

論文 韓国半導体産業の技術発展 -- 三星電子の要素技術開発の事例を通じて

著者	吉岡 英美
権利	Copyrights 日本貿易振興機構（ジェトロ）アジア経済研究所 / Institute of Developing Economies, Japan External Trade Organization (IDE-JETRO) http://www.ide.go.jp
雑誌名	アジア経済
巻	47
号	3
ページ	2-20
発行年	2006-03
出版者	日本貿易振興機構アジア経済研究所
URL	http://hdl.handle.net/2344/00007482

韓国半導体産業の技術発展

三星電子の要素技術開発の事例を通じて

よし おか ひで み
吉 岡 英 美

問題の提起
「技術・熟練節約的發展」と半導体産業
要素技術開発からみた三星電子の技術発展
技術発展をもたらした要因
総括と課題

問題の提起

1960年代半ばを起点とする韓国の高度経済成長は、工業製品の生産と輸出に主導された。この間の工業製品の輸出構成をみると、1970年代までは、衣類、雑貨といった安価な労働力を競争力の源泉とする労働集約財が大半を占めていたが、その後の重化学工業化にともなって、鉄鋼、造船をはじめとする重化学工業製品の比率が高まりながら輸出構造が高度化した[渡辺・金 1996; 服部 2001a]。さらに、1990年代に入ると、財閥系企業によるDRAM(記憶保持動作が必要な随時書き込み読み出しメモリ)事業への参入を契機として半導体の生産が飛躍的に増大した結果、半導体が韓国の輸出成長を牽引するようになった[韓国銀行 1999; チャン・キム 2001]

このように韓国では、経済成長の過程で産業構造の高度化が実現するとともに、使用される技術の先端化が図られてきた。これに対して、韓国の工業化の構造を技術的側面から捉えようとした服部(1988; 2001b)によれば、韓国にお

いて技術の先端化が可能になったのは、機械類の「マイクロエレクトロニクス(ME)」化や「メカトロニクス」化によって、製品の生産に必要な技術・熟練のかなりの程度が機械設備のプログラムに代替されたため、その製品を生産する企業の側に技術蓄積や熟練形成がそれほど必要とされなくなったことが背景にあるという。すなわち、技術・熟練が蓄積されていなかった韓国企業でも、資金を動員して「ME」化された最新型の機械設備を先進国から輸入することで、当該産業に参入し急成長することができたのである[Hattori 1999; 服部 2001b]。服部(2001b)は、このような産業発展のパターンを「技術・熟練節約的發展」と名付け、韓国ではその成長の過程で技術・技能的な蓄積がないがしるにされてきたことを指摘している。

以上の議論は、後発の韓国企業が生産のための中間財や資本財を韓国国内で調達することができず、そのうえ生産に必要な技術的基盤がなかった状態にもかかわらず、その製品の生産を開始し世界市場で急速なキャッチアップを果たすことができた要因として説得力をもつ。

ところが、1990年代以降、キャッチアップ段階を終えた韓国企業が世界市場において先頭の座に位置し、それを維持している現象が見られるようになった。この象徴的な事例が、半導体

のDRAM市場における三星電子である。しかも、それは単なるマーケット・シェアの次元にとどまらない^(注1)。三星電子は、DRAMの次世代製品開発^(注2)の側面でも、16M（メガ＝100万）世代で先行する日本企業に追いつき、1992年に開発に成功した64M世代以降、開発を先導する立場に立つようになった^(注3) [三星電子(株) 1999, 385]

ここで考慮すべきは、周知のとおり、DRAMの次世代製品の開発には先端の製造技術（プロセス技術）が求められるという点である。次世代DRAMの開発、すなわちチップ面積の拡大を抑えつつチップ上に形成する素子の数を4倍（ないし2倍）にする「高集積化」は、前世代で使った素子の加工技術を70パーセントに縮小することで達成される。この微細化の過程では、前世代の技術では対応できない限界にぶつかることが常であり、これをどのように克服するかが開発課題になる。このとき、既存の技術の応用で対応できなければ、新しい技術を創出してそれを装置化することが必要になるが、後述するように、製造装置に体化される新技術のアイデアは基本的には半導体企業（以下、デバイス企業）の側から発せられ、半導体製造装置企業（以下、装置企業）から出されることはない。つまり、デバイス企業がDRAMの次世代製品開発において主導的立場に立つには、装置企業がいまだ持たない新技術を自ら創出できる能力が不可欠なのである。言い換えれば、こうした能力のないデバイス企業は、微細化競争＝次世代DRAM開発競争を先導することはできない。

この点を踏まえれば、1990年代以降、先端のプロセス技術が求められるDRAMの次世代製品開発で三星電子が先行している事実は、それ

自体、同社が先端技術を蓄積し自ら創出している証左と見ることができる。そして、このことは、キャッチアップ後の三星電子の半導体事業では、「技術・熟練節約的発展」とはいわば段階を画する発展パターンが形成されていることを意味している。

本稿では、三星電子のプロセス技術のうち要素技術^(注4)の開発過程に着目することにより、この仮説を検証することを課題とする。分析に際しては、技術論的視角から韓国の工業化の特質を明らかにした代表的論者である服部の「技術・熟練節約的発展」の枠組みを手がかりとして、特に三星電子の半導体事業における技術発展の側面を明らかにすることに焦点を絞りたい。

本稿の研究史上の意義は、次のような点にある。まず、技術・熟練の側面から韓国の工業化ないし産業発展が検討される際、これまで主に分析の対象とされてきたのは、工作機械、金型、自動車であった [服部 2001; 伊東 2001] ^(注5)。半導体は先端技術産業であり、韓国の工業化において技術の先端化を推し進めた点で極めて重要な産業であるにもかかわらず、こうした視点からの検証はいまだ十分になされていない。後でも指摘するように、半導体はいくつかの点で製造業一般とは異なる特殊な技術体系を持っていると判断されるため、半導体分野での技術発展によって韓国一国の全体的な技術発展の様式をすべて代表させることはできないとしても^(注6)、韓国経済において半導体産業が大きな比重を占める現在^(注7)、技術的側面からの韓国の工業化の把握は、半導体の特質を考慮せずしては不十分なものになると考えられる。

次に、韓国半導体産業研究の分野では、三星電子の事例を通じて韓国半導体産業の技術発展

を考察した研究がいくつかあるが、これらは主に外国のデバイス企業からの技術導入や設計技術を基準として三星電子の技術発展を検証している^(注8)。しかし、三星電子が注力するDRAMの場合、開発過程で技術的な隘路となるのはプロセス技術である。つまり、プロセス技術にも着目し、それが体化された製造装置を三星電子の側で使いこなしているかどうか、さらにはそこに組み込まれている要素技術を自ら獲得したかどうかにまで踏み込んでその実力を評価しなければ、三星電子の技術発展の一面しか捉えることはできないといえよう。三星電子のプロセス技術を正面から取り扱い、それがどのようなレベルにあるかを検証した研究は、管見の限りでは、皆無である。

本稿の構成は、次のとおりである。第 節では、「技術・熟練節約的發展」の枠組みを検討した後、半導体産業における要素技術の開発体制の検討を通じて、デバイス企業の技術レベルの評価軸を設定する。続く第 節では、前節で設定した評価軸をもって、三星電子のキャッチアップ時とキャッチアップ後の技術レベルを分析する。第 節では、三星電子の技術発展を可能にした要因について考察し、第 節で総括と課題を述べる。

