

韓国半導体産業の国際競争力形成の要因

デバイス部門と製造装置部門の企業間関係の変化に即して

よし おか ひで み
吉 岡 英 美

問題の提起

半導体産業における韓国企業の位置
デバイス部門と製造装置部門の企業間関係の変化
DRAM 市場の競争の変化
装置企業との関係を通じた競争優位の形成
総括と課題

問題の提起

1990年代半ば以降、国境を越えた枠組みのなかで東アジアの経済発展を捉えようとする試みが活発になっている^(注1)。これらの議論は理論的立場や論点が異なるものの、そこでの共通の問題認識は、先進国の多国籍企業の戦略的行動が同地域の工業成長を促しているのであり、後発国や後発企業は、こうした戦略により創り出される分業関係の一端を担うことを通じて、発展を享受することができるという点にあるだろう^(注2)。

この具体的事例のひとつが電子産業である。とりわけ電子部品分野での東アジア諸国の成長は、米国企業の国際的展開と深くかかわっている。すなわち、1980年代以降に顕在化した日本企業へのコンピュータ部品の依存という状況に対処するため、米国のパソコン企業は、国際的資材調達を通じて、新たな部品供給源を東アジ

アに形成した [Boruss 1997; Dedrick and Kraemer 1998]。この典型的事例が、DRAM 分野における韓国企業の成長である^(注3)。

後発企業が世界市場に参入するには販路の獲得という大きな課題を克服しなければならないことを考えれば、国境を越えた企業内・企業間関係という視角から東アジアの産業発展や企業成長を把握することが不可欠であるのはいくまでもない。しかし、先進国の需要企業との調達・供給関係で東アジアの発展のメカニズムを説明するのは一面的ではないだろうか。

特に、韓国企業がキャッチアップした DRAM 分野は、ウエハプロセス技術（半導体の製造技術。以下、プロセス技術と省略）の開発が製品開発の鍵を握る^(注4)。周知のとおり、主要な米国企業が DRAM 市場から撤退した1980年代以降、プロセス技術開発を主導したのは日本企業であった。つまり、DRAM 市場で韓国企業がキャッチアップし、製品開発で先行するには、日本企業との技術ギャップを埋めることが不可欠なのである。米国のパソコン企業や米国の半導体企業との関係のみに焦点を当てては、こうした技術的遅れの克服という側面を正確に捉えることはできない。

では、韓国企業はどのようにして DRAM 市

場における日本企業との技術的遅れを克服し、1990年代には日本企業を凌駕したのだろうか。企業の主体的努力はもちろんあるが、この点に関して、国境を越えた枠組みのなかで理解しようとするれば、先進国のユーザーとの関係だけではなく、先進国のサプライヤー（＝半導体製造装置企業）との関係にも焦点を当てる必要がある。すなわち、韓国企業がDRAM市場で急成長した1980年代後半から90年代にかけて、日本と米国において、半導体企業（以下、デバイス企業と呼ぶ）と半導体製造装置企業（以下、装置企業と呼ぶ^{注5}）の関係が変化し、デバイス企業から装置企業への付加価値の移転ともいえる出来事が起こった。いわばサプライヤーである装置企業の事業の高付加価値化が、DRAM市場で後発の韓国企業にとって無視することのできない影響を及ぼしたのである。

韓国の半導体産業に関する先行研究の多くは、韓国企業の技術蓄積やDRAM市場での成長を、個別企業の技術学習や事業戦略といった企業の内的動因や国内の産業政策の視点から明らかにすることを課題としており^{注6}、サプライヤーである日米の装置企業との関係と関連づけた分析はほとんどない。また、韓国企業が最新の製造装置の導入を通じて技術ギャップを縮小したことが指摘される場合でも^{注7}、こうしたことが可能になった背景やそれがどのような影響を及ぼしたのかが具体的に言及されたことはない。

このような問題状況を意識しつつ、本稿では、1980～90年代のDRAM市場における韓国企業の成長を、デバイス企業と装置企業の変化と関連づけて把握することを課題とする。韓国企業の具体的事例としては、韓国の代表的なデバイス企業である三星電子に焦点を当てる。

資料としては、1980～90年代当時の状況を熟知する日本の半導体業界関係者と日米の半導体製造装置業界関係者へのインタビュー資料を中心として、業界誌や公表された企業の一次資料を主に用いることとする。

まず第 節で、1980～90年代の半導体産業における三星電子のキャッチアップ過程と製造装置の調達を概観する。第 節では、1980～90年代におけるデバイス企業と装置企業の変化を考察し、続く第 節では、こうしたなかで1980年代以降DRAM市場への後発企業の参入可能性が高まるとともに、90年代に入るとDRAM市場の競争条件が変化したことを指摘する。これを踏まえて第 節では、DRAM市場の競争条件の変化に三星電子がどのように対応したのかを検討し、第 節で総括と課題を提示したい。

半導体産業における韓国企業の位置

最初に、世界半導体市場における韓国企業の位置を確認しておこう。周知のとおり、韓国の半導体産業の特徴は、半導体製品のなかでもDRAMに集中して成長してきたことである。韓国企業のシェアは半導体全体では7%前後で推移してきたが、DRAMに限ってみれば、表1から明らかなように、2002年の世界市場の45%を三星電子とハイニクスの韓国2社が占めている。DRAM企業の売上ランキングでは、三星電子が1992年以降トップに位置しており、それ以来右肩上がりにシェアが伸張し、2002年現在は32.2%のシェアを握っている。

一方、DRAM市場での三星電子のキャッチアップを製品開発の側面からみたのが表2であ

表1 DRAMの企業別売上ランキング

(単位:百万ドル,%)

	1989年	1992年	1995年	1999年	2002年
1	東芝(日) 1,268(13.9)	三星(韓) 1,192(13.6)	三星(韓) 6,592(15.6)	三星(韓) 4,774(20.6)	三星(韓) 4,992(32.2)
2	NEC(日) 1,052(11.6)	東芝(日) 1,123(12.8)	NEC(日) 4,592(10.9)	ハイニクス(韓) ¹⁾ 4,464(19.3)	マイクロン(米) 2,858(18.5)
3	TK(米) 899(9.9)	NEC(日) 894(10.2)	日立(日) 4,239(10.0)	マイクロン(米) 3,330(14.4)	ハイニクス(韓) 1,982(12.8)
4	三星(韓) 805(8.8)	日立(日) 824(9.4)	現代(韓) 3,950(9.3)	NEC(日) 2,014(8.7)	インフィニオン(独) 1,817(11.7)
5	日立(日) 757(8.3)	TK(米) 667(7.6)	東芝(日) 3,458(8.2)	インフィニオン(独) ²⁾ 1,680(7.3)	ナanya(台) 849(5.5)
6	富士通(日) 748(8.2)	三菱(日) 628(7.2)	TK(米) 3,429(8.1)	東芝(日) 1,504(6.5)	エルピーダ(日) ³⁾ 648(4.2)
7	三菱(日) 729(8.0)	富士通(日) 547(6.2)	LG(韓) 2,500(5.9)	日立(日) 1,115(4.8)	ウィンボンド(台) 473(3.1)
8	沖電気(日) 390(4.3)	LG(韓) 513(5.9)	マイクロン(米) 2,434(5.8)	三菱(日) 875(3.8)	東芝(日) 321(2.1)
9	ジーマス(独) 361(4.0)	現代(韓) 448(5.1)	三菱(日) 2,201(5.2)	モーゼル(台) 600(2.6)	モーゼル(台) 312(2.0)
10	マイクロン(米) 355(3.9)	マイクロン(米) 445(5.1)	富士通(日) 2,051(4.9)	富士通(日) 521(2.3)	パワーチップ(台) 305(2.0)

