

技術導入を通じて見た韓国半導体産業の発展メカニズム

大学院経済学研究科 吉岡英美

〈目次〉

1. はじめに
2. 技術導入と国際環境の変化
3. 技術の模倣
4. 技術的特質から見た韓国半導体産業の構造
5. 結論と課題

1. はじめに

1960年代後半から始まる韓国の高度成長は輸出指向型工業化戦略の成果であり、またその過程で輸出構造を高付加価値化することで、持続的な発展が可能になった。韓国では、1970年代前半までは繊維産業を中心とする軽工業が輸出を主導していたが、1973年「重化学工業化宣言」の発表以降、重化学工業が育成されることになる。しかし、1970年代は、重化学工業化に必要な資本、市場、技術という問題を克服するため、国内の低賃金労働力を背景に、より緊密に国際分業体制へ組み込まれることで、一定の資本蓄積と軽工業主体の輸出構造から脱皮を図っていった。重化学工業部門で韓国資本による本格的な成長が始まるのは、1980年代以降のことである。その主体である財閥企業は、政府からの特惠的な金融支援を基礎に、規模の経済を追求することで国際競争力を強化していくが、これを技術的に支えたのは、先進国からの技術が体化された資本財の輸入であった。そして、資本財の輸入とともに、ライセンス契約、人的交流による技術導入も活発に行われた。一方、先進国から重化学工業部門の技術移転が可能になったのは、オイルショックを契機に知識集約型産業への転換が進むにつれ、成熟技術、標準化技術となった重化学工業分野での先進国間のプラント輸出競争が激化したという背景

があったためである¹⁾。以上のような過程で、韓国は国際環境の変化に自己をうまく適応させつつ、労働集約的な軽工業製品から、資本集約的な重化学工業製品へと輸出構造の高度化を実現してきた。

そして1990年代は半導体産業においても、国内の財閥企業を中心に飛躍的な発展を見せている。これを国民経済から見ると、製造業総輸出に占める半導体製品の割合は1985年の3.3%から1995年には17.7%に上昇し²⁾、輸出戦略産業として中核的な役割を担うまでになっている。世界市場においても、アメリカ、日本に次いで世界第3位の半導体生産国に位置するまでに成長した。これまで、韓国における産業構造の高度化は、先進国からの成熟・衰退技術の移転を受けて達成されたものであったが、半導体産業は高度技術が要求される先端技術産業であり、情報化社会を支える「産業のコメ」として、先進国は戦略産業に位置づけている。さらに、韓国企業が戦略製品として選定したDRAMは、半導体産業におけるテクノロジー・ドライバとして、日米の先発企業が激しい開発競争を繰り広げている分野でもある。この点がこれまでの産業高度化と大きく異なる点であり、それ故、韓国が半導体産業において急成長したことは、世界に大きな衝撃を与えているのである。

本稿の課題は、韓国半導体産業の発展メカニズムを検証し、それを通じて現代の韓国経済の発展構造を明らかにすることである。ここでは、技術という問題に焦点を当てて議論を進めていくが、この場合、技術発展の担い手である個別企業の技術戦略を具体的に分析しなければならない。したがって、対象企業としては、韓国半導体産業をリードしている三星電子をとり上げることにする。さらに、重化学工業化においても見られたように、技術・産業の発展は外的要因に規定される側面も大きいため、国際環境や半導体産業の競争構造などにも注目していきたい。

2. 技術導入と国際環境の変化

三星電子は1974年に韓国半導体(株)³⁾を買収することで、半導体産業への参入を果たした。ただし、当時は個別素子やICといった低技術製品しか開発できず、

1) 平川均 [1995] p116~119。

2) 『半導体産業』1997年1月号 p19。

生産能力も非常に低かったため⁴⁾ 本格的な事業展開は1983年以降と見なせるだろう。三星電子は1983年に「半導体事業新規投資計画」を発表し、その抜本的改革を明らかにしたが、ここで突如として最先端のVLSI（超大規模集積回路）級DRAMを戦略製品に選定した。この時点で先発企業とは10年以上の技術格差があったと指摘されているように⁵⁾ 社内にVLSI級DRAMを開発・生産する技術的基盤はなく、ほぼ全ての技術を先発企業から導入せざるを得なかった。

ところで、技術導入は様々なチャンネルを通じて行われるが、三星電子の場合、技術ライセンス契約、資本財の輸入による技術導入が中心であった⁶⁾ この節では、まず資本財の輸入とその前提となる資金調達能力について検証し、次に技術ライセンス契約について見ていくことにする。

①資本財の導入

半導体ICの開発は、設計工程と加工生産工程に大別される。設計工程ではCAD(Computer Aided Design)を利用して、最終製品の求める機能を効率的に実現するための電子回路が設計される。加工生産工程は、円盤状のウエハに何百も

- 3) 韓国では、米国企業の国際分業戦略のもと、1960年代半ばから労働集約的な組立生産は行われていた。1970年代半ば以降、韓国企業も資本・技術集約的なウエハ加工工程まで含めた一貫生産に参入し始め、国内資本として最初に参入したのが韓国半導体(株)であった。しかし、資金難に陥り、設立後すぐに三星電子に買収された。
- 4) 製品は標準モデルの導入による設計で、独自のICの生産は全く行われていなかった(『韓国電子産業資料集』[1992] p62)。また、加工能力に関して言えば、当時の適性規模は半導体の基板材料であるウエハ・サイズが4インチで月産5万枚という水準であったが、三星電子の場合はウエハが3インチで月産2.5万枚と、適性規模を大きく下回っていた(深川由起子[1989] p223)。このような状況にあったのは、当時の三星電子では半導体部門は家電部門に付随するものという認識しかなく、積極的な事業展開がなされなかったのが大きな原因と考えられる。
- 5) 半導体企業の技術力を見る指標として微細加工技術が挙げられる。ひとつのチップでより多くの機能を実現するには、チップ面積を変えずに集積される素子の数を多くしなければならない。微細加工技術とは素子の加工寸法(回路線幅)を小さくする技術で、回路線幅が小さいほど高度技術になる。1983年当時の世界水準の回路線幅は2.5ミクロン級であったのに対し、三星電子は4.0ミクロン級に過ぎず、先発企業からすればこれは10年以上も前に開発された技術であった。(金容福[1995] p129)。
- 6) 企業間の技術移転に関しては、菘田文男[1984]を参照。三星電子はOEM契約によっても技術を導入しているが、1990年度の自社ブランド比率は99.5%であるように、OEMの比率は他の電子製品より低い。それは、DRAMが汎用品で、発注先が自社の商標を付ける必要性が少ないためである。(金容福[1995] p184)。

