

經濟論叢

第162卷 第5・6号

21世紀の情報教育.....	定 道 宏	1
国際金融複合体.....	本 山 美 彦	11
トヨタ自動車の部品調達物流.....	杉 田 宗 聰	34
米国におけるビデオ・ゲーム産業の 形成と急激な崩壊.....	藤 田 直 樹	54
日本・韓国の技術進化と産業内貿易.....	鄭 承 衍	72
戦前の日本石鹼業界における 資生堂のブランド戦略.....	齊 木 乃里子	95
中国の地域経済格差に日系進出企業が与える 影響に関する計量分析.....	矢 野 剛 仙 出 徹 尹 清 洙	118

經濟論叢 第161卷・第162卷 総目録

平成10年11・12月

京 都 大 学 經 済 學 會

日本・韓国の技術進化と産業内貿易

——半導体産業の事例——

鄭 承 衍

I は じ め に

半導体¹⁾産業は、1947年に固体物理学を利用したトランジスターが発見され、1951年には商業的に導入されて以来、エレクトロニクス革命の中心産業として発展してきた。半導体の発見とその「技術進化」²⁾は、エレクトロニクス革命の基盤を提供すると同時に、家電、コンピューター、通信などの情報技術産業の急速な発展を支える役割を果たしたのである。

本稿では、まず半導体産業におけるいくつかの重要な特性と、その技術進化プロセスについて考察する。半導体の製品と生産工程での主な新技術は、技術フロンティアであったアメリカで生まれた。その後、それらの技術を導入し、吸収・改良・自主開発するといったダイナミックな技術進化プロセスが日本や韓国で展開された。こうした技術進化に伴う産業発展の結果、1980年代に日本

1) 一般的に、半導体素子はその構造、製造方法、機能によって、個別素子(ダイオード、トランジスターなど)、化合物半導体(発光ダイオード、光電子集積回路など)、IC(集積回路)の三つに大別される。そして、ICはリニアICとデジタルICに分かれ、さらにデジタルICはバイポーラICとMOS ICに分類される。また、MOS ICにはメモリーICとロジックICが含まれる。

2) 本稿で筆者は、技術進化という概念を使うに当たって次の二つの角度から接近する。第1に、新技術が生まれた国、すなわち技術フロンティアでの技術革新とその後の変化を技術進化として捉える。生物の進化過程で生まれたある種が、与えられた環境の中で進化または淘汰されていくのと同じように、技術の進化過程でも生まれた新技術は、企業組織、制度的側面、市場での需要などの環境的要因の影響を受けながら進化または淘汰されていく。第2に、移転された技術の吸収・改良・自主開発という第三国での技術発展過程を技術進化として捉える。すなわち、ある地域で生まれたある種が他地域に移され、そこでの環境に合う進化経路をたどるのと同じように、他国に移転された技術はその国の独特な環境的要因の下で進化経路をたどるのである。

がアメリカに、1990年代には韓国が日本とアメリカにそれぞれキャッチアップすることができたのである。

ところで、このように日韓両国はともにキャッチアップを遂げたものの、両国の技術進化と産業発展パターンにはそれぞれ異なる特性が存在する。そして、こうした異なる特性は、両国間の産業内貿易構造に明確に投影されている。すなわち、半導体産業における日韓貿易構造がどのように変化してきたかを分析することによって、両国間の技術格差の変化やキャッチアップ・パターンの違いの問題が客観的に究明されると思われる。さらに、こうした日韓貿易構造の変化は、ハイテク産業において、後発国が先発国にキャッチアップしたさい、先発国・後発国間にどのような産業内貿易構造が形成されうるかをも示している。

II 半導体産業における技術進化

1 技術進化の諸特性

この半世紀にわたって、欧米を中心に成し遂げられた半導体産業の技術進化には、様々な特性が存在する。以下では、その中で四つの重要な特性について見てみよう。

第1に、従来の産業に比べて技術の進歩と普及が極めて急速であることである。例えば、ICの中心であるメモリー（特に、DRAM³⁾）は約3年、マイクロプロセッサ（以下、MPUと略称する）は約5年で製品周期の成熟期を迎えて世代交替を迎えている。また、新しい技術の普及も、他の産業に比べて非常に速い。例えば、NC工作機械は、1950年代半ばに商業的に開発されてから15年間で、工作機械全体の25%のシェアしか占められなかった。それに対して、トランジスターが発見されてから15年間で、半導体は真空管・半導体全体市場の85%のシェアを占めるまでになったのである⁴⁾。

3) DRAM (dynamic random access memory) は、記憶保持動作が必要な随時書き込み読み出しメモリーのことである。

第2に、技術進化の累積性と経路依存性 (path-dependency) である。これは、研究開発部門における技術開発の連続的かつ累積的な特性を表すと同時に、生産部門での累積的な学習効果 (learning-by-doing) をも表している。技術進化の累積性とは、現在すでに使用されている技術によって技術進化の方向と範囲が決定されることである。半導体における累積性は、特に IC 以降の技術進化における経路依存性によるものである⁴⁾。

第3に、製品革新と工程革新の相互依存性である。半導体製品の小型化・高集積化などの技術進化と大量生産が可能になったのは、半導体製造装置の高性能化に起因するところが大い。つまり、半導体産業での工程革新を支えた製造装置の技術革新によって、その製品革新は可能であった。と同時に、半導体における製品革新は製造装置の改善を促進する役割を果たした。

最後に、イノベーションにおける科学技術と需要の重要性である。Schumpeter [1943] が経済発展におけるイノベーションの重要性を訴えて以来、イノベーションの起源に関する論争が続いてきた。いわゆる「科学技術プッシュ」と「需要プル」の論争である⁵⁾。この論争の中で得られた暫定的な結論の一つは、科学技術プッシュの方は産業発展の初期において相対的に重要性をもち、一方需要プルは初期以降の産業発展過程でその重要性がますます大きくなる傾向があるということである。こうしたイノベーションにおける特性は、半導体産業にも当てはまる。すなわち、トランジスターの発見や IC の開発などの初期の半導体産業のイノベーションにおいては、個体物理学とプレーナ工程のような科学技術的要因が先導的な役割を果たした。これに対して、1970年代以後になると、メモリー部門での需要の急増と ASIC 部門での需要の多様化につれて、イノベーションにおける需要プルの要因が大きくなってきたのである。

4) Rosenberg, N. and W. E. Steinmueller [1982], p. 189.