(出所) 『韓国電子年鑑』1994年度版, p.478, 『電子・情報通信叶케팅總覽』2002年版, p.419などの資料より作成(原資料はデータクエスト)

(注) 1) ハイニクスは1999年に現代電子がLG半導体を吸収合併して設立された企業である。

2) インフィニオンは1999年にジーマスの半導体部門が分離・独立して設立された企業である。

3) エルピーダは2001年にNECと日立製作所のDRAM部門が分離・統合して設立された企業である。

る。三星電子は64K世代からDRAM市場に参入し、16M世代で日本企業にキャッチアップし、64M世代以降は製品開発でも量産でも先行している。ここから、1980~90年代初めまでがキャッチアップの期間であり、それ以降リーディング企業の地位に位置していることがわかる。三星電子が次世代プロセス技術の開発に着手したのも、64M世代の後期(1994~95年)からと認識されている^(注8)。

次に、韓国の製造装置の調達に関して、製品

別にみたのが表3である。製造装置は、半導体の製造工程に沿って、ウエハプロセス(いわゆる前工程)用装置と組立・検査(後工程)用装置に大別することができる。表3のとおり、組立・検査用装置は若干国産化が進んでいるものの、プロセス技術が集約されるウエハプロセス用装置は、2000年現在、需要の90%以上を輸入に依存している。製造装置の調達経路を示した表4からは、1990年代後半までは日本からの調達が大半を占めていたが^(注9)、90年代末から2000

表2 三星電子のDRAM技術開発の推移

	64K	256K	1 M	4 M	16M	64M	256M	1 G
開発時期(年/月)	1984 / 3	1985 / 7	1986 / 7	1988 / 5	1989 / 10	1992 / 8	1994 / 8	1996 / 10
開発費(ウォン)	7.3億	11.3億	235億	508億	617億	1,200億	1,200億	2,200億
開発期間(カ月)	10	9	15	20	26	26	30	29
日本との開発格差	約4年	約3年	約2年	約6カ月	同一	先行	先行	先行
デザインルール(μm) ¹⁾	2.4	1.1	0.7	0.5	0.42	0.35	0.25	0.18
動作速度(ns) ²⁾	150	120	70	60	50	50	40	30
使用工程 ³⁾	NMOS	NMOS	CMOS	CMOS	CMOS	CMOS	CMOS	CMOS
記憶容量(新聞枚数)	0.5	2	8	32	130	520	2,100	8,400

(出所) 『三星電子30年史』 p.385.

(注) 1) デザインルール: 半導体の電子回路の最小加工寸法。

2) 動作速度: データを処理(DRAMではデータを記憶)する際の速度。

3) 使用工程: MOSトランジスタは、MOS構造(金属ゲート[M]+シリコン酸化膜[O]+シリコン基板[S])でキャパシタを形成し、金属ゲートに電圧を加えて、(トランジスタの電流を流す端子である)ソースとドレインの間(=チャネル)に電流を流すという回路素子である。このとき、ゲートにプラスの電圧を加えると、ソース ドレイン間に電流が流れるnチャネル型MOSトランジスタのみを使ってICを形成する方法がNMOSであり、nチャネルとpチャネル(ゲートにマイナスの電圧を加えるとソース ドレイン間に電流が流れる構造)の両タイプのMOSトランジスタを同一基板上に形成する方法がCMOSである。

表3 2000年の半導体製造装置の輸入・国内供給

(単位:千ドル)

		国内供給		輸入		計
		金額	比率(%)	金額	比率(%)	
ウエハ加工用	露光	53,598	6	868,694	94	922,292
	エッチング	78,686	12	555,481	88	634,167
	拡散	9,037	5	174,558	95	183,595
	T/F	43,221	6	668,614	94	711,835
	CMP	350	0	179,012	99	179,362
	その他	0		256,394	100	256,394
	小計	184,892	6	2,702,753	94	2,887,645
組立用装置		97,814	34	185,903	66	283,717
検査用装置	テスト	0		463,529	100	463,529
	テスト・ハンドラ	27,429	36	48,417	64	75,846
	バーンイン装置	73,235	100	0		73,235
	プローバ	0		41,888	100	41,888
	各種検査機の測定器	1,414	2	71,436	98	72,850
	その他	85,964	66	44,554	34	130,518
	小計	188,042	22	669,824	78	857,866
合計		470,748	12	3,558,480	88	4,029,228

(出所) 『半導体産業』2001年1・2月号, p.106(原資料は韓国半導体産業協会)。

表4 韓国の半導体製造装置の調達経路

(単位: 百万ドル)

		1987年		1990年		1993年		1995年		1997年		2000年	
国内生産		11	4%	42	6%	111	8%	264	8%	687	22%	470	12%
輸入	米 国	83	29%	252	35%	459	33%	1,155	35%	946	30%	2,123	53%
	日 本	174	61%	393	55%	766	55%	1,683	51%	1,198	38%	1,232	31%
	その他	4	6%	30	4%	56	4%	198	6%	322	10%	204	5%
	合 計	261	96%	675	94%	1,281	92%	3,036	92%	2,466	78%	3,559	88%

(出所) 『半導体』1991年8月号, p.6, 『半導体産業』2001年1・2月号, p.106などより作成(原資料は韓国半導体産業協会)

年にかけて米国からの調達にシフトしていることがみてとれる。この点を三星電子の製品開発と照らし合わせてみると、日本企業をキャッチアップした16M世代までの製造装置は、主に日本からの調達に依拠していたのに対し、製品開発と量産で先行した64M/256M世代からは、米国からの調達が増えているものと考えられる。

デバイス部門と製造装置部門の 企業間関係の変化

1. デバイス企業と装置企業の分業関係の進展

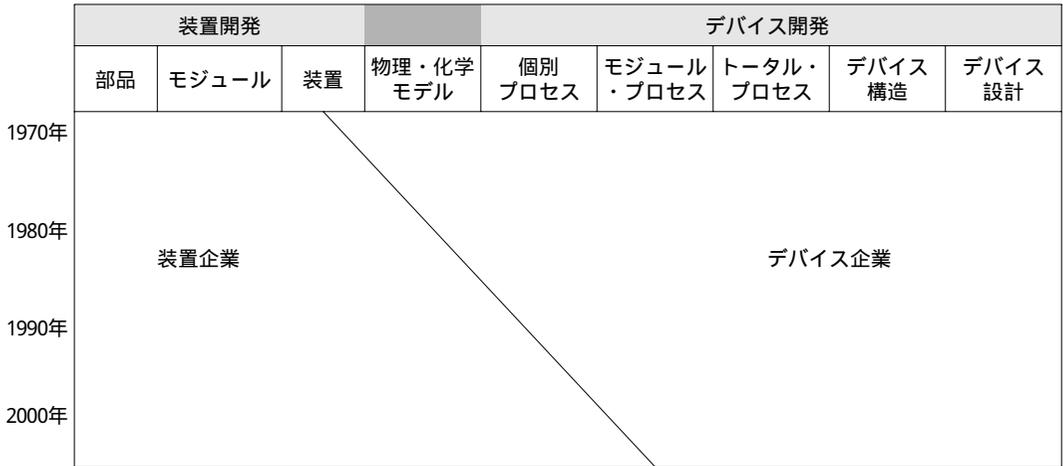
この節では、1990年代半ば頃まで韓国企業の製造装置の主な供給源であった日本の事例を中心に、ウエハプロセス工程に焦点を当てて、デバイス企業と装置企業の関係の変化を検討してみたい^(注10)。結論的にいえば、デバイス企業から装置企業へのプロセス技術のシフトが、製造装置の取引を媒介として、DRAM市場における韓国企業と日本企業との技術ギャップの縮小を促す重要な要因として作用したのである。

