

レポート

21世紀型生産システム

～微細加工ファブシステムを中心に～



2008年11月25日

ファブシステム研究会

レポート

21世紀型生産システム

～ 微細加工ファブシステムを中心に ～

2008年11月25日

ファブシステム研究会

本レポートの編纂にあたって

欧米型グローバル金融システムが崩壊し、一方で資源の地球規模での制約が現実化してきた今、消費の無限拡大を追い求めることは許されない行為となりつつある。生産規模拡大を前提とせず、必要なものを必要な時に必要なだけ生産する、持続可能な生産システムへの変革の 때가到来したのである。

その具体的な未来システムの一つは、生産規模が最小単位の小さな工場～ミニマル生産システム～である。特に、大規模過剰生産システムに苦しんでいる半導体産業は、それを早急に応用すべき産業であるといえる。

では、何をなせば、その小さな工場は実現されるのか。私はそれを、90年代、局所クリーン化リサーチシステムを独自開発した時点からずっと考え続けてきた。

モノの生産単位を最小化するという事は、半導体の場合、突き詰めれば、商品である集積回路チップ1個を作り込むのに十分な大きさのとても小さなウェーハを用いて製造することに帰着する。そうすると、製造装置は30cm角に縮小され、ファブは1ラインがルームサイズとなる。

現状、生産システムは大量生産型である。工場投資額の肥大化が極まり、ビジネスとしてペイしないモデルとなりつつあるが、それが現時点で唯一の基幹システムであることに変わりはない。地球環境と消費者を主とする21世紀型へ革新を遂げるには、まず、量産システムの課題を洗い出し、それを自己認識することから始めなくてはならない。

ファブシステム研究会は、この問題意識の元に、産総研主導で設置された。

ご協力をお願いした企業16社2大学の委員は、現状の生産システムにほころびが生じていることを肌で感じている、生産工場の産業人が中心である。本レポートに掲載した多数の委員コメントは、現状打破への問題意識に満ちている。この重大なレポートが僅か5ヶ月で発行できたことは、時宜を得ている証左である。

次ページの提言をご覧頂きたい。そこには、これからのファブシステム構築へ向けての基本方針が示されている。提言への取り纏め過程であるオープンディスカッションにおいては、量産システムに内在する課題抽出の議論に始まり、量産システム細部のムダ取りの具体的取り組み例から、環境負荷低減対策事例まで、これまでほとんど知られていなかった、実際の工場での課題克服のための改善努力、すなわち持続的イノベーションの実相が多方面から語られている。これらの努力を超えて、死の谷を克服し、破壊的イノベーションとしてのミニマルファブの実現へ踏み出すためには、コンセプトの構築とリアルタイムなユーザとの対話が重要であると考えている。本レポートを通して映し出されるファブシステム研究会の活動全体は、その実例でもある。我々の活動は、産官学連携の真の具体的一手法として捉えることができるであろう。

21世紀型生産システム創造へ向けての橋頭堡として、本レポートが幅広い産業において参照されるようになれば、それに勝る喜びはない。

平成20年11月25日

独立行政法人 産業技術総合研究所
ファブシステム研究会 代表 原 史朗

21 世紀型生産システムに関する提言 ～微細加工ファブシステムを中心に～

平成 20 年 11 月 25 日

ファブシステム研究会

20 世紀、大量生産・大量消費という手法は、商品単価を下げ、人々を広く物質面で潤すと同時に経済的発展を成し遂げるものとして、我々はそれを推進してきた。ただし、それは、生産と消費に制約のない拡大を前提としたものであった。そのため、消費規模拡大が行き詰まると、大量生産を続ける生産者との間に、量的質的な乖離を生じることとなる。20 世紀の末に、欧米工業化社会でこのシステムが飽和を来すと、市場の再拡大を求めて、地球全域へのシステムのグローバル化が興った。ところが、早、今世紀初めには、大量消費は地球規模で広く行き渡ってしまった。それだけではない。資源とエネルギー供給の制約が現れ、また人類全体の活動が地球環境へ及ぼす影響が無視できなくなってきた。サブプライム問題は、この手法がついに行き詰まったことを証明しつつある。グローバル金融システムの破綻とともに、生産拠点への巨大投資は、その貸し手が消えて無くなったことで、より一層非現実性を増し、マネーゲームとしての勝ち組が誰もいなくなる状況を現出しようとしている。

今後は、持続可能社会の根幹となるべき、持続可能産業を構築して行かなければならない。持続可能産業の中でも特に製造業に対しては、持続可能な生産システムを創造してゆくことが求められる。

持続可能な生産システムとは何か。それは、規模拡大を前提とせず、社会が必要とするものを必要なだけ作り出す、地球と消費者を主とするシステムである。従来、新技術は、量産性・高機能性を強化する技術を中心として開発され、より巨大化した新設工場に対して導入されてきた。コストダウン要求が強くなるフェーズでは、生産単位の大型化が図られ、工場の肥大化を加速した。しかし、今後の持続可能産業においては、既存工場において付加価値を高めるべく、高効率化・高機能化に加え環境負荷を低減する新技術群を導入する、いわばレトロフィット手法が重要になる。それと同時に、より理想的にムダを省いた、最小単位の生産システム～これを我々はミニマルシステムと呼ぶ～それを創りだし活用して行くべきである。

大量生産・大量消費を推し進めてきた典型的産業として、半導体産業がある。

我々は、この半導体産業を持続可能産業として革新するための取り組みを打ち出し、それを推進するため、ファブシステム研究会を立ち上げた。研究会では、主に「ファブ」と呼ばれるこの半導体系集積回路工場を典型事例として、今後想定される工場の姿を検討し、その量産性と特徴からファブタイプを 4 つに多様化分類した。

- (1) 生産単位の大型化 (450mm ファブ)
- (2) 先端ファブの進化 (NGF[※])
- (3) 既存ファブの進化 (レトロフィットファブ)
- (4) 最小単位の生産システム (ミニマルファブ)

メガファブ競争は最終局面を迎えている。メガトレンドを追う者はその追求の手を緩めてはならない。また、現在の最先端ファブについては、採算性に課題があり、高効率化は必須課題である。これら既存路線で産業維持が可能な残り少ない時間の中で、我々は、既存ファブのレトロフィット化でより広い生産拠点の活性化を図りつつ、一方で持続可能産業の基幹となるべきミニマルファブの具現化に邁進して行かなければならない。

製造業は、ファブ多様化の必然性を認識し、この量産型からミニマル型に至る、産業システムの健全な変革を目的として、それぞれのファブタイプの強化策を打ち出して行くべきである。

※ NGF: Next Generation Factory Vision from 300mm to 450mm. 実用最大口径のシリコン基板である 300mm ウェーハを用いた集積回路製造工場システムを中心に、さらなる大口徑化への対応も視野に入れつつ、生産性向上目的の開発項目を検討したロードマップ的な指針案。実際には、工場内ウェーハ搬送の高効率化などを中心に検討されている。

目次

1. 本レポートの編纂にあたって 原 史朗	2
2. 21 世紀型生産システムに関する提言 ～微細加工ファブシステムを中心に～	3
3. 目次	4
4. 「半導体を中心としたエレクトロニクスの次なるイノベーションに向けて」 金丸正剛	5
5. ファブシステム研究会 設置趣意書	6
6. 委員リスト	8
7. オープンディスカッション	9
・「ファブシステム研究会 これまでの活動」	11
・各セッション概要	14
・各セッション議論	20
・第1セッション 流し方・搬送方式	20
・第2セッション レトロフィット	34
・第3セッション 局所クリーン化	54
・第4セッション 環境負荷低減	84
・第5セッション ミニマルファブ構想	115
・第6セッション まとめ	142
8. ミニマルファブ構想とその適用可能システムの実状	171
・ミニマルファブ構想 アウトライン	173
・Q & A ～ミニマルシステムについて～	174
・ミニマルファブ適用可能システムとは何か	182
・事例1 多品種少量チップ製造システム： 「HALCA プロジェクトと今後の展開」 津守利郎	183
・事例2 ハードディスク製造システム： 「HDD組立ファブの変遷とHDDにおけるミニマルファブ構想 としての多角形クリーンセル生産方式の提案」 加藤洋	186
・事例3 MEMS 製造ファブシステム： 「MEMS ファンドリーと人材育成」 一木正聡、前田龍太郎	202
・事例4 試作ライン： 「オンデマンド・ファブシステムとしての産総研ナノプロセッシング施設」 秋永広幸	207
・事例5 研究装置のモジュール化： 「研究所にみるオンデマンド化製造装置とレトロフィット化」 中野禪	218
9. 委員コメント	221
10. アドバイザーコメント「Fab System 研究会活動に寄せて」 景山晃	256
11. 謝辞	258

半導体を中心とした エレクトロニクスの次なるイノベーションに向けて

独立行政法人 産業技術総合研究所
エレクトロニクス研究部門長 金丸 正剛

1958年の半導体集積回路発明から今年でちょうど50年が経過したことになる。その間トランジスタの微細化による集積度の増加と生産量の拡大は目覚ましく、情報化社会の中で生活する我々の周囲には、いたるところで集積回路が利用されるようになった。半導体産業は今後も欠かすことのできない産業であるが、これまでと同様に発展し続けるためにはいくつかの課題を克服しなければならない。作製技術に関する最大の課題はデバイスの微細化限界である。Moore 則を維持して集積度を向上させるため、ナノメータサイズのトランジスタ構造においても CMOS が十分な性能で動作できるように、新材料、新構造の開発が精力的に進められている。

一方、半導体製造ラインへの投資額の増大も半導体産業の成長に大きな影響を及ぼすようになってきている。巨額の投資に見合う生産量と利益をあげることでできる製品に限られ、CPU や DRAM でも開発コストを回収できる半導体製品とは必ずしも言えない状況になりつつある。自動車産業においては、自動車そのものの技術的進歩とともに生産技術や生産方式での革新が産業の成長に繋がっている。たとえば、フォードによるベルトコンベアによる大量生産方式、トヨタのカンバン方式による生産の効率化がよく知られている例である。半導体産業においても従来の生産方式を見直して、新たなユーザーニーズに応える、あるいは新たなユーザを獲得することを考える時期に来ていると言えよう。ファウンドリとファブレスというビジネスモデルはまさしく新しい半導体の生産方式として成功した例である。しかしながら、微細化による CMOS 性能向上が飽和しつつある状況では、これまでの50年間の半導体産業の成長を牽引してきた、デバイスの微細化と基板の大口径化による、集積回路の性能向上と性能

当たりの価格低下というメリット自体を再考しなければならない時期を迎えているのであり、ファウンドリというビジネスモデル上の改善ではなく技術上での革新が必要だと考える。

半導体産業に対するこれまでの主なユーザーニーズは高度な情報処理を低コストで提供することにあつたため、汎用の CPU とメモリを低コストで作製し、PC に代表されるような汎用のシステムを構築し、ソフトウェアにて個々のニーズにあつた情報サービスを提供する方法が主流であつた。今後、ユーザーニーズの多様化に伴い、適切なハードウェア性能とコスト、ソフトウェアでは実現できない機能の付加などが必要となったときに、現在の集積回路製造方式（同一品種、大量生産）では対応できなくなるものと予想される。その際に、生産技術としてそれに対応できるものを構築することが必要になってくる。また、半導体製造技術は集積回路作製以外にも MEMS やバイオチップなどの製造技術として利用されつつあるが、市場規模がまだ小さいこれらの製品では従来の大量生産方式とはマッチングしないという問題もある。

本レポートは、これらの問題意識をもちながら、半導体を中心としたエレクトロニクス産業が今後も維持、発展するために必要となるファブシステムを提言することを目的として立ち上げたファブシステム研究会の成果である。今後、この提言を産業界に活かすべく、産学官が協力してファブシステムイノベーションに邁進し、もって未来への活路を見いだしてゆくことを願っている。

ファブシステム研究会 設置趣意書

平成 20 年 4 月 1 日設立

発起人 独立行政法人 産業技術総合研究所
半導体システムイノベーション検討会 世話人
原 史朗

1. 目的

21世紀のあるべきファブシステムを創造するための諸活動を目的とする。

2. 背景

昨今、半導体産業は大量生産性の向上を目的として、投資のメガ競争を繰り広げている。しかし、現実には、生涯生産個数 10 万個平均のシステムオンチップ (SoC チップ) や本来 1 個からニーズのあるエンジニアリングサンプルなど、大量生産が必要でない集積回路チップ種が無数にあり、また、コスト高で成立していない各種ユビキタスチップやロボット制御チップなどの仮想的マーケットの具現化が求められている。現在の半導体製造システムは、本来的に大量生産に適しており、このような変種変量向けチップの製造には、CPU 等の大量生産品と比較して、数倍から数百万倍のコストがかかってしまう現実がある。大量生産システム自体を見ても、過去生産性向上に最も寄与してきたウェーハサイズの今後の拡大は、次期 450mm システムの世界開発費が 11 兆円と見積もられたことで、当面頓挫し、この生産性向上の最大の手段を産業として失いかけている。そのような課題を解決し、投資効率と資源生産性及びエネルギー生産性で高い性能を持つ明日の半導体デバイス製造システムの成立を目指して、変種変量に適したものづくりシステムを構築すべき時期を迎えている。

さらに、シリコン系集積回路だけでなく、MEMS 系や化合物半導体系なども含め、量産に移行する前段階の手作りファブは、我が国では多数存在している。これらのファブにおいては、過大な量産性を有するシリコン系大量生産システムを流用や改良する以外に、量産化や高効率生産への発展の道がないのが現状である。シリコン系大量生産システムの導入で発生する莫大な研究開発と設備投資は、これらの小さなマーケットでは回収できる見通しが立たない。結果として、ファブの競争力強化を阻害している現状がある。

一方、産業技術総合研究所においては、変種変量生産に適し資源生産性とエネルギー生産性に優れたミニマルマニュファクチャリング (MM) テクノロジーの研究開発が、個別要素技術開発として以前から進んでおり、このテクノロジーを、小さなファブとして結実させるための、「半導体システムイノベーション検討会」が 2007 年 6 月から立ち上がっている。ファブの変種変量化と投資効率向上という課題に対して、MM テクノロジーと小さなファブという概念は、本質的な解決策となりうる可能性がある。

本研究会は、このような現状とニーズを踏まえ、現状のファブシステムの課題を抽出するとともに、これからのファブシステムの姿を創造する場と位置づけられる。

3. 活動事項

- (1) ファブシステムの現状課題を議論し、そこから普遍的課題を抽出する。
- (2) 抽出された課題を克服するファブシステムを創造する。
- (3) 21世紀にふさわしいファブのあるべき姿を、広く社会に提案する。

4. 設置期間

平成20年4月1日設置。1年間の時限とする。情勢を鑑み必要に応じて、1年ごとに設置を更新する。

5. 研究会の構成

本研究会は、本研究会発起人を代表として、その趣旨に賛同し、その実現のための創造的活動に参画する意志を有し、かつそのための諸活動に資する企業や組織または個人が、その業種や分野を超えて集い、構成する。構成企業や個人は、それぞれ最低1名常任委員を選任する。また、産総研は、半導体システムイノベーション検討会メンバーを中心とした委員およびアドバイザーにより構成する。本研究会には、常任委員の他、同一企業内で委員を支援・補佐する委員補佐、および、不定期に活動に参加する委員として協力委員を置くことができる。

6. 研究会の情報管理

- 1) 本研究会における秘密情報の適切な管理と知的財産権の保護の為、研究会を構成する組織または個人は、独立行政法人 産業技術総合研究所と、個別に1対1の秘密保持契約を締結する。本項目6において、その秘密保持契約の秘密情報の取り扱い内容を定義する。
- 2) 本研究会において研究会を構成する組織または個人より開示される情報については、原則的に5で定めた研究会組織で共有する。また、その用途と内容に応じて管理レベルを設定し、各レベルに応じた開示先の制限を行う。
- 3) 本研究会の秘密情報に当たらない活動成果に関しては、本研究会を構成する組織または個人の合意を得た成果について、合意を得た委員名と所属を有識者として記名したリストとともに一般公開するものとする。
- 4) 本研究会の活動成果として知的財産権が発生する場合は、別途産業技術総合研究所と締結される秘密保持契約書に従い、権利の帰属及びその取り扱い等に関し、その都度、必要に応じて協議の上で決定するものとする。

7. 会議

- ・委員は、3で定めた活動事項を遂行する会議に必要な資料を準備し、積極的に発言する。委員がやむを得ず欠席する場合には、代理人の出席を可能とする。
- ・10月を目処に提言を行うことを目標として、集中的日程(2～3週間隔)で会議を開催する。
- ・開催場所は、産総研つくばセンターとする。
- ・開催日時は、原則的には月曜日14時～16時半とする。

8. その他の事項

活動費は募らない。ただし、若干の懇親会費のみ必要に応じて徴収する。

ファブシステム研究会委員リスト

2008年11月10日現在

代表

- ・(独)産業技術総合研究所 エレクトロニクス研究部門 主任研究員 原 史朗

常任委員

- ・(株)日立グローバルストレージテクノロジーズ ヘッド製造本部 主管技師 加藤 洋
- ・オリンパス(株) 研究開発センター 生産技術本部 生産戦略部 次長 千村重弥
- ・(株)東芝 大分工場 プロセス生産技術部 部長 宮下直人
- ・三洋半導体製造(株) 生産統括室 室長 池田 猛
- ・(株)高島産業 デバイス事業部 部長 芦沼一寿
- ・(株)日立製作所 モノづくり技術事業部 シニアプロジェクトマネージャー 久保内講一
- ・横河電機(株) ソリューション事業部 ETS 本部営業技術部半導体事業企画 グループ長 廣嶋隆史
- ・(株)日立ハイテクノロジーズ 半導体製造装置営業統括本部 プロセス製造装置営業本部 部長代理 加藤健児
- ・大成建設(株) エンジニアリング本部 生産・物流グループ-4 シニア・エンジニア 山崎喜郎
- ・(株)日本電産サンキョー 長野開発技術研究所 所長 常田晴弘
- ・CKD(株) 生産本部小牧機器事業所製造部 部長 丹羽久信
- ・(株)ナノテック 代表取締役 横山元宣
- ・(独)産業技術総合研究所 サービス工学研究センター 主任研究員 宮下和雄
- ・(独)産業技術総合研究所 エレクトロニクス研究部門 先端シリコンデバイスグループ長 昌原明植

協力委員

- ・信越化学工業(株) 磁性材料研究所 第三部開発室 部長 大橋健
- ・横浜国立大学 大学院 工学研究院 教授 羽深 等
- ・東京大学 大学院 工学系研究科 精密機械工学専攻 准教授 一木正聡
- ・横河ソリューションズ(株) 情報エンジニアリング事業部パッケージ開発統括部3部 部長 中川 隆
- ・(株)日立東日本ソリューションズ 研究開発部 主任研究員 岡崎 司
- ・(株)三井 産業電機営業部 精機事業推進室 MEMS 事業推進 課長 犬塚善樹
- ・(独)産業技術総合研究所 ナノ電子デバイス研究センター 副研究センター長 秋永広幸
- ・(独)産業技術総合研究所 先進製造プロセス研究部門 主任研究員 中野 禪
- ・(独)産業技術総合研究所 エレクトロニクス研究部門 主任研究員 池田伸一

委員補佐

- ・(株)東芝 大分工場 プロセス生産技術部 第二材料プロセス技術担当 グループ長 小野昌弘
- ・(株)東芝 大分工場 プロセス生産技術部 第一製造技術担当 グループ長 濱本鉄久
- ・三洋半導体製造(株) 生産統括室 品質安全環境推進部 部長 藤田康治
- ・三洋半導体製造(株) 新潟工場 製造技術部 部長 金子和功
- ・三洋半導体製造(株) 岐阜工場 品質技術部 部長 駒形道雄
- ・(株)高島産業 常務取締役 遠藤千昭
- ・(株)高島産業 開発部 企画開発担当マネージャー 栗林かおる
- ・大成建設(株) エンジニアリング本部 品質保証グループ シニア・エンジニア 長谷部貴司
- ・大成建設(株) 技術センター 建築技術研究所 工構法研究室 主任研究員 若山恵英
- ・大成建設(株) 技術センター 建築技術研究所 環境研究室 主任研究員 浦野 明
- ・(株)日本電産サンキョー 営業推進部主事 齊藤 諭
- ・CKD(株) 生産本部春日井事業所第1技術部 部長 伊藤一寿
- ・信越化学工業(株) 磁性材料研究所 第三部開発室 主任研究員 津森俊宏

アドバイザー

- ・(独)産業技術総合研究所 産業技術アーキテクト 景山 晃

オープンディスカッション

オープン
ディスカッション

オープンディスカッション 参加者リスト

【日時】 2008年9月26日(金) 13:00～19:30、9月27日(土) 8:30～16:45

【場所】 独立行政法人 産業技術総合研究所 つくば本部中央第2事業所2-12棟2F第6会議室

【出席者】

代表： 原 史朗 (産総研)

委員：

- | | |
|---------------------|----------------------|
| ○加藤洋 (HGST) | ○斉藤諭 (日本電産サンキョー) |
| ○千村重弥 (オリンパス) | ○丹羽久信 (CKD) |
| ○濱本鉄久 (東芝) | ○伊藤一寿 (CKD) |
| ○駒形道雄 (三洋半導体製造) | ○横山元宣 (ナノテック) |
| ○芦沼一寿 (高島産業) | ○羽深等 (横浜国大) |
| ○久保内講一 (日立製作所) | ○大橋健 (信越化学工業) |
| ○廣嶋隆史 (横河電機) | ○一木正聡 (東大) |
| ○加藤健児 (日立ハイテクノロジーズ) | ○中川隆 (横河ソリューションズ) |
| ○長谷部貴司 (大成建設) | ○岡崎司 (日立東日本ソリューションズ) |
| ○若山恵英 (大成建設) | ○犬塚善樹 (三明) |
| ○浦野明 (大成建設) | ○中野禅 (産総研) |
| ○伊藤宏 (大成建設) | ○池田伸一 (産総研) |
| ○常田晴弘 (日本電産サンキョー) | ○金丸正剛 (産総研) |
| ○工藤信一 (日本電産サンキョー) | ○景山晃 (産総研) |

オブザーバー：

- 萩原三郎 (三明電子産業)
- 早川恵弘 (大成建設)
- 前川仁 (産総研)
- 清水肇 (財団法人新機能素子研究開発協会)

ファブシステム研究会 これまでの活動

開会

原 時間となりましたので始めさせていただきます。私はファブシステム研究会代表をさせていただいております原です。どうぞよろしくお願いいたします。

皆さん、お忙しいところ、ありがとうございました。これから明日の夕方までかなり長丁場ですが、間にコーヒブレイクや懇親会も入れさせていただきますので、中距離ランくらいのつもりで、皆さん、お付き合い下さい。

まず、きょうの集中討議の趣旨説明と連絡事項に入らせていただきたいと思います。

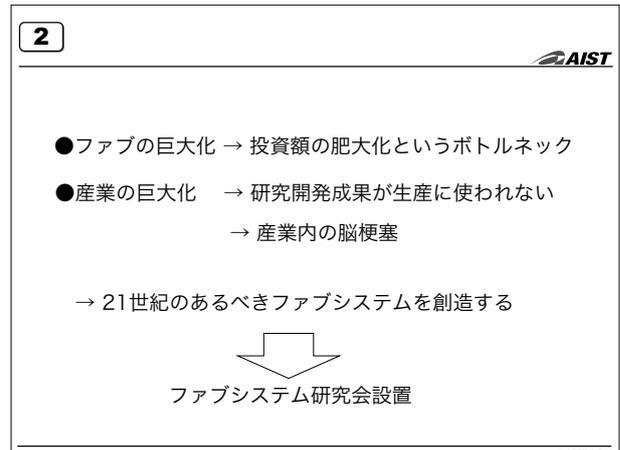
集中討議の趣旨説明と連絡事項

本日は、オープンセッションということで、いただいている資料、議事録は基本的には世間に対して公開するという事です。言い間違えたとかいうことがございましたら、後で訂正することができますし、資料も、これはなしにしてくださいということもお受けしますので、そこは気にせずにお話しいただきまして、後で訂正する形をとらせていただきたいと思います。

◎ファブシステム研究会設置背景

まず、この研究会をなぜやっているかということ、改めて簡単に申し上げたいと思います。

「ファブの巨大化」ということを我々は一つのテー

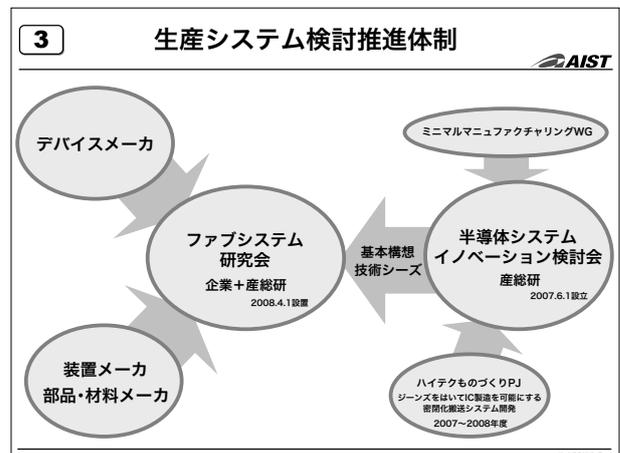


マにしているわけですが、これが投資額の肥大化というボトルネックを生んできました。ファブが巨大化すると、そのファブを抱えている産業自身も巨大化してゆくことになります。これについてはいろいろな問題が発生します。端的なものを幾つか挙げれば、研究開発成果が生産に使われないということがありますし、わかりやすく言うと「産業界の脳梗塞」といいますか、意思疎通がお互いにできなくなっているということもあるのかなと思います。

簡単に言いますと、ここでは「21世紀のあるべきファブシステムを創造する」ということを我々は目標にしたい、それで研究会を設置したということです。

◎生産システム検討推進体制

ファブシステム研究会に対して我々産総研内部では



半導体システムイノベーション検討会をつくって、準備段階ですが、志を同じくする集団をつくっています。そこに産総研内部で、助走向けの開発予算をつけてもらいまして、超小型搬送系の開発を今始めているところです。ここにシーズを入れ込みながら、皆さんの業界との整合性をとっていくというような形にさせていただいているわけです。

◎ファブシステム研究会 これまでの活動

これまでの活動ですが、こんな感じになっているのかなと思っております。

4月1日に発足しまして、実際に活動を始めたのは6月です。その間皆さんの会社を回らせていただいて、趣旨説明等を行ってきたわけです。初会合が6月9日、そして6月30日の第2回からは具体的な話をいただきました。最初はハードディスクの事例ということで組み立て工程を中心に、それにクリーンセルという新しい考え方のトピックを加えて、HGSTの加藤さんにお話をいただきました。

それから、次は今後の設備開発に関する課題ということで、オリンパスの千村さんにレンズ工程を中心に野心的なお話をいただいております。

次は、東芝の濱本様に大分工場の事例を、現状はこんなふうになっていますということをお話いただいたわけです。

その後に、大口径のウェーハの工場もあるのですが、中口径のウェーハというのも大事でして、そこはけっこうビジネス的にこなれたことになっているので、そこら辺はどうなっているかを三洋半導体製造の池田さんにお話をいただきました。

それから、前工程ばかりでは生産全体が見えてきませんので、ウェーハの後工程ということで、特に研削

とダイシングについて、後工程ファウンドリという言い方もできるかもしれませんが、そういったお仕事をされている高島産業の芦沼さんに現状を伺いました。

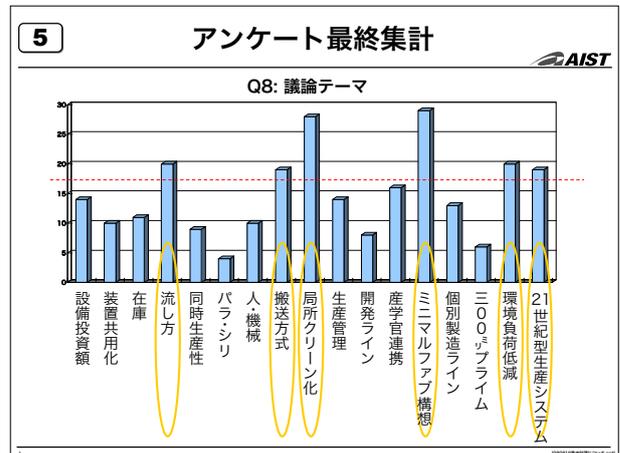
そして、9月16日には、横河ソリューションズの中川さん、日立東日本ソリューションズの岡崎さん、それから横河電機の廣嶋さんに、生産管理とか省エネ、いろいろな意味でのソリューションビジネスがどういう状況になっているかをお話いただきました。全体的には半導体のウェーハが中心ですけれども、そういうようなウェーハ工程のファブと言われている工場というのは、どんなふうになっているのかを議論いたしました。概論的にはいろいろ言われているところもありますが、ここまで突っ込んだ議論は過去なかったのかなと思っております。これは、ご承知のとおり、産総研と皆さんが1対1のNDA契約を結ぶ、その秘密保持契約事項をきちんと定義することによって、こういう重要な議題が可能になったわけです。そしてそこから一般論がいろいろ出てきます。投資額の問題だとか、現状のファブをどうしていくのかという、いろいろな技術やポイントが出てきたわけですが、それはよくよく考えると皆さんの共通課題ですね、という認識が出てきているのかなと思えます。

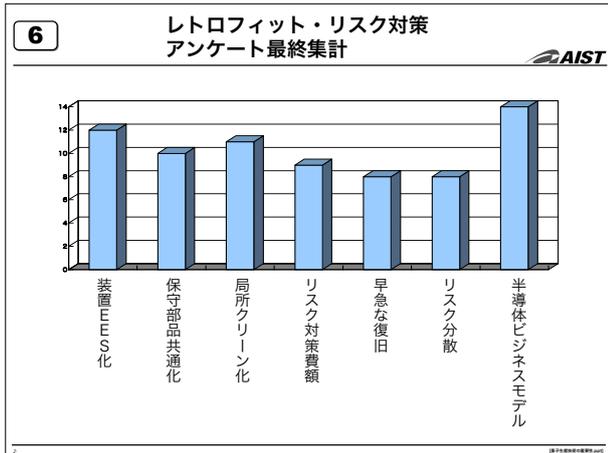
そこで少なくとも本日は集中討議ということでオープン討議にいたしまして、今まで出てきた一般課題についても一度議論し直すというふうに組んであるわけです。

◎アンケート最終集計

アンケート結果をとり、どういうテーマをやるかと皆さんに伺いましたところ、流し方とか局所クリーン化はおもしろいね、ということでした。全部をやるわけにはいかないので、皆さんのご希望が多かった、流し方、搬送、局所クリーン化、ミニマルファブ構想、

4	ファブシステム研究会 これまでの活動	AIST
H20. 4/1:	ファブシステム研究会設置	
第1回 6/9:	初会合	
第2回 6/30:	「HDDの事例発表～HDDの製造設備の変遷～ ダウンサイジング、クリーンセル生産（局所クリーン）、 フレキシブル（一潮流し）」	HGST 加藤洋氏
第3回 7/14:	「今後の設備開発に関する課題」	オリンパス 千村重功氏
第4回 7/23:	「半導体ウェーハプロセスの事例～投資コスト克服へ向けて」	東芝 濱本久夫氏
第5回 8/18:	「中口径ウェーハ前工程課題とリスク対策についての考察」	三洋半導体製造 池田猛氏
第6回 9/1:	「ウェーハ後工程の課題と対策－研削とダイシングについて－」	高島産業 芦沼一寿氏
第7回 9/16:	「生産効率向上に向けた半導体CIMのトレンドとその課題」 「半導体製造ラインの生産計画とショップ・フロアコントロールおよびその課題」	横河ソリューションズ 中川隆氏 日立東日本ソリューションズ 岡崎司氏
	「ファブの省エネに対する考察と横河電機の省エネソリューション」 「装置レトロフィットソリューション」 「補修用パーツ安定供給ソリューション」	横河電機 廣嶋隆史氏
第8回 9/26-9/27:	集中討議	
	オープン討論	





環境負荷低減、そして、21世紀の製造システム、これらについて、取り上げさせて頂く事になったわけです。

ついでにいいますと、レトロフィット、リスク管理に関しては、もう少し細かく中身を聞いてみますと、将来の技術をレトロフィットとの関係で議論したいという話もありますし、レトロフィットの中身としてEES化、保守部品の共通化、局所クリーン化に皆さんの興味があるということもわかってきました。

◎レトロフィット・リスク対策アンケート最終集計

レトロフィットについては、2番目のセッションで議論しますので、そこで詳細が語られると思います。

◎集中討議日程

スケジュールはこういう形です。よろしくお願いいたします。

では、きょう初めていらっしゃった方にご挨拶いただきたいと思います。

萩原様からご挨拶をお願いします。

萩原 はじめまして、三明電子産業の萩原と申します。私どもの会社は、既に参加させていただいている三明とナノテックの関連会社でございます。

本日は突然参加させていただきましたが、このファブシステムを2日間にわたってしっかり勉強したいと思います。私どもの会社は制御が得意でして、これを機会にいろいろお仕事が広がればとも思っております。2日間ですけれども、よろしくお願いいたします。

7 集中討議日程 ファブシステム研究会 第8回会議 

【9月26日(金)】	【9月27日(土)】
13:00 会議スタート	7:30-8:00 朝食 (@さくら館)
13:00-15:00 会議 (1)	8:15 さくら館出発
13:00-13:20 「集中討議の趣旨説明と連絡事項」	8:30-10:30 会議 (4) 「環境負荷低減」
13:20-15:00 「流し方・搬送方式」	10:30-10:45 coffee break
15:00-15:15 coffee break	10:45-12:45 会議 (5) 「ミニマルファブ構想」
15:15-17:15 会議 (2) 「レトロフィット」	12:45-14:00 昼食
17:15-17:30 軽食(サンドイッチ)	14:00-16:45 会議 (6) 「まとめ」
17:30-19:30 会議 (3) 「局所クリーン化」	
19:30-19:50 移動・チェックイン	
19:50-22:00 懇親会 (@さくら館)	

➡ 議論結果を、レポートにまとめ、世間に向かって情報発信する。

早川 大成建設の早川でございます。はじめまして、よろしくお願いいたします。

私は、本社で建築の営業を担当しております、またその中で産総研さんを担当させていただいております。当社は、これからトータルエンジニアリングを強化していきたいということで、数名の人間が参加させていただいております。私のほうは中身はあまりわかりませんが、勉強させていただいて、一生懸命吸収して帰りたいと思います。よろしくお願いいたします。

前川 皆さん、こんにちは、産総研前川と申します。

私は、機械加工マイクロファクトリー、要は工場を最小限まで小さくしようという話、中でもマテリアルハンドリングをしております。今度はファブシステムということで半導体工場の超小型化ということで、非常にワクワクしております。皆さん、よろしくお願いいたします。

原 ありがとうございます。

連絡事項はこんなところですので、早速、第1テーマの「流し方、搬送方式」に移らせていただきたいと思います。

第1セッション 流し方・搬送方式

セッション担当：加藤健児（主）、岡崎司、芦沼一寿、（駒形道雄、金子和功）

■ 討議目的、討議の流れ

半導体市場の成長は変曲点にあり一層の発展の為に業界の変化が求められている。この共通認識を基に特にウェハの流し方・搬送方式の視点を踏まえて、今後の半導体製造技術のあり方と課題を抽出し、対応案を討議した。以下の手順にて討議を進めた。

1. 半導体製造トレンドの確認：半導体製造は「ムーアの法則」に準拠して進化し、微細化とウェハ大口径化によって性能向上と価格低減を両立させることで発展してきたが、同時に必要投資の増大を招いてきた。本セッションでは、『装置・設備コスト』『ウェハ口径』『生産量』の3軸を用いて、過去の半導体市場のポジションを振り返り、同一トレンド上にあることを確認した。
2. 課題抽出：過去のトレンドに起因して、業界変化を阻害し得る課題を討議 - 抽出した。
3. 対応案の例示：抽出された課題に対し、対応案を討議 - 例示するとともになお継続討議を要する課題を絞り込んだ。

■ 課題抽出

- ① 経済性－投資負担の継続的増大：微細化は物理限界に接近して、多大のコストが必要になり、各企業は投資限界に近づいている。新技術の継続的採用は製造装置への継続投資を必要とし、装置産業の拡大に寄与する一方で装置単価の増大とさらなる投資負担を招いてきた。正当化にはチップコスト低減と出荷量増加の両立が必要だが、コスト低減手段である大口径化は更なる装置単価の増大を招く為、一層のチップ出荷量増加を必要とする。結果、投資負担を軽減する為の手段が一層の負担を招くジレンマが存在する。従って、半導体製造事業が成長し続ける為には、継続的な出荷量増大が必要条件となるが、一方的な量的拡大には限界がある。
- ② 大規模生産に特化した半導体製造技術：過去の半導体製造トレンドはすなわち大規模化の追及であり、製造技術も一貫して大規模化を前提として来た為、少量あるいは小規模生産を考慮しておらず、こうした製品特性には過大である。
- ③ 技術一流し方・搬送方式：ファブを構成する要素は、装置間の搬送と各装置があり、全体管理ホストが装置間のウェハ搬送を調整する。この場合、装置間搬送と装置側の処理速度が同期しないといずれかがボトルネックになる。また装置内においても搬送系と処理系の同期が取れないと待ち時間が発生しうるが、現行ファブではなお対策余地があるとされる。
- ④ 市場の不確実性：450mm化とは違う方式で発展が期待できる市場があると思われるが、具体的にどのような製品・市場が考えられるのか、未だ不透明であり、現存する新製品・新市場についても将来性が推測の域を出ず、不確実である。

■ 対策案の例示・まとめ

- ① 『装置・設備コスト』『ウェハ口径』『生産量』の3軸を用いると、半導体市場を3次元でマッピングできる。過去のトレンドは3軸のすべてで大型化を指向してきたが、この空間には、『低コスト・少量生産』『高コスト・少量生産』のような旧来の半導体製造技術が対象としていない市場が存在する可能性がある。
- ② 多様な新市場可能性があるが、どの市場に事業としての規模・成長が見込めるのか不明な点が対応を困難にしている。
- ③ 多様性・不確実性が問題とすれば、対応案としては、半導体製造設備・装置そのものに多様性を持たせることが考えられる。具体的には、個々の装置においても機能単位でのモジュール構成を取り入れ、装置自体の構成に多様性を持たせるとともに柔軟な変更を可能にすることで、新市場への対応を最小コストで実現できる。
- ④ 残る最大の課題は、「新市場（製品）が何であるか」の一点に絞られる。生産する製品＝チップがどのような機能・用途で使われるのかのアイデアが必要であり、この点でチップ生産者側を含めた更なる検討が必要である。

第2セッション レトロフィット

セッション担当：池田 猛(主)、千村重弥、加藤 洋、工藤信一

■ 討議目的、討議の流れ

450mm ウエハーでの製造に移行することは困難であるとの認識を持ちつつ、過去の設備を有効に活用し生産を維持しつつ、製品機能を高めるための技術課題を抽出する。

以下の観点で討議を進めた。

レトロフィット 生産を行っている現有設備に新しい技術を付加することにより、製品および製造の付加価値を高め、日本の競争力を維持あるいは飛躍させるための技術課題を抽出する。

リファブ 現有する設備の老朽化などにより、生産活動が継続できない状況を回避するためにメンテナンス部品の確保や、メンテナンスを行なう人材を維持のための課題を抽出する。

■ 課題抽出

レトロフィット

- ① EES 的な、歩留まりを向上することで生産性をあげるような制御、監視技術。
- ② 5 インチステッパーによる液浸技術などに象徴される、大口径ではなく極小径で生産性および製品機能向上させるための技術の抽出および開発。

リファブ

- ① 過去に製造した装置（特に 10 年を超える年月が経過しているものなど）のメンテナンス・保守部品が確保できない。できたとしても長納期、高価格となる。
- ② 半導体製造メーカーとしては、生産の維持は必須、しかしながら、装置供給メーカーとしては、長期にわたり、装置のメンテナンスに必要な部品を確保することは経済的に困難。
- ③ 半導体製造メーカー、装置メーカーそれぞれ個別に過去の部品をストックするなど業界全体を通しては効率的ではない状況。また、個別のメーカーでの活動では投資対効果として採算が取れない状況が予測される。

■ 討議を通しての結論

レトロフィット 製造装置に新しい機能を追加することにより製品に新しい機能を盛り込む観点での課題に踏み込んだ討議ができなかったため、改めて有識者による技術抽出、課題討議が必要。

リファブ 案として旧設備での生産を維持するために必要な技術や部品を共有化するためのコンソーシアムの立ち上げを検討することで討議としてはまとまった。ただし、ビジネスとして成り立つのか（投資対効果として、採算が取れるのか）のシミュレーションが必要である。また、ストックする部品のレベルが明確になっていないことや、メンテナンスにかかわる知識・技能の扱いをコンソーシアムとしてどう捕らえるか、検討が必要。

■ 考察

リファブに関しては、立場により利害関係が発生するため、立場ごとの討議と、業界全体での討議を何度か繰り返す必要があるかと思われる。また、レトロフィットに関してはメンバーの認識度合いにばらつきがあるため、技術レベルを合わせるための討議をさらに積み重ねる必要があると考える。

第3セッション 局所クリーン化

セッション担当：千村重弥(主)、若山恵英、斉藤 諭、一木正聡

追加プレゼンター：浦野 明

■ 討議目的、流れ

半導体製造工程に求められるクリーン度を維持するためのエネルギーは膨大であり、地球環境および経済性に悪影響を与えていること。またコンタミによる歩留まりの悪化が、生産性に大きな損害を与えていることを共通認識として持ちながら、以下の事例をもとに討議を行った。

- ① HDD 組立ファブにおける局所クリーン化事例（日立GST）より、クリーン環境の効率的な実現のための組立生産システムと物流含めた生産活動全体に関わる取り組み。
- ② 液晶ガラス基板搬送用ロボットで蓄積されたクリーン度確保のノウハウと、クリーントンネルの利用および装置の小型局所クリーン化による効果（日本電産サンキョー）。
- ③ 気流解析、微粒子撮影システムなど見える化のための技術紹介と、局所空調ユニットを用いた将来のクリーン化のための次世代ファブの提案（大成建設）。

■ 取り組みの効果（現在実現されている技術）

- ① 局所クリーンセル生産方式を用いることにより組立職場全体のクリーン度を高めることなく、生産の変動や新製品の立ち上げに対して経済的に対応できることが実証されている。（日立GSTの事例より）
- ② 構造体内部の負圧化とベルトシール構造を用いることで産業用ロボットによるパーティクルの飛散を無くす事が実現できている。また、デスクトップサイズの組立機や、洗浄装置の実現により、エネルギー消費量を削減できることが確認されている。（日本電産サンキョー事例より）
- ③ 部屋全体の全面ダウフロー方式からベイ法式およびミニエンバイロメント方式などのクリーンルームの開発で将来のクリーンルームの超局所化を実現できる可能性が見えている。また、気流シミュレーション解析により、事前にクリーンルーム内の状況を予測することができつつある。（大成建設事例より）

■ 課題

- ① 部品の物流のために利用される部品箱の洗浄など、製造工程エリア外で行われている作業が十分見えておらず、サプライヤも含めた生産活動全体で経済性を高めることができているのか検証が必要。
- ② クリーン度を監視するためのセンサの設置数を増やすなど、歩留まりを上げるための監視技術や対策が求められ、歩留り改善を効率的（経済的）に実現するためリアルタイムに、直接的に管理する必要がある。
- ③ クリーン度を確保するための技術が進歩する一方、クリーンルーム内に設置される設備が増える傾向があり、温度制御にエネルギーを消費するような事例が出てきている。

■ まとめ

今回の討議は、クリーンルーム内で行われる製造活動を中心に技術開発を進めている技術者中心の議論であった。そのため、クリーン度を確保するための技術課題や監視するための技術などにフォーカスされた議論となった。局所クリーンを実現するための技術開発は今後も進める必要がある。一方で、生産活動全体を見渡せるメンバーも加えた経済性の論議も行い、企業活動全体として真に地球環境に与える影響を最小限にとどめる対策を検証していく必要がある。

第4セッション 環境負荷低減

セッション担当：廣嶋隆史(主)、池田伸一、伊藤一寿、浦野明

追加プレゼンター：濱本鉄久、伊藤宏

■ セッションの目的

企業の省エネルギーおよびCO2削減への活動事例から、環境負荷の低減だけでなく、環境負荷が原因として生じるコストを、主に省エネルギーに特化した議論を行い現在の企業が抱えているこれらの活動に対する課題抽出と、次世代ファブに要求される環境負荷低減への動機付け要因を議論する。

■ 議論の概要

産総研池田氏による、本セッションの目的、言葉の定義および環境負荷低減に関わる外部の状況の概要説明に引き続き、担当各社による省エネルギーへの取組事例のプレゼンテーション・議論を進めた。

- ① 東芝セミコンダクター社 濱本氏から「環境負荷低減」と言うテーマで、大分工場における省エネの取組事例と今後の省エネ対象領域についての発表があった。バーチャルファブ技術というシミュレーション技術を利用した、省エネ・工期短縮・コスト低減の成果と、省エネ対象領域がファシリティから製造装置側へ比重が増している背景と、その取り組み状況について述べられた。
- ② 大成建設 伊藤宏氏による「生産装置と一体となった省エネ対策」と言う発表においては、フューチャービジョン社および製造装置メーカーとの共同研究から、製造設備の省エネの活動事例が紹介された。製造装置の実稼働率が低いこと、稼動していない装置のエネルギー消費が大きいという問題、装置用力定格の過大なマージンなど製造装置側での改善課題が提示された。また、装置から発生する熱の冷却方式において水冷がもっともエネルギー効率が良い点が示された。
- ③ CKDの伊藤一寿氏からは、「低圧損クーラントバルブによる省エネ・環境負荷低減」というテーマで、装置や設備に使用される部品と言う観点から、省エネ活動事例が紹介された。バルブの流路構造の工夫により、バルブ部分での圧力損失を50%改善し、供給側ポンプ負荷の低減による省エネを実現。
- ④ 横河電機の廣嶋氏からは、システムの観点で「省エネルギー環境ソリューション紹介」がなされた。省エネを実現するためには、リアルタイムでのエネルギー原単位の見える化の実現と、その分析結果による設備最適制御の重要性および、省エネ活動の推進条件として、省エネ投資とコスト削減の両立の重要性が述べられた。

■ 議論の成果

上記事例発表に対する議論から、下記の課題が抽出された。

- ・省エネの対象が動力設備から製造装置へシフト
- ・製造装置省エネ実現に向けたデバイスメーカー・装置メーカーの協調の重要性
- ・省エネ推進のための、国または業界による規制と支援の重要性

省エネの活動がファシリティから製造装置側へ軸足を移しているという事実は、装置での物の流し方、作り方の変革を促すものとなりうる動きである。ただし、半導体生産のような最先端技術による物作りにおいては、装置性能と省エネ、または省エネと装置コストと言った、トレードオフの関係が重要なファクターである。国や業界団体などによる規制や支援政策が、これからの環境負荷低減に対する企業の動機付けに重要な意味を持つことが考えられる。

セッション5 ミニマルファブ構想

セッション担当：原史朗(主)、駒形道雄、長谷部貴司、丹羽久信

■ 討議の目的、討議の流れ

産総研が提案しているミニマルファブ構想について、その内容とミニマルファブ実現への取り組み状況を概説すると共に、その実現へ向けての課題を抽出し、今後の取り組みへの一助とする。HALCA[※]プロジェクトについても、ミニマルファブ構想実現へ向けて踏まえておくべき産官学の経験として議論する。

■ ミニマルファブ構想のエッセンス

半導体産業の抱える工場投資・開発投資の巨大化の課題、そして研究と生産が乖離し、ナノテクなど研究成果を生産システムへ導入出来なくなっている、いわゆる死の谷の問題、それらに対して、一つの解答を与えるのが、ミニマルファブである。ミニマル(minimal)とは、必要最低限で済むという意味を持っている。HALCA("ミニファブ"プロジェクト)が8"ウェーハでチップをウェーハ上に多数集積することを前提としていたのに対し、ミニマルファブでは、集積回路チップはハーフィンチウェーハ上に1個だけ作り、その製造装置は、おおよそ30cm幅の小さなものとする。ミニマル製造ラインでは、単一品種を製造し、多品種を同時に扱う場合は、ラインをその品種数分用意する。投資額は、メガファブの1/1000規模で、生産量も1/1000であり、マーケット変動へのきめ細かい対応が可能である。小規模マーケット、試作ライン、及び規模が変動しやすいマーケットに適している。

■ 議論事項

- ファブがスケールダウンしても、チップ単価は不変か(固定費が少なく、変動費が大きいのか)
- 環境負荷は低減できるのか
- 環境雰囲気制御は重要か
- HALCAの教訓を生かせるのか、特にファシリティーの縮小が可能か
- 生産管理はどうなる、特に生産管理ソフトウェア
- 実現は何年後か
- 開発装置の初期販売価格
- 加工精度(デザインルール)はどのくらいで、どの辺を想定するか
- デバイス試作のデモンストレーションを早くやるべきでは
- ウェーハ供給体制

これらの議論事項に対して、ミニマルファブ構想はその基本的対応方法を有している。詳細は、オープンセッション会議録に記されている。

■ 抽出課題(まとめセッションより)

- 加速開発のための組織作り
- ナショナルレベルの予算確保

※ HALCA^{はるか}プロジェクト：高効率次世代半導体製造システム技術開発(Highly Agile Line Concept Advancement)。H13～15年度実施の国家プロジェクト。

まとめセッション

セッション担当：原史朗（主）、久保内講一、中川隆

オープンディスカッションの5セッション：「流し方・搬送方式」、「レトロフィット」、「局所クリーン化」、「環境負荷低減」、「ミニマルファブ」の議論内容を「まとめセッション」として以下要約する。

■ 将来のファブモデル

これまでの議論から、目的別にファブタイプを図中に示した4タイプに大きく分類する。ファブタイプは多様化してゆく方向にあり、将来に向けてそれぞれ議論・検討が必要である。

■ ファブタイプの課題と解決方向とファブモデルの強化策

4つのファブタイプの課題解決能力について検討した（右図）。この議論を踏まえて、今後さらに図中の課題についてファブモデルの強化策を打ち出してゆく必要がある。課題解決への議論から、これから取り組むべき強化トピックが見いだされた。これらの強化トピックとファブモデルへの主たる関連を整理した（下図）。

ファブタイプ		450mm	NGF [※]	レトロフィット	ミニマルファブ
課題	ファブの具体的な課題	生産単位の大型化	先端ファブの進化	既存ファブの進化	最小単位の生産システム（破壊的イノベーション）
複雑化	CR投資・運営抑制課題	x	o	△	◎
	装置投資肥大化	x	o	o	◎
	自動化コスト増大	x	x	o	◎
	見える化コスト増大	x	x	o	◎
	CBM(Condition Based Maintenance)	o	o	△	◎
	歩留まり向上コスト	x	-	o	◎
	プロセス工程数肥大化	x	-	-	◎
	検査工程数肥大化	x	-	-	◎
	NPW増大	x	-	-	◎
	搬送システムに内在するムダ	o	o	x	◎
	装置エネルギー消費増大	x	o	o	◎
	CRエネルギー消費増大	x	o	o	◎
	廃棄物抑制課題	x	o	o	◎
	稼働率低迷	x	-	o	◎
製品ライフサイクルが短い→短期化必須	x	o	△	◎	
勝組の淘汰	x	△	o	◎	
硬直化	少量多品種・変種変量性に対応できていない	x	△	△	◎
	ウェーハサイズ拡大困難で、生産性向上手段に乏しい	x	△	△	◎
	開発→生産が遠くなり、技術を量産に生かせない	x	x	x	◎
	トレーサビリティに対する強い要求（顧客オーディットが厳しい）	x	x	△	◎
	古いラインが主力（最新ラインは投資が高み、かつ先端加工で稼働率が上がらない）	x	x	o	◎
	新たなビジネスモデルが見られない	x	x	x	◎
	既存装置高付加価値化の予算が捻出できない	x	x	x	◎
	保守部品入手に難	x	o	x	-
	熟練作業不足	x	x	x	-
	海外装置メーカーでは、日本人経路でレスポンスが遅い	x	x	x	◎
メガファブではリスク分散に不利	x	x	o	◎	
設計・製造のエンジニアリング効率向上	x	o	o	◎	
BCM・BCP	x	△	△	◎	
収益率の低下→投資できない→改善できないの逆PDCA	o	△	o	◎	
局所最適化	ITシステム間の連携が不十分・部分最適	x	x	x	◎
	分業化でグランドデザインを生み出せない	x	△	策定中	◎
	研究と開発と生産の非一体化(情報と知識が連携していない)	x	x	△	◎
その他の項目	単一ライン生産力	◎	o	△	x

※ NGF : Next Generation Factory Vision from 300mm to 450mm

x ファブモデルが関連する要素が大きい。
o どちらとも言えない。流す製品やビジネスモデル等のファブモデルとは異なる要素も影響する。
o ファブモデルとは異なる要素のほうが大きい。

■ 今後の取り組み方

ファブシステム研究会では、ミニマルファブ構想をより具体化するために開発グループとユーザーグループに分けて組織化していくことを今後検討する。

これからの取り組むべきトピック	ファブタイプ	450mm	NGF	レトロフィット	ミニマルファブ
① リファブ（既存ファブ機能延命）、レトロフィット（既存ファブ機能追加）				←→	
② コンソーシアム構想 ・コンソーシアムで戦略策定（人材活用を含む） ・設備保守パーツ共有システムの構築				←→	
③ 200mm以下を対象としたNGFからのダウンストリーム ダウンストリームとは、最先端生産技術をレトロフィット的なファブに部分的に適用することによる生産効率向上を意味する。			←→		
④ 5インチで液浸				←→	
⑤ ミニマルファブ構想 ・加速開発のための組織作り ・ナショナルレベルの予算確保					←→
⑥ クリーンセル				←→	
⑦ 法規制 ・環境対応の促進：突入電流を定格電流の○倍と法で定義		←→			
⑧ ファブ経営				←→	
⑨ アプリケーション拡大 ・各ファブモデルに適用可能なアプリケーションの検討とビジネス化検証が今後必要である。半導体近似ファブ(化合物半導体、MEMS、太陽電池など)への検証。				←→	

第1セッション 「流し方・搬送方式」

加藤健児 改めまして、日立ハイテクノロジーズの加藤と申します。よろしくお願いいたします。

私は装置メーカーに所属しておりますが、このセッションでは会社の方針とは関係なく、有識者として司会を務めるとともに、僭越ながら、業界の全体動向について私なりにまず解説させて頂きたいと思っております。その後、皆さんでのディスカッションに入らせて頂きます。

◎ “次世代” 半導体製造装置が目指すもの

このセッションでは、半導体の製造装置の次の世代の装置がどうあるべきかといったような話から入って行きたいと思っております。装置単体の性能機能の追求といったところだけではどうも世間のニーズに届いていないのではないかとの思いから、ファブシステムという、ファブ全体の中で装置の立ち位置がどうなるかといったことを考えてみたいと思っております。

◎構成

資料の構成としましては、現状の半導体の製造設備、装置といったものの状況を多少お話しさせていただきます。

それから、半導体生産設備・装置。これは一般論で概略をお話しさせていただきます、

構成

1. 背景 450mm化現況
2. 半導体生産設備・装置
3. 枚葉プロセス装置 将来構想と狙い
4. 検討課題 例
5. ディスカッション

最後にディスカッションという構成で、きょうは進めさせていただきますと思います。

背景 + 450mm 化現況

◎背景：ロードマップ (ITRS)

まず背景ですが、ITRSのロードマップの抜粋を示します。これは2007年版から初めて出てきた絵なのですが、従来、半導体の製造に関しては、非常にファンダメンタルなところでムーアの法則というのがありまして、デザインルールはどんどん小さくなっていく、単位面積当たりのトランジスタの数はどんどん増えていくという、それが絶対ルールだった訳ですが、そろそろそうでもなくなってきたのかなと。過去にも「微細化は限界だ」という話は何回もあって、そのたびに

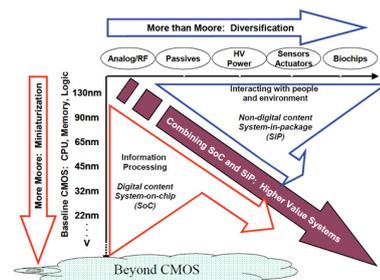
ファブシステム研究会 集中討議

『流し方・搬送方式』

2008年9月26日

13:20-15:00

背景：ロードマップ (ITRS)



技術革新で限界説を乗り越えてきたのですが、ITRSのロードマップに微細化「以外」を考えるとという話がちゃんと載ったのは、今回が初めてではないかと思えます。

縦軸に赤の矢印がありますが、これは More Moore と呼ばれているものです。微細化はそんなことを言ってもまだ進められるという意味で、“More” Moore。単純にフィジカルに小さくするという話でもなくなるかもしれない、ただし“等価的”にという言葉を使いながら、それでも微細化は続くのだろうというのが下を向いている矢印です。

もう一つ、青の右側に向いている矢印は“More than” Moore と呼ばれているものです。今までの単純なスケールリング則に従うのではなくて、例えばアナログのRFですとか、パッシブのデバイス、パワーデバイス、センサ、アクチュエータあるいはバイオチップといったような多機能なものを、この場合はシステム・イン・パッケージ (SIP) と書いていますが、積層していく。今までのような単純なスケールリング則ではないアプローチで機能アップを図りましょうという考え方が出てきています。

この方向性と、やはり縮めていきたいという方向性と、両方がない交ぜになって半導体の技術あるいは機能は進歩していくのだろうというのが ITRS の中で出てきた。“Beyond CMOS”という言葉も出てきました。今まではこちら (More Moore の赤い軸) 一辺倒だったんですけど、違う軸が一つ出てきたのかなということです。

◎背景：ロードマップ (NEDO)

こちらは NEDO のロードマップの抜粋です。半導体の技術マップで、これはマクロな概念図ですが、大

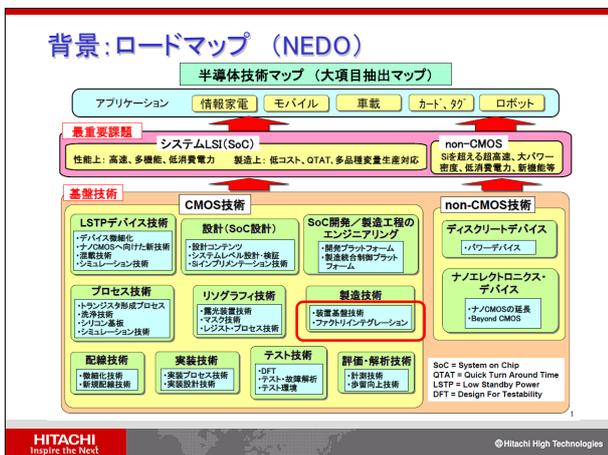
項目を抽出すると、これからこんな技術が必要になるのではないのでしょうかということですね。アプリケーションは情報家電ですとか、モバイルですとか、要するにコンシューマー系です。会社が使うというよりは個人が使うデバイスのところでどんどんアプリケーションが増えていく。それに対して最重要課題があつて、支える基盤技術があつて……という表現にこのロードマップはなっています。その中の一部で製造技術、ここに“装置基盤技術”ですとか“ファクトリインテグレーション”という言葉が出てきまして、こういったものも基盤技術の中の項目の一つとして挙げられるようにはなってきたなということです。

◎ ISMI Key Messages @ SEMICON WEST

以上は一般論なんですけれども、これから2枚ほど450mmの話、これは若干トピックスですが、ご紹介しようと思います。

これは ISMI (International SEMATECH Manufacturability Initiative) という半導体のデバイスメーカーの団体ですが、450mm に関しては賛成の意を表明しているコメントでして、今年7月にサンフランシスコでありました SEMICON WEST での資料の要旨です。「450mm は肅々と進みつつある」ということが書いてあります。ご存じのように、Samsung、TSMC、Intel といったところが450mm にコミットしていると。ISMI としては2012年のパイロットラインをターゲットにおいてワーキングしていますとありまして、以前からの主張、スケジュールを全く変えていません。

さらに現状紹介として、450mm のシリコンウェーハも肅々とできつつあるという話が出ていまして、単結晶のシリコンのウェーハはまだできていないが、焼結でシリコンの450mmのウェーハをとにもかくに



ISMI Key Messages @SEMICON WEST

- Samsung, Tsmc and Intel are committed to the 450mm wafer size transition and are working with ISMI to realize a 2012 pilot line target date.
- Development of 450mm silicon wafers is progressing from sintered mechanical handling test wafers to single crystal wafers in 2008
 - > 100 mechanical handling test wafers have been delivered to ISMI for measurement and ITB testing
 - > 5 different thickness have been received and are being measured for mechanical properties
 - > Wafers are available for loan and have been loaned
 - > Sag of polysilicon wafers are comparable to single crystal
- ISMI's Interoperability Test Bed is underway on factory interface testing
 - > ISMI's Interoperability Test Bed is underway on factory interface testing
 - > Suppliers have signed contracts for demonstrations of prototype hardware in ISMI's Austin lab with more under discussion.
 - > Prototype hardware has been received at ISMI and is under test
 - > Test Bed User's Group discussing interoperability challenges
 - > Agreement to work with Japan's Interoperability Test Group

ISMI: International SEMATECH Manufacturability Initiative

デバイスメーカー集

HITACHI Inspire the Next ©Hitachi High Technologies

も作ったというのが現状で、2008年にはそれを使ってメカニカルなテストランを既にやっておりますという話。要するに、「非常に順調に進んでいます」ということを ISMI は言っているわけです。

さらに装置側におきましても、Test Bed という形で、米国オースチンで、複数のメーカーが装置パーツを持ち寄り、相互運用性の実証を既に始めているといえます。要するに450mmは非常にうまくいっているので、皆さん、安心してくださという論旨で発表されています。

◎ SEMI 主張：450mm ウェーハへの移行に関する5つの誤解

一方で、こちらは SEMI (Semiconductor Equipment & Materials International) の発表コメントです。こちらは Web にも出ていますので、見られた方もおらると思います。装置メーカー側、材料メーカー側、一般論では450mmに懐疑的な側の主張ですが、誤解が5つほど業界の中にありますという話をしています。

1つは、「10年ごとにウェーハサイズは1.5倍になる」というのがコンセンサスというか、不文律としてあるようだが、そうではない、というのがまず一つ。

それから、「ダイサイズの拡大により450mm ウェーハが求められている」との誤解。ダイサイズが大きくなるので、ウェーハ径も大きくしないと辻褄が合わなくなってしまうという話ですが、SEMIの主張ではダイサイズはそんなに大きくならない、過去とは若干トレンドが変わっていますよという話です。

次に、「ウェーハ処理コストがチップコスト全体の低減を促進する」という話で、ウェーハ径が大きくなると、チップの数はダイサイズが一緒であれば増えま

すから、チップコストは下がりますという話ですが、これも誤解であるとしています。いろいろ異論はあるのですが、ウェーハを大口径化することによる製造コストの寄与率はせいぜい10%か、それ以下だという話で、450mm化するにしても、チップコストはあまり下がらないのではないかと主張です。

4番目は3番目とほとんど同じような話ですが、ウェーハサイズが大きくなると生産性は増大する、というのも実は誤解であるとしています。300mm ウェーハに移行した時、事実、生産性は上がったのですが、その中でウェーハサイズを拡大したことに起因する生産性増大は実はそんなになかったんじゃないか、との主旨です。確かに300mm化の場合は単純にウェーハサイズを拡大したわけではなくて、それに付随していろいろなことが変わりましたので、サイズの増大がどれだけ生産性に直接寄与したかというのは議論の分かれるところだろうと思います。

最後に、「ウェーハサイズの変革が業界全体の変化を促す唯一の道である」というのも誤解だと言っています。SEMI側の主張では、ウェーハサイズを変えることでは、直近では300mmへのトランジションの経験がありますが、必ずしも装置メーカー業界に利益をもたらした訳ではなく、業界に変化を促す一つの手段ではあっても、それがベストの方法ではないと。

主観も入ってくるので、各々の主張が妥当かどうかというのは、発言者の立場・視点にもよるでしょうし、微妙なところ。先の ISMI 側の「450mmはスケジュールに従って淡々と進んでいます」というメッセージに対し、「450mmに進むことのリスクもたくさんあります」という装置側の主張であって、未だにデバイスメーカーと装置メーカー側が、さらに意見調整を進める必要がある部分です。

質疑応答

①設備投資額について

原 設備投資の額については、なぜここでは議論がないのでしょうか。1ラインを立てる工場の投資額と、それから開発自身にもっと莫大な費用がかかると思うのですが、それはなぜこの中には出てこないのでしょうか。

加藤健児 なぜこの中に出てこないかということ、その議論は他のところでたくさん出ているんですね。ラインのシミュレーションですとか、あるいは開発投資

SEMI主張：450mmウェーハへの移行に関する5つの誤解

【その1】「10年ごとにウェーハサイズは1.5倍になる」という誤解
ウェーハサイズが1.5倍になるために要する時間は、業界の成長率の鈍化に伴って過去40年で徐々に長くなっており、今では10年をほんかに超えるようになる。そして、もし仮にこの増大が現実化したとしても、常に費用対効果を分析することで、ウェーハサイズアップが本当に意味のあるものかどうかを判断しなければなりません。

【その2】ダイサイズの拡大により450mmウェーハが求められているという誤解
過去においては、ダイサイズの増大がウェーハサイズの拡大を促していましたが、WWKの業界分析によれば、現在のダイサイズは狭打ちも、むしろ、縮小する傾向にあります。

【その3】ウェーハ処理コストがチップコスト全体の低減を促進するという誤解
現行デバイスのコスト構造分析によれば、450mm化の最終製造コストへの寄与は、多く見積もっても10%に満たないとされています。さらに、アセンブリ、パッケージング、テストの領域に深刻な技術的かつ経済的な課題があるとされていますが、まだ対応されていません。

【その4】ウェーハサイズが大きくなる生産性が顕著に増大するという誤解
EPWQのコストモデル分析によれば、従来のウェーハサイズ拡大は、それ自体ではほとんど得るものはありませんでした。ツールによつては、ウェーハ面積の増大により生産性向上が認められたものもありましたが、1時間あたりの処理可能面積に制約のある多くの装置では、ほとんどウェーハサイズ拡大のメリットは身もたれませんでした。300mmウェーハへの移行のメリットは、実際にはウェーハサイズは顕著な増大(改善)によるものです。そのような改革事例の多くは、例えば、FOUP(Front-Opening Unified Pod)や AMHS(Automated Material Handling System)が今でも存在しますが、300mmを超えたサイズのウェーハが使用されたらと違って、そのために生産能力の増大がもたらされることはないでしょう。

【その5】ウェーハサイズの変革が業界全体の変化を促す唯一の道であるという誤解
現実的な観点で詳細を述べると、ウェーハサイズを変えることは業界に変化を促す上で最もリスクの高い方法です。なぜなら、それは深刻なR&D資金調達不足の問題を引き起こし、現行の300mmの技術進歩をスローダウンせたり、中止させることとなります。また、サイクルタイムの増加(30%以上)も、消費者主導の市場でチップトレンドとは異なる方向に進むことになり、業界は奇や、圧倒的に消費者主導となっているマーケットに向けて生産を行っています。これは、ファブやファウンドリは急速に変化する消費者需要に対応しなければならないことを意味しています。それには、多様なプロダクトミックスを小規模なロットサイズで生産する、迅速なリアクションが不可欠です。このようなビジネス環境の下では、市場化や量産までの時間が長ければ企業の利益機会が大きな影響を受けるため、サイクルタイムは至上命題となります。

HITACHI Inspire the Next © Hitachi High Technologies

に対するリターンシミュレーションですとか、いろいろな計算があります。ただ、これらはどれもシミュレーション、つまり机上計算なので、仮定だったり、前提だったり、推測だったりというのが必ず入ります。

従って、そこには主観やこうあってほしい、といった意図の入り込む余地があり、シミュレーションだけで結論付ける事は簡単にできなくなります。

先の ISMI の発表は、7月の SEMICON WEST のものですが、「5つの誤解」は ISMI のセッションの次の日に SEMI がやっています。

② 450mm 化する目的について

原 それと、皆さんの考えの平均像でも結構なのですが、どの程度マーケットの拡大を前提にして 450mm をおっしゃっているのか。チップ全体のワールドの売上でもいいですし、個数でもいいのですが、300mm の工場では足りないという話ではなくて、450mm 化というのはあくまでも生産性を上げたいということなのでしょうか。

加藤健児 生産性を上げたいということです。450mm の主張は、チップ単価をどうやって下げるかということに終始しています。

原 おそらく 450mm を考えている会社さんたちのソロバン勘定では、自分たちが投資をするはずなのだと思います。その範囲で、今の 300mm ファブを最終的にはお役御免にして 450mm に移りたいという話なのか、それとも微細加工の先端ルールの装置を入れるときに 450mm 化になるのと一緒にやるでしょうから、高い付加価値のデバイスを 450mm にして、量は 300mm のラインで捌かしていくという、そういうイメージなのでしょうか。

いずれにしても単純な話ではないですね？

加藤健児 そこら辺はいまいち見えにくいところがまだあって、装置メーカーに開示できるほど具体的にないというところもあるような感じですね。

駒形 Intel の場合は、自分自身で設計して作るものがはっきりしているの、先まで引けるんでしょうけれども、TSMC の場合、お客さんがついてこないことには話にならないわけです。そこは先端のデバイスメーカーとは言いながらやり方が違うところなので、スタンスはちょっとずれてくるんじゃないかなと思うんです。

Samsung の場合は、どっちに転んでもいいような会社だと思います。基本的には Intel ほどではないですが、自分で全部つくっていますし、関連会社含めても、どっちにも行けるのではないのでしょうか。

原 450mm になるとものすごい生産量を稼がないと稼働率が上がってきませんから、現実的なアプリの捌けている数量を考えると、単品大量生産というよりは、そこをメインにしながらいろいろなものを突っ込んでいくのでしょうかね、そのラインには。そうでもないんですか。

駒形 まあ、そうですね。

加藤健児 IDM(Integrated Device Manufacturer) の業態をとれる会社は少なくなりましたが、IDM であれば、自分でいろいろコントロールはできるでしょう。その分、話はわかりやすかったりする筈ですが、逆に業界全体の中で IDM がメジャーではなくなっていますので、「わかりやすい話」が全体を代表しているかということ、必ずしもそうではないというところですね。

原 TSMC さんが 65nm でやって、Intel が 12nm とか、びっくりするようなことをやるとすると、装置がまるきり違ってきますね、特にリソのところはね。

加藤健児 リソはそうですね。

原 そうすると 450mm 用リソを製造装置メーカーがどこか作ったら、それは 1 工場に何個入れるか知りませんが、下手すると 10 台、20 台しか売れないという話にもなるわけですね？

新聞報道に出ているように、450mm 化を推進するとアナウンスしているのは、Intel, TSMC, Samsung です。しかし、今後の半導体チップ生産の伸びはほとんど期待できないので、長期的にも 3 社ということになります。つまり、3 ラインあれば十分ですから、世界で 3 つラインができるということになって、それぞれ違ったアプリになってきますから、装置も少し違ってくるのかなと思います。製造装置メーカーは、意を決しないと装置を作る気になりにくいですね？

加藤健児 どのくらいのラインがこの先できていくのかとか、どのくらいのシリコン面積がデバイスになって出荷されていくのかというあたりは、いろいろ数字がありますので、推測はできるんです。但しあくまで推測なんです。当たるか当たらないか何の保証もありません。一方で半導体全体の成長率では、デバイスの成長率はここ最近ではもう一桁に落ちましたから、

6%か7%くらいだと思えるんですけども、グロスでそんな感覚ですね。

逆にいうと、その程度の成長はこれからもまだ期待できる。シリコンの面積からしても期待できる。ただ、ウェーハ系は300mmが増えていきますし、450mmが入ってくると、そのラインの数としては、やはり減るでしょう。

原 この辺はまとめセッションでも続けてやらせていただきたいと思います。

③ライン変更することのデバイスメーカーのリスクについて

久保内 今ほどの議論の中にあつたのかもしれないですが、新しい450mmのラインをつくる時、デバイスメーカーの立場でいくと、450mmという大断面のリスクと、先ほど言った最先端プロセスの選択のリスクと、両方負わなければいけないわけです。

一般的には、大断面のリスクも相当ある訳ですから、プロセスのリスクは取らないとして、先ほどあつた65nmでやろうかという選択肢も一つあるでしょう。ところが、往々にしてそういうラインというのは、例えば65nmを選んでしまうと後の大断面の次の世代までのレトロフィットなど追えなくなり、非常に短命なラインになってしまうという、リスク面を負うことになるんですけども、そういう面で見ると、どういう選択肢が一番いいのでしょうか。

加藤健児 ウェーハサイズ変更のときに、設備を変える事のリスクは必ずありますね。それを避けるために、300mmの時は200mmでやっていたプロセスをそのまま300mmにいったん移しているんですね。8インチと12インチを同じプロセスルールで、同じ製品で一回ラップさせています。完全にラップさせて、そこで300mmの新しいハードウェア、設備というもののバグ出しを全部終わらせて次に持っていく。

そういうことをやると、久保内さんがおっしゃるように短命なんです。ラップしたのは現実にはほとんど1ラインだけです。1ラインで時間的にも1年か2年しかやっていないと思うんですが、そのラインをそのまま次のデザインルールに移設しています。無駄にしているわけではなくて、ラップさせて、そのまま次のデザインルールに持っていく。そのデザインルールで2世代か3世代、同じラインを使いますから、その中の最初の1年、2年を旧世代とラップさせて、そこで

200から300につないだというやり方をとられていました。300のときはですね。多分450のときも…。

久保内 450mmでも同じようなやり方を選択することに？

加藤健児 やるんだろうなと思うんですが、今回は装置メーカー側にしろ、デバイスメーカー側にしろ、300のときよりもさらにリスクだと踏んでいるでしょうから、そこら辺を具体的にどうするのかというのはまだよく見えてきていないなと。

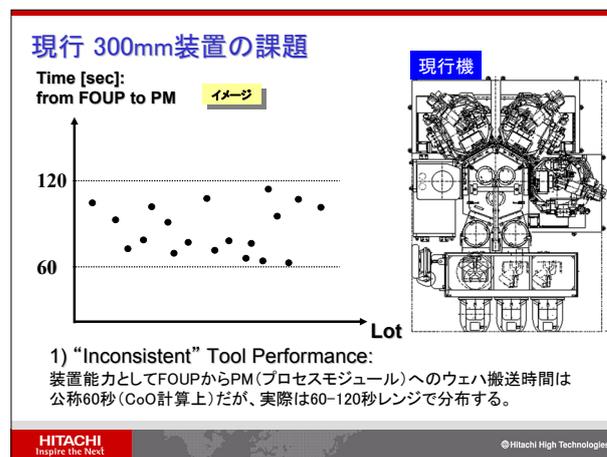
ただ、どちらにせよ、そういったギャップを踏み越えるために、何がしかラップ期間をとりたいというのは出てくるはずですから、そう考えるとブリッジツールのリクエストがちらほら出てきたり、というのも理解できるなというところですね。

◎現行 300mm 装置の課題

今までの背景を踏まえて考えますと、ムーアの法則に従って大口径化になって、微細化になって、それだけ単純に考えていけば今まではある意味良かったんですけども、もう少し違うことを考えないといけないだろうなという段階になってきます。

今の300mm装置の持っている課題を幾つか出してみます。まず、エッチング装置をイメージすると、ロードポートが3つあって、FOUP25枚単位でウェーハを受けて、チャンバが例えば3チャンバで処理する装置です。

この装置のFOUPからチャンバまでロボットでウェーハを持ち込むんですが、その持ち込む時間というのが、これはサンプルですから、絶対値はあまり気にしないでいただきたいんですけども、1枚当たり60秒で持って行って持って返すのが終わるはずだと。ところが公称は60秒になっているんだけど、実



際に測って見たら 60 秒から 120 秒くらいで結構ばらつく。ばらつきが倍くらいあるというのは、やはり許せんという話で、これは現行装置の課題だと。公称 60 秒ですから、CoO の計算をするときは 60 秒でやって、スループットはこれだという計算をしてしまうんですが、実際にそれが 120 秒かかって、全てが 120 秒になってしまうとスループットは半分になりますから、CoO で倍になるんですね。こんな話は、とても許容できない、という事で、ゼロにしろとは言わないけれども、この差はできるだけ縮めろというのが一つ大きな課題だと。

◎対象装置構成想定 (図なし)

なんでこんなにばらつくんでしょうか、というのをちょっとだけ説明すると、先ほどの装置と同じ装置で、これは 4 チャンバの模式図です。ロードポートがあって、ここでウェーハを受け取ります。ここに大気用ロボットがありまして、このロボットでウェーハをピックアップして、このロードロック室に持ち込んで、ロードロック室で真空を引いて、真空側のロボットで持ち出してプロセスチャンバへ持っていくという構造をとります。そうすると、メカニカルの動作の部分を見ますと、ここの大気ロボットの部分、それからロードロックの部分、ここはメカニカルな動きはあまりないんですが、真空引きがあるので、大気から真空に引いてまた戻すという動作がありますので、ここが一つのターゲット。それから、真空ロボットと。大きく分けて、この 3 つの部分の動作の総合で全体のウェーハの流れは決まるんですね。

そういうことを考えて、これはスループットを簡単にというか、ビジュアルに多少表したもののなんですけれども、この上のほうにバーが 5 本、流れがありますけれども、一番上のバーは大気ロボットの動作ですね。横軸は時間なんですけれども、例えば大気ロボットが、ここは待ち時間なんですけど、ロードポートからウェーハをピックアップして、アライナーに持って行って、アライナーでウェーハをスワップして、ロードロックに持って行ってという動作がずっと時間単位で並んでいるというふうに見てください。

大気ロボットと、ロードロックは 2 つありますので、1 番と 2 番ですが、それから真空ロボット、それからプロセスチャンバというふうを書いてありまして、それぞれの動作が今の横軸にずっと伸びているという構図になります。

この中をウェーハが渡っていくので、例えばロードロックの 2 番に大気ロボットがウェーハを置きますという動作が大気ロボット側であるんですけども、この時にロードロックの 2 番というのはシンクロして、ウェーハを受け取らなきゃいけないので、大気ロボットがロードロック 2 番にウェーハを置きますというのと全く同じタイミングで、ロードロック 2 番はウェーハを受け取りますという動作が入ってくる。

真空引き、例えばロードロックのベントですとか、バルブのオープン・クローズですとか、こういった動作は大気ロボットと直接関係ないので単独で動くんですが、この部分だけは同期しないとウェーハの受け渡しができないということになりますので、それをずっと並べていくと、全体のスループットが出てくる。

そうすると、色が同じ部分は同じウェーハを使っている部分なんですけれども、白い部分は待ち時間になってしまうんですね。要するに、大気側のロボットとロードロックと真空側のロボット、それぞれの動作がシンクロしないとこういう待ち時間が生まれてしまって、全体のスループットを落とすということになります。

何が言いたいかというと、こういう大気ロボット、ロードロック、真空ロボット、それぞれの動作単位がきちんとシンクロしないと全体のウェーハの流れる時間はどこかで待ちが出たり、無駄が出たりして、簡単に狂ってしまう。

これはあくまでも理想的な表なので、例えば真空引きするのに 10 秒かかるのだったら、10 秒ときちんと線を引くんですけども、実際に 10 秒で終わるかどうかというのは時間でやっているわけではないので、当然ばらつきます。もっと極端な場合には、プロセスチャンバですね。プロセスの処理というのは、例えばこの表でいくと 30 秒のプロセス処理だと 30 秒と書くんですが、現実のプロセス処理はエンドポイントを見ますから、31 秒だったり 32 秒だったり 29 秒だったり、いろいろします。そうすると、こういった動作のシンクロというのは、結構簡単にばらつくなというのがおわかりいただけるかと思うんですが、その結果が公称は 60 秒だと。紙の上で書いて、コンピュータ上でシミュレーションするとこうなるんでしょうけれども、いろいろな現実のばらつきを入れて、しかもそれが動作単位のシンクロを一層ずらすということに効いてくると、最終的には結構なばらつきとして出てきてしまうなといったところになると。

現行 300mm装置の課題

2) "Imperfect" 300mm インフラ

3) "Unexpected Loss" for High - Mix

	メモリーFab	ファウンドリー
レシピチェンジ Overhead	1 x	2 - 3 x
マスクチェンジ Overhead	1 x	20 - 30 x

多品種生産 (High-Mix)では、装置-AMHSの双方が連携して最適化を図ることで、ライン全体のスループットを向上要。

HITACHI Inspire the Next ©Hitachi High Technologies

NGF (Next Generation Factory)

1) プロセスチャンバの生産性を最大化する装置プラットフォーム
以下のシナリオに対応できること (Tool Outputを最大化)

2) Enabling Smaller Lot Operation
12枚/Lot 以下の生産対応

HITACHI Inspire the Next ©Hitachi High Technologies

◎現行 300mm 装置の課題 - 続き

もう一つはこれも同じような話なんです、装置側単体のパフォーマンスではなく、ファブ全体のパフォーマンスを見たときに、同期がとれていないとこうなってしまう。装置側のパフォーマンスをいろいろ改善して上げて行った場合、例えば AMHS のパフォーマンスが同期して向上しないと、ファブ全体を通してのスループットとしては途中で AKHS 側に制限されてしまう。

この領域だと装置側が律速しているんですけども、こっちの領域になると AMHS が律速してしまう。この2つがちゃんとバランスがとれないとファブ全体のスループットは必ずしも上がらない。この部分 (AMHS から大きく上昇した装置のライン) の装置側のインフラメントって、ある意味、無駄なんですね。やってもしょうがないということになりますから、こういったところは改良の余地があるのではないかとというのが一つです。

High-Mix の場合、多品種の場合にはレシピのチェンジですとか、マスクのチェンジといったものが頻繁に発生する場合に、結構なロスが実は出てしまうということも言っています。業態にもよりますが、メモリーファブの場合にレシピチェンジ、マスクチェンジのオーバーヘッドが1だとすると、ファウンドリだとこんなに分厚くなる。これはなぜかという、流している品種の数が全然違うということで、メモリよりもファウンドリのような多品種生産の場合には、こういうオーバーヘッドが非常に大きく効くんだと。それで何とかしなければいけない、という話で、こういったところに改良の余地がまだまだあるだろうという話をされています。

◎ NGF(Next Generation Factory)

450mm と一緒に NGF という括りでいろいろ話があるんですけども、その中で一つ、これは装置単体の話ですが、チャンバのパフォーマンスとその他、例えば搬送系、真空ロボットや大気ロボットなんですけれども、チャンバのパフォーマンスとこちらのバランスがとれないと低いほうに律速されてしまって、ツールのパフォーマンスというのは制約されますよと。これをできるだけ合わせたいという話で、そこにも改良の余地はあるだろうという話を言われているところですよ。

そこまで何かありましたら？

意見交換

④ FOUF のタイミングについて

加藤洋 今説明のあったロードポートのところですが、そこは 25 枚なら 25 枚ためてから次の工程に移動するという形を取っているのですか。

加藤健児 FOUF の交換のタイミングですか？ はい、そうです。

加藤洋 装置の中は枚葉で動いていますね。だから、そこから取り出して次の工程に行くのも枚葉という、そういう動きはないですか。待っている必要はないわけですよね？

加藤健児 待つ必要はないんですが、それはロットサイズをどういうふうにかえるかという話になってきて、今のところ、25 枚です。

300mm のときに一つ変わりましたのは、ロットは物理的には 25 枚入りますから、25 枚を管理単位にした訳ですが、多品種少量になってくると管理する単

位はどんどん小さくしたい、物理的にはなくてですね。300mmのときにウェーハ単位でIDがつけられるようになったので、1枚単位で装置側は管理できるシステムになっています。ただし、物理的には25枚入りますし、ここの25枚というのははらい出して、また戻して、ということになっていますから、装置間はこのFOUPの単位で動きます。マックス25枚。中に、25枚入るんだけど3枚しか入っていないということはあるんですが、それはそれで無駄だというジレンマはあります。

原 公表されている事例ですが、日立製作所のN3棟では13枚にするのが最適だという報告が、少なくとも私の記憶ではあるのです。要は、25枚入れていると待ち時間がそれだけかかりますが、半分しか入れなければ、その半分の時間で次に行けます。非常に無駄なようですけれども、箱の半分しか入れないということを実にやっているというところがあると思います。

加藤健児 450mmの規格の中で、このFOUPサイズをどうするのか、やはり25枚で良いのか、という話は随分ありましたが、現状は25枚で300mmと変えないというのが主流で、それで行きそうかなという感覚ですね。

加藤洋 そこに仕掛かりが25枚止まってしまいますね。それが1枚ずつ捌ければリードタイムが短くなりますよね、仕掛かりがその分少なくて済みます。

廣嶋 ただ、次世代のファブと考えたときに、今のアイデアとして、現行300だとスロットインテグリティとかキャリアインテグリティと言われる形で、必ず出たところにウェーハが戻っていくという考えですけれども、次世代のコンセプトとして今議論されているのは、別のキャリア、別のスロットでもいいんですね。ということは、1枚終わったところで、終わったウェーハを別のキャリアに入れて次の工程に持って行ってしまおうということも多分考えられているというふうに聞いているんですけれども、その辺はどうなのでしょう。

加藤健児 そうですね、現状でも、300mmの一部はそうなっています。規格は、スロットインテグリティとあって必ず出したところに戻せという規格になっていますが、現実の運用は「いや、そうじゃなくて」と言われるお客さんも多いと思います。

廣嶋 実際にそれでオペレーションされている工場もあるということなのでしょう。

原 逆に、今は容器にたくさん入るからそういうこと

をやっているのです。もっとわかりやすく言ってしまえば、処理は枚葉なんだけれども、搬送がバッチになっているわけですね、現状システムは。バッチ搬送なんだけれども、枚葉処理だからおかしなことになるわけで、だんだん合わせていこうということになって…。

450mm化だと、1枚ものなんかの容器搬送というのもあり得るんですか。

加藤健児 規格の原案の中にはありましたが、25枚の300mmと同様のFOUPになる可能性大だと思います。

原 枚葉搬送ではなくて、バッチ搬送で枚葉処理、やはりそういうことになってしまいそうな…。

駒形 ワンキャリア何枚欲しいかというのはいろいろなケースがあります。先ほど450mmの最初に出たIntelさんみたいに25枚単位で突っ込んでも十分に回せて、本当はもっと大きいサイズが欲しいというメーカーもあれば、いやいや、私のところはそんな大きいのはとてもないからせいぜい5枚でもいいというメーカーもあって、ものすごくばらつくと思うんです。

我々のところも、実際、キャリアは通常の6インチまではワンキャリア25枚か26枚の2キャリアで、8インチのときは1キャリアと普通のロット編成ですが、作っている製品によってはなるべく大きなキャリアで流したいというものもあれば、小さくて十分というものもあります。小出しにするマイコンなんかは25スロット必要な時もあるから仕方がなく今のキャリアを使うけれども、本当はその中で3枚だけ今欲しいという場合もある状態です。器が大きくて使えるので使っているというだけですね。

⑤箱のサイズについて

原 NGFの範疇に入るのかどうかは知りませんが、25枚と同時に、例えば13枚だとか1枚ものだとか、箱自身をいろいろなバリエーションをもって流したらいいんじゃないの、という議論も聞いたことがあります。最近はどういう流れになっているのですか。25枚でいいだろう、シャトルが同じ大きさだったら変わらないだろう、ということなのでしょう。

加藤健児 箱のサイズにバリエーションを持たせるというのは、あまり聞いたことがないですね。

生産ロットは製品によってはもちろんばらつくんです。非常に大量の場合には25枚でもロットの中で十分小さい、その単位で十分だということ場合と、生産枚数

自体が5枚だとなったときに、25枚のロットサイズでFOUPを使うこと自体、オーバーヘッドが大きくなってしまって無駄だと。だから、5枚だったら5枚のロットサイズにすればいいじゃないか、ロット管理すればいいじゃないか、という話もあって、それは製品特性に依存しちゃうんですね。そこはかなりばらつく。

今、25枚の音が大きいのは、そういう製品特性の会社さんが今イニシアチブをとっているということだと思います。

原 蒸し返すようなのですが、箱を亀の上の亀の子みたいな感じで載せたらいいのではないかと。つまり、バッチ搬送は決して悪いわけではなくて、25枚いっぺんにはめるわけですから、交通渋滞はその分だけ少なくなります。そこで、処理が5枚入りだとか1枚のウェーハの箱を上に乗せて、いっぺんに運んだらということを行っているメーカーが現にありました。それは装置メーカーというよりは搬送系のメーカーですね。いろいろなアイデアを出しているほうのメーカーですが…。

加藤健児 経済原理というのが働きますので、例えば、25枚いいんじゃないかと言っているメーカーさん、あるいは5枚にしたいんだ、いや、3枚でいいんだと言っているメーカーさんのそれぞれのニーズを最大公約数的にカバーできるハードウェアあるいはシステムというものが考案されて、規格になって、それが現実になっていけば、皆さん、そうするだろうと思います。

⑥搬送について

久保内 流し方とか、搬送式に限定した議論をさせてもらいたいんですけども、先ほど加藤さんの言った装置スループットとそれを規定するようなAMHSというハンドリングの能力で規定されるようなケースもあるだろうということを懸念されているんですけども、基本的に装置単体として見た場合、ツールの能力を最大限にするような内部のハンドリングロボットとか、もちろんバッファリングを含めた検討は、装置メーカーとしては当然される。デバイスメーカーとしてはそれを前提として最大スループットを出せるような、装置間・工程間搬送（AMHS）のつなぎを設計されると思うんですけども、今の議論の中で、デバイスメーカーがツール例えば装置側の流し方まで入り込んだシミュレーションまで検証して、装置のつなぎの最大スループットを狙うようなところまでやらないとだめだというふうにおっしゃっているのか、その辺如何に考

えますか。

加藤健児 装置側とAMHS側、あるいはファブ全体といったことに、ヒエラルキーがあるわけですね。部品だったり、装置だったり、設備だったりというのがあって、最後に全体というのがあって、ユーザー側の視点からすると、最後のスループットあるいは効率を直接的に見えますし、見たいわけで、これが最大化できればいいよと。その手段としてAMHSだったり、装置だったり、あるいは部品だったり、どんどん分解していくんですが、そこで区切りというのは必ずありますから、装置メーカー側からすると、例えばAMHSがどういうシステムであっても、それに装置側はマッチングできるような作り方ができないと、このリクエストには応えられないですね。応えるために装置側はどのような作り方ができるのでしょうか、ということを考えなければならなくて、そうするとAMHSがどういうふうに動いているかというのは理解してやらないと、そのリクエストに応えた装置にはならないので、そこは考えなければいけないという宿題を今現在もらっているところです。

原 装置というのは、単体のチェンバーというのだったら何も考える必要はないのですが、複合のチェンバーが何個か入っているクラスター装置だから考える、ロードポートが2個あつたりするから、それで考える必然性が出てくるわけですね？

加藤健児 話が協道にそれますが、一つのシステムの中に複数のチャンバをつけて、マルチチャンバでやります、ロードポートも複数ありますよと。例えば、2個以上あれば、FOUPの交換のオーバーヘッドは見かけ上隠せますから、スループットをこうやって上げますよという、単純にはそうなんですけれども、事はそんなに簡単ではなくて、先ほどの各予想のシンクロが本当にきちんとできないと待ちが出たり、スループットとしてばらつきますよという問題も出ますねと。

例えば、枚葉のマルチチャンバの場合も、今、ここに3つチャンバがありますけれども、これ、全部同じ処理をするというような、パラレル運転というんですが、そういうような場合にはまだ考えやすいんですが、2つのチャンバをシリーズで使う、あるいは3つのチャンバをシリーズで使う。真空内でプロセス1をやって、2をやって、3をやって、それから出すんだみたいなプロセスだってあるわけですね。そういう場合に、この全体をどういうふうコントロールしてやると、装置としてのスループットが最大化できるのか。なおかつ、パラレル運転でも、シリーズ運転でも、

シリーズ運転専用の装置は作れませんから少なくともハードウェア的には同じものでないといけません。となってくると、どこまで個々のニーズの最大公約数をとれるかというのは、かなりややこしい問題になってきます。

装置単体でもそうですし、それに対して、さらにAMHS側の受け、ロードポートの受け渡し、あるいはロット間のオーバーヘッドといったことを考えて、とやっていくと、ちょっとやそつとでは簡単にはできなくて、「それが課題だ」と言われるのはまことにそのとおりなので、そこにもう少し知恵を使わなければいけないということにはなります。

⑦「搬送はバッチ、処理は枚葉」の問題について

齊藤 ロボットメーカーとしては装置メーカーから求められるのは、FOUPに入っているウェーハとロードロックステージとの間の搬送を、スループットを最大にすることを求められて、25枚の置き換えを何秒で終わるかというところで性能を競っているんですけども、先ほどの「搬送はバッチ、処理は枚葉」ということは何か問題点はあるんですか。ライン全体としてスループットを最大にできれば、そういうやり方もありかなという気はするんですが。

「搬送はバッチ、処理は枚葉」ということで、搬送の間にバッファがあって、処理のスループットが最大になるということであれば、それはそれでも問題はないのかなという気はするんですけども？

加藤健児 今のこの構図ということですね。この構図で25枚で受けて、処理は枚葉なんだけれども、この構図自体に問題はないのかというご質問ですね？

それはロットサイズの問題ですね。25枚のロットサイズでやると、25枚でロットの切り換えとFOUPの受け渡しをやりますから、ロット間のオーバーヘッドって必ず出ますね。それが25枚周期でこの場合は来るんですけども、例えば25枚のFOUPで3ロードポートの場合に、実はロットが5枚しかないとなると、25枚周期のやつが5枚周期になる。5枚周期になって、その間にオーバーヘッドが挟まると、25枚あれば5倍のオーバーヘッドがかかってきている。

要するに、小ロットになればなるほどオーバーヘッドが膨らんでいきますよという話になるのが、課題だろうなと。これまでの装置構造というのは、あくまで大量生産が前提なんですね。一般にDRAMだとか、非

常に大量にウェーハを切れ目なく流してという場合には、こういう受け方に当然なるでしょうし、その中で25枚というロットサイズが決まってきたんだと思いますが、そうではなくて、もっとロットサイズが小さい製品もたくさんあるわけですから、そうなってくるとオーバーヘッドがどんどん割合としては増えてくるということになるので、そこを何とかしなければいけないですね、というのが課題になってきます。

大量生産を前提にした装置を小量生産にも使おうとすると、何がしか、そこに間尺に合わない事が出てくるというのは当然ですが、そこをどういうふうに今後は解決していくのかが残りますね。

原 それもあるでしょうし、流れを阻害しているということが本質的問題点でしょう。25枚入っていたら、1枚しか処理しないですから、あとの24枚はそこで止まっているのです。それはトヨタ生産方式的な考え方として問題だということです。

要するに、24枚、そこで常に待っているわけです。25枚の1枚しか処理しないから、だから、納期が25倍になるということなのです。装置が300台しかないのに、何万枚もウェーハを突っ込まれている理由は、そこそこにウェーハがたまっているからなのですね。だから、納期が何十日もかかってしまう。そのところはみんな当たり前だと思って次のお話をされているのですが、それもまさに小量用にやると、量を稼ぐために、多品種を同時に流すことにもなり、それが本質的に流れを阻害してしまいます。根本的なものの流れの問題が顕在化するということです。

加藤洋 大量生産の場合なぜ大ロット流しなのですか？1枚流しでも大量生産という構図はできるんじゃないですか？

加藤健児 その場合には多品種ということになりますね。

加藤洋 何しろ、ウェーハを1枚ずつ管理できるなら、わざわざまとめてロット管理する必要はないと思いますが。

廣嶋 その場合に一番問題になるのは、搬送がべらぼうな量になるということですね、工程数が多いので。枚葉で流すと巨大な規模の搬送システムが必要になる。

原 それで、一個流しの場合にフローショップという話が出てくるわけです。フローショップだったら順番に並べていけばいいから、搬送の問題は軽減されま

す。ジョブショップの方は搬送の問題が大きくクローズアップされるので、まとめて運んだほうが良いという話になるわけです。

それで、製造装置メーカーなどが議論するときに、半導体はどこまでフローショップにできるのかということに常に意識するんだけど、やり切れていないという話ですね。そう理解しています。

⑧ウェーハ搬送時間のばらつきについて

中野 最初の60秒、120秒の絵が出てきたところのばらつきというのは、先ほど説明の中にあつた、各チャンバを、多分均一な処理をしているとそういうことは起こり得なくて、違う処理をするから、それでプログラミングの問題でばらつきが特に出てきてしまっていると考えていいですか。チャンバごとに違う処理をやっているから、それごとの時間差とかが吸収し切れていないと？

加藤健児 均一な処理というのが本当に均一な時間でぴったり終わって、すべての動作要素の位相が全くずれなければ60秒で揃いますが、実際にはそんなことはなく、メカニカルな動きにしても、必ずばらつきが出てきます。

中野 多少のばらつきはわかるんですけども、倍って、すごく大きいですね。

加藤健児 60、120という、これはイメージなのであまりシリアスに数値を見る必要はありませんが、このくらいのばらつきは出るよと。絶対値として精度をもって言っているわけではなくて、概念的なところで、「こんなに」というのが言いたい。倍はちょっと行き過ぎかもしれないですけども、それくらいばらつくこともあるだろうと。

中野 概念的に、ちょっと吸収し切れないような時間のばらつき例が生じているよと言っているという、そういう意味合いですね？

加藤健児 はい。

例えば、チャンバ、3つあるんですけども、シリーズの処理をする場合なんか特にそうなんですが、1つの真空ロボットで3つのチャンバをやっていますけれども、チャンバの1と2を受け渡しで処理するみたいなことをやろうとしたときに、1と2の間のバッファって、このロボットしかないんですね。1、2と行くんですけども、2の処理が終わらないうちに1が終わったという場合に、これが待つか、ロボットの上

でウェーハを待たせるか、どっちかになってしまうので、ここで待つ分にはまだいいんですけども、ロボットの上で待ったりすると、全体のスループットを大きく落としてしまうということになりますので、そういう要因は実は結構まだまだあると。

原 同期しないと時間は2倍要るんです、基本的に。

(発言者注：これは移動時間などを含めたトータルでのおおつかみの数値的見通しである。非同期であれば、最小待ち時間ゼロ、最大1プロセス時間待たされるので、その現象だけ見れば理論上1.5倍の時間がかかる)

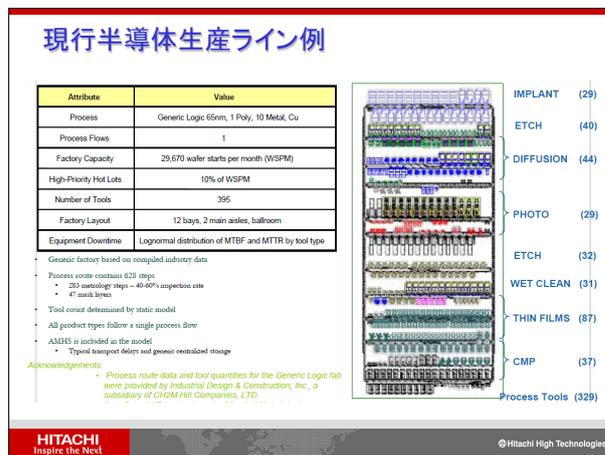
半導体生産設備・装置

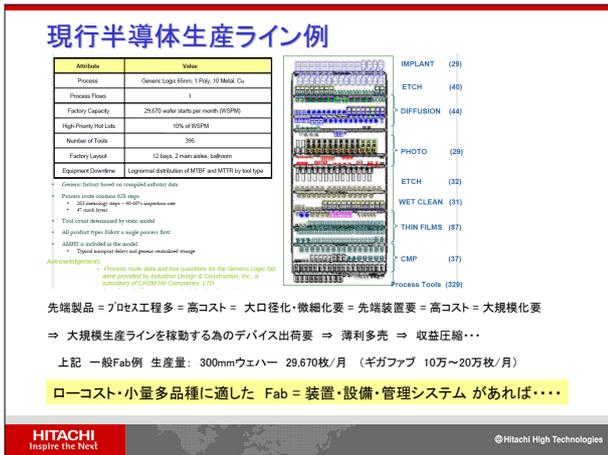
加藤健児 半導体の全体のファブのサンプルをここに出してみました。

◎現行半導体生産ライン例

これは300mmのラインですが、どこか固有のラインではなくて、一般化された例です。いろいろなデータから平均像を抽出すると、こんなものですね、というのが出ていますので引っ張ってきたんですけど、300mmのラインでGeneric Logicの65nmですね。1Polyで、配線層が10層ですね、Cu配線の場合。品質としては1品種だけと。ボリュームとしては、月当たりで2万9,670枚で、300mmでおおよそ3万枚/月当たりが一般的かなと思いますので、こんなものだろうと。

この場合、いわゆるジョブショップというレイアウトですね。Implantがここに29台並んでいまして、Etchが40台、Diffusionが44台で、Photoが29台というふうに並んでいまして、プロセスツールで329台の装置が並んでいる。全体の装置台数としては395





台というものが並んでいる。こんなようなファブが300mmのロジックとしては一般的な規模であったり、構成であったりするところかなと。

この例は、65nm、300mmですから、ある意味先端製品ですね。プロセスの工程数としては、ツールの数は395なんですけれども、工程数としては628ステップをやって1つのデバイスができるというラインなので、これだけの数の装置を並べると、当然、コストはそれなりになるなというところですし、ファブ全体が高コストになってくると、大口径化、微細化、要するに生産量を上げていかないとペイしなくなります。

大口径化、微細化が必要だということは、先端装置が必要だということになります。先端装置は当然高いですから、コストとしては上がってくる。そうすると、さらに稼がないかんとということになって、大規模化というのが必要になってきますし、それでファブがどんどん大きくなってくると、そのファブを稼働するためのデバイスの出荷が当然必要になってきますし、ラインを埋めるためにたくさん製品は作らなければいけない。問題は、そんなに出荷できて、ガンガン売れるようなデバイスが作れるかどうかということになってくるんですけれども、例えばメモリだったり、かつてのシリコンサイクルの中で、どこかで一回外れるともうガクッと行ってしまいうというサイクルが過去に何回も繰り返したとおりでありますが、そういう構図に入っていますねと。

この場合、300mmのウエハーで3万枚ですから、メガファブというレベルですね。今、450と言っているところはギガファブだと言っていますので、生産量によっては10万とか20万とか、もう万単位で2桁の世界に入ってしまう。こういうラインというのを複数でつくって、仮想的に一つのラインという構図を考

えておられるようなんですけれども、どんどん大規模化の世界に入っていくよと。「こうすることで、チップ単位のコストは下がる。生産性は上がる。それが方向性」なのですが、あくまでもそのラインを埋めるだけの生産量が出せる、製品が出荷できるというのが前提になってくるので、それだけのチップが出せる製品って、そんなにあるわけではないな、という話にもなっていくということですね。

そうすると、ローコスト——チップ単価の話なんですけれども、ローコストだとか小量多品種ですとか、そういったものに適した設備・装置あるいは管理システムといったものもあってもいいのかなというのがアイデアとしては出てくるのではないかとということですね。

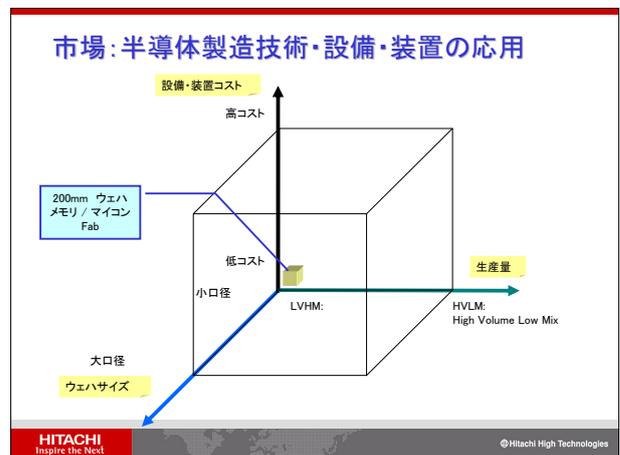
◎市場：半導体製造技術・設備・装置の応用

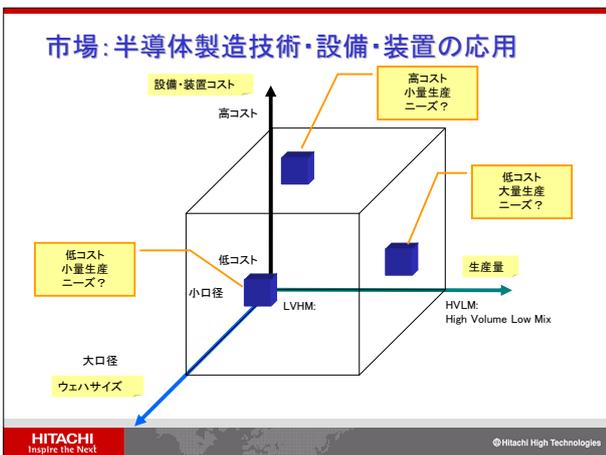
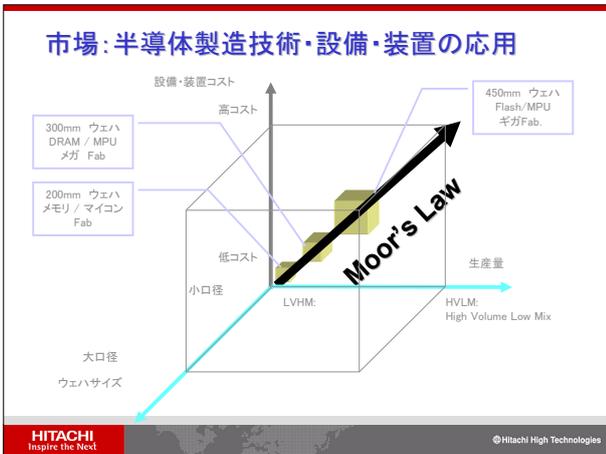
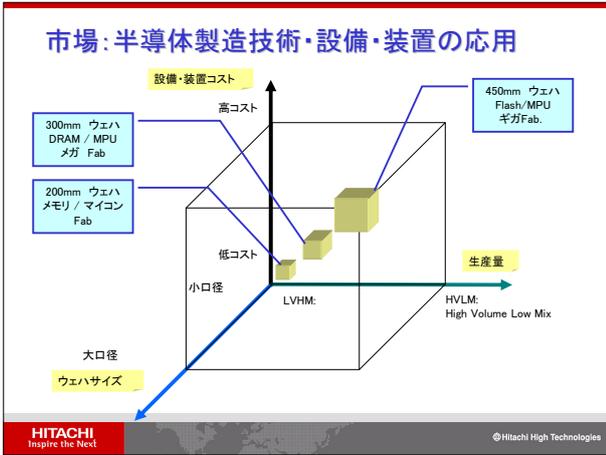
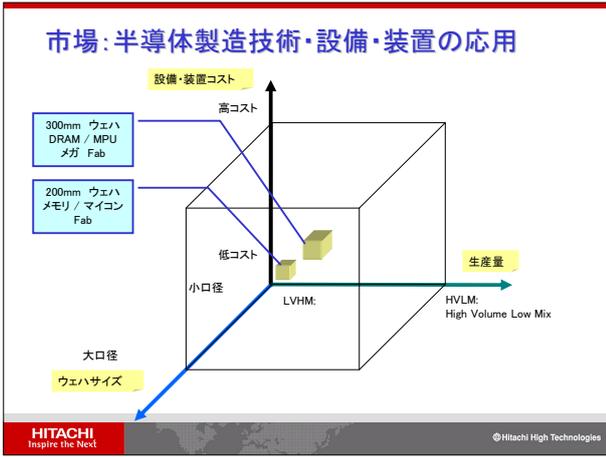
これは話をわかりやすくするために乱暴に切り分けて見ましたが、ウェーハサイズが一つあります。設備・装置のコストがあります。生産量があります。生産量というのは、High volume Low Mix、大量生産で消費する場合、あるいは小量生産で多品種の場合といったような、いろいろな考え方があると思うんですけれども、この3つの軸で考えますと、200mmでメモリ、マイコンといったものをつくる、生産量もそんなに多くない、こんなポジションなんでしょうね。

それが300mmになってきて、大容量、大生産量になってきて、DRAMですとか、MPUですとか、いわゆるメガファブという世界に入ってきて、こんなポジションですね。

さらに450mmになってくると、Flash だったり、MPU だったりするのかもしれませんが、ギガファブという世界に入ってくるのかなと。

この3つの軸でマーケットを切り分けたときに、ポ



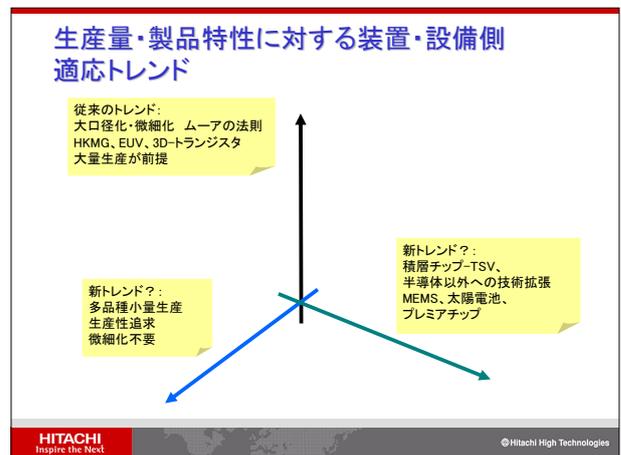


リユームが増えるに従ってコストも上がるし、ウェーハサイズも大きくなるし、といったトレンドに今まではずっと乗ってきてやっていて、結果としてこういう一直線の量的にはどんどん大きくなるという方向で業界は成長してきたかというか、推移してきたところだろうなと。

ただ、それ以外にマーケットとかニーズは本当になのか?ということをやっと立ち止まって考えてもいいんじゃないだろうか、というのがこの絵です。例えば低コストで小量生産でも、それが見合うだけの設備・装置があれば、そこにマーケットが実はあったりしないのか。低コスト、大量生産というのものもあるかもしれませんし、高コスト、小量生産というのはちょっと難しいのかもわかりませんが、こういう3つの軸で書いたときに、この30年で見たとときに、この空間の中でどんなところにマーケットがあるのかといったところ、現状で起きているのは、この真っ直ぐの一本道に乗っかってやってきているんですが、そうではなくて他に外れたところにもマーケットあるいはニーズが実はあったりしないのかなといったところを少し落ち着いて考えてみるタイミングではないかなというふうに思います。

◎生産量・製品特性に対する装置・設備側適応トレンド

トレンドもいろいろありまして、従来のトレンドで大口径化、微細化、ムーアの法則にのっかってきて、デバイスの技術としましては、High-kですとか、メタルゲートですとか、EUVで、どんどんリソを小さくしてきたものもありますし、三次元のトランジスタという、立体構造でトランジスタをつくらうという話もありますし、どんどん進んでいくんですけど、これは従来のトレンドですね。



それとは違う、多品種小量生産あるいは生産性を追求する、微細化はそんなに必要ないんだけど、といったようなトレンドだったり、あるいはチップ積層といった話もありますし、半導体以外に、今、話しているのは半導体の生産だけの話をしていますけれども、同じような製造技術を他にもどんどん展開して、マーケットが大きくなるようなところって、実はポテンシャルがあるんじゃないでしょうか、といったところももう少し考えていく必要があるのだろうと思います。

◎検討課題 例

加藤健児 さて、検討課題ということで、そんなことを考えています。あくまでも半導体の製造が既存路線の延長にある話の中だけではなく、もっと視野を広げて、半導体製造だけではなくて、MEMS だったり、同じような製造プロセスを使うマーケット、ニーズが世の中にありますねと。それは小量生産かもしれないし、低コストかもしれないし、普通の半導体デバイスとはちょっと違うかもしれない。ただ、テクニカルには同じような設備・装置を使う産業であって、そういったところにもっと入れる、あるいはニーズなり、ポテンシャルがあるのではないかと。

そういったところまで広げたときに、技術課題とビジネス課題と書いてあるんですけども、技術課題はわかりやすいので、そんなに気にはしないんですけど、ビジネス課題のほうがですね。こっちがやはり問題になる。結局のところ、それがペイするのかもしれないかと。

半導体の市場は、2007年で2,759億ドルなので、ワールドワイドで28兆くらいあって、製造装置としては、42.8億ドルですから、四兆の市場がある。グロスでこうなので、実際に製品出荷している各企業あるいは各事業の規模がどのくらいかというと、これの10分1だったり、100分の1だったりですが、全体としてはこういうマーケットがある。こういう環境の中で、開発投資あるいは回収計画をつくっていますので、他のもっと低コスト製品のマーケットだったり、そういうところを踏まえて考えていくと、やはりそれを正当化するだけのデータがなければいけない。例えば、生産の概要、プロセスが何種類くらいあって、工程数がどのくらいあるか。要するに装置何台要るんでしょうかという話なんですけれども、そういった話ですとか、さらに装置・設備に対して要求されるスペック・機能はどこまでのものが必要なんですかと。

半導体製造のものをそのまま持ってきて、その仕様があればいいんですよということになると、そんなに機能と高いスペックが要るんですか、そうすると開発コストがどのくらい、とパッと出てくるんですけども、あまりリーズナブルな数字に多分ならないと思いますので、どこまで絞り込める、あるいは特化できるのかといったようなところが情報としては必要になります。加工精度ですとか、スループット等々ですね。

市場の伸びがどれくらい期待できるのかとか、そんな話も必要になるかもしれませんし、こういったデータがある程度出てくると、それが事業として成り立つための計算はできてきますので、結果がポジティブであれば、そこに対して開発投資も入りますし、現実に製品を出していけるということになるんですが、なかなかこの辺の数字というのがつかみにくいところもあって、ここら辺の情報なり、データなり、そういうものが多少なりとも出てきますと、それが我々の事業、ビジネスを広げていくのに見込みがあるということにもなってくるでしょうし、いや、もう別の方向を考えた方がいいということにもなってくるでしょうし、ということですね。

具体的な数字がすぐに出るようなものではないと思いますが、何がしかディスカッションの中でも整理ができていくようであれば見通しが立ちやすいでしょう。

原 はい、どうもありがとうございます。この辺の議論については、まとめセッションで再準備させていただきまますので、それまで何かあればお考えいただきたいと思います。

—第1セッション 以上—

第2セッション 「レトロフィット」

原 再開させていただきます。

今回、司会は千村さんでよろしいですね。

千村(司会) 私が進行させていただきたいと思えます。

オリンパスの千村です、改めてよろしくお願ひいたします。

半導体製造に関して特に私は関わりがないものから、今回のセッションは三洋半導体の池田さんがメインでやられる予定になっていたんですが、都合により急遽、私のほうで進めることになりました。このレトロフィットについては、皆さんが感じている課題をできるだけ出していただいて、最後のほうでそれを共有化するというような形にさせていただきたいと思えます。

池田さんのほうでつくった資料をもとに、課題を皆さんから出していただいてそれを埋めていきたいという考えですので、完全に埋めていないシートがあります。これに基づいて話をさせていただきます。

◎レトロフィットについての集中討議議論の進め方

先ほどもちょっと出しましたが、レトロフィットについての、捉え方なんです、今の設備に新しい機能を追加して差別化していくという、高機能を求めていくという、いわゆるレトロフィット。それとリファブと呼んでいるんですが、現有の装置が大分前に作られ

レトロフィットについての集中討議 議論の進め方

- ・ 今までのクローズセッションから、現有設備に対しての要求は大別して2つあると考える。
 - レトロフィット
 - ・ 現有設備が従来もたなかった機能について追加要求が高まったことにより、他産業の設備・技術も含めて機能追加する行為
 - リファブ
 - ・ 現有設備が元来持っていた機能が、老朽化などにより十分機能しなくなったことに対して、機能復旧または代替機能で機能復旧する行為

ているものなので、それをメンテナンスしていくという、老朽化で使えなくなってしまう、それをどのように管理して、メンテナンスして、使える状態を保つかという、2つの側面で議論を進めていくということにしております。

司会の立場で意見を言っているのか疑問なんです、この場ではデバイスメーカーさんと装置供給メーカーさん、立場が違う方々がいらっしゃるので、あまり刺激的なことを言うと両者の意見が対立してWin-Winの関係でものが解決しないんじゃないかなというところも感じます。技術的なところよりもそういったところが結構問題になりそうな気がしています。

例えば、リファブなんです、装置メーカーからすると、いつまでも在庫として機能を確保するために、例えば部品を10年以上抱えているというのは、それなりに管理する費用もかかりますし、できるだけ要らない在庫を廃棄していきたいという立場にあると思えます。逆に、半導体メーカーからすると、「それは冗談じゃない」というところもあると思えますので、その辺をいかにWin-Winに解決していくのかというのが、問題になるかと思えます。日立GSTの加藤さんにもちょっとした資料をつくっていただいておりますので、その辺をもとにあとで話をさせていただけたらと思えます。

◎レトロフィットに対しての要求事項

まず、いわゆるレトロフィット。現有の設備に新しい機能を追加していくというタイプのレトロフィットに関して、皆さんからいろいろと感じているところを出していただきたいと思えます。

まず半導体の工程としてウェーハの前工程とウェーハのアセンブリ工程、またほかの観点でレトロフィットに要求する課題という、技術というものを吸い上げていきたいので、説明させていただきたいと思えます。

対象とする工程ということで、作成した案です。ここにこんなこともあるよという形で出していただければ

ばと思います。まず、エッチング工程、搬送系などの製造設備に対して、クリーンの観点で、コンタミ対策、見える化が進んでいないということで、歩留り向上と省エネのための監視あるいはもっと別の新しい技術を盛り込んでいきたいというところ。

それから、これは5インチプロセスの設備に対応するものなのですが、着工管理システム機能追加、それから配膳の自動化等々を追加していきたいというところ。それから、EES的機能の追加——これはデータ吸い上げ機能ということになっていくと思うんですが、こういった機能を追加したいというところ。それから、部分的に人による作業がかなり残っているということだと思んですが、この辺に対してウェーハの搬送の自動化、そういったところの機能を追加していきたい。それから、ウェーハの薄型化ですね。ウェーハを薄くするための技術の追加というところなんです。

こういうことができると、流動管理ですとか、品質管理の高度化によって生産性が向上していく。それから、製造コストが削減できるというところを効果として狙っているということです。

それから、「進める際の問題点」としては、どの装置もそうだと思うんですが、稼働中の設備なので、機能追加や自動化のために設備を停止するということがかなり制限されるというところ、それから、生産枚数が増えない中で、生産性向上によるコストダウンというものが図れるかどうか。機能追加、自動化で本当にローコストが実現できるかというあたりですね。新た

に自動化といった観点で、機能を追加していくこととなりますので、投資対効果が出るかというところだと思んですが、この辺を問題として取り上げています。

ここは、協力要請したい企業・団体ということで、空欄になっておりますが、こういったものは各企業で今後考えていくもの、あるいは産総研さんや、将来のために大学ですとか国の機関に近いところがやっていくものに層別して課題がまとまればと思っております。いずれにしても、課題をどんどん挙げていただきたいと思っております。

それから、5インチのステッパーに対してです。機能追加要求としては液浸化——ここはあまり説明できませんが、こういうものを追加したいというところ。その効果としては微細加工による収益の改善というところですね。このための問題点というものは、特に今のところ挙げておりませんが、これを一つの課題と捉えているというところなんです。

それから、特に、池田さんのところは地震の被害を受けられているということもあって、「震災影響の大きな設備投資」ということで、現有機能設備に耐震化の何らかの対策を打ちたいと。多分、池田さんの立場としては設備メーカーさんのほうにいろいろとお願いしたいことがあるという観点で述べられているというところなんです。

