

(解説)

拠点別・製品別GHG排出量を管理する「CO₂データ集計システム」の開発

池田英生*1・重杉 豪*2・中尾浩和*3・友田聖也*3・吉田康将*4

Development of a CO₂ Data Calculation and Management System for Site-Specific and Product-Specific GHG Emissions

Hideo IKEDA・Tsuyoshi JUSUGI・Hirokazu NAKAO・Seiya TOMODA・Yasumasa YOSHIDA

要旨

2050年カーボンニュートラル達成に向けて、より客観的で透明性の高いGHG排出量管理が求められつつあるなか、当社では全社共通のGHG排出量管理基盤である「CO₂データ集計システム」の開発に取り組んでいる。これは算定ルールやデータ粒度の異なる多様な事業拠点に適用可能で、将来の算定ルール変更にも柔軟に対応でき、また、第三者認証も踏まえて入力データや計算ロジックのトレーサビリティ管理が可能なシステムである。本稿では、「CO₂データ算出システム」の開発背景とアーキテクチャについて解説し、今後の活用を展望する。

Abstract

Since achieving carbon neutrality by 2050 requires increasingly objective and transparent GHG emissions management, Kobe Steel has developed a company-wide platform known as the "CO₂ Data Calculation and Management System" to meet this need. Designed to handle diverse business sites with varying calculation rules and data granularities, the system is flexible enough to adapt to future calculation standards and ensures full traceability of input data and calculation logic based on third-party certification. This paper explains the development background and architecture of the CO₂ Data Calculation and Management System and outlines its future application.

検索用キーワード

カーボンニュートラル, GHG排出量, Product Carbon Footprint, GHG排出量算定システム

まえがき = 2015年の気候変動枠組条約第21回締約国会議(COP21)で採択されたパリ協定以降、世界各国は、世界の平均気温を産業革命以前と比べ、少なくとも+2.0℃よりも十分低く、できるだけ+1.5℃以下に抑える共通目標の下、2050年のカーボンニュートラル達成に向けた行動計画を策定してきた¹⁾。とりわけ、鉄鋼・アルミニウムなどの金属産業は、CO₂をはじめとする温室効果ガス(Greenhouse Gas: GHG)排出量において世界全体の十数%を占めるとされており²⁾、当社素材系事業においてもGHG排出量の削減は喫緊の課題となっている。

当社は従来から製造現場での消費エネルギー削減や、MIDREXTM(注1)プロセスの生成物であるホットブリケットトアイアン(Hot Briquetted Iron: HBI)を用いた高炉CO₂削減などに取り組んでいるが(本号p.7「HBI超多配合装入による高炉の低コークス比・低CO₂操業技術の開発」を参照)、近年、お客様や社会から、より客観的で透明性の高いGHG排出量管理が求められるようになってきた。国内の排出量取引制度(GX-Emission Trading Scheme: GX-ETS)³⁾や欧州における国境炭素税措置(Carbon Border Adjustment Mechanism: CBAM)⁴⁾など、関連する国内外の制度の本格適用も近づいてお

り、排出量管理の高度化が不可欠となっている。

当社では、このような状況を鑑み、全社共通のGHG排出量管理基盤である「CO₂データ集計システム」の開発に取り組み、まず当社最大のGHG排出拠点である加古川製鉄所、および、神戸線条工場に適用して2025年11月より稼働を開始した。また、アルミニウム板製品製造拠点である真岡製造所でも構築を開始し、2026年5月より稼働を開始した。

本稿では、CO₂データ集計システムの開発背景とともに、事業の異なる多様な製造拠点に適用可能で将来の算定ルール変更にも対応でき、また、入力データや計算ロジックのトレーサビリティ管理が可能となる本システムのアーキテクチャ、および、今後の活用を解説する。