のICを組み込み、それをチップごとに切断し、組立、検査を経て製品化する工程である。三星電子が戦略製品に選んだDRAMは、電子回路が縦横整然と並べられ、その構造が次世代製品でも変わらないため、他製品に比べると設計は簡単である。むしろDRAMは加工生産工程が重要で、そこでは最先端の微細加工技術が求められる。しかし、加工生産工程は1960年代にその技術的基盤が確立し、「回路線幅の微細化」という予測可能な技術進歩に移行すると同時に装置化・自動化が進み、今や装置集約的工程と化している⁷⁾。しかも、装置自体、それを使用する労働者の技術や熟練といった人間や組織に依存する部分が少なく、多くの技術が装置にそのまま体化されている性質が強い⁸⁾。これは、加工生産工程では歩留まり⁹⁾の改善が最大の課題であり、極力人間による作業をなくすよう、装置の改良・開発が絶えず進められているためである。この場合、最新の優れた装置を用いることが有利なのは明らかで、導入された装置がその企業の技術力および競争力をも規定してしまう。つまり、加工生産工程が核心をなすDRAMは、最先端の装置を導入すれば比較的短時間で技術を吸収できるという意味で、後発利益が高い技術分野なのである。そして、DRAMは汎用品ゆえに大量生産が可能で、個別製品としては最大の市場を有することからも規模の経済・習熟効果を最大限に発揮でき、量産競争、価格競争という側面が非常に強い。三星電子はこの点に着目し、DRAMが価格・数量ともに市況の影響が大きく、技術革新が速く、先発企業との激しい競争が予測されたとしても、後発利益を生かして短時間でキャッチアップするにはDRAMに資源を集中するしかないと判断したのである。

7) 1970年代までの半導体産業は、労働者の熟練如何でその生産性が左右される労働集約的産業であった。これは加工技術の進歩が速く、そのライフサイクルが短かったために、労働集約的工程として維持する方が、高価な自動機械を導入するよりも有利だったことによる。しかし、1960年代初めまでに酸化膜、拡散法、プレーナ法などの基盤技術が確立して標準化されるにつれ、70年代以降次第に装置に置き換わっていった(新井光吉 [1996] p28~29, 川西剛 [1997] p18~19, 菰田文男 [1984] p86)。

8) 伊丹敬之 [1995] p104。ただし、装置の運用技術は必要となるが、この点については3節で述べる。

9) 完成品に占める良品率を歩留まりという。加工生産工程では1/1000ミリ以下の、極めて精密な加工が施されるために、微細な塵埃、振動や人間の眼・作業によるわずかなズレ、ミスが不良品の発生に結びつく。このため、半導体産業では歩留まりが100%になることはなく、その優劣がコスト、ひいては企業利益に直結するという特質がある。通常、歩留まりは量産開始直後に30%前後、需要がピークに達する頃に90%程度になる。

〈表1〉装置の導入先 (単位：%)

年度	米国	日本	その他	国内供給
1988	31.3	63.5	0.7	4.5
1989	28.7	59.6	8.1	3.6
1990	34.9	54.5	4.1	6.5
1991	36.5	50.9	3.0	9.6
1992	36.9	45.8	5.3	12.0
1993	n.a.	n.a.	n.a.	7.6
1994	n.a.	n.a.	n.a.	6.9
1995	n.a.	n.a.	n.a.	10.2

(出所)1992年までは徐正解 [1995] p103より作成。1993年以降は『韓国電子年鑑1997』p657, また国内供給は [国内生産/国内需要] より算出。

まず、装置の導入先から見てみると、1983年から1985年までは装置のほぼ全量を日米から輸入しており、70%はアメリカ、30%は日本から導入していたと推定されている¹⁰⁾ また、〈表1〉「装置の導入先」で明らかなように、1988年以降、徐々に国内調達分が増加しているものの、1995年時点でも国産化率は10.2%と低く、依然として日米からの輸入に大きく依存している。現在、国内市場の50%以上は日本からの輸入で¹¹⁾ 参入当初から近年も

日米の半導体企業によって開発された技術が装置化された後、韓国企業が大量に購入していることがわかる¹²⁾ ここでDRAM分野では、日本は韓国と競争関係にあることを考えれば、ブーメラン効果を恐れて装置供給を忌避するように思われる。しかし、特に1990年代初めには、日本企業の投資削減による絶対的な受注減少と、価格低減と品質に対する厳しい要求も重なって、日本の装置企業が適正価格で購入してくれる企業を海外に求めているという状況があり、よって三星電子は比較的スムーズに装置を導入することができたのである¹³⁾

次に、最新装置の導入に関しては、大口径ウエハ用装置の導入時期から見ることができる。ウエハの大口径化には、ウエハ1枚当たりのチップ収量の増加、装置のスループット向上などのメリットがある。よって、ウエハの大口径化に対応する装置が開発された場合、それを他社よりも早く導入することが、コスト競争力の向上に結びつくのである。三星電子がDRAM生産に着手した1980年代半ば当時、日米企業の装置は5インチ・ウエハが主流で、最新の6インチ・ウエハはまだ試験段階であったにもかかわらず、三星電子は6インチ・ウエハ用装置の導

10) ここでの推定値はDataquest社によるものである(産業研究院 [1987] p299~301)。

11) 『韓国電子年鑑1997』p657。

12) 1980年代後半から米国よりも日本への依存度を高めているが、これは1980年代後半以降に日本製装置の世界シェアが拡大したという背景と、米国企業はMPU生産用の装置分野で優位にあるのに対して、日本企業はDRAMなどの大量生産用の装置分野で優位に立っているためと思われる(『日経ビジネス』1996年3月9日号p18~20)。