これに対して、このセッションを分担している日立GSTの加藤さん、あるいは工藤さんに補足していただきたいのですが、もしあれば、なければ、池田さんと同じような立場の方からこれに対する課題を追加していただければと考えております。

多分、この辺で問題になるのは、技術はもちろんなんですが、稼働中の設備をどうするかといったあたりですね。それと機能を追加することでコストダウンができるかというあたりだと思んですが、なかなか解決しない問題なのかなとも推測されます。

意見交換

〔進める際の問題点 5インチプロセスの設備〕

久保内 以前に出た話ですが、保守・メンテナンス部品調達が難しくなっていて、部品のコンソーシアムみたいなものができればいいとかいう議論は別に出てくるんですか。

レトロフィット に対しての要求事項

業種ジャンル：ウエハ前工程

対象	機能追加要求	期待する利便性	進める際の問題点	協力要請したい企業・団体
エッチング工程、搬送系などの製造設備	コンタミ対策（見える化）	歩留り向上と省エネ化。	古い設備に最新の技術を導入するための目安。（ノウハウ）	
5インチプロセスの設備	着工管理システム機能追加、配膳の自動化 EES的機能追加 ウェーハの搬送の自動化の機能 ウェーハの薄型化（現状200nm以下）対応改造	流動管理や品質管理の高度化による生産性向上 製造コスト削減	稼働中の設備なので、機能追加や自動化の際に設備を停止する時間、稼働が制限される 生産枚数が増えない中ででの生産性向上によるコストダウンを図る為、機能追加、自動化をローコストで実現しなければならぬ。	
5インチステッパー	液浸化	微細加工による収益改善	どのような型で、設備メーカーの協力が得られるか？	設備メーカー JEIDAなどのコンソーシアム
震災影響の大きな製造設備	震災時の稼働保証できる設備改造	ディザスタ・リカバリの早さ・稼働率向上		

業種ジャンル：ウエハアッセンブリ工程

対象	機能追加要求	期待する利便性	進める際の問題点	協力要請したい企業・団体

業種ジャンル：精密加工

対象	機能追加要求	期待する利便性	進める際の問題点	協力要請したい企業・団体
精密加工設備	加工の良否を判定するための手段	加工の良否を判定リモート監視	何をどのように測定するかといった観点での技術開発・技術確立	

業種ジャンル：精密部品組み立て

対象	機能追加要求	期待する利便性	進める際の問題点	協力要請したい企業・団体

千村 後でやっていこうかと思っています。先ほどいわゆるレトロフィットとリファブという話をさせていただきましたけれども、レトロフィットのほうを古い設備に機能を追加するというでまず話をさせていただいて、その後にリファブというか、メンテナンスというか、ディスコンに対応する課題を話させていただきたいと思っております。

濱本 我々が今一番困っているのは、8インチもそうなんですけれども、装置メーカーが改善しようにもできない。装置メーカーの装置に、「何か手を加えてください」ということをお願いしても、解るエンジニアがいなくて、そういった形でメーカーが「もうできません」ということを言われるケースが多いです。特に、6インチは基本的にはサービスはもう打ち切りです。8インチも現実的にそういった装置が出てきているわけですね。そうした中で、そここのところをやるということを考えてときに、一番問題は、図面なり、ソフトウェアの技術資料ですね。あと、メーカーがやれなかったら他でやりますと言ったときに、今度は性能保証の問題が絡んでくるわけです。そこに書かれている前の段階で、避けて通れない問題です。それで、仕方なく断念するケースもありますし、装置の性能にそんなに影響がなければ、それはやる側のリスクでやってしまうというケースがありますが、

ですから、まず体制を、しっかりしないと、そこに書かれている「機能追加」ということがやりたくてもできない。我々、工場を預かっている者からすると、そこが一番大きいですね。

加藤洋 この前、横河ソリューションズの中川さんが出された資料の中に、5インチ、6インチ、200mm、300mmソリューションというマトリックスがあって、それに対してEESの技術とか、新技術が追従してくると中川さんが出されたマトリックスの様大口径化と新技術が、必ず1対1で動いている、あのパラドックスを断ち切れないかなと。そして、6インチ、5インチでも新しい技術、さっき言った液浸化なんかも含めて、そこに盛り込めるという、そういうところを対応してくれる組織なり、メーカーなりがないかと。それをレトロフィットと兼ねてできないかなという思いがあります。

何しろ、大口径化イコール新技術、最新化というパラドックスを切りたいですね。そうしないと、5インチ、6インチが生き残れないんじゃないかなと。三洋さんなんかは、特に5インチ、6インチを今やられているので、そこは生命線じゃないのかなと思うん

ですが、そこら辺をどういうふうに対応されているのか。そこをきょう池田さんから聞けるかなと思っていたんですけどね。

駒形 そこは現実的に我々も解があるわけではないです。同じ型の古い設備を使っている工場が幾つかあった場合、2個1にするような事をしながら何とか延命させて使い、新しい設備も入れるという形で、ある意味、自転車操業的に回している面はあります。

ただ、それにしても、一昔前ですと6インチの設備はカットダウンとして5インチ用にアレンジしてということもやってくれていましたけれども、先ほど濱本さんがおっしゃったように、そういうことをやってくれなくなるんですね、多分。前だと数がそれなりに出るのもあるので、会社としてリソースを費やしていく価値があったはずですが。例えば5インチ対応、6インチ対応のモジュールを設計するときは、要求は1社からでも、多分そのバックに他のところからも来るんだろうなというのを頭に描きながら対応してくれていると思うんです。そういうこと自身がだんだんなくなって、本当に1品対応になると、値段もつけられないようになると思うんです。そこが心配なところなんです。

千村 議論がそうなるのだろうというところも予測されたんですが、基本的に技術で解決するのは、技術開発を粛々と進めていけばいいだろうというふうに思っている部分もありました。というのは、レトロフィットの中で、このセンシングの部分とか、あるいは制御機器の追加というあたりは技術的に解決をする活動をしていけば、時間はちょっと読めませんが、解決ができていく部分もあるのだろうと思っていました。

今、ちょっと話題になっているように、技術ができたとしても、底辺として技術以外の周辺の体制といったものがきちんと構築されていないとだめだという話だと思うんですね。議論をリファブの現有設備が古くなって使えなくなっているというところに移ったほうがいいのかもしれないので、そちらに切り換えて、その後でレトロフィットに入っていくてもいいかと思えますので、順番を入れ換えて話をしていこうかと思っています。

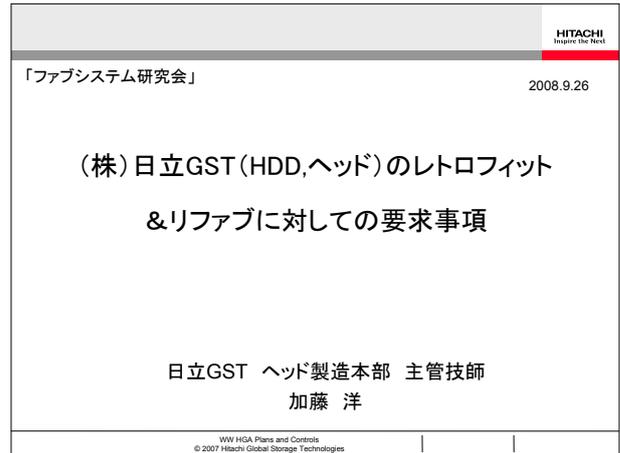
私は半導体に携わってはいないんですが、会社が分社、また組織がどんどん変わっていきます。これは装置メーカーさんもそうでしょうし、半導体の製造メーカーさんもそうだと思います。15年くらい前に入れた装置のメンテナンスをできる人がいないとか、15

年くらい前、ちょうど手書きの図面から CAD に切り換わったりしたところもあり、基本的に図面のデータがないとか、そのときの経験者が既に退職しているとか、技術が人に付いており、なかなかメンテナンスが思うように進まないというところがあります。

◎リファブに対するの要求事項

リファブで問題としている項目として、例えば PC9800 系の入れ替え、置き換えとか、本体の保守品はもちろん周辺部品の入手が困難、特殊な仕様にて納入した設備部品が設備メーカー、代理店が消滅している、メンテナンスが対応してもらえないということが問題になってきています。それから、納期もかかるし、入ったとしても非常に高価だというのが課題として挙げられています。

です、この辺の討議ですね。長納期部品をどうやって確保していくかという討議を進めたいと思いますが、最終的に Win-Win な関係にならないと、装置メーカーサイドあるいは半導体メーカーさんのほうもうまく回っていかないようなところがあると思います。ここで加藤さんに作っていただいた資料を説明していただいたほうが話が進むかと思しますので、よろしくをお願いします。



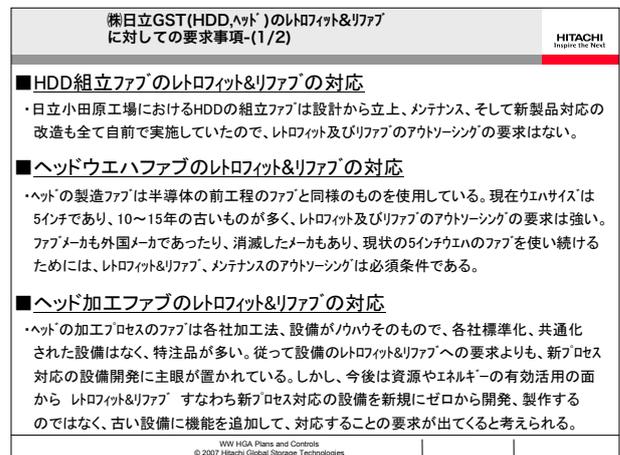
◎ (株)日立GST(HDD、ヘッド)のレトロフィット & リファブに対するの要求事項

加藤洋 日立 GST の場合、ハードディスクをやっているのが、半導体ではないんですけれども、そこに使っているヘッドのウェーハの工程が半導体と同じ設備を使っているものですから、その辺の絡みでちょっと話していきたいと思っています。

◎ (株)日立GST(HDD、ヘッド)のレトロフィット & リファブに対するの要求事項-1

まず、ハードディスクの組み立てのほうはレトロフィット、リファブということに対しての要求はない。というのは、もともとこの辺の組み立て設備は、設計から製造、立ち上げまで自前でやっていたものですから、改造なども自前でやっていくので、そういうものは組み立てにおいてはなかったです。

2 番目はヘッドの前工程に対する対応という内容です。ヘッドの前工程のほうは、私どもで要求を出したものが先程の表に載っていたんですけれども、私どもの場合、5 インチを使っているものですから、設備が



リファブ に対するの要求事項

業種ジャンル：ウエハ前工程

対象	機能追加要求	期待する利便性	進める際の問題点	協力してほしい企業・団体
ウエハ前工程工場、設備	省エネ、減人化	メンテナンス使用の低減、歩留り安定性向上	効果検証可能な目安、スタンダードが用意しない	
5.0インチプロセス設備	PC9800系の入れ替え・置き換え、PC部品や周辺設備(メモなども含む)も継続している	機能拡張による寿命化	設備メーカー、代理店が消滅している。メンテナンス対応してもらえないメーカーが少なくなっている。差別化してやらせても納期が伸びる、高価	
	本体の保守品はもちろん、周辺部品の入手が困難、特殊仕様にて納入した設備部品			

業種ジャンル：ウエハアッセンブリ工程

対象	機能追加要求	期待する利便性	進める際の問題点	協力してほしい企業・団体

業種ジャンル：精密加工

対象	機能追加要求	期待する利便性	進める際の問題点	協力してほしい企業・団体
精密加工向け少量生産装置	調整を容易にするための部品の共通利用	調整時間	長期部品や如何に確保するか	

業種ジャンル：精密部品組み立て

対象	機能追加要求	期待する利便性	進める際の問題点	協力してほしい企業・団体

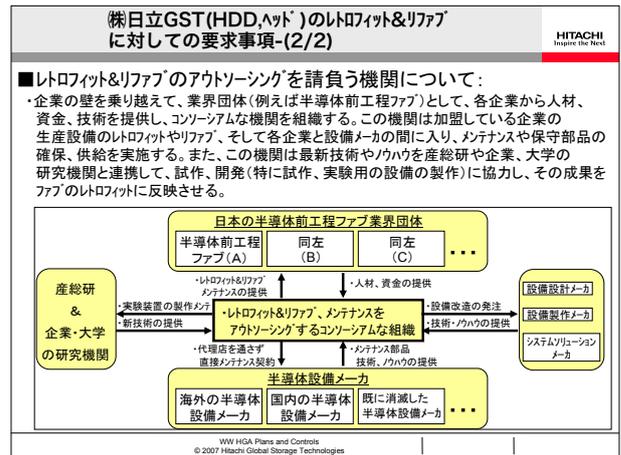
10年とか15年とか古いものが多い。そういう意味でレトロフィット及びリファブのアウトソーシングの要求は強い。ファブメーカーも外国メーカーであったり、もう消滅してしまったメーカーもあって、5インチのウェーハのファブを使い続けるためには、レトロフィット、リファブに対してこれは必須条件で、アウトソーシングの要求も強い。ただ、これを引き受けてくれるメーカーが今ないというのが非常に悩みです。

それから、ヘッドの後工程、要はスライダ加工の部分の対応ということですが、これは組み立てに近くて、プロセス自体、設備やノウハウによって差別化しているところがあって、特殊な機械が多い。私どもの場合も、メキシコとフィリピンに工場があって、元IBMと日立とで、全然プロセスが違って、設備も違ってました。ここはそういう意味では、組み立てと同じようにあまりレトロフィット、リファブというよりも、プロセス開発イコール設備開発みたいところがあって、自前でやっているところも多いものですから、あまり要求はないんですが、そうはいえども、高い設備ですから、今後、資源やエネルギーを有効活用ということで、初めから設備をつくるのではなくて、古い設備をうまく改造し、部品によっては寿命が違いますから使えるものは使い続けるという意味で、レトロフィットというのは要求が出てくることもあるというふうに思っています。

◎ (株) 日立 GST (HDD、ヘッド) のレトロフィット & リファブ に対する要求事項 - 2

私どもの想いというか、要求というか、レトロフィット、リファブのアウトソーシングを請け負う機関、今はどこも受けてくれないので、こういうのを何かつけれないかなということなんです。

これは、企業の壁を乗り越えて、業界団体（例えば半導体前工程ファブ）として、各企業から人材、資金、技術を提供し、コンソーシアムな機関、組織をつくる。この機関は加盟している企業の生産設備のレトロフィットやリファブ、そして各企業と設備メーカーとの間に入り、メンテナンスや保守部品の確保、供給を実施する。また、この機関は最新技術やノウハウを産総研や企業、大学の研究機関とやりとりしながら、レトロフィットという意味で、古い5インチ、6インチの設備にも最新技術を導入していく。そういうものを半導体の設備メーカー、それから装置メーカーですね——半導体の設備メーカーではなくて、一般の装置メーカー、またシステムソリューションメーカーなど



とタイアップしながら、こういう要求に対して対応していく。レトロフィット、リファブ、メンテナンスということを含めて、こういうものが利益団体や株式会社ではなくて、スタートのときには業界団体の中から人も資金も提供してもらってコンソーシアムな組合や、NPO みたいな形で、利益追求ではなくて資源有効活用という意味合いから、こういうものができないかなと思っています。

そうすると、既に消滅した半導体メーカー、こちらから図面をもらって、保守部品をここで作るとか展開するとか、それからこちら辺のいろいろなメンテナンス情報というか、各設備のカルテなどを全部ここで集中管理する、それから部品なども集中管理していくという組織ができないかなと。

これは一つの企業ではなくて業界団体と。日本の半導体前工程ファブの業界団体となると産総研も援助しやすいのではないかなということ、こういうのができないかなというのが私どもの提案ということなんですが、皆さんの意見もお聞きしたいんですが。

意見交換

① デバイスメーカーにとってレトロフィット&リファブの目的について

千村 直接、装置メーカーさんの立場とか半導体のデバイス関係の方との意見交換になってしまうとかなりぶつかる場所もあると思うので、こういったことが本当にできるかという観点で発言していただいたほうがいいのかという気がしています。

これでいきますと、ある程度、装置を使っている側から人材、資金を提供するという部分も出てきている

と思うんですが、この辺に関しては、特に半導体そのものを作られているメーカーの方からするとどんな感じでしょうか。直接、利益とか、なかなか言いにくいとは思いますが。

加藤洋 メンテナンス部隊というのは、工場になくてはならないところなんですけれども、一番リストラされやすいところなんです。常時仕事があるわけではなくて、波がありますし、ベテラン技能者を保持していくというのはなかなか難しいところもあって、それだったら業界全体のメンテナンスを見ていく組織があり、その中で活用できないかなと。

斉藤 加藤さんあるいはデバイスメーカーさんにお聞きしたいんですけども、レトロフィットないしはリファブの最終目的はやはり利益ということなんでしょうか。利益というのは、生産拡大による利益ではなくて、コストダウンによる利益改善を狙って、リファブやレトロフィットというのが必要になってくるという、そういう理解でいいんでしょうか。

加藤洋 利益を出すというのは、例えば半導体ファブメーカーは、半導体売って利益を出す、メンテナンス部隊が利益を出す必要はないと思いますが。

斉藤 デバイスメーカーとしてレトロフィットをしたり、リファブをしたりする、その最終目的は、何のためにこういうことが必要になってくるんでしょうか。

駒形 私どもの会社の立場からすると、コストダウンの前にまずコスト維持があります。新しい設備を買えば、同じようなものはできるんですけども、いろいろな環境整備も含めてコストが非常に上がってしまうので、昔のやつを使い続けて、まずはコストのキープをしたいというのが第一にあります。その上で改善もできればいいというのが次のステップという形です。

斉藤 私が今感じているのは、この議論は例えば日本の住宅産業によく似ていると思うんです。日本の住宅産業は、高度成長期で、新築需要がどんどんあるときには、とにかく最新の技術の新しい住宅を建てましょうという時代だったら良かったんですけども、もう人口は頭打ちで少子高齢化で、むしろ家が余ってしまうよと。そういうときに最新の設備の住宅で快適な暮らしをしていきたいねと。あと、住宅産業としても、産業として成り立つような構造にしていけないとまずいね、というところで、最近は大手の住宅メーカーでも、リフォーム事業を一つの事業にして、採算のとれる産業になってきていると思うんです。

今、日本の抱える半導体あるいはこういう産業というのは、高度成長期みたいにどんどん生産量を増やすのではなくて、持続可能な形で産業をどっちの方向に持っていくか、そういうところに来ているんじゃないかと思いますね。そういう意味では装置メーカーにもメリットがある、そういう産業構造にしていかなきゃいけないと思うんですけども、その辺は皆さんいかがでしょうか。

濱本 メリットはあると思います。古い装置を維持するために、古い装置の開発とかメンテナンスを維持するための人間を抱えないといけないわけですね。装置メーカーは、基本的には先ほど加藤さんが言われたように、新しいものに注力したいわけなんです。だから、どうしても装置メーカー曰く、ある年数でサポートを停止します、という形になってきているわけですね。

それを考えると、どういう組織になるかわからないですけども、別のところでレトロフィットなり、リファブができる場所があれば、そちらにお願いして、装置メーカーは最新の技術開発に注力できるという形からすると、ある意味ではメリットはあると思います。それは私が言うべきではないのかもわからないですけど(笑)。

②半導体のリファブ業界について

工藤 この前、たまたま真空展というのがあって、アルバックテクノさんが出ていたんです。そこでアルバックテクノ株式会社リセール本部というのがありまして、中古品リストが出ているんですね。その中を見ますと、1番は「完全リニューアル」というのがあって、「古い装置が経験豊富な技術者によって、現在の技術で生まれ変わります」というのがあるんです。それは、中古機再生の組織と役割というのがありまして、私も素人なので、やっているビジネスのレベルが今の半導体装置の中でどの程度使えるものなのかよくわかりませんが、こういうのをビジネスにしているところも既に……。

加藤洋 それはアルバックの機械のみですか？

工藤 「アルバックに限る」とは書いていないですけどね。買い取りシステムのご案内というのがあって、「ご不要になった装置・機器は当社にお売りください。解体から搬出まで責任を持って施行いたします」と書いてあります。メーカーもアルバックがメインですが、他の会社もありますね。島津とか、東京応化、芝浦とかありまして、中でされているのは、基本的には蒸着

だとかスパッタリングとか、そんなような装置ですね。そういうのを多分ビジネスになるだろうと思ってされているところがありますね。

駒形 今、おっしゃっていただいたサードパーティによるリファブというのは、以前から存在します。我々も結構お世話になったりしています。なんでそういうところができるかという、今まで設備メーカーさんに勤めていたような人がスピニアウトされて、技術を持っている人が集まって、ある会社をつくって、リファブの事業をしています。他の会社からスピニアウトした人を吸収して、今まで自分がやったことのない他の設備も含めて、一時期、「できるようになります」と言う訳です。この様な形でリファブを受ける会社はいっぱいあるんですけども、問題は継続性が非常にあやしいんですね。あるエンジニアが来たときにはリファブをお願いできて、事業が拡大するんですけども、その人がいなくなると「そのことはもうできません」と終わってしまうんです。

そういうメーカーがいっぱい出たは消え、くっついたり離れたりしているというのがリファブ業界の状況ですね。そこをもうちょっと継続的に何かできるようにならないかというのが我々デバイスメーカーとしての希望ではあるんです。しかしそれが業界団体となると、パーツの準備数とか、基本的にかなりお金がかかり、資金が必要な部分がありますので、どういう形ならできるか、非常に難しいと思うんですね。

③人材育成、技術の継続性について

千村 今、業界を超えてというか、企業を超えての話になっていますが、弊社は生産技術本部の中に自社内の生産装置を作っている部署があって、その特に製造関係の人たちの仕事は、景気によって落ち込みがあるので、いつも潤沢に人を抱えていることができません。忙しい時は忙しいんですけども、谷の時期はかなり厳しい状況になって、ずっと経験者というか、高いレベルの人材を確保し続けるのが難しいという状況があります。それが企業を超えての話になると、さらに難しくなっていくのかなという気はしています。

ただ、そういったところの力をつけていかないと、日本は何で食べていくんでしょうか、というところが気になっていて、最近こういうことが問題になっているのかなという気が個人的にはしています。今までほとんど技術開発を進めていけばいいということでやってきましたが、いかに人を教育していくか、技術を残

していくのかというあたりが結構難しい課題になっているのかと感じています。

多分、この辺の問題は、CKDさんも部品供給されている立場から感じているのではないかと思うんですが、いかがでしょうか。

伊藤一寿 部品一つとっても、10年以上過ぎたものも注文が入ってきます。我々もそういった部品は持っています。もう一つ、先ほど装置メーカーさんということもあったんですけども、例えば、一般的にカタログで商品として売っているバルブも、装置メーカーさんの特注ということで型番が違っていたりとかありますので、エンドユーザーさんが見ると、この型番は本当は標準で売られているんですけども、標準とは認識できなかつたりということもあると思うんです。

あと一つは、装置メーカーさんもそういうことに目を向けて動いていますので、できるだけ標準の型番に変えていくということとか、図面とか仕様書とか、そういったものをきちんとまとめられて、装置と一緒にお出しするというのも今取り組みとしてはされていると思います。ですから、できるだけ人の影響を受けないで、装置と仕様書であればメンテナンスができるような形態に動いているというお話も聞いています。

④コンソーシアム的な組織について

加藤洋 ここで書いたのは、もう既に消滅した半導体メーカーとか、海外の半導体メーカーということで、そういう保守部品の、今言われるような図面とかを出してもらって、ここはもう代行して作ると。そこら辺の保証の問題を、契約の問題ですけども、そういうものも交渉して一括まとめてここでやるとかいうふうな……。

伊藤一寿 あるお客さんで、バルブの中の部品だけ交換したい、一番寿命的に短いものだけ交換したいので、それを出してほしいと言われると、それを組み付けたりする工程において、出来上がったものを保証する、しないということは当然ありますので、場合によってはそういったことをきちんと仕様書を取り交わさせていただいて、部品だけ提供するという場合もございませう。

ですから、ケース・バイ・ケースになると思うんですけども、一般的にはカタログの範囲なんですが、ご相談いただければ、そのような対応もさせていただきます。

丹羽 対応は、たぶん・・・一定のレベルということ
は難しいと思います。気の利く営業マンと気の利く技
術者に会ったときには対応が非常にいいかもしれな
いですが、(笑) 努力はいたしますが、ご迷惑
をおかけするケースはあるかもしれません。

伊藤一寿 部品の交換となると、十分そういったリス
クのおありなところはいいんですけれども、そうじゃ
ないと、こちらから出向いて作業指導とか、そういつ
たことまでしないといけなくなってくるので、安価
な部品を年に何個か交換してもらうということに対
しての費用から考えると、我々としては積極的に動け
ないのも事実です。

久保内 コンソーシアム的な組織という一つの案で、
2007年問題の中では経験豊かなエンジニアをどう確
保して、日本のモノづくりに生かしていくかという、
国家レベルの議論経過があります。シニアをうまくそ
この中に取り込んでビジネス化—ビジネスがいいの
かどうか、私はわからないんですけれども、日本のモノ
づくりを活性化していく、それからシニアをうまく
—安くといったら失礼ですが、それなりのコス
トで、活躍できるというのは一つあるんじゃないか
と思っています。それは国家レベルでやるのであれば、
国家レベルに持ち上げてそういう組織なりを提案
して、それをビジネスにできる人がいれば、それはそ
れでもいいと思うんですが、一つの提案として私は非
常に有効だと思います。

原 今、ナショナルなレベルというか、一つのリファ
ブ企業ではやり切れない部分として2つ話が出て
きたような気がします。一つは部品の継続供給です。
もう一つは人のプールとしていいのではないかと、せ
っかくいい人がいるのにリストラされてしまうという
こと。

私の知っている限りでいうと、人材を活用しよう
という経済産業省の動きは当然あるのですが、その課
題にリファブが入っているという話は聞いたことがあ
りません。ですから、皆さんでおっしゃっていただ
くほうがいいのではないかと思います。経済産業省は
会社が「必要だ」と言えばやりますからね。大枠と
して、日本の人材をどういうふうを活用しようかとい
う問題意識はあるわけですから。

だから、こういうところでまず問題意識をきちん
と整理して、皆さんの合意が得られていけば、そこ
は上げていく。その中で、この事業の継続性の価値
が明示されて、また、私企業としてのリファブと相
補的なことは何か明らかにされれば、日本全体とし
ては活力が確保できるということになると思うので
す。

あと、産総研という話が入っているので、私見があ
ります。後でレトロフィットの議論に戻るのでしたら
、後でまた申し上げますが？

千村 時間があればというか、そういう流れがあれば。

⑤リファブとレトロフィットの違いについて

原 先ほどの斉藤さんのご質問とも関係あるの
ですが、リファブとレトロフィットは何が違うんだ
ということです。産総研の場合、おそらくリファブ
よりはレトロフィットのほうが関与しやすいのでは
ないかと思っています。

もう少しわかりやすく言うと、経済産業省と産
総研は似ているようで大分違います。産総研は研
究所ですので、最初のほうの「人の確保」とか
「継続性」ということに関しては、まさにお役所
にきちんと入れていけばいい話だと思います。一
方で、レトロフィットには技術が必要ですね。何
がテクノロジーとして求められているか、幾つか
例示していただけたらいいかでしょう。そうす
ると、それを聞いて、「やりたい」と思う人も
産総研とか大学の中で出てくるかもしれませ
ん。テクノロジーとして何が要素か。EESな
らEESでもいいのですが、おっしゃっていただ
いたほうがいいのかなと思います。

時間があれば、もう少しリファブとレトロフィ
ットの違いについて、我々の基礎的な立場から
コメントしたいことはあります。

⑥アウトソーシングの必要性について

中川 あとは、なぜアウトソーシングが必要か
というところの論理的な理屈も必要だと思ってい
ます。先ほどからお聞きしていると、組み立て
工程については自前主義でやっているの、リファ
ブとかレトロフィットの問題はありませんとい
うのは、そこが競争領域であったから自前で
やったのか、あるいは他のだれもやってくれ
ないような設備だったから自前でやったのか、
どっちだと思います。前工程はなぜアウトソ
ーシングが必要なの？ということについては、
何となく理由はわかるんですけども、各社同
じようなエンジニアをみんな抱えていたらや
ってられないでしょうか、あるいはコストの
問題であるのか、そこをもう少しちゃんと
理屈を立てないといけないのかなという感
じがしています。

加藤洋 我々は半導体と違ってヘッドの前工
程なんで

すけれども、半導体の設備を使っています。ですから、設備はある面では標準化・共通化されている。半導体の場合は、半導体設備メーカーがあって、その設備を使っているのが我々がレトロフィットしたくても、契約の話とか保証の話とか設備メーカーが絡んできますから、そういう契約も含めてアウトソーシングをどこかやってくれるところはないかなという要求が強い。

答えになっていませんか。

中川 先ほどの東芝さんの話で「保証が受けられなくなる。そのリスクをかぶっても手を出しますか」というところがまずありますと。そうすると、三洋さんのほうで今お願いされているサードパーティは、保証も含めて請け負ってされているところがあるんですか。

駒形 保証はないです。本当に手を加えたところの機能そのものの不具合は再対応してもらえますけれども、特にソフト系などが絡むとどこがどう波及しておかしいかという話になったら、こちらとしてももう切り分けできない。ソフトをやっている中川さんとかよくおわかりだと思うんですけども、我々もリファブ側のメーカーもアンノウンのリスクがあるのを承知の上でやっているという形ですね、そこは。

中川 自分で手を出そうとも、アウトソーシングしようとも、保証の問題は大差がない、ということですね？

駒形 本来の装置メーカーの保証という意味では、どっちでも同じだと思います。我々はあくまでデバイスメーカーなので、その装置維持つまり装置をメンテナンスしていくという延長としてある装置のエンジニアを抱えてはいます。けれども、自分たちで機能アップしようとしても、1種類の設備だけでもかなりのエンジニアリソースがかかってしまうのです。社内にある5台終わったら、その改善が終わりですね、というときに、やり切れるかというやはりやり切れない面があります。現実的に、エンジニアリソースがないのと、他のものと比較したときに非効率かという面があって、そういうのは広く生業にしているところをお願いしたいなということはお出できます。

⑦在庫を持つことについて

原 以前、レトロフィットの議論をさせていただいたときのことで。アウトソーシングとの関係で、例えばPC98の古いボードだとか、いろいろなものがそろそろ入手できなくなっている。そこで秋葉原に買いに走るという話があったと思います。各社さんが同

じことを秋葉原でやると部品がなくなってしまう。それでそこらじゅうに退蔵しているのではないかな。ある種、日本全体としての無駄ですね。みんなで古い部品の在庫を——ないものはしょうがないのですが——実は結構持っているのではないかな。それをある程度共通化してやれば、そんなにみんながしゃかりきになる必要はないわけです。共通施設をつくるということ、その辺はいかがでしょう。

さらに言えば、日本全体としてのパフォーマンス、在庫をどう持つかという、まさに工場の中で在庫管理と並んで、日本全体としての在庫管理をどうするかということだと思います。その辺はどんな感触でしょうか。それぞれ必要なものは当然持っている、ということなのでしょうか。

斉藤 ロボットの場合のスペアパーツについて事例をご紹介したいんですけども、ロボットコントローラーのスペアパーツ、当然、電子部品というのはディスコンになってしまうものですから、部品がなくなってしまうという事例が比較的多いです。特に、ヨーロッパのお客さんなんかは10年、20年、大事に長く使うという習慣があるものから、例えば「日本の保証期間、何年です」といっても全然通じなくて、使える限り使いたいから、部品が高くていいから供給してほしいというお話があって、それに備えて、ヨーロッパ向けの生産台数分にある程度カバーできるような部品を、別機能の会社をつくって、そういうサービス会社でもたせているということがあります。

それから、ロボットコントローラーなどは、テクノロジーが変わってくるとCPUのスピードなども上がってきて、CPU自体をエンドユーザーさんが載せ変えることはできないものから、コンパチのCPUボードというものをおこして、CPUボードを入れ換えることによってスピードが1.5倍になったりして、お客さんの生産性が上がって、先ほどのコスト維持に寄与できるということで、レトロフィット的な対応のCPU基板を準備して、お客さんに供給しているという事例もあります。

それから、もう一点、私どもカードリーダーユニットという事業もあるんですけども、これも銀行の統廃合とかすると、閉店になったりした銀行のATMは中古品として残ってしまうんですね。そういうものをATMメーカーがレトロフィットして、新規のATMに販売したり、あるいはサードパーティがそれを引き取ってきて、最新のカードリーダーみたいな部品を載せて再販するという事業も結構成り立っているようで

す。私どももそういうところにスペアパーツを出してメンテナンスするというので、億単位の事業という形にはなっています。

一つ問題は、サードパーティが使う部品、あるいはATMメーカーがレトロフィットで使う部品がコンパチ品というか、海賊版の部品を使うことがあるんですね。正規部品というのはどうしても高いものですから、海賊版の部品を使うと、本来、5年持たなければいけないのが1年でだめになったり、肝心の磁気カードをだめにしたり、そういう品質問題が起きてきて、ATMメーカーのブランドイメージを壊したり、当然のことながらエンドユーザーの顧客満足を損ねたりという問題などもあって、産業としてエンドユーザーから、銀行屋さんから、装置メーカーから部品メーカーまで、全部がWin-Winになっている形というのがなかなかうまくいかないという部分もあると思います。

丹羽 先ほど言われたスピードの速いCPUを載せたボードを供給するケースというのはサンキョーさんの特徴なんですか。他のロボットメーカーさんもヨーロッパでは同様にやられるのでしょうか？

斉藤 他のメーカーについてはよくわからないんですけども、スピードの速いCPUボードを供給するというのは、ヨーロッパだけではなくて国内のお客さんにも対応はしているんですけどね。

丹羽 やはり、ヨーロッパのお客さまは日本より長く使うという傾向なんですね。

斉藤 そうですね、ヨーロッパのほうが圧倒的に長いんですね。例えば、セル生産型のラインを組んで、そこに使っているラインは、携帯電話のモデルチェンジなんか半年ごとに起きてしまうわけですね。そうすると、セルは一回分解するんだけど、ロボットはもう一回持ってきて再利用する。そのときに最新のCPUボードがあれば、それを載せ変えて、スピードを速くしてラインを組み直すというような使い方をされて、けっこう長く、10年とか20年とか使っちゃうんですね。そうすると、我々は新規販売はその分減ってしまうとか（笑）、メーカーとしてはちょっと残念な部分もあるんですけども、そういう事例もあります。

丹羽 先ほどHGSTの加藤さんのところで、5インチで10年とか15年使っているマシンなどはレトロフィットの対象になりそうな感じなんですけれども、その設備はどこまで使う予定なのでしょう。

加藤洋 この前ちょっと説明したように、ウェーハの生産量は増えていかないんです。その中に搭載される

ヘッドの大きさがどんどん小さくなって、1枚で沢山取れてしまうものですから、ウェーハの枚数が伸びていくということはないですね。

だから、5インチを中口径の8インチに、切り換えていくとなると費用もかかるし、量も取れ過ぎる。本来、5インチを使い続けたいんだけど、新機種に見合う性能のものとか、さっき言ったEESの問題とか、設備を管理するもの……、今は全部、手書きでやっていて、そういう管理コストがかかって5インチの方がコスト高になっている。だからこういうところをシステマ的に最新のものをに入れていけば、5インチでもコストダウンが図れるんじゃないかと思っています。何しろ、本来は今ある設備を使い続けていきたいんです、枚数が増える業界ではないものだから。

丹羽 当初の投資計画では、もうとっくに回収してきて、使うだけ得みたいなの、そういう領域ということですか。

加藤洋 償却は済んでいるんですけども、新しいものをやるときに、この設備では対応できなくなってくるから、生産性を上げるとか大口径化が望みではないんだけど、そういう設備というのは大口径の設備しかないの、それで高い装置を買うことになってしまう。新技術が古い設備にもレトロフィットで入ってくれば、それを使い続けていくと。8インチにすると、マテハンのところも全部8インチ化にしていかなければいけないので、余分な金がかかってしまうんですね。

丹羽 10年、15年、20年と設備を使い込んでいけば、故障が多発し補修部品の入手で困る状態になるぞということは想定できなくもないんだけど、ましてやレトロフィットへの対応は中々難しいのが現実なんです。

加藤洋 さっき言った、保守部品がないとか、老朽化してきてベンダーさんが設備の保証もしてくれなくなるとか、そういう問題が出てくると。

丹羽 装置メーカーとか設備メーカーのほうからすれば、15年とか20年というのを保証して、サービスも継続してというのは、先ほどのヨーロッパの話はともかく、日本においてはあまりないですね？

斉藤 あまりないです。

丹羽 いや、正直に言ってくださいよ（笑）。

斉藤 国内の場合、新規ラインの場合は新しいロボットを使うことが多いです。

加藤洋 新技術を導入しようとする設備は大口径化になってしまう(笑)。そのパラドックスを切り離すような、そこをやってくれるメーカーはないかなと。

⑧大口径化を選択しない場合の課題について

千村 先ほど日立ハイテクの加藤さんの話に、450mmに行くのか行かないのかという話がありましたけれども、行かないとなると、ずっとこういう問題が残るといえるか、メンテナンスをし続けないと立ち行かなくなる。

今までは、“たまたま”と言ったら失礼かもしれないのですが、たまたま大口径になってきたので続けてこられたんですけども、450mmに行かないと判断した時点で、これが結構クローズアップされる気がしますが、ここで何か言ってくれといっても難しいですね?(笑)

加藤健児 450mmが、事業的には厳しくなっていくだろうと思っているので、新規の装置を次から次へ出しながら、というトレンドではないのかもしれない。そうすると、既存の整備をメンテナンスしていくとか、サービスしていくとか、あるいは200mmの装置なんだけども、もうちょっと性能の良くなったやつを新製品として出すとかといったビジネスというのこれから考えていかなければいけないのだろうなと。

装置単体ではなくて、サービスですとか、リファブですとか、レトロフィットというところ。本体のビジネスと違って——本当にそうなるかどうかわかりませんが、魅力があるとすると、既存の装置相手のビジネスになりますから、継続性がある点ですね。市場に既に出荷されているインストベースに対しての仕事ということになってくるので、先が読みやすくなってきますし、ふらつきも少なくなってくる。本体のビジネスというのは、本体出荷時点でポンと売り上げが立って、それで終わりなので、結構振られる商売なので、額は大きかったり、小さかったりして、いいときはいいんですけども、悪いときは悪いということになりますから、違うビジネス形態があってもいいのかなと。

ただ、現状、そういうところになかなか入っていないのは、分母がどうしても小さい点ですね。そうすると絶対額が小さいところに対して——ただ、投資コストも小さくて、利益が出れば全然構わないんですけど、そういう評価をする以前に、他に絶対額の大きいのがあると、どうしてもそっちに流れてしまいますから、

小さいほうをまともに経済性を評価して云々というところになかなか入っていかない。今まではそれでやってきたんですけども、これからは少し考え方を考えたほうがいいのか、というタイミングが現在なのだと。

ただ、そういう話になっていって、そういうサービス云々というところも事業として考えていくんだよという方向に持っていこうとすると、やはり何がしかきっかけとか、そういうことも考えてみようや、という話がどこかでトレンドとして水面上に上がってくる必要があるのだろうなと。

加藤さんの言われるコンソーシアムみたいな形という話も、何社かのデバイスメーカーさんが「こういうニーズがあって、そこらの装置メーカーに任せても埒が明かない。何とかせい」みたいな話になってくると、それが発端になって、装置メーカーもまじめに返事をしなければいけなくなって、考えてみたら、実は「そんなにおかしな話じゃないじゃないか」となる可能性はあるかもしれないと思っています。

そのきっかけをどういう形でつくるかというのは、いろいろなやり方があるんでしょうけれども、複数のデバイスメーカーさんの総意として、そんなものが必要だというふうに世に問いかけるといえる形もあるでしょうし、装置メーカー側から水面下の新事業として仕掛けるという手もあるんでしょうけれども、装置メーカー側から仕掛けるというのはちょっと難しいところがあるのかなと。

例えば、米国のA社ですけれども、サービス事業が一つの柱になっています。多分、彼らはインストベースそのものが大きいので、それに対するサービス事業が装置本体を売るのと比肩し得るくらいの収益になっているはずで、そういったことをやりやすいのだろうなと。通常の装置メーカーですと、インストベースが比較的小さく、そこに対するサービスで収益を上げるというのは、簡単に考えると成り立ちにくいところがあります。、そうした環境でそういう事業形態をひねくり出すというのは、ちょっと自然発生的には難しいところがあるだろうなと、そんな感じですね。

⑨コンソーシアムの考え方

加藤洋 スタート時点では、前工程のファブメーカーの中にある一つのメンテナンス部隊という形でスタートする。だから、ここは利益を出す部隊ではない。効

率良くメンテナンスまたはリファブをやっていく。こういうコンソーシアムな業界団体の下部組織としてやっていって、ここがうまく回り始め、ここでも何とか自立できるね、となったら、設備メーカーはこれを取り込んでもらっても構わない、というような考え方はです。

ここで利益を初めから出せ、設備メーカーのどこかがやって出せといってもなかなか難しいと思う。だから、こういう形でスタートして、これで回るようになって、そういう要求も強くなってくると、独立した会社になっていってもいいのかなと。

初めは、メンテナンスを効率良くやる、業界団体の中であって。そこで儲けるというのではなくて、その結果としてファブメーカーに儲けてもらうという、まずスタート時点はこういう形かなと思っていたんです。

原 それについて質問があります。

全体の枠組みの中で、デバイスメーカーでまずは始めるというお話ですね。そうすると、何をやるのかということになると、まず現実的なのは、相互に持っている部品のリストを出して、その照合をして、「あ、いいのがあった」といったらもらえるようにするか、提供するか、そんなようなイメージからおそらく始まるのかなと思います。

鉄工所の設備部長さんから、鉄鋼メーカーでも同じことをやったということを知ったことがあります。リストを出すところまではやって、どこの工場が何を持っているか、他社も含めてある程度知っている、というのです。だけど、それを実際に調達してくる段になり、「幾ら払うんだ？」となると、値段がついているわけではないので、結構難しくなってしまうわけです。「その先、ビジネスとして成り立つには結構難しいです」とおっしゃってしまっていて、そこはよほど考えておかないといけないのかなと思います。

まず、知識としてお互いが知るといえるのはいいと思うのですが、どういった先のやり方があるのか。みんな、知恵を持ち寄ればやりようはあると思うので、そういうことも議論できるといいのかなと思いました。

まずは、装置メーカーを取り込まないところで、融通するという仕事をするときにどんなイメージがいいのですか、というのが質問です。

加藤洋 設備の稼働管理とかコスト管理など、全部ここに情報を集める。ここのメーカーの設備のカルテは

全部ここにあるというようなやり方ですね。ここで、ある面ではリモートメンテナンスするというようなやり方もあるのかなと。

原 そこが管理してしまう？

加藤洋 メンテナンス管理のアウトソーシングを受けると言うことです。いろいろな管理をやらすと大変ですけども、部品の管理を含めてね。

原 でも、せっかく今まで苦労して、社員を秋葉原まで行かせて、それなりにお金がかかっているわけじゃないですか。高いものがあるかもしれないし、それを他社に無料であげるといっていかないと思うのですね。

どういうふうにしたらいんですか。値付けするのですか。

加藤洋 そういう部品は金がかかっているわけですから、買った値段というか、それは実費を払う（笑）。そこで儲けるんじゃないで、実費で、かかったものは払う。

図面を提供してもらって。例えば、消滅したメーカーは保守部品を供給できるわけではないですから、そこから図面をもらって、作って供給する。それはかかった分を請求するというやり方もある。将来は、商売になるようになっていけば、それにプラスアルファしていく。初めは、そういうスタイルになるのかなと。

⑩デバイスメーカーと装置メーカーとの契約について

久保内 原さんのご質問に多少絡むかもしれないですが、設備メーカーを介さないでその組織と直にやるというのも当然あると思いますが、デバイスメーカーが装置を買うときにどういう契約で買っているか？要するに、この先、5年ちゃんと面倒見てくださいよという契約をされているか、全くされていないか、それによってどう契約をつくっていくかなんですね。

設備メーカーが5年面倒を見てくださいと。10年見なさいというのものもあるかもしれませんが。もし面倒を見れませんかと言われた時に、面倒を見るためのコストをどう負うとか、保証するかという議論に発展するんじゃないかなと思うんです。

今、デバイスメーカー側が装置側とどんなメンテナンス契約をされているか、ちょっと伺いたいんですけど、例えば家電品でも何でも、買ったなら、そのパーツは5年、10年はちゃんとメーカーで在庫保証してお

きますとかありますね。それと似たようなことがあるのかどうかです。

芦沼 我々のところは研削装置とかダイシング装置、1社さんだけなんですけど、基本的に保守契約はしていません。ただ、メーカーさんのホームページで「何年後にこの部品はなくなります」と必ずメンテされているので、それを見ながら、当然そういう案内がきますので、必要な部品を購入しておく、そんなような形でやっています。

濱本 10年から15年くらいは基本的に。

芦沼 たいして15年くらいは大丈夫ですね。

濱本 もしそれがなくなっても、代替のものをメーカーで責任を持って供給して頂いています。

芦沼 我々も機械を切り換えるときに、その機械をメーカーに渡すというケースがあります。使える部品をメーカーが外して、期限が切れても、その部品を若干でも確保しておくという、メーカーサイドでそういう努力をしてもらっている形です。

廣嶋 私が装置を買ったときの過去の話で言いますと、その機種が生産が終了してから、何年という形の部品供給を保証していただけるというのがわりと一般的だったというふうに記憶しています。保証されている期間の終了時期が迫ってくると、予備の部品も含めて、ある程度まとめて買って置くとか、そういう保守部品へのリスク対策をしているというのがよくあったケースかなと思います。

また、保障期間終了時期に、そのようなまとめ買いするところがたくさんあって、装置メーカーさんの部品在庫が、一気になくなってしまうという話も聞いたことがあります。

⑪プロセスに対する保証について

千村 ちょっと違う観点で皆さんにお伺いしたいんですが、今出ているのは、例えばパソコン関係とか、PCとか、駆動系のモーターとかいう、動作とか、装置の周辺のように思えるんですね。というのは、例えば我々が医療機器メーカーとして困っているのは、レーザーの照射装置とか、加工のコアのところのレーザーの発信機とか、そういったものが新しいものになると、使えたとしても周波数がちょっと違うとか、非常に怖い部分があって、代替の新しいモーターを持ってくればいいのかというのとちょっと違う部分もあるんですが、半導体の加工工程にはあまりそういったものは

ないと考えていいですか。

廣嶋 半導体はまさにそうで、それが先ほど言われていた「プロセスの保証までできない」というところにつながっていくと思うんです。

私どもも、EESの実装ビジネスとして、装置への新規センサーの取り付けなど、お客様の装置に手を入れるサービスを行うケースがあるのですが、プロセスに対する保証までは私どもはできません。それはデバイスメーカーさんのほうで、プロセスへの影響については確認をしていただくんですよ、というお話をして、それをもって実施していただける場合もあれば、それを聞いてやめられるお客さんもいるというようなこともあるくらいです。

千村 そうすると、部品に情報がくっついてしまうと、各デバイスメーカーさんのノウハウも共有化するようなところも出てきて、結構難しい課題も出てくるのかもしれないですね。

⑫半導体業界とレトロフィットについて

中野 今のお話で、それで多分こういう話になっていると思うんです。要は、情報を製造装置側が出したくないのを中間団体が管理する、というところが一番ポイントになる話だと思います。

もう一つ言うと、ちょっと前の話なんですけど、半導体業界が非常にレアな、変わった業界でというのは、ビジネスの状況がそうだからなんですね。千村さんとか私とかはそうじゃないところの世界。実際、高島産業さんとかサンキョーさんとかCKDさんも違う業界の世界で見ていると非常にレアな、おかしな話があって、何に依存しているかということ、さっきから出ている話で、スペックアップはイコール大口径化なんですね。大口径化というのはソースの連続性がないんです。加工装置に連続性が全然なくて、毎回毎回、断片を切って新しくするから新しくなる。要するに、何か変えようと思うと、工場ごと全部作り変えていかないといけない。つまり、工場一つが加工装置だと。工場一つが加工装置であって、その中の一つひとつの装置が部品という概念で、その部品が非常に複雑な部品で構成されているのを、そこをリペアしないとやっていけないという話になってしまう。

だから、ものを売るというと、工場という一つの装置の部品を売っているという概念になってしまうから、連続性がなくなって、いけないんですね。本来、

連続性を持って考えれば、今でも 150mm で、今の最先端のスペックの装置を売ってれば、部分的にそこに置き換えて高性能にするとか、コストはけっこうミニマムなところで展開できているはずなんですけれども、製造装置メーカーは全くそれをやっていない。業界自体も大口径化イコール最先端という概念で動いてきたから、その概念が違うんだと思うんです。そこをブレイクしてあげればいいんじゃないかなと。

日立ハイテクさんが「ビジネス的に成り立たないんじゃないか」という話をしていたんですけども、実はそうでもないんじゃないかと思えるところがあって、なぜかという MEMS がありますね。MEMS って、大体、半導体の古い工場を買ってきて、基幹部分はほとんどそれでやるんですけども、その中で、唯一、ICP エッチングという装置がありまして、これだけでほとんど産業となって成り立って、非常な台数を売って稼いでいるわけです、特にボッシュさんなんか、ボッシュプロセスとして非常に売りがまくっているわけけれども、要するにビジネスが成り立っているんですね。基幹のある程度の工場も、全体を見通した中のほとんどの部品は中古で使っているんですけども、その中の一つの要素だけは置き換えることによって、それでプロセスが成り立って生きていく。その 1 台の設備をつくるだけで産業が成り立っていて、何社も作って売っているという事実があるので、それと同じようなことは、多分、他にもあり得ると思うんですね。

最初のころの議論で、単体工場はまだ古いラインがいっぱい走っているわけですね。だけど、今の話は、もう保証されていない、15 年もたっちゃって、部品も入らないような装置だけよ、という概念なんだけれども、それを部分部分で考えて、1 台の装置をスペックアップすることによって何か変わっていくようなビジネスは十分成り立つのではないかなと。

もう一つ、そういうビジネスがあると、そのサイズの部品もわりと流れるんですね。例えば、さっきの千村さんの質問なんですけれども、基幹部品の、CVD でも何でもいんですが、中のコアな部品とかいうのも、今、性能がアップしたからサイズアップした部品が主流に流れているので、大きくなったものを小さいものには入れられないわけなんですけれども、それが同じサイズに流れていけば、そういう部品を買ってきて、部分的な改造で置き換えていくことも十分成り立つと思うんですけども、そういう技術はすたれている。

今流れているのは、みんな大きくなっているという、そこが問題なんじゃないかというのは非常に感じてい

ます。ちょっと長くなりました。

原 今の議論は、実はレトロフィットなのです。だから、このテーマの後半の時間は、レトロフィットに戻るのでねと伺ったのはそういうことです。今の話は全くレトロフィットのことを言っていたわけですね。要するに「付加価値をつける」という話なんですね。

それより前に皆さんが議論していたのは、それより目先の、どうしても部品がないということで、リファブという議論だったと思います。

半導体の場合には、ここで説明させていただきたいのですが、高付加価値化を常にしてゆかなければいけないということは宿命なのです、そこを「変だ」と見られているところだと思います。

中野 それはどこの業界ですか。

原 いや、違うんです。半導体だけにある理屈があって、それは微細化があるからなのです。微細化と大口径化は（実施頻度は違っても）セットでして、微細化をするから小さくなるので、同じチップがたくさん取れるようになるのです。たくさん取れるとその分コストダウンします。それがムーアさんが最初に一番気にしたことで、それで「ムーアの法則」が出てきた。

つまり、10 年でビット単価が 100 分の 1 とかなってしまうから困ったなど。自分が一生懸命技術開発すればするほど、1 個 1 個が安くなってしまふ。これはえらいことだ、だから市場を拡大してどんどん生産量を増やしていかなければいけないというのが半導体の宿命です。もし微細化を本当にやめてインフラ化するなら別なのですが、微細化するというを前提とする限り、これからもどんどん安くなるのです。そうすると、その分付加価値をつけてマーケットを大きくしていかなければいけないということになります。大口径化するかどうかは別にして、とにかくマーケットを大きくしなければならぬのです。これは半導体が宿命的に負っていることです。他の業界でも薄々そういうところはあるわけですが、半導体業界は論理的にそういうことが初めから内包されている業界で、それで、リファブだけやっていたのではだめなのです。リファブだけやっている場合には、半導体業界はじり貧になります。レトロフィットをやらなければ立ちゆかなくなる。レトロフィットをやって付加価値をつけていかないと、これから微細化するのに必要なお金が出てこないのです。

だから、「リファブができないからレトロフィットができない」のではなくて、レトロフィットをして産

業を維持していくために、真剣にいろいろなことを回していかないといけない。今までは、それは大口径化で済んでいたのが非常にイージーにできていたのですが、大口径化できなくなった時代になると、レトロフィットを本気で考えないといけないし、それに伴うリファブを一緒に考えていかないといけないのかなと思います。

きょうは、まず現実的な問題を議論していると思います。そういう認識がだんだん増えていって、おそらく中野さんのおっしゃったところへどんどん踏み込んでいくのだと思います。だけれども、今のところは中野さんのおっしゃっていることをいきなりはみんな受け止められない感じなのかなと思って聞いてはいました。

中野 今の原さんの意見でけっこういいところから入っていったと思うのは、微細化していくと同じ口径で数が増えていってしまう、だから増やさなければいけないという発想がそこに出ているんだけど、それでコストが下がるという方向に行きたい部分があるわけですね。全体的な市場のトータルな量はもう増えないだろう。そうすると局所的な導入によって、同じ面積のウェーハで数が取れるようになってコストが下がるとかいうふうな価値を見出していける部分が大いにあるんじゃないのかな。

今の意見そのまま、いろいろなビジネスが成り立つよと言っているように非常に聞こえます。ちなみに世の中の産業を見てもう頭打ちになっている産業のほうが多くて、その中でどうやっているかというのをもっと考えていくと、どれだけコストをかけずに生産性を上げていくかというところにいろいろなヒントが隠されていると思います。

原 最初の表に書いてあった5インチウェーハで液浸なんていう、ビックリするようなことを、ちょっと珍しい装置メーカーがいて、「よし、やったらうか」みたいなことがあればおもしろくなります(笑)。どこかの工場で5インチウェーハで液浸、やってくれたらうれしいですね。そういう話が出てくると活力が出てくる。やはり発想を変えれば、おもしろいことが出てくるのではないですかね。

⑬コンソーシアムをつくることによってできることについて

景山 議論を整理するほどよくわかっていないのが正直な話なんです。真ん中にコンソーシアム的な組織と書いておられますね。デバイスメーカーさんで、

ちょっとアナロジーで話させていただきますが、メンテナンスないしはレトロフィットの要素が少し入ってもいい、これが現状である費用——仮に1単位という意味で1億かかっています。先ほど来おっしゃった、新しい装置を買うと同じことをやるのが3億くらいかかってしまうのだ。現状は装置メーカーさんのメンテナンスだとか、ちょっと改良するだとかいうのが1億という単位で、多分、経済学上はどちらがちょっとつらい思いをなさっているかどうか、それは私はわかりませんが、成り立っているのだと思うんですが、それが例えば2億という単位で、千村さんのおっしゃったWin-Winになるのかどうか。

ご議論を伺っていると、加藤さんのところとか濱本さん、駒形さんのところ、いわゆるデバイスメーカーさんがラフなシミュレーションをしていただけないものなんでしょうかね、というのが一つの論点です。ここまで申し上げるとおわかりでしょうけれども、現状の1億から1億1,000万でもだめですよとおっしゃった瞬間に、残念ながら成り立たないのではないのかなという気がするんですね。ただ、コンソーシアムか何かにかんすることによって、広い意味のコストダウンで半分になります、とかなれば、同じ1億という単位でも成り立つのかもしれませんが、それが一つ。

それから、今、中野から申し上げたんですが、このコンソーシアムの機能というのは私も非常に重要だと思うんです。というのは、ある意味ではノウハウの塊なんだろうと思うんです、これはデバイスメーカーさんも装置メーカーさんもお互いにそうだろうと。そうすると、例えばA社さんが苦労して培ったノウハウみたいなものがある種のプールをした瞬間に競合のB社さんに流れるというのは絶対許されないお話だと思いますので、いわゆる第三者機関ふうなところで「そこをきちんと担保します」というコミットメントが出せるか出せないか——というか、出すことがコンソーシアム的な、あるいはプールカンパニーでもいいんですが、大前提になるんじゃないでしょうか。そのある意味での割り切りということが、「ニーズは間違いなくある」と、皆さん、業種によらずおっしゃっておられるので、そこまでできるのかなというのが2点目。

もう一つ、途中であった「技術・技能を持つ有能な人」、これは業界ベースで何とかある種のプールを、ですから、やっぱりコンソーシアムかなと思うんです。

もう一点、これはシンプルな話なんです。先ほど日立さんでしたか、装置を導入するときに部品を10年もっていてくれますか、というご質問が多分あった

と思うんですが、一つのやり方として、10年なら10年ということに対して、9年とかたつたときに、その部品の仕様及び図面を、そういう合意のもとで提供して、例えばこのコンソーシアム的なところに、これは装置メーカーさんだと思うんですが、出していただけるのか。それを出さないと装置メーカーさんはデバイスメーカーさんが「あと5年延長してよ」というと、多分赤字でおやりになるしかないという話なので、かなりシビアなお話ではあるけれども……。それで、図面スペックを出していただければ、場合によっては他の部品メーカーさんにオーダーして、充当するということがここを拠点にできるようになるのだろうと思うんです。

なので、過去分は難しいんでしょうけれども、皆さんのご意見がそういうふうなことであるならば、業界慣例かどうか知りませんが、そういうふうなことをデバイスメーカーさんの側と装置メーカーさんとで共通言語にして少し揉んでいただくとか、というようなことができないものでしょうかねという、以上3点、皆さんのご議論を伺っていて思いました。

加藤洋 ここに「日本の」と書いてあるんです。これから例えば台湾とかIntelとか、韓国とか、今、大きな市場はどんどん取られているので、我々はロングテールの市場を狙っているの、日本がまとまっていかなければいけないんじゃないの、と。そういう意味で、ノウハウというか、逆にこちら辺は共通して、お互いにオープンにして、いいところを真似て、全体の力をつけていくという意味でね。ロングテールの市場は絶対渡さないという……。

景山 そこはなくならないんです。5年たつても、10年たつても、多少アプリケーションとか変わっていても、ロングテールがなくなるというのはあり得ないと思うんです。そこに東芝さんがおっしゃっておられた、「本当の意味の業界を横断して、トータルコストで安く回していくのには」ということなので、多分、産総研の連中も言っている、300から450だというモデルではないモデルを作らないと、「あったらいいね」で、3年たつても同じことを言っていたりということになりそうだなと思いますね。

加藤洋 今、提案されているミニマルファブも、つくるときの起点もこういうところを中心にやってくれるのかなと。ミニマルファブの前の第一ステップというのはこういうところを引き続いてやっていくのかなと思っているんですけどね。

景山 ということで、提案でも何でもありませんが、

そんなような方向で各社さんからご意見をいただいて整理ができないかなと思った次第です。

加藤洋 うちのヘッドのウェハのほうも、5インチを8インチ化するという話が出ています。8インチ化でも古い設備なんですけど、先ほどあったEESとか、あいうところは標準化が進んでいますので、8インチ化という議論があるんですが、私もシミュレーションしてみても、レトロフィットの5インチの設備にEESの技術が安くできれば、8インチにしなくてもコストが安くなるんです。それをぜひ我々としてはやりたいと思っているんです。

景山 それさっき言いました、現状を仮に1億が、1億から3億というときに、2億で握手ができる、ということを狙って、もう少しお互いに突っ込めないでしょうかね、というたとえ話で大変恐縮なんですけど。

千村 私の認識が合っているかどうかわからないんですが、450mmに行かないという時点で、生産構造がガラッと変わってしまうような気がしています。そんなことはないですか。

変わるような気がしているんですが、今、先生がおっしゃっていただいた、個々でやろうとしたときに金の流れのシミュレーションが全然できていないので、それをどこかがやらないといけないのだろうなという気がしましたけど。

加藤洋 当面、コンソーシアムな組織がないとできないかな、ということなんです。ここで利益を出すことはなかなかできない。それがうまく回っていけば、利益が出せるようになるかもしれないけれども、ここでスタートしないとできないのかなと思っているんです。

千村 先ほどサンキョーの齊藤さんが「最初から終わりまで、全部でこれが成り立つのか疑問だ」とおっしゃっていたので、多分、部分的なシミュレーションから始めて、最初から最後までトータル的に成り立つのかという、効果試算みたいなものをやらないといけないと思いますが、やっているところは日本の中で多分ないんでしょうね？

景山 全部は成り立たないだろうという気がするんですけど、ある部分はお金で割り切れるかどうかなんです。このコンソーシアムなりを通して、デバイスメーカーさんあるいは装置メーカーさんが得るものがあるわけですね、という前提で今議論しているわけです。

そうしますと、先ほど言いました、ある特殊な部品、非常に精度のいいベアリングでもいいと思います

が、というものは場合によっては安定供給でなくなったら、違うところに頼むときに、それなりの費用は払うと。払っても成り立てばいいわけですね。だから、5つも7つもの業界があって、全部がWin-Winということにはあまりこだわらないほうがよろしいのかなという気がします。

⑭-1 近い将来のビジョンと産業規模について

斉藤 日立ハイテックさんもそうかと思うんですけども、既存の産業の維持・メンテというのは、新規設備投資に比べたら一桁下になってしまうものですから、あまり魅力がないんですね。そこをどう動いていくかというのは、先ほど中野さんからお話があったMEMSとか、台湾で動いている太陽電池とか、ああいう明確なビジョンとして捉えられるアプリケーション、要は何を作るためにそういうことをやるのか。レトロフィットで付加価値をつけて、それで何をつくるのかというのがけっこう大事だと思うんです。

マーケティングの立場からいくと、近い将来のビジョンと産業規模が見えないと、なかなかそれをやっていこうという話になっていかないと思うんですね。レトロフィットでどういう付加価値をつけて、何を作っていくのかというのは大事だと思うんですね。

加藤洋 動き出さないと見えないから、ということかもしれない。

斉藤 流れを明確にすることは必要だと思うんです。

原 敢えて断言的に言えば、それは微細加工です。今までもずいぶん議論に出ていますように、ウェーハサイズは10年に1回の拡大ですけれども、いずれにしても微細化でどんどん性能アップしてきたわけです。消費電力が少なくなるので、小さくなっただけではなくて、性能（速度と機能数）がアップしたということになります。

基本的には、微細化というのは半導体の命なので、それを既存の工場、既存の施設に対してどうやるか。これが、付加価値をつける、まず第1の基本だと思います。

それ以外にもいろいろあるでしょうけれども、私はそんな感覚を持っています。濱本さんや駒形さんはいかがですか。

⑮レトロフィットとリファブの言葉の定義について

濱本 微細化というよりは、どちらかというところ「維持」ですね。例えば、5インチのラインを捨てて、6インチのライン、8インチのラインあたりに膨大な投資をしてまでやるかという話をしたら、まずできないですね。

車載などは供給する義務があるわけですね。ある装置が稼働できなくなったとした時に、このラインを捨てて、最新のインチ系をつくるかといったら、まずそういうことはしないはずですね。そういう意味からいうと、先ほど三洋さんが言われたように、現状のコストをどうやって維持するかというところの観点からレトロフィットが必ず必要になってくるのかなと。

原 それはレトロフィットというよりリファブじゃないですか。リファブも必要だと思いますが。

濱本 リファブではなくて、基本的には装置を維持しないといけないじゃないですか。そのためにはレトロフィットしないといけない。

例えば、前回、横河さんから拡散のコントローラの例がありましたね。コントローラが壊れました、拡散炉、使えません。そうしたら、どうやってその拡散炉を元のように動かせるかとなると、コントローラは世の中に存在しないので、新しいコントローラを載せ換えて、従来どおりの性能を維持する。

千村 進行が悪く、そこが混同されたかもしれないです。

原 私はデバイスメーカーそのものに所属してはいないから勝手に考えているわけですが、皆さんがこれまで言及されたレトロフィットというのは、仕事全体を広く見た場合、それそのものがリファブといえるものだと思います。それをレトロフィットとおっしゃっていただけますけれども、要するにリニューアルでしょうか？

濱本 リニューアルですね。

原 私などの観点だと、本当の意味の新しい価値をつけるというのがレトロにフィットした高付加価値化であって、完全リニューアルというのは、私はリファブの範疇だと思うんです。

千村 原さんがおっしゃられているのは、製造を維持する活動はリファブのほうで、新しい機能を追加して何らか差別化する製品を作り出す方向に持っていくのがレトロフィットという考え方ですね？

原 そうです。ただ、言葉の意味がこれまでははっきり議論されていない今の段階で業界の皆さんが使う言葉の使い方とは違うと思っています。部品供給の方は

まずリファブで異論はないとおもいます。皆さんがおっしゃるレトロフィットというのはリニューアルのことだと思うので、別にそれが悪いというわけではありません。

⑩液浸技術を含めた微細加工技術について

中川 そういう意味で見ると、原さんがおっしゃっているレトロフィットの極論は、三洋さんの5インチの液浸ステッパーみたいなものがまさにそれに当たるといいます、微細化しかありませんね、というのもまさにそれだと思うんです。

三洋さんにお聞きしたいのは、5インチでの液浸ステッパーが必要な何らかの製品というか、アプリケーションがもう見えていて、採算がとれる可能性があるのかどうかというところなんですけど。

駒形 池田のほうとここを詰めているわけではなかったの、私も初めて見るんですけど(笑)。多分、これは一番遠い世界に対し、例えばとして出しているだけだと思います。現実には、今、我々にプランがあるわけではありませんし、仮に5インチで液浸を載せることができても、平坦性キープのためのいろいろな技術を入れなければ使いこなせないものです。依ってサンプルと思って見ていただければと思います。

原 ただ、ちょっとよろしいですか。

液浸をやるということはものすごい微細加工することなので、32nmとか、40nmより先ですね。そうすると、スケーリング則からいえば、消費電力は相当少なくなります。パソコンのバッテリー寿命が延びるといったメリットがでてくる。また、別の例として超低消費電力化は、ユビキタス社会と言っているときにワアワア出てくる、あらゆるところにセンサーを付けましょうみたいなことや、鳥とか豚にトレーサビリティでタグを付けましょうといったときの消費電力に大きく効いてきますね。

つまり、液浸というと最先端技術である、マル、と言われますけれども、消費電力という意味で、チップの性能が格段に良くなるわけです。それがこなれた値段で出ると、私は新しいマーケットを開拓することになると思うのです。今は液浸装置がべらぼうに高いから、非常に値段の高いチップにしか使えない部分があると思います。しかし、既存の5インチとか6インチとか、安い、減価償却の終わっているラインに高性能な安いチップという――さっき加藤さんの議論の中

で「どんなのがあるのかな?」と言っていましたが一――そういうアプリケーションがあるんじゃないですか。

駒形 そうですね。当然、そういうのは存在すると思うんですけども、現実のラインを考えたとき、例えば、ステッパーのところだけを機能アップしても、他の装置も別の設備群が必要になるところがあります。そこは痛し痒しなんですけど、装置のレトロフィットだけでできる微細化とできない微細化が存在するので……。

原 はい。そこは装置メーカーがいろいろ話しながら、全体のシステムを少し新しくつくっていくという感じに近いわけですね?

駒形 そうですね、はい。

景山 リファブとレトロフィットは、研究所の皆さんは原さんが言うように明快に区分けして考えるんだけど、製造業をおやりの立場でいえば、さっき濱本さんがおっしゃった、その部品というか、ユニットというか、モジュールの従来のものが手に入らないので、新しいものを入れたら、普通はモジュールの性能自体は上がっているんです。そこからが大事で、壊れる前まで作っていた製品は必ず作り続けられない。ただし、ここの性能が上がることで、微細化でも平坦化でもいいんですが、少し性能が上がるという機能を使うアプリ、そういう製品の注文がとれれば、それは同じことが即座にレトロフィットになるんです。そこを産総研の皆さんは頭に入れておかないと、かみ合わなくなるかもしれない、というふうに思うんですが、違いますか。

千村 私の感覚でいくと、企業の皆さんはずっとリファブを頭に思い浮かべていたと思います、そういう議論から入ったので。そういう観点のレトロフィットは、私の頭には今までなかったです。

原 そうですよ。もともと私もそう思っていて、だから問題提起というような意味でずばり申し上げたし、中野のほうにそれを類することを言ったのと、あと齊藤さんが「リファブの高付加価値化って、どういう意味があるんですか」とおっしゃったので、コメント致しました。さらに5インチで液浸というのは、ちょっとリニューアルするというよりはズドンと行っているというイメージです。今の世代からしますと微細化が何世代分も先に行きますので。相当性能が良くなるはずなので、そんなことも考えてもいいんじゃないですかね。

加藤洋 私どものヘッドでいくと、ヘッドも小型化が進み、記録密度も向上してくると、ヘッドにおいても微細加工が必要になってくる。今の5インチのラインで新製品をやりたい。今の製品の維持だけではなく、新製品をそのラインでやりたいというのは、8インチになると、別にラインがもう一つ要るわけですね。マテハンから含めてもう1ライン。そんなに数が出るわけではないですから、数量的には今のラインで充分。

それと、さっき言ったように、新技術の導入を大口径化と切り離してもらいたいです。そんなに数は要らない。

⑭-2 近い将来のビジョンと産業規模について

大橋 私、今まであまり議論に加わっていませんでしたが、今、開発に関わっているのは磁気記録の部分です。磁気記録のほうではフラッシュに追いかけているせいもあって、記録面を微細加工しようというパターンメディアというものがあって、それが1テラビット平方インチで大きさが20nm以下くらいに切らなければいけないので、ナノインプリントを使いましょうという話にはなっているんですが、大きさは2.5インチ、65Φをやらないといけない。それを本当に全量やろうとすると、1年間に10億枚近く処理しなければいけない。しかも、両面やらなければいけない、ナノインプリントをやった後のエッチングだとかは半導体と同じような装置を使わなければいけないんですが、半導体ウェハとは大きさも違うし、処理しなければ枚数も全然違うので、今、メディアメーカーさんはそれをどうやって現状と同じコストレベルに引き下げられるか、大変悩んでいるところです。投資のレベルも今までのメディアの工場を建てるよりはものすごく投資が膨らんで、これは本当に産業として成り立つのかという話も出ていて、どこも最初にやろうとはしないんです。

結局、口径の小さいものと微細化というか、それが半導体では成り立たないようですけど、HDDは半導体の数分の1の市場規模ですけども、片方で、そういう磁気記録業界も半導体に似たようなプロセスを入れなければ戦えないというのが出てきています。ですから、小口径が必ずしも装置商売として成り立たないかどうかというのは、もうちょっとMEMSとかHDD用とか、そういうところに広げていけば、それなりの商売は可能なのではないかと思います。装置メーカーさんももうちょっとフィールドを広げていかれてもいいのではないかと思います。

中野 日立ハイテクの加藤さんのお話で、450mmになると世界中で20ラインくらいしか見込めないというお話があったかと思うんですが、そんなものなんですかね？

加藤健児 10年で、です。

中野 ということは、年間2ライン程度しか見込めないわけですね。

加藤健児 仮定がいっぱい入って、かなりラフな推定がそんなものかなと。そうすると、単純計算すると全然割に合わないですね。

中野 300mmはもう既に流れて、ある程度実績値が出ていると思うんですけども、製造業的に考えたときに、300mmで年間販売できた売上と、それに対して、リファブと言っているのか、レトロフィットと言っているのかわかりませんが、既存ラインに置き換えていくような設備の市場というのは、どう考えられるのかなということ、その辺が明確になると今みたいな話とつながってきて、単にMEMSとかではなくて、半導体の市場に対してもうちょっといろいろなアプローチがとれる可能性は実はあるんじゃないのかなという気はするんですけども、どうでしょうか。

加藤健児 今はどちらかという後ろ向きというか、消去法的な気分になっていまして、450mmって儲からないよね、みたいな話が先にあって、他に何か逃げ道を探さないと、という論調なんですけれども、そうじゃなくてももう少し前向きに考えて、すそ野が広がるだろうという議論になっていたほうがずっと楽しいんですけど、今はそういう話の方向にはなっていない。

ただ、トレンドとしては、前向きに言うか、後ろ向きに言うかは別にして、言っていることは一緒なので、そういうことになっていくんでしょうねと。ただ、過去にそういう経験は業界としてあまりしていないのだと思うんです。これまではムーアの法則という、ムーアさんという立派な方がおられて、あの単純なロジックでやっていけば、そこに関わっているすべての人間がそれなりに収益を上げてこられた業界でしたから、やってきていたんですけども、「ちょっと待てよ」の雰囲気が出てきている。これから、その経済性の議論というのは始まってくるんだと思うんです。

昨日か一昨日に、日経マイクロのセミナーで12月か何かに半導体の市場自体が、さっきもちょっと言いましたけれども、成長率が一桁になったと。ちょっと前の10年くらいで見ますと十何%かあるんですけど

ども、6%とか、そこら辺になって明らかに下がってきていますので、そうなったときの業界のあり方がどうなのという、いろいろな方の声をいただきましょうというのが企画されているみたいなので、皆さん、そういうことを考えてはおられるんだなと。

ただ、そういう議論は、始まったばかりですね。

中野 一桁成長率の産業って、多分、世の中にはいっぱいあると思うんですけども、そういう意味ではみんなある程度は成り立っているんで、やり方はあるんじゃないのかなと思うんですけどね。

原 NGF はリファブとかレトロフィットではなくて、新規の工場を建てる場合について議論されているということでもよろしいですね？

<関係者皆が頷く>

原 はい。ですから、現状の工場をどうするかについてはこれまで議論をしてきていないのです、実は。

まとめ

千村 あと5分切りましたので、まとめに入りたいと思います。リファブとレトロフィットの概念はあるんですが、皆さんのほとんどが頭に浮かべているリファブに関しては、きちんと投資対効果を算出するという活動をどこかがやらなければいけないというのが課題として明確になったと思います。

それから、レトロフィットのほうは、きょうの中では議論ができなかったのだろうと思っていて、それは次というわけにいかないんで、また何か機会をこれからつくるのか、リファブのコンソーシアムの今後の検討も含めて、討議する場を設ける必要があるということが課題になるのかなと思っております。

中野 今言われたリファブが産業的に成立してくると、レトロフィットも自然に成立すると思います。

加藤洋 プラスメンテナンスも。

中野 ええ、もちろん。

千村 そうということで、このセッションを終了してもよろしいでしょうか。

どうもありがとうございました。

第3セッション 「局所クリーン化」

原 第3セッションを始めさせていただきます。

局所クリーン技術開発の進め方

千村（司会） それでは、居所クリーン技術開発について、実は私はこちらがメインの担当でしたので、これからやらせていただきます。

◎基本的考え方

このセッションですが、これは「ある製造工程」と考えていただいて、購買、加工、組立、梱包とありますが、私のほうで弊社のクリーン技術に対するいろいろな課題をざっと発表させていただきます。その後、日立GSTの加藤さんに「クリーンルームとクリーンルームをつなぐ部品の搬送」ですとか、「外から部品を持ち込む」という観点での題材を発表していただきます。その後、サンキョーの斉藤さんに「クリーンルームに納める設備に関してクリーンを確保するための技術」を中心に題材を提供していただいて、大成建設の若山さんから「クリーンルーム自体をどうやって構築するか」といった観点で、このセッションをまとめていきたいと思っています。東大の一木先生に全体の記録をお願いして、最後に皆さんと課題を共有化したいというつもりでいるのですが、今までのセッションを見ていて、どう転ぶかわからないところもありますので、様子によって考えたいと思います。よろしく願いいたします。

局所クリーン技術開発の進め方

2008年9月26日

1. 背景

- (1) 弊社内での論議
 - ・クリーンルームのあるべき姿を明確化・標準化してほしい(新規工場立ち上げであるべき姿が絞れていない)
 - ・クリーン技術全体について何をすべきか検討する部隊(トータルで)がない
- (2) 映像レンズ加工工程
 - ・塵埃が原因と思われる欠陥のために歩留まりがあげられない。設備の発塵を抑える対応が必要。
- (3) 他社ベンチマークが不十分
 - ・他社はオリンパスのものよりレベルが高そう
- (4) 社内要請
 - ・撮像ユニットの場合、最終の判断は人(ユーザ)であり、明確な基準が数値がされにくい

クリーン化技術は、ものづくりの全プロセスにまたがる事項だが、現状では断片的な取り組みにとどまっている
局所クリーンが有効という説明ができていない

2

◎ 1. 背景

弊社の中で、今、クリーン技術に関する議論がけっこう盛んになってきております。その背景としては、新しい製品が出てくるたびにクリーンの要求されるレベルが厳しくなっていて、「どこまでやればいいのか」というあたりの標準化あるいはレベルが明確になっていないというところがあります。

それから、クリーン技術全体を通して、「何をすべきか」ということを専門に検討している部隊がない。工場の技術の誰かが片手間にやっているとか、職場のQC活動のようなところでやっているとか、本当に突っ込んだ技術開発が弊社ではできていないという実態があります。

それから、弊社は、カメラですとか、内視鏡ですとか、レンズを使う製品が多いのですが、ゴミやホコリといったものが最終的にユーザーさんのところに行ったときに不良品になるということがあります。製造工程でもそういった不良が非常に多い。先ほどもちょっと言いましたが、弊社で設備を開発して導入するというのを部分的にしているんですが、設備に関するクリーンの技術を確保するためのノウハウは弊社にはないので、この辺の対応が必要だろうというところではあります。

他社さんがどんなレベルにあるのかという検討は十分されていないのですが、半導体関連の企業さん含めて我々よりレベルは高いだろうということで、きちんと調べる必要がある、というところではあります。

ここは社内の要請事項——我々が検討しはじめたのですが、要請されている内容になります。例えば、不良の内容で、カメラのレンズの中にホコリが入っていたというものがあるんですが、最終的にはドクターですとか一般の消費者が判断するものであって、数字で明確になっていないという部分があります。

クリーン化技術は、部品の供給から最後にわたって検討する必要があるものですが、部分的な取り組みに終わっているということ、それから、どこまで議論ができるかですが、局所クリーンが最終的にこのセッションのターゲットになります。しかし、これが有効だという説明が数値できちんとできていないというところがあります。

◎ 2. 狙い

きょうの狙いとしては、ものづくりの全プロセスにおけるクリーンのレベルを上げて、製品歩留り向上につなげる。

この中には、環境にやさしいというか、エネルギーをできるだけ使わないという「局所クリーン」という思想が底辺に流れているというふうに認識しています。

◎ 3. 現状認識①

現状認識ですが、これは弊社の場合です。

基本的に、人が拭いている作業なども残ってしまっていて、ゴミケバに起因するロスが無視できない状態です。

それから、組み立ての工程ですが、半導体の加工工程とはちょっとイメージが違うかもしれないんですが、製品を組み立てる際にホコリが入ってしまうのが上位の不良項目としては挙がっているというところです。

2. 狙い

全ものづくりのプロセスにおけるクリーン化のレベルを上げ、製品歩留まり向上につなげる。

3

3. 現状認識①

- (1)不良損金、工程歩留、拭きなどのクリーニング工数等、ゴミケバに起因するロスが無視できない。
- (2)弊社製品では組み立て工程での不良項目でゴミケバに起因するものが、恒常的に上位にある。
- (3)過去、部分的な工程で外部コンサルタントによるコンタミ対策を行い、一定の効果を得たが、活動が終了したあとは、十分に定着していない。
- (4)工場には、専門家に系統的にクリーン技術を指導してもらいたいというニーズがある

4

それから、部分的にはコンサルの方に入っていて、“コンタミ”という表現をしていますけれども、クリーン化として何をすべきかということ活動をとして取り上げたこともあるんですが、体質として活動がなかなか定着しないというところもありました。

これとつながるところなんですが、クリーン技術を指導していく、あるいは維持していく専門部隊がないといったところが認識としてあります。

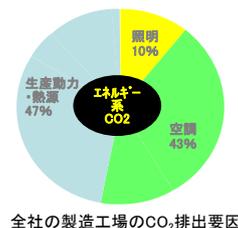
◎ 4. 現状認識②

これは弊社の例なので、あまり皆さんの参考にならないかもしれませんが、CO2削減に向けた取り組みの一環なんです。実は空調といったものが43%くらいを占めている。ある工場の中のエネルギーとして空調をこんなに使っている。

これは余談になるんですが、ビジネス全体として考えると、空輸——製品を輸送するときのCO2がものすごく大きいというのは別の問題としてあります。

4. 現状認識②

- (5)一般、生産設備から排出されるCO2のうち空調が43%を占める。製造工場では、24時間稼働となるクリーンルームの消費電力が大きい



クリーンルームの電力削減は、製造工場のCO₂排出削減に大きく寄与できる

5

5. 問題点と課題

問題点	課題
(1) 工場の生産現場で、局所クリーン化の重要性は認識され、過去コンサルを入れたり、ゴミ分析からの工程改善等さまざまな取り組みがされているが、製造技術としての蓄積がされていない。	・局所クリーン技術を重要技術として、技術開発とノウハウ蓄積しておく必要がある
(2) 生産ラインでのゴミ低減活動が定着していない。	・工場による局所クリーン化をめざす仕組みづくり
(3) 分野共通課題として認識されておらず、各事業体の工場に任されており、重複がある	・分野共通のコントロール技術を、無駄なく共有化できるようにする
【共通技術の例】	
<ul style="list-style-type: none"> ・クリーンルーム仕様（製造インフラはフレキシブルにしておく必要がある） ・作業教育ツール ・ゴミケバ解析インフラ ・導入設備 ・生産システム（加工法、搬送、洗浄） 	

◎ 5. 問題点と課題

問題点として、工場の生産現場で局所クリーン化は重要認識されているのですが、技術的な蓄積がないことと、なかなか進まないというところがあります。

課題としては、ノウハウとして蓄積していく必要があるでしょうということ、それからラインの中でゴミ低減活動が定着しないということ、仕組みとしてこういった活動が回っていないというところがあります。

それから、幾つか工場を持っているのですが、工場間のレベルの差がある。工場によってはかなり認識の低いところもあって、全社レベルで見ると、技術として標準化して管理できている状態にないというところがあります。

共通技術の例ということで、クリーンに関する技術を挙げてみました。クリーンルーム仕様ですとか、作業員の教育ツール、ゴミケバ解析のインフラ、導入設備に関するところ、それから生産システム全体ということで、先ほどご紹介させていただきました方々に、各要素に関する技術をご紹介いただきたいということで、このセッションを組んでいます。

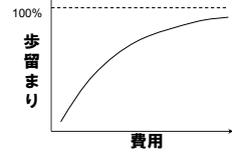
◎ 6. クリーン化の難しさ①

これも弊社の例になりますが、「クリーン化の難しさ」ということで、適正な投資判断が難しいというところがあるのかなというところです。これはクリーンによる不良のレベルというか、ここが(100)が求める完璧な姿だとすると、取り組みの費用をかければかけるほど上がってはいきます。ただし、非常に高くなるということと、最終的にサチっていくというか、なかなか100に達しないところがあるという、これはイメージです。

6. クリーン化の難しさ①

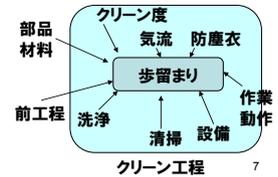
(1) 適正投資判断が難しい

投資対効果が、右図のような関係にあり、クリーン度や運用管理の厳密さを追い求めると、費用が際限なくかかる。



(2) 取り組み範囲が広い

クリーンルームのクリーン度を上げただけでは歩留まりは下がらない。前工程、防塵着、作業員の動作、作業箇所の気流、設備等、さまざまな観点からの歯止めをしなければならぬ。



それから、取り組みの範囲が広いということで、クリーンのレベルを上げるということだけを当初は一生懸命やっていたんですが、それだけでは歩留まりが上がりません。ということで、前工程ですとか、防塵着、作業員の動作、作業箇所の気流だとか、設備等、いろいろなところで歯止めをかけていかないといけない。どちらかというところクリーン度のレベルを上げるというところ終始していたのですが、総合的な活動をしないと上がらないという認識です。

◎ 6. クリーン化の難しさ②

それから、活動がなかなか定着しないというところなんですが、不良率が上がっていく中で、対策をすると良くなります。しかし、ちょっと放っておくとだんだん元に戻ってしまうようなことが繰り返されてきたというところ。この辺は弊社の体質なので皆さんの課題ではないかもしれませんが。

◎ 7. どうすれば技術が定着し、レベルを維持できるか

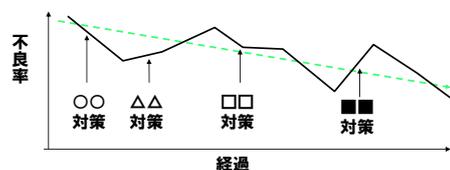
こういった技術がどうすれば定着し、レベルの維持ができるかというところですが、製造現場自らが重要

6. クリーン化の難しさ②

(3) 効果が顕著に出ない

確率的現象のため、対策と効果の因果関係を特定するのが困難である。効果の把握は、不良原因の集計や歩留まり数値の推移を見るしかないので、手ごたえがない。

→対策が定着しにくい(手を抜いてもすぐには結果は悪くならない)



7. どうすれば技術が定着し、レベルを維持できるか

- (1) 製造現場自らが重要性を認識して継続的に取り組む
- (2) セオリーとデータに基づき適正な管理レベルを設定する
- (3) クリーン化の基礎知識を全員が身につける
- (4) 決め事は愚直に守る(手を抜かない)
- (5) 環境対応のため局所クリーン生産システムを開発する
- (6) 共通技術のサポート体制を明確にする

9

性を認識して、継続的に取り組むということで、「重要性を認識してもらおう」というところを徹底する。

それから、これが簡単そうでなかなか難しいのですが、データに基づいた適正なレベルがなかなか設定できないというところがあります。ですので、この辺をきちんとするということですね。

それから、クリーン化の常識的なところも含めて、基礎的な常識を身につける必要があるだろうということ、決めたことは徹底してやるということ、環境対応のために局所クリーン生産システムを開発していく必要があるということ、この辺が技術的に難しいところですね。

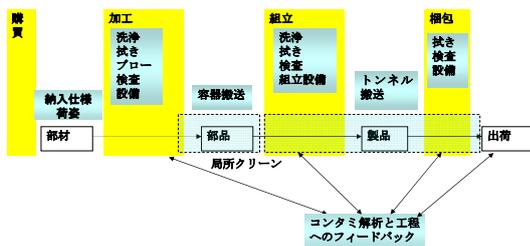
それから、サポートしていく体制を明確にしていく必要があるだろうということですね。

◎ 8. 基本的考え方

基本的な考え方として、これは原先生のほうでお考えになられている「局所クリーン」の考え方なのですが、製造活動全体をクリーンの環境でやるというのは大きなエネルギーロスを生じます。必要などころだけをクリーンにして、それをうまくつないでいくという

8. 基本的考え方

- (1) 製造工程の全プロセスでのクリーン化に継続的に取り組む仕組みを作る。
- (2) 省エネルギー型クリーン生産システム開発に取り組む、温暖化ガス排出削減に寄与する



10

9. 施策案

以下の7つの施策を継続的に実施する仕組み...



11

ことを目指したいということで、最終的には省エネルギー、温暖化ガス排出削減に寄与していきたいということ。

基本的にはコストなんですけど、こういったものを前面に打ち出して活動していく必要があるだろうということですね。

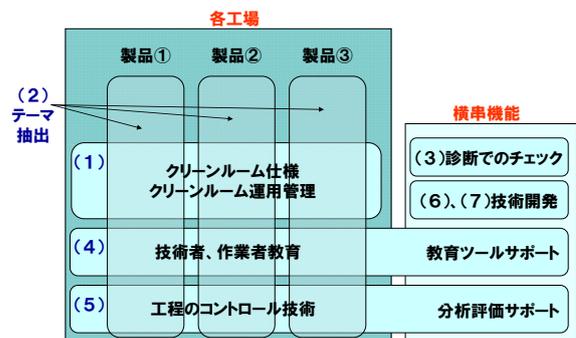
◎ 9. 施策案

施策案です。洗浄・クリーニング技術とクリーン対応設備は技術的に取り組みやすいんですが、指導・診断、工場技術者の育成ツールですとか、分析あるいは評価をしていくというあたりも重要です。しかし、取り組みが難しいところだと思っております。

◎ 9. 施策 組織

それから、これは体制なんですけど、一つの工場だけではなくていろいろな工場を抱えているのですが、それぞれ製品が違うので、クリーンの求められるレベルも違ってきます。基本的な運用は、各工場でもらうということが前提になるんですが、例えば、

9. 施策 組織



12

9. 施策

- (1) クリーンルーム運用管理情報の共有化と整備、標準仕様作り
- (2) 不良削減活動と情報の共有化
- (3) 工程内での実施状況の診断、指導
- (4) 製造技術者・作業員向け教育ツール作成と教育の実施
- (5) 解析技術サポート体制の明確化
- (6) クリーン視点での設備開発のレビュー
- (7) 洗浄・クリーニング技術開発

13

全社機能として各工場を診断していく、共通の技術を開発していく、あるいは教育のツール、分析評価のサポートといったところを、私は生産技術本部なものですから各事業とは別の立場にあるので、横串機能としてこのようなクリーンを維持する活動をサポートしていく何らかの仕組みが必要であると考えております。

◎ 9. 施策

ここはちょっとダブるので飛ばします。

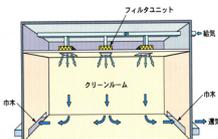
◎ 10. 施策の考え方-1

施策の考え方ということで、クリーンルームの運用あるいは仕様の明文化と共有化。これはかなりレベルの低い話になるんですが、クリーンルーム管理・運用ルール作りと徹底していくというところなんです。

それから、製品の要求レベルですが、これは最終的なチェックは人の目によるところがあるので、この辺をきちんと決めていく。あとはクリーンルーム内の物の置き方ですとか、運用のルールを徹底していきたい

10. 施策の考え方

- (1) クリーンルーム運用管理、仕様の明文化と共有化
 - ・クリーンルーム管理・運用のルール作りと徹底
 - ・防塵着仕様
 - ・入退室ルール
 - ・清掃ルール(分野で共通)など
 - ・製品要求レベル、工程ごとに清浄度レベルと仕様を決定



14

10. 施策の考え方

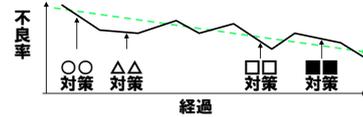
- (2) ゴミ不良削減活動と情報共有

・不良のウォッチング

・定期的な解析と工程フィードバック

現場で顕微鏡などで簡便に解析できる環境づくり
詳細分析は専門機関に依頼し、現場と一体となって原因追求

・ゴミサンプルデータベース作り



15

というところです。

◎ 10. 施策の考え方-2

施策の2番目になりますが、不良を常にウォッチングしている。何かトラブルが起きたときだけよく調べるのではなくて、状況を常にウォッチングしておく必要がある、というところです。

それから、これにかかわるところなんですが、定期的に解析と工程フィードバックをきちんとできるような体制と技術を保有していく必要があるだろうということで、ゴミの状況のデータベースを構築して、常に見えるような状態にする。

どこの企業さんでも不良率はいつも見ていると思います。ただし、ゴミがどうなっているかを常に見ている会社さんは、あるかもしれませんが、弊社ではやっていないというところです。

◎ 10. 施策の考え方-3

施策の考え方ということで、基本的には“局所クリーン、マイクロファクトリ”という、以前、私が手

10. 施策の考え方

- (3) コンタミフリー設備開発のレビュー

<技術開発>

設備開発部、

- ・局所クリーンマイクロファクトリ
- ・人手組立作業用局所クリーンシステム
- ・ゴミフリー搬送



16

10. の考え方

(4) 洗浄・クリーニング技術開発のレビュー

<技術開発>

- ・ウェット洗浄
- ・ドライ洗浄

(レンズ洗浄、金属部品洗浄、トレイ洗浄、洗浄レス工程開発など)

17

かけたような言葉を使っていますが、設備を小さくして、クリーンが必要となるエリアも小さくするという考え方で設備開発はやっていきましょう、というところ です。

◎ 10. の考え方

これは非常に難しいのだらうと思っ ているんですが、実は部品を組み立てる前に、洗浄機からあがってきたものを、わざわざ人が一回拭いて組み付けるとか、ゴミのレベルあるいは洗浄のレベルを確認してから組み付けるとい う、二度手間のようなことをしています。これはなかなかなくなる はないんですが、ドライ洗浄とか、技術的に何らかいい方法がないか、今探しているところ であります。なかなかいいドライ洗浄のような方法はないというの が今までの経験です。

◎ 11. 事例 気流分析-1

それから、気流分析です。大成建設さんから以前シミュレーションのご紹介がありましたけれども、弊社ではこの辺の分析ができていない状況にあり ます。気

11. 事例 気流分析

・現状の問題点

- 渦流などにより、ゴミが堆積しやすい。
- 顕微鏡の下など、最も重要な部分にクリーンエアが届きにくい。
- イオナイザーによる誘引現象で層流が乱れる。

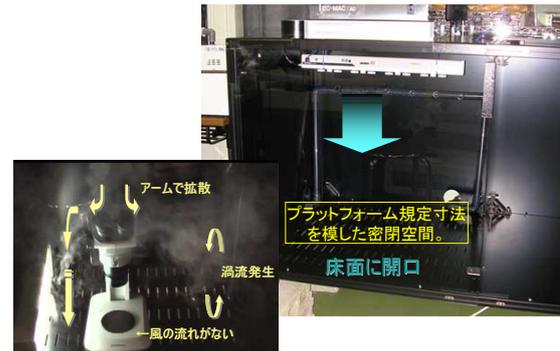
クリーンルーム4原則ができていない!

- 1:ゴミを持ち込まない!
- 2:ゴミを発生させない!
- 3:ゴミを排除する!
- 4:ゴミを堆積させない!



18

11. 事例 気流分析



19

流の流れで、設備の中にホコリがたまりやすい部分があ ります。どうしても出てきてしまうといったことがあります。

それから、人が関わる作業がどうしてもあるんですが、顕微鏡をクリーンベンチの中に入れて作業をする といったときに、人が動きますから、部分的にクリーンなエアが届かないといった所が発生してしま います。

それから、静電気をできるだけ除去していきたくい ので、イオナイザーという静電気を除去するものを使っ ているのですが、これも風が出るので、この影響によっ て気流が乱れてしまうことがあります。

どちらかという と、ゴミを排除する、ゴミを堆積させないといった観点でこういった分析が必要であるか なというところ です。

◎ 11. 事例 気流分析-2

クリーンベンチの中でどんな気流の流れがあるのか 検討してはいるんですが、我々はこういったことには 不慣れなので、どこかのメーカーさんですとか、コ ンサルタントかわかりませんが、もっと進んだ技術が あるように思います。こんな泥臭い実験をしなくても 確認する方法があるのではないかと感じております。

◎ 11. 事例 イオナイザー検証-1

それから、先ほども言いましたが、イオナイザー 検証ということで、静電気でホコリを部品のほうに吸い よせてしまうことがあります。イオナイザーから静電 気を除去するための気流は出せるんですが、どれを 実際に使えばいいか。先ほどのクリーンのエアと、こ のイオナイザーの気流の関係や、最適なイオナイザー はどれか、最適な使い方がクリーンとセットでわかっ ていないところがあります

11. 事例 イオナイザー検証

これまで、ホコリ対策としてイオナイザーの設置が一般的だった。しかし、**ホコリとイオンの関係**や、**種別による効果範囲**の評価など、担当者レベルでの情報に留まり、あまり周知されていない。そこで、これらの比較を以下の種類のイオナイザーについて行った。

・種類

 <p>安価 局所的除電 FANを複数搭載 の大型タイプも...</p> <p>ブロワタイプ</p>	 <p>ブロワタイプと比べて広範囲。Airのアシスト有無でイオン到達範囲に差がある。</p> <p>BARタイプ</p>
 <p>新方式。放電針がないのでゴミが全く発生しない。比較的高価。</p> <p>微弱X線タイプ</p>	 <p>Airのアシストが不要。対向に設置することで、かなり広範囲での除電が可能。</p> <p>無風タイプ (TRINC)</p>

20

◎ 11. 事例 イオナイザー検証 - 2

これは先ほどのイオナイザーの検証です。

◎参考. クリーンルーム関連業者

いろいろなメーカーさんがあって、我々が本当はやらなくてもいいような初歩的な段階からの検討を実はしているのではないかと感じており、このような企業さんとこれから組んでいく必要があるのではないかという話をしております。

◎参考. 局所クリーン①

これは産総研さんの例ですが、基本的にはいろいろ外部の技術を利用させていただきたいという事例です。

“トンネル式”と呼んでいますけれども、部分的にクリーンな環境をつくり出して、そこをクリーンなトンネルで結ぶというのが、今のところ、一番クリーンなエリアを必要としないものだろうということで、これは産総研さんが提唱されているものですが、我々もそういうふうには思っていて、こういったものに向

11. 事例 イオナイザー検証

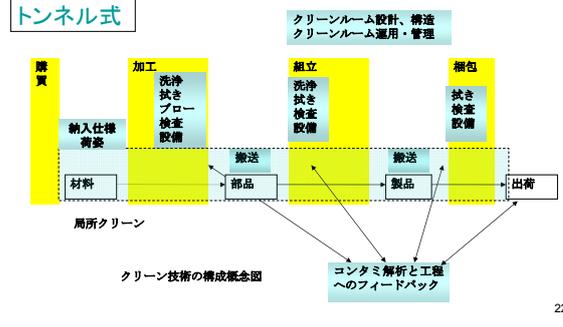
・現状の問題点

- 見えない物を扱う難しさ。
 - 効果の把握が主観に依存。
 - 除電のはずが帯電させてしまう危険性。
- 評価手法が周知されていない。
 - 知らないで利用されていない。
 - 担当者レベルで情報が止まっている？
- イオナイザーのAirによる層流の乱れ。
 - ホコリ滞留の要因に。

21

参考. 局所クリーン①

製造の局所クリーン化は環境を分離する技術(産総研)



22

けて各々の技術開発をしていきたいと思っています。これがなかなか投資対効果できちんと説明ができていないというところはあります。

◎クリーン技術はシステム技術である

「クリーン技術はシステム技術である」と書きまされたけれども、「購買」と書いてあります。これは納入してもらう部品の形態ですね。この辺をきちんと徹底させないと、こういったところでトラブルが起きるところです。

それから、「検査」ですが、弊社の例で、「目視」という言葉を何回も使っていますが、最終的に感応検査を行っていますので、きちんと数値化されていないところがあります。それから、設備として発塵のない設備など、局所クリーンを実現するための設備開発が今後必要になるというところではあります。

それから、搬送のクリーン環境といった技術。それから、付いてしまったホコリをどうするかといった観点から、洗浄ですとか、拭き、ブロー、こういった人の作業に代わる技術を何らか見つけていきたいというところではあります。

クリーン技術はシステム技術である

	生産システム	品質革新	環境技術
クリーンルーム	構造・設計、運用管理の両面での適正レベル設定		
購買	クリーンな部品納入で部品の洗浄レスにする、2重梱包にするなど		
検査	製品の要求仕様に基づいた外観検査規格		
設備	発塵のない設備、環境分離設備、局所クリーン		
搬送	搬送のクリーン環境維持、全工程環境分離		
クリーニング	洗浄、拭き、ブロー(コンタミに応じたクリーニング)		
コンタミ解析	ごみ発生源の特定と発生減への歯止め		
コスト解析	かけられる適正コストの線引き(キリがない)		

23

それから、ゴミ発生源の特定と発生への歯止めをかけるということ、それからコスト分析ですね。かけられる適正コストはあると思います。完璧を目指すときりが無いといった状態になっていますので、ここをきちんと分析できるようなコスト計算とデータが必要になってくると思っております。

今、総論を述べさせていただきましたが、ここまでで何かありますでしょうか。

意見交換

①トンネル式について

原 産総研のトンネル式というご説明がありましたが、私の知識の範囲では、産総研では提案していないような気が致します。

トンネルとおっしゃっていましたね？クリーン化（清浄化）と搬送方式は表裏一体の関係で、どこをどういうふうにするかということ区切ることになるので、それは結局、搬送方式と極めて一体化して考えるべきものだと私は思っています。

トンネリングするということは、全部つなぐということですね？

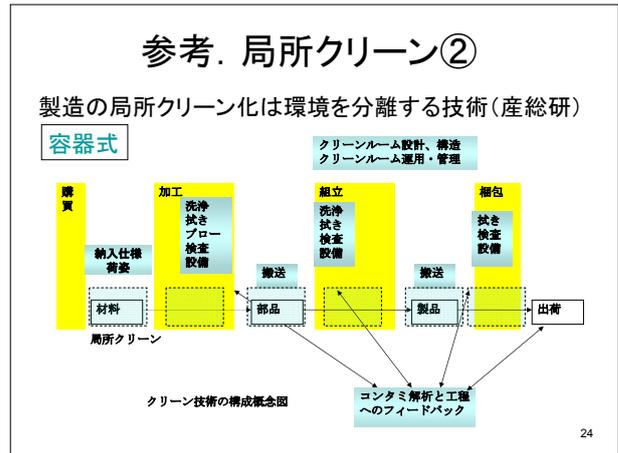
千村 そうですね。

原 少なくとも私の個人的考えでは、それはあまりよろしい方式ではないと考えています。常に製造工程が同じで、装置のスループットが完全に同じであれば、わりとスムーズに流れますが、装置のスループットや処理能力が違っていると、そのトンネルの間に仕掛かりを置ける場所をつくらなければなりません。メンテ上も不利ですし、トンネリングは、たとえばリチウム電池工程などの爆発性が気になる工程以外では、真っ直ぐに工程をダーツとつなげたというのは、私の知る限り、ほとんどありません。

◎参考. 局所クリーン②

千村 この図を飛ばしましたがけれども、ここを分離して、トンネルではなくて容器式というか、これもあり得るかなというふうには考えています。

原 ええ、それはまさに半導体のウェーハの工程と同じで、製造装置がそれぞれ分離しているわけですね。だから、装置を生産能力に応じてパラレルに置いて、



そこでうまくやるというのは、半導体のやり方というか、どの製造工程でもある程度そういうことをやっていると思います。多数の装置を直結しようという考え方は、アイデアレベルではまず最初に出てくるのですが、現場で導入しようとすると、相当の困難に出くわすという感じがしています……。

千村 そうですね。

我々としてはこういう技術開発をしていきますが、投資対効果だとか、技術のレベルにより全部つなげるのは、最初からは難しいと思っています。最終的にこれを目指して技術開発はしますが、技術開発の段階に応じ要素を持ってきて使うという考え方になっているんですが……。

②レンズの洗浄工程について

原 例えば、さっきもチラッとおっしゃったのは、洗浄工程後にレンズを運んで、次の装置の前に来たら、また汚れてしまったからもう一回洗うということだったと思います。そこの一番肝心なところだけをトンネルにするとか、そういうことってあり得るのでしょうか。

千村 それはあり得ます。あり得るんですが、洗浄装置というのが結構大きくて、組み立て工程が離れて……。

つなげることはできるんですが、洗浄機がマイクロファクトリ並みにならないと無理ですね。

原 なぜ大量にいつべんに洗わなければいけないのですか。

千村 洗浄工程がバッチになっているんですね。一個流しにするというコンセプトは基本的にあるんですが、今、技術的にも、投資対効果としても、最適など

ころが見えていないというのが実際です。

洗浄装置は外から買ってきますので、大きな物があるんですが、組み立て工程は基本的には一個流しになっています。そこをつなげるときにうまくつながらないという状況ですね。

原 小さなレンズに洗浄剤をサッと吹きつけて、サッと除去して、それでおしまいというのではだめでしょうか。

千村 それを目指しているんです。基本的な洗浄をして、組み立てる前にそういうことをやろうとしているんです。それがウェット式だと技術的にはなかなか難しいのと、あとは洗って乾かさないといけないということが出てくるので、濡らさないとか、そういうドライの……。

原 いきなり研究者になりきって申し上げているので恐縮ですが、極低温のエアロゾル洗浄みたいな方法はいかがでしょうか。

千村 例えば、ドライアイスみたいな、CO₂を吹きかけるとか、幾つかあるんですが、ドライアイスの場合はレンズが冷えてしまって、それで結露するとかですね……。

原 それはドライアイスですね。そうではなくて、窒素やアルゴンを固体にするレベルの最新の極低温エアロゾル洗浄です。ドライアイスの場合は塊が大きいから、熱容量も大きくて、熱が奪われてしまうということもあると思います。極低温のやつは、まだお試しになっていらっしゃらないでしょうか。

千村 ええ。

それと、吹きつける感じになるので、例えば、1mmのレンズとか、1.5mmのレンズを使うときに吹き飛んでしまうことがある。それを解決していくというのが技術なんですけど、細かいところではいろいろと問題があるので、何かないかなと。

原 いくらでもお仕事はありそうですね。

千村 仕事はあるんですけども、後ろ向きな仕事で(笑)。

廣嶋 洗浄で取り除こうとしているものは何なんですか。

千村 例えばレンズ加工のときに付いている油分ですか、研磨液とか、研磨剤とか、ゴミとかホコリです。

久保内 ゴミはどのくらいの大きさなんですか。

千村 撮像素子の前に来るゴミとして問題になるのは、弊社の場合は5 μmくらいです。

久保内 以前、千村さんがクリーンルームの面積が年々増加していく一途だという話がありましたね。その場合の課題と、今回の局所クリーン化で解決できる課題はイコールなんですか。それはそれでまた別なんですか。

千村 基本的にはイコールです。

久保内 そうすると、今、皆さんが抱えているようなクリーンルームの増大は局所クリーン化で抑えられるというふうに考えればいいんですね？

千村 はい。

今、搬送の話が出ましたので、ここで加藤さんにバトンタッチしたいと思います。

HDD 組立ファブにおける局所クリーン化の事例

加藤洋 これは前に一度お話ししたので、どんどん省いていきますけれども、先ほど千村さんのほうからご要望のあった部品をどういうふうに持ち込んで流していくかと。HDD の場合には、半導体と違って部品を組み合わせていく——HDD 1台に対して数十という部品を組み付けて製品にしていくというところがあるので、我々のHDDの一番ポイントになるのは、どうやって部品を集めて、その時間までに部品をちゃんと届けて組み付けていくか、部品を揃えるということがキーポイントになるので、クリーンを維持しながらどうやっていくかというところをお話ししたいと思います。

<small>HITACHI Inspire the Next</small>	
「ファブシステム研究会」	2008.9.26
HDD組立ファブにおける局所クリーン化の事例	
キーワード：クリーンセル生産方式、クリーントンネル、 部品洗浄、トレーサビリティ	
日立GST ヘッド製造本部 主管技師 加藤 洋	
<small>WW HGA Plans and Controls © 2007 Hitachi Global Storage Technologies</small>	

目次	HITACHI Inspire the Next
<p>■HDD組立ファブにおける局所クリーン化の事例</p> <p>1. クリーンセル生産方式</p> <p>2. クリーンセル生産方式における部品配膳システム</p> <p>2-1 部品配膳システム概要とHDDの部品構成</p> <p>2-2 HDD部品のクリーンルーム内の流れ図</p> <p>3. HDDの生産と品質の情報管理システム「WINPAQ」の概要</p> <p>4. HDD組立ファブ内部フロアのコンセプト</p> <p>5. HDD部品購買物流の改善事例</p> <p>5-1 HICAPにおける部品物流のコンセプト</p> <p>5-2 HICAPの物流および情報システム系統図</p> <p>5-3 「ミルク・ラン」の概要</p> <p>5-4 部品物流の改善事例と改善効果</p>	
<small>WW HGA Plans and Controls © 2007 Hitachi Global Storage Technologies</small>	
2	

◎目次

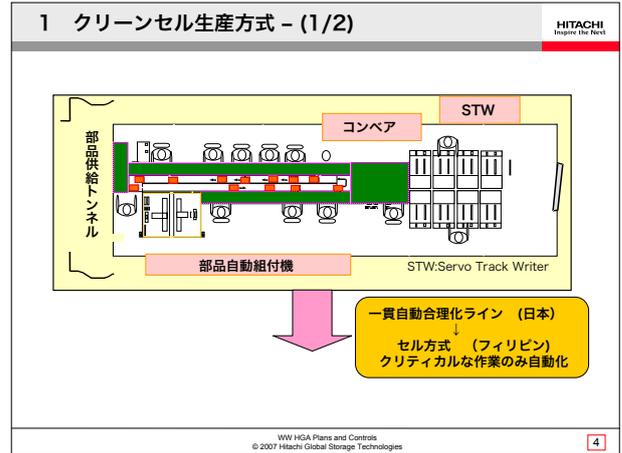
クリーンセル生産方式、それから部品の配膳、配膳をスムーズにするためのシステムサポート、それから部品はサプライヤーからも来るものですから、サプライヤーからどういうふうにも部品を滞りなく届けてもらうかというところをざっくり説明していきたくと思っています。

◎ 1 クリーンセル生産方式 (1/2)

我々のセルは、大部屋のクラス1万の部屋の中にクラス100のクリーンブースをつないだライン、これは2.5インチのハードディスクの場合には32ラインあって、その間、各セルの間をクリーントンネルをつないでいます。そこを通って部品が運ばれ、ラインの先頭に部品を供給してラインに流すというものです。

この方式だと、大部屋方式に対して、建設コストが3分の1、ランニングコストが5分の1くらいになったという実績があります。

原 話の途中で恐縮ですが、このクリーントンネルの



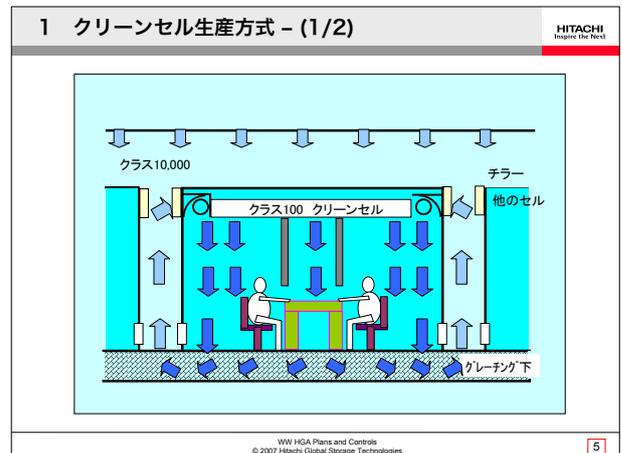
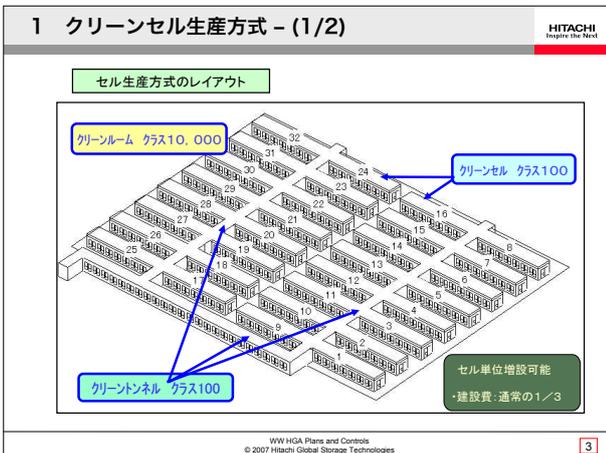
中を流すものは、最終的な組み付けられたものではなくて、組み付ける部品そのものですね？

加藤洋 はい。これから説明していきますけれども、各セルの中はこういう形になっています。これを1つのセルとと思ってください。

各クリーンセルにクリーントンネルが繋がって、ラインの先頭に部品置き場があって、ここにUの字のラインがあります。部品を組み付けてハードディスクの形にするんですけども、途中で Servo Track Writer という、番地を書く装置があって、組み立て完了したハードディスクをその装置に掛けて番地を書き込む。フィリピンでの生産なので、自動機は2つくらいで、あとは全部手作業でやるというラインです。

日本の場合には、一貫自動化ラインで組み立てをしていただけども、フィリピンではクリーンセルの手組みのラインで組み立てています。

これがセルの断面で、クラス1万のクリーンルーム中にクラス100のブースがあって、ブースの中を清浄空気が流れて行く様子をアニメで示している所で、ここに水冷式のチラーを入れて、温度コントロー





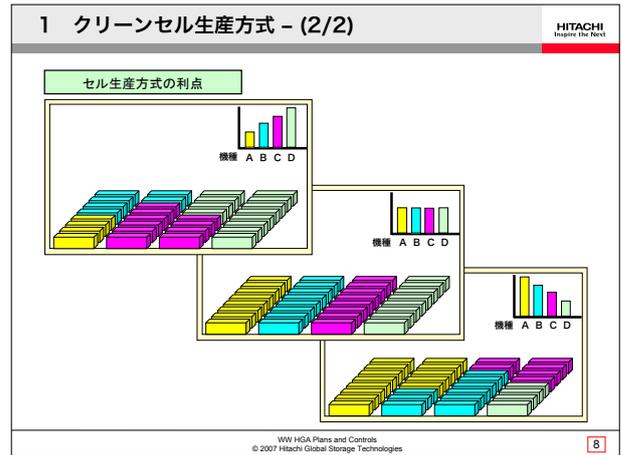
ルをしています。チラーがないと自己発熱でブースの温度が上がっていってしまうので、こういうチラーが必要です。

このブースの中央にあるのが組立コンベヤで、この上仕切り板があって、そのセンターから清浄空気が流れ出し、その空気が作業側側に流れるようにしてある。その空気がセルの外に流れ、セルの間を循環するという形をとっています。

◎ 1 クリーンセル生産方式 - (2/2)

32本のクリーンセルには、複数の機種が同時に流れているものから、機種変換に対して細かく切り換えるときに、このようにラインごとに機種分けしておくことで変換がやりやすい。細かく能力を切り換えていく場合と、大きく変えていく場合があるんですけども、能力を細かく変えていく方がロスが少ない。また、セル間で競争させて生産性向上、品質向上を図っていく。例えば、このアニメの様にラインが切り換わっていくときに、ラインの構成をどんどん切り換えていけば、スムーズに切り換わっていく。

それから、日本の開発部門は1ラインだけ持って



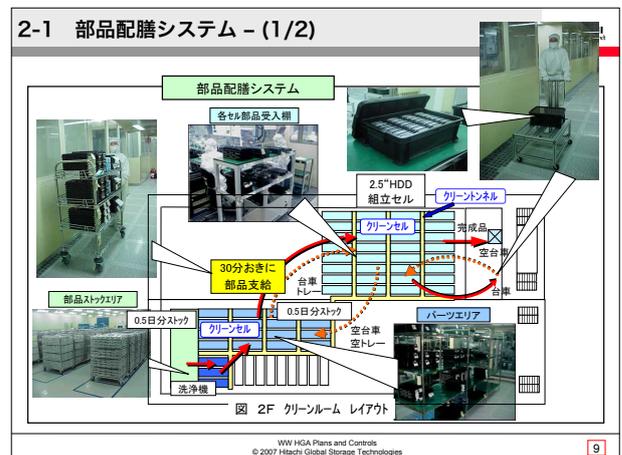
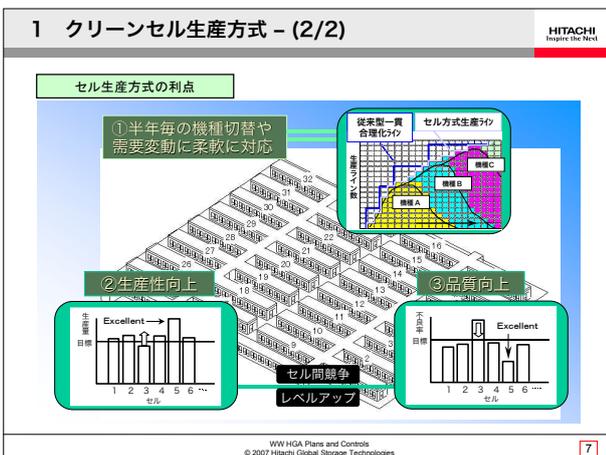
いて、そこで新機種を立ち上げ、すぐにフィリピンのラインでN倍化して行くというやり方になっています。

◎ 2-1 部品配膳システム (1/2)

これが先ほど説明したクリーンセルですけれども、ここに対して、30分ごとに台車で部品を供給します。以前は、ラインの周りに3日分くらい部品を置いていました。そうすると、機種切り換えが図れないんですね。だから、ラインのサイドに部品を置かさない、ラインの先頭のところに30分だけストックを置いて、30分ごとに各ラインに部品を供給する。それが滞らないように、前室のところに、これもクリーンセルというトンネルでつないでいるんですけども、0.5日分のラインごとのストックがあります。事前に洗浄しておいて、順繰りに回るようにしています。

ここには各ライン専用の0.5日分のストック棚があって、配膳オペレーターがここから30分ごとに各ラインに部品を供給している、完成品も30分ごとにどんどん出しているというサイクルでやっています。

ここに前室がありまして、これをパーツセンターと呼んでいます。ここに外注から部品が入ってきて、外



側のケースをまずエア洗浄して、それからクリーンルームの中に持ち込む。内側のトレイをエア洗浄とか純水洗浄で洗います。純水洗浄で洗う場合には、一度、洗浄カゴに部品を移す作業が出てきます。それを今度は供給用のトレイに移して、ここに0.5日分だけストックして、そのトレイが回るようにしています。

それから、特に部品の管理で大事なのは、ここにあるトレイなんですね。トレイも順繰りに回しますから、トレイの洗浄工程をそのサイクル中に入れておきます。一回使ったら必ず洗浄するという形にしています。この部品の供給はクリーントンネルを使って、人間が運んでいるのでこの人はしょうがないんですけども、なるべく作業者とクロスしないように運んでおります。

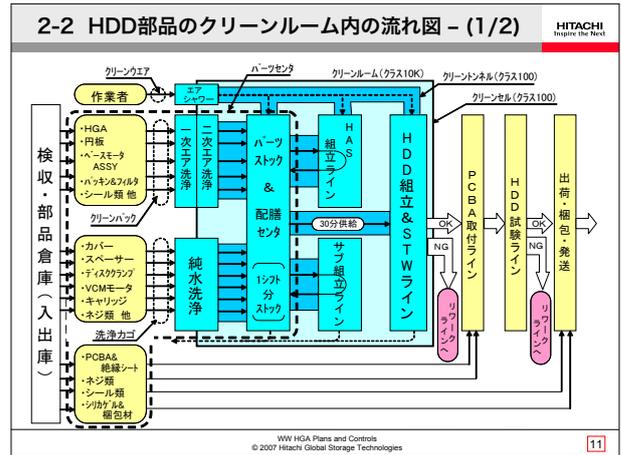
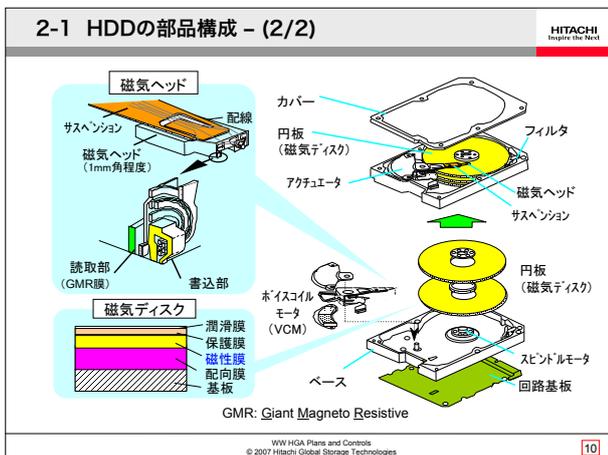
◎ 2-1 HDD の部品構成 (2/2)

