

MSTC H22アイデアファクトリー テーマ6:
グリーンプロダクション基盤としての
デジタルエコファクトリ構築のための
調査研究

報告者 神奈川工科大学 松田三知子

タイトルと実施体制

- タイトル：

「グリーンプロダクション基盤としての
デジタルエコファクトリ構築のための調査研究」

- 実施体制：

リーダー：神奈川工科大学 松田三知子

参加学術会員；法政大学 木村文彦

賛助会員企業：オムロン(株)

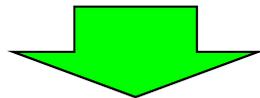
(株)小松製作所

清水建設(株)

富士通(株)

研究の背景

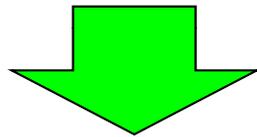
- 現在，地球環境の持続性に配慮しながら製品ユーザに対するサービスを最適化することが求められ，製品ライフサイクル全体を視野にいれたものづくりが当然となっている。
- DfE (Design for Environment) として，製品ライフサイクルの設計そのものについては，各種のCADE (CAD for Environment) の開発が行われている。
- 環境マネジメントに関する国際規格ISO 14000シリーズの発行を皮切りに，ライフサイクルアセスメントの手法についても国際規格化された方法論が確立されつつある。



- 製造現場では，リデュース・リユース・リサイクルの考え方を取り入れたシミュレーションを伴う生産設計（工程設計，作業設計）手法の提示や，各製造工程のより詳細な評価ツールの提供が望まれている。

研究の目的

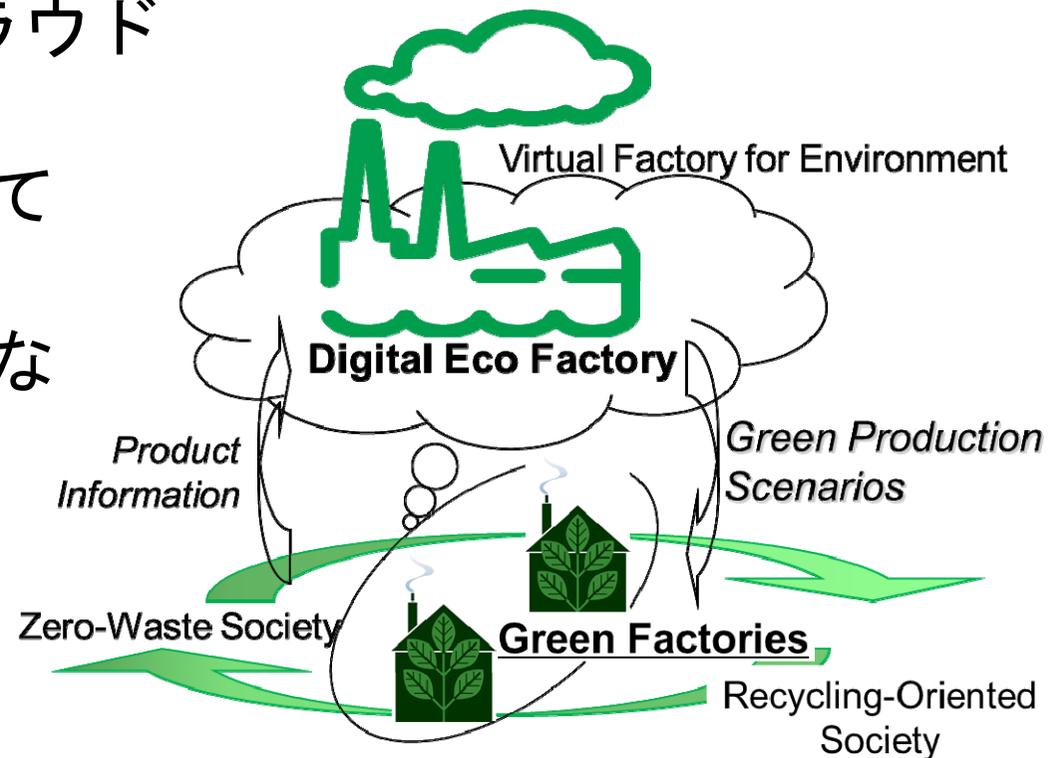
- グリーンプロダクション支援・推進のための環境情報プラットフォーム構築に向けて基礎的な調査を行うこと、およびシステムの基本設計を行うことを目的としている。



- 製品ライフサイクルの実現において中心となる場である生産段階に視点をおき、関連する既存技術や国際規格などをサーベイし、これらを情報ツールとして利用することを考える。
- 製品ライフサイクル設計支援ツール、インバース工程も含めた生産システム設計支援ツール、そしてライフサイクルアセスメント（LCA：Life Cycle Assessment）のためのツールなどを、デジタルエコファクトリとして統合した環境を構築するための方法を提案する。

期待される成果

- デジタルエコファクトリを利用することで、製品のライフサイクルシミュレーションに、分解、再利用も含めた製造工程についての科学的、定量的、客観的な環境負荷の評価を加えて、もっとも環境負荷の少ないやり方でのものづくりシナリオとその実現方法を提示できることが期待できる。
- デジタルエコファクトリをクラウドサービスなどを通してSaaS (Software as a Service)として配信することで、ごく少ないICT投資で広く一般に利用可能なグリーンプロダクションのための環境情報プラットフォームを提供する仕組みができる。



平成22年度の活動

■ 調査の実施と報告

- 環境影響評価手法を含む環境影響評価関連の標準化状況
- 各企業でのDfEツールやLCAツールなどの利用状況
- 実工場で行なわれている3Rの工夫
- 低環境負荷な循環型社会実現に向けての製造現場からの提案など

■ デジタルエコファクトリの要求仕様案の作成

標準化状況の調査(1) 環境影響評価に関連する標準化活動状況

- ISO/SAG - Energy Efficiency and Renewable Energy Sources
- ISO PC242 - Energy Management: ISO 50001
- ISO TC207 - Environmental Management: ISO 14000
- IEC TC65/JWG14 - Industrial Process Measurement and Control – Energy Efficiency in Industrial Automation
- ISO TC184/SC5/WG9 – KPI: ISO 22400
- **ISO TC184/SC5/WG10 : ISO 20140**
- ISO TC39/WG12 - Environmental Evaluation of Machine Tools: ISO 14955
- IEC TC111/WG2 – Environmentally Conscious Design

標準化状況の調査(2) ISO 20140 の意図する利用例

1 Environmental evaluation of manufacturing systems

There are two cases for environmental evaluation of manufacturing systems:

(a) General evaluation

Evaluation is based on general environmental intensity data.

(b) Specific evaluation

Evaluation is based on specific environmental intensity data.

2 Environmental evaluation of products at the stage of their production

For producing specific target products, it is required to select most appropriate factories or manufacturing systems. It may be quite different, in terms of environmental evaluation, whether to produce them in domestic factories or in foreign factories.

There may be two cases:

(a) General evaluation

Evaluation is based on general environmental intensity data.

(b) Specific evaluation

Evaluation is based on specific environmental intensity data.

3 Environmental evaluation of manufacturing system improvements

It is a common practice, for discrete parts/products manufacturing, to improve system configuration or machines/facilities continuously to seek better system performance. For example, the following improvements are considered:

- System operation mode change,
- Manufacturing process improvement,
- Machine/facility change and/or System reconfiguration.

