

スマート製造を目指した CFP 自動収集/算定ガイドンス

～スマート製造に於ける CFP の 1 次データの自動収集/算定および改善に関する検討～

Green x Digital コンソーシアム

環境活動データ価値化 WG

データ要件検討 SWG

2026 年 3 月

(最終校正版)

【おことわり】

本書は、製造工程（組立分野）における製品生産時のカーボンフットプリント（CFP）1次データを算出するための要件を整理したものであり、データの信頼性の考え方、収集方法、配分方法、ならびに事例を示している。

従って、製造段階（Gate-to-Gate）における製品 CFP の構成要素である CO₂ データを対象とし、フル LCA(Life Cycle Assessment)としての CFP 報告書そのものを定義するものではない。つまり ISO 14067 で定義される製品カーボンフットプリント（CFP）そのものではなく、CFP を構成する要素となる製造段階（Gate-to-Gate）の CO₂ データである。これを本書では主に CFP と呼び解説している事にご注意頂きたい。

なお、本書の内容のみでサプライチェーン全体の CFP を算定できるものではない。サプライチェーン全体を対象とした CFP 算定手法については、見える化 WG で検討された資料など、他の関連資料を参照する必要がある。なお、本書の内容については SWG 活動期間中に随時意見を募集しており、意見や要望がある場合は GxD コンソーシアム事務局まで連絡されたい。

【免責事項】

本書の内容は別途記載がない限り執筆時点で入手している情報に基づくものであり、その後の状況変化や追加政策発表により変わる場合があります。

本書に記載した情報の正確性については十分に配慮しておりますが、記載内容の利用によって何らかの損害が発生したとしても、かかる損害については一切の責任を負うものではありません。

目次

図表.....	4
用語集.....	6
第1章 はじめに.....	10
1-1 背景と課題	11
1-2 本書の概要	15
1-3 本書の章構成.....	16
1-4 想定する読者.....	16
1-5 データ要件検討 SWG 活動目的	18
第2章 データ要件の範囲.....	20
2-1 ライフサイクルステージについて.....	20
2-2 製造段階における対象プロセスについて.....	20
2-3 原材料段階について.....	22
2-4 1次データを範囲とする理由について	23
2-5 1次データ種類と粒度.....	26
第3章 参照する規格	28
3-1 カーボンニュートラル及び製造段階でのエネルギー管理に関する法令および規格の調査 ...	28
3-2 製造段階に影響する規格の絞り込み	29
3-3 規格の整理	30
3-4 データ要件に関連する規格の整理.....	31
3-5 データ要件に関連する規格のまとめ	32
3-6 その他.....	34
第4章 製造業におけるデータ要件の定義.....	37
4-1 1次データ比率の要件定義.....	37
4-2 信頼性のデータ要件について	39
4-3 スマート製造における技術的代表性、および1次データ比率のデータ要件の整理.....	42
4-4 データ配分の定義および配分方法.....	46
4-5 カットオフのデータ要件	55
4-6 製造段階における適用事例について	58
4-7 データ収集の時間や算定のタイミングについて	64
第5章 製造業におけるデータ収集・計算・配分・共有の方法.....	66
5-1 手動での収集・計算・配分・共有について	67
5-2 一部自動.....	69
5-3 自動	71
5-4 シミュレーションの活用	73
5-5 製造段階の製造プロセスの1次データ算定の手順例(案).....	75
第6章 生産システムとの連携.....	78

6-1	各生産システムとの関係性について	78
6-2	各生産システムとの連携またはデータ管理体系について	81
6-3	評価方法(案)について	83
6-4	CFP 算定の第三者認証について	85
6-5	1次データ比率のレベル設定、および規制検討	85
6-6	2次データの活用について	87
6-7	最後に	89
第7章	他団体での取り組み事例紹介	90
7-1	I V I : Industrial Value Chain Initiative	90
7-2	I A F : Industrial Automation Forum	92
第8章	おわりに	99
8-1	まとめ	99
8-2	残課題と今後の活動計画	99
8-3	謝辞	100
補足資料	Annex	104
Annex 1	1次データ算定に重要な生産システムとの連携について(関連章: 6-2)	104
Annex 2	改善事例	111

図表

図 1	初期事例: 手計算による CFP 算定	13
図 2	中期事例: 限られた設備投資による半自動算定	14
図 3	将来: スマート製造による自動算定および AI を活用した自動生産調整	14
図 4	データ収集の自動化及び信頼性の目指す姿 (赤枠が本書でのスコープ)	18
図 5	1次データおよびデータ収集の目指す姿 (赤枠が本書でのスコープ)	19
図 6	製造段階における製造に寄与するプロセスと製造に寄与しないプロセスの関係	20
図 7	製造に寄与する/しないプロセスの次事業者 (又は顧客) との位置づけ	21
図 8	使用する排出係数データベースの進化 (赤枠内は本書で追加)	23
図 9	1次データ化のロードマップ案	25
図 10	関連する法令規格の調査	28
図 11	規格の絞り込み	29
図 12	規格の整理	30
図 13	PDS の指標としての限界	38
図 14	電力利用の CO ₂ 排出量計算における 1次データの考え方	38
図 15	TeR=5 のイメージ	43
図 16	TeR=4 のイメージ	43
図 17	TeR=3 のイメージ	44
図 18	TeR=2 のイメージ	44

図 19	TeR=1 のイメージ.....	45
図 20	TeR=1 のイメージ (PDS=100%)	45
図 21	工場全体の設備事例	47
図 22	製造に寄与する設備におけるロス時間と、CFP 算定 (Scope3) の関係について	50
図 23	製造段階における CFP の固定値と変動値について	54
図 24	製造段階の製造プロセスの 1 次データ算定手順 (CFP、PDS、DQR) 例.....	75
図 25	具体的な製造段階の製造プロセス例.....	76
図 26	内作(自社)と外作(協力会社など)の製造プロセス例	76
図 27	部品表 (BOM) の調査&分析および算定手順例.....	77
図 28	工程表 (QC、BOP) の調査&分析および算定手順	77
図 29	SMKL を活用した ROI を考慮した段階的な 1 次データ収集システムの構築.....	84
図 30	CFP 算定ロジック	91
図 31	CTN サービスの全体像.....	91
図 32	IAF/CLiC 計測シミュレーション概要	93
図 33	IAF/CLiC システム構成.....	93
図 34	IAF/CLiC ソフトウェア構成.....	94
図 35	IAF/CLiC CO ₂ 排出量の算出	94
図 36	IAF/SMKL プロジェクト	97
図 37	IAF/ia-cloud	98
図 38	設備ごとの原単位管理を実現した遮断器の生産現場事例	111
表 1	想定する読者.....	16
表 2	製品ライフサイクルの各段階(Cradle to Grave).....	20
表 3	CFP 算定の為の活動量の 1 次データ種類と粒度&有効期限の例.....	26
表 4	規格からのデータ要件	31
表 5	PDS に関する規格	37
表 6	国際規格および PACT Methodology や Catena-X で要求されているデータ要件	39
表 8	データ信頼性 PACT Methodology Ver3.0、Catena-X Ver3.0	41
表 9	工場の設備と製造に寄与する／しない項目例.....	48
表 10	製造に寄与するプロセス.....	49
表 11	製造に寄与しないプロセス	49
表 12	価値稼働時間の例	52
表 13	カットオフ基準.....	56
表 14	各段階のカットオフを 5%とした算定例.....	57
表 15	エネルギーの種類別検討事例.....	59
表 16	間接設備の種類別検討事例	61
表 17	廃棄物・消耗材の種類別検討事例	62
表 18	工場内搬送の種類別検討事例.....	63

表 19	自動算定の発展シナリオ	67
表 20	各生産システムと CFP の関係について (案) (太字追加提案)	78
表 21	環境製品宣言 (EPD プログラム) 一覧 (2025.10 調査時点)	88
表 22	IAF/CLiC 実証システムのデータ収集機能に関して考慮した点	95
表 23	BOM (Bill of Material : 部品表) で一般的に管理される項目 (太字追加提案)	104
表 24	BOP (Bill of Process : 工程表、工程 BOM) で一般的に管理される項目 (太字追加提案)	106
表 25	管理会計システム (Management Accounting System) で管理される項目 (太字追加提案)	107
表 26	QC 工程 (品質管理工程、Quality Control Process) の一般的管理項目 (太字追加提案)	108
表 27	購買管理システムで一般的に管理される項目 (太字追加提案)	109
表 28	PDM システムで一般的に管理される主な項目	110

用語集

本書で頻度高く使っている専門用語の意味合いを下表にまとめる。

No.	用語	意味合い (※は本書での見解)
1	1 次データ (primary data)	直接測定または直接測定に基づく計算から得られるプロセス、または活動の定量化された値。 参照 : ISO 14067
2	2 次データ (secondary data)	1 次データの要件を満たさないデータ。 参照 : ISO 14067
3	4M	Man, Machine, Material, Method の略。製造管理の基本要素。
4	AAS (Asset Administration Shell)	製造業におけるデジタルツインの構成要素。設備や製品の属性・状態・履歴などをデジタルで管理する枠組み。
5	BOM (Bill of Materials) (部品表)	製品を構成する部品や材料の一覧。製造工程や原価管理に活用。 ※CFP 算定では原材料の CO ₂ 排出量を集計する基礎データとなる。
6	BOP (Bill of Process) (工程表)	製品の製造工程や作業手順を記述し、使用設備、標準時間などを管理する表。 ※工程別の CFP 算定に活用できる。
7	CFP (Carbon Footprint of Product) (製品のカーボンフットプリント)	ライフサイクルで評価し、CO ₂ 排出量に換算して表示された、製品システムの GHG 排出量と除去量の和。 参照 : ISO14067 (2018)
8	CFP 算定報告書	算定範囲、データソース、算定期間、カットオフ基準などを記載する報告書。
9	CIOF (Connected Industries Open Framework)	IVI が開発したデータ連携基盤。事業者間で契約に基づくデータ共有を可能にする。
10	CN (Carbon Neutrality) (カーボンニュートラル)	温室効果ガスの排出量と吸収量を均衡させ、実質ゼロを目指す取り組み。企業や国が CO ₂ 排出を削減し、残りを吸収・オフセットすることで達成される。SDGs 目標 13 にも関連。
11	Cradle to Gate	製品が生産される段階までの工程における CO ₂ 排出量の評価方法。原材料の採掘や生産、輸送、加工など製品の生産に必要な工程での CO ₂ 排出量を算出。

12	Cradle to Grave	製品が生産される段階から廃棄されるまでの全ての工程における CO ₂ 排出量の評価方法。原材料の採掘や生産、輸送、加工、使用、廃棄など全ての工程での CO ₂ 排出量を算出。
13	CTNS (Carbon Trusted Network Services)	IVI が提供する CFP 算定と共有のためのトラストサービス。CIOF を用いてデータ連携と信頼性保証を実現。
14	カットオフ (cut-off)	カーボンフットプリントやライフサイクルアセスメント (LCA) などの環境影響評価において、特定の基準に基づいて評価対象から除外する項目やプロセスを指す。
15	DPP (Digital Product Passport)	製品の環境情報やサステナビリティ関連データを 2 次元バーコード等で提供する仕組み。EU の「Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR)」に基づく制度。
16	DX (Digital Transformation)	デジタル技術を活用して業務やビジネスモデルを革新すること。 ※製造業ではスマートファクトリー化が代表例。
17	EN 15804	建設製品の環境製品宣言 (EPD) に関する国際的なルール。欧州標準 (CEN) で、EU の建設製品規則 (CPR) に対応。欧州市場で必須に近い位置づけ。
18	EMS (エネルギー管理システム)	工場や設備の電力・ガス・水などの使用量をリアルタイムで監視・管理するシステム。※ Scope1,2 および CFP 算定に活用可能。
19	ERP (Enterprise Resource Planning) (統合業務管理システム)	企業の基幹業務 (会計、在庫、購買など) を統合管理するシステム。 ※MES と連携して CFP 算定に必要なデータを統合可能。
20	ESPR (Ecodesign for Sustainable Products Regulation)	製品の設計段階から環境性能を高めるための EU 規則。DPP 制度の基盤。 ※2028 年以降、CFP 算定が段階的に義務化される可能性がある。
21	EU バッテリー規則	バッテリー製品に関する CFP 申告義務などを定めた EU 法令。
22	GAIA-X	欧州発の分散型データ共有基盤。データ主権と透明性を確保するための枠組み。
23	Gate to Gate	特定工程 (工場の敷地内に原材料が納入される時点など) から製品が工場から出荷されるまでの工程での CO ₂ 排出量を算出する。
24	GHG プロトコル	温室効果ガスの排出量を算定・報告するための国際基準。製品レベルでは「Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard」が該当。
25	Greenwashing(グリーンウォッシング)	実態を伴わない環境配慮の主張。EU では禁止法案が採択され、企業には正確な環境情報の開示が求められる。
26	GX(Green Transformation) (グリーン・トランスフォーメーション)	化石燃料をできるだけ使わず、クリーンなエネルギーを活用していくための変革やその実現に向けた活動。
27	GxD コンソーシアム	Green x Digital を推進する企業ネットワーク。CO ₂ 排出量の見える化やデータ連携の標準化を目指す。
28	I4.0 (第四次産業革命)	製造業におけるデジタル化やスマート製造化を推進するための概念。
29	ia-cloud	IAF が開発・普及する IoT アプリケーション開発基盤。Node-RED と連携し、VPN 不要で製造現場のデータ収集・活用が可能。
30	IAF	Industrial Automation Forum。製造業のスマート化や CFP 算定の自動化に関する実証・標準化を推進する日本の団体。
31	IDEA	産業技術総合研究所が提供する LCA 算定のための排出原単位データベース。[IDEA リンク](https://www.aist-solutions.co.jp/service/aist_idea/aist_idea.html)

32	IEC 62726 / IEC 63XXX	電気・電子製品のライフサイクルアセスメントや温室効果ガス排出量の定量化に関する規格。
33	Industry 4.0	IoT、AI、ロボティクスなどを活用した製造業の第四次産業革命。スマート製造の基盤。
34	IoT (Internet of Things)	物のインターネット。様々なデバイスがインターネットを通じて接続され、データを交換する技術。
35	ISO 14040 / 14044	ライフサイクルアセスメント (LCA) の国際規格。CFP 算定の基礎となる。
36	ISO 14067:2018	製品のカーボンフットプリント (CFP) 算定に関する国際規格。LCA に基づき、1 次データの活用が推奨される。
37	ISO 20140 シリーズ	製造システムにおけるエネルギー効率と環境影響評価に関する規格。1 次データの収集・加工に関する定義が含まれる。
38	ISO 21930	建設製品の環境製品宣言 (EPD) に関する国際的なルール。米国で広く採用。LEED など国際的な認証制度で利用される。
39	ISO 22400	製造業における KPI (重要業績評価指標) を定義する国際規格。 ※CFP 算定に直接の記載はないが、スマート製造の評価指標として参考になる。
40	ISO 50001 / 50002 / 50015	エネルギー管理システムに関する国際規格。工場のエネルギー使用量の測定・改善に活用される。
41	ISO/TS 14027	製品カテゴリごとの EPD 算定ルール (PCR) を定義する技術仕様。LCA の比較可能性を確保するために重要。
42	IVI (Industrial Value Chain Initiative)	日本の製造業のデジタル連携を推進する団体。ゆるやかな標準に基づき、つながる工場や CFP 算定モデルを提案。
43	KPI (Key Performance Indicator)	重要業績評価指標。組織の目標達成度を測定するための指標。
44	LCA (Life Cycle Assessment)	ライフサイクルアセスメント。製品のライフサイクル全体を通じた環境影響を評価する手法。
45	Manufacturing-X	欧州製造業向けのデータ連携基盤。スマート製造の社会実装を支援。
46	MES (Manufacturing Execution System) (製造実行システム)	生産現場の作業指示、進捗管理、品質管理などを統合的に管理するシステム。 ※CFP 算定に必要な 1 次データの収集にも活用できる。
47	OPC UA	製造現場と IT システム間の通信を標準化するプロトコル。リアルタイムデータの収集と連携に用いられる。
48	OT (Operational Technology)	製造現場などの物理的な設備や機器を制御・監視する技術。IT (情報技術) とは異なり、リアルタイム性や安全性が重視される。 ※CO ₂ データの算定(Gate to Gate)では OT 側からの 1 次データ取得が重要。
49	PACT (Partnership for Carbon Transparency)	WBCSD が推進する CFP データの透明性と相互運用性を確保するための国際的枠組み。PACT Methodology に基づく。算定方法は LCA に基づき、1 次データの活用が推奨される。
50	Partial CFP	ライフサイクルの一部 (Cradle to Gate など) に限定した CFP。ISO 14067 で定義。
51	PACT Methodology	WBCSD が提唱する CFP 算定の国際的枠組み。収集・計算・配分・共有のステップで構成される。
52	PCR (Product Category Rules)	製品カテゴリごとの LCA 算定ルール。ISO/TS 14027 で定義される。
53	PDM (製品データ管理)	設計図面や部品構成などの製品情報を管理するシステム。 ※CFP 算定に必要な材料情報を提供。

54	PDS (Primary Data Share)	1 次データの割合 ※CFP 算定における 1 次データの割合を示す指標。
55	PLM (製品ライフサイクル管理)	製品の設計から廃棄までの情報を管理するシステム。 ※CFP の設計段階での評価や最適化に寄与。
56	PPS (購買管理システム)	資材の発注、納期、契約条件などを管理するシステム。 ※購入品の CFP データ更新や信頼性管理に活用。
57	QC 工程	品質管理工程。製品の品質を確保・維持するための管理項目を体系的に管理する。 ※設備、廃棄などの CO ₂ データ分析に活用。
58	RAMI4.0	第 4 次産業革命の参照モデル。スマート製造の評価指標として活用される。
59	ROI (Return on Investment)	投資に対して得られる利益の割合。設備投資やシステム導入の効果を評価する際に用いられる。
60	SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)	工場やプラントの設備を遠隔監視・制御するためのシステム。リアルタイムでのデータ収集が可能。
61	SCM (サプライチェーン管理)	調達、物流、在庫などサプライチェーン全体を管理するシステム。 ※Scope3 および CFP 算定に不可欠。
62	Scope 1, 2, 3	企業単位の GHG 排出量の分類。Scope 1 : 直接排出、Scope 2 : 購入電力などの間接排出、Scope 3 : サプライチェーン全体の排出。 https://ghgprotocol.org/product-standard
63	Scope1	企業が直接排出する温室効果ガス。燃料の燃焼など。
64	Scope2	購入した電力などによる間接排出。
65	Scope3	サプライチェーン全体で発生する Scope1,2 以外の間接排出。
66	SHK 制度	温対法に基づく日本国内の温室効果ガス算定・報告・公表制度。 [排出係数一覧](https://policies.env.go.jp/ghg-santeikohyo/files/calc/itiran_2023_rev4.pdf)
67	Sier (System Integrator)	顧客の要件に応じて IT システムや製造設備を設計・構築・導入する企業や技術者。
68	Smart Factory (スマート工場)	IoT、AI、MES などの技術を活用して、工場の生産性・品質・保守・環境対応を自動化・最適化する取り組み。
69	Smart Manufacturing (スマート製造)	データと自動化を活用して効率、柔軟性、速度を向上させる製造プロセス。
70	SMKL (Smart Manufacturing Kaizen Level)	IAF が提案するスマート製造の見える化レベル。4×4 のマトリクスで診断し、ROI を考慮した段階的な改善を支援。 ※CFP のデータ収集システムの評価や、PDCA による段階的な導入で活用
71	WBCSD	World Business Council for Sustainable Development。持続可能な開発のための国際経済人会議。
72	WMS (倉庫管理システム)	在庫やロケーションを管理するシステム。 ※保管時のエネルギー消費が大きい場合は CFP 算定に関与。

第1章 はじめに

製造業におけるカーボンニュートラルへの対応は、地球規模の環境課題への貢献に加え、欧州をはじめとする各国の法令遵守、さらには投資家向けの IR (Investor Relations) 活動においても極めて重要な要素となっている。加えて、少子高齢化による労働力不足や工場の生産効率向上を図るためには、第四次産業革命 (Industry 4.0)、産業 IoT (Internet of Things)、製造 DX (Digital Transformation)、GX (Green Transformation) といった技術を活用し、工場内のデジタル化 (以下「スマート製造化」と呼ぶ) を推進することが不可欠である。これにより、KPI (Key Performance Indicator) の可視化を実現し、「効率的な運用」と「継続的な改善」を可能にする。

特に、欧州の法規制対象でもある CFP (Carbon Footprint of Product) を含め、工場内の多様な KPI (生産性、品質、保守、在庫、環境指標など。[ISO22400]) に対して、リアルタイムでのデータ収集・可視化・分析・改善を可能にするソリューション (SCADA、MES、スケジューラ、AI 分析ツールなど) の構築が重要である。また、製造業自身 CO₂ 排出量が多い業種であるという責任的立場から、製造業が特に気にしなければならないことでもある。なお、これらの取り組みにより、スマート製造化が加速度的に進展する可能性がある。また、法律や規制や顧客要求に従って CFP を開示・報告する義務も発生してくる。これは製造業に限らず、製品を中心としたバリューチェーンで関わりのある企業、様々な業種が関係する。本書で取り上げる CFP の 1 次データを自動収集するシステムには、以下のような主なメリットがある。

- 1) 製造時 (Gate to Gate) に発生する CO₂ データ (エネルギー使用量や製造情報など) をリアルタイムで収集・分析・改善できることで、各種 KPI に基づいた現場改善活動が促進される。
- 2) 人手による記録ミスを排除し、信頼性と品質の高いデータを顧客に提供することで、環境配慮型のサプライチェーンにおいて、顧客とサプライヤ間のエンゲージメントが強化される。
- 3) CFP 算定に加えて、エネルギー生産性の可視化システムを同時に構築することで、省エネや生産性向上による原価低減など、経営面への貢献 (ROIC 改善) が期待できる。更に、原価計算の精緻化にも影響があり財務・非財務の連動性が高くなる。
- 4) 将来的にはカーボン取引の進展により、製品の価格や機能・性能だけでなく、環境性能も含めた競争優位性を持った取引が可能となる (但し、CFP データの精緻な算定、データ改ざん防止、第三者による信頼性保証などが求められる可能性が高い)。
- 5) 製品ごとの実際のエネルギー使用量を把握できるため、製品固有の CO₂ 排出量を算出しやすい。また、総量を比率で割り付ける「配分」に頼らず、もしくは最小限に抑えた形で算定でき、不確かさの少ない、適切な CO₂ 算定が可能。

さらに、CFP 算定に関連するセンサ、データ収集機器、アプリケーション、ソリューションなどを提供するベンダや、システムインテグレータ (SIer)、コンサルタント、評価機関などにとっても、手作業から自動化への移行過程において、多くの新たなビジネスチャンスが生まれる可能性がある。

導入の段階として、初期段階は、2 次データ (IDEA、ecoinvent、Gabi 等) 利用を前提とするケースが想定されるため、「1 次データ優先+2 次データ補完」のハイブリッド方針も必要となる。

1-1 背景と課題

CFP 算定に関連する背景や課題について述べる。

【法的な背景】

環境問題の解決に向けたグリーン製品への法規制として、欧州では 2023 年 8 月に「EU バッテリー規則」が施行された。この規則は、欧州市場に流通するすべてのバッテリー製品を対象としており、調達・生産・使用・リサイクルに至るまで、ライフサイクル全体に関する詳細な規定が設けられている。対象には、自動車、産業機器、携帯型製品などに搭載されるバッテリーも含まれる。具体的には、以下のような義務が定められている。

- ・バッテリー製品に関するカーボンフットプリント（CFP）の申告義務
- ・リサイクル原材料の最低使用割合の遵守
- ・廃棄されたバッテリーの回収・処理・リサイクルに関する義務

さらに、これらの環境関連情報は、欧州の「持続可能な製品のためのエコデザイン規則（ESPR：Eco-design for Sustainable Products Regulation）」に基づき、「デジタル製品パスポート（DPP：Digital Product Passport）」を通じて提供されることが求められている。DPP は、2 次元バーコードなどを介してインターネット（URL：Uniform Resource Locator）などで製品情報を公開し、サステナビリティやサーキュラーエコノミーに関する情報をライフサイクル全体で提供する仕組みである。

この DPP 制度は、自動車産業およびバッテリー（又は鉄や繊維）分野に対して適用が開始され、他の産業にも段階的に拡大される予定である。そのため、今後の動向を継続的に注視する必要がある。

なお、DPP には CFP 情報の掲載要求もあり、これに違反した場合や環境基準に適合しない製品については、欧州市場での販売許可が下りない。ただし、現時点では細則の詳細は未定であり、今後の規定内容の確定が待たれる。

【ライフサイクル全体での CFP について】

本書で取り上げる CFP データの算定に関しては、すでに欧州向けの欧州環境規則（ESPR、バッテリー規則など）において、原材料の採掘から生産、輸送、使用後の処理に至るまで、ライフサイクル全体を通じた総合的な温室効果ガス排出量の算定が求められている。

しかしながら、このライフサイクル全体での CFP 算定には、欧州域内外の多数の企業が関与するため、以下のような課題が残されている：

- ・データの共有方法の標準化（DPP、Catena-X、PACT Methodology、ウラノスエコシステム、CIOF など）
- ・サプライチェーンにおける業種ごとの算定手法の整備（例：運輸業、製造業、リサイクル業など）
- ・業界間での算定精度や定義のばらつきの調整（各業界のプロセスのバウンダリ設定など）

そのため、今後欧州環境規則の運用が進むにつれて、より詳細な要件が定められ、環境問題の解決という目的に沿って、規制内容が段階的に厳格化されていくことが予想される。

また、同一型番の製品であっても、実際には材料や部品の変更、輸送ルートの違い、製造設備の更新などによって製品のトレーサビリティが変化し、それに伴い CFP 値も変わる可能性がある。そのため、製

造ロットや製造番号、配送情報などの単位で個別に CFP を算定する必要が生じるケースも想定される。

【製造段階(Gate to Gate)における CO2 データの算定について】

CFP の算定に関しては、ISO 14067:2018 や GHG プロトコル製品基準 (GHG Protocol Product Standard)、Catena-X(CX-NFR-PCF-Rulebook)等に規定がある。算定に用いる活動量データは、基本的に 1 次データ (実測値、または実測値を基にした配分による計算値) を取得することが原則とされている。

まず、1 次データの取得可能性を確認し、困難な場合には 2 次データ (既存のデータベースなどから取得した代表値) を活用することができる。また、算定対象となるすべてのプロセス (製品や工程) を網羅することが理想であるが、CFP への影響が小さく、かつ算定が困難なプロセスについては「配分」や「カットオフ」(算定対象から除外) することも認められている。

このカットオフ・ルールは、原材料の採掘、生産、輸送、使用後の処理など、製品のライフサイクル全体に適用される。本書の対象である製造段階においては、工場内設備が固定されているケースが多く、技術的には 1 次データの取得が比較的容易である。設備コストや製品ごとの CO₂排出量算定の難しさを理由に、すべてを 2 次データで算定し、安易にカットオフしてしまうことは、環境課題に真摯に取り組む企業の姿勢として望ましいとは言えない。投資効果(ROI: Return on Investment)が不明な時点では 2 次データを活用することはやむを得ないが、段階的な投資を実施し 1 次データ収集ができる自動算定システムを早期に導入するべきである。なお、カットオフに関しては適切にできれば算定の複雑さを軽減できるメリットがあり有効活用すべきである。但し、1 次データや 2 次データに関わらず、算定が困難でも重要な CFP はカットオフしてはならない事は必須条件である (重要性の判断は業界毎の PCR を参照すること。また重要なものは CFP 報告書への記載が必要な場合がある)。

【データの信頼性について】

CFP の算定において、2 次データによる算定は信頼性が低下する傾向がある。

その反対に CFP を 1 次データから収集・算定できるシステムを早期に構築した企業は、算定システムの第三者認証などにより、より信頼性の高いデータが算定できる。

データの信頼性を重視する取引先との関係においては優位に立てると考えられる。

また算定システムの分析により工場内の設備のみえる化ができ、より少ない CFP 値となるように生産調整や設備改善などの、改善活動が行える。

加えて、将来的に CO₂削減量の価値が金銭的に評価されるようになった場合には、実測値に基づく 1 次データでなければ信頼性の保証が困難となり、削減価値が認められない事も想定される。

【開示に使う CFP と改善に使う CFP について】

CFP には「開示に使う CFP」と「改善に使う CFP」の 2 種類があり、目的と必要なデータの粒度が異なる。

工場のエネルギーや廃棄物などの 1 次データは、まず工程改善のためにリアルタイムに近い詳細データ (改善用 1 次データ) を集める。その後、それらを期間や製品単位に集計してサプライチェーン下流で使う「開示用 1 次データ」にまとめる。開示用の 1 次データを改善用の 1 次データから算定することが重要である。

なお、CFP を厳密に算定すると原価計算の精度が上がり、経営体質の強化につながる。例えば、廃棄物削減や稼働率向上などの改善努力が CFP 値に確実に反映され、改善のインセンティブになる。つまり、CFP 対応は環境対策にとどまらず、財務目標とも連動する経営改善の取り組みとして捉えるべきである。

【スマート製造と CFP 算定の関係について】

CFP の 1 次データを効率的に収集・算定し、改善につなげるためには、工場内の他の生産活動データのデジタル化も不可欠である。すなわち、工場のみえる化（デジタル化）によるスマート製造化を視野に入れ、生産・品質・在庫・保守・環境など、他の KPI（Key Performance Indicator：ISO 22400 など）と一緒に可視化し、分析・改善を行うためのデータ収集機器、アプリケーション、ソリューションなどの導入を進めるべきである。

ただし、どの企業も投資可能な予算には限りがあるため ROI（Return on Investment）を考慮しながら柔軟に、又は段階的に導入することが望ましい。以下に事例を示す。また、6－3 章および 7－2 章に ROI を考慮した段階的な 1 次データ収集システムの構築について IAF(Industrial Automation Forum)での取り組み事例として組立工場をターゲットとした SMKJ(Smart Manufacturing Kaizen Level)を示す。

（初期段階の事例） 手計算による CFP 算定

特徴：実際の製造現場(OT 側)では CFP のデータ収集&算定は困難であり、対応が難しい

具体例：

- ・ 部品点数や取扱製品数が多ければ CFP 算定工数も増え、手作業、手入力では限界がある
- ・ 算定ミスがあれば、信頼性に欠ける CFP データを報告することで、取引先の信用を失う
- ・ 2 次データ(業界平均の値や推定値)では、実際に使用している素材やエネルギーの環境負荷を適切に表すことができない

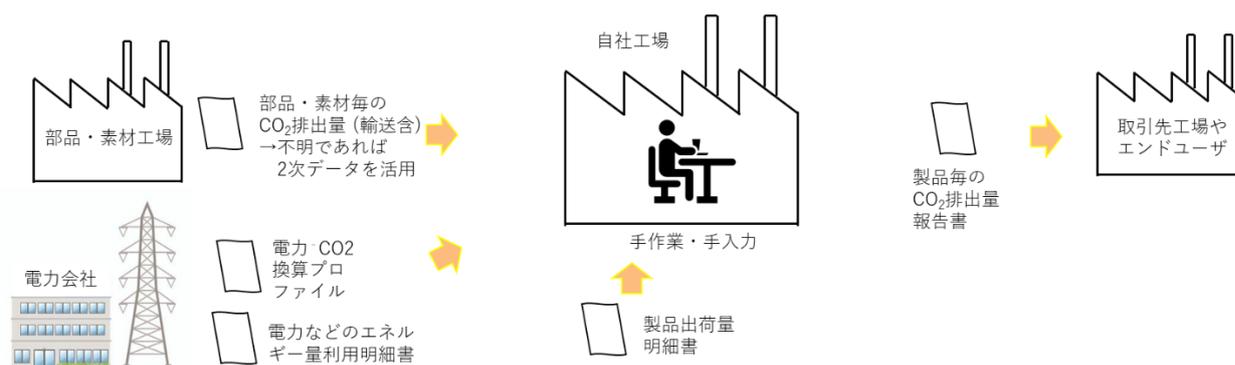


図 1 初期事例：手計算による CFP 算定

(移行期の事例) 限られた設備投資による半自動算定

特徴：投資効果を考慮しつつスマート製造化を進め、CFP 算定を段階的に自動化

具体例：

- ・ 部品や製品数が多くても段階的なスマート製造化により、CFP 算定の自動化ができる
(省エネ、生産性/品質/在庫/保全など他の重要 KPI のみえる化と一緒に進める事が重要)
- ・ 人為的算定ミスが少なく、信頼性がある CFP データを報告することで取引先の信用を得る
- ・ 1次データを活用し、自社工場内の CFP 削減の改善活動ができる (改善サイクルは人依存)