「技術・熟練節約的發展」と半導体産業

1. 「技術・熟練節約的發展」の枠組み

この節では、韓国の工業化の基本的な発展パターンとして認知されてきた「技術・熟練節約的發展」について検討してみたい。

服部(1987; 1988; 2001b)によれば、工業は

その技術の成熟度と性質によって4つの特徴に分けて考えられる。まず、成熟度を基準にみると、ある製品を生産する際に必要な技術は、「標準的・成熟技術」と「先端的技術」に分けられる。他方、使用される技術の性質という点からみれば、技術は「組立型技術」と「加工型技術」に大別される。「組立型技術」とは、極端には部品をすべて輸入し、機械や未熟練労働力を使ってそれらを単純に組立てることを主としたもので、プラント技術もこれに含まれる[服部 1987, 278; 2001b, 117]。これに対して、「加工型技術」とは、生産過程での加工度が高く熟練が必要とされるもので、プラントの設計・施行に関わるエンジニアリング技術もこれに近い[服部 1988, 42]。

また、ある技術が「標準的・成熟技術」であるか「先端的技術」であるか、或いは「組立型技術」であるか「加工型技術」であるかは相対的であり、同一産業内であっても、そこで使用される技術のレベルと性質には違いがある[服部 2001b, 117]。例えば、同じ半導体製品でも、1 GDRAMは256 MDRAMよりもプロセス技術のレベルが高いために「先端的技術」と見なされる一方で、DRAMなどのメモリ製品の生産は、カスタムIC(集積回路)に比べて製造装置への依存度が高いために、「組立型技術」の側に位置づけられる[Hattori 1999, 82]。

こうした基準に依拠して、服部は、技術面からみた韓国工業化のパターンは、産業内でも産業間でも、「標準的/組立型」から「先端的/組立型」への移行を示しており、すなわち「組立型技術」の高度化であったと評価する。

では、韓国において「組立型技術」の高度化と世界市場での急速なキャッチアップが実現し

たのはなぜだろうか。この問いに対して、服部は、機械設備の「ME」化や「メカトロニクス」化の動きを指摘している。つまり、機械設備が電子技術で自動制御されることによって、製品のより速く精密な加工が可能になっただけでなく、その製品を生産する企業の側では、機械設備のプログラムの中に取り込まれた技術や熟練を利用することが可能になったためである〔服部 2001b, 114-115, 132〕。要するに、韓国では、先進国で新たに開発された機械設備を積極的に導入することで、技術レベルを急速に高めることができたのであり、こうした意味で、韓国における技術の先端化・高度化は機械設備のイノベーションに依拠したものであるという〔Hattori 1999, 82; 服部 2001b, 115〕。

「ME」化された機械設備を輸入して生産活動をおこなう場合、その国（企業）が保有しているのは、機械設備を正常に運転するためのオペレーション力と組織力であり、これは技術の性質という点からみれば「組立型技術」と見なされる〔Hattori 1999, 81〕。逆にいえば、技術・熟練の節約が可能な「組立型技術」に依拠して「加工型技術」を蓄積していないがゆえに、貿易面では、機械設備の輸入依存から脱することができず、個別企業としては、コスト削減と生産拡張による価格競争力に頼らざるを得ない〔Hattori 1999, 81〕。こうした視角に立脚して、服部は、その国の技術・熟練レベルの高さは、生産されている製品よりも、その製品の生産に必要な材料と機械設備を国内で生産する能力があるかどうかによって規定されると見る〔服部 1988, 40-42; Hattori 1999, 81〕。この見方は、機械設備の自動制御化によって、その機械設備を使った製品の生産は比較的単純な作業になったとして

も、機械設備の基準点（加工原点・処理条件の原点）は人間の側が設定しなければならないことには変わりなく〔福山 1998, 55〕、したがって機械設備の開発には依然として高い技術・熟練が求められることを踏まえたものといえる。

2. 半導体産業の技術レベルの評価軸

前項で検討したような「技術・熟練節約的發展」の枠組みに基づいて韓国の半導体産業（企業）を評価すれば、表 1 に示されるように、韓国では、いまだに製造装置の輸入依存度が高いことから、半導体の技術レベルとしては依然として「加工型技術」を保有するまでには至っていないという結論が導き出されてしまう^{（注9）}。しかし、機械設備の調達経路による技術レベルの評価は、半導体産業の場合には実態を反映していない可能性があり、技術の中身や形成の担い手にまで立ち入って検討してみなければならないだろう。

これは半導体産業では製造業一般とは異なる開発・生産体制がとられていることが背景にある。日本の主要産業における「ME」革新後の労働システムを分析した富田（1998）によれば、製造業一般に比べて半導体産業では、製造技術（プロセス技術）と設備技術がはっきりと区分され、エンジニアとメンテナーとオペレータの役割・責任分担が明確であるという特徴がある。例えば、NC（数値制御）工作機の職場では、オペレータが機械の操作から機械を動かすプログラムの作成にも関わり、機械のトラブルに対応することも少なくないのに対して、半導体の工場では、製造装置の操作はオペレータが担うものの、製造装置の正常動作に対する責任はメンテナーと設備エンジニアが負い、製造装置を動かす加工プログラムの作成・改良はプロセス・

表1 韓国の半導体製造装置の需給推移

単位：百万ドル，パーセント

年	国内供給	輸 入	国内需要	輸入比率(%)
1987	22	261	283	92.2
1988	17	693	710	97.6
1989	47	1,203	1,250	96.2
1990	52	665	717	92.7
1991	96	886	982	90.2
1992	75	799	874	91.4
1993	111	1,281	1,392	92.0
1994	339	2,742	3,081	89.0
1995	214	3,086	3,300	93.5
1996	591	3,308	3,899	84.8
1997	485	2,453	2,938	83.5
1998	285	1,065	1,350	78.9
1999	242	1,691	1,933	87.5
2000	471	3,558	4,029	88.3
2001	325	1,910	2,235	85.5
2002	284	1,601	1,885	84.9
2003	805	2,861	3,666	78.0
2004	938	4,373	5,311	82.3

(出所) 『半導体』(1991年8月号, 6), 『半導体産業』(1992年4月号, 12; 2003年11・12月号, 23), 李圭南(1997, 84) 『電子・情報通信マーケティング総覧』(2003年版, 504; 2004年版, 577)などの資料より作成<いずれも原資料はKSIA>。

エンジニアの専管事項である(注10)[富田 1998, 242-243]。すなわち、加工プログラムを製造技術の要と見れば、NC工作機の製造技術の主な担い手はオペレータであるのに対し、半導体ではプロセス・エンジニアが製造技術を担っているといえる。