13) 1990年代初めの主力製品であった4MDRAM時代には、日本の装置企業は大量発注する韓国企業に20%ほど安く装置を提供していた(『日経マイクロデバイス』1995年1月号p75, 1995年10月号p143~144)。

入に踏み切った¹⁴⁾。さらに、1992年には世界的な半導体不況のため、多くの日本企業が投資を躊躇していた中で、三星電子は最新の8インチ・ウエハへの投資を敢行し、結果的に日本企業よりもコスト優位に立つことができた¹⁵⁾。

しかし、最新の大口径用装置に切り替える場合、生産ラインの全装置を入れ替えなければならなくなる。しかも、数百にも及ぶプロセスごとに専用機が必要で、それも技術革新が速いためにライフサイクルが短い。また、装置は幅広い分野の先端技術が集積されているために高額である。このため設備投資総額に占める装置の比率は70~80%にもものぼる。これらの点と、DRAM開発に必要な技術が装置に体化されているということを考え併せれば、技術の獲得は企業の資金調達能力と密接な関係があると言えよう。

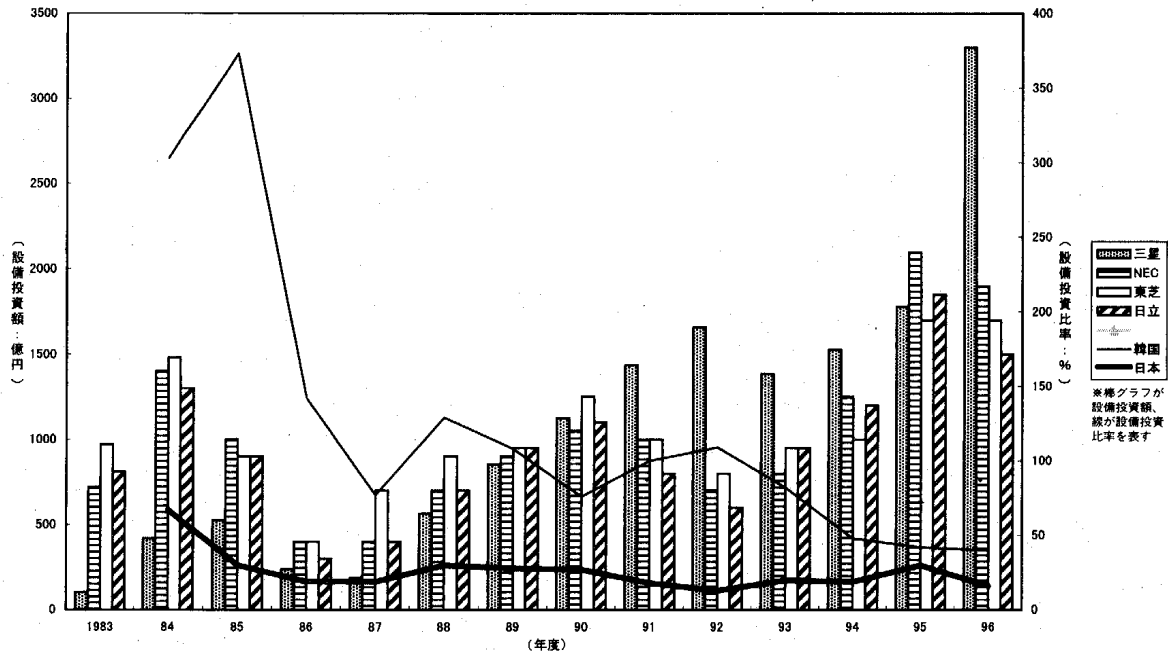
②資金調達能力

半導体産業では、技術が進歩するにつれて装置の技術集約度が高まり、設備投資が巨大化していることから、企業には巨額の設備投資に耐えられるだけの資金力が求められてくる。三星電子の場合、〈図1〉「日韓半導体企業の設備投資の推移」から、DRAMへの参入当初から大規模な設備投資を行っていることがわかる。まず、設備投資比率を見ると、日本の設備投資比率は70%を超えたことはなく、1984年から1996年までの平均は26%であるのに対し、韓国の設備投資比率は100%を超えることが多く、同期間の平均は125%にまでのぼっている。これは単純に言えば、前年度の売上高以上の資金を当該年度の設備投資へ回したことを意味し、いわば自転車操業的な経営を行っていることを示していると言えよう。一方、三星電子の設備投資の絶対額を日本企業のそれと比較してみると、1980年代半ばまでは圧倒的に規模が小さかったものの、80年代後半からは日本企業の水準に近づき、近年は三星電子が日本企業をリードしている状況である。また、〈図1〉

14) 世界的にも6インチ・ラインを用いて量産を行っていたのはNECだけで、インテル、ナショナルセミコンダクターでも研究開発段階にあった。三星電子は新しい装置を導入すれば、それを効率的に使用するための新しい知識が要求され、その圧力から技術吸収が速く進むと考え、6インチ・ラインの導入に至った(徐正解 [1995] p162, 藁容浩 [1995] p56)。

15) 8インチ・ウエハは6インチ・ウエハの約2倍の収量になる。現在、日本企業のDRAMコストが15~14ドル水準であるのに対して、三星電子の場合は11~13ドル水準にあると予測されている(『日経ビジネス』1996年11月11日号p162, 『日経マイクロデバイス』1996年10月号p80~81)。また、三星は人件費や電力費などの間接費が低いことも、コスト優位の一要因として挙げられる(藁容浩 [1995] p70~71)。

〈図1〉 日韓半導体企業の設備投資の推移



(出所) 1993年までのデータは徐正解 [1995] p153, 94年以降は『日経マイクロデバイス』1996年7月号p143, 1996年12月号p184, 『韓国電子年鑑1997』 p656をもとに作成。

