

# 「次世代半導体工場の課題と方向 *e-Manufacturing* と *Agile-Manufacturing*」

STRJ-WG8 ファクトリーインテグレーションWG

児玉 祥一

矢島 比呂海

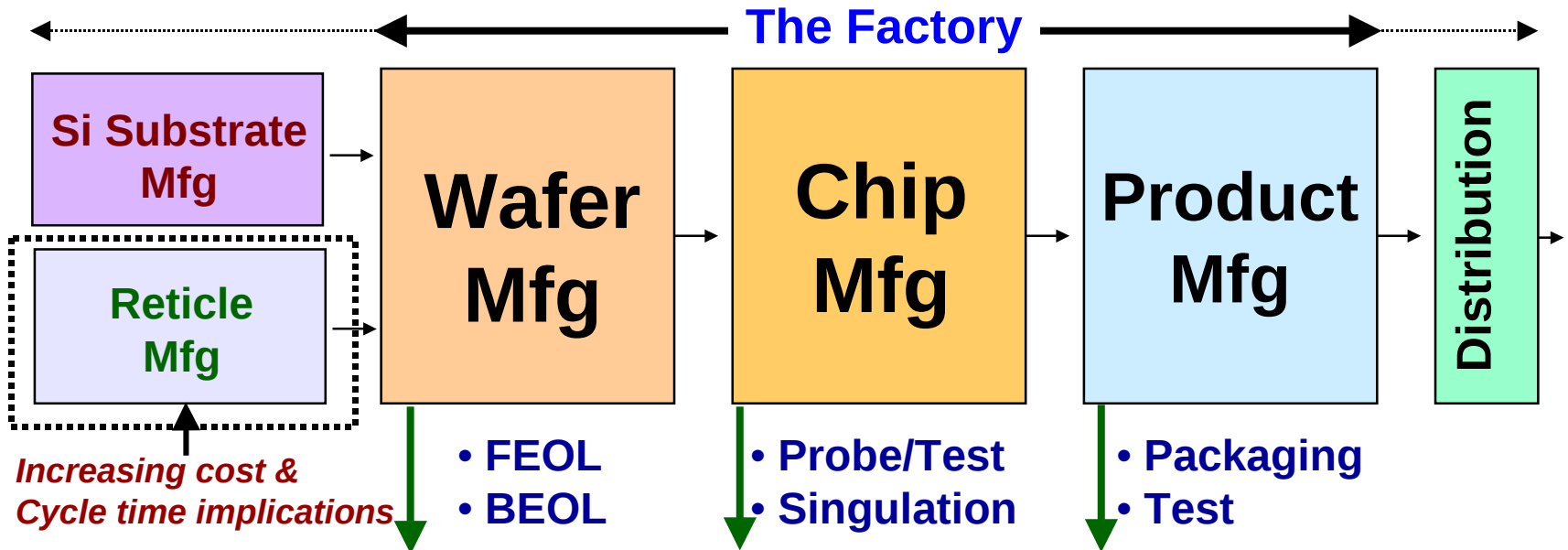
# 目次

- 2002年 ITRS ファクトリインテグレーションWG活動報告
  - 2002年版ITRS ファクトリインテグレーション Update
- e-Manufacturing と Agile-Manufacturing
  - EESは仕事の仕組みを変える
    - ビジネスの変化
    - Agile-Manufacturingへの活用
  - 課題

**2002年版**

***ITRS* ファクトリインテグレーション  
Update**

# 2002年 ファクトリインテグレーション検討範囲



半導体工場はコスト、生産性、そしてスピードにより動いている。:

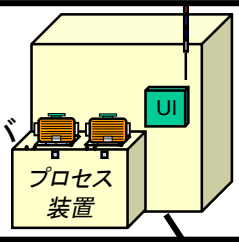
- ? 機能あたりの投資、運用コストの低減
- ? 多品種/少品種の運用モデルと他のビジネス戦略に有効に対応する量産
- ? 工場、装置の再利用、信頼性、及び総合効率の増大
- ? 早急な微細化プロセス技術の開発とウェーハ口径変化への対応

? 顧客への新規量産製品の早急な納入

# ファクトリインテグレーションの機能分野

## 製造装置

- ★ プロセス、検査装置
- ★ 本体メインフレームとプロセスチャンバ
- ★ ウェーハ搬送ロボット、ロードポート
- ★ 内蔵コンピュータ、ソフトウェア



## ファシリティ

- ★ クリーンルーム、試験室、中央動力室(建屋)
- ★ ファシリティ制御監視システム
- ★ 動力、配管、排気、真空
- ★ 安全システム、排気物処理

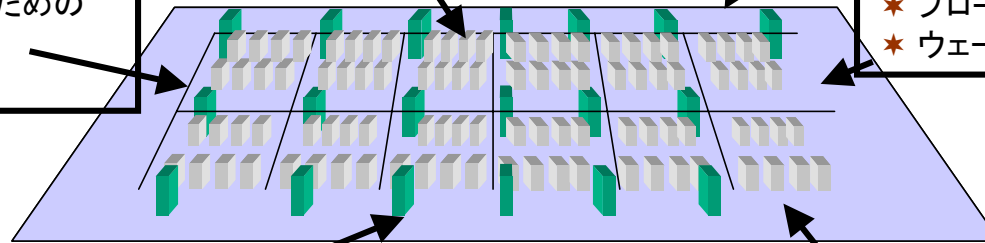


## 工場運用

- ★ 生産計画、監視、制御のための方針と手順
- ★ 工場直接レーバ

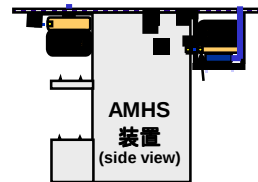
## テスト工程

- ★ プローバ、ハンドラ、テスト装置
- ★ ウェーハテスト、チップ工程



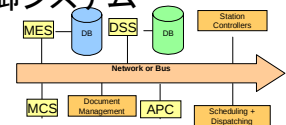
## 材料搬送システム

- ★ ウェーハ、レチクルキャリア
- ★ 自動保管システム
- ★ 工程間、工程内搬送システム
- ★ PGV
- ★ 内蔵コンピュータ、ソフトウェア



## 工場システム

- ★ 工場稼動に必要とされるデータ、制御システム
- ★ 意思決定支援
- ★ プロセス制御
- ★ 生産計画、進捗管理、ディスパッチ
- ★ 装置外コンピュータ、データベース、ソフトウェア