デバイス企業と装置企業の関係の変化を表わしているのが、図1のようなプロセス技術開発

における分業関係の進展である^(注11)。この図が示すように、1970年代までのデバイス企業は、プロセス開発に関わるすべての領域、つまりトータル・プロセスから個別プロセスまでを完全に掌握していた。トータル・プロセスとは、デバイスの種類(DRAM, ASICなど)、電気特性(速度、電圧など)、製品コスト、生産量などの観点から、個別プロセスを組み合わせ、量産ラインを構築することである。個別プロセスは、「シリコンウエハ表面に酸化シリコンやアルミニウムの層を作る」(膜形成工程)、「光を照射して回路パターンを焼き付ける」(露光工程)など、物理現象や化学反応を利用した基本的な加工(開発)単位である。個別プロセスは製造装置によって具現化されるため、プロセス開発は製造装置の開発とも密接に結びついている。1980年代初めまでは、もっぱらデバイス企業が個別プロセスの原理となる物理モデルや化学モデルのアイデアを出していたため、製造装置の設計までデバイス企業で行われていた。

他方、新しいプロセス技術を開発し、それを装置化したとしても、製造装置の「使いかた」という意味でのノウハウがなければ、量産にまでこぎつけることはできない。つまり、直径数

図1 デバイス企業と装置企業の分業関係の進展



(出所) 赤坂洋一氏の原案に基づき筆者作成。

(注) モジュール：ガス制御システム，真空排気システム，搬送システムなど装置の部分構成。

装置：ハードウェア・ソフトウェアの設計・製作。

物理・化学モデル：個別プロセスの原理となる化学反応や物理的現象。

個別プロセス：「膜形成」，「露光」，「エッチング」などのウエハを加工する処理の単位。

モジュール・プロセス：「キャパシタ形成」や「配線」といった単位で一連の個別プロセスを組み合わせたもの。

トータル・プロセス：ウエハ投入から完成品に至るまでの一連の工程。

デバイス構造：トランジスタ，抵抗，容量などの空間的配置や配線の仕方。

デバイス設計：特定の機能を具体化するための電子回路の構成。

なお，「物理・化学モデル」は「装置開発」と「デバイス開発」の両方にまたがるため，濃い網掛けで表わしている。

十センチのウエハを使って量産するためには，プロセス性能を保証するようにプロセス条件を設定しなければならない。プロセス性能とプロセス条件に関してレジスト塗布/現像装置^(注12)を例に挙げれば，A社のaというレジストを使って，(1)同一ウエハ上で膜厚のバラツキを±% (~nm)以下にする，(2)異なるウエハ間でも均一性を±%以下にする，(3)ウエハ内，ウエハ間で現像後の回路線幅のバラツキを±%以下にする等のプロセス性能を満たすよう，

(レジストを塗布する前にウエハを暖める)ホットプレートの温度と加熱時間，チャンバ(反応室)内の温度と湿度，薬液の吐出条件，

現像時間，薬液の濃度，スピンの回転速度などの複数のプロセス条件を最適化しなければならぬ^(注13)。こうした条件最適化のノウハウは完成品の歩留まりに反映され，ひいては企業の競争力を決定づける。したがって，1970年代までデバイス企業は，自社のもつプロセス技術やノウハウの社外流出を回避するため，装置企業には製造装置の搬入以外のことに一切関与させなかった。

ところが，1980年代以降，DRAMの世代でいえば64K/256K世代から，デバイス企業と共同で製造装置の評価(デバッグ)^{注14}や次世代プロセスの研究開発を行うという形で，装置企

業が個別プロセスの開発に関わりはじめた。さらに、1990年代に入ると、最先端の製造装置でも、装置企業がある程度までプロセス条件を最適化してデバイス企業が提示するプロセス性能を保証したうえで、つまり「使いかた」のノウハウをつけて販売しはじめた^(注15)。装置企業はデバイス企業に対して技術トレーニングやメンテナンスを行うのはもちろん、デバイスの量産現場で不具合が生じたときのサポートや新しいプロセスの提案も行っている。2000年代は、製造装置に自動的にプロセス条件を最適化させるとともに（製造装置のインテリジェント化）、装置企業が個別プロセスを組み合わせてモジュール・プロセスやトータル・プロセスを提供する方向に向かいつつある。

一方、1990年代以降、特に90年代半ばから顕著になってきたことだが、デバイス企業から装置企業へプロセス・エンジニアや装置設計エンジニアが移動しており、こうしたエンジニアの移動も、デバイス企業から装置企業へプロセス技術のシフトを促している^(注16)。

2. デバイス企業から装置企業へのプロセス技術のシフト

それでは、そもそもデバイス企業の競争力の源泉であった個別プロセスの開発やプロセス条件の最適化を、装置企業が担うようになったのはなぜだろうか。これは1980年代以降、プロセス開発のスピードを速めるとともに他の開発領域にも注力しなければならなくなったことを背景に、デバイス企業が装置企業の開発力を利用しようとしたためである。

1980年代に入ると、開発のスピードを加速するという目的のもと、デバイス企業が製造装置の評価に装置企業を関与させ、これを通じて個

別プロセスの技術情報が装置企業に伝えられた^(注17)。具体的には、膜形成工程の膜の均一性が悪いという場合、それは製造装置のガスの噴出の仕方や流れに問題があるためだとすれば、装置企業にプロセス条件のひとつであるガスの流量やノズルの形状を変更してもらう、あるいは洗浄工程の事例でいえば、異物除去の溶液を変えた方が良く、乾燥にはアルコールを使った方が良く等をデバイス企業が指示する過程で、装置企業は個別プロセスの原理や条件に関する技術情報を入手した。個別プロセスで用いられる化学反応や物理現象を制御するためには温度、圧力、濃度といった要素が重要になり、これらの要素はいずれも製造装置によりコントロールされることから、個別プロセスの原理は製造装置に依存する部分が多い。したがって、デバイス企業と共同で製造装置の評価と改造を繰り返すなかで、装置企業はプロセス技術を学習し、次第に新しいプロセスの原理を提案できるようになった^(注18)。

装置企業が製造装置の製作に必要なプロセス技術を習得したのは64K / 256K 世代で、それ以降、個別プロセスの基本原理やコンセプトがほとんど変化しなかったこともあり、製造装置の評価の重点はパーティクル（ゴミ）対策や自動化対策に移っていった。特に、4 M / 16M 世代には製造装置内部で発生するパーティクルが歩留まりに大きな影響を及ぼすようになり、共同での製造装置の評価の過程で、装置内発塵や誤動作を防ぐといった、製造装置の完成度を高めるためのノウハウが蓄積された^(注19)。

こうして1980年代後半からデバイス企業と装置企業は次世代プロセスの共同開発を行う一方、90年代以降、デバイス企業は次第に基本的

なノウハウの確立さえも装置企業に依拠するようになった^(注20)。

デバイス企業が装置企業を個別プロセスの開発に関わらせるようになったのは、一方では、デバイス企業がデバイス設計やトータル・プロセスの開発に注力しなければならなくなったことが背景にある^(注21)。特に、設計に注力する契機になったのが、1980年代半ばの電子機器企業の生き残り戦略である[『日経マイクロデバイス』1988年9月号、86ページ]。1980年代半ば当時の円高不況のなかで、電子機器企業は海外企業との差異化を図るため、電子機器の心臓部である半導体に付加価値を凝縮しようとした。これを契機に、デバイス企業ではユーザーから要求される半導体の品種が増大した。こうした状況に対応するため、表5が明示するように、デバイス企業は1985年以降デザインセンターを各地に開設し、設計部門の拡充に努めた^(注22)。

