

ビジネスモデル強化に貢献するトクヤマDXの仕組みづくり ～事業ポートフォリオ転換に向けて～

2024年6月19日
株式会社トクヤマ
デジタル統括本部
坂 健司

1. イントロダクション
2. トクヤマのDX取組 全体像
3. 製造分野におけるDX取組事例
 1. マクロ視点 ……DXによるビジネスモデル強化
 2. ミクロ視点 …… AIを活用したオペレーションの効率化
4. まとめ

1. イントロダクション

2. トクヤマのDX取組 全体像

3. 製造分野におけるDX取組事例

1. マクロ視点 ……DXによるビジネスモデル強化

2. ミクロ視点 …… AIを活用したオペレーションの効率化

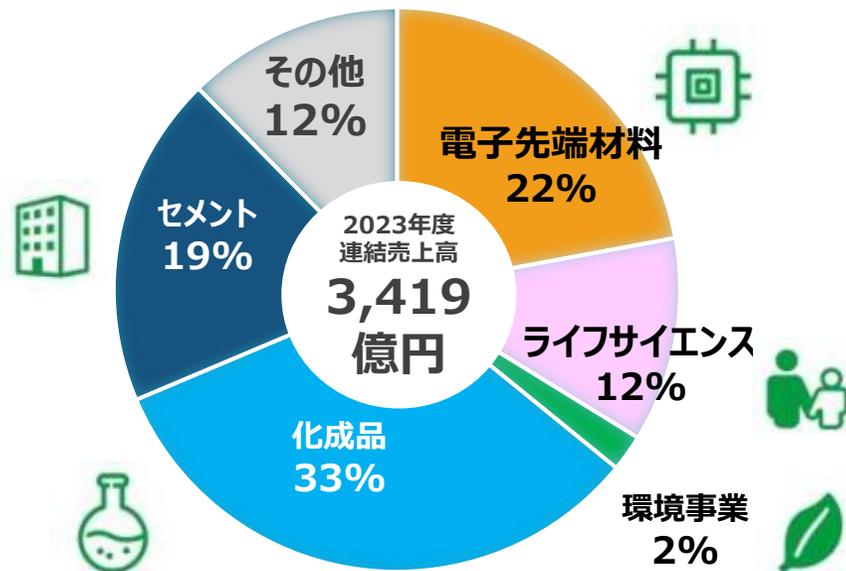
4. まとめ

1-1. トクヤマグループ 概要

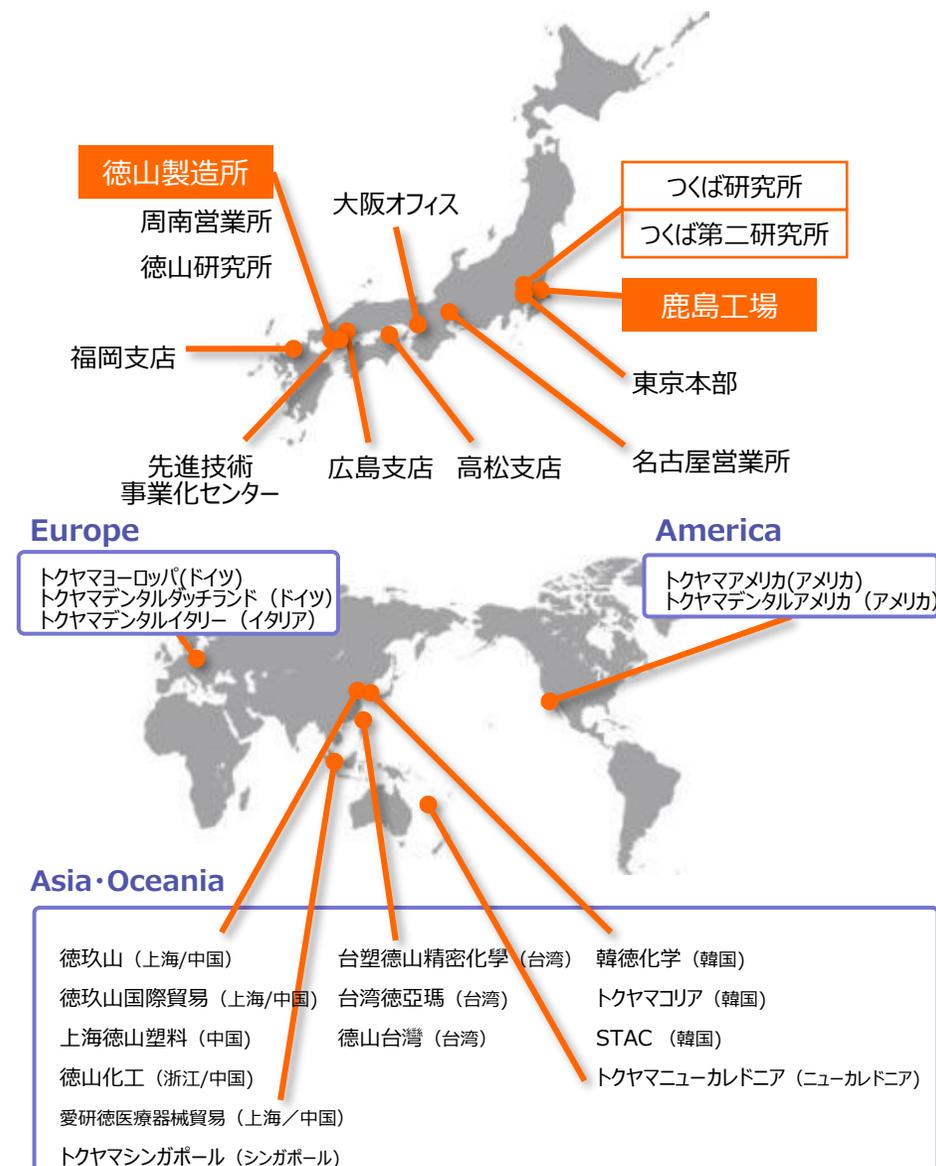
基礎情報

創立	1918年（大正7年）
資本金	100億円
売上高	3,419億円 <small>2023年度連結</small>
従業員数	5,734名（連結） <small>24年3月末現在</small>
グループ会社数	63社 <small>24年3月末現在</small>
他	東証プライム上場、総合化学メーカー

