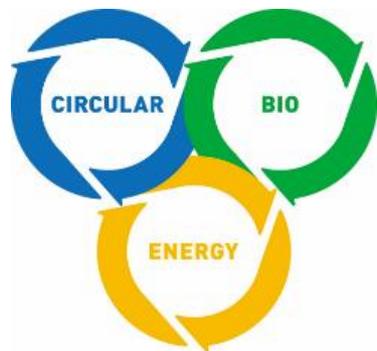


ものづくり分野におけるDX ーデジタル成熟度の向上において 大切にすべき5つの行動指針ー



新エネルギー・産業技術総合開発機構
技術戦略研究センター（TSC）
デジタルイノベーションユニット

- コロナ禍を受け、世界中でデジタル化、オンライン化への意識が変化しており、製造業においても、IoTやAI、シミュレーション等を活用したデジタルトランスフォーメーション（DX）による、ものづくりの変革への取り組みが進んでいる。
- DX推進により、製品やサービス、ビジネスモデルが変革され、競争上の優位性の確立や労働生産性の向上が期待されている。
- また、環境問題や持続可能性への意識の高まりから、カーボンニュートラルや3R、エネルギー問題の解決策の一つとしても、DXが注目されている。
- しかし、日本の製造業では、一部の企業においてはデジタル化の取り組みは進められているものの、大部分の企業では、DXの取り組みが始まったばかりである。
- DX推進を開始したものの難航している企業や、どこから始めたらよいのか苦心している企業、DXの意義に疑問を感じている企業も多い。
- 本レポートでは、製造業のDXに関する文献調査を実施し、ものづくり分野におけるDX推進において大切にすべき行動指針を抽出し、指針ごとの課題とその解決方法を例示し、企業がデジタル成熟度を向上させるための具体的な取り組みをまとめた。

社会的背景

- コロナ禍とコロナ禍後の社会変化
- デジタル経済の推進と製造業のニューノーマル
- 脱炭素社会の実現に向けた各国の取り組み
- 脱炭素の推進と製造業のニューノーマル

ものづくり分野におけるDXの分析

- DXの定義
- 製造業におけるDX関連文献調査
- 共起ネットワーク分析によるカテゴリー分類
- ものづくり分野のDXにおいて重要な5つの行動指針
- 行動指針とデジタル成熟度との関係性
- 文献調査から得られた製造業のニューノーマルとは

日本のものづくり分野におけるDXの現在地と課題、課題の解決方法

- 日本のものづくり分野におけるDXの現在地と課題の整理
- 「自己変革能力の向上」における課題と解決策
- 「スマート生産の実現」における課題と解決策
- 「デジタルエコシステムの活用」における課題と解決策
- 「循環型生産の実現」における課題と解決策
- 「持続可能な生産の実現」における課題と解決策
- 未来のものづくりの「あるべき姿」
- デジタル成熟度分類表による成熟度ごとの理想像
- ものづくり分野におけるDXの推進に向けた取り組みのまとめ



社会的背景

- 製造業ではWithコロナ、Afterコロナ時代の「ニューノーマル」に向け、デジタルリテラシーの差を解消するため、デジタル技術を活用した自社の経営・オペレーションの変革が求められている。

コロナ禍において、企業間のデジタルリテラシーの差が顕在化

- 従業員が工場やオフィスに出勤できない状態での生産活動の維持
- グローバルサプライチェーンの再編成、出入国が制限された海外の生産拠点からの国内回帰
- ステイホームやリモートワークの普及によって突発的に発生した予想外の製品需要への対応
- 国内から技術者を派遣できない状況での海外工場における量産立ち上げの実施

デジタル技術を活用した経営・オペレーションの変革による 製造業のニューノーマルの実現

コロナ禍後、製造業のニューノーマルに必要となる共通キーワード・技術

<共通キーワード>

- リモート、オンライン、分散化、自動化、省人化 ⇒ **デジタルシフト**

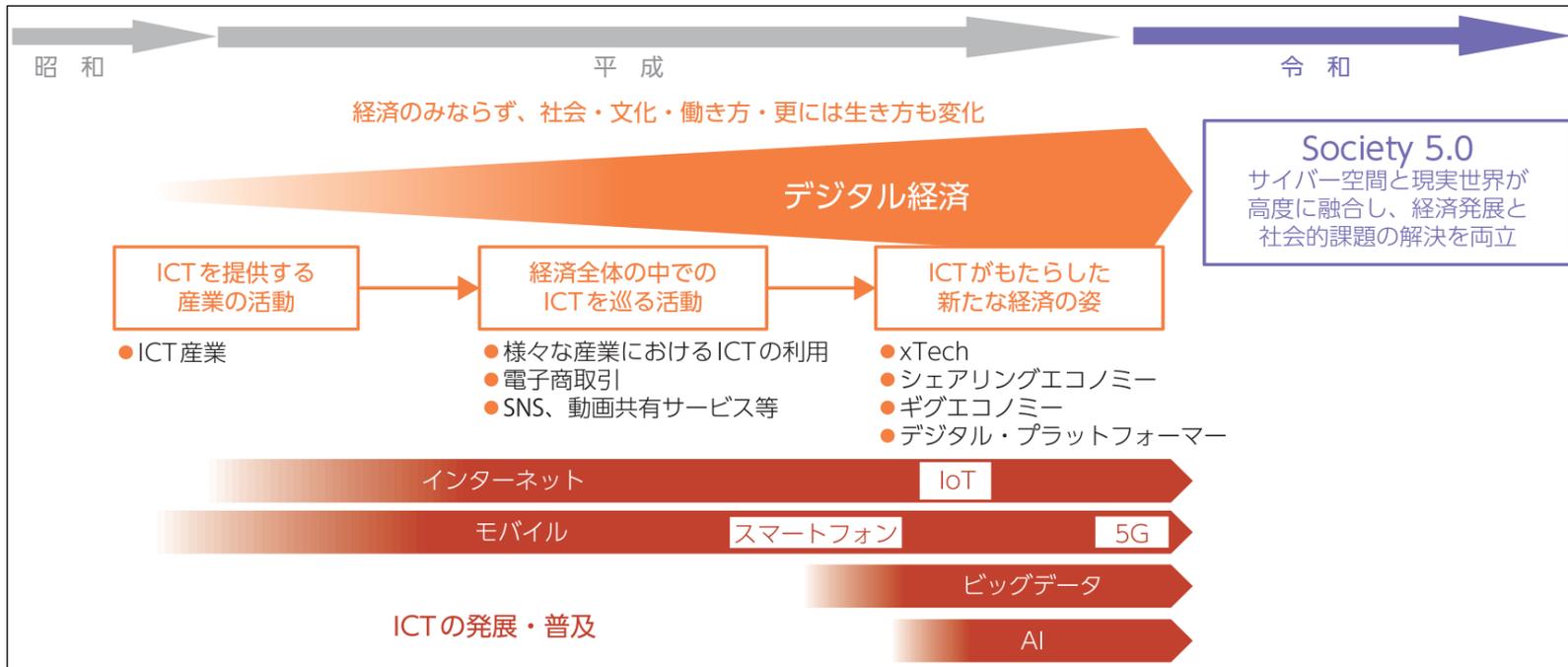
<共通技術（事業継続に必要となる技術）>

- **オンライン・コミュニケーション、リアリティ、信頼性・セキュリティ**

工場で行っていた設計や試作といった現場作業をデジタル化、遠隔での運転・操業、メンテナンス、サービス、少人数での操業における安全性の確保など

- Afterコロナでは、不可逆な変化（戦争・紛争、コロナの感染再拡大、半導体等の供給制約、エネルギー価格上昇等）への対応において、企業の体力的かつ資金的な明暗が分かれるため、グローバル規模での業界再編が加速する可能性が高い。
- コロナ禍でデジタル活用が拡大し、デジタル経済が拡大。従来から懸念されていた様々な本質的課題を解決するため、DXによるものづくりの改革が重要に。

進化するデジタル経済とその先にあるSociety 5.0



DXによる
ものづくり
の改革

- 脱炭素は世界経済のゲームチェンジの契機であり、新産業・雇用を生み出す源泉。
- 世界で「2050年カーボンニュートラル」による脱炭素化社会の実現に向けた動きが加速。
- 日本においても、「2050年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、すなわち2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指すこと」を宣言。

2050年までのカーボンニュートラルを表明した国



- 新型コロナウイルス感染拡大に伴う景気減速の回復策として各国がグリーン分野への投資を加速
- 各国が地球温暖化対策を成長戦略として捉え積極的にグリーン分野の研究開発支援や先端技術の導入支援等を実施
- ESG投資の促進・カーボンプライシングの導入

日本・EU・英国・米国・中国のカーボンニュートラル表明状況

	日本	EU	英国	米国	中国
2020				2021年1月パリ協定復帰を決定	
2030	2013年度比で46%減、さらに50%の高みに向けて挑戦(温対会議・気候サミットにて総理表明)	1990年比で少なくとも55%減(NDC)	1990年比で少なくとも68%減(NDC)	2005年比で50~52%減(NDC)	2030年までにCO2排出を減少に転換(国連演説)
2040					
2050	カーボンニュートラル(法定化)	カーボンニュートラル(長期戦略)	カーボンニュートラル(法定化)	カーボンニュートラル(大統領公約)	
2060					カーボンニュートラル(国連演説)

■ 脱炭素の推進には、DX×グリーントランスフォーメーション（GX）による炭素生産性の向上およびサプライチェーンの全体最適化が必要であり、製造業においても、積極的な脱炭素への取り組み（脱炭素経営）に期待が集まっている。

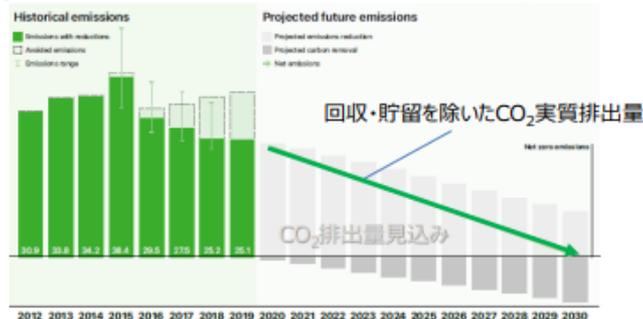
グリーン - カーボンニュートラルへの対応 -

- 製造業においても、サプライチェーン全体でのカーボンニュートラルを目指して取り組むグローバル大企業が現れ始めている。今後、我が国のサプライヤーにおいても、このような動きに留意していく必要がある。

事例 2030年までにサプライチェーンのカーボンニュートラルを実現 【米・Apple】

- 2020年7月、2030年までにサプライチェーンも含めたカーボンニュートラルを目指すと発表し、サプライヤーがApple製品の製造時に使用する電力についても、2030年までに再生可能エネルギー100%を目指すとの目標を掲げた。
- この要求に応じると宣言したサプライヤーは2020年7月時点で計71社。このうち国内企業は、半導体関連製品を供給するイビデン（株）や、液晶画面のシートを製造する恵和（株）など、計8社。

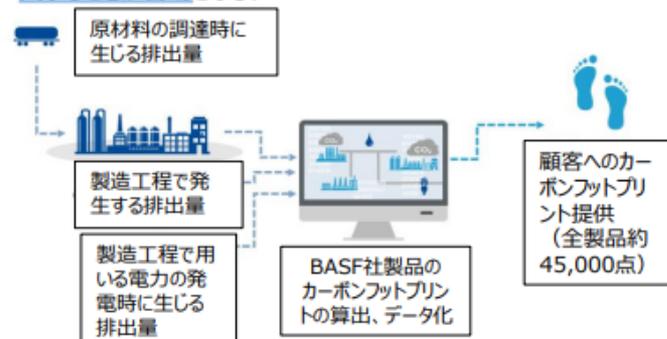
【Apple製品の製造から廃棄・リサイクルに至るライフサイクル全体でのCO₂排出量】



(資料) Apple "Environmental Progress Report 2019"

事例 全製品のカーボンフットプリントを提供 【独・BASF】

- 2020年7月、製品の原材料調達から出荷までの温室効果ガス排出量（カーボンフットプリント）を算出し、顧客への提供を開始すると発表。
- 2021年末までには、全製品について、カーボンフットプリントのデータを提供できるようにする予定。
- BASF社の製品を用いて最終製品を製造するメーカーにとっては、これらのデータを用いることで、自社製品のカーボンフットプリントを算出することが容易となる。



(資料) BASF "Product Carbon Footprint"

ものづくり分野におけるDXの分析

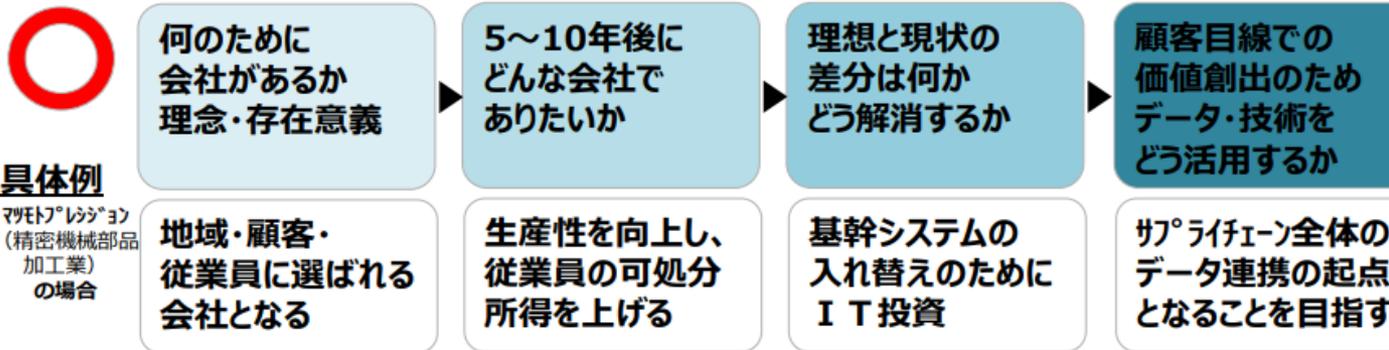
■ DXとは単なるデジタル技術の導入ではなく、デジタル技術を活用してこれまでの事業にはなかった新しい価値を顧客に提供すること、そのためにデジタル技術による自社の経営・ビジネスモデルを変革すること。 ➡ 顧客価値・体験の新規創造

そもそもDX（デジタルトランスフォーメーション）とは何か

- デジタル技術やツールを導入すること自体ではなく、データやデジタル技術を使って、顧客目線で新たな価値を創出していくこと。
- また、そのためにビジネスモデルや企業文化等の変革に取り組むことが重要となる。