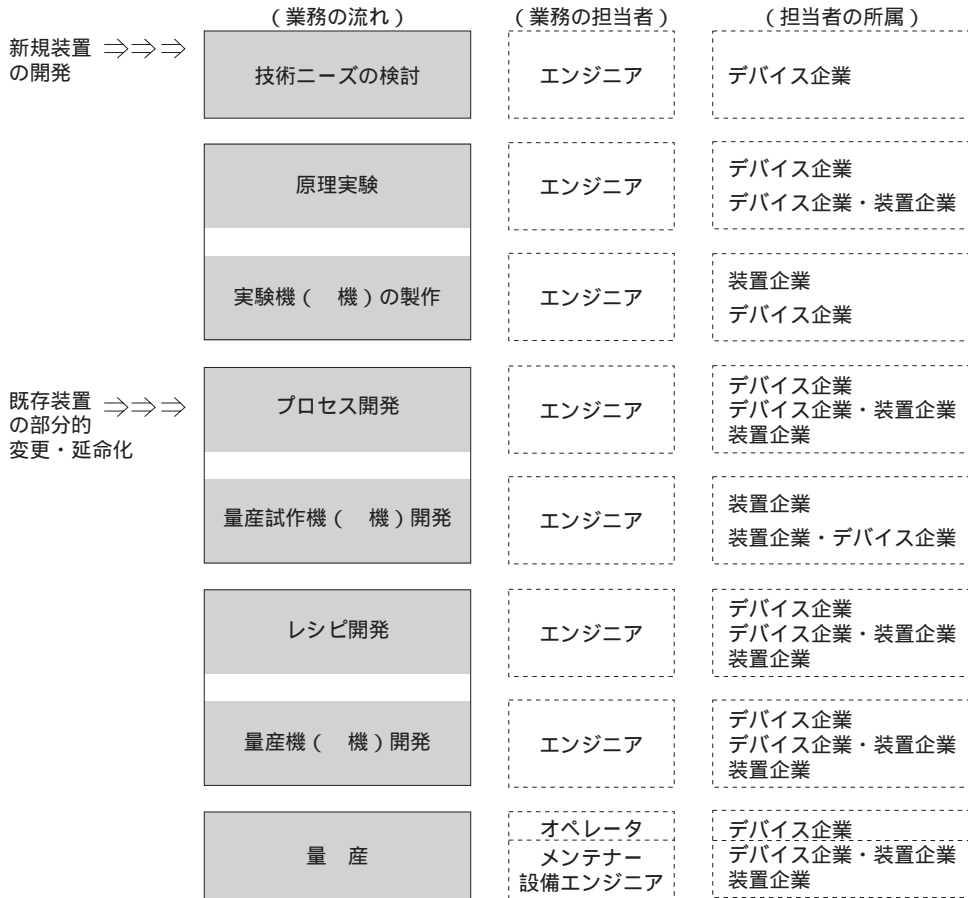
半導体の場合、製造装置を動作させる加工プログラムは、プロセス技術のうち要素技術が具体化されたものと見なすことができる。したがって、デバイス企業の技術レベルを評価するには、プロセス・エンジニアに焦点を当て、ひとつには、その担当業務である要素技術の開発過程に着眼する必要がある。

要素技術の開発は、1980年代半ばまでは、もっぱらデバイス企業の側で行われていたが、それ以降、デバイス企業のプロセス・エンジニア

と装置企業のプロセス・エンジニアとの分業によって行われるようになった[吉岡 2004, 32-34]。要素技術の開発過程における分業の形態は各社で異なっており、図1に示したように、「技術ニーズの検討」「原理実験」「プロセス開発」「レシピ開発」の各段階で、デバイス企業の単独開発、装置企業の単独開発、デバイス企業と装置企業の共同開発のいずれかのパターンがとられる。ただし、ここで重要なのは、製造装置に体化される新技術のアイデアを検討する「技術ニーズの検討」を行うのは、これまでのところ、デバイス企業のプロセス・エンジニアに限られるという点である。このことは、以下のような装置企業関係者の発言からも窺える。

「本当に装置メーカーが自分で装置を開発しているというのは、世界を探してみても、

図1 要素技術開発における装置企業との分業体系



(出所)筆者作成。

(注)「技術ニーズの検討」から「レシピ開発」までを担当する「エンジニア」はすべてプロセス・エンジニアである。

ほとんどゼロですよ」[2004年10月28日,装置企業関係者へのインタビュー]

「最先端の(筆者注:デバイス企業の)エンジニアは,装置メーカーの知らないところまで研究して,やっていくということが必要です」[2004年4月9日,装置企業関係者へのインタビュー]

また,要素技術開発の各段階の詳細をみれば,「技術ニーズの検討」と「原理実験」は,新しい方法や材料を検討してそれが実現可能かを確認

する段階であるが,この段階を新技術の創出活動と捉えることができるだろう。一方,「プロセス開発」が新しい方法や材料で量産できそうか(目標の性能が出るか)を確認して処理条件の原点を決める作業とすれば,「レシピ開発」は「プロセス開発」で導き出された処理条件を量産向けに調整すること(=プロセス条件の最適化)が主な作業である。これらは新しい方法や材料に関する化学的・物理的原理を量産に応用するための活動であり,前項で述べた「加工型技術」

表2 デバイス企業の技術レベルの評価基準

生産ラインの構築	装置企業との分業関係のあり方	保有する技術の性質
既存装置を導入し、装置企業が推奨するプロセスとレシピを採用する	エンジニア担当業務は装置企業に依頼し、オペレータのみ自前で調達する	組立型技術
既存装置を導入し、独自にプロセス開発とレシピ開発をおこなう	エンジニア担当業務のうち「プロセス開発」と「レシピ開発」を単独で、或いは装置企業と共同でおこなう	加工型技術
必要な新規装置を自ら開発する	新しい方法や材料を自ら検討し、それを実現する装置の開発を装置企業に依頼する。「原理実験」と「プロセス開発」と「レシピ開発」を単独で、或いは装置企業と共同でおこなう	新技術の創出 + 加工型技術

(出所)筆者作成。

に相当するものと把握される。

以上の点を踏まえれば、デバイス企業の技術レベルの評価は、要素技術開発の各段階における装置企業との分業関係に規定されるものと見るべきである。すなわち、表2にも示したように、他のデバイス企業が開発に関わった既存の製造装置を導入して、装置企業が推奨するプロセスとレシピを採用し、自前で調達するのがオペレータだけであれば、そのデバイス企業は「組立型技術」しか保有していないといえる。しかし、「プロセス開発」や「レシピ開発」に自社のプロセス・エンジニアが積極的に関与していれば「加工型技術」を保有しているものと捉えることができ、また「技術ニーズの検討」と「原理実験」まで行っているのであれば、そのデバイス企業は新技術を自ら創出する能力を持っていると評価することができるだろう。

こうした見方は、時間の経過とともに分業関係が変わることによって、デバイス企業が保有する技術の性質が変化する可能性を含んでいる。さらに、注目すべきは、デバイス企業が要素技術開発において手を組む装置企業としては、地域という点では、国内と海外の両方の選択肢が

あり得る一方、企業の数という点では、同じ種類の製造装置であっても1社に限らず複数の装置企業に開発を依頼する場合もある(注11)。すなわち、デバイス企業が「組立型技術」のレベルから「加工型技術」ひいては新技術を創出するレベルに移行したとしても、新しい技術を実現しうる製造装置を開発する際、デバイス企業の戦略上、主な提携先として外国の装置企業を選択すれば、結果として輸入装置への依存は継続することになる。

要素技術開発からみた三星電子の技術発展

この節では、前節で設定したデバイス企業の技術レベルの評価軸にしたがって、三星電子の技術レベルをキャッチアップ時とキャッチアップ後に分けて検討してみたい。

1. キャッチアップ時の技術レベル

三星電子のキャッチアップ期は、先行企業との開発・量産開始時期の差という点からみれば、64K(キロ=1000)世代(1984年開発・量産)から4M世代(1988年開発・1989年量産)までと把

握される [三星電子(株)1999, 385; チェ1997, 117]。また、製品開発に用いた技術という側面からみても、64K / 256K世代ではチップ設計や材料および生産ノウハウを日米企業から導入し、1M / 4M世代でも先行企業の開発情報や技術・ノウハウを利用したのに対し、16M世代では、1M / 4M世代の開発と量産を通じて蓄積した技術と経験に基づく独自開発であったことから [三星電子(株)1999, 296-297], 64K ~ 4M世代をキャッチアップ期と捉えることができるだろう。

三星電子がキャッチアップ段階にあったときには、先行企業より一世代遅れで開発・量産を行っていたため、先行企業で開発された完成度の高い既存の製造装置を利用することにより、先行企業でそれが導入された時点に比べて開発から量産までの期間を短縮することができた [吉岡2004, 36]。ただし、三星電子がキャッチアップ期にあった1980年代は、日本と米国におけるデバイス企業と装置企業の共同開発を通じて個々の製造装置の自動制御化が進んだものの、以下の製造装置業界関係者の発言にも表れているように、それが完成した状態にはなっていなかった。

「韓国メーカーが立ち上がる頃というのは、私の理解では、1990年ごろだと思いますが、……プロセスが少し入り始めた段階です、装置のなかに。それでも……(筆者注:デバイス企業にとって、プロセスが装置に入っていない状態に比べれば)はるかにセットアップがやさしいです。『プロセスが入る』というのは……0.13ミクロンのものがこういう形状でエッチングできるということとか、製品の最終的な仕様で要求できる状態です。……『プロセスが入らない』というのは、単にウエハを流し

