第2節

#### 第2節 ニューノーマルでの生き残りに向けて

#### 1 レジリエンス -サプライチェーンの強靭化-

#### (1) サプライチェーン全体を俯瞰した対応

我が国製造業においては、サプライチェーンのグローバル化の進展と並行して、ジャストインタイムに代表されるような在庫を最小化して生産活動を効率化する生産方式が普及してきた。しかし、2011年に発生した東日本大震災により多くの工場が被災し、中でも、主要な半導体製造工場の一部が被災したことにより、自動車を始めとした多くの最終品メーカーにおいて自社製品の製造に必要な半導体を入手することができず、減産を余儀なくされることとなった。これをきっかけとして、平時の効率性のみを追求するのではなく、有事の際にも生産能力を維持できるよう、安全在庫の確保などによるレジリエンス強化の重要性

が認識された。その後も、同年のタイの洪水、2016年の熊本地震、2018年の平成30年7月豪雨など、大規模な自然災害のたびに、部素材の供給途絶による減産や生産停止を経験する中で(図121-1)、事業継続計画(BCP: Business Continuity Plan)を策定する企業が増加している(図121-2・3)。加えて、経済産業省では、「中小企業等経営強化法(平成11年法律第18号)」に基づき、中小企業が自社の防災・減災対策に係る取組をまとめた「事業継続力強化計画注2」を経済産業大臣が認定する制度を2019年に開始した。当該計画の認定状況(2021年4月1日時点)(図121-4)を参照しても、約24,000件の認定件数のうち、製造業その他が6割以上を占めるなど、危機意識の高まりと定着が着実に進んでいることが窺える。

#### 図 121-1 我が国製造業が直面してきた自然災害と主な被害

< 2011 年 東日本大震災>

基幹部品	最終製品	主な被害
マイコン	自動車、携帯電話機等	「すり合わせ」が重要な自動車向けマイコンにおいて、世界シェア約2割を持つ工場が被災し、操業停止。
液晶パネル製造向けの 露光装置	携帯電話機、スマートフォン、タブレット型PC	高度な技術力が必要なスマートフォン向け高精細液晶パネル 用の露光装置でほぼ100%のシェアを持つ企業の工場が被災 し、操業停止。
シリコンウエハー	半導体を搭載する電子機 器全般	シリコンウエハーで世界トップシェア(約20%)を占める企業の 主カ工場が被災し、操業停止。
アルミニウム電解コンデン サ	AV機器、パソコン、家電、 自動車、産業機器	アルミニウム電解コンデンサで25%のシェアを持つ企業が被災。 震災前から需給が逼迫していた上、幅広い製品に搭載されて いたため、影響が広範囲に拡大。
アルミニウム電解コンデン サ電解液	AV機器、パソコン、家電、 自動車、産業機器	中・高圧コンデンサの電解液で世界シェア5割を持つ企業が東京電力福島第一原子力発電所の立入禁止区域(当時)に立地しているため操業停止。
リチウムイオン電池接着 剤	携帯電話機、ノートPC、 自動車、デジタルカメラ	リチウムイオン二次電池向け接着剤で世界シェア約7割を持つ 企業が被災し、操業停止。

#### < 2011年 タイの洪水>

基幹部品	最終製品	主な被害
ハードディスクドライブ (HDD)	パソコン、録画再生機等	世界首位メーカーの主力工場(世界全体の2割を生産)や 日系メーカーの工場が浸水して操業停止。HDD生産は世界5 社体制だったことや、タイに集積する部材サプライヤーの多くも同 時被災したことから、業界全体に大きな影響。
スピンドルモーター	HDD	ディスクを回転させるスピンドルモーターの大半を生産する企業の 工場が浸水被害で操業停止。フィリピン、中国等で代替生産。
電源用ICやカーオー ディオ・カーナビゲーショ ン向け制御用LSI、トラ ンジスタ、コンデンサー等	自動車等	特定の電子部品が不足することにより、輸送用機械産業、中でも電装品を多く使用する乗用車の車種の生産に大きな影響を与えた。例えば、ある日系自動車メーカーはタイ国内に立地する3工場には直接的な被害はなかったものの、直ぐに他社への切り替えが難しい電子部品の調達に支障をきたした結果、約1か月以上、操業停止を余儀なくされたほか、近隣国の拠点も操業停止した。
自動車部品	自動車	自動車メーカーの部品工場が被災し、タイからの部品供給が滞ったことから、その影響はマレーシア、インドネシア、フィリピン、ベトナム、インド、パキスタン、台湾、ブラジル、英国、北米にまで及び、日本国内工場も生産調整を余儀なくされた。

#### < 2016 年 熊本地震>

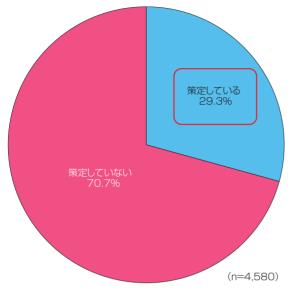
基幹部品	最終製品	主な被害
自動車のドアチェック (ドアの開閉を制御する部品)	自動車	ある自動車メーカー向けのほぼ全量を生産していた工場が甚大な被害を受けたため、国内15の完成車組立工場で生産停止。工場の復旧には数か月を要すると見込まれたことから、他工場での代替生産を実施。代替生産先が14箇所にも分散されたため、物流網も複雑となり、九州と愛知県に中継基地を設けて対応。自動車全組立ラインが生産を再開したのは本震から20日後。減産台数は8万台程度に及んだ。従来、在庫を極力持たないことを特徴としていたが、今回の震災では最短5日で代替生産が可能であったことから、5日間程度の在庫を持つことにした。
半導体(イメージセンサー)	デジタルカメラ	世界シェア首位を持つ企業の主力工場が被災。復旧に4か月から5か月を要した。
偏光板保護タックフィルム	液晶パネル	世界の約7割のシェアを持つグループ全体の6割強を生産する工場が被災。約2か月で震災前水準に復旧。
レジスト塗布現像装置	半導体前工程の製 造装置	世界シェア約9割を持つ企業が被災。復旧に4か月から5か月を要した。

#### < 2018年 平成 30年7月豪雨>

基幹部品	最終製品	主な被害
自動車部品	自動車(乗用車)	一部の部品サプライヤーが被災したことに加え、部品工場から完成車工場への道路網が土砂崩れ等で寸断され、部品の輸送に支障をきたしたことから、中国地方の各工場をはじめ、九州、近畿に至る広範囲の完成車工場において、工場自体の設備に被害は出ていないものの、生産が停止した。
自動車部品	自動車(トラック)	自動車部品の供給が滞ったことから、関東地方のトラック工場において、工場自体の設備に被害は出ていないものの、生産が停止した。
各種部品	各種製品	山陽本線が長期不通となったため、関西・関東方面と九州方面を結ぶ貨物列車が運休となり、部品輸送を含む物流網全般に大きな影響が生じた。船舶やトラックによる代行輸送に加え、約1.5か月後に迂回ルートによる貨物列車の運転が再開され、約1か月間、迂回ルートで運転された。

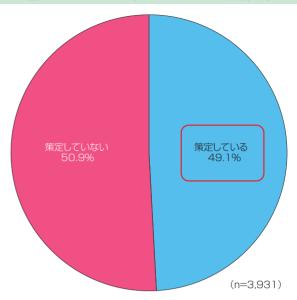
資料:三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング(株)「デジタルトランスフォーメーション等を通じた製造業のサプライチェーンマネジメントの強化に向けた技術動向調査」(2021 年 2 月)

#### 図 121-2 2016 年における BCP 策定状況



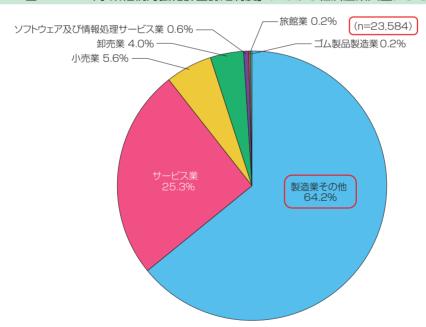
資料:経済産業省「2017年版ものづくり白書」

図 121-3 2020 年における BCP 策定状況



資料:三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング(株)「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」(2021年3月)

図 121-4 「事業継続力強化計画認定制度」における経済産業大臣による認定状況

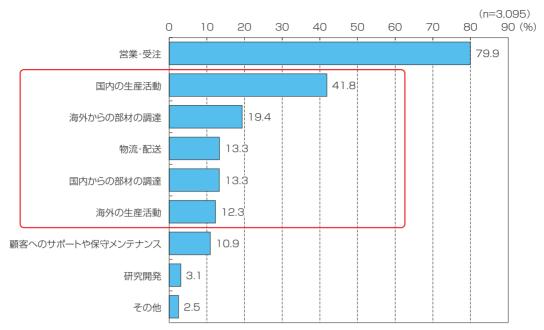


資料:経済産業省「事業継続力強化計画認定制度」における、2019年7月から2021年2月までの認定状況

このような中で、今般、新型コロナウイルス感染症は世界的に拡大し、多くの主要国において、人や物の移動制限を伴う感染拡大防止対策が実施された。製造業における、新型コロナウイルス感染症の感染拡大による業務内容への影響に関する調査によれば、「営業・

受注」といった需要面の影響が最も大きい一方、生産活動、調達、「物流・配送」などの供給側にも影響し、サプライチェーンの正常な稼働にも支障をきたしたことが分かる(図 121-5)。

図 121-5 新型コロナウイルス感染症の感染拡大に起因して支障をきたした業務内容

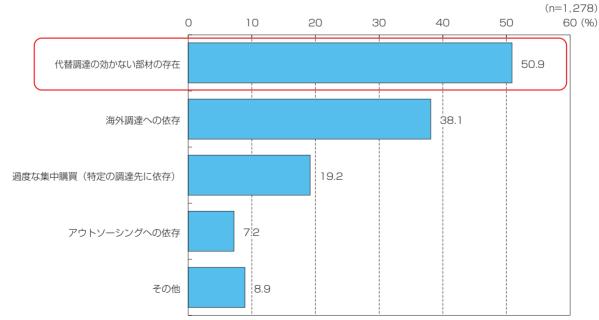


資料:三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング(株) 「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」(2021年3月)

また、製造業における調達活動が影響を受けた要因として、「代替調達の効かない部材の存在」が最も多くなっている(図 121-6)。調達への影響に対して講じた対策としては「在庫調整」が最も多く、「代替調達先の確保」は約3割にとどまる(図 121-7)。さらに、このような調達活動への影響により、生産活動が何らかの影響を受けた企業は約8割に達し、「一部

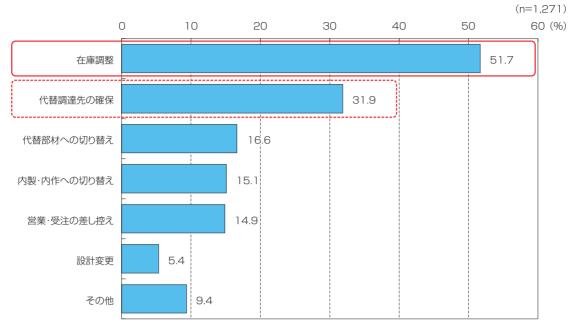
の生産ラインが停止した」又は「工場の操業停止に追い込まれた」企業もあった(図 121-8)。また、(株) エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所「企業の事業継続に係る意識調査(第6回)」によれば、自社の BCP (事業継続計画)に対する課題意識として、多くの企業が自社単独で策定する BCP 自体に限界があると認識している(図 121-9)。

図 121-6 新型コロナウイルス感染症の感染拡大により調達活動に影響が生じた要因

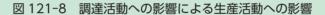


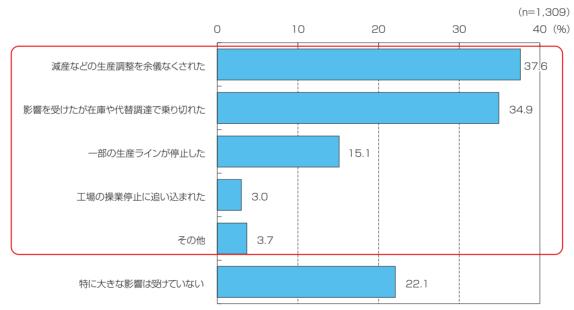
資料:三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング(株)「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」(2021年3月)

図 121-7 新型コロナウイルス感染症の感染拡大による調達活動への影響に対して講じた対策

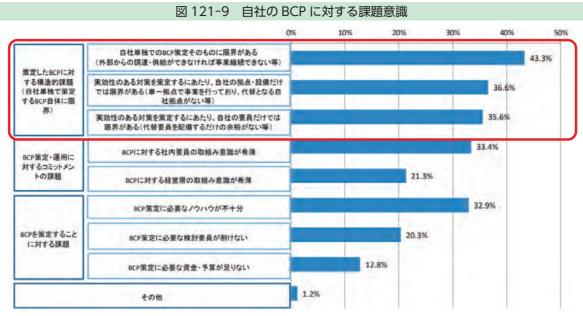


資料:三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング(株)「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」(2021年3月)





資料:三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング(株)「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」(2021年3月)



資料:(株) エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所「企業の事業継続に係る意識調査(第6回)」(2020年8月)

これらの調査結果から、前述のとおり、個々の企業におけるBCP 策定は進展しているものの、これまでの自然災害のようにサプライチェーンへの直接的な影響が局所的にとどまるリスクだけでなく、今後は、新型コロナウイルス感染症の感染拡大のように、世界で同時多発的に発生するサプライチェーンの寸断リスクへの対応に着実に取り組まなければならないといえる。このようなリスクに対しては、自社での取組に加え、サプライチェーンを見据え、複数事業者間や広域的視点で、実効性のある事前対策を検討することが重要であり、一例として、中小企業等経営強化法に基づき、複数の関係事業者間で「連携事業継続力強化計画」を作成し事前に備えておくような取組も、従来以上に推進すべきものである。

ニューノーマルにおけるサプライチェーンの寸断 リスクは、自然災害のみならず、感染症や地政学リス クなど非常に多岐にわたるものであり、多面的なリス ク対応を通じてサプライチェーンの多元化・強靭化を 進めていかなければならない。こうしたますます複雑 化する課題への対応を推し進めるべく、目下、政府としても様々な政策を講じているところである。

サプライチェーンの多元化・強靭化に向けた国内への投資については、2020年度第1次補正予算、予備費及び第3次補正予算において「サプライチェーン対策のための国内投資促進事業費補助金」を計上した。本事業は、生産拠点の集中度が高い製品及び部素材又は国民が健康な生活を営む上で重要な製品及び部素材について、国内で生産拠点などを整備しようと

する場合に、その設備導入などを支援する事業であ る。これにより、国内における生産拠点などの整備を 進め、製品などの円滑な確保を図ることでサプライ チェーンの寸断リスクを低減し、我が国製造業等の滞 りない稼働、強靭な経済構造の構築を目指すもので ある。先行審査分として90件、補助金総額で996 億円の応募があり、同年7月に57件、574億円を 採択した。先行審査分を除くと、1.670件、補助金 総額で1兆7.640億円の応募があり、同年11月に 146件、2,478億円を採択した。採択案件としては、 生産拠点の集中度が高い製品及び部素材として、半導 体、航空機、車載用電池、レアメタル、ディスプレイ などに関連する案件が採択され、国民が健康な生活を 営む上で重要な製品及び部素材として、消毒用アル コール、サージカルマスク、医療用ガウン、医療従事 者用手袋などに関連する案件が採択された。特に、こ のような国民生活を支える医療用物資については、新 型コロナウイルス感染症の感染拡大により需要が高 まったことから、同年1月以降、厚生労働省及び経 済産業省は、これらの物資について企業への増産要請 を行うとともに、経済産業省では、2019年度予備費 において「マスク等生産設備導入補助事業」などを、 2020年度第1次補正予算において「マスク・アルコー ル消毒液等生産設備導入補助事業」をそれぞれ実施し た。これらの事業では、増産要請に応じた企業による マスクやアルコール消毒液などの生産設備導入を支 援した。これらの事業で、マスクなどは 41 件、アル コール消毒液などは51件を採択した。

#### 国民生活に必要な医療用物資の安定的な生産・供給に向けた官民一体の 取組・・・シャープ(株)、塩野義製薬(株)、(株)UNIGEN、アピ(株)

2020 年初頭より、新型コロナウイルス感染症の感染拡大により世界的にマスクの需要が急増し、日本国内においてもマスクを含む衛生品が不足し始めた状況に鑑み、経済産業省から各製造事業者へ緊急増産の協力要請が行われた。平時は液晶ディスプレイを始めとする精密機器を製造するシャープ(株)においても、要請を受けてマスクの生産に取り組んだが、安定した生産能力の確保に至るまでは、過去に直面したことのない多くのハードルを乗り越える必要があった。

ひとつは、生産ラインの構築や原材料の調達の問題であった。当初はマスクの製造装置の国内での調達を試みたものの、納期や採算の面で条件が合わなかったため、海外のグループ企業と交渉してベースとなる製造装置を譲り受けることとなった。また、マスクの原材料である不織布の調達についても、調達先の新規開拓により必要量を安定的に調達できるルートを確保した。

もうひとつは、そもそもこれまでに生産したことのないマスクを安定した品質で生産し続けるためのノウハウ確立の問題であった。同社はガラスや鉄板といった固い原材料を精緻に加工する経験は豊富だったが、不織布や耳紐のような柔らかい素材を扱った経験はなかったため、加工時の位置決めや製品のグリップなどについては手探りでの追求となった。

さらに、生産体制が確立しても、安定的かつ消費者側にとっても利便性の高い販売手法の確立にも工夫が必要であった。一般消費者への販売開始に際しては、自社の EC サイトで直販する形を取ることとし、 先着順での販売を開始したが、想定を遥かに超えるアクセスがあり、円滑なサイト運用が困難となる事態 に直面した。これを受け、先着順での販売から抽選方式での応募受付に仕組みを変更することにより、消費者が一度抽選に申し込めば次回以降は自動的に抽選に参加することを可能とすることによって、自社側の運営の安定性と消費者側の利便性の両方を実現した。

こうして、同社のマスク生産の取組は、新型コロナウイルス感染症の感染拡大により需給が逼迫した物質について、国内で迅速かつ柔軟な生産体制を構築した先例となった。また、2020年12月には、新型コロナウイルス感染症の感染拡大に際して、経済産業省の要請などを受けて医療用物資の緊急増産を行い、需給の改善を通じて国民生活の安定に大きく貢献した299の企業・団体に対して、経済産業大臣から感謝状が授与され、同社もその貢献が認められ感謝状を授与された企業のひとつとなった。今後もマスク不足を懸念する医療現場や消費者の不安解消に資するべく、マスクの安定供給を続ける予定としている。

#### 図 1 シャープ (株) 製マスク





出所:シャープ(株)

#### 図2 マスクの生産ライン(クリーンルーム)



出所:シャープ (株)

また、今般、国内における医療用物資の開発・生産体制の確保の必要性が改めて強く認識されたことを踏まえ、塩野義製薬(株)は、(研)日本医療研究開発機構「新型コロナウイルス感染症(COVID-19)に対するワクチン開発事業」における採択を受けて、国立感染症研究所、九州大学及び(株)UMNファーマと連携し、2020年4月より新型コロナワクチンの研究開発を進めてきた。同社は、同ワクチンの供給を早急に実現するため、研究開発と並行して、(株)UNIGEN及びアピ(株)とともに、生産体制の構築にも着手した。同年7月には経済産業省「サプライチェーン対策のための国内投資促進事業費補助金」、同年8月には厚生労働省「ワクチン生産体制等緊急整備事業」における採択を受けて、世界最大規模のワクチン生産を可能とする培養タンクを有する生産ラインを新設した。

#### 図3 ワクチン生産ラインにおける培養タンク



出所:(株) UNIGEN

なお、我が国発の創薬などの基盤技術の実用化を目指す長期的な取組としては、2015年より、経済産業省において「次世代治療・診断実現のための創薬基盤技術開発事業」を継続して実施しており、これまで、今後市場の拡大が見込まれる抗体医薬品の製造に当たり必要となる優れた抗体生産細胞や、抗体製造に用いる培養装置の開発など、多くの製薬会社・装置メーカーなどの研究開発を支援し、我が国の創薬基盤の構築に貢献してきた。2021年度については、更に機能を高めた次世代抗体医薬品の製造技術の開発や核酸を標的にした創薬技術の開発などを実施する予定である。

同様に、自社ビジネスを取り巻く環境次第では、国内拠点の拡充や維持に限らず、海外拠点の整備も着実に進めていく必要がある。このような取組への支援としては、2020年度第1次補正予算において「海外サプライチェーン多元化等支援事業」を、同年度第3次補正予算において「海外サプライチェーン多元化支援事業」を計上しており、これにより一国に過度に依存しない我が国産業全体の強靭なサプライチェーンの構築を目指している。第1次公募には124件の応募があり、同年7月に30件を採択し、第2次公募には64件の応募があり、同年11月に21件を採択し、さらに、第3次公募には155件の応募があり、同年12月に30件を採択した。

加えて、特定国への依存度が高く、代替が困難なレアメタルについては、2020年度第1次補正予算において「希少金属備蓄対策事業」を実施した。レアメタルは様々な工業製品の製造に用いられており、輸出国における供給障害の発生により、我が国への供給が途絶え、産業活動に支障をきたすおそれがある。これまでも、レアメタルの安定供給のため、(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構が国家備蓄事業を実施してい

るが、本事業では、新型コロナウイルス感染症の感染 拡大により、人・物の移動制限などが長期化した場合 に備え、供給途絶リスクの高いレアメタルについて、 国家備蓄事業の増強を行っている。

さらに、供給途絶リスクの高いレアアースの使用量 の低減や、サプライチェーンの柔軟な組換えに係る技 術開発及び実証については、2020年度第1次補正 予算において「サプライチェーン強靭化に資する技術 開発・実証事業 | を実施した。 例えば、サプライチェー ンの組換えについては、製造業におけるサイバーフィ ジカルシステムの構築に向けた先行事例を創出し、そ の推進を後押ししていくことを目的として、製造工程 間でのシームレスなデータ連携や企業間でのセキュ アなデータ共有を可能にするデジタル技術の開発を 支援すべく、同年8月に11件を採択した。このよう な取組により、今般のようなサプライチェーンの寸断 リスクに将来的に直面しても、サプライチェーンの迅 速かつ柔軟な組換えにより対応が可能な企業変革力 (ダイナミック・ケイパビリティ<sup>注3</sup>) の向上が可能 となる。

注3 デイヴィッド・J・ティース UC バークレー校ビジネススクール教授により提唱された、戦略経営論における学術用語。2020 年版ものづくり白書では、 環境変化に対応すべく組織内外の経営資源を再構成・再結合するための能力として、このダイナミック・ケイパビリティを取り上げた。

#### サプライチェーン強靭化に資する技術開発・実証事業 採択企業の取組 ・・・国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

サプライチェーン強靭化に向けた取組を着実に推し進めるべく、現在同機構では、製造工程間でのシームレスなデータ連携や企業間でのセキュアなデータ共有を可能にするデジタル技術の開発や、サイバーフィジカルシステムの構築に向けた先行事例の創出を後押しする「Connected Industries 推進のための協調領域データ共有・AI システム開発促進事業 / サプライチェーンの迅速かつ柔軟な組換えに資するデジタル技術の開発支援」を実施しており、本稿ではいくつかの取組の具体例を紹介する。

#### ① (株) カブク

同社は、特注品調達における見積りから製造までのワンストップサービスを提供している。同社の顧客である特注部品製造事業者では、市場での多品種少量生産などの特注需要が増加する一方で、深刻な人員不足や多量業務による過負荷、技術継承不足といった問題が生じており、市場の特注需要に応えるためには、エンジニアリングチェーンにおけるデータ連携の効率化が喫緊の課題と認識している。

本事業では、変動要因の多い特注部品製造において、メーカーとサプライヤー間の製造に関わる情報を連携することで、設計データから、加工要件付き図面データを作成、解析して加工費用や製造原価を自動算出するなどの支援システム「多品種少量生産向けオンデマンド・サプライチェーン・プラットフォーム」を開発する。これにより、設計・見積り取得・製造依頼などの業務に要する工数を減らし、経験や技能による差を埋めることで、製造業全体の効率と柔軟性の向上を目指す。

図 1 オンデマンド・サプライチェーン・プラットフォーム

出所:(株) カブク

#### ② (株) コアコンセプト・テクノロジー

同社は、AIを活用しやすいシンプルな業務プロセスへの変革と顧客のDX組織化を支援するため、AI製品を開発、展開している。同社は、設計製造に使用する3D設計支援システム(CAD:Computer Aided Design)、3D製造支援システム(CAM:Computer Aided Manufacturing)及びエンジニアリング支援システム(CAE:Computer Aided Engineering)間で頻繁に起こるデータ変換トラブルに着目している。更なる高精度加工・自動化の推進のために、これまでと異なるエンジニアリングチェーンが必要と感じ、設計現場から製造現場まで高品質な3Dモデルで連携するための新しい「3Dデジタル・エンジニアリングチェーンの確立」を掲げる。本事業では、金型製造における3DCADデータに焦点を当てて、製品設計→金型設計→機械加工用のデータ作成→シミュレーション→機械加工における一連の工程において、3DCAD、3DCAM及びCAE間のデータ変換の問題を解消するデータ変換形式を考案し、3Dシステム間での連携を円滑にし、シミュレーション技術の活用による生産性の大幅な向上を目指す。

第 2 節

# 

#### 図 2 デジタル空間における高品質なデータ交換環境の構築

出所:(株) コアコンセプト・テクノロジー

#### ③ (株) レクサー・リサーチ

同社は、ビジネス活動や人間社会のあるべき姿を実現するために、エンジニアの創造活動をアップグレードする創発型技術の社会実装を目的としており、また、我が国唯一の生産シミュレータメーカーでもある。同社では、我が国が得意とするすり合わせやカイゼン活動は、デジタルツールではなく、人手に頼ることで対応してきたために、全体最適ができず、時間を要するだけでなく手戻りが生じるなど、事業環境の変化に対する柔軟性や迅速性が乏しいことが我が国製造業の課題と認識している。本事業では、同社の持つ生産シミュレーション技術や最適化技術などの基盤技術を活用し、生産に関わる多様な活動を記述できる独自のデータモデルで各組織活動を同期させるとともに、生産活動をバーチャル化してプラットフォームに展開し、現場力をサイバー上で発揮することにより、我が国が積み上げてきた強みを再構築し、変化に対応したエンジニアリング方式の実現を目指す。これにより、各企業における製造工程間のシームレスなデータ連携・活用を可能にするデジタル技術の開発支援を実施し、製造業におけるサイバーフィジカルシステムの構築に向けた先行事例を創出するとともに、その取組を推進する。

#### 

図3 独自のデータモデルを活用したサプライチェーンの構築

出所:(株) レクサー・リサーチ

#### ④ ロボコム・アンド・エフエイコム (株)

同社は、多品種少量の部品加工や、低価格で容易に導入できるレディメイド型ロボットパッケージの 製造販売を行う会社として設立された。同社の顧客であるメーカーの製品開発者は、変化しやすい消費 者ニーズ、日進月歩の技術革新などを取り込むべく、開発サイクルの短縮化に取り組んでいる。本事業では、製造現場において、部門間、製造工程間で分断されていたデータを一元管理し、生産工程全体のリアルタイムかつシームレスなデータ連携を実現することで、タイムベース(短納期)を最大の提供価値としたシステム「タイムベース戦略型サイバーフィジカルシステム」を構築する。これにより、エンジニアリングチェーンの組織能力の高度化・迅速化を実現させ、受注から納品までのプロセスを高精度で全自動化し、圧倒的な短納期化、低コスト化の実現を目指す。

図4 タイムベース戦略型サイバーフィジカルシステム

出所:ロボコム・アンド・エフエイコム (株)

#### ウィズ・コロナ、ポスト・コロナにおける新たな調達の在り方を示す受 発注プラットフォーム企業・・・ キャディ (株)

同社は、「モノづくり産業のポテンシャルを解放する」ことをミッションに掲げ、2017 年 11 月に設立されたスタートアップ企業である。従来、製造業のバリューチェーンにおいて、調達は非効率な旧来型の受発注業務にとどまっていた。この調達の世界にイノベーションを持ち込み、無駄を省いて製造業のサプライチェーンの効率化を図りたい、町工場の技や技術にもっと光を当てたいとの想いをもって起業し、板金加工や切削加工などの部品をオンデマンド発注できる製造業の受発注プラットフォーム「CADDi」を立ち上げた。

顧客が作りたい特注板金加工品の 3D 設計支援システム (CAD) データを同システムにアップロード すると、瞬時に見積り・納期が表示され、見積りに納得すれば数クリックで発注される。この見積りは同社がパートナー契約をしている日本全国の町工場の製造プロセスや製造原価を自動算出することで瞬時に計算されており、同システムを経由して最適なパートナー企業に確定発注されるため、受注側の町工場は相見積りをすることなく仕事を受注できる。手配された部品は同社が検品・梱包して納品する仕組みとなっている。現在、パートナー契約をしている提携サプライヤーは全国 600 以上、産業機械メーカーを中心とする発注側の顧客企業は累積 6,000 社に達している (2021 年 4 月 1 日時点)。

2020 年初頭から新型コロナウイルス感染症が猛威を振るい、人工呼吸器やサージカルマスクなどの医療機器・医療用製品が大幅に不足した際には、同社の調達プラットフォームが威力を発揮した。同社はわずか 1 週間で全国の医療部品製造・機械部品製造に特化した加工会社 100 社以上と連携し、医療機器などのメーカーから受注を受け、部品供給・加工会社の選定、納品の支援をスタートした。さらに、世界で人工呼吸器の需要が高まる中、国内での調達・生産体制を早急に構築するため、同年 4 月には自社だけでは解決できない医療機器製造の課題を解決していくために「COVID-19 対策医療物資支援室」という特別支援プログラムを立ち上げた。大手メーカー、町工場、部品や組立メーカー、自治体・公的機関、医療機関、そして起業家など多くの関係者に活動支援を呼びかけ、ベトナム向けに人工呼吸器 5,000 台分の各種部品製造を支援したり、需要が急増した医療機関向けの空気清浄機の増産支援を行ったりするなど、同社の調達システムが国内外の医療に大きく貢献した。

このように、世界的に人工呼吸器や医療機器・医療用製品の製造に必要な部品の供給が逼迫した状況で、必要となる部品の製造キャパシティを確保し、高品質な部品を最短で供給し続けることへの使命感を一層強くした同社は、いかなる事態に直面してもサプライチェーンを寸断させない、ロバスト性の高い製造業のプラットフォームの在り方について更なる検討を進めている。

同社は、製造業のニューノーマルにおいて、製造のオープン化(調達の集散両立化、セミファブレス化、設計の DFM (Design For Manufacturing:製造の容易性を考慮した設計) 志向) と製造のリモート化 (データ化・アクセシビリティ強化、コミュニケーションのリモート化、実物ハンドリングのリモート化) が必要になると考え、「with コロナ時代の2つの経営戦略」を新たに提案している。

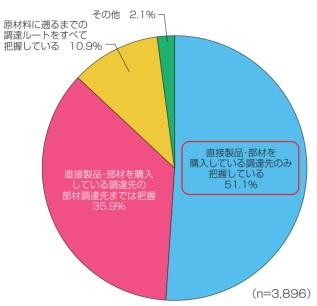
#### 図 with コロナ時代の2つの経営戦略

<b>01</b> 製造業の オープン化	関連/販売の集散両立化	調達・販売先の確保・リスク低減のための、分散化と、コスト削減の 同時実現のための分散集約ブラットフォームの活用
	製造のセミファブレス化	非常時の製造・組立能力確保のための、自社工場拠点分散にとどまらない、OEM工場複数社確保・ファブレス化
	設計のDFM志向	新規サプライヤにすぐに転注可能なよう、DFM(製造容易性)を考慮 した設計力の向上
02 製造業の リモート化	データ化・アクセシビリティ強化	抵情報や闖人的情報の電子データ化、多人数・多環境からのアクセ ス性強化。データ蓄積・システム間連携の強化
	コミュニケーションのリモート化	会議・共同作業・管理・ホウレンソウなどの業務的事項にとどまらな い、交流・カルチャー形成などのオンライン化
	実物ハンドリングのリモート化	遠隔で実物を取り扱えるようにするか。工場同時稼働人員低減のためのオートメーション、リモートでの「立ち合い」検収等