なお、本システムの名称は「CO₂データ集計システム」であるが、「CO₂」排出量のみではなく、CO₂に代表される「GHG」排出量全体を集計・管理の対象としている。

1. 当社鉄鋼アルミ事業におけるGHG排出量算定業務の課題

本章では、当社鉄鋼アルミ事業で実施しているGHG排出量算定業務の概要と課題について説明する。

GHG排出量算定業務には、大きく、拠点別排出量算定と製品別排出量算定がある。拠点別排出量は製造拠点

脚注1) MIDREXは当社の登録商標である。

*1 技術開発本部 デジタルイノベーション技術センター *2 安全・環境部 *3 IT企画部 *4 鉄鋼アルミ事業部門 事業戦略部

ごとのGHG排出量の総量であり、製品別排出量はある製品を製造するために排出された“Cradle to Gate”⁵⁾、すなわち、他社を含む原材料の製造から製品が完成するまでのGHG排出量の合計値である。

1.1 拠点別排出量算定の課題

鉄鋼をはじめとする金属産業は、全産業の中でもトップクラスのエネルギー多消費産業であり、GHG排出量も多い。主要な事業に鉄鋼・アルミニウムといった金属素材を扱う当社では、以前より法・条例などに基づいてGHG排出量やエネルギー使用量の報告を行ってきた。一例を挙げると、経済産業省が所管する「エネルギーの使用の合理化及び非化石エネルギーへの転換等に関する法律」（省エネ法）、兵庫県環境の保全と創造に関する条例、一般社団法人日本経済団体連合会が取りまとめる経団連カーボンニュートラル行動計画に基づく報告など多岐にわたる（表1参照）。

これらの報告はおおむね年に一度、1年分のデータをとりまとめて報告するものとなっている。計算に用いるデータなどは共通する部分が多いものの、算定ルールや報告フォーマットはそれぞれ異なっており、各向け先へ正確な報告を行うためのデータ整理に多くの労力を要している。

また、2026年度よりGX-ETSの本格運用が開始され、CO₂の直接排出量が年間10万t-CO₂以上の事業者に対して制度参加が義務付けられるのに加え、2027年からは、国際基準に対応したサステナビリティ開示基準の段階的な義務化が予定される⁶⁾。このように、今後はGHG排出量が財務情報とリンクすることとなり、より正確な排出量の算定・報告が重要性を増していくこととなる。

1.2 製品別排出量の算定の課題

近年、カーボンニュートラル社会の実現に向け、企業には製品単位でのGHG排出量の開示が求められるようになってきた。これまで拠点別に集計してきた排出量管理に加えて、製品別のGHG排出量算定の必要性が増している主な理由の一つが、お客様や社会からの要求の高まりである。

自動車・家電などの最終製品メーカーは、自社製品に関わるサプライチェーン全体のカーボンフットプリント⁵⁾を把握するため、素材・部材レベルでの排出量データを求めるようになった。また、CBAMなどにとまない、製品別排出量に金銭価値が結びつくことで、個別製品の排出量を原価や価格戦略に反映することも必要とな

ってきた。このように製品別排出量についても、外部監査や第三者認証による、より高い透明性と信頼性が期待されるようになってきている。

いっぽう、製品別算定を行うためには、データ収集や集計に膨大な工数が発生し、Excelベースでは履歴管理・変更管理が困難になるとの課題がある。製造拠点ごとに様々なデータの管理フォーマットやデータ粒度が異なっていることも課題である。今後、CBAMなどの社会制度の段階的な整備やお客様からの開示要求の急増が予想される中、制度変更や個別のお客様要求への迅速な対応を可能とする仕組みが必要となる。

2. CO₂データ集計システム

CO₂データ集計システムは、これらの背景や課題を鑑み、鉄鋼やアルミニウムなど素材をまたいで当社のGHG排出量を算定・管理するためのシステム基盤として、開発したものである。

本章では、まずGHG排出量の算定方法について解説し、その後、鉄鋼アルミ事業で行っている鉄鋼・アルミニウムでの算定プロセスの特徴、CO₂データ集計システムのアーキテクチャ、最後に本システムの今後の活用について解説する。