# 2002年 ファクトリインテグレーションの焦点

1. 新規ビジネスの要求が工場デザインを変えて行く。
  - 多くの異なったビジネスモデルの組合せ: IDM, Foundry, Joint Ventures, Collaborations, other Outsourcing,
  - 顧客への新製品のより早い納入(設計から発送まで)
  - Engineering Chainの他 の部分(設計、レチクル製造...)と工場の統合化
2. 30k-40k wspm に達する300mm工場へのファシリティ、AMHS、工場システムの連携
3. 工場生産性/装置OEEとEEC (Equipment Engineering Capabilities) を含有した改善方法のギャップ
  - EECはe-Diagnostic、欠陥検出(Fault Detection)、プロセス制御、オンラインマニュアル、スペアパーツ管理、他を含む。
4. 工場モデリングの要求とデザイン分析、需要計画、最適トレードオフ分析、他とのギャップ
5. コストと複雑性に立脚した組立、テスト工程に対する2003年度の更なる検討の準備

# 2002年 *Difficult Challenges*

>65nm    ~2007

## ○ 複雑さへのマネージメント

- ◇ 半導体技術と市況の急速な変化に対応する迅速かつ効率的な統合（インテグレーション）
- ◇ 全体的な製品開発プロセスの統合

## ○ 工場の最適化

- ◇ 市場ニーズに合致した生産性の改善

## ○ 多世代活用性、汎用性、拡張性

- ◇ 工場構成要素（装置、ファシリティ、スキル等）にインパクトを与えない新技術、製品変更、生産規模拡大への対応

< 65nm    2007~

## ○ ポストCMOS生産

- ◇ 異なった製造上の要求に合致した工場必要条件の洗い出し

## ○ 450mmウェーハへの移行

- ◇ ウェーハ口径の移行のタイミングと生産パラダイム

# 工場運用、製造装置のキーとなる技術的要求

| Year of Production |                                                                | 2001     | 2002     | 2003     | 2004     | 2005     | 2006     | 2007     | 2010     | 2013     | 2016     |
|--------------------|----------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Wafer Diameter     |                                                                | 300mm    | 300mm    | 300mm    | 300mm    | 300mm    | 300mm    | 300mm    | 300mm    | 450mm    | 450mm    |
| 工場運用               | Factory cycle time per mask layer (non-hot lot) (days)         | 1.2      | 1.2      | 1.2      | 1.1      | 1.1      | 1.1      | 1        | 0.9      | 0.95     | 0.8      |
|                    | Factory cycle time per mask layer (hot lot) (days)             | 0.75     | 0.6      | 0.6      | 0.55     | 0.5      | 0.45     | 0.4      | 0.4      | 0.4      | 0.35     |
| 製造装置               | Number of lots per carrier (lot)                               | Multiple | Multiple | Multiple | Multiple | Multiple | Multiple | Multiple | Multiple | Multiple | Multiple |
|                    | Bottleneck equipment OEE                                       | 75%      | 78%      | 80%      | 82%      | 84%      | 87%      | 88%      | 90%      | 91%      | 92%      |
|                    | Average equipment OEE                                          | 55%      | 58%      | 60%      | 63%      | 65%      | 67%      | 70%      | 72%      | 74%      | 75%      |
|                    | Overall factory non-product wafer usage as a % of production   | <16%     | <15%     | <14%     | <13%     | <12%     | <11%     | <11%     | <10%     | <9%      | <9%      |
|                    | Ability to run different recipes and parameters for each wafer | Partial  | Yes      | Yes      | Yes      | Yes      | Yes      | Yes      | Yes      | Yes      | Yes      |

## Notes:

- 大きな数字上の変更は無し。
- 2003年に向けて、多品種生産に対する数値見直しと、解決策の議論を進めている。また、新規製品の工期に対するメトリックスを検討中である。
- 現状ではOEEの改善、NPW低減、枚葉毎に異なったパラメータで処理する能力に不足がある。

# 材料搬送、工場システム、ファシリティの キーとなる技術的要求

| Year of Production |                                                            | 2001                                                                       | 2002                       | 2003                       | 2004                         | 2005        | 2006        | 2007        | 2010        | 2013                | 2016                |
|--------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------------|---------------------|
| Wafer Diameter     |                                                            | 300mm                                                                      | 300mm                      | 300mm                      | 300mm                        | 300mm       | 300mm       | 300mm       | 300mm       | 450mm               | 450mm               |
| 工場システム             | Ability to run different recipes/parameters for each wafer | Partial                                                                    | Yes                        | Yes                        | Yes                          | Yes         | Yes         | Yes         | Yes         | Yes                 | Yes                 |
|                    | Wafer Transport system capability                          | Separate interbay/intrabay                                                 | Separate interbay/intrabay | Separate interbay/intrabay | Some Separate<br>Some Direct | Direct tool | Direct tool | Direct tool | Direct tool | Direct tool to tool | Direct tool to tool |
| 材料搬送               | AMHS throughput [40k wspm Factory]                         |                                                                            |                            |                            |                              |             |             |             |             |                     |                     |
|                    | ・ Interbay transport (moves/hour)                          | 2400                                                                       | 2600                       | 2800                       | 3000                         | 3250        | 3500        | 3750        | 4000        | 4000                | 4000                |
|                    | ・ Intrabay transport (moves/hour)                          | 170                                                                        | 180                        | 190                        | 200                          | 3250        | 3500        | 3750        |             |                     |                     |
| ファシリティ             |                                                            | Factory construction time (months) from ground break to all facility ready | 12                         | 12                         | 12                           | 10          | 10          | 10          | 10          | 10                  | 10                  |

## Notes:

- 大きな数字上の変更はなし。
- AMHSシステムスループットの前提となる工場生産規模を従来の月産20kwに加え、40kwを併記した。
- 枚葉搬送システムを迅速化するソフトウェア (スケジューリング、ディスパッチング) の評価の必要性を検討中
- ファシリティとしてサイクルタイム低減検討を進める (標準化、他)

