

〔研究ノート〕

半導体製造工程の標準化と差別化 「ロードポート」のケース

貴志 奈央子

東京大学大学院経済学研究科

[E-mail: ee37035@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp](mailto:ee37035@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp)

要約：半導体業界の製造工程における標準化について、ウェハ格納容器と製造装置のインタフェースでウェハを外気にさらすことなく搬送するロードポートに焦点をあて、次の二点を明らかにする。ロードポートがひとつの市場を形成するに至った経緯。標準化された製品でありながら市場シェアトップを達成したロードポートメーカーの戦略。

キーワード：半導体、標準化、顧客志向

1. はじめに¹

半導体業界では、ウェハの大口径化にともなって製造工程の自動化が進められてきた。ウェハのサイズが 200mm の時期までは半導体の製造工程にオペレーターが入り、製造装置間のウェハの移動を人によってまかなうことも多く、部分的に AGV(Automatic Guided Vehicle) を使用するなどで対応していた。しかし、ウェハサイズが 300mm に達する頃には、微細化によって要求されるクリーン度が高まったため FOUP (Front Opening Unified Pod) と呼ばれる密閉型のウェハ格納用ポッドが使用されるようになった(図 1 参照)。これによって運搬時にウェハの拡大とポッド分の負荷が増し、人による搬送が困難となったことから製造工程の全自動化が検討されるようになった。製造工程が全自動化されると、搬送されたウェハを受け取って製造装置に搬入する作業を担う機械が必要とされるようになり、ポッドと製造装置のインタフェースでウェハを外気にさらすことなく移動させるロードポートが使用され

¹ 本事例は 2005 年 12 月 7 日に行われた T 社担当者 2 名を対象に行われたインタビュー調査・公開資料・業界関係者との非公式な議論に基づいて構成されている。

図1 ウェハをパーティクルから保護する FOUNDRY OVER UNDER PROTECT (FOUP)



出所) 信越ポリマー株式会社ホームページより
<http://www.shinpoly.co.jp/business/seimitsu/300ex/index.html>

るようになった。

本研究ではこのロードポートに焦点をあて次の二点を明らかにする。第一に、製造装置の一部として組み込まれるロードポートが切り出されてひとつの市場を形成するに至った経緯について言及していく。デバイスメーカーから見た場合、製造装置へのウェハの搬出入は必要不可欠であるが、露光やエッチングなどを行う製造装置とは異なり付加価値を生まないステップであるため、製造装置メーカーにとってリソースを費やす価値は低く、生産を外部委託できる可能性が高い。また、多数の企業が特定のロードポートメーカーに集中して委託すれば量産による低価格化を達成することができる。そして第二に、標準化された製品であるロードポートについて市場シェアトップを達成したメーカーT社の戦略を明らかにする。ロードポートはひとつの装置につき平均 2.5~2.7 台使用されるため、ひとつの工場で見ると400~500 台作動していることになるが、T社のロードポートは2000年に発売以来、既に1万台以上の導入実績を築き世界シェアNo. 1を達成している。² 標準化が進むと参入障壁の低下が新規参入を誘引し、激しい価格競争が展開されると考えられるが、T社は標準化への緻密な合わせこみを達成すること、およびロードポートを実際に使用するデバイスメーカーへの対応を徹底することで市場シェアの拡大を実現していった。

