

## 第 10 章 WG8 ファクトリ・インテグレーション

### 10-1 はじめに ー半導体工場のこれまでー

ファクトリインテグレーション WG では、SoC 生産における工場の生産性向上(コスト、納期、品質、省エネを含む総合的な生産性向上)について検討を進めている。SoC の生産を考える上で、半導体におけるこれまでの製造システムの経緯を、日本中心にまとめてみる。

1980 年代に入ると、DRAM の生産量が急激に増え、各社とも生産ラインが増えていった。また、CMOS プロセスの製品が徐々に主流になり、工程数も 200 工程程度から一気に 400 工程程度に増加した。1985 年までには、装置自身の自動化は進んでおり、キャリアに入った製品をローダーに載せてスタートすれば作業は装置が自動でやるようになっていた。1985 年前後に、工場のホストに全工程の工程手順とレシピを入力しておき、装置とオンラインで結んで、作業指示をホストが行うオンライン化が始まった。製造装置のオンライン化、検査装置のオンライン化と工場すべての装置が 1990 年頃までには完成していった。このオンライン化は、工程数が増えて複雑化した作業における作業ミス防止に大きな効果(工程事故の減少効果)をあげた。次に、人からの発塵による歩留まり低下対策として、人を製品に近づけないため、ロボット付き自動搬送車による製品作業の完全自動化が 1992 年頃に始まった。これらオンライン化、自動化によって製品の流れがリアルタイムに詳細に把握できるようになり、そのデータを元にしたラインシミュレーションも利用されるようになった。ラインシミュレーションでは、仕掛変動を含む生産予測がなされ、事前の設備手配、メンテ時期の調整などライン管理に大きな変化をもたらした。また 1990 年代はじめには、製品の品質を維持するため管理図管理をシステムで自動に行うようになった(SPC:統計的品質管理の始まり)。これにより、連続する工程トラブルの減少と、工程トラブルになる前の初期異常の発見ができるようになった。また、歩留の早期立上を目的とし、ライン内の外観異常や特性データとウェーハ段階の最終テスト結果を Chip 単位で結ぶ、歩留管理システム(YMS)もこの時期に構築され DRAM 歩留の早期立上に貢献した。また、統計的モデルを利用したフィードバックやフィードフォワードを行う APC 技術や異常の早期発見、解析技術である FDC 技術もこの時期に米国からのアプリケーションソフトや自社開発のソフトで行われるようになった。これらの経緯を図表 10-1 にまとめる。

AGV/RGV: ロット付自動搬送車 OHT: 吊り下げ式天井搬送車					
年代	1985	1990	1995	2000	2005
ウェハサイズ	5	6インチ	200mm		300mm
生産制御	全工程条件設定 作業報告	オンライン化 率向上	製品作業 完全自動化	特殊 作業 自動化	ロット単位 の枚葉情 報制御
品質管理	PC利用による 履歴の統計解析	管理図管理の 歩留管理 システム化 システム APC/FDC		情報の 統合化	EESの 利用拡 大
生産管理	仕掛・実績 把握	進捗管理 実績管理	予測管理 生産シミュレータ利用	作業指示 高度化	
搬送	人手 搬送	工程間AGV	工程間天井搬送 工程内AGV/RGV		高速化 OHT登場

図表 10-1 日本の製造システムの経緯

これらの開発の効果に疑問を呼び起こす事態が、1990 年代の後半に起こる。それは、製品の主体が DRAM から SoC に変化したことである。これも、徐々に変化したため初期にはこれらの製造システムを変える必要性は明確にならなかった。そのため、この時期に製造システムに対する不信感が広がり、改善よりむしろ開発中止、開発リソースの他組織への転用がなされた。この結果 1995 年頃から 2005 年頃に掛けては限られた製造システムの開発はな

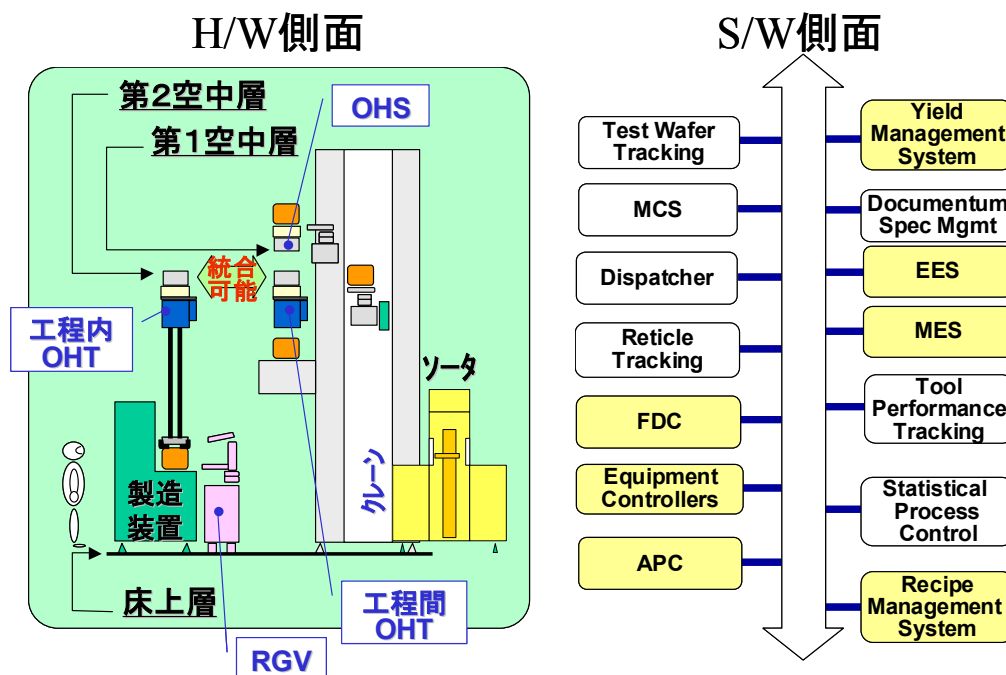
されたが、殆ど停滞することになった。また、この時期は 200mm から 300mm にウェーハ口径が変化し、日本としてのライン建設が少なくなった時期とも一致し、各社の投資が毎年のように続かなくなり、間歇的になった。これも、継続的製造システムの開発を遅延させた。

SoC の製造では、なぜ DRAM で作られてきた製造システムが有効でなくなってきたのであろうか。その大きな原因は、スピード感の違いにある。DRAM は一世代の製品が、2~3 年間工場のメイン品種となる。もちろん、その間でマスクの改版やシュリンクなども行われるが、基本的にいろいろな改善を長期にわたって集中して掛けることができる。このため、統計的手法を利用した積み上げ式の製造システムに向いている。それに対して、SoC 製品は製品寿命が短く、単純な統計手法のシステムでは、歩留解析一つとっても効果が出にくい。また、ラインシミュレータなども、過去のデータ蓄積が少ないとチューニングができず、予測精度が悪い。さらに、小ロットサイズの段取り問題や異常の早期発見についても DRAM の製造システムは無力である。すなわち、SoC 製造には、SoC 製造にあった製造システムが必要であったのである。