て……こういうことをしますという、行うことだけを羅列してある……1980年代前半もそうですよ。……ところが、プロセスが入り始めると、それをやった結果こうできますという、やった結果のことまで(筆者注:保証されます)。……(筆者注:1980年代当時)この機械をここで正常に動くようにするというところまで、あとはここに入り込んでいるプロセスのことを説明するまではできますよ、装置メーカーでも。でも、(筆者注:デバイス企業が製品を生産するのに)それだけでは、やはり足りない」[2002年10月30日、日本半導体製造装置協会の関係者へのインタビュー]

要するに、製造装置の自動制御化が未完成の状態にあった1980年代当時、後発のデバイス企業は既存の製造装置の導入を通じてキャッチアップの速度を速めることができたものの、それによって生産に必要なすべての技術情報を入手できたわけではなかった。すなわち、既存の製造装置を購入したとしても、デバイス企業の側でもある程度は製造装置の使い方を確立しなければならず、前掲の図1でいえば、「レシピ開発」はもちろん「プロセス開発」まで行う必要があった。

では、キャッチアップ期の三星電子では、この問題をどのように解決したのだろうか。256K / 1M世代当時の三星電子では、装置選定も装置企業に依拠しつつ、海外で開発された既存の製造装置を購入する一方、当時のエンジニア構成 韓国国内で採用された韓国人エンジニア、米国のデバイス企業で勤務した後帰国した韓国人エンジニア、日本のデバイス企業から転職した日本人エンジニア(役職としては「技術顧問」)のうち日本人の「技術顧問」の主導

のもと、装置企業のエンジニアも動員して「プロセス開発」と「レシピ開発」を行っており、韓国国内で採用された韓国人エンジニアは既存技術の吸収・学習に専念していた[2004年12月2日、装置企業関係者へのインタビュー]。つまり、キャッチアップ期の三星電子は、既存の製造装置を海外から輸入する一方で、それだけでは足りない技術部分については海外の先行企業で経験を積んだプロセス・エンジニアをスカウトして補うことによって、すなわち海外で開発された技術を利用して製品の試作と生産活動を行っていた。このことから、前掲の表2の基準に則れば、キャッチアップ期の三星電子は「組立型技術」に依拠していたと評価されよう。

2. キャッチアップ後の技術レベル

前述のとおり、16M世代以降、三星電子は次世代製品開発を主導する立場に立つことになった。冒頭でも述べたように、DRAMの次世代製品開発において主導的企業の役割を果たすには、技術の微細化の過程で生じる限界を自ら克服することが要件になり、これに既存の技術で対応できなければ、新しい技術を創出しなければならない。

具体的に、三星電子のDRAMの製品開発で用いられた技術に関して、16M世代(1989年開発)と64M世代(1992年開発)と256M世代(1994年開発)では、いずれも同じ技術を用いて開発に成功した[三星電子(株)1999, 385-386]。このように16M/64M/256M世代の製品開発では、独自に開発を行いつつも、前世代と同じ技術の延長線上で次世代製品が開発されていることから、この時期は既存技術の改善・改良を通じて製品開発を行っていた時期であり、革新的な技術を自ら創出するまでの助走期間として捉える

ことができるだろう(注12)。

ところが、512M/1G世代で用いられる0.13~0.11マイクロメートル線幅まで微細化が進むと、それ以前の世代で用いられていた技術では対応できない物理的な限界に達し、これに対処するために新しい概念の技術とそれを実現するための製造装置を開発する必要性が生じた。そのひとつが、キャパシタ形成に用いられる要素技術である。こうした事態に三星電子がどのように対応したかを、以下で具体的に見てみよう。

DRAMはトランジスタとキャパシタで構成されるが、このうちキャパシタとは電荷を蓄積する機能をもつDRAMの心臓部分である。DRAM企業にとってキャパシタの開発は、技術開発の最重要課題になるといっても過言ではない。

DRAM企業では、0.11マイクロメートルまでプロセス技術の微細化が進むと、それまでキャパシタに用いられてきた材料では対応できなくなり、新しい材料に転換しなければならなくなった。これに対して三星電子は、日本企業が1980年代に開発したキャパシタ材料を次世代キャパシタの候補として開発に着手したが、この開発に難航したため、1997~98年頃にこれとは異なるキャパシタ材料に注目し、それをうまく実現するための方法として、欧州の大学で研究されていた要素技術に着目した[2004年11月12日、デバイス企業関係者へのインタビュー]。そして、三星電子は韓国系装置企業と共同でプロセス開発・装置開発を行い、この成果を1999年の国際学会(「VLSIシンポジウム」)で発表した[2004年11月12日、デバイス企業関係者へのインタビュー](注13)。

一方、三星電子はこの要素技術を量産で実現

するために、1998～99年頃から量産向け製造装置の開発に着手した。このとき、三星電子は、韓国系と外国系を含む複数の装置企業と共同開発を行った[2004年10月28日、2004年11月22日、2004年12月3日、装置企業関係者へのインタビュー]。このうち、ある共同開発の事例では、三星電子がこの要素技術を装置化する際にポイントとなる技術情報を装置企業に提供し、装置企業の側では、スループットや均一性を考慮しつつ、それをどのようにして装置の中で実現するかを検討した[2004年11月22日、装置企業関係者へのインタビュー]。また、別の事例では、前掲図1でいえば、実験機(機)および量産試作機(機)の開発を、三星電子のエンジニアと装置企業のエンジニアが共同で行った[2004年12月3日、装置企業関係者へのインタビュー]。その後、三星電子はこの要素技術が体化された製造装置を複数の企業から調達し、量産工場に大量に導入した。2004年現在、この製造装置に関して、三星電子に匹敵する台数を量産工場に導入しているDRAM企業はない[2004年10月28日、装置企業関係者へのインタビュー]。このことは、新しいキャパシタ形成に用いられる要素技術の開発を先導したのが三星電子であることの証左と見ることができる。また、半導体業界では現在、日本企業で開発されたキャパシタ形成技術に代わって、三星電子が開発したキャパシタ形成技術に切り替わりつつある[2004年7月10日、2004年10月28日、デバイス企業関係者と装置企業関係者へのインタビュー]。

また、他の要素技術分野においても、現在の三星電子は他のデバイス企業とは異なる独自の方法に基づく技術を考案し、世の中には存在していない製造装置の開発を装置企業に依頼して

おり、装置企業単独での製造装置の開発がうまくいかない場合には、三星電子の側が実験計画を立てて、装置企業と共同で「プロセス開発」や「レシピ開発」を行っている[2004年12月2日、装置企業関係者へのインタビュー]^(注14)。

他方、現在の三星電子のエンジニア構成をみると、韓国国内で採用された韓国人が中心であり、日本や中国といった国々からもエンジニアを採用している[2004年7月10日、デバイス企業関係者へのインタビュー]。ここで注目すべきは、キャッチアップ段階で開発を主導した「技術顧問」は現在おらず、半導体部門の技術開発において主導的役割を果たしているのは、「常務」と「専務」(日本企業でいえば「部長」級)の肩書きをもつ、1980年代前半に器興地方の半導体工場および研究所を立ち上げた40代の韓国人エンジニアである[2004年7月10日、デバイス企業関係者へのインタビュー]^(注15)。

以上のことから、1990年代以降、三星電子は「組立型技術」の段階から脱するとともに、それまでの過程で蓄積した「加工型技術」に基づいて、さらには新しい技術を創出する能力をも獲得したことにより、次世代DRAMの開発を自ら推し進めていったと評価することができるだろう。

