



# ESTAINIUM *Association*

**Time to act - Insights from the ESTAINIUM  
working groups.**

2023 年 4 月

# ESTAINIUM 協会 - 製品関連の脱炭素に向けた課題解決を目的とした、企業横断コラボレーション

オープンで独立した団体である ESTAINIUM 協会は、製品関連の脱炭素に向けた現在および将来の課題に対応するエコシステムの構築を目指しています。ESTAINIUM には、産業界・研究機関・認証機関・カーボンシンク事業者・ソフトウェア開発者など、来るべき炭素循環経済におけるさまざまな立場を代表するメンバーが参加しています。ESTAINIUM が掲げるビジョンは、多段階からなる複雑な生産ネットワーク全体を通じて、炭素排出から CCUS に至るまでの経路を確立するというものです。こうすることで、経済活動と気候への悪影響と相殺措置とを直接的に関連づけます。分散型のトラスト技術と自己主権型データ管理を通じて、サプライチェーン全体でカーボンフットプリントの算定・交換・削減・オフセットを行うことに重点が置かれています。

製品カーボンフットプリント（PCF）算定に関する指針はさまざまな規範や標準により示されていますが、それでもまだ主観的な解釈が必要になります。その結果、一貫性が損なわれることがあります。この問題は手法や PCF データモデルを厳密に整合させ、データ品質を上げ、保証基準を合理化することで解消できる可能性があります。セキュアで信頼性の高い PCF 共有インフラと技術と組み合わせることで、信頼でき高品質のデータを、機密情報を公開することなくエコシステム全体で共有できます。業界の平均値ではなく一次データに特に重きを置くことで、より良いビジネス上の意思決定が可能になり、目に見える改善につながります。カーボンオフセットについては、二酸化炭素除去プロジェクトの選定・比較を支援するための基準が定められています。これは、二重計上を確実に回避した質の高い除去プロジェクトを選ぶために、不可欠な要素です。これらのテーマのすべてを、ESTAINIUM 協会のビジョンを実現するために、協会の各ワーキンググループ（WG）が重点項目として扱っています。

WG1は、製品関連のフットプリント交換に必要な基本的な技術インフラの選定・開発に取り組みます。すべてのステークホルダーの要件を特定したのち、さまざまな技術の分析が行われました。ワーキンググループ1は、Trusted Supply Chain Exchange（TSX）による verifiable credential を用いた分散共有アプローチが、透明性、機密性、データ管理に関する要件を満たし、サプライチェーン上の情報共有のために使えることを実証しています。

WG2 は、複雑さを増す PCF 標準・規範や業界別または製品別のガイダンスへの対応を簡素化することに重点を置いています。相違点を明らかにし、異なる標準間の整合を促進し、あるいは少なくとも可能な限り変換方法を統一することを目指します。主な活動としては、必要とされる PCF データ交換モデルの整合、大規模な検証も可能にする適切な保証スキームの特定、PCF に取り組むメンバーのための手引きやベストプラクティス集の作成があります。現在開発中のナレッジハブでは、PCF 管理のツールやショートカットを提供し、メンバー全員がアクセス可能となる予定です。

WG3は、質の高い炭素除去プロジェクトを算定メカニズムや製品ライフサイクル管理に組み込むためのガイドラインを開発しています。グループメンバーは既存の二酸化炭素除去ソリューションを分析し、そうした除去プロジェクトへの投資の可能性を検討しました。透明性と比較可能性を高めるため、WG3は炭素除去プロジェクトの品質指標策定に取り組んでいます。複数のパイロットプロジェクトにより排出量とカーボンシンクとの関連性が検証され、知見やベストプラクティスも得られています。また、政界と積極的に協議を進め、質の高いプロジェクトを奨励するような規制枠組み作りを後押ししています。

ESTAINIUM のこれまでの歩みはすべて、製品を脱炭素化して持続可能な未来を確立しようという強い意志をもった企業同士の連携があったからこそ実現したものです。

# ESTAINIUM の ねらいとは？



ESTAINIUM は 2022 年、経済活動と気候に与える悪影響の直接的な関連を明らかにするために設立されました。私たちは分散型のトラスト技術と自己主権型データ管理を通じて、サプライチェーン全体でカーボンフットプリントの算定・交換・削減・オフセットを行うことに重点を置いています。このソリューションの特長は、インフラ運用のコストを削減し、全参加主体のデータ主権を維持し、迅速な規模拡大も可能である点にあります。ESTAINIUM には、産業界・研究機関・認証機関・カーボンシンク事業者・ソフトウェア開発者など、来るべき炭素循環経済におけるさまざまな立場を代表するメンバーが参加しています（メンバーの一覧は [estainium.eco](https://estainium.eco) よりご覧ください）。このようなユニークな集団だからこそ、すべてのステークホルダーのために実践的なソリューションを開発し、現在および将来の課題を特定・克服できるのです。以下に示す 3 つの専門 WG の活動のほか、共通のケーススタディやパイロットプロジェクトが協会メンバー間での学びを共有するために定義されています。いずれの活動も、多段階からなる複雑な生産ネットワーク全体で炭素排出からカーボンシンクに至るまでの経路を確立するという協会のビジョン（図 1）の実現を目的としています。

