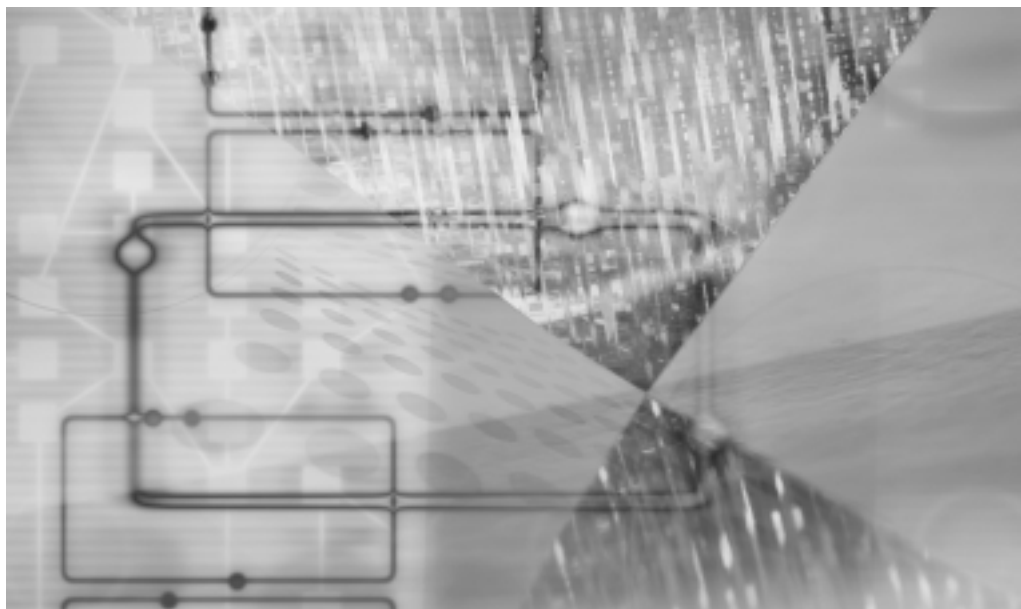


時間価値が求められる半導体製造装置業界

後藤知己



岸本隆正



半導体製造装置業界は半導体デバイスを下支えしつつ市場を拡大してきた。しかし、半導体製造技術が物理的限界に達しつつある一方、エレクトロニクス製品の消費先が発展途上国へも拡大し、製品のライフサイクルが短縮化するなど、半導体産業の外部環境が激変している。このため、装置・設備の急速な立ち上げや低コスト化が、半導体デバイスメーカーで重要になっている。

従来の半導体製造装置メーカーの成功要因は、総合メーカーとして半導体プロセスのトータルソリューションを提供すること、専門メーカーとして競争力のある製品分野への選択と集中を行うことなどにあった。今後は、これらに加え、時間価値と低コスト化を顧客に提供することが競争力の源泉となる。

時間価値と低コストな製品を顧客に提供するには、事業を迅速化する経営手法、コストの最小化を図る経営手法の導入が必須である。2008年には全世界で5兆円規模の市場になると想定される半導体製造装置業界で、半導体製造装置メーカーが、日本のエレクトロニクス産業を支える屋台骨として競争力を高めるために、経営革新が不可欠となっている。

これまでの業界推移

技術の限界への挑戦と ハイリスクビジネスへの変質

加工・制御技術の限界を克服し続けてきた半導体製造装置業界

半導体製造装置業界は、エレクトロニクスの最前線で、半導体の性能を高めてきた。アメリカのインテルが唱える「半導体の集積密度は18～24カ月で倍増する」というムーアの法則に従って、LSI（大規模集積回路）の性能を高め続けることは、半導体製造装置の緩まない技術革新なくして実現し得なかった。すなわち、半導体製造装置は、高度情報化社会を駆動する技術でもあった。

半導体製造装置メーカーは、全く新しい加工技術やナノメートルスケールでの加工・制御技術を、半導体デバイスの微細化ロードマップを実現するために磨き上げてきた。

半導体市場の景気に左右される
ハイリスク・ハイリターンの事業

半導体製造装置市場の規模は、1991年のお

よそ1兆円から、2004年には4兆円弱に拡大している（図1）。

半導体製造装置市場は、1990年代初頭から97年頃まで、半導体市場の拡大とともに、おおむね順調に拡大してきた。最先端の装置によって製造された半導体デバイスが、パソコンや携帯電話などのエレクトロニクス製品の市場を創出し、最終製品の需要の増加がまた新たな設備投資を生むという好循環を形成していた。