ところで、三星電子が同一の製造装置の共同開発を複数の装置企業と行ったのはなぜだろうか。この背景には、三星電子が製造装置の価格上昇に対する牽制手段としてシングル・サプライヤーにしないという調達戦略をとっている[2004年10月28日、装置企業関係者へのインタビュー]ことが指摘できるだろう。これは、DRAM市場での競争優位の源泉であるコスト競争力を確保するための戦略のひとつと考えら

れる。ここで個別の製造装置市場に目を向けると、そこでは世界的にみて少数の米・日企業の寡占化が進んでいる〔佐久間 1998, 86-89; 高橋 2001, 20-24〕。このため、三星電子が製造装置の共同開発の相手先のひとつとして(その育成を支援することも含めて)韓国系企業を選択するとしても、同社の調達戦略を踏まえれば、調達元として複数の選択肢を準備しておく必要があり、他の提携先として必然的に外国系装置企業を加えることになる。つまり、三星電子は「組立型技術」から「加工型技術」および新技術を創出する段階に移行しながらもコスト抑制のための調達戦略をとっているために、一定程度の製造装置の国産化が実現されつつも、外国系装置の輸入が継続することになるのである。

技術発展をもたらした要因

前節では、要素技術開発の事例を通じて三星電子の技術レベルを通時的に検証し、技術的観点からみれば、1990年代以降の三星電子ではキャッチアップ過程とは異なる発展パターンが形成されていることを明らかにした。

このことが立証されたとすれば、次は、なぜ三星電子でこうした技術的な飛躍が可能になったかが問われるだろう。ここでは、試論的ではあるが、三星電子が先端のプロセス技術を蓄積するとともに新しい技術を創出する能力を獲得しえた要因について考察してみたい(注16)。

前節でも述べたように、三星電子がキャッチアップ段階にあった1980年代当時は、個別の製造装置に技術やノウハウが体化される過程にあったものの、それらが製造装置に完全に組み込まれていただけではなく、デバイス企業の側で

も製造装置の使い方(「プロセス開発」や「レシピ開発」)を確立する必要があった。一方、個々の要素技術に目を転じれば、三星電子がDRAM事業を開始した64K/256K世代に、今日でも半導体の製造の基本である技術が登場し、それ以降、微細化に伴ってそのレベルや製造装置は大きく進化したものの、基本的な物理・化学現象という点においては、大きな変化はなかった〔藤村 2000, 110-112〕(注17)。これは、前世代で獲得した技術が次世代技術を開発する際の基盤になるということであり、すなわち開発過程で克服しなければならない技術的な限界が革新的な技術を要するレベルのものではなく、その限界の程度が相対的に小さかったことを意味している。こうした状況のなか三星電子の韓国人エンジニアは、日本のデバイス企業で経験を積んだ日本人エンジニアの主導のもとで「プロセス開発」や「レシピ開発」を経験する機会を得ることができ、これに同社の技術吸収・学習努力が相まって、16M世代以降の独自開発に結びついたものと考えられる(注18)。

この点は、個別の製造装置に技術とノウハウが完全に組み込まれた1990年代半ば以降、半導体市場で急成長した台湾企業と比較してみるといっそう浮き彫りになる。日本企業および韓国企業に比べると台湾企業は全般的に、製造装置の立ち上げ(「レシピ開発」)を装置企業のエンジニアに完全に依拠する傾向がある〔2004年11月22日、装置企業関係者へのインタビュー〕。また、ある台湾の大手企業の量産工場では、特定の工程の製造装置がうまく立ち上がらなかったとき、それを使いこなそうと自ら改良を加えるのではなく、別の方式を用いた製造装置にすべて入れ替えることを選択したという〔2004年12月2日、

装置企業関係者へのインタビュー} 同以後発企業でも三星電子と台湾企業の間でこうした違いが出てくるのは、ひとつにはキャッチアップ段階での「プロセス開発」の経験の違いといった要因が背景にあるものと考えられる^(注19)。

他方、創出した技術を製品化する過程では、部署間の有機的な結合と情報の共有が不可欠である[菟田 1995, 40; 中馬 2001, 247]。本稿で検討した要素技術の場合でも、研究所で開発された技術は量産技術を開発する技術センターに移管されるという流れになっており、両部署間で情報のフィードバックが欠かせない。こうした点で、三星電子の場合、部署間で情報交流がスムーズに行えるような仕組みが構築されている。例えば、研究所で開発された技術を技術センター(量産技術部門)に移管する段階で、研究所で開発を担当したエンジニアの一部が技術センターにそのまま移動したり、さらには、研究所の「常務」や「専務」が技術センターで行われる会議に出席し、あるいは技術センターの「常務」や「専務」が研究所の会議に参加するなど、「常務」や「専務」に情報が集中し、かつ彼らが部署間での情報交流を図る役割を積極的に果たしているという[2004年7月10日、デバイス企業関係者へのインタビュー]^(注20)。こうした仕組みの中で経験を積み重ねていくことにより、キャッチアップの過程で着実に技術を蓄積し、それが技術的側面での自立化につながったものと考えられる。

他方、新しい要素技術を自ら創出する能力という点では、知識や情報の入手が鍵になっているように思われる。半導体産業では、「国際半導体技術ロードマップ委員会(ITRS)」という組織において、個々の要素技術や製品技術に関し

て10年先までの技術的課題が検討されており、微細化の過程でぶつかる物理的限界を克服するための新しい材料や方法の候補は既に挙がっている[2004年11月22日、装置企業関係者へのインタビュー} したがって、デバイス企業の要素技術開発では、候補の新材料や新方法をいかに早く手がけて量産可能な技術にするかが課題になる。これは、研究開発のための資金力・資源動員力・組織力に規定される部分が大きく、したがって三星電子のような巨額の利益を稼ぎ出せる企業に潜在的な優位があるといえる。

さらに、1990年代以降、各国・各地域でコンソーシアムが結成されているが、今日のコンソーシアムの特徴は、1980年代までとは異なり、国という枠を越えてグローバルに企業の参加を呼びかけているところにある。三星電子の場合も、日本のコンソーシアム(Selete)に出資し、エンジニアを送り込んでいた。このように1990年代以降、情報入手の機会がグローバルに広がったことも、三星電子による新技術の創出に寄した側面があるのではないだろうか。

総括と課題

本稿では、三星電子の要素技術の開発過程に対する分析を通じて、韓国半導体産業の技術発展を考察しようとした。

ここでは、製造技術を担うプロセス・エンジニアに注目し、要素技術開発における装置企業との分業関係を軸に、三星電子の技術レベルの変化を検討した。この結果、三星電子の半導体事業では1990年代以降、先進国企業によって押し進められた製造装置のイノベーションを利用する「組立型技術」の段階からは脱し、製造装

置のイノベーションそれ自体に深く関わるようになったことが明らかになった。すなわち、1990年代に入り、三星電子がDRAMの市場シェアのみならず次世代製品開発においても先頭の座に至り、それを維持しているのは、エンジニア層で「加工型技術」を蓄積し、新しい技術を創出する能力を獲得したことによるものといえよう。そして、このことは、三星電子の半導体事業において、キャッチアップのパターンを超えた新しい発展の枠組みが形成されたことを意味している。

さらに、「組立型技術」から「加工型技術」への技術発展をもたらした要因として、ここでは、製造装置の自動制御化が進みつつもそれが未完成の状態のときに三星電子がキャッチアップを開始したこと、先行企業で経験を積んだエンジニアの下で学習できたこと、技術開発において不可欠な部署間での情報交流を滞りなく行う仕組みが構築されていること、などの点に注目した。