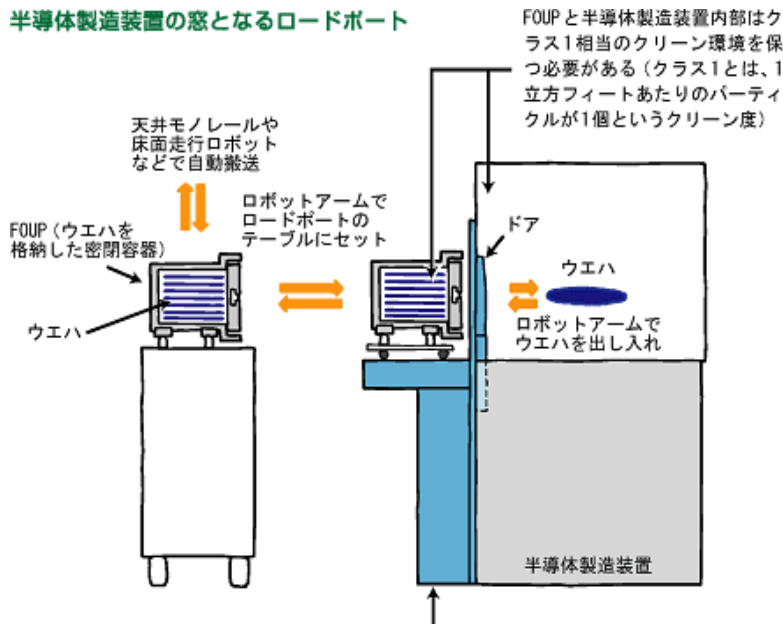
² T社のホームページより引用。

2. ロードポートとは

上述のようにロードポートとは、ポッドと半導体製造装置のインタフェースにおいてウェハを自動で搬出入する機械であり、製造装置に組み込まれて機能する。図2に示されているのは、ロードポートが搬送機からポッドを受け取って製造装置にウェハを搬入するまでの模式図である。製造装置間を搬送されるウェハは、パーティクルの付着を避けるため局所的にクリーン度を高めた蓋付きのポッドに格納されている。ウェハを格納したポッドは製造工程において、天井に設置された軌道レールを走行するOHT（Overhead Hoist Transport）や床を走行するAGVなどによって搬送され、製造装置の前までくるとロードポートのテーブル上に移される。次に、ポッドが前進して製造装置の開口部とドッキングし、製造装置のドアが開かれてポッドからウェハを搬入する。製造装置内で処理が施されたウェハは再び開口部からポッドへ搬出され、ロードポートを経由して次の処理が行われる装置まで搬送されていく。

こうしたロードポートと製造装置のメーカーの間には、表1に示されているように三つの取引パターンがある。ひとつめは、ロードポートメーカーが製造装置メーカーに納入するパターン。製造装置メーカーはロードポートを外部のメーカーから購入し、装置に組み込んでデバイスメーカーにセット販売することになる。このパターンでは、ロードポートメーカー

図2 ロードポートの機能



出所) T社のホームページより。

がロードポートをEFEM (Equipment Front End Module) と呼ばれるモジュールに組み込んで製造装置メーカーに納入する場合もある。EFEMはロードポート・ウェハ搬送機構・ウェハ搬送室から構成され、ロードポートから搬入されるウェハを製造装置内の処理工程に供給するまでを担うモジュールである。³ これに対し二つめは、製造装置を手がけているロードポートメーカーが自社製品に装備するパターンである。この場合、ロードポートメーカーは外販も行っている。そして三つめは、製造装置メーカーが自社向けにのみ内製するパターンである。ロードポートメーカーが関与できるのは1~2の取引パターンであり、製造装置を手掛けていないT社の販売機会は1のパターンということになる。そして、これら三つのパターンいずれの場合もデバイスメーカーは、ロードポートが既に据え付けられた製造装置を購入することになる。

また、デバイスメーカーが製造工程の全自動化においてロードポートの使用を開始するにあたり最も危惧していたのは、製品の信頼性であった。ロードポートはウェハに付加価値を提供する機械ではないため、その「信頼性が高い」とは製造工程を停止させるような不具合が生じないことを意味する。製造装置についてはこれまでに購入経験があるため、デバイスメーカーもそのパフォーマンスを判断することができる。また、ウェハを格納するポッドについても搬送に人が介在していた頃から使用していたため、評価能力を有していた。しかし、