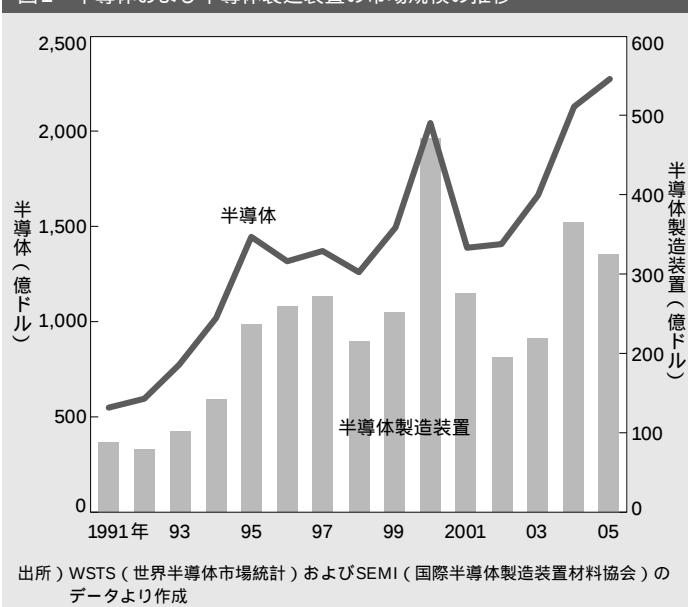
しかし、2001年に半導体市場が急激に縮小した際に、その影響を受けて半導体製造装置市場は3分の2程度に急激に縮小した。

半導体をもたらす最終製品へのインパクトが飽和し、高付加価値の先端半導体を製造することで最終製品であるエレクトロニクス製品の市場が創出されるという循環から、需要に対して最適量の供給と設備投資を行わなければ、過剰供給による単価下落によって市場が大きく縮小するという循環に変容してしまった。半導体事業がきわめて厳しいものになってしまったのである。

このような変化から、半導体製造装置事業は、半導体デバイスメーカーの設備投資に翻弄されるハイリスクな事業へと変質した。技術革新が限界に近づき、装置の開発に必要な開発投資や技術開発のリスクがこれまで以上に厳しいものとなっていることも、半導体製造装置事業のハイリスク化に追い討ちをかけている。

これまでのビジネスモデルでは、最先端の技術を武器にユーザーに入り込みさえすれば設備投資の増大が見込めた。しかし現在は、設備投資が見込めるユーザーをいかに獲得するか、顧客が自社にとってどれだけの価値があるかを見極めることが、事業成功のカギになってきている。

図1 半導体および半導体製造装置の市場規模の推移



最近のトピックス

厳しさを増す半導体製造装置事業、勝ち残りに向けた差別化戦略を構築する半導体製造装置メーカー

物理的限界の到来による 付加価値シフトの可能性

半導体製造技術・装置は、これまでさまざまな技術的限界を克服してきた。たとえば露光装置では、現在、ArF（フッ化アルゴン）液浸技術の実現に注目が集まっている。従来の空気中での露光には限界があるため、水中での露光への挑戦が進められている。

すでに、デザインルール（LSIの最小加工長）は半導体デバイスの物理的限界といわれる50ナノメートルに迫っており、研究所レベルで素子の形成ができて、量産への適応が難しくなっている。また、半導体デバイスの加工ができて、デザインルールの微細化に伴う性能の向上が難しくなっており、アーキテクチャー（基本設計）レベルの革新が求められるようになってきている。

このように半導体製造技術が限界に達しつつあるため、これ以上の技術革新を進めても、半導体デバイスの性能向上は難しくなっているのが現実である。半導体デバイスの製造における付加価値は、製造技術・装置そのものから、より上流の設計へと比重がシフトしつつある。

ユーザーの減少による 事業リスクの拡大

高度な技術への挑戦の結果、半導体装置の価格は上昇しており、たとえばArF液浸露光装置は1台で40億円もする。65ナノメートルクラスで、1つの工場の建設に3500億円を要するまでになっている。これは日本の5位以下の半導体メーカーの売上高を上回る投資額