(注) 設備投資比率は「当年度の設備投資額/前年度の売上高」。1993年までは韓国大手3社, 日本大手10社, 94年以降は表中の企業で計算している。

で興味深いのは、日本企業が投資を抑制した時期に、三星電子は逆に投資を増やしている点である。具体的に見てみると、日本企業は84～85年、90～92年および95～96年に前年よりも投資を減少させているが、それはこの時期が半導体不況期だったことによる。不況期には数量減少と価格低下が同時に進行し、経営的に多大な影響を被るにもかかわらず、三星電子は不況期にこそ、むしろ積極的に投資を行っていったのである¹⁶⁾

このような積極的な設備投資は、三星電子が「財閥」であることが背景にある。つまり、財閥というブランドを利用して海外から低利の資金を導入することがで

16) 不況期は現世代製品の市場が縮小し、次世代製品の市場が立ち上がる時期に相当する。半導体産業では市場の立ち上がりにもっとも価格が高く、以降徐々に下落していくが、DRAM事業では設備の償却がコストの大半を占めるために、競合他社よりも早く市場投入すればそれだけ利益が大きくなる。しかも、新生産ラインの構築や工場建設など量産体制構築には1年以上かかるうえ、量産初期は歩留まりも悪いために、次世代製品の需要が本格化する前の不況期に投資をすることが有効になる。また、不況期の投資は金額や納期の面で効率がよく、他企業が投資に消極的であるほど、その分だけ好況期に自社のシェアが上がるという面もある(直野典彦 [1996] p83, 『日経マイクロデバイス』1997年3月号p50)。

き¹⁷⁾ 国内の私債市場からも資本を十分に導入することができる力を持っているためである。さらに、財閥では会長が全ての権限を握っているために、所属系列社の資金を特定企業に集中させることができる。事実、三星電子の会長は半導体事業に高い関心を持っており、その専門知識と強力なリーダーシップによって、DRAM開発では財務に関係なく、技術開発と高品質製品の生産に専念するように指示していた¹⁸⁾ この点は、設備投資資金が基本的に事業部単位で調達され、他事業の2～3倍もかかる大規模な設備投資の必要性に対して、トップの理解をなかなか得ることができない日本企業とは大きく異なる点である。

③技術ライセンス契約

日米からの装置の輸入と並行して、三星電子はライセンス契約を通じて公式的マニュアル、設計図面、特許なども導入してきた。前項でも見たように、DRAMは設計構造が変わらないために技術開発が高集積化に集約され、しかも加工技術は装置に体化されている。したがってDRAMの場合、低集積度の生産技術を導入すれば、次世代以降の高集積DRAMを自主開発につなげられる可能性が非常に高いと言える¹⁹⁾

三星電子がDRAM事業に参入した1980年代前半、DRAMの生産技術を持っていたのは少数の日米企業であったが、当時は日米半導体摩擦の真っ直中にあり、技術移転を阻むような状況であった²⁰⁾ また、一般に技術の供給源泉が少ない場合には、技術の秘匿によって技術的優位を長期化しようとする誘因が強くなり、日米企業ともDRAM事業では韓国企業と競合関係にあることから、技術移転を忌避する立場をとった²¹⁾ これに対し、三星電子はアメリカのベンチャー企業に接

17) 三星電子は1988～92年にかけて外貨建てローン、転換社債など23億ドルを超える資金をユーロ市場から調達している（『日経ビジネス』1993年8月30日号p42）。

18) 趙ヒョンジェ・金チャンウク [1997] p112。

19) 趙ヒョンジェ・金容福 [1997] p67。

20) アメリカで開発された多くの半導体基盤技術は、戦後の反トラスト政策によって開放されていた。しかし、日本の急速な追い上げにより、1980年代に日米間の半導体貿易がアメリカの赤字に転換すると、アメリカは将来のエレクトロニクス産業の重要性とともに、国家保障上も中核技術となる半導体分野で国際競争力を喪失することを恐れて、技術移転を忌避するようになったものと思われる（谷光太郎 [1994] p91～92）。

21) 三星電子は実際にNECや東芝などに技術供与を求めたが断られている（徐正解 [1995] p110）。

触し、そこから技術を導入した。アメリカの半導体産業では、日本や韓国と異なり、数社の大手を除いてほとんどがベンチャー企業である。ベンチャー企業は、組織が小さい故に新しい技術や発想を実現していくには適しており、高い技術力を持つ企業が多い。ただし、企業の拡大期には資金調達面で問題が生じることが多く、その場合は技術供与を通じて資金を獲得しようとする。三星電子はこのような状況を利用して、1983年7月、当時ベンチャー企業であったマイクロテクノロジー社から設計技術を導入することができた。さらに、同年11月には日本のシャープ社からも加工技術を確保した²²⁾。そして、1986年の日米半導体協定以降、アメリカの大手半導体企業は、DRAMから撤退してMPUをはじめとする高付加価値製品への転換を図ると、アメリカ市場を日本企業が支配することを阻止するために、積極的にDRAM技術を韓国企業に提供するようになった²³⁾。このよう

〈表2〉三星電子の技術導入推移 (単位：件)

年度	導入先			導入内容		年度別 合計
	米国	日本	その他	メモリ	その他	
1982	0	2	1	2	1	3
1983	1	1	0	2	0	2
1984	2	0	0	1	1	2
1985	4	0	0	1	3	4
1986	4	0	0	2	2	4
1987	7	0	0	4	3	7
1988	3	1	1	2	3	5
1989	15	0	2	11	8	17
1990	10	5	1	4	14	16
1991	3	2	1	4	1	6
1992	5	2	2	3	4	9
1993	3	6	0	3	1	9
1994	5	2	0	—	—	7
合計	62	21	8	(35)	(41)	91

(出所) 裴容浩 [1995] P206~210, 趙ヒョンジェ・金容福 [1997] p66より引用・加工。

(注) 導入先合計と導入内容別合計が一致しない年度もあるが、誤差は許容範囲で分析上大きな支障はないものと見なし、そのまま用いた。合計は導入先別で計算した。また表中のメモリにはDRAM, SRAM, ROMが含まれる。

なアメリカのベンチャー企業の存在とアメリカ大手企業の戦略転換を背景に、〈表2〉「三星電子の技術導入推移」でも示すように、アメリカからの技術導入が圧倒的に多くなっている。