5) Dosi, G. [1988].

6) この論争については、Coombs, R., Saviotti, P. and V. Walsh [1987] の5章, Dosi, G. [1984] の2章, Dosi, G. [1988] を参照されたい。

2 技術進化プロセス

ある産業における技術進化過程を分析するさい、基準となる分析上の道具が必要となる。なかでも有用なのがいわゆる「技術パラダイム」(technological paradigm)と「技術軌道」(technological trajectory)という概念である。

技術パラダイムとは、自然科学から引き出された「特定の」原理に基づいた「特定の」技術的問題解決の「モデル」および「パターン」である。これは、さらなるイノベーションを生み出すための基本的手順を提示する⁷⁾。技術パラダイムの中で様々なイノベーションが、動態的な規則性と特定方向へ向かう性質をもつようになると、技術軌道が形成される。技術軌道とは、技術が拡散・利用されるにつれて現れる累積的で進化的な経路(path)である。また、技術軌道は、ある技術パラダイム内における「通常」の問題解決活動のパターンである⁸⁾。これは、技術者だけによって与えられるものではない。つまり技術軌道は、諸々の経済的要因(新利潤機会、新市場探索、費用削減など)と制度的要因(企業の関心と構造、政府政策の影響など)との相互作用の最終的な産物でもある⁹⁾。そして、一つの技術パラダイムの中では多数の製品・工程技術における技術進化が起こるため、そのパラダイムが提示する技術的方向と範囲の中で複数の技術軌道が形成されることが一般的である。

前述した半導体の技術進化の諸特性とこの二つの分析道具を用いながら、半導体産業における技術進化プロセスをまとめたのが、第1表である。

半導体の技術進化プロセスにおいて、トランジスターは真空管の代わりとして新しい電子回路技術パターンを切り開いた点で、またICは数多くのトランジスターを一つのチップ上に取り付ける工程技術パターンを確立することによってその後の半導体の高集積化を可能にした点で、それぞれ新しい技術パラダイムと言える。また、ASICは、「需要プルの」技術革新パターンとこれに

7) Dosi, G. [1982] p. 152, [1988] p. 225.

8) Dosi, G. [1982] p. 152.

9) Dosi, G. [1984] pp. 17-18.

第1表 半導体産業における技術進化プロセス

	1950年代	1960年代	1970年代	1980年代	1990年代
技術パラダイム	トランジスター	IC (ASIC)			
主な技術革新	トランジスターの発明	プレーナ工程とICの開発	MUPの開発とDRAMの製品化 1チップ当たり素子数が1000素子以上(LSI)	生産自動化 1チップ当たり素子数が10万素子以上(VLSI)	設計技術の自動化による多品種少量生産(ASIC)
技術進化の主導国	アメリカ, ヨーロッパ	アメリカ	アメリカ, 日本	アメリカ, 日本	アメリカ, 日本, 韓国
技術軌道の方向	高信頼化 高性能化	高集積化 小型化	高集積化 小型化 多用途化	高集積化 小型化 多用途化 技術的標準化	高集積化 小型化 (VLSI) 技術的柔軟化 (ASIC)
技術進化上の特性	科学(個体物理学)からの産物である技術(トランジスター)が技術進化を主導(科学技術ブッシュ)	技術進化の累積性と経路依存性の本格的な始まり	規則的な技術軌道の変化(高集積化)による技術進化の安定化と可視化の拡大	製品革新(高集積化, 小型化など)と工程革新(製造装置の高性能化)との相互依存性が拡大	ASIC部門で, ユーザーによる設計や工程での注文が可能になり, 需要側のニーズが技術進化の方向を決定(需要プル)

(注) LSI は大規模集積回路 (large scale integration), VLSI は超 LSI (very large scale integration) であり, ASIC は特定用途向け IC (application specific integrated circuit) である。

出所: Nelson, R. R. [1962], Dosi, G. [1984], Malerba, F. [1985], [1992], Rosenberg, N. and W. E. Steinmueller [1982], Hobday, M. [1991] を参考に作成。

よる技術的柔軟化といった技術軌道の方向が初めて確立された点で, 既存の供給者主導の「科学技術ブッシュ的」パターンによる半導体と区別される新しい技術パラダイムである。しかし, この ASIC パラダイムは既存の半導体技術体系を代替化するものではなく, 既存の技術体系の上で半導体の開発と用途の新たな次元を提示した補完的な技術パラダイムである。従って, 1990年代においても, VLSI 技術を用いた IC パラダイムが依然として中心的な技術パラダイムとなっている。

急激な技術進化によるパラダイムの変化の動きは、現在の半導体産業にも現れている。その代表的な例が、様々な機能の半導体を一つのチップ上に集約するシステム LSI の開発や、その標準化への取り組みである。また、日本の半導体大手企業が共同で推進している ASIC の設計標準化もその例であろう¹⁰⁾。この二つの動きは、情報産業の各製品に入る半導体数の多さや、ASIC の設計・開発に時間がかかりすぎることなど、「特定の」技術的問題を解決するための「パターン」を提示している。この意味で、半導体産業での新しいパラダイムへの模索は既に始まっていると言えるだろう。

III 日韓の技術進化和産業発展およびキャッチアップ

1 日本の技術進化和産業発展

(1) トランジスター技術吸収期 (1952～1961年)

1952年に神戸工業（後に富士通が買収）がアメリカの RCA 社からトランジスター技術を導入したことによって、日本半導体産業は本格的に動き出した。また同年、日立と東芝も RCA 社と契約を結んでトランジスター技術を導入した。1955年にはトランジスターの生産が開始され、1956年にソニーはトランジスター・ラジオの商品化に成功した。こうした民需にも支えられて、日本のトランジスター産業は急成長を始め、1960年代に入ると、日本はアメリカを上回るトランジスター生産国となった¹¹⁾。

この時期の日本の技術面および商業面での成果は、その後の日本の技術進化和産業発展の道を切り開いたと言える。それは、アメリカで生まれた画期的な技術の導入を通じて、生産技術の改良による素速い商品化と量産化への道であった。

(2) IC パラダイム下の量産技術蓄積期 (1962～1980年)

IC の製造工程の基本となるプレーナ技術は、1960年アメリカのフェアチャ

10) 『日本経済新聞』1996年11月13日、11月26日、11月28日。

11) 菊池誠 [1992] の4章を参照。

イルド社によって開発された。1962年に日本電気が同社からこの技術を導入したが、これが日本での IC 部門の幕開けとなった。その後1960年代後半までに、アメリカで開発された主な技術が次々と導入された¹²⁾。