DX構築のポイント
製造過程で得られる工程・時間データ、営業・サービス部門に集まる顧客ニーズ・クレーム等、企業が取得できるあらゆる情報やデータを活用し、顧客体験やビジネスプロセスを最適化

DX推進において経営者が考えるべきこと：



よくあるDXが進まないパターン：

- どんないく価値を創出するかではなく、「AIを使って何かできないか」という発想に
Ex.社長「AIやろう！」部長「なんかやるぞ！」現場「見積もりください！」ベンダ「・・・」（丸投げ）
- 号令はかかるが、DXを実現するための経営としての仕組みの構築が伴っていない
Ex.社長「明日からDXだ」部長「うちの部門は関係ない」現場「あー忙しい」（誰も変革に着手しない）

■ 世界における製造業のDXに関する動向や鍵となる技術等を把握するため、論文検索エンジン（Web of Science™）による文献調査を実施。

検索ワード①：'digital transformation' industry ➡ 総論文数：1,199報

検索ワード②：'digital transformation' manufacturing ➡ 総論文数：398報

（①と②で重複する論文数が321報あることから、検索ワード①で解析した）

検索ワード①
国別論文数



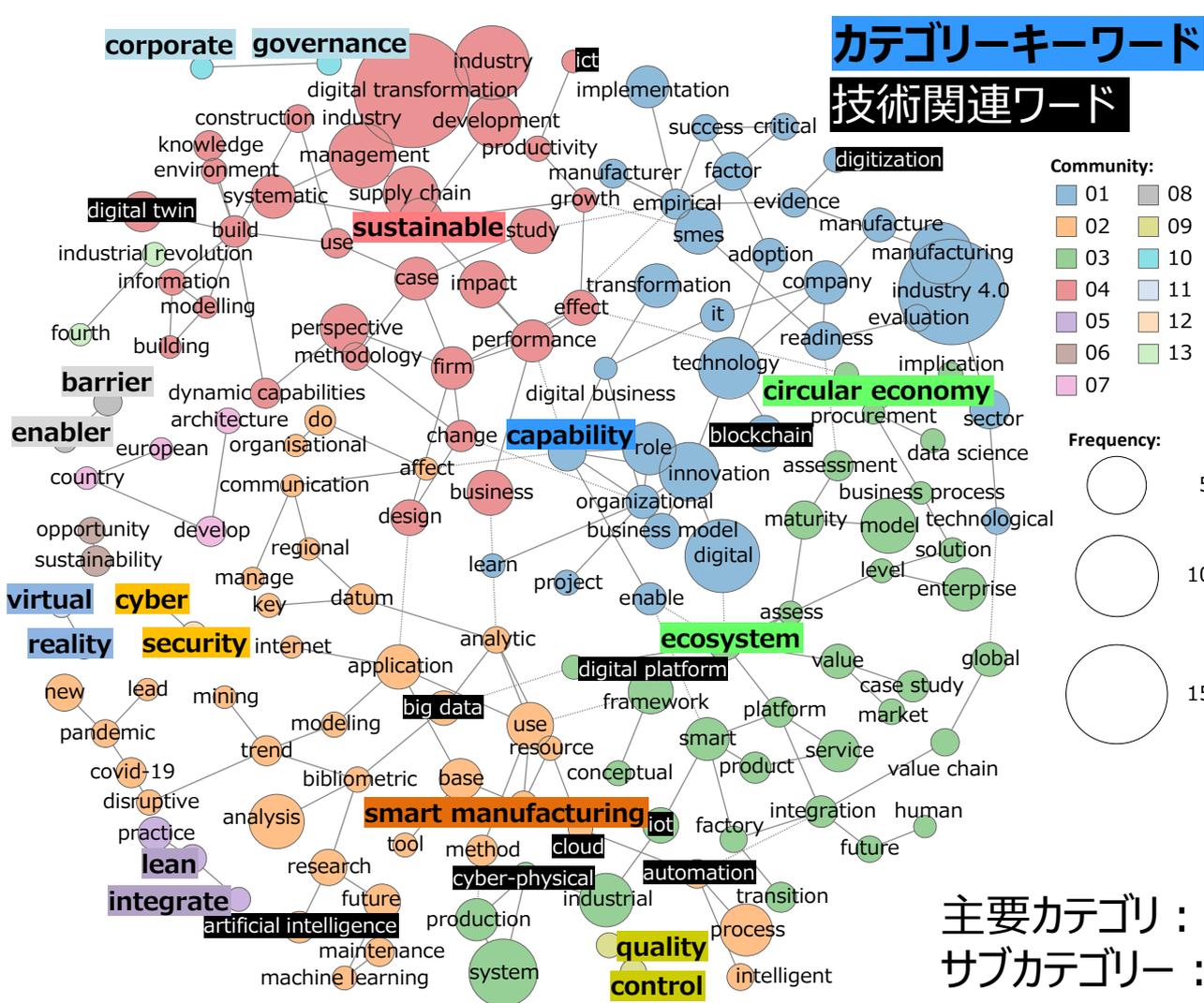
検索ワード①年別論文数



2019年以降急激に増加

ヨーロッパ、米国、ロシア、中国が多い
日本はかなり少ない

■ 得られた文献から、製造業と関連性が低い論文（教育・大学、農業、観光、金融、エンタメ、公共サービス）を除外し、765報のタイトルを共起ネットワーク分析。



- カテゴリー分類**
- ＜主要カテゴリー＞
- ケイパビリティ
 - スマートマニュファクチャリング
 - サーキュラーエコノミー
 - エコシステム
 - 持続可能性

- ＜サブカテゴリー＞
- サイバーセキュリティ
 - 障壁・成功要因
 - バーチャルリアリティ
 - 品質管理
 - 企業統治
 - 無駄のない（リーン）生産・統合

主要カテゴリー：共起ワードの結びつきが多い物
 サブカテゴリー：単独で存在している物

- ものづくり分野のDXにおいて大切にすべき5つの行動指針を抽出。
- 各指針に関連の深い文献から関連キーワード・技術用語を抽出してそれぞれの関係性を整理するとともに、製造業のニューノーマルを考察。

ものづくり分野のDXにおいて大切にすべき5つの行動指針（系統的文献レビュー）

●自己変革能力の向上：Capability

キーワード：企業統治、技術、イノベーション、中小企業、Industry 4.0、サイバーセキュリティ
技術用語：ブロックチェーン、デジタイゼーション

●スマート生産の実現：Smart manufacturing

キーワード：モデリングAI、予測、機械学習、メンテナンス、バーチャルリアリティ、品質管理
技術用語：AI、ビッグデータ、スマート製造、スマート工場、サイバーフィジカルシステム

●デジタルエコシステムの活用：Ecosystem

キーワード：バリューチェーン、マーケット、人、サービス、プラットフォーム
技術用語：デジタルプラットフォーム、IoT

●循環型生産の実現：Circular economy (CE)

キーワード：データサイエンス、調達、アセスメント、ライフサイクルマネージメント
技術用語：グリーンな生産（グリーンマニュファクチャリング）、リーン生産

●持続可能な生産の実現：Sustainability

キーワード：リーン生産・統合、環境、サプライチェーン、マネージメント
技術用語：デジタルツイン、ICT

自己変革能力の向上

- 自己変革能力とは、戦略、組織、技術、ビジネスプロセス等を統合・最適化・再構築し、新たな組織への変容を実現できる能力。
- DXを推進し、組織に定着させるためには、デジタル技術の導入だけでは不十分。経営者・従業員が、デジタル成熟度を的確に捉え、それらを組織全体で活用する自己変革能力を向上させることが重要。

DXの推進にあたって、経営者が自社に必要なデジタル技術や能力に関して理解が不足している
 →重要となる指標を特定した成熟度モデルにより、自社の状況を把握することが必要

デジタル成熟度モデルの例（6つの行動分野と指標を特定）

戦略：デジタル戦略策定の有無、戦略の文書化と伝達、

十分なリソースの確保、新しいトレンドの探索と評価

組織：パートナーシップとエコシステム、組織の俊敏性、
 部門横断的な連携、企業内新規事業開発

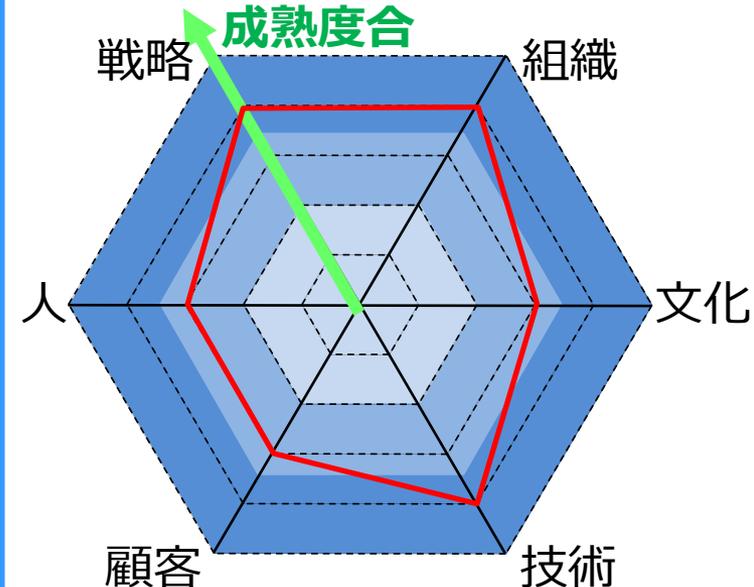
文化：実験の自由度（失敗から学ぶことができる文化）、
 経営陣の強いコミットメント、強力なデジタル・リーダー

技術：新しい技術の活用、現代技術の活用（クラウド、
 API等）、基幹システムのデジタル化、サイバーセキュリティ

顧客：顧客との複数の相互チャネル、顧客視点/分析、
 顧客体験、製品開発への顧客参加

人：新しいスキルの教育・開発、柔軟な勤務体制

レーダーチャートによる成熟度把握



■ スマート生産は、サイバー、フィジカル、ヒューマンの各領域のプロセスやリソースを融合し、製造工程全体をデジタル技術により最適化する生産方法。

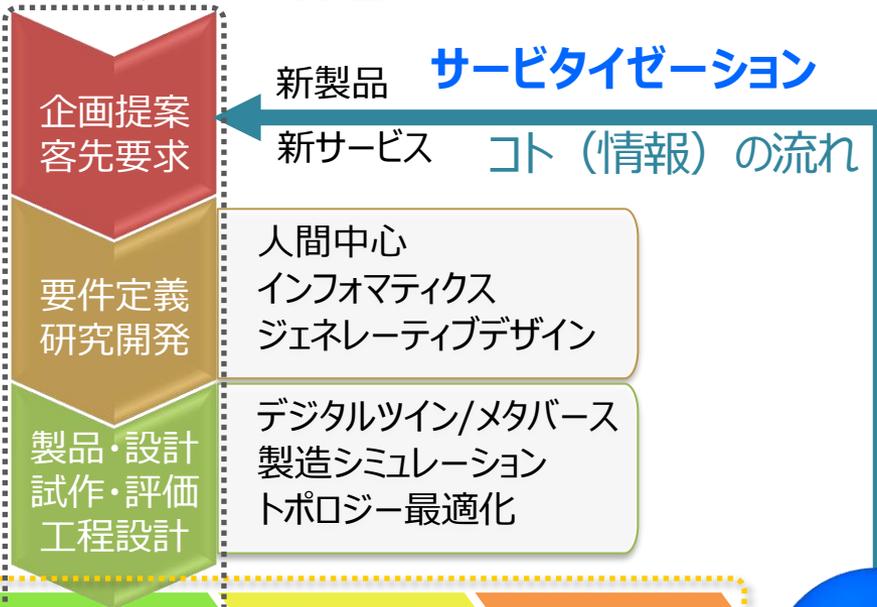
スマート生産の概念定義

● サプライチェーン全体を機器・製品・部品レベルで高度に連携させ、設計・生産から販売・保守・サービスまでを効率化・高付加価値化

スマート生産の必要性*

- メンテナンスコストの削減
- サービタイゼーション
- 安全性の向上
- 在庫削減
- 生産の増加、全体的な利益の増加

エンジニアリングチェーン管理



*参考：Z.M. Çınar et. al., Machine Learning in Predictive Maintenance towards Sustainable Smart Manufacturing in Industry 4.0. *Sustainability* (2020)

■ デジタルエコシステムは、製品やサービスを提供するにあたり、モジュール化された複数の組織がデジタルでつながることにより相乗効果を生む緩やかなネットワーク。

デジタルエコシステムの役割 「モノ中心」から「コト中心」へ

単一企業による価値創造（モノ中心）



外部のパートナーと協力する方が
実用的でコスト効率が高い

多数の事業者による価値創造（コト中心）



デジタルエコシステムの例



個人、企業、大学等、異業種・異分野が
知恵やアイデア、技術を出し合いながら協働
➡革新的なビジネスモデル・イノベーション創出

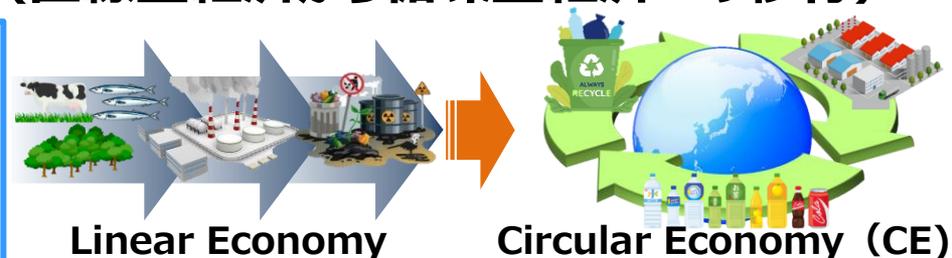
参考：O Valdez-de-Leon. How to Develop a Digital Ecosystem: a Practical Framework. TIM Review (2019)

出典：イノベーションの先に目指すべき「豊かな未来」（NEDO）

- 循環型生産は、メンテナンス・製品の再生産・部品の再利用・材料のリサイクル等により、資源投入量・消費量を抑えてストックを有効活用する「小さな」製品循環を実現し、製品ライフサイクル全体での環境負荷やコストを最小化する生産システム。
- 循環型経済（CE）への移行には、循環型生産とサービタイゼーションによる新価値創造が重要。