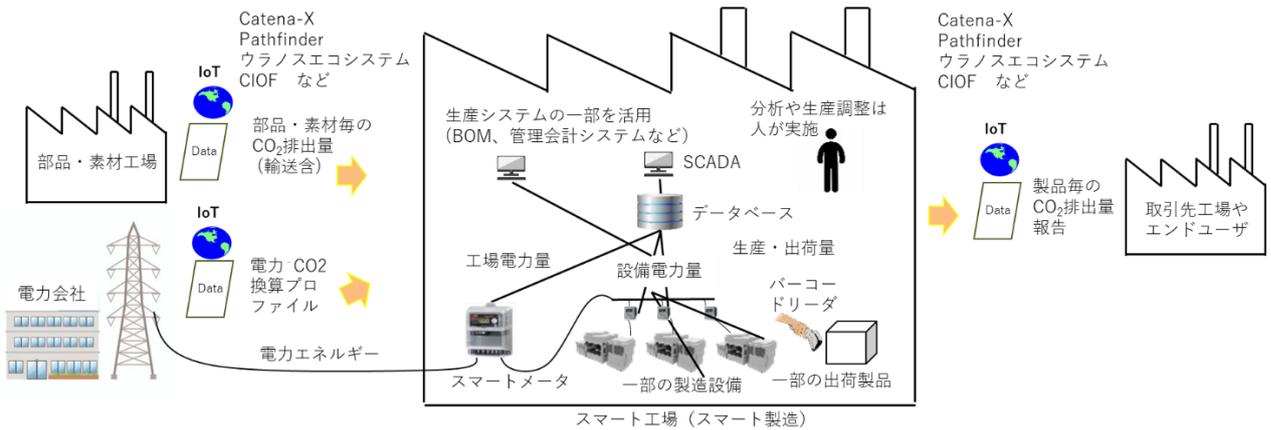


図 2 中期事例：限られた設備投資による半自動算定

(将来の事例) スマート製造による自動算定、および AI を活用した自動生産調整

特徴：自社工場の AI によるスマート化を進め、CFP 算定の自動化及び生産自動調整ができる

具体例：

- ・ AI によるスマート化により CFP 算定の自動化だけでなく、生産の自動調整ができる
(同時に他 KPI も AI で分析&改善すれば、最適で先進的なスマート製造が実現できる)
- ・ 安定した生産オペレーションやシミュレーションにより、最適な CFP データへ自動制御 (改善)し、環境にやさしい工場の実現やサプライチェーンでの取引優位性を得る

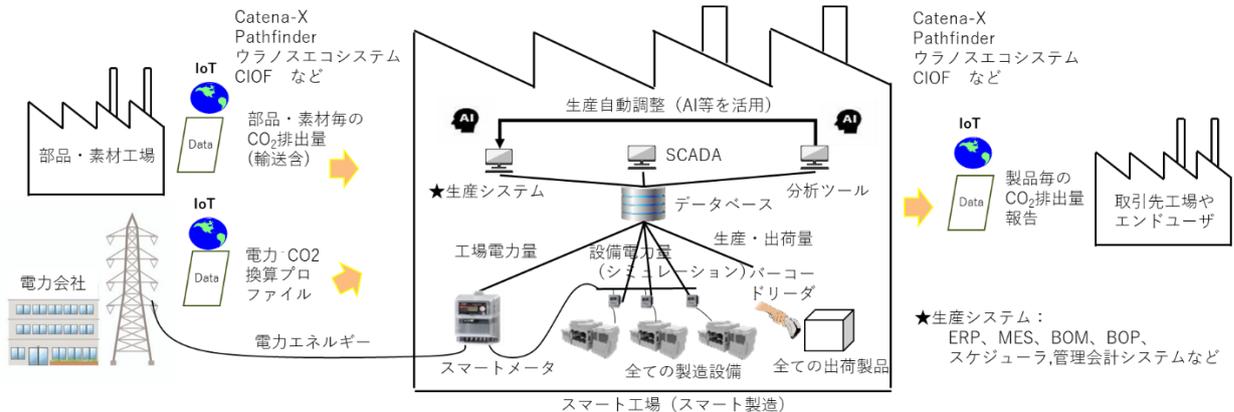


図 3 将来：スマート製造による自動算定および AI を活用した自動生産調整

本書では、スマート製造化への段階的な投資計画に合わせた算定手法を検討し、効率的で信頼ある CFP 算定方法の社会実装を加速させ、AI 等の導入により改善を推進し易くする事を目的としている。

1-2 本書の概要

以上の背景を踏まえ、本書では、組み立てなどの FA 分野(Factory Automation)における製品生産時(Gate to Gate)の CO₂データ (GHG 排出量) を 1 次データから収集・算定できるスマート製造システムを早期に構築することを目的として、1 次データの「データ要件定義 (信頼性など)」に焦点を当て、基本的な考え方をガイダンスとして整理・提案する。特に図や表を多用して分かり易くした。

具体的には、第 3 章で参照した規格類について説明する。また、第 4 章において、組立工場内で取得される 1 次データに関する要件 (データの信頼性や配分、カットオフ、収集時間など) を定義する。

続く第 5 章では、これらのデータ要件を満たす CFP 算定について ROI (投資対効果) を考慮しながら段階的に推進できるよう手計算から自動算定に至るまでの算定方法、および、シミュレーションによる予測への言及や、具体的な製造プロセスでの算定手順を提案する。

さらに第 6 章では、BOM (部品表)、BOP (工程表)、管理会計システムなどの生産システムとの連携の必要性と、1 次データ取得の「価値を創出」するために、CFP1 次データ取得システムの成熟度を把握するための評価指標や、1 次データ比率のレベル設定および規制検討 (業界団体ごとに異なる目標値を設定)、および移行期における 2 次データの活用について提案する。

そして第 7 章では、CFP 算定に関する事例として、製造業の業界団体 (IVI、IAF) による取り組み内容を紹介する。

本書は、編集委員の多くが FA 分野の製造業に関わっていることから、主に FA 分野の製造業を対象として構成しており、それ以外の業種については今後の検討課題としている。他業種においても参考となる内容に配慮しているが、業種ごとに課題や対策が異なる場合があるため、各業界に同様のガイダンスが存在する場合にはそれを参照することを推奨している。

また、本ガイダンスは、国際的なルールが統一されていない現状を踏まえ、WTO 加盟国として国際規格を最優先とし、業界規格は参照位置付けとしている。各規格における shall (必須)、should (推奨)、may (許可) の区分を考慮しつつも、国際規格で shall(必須)とされていない要件については、ユーザやベンダの効率性や利便性を重視して内容を構成している。

つまり業界規格に理想的な概念や手順の記載があっても、国際規格で必須とされていない場合には、FA 分野の製造業における実装のしやすさを優先している点が特徴である。これは、画一的なルールのみでは CFP 算定の実装が進まない現実を踏まえ、その推進を図るための重要な取り組みであり、業界ごとに認められた権利の範囲内で行うものである。なお、規格改定などにより本書の前提が範囲外となった場合には、適宜修正を行う方針である。

※補足：プロセス自動化 PA: Process Automation、ビル自動化 BA: Building Automation、エネルギー自動化 EA: Energy Automation、電力系統自動化 PSA: Power System Automation、インフラ自動化 IA: Infrastructure Automation、交通自動化 TA: Transportation Automation、倉庫自動化 WA: Warehouse Automation、物流自動化 LA: Logistics Automation

1-3 本書の章構成

- 第1章 背景の他、本書の目的や概要を説明
- 第2章 スマート製造における CFP 算定のスコープを明確化
- 第3章 本書で参照すべき規格について調査した結果を記載
- 第4章 CFP の 1 次データ収集の為のデータ要件(信頼性など)を定義
- 第5章 データ要件を満たすためのデータ収集方法(手動/自動など)を提案
- 第6章 BOM や BOP など生産システムとの関係、評価方法や目標値の設定などを提案
- 第7章 他団体でのこれまでの CFP 算定方法を紹介
- 第8章 最後に全体のまとめの他、今後の課題、計画を記述

1-4 想定する読者

本書の想定読者は、以下のような方々を対象としている。特に、生産システムの設計・運用に携わる工場設備の企画・構築、製造・管理に関わる技術者や担当者の視点を重視して執筆している。

また、既存の生産システム(BOM、BOP、PDM、ERP、購買システム、製造シミュレータなど)や、今後新たに開発が必要な製造向け AI システムなどの S/W 製品の企画&開発者にも特に6章の生産システム連携等の項目については一読いただき、提案している内容の開発品を早期に提供いただきたい。

加えて、CFP やスマート製造化、環境対応に関心のある幅広い層の方々にも、本書の内容が参考となることを願っている。

表 1 想定する読者

No.	想定する読者	対象
1	製造業者 (FA 工場関係者)	工場設備の企画・構築に携わる者 工場での製造・管理に携わる者 環境経営を率先する企業経営者 製品の事業戦略立案・事業企画に携わる者
2	ベンダ (生産機器、設備、ソリューション、生産システム提供者)	1 次データ収集に関するセンサ・計測器メーカ 生産機器、設備、生産システム提供メーカ 生産機器、設備、生産システムを構築するシステムインテグレータ 生産システム構築を支援するコンサルタント
3	ルール形成者 (法規制や標準化関係者)	政策立案に携わる者 (政府関係者) 業界団体・関連する支援機関 (主に製造業) 標準化団体・関連する支援機関 (IEC, ISO など)
4	評価者	製品または生産システムに関する評価機関、認証機関、認定機関

【CFP 算定における関係者の参加について】

CFP 算定においては、算定作業に直接関与するメンバーだけでなく、ISO 14001などを基に社内ルールを検討するメンバー(EMS 担当者など)、会計監査を担当するメンバー、さらに各生産システムを管理

するメンバーなどを含めることが推奨される。これにより、算定の客観性と正確性が高まり、企業全体としての取り組みが強化される。

また、本ガイドラインは、図や表を用いて多数の事例を示し、分かりやすく構成されているため社内関係者および、CFP 算定に関与できる人数に限られる中小企業でも利用しやすい。また、外部からの要求に対して正当な裏付けのあるデータを提出できるよう設計されている。CFP 算定のプロセスを明確化し、データ管理方法を定義することで、企業の環境負荷削減に寄与することを目的としている。

1-5 データ要件検討 SWG 活動目的

本書は、GxD コンソーシアム／価値化 WG／データ要件検討 SWG の活動背景と目的を踏まえて作成されたものである。

GxD コンソーシアム／見える化 WG では、CO₂排出量の算定における具体的な「データ収集方法」および、CO₂データ連携における「データ信頼性」の重要性が、ロードマップ上で明示されている（下図参照、赤枠参照）。しかしながら、これらの「目指す姿」は定義されているものの、社会実装は十分に進んでいないのが現状である。

そこで、CFP に関するデータ収集において、ユーザ側のメリットや副次的効果、ベンダ側のビジネス機会、さらにはルール形成者や評価機関の役割を明確化することで、データ収集に関する「価値」を創出することを目的に、GxD コンソーシアム内の「価値」を検討する価値化 WG で 2024 年 8 月にデータ要件検討 SWG メンバーを募り、同年 9 月より活動を開始した。

データ要件検討 SWG では、CFP 算定に必要なデータ収集方法やデータの信頼性に関する要件を整理し、小規模から大規模まで様々な製造業者が本書を参考にしながら、CFP の算定および見える化（デジタル化）を通じて、リアルタイムな CO₂排出削減活動を可能にすることを活動スコープとしている。

また、CFP に限らず、ISO 22400 で定義される他の KPI（生産性、能力、品質、保守、在庫、環境など）についても、同様のデータ収集システムを活用して見える化を図り、リアルタイムで継続的な改善が可能な生産システムを構築することで、スマート製造の社会実装を加速させることも活動の重要な目的である。

さらに、CFP 算定に関わるセンサ、データ収集装置、アプリケーション、ソリューションなどの製品を提供するベンダや SIer（システムインテグレーター）にとっても、新たなビジネスやサービスの創出につながることを目指している。

実現項目		～2023年度	2024年度	2025～20**年度	目指す姿
CO ₂ 排出量算定	算定方法	製品データに基づく算定 組織データに基づく算定	製品データに基づく算定 組織データに基づく算定	製品データに基づく算定 組織データに基づく算定	製品データに基づく算定
	一次データ割合	一次データ 二次データ	一次データ 二次データ	一次データ 二次データ 社会実装加速の為に、 早期の自動化を目指す	一次データ
	データ収集方法	自動 手動	自動 手動	自動 手動	自動
CO ₂ データ連携	PACT連携範囲	見える化WG内実証 /PACT Ver up対応 <small>IPACT内実証</small>	PACT Ver up対応 /PACT データエクステンション化 ・コンフォーマンス要件化 <small>PACT内インプ</small>	PACT データエクステンション化 ・コンフォーマンス要件化 <small>PACT内インプ</small>	PACT参加企業とのデータ交換
	データ連携基盤	データ連携基盤調査	Ouranos連携 /整合性評価	Ouranos連携 /連携試行	各種データ連携基盤連携
	データ信頼性	データ信頼性 項目整理 開示範囲の保証(秘匿性) 改ざられないことの保証 適切な算定であることの保証 正しい活動量であることの保証 再エネ活用量の保証	検証機関との検討	第三者による検証サービス開始	国際規格を活用し、データ信頼性のレベルに合った標準化システムを提案 システムの機能として実現 システムの機能として実現 システムの機能として実現し、第三者が保証 システムの機能として実現し、第三者が保証 システムの機能として実現し、第三者が保証
物流	ルール策定	ルール策定	ルール策定	算定ツール出現	製品・サービス・物流一体での CO ₂ 排出量算定
	データ連携		データフォーマット策定 /SFC整合		製品・サービス・物流一体での データ連携

図 4 データ収集の自動化及び信頼性の目指す姿（赤枠が本書でのスコープ）

ロードマップ項目		現状	過渡期		目指す姿	
CO2データ 算定方法	着手済 企業	製品ベース 算定	何らかの製品ベース算定を実施	データ品質開示を実施して 下流事業者にデータ提供	Pathfinder Framework準拠の製品ベース算定を実施	
		組織ベース 算定	何らかの組織ベース算定を実施	データ品質開示を実施して 下流事業者にデータ提供	製品データに基づく算定へ移行 高品質の組織ベース算定	Pathfinder Framework準拠の 製品ベース算定を実施
	未着手企業	CO2算定未実施	Scope1・2・3算定	組織ベース算定 + データ品質開示	何らかの 製品ベース算定	Pathfinder Framework準拠
一次データで 繋がる階層		一次データで繋がる取組みは稀	Gate-to-Gate方式 の製品ベース算定	Cradle-to-Gate方式 の製品ベース算定	Pathfinder Framework準拠の 製品ベース算定を実施	
データ収集方法（活動量）		環境マネジメントシステム 等との運動（手動）	1階層上まで 一次データで繋がる	2-3階層上まで 一次データで繋がる	最上流まで一次データ で繋がる	
			社内の各システム とのデジタル連携	センサーからの 自動データ集計	センサーからの自動データ集計に基づき リアルタイムでCO2データ算定	

図 5 1次データおよびデータ収集の目指す姿（赤枠が本書でのスコープ）

なお、本書では、CFP 算定における 1 次データの収集・活用範囲を「Gate to Gate（工場内の工程間）の CO₂データ（GHG 排出量）」に限定している。つまり、原材料の採掘から廃棄までを含む「Cradle to Grave」や、原材料調達から工場搬入までを対象とする「Cradle to Gate」など、サプライチェーン全体を含むデータ交換は本書の対象外である。

流通を含むサプライチェーン全体に関するデータ交換や連携については、GxD コンソーシアムの他の活動報告書をご参照いただきたい。

第2章 データ要件のスコープ

本章では製造業におけるバウンダリの設定などデータ要件のスコープについて明確化する。

2-1 ライフサイクルステージについて

【ライフサイクルステージについて】

製品のライフサイクルには、原材料となる資源の採掘、生産、輸送、使用、廃棄・リサイクルなど、複数の段階が含まれており、これらすべてに CFP 算定のルールが適用される。

しかしながら、本書ではライフサイクルのうち「生産製造段階」、すなわち工場などの生産拠点における製品の製造プロセスにバウンダリを設定している（表2 No.2 参照）。

製造段階以外の1次データ取得には生産工場以外の他事業者の協力やデータ流通システムが必要であり、本書ではスコープ外とした。流通を含むサプライチェーン全体に関するデータ交換や連携については、前述した通り GxD コンソーシアムの他の活動報告書をご参照いただきたい。

表 2 製品ライフサイクルの各段階(Cradle to Grave)

No.	ライフサイクルの各段階	対象
1	原材料	原材料（材料や部品など）、生産サイトまでの輸送
2	生産	工場などの生産サイトでの生産
3	流通・販売	生産サイトから顧客の手元に届くまで
4	使用・維持管理	顧客の使用
5	廃棄・リサイクル	顧客の手元から廃棄・リサイクルサイトへの輸送、廃棄・リサイクル処理

2-2 製造段階における対象プロセスについて

本書では製造段階のさらに「製造に寄与するプロセス」にバウンダリを設定し、その設備から入手する CFP の1次データ算定をスコープとした。つまり「製造に寄与しないプロセス」はスコープ外である。

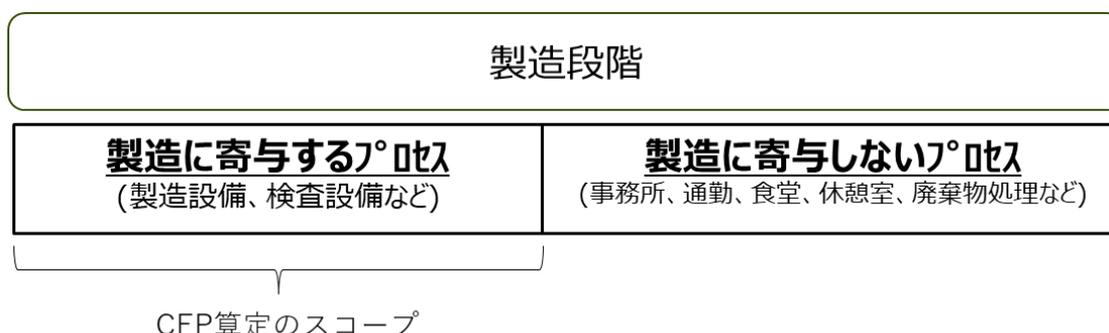


図 6 製造段階における製造に寄与するプロセスと製造に寄与しないプロセスの関係

【製造段階における「製造に寄与するプロセス」について】

製品の CFP を「Cradle to Gate (原材料から工場出荷まで)」の範囲で算定する場合、サプライチェーン上流における原材料 (輸送を含む) と、工場内での生産活動による排出量の合計が対象となる。

ただし、生産事業者が CFP を算定する際には、工場全体の排出量から、製造に直接寄与しないプロセスを除外することが可能であるとする規定が存在する (ISO 14067:2018、)。

本書では、製品の製造に直接寄与するプロセスと、直接寄与しないプロセスを区別し、「製造に寄与するプロセス」と「製造に寄与しないプロセス」としてバウンダリ (境界) を設定する。そして、製造に寄与するプロセスにおける 1 次データの収集に関連するデータ要件を定義する。

なお、次の事業者は、このサプライチェーン上流における原材料 (輸送を含む) と、工場内での生産活動による排出量の合計で算定された CFP に、工場出荷後の輸送に関する CFP を加算して使用することになる。

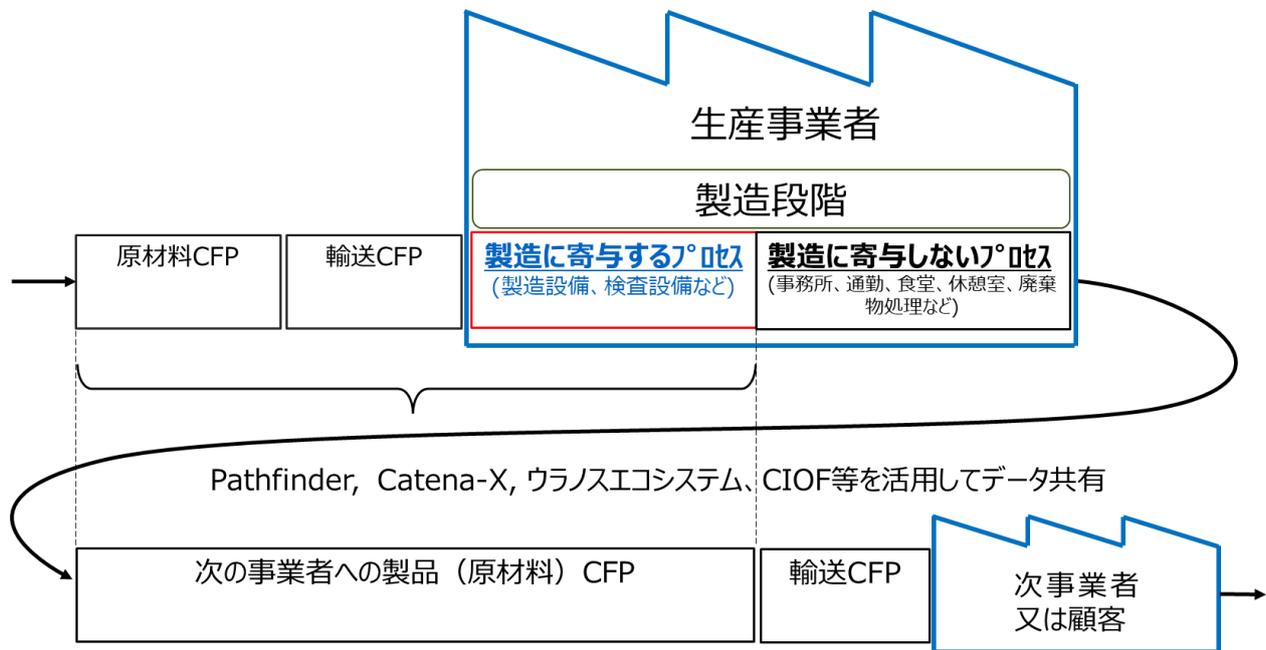


図 7 製造に寄与する/しないプロセスの次事業者 (又は顧客) との位置づけ

【製造段階における「製造に寄与しないプロセス」について】

「製造に寄与しないプロセス」とは、製品の機能・性能・品質に影響を与えず、かつ生産工程以外で発生する温室効果ガス (GHG) 排出量を指す。具体的には、以下のような設備・活動が該当する。

- ・事務機器 (PC、プリンタなど)
- ・空調設備 (従業員の快適性向上を目的とするもの)
- ・照明 (製造工程に直接寄与しないエリア)
- ・食堂や休憩室の設備
- ・保守・点検用の汎用工具 (製造工程に直接使用されない場合)
- ・従業員の通勤・出張 (交通手段に伴う排出量)

なお、製造に寄与しないプロセスを特定する方法としては、エリア（面積）や設備ごとに区分することが現実的である。ただし、エリア（面積）はレイアウト変更に弱く製品への配分も難しい。また製品の製造設備については、工場内で電源をオフにしても製品の機能・性能・品質や作業者の快適性を維持しながら生産が継続できる場合、その設備は製造に寄与しないプロセスとして除外できる。但し、この判断は事業者に委ねられ、根拠の提示が必要である。この根拠は合理的で第三者に説明可能なルールとして定義する必要がある。

例えば、工場の天井照明がなくても自然光により作業者が快適に製品の機能・性能・品質を維持できる場合や、冷房がなくても通気性の良い作業着などで快適性を確保できる場合、また従業員向けの福利厚生設備（自動販売機など）は製造に直接寄与しない設備とみなされる。ただし、製品の機能・性能・品質に影響が生じる場合は、当該プロセスを製造に寄与するものとしてバウンダリに含める必要がある（例：クリーンルームなど）。

これらの設備は CFP 算定から除外することが可能であり、初期段階で検討すべき重要な項目である。また、製造に寄与しないプロセスであっても、企業として削減努力を行うことが求められる。

2-3 原材料段階について

原材料や部品に関する CFP 値は、生産事業者としてサプライチェーンの上流から取得する必要があり、サプライヤとの協力やデータ交換が不可欠である。また工場内の生産システムとしては、資材管理システムや BOM (Bill of Materials)、BOP (Bill of Process)、管理会計システムなどとの連携が求められる。この点に関して本書のスコープ外としているが、どのようなことが求められているのかの概要については 6 章の生産システムとの連携で記載する。

なお、原材料や部品に関して 1 次データの入手が困難な場合には、2 次データ（既存のデータベースなど）を活用することも可能であるが、環境課題に真摯に取り組む企業としては、上流サプライヤに対して CFP データの提供を継続的に働きかける姿勢が重要である。また、状況によっては助言・支援・協力が重要となる。このような活動が、製品サプライチェーン全体での環境改善につながる。

2-4 1次データをスコープとする理由について

【1次データへの移行と算定精度の向上】

経済産業省の参考文献では、下図に示されるとおり、2次データから段階的に1次データへ移行するステップが紹介されている。1次データの取得は難易度が高い一方で、CFP算定の精度が高く、「価値」ある情報と位置づけられている。

本書の目的は、この「価値」を目指し、CFPを1次データに基づいて精緻に算定することである。算定精度が向上すれば、改善点の可視化が進み、より効果的な環境対策や生産改善につながる。

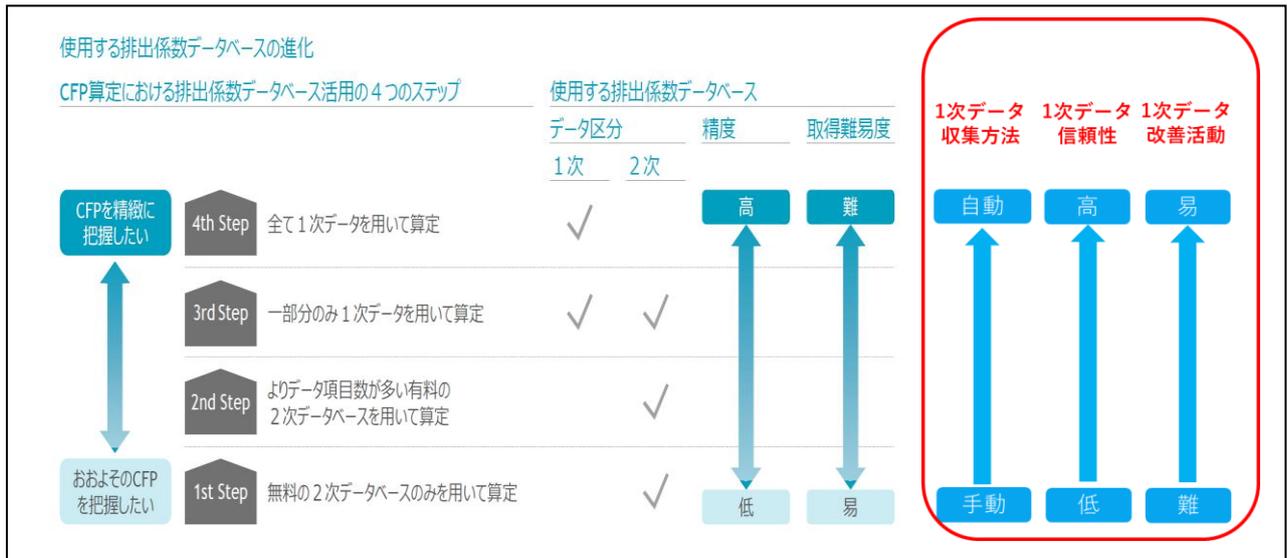


図 8 使用する排出係数データベースの進化（赤枠内は本書で追加）

【1次データを重視する三つの理由】

① 精度向上（頻度・粒度の向上）

改善すべきホットスポットを明確化するため、部品やその組成ごと、製造プロセスや設備ごとに、CO₂排出量（活動量・排出原単位）を可能な限り細かい粒度で、かつ高頻度に測定できるようにする必要がある。

② 信頼性の証明

取得されたデータが、特定の設備から確実に取得された電力量であること、ならびに人為的に改ざんされていないことを証明する必要がある。これはCO₂改善（削減）に資するだけでなく、将来的に炭素税やカーボンクレジットの根拠情報となるため、重要なポイントである。

③ 効率性

データが効率的に収集され、効率的に計算・配分され、効率的に共有されることが求められる。

すなわち「効率性」が第三のポイントである。

以上の理由から、本書は1次データをスコープの中心に据え、CFP算定の質の向上を目指す。

【1次データと2次データの違い】

1次データとは、実際の製造活動に基づいて直接取得・提供する温室効果ガス（GHG）排出量に関するデータとなるため、業界平均や推計値などを用いた2次データとは異なる。

1次データは、より正確かつ実態に即したCO₂排出量の算定を可能にする。

環境省ガイドラインにおける1次データの定義では、製品単位のGHG排出量（排出原単位）を、直接の取引先（ティア1サプライヤー）から取得し活用することが求められている。

また、自事業内の活動量に関しては全て手動や自動に関わらず1次データを入手する必要がある。

具体的には、以下のような実測値や実際の排出原単位や活動量に基づくデータが該当する。

- ・製品の製造における燃料使用量
- ・電力消費量
- ・原材料の投入量

1次データの主な特徴は以下の通り：

- ・精度が高く、サプライヤーによる省エネ努力や再生可能エネルギーの導入状況が反映される
- ・サプライチェーン全体の排出削減努力を定量的に評価でき、企業間の連携を促進する
- ・脱炭素化の取り組みを加速させる効果が期待される
- ・Scope 3（間接排出量）の算定に不可欠であり、原材料調達から廃棄までのCO₂排出量を正確に把握するために重要である

一方、2次データでは個別の削減努力が反映されず、実態よりも高いCO₂排出量が算定される可能性がある。そのため、1次データを活用することで、実際のCO₂排出量を正確に把握し、サプライヤーの取り組みを正當に評価することが可能となる。

【1次データ化のロードマップ案】

CFPを1次データに基づいて精緻に算定する時期について、ロードマップ案を下図に示す。

マイルストーンとしては2030年にパリ協定のカーボンニュートラル達成（※日本は2030年度に温室効果ガスを2013年度比で46%削減）の為には、2次データ活用ではなく1次データ収集による改善点の可視化が必要であり、3rd Step(一部のみ1次データを用いて算定)以上を実現していく必要がある。

また、GHG削減目標の2050年カーボンニュートラル達成では、少なくとも10年前の2040年には1次データ化が完了(全て1次データを用いて算定)して、運用段階になる必要があるとの意見が出た。

なお、他にもCBAMの免除措置がなくなる2035年頃も、グローバルな規制本格化を見据えたマイルストーンになり得るとの意見があった。

更にデータの信頼性(DQR)に関しても、技術的代表制(TeR)のレベルを上げるには技術的難易度や投資が必要であり時間がかかるためステップ分けをすべきとの意見があり、下図のロードマップ案を作成した。



図 9 1次データ化のロードマップ案

2-5 1次データ種類と粒度

【活動量の1次データについて】

製品のCFP算定の為には、活動量として燃料（オイル・ガスなど）、電力（自家発電、電力会社による供給）、素材や部品などからデータを入手する必要があるが、本書では1次データの収集に組立工場等の中で最も活動量として大きいエネルギーでもあり、また、センサなどが充実していて多くの企業が取組みやすい電力（電力会社による供給:Scope2）を事例として検討対象としている。

勿論、本書で提案する1次データ収集及び自動化の考え方は、センサの種類を変えれば電力だけではなく工場内で直接使う燃料など他エネルギー関連(Scope1)や、製品への実際の原材料の使用や、配分方法などへも応用できるが、本書では工場の活動量における「最も大きなエネルギー」であり、かつ「省エネ改善活動でも活用」できる電力量にスコープを当ててCFP算定の考え方を整理することで、単にCFPを報告するだけでなく、省エネ効果による経営や製造現場のモチベーションアップにもつながる事を狙う。

また、電力量に関しては製造段階の各設備からのリアルタイムでのデータ収集により製品製造毎又は生産ロットごとに算定する事で高い粒度で算定できる。また、電力とCO₂排出量の換算値に関しては天候に左右されやすい太陽光発電なども考慮し将来的には1時間単位以下(分単位など)で電力供給会社又は社内の太陽光発電設備から情報を入手できればより正確な高い粒度でCFPの算定ができる。これにより製造オペレーションや蓄電システムと連動、又は工場間での電力融通など、製造時の安定したエネルギー消費によりCFPを改善するようなメリットも将来的に期待できる。

表 3 CFP算定の為の活動量の1次データ種類と粒度&有効期限の例

No.	活動量の1次データ種類	本書のスコープ	粒度(算定回数)	有効期限(データ鮮度)
1	電力量	○	1次データ化により活動量は製品製造毎又は生産ロット毎に都度算定しているために高い粒度である※1 (なお換算値に関しては1時間単位以下で入手する事が望ましい(太陽光発電などを考慮))	1次データ化により製品製造毎又は生産ロット毎に都度算定しているために高い鮮度である
2	オイル量・ガス量など	○※3	同上	同上
3	重量	△※3、※4	—	—
4	金額ベース	△※4	—	—
5	組織活動	×	—	—
6	その他温室効果ガス等※5	×※3	—	—

※1 検針値(30分値)に依存しない

※3 計量や流量のセンサなどを活用し、デジタルデータを収集すれば、本書を参考に対応が可能

※4 6章の生産システムに記載

※5 メタン、一酸化二窒素など

【原料(排出原単位)の1次データについて】

製品で使う原料（部品、材料など）についても1次データ（排出原単位）の収集は必要である。6章に記載の生産システムと連動（購買システムやBOM（部品表）など）し、サプライチェーン上流の事業者から PACT Methodology や Catena-X、ウラノスエコシステムや CIOF を活用して、原料の入荷ごとにリアルタイムでデータを入手する事が望ましい。

但し、実際の製造までに自社での原料保管時に考慮すべきプロセス（冷凍、乾燥、長期保管時の空調など）があればその CFP 値も加算する必要がある。この場合も6章に記載する生産システム（在庫管理システム、BOP など）との連動が必要である。

第3章 参照する規格

本書の発行時点(‘2025/12)では CFP の 1 次データの要件に関係しそうな法令規格のうち、法令については明確な規定が見つからなかった。但し、EU 委員会がバッテリー規則を運用していく中で細則が決まる可能性がある。

また、今後 GHG プロトコルが大幅に改定され 1 次データに関しても影響があるようなので、今後の動向を注視していく必要がある。

3-1 カーボンニュートラル及び製造段階でのエネルギー管理に関する法令および規格の調査

規格に関しては実務レベル (GHG プロトコル、PACT、GxD コンソーシアム、Catena-X など) で様々な提案がなされているが、準拠している国際的なルールやガイドライン等との適合性を示すため、今回は本報告書のスコープである製造段階の 1 次データ要件を検討するにあたり、主に実務レベルの規格 (業界規格) の中から、既に国際規格化 (提案含) されたもの。または、既に国際規格化されているものにスコープを当てて調査を実施した。また、製造段階に関係する電気電子分野のライフサイクルやエネルギーの見える化に関する規格も参照した。

