっていた。

この半導体メモリーの分野で大きな役割を果たしたのが、FC 社を退社したロバート・ノイス、ゴードン・ムーアたちによって、1968 年に設立されたインテル社であった。同社が設立された当時、半導体メモリーはまだ実験的な段階⁸⁾にすぎず、本格的な実用化には至っていなかった。創業に当たってビジネスの焦点を半導体メモリーに絞ることにしたインテル社は、コストを劇的に引き下げる回路構造研究に取り組んでから 1 年後の 1969 年にバイポーラ型メモリーと MOS 型の SRAM を販売した。そして、世界初の DRAM を販売したのは、翌年の 1970 年である。

2 日 本

敗戦間もない日本において、通産省工業技術院電気試験所や東北大学工学部通信研究所などが、ベル研におけるトランジスタの発表以来、様々なルートでその情報を知り、原理がわからなくも、試行錯誤によってトランジスタの研究を始めた。1952 年に AT&T 社がトランジスタの特許を公開して以来、次々と、日本の企業は技術者たちをアメリカに派遣するようになった。

AT&T グループはトランジスタの基本特許は売ってもノウハウは売らない方針であったので、日本の各企業は基本特許を AT&T グループの WE 社から買う一方で、製法特許とノウハウを RCA 社や GE 社から買わなければ

ならなかった。

日本で最初のトランジスタ開発は神戸工業であり、ベル研を訪問して初めてトランジスタを見てビジネスになると考え、通産省に補助金を申請し、開発を開始した。トランジスタ製造が本来の意味で工業になったのは、ソニーがトランジスタ・ラジオを作り、売り出してからである。世界最初のトランジスタ・ラジオは TI 社が開発・販売したもので、その成功に刺激されたソニーは、WE 社と契約を結んだ 1953 年から、トランジスタの研究を開始した。WE 社は基本特許と製造特許の使用を許可したが、製造ノウハウについては一切販売しなかったため、ソニーは独自に製造技術を開発し改良する道を選んだ。

1957 年に、エレクトロニクス振興を目的とする「電子工業振興臨時措置法」が公布され、通産省に電子工業課が新設された。日本でゲルマニウム・トランジスタの生産を拡大していた頃、アメリカではすでに焦点は、半導体材料がゲルマニウムからシリコンへ、回路構成が個別トランジスタから集積回路 (IC) へと急展開していた。

日本で、IC の研究が本格化するのは 1960 年以降である。三菱電機はウエスチングハウス社のモレトロニクスから、日立、東芝などは RCA 社のマイクロモジュールから、IC の手掛かりをつかもうとしたが、結局失敗に終わり、TI 社のキルビー特許と FC 社のプレーナ特許を使った IC の開発へと進む必要があった。他方、日本電気は早期に FC 社からプレーナ特許の日本での独占的使用権を獲得していた。日本電気のライバル・メーカーがプレーナ特許を使用するには、FC 社の他に、日本電気にも使用料を払わねばならなかった。

したがって、日立と東芝はそれぞれ、プレーナ特許に抵触しない独自の技術の開発をめざし、日立は新しい方法として LTP (低温表面処理) 法を開発、東芝は PCT 法を開発した。プレーナ特許は、シリコン・ウエハ表面に熱酸化膜を作り、その膜に小さな穴 (窓) を開け、そこから不純物を拡散注入し

てPN接合を作るものであり、窓以外の場所は「酸化膜を取らないで残しておく」ことが特許の重要なポイントであった。それに対して、日立のLTP法は、「酸化膜をいったん除去して、別の保護膜をつける」というもので、そのための方法は、薬品で酸化膜を除去した後、二酸化シリコンのガスが流れる成長炉（CVD装置）に入れて、二酸化シリコンの薄い膜を成長させ、さらにその上に金属を真空蒸着させることによって、比較的低温で加熱して二酸化シリコンを溶かし、丈夫な保護膜を作るというものである。東芝のPCT法は、酸化膜に穴を開けて不純物を拡散させる代わりに、自主開発のCVD装置によって、シリコン・ウエハ上の一部に不純物を含んだ低温酸化膜を堆積させ、その後加熱して、ウエハ表面に熱酸化物の保護膜を作るのと同時に、低温酸化膜に含まれていた不純物を拡散させるというものである。日立の方法も、東芝の方法も、最終的にはプレーナ・プロセスと同じ効果をもたらしながらも、工程上の違いから、特許上は違うものと認められ、プレーナ特許への抵触から逃れることができた⁹⁾。

ところで、この頃に、日米半導体特許紛争が起きている。1964年1月に、TI社が出資比率100%の子会社を日本に設立し、IC工場を建設したいと通産省に申請した。日本のIC産業が成長するまで時間稼ぎをしたいと考えた通産省は、1966年の夏まで返事を引き延ばした後、認可の条件として①日米の出資比率50対50、②生産総量が常に日本のIC総生産の10%以内、③いわゆる「キルビー特許」実施権の開放、の3条件を提示した。日本政府および日本のIC業界とアメリカ政府をバックにしたTI社との大紛争へと発展した結果、通産省は3年後の日本上陸を認可し、TI社は1968年に日本TI社を設立して工場でのICの量産を開始した。ただし、TI社のキルビー特許は、米国など日本以外の国では1960年代に特許が成立し、現在はすでに期限切れとなっている¹⁰⁾が、日本で成立したのは、ずっと後の1989年になってからであった。

第二節 半導体産業における 技術開発の日本の特質

1 長期的な研究開発戦略

日本企業は AT&T 社子会社ベル研ないし WE 社からはトランジスタに関する基本特許を、TI 社からはキルビー特許を、FC 社からはプレーナ・プロセスに関する特許を、それぞれ導入し、品質とコストの面で改良し、大量生産に適合的な技術へと精練させ、急激にキャッチ・アップをはかっていった。長期的な企業戦略として、それが可能であったのは、著しく垂直統合が進んだ企業としての強みがあったからである。すなわち、すぐに収益がでなくても、あるいは膨大な赤字であっても、長期的な視野・戦略で膨大な開発投資を維持することができたことであった。日本の半導体製造メーカーは、総合電機メーカーの日立、東芝、三菱を始めとして、コンピュータ・通信機メーカーの NEC、富士通、沖、および家電メーカーの松下、三洋、シャープ、ソニーなどであり、著しく垂直的統合が進んでいる企業である。これらの企業の場合、他の分野での収益を補填しながら、収益をあげるまで5年、10年と待つ長期的戦略に立つことができる。アメリカの半導体製造メーカーの場合は、半導体製造を専業とする企業が大部分であり、IBM 社は別格として、垂直統合が進んでいる RCA 社やエクソン社の場合にも、短期的に収益をあげることに特に重点が置かれている。現在、インテル社会長でアメリカ半導体工業会 (SIA) の会長でもあるゴードン・ムーアは、次のように述べている¹¹⁾。