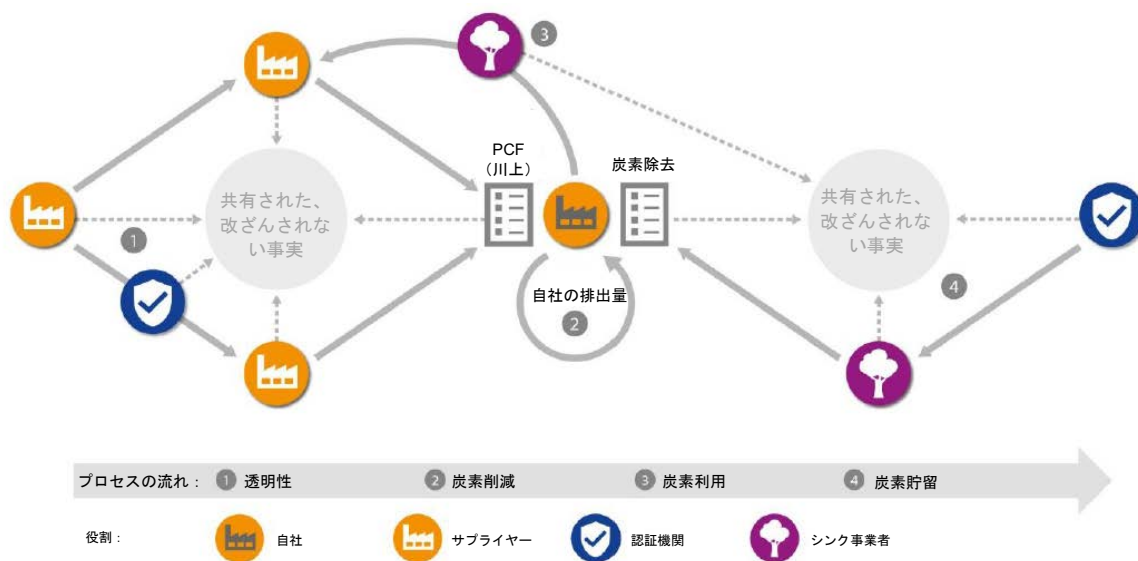


図 1 - 産業のサプライチェーン分散化のための、排出からシンクまでの包括的アプローチ

上の図が示すように、理想的な排出～シンクのプロセスにまず必要なのは透明性の確保です。独立した信頼できる第三者が、報告された数値を評価・検証する必要があります。バリューチェーン上でのデータ交換は、データの保護やセキュリティなどの要件を考慮しながら、共通のデータフォーマットと手法を用いた分散型アプローチで行います。次の段階では、確定した製品カーボンフットプリント（PCF）をできる限り削減しなければなりません。これは、自社の生産環境で排出量削減に努めるとともに、川上のサプライヤーに排出量を削減するよう働きかけることで実現できます。

PCFを削減する対策を実施することがもはや不可能になった場合に限り、残りの排出量をCCUSプロジェクトに投資することで補うべきです。この目的のため、現在では大気からCO<sub>2</sub>を回収し、できる限り耐久性の高い製品（建設資材など）へと変換するプロジェクトを優先するよう推奨されています。この方法は他のバリューチェーンの脱炭素化に寄与するためです。最後の第4段階では、長期的に安定した炭素貯留層（深海や地中圧入など）に投資することで不可避の排出を相殺できます。第3・第4段階のいずれにおいても、カーボンシンクが独立した信頼のおける第三者機関による監査と検証を受けること、また、どの製品がどのシンクに対応しているかという情報を安全かつ信頼できる環境で保管することが不可欠です。このビジョンを実現するためには、いくつかの技術的課題を解決する必要があります。ESTAINIUMは、本文書で示す3つの専門WGによる提言に基づき、これらの課題に取り組んでいきたいと考えています。ESTAINIUM協会は、世界経済フォーラムのイニシアティブである[Industry Net Zero Accelerator](#)の一員であり、ネットゼロ実現のためのソリューション確立の加速を目指す中立的なプラットフォームです。最初の刊行物として、キャップジェミニ、ケンブリッジ大学、ロックウェル・オートメーション、シーメンス、ESTAINIUMが共同で制作した「[The “No-Excuse” Framework to Accelerate the Path to Net-Zero Manufacturing and Value Chains](#)」があります。さらに、ESTAINIUMはスコープ3の課題克服に取り組むイニシアティブに貢献しています。



