

《第2節 DXによる競争力向上》

近年、カーボンニュートラルへの対応など、企業が対応すべき新しい社会課題が増していることや、国際社会において人権問題への関心が高まっていることをこれまで述べてきた。このような課題には、組織や企業の壁を越え、バリューチェーン全体で取り組む必要がある。この際、バリューチェーン上の関係者の取組を見える化し、円滑に情報共有するため、大量のデータ収集・分析・共有などを行うDXの取組が必要である。

1 「データ流通」と「データ品質」の重要性

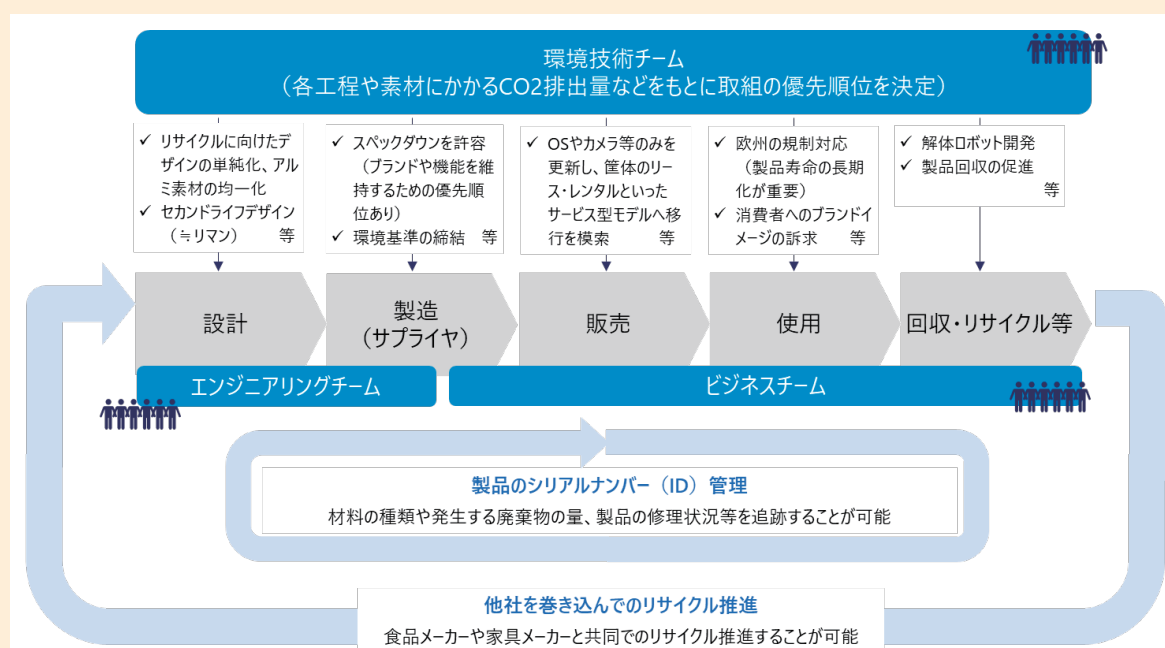
デジタル化の進展に伴い、事業活動によって生み出されるデータ量が増大する中で、今後は、企業や業種を超えて各種データを集約し、AIなどの新しい技術を用いて設計開発、生産管理などを効率的に行い、付加価値を創出し、競争力を高めていく必要がある。先進的な企業はこのような効率的なデータ活用（以下、「データ流通」とする。）によって価値創出を図り、競争力の向上や社会課題解決に取り組んでおり、以下で紹介する。

コラム

企業の競争力向上に向けた「データ流通」の取組例

Appleは、サプライヤーから工場の電力消費量などのデータの提供を受けることで、自社製品のバリューチェーン全体の環境負荷等を的確に把握している（図）。また、エアバスは、2016年から、航空業界のオープンデータプラットフォームである”Skywise”の構築に取り組んでおり、2021年10月時点で、140以上の航空会社が加盟し9,500機以上の航空機が対象となっている。本プラットフォームでは、センサーから取得できる航空機内の各機器の時系列データ、運行データやメンテナンスデータなどの数値データや、技術文書などのドキュメントデータなど、大量のデータを処理し、関係者間で共有できる。これにより、エアバスは航空機の運行・メンテナンス状況を把握し、新しい航空機的设计改善に活かすことができる。また、航空会社は匿名化された航空機の稼働データを共有され、自社の運行サービスのベンチマーク指標として利用することで、パフォーマンス向上及び経営改善に役立てることができる。

図 Appleによる、バリューチェーン全体における環境負荷把握の取組の概要



出所：（株）野村総合研究所「令和3年度産業経済研究委託事業（製造業におけるデータ品質改善に関する調査）」（2022年2月）

また、企業間のスムーズなデータ流通を実現するには、データの種類やデータの精度など（以下、「データ品質」とする。）を標準化することが必要である。

我が国製造業においても、データ品質の標準化により、災害や事故など非常時に備えるレジリエンス強化や、CO₂ 排出量の見える化の取組、研究実験データを複数企業間で共有することで付加価値の増大に取り組む動きがみられつつある。

例えば、製パン業界では、加工工程の環境負荷の低減、品質管理の徹底、食のトレーサビリティの確保などのために、業界全体でデータ品質を標準化するための議論を開始している。また、バリューチェーン全体でCO₂ 排出量を削減するため、ロボット革命・産業IoTイニシアティブ協議会において、原材料調達・製造・物流・販売・廃棄から発生するCO₂ 排出量の見える化に向けて取り組んでいる。自動車業界では、モデルベース開発などの分野で、企業間で利用するデータの用語の標準化に向けた取組が始まっている。

しかし、データ品質を担保するテーマの設定や、企業間の協調体制の整備などは欧米が先行している。例えば、EU では製造業をはじめエネルギー、モビリティなどの業界で共通のデータ流通の技術仕様を定義しよ

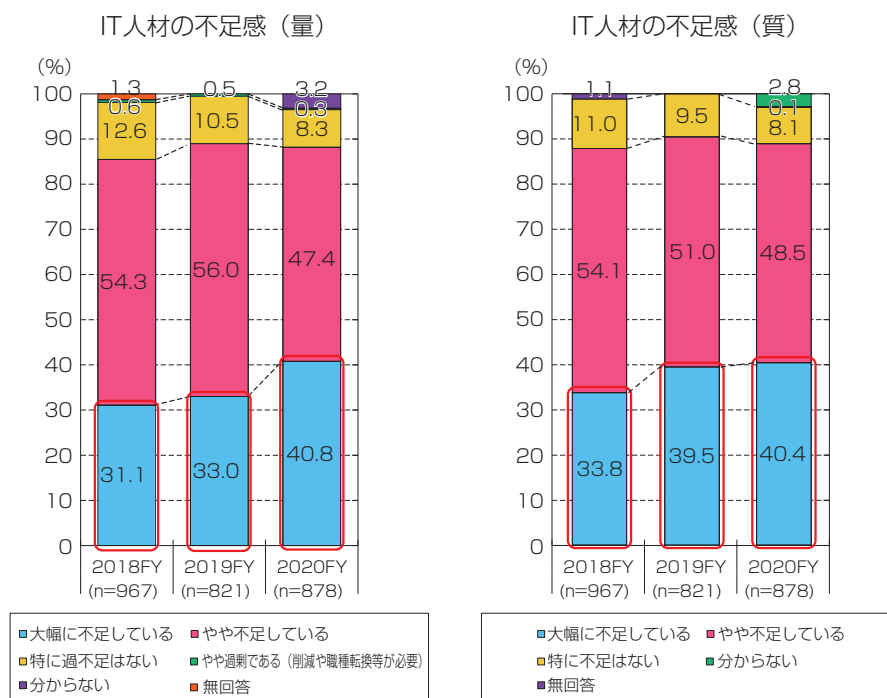
うとしている。我が国製造業も、このような国際的な動向も踏まえながら、データ流通やデータ品質の担保に向けて取り組んでいく必要がある。

2 デジタル人材育成

2021 年 11 月以降、デジタル田園都市国家構想実現会議を開催し、レベルを問わず、全ての労働人口が、デジタルリテラシーを身に付け、デジタル技術を活用できるようにすることが重要であるという考えのもとに検討が進められている。その中でも、専門的なデジタル知識・能力を有し、デジタル実装による地域の課題解決を牽引する人材を「デジタル推進人材」と位置付けている。具体的には、ビジネスの現場においてデジタル技術を導入する際、システムなどの全体設計ができる人材や、AI を活用して多くのデータから新たな知見を引き出せる人材などが想定されている。

我が国製造業においても、デジタル推進人材が求められているが、（独）情報処理推進機構の調査によれば、企業が求める IT 人材は、量・質共に不足している（図 722-1）。

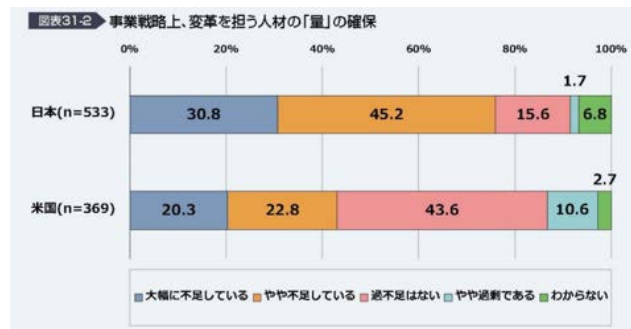
図 722-1 IT 人材の不足感



また、同機構が実施した「企業におけるデジタル戦略・技術・人材に関する調査」では、デジタル技術による変革を担う人材の「量」の過不足感について、「大

幅に不足している」及び「やや不足している」の割合は、米国では約 4 割である一方、我が国では約 8 割となっている（図 722-2）。

図 722-2 IT 人材に関する過不足感の日米比較

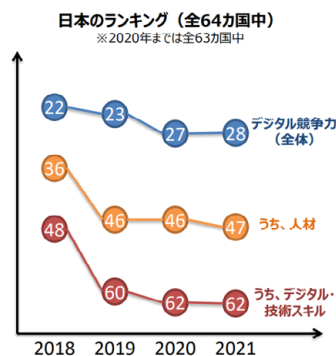


出所：(独) 情報処理推進機構「DX 白書 2021」(2021 年 10 月)

さらに、スイスの国際経営開発研究所が公表した「世界デジタル競争力ランキング 2021」では、日本の「デジタル競争力」の順位は 64 か国中 28 位と低迷して

いる(図 722-3)。特に「デジタル・技術スキル」が 62 位と低く、これが「デジタル競争力」の順位を引き下げる要因のひとつになっている。

図 722-3 我が国のデジタル競争力

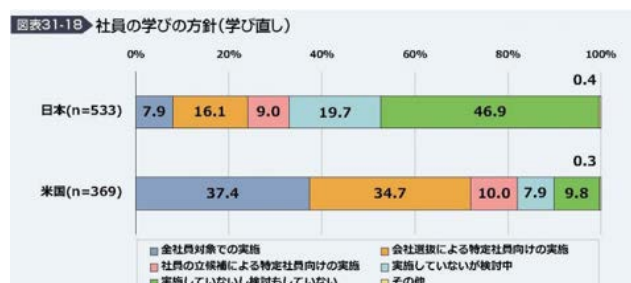


資料：国際経営開発研究所「世界デジタル競争力ランキング 2021」

また、社員の学び直しについて、「全社員対象での実施」の割合は、米国は 37.4% である一方、我が国

はわずか 7.9% となっている(図 722-4)。

図 722-4 社員の学び直しへの取組状況の日米比較

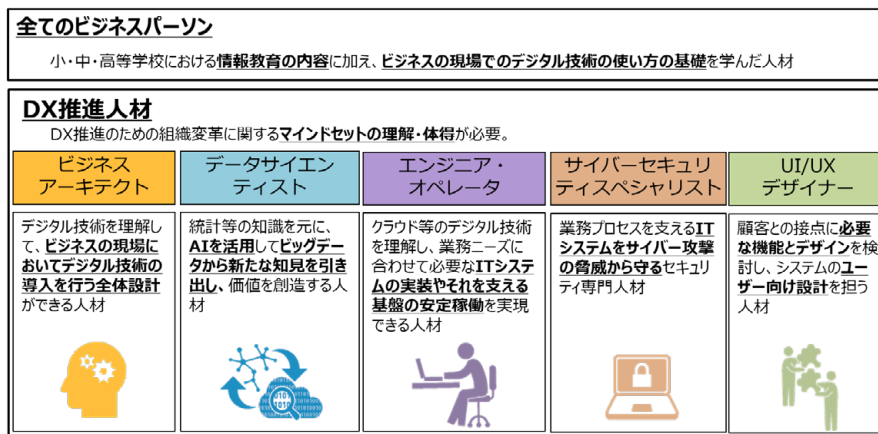


出所：(独) 情報処理推進機構「DX 白書 2021」(2021 年 10 月)

今後の教育課程においては、公立小中学校のデジタル環境整備を行う GIGA スクール構想や、高校における情報科(情報Ⅰ・Ⅱ)授業の導入などを通じて、最新のデジタル技術の知識やプログラミングなどのデジタル教育を受けることとなる。一方、現役の社会人

には学び直し、すなわちリスキリングが重要である。リスキリングに当たっては、DX 推進のための組織変革に関するマインドセットを理解・体得した上で、さらに専門的なデジタル知識・能力を身に付けることが必要である(図 722-5)。

図 722-5 DXを進める企業等におけるビジネスパーソンの人材像（仮説）



出所：経済産業省「実践的な学びの場ワーキンググループ」（2022年1月）

このような中で、経済産業省は、全てのビジネスパーソンに求められるデジタルリテラシーと専門的なデジタル知識の学習機会を提供するため、「デジタル人材育成プラットフォーム」として、デジタル学習コンテンツなどを紹介するポータルサイトを2022年3月に公表した。ポータルサイトにおいては、基礎的なデジタルスキルを学べる教育コンテンツ及びカリキュラムの紹介や、企業の課題及びデータに基づく課題解決型学習プログラムに加え、地域における課題解決型の現場研修プログラムなど、実践的な学習の場を提供する。加えて、企業などが採用や能力評価を円滑に行え

るよう、スキルやレベルを可視化するデジタルスキル標準を整備する。

また、高度人材の育成・確保を支援すべく、経済産業省は、IT・データを中心とした将来の成長が強く見込まれ、雇用創出に貢献する分野において、社会人が高度な専門性を身に付けてキャリアアップを図る、専門的・実践的な教育訓練講座を経済産業大臣が認定する「第四次産業革命スキル習得講座認定制度」を2017年7月に設立し、継続的に運用している（図722-6）。