であり、ほとんどの企業が投資できる水準を超えている。

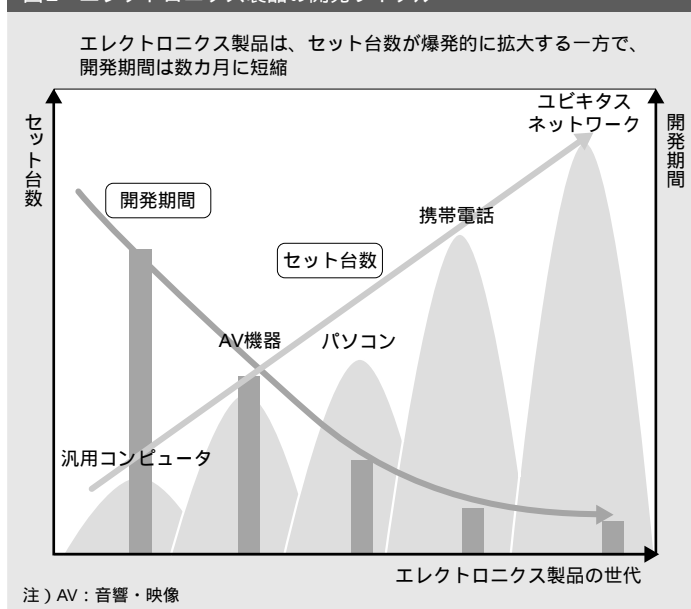
製造プロセスのライフサイクルを3年として、半導体メーカーは、法定償却5年の設備を償却し、償却後には1.3倍に増大した次世代投資を行わねばならない。法人税などを考慮すると、営業利益率は35%以上を維持しなければならない。こうした投資リスクを負いつつ、高収益を維持するには、有力な製品がコスト構造、あるいは他社と全く異なるビジネスモデルを持つしかない。そのため、半導体製造装置を購入するユーザーの席が限定されつつある。

製品のライフサイクルの短縮

エレクトロニクスの世界では、製品出荷までのサイクルがきわめて短くなってきている（図2）。パソコンは、世界需要1.5億台で、製品のライフサイクルは18カ月だったが、携帯電話は、世界需要6億台で、製品のライフサイクルは3～6カ月にまで短縮している。

半導体は、エレクトロニクス製品のコア部

図2 エレクトロニクス製品の開発サイクル



品であるため、最初に完成すべき製品だが、コアLSIの設計には1年以上の開発期間が必要である。そこで、携帯電話などのアプリケーションを実現するために、リコンフィギュラブルアーキテクチャー（書き換え可能な回路）や、SIP（システム・イン・パッケージ）すなわちロジック、メモリーなど複数のチップを搭載した回路など、変更可能なアーキテクチャーが導入されている。

しかし、それだけでユーザーニーズを満たすことはできない。生産のため工場の建設からラインを立ち上げると1年を要し、装置を入れ替えるだけでも3～6カ月近く必要となる。このため、半導体製造装置メーカーの役割はきわめて重要であり、生産ラインの短期間での立ち上げへの大きな貢献が期待されている。

勝ち残りに向けた差別化戦略を構築してきた半導体製造装置メーカー

ここまで述べたような、技術的限界の到来や、ユーザーの減少、製品のライフサイクルの短縮化などを背景に、半導体製造装置を製造できるメーカーおよび半導体製造装置事業で利益を獲得できるメーカーも次第に限られてきた。その結果、寡占化が進展し、半導体製造装置メーカーも世界の大手に集約されつつある。

露光装置メーカーではオランダのASMLと日本のニコン、キャノンが、ウエハープロセスではアメリカのアプライド・マテリアルズと日本の東京エレクトロンが、それぞれ圧倒的なシェアを握っている。また、試験装置では日本のアドバンテストが非常に高いポジションを占めるようになった。

こうした企業の寡占化は進む一方だが、淘汰が完全に進んでいるわけではない。むしろ

半導体製造装置業界は、トータルプロセスを握るアプライド・マテリアルズ、東京エレクトロンなどの最大手と、各種の特徴的な技術を握る企業に分化しつつある。

このような現状を見る限り、これまでの半導体製造装置メーカーの差別化戦略は、総合メーカーとして半導体プロセスのトータルソリューションを提供する方向性と、専門メーカーとして選択と集中を図る方向性の2つが大きなものであり、各社が戦略を推し進めた結果が現在の業界プレーヤーの構図になっていると考えられる。