これがHDDの部品構成表です。HDDを組むときにこれだけの部品を集め、そして配膳しなければなりません。ここにあるネジも供給します。クリーンルームの中でネジを締めているわけです。半導体には絶対ない作業ですが、ゴミを出す作業をしているんです。従ってそのゴミを吸引しながらネジしめする等ゴミが散らばらない工夫をしています。

◎ 2-2 HDD 部品のクリーンルーム内の流れ図 (1/2)

メーカーから回収して来た部品を検収し、部品倉庫を通して、クリーンパックに入った部品はエア洗浄、純水洗浄するものは洗浄カゴに移し替えて入れる。

そこからパーツストックの棚にいったん置いて、それから各ラインに供給していく、ここから30分供給。



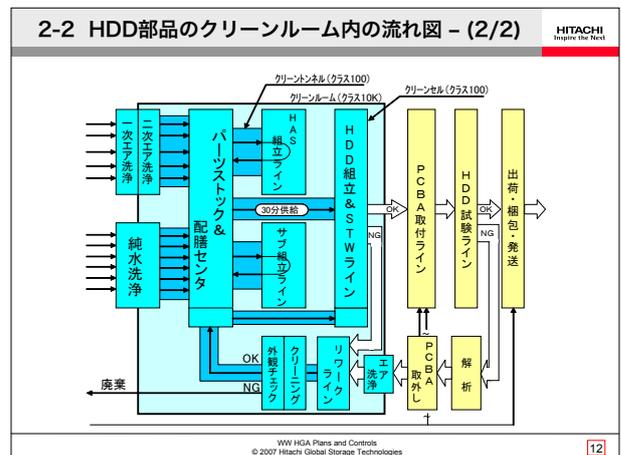
この大きな四角はクラス1万のクリーンルームで、青いところはクラス100のクリーンセルでクリーントンネルをつないで、こういう流し方をしています。

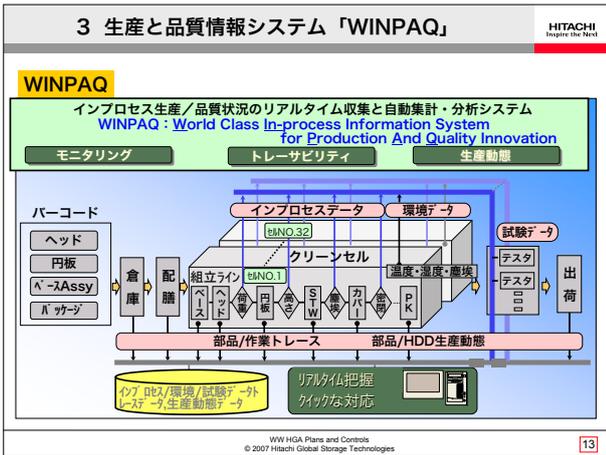
◎ 2-2 HDD 部品のクリーンルーム内の流れ図 (2/2)

もう一つ、試験で落ちたHDDがありますね。これをそのまま捨てるのではなくて、リワークになるんですけども、電子回路基盤を外して、エア洗浄して、クリーンルームの中に取り込んでリワークラインで分解して、不良部品を交換し、他の部品はクリーニング、外観チェックして、再度組立て、試験をする。こういうサイクルを何回か回していくというやり方をしています。

◎ 3 生産と品質情報システム「WINPAQ」

さっき言ったように、30分ごとに間違いなく部品を届けないといけないので、そのためにトレーサビリティ等、システムサポートがないとできません。本システムはWINPAQという私どもがつくったシステムです。32ラインに部品を30分毎ちゃんと納める為

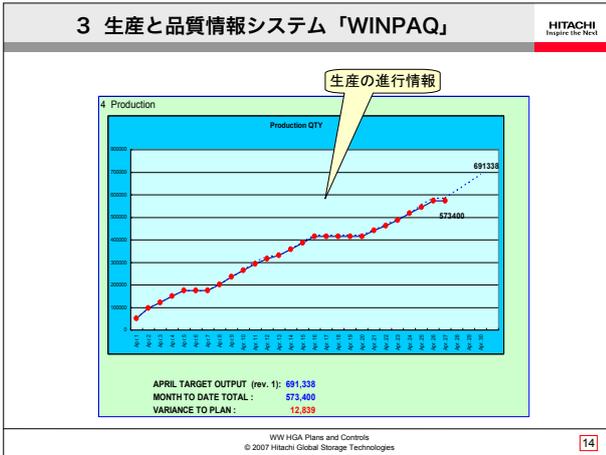




の部品及び作業のレーサビリティシステム、それから生産の動態管理ができ、それから、環境——クリーンセルの中のゴミ、静電気がどうなっているか、温度、湿度、塵埃をモニターできるものを入れています。もちろんテストの品質のデータも同期してとれるような形にしています。

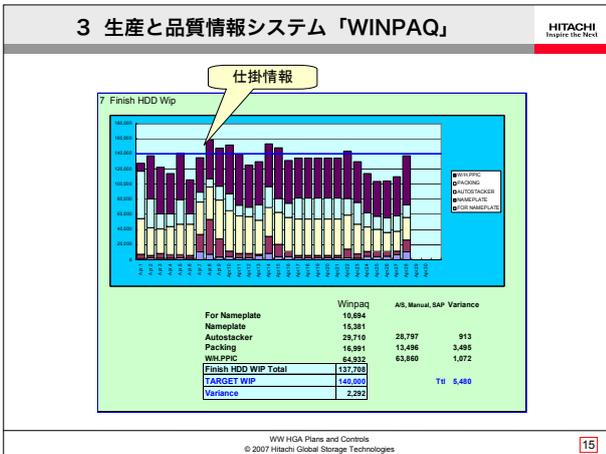
◎進行状況、仕掛情報、品質情報

これが生産の進行状況及び、仕掛かりの情報です。次が品質情報です。ここに出てくるのは環境のクリーン度がどうなっているとか、塵埃、静電気。静電気はリストバンドがちゃんとされているかどうかというチェックがモニターできるようにしてあります。



◎ 4 HDD 組立ファブ内部品フローのコンセプト

これが製品の流れなんですけれども、部品倉庫に入って、パーツセンターに入って、2.5インチを組み立てて、クリーンルームを出て、テストに入って流れる。3.5インチは3.5インチで、こういう流し方をしています。



◎ 4 HICAP レイアウト (2F) (3/3)

これが実際のレイアウトで、ここが2.5インチの組み立ての32本のセル、ここがリワークと前室のエリアです。3.5インチの組み立てのエリアはここです。前室のところに場所を結構食います。

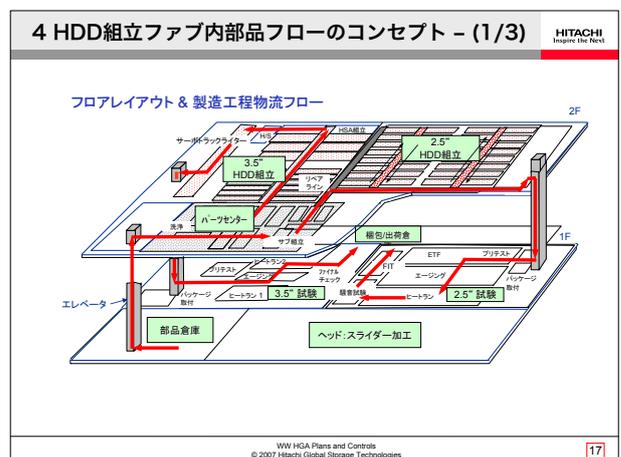
それから、生産量がどんどん拡大していましたから、部品ストックは0.5日くらいしか置けないという状況になっていました。

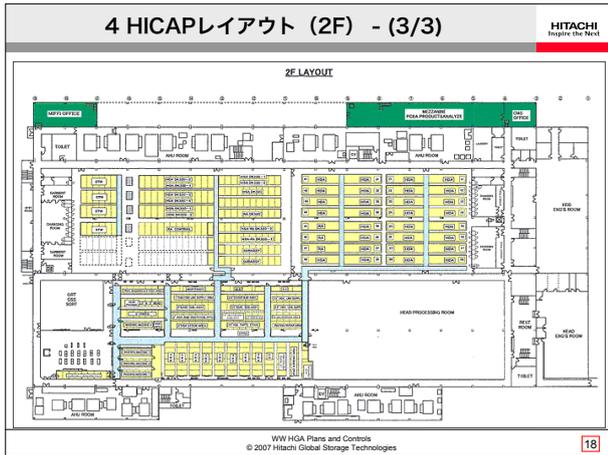
前に説明したところは飛ばします。

3 生産と品質情報システム「WINPAQ」

品質情報

WW HGA Plans and Controls
© 2007 Hitachi Global Storage Technologies





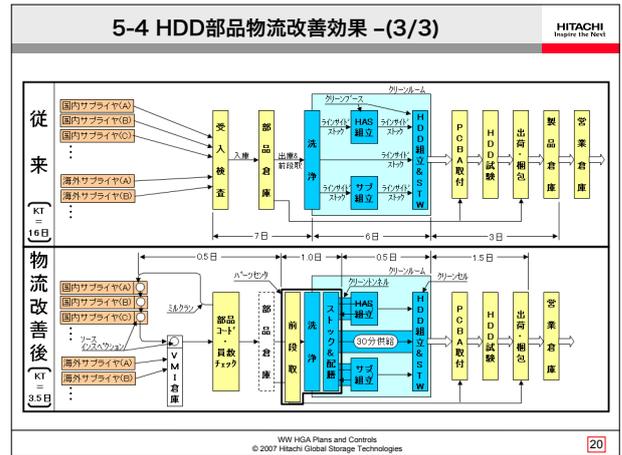
◎ 5-4 改善事例 (1/3) 「共通台車と共通通い箱」

これはクリーンパックで、メーカーから入ってくるときにこういう形で入ってくるわけですが、クリーン度が保証されていないといけない。

従来は、各サプライヤーから部品を国内・国外含めてめいめい持ってきて、部品倉庫に入れて、部品倉庫に1週間分持ち、又各ラインサイドに洗浄した部品を3日間分位まとめて置いていた。そうするとゴミの再付着等のコンタミ問題が発生した為、これを小ロットでどんどん流して、物を止めないというやり方になりました。そのためにリードタイムもどんどん縮まりました。

◎ 5-4 HDD 部品物流改善効果 (3/3)

従来は、部品は受け入れ検査をしていたのですが、それだと工場に着いたときに不良品が出るとラインが止まってしまうので、我々はメーカーまで行って全部チェックして、合格品しか引き取らない。引き取りに行くのは、我々のペースで引き取りに行く。サプライヤーがどんどん持ってくると、ここに山ができてしまうんですが、我々は「ミルク・ラン」という方式で引



き取りに行って、物を入れていくというやり方でやっていた。

先ほど言った部品の洗浄はここですね。これはゴミを持ち込まないという意味で、ここが一番大事な所です。もう一つはトレイの管理をちゃんとしないといけない。それから、メーカーで部品をクリーンにして、クリーンパックに詰めてくる部品は、メーカー内でチェックできるシステムにし、工場には合格品しか入らないようにする。そしてそれを工場の生産ラインのスピードに合わせて、細かく分割して搬入する。数をやるということになると、こういうことをしていかないとスムーズに物は流れません。

これは論点ではないんですけども、従来の方式でやると16日だったのが、ミルク・ランで入れて細かく流すということで、3.5日に縮まったという、改善効果も出たということが言えます。

よろしいですか。

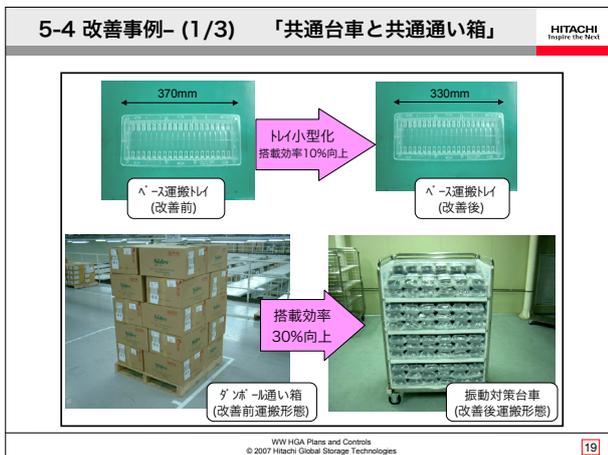
質疑応答・意見交換

◎ミルク・ラン方式におけるCO2について

千村 ちょっと質問させていただいていいですか。

ミルク・ランのトラックが外注さんを回って部品を集めてくるという方式ですが、局所クリーンの2つ目くらいの狙いはCO2削減だと思っているんですが、トラックの台数は変わっていないんですか。

加藤洋 従来は、サプライヤーさんがめいめいに持ってきたんです。そうすると、搭載量も満杯ではなくて、待っている時間がものすごく長い。入り口が1つで細いものですから、朝8時半くらいになると、トラックが工場の前に数珠つなぎになってしまう。それだっ



たら、我々が必要なときに、部品一個一個ではなくて、まとめて一つの組み合わせにして持ってこようと。それから、台車に看板をつけておいて、この部品をこの時間までに揃えておいてくれば、我々が引き取りに行きますというふうにしています。

④在庫が移動することについて

原 多少トラディショナルで意地悪な質問で恐縮ですが、サプライヤーのほうに在庫が移っただけ、ということはいかがでしょうか。

◎ 5-3 「ミルク・ラン」の概要 - (2/4)

加藤洋 それで、要求を看板にしているわけです。これは、サプライヤーを含めて、部品のストック数を減らす事が出来ます。不必要なものを作らないでいいですから。量産の場合、ものすごい数が流れますから、何かで止まったらサプライヤーも止めないと我々としては部品がどんどん入ってきてしまうんです。

原 そうなると、サプライヤーのほうにトヨタ生産方式を真剣にやらなければいけない、という話ですね。

指導しているわけですか。

加藤洋 指導しています。ラインがつながっている、その途中をトラックがつないでいるというふうにサプライヤーと同期生産をするわけですから……。

原 全体を一体化したシステムとして扱っているということですね？

加藤洋 そうです、セル生産方式をサプライヤーにもやってもらいました。

原 それは、そちらのご要求でサプライヤーがそういうふうに通じたということですか。

加藤洋 こちらが要求を出したのと、ノウハウも与えて、そういう設備も貸し与えてやらせていました。

原 わかりました。大変ですね。

加藤洋 部品不良でラインが止まると、上流を止めないと倉庫が部品で山のようになるわけです。部品を止めるためには、サプライヤーまでさかのぼって部品のトレースができないといけない。従ってサプライヤーも指導して、同じやり方をしてもらおうのです。

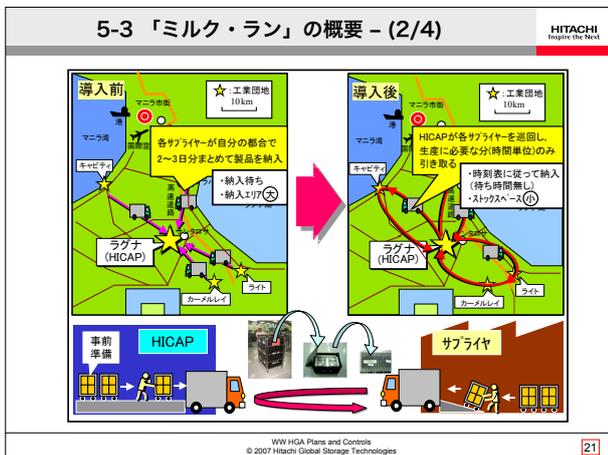
先ほども言ったように、いろいろな機種を各ラインで生産していますから、そこに間違いなく、対象の部品が届かないといけないんですね。ネジでも長いもの、短いものがありますから、間違いなく届かないとラインが止まってしまうので、必ずトレーサビリティのシステムサポートが必要になってきます。部品だけでなく、トレイや台車のトレースもできるようにしておかなければならない。

我々が一番苦労したのは、メーカーで生産した部品が、クリーンの環境で経路も含めて、それが確保されて届くかということ。だから、我々は自分で取りに行くことと決めました。

原 わかりました。

もし、そこまでやっていらっしやるとすると、一つシステムみたいなものですから、クリーン化自体を最適化するというのも、やろうと思えばできると思います。私などはいつも思っていることなのですが、容器にきれいなものを入れれば、外は汚くてもいいだろう。しかし開けたりするときに、ゴミがバツと散らばるといので、その容器もまたきれいなところに入れたらいいだろうということになります。そうすると、どんどん入れ子になっていって、結局、トラックをどうするんだ、という話になると思います。

加藤洋 将来的には、トレイも要らないようにしたいと考えています。その一部は既にやっているんです。



◎ 5-4 改善事例 (2/3) 「共通台車と共通通い箱」

従来、サプライヤーで部品を洗浄し、クリーンパックに入れて密閉する。そしてそのパックを段ボールに入れて、搬送し、私どもの部品倉庫に入る、そこで開梱して、パックを台車に乗せて現場に運んでいましたが、改善後は、台車の上に直にクリーンパックを乗せ、搬送し、現場まで直接台車で搬入するというやり方をしています。



さっき話した洗浄ですが、外側にサランラップが巻いてあるんですけれども、それをエア洗浄して、いったんクラス 100 のところに持ち込んで、サランラップを取って、次に中のトレイをエア洗浄してクリーンルームに持ち込みます。2段階になっています。

原 ですから、3回くらいやらなければいけないので、段ボールが汚れていないほうがいいだろう、とかいう話になりますね。

トラックの中をどういうふうにきれいにするのかということと並んで気になることは、トラックと建屋とのインターフェースですね。最近、食品工場などでは事例が見られるのですが、トラックがバックで入って、そここのところに建屋側から蛇腹みたいのが出てくるドックシェルターという方式があります。要するにトラックの中はクリーンだという考え方です。そちらの場合はこのようなクリーンルームが概念的には連結するような方法はできているのでしょうか。

加藤洋 工数を減らすために、このようにしたんですが、開梱や梱包したりするのに、ものすごく人手がかかるんです。そういうのを要らないようにしようということで、直接メーカーから入れさせて、ラインサイドに持ってくるという考え方をしたんですが、サプライヤーで洗浄カゴに部品入れて、ミルク・ランで配送する事や、巡回するトラックの中をクリーンにしておけば……という、そういう発想はありますし、やりたいと思っているんですが、まだそこに行っていません。

原 わかりました。

千村 究極は、我々もできていないんですが、洗浄機が小さくなって、組み立てる前の工程に来ると一番いいのだろうとは思っているんです。

加藤洋 ただ、部品を展開すると、ものすごく物量があるんですね。流れが止まらないようにどんどん入れ

ていかないといけないということと、間違いなく、そのラインに届かなくてはいけない。

千村 数と投資対効果と技術のトレーサビリティというか……。

加藤洋 先ほど教育の話とか定着の話があったんですが、我々もこれはフィリピンでやった例なので、フィリピンの作業者はクリーンルームなんて全然知らなかった。裸足で歩くと、ベタベタ足跡がついてくるとい状況から始めたんですけれども、やり方をどうしたかという、QC グループをつくったんです。QC グループにラインを立ち上げたら、全部チェックさせる。オーケーが出ないとそのラインを使ってはいけないという形にしました。それは、「こういうやり方をすればゴミが出ないね」という、そのやり方とかルートを定着させる。トレイを何回使ったら、必ずチェックして、もう一回洗浄してくださいとか、保証されるやり方を QC グループに徹底的に守らせて、ラインパトロールもさせる。

それから、ゴミの場合には、物の取り方——オーバーハンクして取らないようにする、こういうふうに（横から）取るとか、物の置き方も含めて、ゴミが出ないやり方を教えていくということをしました。

千村 そういう教育の活動なんですが、日立さんオウンの工場で立ち上げていったというイメージですか。

加藤洋 独自の立ち上げです。IBM はタイのほうに立ち上げていますが、同じようなことをされています。

千村 時間の関係もありますので、次にサンキョーさんはロボットが有名なので、クリーンルームに入れるロボットとして気をつけなければいけない技術があります。このお話をいただいて、「装置に求められるクリーン維持の技術」といったところに応用したいということで、このセッションを斉藤さんをお願いしております。

生産設備のクリーン化事例

斉藤 千村さんのほうから液晶ロボットでのクリーン対策の事例を見せてほしいというご依頼がありました。液晶ロボットの場合はそんなに大したことはやっていないんですけれども、一例としてご紹介させていただきたいと思います。

〔ビデオ映写〕



生産設備のクリーン化事例



日本電産サンキョー株式会社

私どもは液晶の搬送ロボットが事業の中ではかなりの主軸製品ということで、これは第6世代の液晶搬送用ロボットです。ここへ人が出てきますので、大きさが大体わかるかと思うんですけども、8世代のロボットで6mくらい、これは6世代ですから一回り小さいロボットなんですけど、こんな形でかなり大きなロボットになります。

運んでいる液晶のパネルが、厚みが $0.7\mu\text{m}$ 、今の8世代のものと3m角に近いようなガラス基板を運んでいます。ガラスが大型化するのと一緒に、微細化も進んでいますので、工程中のコンタミが品質にダイレクトに影響してきて、ガラス基板サイズが小さいところはコンタミが載っているようであれば、それを捨ててリサイクルすれば良かったのですが、このくらい大きいガラスになってしまうと、ガラスも捨て切れないということで、搬送に対するクリーン度の要求も厳しくなっています。

◎液晶搬送ロボットのクリーン対策事例－1

ビデオをいったん中断しまして、この液晶搬送ロボットは具体的にどんなクリーン度対策をやっている

のか、皆さん、かなり興味があるかと思うんですが、意外と大したことはやっていないです。

大きく分けて、2つのことをやっているんですけども、まず負圧シール構造ということで、上部にロボットが動くためのZ軸と呼ばれている構造があります。このZ軸というのは、私どものロボットの場合は、二段構造で、スライダで上下するような構造になっています。

ゴミの出る要素というのは、このカバーの中にあるわけです。Z軸もそうですし、アームもそうですが、カバーの中は駆動部がありますので、回るもの、動くものというのは必ずゴミを出します。そのゴミをいかにここにあるガラス基板上に付着させないかということが最終的な目的になると思います。

この負圧シール構造というのは、HEPAのフィルターを付けたFFUを、各軸の一番下の部分の排気口といいますか、吐き出し口を持っていて、中のコンタミをフィルターでろ過して、外へ出す。中全体を負圧にして、他のすき間からゴミが出ていかないような構造になっています。

これ(左の写真)が畳んだときです。ここの一番下のほうにフィルターユニットが付いています。

◎液晶搬送ロボットのクリーン対策事例－2

もう一つの仕組みとしましては、ベルトシール構造といいます。Z軸はスライダがありますので、スライダとカバーの間にすき間ができます。アームが上下するのと一緒にシールベルトが動きながらすき間をふさいでいるという構造になっています。

言ってみれば、これだけの構造なんです。大した構造ではないんですが、最終的にゴミを外に出さないというような構造になっています。

Sankyo -All for dreams

液晶搬送ロボットのクリーン対策事例

1) 負圧シール構造

HEPA FFU (Fan Unit) により構造体内部を負圧化。

↓

パーティクルの飛散を防止し搬送エリアのクリーン度を確保。



2

Sankyo -All for dreams

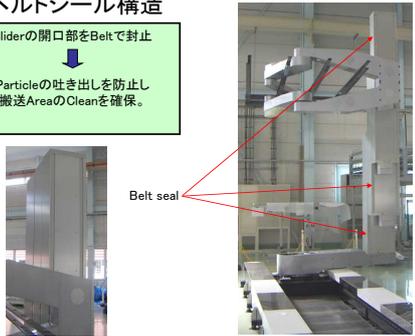
液晶搬送ロボットのクリーン対策事例

2) ベルトシール構造

Sliderの開閉部をBeltで封止

↓

Particleの吐き出しを防止し搬送AreaのCleanを確保。



3

Sankyo -All for dreams

設計上の特徴

- FFU仕様(1個あたり)**

風量: 2.26m³/min
HEPA Filter: 0.3 μm 集塵効率 約99.97%
- 負圧内部の容積変動**

Z軸はSlide typeで動作時の内部容積変化はゼロ。
又、特殊構造によりSliderの断面積が非常に小さく、
(Z断面積に対し1.6%)、Z軸内の気流をみだす量を
最小限に抑えている。

4

◎設計上の特徴

ここに若干の特徴が書いてありますが、風量が2.26m³/min、HEPAが載って、集塵効率、99.97%というようなフィルターをつけて、外にまき散らさないという構造になっています。

それから、さっき負圧と言いましたが、負圧の中が例えば容積変化してしまうと、ふいご構造で外へゴミを押し出してしまうことがありますので、Z軸の中の容積変化をゼロにして、常に一定の容積に保つ。それから、スライダーの部分のZ断面積に対して、1.6%が駆動部ということで、Zの断面積を見たときに、動く部分が非常にわずかです。したがって、ほとんど中の気体が風圧以外にトコロテンみたいに押し出す構造になっていないところか特徴かと思えます。

◎パーティクル測定データ (一例)

これは、実際にパーティクルを測定した結果なんですけれども、この測定ポイントはアーム軸の各関節の下の部分も測っています。下部の関節は当然駆動部ですから、駆動部の下はこすれ合って、ゴミが出る構造

Sankyo -All for dreams

パーティクル測定データ(一例)

5

Sankyo -All for dreams

パーティクル測定データ(一例)

6

なんですけれども、それを中へ吸い込むという形ですので、例えば0.3 μmで見たときに、最大値でときどき1個出るといことはありますが、0.5 μmでいけば小数点レベルというような形です。

ただ、ここに実際に1個とか出ているんですが、これはワークより下で測った場合です。ハンドの上面で測ったときには、0.3 μm、0.5 μm、この辺はすべてゼロ。0.2 μmが稀に観察されるかしないかというレベルのクリーン度です。したがって、クリーン度1に近い、あるいはクラス10という呼び方に近いような状態です。

◎第1世代のDTF (クリーントンネル内部に装置を設置)

これは部品事業のものづくりの事例なんですけれども、以前、私からちょっとご紹介したDTF (Desk Top Factory) というコンセプトでサンキョー社内のもづくり設備もやっております。これは海外でたくさん使われているんですが、第1世代のDTF、クリーントンネル方式というものです。

このクリーンブースは社内内で内製してまして、特

Sankyo -All for dreams

DTF 第1世代のDTF(クリーントンネル内部に装置を設置)

グレームへの設置において作業領域 Class100の清浄度の達成が可能
作業者空間もClass1000程度の清浄度を維持可能(作業者人数に依存)

作業機器、ユニットのメンテナンスは非清浄領域から実行可能

排気ダクト、空圧配管、電源といったユーティリティをトンネル内に設置(オプション)

7

徴はどんなところにあるかということ、作業が入る空間は真ん中です。これはクラス 1000 が維持されています。それから、実際にワークが流れる場所は、さらにもう一歩清浄度の高いクラス 100 という清浄度が維持されています。人が入るところはクラス 1000 ということで、人からのパーティクルもなるべく抑えつつ、ワークが流れるところは最大限にきれいな空間、ということなのです。

あと問題なのは、半導体の工場でもそうですけれども、サービスエリアが必ず必要になります。機械設備のメンテナンスをしたり、そういうことを作業員のエリアからやった場合は、どうしてもワークへの付着が出てしまうので、このクリーントンネルの外側は完全なグレイエリアで、グレイエリアから装置を搬入したり搬送したりという構造になっています。あと、配線・配管は、グレイエリアの中に別のトンネルを設ける構造になっています。

◎第2世代の DTF (製造装置と工場設備の融合)

これは以前ご紹介した第2世代の DTF ということで、究極のクリーン対策は全自動化なんですけど、そのときに大型の設備を生産するワークの大きさに合わせて小さくすることによって、一つはクリーンルームのフットプリントを最小限にするということです。

例えば、動圧モーターを月産 15 万くらいで比較した場合、従来の人が介在するファブの大きさが 150K に対して 60m²だったものに対して、自動化することによって 7m²くらいで実現できる。したがって、クリーンにする空間が非常に小さいので、環境負荷では 10 分の 1 くらいになるというコンセプトです。

ここで一番問題になったのは、この中のクリーン度をどうやって維持していこうかということでした。こ

れは一部では稼働しているんですが、先ほど千村さんと原先生から指摘があったように、ここの搬送がやはり問題になってしまうんですね。トンネル式で全自動で全部つなげようと思うと、相当の技術力がないととてもできないという課題で行き詰まっている部分もあります。

◎生産設備のクリーン度管理と対策の課題

課題をまとめてみますと、大きく分けて3つくらいあるかと思います。

1つは、「発塵源の特定と対策」。よく言われることですが、最大の発塵源は人間です。クリーン対策の究極は自動化なんだけれども、完全に自動化してしまうと、自動機の中で発塵しても物を作り続けてしまう。

あと、発塵箇所とそのタイミングの特定。先ほど千村さんのお話にもありましたけれども、クリーン対策はしているんだけど、どうしてもノコギリ型で、改善するとまた悪くなり、良くしてもまたしばらくすると悪くなってしまいます。ところが、それを時系列的に見えるようにしている例は非常に少ないんです。どのタイミングで悪くなったのか、何をやったら悪くなったのかというのが見えるようにしていく必要があるかと思っています。

それから、先ほどの液晶ロボットもそうなんですけれども、「機械は発塵するもの」という前提で、機械からの発塵をまき散らさない。それから、クリーンナップするというので、クリーン環境を維持していく必要があるのですが、そのときに接触ですとか、破壊ですとか、表面変化ですとか、こういうものが小さければ小さいほど、上の対策にかかる費用は安くなります。

それから、「ワーク表面への付着」。「クリーンルームの清浄度規格と良品率の相関性がないんだよね」と



Sankyo -All for dreams

生産設備のクリーン度管理と対策の課題

- 発塵源の特定と対策
 - 最大の発塵源は人間
 - クリーン対策の究極は自動化 ⇔ 発塵しても通り続ける
 - 発塵箇所とタイミングの特定 ~ 対策効果が見える化
 - 機械とは発塵するもの
 - 撒き散らさない、捕捉する、清浄する、ことで環境維持
 - 接触、破壊、表面変化 ⇔ 低発塵であれば対策が安く簡単
- ワーク表面の付着
 - クリーンルームの清浄度規格と良品率の相関性?
 - 気中コンタミの濃度、気流速度、滞留時間、沈着速度、付着率、静電気...
- コンタミの大きさと動き方
 - 現実には粗大粒子(10~100μm)が課題となるケースが多いが。。。
 - 表面コンタミの清浄度規格と適当な測定方法が無い。

というのは、けっこう耳にする話です。というのは、クリーンルームの清浄度規格というのは、気中のコンタミ濃度だけを言っているものですから、一部、気流の速度や何かも規定しているのですが、その他に気流の流れの滞留時間や沈着速度、付着率、静電気、いろいろな要因があって、クリーンルームの清浄度が高いから良品率が高いというふうにダイレクトにつながらないという課題があります。

あと、「コンタミの大きさと動き方」です。クリーンルームというのは、 $0.5 \mu\text{m}$ とか、 $0.3 \mu\text{m}$ で管理しているんですけども、現実的にはクラス 100、クラス 1000 の部屋の中に $10 \mu\text{m}$ 、 $100 \mu\text{m}$ というゴミがワークに付着してしまうという課題を持っているケースが非常に多い。

その一方で、気中コンタミの規格というのがあるんですが、表面についたコンタミの清浄度規格や、それをどう装置でどう基準で測るといって測定方法がまだ業界として特定されていない。一部、表面コンタミの清浄度規格をつくりましょうという動きが出てきているんですけども、この辺がなかなかうまくいかないということが課題かなと思っています。

意見交換

千村 ありがとうございます。

⑤ガラスを縦にして運ぶことについて

加藤洋 変な質問なんですけど、平面でガラスを持ち歩いていますね。エアの流れからすると縦型にという運び方は考えられないんですか。

斉藤 おっしゃるとおり、板物は縦に持ったほうがゴミがのっかりにくいというのはだれが考えてもわかることだと思うんですけども、生産設備のプロセス装置をつくるに当たって、縦型の成膜装置とか露光装置とか、そういうのが非常に難しいようなんです。ですから、よく「6世代から縦型になる」とか、「8世代から縦型になる」とか言われているんですけども、10世代になってもまだ縦型にならないですね（笑）。

加藤洋 生産設備側からということですね？

斉藤 そうです。

加藤洋 逆に、運ぶときは縦で、生産設備は横にするというのは？

斉藤 一部、そういう工程もあるようです。特にカセットから出すときは、カセットは縦型のまま、そこから縦に取って横に置くというところはあるようです。

⑥液晶工場の局所クリーン化について

長谷部 液晶工場の話が出たのでご意見を伺いたいんですが、半導体工場の場合の局所クリーン化はFOUPボックスでボックス内の空間だけきれいにしてクリーンルームのクリーン度を落とすという形が標準的になってきていますが、液晶だと基板が2m角と大きいですから、ボックスという考え方はあまりないですね。実際にやられている工場もないと思いますが、マテハンメーカーさんとして、今後、液晶工場の局所クリーン化を考えたときに、どんな形になるかというイメージはございますか。

斉藤 きょう、ズバリの適切な資料は持ってきていないんですけども、実は一部、局所クリーン化はされています。これはカセットローダーですが、ローダーユニットとこの後ろにあるプロセス装置は、そこはこういうセーフティフェンスで囲まれて、上にPFU(Fan Filter Unit)が乗っかって、局所クリーン化されているという工程はあります。

8世代や10世代になると、局所といっても、囲む範囲というか、容積がものすごく大きくなるんですけども、一応、局所クリーンというのはあります。ただ、半導体のFOUPみたいにカセット全体を密閉して局所クリーンにするということはやられていないです。カセット自体はすべてオープンカセットで、ストッカーからオープンのまま持ち込まれてというパターンです。

長谷部 装置自体と、その装置のローダー、アンローダーの部分は、クリーン局所化になってきているけれども、装置間搬送はまだオープンということですか。

斉藤 装置間搬送というのは、通常はストッカーといまして、走行路の上を走るロボットで装置間を搬送するんですけども、ロボットが走っているトンネル全体の清浄度を上げていますね……。

長谷部 その走行路の部分を局所的にクリーンにするという流れで、半導体のようにボックスという考え方はちょっと難しいということですね。

斉藤 はい、ないですね。囲む大きさがかなり大きくなるので、そこが難しいと思います。

あと、ストッカーに置いてある間は、先ほど加藤さ

んがおっしゃったように水平に置いているものですから、長時間置いていると必ずゴミは降ってくるわけですね。ですから、カセットの入った棚の中をいかにきれいに維持するかというのが、それこそ“見える化”という形で重要になっています。

長谷部 ありがとうございます。

加藤洋 ハンドのところだけ囲ってクリーンにするというか……。そうすると、クリーンロボットでなくてもいい(笑)。

斉藤 今はカセットから装置まで全体のクリーン度を高めている状況ですね。

⑦液晶のレトロフィットについて

原 2つほどコメントがあります。一つは液晶のレトロフィットです。G8、G10というのはシャープだけの話であって、ノートパソコンのディスプレイもそうですし、携帯用のディスプレイですとか、もっと小さなものもありますね。わりと小さなものをたくさん作る液晶工場もまだ十分あるわけです。その辺のレトロフィットというのはどうなのでしょう。皆さんからコメントをいただきたいですね。局所クリーン化と融合的な話なども含めて。

斉藤 テレビの小型のパネルというのは、8世代の投資がメインで進められていますけれども、一部、効率を求めてもうちょっと前の世代の5世代、4世代、特に中国に新しいファブをつくるようなときは、第5世代くらいで工場投資をしているケースが多いです。もっと小さいパソコンですとか携帯ですとか、小さいディスプレイについてはメーカーがある程度棲み分けされていて、日本だとエプソンさんとかそういうところでやられていて、各社パネル世代でいうと3.5世代から4世代くらいの比較的小さなラインになっています。同じパターンで増設というケースが多いようです。

原 もう一点は、それと関連があることですが、G10世代くらいになってきますと、マザーガラスが大きくて、結局、局所クリーン化するためのボックスタイプを導入するには無理があるように思います。私が個人的に言っている考え方ですが、液晶も取れ枚数を何枚取りです、などと言わないで、1枚取りでいいのではないのでしょうか。つまり、ノートパソコンならノートパソコンのディスプレイの大きさを初めから作れば良い。そうすれば、局所クリーン化できる密閉搬送箱

に入りますね。それなのに、なぜこんなにかいもので作らなければいけないの、という、同じ話なのです。

半導体のほうは小さなウェーハについては抵抗感がまだありますが、液晶業界に行ってその話をすると、わりとすんなり理解していただけるところがあります。なぜなのかと思ったら、「もともとテレビというものの自体が多品種なんですよ」と商品をよく知っている人はおっしゃいます。昔、テレビがブラウン管の時代に、赤が鮮明なほうがいいのか、争った時代がありました。それに、テレビでは、個人の嗜好がけっこう強いということがあります。また、国別にどういレベルのテレビがいいのかというのは仕様も大分違うようですね。テレビが一回成熟した時期があったということもあって、表示装置のものづくりについては、変種変量とでもいいでしょうか、きめ細かな商品仕様の多様性については、わりと認識が進んでいるみたいなのです。それで、「後(工程)で切るようなことはしないで、初めからガラスでその大きさを作ってやれば」ということについては否定される方があまりいらっしやらないのです。だからといって、そういう新工場が建つわけではないのですけれども……。

例えば、斉藤さんはそういうことについてどういご感触でしょうか。

斉藤 半導体と比べてプロセスが圧倒的に少ないですから、バッチで作ったほうがコストダウンがしやすいという面があるのかなという気がします。

品種の切り換えが、「このテレビメーカーのこの機種」となると、連続で流れる場合が多いんじゃないでしょうか。その辺、私はあまり詳しくないんですけど。

原 例えば、液晶についても、なぜいつも1280×1024という精細度なのだろうということがありますね。縦横両方2倍、2倍にしたら、ほとんど小説を読むような感覚で、もっと小さな字で、ただどはっきり見えるものができるのになぜ作らないのだろうな、と思うわけです。恐らく取れ量を気にしているわけです。とても大きなマザーガラスでつくっているから、経営判断で売れるかどうかわからないような、オタクにしか売れないようなディスプレイは作りたくないということになっているのだろうなと思います。古いほうの世代の工場の人たちは、そういう最新鋭の微細加工、デザインルールというか、液晶のドットの解像度について踏み込んでいこうとしないというところがどうもあるような気がします。

以前、あるディスプレイメーカーの本社を訪ねたこと

があります。そういう私の意見をぶつけて、あちらの方と議論しました。「作ってみたい」という意思はおありになるようでした。組み立てレベルについては、セル生産そのものをかなり進歩させて、必要なときだけパーツと作っている。特に、医療用のディスプレイですと、1台、100万円とかいう値段のするものがあるようで、それをお医者さんから注文が来たときだけ、おばさんがパツパツと棚から下ろしてきて作っちゃう。そういう笑ってしまうような商売がけっこうあったりします。これは組み立て工程の話で、組み立ては、そうやってできるのです。だけれども、前工程のほうは、やはり半導体的になっていて、設備投資型なのですね。ですから、そこのところもちゃんとやれば、もっとおもしろいディスプレイができるはず、とは思っています。

斉藤 確かに、例えば有機ELのディスプレイとか、あれはまだ基板サイズが小さいものですから、枚葉でつくっている。しかも、プロセスチャンバーもバッチではなくて枚葉チャンバーを使うということはあるようです。

原 そうすれば、局所クリーン化もわりとすんなりできます。そのまま一個流しでいけるような気がしていますね。

斉藤 ここ数年、液晶市場というのがテレビの大型ディスプレイがメインになっているものですから、どうしても大量生産志向という形になっていると思います。それがある程度一巡して、市場が埋まって、リブレースでもうちょっと付加価値の高いものとか、そういう市場が生まれてくれば、体系はちょっと変わってくるのかなと思います。

原 そうですね。現に、ウルトラモバイルPCと言っている、新しい範疇のものが最近できてきています。今このサイズですが、5.6インチくらいで、解像度が1280×800ドットとか、ものすごく高精細なドットのパソコンが市場に出てきていますね。そんなこともあるので、おもしろいものをもっと作ればいいのかという気はしています。

そういうおもしろいのは、けっこう立ち上がってきているんじゃないですか。

斉藤 そうですね、いろいろなニーズが出てきていますので、付加価値の高い、この間、ソニーさんが発表した商品とか、いろいろなものがこれから出てくるんじゃないかと思います。

薄膜の液晶というのも、今、設備投資があるところ

まで行って、しばらくは追加設備は要らないかなというくらい、在庫がだぶつき気味なんですね。これから中国市場とかBRICsへどんどんとテレビが普及していったら、その一方で、もうちょっと付加価値の高い商品がいろいろ出てくるのではないかと思います。

今、まだまだ液晶って高すぎるんですね。片や、同じような技術を使った薄膜系の太陽電池は、はっきり言って「ロボットは高すぎて使えないよ」と言っているんです。液晶は付加価値の高い商品なのでふんだんに、とにかく垂直立ち上げで大量製品を一気に始めるということでロボットを使うんですけども、太陽電池の場合には、もうちょっと微細化が粗くていいというものもあって、ロボットを使うのは最初と最後だけ、あとは全部ベルトコンベアで流すというのが薄膜のどちらかという主流だというふうに聞いています。

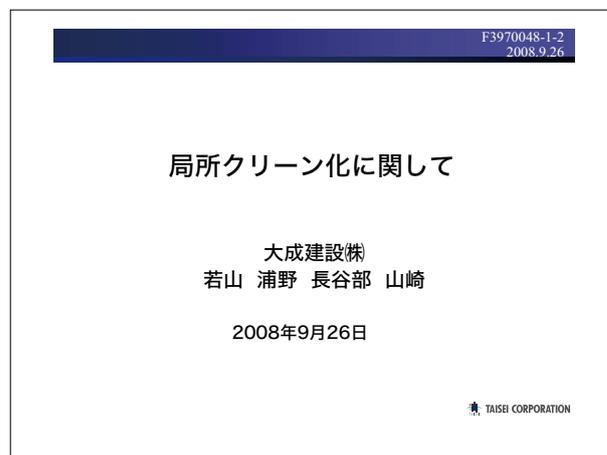
加藤洋 液晶で使っている世代の切り換えた後のラインを使って太陽電池をやるということはないんですか。

原 似たような発想として、シャープの今度の堺工場は太陽電池と液晶を両方やるということで共通化しようとしていますね。

千村 どうもありがとうございました。この後、総合的にクリーンルームをどうするかということで大成建設さんのほうにお話しいただいて、まとめに入りたいと思います。

局所クリーン化に関して

若山 クリーンルームの局所クリーン化の状況について、過去の話も少し入れながらお話ししたいと思います。



◎クリーンレベルとクリーンルームの変化

こちらは原先生のほうでまとめられた、縦軸がクリーン度で横軸が西暦の年度になっています。クリーンルーム自体は“どんどん汚くなっている”という言い方は変なんですけれども、ゴミの管理に関してはラフになってきています。実際に、2000年頃は全面層流型の非常にきれいなクリーンルームを皆さん取り入れられていた。しかし現状はかなりラフになってきています。今後のトレンドとしては、「一般室にほぼ近いような空間の中でのづくりをやっていくだろう」というふうに言われています。

では、クリーンルームの仕組みとしてはどういふふうになってきたかというのと、2000年前後くらいの「スーパークリーンルームクラス」と言われているシステムは、クリーンルーム全体を非常にきれいな空間にしようということで、クリーンルームを天井面全体にULPA フィルターを搭載して、これはファンがついているULPA フィルターですが、部屋全体をグルグル回そうというクリーンルームのシステムでした。その中に半導体製造装置を置いて、ここで人が作業する。この時点では、あまりSMIF ボックスだとかFOUPだとか、そういったような概念はあまりなくて、一部、アシストがSMIFをやりはじめたくらいのところでした。

それから少したってから、ベイ方式だとか、スルーザウォールと言われる方式が出てきまして、装置のバックヤード側というか、裏側の部分のクリーンクラスをある程度落として、基板が流れる周辺を、場所によっては60cm くらいの幅に狭めて、ここだけをきれいにしてしようという、いわゆる一つの局所クリーン化という話が入ってきました。

現状、一番多くやられているのはミニエンバイロメントの形で、クリーンルーム自体はISO でいうとク

ラス 5、6、このあたりです。FOUP のボックスを使って、移載装置を介して装置でプロセスをやる、FOUP でまた戻して、他の製造装置のところに行くという形がとられています。

では、こういったところではどういうシステムに行くのだろうか、ということなんですが、まとめてみると、クリーンルームの清浄度はどんどん落ちてきている。ところがプロセス空間の清浄度は非常に高度化してきています。極端な言い方をすると、プロセスごとに求められる空気の質も変わってきている。プロセスによっては、例えばCMP とか、そういったものに関しては他のプロセスに影響を与えないように、独立した部屋になってきています。

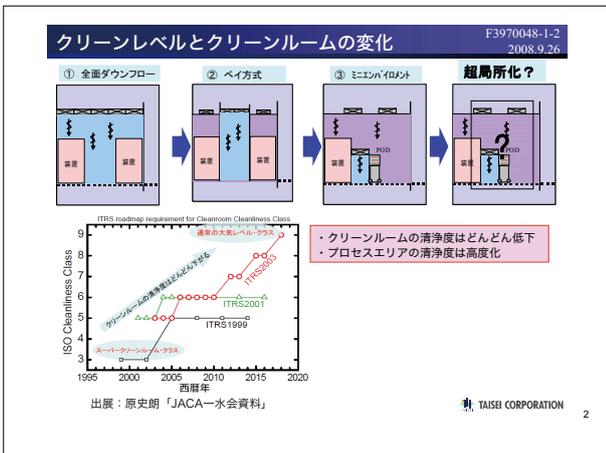
では、次は超局所化に行くのか。おそらくそうなるのではないかと私は個人的に思っています。

◎ボールクリーンルームの課題

現状の問題点もけっこうあります。今やられている、クラス 6～7 で FOUP などを使うやり方を“ボールクリーンルーム”という言い方をするんですが、課題としてはボックス自体にもまだまだ改善する余地があります。圧力の問題やゴミの問題など、こういったものがまだあります。

それから、「室内温度のゆらぎ対策」と書いてありますけれども、空調の乱流等がありますし、部屋自体はけっこうクラスを落としてきているので、装置を詰め込んでいるメーカーさんなんかもあるという話も聞きます。

結局、こういったような（ミニエンバイロメント）のクリーンルームにすると、部屋全体の循環回数としては落とせるんですね。ですから、もちろん省エネの方向に走っているんですが、装置をどんどん入れてい



くと、装置からの発熱がばかにならなくて、結局、冷却コイルに負荷がかかって、循環回数を上げなければいけない。ですから、クリーン度はいいんだけど、熱の問題で循環回数を上げなければいけないとか、けっこう馬鹿みたいな話になってきています。もったきちんと空調の負荷も考えて省エネをやる、装置断熱も併せてやる、余分なところをきっちり対策を打ていかないといけないね、という話がはじめてきています。

それから、先ほど言ったように、「製造環境の安定供給」というか、こういう表現がいいのかどうかちょっとわからないですけども、空気の質ですね。それはゴミのレベルだったり、ケミカルなレベル、それから温度や湿度だとか、水分の問題が非常に重要になってきます。

それと、線幅やデザインルールがどんどん小さくなってきて、ますます微細化への要求が高くなってきます。こうなってくると振動の対策、微振動の対策が非常に高度な要求をされてきます。そうしたときに、全部が同じ空間でいいのか、全部が同じ床性能でいいのかという問題が出て来てきます。

◎局所空調ユニットを用いた化学物質制御クリーンルーム

一つ事例なんですけども、こんなことをやり始めているメーカーさんもあります。

部屋自体は、ボールルームです。一般的に、今のFOUPのシステムですと、製造装置の上にケミカルフィルターを搭載しているケースが多いです。ケミカルフィルターというのは化学物質を取るようなフィルターです。その下にULPAフィルターという除塵用のフィルターを組み合わせる、そういったようなシステムで回しているところが多いのですが、そうではな

くて、局所的な空気を処理するようなユニットを入れて、そこからダイレクトで生産装置に空気を送り込んでやろうという取り組みです。

ここに送っている空気のレベルとしては、アンモニアや有機物がほとんどないような空気をつくって、しかも温湿度も確実にコントロールして、いつも同じクオリティの空気を局所的に送る、こんなようなシステムを最近やり始めているところが出てきています。

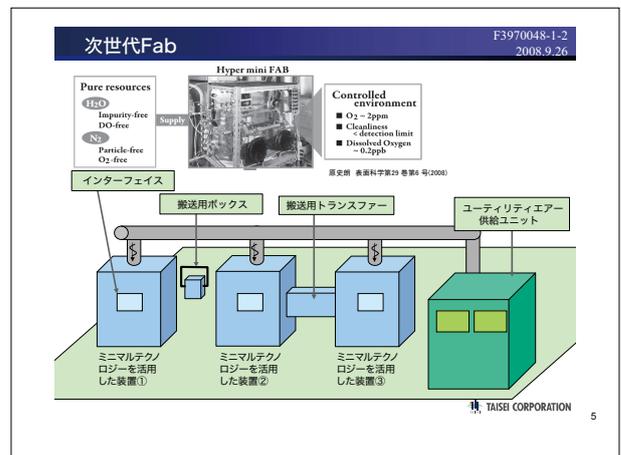
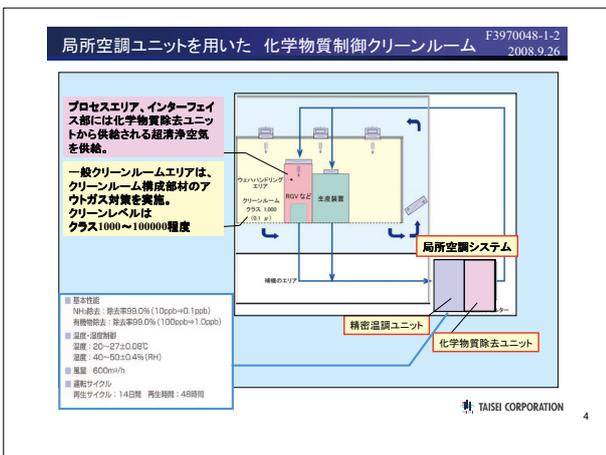
◎次世代 Fab

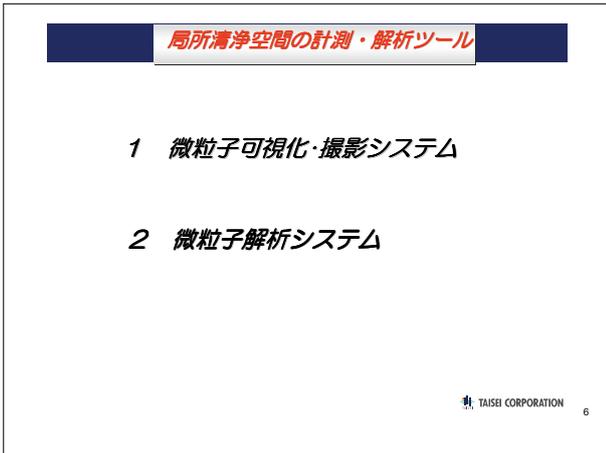
これは私の個人的なものですが、原先生のところで見せていただいた装置がインターネットに出ていたもので、ちょっと張らせていただきました。

先ほど言ったような、空気もユーティリティの一つとして考えていくべきだろうということで、こういったユーティティアを供給するユニット。それから、ダクトになるのか、部屋自体のチャンバーみたいなものを使うのかちょっとわからないですけども、個別に供給する。

これは、1種類である必要はなくて、プロセスに応じた、適切な空気を送れるようなものを置いてやればよいと思うんです。先ほどもありましたけれども、場合によってはトンネルがよいような気もします。例えば、ドライエアーを使うようなものはトンネルがよいような気がしますが、あとは搬送用ボックスをうまく組み入れていくのがこれからの時流になるのではないかと、というふうになんか思っています。

今後、こういうふうになるのではないかと考えているんですけども、先ほど“見える化”や気流、シミュレーションみたいな話があったので、我々のほうで取り組んでいる事例がありますので、その辺を紹介したいと思います。





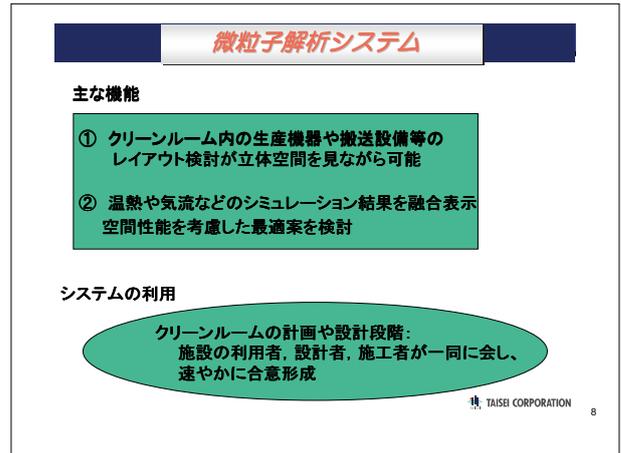
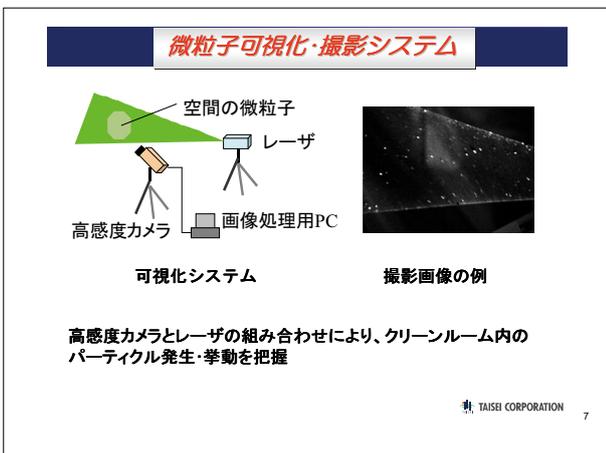
◎局所清浄空間の計測・解析ツール

浦野 コンタミについて“見える化”ということで、実際にコンタミはどうなっているかということ工場を可視化して撮影するシステム、それからシミュレーションシステム、この2つのシステムで、先ほど千村さんの話にもありましたように、現実はどうであるか、投資してどれだけの効果が得られるか、そういったことをわかるようにするツールということで、今回、プレゼンいたします。

◎微粒子可視化・撮影システム

可視化して撮影するシステムとして、一つはこういったものを作りました。レーザーで空間を照射しまして、それを高感度カメラで撮影し、画像処理をします。高感度カメラとレーザーの組み合わせによって、クリーンルームの中のパーティクルの発生、挙動などを、条件が良ければ0.2 μ m以上のパーティクルを処理して撮影できるということです。

◎撮像画像の例



こんな画像ですが、手袋を着用した場合と着用していない場合で、着用した場合はたまにしか微粒子は発生しないですが、着用しないとかなり微粒子がここに出ている様子がわかります。

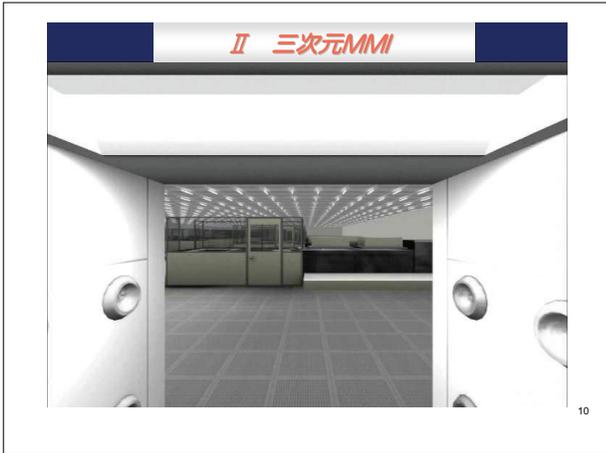
技術が未熟で、白いクリーン服を着ているんですが、黒い服でないとよく見えないですね。真っ黒いクリーン服というのはなかなか売ってなくて（笑）、紫色で妥協せざるを得ないようです。

◎微粒子解析システム

次にシミュレーションですが、シミュレーションの結果をきれいに“見える化”したい。そのためにきれいなバーチャルリアリティを使って、素人にもわかるような絵を作ろうということです。

クリーンルーム内の生産装置や搬送設備等のレイアウト検討が立体空間を見ながら可能、それから、シミュレーション結果を融合して表示して、最適案を検討したいということです。システムの利用としては、ここにいらっしゃる皆さんのようなプロだけではなくて、素人の方にもわかるような絵を出していきたいということです。





◎II 三次元 MMI

例えば、例として、三次元 MMI (Man-Machine Interface) で、中にある部屋を見ながらレイアウトの検討をしたいということです。

◎III レイアウト変更機能

工場の生産装置がたくさん並んでいる中を歩いて、中はどうであって、レイアウト変更はどうであるかという検討も行えるということです。生産装置の位置変更やアイリッドの追加などの変更も行えます。

◎IV 空調方式の変更

空調方式でどれだけ気流が変化するかということもわかるようにしたいということで、今回、デモ用の非常にわかりやすい例として全面整流方式と乱流方式で、どう気流の流れ具合が変わるかといった例を表示した例です。

全面整流方式では、かなりきれいに上から下に流れる。これが乱流方式になりますと、ここから流れた気流がかなりグチャグチャに流れています。ここで吸い



込んでいます。

⑧シミュレーションと実態の差について

千村 途中で申しわけないんですけども、こういうシミュレーションの画像だと思うんですけども、実際にこういう風を出すようになるということですね？

浦野 シミュレーションでこの部屋全体の気流の風速分布を出して、その結果で気流の動きを表示しています。

千村 こういった解析というのは、実態とほぼイコールという理解でいいんですか。

我々もいろいろな分野でシミュレーションをやるんですが、シミュレーションと実態がまだかけ離れているということもあって……。

浦野 かけ離れている原因は、例えばどれだけの空気が吹いているかという想定ですね。実際に施工してしまうと、ここここでも風速の差がどうしても出てくるということはどうしてもあります。その差によって、事前にシミュレーションされた結果と実際の工場で若干違うということはあります。どうしても施工の精度があります。

原 煙で可視化して、ある程度これとどのくらい違うのかというような検証はされているわけですね？

浦野 はい。基本的には、入力した前提条件が合えば、もうかなり……。

原 一つ質問です。三次元の流体解析のことなのですが、メッシュの数はそれほど多くないのですね、ポイントの数とでも言いましょうか。

浦野 数十万くらいです。

原 そうですね。だから、流れは大体あんなふうにな

るけれども、ディテールの構造については多少表現できていないという感じのイメージでよろしいですか。

浦野 今の解析は、部屋全体の解析をしていますので、この中はかなり粗くなってしまいます。ところが、いったん全体の解析をして、中のみ解析するという場合はかなり細かくなっています。

全体の解析をしたので、前の絵（IV空調方式の変更）に戻ると、気流が偏流しています。なぜ偏流したかという、これは部屋全体の解析をしたので、機械の配置が均等でないので、天井は全面にきれいに吹き出しているんですけども、床の吸い込みは、機械のあるところは吸い込まれていない。その位置が部屋の場所によって違うので偏流している。実際の工場にもそういうことがあると思うんですけども、シミュレーションでもそれが出てくるということです。

局所対策をすると、この中はきれいに流れるということ。中から出た後は乱れて、吸い込み口に向かうということです。

◎V 静電気・微粒子解析

先ほど齊藤さんから微粒子の大きさの話があったと思うんですが、気流のシミュレーションだけではどうしても微粒子の挙動には不十分だということで、微粒子自体の大きさや挙動の把握をしなければいけない。

あと、それに対して静電気の影響もある。そういったものを加味してシミュレーションしようということで、CFDの結果と静電気の結果の両方を合わせて、微粒子の挙動をシミュレーションしたのが次の絵です。



◎V ガラス基板

この青いのが気流の分布です。このガラス基板に静電気がある場合とない場合で計算しました。

◎V 静電気・微粒子解析

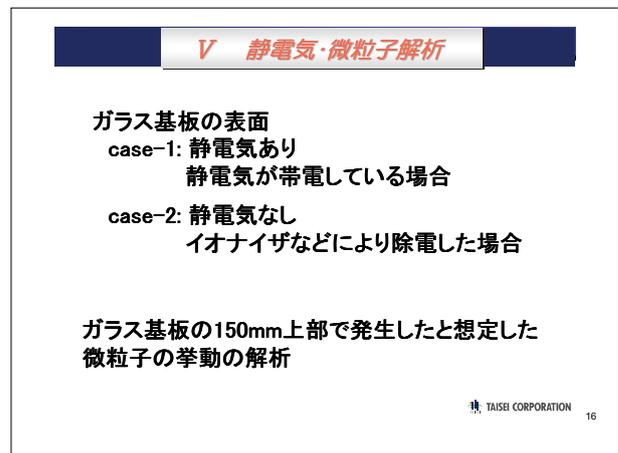
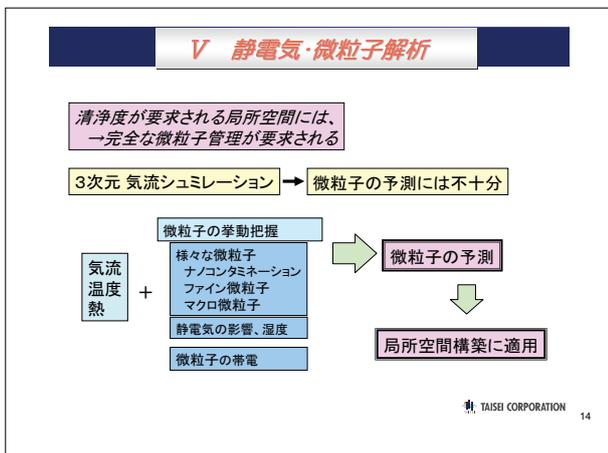
ケース1は静電気あり、ケース2は静電気なし、イオナイザーにより除電した場合ですが、除電して静電気がなくなったということで、イオナイザーから吹いている風とかは今回は考慮していません。

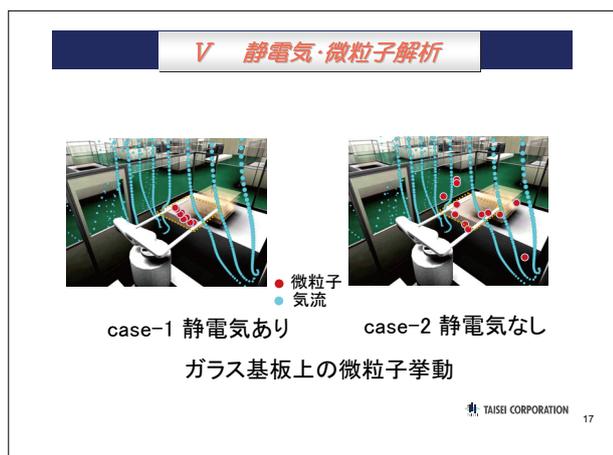
それから、ガラス基板の15cm上部で発生したと想定した微粒子の挙動の解析をした例です。

◎V 静電気・微粒子解析

これは静電気がある場合で、ガラス基板でこういう静電気の分布がついていて、これが微粒子です。ここから発生した微粒子が基板に付いてしまった。気流はこういうふうに左右に分かれているんですけども、微粒子自体はガラス基板にくっついてしまう。

次に、静電気がない場合です。静電気がないと、発





生じた微粒子は流れ去っていきます。

今回、例えば基板のロボットの動きの影響とか、そういったものは加味していませんので、そういったものを考慮したり、精度の向上とか、それからシミュレーション技術もさまざまあると思うので、どんどん高度化させていきたいと考えています。

⑨シミュレーションの条件について

加藤洋 今回のシミュレーションというのは、クリーンルームの条件は一定にやっておいて、そこで障害物を置く、それを動かしてみる。そうすると、シミュレーションというのは動かすものの実態をその中に置けば、そういうシミュレーションが出てくるんですか。

浦野 今回のシミュレーションは、物は動かしていません。動かしてもできます。

加藤洋 そういうプログラムでできるんですか。

浦野 できます。

加藤洋 その都度、データをインプットして作るのではなくて、例えばロボットという物を置けば、ああいうのが出てくるんですか。

浦野 ロボットの動きみたいなものを最初から入力すれば……。

加藤洋 入力というのは、実験でやるみたいに、物の形として入れればシミュレーションしてくれる、そういう構造ですか。

浦野 形状をきちんと入れれば。

加藤洋 実験室で実験するような感じでできると？

浦野 そうですね。

加藤洋 それはおもしろいですね。

原 精度と濃度がどこまでいくかというのがわりと問題ですね。

計算するのにけっこうかかるでしょう？

浦野 ええ。

原 計算量はどのくらいのイメージですか。

浦野 時間的にですか。

原 素人がわかるような感覚では？

浦野 数十万のオーダーでは苦しいなというクラスです。数百万か、あたりの……。

加藤洋 実験をやるより安くできる（笑）。

手間がかからず安くできるシミュレーションだといいですね。入れるのも、“ロボット”というアイコンを持ってくれば、すぐシミュレーションできるとか。

浦野 そういうのができればいいですが、なかなか難しいですね。CADのデータもそのまま入れるのではなくて、入れ直して……。シミュレーションのメッシュのほうがCADのデータよりもう少し粗くしないとできないので、CADに沿ってまた線を入れ直して、かなり空間にメッシュを切るのを、要は手作業でやるようなイメージなんですね。

⑩減圧下のシミュレーションについて

駒形 大成さんは、大気圧下のこういう流体シミュレーションはやられていると思うのですが、減圧下のシミュレーションはやられたことがありますか。

ちょっと話はそれるのですが、プロセスチャンバーの中で、減圧下でいろいろな加工をするときに、パーティクルの挙動はどうなっているのか知りたいのです。けれども、減圧下のときには、連続体として扱えないので、誰に聞いても、「それは難しいです」という返事しか返ってこなかったんです。

浦野 減圧は、経験はないです。現在やっているシミュレーションは連続体が仮定されていますので、そうでないものは、今のところ、こちらもできません。ただ、連続体近似でよろしければ、経験がないにしてもトライはできます。

原 それに関連して、これは連続体としての流体解析だから、ブラウン運動とかそういう要因は入っていないわけですか。

浦野 微粒子の挙動をお見せしましたけれども、その

ときの微粒子のブラウン運動的なものは若干入っています。気流の影響を受けて、微粒子が真っ直ぐ飛ぶのではなくて若干ブラウン運動をしながら飛ぶ、そういう影響はあります。

原 もうちょっとピクチャーを変えて、真空の中に分子が飛んでいるようなイメージにしてくると、減圧下でのシミュレーションは将来的にはできないわけではないのではないかと思いますが……。

浦野 できる可能性はあります。

◎次世代 Fab への課題

若山 今後ということですが、こういったモデルを考えていったときに、いろいろな項目があると思うんですけども、例えばユーティリティ、エア、ガス、水、こういったものはどういうものが必要で、そこでどういう問題点があって、どういう課題があるか。あと、ファブだとか、ルームはどういう形態であるべきかとか、あとは搬送、インターフェース、CIM、こういったものがどういうふうにあるべきか。

それから、製品ごとの特性ですね。例えば、シリコンデバイスだったり、ハードディスク、精密加工だったり、それぞれの分野にわたって、こういったような最終的な課題抽出で、どういう取り組みをするかというところに今後持っていけたらいいなというふうに感じています。

まとめ

千村 時間になりましたので、最後、まとめさせていただきます。

クリーン技術に関しては、これは私の主観になってしまうのですが、今ある技術的な課題は結構見えていて、それを解決する時間軸は別途、課題かもしれません。多分、デバイスメーカーさんはこういうところを目指したとすると、今のインフラを全部変えていかなければいけないということも出てきます。先ほどのレトロフィットの話に通じるところもあるのかなという気もしています。

要は、これを狙うと技術は上がるんだけど、今の製造をどうしてくれるんだ、という問題も出てきて、そうなったときにこの議論はもっと盛り上がってくるんでしょう。「すぐには変えられない」という立場からすると今の時点ではまだ議論が足りないかなという気がします。

一応、クリーンのセッションはこれで終わらせていただきたいんですけども、よろしいでしょうか。

⑪ミニマルファブを想定した課題について

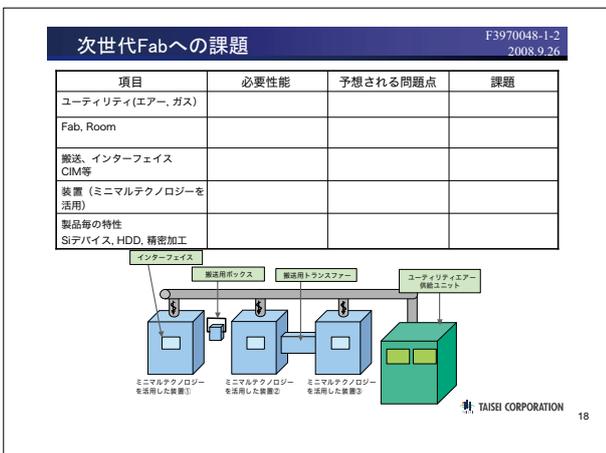
久保内 基本的に、これはミニマルファブを想定された課題というふうに考えていいと思うんですけども、それ以外に製品のアプリケーション別に、例えば Next Generation Fab とかレトロフィットとか、そういうところで局所クリーン化に対する課題とか、応用は何かないんでしょうか。従来の局所クリーン化、クリーンセルだとか、そういうものだけで十分なのか。

若山 今の延長でいくと、ボックス搬送みたいなところが主流になってくるのかなと思うんですが、それだけではなくて、個人的な見解なんですけど、くつつけられるようなところはくつつけたほうがいいと思いますし、分けなくてはいけないところは分けていく。あとは、先ほどもちょっと言いましたが、局所化することによるメリットを最大限に生かすために、装置とクリーンルームだとか、空調系だとか、そういったようなものを一体として捉えつつも、うまく入れ替えまで踏み込んだようなシステム構築が必要なのかというふうに思います。

先ほどもちょっと言いましたが、局所化をやって装置を入れて、省エネのバランスがずれてしまうとか、そういうようなところをもう少しうまくバランスをとって、解決していく方向が一つあるかなと思います。

原 私もコメントしていいですか。

いろいろな人たちと局所クリーン化について話をしている感覚でいいますと、具体的に今のシステムにつ



いて課題は当然あると思っています。従来の高性能クリーンルームでは、グレーティング床を設置して、そこに排出するようになっているわけです。ところが、局所クリーン化が進んでいきますと、排出する口が床面積の10分の1くらいになってきます。そういう工場も出てきています。

そうしたときに、気流が乱れるということが一つあります。今、前室では真下に空気を排出するようになっていますが、そこからまた別のところに持っていかなければいけないということで、上から HEPA フィルターで取り込んだ空気をどう排出するかということは、体系的に考えていかななくてはいけない問題の一つです。

それから、さっき熱の問題をおっしゃいましたが、熱を局所的に扱うのか、全システムの中で扱っていくのかという問題は、必ずや、これからどんどん厳しい課題になってくるのかなというふうに思いますし、いろいろな人と議論するとそういう話も出てきます。

あと、搬送中の温度制御が今のところできないので、そこをどうするのか。装置だけは完璧に温度制御しているのですが、搬送のときだけ野放図になっていることがあります。室内でコントロールしているから、それでいいだろう、と開き直すことはできますが、温度の局所制御をどう考えていくかという問題があります。

あと幾つかありまして、ガス制御というのがやはり出てきています。私は2000年くらいから「半導体工場の中のガスをきちんとコントロールすべきだ」と言ってきました。最初は業界の人たちに笑われていたのですが、海外のメーカー、TSMC などでは200mm時代から搬送中のガスをコントロールすることをやっているわけですね。海外のかなり大手の10メーカーくらいは、ガスコントロールを前からやっています。日本のメーカーだけやってこなかったのです。そのところを窒素化するというニーズはこのように前からありました。しかし、最近では、セミコンジャパンで開発品が出品されている事例で申しますと、日本でも、TDK やもう1社くらいは、ガスをきちんと制御できるロードポートを既に開発しています。

そんなことで、窒素パーセント化とか、完全な意味での湿度を下げた空気とか、そういったもので搬送するという機運はかなり高まっているのかなと思います。そういう必然性はハードディスクのヘッド工程などではもともとあるように思いますし、シリコンウェーハの場合にも出てきているのかなという感じはいたします。

あと、“見える化”をやっていないという課題があります。搬送中の“見える化”、前室部分の“見える化”を全然やっていませんね。最初に一回チェックして、それでおしまいということなので、もうちょっとローコストなセンサなどをつけて、搬送中にもチェックしていくことはあり得るのかなと思います。なぜ、それを言うかということ、せつかく局所クリーン化にしているのに、洗浄工程が減っていないという……。箱に入れてきちんと運んでいるのだから、なくせばいいんじゃないかということになるはずですが、そこは全然減っていないのです。洗浄のコスト、処理時間は随分と多いのですから、その辺は課題としてはあがってくるのではないかという印象を持っています。

ただ、今、Next Generation Fab を検討している皆さんが搬送系の方だったり、全体的な話からして、ちょっと偏っている感じがしまして、今申し上げたようなところが課題にあがってきていないのではないのでしょうか。もうちょっと全体的に、クリーン化の人や、建設会社も含めていろいろ議論すればいいのではないかと思います。デバイスメーカー中心にやっていると、どうしてもプロセス中心の話になってきてしまうという感じがいたします。それで、今、私が申し上げたようなことが課題として入ってきていないのかなという感じがします。

久保内 多分、極論で議論していないものだから、そういうところまで行き着かないと思うんですね。従来の延長線上で話していれば、多分そこまで議論が行き着かないような気がします。

千村 一木先生にこの後まとめていただく予定だったんですが、時間がいっぱいになってしまいましたので、今の原さんの言葉でこのセッションを締めさせていただきます。

どうもありがとうございました。

—第3セッション 以上—

第4セッション 「環境負荷低減」

池田（司会） おはようございます。産業技術総合研究所の池田です。きょうの朝から参加させていただいた司会なのですが、修学旅行に途中から参加するような感じです。きょうは2日目のセッションということで、「環境負荷低減」というテーマで、皆さんで議論していくことになります。

最初に、10分ほど、簡単な前置きをさせていただきます。

◎全体の流れ (2hr)

全体の流れをこちらに示しております。

最初に、環境負荷というのはそもそもどういうものかという定義は、皆さん、それぞれ違うわけですが、それについて一言お話した後、東芝大分さんのほう

から省エネ取り組み、大成建設さんから省エネ対策、CKDさんから低圧損の製品の話をしていただきます。最後に横河さんから省エネに関する取り組みという4つの話が終わった後、ディスカッションを1時間弱とっております。環境負荷と生産性の両立にはどういった問題があるのか、技術手法や動機に関してもどうか。あとは設備投資と回収について議論できたらと思います。この順番でなくても構わないのですが、生産工程における消費電力はどうであるか、次世代ファブでは環境負荷という観点からどういう話をしていかなければいけないのかを最終的にまとめて議論できればと思います。

◎環境負荷低減とは？

最初に、環境負荷低減とは何か。私もネットで探したり、ちょっと勉強させてもらいましたが、結局、自分の頭で考えなくてはいけないということに気がつきました。私なりの考えなのですが、環境負荷の厳密な見積もりをしようと思ったら、空間スケールや時間スケールを限定しないとそもそも話が通じないと考えます。しかもそれはすべての人間の活動要素に関する部分をコストに換算しなくては、厳密な意味での環境負荷がどういうものかわからないと思います。これは、皆さん、よくおわかりのとおり、不可能なのです。

そういうものに関して議論するということですか

このスライドは、会議のタイトルと日時を示しています。上部には「AIST エレクトロニクス研究部門」のロゴと「27 Sep.08 @ AISTさくら館」の情報が記載されています。中央には「集中討議 テーマ「環境負荷低減」」と大きく表示されており、下部には「ファブシステム研究会」と「国立研究開発法人 産業技術総合研究所」の名称が記されています。

このスライドは、2時間の全体のスケジュールを示しています。内容は以下の通りです。

- はじめに
 - 環境負荷の定義について(10分)(環境負荷、MM、環境効率など)
- 環境負荷低減活動の各社の取り組み
 - 「東芝半導体工場での省エネ取り組み」東芝大分殿(20分)
 - 「生産装置と一体となった省エネ対策」大成建設殿(15分)
 - 「低圧損のクーラントバルブ」CKD殿(15分)
 - 「省エネルギーソリューションと自社工場での取り組み」横河(15分)
- ディスカッション
 - 環境負荷と生産性両立(20分)
 - 環境負荷低減推進の動機と阻害要因
 - 環境負荷低減への技術・手法
 - 環境負荷低減への設備投資と回収
 - 半導体生産工程における工程別消費電力(20分)
 - 次世代ファブでの環境負荷低減に対するあるべき姿(10分)

このスライドは、「環境負荷低減とは？」という問いに対して、厳密な見積もりの難しさを説明しています。青い背景のボックスには「環境負荷の厳密な見積もりには、空間スケール、時間スケールを限定し、全ての人間の活動要素をコストに換算する必要がある」と記載されています。その下に赤い矢印が「不可能！」という黄色いボックスを指しています。下部には「本集中討議では、空間スケールをそれぞれの企業と限定し、結果としての環境負荷の低減だけでなく、環境負荷が原因として生じるコストを、主に省エネルギーに特化し議論する。」と結論が述べられています。

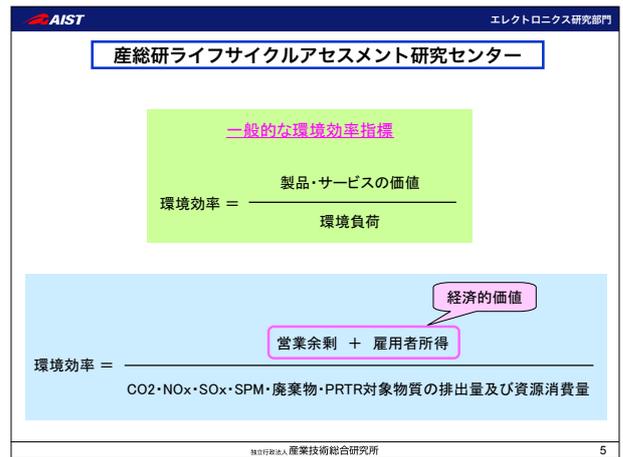
ら、非常に困難が予想されます。本集中討議では、“空間スケール”という言い方をしましたが、これはどういう範囲の部分で議論するかということです。参加されている皆さんの企業、一社一社が限定された空間だと考えて、その範囲の中で、結果としての環境負荷の低減、何か活動したことで出てくる環境負荷を低減するだけでなく、環境負荷を出したことによるコスト—実質上いろいろな規制等がありますが、「これくらいだったらいいじゃないか」というものが、最近いろいろな規制でコストがかかるようになっております。そういうものも念頭に置いて、主に省エネルギーに特化し、議論したいと思っております。

◎産総研ライフサイクルアセスメント研究センター

産総研にライフサイクルアセスメント研究センターがございまして、そこで今言ったような環境負荷をどうやって評価するかという研究を進めておるわけです。

「第一版被害算定型環境影響評価手法」という、英語で書くと Life cycle Impact assessment Method based on Endpoint modeling となります。これは LIME と呼んでいるようですが、詳しいお話はしませんが、産総研のホームページから取れる状況です。例えば、インベントリーと呼ばれる、もともとの環境負荷の出発点の原料を想定し、NOx、Sox、CO2、それが環境中濃度でどういう寄与をして、それが生態毒性や地球温暖化やオゾン層破壊にどういう影響を与えるかということも考えて、さらにユーザーコストにどういふふうで反映するか、あるいは栄養不足にどういふふうで反映するかをトータルで勘案した上で数値化しようという試みをやっているようです。

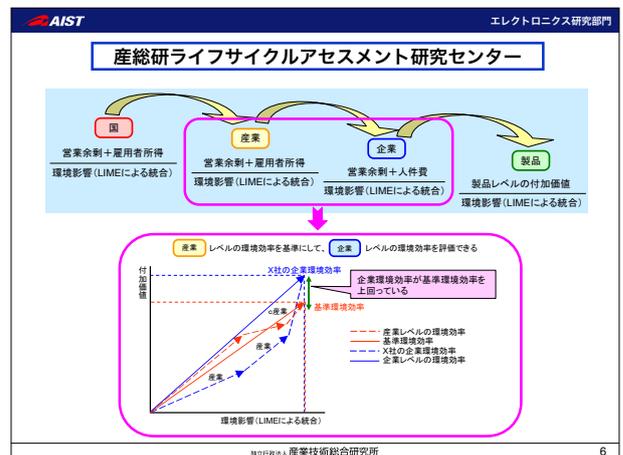
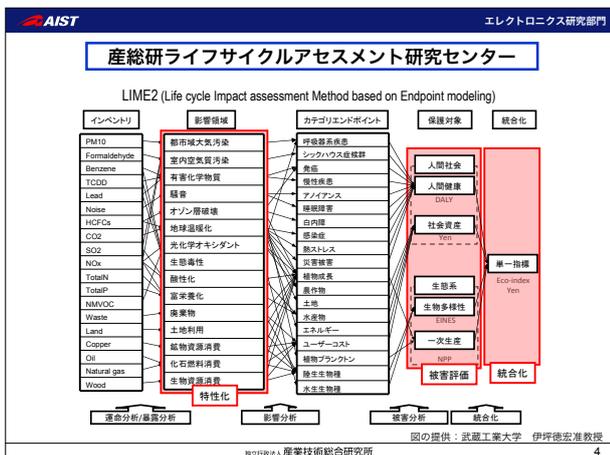
またここでは、一般的な環境効率指標を定義しております。「環境効率とは、環境負荷で製品・サービスの価値を割り算したもの」と考えて、それをを用いて

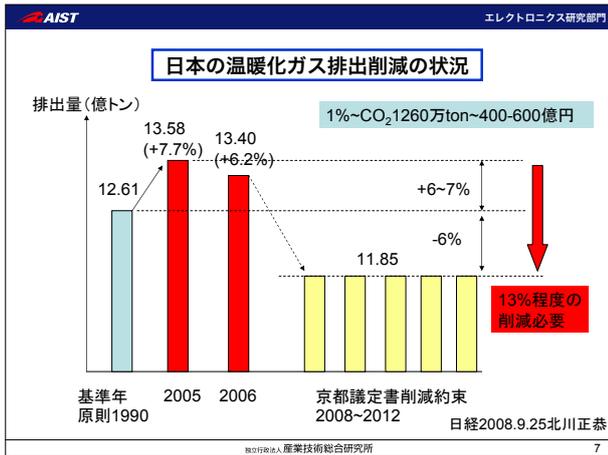


いろいろな議論をするわけです。

具体的には、その下に書いてありますが、環境負荷というのはどういうものか。CO2、NOx、SOx、SPM、廃棄物等の排出量及び資源消費量としましょう。分子に当たる製品・サービスの価値に関しては、営業余剰と雇用者所得、いわゆる経済的な価値と置きましようということ、いろいろな取り組みをしております。今回、こういう話をするわけではないのですが、こういう切り口がある。

さっきの指標を使いますと、今回は企業だけに特化してお話をするわけですが、企業の下には製品がある、企業の上に産業あるいは国があるというヒエラルキーをつくって、階層構造の間の指標のベクトル算をすることで、最終的な環境効率指標を比べましよう。例えば、企業でそういう効率が良くなったか、悪くなったかというのは、一つ上のレベルの産業全体で環境効率指標というのをを出して、それよりも良ければ、とりあえず私たちの企業はいいだろうとか、そういう議論ができる。産業全体に関しては、同じようなことを国レベルと比較してやるという、そういうことを一つの観点としてやっています。これはご参考にといいことでご紹介いたしました。





◎日本の温暖化ガス排出削減の状況

ここで話は変わりますが、これは復習のために、一昨日の日本経済新聞に載っていたデータをそのまま使わせてもらっているのですが、日本の温暖化ガス排出削減の状況です。元三重県知事の北川さんの論評が載ってまして、そのデータをお借りしました。1990年を基準年にして、日本のCO₂の排出量は12億トンくらいある。これを基準に京都議定書で他の国から「日本だけやれ」という形になっているわけですが、6%削減しなさいと。だから、2008年以降は11億トンくらいに抑えなくてはならないのですが、2005年、2006年はどうなっているかというと、6%削減するどころか7%くらい増えているわけです。トータルでもともと減らさなくてはならない6%プラス増えた分の7%の13%減らさなくてはならない。1%のCO₂が日本では1,200万トン換算になりますが、これをコストに直しますと400億円くらいです。ですから、400億の13倍ですから、それくらいのコストを受け持って、こういう削減をしなくてはならないという状況になっております。

◎環境負荷

あとは、いろいろな事例を紹介していきます。日経がソースなのですが、「環境負債」という考え方が最近出てきておりまして、環境対策費用を引当金として貸借対照表に載せるという動きが出ています。これは9月8日の日経の記事ですが、100社くらいにそういう動きがありまして、トータルで1,300億円くらいになっていると。当然、その1,300億円の中には訴訟リスクに関する引当金も含まれているというものです。

だから、“環境”という言葉でBSやPLに数字を乗せていかななくてはならない時代ができています。

◎国内非飛散性・飛散性アスベスト含有建材蓄積量推移(1950 - 2070、万トン-製品)

これは私がやっているアスベストの関係なのですが、アスベストを含有している廃棄物が国内でどれくらいあるかというものです。これは規制が始まった途端に出てきた話といっても構わないわけです。2年前に0.1%以上のアスベストが入っているものは処理しなくてはならないということになり、総費用のコストは国内だけで数兆円くらいあります。これは、降って湧いたわけです。それまでは何も気にする必要がなかったものです。

◎環境投資 - 1

あと、環境投資ということで、これはプラスのほうですけども、ファンドの金額がだんだん増えているという記事が9月11日に載ってまして、環境問題解決技術をやっている会社に関しては、投資の金額が増えているという記事です。

◎環境投資 - 2

これも環境投資に関するものです。イギリスとオーストラリアの資源大手のリオ・ティントという鉄鋼の第一メーカーなのですが、そこにノルウェーのファンドが出していた投資を全部引き揚げたと。つまり、リオ・ティントがやっている開発は環境に非常に悪い影響を与えているから、あなたには出資しませんということで、900億円分がいきなりなくなったということです。だから、環境破壊しているどうかわかりませんが、そう見られてしまったら、被投資リスクが増大するという意味です。

最後に、EuP指令について。EUの欧州委員会がもともやっていたRoHSであったり、REACHであったり、規制が毒性の物質に関してあるいは化学物質に関してなされているわけですが、エネルギー消費を減らしましょうということに関して、まさにダイレクトに減らさないでだめですよ、というものです。Energy Using Productに対する環境配慮設計をしない、そうやったものに関して許可を得て、CEマークを付けないとヨーロッパで販売できませんというものです。

既に14の機器について予備調査が終わっていると思うのですが、記事を探してもなかったのも、もしかご存じのことがあったら後でお話ししていただきたい

い。ボイラーや待機電力、外部電源と言われるものに関して、こういうことが既に調べてあって、EUの中ではこういう基準でやりましょう、ということが勧告されるはずなのですね。

条件としては、1年間に20万ユニット以上の販売量を持つもので、環境への影響が顕著にある機器というのがその対象になるという装置です。こういうリスクがどんどん出てきているという状況なのですが、実は原さんがやっているミニマムのほうで、そういう部分を何とかしましょうということがあります。2枚ほど、ご説明いただけますでしょうか。

◎ミニマル・マニファクチャリング

原 ミニマル・マニファクチャリングの話に入る前に、今の話とつなげるためのご説明をさせていただきたいと思います。今ご紹介させていただいたものは、アメとムチとでもいいでしょうか、制度面の優遇と同時に法律で縛るといふ、基本的にはヨーロッパ的な考え方、性悪説に基づいて環境問題を解決しようということだったわけです。

それに対して、日本人はもう少し違った形で初めから環境問題に取り組んできたのかなと思います。みんなが一生懸命ムダを省くというトヨタ的な考え方で、実はいろいろな努力をしてきました。無駄を省くことで、コストも下がり、同時にムダなものを使わないので、環境負荷も低くなります。そこは法律が整備される前から、我々がやっていることです。もちろん、環境負荷が低くなるのは、この場合消極的な結果論でもあり、特に意識してやってきたわけではありませんでした。そこを、もっと意志を持った主張として、主にこれまでコスト意識からムダ取りをやっていた、その手法を、持続可能社会、持続可能産業という視点で拡張した概念がこのミニマル・マニファクチャリングです。

本来、生産に関わって実行して行かなければならないことは、3つあります。まず、皆さんがよくやっている実用化技術——高生産性と低コストの両方併せて言っています——一つはそれです。それと先端技術という、研究所が主に担っている新機能と高性能ということがあります。それに3つ目として、今、話に出てきた低環境負荷技術ということがあります。ところが、これらがお互い相反しているのです。一致している部分もあるのですが、それぞれがそれぞれのお仕事を別個にやりますので、例えば、高性能化を追求す

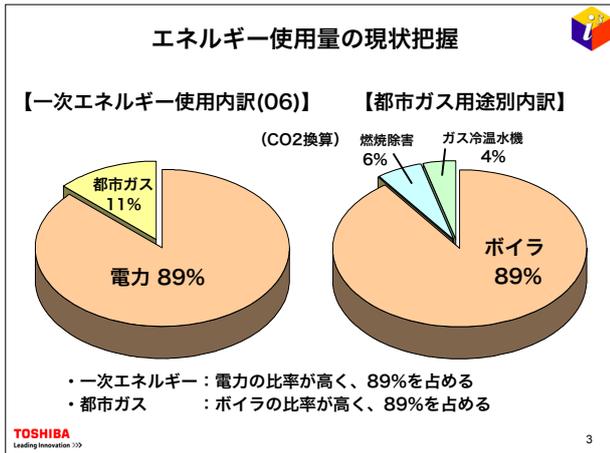
ると環境負荷が大きくなったり、コストがうまく見合わないということになります。

21世紀は、これらのアンドをとっていかなければなりません。たとえば、東芝の西田社長が「品質かコストか」などの二律背反を克服していくべきだ」ということをおっしゃっていますが、我々としては本質的に、産業全体としては、これら3つの相克要素があって、それを同時実現すべきではないかと考えているわけです。それをアンドにしていって、そういうものをあえて発想しながらお仕事をしましょうということです。それを我々は“ミニマル・マニファクチャリング”と呼んでいます。つまり最小限の資源投入、最小のエネルギー投入で、それでいて高効率な生産をしながら最大の機能を発現する、という考え方です。要するに、インプットを最小にして、アウトプットを最大にするというような技術があるでしょう、ということです。

これだけですと抽象概念なので、我々はそこをどういうふうに行うかといろいろなことを考えています。産総研全体の話として最終合意づくりが出来ているわけではありませんが、基本的には、これまでは単品単純・大量生産をやってきた、そのことで相反な関係が出てきたのかなと思っています。であるならば、大きな産業になってしまったからセクショナリズムで相反するようになったのですから、変種変量や多品種少量みたいな方法をとっていくことで、コンパクトな組織、コンパクトなものづくりを行い、そのような組織ともの作りの実現によって、アンドをとっていくことができるのではなかろうか。我々は比較的メジャーな考え方としてそういうふうには考え始めています。

その具体的な一つの例がミニマルファブ構想です。これについては、次のセッションで申し上げます。





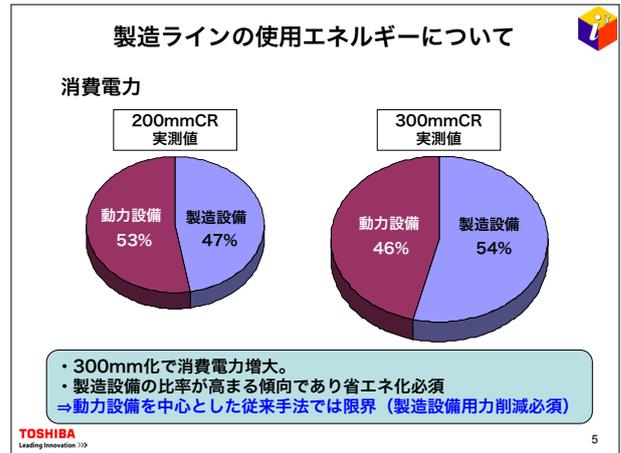
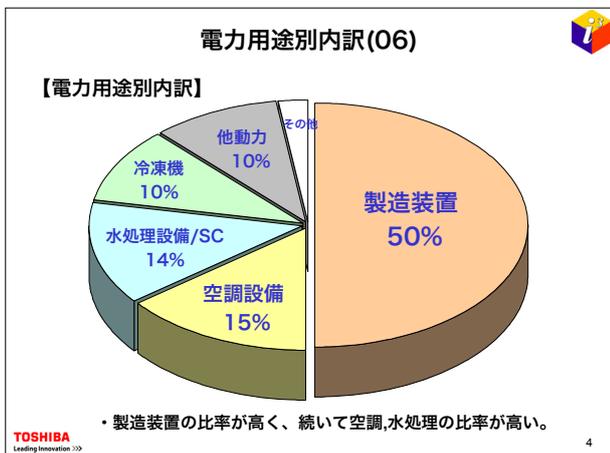
◎東芝セミコン社の環境負荷低減 (CO2) 目標

東芝セミコンダクター社のCO2削減の指標ですが、今までは2010年売上高単位で1990年をベースにして25%削減という形で進めていました。これが何とか達成できる見込みになり、本年度、見直しがされています。今までの25%から、2010年まで45%削減。ですから、20%積み上げとなっています。京都議定書の期間になると思いますが、これまでは2010年までを目標にしていたのですが、2012年までに47%削減を目標に取り組みを本年度からスタートしています。

◎エネルギー使用量の現状把握

これは前回、大分工場概要説明に使用した資料ですが、大分工場全体の一次エネルギー使用内訳です。電力が約90%、あとは都市ガスです。都市ガスの内訳としては、ボイラー、その他、燃焼除外とかガス冷温水機となっています。電力が非常にエネルギーの使用量が高いということがわかります。

◎電力用途別内訳 (O6)



電力の内訳を見ると、製造装置が50%、空調設備が15%、その他ファシリティ関係となっており、製造装置の比率が非常に高いという状況です。

◎製造ラインの使用エネルギーについて

これが製造設備の200mmと300mmの比較ですが、200mmまでは動力設備のほうが半分以上、上回っていた。しかし300mmになると逆転し、製造設備の比率が高くなっています。300mmの装置に関しては省エネ等が騒がれている中で、なかなか省エネが実際に進んでいないというのが実情ではないかと思っています。

従来、我々としては動力設備を中心とした省エネ活動を進めて来ました。ただ、これからは製造設備に対して省エネを図る必要があるというのが今後の課題だというふうに考えています。

◎環境負荷低減するためには

「環境負荷を低減するためには」ということで、簡単にまとめてみました。

まず、今までやっている動力設備の省エネ。次に、これから取り組まなければならないであろうと思われる製造設備の省エネ。もう一つは生産性ですが、これが一番重要ではないかというふうに考えています。生産性改善ということで、昨日の日立さんの話でもありましたが、やはり工程削減ですね。六百数十あるような工程をいかに少なくするか、そうすることによって製造設備が少なく済むというのが1点と、スループットを上げることによって同様に製造設備をミニマム化できるということで、投資も削減できますし、エネルギーの使用量もこれによって低減できるのではないかと考えています。

環境負荷低減するためには

- 動力設備 (Facility) の省エネ
- 製造設備の省エネ
- 生産性改善
 - 工程削減
 - スループット向上

TOSHIBA
Leading Innovation 79

とはいえ、ここはなかなか手が入っていないというのが実情で、上の2つの項目(動力設備の省エネ、製造設備の省エネ)では限界があるということで、この辺(生産性改善)に力を入れてきているような状況です。今回は上の2つについて簡単に今までの活動について報告したいと思います。

◎動力設備 (Facility) の省エネ

まず動力設備の省エネですが、動力設備はクリーンルーム建設時に導入するために、効率的な投資が必要なわけですが、実態はそうならないということで、300mmのクリーンルームをつくる時に用いたバーチャルファブの技術やクリーンルーム動力設備設計、解析、こうしたツールを使って、投資を効率的にすることによって省エネも図れたという事例です。

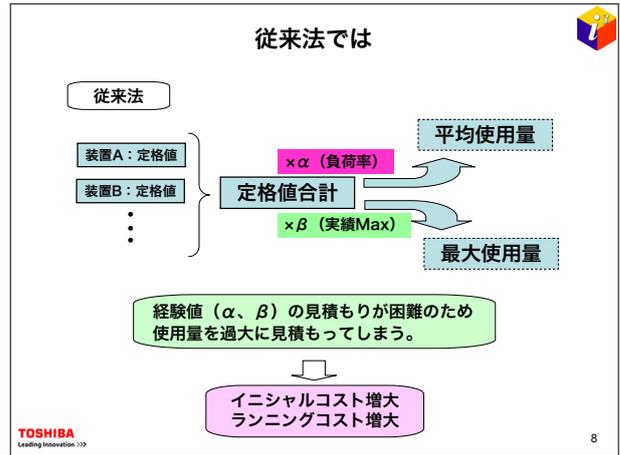
◎従来法では

従来、動力設備を設計する上で、各装置の定格を合計して、それに負荷率、実績の最大値の要素を絡めて平均使用量とか最大使用量を算出していました。ただ、この負荷率とか実績の最大値に関しては、担当する

動力設備 (Facility) の省エネ
Virtual Fab技術/CR動力設備設計・解析

動力設備は、クリーンルーム建設時、導入するため、効率的な投資が必要！！
しかし、実態は、...

TOSHIBA
Leading Innovation 79



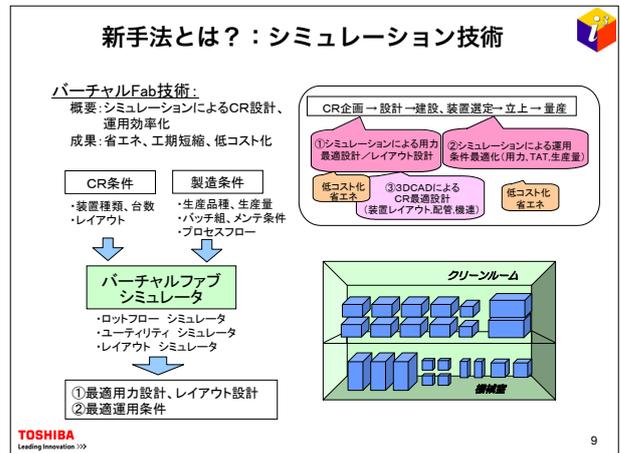
エンジニアの経験とか、ノウハウが計算値に入っていない、かなり過大に見積もってしまっていました。そうすることによって、イニシャルコストが非常に上がり、ランニングコストも上がるというのが実態だということです。

◎新手法とは? : シミュレーション技術

シミュレーション技術を使い最適な動力設計をする必要があるのではないかと。要は、クリーンルームの条件とか製造条件にバーチャルファブのシミュレーターを使って最適な用力設計やレイアウト設計、運用条件を求める。それに基づいて、動力計画を立てていくという手法です。

◎用力設計: 従来法と新手法の比較

そうすることによって、従来は設備投資、ランニングコスト、効果予想、フレキシビリティにかなり問題がありましたが、新手法を使用することによって改善ができた事例です。



用力設計：従来法と新手法との比較

従来法と新手法との比較

		従来法	新手法
装置側への要求データ		用力定格値	用力レシビ
設計手法		負荷率/稼働率等による概算	用力シミュレーション
特徴	必要データ	定格値のみ	○ POR/装置能力/レシビ等詳細
	必要ツール	経験値による概算	○ シミュレータ
	スキル	経験値の踏襲	△ シミュレータの専門知識必要
	設計精度	殆ど無し(分析不能)	△ 有り(詳細分析可能)
	設備投資コスト	大(リスク回避の為過剰設計)	× 小(最適設計可能)
	ランニングコスト	大(リスク回避の為過剰設計)	× 小(最適設計可能)
	効果予想	難(概念的)	× 可能(定量的把握可能)
	フレキシビリティ	小(経験値による概算)	× 大(ケーススタディー可能)
	問題点の抽出	不可(経験による)	× 可能(定量的把握可能)

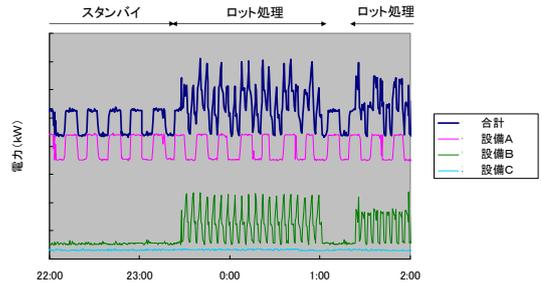
新手法はデータベースが確立すると精度/コスト/効果予測等定量化可能

TOSHIBA Leading Innovation

10

どういったデータが必要か？(例、電力)

電力推移データ例



各付帯設備毎の電力使用量に分けて削減アイテムを抽出(各項目毎の電力データが必要)

TOSHIBA Leading Innovation

12

◎実施例：N2 設備設計・使用量削減への適用

具体的に、これはN2プラントの例です。横軸が時間軸ですからロット規模が上がっていくと思っただきたいのですが、縦軸がN2の使用量です。従来の使用量をカーブで描くとこのような形になります。これがプラントの建設の判断時期ですが、今回シミュレーションすることによって、このようなカーブになる。ということは、従来、この時点で次のプラントの建設が必要になりますが、シミュレーションすることによって、次のプラントの建設をしなくて済みました。また、N2削減推進をすることによって大幅にN2プラントの投資抑制が図れたという実例です。

池田 それはシミュレーションよりも良い結果になったということですか。

濱本 いえ、このときの見込みのN2使用量からさらにN2削減を進めた結果、こうなったということです。

池田 シミュレーションだけではなくて、ということですかね？

濱本 はい。

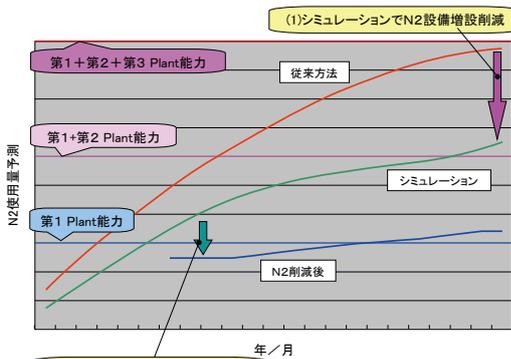
◎どういったデータが必要か？(例、電力)

シミュレーションには、どういったデータが必要かは、前回お話ししましたが、装置の使用量を“見える化”する必要があるということで、1つの設備であれば、本体と付帯、除外、ポンプとか、いったものがあります。おのおのの電力量を測って、電力使用量を見えるように把握しておく必要があります。これは電力の例ですが、こういった形での電力測定を実際に行いました。そのデータをもとにシミュレーションにかけ分析しています。

◎分析すると：電力データ例

ここのスタンバイ分というのはアイドル時に消費している電力です。これはロットを処理しているときの電力量です。これを見ていただければわかりますが、8割くらいがアイドル時でも電力を消費している。この消費している電力をいかに下げるかというところが今後の課題だというふうに考えています。

実施例：N2 設備設計・使用量削減への適用

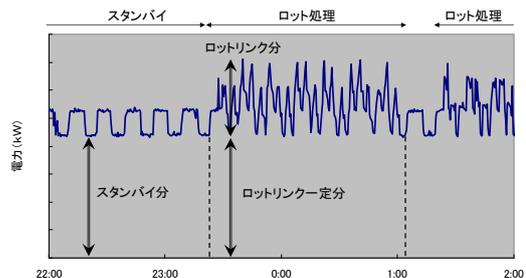


N2削減推進でN2設備増設抑制

TOSHIBA Leading Innovation

11

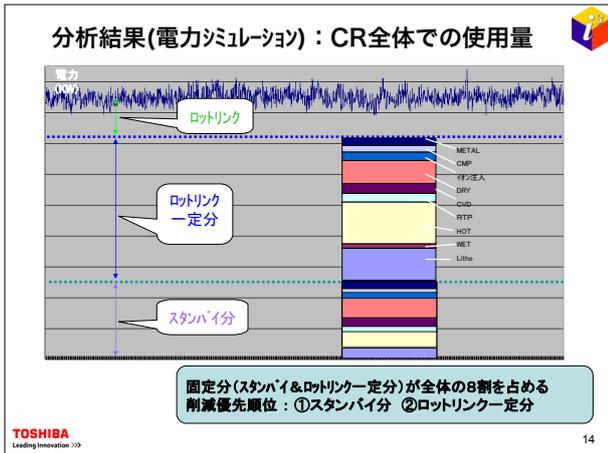
分析をすると：電力データ例



ロットリンク分、ロットリンカー一定分、スタンバイ分に分解

TOSHIBA Leading Innovation

13



◎分析結果（電力シミュレーション：CR 全体での使用量）

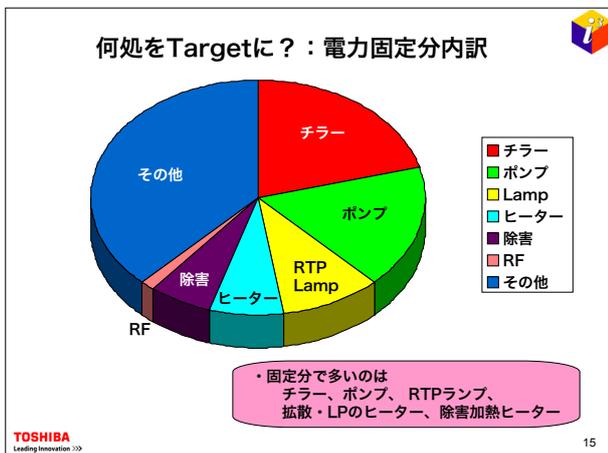
これがユニットごとの使用量の比率です。一番使っているのがホット、リソ、あとドライ系が、電力使用量が多いという実態です。我々の取り組みとしては、この大きなユニット設備の省エネを推進するため、各メーカー入れて省エネの取り組みを行っていますが、なかなか思うように進んでいないというのが実情です。

◎何処を Target に？：電力固定分内訳

固定分に関しては、チラー、ポンプ、ランプ、ヒーターなど、特に大きな熱源を持っているところが電力を消費しているという状況です。

◎製造設備の省エネ

そういった中で、製造設備の省エネとして、省エネの優先順位としては、まずプロセスに影響を与えないロットリンク一定分のアイドリング時の電力削減と、電力固定分の削減を優先して今までやってきています。



製造設備の省エネ

製造設備の省エネ優先順位は、

- プロセスに影響与えない、ロット一定分(アイドリング)の削減
- 電力固定分の削減

装置メーカーとの省エネの取組みは、

- 省エネ仕様の提示
- 省エネ事例紹介
- 装置メーカーとの省エネ協議の推進

そのために装置メーカーと省エネ協議の推進を行っています。また、我々が購入する場合、メーカーに対して、省エネ仕様、省エネ事例を紹介し、アイテムの取り込みをお願いしています。

◎製造設備の省エネ仕様（1）（2）

これが我々の省エネ仕様の一例です。過剰仕様の防止とか、省エネに配慮した機種を選定や、用力削減の制御とか、具体的にはドライポンプ、チラーの間欠運転とか、事例を具体的に挙げて、装置メーカーに対して、

製造設備の省エネ仕様（1）

- 7. 省エネ仕様
 - 7-1. 目的
 - 装置の消費エネルギーの削減を図るための省エネ対応仕様を規定する。
 - 7-2. 省エネ対策指針
 - (1) 過剰仕様の防止
 - 必要とされる仕様を明確にして、これに合わせた仕様の部品/機器を使用すること。
 - 対象台数による構成変更（複数台対応など）は対投資効果で判定すること。
 - 例) ①温度要求でのチラー機器切り分け、複数台供給可否の検討など
 - (2) 省エネに配慮した機器選定
 - コストに配慮の上で消費エネルギーの少ない部品/機器を活用すること。
 - 例) ①省エネ対応の真空ポンプの選定。
 - (3) 用力削減の制御
 - 性能に影響しない事を前提に用力の使用量削減を考慮すること。
 - 例) ①ドライポンプ、チラーなどのインバータ制御、間欠運転制御。
 - ②薬液、純水供給流量制御、間欠制御など。
 - ③装置停止時の用力の使用量削減

製造設備の省エネ仕様（2）

- (4) エネルギーロスの削減
 - 装置内での配線、配管等の損失抵抗及び周囲環境の影響に配慮すること。
 - 例) ①装置内の供給・排気配管、電力配線等の長さ短縮など。
 - ②断熱構造及び排熱削減のための機密性を高める装置構造など。
 - (5) 消費エネルギーの明確化
 - 装置各部で消費する用量が明確になっていること
 - 例) ①レシピに連動した用力使用量の把握
 - ②装置停止時の用力使用量の把握
- (用力：装置を動作させるための電力、高圧エア、N2、排気、純水、冷却水などの総称)

製造設備の省エネアイテム事例

1. **ポンプ**
間欠運転、スタンバイ時低パワー運転
2. **チラー**
間欠運転、冷凍機マルチ化、冷凍機廃止（冷却水を用力供給）
3. **排気**
風量の適正設定、排気設計適正化
4. **冷却水**
必要流量・温度の明確化→【低温⇒常温】化の検討
5. **ヒーター**
スタンバイ時の低パワー化・停止

TOSHIBA
Leading Innovation

19

エネルギーロスの削減とか消費エネルギーの明確化をお願いして、常に省エネを意識した設計をお願いするよう、仕様書という形で提示しています。

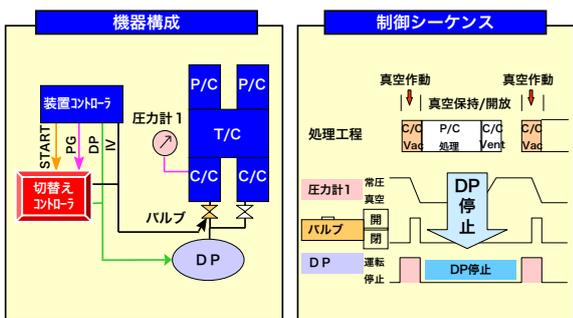
◎製造設備の省エネアイテム事例

これが、過去、我々がやった省エネアイテムの実例です。ポンプ、チラー、排気、冷却水、ヒーターを装置メーカーに紹介して、適用できるものについては適用していただくようお願いしている状況です。

◎省エネ事例：ドライポンプ間欠運転化

これが省エネ事例のドライポンプ間欠運転です。従来、カセットチャンバーを真空引きするため、処理が終了するまで、ドライポンプを引き続けていました。今回、カセットチャンバーを真空引きした後、ドライポンプを停止しています。本来はプロセスチャンバーも行いたいのですが、パーティクルの影響がもろに効いてきますので、今回はカセットチャンバーだけのドライポンプ停止という事例です。

省エネ事例：ドライポンプ間欠運転化



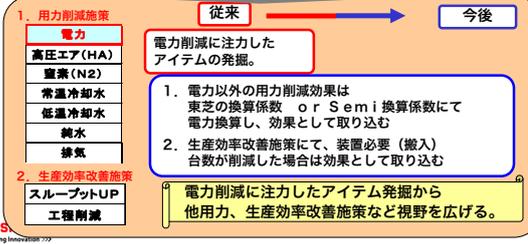
TOSHIBA
Leading Innovation

20

装置メーカーとの省エネ協議の推進

目標設定：2004年をベースラインに、2010年まで6%/年の削減。
 <目標達成に向けて>
 ・2010年までを見据えた長期的な計画
 ・新規導入設備への省エネ仕様の積極導入
 ・次期開発装置への省エネ仕様の導入検討

省エネ改善が涉らないことより



TOSHIBA
Leading Innovation

21

◎装置メーカーとの省エネ協議の推進

装置メーカーとの省エネ協議の推進ということで、今、2004年をベースに装置メーカーに対しては年6%の削減をお願いしています。これはすべての装置メーカーではなくて、消費電力の多い主要メーカーに対してお願いしています。

こうした中でも、なかなか省エネ改善がはかどらないということで、従来は電力削減だけに注力したお願いをして来ましたが、しかし、これだけではメーカーも限界に近い状況です。特に最近では新しい装置開発に装置メーカーは注力したいということもあり、今後は生産効率改善施策を含めた取り組みをお願いしています。その成果を、電力削減の成果とすることで、年6%削減をお願いしている状況です。

◎クリーンルーム循環風量削減による省エネ事例

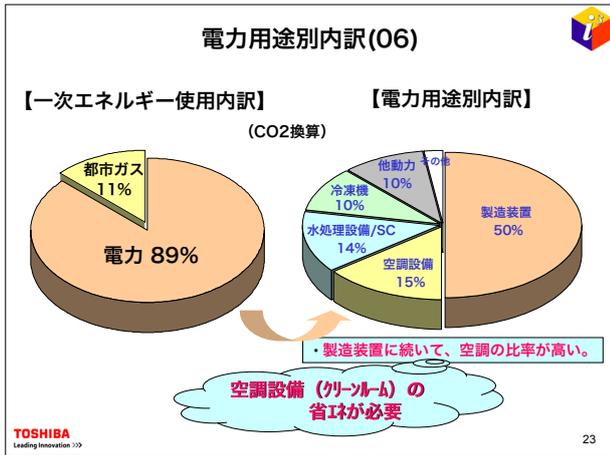
これは07年度、資源エネルギー庁長官賞をいただいた事例です。

クリーンルーム循環風量削減による省エネ事例



TOSHIBA
Leading Innovation

22



◎電力用途別内訳 (06)

先ほどのグラフのように、空調設備のエネルギーというのも非常に大きいというところで、空調設備の省エネを図った事例です。

◎クリーンルーム概要-1

我々のクリーンルームはボールルームクリーンルームとベイ方式のクリーンルームがあります。あと、ロットの運用方式ではSMIFと通常のオープンカセットと



い、Lot boxの2通りのクリーンルームです。

ボールルームクリーンルームとベイ方式、あとSMIFとLot box運用関連図はこの表になっています。

◎クリーンルーム概要-2

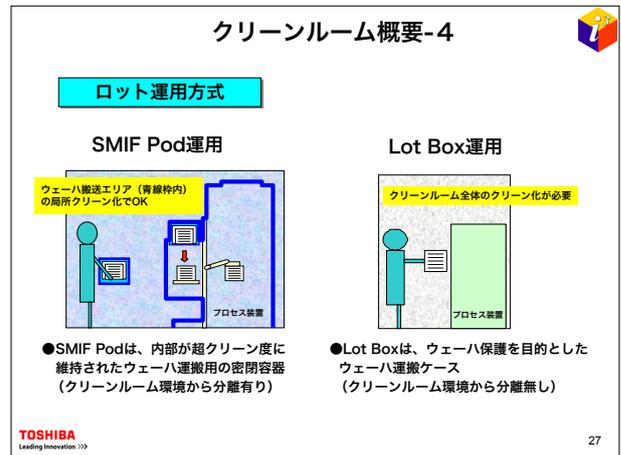
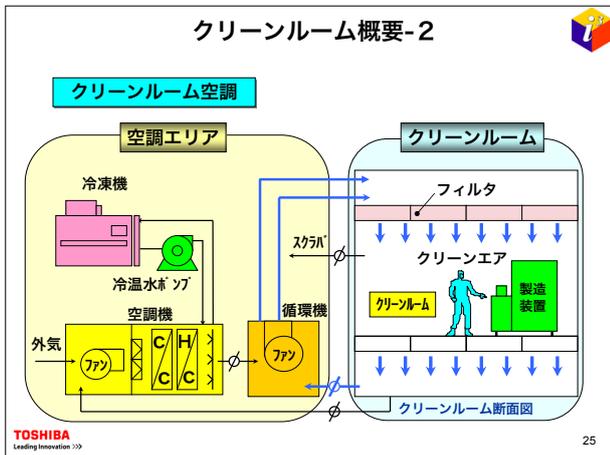
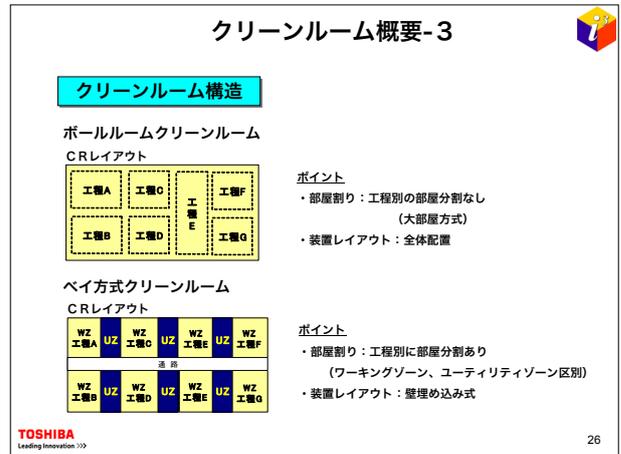
これはクリーンルームの構造ですが、外気から取り込んで、ダウンフローを行っているクリーンルームです。

◎クリーンルーム概要-3

これはボールルームクリーンルームとベイ方式クリーンルームで、ボールルームクリーンルームのポイントとしては部屋の分割はなし、大部屋方式で、装置レイアウトは全体に配置している。ベイ方式は、ユーティリティとウェーハをワークするエリアが完全に分離しているクリーンルーム構造になっています。

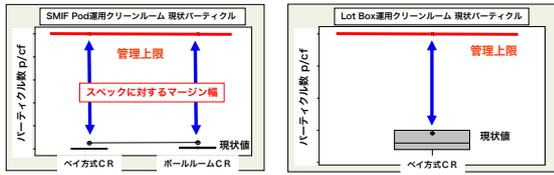
◎クリーンルーム概要-4

SMIF運用は、SMIF Podもしくは300mmのFOUP、基本的には局所クリーン化して、作業エリア



クリーンルーム概要-5

CR清浄度スペックと現状のパーティクル



現状のCRパーティクルレベルは、SMIF Pod運用CR・Lot Box運用CRともに、スペック（管理上限）に対してマージンあり

TOSHIBA Leading Innovation

28

は若干緩めなクリーン度ということになっています。一方、ボックス運用に関しては、クリーンルーム全体を高クリーン度で運用しています。

◎クリーンルーム概要-5

今回着目した点は、クリーンルームのパーティクルの管理スペックですが、アクチュアルとかなりマージンがあります。SMIF運用のクリーンルームとLot box運用のクリーンルーム、いずれも管理値とアクチュアルが管理上限に対してマージンがあります。このマージンに着目して、もっとクリーンルームの循環風量を落とすことができるのではないかと、ということで今回取り組んだのがこの事例です。

◎テーマ選定の理由

今までを簡単に整理すると、空調設備の電力使用量が多い、管理スペックに対して実績値にマージンがある。と言うことでクリーンルーム循環風量の削減で省エネが図れるのではないかとということです。

テーマ選定の理由

CR空調循環で膨大な電力を使用！

要求清浄度スペックに対し実績値にマージンあり！

CR循環風量削減による省エネを検討

TOSHIBA Leading Innovation

29

循環風量削減における課題

- ・ SMIFPod運用CR・LotBox運用CRで循環風量の設定が異なる
- ・ CR環境変動、製品影響（歩留低下）は絶対許されない！

SMIFPod運用+ボールルームCR
ウェハはCR環境から分離されており必要清浄度高くない。CR全域で装置熱負荷が比較的大きく、バラツキがある

SMIFPod運用+ベイ方式CR
ウェハはCR環境から分離されており必要清浄度高くない。ワーキングゾーンの装置熱負荷は小さい

LotBox運用+ベイ方式CR
ウェハがCR環境に直接暴露されるため、風量削減によるパーティクル増加で製品歩留が低下する

TOSHIBA Leading Innovation

30

◎循環風量削減における課題

そうした中で、特に押さえておきたいポイントとして、SMIF Pod とボールルームクリーンルームは、SMIF運用は、クリーンルームの洗浄度も当然ある程度必要ですが、どちらかという装置の熱負荷がクリーンルームに与える影響が大きい。