循環型の生産・消費活動による経済成長（直線型経済から循環型経済への移行）

- 再生可能資源の利用
- 多品種・少量生産への対応
- 低環境負荷材料・生産法への転換
- 非連続なイノベーションによる産業・技術創成



製造業におけるDXの推進は、CEへの移行に必要不可欠

- 製造業におけるデジタルインフラの導入やDXの推進は、循環効率の測定・監視による材料・製品・資産・プロセスの完全かつ効果的な評価を可能にするため、企業活動の循環性の加速やCEへの移行に必要不可欠
- 循環型生産の実現により、設計・製造・使用の各ステージで環境に配慮し、「戻す」ことを前提にしたものづくりが可能になり、よりスマートで環境に優しい製品やサービスを顧客に提供できる



■ 持続可能な生産とは、環境への負荷を最小限に抑え、エネルギーと天然資源を節約し、ステークホルダー（従業員、消費者、コミュニティ等）の福祉と安全を重視した経済的に健全な価値創造プロセスによって製造品を生産する手法。

持続可能な生産の位置づけと必要性

- 企業においてサステナビリティは、単なる戦略的な選択肢ではなく、将来の生存に不可欠なビジネス上の必須事項となっており、その実践が急務
- 持続可能な生産では、デジタル技術による製品のライフサイクル全体の測定・監視が重要

持続可能な生産に関する研究が進展（インダストリー4.0に着目）

持続可能な生産が目指すべき3つの柱を抽出

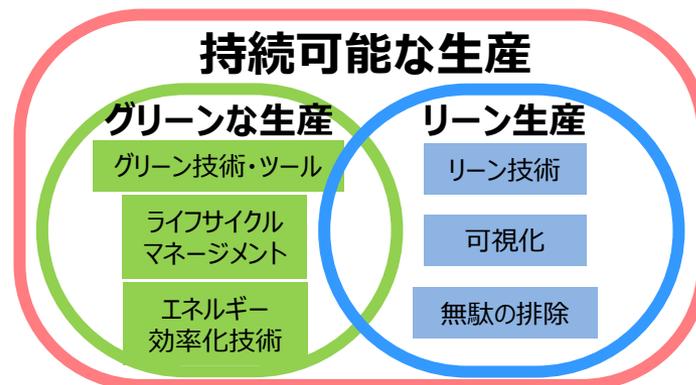
- ① 経済発展：サイバーフィジカルシステムやIoT技術により、生産コストを減少する＝リーン生産
- ② グリーンな生産：生産時の無駄削減、エネルギーや材料資源のクリーン化を促進
- ③ 社会発展：労働環境の改善、新たな顧客体験の創出、新規雇用の創出

リーン生産とグリーンな生産

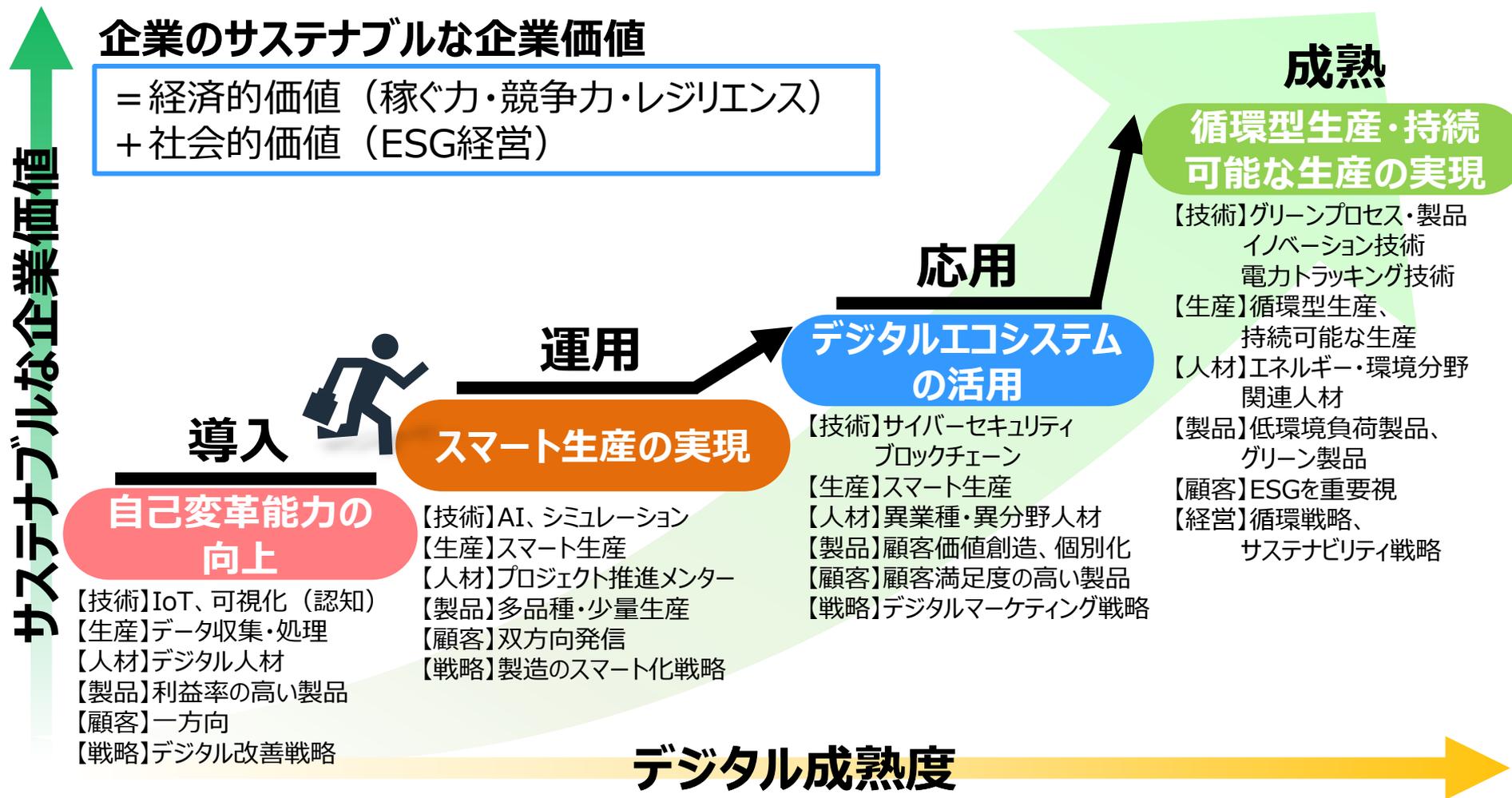
リーン生産：経済的生産性のみを目的としてあらゆる非付加価値活動を取り除くことに価値を置く

グリーンな生産：製品の機能、品質、コストを保証しながら環境への影響と資源の利用効率を総合的に考慮

参考：K. Zekhnini et. al., A model integrating lean and green practices for viable, sustainable, and digital supply chain performance. *Int. J. Prod. Res.* (2020)



- 5つの行動指針とデジタル成熟度との関係性を整理・マッピング。
- デジタル技術の導入・運用・応用の順でデジタル成熟度が高まるにつれ、サステナブルな企業価値が向上。



- 今後、製造業で中心となる生産方法やビジネスモデルの在り方を表にまとめた。
- 企業のデジタル成熟度を向上させるには、各行動指針を効果的に推進し、モノを中心とした大量生産・大量消費からの脱却およびコトの価値を中心とした非物質化経済・社会に適応すべく、DXによる組織・戦略の変革を実行することが重要。

	従来	ニューノーマル
DXの方向性	生産性向上、より良いものを安価に	持続可能な社会に資するもの
経済モデル 製品コンセプト	大量生産・大量消費	サーキュラーエコノミー、多品種・少量生産、製品ライフサイクルマネジメント
企業の経営思想	自前主義	共創、オープン化、エコシステム構築
活動の主体	ステークホルダーの利潤追求、薄利多売	社会における企業の存在意義
ビジネスモデル	モノ中心、良い物を安く	コト中心、より長く使える物、高いリサイクル性
製造方法	ウォーターフォール型	アジャイル型
炭素生産性	低い	高い
品質・目標原価	製造段階	設計段階
利用エネルギー	化石燃料	クリーンエネルギー、エネルギーミックス
エンジニアリングチェーン	人中心のすり合わせ、各プロセスの分断	デジタル技術による全体最適化
本社、工場間の連携	担当者間の紙・口頭・メールのやり取り	プラットフォーム上での常時アクセス
サプライチェーン	集中型	分散型
マーケティング 顧客ニーズ	あらかじめ設定した条件やシナリオに基づく顧客獲得、便利で安い物	多種多様な顧客データを収集・統合・分析による顧客理解の深化、企業マインドに共感、ストーリー性、自己実現、承認欲求
DX推進部署	情報部門、外部委託	全部門、共創

日本のものづくり分野における DXの現在地と課題、 課題の解決方法

- 大切にすべき5つの行動指針を進める上での課題および解決方法に関して、各種調査レポートや企業、研究機関、各都道府県公設試験研究機関のヒアリングにより、各企業の取り組み実例を調査し、デジタル成熟度の向上に有用となる施策をまとめた。

調査の方法

<調査レポート>

各省庁におけるDX関連文書、製造業のDXレポート（日経BP）、
「生産部門におけるカーボンニュートラル対応」アンケート調査（一般社団法人日本能率協会）

<講演・セミナー>

DX・脱炭素関連の展示会・学会

<ヒアリング>

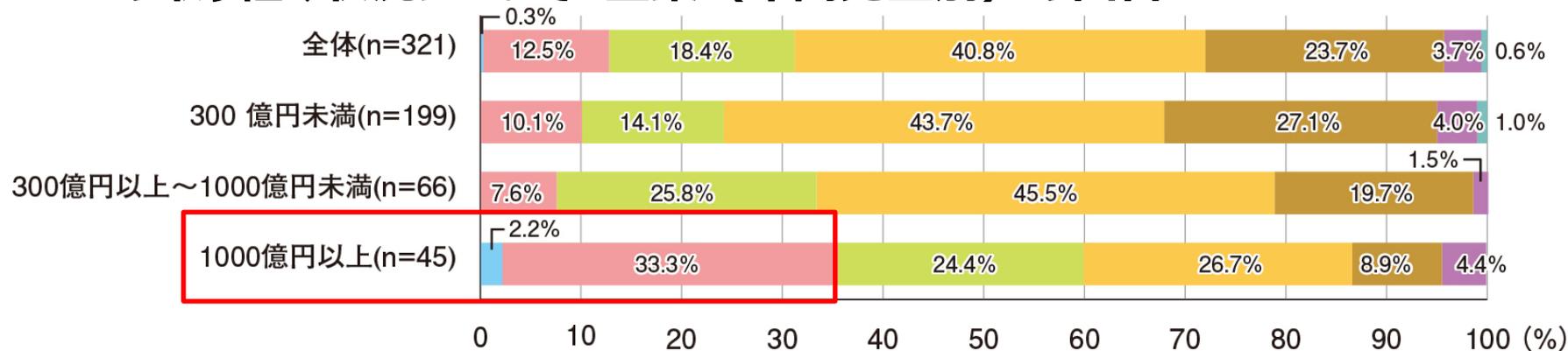
企業（中小企業、大手企業、ベンダー等、約50社）、各種団体、大学、
産業技術総合研究所（産総研）、各都道府県公設試験研究機関（28都道府県）

■ ヒアリング企業の選定（日本標準産業分類）：

食品・飲料製造、繊維、パルプ・紙・紙加工品、化学工業、石油製品、プラスチック、ゴム製品、セメント、鉄鋼、非鉄金属、金属製品、汎用機械、生産用機械、電子部品・デバイス・電子回路、電気機械、情報通信、輸送用機械

- DXへの取り組みが「進んでいる」企業は、全体で約13%に対し、年間売上1,000億円以上の大企業では約35%であり、DXの取り組みは大企業で先行している。
- 中堅・中小企業のDXの推進が課題であり、具体的な状況調査が必要。

DXへの取り組み状況について 企業（年間売上別）の回答



出典：日経BP 製造業DX調査レポート
 (赤囲みはNEDO技術戦略研究センター加筆)

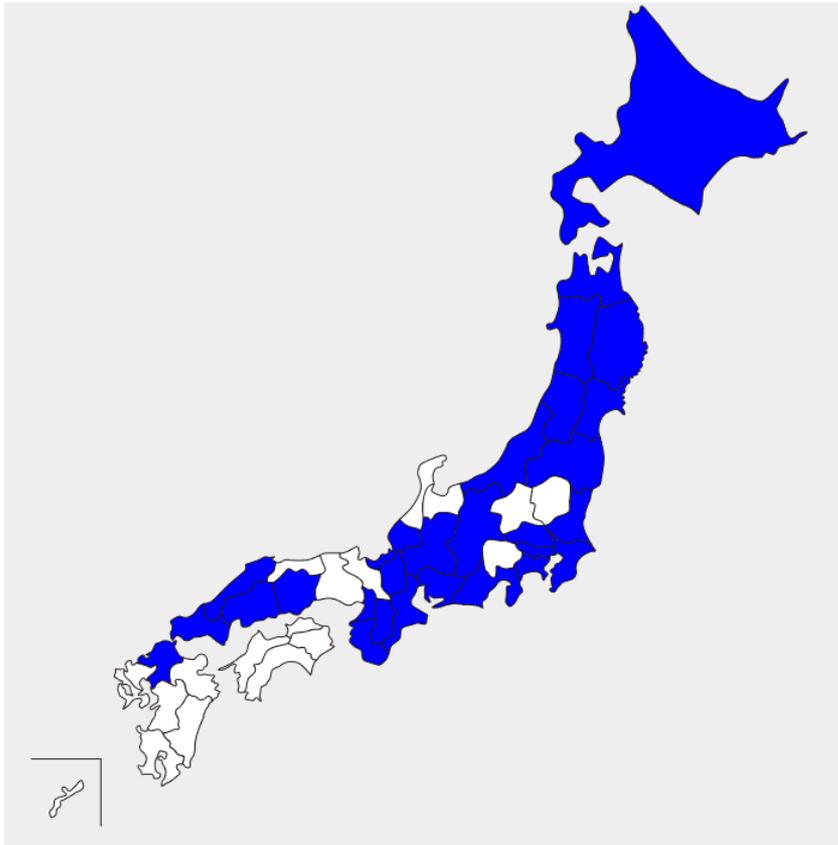
■ とても進んでいる
 ■ ある程度進んでいる
 ■ どちらともいえない
■ あまり進んでいない
 ■ まったく進んでいない
 ■ 分からない
 ■ 無回答