しかし、半導体製造装置業界を取り巻く環境が大きく変化している現在、新たな競争軸で差別化を図る企業が登場している。以下でその先進事例を紹介する。

先進事例の分析

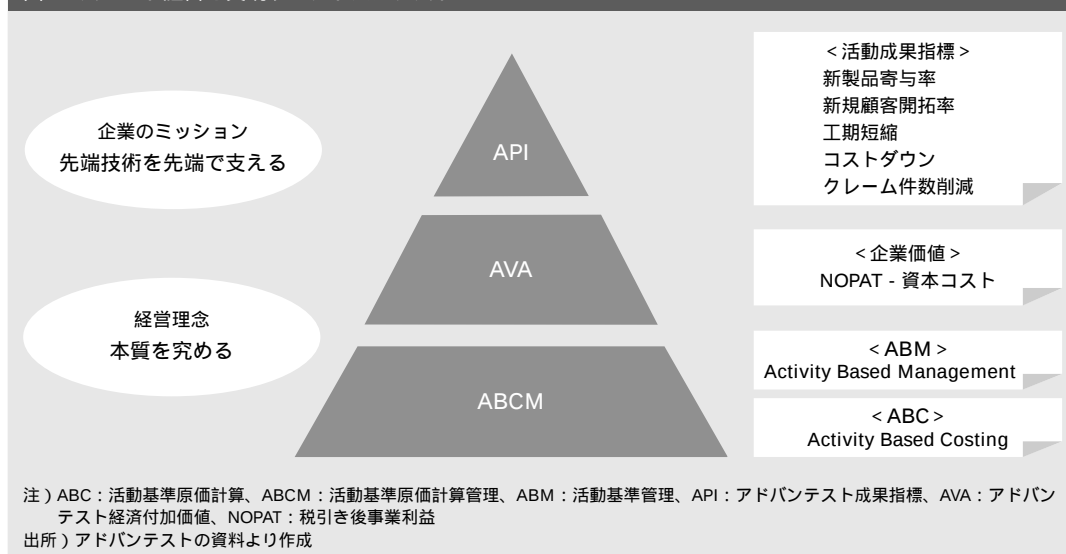
徹底した低コスト構造と新たな付加価値を競争軸に置く先進企業

試験装置でスピード×テクノロジーを 実践するアドバンテスト

アドバンテストは、半導体試験装置で世界をリードし続けている。近年は、メモリーテスターだけでなく、ロジックテスターでもシェアを伸ばしている。2005年度の売上高は2500億円、営業利益は640億円の見込みである。同社は徹底した改革を行い、売上高営業利益率25%というきわめて高い収益率を実現している。

市場が1年間で半分に縮小するという驚異的なクラッシュを招いた2001年の半導体不況下において、同社も他社と同様に大幅な赤字に見舞われた。しかも、赤字は2期連続となり、深刻な危機に陥った。同社は、この危機の脱出に向けて、明確な指針を掲げ、改革を行ってきた。

図3 スピード経営を実現するアドバンテストのAPIとABCM



マネジメント改革

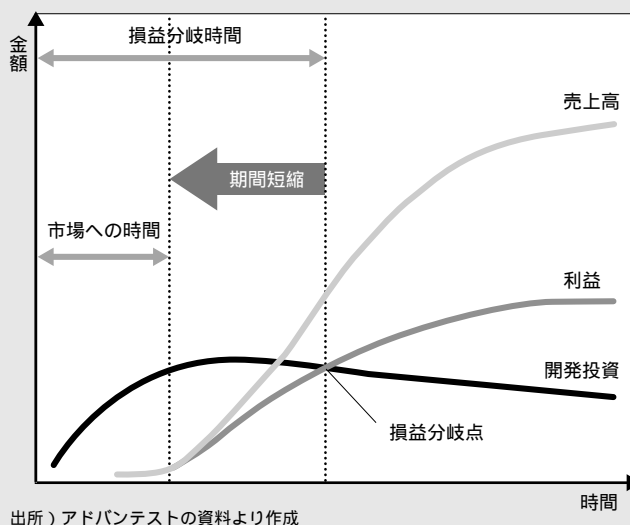
アドバンテストは、改革の指針となるAPIと、末端までの活動を管理するABCMなどを導入している（図3）。

