

# トラストなカーボンチェーン・ネットワーク の実現方法

2023 年 1 月 25 日



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



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



## CONTENTS

# エグゼクティブサマリ

カーボンニュートラル(CN)は、個人、企業、そして社会のそれぞれのレベルで取り組むべき重要な課題である。トラストなカーボンチェーン・ネットワークは、それぞれが独自に行う CO<sub>2</sub> 削減の取組みを相互に連携させることで、持続可能なものとする。ここで重要なカーボンフットプリント(CFP)の算出は、事業者単位での CO<sub>2</sub> 排出量を、製品単位に配分する必要があり、その方法は複雑となる。このホワイトペーパーでは、中小企業でも簡便な算出が可能なモデルを、具体的な数値例を用いて説明する。計算モデルでは、製品を構成する資材の CFP を集計し、設備によるエネルギー利用に対応した設備排出原単位を介して事業者で生産に起因する CO<sub>2</sub> 排出量を得る。データの粒度や信頼性を段階的に上げていくことで、さまざまな管理レベルの事業者による活用が期待できる。

企業間で製品やサービスと共に CFP が日常的に交換されるためには、設備の稼働データなどの 1 次データがトラストなデータ連携基盤の上で交換される必要がある。このホワイトペーパーでは、企業間オープン連携フレームワーク(CIOF)により、実現可能となる 4 種類のサービスが CN を実現するために不可欠な構成要素であることを示す。排出原単位提供サービスは、CO<sub>2</sub> 排出量計算の基本となる排出原単位を統計的な手法をもちいて算出し提供する。また、CFP 算出支援サービスは、中小製造業でも積み上げ型の CFP 算出を可能とするしくみを提供し支援する。さらに、CFP 仲介認証サービスは、CFP を企業間で仲介するとともに、その値が正しく計算されたことを第三者として認証する。そして、トレーサビリティ(トレサビ)探索サービスは、消費者やメーカーが CFP の根拠データを知りたいときに、提供者の不利益がない形で開示する。

すべての国や地域が、世界規模で CN 実現に向けてた取組みを始め、CFP によるカーボンチェーンの見える化が CN の実現に大きく寄与するためには、事業者外に提示するデータのオーナシップの確保、多様な価値観を許容したデータベースの辞書定義、正しい CFP を開示するインセンティブのしくみ、そして、分散環境においてデータのつながりをもとに全体をトレースするしくみなどを照会した。こうしたオープンなアイデアを具体化し、それらを広く流通させるための標準化やルール化も極めて重要である。

## 目次

1. はじめに	1
2. CFP のための 1 次データと計算モデル	2
3. CN 実現のための 4 つの仕掛け	5
3.1. CFP 算出支援サービス	6
3.2. CFP 仲介認証サービス	7
3.3. 排出原単位提供サービス	8
3.4. トレサビ探索サービス	10
4. 企業間データ流通のためのフレームワーク	12
5. まとめと提言	14
著者および協力者	15



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

# 1. はじめに

日本政府は 2020 年、当時の首相であった菅義偉が 2050 年のカーボンニュートラル(CN)を宣言した。2021 年の国連気候変動枠組条約第 26 回締約国会議(COP26)では、現首相の岸田文雄が具体的な目標を世界に向けて説明し、2022 年には、脱炭素の流れをグリーントランスフォーメーション(GX)として最重要課題の一つとして掲げた。これを官民で推進するために、今後 10 年間で 150 兆円を超える投資が必要と試算している。

CN 投資の主な内訳は、筆頭がエネルギー供給の脱酸素(60 兆円)であり、それに続くのが産業の構造転換(50 兆円)である。設備投資と研究開発を促進させる必要があるが、これだけ金額が大きいと補助金や税優遇で対応するには限界がある。トランジションファイナンス等による金融市場からの調達は、将来的な成長を前提としたものであり、最終的には、カーボンプライシングによる CO<sub>2</sub> 排出量に見合ったコスト負担が、特に製造業には強く求められることになる。

カーボンプライシングには価格アプローチと数量アプローチがあり、前者は炭素税、後者は炭素排出量取引制度として具体化されている。なお、2022 年 12 月現時点での日本の炭素税は CO<sub>2</sub> 排出量 1トンあたり 289 円、排出量取引では EU-ETS(欧州の排出量取引制度)で 90 ユーロ(12,600 円:140 円換算)である。日本でも J-クレジットによる 1 万円以上の排出量取引の例もある。2023 年度には、岸田首相のイニシアティブにより、GX リーグを創設し、日本版の GX-ETS による成長志向型カーボンプライシングがスタートするだろう。

このような GX のための政策イニシアティブは、脱炭素の流れを補助金ではなく、市場メカニズムの中に組み込

むという点で評価できる。一方で、こうした制度や取り組みは、どちらかと言えばエネルギーや素材産業などサプライチェーンの上流側の企業や、知名度の高い大企業に向けたしきみといえるのではないだろうか。製造業の大半を占める中小製造業や、最終消費者を含む社会全体でのコスト負担を促すしきみとしては十分とは言えない。また、大企業にとっても、企業の業績が上がるほど、GX のための負担が増えるという単純な構造では、経済成長を抑制することにもなりかねない。

本稿では、こうした点を踏まえて、2050 年のカーボンニュートラル(CN)に向けた産業構造の変革を促す取組として、企業間でのデータ連携のためのフレームワークを利用したカーボンフットプリント(CFP)によるアプローチを提案する。CFP は、それぞれの製品が、素材からサプライチェーンのすべての工程について、CO<sub>2</sub> 排出量をライフサイクルアセスメント(LCA)の観点から算定したものである。

CFP による脱炭素、低炭素への取組を進めるにあたっては、最も一般的な加工組立型の製造業においてさえ、その算出方法の共通化やルール化が進んでいない。そして算出方法の問題と併せて、日常的に CFP を算出するための情報システムに対するコスト負担の問題、さらには、CFP がメーカーによるサプライヤー選別や取引価格に連動した場合の CFP 算出根拠の正当性の保証の問題など、解決すべき課題が多い。

本稿で提案するカーボンチェーン・トラスト・ネットワーク(CTN)は、こうした課題を解決するための有効な手段として期待できる。特に裾野の広い産業構造において CFP を正しく機能させるためには、サプライチェーンにおける素材から完成品に至るネットワークの中核を担っている

中小製造業の参加が鍵となる。CTN は、こうした中小企業や小規模企業も含むエコシステムとして、社会全体で CN に取り組むためのしくみとして位置づけられる。

以下2では、一般的な加工組立型製造業を例として CFP のために必要なデータと算出方法を具体的な例とともに示す。3 では、CFP を活用し、そのデータを企業間で流