SoC 製造システムの走りと言えるものに、EES (Equipment Engineering System: 装置エンジニアリングシステム) がある。これは、装置内部の詳細情報を製品作業とは独立に常時収集する装置情報プラットフォームである。このプラットフォームを利用して、モデルを利用した科学的システム化が始まっており、SoC のスピードに対応した瞬発力のある製造システムが構築されつつある。

現在の 300mm ラインの状況は、ハード的には自動搬送がメイン、サブに分かれて存在し、空中・地上の各種搬送車によって製品は運ばれている。レイアウトは大部屋方式のジョブショップラインの形態をとっているところが多い。一部ジョブフロー的に設備を並べるところもでてきている。装置についても、幾つかの機能を統合した装置が多くなってきている。また、内部に測定器を持ち、プロセス結果を自身で見ながらコントロールするものも現れている。搬送は、装置内搬送が幾つかのモジュールを受け持ち、さらに幾つかの装置を繋ぐ装置間搬送、ベイ間を跨ぐ装置群間搬送と複雑に階層化することが予想される。

ソフト的には、図表 10-2 に示すようなシステムがネットワークで結ばれて存在している。今後は、階層化するシステム構造が必要になっていくものと予想される(レシピや品質管理 etc.)。また、MES、YMS、EES のような大きなデータベースが相互に利用されるようになるため、データマネジメントのソフトも重要になる。



図表 10-2 現在の 300mm ラインイメージ

## 10-2 今後の課題

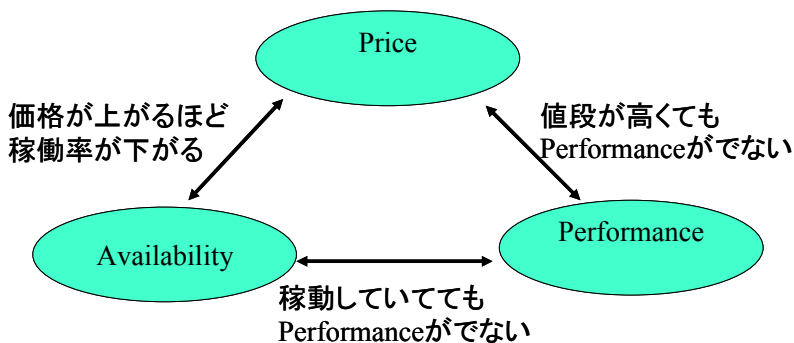
日本の半導体メーカーの多くが進めている SOC 事業拡大にとって、設計から生産を如何に効率よく統合するかが、主要課題になっている。その背景には、微細化・高集積化による LSI 開発負担の増大、マスクコストや製造コストの増大、信頼性・歩留保障の負荷増大といった技術的背景がある。さらに、顧客からマスクメーカー、装置メーカーなどを含めた業務分担の多様化が重要な要素になっている。また、このような状況下で、問題点としては、微細化が進むにつれて、製品の立ち上げにおいて、性能(品質・歩留)がなかなかでない、品質確認によるロスが多い、稼動が安定しないなど時間がかかるようになってきていることが挙げられる。

一方で、SOC 事業は、顧客の多様な要求に応じていかなければならない。それは、同時に、対応すべき品種が多彩となるが故に、一つの品種の絶対数量が限定的なものならざるをえないため、SOC 製品は多品種、小ロットサイズとなる。さらに、個々の半導体の製品寿命も短くなること、平均売価も低下していることにより、1 品種当たりの生涯売り上げが減少していることになることがある。このことは、SOC 製品として、製品の変化(プロセス・品種・量)への対応が必要であり、同時に、ラインの製造能力バランスへのインパクトが大きくなり、ラインの変更・維持工数の増大を、そして段取りロスの増大を招く要因ともなる。

生産ラインとしては、このような状況にあっても、生産コストを減少させ、設計との連携を強化して、商売になる製品の量を増やさなければならない。それには、生産から設計の総合効率を向上させることが益々望まれている。

### ■ 微細化対応(先端製品)

- 製品立ち上げ、装置立ち上げの遅れ
  - ◇ 性能(品質・歩留)がなかなかでない
  - ◇ 品質確認によるロスが多い
  - ◇ 稼動が安定しない



### ■ 多品種、小ロットサイズ対応(SOC 製品)

- 製品の変化(プロセス・品種・量)
  - ◇ ラインの製造能力バランスへのインパクト大
  - ◇ 変更・維持工数の増大
  - ◇ 段取りロスの増大

図表 10-3 SOC 生産ラインの課題

2005 年度の ITRS においても、図表 10-4 に示す High Mix という表現を通して、多品種化への対応が大きくとりあげられている。これは、いままで、海外で DRAM、MPU 主体としていた少品種生産(Low Mix)から生産技術検討の基調が、High Mix へ移行しつつあることを表している。

## Key Messages

1. **Business strategies, market demands, and process technology changes continue to make factories difficult to integrate**
2. **Factory's speed and flexibility are vital to accommodate various production technologies**  
High Mix, Cycle time improvement, equipment utilization, direct transport AMHS, etc.
3. **Gaps in Production Equipment performance, Setup time, AMHS, Facilities and Factory operations must be improved**  
 Metrics needed to cover versatility, productivity, agility, quality, environmental impacts
4. **Key cross-TWG issues need to be addressed**  
 EUVL, Abatement, High-mix impact on FEP, etc.
5. **Proactive visualization/usage of factory data is required**  
 Delivery time, Intrinsic equipment losses, etc.
6. **Productivity Improvement Roadmap for Hi-Mix and wafer scaling**  
 300 Classic → 300 Prime → 450 Era  
 Gradual/ Easier than 200mm to 300mm transition  
 Global participation required!

