

MMRC-J-222

半導体における国際標準化戦略
-300mm ウェーハ対応半導体製造装置の事例-

東洋大学
富田純一
立命館大学
立本博文

2008年6月



東京大学
ものづくり経営研究センター

半導体における国際標準化戦略

-300mm ウェーハ対応半導体製造装置の事例-

東洋大学

富田純一

立命館大学

立本博文

2008年6月

<目次>

1. はじめに.....	3
2. 標準化の背景.....	5
3. オープンな国際フォーラム標準.....	5
4. 標準化のプロセス.....	6
5. サプライヤー市場への影響：勝ち残った日系サプライヤー.....	10
6. デバイス・メーカーへの影響：早すぎて出遅れた日系メーカー.....	14
7. まとめとインプリケーション.....	21
(1) サプライヤーの勝ちパターンは「擦り合わせノウハウの埋め込み」.....	22
(2) デバイス・メーカーの教訓：標準化と投資戦略の乖離.....	23
謝辞.....	27
参考文献.....	27

<図表目次>

図 1 半導体の微細化とウェーハサイズ.....	4
図 2 標準化組織体制と年表.....	7
図 3 搬送システムにおける標準化.....	7
図 4 寡占化した装置・材料市場.....	10
図 5 日系デバイス・メーカーの戦略意図.....	15
図 6 ウェーハ口径別装置産業の開発投資金額.....	16
図 7 DRAMメーカーの市場シェア.....	17
図 8 300mm量産工場の稼動時期.....	18
図 9 デバイス・メーカーのウェーハ口径別工場投資額.....	19
図 10 デバイス・メーカーの収益力比較.....	19
図 11 I社の事業戦略.....	25

1. はじめに

半導体産業の飛躍的成長は「プロセス技術の微細化」と「ウェーハ大口径化」の技術進展によって支えられてきた。微細化は、微細加工技術を開発することで、回路パターンの最小デザイン幅を小さくしていく。これにより、単位面積当たりの半導体チップの生産量が増える。同時に、半導体の処理能力も微細化により向上¹していく。一方、ウェーハ大口径化は、ウェーハ一枚あたりの面積を大きくすることによって、生産性の大幅な向上が期待できる。例えば、8インチ(200mm)口径のウェーハから300mm口径のウェーハに変更することで、ウェーハ一枚から取れる半導体チップ数は、2倍以上になる。つまり、ウェーハの大口径化はウェーハ一枚当たりのチップの生産量を増やすので、コストダウンにつながる。

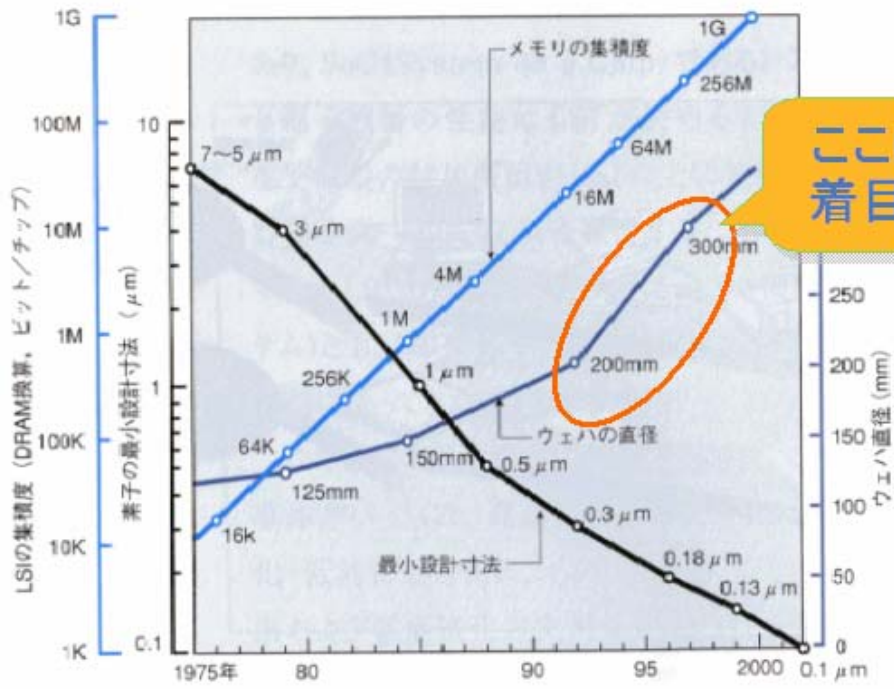
これら技術の進歩によってウェーハ一枚当たりのチップの取れ数増大が可能となり、コスト削減、量産効果を享受することできるようになった(図1参照)。しかしその一方で、工場の設備投資額の増大が問題となっている。たとえば、ウェーハ口径が200mmから300mmにシフトすると、製造装置が大型化し、搬送システムが自動化するので、300mm工場の建設にはおよそ3,000億円の設備投資が必要であると言われる。投資規模が高額になり、現在、各社の設備投資負担の大きさが経営問題にすらなっている。

では、いかに投資額を抑え、コストダウンさせるか。この目的を実現するための一つの手段が工場の標準化である。そこで半導体産業では、ウェーハの300mm移行に備え、生産システムを中心に工場の標準化することで投資額の削減を図ったのである。具体的には、半導体のウェーハ口径、基本的なファクトリーデザイン、製造装置、特に搬送系装置とのインターフェース、ソフトウェアの通信プロトコルなどが次々と標準化された。

以下では、その中でも搬送関連の自動化と標準化の経緯について着目し、そのインパクトを明らかにする²。生産システムの標準化がもたらした影響を定量化することは難しいが、この標準化がデバイス・メーカー間の競争にどのような影響を与えたのか。また周辺のサプライヤーにはどのような影響をもたらしたのか。本研究ではこうした問いかけにインタビュー調査結果に基づいて明らかにすることを試みる。

¹ 誤解を恐れずに言えば、まったく同じ設計の集積回路を、新しい微細化ルール(小さい線幅)で製造すれば、半導体の処理能力は上がる。例えば、1990年代にインテルのPentium CPUの処理周波数(クロックスピード)が向上したのは、最小設計線幅を小さくしたことが一つの要因である。

² 300mm工場ではハード面における搬送システムの標準化だけでなく、MESや通信プロトコルなどソフト面での標準化も進められた。本稿でもこれらの標準化について、若干言及しているものの、調査が十分とは言えないため、今後の課題としたい。



出所:ICガイドブック(2003)

図 1 半導体の微細化とウェーハサイズ

2. 標準化の背景

300mm標準化は、SEMIのバックアップ³のもと、日系と海外の半導体関連メーカーが協力して進められた。こうして作成された標準は企業の境界を越えたフォーラム標準である。150mmから200mmウェーハにシフトした際にも搬送システムの標準化は試みられたが、米有力デバイス・メーカ1社が主導したものだ。しかし、当時はデバイス・メーカ間の足並み揃わず、また追従していた製造装置・材料などのサプライヤーの仕様もバラバラとなっていた。このため、半導体産業全体の移行コストが膨らんでしまったのである⁴。

半導体産業では、こうした教訓を踏まえ、300mm移行時には関連メーカー間での標準開発コストの分散を図った。各社の共通認識は、差別化に直接に結びつかない領域を事前に標準化するというものであった。大口径化のメリットを享受すると同時に、設備・製造コスト削減の実現を図ったのである。

SEMI ジャパンによれば、2万枚量産ラインでの300mm標準化によるコスト削減額は383億円と試算されている（小宮，2003）。我々のインタビューによると、この標準化により、デバイス・メーカは特定の装置メーカから装置を購入する必要がなくなり、複数購買が可能となり、購買コストが下がった。加えて工場の立ち上げ期間も短縮されたという。一方、装置や材料などのサプライヤーも開発コスト、製造コスト削減を実現したという。

3. オープンな国際フォーラム標準

こうして作成が進められた300mmウェーハの標準はSEMI標準である。SEMIとは、Semiconductor Equipment & Materials Internationalの略称であり、世界の主要な半導体およびFPD（Flat Panel Display）関連の製造装置・材料メーカーが所属する非営利の工業会組織のことである。

SEMIが定める標準はすべて国際フォーラム標準であり、オープンな標準である。とくにSEMIの活動の中で標準化は、デバイス・メーカと装置・材料メーカの対話が可能になっており、ユーザー（デバイスメーカ）とサプライヤー（装置・材料メーカ）との合意形成によ

³ 300mm標準化は、アメリカ半導体産業、日本半導体産業が主導して行われた。特にアメリカ側について、付加的に言及すると次のような事情がある。アメリカでは、日本の半導体産業台頭に対抗する意味合いから、政府資金を投入して1987年に共同コンソーシアムであるSematechを設立した。Sematechでは共同研究開発プロジェクトが多数実施された。その成果は、広く半導体産業に利用可能になるように各種の標準規格にされていった。その最も大きな舞台の一つがSEMIであった。300mm標準化規格の草案レベルではSematechの成果が用いられることになった（立本，2008）。

⁴ ただし、150mmから200mmへの移行時は、300mmへの移行時よりも投資規模が小さく、デバイス・メーカ各社は独自の生産システムを構築することで歩留まりや稼働率の向上に努めていたため、それほどオープンな標準化は行われなかったという側面もある。