図3 ロードポート



出所) T社の製品カタログより。

表1 ロードポートの取引パターン

| | | | |
|---|---------------------------|----------|----------|
| 1 | ロードポートメーカー | 製造装置メーカー | デバイスメーカー |
| 2 | 外販も手がけるロードポートメーカーが自社製品に装備 | | デバイスメーカー |
| 3 | 製造装置メーカーが自社用にのみ内製して装備 | | デバイスメーカー |

³ 株式会社安川電機ホームページより。 <http://www.yaskawa.co.jp/newsrelease/2006/12.htm>

半導体製造工程の標準化と差別化

製造工程の全自動化によって初めて導入されることになるロードポートについては情報をほとんど入手できず、デバイスメーカー側に信頼性の判断材料がまったくない状態であった。さらに、市場が形成された当時は複数のロードポートメーカーが参入していたことから、標準化された製品の中からすぐれたパフォーマンスを達成してくれるメーカーを選択することは困難であった。一方、ロードポートは規模の経済性を享受できる製品であったことから、デバイスメーカーは供給先を特定のロードポートメーカーに絞り、信頼性の高い製品を安く供給してもらうことを期待していた。

3. 市場の創出と拡大

3-1. ミニエンバイロメント方式

ロードポートに対する需要は、線幅の微細化に伴いクリーンルームのクラス(クリーンレベル)を向上させる必要が生じたことで創出された。全自動化以前について見ると1990年代に入っても製造現場ではウェハをオープンな状態で搬送しており、歩留まりを上げるために製造エリアのクリーンルームレベルを引き上げなくてはならない状態が続いていた。しかし、微細化が進むにつれてきわめて高いクリーンレベルを達成する必要が生じ、製造エリア全体のレベルを引き上げていたのではコストが嵩みすぎる事態に陥った。そこで、ウェハサイズが200mmに拡大された時点で必要な部分だけクリーンレベルを高めることができるように、当初からT社も提唱していたミニエンバイロメント(局所クリーン環境)方式が採用されることとなった。ミニエンバイロメント方式では搬送されるウェハをポッドに格納し、ポッドの内部だけクリーン度を必要なレベルまで引き上げることになる。ポッドに入ったウェハが人によって搬送されていた時期もあったが、人を原因とする汚染が問題となり、ポッドの自動搬送が検討され始めていた。

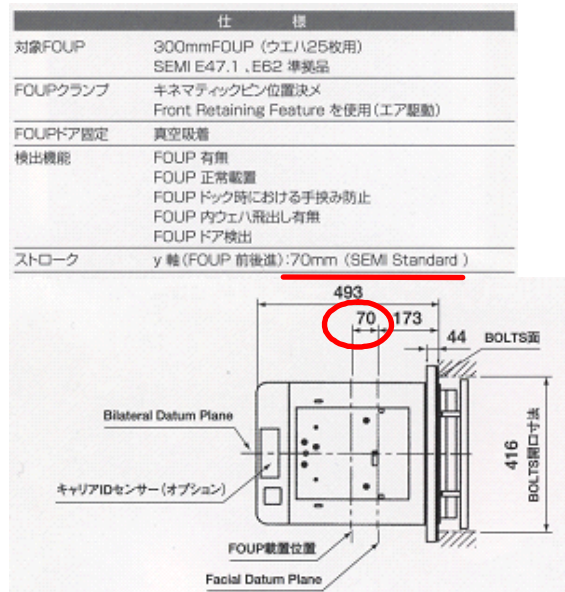
こうした動きをうけてポッドの自動搬送を可能にするロードポートが出現し、米国のA社がロードポートを使用した自動化ラインを発売した。さらに、米国ではB社もロードポート市場に参入していた。しかし、当時は製造装置によってインタフェースが異なる状況にあったため、ロードポートと製造装置の位置関係を規定することが不可能であった。各装置のインタフェースに合わせてロードポートの調整を行えばそれぞれに改造費や設計費がかかるため、ミニエンバイロメント方式を採用することで達成したコスト削減の効果が相殺されてしまう。また、ロードポートの自動化が検討されるようになった時点では、既に200mm向けの製造装置が完成しており、製造装置のインタフェースを変更することは不可能であった。