標準化状況の調査(3) ISO 20140の概要と構成

- This International Standard establishes a method for evaluating environmental influences of manufacturing systems, e.g. energy/resource consumption and pollution.
- It consists of five parts:
 - ISO 20140-1: Overview and fundamental principles
[概要と基本原則]
 - ISO 20140-2: Environmental evaluation index and energy efficiency evaluation process model
[環境影響評価指標モデル]
 - ISO 20140-3: Environmental influence aggregation process model
[環境影響を積算するプロセスモデル]
 - ISO 20140-4: Indirect/Manufacturing system life cycle influence allocation/charge process model
[間接的な環境影響を配賦するプロセスモデル]
 - ISO 20140-5: Environmental evaluation data model
[環境影響評価のためのデータモデル]

企業での状況調査(1) オムロングループのMFCA導入の取り組み

MFCAとGREEN OMRON21のつながり

エコロジーとエコノミーの同時実現

Eco-
Management

企業経営の中での環境の組み込み

- 環境会計の国内主要拠点／WPへの展開
- 環境法規制への対応とリスク管理
＜違反・クレーム：ゼロ 届出：100%＞
- ISO14001体制の構築／維持

MFCA:
Material Flow Cost
Accounting

Eco-
Products

環境配慮型商品／環境貢献商品の創出

- エコ商品の開発／提供
＜省エネ、省資源、有害物質削減、環境貢献等.＞
- 主要商品省エネ・省資源率向上
- グリーン調達推進と海外への展開
- 製品リサイクル／リユース体制構築