DX取り組み状況アンケート結果（日経BP 製造業DX調査レポート）

- DXがもたらす業界のディスラプションに対する危機感の共有が進んでいる企業（14.3%）
- DX推進のための組織の整備や人員の配置が進んでいる企業（16.5%）
- DX推進に必要な人材の育成・確保が進んでいる企業（9.9%）
- 新たな事業価値を創出するためのDXの取り組みが進んでいる企業（10.6%）
- バリューチェーン全体を視野に入れたDXの取り組みが進んでいる企業（5%）
- デジタル人材と現場担当者が一体になってDXに取り組む仕組みが進んでいる企業（9.9%）

- 各都道府県の公設試験研究機関（公設試）に、中堅・中小企業のデジタル化の取り組み状況や政策、国への要望、公設試の連携の在り方に関してヒアリングを実施。

ヒアリング実施機関



28都道府県でヒアリング等を実施

質問事項

- ・都道府県におけるデジタル化の取り組み状況
- ・企業のデジタル化における課題、公設試の課題
- ・国として取り組んでいくことが望ましい施策
- ・公設試間の連携に関する意見

<調査結果概要>

- 自治体によって、DXの取り組み状況に差
- 大手企業の下請け企業の集積地ではDXが進展
- DXの重要性は認識しているもののどのように取り組んだらよいのか悩んでいる県も多く見られた
- 総じて大都市では予算も潤沢にありDX支援策のメニューが充実している印象
- どの自治体も、デジタイゼーションに向けた取り組みが課題
- 企業の方に、デジタル技術導入の必要性を認識させることに課題が多い
- DX推進において、サステナビリティを意識している自治体は長野県のみであった

- 自己変革能力の向上における課題は、経営者のデジタル技術導入に対するコストメリットや人材育成に対する理解度向上。
- 施策としては、簡易なデータ解析ツールの導入や人材育成支援が有効。

中堅・中小製造業では、デジタル化の推進が課題 = 世界共通の課題（文献調査）

DXが「進んでいる」年間売上1,000億円未満の企業 = 約10%（日経BP 製造業のDX調査レポート）

各都道府県における公設試験研究機関ヒアリング結果

各都道府県や公設試が中心となり、デジタルエンジニアリング研究会やIoTコンソーシアムを推進してきたが、その効果はごく一部の企業にとどまっており、抜本的なデジタル支援策が必要

<具体的な課題>

【課題】経営者がAI・IoTの導入の効果をイメージできない = **経営者の意識改革**

- ➔ デジタルリテラシー向上のための経営者・従業員教育
- ➔ AI・IoT導入による、生産性向上や人手不足の克服などの成功・失敗体験共有

【課題】デジタイゼーションの推進にかかる費用が捻出できない = **コストメリット**

- ➔ 生産設備の入れ替えを必要としない簡便かつ低コストなデジタル技術の導入
- ➔ 後付け機器（スマホやラズベリーパイ等のIoT機器）による生産設備のデジタル化
- ➔ 生産現場で共通利用が想定される安価な汎用プラットフォーム（Excel等）の利用
- ➔ 簡易なデータ解析ツールやアプリの開発、AIの利用等が可能なビジュアルプログラミングの導入

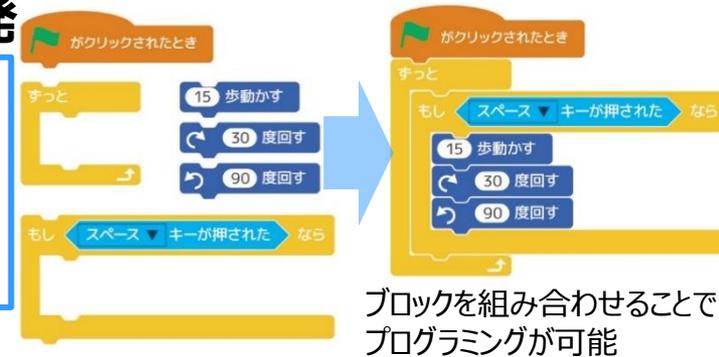
【課題】デジタイゼーションを進めたいが、推進できる人材がない = **デジタル人材育成**

- ➔ デジタイゼーション推進のための支援・コンサル機関の拡充
- ➔ AI・IoT教育プログラムの拡充・認証制度 デジタル人材育成にインセンティブを付与

■ 自己変革能力の向上には、現場の誰もが簡単にデータ解析やアプリ開発、AIの利用等が可能なプラットフォーム構築や経営者・従業員の人材育成支援策が重要。

IT専門知識不要なデータ解析プラットフォームの開発

- データ加工・可視化・AIエンジン開発等をグラフィカルユーザーインターフェース (GUI) で直感的に行うことが可能
- 「情報学」「統計学」の高度な知識がなくても異常検知や需要予測などのデータ解析やアプリ開発が可能



人材育成支援策

- デジタル人材育成プログラムの推進
各県の公設試等で様々な人材育成プログラムを実施
- 3D技術、IoT、AIに関するプログラムが充実。一方、生産システム、データ利活用、ロボットの利用や自動化の取り組み、DX推進に関連した育成プログラムが不足。
- 公設試内のヒト・モノ・カネが不足しており、自機関だけでは活動に限界
- 経営者の意識改革、高専や各種専門学校における若い人材の育成が重要

育成プログラムの例

分野	育成目標・必要要件
生産システム設計	CADやシミュレーターを用いた自動化設計、センサ・IoTデバイスを活用した工程・作業の最適化、サプライチェーンの最適設計
設計・開発	ビックデータ解析による製品企画、熟練者のノウハウのデータ化・標準化、設計データのモジュール化と共有化、生産ラインでのロボットシステムの運用、三次元・設計・モデリング構造解析
加工・組立	自動組立作業設計、ロボット制御・治具設計、省人化・自動化、
検査	RPA (ロボティック・プロセス・オートメーション) を活用した製品検査の自動化、自動計測やAIを用いた良否判定、画像処理手法によるデータ解析
保全・管理	AIを用いた状態監視・分析による予知保全、センサ・IoTデバイスを活用した安全管理システム構築、安全管理データベースの構築と生産システムへのフィードバック、保全・管理システムの構築
DX推進	自社課題の明確化とデジタル技術を用いた改革・改善の企画、インダストリー4.0、DX等のデジタル戦略・概念を理解し、社内の方向性を明示

参考：第4次産業革命に対応した公共職業訓練で求められる訓練内容等の整理・分析 (職業能力開発総合大学校基盤整備センター)

■ 中小工場においては人手不足が深刻化。生産性向上、作業の省力化、人材育成といった課題解決のため、IoT技術を手軽に導入できるスキームが重要。

中小企業のIoT化支援プログラム (静岡県工業技術研究所)



実地研修用IoT機器 (可搬式)

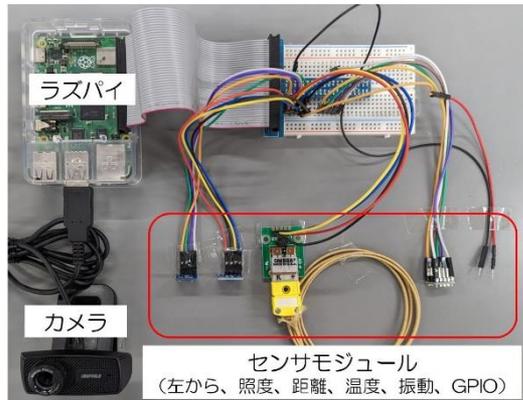


模型を使ったモデル工場

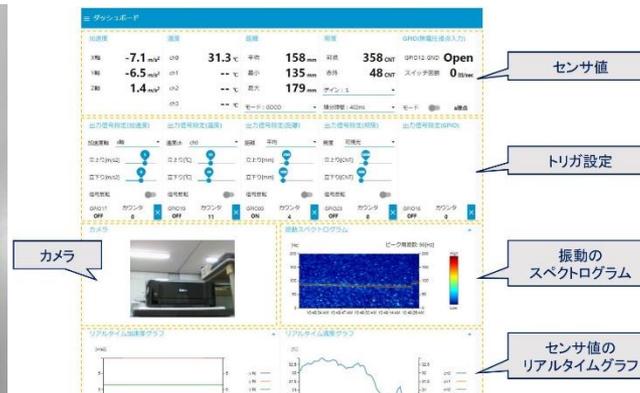
- 「稼働状況の見える化」、「生産工程の省力化」、「予知保全」、「遠隔監視・制御」など現場で役立つ仕組みを体験
- 現場実装講座、実地研修を実施、企業のデジタル化導入を支援

写真提供：静岡県工業技術研究所

IoT導入支援キット (福岡県工業技術センター)



全体構成 (ハードウェア)



画面構成 (ソフトウェア)

写真・画像提供：福岡県工業技術センター

- 「生産管理の見える化」によって容易に「IoT体験」でき、「IoT導入効果を実感」できるキット
- 技術情報をオープンソースソフトウェアとしてホームページで無償提供
- 既存の生産管理システムや外部機器との連携が可能
- スマホ・タブレット・PC等の標準ブラウザで遠隔操作・監視が可能

- 生産技術とデジタル技術の融合プロジェクトの推進が重要。生産技術とデジタル技術の両方に精通した、公正・中立な立場のメンターの育成が課題。
- 施策としては、公的デジタル支援機関の構築が有効。

融合プロジェクト推進における課題

- スマート生産の推進には、エンジニアリングチェーンとサプライチェーン両方の自律・自動化技術を理解し、適切な製造ラインや生産管理システムを構築することが求められているが、それを担う国内のベンダー企業の能力や経験が乏しいため、海外企業のシステムに依存している
- 大学、研究開発法人、公設試において生産技術を支援できるメンターが不足
 - ➔ AI・IoT等に精通していても、生産現場を知らないと必要な支援策がわからない

生産・デジタル融合プロジェクトの推進とメンター育成が重要

フ라운ホーファー研究機構の中堅・中小企業支援策

ハイパフォーマンスセンター：企業・大学・研究機関が参加、ドイツ16カ所に設置

＜生産・デジタル融合プロジェクト、メンター育成＞

DX技術、コネクティッド・アクティブ生産技術、物流とIT技術、シミュレーション、スマート生産・材料

＜中小企業支援メニュー＞

デジタル化導入支援：デジタル化の重要性と利用方法に関する講演・デモ、トレーニングの実施

生産プロセスの自動化技術開発：デジタル・自動化、3Dプリンタ、生産プロセスの自動化技術

サービスプラットフォーム：中小企業向けプラットフォームの提供、スピノフ企業への支援

■ スマート生産の実現には、計算資源（データセンター、AI等）の開発・使用・解析・改善を一括支援する公的なスマート生産推進・支援機関の構築が有用。

計算資源の確保

ひろしま産業振興機構

デジタル化に遅れがちな中小企業の支援

【 デジタル技術高度化をコアに、国際競争力向上に貢献する 】



HDIセンターのサービス内容



HPC 利用 環境提供	CAE 利用 環境提供
MBD / CAE 人材育成	MBD / CAE 課題解決支援

地域企業や大学 / 研究機関との連携

- 大学 / 研究機関による共同研究講座
- 大規模スパコン
最先端の計測機器を備える研究・教育拠点
- 広島県 商工労働局
ひろしま自動車産学官推進会議 等組織と共創

スマート生産における支援機関の構築

スマート生産を進めるうえで、企業のビックデータが第三者にわたることが懸念

公的な立場で、コンサルティングや技術支援を実施できることが理想

産総研や公設試の連携 フラウフォーファーの例を参考

スマート生産実現のための司令塔



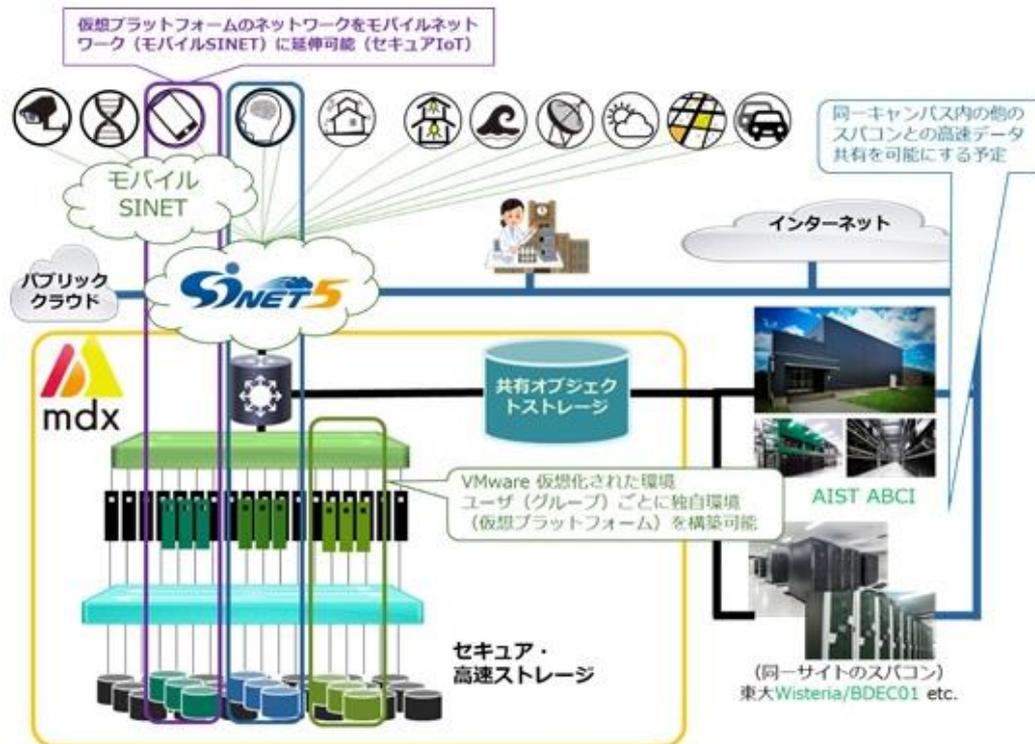
共通課題認識、人材交流、人材育成、成功事業の水平展開、ビックデータ蓄積

地域間連携プロジェクトの推進
都道府県の壁を越えた連携が重要

シミュレーションの活用により、実物での試行錯誤を大幅に減らし、開発工数の削減や開発期間を短縮することが可能

- データ活用社会創成プラットフォーム (mdx) は、大学・研究機関で共創する産学官連携のためのデータプラットフォーム。
- 学术界 (大学や国研)、産業界、自治体などが垣根を越え、データ科学や情報科学の知見、それぞれの分野の知見や文化、データやソフトウェア、それを動かす計算基盤を共有することで、迅速に、密に、効率的に連携することを実現。