事業ポートフォリオ



拠点



1-2. 中期経営計画2025のポイント

- 中期経営計画2025では、事業ポートフォリオの転換を大きな柱にしている

中期経営計画2025

1

事業ポートフォリオ
の転換

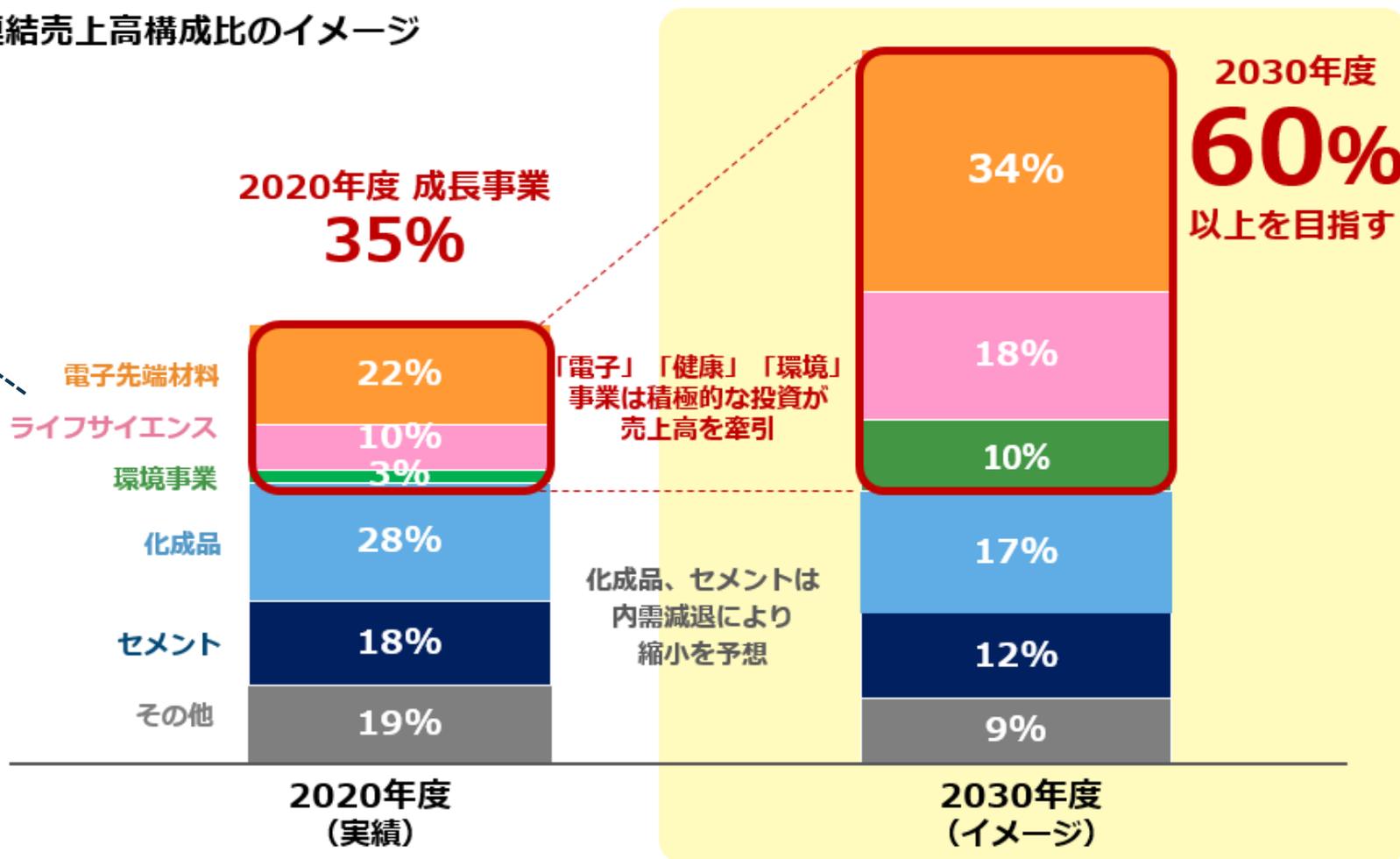
2

地球温暖化防止
への貢献

3

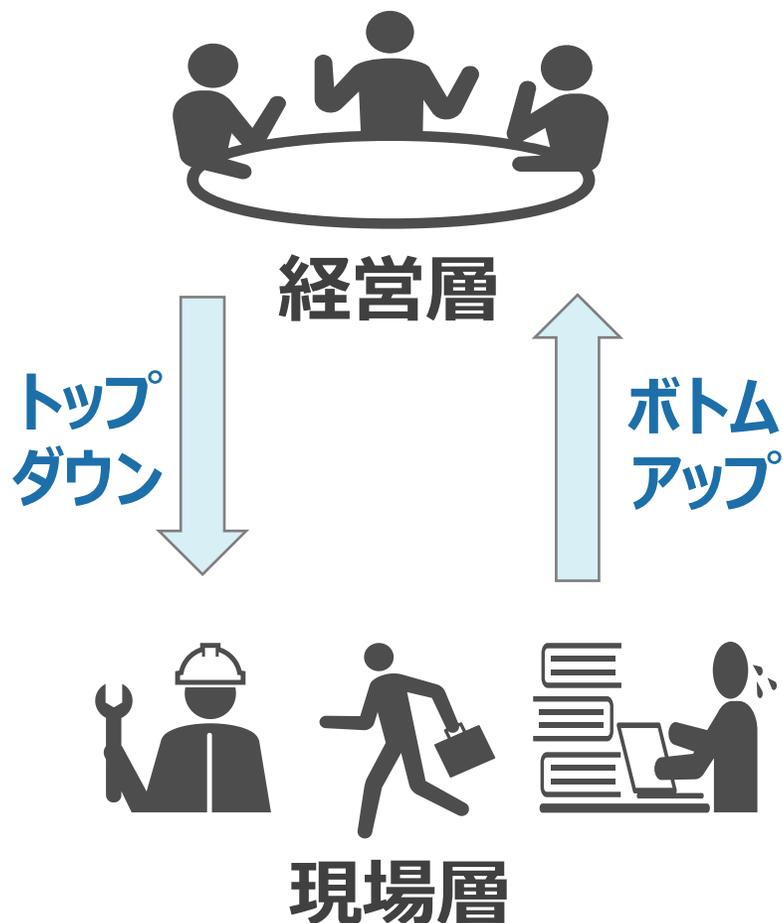
CSR経営の推進

連結売上高構成比のイメージ



- トクヤマのDX (=TDX) は「トップダウン」と「ボトムアップ」両面から推進し、DX施策においては「マクロ視点」と「ミクロ視点」両面からアプローチしている

TDXの進め方



DX推進の視点

- ✓ ビジネスモデルの強化、深化
- ✓ 全社システム導入 ...

➤ マクロな視点

ビジネスモデルの強化

- ・経営シミュレータ開発
- ・デジタルツイン活用

- ✓ 業務フローの見直し、改善
- ✓ 各現場課題の解決 ...

➤ ミクロな視点

AIによる業務効率化

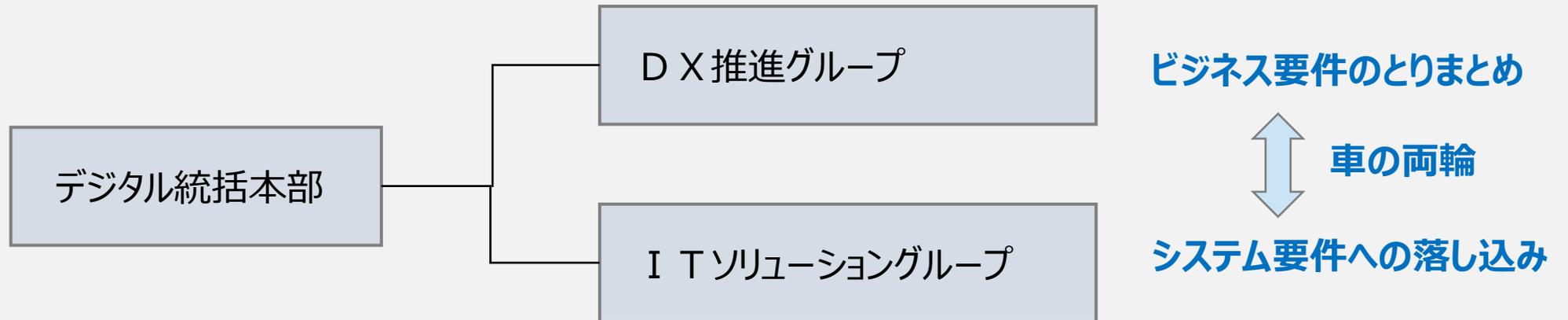
- 環境マネジメント
- 製品品質
- 機械学習の社内展開
- AI活用の仕組みづくり