るコンセンサス標準の場となっている。オープンな標準というのは、誰でも安価で標準集を利用することが可能だからである。また、会員以外でも標準提案することが可能である。さらに、SEMI はグローバルな組織であるため、SEMI で合意を得るということはグローバルな合意を得たということになる。

もう一つの SEMI 標準の特徴は自作標準であるという点である。会員企業が共同で標準を作りこんでいくため、ISO や JIS などデジュール標準に比べ、標準認証までの期間が短い。最短で3ヶ月で標準を作成した実績もある。こうしたハイ・スピードの標準作りは、半導体のように技術進歩の速い産業に適するものと考えられる。

4. 標準化のプロセス

300mm ウェーハの標準化は 1994 年に、日系・海外の関連メーカーを巻き込んで始められた (図 2)。日系では、JEIDA、JSNM、SIRIJ、EIAJ、SEAJ などの半導体関連 5 団体が協力して J300 を組織して 300mm 標準化を推進した。これに対して、海外では、米国 SEMATECH などを中心となり、I 300 I を組織した。実際には J300 と I300I の間で会議やワークショップを幾度も重ね、標準化活動が進められた。標準化を推進したのは、冒頭で述べたように、設備投資の抑制を図りたいデバイス・メカであった。中でも、積極的だったのは米有力メーカー数社と日系メーカーであった。日系メーカーにも、1994 年の 300mm 標準化活動が開始されたとき、大口径化のメリットとして MPU、DRAM 等の少品種大量生産を念頭においた量産効果を楽しもうという意図があった。韓国・台湾メーカーはそれほど積極的ではなかったという。それ以外では、装置・材料サプライヤーがデバイス・メカの動きに追従する形で標準化活動に参加していた。

標準化が集中して行われたのは、半導体製造プロセス⁵の中でも前工程の生産システムである。図 3 は実際に標準化された搬送システムの概略を示したものである。すべてはウェーハの搬送に関わる標準である。ウェーハの物理形状、ウェーハを収めて運ぶキャリア、キャリアを運ぶ搬送機器、搬送機器からキャリアを受け取るロードポート、ロードポートからウェーハを受け取り、実際に微細加工等をする製造装置、さらには生産システム全体を制御するソフトウェア (CIM) といった具合である。

⁵ ウェーハの製造プロセスは、大きく前工程と後工程に分けられる。前工程は、前処理工程、フォトリソト工程、露光工程、現像工程、エッチング工程、レジスト除去・洗浄・配線工程からなる。後工程は、リードフレーム工程、マウンティング工程、ボンディング工程、樹脂封止工程、トリム&フォーム工程、パッケージ工程、検査工程からなる。今回分析する単位としては、ウェーハの前工程である。ウェーハは前工程のレイヤーごとに一連反復の加工プロセスを経て完成される。

標準化組織体制と年表

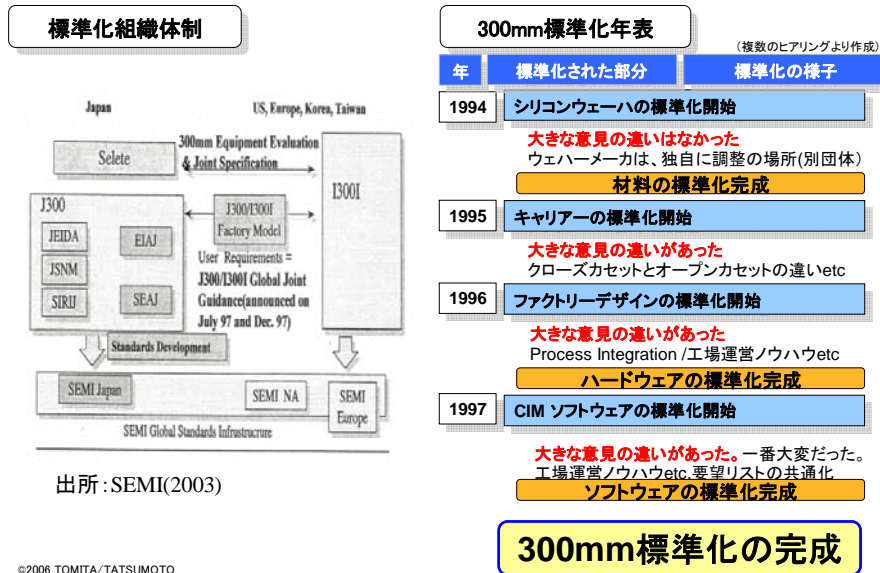


図 2 標準化組織体制と年表

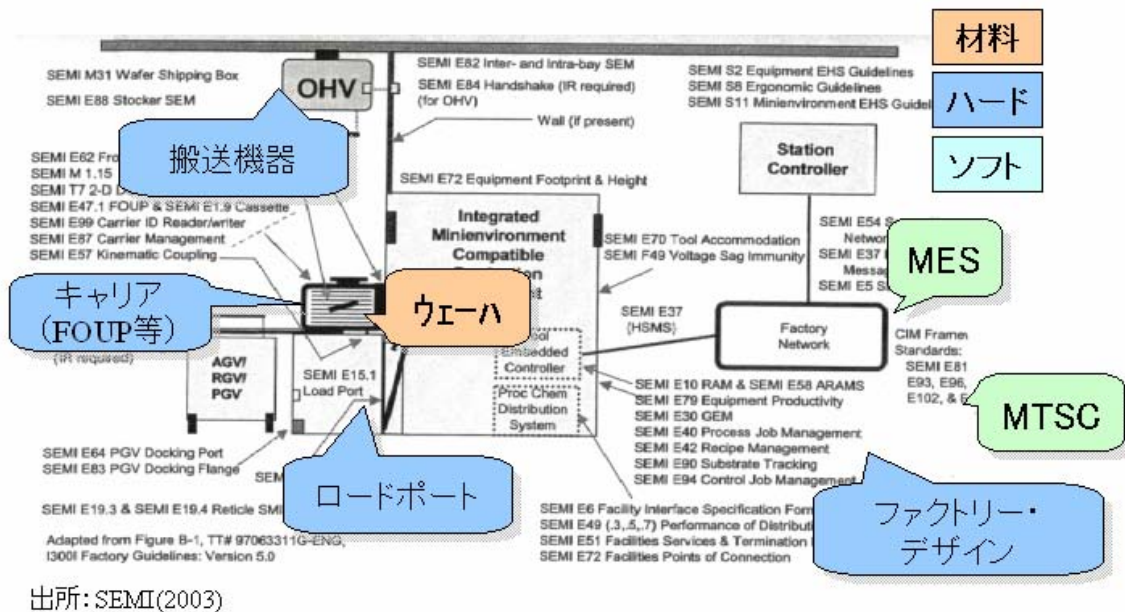


図 3 搬送システムにおける標準化

300mm の標準化活動は 1994 年から開始された。図 2 に示したように、まずウェーハの外形

標準が作成された。1995年にはウェーハを運ぶキャリア、1996年にはファクトリーデザイン、そして1997年にはCIM (Computer Integrated Manufacturing) が段階的に標準化された。ウェーハが最初に標準化されるのは、ウェーハのサイズ、枚数、ピッチ (ウェーハ間の間隔) などがキャリア、搬送機器、製造装置のインターフェースに影響を及ぼすからである。

もちろん、システム開発の各段階の標準化において、利害関係者間の意見がまとまらないこともあったが、その都度、話し合いの場が設けられ、各種標準の合意形成がなされていた。

300mm 標準化による工場と従来の工場で、大きく異なるのは次の2点である。1つめは、局所クリーン技術の導入である。200mm以前の工場であれば、半導体製造は厳密なクリーンルーム内で行われた。半導体は、コンタミ (細かなゴミやイオンによる汚染) に弱く、可能な限り清浄な環境で製造することが望ましい。このため、200mmの工場 (1990年代) では、クラス1という清浄度でのオペレーションすら成されていた。クラス1というのは、1立方フィートの空気中に0.1 μ mの塵が1個以下という清浄度である。

このような驚異的なクリーン度は、当然のことながら建設コストとオペレーションコストの驚異的な高騰をもたらす。このため、製造ラインに近い場所のクリーン度を高める一方、クリーンルーム全体としては低いクリーン度で済むような技術が志向されていった。この考え方が端的に表れるのが、搬送時にウェーハを保持するキャリアである。200mm工場では、一部の例外を除き⁶、室内大気にウェーハが直接接触れるオープン・キャリア方式が主流であった。しかし、局所クリーン技術が導入された300mm工場では、室内大気とウェーハが隔絶されたクローズ・キャリアが主流となった。クローズ・キャリア方式では、ほどほどのクリーン度をたもつクリーンルームと局所的に高いクリーン度をたもつクローズ・キャリアの組合せで、コンタミ防止がなされている。

この変化は、日本半導体の競争力の点から言えば、大きな変化をもたらした。オープン・キャリアで重要になるのは、「クリーンルームの設計能力」、「搬送システムの設計能力」⁷、

⁶ 当時のオープン・キャリアが主流であったが、クローズ・キャリア・システムも一部で提供されていた。当時のクローズ・キャリア・システムはSMIFポットと呼び、搬送機器メーカーのアシストが独占的に市場に供給していた。SMIFポットは、標準化されたものではなく、SMIFポットと搬送機器を一体化した統合システムとして、アシストが一手に供給していたのである。クローズ・キャリアはコンタミに強いが高価である、という認識が一般的であった。このため、半導体プロセスの一部の重要な部分だけクローズ・キャリアを適用する、というような使われ方をしていたのである。