出所:キャディ(株)

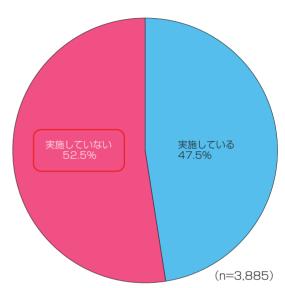
サプライチェーン全体でのレジリエンス強化を進めていく上では、自社の直接の調達先だけでなく、 更にその先の調達先も含めて、サプライチェーン構造を把握する必要がある。しかし、製造業における、 調達先の把握状況に関する調査によれば、製品や部材を直接購入している調達先のみを把握しているとい う事業者は半数に上り(図 121-10)、調達先の情報の定期更新を実施していない事業者も半数に上る(図 121-11)。また、調達先の把握状況について、東日本大震災から「あまり変わらない」又は「むしろ後退している」企業は約6割に上り、取組の余地が残されているものと想定される(図 121-12)。

#### 図 121-10 調達先の把握状況



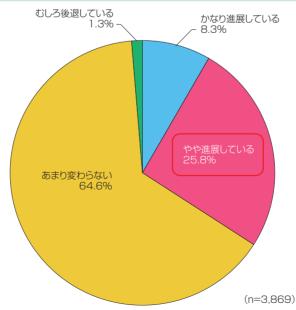
資料:三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング(株)「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」(2021年3月)

#### 図 121-11 調達先の情報の定期更新の実施状況



資料:三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング(株) 「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」(2021年3月)

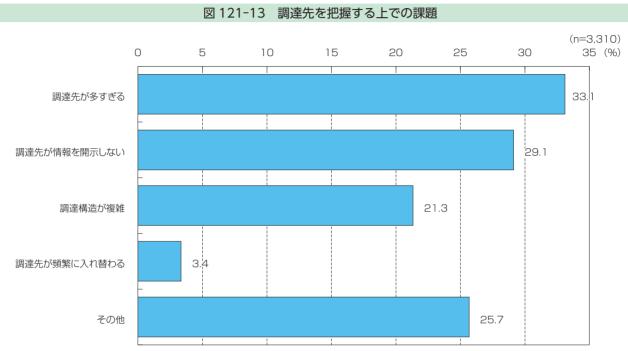
#### 図 121-12 東日本大震災当時と比較した調達先の把握状況



資料:三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング(株) 「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」(2021年3月)

一方、調達先を把握する上での課題としては、「調達先が多すぎる」、「調達構造が複雑」といった理由が挙げられている(図 121-13)。これらの課題に対しては、デジタル技術の活用が解決策のひとつとなり得る。例えば、トヨタ自動車(株)では、東日本大震災

時にサプライチェーンの被害状況把握に時間を要したことをきっかけに、自社の調達先やその先の調達先をシステムで管理し、可視化する取組を実施し、災害時の被害状況把握に要する日数を大幅に短縮した。



出所:三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング(株) 「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」(2021年3月)

このように、調達先の把握は、調達先の分散など、 平時におけるサプライチェーンの強靭化のみなら ず、非常時における迅速な対応にも大きく寄与するため、着実に進めることが重要と考えられる。

## **コラム** サプライチェーンの可視化による初動の迅速化 ・・・トヨタ自動車(株)

2011年の東日本大震災では、東北や北関東に立地する自動車部品メーカーが被災し、部品供給が途絶えたため、トヨタ自動車(株)では愛知県や九州に立地する工場も含め、国内における完成車の生産が停止した。調達先の被災状況の全容を把握するのに約3週間を要したため、代替品調達が遅れ、生産の正常化が同年9月となった。

このようなことから、特に東日本大震災以降は、更なる初動迅速化や復旧早期化を目指し、各国・各地域でサプライヤーと一体となった災害に強いサプライチェーンの構築に努め、平時からのサプライチェーン情報の見える化と災害に備えた対策を推進している。

サプライチェーン情報の見える化については、初期情報を迅速かつ的確に把握することが重要との認識に立ち、調達先情報を正確かつ迅速に可視化するためのデータベースである「RESCUE<sup>注4</sup>システム」を開発した。機密性の高い情報を含め、サプライヤーの協力を得て、1次仕入先が、2次以降の仕入先情報をシステムへ入力することで、サプライチェーン上の深い階層に位置するサプライヤーの情報もシステムで共有し、その後も継続的に情報の更新を行い、データベースの蓄積・拡充を図っている。

また、災害に備えたサプライチェーン対策として、複数発注・複数拠点化できるか、他社で代替できる

か、評価リードタイムが短いか、といった指標により供給リスクレベルを評価し、サプライチェーン上の 課題を洗い出している。1 拠点でしか生産していないなどの課題品目について代替生産の実行力を向上さ せるため、代替生産拠点の調査を実施したり、災害時に有効活用するための定期訓練をサプライヤーと共 に実施したりするなど、平時からバックアップ体制の確立・強化を図っている。

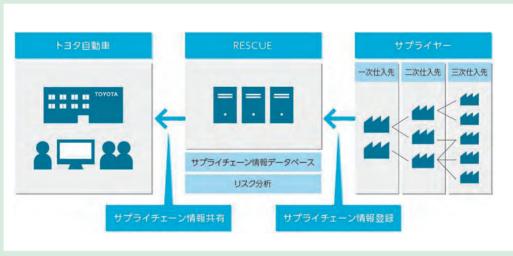
このような取組の結果、大規模災害の発生時に調達先の状況把握に要した日数は、2016年の熊本地震では1.5日、2018年の平成30年7月豪雨では0.5日に短縮した。今般の新型コロナウイルス感染症の感染拡大に当たっても、中国における調達先の在庫状況、他国での代替可否、欠品のおそれのある品目といった状況把握が速やかに行われ、稼働再開、代替生産、在庫調整といった迅速な初動対応と生産体制の再構築に寄与した。

日本国内における取組を基に、海外でも各国・各地域で、サプライヤーと一体となった同様の取組が進められている。

なお、同システムは汎用化され、(一社)日本自動車工業会を通じて他社へも展開されており、災害に強いサプライチェーン基盤構築の一助となっている。

製造業のサプライチェーンにおいて最終製品の生産に必要な部品が入手できず、その対策を考える際には、調達先の状況を速やかに把握することが前提となり、そのためには平時から調達先に関する情報を可視化しておくことが重要である。同システムは、初動迅速化の一助となるツールとして参考になる事例といえよう。

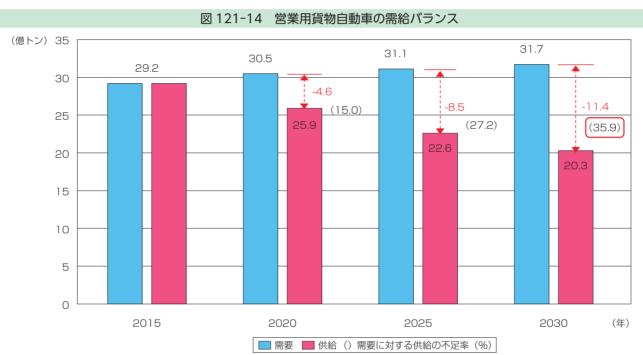
#### 図 サプライチェーン情報を保有する「RESCUE システム」の仕組み



出所:トヨタ自動車 (株) "Sustainability Data Book" (2020年12月)

また、拠点間を結ぶ物流もサプライチェーンを構成する重要な要素である。国内の物流においては、重量ベースでは営業用貨物自動車が最大のシェアを有する輸送手段となっているが、営業用貨物自動車のトラックドライバーについては、(公社)鉄道貨物協会「平成30年度本部委員会報告書」によれば、2025年時点での想定需要に対し、20万人以上の不足が生じると推計されている。加えて、(公社)日本ロジスティクスシステム協会「ロジスティクスコンセプト2030」によれば、営業用貨物自動車による貨物輸送

量の需要が増加する一方、トラックドライバー数が現状のまま減少傾向で推移し、かつ、ドライバー1人当たりの営業用貨物自動車輸送量が変化しないものと仮定した場合、2030年には、同年の想定貨物輸送量の需要量の3割以上が営業用貨物自動車で運べなくなると推計されている(図121-14)。このようなことから、製造業における物流のキャパシティ確保のためには、トラックドライバーの確保に加えて、その1人当たりの営業用貨物自動車輸送量の増加も重要となっている。



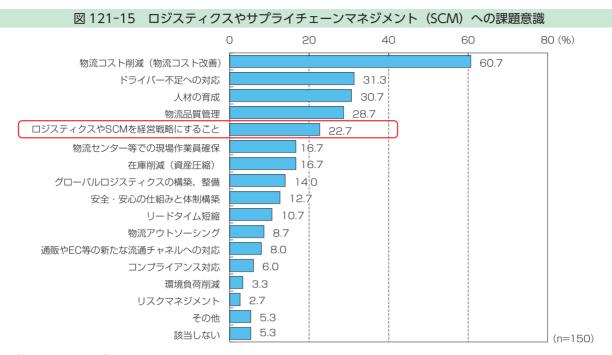
資料:(公社)日本ロジスティクスシステム協会「ロジスティクスコンセプト 2030」(2020年1月)

新型コロナウイルス感染症の感染拡大に対応するニューノーマルの生活様式においては、テレワークや巣ごもりが浸透し外出の機会が減少するため、人の移動は相対的に減少していくものと考えられる。一方、物の需要は減少するわけではなく、ネットコンテンツや EC (Electronic Commerce:電子商取引)の需要増により、消費者向けの物流の需要はむしろ増加することも想定される。

営業用貨物自動車による輸送を行う企業の中には、消費者向けの輸送と製造業を含めた企業間の輸送の両方を扱う企業が存在することから、物流供給のキャパシティが一定である状況において消費者向けの物流需要が増加することにより、企業間の物流に影響を及ぼす可能性がある。このような事態は、ひいて

は製造業の生産活動にも多大な影響を及ぼす可能性があり、物流の効率化に着実に取り組むことが、製造業のレジリエンス強化を進める上でも重要であるといえる。

また、(公社) 日本ロジスティクスシステム協会が、ロジスティクスやサプライチェーンマネジメント (SCM: Supply Chain Management) への課題について会員企業に対して行った調査によれば、「物流コスト削減」や「ドライバー不足への対応」などに比べ、「ロジスティクスや SCM を経営戦略にすること」と回答する企業の割合は低い。物流の効率化に当たっては、納品する貨物の数量や時間などの物流条件を決定する荷主企業の経営層に対する意識醸成も重要となる(図 121-15)。



備考:1社につき3つまで回答

資料:(公社)日本ロジスティクスシステム協会「JILS 会員アンケート調査」(2019年12月)

物流課題を解決するための取組については、単独の 企業だけで効果を上げることは非常に難しい。

例えば、貨物を積載するパレットのサイズが不揃いであることが荷役、輸送及び保管の効率性を阻害しているなど、個別最適を追求するとサプライチェーン全体での効率化を達成できない。このため、複数の企業や業界が連携して以下のような取組を進めている事例も出てきており、その普及や拡大を一層推進することで、製造業のレジリエンス強化にも着実につながっていくものと考えられる。

#### ①データの共有による効率化

同一のサプライチェーン上に多様な企業が存在する場合、従来は、原材料、部品及び製品の受発注状況、輸送状況及び保管状況に関するデータは、企業及び業界間では共有されていなかった。そのため、各企業及び業界は、それぞれが直接携わる作業範囲のデータしか取得できず、データの活用による物語の効率化の効果は限定的であった。このようなことを受け、同一のサプライチェーン上の各企業及び業界が、それぞれが持つデータを共有することにより、原材料から製品までの受発注状況などのリアルタイムでの把握を可能にし、適正な在庫量に合わせた調達、生産、輸送及び保管が行われるようにする取組が行われている。

#### ②共同での輸送や巡回集荷による効率化

トラックドライバーの不足に備えるとともに、トラックへの貨物の積載率を向上させるため、複数の企業で互いに貨物を持ち寄り、共同で輸送する取組が行われている。メーカー・サプライヤー間では、サプライヤーによるメーカーへの原材料及び部品の納品について、各サプライヤーがそれぞれのトラックでメーカーに持ち込むことに代わり、集荷する原材料及び部品の量や集荷時間を事前に調整の上、メーカーが自ら手配したトラックで各サプライヤーを巡回して集荷する取組が行われている。

## ③輸送資材のサイズ及び業務プロセスの標準化による効率化

貨物を積載するパレット及び段ボールのサイズの 標準化により、トラックへの貨物の積載率を向上さ せるとともに、荷役及び保管をスムーズにする取組 が行われている。一方、標準化の取組は、パレット や段ボールなどの輸送資材のサイズに対してのみで はなく、作業の手順や方法などの業務プロセスにつ いても行われている。具体的には、貨物の荷役及び 保管に関する作業の手順及び方法が拠点ごとで異な ることが、拠点での作業の効率性を阻害しているこ とから、この標準化を目指す取組が行われている。

## 将来の物流モデルのイメージ:パケット・ルーティング・ロジスティクス・・・(公社) 日本ロジスティクスシステム協会

深刻化するトラックドライバー不足などに対応するため、共同での輸送など物流の効率化を目指す様々な取組が進められている。しかし、輸送資材のサイズや業務プロセスなどが企業や業界ごとに異なった状態で定着していることが、企業及び業界間の連携を通じた効率化を阻害する要因となっている。このような各要素の標準化が企業及び業界間の垣根を越えて進めば、全体最適による物流の効率化がこれまで以上に進展する可能性がある。

2030年に向かって目指すべき物流の姿を描いた「ロジスティクスコンセプト 2030」では、全体最適を実現する将来の物流モデルとして、「パケット・ルーティング・ロジスティクス」を提唱している。

現在は、輸送資材のサイズや業務プロセスなどの標準化が十分に進んでおらず、貨物の大きさや数量などの情報を基にしたトラックの手配がスムーズに行えない。そのため、輸送マッチングモデルにおいては、貨物そのもの及びその需給の情報を一度拠点に集約した上で、単一の貨物の需給をマッチングすることを基本としている。一方、パケット・ルーティング・ロジスティクスでは、標準化した輸送資材を用いるとともに、貨物の需給などの情報をオープンなプラットフォーム上で共有することで、網目状に張り巡らされた任意の経路を経由して貨物を届けることを可能とする。このモデルは、データパケットが数々のルーターとネットワークを経由して目的地まで向かうインターネットの通信方式に物流をなぞらえたものである。

パケット・ルーティング・ロジスティクスでは、貨物の需給などの情報は特定の企業に集約するものではなく、オープンなプラットフォーム上で共有されることが求められる。今後は、このようなプラットフォームの形成が、輸送資材のサイズや業務プロセスなどの標準化と並行して、取り組むべき課題となる。

## 情報の非対称性を解消することで、単一部品・サービスの高 総をマッチング (供給 常要 アラット フォーム アラット フォーム ター バケット・ルーティング・ロジスティクス

図 1 パケット・ルーティング・ロジスティクスのイメージ

出所:(公社)日本ロジスティクスシステム協会「ロジスティクスコンセプト 2030」(2020 年 1 月)

# C1 C2 C3 C4 C5 C6 C7 C8 C9 分解

図 2 標準化した輸送資材を活用した貨物の積載イメージ

出所: (公社) 日本ロジスティクスシステム協会「解説 ロジスティクスコンセプト 2030」 (2020年 10月)

#### 企業間連携の模索

#### ・・・自動車物流研究会

自動車業界における物流を対象とした情報交換や研究を行うことを目的に、自動車メーカー 4 社の物流 部門担当者による同研究会が 2016 年に立ち上げられ、効率化や人材育成など様々なテーマについて継続的に研究が行われている。

1台の車は約3万点もの部品からできている。これらの部品の多くがサプライヤーで分担して作られ、自動車メーカーに納品されている。同研究会ではまず、同研究会を構成する自動車メーカー間で共通して取引のあるサプライヤーから納品される部品を収める容器の仕様の標準化を、検討テーマとして取り上げた。

現在は、自動車メーカーごとに異なる容器が使われているため、サプライヤーは、同じ部品であっても、各自動車メーカーの要望に合わせた容器を用意したり、詰め替えたりしているケースもあり、サプライチェーン全体の視点からの輸送及び保管の効率性向上が求められている。そこでまず、複数の自動車メーカーに納品している特定部品について、サプライヤーの協力を得て、自動車メーカー各社共通で利用する場合の最適な容器について検討を進めている。

また、物流業界ではトラックドライバーだけでなく、貨物の保管や仕分け作業を行う人材も不足し始めていることから、同研究会は、このような工場内の物流作業の自動化についても検討を始めた。現状、同研究会を構成する自動車メーカー各社では、同作業の自動化については、フォークリフトなどで行っていた作業を、無人搬送車(AGV: Automatic Guided Vehicle)などを使用して自動化することが主な取組となっているが、昨今の事業環境変化の速さに対応するため、各社内において自動化に対して短期間での投資回収が求められており、今後は、費用対効果を高めるための自動化要件について、更なる研究を行う。

中長期的観点から自動車業界の物流についてみると、自動運転など技術革新への対応も課題となることから、より一層企業の枠を超えた業界全体での取組を進めることが必要となる。同研究会では、このような課題に対応するために自動車メーカーのみならず、サプライヤーなどを巻き込んだ幅広い活動を目指している。

物流の効率化などの課題解決に向けては、近年、AI や量子コンピュータなどの新技術を活用する動きがみられている。従来であれば、車両数や目的地、交通状況といった複数の条件が複雑に絡み膨大な計算

時間を要していた配送ルートの最適化などが、このような新技術の活用により一層効率的に行われることが期待される。

#### コラム

## **量子コンピュータの活用による廃棄物収集ルート最適化**・・・(株)グルーヴノーツ

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には、大きく分けると量子ゲート方式と量子アニーリング方式の2種類の方法がある。量子ゲート方式は、従来のコンピュータの上位互換となり、高性能化が実現できたときのインパクトが大きいが、量子計算を行うためのハードウェア製造の技術的ハードルが高いことから、長期的な視点で研究されている。それに対して、作業手順の最適化やルート最適化などの組合せ最適化問題に特化した量子アニーリング方式は、2011年にカナダのD-Wave Systems が商用化して以来、国内でも社会実装を念頭に置いた試行や技術的検証が進められている。

(株)グルーヴノーツは、量子アニーリング方式の量子コンピュータを活用したクラウドプラットフォーム「MAGELLAN BLOCKS (マゼランブロックス)」を提供しており、いち早く量子コンピュータの商用サービス化を実現した。2020年3月には、三菱地所(株)との共同プロジェクトで丸の内のビル26棟を対象に、「MAGELLAN BLOCKS」量子コンピュータソリューションを活用して廃棄物収集ルート最適化のシミュレーションを実施した。どの車両が、どの場所を、どのような順番で移動すれば、必要な車両台数

が最も少なく、かつ、移動距離が最短となるかという最適化の問題に取り組んだ結果、現状と比較し、必 要車両数は59%減、CO2排出量は57%減という結果が得られた。

本シミュレーションは、廃棄物収集というサービス業での例であるが、物を運ぶ上での積載やルートの 最適化の問題という点では製造業における物流と共通しており、製造業において拠点間の物流や工場内物 流など様々な活用事例もある。

複数のビルで廃棄物収集を行う際の検討事項イメージ

# ごみ収集が必要なビルは、どこで、 どのような経路で収集すれば良いか

どこのビルに、どれくらいの ごみが発生するか いつごみを収集すれば良いか 各ビルでは、ごみ収集にどれくらいの ごみ発生量、積量等に対して、 収集車は何台あれば良いか

出所:(株)グルーヴノーツ、三菱地所(株)

#### 図 2 丸の内エリアのビル 26 棟での、一日当たりの廃棄物収集作業に関するコストの比較結果

項目	現状	最適化結果	現状との差異	
総走行距離	2,296.2 km	1004.2 km	▲1,292.0 km	→約 57%少ない (≒ CO2 排出量)
収集車台数	75 台	31 台	▲44 台	C02
総作業時間	8,650.9分	5,372.2 分	▲3,278.7分	₩ 約57%削減

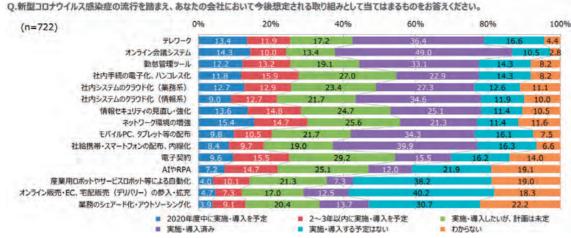
出所:(株)グルーヴノーツ、三菱地所(株)

#### (2)「オールハザード型」の対応

サプライチェーン全体を俯瞰することに加えて、危 機の内容の違いに左右されることなく着実に事業を 継続していくことを念頭に置いた BCP(事業継続計 画)の策定についても、ニューノーマルにおいては従 来以上にその重要性が増していくものと考えられる。

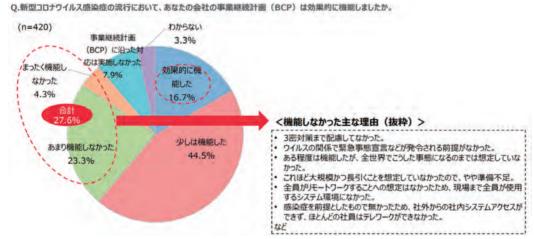
みずほリサーチ&テクノロジーズ(株)「新型コロ ナウイルス感染症流行を踏まえた BCP に関する調 査」によれば、新型コロナウイルス感染症の感染拡大 を踏まえて今後想定される取組として、多くの回答者 が、「テレワーク」や「オンライン会議システム」を 始めとするデジタルツールについて、自社において実 施・導入済み、今後実施・導入予定、あるいは実施・ 導入に向けた意思を示した (図 121-16)。今般の新 型コロナウイルス感染症が感染拡大する状況下にお いては、従前の BCP においても実施する、あるいは できるものとして想定されていた対面業務を実施す ることがそもそも困難になってしまい、危機時におい ても稼働可能なリソースとして想定されていた人員 や設備のうち、その役割を果たせなくなってしまった ものも少なからずあったと想定される。実際に、同調 査において、BCP を策定済みとしながらも当該 BCP について「効果的に機能した」と評価した回答者は 16.7%にとどまった(図 121-17)。これらの一連の 調査結果に鑑みれば、危機時においても着実に事業を 継続するためには、今後、従来の対面業務がリモート 環境においても着実に実施されるようになることが 不可欠であるといえる。

#### 図 121-16 新型コロナウイルス感染症の感染拡大を踏まえ、企業において想定される取組



出所: みずほリサーチ&テクノロジーズ(株)「新型コロナウイルス感染症流行を踏まえた BCP に関する調査」(2020年9月)

#### 図 121-17 新型コロナウイルス感染症の感染拡大において BCP が効果的に機能したか



出所: みずほリサーチ&テクノロジーズ(株)「新型コロナウイルス感染症流行を踏まえた BCP に関する調査」(2020年9月)

以上のような状況を受け、ニューノーマルにおける BCP は、「オールハザード型」とも称される内容に変容していくことが重要である。例えば、ニュートン・コンサルティング(株)によれば、このオールハザード型の BCP は以下のような計画及び考え方により構成されるものとされている(図 121-18)。

#### ①緊急時対応計画

危機発生直後に人命を守るための行動計画を指し、避難・負傷者対応や安否確認、情報収集などを始めとする初動対応に関して、想定し得る危機の内容に応じて定めることが必要。

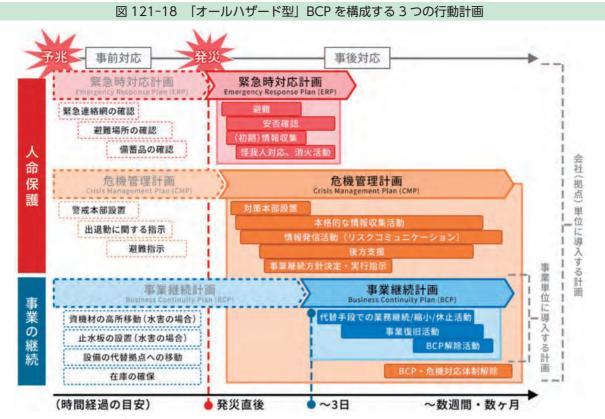
#### ②危機管理計画

危機発生時に必要な情報収集や経営判断を行うための計画を指し、対策本部の体制や役割、対応方針の検討手段やコミュニケーション手段などについて定めることが必要。

#### ③事業継続計画

危機事象の違いにかかわらず、事業継続に必要な 人員や施設・設備といったリソースが一部機能不全 になったケースを想定し、危機時のリソースベース での事業継続を実現するための計画。

第 2 節



出所:ニュートン・コンサルティング(株)

特に、着実な事業継続を図るためのリソースベース の考え方は、今後災害に限らずあらゆる不確実性を想 定しなければならないニューノーマルにおいては非 常に重要であり、前述の調査(図 121-16)にもみ られるようなデジタル化の取組は、危機時のリソース の確保につながるものとして理解・実施されることが 極めて重要である(図 121-19)。



出所:ニュートン・コンサルティング(株)

このような「オールハザード型」BCPの策定の必要性は、2021年2月に(一社)日本経済団体連合会が公表した「非常事態に対してレジリエントな経済社会の構築に向けて 一新型コロナウイルス感染症の経験を踏まえて一」においても言及されており、前述のサプライチェーン全体の俯瞰とも並行して、個々の事業者が着実に取組を進めていくべきものといえる。

## (3) 企業間での連携や官民一体でのサプライチェーン構築・強靭化

カーボンニュートラルへの取組や DX が急速に進展する中、これらの分野の製品・サービスの品質向上に向けては、半導体や蓄電池、川上の各種マテリアルなどが重要な役割を果たすこととなる。すなわち、これらの分野における技術開発やサプライチェーンの構築・強靭化が、国内に優れた製品やサービスを生み出す基盤であり、我が国製造業全体の競争力強化に直結することとなる。

現在、自動車産業は、これまでのビジネスモデルに大きな変化をもたらす CASE (Connected、Autonomous、Shared & Service、Electrified) といった潮流に直面している。具体的には、コネクテッドカーや自動走行技術の進化など、自動車のサービス利用のニーズ拡大は、情報通信など、自動車に関する既存のプレーヤーとは異なる業種にとって大きなチャンスとなるとともに、既存の自動車関連産業の

プレーヤーにとっては、競争激化のきっかけとなり得 る。また、カーボンニュートラルの実現にも資する電 動化への対応により、エンジン部品など、電気自動車 には不要となる部品や、駆動用モーターや蓄電池など の新たに必要となる部品が生じるとともに、モジュー ル化が進展することで、我が国の強みであるすり合 わせが一部不要になるなど、既存の自動車産業のバ リューチェーンに大きな変化がもたらされる。自動車 産業は製造業の中でも特に裾野が広いため他産業へ の波及効果が大きく、特に蓄電池や半導体は、連続走 行距離や燃費などの製品性能に直結する。車載用蓄 電池の需要については、(株)矢野経済研究所「車載 用リチウムイオン電池世界市場に関する調査」によ れば、車載用リチウムイオン電池の世界市場規模は、 2030年には容量ベースで2019年実績の約4倍に 増大すると予測されている(図 121-20)。また、車 載用半導体の需要については、(株)矢野経済研究所 「車載用半導体の世界市場に関する調査」によれば、 車載用半導体の世界市場規模は2030年には2018 年実績の約2倍に増大すると予測されている(図 121-21)。さらに、我が国は 2020 年 10 月、菅内 閣総理大臣所信表明演説において、2050年カーボン ニュートラルの実現を目指すことを宣言しており、自 動車の電動化の潮流が加速して蓄電池や半導体の重 要性が一層増すことも想定される。



資料: (株) 矢野経済研究所「車載用リチウムイオン電池世界市場に関する調査」(2020年8月)



注1. 各年の新車販売台数をもとに、搭載された車載用半導体のメーカ出荷金額ベースで算出した 注2. 2019年は見込値、2020年以降は予測値

資料:(株) 矢野経済研究所「車載用半導体の世界市場に関する調査」(2019年4月)

また、DX の進展は、同じく幅広い用途における半 導体の長期的な需要につながるものと見込まれる。我 が国のインターネットにおける通信量は急速に増大 しており(図 121-22)、加えて、世界のデータセンター 市場規模は増加傾向が続いている(図 121-23)。また、モバイル回線における 5G 回線比率は上昇が見込まれており(図 121-24)、これに伴い、5G 基地局の増設などによる半導体の需要増が見込まれる。



出所:総務省「我が国のインターネットにおけるトラヒックの集計結果(2020年5月分)」

(億ドル) 400 予測値 342.6 319.5 303.4 285.6 300 256.4 232.8 205.3 89.5 200 187.3 824 717 60.4 55.6 49.2 45.G 100 154.9 2015 2016 2018 2019 2021 2017 2020 2022 北中南米 欧州その他 アジア太平洋

図 121-23 世界のデータセンター市場規模の推移及び予測

出所:総務省「令和2年版情報通信白書」(2020年8月)

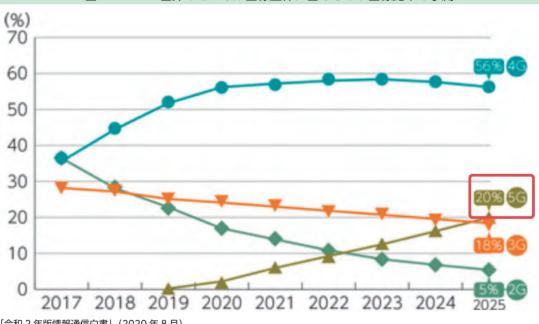


図 121-24 世界のモバイル回線全体に占める 5G 回線比率の予測

資料:総務省「令和2年版情報通信白書」(2020年8月)

このように、蓄電池や半導体などについては、これらの分野における技術開発やサプライチェーンの構築・強靭化をいち早く進めることが各国の産業競争力の強化に直結するものであり、現に国内外において、個々の事業者だけの取組ではなく、異なる業種の企業間での連携や、官民一体となった取組が現れ始めている。蓄電池については、日本国内の電池メーカーを始めとする関係企業が一堂に会する初の業界団体として、2021年4月、(一社)電池サプライチェーン協

議会が設立された。同協議会は電池のサプライチェーンに関する業界横断的な活動を通じ、電池産業全体の発展を目指している。

半導体については、米国や EU において、半導体製造に関する設備や研究開発に投資する事業者を政府が支援する動きがみられている。このような企業間での連携や官民一体での取組は、今後一層その重要性を増していくものと想定される。

#### 電池サプライチェーンの国際競争力の強化 ・・・(一社) 電池サプライチェーン協議会

車載用電池は、電気自動車の価格の約3分の1、重量の約4分の1を占めるとされており、車両の性能と構造を左右する重要部材である。カーボンニュートラルの実現に向けた潮流が更に加速する中で、自動車の電動化などの要となる電池のサプライチェーンの安定化や国内関連産業の強化に対する関心は、グローバルに高まっている。例えば、EUでは、投資支援とルール形成を組み合わせ、EU域内でのバッテリーサプライチェーン構築に向けた取組を強化している。2021年1月、ドイツやフランスなど、EU12か国がバッテリー開発プロジェクトに最大29億ユーロの補助金を交付する計画を欧州委員会が承認した。また、2020年12月には、バッテリー指令の改正案を公表し、蓄電池のライフサイクルでのCO2排出量のラベル規制・市場アクセス規制やリユース・リサイクルに関する規律の導入などが示された。また、中国からは、リチウムに関するISO標準策定を狙って専門委員会(TC333)の設置が提案されるなど、各国で部素材まで含めた規格・標準づくりの動きがみられる。2021年2月には、米国のバイデン大統領は、電気自動車用を含む大容量蓄電池のサプライチェーンについて100日以内に、脆弱性リスク及びそれに対する政策勧告に関する政府レポートを提出するよう、大統領令を発出した。