通させるための4つのサービスを示す。さらに 4 では、企業間でデータ流通を行うためのフレームワーク(CIOF)を用いた実践的な取り組みを説明する。そして、5 では、CN 実現へ向けた取り組みとして CTN 枠組みをあらためて提言する。

## 2. CFP のための1次データと計算モデル

CO<sub>2</sub> 排出量の計算は、事業者を単位とした排出量計算と、製品を単位とした排出量計算の2種類に分けられる。前者の事業者を単位とした排出量の計算方法は、環境省のホームページ等で示されており、それぞれの企業が独自の CO<sub>2</sub> 削減目標を示す SBT や CSR 報告書を作成する上で利用されている。これは ISO14064/14065 に準拠したグローバルスタンダードであり、WBCSD が主導して設立した GHG プロトコルに対応した計算方法が広く利用されている。

一方、本稿で紹介する CTN で重要な CFP は後者の製品単位のアプローチとなる。製品単位の CO<sub>2</sub> 排出量の計算は、ISO14040/14044 に準拠したライフサイクルアセスメント(LCA)として、製品やサービスに対する環境負荷を明らかにする。CFP は LCA の手法として、ISO14067 で規定されており、GHG プロトコルにおけるスコープ3カテゴリ1(購入・取得した製品およびサービス)に対応している。

GHG プロトコルは、事業者単位の CO<sub>2</sub> 排出量の計算が主たる目的であるため、購入・取得した製品およびサービスに係る排出原単位は、サステナブル経営推進機構(SuMPO)が提供する IDEA など外部のデータベースから取得した2次データ、つまり統計的に加工されたデータを用いる場合が多い。しかし、CFP では、事業者が顧客に販売・提供する製品およびサービスに対応した CO<sub>2</sub> 排出量を計算する必要があるため、特に製造業の場合は、実際に工場の生産ラインから得られた1次データを利用する

必要がある。

製品の生産ラインにおける CO<sub>2</sub> の排出量は、GHG プロトコルのスコープ1(直接排出量)およびスコープ2(間接排出量)に対応する。したがって、GHG プロトコルに従って事業者単位で CO<sub>2</sub> 排出量の算出を行っている企業では、工場内の生産プロセスに起因する CO<sub>2</sub> 排出量は、1 次データをもとに計算可能であるともいえる。計算式は以下となる。

$$\text{CO}_2 \text{ 排出量} = \text{活動量} \times \text{排出原単位} \quad (1)$$

ここで、スコープ1に対応する直接排出量の計算では、活動量は燃料の重量や体積などの消費単位となり、それに対応した排出原単位(係数)が設定される。たとえば、ガソリンの排出原単位は 2.322 tCO<sub>2</sub>/kl、都市ガスの排出原単位は 2.234 tCO<sub>2</sub>/千 Nm<sup>3</sup> である。また、スコープ2に対応する間接排出量の計算の場合は、消費した電力量が活動量となり、排出原単位は各電力会社が提供する数値を用いる。たとえば、東京電力の 2021 年度の CO<sub>2</sub> 排出原単位は、0.452 kg-CO<sub>2</sub>/kWh である。

積み上げ方式で CO<sub>2</sub> 排出量を算出するためには、1 次データとしての活動量を必要な粒度で得る必要がある。ここでは、期間としての粒度と、対象範囲としての粒度が問題となる。たとえば、電気の場合は年間の合計ではなく、月次、日時、場合によっては 30 分単位での数値が必要となる場合がある。また、対象範囲は、事業者全体ではなく、工場などのサイト単位、生産ライン単位、さらに言えば設

備ごとに計測された数値であることが望ましい。

IoTによる現場からのデータ取得が比較的容易となつた現在であっても、こうしたデータが過不足なく取得できる企業はまれである。特に中小企業にとってはなおさらだろう。そこで、CTNでは、実際に得られた粒度の粗い1次データから、十分に説得力のある配賦計算によってCFP算出のために最低限必要な粒度の値を得る。CFP算出のために必要な1次データおよびその粒度は表1の2種類のみである。

一方、排出原単位として取引先から取得する必要があるデータとして、表2の2種類がある。該当するデータが取引先から得られない場合には、2次データとして外部のデータベースから取得してもよい。

ここで算出したいCFPは、事業者が得意先に対して販売する製品に対応する1単位あたりの排出原単位である。これを資材別排出原単位と区別するために製品別排出原単位として、式(2)から式(4)の計算式を用いて算出する。

表1 CFP算出のための1次データ

名称	粒度	説明
エネルギー別消費量	エネルギー別、日単位	エネルギーを期間中に消費した総量
設備稼働時間	設備別、日単位	設備が期間中に稼働し生産に寄与した時間の合計

表2 CFP算出のための2次データ

名称	粒度	説明
エネルギー別排出原単位	エネルギー別	エネルギー提供企業が定期的に開示している原単位
資材別排出原単位	資材別	サプライヤーから取得した原単位、または第三者機関のDBから取得した値

#### 製品別排出原単位

$$= \text{製品別排出原単位}_\text{工程分} + \text{製品別排出原単位}_\text{資材分} \quad (2)$$

#### 製品別排出原単位\_工程分

$$= \sum (\text{設備別排出原単位} \times \text{標準時間}) \quad (3)$$

#### 製品別排出原単位\_資材分

$$= \sum (\text{資材別排出原単位} \times \text{所要量}) \quad (4)$$

製品別排出原単位(CFP)の算出は、資材分と工程分に分け、それらを合計することで得られる。資材分は、部品表(BOM: Bill of Materials)から得られる製品1単位あたり

の資材の所要量を用いて積算する。また工程分は、工程表(BOP: Bill of Processes)にある工程ごとの標準時間を利用する。

ロット生産やバッチ生産の場合は、工程単位の標準時間をロットサイズ、バッチサイズであらかじめ除しておく。なお、所要量、標準時間、そしてロットサイズ等は、製品ごとにあらかじめ事業者内で設定された値を用いるが、個別受注型の場合や、得意先からの要望がある場合は、都度設備から得られる実績値を用いることも可能である。

CTNでは、さらに設備別排出原単位を定義している。この値をCFP算出の都度計算する必要がある。設備別排出原単位とは、設備を1単位(通常は分単位)稼働させるためのCO<sub>2</sub>排出量に相当する値である。したがって、設備の稼働時間をかけることで製品別排出原単位の工程分が算出できる。設備別排出原単位の計算では以下の式(5)から式(8)の計算式を利用する。

#### エネルギー別排出量

$$= \text{エネルギー別消費量} \times \text{エネルギー別排出原単位} \quad (5)$$

#### エネルギー別設備配賦基準

$$= \text{設備エネルギー性能} \times \sum \text{設備稼働時間} \quad (6)$$

#### エネルギー別設備配賦係数

$$= \text{エネルギー別ウェイト}(\text{エネルギー別設備配賦基準}) \quad (7)$$

#### 設備別排出原単位

$$= (\sum (\text{エネルギー別排出量} \times \text{エネルギー別設備配賦係数})) / \sum \text{設備稼働時間} \quad (8)$$