図 722-6 「第四次産業革命スキル習得講座認定制度」の概要

1. 制度概要（1）概要、創設の背景、目的

Reスキル講座

「第四次産業革命スキル習得講座認定制度」（通称「Reスキル講座」）とは

- IT・データを中心とした将来の成長が強く見込まれ、雇用創出に貢献する分野において、社会人が高度な専門性を身に付けてキャリアアップを図る、専門的・実践的な教育訓練講座を経済産業大臣が認定する制度。

※ 厚生労働省が定める一定の要件を満たし、厚生労働大臣の指定を受けた講座は「専門実践教育訓練給付」の対象となる。

創設の背景

- 急激な産業構造の転換に対応するため、IT・データ等の分野に重点化した「人材育成の抜本的強化」が鍵。
- 働きながら第4次産業革命を見据えた能力・スキルを獲得できる職業訓練の充実が必要。

目的

将来の成長が強く見込まれ、雇用創出に貢献する分野において、社会で働く一人一人が、より高度な専門性を獲得するとともに、スキル転換を促進し、様々な専門性を活用して事業を創出等する能力・スキルを獲得することのできると認められる専門的かつ実践的な講座を経済産業大臣が認定、奨励することで、社会人のキャリア形成を図ることを目的とする

出所：経済産業省「第四次産業革命スキル習得講座認定制度 認定制度説明資料」（2020年1月）

本認定を受けた講座のうち、認定後の3年間に於いて厚生労働省が定める一定の基準を満たし、専門実践教育訓練として厚生労働大臣の指定を受けた講座は、開講する企業や受講者に対する厚生労働省の支援制度を利用することができる（図722-7）。2022年

4月までに、「クラウド、IoT、AI、データサイエンス」、「ネットワーク、セキュリティ」、「IT利活用分野（自動車モデルベース開発分野、自動運転分野、生産システム設計分野）」の各分野の合計で125講座を認定している。

6. 厚生労働省「教育訓練給付制度」との連携

- 経済産業大臣が認定した講座のうち、厚生労働省が定める一定の基準を満たし、専門実践教育訓練として厚生労働大臣の指定を受けた講座については、以下の制度を利用することができます。

受講者のみなさま	企業のみなさま
専門実践教育訓練給付金の支給 ○ 在職者又は離職後1年以内（出産・育児等で対象期間が延長された場合は最大20年以内）の方が専門実践教育訓練を受ける場合に、訓練費用の一定割合を支給します。 ※ なお、専門実践教育訓練を受講する45歳未満の離職中のうち一定の要件を満たす方に対しては、基本手当日額の80%が訓練受講中に2か月ごとに支給されます（令和3年度末まで） 給付の内容 ・ 受講費用の50%（上限年間40万円）が6か月ごとに支給されます。 ・ さらに受講を修了した後、1年以内に雇用保険の被保険者として雇用された又は引き続き雇用されている場合には、受講費用の20%（上限年間16万円）を追加で支給します。	人材開発支援助成金の支給 ○ 従業員に専門実践教育訓練を受講させ、または受講を支援する場合に、人材開発支援助成金により、訓練経費や訓練期間中の賃金の一部について助成金が受けられます。 助成額／助成率 ・ 人材開発支援助成金特定訓練コース - 経費助成：45%（30%） - 賃金助成：760円（380円） 1人1時間あたり ※括弧内は、中小企業以外の助成額・助成率

※上記給付金、助成金には様々な支給要件がありますので、詳しくは厚生労働省のHP等をご覧ください。
出所：経済産業省「第四次産業革命スキル習得講座認定制度 認定制度説明資料」（2020年1月）

また、海外拠点において生産ラインの自動化を実現する人材の育成に取り組む民間企業の事例が出てきて

おり、以下で紹介する。

コラム

海外における現地人材の育成
・・・(株) デンソー

(株) デンソーは、日本流の無駄を徹底排除した経営効率の高い自動生産システムを実現する手法をリーンオートメーション（Lean Automation）と定義し、その普及を進めてきた。同社は世界中の顧客にシステム、製品を供給する自動車部品メーカーで、世界35の国と地域に130の工場を展開している。

東南アジアは国際競争力強化の観点から重要な地域であり、2005年、同社初となる海外のトレーニングセンターである”DENSO Training Academy Thailand”を開設し、十数年に渡り、現地のスタッフを中心とした人による作業の改善、自動化及びロボット技術の開発、導入を推進してきている。

タイでは、近年人件費の高騰や就業労働人口の減少が課題となっており、従来の手作業主体のものづくりから、高度に自動化されたものづくりへの転換が求められている。自動化を実現するには、ロボットを導入し、設備や生産ラインをシステムとして企画、設計、製作、導入、保守まで行うシステムインテグレーターが存在が不可欠であるが、タイでは圧倒的に不足していた。

このような中、経済産業省の、現地の政府・産業界関係者に対する人材育成などを通じた新興国の制度や事業環境の整備を目的とした「制度・事業環境整備事業」を活用し、同社が中心となって、現地のシステムインテグレーター、中小企業の生産技術者・経営者、大学生などを対象とし、リーンオートメーションを実現できる人材（LASI：Lean Automation System Integrator）の育成を実施している（図1）。本取組によって、日本流のリーンオートメーションを浸透させ、現地の自動化エンジニアリングの質の向上、タイの企業の競争力強化に貢献している。それにより我が国でも、ロボットや各種制御機器など、自動化に必要な産業機器の輸出が増え、サプライヤーである中小企業にも好循環が生まれることが期待されている。

本プログラムは、現場で使えるスキルを習得することを意識したプログラムであり、リーンオートメーションの基本を理解するための座学を始め、無駄の削減を体感するためのモデル演習やロボットを活用し

た自動化システムの構想設計、協働ロボット演習、実際の工場でのOJT(On-the-Job Training)を行う。実際に、OJTにおいては、必要人員を3人から1人とする省人化と、生産能力を150%に向上させる効率化の両立を実現したケースもみられた(図2)。

開始当初の教育対象者は、大学生と、自動化設備を供給する企業であったが、2019年度より、ユーザーである製造業の生産技術・生産・保全部門にも対象を拡大した。また、我が国から日本人専門家をタイに派遣して教育指導を行い、講師となる現地トレーナーの育成も実施している。2020年には新型コロナウイルス感染症の世界的な感染拡大により日本人専門家の派遣が困難となったが、日本からの遠隔指導や、映像教材を作成・活用し、人材育成を継続している。さらに、VR技術を活用した遠隔指導も検討している。2018年度以降、タイの都市部だけでなく地方での育成も含めて着実に実施し、2022年度末までに約1200名を育成する予定である。

また、日本の大学で本カリキュラムを発展させた次世代生産技術者育成の講座が2019年に開講し、日本の産業界向けにアレンジした講座を2020年より開講するなど、日本のものづくり力の発展や技能伝承にも貢献してきている。

今後、タイで開発してきたモデルを東南アジア各国のニーズに合わせて展開していくことで、日本流のものづくりのさらなる浸透、発展に寄与することを目指している。

図1 リーンオートメーション教育を通じた自動化エコシステムの構築



出所: (株) デンソー

図2 省人化と生産性向上を両立させたOJTの結果の例



出所: (株) デンソー

3 企業の競争力を向上するためのデジタル技術

2020 年及び 2021 年版ものづくり白書では、製造業を取り巻く経営環境は、新型コロナウイルス感染症の感染拡大、経済安全保障を巡る国際情勢の変化といった「不確実性」が増しており、その急激な変化に対応するために自己を変革していく能力である「企業変革力（ダイナミック・ケイパビリティ）」を強化する必要性を示した。

ダイナミック・ケイパビリティの強化に活用できるデジタル技術の一つが 5G である。

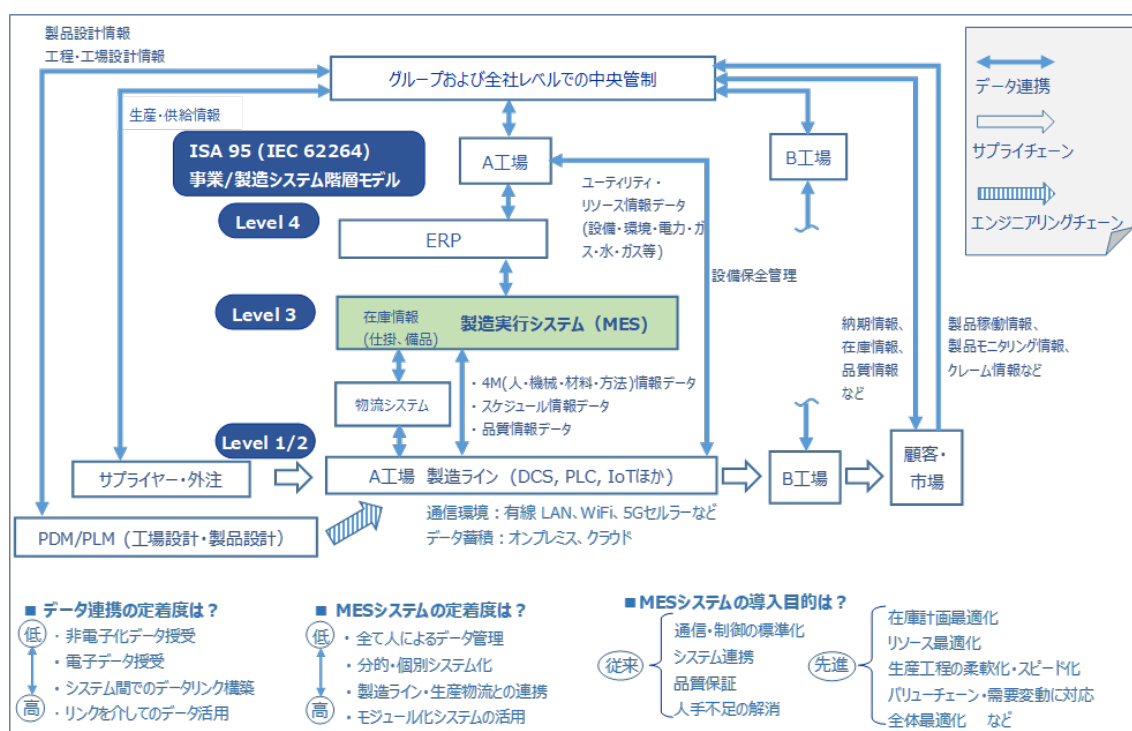
5G を導入して工場内を無線化すると、レイアウト変更や無人搬送車（AGV）の活用が容易となり、「不確実性」に柔軟に対応した最適な生産活動が行いやすくなる。加えて、5G が有する、通信の遅延が小さくなる「低遅延」や大量のデータの通信が可能な「高速大容量」という特性を活かすことで、制御をクラウド上で実行できるようになったり一括して制御することが可能になる。さらに、「同時多数接続」という特性

から、様々な生産設備やセンサーから同時にデータを集めることが可能となる。

また、製造実行システム（MES：Manufacturing Execution System）は、製造工程の把握や管理、製造現場の作業員への指示などを行うシステムである。製造事業者で MES の導入や利活用が進み、製造現場で取得される詳細なデータが、経営資源管理システム（ERP：Enterprise Resources Planning）上の生産計画などの経営資源に関するデータと連携すれば、5G の特性を活かして収集した大量のデータを AI で分析、最適な稼働・制御条件をシミュレーションし、リアルタイムで製造現場にフィードバックすることにより、最適生産を実現できる（図 723-1）。

このようなシステムを導入することで、製造現場の人手不足や熟練技術者の技能継承、設備の稼働状況の可視化といった短期的な課題に対処できるだけでなく、生産人口の長期的な減少が見込まれる中での生産性の向上や競争力の維持強化といった、中長期的な製造業の課題の解決にもつながる。

図 723-1 MES を取り巻く全体システム構成の例

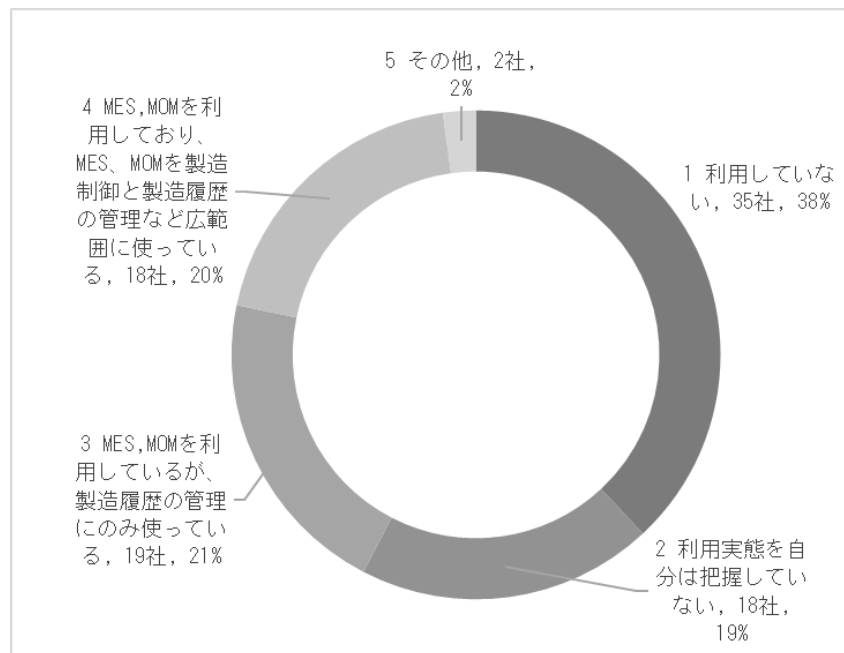


出所：（一財）エンジニアリング協会「国内工場における MES（製造実行システム）導入動向等調査報告書」（2022 年 3 月）

令和 3 年度に（株）野村総合研究所と（一財）エンジニアリング協会が共同実施した MES に関する調査によれば、調査対象のうち約 4 割が MES を導入済みと回答している（図 723-2）。MES の導入や利活用

が進まない要因としては、経営層にその重要性が理解されていないこと、導入・利活用の推進部門が存在しない企業があること、人材不足、投資対効果の説明が難しいことが挙げられる。