⁷ 従来、チェンジャー部分を含む搬送システムは、コンタミの原因 (微細なゴミによる汚染) になりやすく、歩留まりを大きく左右した。搬送システムは、デバイス・メーカーと搬送機器メーカーの連携のノウハウが最も現れる領域であったのである。日本デバイス・メーカーの強さの要因の1つは、系列内に意思疎通のできる技術力の高い搬送システムメーカーとゼネコンを抱えていたことである。搬送システムは、一品一品カスタム仕様であるため、濃密なコミュニケーションが必要となる。現在でも、あ

半導体における国際標準化戦略

「工場のオペレーションノウハウ」であった。クリーンルームの設計能力は、技術力・統合力の高い日本のゼネコンによって支えられていた。搬送システムの設計は、系列企業内に存在した搬送システムメーカーとデバイス・メーカーの連携によって、成されていた。搬送システムは一品一様性が高いため、濃密なコミュニケーションが必要になるのである。さらに、無形の工場のオペレーションノウハウも、オープン・キャリア時には重要な競争力の要因であった。

一方、300mm 工場では局所クリーン技術が導入されたため、クリーンルームの設計能力は従来よりもクリティカルな要素ではなくなった。さらに、搬送システムには多くの標準規格が盛り込まれ、Selete や I300I での評価も行われたため、従来よりも濃密なコミュニケーションが少なくても立ち上がるようになった。300mm 工場のランプアップ期間（施工から量産開始までの期間）が大幅に短縮された一因は、この効果による。さらに、クローズ・キャリアの導入により、無形の工場運営のノウハウは無価値化されていった。たとえ話ではあるが、クリーンルーム内にジーパンで入っても大丈夫なほどになった。

300mm 標準化のもう一つの特徴は、工場のインテリジェント化であった。装置間をネットワークで結ぶことによって、レシピ管理や工程内在庫管理を行うようになっていったのである。200mm 工場時代にも、このような試みは、一部の先端的な工場で行われていた。しかし、それは、全ての装置にたいして行われていたわけではなく、局所的に行われていたに過ぎなかった。300mm 工場では、統一的なフレームワークが標準規格化されたため、最適なマテリアルハンドリングを自動的に計算するようになっていった。フレームワークに対応したシステムは、CIM システムとして、外販されるようになった。従来、このようなシステムは自社で構築することが主流であった。しかし、CIM システムを調達しさえすれば、このような問題を解決することが出来るようになったのである。このような CIM システムが外販されるようになったのは、ひとえに、標準化の恩恵であった。各々のシステムをつなぐネットワークのデータ形式がフレームワークの元に標準化されたため、半導体産業用の CIM システム市場が立ち上がったのである。CIM システムは、鉄鋼産業、造船産業、化学産業、自動車産業、液晶パネル産業などおおくの産業で利用されているが、外販市場が成立したのは半導体産業だけである。その理由は、半導体産業だけが、標準化を行ったからである。これにより、半導体企業は、個別に CIM システムを構築する必要性から解放された。しかし、これは反面では、CIM システムの構築が差別化の源泉にならないということも示していた。

300mm 標準化に際して、「局所クリーン技術の導入」「工場のインテリジェント化」を行ったため、工場由来の競争力要因は大きな転換を迎えることになった。従来の暗黙的なノウハ

る一定上のクリーンルームを設計できるのは、日本のゼネコンである。

ウや濃密なコミュニケーションよりも、強力な資金調達力を背景とした大規模投資が有効になったのである。

5. サプライヤー市場への影響：勝ち残った日系サプライヤー

こうして進められた標準化の影響は、大きく「サプライヤー市場への影響」と「デバイス・メーカーへの影響」に分けて論じることができる。前者に関しては、インタビューなどから特に搬送システムの関連メーカーへの影響が大きいことが分かった。

300mmの標準化前後の市場集中度（主要メーカー数）を調べたところ、シリコンウェーハ、ステッパー、エッチングの市場においては、それぞれ主要サプライヤーの数は4社、3社、4社と標準化の前後で変化が見られなかった（図4）。これらサプライヤーは標準化の影響をそれほど受けていないものと考えられる⁸。

装置・材料市場の変化

	市場	市場集中度(主要メーカー数)	
		300mm化以前	300mm化以降
標準化外 （穏やかな標準化）	シリコンウェーハ	4社	4社 (※M&Aあり)
	ステッパー	3社	3社
	エッチング	4社	4社
標準化	搬送機器	7社 (日5社、米2社)	3社 (日2社、米国1社)
	キャリア	5社 (日3社、米2社)	一旦参入増、後に3社 (日2社、米国1社)
	ロードポート	2社 (米2社、限定利用)	一旦参入多発(10数社) 後に集約(6~7社)

出所) 搬送機器、キャリア、ロードポートはヒアリングに基づく。

©2006 TOMITA/TATSUMOTO

図4 寡占化した装置・材料市場

⁸ ただし、シリコンウェーハについては、M&Aによる業界再編が起きていることから、標準化の影響だけを推し量ることは難しい。ただし、一部メーカーの市場シェアが拡大しており、少なからず標準化の影響を受けている可能性はある。この点については今後の調査課題としたい。

半導体における国際標準化戦略

以上から標準化の影響を論じるのに搬送機器、キャリア、ロードポートなどの搬送システムの市場である。標準化以前の主要メーカー数は搬送機器7社（日本5社、米2社）、キャリア5社（日本3社、米1社）であったが、標準化以降は寡占化が進み、それぞれ3社（日本2社、米国1社）、3社（日本2社、米国1社）となった（図3）。また、ロードポートは300mm工場の新設に伴い、市場が形成されたが、標準化直後に参入が増えたものの（13社）、その後淘汰が進み6-7社が残っているという。

ここで注目したいのは、勝ち残っている企業に日系サプライヤーが少なからず存在するという点である。以下では、これらサプライヤーの勝ちパターンをより具体的に検討するため、搬送機器メーカーA社、キャリアメーカーB社、ロードポートメーカーC社の事例を取り上げることにしよう。

【搬送機器メーカーA社の事例】

まず搬送機器市場について、日系メーカーA社の場合、200mm工場の時代は工程内の搬送機器、工程間の搬送機器、仕掛かり在庫を持っているストッカーを含めた搬送システムを工場ごと一括納入していた。しかし、300mm工場の時にインターフェースをそれぞれ標準化することで、デバイス・メーカーはシステムではなく、機器ごとに複数購買（ばら買い）が可能となった。

当初は標準化により参入障壁が下がり、新規参入が増える可能性があると考えられていた。しかし実際には、既存メーカー間での生き残り競争は激化したものの、参入はほとんどなかった。新規参入業者に対しては参入障壁が構築されていたからである。

300mm工場の場合、キャリア一つあたりウェーハ25枚を収容できるが、約10kgの重さになる。200mmの時代はキャリアボックスが軽かったため、工程内の搬送は人手によって行われていたが、300mm時代になってキャリア重量が重くなったことと、安全面での規制ができたことで、搬送部分を完全自動化せざるを得なくなった。

加えて、搬送方式が地上を走り回るAGV（Automatic Guided Vehicle）から天井搬送のOHT（Overhead Hoist Transport）に切り替わり、300mmでの搬送機器の技術的レベルはかなり高度なものが要求されるようになった。具体的には、搬送速度、精度の巧みなコントロール、パーティクル（ゴミ）を発生させない搬送方法等である。搬送精度で言えば、ピタッと所定の位置にキャリアを運ぶノウハウ、より具体的には、搬送機器をロードポートの上3m以上の所で停止させ、そこからベルトやテープを用いて正確にキャリアを昇降する技術が必要とされる。それも1工場あたり1000個以上用いられ、OHTの搬送レールに対して各々の相対位置が異なるロードポート一つ一つに対して、正確なキャリアの昇降が求められたのである。

この他にも、ルールからぶら下がっている搬送機器を止めずに分岐・合流させる技術などが必要とされた。こうした技術障壁により、新規業者は参入を果たせなかったのである。

ただし興味深いのは、搬送機器市場では以上に見たように、新規業者に対する参入障壁は高かったにもかかわらず、既存企業間の競争は激化した点である。200mm 工場の際は、搬送機器メーカーが搬送システム一式を工場毎にカスタマイズして納入していた。このため、半導体工場で一旦受注すると、デバイス・メーカーによる搬送システムの見直しがない限り、機器の入れ替えだけでなく保守・メンテナンスサービスも継続的に受注できたと推察される。

しかし、300mm 工場時には搬送機器のインターフェースの標準化により、デバイス・メーカーは機器毎の複数購買が可能となったのである。加えて、300mm 工場では使用される搬送機器の台数が 3~4 倍になったと言われる。ここで、仮に既存企業間の技術レベルに差がないと仮定すれば、デバイス・メーカーは機器の複数購買と大量購入を交渉材料に機器メーカーに対して交渉力を発揮できる。実際、機器一台当たりの単価が下がり、機器メーカーには要求水準を満たす技術力だけでなく、コスト競争力も必要とされたのである。

