
半導体製造コストとサイクルタイム可視化のための PSLX標準モデル

(株)半導体先端テクノロジーズ(Selete)
岩崎 順次



株式会社 半導体先端テクノロジーズ

発表内容

1. プロジェクト概要説明
2. 可視化テーマ概要説明
3. P S L X標準モデルの利用
 - 1) エンタープライズモデル
 - 2) 業務アクティビティモデル
 - 3) 業務オブジェクトモデル
4. 今後とまとめ

1. プログラム概要説明



株式会社 半導体先端テクノロジーズ

□株式会社 半導体先端テクノロージズ

✦<http://www.selete.co.jp>

□事業内容

- ✦先端プロセス・デバイス技術の先行的開発
- ✦新技術分野の産学独連携研究開発の推進

□組織

- ✦企画部 : 研究企画、法務・知的財産、国プロジェクト、施設管理、クリーンルーム管理試作技術、あすかIIライン試作
- ✦管理部 : 総務、経理、資財、環境・安全
- ✦第一研究部 : フロントエンドプロセス、TCAD
- ✦第二研究部 : バックエンドプロセス
- ✦第三研究部 : EUVリソグラフィ、EUVマスク、先端リソグラフィ
- ✦第四研究部 : ロバストトランジスタ、耐外部擾乱デバイス、カーボン配線技術、LSIチップ光配線技術、先学独連携
- ✦第五研究部 : システム基盤技術、生産システム技術

□名称：先端的SoC製造システム高度制御技術開発

◆<http://www.nedo.go.jp/activities/portal/p07013.html>

□期間：平成19年6月～23年3月（4年間）

◆目標：核となる開発要素技術を適用する事により、以下の生産性改善目標達成の可能性を示す。

(1) 製造工程全体の装置有効付加価値時間を40%以上改善

(2) 前工程TATを50%以上短縮

◆開発技術の有用性を、シミュレーション評価等により確認する

□プロジェクト体制

◆参加企業（5社）

➤富士通マイクロエレクトロニクス

➤パナソニック

➤NECエレクトロニクス

➤ルネサステクノロジ

➤東芝

◆所在地：東京都千代田区内神田1-3-3

➤Selete「システム基盤技術プログラム」として神田分室で遂行

□本研究は、経済産業省（METI）の「高度情報通信機器・デバイス基盤プログラム」の一環である「先端的SoC製造システム高度制御技術開発」として、独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO技術開発機構）からの委託により推進されています。

□ものづくりとしての競争力を強化する必要がある

- ◆国内IDMの持つ高レベルの技術資産の豊富な蓄積は、競争力原資である

□問題点

◆生産性の弱み

- エンジニアリング業務の一人当たりの生産性が、世代替りの要求に追従しない

◆業務構造的な弱み

- 製造技術資産が暗黙知化され、有効活用、再生産が阻まれている
 - ✓知識・ノウハウの共有、再利用、継承
- 製造技術資産の所有方法とエンジニアリング業務形態が時勢に追いつかない
 - ✓製品の多様化と製造方法の複雑化

□製造エンジニアリング力の画期的な強化が必須の対策

- ◆知識・ノウハウが共有、再利用され、さらに高度な製造技術が次々と再生産されるプラスのスパイラルになる製造エンジニアリング業務構造と、業務遂行の仕組みを作る

□半導体生産には多数のエンジニアが関与している。



製造エンジニアリング業務
の負荷増大

小さいロットばかりで能率悪い。まとめて処理したら、TATが延びるかな？

装置改善に金を掛けたいが、どの製品にどれだけ負担させるの？

検査多いしオーダーも小さく割が合わないよ。検査を減らして回転早くして本当に大丈夫？

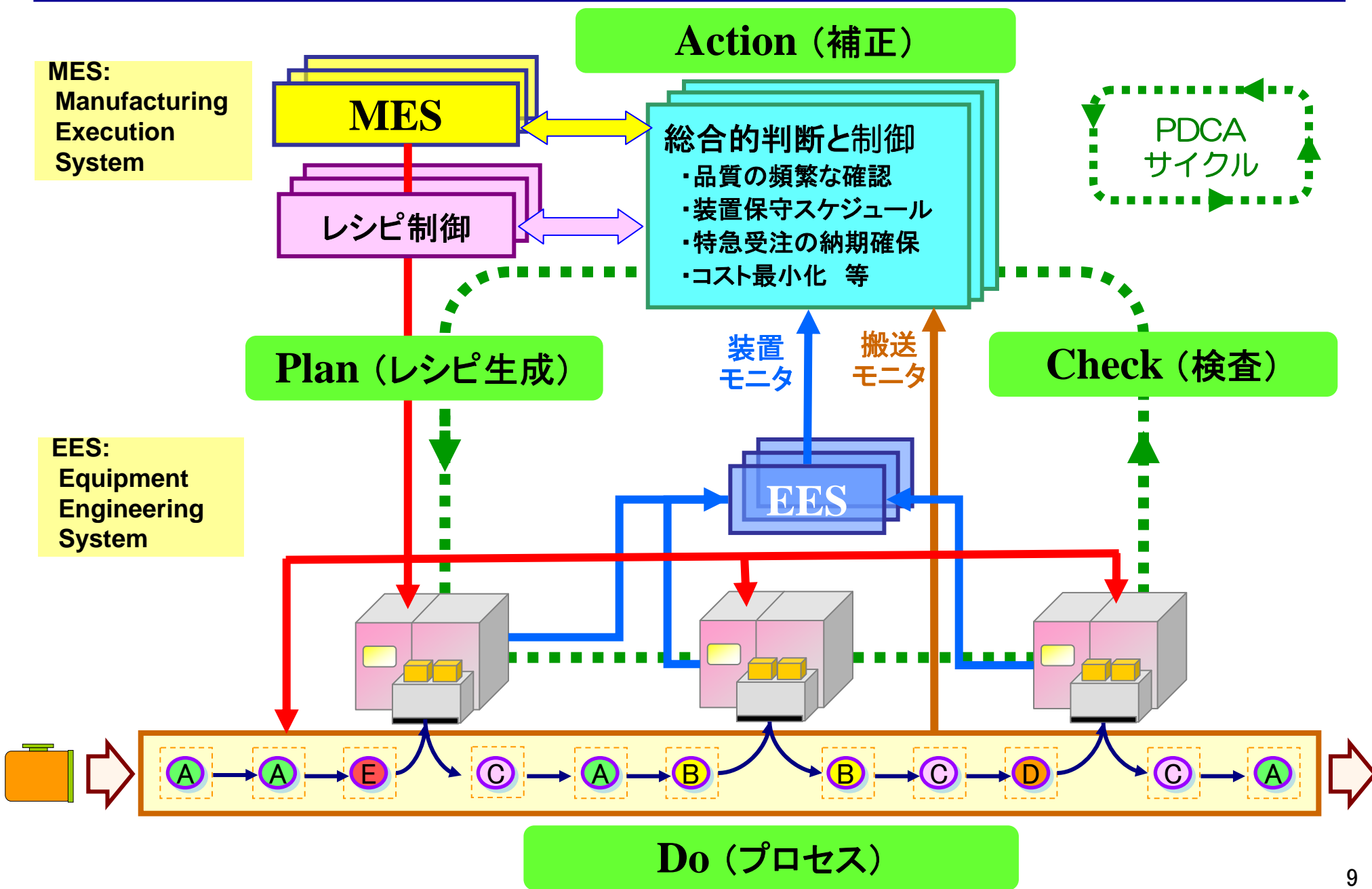
小ロットだとウェーハ運ぶ人が足りないよ。

特急の製品がくるから、装置をあけて待ってるけど、目標稼働率に到達できなくなるよ。

このロットを優先したら、お客さんから幾ら余計に貰うべきかな？

膜厚がおかしいけど、メンテナンスで、部品調整ちゃんとチェックしたの？





□本プロジェクトの研究開発テーマには、ユーザーが直接利用するアプリケーションとアプリケーションが搭載されるプラットフォームがある。

□本発表では、⑤コスト試算機能/サイクルタイム実態把握機能（「可視化テーマ」）での、PSLX標準モデルの利用による成果と要望について報告する。

区分	研究開発テーマ	目的
プラットフォーム	①SoC製造エンジニアリング情報プラットフォーム	・様々な変化に対応した修正、成長が容易なシステム構造とそのシステムの構築方法の開発
アプリケーション	②情報連携プロセス制御システム	・プロセスや装置、装置内のチャンバなど個別制御要素/システム間を機能連携し、緻密な制御、総合的判断を実現するシステムの開発
	③検査工程のサンプリング機能	・装置稼働ロス、ウェーハの待ち時間等を低減する、効率的なウェーハ単位の品質制御方式の開発 ・検査サンプリングの最適を図る総合判断機能の開発
	④小ロット括り・段取り制御機能	・装置運転効率が高く、生産脈動の少ない着工順序、タイミングを総合的に判断する機能の開発
	⑤コスト試算機能/サイクルタイム実態把握・予測機能	・コスト、サイクルタイムの実態の把握と予測をし、改善計画の立案と効果確認するための総合的可視化技術の開発 ・コストとサイクルタイムを構造化し、従来の収益視点から種々の製造業務視点での可視化を可能とする機能の開発