図表 10-4 ITRS2005 における重要課題

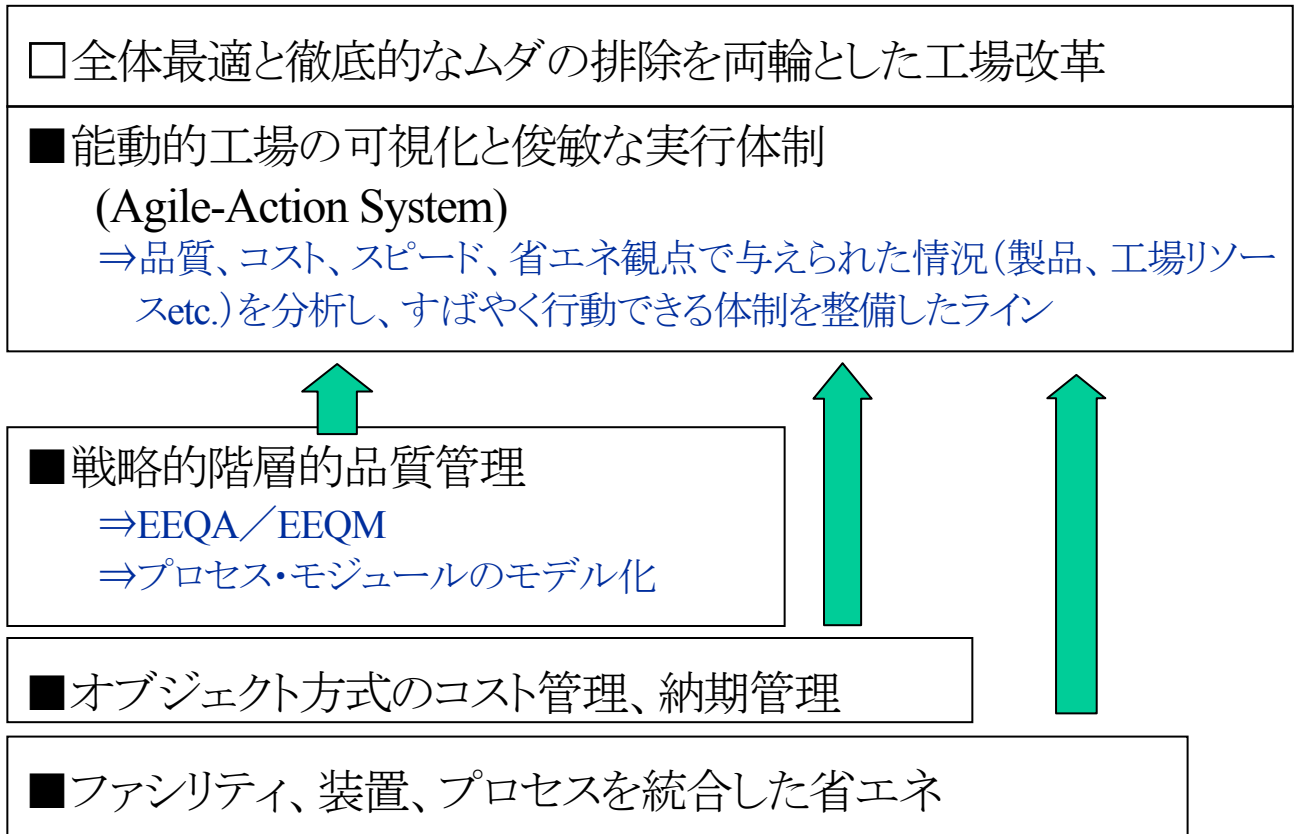
### 10-3 今後の方向性

#### 10-3-1 見える化から見てる化

2005 年度までは、主にデータ構造化を研究していわゆる「見える化」という内部が見えるということに注力し、ベンチマーク等の活動を行ってきた。また、これと平行して「見える化」でデータを構造化し、ツール化されたあとで、これをどうふうに活用するか、すなわち「見てる化」についても議論を進めきた。

##### 1) 次世代工場の改革方向

次の世代を考えると基本方針は何か、という議論を進めた結果、基本は、やはり徹底的な無駄の排除という方向になった。では、今までと何が違うのかというと、コストとか品質とか、最近では環境といったものが、複雑に絡み合ってきており、あるコストを下げようとする、納期に問題が出る、品質を良くしようとする、コストに問題が出るといった、トレードオフの関係において、どういう風にバランスを取って最適化していくかが、現在の工場の最大の問題である。さらに、これがどんどん複雑化してきている。こういった、複雑な事象を科学的に解決するための技術開発が、求められていると考えている。そのためには、図表 10-5 に示すように、それぞれの事象のモデル化をして、予測ができる状態にする。さらに、モデルとモデルをつないで、情報の伝達がスムーズになる状態が、理想だという結論を得た。

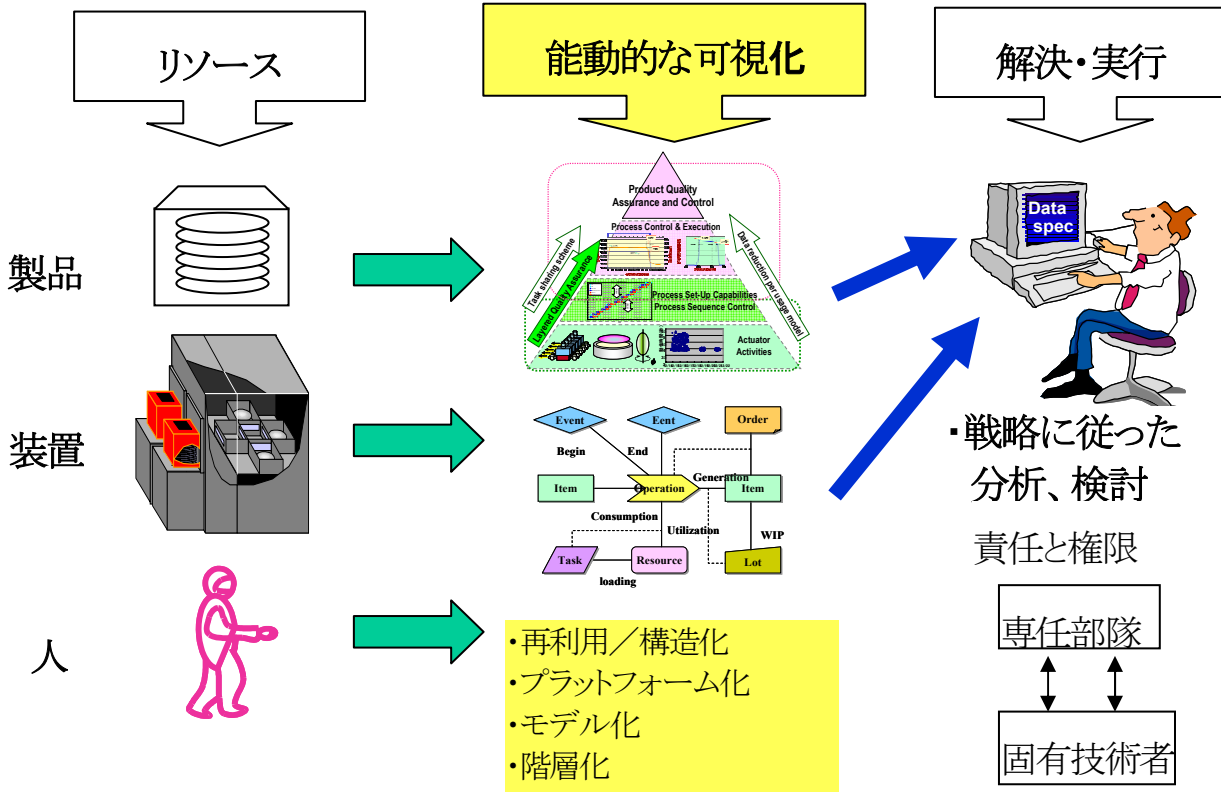


図表 10-5 第二世代ラインの方向性

## 2) 次世代工場のイメージ

図表 10-6 は、次世代のラインをイメージしたフローで、製品の情報、装置の情報、人の情報などを、階層化・構造化してモデル化することが重要となる。また、色々なノウハウにまつわるオペレーションに関しても、モデル化して、再利用化できるようにするというのも、非常に重要だと考える。

## ■工場の変化する状況を戦略的に分析し、解決施策を導き出す



図表 10-6 工場の能動的可視化と俊敏な実行体制

それと同時にそのようなモデルを専門に扱って、色々なツール開発や情報処理を考える専門部隊が、必要である。この専門部隊と、固有のプロセス・設備のエンジニアの人たちと、コミュニケーションをしながら、問題解決をしていく体制作りが重要と考える。