結果、ISO や IEC を中心に 83 件が該当した。今後も順次新たな法令規格が発効される可能性があり国際規格の策定動向も注視していく (下図参照)。

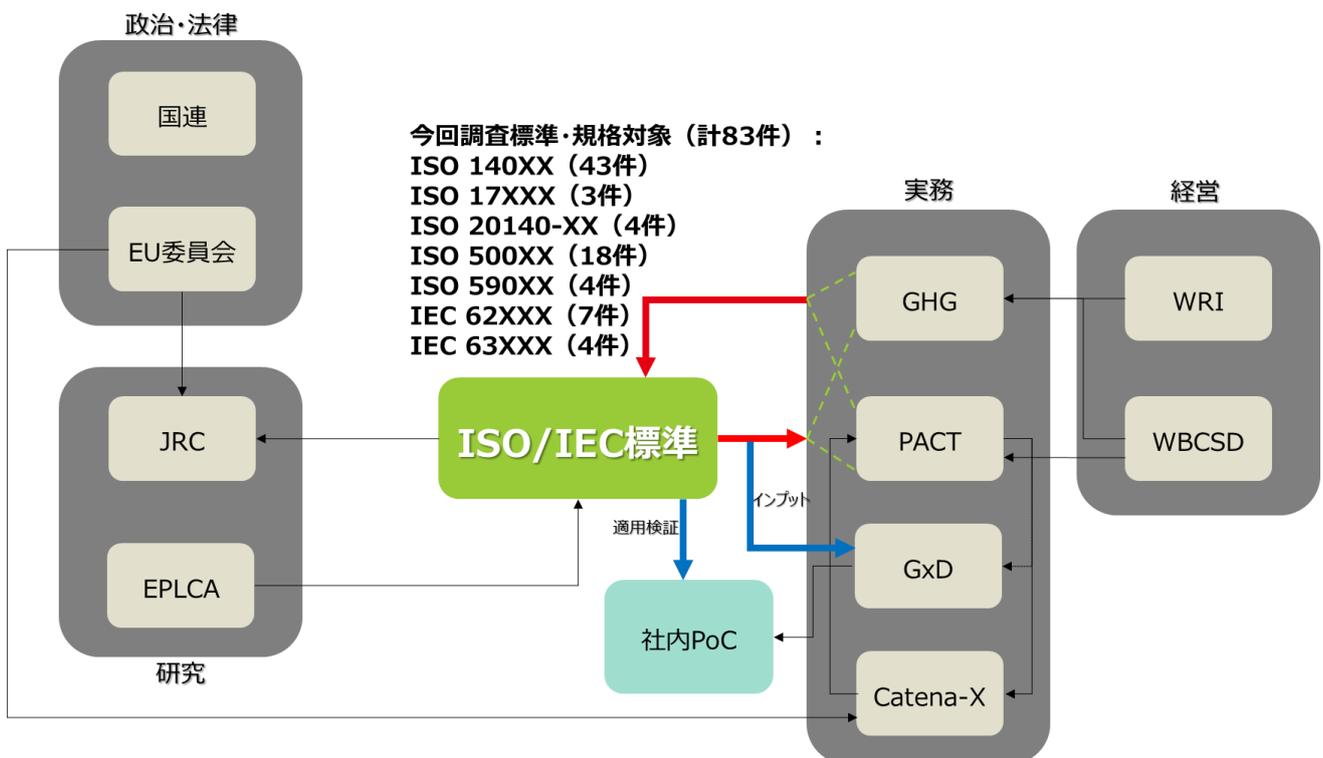


図 10 関連する法令規格の調査

3-2 製造段階に影響する規格の絞り込み

83 件の関連規格の中から、製造段階の CFP の 1 次データ要件に該当する規格を、サプライチェーン（上流、下流など）や、アクター（自社、認証機関や省庁など）、そして企業内の階層構造において IT 寄りではなく、設備から 1 次データを取得するという点で製造現場側（OT：Operational Technology）に絞った。

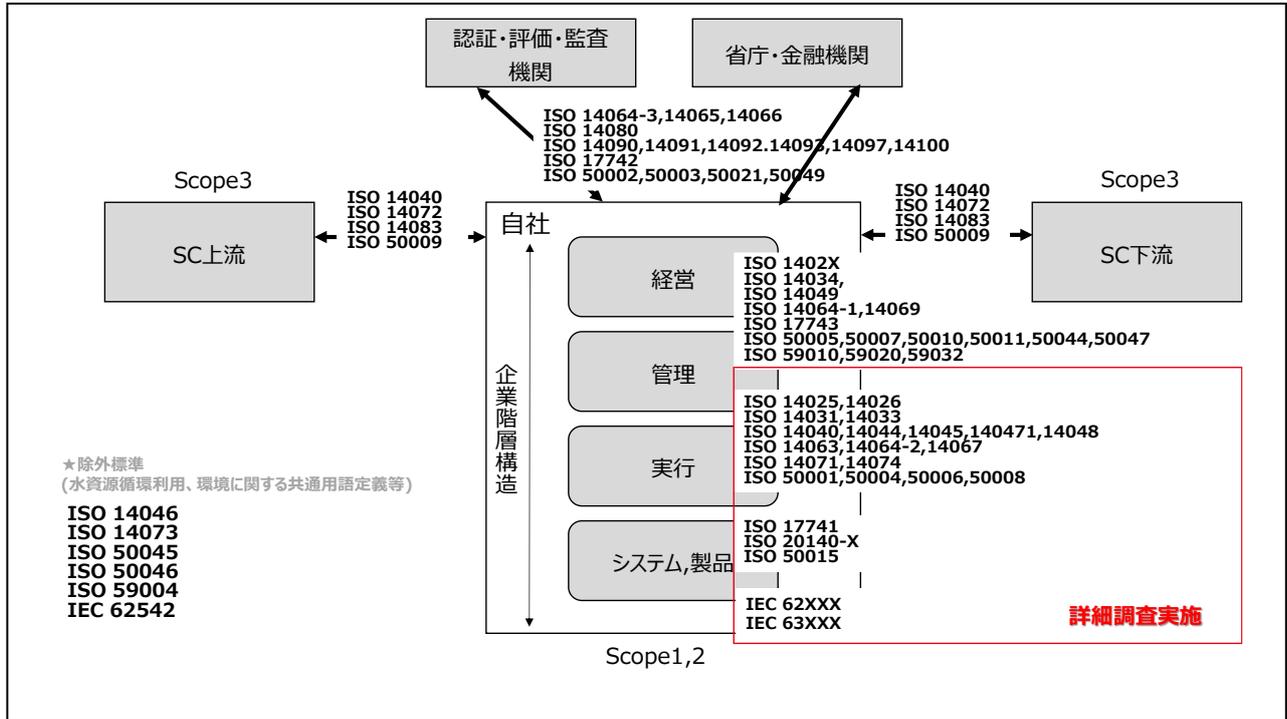


図 11 規格の絞り込み

3-3 規格の整理

さらに詳細調査を行うにあたって、企業階層構造を縦軸として、各規格の概要を整理した（下図参照）。

- ① ISO140XX や ISO17741 では概念全般定義、IT 側に扱うデータのあるべき姿（データ定義、データ取得優先順位、データ配分等）に関する定義（ほとんど IS, Shall/Should 規定）が多い。
- ② ISO500XX では生産拠点ごとの階層構造に基づくエネルギーデータ定義、データ収集、データ加工仕組みの定義（IS, Shall/Should 規定）が多い。
- ③ ISO20140-X では生産システムを対象としたエネルギーデータ定義、データ収集の仕組みの定義（IS/TS, Shall/Should 規定）が多い。
- ④ IEC62XXX では電気・電子製品を対象とした温室効果ガス排出量の定量化、算出、評価プロセスの定義（TR, Recommend 記述）が多い。

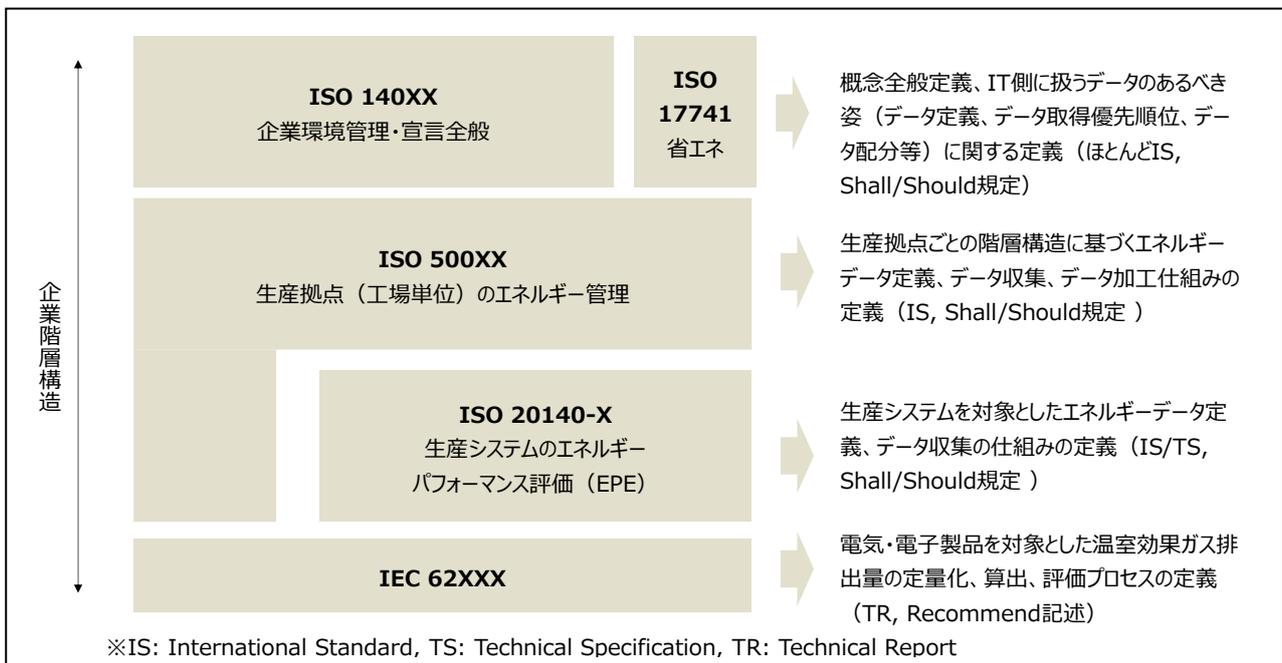


図 1 2 規格の整理

3-4 データ要件に関連する規格の整理

調査した規格から1次データ要件に関連する項目を表4にまとめた。

表4 規格からのデータ要件

項目	規格から求められる データ要件
1.データ定義	<p>(1)構造化データ [ISO 14XXX, ISO 17741, ISO 500XX, ISO 20140, IEC 62XXX]</p> <p>1)ライフサイクルステージコード、システム境界、システムコンポーネントやプロセス構成パート等識別情報</p> <p>2) プロセス単位や工程単位の入力/出力情報</p> <p>3) 環境影響要因情報</p> <p>①資源種別や生産製品に関する変数（例、資源種別の場合は電気/水/ガス等変数、生産製品の場合は生産数量、温度、湿度等変数）</p> <p>②静的パラメータ（例、生産設備の機能価値や生産製品の金銭価値に紐付けるラベル等）</p> <p>4)関係説明（配分方法等）情報</p> <p>(2)非構造化データ [ISO 14026, ISO 50015]</p> <p>1)仕様書類（取扱説明書等）</p> <p>2)図表類（設計図等）</p> <p>(3)セマンティックデータモデル [ISO/TS 50008]</p>
2.データ品質	<p>(1)データ品質を担保するため、適切な評価指標と指標裏付け情報アクセス手段を適用すること [ISO 14XXX, IEC 62XXX]</p> <p>(2)データ品質を担保するため、適切な環境パフォーマンス評価プロセスを使用すること [ISO 14XXX, ISO 17741, ISO 500XX, ISO 20140, IEC 62XXX]</p> <p>1) 生産プロセス分解</p> <p>2) 分解された各プロセスの環境への影響算出</p> <p>3) 算出された各プロセスの合計</p> <p>※代替データを使う場合の基本考え方</p> <p>①データがある場合、各構成要素活動の環境影響の適切な部分を抽出し、割り当てる</p> <p>②データがない場合、評価対象生産工程と類似する他工程や共有設備からデータを流用する</p> <p>(3)プロセス単位や工程単位の1次データ収集により、データ品質を高める [ISO 14033, ISO 14044]</p> <p>(4)データ品質は高・中・低の三段に分ける [ISO 14046, IEC 62726]</p>
3.データ収集	<p>(1)多種データ収集単位やサンプリング周期への対応（全シフト[製品生産サイクル単位]/分/時間/日/週/月/労働時間/季節/プロセス/工程/ライフサイクルステージ単位等） [ISO 14XXX, ISO 20140, IEC 62XXX]</p> <p>(2)自動収集 [ISO 50008]</p>
4.データ加工	<p>(1)データ生成・配分算出 [ISO 14033]</p> <p>1)1次データ（実態データ）から2次データ算出</p> <p>2)数式モデルを用いて代替データ生成</p> <p>3)外れ値除外</p> <p>(2)データの結合方法 [ISO/TR 14047]</p> <p>1)並列プロセス：一定期間を蓄積して結合する</p> <p>2)直列プロセス：取得データ順次に結合する</p>
5.データ量・粒度	<p>(1)スタンバイ時と生産時に分けたエネルギー使用量の測定 [ISO 20140]</p> <p>(2)エネルギー使用の瞬時値と平均値の測定 [ISO 50015]</p> <p>(3)全シフト（製品生産サイクル単位）/分/時間/日/週/月/労働時間/季節/プロセス/工程/ライフサイクルステージ単位のデータ測定 [ISO 14XXX, ISO 20140, IEC 62XXX]</p>
6.データ通信	<p>(1)ネットワーク経由通信 [ISO 50008]</p>
7.データフォーマット	<p>(2)ISO 20140-5 準拠（詳細は Table3～Table153 参照）</p>

3-5 データ要件に関連する規格のまとめ

【調査結果まとめ】

本書に関連する CFP の 1 次データ要件に参考となる規格（表 4）について、以下に結果をまとめる。

- ① プロセスや工程に関して参考規格がある(表 4 項目：1、2、3、5)
- ② 配分方法に関して参考規格がある(表 4 項目：1、2、4)
- ③ データ品質に関して参考規格がある(表 4 項目：2)
- ④ シミュレータに関して直接的ではないが、間接的な参考規格がある(表 4 項目：2、4)
- ⑤ データ収集に関するシステム要件の参考規格がある(表 4 項目：3、6)

特に、CFP 算定について規定がある ISO/TS 14027: product category rules (PCR)や、ISO 14067:2018 : Develop CFP per functional unit or partial CFP per declared unit は重要な位置づけとして参照する。

但し、国際規格における準拠基準 shall (必須) /should (推奨) /may(許可)と同様の参照基準とする。つまり規格違反とならない場合は、ユーザやベンダ等のメリットや効率を優先する。

【製造に寄与する設備に関する規格について】

1) GHG プロトコルの「Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard」では、以下のような考え方が示されている。

- ・製品のライフサイクルにおける直接的な GHG 排出源（例：製造工程で使用されるエネルギー）を含めること
- ・間接的な排出源（Scope 2, Scope 3）も必要に応じて含める
- ・設備の排出は、製品の製造に直接寄与するかどうかで判断
- ・カットオフ基準（寄与が小さい排出源の除外）を設定することが可能

製造設備が製品のライフサイクルにおいて機能的に寄与しているかが判断基準になる。

2) ISO 14067 では、以下のような指針が示されている

- ・製品のカーボンフットプリントは、ライフサイクルアセスメント（LCA）に基づいて算定
- ・製造工程における設備の排出は、製品システムの機能に関与するかどうかで判断
- ・製造設備の排出は、エネルギー消費やメンテナンス、耐用年数などを考慮して分配可能
- ・設備の使用が製品の品質や性能に影響する場合は、算定対象に含めるべき

ISO でも「寄与の有無」は機能的関与に基づいて判断することが求められている。

なお、上記判断は業界毎の PCR やユーザ判断によって実施されるが、明確な判断理由を示す必要がある。

【各規格の参照について】

1-2 本書の概要 にも記載しているが、本ガイダンスは、国際的なルールが統一されていない現状を踏まえ、WTO 加盟国として国際規格を最優先とし、業界規格は参照位置付けとしている。各規格に

おける shall (必須)、should (推奨)、may (許可) の区分を考慮しつつも、国際規格で shall(必須)とされていない要件については、ユーザやベンダの効率性や利便性を重視して内容を構成している。つまり業界規格に理想的な概念や手順の記載があっても、国際規格で必須とされていない場合には、FA 分野の製造業における実装のしやすさを優先している点が特徴である。これは、画一的なルールのみでは CFP 算定の実装が進まない現実を踏まえ、その推進を図るための重要な取り組みであり、業界ごとに認められた権利の範囲内で行うものである。なお、規格改定などにより本書の前提が範囲外となった場合には、適宜修正を行う方針である。

【欧州の消費者エンパワーメント指令と透明性について】

気候変動対策と循環経済への移行が急務となる中、欧州では企業が実際には環境負荷を削減していないにもかかわらず、「エコ」や「サステナブル」と宣伝するケースが発生し、消費者が信頼できる情報に基づいて持続可能な選択ができる環境を整える必要性が高まっている。グリーンウォッシング（実質を伴わない環境訴求）を禁止する法案も EU 理事会により 2024 年 2 月に採択された。

日本国内でも CFP をはじめとした環境負荷や削減効果の算定対応が加速する中、企業は以下の様な対応が求められる。

- ・環境主張の明確化（曖昧な表現を避け、具体的な数値やデータを提供）
- ・第三者認証の取得、第三者機関の監査・証明
- ・環境データの公開

上記対応の 1 つである環境データの公開とは透明性の担保であり、CFP の算定結果を適切に示すために重要な観点である。透明性とは、算定基準やデータの開示が明確であり、第三者が算定プロセスを理解できることを指す。経済産業省・環境省発行の「カーボンフットプリント ガイドライン」の中でも CFP 算定の原則の 1 つとして透明性が定義されており、透明性の担保には以下の対応が考えられる。

- ・データソースの明示（1 次データ、2 次データ）
- ・算定範囲の明確化
- ・排出原単位の公開
- ・その他算定にあたっての条件や制約の開示

CFP データについてデータ要件のみならず、上記のような透明性を担保しているかどうかも今後要件として求められていく事が想定される。将来的には自動算定システムに認証対応モジュールを組み込むためのルール化が必要と認識している（システム認証など）。

なお、本書で提案する自動算定方式は、これらの課題の解決に資する有効な手段であると考え。すなわち、1 次データの自動取得と検証プロセスの標準化により、算定の客観性・再現性を高め、認証の効率化と信頼性向上に寄与するものと考えている。

< 認証対応モジュールの具体例（案） >

1. データトレーサビリティ機能
 - 分散台帳（ブロックチェーン）や改ざん防止ログを用いて、データの生成・更新履歴を記録。
 - 認証機関が履歴を検証できる仕組み。
2. 標準化されたデータフォーマット
 - ISO14067 や国内 CFP ガイドラインに準拠したデータ構造。
 - 認証機関が自動でチェックできるようメタデータ（計算条件、バウンダリ、算定ルール）を含む。
3. API 連携機能
 - 認証機関やプラットフォームと直接データをやり取りできる API。
 - データ送信時に電子署名や暗号化を付与。
4. 第三者証明プロセスの組込み

- データ収集時に、外部監査や認証サービスを呼び出すワークフロー。
- 例：製造設備の稼働データを取得→ハッシュ化→認証サーバに登録。

5. 証明書管理機能

- 認証済みデータに対して、電子証明書や認証トークンを付与。後続の CFP 算定や報告で「認証済み」と明示できる。

6. インプット情報の証明

伝票(1次データ(計量法で認められている)/2次データ)とメータ(1次データ)の誤差が出る。→誤差値内とするか？ 今後の課題がある。 特定計量法などで認められている？校正・点検記録など。重量、エネルギー(2次)、流量計(ガス、重油、蒸気)など。10年に一回変える必要がある。スマートメータ化。

【その他重要規格の概要】

・ GHG プロトコル

企業や組織が温室効果ガスの CO₂ 排出量を算定するためのフレームワークを提供。特に「GHG プロトコル企業会計基準」や「GHG プロトコル製品ライフサイクル会計基準」では、CO₂ 排出量の算定方法について説明。これらの文書では、直接排出 (スコープ 1)、間接排出 (スコープ 2)、およびその他の間接排出 (スコープ 3) を含む、さまざまな排出源の評価方法が示されている。

・ PAS 2050(英国)

製品のライフサイクルにおける温室効果ガスの CO₂ 排出量を評価するための英国規格。英国規格協会 (BSI) が制定。製品のカーボンフットプリントを算定するためのデータの収集方法、評価の範囲、カットオフの基準などが詳しく説明されている。製品のライフサイクル GHG 排出量 (CFP) を算定するための世界初の標準。

・ ISO 14040 および ISO 14044

LCA (ライフサイクルアセスメント) の原則とフレームワークを提供。LCA の手法を用いることで、製品やサービスのライフサイクル全体にわたる温室効果ガスの CO₂ 排出量を評価。

・ ISO 14067

製品のカーボンフットプリントを評価するための国際標準。この規格では、製品のライフサイクル全体にわたる温室効果ガスの CO₂ 排出量を定量化するための手法や、データの収集、評価の範囲、カットオフの基準などについて説明。

・ Catena-X

欧州の自動車産業が中心となって構築している“オープンで協調的なデータエコシステム (データ共有ネットワーク)”。自動車のサプライチェーン全体で、CO₂ 排出量や部品情報などを安全に共有するための仕組みをルール化。

- ・ PACT Methodology

PACT Methodology は、WBCSD（世界経済人会議）が主導する「PCF（製品カーボンフットプリント）算定と企業間データ交換の国際的な実務標準」。サプライチェーン全体で CO₂排出量を正確にやり取りするための“共通ルール”を提供。

第4章 製造業におけるデータ要件の定義

1章および2章で述べたように将来的なスマート製造化や、サプライチェーンでの取引信用性を高めていく為には、2次データではなく1次データ比率（PDS：Primary Data Share）を高め、データ品質（DQR：Data Quality Rate）を改善していく必要がある。また、効率的な算定の為にはカットオフをうまく活用する必要がある。さらに、PDSはサプライチェーン上の開示情報の一つとして位置づけられ、PDSを高めていく事でサプライチェーン上のエンゲージメントが高まると考えられる。

4-1 1次データ比率の要件定義

PDSに関する規格類は下記で定義されている。

表 5 PDSに関する規格

No.	分類	名称	PDSの扱い
1	国際規格	ISO 14067	1次データの定義・使用推奨（PDSの計算式はなし）
2	国際基準	GHG Protocol (Product Standard)	1次データの使用を推奨
3	業界横断	PACT Methodology (WBCSD)	PDSを明確に定義・算定ルールあり
4	業界特化	Catena-X	PACT Methodology 準拠で PDS を扱う
5	業界特化	TfS PCF Guideline (化学)	1次データの割合を明確に扱う
6	日本	CFP ガイドライン (経産省)	PDSの考え方を明確に記載

GxD コンソーシアムで推奨している PACT Methodology 方式では、1次データ比率の全体の PDS データは以下の計算式で算定される。

$$PDS = \sum_{n=1}^{all} \left(PDS_n \times \frac{|CFP_n|}{\sum |CFP_n|} \right)$$

PDS_n： サプライヤが提供した素材・部品、および自事業の PDS_n(%)

CFP_n：素材・部品・エネルギー等 の CFP_n (CO₂排出量)

Σ|CFP_n|：素材・部品・エネルギー等 の CFP_n (CO₂排出量) の絶対値の合計

例) 製品の CFP 値(CFP_{all})が 100 kg-CO₂、部品 A が (CFP_a 20, PDS_a 50%)、部品 B が (CFP_b 30, PDS_b 20%) で構成され、製造段階のエネルギーを2次データの原単位で1次データの活動量(CFP_c 50)を算定している場合は下記計算式となる。

$$PDS = 0.5 \times \frac{20}{100} + 0.2 \times \frac{30}{100} + 0.0 \times \frac{50}{100} = 0.10 + 0.06 + 0.00 = 0.16 = 16\%$$

自事業において得られた活動量と排出原単位が両方1次データであれば PDS_n を 100%とできる。しかし、現行の規定では、2次データである排出原単位を使用した場合、活動量が1次データであるかどうかに関わらず、CFP_n における PDS_n は 0%として扱われる。

このため、1次データ化を推進し始めた初期段階では、LCA全体で算定されるPDSの値は非常に低くなることが想定される。この状況は、PDSの運用に対するモチベーションを低下させる要因となる可能性がある。したがって、上流工程を含めた各事業者が、それぞれの事業活動においてPDS値を高めるための取り組みを進めることが重要である。

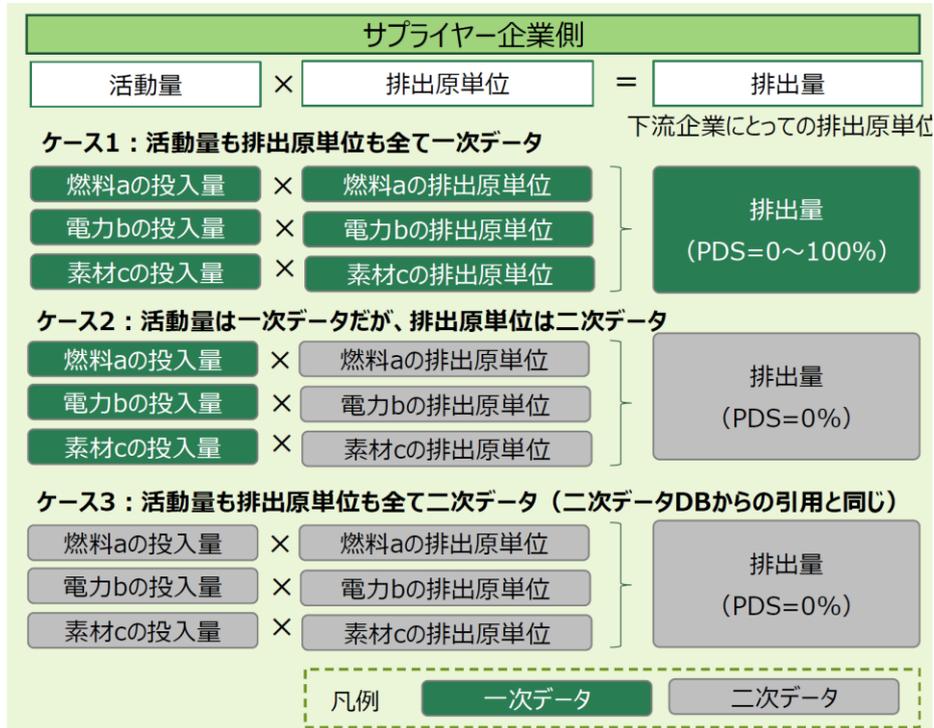


図 1 3 PDS の指標としての限界

参照： GxD CO₂可視化フレームワーク Edition 2.0

	活動量データ	×	排出原単位	=	排出量	PDS
燃料	燃料消費量		燃料燃焼時排出原単位		燃料燃焼の排出量	PDS
ケース1	一次データ		一次データ (サプライヤー提供の燃料固有値)		一次データ	1×燃料燃焼時排出原単位のPDS
ケース2	一次データ		一次データ (燃料固有の炭素分から算定された排出原単位)		一次データ	1×燃料燃焼時排出原単位のPDS
ケース3	一次データ		二次データ (SHK制度、IDEAなどのDB)		二次データ	0%

図 1 4 電力利用のCO₂排出量計算における1次データの考え方

参照： GxD CO₂可視化フレームワーク Edition 2.0

本書で提案している「スマート製造」では、活動量の1次データを自動的に取得することが、改善に大きく寄与すると考えている。そのため、モチベーション向上の観点からも、少なくとも活動量に関する1次データ、すなわちPAD (Primary Activity Data) 化についても評価対象となるよう、規格を策定する関係者に対して働きかけていく必要があり、今後の検討課題とする。

なお、CFPガイドライン(経産省資料)ではサプライヤから提供されたCFPは全てPDS=100%扱いとする提案もあるが、サプライチェーン全体でのPDS追跡ができないため本書では推奨しない。

4-2 信頼性のデータ要件について

品質や信頼性のデータ要件に関して、国際規格(ISO)や上位システム (PACT Methodology や Catena-X) から要求される品質や信頼性の定義に曖昧さや、リリースされる時期やバージョンによっても定義が異なるなど流動的である。

将来的には業界をまたいだデータ活用の必要性が高まるにつれて徐々に統一されると推測するが、本書では製造段階の 1 次データ算定でスマート製造化を検討するうえでもっとも重要と考えられるデータ要件 (PDS、DQR における TeR : Technology Representativeness) について検討を実施した (その他の項目(要件)は各ルールを参照)。

表 6 国際規格および PACT Methodology や Catena-X で要求されているデータ要件

No.	データ要件	内容	ISO14067:2018 (JIS Q 14044:2006)	PACT Ve3.0	Catena-X Ver3.0	本書との関連性について
1	1 次データ比率	測定又は推定された 1 次データ量の割合	— 割合に関する記載はない	○	○	○ スマート製造化により 1 次データを自動取得(4 章)
2	技術的範囲 (TeR)	算定対象において実際に用いられている特定の技術(あるいは特定の技術の組み合わせ)の特徴を表現しているデータとなっているか	○ (6.3.5, c))	○ (5 段階で評価し加重平均 (TeR 値))	○ (5 段階で評価し加重平均 (TeR 値))	○ スマート製造化により TeR が高い算定システムを構築(4 章)
3	時間範囲 (TiR)	データ取得後の経過時間と、データが収集されるべき期間(CO ₂ 排出量が時間的に変動する場合、代表値となっているか否かを含む)	○ (6.3.5, a))	○ (5 段階で評価し加重平均 (TiR 値))	○ (5 段階で評価し加重平均(TiR 値))	○ タイムスタンプを用いたデータ収集による TiR の自動算定(4 章)
4	地理的範囲 (GeR)	データが収集されるべきエリア・範囲	○ (6.3.5, b))	○ (5 段階で評価し加重平均 (GeR 値))	○ (5 段階で評価し加重平均 (GeR 値))	— 参照 : Green x Digital コンソーシアム CO ₂ 可視化フレームワーク Edition 2.0
5	完全性	データがプロセスサイトを統計的に代表する度合い	○ (6.3.5, e))	○	○	○ 製造に寄与するプロセスを明確化(2 章、4 章)

6	信頼性	データを取得するために使用される情報源、データ収集方法、および検証手順の信頼度合い	○ (6.3.5, f))	○ (データ信頼性) DQR(TeR, TiR, GeR を元に算定))	○ (データ信頼性) : DQR(TeR, TiR, GeR を元に算定))	○ スマート製造化によりデータ信頼性の高い算定システムを構築 (全章)
---	-----	---	------------------	--	--	--

※定量的数値は 加重平均で算定する

表 7 データ信頼性 PACT Methodology Ver3.0、Catena-X Ver3.0

No.	データ要件	レベル 1 (Best)	レベル 2	レベル 3	レベル 4	レベル 5 (Worst)
1	技術的 代表性 (TeR: Technology Representativeness) データがプロセスで使用されている実際の技術を反映する度合い。	このデータセットは、 使用された技術を正確に反映したデータ (製品が製造された工場/設備の工場固有のプロセス/設備データなど) に基づいて作成されています。説明: この品質スコアは、1 次データを使用した場合にのみ達成できます。	このデータセットは、企業固有の技術と、実際の製造に使用されている技術と同じ技術を反映したデータに基づいて作成されています (つまり、同じ技術、企業/拠点固有のものですが、 必ずしも工場固有のものではありません)。複数の企業/拠点固有のデータが利用可能な場合は、平均値となる場合があります)。説明: この品質スコアは、1 次データを使用した場合にのみ達成できます。	このデータセットは、実際の製造に使用されている技術と同等の技術 (つまり、 同じ技術だが、企業固有のものではない) の平均を反映したデータに基づいて作成されています。説明: これは、2 次データで達成可能な最大スコアです。	このデータセットは、技術的なブロキシ (つまり、平均値に基づくサブライヤ固有のデータに基づかに関わらず、 類似しているが同じではない技術) を反映したデータに基づいて作成されています。	このデータセットは、 実際に使用されている技術とは異なる 、または未知の技術に基づいて作成されています。
2	時間的 代表性 (TiR: Temporal Representativeness /Time Representativeness) データがプロセスの実際の時間 (例: 年) または経過年数を反映する度合い。	データセットの「参照期間終了日」と PCF の「発行日」の差は 1 年以下 (つまり、うるう年を考慮して 366 日)	データセットの「参照期間終了日」と PCF の「発行日」の差が 1 年以上 2 年以下 (つまり 731 日)	データセットの「参照期間終了日」と PCF の「発行日」の差が 2 年超 3 年以下 (つまり 1096 日)	データセットの「参照期間終了日」と PCF の「発行日」の差は 3 年超 4 年以下 (つまり 1461 日)	データセットの「参照期間終了日」と PCF の「発行日」の差は 4 年を超える (つまり 1461 日以上)
3	地理的 代表性 (GeR: Geographical Representativeness) データがインベントリ境界 (例: 国またはサイト) 内のプロセスの実際の地理的位置を反映する度合い。	このデータセットは、製品が製造された国の区分を反映したデータに基づいて作成されています。国区分の例: 中国の省、米国の州など、より大きな国にも適用できます。	データセットは、製品が製造された国に関するデータに基づいて作成されています。データセットが生成された地域は、製造拠点が所在する地理的地域に有効です。例 1: 製造拠点はカリフォルニア州にあり、データセットは米国の平均です。	データセットは、製品が製造された地理的地域 (例: ヨーロッパ、アジア、北米) に関するデータに基づいて作成されています。データセットが生成された地域は、製造拠点が所在する地理的地域に有効です。例 1: 製造拠点はスペインにあり、データセットはヨーロッパ平均です。	このデータセットは世界平均に基づいて作成されています。例: サイトは日本にあり、データセットは世界平均です。	データセットは、地理的範囲が不明なデータ、または製品の製造拠点を含まない国または地域に関するデータに基づいて作成されています。例 1: 世界平均が存在しないため、データセットの地理的適用範囲は不明です。例 2: 製造拠点はメキシコですが、データセットは米国平均、フィンランド平均、アジア平均、またはヨーロッパ平均です。