2. 可視化テーマ概要説明



株式会社 半導体先端テクノロジーズ

□目的

◆我が国のS o C製造の競争力強化に資するため、低コスト、短T A T (Turn Around Time)、高歩留まり、高効率で、需要変動にも柔軟に対応できる、いわゆる俊敏性のあるS o C製造制御システムの技術開発を行う。

□S o C生産の主課題

- ◆微細化に伴うプロセスマージンの縮小、製造バラツキ低減への対応
- ◆高混流生産制御の複雑さへの対応
- ◆業務連携、エンジニアリング効率の追求への対応

□可視化テーマ

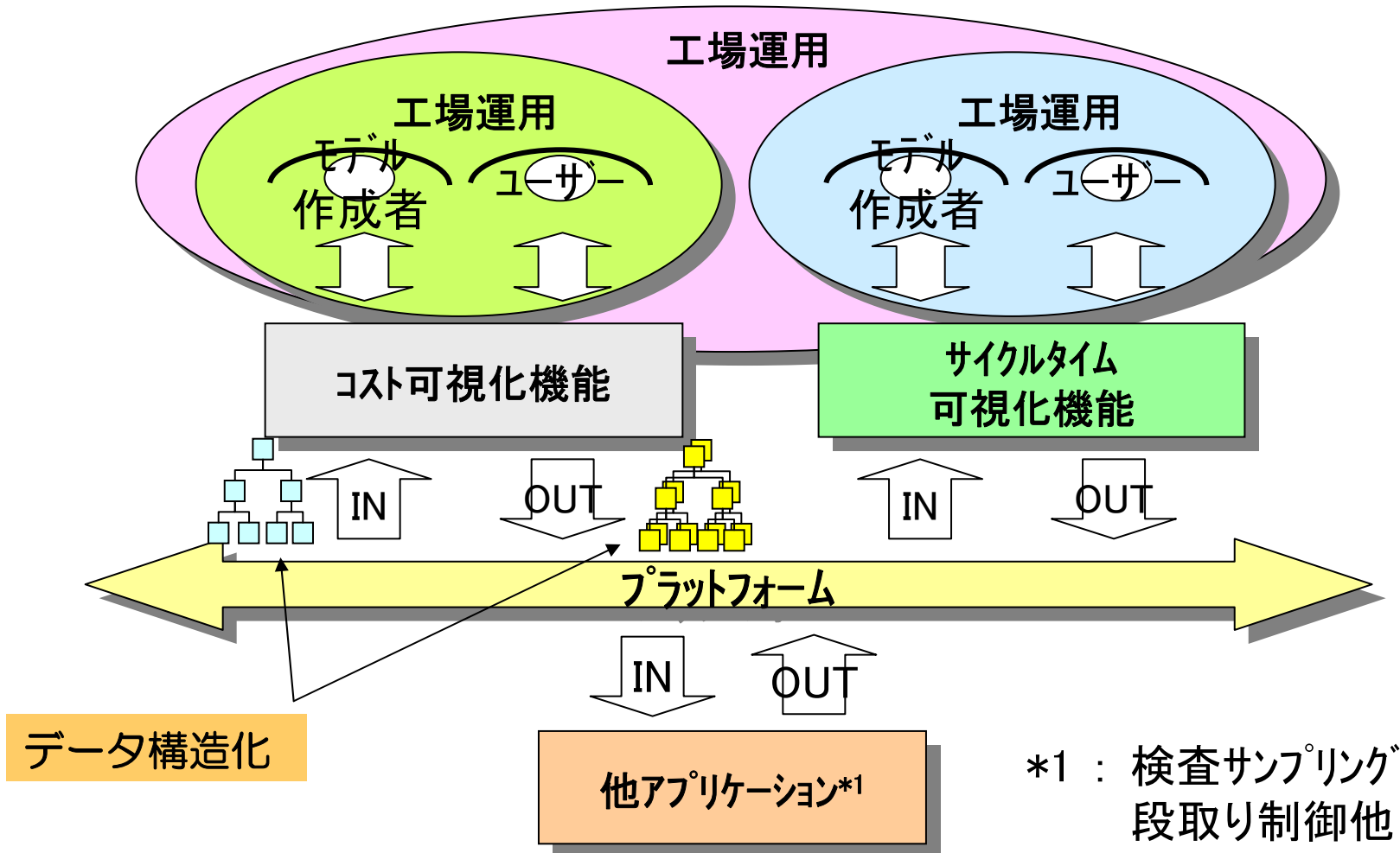
- ◆品質、コスト、納期の視点から、エンジニアが、現実が見え、対策の効果が試算、共有できることが基本要件となる。
- ◆本プログラムでは、製品のコスト、サイクルタイムの可視化を研究開発の一つのテーマとしている。

□エンジニアとしての問題意識（出来ていない！）

- ◆努力が、利益に繋がっていますか？
- ◆正しく、評価されていますか？
- ◆トップからボトムまで情報が共有されていますか？

仕組み
を作る

- コスト、サイクルタイム可視化テーマの機能は、本プロジェクトで開発するプラットフォームに搭載され、工場運用に対してサービスを提供する。
- 他のアプリケーションとプラットフォーム上での情報連携を可能とするサービスを提供する。