したがって、人が介在すれば汚染が生じ、自動化を進めれば多額の投資が必要になるとい
うジレンマを抱えたまま 200mm ウェハの時代に全自動化は達成されず、300mm 世代に向け
て行われる新規の設備投資時期に期待をつなぐこととなった。量産効果を得てウェハ一枚当
たりの製造コストを低下させるためには、必然的に大口径のウェハを使用して製造量を増や
し単価を引き上げる必要がある。したがって、300mm 世代に突入すること、およびウェハ
の大口径化に伴う新たな設備投資が行われることは明白であった。さらに、300mm ウェハ
を処理する装置は新たに設計・製造されるため、ロードポートの使用を加味してウェハの搬
出入を行う装置のインタフェースを統一することが可能となる。

3-2. 製造工程の全自動化

こうして製造工程の全自動化は、ウェハの大口径化に伴う総重量の増加から人による搬送
が困難となった時点で検討され始め、ウェハのサイズが 200mmから 300mmへと拡大する転
機に達成された。全自動化の達成には装置間の通信仕様の標準化と、製造装置と搬送機器の
インタフェースに関する標準化が不可欠であり、特にロードポートの市場拡大に寄与したの
は製造装置の開口部に関する規格の標準化であった。標準化において決定された製造装置と
ロードポートのインタフェースの規格は間口の寸法、蓋を開閉するさいの鍵となるラッチの
位置、吸着パッドの位置、開閉する蓋の大きさ、ロードポートの製造装置側の寸法すべて、

図 4 ロードポートの標準規格例



出所) T 社の製品カタログより。

OHTから下降してくるポッドを置くテーブルの高さ・位置、製造装置とポッドの距離、ポッドを固定するキネマティックピン⁴の位置である。図4に示されているのは、製造装置とポッドの距離に関する標準規格の例である。標準化では、ポッドが製造装置の間口とドッキングするさいに前進する距離を70mmと規定しており、デバイスメーカーは納入のさいに100分の1ミリ単位でこれらの標準化についてパフォーマンスを評価している。製造装置のフェースが標準化されたことで、装置メーカーはデバイスメーカーそれぞれの生産ラインにおいてデバイスの付加価値向上とは無関係なカスタマイズをする必要がなくなり、業界として新規投資におけるコスト削減が可能になったと同時に、製造工程の自動化が実現し、ロードポートの需要が伸びることとなった。

4. 市場の形成

ロードポートに対する需要は、製造工程の自動化によって生じた。しかし、取引パターンのひとつとして上述したように、ロードポートは製造装置メーカーが内製することも可能な製品である。したがって、なぜ装置の一部を構成するロードポートが切り出されてひとつの装置市場を形成したのかについて疑問が残る。ロードポートメーカーに製造を委託し、業界として規模の経済性を享受するまでにはある程度の時間がかかる。その前段階で、製造装置メーカーはなぜ外部委託の意思決定をしたのか。その要因として、次の二点を挙げることができる。第一の要因は、ウェハを装置に搬入することがデバイスメーカーにとって製品の付加価値を生むステップではないことである。表2に示されているように、製造工程ではFOUPによって保護されたウェハがAGV・OHT・RGV (Rail Guided Vehicle) によって搬送され、目的の製造装置の前に到着するとロードポートを通じて搬入され、装置内で処理が施される。デバイスメーカーが付加価値を提供できるのは、製造装置を使用してウェハに処理を施すステップのみである。そして、FOUPおよび搬送機器についても製造装置とは独立した市場が形成されていることから、ロードポートがデバイスメーカーの付加価値に直接的には貢献しないステップで使用されるため、製造装置メーカーはその外部委託を選択肢のひとつとして掲げることになったと考えられる。そして第二の要因は、T社のロードポートが信頼性とパ