4-3 スマート製造における技術的代表性、および1次データ比率のデータ要件の整理

算定対象において実際に用いられている特定の技術（あるいは特定の技術の組み合わせ）の特徴を表現しているデータとなっている必要がある。

（本書での解釈）製造段階における、製品（算定対象）の生産システム（生産技術）との連携を示す必要がある。具体的には部品表や設備情報、それらから入手したデータ種類（1次データ/2次データ）など。

また、これらの要件は、第5章で述べる「手動」「一部自動」「自動」の各算定方式（活動量に基づく月次算定、主導と自動の中間的手法、生産システムとの連携による自動算定）へと接続される定義となるように整理している。

本定義により、CFP算定における1次データの信頼性向上と、業界全体での共通理解の形成を目指す。

補足：基本的には排出原単位に関してサプライヤから1次データを取得できていればTeRのレベルは高く、2次データを使っていればTeRのレベルは低く判断される。但し、TeRのレベルは5段階あり、サプライヤだけでなく自事業内の排出原単位の1次データ取得も含め、技術的な製造プロセス（スマート製造を目指した生産システム、手動～自動データ取得、活動量、CFP/PDS算定など）と絡めて、TeRの5段階をどのように考えるかについて本章では解説する。

【初期の段階1 (TeR レベル5 : 2次データは実際の生産とは異なる値を使用している状態)】

データ入力において排出原単位の2次データは実際の生産とは異なる値を参照している状態であり、業界(電子部品組立、半導体、医療、食品など)に関係なく一般的なデータベース(下図左側のデータベースのアイコン参照。金額換算、重量換算など含む)や平均値が使われている。但し PDS は0%となる。
 ※カーボンオフセットの値(CFPas)の報告義務にも注意 (再エネなど)。

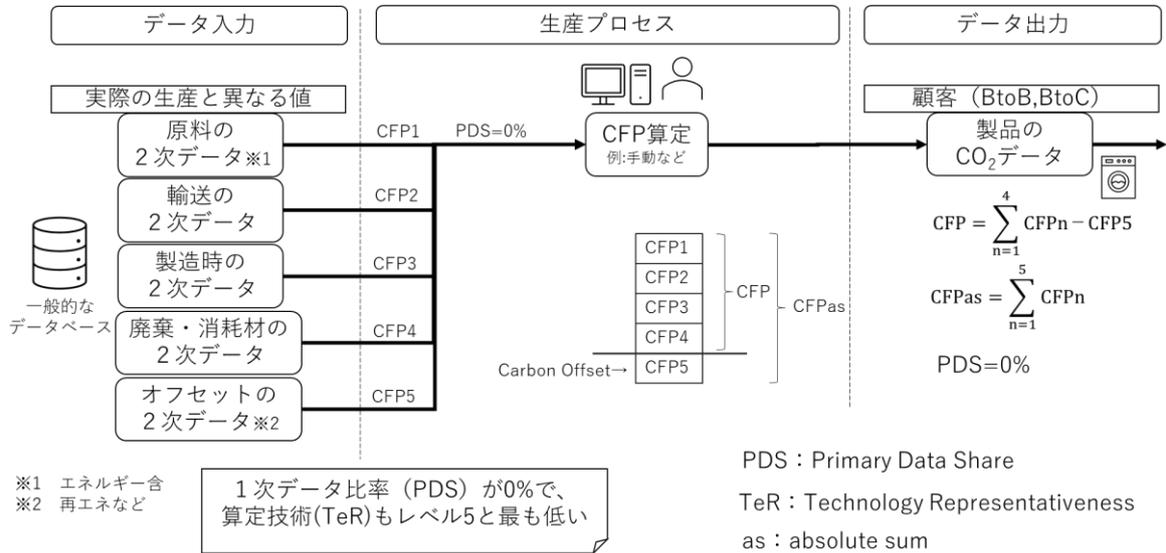


図 15 TeR=5 のイメージ

【初期の段階2 (TeR レベル4 : 2次データは実際の生産とは類似しているが同じではない値を使用している状態)】

データ入力において排出原単位の2次データは実際の生産とは類似しているが同じ値ではない状態であり、同一業界で推奨されたデータ(下図左側のクラウドのアイコン)等と、一般的データベースの両方が使われている。但し PDS は0%となる。

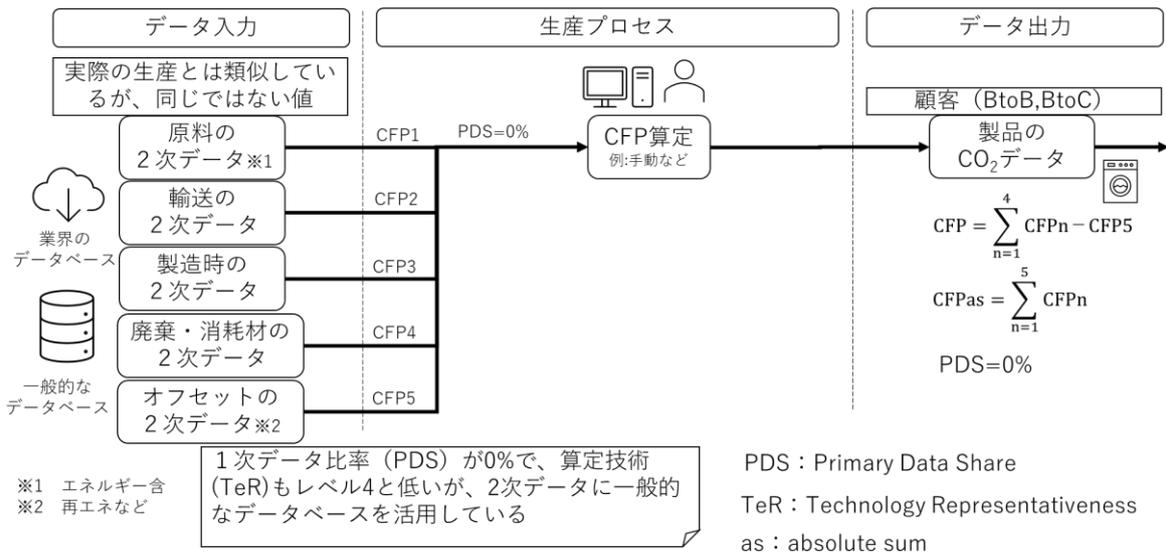


図 16 TeR=4 のイメージ

【初期の段階3（TeR レベル3：2次データは実際の生産と同じ業界平均値などを使用している状態）】

データ入力において排出原単位の2次データは実際の生産と同じ状態であり、同一業界で推奨されたデータが使われている。但しPDSは0%となる。

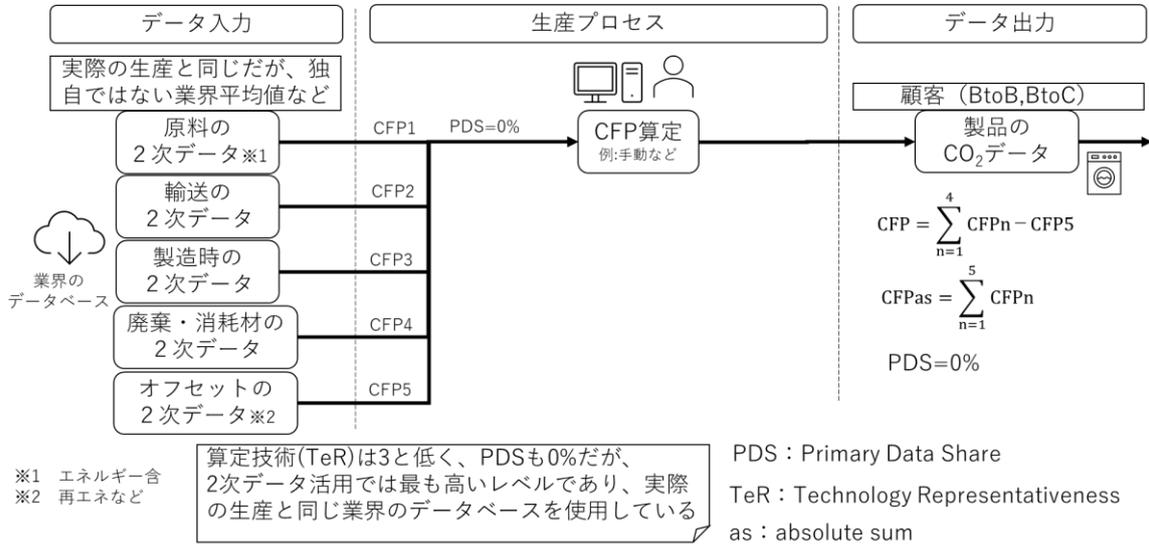


図 17 TeR=3 のイメージ

【スマート製造化（移行期）（TeR レベル2：1次データ比率を算定できる状態）】

データ入力において排出原単位の2次データは実際の生産と同じ状態であり、同一業界で推奨されたデータおよび、生産プロセスにおける排出原単位にも1次データが使われている。また、PDSは1次データの値が反映される。※図中の1次データはスマート製造における自動取得をイメージしている。

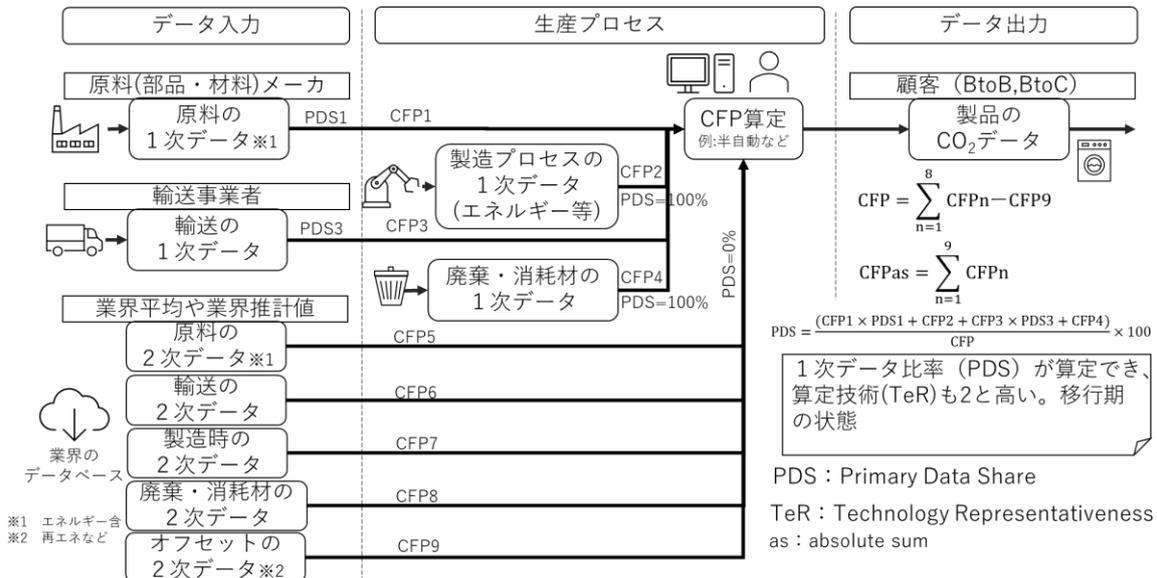


図 18 TeR=2 のイメージ

【スマート製造化（完成期）（TeR レベル 1：1 次データで算定できる状態）】

データ入力において排出原単位の 1 次データが入手でき、生産プロセスにおいても排出原単位の 1 次データが使われているため PDS は高い数値となる。※図中の 1 次データはスマート製造における自動取得をイメージしている。

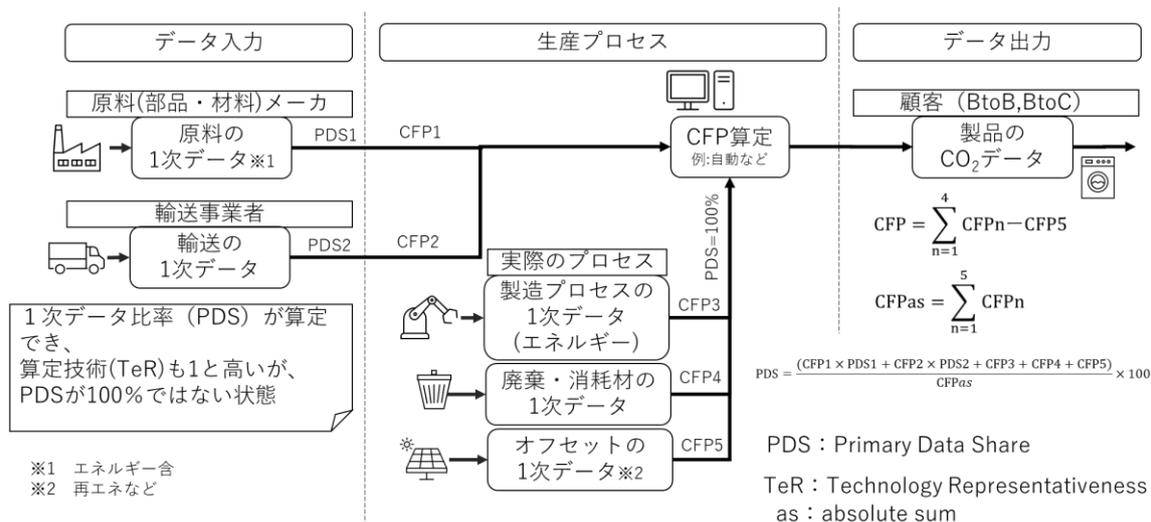


図 19 TeR=1 のイメージ

【スマート製造化（理想形）（TeR レベル 1：サプライチェーン上流から全て 1 次データ比率 100%で算定できる状態）】

理想形としては上流のサプライチェーンのデータ入力において PDS が 100% で入手でき、生産プロセスにおいても排出原単位の 1 次データが使われるため、下流のサプライチェーンにも PDS が 100% で報告できる。※図中の 1 次データはスマート製造における自動取得をイメージしている。

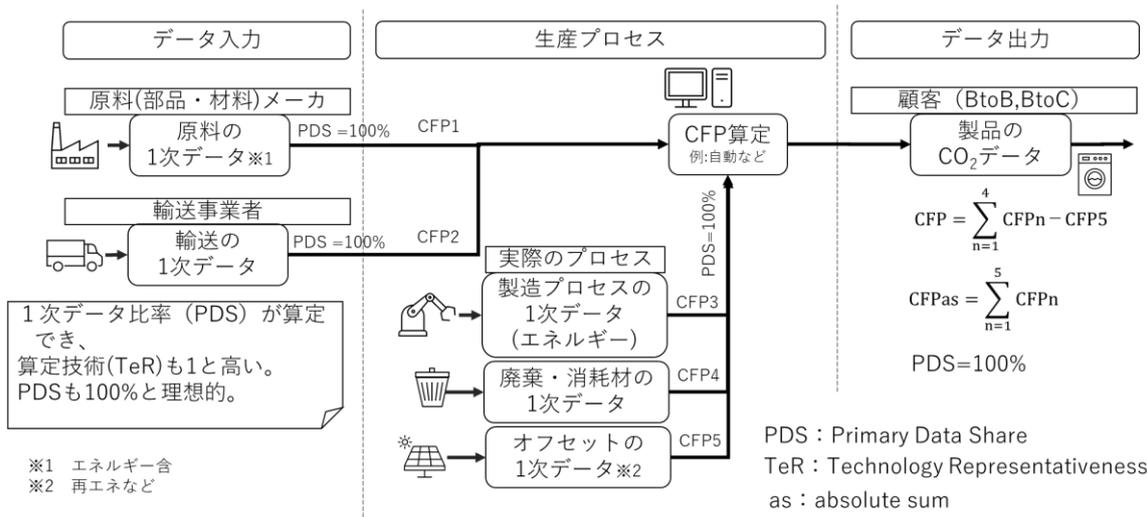


図 20 TeR=1 のイメージ (PDS=100%)

なお、CFP が高く信頼性や品質の低いデータについては、改善策を検討・実行すべきである。また実行した改善策は開示することが望ましい。

4-4 データ配分の定義および配分方法

データ要件の一つとしてデータの配分の定義とその配分方法について事例を用いて説明する。
なお、安易なシナリオによるカットオフを避ける為に、2章で述べたスコープやバウンダリの設定後に配分方法を検討し、その後にカットオフの検討をすることを推奨する。

【配分の説明】

日本語には配分・按分・配賦などの表現があるが、国際規格(ISO14067)などでは allocation が主に使われており、本書では allocation を配分と訳して統一する。

<参考：広辞苑>

配分：「割り当て」や「分配」を指し、公平性や計画性を重視した配布の概念。

按分：「案分」との表記もあり、等分ではなく「比率」を基にした配分を表す会計用語。

配賦：会計領域で使われる専門用語。按分された費用を実際に各部門へ割り当てる処理を指す。

※但し、第7章 他団体での取り組み事例紹介の7-1 I V I (Industrial Value Chain Initiative)では会計方式に近い算定を実施しており、按分や配賦と表現している。なお、配分を Input 側と Output 側で分けて記載が必要な時は、入力配分(allocated input)とし、出力配分は単に配分(allocation)とする。

【データ配分における定義】

<配分の回避>

基礎要件: 配分は、避けることが可能な場合は行ってはならない。回避が難しい場合、複数の製品に配分を行っても良い。配分を行う場合は、方法を明記しなければならない。

配分を回避する方法: 配分元のプロセスを2つ以上のサブプロセスに分け、そのサブプロセスに関連する入出力データを収集する、もしくは副産物に関する機能を含むよう製品システムを拡張する形で配分を回避する。

<配分する場合の計算方法>

基礎要件: 1次データの収集では、個別プロセスのCO₂排出量の積み上げにより計算する方法が望ましい。ただし、その実施が困難な場合は、組織または事業所単位等の数値を配分することにより特定プロセスのCO₂排出量データとして活用してもよい(※但し本書では組織または事業所単位等の算定方法については言及しない)。

配分方法: 優先順位1として物理的指標(質量、体積、化学量など)を用いる。物理的指標で配分することが実務上困難な場合、もしくは実態と則していないと判断される場合は、経済的価値等のその他指標を用いて製品間へのCO₂排出量及び除去・吸収量の配分を行う。(※但し本書ではScope2の電力量に絞って計算方法を示す。)

※なお、PACT Methodologyでは経済的価値による配分方法の適用判断が優先されている。

【工場内の製造エリアや設備によるデータ配分の検討例】

まず、工場全体のエネルギー量や CO₂ 排出量しかわからない場合には、総エネルギー量を生産台数で割り製品毎の CFP を算定する事しかできない。このデータは信頼性が低い。

但し、2-2 製造段階における対象プロセスについて製造エリアや設備ごとに整理し、1次データ（電力・燃料など）を精緻化すれば、それぞれの製品への配分範囲を限定できる。また、データの信頼性(TeR等)が上がり、さらに CFP 値を上げている原因（場所や設備など）が特定できるため CFP を下げる改善活動ができる。

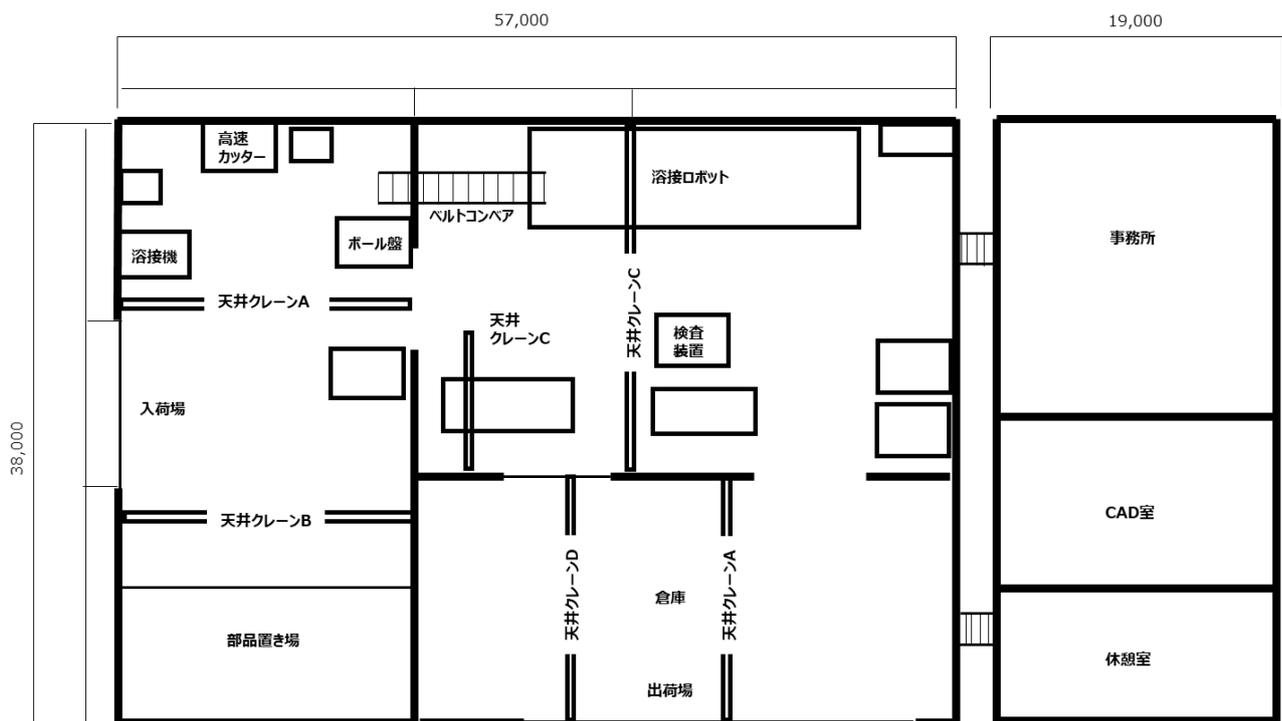


図 2 1 工場全体の設備事例

表 8 工場の設備と製造に寄与する／しない項目例

No.	設備名	製造に寄与 する	製造に寄与 しない	製品 A で 使用	製品 B で 使用	製品投入前 運転必要
1	溶接機	○	—	○	—	○
2	溶接ロボット	○	—	○	○	○
3	高速カッター	○	—	○	—	—
4	ボール盤	○	—		○	—
5	検査装置	○	—	○	—	—
6	空調・照明設備 (工場棟)	○	—	※	※	※
7	空調・照明設備 (事務所棟)	—	○	—	—	—
8	天井クレーン C	○	—	—	○	—
9	倉庫	○	—	○	○	—
10	事務所	—	○	—	—	—
11	CAD 室	—	○	—	—	—

※空調や照明など間接的な設備については、製品製造時に直接寄与するかどうかなどの影響を考慮し、事業者がバウンダリを判断する（次章以降で説明）。

【製造に寄与するプロセス と 製造に寄与しないプロセスについて】

- ① 製造に直接関わらない設備のプロセスを、「製造に寄与しないプロセス」とする。
- ② 製造に直接関わる設備のプロセスを、「製造に寄与するプロセス」とする。
- ③ 「製造に寄与しないプロセス」は、工場全体の Scope1,2 として算定&管理し削減への改善努力を行う。
- ④ 「製造に寄与するプロセス」は、工場全体の Scope1,2 として算定&管理し削減への改善努力が行われると同時に、製品製造時の CO₂ 排出量として次事業者へ伝達して、Scope3 としてライフサイクル全体での CO₂ 排出削減への改善努力を行う。

なお、製造に寄与するかどうかでデータを分けて取得していない場合、製品算定に「製造に寄与しないプロセス」が含まれるため一般的に製品製造時の CO₂ 排出量は大きくなる。

<製造に寄与するプロセス例>

表 9 製造に寄与するプロセス

No.	活動・設備	内容	排出源の例
1	原材料の加工	切断、成形、焼成、溶接など	電力、ガス、燃料など
2	機械の運転	CNC 加工機、プレス機、射出成形機など	電力、圧縮空気など
3	加熱・冷却工程	焼入れ、乾燥、冷却など	電力、ガス、冷媒など
4	保管庫	空調・照明	電力、ガス、冷媒、燃料など
5	表面処理	メッキ、塗装、洗浄など	電力、ガス、燃料など
6	組立工程	部品の組み立て、締結など	電力、圧縮空気など
7	品質検査	検査機器の使用、試験工程、エージング工程	電力、圧縮空気など
8	工程内、工程外搬送	ベルトコンベア	電力、圧縮空気など
9	製造用補助機材、材料の使用	フォークリフト、型材、治具、潤滑剤、化学薬品など	部品や材料、半完成品の運搬、製造時の消耗材の製造や廃棄による排出など
10	製造時の廃棄物処理	フォークリフト、切粉、不良品、排水など	廃棄物の運搬や焼却処理など

<製造に寄与しないプロセス例>

表 10 製造に寄与しないプロセス

No.	活動・設備	内容	排出源の例
1	事務所の電力使用	管理部門やオフィスの照明・PC・空調など	電力、ガス、灯油など
2	従業員の通勤	車・バス・電車などの移動手段	間接的な排出全般
3	食堂・休憩室の運営	調理、冷暖房、冷蔵庫など	電力、ガス、灯油など
4	工場敷地の緑地管理	草刈り機、肥料、散水など	燃料使用や資材製造による排出
5	廃棄物処理（非製造系）	一般ゴミ、紙類、食堂廃棄物など	廃棄物の運搬や焼却など
6	工場内の来客・物流の待機時間	トラックのアイドリングなど	燃料消費による排出
7	イベント・研修活動	社内行事や教育活動に伴う移動・資料印刷など	間接的な排出全般

【ロス時間を精緻に把握して CFP を改善】

1次データ（電力・燃料など）を「操業時間」でざっくり配分すると、段取りや待機などのロス分まで製品にのる。

そこで、価値稼働時間（付加価値を生む時間:Value-Added Operating Time）を正しく切り出し、精緻に把握し、1次データを配分&ロスを改善することで、CFP を改善する考え方である。

なお、精緻に把握しない場合は、製品算定に様々な「ロス」が不明なまま含まれるため製品の製造CO₂排出量は大きくなり、改善も進まない。

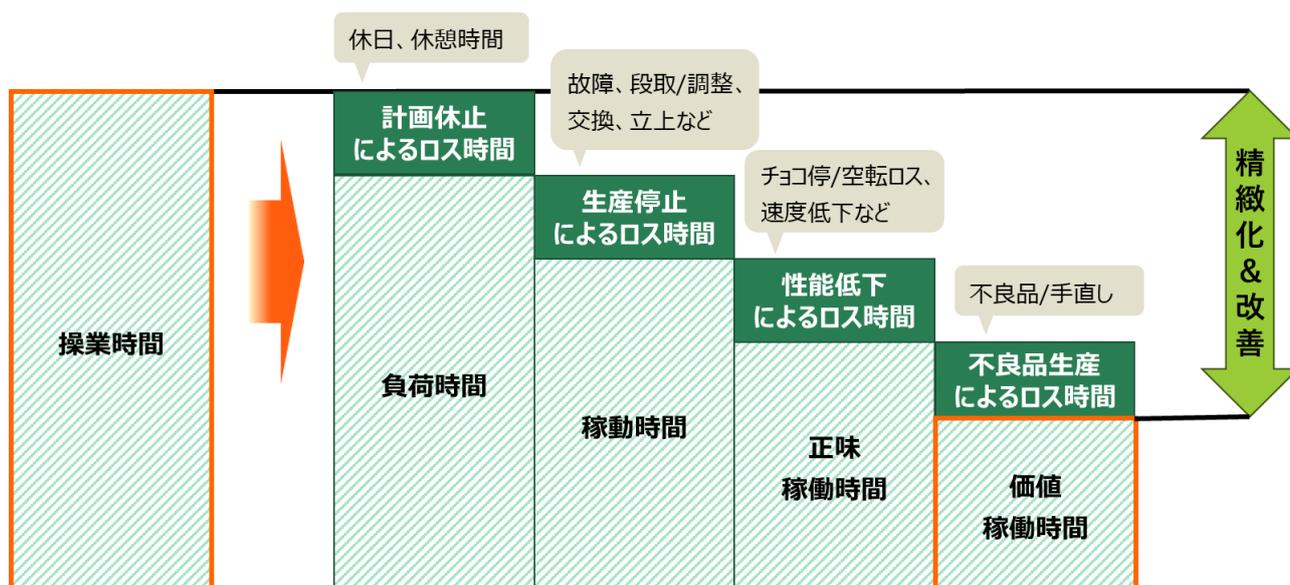


図 2 2 製造に寄与する設備におけるロス時間と、CFP 算定 (Scope3) の関係について

日本プラントメンテナンス協会の「生産活動におけるロス構造」を参考に作成

参照：<https://info-jipm.jp/f/introduction-of-tpm/>

ロス時間とは、設備が稼働していても付加価値を生まない時間（休憩、空運転、調整、待機など）の指標であり、真に顧客価値を生む製造活動のみを価値稼働時間とするものである。具体的には、製品の加工、組立、顧客要求に基づく検査などは価値稼働時間に含まれる一方、休憩、段取り替え、試運転、アイドル時間、品質不良の再加工などは含まれない。

したがって、操業時間で一律に配分するのではなく、製品の製造に直接寄与する価値稼働時間を精緻に把握し、ロス時間の課題を解決することで CFP 値を改善することができる。

なお、1次データを精緻に取得した後に、各ロス時間(計画休止～不良生産)を含めて開示用 CFP とするか、特定のロス時間を含めずに開示用 CFP とするかは、ロス時間の影響度等を考慮した事業者側の判断に委ねられる。ただし、ロス時間を含めない場合は、その影響度などの根拠を、工場全体の CO₂ 排出総量や、対象製品への配分および除外について明確化する必要がある。

<価値稼働時間の算定例>

価値稼働時間は ISO22400(産業用 KPI)に規定されている OEE(設備総合効率; Overall Equipment Effectiveness)などの KPI、およびその要素 (KPI エlementと呼ぶ) である稼働率、性能効率、品質率などの 1 次データを収集、分析して算定できる。以下に算定方法を説明する。

$$\begin{aligned} \text{価値稼働時間} &= \text{負荷時間 (Available Time / Planned Production Time)} \times \text{OEE} \\ \text{設備総合効率(OEE)} &= \text{稼働率 (Availability)} \times \text{性能効率 (Performance)} \times \text{品質率 (Quality)} \end{aligned}$$

1. 稼働率 (Availability)

$$\text{稼働率} = \frac{\text{稼働時間}}{\text{計画生産時間}}$$

計画生産時間：シフト時間から休憩や計画停止を除いた時間

稼働時間：計画生産時間から故障や段取り替えなどの停止時間を除いた時間

2. 性能効率 (Performance)

$$\text{性能効率} = \frac{\text{理論サイクルタイム} \times \text{総生産数}}{\text{稼働時間}}$$

理論サイクルタイム：1 個を生産する理想時間

総生産数：稼働時間内に生産した総数

3. 品質率 (Quality)

$$\text{品質率} = \frac{\text{良品数}}{\text{総生産数}}$$

良品数：生産された製品のうち、品質基準を満たして出荷可能な製品の数

つまり、CFP を改善するためには ISO22400(産業用 KPI、OEE など)と連携して生産状況を精緻に把握・リアルタイムで見える化し改善活動を実施するなど、スマート工場化を推進する必要がある。

表 1 1 価値稼働時間の例

時間	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00
工程 (活動量)	・暖機 運転 ・生産 準備	設備 A 稼働	段取り替 え	設備 A 稼働	昼休憩 段取り替 え	設備 A 稼働	工場内輸 送 一時保管 庫	設備 B 稼働	・倉庫保 管 ・出荷輸 送
設備状態	停止中	製造中	停止中	製造中	停止中	製造中	停止中	製造中	停止中
製造寄与す るプロセス	○	○	○	○	○	○	○	○	○
生産品の種 別	—	○ ・製品 A ・製品 B	—	○ ・製品 C	—	○ ・製品 D (前工程)	—	○ ・製品 D (後工程)	—
価値稼働 時間	—	○	—	○	—	○	—	○	—

※生産に必須な照明・空調・圧縮空気および補助機材や消耗品、および廃棄物など、1 次データを直接製品に紐づけできない場合は、平均値での配分や次章のカットオフを検討する。

【人の寄与について】

人の寄与の扱いは「製品に帰属する工程活動は含める」「オーバーヘッドは重要性次第で除外可能(但し除外理由は明確化が必要)」「人の移動(通勤・出張)は企業排出の Scope3 側で管理」という三原則で整理できる。但し、製造現場の作業者も含めて「人の呼吸による CO₂ 排出は含めない」事が一般的である。

これらを総合的に適用することで、CFP における人の活動由来の CO₂ 排出の取り扱いは一貫性・透明性・比較可能性を備えたものになる。

【製造段階での CFP の固定値と変動値について】

製造段階では CFP 算定に当たり固定値と変動値に分けて計算することで以下のメリットがある。

再計算が容易：ロット毎に変動値だけ更新すれば CFP の自動再計算が可能。

改善効果の特定：どの変動値(歩留まり、電力原単位など)が CFP に効いているかが明確。

監査・説明性向上：固定値(出典・版数)と変動値(実測・期間)を分離管理することで
追跡可能性(トレーサビリティ)が高まる。

・CFP 固定値 (Fixed values)

定義：製造期間内に一定とみなす入力値・係数。ロットや日次で変えず、年度や更新サイクルに合わせて見直す。

主な例：

- ・2次データの排出原単位 (EF: Emission Factor)：標準電力系統の EF
- ・工程定数：製造設備の名目効率、工程治具、消耗品(油、化学薬品など)、廃棄物の共通配分ルール
- ・設備仕様に紐づく不変量：定格消費電力、想定使用年数/使用パターン(標準シナリオ)
- ・境界設定・ルール：システム境界設定、カットオフ基準設定、データ品質要件、配分方法など