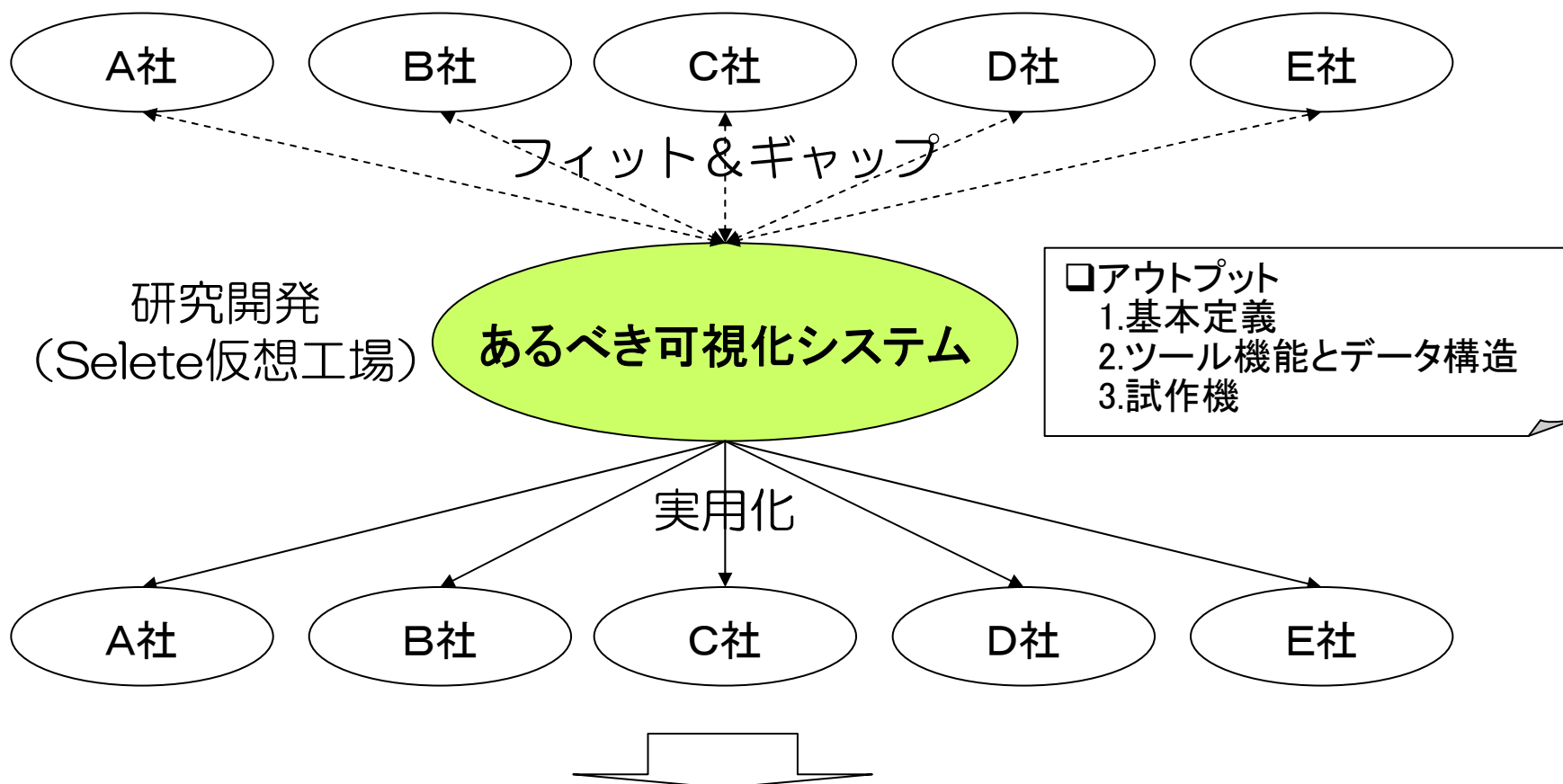


3. PSLX標準モデルの利用



株式会社 半導体先端テクノロジーズ

- 仮想工場を想定し、あるべきシステムの開発を行う。
- このシステムをベースに、各社にて工場への実用化を行う。



標準となる業務アクティビティ、オブジェクト、データが必要である。

□可視化テーマは、機能開発のために下記PSLX仕様書（PSLX標準モデル）を参照した。以下順を追って、その内容を説明する。

仕様書名	内容	目的	参照
PSLX-V2-01パート1	エンタープライズモデル	□製造業を業種や業態に依存しない形でモデル化するとともに、APS企業全体の視点でとらえ、その定義や目的を明らかにします。	○
PSLX-V2-02パート2	業務アクティビティモデル	□製造業における計画やスケジュールを中心とした業務に関して、業種や業態に依存しない形で定義し、そこに含まれるアクティビティと情報の流れを明らかにしめます。	○
PSLX-V2-04パート3	業務オブジェクトモデル	□製造業における計画やスケジュールを中心とした業務で利用している情報に関して、業種や業態に依存しない形で表現するためのオブジェクトモデルを定義します。	○
PSLX-V2-04パート4	オントロジと情報モデル	□情報モデルを定義するための基礎となるオントロジを示し、それによって対象問題の共通的な部分、個別的な部分を記述するための基本的なフレームワークを規定します。	
PSLX-V2-05パート5	XMLスキーマ	□異なる業務アプリケーションプログラムが、APSのためのアーキテクチャにそった形で情報交換を行うために必要となるデータ形式および通信のための規約を示します。	
PSLX-V2-06パート6	RDBスキーマ	□それぞれの製造業においてAPSのしくみを実装するために必要となるRDBを構築するために必要となる標準スキーマ用の業務オブジェクトを提供します。	○

1) エンタープライズモデル



株式会社 半導体先端テクノロジーズ

□「APSが必要となる背景」は、本プロジェクトの「先端SoC製造の主課題」とマッピングできる。違いは、本プロジェクトでは製造現場でのエンジニアリング業務改革までを範囲とすることである。

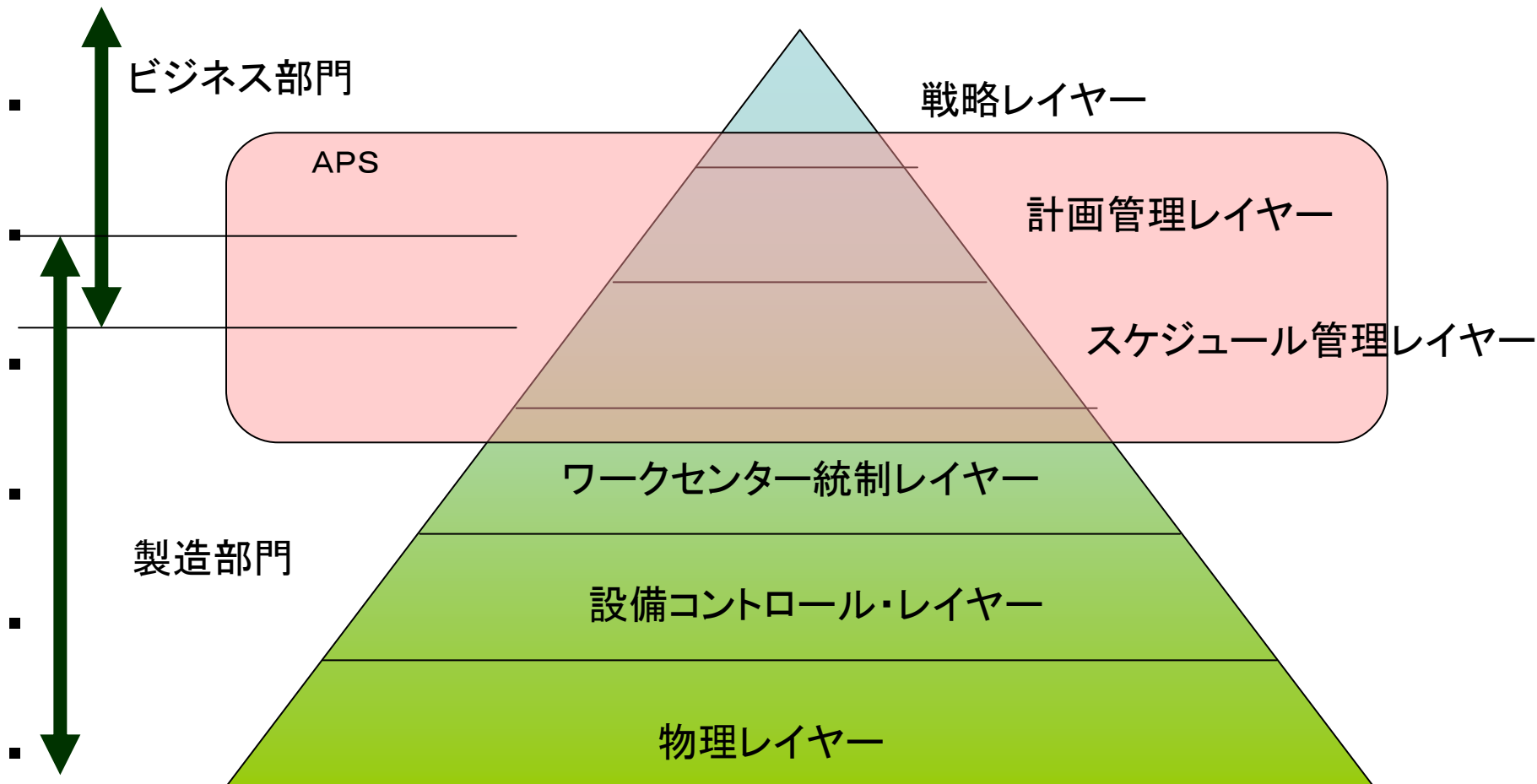
APSが必要となる背景		先端SoC製造の主課題	1	2	3
			微細化に伴うプロセスマージンの縮小、製造バラツキ低減への対応	高混流生産制御の複雑さへの対応	業務連携、エンジニアリング効率の追求への対応
製造業をとりまく環境	(1)	不確実性の増大、需要変動の激化	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 20px; padding: 10px; width: fit-content; margin: auto;"> 製造での エンジニアリング 業務改革 </div>	○	
	(2)	製品ライフサイクル短期化			○
	(3)	サプライチェーン、EDIの変化		○	
製造業が抱える問題点	(4)	既存ERPの機能補完の必要性		○	
	(5)	クライアントサーバー方式による集中管理の弊害			○
	(6)	持続的な改善と情報システムの関係			○