一方、Lot box運用に関しては、やはりパーティクルですね。ウェハが暴露されますので、パーティクルからの影響が非常に問題になってくる。以上のポイントを注意しながら進めることによって実現できるのではないかとということです。これが実際の循環風量削減前後のデータを示したものです。

◎SMIF Pod運用+ボールCR循環風量削減(検証1、2、3)

2段階に循環風量を落としましたが、温度の変動はスペック内で問題なし。あと、湿度も問題なし。パーティクルは多少の増加は見受けられますが、管理値に対してもまだまだ十分問題ない結果となっています。

SMIFPod運用+ボールCR循環風量削減

検証-1

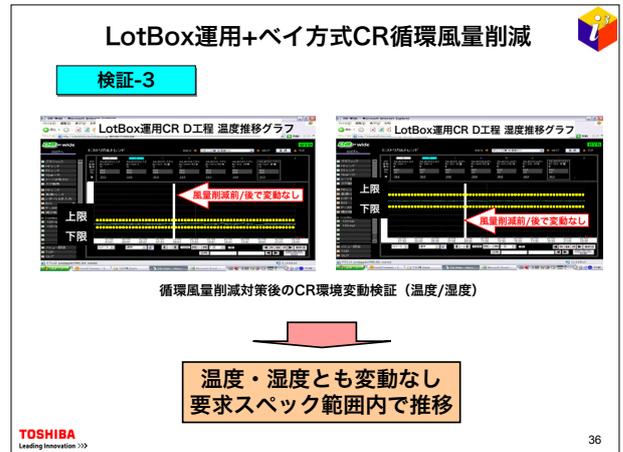
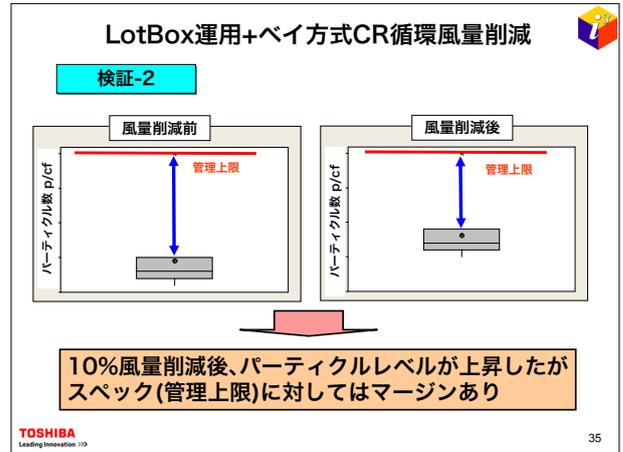
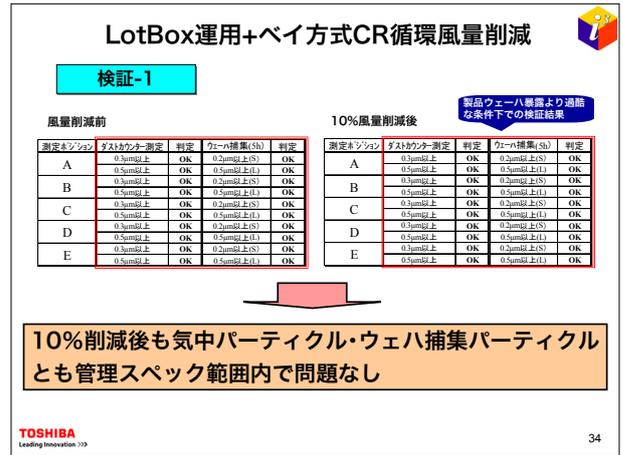
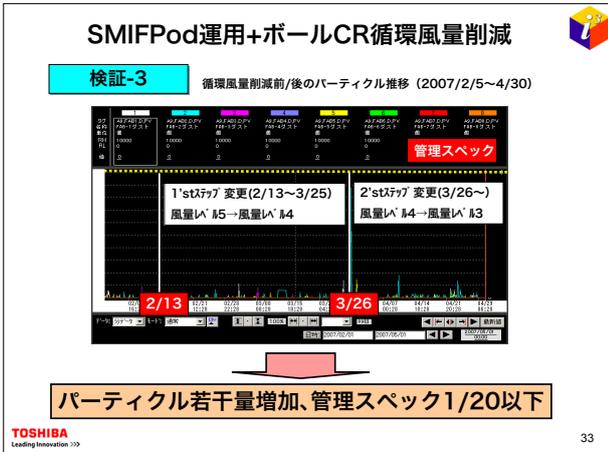
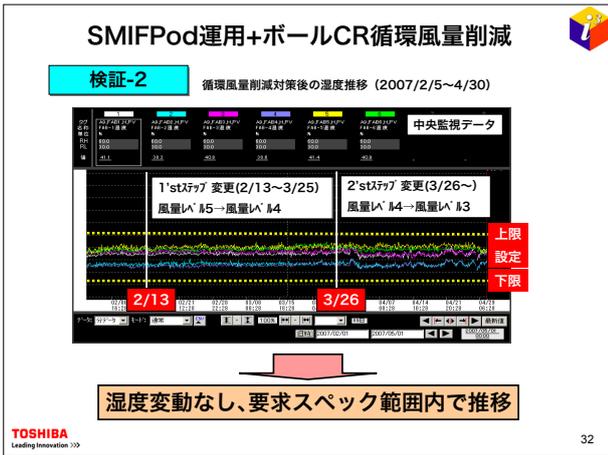
循環風量削減対策後の温度推移 (2007/2/5~4/30)



温度変動なし、要求スペック範囲内で推移

TOSHIBA Leading Innovation

31



◎ Lot box 運用+ベイ方式 CR 循環風量削減(検証1、2、3)

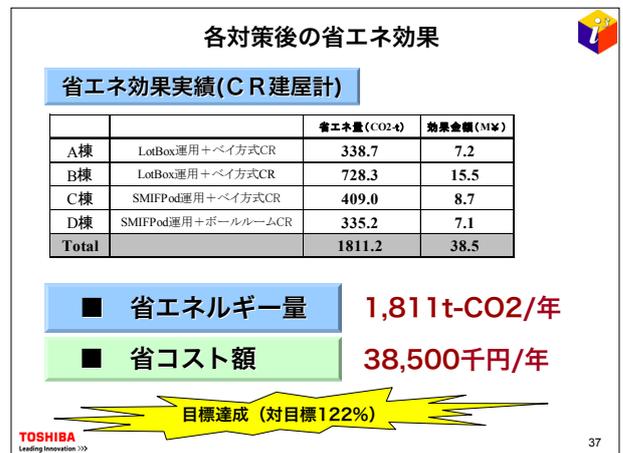
これは Lot box 運用に関しての例ですが、循環風量を 10% 落としても、気中パーティクル、ベイウェーハ上での捕集パーティクル共に、基本的に問題ないレベルです。

10% 風量削減前と風量削減後で若干パーティクルは増えていますが、管理値に対しては十分まだ余裕がある結果となっています。

◎各対策後の省エネ効果

今回、対象となったクリーンルームは 4 棟ありますが、4 棟のトータルとして、年間 CO2 は 1,811t-CO2、省エネコストに関しては約 4,000 万円近くの削減効果を図ることができました。

以上です。



質疑応答

池田 ありがとうございます。

質問はございますか。

①クリーンルームの循環風量の削減について

長谷部 最後にお話いただいたクリーンルーム循環風量の削減ですが、具体的な数字で時間何回を何回くらいにしたというのが、もし教えていただければ。

濱本 Lot box のところは0.34を10%くらい削減しています。SMIFに関しては、SMIF化にすることによって循環風量をいったん落としています。多分、それは0.34から0.30だったと思いますが、それから今回さらに循環風量を削減していますので、0.22まで循環風量を落としています。

②環境負荷削減のCO2と費用の管理について

加藤洋 さっきの環境負荷削減のところでも2つ指標が出て、CO2と費用とありましたね。今、両方で管理されているんですか。

濱本 はい。やはり我々は利益を出さないといけないので、まず動力コストをいかに下げるかと言うことです。それを裏返せばCO2削減になります。だから、我々は製造損益に直結している、コスト削減に取り組んでいます。

加藤洋 CO2を何%削減したらコストは幾らという、平均換算値みたいなものはあるんですか。

濱本 換算値はあります。コストというよりは、電力換算でCO2に換算する、これはSEMIでも規定されていますけれども、そういった換算表を使用しています。

加藤洋 それと実際のコストと比較すると、どうなりますか。

濱本 このコストというのは電力量に換算したものです。それをCO2に換算しています。

加藤洋 それは1対1になっているということですか。

濱本 はい。

③環境投資に対する指標について

久保内 質問というか、考え方なんですけど、結果的に省エネからCO2削減の換算値でなるんでしょうけれども、それ以外の環境負荷に対する環境投資というか、そういう考え方でもこれから規制がますます厳しくなった場合、当然やらざるを得なくなる可能性もあるわけですね。その場合の環境投資へのコストの見積もりというか、考え方というか……。例えば、普通の設備だったら、投資対効果で何年回収だとか、いろいろあると思うんですが、環境に対する指標というのは出ているんですか。

濱本 我々の会社も環境投資のための投資枠があります。まず投資回収でランク分けされています。1年以内に投資回収できるなら、それはAランクで、すぐ投資が行える。2年、3年によって、少し判断が入ってくるというのが一つと、1トン当たり1万円だったか、そういった別の指標があります。とはいっても、現実的には投資回収年数で判断されるというのが実情ですね。

久保内 例えば、5年とかではどうですか。

濱本 5年だと、今の状況ではなかなか下りないですね。せめて2年くらいじゃないと、年度投資には載らないですね。

久保内 厳しいですね。設備でも1、2年は当然ですけど、環境関係でやると5年以上というののかなり多いんですね。

濱本 今、改良とか改善とか、そういうものしかアイテムとしては上がってこないですね。

④引当金について

加藤洋 司会者の話の中で、環境引当金、リスク引当金というお話がありましたね。その上限というのはあるんですか。

池田 貸借対照表にどこまで乗せられるかということですか。ちょっと私はわからないので、必要でしたら調べてまいります。

⑤プロセス開発企業の環境負荷の取り組みについて

久保内 もう一点。ここでは設備を中心にした議論をされていますが、大分前ですけど、エプソンさんに伺ったときに、エプソンさんはトップダウンでいろいろな省エネに取り組まれていて、フロンド温暖化ガスが話題になった時期ですけども、「それを対策できないな

ら、もうビジネスなんかやめてしまえ」というトップダウンが下ったと。今はかなり対応されていますが、逆にそういった環境負荷のないようなプロセス開発に対して熱心な企業というんですか……。私、最近、あまりお見受けしないんですけど、各企業でそういう努力をされているところがあれば、そのご意見も伺いたいなと思うんですが。

濱本 プロセスに絡む話なので、代替ガスの開発で逃げるというのが今までですね。あと、基本的にはPFC 関係に関しては除害を入れて、いかにきれいな状態に削減するか。PFC に関しては、NEDO に申請して認められて、今年度 200mm のラインに関しては投資して削減することになっています。

池田 今のコメントで何かお話のある方、いらっしゃいますか。

いいですか。

では、次に行きたいと思いますが、お願いします。

生産装置と一体となった省エネ対策

伊藤宏 おはようございます。きのうの懇親会から参加させていただいております大成建設の伊藤と申します。よろしく申し上げます。

◎ CR に関わる略歴

自分のクリーンルームに関わる略歴を書かせていただきました。クリーンルームのことを全く知らない状態で、10 年前、東京エレクトロンさんと縦型拡散炉の省エネに関して着手したのが始まりになります。その後、2 年間、東北大学の犬見研究室に研究員として

在籍しまして、その後、2 年と少しの間、後ほど説明させていただきますけれども、フューチャービジョンという会社に出向しまして、大型ディスプレイ工場の省エネに関して参画してきました。

現在では、医薬系を含むクリーンルームの省エネということに携わっております。ここで何を言いたかったのかといいますと、私の場合は他業種の方々と同様に現場でいっぱい汗をかいてきたということが一言でいう略歴になります。その中で感じたことは、熱源機器の冷凍機やボイラーですとか、空調機といったものの省エネ対策も大事なのですが、大幅な CO2 削減や省エネを達成していくには、建築の設備機器だけではなくて生産装置を含めた対策が必要ということです。

いろいろ経験した中で、1 つ目として、フューチャービジョン社で研究してきた内容の紹介と、装置メーカーさんとやってきた内容、最後に少しトーンが変わるのですが、局所クリーン化に関して空間の分離というお話があったと思いますので、最近やった実験で、簡易にエネルギーをかけずに分離するということをチャレンジしていますので、その内容について、公表している範囲での話になりますが、説明させていただきます。

FV での研究内容

◎ FV (フューチャービジョン) 社における省エネの取り組み

まず、フューチャービジョン社における省エネの取り組みということで、こちらにある施設が仙台にある、平面ディスプレイ超先端研究センター (通称 SARF) で、産総研が経済産業省の補正予算にて平成 16 年 3 月末に竣工して整備していただいた施設になります。現在は、この施設は東京エレクトロンさんの研究所に

生産装置と一体となった省エネ対策

2008年9月27日

大成建設 (株) 技術センター
建築技術研究所 省エネルギーチーム 伊藤

FV (フューチャービジョン) 社における省エネの取り組み

建築面積	5,604㎡
延べ床面積	9,760㎡
鉄骨造	2階建
冷暖房設備	約2,500㎡

- ◆独立行政法人 産業技術総合研究所が、経済産業省の補正予算にて整備 (平成16年3月末日竣工)
- ◆施工者: 大成・TEL・FV 共同企業体

※FV (フューチャービジョン) 社
『大型・高精彩ディスプレイを低コストで実現する』ための製造技術の研究開発

パ 社/メカ、装置メカ、建設会社etc.
の一体化連合
+
東北大学の技術支援

平面ディスプレイ超先端研究センター (仙台)
SARF: Super Advanced Research Center for Flat Panel Display

なっています。そこで、この施設を使って大型の高精細ディスプレイを低コストで実現するために、いろいろな企業が出資して会社をつくりました。その会社がフューチャービジョンになります。そこに私は出向しまして、2年と少しの間、省エネを進めるワーキングで活動してきました。

パネルメーカーさんですとか、装置メーカーさんですとか、いろいろな方々と話をして、工場を省エネ化するための課題は何だろうかといろいろ議論した中で、課題はこの3つに整理できるのではないかなったものがこちらの図になります。

◎工場省エネ化のための3つの課題

主にメガファブの問題点と思われることなのですが、横軸は生産装置の稼働率（≒生産量）、縦軸に工場全体の消費エネルギーを示し、単純に100%だったらこれくらいで、80%、50%だったらエネルギーが減っていくでしょうというものを模式化した図になります。

課題の1つ目、「マージンが過大」ということですが、本来ですと100%生産量のときにこれくらいのエネルギーで済むわけですが、設備が持っている定格、最大能力がそれを大幅に超えている、例えば工場によっては冷凍機が1台余っている、空調機が1台止まっているとかの過剰投資ということが起こっている工場があります。

課題の2つ目、「低稼働率でも消費エネルギーは同じ」。単純に生産量がゼロに向かって下がっていったときには、この黒い線に沿って工場全体の消費エネルギーは下がって行ってほしいのですが、こちらのオレンジの線のように生産量が下がっても工場全体の消費エネルギーが下がらないといった現象が見られること

があります。原因は幾つかあるのですが、1つには生産装置が製造していないときにも、排気しているとか、冷却水が流れているとか、ヒーターに電源が入ったままになっているとかで、生産してなくてもいろいろなものが動いてしまっています。その結果、こういうふうに下がらないで、横ばい状況になっている工場があります。

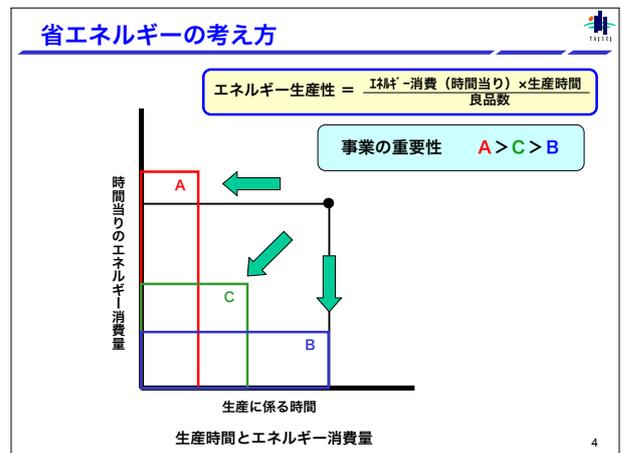
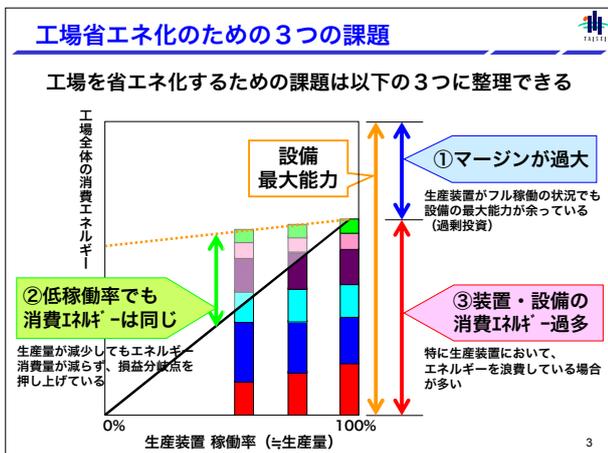
3つ目ですが、「装置・設備の消費エネルギー過多」ということで、先ほどのお話にもありましたように、生産装置側であり省エネに関する意識が少ないというか、多分、そこまで労力を回し切れていないということだと思います。エネルギー消費が多いということです。

以上、大きくこの3つに整理できるのではないかなということになりました。

◎省エネルギーの考え方

もう一つ、少し観点が変わりますが、先ほどのフューチャービジョンでいろいろな方々と話しているときに、「生産性を考えたときの省エネルギーとは何だろう」ということで、これは私が聞いたときに「なるほど」と思ったことです。横軸が生産に係る時間、縦軸が時間当たりのエネルギー消費量。単純にエネルギー消費と考えると、この黒点が現状としますと、時間と消費量を掛けた面積が今使っているエネルギーということになります。今までですと、省エネと考えると、生産に係る時間はそのまま、この時間当たりエネルギー消費量を大幅に下げよう、端的にはそういう考えが多かったかと思います。

理想的には、このエネルギー量も下げて、生産に係る時間も短くするということがよろしいかと思うのですが、ある方から「生産性のことを考えると、瞬時に



係るエネルギーが増えたとしても、時間が短くなったほうが良いという判断はあるよ」というお話がありました。これはいろいろな企業の方と話したからわかったことですが、当社にとってみても、搬送時間を短くして、いろいろな動線計画をすとか、そういったことも広義の意味からすると省エネになるのかなと感じたところです。

◎生産装置のエネルギー使用量の実測例

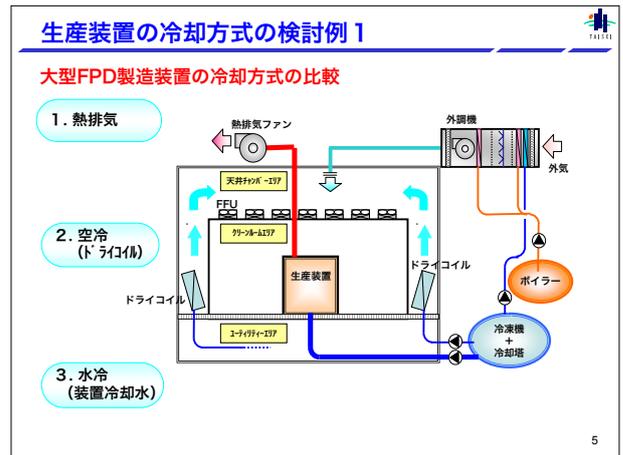
次に、こちらが先ほどの仙台の施設で実際にフラットパネルディスプレイを作る装置があったのですが、その8装置のエネルギー実測をした結果になります。

例えば排気ですが、装置メーカーさんがこれくらい排気する予定ですよというものがリストになって挙がってきます。それを8装置分、全部足し合わせて定格とするとこれくらいに量になるのですが、実際に風量計を付けて測ってみると、60%くらいしか使っていないという実態がありました。冷却水の場合には、同じように測ってみると57%、純水に関しては33%。電力に関しては、これは平均使用量ですので、突入電力は無視しているのですが、平均的なところで見ると、なんと28%しか使っていませんでした。先ほどの工場の問題点の中で「マージンが過大」というお話をさせていただいたのですが、普通、設備設計をするときに、定格というものを渡されて設計してしまうと、当然、余ってしまうという現象になります。ですから、装置メーカーさんが、自分の装置がどれくらいのエネルギーを使うのかを把握するという動きが今後必要だと思っています。

あと一つ、簡単に棒グラフを書いていますけれども、実際にある装置のエネルギー量を測るとするのは、ものすごく労力がかかることです。この場合には、4、5人で1つの装置を測るのに4～5日かかっています。計測器を付けて、一枚流しと数枚流しをやってもらって撤去するというをやると、すごく労力がかかります。省エネを進める上で、現状の実態を知りたいということがありますが、やはり簡易に測れるようにするという事は大きな課題だと感じました。

◎生産装置の冷却方式の検討例 1

次に、生産装置の冷却方式の検討例です。装置メー

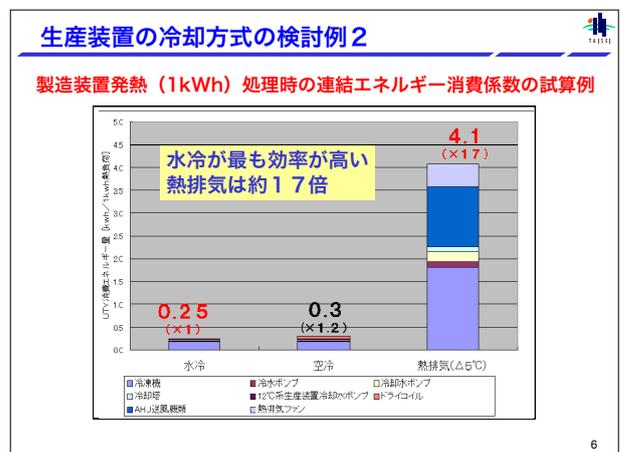


カーさんと話したときに、装置からの発熱をどういふふうに着冷するのが良いかということが問題になりました。例えば、メガファブだった場合には冷却方式は大きく3つあります。クリーンルームの空気を吸い込んで熱排気ファンで熱を捨てる。それから、何となくこのクリーンルームに熱をばらまいた形になって、クリーンルームに付帯する設備であるドライコイルという冷却コイルで冷やす。それから、直接、生産装置に冷却水を回して冷やす方式です。どういふふうにしたほうが効率が良いのかとか、装置メーカーさんが頑張っ省エネしたときに工場全体に対してどのくらい効果があるのかとか、わからないので教えてくださいというお話がありました。

◎生産装置の冷却方式の検討例 2

これは仙台の施設固有の値になるのですが、今、言いました、水冷とドライコイルで冷やすのと、熱排気で捨てるという3つの冷却方式のエネルギー量をある換算係数で計算したものになります。

水冷が一番良くて、熱排気で捨てると17倍のエネルギーを使うという結果になりました。やはり装置を



冷却するときには直接冷やして、なるべく外には逃がさない。ましてや熱排気で捨てるということは、外調機で非常にコストとエネルギーのかかった空気を吸い込んで捨てることになりますので、今お話しした17倍の差になるということです。

◎生産装置の省エネ検討例

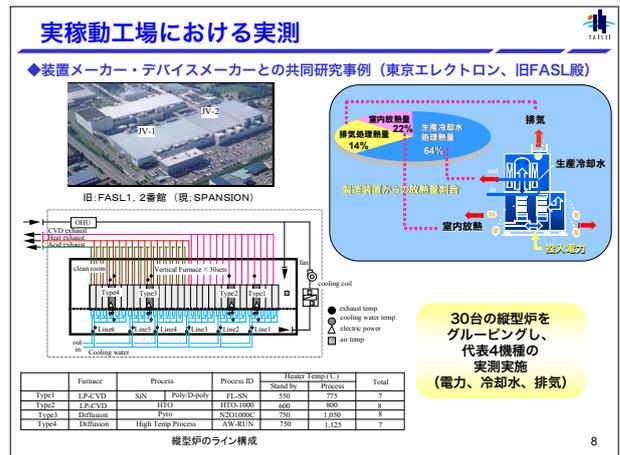
次に、装置自身のもう少し内部に入った省エネを装置メーカーさんといろいろやった例です。各社さんとやったことは、生産装置に対して電気ですとか、水、ガス、冷水、それから先ほどの空気ですとか、何が投入されて、何が出ていくのか、プロセスごととか装置のユニットごとにフロー図を作りました。そういったことをすることによって、ここは装置メーカーさんの機密がありますので、あまり詳細は書いていないのですが、例えばある装置においては稼動部を軽量化する。本来ですと、ガラス基板をどこかに移動したいだけなのですが、ステージが重たくて、それを動かすために一生懸命モーターが回っていることがあります。他にも内部循環風速低減、排気削減とか、そういったことをやると、約60%、装置自身の使用するエネルギーが減りそうだという見込みが立ちました。

装置Bも、いろいろなことをやると45%削減できそうだということで、ここでお話ししたかったことは、生産プロセスに関わらない部分でも、周りの冷却効率化とか、排気削減、廃熱回収とか、こういったことを積み上げるだけでも大幅な省エネが可能であることがわかりました。

装置メーカーとの共同研究内容

◎実稼働工場における実測

続きまして、東京エレクトロンさんとやった共同研

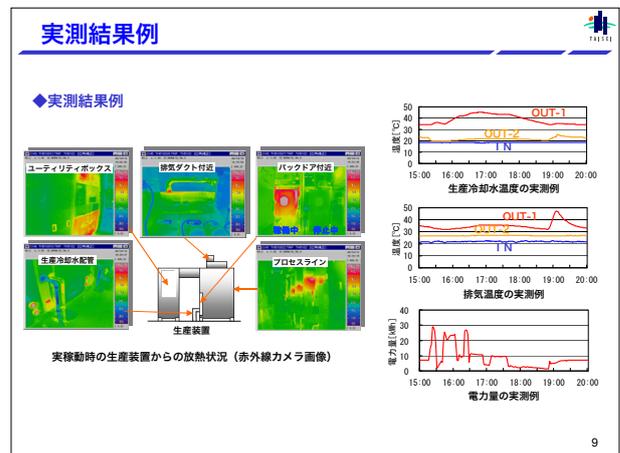
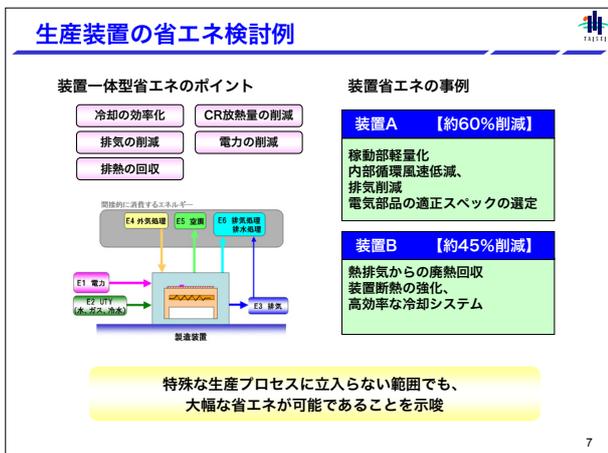


究の内容ですが、縦型拡散炉というものがあって、これは内部が非常に高温になる箇所を持っておりまして、500度以上、1000度近く上がるタイプのものであるのですが、冷やすということが非常に重要になってくるので、東京エレクトロンさんの工場で、投入した電力がどういった形で外に捨てられるかというのを実測した結果がこちらになります。冷却水で64%処理されて、熱排気というもので14%、あとはこの表面から22%出ていく、大きくこのような比率になりました。

こういったデータを踏まえながら、実際に当時、FASLさん、今、SPANSIONの会津のほうにある工場に縦型炉が30台並んでいるラインがありまして、そこで実測させていただきました。

◎実測結果例

表面からどのようにクリーンルームに熱が出ていくかということに関しては、こういった赤外線カメラを持ち込むと非常によくわかります。その他に冷却水の温度ですとか、排気とか、電力量の実測というを行いました。



装置一体型の省エネ対策例

◆省エネ対策例

①生産冷却水システムの改善案：生産冷却水の
高効率利用及び高温差熱回収

従来技術：冷却水の流し方を工夫
提案技術：IN-OUTの温度差を大きくし、熱回収

②外気負荷削減案：簡易処理外気による給排気
方式の採用

従来技術：外調機による外気導入
提案技術：簡易処理外気による給排気方式の採用

③装置側断熱の強化案：高性能断熱材
による装置断熱の強化

従来技術：断熱材の不足による断熱不足
提案技術：高性能断熱材を用いた断熱強化

※生産装置30台に3つの省エネ対策を施した際の効果は、ランニングコストで約1,000万円/年、CO2排出で約400トン/年の削減見込

◎装置一体型の省エネ対策例

そこで、この縦型炉に関する省エネ対策として、東京エレクトロンさんといろいろ考えて、特許を出しました。まず1つ目が冷却水ということで、装置内部での冷却水の流し方を工夫しようということに取り組みました。

単純にある筒みたいなものがあって、その周りに冷却水が流れているのですが、今までは上からゆっくり下へ流していくような形のワンパスで温度差がとれていなかったということがありました。それをジャケットみたいな形で、一度に包むようにして水を流してあげる。そういったことによって温度差を大きくとって、出てきた熱も回収しようというものです。

それから、先ほど熱排気はお金がかかるという話をしましたけれども、単純に熱を捨てただけなのに、なぜ外調機を通った、エネルギーのかかった高価な空気を使うのだろうということがあります。もし装置内部で分離ができていれば、熱排気の必要な部分は、単に化学汚染物質みたいなものをきれいにしただけで、温湿度は成り行き空気でもいいと。別システムの空気ですね。外調機を通らない空気を入れて、簡易に処理した空気を使えばいいというのが2つ目の内容です。

最後に、最近ですと真空断熱材という優秀な断熱材があり、今までは平面でしかなかったのですが、少し折り曲げられるようなタイプのものもメーカーさんのほうで考えられていますので、そういったものを使って、外に出る熱量を減らしましょうというものです。30台のラインに3つの対策をもし適用できたら、ランニングコストで年間1,000万円、CO2で年間400トンの削減見込みがあるという試算になりました。

中空パネルを用いた隔離技術

概要「T-Hazard Barrier」

医薬品工場用に開発

ケミカルハザード対応クリーンルームに求められる相反する要求性能

1. ケミカルハザード物質の流出防止
2. 汚染物質の侵入防止

製造室を隣室よりも気圧の低い陰圧状態にする
製造室を隣室よりも気圧の高い陽圧状態にする

この2つの要求に答えるクリーンルームの開発

開発システム

壁・天井を中空パネルで構成し、中空パネル内部を陰圧に制御
少ない風量で確実に汚染物質の封じ込めが可能

◎概要「T-Hazard Barrier」

これはもともと医薬系の工場向けに開発したものののですが、クリーンルームがあったときに、普通、クリーンルームというのは外からゴミが入ってほしくないで、クリーンルーム内を陽圧、プラス圧にします。片や、医薬系とか、中で薬とかつくっていたりしますと、中にある汚染物質を外に出したくないということがありますので、逆にマイナスにしたいということがあります。

そういった相反することがあったときに、天井と壁に“中空パネル”といいまして、今回、実験に使ったのは5cm くらいの空間があるパネルなのですが、そのパネルを使って、5cm の空間だけをファンで引っ張って、マイナス圧にして簡単に隔離しようということを実験的に確認しました。

実験室が2.7×2.7、3m くらいの空間だったのですけれども、この空間の周りには天井や壁のパネル内を、30m3/hour 以下という、一般家庭のトイレの排気ファン程度のファンで引っ張るだけで、具体的にマイナス20パスカルとし差圧を付けて、完全に隔離することが、標準品に少し加工するだけでも簡単にできるということがわかりました。

こういったことも何かしら、空間の分離をする上では有効ではないかと思ひまして、紹介させていただきました。

以上です。

質疑応答

⑤冷却について

池田 ありがとうございます。伊藤さんのほうから

断熱その他の重要性がありましたが、質問等、ございませんでしょうか。

個人的に、冷却するという話が印象が大きかったんですが、冷却しなくてはいけない理由というのは、温まっているものがある温度以上になってはいけないという要求があるからだと考えられます。しかし、温まったままでもいいという場合もあるわけですね。そういうものとの兼ね合いというのは何かやられた中であつたのでしょうか。

伊藤宏 今、言われたことはずっと問題で、生産冷却水のある装置が欲しいというときに、モーター廻りで欲しいのか、プロセス廻りで欲しいのか、いろいろ欲しい場所が装置ごとに違うのです。よく、装置ごとに温度帯も違ったり、流量が違う——流量が違うのはいいとして、温度帯が違ったりするのですけども、本来、施設を提供する側であれば、温度帯は1本のほうが楽なのですね。

それで、いろいろなメーカーさんに聞いてみると、「実はこれは20度くらいの冷却水を要求していますが、本来であれば、周りが30度以下になればいいのです」と、聞くとそういうのが出てくるのですね。そういったことをきちんと整理したり、逆に装置メーカーに発注するときに、「この温度帯でちゃんとやれ」とか、そういった指示が必要なのかなと。今は好きに提示させてしまって、いろいろなマージンを含んだりした数字が出てきているのが現状かなと思います。

池田 注文するほうの中のマージンもあるということですね？

伊藤宏 そうですね。

池田 こういうことに関して何かご質問ございませんでしょうか。

伊藤宏 あと、冷却水に関しては、最近の話題で、今までですと、冷却水はクリーンルーム内で結露しないように、あまり低くしない範囲で、15度くらいで供給していたりするのですが、それを32～33度以上にしようかという動きもあります。大気に熱を逃がして、冷却塔を回すだけで得られる冷却水ということで、フリークーリングというのがあるのですが、夏場でも、場所にもよりますが、32～33度くらいの冷却水が得られそうなのですね。それだけで賄えるようにしようと。そして、ほんとうに足りないところだけチラーを置くようにできないのかということをおっしゃっている方もいました。

⑥計測について

池田 計測の話も出てきましたけれども、廣嶋さん、何かございますか。

廣嶋 計測するというのは結構大変ですね、というのは確かにあると思います。装置側からはこういうデータはこういうふうに出しなさいよ、みたいなものを何かしら規格化することによって、各装置がある一定の条件でちゃんとそういったものが見られるようになるのではないかとこのように思って、それはある意味、そういうスタンダードみたいなものでの役割として求められていくのではないかと思います。

加藤洋 先ほどのエネルギーの設備ごとの“見える化”とか、それからエネルギーの使用量とか排熱の使用量とか、こういうものに規制が加わるということはないんですか。そういう設備じゃないと売ってはいけないとかね。東京都にディーゼル車が入れないとか、そういう規制が環境面でかかってくるんじゃないのかなと思うのですが。

池田 最初に説明しましたEuPはまさにそれだと思うのです。今言われているのは国内のお話でしょうか。

加藤洋 国内です。エネルギーを削減していかないといけないわけですから。

池田 その辺の情報を私は持っていませんが、どなたかお持ちの方、いらっしゃいませんか。

また思い出されたらそのときにということで。

他にございませんか。

駒形 フューチャービジョンさんのところでの定格と実測のデータですが、実測は平均でしたけれども、ピークで見たらどれくらいまで行くものなのでしょうか。

伊藤宏 例えば、電力の場合、初めに何か動くときに突入電力がありますね。あれで70%とか、定格の7、8割くらいまで立ち上がるのですが、その後は、先ほどご説明させていただいたように大きくと下がって、2、3割のところまで推移しているものが多かったです。

あと、例えば冷却水に関して言うと、冷却水の場合はずっと流しっ放しというのが多くて、本来は温度差がとれて、使われているというふうになると思うのですけれども、装置によって違いますが、少ししか使っていないものも多かったです。

例えば、初めのグラフで生産量に合わせて変動させたいというときに、装置側でも、何かしらオンオフする機能、絞ったりする機能が必要なのですね。設備側

ですと、台数制限とかインバーターということで、冷熱源の送り方とか量とかはある程度の対応はできるのですが、装置近傍でそれを止める機構がないのです、今のところ。

そういった測る技術と何かしら制御する技術が大事かなと思っております。

原 関連質問でよろしいですか。

突入電力は、電気回路的に、ないしはメカと運動して制御することは可能ですね。そこで、moderateに電流を上げるように回路を組んだりすれば、定格電力が実際の定常運転電力とほぼ限りなく近いように、本当は設計できるはずである、という理解でよろしいのですね？

伊藤宏 そうです。

原 はい、わかりました。

金丸 最初のほうに見せていただいた図で、生産量に対して使用エネルギーがどう推移するか、3つにカテゴライズされましたね。あの図を見せていただけますか。

ちょっと不思議に思ったのは、青色は生産量が上がっていると下がっているんですね。棒グラフの中で生産量が上がるとエネルギー消費が減っているように見えるのが一つあるんですが。

伊藤宏 これはイメージ図と思ってください。

金丸 そういうものもあるのかなと思ってお伺いしたかったんです。例えば、どこかに生産量に応じて最適値のあるようなエネルギー消費するものがあるのであれば、今は電力のマージンとかでしたけれども、生産量のマージンとかもよく設計しないと、最適なものが出てこないようなものが実際にあるのかなと思って興味深かったんですが。

池田 実際にはないわけですね？

伊藤宏 はい。例えば工場を設計するときには、「メガファブだったら、うちは生産量、下がらないよ」と主張するお客さんもいらっしゃるかもしれないのですが、下がっていくこともこれからは考えて、計画をしていかなければいけないのだなと感じました。

⑦設備の省エネについて

丹羽 設備の省エネというご説明の中で、稼動部の軽量化を言われて、特に、0.7mmのガラスの下に、お

墓にぴったりの大理石みたいなすごいやつをそれぞれ動かすというのをどこかで見たことがあるんですが、検討されていたというのは試算されたということですか。

伊藤宏 そうです。いろいろな材質を考えて、ここまで軽量化ができたならこれくらいのエネルギーが減るよと。さっきの場合は、すぐにできそうな部分と材料開発などが必要な部分が一緒になっている数字なのですけれども、ああいったことができていけば、先ほどの装置ですと、トータル60%くらい削減できる見込みだということで、一部には材料開発してこれから作っていかねばいけな部分も入っています。

丹羽 全工程ということはないんでしょうけれども、特にワークとともに動く、先ほどのステージなんかは、かなりの工程で同じようなことが言えるわけですか。

伊藤宏 そうですね。特にフラットパネル関係ではステージを持っているものが何種類かありましたね。

⑧売電について

常田 今の話で、大きいステージを動かしても止めるときに発電するわけですから、売電さえできれば、装置コストは上がりますけどエネルギー消費はそれほど増えないので、発電分を工場から売電していくという工場は結構あるものなのかなと思って聞いていたんです。そういうようなことは、大成建設さんあたり、トライしていることがあるのかなと。

伊藤宏 実際に、先ほどの検討は装置メーカーさんのほうでやっていただいたのですが、モーターのこととか私もあまり細かく知らない部分もありますが、重たいものを動かそうと思うとそれだけ大きな定格のものを付けておかなければいけなくなりますね。軽量化すれば小型化になり、コスト面も含めて有利になると思います。

常田 例えば、燃料電池とかになってしまうと、夜使わなくなっても、なかなか発電を止められないので、売っていかないときなくなるんじゃないかと思うんです。そういうのをもうやっているところがあるのかなということが気になったので。

伊藤宏 売電のほうですか……。

原 もし何でしたら、デバイス工場のお二人に伺ったらいかがでしょうか。

池田 発電機をお持ちで、売電の関係で、今のよう

取り組みとのトレードオフがあるかどうかということですが。

濱本 我々の工場では行っていませんが、別の事業所では排熱を利用して発電することを、チャレンジする話は、聞いています。

駒形 我々のところは、一方的に電力を買ってきているばかりです。工場によってコジェネをやっているところもあるのですが、売るところまでには行っていません。

原 コジェネに関しては、いわゆるコンビナートと言われている化学プラントにおいて、関連する発想の取組みがあると思います。たとえば、あるプラントにおいて、そこにある沢山の工場は、メーカーさんはそれぞれ別ですが、せっかく一緒に集まっているのだから、コンビナート全体で色々と融通しましょうという取り組みです。融通しあうものは、電力だけではなくて、水素をやりとりするか、概念的にはすでにありますし、実際に進んでいるのではないのでしょうか。電機メーカーの場合、私見ですが、堺工場はわりと一体化した取り組みを始めている模範例なのかなという印象を持っています。

濱本 排熱とかのエネルギーは、捨てているじゃないですか。それをエネルギーにまた戻して売るとか、そういうことまでやらないと省エネは進まないですね。

原 トータルでのリソースの融通を、排熱も含めてやりましょうということを、専門家の人たちはコプロダクション (co-production) と言っていると思います。

駒形 今のお話は、さっきの濱本さんの言われた投資回収ということになるとかなり厳しいと思うんですね。プランニングができて、実行するにはかなりの決断が要るなと思います。回収が非常に長くかかる。5年なんていうものじゃないくらいのスパンで考えないとだめだと思うので。

池田 まだ続けたいところですが、後でまた議論で蒸し返します。

先ほどの規制の話ですが、一つ参考になることがあるとすれば、資源エネルギー庁がやっているトップランナー基準がございまして、冷蔵庫とかエアコンなどでは既にやられているものです。そういう消費電力に関しては基準年から必ず何%以下にしてくださいという、業界全体でトップランナー基準という数値を作って、それを下回らないと売ってはだめよ、というのがあるのです。それが製造装置側に来るかどうかという

のは、もしかしたらあるのではないかと。

ただ、それは非常に政策的な面が強いので、いろいろと情報収集をしておくほうがいいのではないかと思います。

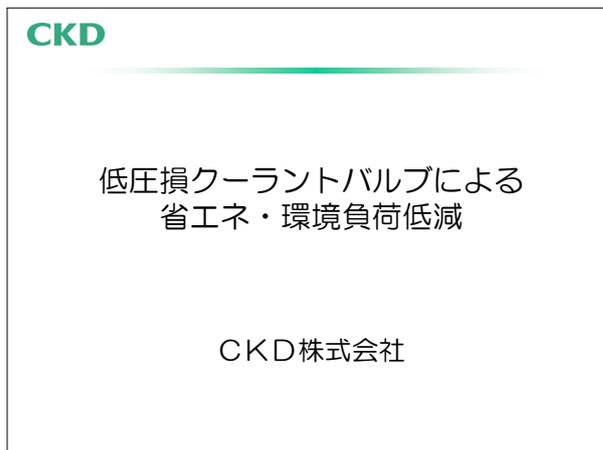
では次に、装置を構成するパーツという切り口での省エネをCKDさんから紹介させていただきます。

低圧損クーラントバルブによる省エネ・環境負荷低減

伊藤一寿 CKDの伊藤です。CKDはいろいろなバルブを作って流体制御に使っていただいていますけれども、末端で使う部品(バルブ)も省エネという観点でいろいろ取り組んでいきますと、塵も積もれば山で、意外と大きな効果が出るということがわかっています。

CKDの中で、環境負荷についていろいろ議論したんですが、化学物質の問題とか、省エネ問題とかいろいろありますが、やはり省エネというのが一番取り組みやすい。というのは、費用効果がはっきりしますので、投資していただけるんですね。化学物質というのはなくせばいいんですが、これは有害な物質が入っていると買ってもらえないという問題もありますが、我々作る側からすると費用がかさんで、取り組みにくいことも事実です。ですから、対費用効果、投資してもらって回収できるということから考えますと、省エネという切り口で取り組むのが一番やりやすいということです。

きょうは半導体ではないんですが、他の業界で取り組んだ事例を報告させていただきまして、これを横展開でいろいろな業界・業種で、こういった取り組みを今後展開していこうとしております。



CKD

1. 概要

工作機械による切削加工では潤滑・冷却・切粉除去のためにクーラントを使用しています。

CKDのクーラントバルブは、従来製品に比べ圧力損失50%低減を実施しました。(CVSE2シリーズ)

圧力損失を低減させることで、ポンプの容量を下げても十分な流量が確保でき、工場の省エネルギー・環境負荷低減に貢献します。



2

◎ 1. 概要

きょうご紹介するのは特に自動車関係の設備ですが、部品を加工するために工作機械で切削加工をしているのですが、潤滑とか冷却、切粉を除去するためにクーラントというものを使っています。クーラントを効率良く使うことが省エネ、それから環境負荷低減となるんですね。電力低減はCO2に換算されますので、省エネ＝環境負荷低減という形になりますので、結果もわかりやすい状況になっています。この商品の紹介をしながらお話しさせていただきます。

◎ 2. 機械加工ラインの消費電力の内訳

機械加工ラインの消費電力の内訳ですが、2社挙げました。このM社も自動車会社ですが、加工ラインの電力消費は、クーラントポンプに係る電力が非常に多く使われています。その他、洗浄とか加工・搬送がありますが、クーラントポンプは30%くらいです。

それから、某自動車メーカーですが、シリンダブロックの加工ラインで調査させていただいたんですが、やはりクーラント、それからエアもありますが、この2つが大きな割合を占めていまして、CKDはエア

機器も作っておりますので、エアとかクーラントとか、我々の仕事として省エネ・環境負荷低減は非常に大きなビジネスチャンスという形になっております。

クーラントを調べた結果から、加工ラインのエネルギーの30%を使っていることがわかりました。

◎ 3. クーラントバルブ改善ポイント

今回、この取り組みの一つとして、バルブに求められる省エネは何だろうということを考えますと、圧力損失を非常に小さくするということがシステム全体のエネルギーを低減させることになるということで、従来品のバルブの流体解析とそれによって圧力損失を上げていく方法をこちらの新しいバルブで取り組みました。

このシミュレーションの結果を見ていただくと、色の変化は圧力の変化なんですけど、従来品は二次側の圧力に対して一次側は結構高い圧力になっている。新しい低圧損品は圧力が低いところで出ているので、バルブ全体の前後の差圧は低くなっています。

技術的にはどんなことをしたかという、オリフィス通過後の断面積とありますけれども、バルブから出た後のこのところを広くしてやる。従来ですと狭いところがあるんですが、このバルブから出たところを広くする。それから、ストロークなんですけど、これも最適値がありまして、大きければいいというものでもないですので、必要なところに合わせてストロークを最適化する。それから、流出角度の最適化。これは、ここから出た流体がこちら（左下）に流れ出んですが、流れ出たときの流線の角度ですが、その流線の角度を最適化することによって全体を低圧損する。

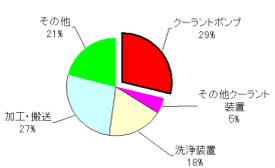
そんな技術をいろいろ取り組みまして、新しい低圧損のクーラントバルブを開発しました。

CKD

2. 機械加工ラインの消費電力の内訳

M株式会社

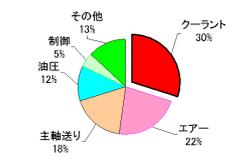
機械加工ラインの消費電力の内訳



出所：財団法人 省エネルギーセンター
平成14年度 省エネ優秀事例より

某自動車会社

シリンダブロック加工ラインの消費電力の内訳



クーラントシステムは、加工ラインの約30%の電力を消費している。

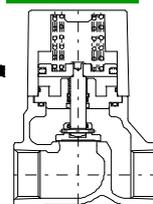
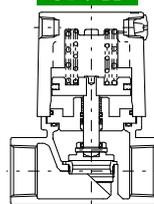
3

CKD

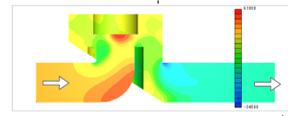
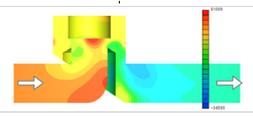
3. クーラントバルブ改善ポイント

従来品

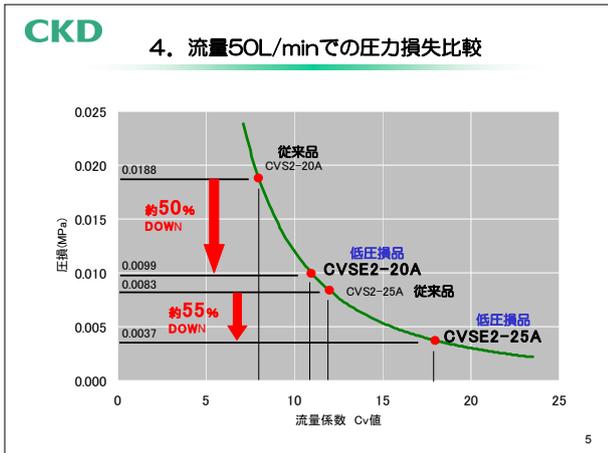
低圧損品



オリフィス通過後の断面積
ストロークの最適化
流出角度の最適化



4



◎ 4. 流量 50L/min での圧力損失比較

比較してみましょうと、従来品のものなのですが、圧力損失が0.0188という値を持っていたんですが、これが同じ口径のもので0.0099ということで、50%くらい圧力損失を低減することができた。もう一つの機種が25Aなんですが、0.0083が0.0037ということで、これも55%低減することができました。

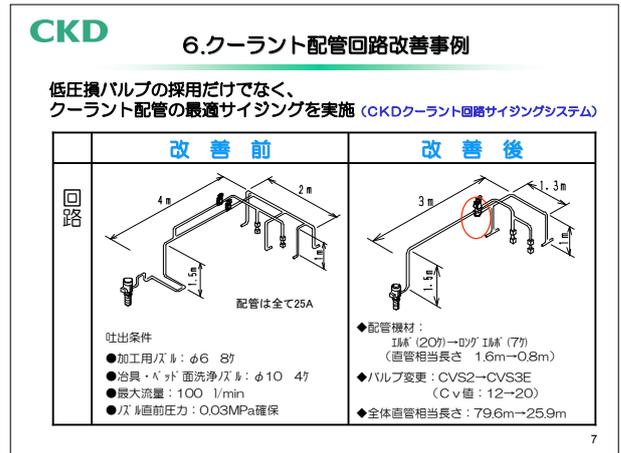
簡単に言いますと、一つ下のバルブが使えるということですね。

◎ 5. Before& After

従来品に比べて、この低圧損失は小さくなっていきますし、実はここにパイロットエアーを操作する電磁弁というものも付いているんですが、この電磁弁も従来消費電力4ワットあったものを2ワットにするということで、省エネを図っています。

◎ 6. クーラント配管回路改善事例

もう一つ、バルブ単品だけではなくて、お使いいただいているクーラントの配管全体ですね。この配管も



サイジングを最適化するというので、クーラント回路サイジングシステムというソフトウェアをつくりまして、エルボーとか配管の長さ、配管の径とか、そういったものを診断して、全体として最適化を図りましょうという取り組みもいたしました。

◎ 7. 改善効果

数値比較になりますが、改善前は直管に相当すると79.6mの圧損があったんですが、サイジング設計をしますと、直管部分で33.7m、これに低圧損のバルブを加えまして、システム全体としては25.9m相当という形になっています。

そうしますと、圧力損失も当然小さくなりまして、クーラントを循環させるのに必要なポンプの出力も小さくすることができる。消費電力に換算しますと、6,000kw/年が4,400 kw/年、3,000 kw/年。これをキロワット14円として電気代に換算しますと、8万4,000円、6万1,000円、4万2,000円。CO₂排出量に換算しますと、1000kw電力が0.1785トンという換算をしますと、このようにCO₂排出量も減ってくるということで、バルブと配管全体を見直しますと、

項目	改善前	改善後	
		配管のみ改善	システム全体の改善
消費電力	100%	73%	50%
CO ₂ 排出量	100%	73%	50%

大幅な改善が可能!

CKD

8. 実施例

某工機株式会社のマシニングセンターの開発において、低圧損クーラントバルブと配管の最適サイジングを実施。

	低圧クーラント ポンプ容量	中圧クーラント ポンプ容量
従来機	1.5kW	2.2kW
開発機	0.55kW	1.1kW
	63%低減	50%低減

クーラントポンプの要領を50%以上低減。



9

消費電力、CO2 排出量ともに73%と50%ということで、クーラントシステム全体で考えますと大幅な省エネルギー、CO2 排出量の低減ができたという結果になります。

◎ 8. 実施例

実際にある工機会社のマシニングセンターの開発と一緒にやらせていただきまして、低圧損のクーラントバルブと最適サイジング設計ということで、低圧クーラントポンプの容量も63%、それから中圧ポンプも55%ということで、実際にもので確認したときも50%以上の低減ができました。

◎ 9. 製品カタログ

その他に新しいバルブにすることで、従来、鋳物の中に含まれていた鉛や、そういった環境阻害物質を排除して、RoHS 指令にも到達することができましたので、製品としてはいいものができたかなと思います。

この考え方を、クーラントだけでなく、蒸気もありますし、油、冷却水等いろいろあるのですが、それ

CKD

9. 製品カタログ

エネルギーロス低減をサポート！
低圧損・大流量クーラントバルブ 45タイプに充実。

RoHS

圧力損失 50% 低減

流量UP

STEP1

STEP2

STEP3

CVSE3 Series

CVSE2 Series

10

からガス、気体関係ですね。その方向へ展開していこうという形で今取り組みを進めております。

以上、簡単ですが、実施例の一例です。

質疑応答

池田 ありがとうございます。

何か質問等、ございませんか。

50%、非常に削減率が大きいのですが、そういうことに関して。

伊藤一寿 もともと悪かったという考え方もあるんですけど(笑)、これを例えば競合メーカーのものと比較すると、従来品はほぼ同じだったものを我々が良くしたという形で、たくさん使っていただけるようになりましたので、従来悪かったというよりも、さらに良くなったというふうに、我々はいいほうに解釈しております。

池田 何かございませんか。

◎ オフィスの圧損について

駒形 オフィスの圧損というのは、今まではそれほど問題になっていなかったということなのではないでしょうか。今までも順次良くしてきたけれども、さらに、という状況でしょうか。

伊藤一寿 システム的に全体の話は出ると思うんですけど、クーラントの消費電力が高いとかですね。そこからみ砕いて、配管一つとっても、従来ですとエルボーという90度曲がる配管部材があるんですが、それ1つで使うより45度のものを2つ使ってちょっと半径を大きくしてやるだけで、配管の圧損も大分変わってくるんですね。それと同じで、オフィスのバルブにしても、ちょっと変えて流れやすくすれば良くなる。

ものを大きくして、大きなオリフィスを付けて、大きな操作圧力となるとまたそこでエネルギー消費が増えてしまいますので、同じエネルギー消費で圧損を低減する作業をやるという、そこまできみ砕いたところで、やっと展開することができたという感じです。

駒形 ありがとうございます。

◎ バルブの排熱について

加藤洋 バルブ自体から逃げていく排熱対策はやられ

ていますか？

伊藤一寿 そこまではやっていません。クーラントの場合は、それほど熱が上がりませんので、問題になっていません。ただ、蒸気とか、冷却水とか、そういった循環するところだと、ジャケットを巻いた断熱とかいうことまで考えなければいけないかもしれないです。

池田 先ほどの大成建設さんの冷却水の循環等には、こういう考え方は使えるのではないかなと。どうですか。

伊藤宏 そうですね。

伊藤一寿 冷却の場合ですと、流量と温度差で熱が決まってきますので、同じ流量で温度差が必要であれば、循環するポンプでも省エネになると思います。

池田 コンダクタンスを下げ、押し出したときのエネルギーを下げるということですね？

伊藤一寿 そうです。

⑪電磁弁の消費電力について

芦沼 制御するのが4ワットから2ワットに下がったというのは、圧損比が50%になったから下がったんですか。

伊藤一寿 そうではなくて、ここに付いているのは電磁弁なんです。エアーを入れて、この電磁弁をオンにすると、その操作エアーでバルブが開閉するんですが、この電磁弁そのものの消費電力を2ワットに下げたと。

芦沼 それは回路上で下げたと？

伊藤一寿 中の電磁回路設計と、バルブ全体の圧力バランスですね。その設計を変えまして、小さな電力で大きな有効断面積が得られるようにしましたので、そのバルブを併せて改善したということです。

先ほどのポンプの出力を50%下げたというのには、これは含まれていませんので、ここだけの話です。

伊藤一寿 中の電磁回路設計と、バルブ全体の圧力バランスですね。その設計を変えまして、小さな電力で大きな有効断面積が得られるようにしましたので、そのバルブを併せて改善したということです。

先ほどのポンプの出力を50%下げたというのには、これは含まれていませんので、ここだけの話です。

池田 ちょうどいい時間になりましたので、次はこの後、あるいは最後のまとめのところで議論させていただければと思います。

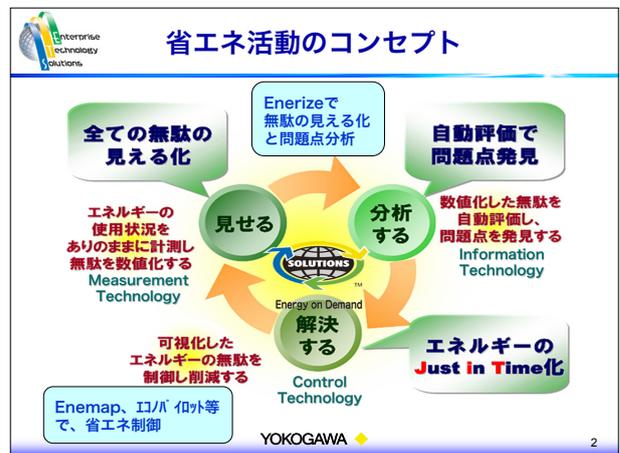
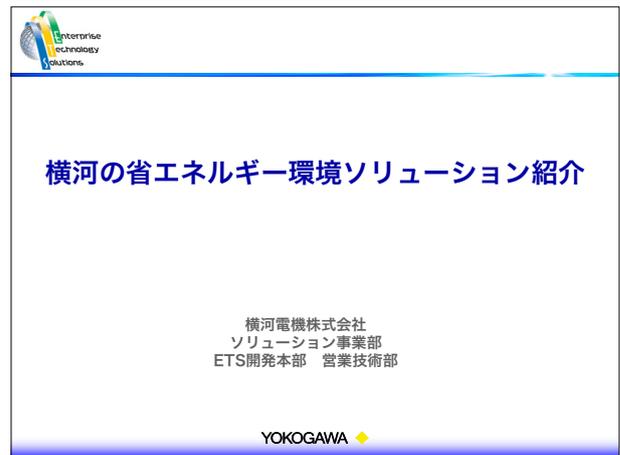
では、廣嶋さん、お願いします。

横河の省エネルギー環境ソリューション紹介

廣嶋 横河電機の廣嶋です。発表のほうは私が最後ということで、時間も大分迫ってきていますし、前回の研究会でかなりコンセプト的なところは紹介させていただきましたので、エッセンスだけおさらいというようにと、あとソリューションの紹介ということで手短にお話しさせていただきたいと思います。

◎省エネ活動のコンセプト

横河電機の省エネ活動のコンセプトは、この間も紹介させていただきましたように、「見せる」部分、それを「分析」して、「解決」するという、この3つを回していくことによって省エネを推進していきましよう。それを“Energy on Demand”、“エネルギー



省エネ投資は有効か？

生産投資

- ・市場ニーズにあわせたタイミングが重要
- ・緊急性がある
- ・ニーズが変われば無駄になる

省エネ投資

- ・時期を問わない、緊急性がない
- ・累積効果を生む
- ・企業文化として定着

企業のコスト競争力強化のためにも計画的な省エネ投資は有効
「省エネ・CO2削減とコスト削減(利益)の両立」

YOKOGAWA ◆ 3

の「Just in Time化」というキーワードをコンセプトに進めさせていただいております。

◎省エネ投資は有効か？

「省エネ投資は有効か？」ということなのですが、生産投資は市場のニーズに合わせたタイミングが重要で、ニーズの変化によって無駄になる部分もある。それに対して、省エネは、時期を問わない、緊急性がないかもしれないですが、累積効果を生んで、企業文化として非常に意味があることですね、という考え方です。

企業のコスト競争力強化のためにも計画的な省エネ投資は有効です。一つのコンセプトですが、「省エネ・CO2削減とコスト削減(利益)を両立させます」ということです。これに関しては後のほうで議論があるかと思いますが、これって両立するんですか、というところが省エネ・CO2低減の一つの課題だと思っております。

◎ YOKOGAWA の省エネ

YOKOGAWAの省エネ

YOKOGAWAの省エネは

- 1) 機器更新型 (省エネ型)
- 2) がまん型 (使わない)
- 3) 節約型 (無駄を減らす)
- 4) 運用改善型

「見える化」の仕組みが必須

『既存設備を効率よく使い、省エネ運転を』
 『継続的な省エネの仕組みを』
 →省エネ文化を創り、継続的な省エネの体質を作る

YOKOGAWA ◆ 4

エネルギー原単位

- 原単位のメッシュ
全工場、個別7桁(個別製品)、使用責任者、製造建屋別
- 原単位の式

$$\text{原単位} = \frac{\text{分子}}{\text{分母}}$$
 分子=エネルギー使用量として
 (熱+電気)で原油換算したエネルギー使用量あるいは、燃料、蒸気、用水、圧空、電力などの種類別使用量(固有単位で表示)
 分母=生産量として
 製造(処理)トン、個/処理面積(m2)、製造ロット、設備稼働時間、総勤務時間数、利用員数、営業時間・床面積
- エネルギーについて
 エネルギー=固定エネルギー+変動エネルギー
 区分して、管理することが重要(見える化)

YOKOGAWA ◆ 5

省エネに関してはいろいろありますが、私どもが考えているのはこの「節約型」です。要するに、“見える化”によって、どこに無駄があるかを見つけて、その運用を改善していくというような形です。これを行うためにもこの“見える化”が必須ですということです。

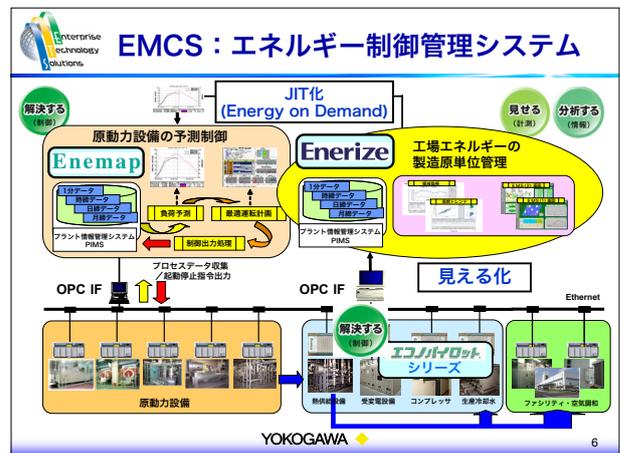
あとは「既存設備を効率良く使って省エネ運転」という形です。

◎エネルギー原単位

これは原単位のお話ですが、これも考え方です。

◎ EMCS : エネルギー制御管理システム

この絵は前回も見ていただいておりますけれども、それぞれの「見える」「分析する」であるとか、「解決する」といったところに、このような商品群を持ってソリューションを提供させていただいておりますというところで、その領域の中で「エコパイロット」という商品があります。



送水ポンプ省エネ制御システム エコノパイロット

● 空調用冷水の送水ポンプ電力を90%~60%削減

送水流量に応じてポンプの回転数を最適に制御し、最大90~60%の驚異的な省エネ効果を実現。
既存設備に小型コントローラを追加するだけの簡単導入。
[平成14年度 省エネ大賞資源エネルギー庁長官賞]を受賞!

ポンプが回転数の3乗で電力を消費する原理を応用し、送水量が少ない時の余分な送水圧力をカットし、省エネを実現

送水圧力 → 計画流量 → 損失圧力

送水圧力1 → 流量1/2 → 損失圧力1/4

電力1/8=87.5%省エネ

送水圧力1/3 → 流量1/3 → 損失圧力1/9

電力1/64=98.4%省エネ

$P_w = 0.163H \cdot Q^3 / \eta$

同様の原理による、熱源1次ポンプ省エネ制御システム、冷却水ポンプ省エネ制御システム、生産冷却水省エネ制御システムもご用意しています。

◎省エネ制御システム (エコノパイロットシリーズ)

これは、先ほどの冷却水の圧損だとか、そういったものにも非常に関連している製品で、これはちょっと古いんですが、平成14年度の資源エネルギー庁長官賞、省エネ大賞を受賞している商品です。ポンプの電力消費はポンプ回転数の3乗で効いてきますが、実際の工場では冷却水を一定回転数のポンプで送りっ放しで、必要流量が減ってもその辺のコントロールがうまくされていないというケースが非常に多かったんです。必要な流量が変わったときには配管の経路での圧損は変わってくるわけなので、そういったものに合わせてポンプの回転数を最適制御をすることによって省エネを実現するような商品になっております。

◎エネルギー原単位管理システム Enerize(エネライズ)

“見える化”の部分では前回説明させていただきましたけれども、いろいろな設備からデータをとって、それを原単位で可視化する。これによってリアルタイムでの運転状況や、場合によっては改善処置のシミュ

エネルギー原単位管理システム Enerize[®](エネライズ)

● 工場全体のエネルギー管理を高度な分析機能で実現

エネルギー(電力・冷水・温水・蒸気)の生産と消費を、リアルタイムに管理。
エネルギー使用状況をエネルギー種別ごとに、エネルギー原単位、CO₂排出量、原油換算量などでわかりやすく見える化。
無駄遣いの場所がすぐわかります。

運転実績データ → Enerize蓄積データ

設備データ → CO₂排出量予測計算

エネルギー料金表 → エネルギー消費管理

生産原単位、CO₂排出量、エネルギーコストなど、エネルギー管理や予防保全に必要な情報を多面的に解析・見える化し、コストダウンと環境経営に貢献します。

エネルギー予測制御システム Enemap[®](エネマップ)

● 工場全体のエネルギーを最適利用するため、原動力設備を自動制御

運転実績と気象予報データをもとに、季節や時刻によって変化するエネルギー需要負荷を予測。電力、都市ガス、原油などのエネルギーを最も有効に使う組合せ(ベストミックス)を導き出します。目的に合わせて、省コスト、省CO₂、省エネルギーの3つのモードから原動力設備の運転台数、負荷、発停時期を自動的に計画して、最適運転します。

気象データ → 需要予測機能

運転実績データ → 最適運転計画機能

設備データ → 最適運転計画機能

エネルギー単価 → 最適運転計画機能

2007年度 計測自動制御学会 技術賞受賞

地域冷暖房、コジェネレーション、特定電力事業、プラントユーティリティなどのエネルギー製造システムにおける、運転の省コスト、省電力化、計画と実績の管理を実現します。

レーションでどれだけ効果があるのを見たり、そういった使い方ができる商品です。

半導体産業ではどちらかというと今までは動力、空調といったファシリティ側のソリューションが主な省エネ対象としての利用先であったんですが、これを生産設備、装置側まで展開して行って、そこまでも含めた“見える化”、エネルギーの可視化を今後進めていきたいと思っております。

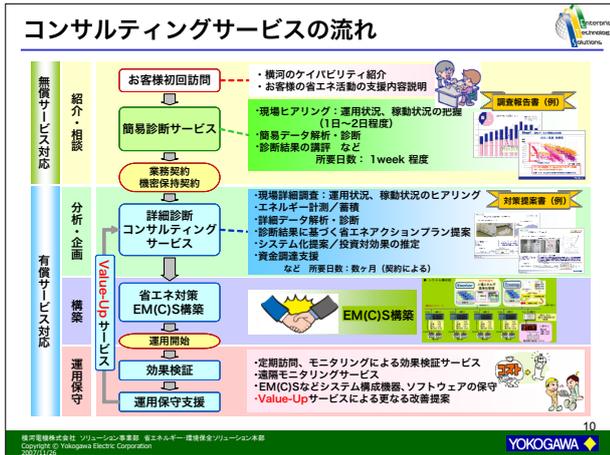
◎エネルギー予測制御システム Enemap (エネマップ)

これは、実際にエネルギー消費を減らすという部分に対するエネマップという商品になります。これは運転状況であったり、運転実績データであったり、あるいは気象のデータから、例えば明日の天気、気温、そういったものがどういうふうになるのか、湿度はどういうふうになるのか等、いろいろな情報からエネルギー需要予測をして、その需要予測値に最適な設備の運転計画を立てて、その計画で、設備をオペレーションすることによって省エネを図っていくという商品です。

これは2007年度の計測自動制御学会の技術賞を受賞している商品です。

◎コンサルティングサービスの流れ

こういった商品群でソリューションを提供していると同時に、コンサルティングサービスという形で、実際に工場を見せていただいて、フィージビリティスタディ含めてやらせていただいて、どういったシステムをどういうふうに応用するとどれくらいの効果がありますか、ということをご相談させていただくことも



やっております。

簡単ですけれども、こういったような形でソリューションを提供させていただいております。

中で述べましたように、課題としては、“見える化”が一つの中心になるわけですが、見えるためにはやはりデータをとってこなければいけない。その部分で、今までより求められているのは、ファシリティ設備の、より詳細なデータに併せ、生産設備、製造装置側に対象を移していくときに、そのデータをどういうふうに取り込んでいくのか。要するに、コストを考えたときに、投資効果が回収できるという形で実現するためにはどうしたらいいのか、といったものが課題としてあると考えております。

簡単ですけれども、以上です。

質疑応答・意見交換

池田 ありがとうございます。

ご質問等、どうぞ。

⑫データをとることについて

加藤洋 “見える化”するためにデータをとるのは、レトロフィットの対象のものになるとお考えですか？

廣嶋 そうですね。既存のラインで行うということになるとレトロフィットの対象になるかと思います。

加藤洋 新しい設備、例えば300mmから450mmというのには、こういうものが自動的に付いているわけではないんですね？

廣嶋 それは製造装置側という話ですか。製造装置側に電力という切り口で自動的に上がるようなものが最新の装置だと付くのかと言われると、現時点ではま

だできない、というふうに思います。

ただ、従来に比べるとかなり細かな装置の運転状況まで上がるようなデータをとれるようなポートだとか、そういったものはSEMIの規格等でも出てきておりますので、そういったものを活用することによって、装置に特別な改造なり入れることなく、データを上げることはできると考えております。一定の按分割合だとか、事前にあるデータに換算して、「電力としてこれくらい使っているはずだ」という形の、実測値ではないような形の運用であれば、あまり手を入れずにできるかなと考えております。

加藤洋 レトロフィットの場合、電力を見るというシステムは簡単に取り付くんですか。

廣嶋 電力を見るためにレトロフィットとして何かしらのパッケージで今提供しているというわけではないので、それは個別の相談になるかと思います。

池田 ほかにございませんでしょうか。

以前の会議（集中討議ではなく以前のファブシステム研究会）で、提供されているコストが結構な金額だと思ったのですが、この後、短い時間ですが、議論するとき、環境負荷を低減しましょうという動きだけで済むのだったらいいんだけど、それを阻害する要因が幾つかあると。投資回収の期間もその一つだと思うのですが、他にコストもあるわけですね。横河さんの今までの実績だとワンソリューションで、お幾らだったでしょうか。

廣嶋 こればかりはケース・バイ・ケースですので、金額的なところはワンセットでという形ではないんですが、先ほど濱本さんのお話にもありましたが、今、フィージビリティスタディみたいな形でやらせていただいて、ここにこういうものを入れて、こういう形でやるとこういうことができますねと。そうすると、その投資規模が試算できるわけですが、その投資規模で実際にそれによって消費エネルギー、CO2低減を実現した場合にどれくらい回収できますか、といったところで投資に踏み切るかどうかというのが当然入ってくるんですね。

ですので、なかなか投資に見合わないような規模の設備投資は、今の時世でもかなり厳しいというのは事実だと思います。

池田 逆にいえば、そういう判断をされて、投資をやってもいいよというところは結構あるということですね？

廣嶋 あると思います。ただ、今回のテーマのディスカッションの中にもあると思うんですが、いろいろな規制や法律みたいなもので、そういったものが動機付けとして、やらないと商売ができないとか、やらないと非常に痛い目に遭うとか、そういったことがあれば、目的は対投資効果といっても企業にとって利益が出ないと意味がありませんので、そういったところとつなぐような動機付けがあれば、動きとしては早く進む可能性はあるかと思いますが、現時点で投資回収というのが大きな判断基準になっています。

⑬各会社における環境負荷低減の阻害要因について

池田 他に、質問はございませんでしょうか。

今、議論に入っているようなので、時間があまりないのですが、最初に提示しましたディスカッションの項目が幾つかあります。最終的には「次世代ファブでの環境負荷低減はどうあるべきか」ということをやりたいのですが、それは2時以降に持ち越しさせていただくことにします。

その手前に、環境負荷低減をやりたいというときに阻害要因は何だろうというところがそれぞれの会社で出てきていると思うのですが、そういうものをピックアップしていただければと思います。それは先ほどあったような、回収時間が長い、投資が回収できるのか、それに規制の話もありますが、具体的にそれぞれの会社さんで、こういうことがあるから非常に大変ですよということがあるのかどうか、幾つか事例を出していただければと思います。

久保内 先ほどCKDさんの低圧損のクーラントのバルブのお話の紹介があったんですが、そういった省エネに絡むいろいろなパーツなり、省エネの機器もこれからどんどん進むと思うんです。それはそれでメーカーの努力で進む面も相当あると思いますし、あるいはナショナルレベルで、例えば低消費電力用の蛍光灯を入れるとペイバックされるとか、もしナショナルレベルの支援みたいなものがあるのだったらもっと進むのか。

意外と、こういうものは無視されていますね。目に見える、太陽発電だったらどのくらい保証するとか、そういうのはありますけれども、もうちょっと細かい、努力に対するものにサポートみたいなことをしてもらおうとっと進むと思うのですが。アイデアですけど。

池田 「包括的にしろ」と言う割には支援がないとい

うことですね。わかりました。

ほかにどうでしょうか。

今は太陽電池くらいでしょうか。あと電気代がちょっと安くなるとか、そんな感じでしょうか。

久保内 LED照明とか、ああいうのも適用されているんですか、私は細かいことはわかりませんが。ほとんど白熱球から蛍光灯に置き換えようという活動をしていますね。

池田 そうですね。あれはナショナルなインセンティブはなかったと思います。

加藤洋 クリーンルームなんかのHEPAも省エネタイプのHEPAに入れ替えていますね。

池田 それは何かそういう支援があったりするのですか。

加藤洋 多少あります。

池田 それがあるから非常に助かっている、という話ですね？

加藤洋 まあ、そうですね。そういう後押しがないとね。

池田 例えば、こういう部分で後押しがないから、後押しがあるといいなとか、そういうのでも構わないですし、あるいは、もっと手前にありました具体的なコストの話ですね。投資の回収に関しては、さっきの貸借対照表の話もありましたが、税金的な優遇措置があるかどうかという部分でも構いません。いかがでしょうか。

濱本 基本的に、我々、装置を買う側からすると消費電力が少ない装置を提供して頂ければいいわけですね。ただし、半導体の場合は、性能が最優先されるじゃないですか。電力が少ないからといって選ばないですね。だから、装置メーカーも、電力を少々犠牲にしても性能の良い装置をどうしても目指しますね。そこが一番の大きな課題ではないかと思います。

以前、JEITAに提案してほしいと、JEITAの東芝担当に言ったのですが、従来比、消費電力が上がることに例えばペナルティを科すとか、装置メーカーへそのような取り組みを行わないと省エネは難しいですね。今の方向性から行くと、10nmレベルの微細化になると、EUVの露光機が必要になります。EUV露光機は、発電所が1つ必要なくらいの電力が必要だという話をしているわけですよ。そうすると、いくら我々が省エネを図ったとしても、そういったものが入ってしま

えば、すべてが吹っ飛んでしまう形になるわけですね。そこを考えないと難しいのではないかと思います。

池田 露光装置はその会社さんでしか購入できないという、そういう状況なわけですね？

濱本 ええ。

池田 今のお話はなかなかコメントしにくいのだろうと思うのですが、どうでしょうか。

斉藤 省エネ製品を作る立場と、濱本さんみたいに省エネ製品を使う立場がそれぞれあると思うんです。さっきドライポンプの省エネ運転、間欠運転のお話があって、例えばカセットチャンバーは間欠運転ができます、プロセスチャンバーはパーティクルに問題があるので、間欠運転はちょっと怖いからやりたくない。作る立場からすると、どういうものを作れば間欠運転が可能になるのかというあたりの情報交換がないと、なかなか全体の省エネって進んでいかないような気がするんです。

濱本 我々が要請しても、性能を問われると、そこで装置メーカーさんが足踏みしてしまうんですね。

常田 価格との関係が突然出てくるので……。性能というのは価格も含めた性能で、電力を減らそうとすれば、高いマグネットをジャンジャン使ったりすれば行くわけですが、その価格でご購入いただけるかという問題も常につきまとうので、やはり規制みたいなものが出てこないと……。

さっき税制の優遇だと、資金を寄越せという話が出たんですが、むしろ逆で、ムチのほうが出てこないのだめですね。優遇なんていっても、もともと税金で払っているわけですから。

濱本 多分、本腰を入れてやらないんじゃないかなというふうには思うんですけど。

池田 装置メーカーに対してアメがあってもいいわけですね。エネルギー削減をするよということに対して、ムチ的なインセンティブも当然ありますが、アメがあってもいいわけですね。そういうのはちょっと難しいのでしょうか。

廣嶋 デバイスメーカーさんに向けたものであっても、多分デバイスメーカーさんの装置購入仕様書のところのグレードが省エネのところはボンと上がってくるんですね。今は、先ほど紹介されたように項目としては拳がっているんですけど、実際に機種選定するときはそれ以外のことで機種が選定されている。そこに省エネの項目がどれくらいのポジションで上がって

るかというのが多分変わってくるのかなと感じます。

常田 それがお互いとしていただけるかどうかということに結局はなっていてしまいますね。

池田 一種の規制なのでしょうけれども、業界団体さんがそういうことをやれるのかどうか……。

加藤洋 さっき CKD さんの事例がありましたが、ああいう省エネタイプのを開発すればお客さんがとれるよ。だから、一つの技術課題だけでも、それをクリアすれば、今まで半導体のこの機械はこのメーカーしかなかったんだけど、その省エネタイプを出したから、そっちのほうを買ってもらえるという、装置メーカーとしてはそういうメリットもあるんじゃないですか。

池田 課題をみんなで共通して持つておく必要があるということですね。

申しわけございませんが、司会の不手際で議論の時間があまりなかったのですが、キーワードとしては、“支援”と“規制”と“性能と金額のトレードオフ”みたいなものが出てきました。こういうものを想定した上で、午後2時以降で環境負荷、あるいはエネルギー負荷の削減に関して、将来のファブはどうあるべきかという部分が議論できたらと思います。

これで4セッションを終わらせていただきます。ありがとうございました。

— 第4セッション 以上 —

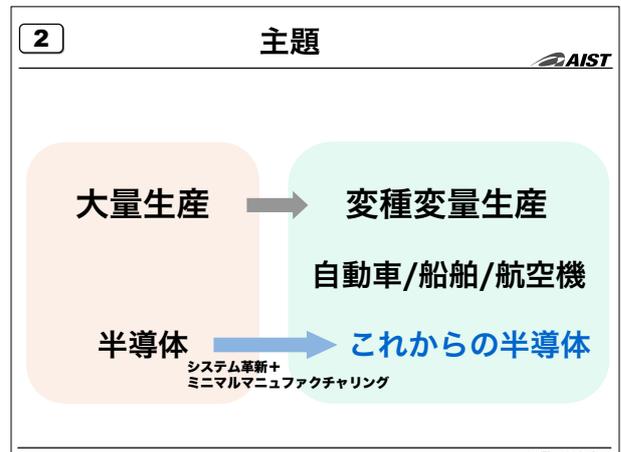
第5セッション 「ミニマルファブ構想」

原（司会） 初めに、私のほうで簡単にマクロな話を5分か10分させていただきまして、それから大成建設の長谷部さんに、主に建屋の観点からHALCAプロジェクトの経験をお話しいただきます。そこで質問・議論を一度いたしまして、それから話を戻して、「ミニマルファブ構想とは何なのか」というところに話を進めていくシナリオにさせていただいています。

◎主題

まず主題として、きょうの2時間で取り上げることは「大量生産から変種変量生産へ」、という産業の構造改革です。「変種変量」とは、バリエーションな種類、バリエーションな量を扱えることを意味しています。多品種少量の進化形として専門家の中でこういう言葉が使われるようになりました。大量にも少量にも対応できるということです。そういう意味では「大量生産か、小量生産か」という単一軸ではない、両方に対して性能が出せるものです。

自動車、船舶、航空機というのは、既に変種変量生産に移っています。半導体は現状大量生産をやっているわけですから、その意味では、成熟段階に達しているとは言えません。マーケットが飽和してきた現時点での状況に対して、システムの方は、大量生産向けのままです。そこで、システムを革新し、そしてこれから申し上げるミニマル・マニュファクチャリングを使ってやっていけば、こちら変種変量生産側へ移行できるのではないかと我々は考えているわけです。



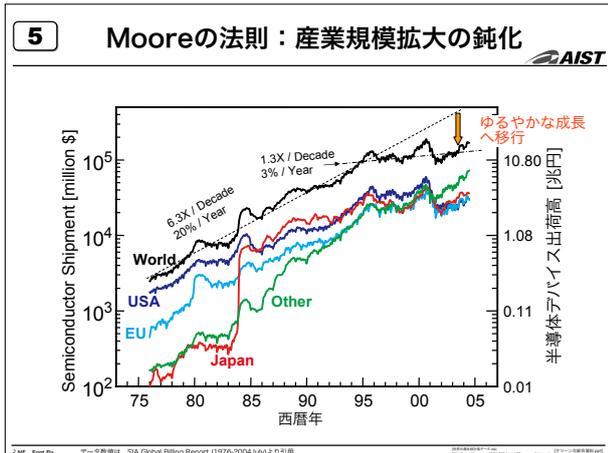
第1部ではミニマル・マニュファクチャリングについて説明し、その後にHALCAのお話を挿入して、第2部では、これから取り組んでいく我々の考え方を申し上げます。

これは我々の命名で、“スケールシュリンク型半導体システム構想”と言っております。皆さんとお話しさせていただくときは、その一つの具体的ファブイメージとして“ミニマルファブ構想”と言っているものです。

◎ Moore の法則：産業規模拡大の鈍化

これは当たり前の話になり、最近では雑誌にも出てくるようになったものです。この図中で、ここら辺（2000年～現在）の議論はよくあり、頻繁に目にします。しかし、全体的な75年から30年分くらいをとったこのグラフを見ると、興味深い事実が明らかになります。それは、95年から指数関数的な伸びは止まっているということです。この線で言うと、95年以降の成長率は3%です。未来も含めてエイヤでいくと、いろいろな引き方があって、きのうの日立ハイテクの加藤さんが6%とおっしゃいました。線の引き方というのは心理的に変わってしまうものですが、いずれにしてもGDPが日本の産業の平均値くらいの伸び、いや、倍だと言う人もいるかもしれませんが、そのくらいです。昔は年率20%という状況だったのですが、95年にそういう時代は終わっているということが、歴史的事実です。



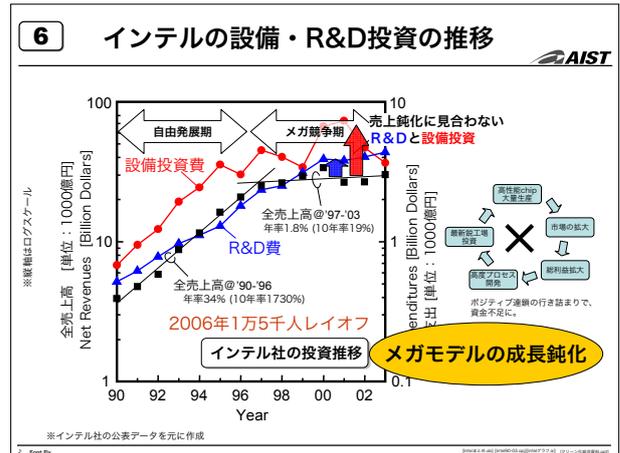


ですから、こういう過去の指数関数的な伸びを前提としたものづくりはやめなければいけない。マーケット全体が指数関数で伸びているのだから、リサーチも指数関数で伸ばす、デベロップメントの投資額も指数関数で伸ばす、(会社数が一定として) 社員数も指数関数で伸び、会社の売上も指数関数で伸びてきた、だから倒産しなかった、というのが半導体業界だったのです。会社というのは、経営を常にベストに維持するのは並大抵ではないので、スクラップアンドビルドをくりかえすものであるという点からすれば、どこも倒産しないで、大手 11 社とやってきたということ自体が異常なわけですから、それがここに来て普通になったという理解かなと思っています。

◎インテルの設備・R&D 投資の推移

個別企業の動向を説明したほうがわかりやすいので、Intel 社の投資推移について、IR 情報をとってみますと、やはり指数関数で伸びていました。ところが、Intel の場合でも、「自由発展期」から「飽和期」(私は「メガ競争期」と定義していますが)に入ったのは、ワールドワイドの 95 年に対しては若干遅れていますが、97 年です。Intel もこういうふうに、ワールドトレンドと連動して、10 年前に飽和期に入っています。メガ企業、ガリバーと言われていますが、ガリバーというのはそれ自体が飽和しているものです。ガリバーが指数関数で伸びたらえらいことになってしまうので、「ガリバーになった」と言われた時点で、それは飽和しているのだと思われたほうがよろしいと思います。

Intel 自らは、そのことがよくわかっているようです。設備投資額もここ (97 年くらい) までは指数関数でしたが、問題は、投資額を抑えずに少しずつ伸ばしているということです。マーケットが頭打ちなのに

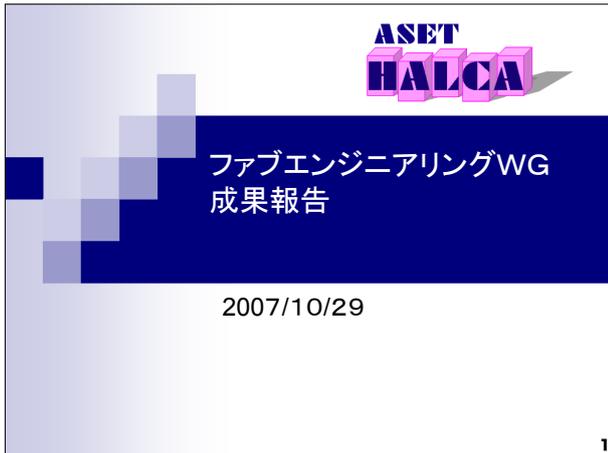


投資額を伸ばしている。現に Intel ジャパンの幹部は、「売上が一定なのに投資額を伸ばさざるを得ない」とはっきり言っています。

それから、R & D については、もっと傾向がアンハッピーでして、伸ばさざるを得ない。なぜかという、日本が R & D を大方やめてしまってきていますので、Intel だけが研究開発をしなければならない状況がだんだんできてきています。そうすると、一人勝ちのようですけれども、産業全体でやってきた研究開発を自分だけでやらなければいけないという、大きな苦勞を背負い込むのが現状で、このように無理に伸ばしているということがあります。

そういうことで、「ムーア則に見合わない R & D と設備投資」という無理が、今、Intel に重くのしかかっています。高度プロセス開発をして、最新鋭の工場投資、そして高性能チップ大量生産、そして市場を拡大し、総利益を拡大する……、これは一周ごとにどんどん金額が増えているわけですが、そういうふうにグルグルやっている良循環がどこかで破綻してしまいました。2006 年末ですから既に少し古くなりましたが、Intel 自身も 10 万人の社員に対して 1 万 5,000 人のレイオフをした。日本では不思議と報道されませんでしたね。しかし、Intel の幹部はみんな青い顔をしていたと聞いています。「メガモデルの成長鈍化」というふうに私のほうでは言っております。

そのような状況がございまして、我々としては、次に取り組みたいと思っているのですが、その前にこういう状況を踏まえた、業界としての先駆的な取り組みがあったので、長谷部さんから一度お話をいただいて、次は何だ、ということに進ませていただきたいと思っています。



ファブエンジニアリング WG 成果報告

長谷部 大成建設の長谷部です。よろしくお願いします。

今、ご紹介がありましたように、HALCA のプロジェクトに参加しておりましたので、そのときの報告をさせていただきますと思います。

◎プロジェクト概要

HALCA プロジェクトですが、Highly Agile Line Concept Advancement の略称です。平成 13 年の NEDO の助成金事業で、事業名は「高効率次世代半導体製造システム技術開発」、平成 13 年から平成 16 年の 3 年間、総予算は約 80 億円という形で行いました。場所は、こちらのつくばのスーパークリーンルームです。

参画企業は 2 つに分かれていまして、助成金事業と賦課金事業です。助成金事業は、80 億を使って行った事業ですが、主に生産プロセスや製造装置の開発、賦課金事業のほうでその成果を取りまとめるという形で、ファブシステムの検討を行いました。

参加企業は、助成金事業では、東芝さん、ソニーさん、

シャープさん、ロームさん、セイコーエプソンさんというデバイスメーカーさん、それと東京エレクトロンさん、荏原製作所さん、ULVAC さん、大日本スクリーン製造さんといった装置メーカーさんが参加しています。

賦課金事業のほうでは、プロセス生産装置のほうも一緒にやられていましたが三洋電機さん、あとゼネコンということで、清水建設さん、大林組さん、大成建設というメンバーです。それと、一つ異例ですが、トヨタ自動車さんが参加されています。

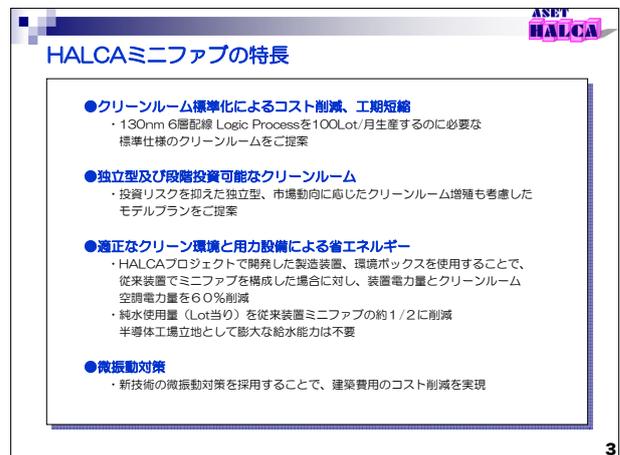
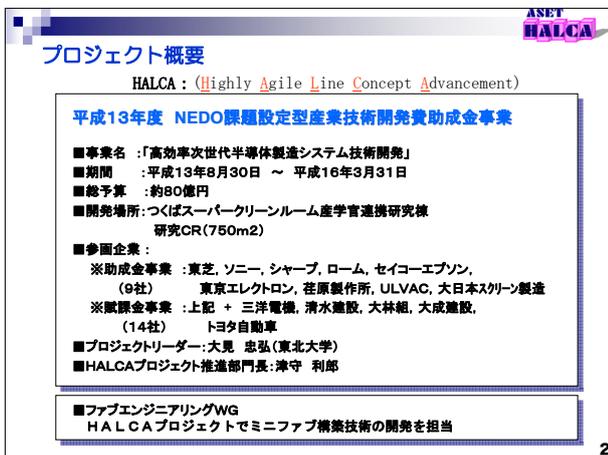
プロジェクトリーダーは東北大学の大見忠弘先生で、産官学共同研究という形で行いました。

当社及びゼネコン各社は何をやったかということ、この中でファブエンジニアリングワーキンググループとこのを組みまして、HALCA プロジェクトでのミニファブ構築技術の開発ということで、研究開発をいたしました。

◎ HALCA ミニファブの特長

HALCA のミニファブとは何かということなんです。基本的には 100 ロットというメガファブの 10 分の 1 くらいの生産量をベースに生産工場、生産ラインを検討する。投資額も当然 10 分の 1 を目指すということです。メガファブだと投資金額が膨大になりますので、投資リスクを回避するというのがコンセプトです。

前提条件としては、130nm 6 層配線 Logic Process をベースにしまして、月産 100 ロットを生産するのに必要なファブシステムを検討しました。独立型でそれぞれでも成立する工場にする、市場動向に応じてクリーンルームの増設も考慮するというコンセプトをあげました。



それから、きょうも話題になっていますが、適正なクリーン環境と用力設備による省エネルギーをテーマに入れていきます。これについては、HALCA プロジェクトで開発した製造装置、環境ボックスを使用することを前提にして構築しています。

こういったもので装置電力量とクリーンルームの空調電気量の約60%削減という目標を立てて検討いたしました。また、半導体工場は純水の使用量が多いので、これも減らさなくてはならないというテーマがありまして、2分の1くらいの削減を目標にしました。

あとはコスト的な問題で、微振動対策を検討しました。クリーンルームは微振動対策が必要で、これが構造のコストに影響しているため、見直そうということです。

◎ HALCA ミニファブ装置レイアウト

どんな装置のレイアウトにしたかということですが、平面図でこういったレイアウトを考えたかということをご説明したいと思います。

前提は先ほどの100ロットのものですが、助成金事業のほうで検討した生産装置構成をいただきまして、それをこういったレイアウトにしました。

考え方は、動線を短くするということが一つコンセプトでありまして、こういった形にしています。具体的にいうと、QC—検査装置関係が搬送回数で見ると各工程と密接に絡むというか、必ず通過するので、これを真ん中に置いて、リソもそういった意味で中心にきますので、ここに持ってくる。上のほうにフロントエンド、下のほうにバックエンドを並べて、これは別の観点ですが、インプラもここに並べた。全体でいうとこんなレイアウトにしています。

基本は、フローショップにはなっていないくて、それぞれジョブショップの変形型で、並べるに当たって動

線を重視しています。

これで分析すると、ロットの搬送距離としては、1ロットを入れてから出るまで3キロくらいです。これを“従来ミニファブ”と呼んでいるのですが、従来装置を100ロットつくる形で並べたファブと比べますと大体10キロくらいになるので、ロットの搬送距離が30%くらいになるというレイアウトになっています。

面積は、40m×30mですが、生産エリアは40m×24mくらいなので、大体1,000㎡のレイアウトになっています。

あと特徴的なことは、中心部にリソとQCを持ってきたということで、嫌振エリアがここに集中しているということです。後で説明しますが、構造的にこの部分だけ嫌振エリアにする。インプラは非常に重量が重たいので、構造的にも真ん中に持ってくる形にして、建築コストを下げるという考え方にしています。

原 そのQCというのは、何の略ですか。

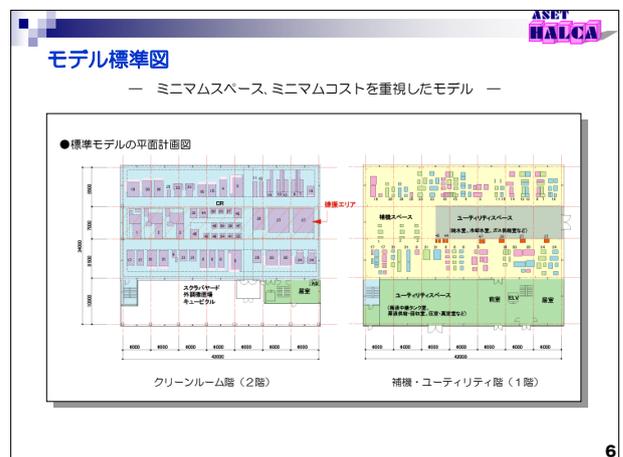
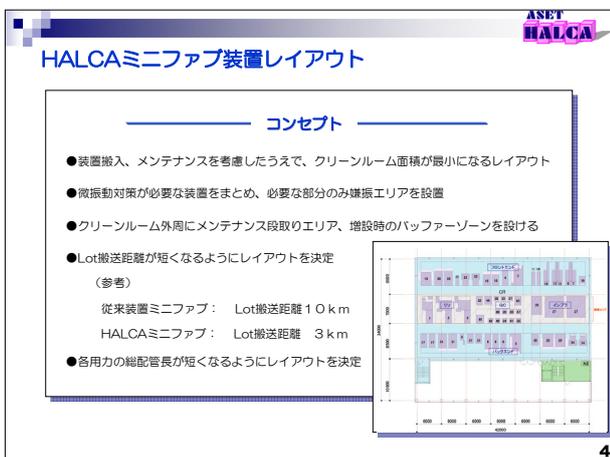
長谷部 検査装置です。

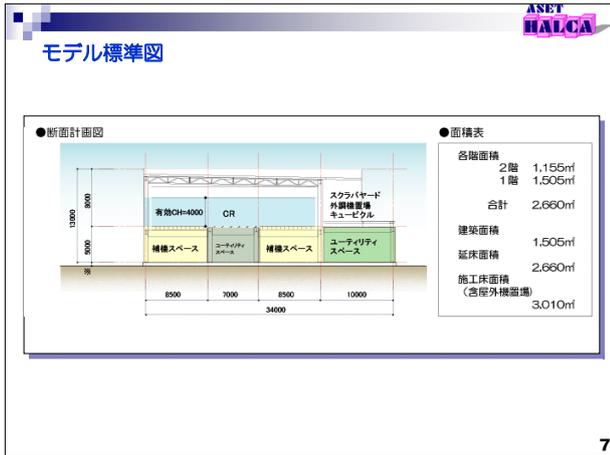
原 わかりました。

長谷部 あともう一つは、装置の搬入を考えまして、これはいろいろな意見があると思うのですが、こちらからの導入と中央廊下で装置の入れ替えに対応するという形にしています。

◎モデル標準図-1

今のレイアウトを縮小したのですが、これ(左の図)が2階になります。1階は補機スペースになります。2階のセンター部分が嫌振エリアですが、嫌振





エリアのQCとインプラの下は補機があまりないということで、ここはユーティリティスペースに使うという形で考えています。あとは、周りに補機がズラッと並ぶという形です。

こちら（1階真ん中）のユーティリティスペースに入れるのは、特殊ガスの設備ですとか、実際こちらの装置に供給するのに近くにあったほうが良いユーティリティ、薬液とかそういったものを置くことにしています。こちらのほう（1階の下の薄緑のユーティリティスペース）にそれ以外のユーティリティ、真空とか、コンプレッサとか、そういったものを置くということです。この2階のエリアに、スクラバヤードとして排気、キュービクルとか、外調機も屋外型にして置こうという考え方の平面図にしています。

◎モデル標準図-2

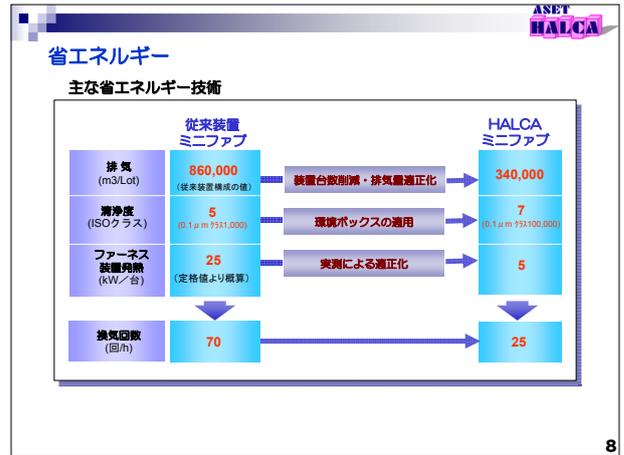
これはその立面ですが、高さ的には2階建てになりまして13m、クリーンルームの有効高さとしては4mとれています。補機のスペースとして5m。この辺は普通のメガファブより少し低いかなという感じはしますが、全体的にコンパクトにまとまって、このくらいで収まるという計画になりました。

◎省エネルギー

次のことをベースに省エネルギーを検討しました。

まず、排気量ですが、従来型ミニファブで100ロットを生産するのに必要な台数を並べた場合は、1ロット当たり86万㎡必要だったのですが、装置の見直し、排気量の適正化を図って、34万㎡に減っています。

原 この排気量というのは、空調に関する排気ですか。空気ですか。



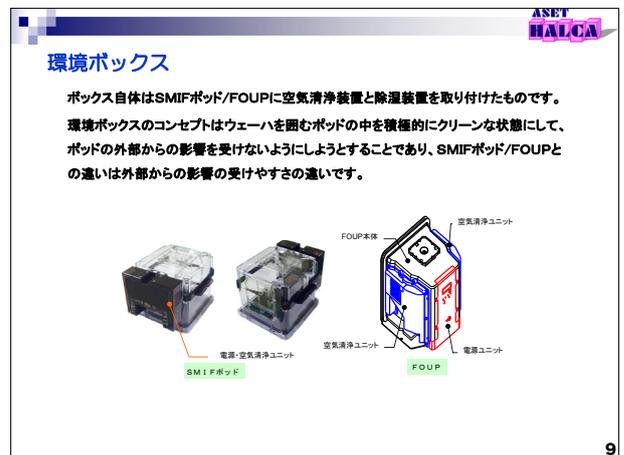
長谷部 装置本体の排気を HALCA ミニファブのライン構成にすることでこれだけ減ったということですよ。

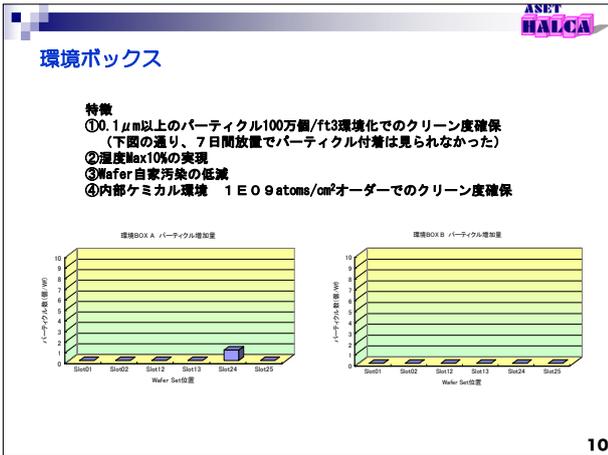
それから、清浄度です。これが従来型ですと0.1 μmのクラス1000という形ですが、今回、HALCAのミニファブにするということで、0.1 μmのクラス10万まで落とせると。これはなぜかという環境ボックスを適用するという前提に立って検討した結果です。

それから、排熱ですが、ファーンが一番多いので、それを書いています。従来は1台当たり25kW、これは定格だったのですが、これを実測することで5kWということがわかりました。そういったものをトータルすると、従来型ですと換気回数が時間当たり70回、これはいろいろばらつきがあり平均的のところだと思うのですが、これをHALCAのミニファブでは25回まで落とすということですよ。

◎環境ボックス-1

先ほどから出ています環境ボックスですが、SMIFポッドにフィルター、除湿装置を付けて、この中でファブ





ンを付けて循環させるという小型のクリーンルームみたいになっています。ただの SMIF ボックスですと長期放置した場合、この中の環境が悪くなることがありましたが、これであれば中の環境が保てるということです。

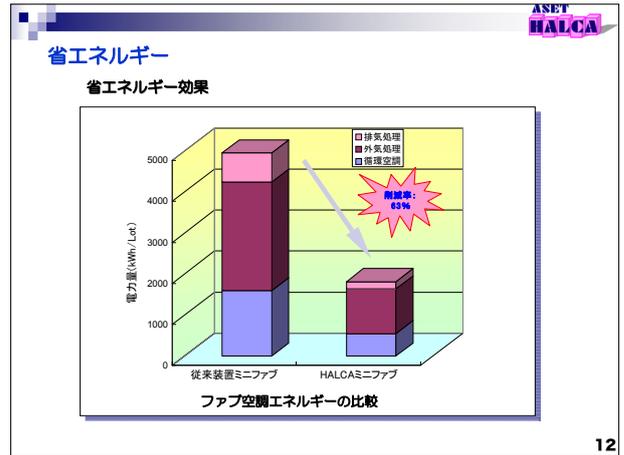
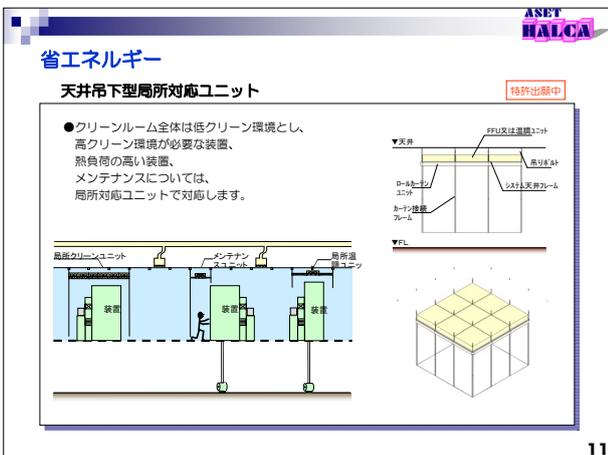
◎環境ボックス-2

特徴的なことは0.1 μm の、これはパーティクル100万のエリアですから、クリーンルームではないですね。準クリーンルームというか、そういったところでも使える形のボックスになっています。湿度は10%くらいに抑えています。

それから、内部で循環していますので、ウェーハの自家汚染などもない。内部のケミカル汚染も抑えられるというものです。

◎省エネルギー-1

もう一つ、省エネルギーで話題になりましたのは、局所クリーン化です。環境ボックスを使えば、ウェーハの環境は守れる。ただ、全体をクラス10万まで落



としたときに、装置のメンテナンスの時は大丈夫かということが議論になりまして、各社さんにヒアリングしたのですが、実際、それでどれくらいまで落とせるか、明確にならなかったんですね。一つの案として、メンテナンスエリアは個別に局所クリーンにしようということで、このアイデアは天井からクリーンブースを吊って、ローカーテンを必要なときに下げて、このエリアのクリーンを確保できるようにしようというアイデアですが、こういったものでメンテナンスは対応することを考えました。

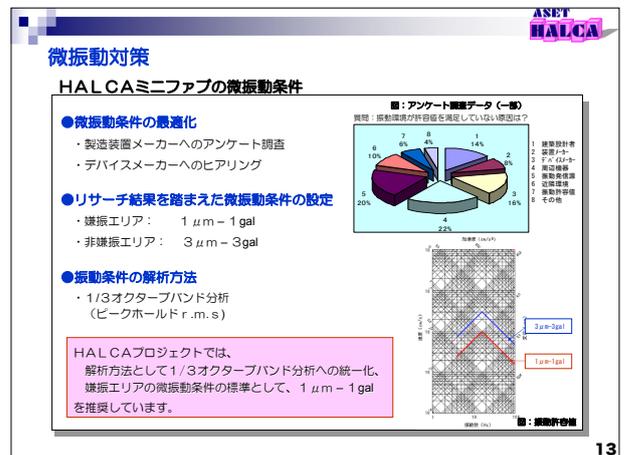
◎省エネルギー-2

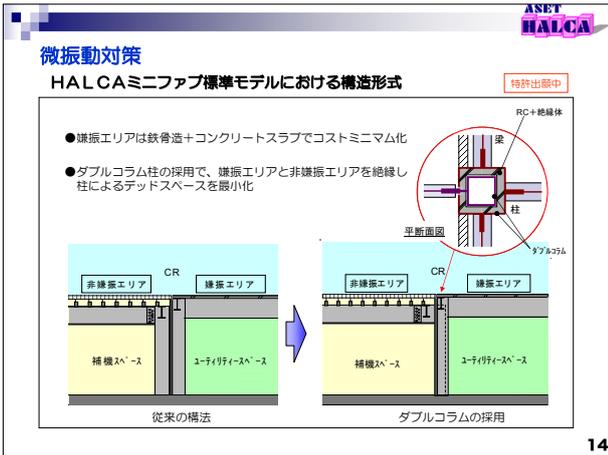
これによる省エネルギーですが、それぞれ排気処理、外気処理、循環空調をあらわしています。

循環空調は、循環回数70回を25回にしているのです、それで下がり外気処理、排気処理も排気が減るから下がるということで試算的には60%削減になりました。

◎微振動対策-1

それから、微振動対策ですが、これも構造的に費用





がかかっているのでは何かしたいという話がありまして、検討いたしました。

各製造装置メーカーさん、デバイスメーカーさんへのアンケートなどを行った結果、リサーチを踏まえた微振動条件ということで、嫌振エリアでは $1 \mu m - 1gal$ 、非嫌振エリアでは $3 \mu m - 3gal$ という数字を標準にするという提案をしております。

解析方法も各メーカーによってばらつきがあったのですが、3分の1オクターブバンド分析という分析方法に統一する。こういった標準化をすることで、コストダウンが図れるということを検討いたしました。

◎微振動対策 - 2

微振動対策を踏まえた構造ということで、こういう形を提案しています。

特徴的なのは嫌振エリアですね。レイアウトで言うと、真ん中に嫌振エリアをつくりましたが、そこはフリーアクセスフロアではなくて、ハード床にするという提案をしています。

もう一つは、嫌振エリアと非嫌振エリアが構造的に

どうしても柱がダブるので、こういったものについては、中側と外側が絶縁した柱になっていまして、それぞれ梁をもたせるというダブルコラムの提案をしています。

◎ミニファブモデルのバリエーション

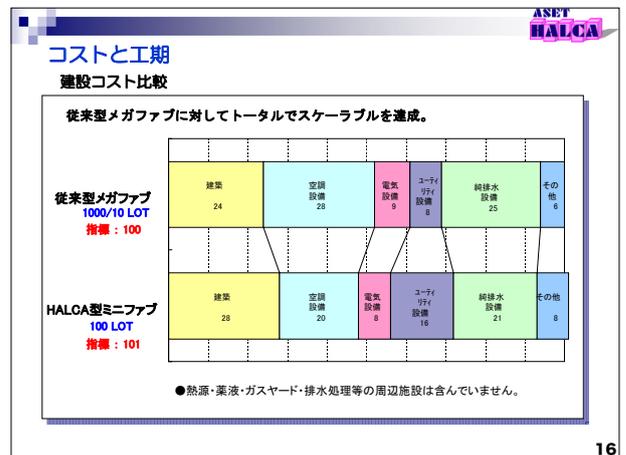
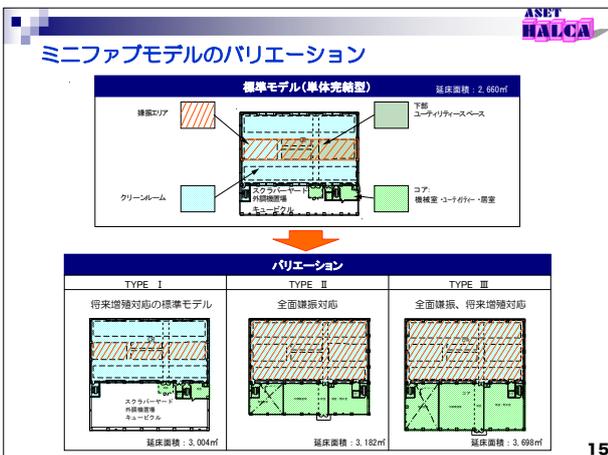
幾つかバリエーションを考えたのですが、省かせていただきます。

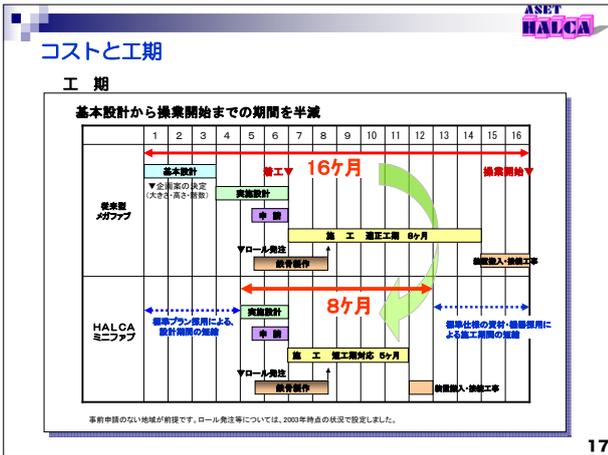
◎コストと工期 - 1

省エネとか、構造的な配慮を検討して、コスト試算をいたしました。上が従来型のメガファブのコスト試算です。従来型ですので、1000ロットをベースに考えているのですが、HALCA型ミニファブと比較できるようにということで、単純に10で割ったものを置いています。こちらが実際のミニファブの試算です。

それぞればらつきがあるのですが、例えば建築的には若干上がっているとか、空調は排気量がグッと減っているんで減っている、純排水が2分の1にしているので減ったといったことを積み上げますと、従来型のメガファブ100に対して101ということで、ほぼスケラブルに減ったという結論になりました。

ただし、ここで問題がありまして、熱源、ガスヤード、排水処理等の周辺施設と言われているものですが、メガファブですとエネルギー棟とか別棟になるような施設ですけれども、こういったものは含んでいません。これを入れてしまいますと、逆にいうとスケラブルにならない。こういったところは規模が10分の1になっても値段が10分の1になるようなものではありませんので、これは課題として残ってしまったところですよ。





◎コストと工期- 2

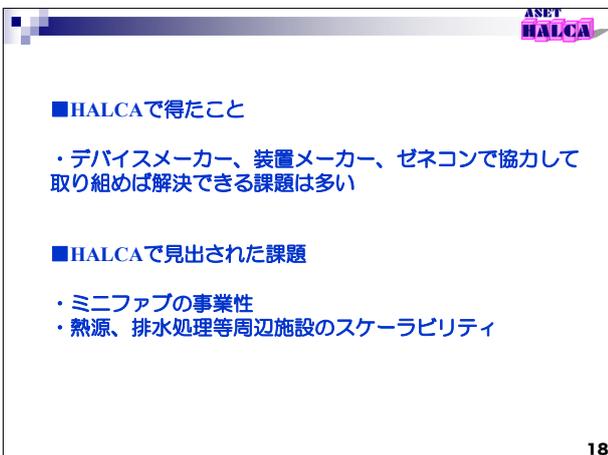
工期ですが、従来型のメガファブですと約16カ月かかるということですが、ミニファブにすると8カ月でできるという試算をしています。これは、標準化を図ることで最初の設計期間を大幅に減らせるということと、実際の建築工事も8カ月から5カ月くらいまでに短縮できるということ、それから、装置の搬入とか接続工事も規模が小さくなるので単純に減るということで、半分くらいになるという試算をしています。

◎ HALCA で得たこと、HALCA で見出された課題

こういった取り組みを通じて、デバイスメーカーさんと装置メーカーさん、ゼネコンで協力して、こういった課題に取り組めれば解決できる課題は多いという感触を得ています。

それから、HALCA で見出された課題ということですが、ミニファブを提案したのですが、現実にミニファブでつくられた工場はないということで、事業性に問題があったのかなと感じています。

それから、先ほどあった熱源、排水処理等の周辺設備のスケラビリティが達成できなかったということ



を大きな課題ということで挙げています。

以上です。

質疑応答・コメント

原 ありがとうございます。質問・コメント等お受けしたいのですが、いかがでしょうか。

① HALCA の項目について

加藤洋 HALCA プロジェクトの範囲はクリーンルームと設備レイアウトということで、設備の構造変化までは入っていないのですか。

長谷部 設備というのは、空調設備とかですか。

加藤洋 生産設備のほうです。

長谷部 生産設備ですか。入っているのですが、最初に説明しましたように助成金事業で装置開発をしております。例えば露光工程を簡略化するためのステンシルイオン注入機の開発ですとか、シングルチャンバーでマルチプロセスをやるのか、そういったことはやっていました。助成金事業のほうでやった結果を受けてファブエンジニアリングワーキンググループのほうでファブシステムを研究したという形です。

原 実際に大見先生が構想されたところに二十項目ほどを挙げていらして、大成建設さんがやられた部分を中心に話したので、建屋の話に聞こえたかもしれませんが、実際には製造装置についていろいろ努力されています。製造装置のフットプリントを若干小さくするとか、そういうことも当然やっています。

長谷部 10分の1の生産量にして成り立つ製造プロセスをテーマにいろいろやって、プロセス関係の開発もされていました。

原 他にはいかがでしょうか。

② 参画企業について

千村 トヨタ自動車さんが入っているのですが、どんな立場だったのでしょうか。

長谷部 実はトヨタ自動車さんは内製で半導体を作られていて、半導体工場を持たれています。内製品ですので非常に小量ですし、それから自動車用のチップということで多品種であると。そういう生産をされている

るといふことで、非常に興味を持たれて入ったということ。ですから、ファブシステムのほうにも入って知見をいただいて、工場なども見せていただきました。

加藤洋 最後の総括のところ、事業化の問題でこれはまだ適用されていないとおっしゃいましたが、その辺のもう少しコメントはないですか。

原 その辺は次に行く前の主題としてぜひ取り上げたいと思っています。他はよろしいですか。

③クリーン度について

長谷部 私から1点だけ逆に質問させていただいてよろしいですか。

ミニファブでクリーン度を落としたいということ、デバイスメーカーさん、装置メーカーさんとも議論したのですが、普通に運転していればクラス10万でも大丈夫という話はあったのですが、装置のメンテナンスとかチャンバーを開けたり、いろいろなことがあるので10万ではできないという話があったのです。

そこで、装置メーカーさんにお聞きしたいのですが、装置自体はメンテナンスするときに開けるところは限られていると思うのです。装置ごとにいろいろなタイプが違うから、メンテナンス時にキープしなくてはいけないクリーンエリアが装置ごとに違うと思うんです。装置側で、そういったメンテナンス時にクリーン度が確保できるようなものをオプションで付けるとか、そういう形はとれないんでしょうか、という質問です。

というのは、逆に、ロード・アンロードのところは装置側で実際に囲ってフィルターが付いていますね。そこでクリーン度が確保されていて、一つの装置の付帯のクリーンブースみたいな形で付いている。であれば、メンテナンスのときに必要なエリアもそんなに広範囲ではないので、装置のオプションという形で、もしそれが装置側でできるのであれば、クリーンルームのクラスを10万、ボールクリーンルームするということができると思うので、その辺のご意見をきょうはぜひ伺いたいと思っています。

原 ハイテクの加藤さん、いかがでしょうか。

加藤健児 メンテナンスのときにチャンバーも開けますし、バッファ室も開けますし、トラブル対応もありますので、装置をクリーンルームの中で開けるということはあるのですが、ウェーハが流れていてクリーンでなければならない部分が装置の面積的にどの程度かという、ほとんど全部ですね。そうした広い

部分をオプション的に囲って局所的にクリーンにしたとしても、結局装置のほとんどをカバーしなければならなくなってしまいますので、オプションとはならないと思います。

長谷部 装置の周辺、例えば1mくらいはすべてクリーンエリアとして必要になってくるか？

加藤健児 はい。今、300mmファブでは、ウェーハは一応周囲環境から隔離できていますが、大気から真空に持ち込むためにその部分だけは周囲に対してオープンにならざるを得ないので、局所的なクリーン環境をミニエンという形で作っています。持ち込んだ後の真空系は、通常は周囲環境から隔離され、さらに運転中は真空維持されるわけですが、メンテナンスのときにはオープンになりますので、そうなったときを想定してCR側にクリーン度は必要だということになります。

原 ただ、それはメンテナンス全体を今おっしゃったので、そういうことになってしまうわけでしょう。必要だからという、全部クリーン度を確保しなければ、ということになります。メンテナンスと定期的な何か材料を入れ替えるとかいう、頻度というか、バリエーションが幾つかあるのではないかと思います。それに応じてクリーン度ないしはクリーン領域を定義するというは、やろうと思えばできるのではないですか、それともそこは難しいですか。

加藤健児 頻度というか、本来はそこは開けない部分なのです。通常の運転ですと開けないですけども、トラブルがあったり、ウェーハが割れたとか、そういった場合には開けざるを得ないですし、そういうエマージェンシーの場合ですから、頻度としては非常に少ないのですが、ポテンシャルとしては絶対ゼロにはならないところですので、その時のクリーン度は必要。