但し、データの特性に応じて四半期毎、半年毎、1年毎などの更新サイクルで見直す必要があり、固定値についても算定の自動化(変更管理、データ更新など)を推進する事が望まれる。

・CFP 変動値 (Variable values)

定義：生産量・ロット・実績に応じて変化する入力値。短い周期で更新・記録する。

主な例：

- ・活動データの実績：各製造ロットの電力使用量、ガス・蒸気使用量、歩留まり/不良率、材料投入量
- ・廃棄/リサイクル実績：回収率、再資源化率、処理方法

なお、本書では1次データ取得に関して、CFP の変動値である「各製造ロットの電力使用量」に着目して1次データ収集をしている事例を主に紹介している。

CFPの固定値と変動値

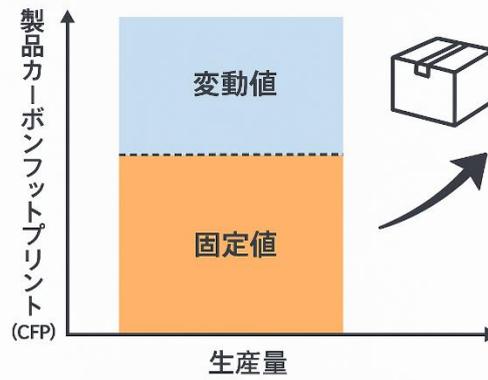


図 2 3 製造段階における CFP の固定値と変動値について

4-5 カットオフのデータ要件

ISO や GHG プロトコルなどの定義では、サプライチェーン全体の CFP 値から、算定が困難なデータを一定割合除外できる「カットオフ規定」が設けられている。また、規格文書ではカットオフは安易に実施せず、また極力行わないことが望ましいと明記されている。

但し、本書では初期の段階からスマート製造への移行の過程において、複雑な算定作業を簡素化し、CFP の普及および実装を促進することを目的として、製造段階における具体的なカットオフ方法を明確化し活用する方法を提案する。

【カットオフの基本的な考え方】

カットオフは、データ収集や分析の実用性を考慮して適用される手法である。すべての項目を詳細に評価することが困難な場合、カットオフを活用することで評価プロセスを簡素化できる。

カットオフの基準は、評価の透明性と一貫性を確保するために明確に定義されるべきであり、これにより異なるプロジェクトや製品間での比較が可能となる。また、評価の効率性を高め、限られたリソースを重要な項目に集中させることができる。

ただし、カットオフの適用は評価の目的や範囲に応じて異なり、製品の機能実現に深く関与する項目については算定が必要となる。したがって、適切な基準の設定が不可欠である。本書では、製造業における生産時の設備電力消費など、「重要な排出源や影響を与える可能性のある項目」を考慮しつつ、カットオフを適用して評価プロセスを可能な限り簡素化する方法を提案する。

なお、カットオフされたデータについても Scope 1 および Scope 2 で管理し、削減努力を継続する必要がある。

【カットオフの規定について】

ISO 14067 は、製品のカーボンフットプリントを評価するためのガイドラインを提供している。カットオフの必要性や報告義務については記載されているが(6.3.4.3 カットオフ基準)、定量的な基準は明確に定義されていない。一方、カットオフ基準(除外できる入力や出力の割合)については、EN 15804 が「質量・エネルギー・環境関連で合計 1%以下」という厳格なルールが採用されている。また ISO 21930 もカットオフを認めているが、より柔軟で、EN 15804 ほど厳密な 1%ルールは明記されていない。

さらに、GHG プロトコルや Catena-X でも、全体の CO₂ 排出量に対して一定割合の項目を除外することが許容されている。ただし、重要な排出源や影響の大きい項目については、カットオフの適用を避けるよう推奨されている。

表 1 2 カットオフ基準

No.	規格	カットオフ基準	概要
1	ISO 14067:2018	固定のしきい値(%等)は規定していない。	・LCAの原則 (ISO 14040/14044) に整合し、カットオフ基準は実施者が設定し、その正当化と完全性の担保を要求している。
2	GHG Protocol (Product Standard)	固定のしきい値(%等)は規定していない。	・製品ライフサイクルの重要な排出源の漏れなき計上を重視し、データギャップは推計や代表値で埋める運用を求めている。
3	PACT Methodology Version3	数値の規定あり。	・グレードルからゲートまでの PCF の合計の 3%を除外し、グレードルからゲートまでの PCF の合計が 1%を超えるすべてのプロセスを含める。
4	Catena-X Version4	数値の規定あり。	・スクリーニング分析 (まず 100%網羅の試算を実施) により、合計で 3%未満(Ver.3 で 1% → Ver.4 で 3%へ変更)と示される影響については除外を許容する (UNECE 公開資料に明記)。
5	EN15804 (+A2:2019) (英国 BSI 規格: 建設製品の EPD コア PCR)	数値の規定あり。	・カットオフ基準 (除外基準) の定量要件 単位プロセスにおいてデータ欠損がある場合、そのプロセスの総入力質量 (またはエネルギー) の「1%」を超えてはならないというカットオフ基準が示されている (EN 15804+A2 の「6.3.6 Criteria for the exclusion of inputs and outputs」) 但し、量が小さくても環境影響が有意になり得るフロー (例: 特定有害物質の排出等) は除外してはならない。厳密なルールは PCR(BRE Global Product Category Rules (PCR) PN514 Rev 3.2)に従う。

【カットオフ値の決定方法】

まず、製品の CFP 算定範囲をライフサイクル全体の CFP (Cradle to Grave) とするか、原料採取から製品出荷まで (Cradle to Gate) の CFP とするかを決定する必要がある。その上で、製造段階(Gate to Gate)における CO₂データ (GHG 排出量) でのカットオフ可能な値を決定する。

ライフサイクル全体の CFP (Cradle to Grave) とする場合は、使用段階や廃棄段階も含まれるため、よ

り広範なライフサイクル全体でのカットオフ判断が必要である。また、一般的には製造時よりも使用時のエネルギー消費や廃棄方法などでのカットオフの影響が大きくなりやすい傾向にある。

原料採取から製品出荷までの CFP (Cradle to Gate) とした場合は、製品使用・廃棄フェーズが含まれないため、製造工程に集中したカットオフが行われる。原材料や製造プロセスの詳細が重視されるが、製品の出荷までに限定されるため、サプライチェーン上流のデータ品質が重要になる。

この時のカットオフの範囲は開示が求められる (GHG プロトコル『スコープ 3 基準』第 9 章参照)。

例えば、ガソリン自動車と電気自動車では、使用段階での CFP が高いのは CO₂ を排出するガソリン自動車だが、原料採取から製造工程における段階では電気自動車の方が高いとされている。従って CFP 算定やカットオフに関してもライフサイクル全体を考慮すべきとされている。

また、使用時にエネルギーをあまり消費しない (又は全く消費しない) 製品は、使用段階よりも原料採取から製造段階における CFP 算定やカットオフが重要となる (但し、使用後の廃棄時に CO₂ 排出が大きいものは除く)。

なお、初期段階では、CFP やカットオフ値を、2 次データなどを用いて概算 (本書では CFP 概算値と呼ぶ) してもよい。但しその後、1 次データを入手次第、つまり精度の高い情報が得られた項目から順次データ (カットオフ値を含む) を更新していくことが推奨されている (GHG プロトコル『スコープ 3 排出量算定のための技術指針』「時間の経過に伴うデータ品質の向上」参照)。

但し、1 章でも述べたが、1 次データや 2 次データに関わらず、算定が困難でも重要な CFP はカットオフしてはならない事は必須条件である (重要性の判断は業界毎の PCR を参照すること。また重要な CFP 報告書への記載が必要な場合がある)。

【ライフサイクルの各段階のカットオフを 5%として算定した事例】

カットオフ規定が α % (表 14 の事例では 5%) の場合、前述した CFP 概算値でカットオフ可能な最大値を算定する。但し、欧州データスペースの Catena-X (CX-PCF ルールブック) では 3% であり、「プロセスモジュール、インプットおよびアウトプットは、それらの合計が製品のカーボンフットプリント全体の 3% 未満である場合にのみ除外することができる」と定義されている。つまり、業界ごとにカットオフの定義が決まる傾向があり注意が必要である。

表 13 各段階のカットオフを 5%とした算定例

No.	ライフサイクルの各段階	対象	CFP 概算値 (g-CO ₂ eq/個)	カットオフ率 (%)	カットオフ最大値 (g-CO ₂ eq/個)
1	原材料	原材料、生産サイトまでの輸送	1,500	5	75
2	生産	工場などの生産サイトでの生産	3,000		150
3	流通・販売	生産サイトから顧客の手元に届くまで	500		25
4	使用・維持管理	顧客の使用	4,500		225
5	廃棄・リサイクル	顧客の手元から廃棄・リサイクルサイトへの輸送、廃棄・リサイクル処理	500		25
合計			10,000	合計	500

CFP 概算値の他の算定方法としては、以下のような複数の手法が利用可能である。

- ・重量換算：原材料や部品の質量に基づく算定
- ・金額換算：購入価格や取引額に基づく算定
- ・平均データ法：GHG プロトコルのカテゴリ 10「販売した製品の処理」に準拠した平均値の活用
- ・マスバランス方式：原材料の投入量と製品の出力量のバランスに基づく算定

これらの手法は、データの入手可能性や精度、業界の慣行に応じて柔軟に選択・組み合わせることができ、初期段階では 2 次データを活用し、可能な限り 1 次データへの移行を進めることで、算定の精度と信頼性を高めることが望ましい。

4-6 製造段階における適用事例について

本章では、製造段階における CFP 算定の検討事例を示す。ここでは製造段階における適用事例として、CFP 算定において検討対象となり得る複数の要素(境界、配分、カットオフ、スマート製造に向けた 1 次データ化)について整理している。これらの中には Scope1、2 の視点ではカットオフの対象とすべきではないもの(エネルギー等)も含まれるので参考までとしていただきたい。

- 例 1) エネルギーの種類
- 例 2) 製造に寄与する設備
- 例 3) 工場内の照明、空調、圧縮空気などの間接設備
- 例 4) 廃棄物および消耗材の種類
- 例 5) 工場内搬送の種類

但し、検討の主眼は、カットオフを目的とするものではない。スマート製造の観点から、1 次データを自動的に取得することによる CFP 算定の効率化、すなわち製品への配分に伴う算定難易度や、センサ設置に要する費用対効果などの側面も含めた活用を意図している。

なお、CFP 算定においてはダブルカウントが認められない。更にカットオフする場合には、その理由を明確にする必要がある。また、製造段階におけるカットオフ値の総計は、カットオフとして許容される最大値を超えてはならない。本書に示す表 14 の事例では、その最大値を 150 g-CO₂eq/個としている。

(検討 Step)

- ①製造段階における計測「対象」を特定する
- ②製品適用（製品の製造に寄与）する「対象」を抽出する
- ③活動量と排出原単位のデータ種類や入手方法を特定する（1 次又は 2 次データ、自動/手動など）
- ④「対象」毎に製品 CFP の算定を行い加算する

(製造段階での製品の CO₂ 排出量 = 活動量 × 排出原単位 ÷ 生産台数(※又は重量ベース等))

- ⑤CFP の算定重要度やスマート製造時の 1 次データ入手容易性などを考慮し、
自動化（スマート製造化）に向けた今後のアクションを検討する
※カットオフする場合は算定報告書に記載する

【例1：製造時のエネルギーの種類別検討】

製造時のエネルギーの種類に着目した検討方法を示す。この検討方法は特に小規模企業でかつ製品種類も少ない場合に適している。

- ①製造段階における工場全体の「エネルギーの種類」を特定する
- ②製品適用（製品の製造に寄与）する「エネルギー」を抽出する
- ③活動量と排出原単位のデータ種類や入手方法を特定する（1次又は2次データ、自動/手動など）
- ④「エネルギー」毎に製品 CFP の算定を行い加算する

（製造段階での製品の CO₂ 排出量＝活動量×排出原単位÷生産台数（※又は重量ベース等））

- ⑤CFP の算定重要度やスマート製造時の1次データ入手容易性などを考慮し、
自動化（スマート製造化）に向けた今後のアクションを検討する

エネルギーの場合、冷暖房など活動量や、繁忙期など生産台数に季節変動がある場合は1年以上のデータで CFP を算定する事が望ましいが、変動が少ない場合や、削減の改善活動の為に精緻に CFP を把握したい場合などは、月単位や日単位、時間単位でも良い。また、算定頻度によりデータ品質は異なる（4章 TiR 参照）。

以下に製造段階におけるエネルギー種類の事例を示す。

表 14 エネルギーの種類別検討事例

No.	活動量の種類	製品適用 有：○ 無：×	データ種類 (活動量×排出原単位)	取得方法 (活動量×排出原単位)	CFP 概算値 CO ₂ 排出量 (g-CO ₂ eq/ 個等)	今後のアクション
1	電力(購入電力)	○	1次×1次	手動×手動	394.8	算定容易化の為、自動取得 & 自動算定を目指す
2	電力(自家発電)	×	1次×2次	—	—	—
3	灯油	×	1次×2次	—	—	—
4	ガス	○	1次×2次	手動×手動	134.55	まずは製品毎の活動量を正確に把握する
5	その他温室効果ガス等	×	1次×2次	—	—	—

【例2：製造に寄与する設備の検討】

製造設備の種類に着目した検討方法を示す。この検討方法は特に複数の設備を有し、かつ製品毎に使う設備が異なるなどの場合に適している。

製造に使用する設備の定格電力は実際に使用される消費電力より大きくなるが、実際の設備の活動データ（消費電力、1次データ）を取得していない場合は、定格電力(又は力率を考慮した実効電力)を利用する。また、設備の1時間当たりの活動量(消費電力など)と、製品1個当たりの設備占有時間で CO₂ 排出量を算定する。

CFP = 設備1時間当たりの活動量(定格電力) × 排出原単位 × 製品1個当たりの設備占有割合(/時間)

又は、設備の活動量に関して、1次データとして設備の実際の消費電力（設備への製品投入から製品搬出）からCO₂排出量を算定する。

$$\text{CFP} = \text{設備の活動量(実際の消費電力)} \times \text{排出原単位} \div \text{製品個数(設備投入数)}$$

装置メーカーから提供された算定方法（負荷率、使用率など）から推定する。又は過去に同じ製品の実加工を通して実測した消費電力から推定する方法もある。

但し、算定方法（算定根拠）を示す義務がある。

本事例では負荷率や使用率の算定根拠が示せない為、定格電力をそのまま使用した。

例) 電力量（購入電力）：

生産設備：工作機械（定格 10kW）、研磨機（定格 1kW）

生産時間：工作機械 = 0.1h/個、研磨機 = 0.05h/個

工作機械の活動量 = 10kW × 0.1h = 1kWh

研磨機での活動量 = 1kW × 0.05h = 0.05kWh

活動量 = 1kW + 0.05kW = 1.05kW/個

CO₂排出量 = 1.05kWh/個 × 376g-CO₂eq/kWh = 394.8g-CO₂eq/個

ガス量：

プロパンガスの場合、過熱設備（450g/h） 2.99kg-CO₂eq/1kg

1個(0.1h) = 0.1h × 450g/h × 2.99g-CO₂eq/g = 134.55g-CO₂eq/g

【例3：工場内の照明や空調や圧縮空気などの間接設備の検討】

製造に寄与するプロセス内で、製品個々ではなく工場全体の運用に関わる間接設備の種類を特定し、CO₂排出量を検討する。

このような設備を特定する方法として、電源をオフしたら工場の生産ができない事を条件とする。例) 工場の天井照明が無ければ全く生産ができない。工場の空調を一定温度に保たなければ製品の加工精度が出ない。圧縮空気が無ければ製品の組立てができないなど。なお、電源をオフしても工場の生産ができる場合は、生産に寄与しないプロセスとしてバウンダリから外すことができる(2-1 ライフサイクルステージと対象プロセスについて (バウンダリーの設定) 参照)。

設備単位で製品毎のCO₂の1次データを収集していない場合は、設備毎の定格電力(又は力率を考慮した実効電力)と、総生産時間や総生産台数などの活動量から配分して製品毎のCO₂の1次データを算定する。

表 15 間接設備の種類別検討事例

No.	製品に直接影響しない設備・プロセス	製品適用 有：○ 無：×	データ種類 (活動量×排出原単位)	取得方法 (活動量×排出原単位)	CFP 概算値 CO ₂ 排出量 (g-CO ₂ eq/個等)	今後のアクション
1	工場全体の天井照明	○	1次×2次 (定格電力換算)	手動×手動	0.047	算定容易化の為、自動取得&自動算定を目指す
2	工場全体の空調	○	1次×2次 (定格電力換算)	手動×手動	0.12	季節ごとの活動量を正確に把握する
3	工場全体の圧縮空気	○	1次×1次 (電力測定)	手動×手動	28.2	まずは製品毎の活動量を正確に把握する

例 1) 照明設備の場合

照明設備 = 定格 100W × 20 台 = 2000W

生産時間 = 4h

工場内の全ての生産総数 (他製品含) = 1000 個/h

4h での生産総数 (他製品含) = 1000 個/h × 4h = 4000 個

活動量 = 2000W × 4h ÷ 4000 個 = 0.125Wh/個

CO₂ 排出量 = 0.125Wh/個 × 0.376g-CO₂eq/Wh = 0.047g-CO₂eq/個

例 2) 圧縮空気設備の場合

エアーコンプレッサ設備 = 定格 3000W × 2 台 = 6000W

設備稼働時間 = 5h

工場内のエアーコンプレッサ使用製品数 = 100 個/h

4h での生産総数 (他製品含) = 100 個/h × 4h = 400 個

活動量 = 6000W × 5h ÷ 400 個 = 75.0Wh/個

CO₂ 排出量 = 75.0Wh/個 × 0.376g-CO₂eq/Wh = 28.2g-CO₂eq/個

【例4：生産時の廃棄物・消耗材の種類別検討】

製造に寄与するプロセス内で、製品の廃棄物や消耗材の種類について、製品毎の CO₂ 排出量を検討する。

表 16 廃棄物・消耗材の種類別検討事例

No.	製品に直接影響しない設備・プロセス	製品適用 有：○ 無：×	データ種類 (活動量× 排出原単位)	取得方法 (活動量× 排出原単位)	CFP 概算値 CO ₂ 排出量 (g-CO ₂ eq/個等)	今後のアクション
1	廃棄材 (樹脂)	○	1次×2次 (重量ベース 換算)	手動×手動	27.7	まずは製品毎の活動量を正確に把握する
2	廃棄材 (プリント基板)	○	1次×2次 (重量ベース 換算)	手動×手動	50	まずは製品毎の活動量を正確に把握する
3	廃棄材 (金属)	○	1次×2次 (自動重量 測定)	自動×手動	277	排出原単位の1次データ調査(サプライチェーン上流へ問い合わせ)を進める
4	廃油 (切削油)	○	1次×2次 (重量ベース 換算)	手動×手動	25.8	まずは製品毎の活動量を正確に把握する

廃棄材 (樹脂)：樹脂成型品の廃棄樹脂など

1ロット=12個、120gの樹脂廃材が出れば1個10gで樹脂-CO₂eq換算が必要
 一般廃プラスチックのCO₂排出量は約2.77kg-CO₂/kg
 $10g \times 2.77g-CO_2/g = 27.7g-CO_2$
 $1個(10g) = 27.7g-CO_2eq$

廃棄材 (プリント基板)：プリント基板の実装後の廃棄材など

1ロット=4枚、80gの樹脂廃材が出れば1個20gでプリント基板-CO₂eq換算が必要
 $1個(20g) = 20g \times 2.5g-CO_2/g = 50g-CO_2$

廃棄材 (金属)：加工時の廃棄金属など、切削加工の廃棄金属は自動的に測定。

1個=200gを30g切削加工した廃材が出れば1個30gで金属-CO₂eq換算が必要
 新地金アルミの場合 9.24t-CO₂eq/t-Al →2次データの為、入手先から1次データを

入手する

$1個(30g) = 277g-CO_2eq$

廃油 (切削油)：加工時の切削油など

10 リットル/日、生産数 1000 個/日の廃油が出れば 1 個 10ml で油- CO₂eq 換算が必要油(鉱物油)の場合 (環境省データベース IDEA 参照) が 2.58t- CO₂eq /kl とすると、
1 個(10ml) = 25.8g- CO₂eq

【例 5 : 工場内搬送の種類別検討】

製造に寄与するプロセス内で、製品の工場内搬送に関する種類を検討し、CO₂排出量を検討する。

表 17 工場内搬送の種類別検討事例

No.	製品に直接影響しない設備・プロセス	製品適用 有 : ○ 無 : ×	データ種類 (活動量×排出原単位)	取得方法 (活動量×排出原単位)	CFP 概算値 CO ₂ 排出量 (g-CO ₂ eq/個等)	今後のアクション
1	工場内トラック搬送	×	1 次×2 次 (燃料換算)	—	—	—
2	フォークリフト搬送	○	1 次×2 次 (燃料換算)	手動×手動	0.12	まずは製品毎の活動量を正確に把握する
3	エレベータ搬送	○	1 次×1 次 (電力測定)	手動×手動	18.0	算定容易化の為、自動取得 & 自動算定を目指す
4	ベルトコンベヤ搬送	×	1 次×2 次 (定格電力換算)	—	—	—
5	クレーン搬送	○	1 次×2 次 (定格電力換算)	手動×手動	0.5	まずは製品毎の活動量を正確に把握する

このように、工場内で製造される一つの製品であっても、製造プロセスを細分化し、それぞれについて個別にカーボンフットプリント (CFP) を算定する必要がある。そのため、データを手作業で収集し、算定を行う方法は労力が掛かることを理解する必要がある。

したがって、まず概算の CFP が高く、かつ影響度の大きい製品プロセスを優先対象とし、活動量や排出原単位の 1 次データ比率 (PDS) を高めながら、データ収集および算定の自動化を段階的に進めていくことが重要である。

この取り組みは、CFP 算定の効率化にとどまらず、省エネルギーや生産性向上といった工場全体の運用改善という副次的な効果ももたらす。そのため、費用対効果を踏まえた段階的なスマート製造化の中で、計画的に CFP 算定のアクションを位置付けることが重要となる。

4-7 データ収集の時間や算定のタイミングについて

製造業に於ける CFP の 1 次データの収集時間について要件を定義する。

具体的には、収集タイミング（月、日、時間、分、秒）、タイムスタンプ、データ保管期間(2 シーズン = 2 年以上等)などの、短期や長期でのデータ収集や、平均的な CO₂ 排出量の算定が必要である。

また、PACT Methodology 等の上位システムとの連携も踏まえて CFP の 1 次データ収集の時間に関する要件を定義する。

【タイムスタンプについて】

OT 系（製造現場の制御系）はリアルタイムで動いているが、IT 系（管理用 IT システム）はリアルタイムで動かないシステムも多い（バッチ処理など）。1 次データは OT 系で収集されることが多く、IT 系へ 1 次データを渡すときに収集したデータにタイムスタンプが無いと CFP の正確な計算ができない場合がある。

タイムスタンプを付加する場所は、工場ネットワークなどでリアルタイム性が保証された時計機能がある最初の装置が望ましい。それができない場合は、電波時計など秒単位でずれの生じない装置にて付加する必要がある。

また、タイムスタンプの時間単位としては、1 次データの変動の少ない装置（オープンや冷蔵庫など）であれば分単位でも良いが、1 次データの変動の多い装置（実装機など）では、秒単位とした方が良い場合があり、装置の 1 次データ変動特性を見てタイムスタンプの時間単位を設定する必要がある。

なお、タイムスタンプが残っていると後から計算や分析も可能であるため、他の関連生産情報と見比べることにより異常時の診断や、改善のための AI 分析、トレーサビリティなどでも役立つ。

【開示用 CFP について】

CFP をサプライチェーン下流に開示する際、「平均化すべきか？」という明確な“期間指定”は、Catena-X・PACT Methodology・ISO のどれにも存在しない。

ISO (14067 / 14044 / 14040) や Catena-X では期間の指定なく「最新で代表性のあるデータ」を要求している。また、PACT Methodology では年数単位の指定はなく「最新の 12 か月の 1 次データを推奨」している。但し、季節変動が大きい場合などは複数年平均も許容しているが、どの期間のデータを使ったかを明示する義務があるとしている。

つまり、“3 年平均”や“5 年平均”のような固定ルールは存在せず、原則だけを示し、具体的な年数の線引きは PCR やスキームに委ねている。共通しているのはデータが最新であること、古いデータを使う場合は期間や妥当性などの理由を説明することである。また、業種別の PCR 等が制定されていればそれに従う方法もある。

本ガイドラインでは製造業における報告用 CFP については、季節変動で CO₂ 排出の増減が大きい場合など製造時の最新データを採用すべきでない明確な理由がない限り、1 次データ（製品出荷時点の算定値など）を活用することを推奨する。理由としては自社での製造期間（部品など）とサプライチェーン下流の取引先企業の製造期間（完成品など）は異なるため、平均化して算定するかどうかについては下流企業での判断（CFP 算定）に委ねることができる。その結果、サプライチェーン全体でのデータの一貫性や透明性

が維持できる。

【CFP データのスクリーニング分析のタイミングについて】

スクリーニング分析の目的は、既存の PCF データの妥当性を定期的に確認し、大きな変化が起きているかを簡易に見極めるための定量評価である。

Catena-X では PCF の有効期限は基本 1 年。1 年を過ぎたらスクリーニング分析で「更新が必要なほどの変化」があったかをチェックする運用が求められる。

再計算が必要となる変化の閾値は最新の Catena-X Product Carbon Footprint Rulebook Ver.4 では、前回の報告期間と比べて PCF が「10%超」変化していると判定された場合にフル再計算（更新）が必要である。なお、Ver.3 では 5%であり、実現性を考慮して 10%に変更された。従って、閾値も流動性があるため常に最新版での確認が必要であり、算定システムも変更ができるようにしておく必要がある。

以下に、Catena-X を参考にスクリーニングの手順を説明する。

1. 適用範囲を確認

ルールブックの Cradle-to-Gate 境界（資源採取～サプライヤ工場ゲートまで）と宣言単位（Declared Unit）を再確認。ここが変わっていると比較不能になる。

2. 変更点の棚卸し

直近 1 年での製造条件・原材料・電力調達（PPA/REC 含む）・輸送の変更点を列挙。

3. 簡易 PCF の再試算（スクリーニング計算）

前回のモデル構成を踏襲しつつ、2 次データ（標準 EF）や代表値で差分部分を更新して粗い PCF 値を出す。Catena-X は 2 次データの取り扱いポリシーを示しており、準拠が必要。

4. カットオフの扱い（軽量評価時の除外基準）

Catena-X では「カットオフ（影響が小さいフローの除外）」のルールが規定されており、Ver.3 で閾値が 1%→3%に拡大されている（Ver.4 でもこの考え方が踏襲）。またスクリーニングでは除外しても総 PCF の網羅率（完全性）を損なわないことを確認する。

5. 前回値との比較

スクリーニング結果の PCF を前回報告値と比較し、±10%の閾値を判定する。10%超ならフル再計算（1 次データの更新、配分・電力・輸送の厳密算定、必要なら検証）を実施する。

6. 妥当性・品質指標の付記

Catena-X ではデータ品質評価（DQR）は 2027 年まで任意だが、取引先説明用に簡易スコアや 1 次データ比率（Primary Data Share）の記録は推奨されている。

7. データ交換の準備

Catena-X の PCF データモデルに沿って有効期限や地域、時間範囲などのメタデータを整備し、安全に共有できる状態にする。

第5章 製造業におけるデータ収集・計算・配分・共有の方法

本章では、前章のデータ要件のデータを PACT Methodology における CFP の計算ステップである収集・計算・配分・共有のプロセスにおいて、「いかに効率的に」「いかに精度を高く(粒度・頻度を細かく)」「いかに信頼できる」情報にしていくかの発展シナリオを、述べるものとする。

【収集・計算・配分・共有の自動化に向けた施策について】

「効率性」「信頼性」「精度向上」を実現するためには、以下の施策を実現していく必要がある。

効率性

- ① 収集：活動量データの自動収集の仕組み(PLM,ERP,MES やデータ流通基盤との連携 PF)導入
- ② 計算：IDEA 等の取り込み、BOM/BOP 上の 4M(Man:人、Machine:機械や設備、Material:部品や材料、Method:工法)マスタとの紐づけ、歩留まり、廃棄物の重量、副資材の投入量など、生産関連パラメータの紐づけ
- ③ 配分：簡易な配分ルール(計算式)の明確化と自動計算や、歩留まり発生時のカットオフなど。
- ④ 共有：法律・規制対応や改善など、作成目的に応じたレポートの自動作成

信頼性

- ⑤ 情報収集元(や連鎖関係)の保証
- ⑥ 人の手を介在させない処理(連携 PF)

精度向上

- ⑦ 収集と計算：活動量データと排出原単位マスタの細分化・主体そのものからの直収集
Ex.) Scope2 であれば、配電盤→設備,設備内の処理単位
Scope3 であれば、部材レベル→組成レベルや、サプライヤからの直収集
- ⑧ 配分：工場の稼働実態に見合った配分(ダイナミックな配分ルール)や、先行予測なども活用したシミュレーション

これらの①～⑧の課題・施策を対応させることが究極の姿となる。

①～⑧の施策の実現度合いを「1.手動」「2.一部自動」「3.自動」に加え、統計エンジンや AI 等を活用した。「4.(未来)シミュレーション」という発展シナリオで下表のとおり定義した。

特に、「4.(未来)シミュレーション」では、「3.自動」でもカバーできない以下の点を想定している。

- (1)収集できない先々の生産時を予想
- (2)生産条件を今後変えた時の予想、意図せず生産条件が変わっていた時の修正
- (3)自動収集でも収集できないエネルギーの消費要素や条件の再現及び補間

表 18 自動算定の発展シナリオ

	1.手動	2.一部自動	3.自動	4.シミュレーション
①活動量データの自動収集の仕組み導入	なし	一部 自動収集	自動収集	同左 + 仮想収集
②IDEA など排出原単位情報の取り込みと、4M マスタとの紐づけ	物理量 又は、 金額原単位 (産業連関表)	様々な原単位 (IDEA)	様々な原単位 (IDEA+⑦* ²)	同左
③簡易な配分ルール(計算式)の明確化と 自動計算 ④法律・規制対応や改善など、作成目的に 応じたレポートの自動作成	Excel 等の 活用	BI ツール等の活用	同左	同左
⑤情報収集元(や連鎖関係)の保証	-	-	DPP/AAS 技術等の 活用	同左
⑥人の手を介在させない収集・計算・配分・ 共有の一連の処理(連携 PF)	-	-	自動連係に より保証	同左
⑦活動量データと排出原単位マスタの細分化・ 主体からの直収集	部品や 工場単位	一部は組成(銅・鉄 等)や 工程・設備 単位	サプライヤや設備等の 主体から直収集	同左 + 仮想収集
⑧工場の稼働実態に見合った配分や、先行 予測なども活用したシミュレーション	-	-	-	生産ライン状況 に 応じたダイナミ ック配分やシミュ レーション機能 活用

*¹ IDEA で使っている排出原単位で配分する(基板では面積で算定している等あり)

*² 表中の⑦の施策にて、サプライヤや、自社設備での実測結果にもとづく配分など
後述にて、それぞれの状態説明と発生する課題を述べていく。

5-1 手動での収集・計算・配分・共有について

データを収集するセンサの取り付けや、生産システムの導入が進んでいない企業を対象に、CFP の 1 次データ算定を手計算で実施する方法を提案する(但し、本書でスコープ外の組織ベース算定を含む)。

【手動での収集と計算】

この段階では、前述の「法律や規制、顧客要求に従って CFP を開示・報告する」ことだけを目的に、CFP 計算をしている状態である。則ち収集や計算については、全社や組織単位に算定された情報を活用することになる。

Scope1 の活動量については、ガソリンなどの燃料に関する購入伝票に記載されている、企業全体や

事業部門単位、事業所・建物単位の燃料購入量(kg,l[リットル],cm³)を、Scope2については、電力会社との契約単位に送られてくる電気利用料金の支払伝票に記載されている企業全体や事業部門・事業所・建物単位の電気使用量(Wh)を活用するかたちとなる。

一方で排出原単位は、「温対法(※日本国内企業に限定)の算定・報告・公表制度(通称 SHK 制度)における算定方法・排出係数一覧」に記載している係数を用いて算定する。

これに対し Scope3 については、カテゴリ 1-15 まであり、カテゴリ単位に算定方法が異なる。例えばカテゴリ 1 に関しては、購入部材毎の購入額を活動量とし、一方排出原単位については、その購入部材が産業連関表の環境負荷原単位ブック内にあるどの係数(t-CO₂eq/100 万円)と紐付くかを確認し、活動量と排出原単位を掛け合わせて算定する。

その他カテゴリについて詳細は割愛するが、環境省や経済産業省が開示している排出原単位の情報を人の手で紐づけし、各活動量の情報と手動で掛け合わせて、算定するかたちとなる。

それらをすべて足すことで「全社や組織単位に算定された CO₂排出量」というかたちになる。

【手動での配分と共有】

上記の「全社や組織単位に算定された CO₂排出量」は、そのまま全社や事業部門別の CO₂排出量を共有するため用いるだけでなく、該当製品の重量や出荷金額で配分することにより、該当製品の CFP というかたちとなる。またレポート作成については、Excel 等のスプレッドシートを活用して行うことになる。

【手動での収集・計算・配分・共有おける課題】

この段階では、「効率性」という観点からいうと、全ての作業が人手なので、毎回工数がかかることが課題となる。CFP は前述の通り「顧客要求に従って、CO₂の改善状況を報告するツール」になるため、法律や規制に従った年度レベルの共有(開示)ではなく、トレーサビリティの要求精度などで、将来的には顧客の改善サイクルである半期・四半期・月毎に合わせた共有を求められることが想定される。最大で 12 倍の効率性が必要となるため、自動化に向けた改善や改革が必要になる。