□「PSLXが提案するAPSの特徴」は、本プロジェクトの「先端SoC製造の業務分析から洗い出された技術課題」とマッピングできる。

□可視化テーマについて、PSLX標準モデルを参照する方針とした。

PSLXが提案するAPSの特徴		先端SoC製造の技術課題													
		1 プロセスの類似性の利用	2 ファブとプロセスの相互利用モデル	3 製品ポートフォリオの構築	4 設計領域とプロセス領域の融合	5 品質の管理と制御の階層化	6 開発TEG・量産TEGの利用	7 サプライチェーンのデジタル化	8 初期流動の効率向上	9 プロセス移行の効率向上	10 装置展開の効率向上	11 トラブル予測	12 ロット優先度管理の機能向上	13 総合判断機能の実現	
(1)	抽象的な情報モデルによる情報管理	○	○			○		製造での ITツールの 業務改革		○					
(2)	ビジネスモデル変更に対する拡張性														○
(3)	設計チームと製造チームの密な連携				○										
(4)	リアルタイムモニタリングとKPI			○											
(5)	高度に信頼できるマスターデータ										○		○		
(6)	詳細データレベルの企業間連携		○												
(7)	人現中心の自動化のための支援												○		
(8)	製造業（ユーザー）主体のシステム化								○						

- 本プロジェクトは、製造部門の各レイヤーまでを範囲とする。
- 可視化テーマは、その中でも上位のレイヤー（計画管理からワークセンター統制レイヤー）を範囲とし、APSの範囲と重なる。



2) 業務アクティビティモデル

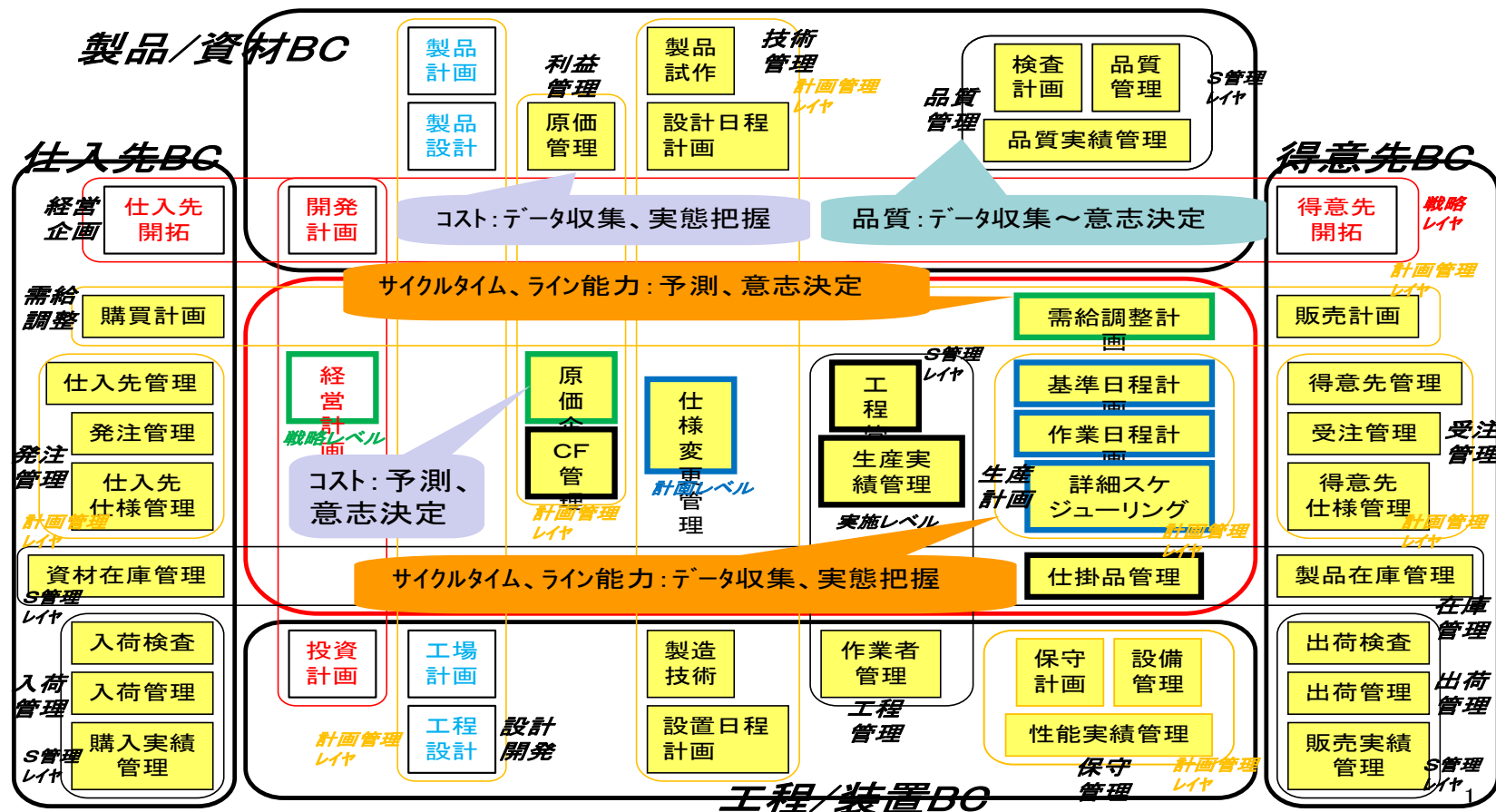


株式会社 半導体先端テクノロジーズ

① 業務全体像の設定

□業務アクティビティモデルを、可視化テーマの要求分析を行うための業務全体像とした。

- ✦業務モジュールと基本機能： 計画管理の視点（戦略、計画、実施レベル）
エンジニアリングライフサイクル視点（製品、工程ライフサイクル）
サプライチェーン視点（仕入れ先、得意先）
- ✦アクティビティ： 計画管理、ライフサイクル関連、サプライチェーン関連
- ✦意志決定階層： 戦略、計画管理、スケジュール管理、統制レイヤー