他方、韓国の半導体産業においては、このように技術発展を遂げながらも製造装置の輸入は依然として高いレベルにあるが、これはひとつには、デバイス企業の調達戦略が背景にあることが見出された。つまり、主力製品であるDRAM市場でのコスト競争力の必要性から、三星電子が製造装置の調達コストの抑制を目的に外国系装置企業を必然的に含む複数のサプライヤーと取引を行おうとし、このことが海外からの製造装置の輸入をいまだ不可避とするのである。三星電子の大規模量産体制が外国系装置企業に対して共同開発の誘因として機能している [吉岡 2004, 39] ことを前提に、三星電子の側からみれば、製造装置に組み込まれる新技術を自

ら創り出したとして、それを実現しうる製造装置の開発主体が韓国系装置企業でなければならぬ理由は、(韓国国内の政策的要請を除いて)ほとんどないものと考えられる。これは、半導体の場合、製造装置の輸入依存だけをもって技術が蓄積されていないと判断しえないばかりか、製造装置の開発・販売が国境を越えて行われている現在、デバイス企業の技術発展に製造装置の国産化が不可欠の条件であるわけではないことを示している。ここから、米国と日本のような一国の自己完結的な発展とは異なる韓国半導体産業の特異な発展の構図も浮かび上がってこよう。

本稿では、半導体の製造に必要なプロセス技術のうち要素技術の開発に焦点を当てて技術発展の側面を解明することを目的としたため、いくつかの重要な課題が残されている。

半導体産業の場合、既存の製造装置の購入あるいは新規の製造装置の開発が直ちにデバイス企業の製品開発に結びつくわけではなく、冒頭でも述べたように、製品開発に必要な技術としてインテグレーション技術および生産技術にも着目しなければならない。とりわけ、個々の要素技術の「組み合わせ」の技術ともいえるインテグレーション技術は、製造装置を通じて入手することはできず、またデバイス企業の製品競争力を左右する重要な要素であるにもかかわらず、既存研究においては等閑視されてきた技術である。韓国半導体産業の技術発展の実態にいつそう迫るには、三星電子では他のデバイス企業に比べてこの「組み合わせ」の技術がどのようなレベルにあり、それをどのように入手し蓄積していったかを明らかにする必要があるだろう。この分析を通じて、韓国半導体産業が世界

市場において独自のポジションを形成している要因、すなわち競争力のある製品がDRAMをはじめとするメモリ分野に限られている点について、技術的側面から説明することが可能になるものと思われる。

また、ここでは熟練形成の側面については立ち入らなかったが、韓国ではなぜ他ならぬ半導体産業において短期間で技術発展が可能になったかを考える場合、技術と技能の関係に関する議論が手がかりになるように思われる。服部(1988)によれば、韓国企業では技術と技能が分断された状態にあり、世界市場でキャッチアップを果たした製品としては、製品開発や生産に際して技術と技能の重複が少ない、言い換えれば、高度な熟練が不可欠な条件ではない分野という点で共通の特徴が見られる。これに対して半導体産業では、あるエンジニアによれば、本稿で焦点を当てたプロセス・エンジニアによる要素技術開発の場合、開発現場での経験の浅いエンジニアが新しい要素技術の開発に成功する事例もあり、現在の新技術開発の成否を決定づける要素としては、職場での長年の経験蓄積よりも高等教育を通じて培われた思考力のほうが重要ではないか、という[2004年12月2日、半導体エンジニアへのインタビュー]。このことは、熟練形成に時間の要素が関わっているとすれば、半導体の技術発展に際しては必ずしも高度な熟練が必要とされるわけではなく、この点で半導体も韓国企業が得意とする製品分野である可能性を示唆している。しかし、他方、生産現場に目を向けると、生産性の向上を目的とした製造装置の安定的で効率的な使用という点では、特に製造装置を管理する設備エンジニアやメンテナのレベルにおいて、「効率的・経済的にもの

を造る技能」としての「問題発見・解決型」の熟練が必要とされるという議論がある[福山1998;中馬2002]。三星電子のDRAM市場での競争力の高さを考慮すれば、こうした意味での熟練が形成されていることも十分に考えられる。これらの点を明らかにするには、開発・生産現場に関する詳細な調査とともに、他産業との比較を含めて半導体産業で求められる技能的要素や熟練の中身についても検討する必要があるが、これについても今後の課題としたい。

(注1)三星電子は1992年に13.6パーセントのシェアを占めて世界1位になって以来、DRAM市場でトップの座を保持している。2004年現在のDRAM市場における三星電子のシェアは、31パーセントに達した。また、半導体市場全体の企業別売上高では、2002年以来インテルに次ぐ世界2位のポジションを保持している[シェアの数値は、『韓国電子年鑑』(1994年版,478);韓国半導体産業協会(2005)より]

(注2)DRAMの製品開発には「高集積化」(=世代交代)と「高速化」の2つの方向があるが、本稿では、記憶容量をほぼ3年ごとに4倍(または2倍)にする「高集積化」に焦点を当てて議論を進める。三星電子は、1990年代以降に重要な開発課題として浮上した「高速化」でも他社をリードする存在と見られているが、これについては別稿で検討することにしたい。

なお、本稿で用いる「開発」は、藤本(2001)に依拠して、事業化・商品化を前提とした新製品・新工程などの設計、試作、実験などを指し、実用化の潜在的可能性をもった新技術のアイデアの獲得に対しては「創出」という用語を用いることとする。

(注3)ただし、厳密には、16M/64M/256M世代の開発は日本企業が先行したと見ることもできる。半導体製品の開発には様々な段階があり、一般的には、国際学会での発表 エンジニアリング・サンプルの開発 コマーシャル・サンプルの開発 量産工場の立ち上げという段階を経る[谷光1994,193-196]。16M/64M/256M世代の開発では、とを基準と

すれば、業界で初めて開発に成功したのは日本企業であり、三星電子が先行したのはと の段階に至ってからである[三星電子(株)1999, 297, 385; 『日本経済新聞』1994年8月30日; 『日本経済新聞』1994年9月26日夕刊] の段階から三星電子が先行するようになったのは、1G(ギガ=10億)世代(1996年に国際固体素子回路会議[ISSCC]で発表)以降と見られる。

(注4)プロセス技術は、要素技術、インテグレーション技術、生産技術の3つの要素に区分して段階的に把握される[湯之上2004] 要素技術とは、「成膜」、「露光」、「エッチング」などの最小基本単位の技術であり、個々の製造装置に体化される技術である。また、インテグレーション技術とは、を組み合わせる性能・機能をもつ動作可能な製品の工程フローを構築する技術であるのに対して、生産技術とは、によって構築された工程フローにしたがって製品を量産する技術であり、いわゆる歩留まり向上と管理技術である。デバイス企業の技術発展を総合的に評価するには、本稿で扱う要素技術だけではなく、インテグレーション技術と生産技術も含めて検討する必要があるが、これについては今後の研究課題としたい。

(注5)技術者・技能者の熟練形成の視点から韓国の工作機械産業、金型産業、自動車産業を分析した個別の実証研究としては、水野(1989;1996;2003)などがある。他方、韓国の高度経済成長の要因を技術面から迫った先駆的な実証研究としては、朴(1989)が挙げられる。ただし、ここでの分析の射程は1980年代までであり、事例として取り上げられた産業は、石油化学、合成繊維、機械、鉄鋼である。朴も、韓国の技術発展に貢献した技術導入のチャンネルとして、輸入資本財に体化されて流入してきた技術を重視している[朴1989, 10-11]。

(注6)本稿の分析で依拠する服部の「技術・熟練節約的発展」の骨子には、生産方法の変化(=「ME」化)と一国の工業化のパターンとの関連性、その背後にある実際の生産現場での「物を作る方法」(技術・技能の関係)とそれを支える経営システムに関する論点が含まれる[服部1988]。半導体の場合、生産システムの自動化が進んだ資本集約型産業であり、この限り