表5 NECのLSIデザインセンターの開設
(1982~91年)

開設年	海外	国内
1982	デュッセルドルフ	
1983	マウンテン・ビュー、ネイティック(米)	
1984	デュッセルドルフ ミルトン・キーンズ(英)	関西
1985	パリ ミュンヘン、シュツットガルト ミラノ ダラス ポーランド、シカゴ、ケアリー(米)	東京、中部
1986	香港	立川、松本
1987		東北、群馬
1989	シンガポール、ソウル	九州、静岡
1990	台北	四国
1991		北陸

(出所) 『日本電気株式会社百年史』770ページ。

他方、デバイス企業の設計部門への展開は、1985年の半導体不況の影響も関係していた。当時、日本のデバイス企業は市況の変動がもっとも激しいDRAMに偏重していたため、大きな損失を被った^(注23)。これを教訓として、デバイス企業は「全天候型の総合LSIメーカー」(日立製作所)や「産業と映像機器市場向けに製品バランスを合わせる」(三菱電機)といった戦略を掲げ、DRAM事業だけではなく、多数の設計エンジニアが必要になるマイコン・ロジック事業も積極的に展開しようとしたのである[『日経マイクロデバイス』1988年9月号、46、85~86ページ]。

同時に、デバイス企業が装置企業の開発力を利用しようとしたのは、他の開発領域にも経営資源を振り向けるために製造装置の開発まで行う余裕がなくなっただけではなく、景気対策のためでもあった^(注24)。周知のとおり、半導体産業にはシリコンサイクルという約4年を周期とする特有の景気サイクルがあり、量産ラインの稼働率が下がる不況期には、生産現場のプロセス・エンジニアやオペレータに余剰人員が発生することが予測できる。潜在的な余剰人員を抱え込まないという意味でも、デバイス企業は製造装置の自動化を指向した。つまり、人間がマニュアルをみながら行っていた操作を製造装置に自動的にできるようにすることを目指したのであり、自動化により、プロセス・エンジニアやオペレータに体化されていたノウハウの装置化が進んだ^(注25)。この過程で製造装置が高度化・複雑化すると、デバイス企業の側だけで製造装置のメンテナンスを行うことが困難になり、装置企業がメンテナンスやサポートを提供するようになった。

DRAM 市場の競争の変化

この節では、前節で述べたデバイス企業から装置企業へのプロセス技術のシフトが、DRAM 市場の競争にどのような影響を及ぼしたのかを検討してみたい。

1970年代から90年代初めまでは、デバイス企業においてデバイスの高集積化や高性能化などに必要な新しいプロセス技術を開発し、それを装置化した後、いち早くノウハウを確立して歩留まりを上げることが、DRAM 市場でリーディング企業になるための条件であった。ところが、1980年代以降、DRAM の世代では64K / 256K 世代から、デバイス企業の要請を受けて装置企業がプロセス開発に参加するようになった結果、後発のデバイス企業は自らプロセス技術を開発しなくても、DRAM 市場に参入できる可能性が高まった。これは、先発のデバイス企業と装置企業が共同で製造装置の評価を行う過程で確立された基本的なプロセス条件に関する情報が、参考資料として装置企業を通じて入手できるようになったためである。その上、デバッグを経て製造装置の性能がかなり改善されていることもあり、こうした完成度の高い製造装置を導入すれば、量産ラインの立ち上げ期間を短縮することができる。表6のように、日本

企業と比較して三星電子の立ち上げ期間が短いのは、三星電子の技術吸収力の高さに加えて、こうした理由も関係しているものと考えられる。

ただし、1980年代に共同開発された製造装置は、他のデバイス企業へのマーケティング活動がある期間制限されることがあったため、後発のデバイス企業に販売されるのは一世代遅れの陳腐化した製造装置であった。ところが、4M / 16M 世代に該当する1990年代初めからは、最先端の製造装置であっても、後発のデバイス企業は「使いかた」のノウハウを含めて入手することが可能になった。これは、1990年代初めのDRAM 価格の低迷を受けて、日本のデバイス企業が設備投資に慎重になり、装置企業のマーケティング活動を制約しにくくなったことが背景にある^(注26)。また、1990年代後半からは、専門の評価機関で量産用製造装置が評価されるようになったことも、後発企業が完成度の高い最先端の製造装置を直接入手しやすい環境をつくり出している^(注27)。

このような状況は、一方では、1990年代以降DRAM 市場の競争条件に大きな変化をもたらした。つまり、デバイス企業にとって、製造装置の購入を通じて必要なプロセス技術を手取できるのであれば、社内で一から開発するよりも購入するほうが得策ということになり、こうした考え方による行動の結果、プロセス技術の伝

表6 量産技術の確立にかかった期間

	64KDRAM	256KDRAM	1 MDRAM	4 MDRAM	16MDRAM
三星	3q 82 2~85 .1)	6q 85 .1~86 3)	6q 87 3~89 .1)	6q 89 4~91 2)	8q 92 .1~94 .1)
NEC	8q 80 3~82 3)	6q 83 .1~84 3)	7q 85 2~88 .1)	9q 88 3~90 4)	12q 91 .1~94 .1)
東芝	11q 80 .1~83 4)	8q 83 .1~85 .1)	8q 85 .1~87 .1)	9q 88 3~90 4)	12q 91 .1~94 .1)

(出所) 裏(1995, 59)。

(注) q は四半期を意味する。

表7 各種の半導体製造コスト削減方法が全体の
コストダウンに占める影響の変化 (%)

	1980年代	1990年代	将来
製造装置の生産性向上	11	29	47
歩留まり向上	18	7	3
ウエハ口径の拡大	28	14	6
回路寸法の縮小	43	50	44
合計	100	100	100

(出所) The McClean Report 1999, Figure16-23 (原資料は Sematech, IC Insights)

播と業界全体の技術水準の向上が促されたのである。

このような変化は、全体のコストダウンに占める各種コスト削減方法の影響を示した表7からも窺える。この表は、セマティックの調査データに基づいて米国の調査会社が作成したものと推測されるが、表中の数値それ自体の根拠が示されていないという点で、分析上問題があることは否めない。しかし、この表がおおよその傾向を示しているとするれば、1980～90年代にかけて「歩留まり向上」が11ポイント低下したのに対し、「製造装置の生産性向上」が18ポイントも上昇している。1980年代に歩留まりに影響を及ぼしていた要因は、デバイス企業の技術者が設定するプロセス条件、製造装置を操作する作業者のハンドリング、製造装置の設置環境の清浄度であった[佐藤 1985, 10]。「歩留まり向上」の影響力の低下は、1980年代までは製造装置を使いこなすためのノウハウがデバイス企業の側に要求されたため、こうしたノウハウで他社との差異化を図ることができたのに対し、90年代には製造装置の自動化に加えて装置企業が基本的なプロセス条件を提示してくれるようになったために、デバイス企業にとって個別プロ

セスの技術力やノウハウの高さが競争条件ではなくなったことを示している。そして、「製造装置の生産性向上」の影響力の増大は、1990年代以降、性能と生産性の高い製造装置をタイミングよく導入することがデバイス企業の競争条件になったことを意味しているといえよう。

これにより、プロセス技術力が競争力の源泉であった DRAM 市場では、1990年代以降コスト競争が前面に現われることになった。DRAM 市場では、価格はマーケットでほぼ統一しているため、基本的には、市況が悪化したときの価格の暴落に耐えられるほどのコスト競争力をもつことが、DRAM 市場における競争力の要となる(注28)。逆にいえば、供給不足が生じる好況期にはコスト競争力の優劣は顕在化しないが、過剰供給となる不況期にはこうした優劣が一気に表面化し、コスト競争で劣位に置かれる企業は、ついには市場からの退出を迫られることになる。