② 可視化要求の設定

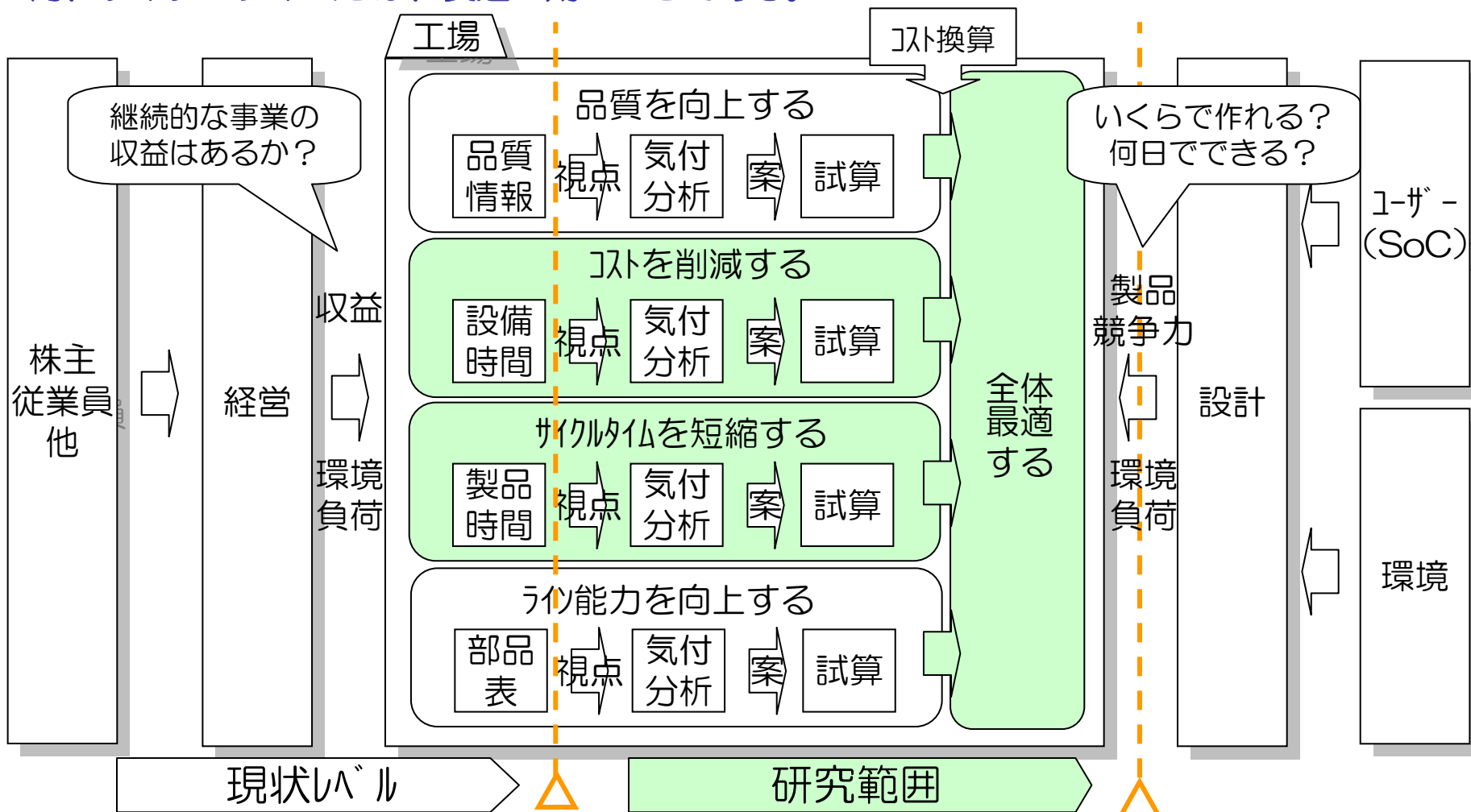
□半導体製造工場での可視化機能を利用する業務シーンを想定、PSLX機能ブロック定義に当てはめ、漏れなくなく機能に対する要求を設定した。

業務シーン	PSLX機能ブロック	要求
1 生産管理 業務	原価管理	<input type="checkbox"/> 個別製品ごとに影響因子・責任が事前に明らかにされた製造コスト（標準、予算、実績）がわかる。 +スタップショット的に実績の製造コストの内訳（影響因子・責任）、参照値との差分がわかる。 +条件を変えた試算ができる。
	作業日程計画 生産実績管理	<input type="checkbox"/> 個別製品ごとに影響因子・責任が事前に明らかにされたサイクルタイムがわかる。
	仕掛品管理	<input type="checkbox"/> 上記「作業日程計画と生産実績管理」のサイクルタイムを在庫に変えた要求
2 品質管理 業務	出荷検査	<input type="checkbox"/> 歩留まりなどの出荷検査結果を、他の業務で活用する。
	品質管理 品質実績	<input type="checkbox"/> 個別製品ごとに品質作業コスト、サイクルタイムへの影響がわかる。
3 製品管理 業務	検査計画	<input type="checkbox"/> 品質管理業務の機能ブロック「品質管理と品質実績」と同じ。
	品質管理 品質実績	<input type="checkbox"/> 品質管理業務の機能ブロック「品質管理と品質実績」と同じ。
4 プロセス管理 業務	製造技術	<input type="checkbox"/> ロットごとに影響因子が事前に明らかにされたコスト、サイクルタイムがわかる。
6 設備管理 業務	製造技術	<input type="checkbox"/> 装置状態（アイドル、モタ、ムテ）ごとに影響因子が事前に明らかにされたコストがわかる。
	保守計画	<input type="checkbox"/> 装置ごとに保守作業コスト、サイクルタイムへの影響がわかる。
	設備管理	<input type="checkbox"/> 設備管理業務の機能ブロック「製造技術」と同じ。
	性能実績管理	<input type="checkbox"/> 装置ごとにスループットロス、処理待ち（標準、予算、実績）及びその要因がわかる。
7 工場運用 業務	詳細スケジュール 工程管理 生産実績管理	<input type="checkbox"/> 装置ごと、製品ごとに段取り作業コスト、サイクルタイムへの影響がわかる。
	仕掛品管理	<input type="checkbox"/> 生産管理業務の機能ブロック「仕掛品管理」と同じ。

③ 対象業務の決定

□下図 を対象業務とし、開発機能はエンジニアリング（生産革新）業務における速やかな改善アクションを可能とするサービスを提供することとした。

- ✦視点を明確にし、新鮮なデータで可視化する。改善案が精度良く試算ができる。
 - ✦品質、コスト、サイクルタイム、ライン能力の関連性がわかる。✦数値化する（KPI）
- 尚、サイクルタイムとは、製造工期のことである。



④ ビジネスユース・アクター抽出

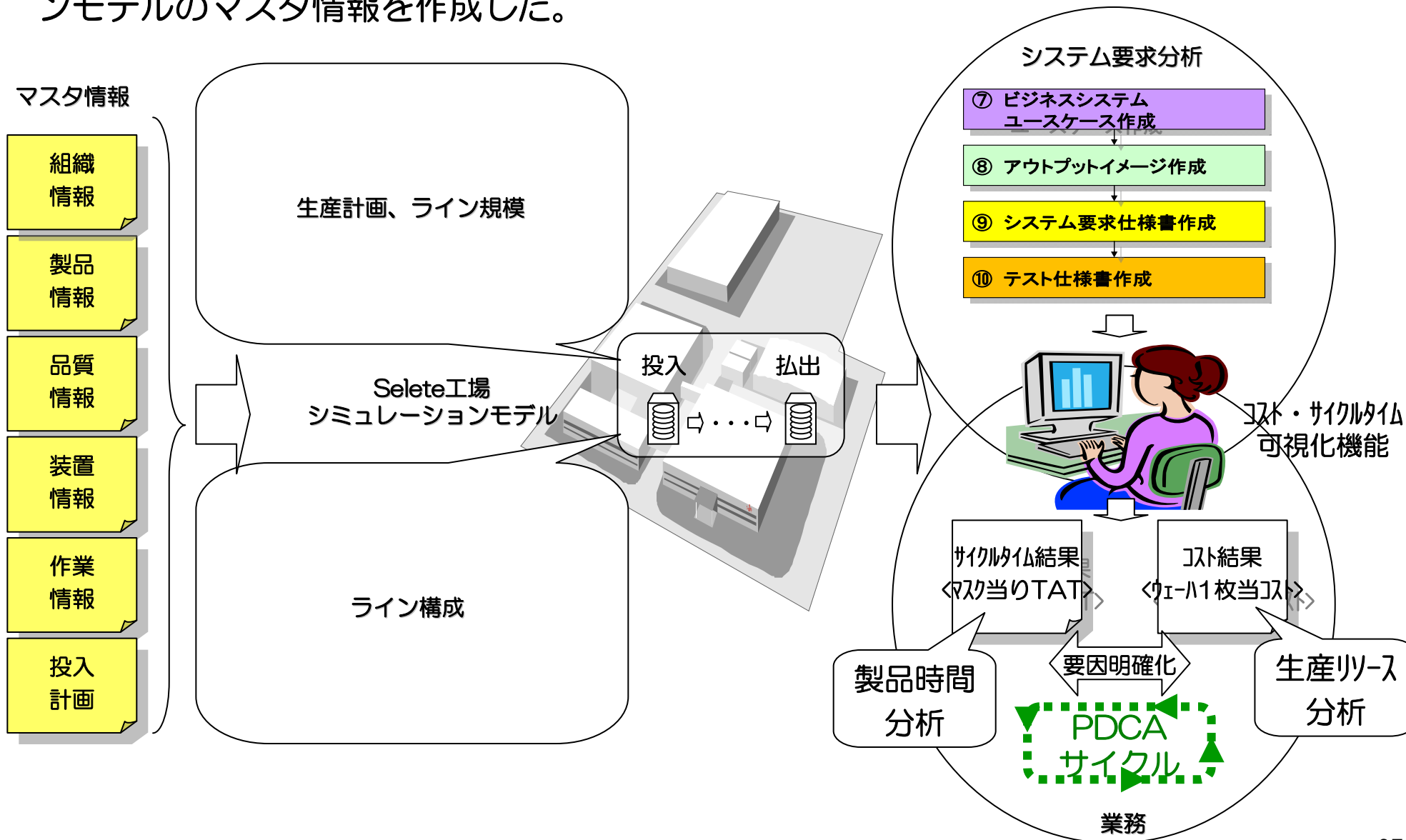
□業務アクティビティモデルと対象業務から、ビジネスユースケースとアクタを抽出した。