図 723-2 MES の利用状況



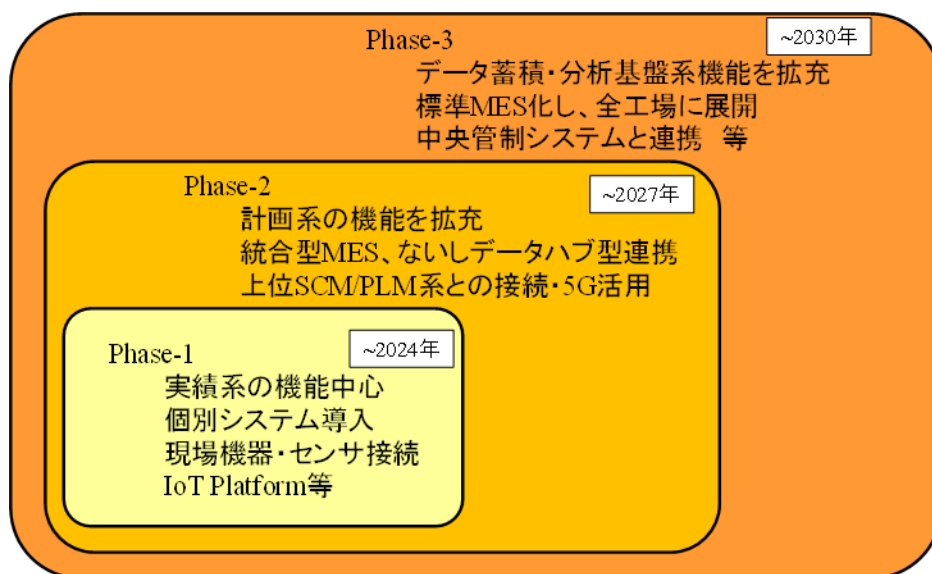
備考：（一財）エンジニアリング協会が実施したオンラインシンポジウム「工場スマート化のための製造実行システム“MES”：その現在と将来」（2021年10月7日公開）の受講者へのアンケート結果（製造業の回答者のみ抽出）

出所：（一財）エンジニアリング協会「国内工場におけるMES（製造実行システム）導入動向等調査報告書」

同調査では、MESの導入や利活用は、①工程や業務に応じた個別のシステムの導入、製造現場の見える化やIoTプラットフォームの導入といった実績データの収集・分析を進めるところから始め、次に②5Gの活用、計画系機能の拡充、ERPなどの上位システ

ムとの連携を行い、さらに③データ分析・フィードバック、標準化したMESの全社展開といった3つのフェーズで進めていくことが有効だとしている（図723-3）。

図 723-3 MES 導入のロードマップ（例）



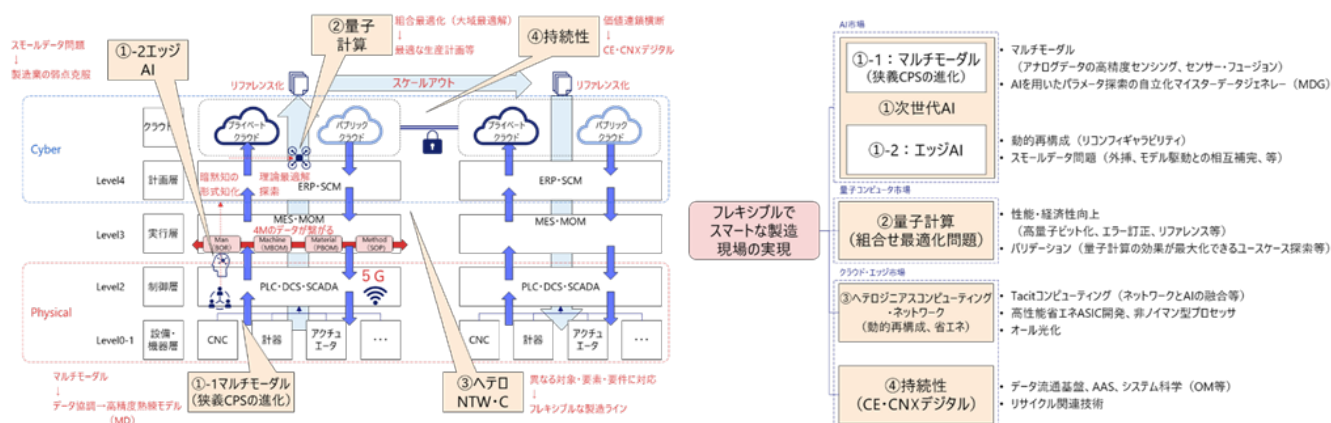
出所：（一財）エンジニアリング協会「国内工場におけるMES（製造実行システム）導入動向等調査報告書」

製造現場において 5G の本格活用が進むことで、工場では工程管理がより複雑となり、量子計算を用いた最適化が必要となる。その際に必要な技術のひとつが量子アニーリングを始めとした量子計算技術である。また、5G に限らず LTE、Wi-Fi といった多様な通信方式を組み合わせるネットワークであるヘテロロジニアスネットワークの技術も重要となってくる（図 723-4）。

また、製造業の現場では高水準のセキュリティ確保

が必要な秘匿性の高いデータが多く、また、高速制御が求められる処理が存在することなど、クラウドに適さない処理が多数存在する。こうした課題に対してエッジ AI を活用すれば、クラウド上にデータを上げることなく、セキュアな形で必要な処理が行えるようになる。これまで AI を活用する際には、その学習に必要なデータの質量が不足するという「スモールデータ問題」が生じていたが、これを解決するための技術開発も積極的に行われている。

図 723-4 5G 補完に向けた有望技術テーマ例



出所：(株)野村総合研究所「無線通信技術の本格活用を通じたフレキシブルでスマートな製造現場の実現を可能とする国際的な市場の創設に関する調査」(2022年2月)

このように、従来のコンピュータの計算速度では事実上計算できない問題に対して、量子コンピュータの

活用が期待されており、我が国を含む各国で進む官民一体での取組を紹介する。

コラム

量子コンピューティングの実用化に向けた官民の取組の現状

量子力学特有の現象である量子の重ね合わせや量子のもつれを利用した量子コンピュータは、計算処理速度を劇的に高速化できるため、従来のコンピュータでは膨大な計算時間を要し、事実上計算できない問題に対しても高速に計算することができる。特に、金融及び交通分野などにおける組み合わせ最適化、創薬及び素材開発などにおける量子化学計算、量子人工知能、暗号解読などにおける素因数分解などの計算での活用が期待されている。ボストンコンサルティンググループが 2021 年 7 月に公表した“*What Happens When ‘If’ Turns to ‘When’ in Quantum Computing?*” によれば、量子コンピュータの産業利用により創出される市場価値は、2050 年までに 100 兆円規模に達することが予測されている。

新たな量子コンピュータ産業の創出には、ハードウェア、ソフトウェア及びサービスの各プレイヤーの連携が不可欠であり、2018 年 9 月に米国で設立された”QED-C”を始めとして、様々な国及び地域において大企業を中心とした産業コンソーシアムが設立され、技術開発や国際標準化などの議論が進められている。我が国においては、2021 年 9 月、民間企業を主体とした「量子技術による新産業創出協議会（Q-STAR）」が設立され、量子技術の産業活用に関する調査・研究・提案、量子関連人材に関する調査・企画・提案、制度・ルールについての調査・検討などの活動が行われている。

また、量子コンピュータ関連のスタートアップ企業へのベンチャーキャピタルによる世界の投資額が 2020 年に 2,000 億円を超える（図 1）など、投資が活発化している。加えて、世界的な動向として、ハー

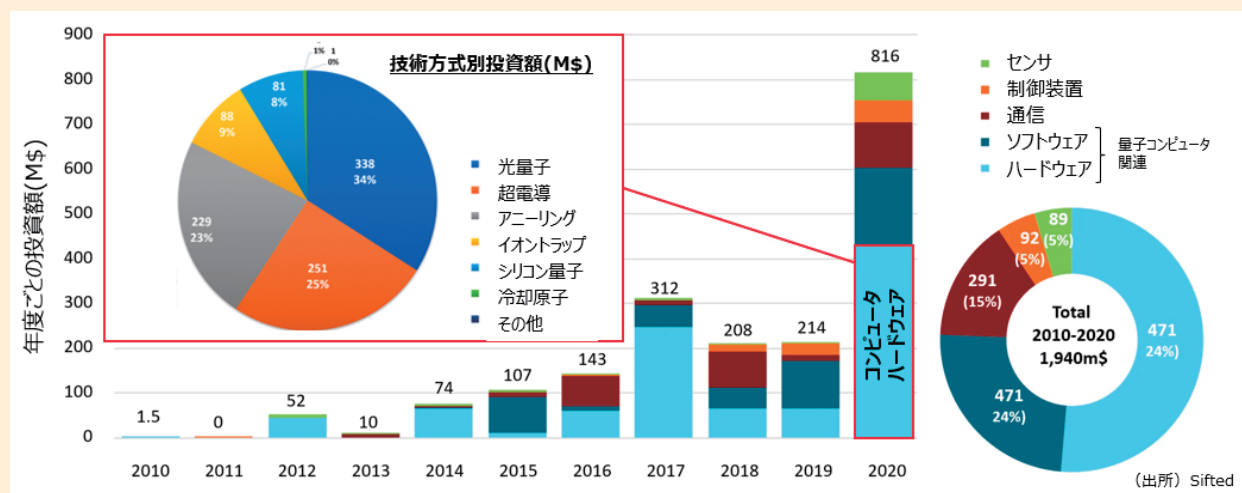
ドウェア関係のみならず、サービスやアプリケーションレイヤーに関わるスタートアップが設立されている（図2）。我が国においても（株）Jijや（株）Qunasysといったスタートアップが国内外のユーザー企業と連携し、量子技術を活用した新たなサービスアプリケーションを開発する事例がみられつつある。

このような状況の中、米国、中国、EU政府は量子技術の安全保障上の重要性に鑑みて、複数年間を対象に数千億円規模の支援パッケージを展開し、研究開発を後押ししている。我が国では、2018年から、経済産業省の「高効率・高速処理を可能とするAIチップ・次世代コンピューティングの技術開発」において、我が国で原理が提唱された量子アニーリングマシン、文部科学省の「光・量子飛躍フラッグシッププロジェクト（Q-LEAP）」において、NISQ（Noisy Intermediate-Scale Quantum）と呼ばれる一定程度の量子誤りのある小中規模の量子コンピュータ、2019年からは、内閣府の「ムーンショット型研究開発制度」において、将来の理想的な誤り耐性型汎用量子コンピュータ実現に向けた研究開発などが推進されている。また、近年では経済安全保障の観点からも、基礎研究から社会実装まで産学官連携により一貫通貫で実施する重要性が増しており、政府全体で量子技術の取組を推進している。

国立研究開発法人産業技術総合研究所等においては、現在、アニーリング方式の量子コンピュータ（図3）の開発を始めとした産学連携体制を構築している。ここでは、超電導量子回路試作施設（Qufab）（図4）や低温評価設備（図5）、シリコン量子デバイス製造施設（COLOMODE）、ダイヤモンド量子製造機能などについて世界有数の技術レベルや施設を有している利点を活用し、民間企業や大学などを対象として、アプリケーション開発、量子デバイス部品開発や試作など、産業化を総合的に支援することが期待される。このため、量子技術の社会実装を促進するため、テストベッドを兼ねたグローバル産業支援拠点を新たに整備する予定である。また、2022年度内には、国立研究開発法人理化学研究所、大阪大学等において開発しているゲート方式の量子コンピュータ（図6・図7）のテストベッドを整備する予定である。

今後、中長期的に成長が見込まれる量子技術分野において我が国が競争力を高めていくには、大企業、スタートアップ、政府が一体となって事業化を視野に入れた研究開発を進めるとともに、量子コンピュータを古典コンピュータやAIなどと融合した計算資源として活用し、ユーザ企業による新たな製品やサービスを創出し、社会実装していくことが重要であり、産官学での一層の取組が不可欠である。

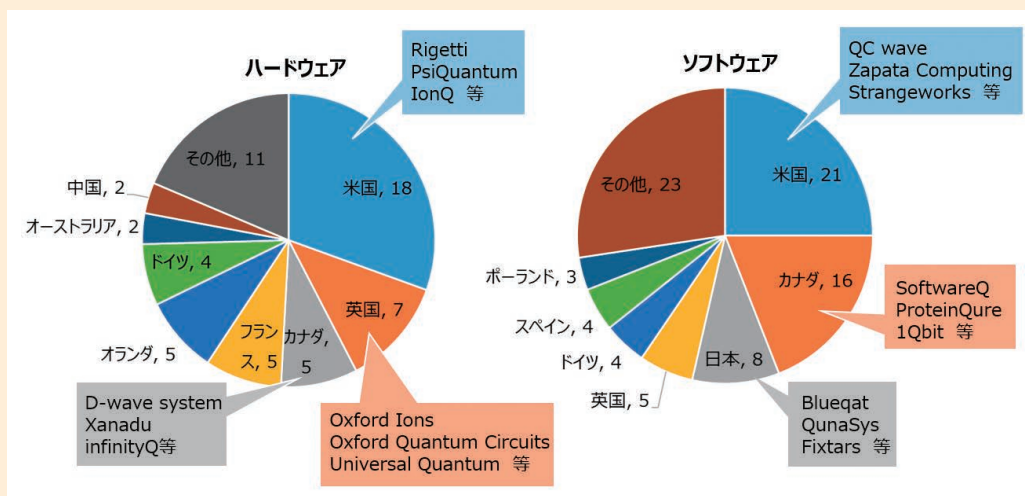
図1 世界の量子コンピュータ関連のスタートアップへのベンチャーキャピタルによる投資額の推移



備考：投資情報が掲載されている Pitchbook や Crunchbase などのデータベースから、個人投資家や公的ファンドによる投資の公開情報を集計。約 100 社のスタートアップについて、約 300 件の投資取引を特定して分析。

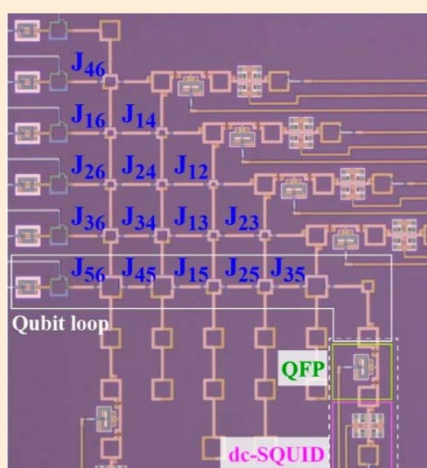
資料：LE PACK QUANTIQUE

図2 量子コンピュータ関連のスタートアップ企業数



資料：Quantum Computing Report

図3 超電導量子アニーリングマシン (6量子ビットチップ)



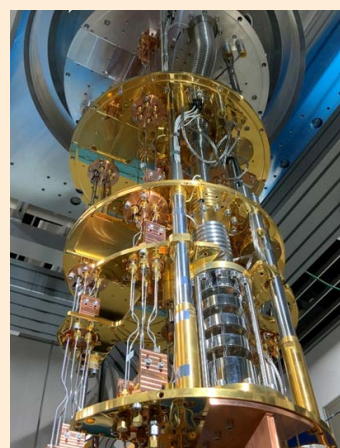
出所：国立研究開発法人産業技術総合研究所

図4 超伝導量子回路試作施設 Qufab



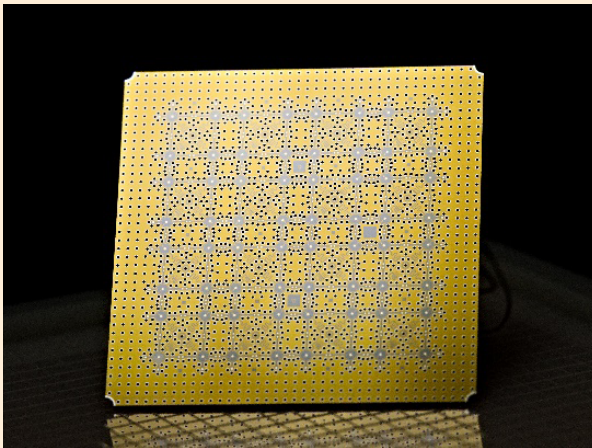
出所：国立研究開発法人産業技術総合研究所

図5 アニーリング方式の超伝導量子コンピュータ評価システム(内部)