APIは、Advantest Performance Index（アドバンテスト成果指標）であり、同社流のKPI（重要業績評価指標）である。企業価値を測るいくつかの指標をAPIと定義し、各ビジネスユニットの管理指標としてコントロールしている。

ABCMは、Activity Based Cost Management（活動基準原価計算管理）であり、各ビジネスユニットの使命に応じて活動を定義し、各活動を時間管理する。また、ABC（活動基準原価計算）と呼ぶ各活動に要する費用を明確化している。

こうした明確なパフォーマンス管理によって、同社は損益分岐点売上高を極限まで低減し、1500億円規模にした。この結果、激しく変動する半導体市場に対応し、市場価格が30%以上変動しても黒字を維持できる水準にまで、コスト構造が作り込まれている。同社はこれにより、半導体製造装置の開発投資と

図4 損益分岐時間の短縮



利益が均衡するまでの時間である損益分岐時間の短縮を実現している（図4）。

生産ベースの開発プロセス革新

アドバンテストは、ハイテクを駆使した生産管理システムを有していた。浮上型のパレットを用いて、生産管理を行うものである。しかし、ホストコンピュータ系のシステムであり、ラインの硬直性も指摘されたため、トヨタ生産方式の1つである後補充生産を導入

した。これは、前の工程が必要最小限の完成品在庫を持ち、後工程に引き取られた分だけを素早く生産して補充するものである。単純な生産管理手法を導入するだけで、生産効率は飛躍的に向上し、工場の製品を置いておくフロアの面積は半減した。

加えて、生産管理システムも小規模なものに置き換え、ダウンサイジングを実現した。

テクノロジーセンターを活用し、スピード×テクノロジーを实践する アプライド・マテリアルズ

アプライド・マテリアルズは、主要な半導体製造装置でトップシェアを維持しており、業界トップの勝ち組半導体製造装置メーカーとして、半導体デバイスメーカー各社に常に先端のプロセス技術を提供している。

2005年には、売上高69億9200万ドル、営業利益14億4800万ドル、営業利益率20%超を実現し、規模と収益性の面で圧倒的な存在感を示した。同社はその収益力をもとに、新たな付加価値を顧客に提供している。

テクノロジーセンター活用により、顧客にはスピード、自社にはキャッシュをもたらす

アプライド・マテリアルズにはメイダン・テクノロジーセンターと呼ばれる実験・評価施設があり、同社は半導体デバイスメーカーと同様に半導体の製造ラインを保有しつつ、半導体製造装置の開発を行っている。このテクノロジーセンターでの装置開発が、事業スピードを加速する原動力となっている。

テクノロジーセンターで、半導体製造装置の立ち上げに必要な製造プロセスの各種条件の抽出を、実際の半導体製造ラインと同等の施設で行うため、ユーザーは装置導入時の立ち上げをスムーズに行うことが可能となる。

製品のライフサイクルが短くなっているエレクトロニクス産業のユーザーにとって、この時間価値が大きな付加価値となる。

この時間価値は、ユーザーだけでなく、自社にとっても事業上の大きな優位性をもたらす。他の半導体製造装置メーカーに比べ、ユーザーの工場において装置の立ち上げに要する時間が少ないことを活用して、できるだけ多くのユーザーの装置立ち上げや顧客の獲得に人材を充てることで、人材1人当たりのパフォーマンスを極大化することが可能となっている。

時間と収益性の徹底的なマネジメント

アプライド・マテリアルズは、上記のような活動を展開するに当たって、人材の時間、コスト、収益性をマネジメントすることができている。同社は、装置の立ち上げにかかる時間やコストと獲得できる収益、それによる機会損失をすべて財務に落とし込んで管理することで、収益を最大化する仕組みを導入した。すべてを収益性の面で管理し、収益性の観点から案件の優先順位をつけている。

ただし、このような取り組みが実現できている背景には、同社がグローバル勝ち組企業として、デファクトスタンダード（事実上の標準）に近い製品によって顧客を維持し、潤沢なキャッシュを持っていることがある。

製品のライフサイクルを収益化する経営

同社は、売り上げの20%近くを半導体製造装置の修理や保守・メンテナンスで稼いでいる。ユーザー数の減少により、装置売り切りの事業が減少していく可能性があるなかで、収益を極大化するために製品のライフサイクル全体を事業と捉えている。