⁴ ポッドの位置を正確に固定するためにキネマティックカップリングという方法が用いられている。キネマティックカップリングは100年以上前から使用されていた古典的な技術で、三角形を描くように配された三つのボールとそれに対応した平面に設けられた「みぞ」とのカップリングによって緻密な位置合わせを行う方法であり(林, 2003)、キネマティックピンとは上記の三つのボールの代わりに使用される突起である。

表2 製造工程におけるウェハの処置と必要機器の関係

| ウェハに対する処置 | 使用される機器 |
|-----------------|-------------|
| 保護 | FOUP |
| 搬送 | AGV・OHT・RGV |
| 製造装置から搬送機器への搬出入 | ロードポート |
| 製造 | 各種製造装置 |

ーティクル混入の回避についてSelete (Semiconductor Leading Edge Technologies, Inc.)⁵ から No. 1 の評価を獲得し、市場において製品の信頼性を認知されたことである。ロードポートのエンドユーザーとなるデバイスメーカーは製造工程の停止を引き起こすロードポートの不具合を恐れていたが、製品の信頼性を判断する能力を欠いていた。こうした状況でSeleteがロードポートの評価結果を開示したことによって、ロードポートの信頼性に対する業界の懸念が払拭され、規模の経済性は達成される見通しが立つこととなった。またSeleteから優れた評価を得た結果、T社のロードポートに対する需要が伸び、装置メーカーおよびデバイスメーカーがコストや品質におけるベネフィットを享受できるという好循環が生まれた。

5. T社のケース

5-1. 参入の動機とタイミング

T社が半導体業界に参入したきっかけは、主力製品をテープから形状がウェハによく似たディスクへと移行させたことにある。テープと異なりディスクもパーティクルを嫌う特性があるため、T社自身も一足早く搬送用格納容器から製造装置へ製品を自動でハンドリングする機械に着目していた。また、T社は半導体デバイスメーカーのように製造装置の購買に多額の新規投資を行う余裕はなかったため、投資を最小限に抑えたいという動機からミニエンバイロメント方式を考案していた。一方、半導体業界では200mmの時代から本格的に検討され始めた製造工程の自動化が300mmの時代の実現されると、ロードポートの市場が急拡大することとなり、T社はこの時期にデバイスメーカーからロードポート製造の依頼を受け、ロードポート市場に参入を果たすこととなった。

⁵ 1996年に300mmウェハ装置を用いる生産技術の開発を目的として設立されたコンソーシアム。半導体の製造装置および材料の評価を行う。

半導体製造工程の標準化と差別化

T 社が市場に参入した当時、ロードポートは米国の A 社と B 社の 2 社によって独占的に供給されていた。しかし、200mm ウェハの製造では装置のフェースが標準化されていなかったため、A 社と B 社は自動化を重視していた台湾の半導体メーカーにのみカスタマイズした製品を供給しており、半導体業界全体において強力な独占力を持つというわけではなかった。一方、300mm の新規投資においてロードポートを初めて購入することになるデバイスメーカーは信頼性の保障された製品を求めており、さらにウェハに付加価値を提供できるステップではないことから、一度購入して信頼性を確認できれば規模の経済性を享受するために同じメーカーから継続的に調達することを望んでいた。こうした状況の中、日本企業による 300mm 製造ラインへの新規投資が拡大した時点で、T 社がロードポートを供給できる国内メーカーとして既に認知されていたことは顧客獲得の好機を得る要因となった。