我が国の電池産業は従来高い世界シェアを誇ってきたが、現在、中国や韓国、EU を中心に、国を挙げての投資や生産が進んでおり、スケールメリットの観点から、今後の競争力維持に懸念が生じている。また、正極材、負極材、電解液、セパレータを始めとした部素材は、電池性能や安全性に大きな影響を与えるものであり、我が国の部素材メーカーはこれまで高い品質や知財などで優位に立ってきた。現在も、世界シェアランキングで上位に入る国内メーカーも複数存在している。一方、中国や韓国などにおける電池需要の高まりに牽引される形で、これらの国の部素材メーカーが技術力・シェアを向上させるとともに、電池サプライチェーン全体に対する各国政府の支援もあいまって、日本企業はグローバル競争の中で苦境に立たされている。このように、我が国においても、電池本体に加え、部素材、製造装置なども含めたサプライチェーン全体での競争力の維持・向上は急務である。

このような中、電池メーカーを始めとする関係企業が一堂に会する初の業界団体として、2021 年 4 月、(一社)電池サプライチェーン協議会が設立された(同年 4 月 1 日時点で加盟 52 社)。同協議会は特に電池部素材製造・資源調達・リサイクルをスコープとして、電池のサプライチェーンに関する業界横断的な政策提言や標準化の推進といった活動を通じて、電池産業全体の健全な発展を遂げていくことを目指している。我が国の高い技術力や安全性、環境対応などを活かした競争力強化に向け、ルール形成や標準化などの観点から、オールジャパンでの協調強化が期待される。

#### 図 電池サプライチェーン協議会の参加企業(2021年4月1日時点)



出所:(一社)電池サプライチェーン協議会

#### 半導体サプライチェーン構築に向けた米国、EU、中国政府の動向

自動走行やスマートシティなど高度に発展したデジタル社会において、最新の半導体はなくてはならない存在であり、米国、EU、中国を中心に、その安定供給に向けて政府主導の取組も進んでいる。

#### <「米国重要サプライチェーン確保」に関する大統領令(2021年2月)>

米国は、半導体や大容量蓄電池、レアアースなどの重要部素材について、担当省庁(商務省、エネルギー省及び国防省)がレビューを行い、脆弱性リスク及びそれに対する政策勧告(同盟国との国際連携の可能性を含む)に関するレポートを、国家安全保障担当大統領補佐官などを通じて大統領に提出することとしている。なお、同日のバイデン大統領の記者会見においては、半導体の供給不足の解消に向け、国内での半導体チップ製造支援のために370億ドルを予算要求することが表明された。

また、2021年1月に成立・施行された同年度国防授権法第9905条では、セキュアな半導体サプライチェーンを構築するため多国間基金を創設し、関係国間で共同して研究開発などを行うこととしている。

#### < 「デジタル・コンパス2030」 (2021年3月) >

EU は、2030 年までのデジタル化の移行を目指し、具体的な目標やその実現に向けた取組を定めた「デジタル・コンパス 2030」を 2021 年 3 月に発表した。この中で、コネクテッドカーやエッジコンピュータ、IoT、AI などにおいて半導体が重要な役割を果たすという認識の下、2030 年までに、先端半導体の世界生産のうち金額ベースで少なくとも 2 割を欧州域内で生産する目標を掲げている。さらに、新型コロナウイルス感染症の感染拡大に起因する経済危機からの復興を目的に 2020 年 12 月に欧州理事会で合意された総額 7,500 億ユーロ規模の復興パッケージの中でも、各加盟国のグリーン移行やデジタル移行、経済の強靭化に向けた投資・改革に関する融資や補助金による支援である 6,725 億ユーロの「Recovery and Resilience Facility」では、各国の提出する復興計画のうち、少なくとも 20%は「デジタル移行」に充てることが求められており、具体的な使途として、5G の整備などが想定されている。

#### <中国全国人民代表大会(2021年3月)>

中国は、同会議において李克強国務院総理が報告した「政府活動報告」において、「第 14 次 5 ヵ年計画」を発表した。本計画では、2021 年から 2025 年における主要な目標などを定めており、この中で「わが国の現代化建設の全局におけるイノベーションの核心的位置づけを堅持し、科学技術の自立自強を国の発展の戦略的支えとする。」とし、具体的には、「科学技術イノベーションの体制・仕組みを整え、社会全体の研究開発(R&D)費を年平均 7%以上増やし、その対 GDP 比が第 13 次 5 ヵ年計画期の実際値を上回るようにする」ことなどを表明している。

また、半導体については、2019年に公表されたロードマップにおいて、集積回路設計の生産高と世界シェアを、2020年までにそれぞれ430億ドル、30%、2030年までにそれぞれ1,100億ドル、40%まで高める目標が打ち出されており、2014年に創設した1,387億元の国家集積回路産業投資基金に対し、2019年に更に2,041億元を増額し、半導体メーカーを支援している。

また、政府では、2020年7月に閣議決定した「統合イノベーション戦略 2020」において、戦略的に進めていくべき主要分野のひとつとしてマテリアルを挙げ、マテリアル革新力を強化するための政府戦略を産学官関係者の共通ビジョンとして策定することとした。同年10月より、各分野の産業界や学術界の専門家で構成される有識者会議を内閣府に設置し、我が国のマテリアル産業における強みと課題を整理して

いる。有識者会議において最大の強みのひとつとして挙げられたのは、半導体用フォトレジスト製造でみられるような、緻密なすり合わせに基づく高度な製造プロセス技術である。一方、顧客ニーズは更に複雑化を極めており、これに迅速に対応していくためには、製造プロセスとデータサイエンスを融合させた「プロセス・インフォマティクス」を始めとする革新的プロセス技術が重要であるとされた。

また、世界的な不確実性の高まりが想定される中、 我が国産業に必須な希少資源の確保や循環経済(サー キュラーエコノミー)の重要性が再認識されている。

このような状況を鑑み、2020年3月に経済産業省が策定した「新国際資源戦略」も踏まえ、希少金属などの戦略的なサプライチェーン全体の強靭化(供給源の多角化・技術開発・設備導入支援など)に向けて取り組むことも提言されている。

2021年3月には、有識者会議において、マテリ

アル革新力強化には、迅速な社会実装の実現、データ 駆動型研究開発の推進、国際競争力の持続的な強化が 不可欠であると結論付けられ、それらに紐づいたアク ションプランを示した戦略案が提出された。今後、政 府としてマテリアル革新力を強化するための戦略を 決定するとともに、フォローアップや更なる議論を重 ねながら戦略の実効性を高め、アクションプランに掲 げられた取組を産学官一体となって強力に進めてい く。

#### コラム

#### マテリアル分野の競争力強化に向けた官民での取組

「統合イノベーション戦略 2020」(2020 年 7 月閣議決定)において、マテリアル分野を「基盤分野としての重要性がますます高まる中、国際競争が熾烈となっていることから、新たに戦略を策定し、国を挙げた取組を推進する必要がある」と位置付けた。同戦略に基づき、Society 5.0 の実現、SDGs の達成、資源・環境制約の克服、強靭な社会・産業の構築などに向けた戦略を策定すべく、内閣府において、同年 10 月に官民の専門家による有識者会議を設置し、検討がなされている。

同有識者会議では、産業界、学術界それぞれにおける強みと課題を現状認識として整理する上で、①マテリアルズ・インフォマティクス、②製造プロセス技術、③サーキュラーエコノミー、④資源(レアメタル)の4つの視点に着目しながら議論を進め、基礎(入口)と応用(出口)の双方を意識した異なるアプローチを講じていく必要があるとした。ESG/SDGs の意識の高まりや国際状況の変化などマテリアルを取り巻く環境を踏まえ、2030年をターゲットとした目指すべき姿として、「マテリアル革新力を高めることにより、経済発展と社会課題解決が両立した持続可能な社会への転換を世界の先頭に立って取り組み、貢献していく国」を掲げている。

2021 年 3 月には戦略の取りまとめに向け、有識者会議決定として、「マテリアル革新力強化戦略(案)」が提出された。同戦略案には、マテリアル革新力強化に向けた基本方針として、①迅速な社会実装の実現、②データ駆動型研究開発の推進、③国際競争力の持続的な強化、の 3 つが挙げられ、それらに紐づいたアクションプランとして以下のとおり示された。同戦略(案)では、このようなアクションプランに基づき、「産学官関係者が一体的かつ迅速に取組を進めることにより、我が国が、世界の社会課題の解決、産業競争力の強化、イノベーションの創出を力強く牽引していくことを目指す。」としている。

#### ①革新的マテリアルの開発と迅速な社会実装

- ・バリューチェーンの上流・下流/業種横断的/産官学からなる、社会課題解決型プラットフォームの 推進
- ・スタートアップ等が保有する未活用・埋没技術の活用促進
- ・重要なマテリアル技術・実装領域での戦略的研究開発の推進等

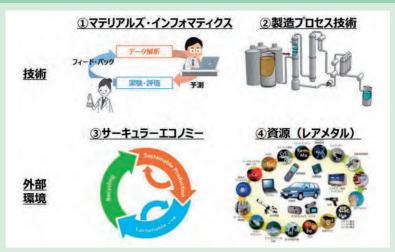
#### ②マテリアル・データと製造技術を活用したデータ駆動型研究開発の促進

- ・良質なマテリアルの実データ、ノウハウ、未利用データの収集・蓄積、利活用促進
- ・製造技術とデータサイエンスの融合、革新的製造プロセス技術の開発

#### ③国際競争力の持続的強化

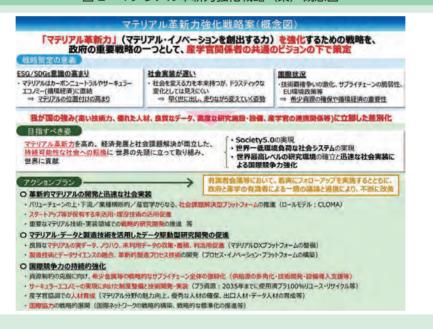
- ・資源制約の克服に向け、希少金属等の戦略的なサプライチェーン全体の強靭化
- ・サーキュラーエコノミーの実現に向けた制度整備と技術開発・実装
- ・産学官協調での人材育成
- ・国際協力の戦略的展開

#### 図 1 マテリアル分野の 4 つの柱



出所:内閣府

#### 図2 マテリアル革新力強化戦略(案)概念図



出所:内閣府

第2節

#### (4) 経済安全保障をめぐる国際環境の変化

これまで述べてきた視点に加えて、経済安全保障を めぐる国際状況の変化も、我が国製造業の事業活動や グローバル・サプライチェーンの在り方を考える上で 大きく影響を与え得るものである。

主要国においては、技術の流出を防ぐための輸出管理、人権侵害への対応、投資管理といった各種の措置を強化してきている。また、米国を中心に、有志国連携で経済安全保障を確保していく動きもあり、2021年3月に開催された日米豪印首脳テレビ会議では、重要・新興技術作業部会を含む3つの作業部会を立ち上げることで一致した。以下では、米国、中国及びEUにおいて近年導入された措置のうち、同年4月1日時点において、製造事業者が特に留意すべき事項について概観する。

#### 1)米国

## (ア) 2019年度国防授権法(NDAA2019: <u>N</u>ational <u>D</u>efense <u>A</u>uthorization <u>A</u>ct 2019)

米国の経済安全保障に係る一連の政策展開において、2018年8月のNDAA2019の成立はひとつの転機になった。同法自体は国防省に予算権限を与えるため毎年制定されるものであるが、この中で最先端技術の研究開発の推進を含む総額7,160億ドルの国防予算、輸出管理及び投資管理の強化、特定企業の通信機器などの政府調達などの制限、サイバーセキュリティ強化などが定められた。

## (a) 輸出管理改革法 (ECRA: Export Control Reform Act)

輸出管理の強化については、NDAA2019に基づき輸出管理改革法が定められ、同法の一部として挿入された。ECRAは、2001年に失効した輸出管理法(EAA: Export Administration Act)に替わる永続的な輸出管理基本法として成立し、開発初期段階であっても将来の軍事技術体系を変更し得る新興技術(エマージング技術)や、それらを支える基盤技術を特定し、輸出管理の対象とすることが定められた。同法には特定された技術を国際輸出管理レジームに提案することも規定されているが、地理空間画像分析ソフトウェアのように、それに先立って米国

単独での輸出管理措置がなされた例もある。また、 同法の下位規則として輸出管理規則(EAR: Export Administration Regulations)が位置付けられた。

EARによる輸出管理の対象(以下、「EAR対象」という。)には、米国からの輸出に加え、米国原産品、米国原産比率が25%を超える注5 外国原産品、外国直接製品((イ)(b)にて後述。)に該当する品目の再輸出(米国域外から輸出)も含まれるため、日本などの米国域外から輸出を行う企業も、米国の輸出規制動向に留意する必要がある。

#### (b) 外国投資リスク審査近代化法(FIRRMA: <u>F</u>oreign <u>I</u>nvestment <u>R</u>isk <u>R</u>eview Modernization Act)

投資審査の強化として、FIRRMA は NDAA2019 に挿入される形で成立した。従来は、米国企業に対し て支配を及ぼし得る合併や議決権・代理権などの取 得、買収行為に係る取引について、事前通報の義務 付けをせずに、国家安全保障レビューの対象として いたところ、FIRRMA により事前確認方式が導入さ れ、外国政府の影響下にある投資家による重要インフ ラ、重要技術又は米国民の機微個人情報に関する投資 で、かつ、企業経営に影響を与え得るものに対し事 前申告を義務付けた。また、事後介入の範囲(対外 外国投資委員会(CFIUS: Committee on Foreign Investment in the United States) における安全 保障レビューの範囲)についても、重要インフラ、重 要技術又は米国民の機微個人情報に関する「非支配的 であっても受動的でない投資」 注6 を対象取引に追加 した。

2020年2月から正式にFIRRMAが施行された。同年5月、財務省は下位規則改正案を公表した。当該改正案は、CFIUSへの事前申告義務の対象となる重要技術の要件を、北米産業分類システム(NAICS:North American Industry Classification System)に連動するものから、重要技術を仮に当該投資家などへ輸出、再輸出、移転、再移転するとした際、米国政府の許可(輸出管理規則(EAR)など)が必要となる場合に変更するものであり、2020年9月、財務省はおおむね5月に公表した改正案に沿った内容の最終規則を公表した(同年10月に施行)。

注5 ただし、テロ支援国家向けの場合は10%を超える外国原産品、外国直接製品を対象とする。

注 6 取締役などへの就任・指名権、非公開情報へのアクセス、重要な意思決定への関与などの権利に関する投資などを指す。

### (c) 米国連邦政府調達からの中国製通信・監視機器・サービス排除

NDAA2019の中では、特定5社<sup>注7</sup>を含む中国企業(米国政府が告示する企業)の通信・監視機器・サービス及びそれらを使用する企業からの連邦政府調達禁止が規定されている。同法では以下の2段階で規定されており、順次、連邦調達規則(FAR: Federal Acquisition Regulations)の改正という形で施行された。

- ・第1段階の措置として、ファーウェイ及びZTEなど 特定5社を含む中国企業の通信・監視機器・サービ スを用いた<sup>注8</sup> 製品などの米国連邦政府機関による 調達禁止(2019年8月施行)
- ・第2段階の措置として、それらの製品などを使用している企業などからの米国連邦政府機関による調達禁止(2020年8月施行)

第1段階の措置は、中国の特定5社やその子会社・関連会社と米国連邦政府機関との間の取引禁止であり、日本企業は直接的には関係しないが、第2段階の措置については、日本企業が中国の特定5社やその子会社・関連会社の通信、監視機器及びサービスを使用している場合(米国政府機関の調達事業以外に限定して使用している場合も含む)、その日本企業の製品及びサービスも調達禁止となるというものである。

#### (イ)ファーウェイなど中国企業に対する輸出管理 強化

#### (a) エンティティリストへの追加

エンティティリストとは、EARの附録として、米国の安全保障及び外交政策上の利益に反する者や米国の制裁違反を行った者について、主体ごとに輸出管理の対象となる品目及びその審査方針が記載された

リストのことである。ここに掲載された主体が購入者、中間荷受人、最終荷受人又はエンドユーザーのいずれかとして関与する場合<sup>注9</sup>、米国からの輸出及び第三国からの再輸出について商務省の許可申請が必要となる。日本企業においても、直接的な輸出先だけでなく、自社以降のサプライチェーン内にエンティティリスト掲載企業が存在するか否か、十分な確認が必要である。

## (b) 外国直接製品規則(FDPR: <u>Foreign Direct Product Rule</u>)の強化

2020年、エンティティリストの脚注に記載された 外国直接製品規則を改正する形で、ファーウェイ及び エンティティリストに掲載されたファーウェイ関連 企業(以下、「ファーウェイ等」という。)向けの追加 的な再輸出規制が措置された。これは、従来 EAR に よる規制の対象外だった、米国原産技術・ソフトウェアを直接的に用いて製造されているものの、米国原産比率が 25%以下であるような半導体チップなどについて、ファーウェイ等向け再輸出を事実上禁止注10 するものであり、同年5月には、対象をファーウェイ等向けの専用設計品に限定した上で規制し、同年8月には対象を汎用品まで拡大して規制するという2段階で措置され、ともに即日施行された。

本改正により、米国企業の技術を用いて製造された 半導体チップなどを再輸出する場合、米国当局への輸 出許可申請が必要となる場合がある。米国は、半導体 製造に不可欠な回路自動設計ツールや一部の半導体 製造装置において独占的なシェアを有しており、ま た、本規則は輸出する半導体チップなどの米国原産比 率には無関係に適用されるため、サプライチェーン上 にファーウェイ等を持つ関連企業への影響も大きい。

注7 取引禁止対象となる中国企業は、ファーウェイ、ZTE、ハイクビジョン、ダーファ・テクノロジー及びハイテラの5社で、2021年3月末において、それ以外の企業は告示されていない。

注8 特定5社又はその子会社・関連会社のビデオ監視機器・サービス及び電気通信機器・サービスを、「実質的又は不可欠な要素として利用」又は「システムの一部として重要な技術として利用」するような機器・システム・サービス(以下、「当該機器等」という。)の調達が対象とされる。ただし、直接連邦政府と契約関係にない下請け企業などが当該機器等を使用する場合や、通信のバックホール・ローミング・相互接続のみに当該機器等を使用する場合及びユーザーデータの経路制御や転送、可視化が不可能な通信機器のみを使用する場合は適用を除外される。

注9 従来掲載主体が仕向け先になる場合のみ規制の対象だったが、2020年8月のEAR改正で対象が拡大された。

注10 [(1) EAR 対象\*1 かつ特定\*2 の技術・ソフトウェア」又は「(2) EAR 対象かつ米国原産であって、特定の技術・ソフトウェアから直接製造されたプラントの主要部分」のいずれかから直接製造された製品の再輸出で、かつ、ファーウェイ等がサプライチェーンに関わる場合\*3、輸出許可申請を要し、審査方針は原則不許可となる。

<sup>※1</sup> ①米国原産品、②米国原産比率が25%を超える外国原産品、③米国原産の技術・ソフトウェアの直接製品

<sup>※ 2</sup> マイクロエレクトロニクス、コンピュータ、通信関連などに限定

<sup>※3</sup> 以下の(a) 又は(b) を、輸出者が知っている又は知り得る場合

<sup>(</sup>a) ファーウェイ等が購入者、中間荷受人、最終荷受人、エンドユーザーであること。

<sup>(</sup>b) ファーウェイ等が製造・注文する部品・製品に組み込まれ、若しくはその製造・開発に利用されること。

#### 米国バイデン政権の政策方針

2021年1月20日に発足したバイデン政権は、新型コロナウイルス感染症の感染拡大による経済低迷からの復興を国の最優先課題のひとつに掲げている。バイデン大統領は、選挙中から新型コロナウイルス感染症の感染拡大によって打撃を受けた米国経済の立て直しを公約としており、大規模な経済対策によって感染拡大前よりも強力な経済と新たな雇用をもたらすとする、「BUILD BACK BETTER」をスローガンに掲げてきた。バイデン大統領が選挙中も含めてこれまで明らかにしてきた政策方針や、新政権が発足してから既に実行に移している施策のうち、グローバルに展開する我が国製造業にも影響を与え得るものについて紹介する。

バイデン大統領が選挙中に経済復興の柱として発表したのが「BUILD BACK BETTER JOE BIDEN'S JOBS AND ECONOMIC RECOVERY PLAN FOR WORKING FAMILIES」(「BUILD BACK BETTER」 - 労働世帯のための雇用・経済復興計画 - )(2020年7月)である。その中で、危機を乗り越え、数百万の雇用を創出し、労働者世帯に対し、新型コロナウイルス感染症の感染拡大前よりも更に強い経済を達成するために必要な手段、選択肢、自由を提供することを宣言した。その後、同年大統領選挙での当選を確実にすると、キャンペーンサイトなどでの発信を通じ、経済復興、気候変動対策、新型コロナウイルス感染症への対応、人種的公平を次期政権の柱にすると発表した。ここでは、我が国製造業にも深く関係する経済復興及び気候変動対策について取り上げたい。

経済復興については、2020年7月、前述の「BUILD BACK BETTER」と併せ、「Made in All of America」と標題を掲げる計画が発表された。同計画は、連邦政府のリソースを整理して米国の製造業と技術革新を再構築し、新型コロナウイルス感染症の感染拡大の影響で失った仕事を復活させることに加え、少なくとも500万人分の新規雇用の創出を支援するための、以下の6項目から成る包括的な製造業・イノベーション戦略と銘打たれている。

- ①Buy American: 「バイ・アメリカン」を実現し、州政府による米国製品の追加調達に4,000億ドルの投資を行うことで、米国製品・資材・サービスの新しい需要を生み出す。
- ②Make it in America:特定のインセンティブ、追加のリソース、新しい資金調達ツールを通じて、小規模な製造業者及び女性・マイノリティが所有する製造業者に特に焦点を当てて、米国の製造業を再構築・活性化する。
- ③Innovate in America:研究開発と先端技術(EV、軽量素材、5G、AIなど)に新たに3,000億ドルを投資し、最も重要かつ競争の激しい産業及び技術における良質な雇用の創出を実現する。
- ④Invest in All of America:人種、郵便番号、ジェンダー、性自認・指向、障害、宗教及び出身国によって投資や資本教育の機会が限られないよう、主要な分野の公共投資(政府調達、研究開発、インフラ、職業訓練及び教育)が都市や農村部のコミュニティを含む全ての州と地域の全ての米国民に到達することを約束する。
- ⑤Stand up for America: 米国の労働者に資する税制(国境調整炭素税、多国籍企業の節税対応など)と 貿易戦略を追求し、トランプ政権の政策を修正して、米国企業と労働者が雇用と市場シェアを競うため の公正な機会を提供する。
- ⑥Supply America: 重要なサプライチェーンを米国に戻し、危機的状況において必要な製品の生産を、中国を始めとする他国に依存しないようにする。

バイデン政権は、政権発足直後から同計画に関連する施策を相次いで発表しており、例えば、2021年1月25日には、連邦政府機関による調達を通じた米国ビジネスの促進、すなわちバイ・アメリカンを強

化するための大統領令が発出された。バイ・アメリカンの適用除外を設定する際の連邦機関の説明責任の強化や透明性の向上、他国のダンピングや有害な補助金付与の結果によるコスト優位の有無の確認などについて規定が設けられている。さらに、同大統領令の発出後 180 日以内に、国内コンテンツの比率などについて現行の連邦調達規則の修正に関するパブリックコメントや提案を行うとともに、国内で十分調達できない物資が何かということについてレビューを行うこととなっている。

また、2021年2月には、バイデン大統領は重要物資のサプライチェーンに係る大統領令に署名した。大統領令署名後100日以内に以下4分野のサプライチェーンについて、脆弱性リスク及びそれに対する政策勧告に関するレポートを国家安全保障担当大統領補佐官及び経済政策担当大統領安全保障補佐官を通じて大統領に提出するよう担当省庁に求めている(以下、それぞれ末尾の括弧内は担当省庁を指す。)。

- ①半導体及びアドバンストパッケージング(商務省)
- ②電気自動車用を含む大容量電池(エネルギー省)
- ③レアアースを含む重要鉱物及び戦略物資(国防省)
- ④医薬品及び医薬品有効成分(保健福祉省)

また、以下の6分野については、1年以内にサプライチェーンに関するレポートを国家安全保障担当大統領補佐官及び経済政策担当大統領安全保障補佐官を通じて大統領に提出するよう担当省庁に求めている(以下、それぞれ末尾の括弧内は担当省庁を指す。)。

- ①防衛産業基盤(国防省)
- ②公衆衛生及び生物学上の危機管理産業基盤(保健福祉省)
- ③情報通信技術産業基盤(商務省及び国土安全保障省)
- ④エネルギー産業基盤(エネルギー省)
- ⑤輸送産業基盤(運輸省)
- ⑥農作物及び食糧(農務省)

このほか、バイデン大統領は 2021 年 3 月、「American Jobs Plan」として約 2 兆ドルの予算規模を伴う大規模なインフラ投資計画を発表した。今後、議会での審議を経る必要があるが、計画には 3,000 億ドルの製造業・小規模ビジネス支援、500 億ドルの半導体製造・研究への投資、国内回帰する企業への税控除などが含まれている。同計画の議会での審議状況に注意が必要である。

気候変動対策については、バイデン大統領は選挙中の2020年7月に「THE BIDEN PLAN TO BUILD A MODERN, SUSTAINABLE INFRASTRUCTURE AND AN EQUITABLE CLEAN ENERGY FUTURE」(「近代的で持続可能なインフラと公平なクリーンエネルギーの未来構築に向けた計画」)と題する計画を発表している。同計画の中でバイデン大統領は、より強靱で持続可能な経済を築くと同時に、2050年までに社会全体での温室効果ガス排出ネットゼロ達成を目指し、2兆ドルの加速的な投資を実施すると宣言し、これらの投資が中産階級を拡大する良質の雇用を生み出すことを確保するとした。

そして就任直後の2021年1月27日、バイデン大統領は「国内外における気候変動の対処に向けた大統領令」に署名し、以下の事項を含む、気候変動対策に向けた複数省庁による全政府的アプローチの開始

#### を各省庁に指示した。

- ①ホワイトハウスに「気候変動国内対策室」を設置、また、関係閣僚から成る「国家気候タスクフォース」を設置。ともにトップはマッカーシー調整官。なお、本タスクフォースのミッションは気候変動対策のみならず、良質な雇用と経済成長も含めると規定されている。
- ②連邦政府機関に対し、化石燃料補助金を廃止するよう指示。
- ③連邦政府機関に対し、二酸化炭素を排出しない電力とクリーンでゼロエミッションの自動車の調達を指示。
- ④公有地・海域での石油・天然ガスの新規リース契約の締結を可能な限り停止。既存案件の厳格な見直し。
- ⑤国家気候担当大統領補佐官と国家経済会議委員長が共同議長を務める「石炭・発電所コミュニティと経済活性化に関する省庁間作業部会」を設立。
- ⑥エネルギー長官に対し、国務長官らと協力して、クリーンエネルギー技術のイノベーション・実装を促進する国際的な協力を強化するよう指示。

同大統領令に基づき設置された「国家気候タスクフォース」は、2021年2月に第1回、同年3月に第2回の会合が開催されている。さらに、同年2月には、バイデン政権は同タスクフォースの一部として「気候イノベーション作業部会」を設置することを発表した。同作業部会設置の目的は、2050年までの温室効果ガス排出ネットゼロ目標達成に貢献し、米国民を自然災害から守るための、安価で革新的な技術の育成に向けた連邦政府横断の取組の調整・強化を支援することとしている。さらに、同作業部会には以下を含むイノベーション・アジェンダが設定され、設置発表と同時に公表された。

- ①現在の10分の1のコストでのエネルギー貯蔵
- ②ゼロ・カーボンの発電所からの送電網による送電を計画し運転するための先進エネルギーシステム管理 ツール
- ③超低コストのゼロ・カーボン路上走行車及び交通網
- ④航空機や船舶向けの持続可能性のある新たな燃料、航空機及び船舶の効率性や輸送管理の改善
- ⑤温暖化効果のある冷媒を用いない安価な冷蔵、空調及びヒートポンプ
- ⑥鉄鋼、コンクリート、化学物質及び他の重要産業製品の製造において排出される温室効果ガスの回収
- ⑦汚染物質を含む代替材より廉価なカーボン・フリー水素
- ®CO₂を回収・利用し、代替品へ加工又は地中へ隔離するための、既存工場・発電所の排ガス向けの直接 空気回収システム・装置

このように、バイデン政権は気候変動対策の文脈においても経済振興・イノベーション促進を重視して おり、我が国製造業にも影響を与え得ることから、その動向を注視していく必要がある。

#### ②中国

#### (ア) 中国におけるサプライチェーン強化の方針

中国は自国のサプライチェーンの強化を推進して おり、2021年3月の中国全国人民代表大会第4回 会議で採択された第14次5か年計画では、「よりイ ノベーション力が強く、より付加価値が高く、より安 全で信頼ある産業チェーン・サプライチェーンを形成 する」とともに、「国内の経済循環体系を拠り所にし て、世界の生産要素・資源を引きつける強力な重力 場を形成する」と記載された。これについて、2020 年 10 月の中国共産党の理論誌「求是」では、習近平 国家主席による講話として、「中国の産業安全と国家 安全を保障するため、自主的でコントロール可能、安 全で信頼できる産業チェーン、サプライチェーンの構 築に力を入れる(中略)一連の「切り札」となる技術 を作り上げ(中略)国際産業チェーンの中国への依存 関係を緊密に引き寄せ、外部による人為的な供給打ち 切りに対する強力な対抗力と抑止力を形成させるべ き」と掲載されている。

#### (イ) 中国輸出管理法

2020 年 12 月、中国輸出管理法が施行、管理対象 品目リストの一部が公表された。同法に含まれる主な 懸念点は以下のとおり。

#### (a) 法目的に含まれた [国の安全と利益] (第1条)

貿易自由の原則の下、通常は輸出管理の目的として安全保障・軍縮・不拡散が国際的に受容されているが、同法の目的には「国の安全と利益」が含まれている。中国における「国家安全」は、軍事的意味合いの「安全保障」を超えて政治・経済・文化・生態系などを含む、極めて広範で包括的な概念と解される注11 ことから、同法を根拠に産業政策などを目的とする輸出管理が実施される可能性がある。なお、「利益」については 2017 年の起草以降の各草案には記載されず、成立した最終稿で初めて記載された。

#### (b) 再輸出規制 (第 45 条)

中国国外からの輸出についても規制の対象となり、中国原産品を我が国で加工・組込みの上、第三国に輸出する場合などが該当する可能性があるが、「再輸出」の定義や基準は示されていない。

#### (c) みなし輸出規制(第2条)

外国の組織や個人への技術情報の提供(みなし輸出)も規制対象になることが規定されているが、対象となる取引などが明確でなく、具体的な運用が不透明である。中国に所在する日本企業の事業活動などに影響する可能性もある。

#### (d) 外国組織・個人に対する法の域外適用(第44条)

中国国外の組織・個人が同法の規定に違反した場合、同法に基づいて処理しその法的責任を追求するとの法の域外適用が規定されており、第三国の管轄権を侵害している可能性がある。

#### (e) 報復条項(第 48 条)

輸出管理を濫用し中国の安全・利益を阻害した国に対し、報復として同等の措置を講じることができると規定したものである。

このような懸念点については、同法施行直前の 2020年11月に我が国の主要産業団体10団体が連 名で、政府ベースでの対応を求める要請書を経済産業 省に提出している。

#### (ウ) 輸出禁止・制限技術リスト

2020年8月、中国商務省・科学技術省は対外貿易法に基づく「中国輸出禁止・輸出制限技術リスト」を改訂した。今般の改訂は、2008年以来の大幅改訂であり、バイオ医薬品、3Dプリンター、無人機、AIなどが追加、修正された。対外貿易法は前述の中国輸出管理法の上位法令でもあることから、同リストと輸出管理法における管理対象品目リストとの連動の可能性を含め、今後運用を注視する必要がある。

#### (エ) 信頼できない主体リスト

2020年9月、中国商務省は「信頼できない主体リスト」規定を公布・施行した(リスト本体は未策定)。同リストには、「中国の国家主権、安全、利益の発展に危害を及ぼす」又は「正常な市場取引原則に違反し、中国企業・組織・個人と正常な取引を中断し、又は差別的措置を採り、その合法的な権益に深刻な損害を与える」外国の主体(企業・組織・個人)が掲載され、掲載された主体は中国における貿易・投資などの活動を禁止又は制限される。

注 11 中国の安全保障の概念となる「総体国家安全観」の対象としては、現状、政治・国土・軍事・経済・文化・社会・科学技術・情報・生態系・資源・核の 11 分野が列挙されている。