〈表2〉で導入内容を見ると、三星電子は継続的にメモリ関連の技術を導入してきたことがわかる。具体的な技術導入の方法について述べると、参入当初は技術情報・資料の入手や技術サービス契約が主な内容であったが、1980年代末からは特許実施権のみの契約が増加している。特に、競合関係にある日本企業から、このような形式でDRAM技術を導入している²⁴⁾。これは、1990年代以降、高付加価値分野のASIC

22) 具体的には、マイクロテクノロジー社からは64KDRAMのチップデザイン、マスク設計、回路設計を、シャープ社からはクリーンルームに関する情報、CMOS工程技術および16KDRAM生産技術を導入した(金容福 [1995] p130)。

23) 例えば、アメリカのインテルは三星に対してEPROM製造技術やDRAM技術を提供し、IBM, TI, GI, モトローラなども1980年代後半以降、現代電子やLG半導体に対してDRAM技術を提供するようになった(金容福 [1995] p91)。

市場の拡大を背景に日本企業が積極的にこの分野へシフトしており、この過程で、付加価値が低く標準的なDRAM技術での技術料獲得競争が生じているためと考えられる。反面、この戦略転換は、DRAM分野での日本企業の国際競争力を喪失させた、三星電子を始めとする後発企業のキャッチアップにも関連がある。ただ、これまで見てきたような市場を通じて取引される技術に関しては、技術供与側から見れば、高度で複雑な技術であればあるほど、それを可能な限り秘匿して導入側を技術的に従属させることが不可欠の戦略となるため、その移転に制約が生じるのが一般的である²⁵⁾ したがって、技術導入側が十分に技術を吸収・消化し、技術力向上を図るためには、非公式的な「先発企業の技術に対する模倣」を通じて、技術移転の制約部分を導入しなければならない。

3. 技術の模倣

先発企業への模倣による技術導入は、主にリバースエンジニアリング、研究者等の企業間移動、科学・専門雑誌に媒介される²⁶⁾ 技術移転では、導入側の技術水準と受容体制がその成否を規定する側面が大きい。導入企業の技術吸収過程で中核を担うのが優れた科学者、技術者などの技術的インフラの存在である²⁷⁾ 三星電子が選択したDRAM技術の場合、その成功要因は最先端装置の導入とともに、徹底的な管理を通じた歩留まりの改善にもある。歩留まりの改善は装置の運用技術にも関係しており、装置の微妙な調整に直接携わる技術者の重要性が大きい²⁸⁾ 通常、こうした人材の育成には5～10年といった長期にわたる教育投資が必要に

24) 主なものを挙げると、1988年には日立が64K、256K DRAMの特許実施権を付与したのを始めとして、1990年にはNECがDRAMの特許、1991年には三菱電機がDRAMの特許、日立が半導体特許、1992年には富士通が半導体全製品に関する特許、1993年には東芝が半導体製品に関する特許を三星電子に付与している(襄容浩[1995]p206～210)。

25) 実際に、三星電子はマイクロテクノロジー社とのライセンス契約締結後、アメリカに技術研修生を派遣したが、同社は基本的な資料を提供し、生産ラインの出入りは2名に制限するなど十分な技術移転は行わなかった。またシャープ社も同様で、三星の研修生にノートと筆記用具の持参は認めず、開発過程で必要なノウハウを満足に提供しなかった。そこで、三星の技術研修生は、技術移転を担当する技術者と個人的な親交を重ねる非公式的接近方法を使用し、重要なノウハウを得ることができた(襄容浩[1995] p49)。

26) 菰田文男 [1984上] p77。

27) 菰田文男 [1984下] p112。

なるが、三星電子はアメリカの半導体企業からDRAM設計や歩留研究に携わっていた在米韓国人研究者をスカウトしたり、日本の半導体企業を辞めた技術者や、1980年代半ばのアメリカ企業のDRAM撤退で解雇されたメモリ研究者を積極的に採用し、彼らをDRAM開発の中核に据えることで時間的な問題を解決した²⁹⁾ さらに、国内からも優秀な電子工学系の学生を毎年300~500名ほど採用しており、これら国内外の優秀な技術者をDRAM開発へ集中的に投下した³⁰⁾ また、コンサルティング会社、引退技術者、学者など外部専門家への諮問や、日米企業からの装置・材料購入時の技術情報の提供や操作のための技術指導、そして顧客となるコンピュータ企業からも量産工場の運営および製品の品質向上のためのノウハウを得ることができ³¹⁾ これらの要素も加わって、研究開発をより効率的に進めることができた。

〈表3〉三星電子と先発企業との格差

DRAMの世代	開発年度			量産年度		
	先発企業	三星電子	格差	先発企業	三星電子	格差
64K	79年	83年	4年	81年後期	84年後期	3年
256K	82年	84年	2年	84年前期	86年後期	2.5年
1M	85年	86年	1年	87年前期	88年後期	1.5年
4M	87年後期	88年前期	6ヶ月	90年後期	91年前期	6ヶ月
16M	90年前期	90年後期	3ヶ月	93年後期	93年後期	先行
64M	92年後期	92年後期	なし	97年前期	97年前期	なし
256M	94年後期	94年後期	先行	———		
1G	95年前期	95年後期	10ヶ月	———		

(出所) 趙ヒョンジェ・金チャンウク [1997] p12, 68, 『日経マイクロデバイス』1993年9月号p30, 1997年5月号p14, 日本経済新聞1995/2/14, 1995/12/12より作成。

(注) 量産年度は100万個/月に達した時期である。

実際の開発過程について見てみると、三星電子は1983年5月、64KDRAMの開発から取りかかり、同年12月にその開発に成功し、1984年3月から量産を開始した。そして1984年7月には256KDRAMの開発にも成功している。

〈表3〉で先発企業の開発年度を見ると、通常、次世代DRAMの開発までには数年を要している。三星電子の場合、64KDRAMおよび256KDRAM

28) 具体的には「イオン注入装置における注入すべきイオンの濃度やその際の温度設定に始まって、ダイシング装置における砥石の回転速度、砥石に用いるダイヤモンドパウダーの直径や密度、パウダーを固める接着剤の堅さ、砥石冷却のための純水の噴射角度」などが挙げられる(伊丹敬之 [1995] p104)。