## 今日の製品関連の環境会計メカニズムが抱える課題とは？

製品の脱炭素化とは、生産および輸送時の温室効果ガス排出量（主にCO<sub>2</sub>）を削減することを指します。製品の排出量は、製品製造の全段階を通じ、また製品のすべての部品や材料にわたって、有効な排出量を合算するという形で管理されてこそ削減できるものです。このように

合算した値が製品カーボンフットプリントと呼ばれ、製品ライフサイクルの段階に応じて分析されます。これはWBCSDが制定したGHGプロトコル（製品基準）で定義されています。WBCSDは企業や政府に温室効果ガス排出量管理のための標準や手引き、ツール、トレーニングを提供する組織です。

- 企業活動で生じる直接的な温室効果ガスの排出を削減（例：燃料燃焼によるCO<sub>2</sub>排出量）
- 購入するエネルギーの生産で生じる間接的な排出を削減（例：電力、蒸気、熱）
- バリューチェーン川上のサプライヤーによる間接的な排出を削減（例：部品や補助材料）
- カーボンオフセット（例：カーボンシンク事業者と製造業者とをつなぐ）最後のこの選択肢を検討するのは、もうこれ以上脱炭素化の手段がないという場合にとどめるべきです。

PCF算定の指針は、さまざまな規範や標準により定められています。その基盤になっているのが、ISO 14044<sup>1</sup>などのライフサイクルアセスメント（LCA）に関する標準です。炭素排出量はLCAにお

<sup>1</sup> M. Finkbeiner, et al. “The new international standards for life cycle assessment: ISO 14040 and ISO 14044.” The international journal of life cycle assessment 11.2 (2006):80-85.

ける 1 カテゴリーに過ぎないため、GHG に特化した ISO 14067<sup>2</sup>や GHG プロトコル製品基準<sup>3</sup>といった規範が定められました。これらの規範は特定分野に広く適用できるものの、そのためにずれが生じる部分もあり、解釈の余地が残ります。そこで、比較可能性確保を目的として各業界が製品分類別基準（Product Category Rules（PCR））、さらには製品固有基準（Product Specific Rules（PSR））やサブ仕様までを定めました。同種の製品グループ内の PCF について、LCA の結果の比較可能性を高めることが狙いです。

しかし、これらの取り組みはいずれも従来型の PCF 評価を前提としたもの、すなわち単一の LCA 従事者がその LCA 従事者の目の前のシステム外のプロセス段階を含むバリューチェーン全体をモデル化するというものです。LCA 従事者の管理できる範囲外の活動を対象に試算を行う場合、二次データベースから得られる業界平均値を反映した仮説に頼ることになります。平均値を使用すると、製品設計が確定した後で異なるサプライヤー同士を比較することが困難になります。脱炭素化のユースケースにおいて、これは調達意思決定における環境的な要素が、サプライヤーの所在地などの単純な指標にのみ限定されることを意味します。しかし、調達の意思決定を合理的に行うためには、サプライヤーの技術の進化、とりわけ環境面で競争優位性があるかどうかを考慮しなければなりません。このような、複雑なサプライチェーンの活動を単一の主体が評価するという内在的な課題を克服するための最も明白な改善策は、関与するステークホルダー全員に各自の活動を評価させることです。このように各自で評価した結果が合算され、材料、部品、製品、またはサービスの環境フットプリントという形で、バリューチェーン上で交換されます（＝「製品カーボンフットプリントチェーニング」）。手法に一貫性を持たせるには、さまざまなレベルで標準化を行うほか、定められたルールを大小さまざまな規模で施行する必要があります。多様な業界からなるバリューチェーン全体に適用可能な標準化された手法が適用されているかをモニターしつつ、サプライヤー固有の数値を合算するには、デジタルでの PCF 共有アプローチが必要です。

## 誰が PCF 交換の標準化に取り組んでいるのか？

現在さまざまな団体やイニシアティブが、バリューチェーン全体で使えるデータ交換プロトコルやフォーマットを備えた、PCF の交換・合算のための標準作りに取り組んでいます。

**WBCSD PACT** - 「持続可能な発展のための世界経済人会議」（WBCSD）は、ビジネスの持続可能性を高め持続可能な世界の実現を加速させるために、サステナブルな先進企業 200 社以上が集い協力する世界的なコミュニティです。2021 年 3 月に発足した WBCSD Pathfinder Initiative とそれに関連する WBCSD 主催の Partnership for Carbon Transparency（PACT）<sup>4</sup>は、サプライチェーン上で実際の炭素排出量（スコープ 3）データ交換を



<sup>2</sup> R. García and F. Freire. "Carbon footprint of particleboard: a comparison between ISO/TS 14067, GHG Protocol, PAS 2050 and Climate Declaration." Journal of cleaner production 66 (2014):199-209

<sup>3</sup> Bhatia, P. et al., 2011. Greenhouse Gas Protocol Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard, WRI: World Resources Institute. United States of America.