ビジネスユースケース アクター		全体最適を行う		品質を向上する		コストを削減する		サイクルタイムを短縮する		ライン能力を向上する	
		目標を決定する	投入計画を作成する	目標を作成する	目標と実績を確認して対策する	目標を作成する	目標と実績を確認して対策する	目標を作成する	目標と実績を確認して対策する	目標を作成する	目標と実績を確認して対策する
経営企画	省略										
利益管理	原価企画者	○	○			○	○				
	原価管理者					○	○				
需給調整	キャパシティ-管理者										
	需給調整計画者		○							○	
	販売計画者										
生産計画	購買計画者					○	○				
	基準日程計画者	○	○			○		○	○	○	○
	作業日程計画者							○	○	○	○
工程管理	詳細スケジュール計画者										
	省略										
設計開発	製品計画者										
	工場計画者										
	製品設計者										
	工程設計者							○	○	○	○
技術管理	製品試作者										
	製造技術者			○	○	○	○	○	○	○	○
	設計日程計画者										
	設置日程計画者										
品質管理	仕様変更管理者										
	検査計画者			○	○						
	品質管理者	○		○	○						
保守計画	品質実績管理者			○	○						
	保守計画者			○	○	○	○	○	○	○	○
	設備管理者			○	○	○	○	○	○	○	○
受注管理	性能実績管理者										
	省略										
発注管理	省略										
出荷管理	省略										
入荷管理	省略										
在庫管理	省略										