1970年代初めになると、MPU、DRAM、マイコンの開発とともに IC の高集積化が加速され、世界半導体産業は LSI 時代に突入した。1970年代における日本半導体産業の技術進化プロセスは、技術導入と学習から始まってついに自主開発・革新にいたる¹³⁾。なかでも、日本における 64 KDRAM の開発は、技術面でとりわけ重要な意味を持っていた。すなわち、半導体の中で市場性と量産効果の最も高い DRAM 部門で、日本の製造技術がアメリカを追い越したという点と、これによって次の VLSI 時代が開かれた点である。

(3) VLSI 技術進化と ASIC 技術開発推進期 (1981年以降)

各々の半導体の技術軌道がさらなる高集積化と小型化の方向に向かい始めた1980年代に入ると、日本半導体産業は急激な膨張と同時に技術進化を重ねていくことになる。

日本の各メーカーは、MPU や ASIC 関連技術、IC の設計などのアメリカ優位の核心技術を導入しながら、これらの技術の消化とさらなる技術進化に莫大な研究開発費を投じていった¹⁴⁾。その規模は、各年度の研究開発投資額が同

12) 例えば、高密度 MOS (金属酸化膜シリコン) IC、半導体材料技術、IC 製造装置および電気制御装置、LSI 技術などの導入が、日本電気、東芝、日立、富士通、三菱などの大企業を中心に行われた。日本電子機械工業会『電子工業20年史』、『電子工業30年史』、科学技術庁『外国技術導入年次報告』の各年版を参照。

13) その具体的な過程を見ると、1973年には日立、日本電気によって、その1年前にテキサス・インスツルメンツ社によって開発されたマイコンの改良が行われ、より高性能の第2世代マイコンが開発された。そして、MPU 部門では、1975年に東芝による12ビット MPU の開発につづいて、1978年には日本電気によって世界最高速の16ビット MPU が開発された。また、1974年の4 KDRAM から DRAM 事業に本格的に参入した日本は、1976年に日立による 16 KDRAM のアメリカとの同時開発、1978年に富士通による 64 KDRAM の世界最初の開発、1980年に日本電気による 256 KDRAM の世界最初の開発などの技術的成果を生んだ。

14) 例えば、最大手5社の研究開発投資額の合計を見ると、1981年の3,935億円から1982年の4,959億円に増加し、26%という急激な伸び率を見せた。これが1986年の9,400億円、さらに1990年の1兆4,290億円へと膨らんでいった。若杉隆平 [1984]、57ページ、産業タイムズ社『半導体産業計画総覧』の各年版を参照。

年度の設備投資額¹⁵⁾の2倍を越えるほどであって、各企業の猛烈な技術開発への熱気と「先行者利益」追求の姿がうかがえる。

このような活発な研究開発投資と設備投資は、次の二つの方向への技術進化和産業発展をもたらした。すなわち、VLSI技術の進化による標準品の大量生産と、ASICのような高成長部門への取り組みによる産業の底辺の拡大である。

このように、DRAMを中心とするメモリー部門と、ゲートアレイ、スタンダードセルなどのASIC部門での市場拡大に支えられて、1983年にはMOS型IC市場で、1986年には半導体全体の生産額において日本がアメリカを追い越して日米逆転が起きた。ところが1990年代に入ると、日本は、アメリカの復活による再逆転(1993年)と、東アジアとりわけ韓国の台頭という新しい挑戦に直面する。

2 韓国の技術進化和産業発展

(1) ICパラダイム下の組立・加工技術蓄積期(1965～1982年)

1965年にアメリカのコミー社との合併で高美半導体が設立されたのが、韓国半導体産業の始まりであった。当時のアメリカ企業は、設計とウェハー加工のような技術集約的な前工程は本国で、組立のような労働集約的な後工程は賃金の安い発展途上国で行うことが多かった。こうした時代的な背景で、フェアチャイルド(1966年)、シグネティクス(1966年)、モトローラ(1967年)、東芝(1969年)、三洋(1969年)などのアメリカと日本の大手企業が韓国に進出してトランジスターやICを組立生産し、ほぼ全量を海外に輸出した。

1970年代になると、韓国半導体産業にはようやくウェハー加工から組立までの一貫生産を行う企業が登場した。1974年と1976年に設立された韓国半導体と

15) 設備投資額の推移を見ると最大手5社の合計で、1982年の2,100億円から1983年の3,445億円、1984年の6,130億円へと年間70%に及ぶ急激な伸び率を見せた。ところが、1985年から2年間にわたって起こった半導体大不況の影響で1986年には1,778億円へと激減したが、その後半導体の市況の回復につれ1988年の3,410億円、1990年の5,181億円、1995年の8,767億円へと再び急激に増加してきた。産業タイムズ社『半導体産業計画総覧』の各年版を参照。

大韓半導体がそれである。ところが、これらの企業は一貫生産を試みたものの、韓国半導体産業を成長の軌道に乗せ、テイク・オフの基盤をつくるまでには至らなかった¹⁶⁾。

(2) VLSI 技術吸収・開発期 (1983年以降)

IC の集積技術が VLSI 段階に突入した1980年代になると、韓国半導体産業は大きく動き始めた。三星、LG (前身はラッキー金星)、現代という最大手財閥3社による VLSI への参入によって、その急激な変化は始まった。

これらの3社は、DRAM 市場をターゲットにして半導体事業に取り組んでいった。しかし、LSI 関連技術をほとんど蓄積していない状態で、いきなり最先端の VLSI 技術の学習・開発に挑戦したため、日米などの先発国から多くの関連技術を短期間に導入せざるを得なかった¹⁷⁾。それとともに、初期段階での半導体周辺産業における国内基盤が皆無だったので、生産に必要な製造装置と材料などのすべての要素が先発国から導入された。

三星は最初の量産製品として 64 KDRAM を選択し、1983年に日米から関連技術を導入した。その技術をもとに、同年の12月に試作に成功し、1984年6月から量産に入った。その後も、三星がリードしながら、韓国半導体産業における技術進化は DRAM 中心の技術軌道をたどっていった¹⁸⁾。それから、韓国半導体産業は、1986年の 1 MDRAM の試作を境として、従来の「技術導入→試作」という形態から自主技術開発体制の整備へと向かい始めた。