また、人の手を介した対応であるため、どのように考えても「信頼性」に値する情報にはなりえない。同じく「精度向上」の観点からいうと、Scope1,2 について

[実際の燃料使用量,電力利用料] × [SHK 制度の CO₂排出量係数]

という計算式は、何れも 1 次データとして認められている情報であるが、設備や製品単位といった粒度でないため、「どの設備、どの製品製造時に削減すべきか?」ということを示唆できない。

Scope3 の計算に用いる産業連関表の係数は、「半導体素子」「電子回路」「電球類」「電池」といった管理単位となっている。電池一つとっても、アルカリ電池・マンガン電池・リチウム電池や、単一や単三など材料や大きさが様々な違いがあるにもかかわらず、そういった内容が係数に反映されていない。

配分について先述の通り重量や出荷金額で配分することとなるが、「重量が重い」「金額が高い」ということと「CO₂排出量が多い」ということの相関性は、論理的には分からないでもないが、現実的な絶対性は説明できない。

従って、手動の状態は「効率性」「信頼性」「精度向上」、どの面から見ても課題がある。

5-2 一部自動

リーズナブルな CFP の 1 次データ算定の自動化方法を提案する（手計算からの段階的な自動化が目的）。

【一部自動における収集と計算】

この段階における収集と計算の大きな変化点としては、以下が挙げられる。

- 活動量データが一部関連システムから自動収集され、収集の効率性が改善されていること
- 排出原単位情報は、手動時に適用した論理説明性が弱い産業連関表に対し、Scope 3 のカテゴリ 1 については組成別重量(メカ系部材)や面積(プリント基板:PWB)、金額(電子部品等)などを排出原単位とした IDEA も一部活用しており、また Scope1,2 については設備の定格電力など、手動時に比べてより細かな排出原単位については BOP などを活用して効率的に管理していること
- 合わせて活動量についても Scope3 カテゴリ 1 については重量や面積を、Scope1,2 については設備の稼働時間(×定格電力)などを用いて算定しており、CO₂排出量の論理説明性の向上(信頼性、妥当性)を図っていること

【一部自動における配分と共有】

上と同じく、変化点としては、以下が挙げられる。

- 金額配分以外に重量や面積など、手動時と比べ論理説明性の高い(信頼性、妥当性が高い)配分ルールが用いられていること
- BI ツールなどを活用して、より高度な分析レポートが自動で作成できるようになっており、高度な分析にもとづく、確実性の高い改善施策につなげることで、レポート作成工数の削減に寄与できるようになっている。

【一部自動での収集・計算・配分・共有における課題について】

この段階では、活動量の情報収集が手動時に比べて効率化されているが、重量情報や工程・設備の稼働情報などを用いる必要がある。Scope1,2 については製造実行システム(MES)、Scope3 のカテゴリ 1 については、組成毎の IDEA 原単位に対応させるため、図面や含有化学物質の管理システムなどからの情報収集がカギとなる。則ち、情報収集のために連携対象のシステムが多くなる。

Scope1,2 においては、製造現場におけるセンサ類の設置なども必要となり、大きな投資を伴う。

一方で、上述の通り取得するデータの粒度も細くなるため、論理説明性向上による信頼性、妥当性が実現でき、一部現場改善に対する確実性を期待することが出来る。ただ、そういったデータの取得が必要となるため、システム構築の難易度は格段に上がる。

一方で Scope3 のカテゴリ 1 については、組成毎の重量と IDEA を組み合わせたとしても、WBCSD*¹ の PACT*²が期待する 1 次データにはなり得えない。

また、世界標準ルールとしての「信頼性」担保や、デジタルプロダクトパスポートなどの技術的なデータ信頼性担保も課題となる。

*¹ WBCSD : World Business Council for Sustainable Development (持続可能な開発のための世界経済

人会議)の略称で、世界中の民間企業の CEO や幹部が集まり、環境や気候変動、公平な社会を実現するために働きかける組織

*²PACT : The Partnership for Carbon Transparency (炭素の透明性のためのパートナーシップ)の略称で、WBCSD 主導するイニシアティブのひとつ。サプライチェーン、つまり Scope3 の CO₂ 排出量の透明性、正確性を通じて脱炭素を実現する取組み

5-3 自動

生産システムに組み込んだ CFP の 1 次データの自動計算方法（生産システム、設備への常設方法）を提案する。

例えば、自動計算における生産システム（オーダー情報、ERP、MES、スケジューラ）との 1 次データ連携や、自動計算における製造現場の生産設備（工作機械、搬送、ロボット、）との 1 次データ連携など。

【自動における収集と計算】

この段階における一部自動時の収集と計算の大きな変化点としては、以下が挙げられる。

- 活動量データのほぼ全てが関連システムから自動収集され、一部自動のときから更に収集の効率性が改善され、収集の工数はほぼゼロに近づいていること
- 排出原単位情報は、Scope 3 のカテゴリ 1 についてはサプライヤ自身から CFP が自動で収集出来ていること、また Scope 1,2 については設備の定格電力とあわせ、リアルタイムの電力情報も活用できるようになっていること
- この段階になるとサプライヤや自社設備など、本来あるべきところからシームレスに情報が貰えるようになる。「嘘なくサプライヤや自社設備から」「改ざんされることなく」情報が貰えていることを第三者及び電子的に保証できる仕組み（ブロックチェーン、トラスト基盤等）との連携がされていること

【自動における配分と共有】

この段階になると、活動量については生産投入/完成、歩留り数量など数量ベースが中心となること、また化学工場等では、正しい配分ルールを考えて採用して計算ツールに組み込んでおくこと等で、手動での配分といったことはほとんど不要になることが想定される。

更に、上述の通り収集や計算での保証がされるため、新たに考えるべきことはないと考える。

【自動での収集・計算・配分・共有における課題について】

この段階における一番のポイントは、Scope 3 のカテゴリ 1 について、サプライヤから直収集ができるということであり、「前述の PACT が期待する 1 次データになる」ということである。これにより、重要指標の一つである PDS*1 が高くなるというメリットも享受できる。

一方その実現のためには、サプライヤにも「信頼に値する」「1 次データ」を作ってもらい、更にそのデータを使って「サプライヤ自身の CO₂ 排出量削減につなげる」活動をしてもらう必要がある。

一概に言い切れないが、日本の産業構造はサプライヤの方が中堅・中小企業になっていることが多く、自動化を目指す企業は、サプライヤに対して自社のカーボンニュートラルに向けた具体ロードマップを提示し、以下のようなことを助言、支援、協力し、推進していく必要がある。

- データのとり方や、その見える化・分析の仕方、分析結果にもとづく削減活動の助言、相談対応
- サプライヤ活動に際するインセンティブ（必要な費用・投資、第三者認証取得などに対する支援）

また、サプライヤとの連携をはじめとして、業界やサプライチェーンの関係企業や、中立的な立場となる第三者認証機関を立上げ「トラスト基盤をどのようなルールで扱うか？」のルール形成、国・自治体の各省庁への働きかけなど、ありとあらゆるステークホルダーと巻き込んだ大きな取組みに発展できるかどうかは課題となる。

5-4 シミュレーションの活用

製造業において、1次データをセンサや生産システムから自動的に収集できることが理想的である。しかし、センサやシステムの導入には多大な経済的負担が伴うため、シミュレーション技術を活用し、どのような条件や精度で代替可能かを定義することが重要である。

なお、シミュレーションは、工場の Scope 1 および Scope 2 における CO₂排出量の把握に活用できるだけでも、十分に価値がある。

【シミュレーション活用の意義】

シミュレーションの活用は、単なる「自動収集」から一歩進み、過去の実績データをもとに未来を予測・検討できる点に大きな意義がある。

例えば、産業プロセスシミュレータ（プラントシミュレータ、生産ラインシミュレータ）を用いて、過去の CO₂排出量の傾向から将来の CO₂排出量を予測し、手動・自動で収集したデータを活用して、製造工程の改善に役立てることが可能である。

本章では、以下の3つの活用アイデアについて検討する：

- ・生産プロセスシミュレータの活用
- ・稼働情報からの電力推定
- ・将来の CO₂排出量の予測

【産業プロセスシミュレータの活用】

スマート製造やスマートファクトリー、デジタルツインといった概念は、過去10年で製造業に定着してきた。

製造設備に IoT 機器を取り付け、例えば設備の温度変化と製品の品質（寸法、粘度など）との相関を、線形計画法や AI を用いて分析することで、「ものづくりの 4M（Man, Machine, Material, Method）」と「QCD（品質・コスト・納期）」の関係性を明らかにし、現場改善に活用する取り組みが広く行われている。

この考え方を応用し、シミュレーションにおいても設備（Machine）や工法（Method）に関する情報に加えて、電力・ガス・石油などのエネルギー使用量を取り込み、「QCD+E（Environment：環境）」として CO₂排出量を事前に評価することが可能となる。

これにより、CO₂排出量（E）と品質（Q）、コスト（C）、納期（D）を総合的に最適化する製造プロセスの構築が期待される。

【稼働情報からの電力推定の意義と課題】

製造現場では、製品ごとのカーボンフットプリント（CFP）を正確に算定するために、電力使用量の把握が重要となる。しかし、現場には以下のような複雑な要因がある。

・混流生産による設備差異

複数ラインで異なる製品を生産する場合、同一製品でもラインごとに設備構成が異なり、必要な電力量も変わる。製品ごとに事前測定することは可能だが、工数や期間が膨大になるため、稼働情報を

活用して電力を推定することで効率化が図れる場合がある。

・専流生産での設備仕様の変動

専用ラインであっても、ライン増設や設備更新により構成が変わることがある。この場合も、稼働情報から電力を推定することで、事前測定を省略できる。

・オペレーションの変動

実際の生産ラインでは、日々の稼働や待機状態が変動する。稼働情報を用いた推定は、こうした変動を反映できる点で、単純な設備仕様や生産量による配分よりも実態に即した算定が可能である。

・電力配分の課題

空調設備は、製造環境の維持と作業者の快適性の両方に使われるため、前者のみ CFP に含める必要がある。この場合、フロア面積比などによる配分が必要である場合がある。

また、配電盤や共用設備（例：コンプレッサー）の電源が一括管理されている場合、生産能力比などを用いた配分が求められる場合がある。

・センサ未設置によるデータ欠落

電力計測が困難な場合も多く、AIなどを活用した推定技術の導入が重要である。

・生成データの取り扱い

シミュレーションで生成されたデータを1次・2次データとしてどう位置付けるかも課題である。

まとめると、稼働情報（設備モデルや稼働パターンと電力計測代表値）などからの電力推定（シミュレーション、将来的にはAI活用など）は、測定工数削減だけでなく、設備仕様やオペレーションの変動を反映し、より現実的な電力配分を可能にする点で大きな意義がある。

【先々のCO₂排出量の予測】

前述の産業プロセスシミュレータに対しこの先々のCO₂排出量の予測では、よりマクロな視点からシミュレーションを活用する。

例えば、「今年は製品AをX工場で製造するが、来年度は新製品投入を見据えてY工場でも30%を製造した場合、CO₂排出量はどう変化するか？」「それに伴うコスト(C)や納期遵守率(D)はどうなるか？」といったシナリオをシミュレーションで予測し、総合的な判断材料として活用することができる。

このようなシミュレーションには、一定の精度が求められるため、前述の「自動収集」レベルのデータが必要となる。しかし、現状では多くの企業が「手動」あるいは「一部自動」の段階にあり、乗り越えるべき課題は多い。

本SWGにおいても、これらの課題「シミュレーション精度」や「データ収集の自動化」について継続的に議論・検討していく必要がある。特に、「シミュレーション精度」に関しては、シミュレーションツールの現実的な実現性などを配慮しつつカットオフ可能な算定範囲内に納める提案などを、今後検討していく。

5-5 製造段階の製造プロセスの1次データ算定の手順例(案)

実際の工場を参照に CFP 算定手順例(案)を検討した。この手順は手計算でも自動計算でも共通する。

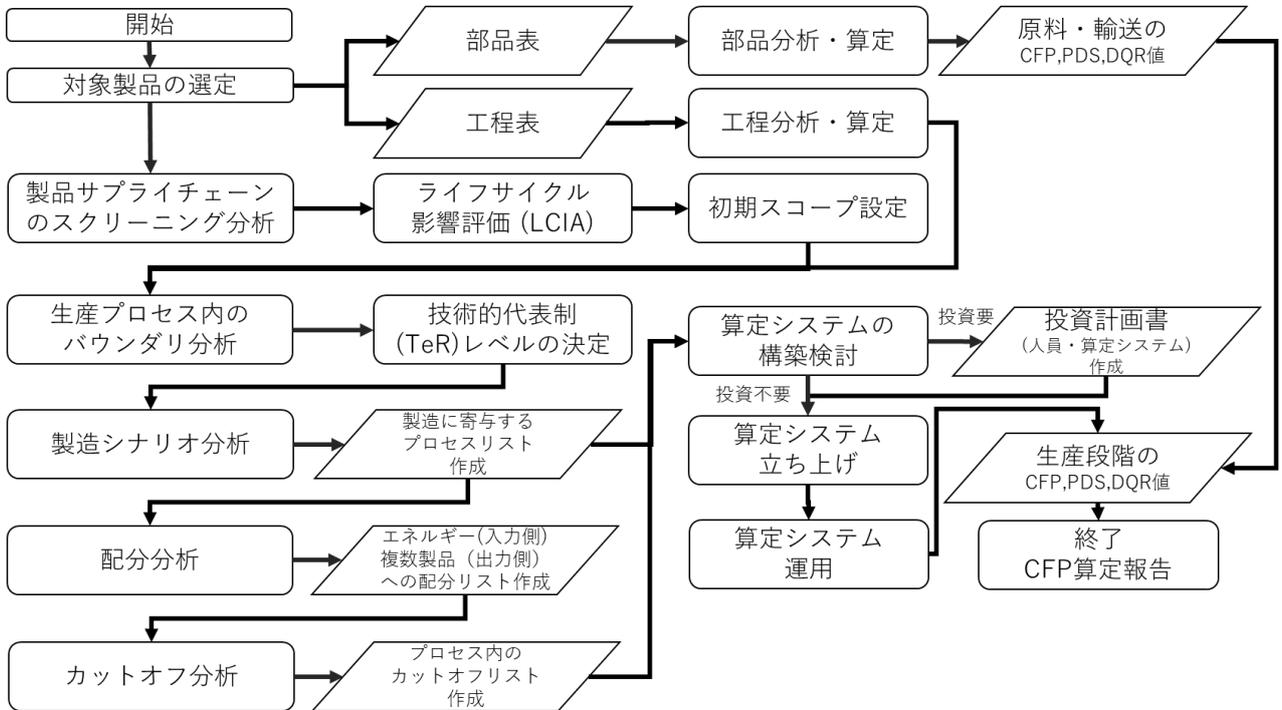


図 2 4 製造段階の製造プロセスの1次データ算定手順 (CFP、PDS、DQR) 例

【製造段階の製造プロセス例】

製造プロセスでの CFP 算定の入力データとしては「原料調達(輸送含)」と「製造時のエネルギー調達」がある。また、出力データとしては「廃棄物処理」と「製品」「輸送」の CFP 算定が必要である。そのプロセスを下図に示す。

※但し、「原料調達(輸送含)」と製品の「輸送」は本書のスコープ外である。

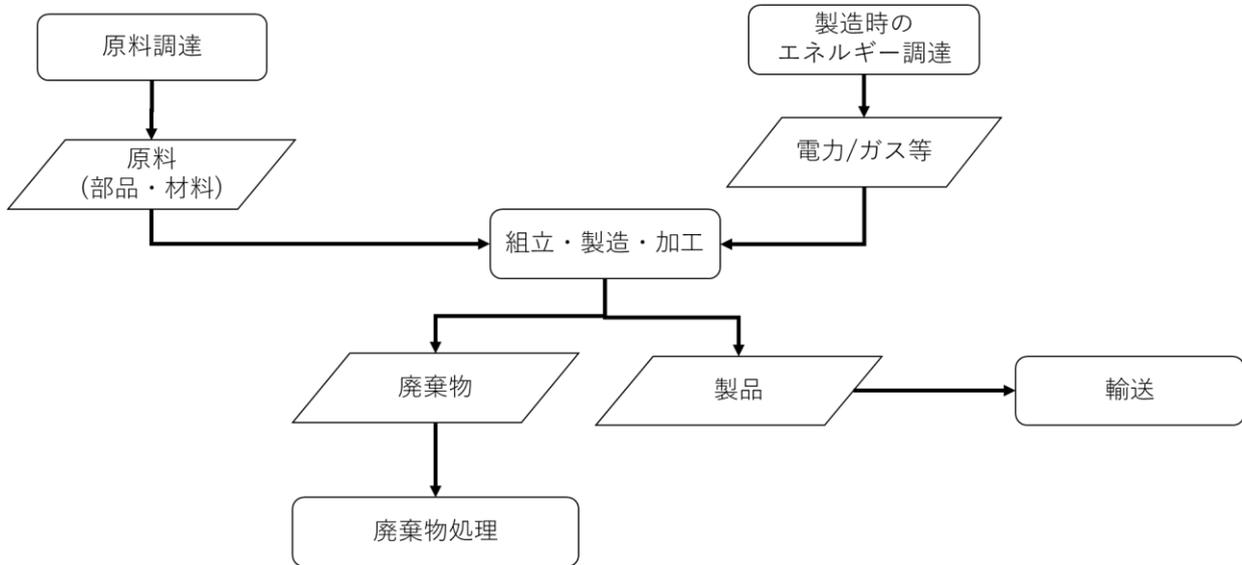


図 25 具体的な製造段階の製造プロセス例

なお、内作（自社）と外作（協力会社など）などで製造工場が異なる場合も、CFP 情報を相互に交換するサプライチェーンを組んで対応する必要がある。

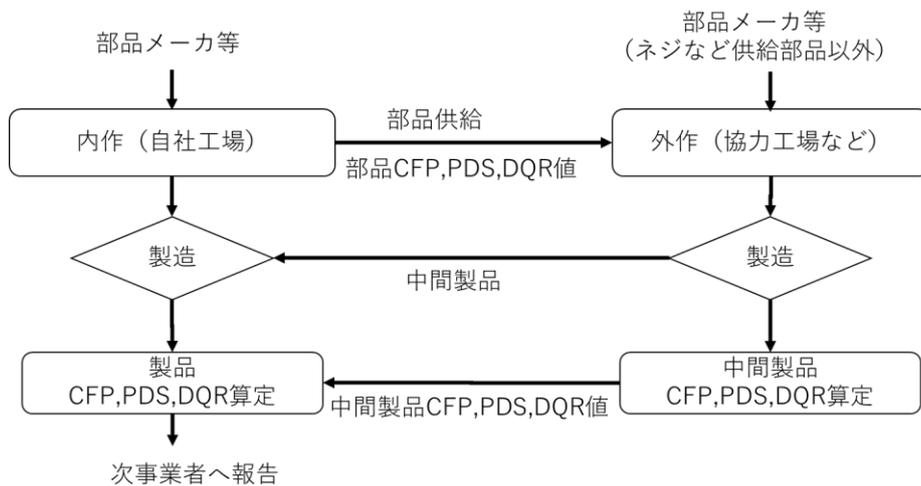


図 26 内作(自社)と外作(協力会社など)の製造プロセス例

部品表では部品の CFP 値だけでなくそれに付随する PDS 値、DQR(TiR、GeR)値も入手が必要である。また、それらのデータが入手できない場合は 2 次データを調査するか、データ提供ができる上流の事業者（部品・材料メーカーなど）への変更が必要である。つまり、データ提供ができない事業者はサプライチェーンから排除される可能性がある。

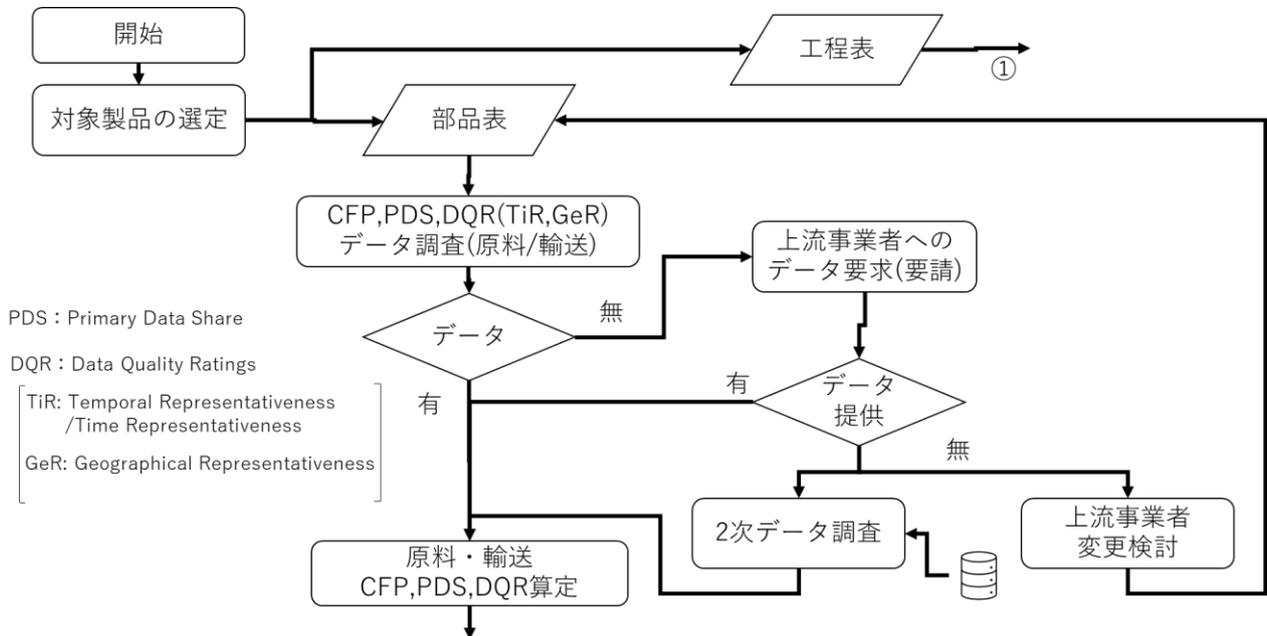


図 27 部品表 (BOM) の調査&分析および算定手順例

工程表では製造設備だけでなく、廃棄や消耗品の分析までが行えるように工程表の細分化が必要である。これは CFP 算定だけでなく、サーキュラーエコノミーの分析にも必要となると想定している。

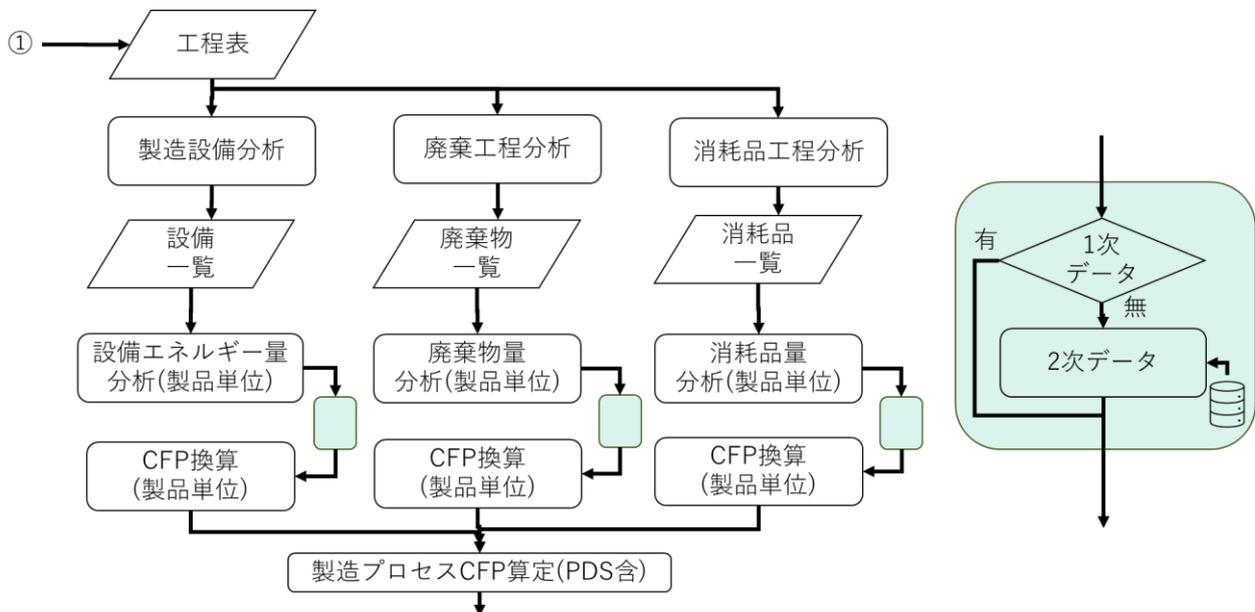


図 28 工程表 (QC、BOP) の調査&分析および算定手順

第6章 生産システムとの連携

スマート製造において製品1個あたりのCFPを正確にかつ信頼性高く算定するには、設計・製造・調達・物流・エネルギー・品質・環境など、複数の生産系システムとの連携が不可欠である。

特に今後、CO₂排出量が製品コストと同様に取引価値を持つようになる可能性がある（例：CFP率に応じた関税制度など）。このような状況においては、BOM（部品表）やBOP（工程表）と連携して1次データを収集・算定するだけでなく、管理会計システムや品質管理（QC工程）、購買システム、PDMシステムとの統合的な運用が求められる。

例えば、企業はCFPが低めに出て利益が出る。CFPが高めに出てダメージを受けるという事では良くない。安易に重量や面積で計算するのはなく、本書に従った配分なども実施すること。また、金額ベース算定など管理体系（場合によってはQC工程など品質管理システムよりも、管理会計システムの方が良い場合もある）との連携も重要である。

したがって、CFP算定に必要なデータ管理体系の構築について検討するものである。

本章ではCFP算定に関係する各種生産システムについて、以下の2つの観点から整理した。

- ・CFP算定全体における重要度（サプライチェーン全体を含む）
- ・本書でスコープしている「製造段階」におけるCFPの1次データとの関係性と追加情報の提案（生産プロセスに直接関与し、リアルタイム性が高いほど関係性が強い）

6-1 各生産システムとの関係性について

これらの観点に基づき、各生産システムの役割とCFPへの関与度および本書との関係性を検討した一覧表（案）を提示する（表20参照）。

なお、各システムがCFP算定にどの程度対応しているかについては、生産システム提供者への確認が必要である。本書の発行時点では、多くの生産システムがCFP算定への対応をまだ十分に実現しておらず、今後の生産システム開発や製造現場への実装が進む事を期待し、本章で提案する。

表 19 各生産システムとCFPの関係について（案）（太字追加提案）

No.	システム名	CFP 関与度	本書との 関連性	関連理由・役割（案）
1	生産管理システム (MES: Manufacturing Execution System)	◎	◎ (リアルタイム処 理)	製造工程ごとのエネルギー消費量や原材料使用量を記録し、CFP算定の基礎データを提供する。
2	統合業務管理システム (ERP: Enterprise Resource Planning)	◎	△ (バッチ処理)	購買・在庫・物流・生産・販売など全体のデータを統合管理し、CFP集計やレポート作成に活用される。

3	エネルギー管理システム (EMS: Energy Management System)	◎	◎ (リアルタイム処理)	工場や設備ごとの電力・ガス・水などのエネルギー使用量を詳細に管理し、CFPの直接排出量算定に活用。
4	サプライチェーン管理システム (SCM: Supply Chain Management)	◎	－	調達先や物流経路ごとのCO ₂ 排出量を把握し、Scope3(間接排出)を含むCFP算定に不可欠。
5	製品ライフサイクル管理システム (PLM: Product Lifecycle Management)	◎	－	製品ライフサイクル全体の設計・変更・廃棄までの情報を管理し、CFPの全体最適化や設計段階での評価に寄与。
6	購買管理システム (PPS: Procurement and Purchasing System)	○	△ (バッチ処理)	資材の調達元・輸送手段・購入数量などを管理し、Scope3排出量(原材料・物流)算定に重要。
7	製品データ管理システム (PDM: Product Data Management)	○	○ (製品設計時)	製品設計・部品構成・図面などのデータ管理を通じて、材料や構成情報をCFP算定に提供。
8	部品表管理システム (BOM: Bill of Materials)	○	○ (製品設計時)	製品構成や使用材料・数量情報を管理し、CFP算定の材料起点データとなる。
9	工程表管理システム (BOP: Bill of Process)	○	○ (工程設計時)	工程ごとの作業内容や設備・標準時間を管理し、工程別のCO ₂ 排出量算定に活用。
10	環境管理システム (EMS: Environmental Management System /ISO14001)	○	○	環境負荷データ(消費電力)やCO ₂ 排出量のモニタリング・報告を行い、CFP算定や環境報告書作成を支援。
11	管理会計システム (MAS: Management Accounting System)	△	○	原価や費用データからエネルギーコストや環境コストを把握し、CFPの経済的評価や管理指標に活用。
12	品質管理システム (QMS: Quality Management System)	△	△ (バッチ処理)	不良品やリワーク(再加工)による追加エネルギー・材料消費を管理し、CFPの正確な算定に寄与。
13	倉庫管理システム (WMS: Warehouse Management System)	△	△ (リアルタイム処理)	在庫やロケーション管理が中心で、CFPへの直接的な影響は少ない。但し、保管時にエネルギー消費が大きい場合は考慮が必要。
14	製造シミュレーションシステム ※ (Manufacturing Simulation System)	◎	◎ (予測処理)	製造プロセスを仮想空間上で再現し、生産ラインの動作、工程の流れ、設備の稼働状況、作業者の動きなどをシミュレーションし、実際の製造前にCFP算定のボトルネックや効率改善点を可視化・検証に寄与。

15	製造 AI システム※ (Manufacturing AI System)	◎	◎ (リアルタイム処理)	AI(人工知能)で生産システム間の調整や CFP 自動算定に寄与。また、製造現場のデータ分析、異常検知、品質予測、設備保全、最適化などを支援。
----	--	---	-----------------	---

注意：生産システムは上記以外もある。

◎：1次データ算定の中核となるシステム（1次データの自動算定で必要）

○：1次データ算定に大きく寄与するシステム

△：1次データ算定に間接的に関与するシステム

ー：1次データ算定にはほぼ関与しないシステム（本書のスコープ外）

※：将来的には CFP 算定や CFP の改善の効率化の為に、No14 の製造シミュレーションや、No15 の製造 AI などのシステム導入も必要となると考えられる。

6-2 各生産システムとの連携またはデータ管理体系について

各生産システムとの連携またはデータ管理体系について具体事例や提案について以下に示す。

【BOM との連携事例】

1 次データ比率を高めるには本書で述べた工場内のエネルギー消費から発生する 1 次データだけでなく、材料や部品などの情報を管理する BOM との生産システム連携が必要である。

【BOP との連携事例】

一つの製品を新旧複数ラインで組み立てる場合などでは、例えば古いラインはエネルギー効率が悪い（CFP が高い）等の場合も想定される。また、どの設備で生産するかは日々のオペレーティングにも左右されるため、どのプロセスを使って製品を作るかを管理する BOP 等との生産システム連携が必要である。

【品質管理(QC 工程)の連携事例】

トヨタ式 QC 工程表の具体的作成事例として、製品の製造工程において各工程でどのような品質管理が行われているのかを可視化した図表がある。QC 工程表を使用することで、CFP 算定に必要な品質データの管理が体系的に行われる。

【管理会計システムの事例】

製造業の管理会計システム導入事例として、精密機械メーカーが標準原価と実際原価の差異分析をリアルタイム化し、部門別 PL の自動化により分析工数を月 60 時間削減した事例がある。このようなシステムを導入することで、CFP 算定に必要なデータの収集と分析が効率化される。

【生産システム間(QC 工程—管理会計)の連携提案について】

CFP 算定は管理会計システムや品質管理（QC 工程）との連携が重要である。特に、ISO 14000 シリーズの品質管理相当の工程表を使用することで、より正確なデータ管理が可能となる。また、カーボンクレジットとの関係も考慮する必要がある。

【外部からの CFP 提供要求への対応について】

サプライチェーン下流などの外部の取引先企業から CFP の提供を求められた際には、正当な裏付けのあるデータを提出することが重要である。CFP 算定報告書には、算定の対象範囲、利用したデータソース、算定期間、カットオフ基準などを明確に記載することで、信頼性を担保する。これにより、企業の CFP 算定に対する姿勢を示し、外部からの要求に対しても正当な理由付けが可能となる。

なお、今後 CFP の提供可否・送信などについては電話や FAX での連絡ではなく、ERP や SCM などの生産システムと Gaia-X やウラノスエコシステムなどのデータスペース連携において自動化されていくと推測される。

但し、本ガイドラインで推奨する自動取得や自動算定が出来ていない場合は、人手に頼るしかなく多く

の工数がかかるのと、信頼性を担保した要求に対応できない可能性が高いと考える。

その他の生産システムとの連携も含めて、CFP としてどのようなデータを各生産システムに追加すべきかの提案を Aneex1 にまとめた。※但し、素案レベルであり提案内容を保証するものではない。

6-3 評価方法(案)について

1次データの自動収集システムを、4×4マトリクスを用いて「データ収集の自動化レベル」と「ROIに基づく導入範囲」の両面から評価する方法を提案する。

この評価方法は、レベル0(手作業)からレベルd(AIによる自動改善)まで段階的に成熟度を定義し、企業規模に応じた投資判断を可能にすることができる。さらに、この評価方法はCFPだけでなく、生産性や品質など他のKPIにも適用可能で、スマート工場化の推進にも寄与する。

