

## リサーチレター <2024 No.6>

### 機械産業のカーボンニュートラル対応の現状

2022年度の日本のエネルギー起源 CO<sub>2</sub>排出量のうち、産業部門が 34.0%を占めており、最も多い。鉄鋼業および化学産業からの排出がそれぞれ産業部門全体の 38.1%と 15.8%を占め、次いで機械産業が 12.8%を占めている。機械産業はカーボンニュートラルを目指して、さまざまな対策を推進している。また、多くの産業に機械設備を供給しており、省エネ化などを通じて産業部門全体の CO<sub>2</sub>排出量削減に直接貢献している。本稿では、各社の統合報告書などのサステナビリティ情報をもとに、機械産業のカーボンニュートラル対応の現状を確認する。

#### 1. 機械産業の GHG<sup>1</sup>排出状況

経済産業省「工業統計調査 2020 年確報産業別統計表」によると、機械産業の事業所数は製造業全体の 28.3%、従業員数は 42.3%を占め、いずれも製造業の中で最大である。そして、機械産業の製品は非常に多岐にわたる。このため、GHG 排出量や使用電力量の多い工場設備を中心に対象製品分類を特定<sup>2</sup>し、主要メーカーの GHG 排出量を調査した。GHG 排出量の傾向を分析する前に、GHG 排出全般について解説する。

##### (1) GHG プロトコル<sup>3</sup>

GHG 排出量の算出方法は GHG プロトコルと呼ばれるデファクトスタンダードがあり、ISSB<sup>4</sup>をはじめとする有力な情報開示の枠組みでも採用されている。

GHG は化石燃料の燃焼や工業プロセス、電気の使用など、様々なところで発生する。企業活動による全ての GHG 排出量を把握するには、自社内だけでなく、サプライチェーンを通じて発生する GHG 排出量も算定する必要がある。そのため、同プロトコルは企業の GHG 排出量を算定・開示するための枠組みとして、「Scope1」、「Scope2」、「Scope3」の 3 つの区分を導入している。

##### ① Scope1

燃料の燃焼や製品の製造などで企業や組織が「直接」排出する GHG のことで、例えば、自社の工場や施設で生じる CO<sub>2</sub> やメタン (CH<sub>4</sub>) の排出などが含まれる。

##### ② Scope2

他社から供給された電気・熱・蒸気を使うことで「間接的」に排出される GHG のことで、代表例として電力会社から供給される、化石燃料によって作られた電気の使用がある。

##### ③ Scope3

サプライチェーンの「上流」と「下流」から排出される GHG のことで、機械産業の「上流」は鋼材や金属部品の調達などがある。一方、「下流」は機械(最終製品)の使用や廃棄がある。GHG プロトコルでは、Scope3 をさらに細かく原料調達、製造、物流、販売、廃棄など 15 のカテゴリに分類している(図表 1-1)。

<sup>1</sup> Green House Gas(温室効果ガス)の略称。GHG の内訳は二酸化炭素 90.8%、メタン 2.5%、他 6.7%。

<sup>2</sup> 調査対象とする製品分類として、ボイラ、原動機、コンプレッサ、空圧機器、油圧機器、工業炉、建設機械、工作機械、産業用ロボットを特定。

<sup>3</sup> 米国の環境シンクタンクである世界資源研究所(WRI)と、持続可能な発展を目指す企業連合体である持続可能な開発のための世界経済人会議(WBCSD)が共同運営する民間のイニシアチブ。

<sup>4</sup> International Sustainability Standards Board(国際サステナビリティ基準審議会)の略称。ESG など非財務情報の開示の統一国際基準を策定する機関。国際会計基準の策定を行う民間非営利組織である IFRS 財団の下部組織として 2021 年 11 月に発足。