DRAM を中心とする極めて積極的な設備投資とそれによる生産能力の拡大を通じて、韓国メーカーの売上高は急上昇した。その結果、1993年時点で三星

16) 徐正解 [1995], 17ページ。

17) 1983年から1993年の間に、韓国の大手3社による半導体関連の技術導入件数は総計142件 (三星: 75件, 現代: 36件, LG: 31件) にものぼる。韓国産業技術振興協会「技術導入契約現況: 1962-1988年」, 「技術導入年次報告」の各年版を参照。

18) それを見ると、256 KDRAM (1984年), 1 MDRAM (1986年), 4 MDRAM (1988年) は日本との平均約2年の開発格差があったが、16 MDRAM (1990年) と 64 MDRAM (1992年) では日本とはほぼ同時に開発した。また、256 MDRAM (1994年) と 1 GDRAM (1996年) では三星が世界最初に開発している。三星電子株式会社「三星電子」第19巻第20号、1994年、『日本経済新聞』1996年11月5日。

は全体の世界半導体市場のランキングで第7位に入り、DRAM とメモリー部門においては世界のトップメーカーの地位につくこととなった。現代と LG も DRAM 部門でそれぞれ世界9、10位、メモリー部門でそれぞれ世界10、11位に入るなど、急激な躍進を見せている。このように、1983年からわずか10年の間に、韓国はアメリカと日本に追いつき、DRAM やメモリー部門では世界半導体産業をリードする立場にまで成長したのである。

3 キャッチアップにおける共通点と相違点

日韓のキャッチアップにおける共通点と相違点を、前節で述べた半導体本来の技術的特性の視点から見てみることにしよう。

日韓の技術進化と産業発展における最も大きな共通点としては、メモリー、とりわけ DRAM 部門への特化である。こうした特化パターンは、半導体の需給両面からの影響によって形成されたものである。供給の面においては、半導体の中で最も技術の標準化と技術軌道の可視化が進んだのが DRAM 部門であり、日韓両国はこの部門への生産特化と量産によって「規模の経済」を徹底的に追求していったのである。他方、需要の面においては、1970年代以降の DRAM 部門における世界の市場規模の急拡大と、それによる「需要プル」的な要因が挙げられる。つまり、現在に至るまで、半導体産業における最大の市場規模を誇る同部門に対する需要の急激な拡大があったからこそ、日韓の各メーカーによるこの部門への集中投資が行われるに至ったのである。

上記以外にも、いくつかの共通点がみられる。例えば、導入された多くの技術を集中的な研究開発を通じて吸収・改良し、さらに高度の関連技術を導入していくという「技術導入と研究開発の好循環」が、両国の中で展開されたという点が挙げられる。また、大グループ所属の半導体メーカーによる積極的な設備投資と量産化という企業戦略、産業発展の初期における政府の産業保護・育成政策などの制度的・環境的要因も、日韓の技術進化と産業発展において共通していたといえよう。

一方、日韓のキャッチアップにおける相違点としては、次の四つの点を指摘したい。

第1に、半導体の製品革新と工程革新の相互依存性が深まる一方で、それらの技術進化を支える国内周辺産業の整備においてはかなりの差がみられた点である。半導体における主な周辺産業と言えば、材料産業と製造装置産業が挙げられる。その中で、製造装置産業の重要性は極めて大きい。なぜなら、メモリーを中心に技術的標準化が急速に進んだ1980年代以降になると、半導体産業は総設備投資の約70～80%が製造装置の購入にあてられるという、いわば装置産業的な特性を帯びていったからである。この点で、日本の半導体製造装置市場をみていくと、1970年代は約60%以上がアメリカの製品によって占められていた。しかし、通産省主導で行われた「超 LSI 技術研究組合プロジェクト(1976～1981)」を契機に、半導体メーカーと製造装置メーカーが共同で先端製造装置の開発に取り組んだ結果、1980年代初めになると、最先端装置の開発力に関して日本がアメリカと対等に競争できるレベルにまで達したのである¹⁹⁾。これに対して韓国の場合、製造装置産業の技術的・生産的な脆弱さが一貫して続いてきた。このため、半導体の生産拡大と世代交代の際には、日本を中心に海外から高額の製造装置を輸入せざるを得ない構造となっていたのである²⁰⁾。

第2に、需要の多様化につれて重要性が増してきた ASIC 部門では、両国の技術水準と生産能力に相当の格差が存在する点である。前述のように、DRAM を中心とするメモリー偏重構造が日韓の半導体産業の基本構造となっているが、日本は1980年代半ばから ASIC 部門の育成を急いできた。それに対して韓国の場合、将来性の観点からこの部門の重要性を認識してはいたものの、相変わらず低い技術と生産水準に止まっている²¹⁾。これは、多品種少量

19) 伊丹敬之・伊丹研究室 [1988]、第5章。

20) 韓国の半導体製造装置の国産化率の推移を見ると、1990年の7.4%、1992年の10.8%、1994年の6.9%、1996年の9.9%と極めて低い水準である。これは、半導体材料の部門では技術開発と生産拡大が進んで、その国産化率も1990年の31.4%から1996年の43.0%へ増加したことと対照的である。韓国電子新聞社 [1997年度韓国電子年鑑] 657-659ページ、全国経済人連合会「半導体産業の競争力再構築戦略と課題」45-47ページ。

生産的で柔軟な技術体系が要求される ASIC 部門において、韓国の技術・生産水準がいかに脆弱であるかを物語っている。と同時に、韓国半導体産業の成長は需要の多様化よりは、量的な需要プルによる結果であったと言えよう。

第3に、以上のような非メモリー部門（ASIC）での日韓の明暗は、産業技術の「ロック・イン」²¹⁾問題と各国の底辺技術の層の厚さに関連する。一国の産業技術が、一度特定部門の技術軌道にロック・インされてしまうと、そこから出てくること（多角化）が決して容易ではなくなる。特に、多角化のために以前とはかなり違った技術体系が要求され、そうした技術体系が整っていない場合には、さらにそうであろう。日本はメモリー中心の技術軌道をたどったが、その構造に完全にロック・インされたとは言えない。なぜなら、非メモリーにおいても、日本は早くから技術を学習・蓄積し、半導体の底辺技術の層を広げてきたからである。それに対して韓国は、蓄積された技術がほとんどないまま、いきなり量産型で技術的標準化の進んだメモリー部門（DRAM）に参入・特化した。それにより、韓国はメモリー部門の技術軌道にロック・インされ、非メモリー部門への多角化は容易ではなくなった。その原因は、両部門で要求される技術体系がかなり違うことと、韓国は非メモリー部門に適用できる技術体