今回報告

スピーカー

株式会社トクヤマ
執行役員
デジタル統括本部 本部長
DX推進グループ リーダー（兼務）
坂 健司

組織構造



1. イントロダクション

2. トクヤマのDX取組 全体像

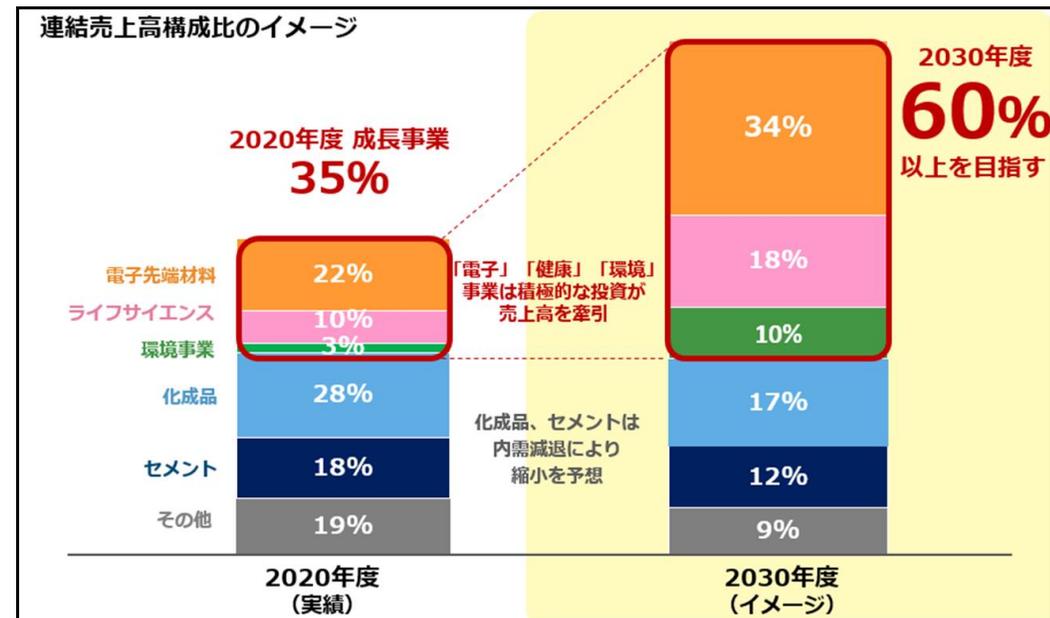
3. 製造分野におけるDX取組事例

1. マクロ視点 ……DXによるビジネスモデル強化

2. ミクロ視点 …… AIを活用したオペレーションの効率化

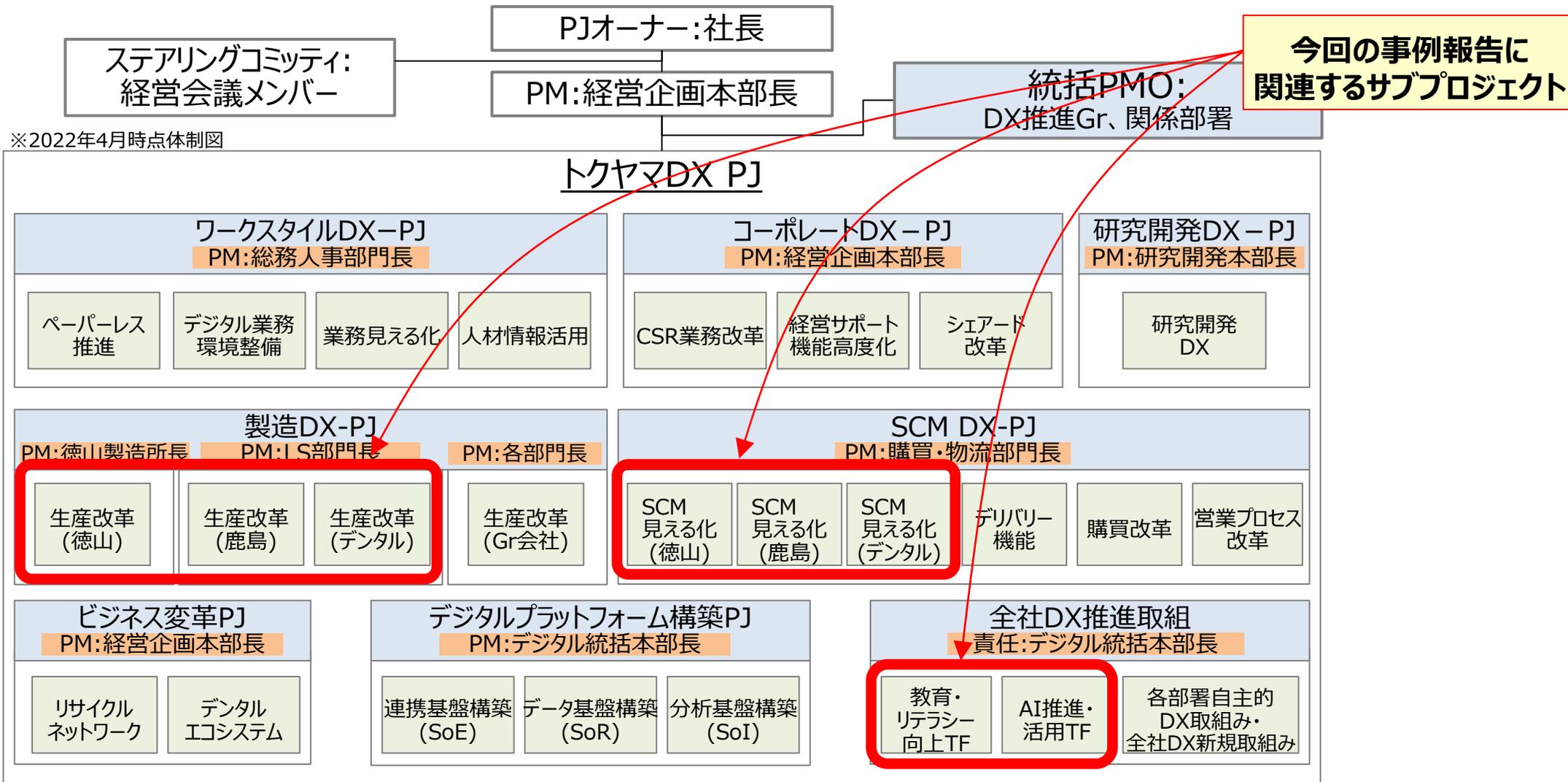
4. まとめ

- TDXを中計達成に不可欠なドライバーと定義。TDXによってリソースを捻出し、中計達成につなげる



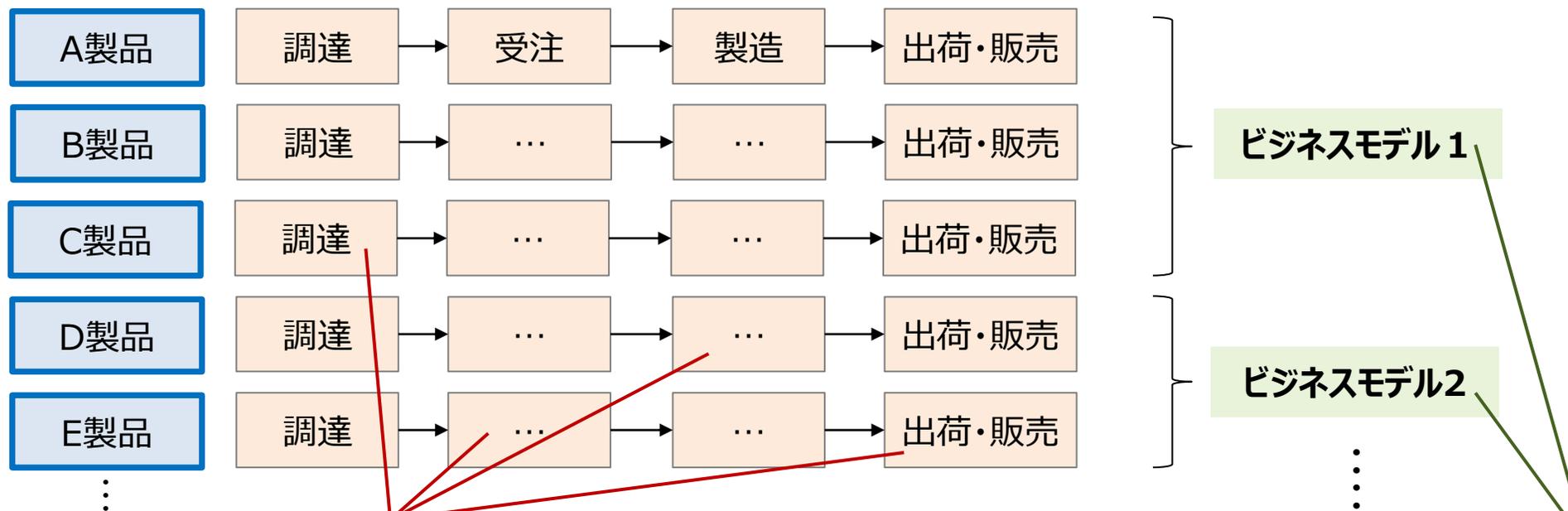
2-3. TDX体制の構築

- 重要テーマから、8 カテゴリー/25施策 (サブプロジェクト) を選定
- 「社長をヘッド」とする全社プロジェクトとして、ガバナンスを効かせて運営
- 中央から主導する「トップダウン」、現場から底上げする「ボトムアップ」の両方向を織り交ぜ推進



2-4. DX取組み事例 報告の構成

- ビジネスモデル強化を企図するマクロ視点、業務効率化などのミクロ視点、両視点からのDX取組事例を報告する



ミクロ視点

AIを活用したオペレーション効率化

- 【事例3】環境監視業務の改善
- 【事例4】製品品質の予測
- 【事例5】機械学習の社内展開
- 【事例6】AI活用を拡大・強化させる仕組みづくり

マクロ視点

DXによるビジネスモデルの強化

- 【事例1】経営シミュレータによる企業価値最大化
- 【事例2】デジタルツインを活用したプラント設計

1. イントロダクション

2. トクヤマのDX取組 全体像

3. 製造分野におけるDX取組事例

① マクロ視点 ……DXによるビジネスモデル強化

【事例1】 経営シミュレータによる企業価値最大化

【事例2】 デジタルツインを活用したプラント設計

② ミクロ視点 ……AIを活用したオペレーションの効率化

【事例3】 環境監視業務の改善

【事例4】 製品品質の予測

【事例5】 機会学習の社内展開

【事例6】 AI活用を拡大・強化させる仕組みづくり

4. まとめ

①マクロ視点：製造視点によるビジネスモデル類型化

■ 当社のビジネスモデルは、製造拠点の位置づけを基にすると、下記のように分類することができる

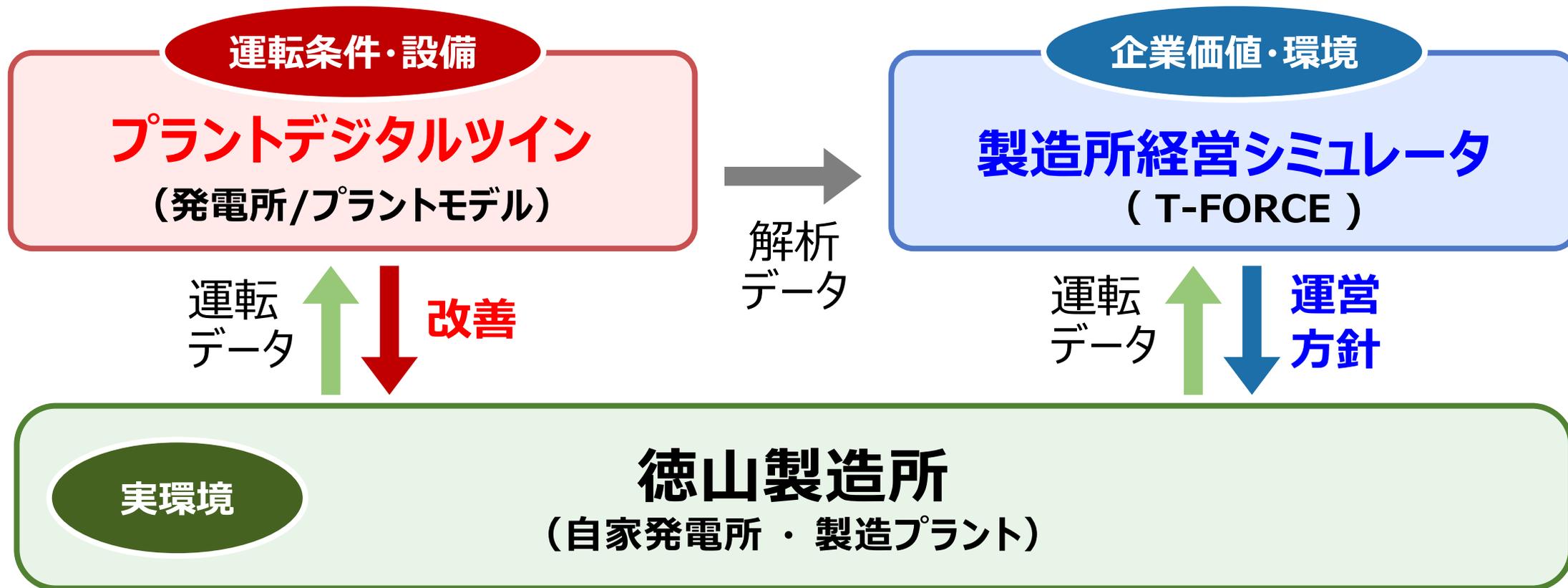
モデル類型	製品系列(例)	製造前	製造	製造後	ビジネスモデルが抱える制約
N : 1 モデル	セメント 化成品 電子先端材料	受注 受注 受注	徳山製造所 発電所	出荷 出荷 出荷	<p>◆制約 製造所全体のエネルギー・マテリアル バランス制約下で利益最大化</p> <p>◆TDXによる取組み【事例1】 制約条件の中で最適化を見出す経営 シミュレーター(T-FORCE)を開発・運用中</p>
1 : N モデル	ライフサイエンス	受注	鹿島工場 委託業者A 委託業者B ⋮	出荷 出荷 出荷	<p>◆制約 委託業者の生産能力、日程調整を 含めた計画立案が必要</p> <p>◆TDXによる取組み 委託活用の複数パターンの中からベスト オプションを選択できるシステムを構築中</p>
1 : 1 モデル	トクヤマデンタル	受注	デンタル鹿島工場	出荷	<p>◆制約 工場単体の製造能力が不足した際は、 人員増、休日出勤で対応</p> <p>◆TDXによる取組み【事例2】 デジタルツインにより生産性2倍となる プラント設計中(24年下期から順次稼働)</p>

①マクロ視点：【事例1】

モデル類型	製品系列(例)	製造前	製造	製造後	ビジネスモデルが抱える制約
N : 1 モデル	<div style="background-color: #ADD8E6; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">セメント</div> <div style="background-color: #ADD8E6; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">化成品</div> <div style="background-color: #ADD8E6; padding: 5px;">電子先端材料</div>	受注 → 受注 → 受注 →	<div style="border: 2px solid red; padding: 10px; text-align: center;"> 徳山製造所 発電所 </div>	出荷 → 出荷 → 出荷 →	<p>◆制約 製造所全体のエネルギー・マテリアル バランス制約下で利益最大化</p> <p>◆TDXによる取組み【事例1】 制約条件の中で最適化を見出す経営 シミュレーター(T-FORCE)を開発・運用中</p>
1 : N モデル	<div style="background-color: #ADD8E6; padding: 5px;">ライフサイエンス</div>	受注 →	<div style="border: 2px solid red; padding: 10px;"> 鹿島工場 委託業者A 委託業者B … </div>	出荷 → 出荷 → 出荷 →	<p>◆制約 委託業者の生産能力、日程調整を 含めた計画立案が必要</p> <p>◆TDXによる取組み 委託活用の複数パターンの中からベスト オプションを選択できるシステムを構築中</p>
1 : 1 モデル	<div style="background-color: #ADD8E6; padding: 5px;">トクヤマデンタル</div>	受注 →	<div style="border: 2px solid red; padding: 10px; text-align: center;"> デンタル鹿島工場 </div>	出荷 →	<p>◆制約 工場単体の製造能力が不足した際は、 人員増、休日出勤で対応</p> <p>◆TDXによる取組み【事例2】 デジタルツインにより生産性2倍となる プラント設計中 (24年下期から順次稼働)</p>