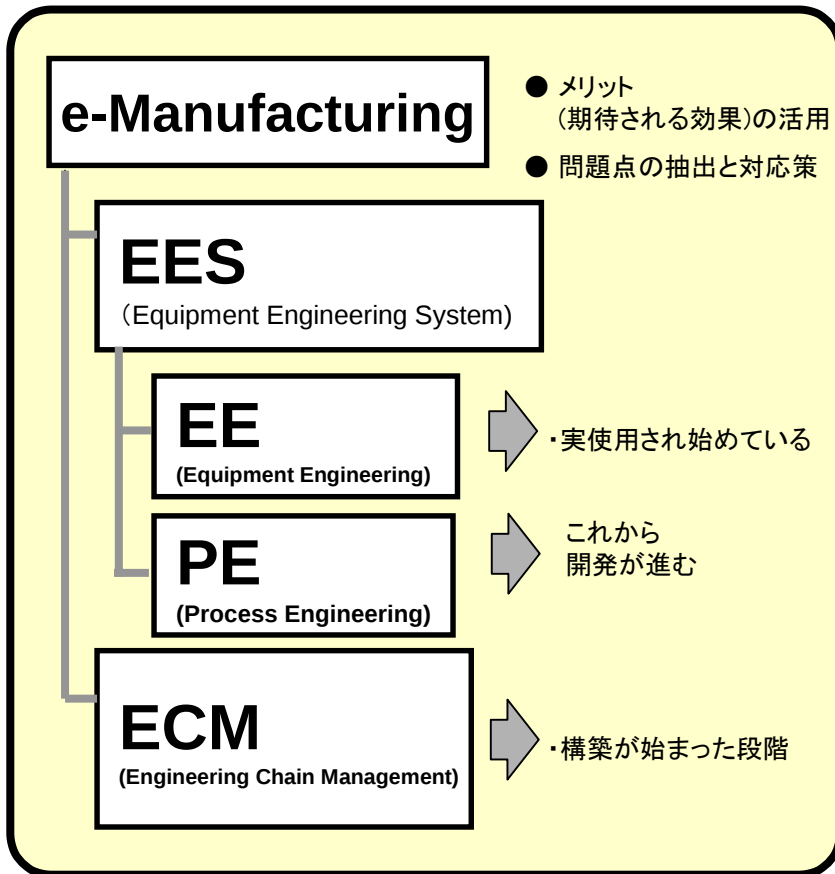
# メトリックと実現手段

| Metric                                     | Potential Solution                                                                                                                   |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 装置総合効率 (OEE: Overall Equipment Efficiency) | a) EEC (Equipment Engineering Capabilities)能力： e-Diagnostics, APC, スペアパーツ管理, 欠陥検出, オンラインマニュアル<br>b) スケジューリング、ディスパッチング能力統合による装置利用率の改善 |
| 装置上で、各ウェーハをそれぞれ異なるプロセスパラメータで処理する能力         | a) 内蔵コントローラ標準化の推進<br>b) 標準および非標準運用シナリオを扱うM E S 能力                                                                                    |
| 工場内のウェーハ数の内の非製品ウェーハの比率                     | a) 信頼性の装置デザイン段階での作り込み<br>b) 先端プロセス制御システム ( A P C : Advanced Process Control systems )                                                |
| マスクレイヤー毎の特急/通常ロットのサイクル時間                   | a) 装置から装置に移送するスケジューラを統合したダイレクト搬送システム<br>b) 革新的なキャリア/ウェーハレベル制御システム                                                                    |
| 工場内の搬送種類の数                                 | a) コンベヤーを用いたダイレクト搬送<br>b) 天井搬送を用いたダイレクト搬送                                                                                            |
| ベイ間/ベイ内のA M H S スループット                     | a) 搬送の種類 ( OHS, OHT, RGV, AGV, PGV ) に対応する電氣的、機械的、制御システム<br>b) ダイレクト搬送、特急ロット、先行ウェーハ、等に対応したスケジューリング/ディスパッチング                          |

# ***e-Manufacturing と Agile-Manufacturing***

# e-Manufacturing と Agile-Manufacturing 全体像

## ■ 現状——導入・普及 段階



## ■ 今後

### e-Business

e-Manufacturingシステムの有効利用により、ビジネスの進め方が変わる

- ・半導体ビジネスへの「市場原理」の導入
  - 装置データの公表
  - 専門化された分業の導入

### Agile-Manufacturing

(俊敏生産)

e-Manufacturingの技術を活用し、新製造システムを構築

# EES とは

- 装置情報を提供するプラットフォームとその情報を活用したコンテンツからなるシステム
  - 半導体製造装置、材料の有効な利用
- 装置、プロセス開発の効率化・スピードアップを進め易くするシステム
  - 装置、ソフト、デバイスのメーカ相互の協力により装置情報を有効に活用
- 開発から量産に至る情報交換を、装置レベルの詳細情報まで含んで交換し易くするシステム

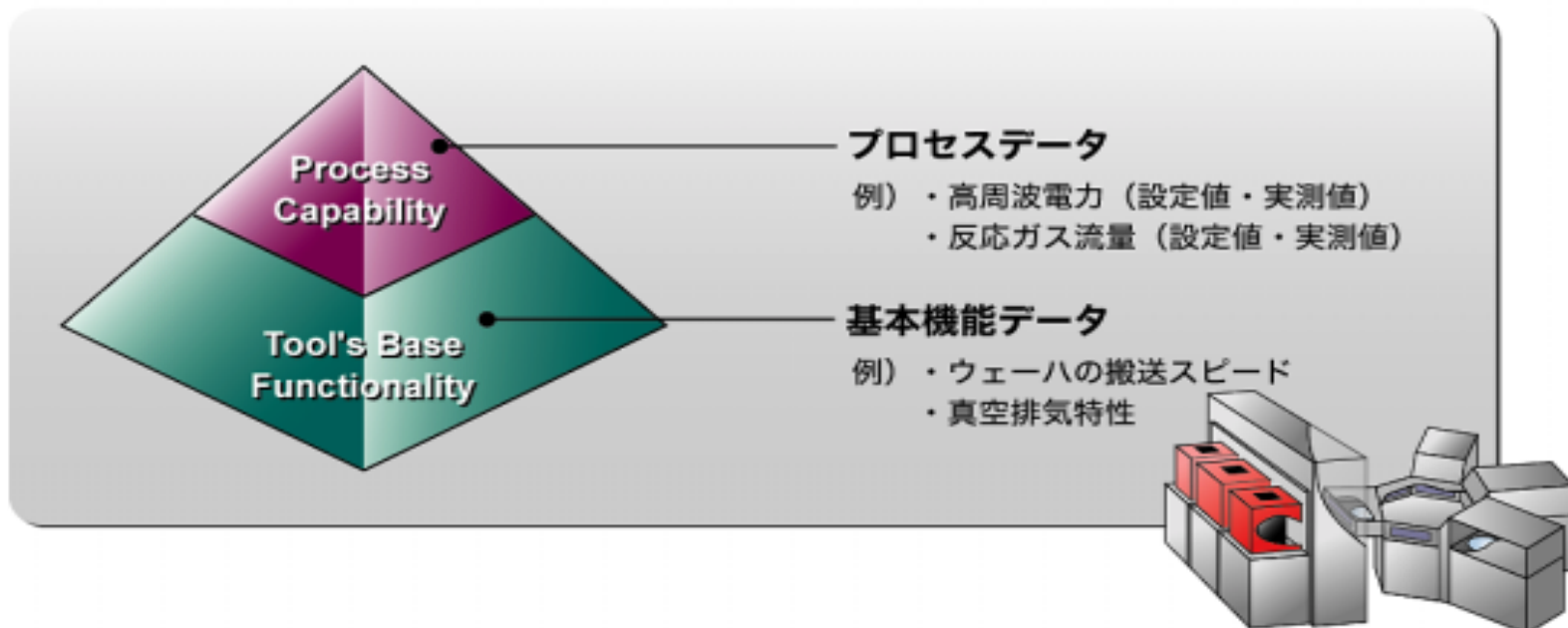
# EESデータの種類について

## • EESの目的

- 細部にわたる装置管理の実現、性能維持／向上
- 装置、プロセス開発の効率化・スピードアップ
- 装置サプライヤとICメーカーとの装置固有情報の共有
- 新しいビジネスモデルの提供