ここで、設備エネルギー性能、およびエネルギー別配賦基準、エネルギー別配賦係数は、表4のエネルギー表(Bill of Energy Consumptions)として個別の事業者ごとに定義される。設備エネルギー性能は、あらかじめ設備がもつエネルギー性能であり、同一エネルギー品目において時間あたりのエネルギー消費レベルが相対的に定量化可能な値を設定する。たとえば電気であれば消費電力値(kW)が単位となる。

式(6)のエネルギー別設備配賦基準、および式(7)におけるエネルギー別設備配賦係数は、式(5)で計算されたエネルギー別の排出量の日単位での合計を、当該エネルギーを利用する設備に配分するための基準値および係数となる。なお、エネルギー別ウェイト関数は、基準値を

合計が 1 となるウェイトとして正規化するための関数である。

以下の表 3 から表 10 において、簡単な数値例をもとに製品別排出原単位(CFP)の計算の具体例を示す。まず、表 3 では、特定の期間(たとえば前日)のエネルギー消費量が得られたとして、あらかじめ入手してある排出原単位をもとに CO2 排出量が計算される。

表 4 はエネルギー表としてあらかじめ登録された値を用い、これに加えて稼働時間合計は、対象期間に対応する各設備の有効稼働時間の合計値となる。これらの値をもとに、表 5 の設備配賦基準および設備配賦係数を計算する。

表 3 エネルギー別 CO2 排出原単位

エネルギー 一品目	消費量	排出原単位	CO2 排出量
電気	120.0 kWh/日	0.452 kg-CO2/kWh	54.24 kg-CO2
都市ガス	5.00 千 Nm3	2.234 t-CO2/ 千 Nm3	11.17 kg-CO2

表 4 設備エネルギー性能(エネルギー表: Bill of Energy Consumption)

エネルギー 一品目	加熱炉	NC 加工機	組立ライン
電気	30 kW	10 kW	0.5 kW
都市ガス	10 m3/分	—	—
稼働時間 合計	180 分	300 分	420 分

表 5 設備配賦基準(設備配賦係数)

エネルギー 一品目	加熱炉	NC 加工機	組立ライン
電気	5400 (0.627)	3000 (0.348)	210(0.025)
都市ガス	1800 (1.000)	—(0.000)	—(0.000)

設備別排出原単位は、表 6 に示すように、まず設備ごとに設備配賦係数をもとに当該設備におけるエネルギー別の CO2 排出量を計算する。そしてすべてのエネルギー品目を合計した排出量を稼働時間で除したものが表 6 における設備別排出原単位となる。ここで、稼働時間は、それぞれの設備ごとの稼働時間の合計となるが、CFP として製品別の排出原単位を算出するには、さらに製品ごとあるいはロットごとの稼働時間が必要となる。表 6 にある稼

働時間合計は、表 7 の製品別の稼働時間の合計に対応している。

式(2)で示したように、最終的に求めるべき製品別排出原単位(CFP)は、表 8 に示す工程分と、表 9 に示す資材分の合計値となる。製品別排出原単位の工程分は式(3)に、資材分は式(4)に対応した例となっている。そして表 10 は、それらを合計して製品別排出原単位(CFP)を算出した結果の例となる。

表 6 設備別排出原単位

エネルギー 一品目	加熱炉	NC 加工機	組立ライン
電気	34.008 kg-CO2	18.876 kg-CO2	1.356 kg-CO2
都市ガス	11.17 kg-CO2	0 kg-CO2	0 kg-CO2
排出量合計	45.178 kg-CO2	18.876 kg-CO2	1.356 kg-CO2
稼働時間合計	180 分	300 分	420 分
設備別排出原単位	0.251 kg-CO2/分	0.063 kg-CO2/分	0.002 kg-CO2/分

表 7 製品別設備別標準時間

製品	加熱炉	NC 加工機	組立ライン
製品 A	生産数	20 個	10 個
	稼働時間	120 分	200 分
	標準時間	6 分	20 分
製品 B	生産数	10 個	8 個
	稼働時間	60 分	100 分
	標準時間	6 分	12.5 分

表 8 製品別排出原単位(工程分)

設備	設備別 排出原 単位	製品 A		製品 B	
		標準時 間	排出 量	標準 時間	排出 量
加熱炉	0.251	6.0	1.506	6.0	1.506
NC 加工機	0.063	20.0	1.260	12.5	0.788
組立ライン	0.002	18.3	0.037	20.0	0.040
製品別排出原単位 _工程分		2.803g-CO2		2.334 g-CO2	

表 9 製品別排出原単位(資材分)

資材	資材別 排出原 単位	製品A		製品 B	
		所要量	排出量	所要 量	排出 量
鉄 (S45C)	0.393	28g	11.015	13g	5.109
樹脂 (ABS)	0.254	12g	3.047	7g	1.777
...			4.026		8.205
製品別排出原単位_資材分		18.088g-CO2		15.091g-CO2	

表 10 製品別排出原単位の集計

費目	製品A		製品 B	
製品別排出原単位_工程分	2.803	g-CO2	2.334	g-CO2
製品別排出原単位_資材分	18.088	g-CO2	15.091	g-CO2
製品別排出原単位(CFP)	20.891	g-CO2	17.425	g-CO2

デジタル化や IoT 化が進まない中小企業にとって、得意先からの要請で CFP の算出を求められた場合に、最小のコストでそれを実現するためには、日単位の1次データを週単位、あるいは月単位としてもよい。ただし、最低限必要となるデータとして、表 7 に対応する設備別製品別の標準時間を準備する必要がある。

こうした CFP の算出に用いるデータについて、対象期間の粒度とデータ更新の頻度は、それぞれの企業の管理レベルに応じて段階的に設定が可能である。CTN では、こうした実装レベルにフレキシビリティを持たせることで、CN への取組企業のカバー率を飛躍的に高めることを可能とした。

### 3. CN 実現のための4つの仕掛け

CN を実現するための最大の課題は、すべてのステークホルダー間での問題意識の共有と、コスト負担のしくみである。CN の流れをビジネスチャンスとする見方もあるが、製造業の大多数は CN によって自社の利益が生まれるとは思っていない。むしろ新たな負担として捉えるほうが自然だろう。

ただしこれをスーパーのレジ袋のように、公正で公平なしくみの中で、広く薄く負担を強いるならば、決して実現不可能なしくみではない。併せて、CN のための変革、グリーントランスフォーメーション(GX)が、ある意味で産業構造をも変革するものであるならば、この小さな負担がより大きな価値の形成につながるはずである。CFP 算出方法の定義とルール化はそのために必要な要件であるといつ