この結果、日系メーカー A 社は技術とコストの両面で、デバイス・メーカーの要求に対応し、300mm 工場の受注を獲得することに成功したのである。

【キャリアメーカーB社の事例】

まず、キャリア市場はまさに標準化の影響を受け、競争の主戦場になった市場のひとつである。200mm 工場までは系列取引が中心の市場であったが、300mm 工場に向けてキャリアのインターフェースが標準化されたことで参入障壁が下がり新規参入が起きた市場である。

こうした中、B 社はかなり早い段階から標準化活動に参画しデバイス・メーカーから高評価を得ることで新規参入を果たしている。標準開発後の装置・材料の信頼性等の評価は主として Selete というデバイス・メーカー中心のコンソーシアムで行われている。この Selete で B 社がデバイス・メーカーから高評価を得たのは標準化への対応によるものだけではない。標準箇所においては各社対応可能なものである。これに加え、B 社の場合は既存の半導体関連事業において蓄積してきた技術を生かし、高密閉性によってパーティクル（ゴミ）を混入させないといった付加価値を提供することでデバイス・メーカーの信頼を獲得したのである。またキャリアは射出成形によって作られているが、高密閉性を実現するには金型設計における寸法精度の高さが必要となる。

ここでの成功要因の一つは、技術蓄積はもちろんのことであるが、標準化活動に早期参入することで、企業間ネットワークを構築した点にある。200mm 時代までは系列取引が中心であったために、キャリアメーカーはデバイス・メーカーと密な連携を図ることで、関係の維持・

半導体における国際標準化戦略

強化に努めてきた。しかし図3を見ても分かるように、300mm工場に向けてインターフェースを標準化していくためには、キャリアと物理的接触のある装置・材料すべての関係者と調整を図る必要がある。例えば、キャリアに納めて運ぶウェーハ、キャリアを運ぶ搬送機器、搬送機器からキャリアを受け入れるロードポート、ロードポート上のキャリアとウェーハの搬出入のやりとりを行う製造装置である。

B社はこれらを手がけるメーカーすべてと共同でインターフェース標準を作り込み、また標準箇所に現れてこないような独自ノウハウを新製品に埋め込んでいくことで新規参入を果たし、高シェアを獲得していったのである。

【ロードポートメーカーC社の事例】

最後にロードポートの事例を取り上げる。ロードポートに関しては、市場そのものが、300mm工場の立ち上げとともに拡大していったケースである。200mm工場のときは、製造装置メーカーがロードポートを装置とセットで供給していたが、300mm工場でポッドと製造装置のインターフェースが標準化されたことで、装置メーカーがモジュールとして切り出すことが可能となった。装置メーカーとしては従来通り内製するという選択肢もあったが、外注の方が低コストであるという判断から外注を選択するケースが増えた。その結果、ロードポートの市場が拡大し、新たに独立した市場として認識されるようになった。

こうした中、C社⁹もB社同様、早い段階から標準化活動に参画し、Seleteに試作品を持ち

⁹ C社は、300mm標準化の恩恵を最大限に受けた新規参入企業である。300mm標準化以前、C社は半導体製造装置事業とはまったく無関係であった。しかし、ある要素技術（真空中での搬送技術、真空チェンジャー）をベースに、1992年頃に半導体製造装置市場に参入した。しかし、当然の事ながら、C社には半導体製造装置の基本的な産業構造も分からず、さらに真空チェンジャー技術は早すぎる技術であったため、半導体企業に採用されることはなかった。

しかし、転機は1994年に開始された300mm標準化で訪れる。C社が提案していたチェンジャー部分は、標準規格化される見通しが出てきたのだ（後のロードポート）。従来、このような部分は、濃密なコミュニケーションが必要なため系列取引の中に内部化された市場であった。しかし、標準化によって一気にオープン市場へと変貌したのだ。

この産業の変化をいち早く捉えたC社は、1999～2000年の短期間に大きな動きを見せる。まず、世界で最も早く300mm工場の量産立ち上げを行ったTTI(トレセンティテクノロジー、現ルネサス那珂第2工場)へロードポートの売り込みに成功したのだ。そして、世界初300mm工場で採用されたロードポートという実績をもって、世界最大の装置メーカーであるアプライドマテリアル(AMAT)へ交渉を開始した。C社は、大胆な値下げ提案を武器にAMATとの取引を勝ち取った。蛇足であるが、C社は、半導体装置産業との関連が無かったため、世界最大のAMATの存在を知らなかった。標準化プロセスにおいて、初めてAMATの存在を知ったのである。C社にとって、標準化プロセスは技術的な議論だけでなく、産業の暗黙の文脈すら学習する場所となっていたのである。

しかし、やはり、ここではC社の卓越したビジネスセンスを指摘しておくべきであろう。初めにロードポートを持ち込んだのは、日系デバイス・メーカーであった。しかし、次に持ち込んだのは米系装置メーカーであった。ロードポートというインターフェース装置が、果たしてデバイス・メーカーと装置メーカーのどちらに近いものであるかの見極めが出来ていたのである。現在、ロードポートは、半導体

込み、デバイス・メーカから高評価を得ることで新規参入に成功したケースである。ロードポートも標準箇所に対応するだけでは十分ではない。搬送システムの中でいかにして搬送機器から受け入れたキャリアを所定の位置に収めるかなど、標準化されていない部分で技術・ノウハウが必要になってくる。C社は半導体関連事業に関しては後発であったが、他の製品事業で培ったノウハウを活用し高信頼性の製品を提供することができた。

さてここで注目すべきは、C社は直接の取引先が装置メーカであったにも関わらず、エンドユーザーであるデバイス・メーカとも積極的に連携を図ったという点である。ロードポートを最終的に工場で使用するデバイス・メーカと直接情報をやりとりし、製品開発にフィードバックさせたり直接新製品を売り込んだりすることで指名買いを獲得したのである。他にも、C社はユニット生産方式を採用することで、ユニット在庫を作り置きし、それをうまく組み合わせることで、ユーザーの多様な要求に短納期かつ低コストで対応した。これらの取り組みにより、世界シェア No. 1 を獲得していったのである（貴志，2007）。

6. デバイス・メーカへの影響：早すぎて出遅れた日系メーカ

こうした「サプライヤー市場への影響」に加え、「デバイス・メーカへの影響」も少なからずあった。1つは、DRAM、ロジック IC などに見られる 200mm から 300mm への世代間競争への影響である。もう1つは、ファウンドリ・ビジネスなどに見られるデバイス・メーカのビジネス・モデルへの影響である。しかし、後者について調査が不十分であるので、今後の課題とする。

DRAM ビジネスへの影響

まず、前者の世代間競争への影響について検討しよう。日系デバイス・メーカは、1994年の 300mm標準化活動が開始されたとき、大口径化のメリットとしてMPU、DRAM等の少品種大量生産を念頭においた量産効果を享受しようという意図があった。1994年における 300mm標準化案で最もメリットを受けるのは、少品種大量生産をおこなう事業形態なのである。1994年から開始された 300mm標準化に於いてはウェーハを大口径化し、さらに 1ロット 25枚ウェーハのバッチ処理を前提としているのだ。逆に、枚葉処理¹⁰などは取り入れられていない。そのため、インテル社が提供するようなMPUやDRAMなどの大規模生産が最もメリット

製造装置のインターフェース部分として、「装置と一体化して」供給されるケースが多い。つまり、販売チャンネルとしては、大規模装置メーカが重要であったのである。この読みは、デバイス・メーカと「直接」取引を行っていた従来の搬送メーカには無いものであった。

¹⁰ シングルウェーハ処理。シリコンウェーハを1枚ごとに処理を行う。

半導体における国際標準化戦略

を受ける。逆に、多品種少量生産に近づけば近づくほど、1994年の300mm標準化案ではメリットを受けにくくなる。

ただし、日系デバイス・メーカーは、全てを標準化領域にしたわけではない。300mm標準化だけでは同じ土俵で勝負をすることになるので、日系デバイス・メーカーは材料成分やプロセスのインテグレーション等、量産ノウハウとして競争できる領域も残しながら標準を作り込んでいった(図5)。

我々のヒアリングによれば、日系デバイス・メーカーは韓国や台湾のデバイス・メーカー等より1年以上(12~18ヶ月)の先行優位性があり、技術面で優れていた。日系デバイス・メーカーによる300mm工場への投資のピークは、1997~1998年に訪れており、米国、韓国、台湾の投資ピークよりも明らかに早かった。図6は、ウェーハ口径別の装置産業の開発投資金額総計の推移を示している。300mm対応装置への開発投資が、1997年と2001年の2回のピークを持っていることに注意が必要である。1997年の投資は日本半導体メーカーの300mm工場への投資に対応した、装置メーカーの研究開発投資であった。同時期に、韓国や台湾のDRAMメーカー¹¹は、300mm工場ではなく、大規模な生産能力を持つ200mm工場へ投資を行っていたのだ。