図表 1-1 Scope3 カテゴリ分類

Scope3 カテゴリ		該当する活動(例)
1	購入した製品・サービス	原材料や部品の調達、加工の外部委託、消耗品の調達
2	資本財	生産設備の増設
3	Scope1,2に含まれない燃料およびエネルギー活動	調達している燃料の上流工程(採掘、精製等) 調達している電力の上流工程(発電に使用する燃料の採掘、精製等)
4	輸送、配送(上流)	調達物流、横持物流、出荷物流(自社が荷主)
5	事業から出る廃棄物	廃棄物(有価物は除く)の自社以外での輸送、処理
6	出張	従業員の出張
7	雇用者の通勤	従業員の通勤
8	リース資産(上流)	自社が貸借しているリース資産の稼働
9	輸送・配送(下流)	出荷輸送(自社が荷主の輸送以降)、倉庫での保管、小売店での販売
10	販売した製品の加工	事業者による中間製品の加工
11	販売した製品の使用	使用者による製品の使用
12	販売した製品の廃棄	使用者による製品の廃棄時の輸送、処理
13	リース資産(下流)	自社が賃貸事業者として所有し、他者に賃貸しているリース資産の稼働
14	フランチャイズ	自社が主宰するフランチャイズの加盟者の Scope1,2 に該当する活動
15	投資	株式投資、債券投資、プロジェクトファイナンスなどの運用

(出所) 経済産業省 資源エネルギー庁(2023)「知っておきたいサステナビリティの基礎用語～サプライチェーンの排出のものさし「スコープ1・2・3」とは」をもとに筆者作成

## (2) 機械産業の GHG 排出の傾向

特定した製品分類の主要メーカー18社の2022年度GHG排出量を調査した結果、以下の傾向が見られた。

- ① 各社とも、GHG 排出量のうち Scope3 が大半を占めている。
- ② ボイラ、工作機械、産業用ロボット、建設機械などの機械製品メーカーでは、Scope3 カテゴリ 11(販売した製品の使用)がその大半を占めている。これは、機械製品の耐用年数が10年から20年と長く、長期間にわたって使用されるためであり、動力源が化石燃料や電力であることが影響している。特に電力は、日本国内を含めた使用地域の電力構成において、化石燃料由来の割合が高いことが反映されていると考えられる。
- ③ 油圧機器などの機械部品メーカーでは、Scope3 カテゴリ 1(購入した製品・サービス)が大半を占めている。機械部品メーカーは鋼材や金属部品を調達しており、その製造工程では、原材料金属の溶解や鋳造、鍛造のための加熱、後工程の熱処理で多くのCO<sub>2</sub>が排出されている。大手企業は、金属部品製造の大半を下請企業に委託しており、特に溶解・加熱・熱処理工程は二次、三次の下請企業が行うことが多い。機械産業の傾向として、機械製品を主に構成する金属部品の製造中や製品の使用中に大量のGHGが排出されていると言える。

## (3) Scope3 カテゴリ 1、カテゴリ 11 の GHG 排出量計算方法

### ① Scope3 カテゴリ 1(購入した製品・サービス)

「活動量」×「排出原単位」

「活動量」は製品・サービス購入の取引量のことで、金額ベースと物量ベースがある。金額はサプライヤーからの仕入金額、物量はサプライヤーからの調達数量・重量が該当する。どちらを使用するかはそれぞれの企業が選択する。

「排出原単位」は活動量に対するGHG排出係数のことで、環境省「サプライチェーンを通じた組織の温室効果ガス排出等のための排出原単位データベース」や産業技術総合研究所のインベントリデータベース「IDEA」が使われることが多い。

### ② Scope3 カテゴリ 11(販売した製品の使用)

「販売台数」×「生涯エネルギー消費量<sup>5</sup>」×「エネルギー燃焼時の排出原単位」

機械製品が使用されている間に排出した GHG の総量のこと、製品の年間エネルギー消費量に耐用年数をかけて算出した生涯エネルギー消費量をもとに算出する。機械の耐用年数は 10 年以上の長期間であることが多く、Scope3 カテゴリ 11 の数値は大きくなる傾向がある。

## 2. 機械産業のカーボンニュートラル対応

### (1) 主な取り組み

前述の通り、機械製品主要メーカーの GHG 排出量は、Scope3・カテゴリ 1(購入した製品・サービス)およびカテゴリ 11(販売した製品の使用)が多い傾向にある。機械産業においては、自社の GHG 排出量削減とともに「調達先による金属部品の製造中」と「製品の使用中」の GHG 排出量を減らすことがカーボンニュートラル対応の中心になると言える。