#### (オ) レアアース管理条例案

2021年1月、中国工業情報化部は、従来のレアアースに係る鉱山開発・精製分離から輸出までのサプライチェーン全体への各種措置について、体系的に詳細を規定した上で、リサイクル原料の使用義務化などを追加するレアアース管理条例の草案を発表した。同条例案の目的は「レアアースの生産経営秩序の規範化等」とされており、レアアースの輸出管理を直接定めるものではないが、戦略備蓄やレアアースのトレーサビリティ確保が定められている。

# (カ)外国の法律と措置の不当な域外適用を阻止する弁法

2021年1月、中国は国家安全法などに基づき、他国法令の域外適用に対応するための商務部規則を公表、即日施行した。他国の法令や措置について商務部が不当と判断すれば他国法令・措置の遵守を禁止し、対抗措置を講じることができる。これを無視して中国の法人などに損害を与えた場合、当事者には損害賠償を請求でき(当事者の定義は不明)、また、中国法人などが商務部の禁止を遵守したことで損害を被った場合、政府が支援を行える旨を規定している。

#### (キ) 外商投資安全審査弁法

国家発展改革委員会及び商務部は 2020 年 12 月、 国家安全法などに基づき外商投資安全審査弁法を公 布、2021 年 1 月に施行した。同弁法に基づき、国防・ 軍事工業やその周辺企業、エネルギー、資源、重要イ ンフラ、重要な運輸サービス、基幹産業、重大な製品 製造など国家安全に係る重要領域に投資し、かつ、投 資先企業の実質支配権を取得する場合注12 は、国家発 展改革委員会に事前申請が必要となる。従来の投資管 理制度との相違点としては、グリーンフィールド投資 注13 が新たに管理対象となったほか、事前申告が明確 に義務化された点が挙げられる。

#### **3EU**

#### (ア) EU 輸出規則の改正

2011年のイタリア企業によるシリアのアサド政権への監視システム納入などを契機に、2016年9月、欧州委員会は、人権の保護などに関連して輸出管理を強化するとともに、輸出規制運用に係る域内協調を図るため、EU輸出規則改正案(2016/0295(COD))を公表した。その後、2018年に欧州議会の修正案を

公表し、2019年に欧州理事会の修正案を公表した。 人権保護を理由とする輸出管理について、企業負担の 増加や、域外企業と比して相対的に競争環境が悪化す る可能性があるとの指摘から、EU内でも立場が分か れていたが、2020年11月、欧州委員会、欧州理事 会及び欧州議会の三者協議を経て、サイバー監視シス テムのエンドユース規制<sup>注14</sup>の追加を含む暫定合意に 達し、2021年5月に公布、約3か月後に施行され る見込みである。

#### (イ) 投資管理の強化

2019年3月、欧州議会及び欧州理事会は、欧州投資規則 (Regulation (EU) 2019/452 of the European Parliament and of the Council of 19 March 2019 establishing a framework for the screening of foreign direct investments into the Union) を採択した。同規則は同年4月に発効し、2020年10月に全加盟国において施行された。同規則では、対内直接投資による国家安全保障又は公の秩序 (Security or Public Order) への影響を判断するに当たって、欧州委員会、加盟国は、特に、エネルギー、医療、データストレージなど重要なインフラストラクチャー(Critical Infrastructure)、AI、半導体などの重要な技術(Critical Technologies)などの潜在的な影響を考慮することができるとされている。

2021年3月末現在、19の加盟国が投資スクリーニング制度を導入しており、欧州投資規則に沿った改正が進められている。フランスでは、AIやロボティクス、半導体など重要な技術に関連する投資を事前審査の対象として追加した。ドイツでも同様の動きがみられる。

注 12 経営意思決定などの 50%以上が外国投資家に移る場合を指す。

注 13 外国に投資を行う際に、新たに投資先国に法人を設立する形態を指す。

注 14 輸出者は、輸出しようとするサイバー監視システムが、国内の抑圧、国際人権及び国際人道法の深刻な違反と関連があるとして、当局からインフォームされた場合に、輸出許可申請が必要になる(インフォーム要件)などの規制が定められている。

# 英国の EU 離脱(ブレグジット)

2016年6月に行われた英国の国民投票の結果、EU離脱賛成51.9%、EU加盟継続48.1%となり、EU離脱支持が多数を占めた。国民投票の結果を受け、英国は、2017年3月にEU離脱を正式に通告した。英国とEUの間で合意された「英国の離脱協定」(離脱協定)と「EUと英国の将来の関係の枠組みに関する政治宣言」(政治宣言)が2018年11月に欧州理事会で承認され、英国の離脱期限が2019年3月30日午前0時とされた。

しかし、2019 年 1 月から 3 月にかけて離脱協定案が 3 度にわたり英国議会下院において否決され、欧州理事会は離脱期限を同年 10 月末まで延長することを決定した。その後、引責辞任したメイ前首相に代わりジョンソン首相が EU 離脱交渉を進めることとなったが、英国議会下院との調整が難航し、同年10 月末までの期限を 2020 年 1 月末まで再延長することとなった。

このような中、2019 年 12 月に行われた英国議会総選挙で欧州離脱を推進する保守派が勝利を収めたことにより、英国の欧州離脱の動きが本格化し、2020 年 1 月、英国において離脱協定の批准が行われ、英国は同年 1 月 31 日に EU を正式に離脱し、2 月 1 日から離脱協定で定められた移行期間(同年 12 月 31 日まで)が開始された。なお、離脱協定には、同年 6 月末までに合意・決定することで、移行期間を1 年又は2 年延長できる規定が含まれていたが、同年 6 月 15 日に、EU 側とジョンソン首相の間で開催されたテレビ会談で、英国が離脱協定に基づく移行期間の延長を求めないことと、このため移行期間は同年 12 月 31 日をもって終了することが確認された。

英国の EU 離脱が 2020 年 1 月に行われ、完全離脱に向けた移行期間が確認されたことを受け、同年 3 月から英国と EU との包括的な自由貿易協定交渉が開始された。公平な競争条件(環境規制、労働規制、政府補助金など)、漁業権やガバナンス(紛争処理、裁判の管轄権など)といった国家主権の問題は最後まで調整が続けられ、同年 12 月 24 日に交渉内容が合意された(同月 30 日、英国はジョンソン首相、EU はミシェル大統領及びフォン・デア・ライエン委員長が合意文書に署名)。また、我が国においても、EU 離脱後の英国との間で、日 EU・EPA に代わる新たな貿易・投資の枠組みを作るべく、同年 6 月から日英 EPA の交渉を開始し、同年 9 月には大筋合意、同年 12 月の我が国の国会及び英国の議会双方の承認を経て、2021 年 1 月 1 日に発効した。日英 EPA の内容としては、おおむね日 EU・EPA に沿ったものとなっており、鉄道車両や自動車部品などの一部の品目で英国市場へのアクセスが更に改善されている。また、電子商取引(EC)については、情報の越境移転制限の禁止、コンピュータ関連設備の設置要求の禁止、ソースコード開示要求の禁止など日 EU・EPA よりも高いレベルの規定が設けられた。

また、日本側では、このような英国の EU 離脱の動きに対応して、2019 年 10 月、経済産業省通商政策局長と日本貿易振興機構(JETRO: Japan External Trade Organization)副理事長をチーム長とするブレグジット対応サービスデスクを設置し、経済産業省・JETRO 職員のほか、弁護士や税理士などの専門家など総勢約 200 名で対応を行った。具体的には、一般企業からの問合せ対応のほか、英国進出日本企業(約 1,000 社)のうち中堅・中小企業約 400 社に対してサービスデスク側から電話や訪問によるアプローチを行い、情報提供や個別相談を実施した。また、JETRO が国内外でブレグジット説明会を40 回開催し、参加者は累計約 6,300 人に及んでいる(2021 年 4 月 1 日時点)。今後も、サービスデスクでは随時、必要な情報提供や個別相談などを実施していくこととしている。

このような政府の取組もあって、日本企業はこれまで長期間をかけて英国の EU 離脱に備えた準備を行ってきたことから、移行期間が終了した 2021 年 1 月の時点では、日本企業には特に大きな混乱はみられていない。ただ、これは日本企業を含めた各社が事前に在庫の積み増しを行ったことや、新たな制度に事前に接してきたことなどの要因が考えられ、今後、物流が本格化した際に、通関手続などが滞りなく行われるのか、個人情報の移転手続や金融事業者に対する許認可が円滑に行われるのかなど、英国及びEU における新たな制度の動向に留意する必要がある。特に、「合意なき離脱」を回避し、英 EU 通商協力協定が適用される結果、企業は英 EU 間の通関手続や新たな制度への対応など新たな負担を求められることとなるため、このような負担が、企業のサプライチェーンや事業活動に与える影響を注視する必要がある。

#### ④人権侵害への対応

人権侵害への対応の一例としては、2021年3月に、EU、英国、米国及びカナダが揃って、中国が新疆ウイグル自治区で重大な人権侵害を行っているとして中国政府当局者などへ制裁を課すことを発表したことが挙げられる。このような措置を含め、人権侵害に加担する企業及び個人などへの制裁や取引停止などについて概説する。

#### (ア)米国

2019年10月、2020年6月及び7月、人権侵害への関与を理由として中国政府機関及び監視関連機器企業をエンティティリストに掲載するとともに、同年3月に米国の「中国問題に関する連邦議会・行政府委員会(CECC: Congressional-Executive Commission on China)」が、企業に対し新疆ウイグル自治区から製品を調達していないことの確認を義務付ける「ウイグル強制労働防止法案」を公表(下院可決)した。また、同年6月、ウイグル族弾圧の責任が認められる中国の当局者に資産凍結などの制裁を科すよう政権に要請する「ウイグル人権法」が成立した。その他、同年9月からは新疆ウイグル自治区からの輸入の一部留保措置、2021年1月からは新疆ウイグル自治区で生産された綿製品とトマト加

工品の輸入停止措置を実施した。

#### (イ) EU

2019年3月、欧州議会は加盟28か国に対して、人権侵害に対する制裁の法定化を促す決議をし、その後、EUは初めて深刻な人権侵害を理由として個人や団体を対象に域内の移動禁止、資産凍結などの措置を講じるEU規則(国際人権制裁レジーム)を2020年12月に採択した。同スキームに基づき、欧州理事会は2021年3月にロシアの野党指導者であるアレクセイ・ナヴァリヌィ氏の逮捕に関連しロシア当局関係者4名を、次いで新疆ウイグル自治区、北朝鮮、リビア、ロシア、南スーダン及びエリトリアにおける人権侵害に関連し11名及び4団体に対する制裁を決定した。

さらに、英国、フランス、オランダ、オーストラリアなどにおいても、自社及び取引先における人権侵害に対する予防措置や確認手続などを行う人権デュー・ディリジェンスを義務化する法律を既に導入済みである。グローバルな事業活動を行う企業は、このような動向も踏まえ、自社の経営判断の下で、サプライチェーンも含めた人権デュー・ディリジェンスなどに取り組んでいる。

# ビジネスと人権に関する動き

ビジネスと人権については、企業が国際社会において果たすべき役割の重要性に対する認識が高まる中、1970年代に経済協力開発機構(OECD: Organisation for Economic Co-operation and Development)が、参加国に立地する海外企業に対して、責任ある行動を自主的に取ることを求めた「OECD 多国籍企業行動指針」などの企業活動に関する文書を策定するなど、環境や労働などに配慮した取組を企業に求める動きが出始めた。

このような中、第69回国連人権委員会は2005年に、「人権と多国籍企業」に関する国連事務総長特別代表として、ハーバード大学ケネディ・スクールのジョン・ラギー教授を任命した。同氏は2008年に、企業と人権との関係を、①人権を保護する国家の義務、②人権を尊重する企業の責任、③被害者による救済へのアクセスを3本柱とする「保護、尊重及び救済」枠組みを第8回国連人権理事会に提出した。2011年には、同枠組みを運用するための「ビジネスと人権に関する指導原則:国連「保護、尊重及び救済」枠組みの実施」(以下、「指導原則」という。)を策定し、指導原則は、第17回国連人権理事会の決議において全会一致で支持された。また、前述の「OECD 多国籍企業行動指針」には、人権に関する規定が追加された。

指導原則では、国の人権保護に対する取組だけでなく、企業に対しても人権を尊重する主体として、企業活動を通じて人権に悪影響を引き起こすことやこれを助長することを回避し、影響が生じた場合は速やかに対処すること、企業がその影響を助長していない場合であっても、取引関係によって企業の活動、商品やサービスと直接関係する場合は、人権への悪影響を予防又は軽減するように努めることを求めている。

また、企業が人権を尊重する責任を果たすため、具体的には、①会社としての人権方針の策定、②人権への影響を予防・確認する人権デュー・ディリジェンスの実施、③人権への悪影響についての救済メカニズムの構築、を求めている。

指導原則は、ビジネスと人権を考える際の基本原則となるものであり、2015年のG7エルマウ・サミットにおける首脳宣言には、「国連ビジネスと人権に関する指導原則を強く支持し、実質的な国別行動計画を策定する努力を歓迎する」と盛り込まれ、2017年のG20ハンブルク首脳宣言においても、指導原則を含む「国際的に認識された枠組みに沿った人権の促進にコミット」し、「ビジネスと人権に関する行動計画のような適切な政策的な枠組みの構築に取り組む」ことを強調している。

このような動きを受け、英国では 2015 年に「奴隷と人身取引に関する声明」を毎年自社のホームページで公表することを義務付ける「2015 年現代奴隷法」が制定され、その後も、2017 年にフランスで「企業注意義務法」、2019 年にオランダで「児童労働デュー・ディリジェンス法」がそれぞれ制定され、企業に人権デュー・ディリジェンスが義務付けられた。2021 年 4 月 1 日時点で、ドイツでも人権保護や環境基準遵守に反する取引を禁止する「サプライチェーン法案」が連邦議会に提出済みとなっている。米国では、ウイグル族弾圧の責任が認められる中国の当局者に資産凍結などの措置を課す「ウイグル人権法」が制定された。我が国においても 2020 年、「「ビジネスと人権」に関する行動計画 (2020-2025)」が制定され、政府や企業における取組を進めることとしている。

これまでみてきたとおり、国内外でのビジネスと人権に関する意識の高まりを受け、欧米諸国を中心に、企業に対して、サプライチェーンを含めた人権尊重の取組を求める動きが進んでいる。また、市民社会や消費者においても、企業に人権尊重を求める意識が高まっている。

国内外におけるこのような潮流の中で、企業は、事業活動において人権尊重を求める声に対応していく必要がある。特に、海外事業を展開する企業にとっては、事業実施国の法令遵守だけでなく、国際基準に照らして企業行動を評価することが国際的な慣習となっている。このため、各企業においては、サプライチェーンも含め、自らの事業における人権リスクに対する規律強化が求められているといえる。

# 図 花王(株)の人権デュー・ディリジェンスに関する取組



備考:パーム油調達と関係する人権リスクなどに対応するために、マレーシア及びインドネシアのパーム油サプライチェーンの農家や公的機関関係者との意見交換を実施している。 資料:花王(株)

以上、レジリエンスの観点から我が国製造業のこれまでの取組を俯瞰すると、東日本大震災や熊本地震、全国各地での豪雨や台風といった自然災害を経験し、企業における危機意識は着実に向上し、BCP(事業継続計画)を策定する企業も増加している。政府としても、BCPなどを策定した中小企業に対する金融支援などを実施し、企業行動の変容を積極的に支援してきたこともあり、一定の成果があったものと評価できる。一方で、調達先の広い範囲での把握や定期的な更新といった、サプライチェーン全体を見渡した対応については依然として道半ばである。

このような中で、今般の新型コロナウイルス感染

## 2 グリーン―カーボンニュートラルへの対応―

2020年以降の気候変動問題に関する国際的な枠組みとして2015年に開催された第21回国連気候変動枠組条約締約国会議(COP21)にて採択されたパリ協定が本格実施の段階に入る中、各国政府は、CO2や温室効果ガスの排出量を実質ゼロにするカーボンニュートラル注15の実現を目指すことを次々と表明している。製造業を含め、グローバルに活動する大企業の中にも、自社のサプライチェーン全体でのカーボンニュートラルの実現に向けた対応や、再生可能エネルギーの調達などの取組を積極的に行う企業が現れ始めている。今後は大企業のみならず中小企業も含めて、サプライチェーン全体でのカーボンニュートラルに寄与する取組を実施することが次第に強く求められるようになるものと想定される。

さらに、国内外の様々な投資家や金融機関において、投融資先である企業や事業が気候変動対策にしっかりと寄与するものであるかといった点を、投融資の際の判断材料のひとつとする動きがあり、製造事業者においても気候変動問題への取組が資金調達に影響していくことが想定される。本白書では、カーボンニュートラルに向けた各国政府の宣言やそれらに基づく具体的な取組に加えて、サプライチェーン全体に広がるカーボンニュートラルへの対応について論じる。

#### (1) 各国政府の取組の深化

我が国では 2020 年 10 月の第 203 回臨時国会における菅内閣総理大臣所信表明演説において、2050年までに温室効果ガス排出量を全体としてゼロとする 2050 年カーボンニュートラルの実現を目指すと宣言した。気候変動問題への対応は制約やコストでは

症の感染拡大は、自然災害のような局所的被害ではなく、世界全体に予測不可能な形で被害をもたらした。このようなリスクに対応するためには、サプライチェーン全体を可視化した上での準備や、危機の内容にかかわらず残されたリソースでの事業継続を図る、いわゆる「オールハザード型」の対応を着実に進めることが不可欠となる。加えて、「グリーン」や「デジタル」の分野での競争力のカギを握る半導体や蓄電池、川上のマテリアルに関するサプライチェーン構築・強靭化や、経済安全保障をめぐる国際動向をリスクのひとつとして精緻に把握しておくといった対応も進めていく必要がある。

なく、むしろ経済成長の機会と捉え、「経済と環境の 好循環」を実現していくことを目指す。

2050年カーボンニュートラルの実現に向けて、 「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成 長戦略」(以下、「グリーン成長戦略」という。)が 2020年12月に策定された。グリーン成長戦略では、 産業政策・エネルギー政策の両面から、成長が期待さ れる 14 の「重要分野」ごとに、国として高い目標を 掲げた上で、現状の課題と今後の取組を整理した「実 行計画」を策定するとともに、予算、税、規制改革・ 標準化、国際連携など様々な政策を盛り込んだ。例え ば、予算面では、まずは政府が環境投資で一歩大きく 踏み込むため、過去に例のない2兆円の基金を創設 し、野心的なイノベーションに挑戦する企業を今後 10年間、継続して支援していくこととしている。税 制面では、カーボンニュートラルに向けた投資促進税 制の創設、研究開発税制の拡充、事業再構築・再編な どに取り組む企業に対する繰越欠損金の控除上限を 引き上げる特例の創設を講じ、民間投資を喚起してい くこととしている。なお、カーボンニュートラルの取 組を推し進める際には、我が国社会・経済の前提でも あるエネルギーの安定供給の確保や、環境保全への配 慮に関しても、並行して着実に取り組んでいくことが 必要である。

国際的にも、2021年4月時点で124か国と1地域が2050年カーボンニュートラルを目指すことを表明している(図122-1)。米国のバイデン大統領は2020年の大統領選挙時に自身の公約の中で宣言しているほか、中国も2060年までのカーボンニュートラル実現を目指すことを2020年9月に表明した。また、その実現に向けた取組も各国政府から打ち出されている。

注 15 各国政府によるカーボンニュートラルの宣言の中には、 $CO_2$  排出量を実質ゼロにする宣言や温室効果ガス排出量を実質ゼロにする宣言が混在しており、本白書でも両者を区別せずにカーボンニュートラルという。また、多くの国はカーボンニュートラルの達成年限を 2050 年と定めているが、異なる年限を設定している国も存在する。

# 124か国・1地域 ※全世界のCO<sub>2</sub>排出量に占める割合は37.7%(2017年実績)

#### 図 122-1 2050 年カーボンニュートラルに賛同した国・地域

資料: "Climate Ambition Alliance" への参加状況及び国連への長期戦略提出状況など(2021年4月) 注16

例えば EU では、再生可能エネルギーを用いて水を電気分解して作るグリーン水素 $^{\pm17}$  の推進を目的に、2050 年までに最大 4,700 億ユーロを投資するとした「EU 水素戦略」 $^{\pm18}$  を 2020 年 7 月に発表したほか、洋上風力の発電能力を現状の 1,200 万 kW から2050 年には 25 倍の 3 億 kW に拡大するとした「洋上再生可能エネルギー戦略」 $^{\pm19}$  を 2020 年 11 月に発表した。自動車については、2030 年に 3,000 万台のゼロエミッションカーの普及などを目指す「サステナブル・スマート・モビリティ戦略」 $^{\pm20}$  を 2020年 12 月に発表した。

英国では、2050年カーボンニュートラルの実現に向けて、「グリーン産業革命に向けた10ポイント計画<sup>注21</sup>」を2020年11月に発表した。この計画の中で、洋上風力の発電容量を4,000万kWに拡大するために200億ポンドの民間投資を呼び込むことや、低炭素水素の生産能力を2030年までに500万kWに拡大すべく40億ポンドの民間投資を呼び込むことが目標として掲げられている。

ドイツでは、2030年までに電気自動車の登録台数を700万台から1,000万台に拡大する目標を打ち出しているほか、水素の生産から利用までのバリュー

チェーンの確立と水素技術の輸出産業への育成に 90 億ユーロ規模の予算で取り組む「国家水素戦略<sup>注22</sup>」 を 2020 年 6 月に発表した。

欧州では、カーボンニュートラルに向けた重要分 野での個別施策にとどまらず、今般の新型コロナウ イルス感染症の感染拡大に起因する経済危機からの 復興を目的に成立させた予算措置においても、復興 とカーボンニュートラルの実現を両立させる方向性 が示されている。例えば EU では、7,500 億ユーロ 規模の復興パッケージが 2020 年 12 月に欧州理事会 で合意され、このうち37%をグリーン関連に充てる 計画となっている。各加盟国のグリーン移行やデジ タル移行、経済の強靭化に向けた投資・改革に関す る融資や補助金による支援である 6,725 億ユーロの 「Recovery and Resilience Facility」では、各国 の提出する復興計画のうち、少なくとも37%以上を 気候変動関連に充てることが求められている。ドイツ でも 1,300 億ユーロ規模の経済対策が同年 6 月に発 表され、この経済対策パッケージの中で、クリーン自 動車購入の支援強化(22億ユーロ規模)や EV 向け の充電インフラ整備・研究開発(25億ユーロ規模) など、EV の普及加速に資する取組が含まれている。

注 16 国連気候変動枠組条約と 2019 年に開催された第 25 回国連気候変動枠組条約締約国会議の議長国であるチリが主導する「Climate Ambition Alliance」では、2021 年 4 月 1 日時点で 121 か国と 1 地域が 2050 年カーボンニュートラルを宣言しているとされているが、長期戦略内に記載がある南アフリカと韓国に加え、米国のバイデン大統領の公約も含む形で記載した。

注 17 水素を製造する手法のひとつとして、水の電気分解が挙げられる。本文の記載のように、この時に使用する電力が再生可能エネルギー 由来のものは一般的にグリーン水素と称されるが、その他化石燃料由来の水素をブラウン水素、化石燃料由来の水素を抽出する過程 で排出される CO₂ を回収・貯蔵するものはブルー水素と称される。

注 18 「A Hydrogen strategy for a climate-neutral Europe」https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/hydrogen\_strategy.
pdf

#### (2) サプライチェーン全体に広がる対応の必要性

各国政府のカーボンニュートラルの宣言とその実現に向けた取組と並んで、企業側においても、グローバルに活躍する大企業を中心に、カーボンニュートラルに乗り出す動きがみられ始めている。一例としては、カーボンニュートラル宣言や、自社製品の製造時に使用する電力を100%再生可能エネルギーから調達するような動きが挙げられる。さらに、一部の企業においては、サプライヤーを含めたサプライチェーン全体でのカーボンニュートラルの実現や、原材料の調達から廃棄・リサイクルに至る製品のライフサイクル全体でのCO2排出量を算出するようにサプライヤーに対して要請する動きもみられる。このような傾向は

今後一層強まる可能性が考えられ、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する必要がある。なお、経済産業省では、製造事業者を始めとした需要家が再生可能エネルギーなどのカーボンフリー電源を容易に調達できるようにすべく、これらの電源が有する「非化石価値」を証書化した上で、その証書の取引を行う非化石価値取引市場の見直しを行っている。具体的には、①非化石価値へのアクセスの向上の実現を目的とした、一定の要件を満たした需要家が参加可能な市場の創設、②需要家も参加可能な市場オークションでの証書の最低価格の引下げ、といった検討を進めている。

#### コラム

#### 温室効果ガスプロトコル

様々な企業でカーボンニュートラルへの対応が進められている中、製造工程で排出される  $CO_2$  の削減のみならず、製品のライフサイクル全体でのカーボンニュートラルに取り組む企業も出てきている。また、自社としてのカーボンニュートラル宣言をするだけでなく、サプライヤーに対しても製品の製造時に使用する電力を 100% 再生可能エネルギーとするよう要請し、サプライチェーン全体でのカーボンニュートラルに向けた取組を進める企業も出てきている。このような動きは今後一層拡大すると予想されることから、ライフサイクル全体で  $CO_2$  排出を評価する LCA (Life Cycle Assessment: ライフサイクルアセスメント) の重要性が、改めて認識されている。

LCAとは、製品やサービスの環境への影響を評価する手法であり、ある製品を生産する際、その原材料の採掘、部素材の製造、製品の組立・製造、流通・販売、製品の使用・廃棄といった各段階における資源消費量や  $CO_2$  排出量を算出し、製品のライフサイクル全体での環境への影響を総合的に評価する。また、LCA に基づきライフサイクル全体でのカーボンニュートラルを目指すには、各工程における  $CO_2$  排出量を正確に把握することが重要となり、その際、国際的に広く認知されている算出方法として、温室効果ガスプロトコルイニシアチブによって定められた温室効果ガス排出量の算定範囲スコープ 1 から 3 がある。

スコープ1は事業者自身の製造工程において生じる直接的な排出、スコープ2は他者から供給された電力・熱・蒸気といったエネルギーの使用によって生じる排出、スコープ3はその他の間接的な排出、をそれぞれ範囲とする。スコープ2では、工場で使用するエネルギーが、再生可能エネルギーのように環境負荷が小さいものであるか否かが問われる。スコープ3には、原材料の生産や輸送、製品や廃棄物の輸送、他社へアウトソーシングした生産活動、製品の使用過程や廃棄の際に生じる排出、従業員の移動時に生じる排出などが含まれる。製品のライフサイクル全体でカーボンニュートラルを実現するには、スコープ2や3も含めた対応が重要となる。

注 19 「An EU Strategy to harness the potential of offshore renewable energy for a climate neutral future」 https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/offshore\_renewable\_energy\_strategy.pdf

注 20 [Sustainable and Smart Mobility Strategy-putting European transport on track for the future] https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/legislation/com20200789.pdf

注 21 [The Ten Point Plan for a Green Industrial Revolution] https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\_data/file/936567/10\_POINT\_PLAN\_BOOKLET.pdf

注 22 「The National Hydrogen Strategy」https://www.bmbf.de/files/bmwi\_Nationale% 20Wasserstoffstrategie\_Eng\_s01.pdf

# サプライチェーンを包括したカーボンニュートラル実現への取組

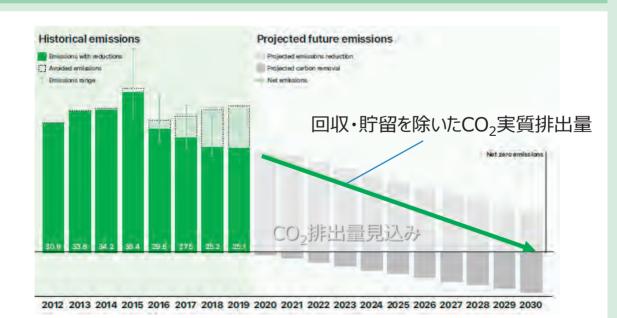
Apple、Google、Microsoft といった巨大企業を中心に、サプライヤーに対して温室効果ガス排出量に係る情報開示や排出削減に向けた取組を要請する動きが加速している。

例えば、Apple は 2020 年 7 月に、同社のサプライチェーン及び製品ライフサイクル全体で、2030 年までにカーボンニュートラルの達成を目指すと発表した。地球温暖化に対して科学的な見地から評価を 行っている政府間機構である「気候変動に関する政府間パネル(IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change)」は、2018 年に公表された「1.5°C特別報告書」において、世界的な平均気温上昇を産業革命以前に比べて 1.5°Cに抑制するためには 2050 年前後に  $CO_2$  排出量を正味ゼロにする必要が あるとしているが、同社は IPCC の報告より 20 年早くカーボンニュートラルの実現を目指すとしている。

同社が自社施設で使用するために調達する再生可能エネルギーのうち、80%以上は自ら手掛けた電力プロジェクトから生み出されている(スコープ 1)。また、2014 年以来、同社のデータセンターで使用される電力は 100%再生可能エネルギーで賄われている(スコープ 2)。このような取組によって、同社は既に自社の企業運営においてカーボンニュートラルを達成しているが、ライフサイクル全体の  $CO_2$  排出量のうち、99%以上の排出は間接的な排出である(スコープ 3)。

このような現状を踏まえ、今後は同社の製品に用いられる部品や素材などの製造工程を含めて、2030年までにカーボンニュートラルを達成するとして、その達成に向けた10年間のロードマップを提示した。同社が2030年までにサプライチェーン及び製品ライフサイクル全体でのカーボンニュートラルを達成するには、サプライヤーの協力が必要不可欠である。同社が2020年7月に公表した「環境進捗報告書」には、使用する電力を100%再生可能エネルギーで調達することを約束したサプライヤー71社が公表されており、日本企業はイビデン(株)、太陽ホールディングス(株)(太陽インキ製造(株))、日本電産(株)、恵和(株)、日東電工(株)、(株)セイコーアドバンス、ソニーセミコンダクタソリューションズ(株)及びデクセリアルズ(株)の8社が名を連ねている。

#### 図 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



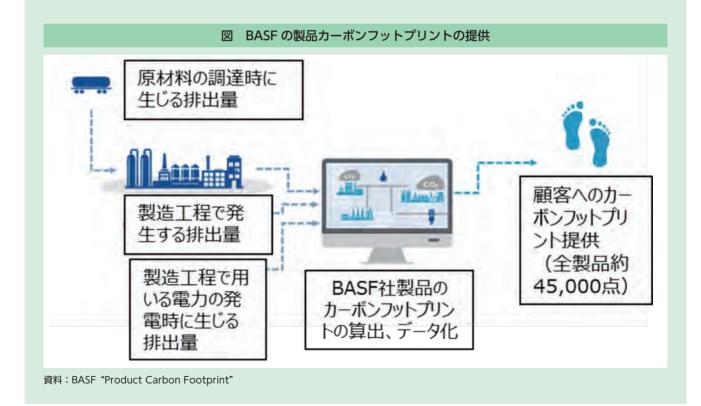
資料: Apple "Environmental Progress Report 2019"

# 全製品のカーボンフットプリントを提供 ・・・BASF

世界を代表するドイツの化学メーカーである同社は、2020 年 7 月に全製品の  $CO_2$  排出量、いわゆる製品カーボンフットプリント(PCF: Product Carbon Footprint)を算出して顧客に提供すると発表した。PCF は、原料の調達から生産、出荷までの各段階で発生する、製品に関連した全ての温室効果ガス排出量を  $CO_2$  換算して算出される。同社は 2007 年より、特定の製品について PCF を算出してきたが、社内で独自に開発したデジタル技術を駆使した手法を用いることで、同社が世界中で製造している全ての製品の PCF を算出することが可能となった。つまり、日本を始め、世界中の顧客に提供している全ての製品について、情報提供が可能ということである。2021 年末までには約 45,000 点に及ぶ全製品について、透明性のある PCF のデータを提供できるようにすることを予定している。

同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 PCF を算出することが容易となる。さらに、温室効果ガス排出を削減するためのポイントがどこにあるのかを特定できるため、自社で温室効果ガスの削減計画を策定することも容易となる。このように、同社が PCF を積極的に開示・提供することは、同社の顧客企業の PCF の算出とそれに基づいた温室効果ガス排出量の削減を支援することにつながる。