5-2. 標準化されたインタフェースへの合わせこみ

ロードポートの製造にあたって T 社が注力しているのは、信頼性・標準化への対応・価格の 3 点である。第一の信頼性についてはロードポートを停止させないこと、および製造装置とポッドへのパーティクルの混入を防ぐことが焦点となる。第二に、製造装置とロードポートの調整コストを削減するには必ず標準化を達成しなければならない。そして、第三にロードポートの低価格化を実現しなければならない。300mm ラインへの新規設備投資に間に合うタイミングで、T 社は Selete から高い評価を得て第一の要件である信頼性の認知を達成した。またパーティクルについては、クリーンルームと同様の方法で次のように混入を回避している。まず製造装置内の圧力を最適な高さに設定し、さらに意図的に蓋の周囲に隙間をつくると圧力の低い外部に空気が流れ、内から外に向かって風が吹くためパーティクルの流入を回避できることになる。また、第三の価格については市場シェアトップの達成によって、競合企業よりも早く経験曲線を下降していることが、競争力強化につながっているとみられる。

一方、第二の目標として掲げている標準化への対応についてみると、ロードポートの標準規格では、製造装置や搬送機器とのインタフェースに関する寸法や位置関係について規定されている。しかし、標準化された規格を達成するための方法についてはロードポートメーカーの意思決定に委ねられている。インタフェースの標準化は製品設計上の制約になると考えられるが、規格への緻密な合わせこみを達成することができれば競争優位性を確立する機会も与えてくれる。

実際、規格に対応した製品を提供することはそれほど単純ではない。たとえば、ウェハの中心からポッドの先端までの距離は標準において 166.5mm と規格されており、70mm ポッド

を前進させて製造装置とドッキングすることになっている。距離が短いとラッチに到達しないため蓋を開けることができず、距離が長すぎると蓋にぶつかってしまいラッチとかみあわない。また、ロードポートの上に置かれるポッドは樹脂で形成されているため金属ほどの精度を期待できず、製品によっては大きな誤差が生じる。モーター駆動を使用してロードポート上のポッドを正確に 70mm 前進させる方法をとっている企業は、ポッドの精度に起因した距離の誤差から生じる問題を回避することができない。これに対し T 社はエアー駆動と呼ばれる方法をとっている。エアー駆動とは空気圧を利用してポッドをあえて蓋にぶつけラッチとポッドの適切な距離を創出する方法であり、距離に誤差が生じても問題とならないため生産ラインを停止させる恐れが軽減する。

また、SEMI (Semiconductor Equipment and Material International) によって製造装置とのインタフェースに関する業界標準が決定されたといっても、これまで特別仕様を要求していたエンドユーザーが標準化のメリットを理解しているとは限らない。そこで T 社は自社の社員にまず標準化の内容を熟知してもらい、彼らがエンドユーザーとの交渉の中で問われた標準化への疑問を即座に解消し、同時に T 社の製品を使用するインセンティブをも訴求していく方法をとった。さらにエンドユーザーの製造現場に出向くサービスマンにも標準化の内容を教育し、現場で生じた標準規格に対するエンドユーザーの疑問に適切な対応を重ねていくことで、継続的な取引の実現が可能となった。つまり、T 社は製品および担当者の知識において標準化へより緻密に対応する努力を突き詰め、エンドユーザーとの長期的な関係を確立してきたことになる。そしてエンドユーザーとのこうした長期的な関係性は、T 社の標準化以外での差別化にも寄与している。

5-3. 最終顧客志向

標準化された製品の場合、供給者の戦略としては上述のように標準化の制約下でより緻密に顧客の要求を達成する方法と、標準化以外の部分で差別化をはかる方法があると考えられる。T 社は標準化以外での差別化として、エンドユーザーであるデバイスメーカーとの間に構築された関係性を活用してロードポートに対する要望を取り込み、直接の顧客である製造装置メーカーの情報媒介コストを引き下げるアプローチを展開している。たとえば装置メーカーが、装置に設置されるロードポートについて標準化以外の部分に関するカスタマイズ仕様をデバイスメーカーから要求されたとする。本来、装置メーカーはデバイスメーカーの要求に関する詳細をロードポートメーカーに説明し、対応を依頼する。これに対し T 社は既存のコネクションを通じてデバイスメーカーから直接ロードポートに対する要求を伺っているため、カスタマイズの内容についても既に把握しており、装置メーカーと詳細を詰めるこ