例えば、設備の有効稼働率を表す OEE の場合、これと一つ一つの処理プロセスの単位で、効率が決まる。すなわち、現場の中で OEE を改善したり、プロセスエンジニアがプロセスを短くする活動をしている。こういった活動が、実際の製品コストにどういった反映するか、ということが、リアルにわかるようなシステムになっているか、というと、現在の可視化レベルでは、まだまだここまでにはなっていないと、思われる。またある設備の稼働率を上げても、その設備が、手空きであれば、即製品単価にはきいてこない。このような活動と効果、さらに長い目で見たときの活動と効果、といった部分を踏まえて、ミクロな改善とマクロの経営指標を、結びわせて議論ができることが、非常に重要だと考える。

### 3) 次世代工場での実行体制

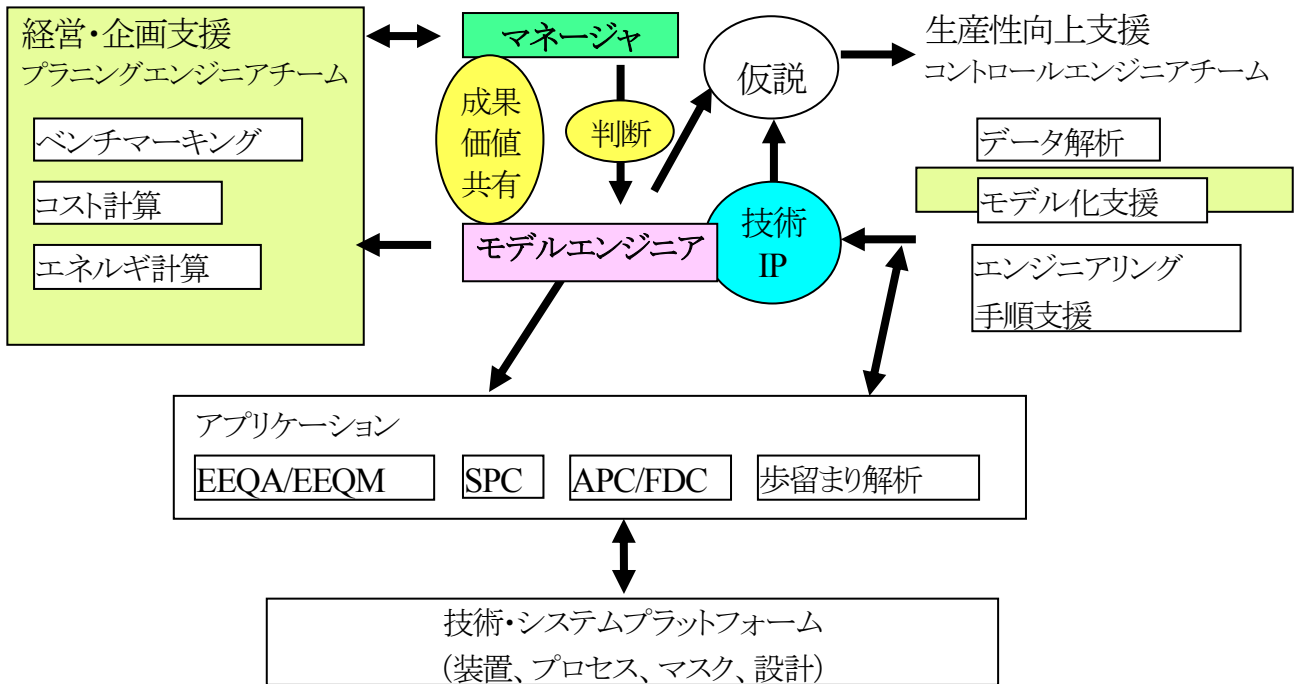
一橋大学の尾畑教授と STRJ で、ひとつの作業をオブジェクト化して、さらに工程フローのオブジェクトを結び合わせて、一つの作業が全体へどう影響を与えるかを、色々なルールをもとに、フレキシブルに計算できる、オブジェクト指向のコストツールの共同研究を行い、デモレバルのツールを実際に開発した。こういったツールができた時に、いったいどのような体制で、そのツールを活用していくのが良いか、議論した。その結果、今、図表 10-7 に示すような 2 つのポイントがあると、考えている。

一つは、エンジニアリングをサポートする部隊が、必要と考える。一つ一つのプロセス・装置で、エンジニアがモジュール段階で、色々な研究・改善をやっている。この人たちは、仮説をもとに色々な改善をやっているが、現時点の体制では、仮説に基づいて、各自が色々なアプリやデータベースを使いながら解決をして、一つ一つの処理

をすることになる。この場合、ノウハウはある程度本人には溜まっていくが、解決したものが再利用できる形で、会社の中に残っていかない状態になっていると考えている。

これについて、コントロールエンジニアチーム(仮に名前を付けた)として、モデル、解析ツール、エンジニアの解析手順を支援して、仮説を IP 化する機能を有する部隊が、必要だと考える。こういう部隊の手助けのもとに、色々な改善が統合されて、進むことが重要である。

## ■ITを利用し、全体を横串でみる組織が必要



図表 10-7 今後の俊敏な実行体制の方向

もう一つは、マネージャの支援部隊についても議論を行った。この部隊は、ベンチマーキング、コスト計算、エネルギー計算等のツールを駆使して、重要なポイントの把握、リソースの集中ポイントの把握、それからそれぞれのエンジニアへの業務指示を行う時の価値観の共有ができるような業務が必要と考えている。これら、全体の構造を今一度見直すことが、日本の半導体の製造業に必要という結論となった。

2006年度は、2005年度で行った、主にデータ構造化を研究して、いわゆる「見える化」という内部が見える部分に、体制の運用を含めた「見てる化」といわれている部分を、付け加えていきたいと考えている。「見える化」に関しては、色々な指標をベンチマーキングしながら設定していくような検討、及び、一部業務フローのケーススタディをやる予定である。

### 10-3-2 HM/SL 生産への対応

#### 1) WIP とサイクルタイムの低減

半導体デバイスを使った最終製品では、製品寿命が短く、売れ筋製品が頻繁に変わるような状況が益々強まっている。その中であって、半導体デバイスのユーザは、品質、コストの視点だけではなく、小オーダーサイズでかつ短いサイクルタイムで納品できるかの視点でも、デバイスメーカーやデバイスを選択しようとしている。ここでは、小オーダーサイズ、短サイクルタイムへの要求に応えるための小ロットサイズ生産について考える。

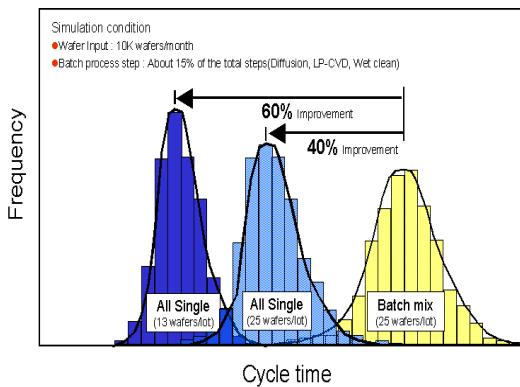
半導体製造ラインのウェーハキャリアには、25 枚のウェーハを収納できるものが標準的に使われており、これま

で 25 枚一杯に充填され製造処理されることが多かった。また、複数のキャリアに収納されたウェーハをバッチとして一度に処理する工程も少なからずあった。しかしながら、バッチ処理工程を行なう装置は、プロセスの高精度制御、投資リスクの軽減などをドライバーとしてウェーハ 1 枚ずつを処理する枚葉装置に置き換えられて来た。