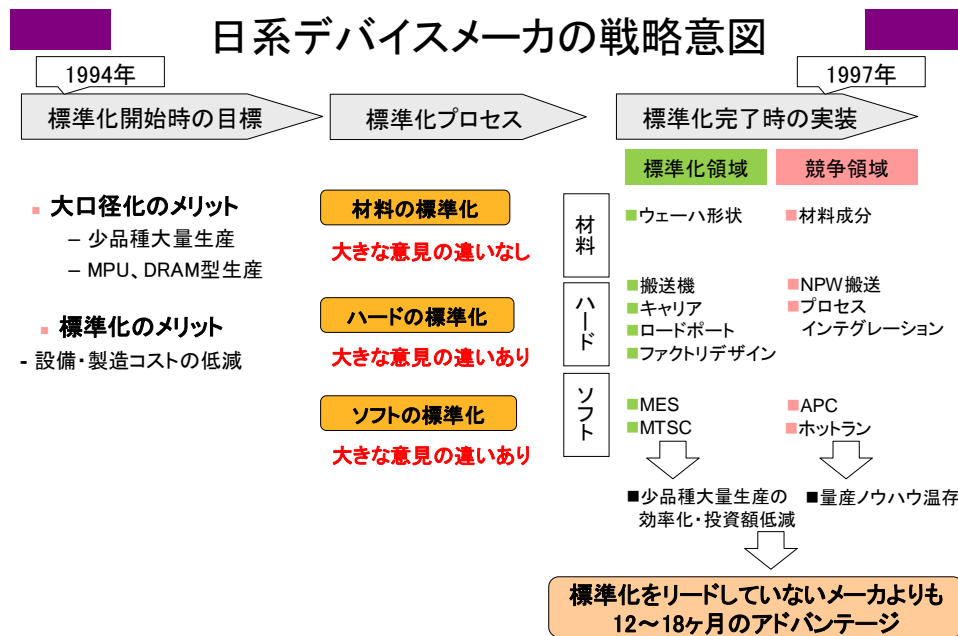


図5 日系デバイス・メーカーの戦略意図

¹¹通貨危機の期間を除いて1995~2000年にかけて韓国のDRAMメーカーは、従来日本DRAMメーカー工場の2倍近くの生産能力をもつ工場への投資を行った。

しかし、残念ながら日系デバイス・メーカーの先行優位は、結実することはなかった。1996年以降 DRAM のビットレート（ビット当たりの単価）は、急激に下落していった。1995年には、約 3 ドル/bit であったものが、1996年には、約 1 ドル/bit になった。さらに DRAM 市況は回復することなく、1997年には約 0.5 ドル/bit にまでなった。この結果、日系デバイス・メーカーは、DRAM というビジネス自体をあきらめる決断をした。この結果、1997年におこなった 300mm 対応装置への開発投資は、まったく無駄になった。このため、日本 DRAM メーカーは 2000 年以降の競争の武器を持つチャンスを永遠に失ってしまったのである。

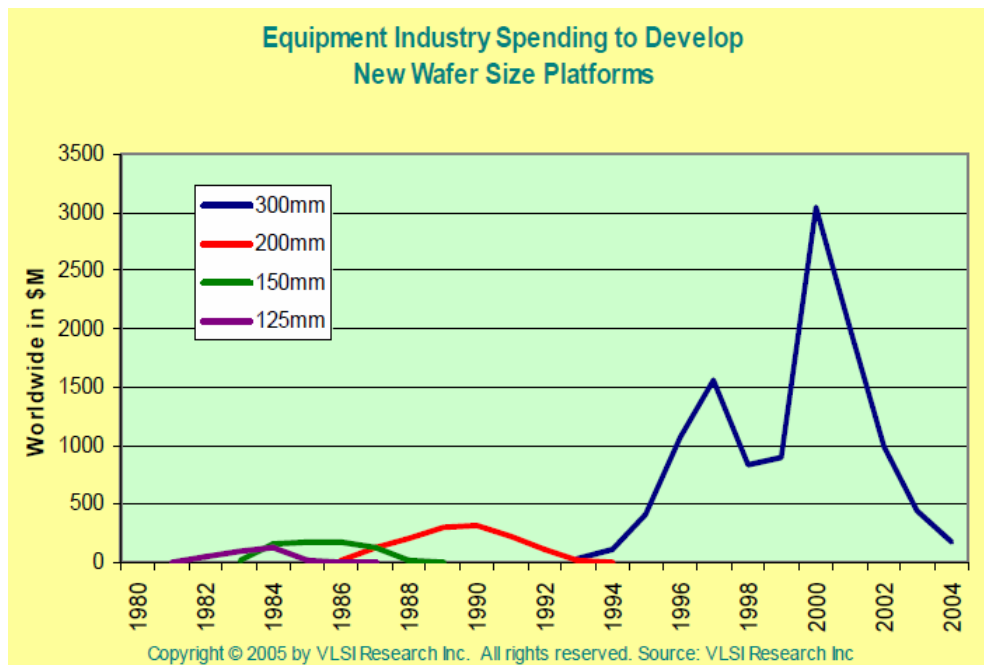


図 6 ウェーハ口径別装置産業の開発投資金額

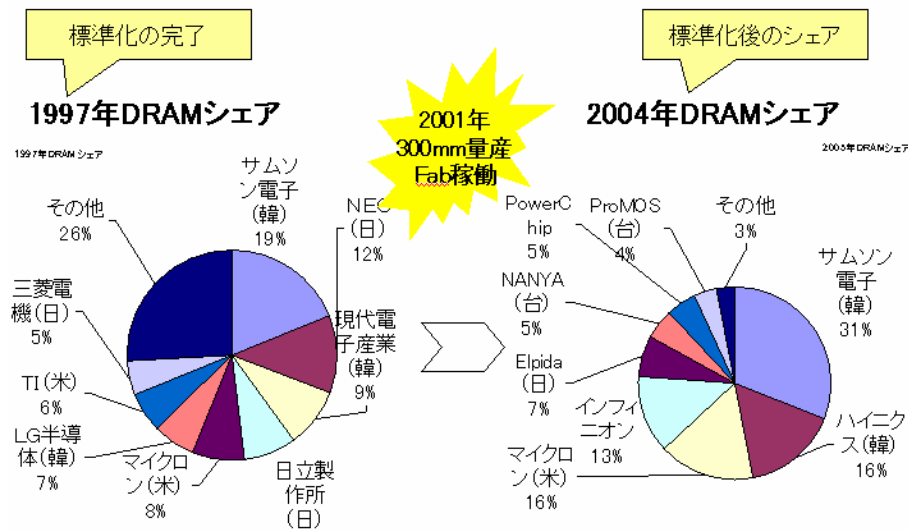


図 7 DRAMメーカーの市場シェア¹²

300mm工場への投資の遅れは、日本半導体工場に少なからず影響を与えた。DRAM市場について、300mm標準化の完了した1997年の企業別市場シェアを見てみると、日系デバイス・メーカーと韓国メーカーは、それほど差は開いていない(図7)。しかし、300mm工場が立ち上がった後の2004年では、日系デバイス・メーカーはElpidaしか残っておらず、その差が拡大してしまっている。もちろん、この原因がすべて標準化による直接的な影響であるとは早計である。

しかし、標準化活動の成果である300mm工場への投資の影響は大きい。特に、図8に示されているように、量産工場稼働のタイミングによる影響が最も大きいと考えられる。300mm工場の稼働タイミングはInfineonが一番早く1998年に稼働¹³し、IntelとRenesas(トレセンティテクノロジーズ)が2001年に稼働している。これらの企業は、いわゆる標準化リーダー企業である。

ただし、Renesas(トレセンティテクノロジーズ)の300mm工場は、当初の生産規模が月産7千枚であったことから類推すると、開発工場の位置づけに近い。日系メーカーの量産工場の稼働時期は、2003年のElpida、2005年のToshiba、NEC、Fujitsuとなっている。これは、ロジックではIntelとTSMCが2001年、DRAMではサムソンが2002年に300mm工場を

¹²注) 1997年のデータの引用元は谷(2000)、出所はデータクエスト

2004年のデータの引用元は経済産業省(2006)、出所はDATA GARAGE

¹³ ただし、Infineonの1998年の稼働(ドレスデン工場)はパイロットプラント的な色彩が強いと思われる。ドレスデン工場の量産開始は2001年12月だと言われている