エコロジーと
エコノミーを
両立させる。

Eco-
Factory
Laboratory
Office

環境調和型 工場・研究所・オフィス

- 廃棄物削減／リサイクルの推進
＜ゼロエミッション達成サイトの拡大＞
- CO2排出量の削減
- グリーン購入推進
- 事業所車両の低公害車導入促進

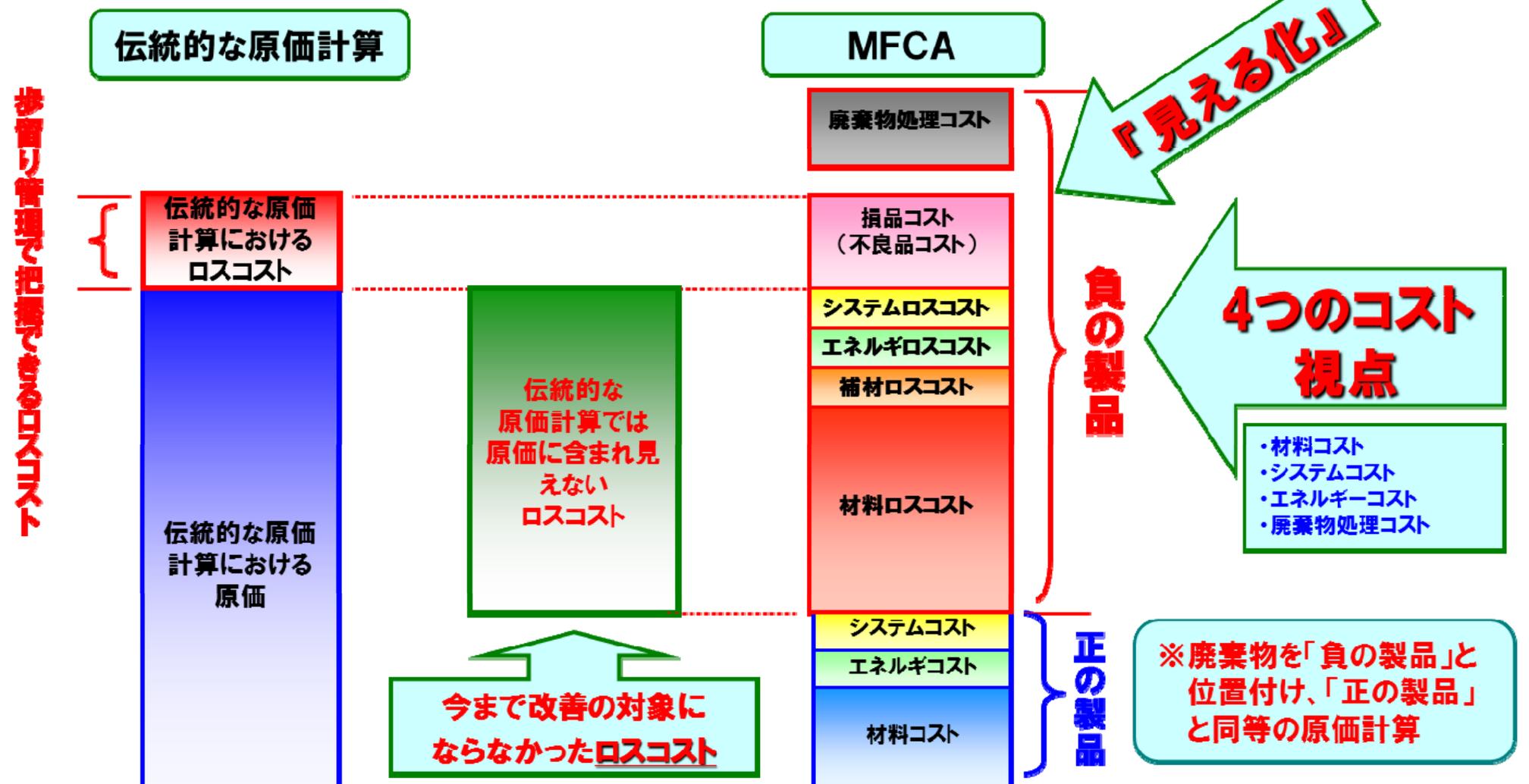
資源生産性最大化
への取り組み

資源生産性最大化への取り組み

企業での状況調査(2) オムロングループのMFCA導入の取り組み

エコロジーとエコノミーの同時実現

MFCAで『見える化』できるコスト



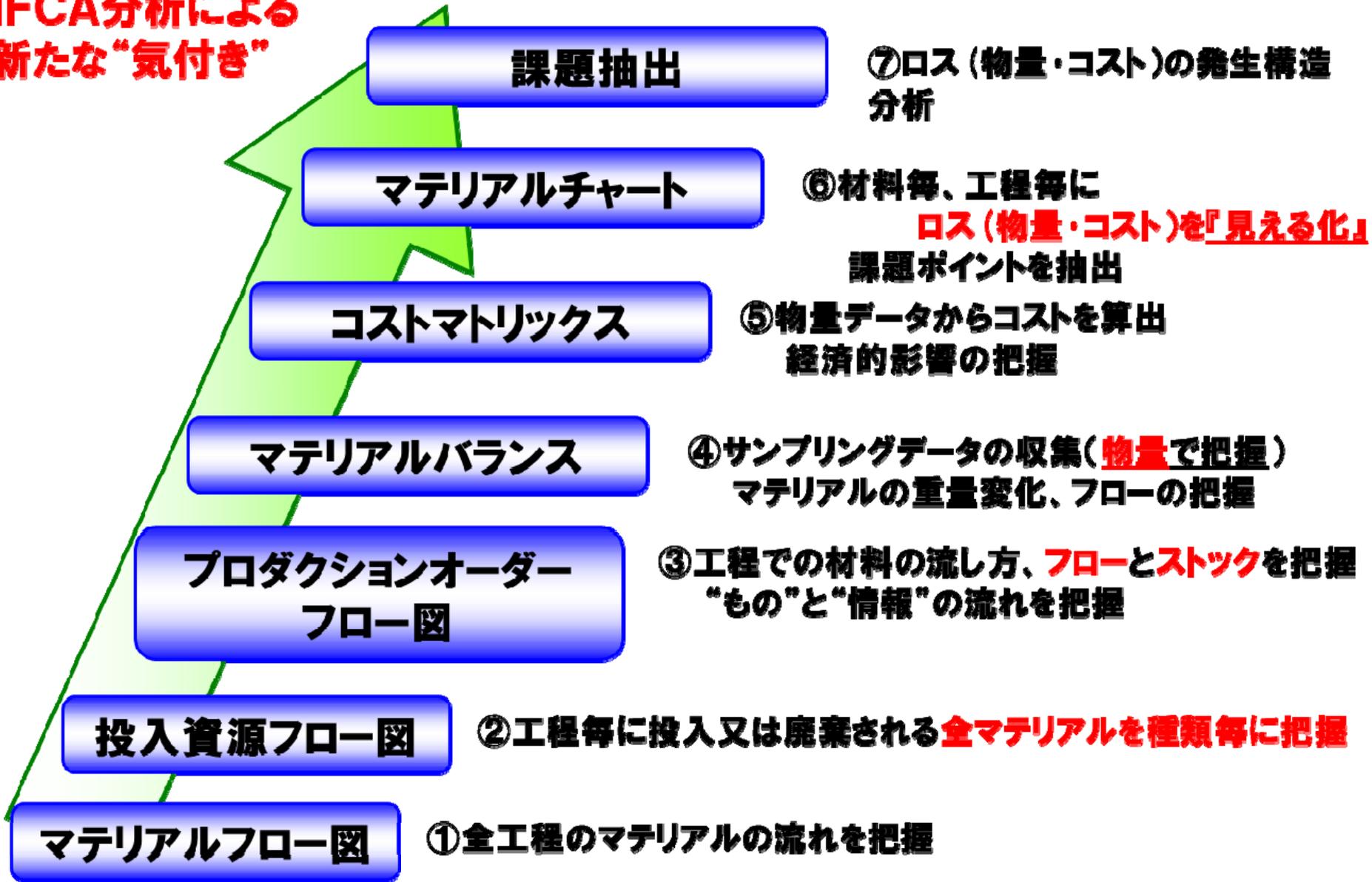
資源生産性最大化への取り組み

* 損品コストは、材料ロスコスト、エネルギーロスコスト、システムロスコストに分けられる。

企業での状況調査(3) オムロングループのMFCA導入の取り組み

エコロジーとエコノミーの同時実現

MFCA分析による
新たな“気付き”



資源生産性最大化への取り組み

キヤノンマーケティングジャパン様の資料を編集

MFCAを導入して感じたこと

1. MFCAは、生産工程で発生する廃棄物を物量で測定し、コストに換算して改善に結びつける手法であることから、環境保全活動と経営活動がしっかりと結びつく手法であること。(コスト情報だけを見ていると抜け出せない。)
2. それまで漠然としていたムダ?・ロス?がMFCAによって、定量的(材料別、工程別、原因別)に把握でき、効果的な改善活動ができるようになったこと。
3. 付加価値を生むものと生まないものが明確になり、商品開発、技術開発のトリガーになりえること。

企業での状況調査(5) コマツの主な環境情報ツール

アプリケーション名称	実施部門
REACH環境規制対応システム	開発本部
環境負荷物質DB	開発本部
廃棄物管理	大阪工場
化学物質管理	生産本部

企業での状況調査(6) コマツのリマン事業

リマン事業の展開

コマツグループは、エンジン・トランスミッションなどの使用済みコンポーネント(部品)をさまざまな行程を経て新品同等の品質によみがえらせ、再び市場へ供給するリマン事業を、インドネシア・チリをグローバル拠点として世界の7拠点に設置したリマンセンタで推進しています。



リマンとは「再製造」を意味する「Remanufacturing」の略語で、お客さまに次のようなメリットを提供しています。

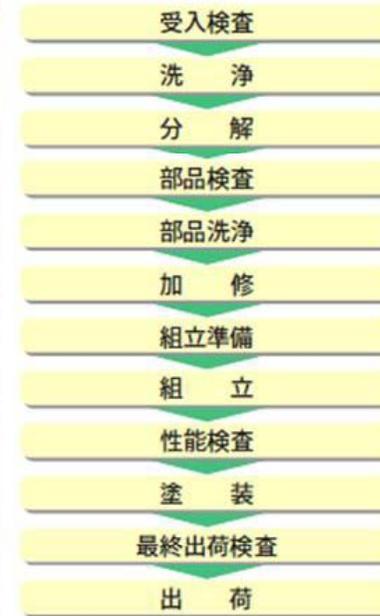
- 新品と同等の品質・性能を保証
- 新品に比べ割安
- 適正に在庫されたリマン品により、休車時間を短縮
- リユース・リサイクルによる資源の節約、廃棄物の削減

2007年にインドネシアのジャカルタにコマツリマン・インドネシア(PT Komatsu Reman Indonesia)を設立。リマンコンポーネントのグローバル供給を開始してリユース・リサイクル活動を推進しています。

コマツリマン・インドネシア



リマンの工程図



2009年にはインドネシアのジャカルタに油圧シリンダの再生工場を設立し、エレクトリックダンプトラック用のシリンダなどの再生を開始し、中国の朔州には大型鉱山機械用コンポーネントの再生工場を設立し大手鉱山顧客向けのコンポーネント再生を開始しました。

リマン情報の提供

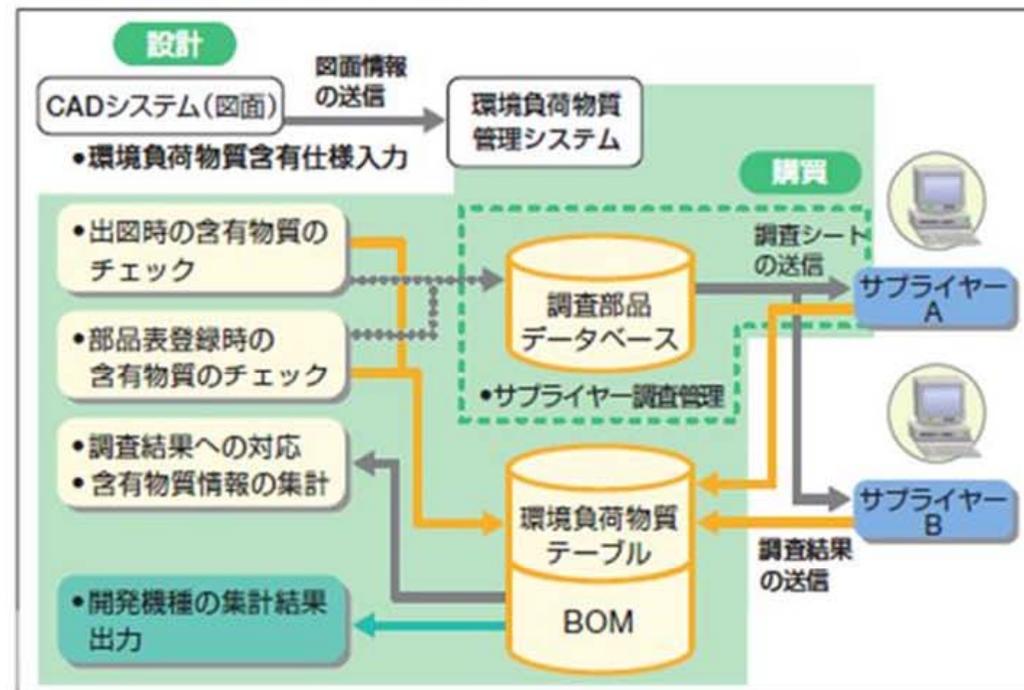
各リマンセンタなどをネットワークで結ぶ「Reman-Net」を構築し、グローバルなリマンオペレーションの展開やリユース・リサイクルに積極的に活用しています。またICタグや2次元コードを活用してリマン品の再生履歴管理を行い、品質管理や耐久性情報を把握し、コマツが最適な寿命を有するコンポーネントを開発する上での重要な情報をフィードバックしています。