そのタイミングでクリーン度を上げるとかいうことができるのだったらいいでしょうが。そんなことができるんでしょうか。

原 今までは、クラスター装置は、装置本体のチェンバーが、中心の搬送ロボット室を囲んで円周上に配置されていますからやりにくいでしょうけれども、たとえば、チェンバー配列が真っ直ぐなクラスタータイプを仮想的に考えるとすれば、区切って、そこだけクリーンブースみたいなものをいきなりドンと入れてやるとか、作業はしやすそうな感じはいたしました。

加藤健児 メンテナンスのときにオープンにする部分をミニマムにするということではできるかもしれない

すね。モジュール単位で切り分けができれば、例えばチャンバーの中でおかしくなったときに、そのチャンバーの部分だけ、そのチャンバーをオープンにした空間だけのクリーン度を保てればいい、というやり方は、理屈としては成り立つかも知れません。

長谷部 今、加藤さんのお話から、メンテナンスは全体の生産時間からみると本当に短い時間なので、その時間だけクリーンになるような対策を全体のクリーンルームとは別に検討することが必要と思っています。

原 ありがとうございます。

次に、先ほど日立 GST の加藤さんから事業性の課題についてご質問がありました。実際に HALCA について、デバイスメーカー各社では、私が聞いている感覚ですと、大抵の企業が導入できるかどうか検討を行いました。その辺について、三洋さんからコメントを頂きたいと思います。

ファブシステム研究会集中討議資料「ミニマルファブ構想」～ HALCA プロジェクトに対して～

駒形 三洋半導体製造の駒形です。HALCA プロジェクトの関係で弊社のほうで検討した内容がありますので、簡単ですが、ご紹介したいと思います。

◎ HALCA プロジェクトとの関わり

三洋電機としてはトータル11名を派遣していました。

私は、当時、新潟工場にいて、このプロジェクト自体には直接関係していませんが、プロジェクト開始時の技術検討会や「ミニファブの実現可能性を検討する」という社内プロジェクトに参加しました。

建物のほうは先ほど長谷部さんからお話いただいたように、着手することは可能ですが、ファシリティを考えると単独ファブとしてゼロから作るの難しい感じでした。

あと、ライン維持・運営に掛かる人の問題、MES や付随する生産管理システムなど周辺システム系まで HALCA プロジェクトは盛り込んでいなかったのも、これも入れると規模的に厳しいかなという認識でした。

質疑応答・意見交換

原 ありがとうございます。

④情報の共有について

長谷部 どうもありがとうございました。今お話を伺って、私も初めて知った内容もいろいろあります。デバイスメーカーさんと装置メーカーさん、ゼネコンが本当に情報を共有してやらないと、本当にいいものができないとか、実際に使えるものができないということかと思っています。

原 派遣されていた部隊は、本体全体の中でどのように位置づけられていましたか。

駒形 オペレーションする人は別として、エンジニア部隊は基本的に開発の部隊でした。

原 わかりました。

東芝さんはどのように見ていらっしゃったか、コメントをいただけたらと思います。

濱本 まさに三洋さんが指摘されていることは、ライン運用をする側からすれば当たり前のことです。そこに携わっていない研究開発の人が入っていますから、全体のつながりが理解されていないがゆえの指摘事項ではないかと思っています。

環境 FOUP とか、我々はそういう情報も知っていました。ただ、それを実際のラインに適用したときに、どれだけの効果があるかというところが検証されないまま、例えば、環境 FOUP を使うことによってクリーンルームを 10 万まで落とせませと謳っていた。けれども、環境 FOUP はどのくらいコストが高いかというのが議論されていませでした。環境 FOUP を導入することによって、では歩留りがどのくらい上がるのだろうか。そのような議論があるべきでしょう。環境汚染対策をすることによって「クリーン度のクラスを落とすことができます」と言うのは単純な議論で、実現は安易ではありません。トータルで見たとときにどうなのかという議論をきっちりしてほしかったように感じます。私個人としては話を聞いていてそう思いました。

我々も過去、評価したり、検討はしています。一つの研究開発がなされた段階であり、まだ本当の製造ラインに持ってこれるようなものではない、というのが実情なんです。

長谷部 環境ボックスについては装置メーカーさんとしての検証はされていたと思うんですが、それがデバ

イスメーカーさんのほうでどの程度評価されていたかという情報は確かに不足していたかもしれないです。

濱本 クラス1万で我々はさらに循環風量を落としているので、さらにクラスとしては落ちているはずですが、それが10万になったことによってどうかというところの検証もしないといけません。今、我々はクラス1万以上で実際にメンテナンスをやっています。そこを局所的にクリーンベンチで覆ってチャンパーの中を洗浄しますという方法と、それとも今の洗浄のやり方がそもそも問題があるのではないかと我々感じているのです。例えば、“拭く”作業があります。拭くということは、最後拭いたところはそこにゴミが残るのです。ウェット洗浄などをすると。そういった洗浄方法を解決しないと、周りだけを良くしても、本質的にはゴミをかえってつけているような……。そこをどうやってきれいにするかというところの視点で我々のほうは今見えています。

作業自体を一つずつ、もう一回見直す必要があるのかなと。その中で本当に局所的にクリーン化しないといけないところと、そうではないところをもう一回切り分ける必要があるのかなと思います。

原 この辺の視点について、いかがでしょうか。

⑤実測しなかったことについて

中川 視点が違うかもしれませんが、これを実測されなかった理由は何なんですか。先ほどから聞いているとシミュレーションしたけれども、実測されていないということですが、何故でしょうか？

駒形 HALCA プロジェクトの場合、デバイスは作りました。それはスーパークリーンルームで一部、あとは東芝さんのところと製品を行き来して、デバイス検証はしました。でも、ファブの検証はできていません。

⑥プロジェクトに参加した人たちについて

原 以上を伺っていて、これから「次」を考えて行く上での本質的な教訓というのは、工場の現場の方というか、生産に現に従事しているところの人たちが、積極的に加わるべきだということが言えるのでしょうか。ないしは、三洋さんのように本気で建屋を建設してやろうかという気があったところが、そこに意識のある方たちが参画すべきであるということなのでしょうか。

駒形 他社がどういう方を出されているか私は全然わからなかった……。

原 なるほど。

こういうことを踏まえて次に話を持っていきたいと思いますが、何かコメントやご質問があれば。

⑦今後に向けての課題について

池田 項目がいくつか挙げられていましたが、これはそれぞれ同じようなウエートで重要だったのか、それともどれかがリーディングタームになっているのか。

駒形 仮に HALCA プロジェクトの成果を全部取り込んでも、やっぱりここ（ファシリティ縮小）に来ると厳しい……。

池田 他の課題でなくても、その1つだけでもあればもうだめだという、そういう話ですか。

駒形 そうです。

長谷部 議論の中でも、最終的にはファシリティの部分というのは、どうしても根本的な問題があるので、考え方として、最初は独立が前提だったのですが、既存のエリアの、実際にこういったファシリティがあるところに追加するとか、あるいはリニューアルするときにこのラインを入れるとか、そういった形であれば考えられる、というような議論にはなっていました。

池田 わかりました。

原 どうもありがとうございます。

では、次に進ませていただきたいと思います。

★ファブシステム研究会代表の事後挿入コメント

HALCA プロジェクトは、半導体製造産業としては、生産技術及びファブシステムのあり方にスポットを当てた、それまで認識されなかったことのない、画期的なプロジェクトであった。初めての経験であり、野心的な反面、次への課題も多く残されている。我々ファブシステム研究会としては、HALCA で得られた成果は何だったのか、そして、次は何をやってゆくべきかについて、議論しておく必要がある。そこで、この会議においては、HALCA に参加経験のある、東芝、三洋、大成建設の皆さんに話題提供頂きながら、今後へ向けての議論を行った。以下、具体的な2点についてコメントする。HALCA では、参加メンバーは、一部、現場の工場従事者も参画していたが、主に研究者・開発者であったといえるだろう。これは、工場システムの研究開発を行えば、その次の段階ですぐにミニファブが建設されるのではないかという、希望的な期待

があったからと思われる。しかし、現実には、現在ミニファブは世の中に存在していない。もう一段の実用化開発が必要であり、かつ当時想定しきれなかった研究開発要素があったこと、また、ビジネスモデルの構築も合わせて必要であったことは、このことから理解される。もう一つ、クリーンボックスについては、次のように理解すべきであろう。密閉型の箱でのウェーハ搬送という考え方については、90年代には、かなりの異論があった。それは、密閉容器内での発塵や有機物発生から、ウェーハを守りきれないという技術的な課題があったからである。そこで、HALCAでは、箱に清浄化機能を組み込んだクリーンボックスを試作し、清浄化テストを行った。その結果は良好なものであった。しかし、このボックスには複雑な清浄化機能が付加されたので、コストアップになることから、実用機での導入は難しい面があった。一方、実用容器では、(1)密着連結を回避する前室とのドッキングシステムにより、ウェーハ上での微粒子汚染を事実上ゼロに追い込めたこと、そして(2)有機物汚染については、次の工程までの待機時間を管理して、長時間放置の場合は洗浄を適宜入れるなどの管理方法が徹底したことにより、上述の懸念点は解消できた。HALCAでのクリーンボックスの開発とテストは、まず、慎重を期すべく安全な方法を開発した、という意味で、通るべき技術開発を行ったということができよう。その後、生産性改善として、それを回避する手法が見いだされたのである。

ミニマル・マニファクチャリング

原 要するに巨大化した製造装置とウェーハをそのままにしながら、効率化を徹底的に追求したというのがHALCAプロジェクトだという理解だと思えます。最も大きな教訓はウェーハサイズを変えなかったということでしょう。「全部スケラブルにする」ことを謳いながら、ウェーハサイズだけはスケラブルにしないで8インチのまま固定したというのがHALCAプロジェクトの根本的な境界条件設定だったのではないのでしょうか。当時、12インチ化(300mm化)が立ち上がりつつありました。それを敢えて、8インチに抑

えた、ということは、当時の業界としては、それなりに踏ん張ったともいえるものではありません。しかし、それでは、装置は本質的に小さくならない。それを変えようというのが、今度のミニマルファブプロジェクトとご理解いただいてもよろしいかもしれません。

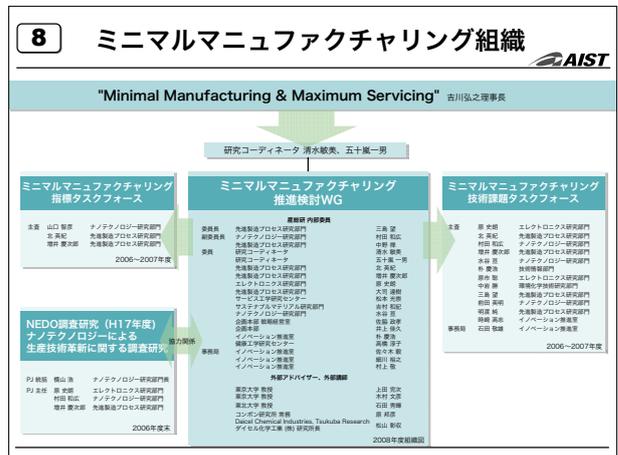
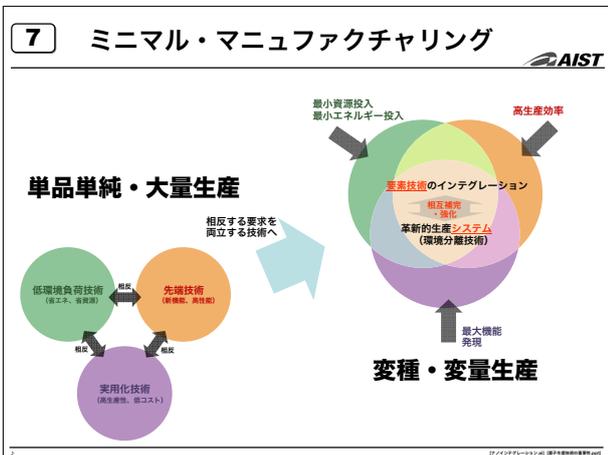
◎ミニマル・マニファクチャリング

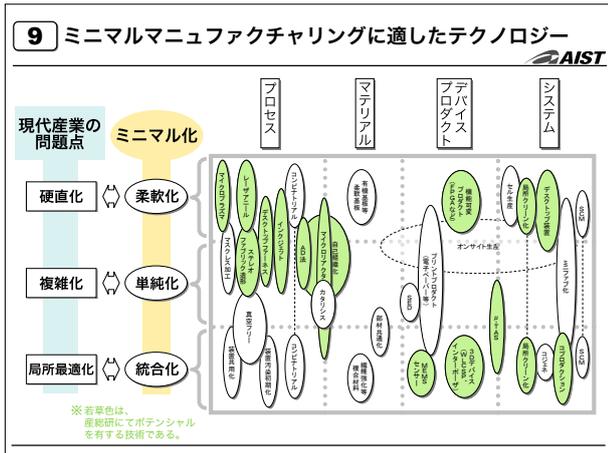
今のHALCAのお話ですが、これはだめだというわけではなくて、宿題を残したのだけれども、やれるところまでやった。少なくとも最初、ユーティリティも実用上はそれなりの規模で取り組むべき必要条件だとは誰も思わなかったのだけれども、プロジェクトを実施した結果として認識されたわけですね。その意味では決して悪い話ではなかったと思います。

業界としては相当真面目に取り組みましたし、各社さん、温度差はありますが、相当調べた。だけれども、やらなかった。結局、それはウェーハサイズが変わらなかったの、トータルでは大幅な投資の節約にはつながらなかったということでしょう。

さて、この辺で、基本的な概念の話に戻りたいと思います。ユーティリティを小さくするという事は省資源・省エネルギーになりえます。ミニマル・マニファクチャリング概念に基づくアンドのとれるような技術を使えば、ユーティリティも小さくなる可能性があります。

もう少しわかりやすく言いますと、超純水を大量に使うとか、窒素を大量に使うということ、また、大量の廃棄物を処理しなくてはならないということについて、半導体の技術をもっと根本的なところから見直して、プロセス技術を一新すれば、使う量は100分の1になるかもしれないわけです。具体的にテクノロジーの幾つかの事例をご紹介しますが、そういう技術が現にあります。そういうのを半導体工程に入れ





ていくということが、最終的にファシリティを小さくすることになるというふうに我々も考えています。

◎ミニマル・マニュファクチャリング組織

ミニマル・マニュファクチャリングって何？という事で、この研究体制を申し上げました。このところでタスクフォースをつくりまして、この概念の中身のテクノロジーは何か、議論したわけです。

◎ミニマル・マニュファクチャリングに適したテクノロジー

まず、我々は、現代産業の問題点を「硬直化」「複雑化」「局所最適化」というふうに分けました。それに対して、ミニマル・マニュファクチャリングはおそらくこれを解決するものだから、硬直化したものについては柔軟化すればいい、複雑化したものは単純化しましょう、局所最適化したものは統合化しましょうというふうに考えます。これら、「柔軟化」、「単純化」、「統合化」がミニマルの基本要素であるといえます。

それに対して、ものづくりのハイアラーキーを「プロセス」「マテリアル」「デバイスプロダクト」「システム」と並べますと、これがミニマル・マニュファクチャリング技術だろうという、沢山の要素技術が、図にあるようにマッピングされました。

幾つか例示します。例えばレーザアニールを用いた局所的アニールがあります。先ほどの東芝さんの絵でも、加熱工程で結構エネルギーを使っているのが出ていましたね。本来、ウェーハを加熱するだけでしたら、そんなにエネルギーは要らないはずですね。周りのファーンエスを全部同じ温度にするから莫大なエネルギーを使うのであって、ウェーハだけ加熱するなら大したことはありません。それもレーザアニールで

スキャンしながらアニールすれば均一になるわけですね。そういうような加熱方法でやれば、必要なところに必要なだけのエネルギーを投入できるということになります。そういう考え方でやりますと、例えばインクジェットについても、必要なところに必要なだけデポできますので、資源の利用効率は100%に上がります。

そんなことで、いろいろな技術がそれぞれのところでマッピングできています。こういう技術はまだ世の中がマチュアでないと使ってない。けれども、ゴロゴロしているということです。これを全体的に使ってシステムを組んでいければいいのではないかと、というのが我々がこのマップを作ってから気がついたことです。

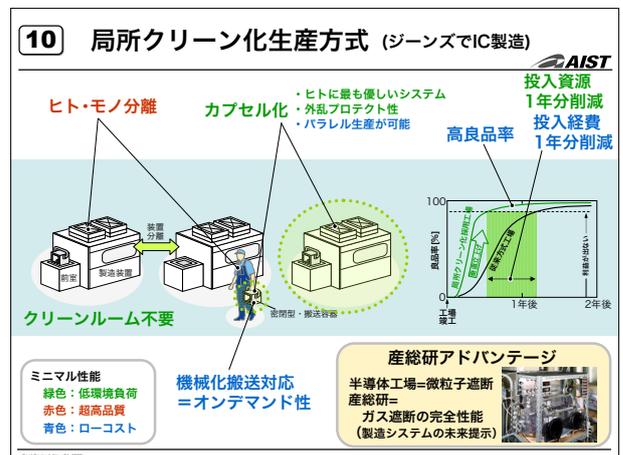
この草色で色づけしたミニマルマニュファクチャリングテクノロジーは、産総研がトップだったり、相当のポテンシャルを持っていたりするものだけを選んで明示したものです。我々は研究員が3,000人もいますので、世の中のお役に立たなければいけないというふうに常々思っているわけです。

これから幾つか事例をご紹介します。

◎局所クリーン化生産方式（ジーンズでIC製造）

局所クリーン化の生産システムについてはずいぶん議論されていますが、一つだけ今まで話が出ていないことを申します。

例えば、横軸を工場竣工後、1年、2年ととって、縦軸に良品率をとってやります。従来型はこのように1、2年かけてゆっくり良品率が立ち上がります。それが局所クリーン化ですと、垂直立ち上げになります。ここの90%超のところから利益が出るとしますと、投入されたヒト・モノのリソースは、旧来型の



90%達成時点から局所クリーン化の90%達成時点を引き出した差の期間の投入分、その分だけ局所クリーン化で全部要らなくなります。それで、ものすごく効率的な工場立ち上げができるようになったということが言われています。ある長崎の工場では、製造装置を入れながら、もうテストを開始するというをやっていました。今までは装置全部を入れてきれいにしてからでないと回せなかったのですが、局所クリーンだと、部分的に装置を導入したら、この間にも箱に入れてテスト用に運ぶことができるという芸当ができるようになったのです。メンテするときも機械をいじると周りが汚くなるので全部止めなければいけなかったところが、「そこをメンテしていても他のところはそのまま回せるのですよ」というふうに工場の方がおっしゃるといところまで来ているわけです。

◎スーパーインクジェット（オンデマンドマニユファクチャリング技術）

次に、ミニマル・マニユファクチャリングのテクノロジーの主立ったものを挙げてゆきます。スーパーインクジェットという技術があります。これは我々産総研が持っている技術で、世界一です。いわゆる従来のエプソン、キャノンさんが持っている液滴の1000分の1の量の、世界で最先端の液滴を打てる技術を我々は持っております。普通、リソグラフィーですと、全部デポしてからややこしい方法で削っていくわけで、削ったものは全部捨てていました。使う量1に対して捨てた量は100倍くらいになっていますから、もともとのユーティリティやファシリティはそれだけの量が必要になります。インクジェットなどで、利用効率が100倍になればユーティリティ規模は100分の1になるわけです。

現にダットとデポして、利用効率は原理的に100%

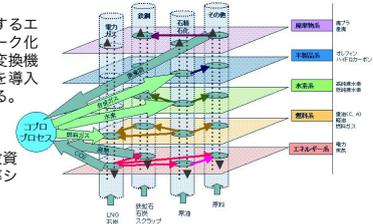
12 コプロダクションによる産業間連携技術

目的
エネルギーと物質の同時併産（コプロダクション）により変換効率の向上による省エネルギーなどではなく、エネルギーと物質生産のあり方を総合的に捉えたシステムによりエネルギーと物質の消費量を大幅に低減する。

特徴
工場やコンビナート内で共通するエネルギーや物質などネットワーク化可能なアイテムを定量化し、変換機能を持つ「コプロプロセス」を導入して全体システムを最適化する。

既存設備を生かし新規設備投資を出来るだけ抑制した高効率システムの構築が可能

産総研アドバンテージ
独自の評価システムを開発 一部技術移転



という、製造装置に使われている実用量産インクジェット技術が最近出てきています。すでに、60%の資源利用効率に達していると聞いています。ということで、半導体がほとんどメタルをデポしては、それを捨ててしまうという資源の利用効率、エネルギーの利用効率が100分の1か、1000分の1くらいなのに対して、原理的に100%に近いようなものがミニマルテクノロジーなのです。これ（図中産総研アドバンテージの囲み内写真）はそれで書いてみた配線工程です。このような技術的方法論が、無駄を省きながら省資源にもなり、高効率、環境にもやさしい、それでいて高性能を有する技術であると我々は考えています。

◎コプロダクションによる産業間連携技術

それから、先ほど話に出ましたコプロダクションですが、これは産総研がNEDOの予算をもらいながらプラント業界の十何社と一緒にやっている仕事です。CO2や燃料、水素、合成ガス、排熱、廃棄物、こういうものをいろいろな工場で共有化しましょうというものはもう現に始まっています。先ほど「他社との連携は難しい」というお話がありましたが、工場とか会社同士で真剣に話し合っている――当然、そ

11 スーパーインクジェット方式（オンデマンドマニユファクチャリング技術）

切る・彫る・削るプロセスから 塗る・定す・付けるプロセスへ。

インクジェットプロセスによるミニマル工場の理想

工場面積	1/100以下	□100m→□10m
エネルギー	1/1000以下	数十MW→数十kW
設備投資	1/1000以下	数千億円→数億円
資源利用率	10倍以上	数%→数十%

設計→試作期間の大幅短縮化 多品種少量生産への適性

技術を例にした新技術の導入形態に対する考察

Category 1	個別プロセスの代替 例) カラフル印刷製造プロセス、 露光ETCHング工程→インクジェット工程
Category 2	関連機能実装のための別アプローチの提供 例) 基板→有機LED
Category 3	システム全体の見直し・最適化 例) 小工場による省設備投資 例) オンサイト製造→物流コストゼロ & リードタイムゼロ生産

産総研アドバンテージ

- 従来の1000分の1以下の超微細液滴を利用した独自の超微細噴射技術
- 乾燥の速さを利用した立体構造形成技術
- クリーンルームなしに、常温大気圧下で微細加工

13 大気圧マイクロプラズマ技術

microplasma → **プロセス応用** → **マイクロデポジション**

径がサブmm以下

プロセス時間：90%以上短縮
消費電力：従来の1/100
消費原料：必要量のみ

原料（固体）→ ナノ粒子合成 → デポジション → ワンステップ工程

産総研アドバンテージ

- デポジション可能な材料種が豊富。高融点金属、酸化物、貴金属
- マイクロプラズマが低温熱に弱い材料上へデポジション可能

紙への金堆積

微細回路パターン オンデマンド補修など

ういうレベルで仕事をしないとイケないのですが、そういうことはできてきています。これは全体最適化ですから、ミニマル・マニファクチャリングの一つなのかと我々は考えています。

◎大気圧マイクロプラズマ技術

先ほどのインクジェットの例に近いのですが、大気圧マイクロプラズマという技術があります。これは本当に小さなところだけにプラズマを立てる技術です。実際に目で見ますと、ライターの火とほとんど変わらないのです。このマイクロプラズマに、作っている本人が手を突っ込んだので、「あ、焼けちゃうよ」と言ったら、「いや、これ、低温なので焦げません」。低温なので、手に当てても全然問題ないのです。

そういう冷たいプラズマなのですが、例えばプラズマ発生部分にメタルを入れてそこで溶かすということをやりますと、金が紙上にデポできます。もちろんここにエッチングガスを入れてやれば、局所的にエッチングすることもできます。プラズマという分野では、巨大なところに巨大なプラズマを立てて安定にする、という非常に難しいことをやってきましたが、よく考えたら、小さいところに、必要なところにだけ必要なプラズマを立ててやればいだろう。全面でやるというなら、プラズマをスキャンすれば一つのプラズマの広域均一化技術は要らないのです。

そんなことも最近出てきています。これは我々の研究結果ですが、局所プロービング技術とそこにスキャンという考え方を加えてやれば、均一化は十分達成できるということです。

◎エアロゾルデポジション (AD) 法 (省エネ性とオンデマンド性の両立)

14 エアロゾルデポジション(AD)法 (省エネ性とオンデマンド性の両立)

省エネ性効果

- ミニマル性能
- 低環境負荷
- 超高品質
- ロ・コスト

産総研アドバンテージ

- 高温電離化現象の発見と産総研単発基本特許の取得、メカニズム解明 (産総研オリジナル技術)

15 3次元実装 (統合化)

産総研アドバンテージ

- 実装技術による多種類LSIデバイスの統合化
- LSIシステムの設計製造の期間短縮・コスト減
- 異種プロセスデバイスの統合化
- LSIシステム設計変更への柔軟な対応

産総研アドバンテージ

- 高密度微細多層配線技術
- 高密度実装プロセス技術
- 高速信号伝送評価技術
- 実装構造体の統合的試作評価環境

これは今回のファブシステムとは多少距離があるので簡単に申し上げます。エアロゾルデポジションという、産総研が発明した方法です。産総研としてはピカピカですし、経済産業省も非常にいいと言われている技術です。ただのアルミナの粉を真空中で相手に吹きつけるとガラス質になるということで、最初に発見した本人の明渡はびっくりしてしまいましたが、今は世界中に知れわたっています。加熱工程なしで大幅にエネルギーを節約しつつ収縮することなしにセラミックスをつくることができます。この新技術にはいろいろな人たちが注目しています。

◎ 3次元実装 (統合化)

3次元実装もミニマル・マニファクチャリングの一つの考え方かなと思っています。これは皆さんよくご存じなので省きます。

◎自己組織化

この自己組織化も省きます。

16 自己組織化

持続発展性 = 顕微鏡に要する「金」エネルギーを減らす

- ナノテクノロジーの本質: 機能発現に要するエネルギーの大幅減
- 自己組織化の本質: 構造形成に必要なエネルギーの大幅減

“ナノテクノロジー”+“自己組織化”

人為的操作 → 自発的形成

17 デスクトップファーネス：赤外線集中加熱炉

- ・最高到達温度：～2100℃
- ・最大昇降温速度：～2000℃/分
- ・使用可能雰囲気：全て
- ・加熱可能材料：石英などを除く殆ど全ての材料

何がミニマルか
通常の加熱炉では、ヒーターで電気炉全体を加熱
本技術は、加熱したい材料にエネルギーを集中し、高効率化

産総研アドバンテージ
実機試作による、光集光加熱のミニマル的メリットを実証

◎デスクトップファーネス：赤外線集中加熱炉

これは池田伸一がやっている技術で、私が説明するのもおかしいのですが(笑)、彼が作ったものです。必要なところに必要な加熱という方法は、レーザーアニールの他にこういう集光技術があります。直径3mmΦに光を当てると、1分間で2000℃まで上がります。今までは、炉全体という巨大なヒートシンクを暖めなければならないことから、千何百度に上げるのに30分かかっていました。肝心の必要処理温度は、例えば酸化など、ほんのちょっとの時間が必要なだけなのですが、その短時間の必要温度処理後、またグーッと時間をかけて下ろしてゆかなければなりません。その加熱工程で時間がかかるから、そこでも多量のエネルギーを使ってしまうということでした。これに対して、このデスクトップファーネスでは1分でパッと上がって、スイッチを切ると1秒くらいでパッと下がります。うちの第1事業所の展示室に彼の作品があります、ご興味がある方はぜひいらしてください。今、使えますね？

池田 受付の女性があれでルビーを作っています。

原 5分で見られます。スイッチを入れてパッと上がって、2000℃にしてパッと下げるということで、こんなような考え方もどんどんやっていけば、たとえば10%クラスの省エネではなくてドサッと落とすことができるわけです。

これは、今、何十台売れていましたか。

池田 50台くらいです。

原 産総研はこういうものを作る。企業のような営業部隊を持たなくてもこれを喜んで買ってくれる人がいるということで、我々はこのようなコンパクトで高性能、省エネ・省資源なものは商売になると思っているわけです。

18 FPGA (ソフトなハードでLSIのロングテール市場を獲得)

FPGA (Field Programmable Gate Array)
- ロジックブロックとスイッチブロックの規則的構造
- SRAMのルックアップテーブルで論理関数を実現
- SRAMの内容で論理ゲート間の接続を決定
- 書き込むコンフィギュレーションデータによって機能が決まる多品種少量生産向け汎用論理LSI

FPGA is Amazon
Amazon.comが量産市場のロングテールから利益を生み出すのと同様に、LSI市場のロングテールから大きな利益を生み出せる

産総研アドバンテージ
Flex Power FPGAを開発 (CREST研究テーマ)
産総研新規デバイス技術を実用へと結び付けるイノベーションプラットフォームに

◎FPGA (ソフトなハードでLSIのロングテール市場を獲得)

他にもFPGAという必要なところに必要な回路を提供するというフレキシブルな回路があります。

◎モバイル加速器

最後にモバイル加速器です。我々は、100KeVの超小型の電子加速器を開発しました。開発した本人は、これをやるまでは巨大加速器の1台、5億円、10億円する装置を一人で扱っていたのですが、そういうお金はもう世の中で出なくなりました。そうなったら、正反対に飛んでしまひまして、こんな小さな加速器を作ってしまいました。電子の加速でX線が発生しています。そこで、彼にはぜひイオン注入装置をこういうふう小さくしましょうよ、と話しています。

そんなことで、いろいろな技術が半導体に応用できるのかなと思っています。

19 モバイル加速器

X線非破壊検査への利用
0.2mm程度の構造まで識別可能

凹み
49mmφ

本体部重さ1.5kg、乾電池駆動、エネルギー100keV以上の超小型電子加速器を開発

さらなる小型化、軽量化、高エネルギー化が可能
イオン加速器・注入器への応用も可能

産総研アドバンテージ
超小型高エネルギービーム発生技術
省エネ化技術
コンパクトプロセス装置&計測装置

21 

変種変量に向けた、
ミニマルマニファクチャリングを取り込んだ
システムづくり

→ 半導体産業システムの新しい姿

23 スケールシュリンキング型半導体システムの要点 

- ★ ウェーハ = 1lot = 1chip ~ 0.5"
- ★ feet³の装置群
- ★ インターフェースの標準化
- ★ ミニマルマニファクチャリングテクノロジー

第二部 これから取り組んで行くこと

ここまでがミニマル・マニファクチャリングのお話でしたが、これは要素技術として一つひとつですとやはり弱いなということがあります。そこで、全体システムとしてどのように組んでいくかを考えなくてはなりません。そのようなシステムとしての取組みこそは、「HALCA プロジェクトをやりたい」とおっしゃった業界の根本ニーズに対して、現に応えられるものであろうと我々は考えているわけです。

そこでスケールシュリンキング型半導体システム構想をお話したいと思います。基本的には、「変種変量に向けたミニマル・マニファクチャリング技術を取り込んだシステムづくり」ということに言い表すことができます。

◎生産システムのスケールダウン

わかりやすく言うと、200mで装置が2mというサイズの工場を、大体の感覚では20分の1くらい、10mと0.3mくらいにすればいいだろうということです。HALCA プロジェクトではウェーハサイズが不変でしたが、ウェーハサイズもスケールダウンすれば

よろしいという単純なことですね。

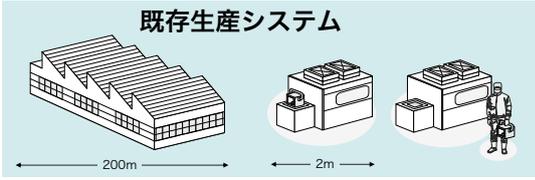
◎スケールシュリンキング型半導体システムの要点

もし、ウェーハサイズを小さくするなら、ロットサイズを小さくする、扱うモノの単位を小さくするということになります。それだったらトヨタ生産方式の考え方ですね。究極の一個流し、つまり1ロットを1チップとします。それは0.5インチで十分です。ウェーハ上に多チップを集積しない方法です。別の言い方をしますと、現状の半導体集積回路は二重の集積をしているわけです。1チップの中に1億トランジスタが入っています。その1億トランジスタが入ったチップを1,000個いっぺんに300mmウェーハで作るという二重の集積をやっています。その2番目の集積は要らないんじゃないの、そういう作り方もあるだろうというのがこの考えです。

キュービックフィートの装置群、インターフェースの標準化、ミニマル・マニファクチャリングテクノロジーを利用する、このことでシステムイメージが出てくるということです。

22 生産システムのスケールダウン 

既存生産システム



200m 2m

ルームサイズ・生産システム (1/20)



10m 0.3m

24 半導体システムイノベーション検討会 

■目的 変種変量生産に適した半導体生産システムを構築すべく、その実験生産システムの創造を目指す諸活動
<http://staff.aist.go.jp/shiro-hara/ssim.html>

■「スケールシュリンキング型半導体システム構想」産総研内部上梓

■メンバー

氏名	所属	役職
原 孝雄	エレクトロニクス研究部門 先端シリコングデバイスG	検討会幹事
明家 隆	先端製造プロセス研究部門 集積加工研究G	グループ長
村田 和広	エレクトロニクス研究部門 スーパーバイオフィット連携研究体	連携研究体長
藤原 人	エレクトロニクス研究部門 先端製造プロセス研究G	グループ長
新田 龍太郎	先端製造プロセス研究部門 量子制御研究G	主任研究員
宮澤 伸一	エレクトロニクス研究部門 量子制御研究G	主任研究員
増井 義太郎	先端製造プロセス研究部門 エレクトロニクス研究G	主任研究員
小島 敦平	エレクトロニクス研究部門 エレクトロニクス研究G	グループ長
水本 直	エレクトロニクス研究部門 エレクトロニクス研究G	主任研究員
秋本 広幸	エレクトロニクス研究部門 エレクトロニクス研究G	主任研究員
眞鍋 昌宏	エレクトロニクス研究部門 高度加工G	主任研究員
松本 孝一	エレクトロニクス研究部門 高度加工研究G	グループ長
眞鍋 明雄	エレクトロニクス研究部門 先端シリコングデバイスG	グループ長
藤原 和孝	エレクトロニクス研究部門 先端シリコングデバイスG	主任研究員
中野 隆	先端製造プロセス研究部門 集積加工研究G	主任研究員
清水 誠樹	エレクトロニクス研究部門 高度製造プロセス研究G	研究員
伊藤 孝志	先端製造プロセス研究部門 ネットワークMEMS研究G	グループ長
石田 敬雄	先端製造プロセス研究部門 ネットワークMEMS研究G	主任研究員
松本 孝平	先端製造プロセス研究部門 マイクロ流体研究G	グループ長
大平 隆行	先端製造プロセス研究部門 マイクロ流体研究G	主任研究員
藤村 史人	エレクトロニクス研究部門 高度加工研究G	産総研特別研究員
羽塚 孝	エレクトロニクス研究部門 高度加工研究G	教授
一木 正樹	東京国立大学 工学部 工学研究科 情報科学工学専攻物質と材料の創生工学コース	客員教授
市川 重樹	エレクトロニクス研究部門 エレクトロニクス研究G	部長

2008年4月21日現在

◎半導体システムイノベーション検討会

この構想については、産総研の内部で賛同者がたくさん出てきて、一生懸命やっている連中が「いいね」といって、今、グルーピングされてきております。産総研の中の組織の名前は、「半導体システムイノベーション検討会」です。

◎ビジネスターゲット

次に、ビジネスターゲットに移ります。ビジネスはどうするの、ということが当然議論されなければなりません。品種数を横にとりまして、生涯生産個数をログスケールで縦軸にとってあります。そうしますと、現状の300mmファブというのは、1,000万個くらい出るものを扱いたいし、それが一番いいわけです。ところが、世の中のニーズはそういうものも若干あるのですが、その1桁落ちくらいのところになんらかの量の大量生産品がある。

しかし、よくよく見てみると、さらに10万個くらいのレベルのところ、SoC(System on Chip)とか、センサーデバイスという品種数が大量にあるものがあるね、というのが実態です。このテール部分は何かというとエンジニアリングサンプルです。なぜ1個ではないのかというと、1個作ってくれと言われるとウェーハサイズ1,000個いっぺんに作らなければいけないから、どうしても10個、100個、1,000個くらいいっぺんに作らされてしまうからです。

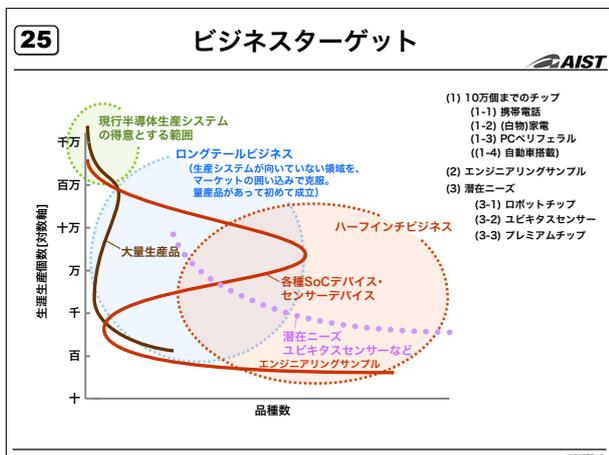
上の100万～1000万単位がメガファブのビジネスですが、それ以下の個数領域をあえて“ロングテールビジネスモデル”というふうに便宜上、命名させていただきます。ロングテールビジネスというのは、皆さん、よくご存じのアマゾンという本屋が、量は少ないのだけれども、山ほど種類があって、そこを全部積

分するとメガビジネスとコンパラブルなくらい儲かってしまう。しかし、そのくらい全部積分するくらい自分でメガ級に市場を独占しないとそのビジネスは成り立たないというのがロングテールビジネスです。日本メーカーは、ロングテールビジネスをやりたいというわけではなかったのですが、この10万個クラスのボリュームゾーンを2000年くらいにやりたいと言って、みんなで取り組もうとした。ところが、やり切れなくて、TSMCに取られてしまったということです。1社で成り立つのがこのロングテールビジネスモデルなので、TSMCに取られておしまいになりました、ということです。

そこに対して、我々は、もう一つニーズがあるのかなと思っています。1～1000個あたりの領域では、今はないのですが、潜在ニーズというのがあります。これは何かというとユビキタスセンサーとか開発品として、ユビキタス—様々な生活用品、生活環境にチップを配置し、結果として無数のチップを一部屋にばらまく、ということは、例えば東大の坂村先生もずっとおっしゃってききました。しかし、それを開発するのにべらぼうなお金がかかるとなると、断念せざるを得ない。別の例では、ロボットの中に入れるチップがあります。最先端の45nmルールチップを作れば、かなり省エネになって長持ちするはずですが、ところが、例えばAIBOの場合、私もAIBOを買いましたけれども、AIBOからすごく熱が出ている。なぜかという、アクチュエータの熱ではなくて、計算するのに熱が出てくるわけです。それで基板が結構大きい。なぜかという、最先端の45nmルールで作ったら、「マスク代、3億円いただきます」と言われてしまうから、最先端には手が出せないのです。そんなのでは困るねということで、汎用の安い、世代としては昔のものの枯れた技術を使って作る。そうすると、高集積化されていないから、何個かチップが必要で、プリント基板も必要になってくる。それで大きくて、発熱するものを使うことになってしまいます。

ロボット屋さんは「最先端のやつを使いたい」と言っているのです。ところが、そういうのはべらぼうな値段を請求されるので使えません。これが潜在ニーズということです。

ですから、これら、ロングテールビジネスの数量の少ない領域の所から、1～1000個のエンジニアリングサンプルや潜在ニーズ領域のところあたりが、ハーフィンチという、先ほど申し上げた12.5mmのウェーハを用いた製造が狙い目とすべきところなのかなと



思っています。いわば、ハーフィンチビジネスが成立する可能性がある領域です。もともとここ（現行半導体の得意とする範囲）しかないところをロングテールビジネスで下まで引き延ばしたのですが、無理がありまして、上のほうのボリュームゾーンは実はTSMCも欲しがっています。この1～10万個に向けた製造システムがあれば試作やわずかな要求に対して応えられますね、ということです。

10万個くらいのチップに関して具体的に申しますと、例えば携帯電話は1品種、10万個くらいしか売れていません。家電というのも月産販売台数目標が必ず出てきますが、3,000台が目標などと言っているわけです。そういう数量しかないそれぞれの家電品種に独自のチップを持たせたいなら、家電もターゲットに入ってきます。それから、PCのペリフェラルであるとか、自動車搭載——これは議論の余地があると思いますが、それからエンジニアサンプル、それからロボットチップだとかユビキタスセンサー。それから徹底的に高いものを逆に少し作るという、プレミアムチップもあるのかなと思います。

ということで、このようなビジネスターゲットのハーフィンチビジネスが相当たくさんあります。一つひとつは大したことはないのですが、全体としては相当大きな市場です。

◎半導体産業へのミニマル技術の応用

テクノロジーのほうですが、我々は今後の開発を2段階に考えております。現状の技術としては半導体の中ではリソグラフィ、プラズマ加工、加熱炉、化学反応炉、イオン注入、ウェーハ洗浄、搬送技術、いろいろあると思いますが、高々10種類くらいです。

本当に工場をつくるのであれば、全部さっきの

30cm角にしなくてはなりません。大口径ウェーハを使った製造は均一化を考えなければいけないので難しいのですが、先祖返りして、元に戻すなら非常にイージーです。やる気さえあればできるということで、技術的難易度は、大口径化技術を開発するより低くなります。あえて言えば、電氣的絶縁が必要でどうしても物理的な距離をとらなければならないイオン注入技術などは、それ相当の技術開発の必要はあるのですが、さっきお見せしましたように、加速器は小さくしようと思えばできてしまいます。そんなような技術を使って、まずイオン注入装置も含めて全部小さくしましょう。これは比較的簡単にできます。

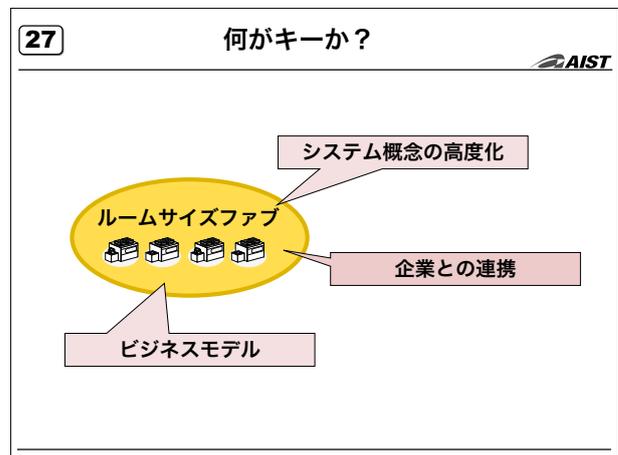
ここができれば、その次の課題に取り組みます。ユーティリティ、ファシリティの縮小課題がさっきHALCAで出てきましたが、そういう周辺技術については、こういう先端のミニマル・マニファクチャリングテクノロジーを利用します。既存のプロセス技術を、インクジェットとかナノインプリントなどのミニマルマニファクチャリングテクノロジーを使って小さく作った装置と置き換えてゆきます。それは30cm角くらいの装置をポンと置き換えるだけですから、簡単ですね。このような資源生産性の高い技術に置き換えていくことで、最終的に工場が大変高効率になってゆきます。

つまり、第1弾として、現状技術を小さくする、ウェーハサイズを小さくして工場を小さくしてやる。第2弾として、ミニマル・マニファクチャリングテクノロジーを使って、より地球環境にやさしい、コストも安いものにしていきたいと思いますというふうに考えているわけです。

◎何がキーか？

「何がキーか？」ということですが、ミニマル構想

26 半導体産業へのミニマル技術の応用				
現行技術	ミニマル的スケールダウン技術	変種変量型・新産業のミニマル技術		
ウェーハ工程 (主要部分)	リソグラフィ	省マスクプロセス 電子ビーム露光 ステッパフリー露光	インクジェット ナノインプリント	
	プラズマ加工	表面汚染防止技術 (稼働: AD法)	マイクロプラズマ +AD法による汚染プロテクト	
	加熱炉		マイクロリアクター	
	化学反応炉	デスクトップファーマス	レーザーアニール <small>超臨界槽利用</small>	
	イオン注入	モバイルイオン注入	シングルイオン注入 (必要な箇所に必要なだけドレーピング) <small>特長: 自己組織化、分子分子操作、インクジェット、アトーム...</small>	
	ウェーハ洗浄	薬液制御による省洗浄化技術	洗浄レス (脱所クリーン化)	
	搬送技術	クリーンルームフリー	ガス遮断型局所クリーン化	
	検査・実装工程	検査技術	自動化 (TPS理念) センシングによる見える化 +非接触検査	μ-TAS
		2D実装	3D実装 (インターポーザー、WLCSP、分子配列検査)	プラットフォームパラダイムシフト 例: フレキシブル基板、チップ種・オンデマンド製造 ノン接触高シリコン基板
	部材	例: セラミックス基板	例: ステレオアブソリュート	



のシステム概念をもっと具体的にしていける必要があります。それからもっとマクロにいろいろな状況を見ながら、どういう位置づけになるかをいろいろな意味で考えていかなければなりません。

もう一つ、企業さんとの連携は当然やっていかなければいけない。項目はいろいろありますけれども、ここでは省略いたします。

それから、ビジネスモデルとしてどういうものがあるのかをもう少しよく練っていく必要があると思います。

◎半導体システムのサイズ効果

これは半導体システムのサイズ効果について内部資料で検討したものです。ここの最新工場の数値類、マスク枚数が何枚とか、プロセス数がどのくらいとか、仕掛かりウェーハ数などは、今回のファブシステム研究会でも、ちらちら話は出てきたと思います。

その隣の列は、HALCA 構想のもので、ウェーハサイズは当時、8インチでしたから、ウェーハサイズは変えないという状況でした。

それに対して、ルームサイズファブというのは4種類くらいあります。先ほど言った現行技術を小さくするというラインがまずあります。その次が、将来的な話ですが、ミニマム型という技術を使うことによってできる工場ラインのイメージです。3番目は、現行型技術を用いた試作ラインです。それから、最後はミニマム型の試作ラインです。このように4種類あります。

それぞれ真剣に考えますといろいろ違ってきます。例えば、ミニマル型試作ラインでは、投資額に対する1チップの値段は、5万円になります。「1個のチップ、5万円ですか？」と一見高そうですが、そうではありません。今、最先端デザインルールでTSMCが持っているIP、そして製造技術を使って、汎用CMOSロジックをつくってくださいとお願いすると、例えば90nmの世代で1,500万円と言われます。これは実際に問い合わせ、私が聞いた見積額です。それをさらに最先端の45nmとかで全部プロセスでやってくださいとなると、マスク代がまず3億円です、というふうに来るわけです。それが5万円です。桁がまるきり違った開発費で済むようになるということです。

また、売上に対して個数で割ったという指標で見て

みますと、現状のファブでは4,200円になっています。私も計算してびっくりしたんですが、それが、ルームサイズファブの場合、実際には1,500円になった。皆さんがおっしゃるように、生産量がとても少ないので、1個あたりの費用は高くなると思っていたのですが、なんで安くなったのかなといろいろ見てみますと、次のように、様々な数値がそれぞれ少しずつ向上しています。例えばプロセス500工程が、400工程になります。また、局所クリーン化を徹底的に詰めて、真剣に最新の技術を入れてファブをつくるわけです。そうすると洗浄プロセスや計測プロセスを省けるようになります。また、完全なフローショップになりますので、一直線に装置を並べてしまえますから、搬送距離が飛躍的に小さくなり、汚染が激減します。工程が2割は削減できることになります。

仕掛かりウェーハも渋滞で山ほど前に置いておいてカシャンコカシャンコとやる必要もなくなります。1枚ずつ一個流ししますから、装置が200台だと400枚くらい入れておけば十分だということになります。結局、これまで納期が30日～60日だったのが、17時間でできてしまうようになる。このことからわかるように、今までのファブに対するダイレクトなアドバンテージというのは、納期が50分の1から100分の1になるということです。だから、設計は別にして、ユーザーさんが「明日、LSI持ってきてよ」と言ったら、「はい、わかりました」と、その日に生産して、次の日に納品するということができるようになる、ということなのです。

そんなことでいろいろアドバンテージがあります。しゃべっているとここだけでもおもしろくて何時間もかかってしまいますので、皆さんのご意見をいただきながらまたディスカッションさせていただこうと思っています。

全部がミニマルファブ製造に置き換わると言っているわけではなく、こういうものがあると相当アドバンテージがあるビジネスができるようになるということです。

◎スケールダウンファクター

もう少しスケールダウンファクターについて説明します。投資額が1000分の1ということがまずあります。装置の額は100分の1から1000分の1です。生産能力はもちろん1000分の1になります。1000個いっぺんに作っていたのを1個にしますから、

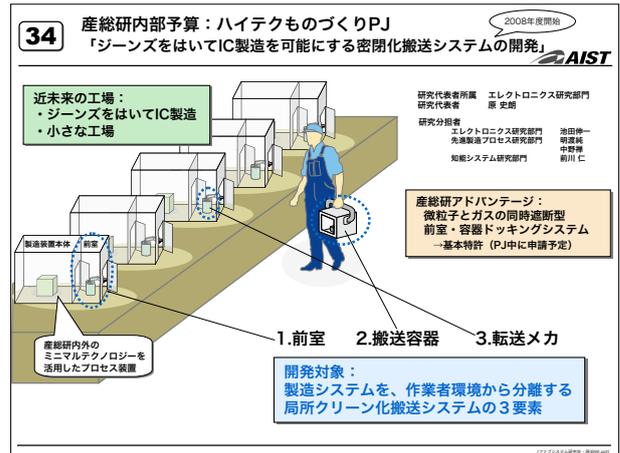
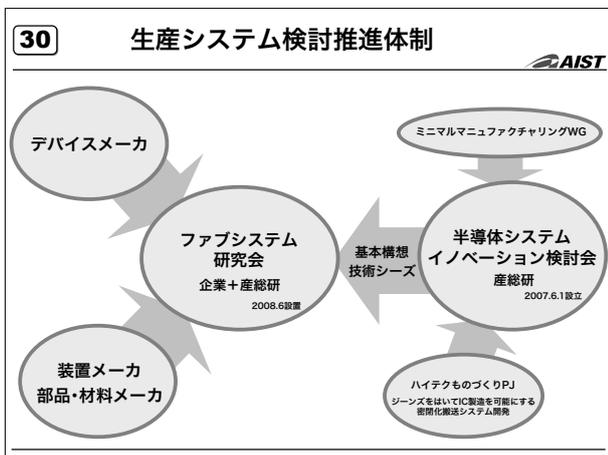


1000分の1になるわけです。ラインの数は、もし仮に全部置き換えるなら、その代わり1000倍ということになります。

ライン当たりの装置数は1~10分の1になりまして、全装置数は100~1000倍になります。そこで使っている部品の数は1000倍使うようになるということです。部品数で生産能力に関係ないものは100~1000倍。装置能力に依存するものは、1~10分の1になる。原材料は1~0.01倍程度になります。1というのは現行技術、ミニマル・マニファクチャリングテクノロジーを使うと100分の1くらいに原材料の使用量が減って、臍物(ユーティリティやファシリティ)がガッと減るということです。

◎生産システム検討推進体制

こういう発想をただ申し上げていても、なかなか仕事になりませんので、まずはやってみなさい、という意味で、産総研内部からお金が若干出ております。このワーキンググループとの連動で、ミニマル・マニファクチャリングの一つのいい事例として、これが位置づけられております。それに加え、企業さんと一緒



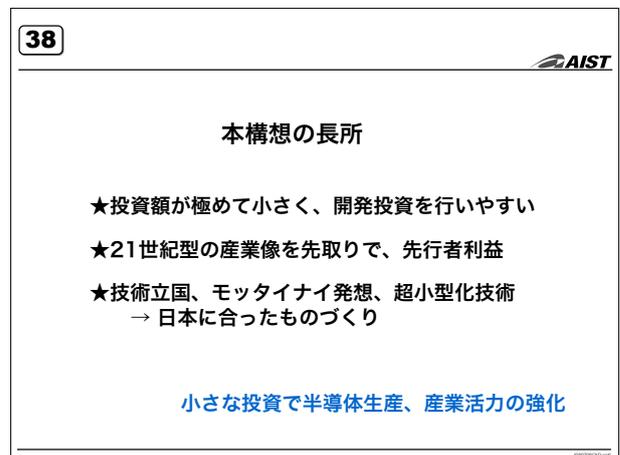
にやるということで、我々としては基本構想と技術シーズをこのファブシステム研究会に入れながら、皆さんと一緒に、現場の問題とマージしながら考えていこうということが、我々サイドから見た全体の生産システム検討推進のイメージです。

◎産総研内部予算：ハイテクものづくりPJ

製造装置については、研究開発をやっている人は、今でもいろいろ小さいものを作っています。その個々の装置に前室をきちんと付けて、小さなロボットを付けて、こういう搬送容器を作ってやる。つまり、前室を作り、搬送容器の小さいものを作り、転送メカを作る。この三種の神器を作ってやれば、小さい装置をきちんと並べる生産イメージができてきます。ここに若干の開発費を内部でもらって、仕事を始めているわけです。今、ナノテックさんや三明さんと一緒に活動を始めています。

◎本構想の長所

本構想の長所は、投資額が極めて小さいということです。開発投資を行いやすいという“仕事のやりやす



さ”ということがあります。さらに、21世紀型の産業像を先取りして、先行者利益を得ることができるはずで、これは我々というより企業サイドのメリットです。

それから、技術立国日本、“モッタイナイ”発想、超小型化技術という、日本に合ったものづくりになっていまして、日本ではパフォーマンスが発揮しやすい構想です。私としては今までテキストを英文で全く書かないようにしています。ぜひ日本のメーカーさんと一緒に仕事をしたいというのが本音です。

小さな投資で半導体生産、そして産業活力を強化していくということで構想のご説明とさせていただきますと思います。

これについて皆さんのコメント、ご意見をいただきたいと思っています。どんなことでも構いません。いかがでしょうか。

意見交換

⑧コストについて

加藤洋 さっきコストを見積もってもらいましたということでしたが、開発が5万円のできるものが数百万かかるよという見積もりは、本当にかかるのか、それとも見積上ですか。

原 商売として私は見積もりを出してもらいました。つまりお値段が1,500万円ですね。もっと正確に言いますと、MOSISという、工場を裏に抱えている窓口みたいなどころがあります。とてもユーザ対応のしっかりしたところですよ。集積回路という現代産業の粋を集めたものを製作して貰うのですから、そのような対応は本来当たり前でなくてはならないものではありますが。そこに頼むと「TSMCで作りますか、IBMのイーストフィッシュキル工場で作りますか」と聞かれます。どっちも見積もってくださいというと、ちゃんと見積もってくれます。イーストフィッシュキル工場のほうが高いですね。TSMCのほうが1割か2割くらい安かったですか。そういう真面目な見積もりです。彼らのIPを使って、ロジックを作ってくれれば、お金さえ出せばやってくれる、それが1,500万円です。

加藤洋 その（産総研・原のプレゼン資料にある）1個というのは安いんですね？

原 これは1個です。例えば、プレイステーション3に入っているチップが幾らするかとか、そういうよう

な意味での1個幾らです。

もう一度申し上げますが、売上を個数で割っただけですから、本当のコストではありません。投資生産性——投資に対してのどういうメリットがあるかという計算です。

加藤洋 ちょっとしつこいですが、大きなシステムで生産した生産数という円グラフがあります。それを10分割します、その生産にかかるコスト、クリーンルームや生産設備の投資にかかるコストも入れた総コストの円グラフを10分割して、それが1/10の生産能力のミニマル・マニファクチャリングで生産したコストとイコールであったら不十分で、ミニマル・マニファクチャリングで生産した方が小さくならないとだめだと思うのです。というのは、そういう小ロットのものを集められて、大きなシステムにつくったら、そこで負けてしまうんじゃないかと思うんですが？

原 ミニマルファブについては、ラインを多量にパラレルに配置して大量生産もこなせるような、高い生産性を持つような最終的な状況になってくれば、このシステムでも大量生産に対応できると思っています。また、10分割する、100分割するのではなくて、初めから1個しか必要ない生ニーズに対しては、巨大工場ハイミックスでやるよりはミックスしない、1品種しか扱わないこのラインのほうが簡単ですね、ということですよ。まず、エントリーはそこだと思います。

⑨資源効率について

久保内 今、産総研では、今まで議論した環境負荷の問題とか何かは、そのコストの中に入っているのですか。ある意味では、ミニマルファブの今まで議論してきたような中身がもう少しメリットとして、その中に出てくるといいのかなということですが。

原 現在のプロセス技術の資源利用効率は大体0.1%というのがおそらく共通認識ではないでしょうか。エプソンさんなどは明快に「資源利用効率は1~0.1%」と言っています。それがこのルームサイズファブという縮小ファブにしますと、いろいろな意味で無駄が省けるので、プロセス数を減らしたりいろいろすると、ラフに言って、資源利用効率などは、2倍くらいに良くなるかもしれません。それがさらに、ミニマル型という新技術を導入しますと、これは理想ですけども100%になります。実際には50%かもしれませんが、そういう数字になるはずですよ。

ですから、現行型を小さくしている限りは、さほど資源利用効率は上がりませんが、こちら（ミニマル）を利用したときに、環境対応と言う意味で、世の中の問題に対して大いに応えられるようになる。ただ、そこはいきなりやると、マチュアな技術ではないから、ビジネスにはなりにくいので研究の対象になってしまうわけですね。我々としては喜んでやりますけれども、まずはこっち（ミニマル型）は比較的産総研・大学がやりやすいところ、こちら（現行技術縮小型）は企業さんがやりやすいところ、そういうイメージだと思います。

⑩ガス制御のメリットについて

一木 ちょっと勉強不足かもしれませんが、原さんの構想は一つの特徴としてガスの制御というのがあったかと思います。そのメリットを私の勉強も兼ねてお話しただけると、つなぎの質問としてはいいかと思っただけですが（笑）、どうでしょうか。

原 一木先生のところに伺ったときに使った資料に入っていたような気がするのですが、ちょっとお待ちください。それはかなり基礎的な研究ですが、本質的なことをやった仕事です。何が言いたいかということ、ガス制御やることのメリットがあるということです。今、現行技術では、環境要因としてパーティクルばかりを制御対象としていますが、ガスを制御することで歩留り問題に大きく寄与するという、私自身の研究結果があります。それについて少し申し上げたいと思います。ちょっとお待ちください・・・

なかなかファイルが出てこないのですが、もし他のご質問があれば、そちらをお受けしたほうがよろしいかもしれません。何かございませんでしょうか。

⑪ HALCA の課題とミニマルファブ構想について

久保内 HALCA のミニファブでいろいろ課題が出て、結果的には三洋さんの検討結果が出されていたことと、今、ミニマルファブ構想の中でその課題に対応して解決されているのだと思うんですが、そういったものを現実問題と対比されたほうがより力がつくのかなと思ったのです。

駒形さんがおっしゃった HALCA での課題、展開できなかった課題がいろいろ見えていますね。

原 ユーティリティ、ファシリティの話は申し上げましたので、あと幾つか出ていた中で、お話し申し上げ

るのを忘れていた点は、「人、メンテナンス」ということです。最終的な未来のイメージは 30cm くらいの装置になるわけです。そうしますと、装置ごと取り替えることができるという家電製品のイメージになります。「壊れた。持ってきてください」でもいいのですけれども、「代替品を送ります」という、あのイメージです。壊れたら直せというよりは、送りますねというのがあったり、壊れそうなものは予備を横に置いておくのもいいのです。それから、内部が必然的に非常に単純になります。ウェーハは直径 12.5mm の 1 円玉よりも小さい大きさで、CVD もこんなに大きいウェーハを自転と公転して大がかりにやる必要がないので、ガスを上から吹き付ければ十分均一にできるでしょうということです。すべてが非常に簡単な構造になっているのですね。

例えば、リソグラフィー装置もステッパーは要りません。ステッパーというのは 20～25mm 角くらいの範囲でパシオンと光を当ててはその次の 20～25mm の区域へ正確に移動してまた光を当ててゆきます。そうやって 300mm を全部スキャンしていくわけですが、それより小さいサイズのウェーハだったら、ステッパーのフローをする必要はないので、つまり、ナノテックさんが歴史的にお作りになったマスクアライナーでいいということです。それでリソグラフィーは済んでしまう。ということで、全部非常に簡単な装置になります。

ですから、メンテナンスはそこにいる要員でできるかもしれませんし、送り返すというような対応もあるでしょう。ということで、ラインに 2 人くらいついているイメージで考えられると思っています。装置はダークとあるのですが、何かおかしいといってランプがついたらそれも取り替えるというイメージ、ないしはパッと開けて、「あ、ここか」と修理するという、非常にイージーなイメージになります。

その辺について、一つ資料があります。

どのくらいのビジネスのイメージを考えているかということですが、まさに中小企業でもできてしまう。では、大企業に向いていないのかということ、そんなことはありません。大企業なら 100 ラインも一緒につくってくださいと。100 種、いっぺんに作ります、というイメージです。

◎ハーフィンチ・インダストリー

この図には産業というよりも企業のイメージを書い

A46

ハーフィンチ・インダストリー



プラットフォームサイズ: ½" (現行300mmの面積0.17%)
 生産方式: 変種変量型・単品生産 (1chip by 1wafer: 1製品=1ロット)
 マーケット: 変種変量型生産が従来高コストで、現実化していなかった市場:
 各種SoCデバイス、ユビキタスセンシング、工場内見える化センサー
 テクノロジー: (1) ミニマル化各種要素技術
 (2) 現行半導体各種製造システムのハーフィンチ対応
 生産システムイメージ: 実用工場投資額 ~1億円
 年間売上: 1億円、利益率50%
 生産コスト: <100円/chip(50工程の場合)
 量産性: 生産生産個数10万個chipを2ヶ月で生産
 プロセス時間: <1分/1工程
 生産スピード (サイクルタイム): 1分/1chip
 リードタイム (納期): 1日以内 (<100工程, 20-50工程くらいを想定)
 混流生産: 基本的に混流生産は行わない。ただし、生産余力が有る場合は別。
 (混流生産がなければ、仕掛かり決済がないので、プロセス時間の集約が生産期間に近くなる)
 装置台数: 10-50台 (装置共用化技術の成熟度による)
 装置サイズ: テスْتُップサイズ (<外寸30cm角程度)
 装置価格: 1台100万円-500万円
 生産力増強: ラインのバラレリ化・テスْتُップの柔軟性で実現する
 多品種対応: ラインのバラレリ化及び短リードタイムで実現する
 変種対応: テスْتُップ装置の組み替えで実現する

てあります。

売上が1億円くらいで、粗利が50%くらい、こういうイメージです。チップはいろいろありますので、まずは簡単なものを考えています。100円以下とかそういうもので10万個を2カ月に生産する。なぜ2カ月に10万個できるか、これはかなり重要な基本数量計算です。1分に1プロセスというイメージですので、1分に1個だと60分に60個、24を掛けて30日掛けますと、4万5,000個くらいになります。これで2カ月に10万個を、十分に生産できます。

それで、サイクルタイムが1分1チップとか、そのようなイメージで、とにかくフローショップですから、隣にすぐ行くので搬送時間がほとんどゼロです。そんなことで納期は1日くらいに激減します。装置数は10台から50台、ものによっては200台というものもあります。

装置価格は100万円から500万円くらいです。基本的に、売上が1億円くらいの会社というのは、製造業の場合、社員で頭割りますと、一人2,000万円くらいは稼がないといけませんね、というイメージなのです。そうしますと、これを2,000万円で割ると5人だということになりますので、そこにいる人は2人くらいにしなければしょうがない。仕事がそんなに負荷がかからないような、さっき言ったイメージなものに変わってゆきます。これが会社または1ラインのイメージです。もちろんメンテするという会社が現れてきてもいいわけです。三洋さんがご指摘になった、機能から何かいろいろあって、ややこしくなるというのは、巨大化しているからこそ、そういうことが発生しているわけです。こういう描像ですと、本当にどこでも製造とメンテができてしまいます。

極端にいうと、日本でやらなくても中国だってベトナムだってどこだってできるということになります。

そうすると、みんな、「じゃ、日本に向いていないじゃないか」と言うのですが、そうではありません。中身のテクノロジー、製造のテクノロジーにどんどん新しい技術を、産総研とか大学がやっているテクノロジーを注ぎ込めるといって意味で、そこで差別化するというのが、ミニマルファブの真の競争力の源泉になります。このファブの競争力は、小さいことではなくて、テクノロジーをどんどんそこに注ぎ込める国が勝つという、それです。日本はそこが強いわけですから、これは実に日本に向いているシステムなのです。

久保内 駒形さんの話に、生産システム的な問題も課題として挙がっていたと思うんですが、それは大丈夫ですか。

原 ソフトウェアも含めてですか。

久保内 小さくてもいろいろな条件が変わったりすると、手で入力するのか、システム上で管理して入力するのかとか、生産の管理をどうするかとか……。

原 そこは非常にシンプルで、岡崎さんと議論したときも、「ソリューションビジネスは要らないのでしょいうね、これは」とかおっしゃってました。一言で言うと、要らないのかな、みたいなところはあります。

つまり、フローショップで搬送の方法をいちいち計算するとか何とかいうことすら要らなくなってしまいます。もう単純に今月、来月生産するチップはこれと決まったら、この順番に並べ直して、ACコンセントをガチャガチャと入れて、究極的なイメージはそこに一個一個ガスボンベがついている。そのフローの、300工程だったら300工程、全部その順番に並べる。ウェーハは、ダダダッた行っておしまいなので、生産管理は要らないんですね、はっきり言いますと。

ただ、そこに何個ぶち込むかというのは普遍的にありますから、そこは人間の知恵としては要るんですが、ソフトが要るか?という、あまり要らないのかなというイメージで、非常に安上がりになります。ただ、これはクローズの会議のときにちょっとコメントさせていただいたことですが、とにかく1ライン1品種しか扱わないのですが、それを大企業だったらおそらく100個くらいラインを並べてやってしまうでしょう。日立GSTの加藤さんが組み立て工程で開発したあの手法です。パラレルラインで、最新品種から旧世代までいろいろ並べて、そのご都合によって品種の振り分けをしていましたね。ああいうイメージになってきますから、そのレベルになると、生産の管理は新しい考え方の、「ライン間のコントロール」というレベルの

生産管理が非常に重要になってくると思っています。

そこは、ソフトウェアが要らなくなるということではなくて、サプライチェーンマネジメントとの兼ね合いできちんと制御できるということが必要で、そういう考え方はこれからこういうラインの考えでいくとどんどん大きくなると思っています。

⑫開発時間と開発費用について

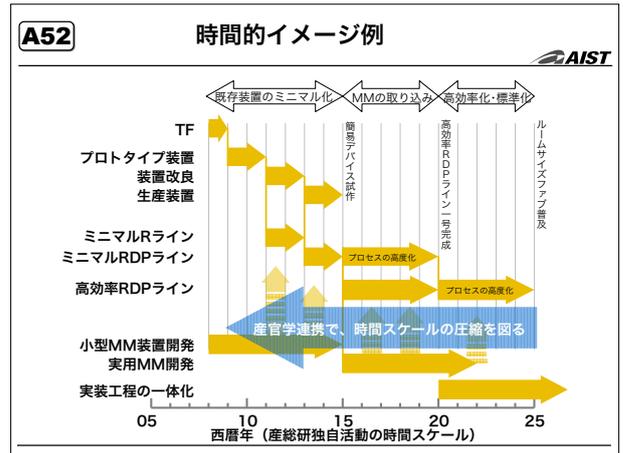
齊藤 大ざっぱなイメージで考えると何年後とされているのでしょうか。それと、そのときの装置価格——あそこに書いてある100万から500万というのは産業としてこなれた数だと思うんですが、実用化ラインの最初の立ち上げというのはどのくらいで想定されているのでしょうか。

原 それについては、こんな絵を描いてみました。

◎時間的イメージ例

まず、タスクフォースを設置します。それはこの会議そのものと見なしてもいいかもしれません。もう少し進化しながら2009年くらいまで議論していったほうが良いでしょう。いずれにしても、これはおおよそ1年ですね。ただし、ビジネスモデルも意識した応用可能性については、継続的に議論すると効果的です。それから、プロトタイプ装置を開発します。現に部分的には始まっています。装置改良を2年くらいやって、それから生産装置を作ります。2015年で装置がある程度できるでしょう。簡易デバイスがここで全部揃えばできるようになります。

2015年までが装置のラインで、ここが開発ラインで、開発ラインはここから作る。いろいろなミニマル化した新技術を少しずつ入れていけばいいでしょう。基本的には2025年にルームサイズファブが普及する。最初のラインは20年くらいになるというイメージを最初に持っていました。これは非常に控えめで、産総研が独自にやっていて、産業界がほとんど関与していない場合でもこのくらいにはなるのかなと考えています。この横軸をどこまで圧縮できるかが今課題でして、それは企業さんのご意向によるわけです。テクノロジーとしてこのミニマル技術を導入するのは大変ですけれども、普通の技術を10分の1にするのはすぐできるわけです。これを5年などに圧縮することはほぼ問題なくできる。それは、日本電産サンキョーさんが、以前、デスクトップの組立工程を僅か半年足



らずで開発なさった、そのご経験から見て取れるとおりです。本気になって作れば、恐ろしく早くできてしまうわけですね。

そここのところは、言っても詮ないところではあるのですが、イメージ的にはそのような感じです。

齊藤 もう一点、装置の価格が完全普及時に100万円から500万円ということですがけれども、スタートはどのくらいでしょうか。

原 10倍くらいです。ですから、開発費が大切です。おそらく10億円から50億円あれば潤沢なのかなというイメージを持っています。たとえば、大見先生のご努力された数百億円という開発費とか、ボール・セミコンダクター社が集めようとした数百億円というレベルからすると、悲観的に見て10分の1くらいあればいいのかなと思われま。小さいですから。30cmサイズの装置を基本的に10種類開発するだけですからね。こんなものを10種類開発するのに50億円要るかどうかはわかりませんが、多めに見て50億、少なくとも10億円もあれば仕事が進み出すので、良いのではないのでしょうか。

より本質的な見積もり方を申し上げます。今でも、ものづくりがきちんとできる人は世の中にいまして、そういう人が本気になってCVD装置を作り、洗浄装置を作り、イオン注入装置を作る。一人ひとりに1億円差し上げて、あとは部品開発が結構ボトルネックになりますから、そここのところだけきちんとクリアできれば、製造装置本体の開発は1つ1億円くらいでいいのかなというのが私の最低のイメージです。仕上げ段階では、多くの人が関わりますので、その数倍の予算がかかるかもしれませんね。

⑬加工デバイスについて

廣嶋 その時点の最小加工寸法という話になると、ITRSのロードマップとはリンクしないのかとは思いますが、イメージ的にどれくらいの加工精度のデバイスを想定されているのでしょうか。

原 これはリソグラフィー装置の種類によります。ステッパーは要らないということをごさつき申し上げましたので、マスクライナーでいいということなのですが、そのマスクライナーがg線なのか、i線なのか、UV露光なのか、エレキシマレーザーなのか、いろいろあると思いますし、EUVLでもいいわけです。

ところが、はっきり言いますとEB露光（電子ビーム露光）のほうが断然有利です。EB露光が今あまり使われていない理由は、スキヤニングするのに時間がかかるからということなのです。こんなに小さければそんなに時間はかかりません。そこにプロジェクションとかいって、ある特殊な形をしたところだけプロジェクトするようなEB露光が最近できていますけれども、そういった量産イメージのEB露光の新技术を使えばもっと速くなります。EB露光を使いますから、描画についてはマスクレスになります。EB露光ですと、ご存じのように電子ビームは集光しやすいですから非常に微細な加工ができます。原理的には今の45nmよりはずっと先のレベルの加工が楽に微細化できる。ただ、そこにはレジスト開発が併せて必要になります。

非常に運がいいことに、EUVLの開発が今世の中で進んでいます。EUVLのレジストというのは今の光のレジストとは違うものなのです。EUVLでは、イオン衝撃みたいな、ハイエネルギーのところで反応するようなレジスト材を使います。このEUVL用レジストの感光原理は、電子ビームに対するレジスト材と同じことになっています。ハイエネルギーのところで感光することです。そういう意味でいいますと、レジスト材の開発も進んでいるというのが現状です。そうすると、EB露光が本当に微細なものが切れるということになってきて、結局のところ、物を切るのに一番肝心なリソグラフィーについては最先端の世代で切れるということになります。それがこれに関する基本的な考え方です。

ですから、どこの世代を狙っているの？というご質問に対しては、それは商売によっていろいろあり、どれでも可能ですというお答えになります。

もう一つ、大事なことを忘れました。

後工程についてです。現状では、ダイシングやバッ

クグラインドという芦沼さんに以前いろいろお話しいただいたご苦労なプロセスがあるわけです。ハーフィンチにしますとそのまま携帯電話に載せればいいので、バックグラインドをしないで初めから薄くしておいて、後工程という考え方をなくして、そのまま携帯電話に実装しますということになります。現在の工程では、前工程の1枚のウェーハというワークが、後工程で1000個のチップという、1000個のワークに分割され、モノの流れがそこで全く変わり、流れが阻害されています。ハーフィンチラインでは、後工程がなくなるおかげで、もの流れは、究極の一個流しになります。

最初の工程では、半導体のシリコンをまさにこのレーザーポインターくらいの直径でずっと結晶成長します。1分に1個でいいですから、非常にゆっくりきれいに切っていくって、1分に1個、その場で製造装置に渡す。エピタキシーしたければ、はい、どうぞとエピタキシーのところに1個回して、パッと行くだけなので、そういうふうにしてずっと一個流しのまま流れていくって、最後にそのまま携帯電話にボンと貼り付けるという、究極の一個流しになります。そこでコストがドサッと減ります。そういうイメージです。

⑭ サンプルを作ることについて

加藤洋 産総研の持っている最先端のいろいろな技術を入れて、設備をつくって、それでサンプルを作るというステップですけれども、現在既に持っている技術でサンプルを何しろ早く作り上げるということはできないんですか。

対象製品を何にするかは別として、今後ミニマルファブに投入しようと考えている技術を先に使って、こんなものができるよと示してもらいたいのですが。

原 我々産総研としてはそういうこともやっていくべきなのでしょうね。ただ、産総研の場合でいいますと、個の集団の集まりでして、研究者というものには、みんな、自分が一番だと思っているということがあります。「あいつの技術はだめだ。おれのはすごいんだ」と思っている人たちをくつつけるというのは……(笑)。

金丸さん、何かコメントをください。

金丸 いやいや(笑)。

原 部門長クラスの方たちはとてもご苦労されているところではあると思います。

我々産総研は、それでもまだくつつきやすい方です。ですが、大学の先生になるとほとんどくつつかないですね。そういう要素技術を集めてくるというのには、我々産総研のほうがまだやりやすいかもしれません。

現に、この取り組みは産総研の中で「非常にいい」と言ってくれている人が増えています。横断的に産総研の中のいろいろな要素を持ち寄っているの、そういう意味で求心力が出てきていて、おもしろいなというイメージを持ってきています。こういうのがうまくいくようになれば、「俺たちもやるか」みたいなことがまた別の話として出てくるかもしれません。そんなふう期待しています。

⑮ ウェーハメーカーとシリコンメーカーとの話し合いについて

駒形 ウェーハメーカーさんはシリコンメーカーさんと何かお話しされているのでしょうか。

大橋 今のところ、あまりないです。私は信越化学ですが、実は信越化学の中のメインのウェーハを扱っている部隊ではありません。インチのずっと小さいほうを追いかけまして、当社の8インチとか12インチをやっている主流の連中は、多分この話には全然ノッてこないと思います。ただ、私は、一応、半導体用やMEMS用以外のその他もろもろの用途を探るのがミッションですので(笑)。

駒形 シリコンの小さい系のインゴットを引き上げて切るといのは、大きいものに比べて、設備とか、加工のコストが大分違うものなののでしょうか。

大橋 これは言うていいのかわかりませんが、当社ではもう4インチの引上げ機はないです。表向きは4インチの注文も受け付けていないですね。ですから、例えば1インチやハーフインチのSiをものすごく高速で引き上げて、途中でちょん切っていくという、そういう設備は、現状はないですね。

私がコスト計算しているわけではないのですが、今現在、パフォーマンスが一番いいのは200mmの8インチ結晶だと思います。だから、最終的にはミニマルファブに一番相性のいい口径のものを引き上げて加工するというのがいいのだと思うのですが、現状ですと8インチ結晶からコア抜きするという形になると思います。

原 まずはくり抜きでやってゆきたいですね。ものがあれば次の仕事ができますから。

最初は開発費がどうしても必要になりますが、国費なり、いろいろな企業さんと、そこはそんなに量は要りませんので、最初の試作はそういうものでやっていけばいいかなと思います。少なくとも450mmで焼結材を使わなくてはいけないという状況に比べれば、小さいウェーハをくり抜いても、立派な単結晶ですので、そこは品質的には問題ないものができるというふうに考えています。

大橋 私が今加わっている一つの理由は、小口径Si基板を磁気記録用として考えていました。東芝がやっておられるフラッシュメモリにやられる前に、小口径HDDの0.85インチとか、1インチのハードディスク用に使ってもらいたいというので、小さい口径の基板を検討していました。

その時の知見からすると、原さんが言われている0.5インチというのは、作ること自身はそんなに技術的な課題は少ないのですが、小さいものをどうやってハンドリングするかが問題です。研磨を含めて、一番コストのかからない方法は何かというのを考えないといかんと思います。小型のハードディスク用基板をやっているときに、コスト計算した中では、とりあえずはコア抜きするのが一番いいという結論になりました。逆にいうと、半導体用Si単結晶を製作する本流にはおらず、1インチくらいの小さい単結晶を高速で引き上げる技術を我々は持っていないので、詳細なコスト計算もできなかったというのが本音です。

原 次のまとめのセッションでこの辺も含めて今までの総括的なことをやっていきたいと思います。そこでご意見をまたいただきたいと思います。どうもありがとうございました。

— 第5セッション 以上 —

第6セッション 「まとめ」

久保内（司会） まとめのセッションに入りたいと思います。私はまとめをさせていただきます日立の久保内と申します。横河ソリューションズの中川さんとまとめますので、よろしく申し上げます。どうまとめるか不安がありますけれども、皆さんのご協力をいただいて、何とかうまくまとめていきたいと思っておりますので、ご協力、よろしくお願ひいたします。

◎まとめセッション

議事進行の目安ですが、昨日と今日の午前中に、「流し方・搬送方式」「レトロフィット」「局所クリーン化」「環境負荷低減」「ミニマルファブ」の5テーマについて議論していただいたわけですが、その簡単なおさらいをして、皆さんのほうから追加項目があれば追加議論をしていきたいと思っております。

次に、「未来のファブタイプ」について議論を深めていきたいと思っております。ここでは、それぞれ未来のファブタイプについて、今まで議論してきた中身を4タイプにまとめたかどうかという案がありますので、これについて皆さんからご議論いただく。それと、このファブタイプについてそれぞれの課題を整理していきたいと思っております。

それから、ここでいろいろ出てきているファブモデルについて、今後どういうふうな体制を強化して進めるかということについて、皆さんからご意見を伺ってまとめる。

それから、セッション責任の原さんの総括をいただくことになるのですが、それぞれの項目の中総括していただくということで、これはあえて個別にとるというよりは20分含みで全体を終わりたいと思っております。

最後に産総研を代表して金丸さんのご講評をいただくということで5分とっております。

◎ 1. 5 議題の簡単なお復習

それでは、昨日と今日の午前中に皆さんにご議論いただいた項目で、もう少し議論を深めたいということ

があれば議論したいと思っておりますし、中川さんに議論いただいた中身もインプットしていただいております。

一通り、こちらでピックアップしたものをご紹介しますと、「流し方・搬送方式」につきまして、“業界の情報共有”や“標準化”につきまして議論したいと思っております。

「レトロフィット」に関しては、“レトロフィット”と“リファブ”の言葉の定義について、皆さんのほうで混乱していることがありましたので、これをもう一度整理したいと思っております。あとコンソーシアムの議論もしたいと思っております。

それから、「環境負荷低減」ですが、これは特に議論されていない中身で、大成建設さんのほうから、次世代ファブの超局所クリーン化というテーマで提案いただいたんですが、その中身をご議論いただくのと、これまでのミニマルファブ構想の中でも既に局所クリーン化の構想があつて、それと同じ内容なのかどうか、その辺も含めて確認させてもらおうかと思っております。あと、原さんから、議論できなかった局所クリーン化での搬送に伴ういろいろな温度制御ができないとかいう課題もあつたので、皆さんから議論がないかなということなんです。

あとは環境関係の特に省エネのテーマが持ち上がっているんですが、コストに関していろいろ制約があつて、なかなか進められないということで、この辺で法制化がいいのかどうかわかりませんが、前にも

1. 5議題の簡単なお復習

お復習議論で出てきた追加・補足項目

- (1) 「流し方・搬送方式」
- (2) 「レトロフィット」
- (3) 「局所クリーン化」
- (4) 「環境負荷低減」
- (5) 「ミニマルファブ」

う少し進めるために皆さんからいろいろなアイデアがあればいただきたい。

それから、「ミニマルファブ」に関しては、これは産総研でも既にいろいろな議論を深められていますので、技術的な内容はあまりないと思います。ただ、HALCA プロジェクトのご紹介があった中で、今回のミニマルファブでも同じような轍を踏まないような、これは技術論以前の問題かもしれませんけれども、情報共有化なり、プロセス開発者だけで議論して、本来のライン構築に参画する人が入っていないとかいう問題がクローズアップされましたので、この辺について皆さんからご意見をいただければと思います。

こちらでピックアップした中身はこういった点ですが、これはまとめチーム独断でピックアップしただけなので、皆さんからもう少し議論を深めたいということがあればいただきたいと思います。

(1)「流し方・搬送方式」

久保内 流し方・搬送方式について、いかがですか。

(業界の情報共有について)

池田 他の項目でも、業界とのすり合わせとか、情報交換が大事だとか、コンソーシアムをつくりたいというお話がありましたが、関係者が集まってある程度の合意、ある程度の強制力を持ったものを基準或いは約束事として決めるというのは多分大事なことになると思うのです。

実は、各社さん、“業界”と言われていたときにイメージされるところがずれていたりしていないのかなと思うのですが、その辺はどうなのですか？全部同じような団体というか、集まりを想定されているのかどうか。あるいは情報交換しなくてはいけないようなメンバーは大体一致しているのですか？

久保内 ユーザーと装置メンバーとそれぞれあるでしょうけれども、装置メンバーという場合、加藤さんあたり、どうですか。

加藤健児 具体的には業界団体があって、その中でメンバーカンパニーが情報交換を、表向きはするわけですね。今ここで言っている“業界”というのは半導体の製造に関わっている企業という意味ですから、デバイスメーカーと装置メーカー、設備メーカー、ファブをつくるための企業全体という話になります。

ただ、業界団体ではかならずしも利害が一致するとは限りません。「デバイスメーカーと装置メーカー」という区分けであったり、「日本とアメリカ」であったり、いろいろな線引きで団体というのができますから、全体をカバーして、オールオーバーで1つの組織というのほどこにもありません。そういう意味で、一致しているか？というのと、一致していないかもしれないですね。

450mm とかそういった大きな話ほどこか単一の団体だけでできる話ではないですし、突っ走れるわけでもないで、マクロなところはそんなに違うことを扱っているわけではないとは思いますが、ディテールはケース・バイ・ケースでしょうね。

池田 最終的にミニファブに話が集約する場合に、既に存在している一種の仮想的な業界みたいなものがないといけない、ということではないのですか。つまり、全体を包括する業界は当然ないわけですが……。

加藤健児 もちろんそういう認識があるので業界団体ができているわけです。その中でいろいろ話をしましょう、定期のミーティングもやりましょう、タスクフォースをつくりましょう、という話にもどんどんなっていくわけですが、メンバーカンパニー個々が独立採算の組織ですから、競争領域ではオープンにできない部分も当然あります。

池田 規制とかでやったほうが話は早い、という感じになるわけですか。法律的に、「こういうふうにしましょう」と決めていかないと……。

加藤健児 さっき出ていた省エネみたいな話だと思いますが、法律で押さえつけるというのは必ずしも万能ではないですし、有効でもないと思います。排ガス規制を法規化・強制化して、エンジンを作り替えないとだめだという話が昔ありましたけれども、あんな強烈なことは何度もできるとは思えないし、下手をすると産業自体をつぶしかねない話になってしまいますので。個々の業界、ケース毎にバランスを取ることも必要ですし、一般解は期待できないと思います。

池田 そうすると、「解はない」というふうになりそうな感じではありますね。

(標準化について)

加藤洋 FOUP は SMIF を標準化したじゃないですか。FOUP はどういう集まりで標準化できたんですか。

久保内 デバイスメーカーの東芝さんとか三洋さんはいかがですか。

濱本 基本的には、装置メーカは基準がないとバラバラで個別に対応しなければならない。物とインターフェースを共通化することによって、一つのものを開発すれば良い為、装置メーカは独自のプロセス面に注力できるような方向にしたというのが標準化の目的ではないかと思います。

加藤洋 そこら辺の指導権は装置メーカが？

濱本 どちらかという装置メーカだと思います。

久保内 私の認識ですが、300mmをやるときに相当ハードルが高いということで、まずは装置のインターフェースを決めて、それを安くたくさん供給してもらおうということでFOUPは標準化で走ったわけですね。

濱本 そもそも SEMI ができた当初は、いろいろな通信手法があった訳ですが、それが SECS から GEM へと標準化されてきています。

というのは、個々のデバイスメーカーからの要求が多方面になると、装置メーカが開発負荷が膨大に膨れるわけですね。我々だってコストが高くなる。そういった意味から、できるだけ合わせられるものは合わせようということで、部会毎に標準化を進められたというのが現状だと思います。

(コメント)

原 その辺、コメントさせていただいてよろしいですか。

私も、その辺について局所クリーン化をやっている立場で、大分前からいろいろな方にインタビューをして、今の FOUP の標準化について調べて参りました。

300mm の FOUP の標準化の前に 200mm の SMIF がございました。あれは標準化ではなくて、基本的には台湾の TSMC が環境を制御した形でプロセスを組むということをもともと意識して、それをアシストという会社に発注して、「箱を作れ」と言ったことが始まりです。彼らは箱で搬送するという密閉搬送技術を 80 年代後半の黎明期から始めて、2 社でやってきました。特許が 50 個か 100 個くらい出ていまして、それで 200mm は確立しました。

時代が進んで、300mm に業界が移行するときに、さてこれからどうしようかと皆さん思われたのです。

それで、今、濱本さんがおっしゃったような共通プラットフォームでやって、なるべくコストダウンしたいということが当然そこに出てきました。300mm にするときに投資額が高くなるのはわかっていましたので、なるべく安上がりになりたいという中で、ターゲットとして出てきたのが箱の部分の共通化しようということです。

何も考えずに 200mm を 300mm にスケールアップしますと、アシスト社が大儲けするという話になるわけです(笑)。あらゆる装置メーカさんや、いろいろなところが「それはよろしくない」という気がしてきたのでしょね。もう一つは技術的な問題です。SMIF システムが局所クリーン化のクローズインターフェース機構として不完全なものであったということがあります。あれは完全密閉なので、特許に出てくる構造は全部、O(オー)リングでシールする構造になっています。開け閉めするとき、当然、圧力差が出てくるので、パッと空気が出入りしまして、パーティクルが舞い上がることになります。ですから、黎明期では SMIF を使いましたが、もうちょっとパーティクルの出ないような構造もあるのだらうということで、ビジネスチャンスということもあり、みんながいろいろなアイデアを出してきました。横から入れるか、縦から入れるか、ウェーハのローダー方向から入れるか、いろいろな議論をして、結果として SMIF とは違う構造・方式が採用されました。

SMIF のもう一つの欠点は、中にカセットが入っていて、それを容器で包んでいるという二重構造になっていましたので、プラスチックとか、コストが結構かかる構造だったことです。

そんなこともあって、FOUP(フープ)の U というのは Unified、一体化構造という意味で名前に入っています。それから、FO は Front Opening です。SMIF の場合は下から上下したのですが、それを特許に触れないように横から入れればいだろう、ということもありました。また、一体化構造なので、どうしても溝を切ってありますから、横から入れるのがリーズナブルであるということになります。Front Opening で、Unified Pod ということで、SMIF という歴史を踏まえた上で出てきたのが、その名前が象徴的にあらわしている FOUP です。

もう一つ申し上げなければいけないことは、密閉化構造ですとパーティクルが出るものですから、FOUP では、完全にすき間を開ける構造にしました。連結しているようすけれども、1mm か 2mm あいている、

蓋を開け閉めするときに全く物質が触れないという、非常にうれしい構造になっています。このことでパーティクル発生の問題は原理的に回避されました。そのかわり TSMC とアシストが最初に意図していたガスブロックが、逆に厳密にできなくなるというトレードオフの問題を抱えました。

FOUP の最終的な実用化構造を提案したのが、インファブ社という東ドイツのカールツァイスの子会社です。そこをまるまるブルックスオートメーションが特許ごと会社を買取りました。それで TDK をはじめ、ロードポートを作っているメーカーは、ブルックスオートメーションに 1 台ごとに幾ら幾ら払うということをやっています。

そこでは多少の教訓があります。業界標準をつくるときに、アシストは外したのだけれども、別の会社が特許を持っている構造そのものを標準にしてしまった、というばかげたことになってしまったことです。今後やるのでしたら、もうちょっとそこを考えたほうがよろしいと思います。

もう一つ、そこに教訓があるのは、先ほどの業界団体というところとつながってくる話でもあるのですが、西洋では業界団体にあげる前にコミュニティが必ずあると言われてことです。そのようなコミュニティで予め議論されているので、みんな、いち早くいい構造を出してくるということがあります。日本の場合は、決定事項を聞いているだけだからどうしても後追いになってしまいます。業界団体の一つ前段階のコミュニティがおそらく日本で足りないところだと思います。

私個人は、このファブシステム研究会はそういう一つのコミュニティに当たるものだと思っています。皆さんが業界団体にあげるものを煮詰めてもらえばとても役に立つと思われまます。敢えて結論を出さず、業界団体にあげるネタを煮詰める、ということも大切でしょう。現に、まとめのセッションでもそういうことをやっているのかなと思います。

これと似たようなことを、あまりきちんとしていないもので結構なので、他分野でもみんなでどんどんやっていったらいいのかなという印象を持っています。

久保内 まさにそのとおりだと思います。

(2) レトロフィット

久保内 では、時間も過ぎておりますので、2 番目のレトロフィットに議論を移したいと思います。ここはリファブとレトロフィットの中身を混乱して使っていたということもありまして、言葉の定義をきちんともう一度合わせて、齟齬のないようにしたいということです。ある立場によって、リファブがメインだったり、厳密に言うレトロフィットをきちんとやらなければいけないということがありました。基本的に、レトロフィットという中身にリファブも含まれるということでもいいですか。

皆さん、これに何かご意見ありますか。

(リファブとレトロフィットについて)

千村 昨日の「コンソーシアムをつくりたい」というのは、多分リファブだと思うんです。生産を維持したいという観点をメインに、皆さん、ずっと話されていたと思うんです。

レトロフィットは、どちらかという新しい技術を入れ込むという感覚があるので、完全な形でファブシステムができる前の技術をいかに今の生産ラインに持ち込めるか、という観点なのかなと思ったのですが、それが相当難しいそうなのだな、という理解にはなってきましたが……。

ですから、リファブとレトロフィットというのは、含むというよりも分けたほうが混乱しないかもしれないです。

廣嶋 昨日もたしか意見が出ていたと思うんですが、同じ装置改造をしても、それをリファブとして活用するか、あるいはレトロフィットとして活用するかというのはユーザーの改造目的によると、私は議論を聞いていてそう思ったんです。

拡散炉のコントローラを例に出して言わせていただきますと、故障した拡散炉のコントローラがエンドオブサポートで市場になくなりましたということで、拡散炉に新しいコントローラを入れますと。だけれども、そこでやろうとしていることは、装置の今行っているプロセスの維持が目的であると“リファブ”という範疇なんでしょうけれども、実はそのコントローラを入れることによって、温度制御性が良くなったりというのはレトロフィットの範疇に入ってくると思うんです。ですから、分けるというのは非常に難しいのかなと。

久保内 デバイスメーカーの意見と、装置メーカーも立場上あるんでしょうけれども、東芝さんはいかがですか。

濱本 昨日の話ですと、5インチを液浸にするとかーそれは、逆に言えば周りがついていけないでしょうという話がありますが、廣嶋さんの言われたような形でのレトロフィットというのは当然あり得ると思います。

駒形 機能維持とある機能の改善くらいまでは、デバイスメーカーはあまり区別して考えていないと思います。新しい機能を付けるとなると、それはまた別かなと思うのですが……。

久保内 これはテクニックの問題でふさわしくない議論かもしれませんが、工場側で言った場合、同じ機能のリプレースの投資と機能をアップする投資は中身が違うと思うんです。それを税務上でも大分変わると思うんです。

加藤洋 一つ、Next Generation がミニマルファブだとしたときに、Next Generation を実現するのはいつ、ということがあって、それまでのつなぎとして例えば、現在5インチファブで生産しているものを8インチファブでの生産に切り替えたら、元に戻れないですね、それを使わなくてはいけないですから。次にミニマルファブに展開したいというときのつなぎのためにも、レトロフィットなり、リファブなり、Next Generation まで現在のファブを使い続ける事が必要だと思います。

大口径化に切り換わったら、後戻りできないわけですね、ミニファブに行かなくなってしまうわけだから。

久保内 これまでのミニファブの構想だと、2015年でしたか、量産は？

原 いいえ、もっと早くしないと、途中で疲れてしまうのかもしれない。あれを半分くらいにするのが仕事かなとも思っています。

加藤洋 そこを現状ラインでどこまでつなげるかということになると思うんです。

(ダウンストリームについて)

原 ダウンストリームという考え方については、いかがでしょうか

久保内 私も一つ言うと、その後の議論にも出てくるかもしれませんが、例えば300mmでいろいろやら

れている技術を、300mmでもNext Generation Fabなり、何かでやるのも重要なんですが、5インチ、6インチでいろいろレトロフィットで苦しんでいる技術をもう少しそういうところに、気持ちとしてはおすそ分けしていただいて、テーブルは小さいんだけど、300mmで培った技術を少し載せてちょうだいよ、という技術はずっとあるのではないかなと思うんです。

装置メーカーの立場にしてもそうですし、それを使うユーザー、デバイスメーカーの立場もそうですし、それは延々とあるのではないかな。例えば、450mmに行ったとしても、300mmの既存ラインが残っていれば、「450mmで培った技術をちゃんとおすそ分けしてちょうだい」というのは、常に続くような気がしないでもない。

それは私の個人的な意見かもしれませんが、この辺についてどうですか。

原 それはダウンストリームということですか。

久保内 “ダウンストリーム”という言葉がいいかどうかは別ですが……。

原 今までアップストリームという考え方で来ましたけれども、ダウンストリームがこれから重要ではないかということですね。

加藤洋 従来ラインで新しい製品を流す。新技術で新しい製品をそこで流し続けるというので、設備の機能アップが必要になってくるわけですね。

久保内 そうですね。

中川 先ほど、「コンソーシアムはあくまでリファブだね」という話もあったんですが、ある意味、レトロフィットのほうもコンソーシアムが必要かもしれないです。そういったことをやってくれる、専門業者なのか、コンソーシアムなのかかわからないですが。

加藤洋 ミニマルファブをつくるのも、そこが母体になってスタートするのではないかなという気がしますね。

久保内 中川さんがおっしゃったのは、レトロフィットのチームから出していただいた、リファブでの業界団体のコンソーシアムではなくて、レトロフィットも含めた、ということですね？

中川 そうですね。

久保内 多分、ビジネスの流れとしては、それは当然あってしかるべきだし……。

卑近な例で悪いんですが、例えばNASAの技術と

というか、軍事技術がどんどん民間に流れるような、ああいうストリームをきちんとつくっておけば、常に最先端でやっている技術を民間で発展するというです。それは、上流にちゃんとそういった投資金額が流れていないとできないんですが……。

450mm の議論が後で出るかもしれませんが、450mm の投資——どこまでついてこれるか分かりませんが、そこで投資したものをどんどんダウンストリームで流してくるというのも産業界を活性化の上では重要だと思うんです。

駒形 加藤さんにお聞きしたいのですが、今みたいなダウンストリームというのは、装置メーカーとしてはコストも含めて容易なものなのでしょうか。

例えば、300mm のウェーハ径を想定してチャンバーの設計から何からやられるわけですね。300mm でできたものを比較的簡単に 200mm にダウンできるものかどうか分からないのです。

加藤健児 チャンバー周りの話に関して言うと、難しいというか、意味がないかもしれない、というところですね。

今、話を伺いながら頭の中にあるのは、ウェーハ径に依存しない部分——昨日お話しした搬送系みたいな部分は、ウェーハ径に大きく依存しませんので、システム構成をどうするかみたいな話ですね。この部分は、きっとダウンストリームというか、フィードバックできるのだらうなと。

ただ、均一性を確保するために、例えばウェーハの裏面の冷媒を半径方向の内外で 2 ゾーンに分けるとしましょう。300mm のウェーハ径がある場合は、寸法的に余裕があるのでゾーン分割ができますが、それを 200mm なり、6 インチなりにフィードバックできるかという、半径が小さいのでかえって難しくなってしまうところもあります。さらに均一性を出し易い小径のウェーハでそこまでする意味があるのか、というところもあります。プロセスチャンバー周りの技術に関して言うと、フィードバックしづらいかなというところですし、多分、そんなに意味もないだらうと思います。

プロセスチャンバー以外の部分に関してはいろいろ考えられるところもあるんじゃないかと思います。

駒形 今言ったようなこともあるので、我々はその対応が必要になります。例えば 5 インチの装置が入ったときに、筐体は 6 インチになります。ステージは

5 インチも作れるので対応してもらった。これで何とか条件を出してくださいというのがほとんどなんです。装置を供給してもらえにしても。プロセス周りのところは、ダウンストリームしたときに、今言ったチャンバーの冷却の分割が必要かどうかも含めて、多分、ゼロから設計になってしまうのかなと思っています。

久保内 それが課題になってくるんでしょうね。

(コメント)

原 考え方として、議論するのは、まず、いいことです。しかし、どうやってアクションにしてゆくかということに関して、レトロフィットないしダウンストリームの具現化という意味で、私の頭の中で勝手に想像していることを申します。それは、例えば三洋半導体製造さんを舞台にして、「みんなで実験をしましょう」——本当にやるのだったら、そのようなプランはいかがでしょうか、ということです。

製造メーカーさんも入ってもらって、三洋さんの今のラインをどうレトロフィットするのか？というテーマで、みんなで仕事をしたら、いい仕事ができませんか。本当に動くのだったら、そんな感じがします。

久保内 かなり現実解に近づきますね。

原 例えば大分工場さんのほうで Next Generation Fab を、マザー工場ですから、やるということがもしあったとすると、もう少しインチの小さい 6 インチあたりについては、三洋さんでレトロフィットという概念をしっかり形作っていただくように、みんなで費用を投入して、国費なども頑張って投入してやれば、結構おもしろいことができるのではないですか。

駒形 今のレトロフィットは、どこか需要がないとできないというのは確かにあると思いますので。

原 そこがまだ見えていない段階では、ナショナルな取り組みは意味を持つというふうに考えられますね、一般論としてね。

久保内 一つの方向として考えてみましょう。

あと、コンソーシアムの話がございましたけれども、これについてはいかがですか。これはこれとして、ナショナルレベルとして提案していくというのも必要なことだと思いますので。

加藤洋 今言ったのは、三洋さんをベースにしてコンソーシアムということを言うわけですね？

原 私的に、一案として申し上げているだけですが。

三洋さん、ぜひお考えいただきたいと思いますけど。

久保内 そこそこ進むかな、という気はしないでもないですね。

これはこの辺で、次に進めさせていただいてよろしいですか。

(3) 局所クリーン化

久保内 局所クリーン化について、議論をもう少し深められますか。

昨日やっていただいたのは、大成建設の若山さんですか。

若山 小さなものを作っていたときに、どういう性能が必要なかは生産するものによって随分要求のレベルが変わってくるんじゃないかと思うんです。そのあたりがもう少し明確になると、我々のような施設とかユーティリティ……。

久保内 従来からある局所クリーン化のアイデアと昨日ご提案いただいたのは少し中身が違うんですか。考え方として従来の延長線ですか。

若山 従来の延長線上というのも多分あると思うんですが、それとは別かなと思います。従来の延長線上で、さらに局所化を突き詰めていくと、ああいうような形なのかなというところですよ。エネルギー的にもメリットがありそうですし……。

ただ、メンテナンスの問題だとか、トラブルのときの対応はどういう問題が想定できるのか、その辺がまだ見えていないところだと思います。

原 大成さんの図を出していただいたもののどこが今までと違うのかということですね。装置が分離しているというところに多少トンネルが入っていたりしたような絵が描いてありました。それからクリーンエアを装置に直結供給するという、その絵の話、それらは、まだ一般化してはいない新規性のある話だと思いますが？

若山 はい。

原 あそこに描いている要素は、今、私が申し上げたようなことでよろしいのですか。それとも何かいろいろ要素がありましたでしょうか。あその絵をポイント的に説明すると、どういうことが入り込んでいたのか、確認させていただきたいということです。

若山 あそこで描いた絵で今までと違うのは、今まで大きな空調機を用意して、部屋全体に対して、そこから分離してそれぞれ分けているというイメージなんですけど、本当にそこに必要な空気の話だとか、パーティクルのレベルだとか、ワークを対象にした必要最小限のものを持っていこうというような思想なんですね。そこがちょっと今までとは違うと思います。

久保内 この辺をもう少し議論していただいたほうがいいと思うんですが、極論すると、ミニマルファブ構想の中で描いているようなかなりの局所を狙った、それと同じというふうに考えていいんですか。

若山 ほぼ同じです。

原 さらに付け加えますと、究極的なミニマルファブ装置では、恐ろしく原料が少なくて済むので、おそらく1つの製造装置にこのくらい（ペットボトル）のガスボンベを1個付ければ、1年間十分持つようになります。

だけれども、そこに行く前に、ビジネスとしては仕事がいよいよあるはずですよ。そうなってくると、ペットボトルではあまりに少なすぎるので、絵に描かれたような供給するラインのパイプのイメージがあるのかなと思われま。

若山 小さいボンベ1本というところまでは、ちょっと考えていなかったですね。

原 人を例にわかりやすく言うと、人間に対して兵站を供給する血管なり神経なりという物を運ぶ部分とコントロールする部分とがありますが、その両方がそれぞれの装置にきちんと入っているのかどうか、を常に考えなくてはなりません。それが必要最小限のパスと太さで供給されるというイメージがあそこに描かれていたのかなと思いました。

久保内 あくまでもミニマルファブに行く間の途中のステップというふうに考えたほうがいいんですか。

若山 そうですね。

現実には、今、半導体のクリーンルームでも、液晶のクリーンルームでも、そんなに大差はないんですね。空調機があつて、純水装置があつて、ガス供給ラインがあつてという感じで、あまり変わらないです。生産するものによってニーズは違うはずですから、もうちょっと変えてもいいのかな、という思いです。

加藤洋 キーワードというわけではないんですけども、“オンデマンドクリーンエア”とか言うのはどうですか、必要なときに必要な量のクリーンエアを出

すということです。常時流しっ放しではなくて、段取り換えが必要だったり、テークオフが必要だったら、そのときだけ流すという、時間的節約という事ですね。

原 それは、既に商品として、オムロン製品ですが、パーティクルをモニターしていて、パーティクルが発生した時にファンユニットを回すというのがあります。また、サンキョーさんがそういう問題意識を既にお持ちだと思います。何かコメントをいただけませんか。

斉藤 先ほどから出ているレトロフィットとか、リファブとか、搬送とか、そういうところにも全部関わっているかと思うんですが、若山さんがおっしゃったように「何を作るのか」が一番大事だと私は思うんですね。適正なロットサイズに応じて、ウェーハのサイズなんかも変わってくると思いますし、搬送方式も変わってくると思います。

今、300φの大量生産が海外に結構流れている現実の中で、日本がどういうものづくりをこれからやっていくのか。例えば、半導体でも5インチ、6インチでも十分なロットサイズの、高い付加価値の商品が出てくると思うんです。ところが、5インチ、6インチのラインの局所クリーン化は300φに比べたら昔的なものになっている。そこへ、リファブ、レトロフィットとして、最新の局所クリーン技術を持ち込んで、適正ロットとしては5インチ、6インチがちょうどいいという、ファブの作り替えということをやっていく必要があるのではないかと思います。

あと、搬送にちょっと関わってくるのですが、我々は液晶の搬送用ロボットは、まず先に8世代のロボットを開発して、それを6世代にダウンサイジングして、最適化して、量産技術を高めていったという歴史もあるので、300φで経験した大量生産から、いいところだけを効率良く、小さくつくる、そういう手段もあるのではないかと。

コンソーシアムというのは、共通の利益意識を持たないと組織ってなかなか動いていかないと思うんです。みんな、ボランティアでやっているうちは、アウトプットがなかなか出てこない。共通の目的意識を持って、みんなにベネフィットが出るような、そういう具体的な、例えば三洋さんのラインを最新技術でリファブしていくとか、そういう活動が必要なのではないかというふうには私は思います。

原 パーティクルをモニターしながら、間欠運転につなげていくということについて、何かコメントをいただけますか。

常田 エアーを入れたり切ったりとか、容量を変えたり、流速を変えたりすると、隣に飛んでいってしまうとか、堆積したものが巻き上がったり、なかなか難しい問題があって、モニターをしながら流速を変えるとかやるのですが、シビアなレベルではできるだけ同じ状態で流しておくことがどうしても必要なのかなと思います。

また、難しいところでは現場技術ですね。理屈で、シミュレーションの流線などを見ていても何もわからなくて、ふき下ろしてやったらきれいになるのをモニターで待って、それから作業するというのが実態です。それを予測で、やっていいとか、そういうわけにはなかなかいかないということで、難しい話をしているなと実は思っていたんです。

斉藤 1点、常田とはちょっと違った角度から言いますと、モニターする時間サイクルを自動制御くらいの短いサイクルで見るとなかなか難しいと思うんです。フィードバックをかけて制御するというのは非常に難しいと思うんですが、5インチ、6インチのお客さんからの相談が非常に多いのは、クリーン化の課題が山ほどあると。山ほどあるんだけど、何が課題なのかよく見えていないというところがあるんですね。改善しても、改善の効果が出ているのか出ていないのかわからないということで、まずは今どうなっているのかを見えるようにするという意味で、パーティクルモニターは結構引き合いはいただいているんです。

そういう意味では、旧世代の300φみたいに完全にでき上がったクリーンルームならいいのですが、局所クリーン化が進んだファブならいいのですが、5インチ、6インチ、8インチを局所クリーン化する前に、まずは現状を“見える化”して、改善を打って、改善を打った結果がどうなったのかというQCのサイクルが回るような形をつくっていかないといけないんじゃないかなと思うんです。

今言ったような自動制御というのは、すぐにはできないかな、難しいかなという思いを持っています。

(コメント)

原 確認したいこととコメントがございます。今の話はまさにそうで、芦沼さんに後工程について、議論させて頂いたときに、たしか話が出てきたことでもありますね。オーデiting、要するに監査の問題です。前工程はかなり厳密にやっているのもそれはそれでいいのですが、後工程とか組み立て工程になってきたと

きに、クリーン度が過剰になっている可能性があるという議論が過去出てきたと思います。

それはなぜかという、監査でクラス幾つと定義するから、そのとおりやらなければいかんということになって、「本当に必要ですか」と詰めると「我々、よくわからないのですね」という議論だったと思います。

問題意識として同じなのですが、そういうところにちゃんとモニタリングを付けて、必要な量のパーティクルを管理していくというような意味での、時間的にはかなり長いほうのクリーン化の“見える化”というのはあるのでしょうか。

斉藤 そうだと思います。

常田 10秒おきくらいで常時監視をしていると、パーティクルが出ている時間というのは、ほんのわずかな時間にバツと出て、あとなくなっているということで、それを目撃することすらなかなかできないわけです。何点も常時監視のパーティクルカウンターを部屋じゅう張りめぐらせるというのは現実的にはできない話ですが、実際、そういうことがたまに数個のやつでやると、何かの条件で、どこかの陽圧が崩れたときに、こちらのオープンが開いて、みたいなアンド条件でバツと増えるということは何とつかまえています。

ということで、パーティクルは相変わらず目に見えないもので、よくわからないものだなということで、本当にやるなら、クリーンルームの規格どおり2mおきに全部測定するのを10秒おきくらいにやらないと、本当の意味でちゃんとできているかどうかわからない。ということがあるので、皆さん、かなりオーバースペックでやって、安心しておきたいという話で、ちょっとやって良かったから大丈夫だ、というのはかなり危険ですね。

斉藤 昨日、原さんから「前室だけでも見える化したほうがいい」というお話があったんですけども、ああいう区切られた空間というのは、ある程度、モニターしたほうがいいと思うんです。

今、オーディターがなぜ過剰スペックの要求を、クラス1万で十分なのに100くらいの要求をしてきたりするかとすると、お化け退治みたいなもので、見えないから怖いので過剰スペックを要求してくるということだと思うんです。「クラス1000でも、歩留りがこのくらいですよ」という相関関係がある程度見えていれば、これは1000で十分じゃないか、ということをはっきり言えると思うんです。ただ、それを誰もわかっていないので、クラス100のクリーンルームで

も、本当に100なのか、1000なのか、1万なのかというのは全然わからない。月1回くらい測ったのではわからないんですね、変動がありますから。

常田 すごく変動しています。

斉藤 そういうところをしっかりと“見える化”するというのがまずは大事なのではないか、というのが我々の考えです。

原 常田さんのコメントに対して私の個人的な意見かもしれませんが、さっきの話はオムロンの事例として申し上げました。この例では、瞬間的にパーティクルが出て、あと消えてしまうわけです。それを動力運転にフィードバックしているのはオムロンなのですが、そうではなくて、洗浄工程に回すかどうかを判断するには十分使えると私は思っています。

今のところ、洗浄工程は省けません。それは、きれいでも汚くても、測定していないので、汚れ具合がわかりませんから、洗わなければいけないのです。突発的にパーティクルが出たウェーハを、洗浄工程を回すようにすれば、洗浄工程自身が最適化されるというふうに思っています。

常田 ただ、瞬時のパーティクルと付着時の相関があるかという、これもまた難しい問題で……。

原 それはもちろんそうです。そこで、大成建設さんの話にもあったように、ウェーハ上でのパーティクルモニターをやっているわけです。今、エアロゾル関係の人でも、ウェーハ上の付着したものについての微粒子を測ろうという機運は、少しずつですけれども強まっていると思います。何をモニターすべきとかいうことは当然あります。

常田 見て、「これは洗わなきゃ」と簡単にできる話ですが、コンマ何 μm だからできなくなっているだけだ、と言えばそうなんです。

原 もう一つ技術的には、0.5、0.3、0.1と換算で10倍ずつパーティクル量が増えますので、0.3 μm で1個だとしたら0.1 μm では原理的には10個出るはずなので、少なくとも0.3で測るよりは0.1で見えていたほうが状況は10倍わかりやすくなることは間違いありません。0.3くらいですとたまに1個くらいしか出てこないのあまり役に立たないのですが、そういった意味では0.1 μm くらいをモニターしたほうがいいのかともいえると思います。私はそういう印象を持っているのですが。

浦野 0.1を見るというのはなかなか実際には難しい

という感じですね。

常田 特に表面の付着時の0.1を見るというのは、技術的にかなり難しいですね。

原 それは難しいですね。

常田 非常に高いコストがかかってしまいます。

久保内 時間としてはこの辺でいいかと思うんですが、その他にありますか。

なければ時間も押しているの、次に行きたいと思えます。

(4) 環境負荷低減

(法制化について)

久保内 「環境負荷低減」、きょう、朝一番でやっていた中身ですね。

ここでは「動力設備以外の製造設備の省エネが重要だ」ということで、先ほど私もお質問させていただいたんですが、「設備から見た省エネ」という感じで対応しています。

この辺について、皆さん、どうですか。皆さん、プロセスに影響するのはイヤだよと、こういった外的条件で苦勞されているということなんですが。

加藤洋 逆に、今後は省エネを守るために、プロセスを見直さざるを得ないのではないかと、そうなるんじゃないかと思えます。

久保内 これはこれでいろいろな外的要因で決まっているんですが、省エネを進める上で、法制化的な、もう少し外圧に頼って進めるということもありなのかなという議論なんです。今までのものをそのままやっていたら、プロセス屋さん、それ、やめてちょうだいよと言われてなかなか進まない。

池田 さっき原さんが言われたのが答えになっちゃうのかなと。コミュニティとして、そういう合意を得られた上でやっていくというふうに理解したのですが、そうではないのですか。

原 それ以外に逆に伺いたいのは、法律をつくってもらったほうがいいということがあるのではないかと、ということです。その辺、ご意見をいただきたいのです。

要するに、環境規制の法律をつくってもらったほうが企業の仕事が楽に進むというなら、それはそれでいいのだらうと思えます。その点について、皆さん、いかがでしょうか。

加藤洋 そのとおりだと思います。その代わり、企業に対してのアメの節税とか、そういう意味でメリットを与えてやらないといけない。引当金の上限を上げるとかね(笑)。

常田 どんな定義になるか、ですね。「生産額に対して」と言われても付加価値が低いものもあれば高いものもあるでしょうし、一律何%と言われても、新しくことができなくなってしまうし、仮に規制が入るとしたらどういう形で……。

車の排気ガスみたいな簡単な定義にはならないじゃないですか、作っているものが違うので。

加藤洋 いや、そのくらいしないと省エネが守られないという……。

常田 ただ「規制が入らないとしない」というのは、私はそう思いますね。デバイスメーカーさんが安く機械を入れたい、装置メーカーはその中で少しでも利益を上げたいといえ、やったほうが良いとわかっていても、原価が上がることはなかなかしないというのが実態ですね。

久保内 具体論になると、法制化の問題は難しい。法制化という意味合いではないんですが、最近、産業界で排出権取引——日本はネガティブなのかもしれませんが、ああいったものが広まれば、法制化という意味ではないかもしれませんが、やらざるを得ない外的条件になるのかなと思っているんですが、この辺についてどうですか。

あるいはエプソンさんみたいに、「環境に対応できないならビジネスをやめてしまえ」みたいな話をトップダウンでされるか。

この中で既に排出権取引に既に参加されているところはありますか。

加藤洋 試験はどうですか。

久保内 日立は、事業所限定ですけれども、評価はやりました。

池田 そうしたら、まだ鉄鋼メーカーさんくらいですね。

斉藤 どういう規制がかかるかということにすべて関わってくると思うんです。環境問題って、みんな、総論賛成で各論反対になりやすいテーマだと思うんです。それが企業メリットにつながっていくような規制であれば、多分、前に進んでいくと思うんですが、後ろ向きになってしまう。

我々はモーターメーカーなのですが、きょうの議論にも出てきたポンプの省エネとか、あらゆるところにモーターが使われているわけです。モーターの製品としての省エネを5%やったら、その5%が企業に対してどれだけのメリットとして返ってくるのかという、そういうような前向きな法規制であれば、もっとみんな進めると思うんです。

今回のファブシステムも、コンパクトな局所クリーンのファブを作っていく、それで政府的な援助が出たり、あるいは排出権としてカウントされたり、そういうことになれば前へ進めると私は思います。

久保内 そうですね。

他に、皆さんのほうでありますか。

これについては、法制化はなかなか難しい問題がありますけれども、時代の要請とともにこの辺はいろいろ変わってくると思いますので、常に議論のネタとして出しておくということでもいいのかなと思います。

あと細かい話で、東芝さんと大成建設さんのフューチャービジョンの話でありましたか、省エネをする上でマージンを取りすぎていて、結果的にそれが省エネにつながっていないことがあるという話で、東芝さんはシミュレーションで最適に持っていこうということがありましたけれども、例えば突入電流で契約電力が上限になっていて、契約電力が高く取られていると。契約電力というのは、夏場の一番上限で決められているのが多いと思うんですが、それを極力下げられれば、あるいは突入電流で最大定格で取っているところを下げられれば、契約電力は契約だけですから他に経費がかからないですね。そういった、手間なしでコストが下げられるということもあります。この辺についてはどうですか。

突入電流一つとっても、例えば、シーケンスを組んで、突入電流を抑えるような仕掛けもそう難しくはないと思いますし……。

常田 それこそ規制をかければいいですね。突入電流は定格電流の3倍以下とか、そういう規制をかけてしまえば……。UL単価がたしかありましたね。そういうふうにしてしまえば、メーカーはやらざるを得なくなって、競争相手もやらなきゃいけないなら、うちだってやりますね。

久保内 それは設備スペックにちゃんと盛り込んでおくということなんですか？

常田 盛り込んで、デバイスメーカーさんが「それじゃ

なきゃ調達しないよ」と全員に言ってくれれば。

久保内 デバイスメーカーがそういうスペックをきちんと盛り込む。もちろん、それでコストアップになったらイヤでしょうけど。

濱本 基本的に、そこですね。一つ違うものを出したら、それだけでコストが跳ね上がります。ですから、我々としては、基本的にはガイドラインという形でしか結局は出せないですね。

例えば、ポンプとかチラーは、一部我々が装置メーカーへ支給しています。特に、ポンプは、すごく省エネが進んでいます。それはなぜかということ、我々がメーカーを変えますから、メーカーは、必死になって省エネに取り組んでいます。ビジネスに直結するので真剣に取り組んで頂けますが、装置メーカーというのはなかなかそうはいかない。性能で判断してしまうので、仕様書に1行書くことによって何千万円単位で価格が跳ね上がる、というケースは結構多いです。そこをどう解決するかは、非常にハードルが高いですね。

久保内 そこを業界全体としての動きにしていくというのも一つの流れでしょうね。

濱本 ええ。

常田 コンデンサーインプットの電源を作ってしまうと突入電力が多いに決まってしまうので、そこで技術改善の回路を付けるということ、例えば東芝さん一社さんのためにやるといえば、それなりに見積もりを書かざるを得ないですね。そっちが標準器になってくれれば、原価プラスアルファくらいのアップ部分で済むのでしょけれども、1台だけそれをやるといったら、すごく高くなってしまふ。

久保内 その他に、これに関して皆さんの議論がありますか。

(5) ミニマルファブ

★ファブシステム研究会代表・事後挿入コメント：

以下では、第5セッション「ミニマルファブ構想」で議論された、HALCAプロジェクトを踏まえて、我々はこれから何をなすべきかについて議論を行っている。本議論の目的は、既存のメガファブの巨大化に内在する多くの課題に対して、その解決策を得ようとしたHALCAプロジェクトについて、HALCAプロジェクトで設定されていた開発項目の枠組みよりも広範な視点から検証し、そこから、小さなファブを構築する上で必要となる今後の課題を抽出しようとするものである。

久保内 時間も押していますので、5番目の議論の「ミニマルファブ」について。これはこれまで議論されて十分温められている中身ですし、内容的には相当深いものもあるかなと思ったんですが、一つ議論の中でミニファブの検討結果が三洋さんのほうでは採用できなかったという反省点がいっぱいあると思うんです。その中にいろいろな反省課題が含まれているのではないかなと思うんですが、今回のミニマルファブを我々装置メーカー含めて取り入れるとしたときに、その課題について、皆さん、どうですか。

要するに、HALCA プロジェクトでは、設備だとか工場建設に携わる人たちの意見が主として反映されず、プロセス屋さんを中心に進んでしまった、みたいな事後への課題がありましたけれども、この辺についてはいかがですか。例えば、これから先、コンソーシアムとかプロジェクトみたいなものをつくって、そこに皆さんが参画したとして。それを皆さんが持ち帰ったけれども、結局、工場では展開できませんでした、という結果にならないようにしなきゃいけない、と思うんですね。