特に日本企業の場合、このようなサービス

で利益を得るモデルを構築している企業は少ないといわれる。アプライド・マテリアルズは、半導体製造装置のライフサイクルを収益化するビジネスモデルによっても、他社との差別化を図っている。

業界構造の変化

スピード経営と収益極大化経営へのビジネスモデル変革が起こる

スピード×テクノロジーが半導体製造装置メーカーの新たな付加価値に

半導体製造装置事業において、顧客に提供する付加価値として、プロセスの立ち上げのスピードが重要な意味を持つ。携帯電話世界最大手のノキアクラスのメーカーであれば、年間1億台規模の製造ラインを立ち上げるが、それを実現するには新しい半導体プロセスの立ち上げがキーとなる。

機器メーカーにとっては、1カ月のライン

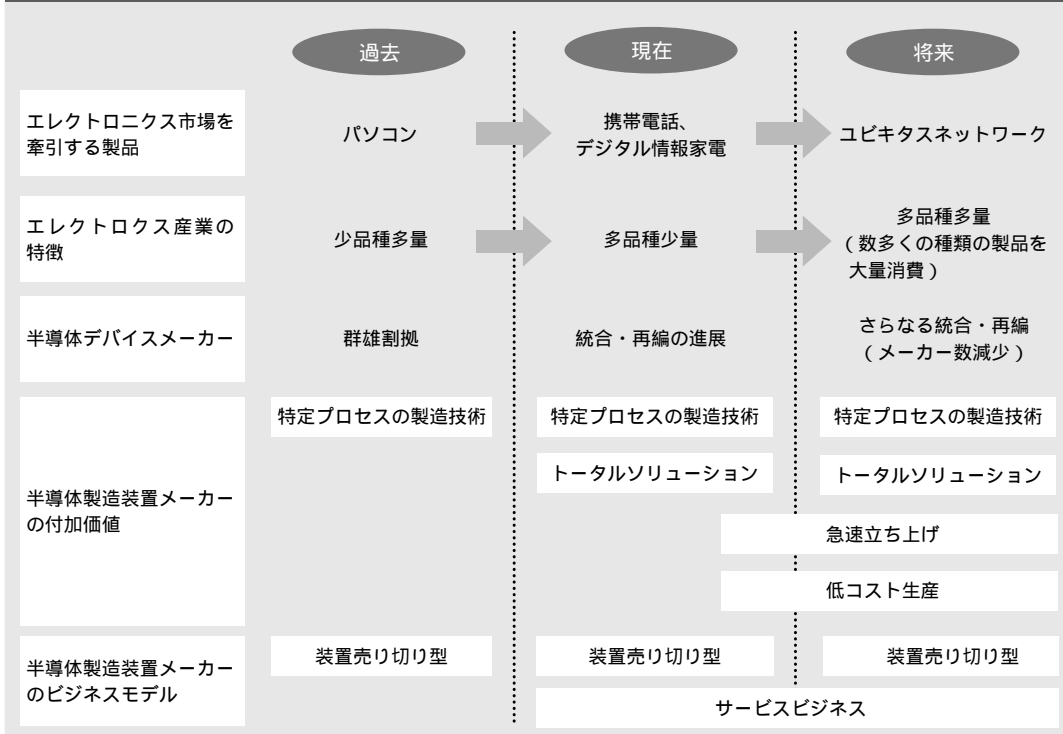
立ち上げの遅れが、利益にして1000億円規模の損失につながる。しかし、物理的限界に挑戦しつつ、その立ち上げを担うのには実力が問われる。それを実現することが、半導体製造装置メーカーの付加価値となる。先進企業の事例でもあったように、今後は、トータルソリューションの提供や専門化によって特定分野で高い技術力を提供する以外の、付加価値の重要性が増していく（図5）。

収益源の多様化

将来的には、投資負担の増大から、半導体製造装置のユーザーが減少することが想定される。半導体製造装置メーカーにとって、製品シェアの向上や製品ラインアップの増強だけでは、収益を拡大できない可能性がある。