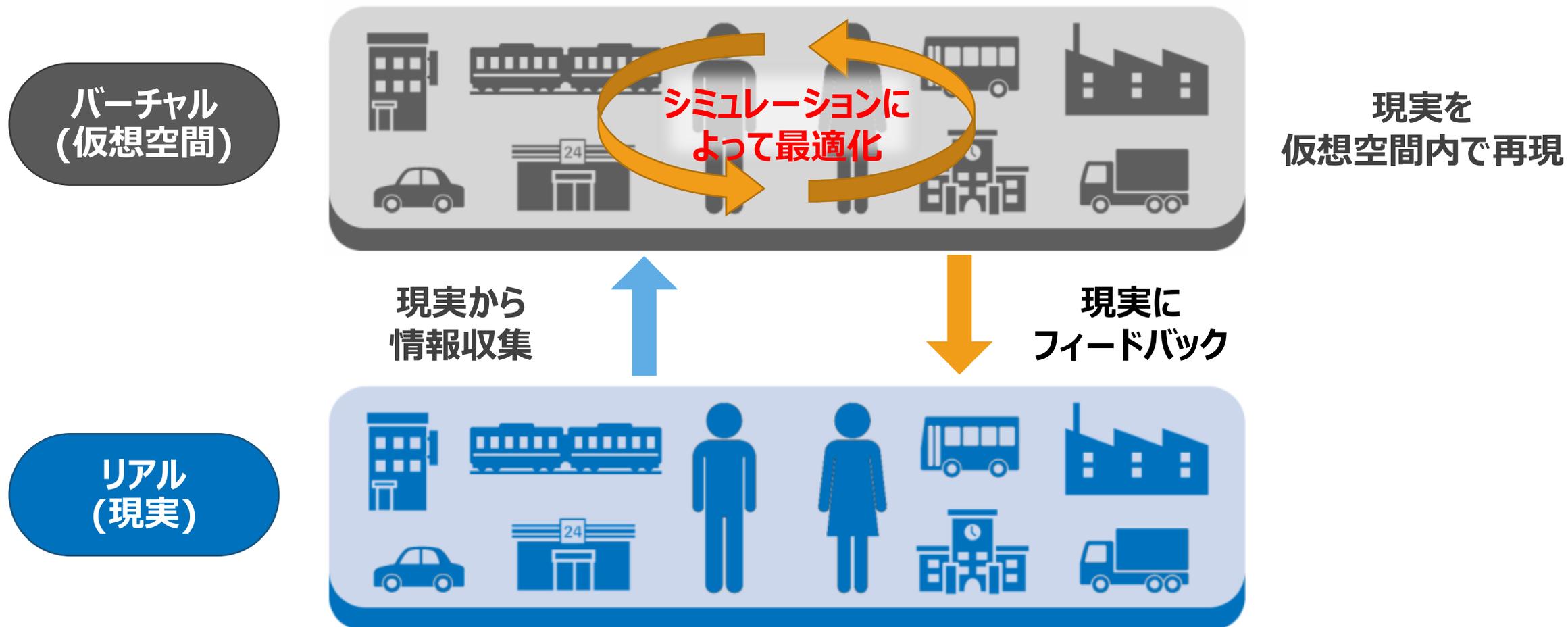
①マクロ視点：【事例1】徳山製造所におけるDX取組み概要

- 発電所やプラントの運転データを用い、「プラントデジタルツイン」で運転条件や設備構造の改善を推進
- 「製造所経営シミュレータ(T-FORCE)」で中長期的な経営方針を立案し、企業価値向上や環境負荷低減に寄与



①マクロ視点：【事例1】デジタルツインとは

- 現実世界における試行錯誤検討が難しい事象について、仮想空間上で最適化検討を行う。
- その結果の中から、ベストな方法を現実にフィードバックする。



①マクロ視点：【事例1】プラントデジタルツインのイメージ

- 設備の改造や増設、運転条件の最適化において様々な条件でケーススタディを実施できる。
- その際、実際のプラントデータを活用することにより、精度の高いシミュレーションが可能になる。
- 主要10プラントのモデル化を推進中。プラント全体のモデル化により、プラント全体への影響を評価できる。

リアルプラント

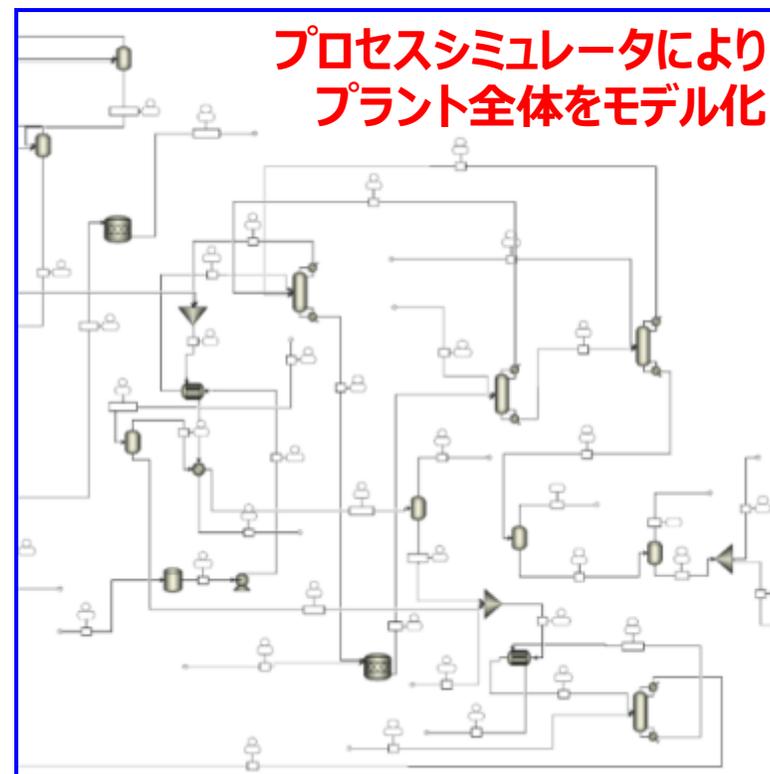


モニタリング
運転Data



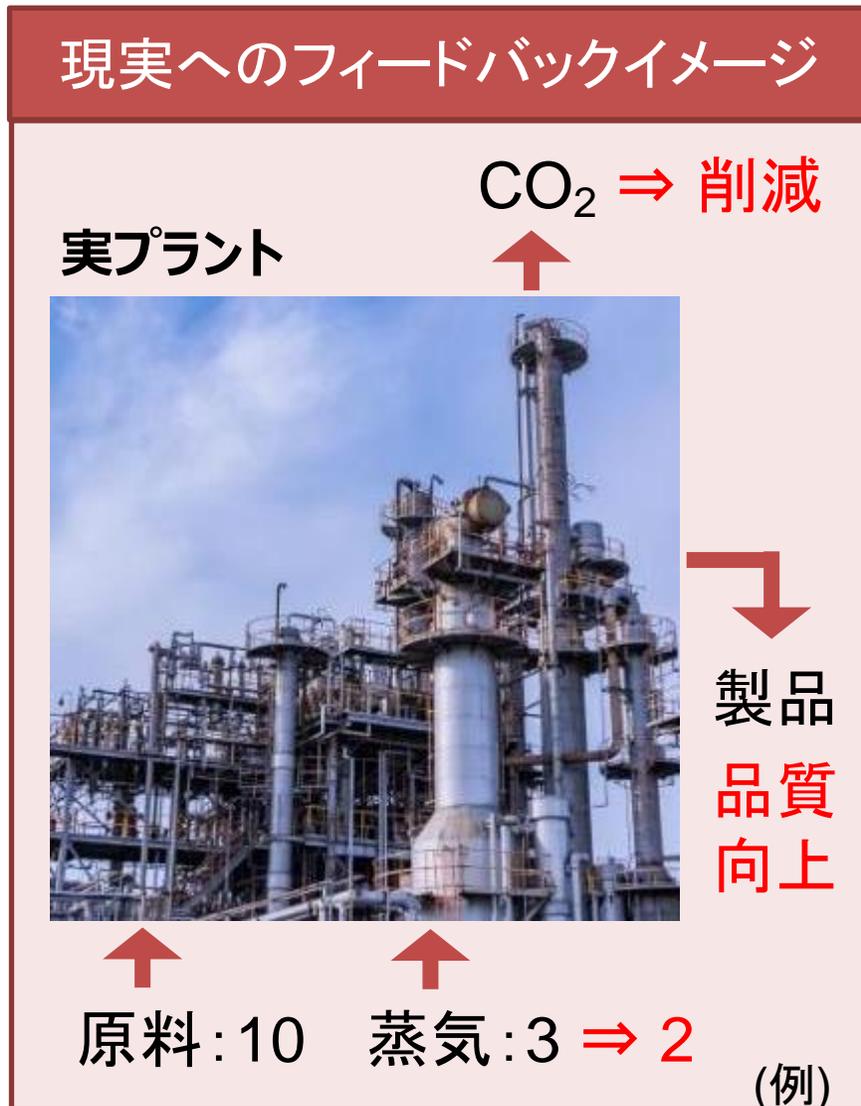
運転指針・
設備改造
フィードバック

バーチャルプラント
(仮想空間)