駒形 いろいろなプロジェクトとかコンソーシアムが過去からずっとあると思うのですが、難しいのは次の点と思っています。半導体って固有技術ができてしまえば、あと工場の運営とかでどうにかなるなというのでずっと来たのに対して、HALCA とかその前から、固有技術ができて、現場にインストールできないというのが出てきていると思うのです。

私なんか、今、こういう場にいますけれども、一昔前だったら、工場の人間がこういうところに来ることは多分なかったと思うのです。いろいろな生産性向上の話になると、やはり固有技術ではなくて、ファブトータルとしての生産性が上がらないとダメです、という皆さんの認識ができてきたので、だんだん工場側の人間が出てきたり、引っ張り出されたりするようにはなってきていると思うのです。

原 これから、そういう流れが定着してくればいいんじゃないかな。

斉藤 新規に工場を建設する場合の建屋とファシリティについての検討が希薄で、採算性が未検討でしたね、というお話がありましたが、例えば既存のファブの建屋とファシリティを使って、そこへプロジェクトの中身を持ち込むということも成り立たないということなんですか。

駒形 そこは逆に検討しませんでした。我々は全くさ

らのところに建てるという前提条件で検討しただけだったので、おっしゃったように、既存のファシリティがあるところに付けていけば、また全然別だとは思いますが。

濱本 我々の場合は、既存ラインに対し検討しました。例えば環境 FOUN の有効性に関して、評価をとりあえず行いました。しかし、メリットが全然見出せなかった……、入れるだけのメリットが見出せなかったということです。

久保内 HALCA でのいろいろなファブの検討グループでの目標がございましたね。あの目標は、従来のファブに展開していくというか、HALCA でやったものを展開できるようなイメージでの目標設定だったというふうに理解していいんですね？

長谷部 そうですね。10分の1という大きな目標があって、10分の1のスケールで10分の1のコスト、それを達成するというので検討したのですが、生産装置とファブとの整合性がうまくとれなかったのかなというのが、今、反省点ですね。

中川 三洋さんのお話の中で、「検討したけれども、結果が違って」と「検討すらしなかった」というのと両方あるんじゃないかと思っているんですが、この中で検討すらされなかったのはどれですか。例えば、固有技術検討レベルでのばらつきであるとか……。

長谷部 それは、どの範囲を指しているのかわからないんですけど……。

これはプロセスの話ですかね？

駒形 プロセスです。先ほどおっしゃったステンシルの問題がものすごくハードルが高かったのと、そこそこ行けそうなものをスコープしながら動いているのと、大分レベルは違ったと思うので。

長谷部 今のステンシルについては前提ではなかったはずなので、プロセス上の検討レベルのばらつきがあったということはないと思います。

中川 スループットの装置間差の未解消は？

長谷部 これも検討されていると思います。

中川 そういう意味だとほとんどは検討したけれども、検討されなかったこともあったということですね？

長谷部 「建物やファシリティ縮小」、これはエネルギー棟とかの問題ですか。

駒形 そうです。

長谷部 それは先ほど話題に出ているように、その部分はスケラブルにならないという検討結果です。

久保内 先ほどの議論で「HALCA では唯一ウェーハだけがスケラブルにならなかった」というのが一つ大きな課題としてあったんだけど、もし HALCA の中でスケラブルにウェーハをこれに相当するようなものに、小さくするのかがどうか知りませんが、していたらどうなったんでしょうね?できたんですかね(笑)。

原 私は究極のイメージを申しました。中間のウェーハサイズの段階は、おそらく開発がゼロベースになってしまうので、個人的な意見としてもそれは無理だろうと思います。

おそらく現実解を皆さんお考えになって、「ウェーハサイズを変えるとできなくなってしまいうから、とりあえずウェーハサイズを変えないでおこう」というのが本当のところじゃないでしょうか。そのときに、初めてこういうことを皆さんお考えになったわけです。そこで、項目を挙げましょうということになり、挙げてみた。そうしたら、研究要素があるものからすぐできるものまで、当然ですがいろいろ並んだのです。そこで、とりあえずみんなやってみたのでしょう。やってみることは大切です。ところが、それを受ける工場の側が真剣に「それじゃ」といって、次の段階の検討をしてみたら、あまりにも温度差があつてびっくりしたということではないかなと思います。

久保内 今、原さんがおっしゃったような、そんなイメージですかね。

原 私のほうから HALCA の名誉のために、言及させて頂きますと、いろいろな方に伺いましたところ、プロセス技術の中で部分的には HALCA で検討した内容——とりわけ、チェンバーの共用化については大工場に一部入ってきていると言われています。

たとえば、連動プロセスがあつたときに、3つのプロセスを順番にやるのではなくて、同じチェンバーの中でできれば2工程減らせます。そうすると、それは装置の中の初期化ということになって、壁が汚れますから、その壁を完全にクリーンにしなくても常に同じ状態に戻せばいいということになります。例えばプロセッシングのガスの後に強いガスを入れて、初期化してやる。次のBガスを入れる、また初期化して、また次にCガスを入れるというふうにすれば、搬送しなくて済みますから、そんなことは部分的に入ってきているはず。ということで、部分的には、皆さん、お役に立ったと聞いています。

加藤洋 HALCA の比較も、ビジネスとして続くという意味で、もう少し長期間比較してみるというのか、一時の断面でどちらがメリットがあるというのではなくて、フレキシブルに市場に対応するのに、小さな投資で、分散投資でできてきますね。撤退するときもロスも少なくなるから、そういう効果を含めて、例えば1年、2年、比較して、そういうロングテールの小さい、そして変動の激しい市場でビジネスをやっていくのにこれでやったほうが結果的にトータルで見たときに良かったということになるんじゃないですか。

久保内 タイムスケジュールの中でやられたわけですから、どこまで長期レンジで見たのか見なかったのかということも重要だと思うんですが。

長谷部 レンジですか。HALCA プロジェクトの目標は、ここで検討したものをプロトタイプとして展開していければ一番いいということだったので、タイムレンジとしては、すぐとは言わなくても、2、3年の間に具現化されるようなことをイメージして検討していました。

(サイズについて)

斉藤 8インチでやったということなんですが、適正のロットサイズというのをもっとも議論を深めたほうがいいんじゃないかと私は思うんですね。小さい投資で損益分岐点が確保できる商品もありますし、あるいは例えばメモリーを作るときに5インチでやったら全然割が合わないのは目に見えているわけですから、どのくらいのロットサイズが適正なのか。例えば、ミニファブにしても、本当に1個が効率がいいのか、あるいは5個、10個単位で作ったほうが効率がいいのか。それは作る対象によって答えが出てくるかと思うんです。

久保内 HALCA では100ロット/月のイメージでやられたということなんですけど、それはビジネスとしては HALCA がそれを規定できたかどうかという…。

長谷部 HALCA の場合、8インチ、100ロット/月というのがありきのプロジェクトだったので、その部分の事業性は、投資リスクが増大するので、そういう形にすれば実際メリットがあるという前提で、その部分の検証は HALCA の中ではしていないです。

久保内 いかがでしょうか。

HALCA でビジネスの最適なロットを規定して本当に走れたかどうかというのは、駒形さん、どうですか。

駒形 私も本当の頭のところはわからないのですが、当時の半導体業界の投資状況の感覚からすると、「出せるお金ってこんなくらいじゃないですか」というのを皆さんイメージしてスタートしたと思うのです。2,500枚が最適かどうかというのは全然別で、現実的にファブを建てるとしたら、ある金額の中でやる規模って、こんなものじゃないですか、というのが頭だったと思うので……。

久保内 どうでしょう、斉藤さん、今、そういうところの議論はしていなかったという……（笑）。

斉藤 それが一つの原因じゃないかという気がしますけど。

伊藤一寿 私が言いたかったのは斉藤さんが全部言ってくれたんですが、それに加えてなんです、このミニマルプロジェクトというか、例えば一個流しをするということになりますと、今、想定されているボックスが300工程なら300個並ぶとか、そういうことになるので、本当に1個で流すのがいいのか、5個で流すのがいいのか、製品によってそれを決めていかなければいけないと思います。

300個並ぶとタクトタイムがみな同じように1分で必ず動けばいいんですけど、1分1秒とか1分10秒とか58秒とかいうことになると、どこかでまた滞留とかいう問題が出てくるので、そういうことも含めて本当に最適化できるのかとか、それは検証しておく必要はあるのかなと思います。

原 全くそのとおりだと思います。

伊藤一寿 多分、デバイスメーカーさんがやられていると思うんですけども、チップ1個が幾らできているのかというのが、5インチにしたほうがいいのか、8インチにしたほうがいいのか、ましてや450mmにしたら1個は幾らになるのか。ウェーハ1枚ではなくて、1個が幾らになるのか、というのは原価が計算されているとは思いますが、それと同じような評価でいくと、今の一個流しにすると1個幾らになるかというところは必要なと。

その1個の中に、管理費とかそういうわけのわからないものは除いたとしても、純然たる材料費と加工費の2つはしっかり押さえておかないと比較ができないと思います。

久保内 それはミニマルファブ構想ではかなりの部分を押さえて進めていらっしゃるのです。

〔コメント〕

原 今、大切な議論が出てきたので、ここでコメントをさせていただきます。

450mmと300mmと200mm以下がだんだん消えて、最後、私の究極的なイメージを申し上げましたが、実際にはマーケットとしては2～4インチくらいというのが現実にあるわけです。そのところだけはこの研究会の中でぜひ言及させていただきなかなと前から思っています。具体的に言いますと、ガリウムナイトライドが4インチくらい、サファイアの上に付けばそれは何インチでも可能になります。いずれにしてもそのくらいのポリウムのイメージで生産が行われているということですね。それから、シリコンカーバイドについてもCree社で、昔から4インチレベルを研究開発してきていました。それが、ここに来て、マイクロパイプという小さな欠陥も少なくなってきました。そろそろ4インチが実用化になろうかというところに来ています。その他、ガリウムヒ素、インジウムリンとか、そういうのもう少し大きな径で、5、6インチくらいでしょうか。やはり専門の方に伺っていると堅調に年々マーケットが増えていると言われています。

申し上げたいことは、全体的にそういう化合物半導体市場が立ち上がってきていまして、機械化という意味ではわりとオンセットの状態に今来ているな、という印象があるのですね。

つまり、今までは箱に入れてから、その箱からまた取り出してピンセットで置くということを現にやっています、あまりにも非効率です。もちろんこのやり方は主たるコストが人件費だけで済むというメリットはありますが。それがある程度量をとるときは、搬送の機械化をしよう、もうちょっと設備に金をかけようという機運が出てきています。それ専用の装置、例えばシリコンカーバイドでしたら、シリコンカーバイド専用の高温のイオン注入装置が必要ですが、そういうものを開発するところが出てくる。

今まで申し上げたことは、まだ広く知られていませんが、この1～2年で、業界認識として定着して行くはずの実状です。

そこら辺のポリウムゾーンというのは、シリコンでは消えたことになっているのです。4インチは消えたときさきからずっと出てきていますが、実は別のウェーハではそこがポリウムゾーンになってきています。そういった意味でもう少し見直す必要もあるの

かなと思います。

久保内 今まであまり議論していない分野だと思うんです。次に、未来のファブタイプの議論に進めたいと思うんですが……。

加藤洋 ちょっといいですか。

今の2インチとか4インチというのは、何からそのサイズに。生産数ですか、それとも設備ですか。

原 それは結晶成長技術です。大きな基板の上にさらにヘテロエピする場合は別ですが、その場合でも、大きなチェンバーで結晶成長する場合、必ず単結晶にしなければなりません。単結晶でない限りリーク電流が出て、使い物にならなくなってしまいますから。ヘテロエピではなくて、より理想的なホモエピタキシーの場合は、巨大な単結晶を作るのは、とても大変な研究開発になります。市場原理というのは、短期的な要因ですが、結晶成長技術は10年～30年くらいかかるので、市場がほしいと言ったからすぐに出来るというようなものではありません。このような基板があったら、将来このようなデバイスが出来て、便利になるなどというような、研究者の夢が、結晶成長技術のドライビングフォースです。決して、市場が求めている、ユーザー企業がほしい、今すぐ作れと言っているというような短期的なものではありません。また、ウェーハサイズが大きくなると、指数関数的に単結晶形成技術と開発コストはレベルが高くなって行きます。

加藤洋 市場規模とか、そういうのではなくて？

原 原理的には違います。このくらいの市場規模だから、今ない単結晶を、初めから6インチで開発しようということは、絶対にありえません。技術的に困難すぎますので。市場規模も、ほとんど短期的予想に基づきます。10年～20年後の長期的市場規模予測は、根拠が薄弱で、希望的なものになりがちです。仮に市場規模予想があったとしても、それを会社が真に受けて20年後の投資を今からやるということは、ほとんどありえません。あっても途中で息切れしてしまいます。

まとめ 未来のファブタイプ

◎ 2. 未来のファブタイプについて議論

久保内 次にファブタイプについての議論を深めたいと思いますが、こちらとしては450mm、Next Generation Fab と言っていますが、これが300mmプライムのイコールか置き換えなのか、この辺は皆さ

んのほうからご意見をいただいて、同じであればこれでいいと思っています。あと、レトロフィットかミニマルファブか、ファブタイプとしては大括りですけども、このくらいに区別してはどうでしょうか。今、原さんのおっしゃった4インチとか、ここであまり議論していなかった中身をどこで議論したらいいかということなのですが。

■未来ファブタイプの粗分類上での議論

廣嶋 今、議論上の分類で4つありますけれども、流れとしてちょっと違うかなと思うのが2番目のNGF。NGFというのは300mmプライムのことで、450mmを想定しているんじゃないよ、ということではなくて、流れとしてはNGFというのはウェーハ径を規定しない次世代のファブですと。ですから、300mmプライムという言葉も、たしか、今年、Next Generation Fabという言葉に置き換わったというくらいで、300、450などのウェーハ径の話ではなくて、「次世代工場はこうあるべきだ」というのを議論するコンセプトになってきていますね。

久保内 サイズは規定しないと。

中川 本来、①(450mm)は②(NGF)に含まれるんですが、ここで話し合いたいのは450mmの可能性というところですね。

廣嶋 であれば、そういった定義でということですね。ここで言うNGFというのは300mmで次世代を、というイメージで捉えて考えるということであれば。

久保内 450mmについて加藤(日立ハイテク)さんからもいろいろご提案いただいたのですが、中川さんのほうから450mmのご紹介をいただいて、もう少し議論を深めたいと思います。

2. 未来のファブタイプについて議論

■未来ファブタイプの粗分類上での議論

- ① 450mm
450mmに関する検討状況(直近の話題、情報など)議論
- ② NGF(Next Generation Fab.≒300mm Prime)
300mm Prime議論検討状況
- ③ レトロフィット
- ④ ミニマルファブ

他に皆さんで是非分類・議論したいファブタイプ？

- (HT)加藤氏ご提案の装置面からみた3軸(ウェーハサイズ、コスト、生産量)へのマッピング(資料)
- (横河)S中川氏提案ファブモデルとアプリケーション別評点(資料)

450mm の概況

中川 こちらの資料は加藤さん(日立ハイテク)の資料と並行で作ったのですが、内容がほとんど同じようなものになってしまっていて、おさらいに近くなるかもしれませんが、一通り、説明します。

◎ SEMICON West 2008 での状況

SEMICON West2008 での状況ということで、ISMI の状況として、加藤さん(日立ハイテク)の話にもありましたが、量産が2016年～2020年と予測しているということと、ITB (ISMI Interoperability Test Bed) と呼ばれるテスト環境をつくって、実際の450mm ウェーハの確保と Factory Integration Guidelines & Standards の策定を行っています。現在は、厚さ925μmのポリシリコンメカニカルテストウェーハで搬送ロボットあるいは工場自動化のテストを行っていますという状況です。加藤さん(日立ハイテク)の話にもありましたけれども、粛々と進めていますというのがデバイスメーカー側の主張です。

あと、装置メーカーの状況として、SEMI EPWG (Equipment Productivity Working Group)、これは名前どおり、装置メーカーサイドのワーキンググループによって、結論として「現在は450mmへの移行に適切な時期ではなく、おそらくそのような時期は今後も訪れない」というレポートが正式に出されています。

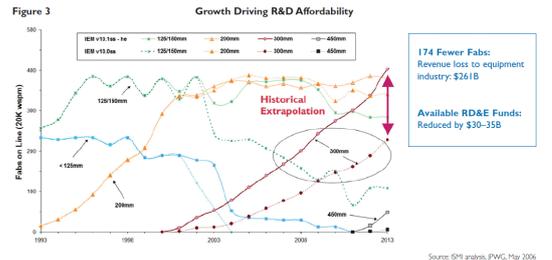
実際、SEMICON West のほうでは、大手装置メーカーからも SEMI 主催のイベントで、450mm の R & D の投資回収はできないという指摘もあがっている状況です。

SEMICON West 2008 での状況

- ISMI の状況
 - ◆ ISMI の目標は2012年には450mmパイロットラインの準備を完了させること。業界が450mm工場を実際に建てるのは2016～2020年ぐらいになると予測している。
 - ◆ 現在は実際の450mm ウェーハの確保と Factory Integration Guidelines & Standards の策定、ITB (ISMI Interoperability Test Bed) でのテストを行っている。
 - ◆ ITB では、現在厚さ925μmのポリシリコンメカニカルテストウェーハで搬送ロボットや工場自動化装置、搬送装置のテストを実施中。
- 装置メーカーの状況
 - ◆ SEMI EPWG(Equipment Productivity Working Group) により「現在は450mmへの移行に適切な時期ではなく、おそらくそのような時期は今後も訪れない」というレポートが正式に提出された。次ページ以降は、そのレポートからの引用。
 - ◆ ASML、Lam Research、東京エレクトロなどの大手装置メーカーからも、SEMI 主催イベントにて、450mm R&Dの投資回収率(ROI: Return on Investment)がその費用を賄えるかどうかは疑わしいとの指摘があった。

1

ウェーハ口径とファブ数のトレンド



上のグラフは過去の予測と実際のファブの数の乖離を示すが、300mmは大きく乖離してしまっていることが分かる。200mmは現在でもファブ数から言うとも主ファブ。このような環境で本当に450mmが必要か？

2

◎ ウェーハ口径とファブ数のトレンド

こちらは SEMI のワーキンググループの資料から引用したものです。実線がかつての予測、点線が実際のファブ数の年代別のトレンドになっていまして、下からいくと126mm、150mmについては、予想よりもこのあたり(2003年)から落ちていて、200mmに関して言うと予測と変わらない、むしろ予測したよりも最近だと上回っているという状況です。300mmに関していうと、予測と随分乖離してきているという状況にあります。300mmですらこういう状況なのに、450mmを本当にこんなところ(2012年)でやるの？というのが議論の対象になっているということだと思います。

◎ 450mm ウェーハへの移行に関する5つの誤解

これは加藤さんのほうでご説明があったのと同じです。450mm ウェーハの移行に関する5つの誤解ということで、これも SEMI から出されているものです。

450mmウェーハへの移行に関する5つの誤解

- その1: 「10年ごとにウェーハサイズは1.5倍になる」という誤解
ウェーハサイズが1.5倍になるために要する時間は、業界の成長率の鈍化に伴って過去40年で徐々に長くなっており、今では10年をはるかに超えるようになった。
- その2: 「ダイサイズの拡大により450mmウェーハが求められている」という誤解
現在のダイサイズは頭打ち、もしくは、縮小する傾向にある。
- その3: 「ウェーハ処理コストがチップコスト全体の低減を促進する」という誤解
現行デバイスのコスト構造研究によれば、450mm化の最終製造コストへの寄与は、多く見積もっても10%に満たないとされている。
- その4: 「ウェーハサイズが大きくなると生産性が顕著に増大する」という誤解
EPWGのコストモデル分析によれば、従来のウェーハサイズ拡大は、それ自体ではほとんど得るものがない。その他の複数の改善による要因がコストダウンの多くを占める。
- その5: 「ウェーハサイズの変革が業界全体の変化を促す唯一の道である」という誤解
現実的な観点で評価するならば、ウェーハサイズを変えることは業界に変化を促す上で最もリスクの高い方法である。なぜなら、それは深刻なR&D資金調達不足の問題を引き起こし、現行の300mmの技術進歩をスローダウンさせ、中止させることになる。また、50%以上のサイクルタイムの増加を招くことになり、消費者主導の半導体マーケットトレンドとは異なった方向に進むことになる。

http://www2a.semi.org/wps/portal?_page=1387507&format=application/msword&docName=EPD44708&id=1221975462117

3

資料集

- (1) STRJ 資料
2005年のSTRJ 経済性検討委員会による450mm 移行の経済性に対する資料。Work in Process - Do not publish
http://shih-jieita.ellias.jp/pdf_ws_2005nendo09H_WS2005Economy_Osada_450mm.pdf
- (2) SEMICON West 2007 での資料
ISMI による450mm/300mmPrime の資料です。300mmPrime では目標である30%のコスト圧縮が難しいとの結論。
http://www.semiatech.org/meetings/archives/8279/07_450mm%20Program%20Update.pdf
- (3) SEMICON West 2008 での450mmをめぐる状況
ISMI側 / 装置側を含めた概況
<http://www.siiapan.com/content/!news/2008/07/0886c000004w50.html>
ISMI での450mm/NGF の状況に関する記事
<http://www.semiconductor.net/article/CA6377338.html>
- 以下、SEMI EPWG(Equipment Productivity Working Group) による「現在は450mmへの移行に適切な時期ではなく、おそらくそのような時期は今後も訪れない」という正式なレポート
<http://www2.semi.org/wps/portal/page/138/na/138/7507?formalapplication=word&docName=P044470&id=121975482117>
<http://content.semi.org/orms/groups/public/documents/about/p044142.pdf>

4

◎資料集

この5つの誤解のもとになっている資料なんです、SEMIのEquipment Productivity Working Groupの450mmの経済的な検討と結論という形で詳細な資料がありまして、さっきのグラフもそうなんです、かなり詳細な検討をしていることがわかります。

そういったことを検討した結果、結論として「450mmはあり得ない」というのが装置メーカーサイドから今年出されたという状況です。

久保内 あくまでも装置メーカーサイドですね？

中川 装置メーカーサイドです。ISEMATECH側は「粛々と進めている」と言っている状況です。

久保内 450mmについての方向性を探るという意味では、皆さん、非常に関心があるところだろうし、今、装置メーカーからのこういうレポートも出されています。ついていけるデバイスメーカーというのは、Intelとか、Samsungとか、TSMCとか、ほとんど3社くらいしかないだろうと言われていたんですが、この辺について日本のデバイスメーカーとしてはいかがでしょうか。

濱本 今の時点では、全く必要性を感じていないですね。

久保内 とすれば、10年後でもそう感じないだろうというイメージですか。

濱本 10年後のことはわかりません。この業界で10年後のことは、ちょっと想像がつかないですね。最近、2、3年でもゴロツと変わっていますから。

久保内 三洋さんはどちらかというとレトロフィット派でしょうから、いいかなと？

駒形 今も大口径のラインしかありませんので。

伊藤一寿 450mmをできない一番の理由は何ですか。投資が大きくなり過ぎて、コストの回収が実現できないということですか。

中川 そうですね。要は装置メーカー側の投資も大きい。当然、それが装置の値段にも反映される。

あとは、例の5つの誤解の中にもありましたけれども、ウェーハサイズが大きくなると生産性が顕著に増大するというのは誤解である、あるいはウェーハ処理コストがチップコスト全体の低減を促進するというのも誤解である。あと、ウェーハサイズの変革が業界全体の変化を促す唯一の道であるというのも誤解である、ということを行っています。

伊藤一寿 5つの誤解とSEMIの書かれている内容は一緒ということですか。この5つの誤解を裏付けているということですね？

中川 そうです。詳細な検討をやった結果、さっきの5つの誤解が出された。

久保内 すごく荒っぽい言い方だと、一部の巨大デバイスメーカーの戦略に皆さん踊らされているというか、振り落としの戦略に乗らされるのではないかと……。ちょっと、産総研から見た、この辺の考え方を(笑)。

原 この辺は産総研が何を言っても関係ないのかな、みたいなことだと思いますが(笑)。

伊藤一寿 5インチで成り立っている技術もあるし、200mm、300mmもありますし、本当にあるメーカーが450mmで成り立つと見ているんですか。それは正しいんですか。その技術に限ってみれば、450mmで採算が合うんですか。

久保内 採算が合うというか、先ほど産総研のほうからご紹介があったかもしれませんが、数的には十分間に合っていて、「設備投資をしたから何かをやらなくてはいけない」という、変な論理になっている面があるのではないかと。

伊藤一寿 原さんの検証ではなくて、例えばIntelとかそういうところは、そういう検証をして採算はとれると踏んでいるんですか。

久保内 そこがあやしいところですね。

原 結局、この手の議論で欠落しているのは、業界全体としての採算性について考慮されていないということだと思います。

つまり、各社さんがリーズナブルな値段で装置を装

置メーカー各社から仕入れてくるというようなことは想定されて、それで今の300mmと比べて450mmはコストが下がるんじゃないの？なんて言っていると思います。しかし、業界全体で開発コストがかかるわけです。450mmの製造システム全部を実用化させるためのコストについて、だれが負担するのかを議論していない。

Intelが日本の製造装置メーカーに、450mmの開発コストは11兆円と言っているわけです。200から300mmのときは、業界全体の負担コストが1兆円だったと言われていました。その相当部分を日本メーカーが負担したという事実がありまして、そんな過去もあるものだから、製造装置メーカーのほうは、「今度は、なんだか一桁上がっちゃったけど、ちょっと待ってください。誰が出すの？」となりますね。誰が負担するかという議論、業界全体のコストを無視して、Intel、Samsung、TSMCが勝ち組になるために11兆円を他のところが負担するの？という話ですね。彼らとしては、それをみんなから出させられれば見かけは成功だということだと思いますし、出させられなかったということになれば、この話は失敗だということになるのかなと思います。

だから、細かいところだけを見てコスト性を議論してもあまり意味ないと思います。過去の300mmでは全世界でやりましたから、そこはあまり議論しなくても、単純に製造装置をアップしていくというような意味で議論できたのですが、今回はその負担をどうするかというのは、極一部の企業しか負担しないということがはっきりしているだけに、そこをちゃんと考えないといけないのかなということだと思います。

池田 200mmから300mmのときには良かった、みたいなニュアンスにも聞こえるのですが、そうではなくて、200から300mmに移るときにもそういう負担があったから、そのときも今回議論になっている話と同じようなことが実はありました、という認識でいいのですか？

あるいは、1兆円の負担は売上で回収できたということなのか、どっちなのか。

原 その辺は製造装置メーカーやデバイスメーカーの方々に確認していただければよろしいかと思います。

久保内 加藤さん、どうですか。

加藤健児 同じようなことがありました。1兆円の負担かどうかは全体の話ですからわかりませんが、装置メーカー側が300mmの装置開発費用の相応の負

担をして、実際に300mmラインへの移行が起きた。しかしながらその結果、これは各社各様でしょうけれども、あまりハッピーではなかった企業もあったでしょう。

池田 同じようなことがあったのは間違いないということですね。

加藤健児 必ずウェーハサイズの移行みたいな大きなイベントのときはネガティブな話も出ますし、躊躇する組織も出てきますね。300mmのときには、誰がそれ（ウェーハサイズの移行）を言い出して相応のリスクをとるのかは、持ち回りだった時期があると聞いた覚えがあります。今度は誰の番だとか、そんな感じですね。

廣嶋 これは、去年のISTFだったかと思うんですが、某国内の大手の装置メーカーさんが300mmのときに投資したものがまだ回収できていない状況がある中で、450mm開発なんていうのはとんでもない、という話をされていました。300mmのときに問題になったのは、300mmが当初言われたよりも市場の立ち上がりが遅かった。装置開発ってプロセスノードとリンクしているので、プロセス開発を同じ装置開発で3回やらなければいけなかった。当然、プロセス開発のコストは膨大な金額になるわけですね。そういったものがまだ回収できていない状況の中で、450mmなんていうのは考えられない、という話をされていました。

そういう意味から言うと、450mmに対してはどうしても装置メーカーさんは保守的にならざるを得ない状況があるのかなと思います。

加藤健児 きのう、私が450mmの話を出したのは、「450mmに本当に行くのか行かないのか」という議論がしたかったわけではありません。

ただ、そこに躊躇している、そこにリスクを感じている組織だったり、人間だったりというのが、300mmのときもそれなりにいましたし、今回はさらに数倍いるだろうなという感覚を踏まえて、次をどうしようかという議論は深める必要があるのではないのでしょうか、ということですよ。

300mmのとき、いろいろあったんですが、業界として今回ほど「だめだ」という声を出す会社さんありませんでしたし、実際に300mmへ移行したんですが、今回は、さっきの中川さんの資料だと「永遠にタイミングが来ないんじゃないか」という話も出るくらいですので、450mmに移行するというソリューションではない、他の道を探しておくことにも何がしか意

味があるように思うんです。

久保内 既にこういうふうな方向性が出ているにもかかわらず、450mmの基礎開発を着手されているところも——「持ってこい」といつ言われるかわからないところもあって、そういうリスクは負いながらやっているんでしょね、あるメーカーは。

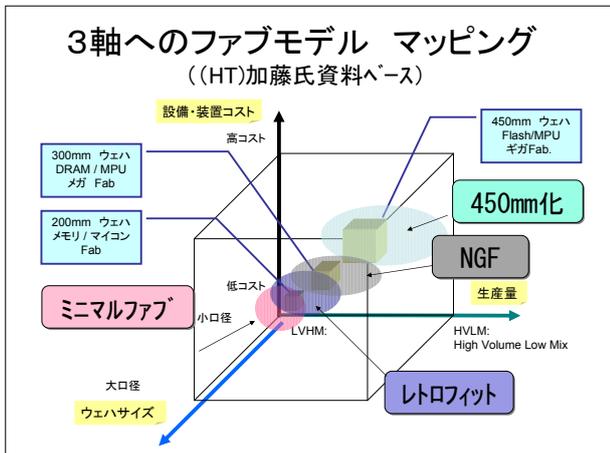
永久にタイミングが来ないかもしれないけれども…。

そういった中で、先ほど言ったファブタイプとしては、450mmも置いておくけれども、次の300プライムを含めたNGFですね。あとレトロフィット、ミニマルファブということで、中川さんにも中身を検討していただいたので、その辺のご意見をいただければと思うんです。

◎ 3軸へのファブモデルマッピング

加藤さんに、ムーアの法則でこちら側が生産量、それから設備コスト、それからウェーハサイズということで、3軸の提案をいただいたんですが、それに重ねてみると、これはファブモデルですね。先ほど言った450mmとNGF、レトロフィット、ミニファブ、これは考えてみたら当たり前で、ムーアの法則にのっている図です。これがどこまで意味ある図かというのは、私もまだピンとこないところもあるんですが、それとアプリケーション別に見ると単一量産品と多品種少量、ちょっと量が違うもの、こういったものがマッピングされます。

中川さんのほうで、ファブモデルと製品アプリケーションを簡単にイメージだけ合わせていただければと思います。



◎ (横河 S) 中川さんまとめ案

中川 この図はドラフトというか、考え方の一つになるかなと思って作ったもので、これで完成形だとはとても思っていませんし、正しいとも思ってはいません。ラインモデルごとに、縦軸がダイサイズであるとか、ウェーハ当たりの単価、収益率、設備投資の額だとか、そういったビジネスモデルをとって、横軸がアプリケーション別という表を作ってみたら、どのラインモデルはどのようなアプリケーションが適しているのというのがわかってくるのではないかなと思って、作った図になります。

例えば、アプリケーションだと最先端のMPU、メモリ、SOC。例えばバイポーラとか、MEMSとか、化合物とか、そういうのも当然あると思いますので、もっとこちらの軸(横軸)は伸ばさないといけないと思います。

あと、点数の付け方は非常に乱暴なんですけど、ファブの要求として、例えば450mm、300mmの既設のラインのモデルであれば、ダイサイズは小さければ小さいほどいいだろう、ウェーハ当たりの単価については高いほうがいいだろう、というふうに当てはめて、各アプリケーションの特性との差分をとって、どれだ

(横河S) 中川さんまとめ案(1)

2点 ファブ要求と合っている、あるいはファブが要求していない、ファブ要求に近い
1点 ファブ要求に近い

450mm・300mm既存ラインモデル

	ファブ要求	最先端MPU	メモリ	SOC	車載品	バイポーラ	MEMS	化合物	...
ダイサイズ	小	大	中	中					
ウェーハあたりの単価	大	大	中	中					
収益率	大	大	中	小					
設備投資	小	大	大	中					
納期遵守要求	小	小	小	大					
生産量	大	大	大	小					
出荷量の安定性	大	大	大	小					
製品ライフサイクル	長	短	短	短					
サイクルタイム	短	長?	中	中					
ダイあたりのCO2排出量	小	大	中	中					
稼働率	高	高	高	中					
顧客数	小	小	大	大					
		14	13	7					

300mmPrime・NGFモデル

	ファブ要求	最先端MPU	メモリ	SOC	車載品	バイポーラ	MEMS	化合物	...
ダイサイズ	-	大	中	中					
ウェーハあたりの単価	大	大	中	中					
収益率	大	大	中	小					
設備投資	小	大	大	中					
納期遵守要求	-	小	小	大					
生産量	-	大	大	小					
出荷量の安定性	-	大	大	小					
製品ライフサイクル	長	短	短	短					
サイクルタイム	短	長?	中	中					
ダイあたりのCO2排出量	小	大	中	中					
稼働率	高	高	高	中					
顧客数	小	小	大	大					
		16	14	11					

レトロフィットモデル

	ファブ要求	SOC	車載品	バイポーラ	MEMS	化合物	...
ダイサイズ	-	中					
ウェーハあたりの単価	-	中					
収益率	大	小					
設備投資	小	中					
納期遵守要求	-	大					
生産量	-	小					
出荷量の安定性	-	小					
製品ライフサイクル	-	短					
サイクルタイム	-	中					
ダイあたりのCO2排出量	小	中					
稼働率	-	中					
顧客数	-	大					
		20					

ミニマルファブ

	ファブ要求	SOC	車載品	バイポーラ	MEMS	化合物	...
ダイサイズ	-	中					
ウェーハあたりの単価	-	中					
収益率	大	小					
設備投資	小	中					
納期遵守要求	-	大					
生産量	-	小					
出荷量の安定性	-	小					
製品ライフサイクル	-	短					
サイクルタイム	-	中					
ダイあたりのCO2排出量	小	中					
稼働率	-	中					
顧客数	-	大					
		20					

け合っているのかというのを点数にしてみました。

当然、NGFが目指しているモデルというふうになると、フレキシビリティは高くなると思います。複数のビジネスモデルが匹敵するようなものを目指していると思いますので、450mmよりもはるかにいろいろなアプリケーションが乗りやすくなるねと。レトロフィットモデルあるいはミニマルファブになってくると、もっといろいろなアプリケーションが乗るようになるね、というのが表現できればと思って作った図になります。

久保内 これについて、皆さんのほうからご意見ありますか。

450mm、300mmの既存と一緒にありますけれども、450mmが先ほど言ったように時期も不明確であれば、300プライムNGF、それからレトロフィット、ミニマルファブというところで日本の製造業の特徴を出していく、あるいは中川さんがおっしゃっていた破壊的イノベーションですか。

中川 そういう意味だと、ミニマルファブというのは破壊的なイノベーションを目指していると思いますので、今までとの非連続性はあるのだろうと思います。

そのゴールは何なの？というのと、先ほどから「変種変量」という話も出ていますように、いろいろなものが柔軟に、スケラブルに作れるようになる、というところを目指していかなければいけないのかなと。レトロフィットについても、本当は目指すところはそこなんだろうと思っています。

久保内 先ほどのお話でも出てきた、結晶によるサイズが4インチとか、あまり大きくできないような中身もこういったところに下りてくるのだと思うんですが。

中野 MEMSファウンドリは4が主流だったのが6にちょっと前に移行して、8が今……。要は、ほとんど“お古系”を使う関係もあってというところがあるんですが、ただ8というのはまだ戦略的ですね。ボッシュが8だったはずですよ。

加藤洋 生産数で大きさが決まってくるんですか。

中野 MEMSでいうと生産数で大きさが決まっているというよりは、ラインコストで決まっている部分があると思います。ただ、「8が戦略的だ」と言っているのは、ほとんどのファウンドリが6を持って余しているはずなんですね、私が知っている範囲では。6インチで持て余しているのに8を投資したので、非常

に戦略的と思われるんです。

犬塚 私たちはMEMS開発メーカーさんに露光装置、マスクライナーを中心に販売していますけれども、ほとんどの民間企業でMEMSデバイスというメーカーさんは4インチ、6インチ。6インチで、割と進んでいるほうですね。唯一8インチを採用されているところは、おそらくオムロンさんくらいじゃないでしょうか。あとは海外メーカーでフリースケールですとか、海外の工場で8インチファブが動いているという状況で、現実的にはまだまだ4インチ主流、6インチでもやや進んでいる。

あと、さつき原先生からもお話がありましたように、化合物なんかでも2インチ、4インチ、やや大きくなって5インチです。

MEMSでは水晶振動子を使ったMEMSがあるのですが、クリスタルの業界でいいますと、結晶の成長の独自性があるせいか、38mm×43mmの角基板がほとんどなんですね。丸型になったとしても、一番大きくても4インチΦ、これが現状です。

加藤洋 その設備はセコハンの設備を買ってきて、それを立ち上げたということですか。

犬塚 そういう場合が非常に多いと思います。

中野 さっきのオムロンさんは、IBMさんの古い工場ごと買ったということですよ。

久保内 レトロフィット版というんですか、そういうのは延々と続くと思うんですね。

まとめ検討チームとして、ファブモデルに関して総合的に何かありますか。

原 今、特にはありません。

◎ファブの課題とファブタイプ別の課題解決能力（詳細）

久保内 次に、今挙げたファブのタイプ別にいろいろな課題、これは先ほどミニマルファブで挙げたような課題が挙がっていますが、この課題とファブタイプでどういうふうな解決ができるのかという、これは○×△で評価したものでしょうか、原さんに簡単にご紹介いただきたいと思います。

〔コメント〕

原 この○×は、しがらみのないニュートラルな立

になっているのかなという、これは資料です。

加藤健児 これは評点がついているんですが、これはある視点から見たときにこの数字になるということだと思うんです。先ほど齊藤さんが言われていたと思うんですが、生産設備の話をしていきますので、「何をつくるんですか」というものが変わると評点も自ずと変わるだろうなと。

今、4つほどタイプが出てきていて、現実の世界で議論されているのは450mmであったり、NGFだったりして、これは過去の延長線上。それから、レトロフィットも現実にあるんですけども、だからどうだという議論が盛り上がっているわけでもなくて、ミニマルファブとなると、現実にはまだないよ、という世界になると思うんです。

それぞれに適した最終製品——チップでもデバイスでもいいんですが、それは一体何なんだと。例えば450mmの話が現実に出ていますけれども、あれを強かに推している3社さんはそれぞれの製品特性に見合わせて、450mmというのがプロフィットダブルだという判断をして推進をかけているはずなんですけど、同じような感じでNGFに対して何、レトロフィットに対しては何、ミニマルファブの出すアウトプットは何ですか、といったところのもう少し具体的な話が決まってくると、こういう評点をつけるにしてもそれぞれ違う数字になってくるはずなので、もう少しきちんとしたものの見方ができるようになると思うんです。

次の争点というか、議論点としては、450mmとかNGFの話はまだわかりやすいんですが、レトロフィットなり、ミニマルファブなり、右に行くほどアウトプットの具体的なイメージというのが、少なくとも私はあまりできていないんですけども、そこを定義付けするなり、アイデア出すするなりというのをやったらどうなのかなと思うんですが。

久保内 おっしゃるとおりです。あくまでもこれはこの中での優先も当然あるわけですね。あるメーカーでこれが最優先であれば、これで決まってしまうわけです。その議論は敢えてしておりません。製品を限定しているわけでも何でもないので、平均的に十分検討する価値がそれぞれあるんじゃないの、というマクロな目安にしかありません。おっしゃるとおりです。

齊藤 別の視点で、半導体の生産工程というのは、私はよく知らないんですが、私どもの会社みたいにもものづくり、要は組み立てのラインは、設備を小さくするということは、大量生産だろうが、変種変量だろうが、

共通する課題だと思うんです。要は、日本で全自動化ラインをバツと流すよりは、そういう時代もあったんですけども、中国へのものづくりが出ていってしまって、小さいラインのスケラビリティで大きな工場をつくって、そこで大量生産をドカンと流す。ただし、設備はなるべく小さくということは共通課題だと思うんです。

そういう視点でいけば、単一生産力というのが今後の課題としてミニマルファブでもある程度対応する工夫ができるのではないかと。それができるかできないかというのはこれからの議論だと思うんですが。

久保内 おっしゃるとおりだと思います。「そういう生産能力を出そうとしたときには、これをたくさん並べれば可能だよ」というのも、アイデアとしては当然入ってきます。

原 これは日立GSTの加藤さんの組み立て工程で事例が出ていたと思います。

齊藤 そこで何を作るかというアプリケーションとともに、スケラビリティのほうももう少し議論を深めていったらおもしろいかなというふうに思います。

中川 最終的には、三洋さんがHALCAのシミュレーションをされたような形で、例えば開発であるとか、スタッフの人員であるとか、工場運営全体にわたってのシミュレーションというのが要ると思います。そこに向けたスタディをこれからやっていかなければいけませんね、というフェーズかと思っています。

久保内 あと、これに関して何か議論しておきたいことはありますか。

なければ、次のファブモデルの強化体制について、皆さんからご意見をいただきたいと思います。

◎ 4. ファブモデルの強化体制について

久保内 今まで議論してきた中身を今後どう議論を進めていくかを要約してみました。これは我々の意見も相当入っておりますが、450mmのファブモデル、NGF、レトロフィット、ミニマルファブということで、今まで議論してきた中身をそれなりに要約してあります。

450mmに関しては、先ほど来議論にありますように、巨額の投資を回収できる見込みのあるところがやればいいでしょうね、という静観論。

それから、NGFに関しては、これは皆さんに議論

4. ファブモデルの強化体制について

- ① 450mm
 - ・巨額初期投資、回収対象製品をクリア出来るメーカー、超好景氣到来次第
- ② NGF
 - ・環境対応との融合で企業価値創造、ビジネスチャンス
 - ・300mm装置成熟下での微細化設備開発、ダウンストリーム
 - ・既存300mmファブへの対応検討
 - ・搬送プラットホーム化への業界標準化
- ③ レトロフィット(リファブ含み)
 - ・企業コンソーシアム形成で戦略策定(人材活用含)
 - ・装置メーカーへの理解浸透(十分なビジネスチャンスを)
 - ・設備保守パーツ共有システムの構築
- ④ ミニマルファブ
 - ・開発加速のための組織作り
 - ・ナショナルレベルの予算確保

今日の議論も踏まえ皆様のご意見を追加

いただいた中身が個別には議論できておりませんが、環境対応との融合で企業価値なり、あるいはそれぞれの立場でのビジネスチャンスをつかんでいただく、この議論を深めていければいいのかなと。

それから、300mm 装置ですね。既に成熟化にあるかと思いますが、そのさらに微細化の設備をつくったり、先ほど議論しましたが、それを次の6インチとか5インチにダウンストリームしていく、そういった流れと、既存の300mm ファブがありますが、これをどうしていくんでしょうね、という議論も深めないといけない。

それから、レトロフィットでは、これはリファブの議論も一緒に入っていますので、リファブも含まれますが、企業コンソーシアムの人材活用も含めた戦略策定はぜひ要るねと。

それから、装置メーカーへも当然浸透させなければいけないということで、先ほどの三洋さんのモデルみたいなものができて、それがうまく流れればいいのかという議論があるかもしれません。

それから、きょうはあまり議論していませんけれども、レトロフィットの中で保守部品がなくなって調達しにくいという状況もありますので、コンソーシアムがいいのかどうか分かりませんが、こういったシステムを構築できませんかということです。

それから、ミニマルファブに関しては、これは加速していただくための組織を、これは産総研のほうから総括であるかもしれませんが、今後どういう体制で進めるのかということと、そのためには国家予算もそれなりに確保しておかないといけない。こういったことで、今後、体制を含めて議論を深めていける形になるのかなと思っております。

他に皆さんのほうで追加したい項目があればご意見

をいただきたいんですが。

丹羽 レトロフィットで、横河さんのところがビジネスとしてあるメーカーさんとタイアップしてやられて、きっとそれなりに思惑どおり行っているんでしょうけれども、あるメーカーさんだけでなく、コンソーシアムにしる、保守パーツにしる、やろうとするとそのボリュームがわからないことには動き出せないのかもしれないので、この活動の中にあるかもしれませんが、どこのメーカーさんのどんな機種が何台くらい現存しているのかとか、イメージが私の場合わからないので、そういうものをざっくり調べるみたいな活動が一つ要るかなと。

久保内 もう少し情報交換の場があればいいということになるんですか。

丹羽 そうですね。設備メーカーさんに聞いてわかるものなのか、実際に使われているところを訪ねてみるのがいいのかわかりませんが、かなり手間がかかりそうな気もするんですけども、これは要るのではないかなと。それはビジネスの判断をするための一番土台になるものとして、そんな気がします。

久保内 これに対してどうですか。各装置メーカーさんは、デバイスメーカーのいろいろなメーカーが情報をつかんでいらっしゃるのではないかと私自身は思うんですが、それでもやはり不十分だというふうには？

濱本 多分、装置メーカーに確認すれば情報は集まると思うのです。例えば、横河さんのケースは、実は我々が東レさんからサポートを中止しますという話を受けたときに、それだと困るので、東エレさんにサードパーティ含めて、サポート出来る場の確保をお願いした結果、横河さんにつながったと思います。

我々としても、装置を使う以上はそれなりの保証をお願いしますので、「できません。それで終わりです」というふうな形にはさせないような働きをしています。特にインチ径の小さい装置関係は、まさに装置メーカーに聞くと、どのくらいのボリュームがあるかというのは把握できるのかなと思います。

久保内 いかがですか。日立ハイテクさんは、そういう意味では各デバイスメーカーの事情をよく把握していらっしゃると思うんですが。

加藤健児 レトロフィットのニーズという意味ですか。

久保内 レトロフィットだけではないと思いますが。

加藤健児 全体のボリュームということにならないと

思うんです。自社で出荷した装置がどこでどう動いているという情報はもちろんあるんですが、それってそれだけです。今のお話は業界としてのボリュームがどれだけかマクロにつかみたいという話ですね？

丹羽 そうです、ビジネスの土台として。

加藤健児 例えば、過去何年間に何年前のやつが未だに動いているのが何台くらいという情報はありますが、それは全体を代表する数字ではないと思うんです。それを全部集められれば、全体が見えてくるんでしょうけれども……。

丹羽 全部集めないといけないと思うんですけど(笑)。

久保内 この場がそれを反映しているかわかりませんが、そういう場が重要だという認識でいいですか。

たまたまこれはミニマルファブを基点にファブ研究会として皆さんに参加いただいているんですが、今言ったようなレトロフィットみたいなものの、こういうグループがいいかどうかかわかりませんが、これをきっかけにして情報交換の場をつくっていただけるのも一つ手かなと思うんです。

中川 多分ですが、リファブとレトロフィットで状況は違うだろうと思います。リファブは絶対に必要なことなので、コンソーシアムがなくても、個別の相談とか、サードパーティがあらわれて商売にするとか始まっていくだろうと思います。レトロフィットは、どういうニーズがあるのかとか、どこかに集まって話さないと答えが出ないのかなというふうに、きょうの議論を聞いていて思ったんですが、そのあたりデバイスメーカーさんとしての視点でどうですか。

濱本 そうですね。どちらかという、現状、リファブが我々からすると問題ですね。現実的な問題として、やはりどうやって保守メンテするか、どうやって製造中止になったパーツを置き換えるかというところですね。古いラインを動かしている一番そこが大きな問題です、維持するという観点からすると。

伊藤一寿 維持するという考えと、きのう出ました5インチの液浸露光とか、今オープンのカセットで使っているものを、SMIFではないですけど、5インチのものを環境ボックスに入れてパーティクル抑制するか、そういったことの目線はないんですか。

濱本 多分、5インチをSMIF化するということは、世の中にそういったものがないので、基本的にはまず不可能です。それをしたからといってどうかというと、

すごいコスト……。コストと効果がどれだけあるかという、そこで断念する形になると思います。

だから、本当にレトロフィットをどうするかというのは、性能を若干上げて、付加価値が若干付くかもわからないですが、液浸にして、という発想は……。ありますかね？

駒形 現実……。

濱本 あり得ないと私は思いますが。

加藤洋 それは、5インチラインは、今現実に流している製品を維持すると。その寿命が来たら、そこはもう使わないというライン。次のステップに上がってしまう。5インチのラインで新しい技術の要る製品を流すとすると、そこを改造していかないと流せなくなってしまうんですね。

濱本 果たして、そのラインでそれをするかという話ですね。

加藤洋 そこで新機種まで流すかどうか。それはもう大口径化のほうに持っていくと。

濱本 今まではそういう流れですね。非常に難しいところだと思います。

久保内 時間も押しているの、そういった情報交換の場を、JEITAがいいのか、SEAJみたいな半導体業界がいいのか、半導体以外の方もいらっしゃるちょっと場が違うのかしれませんが、そういったことは可能なんですか。

東芝さんはどうですか。

濱本 我々としては、装置メーカーが装置が動いている間は、確りと保証していただければ良いです。その点を、全ての装置メーカーが、どの様に考えているかを逆に聞きたいですね。

我々は「サポート中止します」と言われるわけです。ちょっと待ってくださいね、ということで、それを受けられるエンジニアリング会社とか、そういったところに確りと引き継いで頂いて、続けられるようなスタイルにしてくださいとお願いしているわけです。装置メーカーが「自分のところの財産なので、動いている間は保証します」と言っていたら、我々としては何ら困らないわけです。

久保内 そういう意味では、SEMIだと設備メーカーもデバイスメーカーも入っているから、SEMIの中にそういう検討委員会みたいなものが必要になるかもしれないですね。

濱本 多分、必要に今後はなってくると思います。

今の考え方からいくと、450mm というのはないと思いますから、そうすると既存の 300 までのラインを次のファブのコンセプトが出てくるまではどうやって動かすかという話です。

久保内 個別に、皆さんの中で議論を深めていきたいということがあると思うんですが、今後も含めて、産総研とまとめ検討チームを代表して原さんに総括していただければと思います。

総括

原 この 1 日半、それから過去の議論も多少念頭に置きながら、このようなところなのかなという、私なりの簡単なコメントをさせていただきます

◎ 1 ファブモデル

まず、ファブモデルというのは、皆さんにお伺いすると、こういうものが浮かび上がってきました。450mm というのは量産化の追求です。次に Next Generation Fab というのは、例えばの言い方をすると先端ファブのさらに進化していくという考え方です。それからレトロフィットがあります。リファブを入れてもいいのですが、ファブのモデルという意味でいうと、ここでのレトロフィットは付加価値をつけるということになります。最後に、究極のイメージとしてのミニマルファブという、破壊的イノベーションの範疇に入るようなものもやってもいいのかもしれないということです。

今まではずっと、大口径化をどんどん推し進め、量産性を増大させることで、そこで生み出された利益を元に、そこに新技術を投入して行き、古いファブは廃

棄して行くというタイプだけが存在していました。しかし、成熟した半導体業界になっていくと、ファブのタイプは多様化していくということを素直に受け入れて、自分の立ち位置はどこであってもよろしいというふうにしていったほうが産業として健全なのではないかと考えます。

◎新しく出てきたこと

それから、新しく出てきたことはいろいろあると思います。わかりやすくキーワード的に挙げると、まずは、リファブとレトロフィットです。これは言わずもがなでございまして、こういうものは前からあるのですが、「これが大事だ」と明言することは、この研究会として意味があることだと私は感じています。

それから、NGF についてはダウンストリームという考え方を、大きな流れとして、それこそストリームとしてつくっていくというのは大事なのではないのでしょうか。

また、大変インパクトがあったことなのですが、象徴的にものをやっていく上での一つキーワードとして“5 インチで液浸”という考え方が出てきました。5 インチくらいだったら、どこかの凄腕の先生が「やるぞ」とおっしゃるかもしれません。大学と某メーカーが協力して開発するということが出てくれば、相当おもしろくなりますね。

それから、「突入電流を定格電流の何倍と法律で定義する」ということ。これは現実的にすぐ使えるレベルの話です。

それから、「プロジェクト体制にラインの構築者を入れる」こと。これは国策のプロジェクトではどんどんやっていくべきもので、このほうが現実に近いものがすぐにできる。リサーチャーと開発者だけではいけ

1	ファブモデル	
	(1) 450mm (量産化の追求) (2) NGF (先端ファブの進化) (3) レトロフィット (4) ミニマルファブ → ファブタイプの多様化	

2	新しく出てきたこと	
	<ul style="list-style-type: none"> ・ NGF・プラットフォーム構想 ・ リファブ、レトロフィット ・ NGFダウンストリーム ・ 5 インチで液浸 ・ 突入電流を定格電流の何倍と法で定義 ・ プロジェクト体制にライン構築者を入れること ・ ミニマルファブ構想 ・ 化合物半導体市場 ・ クリーンセル 	

ないのかなという感じを持ちました。

あとは「ミニマルファブ構想」というのも、これまで公共の場で、概略を申し上げてきましたが、ここでは一つ新しいこととして包括的に取り上げさせていただきました。

それから、マーケットについては、化合物半導体市場というのはまだあまり表に出てきていませんが、皆さん、いずれ、トレンドとして認識されるところでございまして、この研究会としてはそういうものはそろそろウオッチしましょうね、というシグナルとして世間に対して発信させてゆきたいと思います。

それから、最後、「クリーンセル」です。時間切れで取り上げられませんでした。HGSTの加藤さんが前々から温めていらっしゃる構想です。簡単に言いますと、8角形のグローブボックスになったサイロ型のユニットがありまして、8面あって、その1面1面に手を入れる。その中に、人間の手で操作するレベルでの製造プロセスの技術を入れ込んであります。その中自体はクリーンになっていて、外はクリーンではない、そのような考え方です。これのいいところは、その中はブラックボックスで「いじってはいけない」ことになっていることです。8角形のクリーンセルごと中国に持っていくことができますし、要らなくなったら持ち帰ることができます。そのまま移動するのですから、メンテナンスは別のところでやってもよい。皆さんに中の技術は差し上げない。それごと移動することで、局所クリーン化の究極の一つの新しいイメージなのかというふうに捉えられると思います。これについては、もし可能でしたら、レポートを作成する段階で記述いただければありがたいと思っています。

他にもたくさんあったと思いますが、キーワード的にわかりやすいものを並べました。それにしても、これだけ短い間にいろいろなことを意味づけできました。ありがたいと思っております。

◎今後の取り組み方

今後の取り組み方ですが、基本的にはこの研究会はこれから出すレポートを機にリニューアルしたいというのが私の腹案です。開発グループとユーザーグループに分けてゆきます。分けるというより、再構築するというイメージです。

我々産総研としては、ミニマルファブ構想を推進し

たいということが基本的にあるわけです。そのための開発グループという意味です。それと、ここが大事な点なのですが、今まで開発をナショナルプロジェクトでやる場合、開発だけやっていました。そこに形を整えるために評価委員会をつけていたわけですが、評価委員会というのは、開発には責任をもっておりません。そのために、有識者をご自身で思われたことを言っておしまいということになります。しかも最後終わってから言われるわけです。それでは、もはやプロジェクトに対して何もやりようがありません。それで役所も少し反省して、最近では定期的に評価委員会にかけようとしています。第三者の関係ない人に言ってもらうのは大事な事なのですが、その後の新しいプロジェクトへの継承ではなく、そのプロジェクト成果自体をマーケットに受け止めてもらえるかといったときに、評価委員会の仕組みは、最大の機能性を発揮するとは言えません。

それに対して、今の世の中でしたら、ユーザーグループ—想定されるユーザー—というのをちゃんと横に置いておいて、開発自体はやらないかもしれませんが、その人たちにワアワア言ってもらいながら一緒にやりましょう、というのが、このユーザーグループの意図するところです。ビジネス化を考えるなら、会社では本来理想的にはこうなっているべきものですが、そういうふうに行っていきましようということ。ユーザーグループでは、無責任にモノを言わないで、算術計算をしていただく。今日もいろいろ出てきたと思うのですが、将来のことを考えるのだったら積み上げながら見積もりをまとめましようということはあってよいと思いますし、そこでどういうビジネスモデルがあるのかを少なくとも検討しようということは重要です。そういうようなことも含めてやっていけば、多少なりともまともになってゆくでしょう。ユーザーグループは、もうちょっと広めに見て、ミニマルファブの算術計算だけではなくて、レトロフィットとか、そういうことも取り上げてもいいのかもしれない。こちら辺は皆さんのご意見を伺いながら、どういう形でやっていくのか検討したいと思います。今の固定された16社が必ずしも同列に入っている必要もないと思いますし、ご都合に応じた形にして、新しい会社さんも入ってくるところがあれば、そういう形でいい体制にできれば良いな、というのが今のところの腹案です。これについても皆さんからいろいろご意見をいただきたいと思っております。

きょうの議論のまとめセッションに出てきたいいろいろなことは、このユーザーグループで結構吸収できる

のではないかというのが、私の印象です。これ自体の運営をどうするかということは当然ありますので、何でもかんでもできるというわけではありません。

私のほうのコメントは以上にさせていただいて、これまでのところで何かございますか。

久保内 これで行いますという方向は、原さんのほうから皆さんにメンバー選定だとか、何かが出るというふうには？

原 そこまではっきりしていません。皆さんと個別にこれからご相談させていただきたいことも出てきておりますし、私からもアプローチさせていただきますし、皆さんからもどうぞ言っていただきたい。

きょうまで、ここまでのレベルですけれども、いい仕事ができたと認識しております。これでおしまいにしてはもったいないと思いますし、皆さんもそのようにお感じになっていられるとお見受けしています。そこをどう発展させるかについて、ぜひ皆さんと相談しながらやっていきたいと思っております。

もしなければ、まとめセッションはこれでおしまいという形にさせていただいて、うちの金丸部門長にバトタッチしたいと思えます。

閉会の挨拶

◎ Top 30 World market in Year 2030

金丸 エレクトロニクス研究部門の金丸と申します。第1回から第8回まで精力的なご議論をされたようで、これだけのメンバーの方が、またお忙しい方が集まって議論されて、報告書はかなり楽しみなものができると期待しております。

一つのまとめということで報告書をまとめられるということなのですが、産総研としてもこの報告書はかなり重要な位置を占めるのではないかと。研究会としてのアクションは先ほど原が申し上げましたけれども、別の使い方—産総研ですから経産省とつながって研究開発をやっていく、そういった意味で経産省とも連携して、この報告書を有効に使っていきたくと思っています。

途中で、私、抜けましたが、別の会議で、今後の半導体、今のキーワードでいうとナノエレクトロニクスの研究をどうするかということ議論しております、そこには経産省も出ておりますが、最近、ナノエ

レクトロニクスというのが世の中をいろいろ賑わして、欧米ではかなり拠点化が進んで、日本は遅れているような状況があります。ただ、研究現場を見てみますと、ここでも議論がありましたように、研究開発現場と、特に基板サイズで見ますとかなり乖離があります。研究現場でいろいろおもしろい材料とか、アイデアがあっても、それが生産現場まで行くのにかなりの死の谷がある。それをどうすればいいかという研究開発をやる上でも悩んでいるところがあります。ファブシステムと今整理されましたけれども、ミニマルファブあるいはもう少し上のレトロフィット的なところあたりで、次の生産システムに移れるようなものに変えられれば、それは研究開発現場としてもかなりやりやすくなる。そういった意味でも、この研究会の成果をぜひ生かしていこうと思っています。

いろいろ難しい議論があったので、最後はちょっと楽観的に締めさせていただこうと思います。

先週、SSDM（国際固体素子・材料コンファレンス）の40周年になるんですが、その記念講演として、この業界の方ならご存じの方が多いかと思えますか、Simon M. Sze 博士という半導体デバイスの教科書を書いている方で、かなり楽観主義なんですが、私もそれに乗りたくないと。

ここに出したのは、2030年の世界市場のトップ30ということで、ずらっと書いてありますが、中をよくよく見ると今もう製品としてあるようなものを書いてあるんですが、それは2030年にこのくらいの市場規模であろうと。さらにここで言いたいのは、白い点が横についているものですが、これはまさしく半導体の関連するマーケットです。そうするとトップ30のほとんどが半導体の製品で構成されているわけですね。

それが10兆ドルになるわけです。非常に大きなマーケットが2030年にまだある。

Market	Sales (\$ Billions)	Market	Sales (\$ Billions)
* Portable Data Communications	1260	Ultra-thin Monitor	340
* PC	940	IC Card	330
* Mobile Phone Service	760	Ground-Wave Broadcasting	320
* CPU	600	DNA Agricultural Products	320
* Digital Contents Products	540	Multi-Purpose Communication Equip.	310
* Magnetic Memory	500	Semiconductor Equip.	300
* Electronic Commerce	500	Electrical Vehicle	300
* Network Information Service	460	Wall Ultra-thin TV	290
* High Density Mag. Memory Mat.	460	Mobile TV	280
* Systems-On-Chip	420	Direct Inject. Vehicle	280
* Home Medical Equip.	420	ITS Equipment	280
* Internet	400	DNA Processed Food	270
* CATV	400	LCD	240
* Intelligent Transportation Syst.	380	Clone	230
* Agents Software	360	Fuel-Cell Car	220

* Nanoelectronics related 22 markets : \$ 10 trillions.

Prof. S.M.Sze at SSDM2008

CONCLUSION (CONTINUED)

- The ultimate logic device will be the MOSFET with performance boosters, and the ultimate memory device will be a nonvolatile memory (possibly a member of the floating-gate family)
- IC performance will be limited by interconnect. For sub-25um ICs, two options are the metallic CNT and the silicon microphotonics
- Low-cost manufacturing processes and broadened electronic applications will support the growth of the nanoelectronics
- The electronic industry will remain to be the largest industry in the world for the next five to ten decades. However, we must develop innovative nanoelectronic technologies to meet the aforementioned challenges

Prof. S.M.Sze at SSDM2008

◎ Conclusion (Continued)

この根拠がどこにあるかよくわかりませんが、さらに楽観的にいきますと、半導体業界というか、もう少し広げて、エレクトロニクス業界はここ50年、100年、まだまだこの大きさを維持していくと。これを維持していくためには確かにいろいろな解決すべき問題があるということを言って、彼はデバイス屋さんですから、先ほど出ましたようなリソとか、ウェーハの問題とか、あるいはデバイス構造、プロセスの問題、もろもろチャレンジがあると、この前に述べてあるんですが、ここで注目したいのは、「Low-cost manufacturing processes」ということも非常に重要であって、これはまさしく今議論しているようなことで、今までのファブシステム、唯一の解でしかなかったムーア則に従うためにはだんだん規模を大きくしていくしかなかったということなんですが、実はこの大きな産業規模を維持していくためには、別のファブシステムが、先ほどの30もの多様なアプリケーションを支えるためにはそういった450mmファブだけではなくて、小さいファブ、レトロフィットファブ、いろいろなものを組み合わせていくのが今後50年、100年、この業界をもたせていくための技術だと思うので、今回のこの議論が50年後、私はもう生きていませんが、こういう議論があったのだというようなマイルストーン的なものになればと思って、最後のご挨拶に代えさせていただきます。どうもありがとうございます。

原 どうもありがとうございます。

—第6セッション 以上—

ミニマルファブ構想と その適用可能システムの実状

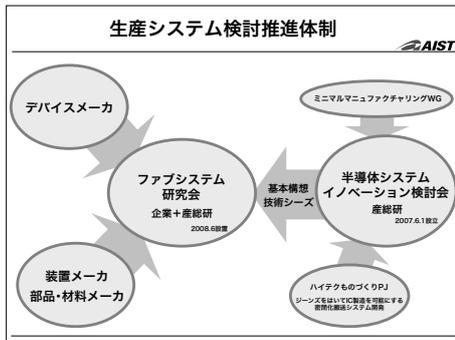
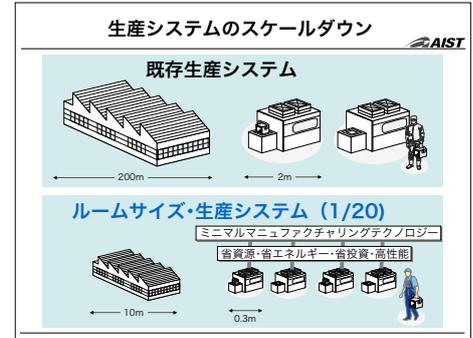
ミニマルファブ構想とその
適用可能システムの実状

ミニマルファブ構想

独立行政法人 産業技術総合研究所 半導体システムイノベーション検討会

●ミニマルファブ構想 概要

産総研では、多品種少量および変種変量生産ニーズに適応した、新しい半導体システムの姿～ミニマルファブモデルを提案している。工場ラインと試作ラインの投資規模を大幅にコンパクト化して行くことで、コスト競争力だけでなく、研究開発直結型であることを高付加価値の源泉とし、一方で変種変量の潜在市場を獲得してゆく。この新しい産業として最初に現れる実用未来生産システムでは、1ラインの投資額は従来のメガファブと比べ数千分の1の、およそ1～5億円程度である。このシステムは、(1) 1ロット=1ウェーハ(1/2"径)=1チップ、(2) 装置サイズ30cm幅、(3) ミニマルマニュファクチャリング技術による地球環境対応と産業力強化の同時実現、という3つの特徴を有する。このハーフィンチウェーハ対応インダストリーを実現するには、企業と産総研が協力し、まず、超小型化技術を結集した実験生産システムを構築することが求められる。

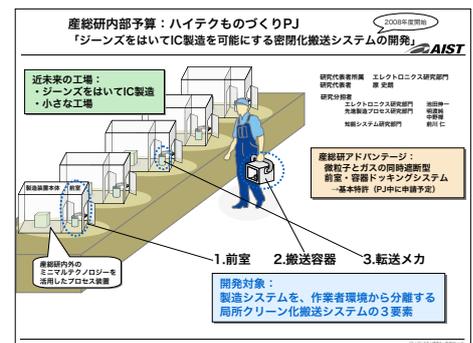


●本格開発前段階の体制

産総研内に、分野横断の半導体システムイノベーション検討会を形成すると同時に、外部連携組織として、産総研16社2大学から構成されるファブシステム研究会を本年2008年6月に設置した。FS研究会は、精力的に活動しており、11月に提言レポート(本書)を発行。これらの組織化活動と平行し、本年4月より、ミニマルファブ構想のコア技術である、超小型ミニマル密閉型搬送システムの開発に着手している。

●超小型ミニマル密閉型搬送システムの開発状況

従来の密閉化搬送システムの欠点であった、微粒子発生抑制とガス遮断の両立の技術的課題に対して、産総研では、それを解決する新技術～微粒子とガス分子を外界から原理的に完全遮断する気密洗浄ドッキングシステム(Particle-Lock Airtight Docking: PLAD system)を開発中である。試作1号機は、来年1月に完成予定。PLADシステムが開発されれば、ハーフィンチウェーハは、大手ウェーハメーカーが供給する。次号機以降では、実用化へ向けての、小型化改善と高性能化開発を行っている。



●ミニマル製造装置群の開発



これらの開発は、同時進行すべき2レベルに分けられる。第1レベルでは、既存の巨大な半導体製造装置を、個々に30cm幅に縮小する。現状技術から大口径ウェーハ均一化技術を省き、超小型化技術を駆使してシステムの再構築を行う。第2レベルでは、省資源・省エネルギー・低コストを狙って、超小型インクジェット製造装置など、画期的な新技術体系(ミニマルマニュファクチャリングテクノロジー群)を導入して行く。

●ミニマルファブの特徴(一部)

ステッパー不要、後工程不要、チップ1個流し、不況に強い超低投資ファブ、並列ファブで大量生産実現。日本の小型化技術の結晶化。研究-開発-生産直結型産業。

Q&A ~ミニマルシステムについて~

お答え：独立行政法人 産業技術総合研究所 半導体システムイノベーション検討会

Q：「世の中では450mm化など大口径化・量産性向上で進んでいます」

・450mm化先送り

現行300mm→450mm化については、2006年インテルから日本の半導体装置メーカーに対して、開発費が11兆円かかるので負担してほしい旨、要請がありました。装置メーカー側は、この天文学的な高額負担に、この話を拒絶しました。200mm→300mmの移行においては、同様な要請に日本メーカーが答えましたが、結果として、日本は米国の5倍の開発費を払ったことは有名です。結局、450mm化は、世界全体で話を先送りすることとなってしまいました。

・300mm prime計画

その代わりに、「300mm prime計画」をスタートすることになりました。これは、口径拡大という最も強力な生産性向上手段（時間当たりのチップ個数生産量）を諦め、そのかわり、300mmのまま生産性を向上させようとする業界運動です（注：微細化は、主に高性能化手段です*）。最近では、装置の生産性能（スループット）よりも、ウェーハの装置間搬送系の輸送能力が急速に低下していることが、業界の専門家の間で重要課題として認識が広まりつつあります。

・メガファブ内の搬送系の破綻

具体的に言うと、メガファブ1ラインに付き、装置が300台あり、25枚入りウェーハ搬送容器が1万個利用されています。そうすると、300台÷1万箱=1/33で、33箱に1箱しか、装置に接続されていません。最近の実働製造装置の7～8割は枚葉式プロセスになっていて、最新の販売装置はAMATの場合でほぼ100%枚葉式プロセス装置（例外はバッチ式のALD装置のみ）となっています。従って、装置接続された箱1個の中の25枚に1枚しか、製造にかかっていません。結局、(1/33) x (1/25)で、825枚に1枚しか、生産プロセスにかかっていません。言い換え

れば、825枚は、常にお休み状態にあります。これは、新しい用語として定義できる、「ウェーハ稼働率」が1/825ということです。実際、工場内はお休みウェーハで溢れています。大都会で渋滞する車の列を想像して下さい。それと同じように搬送コンベア経路には、ウェーハ搬送容器が詰まっています。これが目的の次の装置への移動を大きく阻害しています。10分経っても次へゆかない、ということが日常的になっているのです。そこで、実際の工場現場では、作業員が自動搬送装置を無視し、手で装置から容器をはずして、10kgのウェーハ入り容器を次の装置へ運ぶようになってしまいました。特に特急処理注文ではそれが顕著になってきています。自動搬送装置開発メーカーは、せつかく苦勞して作った精密な装置を使わないので、なんでもったいないことと嘆いています。せかされている作業員が乱暴に容器をはずしたり乗っけたりするので、精密な装置の精度が落ちるともこぼしています。

以上でわかるように、現実の工場は全体をコンピュータで制御しているとは言えない状態になっています。機械系全体が明らかにオーバースペックになっているのです。この改善が可能になれば、飛躍的に生産性が向上することは自明でしょう。業界では、ウェーハ稼働率を825倍にするのは無理にしても、今後、1割でも2割でも搬送が高速になるように、工夫をしてゆけば良いと考えています。

いずれにしても、課題の重点は、装置の生産性でなく、システム全体の生産性に移行しつつあるのです。

※ 大口径化と微細化の投資動向（参考のための一般論）

従来のシリコン技術の動向は、大口径化と微細化に集約されます。この二つは、設備投資においてほぼ明確に区別されています。大口径化による巨額投資（設備総入れ替え・工場建設）が必要になるのは、CVD、イオン注入、熱処理など、ウェーハ全体一括で行う工程です。微細化は、リソグラフィ（露光波長・マスク・レジスト材料）に関する投資により進められてい

ます。これは既にウェーハの部分毎に実施される工程となっているため、大口径化とは切り離して進行しています。技術的には独立でも、大口径化と微細化のどちらにどう投資するかは、経営判断になります。微細化は、高機能化（集積度が上がることでチップの出来ることが増える）の主たる手段です。微細化進行では技術が高度になり、製造装置のコストアップとプロセスが複雑になることで、必ずしも生産性が単純に上がるとは限りません。ところが、200mm から 300mm への移行に際しては、このようなオーソドックスな技術と投資の展開に反して、微細化を優先し、チップサイズを縮小することで、大口径化による大型投資を回避して生産性を向上させるという動きが生じました。具体的には、マイクロン社が枯れた技術（150mm ウェーハ+前世代プロセス技術+微細化）を徹底的に使う手法により、総合的にコストダウンを図ってリーズナブルな価格を実現しました。300mm 化は、当初 1990 年代末にも始まると予想されていましたが、この新しい生産性向上手法の出現によって、数年遅れることになりました。日本の LSI メーカーはこの地殻変動に対応できませんでした。一方、サムソンと台湾勢、AMD 等はこの路線を踏襲して現在の基礎を築きました。このように大口径化に隠されているもう一つの動向が、「引き伸ばし」です。このように、使い易い大きさのウェーハ、使い慣れた一括処理技術と先端微細化技術を用いて先端製品を低コスト生産するビジネスモデルが必ず登場してきました。（今回の 300mm prime のように）

Q：「NGF とは何ですか？」

NGF とは、Next Generation Factory Vision from 300mm to 450mm という英語の略称です。実用最大口径のシリコン基板である 300mm ウェーハを用いた集積回路製造工場システムを中心に、さらなる大口径化への対応も視野に入れつつ、生産性向上目的の開発項目としてどんなものがあるかを検討したロードマップ的な指針案のことです。実際には、工場内ウェーハ搬送の高効率化などを中心に検討されています。より本質的には、NGF は、大口径化と微細化以外の部分の生産性の追求を凝縮したもの、そのやりやすいところを列挙した開発項目です。2007 年頃までは、これは 300mm prime と称されていましたが、2008 年になると、NGF と言い換えられることになりました。これは次の理由によります。

もし仮に将来 450mm 工場が建設されると、その搬送システムは、300mm prime で策定し開発される内容と大分が変わってしまうかもしれません。そこで、その将来システムと整合性を少しでもとっておくように、300mm の改良を進めましょうということになりました。これは、450mm 化を進めようとする、メガ

トレンドを追求する一部のデバイス製造企業にとっては、好都合です。そこで、300mm という名前を止め、NGF と称するようになりました。ですから、NGF は、450mm を念頭には置いています、大口径化でない部分の生産性向上手段を考えている事には変わりはないので、本質的には、300mm の改良・進化の事です。

Q：「ミニファブプロジェクトというのが以前ありました。ミニマルファブとどう違うのですか？」

・ミニファブプロジェクト：

2000 年頃主流だった 8 インチウェーハを使うことを前提に、現実の製造システムをベースに、おおよそ 1/10 規模の小さな工場づくりを目指した、企業と大学による国家プロジェクト (HALCA プロジェクト) です。「ミニライン」という言い方もありました。

・ミニマルファブ：

ハーフィンチサイズのウェーハという、最小限の製造単位による、革新的な未来工場の姿の事です。投資は 1/1000 程度に縮小します。ミニマル (minimal) には、必要最小限で済ませるという意味があります。

Q：「ファブの意味を教えてください」

ファブ (Fab) は、Fabrication plant (微細加工工場) の省略語です。実際には、半導体集積回路製造工場のことを、特にファブと言っています。典型的な例では、大型の製造装置を 300 台程度並べて、600 工程くらいの工程を経て、大規模集積回路チップを作っています。現状では、電気代も年間 50 億円を超える、典型的な巨大工場です。なお、1 ラインごとに、ファブと呼びますので、FAB36 などと、固有ラインを指す単位としても使われます。

Q：「現に 450mm のウェーハができています」

現在作製されているものは形状サンプルウェーハです。装置メーカーが設計・開発を行う際に参考とするた

めに必要となるものです。300mmでは1995年には作製されていました（生産に使われたのは2000年以降）。形状サンプルでは結晶欠陥などの最も重要な品質が達成されていないため、本当の開発はこれからになります。因みに、CZ結晶技術者にとっては、品質やコストを問わない条件であれば更に大きな結晶インゴットを作ることは可能です。結論として、形状サンプルが出来ているからと言って、使える結晶ができていることにはなりません。なお、ウェーハメーカ自身が、300mm化の時と異なり450mm化の莫大な開発費がまかなえない状況であることを憂いている現状があります。

Q：「ウェーハは従来の100倍のコストになるのではないかと懸念します」

・大口径化に関して

ウェーハプロセス装置の値段は、200mm、300mmと上昇しています。（200mm用にて1億円だったものが、300mm用では数億円に）450mmの装置を導入する際には10億円程度になるものと推定されます。投資金額があまりに大きくなり、世界中でも限られたメーカにしか手が出せない金額となりそうです。また、ウェーハ製造にかかる費用についても、単位面積当たりのウェーハ価格は、150mm 12.5円/cm² → 200mm 20円/cm² → 300mm 35円/cm²と、実はこれまでどんどん上昇してきた経緯があります。450mmでは、結晶成長技術の高度化と広範な面積での均一性確保のための様々な高度技術の導入により、面積単価はさらに上昇すると予測されています。このように小口径ウェーハの方が、面積単価が安いのは過去の事実が示しています。

また、ウェーハだけでなく、さまざまな製造コストが大口径化で上昇しています。日本のメーカの殆どが未だに200mm生産ラインを主力にしているのは、このことが一因ともなっています。

・ハーフィンチウェーハの値段

変種変量生産では、そのコストメリットは、オンデマンド生産による、在庫や仕掛かり在庫、輸送費を大幅に削減できることにあります。工場についても必要な所に必要なだけの規模でよいのです。将来の変種変量型理想工場においては、デバイス工場とウェーハ工場など材料工場が一体化したものになります。ユー

ザからデバイスチップの注文を受けてから、結晶成長プロセスを行い、その後、ウェーハへのカット、デバイス製造と続けて行うことになるでしょう。必要な量だけしか作らないので、在庫とウェーハ輸送費は原理的にはゼロになります。ドーピングやSOI化など、ユーザのデバイス仕様から必要となるウェーハ仕様に合ったウェーハを必要なだけその場生産すれば良いのです。ウェーハの仕様は、従来よりも極めて柔軟に設定できるようになります。デバイスの高性能化と同時にデバイス性能の最適化が図られ、結果として製造コストを低減できます。過去のウェーハの大口径化トレンドでは、結晶成長装置の電源電圧など結晶成長に関わる諸条件の安定化と製造環境及び原料の高純度化を進め、これが製造コストを押し上げてきました。また、大口径にすればするほど、実は結晶成長速度を遅くしないと品質を保てないという、大きなマイナス要因がありました。これは電力エネルギーを含むコストの上昇につながります。450mm結晶成長では、300mmよりも遙かに成長速度を遅くしなければならぬと言われており、ウェーハコストの無視できない上昇要因になると見られています。小口径ウェーハでは、これらの条件が大幅に緩和されることで、製造装置コストとエネルギーコストを大幅に削減できます。さらに、小口径の場合には、CZだけでなく、CZより高品位なFZという結晶成長法も利用することが可能になります。また、小口径ウェーハは割れにくいので、ハンドリングも実は楽になり、かつ割れ事故による仕掛かりウェーハの廃棄発生を抑えることができます。同時に小さな基板は熱応力に耐えるので、相当乱暴に思える熱プロセスにも耐える可能性が高くなります。このように、ウェーハの1枚の値段は多少上昇しますが、全体の工場サイズの最適化・輸送費の不要化、プロセス効率化・装置価格の低下（数百万円台）・原料消費量やフットプリントなどの低減、在庫ゼロ化により、製造にかかる電力エネルギー費用などの上昇は打ち消し得ると推定されます。

Q：「前工程はそれにしても大変すぎるように思います。後工程ならありうるのでは」

前と後という言葉には色々な使い方がありますが、ここでは、ウェーハプロセスを前工程、ウェーハをダイ（チップ）にカットするダイシング以降を後工程と定義します。

ウェーハがハーフィンチ径程度であると、そこには、少ない場合1チップしか作り込めませんが、逆に言うと、最初からチップサイズであって、ウェーハをカットする必要がありません。そのため、ダイシングという点では後工程が存在せず、生産性・コスト性で大変優れています。一般にモノの流す単位が途中で変わると、仕掛かり在庫が発生し、モノの生産のスムーズな流れを阻害する大きな要因となります。一貫してチップサイズで製造されることは、流れをスムーズにする理にかなった手法です。従って、後工程をまず取り組むべきシステムとすると、のちに前工程に取りかかる段階になった時に、それまでの開発した後工程技術が不要になるので、長期的には非効率な開発経緯をたどったということになってしまいます。

なお、後工程では前工程と比較して低コスト化の意識はずっと以前からありました。無意識的にミニマル的発想で生産が行われてきたと言えるかもしれません。さらに、プリント基板などへの実装工程では、特に低コストが要求されてきましたので、セル生産に代表されるフレキシブルな生産が実現されています。「ミニマル」は、この取扱いを前工程に遡って実現してゆくことが必要との発想を含んでいます。

ただし、後工程において、ダイシングと並んで主要なプロセスである、バックグラインド工程（ウェーハを薄くして、軽く薄いデバイスに仕上げるための主たる工程）については、開発を行わなければならないかもしれません。デバイス製造中に熱応力に耐える強度を確保する必要から、ウェーハ厚さは200～300ミクロン程度必要になる可能性があります。薄さと軽さを要求される最終製品では、100ミクロン程度まで薄くすることは普通にありえます。その場合には、前・後一貫工程のどこかへバックグラインド工程を導入する必要があると思われれます。

前工程が大変すぎるということは、近年の300mmウェーハでのプロセスには良く当てはまることです。このような巨大なウェーハプロセスでは、その300mmの全域において、化学反応、物理的プロセス、そしてそれらから得られる電気的特性について、量と質においてほぼ完璧な均一性を確保するための技術的に高度な様々な工夫が必要となっています。それが、プロセスを高度化・複雑化・高コスト化させ、開発を大変なものにしてきました。小さなウェーハ上でのプロセスでは、大口径化で肥大化したこのような問題は基本的に存在しません。

Q：「儲からないのではないのでしょうか」

利益とコストダウンの源泉を大口径化に求める、これまでのビジネス形態を基に判断すれば、儲からないと言えるでしょう。

大口径を実現するためにトレードオフの関係になっているもの（装置コスト・エネルギー消費、投資リスク、など）があり、それらは全体の高生産性により打ち消されてきたと考えられています。しかし、実際には、全てのメジャーな半導体企業が利益を出し続けてきた90年代までの時代と比較して、最近では、一部の量産企業でしか十分な利益が出せないのが現状です。過去の300mm化の検討段階でも、装置コスト上昇により300mm化生産というビジネスモデルでは収益分岐点付近まで利益が低下することを前提に議論がなされてきました。もはや、半導体は儲かる、と一言で言うことはできません。それだけ、投資生産性などの基本指標に陰りがでています。今後は、これらの負の要因がさらに大きくなってゆくでしょう。規模の大きさは、ビジネスが儲かるか、儲からないかの、必要条件ではありません。銀行からの借り入れや株式発行などの市場調達での資金投入に対して、どれだけの売上げを出せるか、それが儲かる、すなわち黒字にするための基本条件です。

ミニマルシステムにおいては、最小単位で製造を行い、装置コストは2～3桁程度小さなものになります。ファクトリー面積も2桁以上小さなものになる。装置数を現在の300台から数十台まで落とすための技術開発を行い、かつ装置の複雑化を避けられることから、投資額は3桁は小さい、僅かに1～5億円程度のものになります。従って、売上げも3桁は小さくて良いわけです。その分小回りが効く製造が可能になり、在庫をぐっと減らして、ユーザーの注文に即応できるメリットが発生します。

また、現状でのメガファブは、チップの生涯生産数が1000万個以上の大量生産品に向けたシステムになっています。10万個程度の生産数である携帯電話向けなどのSoCチップや、1～1000個オーダの生産数（ウェーハ1枚で納まる注文）でありながら、工場に流れている種類数がおびただしいエンジニアリングサンプルチップ（試作品）には不向きです。チップが高コストになってしまう本質的な原因になっています。ミニマルシステムでは、そのような少量向けに適した生産スピードで設計されるので、このようなチッ

プでは、投資を考慮した全体としての生産性はメガファブよりずっと高くなります。

Q：「デスクトップファーンエスなどを見ている限り、特に新しい技術提案がなされているようには思えないのですが」

・**新技術の必要性**

新思想（ミニマルマニュファクチュアリング）は、地球全体にとって最適な生産システム思想です。要素技術が新しいか否かは問題ではありません。むしろ、枯れた古典的技術（＝高信頼性技術）を最大限活用し、不足の技術だけを開発することが必要です。そもそも、新技術にこだわったことが、日本のエレクトロニクス衰退の一因でした。

・**システムの基本の一つが加熱技術**

化学反応に関しては、小サイズ基板でも大口径基板でも許容される温度差は同じです。一方、熱応力に関しては小サイズ基板の方が有利です。総合すれば小サイズ基板が有利であり合理的といえます。これを基本にした新システム設計こそが肝要です。

・**加熱設計技術**

光加熱は従来から使われてきているものですが、その設計において思想・手法が経験的・非体系的です。コストダウンや高効率加熱を進めるためには、基本に立ち返り、設計手法を体系化することが寧ろ必要なのです。

Q：「どのくらい効果があるのか、見積もったのですか」

・**コスト計算**

設備投資額に対して、どのくらいの数量のチップを生産できるかという試算によると、現在のメガファブで4,200円/チップというコストに対して、ミニマルファブでは、1,500円/チップにコストダウンされるという結果が出ています。また、試作チップについては、メガファブで1,500万円～3億円/チップに対して、ミニマルファブでは、5万円/チップに激減します。単位時間あたりの生産性が小さいミニマルファブが有利になるのは、意外ですが、これは、以下に説

明する技術的効果を含む、様々なムダが省かれることによります。

・**技術的効果**

ミニマルの場合、試作＝量産になるので、開発～量産の期間は著しく短縮されます。携帯電話などの製品寿命が短く、チップ生産数が10万個程度のSoCなどでは、投資生産性は大変大きくなります。1ウェーハ＝1チップという究極の1個流し（1個流しはトヨタ生産方式などで見られる多品種対応法としての基本的手法）になり、ウェーハをチップサイズに切断する必要がないので、前工程と後工程が一体化した、スムーズなウェーハの流れを実現できます。また、プロセス技術全体に適用できることとして、小口径ですから、大口径化で必要になってきた様々な高度で高コストな均一化プロセス技術は不要になるという基本的な効果が発生します。工場環境については、新システムで過去の経緯をふまえる必要がないことから、ガス遮断型という意味で局所クリーン化に完全対応させることができ、プロセス環境と、工場労働者環境を完全に分離し、高品質製造と人に優しい労働環境を同時に実現できるのです。

Q：「プロセス装置を小さくしても、他の色々なものが小さくならないのでは？それで結局、沢山のものを同時に作らないとペイしなくなるように思いますが」

まず、考え方として、全てを一度に小さくする必要はありません。それぞれにリーズナブルなサイズにすれば良いのです。実際には、ユーティリティ（超純水製造装置、半導体ガス供給装置、排ガス・排水処理装置、温調・湿度調節システム、クリーン化システム、電力供給システムなど）が小さくなくなりにくいということがあります。この問題は、資源生産性とエネルギー生産性が非常に高い、必要な材料や環境を必要な時に必要なだけ供給するミニマルマニュファクチャリングテクノロジーを導入することで、解決することができます。現在の半導体製造システムでは、リソグラフィ工程があって、一旦ウェーハ上に導入した資源をほとんど削って捨ててしまうことを繰り返すので、資源の利用効率は、1/100～1/1000になってしまっています。エネルギーも、そのために、最終的にデバイスに使われた原子や分子に費やされたエネルギーという点では、利用効率は同様に低水準にあります。たとえ

ば、ミニマルテクノロジーの一つであるインクジェット技術を用いると、堆積した配線は原則削り取る必要がなくなり、資源生産性は原理的に100%になります。ミニマルテクノロジーの導入で、資源生産性とエネルギー生産性が僅かに1桁でも上昇すれば、ユーティリティ規模は1/10になります。2桁上昇すれば、1/100になり、そこで必要となる材料は、その場で、必要な時に必要なだけ生産すれば良い、ということになってゆきます。地球環境にとっては大変優れた製造法です。

Q：「これまでの大量生産型装置の利活用とのすり合わせも必要ではないでしょうか」

全てを一度に小さくする必要はありません。それぞれにリーズナブルなサイズにすれば良いのです。従来装置も部分的に活用する柔軟性は必要でしょう。プロセス毎に要する時間を考慮し、全体が滞りなく流れるように処理単位を調整することが望ましいと考えられます。

Q：「将来目標は何ですか」

将来の直接的な目標は、電子デバイスや光デバイスなど集積化されたデバイスを、工房と言えるような規模の匠の工場生産する、そのシステムを構築することです。これにより、投資資金が潤沢でなくても、製品アイデアや新しいプロセス技術のアイデアと技術さえあれば成立する、イノベーション直結型ビジネスというものを生み出すことができます。その仕組み自体を創造することが目標です。

Q：「化成品に対しては有効では？」

初期投資額を少なく出来ることとオンデマンドで物質生産出来るという点において、化成品に対しても有効です。言い換えれば、必要な化成品を、必要な時に、必要なだけ、その場で造ることが求められるなら有効になります。化成品は、時間が経つと品質が落ちてしまうものがあります。その場で必要なときに造れば、最高品質のものを供給できるメリットが発生します。また、それを使って製造する商品の仕

様が変わり、化成品の仕様が変わっても在庫を廃棄しなくて良くなります。さらに、たとえば、1kgしか必要のない化成品であれば、ドラム缶（ペール缶）単位で購入しなくても良くなり、効率的な原料調達が可能になります。化成品は物質そのものの生産であり、デバイスは化成品を使った構造の生産です。ユーティリティの小型化に関する質問の項目でも解説したように、デバイス製造システムのミニマル化は、資源生産性とエネルギー生産性が飛躍的に向上することから、供給資源製造装置、すなわち化成品などの材料製造のオンデマンド化とミニチュア化を必然的に伴うこととなります。

Q：「大学などで研究用システムを作ることに対しては有用」

有用です。それがそのまま量産プロセスなることから極めて有効です。（ベンチャービジネスの機会増大）

Q：「コスト／チップが重要でしょう」

その通りです。より正確に言えば、生産に直接かかる費用に加え、プロセス技術開発費用、プロセス装置費用、工場投資費用、それに廃棄物処理費用などを全ての必要費用を考慮した、チップ当たりのコストが重要です。

Q：「1つの装置に関しては1品種というのなら理解できます（共用ではなく）」

装置が同一でもプロセスは可変です。極論すれば1チップごとに異なるものを作れることが魅力です。それを現実的なコストで実現するための技術開発は、変量生産に加え、変種生産という付加価値をミニマルシステムに与えます。

Q：「この構想では、大量生産はしなくても、同じデバイス性能が出せれば良いというわけでしょうか」

同じデバイス性能が出せれば、大量生産でも少量生産でも良いということです。あとは、損益分岐点の議論になります。極力固定費を押さえ、販売量比例費(変動費)だけで生産できれば、少量生産でも利益が出せます。「ミニマル」装置では、固定費が最小になります。これが、変量生産のあるべき本質です。

Q：「チップ試作については、試作サービス窓口があり、ローコストを謳っています。」

最近では、チップ試作を請け負う所が出てきています。一つは、有料でチップ試作を請け負う仕組みで、様々な大工場の稼働率を上げるための、小口受付サービスです。MOSISなどがそれにあたります。この場合のローコストとは、量産品を数百万個請け負う全費用に較べて、格段に安いということです。先端プロセスのマスクを全て新調するようなケースでは、マスク費用3億円は、当然加算されます。また、請負数量も最低数十チップで、その最低オーダ数の場合には、相当割高となります。例えば、MOSISの場合、minimum オーダでは、40 ダイ^{*}、ミディウムオーダでは、500～2000 ダイ単位などとなっています。現在の製造システムでは、大口径ウェーハ単位の製造ですから、チップを1個だけ受注するのも、1ウェーハ分の千チップレベルで受注するのもコスト的には歩留まりを無視すれば変わりません。

また、チップ製造専門工場の一部では、試作(エンジニアリングサンプル)を直接請け負う所もあります。

^{*}ダイとは、集積回路チップの回路そのものが載っている集積回路基板のこと。基本的には、1つの集積回路チップは1つのダイに外部との接続のための配線を施したものと説明できます。

Q：「多品種少量品は、FPGAに向かっているのが現在のトレンドでは？」

はい、その通りです。FPGA(Field Programmable Gate Array)は、論理回路の回路構成を利用段階で切り替える機能を持った集積回路です。一度製造すれば、色々な用途に使い回してできますので、少量向けの現在の切り札と言って良い技術です。しかし、論理切り替え回路が付いていることから、チップ面積は、システムLSIの約4倍、消費電力で10倍になります。従っ

て、機能と性能的には目的用途を持った普通のシステムLSIにはかないません。

Q：「最新の高性能な微細化チップでは、多品種少量など淘汰されて不要では？」

最新の高性能な微細化チップで、生産量の多いチップが増えているのは事実です。最新製造装置を導入する必要から設備投資が莫大になり、また、マスク代も3億円はかかるようになりました。数量の僅かなチップでは、過去にも増して採算が合わなくなっています。従って、少量品は不要のではなく、作れなくなっているのです。このままでは、益々既製品チップだけが多量に作られるようになり、半導体産業の作り出すチップは面白みを失い、産業活力を低下させてゆくこととなります。

Q：「ソフトの比重が増しています。チップは既製品が良いと思いますが」

何故、ソフトの比重が増したかといえば、大きな理由の一つは、チップが少量生産で割高になってきたので、既製品の大量生産チップだけが生産されるようになってきたからです。また、ソフトだけに頼ると、ソフトウェアの規模が巨大化してソフト開発自体に莫大なコストが必要となってゆきます。それがまたハードに高速性や巨大なメモリ容量を要求し、ハードの巨大化を招くこととなります。

Q：「これは、カッコいい仕事でしょうか」

システムのミニマル化には2つの側面があります。一つは、環境負荷を減らすと同時に、高性能化と低コスト化を同時に実現するという点です。どちらかという、企業は第一声として低コスト化のメリットを歓迎することになるでしょう。

一方、高機能化をも実現します。これまでは、集積回路については、大工場という生産形態しかなかったもので、特別なものを1つだけ作るということが全くできませんでした。工房と言って良い規模の工場では、匠の技を駆使して、一品生産が初めて可能になります。

例えば、普通は光を使って感光する、現状では 45nm が限界のリソグラフィ技術にしても、電子ビームを使うことによって、飛躍的な微細化が可能になります。大口径では必須のステッパーという機構自体が不要になることもあり、電子ビームのフォーカシング性能を十分に引き出すことができるので、ナノメートルの加工が可能になります。将来的には、究極的な手法として、走査トンネル顕微鏡のような原子一つ一つへの直接的な電子注入も一つの選択肢になります。この場合には、原子一個ずつの加工が可能になります。ナノメートルオーダーの微細化が可能になると、スケールアップ則から、消費電力は 1/100 になります。原子オーダーの加工では、1/10000 の消費電力ですんでしまうようになります。このような超低消費電力デバイスを使えば、充電電池を太陽電池や単なる乾電池やボタン電池に置き換えることが現実となり、ビジネスシーンやパーソナルユースで、様々なハイテク製品の価値が飛躍的に増大し新たなマーケットを生むこととなります。その一つの考え方が、超高級デバイスです。職人工場で生産されるスイスの時計産業の世界シェアは、個数で 2% でありながら、売上げで 50% を占めています。そのような発想の超希少価値デバイス開発が、これからは求められるようになるでしょう。これは、デバイス工房でなくては生産できない、匠によって知的な息吹を吹き込む仕事です。

ミニマルファブ適用可能システムとは何か

ファブシステム研究会代表
半導体システムイノベーション検討会世話人
原 史朗

ミニマルファブに適したシステムとして、以下の5つが考えられる。

- (1) 多品種少量型または変種変量型半導体集積回路製造ファブシステム
 - ・ SoC チップやシステム LSI などと呼称されるデバイスの製造システム
 - ・ 化合物半導体デバイス製造システム
 - ・ 特殊用途向けデバイス製造システム
- (2) ハードディスクヘッド製造ファブシステム[※]
- (3) MEMS(Micro Electro-Mechanical System) 製造ファブシステム
- (4) 試作ライン
- (5) 研究装置のモジュール化 (研究実験の信頼性の飛躍的向上、研究と生産の直結)

これら5つのシステムの現状について、そのシステムの一端を示す解説記事を本レポート中の次ページ以降に掲載した。一つのまとまった資料として、今後のミニマルファブ実現への参考資料となることを期待する。

※ (2) のハードディスクヘッド製造ファブシステムについては、そのものの記事ではなく、現に、マーケットの変質と変動に対して過去柔軟に対応してきたハードディスク製造全般について把握できる歴史解説記事を掲載した。

HALCA プロジェクトと今後の展開

株式会社ニューフレアテクノロジー 津守 利郎
元技術研究組合 超先端電子技術開発機構
HALCA プロジェクト推進部門 部門長

○ HALCA プロジェクトの目的

我が国の半導体産業は、1990年代後半、韓国、台湾の急激な台頭により従前の DRAM を主体とした少品種大量生産型のビジネスモデルから、デジタル情報家電をターゲットにした多品種少量生産型のシステム LSI に大きく舵をきった。その生産量は DRAM の場合、月産数百万～数千万個／タイプであるのに対し、システム LSI は平均すれば月産数万個／タイプのレベルであり、しかも種類は多い。生産の型が大きく異なればその製造装置、製造システムも大きく変わらなければいけないのは自明であるが、現実にはそのような製造装置、製造システムは存在しておらず、結局は少品種大量生産型と同じ製造装置、製造システムで多品種少量生産型のシステム LSI を生産しなければならない。この事実は我が国半導体産業にとり大きな矛盾であり、宿命となっている。

HALCA プロジェクトが目的としたものは、従来の 1/10 の規模である 100Lot/M のシステム LSI の製造に於いて、大量生産用の既存装置を使用してもコストスケラブルとなる製造システムの実現可能性及び省エネ技術を提供することである。

○ HALCA プロジェクトとは

HALCA プロジェクトは、独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下 NEDO という）より助成金を受けて開発を行ういわゆる助成金事業として実行されたものである。HALCA プロジェクトの開発形態としては、NEDO より助成金を受け、主に新規なコンセプトに基づく装置開発を主体として開発を行う「補助金事業」と、参加企業からの賦課金のみで、補助金対象以外の設備を導入し、評価技術等デバイス製造ラインとしての検証までをも可能とする「自主事業」の二つの形態で実行された。実際の活動推進の実行部隊としては、技術研究組合 超先端電子技術開発機構（ASET）の HALCA プロジェクト推進部門が担当した。

プロジェクトのあらましを以下に示す。

事業名：「高効率次世代半導体製造システム技術開発」
期間：平成 13 年 8 月 30 日～平成 16 年 3 月 20 日
開発場所：つくばスーパークリーンルーム産学官連携研究棟 研究 C R（750m²）
参画企業：東芝、ソニー、シャープ、ローム、セイコーエプソン、東京エレクトロン、荏原製作所、ULVAC、大日本スクリーン製造（以上補助金事業）、三洋電機、清水建設、大林組、大成建設、トヨタ自動車（以上自主事業）。
人員：合計 50 名（研究員：34 名、試作担当：9 名、スタッフ：7 名）
プロジェクトリーダー：大見 忠弘（東北大学）
HALCA プロジェクト推進部門長：津守 利郎

HALCA プロジェクトは、前述の如く、国から開発資金を補助してもらい実行するいわゆる補助金事業であり、主旨に賛同したメーカーのみが参画するいわゆるこの指とまれ方式のプロジェクトである。しかも半導体デバイスメーカー、装置メーカー更には自主事業として、建設メーカー及び自動車メーカーまでもが参画し、互いの得意な面を出しあいながら開発を実行するもので、これまでに類を見ない形態のユニークなプロジェクトである。

○ HALCA プロジェクトの技術と成果

HALCA プロジェクトでは、装置共用化技術、多機能化技術及び省エネ技術を基本骨子とした開発が行われた。

装置共用化技術では、専用装置となっていたものを毎回のチャンバー初期化により共用化を実現するものである。例えば従来の LPCVD 装置では、Poly Si、SiO₂ 及び SiN は夫々専用装置化し安定成膜を実現していたが、夫々の成膜後にプロセス痕跡をなくする毎回クリーニングによる初期化を行う事により同じチャンバーで 3 種の膜を成膜するものである。多機能化技術では、ステンシルマスクを用いたイオン注入技術

によりリソグラフィ工程の大幅削減を実現するものである。又省エネ化技術に於いては、ポンプ等のオンデマンド運転、1バス洗浄装置を用いた薬液、純水削減技術を開発した。

この他にはCMPの終点検出技術、Cuの含浸高速メッキ技術、汚染雰囲気を完全に遮断する環境ボックス等の技術が開発された。

ここで開発された技術は、デバイス試作に於いて従来の専用装置で一貫生産されたものと比較しても全く問題ない事が実証された。

一方クリーンルーム技術についても従来の箱物の感覚から、半導体製造装置の一種ととらえ、ユーティリティをも一体化した高効率のミニファブと呼ばれるクリーンルームのあり方を開発した。

上記技術の開発により、既存装置を用いて100Lot/MのシステムLSIの生産を実施する場合、従来の専用装置で生産する場合に比べ、装置台数及び装置種類を半減する事が可能となり、コストスケラブルな生産の可能性を見出す事が出来た。同時に60%の省エネ化も実現される見込みとなった。

これらの事実はこれまでの半導体工場設立の概念を根本的に変えるものである。即ち大規模投資、広大な敷地、豊富な水資源、大電力供給の制限が大幅に緩和される事となり、新工場設立が容易になる事を意味するものである。この事はシステムLSIの設計者、或いはセットユーザーに直結した半導体工場が実現可能な事を意味するもので、システムLSIを戦略デバイスとして位置つける我が国半導体産業にとりその意義は大変大きいものとする。

○ HALCA プロジェクトの実用化状況

HALCAプロジェクトで得られた成果は多品種少量生産型のシステムLSIの生産に最適な製造システムとなる事が期待された。しかしながら現実にはHALCAプロジェクトの成果をそっくり具現化した製造ラインは実現していない。最大の理由はHALCA参画企業のお家の事情によるところが大きい。即ち注力デバイスのシステムLSIから他のデバイスへのシフト、或いは半導体事業そのものの縮小によるものと思われる。

HALCAプロジェクトで開発された技術はミニファブだけに適用されるものでなく、既存の製造装置、製造システムにも当然応用する事が出来る。実際にHALCAで開発された技術の幾つかはその後300mm

化技術への改良が加えられ、300mmの最先端半導体製造ラインで実用化されていると思われる。勿論200mmラインへの適用も、そのまま或いは更に改良が加えられ実現されている事と思われる。しかしながらその内容については各社の企業秘密になるもので確認する事は出来ない。

HALCAプロジェクトは期間としては2年半であったが、途中つくばクリーンルームへの移転、デバイス試作での検証、まとめ等に時間をとられ、実質1年半の短期間のプロジェクトであった。その間研究員、技術員の懸命な努力、集中力により当初の目的以上の成果を出す事が出来た。

少品種大量生産用に作られた既存装置でも多品種少量生産型のシステムLSIの生産に於いて、コストスケラブルな適用が可能である事を示す事が出来た意義は大変大きいものがあると考えている。

○ これからの半導体製造技術

今世界の半導体産業はビジネス面でも技術面でも大きな変局面を迎えている。微細化をトリガーにしてきたDRAM、Flash等のメモリービジネスは過剰生産と市況悪化による急激な価格低下による収益力の大幅悪化を余儀なくされ、業界再編等の問題に直面している。微細化による性能向上をトリガーにしてきたMPU等のロジックデバイスは、微細化に伴うVthのばらつきによる歩留まり低下、配線スピード低下等のトランジスタの基本的な壁に突き当たり、従前のスキームの大きな転換を迫られている。一方我が国が戦略デバイスと位置付け、デジタル情報家電を主なターゲットとしているシステムLSIでは、最先端技術を使用すると上記の技術的問題の他、コスト的にも無理があり、正常なビジネスモデルを描く事が困難になっている。このようにあらゆる種類のデバイスで行き詰まりの様相が顕在化してきているのである。今何をしなければならぬか早急に答えを出す事が求められている。

微細化に伴う電子の統計的なゆらぎ等の問題は学術的にみても本質的なものであり、いかんともしようがない。微細化に依存しないアプローチで解決するしかなく、各所に於ける今後の研究成果を待つしかない。

一方 製造面からみると解決策は多々あるように思われる。本質的には少品種大量生産型と多品種少量生産型の製造装置、製造システムは分離すべきと考える。この事は当然デバイスメーカー及び製造装置メーカー

にも有る程度は認識されていると思われるが現実的には大変難しい。製造装置メーカーとしては当然大量注文となる大量生産型の製造装置に注力する事となり、苦勞して開発された最先端の技術は全てここに注入される事となる。必然的に多品種少量生産型の製造装置に注力する余裕はなく結果として同じ製造装置しか存在しない事になる。

多品種少量生産型の製造装置、製造システムとしてはどうあるべきか？ この答えは HALCA プロジェクトで方向性を示してくれたと思われる。即ち無駄を徹底的に省き、装置台数、装置種類そして工程数を極限まで減らせば大量生産と同様なコストスケラブルな製造システムが出来ると思われる。HALCA プロジェクトでは既存の大型装置を用い、共用化、多機能化により

実現出来る事を示したが、現実的にはウエーハ1枚毎に処理する枚葉装置化が理想と思われる。

枚葉処理ではウエーハの待ち時間もなく、1枚毎に条件最適化が容易となり装置不安定化による歩留まり低下も防ぐ事が出来る。更にこの枚葉装置に共用化、多機能化の概念を取り入れる事が出来れば装置台数、装置種類も大幅に削減する事が出来る。又完全枚葉化が実現すれば、トヨタ生産システムで具現化している後引き取り方式が可能となり、究極の無駄のない生産方式が半導体製造の世界でも実現出来る事になる。

現在 装置枚葉化のネックとなっている製造装置は LPCVD 等の成膜工程が多いが、ここには東北大学大見教授等によって開発されたマイクロ波励起高密度プラズマによる成膜装置が有望である。技術的に未完の部分があると認識しているが、低温成膜が可能で且つ低電子温度によるダメージレスでエッチングにも応用が可能なポテンシャルの非常に高い装置である。今後の早急な改善に期待したい。

完全枚葉化の製造システム構築には、この他に搬送システム、管理システム等のあらゆる面での改革が必要であるが、デジタル情報家電用システム LSI デバイスに将来を託す我が国の半導体産業にとり必ず実現しなければならない課題であると考えます。

一方 システム LSI ビジネスの発展にはデバイス種の拡大も必須の課題であるが、そのネックとなっているのがマスク価格である。65nm 相当のデバイス試作の場合、マスク1セットで3～5億円にもなっており、これでは折角良い設計をしてもマスクを作成し、デバイス試作を行う事は容易ではない。これにはウエーハ

直描技術が有望である。現在は電子ビームによる直描技術が検討されているが、技術的課題が多く、実用には余り利用されていないようである。直描技術が完成し、マスクコストが不要になればウエーハの試作が容易になり、今まで埋もれていたシステム LSI の応用範囲も飛躍的に増大するものと思われる。

○産総研への期待

システム LSI デバイスは我が国半導体産業ひいてはエレクトロニクス産業全体の浮沈をかけた戦略デバイスであり、何としてでも成功させなければならない。上記で述べたシステム LSI の製造に関する多くの課題はデバイスメーカー或いは製造装置メーカーの単独で実現出来るものではなく、正に国家プロジェクトとしてしっかりと取り組む必要がある。これまでの国家プロジェクトは業界主導で実施されてきたが、目先の利益優先でその姿勢はどうしても従来技術の延長線上にならざるを得ない。ここにはいわゆるデスバレーが存在し、在るべき姿へのアプローチは困難である。システム LSI 製造技術にはパラダイムシフトにも相当する革命が必要であり、その為には在るべき姿を明確にし、総力を挙げて課題を解決していく本当の意味での国家プロジェクトが必要である。そのリーダーは在るべき姿、課題をしっかりと認識し、中立な立場から推進できる人材が必須である。推進母体は民間では困難であり、大学或いは産総研等の公的機関が望ましい。

産総研では、現在ミニマルマニュファクチャリングという最小の資源投入で最大のアウトプットを創出するという素晴らしいコンセプトのプロジェクトがスタートしている。更にはスケールシュリンク構想というチップ製造の究極の構想にも取組みが進んでいると聞いている。このような概念は正にシステム LSI 製造の理想的な姿であり、民間からは決して出て来ない発想である。

システム LSI のビジネスモデルに合致した製造システムの実現は早急に実現しなければならない大変重要な課題である。まずは産総研内にミニファブのモデルラインを構築してもらい、産総研、大学の他、デバイスメーカー、装置・材料メーカー及び CAM 関係会社等にも参画してもらい、我が国の総合力で強力に推進してもらいたい。既にミニファブの基本モデルは HALCA プロジェクトで提案されている。産総研で進められている構想を基本骨子として是非とも国家プロジェクトとして実現してもらいたいものである。

HDD組立ファブの変遷とHDDにおける ミニマルファブ構想としての多角形クリーンセル生産方式の提案

株式会社日立グローバルストレージテクノロジーズ
ヘッド製造本部 主管技師 加藤 洋

目 次

I. HDD製品の変遷に伴うHDD組立ファブの変遷

I-1. (株)日立小田原工場(現日立GST)におけるHDD生産の歴史

- 日立小田原工場の歴史
- 日立小田原工場の製品の歴史
- HDDの記録密度向上の歴史
- HDD用磁気円板と磁気ヘッドの歴史
- HDD組立ファブの歴史

I-2. HDD組立ファブの事例紹介

- 14 インチ大型HDD組立ファブの事例紹介
- 5.25 インチ小型HDD組立ファブの事例紹介
- 3.5 インチ小型HDD組立ファブの事例紹介
- 2.5 インチHDD組立ファブの事例紹介

II. HDDにおけるミニマルファブ構想としてのクリーンセル生産方式の事例紹介と 多角形クリーンセル生産方式の提案

II-1. HDD海外量産拠点におけるクリーンセル生産の事例紹介

- 2.5 インチHDDの海外展開
- フィリピン工場(HICAP)でのHDD生産
- クリーンセル生産方式の導入
- 部品配膳システム
- HICAP工場内物流のコンセプト
- フロアコントロールシステムとしてのWINPAQとHICAPにおけるSCM
- 「ミルクラン」導入の背景と結果
- HICAPでの物流改善事例

II-2. HDDにおけるミニマルファブ構想としての多角形クリーンセル生産方式の提案

- 多角形クリーンセル生産方式提案の主旨
- 多角形クリーンセル生産方式のコンセプト
- 多角形クリーンセル生産方式の構想
- 多角形クリーンセル生産方式を使用したレイアウト案
- 従来のクリーンセル生産方式と今回の多角形クリーンセル生産方式との比較
- 多角形クリーンセル生産方式の発展性
- 多角形クリーンセル生産方式のモジュール構造化とその応用構想案

III. まとめ

III-1. 本稿をまとめる事になった経緯

III-2. 謝辞

I. HDD製品の変遷に伴うHDD組立ファブの変遷

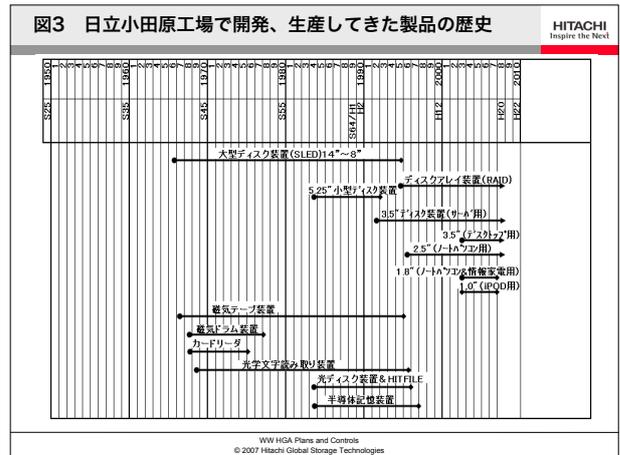
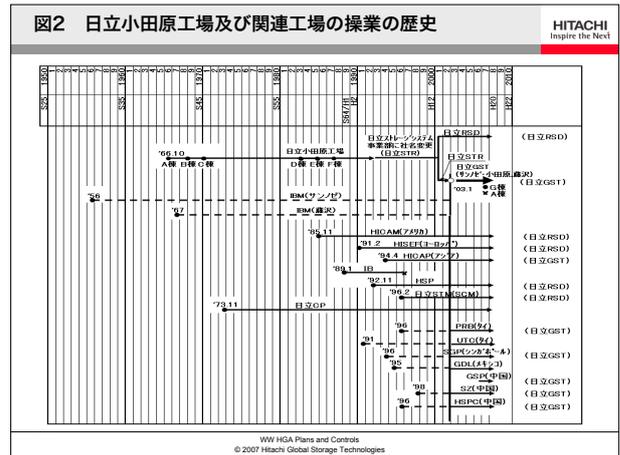
I-1. (株)日立小田原工場（現日立GST）におけるHDD生産の歴史

○日立小田原工場の歴史

現、日立GST小田原工場の前身である日立小田原工場（日立STR時代含む）は、1966年10月に日立神奈川工場の分工場としてスタートし、1968年2月にコンピュータの外部記憶装置を製造する工場とし独立した。2003年1月に日立に統合されたIBMのストレージ部門は1956年にサンノゼでスタートし、IBM藤沢工場は、1967年にスタートしている。図1に日立GST小田原工場の全景写真を示す。図2は日立小田原工場及び関連工場の操業の歴史を示す。

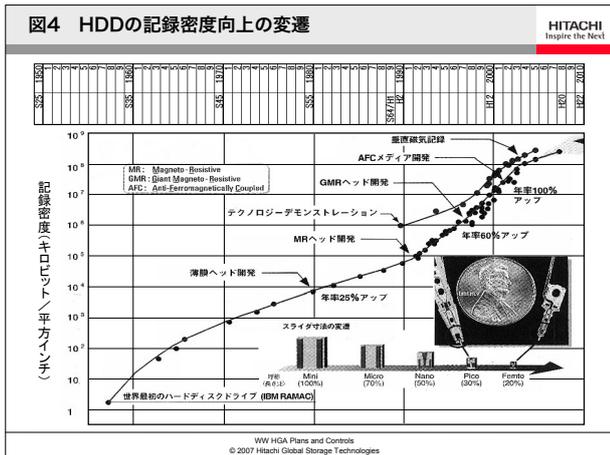
○日立小田原工場の製品の歴史

図3は、日立小田原工場が開発、生産してきた製品の歴史を示す。1966年に分工場としてスタートした時から日立小田原工場は、磁気ディスク装置（Hard Disk Drive: HDD）を生産しており当時のHDDは直径14インチ（＝直径350mm）の円板を何枚も搭載した大型磁気ディスク装置（大型HDD）と呼ばれるものであった。大型HDDは9.5インチ、8インチ、6.5インチ、3.5インチと磁気記録密度の向上に伴い搭載される円板サイズも小さくなり、HDDも小型化していった。HDDの小型化に拍車がかかったのは、1台で高信頼性大容量の磁気記録を保証するSLED（Single Large Expensive Drive）の時代から、複数の小型のHDDを搭載し、システムとして高信頼



性を保証するRAID（Redundant Alley Inexpensive Drive）の時代へ変遷した1980年代後半から1990年代前半の時期であった。その頃、ミニコンに搭載された5.25インチのHDDや業務用パソコンに搭載された3.5インチHDDが登場し、生産台数を伸ばした。そしてHDD単独で販売するビジネスが始まった。そもそもミニコンや業務用パソコンとして開発された5.25インチHDDや3.5インチHDDが、大型磁気ディスク装置に搭載されるようになり、RAIDシステム時代の開幕となった。1995年頃からポータブルPC、ノートPCの需要の伸びに従って、省エネ、耐衝撃性に優れる2.5インチHDDの需要が増大、生産台数も飛躍的に大きくなった。2003年以降、サブノートPC、ポータブルオーディオ用として、1.8インチHDD、携帯電話やビデオカメラ、PDA用に1.0インチHDDを開発し、生産、販売したが、HDDに比べ、駆動部が無く、省エネ性、耐衝撃性に優れているフラッシュメモリにその市場を席巻されてしまった。ただしノートPC、デスクトップPC、HDDレコーダー、サーバー等、省エネ性、耐衝撃性よりも、記録容量のコストパフォーマンスが優先される市場では、2.5インチや3.5インチのHDDが独壇場であり、市場も年率20%で伸びている。HDDの新しい分野としては、カー





ナビ用、外付けのリムーバブルHDD (i-VDR) 等が開発、製品化されている。先ほどの図3には、大型HDDと同様に日立小田原工場がスタートした時から開発、生産を開始していた磁気ドラム装置、磁気テープ装置等の生産の歴史や、1980年代に入って、開発、生産を開始した光ディスク装置や半導体記憶装置の小田原工場での歴史を記載した。

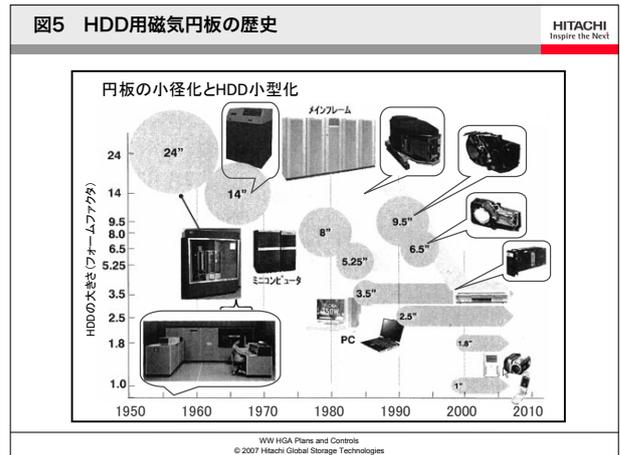
日立小田原工場がスタートした1966年から現在2008年にいたるまで、開発、生産、販売を継続している製品は、HDDのみである。他の外部記憶装置は、全て小田原工場、又市場から消えていった。日立小田原工場は、約42年に渡って最先端の技術を駆使してHDDを開発、生産し続けている。そして現在でも世界の第一線で活動し続けている事実は、栄枯盛衰の激しいこの業界では奇跡に近い事である。

○HDDの記録密度向上の歴史

図4はHDDの記録密度向上の変遷を示すもので、縦軸は記録密度 (キロビット / 平方インチ) を対数で表し、横軸は年代を示す。世界最初のHDD (IBM RAMAC) が開発されて以来、記録密度は級数的に伸びた。薄膜ヘッドが出現して、年率25%のアップ。MRヘッドやGMRヘッドの開発によって、年率60%アップし、2000年代後半に入って垂直磁気記録やAFC円板の開発によって年率100%アップした。そして2011年には1テラビット / 平方インチを実現する見通しが得られている。この凄まじい記録密度の向上によって、HDDの大容量小型化が実現出来、ノートPCや情報家電にも搭載出来る価格になった。