84 年後半からの半導体不況期に、日本企業は価格攻勢に出た。日本企業の行動でわれわれがどうしても理解できなかったのは、度を越したダンピングだった。DRAM や EPROM の市場価格の下がり方は、まさに想像以上だった。

…〔省略〕…

日本企業のダンピングについてはやむをえない事情があったこともわかる。インテルが従業員の三分の一を解雇したように、米企業は不況になると生産能力を一気に削減する。ところが終身雇用制度が定着している日本ではこうはいかない。となれば当然販売攻勢をかけてくる。当時の日本が「シェア至上主義」を掲げていたこともこれに拍車をかけた。しかし、それでもダンピングを正当化できるわけではない。

日本の企業が「シェア至上主義」であることに異論はないが、短期的に収益をあげる必要があるか、長期的に収益を望むことができるかの違いは、アメリカ企業による日本企業へのダンピング提訴の一つの大きな要因とも言えるであろう。

日本の企業が長期的戦略に立てる要因には、株式所有の問題が関係している。日本企業には、企業グループ内での相互持合いという日本特有の株式所有の形態がある。戦後、日本企業では、企業買収＝会社乗取りから自社を防衛する方法として安定株主工作、すなわち同じ企業集団や同じ系列に属する企業、あるいは取引関係の密接な金融機関や事業会社に株式を取得してもらい、安定株主になってもらうことが日常的に行われてきた。企業集団内で相互に行われる安定株主工作の結果、株式の相互持合いが進み、個人株主の発言力は抑えられ、低配当も長期間維持可能であり、経営者主導で企業経営が行われている。この株式相互持合いは戦後日本に独自なだけでなく、世界でも例外的な現象とされている。他方、アメリカでは、日本のように相互持合いはなく、合併および買収（M&A: Merger & Acquisition）が盛んに行われており、また個人株主の発言力も強い。低配当が続けば、経営者が株主から訴訟を受けるなど、株主からの配当圧力が強い。ハーバード大学のロバート・ライシュも、M&Aの否定的効果として、経営者が短期的な利益に重点を置いて経営し、長期的な投資をしないこと、を指摘している¹²⁾。企業の経営業績の悪化がすぐにM&Aに結び付き、個人株主からの配当圧力も強いこと、および経営者側にとっても、短期的収益の向上が報酬の増大に直結し、利害

が一致することを考えるならば、短期的に利益を増やすことに重点が置かれるのも自然であろう。

「安定的な」株式所有形態の日本においては、付随する様々な問題を抱えながらも、結果的に、長期的な企業戦略に立つことが容易であり、すぐに利益に結び付かなくても、長期間、膨大な研究開発投資を維持し、技術開発の面でアメリカを急激にキャッチ・アップすることができたのである。

2 日本の雇用慣行とチームワーク

日本における半導体開発を支える特徴の一つに日本の雇用慣行のあり方がある。日本の半導体メーカーでは、技術系新卒者が定年まで勤める雇用慣行のもとで、開発要員の長期的な人材育成が可能であり、研究開発能力が安定的に蓄積され維持されるという側面をもっている。

アメリカの半導体企業では、科学者・技術者の流動性が非常に高く、チームリーダーの他企業への転職によって、研究開発の継続性が阻害されるだけでなく、転職による機密漏洩、新しい強力なライバル企業の出現によって、企業の浮き沈みを激しいものになっている。アメリカには、新しく企業を興そうとする者や新興企業に資金を提供しようとする投資家（ベンチャー・キャピタリスト）たちが多く存在するなど、ベンチャー・ビジネスを生み出しやすい環境があり、大学や研究所から、または既存の大企業から飛び出して、新しく企業を興したり、新興企業に転職したりすることが多い。科学者・技術者の中心部分が流出（スピン・アウト）することによって、没落の一途を辿った大手半導体メーカーの例に、半導体産業創成期からの名門でトップ企業であったフェアチャイルド・セミコンダクタ（FC）社がある。FC社の創業者であった8人がスピン・アウトしてさらにインテル社を創設し、FC社半導体部門のナンバー2であったC. スポーク以下5人がナショナル・セミコンダクター（NS）社に移って重役となり、それぞれ急成長している。インテル社は自社のマイクロプロセッサ（MPU）がIBM パソコンに採用されたのを契機に、

パソコンブームに乗って急成長し、同様に FC 社の営業部門からスピン・アウトした J. サンダースがアドバンス・マイクロデバイズ (AMD) 社を創設した。インテル社や NS 社に有能な技術者の多くを奪われた FC 社は、全くの最初から MOS 技術の開発を始めなければならず、1970 年代には、IC の売上高でインテル社や NS 社の後塵を拝するようになり、70 年代末には 5 位までに転落した¹³⁾。そしてついには、FC 社は 1987 年に NS 社に買収されている。

次に、日本における研究開発のあり方について、東芝が最初に始め、その後、他社にも広がった並行研究開発を例に見てみよう。半導体開発においてライバル企業に遅れていた東芝は、その遅れを取り戻すべく、「時間差並行開発」とも呼ぶべき組織的アプローチの戦略を採用した。すなわち、あるチームが 64K DRAM 開発プロジェクトに取り組んでいるとき、その 2 年遅れに、まだそのプロジェクトが終了しなくても、別のチームが 256K DRAM 開発プロジェクトを開始する。4 年後、64K DRAM が大量生産され、64K プロジェクトが終了したとき、その 64K チームは 1M DRAM の研究を開始する、というものであった¹⁴⁾。

この、ライバル企業との競争に勝つためにとられた技術開発戦略は、同社が事業本部制の導入を契機に、半導体事業の活性化を目的に計画した「W 作戦」¹⁵⁾との関連で築かれていったものであるが、この戦略を支えたのは積極的な設備投資と技術者の大幅増員であった。それまで日本電気の半分、日立の 3 分の 1 程度であったものが、1982 年度は 320 億円、1983 年度 970 億円、1984 年度 1480 億円、1985 年度 900 億円（1983 年以降はグループ全体）であった。16M ビット・メモリー対応のクリーンルームをもつ超 LSI 技術研究所（1984 年 3 月完成）、大分工場の 256K DRAM、64K SRAM 専用棟（同上）、超 LSI 組立専用の杵築東芝エレクトロニクス新工場（1984 年 6 月完成）、超 LSI 専用の岩手東芝エレクトロニクス新工場（同年 9 月完成）、東芝マイコンエンジニアリング・LSI 設計センター（1985 年 3 月完成）、バイポーラ IC 組立