図表 10-8 (上) に示すように、バッチ処理工程とその製造装置を枚葉化することにより、バッチの待ち合わせが無くなり、サイクルタイムが短縮できる。更に、製造装置の枚葉化が進んだことをベースに、ウェーハキャリアに収納されるウェーハ枚数を減らす(小ロットサイズ化)ことにより、半導体製造ライン内の仕掛(WIP)を減らし、製造のサイクルタイムを短縮することができる。また、サイクルタイムのバラツキも抑えることができる。

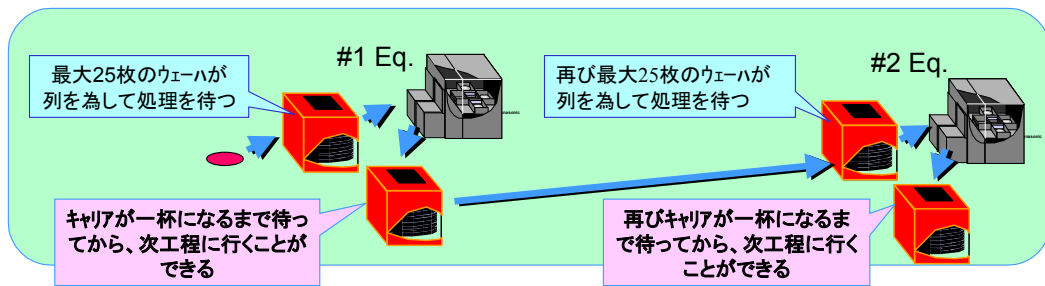
図表 10-8 (下) に示すように、枚葉製造装置の場合、最初に処理されたウェーハは後に続くウェーハ処理を待つ。従って、1つのキャリアに収納されているウェーハ枚数を減らすことにより装置ロードポートでの待ち時間を減らすことができる。しかしながら、小ロットサイズ化することにおいて、同じスループットを維持するためには、工程間の搬送量を増やす、また処理装置には枚数に関係なく必要となるオーバヘッド時間があり、スループットロスを生じさせるなどの問題がある。スループットとのトレードオフの関係があり、単純には小ロットサイズ化することは難しい。

ほぼ一杯に充填されたキャリアにて、ウェーハの授受が行われることを前提に設計された製造装置を使って、顧客からのサイクルタイムとコストの要求を考え、最適なロットサイズを決め、それに応じた工場運用を行っているのが、小ロットサイズ生産の現状であると言える。



- 小ロットでの生産する動機
  - ▶ サイクルタイムとWIPを低く抑える
  - ▶ ウェーハ観点からは、「待ち時間」を小さくする

出展 : T. Wkabayashi et al., ISSM203, Sept 2003



図表 10-8 WIP とサイクルタイムの低減

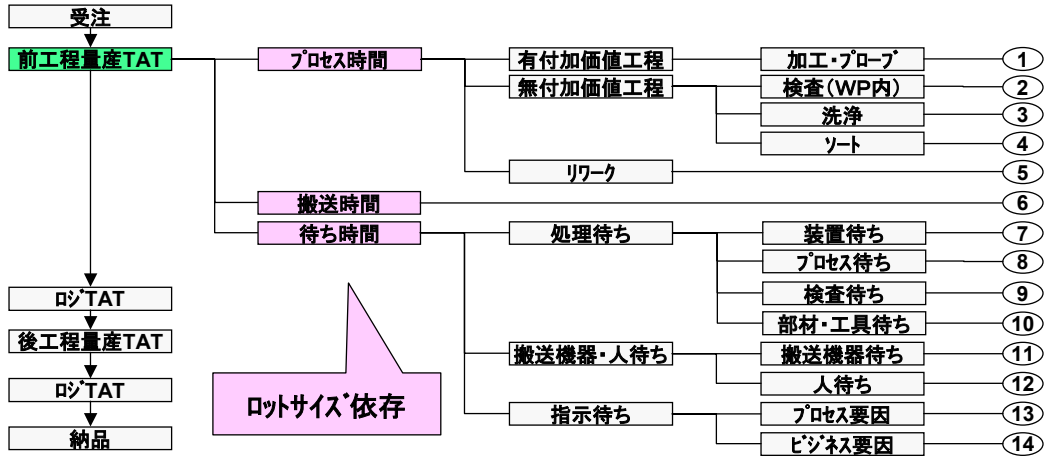
製造ラインへの投入時のキャリアに収納されたウェーハ枚数である製造ロットサイズは、今後も小さくなっていくトレンドにある。このような状況にあつて、製造ロットサイズが小さくなることによる装置ロスが増大、搬送量の増加が問題になっており、技術開発が強く望まれている。そのため、2005 年ロードマップではロットサイズトレンドを示す必要があることが合意され、根拠のあるものではないが図表 10-9(上) に示す内容を例として議論された。2006 年度にはロードマップとして掲載することを計画している。

これと同時に、図表 10-9(下) に示すとおりサイクルタイムを要素分析し、ロットサイズ依存の部分とそれ以外のオーバヘッドの部分に分解し、ロットサイズトレンドをベースに各スラストの技術要求に展開する方針を持っている。