<http://www3.ocn.ne.jp/~elbe/industrie/semicon/semicon.htm>

稼働させていることと比較すると、遅れていると言わざるを得ない。日系デバイス・メーカーにとってみると、市場シェア回復のチャンスであったにもかかわらずである。

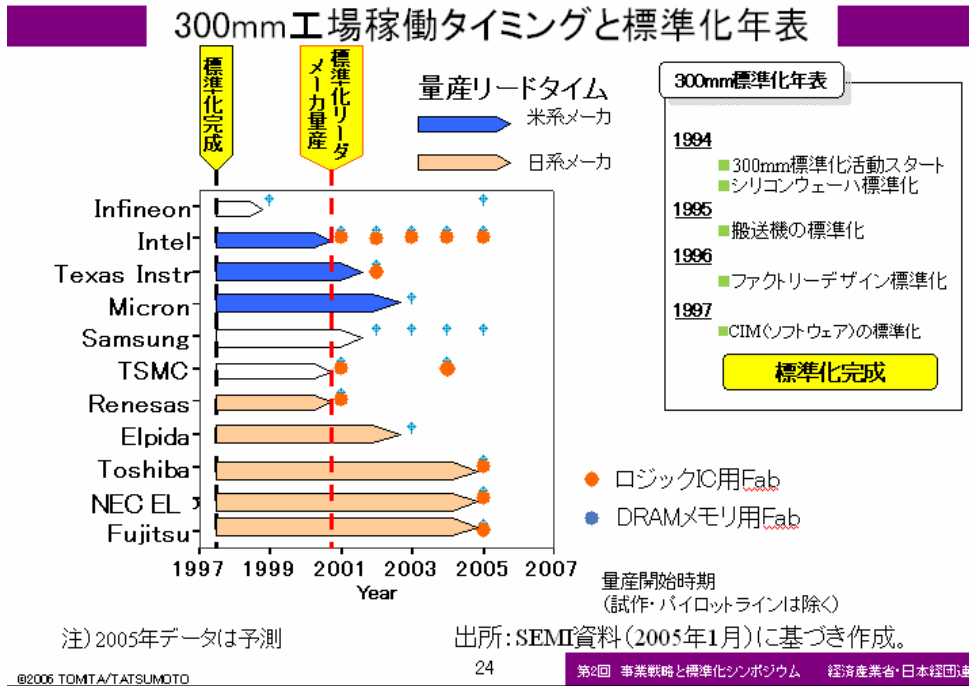


図 8 300mm 量産工場の稼働時期

さらに言えば、300mm 工場への投資は、時系列で見ても日系メーカーより海外メーカーのほうが貪欲に投資を行っている。DRAM では、サムソンは量産化開始翌年の 2002 年以降、毎年 300mm 工場へ投資を継続しているし、ロジックではインテルが 2001 年以降、毎年継続投資、TSMC も高額の設定投資を実施している。この結果、これらの企業は、日系企業よりも標準化による大きなメリットを享受しているものと推察される。

投資規模で見ても、2001 年～2004 年工場総投資額の合計は、日系 5 社の投資額はインテル、サムソン、TSMC より少ないことは明らかである (図 8)。こうした投資のタイミング、投資規模の違いはシェアだけでなく、収益性にも影響していると考えられる。インテル、サムソン、TSMC はいずれも営業利益率 30%以上と高収益を確保しているのに対し、日系メーカーはいずれも 10%以下にとどまっている (図 9 参照)。

ここで着目したいのは、日系デバイス・メーカーにおける標準化戦略と実行 (すなわち投資) の乖離である。日系メーカーは、300mm 標準化活動が開始された 1994 年からしばらくの間は、韓国勢との DRAM 競争を視野に入れて標準化を推進していたが、結果としてみると、DRAM

半導体における国際標準化戦略

事業から分離・撤退するケースが相次ぎ、Elpida の投資は出遅れたし、ロジックの投資も出遅れてしまったのである。

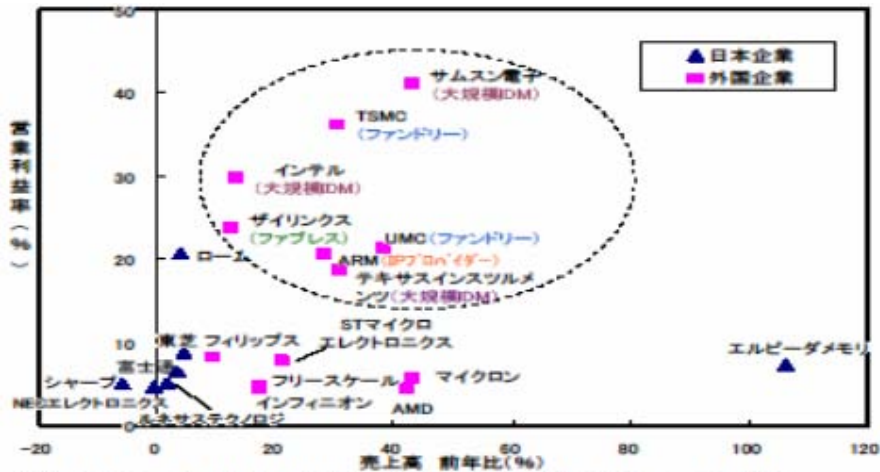
2001～2004年工場総投資額の合計

ウェーハ	国内5社	Intel	Micron	Infinion	TI	Samusung	TSMC
300mm	2250	6650	2300	1595	2200	4660	4050
200mm	950	2810	0	0	450	1400	898

注)単位はM\$

出所:SEMI資料(2005年1月)に基づき作成

図 9 デバイス・メーカーのウェーハ口径別工場投資額



(注)日本メーカーは3月期決算、海外メーカーはマイクロン(8月期)、インフィニオン(9月期)を除き12月決算
(出所)電波新聞、半導体産業新聞、各社ホームページにより本行作成

Source from 日本政策投資銀行(2006)

図 10 デバイス・メーカーの収益力比較

では、日系企業はなぜ 300mm 工場の投資に出遅れたのか、我々の複数企業へのヒアリングの結果に基づき、三つの要因に整理される。

一つ目の要因は資金不足である。そもそも経営難で資金がなかった。原因としては 1997 年頃の「マイクロン・ショック」とアジア通貨危機（韓国ウォン安）に始まり、2001 年頃の IT バブル崩壊の三重苦があったと推察される。「マイクロン・ショック」は、米マイクロンテクノロジー社が 64MDRAM に最先端の加工技術を導入し、低コストで大量生産を行い、市場に投入したため DRAM 価格下落に拍車がかかったと言われる。前述のように、DRAM 価格は、1998 年には 1995 年の 30 分の 1 となった。また、同時期のアジア通貨危機による韓国ウォン安を背景としてサムソンが輸出した DRAM が圧倒的な価格競争力を発揮したことも価格下落を加速させた。2001 年前後の IT バブルの崩壊も日系メーカーが資金不足に陥った原因である。

二つ目は、製造している製品が DRAM からシステム LSI やロジック IC へシフトしてしまった。標準化活動開始時はサーバ向け DRAM を念頭に置いていたが、次第に用途が PC に取って代わられると、サーバ向け DRAM では過剰品質・高価格でユーザーに受け入れられず、注力分野をロジック IC に転換せざるを得なくなったのである。これは、まさしく「イノベーションのジレンマ (innovator's dilemma)」(Christensen, 1997) の典型例であると言える (榊原, 2005)。しかし、この説明は、時間的順序としては DRAM の急激な価格下落がおこり、その対応策としてシステム LSI へ生産品目が移行したということ を考慮に入れる必要があるだろう¹⁴。日系

¹⁴ 少なくとも、われわれの日系デバイス・メーカへのヒアリングによれば、日系デバイス・メーカは 1990 年には既に PC 向け DRAM 市場に気づき、さらに、供給まで行っていた。これは、日系デバイス・メーカが総合エレクトロニクスメーカの一部門であり、早期から同じ会社の別部門で PC の開発が進んでいたことに由来する。よって、「日系企業はサーバ向け DRAM を行っていたため、PC 向けの DRAM 市場に気がつかなかった」とする説明は誤りである。実際には、デバイス専門メーカよりも、相当早くに日系デバイス・メーカは PC 用 DRAM 市場に気がついていた。

しかし、1995 年頃までは、ミニコン市場や WS(ワークステーション)市場が堅調であり、低価格なパソコン用 DRAM と高価格な WS 用 DRAM という、同じ DRAM に対して 2 つの市場が成立していた。両 DRAM は、製造ラインとして基本的に同じものであり、品質基準が異なるだけである。よって、同じ生産ラインから、出来るだけ多く高品質 DRAM が生産出来れば、利益率が高くなるという事情がある。WS 用 DRAM は、パソコン用 DRAM からみれば過剰品質にあたるような品質であったが、きちんとそれを受容する市場があったのである。よって、この点をもって、日系デバイス・メーカが戦略ミスであったというのは、間違いである。

さらに、「(現在世界トップクラスの生産量がある)韓国デバイス・メーカは、早くから PC 用 DRAM 市場の将来性を見抜いていた」とする説明も、間違いである。韓国デバイス・メーカと日本デバイス・メーカの作っていた DRAM の目指していた電気特性は、同じようなものであり、その結果、DRAM ダイサイズも日韓間では似通ったものであった。PC 用 DRAM の将来性を見抜いていたのは、米系デバイス・メーカである。米系デバイス・メーカだけが、1995 年以降の PC 用 DRAM 市場を見抜いていたと言える。なぜなら、先述の DRAM ダイサイズは、同じ DRAM デザイン世代では、日韓間では、

半導体における国際標準化戦略

デバイス・メーカーが抱えるロジックICは、大量生産品ではないため、300mm工場への投資が必要なく、200mm工場への投資（能力増強のための拡張投資）となったのである。

三つ目は、日系企業の場合、デバイス・メーカーと言ってもセットメーカーの一部門であったためにリスクをとりづらく、不況時に投資できるような環境にはなかった。300mm工場への投資は巨額なものである。もし300mm工場へ投資を行うのであれば、従来の親会社経由の資本調達手段ではない新しい資本調達手段が必要だったのである。しかし、そのような新しい資本調達スキームを作ることは日系デバイス・メーカーには出来なかった。これら3つの要因により日系企業は300mm工場投資に出遅れたと考えられる。

ここで我々が強調したい点は、標準化活動では日本のデバイス・メーカーが相当貢献したにもかかわらず、実行面とうまく連動できなかつたという点である。つまり、標準化を主導しながら、工場投資に出遅れたという事実である。標準化戦略と実行（投資）との間にタイムラグが生じたために、そのメリットを十分に享受できなかつたばかりでなく、標準化に貢献の少なかった韓国・台湾系のデバイス・メーカーに300mm工場への投資機会を与えてしまい、日系デバイス・メーカーと海外デバイス・メーカーの差を広げる一因を作ってしまったのである。