## • EESデータの種類

EES ——— EE (Equipment Engineering)データ  
          └── PE (Process Engineering)データ



# EE (Equipment Engineering) とは

- EEは装置固有の情報管理
  - 装置動作に関するセンサー、シーケンスデータが中心
  - 装置の動作、運転を制御する情報
- EEを活用することによる期待される効果
  - OEE(稼働率)の向上、立ち上げ期間の短縮、予知保全の実施
  - 機差の削減、
- EEの現状と課題
  - 多くの装置が情報を保有している
  - 今後は情報共有の標準化が課題

## —適用事例—

- e-Diagnostics (リモート診断; モニタリング・解析・通知)
- 修理部品手配・修理補助 etc

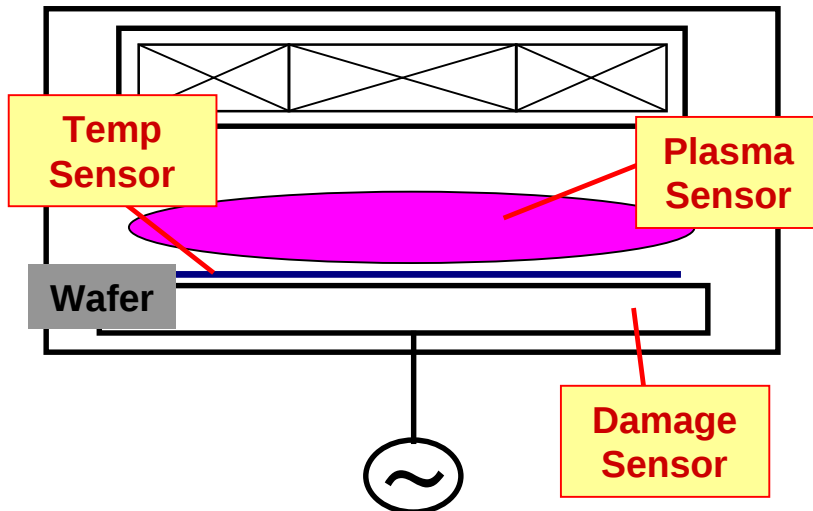
# PE (Process Engineering) とは

- PEは装置からのプロセス制御情報管理
  - 装置プロセス制御情報の可視化
  - 装置状態: プロセス性能調節
- PEを活用することによる期待される効果
  - EE情報、測定情報を利用した装置プロセス性能調節機能の向上
  - 装置プロセス性能維持、機差の削減

## 課題

- 何をセンシングするか
- センサ／モニタ技術

## 適用事例 RF Plasma Etcher



## 【Process Engineer Data】

In-situ Etching Rate

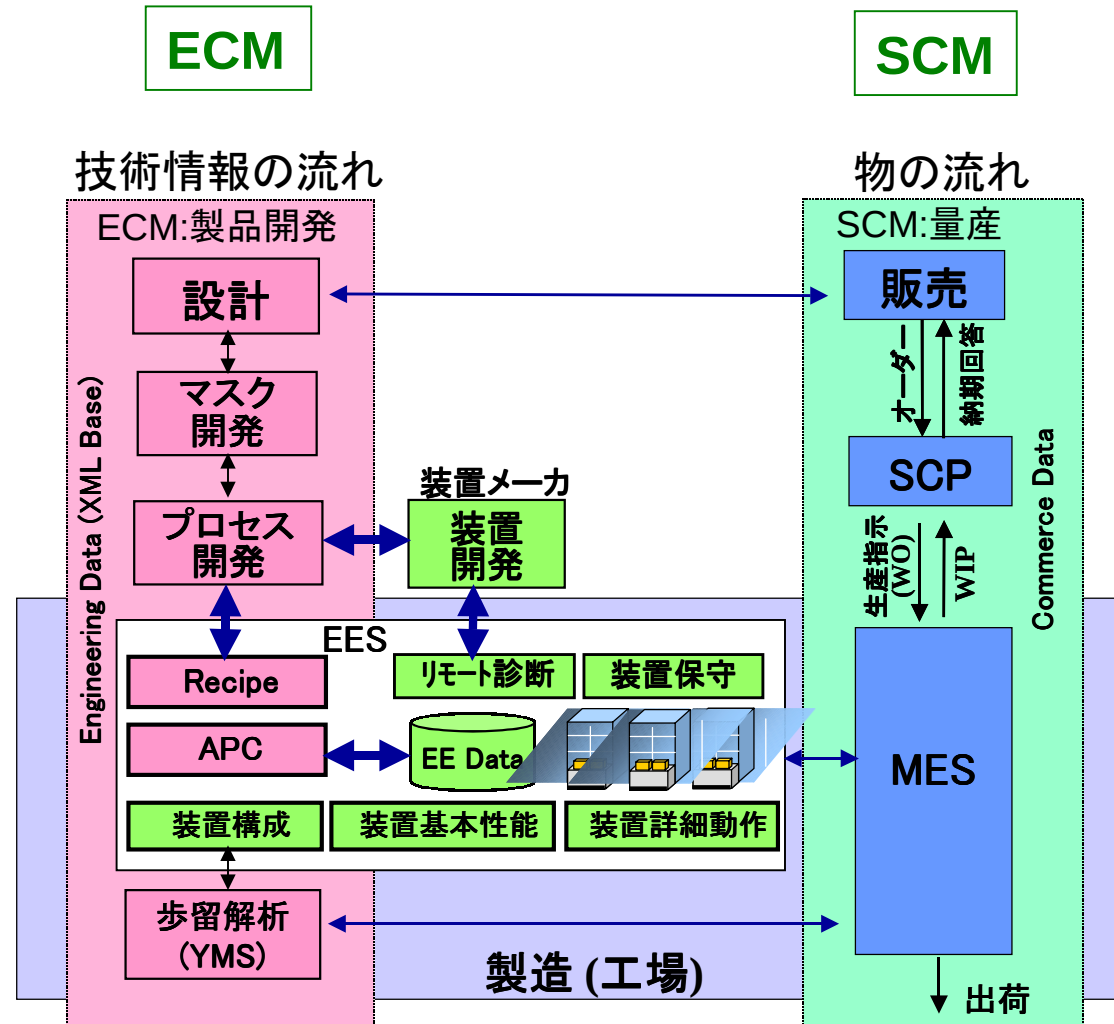
Plasma Temperature

Wafer Damage etc.