21) アメリカと日本の ASIC 技術が、コンピューターや通信用の中・大規模システム IC を作れる水準にあるのに対して、韓国の ASIC 技術の水準は、家電用の小規模 IC を作れる程度である。しかも、ASIC 技術の中で最も重視される設計技術においては、先進国に比べて2年以上遅れていると言われている。売上高の面でも、1995年時点で ASIC が中心となる MOS ロジックにおける韓国の売上高は、総売上高の約2.7%にすぎないのが実情である。韓国特許庁『特許情報』1996年、韓国半導体産業協会『半導体産業』1996年2月号を参照。

22) ロック・イン (lock-in=固定化) という用語は、技術と経済システムの進化を取り扱っている進化経済学分野で幅広く使われてきた（例えば、Rosenberg, N. and W. E. Steinmueller [1982], Nelson, R. R. and S. G. Winter [1982], Arthur [1994] など）。特に Arthur [1994] は、QWERTY キーボードの普及やエンジン開発競争などの例を挙げながら、ハイテク産業で競争する複数の技術の中で、選択された技術が強化・拡大されて標準技術としてロック・インされていくプロセスを分析している（Arthur [1994], pp. 1-32）。本稿では、こうしたロック・インの概念をさらに広げて、国（または企業）の産業技術が特定の技術軌道にロック・インされていく問題について分析する。まず、ある国（または企業）が、産業内の様々な技術軌道の中で、特定の技術軌道に対して特化を図ると想定しよう。その場合、その特化の度合いが強ければ強いほど、選択された特定の技術軌道の中では、自らを強化・拡大させる「自己強化メカニズム」がより強く働く。これにより、その国（または企業）の産業技術は、この特定の技術軌道にロック・インされていくのである。

系を整えていなかったことである。結局、こうした脆弱な技術的構造による多角化の難しさが、韓国半導体産業における構造的な問題点となっている。

第4に、初期の技術進化と産業発展に大きな影響を与える内需市場の有無についてである。初期の日本半導体産業の質的かつ量的跳躍の足場となったのは、国内市場（内需）の存在であった。すなわち、日本の内需は、半導体の技術進化と産業発展を引き起こす素地を提供したのである²³⁾。しかし、韓国の場合は内需に恵まれていなかったため、積極的に海外市場を開拓する輸出戦略をとるしかなかった。その背景としては、1980年代半ば以降財閥系3社が、国内需要のほとんどない DRAM 中心の産業用 VLSI に参入した点大きい。これにより、生産の大部分を海外市場に輸出し内需の大部分を輸入するという、内需と生産との関係性の乏しい海外依存的需求構造が定着したのである。

結局、日韓両国はともに先発国へのキャッチアップを成し遂げたものの、両国の間には半導体産業の技術・生産構造と、それを支える環境的要因において、以上のような相違点が存在している。これによって、両国間には以下のような独特な産業内貿易構造が形成されるに至ったのである。

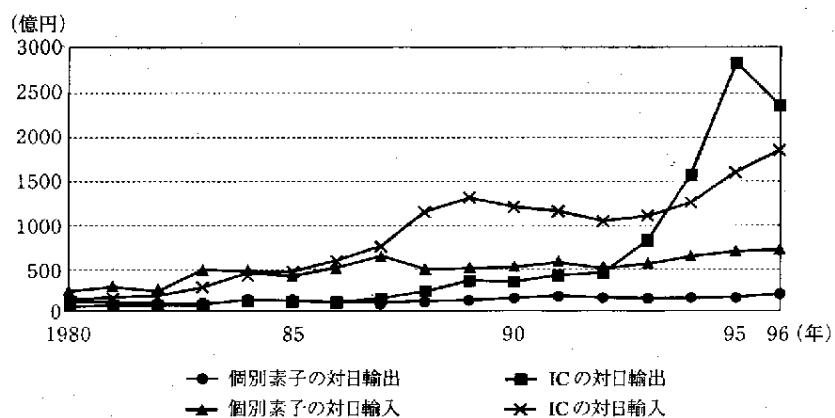
IV 半導体産業における日韓貿易構造

1 日韓間の産業内貿易

前述したように、韓国半導体産業は1960年代半ばに日米の外資系企業の直接投資によって始まったが、当時は単純組立した半導体のほぼ全量を輸出していた。1974年によく一貫生産企業が登場したが、当時の韓国半導体産業の生産能力と国内需要は微弱だったため、輸出入もそれほど大きくなかった。従って、半導体における日韓貿易が活発になり始めたのは、韓国半導体産業が本格的に発展し始めた1980年代半ば以降のことである。

23) その内需の内容を年代別に見ると、1950年代半ばからのトランジスター・ラジオの需要、1960年代のテレビ、オーディオ、VTR の需要、1970年代初めからの電卓、カラーテレビ、コンピュータの需要が、その典型的な例である。

第1図 半導体産業における韓国の対日貿易構造の推移



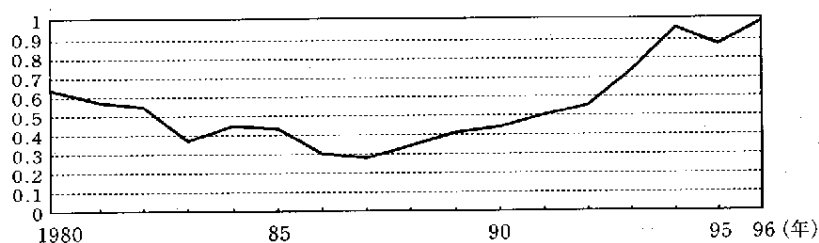
(注) 個別素子とICの区別は、「国際統一商品分類」(HS)に準拠している。個別素子には、ダイオード、トランジスタ、その他にこれらに類する半導体素子、半導体素子の部分品などが含まれている。一方、IC(集積回路)には、モノリシックICとハイブリッドICに分類されるすべてのICと、それらの部分品が含まれている。個別素子とICには、発光ダイオード、光電性半導体デバイス、光電子集積回路などの化合物半導体が含まれている。半導体産業は、以上の個別素子(化合物個別素子包含)とIC(化合物集積回路包含)およびこれらの部分品によって構成される。