## ■製造ロットサイズの小型化は今後も継続する

ウェーハ径 \ 年	2005	2010	2015
200mm	25(枚/キャリア)		
300mm	12	6	
450mm			2



図表 10-9 製造ロットサイズトレンド

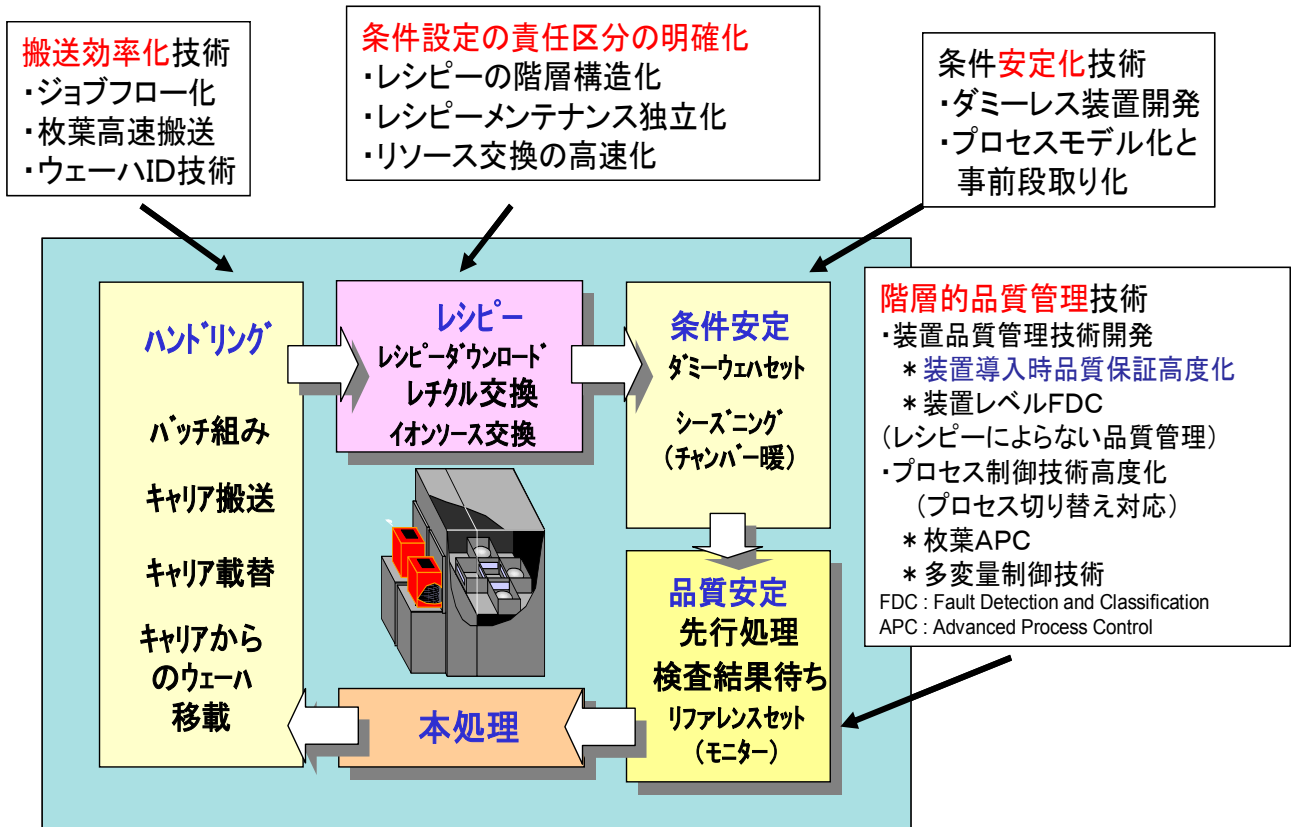
## 2) 装置ロス

製品ミックスが頻繁である場合に発生する装置に係る損失について述べる。

生産性の損失は以下のような視点からの分類が可能である；

- ①工場オートメーションに係る事項
- ②装置稼働制御に係る事項
- ③プロセス制御に係る事項
- ④装置生産性に係る事項

図表 10-10 には、装置が高混流生産に使用された場合のロスを総合的に図示している。



図表 10-10 ロット段取りの影響(高混流生産での生産効率低下)

### <工場オートメーション>

製品ミックスが大であると、生産ラインに流れる製品の生産管理ロットサイズが小さくなる。DRAM の生産では1つのキャリアに 25 枚のウェーハが装填されていることが通常であったが、SoC の生産では1つのキャリアに装填される製品ウェーハが 5 枚などという場合も常識的にさえなっている。SoC では顧客が必要としている時に必要数だけを届けるのがミッションであるために、小さいロットでこまめに生産するのが通常である。このような小ロットで生産を行うメリットは、図表 10-11 に示すとおり、少ない枚数のロットであれば、そのロットの処理時間が、そのロットが装置にあづけられている時間が減少するので、TA の改善等に繋がる。しかしながら境界様々な条件から、現在では 25 枚の最大容量のキャリアが 300mm では使用されている。

小枚数のロットで工場が運営される、同一の工場トータルの生産枚数に対して、搬送回数は 数倍となることありえる。どのような局面に対しても十分な搬送能力を実現することは、投資効率が悪化するために、平均要求能力を基点として、それに余裕を付与した搬送能力を設計することが通常である。しかしながら、このような搬送能力の設計である場合には、ロットサイズが小さくなった場合、要求のピークにはキャリア搬送が間に合わなくなり、装置空き(あるいはウェーハ待ち)が長時間に渡って発生するポテンシャルが高くなり、装置の負荷率、あるいは稼働率が低下する。

ロードポートに搬送されたキャリアは、装置によって ID が読み取られ、工場側ホストとの通信で処理が開始される。確認されたキャリアであっても、ミニエンバイロメント容器(FOUP 等)が開かれ、更に容器内のウェーハの確認のスキャンを行い、初めてウェーハを処理のために取り出す準備が整う。この確認手続き等に要する時間も装置の通信機能の実装や、その時に装置に設定する処理条件の複雑さ、工場側ホストの能力などによって、例えば1分間以上を要することもある。

装置が、ロットの切れ目に関係なく切れ目無くウェーハ処理を行うためには、このような手続き処理のための時間分だけ早めにキャリアの配達を行っておく必要がある。ロットサイズが小さい、すなわちキャリア内のウェーハ枚数が少ない場合には、この時間が相対的に顕在化し、生産性の損失となる場合が在り得る。また1つのキャリアにウェーハが満載されないことから、ウェーハの保管スペースが多く必要であり、工場スペースのロスが発生する。

更に、SoC 生産では 製品の試作が常に行われており、これらの試作ロットでは 2 枚などという、極端に小さいロットサイズでロット処理が行われることが通常であり、上記した事情が更に悪化することがある。バッチ装置は 洗浄プロセスや、熱処理プロセスあるいは、薄膜形成などでは、枚葉処理化が進んだとはいえ、依然として重要な装置でありつづけている。100 枚などのバッチ処理サイズと、5 枚のロットサイズを考えると、このようなバッチ装置の前では 20 ロットが到着して初めて処理が実行されることになり、バッチ形成のための TAT 悪化が顕著である。

#### <装置稼働制御>

多品種が同一の装置にて処理されることから、プロセス条件の切り替えが頻繁に起こることになる。このために前述したロット処理を開始するための手続きが頻繁に起こるために、その時間分 TAT が悪化するし、また搬送の余裕能力が十分で無い場合には生産性が低下する場合もある。装置によっては、プロセス条件の変更が直ちには可能で無い場合がある。よく知られている例では、レジストを切り替えた際にはレジストのベーク温度が変更となることがあり、ベークを行うステージの温度が目標温度に十分に安定するために、装置の処理は連続でなくなり、生産性が低下する。

その他の装置でも、ロット間で非常に瑣末なプロセス条件の変更があった場合でも、その変更の装置の持つプロセス性能発揮へのインパクトが不明であるために、一度装置の処理が中断されることが多く、生産性のロスが発生するポテンシャルが大である。

他の有名な例は、ある枚数の処理を行った後に、装置の状態を整えるために、装置内部のクリーニングを実施したり、あるいは非製品ウェーハを特定の条件で処理することがある。プロセス条件の切り替えの際にも非製品ウェーハを処理することもある。これらの装置の状態調整行為は生産性を低下させる。

#### <プロセス制御>

種々の角度のプロセス制御の切り口での生産性のロスがある。CMP 装置などでは、研磨能率が一定ではないために、装置内に研磨厚さを測定する機構が組み込まれていることがある。ウェーハを枚葉で測定すると、品質の監視精度は上がるが、測定時間の分だけ生産性が低下するので、ロット内で1枚だけを測定するのが通常である。ロットサイズが小さいと、頻度高く測定を行うことになるので、生産性が低下する。

フィードフォワードの APC でも、APC でのレシピの設定(プリセット)を行う場合には、小ロットであると、枚数がすくないためにロットの流動が早く、APC のための新しい条件の計算と、工場システムを介した条件の設定に使用できる時間が短く、詳細な制御を行う場合には制御が追いつかない場合が発生する。異なる製品が同時に小さいロットで生産されているので、ロット毎に品質の確認が為される必要があるが、品質確認が頻繁なために品質確認の工程で待ちが発生し、TAT を悪化させることがある。