そのような状況で事業を拡大していくためには、製品の修理やアフターサポート、中古装置事業など、製品のライフサイクル全体に

図5 半導体製造装置メーカーの付加価値の変化



わたって得られる付加価値を収益源として事業化していくことが、ますます重要になる。サービスをいかに収益化できるかが、半導体製造装置メーカーの競争力になってくる。

市場の見通し

BRICsでの需要増と北京オリンピックに向けて市場は拡大し、2008年には5兆円市場に

発展途上国での市場拡大が見込まれる エレクトロニクス産業

中国を筆頭とするBRICs（ブラジル、ロシア、インド、中国）で、年率6%以上の経済成長が見込まれる。BRICsは、今後の半導体産業を牽引していく中心地となってくる。ここでは、半導体の主要なアプリケーションである携帯電話、パソコン、デジタル情報家電の需要について見てみよう。

携帯電話の需要は、先進国ではすでに飽和傾向にある。今後の市場拡大は、中国、アジア、アフリカなど発展途上国におけるミドルおよびローエンド端末の需要増と、先進国におけるハイエンド端末の需要増の2つが支え

ていくことになる。携帯電話の需要は現在の6億台から2010年には8億台を突破し、半導体の需要も大きく拡大する。

パソコンの需要は、先進国ではすでに飽和しつつあり、AV（音響・映像）など新しい機能の追加による新市場の創出と買い替え需要がメインとなっている。一方、発展途上国については、中国ではすでに日本市場並みの市場が形成されつつあるほか、中国以外の地域でもまだまだ高い市場成長が期待できる。

デジタル情報家電については、北京オリンピックが開催される2008年に向けて、先進国も含め、薄型テレビやハードディスクレコーダーなどの需要が拡大する。また、次世代ゲーム機の普及なども見込まれる。

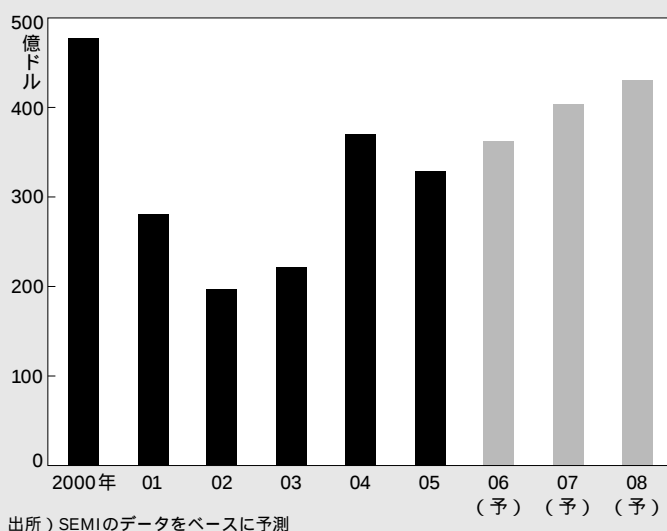
半導体製造装置市場は 2008年に5兆円規模に

以上のようなエレクトロニクス機器の発展途上国などでの需要拡大に向けて、半導体デバイスメーカーの設備投資は、今後数年間は堅調に伸びていくことが予想される。特に、2008年の北京オリンピックに向けて、設備投資を積極化していくことが見込まれる。その恩恵によって半導体製造装置の市場も拡大し、5兆円程度の規模になろう（図6）。

ただし、需要の拡大が見込まれるエレクトロニクス製品すべてにおいて、市場における低価格化の圧力が存在しており、より低コストでの生産と、大規模市場における需要増への迅速な対応が必要になってくるのは間違いない。

それらエレクトロニクス製品を支える半導体製造装置についても、ユーザーである半導体デバイスメーカーの状況に対応すべく、低コスト化と、設備の立ち上げ時間の短縮化がこれまで以上に求められてくる。

図6 半導体製造装置の市場規模の予測



半導体製造装置業界の競争力強化と時間価値獲得のための経営革新

業界構造の変化に対して、半導体製造装置メーカーは、時間とスピードに非常に大きな付加価値があることを意識すべきである。その付加価値を企業の収益源として利益に反映していくためには、ビジネスプロセスの革新、組織の改革、経営手法の革新など、抜本的な改革が必要になる。

時間価値への注目

エレクトロニクス機器に限らず、事業には逃してはならない機会がある。12月24日を過ぎれば、クリスマスケーキは価値が半減する。事業も同様であり、タイミングを逃せば売り上げも収益も半減する。