データ活用社会創成プラットフォーム (mdx)

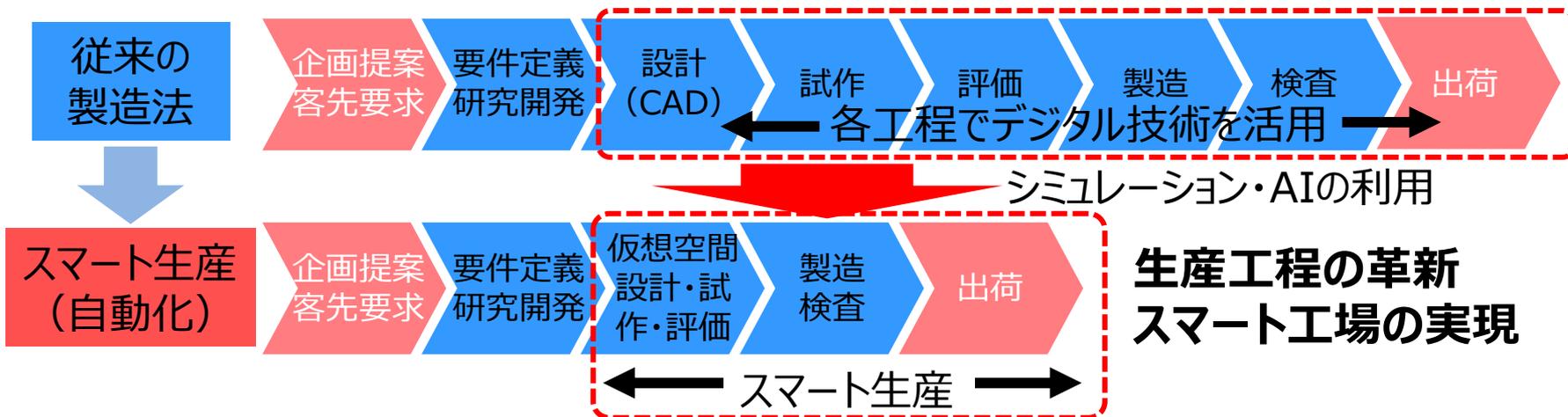


mdxの概要と構成

- 9大学と2研究所が共同運営
- 仮想化技術を用いてプロジェクトごとに分離された、プライベート環境 (仮想プラットフォーム) を提供
- mdx上で、分野データプラットフォームサービスなど、連続稼働が必要なサービスを運用することが可能
- 共通データやオープンデータのmdx上への整備や、有償データの一括契約などを促進し、機械学習やデータマイニングが即座に行える環境を継続的に構築

- 製造工程で発生する様々な事象を仮想空間上で完全再現することが課題。
- 施策としては、国プロジェクトによって得られた計算資源を実装して企業利用を促進することが有効。

スマート生産の実現には、シミュレーションやAI技術の利用が不可欠



スマート生産の実現に向けた課題（シミュレーション・AI）

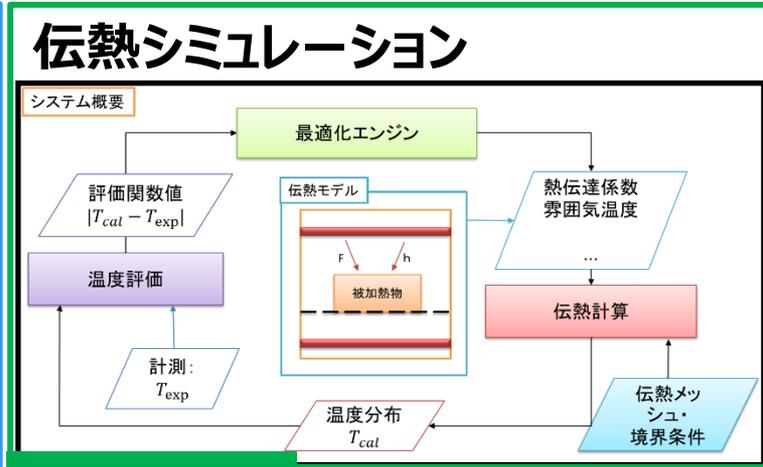
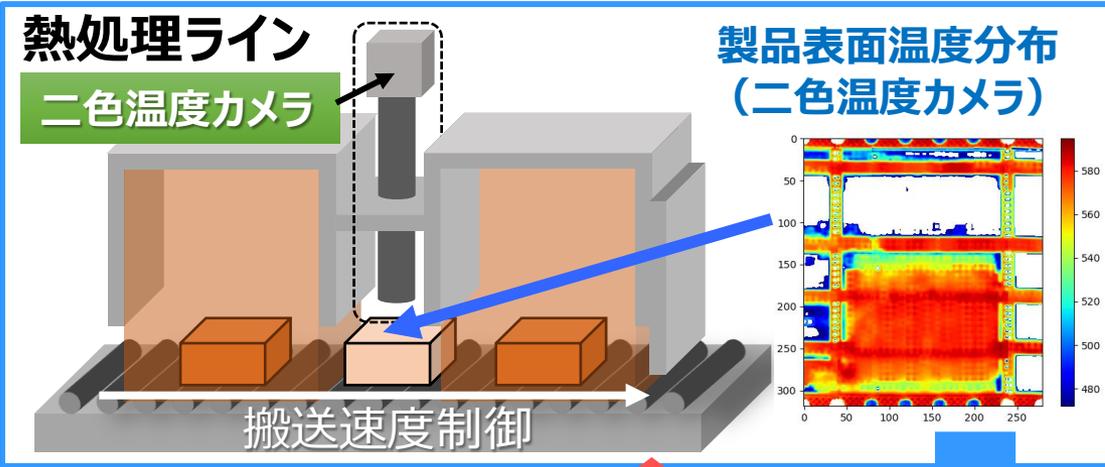
- 製造プロセスに対して10～100倍の時間がかかり実用的でない
- シミュレーション精度が現実現象と一致しない
- 製品維持コストが高価
- 扱いが難しく、利用者が一部にとどまっている
- 様々な手法があり、標準化が進んでいない
- 海外製の製品が多く、チューニングの依頼がやりづらい

課題解決のキーワード

- 人材育成
- 支援組織拡充
- オープンソース
- 計算資源普及
- デジタルツイン

AI・IoT技術による熱処理炉の自動制御する熱処理生産システムの実現

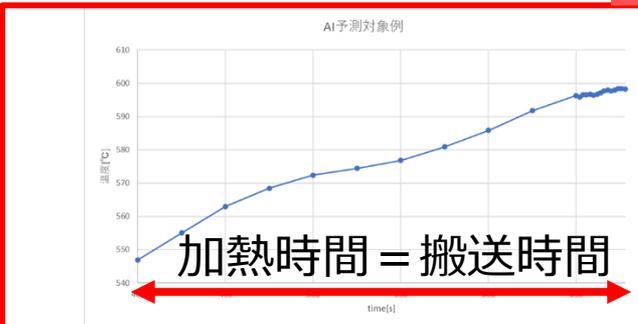
スマート熱処理ラインの構築 (公設試がメンターとして事業提案、プレイヤー選択)



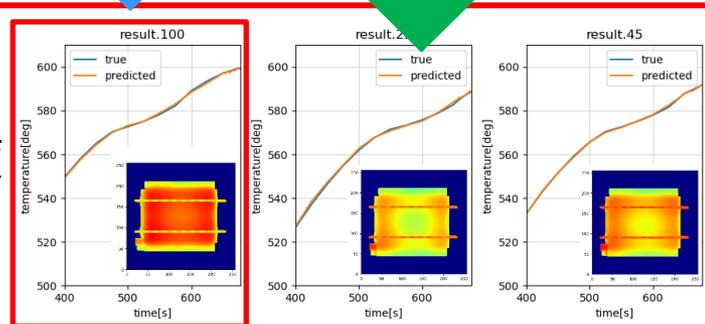
製品不良率の低減
製品1個ごとのトレーサビリティ

一致

教師データ 伝熱シミュレーションにより、
教師データベース構築



目標温度
未到達



昇温予測・
制御AI



製品内部が目標温度に達するために必要な時間を表面温度分布からAIにより算出

AIにより現在の表面温度分布と一致する温度プロファイルを抽出

- 顧客エンゲージメントを高めるために、提供価値の可視化・最大化が可能となるデジタルネットワークの構築が課題。
- 施策としては、顧客をはじめとするプレイヤーへの情報可視化システムの構築が有効。

デジタルエコシステム構築における課題

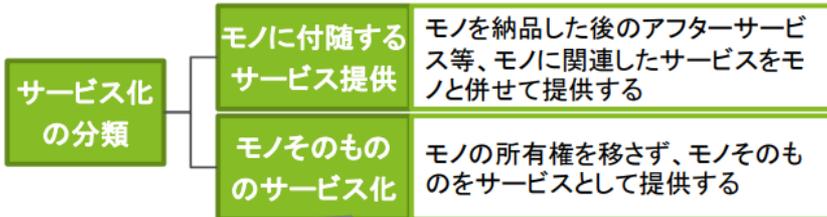
デジタル技術を用いたデジタルエコシステムを活用することで、参加プレイヤーへの情報共有化による価値の共創が期待されているが、日本においては、事業者間連携や情報のオープン化に対する、遅れや抵抗感がある。➡様々なプレイヤーが参加可能なデジタルネットワークの構築が課題

様々なプレイヤーがシームレスにつながるデジタルエコシステムの構築

コトづくり中心のビジネスモデルへの転換

- モノがソフトウェアによって機能や性能を向上
- 耐久性向上・更新可能等、環境に配慮した製品

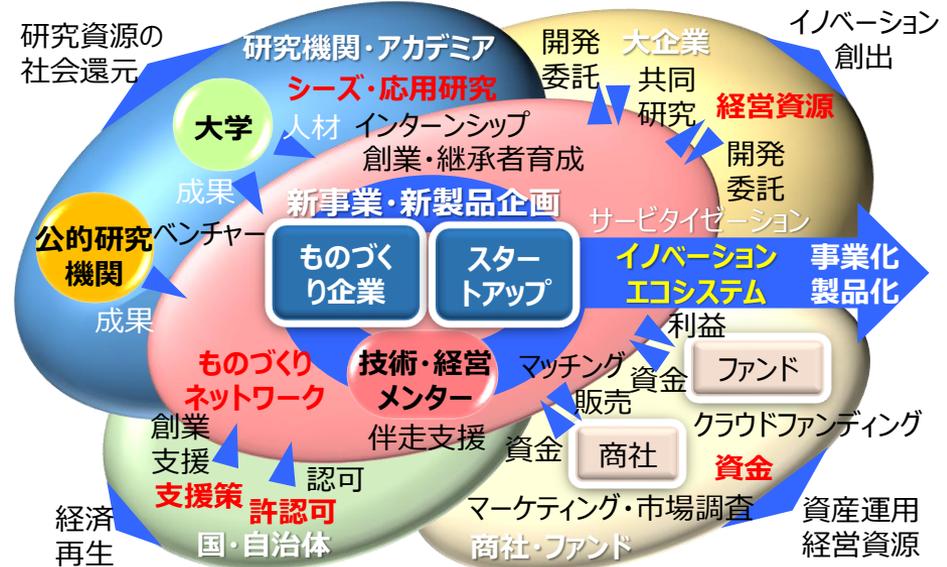
「顧客体験の最大化」を目指すべきゴールとして意識することで、顧客の満足度(=提供価値)の最大化が可能となる。



課金モデル例: サブスクリプションモデル
モノの利用を通じた顧客体験そのものを価値提供の対象とし課金

原価ベースから強気のサービスベースの価格設定も検討すべき

デジタルエコシステムの例



■ デジタルエコシステムの活用により、顧客エンゲージメントの構築による新たな商品・サービスの共創や同業・異業種企業の新たな連携・共創が期待。

顧客エンゲージメントの構築により新商品・サービスを共創

CG表示や雰囲気・共感の伝達等の技術の高度化により仮想社会のコミュニケーションを円滑化



出典：VR等のコンテンツ制作技術活用ガイドライン2018（映像産業振興機構）

メタバース：3Dデジタルワールドの概念

- 現実空間の任意の場所に現実の物理法則を反映したCG重畳が可能
- 遠隔地の人（CG）と現実空間で机の上のオブジェクト（CG）について話し合うことも実現

従来の仕組みで対応困難な課題をスタートアップと共創し解決

- | | |
|-------------|------------------|
| ● 埋もれたデータ | ● データ解析・活用 |
| ● 遊休設備・経営資源 | ● 製造設備などの経営資源の融合 |
| ● リアル店舗 | ● バーチャル店舗 |

新価値創造

これまでつながりがなかった企業との連携
受注獲得のため新規パートナー模索
⇒ **同業・異業種企業の連携が期待**

新しい共同体の例

例) 自動車部品製造メーカー委託 高品質品

熱処理
高品質
(デジタル化)

後加工
高精度
(最新設備)