てよい。

CFP は脱炭素を社会全体で進めるためのコミュニケーションツールだとすれば、これを社会の中で機能させるための仕掛けが必要だろう。特に製造業の9割以上を占める中小企業が、このネットワークの中で中心的な役割を担う形にならなければ、カーボンのチェーンが素材から最終消費者までつながらない。

社会全体で CFP が流通し、CN 実現へ向けて機能するためには、少なくとも以下の4種類のサービスを担う仕掛けが必要となる。第三者機関によって、できるだけ安価にこれらのサービスが提供されることが CN 実現の鍵となる。

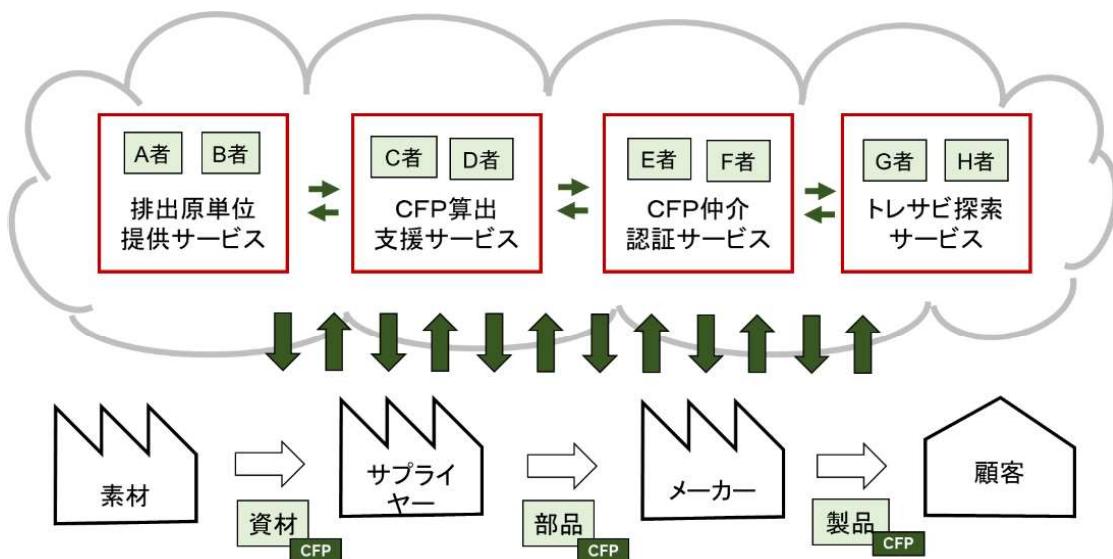


図 1 CN 実現のための4種類のサービス

### 3.1. CFP 算出支援サービス

たとえ 2050 年にはすべての事業者が、自社が提供する製品およびサービスに CFP を付加することが当たり前となっていたとしても、そこに至る過渡期では、一部の重要な製品のみが CFP 対応であるという状況が続くだろう。中小企業では、一部の取引先向けの製品のみを対象とする例がほとんどとなるはずだ。

そうした部分的な対応の場合には、社内の情報システムを再構築するには無理があり、コスト的にも見合わない。こうした段階的な対応の場合は、外部のリソースを効果的に活用すべきだろう。特に中小製造業の場合は、資金も人財も十分ではないため、SaaS 型のサービスを活用することになる。

ただし、ここで問題となるのは、すでにある業務システムとの整合性の確保である。中小企業であっても、大半は購買管理や生産管理のしくみを社内に持ち、それらのシステムが日々稼働している。CFP のために2重にデータ入力を強いることは難しいため、既存のシステムとのデータ連携が実現へ向けての鍵となる。

さらに問題となるのが情報セキュリティである。大半の製造業は、基本的にデータを外部に出すことを極力嫌う。設計情報やレシピなどの知財に係るデータはもちろんであるが、設備の生産能力や稼働状況などの比較的機密度の低い情報すら、データとして社外に持ち出すことは原則禁止である。CFP の算出のためだとしても、部品表(BOM)情報や工程表(BOP)情報を社外のクラウドに登録することには抵抗があるだろう。

次章で説明するように、CTN では、こうした課題を、企業間オーブン連携フレームワーク(CIOF)によって解決することが可能である。また、独自にシステム構築ができるない中小製造業向けには、ノーコード開発ツールであるコンテキサーを用いた CN 支援アプリのテンプレートによるソリューションもある。特に CIOF は、次章で説明するように、企業間でのデータ連携基盤として、データ取引の契約を都度設定するため、データの提供者である工場側にとっては、そのデータの利用方法に制約をかけ、さらに不正な利用が無いかをモニタリングすることが可能となっている。



図 2 カーボンニュートラル支援アプリ(IVI メンバーに無償公開)

### 3.2. CFP 仲介認証サービス

CFP を社会実装するために必要な機能の第二は、CFP の仲介および認証である。CFP は製品やサービスのサプライチェーン、エンジニアリングチェーンの流れの中で、サプライヤーからメーカーへ、そしてメーカーから顧客へと渡される。CFP は従来の納品書やインボイスの一部として必要情報の項目に加えられることになるだろう。得意先によっては、RoHS や REACH のような有害物質の規制により、別途 LCA ドキュメントが要求される場合もある。

こうした CFP に関するドキュメントは、デジタル化されて取引先との間で流通することになるが、これを2者間で行う場合には、その内容に関する正当性を保証するためのしくみが必要となる。なぜなら、製品やサービスを購入する側は、できるだけ CFP の値が低いものを選択したい一方で、CFP 算出ルールや根拠データに曖昧性が多いため、提供者側としてさじ加減の入る余地が非常に大きいからである。

特にカーボンプライシングが本格化した場合には、CFP の値が企業の収益にダイレクトに影響し、いずれは財務上の損益計算の中の数字としても計上されるようになるだろう。不正を未然に防ぐとともに、制度として公正な

取引環境が担保できなければ、CFP に未来はない。

おそらく、当面は SBT(科学的根拠にもとづく目標値)や GXリーグなどの仕掛けを利用し、大企業向けとして CN 関連のコンサルティングや認証支援サービスが、こうしたニーズをカバーできるだろう。しかし、サプライチェーンの下流の中小製造業などは、税理士や会計士などがその業務の一部として支援していくことになる。あるいは、中小企業診断士が、伴走支援することもあるだろう。

そうした状況における課題は、いかにして信頼のおける CFP を保証するかというしくみと方法論である。定期的な監査をすることは必要であるが、デジタル技術により、そのためのコストを劇的に削減し、そもそも不正ができるしくみとすることが望ましい。製造業では品質データの改ざん問題が定期的に話題となるが、こうした改ざんはもとより、データそのものを出さないことで CFP を低く見積もることは当然予想される。こうした、網羅性を担保することは特に難しい。