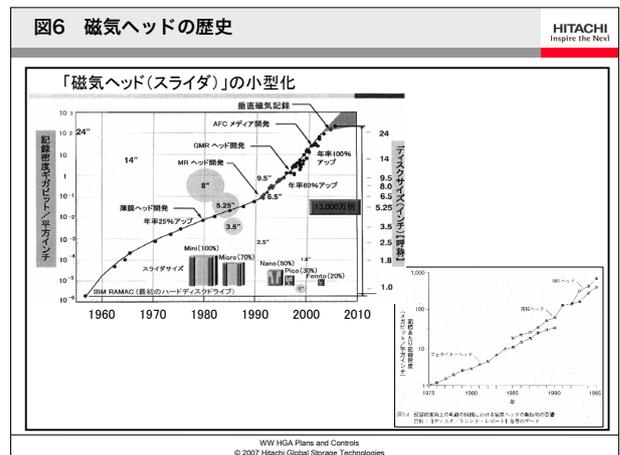
○HDD用磁気円板&磁気ヘッドの歴史

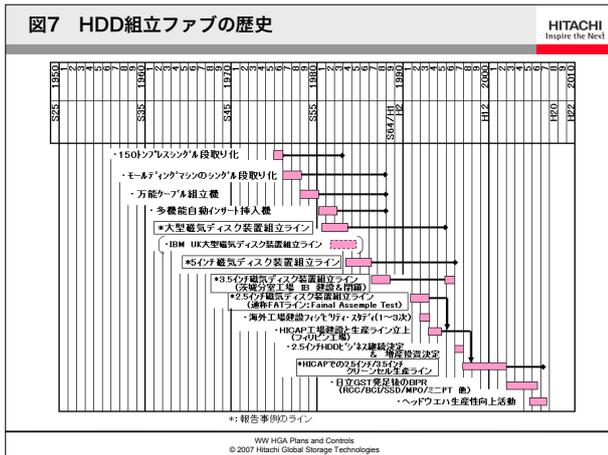
図5は、HDD用の磁気円板の歴史を示すものであ



る。IBM RAMACの24インチ円板に始まり日立小田原工場では14インチ円板から開発、生産を開始した。当初はアルミ材をダイヤモンド施盤で表面を鏡面に削り、それに磁性剤を塗布した磁性膜塗布円板であった。HDDの小型化に伴い円板の小型化が14インチ→9.5インチ→8インチ→6.5インチ→5.25インチ→3.5インチ→1.8インチ→1.0インチと進んで行ったが、最近では1.8インチ、1.0インチのHDDの開発、生産がフラッシュメモリの台頭により中止になった為、現在生産されている円板サイズは、3.5インチと2.5インチのみとなった。素材の方はノートPCの出現により、それに搭載される2.5インチHDDは、耐衝撃性の面からガラス素材の円板が採用されるようになった。従って現在、3.5インチ円板はアルミ材、2.5インチはガラス材の円板を生産している。そして磁性膜も塗布からスパッタに移行し、高密度化に対応していった。

図6は、磁気ヘッドの歴史を示すものである。磁気ヘッドも記録密度の伸び、及びHDDの小型化に伴ってスライダの大きさもミニ (100%)、マイクロ (70%)、ナノ (50%)、ピコ (30%)、フェムト (20%) と、現在ではルーペで見ないと見えない位小さくなっ





ている。ヘッドの材質、構造もフェライトの巻線構造から、薄膜ヘッド、MRヘッド、GMRヘッド、TM Rヘッドそして垂直磁気ヘッドと移り変わり、高密度化に対応して来た。

○HDD組立ファブの歴史

筆者は1970年に日立小田原工場に入社し、定年(60歳)を迎えた2006年の36年間、一貫してHDDの製造、生産技術部門を担当してきた。その関係で14インチから5.25インチ、3.5インチ、2.5インチ、1.8インチ、1.0インチ等のHDD組立ファブに係って来ました。図7に筆者が係って来たHDD組立ファブの歴史を示す。そして次章でその事例を紹介する。

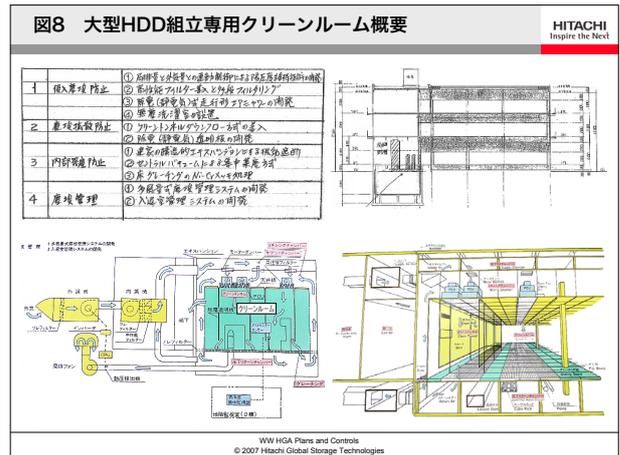
I-2. HDD組立ファブの事例紹介

○14インチ大型HDD組立ファブの事例

筆者が手掛けた最初のHDD組立ファブは、この14

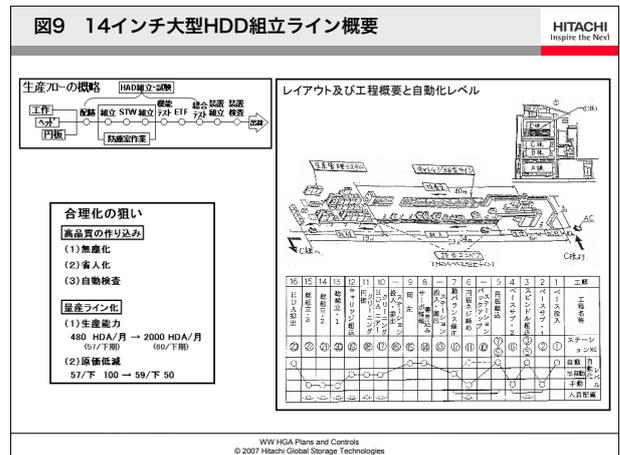
表1 14インチ大型HDD製品仕様

項目	6.35/1260MB	2.5/5GB
構成図		
仕様	6.35MB	2.5GB
性能	1270MB	2520MB
信頼性	720TP1	600TP1
仕様	0.42μm	0.42μm
トラックピッチ	3.9μm	4.2μm
HDD外形図		
部品数	570点	398点
部品仕上	ディスク枚数 13枚	8枚
仕様	ヘッド本数 42本	25本
大きさ	750(L)×400(W)×360(H)	610(L)×400(W)×305(H)
重量	80kgf	80kgf



インチ組立ラインで、1スピンドル1200MBの当時としては世界最大級の容量を持つHDDであった。14インチの円板を13枚、ヘッド42本、部品総点数570点、外形寸法750mm(L)×400mm(W)×300mm(H)、重量で80kgfというもので、2人掛かりでないを持ち運べないHDDであった。(表1参照)

上記したHDD以前の14インチ大型HDDは、IBMコンパチブルのものでIBMのHDD製品と寸分違わずにコピーして国内で生産、販売していた。1982年に起きたIBM事件を境に、オリジナル設計に切り替わり、その第1号が1スピンドル600MBのHDDで、第2号が上記した1スピンドル1200MBのHDDであった。オリジナル第1号の600MBのHDDはコンタミ面での品質問題を起こしたため、1200MBHDDでは、徹底的にコンタミの除去を図った。そのため大型HDD組立専用の防塵棟(D棟)の建設から実施し、図8に示す日立では初めての本格的クリーンルームを1983年に建設した。そのクリーンルームに設置する組立ラインは、図9に示す全長34mで、洗浄工程を含めると40mのライン。本ラインは無塵、無人化のコンセプトからスカラ型の組立ロボットを自前でクリーンロボットに改造(当時はまだクリーンロボット

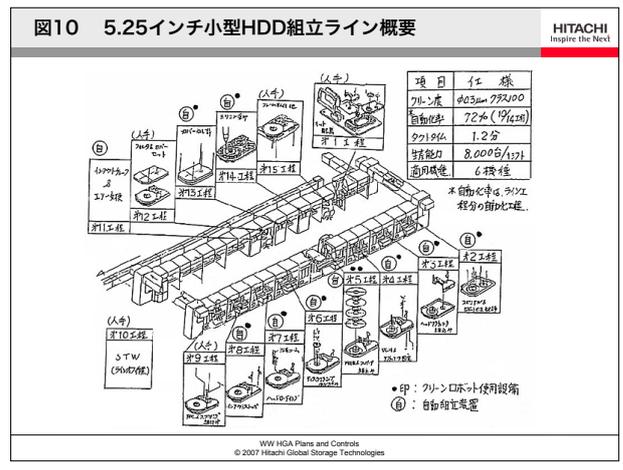


が市販されていなかったため)して使用し、工程自動化率68%の本格的な自動組立ラインであった。本組立ラインは、工作のFAラインと円板の全自動塗布ラインと共に、日立の社長FA賞を受賞した。建屋の建設から、クリーンルームの建設、そして本格的な自動組立ライン等、百数十億円の大きな投資を実施したが、生産能力は480台/月から2000台/月に伸び、製造原価も従来の600MBHDDの50%で実現出来た。14インチ大型HDDは、1980年代後半から国内市場だけでなく輸出も本格的に始まり、1990年には、小田原工場の売上は200億円/月を超え、利益も28億円/月を達成する等、大型HDDの黄金期を迎えた。

○ 5.25 インチ小型HDD組立ファブの事例

5.25 インチ小型HDDは、ミニコン搭載用のHDDとして開発されたので、大型HDDのようにメインフレームの外部記憶装置としてのシステム販売でなく、HDDを単体販売するものであった。従って生産台数も大型HDDの一桁上で、40～50K台/月、コストは1/10～1/20、外形寸法もフルハイト版が203mm(L)×146mm(W)×85mm(H)、重量は3kgf、円板は5.25インチサイズのものが4～8枚、ヘッドは8～15本であった。(表2参照)

大型HDDの開発サイクルは、3～4年であったが、5.25インチ小型HDDは1～2年になり、同じ組立ラインに多機種を混流して流さなければならなかった。5.25インチ小型HDDの組立ライン構築の目的は低原価、高性能、高品質の小型HDDを量産する事であった。従って組立ラインは、多機種にフレキシブルに対応出来、かつ投資額も低く抑える必要があった。図10に5.25インチの小型HDD組立ラインの全景とライン仕様を示す。又、図11には本組立ラインのコン



セプトと本ラインで開発導入したユニットコンベア、横行コンベア、キット配膳パレット、そして機種切換えセンサーを示す。本ラインは大型HDDの組立ラインのように専用の高クリーン度(クラス100)なグレーチング床のクリーンルーム内に設置するのではなく、コンクリート床で、室内をクリーン塗装し揚圧にしたクラス10kの部屋に設置した。そしてクラス100のクリーン度は、コンベア上の部品が流れるエリアだけに限定した。この局所クリーン化を可能にしたのが、ユニットコンベアと横行コンベアで、その中をキット配膳された部品が搬送される。又、多機種混流に対応するため開発したのが、新明和工業と共同開発した直行型クリーンロボットで、本ラインに10台導入した。機種切換えセンサーはキット配膳用パレットに取り付けられた穴開きプレートで機種を判別して組立ラインのロボットの動作プログラムを自動切換えし、多機種混流に対応した。本ラインは、1986年に日立小田原工場に設置され、4年間稼動し、その後次の項で説明する茨城分工場(IB工場)に移設し7年間の計11年間稼動した。

表2 5.25インチ小型HDD製品仕様

項目	フルハイト				ハーフハイト	
	DK511-5	DK511-8	DK512	DK514	DK521	DK522
外形						
生産サイズ(mm)	146 x 203 x 83	同左	同左	同左	146 x 203 x 41	同左
総記数(百万)	50	85.7	171	322.3	50	100
記録密度(BPI)	4340	9250	18400	26,000	9300	18300
1/4インチ(77%)	784	925	925	1,023	960	960
3/4インチ(44%)	30	23	23	16	25	23
円板枚数(25%)	62*	63*	121*	111*	62*	121*
ヘッド駆動方式	ボイスコイルモータ	同左	同左	同左	同左	同左
円板枚数(枚)	4	6	6	4	4	4
ヘッド駆動(個)	8	11	11	15	7	7
通電電圧(V)	40	40	47.5	50	21	21
記録ヘッド駆動(個)	2	3	3	1	1	1
記録ヘッド駆動(個)	627*	779*	794*	645*	365*	415*
LSI駆動(個)	6*	7*	7*	12*	12*	14*
通電電圧	単相(1-極化線)	単相(2-極化線)	単相(両極)	単相(2-極化線)	単相(両極)	単相(両極)
コネクタ	Min.8	同左	同左	同左	同左	同左
インターフェイス	ST 306	ST 306	ES DI SHD	ESDI, QHD SCSI (ハードウェア)	ST 306	SCSI (ハードウェア) SHD

図11 HDD組立ラインのコンセプトと各モジュール図

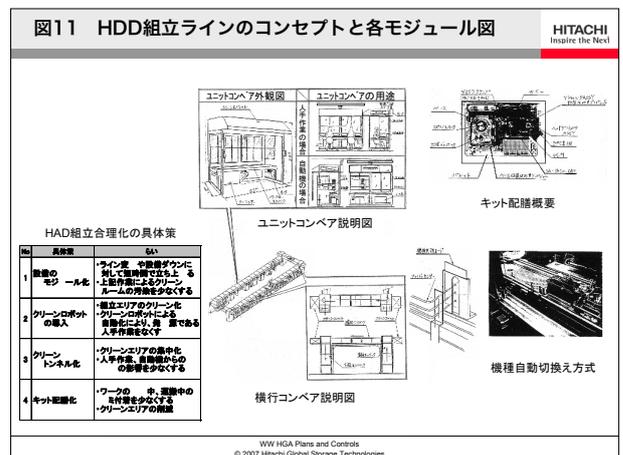


表3 3.5インチ小型HDD製品仕様

機種名	DK312C-25	DK314C-41	DK324C-21A	DK315C-14	DK325C-57	DK326C-10
Product Name						
回転数 (rpm)	3,600	3,600	3,600	4,500	4,500	6,300
面記録密度 (Gb/in ²)	58.1	72.7	75.5	146.5	146	246
消費電力 (W) Operati	-	-	-	-	-	-
消費電力 (W) Idle	13W (TYP)	11.7W (TYP)	-	-	10.5W (TYP)	-
円板枚数	6	7	3	8	4	4
ヘッド本数	12	14	6	16	7	8
重量 (g)	900	900	-	-	-	500
耐衝撃	3G	3G	6G	3G	3G	5G
40G(10ms: hsw)	40G(10ms: hsw)	60G(10ms: hsw)	40G(10ms: hsw)	40G(10ms: hsw)	40G(10ms: hsw)	40G(10ms: hsw)
非動作時耐衝撃	146.0 x 101.6 x 41.3	146.0 x 101.6 x 41.3	146.0 x 101.6 x 25.4	146.0 x 101.6 x 41.3	146.0 x 101.6 x 25.4	146.0 x 101.6 x 25.4
外形寸法 (LxWxH)	89/上	90/下	91/上	91/下	92/下	93/下
発売日	114,000 JPY	133,000	59,000 JPY	122,000 JPY	78,000 JPY	54,000 JPY
販売価格	134K台	29K台	26K台	80K台	11K台	110K台
生産出荷台数	WW HGA Plans and Controls © 2007 Hitachi Global Storage Technologies					

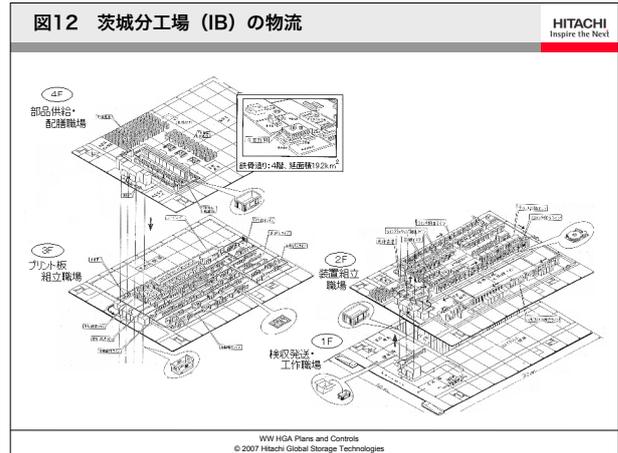
○ 3.5 インチ小型HDD組立ファブの事例

日立小田原工場で開発した 3.5 インチ小型HDDはミニコンや小型サーバー搭載用のハイエンドのHDDで、デスクトップPC搭載用のローエンドのHDDは開発していなかった（現在、日立GSTでは主力製品の1つとして、デスクトップPC搭載用 3.5 インチ小型HDDを開発、生産、販売している）3.5 インチ小型HDDは、3.5 インチ円板3～10枚、ヘッド6～12本、外形寸法 146mm (L) ×101.6mm (W) ×41.3mm (H) 及び×25.0mm (H)、重量は 500gf～900gf/台、コストも 5.25 インチ小型HDD 1/2～1/3。（表3参照）

本組立ラインは、重厚長大の産業に陰りが見えてきた茨城地区の産業の活性化の為に、当時業績が一番好調であった日立小田原工場の分工場を茨城地区の勝田工場の敷地内に建設し、そこに小型HDDの生産ラインを移すことになった。その時に、3.5 インチ小型HDDは新規にラインを構築し、5.25 インチ小型HDDは小田原工場から移設した。本プロジェクトは、当時日立の社長であった三田社長のお声掛けで開始されたため、本社スタッフ部門を巻き込んで、投資計画立案、分工場（IB工場：IBは「茨城」に由来）建設、生産ラインの新設及び移設を20ヶ月で実行した。本プロジェクトは、茨城地区に小型HDDの生産拠点を作るという事で、HDDの組立ラインは勿論、HDDの試験ライン、部品のPCBAの製作ライン、工作設備等全て移管した。又、スタッフや直接員も茨城地区の各工場から移籍、小田原で事前教育してIB工場開設時に送り込んだ。

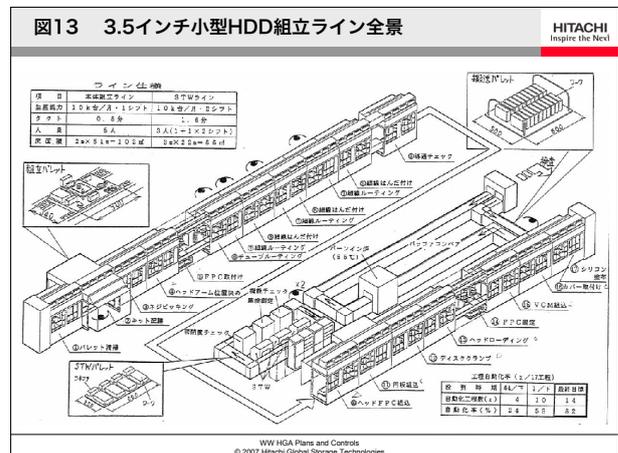
3.5 インチ小型HDD組立ラインは、IB工場建設立上と同時に新設ラインを設置し稼働させた。ラインのコンセプトは5.25 インチ小型HDD組立ラインと同じで、モジュール化したクリーンユニットコンベア、

図12 茨城分工場 (IB) の物流



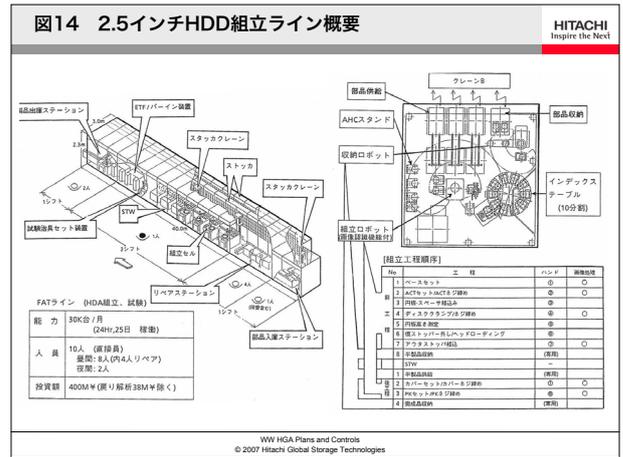
キット配膳、多機種混流等はそのままとり入れた。IB工場では組立ラインの構築と同時に、場内の部品物流に注力した。IB工場は4階建てのビルで、4Fに部品自動倉庫を設け、1Fの検取場に到着した部品は、検査後4Fにエレベーターで上げられ、部品倉庫に入庫される。2FのHDD組立ライン、及び3FのPCBA（実装基板）組立ラインからの要求により、部品を出庫、ピッキングして、コンベアとダムウェータ（小荷物専用昇降機）で2F、3Fに配送される。2Fに自動配送された部品は洗浄ラインに導かれ、洗浄後クリーンルーム内の組立ラインの先頭に配膳され、そこでキットにして組立ラインに流す。組立が完了したHDDはクリーンルームから出て無人搬送車で、HDD試験ラインに搬送し、試験完了合格品は1Fで梱包出荷される。図12はIB工場の物流を示す。図13は3.5 インチ小型HDD組立ラインの全景を示す。3.5 インチ小型HDD組立ラインは1989年～1996年の7年間稼働した。そして1996年にIB工場閉鎖（工場は現在ルネサスの半導体工場の1つとして活用されている）と共に、5.25 インチ小型HDDは生産を中止し、3.5 インチ小型HDDの生産ラインは、日立小田原工場に戻し、RAIDシステム用のHDDの生産に寄与した。

図13 3.5インチ小型HDD組立ライン全景



○ 2.5 インチHDD組立ファブの事例

日立小田原工場は、大型HDDによる絶頂期（1990年～1991年）を過ぎて大型HDDもSLEDからRAIDへのシフトが始まった。そのためHDDのダウンサイジングが加速し、HDDの大量生産による低価格を武器にする外国メーカーの台頭についていけず、小田原工場は減収、減益が続ぎ、1995年には赤字に転落した。小田原工場も前述したミニコンや小型サーバー向けに開発した5.25インチや3.5インチのHDDを生産販売したが、大型HDDの減収減益を埋める事は出来なかった。その頃米国のHDDメーカー中心に、3.5インチHDDよりもさらに小型の2.5インチ、1.8インチ、1.3インチHDDの開発が、MRヘッドの出現による高密度化に伴って相次いで始まった。それを受けて日立小田原工場も1.8インチ、2.5インチHDDの同時開発に着手した。1.8インチ、2.5インチHDDの開発課題は、ポータブルPCやノートPCに搭載されるため、耐衝撃性、省エネ性を従来のHDDよりも格段に良くしなければならない事。そしてHDDの外形寸法の小型に伴い、PCBAの小型化と片面実装化が課題であった。耐衝撃性については、円板の素材をアルミ材からガラス円板に変えて、又リード、ライト時以外はヘッドがランプロードエリアに退避する方式を採用する事によって対応した。省エネ性に関しては、円板サイズが小型になる事による風損の減少、及び回転動作抵抗の少ない、動圧軸受けを採用する事によって対応した。又PCBAの小型化、片面実装化に関しては、米国のベンチャー企業であるミニスター社と業務提携をして、技術導入を図った。そして2.5インチHDDの開発目標は、同じ記憶容量の3.5インチHDDの原価1/6、容積1/3、耐衝撃性は、3.5インチHDDの3Gに対し、150G（現在は500G～1000G）。消費電力も3.5インチHDDの10Wに対して4



Wとした。

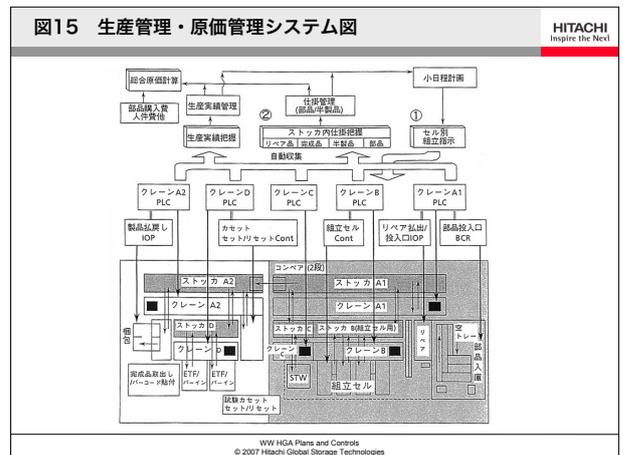
2.5インチHDD組立ラインの方も「世界に通用する高効率組立ライン—東南アジア生産に負けない高効率ライン—」と言うコンセプトで、製造原価（財管費+間接費+直労費）が3.5インチHDDの1/10をターゲットにして開発、そして国内で立上、生産を開始した。本組立ラインのコンセプトと特徴を表4に、ラインの概要を図14に示す。本組立ラインの特徴は、多機種混流生産が可能で、新機種への切替が短時間で出来る構造とした。部品ストックをラインサイドに設置して、ストックから直接移載ロボットによって、組立ワークセルに部品を自動供給するようにした。これにより部品の入出庫、ピッキング、配膳等の作業を不要にした。本組立ワークセルは今で言う、ロボットによるセル生産を1993年に実現したものである。本組立ワークセルは、1台のロボットでハンドチェンジしながらHDDの全部品を10台ずつ組立てるもので増産に対しては、必要増産数に従って本組立ワークセルを増設して行く。又、新機種に対してはロボットのハンドの製作と、ワークセルのロボットのプログラム変更のみで対応出来るようにした。そして図15に示すように、本ラインでは、生産管理と原価管理が自動集

表4 2.5インチHDD組立ラインのコンセプト

表4 2.5インチHDD組立ラインのコンセプト		HITACHI Inspire the Next
<狙い>		
世界に通用する高効率組立ライン (東南アジアに負けない高効率組立ライン)		
<コンセプト>		
★世界最高レベルの生産 …標準ユニット化による設備の低コスト化		
★極小の「人」で運用できるライン…ストックと組立ロボットの一体化による配膳人員と公務人員の極小化		
★機種、構造変更への対応性 …AHC搭載・画像処理機能による機種変更への対応性確保		
★生産拠点移動への対応性 …クリーンワークセルによるクリーンルーム化の実現		
<ラインの特徴>		
組立方式	工程分割型	完結組立型 (同一ワークセルで全部品組立) 画像処理による自動位置修正組立
部品供給	人手によるキット配膳 /ライン配膳混在型	全自動サイド配膳型
テストステーション	専用テスター	廉価パソコン+1ボードテスター
リペア	オフラインリペア テスタ給薬を人間判断 リペア指示	オンラインリペア テスタからリペア自動指示
生産管理	人手による部品/仕掛り 品の管理	クリーンワークセルテスター間 ネットワークによる部品/仕掛り品 の自動管理

WW HGA Plans and Controls
 © 2007 Hitachi Global Storage Technologies

図15 生産管理・原価管理システム図



計、モニタ出来るように、組立ラインのシステムにその機能を組み込み、管理コストの削減も図った。本組立ラインの能力は、30k台/月で、小田原工場の一般棟（B棟）に設置、組立や部品を搬送するエリアだけをクラス100のクリーントンネルにして、クリーンルームの建設コストを削減した。本組立ラインは通称FAT（Final Assembly Test）ラインと呼ばれ、1993年～1997年の5年間に小田原工場内に2ライン設置し、50k台/月まで国内生産した。

II. HDDにおけるミニマルファブ構想としてのクリーンセル生産方式の事例紹介と多角形セル生産方式の提案

II-1 HDD海外量産拠点におけるクリーンセル生産の事例紹介

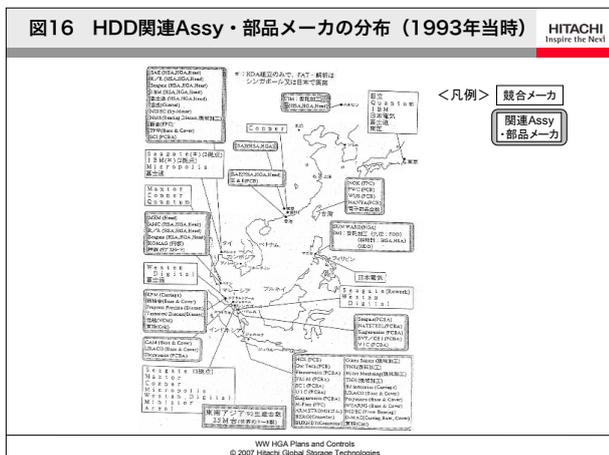
○2.5インチHDD生産の海外展開

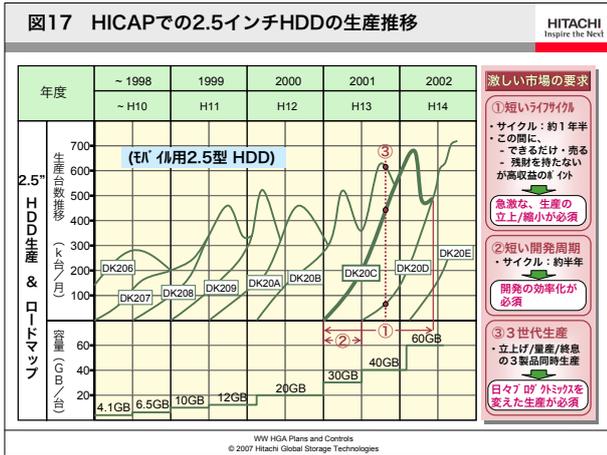
ノートパソコン市場の急激な伸びに従って、1991年頃から小型HDDメーカーの海外競合他社は東南アジアのシンガポールやタイに安い労働力を目的にHD組立が海外展開された。そのHDDに組み込まれるヘッド（HGA）やベースモータ、カバー、キャレτζ等の機構部品そしてPCBA等の電子部品のサプライヤも東南アジアに展開していった。図16に1993年当時の東南アジア及び中国に展開されたHDDメーカーと部品サプライヤの分布を示す。日立小田原工場は、当初2.5インチHDDを国内生産で頑張っていたが、需要の伸びに対応する生産拡張スペースが小田原工場内に無かったため、2.5インチHDD及びヘッド後工

程の海外生産のフィジビリティスタディを、1993年にスタートした。1993年の6月から半年で、東南アジア6カ国、30ヶ所の工業団地を、3回に渡って調査し、最終的にフィリピンのラグナテクノパークに候補地を決定した。1994年1月に日立本社の常務会に海外（フィリピン）工場建設及び2.5インチHDDとヘッドの後工程の生産展開を答申し、認可された。1994年の2月に工場建設に着手し、その年の12月に完成。翌年の正月早々から設備を搬入立上し、その年の10月に操業を開始した。以上のように本プロジェクトは、日立としては異例の速さで承認、短期間に工場建設そして生産立上を行った。今考えると（1995年下期から連続5期、小田原工場が赤字に転落した現実を見ると）このタイミングを逃していたら、フィリピン工場（HICAP）の建設も、2.5インチHDDの海外展開も実現していなかったと考えられる。

○フィリピン工場（HICAP）でのHDD生産

当初HICAPには国内で稼働していたFATラインを移設しようと考えていたが、そのラインを維持管理する人材が現地に育っていなかったので移設を断念した。その為HICAPでの2.5インチHDDの組立は、クリーンブースを継ぎ、その中に作業テーブルを並べて置き、手作業でHDDを組み立てる手組生産ラインを導入し、生産を開始した。1995年の10月にHDDの生産を開始したが、生産数も月10万台になかなか届かず、コンタミ等の品質問題を多発した。一方HICAPの親工場である小田原工場は1995年下期から赤字に転落し、危機的な状況であった。そのため、日立本社からはその元凶の2.5インチHDDの開発、生産を止めるべきという意見も出た。しかし、ノートパソコン市場の伸びが大きく、2.5インチHDDの需要拡大が見込まれていたため、当時の日立の金井社長の決断で2.5インチHDDの開発、生産の続行が決断され、増産投資も認められた。本投資によるHICAPの生産能力増強と生産性及び品質の向上の命を受け、筆者は1998年2月にHICAPのHDD製造担当副社長として赴任し、IBMと統合した2003年1月に帰任した。その間、大手パソコンメーカーのCOMPAQ、DELL、IBM等の厳しいオーデットをクリア（認定合格）し、受注拡大を図った。図17に示すように、赴任当初の1998年2月の生産台数は100k台/月そこそこであった2.5インチHDDの生産台数は、2007年末には700k台/月を達成した。又、2000年からは小田原工場で生産していたRAID用の3.5インチH

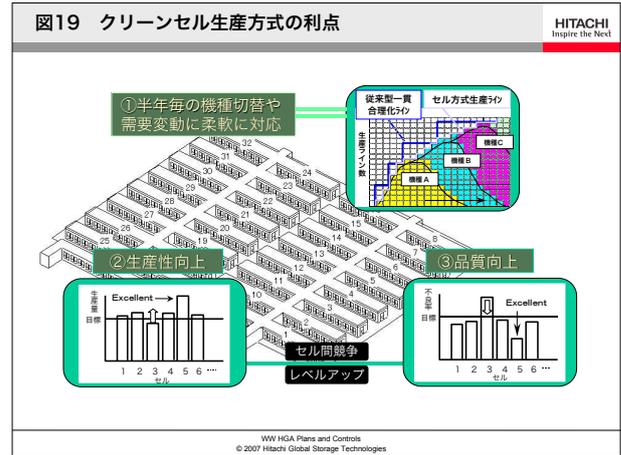
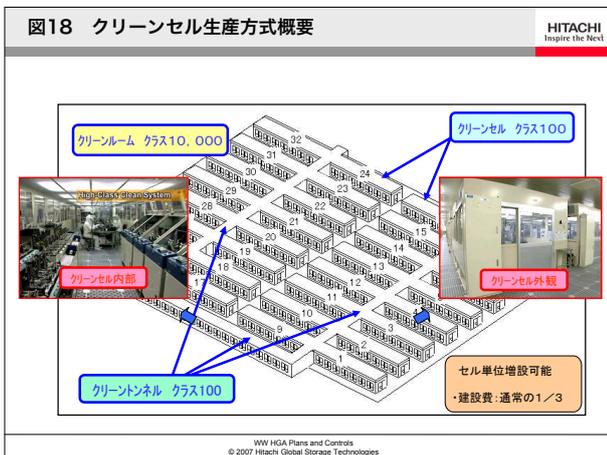




DDの生産もHICAPに移し、これも移管当初 10 k 台/月であった生産数を 110 k 台/月まで伸ばした。そして小田原工場の赤字の元凶でお荷物であった 2.5 インチHDDが生産を増大し、業績改善の原動力となって 2002 年下半期には、小田原工場、HICAP連結で、黒字を達成した。それと同期して小田原工場は、ストレージビジネスと RAID システムビジネスを分離独立させ、又、ストレージ部門は 2003 年 1 月に IBM のストレージ部門を吸収合併し、現在の日立 GST の創立となった。

○クリーンセル生産方式の導入

HICAPでの 2.5 インチHDD組立ラインは、従来のクリーンブース内に作業台を並べ、手作業で組立てる手組ラインに代わって、図 18 に示すクリーンセル生産方式を導入した。本方式はU字コンベアに、品質的に人手作業では問題がある工程（円板組立とディスククランプネジ締工程）のみローコストの自動組立装置を導入。残りの工程は手で組立てる 1 ライン 14 人の組立ラインと、HDDの円板にヘッドが読み書きする時の位置決め用のトラックを高精度に書き込む



サーボトラックライタ (STW) をセットで幅 2.4 M、長さ 10 M のクリーントンネル内の中央部に設置したものをクリーンセルと呼び、そのセルを複数、部品供給用の通路として使用するクリーントンネルで繋いだものをクリーンセル生産方式と称した。このクリーンセル生産方式では、クリーンセルとクリーントンネル部だけをクラス 100 を確保し、それ以下のクリーンルームのエリアはクラス 10 k にした。

1 クリーンセルの生産能力は 2002 年当時 1600 台/日・セル、そして 32 セル保有していたので 50 k 台/日の能力を保有していた。図 19 に示すように、本クリーンセル生産方式では、セル毎で生産数や品質の向上を競い合う事が出来、又、需要の変動に細かく対応可能で機種の変更も短時間に出来る利点を保有する。このクリーンセル 1 本を親工場である小田原工場の開発、試作部門に設置しておき、ここで新機種を立て、そのプロセスや治具、設備を N 倍化して HICAP に移管することで新機種の垂直立上げが可能になった。この方式の導入によって開発から量産の死の谷を無くすことが出来るようになった。

○部品配膳システム

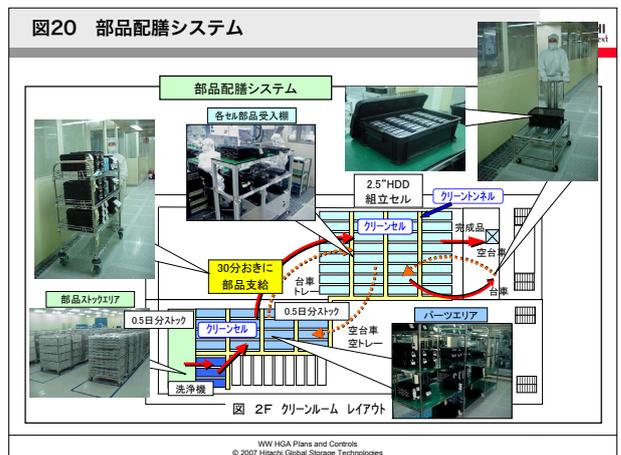
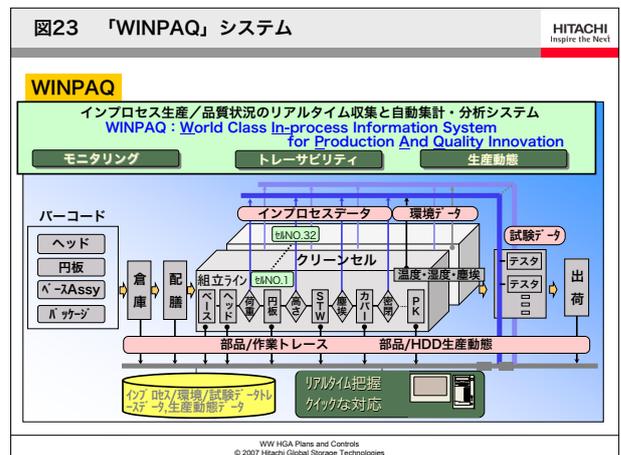
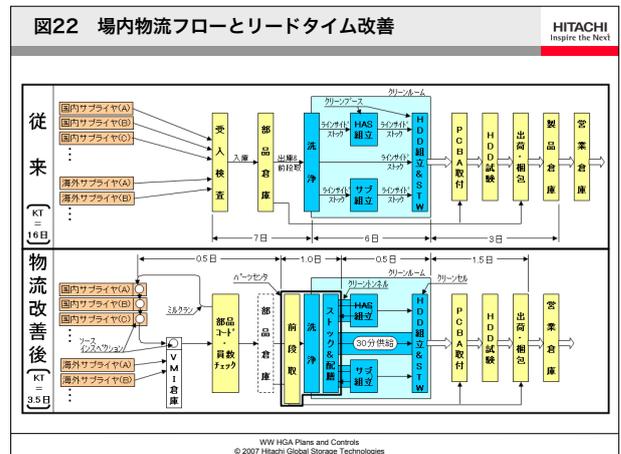
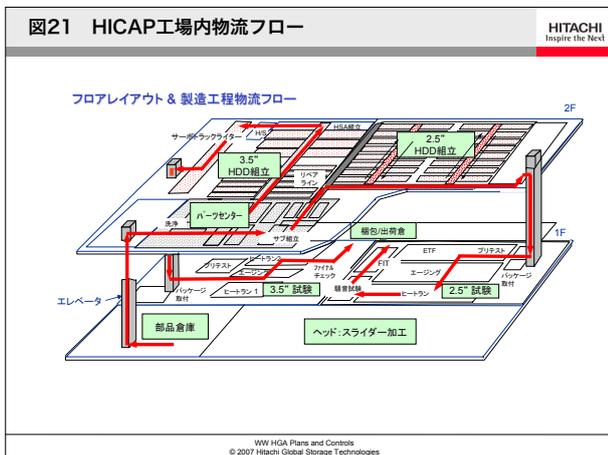
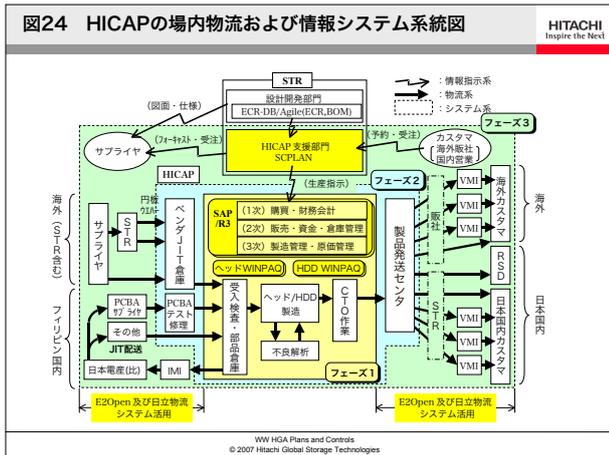


図20は、このクリーンセルに組立部品を30分毎に配膳する部品配膳システムを示す。従来HDDの組立部品は、部品倉庫から出庫された部品は洗浄され、クリーンルーム内に持ち込まれる。そしてラインサイドのクリーンブース内の保管棚に3日分くらい保管していた。各ラインのラインリーダは、生産指示に従って部品保管棚から自分のラインに投入すべき部品を探し、ラインに投入する方式を採用していた。しかしこの方式だと部品取込み間違いや、目的の部品を探すのに時間を要し、ラインを切替えるのに2日間くらい要していた。クリーンセル生産方式を立ち上げるのと同期して、図20に示す部品配膳システムも立上げた。これはクリーンルームに投入する前の事前準備(開梱、洗浄カゴへの部品配膳等)エリアと洗浄中及び洗浄した部品を機種別にトレーに入れて保管するエリアに0.5日分。そして各ラインに対応した部品保管棚に0.5日分の部品を機種別に整理して保管した。そして以上のエリアをパーツセンタと呼び、クリーンセルの組立エリアと完全に分類した。そして、このクリーンセル毎の部品棚から各クリーンセルの先頭にある小さな棚に専任の配膳マンが30分毎に配膳する。各セルのラインリーダは配膳された部品をライン先頭でキット配膳パレットにピッキングしてラインに投入する。そして組立が完了したHDDは専用の運搬ケースに入れられ、これも30分毎に専任の回収マンが回収して行く。従ってこの配膳システムを採用してからは、部品配膳間違いや欠品がなくなり、1時間毎のライン切替が可能になった。そして生産変動や機種切替にフレキシブルに対応出来るようになった。又従来はクリーンルーム内に4日分仕掛かっていた部品はパーツセンタエリアの1日分だけとなった。

○HICAP工場内物流のコンセプト

組立が完了したHDDは、2Fのクリーンルームから1Fの一般環境エリアにダムウェータを使って降ろし、PCBA基板をHDD本体に取り付けた後、全数3種類のテストにかけられ合格したHDDは、HDDの外側にバーコード付ラベルを貼って梱包、出荷する。又NG部品はテストのNGコード別に分類し、テストの自動リペア指示に従ってPCBA基板が取り外され、HDD本体のみエア洗浄されクリーンルーム内に戻される。そしてHDDはリワークラインで分解され不良部品を交換し、再度組立ラインに戻され組立てられる。図21に工場全体の物流フローを示す。HICAP内の部品物流のコンセプトは、①一方流し②最短の移動距離③部品の検収から洗浄、組立、試験、梱包、出荷するまで停滞なく流れるようにする事であった。図22に示すように従来工場に部品が入って来て、製品が出荷されるまでのリードタイムは16日間要していたのに対し、場内の物流改善と、後の章で述べるミル克蘭の導入によって3.5日間になり、従来の1/5に縮まった。



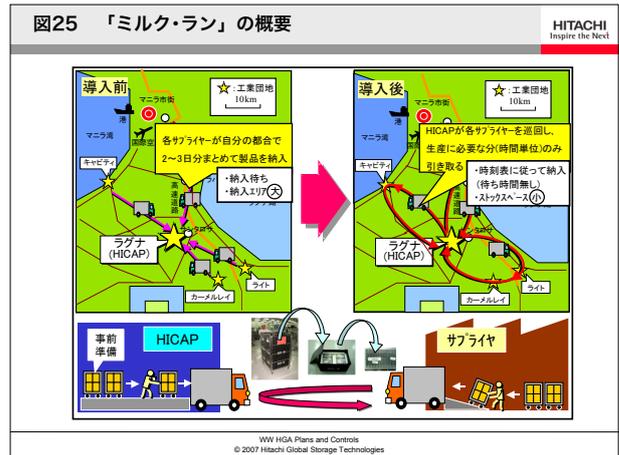


○フローコントロールシステムとしてのWINPAQとHICAPにおけるSCM

以上のクリーンセル生産方式と部品配膳システム及び試験ライン、出荷管理等工場の製造ライン全体のコントロールを支援するフローコントロールシステムとしてのWINPAQを自社開発した。その概要を図23に示す。このWINPAQシステムの特徴は部品のトレーサビリティである。32本の各クリーンセルに間違いなく30分毎に供給するためには部品のトレースが出来ることが必須であった。又試験ラインでの合格・不合格の明確な分類、不合格品のリペア指示等にもトレーサビリティ機能は欠く事が出来ない。図24はHICAPの場内物流と生産管理システムの全体図を示すものである。又図24には購買物流と販売物流及びその支援システムを示しており、本図はHICAPのSCMの全容を示すものである。

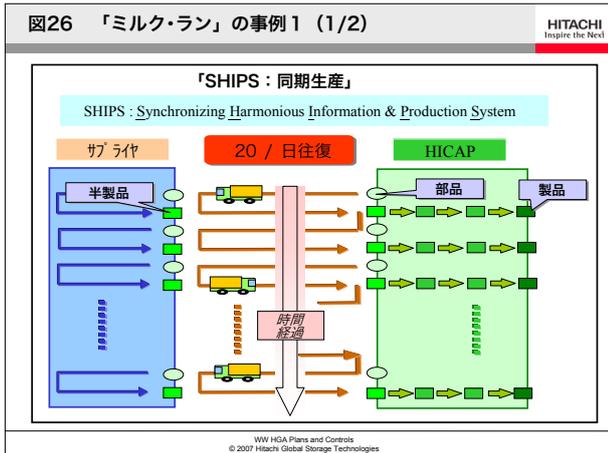
○「ミルクラン」導入の背景と結果

HICAPでHDDの生産を開始した1995年頃は、部品メーカーはフィリピン国内には無く、シンガポールやマレーシア、タイそして日本から船便で週に一回のサイクルでまとめ搬入していた。その為部品倉庫も安全在庫として一週間分の在庫を保有していた。その後1995年に富士通が、そして1996年に東芝が、相次いでフィリピンのマニラ近郊にHDDの量産工場を建設し、生産を開始した。それに伴ってHDDの部品メーカーもフィリピンに進出して来た。HDDの生産数が増えるのに従って部品も海外からの輸入に変えてフィリピン国内で生産する部品メーカーからの供給に徐々に切替えて行き、安全在庫も2～3日分になった。筆者が赴任した直後の1998年頃はフィリピン国内の部品



メーカーから各社のトラックで、又各社の都合で1日1回納入されていた。その為部品搬入時には各社のトラックが工場の周囲に数珠繋ぎになって待っている事や、各社が同期せず各々が部品を搬入するため欲しい部品が無く、今必要でない部品が山のように部品倉庫に積まれている光景が度々見られた。又、入検時に不良が見つかり大量の欠品が発生し、組立ラインが止まることが何度も発生していた。これらの問題を解決するため、図25に示す「ミルクラン」をHICAPのフィリピン国内における購買物流に採用した。又海外からの輸出品に関しては、HICAPの敷地内に部品VMI倉庫を増設して部品メーカーの在庫として2～3日分保有していた。「ミルクラン」とは、HICAP（実際は日立物流の現地法人MIFEE）のトラックで、乳製品メーカーのトラックが酪農農家で絞った牛乳を毎朝回収して回るように、部品メーカーで生産した部品を毎日決まった時間に集めて回る運搬方式を言う。「ミルクラン」の名前の由来もここから来ている。各部品メーカーにはカンバン付（生産指示票）標準台車をトラックに乗せて（部品供給型加工外注メーカーには組立部品を乗せて）各部品メーカーにその台車を届けカンバンの指示に基づき、各部品メーカーが生産し、検査が完了し、予め回収用標準台車に搭載された部品をトラックで定時回収する。そしてHICAPの組立ラインの生産スケジュールに同期して搬入するようにした。その為搬入した時に部品不良が発見されたのでは即ラインが停止してしまうのでHICAPの検査員を部品メーカーのラインにはり付け、現地で不良品をはじき、合格品のみを標準台車に乗せて回収させるソースインスペクション方式を「ミルクラン」の導入に合わせて採用した。「ミルクラン」導入後はHICAPに搬入された部品は、部品コードと員数だけを確認し入庫登録した部品は、部品倉庫を素通りして台車毎クリーンルーム前室に供給するようにした。その結果前出の図22に示した様に従来メーカーから部品が搬入し、クリーンルームに届く

図26 「ミルク・ラン」の事例1 (1/2)



まで10日間要していたものが1日で届くようになった。

○HICAPでの物流改善事例

図26には、HICAPと同じ工業団地内にある加工外注メーカーと「ミルクラン」を実施した事例を示す。従来は日に1回部品をHICAPから届け、完成品を回収していた。その為、部品投入から完成品回収まで丸1日かかり、部品や完成品の保管スペースもHICAP、部品メーカーそれぞれに1日分必要であった。これを小型トラックで1日24回往復するようにし、HICAPの生産ラインと外注メーカーのラインが、あたかも一本のラインで繋がっているように同期化させる事により、リードタイムも1日から2時間になり、ストックスペースも1時間分で済むようになった。図27には、本「ミルクラン」を開始したその日から仕掛かりが75%に減った事例を示してある。図28は、HICAPから30km程の距離にある加工外注メーカー数社を一台のトラックで巡回する事例でのトラックの巡回時刻表を示す。図29は、段ボールを廃止して直接標準台車に搭載運搬した事例で、従来は外注で段ボール詰

図27 「ミルク・ラン」の事例1 (1/2)

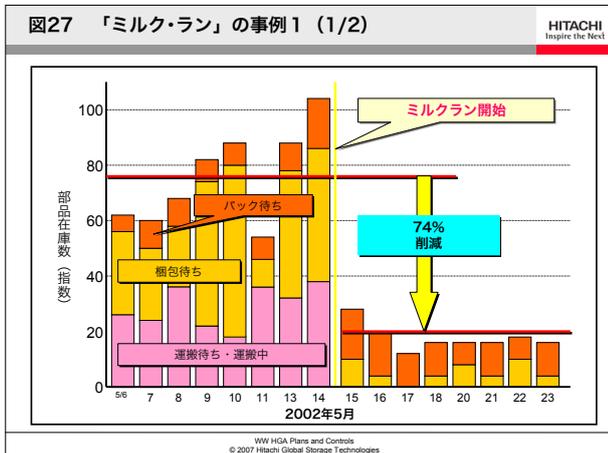
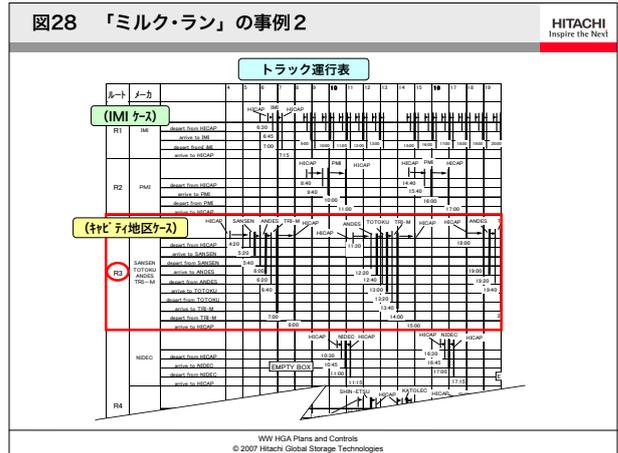


図28 「ミルク・ラン」の事例2



め、そしてHICAPで開梱し、台車に移し替えてクリーンルームまで搬送していたものをメーカーで部品トレイに入れた部品を段ボールに入れずに直接台車に乗せ、HICAPに搬入し、そのままクリーンルームに届ける事によって段ボールや、梱包、開梱、移し替えの作業が不要になった。図30もリターンナブルなトレーや通い箱をPCBAの購買物流に使用した例で、これも静電袋や段ボールを、又、その梱包、開梱、移し替え作業を不要にした事例である。

II-2. HDDにおけるミニマルファブ構想としての多角形クリーンセル生産方式の提案

○多角形クリーンセル生産方式提案の主旨

本生産方式の提案は、2004年にHICAPでの1.8インチHDD組立ファブとして、従来のクリーンセル生産方式の発展形として提案したものである。本多角形クリーンセル生産方式は、従来のクリーンセル生産方式よりも局所クリーン化を進化させ、スペース生

図29 改善事例1

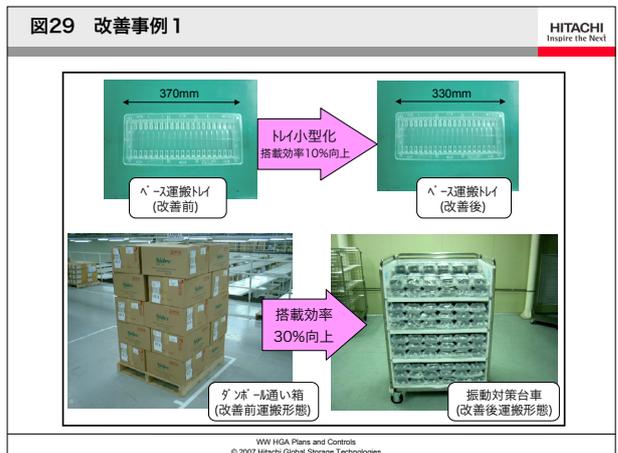


図30 改善事例2



WW HGA Plans and Controls
© 2007 Hitachi Global Storage Technologies

産性を3倍に向上させたものである。しかし、1.8インチHDDの市場であるサブノートPCやポータブルオーディオ製品の市場がフラッシュメモリにより席卷されたため、日立GSTでの1.8インチHDDの開発、生産は中止となってしまった。従って本生産方式の提案は採用されず実現しなかった。しかし現在「ファブシステム研究会」で議論しているミニマルファブ構想に対するHDD組立での一つの構想として、実現はしていないが、議論の参考として本多角形クリーンセル生産方式を提案させてもらった。

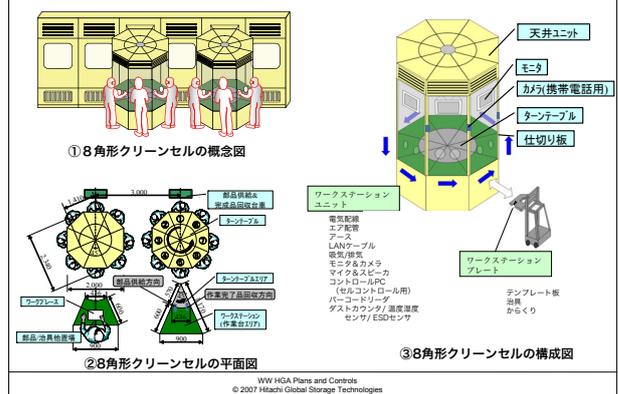
○多角形クリーンセル生産方式のコンセプト

HDDの大きさは、5.28インチHDDの面積の1/2が3.5インチHDDで、その1/2が2.5インチ、そしてその1/2が1.8インチHDDと小型化して来たが、そのHDDを生産する組立ラインは製品の小型に比例して省スペースに出来ていない。それはコンベアや作業テーブルのスペース、又自動機のモータなどの動力源やコントローラのスペースが大きいことによる。それを徹底的に省いたのが本多角形クリーンセル生産方式で、表5にその特徴及びコンセプトを示す。

表5 多角形クリーンセル生産方式の特徴およびコンセプト		HITACHI Inspire the Next
Newコンセプト、クリーンセル生産方式の提案		
(1) スペース生産性の向上	→ 間詰め(マジメ)	・コンベアレス化 ・立作業化 ・「からくり」化 (=自動機の動力及びコントローラレス化)
(2) 省エネルギーの推進	→ 電力エネルギーを大量消費するクラス100のC/Rの面積の1/3化	
(3) 品質向上(コンタミ/ESD向上)	→ 作業者とワーク/治具の完全分離化 (=クリーンベンチ化<ベンチ内部隔障>)	
(4) 部品供給/完成品回収の効率向上	→ 部品供給/完成品回収の1箇所化 (=多角形セルターンテーブル方式)	
(5) フレキシブル性の向上	→ HSA/HDA/リペア及び2.5"/1.8"/1.0"の組立解体のいずれにも対応出来る標準ユニット化	
(6) 移設立上性の向上	→ 移設/立上が最小時間で出来るセルのモジュール化	
(7) IT化	→ 生産及び品質データは、多角形クリーンセルごとに収集できるように今以上にIT化、デジタル化を図る。(=トレーサビリティ/インプロセス/環境/インベントリ-のデータ収集)	

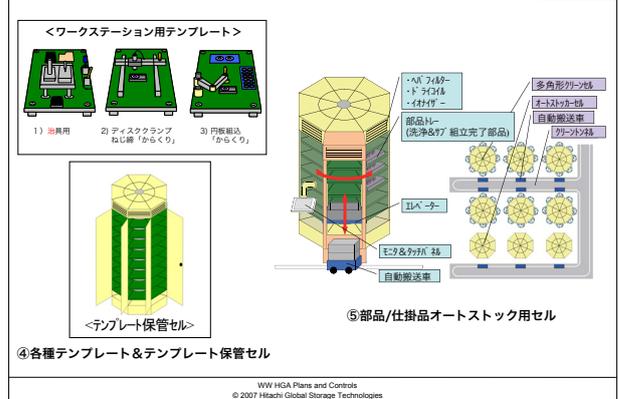
WW HGA Plans and Controls
© 2007 Hitachi Global Storage Technologies

図31 多角形クリーンセル生産方式の構想図(1/2)



WW HGA Plans and Controls
© 2007 Hitachi Global Storage Technologies

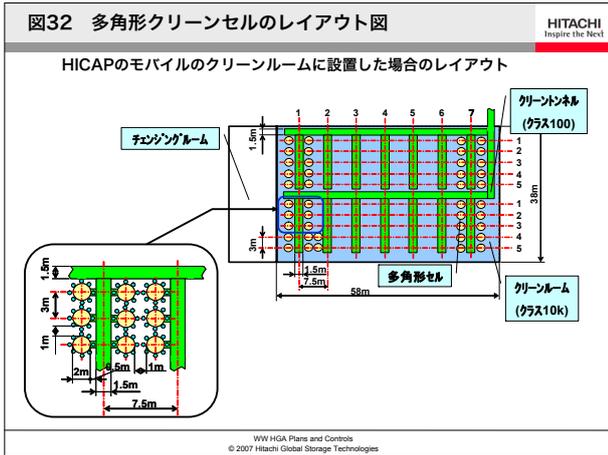
図31 多角形クリーンセル生産方式の構想図(2/2)



WW HGA Plans and Controls
© 2007 Hitachi Global Storage Technologies

○多角形クリーンセル生産方式の構想

多角形クリーンセルの構想図を図31に示す。この図において8角形クリーンセルの概念図①を取ると、その平面図②に示すように、第1セルで部品供給と完成品回収を行う。実際には中央のターンテーブルによって、各セル(第2~第8セル)に供給/回収する。そして第2~第8セルでは、治具「からくり」を使って作業を分担する。各セルは個々がクリーンベンチとして独立し、内部を揚圧にしておき作業者は腕だけを挿入して作業するため、作業者とワーク&治具の完全分離化が図られる。各セルのワークプレートを中央に置き、その周辺に部品、治具、「からくり」、データインプット、端末(バーコードリーダ等)を配置する。多角形クリーンセルの構成図③に示すように治具や「からくり」を交換するだけでHSA/HDD/リペアの作業にも2.5インチ、1.0インチの組立、解体作業にも対応可能。さらにワークセルの用途だけでなく「からくり」用テンプレート保管セル④や部品/仕掛品のオートストック用セル⑤にもなる。本多角形クリーンセルは用途に応じて移設、立上げがフレキシブル



ルに短時間で出来るようにセルのモジュール化、標準化を図る。又、このモジュール化標準化によりセルのコストダウンを図る。そして生産/品質のデータは多角形クリーンセル単位で収集する。作業指示や生産情報を示すモニタは各セルの前面に配置する。

○多角形クリーンセル生産方式を使用したレイアウト案

多角形クリーンセルをクラス 10k のクリーンルームに配置した時のレイアウト案を図 32 に示す。基本的には多角形クリーンセルと部品供給センタ（パーツセンタ）ならびに、完成品回収エリアを繋ぐクラス 100 のクリーントンネルから構成する。部品供給用のクリーントンネルは多角形クリーンセルの第 1セルと繋がっている。従って洗浄された部品はパーツセンタからクリーントンネル内に位置する。又部品供給/完成品回収用台車ならびに配膳者もこのクリーントンネル内に位置する。そしてそれ以外の作業者はクラス 10k の部屋に位置する。本レイアウト案は、直交形状の例を示したが、円形、放射形状というように建屋エリアに合わせて 1 台から配置できる。

○従来のクリーンセル生産方式と今回の多角形クリーンセル生産方式との比較

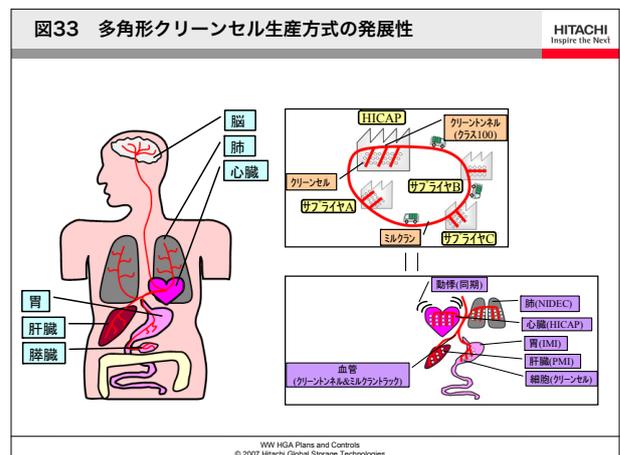
HICAPで過去 9 年間、2.5 インチHDDや 1.8 インチHDDの生産に寄与して来た「クリーンセル生産方式」と今回提案の「多角形クリーンセル生産方式」の生産性を極力定量的に比較したものを表 6 に示す。この比較表で示した定量的なメリット以外にも定性的なメリットとして、新機種立上時多角形クリーンセル生産方式の場合、プロセス開発と治具及び「からくり」の開発のみに集中すれば良いので少ない開発人員で、且つスピーディに対応が出来る。セル本体も小型で移動性も良く、立上げ時間も従来方式に比べ 1/2 ~ 1/3 で出来る。又セル自体のコストもモジュール化、標準化で低く抑えられるので開発状況、市場動向に応じてきめ細かく対応でき、投資リスクも小さい。さらにクラス 100 のエリアを効率良く最小限にしている（局所クリーン化をしている）ためクリーンルームの建設コスト及びランニングコストを従来方式よりも少なく済み、省エネにもつながる等のメリットがある。即ち本多角形クリーンセル生産方式は、変種変量生産に対応できる生産方式である。

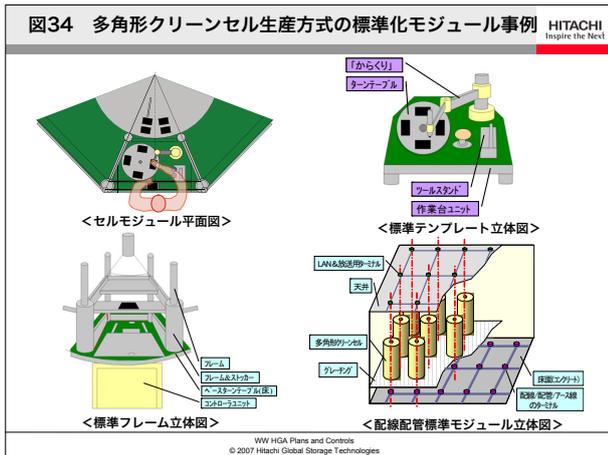
○多角形クリーンセル生産方式の発展性

本多角形クリーンセル生産方式をサプライヤにも展開し、サプライヤとHICAP間の繋ぎはクリーントンネルの代わりにミルクランのトラックで行う。図 33 に示すように、丁度人間の心臓がHICAPで他の臓器がサプライヤ、それをクリーントンネルやミルクランのトラックの血管で繋ぐ。血管が酸素（部品）や各臓器で生産した栄養素（組立品）や老廃物（不良品や廃棄品）を運ぶようにクリーントンネルやミルクランの

表6 従来方式との比較

	従来のクリーンセル	多角形クリーンセル
1. クリーンルーム	クラス100 25m x 30m x 3.5m	クラス10k 7.5m x 3.8m
2. 設備投資	クリーンルーム 1000万円 コンベア 100万円 計 1100万円	多角形セル 100万円 x 100台 = 1000万円 計 1000万円
3. 稼働コスト	稼働コスト 1000円/台 部品供給 1000円/台 Total 2000円/台	部品供給 1000円/台 Total 1000円/台
4. セル稼働人員	1人/セル	1人/セル
5. 生産能力	1セル/日 1000台	1セル/日 1000台
6. スペース生産性	1セル/100㎡	1セル/100㎡
7. 設備稼働率	稼働率 80%	稼働率 80%
8. 1人当たり生産性	1000台/人/日	1000台/人/日
9. 生産設備の稼働率	稼働率 80%	稼働率 80%





トラックを通して、それら（部品、組立品、不良品や廃棄品）を運ぶ。そして多角形クリーンセルは各臓器の細胞（セル）の役割をする。環境の変化（市場の変化）に対し、素早く対応するために心臓（HICAP）の動悸（タクト）を早くしたり遅くしたりする。そしてそれに合わせて各臓器（サプライヤ）も歩調を合わせて（同期して）その機能（各セルの生産能力）を調整する。従って心臓であるHICAPは今後も成長発展し続けるためには、各臓器（サプライヤ）と同期、調和をとって共榮して行かなければならない。その方策としてこの「多角形クリーンセル生産方式を提案した。

○多角形クリーンセル生産方式のモジュール構造化とその応用構想案

本多角形クリーンセルの基本的コンセプトとしてモジュール構造化によって標準化、共通化を徹底して進める。そして極力特殊品や専用品を無くす。このことにより量産効果による設備の部品のコストダウンやスペアパーツの量産化による保守部品在庫量の低減が図れる。そして機種切替や移設立上げの際、ごくわずか

な機種対応の専用部品に集中すれば良いのでリソースも少なく済み、垂直立上げが可能になる。図34に多角形クリーンセルのモジュール型プレートや標準フレーム構造の立体図、そして配線、配管、LAN、アースの標準化&モジュール化の構想案を示す。そして表7には多角形クリーンセルのモジュール構成表の例と標準化、モジュール化の度合を表す密度指数の定義を示す。図35には本セルの応用構想案を参考までに示す。

III. まとめ

III-1. 本稿をまとめる事になった経緯

「ファブシステム研究会」の代表である産総研の副主任研究員から産総研では「ミニマルファブ」という新しいコンセプトの半導体ファブを提案、研究しており、近く産総研を中心にして大学、民間企業からも委員を出し、「ミニマルファブ」構想について種々の角度から議論する話を昨年末に聞く機会があった。そして筆者が2.5インチHDDの組立ファブとして開発導入したクリーンセル生産方式や、次世代クリーンセル構想の多角形クリーンセル生産方式と共通する点が多く、そのミニマルファブのコンセプトに共感したので本研究会の委員として、本年6月に参画した。その時に原代表から本研究会の第1回目の事例発表会で、HDDの組立ファブの変遷の歴史について発表してもらいたいという話があった。その発表時に使用したプレゼン資料を基に、口頭で説明した内容を文章にまとめたのが本稿である。

特にHDDは半導体の微細化におけるムーアの法則と同様に、前出した図4の記録密度の向上の曲線に追従すべく日立はあらゆる技術、知識、そしてリソースをつぎ込み記録密度の向上を図りHDDの小型化、コストダウン、そして量産にチャレンジしてきた。1980年代に、日立小田原工場の主力製品であった14インチ大型HDDは記憶容量1.2GB/台、重量80kg f、生産数2k台/月。そして価格は1台数百万円する高価なものであったが、現在のモバイルPCに搭載されている最新の2.5インチHDDは、記憶容量が500GB/台、重量150gf、生産台数8M台/月（2.5インチ、3.5インチHDD全機種合計数）であり、価格は14インチ大型HDDの1/500程度になっている。

そして経済分析の書として有名なクレイトン・クリ

表7 多角形クリーンセルのモジュール構成表

密度指数の定義

密度指数とは各セル全てに使用されているものを上、そして1つのセルに専用で使われているものを下とし、各セルに共通で使われている場合を両方指す。例えは天井モジュールの場合、全セルに使用されているので、構成レベル(1)での密度指数は1である。又構成レベル(1)ではただレベル(1)で全セルに使用されているレベル(1)で1とする。又部品レベルでも同じ。

構成レベル(1)	構成レベル(2)	構成レベル(3)	標準化率 (%)	共通化率 (%)	モジュール化率 (%)	密度指数 (%)
(1)天井モジュール	(2)作業台モジュール(上)	(3)作業台モジュール(中)	100	100	100	100
(4)作業台モジュール(下)	(5)躯体モジュール		100	100	100	100

図35 多角形クリーンセルの応用構想案 (1/4)

HITACHI
Inspire the Next

1. 基本形組立セル (メインライン/サブライン)



2. 全自動型組立セル (サブ組立専用機)



WW HGA Plans and Controls
© 2007 Hitachi Global Storage Technologies

図35 多角形クリーンセルの応用構想案 (2/4)

HITACHI
Inspire the Next

3. STWセルⅠ (ブッシュタイプ)



4. STWセルⅡ (メディアタイプ)

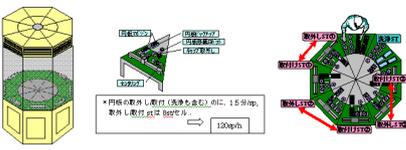


WW HGA Plans and Controls
© 2007 Hitachi Global Storage Technologies

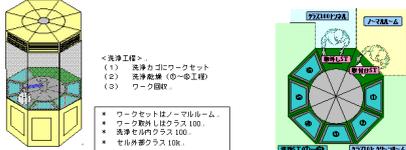
図35 多角形クリーンセルの応用構想案 (3/4)

HITACHI
Inspire the Next

5. スタックスピンドル組立セル (スピンドルへの円搬外し/取付けするセル)



6. 洗浄設置セル (純水洗浄)

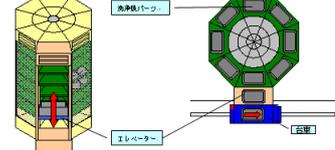


WW HGA Plans and Controls
© 2007 Hitachi Global Storage Technologies

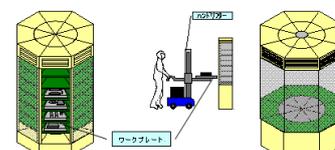
図35 多角形クリーンセルの応用構想案 (4/4)

HITACHI
Inspire the Next

7. ストッカーセルⅠ (New Parts/Ra Part/WIP 用)



8. ストッカーセルⅡ (ワークプレート保管/保守品用)



WW HGA Plans and Controls
© 2007 Hitachi Global Storage Technologies

ステンセン著「イノベーションのジレンマ」の序章に、

産業の動向を研究するのに「歴史の変遷が早い」HDD業界の歴史を調査分析するのが理想的である。この分野ではわずか数年の間にマーケット、企業、技術が出現し成熟して衰退する。

HDDメーカーは産業界のショウジョウバエである。
[ショウジョウバエは1日のうちに受精し、生まれ、成長し、死に至るので遺伝の研究に多用される]

という記述がある。そしてHDDのこの激しい変遷の歴史に伴ってHDDを生産する組立ファブも大きく変遷して来た。従ってその変遷の歴史をここで紹介することが「ミニマルファブ」開発の今後の参考になればと思います、今回本稿をまとめた次第である。

III-2. 謝辞

筆者が日立小田原工場に入社したのが1970年、そして2006年に60歳の定年を迎えるまでHDDの製造、生産技術に一貫して携わり14インチ大型HDDから5.25インチHDD、3.5インチHDD、2.5インチHDDそして1.8インチHDDの組立ファブの開発、導入、立上げ、そしてそれを使用してのHDDの生産を36年間担当してきた。その間日立小田原工場は売上月200億円、利益月28億円の大型HDDの黄金期を迎えた。その後、ダウンサイジングによる連続5期の赤字に転落したが、2.5インチHDDの海外量産化で黒字復帰した。そしてHDDの開発、生産をするストレージ部門とRAIDシステム部門が分離され、その一年後IBMのストレージ部門を吸収合併し、現在の日立GSTが誕生した。このように、目まぐるしい変遷を経験してきた。栄枯盛衰の激しいこのHDD業界で42年間に渡りHDDの開発、生産を続け、現在も尚第一線に位置し続けている事は奇跡であり、日立の技術の底力が発揮されてきたものであると思う。その日立の中で会社人生を過ごせたことを誇りに思い、又HDDの生産に一貫して関与させていただいた事に感謝している。そして会社人生最後の時に筆者が手掛けたHDD組立ファブの事例を、本稿にまとめる機会を与えていただいた産総研に対して心から感謝する。

MEMS ファンドリーと人材育成

東京大学 大学院工学系研究科 精密機械工学専攻 一木正聡
産業技術総合研究所 先進製造プロセス研究部門 前田龍太郎

1. はじめに

MEMS (Micro Electro Mechanical Systems, 微小電気機械システム) のデバイスとしてはテキサスインスツルメンツ社の開発した DMD(Digital Mirror Device)TM や DLP(Digital Light Processing)TM デバイス、加速度センサ、インクジェットプリンタヘッドなどが実用化されている。MEMS の製造技術では主に、半導体微細加工技術を用いて、電気及び機械可動機構を併せ持った微小機能デバイスとして知られている。

日本においては、これまで大企業が内製用に研究開発を進めた場合が多く、中小やベンチャー企業の育成が欧米に比べて進んでいない。近年、経済産業省が策定した技術戦略ロードマップ¹⁾では、製造産業分野に MEMS が取り上げられ今後の成長分野としての期待が高まっている。本稿では、ファブシステム研究会の活動報告に関連して、今後の MEMS 技術が日本の主要産業として成長するために必要と考えられるファンドリー事業及び人材育成事業に関する最近の動向を説明することで、関係各位の一助としたい。

2. MEMS の現況

先に述べた MEMS デバイスの技術基盤は 1980 年代に形成され、本分野の国際的研究集会である「MEMS」は 1987 年に設立されている²⁾。また、わが国においては、1991 年より約 10 年間にわたり、通商産業省が「マイクロマシンプロジェクト」を実施したことは良く知られている。その後、光通信やバイオ応用の研究開発が盛んになったものの、2000 年初頭の経済的な不況に影響され、MEMS 分野の研究開発も世界的に停滞期に入った。この遠因の一部は MEMS 分野が成熟産業である半導体分野とは異なり、多くの応用製品が中小規模のものが多いにも拘らず、大企業が主な製造元であったために、スケールマッチングが適切な状況になかったことがある。一方、中小・ベンチャー企業にとっては、製造インフラを内製化する

ることのコスト的障壁、ファウンダリー産業の未成熟、研究開発人材の不足、プロセス標準化の遅延などが開発リスクとして認識されるに至った。

このような状況の下で MEMS に関わる複数のプロジェクトが 2000 年代中盤より施行され、また新たな製品市場の輪郭も明らかになりつつある。まず、2003 年より「フォ・カス 21 プロジェクト」が始まり、この中で MEMS のファウンダリー事業の整備を開始した。ここで、ファウンダリーとは製造設備やノウハウを持たない事業者から、製造受託ビジネスを請け負う事業形態である。従来、欧米ではネットワーク化されたファウンダリー事業が事業推進の原動力となっていた。元々、ファウンドリーの絶対数が少ないことに加え、MEMS デバイス種類とその工程は多岐にわたることと、生産数量も試作から大量生産まで幅広いことから、ユーザー側から見ると、多様なニーズに応えられる体制の充実は不可欠である。遅まきながら当該プロジェクトを機に、日本でもネットワーク化のてこ入れがなされたといえる。続いて、2004 年からは、プロセス・材料の標準化、MEMS 標準の設計・シミュレーション用ソフト開発のプロジェクト「MEMS 用設計・解析支援システム開発プロジェクト (MEMS one)」が実施された。2006 年度からは高集積・複合 MEMS (Fine MEMS) プロジェクトが実施され、比較的短期に実用化の可能性のある分野への研究開発が促進された。さらに 2008 年～5 年計画により、異分野融合型の研究開発プロジェクトである Beans(Bio-Nanotech Electro mechanical Autonomous systems) が開始された³⁾。ここでは、20 年後の 2030 年に実用化することが期待される MEMS の新しい融合型のプロセス技術に着目して、新規の技術開発を産学官連携のもと集中研方式により実施されている。

一方、社会インフラの状況としては、IT バブル後もインターネットは普及の一途をたどり、有線・無線のアクセスポイントが増加している。このような方向性で「ユビキタスネットワーク社会」が実現に向

かっている。このようなユビキタス社会が実現すると、MEMS 分野にあっても長らく懸案であった大量規格製品(いわゆるメガヒット)を輩出する可能性が高まってきた。具体的には、無線通信機器に関する携帯電話、PDA に搭載される各種部品、これと関係したセンサネットワークシステム、個人健康管理に関するヘルスマニタリング、である。これらの技術開発には、携帯型特有の消費電力の低減技術、バイオ関係の新規技術の搭載も考えられ、伝統的な材料開発技術とも相俟って今後の日本のものづくり産業のコア技術としての期待が高まる。安心安全や快適性といった次世代のイノベーションを担う技術開発の確立のためにも必要不可欠な基盤技術と考えることができる4)。このような新規な技術課題に対応した研究プロジェクトが経済産業省だけでなく、文部科学省系の予算によっても既に始まっていることは新たな潮流といえるであろう5)。

3. ファウンダリー

日本における MEMS 産業の現況は前節までに述べた特定の大企業に偏在して開発が進行している点に特徴と課題がある。一方、海外では設計や製造に特化したベンチャー企業群が、外部ファウンダリーを利用して、いち早く製品を市場に投入することが可能な体制が2000年以前に構築されており、少数の大企業が内製化した製品生産を行っていた日本とは大きく状況が異なっていた。

2000年代に入り、日本においてもファウンダリーを事業化する企業が出現したが、欧米のようにネットワーク化はされておらず、速やかな事業展開の課題となっていた。その後、財団法人マイクロマシンセンターが中心となって2002年に、MEMS ファンドリーサービス産業委員会6)が開始された。現在このサービスには、11組織が加盟している。このうち、(株)アルバック、沖電気工業(株)、オムロン(株)、オリンパス(株)、(株)日立製作所、(株)フジクラ、松下電工(株)、(独)産業技術総合研究所の8組織が、ファウンドリーラインを保有しており、みずほ情報総研(株)、日本ユニシス・エクセリョーションズ(株)、(株)数理システムの3組織は、設計・解析支援ソフトのサポートを行っている。さらに、本事業の相談窓口の一本化が2005年に行われ、マイクロマシンセンターにMEMStation サービスも開始された。これは、従来会員企業に個別に問い合わせを行う体制から、一括してサービス問い合わせを行うことで、速やかな回答を行

うことが可能な仕組みを実現したものである。会員企業は各社専門・得意分野が異なっており、今後の本事業の一層の発展は、日本における MEMS 分野の発展・振興には欠かせない存在になると思われる。

台湾、韓国、シンガポール等の新興諸国と欧米先進国では、ナノテクへの展開も念頭に MEMS を国家重要技術分野に想定して重点化している。日本が従来得意としてきたエレクトロニクス、メカトロニクス、あるいは電機製品、自動車部品等の市場シェアを今後も維持・発展させるための方策として、MEMS ファンドリーを有効に活用して、中小・ベンチャー企業への門戸を開放し、市場参入の障壁を下げることが今後の産業発展には欠かせない方法と考えられる。また、既存の電子・機械部品等を MEMS 技術の活用により、一段と高機能・高付加価値化してゆくことで国際的な競争力を高めることが、今後の日本の産業政策上も必須と考えられる。

4. 人材育成事業

MEMS 分野の技術は、半導体に比べて歴史が浅いこともあり、製造工程の標準化が十分には進んでおらず、結果的には開発の分業化が未確立である。したがって、研究開発者は設計、シュミレーション、製造、実装、検査といった一連の製造工程を全て対応するか、非常に少数のメンバーにより対応することを余儀なくされる。また、市場に関しても半導体ほどは明確な領域が形成されていないために、マーケティングの課題も加わり、開発リスクはかなり高いのが現状である。これ加えて、MEMS を専門とする高等教育がまだ十分には確立しておらず、技術者の絶対数が期待される産業規模に比して著しく少ないという課題が存在して

AIST Advanced Manufacturing Research Institute

共用MEMS関連施設の整備と公開運用

◆MEMSファウンダリーサービス

Businessへの速やかな橋渡し、産業界へのファンドリーサービス

- 最高レベルの装置群(Number One)
- 非シリコン系材料で差別化(Only One)
- オペレーションスタッフ、設備、ノウハウ、周辺技術をオールインワンで (All in One)
- 連携用オープン研究室*とオープンクリーンルーム** (Open Network Environment)

●実績

産総研内7グループ、大学・公的機関5機関、民間企業15社以上が利用



* 64m² x 4部屋
** クラス1000 x 300m²

●MEMS技術の人材育成

デバイス設計、プロセス実習、シミュレーション実習、デバイス評価

- 実績
- 年間 実習講座6回、研究会4回開催 (総勢20社以上の参加)
- ナノインプリント金型作製実習、成型実習: 19社 (公表のみ) の参加
- コンテンツの拡充 (プロセス実習、流体MEMS、光MEMS、センサMEMS)

MEMS RESEARCH OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)

図 1

いる。さらに、電気・機械系の知識が要求されるにもかかわらず、電気系の出身者には機械系駆動機構は馴染みが薄く、機械系出身者には電子・電気系の加工技術に詳しくないといった現状がある。

このような状況ではるものの、MEMSは比較的新興製品がメガヒットとなる可能性は高く、新規のビジネスアイデアを速やかに市場に投入してゆく開発形態を確立することが必要な技術分野と考えられる。また、専門特化が進んでいないということは、新規参入の余地が大きいことを示している。さらに、MEMSの場合は半導体のような確固とした市場輪郭があるわけではなく、むしろ異分野融合や新規製品に市場性がある場合が少なくない。そのために、MEMS分野技術に造詣が必ずしも深くない開発動機に基く製品開拓はむしろ重要性が高い。

したがって、異分野参入を即すうえでも、座学に加えて実習内容を含む講習の機会を設けることで新たなビジネスニーズを開発に結び付ける機会の創出が望まれる。産業技術総合研究所を中心とする研究グループでは、図1に示すような方針のもとにファンドリー並びに人材育成事業に取り組んできた。図2には事業のロードマップを示す。経済産業省では、2007年より中小企業産学連携中核人材育成事業（2008年度よりは産学人材育成パートナーシップ事業）として「マイクロ・ナノ量産技術と応用デバイス製造に関する新事業開拓イノベーション人材育成」とした委託事業を行っている。ここでは、技術普及による先端デバイスの開発に加えて、研究開発環境の整備を開始した。2008年度は、関東・関西・九州の各地区で実習を含めた試行講習を行っている。図3には全国展開の構想図を示す。プロジェクト期間中は無料で試行を行っていることもあり、講義7)、実習いずれの企画も定

員を上回る申込数を受けており、本分野への参入意欲が大きいことが伺える。申込者の所属としても大学研究機関よりは企業在籍者が数的に上回っており、民間企業のMEMS分野への関心の高さを窺い知ることができた。一方、試行講習を通じていくつかの問題点も明らかになった。とくに実習は多数の人数を受け入れることが難しいこと、また日数の制限から一貫した実習が難しいことである。実習の場合1人にインストラクターあたりの受け入れ人数は最高で4名が限度であり、理想的には2名程度が望ましい。また、日数も3日以上になると参加の難しい場合が多く、3日以内のプロセス・設計実習は部分的になりがちである。ところで、参加者の感想を拝聴すると、いくつかの問題点は指摘しつつも全般的には満足度の高い回答が多く、今後も継続的に実施することへの期待感が高かった。このことから、実施方法については検討しつつも今後も改良した実施方法を探っていきたいと考えている。図4、5及び表1には産総研における保有設備の展開図及び装置リストを示す。

5. まとめ

本稿では、MEMS分野を取り巻く状況をファンドリー及び人材育成事業の観点から報告した。次世代のものづくり技術としてその重要性が認識され始めているMEMS分野を日本の主要産業として育成するためには、本稿で紹介したファンドリー事業と人材育成事業の寄与する割合は今後の高まると思われる。また、従来の半導体微細加工装置を用いた製造技術に加えて、MEMSの特化したミニファブシステムや実装8)・検査装置の開発が進むことにより、MEMSが新たな産業イノベーションの先鞭をつけることができることを期待してまとめとする。

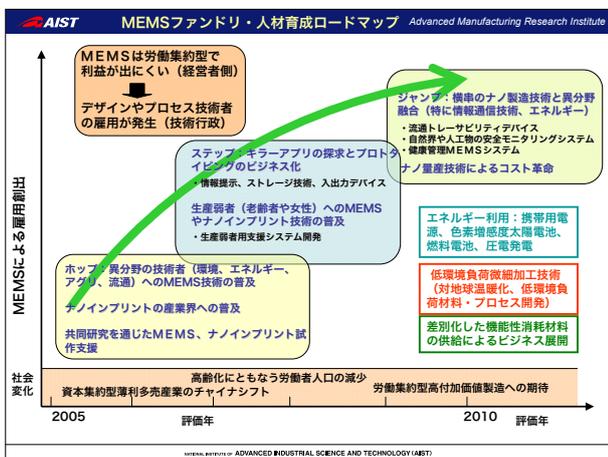


図2

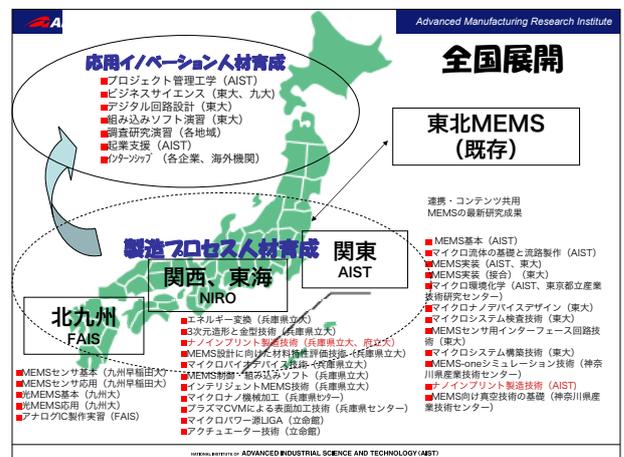


図3

謝辞

本稿をまとめるにあたり、著者以外の複数の方々にご助言や資料提供を頂きました。この機会に謝意を示し感謝申し上げます。とくに、産業技術総合研究所の高橋正春博士（千新製造プロセス研究部門インプリント製造技術研究グループ長）、伊藤寿浩博士（同 ネットワーク MEMS 研究グループ長）、市川直樹博士（同 イノベーション推進室 総括企画主幹）、須賀唯知教授（東京大学 大学院工学系研究科 精密機械工学専攻）には具体的なご助言をいただきましたので、ここでお名前を記して感謝申し上げます。また、近森邦彦博士（ネットワーク MEMS 研究グループ テクニカルスタッフ）には保有設備に関する図表の作成に当たりご協力いただきましたので、ここで謝意を申し上げます。

参考文献

- 1) <http://www.meti.go.jp/press/20060428011/20060428011.html>
- 2) MEMS2009 <http://www.mems2009.org/>
- 3) <http://www.mmc.or.jp/research/beans/>
- 4) 板生清 コンピュータを「着る」時代 (文春新書).
- 5) http://www.sen.jst.go.jp/theme/theme_h18/Ito.html, <http://www.ulp.jst.go.jp/assignment/h19/index.html#03>
- 6) <http://fsic.mmc.or.jp/>
- 7) 入門書として、例えば、前田龍太郎他著、MEMS のはなし、日刊工業新聞社.
- 8) 須賀唯知、セラミックス 41(2006)424-428.

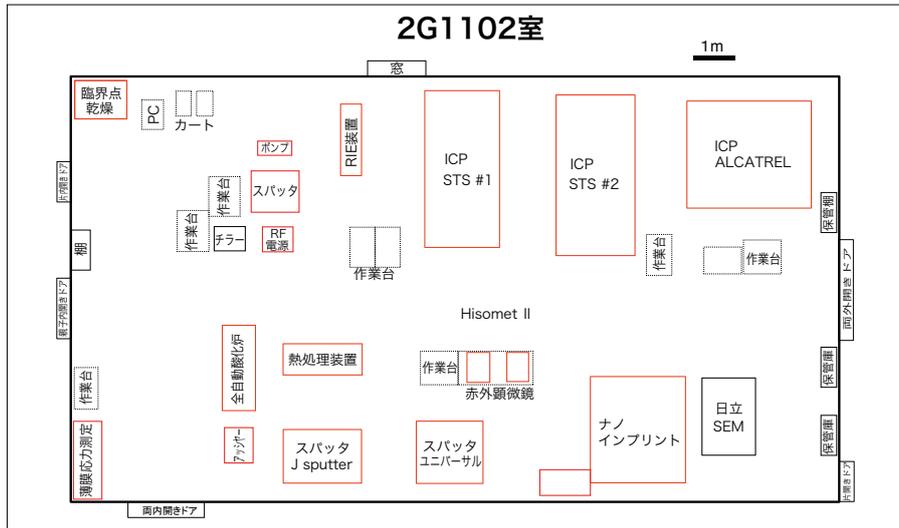


図 4

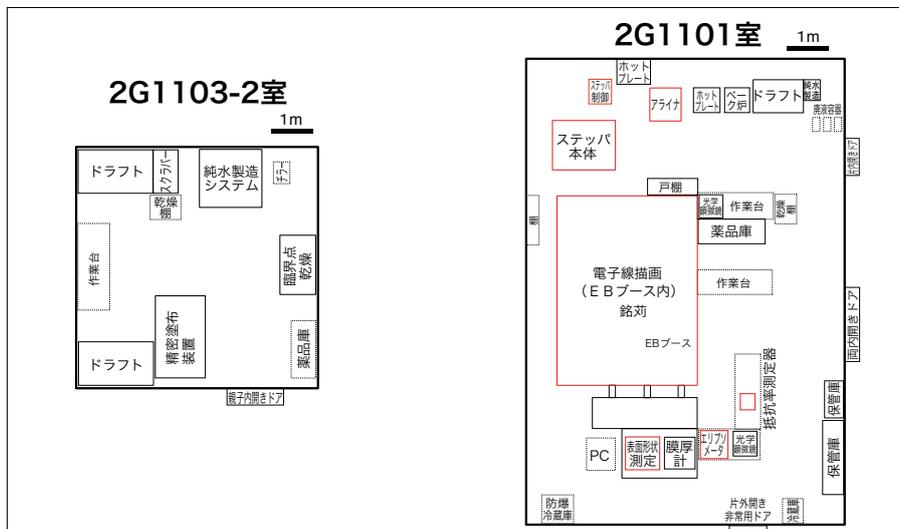


図 5

機能等	対象等	装置・設備	メーカー等
設計	マスク描画、MEMS 設計	MEMS Pro Coventorware	仏 MEMScAP 米 Coventor
	導波路解析	BAND SOLVE	日本アールソフトデザイン
	電磁界解析	HFSS	-
成膜	シリコン系	酸化炉	東京本山商会
		全自動酸化炉	東京本山商会
		拡散炉	東京本山商会
		熱処理炉	東京本山商会
	金属系	スパッタ装置	アネルバ SPR-430H 2 源、ユニバーサルシステムズ MS340 3 源
	ポリマー	パリレン蒸着装置	日本パリレン
	セラミック	パルスレーザ蒸着	カンタムデザイン
エッチング	シリコン系	ICP (高速)	STS、アルカテル
	シリコン系	RIE	サムコ
	金属 その他	ECR	アネルバ
		広域 FIB 加工装置	エリオニクス EIP-5400
	ガラス、強誘電体	ICP	STS
リソグラフィ	-	電子線描画	エリオニクス ESL-7700H、東京テクノロジー
		デスクトップ型電子線描画装置	テクネックス工房、産総研オリジナル
		ステッパ	ウルトラテック 1500MVS-R-PC
		マスクアライナー	ユニオン PEM800
洗浄	ウエハ精密洗浄	UV オゾン洗浄機	金堂精密
		IPA 乾燥機	島田理化学工業
メッキ	平面上	ウエハレベルメッキ 金及びニッケル	イデア
切断	シリコン	ダイシングソー	DISCO
研削・研磨	研削沙コシ・金属	平面研削盤	芝山機械
接合	シリコン・シリコン	直接接合 (洗浄装置と位置合わせ装置)	EVG
	シリコン・ガラス	陽極接合	ダイア真空
	ワイヤ	ワイヤボンダ	アヴィオニクス
成型	樹脂	ホットエンボス	エンジニアリングシステム
	ガラス	ガラス成形用熱インプリント装置	エンジニアリングシステム
	ナノインプリント装置	ナノインプリントステッパ	エンジニアリングシステム
		小型ナノインプリント装置	エンジニアリングシステム
	UV ナノインプリント装置	モレキュラーインプリント (伯東)	
実装	配線印刷	スクリーン印刷	マイクロテック
塗布	レジスト、PZT 溶液	精密塗布装置	ノードソン
評価・計測	超小型構造物	レーザ変位計	グラフテック
	形状計測	AFM	SII ナノテクノロジー
		ハイソメット	ユニオン光学
		2次元形状測定	DEKTAK
		光干渉式非接触3次元表面形状計測装置	ZYGO (キャノン販売)
		触針式表面形状測定装置	小坂研究所
	絶縁膜評価装置	半導体パラメータアナライザ	アジレント 4155C
	高周波特性	ネットワークアナライザ	アジレント・テクノロジー
	インピーダンス特性	燃料電池評価装置	NF 回路設計ブロック
	顕微鏡	走査型電子顕微鏡	日立ハイテック S-3000H、日立卓上顕微鏡 TM-1000
		赤外顕微鏡	オリンパス
		コンフォーカル顕微鏡	Lasertec
	抵抗率計測	抵抗率測定装置	NPS
	膜厚計測	エリブソメータ	米 Gaertner
	膜応力計測	薄膜内部応力測定装置	東朋テクノロジー
粘弾性測定	粘弾性測定装置	METRAVIB VA2000	
材料硬度評価	ナノインデント (微小押込み試験機)	ELIONIX	
流体計測	流体計測	流体計測装置 (倒立顕微鏡高速度ビデオ)	ニコン、横河電機、フォトロン
		3次元流速計測装置 (高速度ビデオ)	キーエンス
	P I V 解析	Cosmos32、Flow-Vec32	ライブラリ

表 1

オンデマンド・ファブシステムとしての産総研ナノプロセッシング施設

ナノ電子デバイス研究センター
秋永 広幸

1. 産総研ナノプロセッシング施設の概要

1-1. 設立経緯と目的

ナノテクノロジーは、情報通信、バイオ、環境・エネルギー、計測標準他さまざまな分野における最先端の研究開発を支える基盤技術であると同時に、それ自身の進歩が速いことから、如何にスピーディに、新材料・デバイスのプロトタイプを作製し、その結果を次のステップの研究開発に結びつけられるかが、それら研究開発の成否を分けると言っても過言ではない。一方、ナノテクノロジーにおける基幹技術である極微細加工・造形・計測、すなわちナノプロセッシングにおいては、クリーンな環境を必要とすることが多く、さらにそれぞれの装置が高価となる傾向にあって、かつ、多様なプロセッシング・レシピを実現する数多くの装置群が一か所に集積されていることが求められる。このような背景のもと、平成13年度末、産総研ナノテクノロジー研究部門では、AIST Nano-Processing Facility (AIST-NPF) を、産総研におけるナノテクノロジー推進のためのオープンな共通基盤施設として設置した。電子線を用いる微細構造描画装置から、走査電子顕微鏡・走査型プローブ顕微鏡などの観察・計測装置、ナノデバイスや材料の電子・光機能評価装置を有し、オリジナルな着想をいち早く具現化すべく、日々先端的な材料・デバイスの微細加工から機能検証までを一貫して推進している。

平成14年度に文部科学省・ナノテクノロジー総合支援プロジェクトの受託を契機として、AIST-NPFは産総研外部、産学公の研究開発にたずさわる方々にも開かれた施設となった。さらに、平成15年度からは極微細加工・造形・計測要素技術の習得を目的とした人材育成事業を開始した。その後、平成17年度には経済産業省・産学連携製造中核人材育成事業を受託するに至り、「基礎加工技能・技術特殊な要素技能・技術に習熟し、製造技術の高度化を図る人材」及び「豊富なナノ加工プロセスの知識や先端機器を使いこなす

ノウハウ等を習熟し、製造現場の技能・技術を統括できる人材」を育成するためのカリキュラム開発を行うと共に、それら産業科学技術人材の育成も行うようになった。

AIST-NPFでは、平成19年度より5年間の計画で、文部科学省からの委託事業であるナノテクノロジー・ネットワーク「ナノプロセッシング・パートナーシップ・プラットフォーム」を遂行している。この事業においては、独立行政法人産業技術総合研究所のもつ基盤技術から先端技術までの多様で幅広い研究開発資源を組織内部で機動的に連携させ、「技術支援による学界及び産業界への貢献」、「技術革新を担う人材の育成」という社会ニーズに応えるためのアクションプランとして、有限の資源で成果を最大化し、研究分野の融合、産学官の広範囲な研究者・研究機関のネットワーク、事業内外における人材育成を推進するプラットフォームの実現を目指している。

このように、産総研の研究開発ノウハウと場を社会と共有することによって、ソリューション提供型の研究支援・技術移転、そして人材育成を業務の2本の柱とするオープン・プラットフォームとしての機能を果たすことが、AIST-NPFの設置目的である。

なお、AIST-NPF運営スタッフのモットーおよび、AIST-NPFのドメインは以下のように定められている。

モットー：人材による研究開発支援・技術移転と人材育成を遂行するプラットフォームの形成を目指します。

ドメイン※：「成功へのサポート」「Support for Success」

※ドメイン：ここで使っている「ドメイン」とは、AIST-NPFの業務範囲のことである。例えば、AIST-NPFの構成員が新しい業務を前にしてそれを実施するか否かを判断しなければならない時、「成功へのサポート」にかかわることであれば実施する」など、主に意思決定に用いる。

1-2. 提供するサービス

AIST-NPF において提供されるサービスは、以下の8つに分類できる。

①技術相談サービス：

施設・装置を適切に利用するためのガイダンスはもちろんのこと、ユーザーの研究開発上のボトルネックを明確化し、それに対するプロセス設計などのコンサルティングとソリューションの提供を実施する。

②装置利用サービス：

AIST-NPF の装置を利用する機会を提供する。そのために必要な施設・システムや物品の管理、安全教育、情報セキュリティガイダンスなどもあわせて実施する。

③技術支援サービス：

産総研の最先端技術を用いた技術支援を実施する。AIST-NPF の技術指導員がユーザーの要望に沿った試作、分析を行う場合には、産総研独自の技術ノウハウを必要する場合に限ってその依頼を受けている。また、産総研の知的財産、研究開発資源を支援案件に対して投入する場合には、共同研究による研究支援も実施する。

④成果創出支援サービス：

AIST-NPF で得られた成果を、ユーザーが学術論文、特許実施例作成、あるいはベンチャー設立に向けた準備などに活用するための支援を行う。

⑤実地訓練サービス：

装置利用に際し、必要な装置利用技術のガイダンス

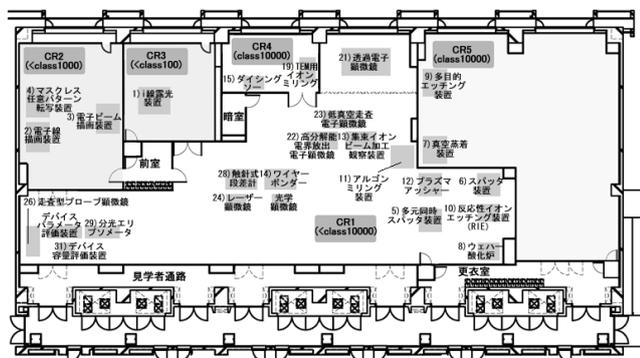


図1 産総研ナノプロセッシング施設（クリーンルーム部分）の平面図

図中、装置名についている数字は、表1の番号と対応している。

を行う。不連続に装置を利用するユーザーに対し、初回のみならず、時間をおいて装置を利用する際にも、技術指導員による手厚い要素技術習得トレーニングを実施する。

⑥人材育成サービス：

高校生や、大学・大学院生の長期休暇を利用した実習、大学・独法の若手研究者、地域にある公設研の研究者や企業の中堅技術者など、多様な人材に対する要素技術の習得を目指したスクールを開催する。また、「基礎加工技能・技術特殊な要素技能・技術に習熟し、製造技術の高度化を図る人材」及び「豊富なナノ加工プロセスの知識や先端機器を使いこなすノウハウ等を習熟し、製造現場の技能・技術を統括できる人材」の育成を目指した長期の人材育成スクールを提供する。

⑦情報発信サービス：

ナノテクノロジーに関連する分野における最新情報、当事業で開発され公開可能なノウハウなどを、AIST-NPF に登録するユーザーに向けてニュースとして発信する。

⑧ネットワーキングサービス：

産総研内外、公設研など関連施設との連携からなるネットワークを構築し、AIST-NPF をポータルサイトとして、ユーザーが様々なサービスを受けることができる環境を提供する。さらに、支援依頼元の連携や研究分野の融合によるネットワーキングを実施する。

これらのサービスを提供する場として設置されているAIST-NPF の平面図と平成20年4月現在の装置一覧配置図を示した。

加工装置	16)	小型真空蒸着装置
1) i線露光装置	17)	イオンビームスパッタ装置
2) 電子線描画装置	18)	イオンコーター
3) 電子ビーム描画装置	19)	TEM用イオンミリング装置
4) マスクレス任意パターン転写装置	20)	分析装置
5) 多元同時スパッタ装置	21)	透過電子顕微鏡
6) スパッタ装置		計測装置
7) 真空蒸着装置	22)	高分解能電界放出電子顕微鏡
8) ウェハ酸化炉	23)	低真空走査電子顕微鏡
9) 多目的エッチング装置	24)	レーザー顕微鏡
10) 反応性イオンエッチング装置 (RIE)	26)	走査型プローブ顕微鏡
11) アルゴンミリング装置	28)	触針式段差計
12) プラズマアッシャー	29)	分光エリブソメータ
13) 集束イオンビーム加工観察装置		評価装置
14) ワイヤボンダー	30)	デバイスパラメータ評価装置
15) ダイシングソー	31)	デバイス容量評価装置

表1 産総研ナノプロセッシング施設（クリーンルーム部分）に設置されている装置リスト

装置名左の数字は、図1に記載の番号と対応している。

1-3. 実績

本節で実績を述べるにあたり、以下の用語を定義する。「装置利用」とは、1-2節において、②にあげたサービスのことである、「技術代行」とは③にあげたサービスで、技術指導員がユーザーの要望に沿った試作や分析を行うもの、「共同研究」とは、産総研の知的財産、研究開発資源を支援案件に対して相当な寄与度で投入する場合のことを指している。また「技術相談」とは、①にあげたサービスを提供したが、AIST-NPFでそれに続く「装置利用」「技術代行」「共同研究」などのサービスは実施しなかった案件を示している。「技術相談」のみで終了してしまう例としては、上記⑧のサービスに移行し、AIST-NPF以外の機関に紹介を行う、あるいは、学術的に間違っていたり、あるいは「産総研の知財や場の提供があつてはじめて実施可能となる支援依頼しか受けない」という境界条件を満たさなかった案件を指している。また各種の統計データにおいて「支援件数」および「ユーザー数」として勘定している数は、年度末に集めている支援報告

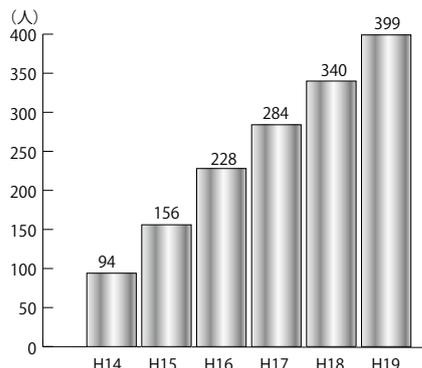


図2 AIST-NPF ユーザー数の推移

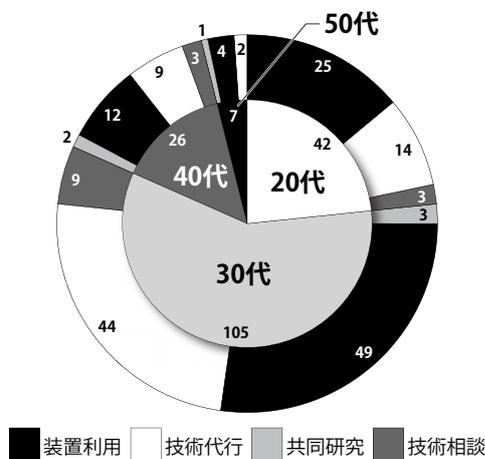


図3 AIST-NPF ユーザーの年齢構成 (平成19年度)

書の数をもとに求めたものである。

AIST-NPFは設立当初、約200m²の規模のクリーンルームであった。しかしながら、ユーザー数の増加に伴って平成16年度に施設の移転を行い、現状では約600m²のクリーンルームと約200m²の一般実験室、そして約200m²のスタッフ及びユーザー居室からなる規模となった。NPF専任スタッフは全て契約職員であり、平成19年度は14名である。一方、その登録ユーザー数は図2に示すように、平成14年から平成19年にかけて約4倍になっている。その内訳は、産総研内外で約1:1である。また、産総研外部から学生のユーザーを引き受ける場合にはその指導教官とともにガイダンスを受け、指導教官とともに登録をすることと定めていることから、産総研外のユーザーのうち、実際にAIST-NPFの装置利用を行うユーザーは産総研外ユーザー総数の2/3程度となっている。この面積の施設で、この数のユーザーからの依頼をタイムリーに実現していくため、AIST-NPFではユーザーの装置利用推進を前面に出した経営方針で運営を行うことにしている。

図3には、平成19年度に実施した研究支援に関係するAIST-NPFユーザーの年齢構成を示す。図から明らかなように、20～30代の若手研究者による利用が圧倒的に多くなっている。これは、AIST-NPFの運営が、装置利用を行うユーザーを主な対象としていることを端的に示すものである。

図4には、AIST-NPFユーザーの所属機関所在地分布を示した。図3で示したと同様、装置利用をベースとしていることを反映し、関東圏からのユーザーが多い。しかしながら、この分布は徐々に南北に広がる傾向を見せている。

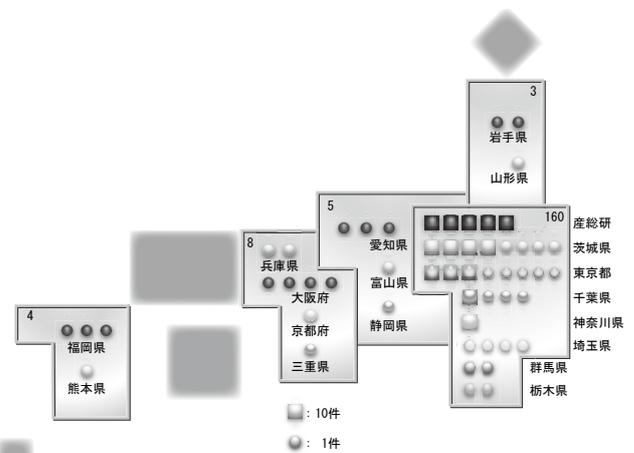


図4 AIST-NPF ユーザーの所属機関所在地分布 (平成19年度)

AIST-NPFの産総研外への公開を開始した平成14年度から集計した、支援形態別支援件数内訳を図5に示した。また、これらの支援件数をユーザーの所属機関別に集計しなおしたものが図6である。大まかに言って、産学公の割合が1:1:1になっていることがわかる。

なお、平成19年度から、AIST-NPFは産総研・テクニカルセンター・分析セクションとの連携サービスを開始した。その結果、年間支援件数は180件となっている。その内訳は、形態別とした場合、共同研究6件、技術代行70件、装置利用89件、技術相談15件であった。また、所属機関別に集計すると、企業47件、大学65件、公的機関68件であった。

1-4. 人材育成の実績

AIST-NPFで実施している人材育成スクールには、電子ビーム描画装置、走査型電子顕微鏡、走査型プローブ顕微鏡、集束イオンビーム加工・観察装置、X線構造解析、フォトリソグラフィ関連装置など要素技術の

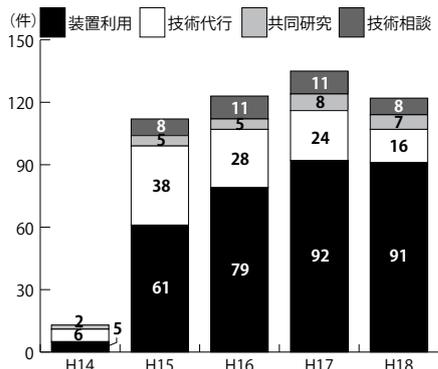


図5 AIST-NPFで実施した研究支援の形態別内訳 (平成14～18年度)

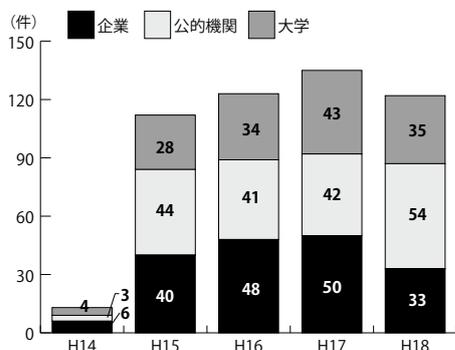


図6 AIST-NPFで実施した研究支援の機関別内訳 (平成14～18年度)

理解と装置操作方法の習得を目指したカリキュラムがある。これらスクールには、民間企業からの参加がかなり多いことが特徴的である。図7には、平成18年度、平成19年度における、要素技術習得人材育成スクール参加者の所属機関別内訳を示した。平成19年度の集計には、さらに企業の規模によって大企業と中小企業を分けた数を記載している。当該スクールはワーキングデイに開催していることから、人手に余裕のない中小企業からの参加は2名に止まっている。

AIST-NPFでは、要素技術だけでなく、それらを産業における製造技術に適用することが出来る人材の育成も行っており、修了者には理事長名での修了証を発行してきた。平成18年度、および平成19年度の修了生数は、それぞれ25、4名である。

1-5. 運営資金

AIST-NPFに設置されている装置の主なものは補正予算で準備された。その後、現在のクリーンルームの整備、移転、新規装置購入支援などが産総研の運営費交付金にてなされている。また、ナノテクノロジー総合支援プロジェクト開始時のみ、大型備品の購入予算が準備された。設備・備品に関して、その購入のために充てられた交付金と委託費の割合は、AIST-NPF開設当初よりの積算で約5:1程度である。

ナノテクノロジー総合支援プロジェクトおよびナノテクノロジー・ネットワーク事業における委託費は、主に人件費と業務実施費(消耗品費・保守費ほか)に充てられている。また、平成19年度からは、特に産総研の自主事業としての研究支援・人材育成を実施するために、運営費交付金からも人件費を中心に補充を行うことになった。交付金と委託費の割合は、平成20年度予算にて、約1:3である。

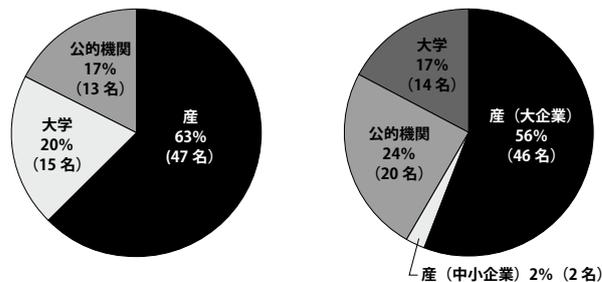


図7 要素技術人材育成スクール受講生の所属機関別内訳 (平成18年度左、平成19年度右)

図8に、AIST-NPFにおける知的財産を含む資金の収支を図示した。平成19年末までは、委託費と運営費交付金にて運営しており、ユーザーは無償でサービスを受けることができた。サービスの対価として委託元へ提出されるものは、委託事業にて定められた成果報告書等、その成果を公開するためのものであった。平成20年1月からは、産総研自主事業枠内で実施される装置利用サービスを受けるにあたり、実費相当額の負担をすることによってAIST-NPFで得られた成果を公開しないという選択肢をユーザーが選ぶことができるようになった。これは実地訓練を伴う装置利用によって、ユーザーに対する技術研修がなされているという整理にて関連規程の改定を行うことによって実施されたものである。今後、さらに関連する規程の整備を行うことによって、AIST-NPF 運転資金の持続的な確保と、AIST-NPF の社会との共有をより進める計画である。

2. オンデマンド・ファブシステムとしての運営

先述の通り、AIST-NPFでは、情報通信、バイオ、環境・エネルギー、計測標準など広範な研究分野にわたるサービスを提供している。例えば、Heterojunction Bipolar Transistor (HBT) や Thin Film Transistor (TFT)、テラヘルツエミッターの試作、マイクロ流路やタンパク質のパターン加工、太陽電池・燃料電池材料の評価、環境汚染物質の評価、超高感度超伝導センサや量子効果を用いた標準抵抗素子などの成果例が出ている。また、最近では、世界最高コントラストを持つコロナグラフ用マスク開発など、宇宙工学の分野からも研究開発支援依頼が届くに至って

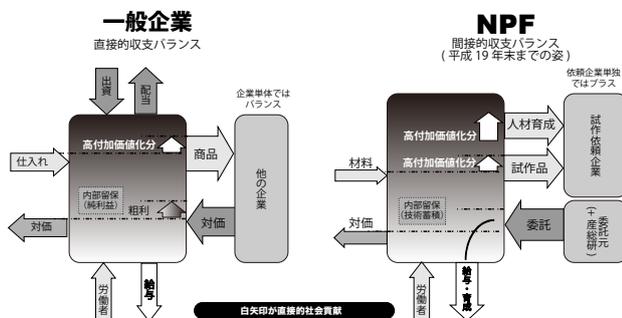


図8 NPFのユーザーを企業に特定した際、一般企業と比較してどのような収支バランスがとれるのかを示した図。産総研原史朗氏との議論をもとに作成。

いる。さらにこれらの支援依頼は随時受け付けていることから、究極のオンデマンド・ファブシステムであるとも言える。本章では、施設と安全管理、装置と講習、ユーザー管理、工程管理、そして知財管理の5つの観点から、よりユーザーの立場に立った“オンデマンド”を実現するためにAIST-NPFで実施している試みや問題点をあげ、それらに対して考察を加える。

2-1. 施設と安全管理についての考察

図1に示したように、AIST-NPFはクラスの異なる複数の部屋が連結した設計になっていて、かつ極微細加工・造形・計測の分野に不慣れなユーザーに対してもその敷居が低くなるように運営されている。これは、NPFが研究者の連携、研究分野の融合を目指したことによる。一方、先端シリコン素子プロセスを希望するユーザーの要望に応えることは当初より想定外のこととした。より具体的には、毒性や危険性の高い材料を除き、申請・許可ベースで新材料の持ち込みを可能とした。現在は、Auやアルカリ金属などの持ち込みも許可している。

一方で、安全管理に関しては、産総研の安全管理関係規程に準ずると共に必要に応じてさらに厳しい運用を行ってきた。様々な研究分野での常識をユーザーが持ち込むことを防ぐため、施設利用開始時の安全講習のみならず、各装置の利用方法ガイダンス時にもそれぞれの装置に関する安全管理の方法を重ねて説明している。ヒヤリハット事例としての登録に関しては適用範囲を広くすると同時に、必要に応じてユーザーへ周知し、AIST-NPF利用マニュアルへの反映を迅速に行った。ユーザーへの対応は原則として性善説をとるとともに、装置故障時にはユーザーとその上司(あるいは指導者)との合意のもと事故報告書を作成し、然るべきルートでの回覧と産総研内規程にのっとった報告を実施している。さらに、クリーンルームには、ユーザーの合意のもとで監視カメラの設置を行い、NPF管理スタッフが居室からもクリーンルーム内の状況を把握できるようにしている。そのほか、酸素センサーほか各種警報装置、そして重要情報周知用の液晶モニターの設置などを行っている。

オンデマンド・ファブシステムの運営において、その第一の基盤となるのは、施設の安全確保である。旅客システムと同様、安全・安心をユーザーに常時提供し続けることが最も価値の高いことと認識しなければならない。

2-2. 装置と講習についての考察

AIST-NPF に設置されている全ての装置には、標準使用マニュアルが装備されている。数多くのユーザーが、“少量・多品種”の材料を様々なレシピで使用する AIST-NPF において、施設と装置の性能を保証するものが標準使用マニュアルとそこに用いられる標準レシピである。これらはその装置を利用する全てのユーザーに共有されることで、装置の予期せぬ故障を最小限にとどめ、ひいては施設と装置の稼働率向上に貢献する。この意識を随時ユーザーに持っていただくのが、「実地訓練サービス」の持つ意義でもある。

オンデマンド・ファブシステムを構成する装置として、以下に3つの例を挙げる。

(1) スパッタ装置：芝浦エレテック (CFS-4EP-LL)

AIST-NPF にて最も稼働率が高い装置の一つであり、連続使用は半日まで、また一度に2枠の予約は入れられないというルールを適用しているため、ヘビーユーザーにとっては2週間に一度のマシントイムしか予約できないといった状況が続いている。

現在、AIST-NPF では24種類のターゲットに関して標準レシピでの成膜速度などのライブラリを保有しており、希望するユーザーにはそれらの情報を遅滞なくご連絡できるようにしている。

(2) 誘導プラズマ反応性イオンエッチング装置：サムコ (RIE-101iPH)

この装置は、トルネード型のアンテナを装備しており、面内均一度を若干犠牲にするものの多様な材料のエッチングが可能となるようにしている。また、除害には電気炉を利用しており、副生成物に遷移金属カルボニルが想定されるようなレシピであってもエッチングが可能である。ガスラインは大きく分けてメタン系と塩素系の2系統となっていて、各エッチングの開始・終了時には、安定した装置動作とコンタミを可能なかぎり防ぐため、長めの酸素プラズマクリーニングを行うことを標準レシピとしている。

一方、難エッチング材料においては、チャンバ内残留物がエッチング速度の再現性に与える影響が大きい。そこで、ユーザーの希望納期如何では、先着順に実験行うのではなく、メタン系、塩素系ガスをを用いた案件をまとめて実施するという運営上の工夫を行っている。

(3) i線ステッパ：ニコンテック (NSR-2205i14E2)

10mm x 10mm、15mm x 15mm、20mm x 20mm、そして2インチサイズの基板を1枚流すにあたって、大型ウェハに対して露光するのと同様な精度を出せるように改造を施した装置である。図9にその装置写真を示した。また、この露光装置には複数の露光モードが用意されているので、同一基板に複数の異なるパターンの露光も可能となり、一度のプロセスで複数のデバイス作製をすることができ、さらにショット毎に露光条件が変わるような露光も可能なので、露光条件の適正化などを効率的に行える仕様になっている。

2-3. ユーザー管理についての考察

数多くのユーザーが出入りする AIST-NPF においては、人DBの管理を行うためのサーバーを安全に管理すること、またスクール受講生の名簿など個人情報が入った電子ファイルは関連スタッフのパソコンに保存せず、かつ電子メールでのやり取りを禁止するなど、情報セキュリティ管理は重要な項目である。

さらに装置利用サービスに軸足をおいたオンデマンド・ファブシステムの運営に重要な点として、ユーザー間のトラブルを避けることがあげられる。そのために AIST-NPF が実施したことは、(1) ユーザーの希望やクレームを運営責任者が定期的に吸い上げられる仕組みの構築、(2) ユーザー同士でのレシピの伝授の禁止、である。(1)の具体策としては、定例的にユーザーミーティングを開催し、Face to Face でユーザーからの意見を吸い上げること、アンケートを随時実施すると共にその結果を公表することなどがあげられる。(2)に関しては、一見して連携の創出を目指す NPF 設立目的と相反するようであるが、NPF 管理側が把握しないレシピや装置利用ルールが独り歩きをすると、熱心なユーザーほどトラブルに巻き込まれることが多いことから設置されたルールとなっている。すなわち、