なお、同社は過去 25 年間にわたり、サステナビリティに関する様々な評価方法を活用してきた経緯がある。今回の PCF 算出に当たっても、過去に蓄積してきたサステナビリティへの貢献度合いを測定するための多種多様なデータの収集・分析手法を用いており、これらは国際標準化機構 (ISO: International Organization for Standardization) で規格化された ISO 14044 や ISO 14067、温室効果ガスプロトコル製品基準といったライフサイクル分析の一般的な基準に沿ったものとなっている。



# RE100~事業で使用する電力を 100%再生可能エネルギーで調達することにコミットする国際企業イニシアチブ ・・・富士フイルムホールディングス(株)、(株)ニコン

RE100 とは、事業で使用する電力を 100%再生可能エネルギーで調達することにコミットする国際企 業イニシアチブである。CO2の排出量が実質ゼロである持続可能な社会と経済の実現を目指す国際 NGO である The Climate Group と、企業の環境データの情報開示プログラムなどを運営する国際 NGO で ある CDP が連携して運営している。RE100 に参加することができるのは、①グローバル又は自国内で 認知度・信頼度が高い、②主要な多国籍企業(フォーチュン・グローバル 1000 企業(フォーチュン誌 が毎年公表している世界の売上高ランキング上位 1,000 社) 又はそれに相当する企業)、③消費電力量が 100GWh 以上(日本企業は 50GWh 以上に緩和されている。)、④ RE100 の目的に寄与する何らかの特 徴と影響力を有する、といった条件のいずれかに該当する企業である。

現在、RE100 はフォーチュン・グローバル 500 企業(フォーチュン誌が毎年公表している世界の売上 高ランキング上位500社)を含む様々な業種・規模の企業が参加しており、参加企業の売上合計は4兆 5,000 億ドルを超えている。企業による再生可能エネルギー推進の取組を可視化するとともに、世界的に 影響力のある大企業が中心となって再生可能エネルギーの普及・促進を図るべく、勉強会やセミナーの開 催、政策関与などの活動を展開している。

RE100 に参加している企業は 2021 年 4 月 1 日時点で 290 社以上となっており、そのうち日本企業 は52社を占める。これは、国別のRE100参加企業数として米国に次ぐ2番目の多さとなっている。なお、 我が国では事業で使用する電力を 100%再生可能エネルギーで調達することを目指す国内の企業、自治 体、教育機関、医療機関といった団体で構成された「再エネ 100 宣言 RE Action」という枠組みもあり、 同年4月1日時点で参加団体は100を超えている。

RE100 に名を連ねる富士フイルムホールディングス(株)は、2006 年には国内の生産拠点である富 士フイルム九州(株)で太陽光発電を、2011年にはオランダの生産拠点で風力発電による電力を導入し た。米国や中国の工場でも太陽光発電設備の導入を進め、2030年度中には購入電力の50%を再生可能 エネルギー由来の電力に転換するとの目標を掲げている。また、同社が生産するディスプレイ材料などの 各種高機能フィルムは、製膜や乾燥など生産工程の一部で工程内を高温状態に維持するために高温の蒸気 を必要とする。そのため、製膜や乾燥工程に必要な高温蒸気とその他の工程で使用する電気を同時に発生 させるコジェネレーション自家発電システムの活用により、生産工程内での高いエネルギー効率を維持し

さらに、将来の生産工程の脱炭素化には、電力のみならず燃料の脱炭素化が必要である。同社は、再生 可能エネルギー由来電力の利用推進及びコジェネレーション自家発電システムでの水素燃料などへの転 換・導入を組み合わせ、2050 年度までに全使用エネルギー由来の CO<sub>2</sub> 排出量ゼロを表明している。こ のような電力・燃料の脱炭素化へのアプローチを社会に提示し脱炭素社会の実現をリードすべく、2019 年4月にはRE100へ加盟し、取組を進めている。

(株)ニコンも 2021 年 2 月に RE100 へ加盟し、2050 年度中に使用する電力を 100%再生可能エネ ルギーから調達することを目指すと宣言した。同社グループでは自家発電、電力プラン、証書などの手段 を利用して再生可能エネルギーの活用を進めており、2020年3月期には新たに6つの事業所で水力発 電由来電力プランを採用した。このような取組の結果、同年3月期の同社グループの総電力使用量におけ る再生可能エネルギー使用率は 5.5%となった(一部、J- クレジット制度による購入分を含む。)。

#### 図 「RE100」に参加している日本企業(2021年4月1日時点)

#### RE100参加日本企業(参加順)

(株) リコー、積水ハウス (株)、アスクル (株)、大和ハウス工業 (株)、ワタミ (株)、イオン (株)、城南信用金庫、(株) 丸井グループ、富士通 (株)、(株) エンビプロ・ホールディングス、ソニー (株)、芙蓉総合リース (株)、(生協) コープさっぽろ、戸田建設 (株)、コニカミノルタ (株)、大東建託 (株)、(株) 野村総合研究所、東急不動産 (株)、富士フイルムホールディングス (株)、アセットマネジメント One (株)、第一生命保険 (株)、パナソニック (株)、旭化成ホームズ (株)、(株) 髙島屋、(株)フジクラ、東急 (株)、ヒューリック (株)、(株) LIXIL グループ、楽天 (株)、(株)安藤・間、三菱地所 (株)、三井不動産 (株)、住友林業 (株)、小野薬品工業 (株)、日本ユニシス (株)、(株)アドバンテスト、味の素 (株)、積水化学工業 (株)、(株)アシックス、J.フロントリテイリング (株)、アサヒグループホールディングス (株)、キリンホールディングス (株)、ダイヤモンドエレクトリックホールディングス (株)、(株) セブン&アイ・ホールディングス (株)、(株) 自津製作所、東急建設 (株) (計52社)

資料:日本気候リーダーズ・パートナーシップ

# 鉄鋼業の脱炭素化に向けて

鉄鋼業は、自動車や情報通信機器、産業機械など、他の産業の基盤となる基幹産業であり、製造業の上流工程に当たる重要な産業分野である。 $CO_2$  排出量でみても、産業部門における年間の  $CO_2$  排出量の 40%、国内での  $CO_2$  排出量全体の 14% を占めており、我が国において地球温暖化対策を着実に進めていくためには、鉄鋼業における取組が大変重要な役割を担っている。

鉄鋼業における  $CO_2$  排出削減の一番の課題は、炭素(木炭や石炭)を用いて鉄鉱石から酸素を取り除く還元技術にある。現行の高炉法では、石炭を用いて鉄鉱石を還元する過程で、 $CO_2$  の排出が避けられない。そのため、現在、経済産業省では、製鉄所から発生する二酸化炭素の約3 割を削減することを目指して、①コークス製造時の副生ガスに含まれる水素を活用して鉄鉱石を還元することで高炉での  $CO_2$  排出量を 10%削減するとともに、②製鉄プロセスにおける未利用排熱を活用して高炉から排出される  $CO_2$  を分離・回収することで  $CO_2$  排出量を 20%削減する、技術を開発する COURSE50 プロジェクトを進めている。 2008 年から開始した本プロジェクトには、日本製鉄(株)、JFE スチール(株)、(株)神戸製鋼所などが参加し、これまで技術確立に向けた一定の成果が得られており、2030 年度までに実機での導入を実現すべく、研究開発を進めている。

しかし、これらの技術のみでは 2050 年カーボンニュートラルを実現することは困難である。2020 年 12 月に策定されたグリーン成長戦略では、産業部門における製造プロセスの変革が必要であるとして、施策のひとつとして水素還元製鉄が位置付けられているが、100%の水素還元製鉄は技術的にも未確立であり、大量かつ安価な水素供給が不可欠であることから、より大幅な  $CO_2$  排出削減を実現するための新たな技術開発が不可欠となっている。

経済産業省が 2020 年度に開始した調査研究では、製鉄プロセスにおける  $CO_2$  排出量をゼロとする「ゼロカーボン・スチール」の実現を目指すため、水素還元製鉄技術や二酸化炭素回収・利用・貯留(CCUS: Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage)の技術課題を抽出しており、2021 年度中にゼロカーボン・スチールの実現に向けた道筋を具体化し、研究開発を更に加速させていく予定である。また、(一社)日本鉄鋼連盟は、我が国の 2050 年カーボンニュートラルという方針に我が国の鉄鋼業界として賛同し、これに貢献することを 2021 年 2 月に表明した。

世界的にも、鉄鋼業におけるカーボンニュートラルに向けた取組が加速しており、欧州のアルセロール・ミッタル、ティッセンクルップ、韓国のポスコといった大手鉄鋼メーカーが 2050 年までの製鉄プロセスの脱炭素化を目指し、水素還元技術の開発を精力的に進めている。ただし、水素還元製鉄は技術開発段階にあり世界的にみても実用化の実績はなく、我が国鉄鋼業、さらには製造業全体の将来にわたる競争力強化に向けて、世界に先駆けて技術開発や社会実装を実現すべく、官民が連携して取り組んでいく必要がある。

# 炭素国境調整の検討状況

# ・・・(一財) 日本エネルギー経済研究所 柳美樹氏

炭素国境調整とは、厳しい気候変動対策を取りその対策コストを負う国が、十分な気候変動対策を取らない国からの輸入品に対して、水際で税や課徴金、排出権クレジット購入などの義務を課す措置であり、炭素リーケージへの対応が必要と考える国がこの措置を実施すると考えられている。炭素リーケージとは、①国内市場が生産物単位当たりの排出量原単位が高い輸入品に脅かされ、国内生産が減少する状況や、②炭素制約を理由に、産業拠点が制約の緩い海外拠点に移転し、地球全体では排出量が減らない状況、を意味している。近年諸外国での議論は①に着目したものが多く、気候変動対策として厳しい目標を持たない国との競争力を均衡させるための公平な競争条件の確保を図る動きが広がっている。

現在、炭素国境調整はEUを中心に導入に向けた議論が進められている。2019年に就任したフォン・デア・ライエン欧州委員会委員長が導入を提案し、新型コロナウイルス感染症の感染拡大に起因する経済危機の対策を目的とした復興基金の財源としても期待されており、2023年1月からの導入を目指している。EUは、排出量取引制度の拡大や炭素税などの複数の選択肢を示しつつ、2021年6月には具体的な制度設計の公表を行うべく検討を進めている。なお、炭素国境調整の対象としては、製造過程においてCO2排出量が大きい鉄鋼やセメント、電力などが検討されている模様である。

また、2021年にバイデン大統領が就任し、パリ協定への復帰を果たした米国でも、類似の提案がみられた。選挙期間中である 2020年8月に公表された民主党綱領において、パリ協定の目標を遵守できない国の製品に対する炭素国境調整の必要性に言及している。一方、ケリー気候変動担当大統領特使は2021年3月にEUの炭素国境調整に懸念を示しており、引き続き動向を注視する必要がある。

さらに、炭素国境調整はこれまでに導入した先例がなく、世界貿易機関の関税及び貿易に関する一般協定などとの整合性も重要な論点となっている。このような状況を踏まえて、経済産業省では「炭素国境調整措置に関する基本的な考え方(案)」として、検討を進めていくに当たって留意すべき論点やそれらの考え方を、2021年3月に開催された第2回世界全体でのカーボンニュートラル実現のための経済的手法等のあり方に関する研究会にて公表した。

#### 図 炭素国境調整措置に関する基本的な考え方(案)

- ●炭素国境調整措置は、国内の気候変動対策を進めていく際に、他国の気候変動対策との強度の差異に起因する競争上の不公平を防止し、カーボンリーケージが生じることを防止するためのものである。輸入品に対し炭素排出量に応じて水際で負担を求めるか、輸出品に対し水際で負担分の還付を行う、または、その両方を行う制度である。
- ●日本は、対話等を通じて、主要排出国及び新興国がその能力に応じた排出削減に取り組むよう国際 社会を促していくことが基本である。よって、炭素国境調整措置については、その導入自体が目的 であるべきではなく、国際的な貿易上の悪影響を回避しつつ、新興国を含む世界各国が実効性のあ る気候変動対策に取り組む誘因とするものでなければならない。
- ●炭素国境調整措置について、諸外国の検討状況や議論の動向を注視しつつ、国内の成長に資するカーボンプライシングの検討と平行しながら、以下の対応を進める。
  - ①炭素国境調整措置は、WTO ルールと整合的な制度設計であることが前提であり、諸外国の検討 状況も注視しながら対応について検討する。
  - ②<u>製品単位あたりの炭素排出量</u>について、正確性と実施可能性の観点からバランスのとれた、国際的に信頼性の高い計測/評価手法の<u>国際的なルール策定・適用を主導</u>する(例:ISO の策定)。また、各国が有する関連するデータの透明性を確保することを促す。
  - ③日本及び炭素国境調整措置を導入する国において、<u>対象となる製品に生じている炭素コストを検</u>証する。
  - ④炭素国境調整措置導入の妥当性やその制度のあり方について、カーボンリーケージ防止や公平な 競争条件確保の観点から立場を同じくする国々と連携して対応する。

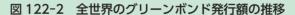
出所:経済産業省「第2回世界全体でのカーボンニュートラル実現のための経済的手法等のあり方に関する研究会」(2021年3月)

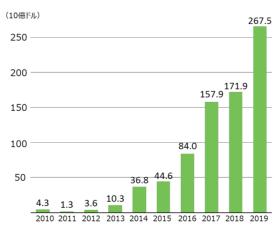
カーボンニュートラルに向けた取組を進めるためには、民間資金をいかに動員していくかという観点も重要であり、トランジション・ファイナンスやグリーンファイナンスといった手法が注目されている。トランジション・ファイナンスとは、脱炭素社会への移行段階において、省エネなど、低炭素化を着実に進めるための取組や、それに資する技術に対してファイナンスとは、気候変動を始めとした環境問題に与える影響や、環境問題への対策としての効果をプロジェクトへの投融資の際の判断材料のひとつとするファイナンスの手法であり、実際に、投資家や金融機関が、気候変動を始めとする環境問題に悪影響を及ぼす事業からの投融資の引上げを行う事例もみられる。

各国政府間の取組に目を向けると、その国際的な議論を主導してきたのは G20 である。2016 年の G20 杭州サミットに向けて、2015 年末には中国人民銀行とイングランド銀行を共同議長とした「G20 グリーンファイナンス・スタディグループ(現在は「G20 サステナブル・ファイナンス・スタディグループ」に名前を変更。)が発足し、その議論の成果は「G20 グリーンファイナンス統合レポート」として 2016 年の G20 杭州サミットで発表された。同サミットにおける首脳間の合意文書では、このレポートを歓迎する旨とグリーンファイナンスを拡大させる必要性が確認されており、この合意文書によって G20 で初めて

グリーンファイナンスの重要性が言及された。以後、 我が国が議長国を務めた 2019 年の大阪サミットを 含めて、かかる重要性は継続して言及されてきた。

全世界のグリーンボンド<sup>注23</sup>の発行額は、2019 年時点で2.675億ドルまで急速に拡大している(図 122-2)。さらに、気候変動を始めとした環境問 題への対応に加えて、社会課題の解決や企業統治 にも配慮している企業や事業に対して投資を行う ESG (Environment, Social, Governance) 投資 も同様に拡大傾向にあり、「Global Sustainable Investment Review 2018」によれば、2018年の ESG投資額は、投資市場の約3分の1を占める30.7兆 ドルに達した。ESG投資については、機関投資家に 対して、環境問題や社会課題、企業統治について責 任を全うさせることを目的とした6つの原則を示し たPRI(Principles for Responsible Investment: 責任投資原則)が2005年に国連より公表されてい たが、2019年には銀行向けにPRB(Principles for Responsible Banking: 責任銀行原則)が策定された ことで、投資だけでなく融資においてもESGが重視 されるようになった。さらに、世界最大の資産運用 会社であるブラックロックのラリー・フィンクCEO も、投資先に対して気候変動対策を強く訴えかける 声明を2020年1月に発出しており、気候変動対策が 企業の資金調達に大きな影響を及ぼし始めている。





資料:グリーンボンド・ローン促進プラットフォーム (2021年3月18日時点)

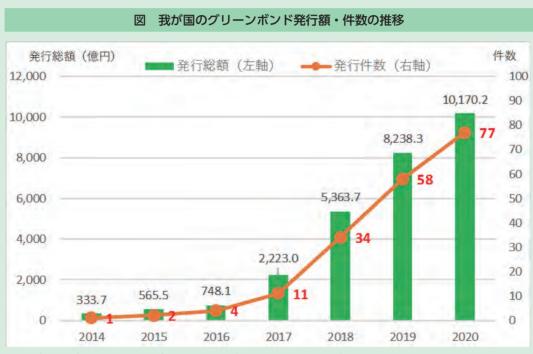
このような潮流は、我が国の製造事業者の資金調達 にも当然に影響を及ぼすものであり、カーボンニュー トラルの実現に積極的に取り組むことによって、資金 調達やそれによる事業拡大、競争力強化の可能性が一 層高まっていくものと想定される。

注 23 グリーンボンドとは、企業や地方自治体などが、国内外の気候変動を始めとした環境問題の改善効果をもたらす事業の実施に要する資金を調達するために発行する債券である。

## 企業活動に影響を及ぼすグリーンファイナンスや ESG 投資の動向

2020 年以降の気候変動問題に関する国際的な枠組みであるパリ協定の着実な実現に向けて、全世界でカーボンニュートラルに向けた莫大な規模の投資が必要と想定されている。このような中、気候変動対策のための着実な移行や  $CO_2$  の大幅な排出削減に向けたイノベーションに取り組む企業への投資を促進させるべく、グリーンファイナンスの重要性が高まっている。

我が国では、(一社) グリーンファイナンス推進機構がグリーンファイナンスを推進しているほか、民間企業による取組も着実に進んでおり、例えば(株)みずほフィナンシャルグループは、グリーン / サステナブルファイナンスの規模を 2019 年度から 2030 年度の累計で 25 兆円とする目標(うち、グリーンファイナンスは 12 兆円。)を掲げている。我が国におけるグリーンボンド発行額は、2017 年には発行総額が 2,223 億円、発行件数が 11 件であったが、2020 年には発行総額が 1 兆円を超え、発行件数も77 件にのぼり、発行総額・件数ともに急増している。



資料:グリーンボンド・ローン促進プラットフォーム (2021年3月18日時点)

気候変動を始めとした環境問題への対応のみならず、社会問題の解決や企業統治の観点にも配慮している企業や事業に対して投資を行う ESG 投資も年々拡大している。世界の ESG 投資額の統計を集計している国際団体の Global Sustainable Investment Alliance によると、2016 年から 2018 年にかけて世界の ESG 投資額は 34%増加して 30.7 兆ドルまで拡大しており、投資額全体の約3分の1を占めるに至っている。ESG 投資への残高でみても、我が国は欧州、米国に次ぐ世界第3位の ESG 投資残高国となっている。

一方で、カーボンニュートラルに逆行するような事業には資金供給を控えるような動きも出てきている。例えば、国内外で機関投資家が企業に脱石炭を迫る動きがあり、国内では(株)三菱 UFJ フィナンシャルグループ、(株)みずほフィナンシャルグループ及び(株)三井住友フィナンシャルグループが、石炭火力発電事業向けの融資残高を 2040 年までにゼロにする目標をそれぞれ設定した。また、海外でも、大手銀行の BNP パリバ、モルガン・スタンレー及びシティバンクが石炭火力発電事業向けの融資を禁止する方針を掲げたほか、大手保険会社の AXA や Allianz などが石炭火力発電事業を対象に投融資の禁止や撤退を行うと発表している。

他方で、バイオマス燃料やアンモニア燃料といったカーボンニュートラルの実現に寄与する燃料に関する事業には投資家の資金が集まりやすい状況にあり、企業の資金調達を支援する動きも活発化している。国内では、国産バイオジェット・ディーゼル燃料の実用化を掲げている(株)ユーグレナが、2018年に新株予約権の発行により38億円の資金調達を実施している。東京工業大学発のベンチャーであるつばめBHB(株)は、従来は大規模プラントでの集中生産であったために採算の面から輸送できる場所が限定されるという課題が存在したアンモニア合成を、小規模プラントで分散して行うことを可能とするオンサイトアンモニア生産の実用化に取り組んでいる。同社は2020年までに10億円以上の資金調達を実施するなど、比較的資金調達が難しいとされてきた素材・化学分野に特化したベンチャー企業も、資金調達しやすい環境が整いつつある。また、(株)みずほ銀行は、金利などの借入条件が企業のサステナビリティ目標達成に連動するサステナビリティ・リンク・ローンも実施している。

なお、海外では ESG 投資の観点から既に商社が事業再編に着手している例もみられる。例えば、シンガポールの大手農産物総合商社であるオラム・インターナショナルは、2024 年までに環境や健康への害が及ぶと懸念されているゴム、木材製品、砂糖及び肥料の 4 事業からの撤退を表明している。

気候変動を始めとした環境問題に配慮した事業へ資金が集まり、マイナスの影響が懸念される事業からは撤退を要請するグリーンファイナンスや ESG 投資の動きは、今後も世界的に加速するとみられており、国際的な規制・ルール形成のみならず、ファイナンスがグリーンプロジェクトを推進する大きな原動力となりつつある。

以上、グリーンの観点から我が国製造業のこれまでの取組を俯瞰すると、地球温暖化対策の結果、産業部門のエネルギー起源  $CO_2$  排出量は 2019 年度に 2013 年度比で 17.0% の削減を実現しており、同年度比で 6.6% の削減を目指すという 2030 年度の目標を既に達成している $^{22}$ 。また、例えば、新車販売に占める次世代自動車割合は、2013 年度には 23.2% であったが 2018 年度には 38.4% まで着実に増加する $^{225}$  など、産業部門以外の部門においても地球温暖化対策が進んでいる。

このような中で、足下では世界各国がカーボンニュートラルに舵を切り、我が国としても 2050 年までのカーボンニュートラルを目指すと宣言した。 2020 年 12 月にはグリーン成長戦略を策定し、技術革新を通じて今後の成長が期待される 14 の重要分野

ごとに実行計画を策定した。加えて、予算面では2 兆円の基金の創設、税制面ではカーボンニュートラルに向けた投資促進税制の創設などによって、企業の挑戦を積極的に後押ししていく。また、サプライチェーン全体でのカーボンニュートラルに取り組む動きや、金融機関が積極的にトランジション・ファイナンスやグリーンファイナンスの手法を導入するといった動きも拡大している。このような動きに鑑みれば、製造事業者は自社の企業行動を積極的に変容し、カーボンニュートラルを成長のカギとして取り込んでいくことが重要と考えられる。

注 24 「2019 年度(令和元年度)の温室効果ガス排出量(確報値)について」(2021 年 4 月)にて報告された、産業部門におけるエネルギー 起源二酸化炭素(2019 年度確報値)及び 2030 年度の目標・目安

注 25 「2019 年度における地球温暖化対策の進捗状況」(2021 年 3 月)のうち「温室効果ガスの排出削減、吸収等に関する対策・施策の進捗状況」にて報告された、新車販売台数に占める次世代自動車の割合を指す。

## 3 デジタルーデジタルトランスフォーメーション(DX)の 取組深化一

# (1) 企業変革力(ダナミック・ケイパビリティ) の 強化

2020年版ものづくり白書では、製造業を取り巻く環境変化の不確実性と、そのような環境において製造事業者が取るべき戦略について論じた。経済安全保障をめぐる国際的動向、地政学的リスクの高まり、気候変動や自然災害、非連続な技術革新、そして新型コロナウイルス感染症の感染拡大など、製造業を取り巻く環境はかつてない規模と速度で急変しつつあり、このような環境変化の不確実性が、我が国製造業にとっての大きな課題となっていることについて触れた。

このような中で我が国製造業が競争力を維持・向上していくためには、企業変革力(ダイナミック・ケイパビリティ)の強化が重要である。ダイナミック・ケイパビリティは、環境や状況が激しく変化する中で、

企業がその変化に対応するために自己を変革する能力であり、具体的には、次の3つの能力に分類される。

#### ①感知

脅威や危機を感知する能力。

#### ②捕捉

機会を捉え、既存の資産・知識・技術を再構成・ 再結合して競争力を獲得する能力。

#### ③変容

競争力を持続的なものにするために、組織全体を 刷新し、変容する能力。

これらの3つの能力はいずれも、デジタル技術によって増幅される(図123-1)。

# 図 123-1 ダイナミック・ケイパビリティの概要とデジタル化との関係

ダイナミック・ケイパビリティに必要な3つの能力

- ①脅威・機会の感知 (Sensing)
- ②機会を**捕捉**して、資源を再構成・再結合し、 競争優位を獲得(Seizing)
- ③競争優位性を持続可能なものにするために 組織全体を変容 (Transforming)

デジタル化により強化

- データの収集・連携
- AIによる予測・予知
- 3 D設計やシミュレーションによる製品開発の高速化
- 変種変量
- 柔軟な工程変更

出所:経済産業省「2020年版ものづくり白書概要」(2020年5月)

「感知」とは脅威や危機を感知する能力であり、ダイナミック・ケイパビリティの起点となるものである。この「感知」の能力を高める上で、デジタル技術を活用したデータの収集・分析は大きな力を発揮するであろう。また、近年、AIの発達と普及が著しいが、AIは、環境や状況の変化を予測し、不確実性を低減するのに効果的であろう。

「捕捉」、すなわち機会を捉え、既存の資産・知識・技術を再構成する能力を高める上で、リアルタイム・データの収集・分析は非常に強力な武器となる。特に、製造業の製品を通じた顧客へのサービスの提供(「製造業のサービタイゼーション」又は「ことづくり」)は、デジタル技術を活用して販売した製品からデータを収集して、顧客にサービスを提供するものであるが、これは顧客ニーズを捉えて、製造業の資産・知識・技術を再構成して顧客体験価値を創造している。また、製造業のデジタル化により実現する変種変量生産やマスカスタマイゼーションは、顧客の特殊か

つ少量のニーズの機会を逃さず捕捉することを可能 にする。

「変容」は、競争力を持続的なものにするために、 組織全体を刷新し、変容する能力であるが、デジタル 技術による「変容」こそが、いわゆる DX そのもので あるといえる。

このように、デジタル技術は製造業のダイナミック・ケイパビリティを強化する上で非常に重要な要素となる。我が国では、目指すべき社会の姿として「Society 5.0」を掲げ、2017年3月には我が国の産業が目指すべき姿として「Connected Industries(コネクテッドインダストリーズ)」のコンセプトを提唱し、世界に向けて発信した。この「Connected Industries」は、データを介して、機械、技術、人など様々なものがつながることで、新たな付加価値創出と社会課題の解決を目指す産業の在り方を指すものであり<sup>注26</sup>、その具体化のカギとなるデジタル技術を徹底的に利活用していくことが、同時にダイナミッ

ク・ケイパビリティの強化にもつながることとなる。 経済産業省では、老朽化・複雑化・ブラックボックス化した既存システムが DX を本格的に推進する際の障壁となることに対して警鐘を鳴らし、2025年までにデジタル企業への変革を完了させるべく計画的にDX を進めることを促した「DX レポート~IT システム「2025年の崖」克服と DX の本格的な展開~」を2018年9月に公開した。その後、2019年7月に「DX推進指標」として、DX の取組状況について、企業による簡易な自己診断を可能とする指標を策定するなど、企業が自発的に DX に取り組むためのツールを提供してきた。また、2020年5月に「情報処理の促

進に関する法律の一部を改正する法律(令和元年法律

第67号)」を施行し、国が策定した指針を踏まえ、優良な取組を行う事業者を、申請に基づいて認定する「DX 認定制度」を開始するとともに、同年8月には企業価値の向上につながるDX を推進するための仕組みを社内に構築し、優れたデジタル活用の実績が表れている企業を、「DX 銘柄」として選定した。さらに、同年11月には経営者に求められる企業価値向上に向け実践すべき事柄を「デジタルガバナンス・コード」として取りまとめて公開している(図123-2)。特に、「デジタルガバナンス・コード」については、製造業に関して、主にDX を通じたエンジニアリングチェーン強化の観点からのリファレンスケースを、他業種に先行して策定・提示した(図123-3)。

#### 図 123-2 DX の推進に向けて経営者が実践すべき事柄(抜粋)

#### 1. ビジョン・ビジネスモデル

デジタル技術による社会及び競争環境の変化の影響を踏まえた経営ビジョン及び ビジネスモデルの方向性を公表していること。

#### 2. 戦略

設計したビジネスモデルを実現するための方策として、デジタル技術を活用する戦略を公表していること。

#### 2-1. 組織づくり・人材・企業文化に関する方策

特に、戦略の推進に必要な体制・組織に関する事項を示していること。

#### 2-2. ITシステム・デジタル技術活用環境の整備に関する方策

特に、ITシステム・デジタル技術活用環境の整備に向けた方策を示していること。

#### 3. 成果と重要な成果指標

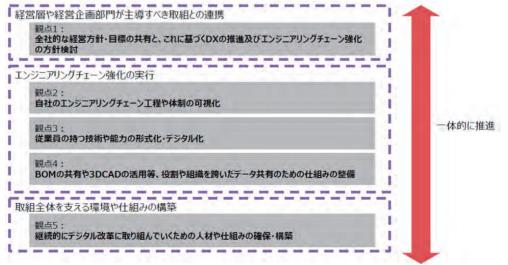
デジタル技術を活用する戦略の達成度を測る指標について公表していること。

#### 4. ガバナンスシステム

経営ビジョンやデジタル技術を活用する戦略について、経営者が自ら対外的にメッセージの発信を行っていること。 等

資料:「経済産業省「デジタルガバナンス・コード」(2020年11月)

#### 図 123-3 デジタルガバナンス・コード 製造業版リファレンスケースの概要



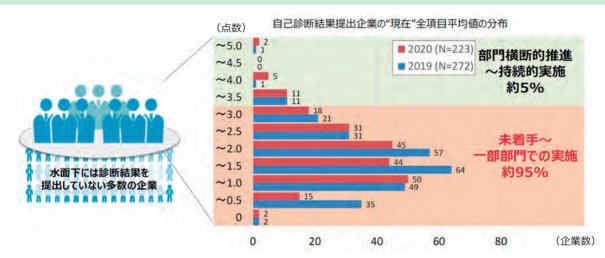
備考:BOM(<u>B</u>ill <u>Of M</u>aterials:部品表)

出所:経済産業省「第4回 Society5.0 時代のデジタル・ガバナンス検討会」(2020年10月)

このような流れの中で、経済産業省は、2020年12月に「DXレポート2(中間取りまとめ)」を公開し、製造事業者に限らず多くの企業において DX の取組が未着手又は一部部門での実施にとどまることを指摘した(図 123-4)。そして、テレワークなどを始めと

する、新型コロナウイルス感染症の感染拡大によって変化した人々の動きや社会活動がもはや感染拡大以前に戻らないことを前提とすれば、「人々の固定観念が変化した今こそ、企業文化を変革し、DX を進める絶好の機会である」と指摘した。

#### 図 123-4 DX 推進指標自己診断結果



出所:経済産業省「DX レポート 2 (中間取りまとめ)」(2020年 12月)

DXの一翼を担う人材育成を一層推進する観点から、経済産業省では様々な取組を進めている。例えば、社会人を対象としたものとしては、自宅に居ながら新しい知識やスキルを習得しようとする学び直しの意欲の高まりや、IT人材の不足や学習ニーズの高まりを背景として、事業者が無償で提供するオンライン学習コンテンツをホームページにおいて紹介する

「巣ごもり DX ステップ講座情報ナビ」を実施している。また、学生を対象としたものとしては、EdTech 注27 を徹底的に活用し、「学びの個別最適化」と「学びの STEAM 注28 化」をコンセプトに掲げた「未来の教室」実証事業を 2018 年度より実施しており、ものづくりを始め様々な分野におけるプロジェクトが進んでいる。

注 27 Education (教育) と Technology (テクノロジー) を掛け合わせた造語。教育現場にデジタルテクノロジーを導入することで、教育領域に変革をもたらすサービス・取組の総称。