出所：日本関税協会『日本貿易月表』各年版より作成。

第1図は1980年以降の日韓間の半導体貿易構造の推移を示したものであり、第2図はこれらの貿易量に基づいて産業内貿易指数を計ったものである。これらの図によると、時期別の日韓貿易構造の特性とその変化は次の三つの点に要約される。

第1に、1980年代初めから1980年代半ばにかけては、半導体(個別素子とIC)における韓国の対日輸出規模はほとんど変わってないが、対日輸入は緩慢に上昇している。その背景としては、韓国が1980年代半ば前後(三星(1983年)、現代(1984年)、LG(1987年))にDRAM中心の半導体事業に本格的に参入したものの、当時の韓国は主に技術学習段階にあり、生産能力もそれほど大きくなかったことが挙げられる。それに対して、半導体に対する韓国の電

第2図 半導体産業における日韓間の産業内貿易指数の推移



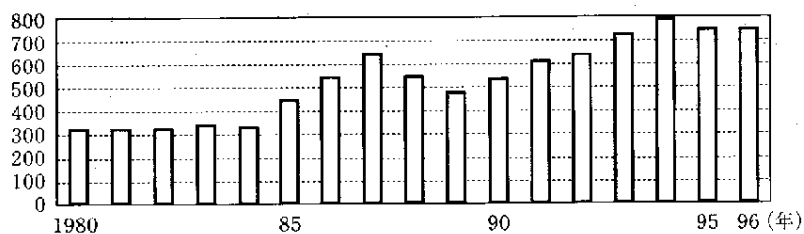
(注) 産業内貿易指数はグラーベル＝ロイド指数 (GL) であり、以下のように計算される。

$$GL = 1 - \frac{|X_k - M_k|}{(X_k + M_k)}$$

ここで X_k は韓国の日本に対する半導体の輸出、 M_k は韓国の日本からの半導体の輸入である。なお、この指数の計算には、日韓間のすべての半導体輸出入額 (第1図での個別素子とICの輸出入額の合計) が使われている。この指数は1に近いほど産業内貿易が活発であり、0に近いほど産業内貿易が行われていないことを示す。

出所：第1図に同じ。

第3図 日韓間の為替レートの変動推移



(注) 各年度の為替レートは、日本の百円当たり韓国のウォンのレートであり、年末を基準とする。

出所：IMF, International Financial Statistics 各年版より作成。

気・電子産業からの需要の増加が日本からの輸入の増加を呼び、同期間の日韓間の産業内貿易指数は低下している。さらに、1980年代半ばから、半導体とりわけ IC 部門において日本の対韓輸出が増加したのは、1985年から2年間にかけての世界半導体大不況と日米半導体摩擦といった国際環境の変化とともに、日本の各メーカーがより積極的に半導体の輸出先の多角化に乗り出したことによるものである。

第2に、1987年から1991年までの5年間においては、IC 部門における韓国の対日輸出・輸入とも拡大され、産業内貿易指数は緩慢に上昇している。対日輸出が増加し始めたのは、1980年代半ばからの韓国の設備投資拡大の効果が現れ始めたからである。そして、1980年代後半は、韓国の電気・電子産業の急激な生産・輸出拡大が行われた時期である²⁴⁾。その電気・電子機器に組み込まれる IC はリニア IC、VTR 用 IC、カラー TV 用色信号 IC などの民生用 IC であり、その多くが日本から輸入された。このように、韓国の半導体内需の大部分は民生用 IC であったが、国内生産は DRAM 中心の産業用 IC であったことが、第3図で見られるような1985年以降の急速な円高にもかかわらず、日本からの半導体輸入が増加した最大の要因となった。

第3に、1992年から1996年までの5年間には、IC 部門における韓国の対日輸出が急増し、これに伴って産業内貿易指数が急上昇している。その最大の要因としては、製品・工程技術ともに技術的標準化が進んだため装置産業的な特性が強くなった DRAM 部門を中心に、1990年代初めにおいて韓国が極めて積極的な設備投資を行ったことが挙げられる²⁵⁾。また、DRAM の価格ライフ・サイクルの不安定性のため、1980年代半ば以来富士通、日本電気、東芝などの日本の大手メーカーが ASIC 部門の育成に力を注いだことも、韓国からの IC (DRAM) の輸入増加を招く要因となった。さらに、第3図で見られるように、

24) 1986年から1989年までの4年間は、1960年代の工業化以来韓国の貿易収支が唯一黒字となった時期である。この時期の輸出拡大を牽引したのは、カラー TV、VTR などの家電機器と半導体のような電子部品であった。この時期において、韓国の総輸出額に占めるこれらの電気・電子製品の輸出額の比率は、平均約26%であった。韓国貿易協会『貿易統計』1996年版。

1990年代半ばまでの日本の円高（韓国のウォン安）の持続も、こうした輸入増加の重要な要因となった。こうした IC 部門における韓国の対日輸出の急増により、第2図の産業内貿易指数から判断すれば、1990年代半ばにはほぼ完全な産業内貿易が行われている（1994年の指数値は0.96, 1995年0.87, 1996年0.998）。ところで、第1図での IC 部門において、それぞれの増加率には差があるものの、韓国の対日輸出と輸入の増加が同時に進行するのは何故か。これは、前述したような内需と生産との連係性の乏しい韓国の海外依存的需給構造の反映であると同時に、IC の各部門における日韓間の相対的な技術・価格格差をも表している。次は、この点について詳しく分析することにしよう。

2 産業内貿易構造からみた日韓の技術進化と産業発展

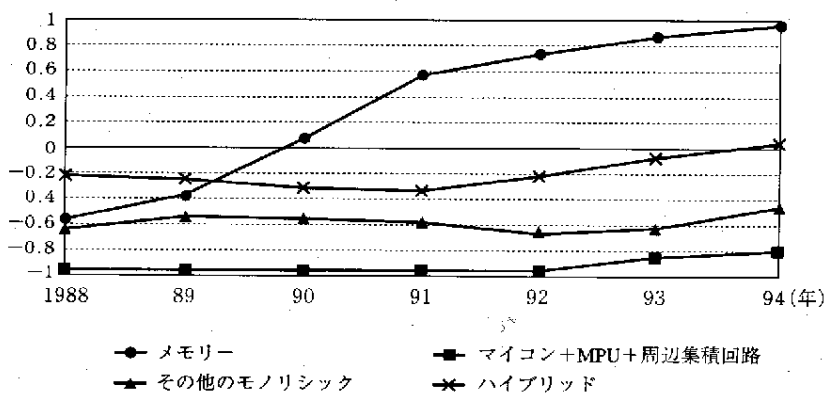
第2図を見ると、1980年代後半から1990年代前半にかけて、日韓間の産業内貿易が活発化し始めたことが分かる。これは、第1図で見られるように、この時期の IC 部門における両国間の輸出入の大きな増加に起因する。IC の各部門における貿易特化係数への分析を通じて、1990年前後の日韓間の産業内貿易構造の具体的な推移を示したのが第4図である。