装置企業との関係を通じた競争優位の形成

この節では、DRAM 市場での競争条件の変化に三星電子がどのように対応し、1990年代以降 DRAM 市場でリーディング企業としての地位を築いたのかを考察してみよう。

前節までは、1980～90年代の期間中、デバイス企業から装置企業にプロセス技術がシフトし、これによって1990年代以降、DRAM 市場の競争条件がプロセス技術力からコスト競争力に移ったことを指摘した。コスト競争において優位に立つには、量産規模を拡大することがもっとも有効であり、したがってデバイス企業にとっ

ては設備投資戦略が重要になる。この点で、三星電子は積極的に設備投資を行い、最新の製造装置を備えた生産体制を早期に構築するという戦略を実行することで、日本企業よりも設備投資効率を高めて、拡大成長の好循環を築いたのである^(注29)。

具体的には、日本企業が設備投資を縮小したシリコンサイクルの不況期に、三星電子はむしろ設備投資を拡大する一方で、大口径化に対応した製造装置を早期に導入するとともに、量産体制を一気に構築した。例えば、1990年代初めに登場した0.5μm / 8インチ・ウエハ(4M / 16M世代)対応製造装置の導入をみると、三星電子は94年時点で月産2万枚の量産体制を確立するために、92~93年の不況期に一気に製造装置を導入したのに対し、日本企業は94年後半から95年に月産1万枚の量産体制を確立することを目標に、93~95年の好況期になって段階的に製造装置を導入した[『日経マイクロデバイス』1993年12月号、91ページ]。大口径のウエハを用いれば、ウエハ1枚当たりから取れるチップの数量が増加する。したがって、好況期に入る前の不況期に、大口径化に対応した製造装置を大量に導入して大量生産体制を整えておけば、好況期の需要の拡大を十分に吸収することができるというわけである。この帰結がシェアの上昇とコスト低下の同時達成である。

他方、三星電子の設備投資戦略に注目するだけでなく、同社の装置企業との関係に焦点を当てると、製造装置の調達コストの削減を通じたコスト競争力の強化という別の側面が浮き彫りになる。不況期になると装置企業は、1台数億円の製造装置を割引販売するため^(注30)、不況期に投資をすれば、より低いコストで製造装置

を調達することができる。割引率は通常、標準価格の10~20%から交渉し、かなり極端な場合には60%になることもあったという^(注31)。割引率は製造装置の販売台数に比例する。つまり、三星電子の大量購入という行動は、割引率を高めて価格の引き下げを一層徹底するものでもあった。

三星電子による製造装置の価格引下げ圧力は、装置企業にとってみれば、利幅の圧迫を意味する。しかし一方では、特に日本の装置企業の場合、1990年代以降、取引の大半を占める日本のデバイス企業が製造装置の購入に消極的になったうえに、日本のデバイス企業との取引においては不利な立場に置かれており、韓国をはじめとする海外企業との取引の拡大を通じて、結果として装置開発にかかる巨額の開発費の回収を早めることができたという側面もある^(注32)。

また、製造装置の調達コストとの関連でいえば、三星電子は日本企業の行動様式とは異なる製造装置の選定方法を採用することによって、調達コストの削減を図っている^(注33)。一般に、製造装置の仕様は標準仕様と特別仕様に分けられる。標準仕様は、装置企業がその製造装置にもたせている最低限の基本値であり、通常、デバイス企業の要求にしたがって特別仕様が付加される。特別仕様の要求のなかには、プロセス性能に関わるものとプロセス性能には直接関係がないものが含まれるが、ここでは、プロセス性能に関して特別仕様を付加する場合を取り上げて、仮に、装置企業が保証する標準製品では、プロセスの処理結果のバラツキに関して±5%の均一性を実現できるが、これに特別仕様を付加すれば±3%の範囲内に収まるとしよう。そうすると、日本企業の場合、個別プロセスで最高の

性能を得るために特別仕様を付加する傾向があるのに対して、三星電子はむしろトータル・プロセスの視点から、最終製品の歩留まりを上げるためにこうした特別仕様が必要かどうかを徹底的に検討し、歩留まりに違いが出ないと判断すれば、標準仕様を選択したという。製造装置に特別仕様を付加すれば、平均して30%程度の追加コストになり、逆にいえば、それだけ三星電子は日本企業に比べて製造装置の調達コストを抑えることができたのである。

このような製造装置の仕様の違いについては、第 3 節で述べたような過程を経て、1990年代に入る頃から個別プロセスは装置企業がより責任を負う一方で、デバイス企業はモジュール・プロセスやトータル・プロセスに集中するという形で、プロセス開発における分業関係ができつつあったが〔日本半導体製造装置協会調査研究検討委員会 2001, 36〕、三星電子はこの分業関係を戦略的に利用したのに対して、日本のデバイス企業は積極的には活用しなかったことを示しているといえよう^(注34)。

こうした設備投資行動や製造装置の選定方法を通じて、8 インチ・ウエハを月産 2 万枚処理する工場への総投資額（1993年現在）を基準にすれば、三星電子の投資額は約670億円で、日本企業の900～1000億円を大きく下回る結果となった〔『日経マイクロデバイス』1993年9月号, 36 ページ〕^(注35)。結局、コスト競争で劣位になったことにより、1996年からの不況を契機に、日本企業は DRAM 事業の縮小や撤退を決定し、三星電子のシェアはさらに高まることになった。

一方、製造装置の大量購入という三星電子の設備投資行動は、装置企業に対して、次世代プロセス技術の共同開発で他ならぬ三星電子と提

携するインセンティブを与えるものでもあった^(注36)。第 3 節で指摘したように、三星電子は 16MDRAM の開発で日本企業にキャッチアップし、64M 世代以降、次世代プロセス技術の開発に携わるようになった。この場合、基礎研究やプロセス開発で装置企業と提携して共同研究を行うことになる。そうすれば、自社で一から製造装置の開発を行うよりも安価で最新の製造装置をいち早く入手することができるうえに、自らが求める仕様に近い製造装置を標準製品として調達することもできる。装置企業にとっては、新しい製造装置の開発には基礎研究に 1～2 年、プロセス開発に 1～2 年、量産用製造装置の開発に約 2 年を要するうえ、巨額の開発費のために開発リスクが大きいことから、最先端に位置するデバイス企業であれば、提携先のデバイス企業は設備投資に積極的で大量販売が見込める企業であるほど望ましいということになる。大量購入という設備投資行動を誘因に、1990年代半ばから三星電子は、米国のアプライドマテリアルズと次世代プロセス技術の共同開発で提携を結んだ。

三星電子が共同開発の提携先として日本の装置企業ではなくアプライドマテリアルズを選択したのは、ひとつには、1990年代後半以降、ウエハプロセス工程において配線工程の比率が高まっており、配線工程に必要な製造装置の大部分は米国の装置企業が競争力をもっていることが指摘できる^(注37)。特に、1990年代後半から MPU の高速化とともに高速 DRAM の必要性が高まっており、三星電子は DRAM の高速化の一手段として、アプライドマテリアルズがもつ最先端の配線技術に注目し、その製造装置を抵抗なく導入するために提携を模索したものと

考えられる^(注38)。

しかし、より注目すべきは、装置企業のなかでもアブライドマテリアルズがいち早く、1990年代末に配線工程に必要な製造装置をモジュール・プロセスとして最適化して販売しはじめた点である。つまり、三星電子によるアブライドマテリアルズとの提携は、プロセス開発における分業関係の進展に対応したものといえる。第節で述べたように、製品開発と量産で日本企業に先行した64M / 256M 世代以降、韓国の製造装置の供給源が米国にシフトしているのは、このような意味で、米国の装置企業との提携に基づくものと考えられる。