の直方東芝エレクトロニクス新工場（同年3月完成）、トランジスタ組立専用の加賀東芝エレクトロニクス新工場（同年4月完成）、というように新增設が積極的に行われた。技術者の補充については、1983年以降、毎年300～400人の学卒者が採用され、特に研究開発部門では、1973年に集積回路研究所（現半導体技術研究所）が発足したとき約60名であった開発要員は、超LSI研究所が完成した時点で約10倍に増えていた¹⁶⁾。

東芝は、1M DRAMを他社に先駆けて量産化することによって、「DRAMの東芝」というイメージを定着させることに成功したのであるが、これを成功させる並列研究開発の体制を築いた要因には、同社の超LSI研究所内にスーパー・クリーンルームが併設されたこと、およびCADの導入でシミュレーションをフルに使える環境が整ったことに加えて、大量に雇った若手技術者がようやく育ち、人材が豊富になったことであつたとされている¹⁷⁾。日本の企業では、安定した長期雇用環境のもとで、将来の技術動向を見据えた開発要員の育成をはかることができるだけでなく、良きチームワークを育てることができるという面もある。LSIの開発では、特に、設計技術、基礎技術、製造技術、回路技術、評価技術など、総合技術を駆使して開発するがゆえに、横の連携プレーが重要になってくる。東芝の場合には、チーム内の横の連携プレーを、さらに開発チーム間の横の連携プレーへと発展させたのである。

3 ビッグ・プロジェクトによる国家的支援

トランジスタや集積回路の基本的な特許をアメリカ企業に握られている日本の半導体メーカーは、アメリカの半導体メーカーにキャッチ・アップするためには、それらの特許を導入するだけでなく、それを製造技術として洗練させ、歩留まり率を上げ、コストと品質の面で勝負するしかなかった。日本において、ゲルマニウム・トランジスタの増産が行われていたとき、アメリカにおいては、ゲルマニウムからシリコンへ、個別トランジスタから集積回

路（IC）への急展開がなされ、日本におけるシリコン IC の開発は大きな立ち後れとなった。急速にアメリカにキャッチ・アップするために、国家プロジェクトの採用が考え出されることになった。

通産省や郵政省などを中心としたビッグ・プロジェクトによる国家的支援は、半導体分野における日本の製造技術の優秀さを支えるのに大きな役割を果たすことになった。日本における半導体史に影響を与えた国家プロジェクトとしては、新幹線の自動運行システム計画、座席予約システム計画、電電公社の電子式電話交換機計画（通称、DEX2 計画）などがあつた。DEX2 号機（1969 年 12 月完成）の開発プロジェクトには、電電ファミリー 5 社である日立製作所、東芝、日本電気、三菱電機、富士通が参加し、各社、電子式交換機の CPU に使う IC を競って開発した¹⁸⁾。

特定機械情報産業振興臨時措置法によって、半導体産業への育成優遇措置がとられたが、なかでも、1976 年 3 月に設立された「超 LSI 技術研究組合」が大きな役割を果たしている。この超 LSI 技術研究組合は、期間が 4 年間で資金 700 億円のうち政府補助金が 300 億円である。このプロジェクトが通産省主導で計画されるに至ったきっかけは、IBM 社への恐怖であつた。IBM 社の反トラスト法裁判の過程で、同社のフューチャー・システム（FC）計画が明らかになり、これはアメリカのライバル企業に衝撃を与えただけでなく、日本の通産省、コンピュータ製造企業および半導体企業にも大きな衝撃を与えるものであつた。IBM 社のこの計画は、1M ビットの容量をもつ LSI を 1980 年代までに開発し、次世代コンピュータに使用するというもので、それが実現されてしまうと、日本の企業にとってキャッチ・アップが困難に思われるものであつた。

超 LSI 技術研究組合に参加する企業によって共同研究所が設置された。共同研究所における共同研究の目的は、半導体の製造ではなく、将来の超 LSI 技術の発展の基になるように、基礎的でしかも参加各企業に共通して役立つような技術の開発であり、第一のテーマに、微細加工に関する製造装置

の開発、第二のテーマに、シリコン結晶に関する研究を選んだ。参加各企業に共通して必要とされる基礎技術の開発を目的としたことが共同研究の成功の理由であったとされている。共同研究所の研究員は組合に参加した5企業（富士通、日立、三菱、日本電気、東芝）からの出向者が大部分であり、その約100名によって共同研究がなされた。共同研究所の所長となった垂井康夫氏によれば、参加5企業が同種企業であり、LSIの分野でも、コンピュータの分野でも、競争相手の立場にある企業であったことを、従来の共同研究にない大きな特徴として、指摘している。また同氏は、所長として「共同は善である」という雰囲気作りを行うとともに、5企業からの出向者の間の共同がやりやすいよう配慮したとも述べている¹⁹⁾。超LSI技術研究組合において、ライバル関係にあった各企業から派遣されたトップエンジニアたちが、チームワーク良く共同研究を行いえたことこそ、特に半導体開発における日本の特質と言えるものであった²⁰⁾。

共同研究所の成果として、公表されたものでは、電子ビーム描画装置、それに使うソフトウェア、高解像度・高速度のマスク検査装置、転写装置、シリコン・ウエハに含まれる酸素と炭素の影響の解明、などが挙げられている。

他方、アメリカにおいても、国防省が1979年にVHSIC (Very High Speed IC) プロジェクトを策定した。当プロジェクトの全体的目的は、既存のものより10倍の密度、100倍の演算速度をもつICを設計・開発し、それらのICを軍事システムにタイムリーかつ経済的に導入することである。国防省が統括しながら、総額2億2500万ドル、計画期間6年、研究開発資金を半導体企業に援助するというものであった。ところで、国防総省の当プロジェクト当局者は、軍事的目的を前面に出しながらも、最初から、当プロジェクトの成果が参加企業に商業的利益を生むこと、VHSICの研究が産業界の研究動向から大きく逸脱しないことを配慮するものであった²¹⁾。半ば、軍事的性格を装った「アメリカ版産業政策」であったのである。

半導体シェアの面で、トップの地位がアメリカから日本に移るにつれ、ア

アメリカ国内において、半導体分野でも「日本の脅威」論が表面化し、日本を、特に日本への半導体製造装置における技術移転を過小評価し、油断があったという認識が広まることになった。その結果が、日米半導体摩擦の激化、日米半導体協定の締結（1986年9月）、アメリカ側からの SEMATECH（セマテック：半導体製造技術研究所）の設立による反撃である。SEMATECH は、米国防省の科学政策を担当する国防科学局の報告書（1987年2月、国防長官宛報告）を受けて、翌3月に、アメリカ半導体工業会（SIA）によって設立が決定されたものである。このプロジェクトの目的は、低コストで高品質の製品をつくる製造技術（プロセス技術）の開発・向上に焦点を絞るもので、明確に、製造技術の面で優位とされる日本の企業に対抗するためのものであった。アメリカ商務省の当局者、ジャック・クリフォード局長は、「そこに SEMATECH プロジェクトの大きな意義がある。大量生産の面でアメリカの競争力を維持するのに必要な、すぐれた製造技術が生まれるものと期待している。業者自身も、この量産分野こそ、次の世代の量産製品、マイクロプロセッサ ASIC、カスタム製品などの研究開発を進める資金源だ、と言っている」と語っている。また、SEMATECH は、アメリカ半導体メーカーと半導体製造装置メーカーの両者を、日本のような緊密な協力体制に引き込むことにも努力している²²⁾。