第4図から次の三つのポイントが読みとれる。これを通じて、前節で考察した日韓の技術進化と産業発展についてもう一度検討してみよう。

第1に、メモリー部門で急激な変化が起き、特化パターンは韓国の対日輸入特化からほぼ完全な輸出特化へと変化した。これは、同部門での韓国の技術的キャッチアップの結果である。またこれは、1980年代半ばから1990年代前半にかけて、DRAM を中心とするメモリー部門における韓国の設備投資がいかに

25) 1992年の半導体（とりわけ DRAM 中心のメモリー）の価格暴落とバブル経済崩壊で、この時期に日本の各大手メーカーが新しい設備投資を控えたのに対して、三星をはじめ韓国の3大メーカーは投資投資を増やし続けた。例えば、1991年の三星の設備投資額は1,438億円だったのに対して、同年の日本の最大手である日本電気や東芝の場合はそれぞれ1,000億円であった。1992年には三星は1,639億円、日本電気と東芝はそれぞれ700億円と800億円であり、1993年には三星は1,386億円だったのに対して、日本電気と東芝はそれぞれ800億円、日立は950億円であった。韓国半導体産業協会『半導体産業』1992年1月号、1993年2月号、1994年3月号、産業タイムズ社『半導体産業計画総覧』1994年版を参照。

第4図 ICにおける韓国の対日貿易特化係数の推移



(注1) ここでは、ICをモノリシックIC（メモリー、マイコン・MPU・並びにこれらの周辺集積回路、その他のモノリシックIC）とハイブリッドICに分けている。

(注2) 貿易特化係数はICの各部門における（輸出－輸入）／（輸出＋輸入）である。この係数は、完全輸出特化の場合にはプラス1、完全輸入特化の場合にはマイナス1になり、完全な水平貿易の場合には0である。

出所：プレスジャーナル『日本半導体年鑑』各年版より作成。

大きかったかを表している。とはいえ、メモリー部門において韓国が日本を技術的に追い越したとは言えない。つまり、技術水準における逆転よりも、産業内貿易における価格（費用）的な側面（為替レート的大幅な変動（円高）に伴う単位生産コスト上の韓国の比較優位）に注目する必要がある。

第2に、マイコン・MPU・周辺集積回路のような非メモリー部門では、韓国のほぼ完全な対日輸入特化が続いている。こうした傾向は、これらの部門で韓国の技術学習が行われたとしても、相変わらず日韓の間には同部門において相当の技術格差が残っていることを意味する。さらに、1980年代後半から韓国がDRAMへの生産特化比率を上げてきたこと²⁶を考慮すると、DRAM以外の部門で韓国の技術的・生産的な脆弱さが続いているのは当然な結果であると言えよう。そして、その他のモノリシックIC部門で、かなりの対日輸入特化が続いていることについても、同じことが言える。

第3に、ハイブリッド部門では、韓国の若干の輸入特化から1994年時点ではほぼ完全な水平貿易が達成された。これは、この部門において韓国が相対的に速く技術学習をしたためであり、この部門内の異なる部品および製品間の水平貿易の結果である。

結局、1980年代半ば以降の韓国の急速な技術進化・生産拡大、および為替レートの変動を通じて、日韓の間では産業内貿易が活発になった。それは、最大市場をもつメモリー部門における韓国の輸出特化と、その他の諸部門における日本の輸出特化という形で実現された。すなわち、相当の技術格差を残していた両国だったが、韓国のメモリー部門を中心とする急速なキャッチアップを通じて、産業全体から見ると、水平的な産業内貿易構造が達成されたのである。

V 結びにかえて

本稿では、今日の世界半導体産業を主導する立場にまで成長した日本と韓国を取り上げて、その技術進化と産業発展プロセスを分析した。両国が半導体産業において急激な成長とキャッチアップを遂げた最大の理由は、開発経済分野でいう「発展途上国的な技術進化と産業発展プロセス」を圧縮してたどったからであろう。すなわち、「技術導入による技術学習→積極的な設備および技術開発投資→生産拡大および自主技術開発」という進化と発展のプロセスを速いスピードでたどったのである。要するに、日韓両国は、特定部門に焦点を絞った技術導入と学習、および積極的な投資戦略によって、先発国に急速にキャッチアップしたのである。

特に、1980年代初めからわずか10年で、DRAM という特定部門への特化を通じて行われた韓国半導体産業の急激な発展は、ハイテク産業における発展途

26) 韓国半導体産業において DRAM 部門への特化傾向が鮮明になったのは1980年代後半からのことである。つまり、韓国の半導体の総生産高に占める DRAM の生産高比重を見ると、1988年の57%から1993年には72%へと、さらに1996年になると77%へと増加した。ちなみに、韓国の財閥系大手3社の半導体生産高が国内一貫生産メーカーの総生産高で占める比重は、1993年時点で95%に及んでおり、同年度のこれらの3社の総生産高に占める DRAM の生産高比重は81%であった。韓国半導体産業協会「半導体産業」1994年3月号、1997年2月号。

上国の一つの発展パターンのモデルを示している。それは、最も技術的標準化の進んだ部門、すなわち発展途上国にとって技術学習と生産拡大の容易な部門への参入と、その部門への集中投資を通じたキャッチアップである。

しかし、韓国のケースで確認したように、産業内の各部門間の技術体系の違い、発展途上国の底辺技術の層の薄さのような問題から、一度特定の技術軌道にロック・インされてしまうと、多角化が難しくなる場合もある。こうした点が、技術進歩の速度が速く、多様な技術体系で構成されているハイテク産業において、発展途上国が抱える大きな問題なのである。結局、特化した部門の成長がいつまでも続く保障がない限り、発展途上国は特化からの経済的利益ばかりに満足してはいけな。つまり、将来に有望な他の部門の技術吸収（他の技術軌道に自らをロック・インさせようとする試み）を絶えず行わなければならないのである。