では、の議論に沿うものと理解される。ただし、に関して、服部は「物を作る」際の技術と技能(およびそれを担う人同士)のオーバーラッピングが加工技術の蓄積を促すと見るのに対して、後述するように、半導体産業においてはそのオーバーラップ部分が非常に小さく、その意味において、製造業の中ではかなり特異な技術体系を持つものと把握される。この点は熟練形成の問題として別の議論が必要であるため、本稿では立ち入って検討せず、今後の課題としたい。

(注7)例えば、GDPに占める半導体の比率は4.7パーセント(2004年)、総輸出では10.4パーセント(2004年)である(『月刊半導体・FPD』2005年6月号, 6; 大韓民国関税庁およびKOSISの統計資料より算出)。

(注8)例えば、柳町(1994;1995)と表(1995)によれば、外国企業からの技術導入に依拠せず開発に成功した1M世代(1985~86年に開発)以降、三星電子は独自開発段階に移行したと評価する。他方、ソン(1998)は、三星電子は1M世代の開発で自ら核心技术を開発する段階に至ったとしつつも、先進国企業との開発時期の格差を鑑みて、先進国でも先例がない技術開発に着手するようになったのは16M世代の開発(1988~90年に開発)からと見ている。

(注9)デバイス企業の製造装置の調達に関するデータは機密事項扱いであるため、一次資料を入手することは極めて困難であるが、民間調査機関のデータによれば、三星電子の工場(2001年現在)の場合、ウエハプロセス工程(いわゆる前工程)では外国製製造装置が主流になっている[EDリサーチ社2001, 147]。他方、韓国の製造装置の輸入額に占める三星電子の比率を示す直接的なデータは入手できないが、設備投資の規模から類推することは可能であろう。韓国の半導体企業の設備投資額に占める三星電子の比率は、1999年60パーセント、2000年57パーセント、2001年70パーセント、2002年78パーセントであり[『半導体産業』2003年9・10月号, 84]、近年の製造装置の輸入の大半は三星電子が占めていたものと推測される。

(注10)具体的に、半導体の工場では、製造装置の正常な動作についてまずメンテナが責任をもち、さらに設備エンジニアがそれを総合的かつ高度な知識をもってサポート・指導する一方、製造装置が作動するこ

とを前提にどのような順序でいかに作動させるかを考察するのがプロセス・エンジニアであり、オペレータは本来の業務（例えば、ワークの搬送と製造装置への投入・取り出し、スタートボタン押し、品質のチェック、チョコ停への対応など）の遂行のほかに、現場ならではの知恵をプロセス・エンジニア業務に付加することが期待されている〔富田 1998, 242-243〕また、以上のことは他産業との比較のうえでの一般的な傾向であるが、オペレータとエンジニアの役割分担という点で、デバイス企業間で違いがあるのも事実である。例えば、量産現場の男性オペレータが本来エンジニアの担当業務にまで若干関与する傾向がある日本企業とは異なり、本稿の分析対象である三星電子の場合、オペレータは高卒の20代女性で、彼女らはマニュアルどおりの定型作業に専念しているという〔2004年7月10日、デバイス企業関係者へのインタビュー〕三星電子はデバイス企業の中でもエンジニアとオペレータの役割分担がより明確であるといえる。

（注11）製造装置市場では米国企業と日本企業で80パーセント以上のシェアを占めるが、製造装置の開発において1980年代までは各々自国のデバイス企業と密接な関係にあった。しかし、1980年代末に米国のアプライド・マテリアルズが先駆けて世界展開を実施して以来、1990年代後半からは日本の主な装置企業も世界中のデバイス企業と共同開発を行うようになっており〔日本半導体製造装置協会 2001, 14-16; 2002年12月25日、装置企業関係者へのインタビュー〕共同開発におけるデバイス企業と装置企業の組み合わせは国境を越えて行われている。また、製造装置の共同開発では、実験用ウエハや材料などはデバイス企業が提供するものの、それ以外の開発にかかるコストは基本的には装置企業がすべて負担しなければならない〔2002年12月25日、2004年12月2日、装置企業関係者へのインタビュー〕このようにデバイス企業にとってコスト面での負担がそれほど大きくないため、複数の装置企業との提携が可能である。

（注12）ただし、この背景には、次世代製品開発での技術選択上の戦略も関係していることが考えられる。次世代製品開発において企業がとり得る技術戦略としては、要素技術のすべてを変化させる、要素技術

の一部を変化させる、要素技術をまったく変化させない、の3つのパターンが考えられるのに対して〔米山 1998, 119〕三星電子の場合、研究開発段階ではあらゆる要素技術の可能性を追究しているものの、現在でも新しいコンセプトの要素技術を製品に取り入れることに対しては保守的傾向があり、まずは従来の要素技術（製造装置）を次世代でも徹底的に使いこなし、技術の延命を図ることを検討するという〔2004年7月10日、デバイス企業関係者へのインタビュー〕これは同社がコスト競争力に依拠していることに起因する。三星電子は規模の経済を發揮するために設備投資を積極的に行って量産規模を拡大してきたが〔徐 1995; 伊丹・伊丹研究室 1995〕、この場合、新しい要素技術が体化された製造装置を量産工場に導入しようとするれば巨額の転換投資が必要になり、それが製品コストの上昇につながるためである〔2004年7月10日、デバイス企業関係者へのインタビュー〕

（注13）このときに発表された詳しい内容については、Kim et al. (1999)を参照のこと。また、共同開発の相手先として韓国系装置企業が選択されたのは、三星電子が製造装置の国産化を推進していることに起因する。これには、製造装置の輸入代替を目的に、韓国政府がデバイス企業に対して生産ラインの一定比率を韓国製装置にするよう指示している〔2004年12月2日、装置企業関係者へのインタビュー〕ことが背景にあるものと見られる。

（注14）なお、三星電子による韓国の製造装置企業の育成について、現段階ではウエハプロセス用装置の全領域で進んでいるのではなく、ステッパや検査装置といった非常に高度な技術が求められる製造装置分野では依然として外国からの輸入にほぼ全量依存している。ただし、これらの製造装置分野でも、三星電子と外国系装置企業との共同開発の事例は見られる。

（注15）半導体部門では「技術顧問」の役職に就いているエンジニアは既にもいないものの、液晶部門や携帯電話部門には多く残っているという。

（注16）先行研究では、三星電子の技術発展をもたらした要因として、最高経営者のリーダーシップ、財閥という組織形態、過去の技術経験（1970年代におけるトランジスタとICの開発経験）、研究開発体制の整備、

研究開発部門と生産部門との緊密な関係の構築，技術開発戦略（並列開発システムとタスク・フォース・チームの結成），政府の支援などが指摘されている [裴 1995；柳町 1995；ソン 1998]

（注17）具体的には，露光工程では，コンタクト・アライナー方式からステッパ方式へ，エッチング工程では，ウェット・エッチング方式からプラズマを利用したドライ・エッチング方式へ，成膜工程では，熱CVD（化学的気相成長）からプラズマCVDへ，不純物注入工程では，熱拡散方式からイオン注入方式になった。

（注18）三星電子のキャッチアップ期の技術吸収・学習努力に関しては，裴（1995），Choi（1996）に詳しい。

（注19）全体的な製造業の観点から韓国と台湾を比較すれば，半導体産業とは逆の特徴が浮かび上がる。工作機械貿易を手がかりに韓国と台湾の一国的な技術発展を比較した服部（2003）によれば，韓国では技術蓄積が「節約」されたのに対し，台湾ではある程度の技術・技能蓄積がなされてきたと評価する。この要因のひとつとして服部は，台湾は韓国よりも早期に工業化を開始したため，技術の「節約」が可能なNC工作機械が一般化する前に技術・技能蓄積を果たすことができた点を指摘している。

（注20）こうしたことが容易に行えるのは，三星電子では，研究所から量産工場に至るまでのすべての部署が同一敷地内にあることに起因する。一方，研究所・事業部・工場間での人材の配置換えは，三星電子の半導体部門に限らず，曹・尹（2005）によれば，三星の電子工業グループ各社においても行われている。