総括と課題

本稿では、需要サイドに焦点が当てられがちな国境を越えた枠組みに対して、供給者側の視点から、1980～90年代におけるデバイス企業と装置企業の関係の変化に関連づけて、この期間中の DRAM 市場における韓国企業の成長を検討した。

1980年代半ば以降、プロセス技術開発を主導した日本のデバイス企業は、開発スピードを加速するとともに他の開発領域に注力するため、プロセス開発において装置企業の開発力を利用しはじめた。これを契機に、DRAM の製品開発の要となる個別プロセス開発に装置企業が着手し、1990年代以降、「使いかた」のノウハウを含めて製造装置を提供するようになった。このようにデバイス企業からの技術のシフトを通じた装置企業における事業の高付加価値化という過程のなかで、韓国企業は DRAM 市場に参入するとともに、日本企業との技術ギャップを

縮小していったのである。

同時に、デバイス企業と装置企業の関係の変化を背景に、1990年代に入り、DRAM 市場の競争条件は個別プロセスの技術力やノウハウの高さからコスト競争にシフトした。これにしたがって、デバイス企業にとっては設備投資戦略が重要になった。このような状況に対して、三星電子は不況期に重点的に投資する一方で、大口径化に対応した製造装置をいち早く導入し、大量生産体制を早期に整えることで、日本企業に比べて量的な優位に立った。それだけではなく、こうした設備投資行動は、装置企業から価格引下げを取り付け、製造装置の調達コストを抑えることにもつながった。さらに、三星電子は個別プロセスで装置企業を戦略的に利用することを通じて、最小のコストで最大の効果（＝生産拡大）を発揮し、製品コストの低下を図ったのである。

他方、三星電子による製造装置の大量購入という設備投資行動は、米国の装置企業との次世代プロセスの共同開発提携にも結びついた。これを通じて、1990年代後半以降、三星電子は DRAM の製品開発でも日本企業を凌駕するに至ったのである。

本稿では、供給者側からの分析に焦点を絞ったために、DRAM 市場の競争条件の変化を、デバイス企業から装置企業へのプロセス技術のシフトに求めた。しかし、DRAM 市場の競争条件がコスト競争にシフトしたのは、1980～90年代にかけて DRAM の需要構造が変化したこととも関係している。両方の要因を関連づけて把握する必要があるが、これについては、今後の課題としたい。

(注1) 代表的なものとしては, Gereffi and Korzeniewicz (1994), Naughton (1997), Borrus et. al. (2000) がまとめた研究として挙げられよう。国内においては, 島田ほか (1997), 丸屋 (2000), 藤井 (2001), 尹 (2003) などがこうした視点からの研究として挙げられる。

(注2) したがって, 自立的な「国民経済」間での「国際分業」という枠組みでは, 東アジアの発展の実態を正確に捉えることはできない。この点については, 平川 (1997, 21-23) を参照のこと。ただし, 「国際分業」に代わる新しい概念としては, 様々な理論的立場から「国際生産ネットワーク」, 「国境を越えた生産ネットワーク」, 「グローバル生産ネットワーク」, 「グローバル商品連鎖」, 「グローバル価値連鎖」などの概念が提起されているが, いずれも概念化に問題を残しているように思われ, 「国際分業」に代わる有力な概念は未だ確立していないのが現状である。紙幅の制約上, ここでは, これらの分析概念の検討には立ち入らないものとする。

(注3) この背景には, 米国による政治的圧力もあった。1986年に締結された日米半導体協定を巡る国際政治と DRAM 市場における韓国企業の成長とを関連づけた研究としては, 孫 (1994) がある。

(注4) 半導体の生産技術は, 設計技術とプロセス技術に大別することができる。DRAM はトランジスタとキャパシタの組み合わせの電子回路を縦横整然と並べるパターンで, 他の半導体製品に比べて高い設計技術力は求められない。ただし, その機能上, より多くの情報を記憶できるよう一枚のチップにより多くの電子回路を詰め込むために, 最先端のプロセス技術が必要になる。

(注5) 経済学の概念上, 「装置」とは, その内部で投入財の変質を可能にし, そのための環境的条件を提供する容器をいう。半導体の製造工程の場合, 化学反応を利用した工程と物理現象を利用した工程とその両方が共存する工程とが含まれ, 経済概念上の「装置」とはいえないものも含まれるが, 本稿では一般の用法にしたがって「装置」を用いる。

(注6) こうした視点からの代表的な研究は, Choi (1996), 裴 (1995), 趙・金 (1997), 徐 (1995), 藤

原 (1995), 柳町 (1991a; 1991b), また産業政策の側面から分析しているものは, 宋 (1999) が挙げられる。

(注7) 徐正解は, 韓国企業が最新鋭の製造装置を導入することで技術学習を加速したことを指摘しているものの, 製造装置の導入を通じて具体的にどのような技術情報を獲得したのかについては明らかにしていない。これに対して關智一は, 日本企業の秘匿するソフト面での技術情報が製造装置を通じて韓国企業にシフトしたことを主張している。ただし, ソフト面での技術情報として具体的に挙げられているのは, 本稿の視点とは異なり, 生産現場における製造装置のメンテナンス活動 (TPM) に関する情報である [關 1997]

(注8) 三星電子は, トランジスタや配線などのデバイス構造で新しいアイデアを出したことはあったが, 世界で最初に新しいプロセス技術を開発したという事例は, 16M 世代までなかったという。米系装置企業関係者へのインタビュー (2003年1月22日)。

(注9) 1993年時点の韓国市場におけるウエハプロセス用装置の企業別調達元は以下のとおりである [『半導体産業』1995年6月号, pp. 78-91]。
[ステッパ] ニコン (日), キヤノン (日)
[ドライ・エッチング装置] 酸化膜用: 東京エレクトロン (日), メタル用: アブライドマテリアルズ (米), Poly Si/Si 用: ラム・リサーチ (米)
[拡散炉] 縦型: 国際電気 (日), 横型: 東京エレクトロン (日), W. J. (米)
[コータ・デベロッパ] 大日本スクリーン (日), 東京エレクトロン (日)
[プラズマ・アッシング] プラズマ・システム (日)
[ウェットステーション] DNS コリア (韓)

(注10) ここでは, ウエハプロセス用装置を生産する装置企業のなかでも, (露光装置を除く) 様々な種類の製造装置を取り揃えており, 後述するようなモジュール・プロセスやトータル・プロセスの提供を志向している装置企業を対象としている。露光装置 (ステッパ) はプロセス全体を律速する比較的独立した製造装置であり, 露光装置企業は近年まで露光装置の生産に特化していたため, 本稿の分析対象に含めていない。露光装置企業も含めた分析は別の機会に譲りたい。

(注11) 以下の記述は、前田(1990)、菅原・福田(1995)、佐久間(1998)、藤村(2000)、日系・米系装置企業関係者のインタビュー(2002年12月4日、12月11日、2003年1月22日)に依拠している。

(注12) レジスト塗布/現像装置は、感光(レジスト)液をウエハ表面に塗布して、遠心力を用いて薄く均一なレジスト膜をつくるとともに、露光プロセスの後、現像液をかけて光の当たった部分を溶解し、薄膜表面を露出させる処理を行う製造装置である。

(注13) 日系装置企業関係者へのインタビュー(2002年12月11日)。

(注14) 製造装置の評価では、開発者が意図したとおりに動作していない部分を見つけ出してその原因を探り、それを取り除くように製造装置を改造し、完成度を高める作業を行う。