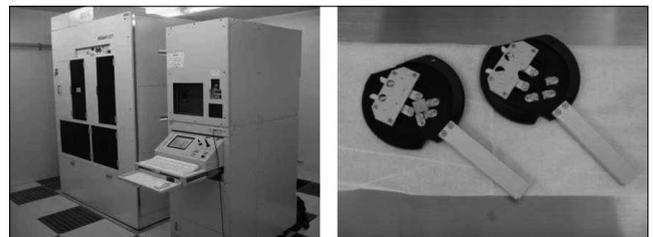


図9 AIST-NPF に設置されたi線スパッタ装置の外観写真(左)と小型矩形基板をウェハローダーに乗せるための治具(右)。NPF で配信しているメールマガジン「WHAT's ON NPF」の2005年4月28日号に掲載した写真より。

装置トレーニングや開発レシピの共有は、NPF 技術支援員によってなされることとなる。

表裏一体の事柄として、NPF 技術支援員の技術伝承をどのように確保するかという問題がある。ここでいう技術伝承とは、既存のプロセスレシピを保管するということだけを意味するものではない。プロセスレシピの改善は常に試行され続けなければ多様なユーザーからの要求に応えられず、さらに、施設の求心力を保つために新しいプロセスレシピを開発することも広義の技術伝承である。残念ながら産総研においては当該技術開発を主たる業務とする常勤職員は存在せず、AIST-NPF においてもこれらの機能は年度契約の契約職員によって担われているのが現状である。研究開発系独立行政法人が、いわゆる研究開発のみではなく“場”を提供することによるイノベーション創出をも業務をするのであれば、その実現に向けて必要不可欠なのは、技術系職員枠の新設であると考えている。

2-4. 工程管理についての考察

ユーザーへの装置利用サービスを提供するにあたっては、その工程管理がユーザー側でなされることから施設側として管理を行うことは極めて難しい。そのような状況にあって、AIST-NPF で行われている工程管理の要点は以下の4つである。

- (1) 全ての実験装置をいつでも利用可能な状況にメンテナンスすること。
- (2) 競合する可能性のある研究課題を早急に把握し、工程管理の観点から情報コンタミを防ぐこと。
- (3) 競合する可能性のある研究課題のログノート、装置使用記録を個別管理すること。
- (4) 装置利用の状況も含め、技術代行、共同研究における進捗状況を NPF 技術支援員全員が把握すること。

(2)～(4)は、次節に述べる知財管理の問題と密接にかかわる問題である。また、(1)はオンデマンドであることを保証するために必要不可欠であって、「迅速に」、「必要に応じていつでも」実験を開始できるように装置メンテナンスをしておくことが欠かせない業務となっている。

2-5. 知財管理についての考察

「AIST-NPF を利用するユーザーが、自らそこに設置された装置を利用して得た成果は、全てそのユーザーに帰属する」ことが、AIST-NPF 運営の原則である。この原理・原則を良好に保つために、装置や装置使用記録の管理がなされてきている。また、装置利用マニュアルに記載されるプロセスレシピも広く公開され、かつ数多くのユーザーの手元でカスタマイズされるときにその情報の一部がフィードバックされ、そしてより良いレシピの公開に結実するというノウハウ管理モデルを採用している。

一方、先端機器共用施設として AIST-NPF を見た場合に、ユーザーに対する求心力を維持するためには、(1) 最先端の装置が揃っていること、(2) 最先端の技術が揃っていること、(3) それらを活用することができる仕組みがあること、の3点がなければならない。独立行政法人である産総研においては、予算が潤沢に保証されない限り、(1)を定常的に維持することは極めて困難である。(3)に関しては、装置・技術が最先端であるか否かにかかわらず、上記の装置利用トレーニングが一定の役割を果たしてきた。そして、(2)に関しては、「秘すれば花」であるレシピを持つことも時に応じて極めて重要な要件となってくる。そこで、AIST-NPF では、共同研究においてのみならず、技術指導や技術代行時に得た新しいプロセスノウハウを産総研が保有することのできる規程を整備しつつある。一方で、現状の産総研では、技術指導において知的財産が発生することは想定されていないことから、施設利用に際してユーザーに課金する際に、既存規程の範囲内では契約締結が出来ないなどのボトルネックが発生している。

3. ユーザーアンケート結果とその考察

本章では、平成 18 年 3 月、平成 20 年 9 月に実施したアンケート結果を用いて、ユーザー側から見た AIST-NPF の把握と、オンデマンド・ファブシステムとしての課題の抽出、そして今後解決すべき問題を検

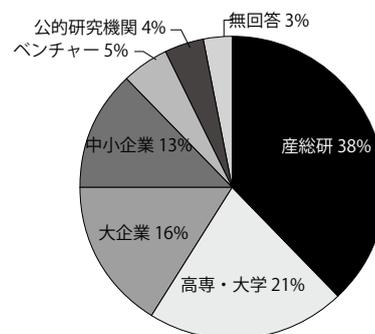


図 10 平成 19 年 2 月実施 NPF アンケートご回答者のご所属内訳 (N=108)

討する。それぞれのアンケートにおけるご回答者の総数 N と、そのご所属の内訳を図 10 と図 11 に示した。

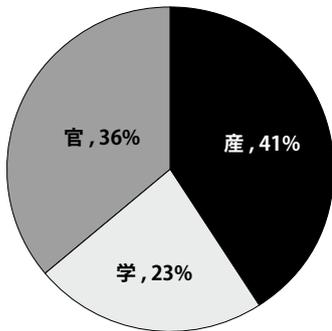


図 11 平成 20 年 9 月実施 NPF アンケートご回答者のご所属内訳 (N=140)

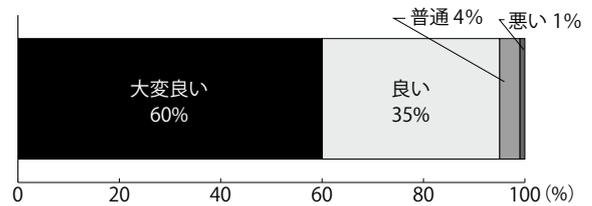


図 14 支援要員の対応に関する満足度 (平成 19 年 2 月実施 NPF アンケート)

分析：本設問に対して高い満足度をいただいているのは、装置利用を主な業務とする施設として極めて重要であるとの認識。

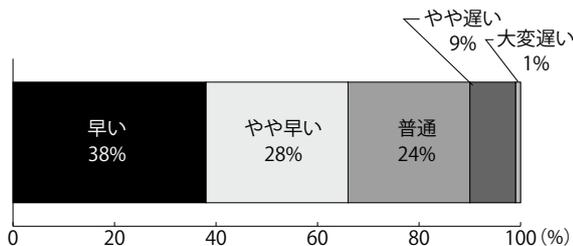


図 12 研究支援依頼に対する NPF の対応について (平成 19 年 2 月実施 NPF アンケート)

分析：オンデマンドで研究支援を随時受け入れていることから、支援申請以降、初めの装置トレーニングまでの時間が長く感じられてしまうユーザーが出てきてしまっていることを反映している。

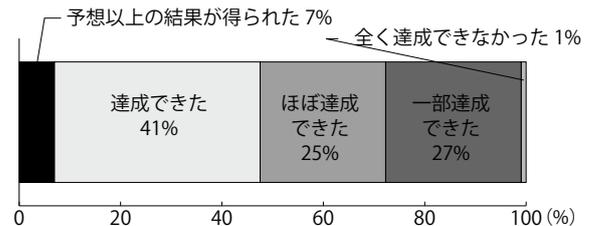


図 15 当初目的が達成できたかどうか? (平成 19 年 2 月実施 NPF アンケート)

分析：AIST-NPF に対しては、研究要素の高い支援依頼が多く寄せられることから、達成度が低い案件も出てくることを反映している。

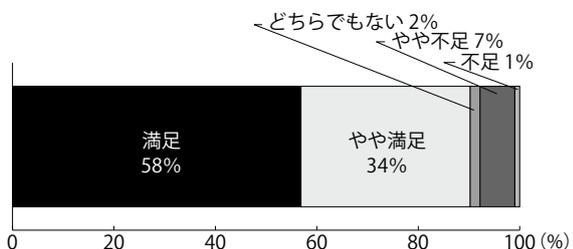


図 13 NPF(NPF に設置されている装置を含む)の施設としての満足度 (平成 19 年 2 月実施 NPF アンケート)

分析：「不足」と感じられているユーザーの方々のほとんどが、装置の予約がすぐにできない状況にあることを理由にされている。

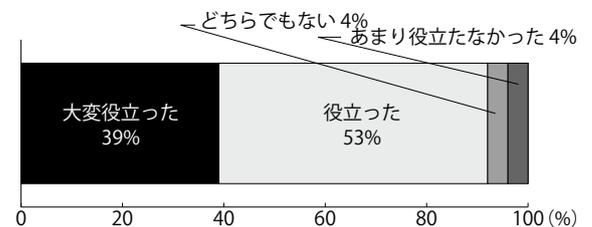


図 16 支援成果は役立ったかどうか? (平成 19 年 2 月実施 NPF アンケート)

分析：図 14 の結果と比較すると、当初目的が達成できていなくても「役に立った」と評価するケースが多いことを示している。当初見通しが失敗に終わっても、研究開発上の方向転換に資することができれば、ユーザー満足度が高くなることを示している。

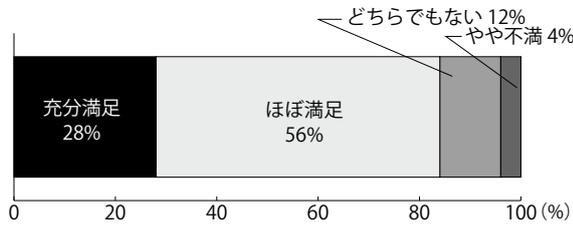


図 17 技術代行時の支援進捗情報提供に関する満足度 (平成 19 年 2 月実施 NPF アンケート)

分析：高い満足度を得るために AIST-NPF で導入した進捗報告リクエストシステムが機能している可能性もあるが、ユーザーと支援員のコミュニケーションが重要であることを示唆しているのではないかとも思われる。第 4 章 SVTC のビジネスモデルを適用する際にも、重要な観点であると考えられる。

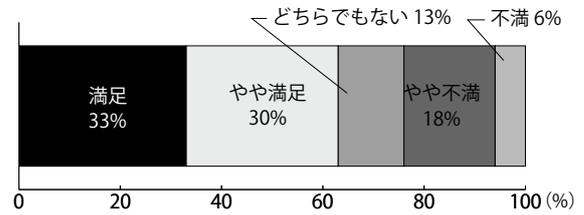


図 20 装置使用時間に関する満足度 (平成 19 年 2 月実施 NPF アンケート)

分析：先述のとおり、装置の利用時間を確保できない傾向が続いており、AIST-NPF にとって最重要の検討課題となっている。

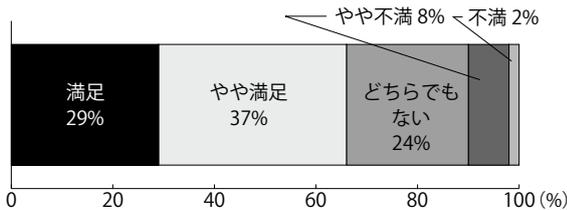


図 18 納期の満足度 (平成 19 年 2 月実施 NPF アンケート)

オンデマンドでご依頼を受ける際に、「迅速なサービス・作業」が重要であることを示している。

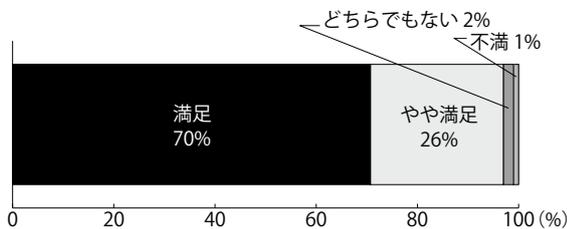


図 19 装置トレーニングの満足度 (平成 19 年 2 月実施 NPF アンケート)

分析：満足度は高い。装置利用に軸足を置く AIST-NPF にとって、装置トレーニングの充実化に重点的に取り組んできた成果であると考えている。

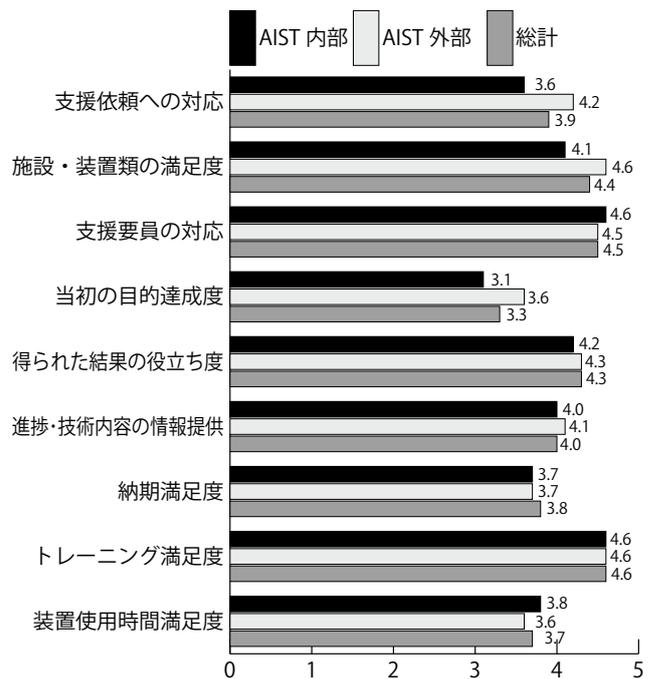


図 21 各項目のまとめ (平成 19 年 2 月実施 NPF アンケート)

分析：装置利用時間に関する満足度だけ、産総研外部の方の満足度が産総研内部ユーザーのそれよりポイントが低くなっている。

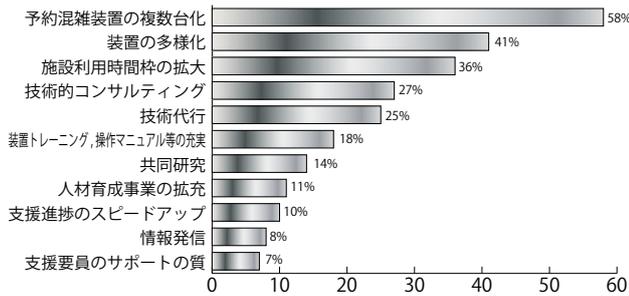


図 22 今後の支援活動をより充実させる上で必要だと思われる項目 (平成 19 年 2 月実施 NPF アンケート)

分析: 図 20 ほかの結果を反映している。

装置利用トレーニング	64
施設の使いやすさ(装置利用予約等)	52
装置の充実度	48
ネット上での利用相談受付	34
産総研の研究開発力への期待	25
情報提供(ニュース配信等)	23
技術相談・ガイダンス	22
その他	8
無回答	29

表 2 AIST-NPF において外部ユーザーの利用を促進している要因 (平成 20 年 9 月実施 NPF アンケート)

分析: 装置利用に軸足を置くがゆえに、装置トレーニングの充実化が AIST-NPF の使い勝手の良さを決めていると考えられる。第 4 章に記載の SVTC においても、装置の利用方法を伝えることは主要な業務になっている模様。ユーザーが装置を的確に用いることは、ひいては、装置の稼働率向上へ直結する問題となる。

研究成果の発表義務	43
産総研のアクセスの悪さ	39
施設の使いにくさ(利用時間の制約等)	34
情報提供の不備	19
知的財産上の問題	13
装置の不充実度	11
課題の制約・研究分野の隔たり等	8
その他・課金制度の不備等	6
無回答	42

表 3 AIST-NPF において外部ユーザーの利用を阻害している要因 (平成 20 年 9 月実施 NPF アンケート)

分析: 「施設の使いにくさ」に関しては、産総研安全ガイドラインにのっとり施設公開時間設定が短すぎるとのご意見であった。

4. 類似施設との比較*

4-1. Silicon Valley Technology Center (SVTC) Technologies

SVTC は 2004 年 7 月に Cypress Semiconductor によって設立され、2007 年 3 月に Tallwood Venture Capital 社と Oak Hill Capital Partners 社に売却されることによって独立した企業体となったファウンドリである。2007 年には、さらに SEMATECH の Advanced Technology Development Facility (ATDF) との合併がなされ、現在では太陽電池と MEMS のそれぞれに特化したファウンドリ事業も開始している。その業務内容は、研究開発用試作ラインの提供、各種分析サービスや共同開発・少量のマーケティング用製品の生産まで幅広く、顧客も半導体デバイスメーカー、装置メーカー、大学発スタートアップベンチャーなど広範になっている。常設しているプロセスレシピは 2,000、またプロセス装置は 350 とアナウンスされている。また、Taiwan Semiconductor Manufacturing Corporation (TSMC) との連携も開始されている。研究テーマとして受け入れているのは、シリコンテクノロジー関連のみならず、次世代メモリ、MEMS、バイオ、イメージセンサ、パワーデバイス、アナログデバイスなど多岐にわたっている。

SVTC は極めて面白いビジネスモデルを採用している。「Customer IP remains secure and unimpaired」といううたい文句からわかるように、完全に場所貸しのモデルとなっている。SVTC 側からプロセス装置操作のための技術者が提供されたり、あるいはユーザー企業の研究開発者・技術者にトレーニングがなされたりというオプションはあるが、知財は一切要求しないことによってより多くのユーザーを集める求心力を得ていることとなる。スタートアップ・ベンチャーにベンチャー・キャピタルから豊富な投資がなされているシリコンバレーの特色を活かしたビジネスモデルである。また、このモデルを採用しているがゆえに、ユーザーが SVTC を活用する際に開示する材料関係の情報は、「元素名」だけとなっている。SVTC 側は、ウェハを流しプロセスの各所でウェハ上の元素分析を行うことで、多種・多彩なプロセスが同じ場でなされたとしても、コンタミがないことをユーザーに対して保証する仕組みになっている。一方、我々が少量・多品種

* 当該報告者の現地視察の結果より作成

のウェハを流すファブシステムを効率的に運用するためには、採用するビジネスモデルにかかわらず、ウェハ上のコンタミを検出、あるいは常時監視するための計測評価装置が重要な役割を果たすものと考えられる。

4-2. IMEC

IMEC は、1984 年にルーベン大学 (K.U. Leuven) をスピノフした約 70 名のスタッフにより非営利組織として創設された、ナノエレクトロニクスとナノテクノロジーの分野で世界トップレベル、欧州最大の「独立した」研究センターである。IMEC の研究及び技術開発活動は、大学における基礎研究と産業界の技術開発の間にあるギャップを埋めるものとなっている。当該分野におけるプロセス技術のノウハウ、知的財産ポートフォリオ、最先端インフラ、そして世界中の企業・大学・研究機関との強固な連携が、IMEC を世界的な COE に位置付けている。

IMEC は、ユニークなビジネス戦略を持っている。その生い立ちから明らかなように、IMEC にはフランドル地域の大学から学生やポスドクを受け入れて、教育を担うミッションがある。この状況と産業界からの委託事業を両立させるために IMEC が採用している戦略モデルは、前競争段階にある研究開発に学生やポスドクを充て、そして、多数の連携先との共同研究を実施することにより IP をシェアし、さらにそのコア IP を IMEC が保有することで次の連携案件に対する求心力を増強するというものである。IMEC が多数の委託先との研究実施をコーディネートする機能を持つがゆえに、委託先から見れば情報を仕入れる目的だけでも IMEC に駐在員を常駐派遣する意義があることになり、IMEC に対して、各企業の意向から独立した中立的な立場における新技術の開発や評価を期待できる。このように IMEC が中立的立場でいることが、IMEC ビジネスモデルにおいて、重要な意味を持っている。

AIST-NPF において、この IMEC ビジネスモデルは活用したいモデルの 1 つである。一方で、もし AIST-NPF において少量・多品種対応のファブシステムを運営し、かつ、この IMEC ビジネスモデルを適用するならば、AIST が不実施機関であることから、中立性を十分に考慮したネットワークの軽い契約を締結できるような仕組みが必要であろう。

5. まとめ

連携・協創の場として社会と共有されるオープン・イノベーション・プラットフォーム構築をめざして

産業技術総合研究所は、地質調査および計量標準といった公共性が高く社会経済の安定性を高めるために必要な業務の確実な実施と、より広義な公共的業務として、経済及び産業の発展並びに鉱物資源及びエネルギーの安定的かつ効率的な供給の確保を目指して設置された。そうであるからこそ、関係する各省庁、産業界、学協会に対し、お互いの機能を acknowledge した関係、すなわち自立した研究所であることが求められるはずである。中立的 (Neutral) であり、かつ自立 (independent) であることによって、初めて産学公・国内外のパートナー (ステークホルダー) に対して開かれた場を提供できる。産総研ナノプロセッシング施設の歴史は、その実現を目指し、様々な具体的問題点を抽出し、そして解決を続けながら運営を行ってきた記録であるとも言える。

今回、オンデマンド・ファブシステムとして産総研ナノプロセッシング施設を見直した結果、この施設が連携・協創の場として社会と共有されるオープン・イノベーション・プラットフォームとして活用されるためには、産業技術総合研究所のステークホルダーが多岐にわたったものであるがゆえ、少量・多品種の試作に対応し、ユーザーに対する敷居が低く、そして知財取り扱い扱いに対して安全性が高い施設・装置・制度、さらにそこで働く人材へのインセンティブを高める仕組みが必要であるということが強く再認識されるに至った。この機会を与えてくださった産総研・半導体システムイノベーション検討会・世話人である原史朗氏、またファブシステム研究会各位に心より感謝申し上げます。

研究所にみるオンデマンド化製造装置とレトロフィット化

産業技術総合研究所 先進製造プロセス研究部門 中野 禪

I. オンデマンド製造装置

ファブシステム研究会の一つの方向のミニマルファブについて、多少のご参考になればと思い、オンデマンド製造装置についてご紹介いたします。機械加工の工場システムの中には、最近ではプロセスのモジュール化がかなり進んだ例も見受けられますし、半導体製造システムでは、さらに複雑なシステムとなっており、モジュール化と搬送系のシステム化が進んでいます。しかし、これらのシステムでは、よほど注意深く常に自己システム全体に潜みやすい非効率性の増大を監視し続けていなければ、誰も気づかないうちに巨大なムダを抱えたシステムと化してしまう可能性があります。一方、産総研のような研究所では、比較的システムが小さく、全体を良く見通すことができ、製造システムの特徴と課題を直視しやすくなっています。そこで、以下では、我々が試作したオンデマンド製造装置を例に取り、その特徴を整理してみます。

まず小型の装置としてオンデマンド装置では単純な構成の組み合わせにより、フレキシブルな対応を取ることがあります。個々のプロセス装置から見れば、通常大型の装置では、後からの追加や変更が不可能と言えるため、事前に見込めるだけの仕様を盛り込みます。そのためどうしてもある程度の汎用性や多様化を見込むために規模が膨らみ、さらに大型化への道を歩むこととなります。一方、小型装置では、仕様の変更が必要なら装置の一部を交換し、必要なだけ追加することが容易ですし、また安価に実現可能です（部品の価格はおおむね材料費＋加工費と考え、小さいと材料費も安く、加工費も安くなります）。部品毎に交換することにはさらに別のメリットもあり、処理材料が変わった時に主要部品までも交換可能であるのでコンタミ等の影響を無くす事が可能です。さらに、小型枚葉処理とした事によるプロセス装置の単純化は、センサー類の削減にもつながり、プロセスのためのセンサー類を省き、つくる製品のための計測に特化することが可能です。出来た製品を管理することによりプロセスを管理する方法への変換が図れます。プロセス装置内の状況をモニターするためにかける労力・エネルギー・資

源を製品評価に使うことにより、出荷製品の品質向上へ繋がると考えられます。では、トラブルが起きた場合についてどうするか？という疑問もあるかと思いますが、必要なら、その時だけモニター装置を取り付けて評価するなど可能ですが、トラブルが起きた後の対応としてもシンプルな装置とすることにより原因の究明が分かりやすくなります。見えない(分からない)複雑な装置では、その分モニタに頼ることになりますが、単純化により、見えるわかる装置として仕上げる事が可能です。たとえば我々が試作したオンデマンド製造装置のAD装置では、調子が悪い時は成膜した膜にかならず同じ兆候が見られ、これは装置の幾何学的な構成から生じます。このことは設計上の結果ではなく、装置を運転中に見つけた結果で、装置がシンプルだから理解できたと言えます。このように、装置が小さくシンプルだから得られる情報を見分けることにより問題点の解決も迅速に行えるようになり、またそれを製品から装置の情報を得られる事が一つの価値ではないでしょうか。

さらに、問題点が見つかった場合、先の例は問題点というほどでは無く、一種の装置の“くせ”のようなものですが、手軽に修正できることも強みです。複雑な装置では、一つ一つの取り合いも難しく、さらにモニター・センサー類も多くなればなるほど、手が出せなくなります。その状態では、一度止めて変更したものの駄目だから元に戻すというのは不可能に近くなり



図1 オンデマンド製造装置～会議室前でデモのため組み立て途中

ます。小型のオンデマンド装置では、逆に年中形が変わっているのが実態です。たとえば、AD装置は成膜する材料が変更になる場合（デモ以外でも使いますので）装置全体をバラバラにして丸洗いしてしまいます。真空装置を超音波洗浄機で丸洗い、というのはなかなか良い方法ですが、通常的大型装置ではできません。特に組み立て前にきちんと乾燥させる乾燥装置としては、そのワークの大きさに見合った小さな電気炉があれば事足ります。このメンテナンス性の良さも特徴ですが、あわせて組みなおすので、その時に新しいメカニズムのテストを行うこともよくあります。駄目なら元に戻す、これも普通です（駄目でなくてもデモのときには元に戻します）。実用商品製造装置ですと、ここまで極端にはできませんが、開発用装置としてや、これからの製造装置の可能性の広がりを感じていただければと思います。

また同じことがシステムを通してとも言えると思います。見渡せるシステムでは、システム全体を一つの装置のように捉えられますので、この時先の装置の問題と同じように、ラインとしてその途中で起こっている出来事を見極めることも容易になります。プロセス工程を変えてみた場合の製品の違いなどもテストしやすくなるのでは？と思います。半導体では1000工程にもなるようですが、あるステップごとに区切らる中で見通せるようにすれば良く、ジーンズをはいた半導体製造工場であれば、作業者が気楽に装置の近くに居られる。また、作業員目の届く範囲の中にそのステップ装置が見渡せれば、課題をすぐに見つけ出し、解決することが容易になるでしょう。

II. イオン注入装置にみるレトロフィット化の取組み

レトロフィットとは、すなわち既存の生産システムや製造装置の高付加価値化を図ることです。実用商品の生産現場では、主に人員はオペレータとエンジニアで構成され、本来高付加価値化を図るべき生産技術部隊は、別の部署に分化化されていることから、レトロフィット化は単なるリニューアルに比べ、簡単でない面があります。一方、研究開発の現場では、オペレータ＝エンジニア＝リサーチャーであって、高付加価値化はナチュラルに遂行されている場合があります。ここで我々の例を一つ紹介しましょう。我々が所有しているイオン注入装置では、20年以上前の装置ですが、質量分析装置のコントローラをPCと16bit使用のDAコンバータを使った制御に置き換えることにより、安定性の向上、分解能の向上を図ったことが

あります。この装置では、元のコントローラも今も併存していてどちらでも制御可能な状態です。取り付けしたPCを使って、サンプル上の情報を取り込み、制御することも可能にできました。さらに、この改造により安定性が増したことが他の問題点の洗い出しに有効に働き、装置の性能を格段に向上させたのでした。（ビームとりだし効率が10%程度から30%程度になった。タンデム加速器なので効率は低いです。）古い装置だから行いやすかった改造ですが、数ある制御点の中から、質量分析を着目できるか？（特に磁場系なので感度は悪く感じる装置）、そこを当時12bitが通常のDAコンバータだったのですが、あえて16bitとし、結果として1/65536の分解能による制御が効果的だったところに気がつくか、等装置が見渡せるかが一つのカギになるかなと思います。

装置を知り、プロセスを知り、作るものを知る。さらに新しい技術を知り、適切に導入することにより、良い物を作る生産を目指す事はこれからの製造に重要だと思います。オンデマンド～臨機応変に変わりつつ製造を進める姿～それが半導体でも普通になる日に向けて研究を進めたいと思います。



図2 いつでもどこでも製造～飛行機(MU300)に乗ったAD製膜装置

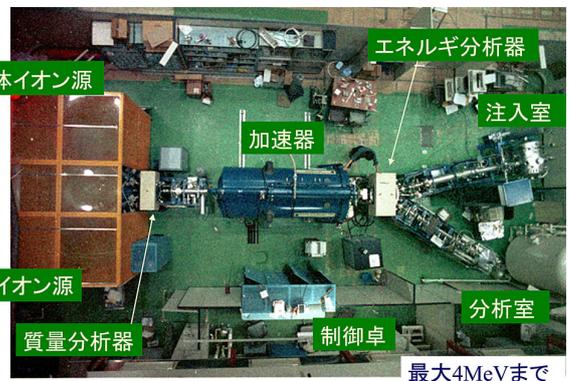


図3 レトロフィット～産業技術総合研究所つくば東イオン注入装置。(national electrostatics Co.,3SDH-4 昭和63年3月導入 今も現役) 質量分析マグネットを16bitDA制御に変更し性能向上してある。

委員コメント

研究会活動の一つの区切りを迎えて～今後の生産システムへの期待

(株) 日立グローバルストレージテクノロジーズ
ヘッド製造本部 加藤 洋

○研究会活動参画への経緯

昨年(H19年)の12月に、以前から仕事の関係で付き合いがあつた日本電産サンキョーの齊藤氏(ファブシステム研究会のメンバーの一員)から電話がありました。その内容は、産総研で次世代の半導体ファブとして「ミニマルファブ」という新しいコンセプトのファブを研究、提唱されている事。そして年末に産総研でその内容について直接研究者から話が聞けるので一緒に参加しないかと言うお誘いの電話でした。そして年末に齊藤氏と一緒に産総研にお伺いし、ミニマルファブ研究への篤い想いを、原主任研究員から直接お聞きし、私がHDDの組立ファブで開発・導入したクリーンセル生産方式や、現在開発中のヘッドウエハーの枚葉搬送システムのコンセプトと共通する点が多く、ミニマルファブのコンセプトに共感したので本研究会活動に参画しました。

○日立 GST が研究会へ期待する理由

日立 GST 小田原工場のヘッドウエハープロセスは5インチウエハーを使用しており、生産枚数も20枚/日～30枚/日と半導体に比べると少量生産である。5インチファブも10年～15年経過したものが大半で、老朽化が進み、設備メーカーに保証してもらえない設備も出て来ている。その中で新製品の開発や量産品の生産性の向上によるコストダウンの要求がある。これらの対応策としてのEES化等ファブのデータ管理システムや、高性能化の新技術は、現在大口径ファブにしか対応していない。そして大口径化のファブを導入しようとするとう莫大な投資リスクを負うことになる。この高性能、高機能化＝大口径ファブ、大投資と言うパラドックスから早く抜け出すためにも、本研究会で議論している「レトロフィット」や「ミニマルファブ」の早期実現を期待する。

○研究会活動へのコメント

今まで企業内や関連企業との研究会、委員会には何度も参画した経験はありますが、本研究会の様に公、民一体となって将来の半導体ファブについて考え、議論する研究会は初めての経験でした。企業の中で、売り上げ、利益優先の議論を38年間続けてきた私にとって、本研究会での議論は大変新鮮で、アカデミックな議論が出来たと思っっている。

○生産システム革新への期待

成熟期に入った日本の産業界では、今までの様に大量生産、大量販売、大量消費の世界ではなく、ロングテールの市場に対応するオンデマンドの生産システムやミニマルファブが将来進むべき方向だと確信している。その第一ステップとして、集中討議の時提案した現状ファブのレトロフィット化を、本研究会を母体とするコンソーシアムな組織をつくり推進し、ゴールであるミニマルファブの早期実現につなげて行くことを期待している。

○余談

個人的な事ですが、私は今年の年末に会社生活の終焉を迎えます。入社以来、38年間HDDの製造・生産技術に携わる事が出来、その締めくくりとして本研究会でのHDDの事例発表「HDDの生産設備の歴史」のプレゼン資料を纏め、発表する機会を頂いた事に大変感謝しています。

ファブシステム研究会に参加して ～ 今後の活動への期待 ～

オリンパス株式会社
千村 重弥

○研究会活動参画への経緯

ファブシステム研究会代表の原様にお会いしたのは、2008年3月末。それまで、面識はなかった。10年ほど前に弊社で設備の極小化（マイクロファクトリ）にかかわる技術開発を担当しており、産総研 先進製造プロセス研究部門の中野様は存知あげていた。中野様と弊社のつながりを通じ、偶然に原様と話をさせていただく機会をいただいた。

多品種少量生産に向いている経済的な生産システムとはどんなものかを考えていたところ、半導体製造工程をミニマル化するという内容を耳にし、多品種少量生産の対極にあると思い込んでいた半導体製造工程に対してどのようなアプローチを考えていらっしゃるのか、大変興味を持った。

○オリンパス株式会社が研究会へ期待する理由

CO₂削減が、全世界共通の課題となっている現在、生産活動を行う企業にとって設備で使用するエネルギーを最小化することは一つの重要な対策であると考えていた。原様の提唱する設備のミニマル化は弊社の生産技術部門としても目指す方向であると認識している。ただし、そのためには開発すべき技術が多岐にあり、企業としては開発費を確保する必要がある。経営層にその必要性を訴え、理論的に設備のミニマル化が弊社のため、また社会のために効果的な開発活動であることを説明する必要があった。

今回、他社の方々とミニマル化にかかわる議論をすることで、目指している方向が間違っていないという確信を得たかった。

○研究会活動へのコメント

会議に参加されている皆様が半導体関連事業にかかわる方々なので、どこまで議論についていけるか不安を抱えていた。しかし、議論をする中で、日本の国力というか技術力をさらに高めるためには何らかの革新的な取り組みが必要であるという共通認識を持つてることが分かってきた。まだまだ議論が足りず、結論を見出すまでには至っていないが、更なる論議を重ねる必要があるという認識をだれもが持たれたような気がしている。

○今後の活動への期待

日本の技術力が優位性を保っているとは言い難い情勢の中、スピード感をもって戦略を構築し、技術開発を進めなくてはならない。企業がそれぞれ個別に取り組むことはあまりに効率が悪く、業界を超えた取り組みが必要であろう。

産業界を飛躍させるため、業界を越えた取り組みを産総研にリードしていただくことを期待する。

○余談

半年間で20を超える企業、団体の参加を促した原様の行動力に脱帽した。また、参加している方々の熱意に触れることができ、このような方々が日本の産業界で活躍されているかと思うと、まだまだ日本も飛躍できるのではないかと、また自分も何かしなければ・・・と考えを新たにすることがあった。

今後の生産システムへの期待

株式会社東芝 セミコンダクター社
大分工場 プロセス生産技術部
宮下 直人

ファブシステム研究会には期待しています。過去、我々もミニファブの実現化について社内で何度も議論を繰り返しました。

結論はいつもメガファブを存続しなければ企業としての利益を得られないという単純なものでした。確かに、大量の製品を短時間で生産するにはメガファブが最適ですが、ロジック LSI のような少量多品種を製造するラインや研究開発用の試作ラインにはミニファブが必要であると考えます。

近々、ミニファブの必要性について一部のデバイスメーカーから要求が出てくるものと予想しています。その日に向けて産総研を中心とした研究会活動を継続することはとても重要なことだと思います。

201X 年の必要時期に向けて基本コンセプトをまとめ、実用化に向けて各装置メーカーさんと共同で装置開発を行う体制を作ることにより、明るい未来が開けてくるものと思います。そのために東芝大分工場が少しでもお手伝いすることが出来ればうれしいです。

環境対策を含めての半導体技術立国日本の底力を国内外に示したいものです。

ファブシステム研究会への参画 ～ 経緯と感想 ～

三洋半導体製造株式会社
池田 猛

○研究会活動参画への経緯

今回ファブシステム研究会に参画したきっかけは、横河ソリューションズ・中川様よりご紹介いただき、産総研・原様が弊社新潟工場に來られ主旨説明いただいたことに遡る。弊社としては JEITA・SELETE など各種のコンソーシアム活動にて参画し成果を期待している部分との差別化した目的設定が可能か否かの判断が、本研究会への参画の意思決定には必要であった。

・今回のファブシステム研究会が、産総研殿主催であり、弊社としては具体的な工場生産性というディスカッションをしたことがないため新規性がある。

研究機関である産総研殿の固有技術について、現況の自社課題とぶつけてみて協業・共同研究の可能性を図ることを模索できる。

ミニマルファブとしての固有技術について、弊社内で共有化できる。

・半導体産業に係る各業界の生産性向上の課題点について理解し、今後の社内課題検討に役立てる同業・関連業種の方との新規交流も可能であり、新規の人的コネクションも図れる。

以上の理由から、他のコンソーシアム活動と目的を隔することが可能であると考え、参画させていただいた。弊社プレゼンは半導体中口径のファブの課題として、工場設備の延命化についてと 2004 年と 2007 年の震災復興活動を通じての BCP に対しての経験談を行う事で原様と調整させていただいた。

○三洋半導体製造株式会社が研究会へ期待する理由

先に述べたように、弊社としては産総研殿主催のコンソーシアムとして期待していたものは、生産性向上の新規具体的なアプローチの模索であり、形態としては産総研殿（+数社）との共有問題についての個別改善活動に繋がること、もしくは個別改善活動の足掛かりとなることを期待していた。

○研究会活動へのコメント

今回の研究会活動においては、広範囲の業種が参画しており、加えてサプライヤー/ベンダーとユーザという関係での参画もあり、加えて産総研殿が主催という、初めての試行であり非常に興味があった。実際に各業種としての現在の課題については幅広く得られた。その反面、各社の問題提起に対して、他業種の知識不足から提起課題の共通理解するに時間を要し、ソリューション提供とは至らなかったように感じる。

○生産システム革新への期待

研究会活動の結果各社の課題として提起された問題について、課題解決に対してこれから産総研殿のかかわる部分と課題整理とする部分の明確化をしていただける事を期待する。その中で各業種の共通課題として良いのか、もしくは同業種の中でも個社としての問題なのかについて識別し、業種全体の問題は他コンソーシアムとコラボレーションという形も検討の価値あり、個社の問題は産総研殿との協業を検討するとよいと考える。

○余談

9月の集中会議にて、諸々お話しを伺い、調整するつもりであったが社用にて参加できず残念である。

今後の生産システムへの期待

高島産業株式会社 デバイス事業部
芦沼 一寿

○研究会活動参画への経緯

今回のお話が私の所へ届いたのは、弊社開発部よりお話をいただきました。弊社開発部と産総研はD T F (DESKTOP FACTORY) でのお付き合いがある為、小型の装置を使用してのミニマルマニファクチャリングに適しているからだと考えました。しかし実際、私たちの仕事での加工では小型装置を使用しての加工は不可能ではないか、またそのような小型の装置等を使用する価値があるのかどうかも疑問でした。しかしそんな中でも何か違う考え方、想像もしないような考え方があるのではないかと思います。今回の研究会に参加させて頂くことにしました。

○我が社が研究会に期待する理由

今後 450mm ウエハーが流動されるようになった場合、1枚、2枚の流動ではコストが高くなってしまい(300mmでも同様)試作、実験といった流れが非常にやりにくくなってしまいます。そんな中でミニマルファブという考え方は非常に今後の流れにマッチしていると思います。そのような工程ができた場合は、私たちの中間工程の仕事はなくなってしまうかもしれませんが業界にとっては、開発単価の引き下げに大きく寄与する物と思います。また初期試験等コストをかけずに加工ができ、製品開発のスピードもあがるのではないかと思います。

○研究会活動へのコメント

普段聞けないようなお話も伺えてとても私自身の資産となりました。各社いろいろな問題点、それに対する対策、お考えがあるのだと痛切に感じました。今回NDAを個々に結んだ為、現場の深い問題点が議題にのぼり、またそれに対する議論も活発にできたと思います。専門的で理解できない部分もありましたが、各社の取り組みのすばらしさに感銘しました。色々なメーカーが集まってこのように討論する機会というのは、殆ど私たちは経験したことがない為、今回の研究会は非常に良かったと思います。また産総研のイメージは研究機関というイメージでしたがそれも変わってきています。

○生産システム革新への期待

固定概念の殻を破ることはとてつもない馬力が必要だと思います。ミニマルファブ レトロフィット等、非常にこれからの未来像を表しているように感じます。世の中の動きはウエハーの大口径化に必ず向かっていくことと思いますが、そのような流れの中では逆行した考えにもなるとは思いますが、スピードという面で考えれば桁違いの早さが可能となるとは思います。逆行の進化をとげて製造業への提案を是非お願いします。

研究会活動の一つの区切りを迎えて～今後の生産システムへの期待

株式会社日立製作所 モノづくり技術事業部
久保内 講一

○研究会活動参画への経緯

最初に（株）日立グローバルストレージテクノロジーズの加藤様を通じてファブシステム研究会への参加打診のお話を頂いた。早速に加藤様と産総研原様に伺ってミニマルファブなどこれまでの活動状況や構想のお話しをお聞きし共鳴する点があった。私自身は過去の半導体製造の経験を通じながら益々複雑化、巨大化し続けている状況に疑問を抱いていたこともあり、今後の日本の半導体の将来動向も含めてモノづくりの原点に立ち返って考える良い機会と捉え是非参画させて頂くことにした。

○研究会へ期待する理由

半導体ビジネスでは、製造設備・クリーンルームへの巨額投資や継続的な最先端プロセス・設備開発への投資が常識的に行われてきており、この投資競争に付いていけない企業が淘汰されるというビジネスモデルが構築されてきた。しかし 300mm 以降ムーアの法則に意識ドライブされつつ 450mm 大断面化ビジネス見通しの不透明感も議論されており、新しい生産システム改革に向けた課題解決が必要になってきている。本研究会を通じて装置メーカーやデバイスメーカーなど多くの関係者との議論を通じて、DTF（Desk Top Factory）の実現性を見出して今後の半導体ビジネスに風穴を開け、日本の半導体モノづくりにおける閉塞感からの脱出と再生に希望を見出したい。さらには DTF モノづくり構想を他のビジネスへも横展開（将来性見通し）が出来ることを期待したい。

○研究会活動へのコメント

今回の研究会で検討した内容は産業全体から見れば興味範囲の一部ではあったが、今後の日本モノづくりの将来像を探る意味でも大きな方向が見えてきたように思う。本研究会の今後についていえば、さらに粘り強い活動を継続して、挫折することなく出来る限り早い段階で構想内容にある一貫した DTF を実現して見せてあつと言わせることも重要である。今回の研究会の参画で産総研のミッションも良く理解出来たので、今後さらにナショナルレベルへの働きかけ、他関連団体との協調、コンソーシアム提言など継続的にお願いしたい。また本研究で議論した内容は、半導体以外のアプリケーション適用など個別ビジネス展開や技術テーマでさらに模索したいケースも出ると思う。産総研の中立意見などは有用であり、是非積極的に企業へ出かけて啓蒙活動や意見具申をお願いしたい。

○生産システム革新への期待

今回の研究会を通じ目指すファブ未来像の一端が見えたように思う。マクロに見れば大断面化は少品種大量生産のバッチ化指向でのコスト追求であり、その対局にある極限 1 個流しによる生産システム革新追求も必要である。それぞれはユニーク解では無いことも良く理解しながら一方的企業戦略に惑わされない最適な本物の生産システム革新（モノづくり革新）を、思考麻痺からの脱却を常に意識しながら追求して行くことを期待したい。

○感想

本研究会を通して参加企業の第一線の方々と新たなコミュニケーションチャネルを構築できたのは大変有意義であった。今後は産総研の方々始め多くの参加企業とのネットワークを大切にしつつ、今後のビジネス展開に大いに活用していきたい。

半導体生産システムの破壊的イノベーション実現に向けて

横河電機株式会社
廣嶋 隆史

○研究会活動参画への経緯

産総研のつくば事業所を訪問し、原史朗氏より本研究会の開催趣旨と参加のお誘いを受けた。その時にご説明をしていただいた、半導体生産の客観的現状分析とミニマル・マニファクチャリングというコンセプトについて大変感銘を受け、本研究会へ是非参加させていただくようお願いすることとなった。半導体製造というのは、ここ10年以上に亘って、ビジネスモデルを模索しながらも、なかなか答えが出ない状況が続いており、デバイスメーカー各社も未だにその中で方向を決めかねている状況である。一方、業界全体としては、ウェハの450mm化に象徴されるような、加工寸法の微細化と大量生産による生産性向上といった従来のイノベーションの延長上を突き進もうとしている。これに対するアンチテーゼとしてミニマル・マニファクチャリングは位置するものであり、ムーアの法則に沿った従来のイノベーションの追求という莫大な設備投資を伴う経済的・事業的な困難さに苦悩している多くの企業へ、「破壊的イノベーション」を提案するものであり、半導体生産の将来像に一石を投じることができると信じている。

○横河株式会社が研究会へ期待する理由

横河電機はE T S (Enterprise Technology Solutions) というコンセプト、つまり『現場—経営 直結ソリューション』によるリアルタイム経営の実現へ向け、お客様の工場または企業活動全体へ現場機器からM E S・E R Pといった情報システムまで、まるごとソリューション提案を行っている。このことは、企業が抱えている現在の生産での課題を把握し、そのソリューションをいち早く提案することが私どもに求められている。このソリューションは、現状の地道な改善や、課題の解決に直接結びつく「持続的イノベーション」の具現化に対するソリューション提供である。

また、横河電機は自社で半導体生産工場（ファブ）を所有する半導体デバイスメーカーの側面も持っている。その自社のファブではシリコンおよび化合物半導体のウェハによる集積回路、センサ、MEMSデバイスなどの生産を行っており、現在の半導体業界が抱える問題の一部、例えば、多品種変量生産や小口径ウェハ用生産装置の維持といった部分で問題を共有していると考えている。この研究会活動により、将来の生産システムの実現へ向け、想定される課題の抽出とそのソリューションについての議論が進み、その結果として構築される「破壊的イノベーション」のコンセプトが、自社の半導体工場の運営のヒントが得られることを大いに期待するものである。

○生産システム革新への期待

20年以上前の話になるが、半導体前工程におけるミニマル化というコンセプトについて、若干内容は異なるものの社内で検討を行った経緯がある。実現に至らなかった最大の理由は、それを実現するための装置の開発である。その当時の世の中の趨勢は、ウェハ大口径化であり、小口径ウェハの枚数処理装置で生産に利用できるようなものは世の中には存在していなかった。今回、ファブシステム研究会の提言が、産総研を中心に装置メーカー、デバイスメーカーを巻き込んだ一大ムーブメントとなり、まったく新しい半導体生産システムの実現に向けたスタートとなることを切に願っている。

新しい生産システムの実現には、様々な技術的ブレークスルーが必要となると考えるが、広範な技術基礎基盤を持った日本であれば必ず打破できると信じている。

ファブシステム研究会を振り返って

大成建設株式会社 エンジニアリング本部
山崎 喜郎

○研究会活動参画への経緯

産業技術総合研究所の原先生からのお声かけを頂いたのが、参加のきっかけでした。私が東北大学のドクターコースで研究した「多品種少量生産型ファブ」の知見を研究会で生かせると直感しました。また、原先生が提唱する多品種少量を究極まで追及した次世代ファブの提案に目からウロコが落ちる気が致しました。この様な従来にないものを創り出す発想をお持ちの原先生と議論を交わしたいとの期待がありました。

○研究会へ期待する理由

異なる業界・企業からの参加者による議論が交わすことが、最大の効果を生み出すものと思います。如何にして関連な意見交換、技術の創出ができる環境を整えて行くかが、今後更に本研究会の第2ステージを有意義にしていく為の大きなポイントになると考えております。

○研究会活動へのコメント

大成建設が取り組んでいる工場計画は、建物（箱物）を作るだけでなく、最適な生産活動を行う為には何が必要かを第一に考えます。その為には、生産活動そのものを理解し、計画・設計を行う必要があります。それらは、実績や経験にのみ頼るのではなく、シミュレーション技術等を駆使し、データに基づいた計画を行うことも必要です。

今回、色々な企業の方々とディスカッションを通じ、生産現場の生の声を聞くことができたことは、上記の様な取り組みをしている当社にとり、極めて貴重なものでした。

将来のあるべきクリーンルームの姿は、将来の生産方式、生産する製品により、様々な形が考えられます。その選択肢の内の一つが原先生が提唱するデスクトップファブになるのだと考えております。半導体向け多品種少量生産型ファブを含め、それ以外（フラットパネルディスプレイ向け等）の次世代ファブのあり方（モデル）に関しても、具体的に今後、当社内でも詰めて行きたいと考えております。今回の研究会へ参加させて頂いたことは、今後の当社の活動に対して、非常に有効なものでした。

○生産システム革新への期待

最近のクリーンルームの傾向は、全体のクリーン度を下げて、必要最低限の箇所のクリーン度を確保する方向に向かっています。究極の姿は、クリーンスーツを使用せずに生産活動ができることです。このことは、人間に優しい工場の実現に留まらず、消費エネルギー削減につながることは言うまでもありません。このあるべき姿を一日でも早く実現することが我々に与えられた課題と考えております。

ファブシステム研究会に参加して

CKD 株式会社 小牧機器事業所 製造部
丹羽 久信

○出会い

長野県岡谷の“DTF 研究会”(Desk Top Factory) という活動に参加させていただいていることがきっかけで“ミニマルマニファクチャリング”を知る事となりました。と言いますのはDTF研究会の講演会に産総研の原 史朗さんがおいでになり、軽妙と言うか、“びゅーっと”“びっぴっと出来ちゃう”と言うような擬音豊富な全く眠くならないプレゼンをされたのです。0.5 インチのウエハによる“IC1ヶ流し”と聞いて“これだっ!”という衝撃を感じました。当社も半導体製造装置メーカー様には薬液・薬ガス・真空などの流体制御バルブでお世話になっているので何かお手伝いができるのではないかと、産総研に押しかけて参加のお願いをいたしました。私は全く“半導体用の制御機器”とは関係のないセクションにありましたが“この機会に半導体製造の勉強をしちゃえ!”と図々しく皆様のご好意に甘えさせていただきました。罪滅ぼしにちゃんとした半導体用制御機器の技術者である(筈の)伊藤も仲間に加えておきました。正直に言いまして頻繁な討議に参加するための出張理由に苦労しました。

○半導体製造の表面的印象

半導体設備のレイアウトは”ジョブショップ方式“が普通と言う事をお聞きして全くトレンドイではないな(失礼)、と驚きました。工程と設備の仕様からすれば、致し方ないのでしょう。

“半導体製造”は一般の加工・組立から隔離された特殊なプロセスと言う事でこれが常識化されてきたと想像した次第です。また最新鋭の微細化された300mmばかりの印象を持っていましたが200mm、150mmなども現役であって、設備修理に困ってみえる事は新鮮かつ親しみを覚える一面でした。PC98の部品を買いに秋葉原ジャンク屋へという事実はマニアック過ぎると思える事実でした。更に修理・レトロフィットの討議においては“良くわかった技術者がいない”という日本の製造業が抱える問題が噴出しました。日本はどうなる?!という心配は放置しておけないレベルに近づきつつあり、目先の生産性を追及するあまり長い目で人材への投資を抑えた“つけ”が回ってきた印象を受けました。

○ミニマルマニファクチャリング

“IC1ヶ流し”に興味を持って参加させていただき“なるほど!”“という面と”まだまだ苦労が多そうな発想“と言う両面がわかりました。しかし、ある分野においてはこれほど理想に近いシステムはないので、まずは実証ラインを開発すべきとの思いが強くなりました。これからクリーンルームに閉じ込められた半導体製造は表社会に(失礼)出所(失礼)していく事が進化・発展の王道と感じております。

○研究会メンバー

合宿では宴会の残り物を肴に深夜まで酒を酌み交わし(隣のテーブルではパソコンを開けて明日のまための準備をしている方もみえるというのに・・・)得がたい方々と知り合えました。今後とも原さんには協力させていただきますので(断られる事がなければ・・・)まずは実証ライン完成を目指し次の合宿を楽しみにしております。

研究会活動の一つの区切りを迎えて ～ 今後の生産システムへの期待

株式会社ナノテック
代表取締役 横山 元宣

○研究会活動参画への経緯

今年初めの東京都ナノテクノロジー協議会主催の講演会にて、「ナノテック研究開発支援とミニマル・マニファクチャリング」と題した原氏の講演を拝聴する機会がありました。このお話には、大変感銘を受けました。私は半導体産業の黎明期より IC、LSI、及び C-MOS、素子の製造装置開発に携わって参りましたので、そういった経験をこの研究会に生かそうと、研究会参加を決意致しました。昨今の半導体産業の方向が大型化（特にウエハーサイズの大大型化）に向かっている事に強い危惧感を抱いております。産総研の提唱する「ミニマルマニファクチャリングシステム」は巨大投資を避けるためにも、省資源化の意味でも、また、タイミング的にもすばらしいプロジェクトになると思います。

○(株)ナノテックが研究会へ期待する理由

ミニマルファブ構想を、現実のものとしてこの業界に強力にアピールするために、来るミニマルファブ生産システムのプロジェクトに先ず参加し、「研究開発向けのプロトタイプ実験装置」の開発を手がけるつもりです。私共は、以下に列挙する半導体製造装置を開発、保有しています。今後のプロジェクトにこれらで培った技術が生かせるものと考えています。

我々の主たる守備範囲は、従来の IC、LSI、C-MOS、センサーなど素子製造の前工程プロセス装置で、特にフォトリソグラフィ工程になります。具体的には、マスク合わせ露光装置、通称マスクアライナーです。仕様は次のようなもので、今後のミニマル化装置との整合性は元々たいへん良いものです。機能：ウエハー表面、裏面、両面、単能機、自動機。ウエハーサイズ：φ 2 インチ～ 8 インチ。光源：波長 g, i, u, uv 線、Krf, Arf, エキシマ光源。

○研究会活動へのコメント

私見を述べさせていただきますと、この研究会は、従来の LSI 研究組合的なものではなく、全く新しい発想の元、これからの日本の「ものづくり」の礎となるべく、デバイス開発の新市場を拓くための組織を目指すべきでしょう。

新しい産業を拓く産業横断的な「ものづくり」製造システムを生む見本が示せば最高です。

○生産システム革新への期待

今回の議論で見えてきた、未来のファブシステム、大別して 4 モデル：a) 大量生産システム（450mm 化）、b) 既存生産システムの生産性向上（300mm プライム）、c) レトロフィット、d) ミニマルファブの範疇のうち、私共が特に参加を希望する分野は、「d) ミニマルファブ」です。その中でも本レポートに掲載されている「ミニマルファブ構想とその適用可能システムの実状 - 事例 3 MEMS 製造ファブシステム」への参加を主なターゲットとしています。

具体的な研究開発課題としては、産総研・先進製造プロセス研究部門との共同研究としてこれまで推進してきた「光ナノインプリント技術」を、ミニファブ製造プロセスに組み込む機器開発の企画を検討しています。

○余談

先月末の集中討議、懇親会は本当に実のある、楽しい会でした。ありがとうございました。

半導体製造における仕掛在庫適正化にむけて

産業技術総合研究所 サービス工学研究センター
宮下 和雄

半導体製造プロセスは、ただ単に工程数が多いだけでなく、リエントラントでかつ各工程におけるサイクルタイムのばらつきが甚だしく大きく、しかも常に最新の製造技術が使用されるため設備故障におけるダウンタイムも無視できない。即ち、単純な組立工程で多大な成功を収めてきたT P S方式に決定的な不向きな特質を持つ製造工程である。

したがって、半導体製造における生産性向上、即ち仕掛在庫の最適化により製造工程のスループットと生産リードタイムのトレードオフを解決するためには、2つの方法論が存在する。1つは、旧来のO Rや生産工学的な方法で、複雑な半導体プロセスにおける最適な製造方法を模索するものである。私は専ら、その方向で研究を進めA I技術を用いた最適化手法や、マルチエージェントによる自律的な生産制御手法を開発してきた。いま一つの方法論は、半導体の製造プロセスの複雑性を解消し、単純な組立工程に近い方法で半導体を製造する方法を開発することである。本研究会で主に討論されてきたミニファブは正にそうした方向を目指した画期的な取り組みであると考えている。

上記2つの方法論が互いに意見を交換しながら、半導体製造における生産性向上のために協力していける場が産総研にできることは非常に意義あることだと思う。今後の継続的な取り組みに期待したい。

ファブシステム研究会へのコメント

信越化学工業株式会社
大橋 健

○研究会活動参画への経緯

以前、小口径 HDD 用の Si 基板開発 (0.85") を行っていた経緯があり、0.5" ウェハを使用するアイデアに期待を持ったため、参加させていただくことにした。

○信越化学が研究会へ期待する理由

当社が現時点で追求している大口径ウェハと全く正反対の方向であり、半導体プロセス全体に大きなインパクトを与える可能性がある。本研究会に参加して、このようなコンセプトを実現可能か具体的に検討して行く事は、材料を供給する立場からその課題や流れを早期に把握でき大変重要である。

○研究会活動へのコメント

ウェハ製作の観点から加工技術的には大きな問題はないが、ウェハハンドリングには小口径であるため既存のウェハにはない問題(把持によるコンタミ危険など)が起きる恐れがある。また、小口径ウェハ製造において、小口径結晶からスライス・研磨加工を行う工程と、大口径ウェハからコア抜き・研磨加工を行うのと、どちらのコストパフォーマンスが優れているか比較検討が必要である。前者の場合、Si 小口径単結晶を高速・連続で引き上げる事が可能な CZ 炉は存在しないので、炉の開発が必要となろう。

最近非常に盛り上がっているソーラービジネスで、薄膜ソーラーをフルターンキーで全装置を提供(場合によってはパネルの変換効率保証付き)するビジネスが行われている。ミニマルファブでは半導体プロセスを1チップ/ウェハに収めるような、従来とは全く次元の異なる発想が議論されている。しかし、一度このようなプロセスの成立する事が実証されれば、新規参入者の乱立を招く可能性がある。基本コンセプトに特許性があるかどうか判断できないが、各段階で基本技術に対して特許面での歯止めを早めにかけておく必要があると考える。そうでなければ、薄膜ソーラーのような日本発の実用技術に対し起こっている状況が、再現される可能性があるであろう。

○余談

まず最初に、会への出席率が低かった事をお詫びしたい。
まとめの会議に出席し、出席者の方々の熱のこもった議論と、原さんの問題点の整理・進行を適切に行う手腕に大変感銘を受けた。

ファブシステム研究会と今後の生産システムへの期待

横浜国立大学大学院 工学研究院
羽深 等

○研究会活動参画への経緯

産業技術総合研究所主催によるミニマルマニュファクチャリングシンポジウムをこれまで聴講してきた。種々の新たな概念を基に新生産システムを検討する研究会であると聞き、参加させて頂くことを御願ひした。(参加回数が少ない事情を見越して、協力会員にして頂いた。)

○私が研究会へ期待する理由

シリコン基板の直径が450mmに大きくなることが想定されているが、それでは超巨大企業だけにビジネスチャンスが限定され、長期的には産業のダイナミックな動きが失われて衰退する恐れがある。エレクトロニクス産業は現代社会の根幹をなす責任と技術を担っているのであるから、将来に亘り発展し続けなければならない。そのためには、自由な発想に基づいて独創的ビジネスを掲げる企業がいつでも参入できる産業構造が必要である。この実現に繋がるのが、本研究会に期待する理由である。

○研究会活動へのコメント

新産業システムは、1企業や1機関だけで作れるものではなく、産業全般に亘る企業群の動きとして生み出されなければならない。この研究会において将来の産業システムを構築するための企業の取り組み姿勢を伺えたことは大きな成果であり、今後も今回のような研究会活動、或いは、何らかの然るべき組織的活動を通して意識の共有・拡大を進めて行って頂きたい。そして、如何なる瑣末なことからであっても、実際に動きを始動する活動の母体となり、技術創造の中心になって頂きたい。

○生産システム革新への期待

(1) 今年米国発の金融破綻により、今後約10年の期間において超好景気は生じないと推定される。そこにおいて、少投資を基に参入する新興ビジネスから、技術と経済のダイナミックな動きが生み出されることを期待する。状況・状態を考えれば、世界金融破綻の影響が比較的小さい日本が、ダイナミクスの発生源となって発展する好機である。本研究会の活動が、その発端になれることを期待する。

(2) 新生産システムの未来像を見据える時、研究会において議論されてきた4つのシステム、即ち、(a)大量生産システム(例450mm化)、(b)既存システムの生産性向上(例300mmプライム)、(c)レトロフィット、(d)ミニマルファブ、について技術と経済を総合して考えなければならない。10年前、200mmから300mmに移行する動きの中に実在した通り、最小投資による現体制の延命(即ち300mmプライム)が続くことは確実である。しかし、実際にはウエハの直径が維持されるだけで、デザインルールをはじめとする種々の技術項目は次世代に変わって行く。同時に製品の多様化・短寿命化も進んで行く。これらに、柔軟に対応できる生産システムが必要になるが、多様化・短寿命化に対応するためにはウエハの大きさを固定しておく動きがあることは好都合である。最上流の原料から下流端の製品に至るまでの生産システムを最適化し、過剰な投資をすることなく新技術・新製品が沸き出る産業・生産システムを創造するために、今後暫く続く300mmプライムの時期の詳細技術動向を冷静に分析し、為すべきことを見極めておくことも期待したい。

○余談

勤め先の定例の会議と研究会の日程が重複していることが多く、自らが学科長であるために会議を欠席できなかったため、協力会員であるとは言え、9月の会議に2回出席できただけであった。しかしながら、特に合宿の最後に参加でき、皆様の意識を肌で感じられたことは有意義であった。

研究会活動の一つの区切りを迎えて～今後の生産システムへの期待

東京大学 大学院工学系研究科 精密機械工学専攻
一木 正聡

○研究会活動参画への経緯

本研究会の代表世話人をされている原史朗主任研究員とは、エレクトロニクス実装学会の研究会活動に協力をお願いしたことの縁で今回のお誘いを受けることとなった。私自身は半導体生産システムとは縁が無かったが、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems、邦訳は微小電気機械システム) の製造システムへの興味から派生して半導体の世界を垣間見るよき機会となった。半導体は巨大化・大口径化への道をひた走っていると信じていたが、内情ではそればかりでもないことを知り興味を抱くに至った。独自性を発揮して新たな半導体生産システムの構築へ向けた動きをすることは MEMS の分野でも歓迎すべき状況と思い、参加させていただくこととなった。

○研究会への期待

独自のものづくり文化と高い技術レベルを持ちながら、日本式生産システムを製造装置を含めて構築することができれば、国際競争力の維持向上につながるだけでなく、若い世代への力強いエールになると思う。MEMS に用いられている製造装置群は半導体由来のものが多く、したがって欧米製のものが大半を占めている。また、現状の製造装置はフレキシブルな対象に対しての最適化などは考慮されておらず、まだまだ改善の余地は多くあるものと思われる。そこで、産官学のメンバからなる研究会による今後の小型生産システムの検討は大変意義深く価値あるものと考えられる。成熟した産業分野となった今こそが新たな潮流を生み出し、独自の特徴ある技術体系を導き出す好機と思っており、研究会の活動にも期待している。

○研究会活動へのコメント

企業技術者主体で議論を進める場合、ともすると控目な発言が多く、議論が盛り上がらないことが多いが、産総研と 1 対 1 で NDA 契約を結び手法が功を奏して、現場の課題を実にスムーズに議論できたと思う。また、現場の強い問題意識や次世代技術を切り開きたいという皆の切な意思を感じることができ、有意義な意見交換ができたと思う。この研究会を通じて他社との新たなチャンネルも出来た。産総研が中心となって、このような取組みを行うことは、これからも色々な分野であっても良いと思う。中立機関としての役割を積極推進して頂きたい。研究会としては、熱心な委員各位の努力のおかげで、今後の生産システムの未来像がいくつか提示できたと思う。今後は、それを如何に生かすか、そこが問われているが、引き続き産総研が主体となり、今後も精力的な活動が行われることを期待する。私自身は大学関係者として若い世代との懸け橋となれるような活動を進めていきたい。

○生産システム革新への期待

次世代ファブの未来像は大口径化だけを志向したものではなく、レトロフィットやミニマルファブなど複数の方式から各製品や会社毎に選択するという方式が垣間見えてきた。私自身は MEMS への応用を意図して基礎的な検討をしており、将来的な接点ができそうなことに期待している。

○余談

今後も定期的な研究会や意見交換の場が設置されることを期待する。

今後の半導体生産システムとファブシステム研究会への期待

横河ソリューションズ株式会社
中川 隆

○研究会活動参画への経緯

プレスジャーナル社の講演会にて産総研原史朗氏の現在の半導体生産に関する分析・問題提起とミニマル・マニファクチャリングに関する講演をお聞きし、本研究会参加のお誘いを受けた。大口径化と微細化による大量生産に依存した生産効率向上という既存のスキーマの終焉とその状況をブレークスルーしようとするコンセプトに大変感銘を受け、是非参加させて頂けるようお願いした。

研究会では各社の生産上の課題の説明とその解決に向けた真剣な議論が行われ、半導体以外の生産に関わる方々も含めた幅広い領域での意見交換が印象的であった。特に半導体前工程のレトロフィットについての議論はこのような場でなされることが今まであまりなかったと思われ、非常に興味深いものであった。

○横河ソリューションズ株式会社が研究会へ期待する理由

横河ソリューションズは「制御と情報を”つなぐ”プロフェッショナル集団です」を合言葉に、E T S (Enterprise Technology Solutions) コンセプト、つまり『現場－経営 直結ソリューション』によるリアルタイム経営の実現へ向けたソリューション提案を実施している。

半導体工場向けソリューションとしては、80年代後半よりビジネスを開始し幅広い製品群によるソリューション提供を行ってきた。

そうした活動の中で感ずることは、生産システムに対する大きなブレークスルーが行われないと日本国内での半導体生産の継続がますます難しくなっているということであり、我々もその状況の解決に向けて貢献しなければならないと考えている。

「破壊的イノベーション」と言えるミニマルファブ構想は、まさに上記の状況を打破しようとするものであり、この研究会活動により現在の状況の解決と将来の生産システムに向けての議論が行われ、その中で我々のソリューション提供に対するヒントが得られることを期待している。

○生産システム革新への期待

今まで半導体生産システムにブレークスルーをもたらそうとするいくつかの先進的な試みが行われて来たが、実際の工場運営を考えると成立できないモデルであるという結論となってしまうものが多いと聞く。集中討議でも議題の一つとなったが、実際にミニマルファブがビジネスとして運営できるかという検証と、運営できるようにするための議論が今回の研究会での最も大事なキーポイントとなると考える。

研究会活動の一つの区切りを迎えて～今後の生産システムへの期待

株式会社日立東日本ソリューションズ
岡崎 司

○研究会活動参画への経緯

これまで半導体製造前工程の生産コントロールに関する研究を行ってきたが、研究の課題は、半導体前工程生産システムが大規模でかつさまざまな変動要因を抱えていることに起因していた。そこに、本研究会の目的のひとつであるミニマル・マニファクチャリング・システムのお話を伺い、これまでの研究課題は生産技術的に解決される可能性があるのではないかと考えた。一方、新しい生産プラットフォームの上でより効率的な生産を実現する生産方式の検討も必要であると考えた。しかし、ソリューション企業としてはなかなかデバイスメーカーや装置メーカーの真の声を聞く機会が少なく、本当に求められる生産システムの姿というものが見え難いものであった。そこで、ミニマル・マニファクチャリング・システムに対するデバイスメーカー、装置メーカーの考え方を直接伺いたいと思い本研究会に参画した。

○株式会社日立東日本ソリューションズが研究会へ期待する理由

当社が提供するソリューションが生産計画系に特化しているために、これまでお付き合いさせていただいた部署は生産管理部門または情報管理部門だけであった。しかし、当社のソリューションが対象とするのは製造現場のオペレーションレベルでの意思決定であり、より良いソリューションをご提供するためには、製造現場の声を聞きたいと考えている。したがって、本研究会には、デバイスメーカー、装置メーカーをはじめ半導体製造を支えるさまざまな企業の参加が多く、製造現場での生の声を聞けることを期待していた。また、ミニマル・マニファクチャリング・システムのみならず、デバイスメーカー、装置メーカーが考える次世代の生産システムがどのようなものなのか一緒に議論、検討できることを期待していた。

○研究会活動へのコメント

半導体製造を支えるさまざまな企業の参加のため、それぞれの視点から多岐に渡る議論がなされたと思う。ただ、それぞれに専門があり、違う分野の議論となると知識のギャップを感じるが多かった。そこを埋める意味でデバイスメーカーにはもう少し広い範囲で各部署から参加していただけるとな一層理解が深まったかと思う。

○生産システム革新への期待

研究会の話をしていただいた当初はミニマルファブへ向かう議論になるかと思っていた。しかし、実際に議論してみるとレトロフィットや300mmプライムのように既存ファブを活かすことへの興味が多いように感じられた。装置の高性能化や多機能化など同様にIT技術による生産性向上も今後ますます重要となってくるだろう。モノの流し方はまだまだ作業者の経験や勘に頼るところが多い。今後、IT技術により更なる生産の効率化が議論されることを期待したい。

研究会活動の一つの区切りを迎えて～今後の生産システムへの期待

株式会社 三明
産業電機営業部 精機事業推進室
犬塚 善樹

○研究会活動参画への経緯

㈱ナノテック 横山社長から産総研 原様の「局所クリーン化」についてご紹介を頂きました。必要最低限の設備で先端デバイスを製造するというコンセプトに非常に共感しました。原様とお会いし構想をお聞きした際に、私が常々思っていた、半導体や電子部品産業はガリバーだけが利益享受するというパワーゲームに対する疑問に対する「解」があると思いました。又弊社は大型ガラス基板搬送やロボットによる自動化を初め、MEMS用フォトリソ機器、ナノインプリントも業務としており、近い将来必ず社内での事業貢献、社会貢献できる技術と思い参加しました。

○株式会社 三明 が研究会へ期待する理由

クリーン環境コスト負担を減らし、少量多品種に対応し小さな市場でも十分に利益確保が出来る生産システムを産業界に提示できる、そのような技術開発を期待しています。研究者の立場だけでなく生産者側の意見を取り入れ、モデルケースを早く市場に提示する事が出来ると良いと思います。ロボット搬送という分野において、他社がやっていない極小基板クリーン搬送ロボット開発に関しご指導を頂きたいと思えます。

○研究会活動へのコメント

半導体産業にて中核をなす企業の方々の生のお話をお聞きする事ができとても勉強になりました。このような情報はたいへん貴重なもので私の業務としてMEMS関連機器の営業活動だけでは聞く事のできない事ばかりでした。特に、環境問題としてのCO2削減努力や、また、レトロフィット、リファブに対する生産現場の努力、苦勞を、深く理解させていただきました。私にとっては皆様の貴重な経験談と現状問題意識をお聞きする事ができ、感謝しております。これはNDA契約や委員開示内容と一般開示内容を定めた事による効果であると思えます。このような場を提供頂き感謝しております。

○生産システム革新への期待

研究会活動の方向性が明確になり日本国内におけるファブの未来像は多様化してゆきます。各分野において少量多品種生産で利益確保できるファブを提示する事は、日本の製造業が熱望しているものと思えます。先端半導体としてUV ナノインプリント、MEMS、化合物としてのLED業界もターゲットとして欲しいと思えます。又、半導体業界というプロセス変更には保守的な業界ではなく、コスト意識の非常に強い業界、例えば抵抗、コンデンサーの様な受動部品業界も視野に入れても良いように思えます。

○余談

集中討議の懇親会場のお話がとても印象に残りました。是非、次の機会も参加したいと思えます。

小さな製造から大きな製造へ ～ オンデマンドは臨機応変

独立行政法人 産業技術総合研究所 先進製造プロセス研究部門
中野 禪

○ファブシステム研究会活動へ

今回、小さな製造システム～オンデマンド製造装置を開発していた縁で、この研究会に参加させていただいた。私自身は半導体製造は直接関わったことは無く、とは言え、近いところでMEMS、また表面処理手法としてイオン注入を使っていたので、ある程度の土地感があり、非常に面白く参加することができた。ミニマル・マニファクチャリング、オンデマンド製造については次を書くが、ファブシステム研究会を通して見て、半導体産業はムーアからの脱皮と真の成熟が求められているという点を強く感じたことだろう。「ムーア」の考えがどこまで正しいかはともかく、通常の製造業では、多様な選択肢の中から小さなチャレンジから大きな戦法までを使い分けつつ差別化、優位性の確保を進めている。いかにして半導体ジャンルに「多様な選択肢」を考え、小さな投資で大きな効率を上げられる、構造改革を生み出せるのか、大きなチャレンジに挑みたい。

○オンデマンド製造

某社の広告で、「オンデマンド＝ニーズに合わせて」のイメージが強く生まれ、また「オンデマンド製造(生産)」も「必要に応じた製造(生産)」のイメージを持たれている気がする。実態として考えると、「必要なもの」がいつも同じでは前に進むことが無い。技術を進歩させ新たな製品を生み出す事が重要である。顧客や社会や環境へ一つ一つ課題を解決し、新しい必要性に応じて行ける製造こそが、オンデマンドな製造と考えている。これを実現するためには、形のあるものを生産するのではなく、「臨機応変」にチャンスに対し変化しつづける、そんな仕組みに対応できることが重要である。我々が作成したプロトタイプオンデマンド製造装置は十分に見せることにはまだ対応できていないが、試作・開発をすばやく、少量の生産、1個ずつ違うパラメータ加工等へ対応が可能なのは紹介している。真の意味で臨機応変～オンデマンドにするには、まだいくつかの解決課題があるが、実際の開発や生産を担っている企業の方々と解決を進めたい。IC製造においても臨機応変に製品を、製造システムを、プロセスを変えながら生産する。ミニマルファブをつかって大きな製造の実現を目指したい。

○ミニマル IC ファブへ

450mm、300mm プライム、レトロフィット、ミニマルファブと話が展開されたが、これら全てを選択肢として持てる事が、正しい製造の成熟と思います。生産対象に応じて、それぞれ異なる生産形態が適切にあるはずなのですが、サイズ＝性能(ルール)、となっている現状、1工場が1製造装置の扱いを受けている現状を打破し、サイズは生産量、性能はどのサイズでも解決できるようにならないか？と思います。とりあえず、ミニマルファブ(0.5インチにこだわらず)で小さく少量高品位生産等を実現し、小さな蟻の穴を開けられないかと思います。表面構造デバイスでありながら一面表面だけ、裏面は捨てまくるプロセスも不思議なところ。プロセス制約・歩留まり問題から片面処理を行っているのですが、なぜ？と疑問を持つことも大切だと思います。裏も表もプロセスし、歩留まり確保、そんなプロセスも可能なはず。という意識から進めて見るのも良いでしょう。

○余談

異分野交流をもっと取り入れると、半導体内外有効な話はたくさんありそうです。

ファブシステム研究会協力委員として～材料研究者の立場から～

独立行政法人 産業技術総合研究所 エレクトロニクス研究部門
主任研究員 池田 伸一

○研究会活動参画への経緯

ファブシステム研究会主宰の産業技術総合研究所（産総研）の原史朗主任研究員と、本研究会に関わるきっかけとなったのは、私が2005年度の1年間、経済産業省商務情報政策局情報通信機器課に通信担当課長補佐として出向していたとき、誘われて「ナノテクノロジーによる生産技術革新に関する調査研究」の研究会に、上司にあたる同課総括課長補佐の山並氏と共に研究会に出席したことである。当時は、経済省主導の国内半導体メーカーの再編が話題となっており、次世代のファブはどうあるべきかという問題が大きく認識されはじめていたと思う。出向後、2004年にキヤノンマシナリー株式会社と共同で開発した、小型結晶成長装置に関して、再度原氏から話があり、半導体システムイノベーション検討会への参加を要請された。個人的にも、「必要十分な」装置開発に興味があったため、上記経緯を経て、ファブシステム研究会にも引き続き参加している次第である。

○材料研究者として研究会へ期待する理由

材料研究開発を進める際にも、「装置」は重要である。材料を作成する、或いは、材料を評価・精密測定を行う際に、使用されてきた「装置」は、必要以上に大型でスペックオーバーであるものが多い。特に海外の装置ベンチャーのものは高価で、国富を安易に海外へ流出させている場合が数多く見受けられる。そのような中、研究開発を行っている研究者として、「必要十分な」機能と大きさを持つ装置があれば、ということで、前述の結晶成長装置を開発した。国内で既に40台以上販売実績があり、今後海外に展開していく予定である。一方で、結晶成長装置で使用した赤外線加熱法は、局所加熱が特徴であり、ファブシステム研究会が標榜するミニマル生産技術として最適な技術と考え初めており、その適用可能性を様々な製造プロセスを行っている参加企業の方々との議論を、本研究会に期待している。

○研究会活動へのコメント

全日程出席は難しかったが、幾つかの会社とチャネルが出来、赤外線加熱を基にした新しい研究の展開を計画できるようになった。9月末の集中討議はそのような場として最適のものであったが、残念なことに、1日目は参加できず十分機会を活かすことができなかつた。今後の機会を大切にしたい。また集中討議の「環境負荷低減」セッションでもお話ししたが、各委員の認識（問題意識、目標、言葉の定義など）が一致していることが本質的に重要であると思うが、それをより確かなものにする必要があるのではないかと考える。

○生産システム革新への期待

原主研が折に触れて言及している、産総研の開発技術がダイレクトに実用化される場が、ファブシステム研究会などで目指す生産システム革新の研究開発であり、そこで採用されるべき技術がミニマル技術である、というコンセプトが従来の研究者の姿勢とは異なる部分である。生産システム革新の活動を続けることが、レトロな研究者のレトロフィット事例となり得ることを示したい。一般論として。

研究会活動の一つの区切りを迎えて ～ 今後の生産システムへの期待

株式会社東芝セミコンダクター社 大分工場
小野 昌弘

○研究会活動参画への経緯

当社の研究開発部門では、過去にミニファブ構想の検討を行ったことがある。しかし、当時の経営環境の中では時期尚早の感もあり、検討段階で打ち切られた。高効率なファブ構想は、多品種生産型のシステム LSI 事業では永遠のテーマと言っても過言ではなく、周辺企業も含めどこまで深耕していくかが大きな課題と目される。そして、開発から量産への移行についても大きな課題が内在している。これらの問題について現時点での客観的見解を得ることは、この永遠のテーマを今後検討するために有益であろうと本研究会に参画させていただくことになった。

○株式会社東芝 大分工場が研究会へ期待する理由

上記で述べたように高効率ファブの検討の一助とさせていただきたい。

○研究会活動へのコメント

産総研殿の保持するシーズをベースにした、半導体製造メーカーだけでなく、その周辺企業も含めた忌憚のない意見交換は、ある意味では目からうろこが落ちるような場面もあり、改めて視点の違いが大きな発見を促すきっかけを作ることを認識した。

○生産システム革新への期待

トヨタに代表される日本の自動車産業が世界的に先進性のある生産システムを構築できたのは、その周辺企業の絶大なる協力があったからだ。今でも信じて疑わない。標準化ひとつを取っても、一朝一夕でできることではない。半導体産業は、悲しいかな周辺企業の半分は外資系である。産総研殿がこのジレンマをどう打破していくのか、興味は尽きない。

○余談

まだ、一度しかつくばにはお邪魔していませんが、会の雰囲気は十分伝わってきました。本来なら懇親会にも参加し、各社の方々と友好を深めるべきでした。次の機会には、都合をつけます。

研究会活動の一つの区切りを迎えて ～ 今後の生産システムへの期待

株式会社東芝セミコンダクター社 大分工場
プロセス生産技術部第一装置技術担当
濱本 鉄久

○研究会活動参画への経緯

今回の研究会活動に参加するに当たり、私の上司（宮下部長）がメンバーとして参画。しかし、上司のスケジュールが繁忙なこともあり、装置担当の立場から代理の一人として参画しました。

○研究会へ期待する理由

半導体産業は、投資コストが膨大にかかり、経営を圧迫するような状況になっています。いかに、投資コストを抑え、ビジネスとして存続出来るかが、非常に大きな課題と考えます。このためには、今後のFabに対する考え方を見直す必要があると考えます。製品開発にかかる費用を如何に抑制するか、またその技術を如何に量産化へつなげるか等を、いろいろな産業界の知見を集結し、具現化する必要があると考えます。そのリーダ的役割を産総研にて進める本研究会へ期待します。

○研究会活動へのコメント

これまでの研究会の活動で、半導体 Fab に関する生産システム含めた多方面に関する議論する機会を頂きました。これまで、会話したことのない、分野の方の考え方、意見等、今後私自身業務を進める上で参考になりました。又、同業他社の方とのコミュニケーションでは、私達が日頃抱えている課題の、共有化が出来たと考えています。こう言った意味でも、今回行った議論に対する、課題解決に向けた積極的取組み、ならびに具現化に当たって今回参画していない、業界各社の積極的参加を産総研へ期待したい。

○余談

私自身、今回このような外部研究会へ初めて参加させて頂きました。色々な業界の方と議論・懇親を図ることが出来、非常に有意義でした。

研究会活動の一つの区切りを迎えて ～ 今後の生産システムへの期待

三洋半導体製造株式会社 新潟工場
藤田 康治

○研究会活動参画への経緯

今回の研究会については、社内で産総研より直接呼びかけのあった方を通じて連絡を受けました。研究会の意図する生産システムのブレークスルーのための議論の場を作るということは、第三者的な立場の機関でないとなかなかできないことで、課題を共有して、異なる業種から違った視点での意見を受けることは、当社にとっても有意義な場になると思いました。あらかじめ決められていた会議テーマとしては、業種がかなり広いため、私自身としては、全ての議論に有効に参加できるか問題だったこと、しかし直接関係する話題も有り議論に参加したいテーマもあったことから、委員補佐として参加させていただくことになりました。

○三洋半導体製造株式会社が研究会へ期待する理由

生産システムという見方をした場合、純粋な固有技術の世界だけでなく、運用という外部からは見えにくいしくみの話が伴います。微細化技術の開発という大規模投資による技術革新だけでなく、レトロフィットの技術とそれを行ないながらも量産ラインを稼働させるというしくみ・運用の革新は当社にとって非常に重要と考えています。同じようなところに目を向けられている企業の動向、意見、課題を聞いて、議論し、お互いに社内への取り組みへと展開できるヒントをつかむことができないか、共通テーマとして、協力してシステム構築していくテーマが見つからないか、ということを期待していました。

○研究会活動へのコメント

研究会のテーマの性格上、まず大きく網を広げてネタを収集する、というステップが発表企業を決めて行なったテーマ討論だったと思います。2回のみでの参加でしたので、活動全体へのコメントを言えないのですが、やはりかなり広がりすぎて網を閉じるころまでいくのが難しいかな、という印象を受けました。そういう意味で、網を絞ってかかったネタを吟味するステップが、集中討議の場だったのかもかもしれませんが、そこに出席できなかったのは、大変残念でした。集中討議で、研究会としての結論がまとまっていることを期待します。

○生産システム革新への期待

2回の参加で感じたことは、しくみの課題です。研究会の目的であるミニマルファブやレトロフィットなどの技術課題は研究会メンバーの中の企業同士で議論を進めることができ、今後の流れができたのかなと思います。しかし国際規格という名の下に個別の企業ごとに来る品質・環境などのシステム要求に対応する負荷が技術課題のリソース不足の一つの要因になっているのかな、ということです。これは要求してくる企業と議論しないと効率的なしくみができないので、ベンダーとなる企業群とユーザーとなる企業群で効率的なシステム運用の議論をすることも必要と感じました。

○謝辞

このたびは、本研究会に参加させていただき大変ありがとうございました。原様をはじめ 運営にご尽力いただいた皆様に感謝いたします。

研究会活動の一つの区切りを迎えて～今後の生産システムへの期待

三洋半導体製造株式会社 新潟工場
金子 和功

○研究会活動参画への経緯

産総研よりこの研究会活動の内容を伺った際、社内で今回の参画について関係者と検討を行った。今回の主旨はミニマルファブのみに限らず、いろいろな業種で抱えている問題や考えを共有し、お互いで活用できそうなものがあれば協力していくことも目的として上げられていた。弊社にとって生産量にあった Fab を構築する考え方は今後の我々の Fab 運営の中でも、参考になると考えられる。更に、私自身も全てを理解できているわけでもなく、全てでなくとも少しでも弊社に活用できる考えがあるかも知れない。また、他社の皆様の課題はなんなのか。それをどのようにお考えなのか、現場の課題を洗い出し、聞けることは有用であると考え、委員補佐として参加させていただくこととなった。

○三洋半導体製造株式会社が研究会へ期待する理由

半導体業界は今や超微細化の技術の紹介などは闊達に行われているが、それらの技術は莫大な投資が必要となり、SOC やメモリーに対して有効な技術であり、一方でそれにはリスクが伴う。弊社の場合はそれらとはビジネスモデルは異なる。現状の生産性向上や現状の技術のコストダウンに結びつくような技術の交流を行いたいと感じていた。そこで私が研究会にまず期待したことは、普段つきあいのない、広いフィールドでの他社との意見交換を通して、業界動向とその課題をより正確に把握すること、そして、新しいアイデアや将来ビジョンを創造して行くことである。さらには、この研究会活動が求心力となって、新しい動きを生み出して行くことに期待していたのである。

○研究会活動へのコメント

産総研と 1 対 1 で NDA 契約を結び、その仕組みを活用して議論したことは、いろんな角度からの意見交換ができ、有意義であった。この研究会を通じて他社との新たなチャンネルも出来た。ただ、私個人としては参加が 2 回にとどまってしまったこと、最後の集中討議にも参加できなかったことは本当に残念であった。尚、このような取組みは、地方でも半導体分野以外でも開催されており、今後もこういった活動が活発化して、ひとつの分野のみでの認識ではなく、いろいろな分野の意見を聞くことも重要と思う。本研究会としては、各委員の皆様のご熱心な発表のおかげで現状の課題及び今後の生産システムの未来像がいくつか確認できたと思う。今後は、それを如何に解決していくのか、お互いで生かしていくかが課題であると感じる。

○生産システム革新への期待

研究会活動の結果見えてきたファブの未来像及び課題は、(1) 装置の今後の対応 (450mm 対応も含め) (2) レトロフィット (3) 局所クリーン化 (4) 環境負荷低減 (コストダウン) (5) ミニマルファブに分けられそうに感じた。今後は、それぞれのテーマの価値・方向性を明確にし、進化し続け、製造業としての強みを付けていくことが重要と考える。

○謝辞

参加回数が少なく、大変申し訳ありませんでしたが、本研究会に参加させていただきありがとうございました。原様をはじめ 運営にご尽力いただいた皆様に感謝いたします。

半導体製造業におけるアポリア（難題）解決へ向けて ～ 生産システム革新への期待

三洋半導体製造株式会社 岐阜工場
駒形 道雄

○半導体製造業の現状

日の丸半導体が世界を席卷した時代（80年代）から早20年が過ぎようとしている。この間、DRAMからの撤退とシステムLSIへのシフト、総合電機メーカーの半導体部門分社化、主要メーカーの合併・再編など様々な施策が行われてきたが、一部メーカーを除き抜本的な解決策を見出せない状況と思う。海外メーカーが90年代に復活（欧・米）・台頭（韓・台・中）した状況も踏まえると、半導体製造業が非常に特殊な産業であることが判る。それは①製品の種類が増えるにも拘らず各々の生涯生産数が減る「つくる物」の問題と、②微細化&大口径化という単一製品の大量生産向き技術開発（プロセスと製造装置）に特化してきた「つくり方」の問題である。これは半導体製造業にのしかかるアポリア（難題）といえる。つまり①と②が両立若しくは片方の問題を隠す位にもう片方でアドバンテージが無ければだめと言う事である。現状①と②が両立するのは巨大なCPUメーカーとメモリーメーカー位である。他は①で付加価値の高い製品を作るか（例えばアナログデバイス）、②で製品開発コストをファブレスに転化する（ファンドリー）方法論になる（これもその先は製品の付加価値に帰着するが）。「半導体は装置産業」と言われるが、②の流れによりファブ建設コストが増大し続けているので、①の問題がより顕著に現れてくる。②の対応として製造装置の中古市場形成や償却済み装置の延命使用が行われてきたが、根本的な問題は未解決のままである。現在は450mm化の是非が議論されているが、このアポリアを如何に解決するかで次世代の半導体製造業のあり方が大きく左右されると考えられる。

○各種コンソーシアム活動と本研究会の意味

この問題に対しNEDO主導によるHALCAプロジェクト（ASET）や製造基盤技術プロジェクト（Selete）が既にあるが、現実のファブ建設と実運営という視点ではまだ検討すべき問題がある。HALCAは主流のメガファブに対し小規模のミニファブを検討したもので、製造基盤技術はメガファブの中で少量生産が可能な運用方法を検討したものである。両者のアプローチは異なるが何れも現行の生産形態の延長で改善を目指したものである。これと全く異なるアプローチが今回産総研が提案したミニマルマニュファクチュアリング構想と思う。200～300mmのウェハー径と25枚/ロットが基本という枠組みでは考え得る方策も限界がある。半導体製造のトレンドとは異なるが、他の製造業で行われてきたセル生産や1個流しなどの生産革新手法を素直に取り入れたものと認識している。

○本研究会へ期待と活動参画

今までの生産形態と全く異なるので一足飛びに此処に行くのは難しい。ならばどの様な中間ステップを設けて最終ゴールに向かうのか？産総研の固有技術を現行装置にレトロフィットする、センサーなど比較的加工工程が少ない製品でデバイス検証するなど、方策はあると思う。単に技術開発や研究ではなく、実用の視点で民間の営利企業が参画できる様なプランニングが重要と思う。これまでの活動でフォーカスすべき問題点は抽出できたと思うので、今後は上記の実行計画策定を期待したい。

○皆さんへのお礼

今まであまり縁の無かった他業種の状況を皆さんから伺うことで我々半導体産業の問題を改めて認識することができた。この場を借りてお礼を述べたいと思います。本当にありがとうございました。

研究会活動の一つの区切りを迎えて～今後の生産システムへの期待

高島産業株式会社
遠藤 千昭

○研究会活動参画への経緯

当社及び当地域（長野県諏訪地域）に於いては小型設備又は卓上設備に依る生産工場構築の研究が盛んに行われている。産総研より半導体生産工程に於いて類似した内容のご紹介を頂き、まさにこれらの領域に於いても生産工程のイノベーションをもたらす課題と認識を新たにした。

特に当社の半導体生産工程は大量生産向けに始まった物だが近年多品種少量の受注に直面し、様々な問題を抱えている。この様な状況は当社のプロセスだけではないと認識し、半導体生産プロセスに於ける課題を洗い出しながら研究を進めるとの主旨であったので参加させていただくことになった。

○高島産業株式会社が研究会へ期待する理由

当社の半導体生産に関わる工程は従来の大量生産を前提とした分業システムを基本としていると認識している。従って多品種・変量生産に業界がシフトして行くとき様々な問題を抱えると認識している。日本の製造業が大量消費製品を大量生産する役割から高付加価値多品種変量生産に移行している現状は既に多くの問題を抱えながらの事業と言える。しかしながら既存工程を様々な知恵と工夫改善により生産工程の革新を行いながら競争力を維持する事も日本のものづくりの特徴と言えると思う。

当社は複雑な半導体製造プロセスのほんの一部に関わるだけであるが様々な製造プロセスを持つ他社との交流を通じて生産プロセス全体から画期的な製造プロセスのイノベーションを起こす事を期待し、その中で当社の新しい役割を見いだす事に期待している。

○研究会活動へのコメント

まず産総研に於いてこの様な組織横断的な活動が活発に進められている事に驚いた。さらに多岐にわたる産業界のメンバーと共に既存半導体製造工程の問題点を議論出来る機会は大変珍しく有意義な物と考える。当社にとって当社工程の上流と下流のプロセスを持つ様々な企業と同席して議論できたことはこれ自体大変な財産になったと考える。

今後も産総研ならではの様な活動を広め、またこれからの生産システムのあり方を具体的に提示出来るようにすることを推進して頂きたい。また当社に於いても本研究会に参加した成果を活用し、新しいプロセスを構築すべく努力をしたい。

○生産システム革新への期待

我々が十年以上の期間考えてきた多品種変量生産に対応する製造プロセスについて半導体製造プロセスの領域まで議論された事は我々にとって大変大きなインパクトを与えた。日本の製造業の強みは製造技術だけでなく生産プロセス技術に於いても飽くなき追求をし、世界をリードする姿勢であると考えている。本研究会は製造業の閉塞感を打ち破る新たなイノベーションを起こしうるものと信じており、また期待するものである。

○反省

私個人的にはなかなか出席が出来ないまま此処まで来てしまった。時間を割かれて真剣に議論を重ねられた委員の皆様にお詫びを申し上げますと共に敬意を表します。

研究会活動の一つの区切りを迎えて～今後の生産システムへの期待

高島産業株式会社 開発部
栗林 かおる

ミニマルファブ構想

ミニマルファブは、ある時点でのベスト・ポッシブル・ソリューションを、技術の進展に沿って継続的に改善、あるいは市場変化に応じて適時に補完していくために有効な手段とかがえられる。また、これまで継続していた性能向上と改善への取り組みとは異なる視点でとらえ、「未来を訪ねて指針を得る」(江崎玲於奈)ことを促し、それに基づく in-situ 試験や試作(レファレンス・モデル)を適時に作製するために有効な手段と考えられる。

従来型大量生産とは大局的思想と位置づけられるこのミニマルファブ構想については、これまでのファブシステム研究会において、大いに議論されてきたと思う。そこで、ここでは、敢えて、既定の技術開発路線(ベスト・ポッシブル・ソリューション)について取り上げ、それに対して、ミニマルファブ構想がどのような位置づけとして捉えられるのか、その幾つかの側面を考察してみたい。

ミニマルファブ構想は、次のような技術革新、戦略あるいは構想を能動的に推進していく上で、重要なインパクトを有する提言の一つと言える。

450mm ウェハへの移行

デジタル家電や次世代携帯端末の登場などによって喚起され、また、アプリケーションの多様化(「日本の世帯の年間出費分布」参照)により、ウェハの需要は今後10年にわたり順調に伸びると予想されている。一方、微細化によって生産性を高めることは(狭ボンディングピッチ、多ピン化など)困難になりつつあり、需要増大に応える手段としてウェハの大口径化が検討されている。450mm ウェハへの移行は、32nm 世代以降で技術・製造が複雑化することによるコストの急増を緩和する手段としても期待されているが、その経済効率や適切な移行時期については、問題意識を業界で共有し、次のような項目について(業界標準化の可能性を含め)検討し、判断することが必要と考えられる：

- ・天井搬送装置などウェハ搬送システム
- ・FOUP スロットとウェハの整合性など装置インタフェース
- ・コンピュータによるライン統合(CIM)などマネジメント手法の仕様策定および評価試験

これらの技術開発を進める上では、搬送システムおよび生産管理手法の本来あるべき姿が同時に論じられるべきである。しかし、その応用対象が巨大システムであるがゆえに、開発途上の不安定な部分システムを、実用ファブに導入することはできない。そう言った意味では、ミニマルファブというライト級のファブにおいて、理想の搬送システムや生産管理手法を実験的に採り入れつつ、生産を行うことには、一定の意義がありうる。また、450mm ファブとミニマルファブが究極の対照的性質を備えていることから、その両者の比較は、自身の特徴を再認識するのに大いに役立つはずである。

コンバージング・テクノロジー

コンバージング・テクノロジー(Converging Technology)とは、いわばニーズ側からみた、こういうことがあったら沢山の人が使うだろう、という今存在しないサービス、たとえば、自動翻訳機や、身体障害者のサポート技術、人と機械の直接対話などであるが、それに対して、必要なナノテク・バイオ・ITなどを集約して、そのサービスを実現する技術を生みだそうという考え方に基づく集約的な技術を指す。

半導体・ITについて言えば、これらのコンバージング・テクノロジーを実現するために不可欠なものとして、多機能型で飛躍的情報通信能力を持ったコアチップの開発が不可欠である。そこでの課題は、2つくらいある。将来的には、ムーアの法則に沿った進化よりも消費電力低減などに向けた取り組みの重要性が高まり、企業の壁を乗り越えた連携による技術革新が不可欠になる。また、LTE、WiMAX な

ど次世代携帯端末、無線 LAN などでは、ハードウェアを共通化（プラットフォーム化）し、ソフトウェアで個別ニーズに対応、あるいは差別化していく傾向が顕著になると予想される。

多機能型コアチップに関する、特定パートナーとの協業（共同開発）の例として、IBM の「Collabulatory (collaboration+laboratory)」構想が挙げられる。この戦略が打ち出された背景には、ソニー、東芝と共同開発したマイクロプロセッサ「Cell Broadband Engine」における成功体験があるとされている。

プラットフォーム化の例としては、パナソニックの「UniPhier」アーキテクチャー（デジタル機器の技術基盤を統合）が挙げられる。電機各社の業績が悪化する中、パナソニックはデジタル家電の好調によって営業増益（2008 年 4-9 月期）を確保しており、同戦略が奏功したと言える。

これらの開発は、成功例として語られているが、実際には、これらの開発には膨大な開発費が投じられている。そのため、失敗は許されない側面がある。もしも、このような巨大なコアの試作が、ほんの小さなミニマルファブで可能になれば、そこで、市場の反応を見るために、僅かな量を生産し売り出すことが可能になる。このようなりスク回避の手法として、ミニマルファブは有効に機能する可能性があり、計画的量産という意味で完全にプロミシングとは言えない、多機能コアを市場に送り出すことができるようになるだろう。

ウェハの薄化、チップの小型化（光配線化）

最近では、2 次元内での微細化による集積化が開発・設備投資額の増大と微細化技術の難化によって、頭打ちになりつつあることもあり、3 次元集積化の技術が進んでいる。その必然的帰結として、ウェハの薄化が進行しているのである。このウェハ薄化技術として裏面研磨が有効とされ、ダイシング技術としてレーザ加工が主流になると言われている。裏面研磨には「材料のムダ」という課題があり、レーザダイシングでは「熱影響」によるダメージの発生が懸念されるが、いずれも現時点での必要技術（ベスト・ポッシブル・ソリューション）と考えられている。

これに対して、ミニマルファブ構想とリンクして使用されるはずである、ハーフィンチウェハは、開発当初からおおよそ 200 ミクロンの厚みが標準と想定されている。つまり、薄化というプロセスが不必要になる可能性がある。最近の薄化されたウェハは、薄いもので 100 ミクロン前後であるが、初めから 200 ミクロン程度の厚みであれば、薄化プロセスを省いた方が、全体としてのコストダウンになり、積層チップを構築する上で十分な厚さである可能性がある。このような薄いウェハには、それに適したダイシング技術が開発される可能性もあり、興味深いところである。

チップの小型化については、今後 10 年程度で必要になる技術として「チップ内光インターコネクション」の研究開発が（NEDO MIRAI プロジェクトの一部として）進められている。複数のグローバル配線を少数の光配線で置換することが可能になれば、LSI 作製コストの低減が可能になり、イコライジングなど高速信号伝送向け電気信号処理なしで光信号への返還が可能になれば、回路省略（低フットプリント化）が可能になると期待されている。

この光配線技術には、これまでの LSI 技術では全く利用してこなかった、新しい、いわば、エマージングテクノロジーが多々利用されることになる。しかし、これらは、LSI 製造工程として実績がなく、この実用化には多大な技術開発と投資を行わなければならない。もし仮に、ミニマルファブが実現されれば、そこで、生まれたての光 LSI 配線技術の開発を比較的軽い投資で行うことができるようになるだろう。これは、量産・高集積品に、エマージングテクノロジーを導入するための、実は近道である。

ファブシステム研究会を振り返って

大成建設株式会社 エンジニアリング本部
長谷部 貴司

○研究会活動参画への経緯

HALCAに参加していたことで本研究会の委員補佐として参画することになりました。HALCAは「高効率次世代半導体製造システム技術開発」をテーマとする産官学共同研究で、いわゆるミニファブを検討しました。

必要とされる生産量に見合った適正な生産能力を持ったファブを構築するという本研究会のコンセプトはHALCAと同じです。

○研究会へ期待する理由

私の所属する大成建設エンジニアリング本部では、電子デバイスに限らず医薬、食品等の生産施設の計画・設計を担っております。

すべての施設に言えることですが、お客様の満足を得るためには、生産システムを理解し、生産システムと一体化した施設を構築しなければなりません。

今回の研究会では、皆様が現場で抱えている課題を聞かせていただき、生産システムに関するより深い理解を得ることが出来ました。

○研究会活動へのコメント

今回の研究会は、初めの数回は各社の抱える課題についての説明と議論が行われ、最後に共通課題について集中討議がされたために、非常に活発な議論が成されました。短期間であるにもかかわらずこのような成果を得られ有意義な研究会であったと思います。

また、将来のファブの方向性を議論させていただいたことで、当社の保有するクリーン化技術等をどのように発展させていくべきかについての知見が得られました。もっとも究極の形であるデスクトップファブになると当社の出番は無くなってしまいかも知れませんが・・・

○生産システム革新への期待

今回の研究会で、HALCAのミニファブが実現しないことについて、厳しいご意見が出ました。利益の異なる企業同志が、実現可能なレベルまで精度を高めることは並大抵のことではないと痛感しています。

しかし、HALCAのコンセプトは、国内に生産拠点を残し、技術の空洞化を防ぐために非常に重要であり、日本の強みを生かした日本オリジナルの生産システムの確立が不可欠であると思います。ミニマルファブは、HALCAよりさらに高いハードルがあると思われませんが、原先生のリーダーシップのもと、是非、実現可能なミニマルファブを確立することを期待します。

ファブシステム研究会を振り返って

大成建設株式会社 技術センター
若山 恵英

○研究会活動参画への経緯

既に研究会に参加していた、弊社エンジニアリング本部 山崎および長谷部から研究会参加の打診がありました。様々な業界の方から多岐にわたるお話が聞けそうなので、是非参加するようにとのことでした。ミニマルファブの資料等を拝見させていただき、大変興味深く思いましたので参加させて頂くことに致しました。

○研究会へ期待する理由

半導体製造のみならず、ハードディスク、ロボット、建設業など様々な分野のメンバーによって構成される今回の研究会のメンバー構成は、ある一分野に限定されることなく、様々な分野の方のご意見を聞くことができ、非常に有意義でした。

また、参加企業の業種が異なるために、活発な意見交換が行えました。やはり、競合する同業他社を交えた会合ですと、なかなか活発な意見交換がなされないことも多いようです。今後もこのようなメンバー会社構成の開催が望ましいと思います。

○研究会活動へのコメント

今回の活動では、各社の抱える課題が非常に多岐に渡ると実感致しましたし、実際に様々な事例をお聞きすることによって、普段考えていないような切り口での問題解決法方法も見出せるような期待が生まれました。

今後は抽出した課題に対して、モデルケースを組むことなどにより、具体的かつ現実的な検討を進めていただけますと、大変良いと感じております。

○生産システム革新への期待

ここ数年、300 mm半導体用の新設クリーンルームのクリーン度の要求はよりラフな（クリーン度が低い）方向に転じてきています。本研究会で検討していたミニマルファブの思想はその延長線上にあると思いますし、非常に斬新な考えで、エネルギー、クリーン化の面で大きなメリットがあると思います。その一方で全てのプロセスでこのミニマルファブを適用するためには十分な検討も必要であると思います。

また、パーフェクトなミニマルファブの構築の前段階に相当するような局所空調を有効利用した暫定版次世代ファブ検討のようなものも行えると良いと思います。

ファブシステム研究会を振り返って

大成建設株式会社 技術センター
浦野 明

○研究会活動参画への経緯

先に研究会に参加していた弊社・山崎より、研究会への参加を勧められた。クリーンルームの気流・微粒子関連の技術開発を行っている私にとって、生産現場で活躍している方々との交流が有効とのことである。私が直接業務で担当している数社の製造プロセスエンジニアの方々との交流・議論の機会はあるものの、範囲はどうしても限られている。このため、より交流の場を広げるために参加させていただくことにした。

○研究会へ期待する理由

私は、人間および製品にとって最適な空間を創るための技術開発として、クリーンルーム内の気流・微粒子の数値シミュレーション、実測による現状把握を担当している。

クリーンルームの中の気流・微粒子挙動は、建築・空調設備のみならず、生産設備の影響を強く受ける。

しかし、建築・空調設備の設計段階では建設会社に生産設備の情報が十分に伝わらずに、必ずしも最適な設計がなされていない現状がある。その一方で製造現場では、不十分な建築・空調設備の元で、製造装置に工夫して生産効率向上に努力しているものの、限界がきている例も見聞きしている。

建築空間と製造装置が一体となった局所クリーン空間の構築を目指した技術開発に携わる者として、生産現場の方との交流に期待していた。

○研究会活動へのコメント

一連のミーティングを通じて、局所クリーン化を実現するための現場での取り組みや問題点について、興味深い議論をさせていただいた。技術開発のみならず、作業者の教育・訓練などの取り組みにより、技術を確実に定着・実施していくことの重要性も私が今まであまり認識していないことであった。

微粒子挙動のシミュレーションを実際の施設構築に活かして行くためには、基礎研究を要する部分も多く、当社単独での取り組みでは困難である課題も多いと思われる。本研究会および産総研を通じた連携による解決にも期待したいと考える。

○生産システム革新への期待

今後のミニマルファブ構築へ向けた取り組みは、半導体製造のみならず部品製造など幅広い業種に応用できる基盤技術が構築できるのではないかと期待している。今後当社が、その一助になることができれば幸せである。

研究会に参加して ～ ミニファブシステムへの期待

日本電産サンキョー株式会社 営業推進部
技術士(経営工学) 齊藤 諭

○研究会活動への参画

「局所クリーン化の世界」という原史朗様の著書を拝読した経緯にはじまり、クリーン環境のものづくりに装置を提供する立場から大変興味を持って参加させていただいた。

半導体や大型液晶パネルなど大量生産のものづくりは、韓国、台湾、中国などのアジア諸国へとすつかり流失してしまい、今後の日本のものづくりが憂慮されて久しい。一方、国内では付加価値の高い工業製品のものづくり現場の多くでクリーン環境が舞台となり、生産性向上を目指し、装置の小型化、見える化、多品種少量生産対応、局所クリーン化など、多くのコンセプトが提唱されている。

しかしながら、各社各様の試行錯誤にも関わらず、大きなトレンドがいまひとつ見えてこない。産総研よりこの研究会活動のご紹介を頂き、電機電子業界に携わる業界他社では、どのような課題を抱え、何を目標しているのか、利害関係を越えたコミュニティーでの議論が必要と感じて参画に至った。

わが社では大量生産向けの300mmウェハ搬送用、大型液晶搬送用、等のクリーンロボットに関する既存事業から、次世代に向けた、多品種少量生産、一個流しの自動化設備を目指し、Desk Top Factory (DTF)、小型除塵洗浄機、小型パーティクルモニター、などの商品展開を持ちながら、事業としての営業規模確立が課題となっていた。そこで弊社で提供可能な技術、また部品事業のものづくりの観点からも、研究会の議論に少しでもお役に立てればと各種の情報提供をさせて頂いた。

○研究会への期待

大量生産は途上国に任せ、日本のオリジナリティをとことん追求したものづくりの原点に立ち戻り、再び国際的な競争力を向上させるとともに、1～3年程度の短期間に、集中的に次世代モデルを提唱し具現化してゆくエネルギー集約な集団として発展を希望する。昨今、産官学連携の道筋を模索する動きが多いが、広く漠然とする中から連携関係を構築することは難しい。一方、当研究会では産官学の具体的な課題掘り起こしと討議がなされ、具現化への道筋はかなりハッキリしているように感じる。各社の保有する技術を出し合い、今回討議した各セッションのテーマを深掘りしながら相互ビジネスを積極的に発展討議し企画を共有しながら、単なる勉強会に終わらない展開を進めるべきである。例えば、何れかの企業で直面するファブシステムの課題について投資予算を確保することが出来るならば、実用的なモデルシステム構築の近道となるであろう。

○次世代ファブシステムと局所クリーン化

局所クリーン化のセッションにて「見えないゴミの管理」についていくつかの事例を述べてきた。委員会の中でも討議されていたように、現在のクリーン度管理は半導体大量生産から構築された規格に基づいており、必ずしも実際の生産性向上に適した手段とはいえない。例えば、クリーン度管理ひとつ取っても、クリーン度とコンタミ品質の関係に相関が乏しいにも関わらず、気中パーティクルからの間接管理により過剰スペックの清浄度も存在する。まずは品質原因のより具体的な見える化をはかり、直接的な管理指標の規格提案も必要であろう。狭い国土の日本で国際競争力のあるものづくりと持続可能な社会実現のために、知恵を使った小さなファブの実現ができれば、経済活動向上と環境負荷低減の両立が実現できるであろう。

○研究会について

毎隔週程度の委員会は、会を重ねるにつれ時間的な負荷を感じた。その一方で、遠方からの参加で時間的制約も多く、思ったほど委員同士のローカルな交流がはかれなかったように思う。更に個別の親睦を深められるよう、頻度を減らしながらも産総研の都心施設での開催にも期待したい。

半導体製造における今後のファブシステムについて

CKD 株式会社 生産本部春日井事業所第1技術部
伊藤一寿

「搬送」は付加価値を生まないが製造工程では不可避の課題である。多品種変量生産を肯定すれば、ジョブ方式からフロー方式に転換していくべきであるが、数百に及ぶ工程のタクトは絶対に合わないし、冗長性を考慮すれば、搬送における分岐・滞留・合流の問題をどうするかは大きな課題である。搬送モジュールとしても何らかの規格化は必須と考える。

「局所クリーン化」の考えはプロセスモジュールには適応できるが、その間の搬送部分におけるクリーン環境をどのように構築するかについても課題であり、ウェハーを小型 Box に入れて、誰が運ぶかは別として、プロセスモジュール毎に Box を開閉し、小型ロボットで L/UL することはメリットがあるとは思えない。

プロセスモジュール内もウェハー搬送も全て真空状態で行うクリーントンネルの実現を検討すべきではないだろうか。もちろんプロセスモジュールとクリーントンネルの間や、各所にゲートがないと柔軟性、保全性の問題が生じることになる。

「リファブ、レトロフィット」のネックは、交換部品の入手性もあるが、「制御＝ハード&ソフト」の情報が開示されないことである。多品種変量生産となり工程が分散制御されていくうえで下位の制御は「シーケンサ&ラダー」のようにハードの規格化、プログラミング言語の簡素化を図っておく必要がある。上位の統合制御や情報通信、マン・マシンインターフェイスには思いっきりハイテクを導入したい。

「環境負荷低減」は、今後の生産活動には不可欠な項目で常に改善が迫られる。いろいろな側面があるが、省エネの観点からすると、「排熱は水冷が効率良い。」との報告もあったが、発生したものを処理することよりも発生させないことに注力したい。特にプロセスの低温化技術などは大きく貢献できるので、更なる技術開発を期待したい。

「ミニマルファブ構想」としては、最も高価で「もったいない」装置である露光機をどう取り扱うかが課題と考える。これはワークとなるウェハーサイズと取数と関連する。自動車用の制御 IC は□3mm 程度であり、0.5inch ウェハー 1 枚で 50 チップはとれる。本来の 1 個流しに従うならワークサイズは□3mm となるが、光だけでなく EB なども含めてどのような描画方法とワークサイズの組み合わせがミニマルな工程になるのか、さらに検討を進める必要がある。

所見

ファブシステム研究会に参加させていただき、多くの人の意見を聞くことができ日常業務では得られない刺激を受けました。

ミニマルファブのように目標値を高くすると、いろいろなアイデアが出てきてモチベーションも上がってきて、一見無理なこともできそうな気がしてきました。

今後もこのモチベーションを維持して「半導体ミニマルファブ」構築に役立つ機器の開発を継続していく所存です。

ファブシステム研究会 集中講義に参加して

大成建設株式会社 技術センター 環境研究室
伊藤 宏

今回の研究会への参加は、最終集中講義における事例紹介の発表者としての参加でした。初日の懇親会からという非常に短い時間の参加でしたが、多くの方々と意見交換ができ、有意義な時間を過ごすことができました。第一印象はメンバーの方々の雰囲気がとても良いということです。視点はそれぞれの立場で若干違っても、悩みを抱え解決策を必死に模索していることが共通していることも要因でしょうか。

環境負荷低減・省エネルギーに関しては、現状の大量生産を目指したメガファブの問題点は、ほぼ共通であることを改めて実感いたしました。また、発表の依頼があってからこれまでの資料や書籍を読み、ミニマルファブに関してはおぼろげながら想像していましたが、実際に究極の姿を聞いた際には正直驚き、目標の高さを実感いたしました。

今後、究極の姿に向かい、現状からどのようなステップを踏み前進していくのか？ 克服すべき課題は数多くあるように思われますが、だからこそ、強力な推進力のもと既成の垣根を越えた組織体制が必要になると感じます。日本の産業を強くするには、大きな旗振り役が必要であり、今後の活動に期待します。

Fab System 研究会活動に寄せて

独立行政法人 産業技術総合研究所
産業技術アーキテクト 景山 晃

1. はじめに

今年の春、Fab System 研究会の構想を弊所の原幹事から聞いたとき、即座に「これは面白い」と思い、6月のキックオフ以来、時間の許す限り研究会に参加というより傍聴させて頂いている。

面白いと思った理由を自分なりに考えてみると、この研究会はいわゆる本流の研究ではない地味な領域に焦点を当てる活動であり、違う言い方を許して頂けるなら、これまでの産総研の研究テーマとは一味も二味も異なる問題意識の下に課題設定した点であろうと思う。半導体産業で言えば、ハーフピッチ何nmといった微細化の極限に迫ろうとするのではなく、また、ウェハ径450mmをどう実現するかという課題設定でもない。逆に、現実の社会で有用な半導体デバイスを最も効率よく製造する技術としてありたい姿を議論し、提案しようとするものである。化学産業に例えると、生産量が1g、1kg、1トン、1,000トンではものの作り方が明らかに異なるように、半導体でも社会が必要とする数量によって最適な製造プロセスは変わってもおかしくないということである。

この課題に対して半導体、半導体製造装置、システム化、部品、材料企業と多岐にわたる17社の方々から賛同を頂いたことは産業界でも関心が高いテーマであることの証左ともいえる。

2. 産業の変革

イノベーション論はわが国においても総合科学技術会議はじめ、いろいろな場で論議されている。図1は筆者が考えるイノベーションの定義を示したものであり、社会との関係を明確に位置付ける点が特徴である。図1の下段にはイノベーション創出のために産総研が取り組むべき研究の方法論を整理して示した。公的研究機関である産総研は成果を直接実施することがないため、民間企業と異なり内部にマーケティングなどの機能を持っていない。このため、企業との連携を一層深化させることで、社会・産業界との相互補完関係を意図的に強化していく必要があるものと考えられる。換言すれば、質の高い内容を伴ったオールジャパン体制を作っていくことが特に重要となる。

3. 産総研の立ち位置

産総研は憲章の中で産業科学技術の研究開発を通して豊かな社会の実現に貢献することを明確に謳っている。これをより効果的に実行していくには相互補完モデルを十分に意識する必要がある(図2)。

一方、地球温暖化問題などへの確に対処し、持続可能な発展へ繋いでいくには公的研究機関としての産総研が取り組んでいる研究テーマについて、環境負荷低減への期待効果や持続可能な社会形成への貢献を各研究者が強く意識し、テーマのアウトプットについてWHATだけでなくfor WHOMやWHYを考えることが重要と考えられる。

ミニマルマニユファクチャリングの流れを汲む今回のFab System研究会は、この大きな課題の解決に向けて一つのアプローチを提案しようとする革新的かつ挑戦的な活動である。産業界と産総研が自由闊達に意見交換、論議することで、単純な資本の論理や規模の論理とは異なる論理構成と価値観に基づく新しい「ものづくり」のシナリオを描くことが期待される。この領域はいわゆる改善活動やすり合せ技術など日本が得意とする産業技術の一環と考えることもでき、Integrated Technologyとして世界的にも独創的な提言にまとめることは十分可能と予想する。

是非、この研究会が産業界を含む社会へインパクトのある一石を投じることを期待し、かつ、自分自身もわずかなりとも貢献したいと考えている。

以上

図1 イノベーション創出上の課題と推進策

イノベーションとは

「人と社会に価値をもたらす(技術)変革」
価値は社会で生まれる、産総研は価値の源を提供
⇒社会との関係性が重要

イノベーションを創出する研究の進め方

リニアモデル(~1980)



連鎖モデル(スタンフォード大学 S.Kline教授,1986)



AIST

独立行政法人 産業技術総合研究所

図2 産総研の立ち位置

「産業科学技術の研究開発を通して豊かな社会の実現に貢献」
 (産総研憲章)

相互補完モデル 「お互いの強みを活かして使おう」

産業界のメリット(期待)

- ① **研究開発投資効率の向上**
- ② **シーズ不足の緩和**
- ③ 事業を支える **技術力の深化**
- ④ 新技術の実用化 → 事業活動

産総研のメリット

- ① 技術**実用化の機会創出** (社会への貢献)
- ② 次年度研究への **ニーズ情報取込み**
- ③ 研究チーム間の **共同プロジェクト外の編成**
- ④ トップレベル研究者の人材供給

産総研内部では次の視点で、全研究テーマに緩やかな評価軸を設けたい

- ① **環境負荷低減への期待効果**
 - ② **持続可能な社会形成への貢献**
- ← その研究に成功したら、何が、誰が、なぜ嬉しいの？

効果：自ら社会ニーズとの接点を考えるリテラシーの向上

AIST

独立行政法人 産業技術総合研究所

謝辞

このレポートは、6月にファブシステム研究会の活動を開始してから9月末のオープンディスカッションまでに、研究会で議論された内容を凝縮したものである。この間レポートの冒頭にある重要な提言や、その裏付けとなる膨大な議論とその総括作業を行うことができた。この短期間でこれだけのアウトプットを出すことが出来たのは、第一に、委員各位の熱心な参画があったからに他ならない。とりわけ、72時間以内という極めて短時間の逐次校正作業への委員各位の迅速なるご協力に追うところが大きい。この場を借りて、感謝の意を表する。

また、対外的にも多くの皆様のご協力を仰いだ。

まず、元技術研究組合超先端電子技術開発機構のHALCAプロジェクト推進部門長であった、津守俊郎氏には、HALCAプロジェクトと今後の展開に関する執筆について、ご快諾頂き、とても短い執筆期間であったにもかかわらず、素晴らしい記事を執筆頂いた。ここで心から御礼申し上げます。

また、本レポートの中の、オープンディスカッションの議事録作成に関しては、会議録の草稿作業を始め、30人を越す委員と、膨大なテキスト量の会話録に関して、詳細な文言の手直しを逐一行って頂いた、松井速記の松井千津子氏には、休日返上で連絡と文章校正作業に取り組んで頂き、適切な感謝の言葉も見あたらない。まずは、レポートの完成をもって、お礼の言葉の代わりとさせて頂きたい。

最後に、本レポートの編集作業に専業で関わり、プロ用編集ソフト Adobe InDesign を数日で一から習得し、図表の徹底的な手直しも含め、本レポートファイルを1ヶ月で完成させた崎岡幸子さんには、心から感謝の意を表する。

平成20年11月25日



ミニマル型装置や研究装置を生産装置として機能させる、
開発中の前室システム 1号試作機