Advanced technology needed

# ECM (Engineering Chain Management) とは

- 顧客への新規製品早期納入  
(設計→発送)
- Engineering Chain は設計仕様から顧客までの技術データ交換を通した新規製品開発の流れを統合化したものである。
  - Engineering Chain = 設計' レシピ' プロセスインテグレーション' 顧客' 量産
  - これは量産にフォーカスした Supply Chain Mgmt とは視点が異なる。
- Engineering Chain Management は新製品が適度にプロセスに統合するまでの期間を確実にする。



出典: e-Manufacturing WS 12月

*EESは仕事の仕組みを変える*

*ビジネスの変化*

*Agile-Manufacturingへの活用*

# EESによる業務改革

EESの導入により、  
装置エンジニアリング業務の分業化が促進され業務改革へ  
装置性能の維持向上業務が、専門化、分業化され、生産性向上へ

## 1. EE業務のオープン化

- 「最適の人」「最適のシステム」で 必要に応じた業務遂行
  - 旧来の役割分担にとられない業務分担
  - 市場原理を導入



・業務分担による  
生産効率向上

## 2. 高度な装置性能保証

- 「プロセス性能」と「装置基本性能」の維持向上業務で  
「高度な装置性能の保証」



・装置の稼動効向上  
・生産性向上

プロセス性能  
維持・向上業務

= ■ デバイスメーカーがリソースを集中させる

装置基本性能  
維持・向上業務

= ■ 装置業務改善に市場原理を導入する  
■ リソースをオープン化する

・自社内に  
限定保有  
から  
・デバイスメーカー へ  
・装置メーカー・装置サプライヤー へ  
・第三者 -Who ever (誰でも) へ

## 3. 業務分担 「分離・並存」

プロセス性能 維持・向上業務

装置基本性能 維持・向上業務

業務分担で  
得意分野の者に  
分離・並存させる

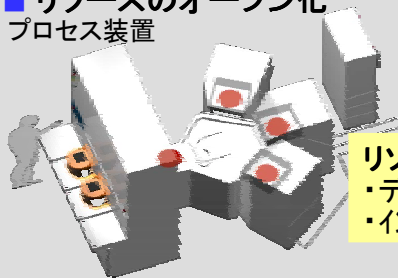


業務分担による  
生産効率向上



・システムのしくみを  
業界に提案  
・パラダイムシフトへの誘導

### ■ リソースのオープン化 プロセス装置



リソース  
・データ  
・インターフェイス

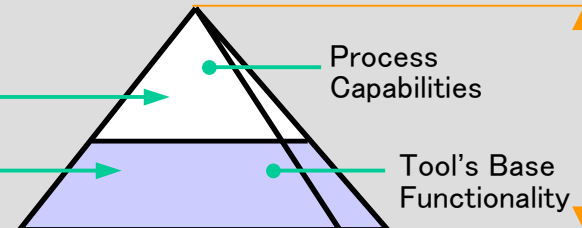
### ■ 高度な装置性能の保証

装置データ高度利用ソフト

プロセス性能の改善  
/高安定化

装置基本性能の改善  
/高信頼化・維持

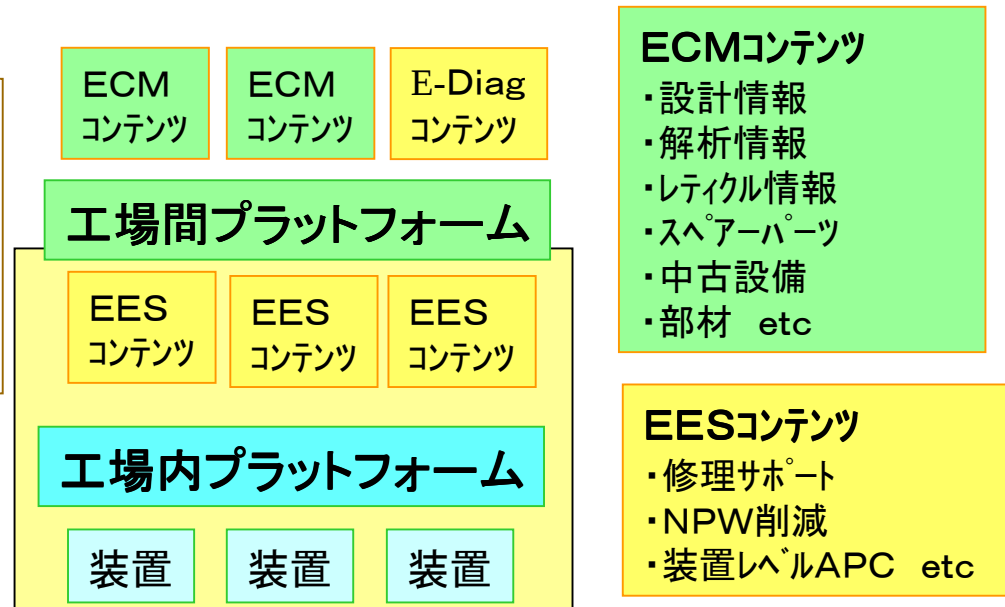