4 半導体製造装置メーカーとの連携（デザイン・イン）

超 LSI 技術研究組合での共同研究のテーマは日本半導体産業の将来を支える基礎製造技術の開発に焦点が当てられ、成果の大部分はすぐに実用化して威力を発揮するという性格のものではなかった。超 LSI プロジェクトの最大の波及効果はニコンのステッパーであったとされている²³⁾。超 LSI 技術研究組合の委託でニコン（1988年に、日本光学工業から社名変更）とキャノンが光露光のステッパーの開発に着手した。両社とも高解像度レンズの開発能力をもっていたからである。ニコンが最初に手がけたのはフォトマスクの計

測装置であったが、その計測装置を開発する過程で精通したX軸・Y軸の精密制御技術と従来から強みであった高解像度レンズ製造とを組み合わせることでステッパーを開発した²⁴⁾。そのステッパーの開発は超LSI技術研究組合からの注文で始められたものであり、1978年3月に、ニコンの国産第一号機が超LSI技術研究組合に納入されている。

当時、超LSI技術研究組合での露光装置開発の主眼は電子ビーム露光やX線露光に向けられていた。それは、当時、光の限界が $2\mu\text{m}$ と考えられていたからであった²⁵⁾。しかし、レンズの開発・改良が当時考えられていた光露光の限界を突破するに及んで、光露光のステッパーが主流となり、今日でも主流であり続けている。それは、今日、光露光で $0.2\mu\text{m}$ まで可能であると思われているだけでなく、コストの問題が考慮されるからである。すなわち、電子ビーム露光装置は、光露光装置よりも微細なパターンの実現を可能にする一方で、一定時間に転写できるマスク・パターンの数が著しく少なくなる上に、装置自体の価格が著しく高くなってしまった。したがって、電子ビーム露光装置の場合、光露光装置と同じ生産性を維持しようと思えば、コストがはるかに膨大にかかってしまうからである。電子ビーム露光やX線露光が主流になるには、まだ多くの課題が残されており、まだ将来技術のままである。

超LSI技術研究組合を通じて、半導体メーカーと半導体製造装置メーカーとの連携が形成・強化された。半導体製造装置メーカーはそのユーザーである半導体メーカーと、より良い協力関係を結ぶことによって、より良い装置を開発することができる。半導体メーカー側の経験やアイデアを反映させることができるからである。しかし、製造装置メーカーは装置の開発に莫大な投資を行うがゆえに、それを回収すべく、装置を複数の半導体メーカーに売りたいと思う一方で、半導体メーカー側は、半導体製造装置メーカーを通じてノウハウがライバル企業に漏れる危険もあり、製造装置メーカーとの関係に慎重とならざるをえない。したがって、半導体メーカーと製造装置メーカーとの協力関係は、重要ではあるが簡単なことではないのである。超LSI技

表1 世界半導体製造装置メーカーのトップ10社

(単位：億円)

	91年		92年		93年		94年		95年	
	メーカー	実績	メーカー	実績	メーカー	実績	メーカー	実績	メーカー	実績
1	東京 エレクトロン	764	A M A T	794	A M A T	1,160	A M A T	1,800	A M A T	3,500
2	A M A T	654	東京 エレクトロン	677	東京 エレクトロン	889	東京 エレクトロン	1,421	東京 エレクトロン	2,872
3	ニ コ ン	616	ニ コ ン	501	ニ コ ン	688	ニ コ ン	1,267	ニ コ ン	1,820
4	アドバン テスト	448	キャノン	333	キャノン	528	キャノン	749	キャノン	1,215
5	キャノン	360	アドバン テスト	327	アドバン テスト	397	ラム・ リサーチ	611	ラム・ リサーチ	1,030
6	バリアン	328	テラダイン	278	ラム・ リサーチ	372	アドバン テスト	526	アドバン テスト	1,027
7	日立製作所	316	バリアン	263	バリアン	321	バリアン	519	日立製作所	791
8	テラダイン	263	日立製作所	258	テラダイン	314	日立製作所	490	テラダイン	675
9	ゼネラル シグナル	243	ゼネラル シグナル	231	シュルン ベルジェ	268	テラダイン	383	大 日 本 スクリー ン 製 造	617
10	S V G	235	S V G A S M	203	S V G	255	大 日 本 スクリー ン 製 造	347	バリアン	606
合計		4,227		3,865		5,192		8,113		14,153

出所：VLSI Research

* 1996年度版『日本半導体年鑑』後注27)より。

術研究組合での共同研究は、参加した半導体メーカーに共通して必要とする技術の開発を目的とすることによって、半導体メーカー間の協力・協調関係をもたらしただけでなく、製造装置メーカーと半導体メーカーとの協力（デザイン・イン：設計段階からユーザーの参画）関係を強めることになった。アメリカの企業の場合には、このような関係を結ぶことは難しいとされている²⁶⁾。

表1を見ると、企業別では、アメリカ企業のアプライド・マテリアルズ（AMAT）が日本企業の東京エレクトロンからトップの地位を奪って以来、その地位を保っている。前工程の露光分野では日系メーカーが、スパッタリング、CVDなどの成膜分野では米国系メーカーが圧倒的なシェアを占めてい

表2 主要装置の国内市場規模とシェア（調査期間は95年2-5月）

（単位：億円）

製造装置種類	市場規模			1 位	2 位	3 位
	93年	94年	95年 見込			
拡散炉	112	151	164	東京エレクトロン	国際電気	光洋リンドバーグ
イオン注入装置	160	212	251	住友イートンノバ	バリアン・ アソシエイツ	日新電機
エピタキシャル 成長装置	22	27	31	国際電気	A M J	コンセプト・シス テム・デザイン
C V D 装置	418	541	630	A M J	ノベラス システムズ	東京エレクトロン
スパッタリング 装置	207	320	415	A M J	アネルバ	日本真空技術
リソグラフィ 装置	755	935	1,097	ニコン	キャノン	日本 S V G
レジスト 処理装置	255	300	340	東京エレクトロン	大日本 スクリーン製造	
ドライ エッチング装置	349	462	543	東京エレクトロン	日立製作所	ラム・リサーチ
ゲイシング 装置	25	32	41	ディスコ	東京精密	セイコー精機
ボンディング 装置	203	244	276	新川	カイジョー	N E C 機械
テストイン 装置	529	775	929	アドバンテスト	安藤電気	横河電機
ウェハプローバ	101	119	130	東京エレクトロン	東京精密	日本 マイクロニクス
ハンドラ	116	122	127	アドバンテスト	日立電子 エンジニアリング	安藤電気