2.1 GHG排出量の算定方法

GHG排出量の算定ルールとしてはGHGプロトコルが挙げられる。GHGプロトコルでは、CO₂以外のメタン、一酸化二窒素などのGHGガスについてCO₂相当の温室効果ガス量に換算し、CO₂等価量（t-CO₂e）として算定する。GHGプロトコルはGHGプロトコルイニシアティブによって2001年に初版が作成された。2011年にはGHG排出量をScope1, 2, 3に分類する現行のScope3 Standardが公開され⁷⁾、2026年現在は様々なフィードバックを受けた全面改訂に向けて作業が進められている。

GHGプロトコルでは、GHG排出量をScope1（直接排出）、Scope2（間接排出）、Scope3（その他間接排出）に分類して算定する（表2）。各ScopeのGHG排出量算定は、活動量に原単位を乗じて求める。活動量とは生産活動のために投入した燃料や電力、原材料などの量である。原単位は排出係数といわれ、燃料や電力などの使用量に対してどれだけGHGが排出されるかを示す値である。

工場では多種多様な製品を製造するが、製品別排出量はその製品の製造に用いられる原材料や製造設備の運転時間などの様々な活動量データを収集し、各活動量に対

表1 製造拠点別GHG排出量報告の例
Table 1 Examples of GHG emissions report by manufacturing site

Report	Reporting entity
Reporting based on the act on the rational use of energy and shift to non-fossil energy	Ministry of Economy, Trade and Industry (METI)
Reporting based on the act on promotion of global warming countermeasures	METI and Ministry of the Environment
Reporting based on the prefectural ordinance on environmental conservation and creation	Hyogo Prefecture
Carbon neutrality action plan	The Japan Iron and Steel Federation Japan Aluminium Association
KOBELCO group ESG data book	Our group's disclosure materials

表2 GHGプロトコルにおけるスコープ分類
Table 2 Scope categories of GHG protocol

Category	Explanation
Scope1 Direct emissions	Emissions from sources that are owned or controlled by the organization.
Scope2 Indirect emissions from energy	Emissions from the generation of purchased energy (electricity, steam, heating, cooling) consumed by the organization.
Scope3 Other indirect emissions	Emissions that occur in the value chain of the organization, both upstream and downstream.

応する原単位を掛け合わせて集計することによって算定する。その算定プロセスや使用データは、活動量原価計算 (Activity Based Costing: ABC) と類似しており、当社では本システムの開発に先立ち、既存のABCモデルに基づく製品別原価計算システムを元に、製品別排出量算定モデルの検討を行ってきた⁸⁾。

近年、各国での排出量取引制度導入、CBAM本格適用、また、サステナビリティ情報開示の段階的義務化といった動きがあり、事業活動におけるGHG排出量情報は従来のESG観点での非財務情報から重要な財務関連情報の一つへと変わりつつある。

いっぽうで製品別排出量の算定ルールや計算粒度などの要件は、鉄鋼やアルミニウムといった素材業界と、自動車、造船、建設といったお客様の業界とでそれぞれ議論されており、統一されていない。したがって、素材業界とお客様の業界それぞれの算定ルールを組み合わせて柔軟に対応することが必要となっている。

2.2 鉄鋼・アルミニウムにおけるGHG排出量算定プロセスの特徴

GHG排出量の具体的な算定プロセスとしては、経済産業省が2023年5月にカーボンフットプリントガイドライン⁷⁾を発行して詳細に解説しているが、各業界の個別の製造プロセスに応じた計算方法については各業界に任せられており、一般社団法人日本鉄鋼連盟、一般社団法人日本アルミニウム協会がそれぞれガイドライン^{9),10)}を発行している。

多くの加工組立プロセスでは、個別の部品の製造や加工に伴うGHG排出量が最終製品への組立に応じて積算集計されていくのに対し、鉄鋼やアルミニウムのような金属素材の製造プロセスでは、上流工程での粗鋼や地金の製造に伴うGHG排出量が、下流工程で個別の製品に分割されていくのに応じて配分されていくということが共通な特徴としてあげられる。また、鉄鋼、アルミニウムの製造プロセスに応じて、以下のような特徴がある。