### ■ 業務分担「分離・並存」



装置  
生産性

# プラットフォームとコンテンツ

- プラットフォームとコンテンツに分けて考えることが重要
- プラットフォームはオープンに、コンテンツで差異化・IP化を



## 開発の分担例

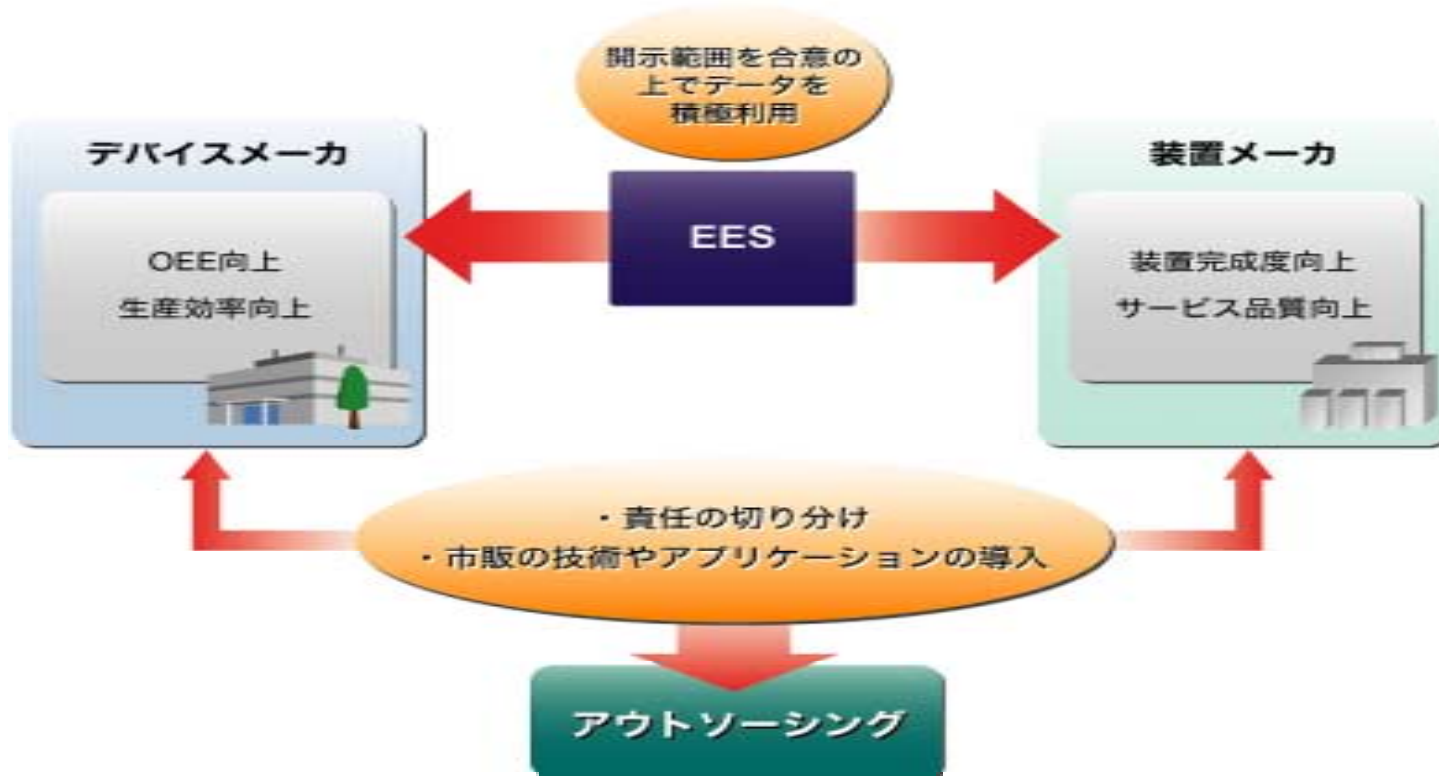
- ・ プラットフォーム開発
  - デバイスメーカ、装置メーカー、ソフトベンダー、公的機関の共同が望ましい
    - ・新しいコラボレーションの枠組みが必要
- ・ コンテンツの開発
  - デバイスメーカ、装置メーカー、ソフトベンダーが各々得意分野のコンテンツを開発
    - ・コンテンツはIP化して流通できるようにする

# データのオープン化

## 装置の詳しいデータのオープン化により

- 装置メーカーとデバイスメーカーの合理的な責任分担によりシステムの立ち上げ/装置修理に伴う機能回復が効率化
- データの処理に市販の技術やアプリケーションを自由に導入できるようになり、必要に応じた業務のアウトソーシングが可能

※但し、ビジネスレベルのセキュリティまで考えたデータ管理が重要



# EESの業務分担

デバイスメーカー  
装置メーカー間の  
連携が特に重要

**デバイスメーカー**  
プロセス・デバイスの製造に  
専念できる環境を確保する  
(全セクションでのデータの共有が必要)

**相互間での  
データの共有が必要**

**装置メーカー、設備メーカー**  
装置のことを最も良く知る専門として、  
装置や設備の面倒を見る  
(全セクションでのデータの共有が必要)

**ソフトウェアベンダ**  
汎用性の高い装置エンジニアリン  
グソフトウェアを提供する  
(収集されたデータを使用して  
EES上に実装する)

# Agile Manufacturing

## Agile-Manufacturingの定義

- 短サイクルタイムの実現
- 変化にフレキシブルに対応できる仕組み

## FIWGとしてのフォーカスエリア

- モジュール構造
- プラットホームとプロセス部分をインテグレート

|                      |                                                                              |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| 装置<br>システム<br>ファシリティ | モジュールインテグレーション; P.F.+P.C.<br>オープンアプリケーション／オープンコンテンツ<br>インテグレーション; 規格化、CAD化、他 |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------|