*前掲『年鑑』より。

る（表2参照）²⁷⁾。

1994年度（1994年4月-1995年3月）の世界の半導体製造装置販売高は159億7048万ドルであり、販売地域別で見ると、日本が32%の50億9542万ドル、北米が31%の50億450万ドル、欧州地域が11%の17億7903万ドル、その他地域が26%の40億9542万ドルとなっている。この業界では、独占が特に進んでおり、1995年で、大手10社が46.5%を占めている。大手10

表3 半導体装置メーカーのトップ15社

(単位：百万ドル)

1995年 順位	1995年 売上	メーカ－	国名	1994年 順位
1	3,500	A M A T	米 国	1
2	2,872	東京エレクトロン	日 本	2
3	1,820	ニ コ ン	日 本	3
4	1,215	キャノン/キャノン販売	日 本	4
5	1,030	ラム・リサーチ	米 国	5
6	1,027	アドバンテスト	日 本	6
7	791	日立製作所	日 本	8
8	676	テラダイン	米 国	9
9	617	大日本スクリーン製造	日 本	10
10	606	バリアン・アソシエイツ	米 国	7
11	570	K L A インストルメンツ	米 国	13
12	567	A S M リソグラフィ	オランダ	14
13	534	シリコンバレー・グループ	米 国	11
14	431	シュルンベルジェ	米 国	12
15	426	イ ー ト ン	米 国	—

出所：VLSI Research

(注) サービス & スペアを含む装置関連売上 (\$1 = ¥93.75, \$1 = Dfls1.60)

*前掲『年鑑』より。

社の占める割合は、92年が37.0%、93年が40.2%、94年が44.0%というように、傾向的に増大している²⁸⁾。

第三節 ASIC 生産への傾斜

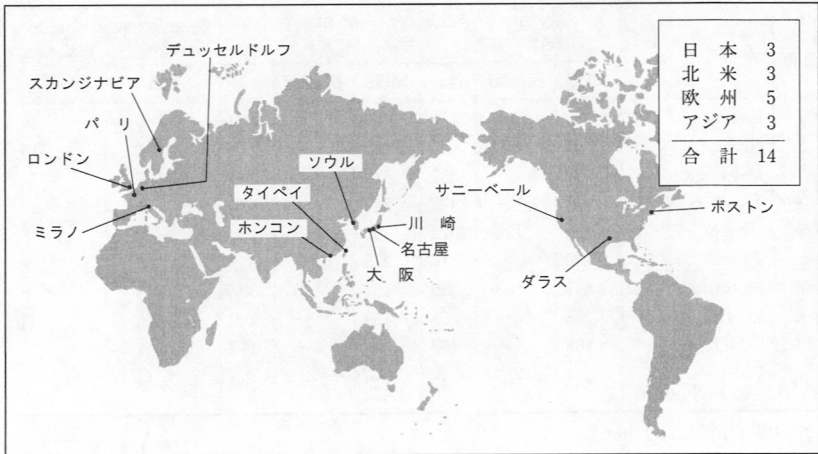
ASIC（特殊用途向けIC）と言う場合、広い意味では、フルカスタムICも含まれるが、狭い意味では、最もニーズの高いセミカスタムICを意味し、一般にASICと言う場合は、セミカスタムICである。そのセミカスタムICの

代表的なものに、ゲートアレイとスタンダードセル（セルベース IC）がある。ゲートアレイは、シリコン基板自体は共通のものを利用し、ウエハ製造工程までは品種に無関係に大量生産され、ユーザーが要求する多品種への対応はアルミ配線の工程で、配線パターンの変更によって行われる。スタンダードセルは、あらかじめ設計してある標準的なひとまとまりの回路（セル）をユーザーの要求に合わせて半自動的に組み合わせるものである。それ以外には、最近現われた開発手法で、ゲートアレイとセルベース IC の両方の特徴を併せ持つエンベデッドセルアレイなどがある。

1986 年から、日本の半導体業界はこの ASIC 部門を強化するようになったのであるが、それは、1985 年後半から、最大の半導体ユーザーであるコンピュータ業界が不況に見舞われ、DRAM の値崩れが起こったことをきっかけとしてであった。ユーザーの注文に応じて製作する ASIC は、需要の変動が比較的少ない上に、ユーザー業界における製品の多角化に伴い、その後の需要が伸びることが期待されたからである。また同時に、企業グループ内ユーザー企業の戦略をも支えるものでもあった。すなわち、「マイクロエレクトロニクス (ME) 革命」とも称され、生産財にも、消費財にも、IC チップが組み込まれるようになり、その機能が製品の付加価値を高め、製品の売りに大いに貢献することになったからである。

ASIC 開発の効率化は、コンピュータ・ネットワークとそれによる CAD システムの活用によって支えられている。しかも、世界的規模（グローバル）での通信ネットワークの活用によって、半導体企業の国際的展開をも支えることになった。すなわち、半導体メーカーは、顧客（半導体ユーザー）が CAD システムを使って設計作業を行うための施設を世界各地に設けることによって、世界各地の顧客のニーズに密接に対応しながら、世界各地から衛星通信で送られてくる設計情報に基づいて、半導体工場において、大量に ASIC を生産することができる。今日、デザインセンターの世界的配置が顕著である（図 1、表 4、表 5 を参照）。

図1 東芝・デザインセンター・ネットワーク（直営）



* 1996 年度版『半導体産業計画総覧』後注 35)より。

表4 富士通・海外デザインセンター

米 国	サンノゼ
欧 州	フランクフルト, パリ, ミュンヘン, ミラノ, メイドンヘッド, マンチェスター, シェットガルト
アジア	ホンコン, シンガポール

*同上。

表5 日立製作所・海外デザインセンター

アメリカ合衆国	サンフランシスコ (Hitachi America Ltd.)
西ドイツ	ミュンヘン (Hitachi Europe Ltd.)
台 湾	台 北 (Hitachi Asia Ltd.)
シンガポール	(Hitachi Asia Ltd.)
イギリス	ロンドン (Hitachi Europe Ltd.)
香 港	(Hitachi Asia Ltd.)
韓 国	ソウル (Hitachi Asia Ltd.)