①マクロ視点：【事例1】プラントデジタルツインの効果例

■ 徳山製造所におけるプラントデジタルツインの効果事例イメージ



成果創出の方向性

- ・ユーティリティー使用量削減
- ・品質向上
- ・生産性向上（高効率化）
- ・CO₂排出量削減、利活用 など

シリカプラントの改善・
運転支援ツール作成

VCMプラント
精製工程の省エネ化

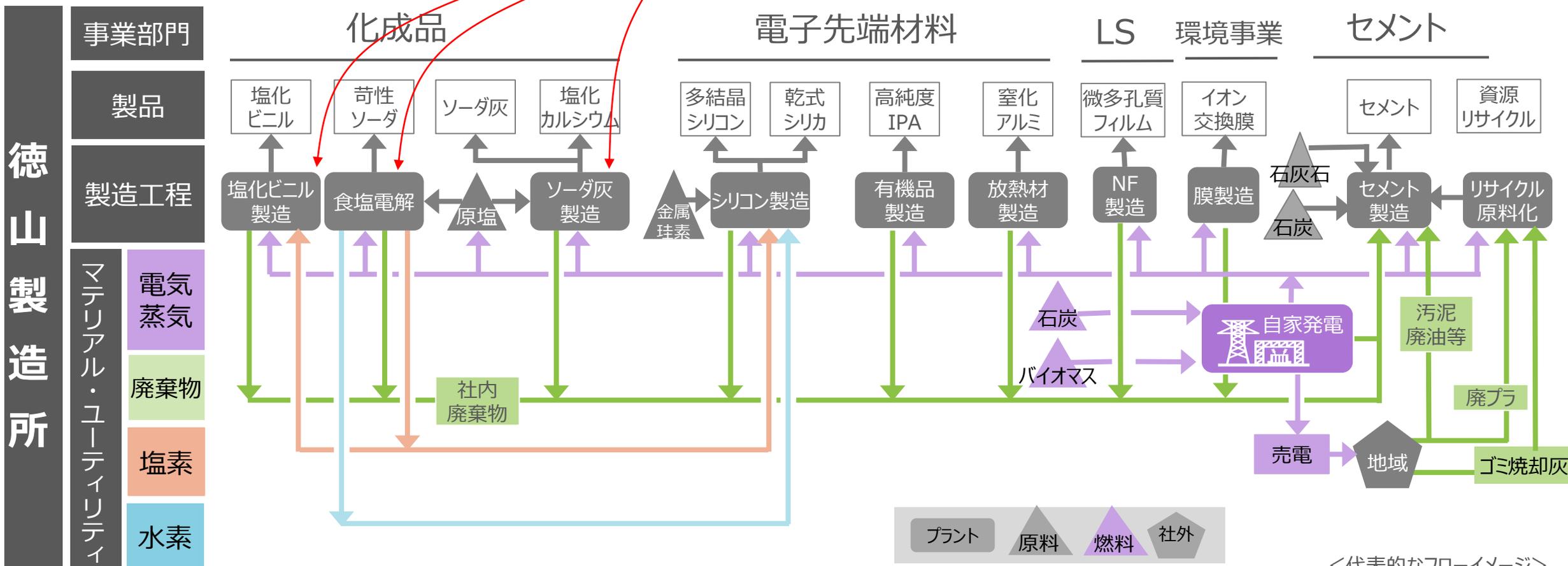
生産性向上、ユーティリティ
使用量削減等により

年間計 1 千万円以上の
コスト削減を実現

①マクロ視点：【事例1】徳山製造所の制約条件

- 徳山製造所はマテリアルとユーティリティーが高度に統合されていることが強みである一方、それぞれが制約条件になってしまう場合があることが課題

個別プラントのデジタルツインシミュレーションだけでは、全体の「制約条件」を反映することができない → 追加の施策が必要



<代表的なフローイメージ>

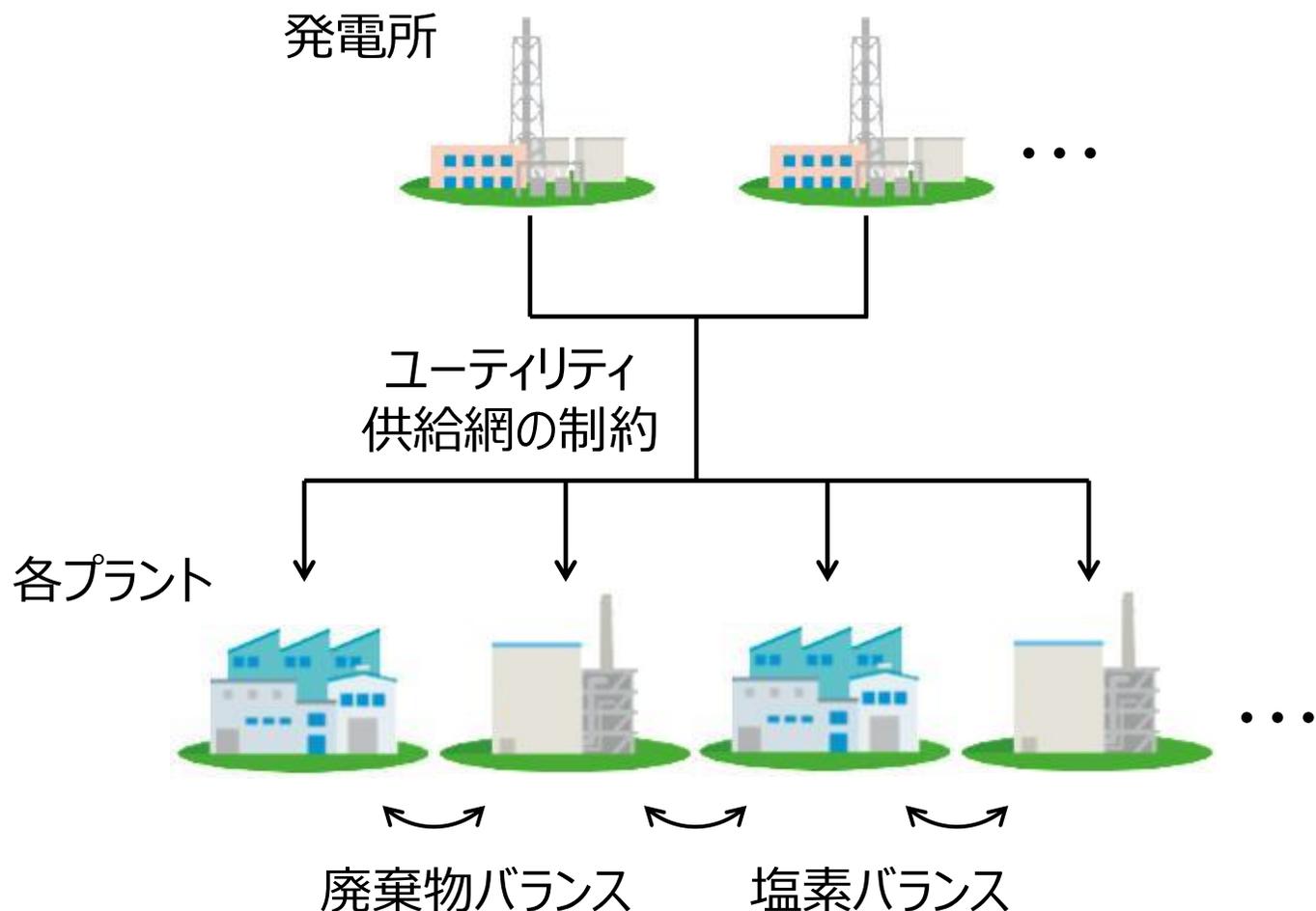
① マクロ視点：【事例1】利益最大化に向けた課題

- 中長期的に利益を最大化させるためには、マテリアル、ユーティリティのバランス、また廃棄物やCO2 排出量等の様々な要素を多角的に考慮する必要がある
- 従来は、このような総合的な検討を簡易にできるツールが無かった



①マクロ視点：【事例1】経営シミュレータ開発の難易度

- マテリアルやユーティリティーのバランスを考慮しながら、複数の発電所やプラントの稼働率等を同時に最適化し、製造所全体の利益を最大化させる必要あり
- 天文学的な組み合わせとなり、そのツールの開発は難易度が極めて高かった → <今回開発に着手>



発電所の数 : 4
各プラントの数 : 20



稼働率の組み合わせは $(1000兆)^3$
通りにも及び、**天文学的数値**となる。
この最適化は極めて高い難易度。



①マクロ視点：【事例1】経営シミュレータ(T-FORCE)開発と活用

- 全体最適（収益、CO2等）のシミュレーションができる経営シミュレータ T-FORCEを内製での開発に成功
- 目的に応じてアウトプットを活用できる（収益最大化、CO2最小化等）

【インプット】



CO₂

- ✓ 炭素税
- ✓ CO₂排出上限
- ✓ 売買電気代
- ✓ 発電燃料価格・使用量制約 etc.



経営シミュレータ (T-FORCE)



操作画面 → Excel

内部計算 → Python

連携



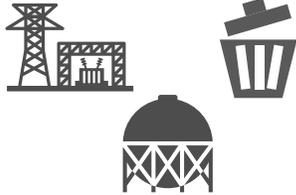
【アウトプット】



- ✓ 売上高、
- ✓ 営業利益
- ✓ CO₂排出量
- ✓ 稼働指針
- ✓ 燃料
- ✓ 売電・買電量



【参照情報】

収益	ユーティリティ・マテリアル
 <ul style="list-style-type: none">✓ 予算✓ 原価	 <ul style="list-style-type: none">✓ 電気・蒸気バランス✓ 塩素バランス✓ 廃棄物バランス

①マクロ視点：【事例1】経営シミュレータ導入による期待効果

- 内製で開発した経営シミュレータ「T-FORCE」の運用を2023年12月から開始した。
- 下記の効果により、中期経営計画で掲げる「事業ポートフォリオの転換」「地球温暖化防止への貢献」の実現に寄与し、企業価値最大化を目指す

環境変化を考慮
した事業戦略策定



炭素税、エネルギー価格変動等、外部環境変動を考慮したシミュレーションの実施により、利益を最大化させる中長期戦略の立案が可能となる

製造所運営方針の
機動的な修正



設備トラブルや原燃料価格の大きな変動が発生した際には、即座に再計算を実施し、常に利益最大化を目指す製造所運営方針に修正できる。

エネルギー方針の
適切な判断



自家発電における燃料転換、外部との売買電に関する影響度の定量的な評価により、エネルギー方針の適切な判断が可能となる

CO₂排出量削減



CO₂排出量の削減を最優先とした場合の操業プランなども想定できる。
(企業価値最大化の観点から選択肢となる)