同業・異業種連携

新価値創造
新製品開発
性能アップ
新規顧客獲得

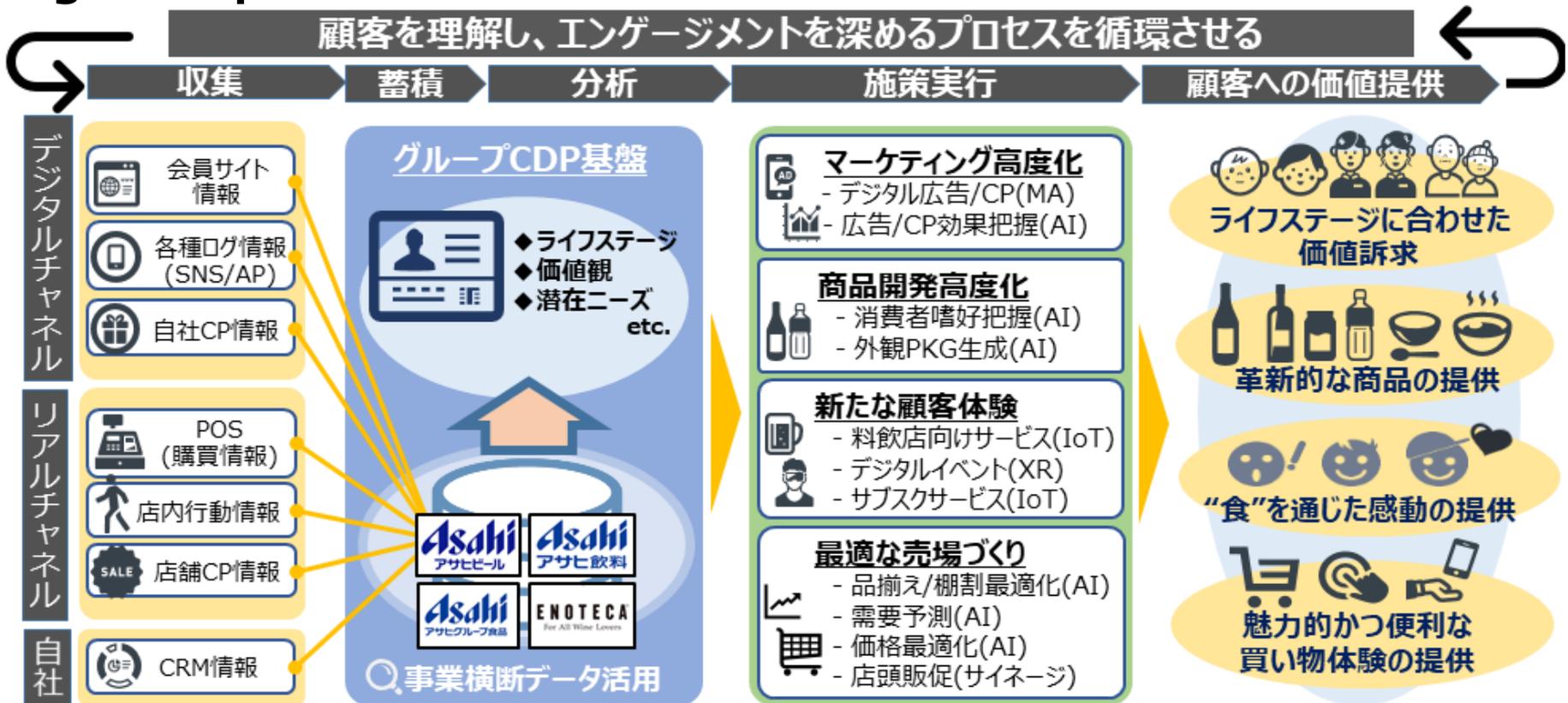
高品質かつ生産性高い

参考：TSC Foresight短信「コロナ禍後の社会変化と期待されるイノベーション像」（NEDO）

■ 国内の酒類・飲料・食品事業で保有している顧客データをもとに、消費者行動を分析・蓄積し、消費者のライフステージに寄り添ったコミュニケーション関係を構築。

「Digital Experience Platform」の構築プロジェクト

顧客を理解し、エンゲージメントを深めるプロセスを循環させる



1 OMO化
(Online Merges with Offline)

2 顧客理解の深化
3 データガバナンス

4 顧客接点を増やす
(商品もそのひとつ)

5 “Only One企業”

- 循環型生産の実現には、エネルギーを含む資源消費の最小化が必要。
- 施策としては、企業の資源生産性の可視化・活用を通じたデジタルサプライチェーンの全体最適化が可能となる、循環型生産プラットフォームの構築が有効。

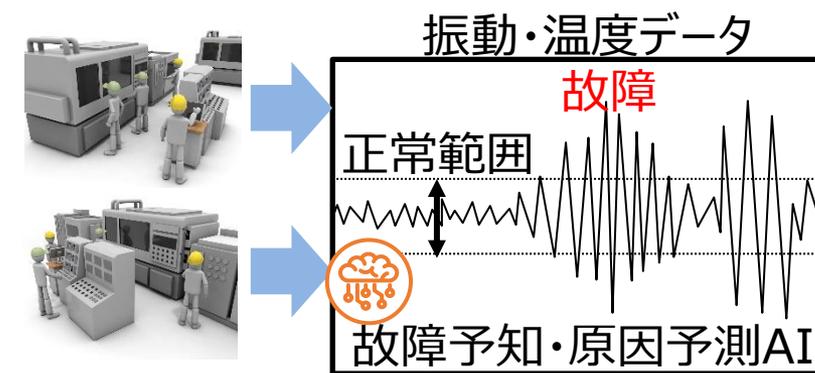
循環型生産の実現における課題

循環型生産の実現には、設計、材料選定、製造手法、生産エネルギー、運搬・使用・廃棄コスト等、製品・サービスにおける資源生産性を測定・監視するためのプラットフォーム構築が課題

循環型生産を進める上で効果的な循環型生産プラットフォームの構築

- 循環型生産プラットフォームにより、材料、製品、プロセス、サービス等すべての生産データを環境（LCA）、経済（LCC）、および社会（S-LCA）の影響評価ツールと統合して循環効率を可視化し、策定した循環戦略の効果を定量化することが可能
- 循環型生産プラットフォームの構築と活用により、サプライチェーンを構成する企業間をデジタル技術でつなぐデジタルサプライチェーンの最適化が実現し、ユーザーの利用状況モニタリング、製品の故障予防・予知保全・使用環境の最適化等の高度なサービスの提供、デジタルアップグレード、製品・部品の寿命の見積り、製品の回収・再生が可能

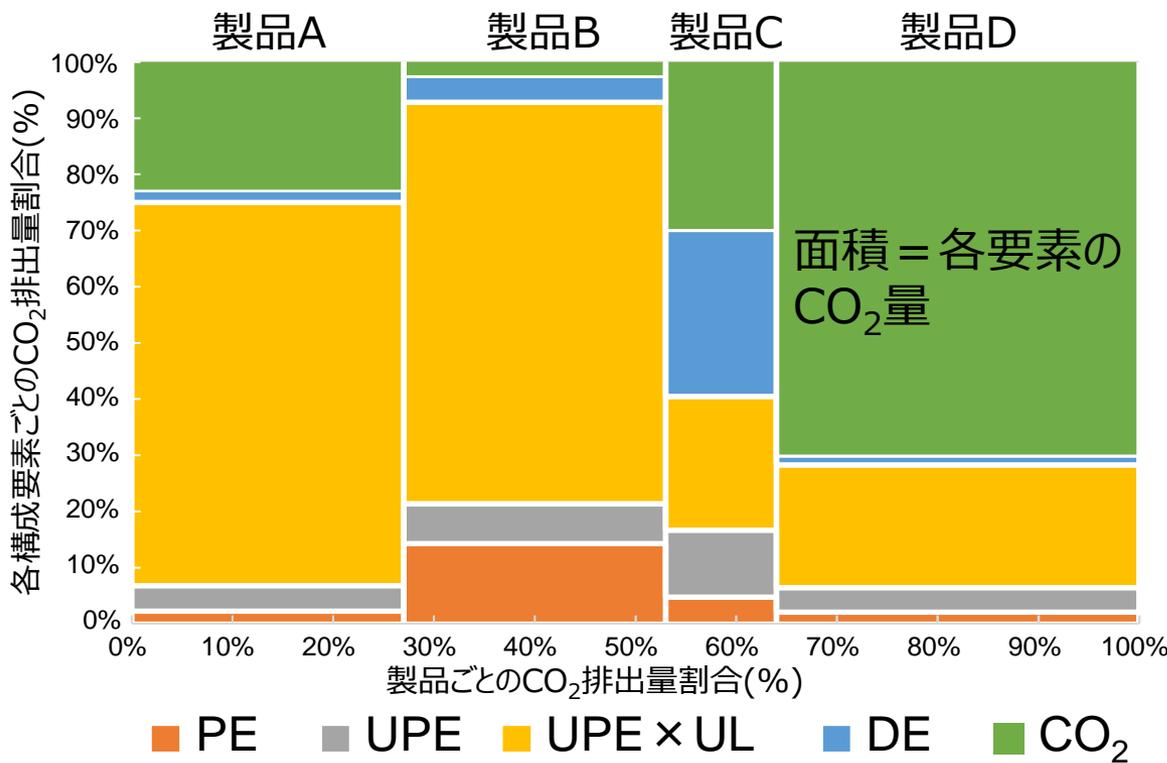
インフラ設備の故障予兆検出システム概要



メンテナンス時期の把握、生産ラインの調整
振動・温度データを、IoT化したセンサを用いて、リモートでモニタリング。取得したデータを基に、AIによる故障予兆検出・診断サービスを提供。

■ 各構成要素におけるCO₂排出量評価フレームワークを構築し製品のライフサイクル全体におけるCO₂排出量を予測。需要予測と組み合わせることで、将来にわたるまでのCO₂排出量を推定し、環境負荷の影響を評価することが可能。

マリメッコグラフによるCO₂排出量評価フレームワークの可視化の例



＜電力量から算出したCO₂排出量＞

- 製品の生産にかかる電力量 (PE)
- 製品使用時に発生する1年あたりの電力量 (UPE)
- 製品使用時に発生する1年あたりの電力量 (UPE) × 製品の耐用年数 (UL)
- 製品の廃棄に必要な電力量 (DE)

＜電力以外のCO₂排出量 (CO₂)＞

- 製品の生産時に発生するCO₂量
- 製品使用時に発生する1年あたりのCO₂量
- 製品の廃棄時に発生するCO₂量

製品ごとのCO₂排出量の可視化や製品の製造における各構成要素ごとのCO₂排出量を可視化各要素の面積が、すべての製品のCO₂排出量全体に占める各要素のCO₂量を可視化可能

■ 循環型生産の実現には、CO₂排出量の測定・可視化（エネルギー使用状況・マテリアルフローコスト・ライフサイクルアセスメント（LCA）・環境効率）やCO₂排出量の削減支援（省エネルギー・省資源・製品改良）、それらの普及啓発・実践セミナーの実施が有用。

カーボン排出量可視化・削減支援事業（長野県）

「長野県ゼロカーボン戦略」に基づき、長野県内の事業者が温室効果ガス（カーボン）排出量を可視化・削減する取り組みを支援

可視化

削減

普及啓発

2030年までにカーボン正味排出量 6 割減
（長野県ゼロカーボン戦略）

カーボン排出量の可視化支援

算定説明会開催
個別相談（50社/年）

活動量

排出源
単位

カーボン排出量の削減支援

企業(10社/年) 専門家チーム

- 検討会(標準3回)
- ①対象の調査
 - ②削減方法の検討・提案
 - ③削減方法の実施
 - ④効果検証

見える化

実施内容
○省エネルギー○省資源○製品改良
によるカーボン排出量の削減検討

測定: 電力、気体流量、温度、重量 等
分析:
エネルギー使用状況
MFCA(マテリアルフローコスト会計)
LCA(ライフサイクル評価)
環境効率

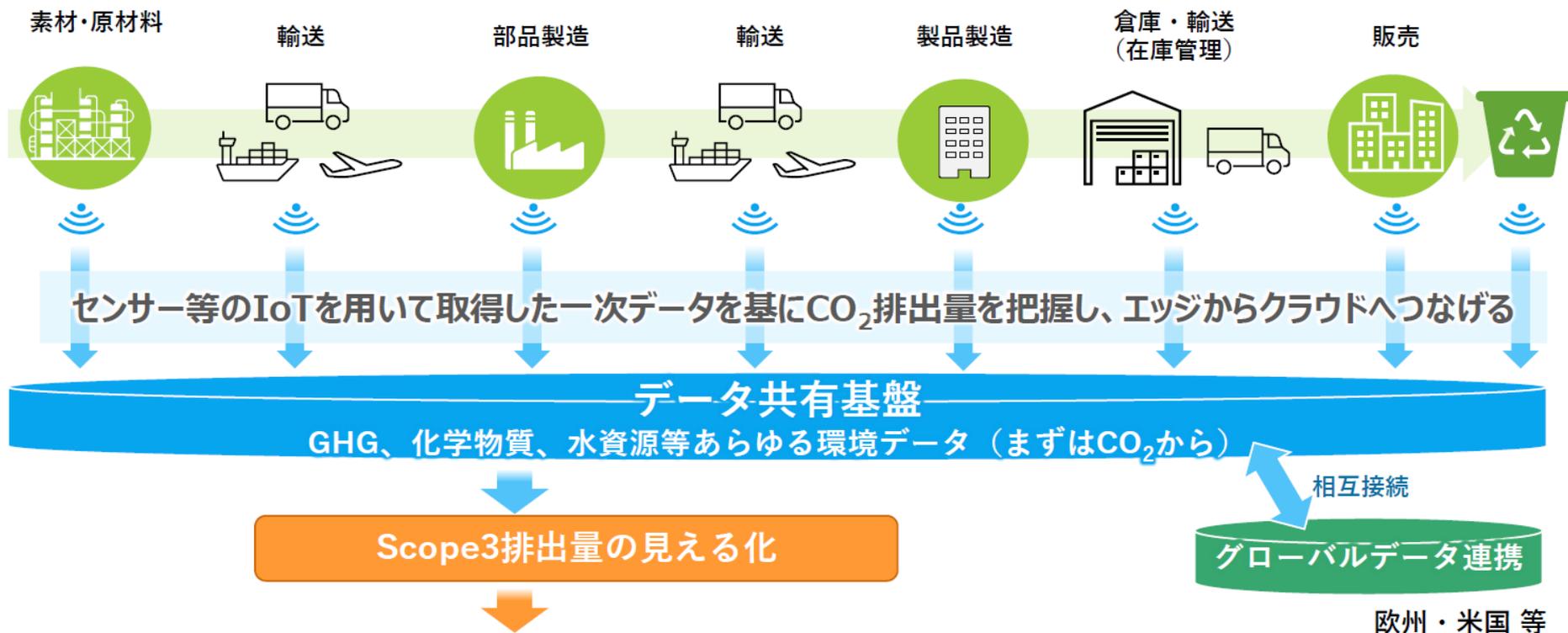
ゼロカーボン普及啓発

普及啓発セミナー【役員・管理職向け】
➔ゼロカーボンに向けた考え方や取り組み紹介
実践的セミナー【企業実務者向け】
➔カーボン排出量算定の基礎となるLCA手法に関するセミナー
成果発表会
➔支援内容に関して、支援企業から発表

■ CO₂排出量可視化の例：Green x Digitalコンソーシアム（JEITA*）では、サプライチェーン全体のCO₂排出量可視化プラットフォーム構築に向けた活動を推進。

サプライチェーン全体のCO₂排出量の見える化イメージ

*JEITA：一般社団法人電子情報技術産業協会



見える化による期待効果

関連事業者の協働促進
(削減努力が反映される)

精度の高い情報に基づく
投資家・顧客説明・PR

新たなソリューション創出

政策対応（基礎データ）

グローバル競争力の
維持・向上

- 工場の自動化設備で利用される空圧制御機器におけるCO₂削減の取り組み事例。
- トポロジー最適化設計により製品の小型・軽量化による製造時のCO₂排出量削減、製品のCO₂排出量の算出および製品使用時の省エネ化・CO₂削減の取り組み。

CO₂排出量削減への取り組み

CO₂排出量削減可能製品

SMCはトポロジー最適化*設計により、従来より、小型、軽量化を実現し、製造時におけるCO₂排出量を大幅に削減しております。
ご使用時においても、省エネ化、CO₂削減に貢献できる商品としてご提案いたします。
※トポロジー最適化(topology optimization)とは、数学的力学的解析に基づき、構造物の最適な形状と形態を求める方法論



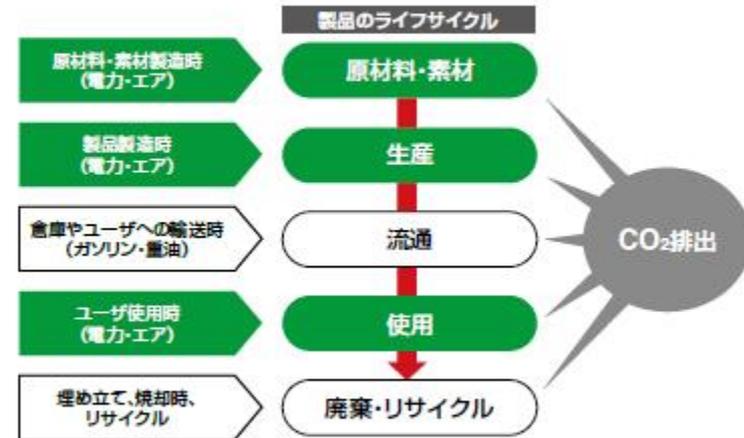
SMCは装置の小型・軽量化に貢献します!