29) 三星電子はGE, IBM, Synertek, ザイログ, ナショナルセミコンダクター, インテル, Mostek, Inmosなどに勤めていた人材を確保した(徐正解 [1995] p113, M. L. シュレスト [1996] p119)。また、これらの人材に対しては20万ドルの年俸を出すなど、優秀な人材の確保には資金を惜しまなかった(趙ヒョンジェ・金チャンウク [1997] p109)。

30) 1993年の研究開発スタッフの構成比を見ると、三菱電機の場合、メモリ部門が約3割であるのに対して、三星電子の場合は同部門に約6割の人材が集中している(『日経ビジネス』1993年8月30日p41)。

31) 趙ヒョンジェ・金チャンウク [1997] p111, 124。

は、設計から加工技術、工程管理に至るまでほとんど全ての技術を海外から導入しそれを再現するという要素が強かったために、短期間で開発することができた³²⁾ DRAMの設計に関しては、リバースエンジニアリング³³⁾を通じて技術の基盤を構築し、次の1MDRAM開発につなげることができた。さらに、東芝が歩留まり向上のために加工技術を変更すると、半年後には同じように変更した製品が三星電子から登場した³⁴⁾ということからも明らかなように、後発効果を利用して技術の不確実性という問題を回避するため、1MDRAMまでは日本企業の模倣が行われた。しかし、このような過程を通じて技術の吸収・消化を図り、4MDRAMからは自主開発に移行している。

また、DRAM事業では市場参入時点でその利益に大きな差が生じるとともに、後発者として短期間でキャッチアップするには、開発から量産体制構築までを短縮することが不可欠である。通常、新規の量産工場の建設には1年半から2年ほどを要するが、三星電子は64KDRAM量産工場をわずか6ヶ月で建設した³⁵⁾。そして、256KDRAMの量産体制構築に至っては、6インチ・ウエハ用装置の導入決定後、引渡期間を短縮するため飛行機が利用された³⁶⁾。DRAM参入初期に行わ

32) 設計工程はマイクロテクノロジー社から電子回路が既に描かれているマスクを購入し、省略することができた。さらに64KDRAMでの309の工程中、大部分は1974年から蓄積してきた技術を応用することができ、獲得したDRAM開発経験者が既に256KDRAMまでの開発経験を有していたことも開発期間の短縮に貢献した(裴容浩 [1995] p49~55)。また、三星電子でのDRAM開発は、アメリカに設立された現地法人と国内とで並行的に行われたが、1MDRAMまではアメリカ現地法人(米国企業出身者が中心)が開発した製品が採用された。以降はアメリカ現地法人の技術者を国内に移し、国内に研究開発の主体がシフトした。

33) リバースエンジニアリングとは、技術の体化した製品を分解してその構造を把握する方法である。三星電子は先発企業が開発したDRAMの断面を削りだし、電子顕微鏡でその構造を分析して設計図面を複製し、その設計をそのまま再現する過程で設計能力を蓄積することができた。DRAMは設計構造が変わらないため、この手法を通じた技術習得が次世代以降も有効になる。また1980年代半ばも、大部分の設計活動がこの方式に依存しており、1MDRAMでも回路技術・パッケージ技術は東芝と全く同じだったという分析もある(裴容浩 [1995] p80~81, 『日経マイクロデバイス』1993年9月号p50~53)。

34) 『日経マイクロデバイス』1993年9月号p50~53。

35) 半導体は特性上、騒音や振動がなく、電力・用水の持続的確保が容易であるなど、工場立地条件も非常に厳しく、その敷地を探すのにも多くの時間を要する。三星電子は64KDRAMの開発に着手する前の1982年から、関係会社や日本の専門家を動員して事前準備を行い、開発と同時に工場建設に取りかかり、冬期にも徹夜作業を行って工期の大幅短縮を実現した(全龍昱・韓正和 [1997] p192~193)。

れた様々な形での先発企業への模倣とともに、量産体制の早期構築にも注力した結果、先発企業との格差を急速に縮めることができたのである。

4. 技術的特質から見た韓国半導体産業の構造

三星電子の急成長を市場面から言えば、1992年にDRAM市場、1993年以降はメモリ市場でもトップシェアを獲得している。技術面でも、〈表3〉のように、近年は開発・量産時期とも先発企業と並ぶとともに、日本企業の模倣を脱し、独自の加工技術を選択するまでになっている。例えば、4MDRAMの開発時、日本企業は信頼性や次世代DRAMとの技術の連続性を重視して「CVD-W」という技術を選択したが、三星電子が選択した「Alリフロー」という技術の方がコスト的に優れているために、日本企業が技術の見直しを図ったという事実もある³⁷⁾ また、

〈表4〉三星電子と日本企業のDRAM製品比較

開発製品	企業	回路線幅(μm)	動作速度(ns)	チップ面積(m)	消費電力(mW)
4MDRAM	三星	0.9(0.5)	60(60)	90.52(39.36)	5.5/383-550
	NEC	0.55	50	46.80	1.8-16.5/95-660
	東芝	0.6	50	44.4	5.5/110-578
	日立	0.8	60	72.00	11/495
16MDRAM	三星	0.5(0.42)	60(50)	123.70(92.95)	n.a.
	NEC	0.5	50	113.70	3.6-11/360-495
	東芝	0.55	60	123.49	5.5/385
	日立	0.5	60	127.00	11/495

(出所) 裴容浩 [1995] p90より抜粋。

(注) 三星の()は三星電子の公表資料。電力消費の場合、/より前はStandbyWで/より後はactivemWを意味する。

〈表4〉「三星電子と日本企業の製品比較」で、回路線幅は微細加工技術の水準、動作速度は情報の処理速度の指標として用いられ、チップ面積は小さいほど生産性が向上することを意味するが、これらを比較してみても、三星電子の製品は日本製品と大差がないことがわかる。さらに、装置企業から見た技術力の評価でも、三星電子は現在、単なる装置の導入段階から脱し、基礎加工技術の共同開発や開発段階から基礎的要求性能を提示できるなど、すでに日本企業と同じ技術水準に達していると言う³⁸⁾ 半導体の技術水準を比較した韓国産業研究院の調査では、韓