*同上。

表6 ゲートアレイの売上高順位

94年 順位	メーカー	93年売上 (百万ドル)			94年売上 (百万ドル)			94年/93年 の変化 (%)	94年 市場シェア (%)
		MOS	Bipolar	合計	MOS	Bipolar	合計		
1	Fujitsu	470	285	755	550	250	800	6	16
2	NEC	505	150	655	685	50	735	12	15
3	LSI Logic	537	—	537	575	—	575	7	11
4	Toshiba	427	—	427	525	—	525	23	10
5	Hitachi	252	120	372	305	115	420	13	8
6	TI	110	—	110	335	—	335	205	7
7	Motorola	147	103	250	182	125	307	23	6
8	Mitsubishi	58	—	58	139	—	139	140	3
9	S-MOS/Seiko	108	—	108	110	—	110	2	2
10	VLSI Technology	145	—	145	108	—	108	-26	2

*前掲『年鑑』より作成。

また、CADソフトのシミュレーション機能によって、設計作業の効率化がもたらされている。ゲートアレイやスタンダードセルの開発においては、コンピュータの画面上に標準ロジックの機能ブロックを映し出し、それぞれのブロックを結合し、さらにコンピュータで実際に動くかどうかシミュレーションして、問題がなければ、LSIの最終配線のマスクを同じソフトで作ることができる。ASICの国内市場でトップシェアを争っている富士通は、同社のパソコンで設計ができるソフトウェア「VIEWCAD」を1986年に発売するなど、ASICを開発するソフトウェアやハードウェアをいち早く揃えたことが強みであった²⁹⁾。

現在のASIC市場の動向について見てみよう。1995年に、全世界のIC市場に占めるASICの割合は約12%であり、そのASICの中で、ゲートアレイは約4割に当たる60億ドルの見込みであり、セルベースICは約3割に当たる48億ドルの見込みである³⁰⁾。現在、ゲートアレイの割合の方が多いが、ASICを製造する主要企業(特に、日本企業)は、マルチメディア関連の需要の急上昇をにらみ、メモリーやCPUコアの搭載が可能で、低消費電力・高

表7 セルベース IC メーカー別売上順位

94年 順位	メーカー	93年売上 (百万ドル)			94年売上 (百万ドル)			94年/93年 の変化 (%)	94年 市場シェア (%)
		MOS	Bipolar	合計	MOS	Bipolar	合計		
1	AT&T	480	—	480	600	—	600	25	16
2	TI	315	—	315	345	—	345	10	9
3	Symbios	209	—	209	322	—	322	54	9
4	VLSI Technology	200	—	200	262	—	262	31	7
5	NEC	200	—	200	260	—	260	30	7
6	LSI Logic	105	—	105	248	—	248	136	7
7	Fujitsu	150	5	155	180	—	185	19	5
8	Toshiba	114	—	114	173	—	173	52	5
9	Alcatel Mietec	140	—	140	159	—	159	14	4
10	GEC Plessey	56	50	106	75	65	140	32	4

出所：ICE

(ミクストシグナルを含む)

*前掲『年鑑』より作成。

集積化・高機能化が望めるセルベース IC に力点を置きはじめており、今後、割合が逆転すると予想されている。

表6、表7で1994年メーカー別売上順位を見ると、ゲートアレイでは、1位が富士通、2位がNEC、ともに日本勢であり、セルベース IC では、1位がAT&T社、2位がTI社で、ともにアメリカ勢である。

第四節 日本半導体産業の変容と今後

日本において、ICの本格的な大量生産が始まったのは、電卓とテレビ受像機のIC化が契機であった。1970年代に入ると、電卓の他に、時計、カメラ、オーディオなど応用範囲が増え、コンピュータも次第にIC需要を増大させた。

アメリカ半導体産業に競争力の相対的低下をもたらした市場要因の一つは、コンピュータだけでなく、家電製品や自動車などの耐久消費財、NC工作機械などの生産財等々、IC製品を応用する様々な分野において、メイド

インジャパン（日本製）がアメリカ市場を始めとして世界市場を席卷したことであった。半導体製品における性能・品質の向上、価格の低下はそのユーザー企業の市場競争力を高め、その競争力増大は逆に半導体製品の需要を拡大するからである。半導体が「産業のコメ」と呼ばれる所以である。様々な産業分野を包括する日本の企業グループは、国家プロジェクトの支援を受けながら、半導体企業とユーザー企業が一体となって市場攻勢を仕掛け、市場シェアの拡大に努める戦略を採用することができる。これは市場シェア拡大に向けた最大の日本の強みであったとともに、半導体産業にとっては、企業グループ内にもつ独自の産業的役割を示すものでもある。

ところで、東南アジアの安い労働力を利用したアメリカ半導体企業の価格攻勢に対して、日本の半導体企業は生産の自動化の推進で対抗してきた。今日、日本のメーカーの多くは、人手を要するワイヤ・ボンディング装置にパターン認識技術を採用することにより、同装置の全自動化を実現し、さらに、それらを前後のダイ・ボンディング、封止工程などと接続することにより、システムの自動化を図っている。日本の半導体メーカーは、1960年代後半以降、半導体製造の自動化を一挙に推し進めたが、その背景には、アメリカの半導体メーカーのほとんどが東南アジアでの低賃金を利用し、そのコスト削減効果によって、日本市場への大攻勢をかけたことがあった。

すなわち、日本の電卓市場が急激に拡大し、電卓向けのIC需要が急激に高まったとき、アメリカの半導体メーカーは、巨大な装置と高い技術を必要とするウエハ前工程はアメリカ本土の工場で行い、そこで完成したウエハを東南アジアの工場に持ち込み、ウエハ上のチップを切り離すダイシング、チップをリードフレームに接着するダイボンディング、チップ上の端子とリードフレームを金線で接続するワイヤボンディングなど、当時人手を多く必要とした後工程を、現地の低賃金女性労働者に行わせた。東南アジアの低賃金利用による低コストで製造したアメリカ半導体メーカーのICの脅威にさらされ、日本の半導体メーカーは、逆に、製造の自動化率を高めることに

よって、東南アジアの低賃金に対抗しようとしたのである³¹⁾。しかし、アジア製アメリカブランドは不良品が続出し、結果的には逆に日本製のシェアを高めることになった。

この章を終えるに当たって、最後に、日本の半導体企業をめぐる競争環境の今日の変化が及ぼす影響について見てみよう。競争環境の変化の第一は、世界の新たな地域でのライバル企業の台頭である。