出所：国立研究開発法人産業技術総合研究所

図6 超電導量子コンピュータ(64量子ビットチップ)



出所：国立研究開発法人理化学研究所

図7 ゲート方式の超電導量子コンピュータ評価システム(内部)



出所：国立研究開発法人理化学研究所

また、通信事業者による商用サービスに対して、ユーザー企業が主体となって特定エリアで5Gネットワークを整備するのがローカル5Gである。自社内や工場内など限られたエリアで、利用環境や目的に応じ

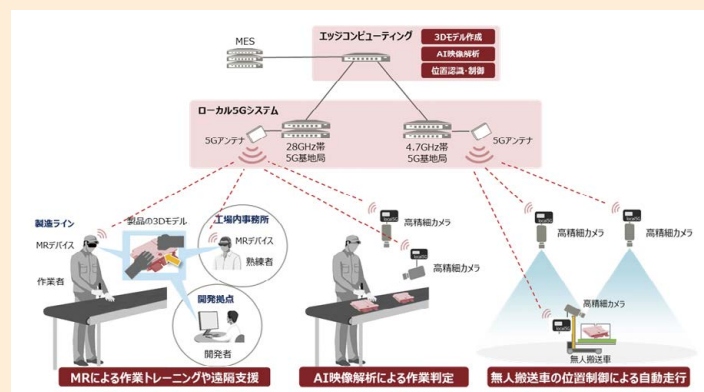
て柔軟に利用できるメリットがあり、生産現場などでのデータ活用を推進するための基盤として期待されている。以下で具体的な取組事例について紹介する。

コラム

着実にひろがる製造業での無線通信利用（ローカル5G） … 富士通（株）、住友商事（株）

富士通（株）では、ネットワーク機器の製造拠点である小山工場にて、現場作業の自動化や遠隔支援など業務のDXを実現するローカル5Gを2021年3月より運用している。建屋内や建屋間の部品等の運搬作業では、電波の到達距離が長い4.7GHz帯を利用し、無人搬送車とのリアルタイムな通信で高精度な位置測定と走行制御を行い、これまで人が担っていた運搬作業を自動化すべく検証を進めている。遠隔支援については、大容量のデータ通信に適した28GHz帯を利用して、作業者の組立作業を多数の高精細4Kカメラで撮影、映像データを高速伝送している。この映像データから作業者の手、部品ケース、部品を認識し、手順に基づき作業しているかをAIが判定しており、その結果を作業者へリアルタイムにフィードバックすることで、検査の省力化や品質の向上を図っている。さらに、多品種少量生産が進んだ生産現場では短い時間で作業員の習熟度を上げることが課題となっており、MR（Mixed Reality：複合現実）デバイスを活用した現場作業のトレーニングや遠隔支援も行っている。

図1 富士通（株）小山工場におけるローカル5Gの活用イメージ

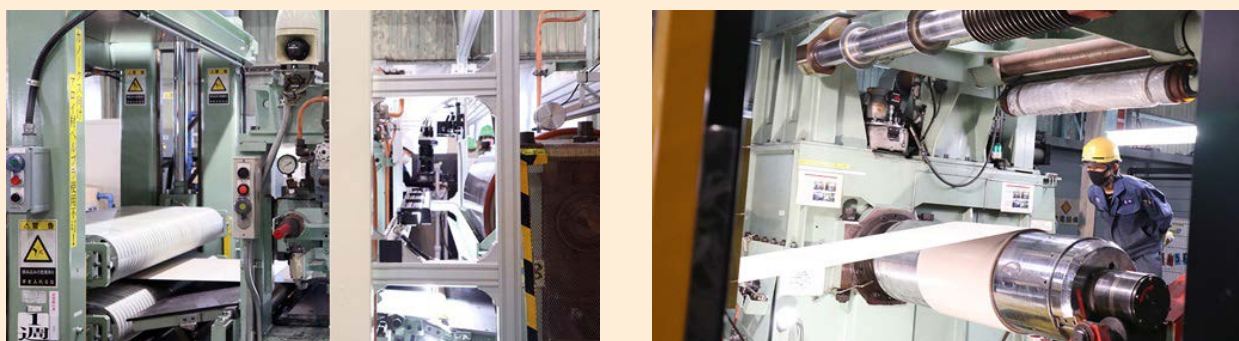


出所：富士通（株）

住友商事（株）は、鋼板加工を行うグループ会社のサミットスチール（株）大阪工場にて、スマートファクトリー×ローカル 5G に関する実証実験を 2021 年 1 月から約 3 カ月間行った（総務省「令和 2 年度地域課題解決型ローカル 5G 等の実現に向けた開発実証」事業）。同工場における「スリッターライン」と呼ばれる、鋼板コイルをほどき、縦に切れ目を入れ、幅を変える加工ラインにて、表面の傷の目視検査の自動化と遠隔からの品質確認に関する検証を実施。従来は、加工中のコイルを現場の作業員が目視検査し、傷を発見した場合は写真を撮り、本社営業部がその写真を基に製品の出荷可否を判断していた。この実証実験では、連続高速撮影が可能な 8K ラインスキャンカメラでコイルを撮影したデータをローカル 5G で伝送し、AI が傷の有無や傷の位置を判定した。AI による傷検知は、目視より高速度でのコイル加工の検査に対応でき、また、現場の作業員が 4K のカメラを使い高精細映像を本社営業部に伝送することで、遠隔からも細かい傷まで確認することができるようになり、生産性向上につながった。

図 2 サミットスチール(株) 大阪工場におけるローカル 5Gによる目視検査自動化

従前（現場、目視の様子）



実証実験（カメラと照明の設置状況、AI 判定後のデータ確認の様子）



出所：住友商事（株）

これらのようにローカル 5G の活用が進んでいるが、導入コストや運用ノウハウの不足といった課題も存在する。コスト面については、基地局等の導入コストの低減に向けた取組が進んでおり、例えば富士通（株）では、ローカル 5G の初期導入費用を従来の約 3 分の 1 に削減することが可能な、スタンドアロン型のローカル 5G システムの提供を 2021 年 12 月に開始した。また、運用ノウハウの不足に対しては、ユーザー企業によるローカル 5G の免許取得が不要で、基地局の設備や保守・運用を携帯電話会社が担うプライベート 5G サービスが検討されている。ソフトバンク（株）は、こうしたサービスの提供を 2022 年度中に開始する予定である。

コラム

日本のマザー工場と世界 50 カ国の拠点との間で常に最新情報を共有することで、業務効率の飛躍的向上及び営業力強化を実現・・・エスペック（株）

第2節

DXによる競争力向上

身近な製品である自動車やスマートフォンなどを始め、あらゆる工業製品の開発においては環境試験が行われている。環境試験には、温度や湿度、圧力など様々な環境因子を人工的に再現する環境試験器が使われており、同社はこの環境試験器の世界トップメーカーで、国内シェアは6割以上、海外シェアは3割以上を有している。同社の強みは、温度、湿度、圧力といった様々な環境因子を人工的に制御する技術力の高さで、工業製品の用途開発ごとに必要とされる多種多様な試験環境を確実に再現することができる。先端技術を用いた工業製品ほど緻密な環境試験が必要とされるため、決められた条件を確実に再現できる同社の「環境創造技術」は、国内外における先端技術の開発にとって必要不可欠な技術となっている（図）。

現在、同社のグループ会社は国内外に20社あり、海外売上比率は5割近くにまで拡大している。売上の業種別内訳では、エレクトロニクスが約4割、自動車が約2割となっており、その他、化学、医薬品、食品など幅広い分野で事業を展開している。航空宇宙分野では小惑星探査機「はやぶさ」に搭載する電子部品の信頼性検査の支援も手掛けている。

高度化、多様化する製品づくりの中核的役割を担う同社のマザー工場は、1974年に操業を始めた京都府にある福知山工場である。海外には、中国の上海・広東、米国のミシガン州・コロラド州、韓国の5カ所に生産拠点を設け、高品質の製品をグローバルに提供できるよう生産能力の拡充を図っている。さらに、海外には多数の販売拠点や代理店を持ち、グローバルでの販売・サービス網を充実させることで、顧客がどこで同社の製品を買いたい求めても安心して使ってもらえる体制を構築している。

このようなグローバル展開を行う上で、国内のマザー工場とその販売を担う海外拠点とのデータ連携は極めて重要な意味を持つ。それは、マザー工場では、海外販売拠点や海外代理店における引き合いを含む、販売情報をもとに生産計画を立てており、海外販売拠点や海外代理店では、商談を進める上でマザー工場の生産稼働状況や納期情報、物流情報を把握する必要があるためである。しかし、従来は、例えばマザー工場の納期情報は国内の基幹システムに保存されていたため、別会社である海外の販売拠点や海外代理店からはアクセスすることができなかった。

そこで、2014年6月、同社はクラウド上に情報共有プラットフォームとしての共有サイトをつくり、そこに販売データ、納期データ、物流データなど必要な情報をアップロードすることで、グループ会社の情報共有を図ろうとした。しかし、担当者が毎日手作業で必要なデータを抽出・加工したり、データ更新のためのアップロードをしなければならず、データが大量にある場合はアップロードに1時間以上も費やすこともあったため、データ連携の十分な円滑化にはつながらなかった。また、担当者が忙しくなるとアップロードが遅れがちになり、納期情報なども常に更新されているとは限らなくなっていた。結果としてメールによる情報のやりとりも並走することとなり、海外販売拠点ではどれが最新の納期情報なのか、いつサイト上の納期情報が更新されるのかが分からず、商談に支障が生じていた。

そこで、同社では、データの抽出・アップロードの作業を毎日自動でできるツールをベンダーと協力して開発し、マザー工場と海外拠点や海外代理店との間で確実に最新情報が共有できるようになった。また、担当者もデータのアップロード作業から解放された。さらに、国内の営業本部も海外販売拠点や海外代理店の最新の営業情報を把握することが可能となり、受注管理のみならず、営業面にも活用できている。

近年はIoTや5G、電気自動車といったデジタル化の領域では国際的に開発投資が進んでおり、また、カーボンニュートラルの観点から、エネルギー効率を高めるための制御部品の開発なども進み、このような開発に活用される環境試験器の需要が伸びている。さらに新型コロナワクチンの移送や保管には、ワクチンの種類に応じた適切な温度管理が必要であり、同社の高度な温度制御技術を活かした定温輸送保冷庫はワクチンのコールドチェーンで重要な役割を果たしている。今後は工業製品の環境試験に加えて、バイオ医薬品のような繊細な温度管理が必要とされる医薬品が確実に患者の手元にまで届くよう、コールドチェーンソリューションを強化し、医薬品分野の事業領域の拡大も目指している。

図 温度や湿度などの環境因子を再現し、製品の信頼性を確保する環境試験器



出所：エスベック（株）

4 国際標準化の動向

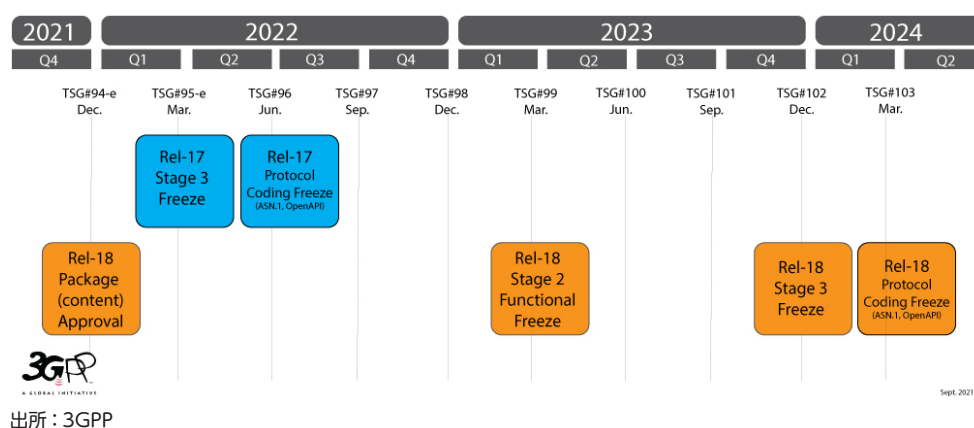
DX による競争力向上のためには、国際標準化への取組も重要である。これまでに述べた、5G 関連技術の国際標準化の動向と、国際標準化活動の世界的な動向について紹介する。

5G の国際的な標準仕様は、3GPP (3rd Generation Partnership Project) にて検討されている。初期の 5G の国際的な標準仕様である「Release15」(2018 年 6 月公表) では、高速大容量を主眼とした基本的な機能の標準化が行われた。その後、産業 IoT 向けのユースケースを想定した要件定義を含めた「Release16」(2020 年 6 月公表) を経て、現在は、5G の最終的な標準規格の確立を目的とした「Release17」の公

表に向けた検討(2022 年 6 月完了予定)が進められている。

3GPP では、「Release17」後に検討が開始される「Release18」にて、「5G-Advanced」と定義されたポスト 5G 無線通信の要件定義の検討を行うとしている。2021 年 12 月に承認された「Release18」の仕様検討項目では、カバレレッジや省電力、車両内といった移動体での通信改善といったモバイルブロードバンドの強化、「Release17」で策定される産業 IoT 向け 5G 規格「RedCap」の機能強化、位置決めや距離計測機能の強化といった、様々なユースケースにおいて 5G の本格活用を可能にするための機能強化を予定しており、2024 年 3 月の策定完了を目指している(図 724-1)。

図 724-1 3GPP による標準化スケジュール (Release17、Release18)



次に、5G 以外の、国際標準化活動全般の動向では、欧州・米国・中国などを始めとする国・地域が、各々の強みを活かしながら、戦略的に国際標準化活動を行っている(図 724-2)。

例えば、近年の欧州諸国は、環境・人権分野で欧州的な価値観と関係の深い規格の提案・開発を積極

的に行っている。そもそも、一国一票・多数決制を採用している ISO (International Organization for Standardization：国際標準化機構) や IEC (International Electrotechnical Commission：国際電気標準会議) では、EU 全体(27 か国)が共通の投票行動を取った場合に、有利になりやすい。加