36) 趙ヒョンジェ・金チャンウク [1997] p113。

37) 『日経マイクロデバイス』1993年9月号p47～50。

38) 『日経マイクロデバイス』1993年9月号p34。

〈表5〉主要国の半導体生産構造(1996年度) (単位:%)

	個別素子	MOS			その他
		メモリ	ロジック	マイクロ	
世界市場	9.3	36.5	13.6	22.8	17.8
米国	5.6	22.7	15.2	40.3	16.2
日本	11.8	39.8	15.6	13.4	19.4
韓国	2.4	91.1	2.7	0.9	2.9

(出所)『韓国電子年鑑1997』p653。

国企業のメモリ分野での加工技術および組立技術は、先進技術と同水準の100と評価している³⁹⁾。しかし、〈表5〉で半導体の生産構造を見ると、三星電子も含めた韓国企業のメモリ比率が91.1%であることからわかるように、ASICに代表されるロジック、およびMPUに代表されるマイクロといった高付加価値分野では先発企業に大きく遅れている。CAD設計技術の発達によって拡大したこの分野では、技術および競争力の源泉は設計技術であり、システム機器やソフトウェアに関する知識も必要になってくる。このような要素は装置等の物質ではなく人間や組織に体化されており、換言すれば技術者の独創性がより重要になる。加えて、日米企業ともASICやMPUの技術力強化を最重要課題に掲げていることを考えれば、韓国企業がこの分野に必要な最先端技術に接近し、短期間でキャッチアップするのは非常に難しい状況である。前述の産業研究院の調査によれば、先進技術を100とすれば、韓国企業のこの分野の設計技術は30に過ぎない。三星電子の場合はASICやMPUでの遅れを1~1.5年と分析しており、現在でもこの分野の設計技術はアメリカ企業に依存している⁴⁰⁾。

DRAMへの特化は別の問題も含んでいる。韓国におけるメモリ需要は全半導体需要の20%でしかなく、メモリ以外の半導体は輸入せざるを得ないため、半導体の輸入比率が69%と必然的に高くなる⁴¹⁾。しかも、韓国の半導体需要自体、1995年時点でも日本の11%と非常に小さく、メモリの輸出比率も約90%と非常に高い。その上、韓国企業が特化しているDRAMはパソコン分野が市場の74%を占めているが⁴²⁾DRAMは汎用品ゆえに自らパソコン市場を育てることができないという限界がある。すなわち、DRAMに依存した事業構造は1つの機器の好不況の影響をまともに受けることになり、この点から、韓国半導体産業は海外の、それも特定の市場に翻弄される構造を有しているのである。

また、技術格差の問題は個別企業だけではなく、周辺技術も含めた韓国半導体産業全体の問題としても浮かび上がってくる。まず、半導体装置に関しては、〈表

39) 産業研究院 [1995] p78。

40) 『日経マイクロデバイス』1997年4月号p65~66。

41) 韓国製品の輸入・輸出比率および市場規模は『韓国電子年鑑1997』p665より。

42) 日本経済新聞1996.9.4。

〈表6〉半導体材料の国産化率 (単位:百万ドル)

区分	1990	1991	1992	1993	1994	1995
需要	508	570	713	945	1,345	2,044
国内生産	160	194	264	350	555	837
国産化率(%)	31.4	34.0	37.0	37.0	40.1	40.1

(出所)産業技術政策研究所 [1996] p20, 『韓国電子年鑑1997』 p659より作成。

1) でも見たように、今なお日米に大きく依存している上、国内で生産された装置の部品のうち約7割は輸入部品であるため⁴³⁾ 実際の国産化率はさらに低いものとなる。正確な数値は把握できないが、個別적으로見ると、韓国では組立用装置やガス供給装置などが主に生産されており、加工生産工程の核心技術である露光装置やCVD装置、イオン注入装置、スパッタ装置などは日米からの輸入に頼っている⁴⁴⁾ 一方、半導体材料は〈表6〉のように、1995年の国産化率が40.1%と比較的高い水準を示している。個別적으로見ると、1993年時点で後工程用材料のボンディング・ワイヤーおよびリードフレームが各々93%、49%と高い国産化率を見せているが、前工程で必要なガス、薬品は各々29%、26%で⁴⁵⁾ 前工程の核心材料のひとつであるフォトレジストの場合は、1995年時点でも8%に過ぎない⁴⁶⁾ また、1995年時点で、高度技術が要求されるシリコンウエハは38%、フォトマスクは79%の国産化率に達しているが、この中には輸入材料を再精製したものや単純なブレンドも含まれているため、実際はさらに低い水準と考えられる⁴⁷⁾

日本の国産化率と比較してみると、1996年時点で、半導体装置は80%、半導体材料の場合は99%に達している⁴⁸⁾ 日本の半導体産業も元々は後発で、アメリカからの積極的な技術導入を通じて技術を蓄積したという点は韓国と類似している。しかし、大きな違いを見せているのは、キャッチアップの過程で周辺産業の技術力を強化した点である。むしろ、日本は周辺産業の技術力を強化したからこそ、1980年半ばにアメリカを凌駕することができたと言っても過言ではない。今後は

43) 趙ヒョンジェ・金チャンウク [1997] p227。

44) 『韓国電子年鑑1997』 p657。また、装置分野における1994年時点での先進国との格差は、リソグラフィ装置、エッチング装置、CVD装置とも8年と見られている(産業研究院 [1994] p63)。

45) 産業研究院 [1994] p47。

46) 『韓国電子年鑑1997』 p658。

47) 『韓国電子年鑑1997』 p658, 趙ヒョンジェ・金チャンウク [1997] p227。材料分野における1994年時点での先進国との格差は、ウエハが4年、フォトレジスト、パッケージ技術が3年である(産業研究院 [1994] p62)。