今日、アジア NIES（アジアにおける新興工業国）は、半導体産業における成長が著しく、日本、アメリカ、そしてヨーロッパに次ぐ、第四の地域として浮上してきている。アジア NIES の中でも、特に、韓国と台湾の成長が目覚ましい。両国の半導体産業とも当初は、アメリカの現地子会社として、もっぱら後工程で、安価な労働力を利用した労働集約的な組立工程から始まったが、次第に、両国の民族資本あるいは財閥系企業が豊富な資金を背景に進出するとともに、国の半導体産業育成策とも相俟って、技術導入や研究開発を積極的に推し進め、ウエハ処理などの前工程にも乗り出している企業があるなど、急激な成長を果たしている。韓国では、業界トップの三星電子を始めとして、LG セミコン（旧社名：金星エレクトロン）、現代電子産業などが代表的な企業（米データクエスト社調査：1995 年販売実績世界ランキングがそれぞれ 6 位、13 位、11 位）であり、世界的なコンピュータの好況とそれによる世界的な半導体需要の拡大によって、急成長している。台湾では、TSMC（台湾積体電路製造）、UMC（聯華電子）、ウインボンド（華邦電子）、TI-エイサーなどが代表的な企業であり、特に、国内におけるコンピュータ産業の発展とそれによる半導体需要の拡大に支えられて急成長した³²⁾。台湾において、コンピュータ産業や半導体産業の成長を支えたものに、台湾政府による国家プロジェクトがあった。台湾政府は、1980 年に台北市の南西にある新竹にサイエンスパーク（科学工業園区）を建設するとともに、經濟部（日本の通産省に相当）技術處、産業局、資訊産業策進会、産業研究院、交通銀行などが進める大型プロジェクトが大きな役割を果たした。新竹サイエンスパークには、現在、コンピュー

表 8 1995 年世界半導体市場：上位 10 社ランキング

(速報値, 単位: 百万ドル, カッコ内は前年順位)

ランキング	メーカー	1994 年 売上高	1995 年		1995 年 市場占有率 (%)
			売上高	前年比 (%)	
1 (1)	インテル	10,099	13,828	37	8.9
2 (2)	日本電気	7,961	11,360	43	7.3
3 (3)	東芝	7,556	10,185	35	6.6
4 (5)	日立製作所	6,644	9,422	42	6.1
5 (4)	モトローラ	7,238	9,173	27	5.9
6 (7)	三星電子	4,832	8,344	73	5.4
7 (6)	テキサス・ インスツルメンツ	5,548	8,000	44	5.2
8 (8)	富士通	3,869	5,511	42	3.6
9 (9)	三菱電機	3,772	5,154	37	3.3
10 (11)	フィリップス	2,920	4,040	38	2.6
	その他合計	50,137	69,667	39	45.0
	世界市場合計	110,576	154,684	40	100.0

出所：データクエスト (1996 年 1 月)

(注) 1) 暦年ベース (1995.1.1-1995.12.31)

2) 為替レート 1994 年: \$1.00 = ¥101.81 / 1995 年: \$1.00 = ¥93.04

*前掲『総覧』より。

タ・メーカーや半導体メーカーを始めとして、180社あまりの情報関連メーカーが集まり、総従業員数は約3万8千人を数え、「台湾のシリコンバレー」とも呼ばれるように、研究開発および製造の最大の拠点となっている³³⁾。

変化の第二は、アメリカ半導体企業の国際競争力における復活である。マイクロプロセッサ (MPU) の分野で圧倒的な支配力をもつインテル社だけでなく、DRAM や DSP (デジタル・シグナル・プロセッシング: 同社が世界シェアの 50% 近くを占める) などの分野において、TI 社の伸びが目覚ましい。TI 社の半導体売上高は、90 年 31 億 5900 万ドル、91 年 34 億 7000 万ドル、92 年 40 億 2900 万ドル、93 年は 51 億 5700 万ドル、さらに 94 年も前年比 33% 増の 68 億 4300 万ドルと記録を更新し続けている。SEMATECH プロジェクトの成果が現われだし、製造技術の著しい向上を反映したものである。

第三は、国際的に競争が激化する一方で、必要とする研究開発や設備投資

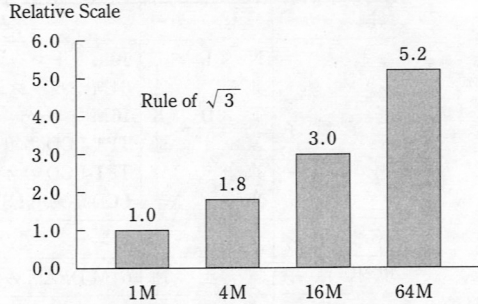
の費用が飛躍的に増大していることである（図2を参照）。近年、日本・アメリカ・ヨーロッパ・アジアNIES、それぞれの企業間での技術提携や合弁事業が急速に拡大し、提携・協力関係および競争関係が複雑に錯綜している。これは、ますます増大する研究開発費および設備投資費に対応するものである。

日本の半導体メーカーとアメリカの半導体メーカー間での技術提携では、NECが90年3月にAT&Tマイクロエレクトロニクス社と半導体の製造・開発に関する提携を行い、日立も88年12月にTI社と16M DRAMの共同開発契約を結んだ。東芝はモトローラ社との合弁企業である東北セミコンダクタ社を設立し、DRAM技術とMPU技術を相互に供与することになっている。

将来におけるポストDRAMとして期待されているフラッシュ・メモリーの分野では、特に、諸国企業間の共同開発や技術提携の動きが盛んである。シャープはインテル社（米国）と、富士通はAMD社（米国）と、それぞれ共同開発を行っている。東芝はNS社（米国）と共同開発を進めながら、三星電子（韓国）に技術供与することで合意している。三菱電機はSGSトムソン社（欧州：フランスの半導体メーカーとイタリアの半導体メーカーとの合弁企業）と、沖電気はキャタリスト社（米国）と共同開発を行っている。国内では、日立と三菱電機が共同開発で提携している。

フラッシュ・メモリーは、フロッピーディスクやハードディスクなどの磁気メモリーと同様に不揮発性メモリーの一種ではあるが、DRAMやSRAMと同様に記憶を電氣的に行うものであり、これまでこれと同種のものにEPROM

図2 メモリー（DRAM）世代別設備投資



資料：日立製作所
*前掲『総覧』より。

表9 日・韓の主要提携関係 (95年のみ)

韓国メーカー	日本メーカー	内 容
三星電子	N E C	16ビットマイコン技術導入
	東 芝	64Mフラッシュ・メモリー共同開発
	T D K	16Mフラッシュ・メモリー供給
	富士通	TFT-LCDの相互ライセンス
	東レ	TFT-LCDの合弁生産
	東 芝	LCD駆動用LSIの生産受託
LGセミコン	日 立	マレーシアでの16M/64M DRAMの合弁生産
現代電子	富士通	64M DRAMの共同開発
韓国電子	東 芝	半導体素子技術の導入
亜南産業	東 芝	最先端パッケージ技術の共同開発