機能ブロックをアクタとした

⑪ Selete工場モデル作成

□業務アクティビティモデルとRDBスキーマを参照して、Selete工場シミュレーションモデルのマスタ情報を作成した。



3) 業務オブジェクトモデル



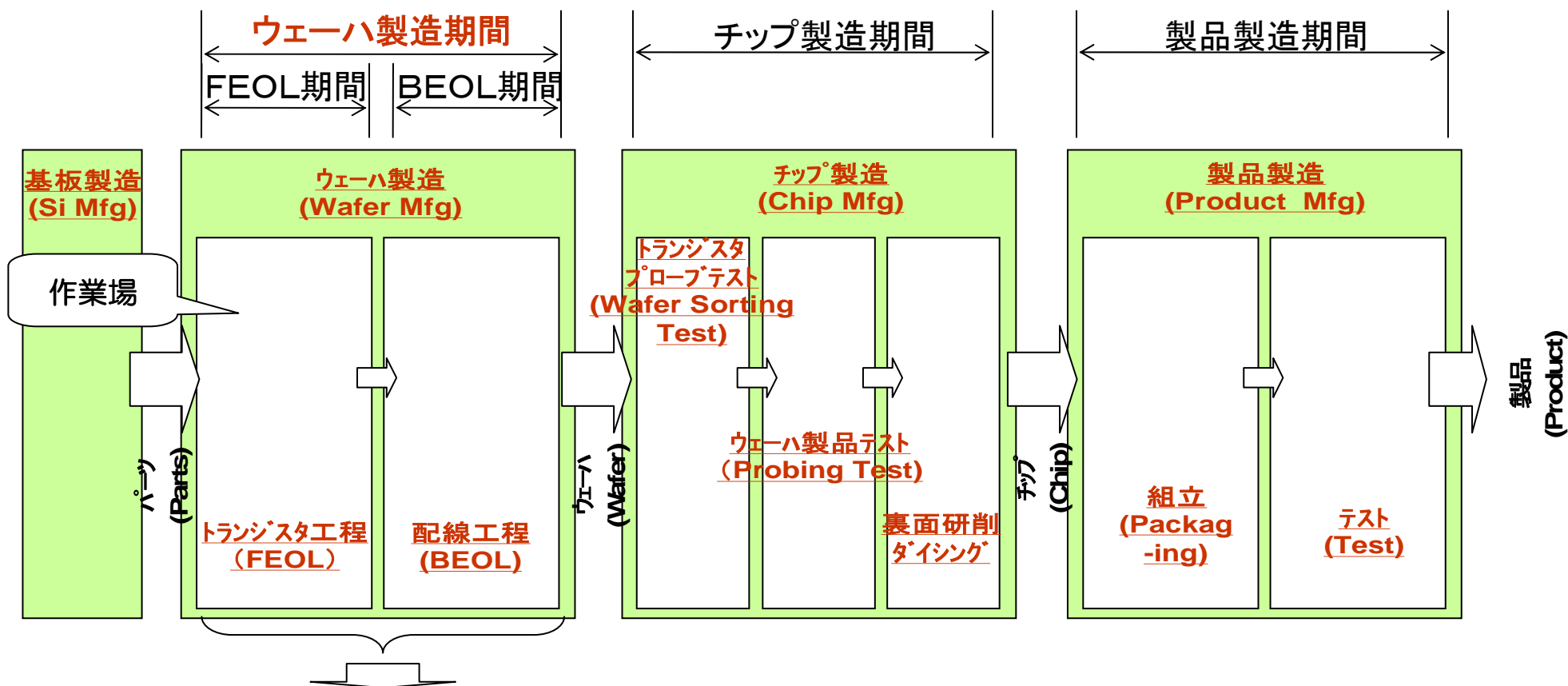
株式会社 半導体先端テクノロジーズ

□半導体の調達納期は、携帯電話、DVD、自動車に関して、他の製品に対して、2～3倍と長い。セットメーカーからの納期短縮の要求が強い。

□半導体のサイクルタイム（製造工期）の半分以上は、「待ち」である。

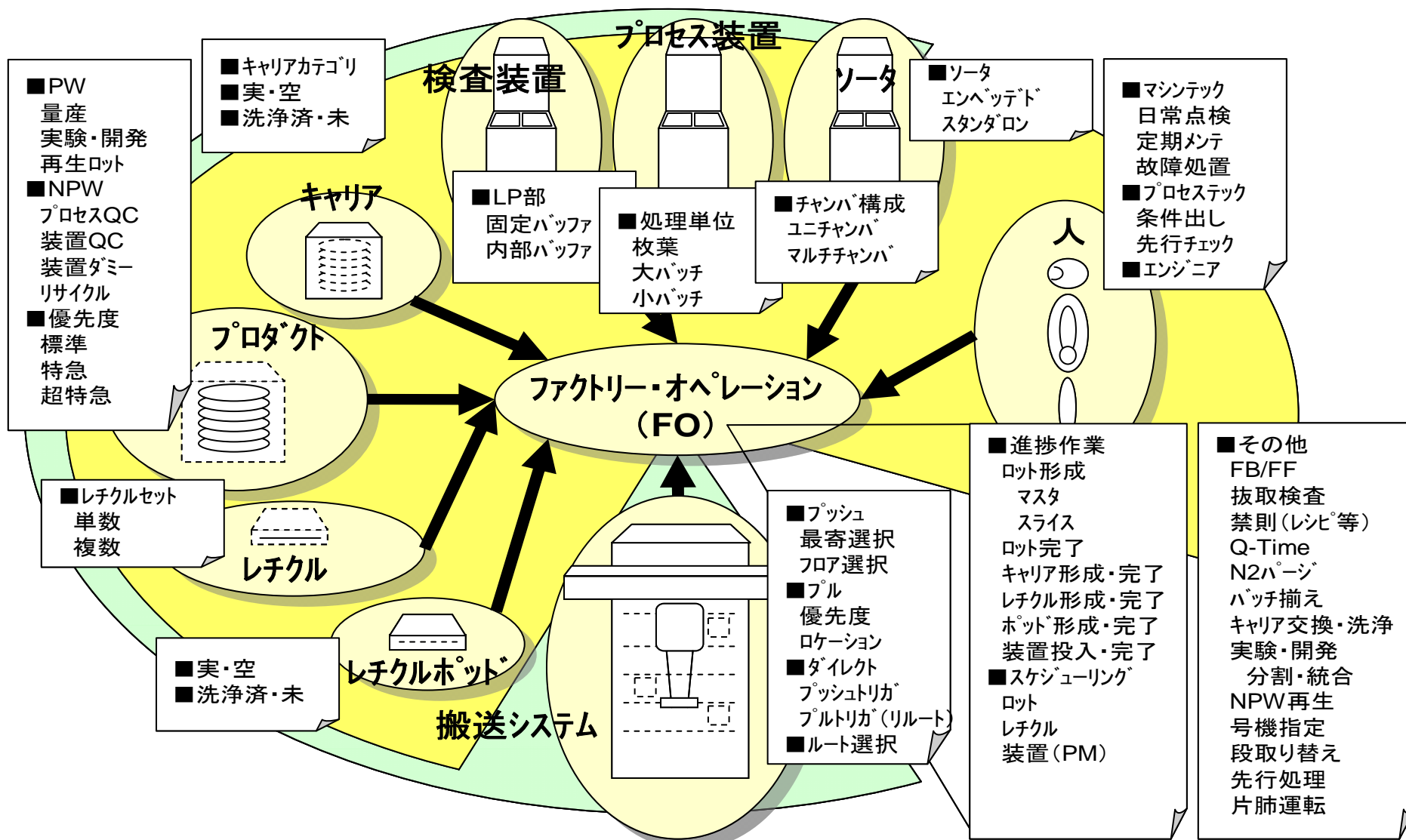
	携帯電話	DVD	自動車
半導体	1	1	1
抵抗	1/3未満	1/3未満	1/2
コンデンサー	1/3未満	1/3未満	1/2
水晶	1/3前後	1/3前後	1/2
コネクタ	1/3前後	1/3前後	<ul style="list-style-type: none"> ▪金型がある場合1/3 ▪金型から2/3
プリント基板	1/3前後	1/3前後	<ul style="list-style-type: none"> ▪金型がある場合1/3 ▪金型から2/3
カメラモジュール	<ul style="list-style-type: none"> ▪組立で1/8、 ▪いづ、半導体から調達から行くと1+1/8 	/	/
電池	<ul style="list-style-type: none"> ▪組立で1/4、 ▪材料調達から行くと1+1/4 	/	/
電源	1/3前後	1/3前後	1/2

- サイクルタイムには、参照できるデータの構造がない。
- 本研究におけるサイクルタイムは、ベアウェーハから製品まで生産する期間の内、ウェーハ製造の工程の開始から終了までのウェーハ製造期間とする。



ウェーハ製造工程は、フォトリソグラフィが起点にプロセスが構成される。同じ装置が繰り返し使用される。

□ウェーハ製造工程の工場オペレーションと工場リソースの動きは、複雑である。



オブジェクトのマッピング

□ サイクルタイム定義のオブジェクトと、PSLX標準モデルとのマッピングを行う。
 下表において、黒字がPSLX標準モデル、赤字がサイクルタイム定義である。

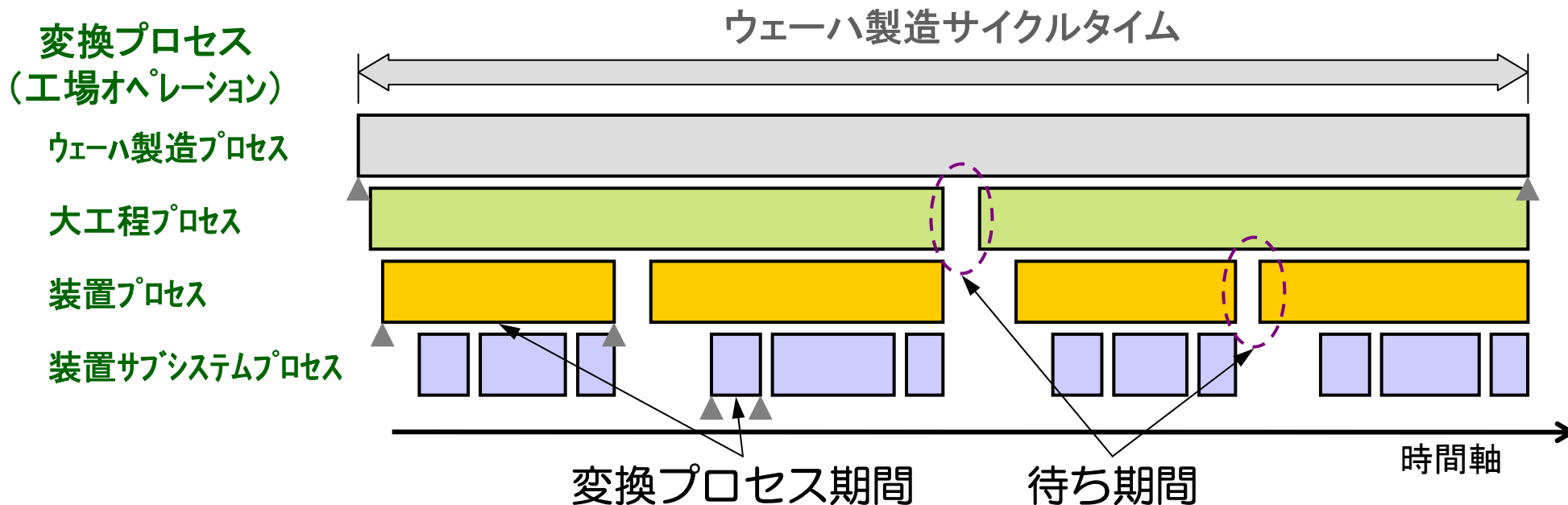
アプリケーションモデル

資源 エージェント	品目 経済リソース	オーダー コミットメント	プロセス 変換プロセス	生産手順 生産手順	手順要素 手順要素
企業 企業組織	最終製品 パッケージ	企業オーダー 企業コミットメント	企業内SC 企業プロセス	拠点間手順 企業手順	— 工場工程
拠点 工場組織	工場製品 チップ	拠点オーダー 工場コミットメント	拠点プロセス 工場プロセス	拠点内手順 工場手順	— ライン工程
作業区 ライン組織	資材 ウェーハ	作業区オーダー ラインコミットメント	作業区プロセス ウェーハ 製造プロセス	工順 ウェーハ 製造手順	— 大工程
作業場 エリア組織	仕掛品 ウェーハ	作業指示 エリアコミットメント	要素作業 大工程プロセス	製造方法 大工程手順	— 工程
製造資源 装置	(仕掛品) ウェーハ	実行指示 装置コミットメント	単位作業 装置プロセス	— 装置手順	— 装置ステップ
— 装置サブ システム	— ウェーハ	— 装置サブ システムコミットメント	— 装置サブ システムプロセス		