まず、鉄鋼に関する特徴としては、「共製品」へのGHG排出量の配分があげられる。高炉法では、コークス製造や製鉄などの上工程で約90%のGHGが排出される。これらのプロセスではコークス炉ガスの燃焼や酸化鉄の還元反応でCO₂がScope1として直接排出される。生成物としては、コークスや溶銑などの中間製品とともに、コークス炉ガスや高炉ガスなどの可燃性副生ガスや高炉スラグなどの多くの「共製品」が生成される。副生

ガスは製鉄所内の自家発電設備やその他の製鉄プロセスにて燃料として使用され、高炉スラグなどはセメント材料など他の用途に使用される。これら共製品の「製造システム (この場合は製鉄所)」内外での活用については、各プロセスでの原材料や生成物のインプットやアウトプットを管理し、GHG排出量のカウント漏れやダブルカウントがないように、データモデルや計算ロジックを整備しなければならない。

また、アルミニウム製品に関する特徴としては、投入原料の取り扱いがあげられる。投入原料としてボーキサイトから精錬された新規地金を用いる場合、地金の精錬に大量の電力を使用することとなり、全体の約70~80%のGHGが排出される。いっぽう、再生可能電力を用いて精錬した「グリーン地金」やスクラップから製造した「再生地金」を用いることができれば、GHG排出量を大きく低減させることができる。近年、お客様や社会からは投入原料におけるスクラップ比率の向上を求められるケースが増えてきているが、アルミニウムスクラップは、同じ「製造システム」内で生成された内部スクラップ、サプライチェーンの途中で生成されるプレコンシューマスクラップ、使用後の製品から回収されるポストコンシューマスクラップなど、スクラップの分類によって、それぞれGHG排出量をどれだけ配分するか、リサイクルに含めるかどうか個別に議論されており、お客様によっても定義が異なる。アルミニウム製品のGHG排出量の算定では、これらの投入原料を個別に管理し、用途に応じて適切に計算する必要がある。

2.3 CO₂データ集計システムのアーキテクチャ

CO₂データ集計システムは、これらの背景のもと、拠点や業界ごとに異なる計算ルールやデータ粒度に対応可能な柔軟性を備え、将来的に予想される社内外の状況変化や制度変更にも対応しつつ、入力データや計算ロジックのトレーサビリティを確保できるシステムとして検討し、以下に示すモジュール化された設計によって、それを実現した。

図1に、システムのスコープを示す。CO₂データ集計システムは、各事業部門から提供される多様な入力データを統合し、GHG排出量の算定および関連分析を行うことを目的としている。入力データには、活動量や項目別の実績データ、ならびに計算ロジックが含まれる。これらのデータはシステム内で蓄積・計算処理され、種々の報告書出力や分析・シミュレーションを実行する。これらのアウトプットは以下の目的で活用される。

- ・法令対応：様々な開示や規制対応。
- ・戦略的検討：GHG排出量削減の打ち手を検討するためのシミュレーション。
- ・製品企画・管理：Kobenable[®] Steel & Aluminum^{注2)} (本号p.3「低CO₂高炉鋼材“Kobenable[®] Steel”，低CO₂アルミ“Kobenable[®] Aluminum”の商品化について」を参照)をはじめとする高付加価値製品の企画や管理。