えて、世界的に有力な認証機関のほとんどが欧州に立地^{注9}しており、規格の開発のみならず、認証の面でも強みを有している。

標準化機関における合意を経て公的に制定される「デジュール標準」で強みのある欧州に対し、米国は、産業団体やコンソーシアムが主導して策定する「フォーラム標準」で大きな影響力を有しており、航空機やITといった分野で強みを有している。

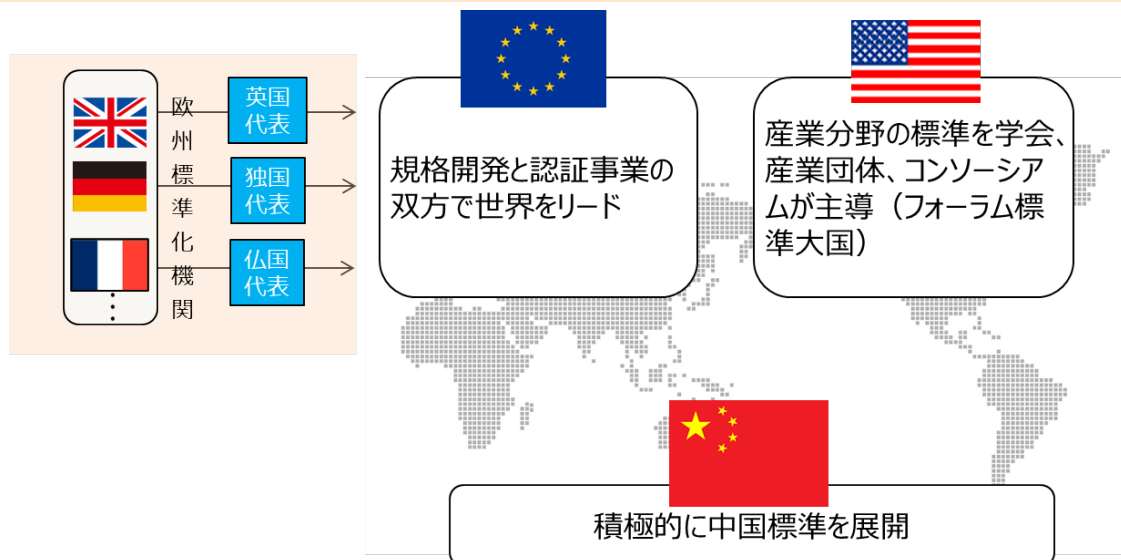
そして近年、中国も国際標準化活動を活発化している。多くの国々と標準化協定を締結し二国間関係の強化を進めながら、ISOやIECという国際機関の場におけるデジュール標準の提案・開発にも積極的に取り組んでいる。

このように、有力国・地域の標準化活動が活発となる中、この10年間で、標準化の対象や内容も大きな変容を遂げている。従来は、規格といえば典型的にはねじの形状や電球の寸法といった、製品の互換性や品質を確保するものや、ライターや電池のように安心・

安全を担保するものが中心であった。しかしながら、近年のデジタル化の進展や、SDGs（Sustainable Development Goals：持続可能な開発目標）を始めとする社会の価値観の転換を受けて、開発される規格の内容が、分野・産業横断的なもの、サービスなどに及ぶものまで広がり、複雑化している。具体的には、スマートシティやAIのように複合的であり様々な産業に展開可能な分野や、自動運転やドローンサービスのようなモノとサービス両方を横断的に規定する必要がある分野、量子コンピューティングやポスト5Gのようなデジタル技術の最先端分野、さらには、サーキュラーエコノミーやジェンダーといった、社会課題に関する分野における規格開発競争が活発化している。

我が国の製造・サービス事業者も、このようなトレンドを踏まえた上で、自社の技術の強みや、今後の社会像を念頭に置きつつ、世界的な国際標準開発競争に向き合っていく必要がある。

図 724-2 各国・地域における国際標準化戦略



出所：経済産業省

次に、日本企業の現状・課題及び、それを見える化する「市場形成力指標」の活用について述べる。日本企業は、これまで、自動運転やドローン、コールドチェーン物流サービスなどの様々な分野で国際規格開発を主導し、実現してきた実績がある。その一方で、2019年版ものづくり白書においては、調査対象とした製造事業者4,390社のうち約6割が「事業活動はルールに適合していかなければならない」と認識しており、日本企業は、依然として「ルールは（作るもの

ではなく）従うもの」という認識が強い。これには、ルールメイキング活動に社内リソースを割くことについて、経営層の理解を得ることの困難さや、国際規格を事業に活用する意識が不十分といった背景がある。

「技術や品質が確保されればモノが売れる」過去とは異なり、ユーザーのニーズとの一致が重視されるようになった現在、我が国製造業が競争力を維持し続けるためには、技術開発と並行してユーザーインターフェイス（UI）の設定、すなわち標準化を始めとす

注9 従業員数で世界TOP10の認証機関のうち、9社が欧州系機関である。

るルールメイキングを通じた市場創出に、経営戦略の一環として取り組んでいくことが必要である。

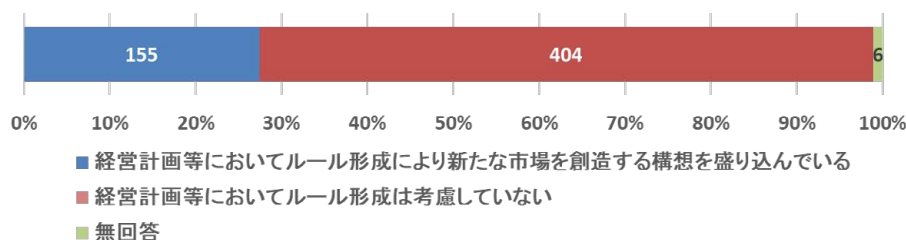
例えば、CYBERDYNE（株）は、世界初の装着型サイボーグ「HAL」を事業化するために、研究開発初期の段階から、その安全性能を評価する規格の開発に着手した。これにより、「安全な装着型サイボーグ型ロボット」という新しい市場の創造に成功している。このように、研究開発の成果を着実に社会実装（市場形成）に結びつけるためには、研究開発の早期から標準化を見据えて取り組むことが必要である。また、ルールは作るものといったマインドへの変革がなされなければ、国際標準化活動に積極的に取り組んでいる主要国に先手を打たれる可能性がある。

2021年に、経済産業省は、企業がルール形成（規制、規格、ガイドラインなど）に取り組み、新しい市場を創出する能力を「市場形成力」と定義し、その具体的な内容を指標としてまとめた「市場形成力指標

Ver1.0」を公表した。さらに、ルール形成に取り組む企業の現状を把握するため、国内約1万社を対象に「社会課題解決型の企業活動に関する意識調査」を実施した。

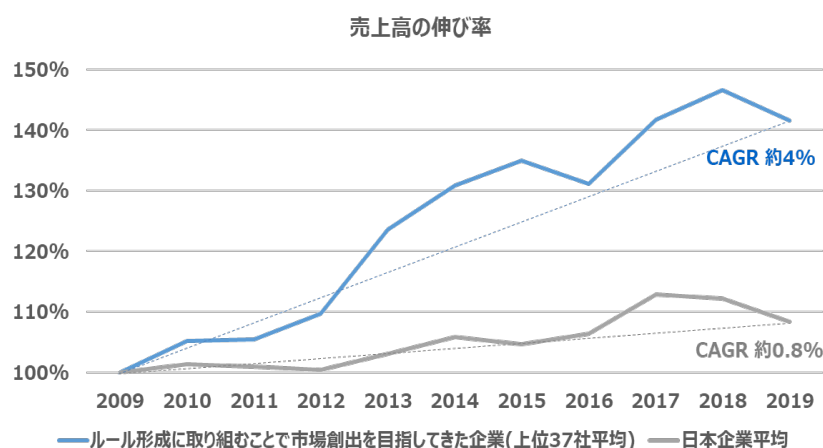
同調査では、「経営計画等においてルール形成により新たな市場を創造する構想を盛り込んでいる」という回答をした大企業は、全体の3割未満であった（図724-3）。また、ルール形成により新たな市場創出に取り組む企業の成長率を分析したところ、企業成長の実現度が高いことが明らかになった。同意識調査結果において、特に取組が進んでいる上位37社について、2009年度から2019年度の売上高から、年平均成長率（CAGR）^{注10}を求めたところ、CAGR平均は約4%であった。これは同期間の日本企業におけるCAGR平均約0.8%を大きく上回っている（図724-4）。

図 724-3 ルール形成に係る日本企業の意識調査



出所：経済産業省ニュースリリース（2022年3月）

図 724-4 ルール形成の取組が特に進んでいる37社と日本企業全体の売上高の伸び率の推移



出所：経済産業省ニュースリリース（2022年3月）

経済産業省は、この意識調査の結果を踏まえ、2022年3月、「市場形成力指標 Ver2.0（企業版／プロジェクト版）」及びルール形成による市場創出を実践する上での手引きである「市場形成ガイドンス」を

公表した。今後、ルール形成による市場創出を実践する企業が、様々なステークホルダーからポジティブに評価されるように、「市場形成力指標」（図724-5）を活用した外部評価機能について、検討を進める。

注 10 複数年にわたる売上成長率から求められる、1年あたりの成長率の幾何平均。例えば、2009年度～2019年度の売上高を用いた場合、 $CAGR = (2019\text{年度の売上高} \div 2009\text{年度の売上高})^{1 \div (2019\text{年} - 2009\text{年})} - 1$ となる。

図 724-5 市場形成力指標を構成する3つの能力

アジェンダ構想力	戦略的にアジェンダを設定し、当該アジェンダに内在する社会課題の解決手段と、実施可能なルールメイキングを踏まえて、当該社会課題の解決が価値として評価される市場を形成するストーリーを構想・設計する能力
社会課題解決力	上記の社会課題の解決に必要な専門性・体制を保有し、他者との連携等を通じて、社会課題解決に資する財・サービスを提供する能力
ルール形成力	上記の社会課題を解決するために提供される財・サービスが、市場で価値として評価されるようにするため、ステークホルダーと連携してルール（規制、規範、規格、その他基準・認証等）を形成する能力

出所：経済産業省ニュースリリース（2021年4月）

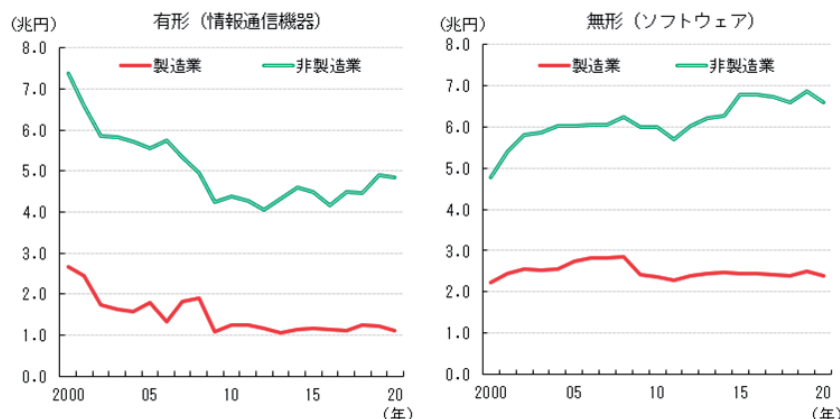
このような取組や、標準化に関する各種の制度の活用などを通じて、各企業において標準化を含むルール形成による市場創出への取組が進み、日本産業全体の国際競争力の強化につながることが期待される。

5 製造業におけるIT投資やデジタル技術活用の現状

我が国製造業における2010年以降のIT投資額の推移をみると、有形（情報通信機器）資産と無形（ソフトウェア）資産のいずれも横ばいとなっており、

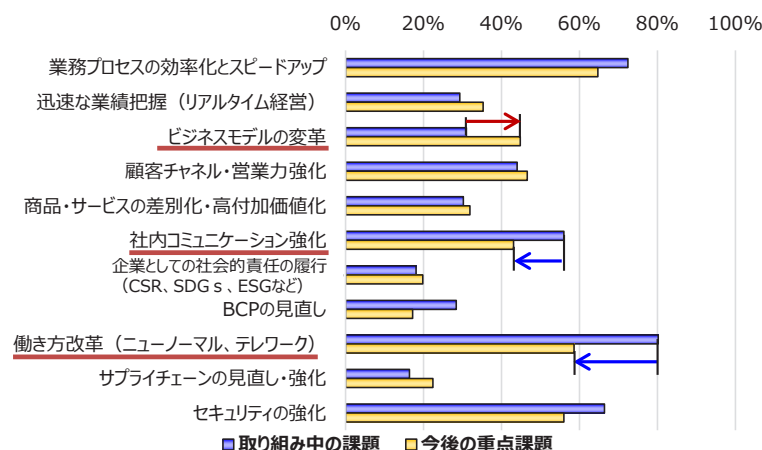
DXの重要性が広く認識されるようになる中でも投資額は増加していない（図725-1）。一方、経営者がIT投資によって解決したい課題の内訳をみると、これまでは「今後の重点課題」であった「働き方改革（ニューノーマル、テレワーク）」や「社内コミュニケーション強化」が「取組中の課題」として回答される割合が増加し、新たに「ビジネスモデルの変革」を「今後の重点課題」と回答する割合が増えており、DXの推進に伴ってその目的が変化していることがうかがえる（図725-2）。

図 725-1 IT投資の推移



資料：三菱UFJリサーチ＆コンサルティング（株）「企業のIT投資の現状と今後の見通し」（2021年1月）

図 725-2 IT投資で解決したい経営課題



資料：（一社）日本情報システム・ユーザー協会「企業IT動向調査2021」（2020年度調査）～第2回緊急実態調査結果～（2020年11月）

データサイエンスの手法で現場力を活用する「生産 DX」で生産効率化を進める企業… コニカミノルタ（株）

複合機をはじめとする精密機械製造を行っているコニカミノルタ（株）は、日本 17 拠点、アジア（中国、マレーシア）6 拠点、欧米 2 拠点の合計 25 拠点をグローバルで展開している。このうち、開発部門との技術連携や生産技術開発が必要なものは国内生産を中心としている。また、アジアの各拠点では組立系の工程を中心に行いながら、自動化 / ICT を導入し高効率な生産を担っている。

これまで同社では、経験と技、QC（品質管理）や IE（生産工学）で改善してきた生産技術といった「現場力」を、他社との差別化につながる無形資産の 1 つと位置付けてきた。しかし近年では、技術者や熟練技能者の不足に加えて新型コロナウイルス感染症への対応なども課題となっていた。