7. まとめとインプリケーション

では、300mm標準化とは一体何であったのか。もう一度整理しておこう。半導体産業全体の共通認識としては設備投資額の削減が成し遂げられたことが挙げられる。これは、200mm標準化の時代に、デバイス・メーカーおよびサプライヤーの足並みが揃わず、産業全体の移行コストが膨らんでしまったことと比較すると、まさにその時の教訓を生かし、産業全体で協力することで設備投資額の大幅削減に成功した事例であると考えられる。

しかしその一方で、先述したように、一部のデバイス・メーカー、サプライヤーの間では標準化による同質的競争が進み、淘汰・集約がより一層進んだという面も否定できない。DRAM

ほぼ同じであったが、米系デバイス・メーカーだけが、一回り小さかった。これは、米系メーカーが設計レベルからPC用品質に適合するように、余分な回路を削除したためである。例えば、電気信号を検知するセンスアンプに、トランジスタを1個使うか2個使うかは、品質基準にかかわる重要な事項であるが、もし、PC用途だけにねらいを定めるならば、1個だけでよい（注：トランジスタ個数は比較のための数例。現実の数値ではない）。そして、実際、1997年には、米系メーカー主導のDRAM価格下落が起こった（DRAM価格は、1996年には下落を開始しており、この点については別稿で報告する。）しかし、皮肉なことに、価格競争を主導したはずの米系デバイス・メーカーは、韓国デバイス・メーカーに破れてしまう。そして、PC用DRAM市場には、韓国デバイス・メーカーと台湾デバイス・メーカーのみが生き残り、日系デバイス・メーカーと米系デバイス・メーカーは撤退した。この変化は、1997～2002年頃に起こったものである。「ここで何が起こったか」、「なぜそのような逆転が可能であったのか」は、本研究の残された課題である。

事業に代表されるように、多くの日本デバイス・メーカーが撤退に追い込まれる中で、海外メーカーは、技術的なキャッチアップを図りつつ、シェア拡大を達成した。また搬送系サプライヤーにとってみると、既存企業にとってはまさに存続を賭けた戦いであり、新規参入を目指す企業にとっては大きなビジネスチャンスであった。こうした中で一部の日本既存企業は勝ち残り、一部の新規企業は参入を果たしたのである。

これらの事実を踏まえると、標準化により利害関係者すべてがその効果を享受できる、というのは幻想であり、むしろ対応を誤ると企業存続の危機に陥るというリスクを孕んでいることが分かる。これは一見当たり前のことのように思われるが、日本の製造業ではこうした標準化のリスクに対する意識がこれまで希薄であったと言わざるを得ない。

しかしその一方で、近年半導体産業や液晶産業などのように、設備投資が高騰する中で、単独で投資を支えきれなくなる産業が現れている。こうした産業では、コストダウンのための標準化は不可避な方策である。では、このように標準化が不可避な状況下で、どのように標準を活用し、事業戦略・投資戦略に組み込んでいけばよいのか。

本節では、サプライヤーとデバイス・メーカー各々の視点で、今回の事例研究から得られる戦略的インプリケーションについて考えてみたい。

(1) サプライヤーの勝ちパターンは「擦り合わせノウハウの埋め込み」

まず、サプライヤーについて検討しよう。前述の日系搬送系サプライヤー3社の標準化事例に共通して当てはまるのは、ノウハウを埋め込んだ装置・材料を提供しているという点である。例えば、搬送機器では搬送速度、精度の巧みなコントロールが、キャリアでは金型設計の寸法精度・高密封性が、ロードポートではキャリア搬出入時の精度、パーティクル管理などが要求されており、これらの技術・ノウハウを埋め込んだ製品を提供できたことが成功要因の一つであったと考えられる。

こうしたサプライヤーの勝ちパターンは、光ディスクや他の電子部品など他産業においても観察されており、業界を越える共通の現象として大変興味深い。新宅・小川・善本（2006）は、このビジネス・モデルを「擦り合わせノウハウのカプセル化」と呼んだ。自社の擦り合わせノウハウを社外に流出しないようにあたかもカプセルのようにして製品に埋め込み、流通・販売していくという発想である。

そして、半導体産業の標準化においてこうした埋め込みを図っていくためには、幾つかの戦略的取り組みが必要である。例えば、標準化活動で先行し市場シェアを獲得したメーカーは、差別化する部分と標準化する部分をきちんと見極め、早期に開発の方向性を定めている。これにより、差別化領域へ開発資源の傾斜配分を行えるようになったと考えられる。こうし

半導体における国際標準化戦略

たパターンは、一部のウェーハメーカーや搬送機器メーカーにおいても共通に見られた現象である。

また、新規参入のメーカーであっても標準化活動に早期参画しユーザーとの関係や企業間ネットワークを巧みに構築することで参入に成功しているケースも見られた。既にキャリアの事例で取り上げたように、200mm時代には系列的な取引が中心であったために装置・材料メーカは主としてデバイス・メーカとの関係に注力していれば十分であった。しかし、インターフェースが標準化されオープンになったことで、逆にそれに対応するために関連メーカとの相互調整や作り込みが必要とされたのである。こうした標準化対応をしながらも差別化領域でリードして高シェアを獲得していった。

またロードポートの事例でも、エンドユーザーと直接連携を図ることで、差別化領域の開発に注力し指名買いを獲得している。このように、新規参入企業であっても企業間調整の問題にいち早く気づいた企業はユーザーとの関係や企業間ネットワークを構築することで参入を果たし、その後もシェアの維持・拡大を図ったのである。

(2) デバイス・メーカの教訓：標準化と投資戦略の乖離

デバイス・メーカの教訓として、我々が強調したいのは、日系デバイス・メーカにおける標準化戦略と投資戦略の乖離である。繰り返しになるが、日系メーカーは、300mm標準化活動が開始された1994年からしばらくの間は、韓国勢とのDRAM競争を視野に入れて標準化を推進していたが、結果としてみると、DRAM事業から分離・撤退するケースが相次ぎ、Elpidaの投資は出遅れたし、ロジックの投資も出遅れてしまった。

我々のインタビューによれば、少なくとも標準化活動を推進した現場レベルでは、日本の半導体産業の競争力回復のために300mm工場への投資は必要であり、そのための標準化活動の必要性を認識していたし、一年以上のアドバンテージを有していた。しかしながら、上記の諸事情により、本社では先行投資の決断に至らなかったのである。こうした本社と現場の乖離が現在の日系デバイス・メーカ不振の一因となっていると考えられる。

今回のようなユーザーとサプライヤの間で合意形成をしながら、巨大な装置市場を作るような標準化を行う場合は、①いつ投資を行うのか②どのように投資資金を確保するのか、といったことが表裏一体で考慮されるべきである。逆に、投資資金が確保出来ないのであれば（標準化をしないのではなく）違った標準化が必要であると考えられる。例えば、極端な話としては、まったく標準化活動に貢献しないという選択肢すら考慮しても良いはずである。なぜならば、標準化が行われてしまえば、競争は新しいステージに入る。300mm標準化

の例では、標準化が終了した時点で、いかにスムーズに投資資金を調達するかが、真の競争の焦点だったのである。

この点に於いて、300mm 標準化プロセスにおいて米 I 社は徹底していた。I 社は、SEMI で行われるほとんどのワーキンググループに人材を配置した。例えば、前述のシリコンウェーハを運ぶキャリアのワーキンググループにすら、人材を出していた。通常、デバイス・メーカーにとって、キャリアのワーキンググループなどは、それほど重要な意味を持たない。実際に、当時のワーキンググループに参加していた技術者のヒアリングからは、「当時は、なぜデバイス・メーカーが、キャリアのワーキンググループに参加しているのか分からなかった」という声が聞こえる。一般的に言って、デバイス・メーカーは自社に関係のあるワーキンググループにのみ参加するのが通例である。しかし、I 社の場合、ほとんど全てのワーキンググループに参加していたのである。

この理由を後から振り返ってみれば、実は、300mm 標準化プロセスは I 社にとってはそのまま投資戦略の一部であったことが分かる。すなわち、I 社の投資スケジュールに十分間に合うようにするために、各ワーキンググループに於いても標準規格化のスケジュールを管理していたのである。ワーキンググループに参加した日系企業は、デバイス・メーカーであっても、装置メーカーであっても、ベストな解法を標準規格化する傾向があった。

しかし、I 社は、たとえセカンドベストであったとしても、スケジュールを第一に考えて、標準規格に採用していった。I 社にとって一番重要なことは、I 社の投資スケジュールに対して標準規格化終了が足並みを揃えて終了していくことだったのである。標準規格が策定されれば、その分野では 2 社以上のメーカーから購入する素地ができるため、デバイス・メーカーから見れば投資負担が減じられる。さらに、標準規格に適合しているかベンチマークをとれば、各装置メーカーの製品を比較することも出来る。投資の視点から標準化活動をみれば、大変メリットのあるものなのである。