脚注2) Kobenableは当社の登録商標である。

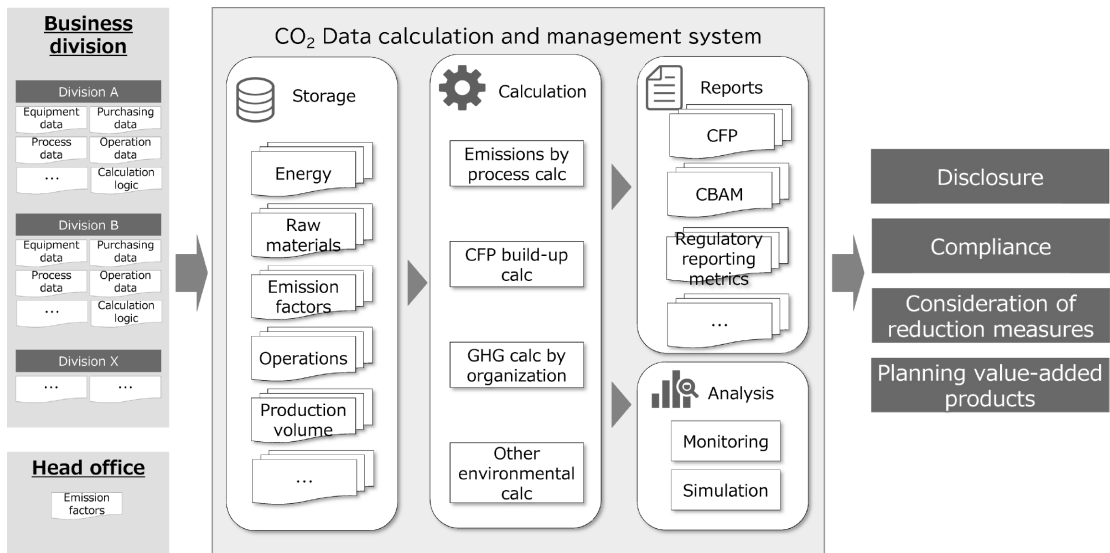


図1 システムスコープの概要
Fig.1 Overview of system scope

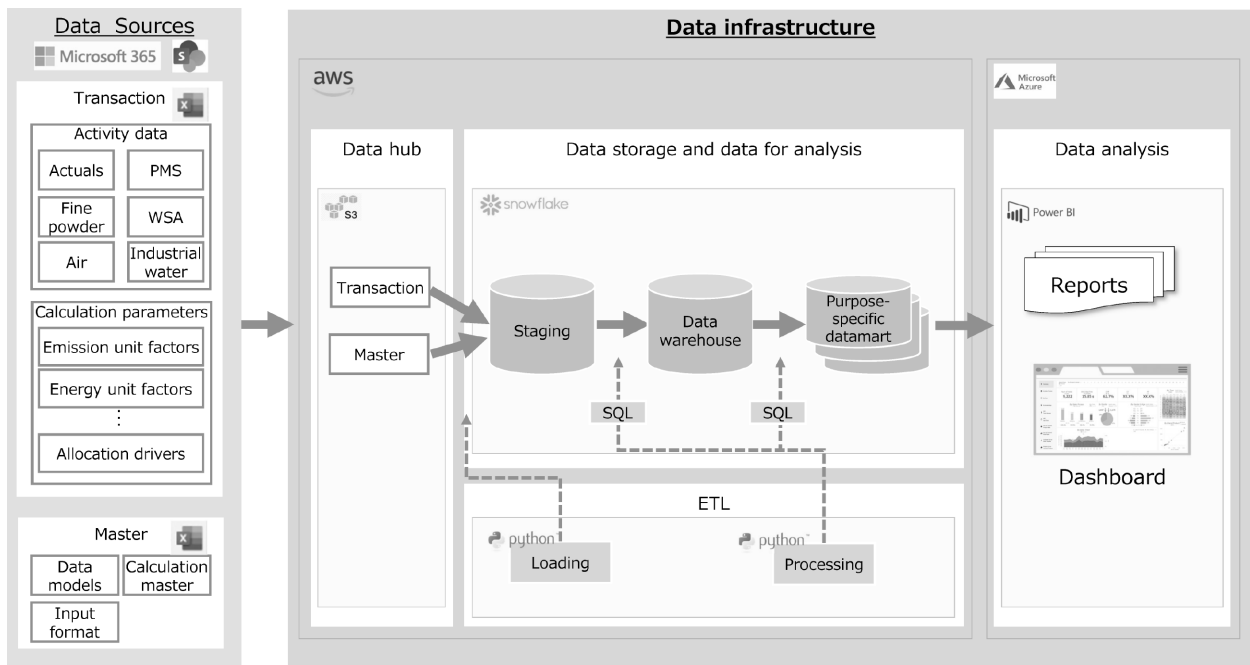


図2 システムアーキテクチャ
Fig.2 System Architecture

図2に、CO₂データ集計システムのアーキテクチャを示す。本システムはMicrosoft CorporationのMicrosoft 365[®]およびMicrosoft Azure[®]とAmazon.com, Inc.のAWS[®] (Amazon Web Services[®]) を組み合わせた環境上に構築し、データ基盤にはSnowflake Inc.のSnowflake[®]を採用した。データの入力およびロードにはMicrosoft SharePoint[®]とAmazonS3[®] (Amazon Simple Storage Service[®]) を利用し、計算結果の確認や帳票の出力はMicrosoft Power BI[®]が担う。

本システムには専用の入力画面を実装せず、トランザクションデータの入力やマスターデータの管理にはMicrosoft Excel[®]ファイル形式を用いる。ユーザは関係部署から、実績データなどの活動量や対応する排出係数や配賦方式などのパラメータを格納したExcel[®]ファイ

ルを収集し、SharePoint[®]の指定領域にトランザクションデータとして保管する。計算ルールや集計方法はExcel[®]形式のマスターデータによって定義される。マスターデータは以下の3種類のファイルで構成される。

- ・データモデル：各報告書に出力する値を定義。
- ・計算用マスタ：定数や単位変換などを定義。
- ・入力用フォーマット：データモデルと計算用マスタを適切に入力するためのフォーマット。