半導体製造工程の標準化と差別化

となくデバイスメーカーの求める製品を供給することができる。T社では、製造装置メーカーが欲しい製品のボタンを押せば、ゴロンとロードポートが出てくるイメージで製品を供給しようという意味で「自動販売機作戦」と呼ばれる方法を追求している。つまり、自動販売機作戦は、エンドユーザーとのネットワークに依存した仕様変更に対する効率的な対応を意味し、こうした情報ルートの活用を可能にするT社の最終顧客志向が競争優位性を持続させているとみられる。

T社とエンドユーザーのネットワークは、製造工程の標準化を推進する半導体業界としての活動に両者が人員を投じて参加してきたことで構築された。その結果、T社は製造装置メーカーとほぼ同じタイミングでロードポートに対するデバイスメーカーの要望を把握できるようになった。また、納期短縮を目指してさらに効率化を進めるためにユニット方式の導入とある程度の在庫の確保を行っている。ユニット方式とは要求されるカスタマイズの内容をいくつかパターン化してモジュールとし、注文が入ればモジュールの組み合わせで対応する方式である。T社が最初に市場へ導入したモデルは、何らかの変更の必要が生じるとすべて新しく作り直さなければならなかった。しかし、デバイスメーカーの要求の多くが標準化された部分以外の外観に関する変更であることが明らかになると、T社では外観部分をいくつかのユニットに分割し、デバイスメーカーの要求に対しユニットの組み合わせで柔軟に対応できる方法を考案した。たとえば、デバイスメーカーが製造の仕組みづくりのためにロードポートのフェースで点灯させるランプを赤色から黄色に変更したい、あるいは点滅させたいと申し出た場合、ユニットの組み合わせで対処することができる。製造装置メーカーにしてみればこうしたエンドユーザーの細かな要求に対応していくために、ひとつひとつ部材の異なるものについて余裕を見て発注していくことは難しい。さらに、T社はある程度の在庫を確保した上で受注に対応する方法をとることで、業界では当初3ヶ月と見られていた納期を1ヶ月に短縮している。

エンドユーザーの声に耳を傾けるこうした姿勢はT社のポリシーとなっているが、組織として特別な意識改革を行っているわけではない。T社が事業を展開してきた電子部品業界は半導体のような装置産業と異なり、製造装置は内製でしか入手できない。コンデンサを製造する装置は、コンデンサがどういう製品かをすべて理解した上で造り手の立場を考慮して内製される。また、そもそもT社は自社の生産技術開発センターにおいて主力製品であるディスクを製造する装置を開発していた。つまり、製造装置ありきではなくT社自身が装置のエンドユーザーでもあった。ディスク生産においても自社でロードポートを使用し、製造工程の停止につながる製品の信頼性やパーティクルへの懸念について、エンドユーザーであるデバイスメーカーと同じ問題に直面する機会があった。また、製造工程の全自動化については、

社内のディスク生産についても投資額が歩留向上によって相殺されるのかどうかを疑問視する声があり、自動化のコスト引き下げに大きく寄与する標準化の達成が不可欠であるとの統一見解が構築されるまでのプロセスを経験していた。一方、デバイスメーカーの購買担当者も、巨額の投資を伴うロードポートを含めたミニエンバイロメント方式の導入について社内に妥当性を説明する責任を負っていた。T社が自らの経験に基づきこうした担当者の抱える緊張感を理解し、信頼に応えようとする姿勢を示せたことも取引機会獲得の一端を担っていたと考えられる。