DXノウハウの蓄積



社内製作により、DX技術の蓄積及び追加費用無しでの運用を実現。

①マクロ視点：【事例2】

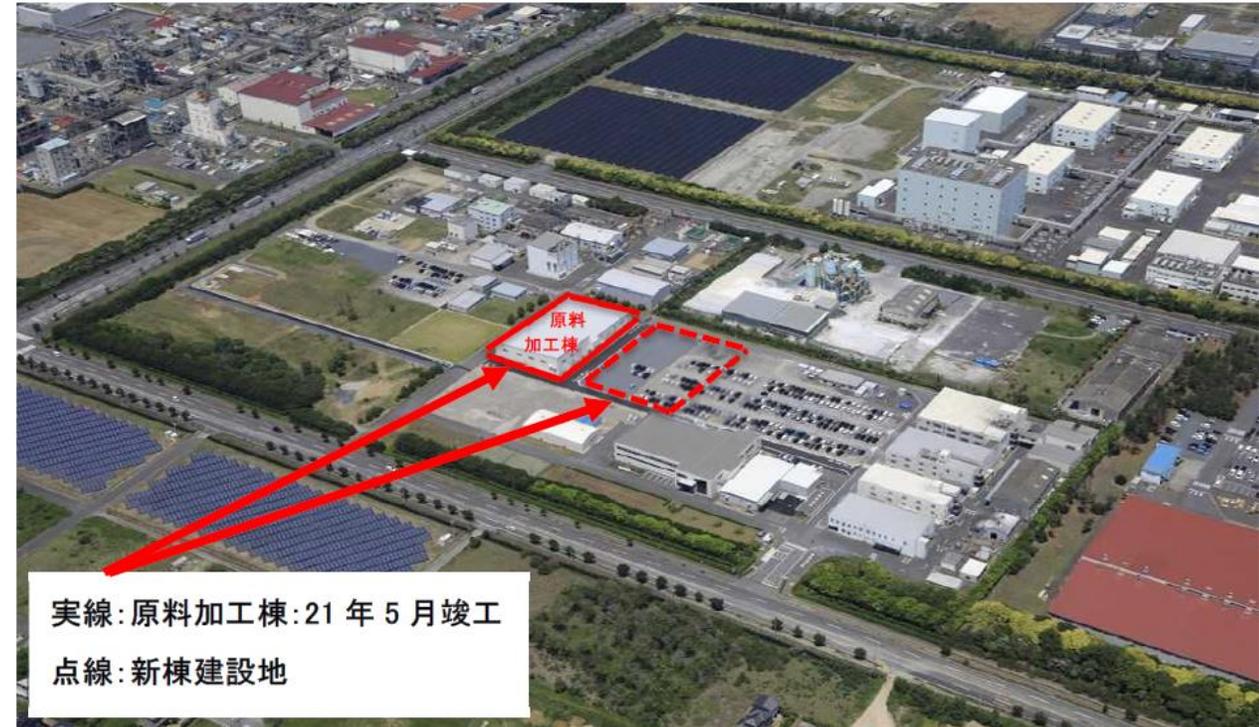
モデル類型	製品系列(例)	製造前	製造	製造後	ビジネスモデルが抱える制約
N : 1 モデル	<div style="background-color: #e0f0ff; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">セメント</div> <div style="background-color: #e0f0ff; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">化成品</div> <div style="background-color: #e0f0ff; padding: 5px;">電子先端材料</div>	受注 受注 受注		出荷 出荷 出荷	<p>◆制約 製造所全体のエネルギー・マテリアルバランス制約下で利益最大化</p> <p>◆TDXによる取組み【事例1】 制約条件の中で最適化を見出す経営シミュレーター(T-FORCE)を開発・運用中</p>
1 : N モデル	<div style="background-color: #e0f0ff; padding: 5px;">ライフサイエンス</div>	受注		出荷 出荷 出荷	<p>◆制約 委託業者の生産能力、日程調整を含めた計画立案が必要</p> <p>◆TDXによる取組み 委託活用の複数パターンの中からベストオプションを選択できるシステムを構築中</p>
1 : 1 モデル	<div style="background-color: #e0f0ff; padding: 5px;">トクヤマデンタル</div>	受注		出荷	<p>◆制約 工場単体の製造能力が不足した際は、人員増、休日出勤で対応</p> <p>◆TDXによる取組み【事例2】 デジタルツインにより生産性2倍となるプラント設計中(24年下期から順次稼働)</p>

①マクロ視点：【事例2】デジタルツインを活用したプラント設計

- (株)トクヤマデンタルは世界70カ国以上に歯科材料を製造・販売するトクヤマの100%子会社であり、100品目、1800種類の多種多様な製品を1工場生産
- 主力製品のコンポジットレジン（虫歯の治療材料）増産に向け、2024年度に新棟を建設
- 効率的な設備投資・省人化を目的に、デジタルツインを用いた製造シミュレーションに着手



コンポジットレジン製品



新プラント建設地(2024年下期製造開始予定)

①マクロ視点：【事例2】生産シミュレーション活用イメージ

- 新プラント構想をデジタル上で構築・検証することで、生産数量や作業員の人数、投入計画などを正確に算出
- 設備投資パターンの確からしさを算出、投資効果の可視化を実現

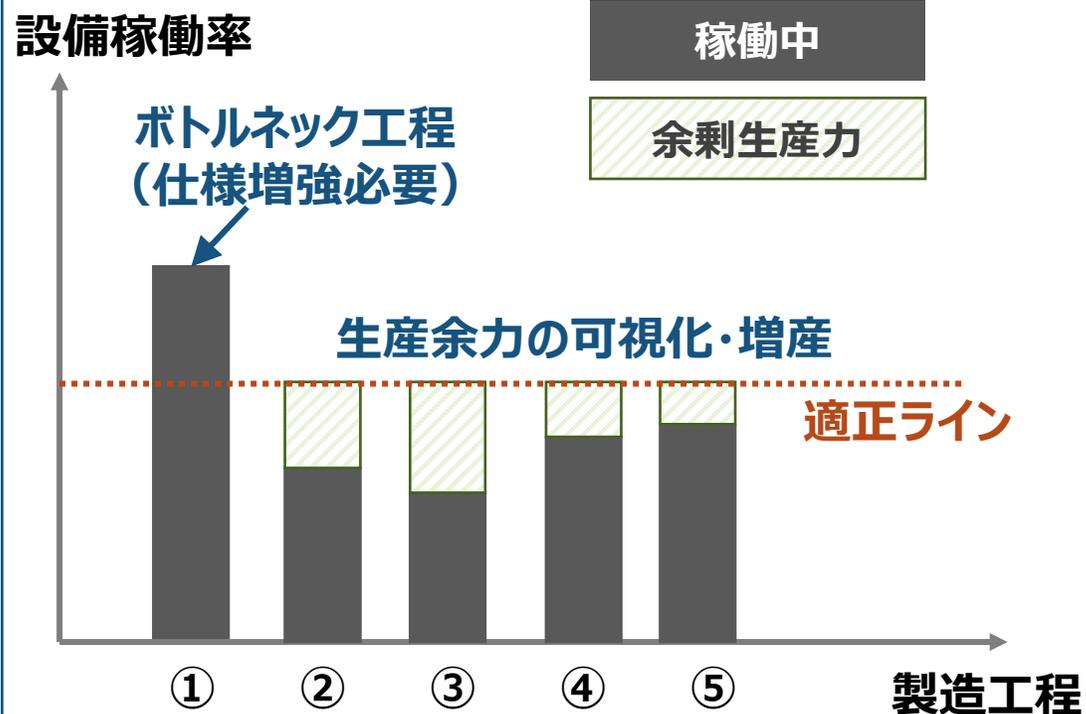


2023年5月にソフト導入。トクヤマデンタル向けにカスタマイズ後、シミュレーションを実施

①マクロ視点：【事例2】生産シミュレーションによる期待効果

- 生産能力/設備稼働率等のシミュレーションにより、導入設備の仕様設定や人員配置の計画策定に活用
- コンポジットレジン増産に向け2024年下期から生産開始予定の新プラントにシミュレーション結果を反映予定