# モジュール化 *IMS* (*Integrated Module System*)

## *IMS: Integrated Module System*

ITインフラの利用によるプロセスモジュールの詳細情報  
パッケージ化/流通/管理、IPSとIESから構成される。

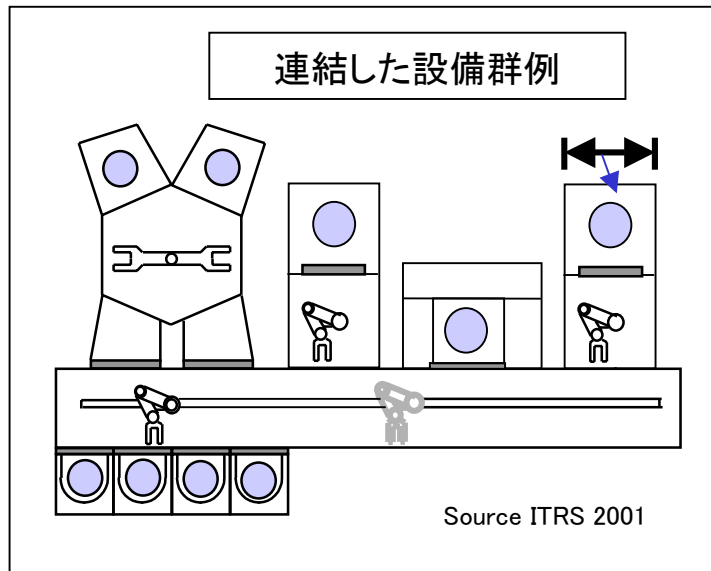
## *IES: Integrated Equipment System*

連結した装置群(統合装置)による枚葉連続処理

## *IPS: Integrated Process System*

プロセスモジュール設備群内のプロセス統合システム

# 統合装置 IES (Integrated Equipment System)

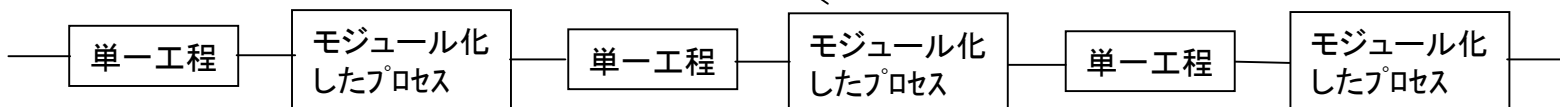


## ■開発スピード、精度向上

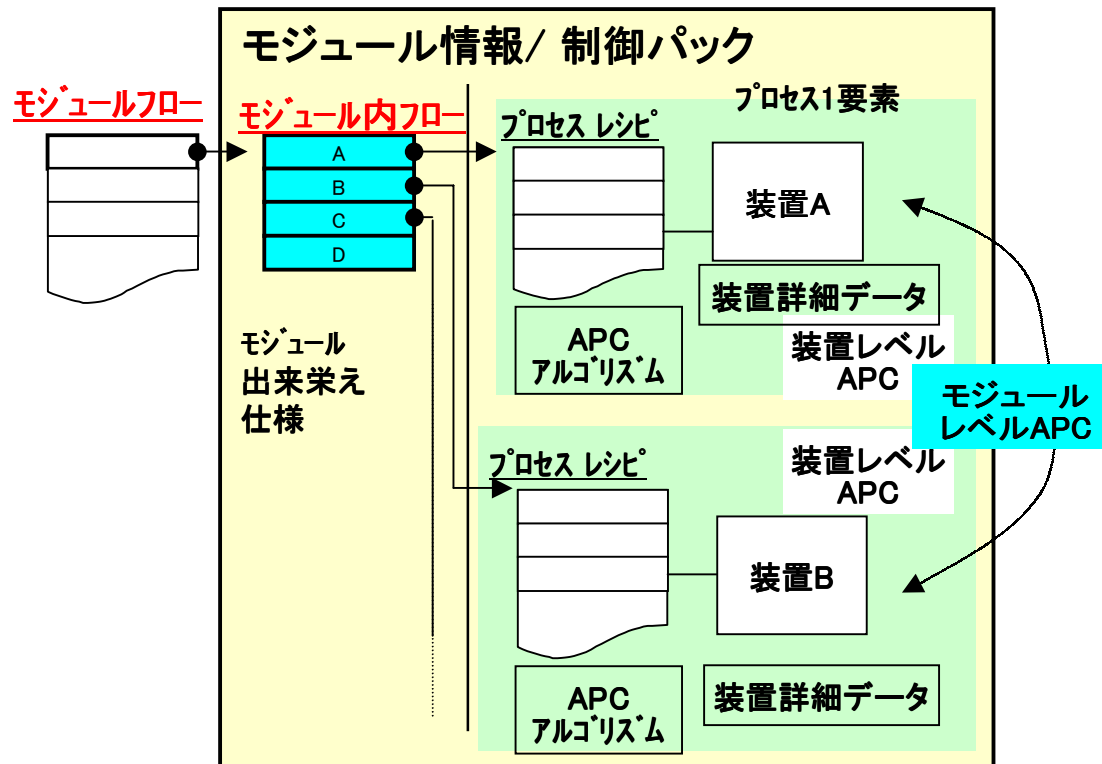
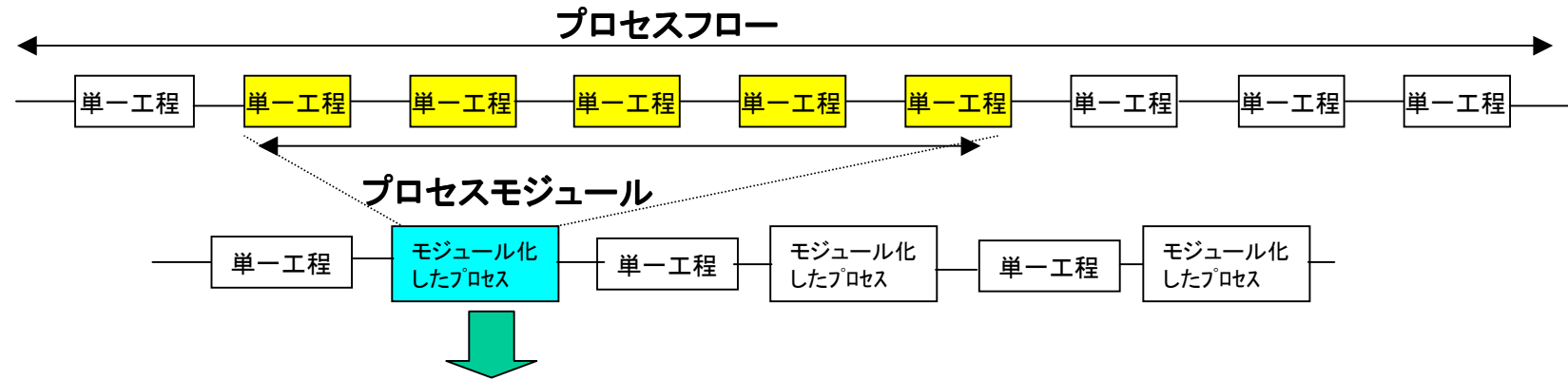
- ・ 情報交換の効率化
  - ロット単位→枚葉・面内・チップ単位
  - 装置・工程→装置群・工程群
  - IT技術徹底利用