(注15) ただし、デバイス企業が独自にプロセス条件を変更する場合があるため、装置企業が提示したプロセス条件がそのままデバイスの量産現場で使われているとは限らない。

(注16) 半導体業界関係者と日系装置企業関係者へのインタビュー(2002年10月30日、12月4日)。

(注17) 日系装置業界関係者と元日系デバイス企業関係者へのインタビュー(2002年10月30日、2003年1月22日)。

(注18) 具体的にはエッチング装置の例でいえば、プラズマ密度や真空度を上げた結果、均一性が向上した、スルーブットが高まった、エッチングの形状が良くなった等の成果が装置企業から出るようになった。元日系半導体企業関係者へのインタビュー(2003年1月22日)。

また、装置企業は1980年代後半からプロセス技術の研究に着手し、社内でプロセス技術者を育成しはじめた。例えば、東京エレクトロンは1986年にプロセス技術の研究を目的とする「テクノロジーセンター」を設立している。

(注19) 例えば、ウエハ取り外しのアームが空回りしないようにするために1カ所ではなく4カ所をねじでとめるようにする、アームの形状を丸型から四角型にしてすべらないようにする、チャンバの開閉時に空気を巻き込まないようにするためにチャンバの蓋を横

でスライドさせるようにするといった改良を加えなければ、歩留まりや製造装置の稼働率を上げることができなくなったという。元日系デバイス企業関係者へのインタビュー(2003年8月7日)。

(注20) このことは、「僕らがユーザーのころは、装置というのは機能で買ったんですよね。ノウハウなんていうのは自分でつくり上げるものだと思っていたわけです。だから装置を設定するときには、その機能がどのくらいあって、どのくらいのことのできるのかということで、あと実際のノウハウは自分で実験しながらつくり上げたんです。今はそうじゃない。ノウハウ付きじゃないと買わない。あるいはその装置にはノウハウというのとは無料でついているものだし、しかもノウハウのいいところから買うよということが非常に多くなっています」という発言から窺える[垂井・日本半導体製造装置協会 1991, 216]。

(注21) 日系装置業界関係者と元日系デバイス企業関係者へのインタビュー(2002年10月30日、2003年1月22日)。

(注22) 例えば、NECは1985年からシステムLSI化を推進する全社運動「チャレンジSL」を展開した[『日本電気株式会社百年史』770ページ]。

(注23) 例えば、1985年当時のNECのメモリ比率は70~80%であった[NEC専務・メモリ事業本部長へのインタビュー;『日経ビジネス』1996年11月11日号、164ページ]。

(注24) 半導体業界関係者へのインタビュー(2002年10月30日)。

(注25) 自動化の目的には、歩留まりの向上(データ解析の迅速化やオペレータのミスの削減)や(精度の向上、工程数の増大による)人海戦術の限界も含まれる。実際に、イオン注入装置やドライ・エッチング装置では、1990年代に入る頃には、プロセス処理過程の常時計測と終点の検出や処理の自動停止が実用化されていた。

(注26) 1990年代初めの日本企業の設備投資行動については、伊丹・伊丹研究室(1995、第6章)を参照のこと。この時期の日本のデバイス企業は、装置企業が日本のデバイス企業向けに見込み生産していた製造装置を引き受けることができず、共同開発した製造装

置が一定期間を経ずに他のデバイス企業に販売されることを黙認せざるを得なかったという。元日系デバイス企業関係者へのインタビュー（2003年8月7日）。

（注27）日系装置企業関係者へのインタビュー（2002年12月4日）。日本では、装置企業が主導的に開発する標準仕様の製造装置の評価は、1996年に日本のデバイス企業10社（現在の出資企業11社）の出資により設立された半導体先端テクノロジーズ（Selete）で行われるようになった。設立当初は、12インチ・ウエハ対応製造装置の評価事業が最大のプロジェクトであった。ここでの評価は、報告書を通じて公表されている。なお、12インチ・ウエハ対応製造装置での量産に先行したのは、トレセンティ・テクノロジ、インフィニオン、インテル、三星電子、TSMCである。

（注28）後発のデバイス企業は低価格によって市場シェアを伸ばしていると考えられがちであるが、後発企業が市場価格よりも低い価格を提示するのは新規顧客を開拓するとき（＝取引開始時点）に限られており、その後の取引においては市場価格に従うのが一般的である。米国市場での販売価格を基準とすると、4MDRAMの場合、1991年の価格は韓国勢が19.0ドル、日本勢が20.0ドルであったが、1993年7月時点では、三星電子が12.0ドル、NEC・東芝などが12.0ドルと価格差はなくなっている。また、1993年から量産が開始された16MDRAMでは、三星電子とNEC・東芝ともに、85～90ドルの価格で販売された〔宋 1995、52参照〕

（注29）以下の三星電子と日本企業の設備投資戦略の違いに関する記述は、徐（1995、第6章）、藤原（1995、274-279）に依拠している。徐正解の分析によれば、1991年頃から韓国の生産効率が日本の生産効率を上回るようになった。1992年の設備投資効率をみると、韓国3社の平均0.62に対して、日本5社の平均は-0.10であった。1993年は韓国が0.89、日本が0.71であった〔徐 1995、151〕

（注30）半導体業界関係者へのインタビュー（2002年10月30日）。装置企業はシリコンサイクルの影響で不況期に販売不振に陥ることを見越して、標準価格の設定時には一般商品よりも粗利益率を高め設定しているという。日系装置企業関係者へのインタビュー

（2002年11月19日）。

（注31）日系装置業界関係者へのインタビュー（2002年11月20日）。

（注32）日本の装置企業は、欧米企業やアジア企業に販売する場合には、FOB（本船渡し＝納品）時点で価格の70～90%以上を現金回収し、残りを検収後1カ月以内に回収しているのに対し、日本企業と国内取引する場合には、商行為の段階を追って分割払いを進めるといった慣行がなく、検収後にならないと現金回収することができない。しかも、検収が終了しても一定期間支払いが据え置かれるため、結局、納品から120～150日も経って初めて支払いが行われる例がかなりの割合でみられる。したがって、日本の装置企業は、支払期間が長い日本企業との取引が多いほど、短期回収型の海外企業と取引するよりもキャッシュフローが圧迫され、自己資金による研究開発が困難になる〔日本半導体製造装置協会調査研究検討委員会 2001、36-41〕

東京エレクトロンの場合には、1990年代後半から世界販売戦略を展開した結果、94年に66%を占めていた日本市場への販売が、2001年には29%にまで低下した〔『ファクトブック』各年号〕

（注33）この点に関する記述は、米系装置企業関係者へのインタビュー（2003年1月22日）に依拠している。

（注34）特別仕様の追加に反映されるように、装置企業が個別プロセス開発をカバーするようになった1990年代にも、日本のデバイス企業は依然として個別プロセスに力を入れていたのは、ひとつには、80年代までのDRAM需要者が購入先の選定に当たって「品質の高さ」を第一条件としていたために、日本のデバイス企業は品質の優位＝企業競争力とみなし、これを実現すべく、個別プロセスの性能向上を追求しつづけたものと考えられる。また、次世代製品の開発を考慮して、個別プロセスの性能をより高めたり、製造装置に様々な機能をもたせたりする場合もあったという。これらの点に関しては、コスト管理の問題をはじめ様々な企業内の要因を検討する必要があり、今後深めるべき課題である。他方、装置企業との関係という点からいえば、日本では長らくデバイス企業と装置企業がイコー

ル・パートナーの関係ではなかったことが、1990年代以降も日本のデバイス企業が個別プロセスに注力した背景にあるものと考えられる。逆に、韓国企業はキャッチアップ段階では工場の立ち上げに精一杯で、個別プロセスの開発については装置企業に頼らざるを得なかったという事情もあるだろう。