GHG プロトコルによる事業者単位での CO<sub>2</sub> 排出量の算定でも、この問題は存在する。GHG プロトコルに従った計算では、PCR(商品種別基準)で定めた製品のカテゴリごとにカットオフ基準を設定するなどの方法がとられているが、これは科学的な根拠とはならない。ただし、少なくとも事業者単位でのスコープ1、スコープ2の対象期間内での積算値については、各事業者がもつ1次データとして、客観的な値が得られるはずである。

そこで CTN では、GHG プロトコルのスコープ1とスコープ2における CO<sub>2</sub> 排出量を定常的に提示できる事業者を単位としたカーボンチェーン・ネットワークを構成する。そして各事業者をノードとし、製品やサービスとしての CO<sub>2</sub> 排出量の流入と流出、そして期をまたいで翌期に繰り越

される排出量もフローとして換算する。事業者として各期における差分値が、事業者としての正味の排出量となる。したがって、取引先に提供する製品の CO<sub>2</sub> 排出量を過少申告すれば、その分だけ事業者としての CO<sub>2</sub> 排出量が増加することになる。

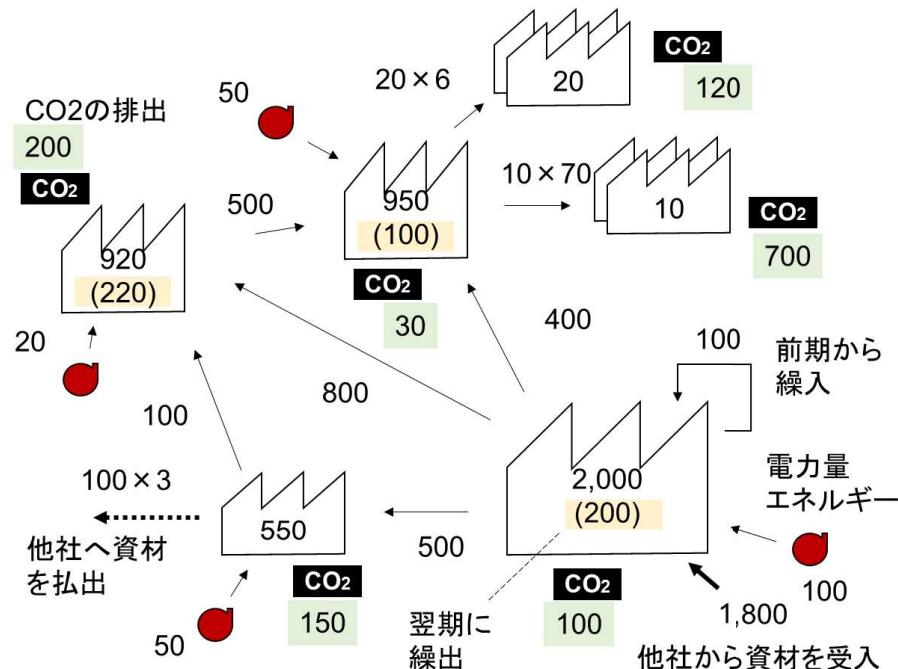


図 3 カーボンフローのネットワークモデル

さらに CTN では、事業者間で取引される製品やサービスの CFP が正しく伝達されることを保証する。たとえば、仕入先から購入した資材が PCR に対応したデータベースでは 200kg-CO<sub>2</sub> のところ 160kg-CO<sub>2</sub> であったとする。想定される不正として、仕入先が実際に 200kg-CO<sub>2</sub> であるのを虚偽の申告をするケース、あるいは仕入先は 200kg-CO<sub>2</sub> と申告したが購入者がそれを 160kg-CO<sub>2</sub> と申告する2つのケースを考えられるだろう。

第一のケースでは、必要に応じて 160kg-CO<sub>2</sub> の根拠となるデータを第三者、例えば税理士や会計士に開示できることで解決できる。CTN では、前章で示した計算式による積み上げ方式で CFP を計算することを前提として、工場における各設備から生産実績をその都度取得しており、そうした時系列データを改ざんすることはほぼ不可能である。

事業者間で CFP が正しく伝達されないという第二のケースについては、CTN ではすべての生産ロットについてユ

ニ一クな ID を付加し、取引先からの要請でその値を開示することで対応する。事業者は、自社が提供する製品やサービスの CFP の値と合わせてその ID を得意先に通知することで、その製品やサービスの CO<sub>2</sub> 排出量に関する第三者保証を得ることができる。

### 3.3. 排出原単位提供サービス

前章で示したように、CFP の算出には、一部外部のデータベースからデータを取得する必要がある。主要なエネルギー品目については、単位あたりの排出原単位がすでに外部の第三者機関から提供されており、これらを利用することになる。GHG プロトコルのカテゴリ1およびカテゴリ2については、こうしたデータを活用することで基本となる CO<sub>2</sub> 排出量の算出に必要となる基礎データは揃う。今

後は、これらのデータが人手を介さずに、API(アプリケーションインターフェース)によって、個々の業務ソフトウェアからのアクセスに対して自動で応答することになるだろう。

一方で、購入する資材に対応した CFP に相当する排出原単位のデータベースについては、まだ課題が多い。多くの場合、これらの値は産業連関表をベースに統計的な処理に基づき値を設定しているため、その値は国や地域によって異なるほか、提供する第三者機関によるばらつきも大きい。また、更新の頻度にもばらつきがあり、十分なメンテナンスがされていないデータベースもある。結局のところ、利用する側がこれらのデータベースを取捨選択することになり、データベースの利用コストも含めて負担することになる。

さらにそれ以上に深刻な問題は、購入した製品はサービスに対応する排出原単位が、そもそもカテゴリとしてデータベースに存在しない場合である。現在、国内の LCI データベースとして SuMPO が提供している IDEA は、約 4,800 品目のデータセットを持つ。また、海外では米国の Life-Cycle Inventory Database が約 5,700 品目、欧米で広く利用されている Ecoinvent Database は約 18,000 品目である。

一見するとデータベースはきめ細かな対応がされているようにも思えるが、これらはサプライチェーンの上流に相当する原材料や素材が中心である。サプライチェーンの中流から下流に至る事業者は、特に自動車や電気製品などの加工組立型の製品の場合は、登録されていない。自動車の場合は、そもそも一車種で数万点の構成部品を要する上に、完成製品としてもメーカーごと、車種ごとにさまざまなバリエーションがある。

実際のところ、系列の色濃い企業グループの場合は、独自に標準となる排出原単位データベースを構築し、Tier2、Tier3 を含む系列企業との間でデータ共有することになる。しかしそうしたアプローチは、系列を超えた相互の互換性は保証されない可能性がある。