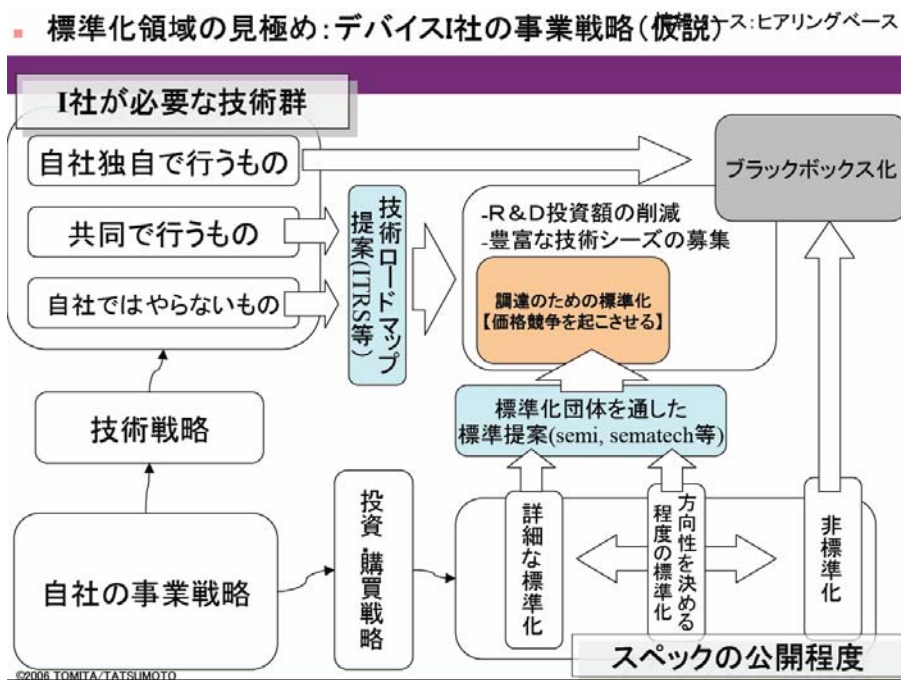
ただし、より重要なことは、標準化は事業戦略、競争戦略の中に組み込んで行われるべきものであるという点である。300mm 工場の事例で言えば、自動化システムの標準化の図る前の時点で、日系・海外を問わずデバイス・メーカー各社は、プロダクトで差別化するのか、プロセスで差別化するのかといった課題に直面していたと考えられる。これは、知財戦略とまさに表裏一体で、いわばどこを標準化（オープン化）し、どこで差別化（クローズド化）するのか、といった事業戦略上の課題である。

この見極めなくして、企業は標準化の効果を享受できない。たとえば、MPU のようにプロダクトで差別化できるのであれば、自動化システムなどプロセスの標準化はさほど問題とはならない。むしろ産業全体で標準化に取り組めば開発投資・設備投資を分散させられるとい

半導体における国際標準化戦略

うメリットも享受できる。

MPUを手がける米I社の場合、この点に関連して「自社独自で行うもの」、「他社と共同で行うもの」、「自社ではやらないもの」と切り分けしているように見える(図10)。具体的には、MPUの設計や製品そのものについては、「自社独自で行うもの」として差別化を行いブラックボックス化している。300mm工場の生産システムの部分は、「他社と共同で行うもの」であり、こうした工場での製造部分は技術ロードマップを介して、また、SEMIやSEMATECHのような業界団体等をうまく活用して、標準化を主導し、他社を巻き込んで資源(技術・人材・資金など)を引き出させることでコストダウンを図っている。



これに対して、DRAMのようにプロダクトでの差別化が困難で、プロセスで勝負するとなれば、どこを標準化するか、慎重に見極める必要がある。例えば、日系メーカーが共同して草案をつくり、国際標準化へのステップを経る事がある。その際に、日系メーカーが共通して行っている事を、標準化項目としてしまう事がある。

しかし、この点には留意が必要である。日系メーカーは、総じて高い生産技術をもっており、共通項目は、本当は海外メーカーに対しての差別化項目かもしれないのである。300mm工場の標準化においてもコマンドの事例では、日系メーカ各社が差別化要因でないと判断して推奨した標準が海外メーカにとっては重要なノウハウだったというケースもある。共通項

目よりも自社が弱い項目を標準化するという視点も必要だと思われる。高い生産技術は、日系メーカーの重要な競争力の源泉である。生産技術のある部分を標準化しつつ、さらに、競争力を保つということは、いわば高等戦術であり、この戦術をとる際にはいくつかの条件を守る必要がある。

その一つが、先に述べた標準化と実行（投資戦略）の一致である。標準化は、自社だけでなくライバルにも同様のメリットをもたらすということに関しても留意する必要がある。設備投資が高額となる半導体産業では標準化による投資効率化が欠かせない。しかしその一方で、標準化すればライバルの投資効率も良くなるのである。ましてやライバルの方が投資効果が大きくなるような場合には慎重な対応が必要である。そのような場合には、投資のタイミングが極めて重要となると考えられる。標準化活動でライバルに先行し、そのアドバンテージを活かすには先行設備投資が必須であろう。

どこを標準化するのか、という判断をする際には、時間の関数という視点も重要である。標準化しつつ差別化する場合、標準化した部分は（時間がたてば）必ず差別化できなくなる。しかし、標準化の対象とする部分（とその背景となる技術・ノウハウ）毎に、差別化出来なくなるまでの時間にはバラツキがある。その時間ギャップを考慮しながらの標準化が必要となる。

例えば、今回のように、もし投資資金の確保が難しいのであれば、差別化できなくなるまでの時間が長い標準化をねらうということも一つの選択肢である。通常は、生産効率を高めるという目的のために標準化することが優先されるが、競争戦略上は、生産効率を高めることを第一義的な目標とはせず、そうした時間ギャップを優先する視点が含まれていても良いかもしれないのである。

最後に、標準化に関わる組織・人材面からの検討も必要である。我々のインタビューでは日米デバイス・メーカーの間で300mm標準化活動に参加していた人材のバックグラウンドに違いが見られた。米国では本社（事業部）出身者が多く、日本では生産技術出身者が多かった。出身部署の違いが原因であるかは不明だが、実際の標準化活動では、米国の方が主導権を取っていた。米国メーカーの担当者は、本社の方針に基づき明確な主張をしていたのに対し、日本の担当者は日系メーカーとの合意形成を優先していた。

にもかかわらず、日系デバイス・メーカーでは、標準化を推進する体制・組織づくりはほとんどなされなかったという。さらに、300mm標準化活動以後、戦略的な標準化部署ができた事例は1社にとどまっている。こうした点は今後の標準化戦略に向けての課題の一つである。

この点に関連して、注目すべき他産業の事例として、鉄鋼産業の（社）日本鉄鋼連盟・標準化センターが挙げられる。この組織は、大手鉄鋼メーカーから専属として派遣された少数

半導体における国際標準化戦略

精鋭の標準化スペシャリスト集団からなる。彼らは、鉄鋼に関するすべての規格（標準）を管理し、国際会議の場でもリーダーシップを発揮しているという。鉄鋼産業では、鉄鋼メーカー各社と業界団体が一丸となって国際標準化に取り組み、日本の技術的優位性を活かした戦略的標準化を実践しているのである。こうした取り組みは、標準化活動を国家戦略の一部と位置づけているとも推察され、国際標準化において出遅れた国内他産業にとって示唆に富んだ取り組みであると言える（富田・東・岡本，2007）。

半導体産業以外にも一社では設備投資を支えきれなくなるような産業（例えば薄型ディスプレイ産業）が幾つか存在している。本稿の事例はそうした産業における標準化の取組みに対しても戦略的示唆を与えるものであろう。

謝辞

本研究は、2005年から2007年にかけてデバイス・メーカー6社、製造装置メーカー3社、搬送関連メーカー6社、材料メーカー2社、ソフトウェアメーカー1社、業界団体2社、合計20社（のべ人数30人）へのインタビューおよび各種統計資料に基づいている。また、インタビューおよび統計資料の入手にあたって SEMI ジャパンからご支援いただいた。この場をお借りして、インタビューにご協力いただいた皆様に感謝を申し上げます。

参考文献

- Christensen, C. M. (1997) *The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firm to Fail*, Harvard Business School Press.
- 貴志奈央子 (2007) 「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—」『赤門マネジメント・レビュー』6(6), 203-216.
- 小宮啓義 監修 (2003) 『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—』 SEMI ジャパン.
- 榊原清則 (2005) 『イノベーションの収益化』有斐閣.
- 新宅純二郎・小川紘一・善本哲夫 (2006) 「光ディスク産業の競争と国際的協業モデル—擦り合わせ要素のカプセル化によるモジュラー化の進展—」『赤門マネジメント・レビュー』5(2), 35-65.
- 立本博文 (2008) 「半導体産業における共同研究開発の歴史」『赤門マネジメント・レビュー』Vol17, No. 5.

富田純一・立本博文

富田純一・東正志・岡本博公 (2007) 「鉄鋼産業における戦略的標準化」(MMRC Discussion Paper No. 177). 東京大学ものづくり経営研究センター.

http://www.ut-mmrc.jp/DP/PDF/MMRC177_2007.pdf

富田純一・立本博文 (2006) 「半導体産業における標準化戦略－300mm シリコンウェーハ標準化の事例－」研究・技術計画学会 第21回年次学術大会, 2006年10月21日(土)・22日(日). 報告要旨 pp. 929-932. 東北大学.

『ICガイドブック 2003年版』(2003) JEITA.