一方、日韓間の貿易構造の分析を通じて、1980年代半ば以降産業内貿易が活発になり、1990年代半ばになるとほぼ完全な産業内貿易が達成されたことが明らかにされた。特に韓国を中心に見た場合、「技術的標準化の進んだハイテク産業における後発国のキャッチアップと、それによる産業内貿易の活発化」の典型的なパターンが提示されたと思われる。

と同時に、韓国と同様に日本も依然としてメモリー（とりわけ DRAM）中心の製品生産構造であるにもかかわらず、韓国はメモリー部門で、日本は非メモリー部門でそれぞれ輸出特化していることも確認された。従って、国際貿易においては、一国中心の絶対的要素よりは、国と国の間における相対的要素の方が中心的な役割を果たしていると言える。つまり、日韓間の部門間特化貿易は、メモリー部門での韓国の相対的な価格優位、非メモリー部門での日本の相対的な技術優位の結果なのである。その際、技術的キャッチアップを遂げた部門に限って韓国が価格優位を確立する過程で、1980年代半ば以降の大幅な円高が韓国にとって追い風になったことは確かであろう。結局、日韓貿易では、価格水準と技術水準の相対的格差による半導体の製品差別化が行われているとい

えるのである。

こうした産業内貿易は、単位生産費用の単純比較（Ricardo 理論）や、技術的に同質な国の間での要素賦存比率の差による比較優位（Heckscher=Ohlin 理論）では説明できない。さらに、技術的同質な製品でのデザインやブランドの差による製品差別化と、消費の多様化、規模の経済による産業内貿易理論（Krugman^{27）}を中心とする「新」貿易理論）とも異なっている。すなわち、現代のオーソドックスな産業内貿易理論が、技術的優劣のない二国間の貿易構造の分析に偏っていたとすれば、本稿での分析は、先発国と後発国の間における技術格差と価格格差によって表れる、棲み分け的な「産業内部門間特化貿易構造」を解明したものである。このような先発国・後発国間の技術・価格格差と、両国での様々な技術進化によって変化する産業内貿易に対する理論的作業を、今後の課題にしたい。

参考文献

- Arthur, W. B., *Increasing Returns and Path Dependence in the Economy*, The University of Michigan Press, 1994.
- Coombs, R., Saviotti, P. and V. Walsh, *Economics and Technological Change*, Macmillan, 1987. (竹内啓・廣松毅訳『技術革新の経済学』新世社, 1989年)。
- Dosi, G., "Technological Paradigms and Technological Trajectories", *Research Policy*, Vol. 11, 1982.
- Dosi, G., *Technical Change and Industrial Transformation: The Theory and an Application to the Semiconductor Industry*, Macmillan, 1984.
- Dosi, G., "The Nature of the Innovative Process" in G. Dosi, et al., eds., *Technical Change and Economic Theory*, Pinter Publishers, 1988.
- Helpman, E. and P. R. Krugman, *Market Structure and Foreign Trade*, The MIT Press, 1985.
- Hobday, M., "Semiconductor Technology and the Newly Industrializing Countries: The Diffusion of ASICs", *World Development*, Vol. 19, No. 4, 1991.

27) Krugman の産業内貿易理論については、Krugman, P. R. [1990], Helpman, E and P. R. Krugman [1985], もしくは拙稿「貿易理論における技術の役割—Krugman 理論と Dosi 理論を中心として」『経済論叢』第158巻第4号, 1996年10月, を参照されたい。

IMF, *International Financial Statistics*, Yearbook.

Krugman, P. R., *Rethinking International Trade*, The MIT Press, 1990.

Malerba, F., *The Semiconductor Business*, Frances Pinter Publishers, 1985.

Malerba, F., "The Organization of the Innovative Process" in N. Rosenberg, et al., eds., *Technology and the Wealth of Nations*, Stanford University Press, 1992.

Nelson, R. R., "The Link between Science and Invention : The Case of the Transistor" in *The Rate and Direction of Inventive Activity : Economic and Social Factors*, National Bureau of Economic Research, 1962.

Nelson, R. R. and S. G. Winter, *An Evolutionary Theory of Economic Change*, The Belknap Press of Harvard University Press, 1982.

Rosenberg, N. and W. E. Steinmueller, "The Economic Implications of the VLSI Revolution" in N. Rosenberg, *Inside the Black Box*, Cambridge University Press, 1982.

Schumpeter, J. A., *Capitalism, Socialism and Democracy*, New York : Harper & Row, 1943.

(日本文献)

伊丹敬之・伊丹研究室『逆転のダイナミズム』NTT 出版, 1988年。

科学技術庁『外国技術導入年次報告』各年版。

菊池 誠『日本の半導体四十年』中公新書, 1992年。

佐久間昭光『日本企業の研究開発』『ビジネスレビュー』Vol. 30, No. 3・4, 1983年。

産業タイムズ社『半導体産業計画総覧』各年版。

徐 正解『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, 1995年。

日本関税協会『日本貿易月表』1995年12月。

日本電子機械工業会『電子工業20年史』1968年。

日本電子機械工業会『電子工業30年史』1979年。

プレスジャーナル『日本半導体年鑑』各年版。

若杉隆平『先端技術産業の研究開発活動：半導体産業のケース』『ビジネスレビュー』Vol. 31, No. 3, 1984年。

(韓国文献)

韓国銀行『海外投資現地法人現況』1994年。

韓国産業技術振興協会『技術導入契約現況：1962-1988年』1989年。

韓国産業技術振興協会『技術導入年次報告』各年版。

韓国電子新聞社『1997年度韓国電子年鑑』1997年。

韓国特許庁『半導体の技術動向と我々の対応戦略(上)(中)(下)』『特許情報』第37,

38, 39号, 1996年。

韓国半導体産業協会『21世紀へ向けての韓国半導体産業の発展戦略』1996年。

韓国半導体産業協会『半導体産業』各年各月号。

韓国貿易協会『貿易統計』1996年版。

三星電子株式会社『三星電子』第19巻第20号, 1994年。

全国経済人連合会『半導体産業の競争力再構築戦略と課題』1997年。

宋・偉賑『半導体産業の長期発展のための技術革新戦略』科学技術政策管理研究所, 1995年。