ISO14025 では、業界ごとに商品種別基準(PCR : Product Category Rule)を設定し、CFP の対象となる製品やサービスを識別するための ID の統一化を行うことができる。ただしそのためには、利害関係者との合意形成をとる必要があり、そのプロセスと労力は多大なものとなる。萌芽的なステージにある業界や、中小企業など、業界団体

を持たないケースでは、そうしたルールを策定する母体がない。また、業界ごとに仮に合意が形成されたとしても、その範囲は限定的とならざるを得ない。おそらく、新たなカテゴリ製品ができるから利用可能となるまで、有識者による審議を経るとすれば、半年から 1 年以上かかるかもしれない。実業界の視点からは、こうしたスピードの点も普及のための重要なファクターとなる。

CTN では、筆者が所属する IVI の基本コンセプトでもある「ゆるやかな標準」のアプローチをとる。ゆるやかな標準のアプローチでは、共通の用語やその用法を一方的に規定するのではなく、それぞれの特異性を認める形で定義した上で、事後的かつ段階的に共通部分を増やしていく。共通部分として定義された共通辞書は、限定的なコミュニティでのみ利用されるため、それぞれの事業者は複数のコミュニティに属し、複数の共通辞書を利用することになる。

「ゆるやかな標準」に従えば、PCR に対応した審査に有識者は不要となり、申請ベースですぐにでも運用が可能となる。あらたにカテゴリを追加したい場合、すくなくとも取引先と当事者間での合意を得ることで最小限のコミュニティが成立する。その後、名実ともに標準として多くの関係者が共通で利用するようになるには、利用する事業者を増やすか、他の辞書を併合する等の自律的な進化のプロセスを経る。一部はデファクトスタンダードとなり、大半はゆるやかな標準としてそのまま利用されるか、いずれ利用されなくなり淘汰される。標準そのもののエコシステムである。

現在 IVI では、ゆるやかな標準辞書として、PSLX (Product and Service Lifecycle Transportation) 共通辞書を提供している。2022 年度版でのデータ数(商品、サービスカテゴリ数)は約 2,700 であり、毎年更新され追加されている。CTN では、このような PSLX 共通辞書を用いて、まずは比較的自由に CFP の対象となる製品カテゴリを設定し、その後段階的に、外部の標準データベースとの対応づけや、CTN 内部での共通化を行っていく。

ゆるやかな標準では、ボトムアップ型で、帰納的な手順を用いて共通カテゴリを収斂させていく。このプロセスにおいて、統計的な手法を用いて、類似したカテゴリの製品やサービス間での比較検討が可能となる。こうしたデータは、ビジネスモデルとしては、事業者間のランク付けや、

同業他社とのベンチマークによるコンサルティングサービスなど、データを活用した付加価値サービスも可能となり、結果として、脱炭素の流れがさらに加速するという効果も得られるだろう。

### 3.4. トレーサビティ探索サービス

4つ目の機能として、CFP 照会におけるトレーサビリティのための探索サービスを挙げる。これは、製品やサービスに対応したカーボンチェーンを、素材や原材料から最終消費者あるいはその事業者がおかれたステージまでをトレースする機能である。これにより、サプライチェーンの源流をたどり、どの時点でCO<sub>2</sub>排出量がどのくらい発生しているかを鳥瞰することが可能となる。こうした情報は、災害時におけるBCP(事業継続のための計画策定)にも利用できる。

ただし、こうした情報の元となるデータは、コントロールが及ぶ子会社や関連会社であれば入手が可能であるものの、それを超えてサプライチェーンの末端からすべてのつながりを見る化することは、そもそも可能であるかが疑問だろう。企業にとっての購入先、調達先は、営業秘

密に属する情報である。仮に中立的な第三者機関であっても、そうしたデータを外部に提供するには相当ハードルが高い。

CTNでは、2つの基本的なアイデアでこの課題を解決している。第一のアイデアは、情報の匿名化である。CTNにおける情報の匿名化では、カーボンチェーンをトレースするために必要なデータおよび個別の CFP の内容を、すべてハッシュ化された 128 ビットの ID で管理し、その名称や属性をサーバー上には保存しないというしくみによって実現する。

たとえば、得意先に対して出荷した製品の品名やロット番号などは、第三者機関のサーバーには知らせずに、ロット ID を通知する。また、その製品の CFP を選出するための根拠となる資材や設備に関する活動量および原単位も、すべてハッシュ化された ID となる。ID に対応する実際の製品名や設備名は、自社または取引先に対して、これとは別のルートでCIOFのデータ取引契約に基づき個別に開示することで対応する。

こうすることで、データを提供する事業者側にとって、データの内容が表示上も実質的にも数字と文字の羅列となり、開示に対する精神的なハードルが下がるだろう。仮にサイバー攻撃を受けた等でデータが漏洩した場合でも、被害は最小限に抑えることができる。

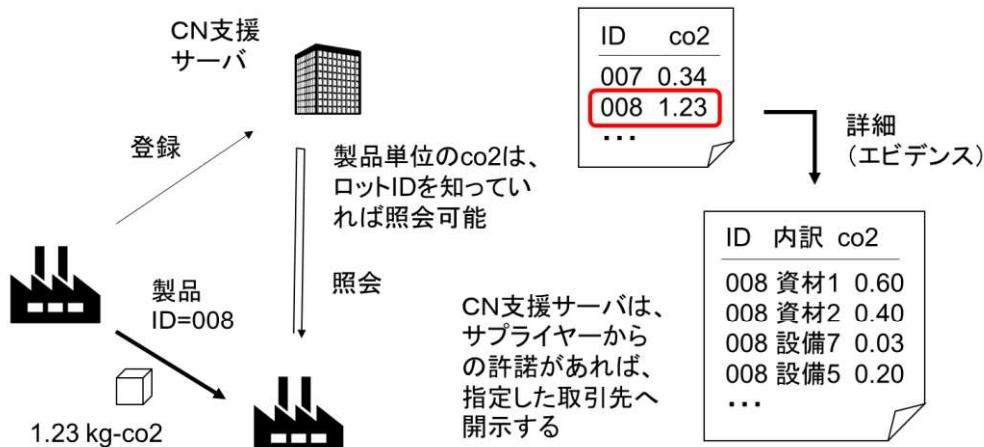


図 4 CFP 情報の匿名化のしくみ

CTN の第二のアイデアは情報の分散化である。ここで情報の分散化は、CTN を構築する際のシステムアーキテクチャーに強く関係している。一般的なサプライチェーンの見える化では、サプライチェーンの上流から下流まです

べての事業者からデータを得ることができた場合を想定している。しかし、モデル上でのシミュレーションではなく、実際の工場におけるモノの出入りをトレースために必要な情報をタイムリーに取得することは、影響力のある取引