シミュレーションによる評価イメージ



期待効果例

生産能力の把握

- ・生産能力
- ・ピーク対応能力
- ・ボトルネック工程

適切な投資方針

- ・設備仕様
- ・設備基数
- ・設備配置方法
- ・作業人数

改善に向けた指針

- ・設備の待ち時間最小化の方策 (品替え、完成待ち等)
- ・稼働率を最大化させるための指針
- ・設備仕様を強化した場合の省人化効果



新プラントの建設に反映予定

1. イントロダクション

2. トクヤマのDX取組 全体像

3. 製造分野におけるDX取組事例

① マクロ視点・・・DXによるビジネスモデル強化

【事例1】経営シミュレータによる企業価値最大化

【事例2】デジタルツインを活用したプラント設計

② ミクロ視点・・・AIを活用したオペレーションの効率化

【事例3】環境監視業務の改善

【事例4】製品品質の予測

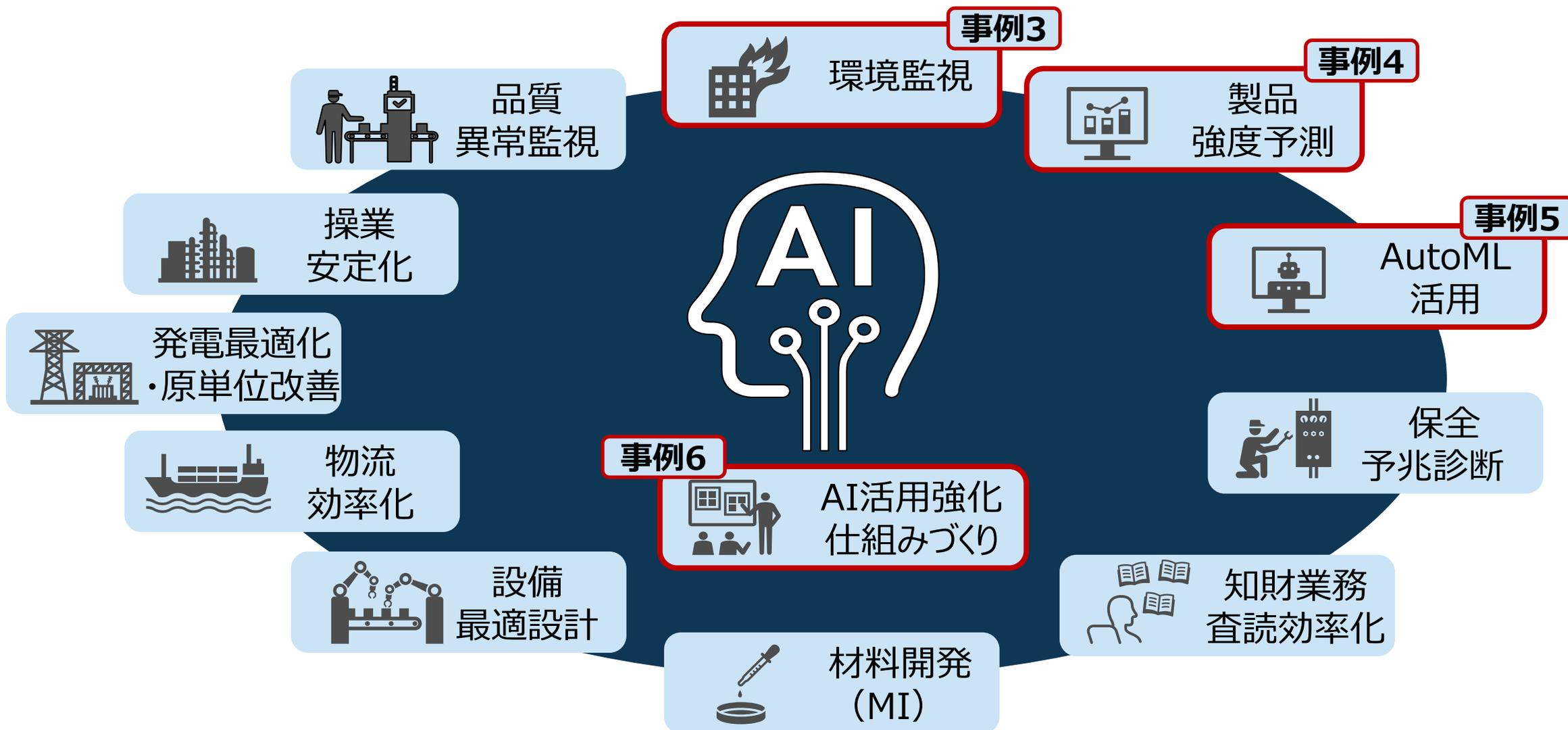
【事例5】機械学習の社内展開

【事例6】AI活用を拡大・強化させる仕組みづくり

4. まとめ

②マイクロ視点：AIを活用した業務オペレーションの効率化

- 当社では、生産活動を含め様々な業務領域でAIの活用を積極的に進めている



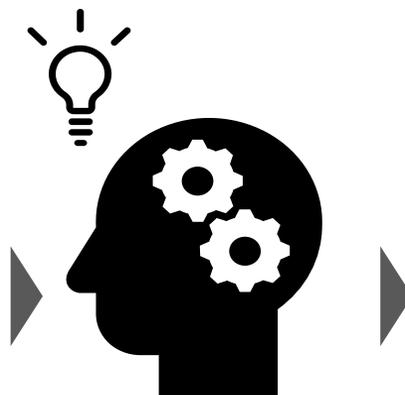
②マイクロ視点：【事例3】環境監視カメラ画像を活用した黒煙検知

- 製造所監視カメラシステムに黒煙検知の画像AIを適用することで、火災等の早期発見および保安員の常時監視負荷を軽減 **(内製で開発、2023年下期～運用開始)**

機械学習データ



※生成AI利用



画像AIモデル

画像判定 ※判定部に着色



消火訓練時黒煙



近隣火災時黒煙

黒煙を検知すると
アラート発報

監視カメラモニター

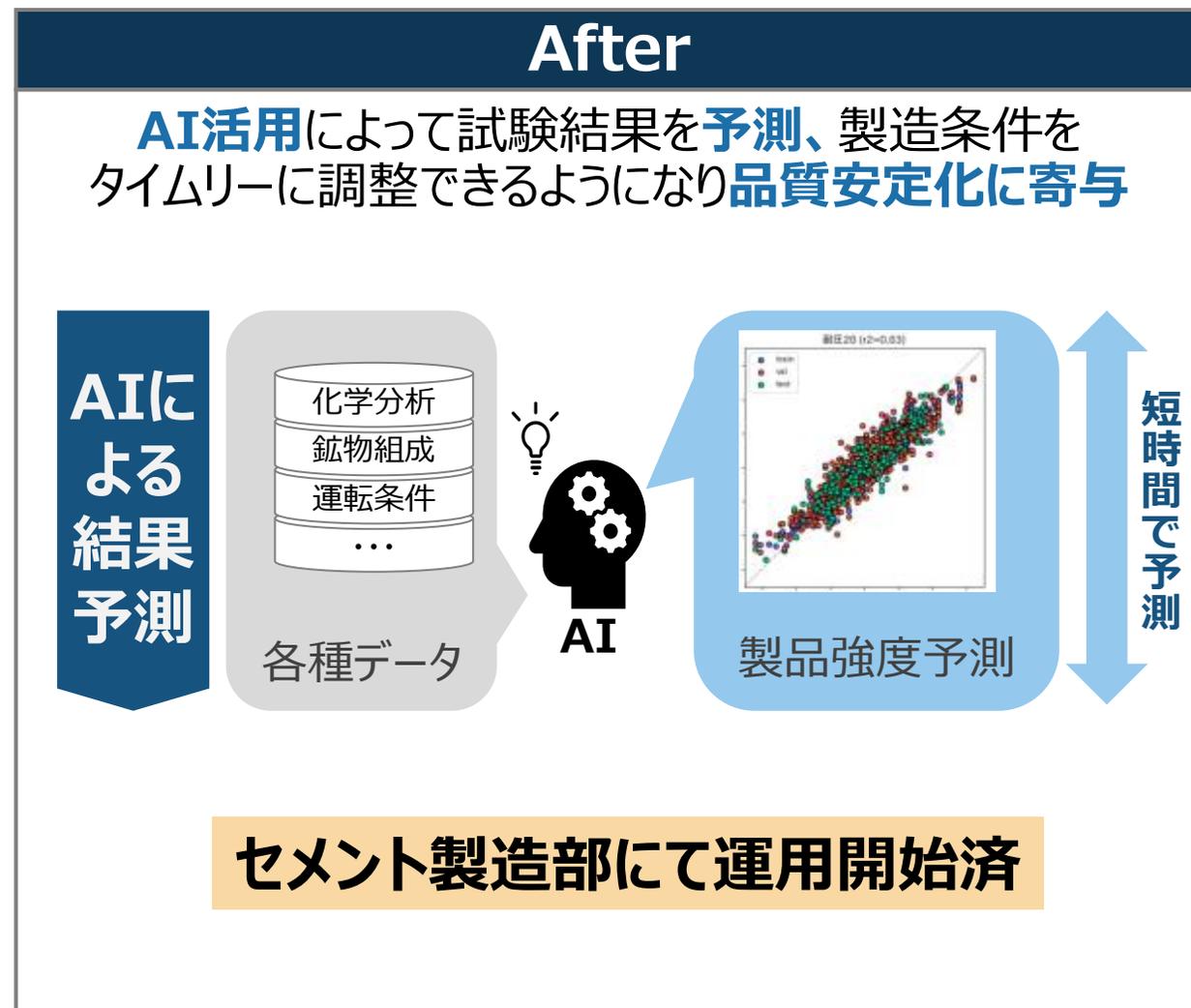


監視カメラ映像を
AI判定用PCに取込



②マイクロ視点：【事例4】モルタル圧縮強さの予測

- 従来、モルタル圧縮強さ試験に長い時間を要していたため、製造条件変更がタイムリーにできなかったが、AI予測で早期対応可能に（内製で開発、2023年8月～運用開始）



②マイクロ視点：【事例5】機械学習の社内展開 (Auto MLツールの開発)

- 機械学習を自動で簡易に利用できるAutoMLツール（名称：Tokuyama AutoML）を開発。社内におけるAI活用の裾野を広げるため社内に利用を開放（内製で開発、2024年5月～運用開始）

「Tokuyama Auto ML」のコンセプト：誰もが簡単に、データから示唆を得ることができる！

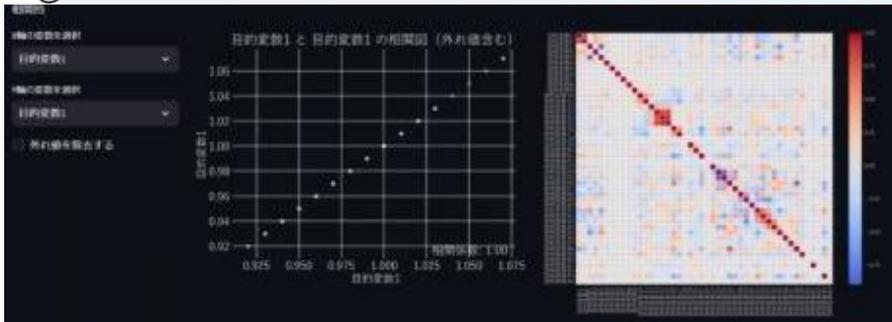


①データをドラック&ドロップ

②簡単な設定をして

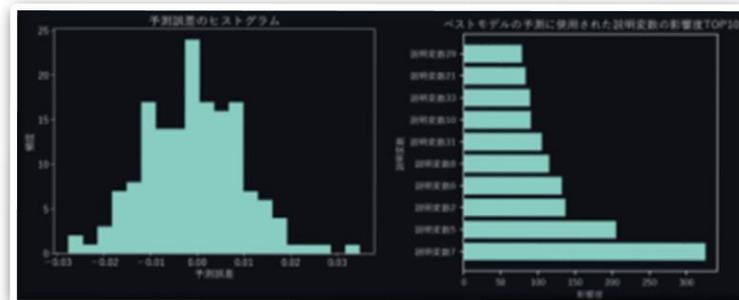
③ボタンを押すと…

様々な手法から予測モデルを作成！



← 説明変数相関 (左)
相関行列 (右)