装置のプロセス条件の切り替えが頻繁であり、なんらかの品質不良事故が発生した場合に、それに関与したと思われる装置、あるいはチェンバに不具合があったのか、あるいはあるプロセス条件にだけでその問題が発生するか等の切り分けが複雑となる。製造工程上の不具合解決に長時間を必要とすると、生産性の大きな低下となること

は自明である。

- 小ロットサイズでは装置の処理切替時間(B値)が顕在化
- 様々なB値の構造化・モデル化が重要

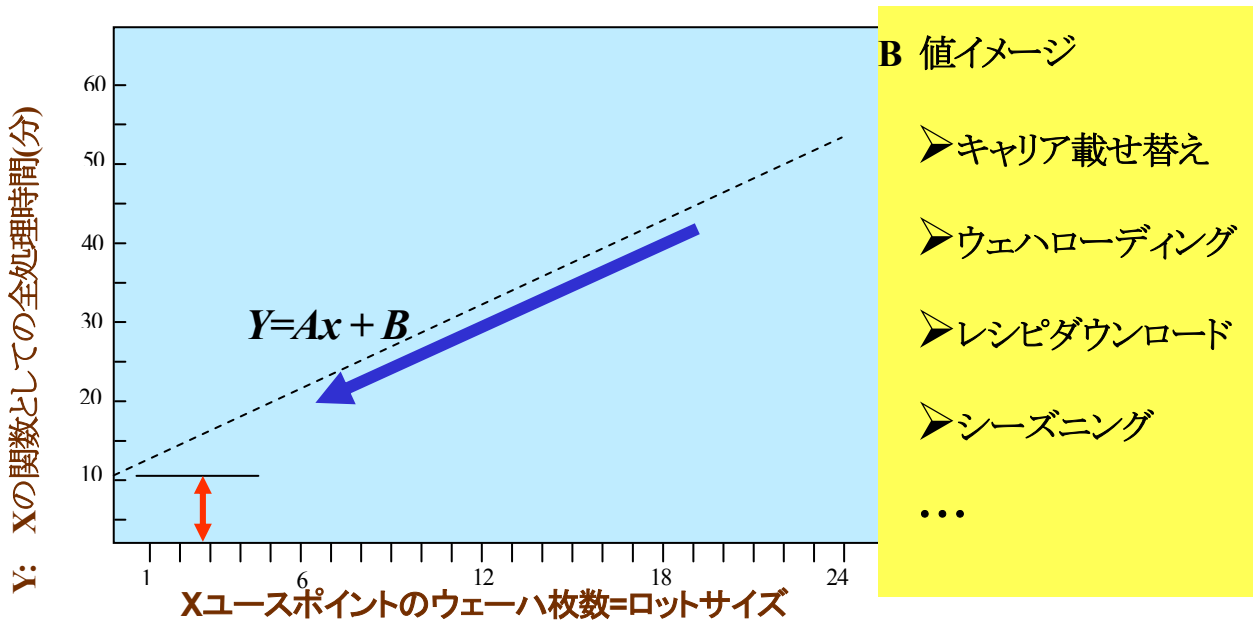


図 10-11 小枚数でのロットが経験する時間を改善できる

#### <装置生産性>

ロードポートの数が通常は2であるために、両方のロードポートに載っているキャリアに存在するウェーハの枚数の合計が少ない場合には、装置が新しいウェーハを必要としていても、両方のロードポートが塞がっているために、未処理のウェーハが装填された次のキャリアをロードポート上に置くことができないために、装置がウェーハ待ちとなり生産性の損失が発生する場合がある。

装置の故障は SoC 生産に大きなインパクトを持つ。TAT を短く、あるいは WIP を小さくするためにも小ロットでの生産を狙っているわけであるが、装置故障があると、TAT は大きく悪化し、複数台の装置が割り当てられている場合でも、その工程の生産能力が変動するので、その装置工程には十分な仕掛を与えてスループットが最大化させるように配慮が必要であるが、このような対策は WIP を大きくし、TAT を悪化させる。

### 3) 装置ロスの低減

製品ミックスが頻繁である場合に発生するロスの低減について述べる。

#### <工場オートメーション>

増加した搬送回数に対応するために AMHS の能力は、従来に増して大きい必要がある。限られた搬送能力の中での解決方法としては、異なるロットを1つのキャリアに混載することがある。ただし、この混載編成のために待ち時間が掛かるし、また、ロードポート上での待ち時間が多くなるので、積極的な解決方法とするのには、更なる工夫が必要である。

ロードポートに搬送されたキャリアが実際に処理され始めるまでの時間を短縮することは、全 TAT を減じる効果がある。300mm の第一世代では そこまでの検討が為された経緯はない。特に高速なプロセス条件のやり取りも、

今後の装置の俊敏なる制御条件を睨んで重要である。当然であるが枚葉処理装置がより多くの工程で採用できることも TAT を改善する。

#### <装置稼動制御>

プロセス条件の変更によっても、装置のコンディショニングが必要でない装置は、小ロット生産に対して有利である。または 装置のコンディショニングに要する時間が短い装置が重要である。プロセス条件の瑣末な違いを認識できる仕組みが必要であり、瑣末な違いでは装置のコンディショニングを不要と判断するソフトウェア機能が提供されることも重要である。非製品ウェアを使った装置のコンディションはできるだけ低い頻度である必要がある。

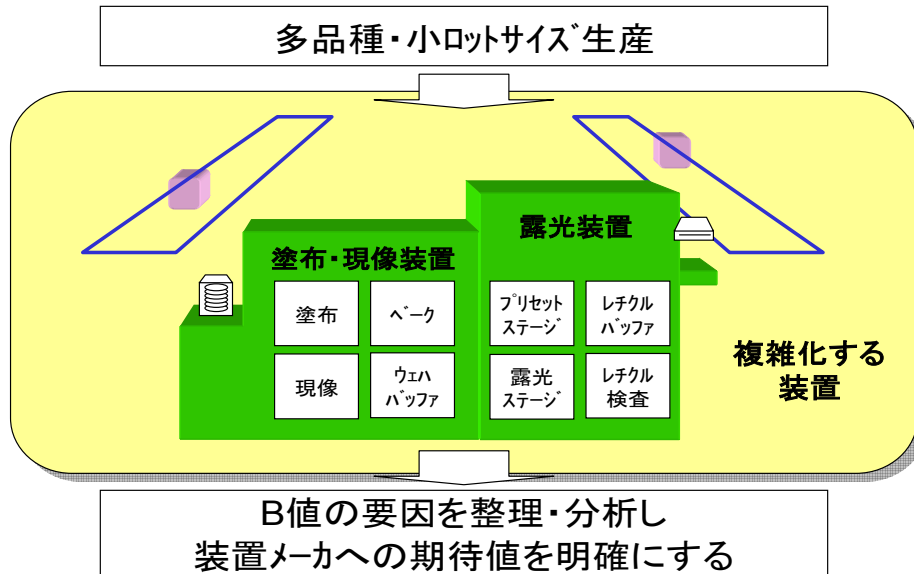
#### <プロセス制御>

露光装置では、レチクルが正しく供給されることが必須の条件である。レチクルが早く着すぎても生産性は上がらない。レチクルが常に正しいタイミングで届く制御ができることが必須の要件である(図表 10-10)。当たり前のことであるが、装置の信頼性は非常に高い必要がある。異なる製品が同時に小さいロットで生産されているので、ロット毎に品質の確認が為される必要があるが、装置の状態の確認が頻繁に高い精度で実施できるようにして、実際のウエーハの品質確認頻度を低減する必要がある。この概念は階層的品質保証と呼ばれている。