## ■ フレキシビリティ/スケーラビリティ

- ・ 制御技術の高度化
  - 枚葉ベース要素技術
  - モジュール制御技術



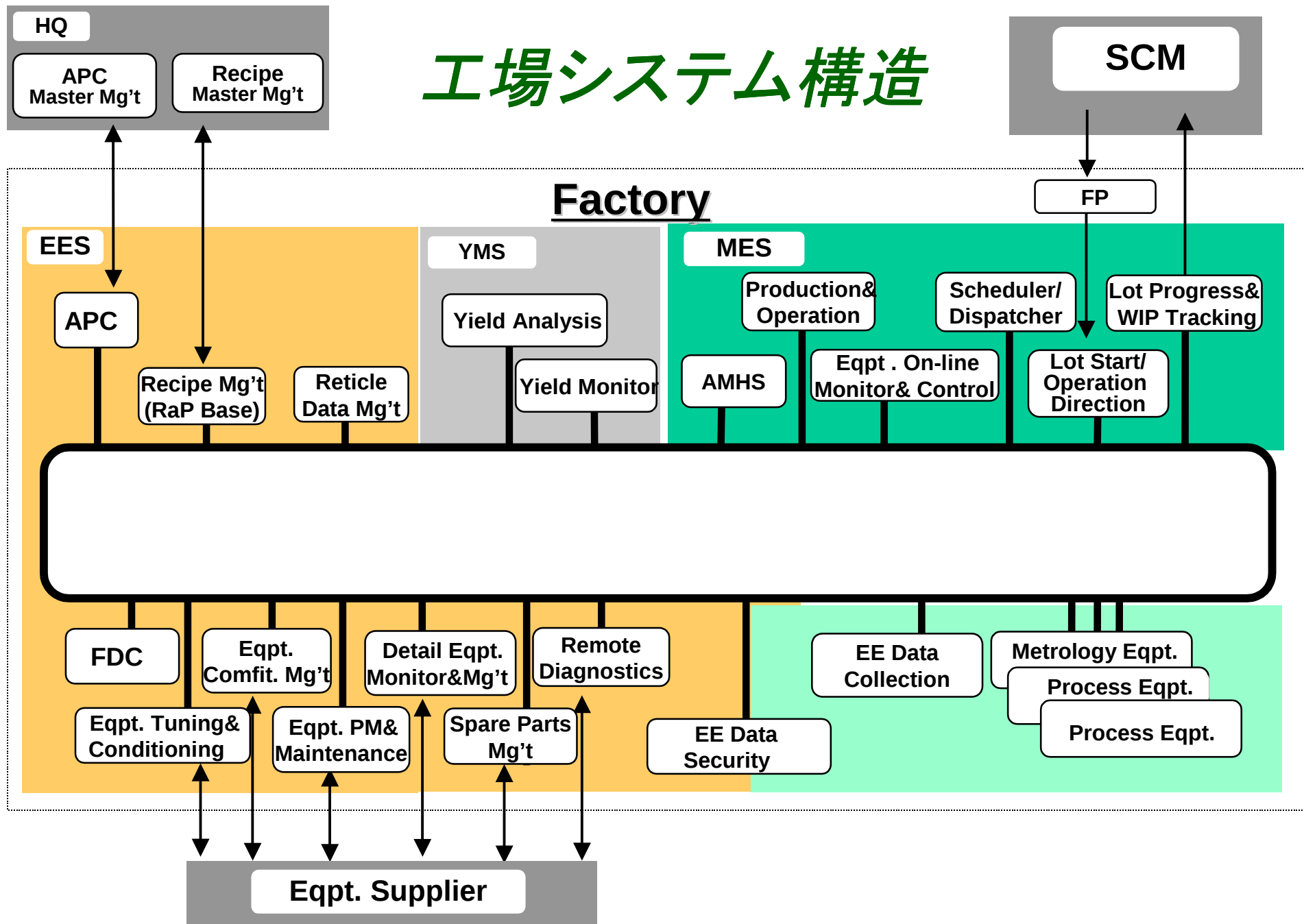
# プロセス統合システム IPS (Integrated Process System)



体系化しパッケージ化し、プロセスモジュール情報のまるごと移転を可能にする

- モジュールフロー(仕様)
- モジュールの装置構成/装置詳細情報
- モジュールプロセス制御情報  
( レシピ/ APC)
- QC解析情報  
(モジュール内出来栄/プロセス)
- IT技術の徹底的利用(XML等)

# 工場システム構造



# ファシリティ

- ファシリティ設計のインテグレーション
  - 関連情報の共有化
  - 役割分担の明確化
- ファシリティ設計の規格化／標準化の推進
  - 設計情報、仕様の規格化
  - CAD技術の徹底活用
- マージンを排した最適化設計
  - 消費用力の適正化
  - 消費部材の詳細把握

# 課題

ビジネスモデルの変革が進まないのはなぜか。

制度、構造、マインドの変革ができない。

前例がない、わが社の状況に合わない、リスクが大きすぎる、  
効果が定量的に見えない、時期尚早、他社はやっているか

差異化／協業化／共通化領域が明確になっていない

顧客は常に変化する(顧客ニーズはどう把握するのか)

製品分野、製品開発チェーンの部分、地域(どこを狙うのか)



意識変革、習慣から脱却  
／企業間の役割、個人の役割

# 参考資料

|        |                                                                                                 |                           |                                   |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| JEITA  | 次世代ファブへの要求                                                                                      | '02.10                    | JEITA                             |
| JEITA  | ライン生産性向上 Phase 2 実行内容説明資料                                                                       | '02.11.11                 | JEITA                             |
| SEAJ   | e-Manufacturing の現状と今後                                                                          | '02.10.8                  | 本間三智夫                             |
| SEAJ   | 実装レベルになってきたEES                                                                                  | '02.10.8                  | Selete 第一研究部 EES技術グループ 小林秀        |
| SEAJ   | 装置・システムサプライアへの希望                                                                                | '02.10.8                  | (株)東芝 井上儀一                        |
| Selete | 装置エンジニアリングシステム・ユーザーシステム分析書(USAD) Ver.1.3.3                                                      |                           |                                   |
| Selete | 装置エンジニアリングシステム実装要求仕様書(IRD) Ver.1.7                                                              |                           |                                   |
| Selete | 装置エンジニアリングデータ収集暫定実装仕様書(DCRD) Ver.1.0                                                            |                           |                                   |
| Selete | DCRD 説明資料                                                                                       |                           |                                   |
| Selete | EES 業務分析解説資料(USAD1.3.3 準拠)                                                                      |                           |                                   |
| Selete | EEC ガイドライン Phase 1.0~2.5                                                                        |                           |                                   |
| Selete | ISMT との共同開催 Workshop 等での Selete 発表分                                                             |                           |                                   |
|        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• e-Diagnostics &amp; EEC Workshop</li> </ul>            | '02.7.25                  | 米国 サンフランシスコ                       |
|        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• EEC Phase 2.5 Guideline Rollout</li> </ul>             |                           | J.Toth/K. Mokuya                  |
|        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementation Desires &amp; Concerns</li> </ul>       |                           | B.Crandell/S.kobayashi            |
|        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Closing Comments</li> </ul>                            |                           | T.Masui                           |
|        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• e-Manufacturing Workshop</li> </ul>                    | '02.10.18                 | 米国 オースティン                         |
|        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• EEC Experience (Japanese Supplier Feedback)</li> </ul> |                           | S.Kobayashi                       |
|        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Closing Comments</li> </ul>                            |                           | M.Honma                           |
|        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• e-Manufacturing ワークショップ</li> </ul>                     | '02.12.3                  | 幕張メッセ国際会議場                        |
|        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Welcome Speech &amp; Workshop Introduction</li> </ul>  |                           | M.Honma                           |
|        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• EEC Phase 2.5 Guideline Rollout</li> </ul>             |                           | K.Mokuya/K.Gartland-IBM           |
|        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Device Maker's EES Adaptation</li> </ul>               |                           | N.Nishimura                       |
|        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Summary</li> </ul>                                     |                           | S.Kobayashi/B.V. Eck-ISMT         |
| JEITA  | 装置エンジニアリング改革－e-Manufanturingへの取り組み－                                                             | '02.10.25                 | E-Mfg 検討WG                        |
| JEITA  | 装置エンジニアリング改革－e-Manufanturingへの取り組み－                                                             | '02.1.31                  | JEITA/CIM 小委員会 e-Manufacturing WG |
| JEITA  | 装置エンジニアリング改革－e-Manufanturingへの取り組み－                                                             | '02.3.14, 4.23, 6.6, 8.22 | JEITA/ e-Manufacturing 小委員会       |