新たに計算処理を行う際、ユーザはトランザクションデータや報告書、各種計算用係数などの変更の有無を確認し、必要に応じマスターデータを修正したうえで計算実行を指示する。計算実行が指示されると、トランザクションデータとマスターデータはAmazonS3[®]にロードされたのちSnowflake[®]に取り込まれ、指定されたロジック

に基づきGHG排出量として計算される。このときデータ加工に用いる個別ロジックや機能はPythonで記述されている。計算結果は個別の帳票に対応した形式でSnowflake[®]の目的別データマートに格納され、ユーザはデータマートに格納されたデータをPower BI[®]を用いて参照・分析できる。トランザクションデータ、マスタデータ、計算結果は、計算実行のたびに保存され、リビジョン管理されるため、個別の計算結果に対応する入力データや計算ロジックをトレースすることができる。シミュレーション機能は、目的に応じて実際の値から変更した入力データを用意し、それを用いた計算結果を比較分析することによって実現する。

CO₂データ集計システムは、事業拠点利用部と共通アプリケーション部の二層構造をとる。事業拠点利用部には、各拠点固有のデータモデル、実績データ、計算ロジック、計算結果を格納するデータマートを備える。共通アプリケーション部には、計算実行、異常値チェック、データ承認、改ざん防止などの共通機能を備える。

事業拠点利用部は、拠点ごとのデータを適切に分離し、個別のデータモデルや計算ルールを適用する役割を担う。必要に応じて、共通アプリケーション部の機能を呼び出し、処理を実行する。

この構造により、アクセス権限管理を確実に行いつつ、データモデルや計算ルールの記述構造、トレーサビリティなどのガバナンス機能を共通化することを可能とした。また、具体的なデータモデルや計算ロジックは、事業拠点利用部にて個別にマスタとして記述することで拠点ごとのデータ構造の違いに対応し、算定ロジックや報告フォーマットの変更にも柔軟に対応できるようにしている。

2.4 CO₂データ集計システムの活用

本システムは、2026年度より業務適用を開始し、まずは拠点別排出量の管理として、適用拠点の多様なGHG排出量算定の一元化のために活用するとともに、高付加価値製品の企画・販売に適用される製品別排出量の管理基盤としても活用する。