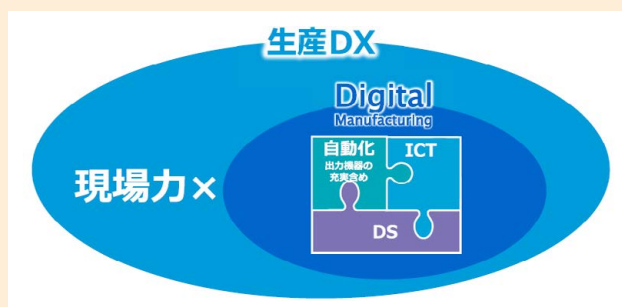
そこで取り入れたのがデータサイエンスの手法である。製造現場における生産性向上のため、これまで、自動化や ICT（情報通信技術）を活用した見える化が進められてきたが、これらの取組にデータサイエンスの手法を組み合わせ、現場力と融合させることを「生産 DX」と定義し導入している。分析ツールや AI 関連技術などの活用によって製造現場にある設備や計測器から得られるデータを分析するだけでなく、製造現場で培われてきたコミュニケーション力やオペレーション実践力、気づき力といった現場力も活用することで、生産性向上につなげていく取組である。

同社のデータ活用の取組は、現場での具体的な課題を起点にしている。現場課題を現場実務者、データサイエンティスト、推進リーダーの「三位一体体制」でデータ分析で解ける問題に変換し、その問題解決を一緒に推進していく事で成果を上げる事が出来、「生産 DX」の力が徐々についてきた。さらに、データ活用による課題解決のプロセスを標準化し、幅広い生産業務領域での課題を解決しており、これまでに 60 以上の事例がある。

例えば、高難易度部品の射出成形における良品率向上の事例である。従来、射出成形での品質管理は、熟練技術者が時間をかけて試行錯誤の上調整を行っていた。そこで、製造過程のデータと製品の品質データを紐付けて数理モデル化を行い、リアルタイムで製造条件の最適化計算を行って、求める品質を担保するための具体的な調整を現場作業員へ指示できるようになった。この取組の結果、良品率が 20% 以上向上し、廃棄ロスも年間約 2,000 万円削減できた。

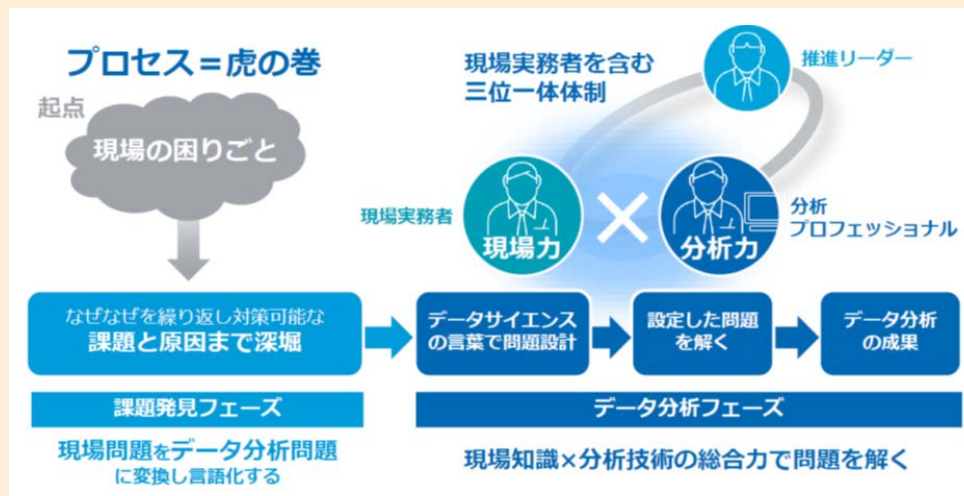
今後は課題解決モデルのパッケージ化を進め、サプライヤーにも展開することで更なる原価コストの低減を図る。同時に、開発と生産の一体的な DX も推進していくことで QDC 向上を図っていくとしている。

図 1 コニカミノルタが考える生産 DX(現場力×デジタルマニュファクチャリング)



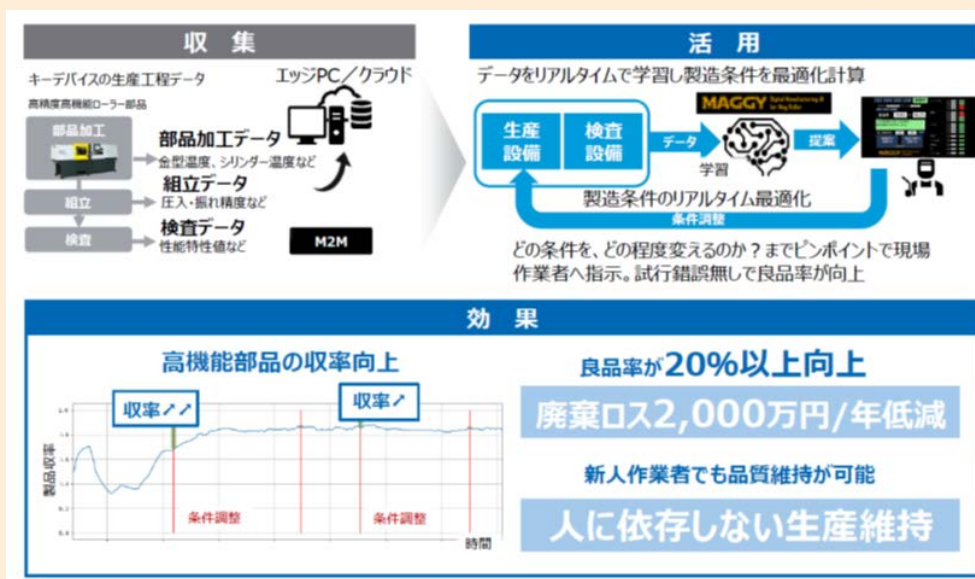
出所：コニカミノルタ（株）

図2 生産DX推進のための「プロセス」と「三位一体体制」



出所：コニカミノルタ（株）

図3 M2M生産DXによる生産ロス低減の事例



出所：コニカミノルタ（株）

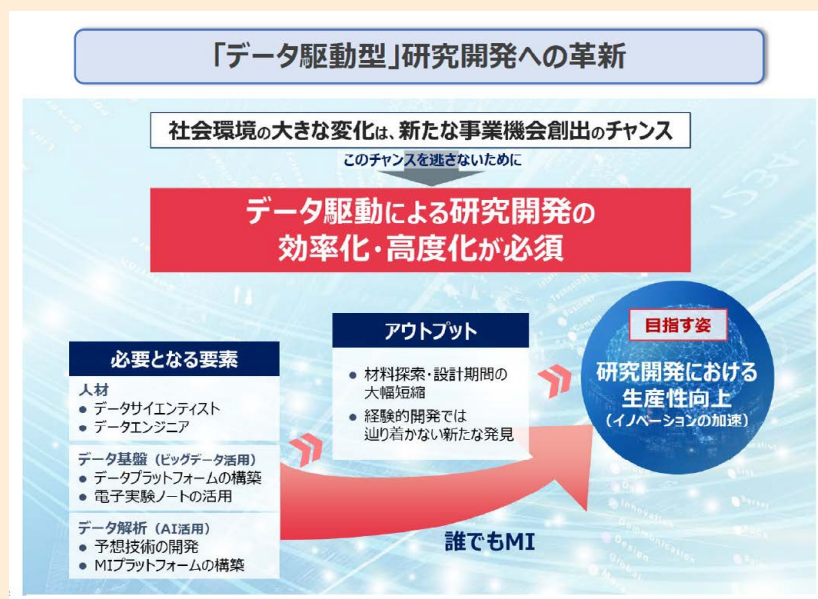
コラム

マテリアルズ・インフォマティクス（MI）を実践する企業
・・・住友化学（株）

近年、AIや計測・制御技術・コンピュータ技術の進展により、従来の研究者の経験と勘による材料開発から、系統的に蓄積されたデータからの新たな知見の獲得や機械学習による物性予測・材料設計を行い、新規な材料の探索や効率的な材料開発につなげるマテリアルズ・インフォマティクス（MI）の取組が進んでいる。MIは、材料科学とデータ科学の融合分野であり、今後のデータ駆動型のマテリアル研究開発の基盤となる。

住友化学（株）は、MIによる予測、実験、計測・分析、材料データ整備のサイクルとそれらの課題を見極めた上で、データ駆動型のマテリアル研究開発を強化している（図1）。具体的には、①材料系ビッグデータ、②ユニークなMI、③誰でもMIという三つの戦略に基づき、MIの活用を推進している。

図 1 住友化学（株）が目指す「データ駆動型」研究開発の概要



出所：住友化学（株）

1点目の「材料系ビッグデータ」戦略は、ある開発テーマに合わせてデータを用意した場合に数十点程度のデータしか得られず、データ不足となるスモールデータ問題や、データフォーマットの不統一といった材料データの課題を解決し、MIに適用可能なビッグデータ基盤の構築を目指すものである。それに向けて、機械学習に適したフォーマットでのデータ管理を社内を進めるとともに、汎用的な物質の各種特性などの基礎的なものはパブリックデータを利用するなど、社内・社外のデータを活用したMIを実施している。また、目的の特性を満たさなかった結果（ネガティブデータ）もMIでは大きな価値を持つことから、このような実験データも蓄積していく文化を作りあげている。

2点目の「ユニークなMI」戦略は、先端技術を積極的に活用し、少ないデータ数でMIの汎用性や予測精度の向上を図るとともに、他社ができないようなデータ獲得を目指すものである。それに向けて、データが少ない状況においても予測精度を高めるためのアルゴリズムの開発や、スーパーコンピュータや量子コンピュータを始め先端的な計算方法の活用や外部との連携によるオープンイノベーションも推進している。

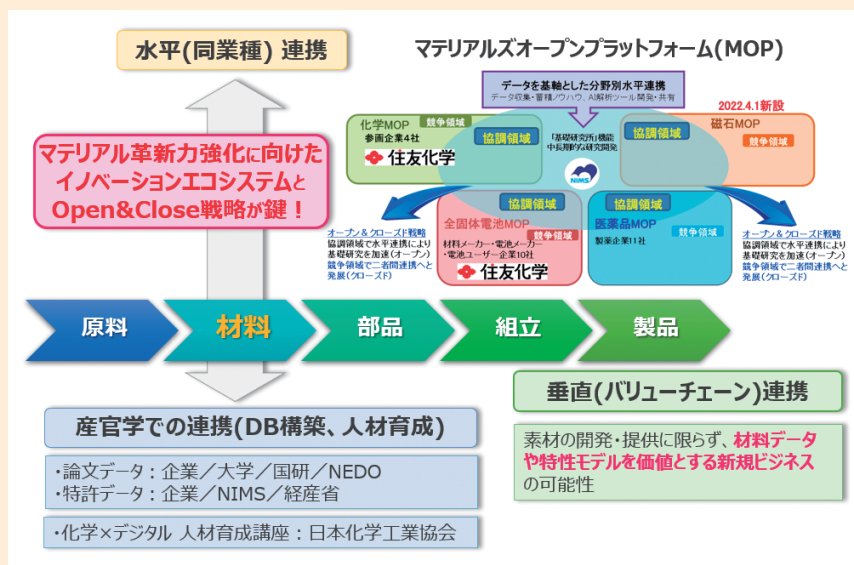
3点目の「誰でもMI」戦略は、既存の優れたツールを活用することにより様々な価値創出を実現することに加え、中長期的な人材育成により、持続可能なMIの実施体制の構築を目指すものである。これに向けて、MIツールの開発のほか、社員の誰でもワンストップで容易にアクセスが可能なMIプラットフォームを構築している。また、人材育成の強化に向けては、MIのレベルに合わせた段階的な人材育成講座を実施している。また、同社は、全体研修によるデータエンジニア人材の育成だけでなく、研修後のOJTなどによりでMIによる課題解決を実践できるようきめ細かなフォローをする指導により、現場で自立できる人材を育成してきた。

以上の戦略策定やその実装に関しては、部門横断的にDXを推進するデジタル革新部に配置されたデータサイエンティストが主導し、全社的なデータ駆動型研究開発を推進しており、その結果、同社はデータ駆動型のマテリアル設計・開発で既に多くの成果を挙げている。例えば、高分子材料である耐熱性ポリマーの開発において、MIを導入することで、有力候補を絞り込み、10～20件の実験回数で、100万通りの中から効率的に最適解を導き出すことに成功した。これだけでなく、経験的開発ではたどり着かない発見につながる可能性も期待できる。

さらに、新たな材料開発では、材料の化学的な合成条件だけでなく、シート化などの機械加工条件のプロセス開発も非常に重要となる。同社は、マテリアルの研究開発から量産化まで幅広くMIを活用して

いくため、従来の中心的なビジネスモデルである素材の開発・提供に限らず、材料データの提供や、顧客が求める材料特性の実現により新たな付加価値を生み出し新規ビジネスの可能性を探る、顧客との「垂直連携」を進めている（図2）。また、同業種との「水平連携」を目指し、国立研究開発法人物質・材料研究機構や大手化学メーカーと共に「化学マテリアルズオープンプラットフォーム」を構築している。本プラットフォームでは、材料の物性だけでなく、化学合成及び機械加工後の構造から得られるデータを活用することで、最小の実験回数で高い予測精度を得られる汎用的なAI技術の開発も推進している。さらには、化学業界における人材育成講座の開設や、公共性が高い材料データベース拡充に向けた社外との連携にも積極的に取り組んでおり、我が国における素材産業の基盤整備と強化を目指している。

図2 住友化学(株)におけるデータを介した連携戦略の概要



出所：住友化学（株）

6 デジタル技術を活用した物流の高度化

サプライチェーンにおいて拠点間をつなぐ物流は重要な要素である。近年、IoTやAI技術の活用により、複数企業の物資や倉庫、車両の空き情報等が見える化し、シェアされたネットワーク上で管理する「フィジカルインターネット」が注目されている。

新たな物流システムのコンセプトであるフィジカルインターネットは、インターネット通信の考え方を物流（フィジカル）に適用した新しい物流の仕組みで、IoTやAI技術の活用により、貨物や倉庫、車両の空き情報等が見える化し、規格化された輸送容器の中の貨物を、複数企業の物流資産（倉庫、トラック等）をシェアしたネットワークで輸送するという共同輸配送システムの構想である。欧州では、多くの企業・研究機関等で構成されるALICE（Alliance for Logistics Innovation through Collaboration in Europe）において、2040年までのロードマップが作成されており、その実現に向けた実証実験等が行われている。

フィジカルインターネットは、物流効率化による産業競争力の強化に加え、温室効果ガスの削減等、様々な社会的価値をもたらす可能性を有している。その実現のためには、物流事業者のみならず、製造事業者、卸売事業者、小売事業者、さらには消費者といった、サプライチェーンに関わる関係者が、長期的かつ計画的に取組を進めていくことが必要となる。このため、経済産業省と国土交通省では、2040年を目標として、我が国におけるフィジカルインターネットの実現に向け、産官学の関係者で構成される「フィジカルインターネット実現会議」を2021年10月に立ち上げた。