半導体は、社会のあらゆる製品の産業財であり、エレクトロニクス技術を用いるあらゆる機器に搭載されているため、時間の管理は顧客の収益を左右する大きな要因である。年末に競って発売されるゲームや大型テレビなどのヒット商品は、第4四半期に数千億円の売り上げが集中する。その実現を担うのが半導体メーカーであり、それをサポートするのが半導体製造装置メーカーである。工場の立ち上げが4ヵ月から3ヵ月に短縮されれば、セットメーカーの売り上げは最大30%拡大するインパクトがある。

半導体製造装置業界が挑む時間価値は、こうしたところにある（図7）。

スピード革新のための

マネジメント手法導入と組織改革

開発手法の革新

納期と立ち上げを早くするモジュール化

東京エレクトロンが、半導体製造装置の開

発に導入しているように、モジュール化はスピード化に大きく寄与している。日本の強みはすり合わせ文化にあるといわれるが、その意味で、コアコンピタンス（競争力の中核）をブラックボックス化したモジュールとその組み合わせにより、短い納期と立ち上げ時間が実現する。

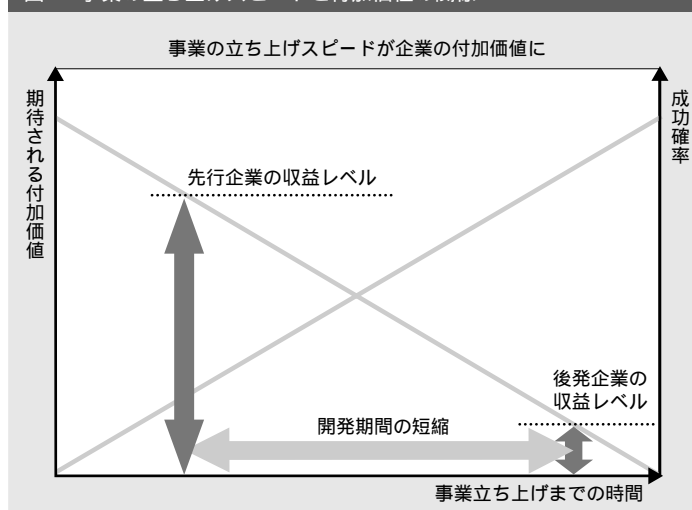
開発現場を変えるトヨタ生産方式

技術開発部門と量産ラインは切っても切れない関係にある。開発を含む量産の立ち上げ時間と製品の納期の短縮には、通常、ビジネスフローの川上にある研究開発が重要と考えがちである。しかし、トヨタ自動車流の開発・生産方式は、生産のしやすい開発、設計を実践している。アドバンテストは、この生産方式を導入して大幅な収益改善を成し遂げている。

スピード経営に対応した組織改編

東京エレクトロンは、半導体製造装置の製造部門を製品別に4つの事業部に分割することを発表した。同社では、組織の分割により個々の販売戦略やマーケティング戦略の立案機能を製品別に強化し、顧客や市場の変化への対応を迅速化して、経営スピードの向上を

図7 事業の立ち上げスピードと付加価値の関係



図ろうとしている。半導体製造装置メーカーの事業規模にもよるが、今後、機動性の高い組織へと改革することが必要になるだろう。

マネジメント手法の革新

KPI

スピード革新のための業績評価指標を導入することで、事業のスピード化が図られているか否かを管理していくことが、業界として今後ますます重要になってくるだろう。単に売上高や収益性にとどまることなく、事業のスピードにかかわるKPIを導入し、事業を管理していくことが求められる。

ABCM

アドバンテストが導入しているように、コスト管理を徹底し、どの活動にコストがかかっているかを明確にすることで、ビジネスプロセスを改善し、事業のスピードを速めていくことが重要となる。コストの観点から、重要な顧客を見極めることが必要となる。

業界構造の目まぐるしい変化に対応するために、半導体製造装置メーカーは、事業のスピード化と低コスト化を実現する経営への変革を迫られている。日本のエレクトロニクス産業の競争力を支える産業として、半導体製造装置メーカーが経営革新を進めることは避けて通れない。今後の市場拡大が期待できる今こそ、将来のビジネスチャンスを確実に物にするために、改革への着手が進むことを期待したい。

著者

後藤知己（ごとうともみ）

技術・産業コンサルティング部副主任コンサルタント

専門は半導体、ハイテク分野などの事業戦略、M&Aサポート

岸本隆正（きしもとたかまさ）

技術・産業コンサルティング部上席コンサルタント

専門はエレクトロニクス、R&Dマネジメント