□サイクルタイムを経済リソース（工場リソース）の変換プロセス（工場オペレーション）の開始から終了までの期間で定義する。

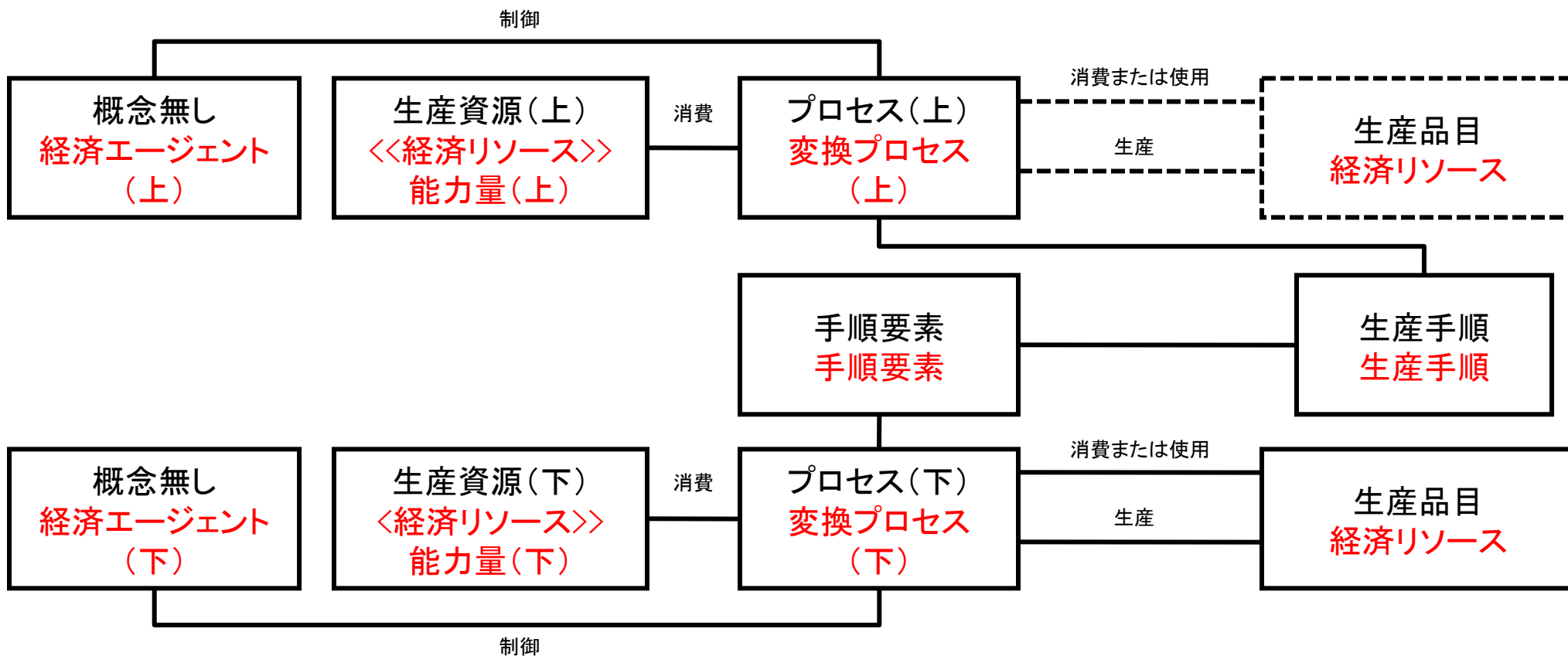
✦変換プロセスを、工場全体から装置までのように、工場組織の階層構造と対比させる。

□階層化により、待ちの定義や改善の考え方などを再帰的に（階層を渡って同様に）適用することができる。



変換プロセス期間・待ち期間をウェーハ状態からつくる。

- 業務オブジェクトモデルの生産手順を参照して、サイクルタイムを定義した。
- ✦上位の変換プロセスと下位の変換プロセスは、生産手順及び手順要素により関係を設定することができる。



□サイクルタイムを、変換プロセスの「ウェーハ製造/大工程/装置/装置サブシステム」4階層の構造として定義した。待ち状態を以下3分類で定義した。

□SEMICON-Japanにてワークショップを開催する予定にしている。

✦<http://www.semiconjapan.org/si-ip/Seminars/index.htm?parent=yes&parentId=82>

✦http://www.semi.org/jp/News/MailMaga/ctr_026644?source=tsushin200811

変換プロセス (工場オペレーション)

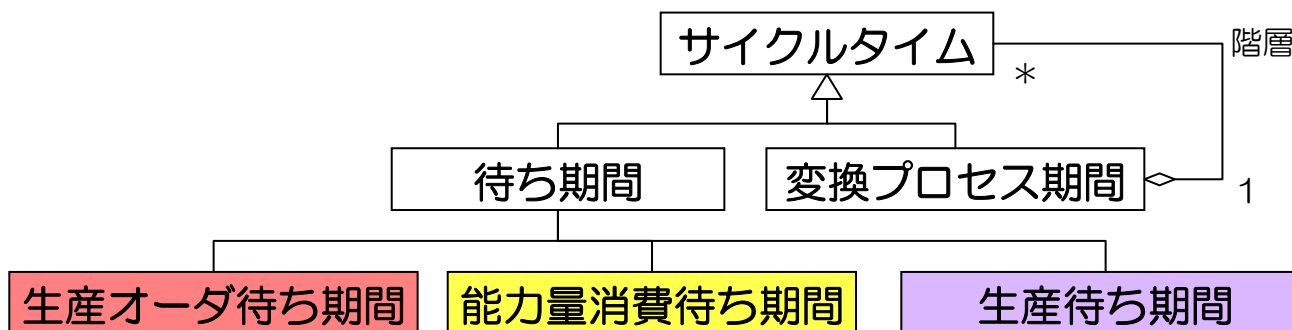
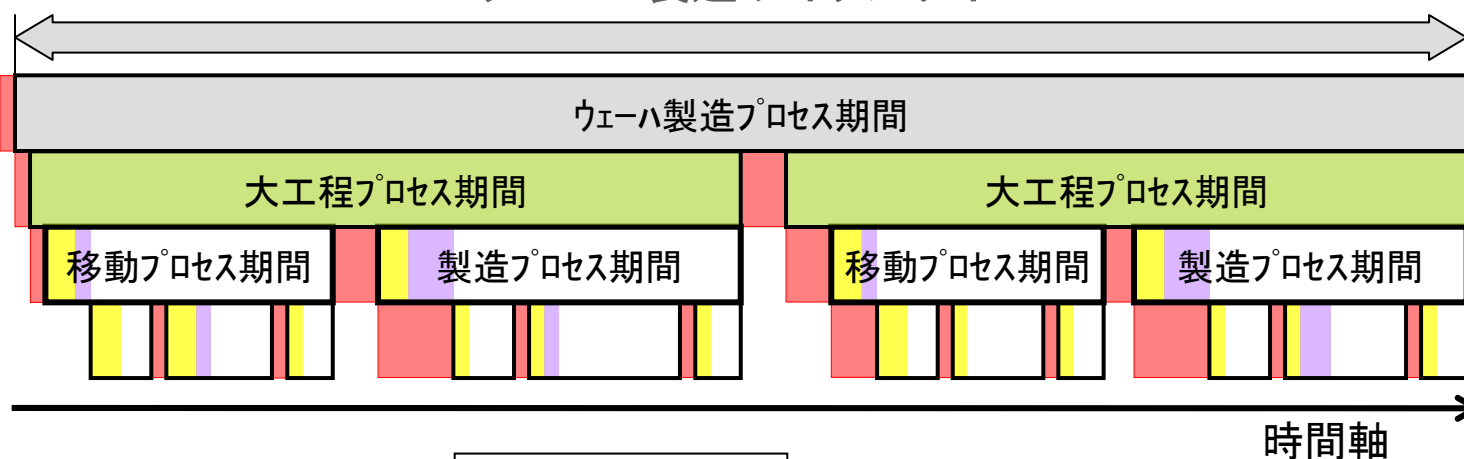
ウェーハ製造サイクルタイム

ウェーハ製造プロセス

大工程プロセス

装置プロセス

装置サブシステムプロセス



5. 今後とまとめ



株式会社 半導体先端テクノロジーズ

□可視化テーマは、仮想工場を想定し、あるべきシステムの開発を行う。このシステムをベースに、各社にて実用化する。そのため、標準を必要とした。

□PSLX標準モデルは、本プロジェクトでは製造現場でのエンジニアリング業務改革までを範囲とすることを除き、背景、解決されるべき技術課題を共有する。可視化テーマは、業務アクティビティ、オブジェクト、データを参照することとした。

□PSLX標準モデルを参照し、可視化テーマの要求分析と機能設計することができた。

★業務アクティビティモデルから、コスト、サイクルタイム可視化機能の要求分析において、業務全体像の設定、対象業務の決定、ビジネスユースケース・アクター抽出、Selete工場モデルを作成することができた。

★業務オブジェクトモデルの生産手順から、ウェーハ製造工程の複雑な工場オペレーションと工場リソースの動きを取り扱えるサイクルタイムの構造を定義することができた。

□今後、可視化テーマは、コスト、サイクルタイム可視化機能それぞれの単独から統合したシステムとして開発する。開発に際してXMLスキーマ、RDBスキーマのPSLX標準モデルを参考にする。

□本プログラムは、半導体製造における製造現場でのエンジニアリング業務改革までを範囲とするが、制御系に適用可能な標準モデルを必要とする。

End



株式会社 半導体先端テクノロジーズ