本節では、主要メーカーの統合報告書などのサステナビリティ情報をもとに、機械産業のカーボンニュートラル対応の主な取り組みについて確認する。

#### ① 化石燃料を使用する動力機器の転換

内燃エンジン、ボイラ、ガスタービンなどの動力機器は、石炭・石油・天然ガスなどの化石燃料を燃焼させて機械的な動力を生み出している。動力機器の使用で大量に排出される GHG を減らす方法としては、動力をモーターに切り替えるなどの電動化(再生可能エネルギーによる電力使用が前提)や水素などの CO<sub>2</sub>フリー燃料を使用できる動力機器への転換がある。

例えば、建設機械は主にディーゼルエンジンで油圧ポンプを回すことで圧力をかけた油を送り出し、油圧モーターや油圧シリンダを動かす。このディーゼルエンジンをモーターに置き換えることで、GHG 排出量を削減できる。

また、発電機は石炭や天然ガスを燃料とするボイラで発生させた蒸気や、圧縮空気と天然ガスなどの燃料を燃焼させて発生させた高温・高圧ガスでタービンを回す動力で電力を生み出している。水素やアンモニアを燃料とするボイラやガスタービンを開発することで動力の転換が行える。

ただし、屋外作業で使う建設機械の充電方法や、水素やアンモニアの特性に合ったバーナの開発、燃焼時に発生する窒素酸化物(NO<sub>x</sub>)の抑制など、多くの課題がある。

#### ② 鋳造(ちゅうぞう)・鍛造(たんぞう)・熱処理の CO<sub>2</sub>フリー化

機械製品は主に金属部品で構成されており、多くの製品が鋳造、鍛造、熱処理<sup>6</sup>のいずれかの製造工程を経ている。これらの工程で使用される工業炉は大量の CO<sub>2</sub>を排出しており、様々な産業で使用される工業炉の GHG 排出量は日本全体の 13.5%を占めている。EU などでは、GHG 排出量を原材料の取得から製品の廃棄までトータルで評価するライフサイクルアセスメント(LCA)規制が導入され始めている。これを考えると、再生可能エネルギーによる電力使用を前提とした電炉化や、水素やアンモニアなどの CO<sub>2</sub>フリー燃料を使用できる炉への転換が必要となる。

ただし、電炉化には、電力量の増加に伴う特別高圧電力の契約や受電設備の新たな設置が必要になる。また、水素やアンモニアなどの CO<sub>2</sub>フリー燃料への転換には、①と同様の課題がある。

#### ③ 下請企業の GHG 排出量の把握と削減取組

金属部品の加工は下請企業が担うことが多い。1.(3)①の通り、下請企業の GHG 排出量に相当する Scope3 カテゴリ 1 は、多くの場合、発注企業が下請企業から購入する金額や量に所定の GHG 排出量係数を掛けて算出する。例えば、下請企業が省エネの加工設備を導入しても、発注企業の購入金額や購入量が同じであれば GHG 排出量は変わらない。つまり、Scope3 カテゴリ 1 の数値は下請企業の GHG 排出実態を正確に反映していない可能性がある。将来的に、EU のライフサイクルアセスメント(LCA)規制のように、サプライチェーン全

<sup>5</sup> 生涯エネルギー消費量＝製品耐用年数×年間エネルギー消費量

<sup>6</sup> 鋳造:鉄・アルミ合金などの金属原材料を熱して液体にした後に型に流し込み、冷やして目的の形状に固める加工方法、鍛造:強度を高めるため金属を叩いて成形する加工方法、熱処理:鋼などの金属を一定温度以上に加熱したり、冷却したりすることにより金属の組織や性質を改善する処理

体の GHG 排出量で規制を受ける可能性が高まっている。発注企業の要請を受けて、下請企業が自社の GHG 排出量を算定し報告するケースも出てきている。発注企業はこの流れを加速させる必要がある。

#### ④ 機械製品の自動化

建設機械、工作機械、産業用ロボット各社は、個別機械の省力化に加え、システムによって複数の機械機器を連携させることで、無駄を省き、生産効率を上げるために自動化を目指している。また、自動化の流れが加速する中で、支援ソフトウェアの進化も著しい。3D モデリングやシミュレーション技術の進化により、実際の作業前に仮想環境(デジタルツイン)での検証が可能になってきている。これにより、最も効率的な動作を事前に把握することができる。この検証結果に基づき、機械製品が自動で動作することで、工事や生産の効率を高めている。