企業での状況調査(7) コマツの環境負荷物質管理システム

製品への使用禁止・使用削減対象の環境負荷物質

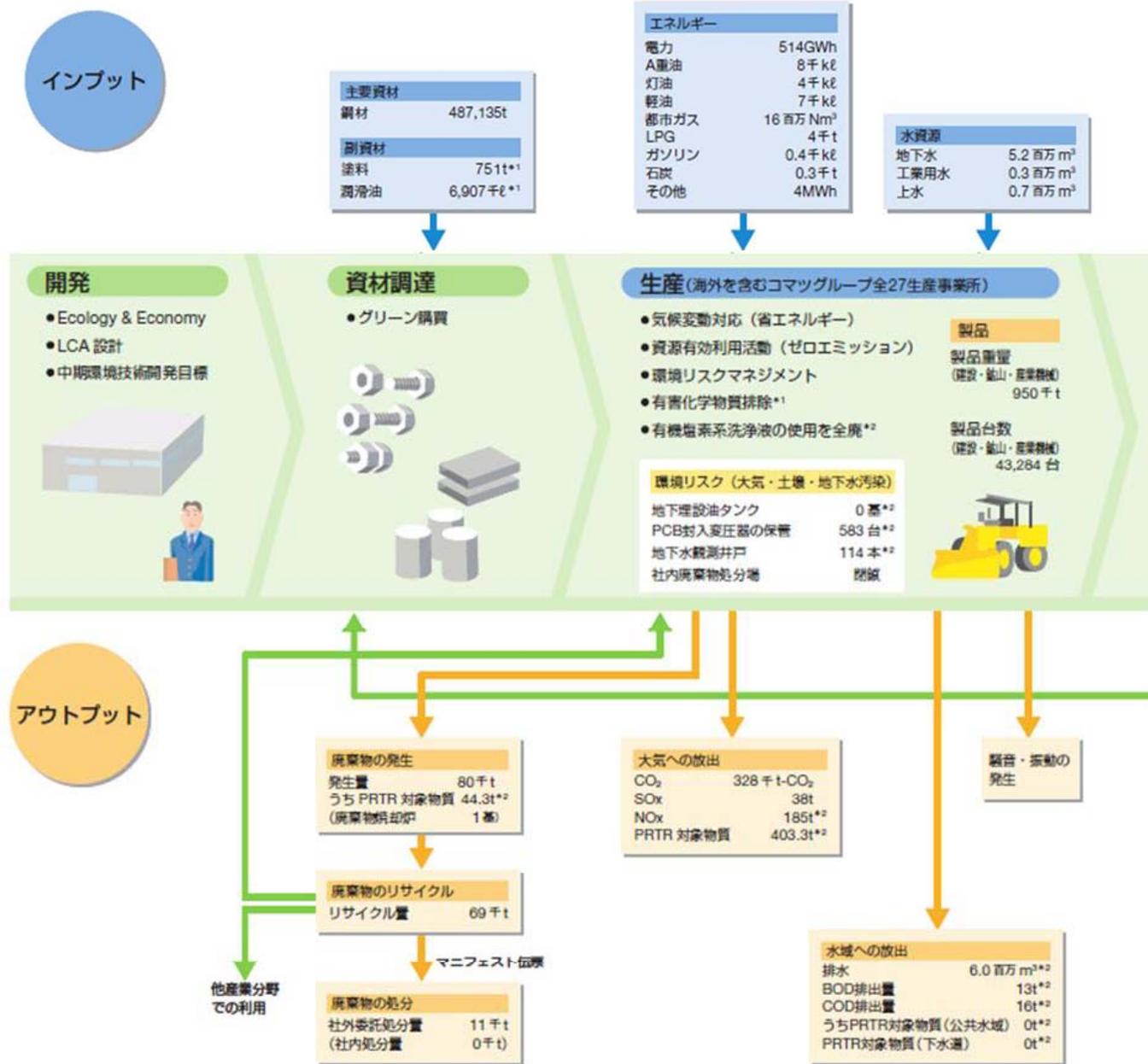
ランク	数	物質名
禁止	10	<ul style="list-style-type: none"> ●PCB ●アスベスト ●特定フロン/代替フロン(HCFC) ●トリクロロエチレン ●トリエタノールアミン ●6価クロム*4 ●カドミウム*4 ●PBB/PBDE*3
削減(限定使用)	16	<ul style="list-style-type: none"> ●鉛 ●水銀 ●ヒ素 ●セレン ●代替フロン(HFC) ●メタノール ●ヘキサクロロベンゼン ●特定フタル酸エステル(DEHP/DBP/BBP*6、DIBP*5*7) ●HBCDD*3 ●特定多環芳香族炭化水素 ●PFOS (パーフルオロオクタンスルホン酸化合物) ●有機錫化合物 ●短鎖塩素化パラフィン
REACH規制 高懸念物質 (SVHC)	(30)	<p>コマツの製品に使用している可能性がある以下の物質を削減対象として調査中。</p> <ul style="list-style-type: none"> ●ひ酸鉛/五酸化二ひ素/三酸化二ひ素 ●トリエチルひ酸 ●DEHP/DBP/BBP*6、DIBP*5*7 ●短鎖塩素化パラフィン ●トリブチル錫オキシド