製品のCO₂排出量の算出

カーボンフットプリントによる製品のCO₂排出量の算出

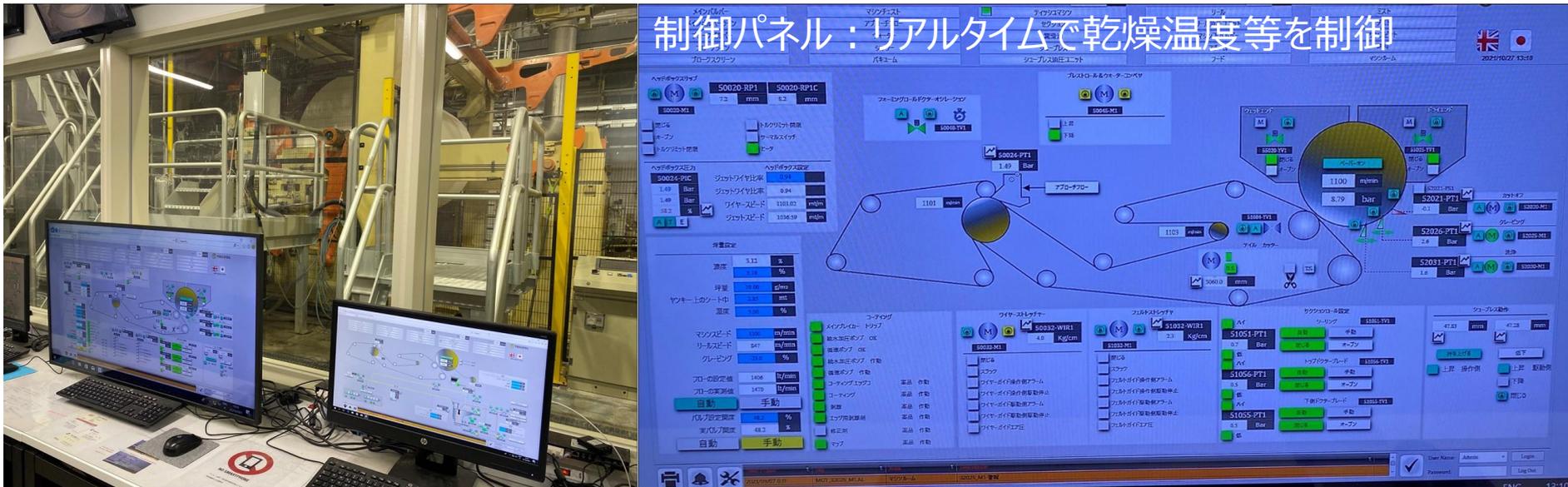
SMCの考え方は、製品使用時に排出される温室効果ガスだけではなく、製品の原材料調達から、その製品の生産時、さらには使用の際に排出される温室効果ガスまで測定し、その排出量をCO₂に換算し算出いたします。



カーボンフットプリントとは…
 製品やサービスの原料調達から廃棄に至るまでのライフサイクル全体を通じて排出される温室効果ガス(CH₄, N₂O, フロン)の排出量をCO₂に換算して表す仕組み
 参考: LCA(ライフサイクルアセスメント)は、製品やサービスのライフサイクル全体における環境負荷(地球温暖化、大気汚染、エネルギー枯渇等)を評価する手法で、カーボンフットプリントは、温室効果ガス(CO₂排出量)に特化した手法

- 海外製装置を導入した場合でも、遠隔での稼働状況管理やセンサ情報による故障予兆の把握、遠隔メンテナンス・修理が可能。

トイレットペーパーを製造する抄紙機



- 製紙プロセスは、多数のプロセスがあり操作が複雑であるため、センサを用いたプロセスの可視化と効率的な管理が可能であるデジタルプラットフォームの構築が有用
- 装置メーカー（イタリア製）で24時間遠隔監視が可能であり、現地作業員は、最低限の装置の調整のみ⇒人員の削減、メンテナンスコストの削減が実現
- 乾燥温度、水分量把握が可能であり、省エネを実現
- 品質安定（形成・多孔性）、原材料、化学薬品、エネルギーの節約

- 持続可能な生産において重要なグリーンな生産の実現に向けては、一極集中の解消に伴うデータセンターのレジリエンス確保と製品のCO₂排出量の把握・証明が課題。
- 施策としては、データセンターの分散化と電カトラッキング技術による製品ごとのCO₂排出量管理が有効。

グリーンな生産実現における課題

- グリーンな生産におけるサプライチェーンは環境負荷低減の観点から、集中型から分散型への移行が推奨されているが、現状、東京圏・大阪に8割のデータセンターが集中している
 - ➔ 電力・通信インフラの非効率な利用（送電ロス等）、災害に対するレジリエンスが低い
- 製品のCO₂排出量の把握・証明における課題
 - ➔ グリーンエネルギーの使用量の可視化ができていない
 - ➔ プロセスデータからの製品ごとのCO₂排出量の算出ができていない

サプライチェーンの分散化に対応したデジタルインフラ構築が重要

データセンターの分散化と製品ごとのCO₂排出量管理の取り組み

- コンビナート、工業団地等の工場・産業集積地に小規模データセンターを整備（特区指定）
 - ➔ マイクログリッドによるエネルギーの地産地消、需要予測による生産・電力使用量計画・管理
- エネルギーマネジメントシステムにより、特区内工場全体の電力量を一体管理
 - ➔ 各工場の電力使用状況をリアルタイム管理
 - ➔ 電カトラッキング技術を用いて、エネルギー使用データから、製品ごとのCO₂排出量を算出する仕組みを構築

「持続可能な生産の実現」における課題の解決策（案）

- 地域連携DXインフラ整備：データセンターを中心としたデジタルインフラを構築。
- 地産地消クリーンエネルギーで運用、分散型サプライチェーンの実現。

工業団地（特区） 電力の一体管理



電力トラッキング
(ブロックチェーン)
製品ごとのCO₂
排出量管理

電力量・生産量
データ

CO₂排出
データ

電力量・生産量
データ

CO₂排出
データ

電力量・生産量
データ

CO₂排出
データ

電力需要予想

バーチャル
パワープラント (VPP)