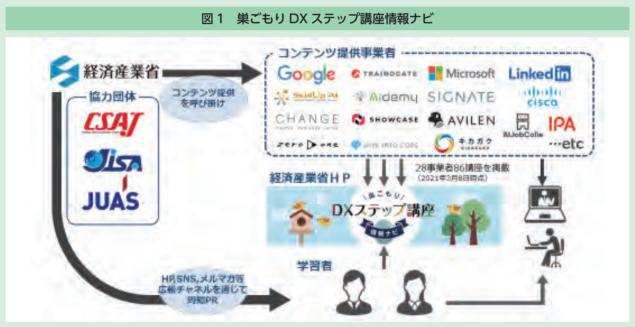
注 28 Science (科学)、Technology (技術)、Engineering (ものづくり)、Arts (人文社会・芸術) 及び Mathematics (数学) の 5 つ の領域を含む文理融合の探究学習を目指す教育コンセプトの総称。

# ものづくりの DX にもつながる人材育成支援の取組

近年、DX が加速する中、企業規模や業種を問わず、全ての企業においてデジタル化の推進は喫緊の課題となっている。DX 実現に向けては、経営層や DX を推進するチームのメンバーはもとより、組織内のあらゆる構成員の理解や貢献が不可欠であり、デジタルに関する知識やスキルは今や社会人にとって必須のものとなりつつある。

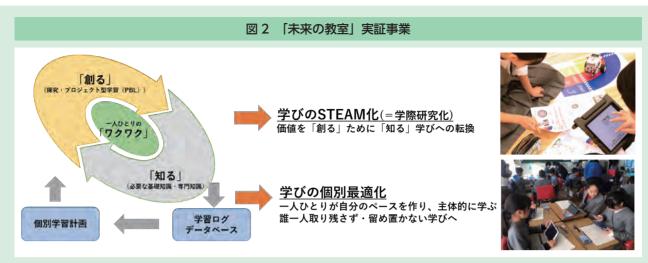
特に足下においては、新型コロナウイルス感染症の感染拡大の影響から、社会人が自宅に居ながら新しい知識やスキルを習得しようとする意欲が高まっている。一方で、IT 人材の不足や学習ニーズの高まりを背景として、様々な事業者がデジタルスキルに関する学習について多種多様なサービスを展開しているものの、このようなサービスは個々の事業者のウェブサイトで公開されることが多く、情報の記載方法も各サイトによって異なるため、利用者としては自らにとって必要なサービスを適時に選択することが難しくなっているという現状もある。

このような現状を踏まえ、経済産業省では、これまでデジタルスキルを学ぶ機会のなかった人にも新たに学習を始めるきっかけを提供するため、事業者が無償で提供するオンライン学習コンテンツを経済産業省ホームページにおいて紹介する「巣ごもり DX ステップ講座情報ナビ」プロジェクトを実施している。本サイトには 2021 年 3 月時点で 28 事業者 86 講座が掲載されており、今後も掲載コンテンツを随時拡大していく予定である。



出所:経済産業省

また、若年層に対しては、GIGA スクール構想下の「1 人 1 台端末」と EdTech の活用を基礎として、誰一人取り残さず、留め置かずに、一人ひとりのペースに合った学習環境を提供する「学びの個別最適化」と、社会課題などをテーマにして文理融合の探究学習機会を提供する「学びの STEAM 化」をコンセプトに掲げて、「未来の教室」実証事業を 2018 年度より実施しており、教育産業に携わる企業や学校、研究機関などが連携して、これらのコンセプトを実現するためのモデル事例の創出や実際のカリキュラム作成・実行を進めている。



出所:経済産業省

例えば、ブリタニカ・ジャパン(株)が、国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構、東京大学生産技術研究所及び筑波大学附属中学校と連携して実施する「最先端研究を通じた STEAM 探求」では、ドローンや自動運転といったものづくり分野を含めた全18 のテーマについて、技術そのものや関係法制度などの周辺環境、これらを踏まえた新たなビジネスや社会課題解決の在り方などを探究するプログラムを構築・実施している。



さらに、製造業のリモート化も、単に遠隔での作業 や工程管理を可能にするだけではなく、熟練した職人 が持つノウハウのデジタル化や、若手職人のトレーニ ングにも活用することで、我が国のものづくりを支え てきた現場の優れた技術の未来への承継や、更なる有 効活用にもつながり得る極めて重要な変化であり、更 なる事業の成長に向けたチャンスとなり得る。今後も 世界的な不確実性の高まりが想定される中では、ダイナミック・ケイパビリティを強化しこのような環境変化に対応していくことが重要であるが、これと表裏一体で、このような取組の基礎となる製造現場の優れた技術を着実に育成し承継していくことも、変わらずに進めていかなければならない取組といえる。

# IT の積極活用による町工場の連携の中から開発された IoT 溶接機を、溶接作業のリモートワークや溶接のデータ化に展開・・・ Creative Works

Creative Works は、実家である(有)宮本工業所で溶接の修行を積んだ宮本卓氏が、ものづくりを発信する場として 2012 年に立ち上げた。溶接の技能を磨きたい職人から DIY や趣味のものづくりをする溶接初心者まで、溶接に関心のある幅広い対象者向けに「宮本溶接塾」を開催しており、不足している溶接職人を育成し、10 年で 1,000 人の卒業生を輩出することを目標としている。実際、ラジオや雑誌で溶接塾の存在を知った企業からの講師依頼は増えているという。これらの依頼の中にはベテランの溶接職人を抱えている企業も少なくないが、技術を体系立てた上での社内での技術継承に苦労している企業が多いという背景事情もあり、溶接塾を受講したことでベテランと若手のコミュニケーションが円滑化するケースが増えているという。

中でも、受講者が場所を問わず技術としての溶接を学べるようにとの思いで開発した「IoT 溶接機セット」は、今般の新型コロナウイルス感染症が感染拡大する状況下における溶接のリモートワークを可能にした。従業員から「通勤電車の中で感染するのが怖い」と相談を受け、ならば在宅で仕事をしてもらおうと、オフィスのリモートワークと変わらない流れで工場のリモートワークに切り替え、今では従業員の自宅玄関先に「IoT 溶接機セット」を持ち込み、リモートで仕事をこなしてもらっている。従来から出来高払いの成果主義を採用していたこともあり、従業員は感染リスクの少ないスーパーの空いている時間に買い物を済ませることもでき、働き方改革にもつながっているという。

IoT 溶接機セットにみられるような IT 技術の活用に積極的な背景にあるのが、東京都内の金属加工会社 3 社((株) 今野製作所、(株) 西川精機製作所及び(株) エー・アイ・エス)と 2013 年に立ち上げた「東京町工場 ものづくりのワ」における企業間連携である。企業間で連携して仕事をする「つながる町工場」を実現するために、受発注のみならず生産作業の進捗状況を管理する IT システムを開発・導入し、例えば、連携先に依頼した板金加工の進捗状況を IT システムで共有することを実現している。そのような連携の中で、溶接面にカメラを搭載して溶接職人の手元を見やすくし、これを「人材育成に活かせるのではないか」「遠隔から指導できないか」というアイデアから開発されたのが、IoT 溶接機であった。この IoT 溶接機も従来から企業間連携の取組の中で試験的に使用されており、例えば、Creative Works において溶接条件や試作を行った上で、他社の溶接職人が行う本番作業中に IoT 溶接機を通じてリアルタイムに助言するなどである。そして、この IoT 溶接機を使って、溶接塾の受講者が家で練習できるように開発していたのが、持ち運びも容易な「IoT 溶接機セット」である。

新型コロナウイルス感染症の感染拡大を受けて、この「IoT 溶接機セット」を自宅に持ち込み、材料は宅配便で届けることによって、溶接作業のリモートワークを実現することができた。また、前述した生産・作業の進捗管理システムを従来から導入していたため、リモートワークによる仕事の進捗管理に困ることもなく、「溶接の指導・助言、仕事の進捗管理、自社の社員とのコミュニケーションなど、従来から IT を当然のように使用してきたことで、不測の事態にも柔軟に対応できた」と宮本氏は語る。

前述の企業間連携においては、溶接のデータ化を中長期的な取組として進めている。熟練職人と若手職人が溶接する手元の映像や、手元や身体の動き、ワークの温度や溶接機の出力などを同時測定し、溶接のデータ化を行うことによって、若手職人は具体的に何が不足しているのかを数値化・言語化された情報で理解することができる。宮本氏は、溶接という技能を技術として習得できるようにしていきたいと考えている。

大手製造企業の研究職としても活躍していた宮本氏は、実家に戻った際に「町工場の連携がない」という問題意識から、前述の「東京町工場 ものづくりのワ」へ参画した。最近では、サラリーマンから学生まで誰もが宇宙開発に参加できる(一社)リーマンサットスペーシズの代表理事も務めている。2021年3月には、同社が開発した超小型人工衛星が国際宇宙ステーション内の日本実験棟「きぼう」から放出されて、「宇宙での自撮り」ミッションを遂行中である。不確実性が高まる時代だからこそ、分散している町工場や外部の人材同士がデジタルの力によって連携し、状況に応じて働き方を変えたり新規事業に取り組んだりすることができる体制作りが、企業のポテンシャルを発揮する上でも重要になると考えている。

#### 図 IoT 溶接機を活用した自宅からのリモート溶接の様子



出所: Creative Works

## コラム

# 機械加工・修理・メンテナンスのオンライン相談、オンライン(遠隔サポー ト)修理で新たな顧客を開拓する企業・・・(株)茂呂製作所

同社は、切削加工による部品製作、工場設備の治工具・装置製作、メンテナンスサービスなどを手掛け る製造業の総合サービスメーカーである。短納期の部品製作に加え、メンテナンスサービスを強みとして おり、緊急・定期メンテナンスにより、機械の故障率低減や生産効率向上の提案をしている。

新型コロナウイルス感染症の感染拡大の影響を受け、2020年4月からは機械加工・修理、メンテナン スに関するオンライン相談を開始している。オンライン会議ツールで直接の接触を避け、動画などを活用 しながら、部品製作から機械修理・メンテナンスまで工場の設備に関することなら何でも相談ができ、機 械・電気系の機械修理、旋盤・フライス系の機械加工、その他(安全対策、装置製作、設計、保全、溶接、 ロボット、システムなど)の幅広い相談に対応している。また、機械の故障など緊急の相談にも、専用工 具を積んだメンテナンスカーで迅速に対応することが可能である。

さらに、同社はメンテナンスサービス事業において、訪問修理の際に現場と本社の間で情報のやり取り が可能な「オンライン修理」を 2020 年 2 月に開始した。オンライン修理では、メガネ型のウェアラブ

ルデバイス(体に装着して利用することが想定されたデバイスの総称)でカメ ラ・マイク機能、透過型の画像表示ができるスマートグラスを導入し、遠隔の 現場と本社の間で、音声、動画、写真、資料などのスムーズなやり取りを実現 している。

出張修理の担当者が工具とスマートグラスを持参し、修理の際にスマートグ ラスを着用して作業する。修理現場でもペーパーレスで読める資料の送受信を 行うことで、両手での作業が容易となり、担当者の作業の効率化や負荷軽減に つながる。また、現場の状況を本社スタッフが遠隔で映像と音声で確認できる ため、これまでよりも的確な助言が可能となり、新型コロナウイルス感染症の 感染拡大で移動が制限される中でも、最小限の人手で、短時間に修理を完了す ることで生産現場の早期復旧に寄与している。

こうして同社は、新型コロナウイルス感染症の感染が拡大する中においても、 機械加工やメンテナンスサービス事業のオンライン相談対応の体制をいち早く 構築したことで、オンライン修理など、ポスト・コロナを見据えたオンライン 化によってサービス価値を更に高めることができた。それにより、同社の拠点 がある山梨県に限らず、九州地方や中部地方など全国各地で新たな顧客の開拓 につなげている。

# 図 スマートグラスを着 用した作業風景事業



出所:(株)茂呂製作所

# アバターロボットにより極限・危険環境での作業の遠隔化を加速し、人の安全・健康向上を目指す・・・(株) メルティン MMI

同社は、サイボーグ技術の実現によって「人の身体的制約の解消により創造性を最大化する」ことをビジョンに掲げる研究開発型ベンチャーであり、経済産業省が推進するスタートアップ企業の育成支援プログラムである「J-Startup」においても、潜在力のあるスタートアップ企業として選定されている。

同社の考えるサイボーグ技術とは、生体信号と人工身体(ロボット技術など)によって、人と機械を融合させるテクノロジーである。このサイボーグ技術の実現に向けて、現在は、医療機器事業とアバター事業を進めている。これらの事業の基盤となっているのは、高速・高精度に生体信号を解析する生体信号処理技術と、従来のアクチュエーション技術では非常に困難であったパワフルさと器用さとを両立したハンド技術である。これらの技術を組み合わせることで、例えば、障がいのある方が生体信号により制御された機器による補助を受けて対象物を迅速かつスムーズに掴むことや、遠隔地からアバターロボットを操作して配電盤を開けて中の機材を操作するなど、実作業を含む様々な可能性を示す技術実証に成功している。

さらに、アバター事業では、実証試験機「MELTANT- $\beta$ 」を2020年3月に発表した。「MELTANT」シリーズでは、危険作業、高温・低温環境、化学物質や細菌などによる汚染環境、高放射線量環境、宇宙などでの活用を想定している。最近では製造業を始めとする現場作業の遠隔化に向けた実証実験の機会や、新型コロナウイルス感染症の感染拡大もあり、従来から連携していた建設や発電プラント、石油・ガス業界の企業からは「MELTANT」シリーズを活用することで、コロナ禍において、これまでの技術では不可能だった分野でもリモートワークが進むのではないか」という声も増えてきている。例えば、ENEOS(株)の中央技術研究所において、「MELTANT- $\beta$ 」で試験分析作業を遠隔化する実証実験を行っている。同社の研究者が同機を操作し、液体をメスシリンダーに注いで取り分ける、各種実験装置へ検体をセットするなど、様々な作業を実証している。特に研究開発の現場では試行錯誤の中で多種多様な作業内容が発生するため、これらを規格化することは難しい。さらに、劇物や毒性物質を扱う場合も多々あり、研究者の安全・健康確保の観点からも、アバターによる遠隔化への期待が高まっている。実証実験に参加した同社の

研究者からは、これまで出社して作業することが当然だった 試験分析作業を同機によって遠隔化できる可能性を実感し、 これによってリモートワークが進むことに期待する声も聞か れた。

(株) メルティン MMI は、特に人命リスクが高い危険・極限環境市場での使用を優先していく意向であり、アバターも防塵・防滴機能、耐久性など、厳しい稼働環境を想定した仕様で開発を進め、実証実験パートナーを広く募集している。アバター事業を通じて、製造業の遠隔化を促進することでリモートワークを加速し、人々の安全・健康の向上に貢献していく。

# 図 「MELTANT-β」を活用した試験分析 作業の遠隔化



出所:(株) メルティン MMI

# AIによる顔認証技術を応用した検温ソリューションの開発・・・ザインエレクトロニクス(株)、キャセイ・トライテック(株)

ザインエレクトロニクス(株)は、アナログとデジタルの双方に通じた大規模集積回路(LSI: Large Scale Integration)の企画・設計、販売を行うファブレス半導体メーカーである。同社は市場規模拡大が見込まれる AI や IoT 分野に注力するために、2018 年 12 月に「AIOT ソリューション部」を設立するとともに、移動通信系ソフトウェア・ハードウェアの開発を手掛けていたキャセイ・トライテック(株)をグループ企業に加えるなどの取組を進めてきた。

AI 技術の最も有力なアプリケーションは顔認証であるとの認識の下で、他企業から顔認証技術を導入した上での製品化から着手した。我が国では、プライバシーの問題などから顔認証ソリューションの普及が遅れているが、セキュリティ意識の高まりから今後は普及していく可能性が高いと考えた。

そのような中で、2020年に入ると新型コロナウイルス感染症が世界的に感染拡大し、我が国でも感染拡大を防ぐことが喫緊の課題となった。そこで、発熱者を素早く検知するというニーズが生まれたことに対応して、「AI 顔認証検温ソリューション」の開発に取り組んだ。

2020年2月には、大勢の人が集まる場所で体温の高い人を同時多数かつ高速に検知するソリューションを発売した。従来実施されている検温の多くはハンディ型の非接触型体温計での測定だが、多くの人が集まる場所には不向きであり、検温する係員自身のリスクもある。それに対してこのソリューションは、来場者など人の流れに対して10メートル離れたところから最大30人の体温を瞬時に非接触で測定するものであり、複数の人に同時に適用可能なAI顔認証を、黒体(赤外線を活用する温度計の参照物)を併用したサーマルカメラ上で実行することで、素早く精度の高い検温を可能とした(黒体の使用で約3分の1の誤差に抑えられる。)。多人数の中から顔を検出し、マスクを着用していても目や耳から額の位置を判別し、AI学習で体温を精度よく測定することにより瞬時に発熱者を検知する。

同社は、このホール型 AI 顔認証検温ソリューションのほか、より小規模スペースでの利用を想定したサイネージ型、ビルや工場の入口ゲート、改札口などに設置するゲート型のソリューションを展開している。ゲート型はオプションの顔認証エンジンを利用することで 10 万人の顔認証にも対応でき、検温や社員の出勤管理、ログを活用した健康管理といった使い方もできる。同社のシステムは既にオフィスビルや病院、学校、野球場などに導入が進んでいる。

このようなニーズに即した迅速な製品展開は、顔認証技術で実績のあった企業との連携があってこそできたものであり、同社では新型コロナウイルス感染症の感染拡大が続く厳しい市場環境下にある中でも、今後の成長に向けた大きなチャンスと捉え、リモートや非接触といった、ニューノーマルの下で求められるニーズに対応した事業に注力していくとしている。



出所:ザインエレクトロニクス(株)

加えて、これらの一連の取組の効果を飛躍的に向上させるものとして、先端技術に関する官民一体での研

究開発も着実に推し進められており、早期での社会実 装が期待されている。

け

第 2 節

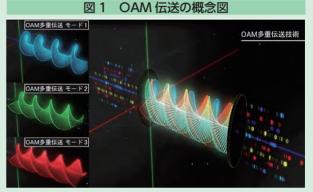
# コラム

#### 情報通信社会の未来を切り拓く光・無線技術 ・・・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

光と電波は、人の目から見えるものと見えないものという大きな違いはあるが、物理的には波長の範囲 が異なるだけで同様の性質を持つものである。光と電波はそれぞれが有する様々な物理的特性を活かして 従来から多方面で応用されてきたが、近年、更なる変革を起こす可能性がある技術分野として注目を集め ている。

電波が活用される典型的な分野は情報通信分野である。 携帯電話などにおいて 5G のサービスが開始さ れ、現在多くの注目を集めている移動体通信では、様々な遮蔽物を迂回して届くという特性から、波長が

長い電波が主に使われているが、5Gの次世代にお いて更なる大容量化を実現する技術として、軌道角 運動量 (OAM: Orbital Angular Momentum) と呼ばれる、電波が持つ位相注29の違いを活用する 多重化技術(OAM 伝送)の検討が進められている。 これは、電波が進む方向に対して垂直な面内での位 相の回転数が異なる電波は互いに干渉しないことを 利用するもので、回転数の異なる電波を複数同時に 送ることで多重化するものである。軌道角運動量と いう新たな物理特性の活用が、1 テラビット毎秒<sup>注30</sup> 級の伝送を実現する技術として期待されている。

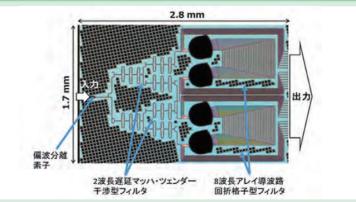


出所:日本電信電話(株)

光は、インターネットにおける大陸間の接続やクラウドを構成するデータセンターのコンピュータへの 接続など、有線による情報通信において活用されている。コンピュータは電気信号で動作しており、近距 離では電気信号のまま電線(ケーブル)を使って通信が行われるが、石英ガラスやプラスチックによる二 層構造の細い繊維状に形成した光ファイバを用いると、光を長距離まで届けることができるため、主に遠 距離では光を使って通信が行われている。光ファイバを用いた通信技術が始まってからは、2年に2倍の ペースで通信量の大規模化が進んできている。1本の光ファイバで伝送できる通信容量を増大させるため に、無線と同様に波長分割による多重伝送や、光変調信号による多値化などが実装され、現在では1本の 光ファイバで 100 テラビット毎秒の伝送が可能となっている。100 テラビット毎秒を超えていくための 技術としては、空間多重伝送と呼ばれる、1本の光ファイバに信号を別々に伝送する複数の物理的な信号 路を設ける方法が検討されている。

さらに、データセンターの中のコン ピュータ間での通信に光を利用するため に注目されている技術がシリコンフォト ニクスである。シリコンフォトニクスと は、光回路を製造するために、低コスト で微細加工が可能な CMOS 注31 半導体技 術を利用する技術であり、光通信の主要 部品であるトランシーバと光配線の集積 化を可能にすることで、コンピュータ内 への導入が可能となってきた。将来的に は、コンピュータのボード上のデータ転 送に光が用いられることも期待されてい

# 図 2 シリコンフォトニクスを用いて開発した 16 波長多重光回路チップ 2.8 mm



出所:経済産業省国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構、技術研究 組合光電子融合基盤技術研究所

る。シリコンフォトニクスがコンピュータに導入されることで、高速処理や省電力を実現できるため、省 エネルギーの観点から情報通信社会のカーボンニュートラルに貢献し得る技術としても注目されている。

注29 位相とは周期的な運動(波動)などの中での状態や位置を表す言葉であり、ここでは、電波が1波長分進む間に垂直な面内で何周回 転するかを示している。

ラビット毎秒は1秒間に1兆ビットのデータを通信できる速さである。

CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor: 相補型金属酸化膜半導体) とは、コンピュータの CPU (Central Processing Unit:中央処理装置)を構成する基本回路として広く利用されている回路方式のことである。

# ポスト・コロナの新しい社会実現のカギ「スマートテレオートノミー」 ・・・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

リモート会議やオンライン授業などに用いられるリモート化技術は、物理的な移動をせずに会議や授業への参加を可能とするため、多様な働き方、多様な形での社会参加などの実現に貢献する。また、自動掃除ロボットなどに代表される機械が自動で作業する自律化技術は、繰り返し作業から人を解放し、生産性の向上などに貢献する。このようなリモート化技術及び自律化技術の更なる活用が期待されるが、両技術には課題もある。

#### 図1 リモート化技術及び自律化技術の導入が期待される分野の例(製造・生産現場)



出所:国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

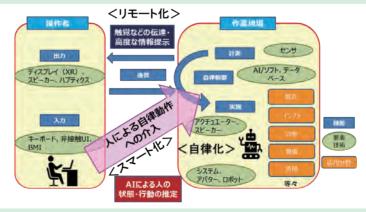
同機構の技術戦略研究センターが新たに提唱したスマートテレオートノミーでは、リモート化技術及び自律化技術を高度に融合することで、両技術が持つ課題を相互補完的に解決することを目指している。完全な自律化が難しい作業であっても、できるところから部分的に自律化技術(オートノミー)を適用しつつ、自律化が難しい作業や突発的に障害が発生した際には、テレオペレーション(リモート操作)により操作者が自律動作に介入して、作業を効率よく円滑に遂行すること(スマート化)を提案している。加えて、現場の状況を適切に把握した遠隔操作を可能とするため、高度な XR や、人の状態や行動を推定する技術の活用を提案している。XR とは、VR(Virtual Reality:仮想現実)や AR(Augmented Reality:拡張現実)、MR(Mixed Reality:複合現実)など、現実世界と仮想世界を融合する様々な技術を総称するものであるが、高度な XR は、単なる視聴覚を超えて、現場の力触覚、味覚、嗅覚などの情報を伝達することなどにより、遠隔操作中でも現場にいるかのような知覚を可能とする。また、人の状態や行動を推定する技術は、現場にいる人の画像情報などから AI を用いて感情や行動などを推定して伝達することにより、遠隔にいる操作者による円滑で安全なリモート操作が可能なものとする。

スマートテレオートノミーの応用分野の例としては、多種多様な作業を行う製造業や、遠隔リハビリや

触診を行う介護・医療、接客と多様な作業を行うサービス業などが考えられる。

スマートテレオートノミーが様々な分野に導入されていくことによって、多様な働き方や生産性の向上、感染症の流行や災害の発生などによる移動制限下での社会活動を可能とし、レジリエントな社会を実現することにつながっていく。本技術は、今後のニューノーマルで定着が想定されるリモート化の変革の実現に向けたカギとなる重要技術であり、その実現に向けては多くのステークホルダーが連携して取り組むことが期待される。

#### 図2 スマートテレオートノミーの概念



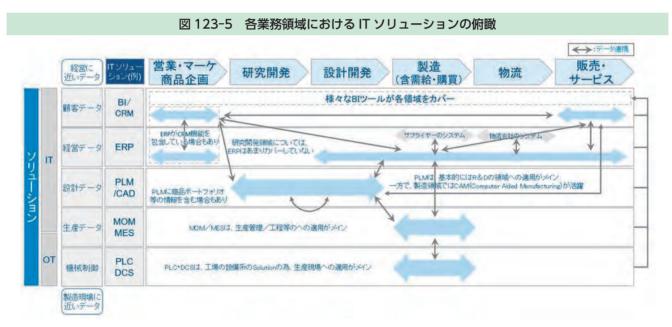
出所:国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

以下では、製造事業者における効率的かつ戦略的な DX 投資の検討に資することを目的として、営業・マー ケティングといった上流工程や、販売・アフターサー ビスなどの下流工程も含めた、バリューチェーン全体 における DX の在り方について整理する。

#### (2) 戦略的な DX投資に向けた対応

①各業務領域におけるデータ連携に向けた動向 バリューチェーンにおいて扱われる情報は、顧 客、会計データなどの経営に近いものから、設計、

客、会計テータなどの経営に近いものから、設計、 生産に関するデータなどの製造現場に近いものまで 様々な階層がある。従来、設計開発領域における設 計支援システム(CAD)、製造領域における製造支 援システム(CAM)及び製造実行システム(MES: Manufacturing Execution System)、営業・マーケティング領域における営業支援システム(SFA:Sales Force Automation)及びマーケティング自動化システム(MA:Marketing Automation)のように、各業務領域においては IT ソリューションの活用が進展しつつあるが、各業務領域によって管理されるべき情報が異なるため、領域ごとに様々な IT ソリューションが個別に発達してきた。一方、DX を効果的に進めるには、それぞれの IT ソリューションが連携し、業務領域間でスムーズなデータ連携が行われることが重要である(図 123-5)。以下では、バリューチェーンの各業務領域におけるデータ連携に向けた動向について概説する。



備考:図中で用いられている略語の詳細は以下のとおり。

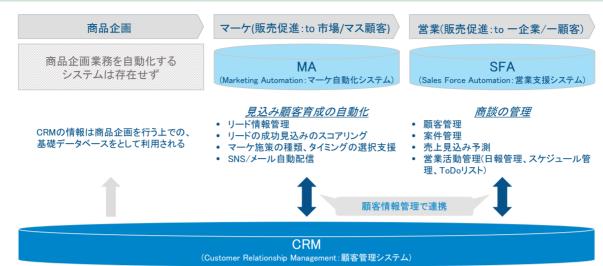
IT (Information Technology), OT (Operational Technology), BI (Business Intelligence), CRM (Customer Relationship Management), ERP (Enterprise Resources Planning), PLM (Product Lifecycle Management), CAD (Computer Aided Design), MOM (Manufacturing Operations Management), MES (Manufacturing Execution System), PLC (Programmable Logic Controller), DCS (Distributed Control System)

資料:アーサー・ディ・リトル・ジャパン(株)「サイバーフィジカルシステムの戦略的導入等に係る調査」(2021年2月)

営業・マーケティング領域においては、特定の顧客を対象とした商談情報を管理する営業支援システム(SFA)と、市場単位の一般化された顧客層を対象とした顧客育成情報を管理するマーケティング自動化システム(MA)が存在する。これらのシステムが有する情報を独立して管理するのではなく、有機的に紐付け相互に補完することが、効率的な営業・マーケティングの実現のためには重要であり、このような観点から、顧客情報を統合管理するための顧客情報管理システム(CRM:Customer Relationship Management)の導入が進められている(図 123-

6)。さらに、販売・アフターサービス領域で得られた 顧客情報を CRM に連携させる企業も現れ始めてお り、アフターサービスの質の向上や、顧客情報の設計 へのフィードバックによる顧客ニーズの効率的な反 映が期待される。

#### 図 123-6 CRM による顧客情報の一元管理



# 顧客情報の統合管理

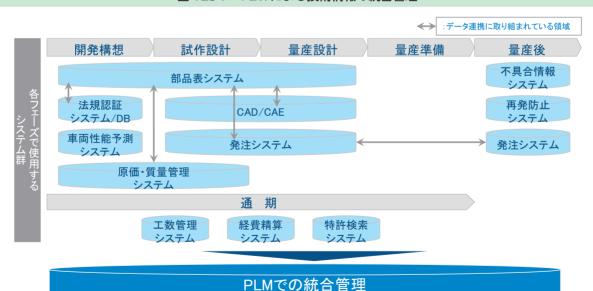
• 顧客の属性情報に加え、顧客とのコミュニケーション履歴を時間軸に沿って管理

出所:アーサー・ディ・リトル・ジャパン (株) 「サイバーフィジカルシステムの戦略的導入等に係る調査」(2021年2月)

また、設計領域においては、設計支援システム (CAD) で作成した図面情報を始め、部品を構成する部品表や、原価・質量管理、製品の性能のほか、製造工程や販売後に発生した不具合情報など、多岐にわたる情報を取り扱う。そのため、それぞれの情報を個別に管理するのではなく、企画、設計、製造、販売・アフターサービスといった製品ライフサ

イクル全体にわたって技術情報を管理する製品ライフサイクル管理システム(PLM: Product Lifecycle Management)の導入が進められている(図 123-7)。このシステムを導入し、情報の統合管理を行うことで、製品開発力の強化や設計作業の効率化などが可能となる。

#### 図 123-7 PLM による技術情報の統合管理



出所:アーサー・ディ・リトル・ジャパン(株)「サイバーフィジカルシステムの戦略的導入等に係る調査」(2021年2月)

さらに、バリューチェーン全体を俯瞰すると、営業領域における受注、設計領域における設計検討、製造領域における部素材調達など、あらゆる業務領域での企業活動が経営に関係する。これらの情報を経営層が経営判断する際の判断材料として活用するため、情報を統合管理する経営資源管理システム(ERP:

Enterprise Resources Planning)の導入が進められている。ERPには、会計管理機能のほか、人事・給与、販売、生産、購買などの様々な機能が備えられており、各機能間でスムーズなデータ連携が可能となっている。

# 製造業における主要なシステム

製造業では、営業・マーケティング・商品企画、研究開発、設計開発、製造、物流、販売・サービスといった各業務領域で様々なシステムが活用されている。以下で主要なシステムの概要を説明する。