(注35) 日本企業が導入した8インチ・ウエハ用製造装置は、1993年時点では月産2万枚規模に達していなかったため、日本企業の総投資額は当時の試算である。

(注36) 以下の記述は、日系装置企業関係者と米系装置企業関係者へのインタビュー(2002年12月4日、2003年1月22日)に基づいている。

(注37) この点に関する記述は、日本半導体製造装置協会調査研究検討委員会(2001、10、13)、日系装置企業関係者へのインタビュー(2003年3月17日)に依拠している。配線工程はウエハプロセス工程における後工程とも呼ばれており、トランジスタ等の回路素子を作り込む基板工程(前工程)に続いて、回路素子を相互に接続するための配線を構築する工程である。1990年代後半に0.25 μ mまで微細化が進んだ結果、トランジスタの(電子信号の伝達速度の)遅延よりも配線部分の遅延の方が大きくなり、つまり配線がチップ全体の性能(=処理速度)を決定づけるようになったため、プロセスにおいてそれまでほとんど注目されていなかった配線工程の重要性が高まった。この配線関連のプロセス技術(多層配線技術・平坦化技術)を牽引したのは、処理速度が製品価値を決めるMPUであり、したがって米国のデバイス企業であった。日本の装置企業の場合、日本のデバイス企業の要請を受ける形で製品開発を進めることが多く、1990年代半ば頃まで米国のデバイス企業のニーズを拾うことができなかった。

(注38) データ転送速度アーキテクチャを2倍にすることで高速処理を可能にするDDR DRAMが開発され、コスト的にも低く抑えることができたために、2002年現在、コスト面に問題がある最先端の配線技術を使ったDRAMは出荷されていない。

文献リスト

日本語文献

- 伊丹敬之・伊丹研究室 1995.『日本の半導体産業 なぜ「三つの逆転」は起こったか』NTT出版.
- 佐久間昭光 1998.「産業間関係と技術革新 日本の半導体デバイス産業と製造装置産業」佐久間昭光『イノベーションと市場構造』有斐閣.
- 佐藤幹郎 1985.「半導体製造装置の最近の動向」『精密機械』第51巻12号(12月).
- 島田克美ほか編 1997.『現代アジアの産業発展と国際分業』ミネルヴァ書房.
- 菅原活郎・福田宏 1995.『超LSIプロセッシング』培風館.
- 關智一 1997.「韓国半導体産業の技術発展と日本的技術移転システム DRAM製品分野における工程技術革新の学習と改良」『立教経済学論叢』第50巻(2月).
- 徐正解 1995.『企業戦略と産業発展 韓国半導体産業のキャッチアップ・プロセス』白桃書房.
- 宋娘沃 1999.「韓国半導体産業における産業政策の展開」『立命館経営学』第37巻第6号.
- 垂井康夫監修・日本半導体製造装置協会編 1991.『「半導体立国」日本 独創的な装置が築きあげた記録』日刊工業新聞社.
- 『日経ビジネス』各号.
- 『日経マイクロデバイス』各号.
- 『日本電気株式会社百年史』2001年12月.
- 日本半導体製造装置協会調査研究検討委員会 2001.『半導体製造装置産業が直面する課題と将来展望の検討』日本半導体製造装置協会.
- 平川均 1997.「東アジア工業化ダイナミズムの論理」粕谷信次編『東アジア工業化ダイナミズム 21世紀への挑戦』法政大学出版局.
- 『ファクトブック』東京エレクトロン株式会社 各年号.
- 藤井光男編著 2001.『東アジアにおける国際分業と技術移転 自動車・電機・繊維産業を中心として』ミネルヴァ書房.
- 藤村修三 2000.『半導体立国ふたたび』日刊工業新聞社.
- 藤原泰輔 1995.「隠れた勝者 韓国『逆転』のメカニ

ズム 伊丹敬之・伊丹研究室『日本の半導体産業 なぜ「三つの逆転」は起こったか』NTT 出版
 前田和夫 1990.『VLSI プロセス装置ハンドブック』工業調査会.
 丸屋豊二郎編 2000.『アジア国際分業の再編と外国直接投資の役割』アジア経済研究所.
 柳町功 1991a.「韓国半導体産業の歴史的発展と課題 財閥企業の事業戦略を中心に」『アジア研究』第37巻第4号.
 1991b.「韓国半導体企業の技術的発展について 三星グループにおける事業戦略を中心に」『アジア経済』第32巻第12号.
 尹春志 2003.「東アジア地域生産ネットワークの展開」座間紘一・藤原貞雄編著『東アジアの生産ネットワーク 自動車・電子機器を中心として』ミネルヴァ書房.

韓国語文献

『半導体』各号.
 『半導体産業』各号.
 裴容浩 1995.『韓国半導体産業의 技術吸収와 研究開發 三星電子(株)의 事例研究』서울대학교大学院経済学博士学位論文.
 『三星電子 30年史』1999年11月.
 宋偉賑 1995.『半導体産業의 長期發展 을 위한 技術革新戰略』科学技術政策管理研究所.
 『電子情報通信 마케팅總覽』2002年版.
 조현석 1994『半導体産業의 國際政治 美・日間 戰略的競爭과 韓国の 半導体産業』서울대학교大学院政治学博士学位論文.
 趙亨濟・金昌郁編 1997.『韓国半導体産業 世界技術을 先導한다』現代經濟社会研究院.
 『韓国電子年鑑』1994年度版.

英語文献

Borrus, Michael 1997. "Left for Dead: Asian Production Networks and the Revival of U. S. Electronics." In *The China Circle: Economics and Electronics in the PRC, Taiwan, and Hong Kong.* ed. Barry Naughton. Brook-

ings Institution Press.

Borrus, Michael et. al. eds. 2000. *International Production Networks in Asia: Rivalry or Riches?* Routledge.
 Choi, Youngrak 1996. *Dynamic Techno-Management Capability: The Case of Samsung Semiconductor Sector in Korea.* Avebury.
 Dedrick, Jason and Kenneth L. Kraemer 1998. *Asia's Computer Challenge: Threat of Opportunity for the United States and the World?* Oxford University Press.
 Gereffi, Gary and Miguel Korzeniewicz eds. 1994. *Commodity Chains and Global Capitalism.* Praeger.
 Naughton, Barry ed. 1997. *The China Circle: Economics and Electronics in the PRC, Taiwan, and Hong Kong.* Brookings Institution Press.
The McClean Report 1999. IC Insights.

[付記] 本稿を作成するに当たって、赤坂洋一氏（元三菱電機株式会社 LSI 研究所 LSI 開発第一部長，元アプライドマテリアルズジャパン(株)代表取締役社長，現北陸先端科学技術大学院大学教授），神田昌彦氏（東芝セミコンダクター社渉外部部長，半導体産業研究所），酒井俊二氏（東京エレクトロン株式会社総務部広報グループ），進藤通世氏（半導体産業研究所事務局長），高井庄三氏（日本半導体製造装置協会事務局長），西海宏氏（元三菱電機株式会社マイコン ASIC 事業統括部長，現フーテック株式会社代表取締役社長），三好文明氏（株式会社ルネサス テクノロジ市場企画部）には，貴重な時間を割いてインタビューに協力していただくとともに，資料提供ならびに草稿に対する詳細なコメントや有益な示唆をいただいた（現在の所属はインタビュー当時のもの）。加えて，聞き取りに際して，谷光太郎氏（山口大学経済学部教授）に多大なご尽力をいただいた。ここに記して謝意を表したい。なお，本稿に誤謬があるとすれば，その責任は筆者個人に帰するものである。

（京都大学大学院経済学研究科博士後期課程）