先や資本関係がある企業を除けば難しい。

逆にいえば、得意先からの要請であれば、必要に応じて情報を開示することはあるということである。そこで CTN では、すべての情報を一か所のデータベースに集約するのではなく、川下から川上に順次たどる形でカーボンチェーンを明らかにしていく手法をとる。具体的には、ある製品についてその構成部品の内訳を知るために対象メ

ーターに開示請求する。そしてさらにその構成部品のサプライヤーに対して、その素材や部材の内訳の開示を請求するといった具合である。もちろん、そこで開示するのは、製品を構成するすべてのロット ID である必要はなく、たとえば商品種別基準(PCR)として登録された品目のみとするなどの対応は可能だろう。

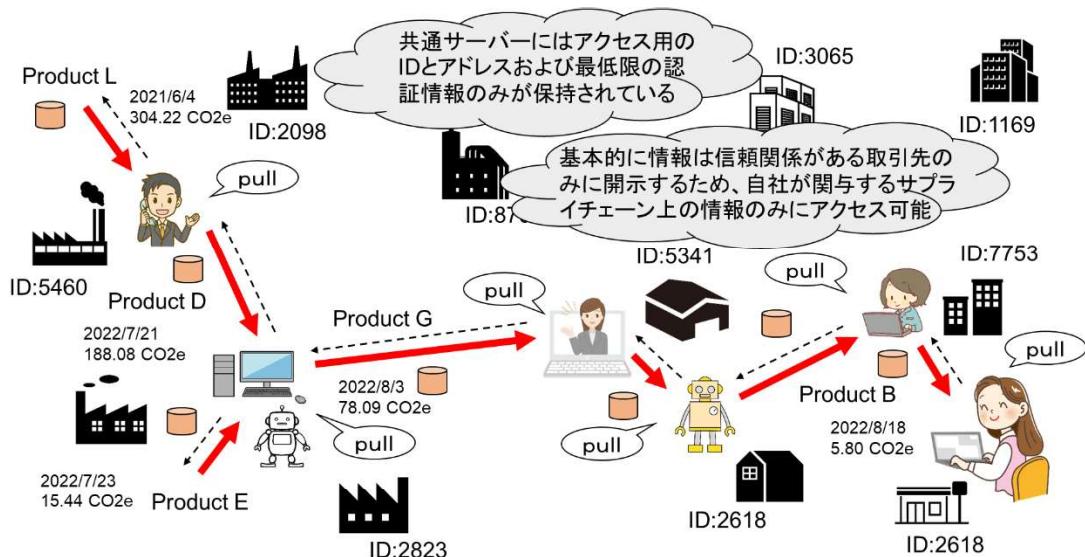


図 5 PULL 型のカーボンチェーン・ネットワーク

もちろん、こうした問い合わせや照会は、各サーバーが提供する API を介してコンピューターが自動で対応する前提である。必要に応じて RPA などの自動化も併用してもよいだろう。ただし、その前提として、各事業者があらかじめ自社のデータの開示範囲は開示ルールを契約として登録しておく必要がある。こうしたデータ取引の契約は、CIOF によって管理される。

分散アーキテクチャとしてさらに重要なことは、こうしたサービスを提供するサーバーが複数のプロバイダーから異なる仕組みとして提供されていても、相互に連携ができる点である。また、グローバルなサプライチェーンでは、国や地域を超えたデータ流通が可能となっている必要がある。CTN をこうした分散化された多様な環境でも機能させるためには、それぞれのプロバイダーに

対して、CFP の管理方法やデータの共有方法などをあらかじめ国際合意の中で定めておく必要がある。

また、参加するそれぞれの連携サーバーが、データを適正に管理し共有できていることを担保するために、ブロックチェーン技術を用いた分散台帳として履歴を残すことで、セキュリティ上の課題はさらに解決する。

現在、欧州では GAIA-X などのデータ流通基盤が整備されつつある。また、国内ではデータ社会推進協議会(DSA)が DATA-EX として、連邦型のデータベースの利用環境を整備している。CTN が前提とする CIOF は、こうした流れの中で、特に製造業に軸足を置いたデータ連携基盤としてすでに運用が始まっている。今後は CTN での活用も含め新たな展開が期待できるだろう。

## 4. 企業間データ流通のためのフレームワーク

CTN の基盤となっている企業間オープン連携フレームワーク(CIOF)は、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)が 2019 年度からスタートした補助事業として、インダストリアル・バリューチェーン・イニシアティブ(IVI)が開発し、2022 年度より実証実験がスタートしている。CTN ではこのデータ連携基盤を活用することで、前の章で示した4つのサービスを可能としている。本章では、データ取引契約をベースとしたカーボンチェーンの連携のための具体的な方法について説明する。

CIOF の特徴として、契約をベースとしたデータの提供および利用であること、辞書によってデータ内容を事前に定義すること、そして認証によってデータが正しく扱われたことを保証することなどが挙げられる。特に企業間でのデータの受け渡しの信頼性を高めるために、データの提供側の権利を保証することが重要となる。そのために、CIOF では、提供したデータの利用のモニタリングを行う機能や、提供したデータの削除を依頼しその実施を確認できる機能などがある。

これらの特徴は、データを企業間で流通させるために必要となる機能として、従来のメールやファイル便などに変わるしくみとして今後の展開が期待されている。以下では、CTN で必要となる契約について見てみたい。

### ■ CFP 算出支援のためのデータ取引

まず CFP 算出支援サービスでは、対象となる事業者と CN 支援事業者との契約を、データ構成モデルの単位(通常のデータベースでいうテーブル単位)で設定する。表 11 では、事業者側から見た場合のデータの提供(PUSH)または利用(PULL)に対する契約について、その構成内

容となるパラメータとともに、その用途を説明している。通常の情報システムでいえば、これらはサーバーがもつ API の定義に近い。CIOF では、これらの各データの送信または受信を契約として定義し、その行為に付随する権利と義務を明確化できる。

### ■ 事業者間での CFP における信頼性の確保

以上の 11 種類の契約は、CFP 算出支援サービスにおいて利用されると同時に、CFP 仲介・認証サービスとしても機能する。たとえば、サプライヤーから資材を受け取ったメーカーは、納品に際してロット ID を受け取ることで、該当する資材の CO<sub>2</sub> 排出量を照会することが可能となる。

もし、そのメーカーもサプライヤーと同様に CFP の算出をする場合には、そこで得られた資材のロット ID を用いて、自身の生産における資材利用の必要パラメータとして設定する。サプライヤーの許諾があれば、その詳細な内訳として、設備利用照会、資材利用照会により、CO<sub>2</sub> 排出量の内訳をみることも可能となる。

### ■ 排出原単位データベースの拡充方法

CFP 仲介認証サービスは、特定の取引先から取得した特定のロットに対する CO<sub>2</sub> 排出量の照会を可能とする。一方で、資材を購入した取引先が CFP 算出サービスを利用していない場合も多いだろう。このような場合は、排出原単位提供サービスが、商品種別基準(PCR)等にしたがったカテゴリに対応して登録されたデータベースから標準的な CFP を提示する。CTN では、この情報元となるのは、CFP 照会サービスで開示する内容を統計処理したものとなる。