システム名		概要
CRM	<u>C</u> ustomer <u>R</u> elationship <u>M</u> anagement (顧客情報管理システム)	<ul> <li>・顧客の属性情報に加え、顧客とのコミュニケーション履歴を時間軸に沿って管理するシステム。</li> <li>・営業支援システム(SFA)やマーケティング自動化システム(MA)と連携することで、顧客情報の統合管理、マーケティング施策の検討、生産部門に対する需要予測の自動的な提供などが可能となる。</li> </ul>
ERP	Enterprise <u>R</u> esources <u>P</u> lanning (経営資源管理システム)	<ul> <li>・企業経営の基本となる資源要素(ヒト・モノ・カネ・情報)を統合管理して見える化するシステム。企業の主要な業務を対象としており、人事・給与管理、販売管理、生産管理、購買管理、会計管理などの機能が備えられている。</li> <li>・統合した情報を基に企業の状況を正確かつタイムリーに把握することを可能とし、経営戦略の決定などに用いられる。</li> </ul>
PLM	Product Lifecycle <u>M</u> anagement (製品ライフサイクル管理シス テム)	<ul><li>製品ライフサイクル全体にわたって技術情報を管理するためのシステム。 企画、設計開発、生産、調達、物流、販売、アフターサービスなどの各事業 領域にわたって発生する様々な技術情報を統合管理する。</li><li>全工程で情報を共有することで、製品開発力の強化、設計作業の効率化、 在庫削減などが可能となる。</li></ul>
CAD	<u>C</u> omputer- <u>A</u> ided <u>D</u> esign (設計支援システム)	<ul> <li>・人の手によって行われていた設計作業をコンピュータにより支援するシステム。</li> <li>・製図作業の効率化だけでなく、3DCAD で作成したデータを、エンジニアリング支援システム(CAE)や製造支援システム(CAM)などの他工程のシステムに連携することで、業務効率化を図ることが可能となる。</li> </ul>
MES	<u>M</u> anufacturing <u>E</u> xecution <u>S</u> ystem (製造実行システム)	<ul> <li>製造工程の管理や、作業者への指示などを行うシステム。機能は定義・リソース管理、スケジューリング、オペレーション、実績管理など機能群に分類され、これら機能全てを用いるのではなく、必要に応じて利用するのが一般的である。</li> <li>機械の稼働状況やヒトの工数などを機械単位、作業単位で管理することで、生産効率向上及び製造コストの削減が可能となる。</li> </ul>
PLC	Programmable Logic Controller (プログラマブル・ロジック・ コントローラー)	<ul><li>・装置・設備の制御プログラムを管理する装置。製造現場だけではなく、エアコンや洗濯機などの家電製品やエレベーター、自動ドアなどの建物設備、変電所などの大規模施設といった様々な用途で用いられている。</li><li>・各製造装置が実行する動作を事前に順序付けて記憶させることで、効率的・自動的に製造設備を動かすことが可能となる。</li></ul>
CNC	<u>C</u> omputer <u>N</u> umerical <u>C</u> ontrol (コンピュータ数値制御)	<ul> <li>・加工工程で工具の移動量や速度をコンピュータによって数値制御する技術であり、NC (Numerical Control) 旋盤、マシニングセンタを始め、多くの工作機械で使われている。</li> <li>・設計支援システム (CAD)、製造支援システム (CAM) が生成したデータを工作機械の操作に必要なプログラムに変換し、それを CNC 工作機械が読み込んで動作することで、設計工程から製造工程までの効率的な連携が可能となる。</li> </ul>
IT	<u>I</u> nformation <u>T</u> echnology (情報技術)	・コンピュータやネットワークを利用し、情報を取得・加工・保存・伝送・活用する技術。広義には、コンピュータやネットワークに関連する諸分野における技術・設備・サービスなどの総称。ICT( <u>I</u> nformation and <u>C</u> ommunication <u>T</u> echnology:情報通信技術)という表現もほぼ同義で用いられている。
ОТ	Operational <u>T</u> echnology (制御技術)	<ul><li>物理的な装置や工程を監視・制御するためのハードウェアとソフトウェア技術。工場や発電所といった設備や関連する機器の物理的な状態をモニタリングし、最適に制御・運用する技術。</li></ul>

出所:アーサー・ディ・リトル・ジャパン(株)「サイバーフィジカルシステムの戦略的導入等に係る調査」(2021年2月)

#### ②各業務領域間のデータ連携における課題

ここまで各業務領域におけるデータ連携に向けた 動向を整理してきたが、このようなデータ連携を進め る上での課題は、生産方式(受注生産又は見込生産)、 部品点数(サプライヤー数)、商流(直接販売又は間接販売)など、各産業分野の特徴によって細分化される(図 123-8)。

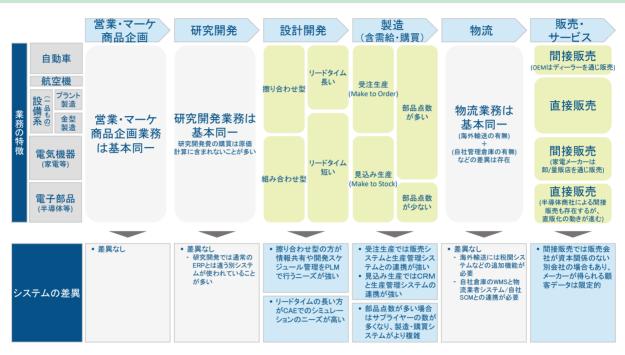
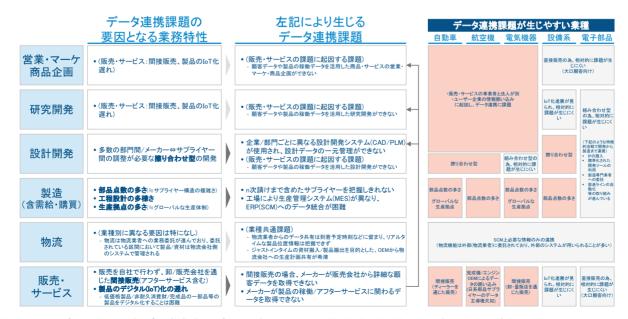


図 123-8 システム利用における産業分野別の差異

出所:アーサー・ディ・リトル・ジャパン (株) 「サイバーフィジカルシステムの戦略的導入等に係る調査」(2021年2月)

例えば、従来の自動車産業や航空機産業といった 産業分野は、「すり合わせ型である」、「部品点数が多い」、「間接販売」といった特徴を一般的に有してお り、これらの特徴が、設計、製造、販売・サービスなどの各業務領域間におけるデータ連携が難しくなる要因となってきた(図 123-9)。

#### 図 123-9 データ連携における課題の産業分野ごとの整理

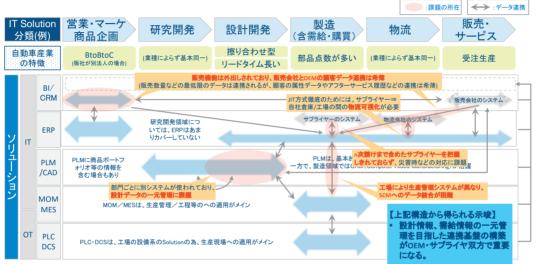


出所:アーサー・ディ・リトル・ジャパン(株)「サイバーフィジカルシステムの戦略的導入等に係る調査」(2021 年 2 月)

具体的には、自動車産業は設計部門やサプライヤーが多岐にわたるため、これまでは、設計・開発を実物で行った上で実機を試作しこれを評価するといった一連のプロセスを通してすり合わせを行ってきたが、データ連携などによりフロントローディング<sup>注32</sup>の手法を取り入れれば、試作・評価の負担や手戻りを減らすことができ、より効率的なものづくりが可能となる。このような中で、実機ではなくコンピュータ上のモデルを作成して開発を行う MBD (Model Based Development:モデルベース開発)が普及しつつあり、MBD の普及によ

り、試作品の製作費用などのコスト削減及び開発期間の短縮が期待される。特に、サプライヤーからメーカーがモデル及びデータを提供するのみならず、メーカーからサプライヤーへもモデル及びデータを提供することで、サプライヤーが設計の意味をより深く理解し、一層効率的な開発が可能となるといわれている。企業間で双方向性のデータ連携が促進され、よりフロントローディングな開発・設計・評価が実現することで、スピーディかつ効率的に、新製品を市場投入できるようになることが期待される(図 123-10)。

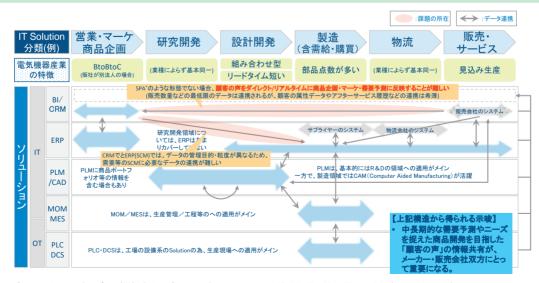
# 図 123-10 自動車産業におけるシステム連携の課題



出所:アーサー・ディ・リトル・ジャパン(株)「サイバーフィジカルシステムの戦略的導入等に係る調査」(2021年2月)

また、電気機器産業においては、見込生産による在 庫販売が主流となっており、適正生産や、適正在庫の 中長期的な需要予測が重要であるが、メーカーと販売 会社が別の企業であることが多く、両者間でのデータ 連携に課題がある。このため、顧客の購買動向に関するデータ収集と、当該データをメーカー・販売会社間で連携することが重要となる(図 123-11)。

#### 図 123-11 電気機器産業におけるシステム連携の課題



出所:アーサー・ディ・リトル・ジャパン(株)「サイバーフィジカルシステムの戦略的導入等に係る調査」(2021年2月)

注 32 できるだけ開発の初期段階に資源を集中的に投入すること。これにより、問題点の早期発見、品質向上、後工程での手戻りにより少な くすることができる。

このように、製造事業者における DX を進めるに当たり、注力すべき領域や想定される課題は様々である。そのため企業ごとに経営資源が限られる中で、効率的かつ戦略的な DX 投資を進めるには、自社や取引先がバリューチェーン上で担っている役割や、業務領

域間で必要となるデータ連携などを的確に把握することが重要である。実際に、これらの点を踏まえつつ、業務領域間や企業間でのデータ連携に取り組み、新たな価値の創出や大幅なコスト削減を実現する企業も現れ始めている。

# コラム

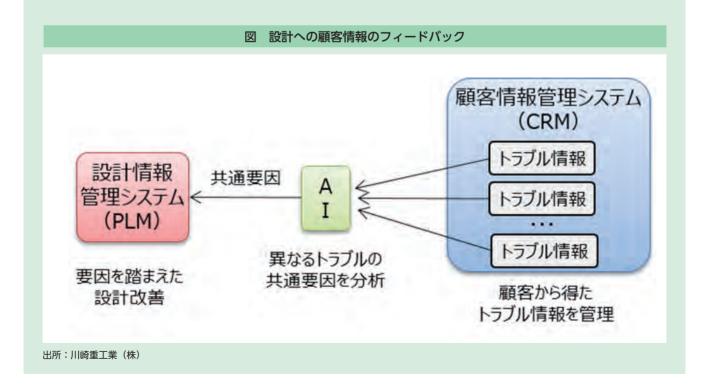
# 製品設計におけるアフターサービス情報の活用・・・川崎重工業(株)

同社は、船舶海洋カンパニー、車両カンパニー、航空宇宙システムカンパニー、エネルギー・環境プラントカンパニー、モーターサイクル&エンジンカンパニー及び精密機械・ロボットカンパニーの6つのカンパニーを持ち、多様な製品を扱っている企業である。

このような中、同社は、製品のアフターサービス情報を担う顧客情報管理システム(CRM)の高度化に取り組んでいる。CRMには、AIを活用し、サービス担当者や営業担当者が書き込むテキストデータから関連性を見いだして新しい発見を促す仕組みを取り入れた。AIは、(株)神戸デジタル・ラボが京都大学と産学連携によって共同開発したデータ活用技術を搭載したもので、様々な不具合情報や修理情報などから、人間では関連付けられない関係性を可視化できる。

全く種類の異なる不具合情報の関連性を AI によって明らかにすることで、原因の特定が迅速化するケースや、営業担当者のテキストデータを分析することで、ビジネスプロセスの異なる顧客における共通ニーズを読み取ることができたケースが現れ始めているという。加えて、上記の CRM を製品ライフサイクル管理システム (PLM) と連携させ、アフターサービス内容の高度化を図りつつ、顧客へ納入後に稼働中の製品情報を設計にフィードバックすることを目指している。

さらに、納入製品の部品構成や、保守内容、トラブル原因に関する情報などを CRM から PLM へ連携し、 設計における是正措置や予防措置へのプロセスに組み込むとともに、PLM 側に蓄積された設計部門の設 計変更などの対応措置を CRM 側へ連携することで、アフターサービスの高度化を目指している。



# PLM の刷新による設計、生産などのプロセス連携・・・オムロン(株)

同社は、産業機械、ヘルスケア、社会システム、電子部品といった多岐にわたる事業を展開し、約 120 の国と地域で商品・サービスを提供している企業である。同社のグローバルでの事業成長に不可欠なテーマであったのが、設計開発や生産の効率の更なる向上である。

同社は、従来からグループ全体で製品ライフサイクル管理システム(PLM)を活用することで品番情報や部品表を統一し、部品表や設計図面を統合管理してきた。しかし、日々進化する事業環境の変化に対応するため、設計・生産のグローバル連携強化による業務効率の向上や、トレーサビリティの強化が次第に強く求められるようになるにつれて、このシステムも刷新が必要となっていった。

次の成長を支えるにふさわしい商品開発プロセス上の設計支援基盤の実現に向けて重視したのは、グローバルに利用できること、より精緻なトレーサビリティを実現できること及び部材情報の活用により原価の削減できることの3点である。システム構築時には「CMO(Common:共通化、Module:標準化、Option:選択)」という考え方を基準にして、パッケージ標準を活用する部分とシステムを独自に作り込む部分とを切り分けた。他社との差異化につながらない領域は可能な限り標準機能を利用しつつ、競争力の源泉と考える独自のプロセスについてはこだわり、カスタム開発を行った。

新たなシステムの活用による設計・開発面での効果は、設計情報の共有による開発効率の大幅な向上と、 グローバルでの拠点・部門の枠を超えた連携による開発リードタイムの短縮である。設計情報の変更履歴 や設計途中の変更結果を管理することで、設計ノウハウの継承や課題の共有が可能となった。

また、各生産拠点で旧製品の在庫がなくなるタイミングに合わせて設計変更の適用日をそれぞれ設定する機能や、厳格なトレーサビリティが求められる製品の設計変更時にきめ細かなリビジョン管理を行う機能などを備えている。セキュリティ面では、設計図面などの機密データについて、メール添付、印刷、画面キャプチャ、外部媒体へのコピーなどの操作を利用者ごとに制御することで、社外への流出を防止する機能も備えている。また、前述した設計情報が統合管理され、生産部門と連携されることで、同一製品のグローバル複数工場での並行生産や複数の納品先を想定した対応が可能となり、市場状況に応じて臨機応変に生産工場を選択するグローバルな最適生産への対応やBCP対応強化も可能になった。

また、製品の部材として用いる抵抗やコンデンサなどは、必要となるスペック属性(抵抗値や電圧など)が部材の分類ごとに異なる。各分類に個別の属性を定義し、それら属性による検索を可能とすることで、設計者の部材調査から選定業務までの効率化を図った。本社購買部門でQCD(Quality:品質、Cost:コスト、Delivery:納期)を満たす部材を標準品と認定し、標準部材活用の促進を図ることで部材集約による大幅なコスト削減が実現した。

以上のように、設計データの生産部門への受渡し機能を中心としていた PLM を刷新することで、試作から量産までの製品のライフサイクルにわたって一貫したデータ管理を実現することができた。同じ品番の製品でも、客先や完成品の種類などに応じて、構成部品単位で精緻にリビジョン管理を行うことで、過去

に製造した製品の客先からの再生産要求への迅速な対応(PLMと設計支援システム(CAD)の連携)や、旧製品の在庫消費タイミングに合わせた設計変更の検討(PLMと経営資源管理システム(ERP)の連携)など、業務効率化が可能となった。これによって設計変更に伴う工数を大きく削減できた。

実際に、同社の設計・生産約50拠点(国内約30・海外約20)で導入されており、約4,200名の社員が利用している。また、本システムは24時間365日稼働し、ERPなどのシステムとリアルタイムに連携している。

#### 図 同社の PLM の全体イメージ 販売システム 構成管理 商品コート CAD情報の 登録 设計BOM L ) (日本) 生産システム 生性工 成果物管理 ECO 図面 文書 生産 -バル各拠点) 设計 (海外) 'n Ľ٦

出所:オムロン(株)

# 企業間のデータ連携プラットフォーム ・・・三菱商事 (株)

同社は、総合商社としての強みを活かして、サプライチェーンをデータでつなぎ、食品流通分野で DX に取り組んでいる。同社の狙いは、サプライチェーンの上流から下流にわたり、あらゆる商流データを需要予測システムで分析し、過剰在庫や欠品を出さない生産量や仕入れ量を予測することで、大幅なコスト 改善を実現することである。将来的には、蓄積した需要予測のノウハウにとどまらず、事業の効率化や生産性向上に資する機能をプラットフォーム化して共有することにより、グループ内外の様々な商材やグループ企業以外にも展開する方針だ。

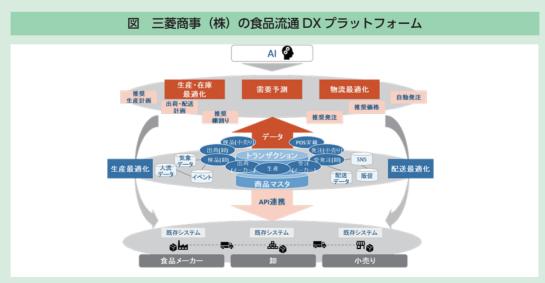
同社のグループは複数の食品メーカーや小売りチェーンを抱えているが、取引構造が複雑化しているために情報共有は十分とはいえない状況であり、欠品や過剰在庫が生じていた。具体的には、販売側の小売業者が特定商品のセールを行うと、卸業者は供給確保のために在庫を積み増すが、店頭での需要予測の精度によっては過剰在庫を抱えてしまう。また、供給側のメーカーが新製品を投入する際も、小売業者が販売スペースを確保できなければ、在庫は過剰となってしまうこととなる。これは、社会課題にもなっている食品ロスが生じるひとつの要因でもある。

そこで、従来の個社ごとの在庫管理システムとは異なる考え方で、企業間のデータ連携を狙った。商流の川上から川下まで同社がデータを集約・分析し、需要予測データを各社と共有することで、サプライチェーン全体で在庫を管理することを目指した。

実現に向けて、業務提携を結んでいる日本電信電話(株)などとともに、企業内や企業間に散在するデータと気象予測情報などの外部データをシームレスかつセキュアに連携する基盤や、食品流通における AI 需要予測システムを開発した。当初は予測精度が上がらなかったものの、グループ企業だけでなく取引先からも幅広くデータを収集するとともに、倉庫からの出荷量や調達に要する時間などの多種多様な情報を収集した上で、これらの情報を AI に学習させることで、予測精度の向上に加え、在庫の削減とトレードオフの関係にある欠品率の低下も実現した。

この AI 需要予測システムについて、今後、更なる検証を進め、実運用に移行し、グループ内外に販売を広げていく予定である。これにより、食品流通バリューチェーン全体の無駄や重複を排除し、効率化かつ最適化された食品流通の実現を目指す考えだ。

同社が川上から川下まで関係する事業は幅広く、食品のみならず、自動車や日用品、建材、化学品など 多岐にわたる。前述の AI 需要予測システムの仕組みはこれらの他分野の予測にも横展開できるため、食 品流通を起点に他分野にも展開し、多様な産業における知見、ノウハウ、データをデジタル技術と掛け合 わせた取組を進め、社会課題の解決を目指している。



出所:アーサー・ディ・リトル・ジャパン(株)「サイバーフィジカルシステムの戦略的導入等に係る調査」(2021年2月)

# (3) 製造現場での無線通信技術の本格活用に向けた期待

2020年版ものづくり白書では、今後、製造現場に おいて 5G などの無線通信技術の本格活用が進んでい くであろうことを見据え、5G の国際的な標準仕様の 策定動向やローカル 5G に関連した国内の制度整備の 検討状況、これらの無線通信技術を製造現場で本格活 用する際の期待と課題などについて論じた<sup>注33</sup>。(2) で論じたバリューチェーン全体における DX も、無線 通信技術の活用が進めば一層進展すると見込まれて いる。さらに、無線通信技術の活用により製造現場に おいて通信の配線レス化が実現すれば、迅速かつ柔 軟に組み換えられる生産ラインを構築することがで き、平時のみならず、有事の際に新たに必要となる代 替生産や増産に柔軟に対応することが期待できる。以 降、無線通信技術の国際標準化や制度整備の動向を アップデートするとともに、製造現場において期待さ れるユースケースや無線通信技術の進展がもたらす 市場のゲームチェンジ、無線通信技術に対する我が国 製造事業者の認識などに言及していく。

まず、無線通信技術の中でも、2020 年版ものづくり白書策定後の 1 年間において国際標準化に向けた検討が進められた Wi-Fi6 と 5G を取り上げる。

Wi-Fi®は、2.4GHz帯や5GHz帯などの免許不要帯域を用いた無線通信技術であり、IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers:米国電気電子学会)が定める無線通信規格であるIEEE 802.11をベースとしており、通信機器メーカーなどで構成される国際的な業界団体であるWi-Fi Allianceが普及を促進している。現在、無線LANルーターなどの機器向けに同団体が認証プログラムを提供している最新の規格は、無線通信規格IEEE 802.11axをベースとしたWi-Fi6である。Wi-Fi6は、従来の規格と比較して、①多数同時接続、②IOT機器との容易な接続、③高速通信が可能である、といった優れた特徴を有している。さらに、その後継として、無線通信規格IEEE 802.11beをベースとした次世代規格の策定も進められている。

5Gに関して、我が国においては、スマートフォンなどのユーザー向けに通信事業者が展開するサービスが先行して商用化されており、2020年3月に(株)NTTドコモ、KDDI(株)及びソフトバンク(株)の3社が、同年9月には新規参入した楽天(株)が、それぞれサービスを開始した。5Gが有する高速大容量・超低遅延・多数同時接続といった特徴に鑑み、製造現場においても本格的な活用が期待されている。5Gの特徴のうち、特に超低遅延・多数同時接続の機能が強化されたポスト5Gは、2025年頃に製造現場を含めた多様な産業用途で本格活用されることが見込まれている。その際に必要となる先端半導体注34の製造を国内で実現すべく、経済産業省では、2019年度補正予算及び2020年度第3次補正予算において、

「ポスト 5G 情報通信システム基盤強化研究開発事業」として合計 2,000 億円の基金を創設した。この事業では主に、①ポスト 5G 情報通信システムの開発、②先端半導体製造技術の開発、③先導研究、の3つの取組を行っており、同年度においては、58 件の応募があり、35 件を採択した。

製造現場での本格活用を想定する際には、通信事 業者が主体となって全国展開する 5G 通信サービス だけでなく、ローカル 5G も選択肢となる。ローカ ル5Gとは、通信事業者以外で実際に5Gを利用 する自治体や企業が直接無線通信技術を管理する主 体となり、自らの建物内や敷地内といった特定のエ リアで構築・運用する自営の 5G ネットワークであ る。現在、ローカル 5G として利用できる対象周波 数帯は 4.6 ~ 4.9GHz と 28.2 ~ 29.1GHz の合計 1,200MHz であり、これらを利用するには実際にそ の利用者となる自治体や企業が総務省に免許申請を 行い、免許を取得する必要がある。また、対象周波 数帯の活用に向けては、まず 28.2 ~ 28.3GHz の 計 100MHz 幅についての技術的条件の検討が先行 して行われ、2019年12月から免許申請が開始さ れた。残る 4.6 ~ 4.9GHz と 28.3 ~ 29.1GHz の 周波数についても、2020年12月から免許申請の 受付が開始されている。

注 33 2020 年版ものづくり白書で言及したとおり 5G とは、ITU(International Telecommunication Union: 国際電気通信連合)が 国際標準化を、3GPP (3rd Generation Partnership Project) が標準仕様策定をそれぞれ定める「第5世代移動通信システム」で あり、「超高速通信」、「超低遅延通信」及び「多数同時接続」を実現するという特徴を有している。

注 34 先端半導体とは、ポスト 5G を含む情報通信システムにおいて必要となる、先端的な機能を有する半導体を意味している。

# コラム

# 無線通信技術を製造現場で使いこなすために<br/> ・・・国立研究開発法人情報通信研究機構 板谷聡子氏

製造現場ではこれまで有線通信技術が主に利用されてきたが、柔軟性のある製造ライン実現のため、5G やローカル5G を含む無線通信技術への期待が高まっている。一方で、製造現場における無線通信技術の本格活用には独特の課題があり、複数の異なる無線通信技術が共存するためには、通信に用いられる電波の性質と課題を正しく理解する必要がある。

電波とは、電場と磁場が変化することによって発生する波であり、波としての特徴を持つ。波の特徴の 主なものとして、干渉と回折がある。無線通信技術で用いる電波は、ある幅をもって周波数を区切り、用 途ごとに使い分けを行っている。この特定の幅を周波数帯と呼び、同一周波数帯の無線通信方式はおおよ そ同じような波の性質を持つ。また、周波数が高いほど直進性が高く(回折が小さい。)、単位時間当たり に伝送できる情報量が多い。周波数が低いほど物の陰に回り込みやすく(回折が大きい。)、単位時間当た りに伝送できる情報量が少ない。また、電波は水に吸収されやすく、金属では反射されやすいという特徴 があるため、製造現場のように人(人体には水分が多く含まれる。)の行き来があり金属物も多い環境に おいては、各無線通信技術が用いる周波数に応じた特徴を理解し、環境に応じて適材適所で無線通信技術 を使うことが重要である。例えば、やり取りするデータ量は小さいが、通信相手が金属の陰に隠れること があるような場合は、回り込みやすいが送信できる情報量が少ない低い周波数帯が向いている。一方で、 比較的近い場所で通信するが、画像などある程度まとまった量のデータのやり取りが発生する場合は、 高い周波数帯を用いることが望ましい。例えばローカル 5G において利用できる対象周波数帯は、4.6~ 4.9GHz 及び 28.2 ~ 29.1GHz の合計 1,200MHz である(図)。5G では、比較的小さなデータに関して、 基地局端末間の通信に掛かる遅延時間が1ミリ秒以下で実現できる事例が報告されているが、特に超低遅 延と大容量とをある程度のレベルで両立させなければならないアプリケーションに対しては、高い周波数 帯を適切に扱うことが求められている。また、1 つの周波数で正常に通信できる無線システム数には限り があり、複数のシステムが同じ周波数を用いると干渉する場合がある。このため、できるだけ多くの無線 システムで同じ周波数を用いるためには何らかの調整機能が必要になる。



出所:総務省「情報通信審議会情報通信技術分科会第17回新世代モバイル通信システム委員会」(2020年6月)

国立研究開発法人情報通信研究機構(NICT: National Institute of Information and Communications Technology)では、総務省と連携し、製造現場でのIoT化を推進し、無線通信技術を活用したスマート工場を実現すべくフレキシブル・ファクトリー・プロジェクトを立ち上げ、稼働中の工場における多種類の無線通信技術の性能評価実験を通して、現場で発生する問題やその原因分析を行っている。さらに、活動の中で得られた知見が広く活用されるべく、各種報告書の公開を積極的に行っている。また、製造現場で用いられる様々な機器の中には国内メーカーの製品のみならず海外メーカーの製品も多く用いられているため、それらを協調して動作させるためには協調制御に係る通信規格を国際標準化する必要がある。このため、2017年にフレキシブル・ファクトリー・プロジェクトの有志が集まり、フレキシブルファクトリーパートナーアライアンスという非営利任意団体を設立し、複数の無線システムが

混在する環境下での安定した通信を実現する協調制御技術の規格やその試験仕様を策定してきた。今後は、認証試験などを通して協調制御技術の普及促進を図り、製造現場の IoT 化を推進するための活動を更に展開する予定である。

2020年版ものづくり白書では、国際的な枠組みである3GPP (3rd Generation Partnership Project)で検討されてきた5Gの国際的な標準仕様について取り上げた。具体的には、2018年6月に公表された「Release15」にて、5Gの基本機能とされている高速大容量に係る標準仕様が策定されたことや、今後、「Release16」以降で要件定義される機能が拡充される予定であることを取り上げた。

その後の1年間での進展としては、2020年6 月に公表された [Release16] が挙げられる。

「Release16」では、超低遅延・同時多数接続の要件が定義され、製造現場での5Gの活用を想定して、

件が定義され、製造現場での 5G の活用を想定して、 ①生産設備の制御や予知保全、②画像解析を通じた 製品の品質管理、③製造現場における高精度な測位、 といった産業 IoT 向けの要件定義が新たに行われた。

加えて、「Release16」の後継規格である「Release17」の検討も進められている。「Release17」では5Gの最終的な標準規格の確立を目的としており、①複数台の監視カメラやウェアラブル端末を一括制御した際の運用の最適化、②エッジコンピューティングの本格活用、③通信端末同士又は車両同士の相互通信、といった一層厳格な要件定義が行われる予定である。「Release17」は当初、2021年末めどで公表され

「Release17」は当初、2021年末めどで公表される予定とされていたが、現時点では早くとも2022年半ば以降の公表が予定されている(図123-12)。



出所:3GPP "Release 17 timeline agreed" (2020年12月)

# コラム

# 5G の活用に向けた業界団体の動向 ・・・(株)野村総合研究所 コンサルタント 新町隼人氏

5G の商用化に至るまでの過程においては、大きく 2 つのステップで検討が進められてきた。一つ目は 5G の仕様を定めるための標準化活動、二つ目は 5G の活用を進めるための普及推進活動である。このうち、5G の活用に向けた普及推進活動という点では、ドイツを中心とした 5G-ACIA(5G Alliance for Connected Industries and Automation)が中心となって進めてきた。

5G-ACIA とは、製造業の 5G に関するニーズ把握や、標準化や規則の策定に向けた検討といった取組を通じて製造業における 5G の利活用を促進することを目的に、ドイツ電気電子工業連盟の後援の下で2018 年に設立された国際的なアライアンスであり、各国の通信事業者や製造事業者のほか、研究機関や大学も参加している。本組織は主に、全体戦略を策定する理事会と個別のテーマを議論するワーキンググ

ループによって構成されている。参加事業者は、通信分野を専門とする ICT 分野と、工場の生産プロセスや実際の製造を専門とする OT ( $\underline{O}$ perational  $\underline{T}$ echnology:制御技術)分野に分かれて、製造現場における 5G の活用に向けた検討を進めている。さらに、5G を活用するに当たっての具体的な課題やローカル 5G の運用状況についての把握も行っており、現場からの改善要望や規制の在り方について、必要に応じて政府や標準化団体に対する提言を行っている。

また、同団体は、3GPP などの他の標準化団体や、業界団体が行っている検討にも参加している。同団体は、3GPP の活動には「市場担当パートナー」として参加しており、5G の国際標準化に当たって製造現場で5G を実際に活用することを想定した形での検討が進むべく、必要な働きかけを行っている。

製造現場で無線通信技術の本格活用が実際に進めば、例えば、工場内の通信の配線レス化によって製造ライン全体や工場全体のレイアウト変更が容易に行えるようになり、その時々の状況に応じた最適な生産ラインの構築が可能となる。また、各生産設備に設置されたセンサーを通じて、従来は取得できなかった稼働状況などの情報を大量かつリアルタイムに取得で

きるため、製造された製品のトレーサビリティの確保 や不良品判断、生産設備の予知保全がより正確かつ迅速に行えるようになる。さらに、遠隔監視、工場内での複数の無人搬送車(AGV)の活用、生産設備ごとに設置されてきた制御装置の一括制御、AR(拡張現実)や VR(仮想現実)を用いた作業員への作業指示といった活用が可能になると想定される(図 123-13)。

#### 図 123-13 無線通信技術を活用したスマート工場のイメージ モーションコントロール テクノロジーレイヤ (マルチモーダル) (デバイス、ネットワーク接続性の検証等) ロボット AIカメラ الميتم 有線の無線化 (クラウドPLC等) 自動制御 AGV モバイルオペレーションパネル 人との協働型AGV 🧂 (遠隔監視) 資産トラッキング モバイルコントロールパネル (遠隔監視) AR、ウェアラブルの活用

資料:ボッシュ " Accelerating Smart Factory using 5G"

# コラム

# XR によるものづくりにおける技能承継、設計や保守作業の効率化 ・・・ラティス・テクノロジー(株)、(株)ひびき精機、西日本電信電話(株)、(株)小松製作所

ラティス・テクノロジー(株)は、製造や保守作業を行う従業員が装着する眼鏡型 XR デバイスやタブレットなどに作業情報をビジュアル表示する 3D 作業指示書ソリューションを提供している。本ソリューションは軽量 3D フォーマット(XVL®: extensible Virtual world description Language)を利用して開発された。現場で製造や保守作業を行う従業員が、眼鏡型 XR デバイスやタブレット上に 3D 作業指示書を表示すれば、作業内容を 3D で正確に把握し、効率的な作業を行うことができる。なお、XVL®は、製造工程における3D 作業指示書のみならず、設計や試作評価、販売・サー

# 活用した組立性や作業性の事前検証例 Trian Rea Rea Path Path Read Adda Path Read Path Read Adda Path Read Adda Path Read Adda Path Read Adda Path Read Path Read Adda Path Read Path R

ラティス・テクノロジー(株)の XVL を

出所:ラティス・テクノロジー(株)