地産地消クリーン
エネルギーで運用

緩やかな連携が鍵

データセンターで想定される連携

AI、シミュレーションによる電力量調整・融通・需要予測、電力逼迫時の生産調整・最適解算出、受発注調整・融通、企業間連携



太陽光

風力

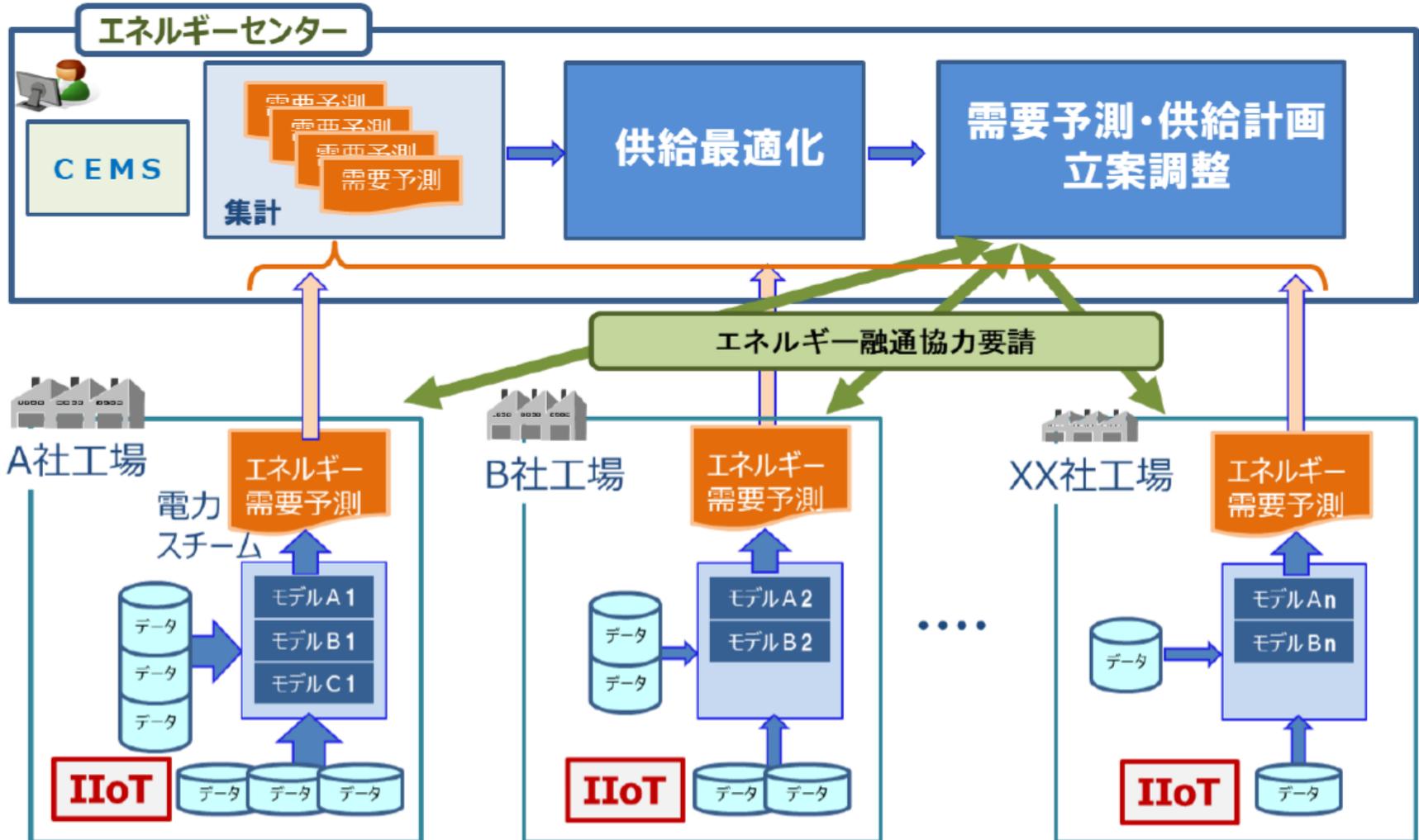
設置補助 国・自治体

技術支援（シミュレーション等）

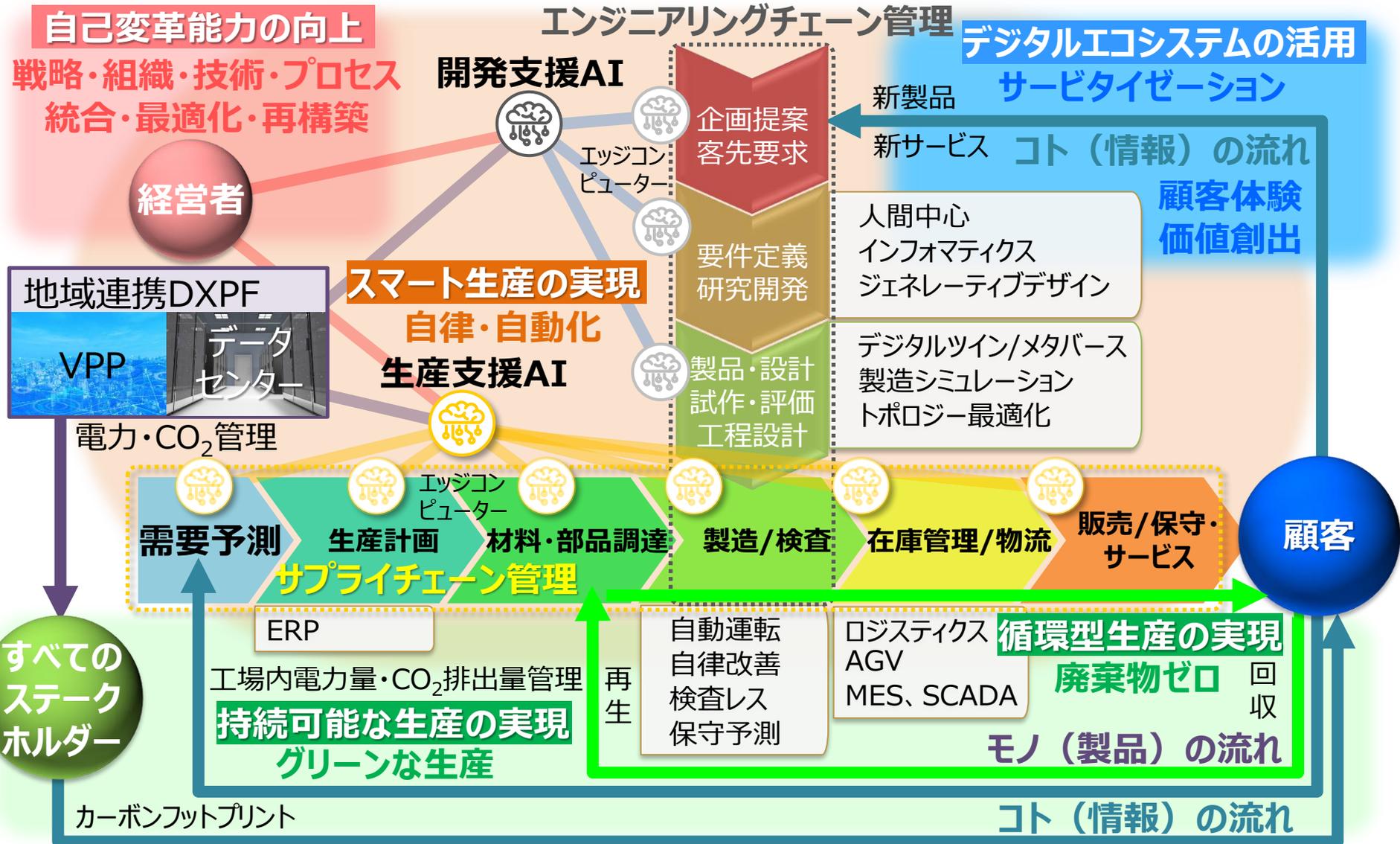
コンサル
公設試験
研究機関
プラットフォーム

■ 需要予測の例：地域エネルギーマネージメントシステムによる需要予測・供給計画

地域エネルギーマネージメントシステム



■ 「5つの行動指針」を念頭にDXを推進することによりものづくりの革新が実現。

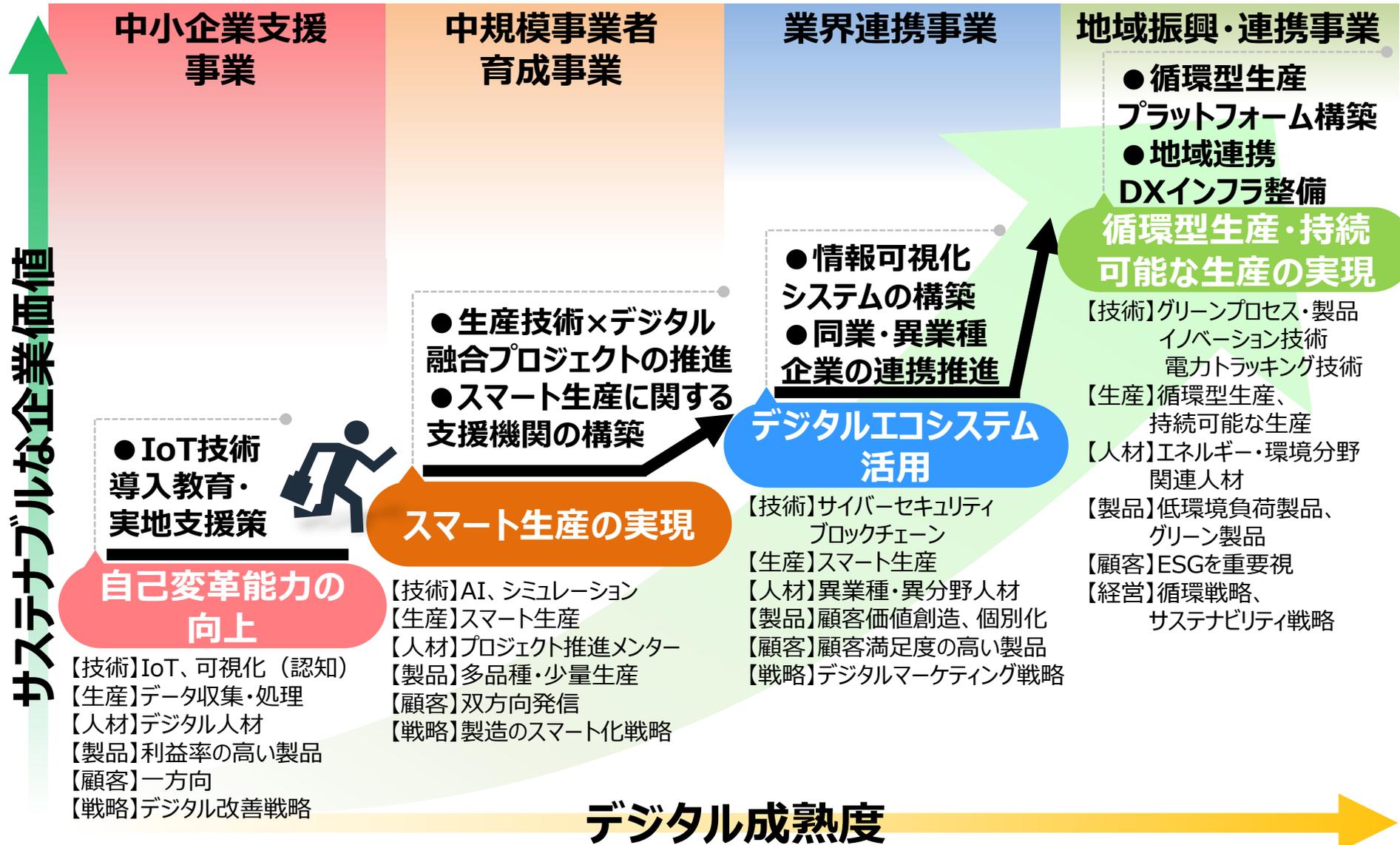


デジタル成熟度分類表による成熟度ごとの理想像

- デジタル成熟度分類表により、成熟度ごとの理想像を明示。
- 自社の置かれている状況・課題を把握し、状況に合わせた戦略を立案。

デジタル成熟度分類・定義	未着手	自己変革能力の向上	スマート生産の実現	デジタルエコシステムの活用	循環型・持続可能な生産の実現
	アナログ、紙でのやり取り	【導入】アナログからデジタルへの移行	【運用】デジタルデータを利用したビジネスプロセスの変革	【応用】デジタルネットワークを活用した顧客価値・体験の新規創造	【成熟】循環戦略・低環境負荷戦略による新価値創造
経営戦略	大量生産・利益追求	デジタル改善戦略	データドリブン戦略	デジタルマーケティング戦略	循環戦略、サステナビリティ戦略
企画・研究・開発・試作	ワイガヤ、トライ&エラー、顧客の生の声、2次元図面	ウォーターフォール型開発、3次元図面	アジャイル型開発、MBD、シミュレーション、試作レス、PDM	AIによる新製品開発、イノベーションエコシステム	グリーン技術開発、リサイクル性の高い製品
製造・生産	手動、すりあわせ、匠の技、経験と勘	デジタル生産設備、ロボット、IoT機器	スマート工場、デジタルツイン、予知保全・遠隔保守	データ駆動型デジタル製造	循環型生産、グリーンな生産、持続可能な生産
調達・輸送	紙ベースの受発注管理	デジタルデータでの受発注管理	サプライチェーン全体最適化 需要予測、物流最適化	エンジニアリングチェーン、サプライチェーン統合・全体最適化	クリーン材料調達・クリーン輸送
検査・品質保証	手動、紙、目視、検査装置を用いた人主体の検査、性能試験、抜き取り検査	デジタル設備における検査	AIによる検査・全製品のデジタルトレーサビリティ	検査レスな製造方法確立	ライフサイクルマネジメント、カーボンフットプリント等を含む全生産品のトレーサビリティ確保
カーボンフットプリント	月あたりの電力量から生産量を割って求める	センサにより各装置の電力消費量から求める	統合したCO ₂ 見える化プラットフォームからリアルタイムで計算	エネルギー、サプライチェーン、炭素生産性向上	回収・輸送・貯留・分配・転換利用等の業務の流れ全体を最適化
生産管理	手動、紙	デジタルデータ Word、Excel	連携したデジタルデータ RPA	メタバース・デジタルツインによる生産シミュレーション	炭素生産性、ライフサイクルを踏まえた製造方法最適化
製品	低価格競争	利益率の高い製品	多品種・少量生産	顧客満足度の高い製品	低環境負荷製品・廃棄物ゼロ
営業	訪問（対面）営業 人脈を利用したノウハウ	デジタル端末、名刺のデジタル化・顧客リスト作成	プロセス可視化、顧客情報一元化・解析、マーケティングの自動化	メタバースによるオンライン商談、パートナー、顧客との共創活動	顧客育成、営業職の廃止、顧客情報と営業活動の全体最適化
販売	リアル店舗での販売	ECサイト利用、オンライン上での一方向発信中心	オンライン店舗、双方向発信 データドリブン	オンラインサロン等を利用した顧客の満足度向上、新収益源創出	利用頻度に合わせた課金の仕組みにより、製品ライフサイクルを伸ばす販売戦略の構築
総務・人事・給与	手動、紙、ハンコ	ペーパーレス化、Word、Excel	承認フローの電子化、連携したシステム	完全自動化・無人化	完全自動化・無人化
セキュリティ	物理的なセキュリティ対策	ウイルス対策	サイバーセキュリティ対策	ブロックチェーン、量子暗号化	CO ₂ 排出量改ざんへの対策

■ 効果的に行動指針を推進し、デジタル成熟度およびサステナブルな企業価値を向上。



- 本調査では、製造業のDXに関する文献調査を実施し、系統的文献レビューにより、ものづくり分野におけるDXの推進において大切にすべき5つの行動指針を抽出した。
- 製造業DX調査レポートや各都道府県におけるデジタル化の取り組み状況調査によると、中堅・中小企業においてDXの取り組みが進んでおらず、経営者の意識改革やコストメリット・人材育成への理解が課題となっている。
- デジタル化の導入段階では、デジタル技術の導入とともに、これを活用して組織全体を変革する①自己変革能力の向上が不可欠となる。
- デジタル化の運用段階においては、サイバー、フィジカル、ヒューマンの各領域のプロセスやリソースを統合的に活用することで、製造工程全体をデジタル技術で最適化する②スマート生産の実現が必要となる。
- デジタル化の応用段階では、関連する事業者をデジタルでつなげた③デジタルエコシステムの活用が重要である。顧客満足度を高める「コトづくり中心」のビジネスモデルやデータ駆動型デジタル製造が展開され、競争優位性を確保することが期待される。
- デジタル化の成熟段階では、デジタルサプライチェーンの構築および最適化によって、④循環型生産や⑤持続可能な生産が実現し、さらなる新価値創造・提供が可能となる。
- 各企業でのDX推進において、デジタル成熟度に合わせた有用な政策を利用しながら、各行動指針を効果的に推進することで、デジタル成熟度およびサステナブルな企業価値が向上すると期待される。

スライド番号	書誌	リンク
5	令和元年版情報通信白書 はじめに, 総務省	https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r01/pdf/n1000000.pdf
6	エネルギー白書2021 第2章, 経済産業省	https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2021/pdf/1_2.pdf
7	2021年版ものづくり白書 概要, 経済産業省	https://www.meti.go.jp/report/whitepaper/mono/2021/pdf/gaiyo.pdf
9	デジタルガバナンス・コード 実践の手引き(要約版), 経済産業省	tebiki-yoyaku.pdf (meti.go.jp)
13	J. Bumann and M.K. Peter, In book: Digitalisierung und andere Innovationsformen im Management, edition gesowip(2019)	
14	Z.M. Çinar et. al., Machine Learning in Predictive Maintenance towards Sustainable Smart Manufacturing in Industry 4.0. Sustainability (2020)	
15	O Valdez-de-Leon, How to Develop a Digital Ecosystem: a Practical Framework. TIM Review (2019)	
16	J. Rossi et. al., Circular Economy Model Enhanced by Intelligent Assets from Industry 4.0. Sustainability (2020)	
17	K. Zekhnini et. al., A model integrating lean and green practices for viable, sustainable, and digital supply chain performance. Int. J. Prod. Res.(2020)	
22	製造業DX調査レポート, 日経BP社	
25	第4次産業革命に対応した公共職業訓練で求められる訓練内容等の整理・分析, 職業能力開発総合大学校基盤整備センター	https://www.mhlw.go.jp/content/11801000/000561812.pdf
27	ドイツ中小企業の成長に貢献するフロンティア研究機構, 独立行政法人日本貿易振興機構	202103.pdf (jetro.go.jp)
28	ひろしまデジタルイノベーションセンター概要, ひろしま産業振興機構	https://www.hiwave.or.jp/hdic/about/vision/
29	データ活用社会創成プラットフォーム (mdx)	https://mdx.jp/about/mdx
33	2019年版ものづくり白書 第2章 第3節, 調査報告書, 経済産業省	000219.pdf (meti.go.jp)
34	VR等のコンテンツ制作技術活用ガイドライン2018, 映像産業振興機構	https://www.vipo.or.jp/u/I-1_SenshinContents_Guideline.pdf
35	アサヒグループホールディングスプレスリリース, 「デジタルトランスフォーメーション銘柄(DX銘柄)2020」	https://www.asahigroup-holdings.com/pressroom/2020/0825.html
38	令和4年度カーボン排出量可視化・削減支援事業, 長野県工業技術総合センター	20220525_CarbonReduction.pdf (nagano.lg.jp)
39	サプライチェーンCO ₂ の“見える化”のための仕組み構築に向けた検討, JEITA	PowerPoint プレゼンテーション (gxdc.jp)
40	Sustainable Management of CO ₂ - CO ₂ 削減の取組み -, SMC株式会社	https://www.smcworld.com/about/co2/ja-tp/index.html



技術戦略研究センターレポート

TSC Foresight 短信

ものづくり分野におけるDX ーデジタル成熟度の向上において大切にすべき5つの行動指針ー

2022年6月30日 発行

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構
技術戦略研究センター（TSC）

- センター長 岸本 喜久雄
- センター次長 飯村 亜紀子
- デジタルイノベーションユニット
 ユニット長 伊藤 智
 戦略構築アドバイザー 紋川 亮

- ・本資料に掲載されている全てのドキュメント、画像等の著作権は、特に記載されているものを除き、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 技術戦略研究センター（以下、NEDO TSCという。）に帰属します。
- ・本資料の内容の全部又は一部について、私的使用又は引用等著作権法上認められた行為として、適宜の方法により出所を明示することにより、引用・転載複製を行うことができます。ただし、NEDO TSC以外の出典元が明記されている場合は、それぞれの著作権者が定める条件に従ってご利用下さい。
- ・本資料に掲載されている著作物を商業目的で複製する場合は、予め下記お問い合わせ宛にご連絡下さい。
商業目的で複製とは、直接収益を得ることを目的に著作物を複製して販売すること等を指します。
- ・本資料の全部又は一部について、NEDO TSCに無断で改変を行うことはできません。

- ・本資料に関する問い合わせ先：
国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
技術戦略研究センター
電話 044-520-5150 E-Mail: tsc-unit@ml.nedo.go.jp