< 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。
伊東諄 2001. 「韓国産業技術の問題点 工作機械と
自動車为例として」松本厚治・服部民夫編
『韓国経済の解剖 先進国移行論は正しかった
のか』文眞堂。
EDリサーチ社 2001. 『日・韓・台半導体主要工場の製

造装置2001』。

- 菰田文男 1995. 「技術移転の理論と日本の技術移転」
陳炳富・林倬史編 『アジアの技術発展と技術移転』
文眞堂。
佐久間昭光 1998. 『イノベーションと市場構造』有斐
閣。
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。
高橋（天野）恭子 2001. 「わが国半導体製造装置産業
のさらなる発展に向けた課題 内外装置メー
カーの競争力比較から」『調査』第23号。
谷光太郎 1994. 『半導体産業の軌跡』日刊工業新聞社。
中馬宏之 2001. 「イノベーションと熟練」一橋大学イ
ノベーション研究センター編 『イノベーション・
マネジメント入門』日本経済新聞社。
2002. 「ものづくり現場で重要性を増す問題発
見・解決型熟練」『精密工学会誌』第68巻第10号。
曹斗燮・尹鍾彦 2005. 『三星（サムスン）の技術能力
構築戦略 グローバル企業への技術学習プロセス』
有斐閣。
富田義典 1998. 『ME革新と日本の労働システム』批評
社。
日本半導体製造装置協会 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』。
朴宇熙 1989. 『韓国の技術発展』文眞堂。
服部民夫編 1987. 『韓国の工業化 発展の構図』
アジア経済研究所。
服部民夫 1988. 『韓国の経営発展』文眞堂。
2001a. 「組立工業化の形成と挫折」松本厚治・
服部民夫編 『韓国経済の解剖 先進国移行論は
正しかったのか』文眞堂。
2001b. 「技術・技能節約的発展の特異性」松本
厚治・服部民夫編 『韓国経済の解剖 先進国移
行論は正しかったのか』文眞堂。
2003. 「東アジアにおける組立型工業化と技術
蓄積」村松岐夫・恒川恵市編 『日本の政治経済と
アジア諸国<下巻>』国際日本文化センター。
福山弘 1998. 『誰も書けなかつた量産工場の技能論』
日本プラントメンテナンス協会。
藤本隆宏 2001. 『生産マネジメント入門 生産資

源・技術管理編 』日本経済新聞社 .

水野順子 1989. 「韓国工作機械企業における技術移転と技能形成 X社の事例 』尾高煌之助編『アジアの熟練 開発と人材育成 』アジア経済研究所 .

1996. 『韓国の自動車産業』アジア経済研究所 .

編 2003. 『アジアの金型・工作機械産業』アジア経済研究所 .

柳町功 1994. 「韓国半導体企業の技術的発展 三星グループを例として 』牧戸孝郎編『岐路に立つ韓国企業経営』名古屋大学出版会 .

1995. 「韓国半導体産業における技術蓄積と国際競争力」陳炳富・林倬史編『アジアの技術発展と技術移転』文眞堂 .

湯之上隆 2004. 「技術力から見た日本半導体産業の国際競争力 日本の生産技術力は大丈夫か? 』技術革新型企業創生プロジェクト . Discussion Paper Series No. 04-11 .

吉岡英美 2004. 「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 』『アジア経済』第45巻第2号 .

米山茂美 1998. 「製品開発における技術戦略 東芝と三菱電機の一M・DRAM開発 』伊丹敬之ほか編『ケースブック日本企業の経営行動2 企業家精神と戦略 』有斐閣 .

渡辺利夫・金昌男 1996. 『韓国経済発展論』勁草書房 .

(新聞)

『日本経済新聞』

< 英語文献 >

Choi, Youngrak 1996. *Dynamic Techno-Management Capability: The Case of Samsung Semiconductor Sector in Korea*. Aldershot: Avebury.

Hattori, Tamio 1999. "Economic Development and Technology Accumulation: Experience of South Korea." *Economic and Political Weekly*(May 29)

Kim, Yeong-Kwan et al. 1999. "Novel Integration Technology with Capacitor Over Metal (COM)

by Using Self-Aligned Dual Damascene (SADD) Process for 0.15 μ m Stand-alone and Embedded DRAMs." Paper presented at 1999 Symposium on VLSI Technology. June 14-16, 1999, Japan.

< 韓国語文献 >

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 』[韓国半導体産業の技術吸収と研究開發 三星電子(株)の事例研究 』서울[ソウル] 서울[ソウル] 大学校大学院経済学博士学位論文 .

삼성전자(주) [三星電子(株)] 1999. 『삼성전자 30년사 』[三星電子30年史] 서울[ソウル].

송성수 [ソン・ソンス] 1998. 「삼성 반도체 부문의 성장과 기술능력의 발전 』[三星半導体部門の成長と技術能力の発展] 『한국과학사학회지』[韓國科学史学会誌] 第20卷第2号 .

李圭南 1997. 『효과적인 반도체 설비 국산화 전력에 관한 사례연구』[効果的な半導体設備国产化戰略に関する事例研究] 서울[ソウル] 한국과학기술원 테크노 경영 대학원 석사학위논문[韓國科学技術院テクノ経営大学院修士學位論文].

장성원・김범식 [チャン・ソンウォン/キム・ボムシク] 2001. 『반도체와 한국경제』[半導体と韓國經濟] 서울[ソウル] 삼성경제연구소 [三星經濟研究所].

최영락[チェ・ヨンナク] 1997. 「기업의 기술관리능력 』[企業の技術管理能力] 조형제・김창욱 편저[趙亨濟・金昌郁編著] 『한국반도체산업——세계기술을 선도한다——』[韓國半導体産業 世界技術を先導する 』서울[ソウル] 현대경제사회연구원 [現代經濟社會研究院].

한국반도체산업협회 [韓國半導体産業協會]. 2005 『반도체 산업의 현황과 전망』[半導体産業の現況と展望].

韓國銀行 1999. 『半導体産業 과 우리經濟』[半導体産業と我が國の經濟] 서울[ソウル].

(雜誌)

『반도체』[半導体] 各月号 .

『반도체산업』[半導体産業]各月号。
『월간 반도체・FPD』[月刊半導体・FPD]各月号。
『電子・情報通信마케팅總覽』[電子・情報通信マーケティング總覽]各年版。
『韓國電子年鑑』各年版。

【付記】本稿を作成するにあたって、湯之上隆氏（同志社大学技術・企業・国際競争力研究センター）からは、インタビューのアレンジからその実施に至るまで全面的なご助力をいただいた（本文中の「インタビュー」には同氏と共同で行ったものも含まれる）。また、進藤通世氏（元半導体産業研究所）と三好文明氏（ルネサステクノロジ）からは、資料収集でご協力を賜った。インタビューに応じてくださった匿名の業界関係者の方々にも、ここに記して深く感謝の意を表したい。もちろん、本稿のありうべき誤りは、筆者の責に帰すべきものである。

なお、本稿は、同志社大学における文部科学省

21世紀COEプログラム「技術・企業・国際競争力の総合研究」プロジェクト、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の平成16年度産業技術研究助成事業の研究テーマ「技術力から見た日本半導体産業の国際競争力の研究」、財団法人・村田学術振興財団の研究テーマ「技術力から見た日米韓台中の半導体産業比較および日本半導体産業の国際競争力向上のための研究」、九州大学大学院経済学研究院の平成17年度戦略的研究経費重点個別研究のテーマ「アジア地域の国際分業体制の形成と電子産業 半導体産業を中心に」に基づく研究成果の一部である。

（九州大学大学院経済学研究院助教授、2005年6月14日受付、2005年11月2日レフェリーの審査を経て掲載決定）