【1次データの自動収集システムの評価と、ROIを考慮した段階的な構築】

国際標準や他団体の取り組みを参考に評価方法を検討した。例えばISO/IEC JWG21でRAMI4.0等を元に国際共通的な第4次産業革命の参照モデルを検討している同委員会では、スマート製造の評価指標として日本(6-2章参照)から組立工場をスコープにしたSMKL(スマート製造改善レベル: Smart Manufacturing KAIZEN Level)を盛り込んだTR提案(技術文書提案)をしている。

日本からのTR提案では、重要経営評価指標(KPI)をCFPとする。また4×4のマトリクスを用いてCFP算定システムの評価を実施する。具体的にマトリクスの縦軸にはCFPのデータ収集が手作業であればレベル0(ゼロ)、データベースなどに自動でデータ収集できていればレベルa、CFPの1次データを工場関係者がリアルタイムで監視できるならレベルb、CFPの分析ツールなどを用いて目標としているCFPの1次データ異常などが自動的に工場関係者に通知されればレベルe、改善提案についてAIなどを用いて自動的にお知らせ、又は制御する事が出来ればレベルdと判断する。

また、ROIを考慮し、リーズナブルに工場全体の1次データ取得のみであればレベル1、ある製品のラインで1次データ取得ができていればレベル2、問題点の早期発見等の為にライン内の装置レベルで1次データ取得ができていればレベル3、サプライチェーンでデータ共有ができていればレベル4とする。

※但し、レベル4は本書のスコープ外である。

<評価メリット>

本評価方法の利点として、1) 縦軸では1次データ収集に留まらず、「改善」を目指す事を目標としている点で優れている。また、2) 横軸ではROIを考慮して投資できる点にあり、特に中小企業などCFP算定に大きく投資できない企業でも、レベル1aなど少ない投資から、取組みの「価値」を評価できる事にある。更に3) KPIをCFP以外(ISO22400等の生産性、品質、保全、在庫、環境(省エネなど))に適用すれば、同様なシステム(データ収集用装置、データサーバ、分析&AI改善ツール、クラウドなど)でスマート工場が実現できる(※ 詳細は7-2章 IAF: Industrial Automation Forumを参照)。

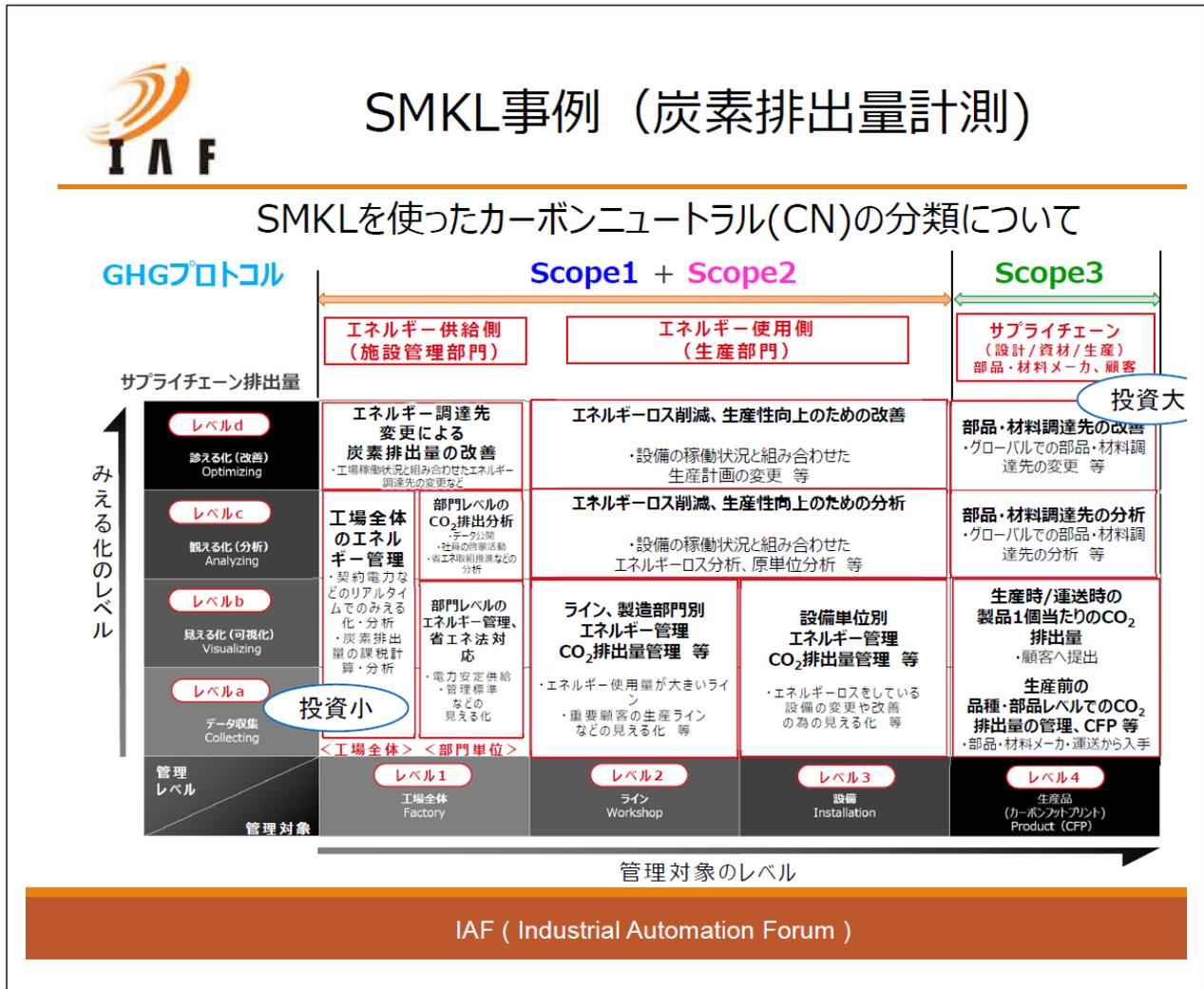


図 29 SMKL を活用した ROI を考慮した段階的な 1 次データ収集システムの構築

6-4 CFP 算定の第三者認証について

カーボンニュートラルの分野では、既に国際規格および国際団体によるルールメイキングが進展しており、国内法制や海外の規制、さらにサプライチェーン上の多数の事業者の関与が拡大している。

今後、公平で信頼性の高い取引を確保するためには、CFP データを適切に評価できる第三者認証制度を早期に構築し、政府公認で国際的にも認められた認証機関によって運用することが必要である。

もっとも、第3章で述べたとおり、関連規格は現時点で流動的であり、本書で示した枠組みに基づく第三者認証の具体的な実施方法についても、関係認証機関と継続的に議論・調整を進めるべきである。

この点に関しては、本書をお読みいただいた皆様からの意見や要望の提出を期待するものである。

なお、同様の他認証制度においては、依然として伝票ベースの2次データが主流であり、メーター等による1次データとの整合性検証、メーターの精度を担保するための校正・点検コスト、手作業による工数増大といった課題が存在する。

さらに、データのトレーサビリティ確保や改ざん防止に関する技術的課題、ならびにそれらを支える仕組みの確立も不可欠であり、総じて課題は多い。

本書で提案する生産システムと連携した自動算定方式は、これらの課題の解決に資する有効な手段であると考えられる。すなわち、1次データの自動取得と検証プロセスの標準化により、算定の客観性・再現性を高め、認証の効率化と信頼性向上に寄与するものである。

6-5 1次データ比率のレベル設定、および規制検討

本書では、1次データの取得が「価値創出」に直結するという観点から、業界ごとに1次データ比率(PDS: Primary Data Share)に関する規制の設定をすべきと考えている。

【1次データ/2次データ比率のレベル設定(案)】

1次データ比率(PDS: Primary Data Share)に関して評価指標を作成する。業界ごとに異なって良い。例えば、製造業では1次データ比率0%：レベル0(ゼロ)、30%未満：レベル1、50%未満：レベル2、80%未満：レベル3、100%未満：レベル4など。

利用方法として以下に例を示す。

- 1) 政府方針として活用：国内企業に対してレベル0を認めるものの日本の目標として、レベル1以上を2030年までに、レベル2以上を2035年迄に実現する事を目指し、2040年までにレベル3以上、2050年までにレベル5以上などを目標に、1次データ化を推進するように指針を出すなど。
- 2) 業界団体の目標として活用：ある業種(自動車業界、半導体製造装置業界、工作機械業界、包装機業界など)ではサプライチェーン下流の企業はサプライチェーン上流に対してレベル2以上を2030年迄に実現する事を目指し、2040年までにレベル3以上、2050年までにレベル5以上などを目標に1次データ化を推進するなど業界団体としての目標を決める。
- 3) 政府補助金として活用：レベル1以上で補助金を出す、その比率はレベル1<レベル4とする

など。

- 4) 金融機関の融資で活用：レベル1以上で融資を出す、その比率はレベル1<レベル4とするなど。

【法的規制について】

現時点では、CFP（カーボンフットプリント）における1次データ比率に関する明確な法的規制は存在していない。

一方で、再生プラスチック分野では「一定割合以上の再生材利用」を義務付ける法規制が導入され始めており、環境負荷低減に向けたデータ活用の重要性が高まっている。

【例：再生プラスチックに関する規制（日本）】

日本では、「プラスチックに係る資源循環の促進等に関する法律（通称：プラ新法）」により、以下の目標が設定されている：

- ・2030年までに：プラスチック容器・包装の60%をリユース・リサイクル
- ・2035年までに：使用済プラスチックの100%有効利用

この法律は、海洋プラスチックごみや気候変動への対応を目的として制定されており、違反時には罰則も規定されている。

例えば、多量排出事業者が特定プラスチック使用製品の合理的使用を怠った場合、最大50万円の罰金が科される可能性がある。また、販売・提供者に対しても、同様の罰則が適用される。

【製造業における1次データ比率の規制（案）】

再生プラスチックの規制と同様に、製造業におけるCFPに関しても、1次データ比率の向上を目指す規制の導入が有効と考えられる。

例えば、以下のような業界目標・政府目標を設定することで、サプライチェーン全体での1次データ活用を促進できる：

- ・2030年までに：1次データ比率 60%
- ・2035年までに：1次データ比率 100%

ただし、再生プラスチックにおける罰則（最大50万円の罰金）では、企業にとって十分な投資インセンティブとはならない可能性がある。

特に製造業では、1次データ比率の向上に向けた設備投資が必要となるため、政府による補助金制度や金融機関による融資支援などの施策と組み合わせて規制を設計することが重要である。

6-6 2次データの活用について

本書では、1次データの活用を推進する提案を行っているが、移行期においては、信頼性の高い2次データの活用が不可欠である。

本章では、国際的なサステナビリティ基準に適合し、広く認知されている取り組みとして、1997年にスウェーデンで開始された「環境製品宣言（EPD: Environmental Product Declaration）」と、2013年にベルギー・ブリュッセルで設立された「ECO Platform」について解説する。

【EPD プログラム】

2次データの主な取得先として、各国で運用されている環境製品宣言（EPD）が挙げられる。

EPDは、国際規格 ISO 14025 に準拠した「タイプ III 環境ラベル」であり、製品のライフサイクル全体（原材料の調達、製造、使用、廃棄）における環境負荷を、ライフサイクルアセスメント（LCA: ISO 14040/14044）に基づいて定量的に評価・表示するものである。第三者機関による検証を経て公開されるため、情報の信頼性と透明性が高い。

特に EPD は、製品のカーボンフットプリント（CFP）を含む環境影響を評価するため、企業がカーボンニュートラルを目指す上で重要なツールとなっている。CFPに加え、水資源の使用量、酸性化、オゾン層破壊など、複数の環境指標を含む多角的な評価が可能であり、必要に応じて CFP 部分のみを抽出して活用することもできる。

国際では EPD インターナショナルの取り組みが参照になる。

また、日本国内では、一般社団法人サステナブル経営推進機構が運営する「SuMPO EPD」が代表的な EPD プログラムとして知られている。

【ECO Platform】

ECO Platform は、欧州を中心に構成された EPD プログラムの国際連合組織であり、製品の環境情報を統一かつ高信頼で提供することを目的としている。

この組織は、EPD の国際的な相互認証と標準化を推進しており、主に建設製品を対象として、欧州規格 EN 15804 に準拠した EPD の整備を進めている。ECO Platform に準拠した EPD は、欧州全域で認知されており、国際取引やグリーンビルディング認証などにおいて有利に働く。

日本では、SuMPO 環境ラベルプログラムが 2023 年に ECO Platform へ加盟しており、日本企業が取得した EPD が国際的なサステナビリティ基準に適合し、国際的な認知度を高めることが可能となっている。

表 20 環境製品宣言(EPD プログラム)一覧(2025.10 調査時点)

No.	国	EPD プログラム	ECO Platform 参加
1	スウェーデン	The International EPD System	○
2	ノルウェー	EPD Norge	○
3	デンマーク	EPD Danmark	○
4	フィンランド	Rakennustieto EPD	○
5	アイルランド	EPD Ireland	○
6	イギリス	BRE EPD	○
7	ドイツ	IBU (Institut Bauen und Umwelt)	○
8	ポーランド	ITB EPD	○
9	オランダ	MRPI EPD	○
10	フランス	PEP ecopassport、FDES	○
11	イタリア	Global EPD、Made Green in Italy	○
12	スペイン	DAP Habitat EPD	○
13	スロベニア	ZAG EPD	○
14	日本	SuMPO EPD (2023 年加盟)	○
15	アメリカ	UL Environment, NSF International, ASTM International, Sustainable Minds, Smart EPD	
16	イタリア	Made Green in Italy、Global EPD	
17	スロベニア	ZAG EPD	
18	ラテンアメリカ	EPD Latin America (国際 EPD システム傘下)	
19	アルゼンチン	EPD Argentina (国際 EPD システム傘下)	
20	トルコ	EPD Turkey (国際 EPD システム傘下)	
21	エジプト	EPD Egypt (国際 EPD システム傘下)	
22	中国	EPD China	
23	韓国	KEITI EPD (韓国環境産業技術院)	
24	インド	EPD India (国際 EPD システム傘下)	
25	東南アジア	EPD Southeast Asia (国際 EPD システム傘下)	

6-7 最後に

本章では、CFP を現実的かつ効率的・正確に把握するために、生産システムとの連携について述べてきた。現場改善と連動した CO₂ 排出量削減や、PACT Methodology などへの対応には、生産システムとの連携が不可欠である。しかし、だからといって「すぐにシステム投資を行うべきか」と言えば、必ずしもそうではない。

まず、システム投資には多額の費用がかかり、どの企業でも即時に対応できるものではない。企業ごとの投資余力に見合った範囲で検討すべきであることは言うまでもない。また、国や業界の規制動向によって、どの程度急いで対応すべきかについては変動するため、最新の規制動向を確実に把握しておく必要がある。

さらに、業務プロセスや組織体制、そして組織に属する個々人が CFP 削減へ主体的に貢献できるような評価指標の整備も不可欠である。

例えば設計部門では、企業として削減目標を掲げたとしても、それが部品・工程・設備単位まで展開され、担当者がその目標を基に調達部門やサプライヤと調整できる仕組みがなければ、どれほど高度なシステム連携を構築しても実際の削減にはつながらない。削減が容易な部品・工程・設備もあれば、逆に大きな努力を要するものもあるため、それぞれの特性を踏まえた設計が重要である。

また、環境配慮設計という考え方は、設計者にとって従来からの大きなパラダイムシフトとなる。「最高品質を維持したうえでコストを最小化する」という従来の設計思想に対し、コストとトレードオフとなりやすい CO₂ 排出量も考慮しなければならないため、設計ロジックはより複雑化する。この変化を、何の準備もなしに受け入れてもらうことは困難である。

このような状況を踏まえると、業務・組織・評価指標の整備と、個々人のモチベーション向上を含む業務改革、そしてシステム連携を含む IT 整備を、時間をかけて段階的に進める必要がある。

一朝一夕に完成する取り組みではないため、各企業の実態に合った発展シナリオやロードマップを策定することが重要であることを、最後に強調しておきたい。

第7章 他団体での取り組み事例紹介

IVI、およびIAFは5.3章の一部自動算定に関連する取り組みを検討している業界団体である。国内でも様々なCFP算定およびデータ収集、データ交換の方法が検討されているが、その取組みについて本章で紹介する。

7-1 I V I : Industrial Value Chain Initiative

【IVIとは】

一般社団法人 インダストリアル バリューチェーン イニシアティブ（以下IVI）は、ものづくりとITが融合しデジタルで現場をつなぐ「つながる工場」を実現することで、日本の製造業全体を強化することを目指している。また、企業がもつ競争領域にある技術やノウハウと、つながるための協調領域、共通領域にある技術やノウハウを切り分け、共通部分で相互につながる「ゆるやかな標準」をコンセプトに掲げている。カーボンニュートラルにおいても、中小製造業含め実現可能なリファレンスモデルの提案およびバリューチェーン全体でカーボンフットプリント（CFP）の共有するしくみを提供している。

本項では、IVIの考えるカーボンニュートラル実現に向けた取り組み事例を紹介する。

【1次データによるCFP算定事例】

IVIは、2024年3月14日に、製造業が連携してカーボンニュートラルへ向けた取り組みを加速させるために、CFPの算出と共有に関するホワイトペーパー「CTNS（Carbon Trusted Network Services）におけるカーボンフットプリントの算出と共有」を発行している。

ホワイトペーパーでは、スコープ1,2において事業所、工場他で計測された1次データを積み上げ方式によって製品ロット単位のCFPを算定する事例を挙げている。

算定方法は、まず計測された1次データ（エネルギー）と排出原単位からCO₂排出量に換算し、換算したCO₂排出量を、按分乗数を用いて、エネルギーを利用した設備に按分する。次に設備からその設備を利用した製品ロットへCO₂排出量を配賦する。なお、按分乗数、配賦乗数は活動時間や性能等、設備ごとに活動単位を設定し計算をする。

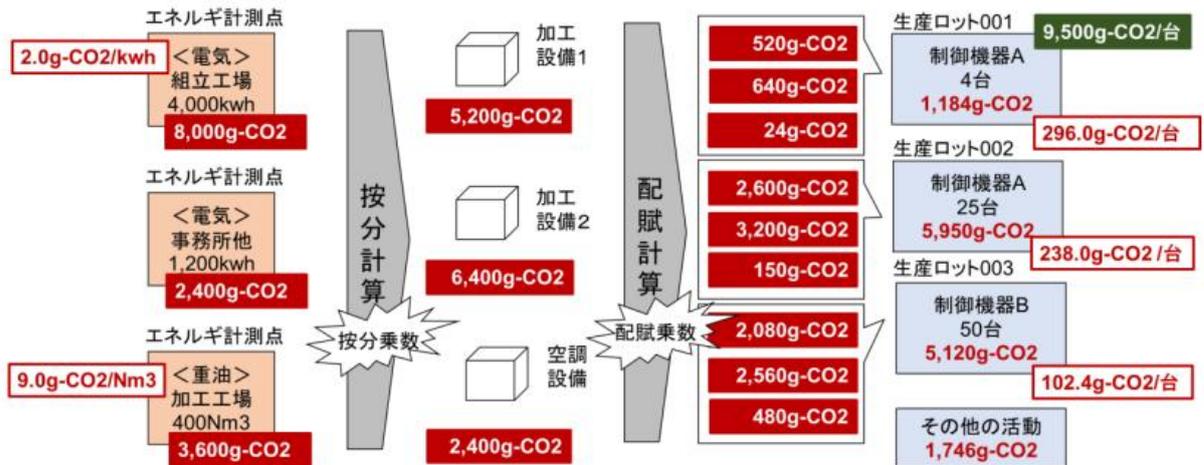


図 3 0 CFP 算定ロジック

【CFP データをトラストに仲介するサービス事例】

IVI では、CFP を算定するために計測した 1 次データおよび CFP データを事業者間で直接共有するのではなく、トラストなデータ連携基盤を用いて仲介する CTN サービスを提供している。このサービスでは、第三者の立場である CTN サービスが CFP 算定プロセスを仲介することで、データの信頼性を認証する。また、データ連携基盤は IVI が開発した CIOF を用いることで、事業者間で事前に契約したデータのみを連携することを可能としている。これにより事業者は、製造ノウハウを秘匿したまま CFP の信頼性を担保することができる。

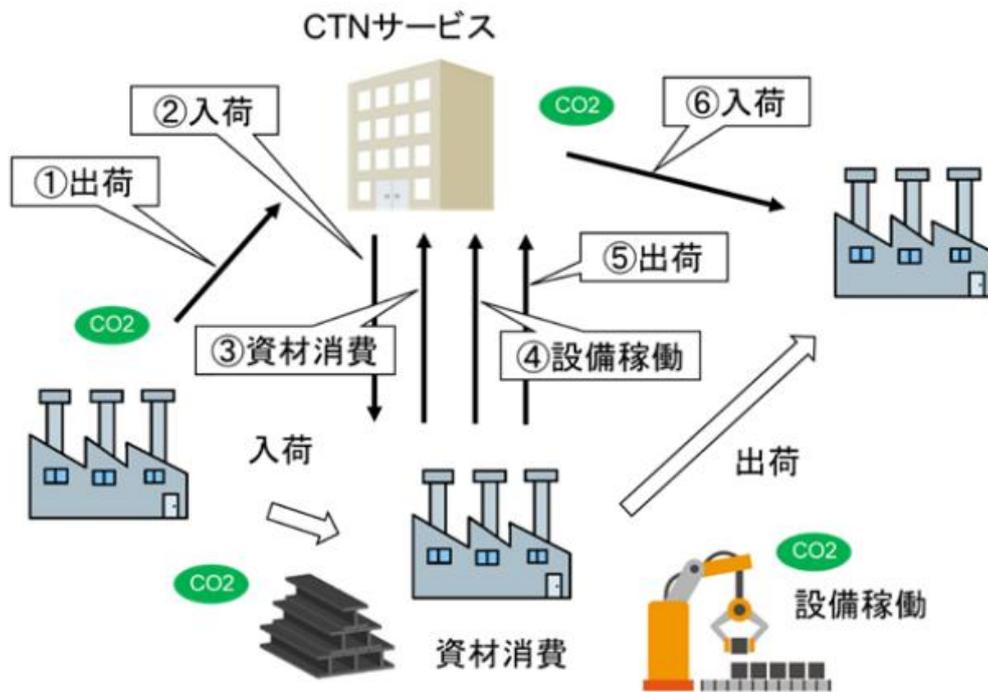


図 3 1 CTN サービスの全体像

7-2 IAF : Industrial Automation Forum

本章で述べる IAF は本書の 5.4 章の生産システムと連動した CFP 自動計算に関連する取り組み、及び 6-3 章の CFP の 1 次データの自動収集システム評価方法を検討している団体である。

【IAF とは】

“IT（情報技術）から IIoT（Industrial Internet of Things）へ”価値提供や、社会課題への取り組みが、今、産業界全体に求められています。機器が相互に連携し情報を活用するオープンイノベーションをはじめとした、いわゆる産業連携による物作りの情報化、国際化が進められようとしています。

IAF は、2011 年頃よりこのような動向を予見し、工場内の生産と経営層との相互連携の規格とその利活用に関する活動へと発展してきました。IAF は、製造実行システム MES（Manufacturing Execution Systems）あるいは製造運用管理 MOM（Manufacturing Operations Management）での製造用 KPI（Key Performance Indicators, ISO 22400）に関連する活動を行っています。

工場をもっと良くして、お客様へ価値を提供できる物づくりに結びつけるにはどのような活動が必要となるのか。この問いかけに応えるために、様々な形での人、物、機器間の連携をさらに深めて行きたいと考えています。そこに真に求められる情報技術、自動化技術が何かを見定め、それをしっかりとシステムとしてまとめ上げることを支援して行きたいと思います。

明日の日本の物づくり、世界の物づくりを支えていくという目標を共有して、モデリング WG、ia-cloud プロジェクト、SMKL プロジェクト、制御層情報連携意見交換会（CLiC : Control Layer Informational Cooperation）などの活動を、IAF にご参加の企業様とともに積極的に進めています。このような活動にご興味をお持ちの方は、ぜひ、事務局まで、ご連絡をお願いします。

IAF 会長 西村秀和（慶應義塾大学 教授）

参照 URL : <<https://iaf.mstc.or.jp/index.php/greeting/>>

【IAF/CLiC（制御層情報連携意見交換会）】

IAF/CLiC の KPI 分科会では、製造分野を対象としての Key Performance Indicator(KPI) 運用に関する課題抽出と対策検討を行うことを目的に活動を行っている。

CN の実現のためには、CF の計測だけではなく、CF を削減する施策を打つことが重要である。さらに、実施した施策が効果的であったか評価することが重要であり、それに KPI を指標として適用することにより適切な評価が可能となる。KPI の国際標準としては、ISO 22400 が制定されており、36 の指標が定義されている。しかし、CF に関する KPI 算出方法は定義されていない。IAF/CLiC-KPI 分科会では、ISO 22400 のエネルギー管理関連 KPI をベースとして CF を対象とした KPI を提案し、さらにそれにより CF の評価を行うシステムを構築した。

生産システムでは、各装置が供給される様々なエネルギーで稼働され、また、様々な製品を製造する。そのため、製品を製造する際の CO₂ 排出量を算定するためには、装置に供給されるエネルギー総量とその内容から CO₂ 排出量を算出し、さらに算出された値を製品に適切に案分することが求められる。装置に供給されるエネルギーとしては、電力会社からの買電だけではなく、太陽光発電や蓄電池、蓄熱槽活用など、様々な方法で省エネ化、CO₂ 排出量削減の施策が試みられはじめている。しかし、現在は往々にして設備の消費電力量を月単位の工場の電気料金などから類推する程度しか行なわれておらず、排出する CO₂ の削減策を工場現場でとったとしても、その評価があいまいかつ時間がかかるという欠点を持っており、削減策の効果の評価を行うのに適していない。

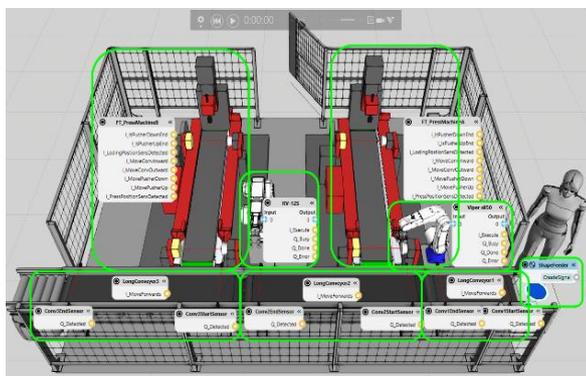


図 3.2 IAF/CLiC 計測シミュレーション概要

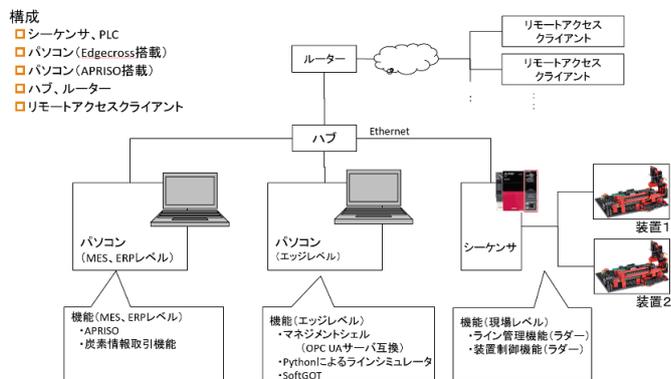


図 3.3 IAF/CLiC システム構成

そのため、現場でリアルタイムにデータを計測してそこから CF を算出することにより、CO₂ 排出量に関する KPI を算出可能とする実証システムを構築した。また、このような方法によって得られた値は、多数のセンサ類を設置できないために計測値を配分せざるを得ない状況でも、その配分の比率の根拠データとすることにより、CF 関連データの精度を上げることが可能となる。

実証対象のシミュレーション概要、実証システムの構成、ソフトウェア構成を下图に示す。ここでは、OT系である製造現場に、ワークフィーダ、3台のベルトコンベア、2台ずつのロボットおよびコンベア・パンチャのセットからなる計8台の装置からなるワークセンターを想定している。ただし、コンベア・パンチャのみ実機であり、その他はPC上のシミュレータで動いている。ここにMESにあたる生産指示系から指図が送られると、ラインにある装置間をワークが動いて製造処理が行われる。装置が稼働する際に、その消費電力量がIT系に送られ、IT系でCF値やKPI算出が実施される。なお、生産現場への指示や実測値の引き上げのため、IT系とOT系の間には、OPCUAサーバが設置されている。

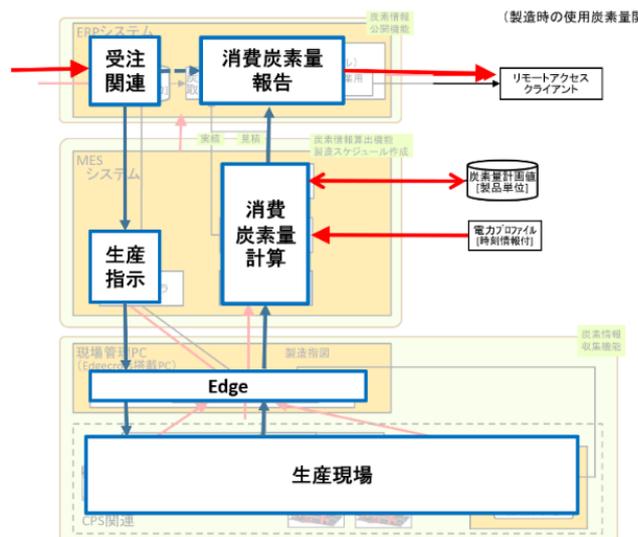


図 3 4 IAF/CLiC ソフトウェア構成

一般に、IT系はその処理をリアルタイムに実施していないため、OT系とIT系の間では、OT系でリアルタイムに収集された現場情報を確実にIT系に渡すための方策が必要となる。留意すべき点とし、①リアルタイム情報の確保、②データ収集系として実装しやすいデータ形式、③データの授受タイミングに因らない同時性の確保(泣き別れ防止等)、④通信遅延の保障、⑤全世界で通用する時刻表現の採用、等が挙げられる。表 22 に、本実証システムのデータ収集機能に関して考慮した点をまとめる。

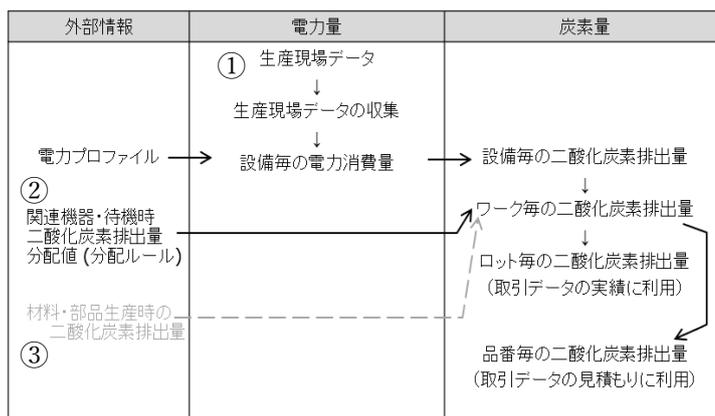


図 3 5 IAF/CLiC CO₂排出量の算出

また、CO₂排出量の算出概要を右上図に示す。各装置は、①各設備が各ワークを処理する際の消費電力量、②設備の総消費電力量、の2種類のデータをIT系に上げる。①の各設備が各ワークを処理する際の消費電力量は、その時に設備に供給されるエネルギーの種類による係数をかけることにより、CO₂排出量に変換される。さらに、その製品を製造するにあたり使われた装置の値を加算することにより、その製品を製造する際のCO₂排出量となる。通常、受注オーダはロットで処理されるため、さらにその値をロット分加算することにより、受注した製品の1ロット分のCO₂排出量を得ることができる。また、製品に関するCO₂排出量と生産量を用いることにより、製品のカタログデータなどを作成する際の根拠情報を得ることも可能です。その場合は、製造時のエネルギー種ごとに、別測定となると考えられる。装置の待機時におけるCO₂排出量は、図中の②に示す部分に入る。これは、システム全体の待機時CO₂排出量を配分する必要がある。なお、①も、実際にその製品を製造している瞬間のCO₂への変換係数はしばらく後で確定するため、瞬時値としては未確定値を示し、係数が確定した後で再計算することによって確定値を得ることとなる。現在、買電では年度ごとの係数しか示されていないが、実験的には30分ごとの係数

を電力会社から配布されるような実証実験も行われており、今後はそのような係数データを利用したCO₂排出量計算が行われることとなると予想している。

なお、本システムでは、製造における KPI の実証を目的に開発したシステムであるため、製品の材料を生産する際の CO₂ 排出量に関しては対象としていない。もし、対象とする場合は、IAF/CLiC CO₂ 排出量の算出図③の部分にその要素が入ると考えられる。

表 2 1 IAF/CLiC 実証システムのデータ収集機能に関して考慮した点

No.	考慮点	理由	具体的な方策
1	リアルタイム情報の収集の保障	IT 系の遅延によるデータ取りこぼしを防止	2 種類の方法で現場データを収集している。 ・各設備の各ワークを処理する際の消費電力量：リングバッファを設置し、IT 系によるデータの取りこぼしを防止。 ・設備の消費電力量：設備の待機時の消費電力量計測の為、各設備の消費電力量を 64 ビット整数による累積値として取得可能。
2	複数データ間の同時性の保障	データの泣き別れ防止等	OPC UA サーバは 64 ビットデータもサポートしているため、1 データの読み込みタイミングによるデータ不具合対策は実施していない。また、複数データの同時読み出しの必要な場合は、複数回の読み込み内容を比較するなどの処理は必要。
3	現場機器が実装しやすいデータ形式	現場機器は浮動小数を扱えるものが少ない	各電力消費量のデータは、現場機器が扱いやすいよう、整数部と 10 の乗数部で構成。整数部は各計測値に必要な精度を確保。具体的には、各生産品の生産時の消費電力量は 32 ビット、累積値は 64 ビットの整数で表現。乗数部は 16 ビットの整数で表現。
4	データ収集/反映間の遅延	複数データ間のタイミングずれ	本システムでは 1 台のシーケンサがデータ収集を受け持っているために、特に対策は行っていない。複数のデータソースがあるときは、収集時のタイムスタンプ等で対策することが望ましい。
5	時刻表現の標準化	IT 系の扱い	本実証システムでは、年/月/日/時/分/秒/ミリ秒の記載された 16 ビットの正の整数値で時刻を表現しているが、ISO 8601 のようなタイムゾーンを意識した文字列で規定することも考えられる。