ビス、設備開発、工程検討・ライン構築など、ものづくりに関わる全てのプロセスで活用可能で、ものづくりの IT 化による全体最適を実現する。

また、スマートグラスを技能伝承に活用している事例もある。(株)ひびき精機はアルミやステンレスなどの金属加工技術を活かして半導体製造装置の部品や航空機精密部品の製造を得意とする企業である。同社では、工作機械の状態確認や若手従業員の指導のために、その都度熟練者が現場に向かう必要があり、その手間が作業効率を低下させているという課題があった。これに対して、ローカル 5G 活用のトライアル契約を締結した西日本電信電話(株)と共同で、スマートグラスを指導対象の若手従業員に装着させて、熟練者が遠隔から作業を指示・支援することによって、作業全体の効率化や技能の伝承にもたらす効果について、検証を行っている。

建設機械の設計に XR を活用している例もある。(株) 小松製作所では、2011 年から主力工場へ設計・開発用バーチャルリアリティ装置の導入を進めている。正面、左右、床の 4 面や、天井も加えた 5 面のスクリーンに運転者の視界情報を投影し、運転者の作業や視界を体感することができる。これによって、操作性や視界、安全性を設計段階でシミュレーションすることができ、そこで体験した結果をリアルタイムで設計に反映することができる。さらに、部品の点検・整備や修理のしやすさといったメンテナンス性の観点も早期に盛り込めるため、開発効率が向上し、開発期間を短縮することができる。

このような先進事例が今後も多く創出されることで、XRの活用とDXが相互に進展していくことが一層期待される。

## 図 2 (株) ひびき精機及び西日本電信電話(株)のローカル 5G を活用したスマートグラスの共同検証



出所:西日本電信電話(株)

将来的には、個々の生産設備から取得した稼働状況などの詳細データを、製造実行システム(MES)やその上位にある経営資源管理システム(ERP)に集約し、最適な稼働・制御条件をリアルタイムに生産設備にフィードバックする動き、すなわち、OT(制御技術)と生産計画全体を統括するIT(情報技術)との融合が一層進み、双方に市場を有する企業が関連市場での比較優位を強めていくような可能性が考えられる。

「令和2年度産業経済研究委託事業(分野別技術競争力に係る調査)」によれば、OT層のグローバル市場規模は21兆円(2016年実績)であるが、そのうち我が国の産業機械メーカーは23%(2018年実績)のシェアを占めており、実際に工作機械の加工条件の制御をコンピュータの数値計算により行うコントローラー(CNC)や製造装置の制御を行うプログラ

マブル・ロジック・コントローラー (PLC) のグローバルシェアはそれぞれ 65.2% (2017 年時点) と37.0%であることからも分かるように、従来、我が国の産業機械メーカーは OT 層に優位性を有してきた。一方で、ソフトウェアで構成される IT 層の市場については、グローバル市場規模 4.6 兆円 (2017 年実績) のうち日本企業が占めるシェアは 4.5% (2017 年実績) に過ぎず、実際に製造工程の把握や管理、作業者への指示などを行う製造実行システム (MES)のグローバルシェアは 17.6% (2017 年時点推計)、企業経営資源を可視化し、適切な分配や経営層の意思決定を支援するための経営資源管理システム (ERP)のグローバルシェアはわずか 1.9% (2017 年時点推計) といったように、OT 層と IT 層のプレゼンスに顕著な差があるといえる (図 123-14・15)。

図 123-14 OT 層 /IT 層のグローバル市場規模及び日本企業の占めるグローバルシェア

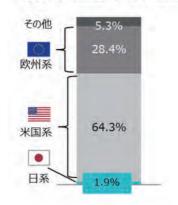


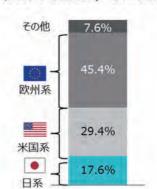
備考 1:数値はソフトウェアとハードウェア全体の市場規模。OT 層全体のうち、PLC と CNC のみのグローバル市場規模は 1.5 兆円。 備考 2:数値はソフトウェアとハードウェア全体の市場規模。OT 層全体のうち、PLC と CNC のみの日本企業のシェアは 41.5%。 出所:ボストン・コンサルティング・グループ「令和 2 年度産業経済研究委託事業(分野別技術競争力に係る調査)」(2021 年 2 月)

第2節

#### 図 123-15 OT 層 /IT 層の主要なシステムのグローバルシェア

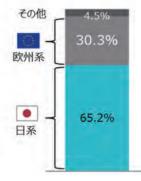
主要企業のERPグローバル市場シェア (2017年時点推計;ベンダー国籍別) 主要企業のMESグローバル市場シェア (2017年時点推計;ベンダー国籍別)

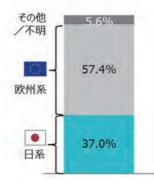




主要企業のCNCグローバル市場シェア (2017年時点推計;ベンダー国籍別)

主要企業のPLCグローバル市場シェア (メーカー国籍別)





出所:ボストン・コンサルティング・グループ「令和2年度産業経済研究委託事業(分野別技術競争力に係る調査)」(2021年2月)

一方、日本企業にとって競合となり得る海外企業の中には、OT(制御技術)層だけでなく、IT(情報技術)層にも強みを有する企業が存在する。例えばシーメンスは、従来は産業機械などの OT に強みを有していたが、各工程で用いられるデジタルツールを提供するソフトウェア企業の買収・連携を通して、IT市場にもシェアを拡大しつつある。2019年には、それらのデジタルツールを統合した「Xcelerator」というソリューションの販売を開始した。このような企業が、製造現場における無線通信技術の本格活用が進む中で OT と IT を相互に融合させた製品やサービスを新たに開発し、それらを実用化して市場に投入していけば、IT と OT の双方の市場を拡大させ、市場のゲームチェンジを招く可能性がある。これはユーザー企業

に加え、OT市場に優位性を有する我が国のFAメーカーにとっても重要な分岐点であり、今後、IT市場も視野に入れた事業展開を行うことが競争上重要となる。なお、従来はデバイスから取得されたデータはクラウドに送られ、そこで一括して分析・処理を行うような場合や、無線通信技術の導入によって扱うデータ量が増えることで、ネットワークに大きな負担が掛かる可能性がある。そこで、デバイス自体やデバイスとクラウドの間に置かれたエッジサーバでデータを迅速に処理しつつ、必要なデータのみをクラウドに送るといった分散処理を実現するエッジコンピューティング技術も活用が期待されており、無線通信技術を製造現場に実践導入する際には、これらのコンピューティング技術にも留意が必要である。

## コラム

# 海外の製造業における無線通信技術の活用動向 ・・・(株) 野村総合研究所 コンサルタント 新町隼人氏

かねてから「Industry4.0」を標榜し製造業の生産性向上に取り組んできたドイツにおいては、政府として、製造現場における無線通信技術の活用に向けたローカル 5G 制度の構築や技術開発支援に先行して取り組んでおり、これらの制度や支援策を利用しながら無線通信の活用を進める企業も現れ始めている。特に自動車産業においては、自社工場にて無線通信技術を活用する事例や、無線通信技術の活用によって実現するサービスの実用化に向けた実証を行う事例がみられる。これらの事例は世界的にみても先進的なものと考えられ、今後我が国の製造事業者が無線通信技術を本格活用していくに当たって、しっかりと留意すべきである。

機械メーカーのボッシュは、ドイツのロイトリンゲンにある自社工場でローカル 5G 免許を取得し、工場内でのプライベート 5G ネットワークの導入を通じて、無線通信技術の活用を前提としたサービスの実用化に向けた実証事業を予定している。具体的には、同社のグループ企業が提供する、クラウド化されたプログラマブル・ロジック・コントローラー(PLC)などを実装した「CtrlX AUTOMATION」と呼ばれるアプリケーションを、無線通信技術が導入された生産現場で活用することを想定している。さらに、プライベート 5G を介して、無人搬送車(AGV)の一括制御や AI を用いた保守・点検を行うことも検討している。同社は国内外に 280 ある自社工場を全てデジタル化し、そこから得られたデータ収集やデータの解析といったノウハウを他社に提供することを目指しているほか、将来的には、上記のユースケースを産業向け IoT ソリューションとして他の製造事業者に外販することを目指している。

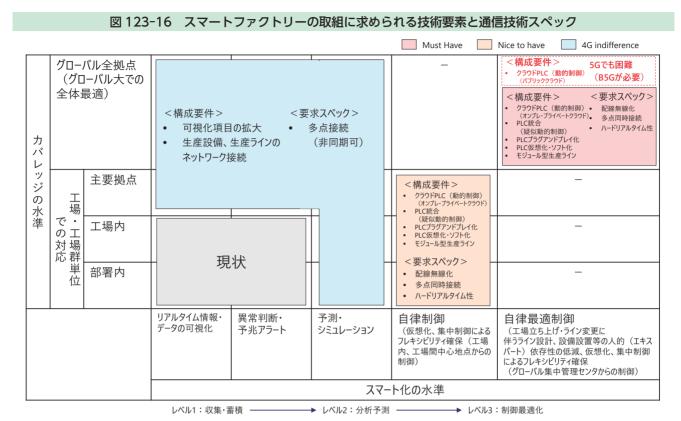
自動車メーカーのダイムラーは、ドイツのジンデルフィンゲンにある自社工場「Factory 56」でローカル 5G 免許を取得し、プライベート 5G ネットワークを活用した生産を行っている。具体的には、工場内で取得したデータをエッジコンピューティングにてセキュアに管理し、「MO360」と呼ばれる、製造実行システム (MES) やプログラマブル・ロジック・コントローラー (PLC) を含む製造現場の総合ソリューションを活用して生産を行っている。製造現場においては 400 台以上の無人搬送車 (AGV) を 5G に接続して制御しているほか、5G を活用した VR (仮想現実)・AR (拡張現実)を導入することで、溶接や細かな部品の取り付けといった自動化が困難な作業について、経験の少ない作業員の作業の支援を行っている。

また、無線通信技術の本格活用は、有事の際にこそ、一層大きく貢献することが期待されている。例えば、新型コロナウイルス感染症の感染拡大や自然災害などによってサプライチェーンに寸断リスクが生じ仮に一部の生産拠点で製造が不可能になったとしても、稼働可能な別の生産拠点において、その時々の状況に応じて必要となる製品の増産や代替生産に対応することが可能となれば、サプライチェーンの維持につながる。状況に応じて迅速かつ柔軟に対応できる能力こそがダイナミック・ケイパビリティであり、無線通信技術の本格活用の重要性は、製造業のレジリエンス強化の観点からも、その重要性は今後一層増してい

くと想定される。

一方で、通信の配線レス化も含めたいわゆるスマートファクトリーの取組について、構成要件として求められると想定される技術要素と無線通信技術のスペックを整理すると(図 123-16)、多くのユースケースでは 4G や無線 LAN などの既存の無線通信技術の活用で十分対応ができ、必ずしも 5G の性能を必要としないことが分かる。このように、自社の取組方針に合わせて、ユースケースやコストに応じて最適な無線通信技術を柔軟に選択し、ダイナミック・ケイパビリティ強化の取組をいち早く進めていくことが重要である。

第**2**節



出所:(株) 野村総合研究所 [製造業における 5G 等の情報通信技術の活用に向けた技術動向調査」(2021年2月)

無線通信技術に対する我が国製造事業者の認識に 関する調査によれば、無線通信技術への関心について

は過半数が「大いに関心がある」又は「関心がある」 としている(図123-17)。

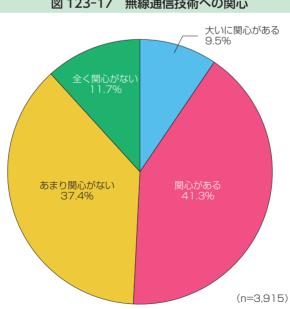
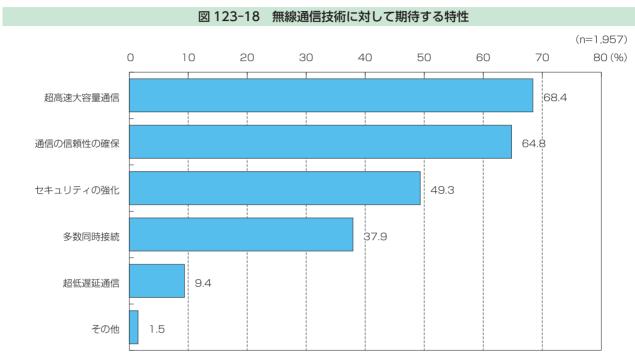


図 123-17 無線通信技術への関心

出所: 三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング(株) 「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」(2021年3月)

無線通信技術の特性として最も期待されているものは、「超高速大容量通信」であった。それに続く形で、「通信の信頼性の確保」、「セキュリティの強化」、

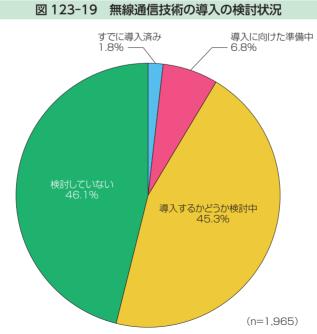
「多数同時接続」、「超低遅延通信」となっている(図 123-18)。



出所:三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング (株) 「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」(2021年3月)

実際の導入に向けた検討状況については、「すでに導入済み」又は「導入に向けた準備中」とした企業は、

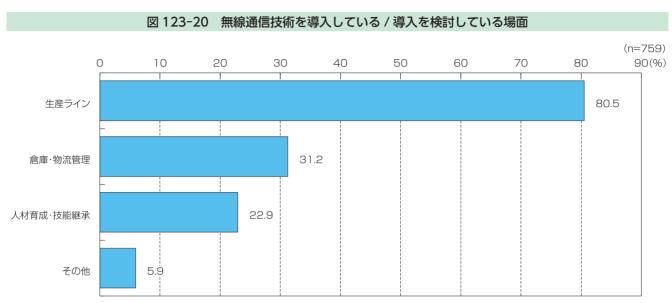
全体の 8.6%、「導入するかどうか検討中」とした企業は 45.3% であった (図 123-19)。



出所:三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング(株) 「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」(2021年3月)

無線通信技術を実際に導入している又は導入を検討している場面としては、8割を超える企業が「生産ライン」としており、「倉庫・物流管理」、「人材育成・

技能継承」とした企業も一定程度存在している(図 123-20)。

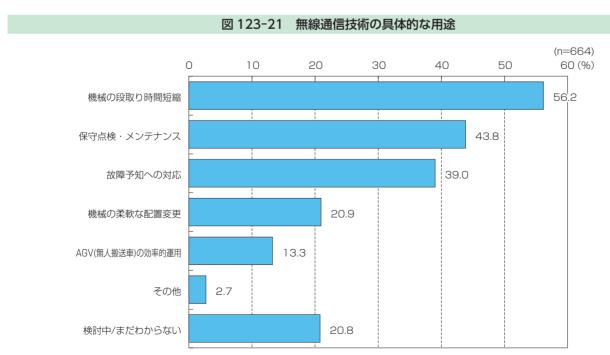


出所:三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング(株)「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」(2021年3月)

前述のとおり、無線通信技術が特に重要なのは、従来有線で行っていた通信の配線レス化や無人搬送車 (AGV) の活用などを通して、その時々の状況に応じて迅速かつ柔軟に組換え可能な生産ラインで最適な生産を実現できる点、つまりダイナミック・ケイパビリティの実現に寄与する点である。

しかし、無線通信技術の具体的な用途としては、現

段階では、「機械の段取り時間の短縮」、「保守点検・メンテナンス」、「故障予知への対応」を挙げた企業が多く、「機械の柔軟な配置変更」や「AGV(無人搬送車)の効率的運用」といったダイナミック・ケイパビリティの実現に資するユースケースを挙げる企業はそれらよりも少なかった(図 123-21)。



出所:三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング(株)「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」(2021年3月)

無線通信技術の活用に向けた課題や問題としては、「知見・ノウハウ不足」が最も多く挙げられた。 また、「導入コストの割高感」、「コストの不透明感」、 「ランニングコストの割高感」など、コストに関する ものも多く挙げられた(図 123-22)。

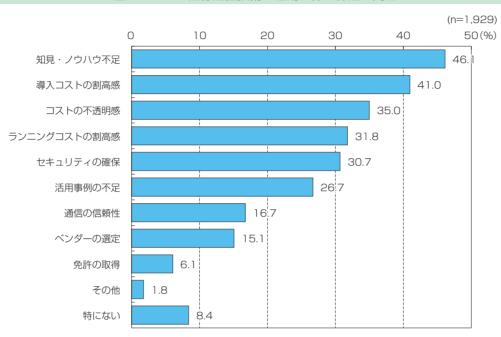


図 123-22 無線通信技術の活用に伴う課題や問題

出所:三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング(株)「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」(2021年3月)

#### コラム

## 「CEATEC 2020 ONLINE」の概要

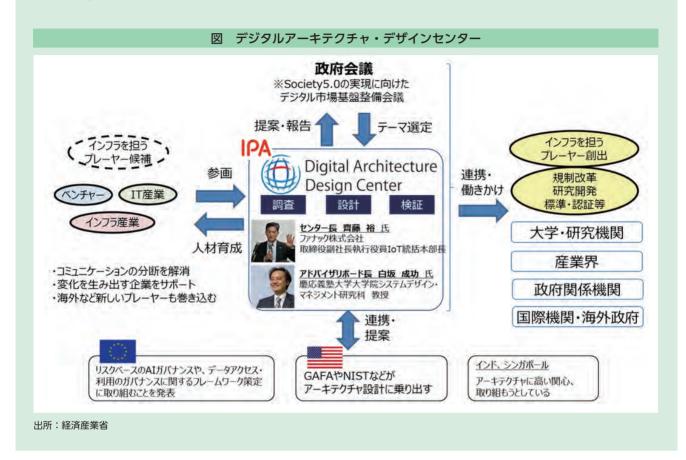
CEATEC (Combined Exhibition of Advanced Technologies) は一般社団法人電子情報技術産業協会、一般社団法人情報通信ネットワーク産業協会及び一般社団法人コンピュータソフトウェア協会の3団体で構成される CEATEC 実施協議会の主催で2000年から毎年開催されており、2020年は新型コロナウイルス感染症の感染拡大を受け、「CEATEC 2020 ONLINE」として開催された(開催期間:同年10月20日から23日、オンデマンド配信期間:同年10月28日から12月31日)。

今年の展示やカンファレンスの内容の特徴としては、①我が国でも通信事業者が提供するサービスが開始された 5G 関連、②新型コロナウイルス感染症の感染拡大によって課題が浮き彫りになった DX に関する各種提言、③社会課題解決に向けた DX、といった内容が挙げられる。ローカル 5G とエッジ AI を活用した顔認証や予兆検知など、製造業 DX への今後の展開の拡大が期待されるソリューションの展示も多数みられた。

カンファレンスにおいても、アジアの製造現場における 5G の活用状況や、産業分野における 5G 活用の取組と今後の展望など、産業分野における 5G 活用に関する内容が多数取り上げられた。これらの講演の中では、今後の課題として、①無線通信技術を通信事業者以外の事業者も広く使えるようにするための裾野作り、②プレーヤー同士の共創の重要性、といった提言がなされた。また、5G のセキュリティ機能の観点から今後整備すべき要件や不足する機能に関する議論も行われた。

また、「"デジタルアーキテクチャ"で作り出す産業構造の DX」をテーマに(独)情報処理推進機構 (IPA: Information-technology Promotion Agency) において 2000 年 5 月に設立されたデジタルアーキテクチャ・デザインセンター(DADC: Digital Architecture Design Center)によるセッションが開催され、同センター長でファナック(株)副社長の齊藤裕氏から、サイバー空間とフィジカル空間が信頼性

を有する形で安全かつ効率的につながる「縦の連携」、各企業が開発した個々のサービスが相互につながる「横の連携」、縦横の連携を適切に社会で適用できるためのルールや制度などの仕掛けや仕組みなどの「ガバナンス」の3つの観点を有するデジタルアーキテクチャの重要性が示された。



上記に加え、更に長期的な見通しとして、いわゆる 6G に当たる Beyond 5G の基本的な性能については、3GPP が 2021 年末以降に策定を開始する予定である「Release18」にて扱われるが、この中では数ミリ秒程度の遅延しか許されない厳格な制御やレスポンスなど、5G のスペックでは依然として対応できないとされるユースケースも含められると見込まれている。我が国では、総務省が Beyond 5G に向けた検討を既に開始しており、具体的には、Beyond 5G を「あらゆる機器が自律的に連携し、最適なネットワークを構築する自立性、地球上のどこでも通信を

可能とする拡張性、セキュリティ・プライバシーが常に確保される超安全・信頼性、データ処理量の激増に対応できる超低消費電力といった機能を実装した次世代の移動通信システム」  $^{\pm35}$  と定義し、2030 年頃に見込まれる導入・活用に向けた方向性を取りまとめた「Beyond 5G 推進戦略 - 6G へのロードマップー」を 2020 年 6 月に公表した。さらに、同年 11月には、Beyond 5G に関連した知財の取得や標準化に向けて、産官学が連携して取り組むことを目的とした「Beyond 5G 新経営戦略センター」を立ち上げたところである。

## (4) サプライチェーン全体でのサイバーセキュ リティ対策

ダイナミック・ケイパビリティや産業競争力の強化を進める上で DX が重要な役割を果たすニューノーマルにおいては、サイバー空間とフィジカル空間とが相互に一層大きく作用し合う状況が形成される。サイバー空間とフィジカル空間が高度に融合し、フィジカル空間の情報がデータとしてサイバー空間に取り込まれて自由に流通することにより、新たに社会・経済活動にとって有用なデータや製品・サービスが創出され、フィジカル空間に展開されるといった一連の活動が、これまで以上に活性化し、かつ、重要なものとなる。

このような状況下においては、サイバー攻撃の被害

を受け得る範囲やサイバー攻撃がフィジカル空間に対して及ぼす影響が一層拡大していくことは自明であり、事業者としても、サイバー攻撃の対象となり得るリスク源を着実に特定・認識し、対策を講じていく必要がある。

このような課題への対応に向け、経済産業省では、2019年4月、「サイバー・フィジカル・セキュリティ対策フレームワーク」(CPSF)を発表した。本フレームワークでは、リスク源を的確に捉え、求められるサイバーセキュリティ対策の全体像を整理すべく、産業社会を三層構造に、サプライチェーンを6つの構成要素に、それぞれ整理した新たなモデル(図123-23)と、本モデルに基づいた着実なサイバーセキュリティ対策の実施に向けた方針を提示している。

#### 図 123-23 サイバー・フィジカル・セキュリティ対策フレームワークに掲げるモデル

#### 三層構造

「Society5.0」における産業社会を3つの層に整理し、セキュリティ確保のための信頼性の基点を明確化

#### サイバー空間におけるつながり

【第3層】 自由に流通し、加工・創造されるサービスを創造するためのデータの信頼性 を確保

フィジカル空間と サイバー空間のつながり

【**第2層**】 フィジカル・サイバー問を正確に

"転写"する機能の信頼性を確保 (現実をデータに転換するセンサーや 電子信号を物理運動に転換するコ ントローラ等の信頼)

> 企業間のつながり 【第1層】

適切なマネジメントを基盤に 各主体の信頼性を確保

#### 6つの構成要素

対策を講じるための単位として、<u>サプライ</u> チェーンを構成する要素を6つに整理

構成要素	定義
ソシキ	<ul><li>バリュークリエイションプロセスに参加する企業・団体・組織</li></ul>
۲ŀ	<ul> <li>ソシキに属する人、及びバリューク リエイションプロセスに直接参加する人</li> </ul>
€J	<ul><li>ハードウェア、ソフトウェア及びそれらの部品 操作する機器を含む</li></ul>
データ	• フィジカル空間にて収集された情報及び共有・分析・シミュレーションを通じて加工された情報
プロシージャ	・ 定義された目的を達成するため の一連の活動の手続き
システム	• 目的を実現するためにモノで構成される仕組み・インフラ

出所:経済産業省「サイバー・フィジカル・セキュリティ対策フレームワーク」(2019年4月)

現在、本フレームワークを基本としつつ、産業分野の持つ特徴を踏まえながら、全6つの産業分野において業種別の議論を行っている。そのうち、これまでにビル、自動車産業及びスマートホームの分野におけるガイドラインが策定・公表済みであり(2021年4月1日時点)、今後、更に多くの分野での策定が期待されている。

本ガイドラインも参照しつつ実効あるサイバーセキュリティ対策を講じるために何よりも重要なのは、人材である。ますます増加するサイバー攻撃リスクに対応する人材・組織・システム・技術を生み出すべく、2017年4月に(独)情報処理推進機構

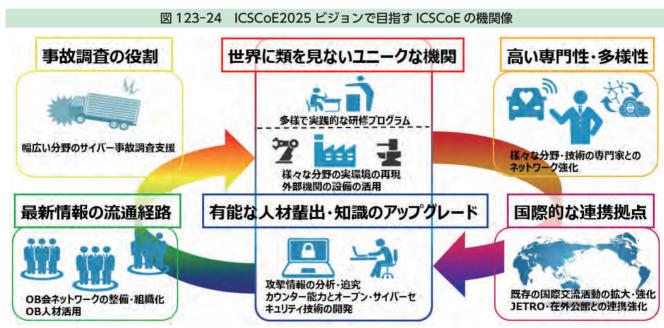
(IPA) において設立した産業サイバーセキュリティセンター (ICSCoE: Industrial Cyber Security Center of Excellence) では、模擬プラントを用いた演習や、攻撃防御の実践経験、最新のサイバー攻撃情報の調査・分析などを実施している。

ICSCOE が目指すべき産業サイバーセキュリティ人 材像として掲げるのは、OT(制御技術)とIT(情報 技術)双方のスキルを核とした上で、サイバーセキュ リティ対策の必要性を把握し、プロジェクトを強力に 推進していくことのできる人材である。例えば、自社 システムの安全性・信頼性を客観的に評価し自社のサ イバーセキュリティ戦略の立案や経営リスク・財務リ スクなどを自社内幹部へ説明できる能力、リスク評価 の結果に基づき対策の要不要や優先順位を判断できる能力、経営層や現場担当者とコミュニケーションを 取りながら必要な対策を実行できる能力などの向上 が肝要である。

このような人材を着実に育成していくべく、現在、ICSCoEでは、①中核人材育成プログラム、②責任者向けプログラム、③実務者向けプログラム、④管理監督者向けプログラム、などを提供している。そのうち、①中核人材育成プログラムは、テクノロジー(OT・IT)、マネジメント、ビジネス分野を総合的に学ぶ約1年間のトレーニングであり、各業界のシステムを想

定した模擬システムを使用したトレーニングや、トップレベルのサイバーセキュリティ対策のノウハウを有する海外関連機関との連携トレーニングなど、極めてユニークかつ野心的な内容となっている。

2017年の発足以来、中核人材育成プログラムは第1期から第3期で計228人が修了し(2021年4月1日時点)、2020年7月から第4期が開講されている。これまでの実績を踏まえ、ICSCoEは2020年度に向こう5年の目標「ICSCoE2025ビジョン」を掲げ、今後、人材育成の更なる強化を始め、産業社会のサイバーセキュリティ対応能力の開発・普及を行う中核機関を目指すこととしている(図123-24)。



出所:経済産業省

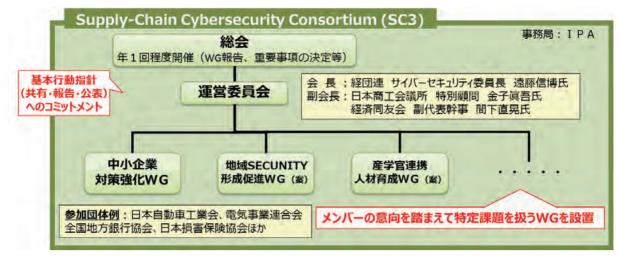
政府によるこのような取組と並行して、産業界においてもサプライチェーン全体として着実なサイバーセキュリティ対策の促進を目指した取組が拡大している。各経済団体や業種別業界団体などの参画により2020年11月に設立された「サプライチェーン・サイバーセキュリティ・コンソーシアム」では、

・サプライチェーンのサイバーセキュリティ強化の ため企業に求められる基本的な行動(①サプライ チェーンを共有する企業間におけるサイバー事 案に関する高密度な情報共有の実施、②機微技術 情報の流出懸念がある場合の関係者への報告、③ 情報漏えいなどの被害が取引先など不特定多数 の関係者に影響するおそれがある場合における 関係者の影響緩和の取組促進のための公表の実 施)の促進

・中小企業を含めた我が国の産業サプライチェーン 全体でのサイバーセキュリティ対策の促進に必 要な取組の検討・推進、情報の収集・発信、普及・ 啓発

など、サプライチェーン全体のサイバーセキュリティ強化に向けた具体的な取組を推進していくこととしており、現在既に90以上の団体が会員として参加している(2021年4月1日時点)(図 123-25)。

### 図 123-25 サプライチェーン・サイバーセキュリティ・コンソーシアムの概要



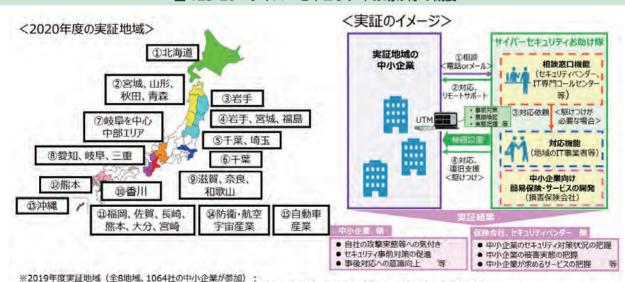
出所:経済産業省

このようにサプライチェーン全体でのサイバーセキュリティ対策に取り組んでいく過程において、特に難しい反面、重要なのが、各種リソースの乏しい中小企業における動機付けと着実な対策の実施である。前述の CPSF でも掲げるように、サプライチェーンの広い範囲でサイバー空間とフィジカル空間とが融合し、そのリスク源も多様化していく中で、中小企業での対策の遅れは、我が国製造業のサプライチェーン全体としてのダイナミック・ケイパビリティや産業競争力の弱体化、国際的なレピュテーションリスクの拡大につながるものとなり得る。

(独)情報処理推進機構 (IPA) では、中小企業向けのサイバーセキュリティ対策支援の仕組み構築を目的として、2019年度及び2020年度に「サイバーセキュリティお助け隊実証事業」を実施し、サイバー

攻撃に遭った際の事後対応策の支援などに取り組んできたが(図 123-26)、2021 年 2 月には、本事業で得られた知見などに基づいて、中小企業向けのセキュリティサービスが満たすべき「サイバーセキュリティお助け隊サービス基準」及びサービス内容の審査・確認を行う「サービス審査登録機関」が満たすべき「サイバーセキュリティお助け隊サービス審査登録基準」を制定した。今後は、基準を満たすサービスに「サイバーセキュリティお助け隊マーク」の使用権を付与することで、中小企業が頼りやすい民間サービスの展開を支援するとともに、サービスを利用しサイバーセキュリティ対策を行う中小企業を見える化することにより、より多くの中小企業による着実なサイバーセキュリティ対策の実施が促進されることが期待される。

図 123-26 サイバーセキュリティお助け隊の概要



①宮城、岩手、福島②新潟③長野、群馬、栃木、茨城、埼玉④神奈川⑤石川、富山、福井⑥愛知②大阪、京都、兵庫⑧広島、山口

出所:経済産業省「第7回産業サイバーセキュリティ研究会 WG2」(2021年3月)

以上、デジタルの観点から我が国製造業のこれまでの取組を俯瞰すると、目指すべき社会の姿として「Society 5.0」を掲げるとともに、2017年3月には我が国の産業が目指すべき姿として「Connected Industries(コネクテッドインダストリーズ)」のコンセプトを提唱し世界に向けて発信してきた。加えて、製造業をめぐる「不確実性」の高まりに対しては、ダイナミック・ケイパビリティの強化が重要であり、そのための DX の推進が有効であることを、2020年版ものづくり白書などにおいて論じてきた。しかし、3.(1)において「DX レポート2(中間取りまとめ)」に関連して述べたように、製造事業者に限らず、多くの企業において DX の取組は未着手又は一部での実施

にとどまっている。

このような中で、製造事業者は、自社がバリューチェーン上で担っている役割などをしっかりと把握しつつ、無線通信技術の活用なども含め、効率的かつ戦略的な DX 投資を進めていく必要がある。政府においても、人材育成の促進に向けた環境構築、DX 推進支援、各種取組の効果を高めるための研究開発支援などにより、企業の挑戦を積極的に後押ししていく。また、DX の取組と表裏一体で必要となるサイバーセキュリティ対策にも、中小企業を含めたサプライチェーン全体をしっかりと巻き込みながら、官民一体で取り組んでいくことが重要である。