当社の低CO₂素材であるKobenable[®] Steel, Kobenable[®] Aluminumは、HBI装入操業、グリーン地金やスクラップの活用によるCO₂削減効果を、第三者認証の下で特定のお客様への製品に配分（マスバランス）することによって実現するものである（本号p.3「低CO₂高炉鋼材“Kobenable[®] Steel”，低CO₂アルミ“Kobenable[®] Aluminum”の商品化について」を参照）。今後それらを多様なお客様へ提供していくためには、これら施策による排出量の削減やベースとなる各製品（群）の排出量を客観的に把握する必要があり、本システムは第三者認証の下で、これらの管理のために活用する予定である。

また、2050年のカーボンニュートラルを実現するため

には、GHG排出量を可視化するだけでなく、削減に向けての取り組みを加速する必要がある。本システムでは、様々な要因のGHG排出へのインパクトや、原料や設備の条件を変えた場合のGHG排出量の変化を分析するシミュレーション機能も実装しており、これらをGHG排出量削減施策の検討にも活用していく。

むすび = 本稿では、当社事業におけるGHG排出量算定業務に関わる背景とともに、今回開発したCO₂データ集計システムの概要や、本システムの活用について説明した。

今後、社会全体としてカーボンニュートラルを目指す中では、サプライチェーンを通じたカーボン・トレーサビリティの確立や、スクラップ循環によるリサイクル高度化など、多くのステークホルダと連携した取り組みが強化されていくと認識している。

今回開発したシステムは、まずは当社内のGHG排出量管理の共通基盤として運用するが、将来的には社外のステークホルダとのデータ連携も視野に、社会全体と一体となったカーボンニュートラルの実現に向けた基盤として、活用を広げていきたい。

参 考 文 献

- 1) 環境省. 日本のNDC(国が決定する貢献). <https://www.env.go.jp/content/000291804.pdf>. (参照2026/3/26).
- 2) International Energy Agency. Net Zero Roadmap. https://iea.blob.core.windows.net/assets/8ad619b9-17aa-473d-8a2f-4b90846f5c19/NetZeroRoadmap_AGlobalPathwaytoKeepthe1.5CGoalReach-2023Update.pdf. (参照2026/3/26).
- 3) 経済産業省. 産業構造審議会排出量取引制度小委員会中間整理. https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sangyo_gijutsu/emissions_trading/pdf/20251219_1.pdf. (参照2026/3/26).
- 4) 日本貿易振興機構. EU炭素国境メカニズム(CBAM)の解説(基礎編). https://www.jetro.go.jp/ext_images/_Reports/01/b56f3df1fcbeccd/20230036.pdf. (参照2026/3/26).
- 5) 経済産業省・環境省. カーボンフットプリントガイドライン. https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/carbon_footprint/pdf/20230526_3.pdf. (参照2026/3/26).
- 6) サステナビリティ基準委員会 2025. サステナビリティ開示ユニバーサル基準. https://www.ssb-j.jp/wp-content/uploads/sites/6/jponly_20250305_01.pdf. (参照2026/3/26).
- 7) World Resources Instituteほか. Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard. https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Corporate-Value-Chain-Accounting-Reporting-Standard_041613_2.pdf. (参照2026/3/26).
- 8) 池田英生ほか. R&D神戸製鋼技報. 2024, Vol.72, No.2, p.84-88.
- 9) 一般社団法人日本鉄鋼協会. 鉄鋼製品に関するカーボンフットプリント製品別算定ガイドライン. https://www.jisf.or.jp/business/ondanka/kouken/greensteel/documents/steelfpguideline_final.pdf. (参照2026/3/26).
- 10) 一般社団法人日本アルミニウム協会. アルミニウム製品のカーボンフットプリントガイドラインVer 1.0. https://www.aluminum.or.jp/wp-content/themes/dp-colors/img/en_carbon_01.pdf. (参照2026/3/26).