環境負荷物質管理システム

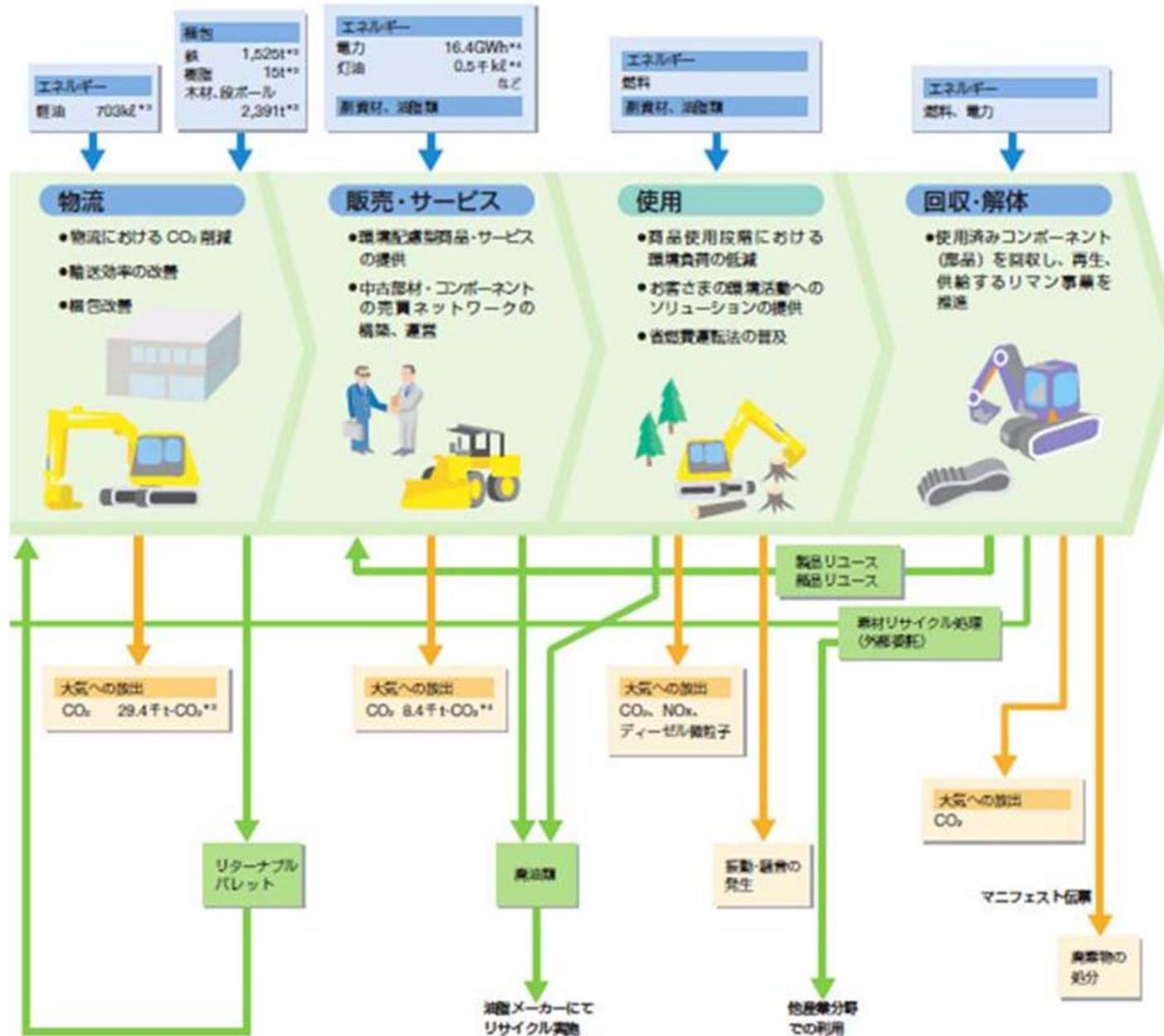


企業での状況調査(8) コマツグループの環境負荷—開発, 資材調達, 生産—

海外を含むコマツグループの事業活動にともなう環境負荷(2009年度)



企業での状況調査(9) コマツグループの環境負荷—物流, 販売, 使用, 回収解体



企業での状況調査(10) 清水建設カーボン・マネジメントパートナーシップ

カーボンマネージメントを4つのマネジメント領域毎に深探し、最適なCO2削減施策を提案。

省エネ提案

新しい省エネ提案

お客様にとっての、CO2削減対象

1 デザイン・エンジニアリング マネジメント領域(D.E.M.)

建物の視点で、設計時に工夫

MAX
▲40%

- 外装・屋根ソリューション
- 空調ソリューション
- 電気ソリューション
- 衛生ソリューション

2 プロパティ マネジメント領域(P.M.)

管理の視点で、運用時に工夫

MAX
▲10%

- 運用時 空調チューニング
- 運用時 電気チューニング

3 ファシリティ マネジメント領域(F.M.)

使われ方の視点で、運用時に工夫

MAX
▲20%

- 必要な時に必要な量の
タスク&アンビエント
ソリューション
- 発熱体局所化ゾーニング
ソリューション

4 エネルギーサービス マネジメント領域(E.S.M.)