表 11 CTN のためのデータ取引契約



契約名	パラメータ	送信方 向	説明
ロット登録	ID	PULL	最終的に出荷する製品について、その生産を開始する時点でロット ID を取得する。以降はこのロット ID に対して、CO2 排出量を積算していく。
資材利用	ロット ID、資材ロット ID、消費量	PUSH	生産するロットに対して資材など構成要素として消費されるロット ID とその消費量を指定する。対応する資材ロットの CO2 が積算される。
設備利用	ロット ID、設備 ID、活動量	PUSH	対象ロットを生産するために利用する設備の ID と活動量として稼働時間を設定する。設備の原単位にしたがって CO2 が積算される。
ロット完成	ロット ID、完成数、不良数	PUSH	対象ロットの生産が完了した場合に完成数と不良数を設定する。この操作によりロットの CO2 排出量が確定し、良品1個あたりの CFP が算出される。
ロット出荷	ロット ID、出荷先事業者 ID、出荷数	PUSH	完成したロットを特定の取引先に出荷した場合に、その数量を設定する。以降は出荷先の取引先が所有者となりロットの情報が照会可能となる。
ロット照会	ロット ID、CO2	PULL	ロット ID を用いてその CO2 排出量を照会する。基本的にロット ID を知つていれば CO2 排出量は誰でも取得できる。
資材利用照会	ロット ID、資材ロット ID、消費量、CO2、日付	PULL	ロット ID に対応した資材ロット ID と排出量および生産した日時等の関連するデータを照会する。許可された者のみがアクセス可能。
設備利用照会	ロット ID、設備 ID、活動量、CO2、日付	PULL	ロット ID に対応して利用した設備の ID および日時や利用時間、そして排出量などのデータを照会する。許可された者のみがアクセス可能。
設備登録	設備 ID、単位、設備原単位	PULL	ロットの生産に先立って、生産で利用する自社の設備を登録し、対応する設備 ID を得る。
設備原単位登録	設備 ID、設備原単位	PUSH	設備 ID を用いて、設備稼働に対応する排出原単位を設定する。登録した以降の設備利用において CO2 排出量の計算に反映される。
設備照会	設備 ID、設備原単位、単位	PULL	自事業者がこれまでに登録した設備について、現時点での設備原単位の一覧を照会する。

これまで、こうした排出原単位データベースを構築しメントナンスするには、多大なコストと専門的な知見が必要であった。一方で、CTN 方式の場合、あらかじめ利用に許諾を得た上で、対象とする生産ロットの製品プロフィールを取得しておくだけで、半ば自動的にデータが蓄積されていく。そして、データ数が増えるほど利用者が増え、さらに

データ数が増えるといったエコシステムを形成し、カテゴリ数も自律的に拡充されていくだろう。

## ■ サプライチェーン全体の見える化

CTN はまだ実証実験段階であるが、今後 CTN の構想に賛同する事業者が増え、それぞれの事業者が生産す

るロットが、資材利用契約によってつながることで、CTNにおけるカーボンチェーン・ネットワークができる。当初は断片的なチェーンとならざるを得ないが、いずれ利用が進むにともない、2030年ころには、日本国内を消費地とするほぼすべての製品やサービスについて、サプライチェーン全域に展開できると期待している。この結果、チェーン上ではどの製品であっても、そのカーボンチェーンをたどって、CO<sub>2</sub>排出量を源流までたどることが可能となるだろう。

ただし、こうした流れは、製造業の自助努力だけでは達

成できないともいえる。2050年のCN目標達成のためにには、最終消費者の脱炭素に対する強い思いが欠かせない。すなわち、最終消費者が、多少価格が高くても、その製品やサービスがライフサイクル全域、サプライチェーンの起点から積算したCO<sub>2</sub>排出量の少ないものを選択するという強い意識が必要である。CTNのトレサビ探索サービスを用いることで、個々の事業者がCFPとしてある意味で自己申告しているCO<sub>2</sub>排出量が、性善説にたよらずとも、十分に正当性が保証できるものとなる。

## 5. まとめと提言

2020年に世界中を震撼させた新型コロナウィルス感染症は、瞬く間に地球規模で感染が拡大し、人類はパンデミックに陥った。底知れない恐怖感の中で、世界は一つの敵に立ち向かうべくひとつにまとまった。これを同じことが、地球温暖化によって、新たな危機として足音をたてずにつけていている。状況の進行スピードが遅いため、なかなか体感的な意味での危機意識は生まれていない。科学的根拠にもとづくシミュレーションや社会的、政策的な議論は、ようやく、いかにしてこの難題を解決し、目標である1.5度の削減を実行するかという実現可能ステップに移ってきた。

ただし、この課題は、個別企業や個人の成長および発展をある種制約するものである。パンデミック時に行動制限により、自由な経済活動が抑制されていたと同じ構造がカーボンニュートラルのための取組の中に含まれている。終わりのない行動規制を求めているという点で、コロナ禍以上に問題は深刻なのである。

本稿で紹介したCFPのためのトラストなカーボンチェーン・ネットワーク(CTN)は、この課題を個別企業や個人の努力を超えて、社会のしくみとして解決するものである。社会全体が背負うべき負担を、公平な立場から公正に配分するためには、政府の施策やNGO的な取組を超えて、それがエコシステムとして産業構造の中に組み込まれ機能しなければならない。社会の神経系として、痛みを共有し、必要な対応を自律共生分散的に対処できる社会的情報システムが求められている。

そうしたきわめて地球規模の大きな話と、より具体的で現実的な目の前の話を結びつけるキーワードがCFPであり、その実現手段がCTNである。CFPは、人間の体内ではたらく、ホルモン物質のように、バランスをはかり危機を回避する情報システムの基本要素となって、持続可能でニュートラルな生態系のためになくてはならないキーファクターなのである。壮大な目標にむけて、まずは着実な第一歩をCTNによって踏み出したい。

## 著者および協力者

### 著者

西岡靖之 (IVI 理事長 法政大学教授)

### 協力者

山本博士 (IVI CN タスクフォース主査 IHI)

岡田和久 (IVI CN タスクフォース副主査 NEC)

高橋英二 (IVI CN タスクフォース副主査 神戸製鋼所)





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



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

## トラストなカーボンチェーン・ネットワークの実現方法

発行者 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  
理事長 西 岡 靖 之

〒102-0073 東京都千代田区九段北 4-3-28-302

電子メール: office@iv-i.org URL: <https://iv-i.org>

発行日 2023 年 1 月 25 日

定価 非売品

(発行者に無断で複製または印刷を禁止します。)