【IAF/SMKL プロジェクト】

(プロジェクトの概要)

IAF/SMKL プロジェクトでは I4.0 や IIoT、DX などデジタル化された情報を SMKL で見える化し、経営層、管理層、作業員、SIer、IoT 製品ベンダなどが活用できる方法を検討している。また、SMKL 普及に向けた活動を推進している (国内・海外)。

(SMKL の概要)

SMKL は現状のスマート製造の見える化レベルを 4×4 の合計 16 個のシンプルなレベルで診断できるアセスメント方法である。まず工場に適切な重要業績評価指標(KPI: Key Performance Indicator、産業用 ISO22400 等)を選定し、現状の見える化や管理対象のレベルを診断する。次に目標レベルを設定し、経営者、設備担当者、SIer(System Integrator)、IoT ベンダ、コンサルタントなど多くのアクター (人々) が同一の評価基準で、投資収益率(ROI: Return On Investment)を考慮しながら段階的にスマート製造を実現(=KAIZEN)できる。

(取組む課題)

SMKL 指標を適用する背景 (課題) は下記。

- a) 実際の製造現場 (OT 側、Operation Technology) では産業用 IoT(Internet of Things) や製造 DX(Digital Transformation) や GX(Green Transformation) 等があまり進んでいない。
- b) どこまで何をすれば IoT や DX や GX を実現できたのかわからない。
- c) 予算が限られる中小企業では ROI が重要です。単純に診断だけでなく、限られた予算の中でどこまで、何を、いつまでに実行するかを決めなくてはならない。
- d) スマート製造への投資は欧米式のトップダウン判断だけでなく、日本の高い製造現場の技術力を活かしたボトムアップ提案が必要である。
- e) 同じ指標を使う事でトップアプローチとボトムアプローチによる合意決定が、スマート製造の発展には重要である。

SMKL はこれらの課題を解決し、製造業全体のスマート化を加速する効果がある。

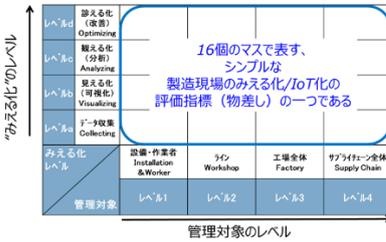
(取組内容の紹介)

IAF/SMKL プロジェクトでの主な取り組みとしては、1) SMKL と産業用 IoT・製造 DX・デジタルトリプレットとの関係の整理、2) 投資効果(ROI)を考慮した GX における脱炭素システムの構築方法の検討、3) SMKL の簡易 Web 診断アプリのアジャイル開発、4) 国際標準化の提案(ISO/IEC JWG21 での TR 提案など)、5) ベンダ営業マン向け活用資料の作成、6) SMKL 認証/認定制度の検討、7) コンソーシアム連携の検討(HCMI (人協働ロボット)、GxD コンソーシアム(価値化 WG/1 次データ要件検討 SWG)、RRI など)、8) 企業内勉強会対応(数十社以上実績あり)、9) 社会人向け SMKL 教育(東工大 MOU、早稲田大学 IONL、北九州高専ビジネススクール、公益財団法人飯塚研究開発機構)、10) 海外での SMKL 社会人教育 (タイ LIPE、ブラジル SENAI(T.B.D))、11) 海外での講演 (IEEE、ITU、欧州 ICNAP、米 IIC、中国 TC124) などを実施しています。また、最近では、12) ROI を考慮した工場へのサイバーセキュリティーの導入推進の為の SMKL 評価方法や、13) SMKL のフレームワークを活用した製造業 AI アプリケーションの検討をしています。なお、SMKL は 2015 年に三菱電機 (株) 名古屋製作所の生産現場で考案され、パートナー企業様と様々な検討を経て、2020 年に IAF からオープン化された実績のある取組みである。

<SMKLプロジェクト> (Smart Manufacturing Kaizen Level)

- <解決する課題>
- ◆ I4.0、スマート製造、DXなどの工場のIoT化が進む中で、製造現場では「何を」、「いつまでに」、「どのくらいの費用を投資したら」、「どのレベルまで」、IoT化が推進、及び改善できたかの「見える化」ができていないため、経営側の投資判断が難しい。

- ◆ 工場のIoTの専門家も少ないため、現場担当者どうしてよいか分からない。



IAF (Industrial Automation Forum)

SMKL事例 (炭素排出量計画)

SMKLを使ったカーボンニュートラル(CN)の分類について



IAF (Industrial Automation Forum)

炭素排出量の見える化(レベル・ゼロ)

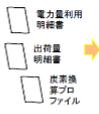
<手計算方法>

設備投資費用をかけられない場合は、月単位で「工場全体」の総合エネルギー消費量(電力会社の利用明細など)と生産量(出荷量明細)から製品単位のエネルギー量を割り出す(式1)

また、このエネルギー量と炭素量の換算プロファイル(電力会社等から入手)から製品単位の平均的な炭素量を手計算する

$$e = E / PQ \dots \dots \text{式1(ISO22400参照)}$$

e: 製品単位のエネルギー消費量
E: 総合エネルギー消費量
PQ: 生産量



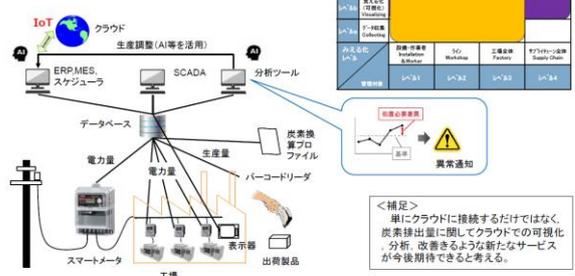
<補足>
・自動化やIoT化が進んでいない小規模工場や、他の業種・業界も多くあり、このような方法での炭素排出量計算も認められるべき(自動単業界など条件が厳しい場合は?)

IAF (Industrial Automation Forum)

炭素排出量の見える化(レベル1b~4d)

<クラウドへの接続>

グローバルなクラウドへ接続(GAIA-Xなど)して炭素排出情報を取引企業へ伝達する。



IAF (Industrial Automation Forum)

図 36 IAF/SMKL プロジェクト

【IAF/ia-cloud】

(プロジェクトの概要)

ia-cloud プロジェクトでは、VPN を使わず安全で、かつ DIY で製造現場のニーズに合わせた IoT アプリケーションの開発が可能な、ia-cloud・Node-RED フラットフォームの開発と普及活動を行なっている。

DIYで! ノーコードで! IoTアプリ開発ができる

ノード(ブロック)を置いて線で繋ぎ、プロパティを設定。エッジアプリが動き出す。

ダッシュボードもノーコードで作成できます。

AWS・Azure・GCPなどのクラウドサービスとも連携 (AI・データ分析・DB等)

各種センサ・リモートIO・コントローラからのデータ収集がプログラムレスで

Node-RED

IAF
Industrial Automation Forum

The graphic features a central Node-RED interface with a flowchart of nodes. To the left is a dashboard with various charts and gauges. Below the dashboard is a list of compatible hardware components including EnOcean sensors, Modicon PLCs, and various types of sensors (temperature, pressure, etc.). The IAF logo is in the bottom left corner.

図 3 7 IAF/ia-cloud

第8章 おわりに

8-1 まとめ

本書では、CFP 自動算定に向けた1次データの要件に関する指針案について、製造業における CFP のデータの収集の必要性、ならびに自動収集・算定、分析・改善に関する検討結果を述べた。

特に製造業においては、カーボンニュートラルへの対応が環境問題への取り組みや法令遵守、さらには投資家への情報開示 (IR) において重要な要素となっている。また、少子高齢化による労働力不足や生産性向上の観点から、スマート製造をはじめとするデジタル化の推進が不可欠であり、KPI の可視化と改善のしやすさが求められている。

CFP データの収集と分析は、省エネルギーや CO₂排出量の削減、信頼性の高いデータ提供に寄与し、サプライチェーン全体における競争優位性の確保にもつながる。

既に欧州ではバッテリー規則の施行をはじめ、DPP (Digital Product Passport) などの新たな法規制の検討が進み、CFP 情報の提供が義務化されつつある。CFP 算定においては ISO 14067、GHG プロトコル、PACT Methodology などが基準として用いられており、1次データの収集がますます重要視されている。

本書では、スマート製造に焦点を当て、CFP 算定システムの構築方法、データ要件の定義、ROI (投資対効果) を考慮した段階的な推進方法を提案するとともに、具体的な事例も紹介した。

本書が今後の CFP 算定の社会実装に向けた指針となり、その普及と加速に貢献できれば幸いである。

8-2 残課題と今後の活動計画

【残課題について】

本書はスマート製造の視点で CFP 算定方法をまとめたものであり、CFP の1次データ取得に関する実現性を含め、今後さらに議論を深める必要がある。特に、知見を有する有識者を交えた検討を通じて、指針の妥当性や実効性を高めることが求められる。

そのためには、GxD コンソーシアム内の他の委員に加え、他団体や他企業の有識者との連携が不可欠である。また、本書の内容を実証するための実験やフィールドテストを通じて、提案の有効性を検証することも重要である。

【今後の活動計画】

本活動では、カーボンニュートラルの社会実装を加速することを目的として、CFP データの自動収集と、工場内のセンサから自動的に集計されたデータをもとに、生産システムと連動してリアルタイムで CFP データを算定できる仕組みの構築を目指している。

この目標の達成に向けて、今後は本提案書で示した内容について有識者との議論を深めるとともに、「価値創出」に向けた実証試験の計画・実施を進めていく予定である。

また、将来的には本書の成果物を海外にも展開する為、英語版の作成や HTML 形式による多言語対応も視野に入れている。

【他 WG との連携】

本内容は、GxD コンソ内の他の WG にも紹介するとともに、他 WG の活動内容も参照した。

8-3 謝辞

本書の作成にあたり、多くの皆様よりご支援とご協力を賜りましたことに、心より感謝申し上げます。

まず、GxD コンソーシアムの関係者の皆様には、CFP 算定に関する議論や実務的な知見をご提供いただき、本書の内容の充実に大きく貢献していただきました。特に、本 SWG において 1 次データの収集・活用に関する実証的な知見を共有してくださった委員の皆様には、実装可能性の検討において重要な示唆をいただき、深く御礼申し上げます。

また、IVI や IAF などの他団体の活動内容を参考にさせていただいたことで、より実効性の高い提案を行うことができました。

今後は、製造業界の現場で実際にデータ収集・分析に取り組まれている企業の皆様からのフィードバックもいただきながら、本書の内容をさらに充実させていきたいと考えております。

最後に、本書の執筆・編集に携わってくださったすべての関係者の皆様に、改めて深く感謝申し上げます。本書が CFP 算定の社会実装に向けた一助となり、持続可能な社会の実現に貢献することを願っております。

執筆者・協力者

(Green x Digital コンソーシアム 環境活動データ価値化 WG データ要件検討 SWG 委員)

(敬称略・順不同)

リーダー	藤島 光城	三菱電機株式会社
委員	高市 隆一郎	オムロン株式会社
	西井 和彦	オムロン株式会社
	深津 航	株式会社 Scalar
	加藤 哲裕	株式会社 Scalar
	金子 雅人	株式会社 Scalar
	村上 照明	株式会社 chaintope
	中間 雅彦	株式会社東芝
	池田 和史	株式会社東芝
	吉崎 丈宏	株式会社東芝
	山本 雄毅	豊田通商株式会社
	関根 惇人	豊田通商株式会社
	千葉 健太	豊田通商株式会社
	岡田 和久	日本電気株式会社
	伊熊 結以	日本電気株式会社
	青木 雅博	株式会社日立製作所
	町田 芳広	株式会社日立製作所
	植村 哲士	Booost 株式会社
	高橋 弘	富士電機株式会社
	西村 守俊	富士電機株式会社
	山下 智史	富士電機株式会社
北原 武夫	ブラザー工業株式会社	
楠 英行	ブラザー工業株式会社	
鷲津 友香	ブラザー工業株式会社	
東 義一	株式会社リコー	
鷹野 友英	株式会社リコー	
著作協力	王時 暁楠ニコル	三菱電機株式会社
	茅野 真一郎	IAF/制御層情報連携意見交換会(CLiC)委員
事務局	一般社団法人電子情報技術産業協会 (JEITA)	
	荻島 徹・遠藤 功樹・増田 梢	

以上

参考資料(主要 30 件)

No	タイトル	発行日	参照元	URL(略)	該当箇所
1	Regulation (EU) 2023/1542 – Battery Regulation	2023	EU	https://eur-lex.europa.eu	1 章
2	ESPR Proposal – Eco-design for Sustainable Products Regulation	2022	EU 委員会	https://single-market-economy.ec.europa.eu	1 章
3	EU Digital Product Passport Guidance (DPP)	2023	EU 委員会	https://environment.ec.europa.eu	1 章
4	経済産業省：CFP 実践ガイド	2023	経済産業省	https://www.meti.go.jp/	1 章
5	環境省：CFP 関連ガイドライン	2021	環境省	https://www.env.go.jp/	1 章・2 章
6	ISO 14067:2018 – Greenhouse gases – Carbon footprint of products	2018	ISO	https://www.iso.org/standard/71206.html	1 章・2 章・3 章
7	ISO 14040:2006 – LCA Principles and framework	2006	ISO	https://www.iso.org/standard/37456.html	1 章・2 章・3 章
8	ISO 14044:2006 – LCA Requirements and guidelines	2006	ISO	https://www.iso.org/standard/38498.html	1 章・2 章・3 章
9	GHG Protocol – Product Life Cycle Standard	2011	WRI/WBCSD	https://ghgprotocol.org/standards/product-standard	1 章・2 章・3 章・4 章
10	経済産業省：CFP ガイドライン 2023	2023	経済産業省	https://www.meti.go.jp/	1 章・2 章・4 章
11	GxD コンソーシアム：CO ₂ 可視化フレームワーク Edition 2.0.1	2024	GxD コンソーシアム	https://www.gxdc.jp/	1 章・2 章・4 章
12	PACT Methodology Ver.3.0	2025	WBCSD	https://www.carbon-transparency.org/pact-methodology	1 章・3 章・4 章
13	Catena-X PCF Rulebook Ver.4.0	2024	Catena-X	https://catena-x.net/	1 章・3 章・4 章
14	GxD データ要件検討 SWG 活動報告書	2024	GxD コンソーシアム	https://www.gxdc.jp/	1 章・4 章
15	ISO 22400 – Automation systems and integration – KPIs	2014	ISO	https://www.iso.org/standard/62511.html	1 章・4 章・6 章

16	GHG Protocol - Corporate Standard	2004	WRI/WBCSD	https://ghgprotocol.org/corporate-standard	1章・5章
17	ILCD Handbook - General Guide for LCA	2010	EU JRC	https://eplca.jrc.ec.europa.eu/	3章
18	UNEP Life Cycle Initiative - LCA Guidance	2020	UNEP	https://www.lifecycleinitiative.org/	3章
19	ISO/TS 14027:2017 - Environmental labels - PCR development	2017	ISO	https://www.iso.org/standard/70258.html	3章・4章
20	PAS 2050:2011 - Life cycle GHG emissions	2011	BSI	https://www.bsigroup.com/	3章・4章
21	EN 15804+A2:2019 - EPD of construction products	2019	CEN	https://standards.cen.eu	3章・4章
22	ISO 50015:2014 - Energy performance measurement	2014	ISO	https://www.iso.org/standard/64189.html	3章・5章
23	ISO/TS 50008:2018 - Energy data semantic model	2018	ISO	https://www.iso.org/standard/69338.html	3章・5章
24	IEC 62726:2014 - ICT GHG quantification	2014	IEC	https://webstore.iec.ch/publication/6029	3章・5章
25	SuMPO EPD Program	2023	SuMPO	https://www.sumpo.or.jp/	6章
26	ECO Platform - EPD Framework	2023	ECO Platform	https://www.eco-platform.org/	6章
27	IVI : CTNS ホワイトペーパー	2024	IVI	https://iv-i.org/	7章
28	IAF : SMKL プロジェクト資料	2024	IAF	https://iaf.mstc.or.jp/	7章
29	IAF : CLiC KPI 分科会資料	2024	IAF	https://iaf.mstc.or.jp/	7章

Annex 1 1次データ算定に重要な生産システムとの連携について(関連章：6-2)

【BOM】

BOM (Bill of Material：部品表) で一般的に管理される項目を、分かりやすい表形式でまとめた。業界や企業によって多少異なるが、標準的な例を以下に示す。

BOM に追加する CFP の情報としては、製品の原材料 (材料や部品など) のデータであり。原材料の CFP 集計に使える。

具体例として部品番号に紐づけた、CFP の 1 次データ (=CO₂排出量)、CFP の 1 データ比率、CFP の 1 次データの信頼性。また、1 次データが入手できない場合は CFP の 2 次データ排出原単位、CFP の 2 次データ (=CO₂排出量) を BOM で管理する。

但し、1 年に 1 回はデータの更新が必要である (Catena-X PCF 算定のスクリーニング分析での更新)。その為、データ更新自動化の為には購買管理システムとの連携も必要となる。

表 2 2 BOM (Bill of Material：部品表) で一般的に管理される項目 (太字追加提案)

No.	項目名 (日本語)	項目名 (英語)	説明・内容例
1	部品番号	Part Number	各部品を一意に識別する番号
2	部品名	Part Name	部品の名称
3	数量	Quantity	必要な個数
4	単位	Unit	個、セット、m、kg など
5	階層レベル	Level	親子関係や階層構造 (例：1 次、2 次)
6	親部品番号	Parent Part Number	上位 (親) 部品の番号
7	仕様・型式	Specification/Type	部品の仕様や型式
8	材質	Material	使用されている材料
9	メーカー	Manufacturer	製造元
10	仕入先	Supplier	購入先
11	リードタイム	Lead Time	調達にかかる日数
12	単価	Unit Price	1 個あたりの価格
13	備考	Remarks	特記事項や注意点
14	図面番号	Drawing Number	関連する図面の番号
15	バージョン	Revision/Version	BOM や部品の改訂履歴
16	有効開始日	Effective Date	この BOM が有効となる開始日
17	有効終了日	Expiry Date	この BOM が無効となる終了日

追加案 1	CFP1 次データ	CFP of input materials (Primary)	投入材料の製品カーボンフットプリント量 (kg CO ₂ eq) →購買管理システムとの連携が必要
追加案 2	CFP1 データ比率	Primary Data Rate(PDR)	(%) →購買管理システムとの連携が必要
追加案 3	CFP1 次データの信頼性	DQR (Data Quality Rate)	→購買管理システムとの連携が必要
追加案 4	CFP の 2 次データ排出原単位	CO ₂ emission factor of input materials (Secondary)	(kg CO ₂ eq /個、kg CO ₂ eq /kg、kg CO ₂ eq /円) →業界値提供システム (社外) との連携 但し、単位が異なる場合は整合が必要
追加案 5	CFP の 2 次データ (=CO ₂ 排出量)	CFP of input materials (Secondary)	投入材料の製品カーボンフットプリント量 (kg CO ₂ eq) ※提供された CO ₂ 排出量の単位データ形式により異なる 数量単位：部品表のみ 重量単位：化学物質情報システム等との連携が必要 金額単位：管理会計システム等との連携が必要

※注意：追加案に関してはアイディアの初期検討段階であり内容を保証するものではない。

【BOP】

BOP（Bill of Process：工程表、工程 BOM）で一般的に管理される項目を、表形式でまとめた。

BOPは「どの工程で、どの設備・治工具を使い、どんな作業を行うか」を体系的に管理するためのものである。

具体例として設備に紐づけた、消費電力実測データ（1次データ）計測可否情報を、また、1次データが入手できない場合は定格電力（2次データ）をBOPで管理する。

表 2 3 BOP（Bill of Process：工程表、工程 BOM）で一般的に管理される項目（太字追加提案）

No.	項目名（日本語）	項目名（英語）	説明・内容例
1	工程番号	Process Number	各工程を一意に識別する番号
2	工程名	Process Name	工程の名称
3	工程順序	Process Sequence	工程の実施順序
4	作業内容	Operation/Task	具体的な作業内容
5	設備	Equipment	使用する設備・機械
6	治工具	Tool/Jig	使用する治工具
7	標準時間	Standard Time	工程ごとの標準作業時間
8	作業者区分	Operator Type	作業者の資格や区分
9	品質検査	Quality Check	検査内容や検査方法
10	入力部品	Input Material	工程で使用する部品や材料
11	出力品	Output Product	工程の出力（完成品、中間品など）
12	工程条件	Process Condition	温度、圧力、速度などの条件
13	工程指示書番号	Work Instruction No.	関連する作業指示書の番号
14	備考	Remarks	特記事項や注意点
15	工程責任者	Process Owner	工程の責任者
16	有効開始日	Effective Date	この工程が有効となる開始日
17	有効終了日	Expiry Date	この工程が無効となる終了日
追加案 1	消費電力実測データ（1次データ）	Measured power consumption data (primary data)	測定可/否。 可なら実測データ(kWh)と、計測時間(Time)を他の生産システムと連携して収集する。
追加案 2	定格電力（2次データ）	Rated power data (secondary data)	$P = V \times I \times \cos\theta$ ($\cos\theta$: 力率) 1次データを収集できない場合は、定格電力から推定する。

※注意：追加案に関してはアイディアの初期検討段階であり内容を保証するものではない。

【管理会計システム】

管理会計システム（Management Accounting System）で一般的に管理される項目を、表形式でまとめた。管理会計は「経営判断や業績管理のための社内向け会計情報」を扱うため、財務会計とは異なる独自の項目が多くなる。

CFP では金額ベース算定で活用する。

表 24 管理会計システム（Management Accounting System）で管理される項目（太字追加提案）

No.	項目名（日本語）	項目名（英語）	説明・内容例
1	期間	Period	対象となる会計期間（月次、四半期など）
2	部門コード	Department Code	管理対象となる部門のコード
3	部門名	Department Name	管理対象となる部門の名称
4	製品コード	Product Code	管理対象となる製品のコード
5	製品名	Product Name	管理対象となる製品の名称
6	プロジェクトコード	Project Code	プロジェクト単位で管理する場合のコード
7	勘定科目	Account Title	費用・収益などの勘定科目
8	予算額	Budget Amount	計画・予算として設定した金額
9	実績額	Actual Amount	実際に発生した金額
10	差異額	Variance Amount	予算と実績の差異
11	差異分析	Variance Analysis	差異の要因分析
12	配賦基準	Allocation Basis	共通費用などの配賦基準
13	配賦額	Allocated Amount	配賦された金額
14	原価区分	Cost Category	直接費・間接費などの区分
15	活動単位	Activity Unit	ABC（活動基準原価計算）での活動単位
16	KPI	KPI	重要業績評価指標
17	コメント	Comments	補足説明や特記事項
18	承認者	Approver	データ承認者
19	登録日	Entry Date	データ登録日
追加案 1	CFP 金額ベース算定	CFP calculation on a monetary basis	金額ベース算定の CO₂ 排出量算定

※注意：追加案に関してはアイディアの初期検討段階であり内容を保証するものではない。

【QC工程】

QC工程（品質管理工程、Quality Control Process）で一般的に管理される項目を、表形式でまとめた。QC工程では「品質を確保・維持するための管理項目」が中心となる。

CFPでは1次データのデータ信頼性判定や、QC判定結果に基づいた廃棄物の種類や量を管理する。

表 25 QC工程（品質管理工程、Quality Control Process）の一般的管理項目（太字追加提案）

No.	項目名（日本語）	項目名（英語）	説明・内容例
1	工程番号	Process Number	管理対象となる工程の番号
2	工程名	Process Name	管理対象となる工程の名称
3	管理項目	Control Item	管理・測定する品質項目
4	管理規格	Control Standard	合格・不合格の基準値
5	測定方法	Measurement Method	測定・検査の方法
6	測定頻度	Measurement Frequency	測定・検査の実施頻度
7	測定値	Measured Value	実際に測定した値
8	判定結果	Judgment Result	合格／不合格などの判定
9	不良内容	Defect Details	不良が発生した場合の内容
10	是正処置	Corrective Action	不良発生時の対応内容
11	担当者	Inspector/Operator	測定・検査を実施した担当者
12	測定日	Measurement Date	測定・検査を実施した日
13	備考	Remarks	特記事項や補足説明
14	使用設備	Equipment	測定・検査に使用した設備
15	ロット番号	Lot Number	対象となるロット番号
16	サンプル数	Sample Size	測定・検査したサンプル数
17	管理図	Control Chart	管理図の種類や管理図番号
追加案 1	CFPの1次データ信頼性	Reliability of CFP primary data	CFPの1次データ信頼性判定
追加案 2	廃棄物量	Waste quantity	廃棄物種類、量など。 CFP算定やサーキュラーエコノミー用に活用。

※注意：追加案に関してはアイディアの初期検討段階であり内容を保証するものではない。

【購買システム】

購買管理システムで一般的に管理される項目を、以下のような表形式で整理した。

購入品の CFP を入手する必要があるが、輸送経路が変わる場合の変更管理なども必要であり、データを常に更新するには購入回毎にデータ更新の要求を推奨する。

また、データ信頼性の高いサプライチェーンを作りたい場合は、購入前の契約書に CFP データ更新に関する条件を明記すべきである。但し、CFP データ更新や信頼性などの条件に対する契約は一方的であってはならない。CFP 算定に関わるサプライチェーン上流への支援(リソース、コスト、教育など)などの配慮をすべきである。

表 26 購買管理システムで一般的に管理される項目 (太字追加提案)

No.	項目名 (日本語)	項目名 (英語)	説明・内容例
1	購買依頼番号 / 発注番号	Purchase Request No. / Order No.	購買依頼や発注の識別番号
2	発注日	Order Date	発注が行われた日付
3	発注者	Purchaser	発注を行った担当者名
4	部門	Department	発注者が所属する部門
5	仕入先コード / 名称	Supplier Code / Name	取引先の識別コードと名称
6	担当者名 / 連絡先	Contact Person / Contact Info	仕入先の担当者情報
7	品目コード / 品名	Item Code / Item Name	購入する商品の識別情報
8	数量	Quantity	発注数量
9	単価 / 金額	Unit Price / Total Amount	単価と合計金額
10	納期	Delivery Date	希望納品日または確定納品日
11	支払条件	Payment Terms	例：月末締め翌月末払いなど
12	納入条件	Delivery Terms	納品場所や方法など
13	契約書有無	Contract Availability	契約書の有無や契約番号
14	発注ステータス	Order Status	例：未発注、発注済、納品済、検収済など
15	検収ステータス	Inspection Status	検収の進捗状況
16	支払ステータス	Payment Status	支払済・未払いなど
17	添付ファイル	Attached Files	見積書、契約書、仕様書など、 CFP 報告書
追加案 1	CFP の 1 次データ要件	Carbon Footprint of Products Requirements	<ul style="list-style-type: none"> ・数量又は重量又は金額あたりの CFP の 1 次データ値(kg CO₂eq /個、kg CO₂eq /kg、kg CO₂eq /円)。 ・1 次データ比率 (PDS)。 ・信頼性データ (DQR(TeR、TiR、GeR)) ・CFP の 1 次データ絶対値(CFP の 1 次データの絶対値 =再エネ・リサイクル品などをオフセットしない値) →BOM (部品表) や PDM システムとの連携が必要

【PDM システム】

PDM (Product Data Management : 製品データ管理) システムで一般的に管理される主な項目を、表形式でまとめた。

PDM は設計・開発段階の製品情報を一元管理し、設計・製造・調達など多部門での情報共有や業務効率化を実現するシステムである。

CFP との関連性については、設計変更時の再算定アクションや BOM との連携が考えられる。また、製品毎に PCR(Product Category Rules)と紐づけて管理する必要がある。

表 27 PDM システムで一般的に管理される主な項目

No.	項目名 (日本語)	項目名 (英語)	説明・内容例
1	製品番号	Product Number	製品を一意に識別する番号
2	製品名	Product Name	製品の名称
3	図面番号	Drawing Number	図面や設計データの管理番号
4	図面ファイル	Drawing File	2D/3D CAD データ、図面ファイル
5	バージョン	Version/Revision	図面やデータの改訂履歴
6	部品表 (BOM)	Bill of Materials	製品構成部品の一覧・構成情報
7	設計仕様書	Design Specification	製品や部品の仕様書
8	技術文書	Technical Document	試験成績書、製造指示書など
9	設計変更履歴	Change History	設計変更の履歴・承認記録
10	ワークフロー	Workflow	承認・申請などのプロセス管理
11	担当者	Owner/Responsible	データの作成・管理担当者
12	登録日	Entry Date	データの登録日
13	更新日	Update Date	データの最終更新日
14	アクセス権限	Access Rights	ユーザごとの閲覧・編集権限
15	関連資料	Related Documents	仕様書・検査成績書・外部資料など
16	プロジェクト名	Project Name	関連するプロジェクト名
17	備考	Remarks	特記事項や補足説明

※注意：追加案に関してはアイディアの初期検討段階であり内容を保証するものではない。

Annex 2 改善事例

「原単位管理導入によるエネルギー使用量低減(CO₂削減) 三菱電機福山製作所事例」

電子モジュールの生産現場ではライン単位で原単位管理を行っているのに対し、遮断器の生産現場では設備単位で原単位管理を導入している。この設備単位での管理により、原単位の悪化につながる要因を直接的かつ迅速に把握することが可能となった。

具体的には、原単位が悪化している設備の稼働状況を確認し、生産情報をもとに稼働低下の種類を特定することで、適切な対策を講じることができる。これにより、設備ごとに改善のPDCAサイクルを効果的に回すことが可能となり、稼働率の回復とエネルギー使用量およびCO₂排出量(CO₂エネルギー換算)の低減につながる。また、①計測(SMKL:レベル a)、②収集(SMKL:レベル b)、③分析(SMKL:レベル c)、④改善(SMKL:レベル d)とROIを考えて段階的にシステムを構築することもできる。

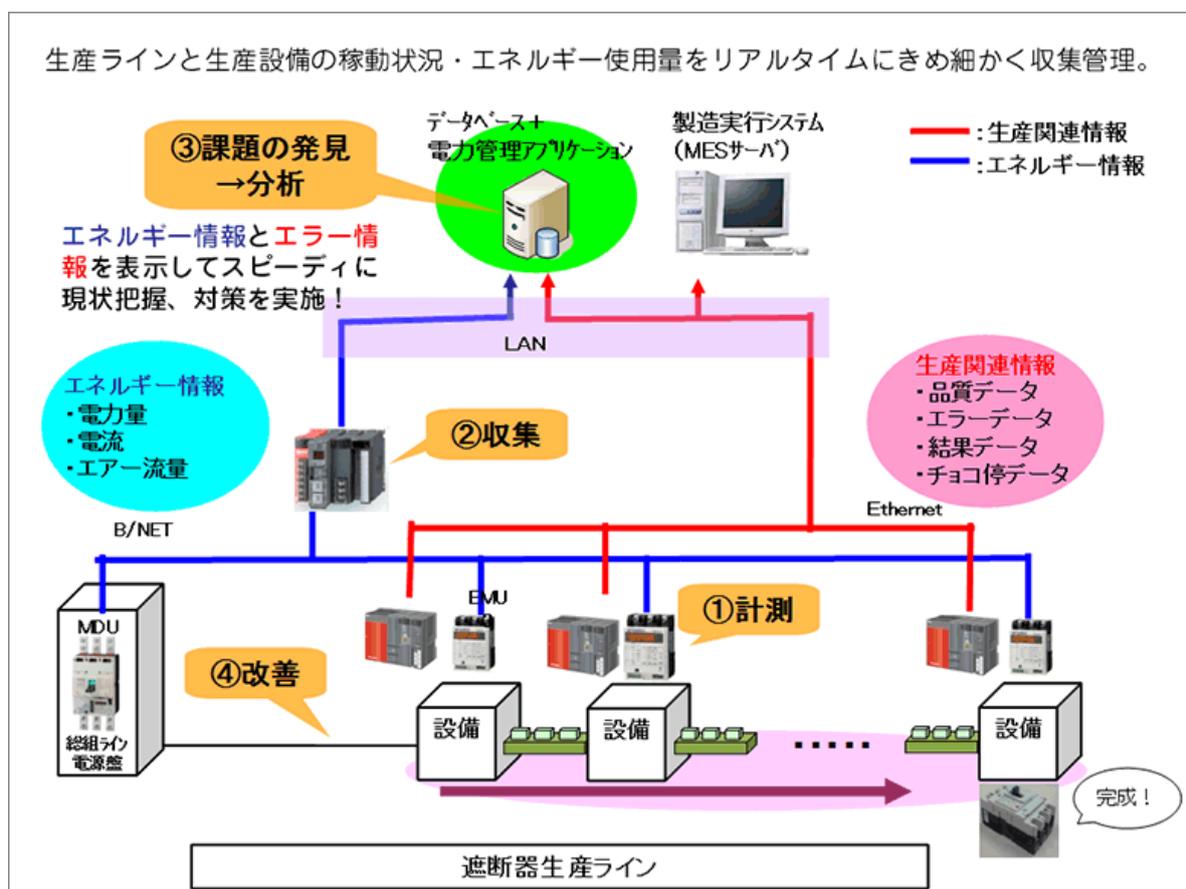


図 38 設備ごとの原単位管理を実現した遮断器の生産現場事例

<https://www.mitsubishielectric.co.jp/fa/members/our-stories/007/report01.html>