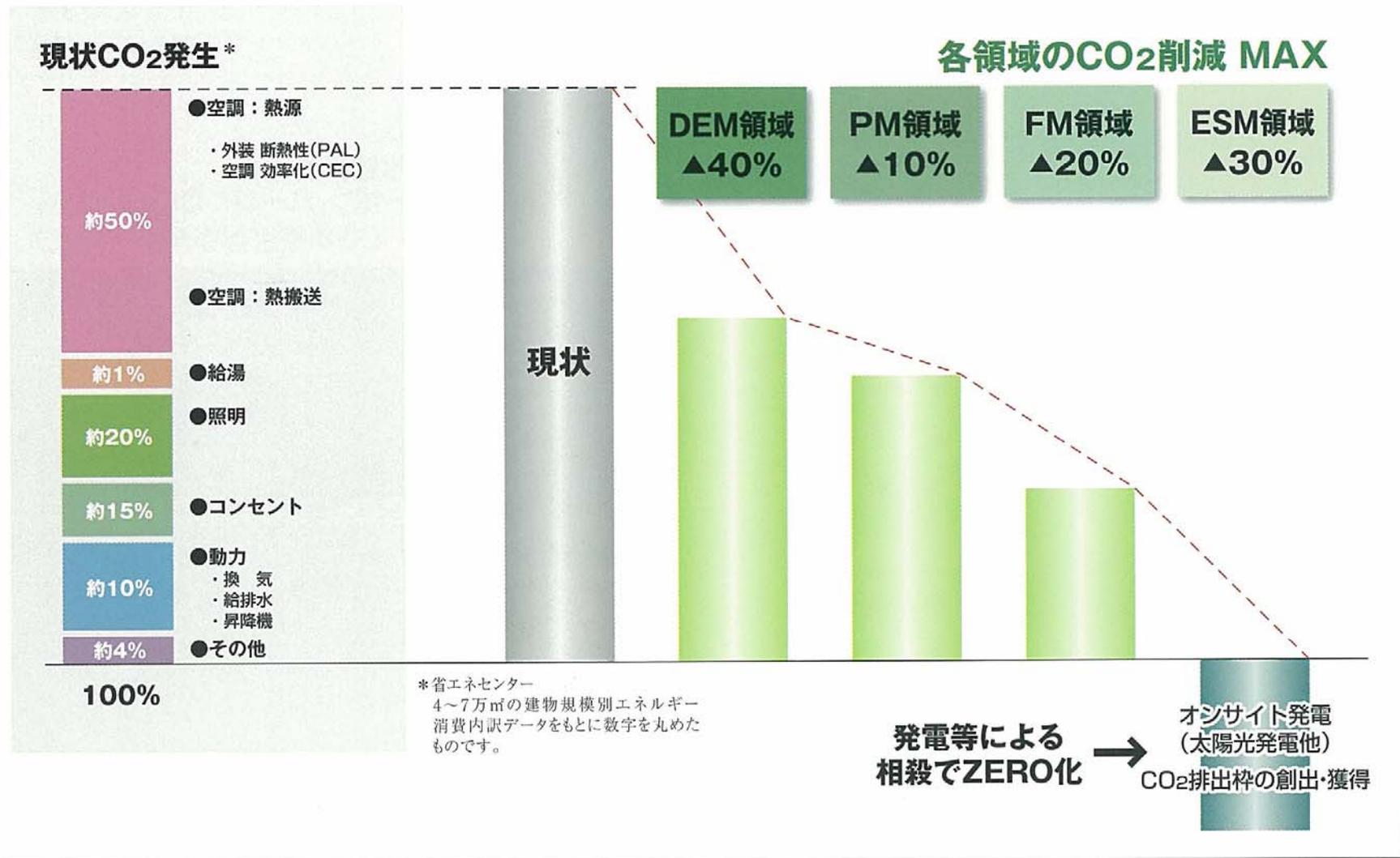
新エネルギー + 排出枠の創出・獲得で工夫

MAX
▲30%

- 自然エネルギー・
新エネルギーソリューション
- CO2排出枠ソリューション

企業での状況調査(11) 清水建設ゼロ・エミッションビルイメージ

最大限にCO₂を削減した場合の、ゼロ・エミッションビルイメージ



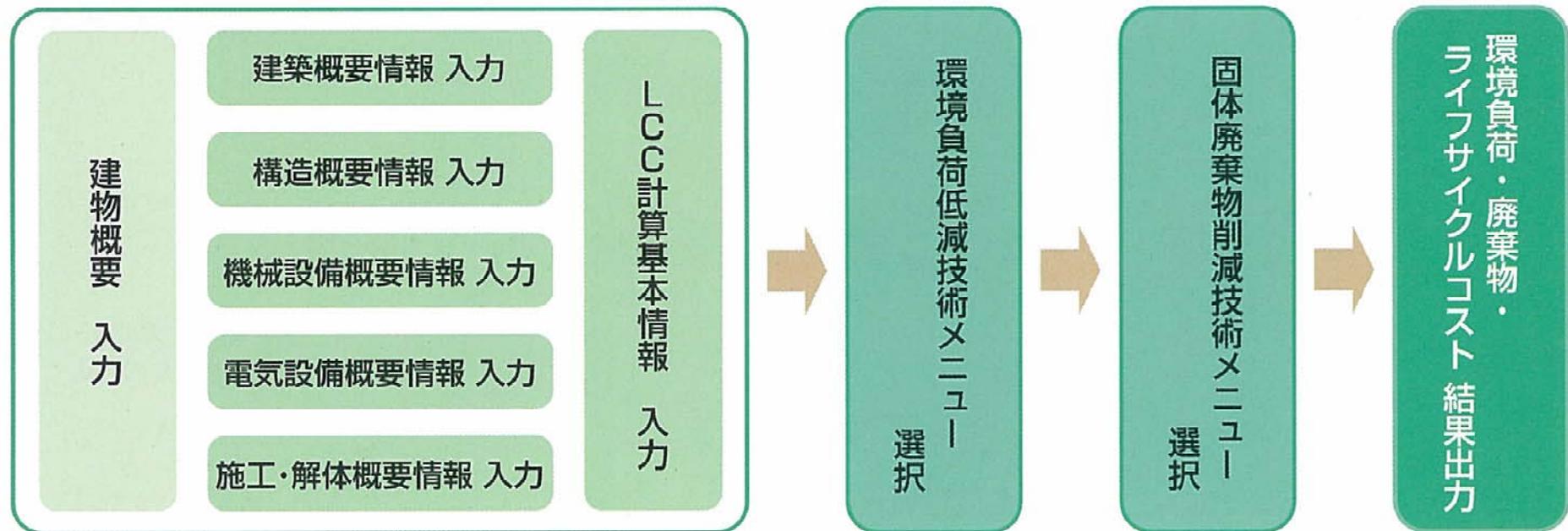
企業での状況調査(12) 清水建設ライフサイクルマネジメントツールGEM-21

環境に配慮した建物づくり：

建物の資材製造～建設～運用～改修～解体～リサイクルのライフサイクル全体

- CO₂, NO_x, SO_x, エネルギー消費の計算
- LCW（固体廃棄物量）計算とリサイクル案の提案
- LCC計算と評価

シミュレーションの流れ



企業での状況調査(13) 富士通 VPS (Virtual Product Simulator)



VPS/Eco Design(環境配慮型設計)

3次元CADデータを利用して、製品の設計段階からLCA、リサイクル性、解体性などを検証し、環境に配慮した製品開発を実現する。

企業での状況調査(14) 富士通 VPS: Eco Designの特長

➤ 素材決定に有効な環境負荷評価 (LCA)

- 3次元CADデータから得られる体積や材料名をもとに、製品の素材決定における環境負荷を評価.
- 評価には、Eco Designの環境負荷データベース (部品・素材1,887項目, 原単位4種: CO₂, NO_x, SO_x, エネルギー消費) を使用.

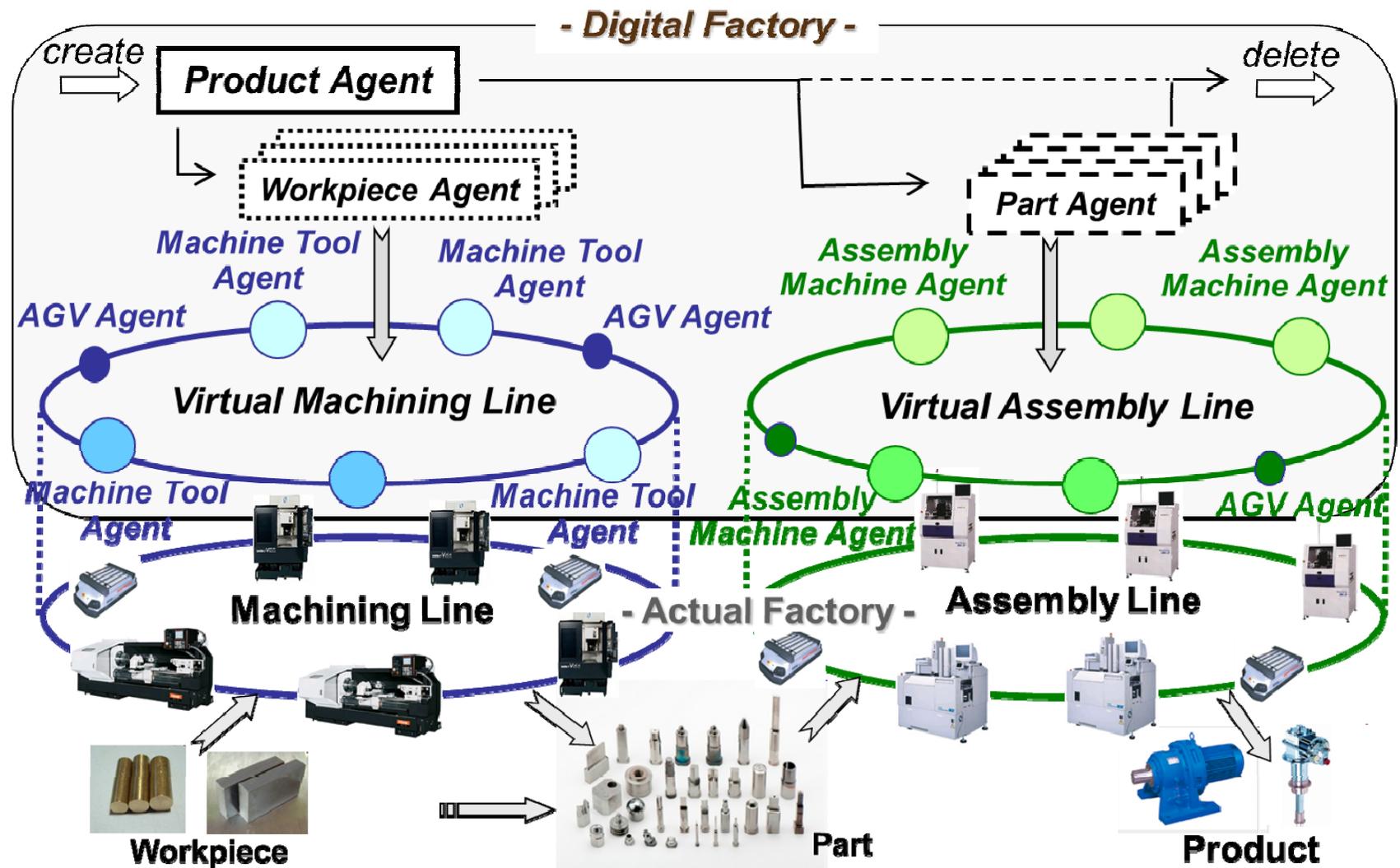
➤ 設計段階からリサイクル性を評価

- 3R (Reduce, Reuse, Recycle) の考え方に基づいたリサイクル可能率を計算.
- [注] リサイクル可能率とは、リユース率+マテリアルリサイクル率のこと.