#### ⑤ 機械製品の全体制御

機械産業各社は、IoT と工場全体を監視するシステムを用いた全体制御によって、顧客の生産効率化と省エネ化に取り組んでいる。

例えば、全てのコンプレッサの運転状態をリアルタイムで遠隔監視することで、各コンプレッサを個別に点検する必要がなくなり、日常の点検が効率化される。また、その時の状況に合わせて最適な運転方法を検討し、変更することで省エネ化を図ることができる。また、故障が発生した場合には、アラーム通知により直ちに把握し、修理することができる。運転履歴のデータパターンを分析して問題の兆候を把握し、事前に対処することで安定した稼働を実現する。これらの取り組みにより、工場全体の生産効率化と省エネ化が実現されている。

工場には同じ種類の機械でも複数の会社の製品が導入されていることが多い。他社製品も含めて全体監視ができるシステムを開発している会社もある。

#### ⑥ 再生可能エネルギー電力の導入

多くの機械製品メーカーで Scope2 削減のための戦略的な投資が積極的に行われている。具体的には自社工場への太陽光発電設備の設置が進められている。さらに、自然エネルギーのコーポレート PPA (Power Purchase Agreement)<sup>7</sup>を導入する事例も増えてきている。これにより長期的に安定した電力供給を確保しつつ、GHG 排出量を大幅に削減できる。

一方で、金属部品の鋳造や鍛造、熱処理などの工程を担う下請企業の多くでは、資金的な余裕が限られていることが多く、同様の投資を行うことが難しい。結果として、化石燃料や通常の購入電力(日本の電源構成の約 70%を化石燃料が占める)を使用している。

### 3. カーボンニュートラルに向けた機械産業の大きな役割

機械産業は、CO<sub>2</sub> を排出しながらも、電気や熱のエネルギーを機械の動力に変えることで、世界の生産性を上げてきた。生産性を維持し、さらに向上させながらカーボンニュートラルを達成することは容易ではない。そのためには、動力源や燃料の転換などの技術革新が必要不可欠である。

ほぼ全ての産業に機械設備を納入している機械産業は、日本の産業部門の GHG 排出量削減に直接大きな貢献ができる産業でもある。GHG 排出が少ない機械製品を納入することで、それを使用する企業の GHG 排出量を確実に減少させることができる。また、化学産業のように CO<sub>2</sub> から製品を製造するといった先進技術にも、それを実現する機械設備が必要である。つまり、日本にとどまらず世界のカーボンニュートラルの実現は、機械産業の技術革新にかかっていると言っても過言ではない。

全産業の中で最大規模の事業所数と従業員数を誇る機械産業は、世界のカーボンニュートラル実現に向けて大きな役割を果たしている。

基礎研究部 基礎研究グループ  
マネジャー 上席研究員 坪井 靖展

<sup>7</sup> 企業や自治体などの法人が発電事業者から自然エネルギーの電力を長期に(通常 10~25 年)購入する契約のこと。

<参考文献>

環境省(2024)「2022年度(令和4年度)温室効果ガス排出量・吸収量(詳細)」(2024年4月12日公表)

経済産業省(2021)「2020年確報産業別統計表」(2021年8月13日公表)

NEDO グリーンイノベーション基金事業 カーボンニュートラル工業炉の実現に向けた取り組みとは

(<https://green-innovation.nedo.go.jp/article/thermal-02/>)

MS & ADインターリスク総研株式会社は、MS & ADインシュアランス グループのリスク関連サービス事業会社として、リスクマネジメントに関するコンサルティングおよび広範な分野での調査研究を行っています。

お問い合わせ先

MS & ADインターリスク総研(株)

基礎研究部

千代田区神田淡路町2-101 TEL: 03-5296-9261/FAX: 03-3254-1260

<https://www.irric.co.jp/>

本誌は、マスコミ報道など公開されている情報に基づいて作成しております。また、本誌は、読者の方々にお役立ていただくことを目的としたものであり、事案そのものに対する批評その他を意図しているものではありません。

不許複製/ Copyright MS & ADインターリスク総研 2024