*前掲『年鑑』より。

(紫外線消去および電氣的プログラム可能な読み出し専用メモリー) や EEPROM (電氣的消去および書き込み可能な読み出し専用メモリー) があつた。フラッシュ・メモリーは EEPROM がさらに改良されて、一括消去を可能にしたものである。

ところで、このフラッシュ・メモリーは東芝の技術者であつた榎岡富士雄氏が発明したもので、1980年にフラッシュ EEPROM として特許を出願し、1984年に IEDM (国際デバイス会議) および ISSCC (国際固体回路会議) に投稿し、1985年に ISSCC で発表している。当時はあまり注目されていなかったが、その後、インテル社が東芝によるフラッシュの命名を使用したフラッシュ・メモリー事業部を作り、米国各社が盛んに論文で引用するに及んで、日本人が初めて発明した汎用メモリーとして世界的に広く認知されているのである³⁴⁾。現在、フラッシュ・メモリーの世界市場では、インテル社とシャープ、AMD社と富士通の二つのグループが市場の約8割を占めている。国内の最大手メーカーはシャープで、インテル向けの OEM (相手先ブランドによる製造) として増産している³⁵⁾。

最後に、日本の半導体開発における特質あるいは優位性とされていることを、アメリカ、ヨーロッパ³⁶⁾、アジア NIES、それぞれの半導体企業が学び

そして取り入れつつある。日本の半導体企業の特質あるいは優位性とされていたことが、今後も特質あるいは優位性であることを必ずしも保証しないのである。

〔注〕

- 1) ロバート・スレイター（馬上千成 / 木元俊宏訳）『コンピュータの英雄たち』朝日新聞社、1992年を参照。
- 2) Thomas J. Misa, "Military Needs, Commercial Realities, and the Development of the Transistor, 1948-1958", Edited by Merrit Roe Smith, *Military Enterprise and Technology Change*, The MIT Press, 1985, pp.264-65を参照。
- 3) 『電子立国 日本の自叙伝 2』NHKライブラリー、1995年、8ページ。
- 4) ロバート・スレイター、前掲書、183ページ。
- 5) 『電子立国 日本の自叙伝 4』NHKライブラリー、1996年、65ページ。
- 6) 同上、27-29ページ。
- 7) IBM社が軍事プロジェクトであるSAGEプロジェクトに関わる中で、開発・実用化された。拙稿「IBM社の研究開発と軍事プロジェクト」大阪市立大学『経営研究』第40巻第3号（通巻第223号）、1989年9月を参照されたい。
- 8) IBM社は、自社の大型コンピュータに実験的に組み込んでいたが、当時主流であった磁気コア・メモリーに比べて、コストが200~300倍もして、実用化にはほどとおかった。
- 9) 『電子立国 日本の自叙伝 4』、109-172ページ。
- 10) ハイテク戦略研究会編『日米の技術競争力』日経サイエンス社、1990年、37ページ。
- 11) 玉置直司〔取材・構成〕『インテルとともに——ゴードン・ムーア 私の半導体人生——』日本経済新聞社、1995年、118-119ページ。
- 12) 奥村宏『企業買収——M&Aの時代——』岩波書店、1990年、70ページ。株式所有形態における日米の違いについては、同書に加えて、奥村氏の『改定版 法人資本主義』朝日文庫、1991年、および『会社本位主義は崩れるか』岩波新書、1992年を参照した。
- 13) 瀬見洋『米国半導体産業』日本経済新聞社、1981年、53ページ。
- 14) ダニエル・オキモト / 西義雄「日米半導体産業における研究開発組織」（青木 / ドア編『システムとしての日本企業』NTT出版、1995年）、230ページ。同時並行開発を支える研究所体制については、肥塚浩「半導体企業の研究開発体制」（『立命館経済学』第40巻第4号、1991年10月）を参照されたい。
- 15) 中川靖造『東芝の半導体事業戦略』ダイヤモンド社、1989年、156-163ページ。

- 16) 同上, 157 ページ。
- 17) 同上, 186—189 ページ。
- 18) 『電子立国 日本の自叙伝 6』NHK ライブラリー, 1996 年, 19 ページ。
- 19) 同上, 165 ページ。
- 20) 『電子立国 日本の自叙伝 7』NHK ライブラリー, 1996 年, 234—238 ページ。
多くの日本人技術者をベル研や WE 社に案内した経験のある木村市太郎氏は、アメリカの企業の場合、自社の独自性が失われるのをきらい、共同研究にはトップエンジニアを出さずに、二流・三流でお茶を濁すこと、日本の場合、共同研究所の技術者たちとアメリカやヨーロッパを同行したときにチームワークの良さを感じたこと、を述べている。
- 21) 詳しくは、マイケル Y. ヨシノ / グレン R. フォン「超高速 IC (VHSIC) 計画」(ブルース R. スコット / ジョージ C. ロッジ編 [岡本秀昭監訳] 『日本の脅威, アメリカの選択 1』光文社, 1987 年) を参照されたい。
- 22) フレッド・ウォーショフスキー (青木英一訳) 『チップウォー』経済界, 1991 年, の「11 章 アメリカが再び覇権を握る日」を参照されたい。
- 23) 日本半導体製造装置協会編『「半導体立国」日本』日刊工業新聞社, 1991 年, 130—131 ページ。
- 24) 『電子立国 日本の自叙伝 7』, 146—150 ページ。
- 25) 日本半導体製造装置協会編, 前掲書, 177 ページ。
- 26) フレッド・ウォーショフスキー, 前掲書, 93 ページ。
- 27) 1996 年度版『日本半導体年鑑』株式会社プレスジャーナル, 1996 年
- 28) 前掲『日本半導体年鑑』, 268 ページ。
- 29) 大竹修『半導体商社』日本経済新聞社, 1990 年, 91—92 ページ。
- 30) 前掲『日本半導体年鑑』, 230—233 ページ。
- 31) 『電子立国 日本の自叙伝 7』, 122—129 ページ。
- 32) 前掲『日本半導体年鑑』, 67—76 ページ。
- 33) 黄欽勇 (田島真弓訳) 『電脳大国 台湾の軌跡』アスキー出版局, 1996 年, を参照されたい。
- 34) 梶岡富士雄「フラッシュメモリを開発」(西沢潤一・大内淳義編『日本の半導体開発』工業調査会, 1993 年) を参照されたい。
- 35) 1996 年度版『半導体産業計画総覧』産業タイムズ社, 1996 年。
- 36) ヨーロッパの動きについては、デービッド H. ブランディン / マイケル A. ハリソン (岡和夫訳) 『テクノロジー・ウォー』TBS プリタニカ, 1989 年, の「第十章 その他の国々の計画」を参照されたい。