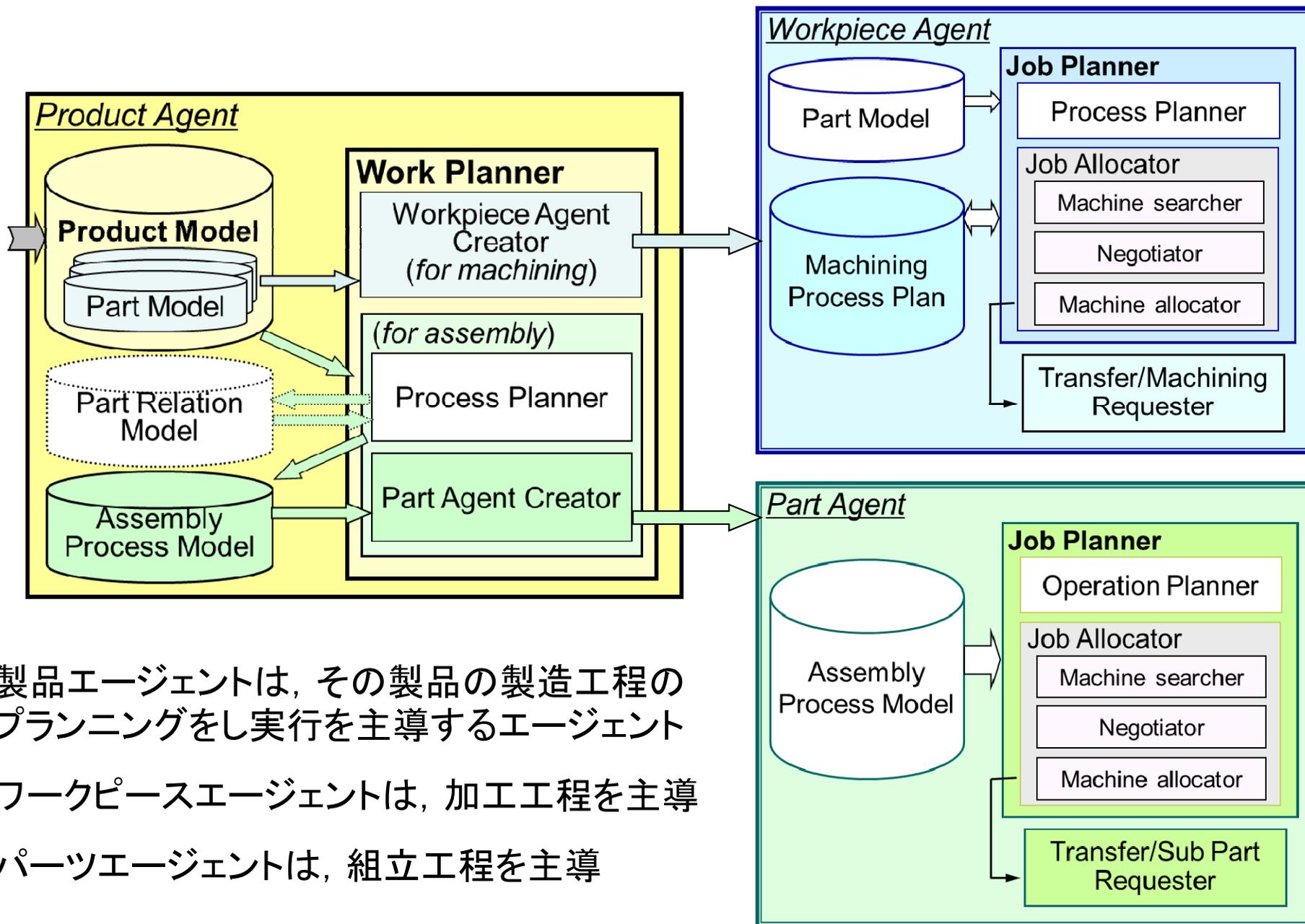
➤ 解体性評価までを網羅

- 装置レベル/部品レベルで解体時間を計算し、旧機種との評価結果を比較.
- 部品を材料ごとに色分けして表示するため、部品の分別性の確認が容易.
- 解体アニメーションやXML形式を用いて解体手順マニュアルを作成可能.

設計ベース(1) デジタルファクトリーの構成イメージ

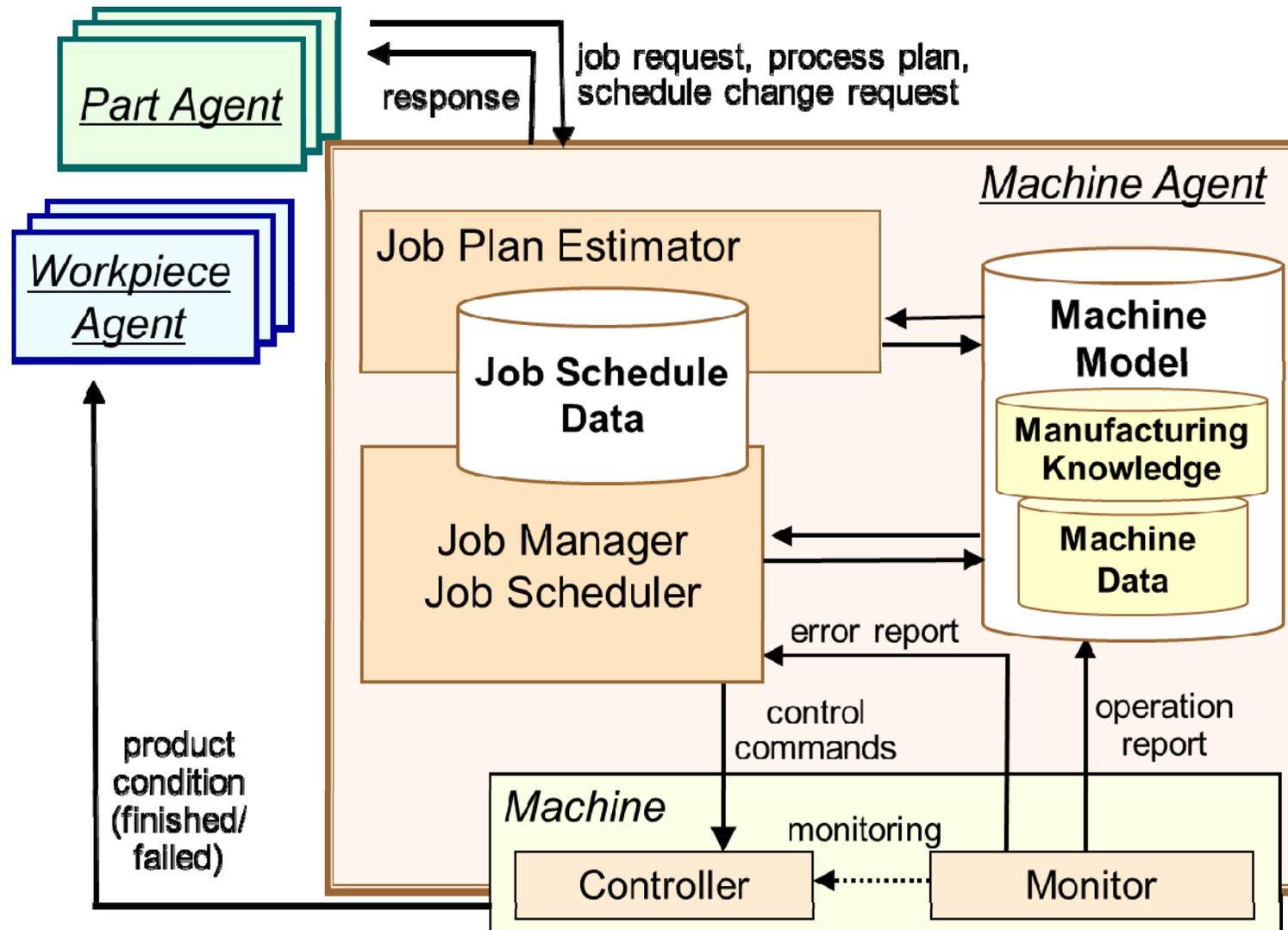


- 生産システムの構成要素(素材, 部品, 生産機械, 搬送装置など)をエージェントとするマルチエージェントシステムとして構成



- 製品エージェントは、その製品の製造工程のプランニングをし実行を主導するエージェント
- ワークピースエージェントは、加工工程を主導
- パーツエージェントは、組立工程を主導