我が国では、2010年代前半から、物流需給が逼迫し、物流コストが上昇しており、有効な対策を講じなければ、今後も厳しい状況が続くと見込まれている。需要面の要因としては、EC市場の成長や、消費者のニーズの多様化による多品種・小ロット輸送の需要が増加している点が挙げられる。この結果、トラックの積載効率が低迷しており、営業用トラックの積載効率

は2018年以降、40%を切っている状況である。供給面の要因としては、少子高齢化及び厳しい労働環境によるトラックドライバーの減少・高齢化が挙げられる。2024年度には働き方改革関連法の施行に伴い、トラックドライバーの時間外労働の上限規制が罰則付きで適用されることとなり、商慣習の改善等の取組が進まなければ、トラックドライバーの供給が一層制約されることとなり、物流サービスが提供困難になるおそれがある。これは、「物流の2024年問題」と言われている。

こうした事態を回避し、オールジャパンで物流の効率化を徹底していくために、フィジカルインターネット実現会議において、「フィジカルインターネット・ロードマップ」(以下「ロードマップ」)を2022年3月にとりまとめた。ロードマップにおいては、2040年にフィジカルインターネットによって実現する社会イメージとして4つの価値を示すとともに、2040年までに業界横断的に行うべき取組を6つの項目に分けてまとめて示している。

実現する4つの価値としては、「効率性(リソースの最大限の活用・CO₂排出の削減等)」「強靱性(災害にも備える生産拠点や輸送手段の多様化等)」「良質な雇用の確保(労働環境の改善・新産業の創造等)」「ユニバーサル・サービス化(買い物弱者や地域間格差の解消等)」が挙げられる。これらの価値は「持続

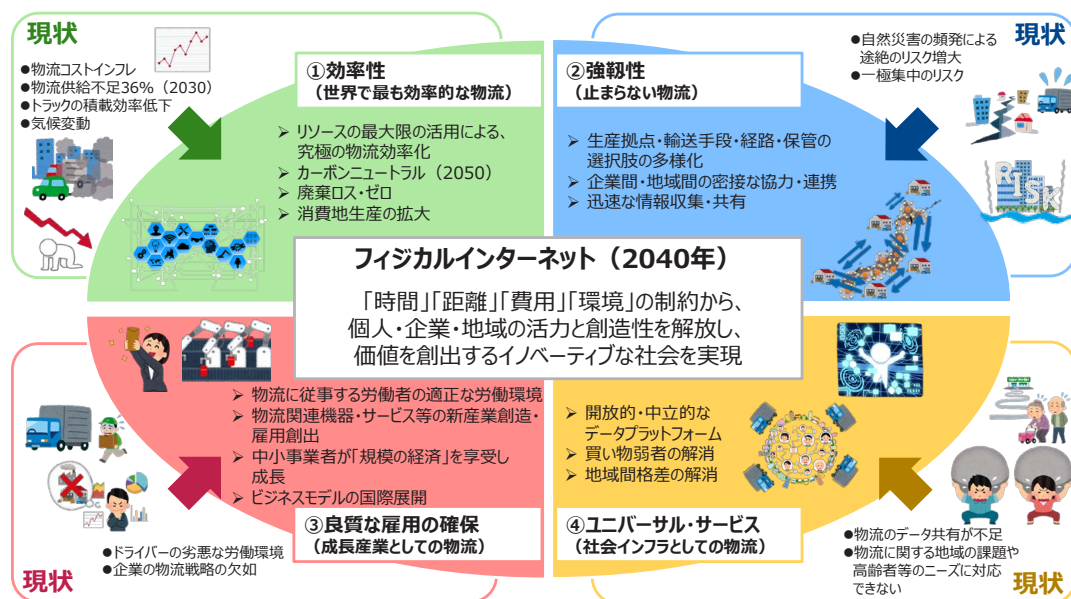
可能な開発目標(SDGs)」における17の目標のうち、8つの目標(保健、エネルギー、成長・雇用、イノベーション、不平等、都市、生産・消費、気候変動)の達成にも寄与するものである(図726-1)。

また、業界横断的に行うべき取組としては、「ガバナンス」「物流・商流データプラットフォーム」「水平連携」「垂直統合」「物流拠点」「輸送機器」の6つの項目に大別し、例えば喫緊で行うべきパレットやコンテナ等の物流資産の標準化・共有化や、データ連携のためのマスタ、プロトコルの整備、企業経営者のサプライチェーンマネジメントやロジスティクス重視への意識変革等、2040年までに段階的に行うべき取組を示している。

また、ロードマップに示す業界横断的な取組と並行して、業界固有の商慣行や課題に対応するため、業界の状況に応じた具体的な対応を進めていく必要がある。2021年度は、消費財(加工食品・日用雑貨)業界、百貨店業界、建材・住宅設備業界において、それぞれワーキンググループを立ち上げ、業界の特殊性も踏まえた2030年までの物流効率化に向けたアクションプランを策定した。

今後は、ロードマップを産業界へ広く共有するとともに、関係省庁で連携しつつ、フィジカルインターネットの実現に向けた具体的な取組を進めていくことになる。

図 726-1 フィジカルインターネットが実現する価値



出所：経済産業省

また、日本企業においても、物流事業者がIoTやブロックチェーンを活用し、サプライチェーンの全体を通じた品質保証に取り組んでいる事例や、海外拠点

間のデータ共有により業務効率化した事例、企業間のデータ共有により物流の効率化を目指す取組がみられており、以下で紹介する。

コラム

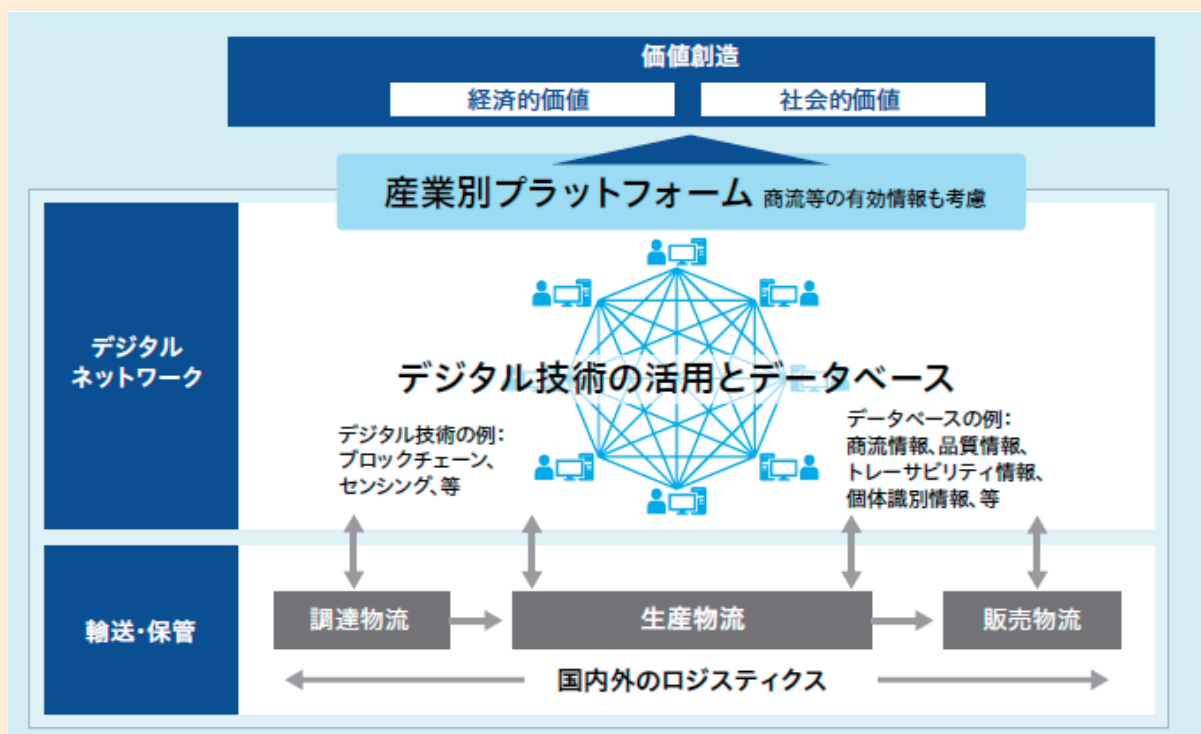
サプライチェーンの品質保証への取組～物流事業者がIoTやブロックチェーンを活用した医薬品デジタルプラットフォームを構築…NIPPON EXPRESSホールディングス(株)

製品が工場出荷されてからユーザーの手元に届くまで、物流プロセスを含むサプライチェーン全体での品質管理の重要性が高まっている。例えば、新型コロナウイルス感染症対策として接種が進められた新型コロナワクチンでは、輸送中の温度上昇が原因でワクチンを廃棄したケースがみられた。

このような中、NIPPON EXPRESS グループは、物流事業者として、調達・生産・販売という一連のサプライチェーン最適化を図ると同時に、産業全体の最適化を図ることで社会課題解決に向けた取組を進めており、特に、電機・電子、自動車、アパレル、医薬品、半導体の5産業を重点分野として産業別プラットフォームの構築を目指している(図1)。中でも、医薬品の品質は人命にも影響するため、製造時の品質保証だけでなく、輸送・保管中にも温度管理等の厳格な品質管理が求められる。また、偽造医薬品が正規流通経路へ流入することも防ぐため、世界各国でGDP(Good Distribution Practice: 医薬品の適正流通基準)と呼ばれる規制の採用が進んでおり、日本でも2018年に厚生労働省から日本版GDPのガイドラインが発出され、医薬品物流ではGDPに準拠した取扱いが求められている。そこで、同社は2021年2月から医薬品デジタルプラットフォームの段階的な取り扱いを開始した(図2)。

同社が構築したのは、温度管理を含む様々な物流情報をEnd-to-Endにつなぐ、IoTデバイスとブロックチェーンを活用したデジタルプラットフォームで、2021年7月からは物流トレーサビリティデータを活用したサービスも開始している。同社としては、医薬品デジタルプラットフォームを医薬品業界に関わるオープンプラットフォームとしたいと考えており、このことで、医薬品の品質を担保でき、「安心」かつ「安全」に医薬品を服用できる社会の実現に貢献したいと考えている。

図1 産業別プラットフォーム概略図



出所: NIPPON EXPRESS ホールディングス統合報告書

図2 医薬品デジタルプラットフォーム



出所：NIPPON EXPRESS ホールディングス統合報告書

コラム

サプライチェーンを担う物流の効率化を図るための取組（複数社共同の取組、ラストワンマイル自動化の取組）… 大和ハウス工業（株）ほか、京セラコミュニケーションシステム（株）

サプライチェーンを担う工場等の拠点を結ぶ国内の物流では、貨物自動車が主な輸送手段となっているが、将来的にトラックドライバーの不足が見込まれており、物流の効率化が喫緊の課題となっている。物流の効率化の実現には、サプライチェーン上の複数企業や業界全体で協力して取り組む必要がある。

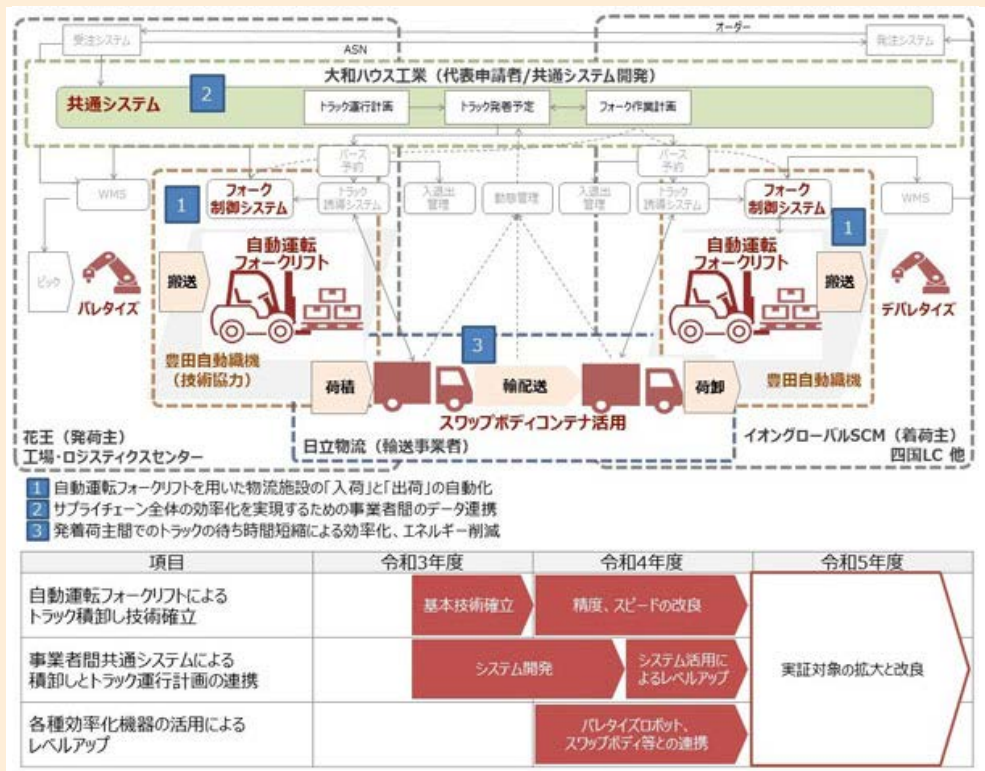
大和ハウス工業（株）ほか4社は、2021年9月より、経済産業省「AI・IoT等を活用した更なる輸送効率化推進事業費補助金」の採択を受けて、発着荷主間の入荷、出荷のタイミングと運送事業者のトラックの運行計画をデータ連携させることで、物流拠点での自動運転フォークリフトの活用と併せて、サプライチェーン全体の効率化・省エネ化を図るための共同事業に取り組んでいる（図1）。トラックドライバー不足だけでなく、物流施設ではフォークリフト運転者などの不足も課題となっており、省人化が必要となっている。施設内では保管棚から必要な物品を取り出すピッキング作業や施設内の商品運搬作業など、一部はロボットにより自動化が進んでいるものの、入荷、出荷については荷積み、荷卸しの対象である荷物の形状やトラック積載状況が多様で作業が複雑であることから、未だに大半が人手による作業で行われている。本事業では2023年度までに、AI技術を活用した自動運転フォークリフトやパレタイジングロボット（パレットへの荷積みと荷卸しをするロボット）を用いることで入荷、出荷工程の自動化を推進する。また、事業者間で共通システムを構築し、物流施設の入荷と出荷のタイミングにトラックの運行計画を連携させることにより、ドライバーの待機時間を削減するなど、発着荷主間で連携した輸送の効率化を実現することを目指している。