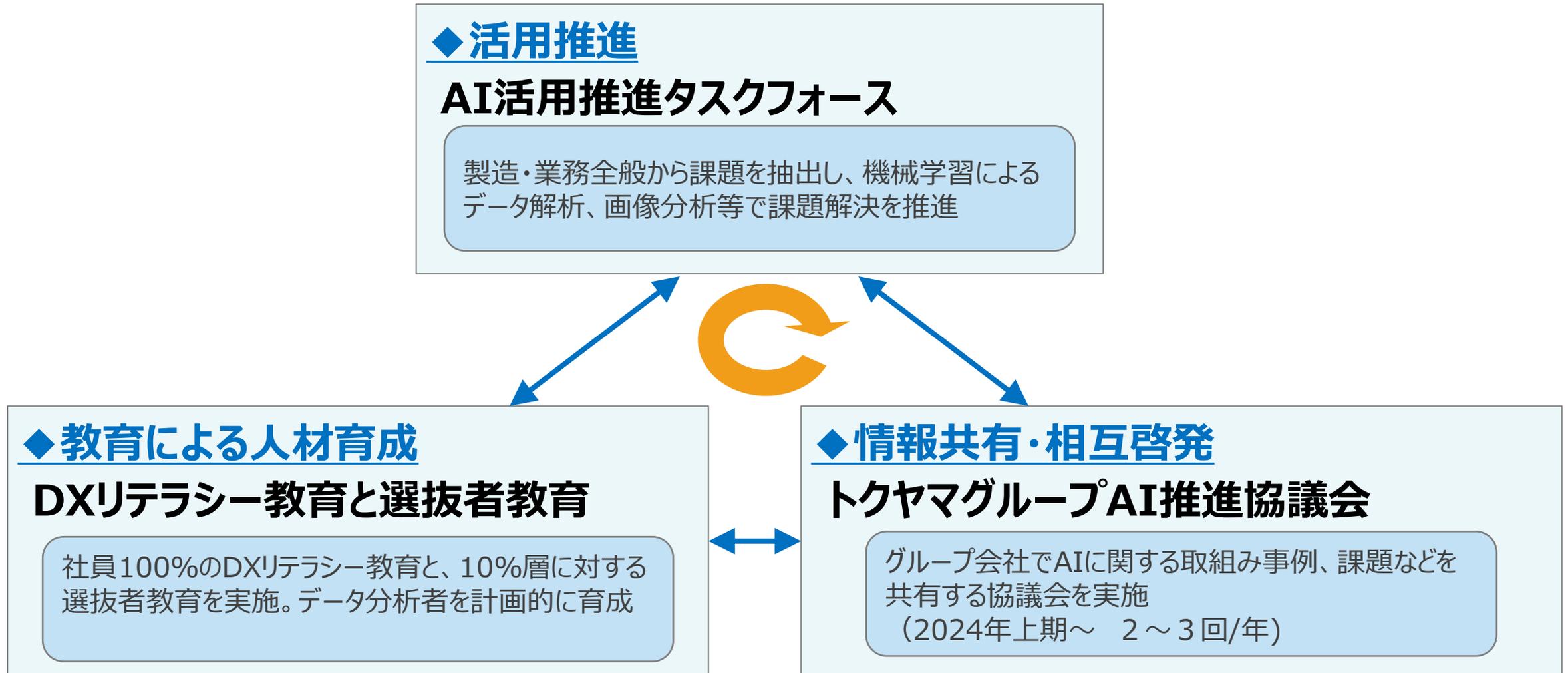
誤差ヒストグラム (左)
影響度ランキング (右) →



※ML = Machine Learning (機械学習)

②マイクロ視点：【事例6】AI活用の強化・拡大に向けた仕組みづくり

- AI活用の強化、拡大を進めるため、グループ全体で「活用推進」「情報共有」「人材育成」を組織的に実施

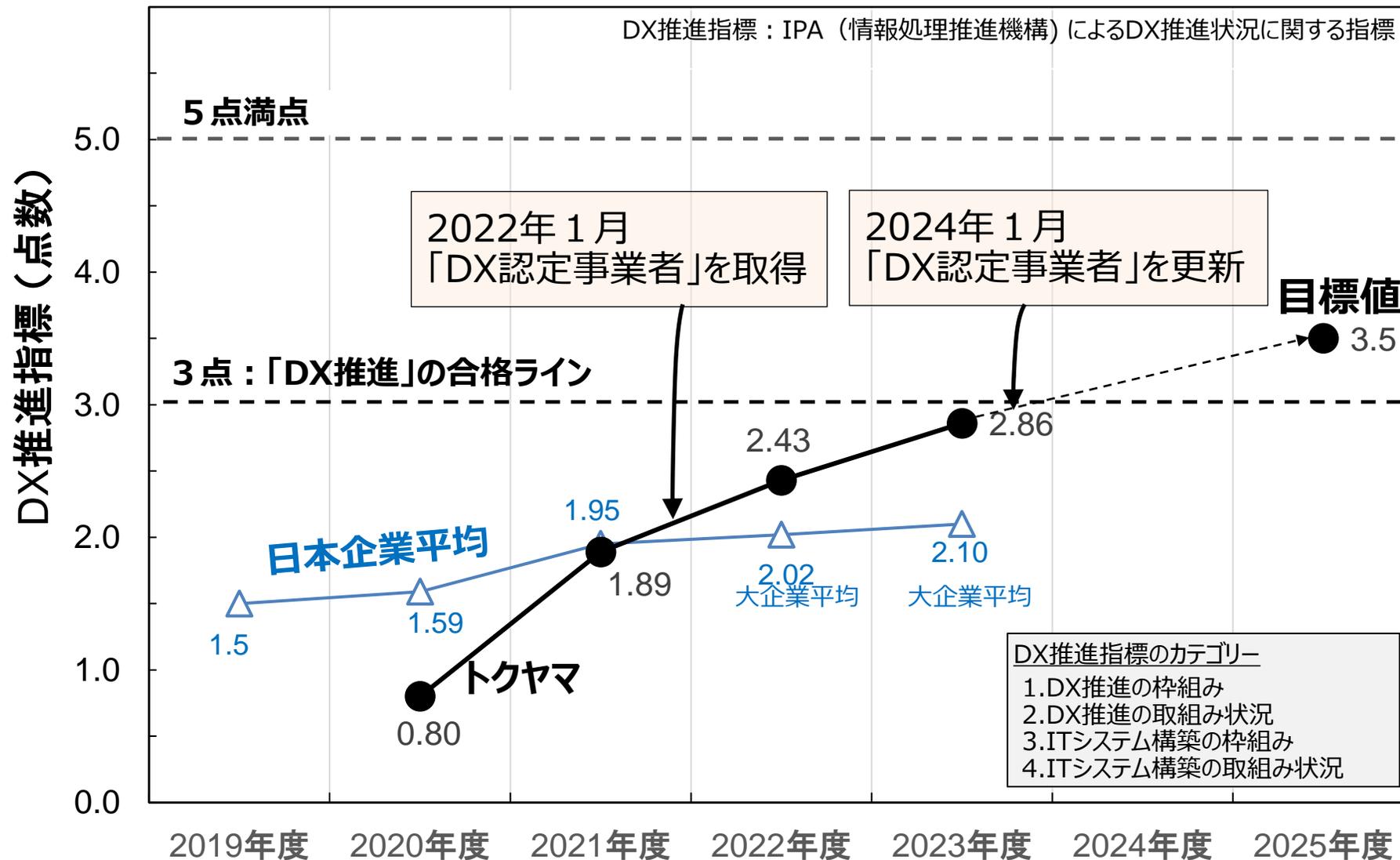


1. イントロダクション
2. トクヤマのDX取組 全体像
3. 製造分野におけるDX取組事例
 - ① マクロ視点 ……DXによるビジネスモデル強化
 - 【事例1】経営シミュレータによる企業価値最大化
 - 【事例2】デジタルツインを活用したプラント設計
 - ② ミクロ視点 …… AIを活用したオペレーションの効率化
 - 【事例3】環境監視業務の改善
 - 【事例4】製品品質の予測
 - 【事例5】機械学習の社内展開
 - 【事例6】AI活用を拡大・強化させる仕組みづくり

4. まとめ

4. DX推進指標の推移

■ TDXの各種取組みにより、DX推進指標は上昇。24年1月にDX事業者認定を更新



- トクヤマでは中期経営計画を実現に向け、トクヤマDX(TDX)を全社プロジェクトとして推進中
- 「マクロ視点」「ミクロ視点」両視点から取組むことで、中期経営計画の達成に寄与していく

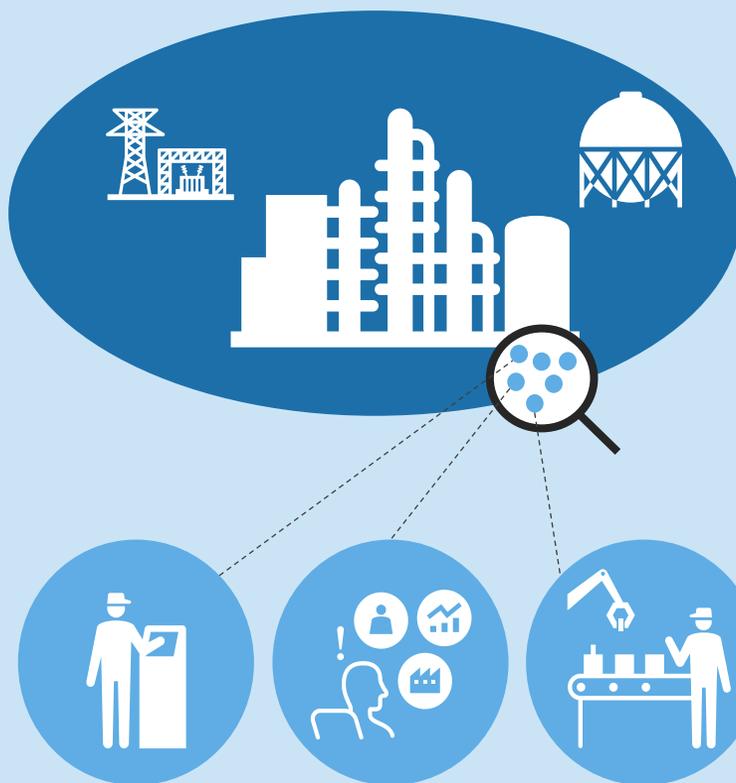
トクヤマDX

【マクロ視点】

- 「N:1」、「1:N」、「N:1」の3つのビジネスモデルそれぞれの制約条件を改善するTDX取組みを推進
- 経営シミュレータ「T-FORCE」構築により、収益最大化/CO2削減などシミュレーションできるようになり企業価値最大化に貢献
- トクヤマデンタルではデジタルツインの活用により、新プラント建設において設備仕様・人材配置を最適化

【ミクロ視点】

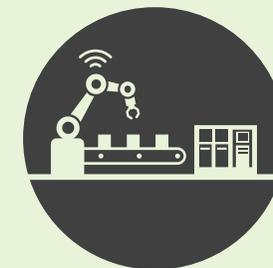
- 「黒煙検知」「モルタル強度予測」などのAIモデルを内製で開発し2023年度に運用を開始
- 機械学習を自動で簡易に適用できる「Tokuyama AutoML」を内製で開発し、全社での活用を開始
- 「活用推進」「情報共有」「人材育成」を組織的に行うことで、AI活用の拡大・強化を目指す



全社一丸
で推進



中期経営計画の
達成に寄与



ビジネスモデル強化



ポートフォリオ転換

もっと未来の人のために

TOKUYAMA 