設計ベース (3) 設備視点からの機械エージェント構成



- 機械エージェントは、その機械に割当てられたJobについて計画し実行

設計ベース(4) 試作による簡単な確認

The screenshot displays the Virtual_Factory software interface with several key sections:

- Status Table:**

Name	Complete	Order	Main	Sub	
Product1	0	/	25	3	1
Product2	0	/	25	6	0
Product3	0	/	25	2	0
Product4	0	/	25	2	1
Total	0	/	100		
Time	650	minute			
- Product Setup Table:**

Product1	Product2	Product3	Product4
Lot	Lot	Lot	Lot
25	25	25	25
Order Time	Order Time	Order Time	Order Time
0	0	0	0
Delivery Time	Delivery Time	Delivery Time	Delivery Time
3000	3000	3000	3000
- Machine Setup Table:**

Assembly_Machine1	Assembly_Machine2	Assembly_Machine3	Assembly_Machine4	Assembly_Machine5	Assembly_Machine6
Machine Kind					
Screwing	Screwing	Bonding	Bonding	Worker	Worker
Break Time					
0	0	0	0	0	0
- Current Status Chart:** A Gantt-style chart showing the progress of six machines (Assembly_Machine1 to 6) over a 600-unit scale. Each machine's progress is represented by colored bars (blue, green, red, grey).
- Result Chart:** A Gantt-style chart showing the cumulative results of the six machines over a 1200-unit scale, using the same color coding as the Current Status chart.

各製品の
情報と
進行状況

製品に
関する
設定

機械に
関する
設定

機械の
現在の
状況

機械の
総合
結果



要求のとりまとめ(1) デジタルエコファクトリへの要求

- コスト, 納期等を重視した従来通りのプロセスと, 環境指標との関係を見える化
- 労働生産性を最適化することと, 環境影響を最適化すること, の2つの切り口
- 構成要素を1つずつ丁寧に作り込んで個々のプロセスをきちんと事前に評価することによって, 全体が評価できるような技術
- 情報技術をうまく利用できる環境: 様々なものづくりシナリオの評価
 - 設備構成, ライン変更の事前評価
 - 生産プロセスの違いによる比較検討 など
- 最適化パラメータ, 設備構成, 生産計画, プロセスプランの容易な入力・変更
- 環境負荷が少ない方法で, 「ものづくりのシナリオ」ができるような仕組み
- 環境視点で, プロダクト・ミックス, 年間単位から秒単位まで幅広い時間粒度で全体を見る必要あり

要求のとりまとめ(2) シミュレーション項目に関する要求

- コスト, 納期などを重視した従来通りの生産プロセスに環境項目を付加
- 各プロセス原材料, エネルギー消費, 原単位(CO₂, NO_x, SO_x, エネルギー消費)などの各種視点で見ること
- 環境視点から, 個々のプロセス(機械)ごと, 製品ごとで, 全体で見られること
- 環境視点から, さまざまな粒度で時系列でも見られること
- 生産機器に加え, 空調機器などの工場機器をエレメントに加えること
- 自動化した場合と人がやった場合の比較
- 現在の待機電力と他品種に変更する際の待機電力(待機して, どの辺りで切ればいいのかのポイント示唆)

要求のとりまとめ(3) インターフェースに関する要求

[入力インターフェース]

- プロセスの設定・変更が簡単にできること
- テンプレートを用意しての機器, 製品などの入力の簡単化
- 最適化パラメータの変更可

[出力インターフェース]

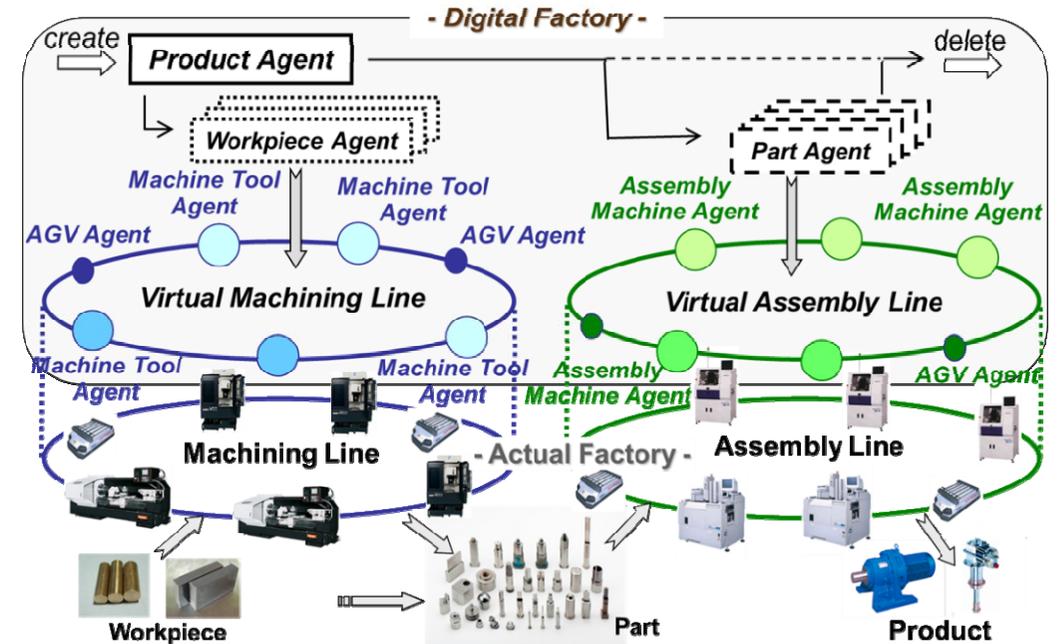
- グラフィカルに見えること.
- 時系列で見えること
- プロセス, 製品, 機械ごとのビューで見れること
- エネルギー消費の時系列変化
- CO2換算ビュー

[その他]

- 実際の工場では品目数やプロセス数が相当多いので, 自分たちでいちいち作りこまなくともよい仕組み. ただし, 精密な部分が曖昧にならないこと
- 抽象化して簡単に入力でき, 必要なプロセスプランとマシンパッケージを簡単に選んで, だいたいの精度が出せるような仕組み

要求のとりまとめ(4) デジタルエコファクトリの設計に向けて

- マルチエージェントシステムとして構成したデジタルファクトリをベースにデジタルエコファクトリを構築
- (ソフトウェア)エージェントとして作る生産システムの構成要素(素材, 部品, 生産機械, 搬送装置など)に環境指標の計算機能を付加
- 環境視点で, 個別最適に対して全体をみて調整するエコ・エージェントを全体最適を図るために導入
- システム全体, 製品ごと, 機器ごと, プロセスごとなど様々な粒度で時系列的に見るビューを付加
- 製品, プロセス, 機器, 環境指標などのモデルのテンプレートを準備. (ユーザオリジナルテンプレート作成機能,)



平成23年度の活動予定

- デジタルエコファクトリの要求仕様書案の完成
- 提案されたデジタルエコファクトリの要求仕様書案の検討と評価
- ケーススタディによる検討
- デジタルエコファクトリの設計案作成
- デジタルエコファクトリの設計案の検討とまとめ

終了後の構想

- デジタルエコファクトリをベースとした環境情報プラットフォーム開発のためのプロジェクトを立ち上げ、プロトタイプの実制作を行う。
- プロトタイプをクラウドなどインターネットを介したWebサービスとして公開する。