また、トラックドライバーの不足は、最後の物流拠点からエンドユーザーへの配送（ラストワンマイル配送）においても大きな課題となっている。経済産業省では、運送事業者やメーカー、法規制などを所管する関係省庁を集めた「自動走行ロボットを活用した配送の実現に向けた官民協議会」において、自動走行ロボットの社会実装に向けた検討を進めてきた。これが実現すれば、ラストワンマイル配送のみならず、商業施設などでの館内配送や買い物支援など、新しいサービス展開や地域課題解決につながることも期待される。このような取組の一つとして、京セラコミュニケーションシステム（株）は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「自動走行ロボットを活用した新たな配送サービス実現に向けた技術開発事業」の採択を受けて、2021年8月、地域内の事業者でシェアする無人自動配送ロボットが企業間輸送貨物などを配送する、工業地域向けロボットシェアリング型配送サービスの実証実験を行った（図2）。

これまで国内での自動配送ロボットの公道走行実証では、小型・低速のロボット（最高速度6km/h）の歩道での走行が主だったが、本実証では、広域にわたる工業団地での配送を想定し、超小型モビリティ（ミニカー）に準じた大きさ（長さ2.5m以下×幅1.3m以下×高さ2.0m以下）で、高速（最高速度

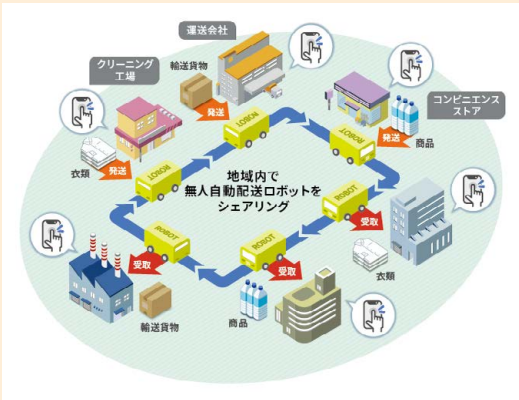
15km/h) のロボットが車道を走行した。無人の自動配送ロボットが車道を自動走行する実証は国内初である。実証試験においては、工業地域内の小売店商品や企業間輸送貨物を集荷し、効率的なルートを選択し、配送した。また、ロボットへの荷物の預け入れ・受け取り、ロッカーの開閉などはスマートフォンで管理した。このような実証試験を経て、急ブレーキ時の映像分析や走行データの分析など安全性確保のための技術面並びにロボットのシェアリングや共同運用など経済面での検討を進め、早期の実用化を目指している。2022年3月には、千葉市幕張新都心において、店舗で購入した商品を指定マンションまでロボットがとどけるサービスの実証実験を行った。今後も、自治体や協力企業と連携し、各地域のニーズや課題に即したサービスの実証を行い、自動走行ロボットの社会実装に向けて継続的に取り組んでいく。

図1 実証事業イメージ図



出所：大和ハウス工業（株）

図2 実証実験イメージ図と無人自動配送ロボット



出所：京セラコミュニケーションシステム（株）

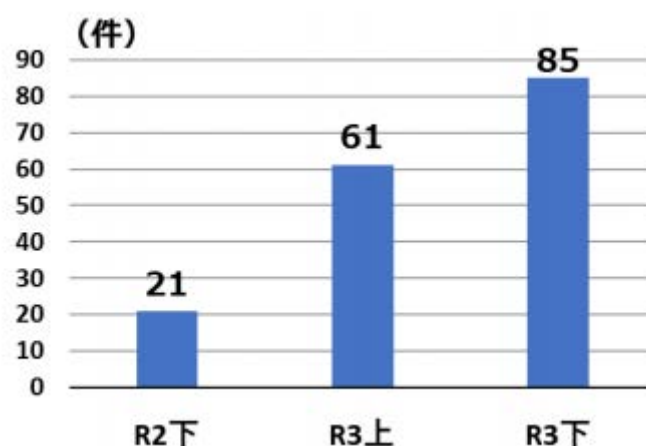
7 サイバーセキュリティ対策

2021 年版ものづくり白書では、製造業における IT（情報技術）と OT（制御技術）の融合が進展し、これまでインターネットに接続されていなかった生産設備やコンピューターなどが接続されることにより、サイバーセキュリティ対策の重要性が一層増していることを述べた。2022 年版ものづくり白書では、大企

業と共にサプライチェーンを構成する中小企業に焦点を当て、サイバーセキュリティ対策の現状や、対策の推進に向けた政府の取組について述べる。

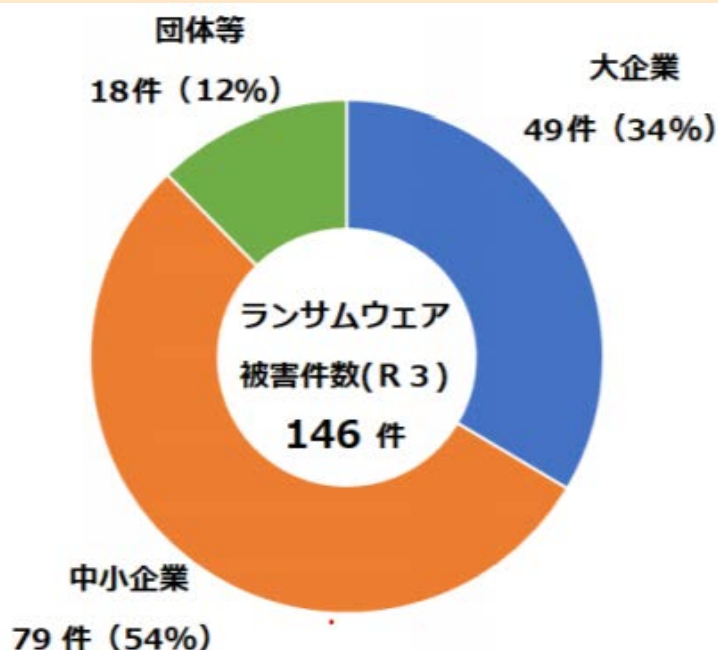
中小企業においても、サイバー攻撃による被害は多く発生している。例えば、警察庁によれば、ランサムウェア被害件数の内訳は中小企業が過半数を超えている（図 727-1・2）。

図 727-1 企業・団体等におけるランサムウェア被害の報告件数の推移



備考：各期間中に都道府県警察が認知したランサムウェア被害について、都道府県警察から警察庁へ報告があった件数。
出所：警察庁「令和3年におけるサイバー空間をめぐる脅威の情勢等について（速報版）」（2022年2月）

図 727-2 被害企業・団体等の規模別報告件数



備考：中小企業基本法第2条第1項に基づき分類。
出所：警察庁「令和3年におけるサイバー空間をめぐる脅威の情勢等について（速報版）」（2022年2月）

また、(独)情報処理推進機構では、2019年度から2年にわたり、中小企業のサイバーセキュリティ対策を支援する仕組みの構築を目的として、損害保険会社、ITベンダー、セキュリティ企業、地域の団体等が実施体制を組んで攻撃実態や対策ニーズの把握等を行う実証事業を行い、2年間で延べ2,181社の中小企業が参加した。2020年度の事業においては、中小企業に対しサイバー攻撃の探索活動である「ポース

キャン」が数多く行われていることが確認されるとともに、ランサムウェアやトロイの木馬などのウイルスを検知、無害化を実施した件数も1,345件に上ったことも明らかとされ、同機構は、本事業の報告書において、中小企業の実態として「業種や規模を問わず不審な通信等の脅威にさらされており、ウイルス対策ソフト等の既存の対策では防ぎきれていない実態が明らかとなった。」と指摘している(図727-3)。

図 727-3 サイバーセキュリティお助け隊事業の報告書サマリー

報告書サマリー

2020年度実証事業で明らかになった実態	今後の課題
【中小企業の被害実態の把握】 ● 実証参加中小企業において、サイバー攻撃そのものでなくとも業種や規模を問わず不審な通信等の脅威にさらされており、ウイルス対策ソフト等の既存の対策では防ぎきれていない実態が明らかとなった。 ● ある特定の1社で、11月～12月に「C&Cコールバック」と見られる攻撃を4,126件受けている事例や、「トロイの木馬」と想定されるものが多く検知されるなど特定の企業が集中的に攻撃を受けている事例も明らかとなった。 【中小企業が求めるサービスの把握】 ● 今後希望するサービスとして「相談窓口」を希望される企業が多かった。 ● セキュリティ対策に支払可能な金額は、月額1万円程度の回答が多かった。 【中小企業におけるセキュリティ対策にかかる課題】 ● セキュリティ対策の課題は、専門人材の不足、社員や専門人材に対する教育がなされていない、費用を捻出することが困難といった点が挙げられた。 ● 実証参加中小企業におけるテレワークの実施率はそれほど高くなかったが、テレワークに取り組む企業におけるセキュリティ上の課題としては、リモートツールやネットワーク環境の未整備等の技術的な対策が挙げられた。	【サイバー攻撃への対策不足】 ● 中小企業に望まれる、導入負荷がかからず、低価格で提供可能なセキュリティ機器・サービスの開発と普及促進が必要。 【セキュリティ対策における人的リソース不足】 ● 中小企業は、セキュリティに詳しい人材がいなくて多く、セキュリティ全般について相談可能な「相談窓口」の設置が肝要。 ● 特定の企業が集中的に攻撃を受けるケースもあり、中小企業自らが対応することは難しく、外部の専門家からのサポートや業界団体や地域団体等の支援など専門家の活用が必要。 【セキュリティ対策への予算割当てが困難】 ● 中小企業がセキュリティ対策費用としてかけられるのは、月額1万円程度であり、セキュリティ対策費用でカバーできないインシデント発生時の対応支援までカバーしたサービスが必要。 【セキュリティに対する情報不足】 ● セキュリティに関する普及啓発活動の実施。 ● 今後、中小企業においてもテレワーク・DX推進が進むと、技術的な対策についての情報提供やセキュリティ製品・導入支援が必要になる。

出所：(独)情報処理推進機構「サイバーセキュリティお助け隊事業 全体報告書(概要版)」(2021年5月)

他方で、同機構が2021年度に実施した「中小企業における情報セキュリティ対策に関する実態調査」によると、情報セキュリティ関連の被害を防止するために講じている組織面・運用面の対策として「重要なシステム・データのバックアップ」(37.5%)に次い

で、「セキュリティ対策を特に実施していない」とする回答が約3割(30.0%)に上るなど、中小企業に対して、サイバーセキュリティ対策の必要性の更なる訴求とともに対策実践に向けた支援の必要性も明らかとされたところである(図727-4)。

図 727-4 中小企業のセキュリティ対策状況

情報セキュリティ関連の被害を防止するためにどのような組織面・運用面の対策を実施していますか(複数回答可)

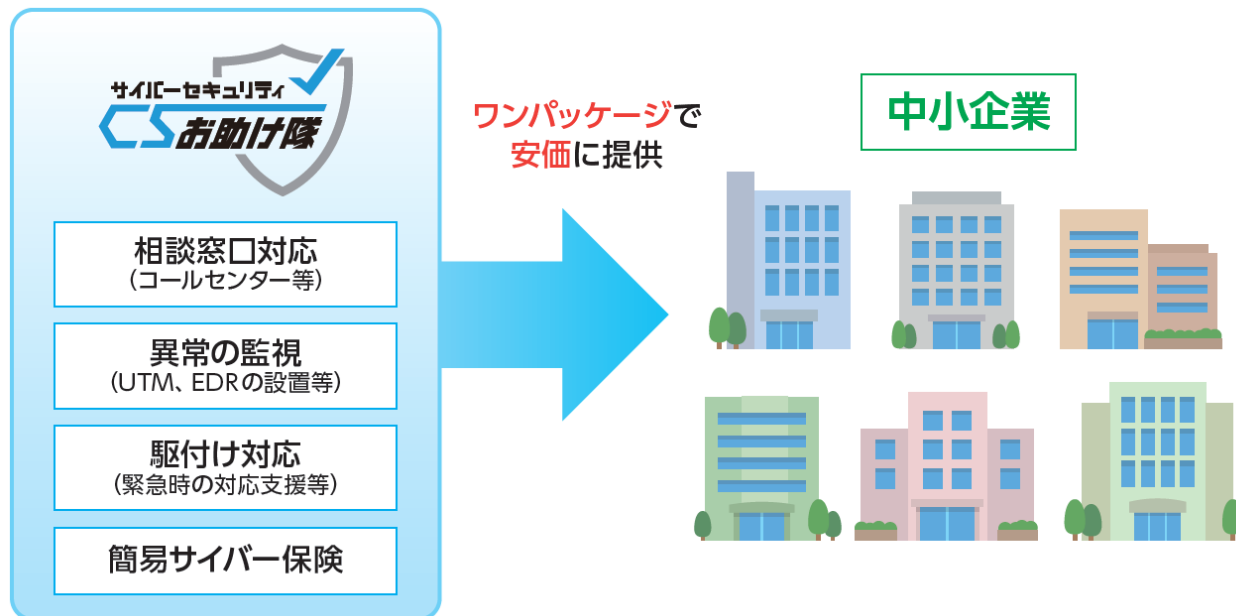
対策順	割合	前回調査(2016年度) n=4,215	今回調査(2021年度) n=4,074	割合	対策順
1	38.2%	重要なシステム・データのバックアップ	重要なシステム・データのバックアップ	37.5%	1
2	34.6%	セキュリティ対策を特に実施していない	セキュリティ対策を特に実施していない	30.0%	2
3	24.1%	情報(書類などの紙媒体)の施錠管理	一般ユーザーアカウントの管理ルールの策定(パスワード設定等)	28.2%	3
4	21.9%	ハードディスク等廃棄時の破砕/溶解	ハードディスク等廃棄時の破砕/溶解	27.2%	4
5	21.7%	一般ユーザーアカウントの管理ルールの策定(パスワード設定等)	情報(書類などの紙媒体)の施錠管理	25.7%	5

資料：経済産業省「第8回 産業サイバーセキュリティ研究会 ワーキンググループ2(経営・人材・国際)」(2022年3月)

同機構では、以上のような背景も踏まえ、中小企業のセキュリティ対策に不可欠な、システムの異常監視、緊急時の対応支援、簡易サイバー保険、相談窓口といったサービスをワンパッケージで安価に提供することを要件としてまとめた「サイバーセキュリティお助け隊サービス基準」を策定し、同基準を満たす民間

のサービスを「サイバーセキュリティお助け隊サービス」として登録・公表(2022年3月31日現在12サービス)することで、これらのサービスの普及を促進し、幅広い中小企業において無理なくサイバーセキュリティ対策を導入・運用できるよう支援している(図727-5)。

図 727-5 サイバーセキュリティお助け隊サービスの概要



出所：(独) 情報処理推進機構「サイバーセキュリティお助け隊サービス」