#### <装置生産性>

キャリアとしてプロセス装置にウエーハを供給すると、どうしてもウエーハ単位のきめ細かい生産制御は難しい。300mm の第一世代前には、装置で処理するウエーハが運ばれてくるキャリアと、装置で処理がされたウエーハが格納されるキャリアとを別のものとするウエーハの供給方式があった。この方式はセクターレーバ方式と呼ばれている。このような方式を復活されることで、ウエーハ毎の扱いに近い生産性を得ることができる場合もある。

装置の故障を低減したり、必要なメンテナンスを最適なタイミングで行うためには、装置について装置供給者側、装置ユーザ側が科学的で正しい知識を持ち、装置から そのために有用な情報を得て、科学的な方法でデータを使用し、適切な判断を下せる必要がある。このようなニーズは装置メーカーと装置ユーザとの協業でより良い装置の供給と、同じくより良い装置の使用方法を実現することを狙っている装置エンジニアリングシステムによって実現への道が開かれた。以上述べた装置の不能率性を纏めたのが図表 10-13 である。

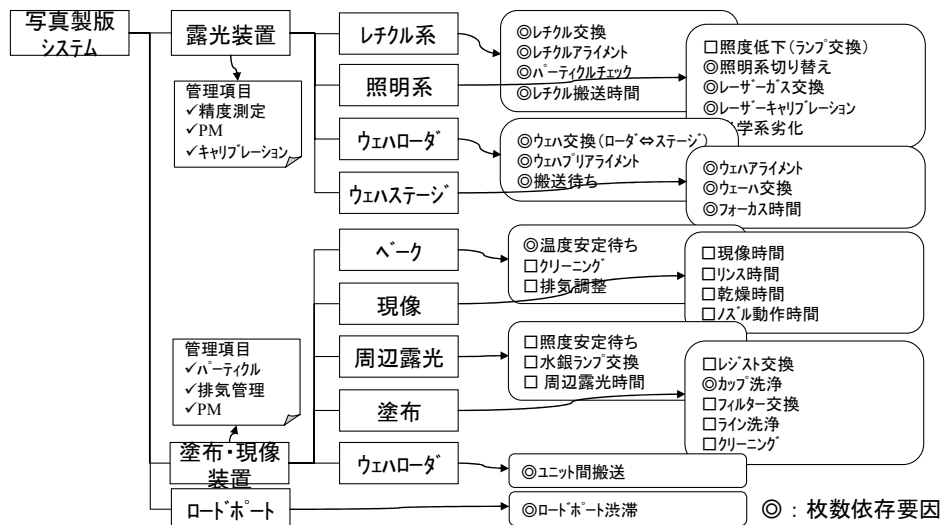


Work in Progress - Do not publish

 STRJ WS: March 9, 2006, WG8 FI <sup>20</sup>


## B値の要因整理

■B値発生メカニズム解析のための大分類より各種モデル・マトリクスへ進む



Work in Progress - Do not publish

 STRJ WS: March 9, 2006, WG8 FI <sup>21</sup>

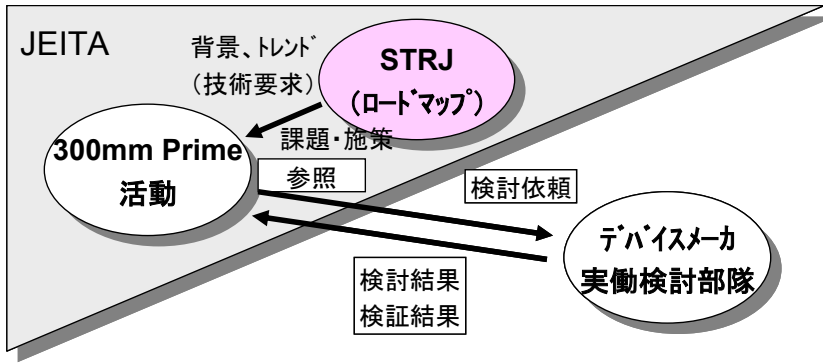
図表 10-12 B 値の要因

### 10-4 まとめ

SoC の製造システムでは、このままでの能動的可視化「見える化」から、その情報を活用する仕組み、すなわち、「見てる化」の研究が重要になる。人の創造意欲を高めるため、仕事を与える側と受け取る側がその仕事の成果が会社経営にどのようなインパクトを与えるかを共有することが必要である。人を中心に置いた製造システムを構築していかなければならない。

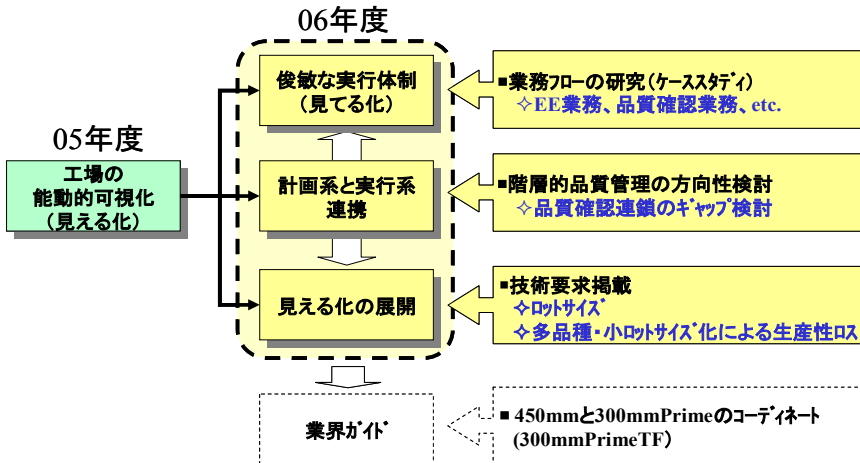
多品種小ロットサイズ生産の課題の共有については、国内と国外でははっきり区別して進める必要がある。ロットサイズのトレンドデータのような指標は ITRS の場で発表して、装置業界などに問題点を理解してもらう必要がある。

段取りに関する情報も ITRS に部分的にオープンにして、装置業界を巻き込んで段取りの効率化を進める。装置管理情報の把握状態をメトリクス化してベンチマーキングすることも、他団体と協力して行っていく。コストや原価の可視化の方向性も示していく。さらに、次世代工場に対応した技術トレンドや課題と施策のロードマップ化を進める。次世代工場の技術的要求は、今後予定されている 300mm プライムTF活動とも連携していく。STRJ と 300mm プライム活動、各社の実働部隊活動の関係を図表 10-13 に示す。



図表 10-13 STRJ と 300mm プライム活動の関係

今後のファクトリインテグレーションWGの活動計画を図表 10-14 に示す。2006 年度は見える化の展開としてロットサイズや多品種・小ロットサイズ化による生産性ロス等の技術要求を分析、ITRS への掲載を図っていく。また、俊敏な実行体制 (見てる化) の研究としては、EE 業務や品質確認業務の業務フローなどをモデルに研究をして見る予定。さらに、階層的品質管理の上下チェーンの不足している部分の検討を行い、方向性を検討していく。



図表 10-14 2006 年度活動計画