48) 『半導体産業』1997年7月号p7。

開発費用の分担と次世代に向けて全く新しい加工技術が必要との理由から、装置・材料企業との共同開発が重要になってくる。そして、周辺技術が弱いことから派生する問題、つまりメモリを輸出すればするほど装置・材料の輸入が増えるという輸入誘発的な産業構造は、付加価値の海外流出という問題を引き起こしている。これらの点から、韓国半導体産業のさらなる発展のためには、周辺技術の向上が急務の課題であると言えよう。

5. 結論と課題

本稿では、技術に焦点を当てて、韓国半導体産業の発展メカニズムを考察してきた。そこでは、国際環境の変化や競争構造をうまく利用して、積極的に技術の模倣を図るとともに、半導体製品の中でも技術の標準化が進み、大量生産が可能なDRAMを戦略製品として選択し、海外からの円滑な資本財および技術導入のもとに、資金、人材などの資源を集中投下してきたことが明らかになった。これを別の側面から見ると、韓国の半導体産業は低コストを競争優位として短期間でキャッチアップを達成したとも言える。つまり、半導体という先端技術産業の成長でありながら、その発展メカニズムは組立加工型の大量生産製品への特化という従来の韓国経済の発展構造に依拠していたのである。このため、半導体産業の成長過程でも、韓国の工業化ひいては重化学工業化のネックとなってきた構造、すなわち輸入誘発メカニズムが例外なく組み込まれることになった。確かに、韓国の半導体産業は加工技術を先導するDRAM分野では、すでに先進国と同水準の高い技術力を持っていると評価されている。しかし、それは少数の企業が一部の技術分野で高い技術力を保持しているに過ぎない。韓国の半導体産業全体の、さらには国民経済の技術水準の向上は、特定の技術分野あるいは一企業の突出した技術力に規定されるのではなく、周辺および底辺技術の発展をともなってこそ達成できるのである。

最後に、本稿では技術面から韓国半導体産業の発展メカニズムを論じたが、特にDRAMの場合、競争力の決定要素は技術力だけではなく、市場面からのアプローチも必要である。市場開拓、国内の川下産業との連関関係、半導体の市場構造の特質なども検証しなければならない。さらに、韓国半導体産業のもうひとつの特質として、国内市場ではなく、急速に拡大しているアジア市場に依拠してきたことが挙げられるが、その実態やあり方についても検討する余地がある。また

近年、技術優位性を基礎に企業間の戦略的提携が活発化し、個別企業を超えたグループ間での競争が見られるなど、半導体産業の競争構造に変化が生じている。このような環境変化の中で、加工技術に優位性を持つ韓国企業はどのような形で提携に参加しているのだろうか。これらの点を今後の課題としたい。

参考文献

・韓国語

金容福 [1995] 『韓国電子産業의 發展메커니즘에 관한 研究—電子企業과 外国資本의 關係를 中心으로 (韓国電子産業の發展メカニズムに関する研究—電子企業と外国資本の關係を中心に)』, ソウル大学経済学博士論文。

裴容浩 [1995] 『韓国半導体産業의 技術吸收와 研究開發—三星電子(株)의 事例 研究— (韓国半導体産業の技術吸收と研究開發—三星電子(株)の事例研究—)』, ソウル大学経済学博士論文。

産業技術政策研究所 [1996] 『2000 년을 향한 산업기술 개발수요: 반도체분야 (2000 年を迎えた産業技術開發需要: 半導体分野)』。

産業研究院 [1987] 『우리나라—半導体産業의 現況과 育成戰略 (我が国半導体産業の現況と育成戰略)』。

[1994] 『2000 年代 先端技術産業의 비전과 發展課題 (2000 年代 先端技術産業のビジョンと發展課題) 〈半導体・LCD 産業〉』。

[1995] 『半導体産業의 世界化戰略 (半導体産業の世界化戰略)』。

電子新聞社『韓国電子年鑑 1997』。

조형제 (趙ヒョンジェ)・金容福 [1997] 『한국반도체산업: 새로운 도약의 조건 (韓国半導体産業: 新しい跳躍の条件)』, 現代經濟社会研究院。

조형제・김창욱 (趙ヒョンジェ・金チャンウク) [1997] 『한국반도체산업: 세계기술을 선도한다 (韓国半導体産業: 世界技術を先導する)』, 現代經濟社会研究院。

韓国半導体産業協會『半導体産業』各月号。

・日本語

新井光吉 [1996] 『日・米の電子産業』, 白桃書房。

伊丹敬之十伊丹研究室 [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。

川西剛 [1997] 『わが半導体経営哲学』, 工業調査会。

- 窪田光純・玄湖仲・上田賢 [1992] 『韓国電子産業資料集』, 千曲秀版社。
- 菰田文男 [1984] 『現代国際技術移転論の研究』, 山口大学経済学会。
- 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。
- 谷光太郎 [1994] 『半導体産業の軌跡』, 日刊工業新聞社。
- 全龍昱・韓正和 [1997] 『韓国・三星グループの成長戦略』, 日本経済新聞社。
- 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。
- 日経BP出版『日経マイクロデバイス』各月号。
『日経ビジネス』各週号。
- 平川均 [1995] 『N I E S—世界システムと開発』, 同文館。
- 深川由起子 [1989] 『韓国—ある産業発展の軌跡』, 日本貿易振興会。
- M. L. シュレスト [1996] 『企業の多国籍化と技術移転—ポスト雁行形態の経営戦略』, 千倉書房。

《推 薦 文》

谷光 太郎

横田 伸子

半導体産業は新しい産業だけに、まとまった研究書が少ない。また、マスコミのニュースや説明記事には目先だけの興味本位的なものが多い。韓国半導体産業関連のマスコミの報道も多分に皮相的である。本論文の価値は、数少ない半導体産業関連分野の研究書の中でも更に稀少な韓国半導体産業分析を最新の韓国人の研究書も参照にしての研究という点にある。

新しい産業の分析は数字に表われたものだけでは不十分で、その文化的、社会的背景にまで遡らねば本質からはずれ、自己満足的なものになる、というのが谷光の持論であり、この視点のなさにやや不満が残るが、それは、発表誌の字数制限などを考えれば、無理な要求といえるかも知れない。いずれにせよ半導体産業を研究している諸学兄に裨益する内容も含まれていると考え推薦する次第である。