また、製品の販売後もデバイスメーカーとは常にコミュニケーションをはかっており、現在ではさらなる微細化が進む中でパーティクルに加えて酸化物・有機物・無機物の排除に対するニーズが顕在化している。こうしたニーズに対し、T社はデバイスメーカーの組織にエンジニアを派遣し次世代製品の共同開発に取り組み、「T社と同じ仕様です」と売り込みをかけてくる競合企業の追従を寄せ付けないリードを保つための努力を続けている。

6. 考察

ミニエンバイロメント方式の導入によって創出され、製造工程の全自動化とともに拡大したロードポート市場において、T社は標準化への緻密な合わせこみとエンドユーザーとのネットワークを生かした製造装置メーカーの情報媒介コストの低減によって、市場シェアトップを確立した。一方、半導体業界ではウェハのさらなる大口径化の議論が進められており、新規投資および標準化再考の機会が再び到来すると考えられる。つまり、T社を含めた半導体業界全体が再び競争構造の転換局面を迎えることになる。200mmから300mmへの拡大に伴う新規投資で達成された標準化では、T社を始めとする複数の国内メーカーが標準化決定のプロセスに尽力して得た知識やノウハウを組織能力の向上にリンクさせる結果となった。しかし、同様に標準化活動に参加しながらも組織としての意思決定がその活用に至らなかったケースも見受けられた。また、半導体は短期のライフサイクル、不確実性の高い技術進化、高額な製造設備といった特徴を持つ製品であるため、新規設備投資の時期・規模・内容が業績を大きく左右する。したがって、“Learning before doing”によって問題解決の前倒しをはかり (Pisano, 1997)、投資を効率化させる効果が大きい業界と考えられる。

ただし、競争の方向性を見きわめなければ解決すべき問題を見出すことはできない。ロードポートの場合、製造工程において不可欠ではあるがウェハに付加価値を提供しない「装置への搬出入」を担うステップとして製造装置から切り出されて新たな市場を形成することとなったが、こうした意思決定は製品アーキテクチャの観点からも支持を得る。Ulrich and

半導体製造工程の標準化と差別化

Eppinger (2004) によると、他の製品に使用可能な要素をひとつの塊 (chunk) としてまとめることで、大量生産が可能となる。複数の製品に装備されるロードポートおよび EFEM が規模の経済性を達成するメカニズムは、Ulrich and Eppinger の指摘する切り離された塊を集約した成果であり、ロードポートの場合、切り離すべき塊の境界はデバイスメーカーの提供可能な付加価値の有無に依存していたことになる。ウェハの拡大にともなう競争の方向性を見きわめる場合にも、製造工程の構成要素が提供する機能と構造を解明し (Ulrich, 1995)、生産効率の最大化を達成する両者の関係を検討する努力が必要と思われる。

参考文献

- 林義宣 (2003) 「第 4 章 SEAJ の活動」小宮啓義 監修 『グローバルスタンダードへの挑戦—300mm 半導体工場へ向けた標準化の歴史』 (pp. 67-79). SEMI ジャパン.
- Pisano, G. P. (1997). *The development factory: Unlocking the potential of process innovation*. Boston: Harvard Business School Press.
- Ulrich, K. T. (1995). The role of product architecture in the manufacturing firm. *Research Policy*, 24(3), 419-440.
- Ulrich, K. T., & Eppinger, S. (2004). *Product design and development* (3rd ed.). Boston: McGraw-Hill/Irwin.

赤門マネジメント・レビュー編集委員会

編集長 新宅 純二郎

編集委員 阿部 誠 粕谷 誠 高橋 伸夫 藤本 隆宏

編集担当 西田 麻希

赤門マネジメント・レビュー 6巻6号 2007年6月25日発行

編集 東京大学大学院経済学研究科 ABAS/AMR 編集委員会

発行 特定非営利活動法人グローバルビジネスリサーチセンター

理事長 高橋 伸夫

東京都千代田区丸の内

<http://www.gbrc.jp>