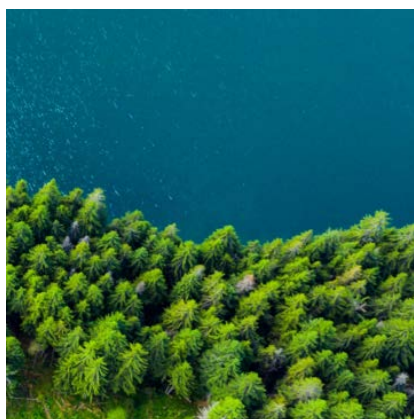
<sup>4</sup> Pathfinder Network Technical specifications for Use Case 001: PCF Data Exchange: [20220614 For publication: Use Case 001 \(carbon-transparency.com\)](https://www.wbcSD.org/Pathfinder-Initiative/Use-Cases/001-carbon-transparency.com)

幅広く行うという目的に特化した共同イニシアティブです。エコシステムアプローチに基づいて設立された PACT は、バリューチェーン上や多様な業界のステークホルダーのほか、各業界のイニシアティブ、標準化団体、先進的なテクノロジー企業、報告団体、規制当局を一堂に集め、シナジーを活用し、専門知識を結集させています。PACT が立ち上げた Pathfinder Network はソリューションに左右されないアプローチに基づき、各製品の排出量の一次データにすべての組織とバリューチェーンがアクセスできるよう、相互運用性の確立に重点を置いています。WBCSD は、ビジネスのアジェンダをサステナビリティに合致させることに重点を置き、GHG プロトコルの提唱者として、この取り組みを信頼できる形で主導するのに最適な立場にあると考え、PACT ネットワークのさらなる発展のための詳細な計画を立てています。

**Catena-X** は、自動車業界のためのオープンデータエコシステムです。バリューチェーン上のあらゆるサプライヤーや OEM 同士をつなぎます。Catena-X は非常にオープンで、他の業界やエコシステムも参加可能です。セキュアで主権が確保され、標準化されたデータ交換が可能な、デジタルでサプライチェーン全域にわたるユースケースに対応したビジネス・アプリケーションが実装される予定です。

### Together for Sustainability (TfS)

Together for Sustainability は化学業界の CSR の基準向上を目的とした同業界のイニシアティブです。TfS は PCF 算定のガイドラインを定めており、このガイドラインは TÜV Rheinland Energy により、ISO 14067: 2018、WBCSD Lifecycle Metrics for Chemical Products（化学製品のライフサイクル指標）: 2014、GHG プロトコル製品基準: 2011<sup>5</sup>に適合していることが認証されています。



## ESTAINIUM の 専門ワーキンググループとは？

ESTAINIUM の 3 つの専門 WG は、協会のビジョンのそれぞれ異なる側面に重点を置いています。WG1 は、製品関連の環境フットプリント交換に必要な技術インフラの選定・開発に取り組んでいます。WG2 は、バリューチェーン全体で広く受け入れられるデータ交換フォーマットの確立を目指し、異なる PCF 標準・規範を整合させることに重点を置いています。WG3 は、質

の高い炭素除去プロジェクトを算定メカニズムや製品ライフサイクル管理に組み込むためのガイドラインを開発しています。各グループは定期的に意見交換を行いながら、特化した課題に集中的に取り組んでいます。



図 2 - ESTAINIUM の専門ワーキンググループの活動形態

以下のセクションでは、各 WG が主な課題に関する知見を述べ、さらに各活動分野の現状、最初の成果、今後数か月の取り組みの展望を紹介します。

<sup>5</sup> <https://www.tfs-initiative.com/news/tfs-product-carbon-footprint-guideline-is-now-tuv-certified>

## WG 1 - 技術とインフラ

「相互運用性のみならず、データ主権や機密性の要件も特定し実現する」。これが、製品カーボンフットプリントやその他の ESG（環境・社会・ガバナンス）データ交換に必要な技術インフラの選定と開発に取り組む WG1 の目的です。現時点では、協会の活動の重点は気候変動の影響領域（すなわち、温室効果ガスの地球温暖化ポテンシャルを反映させた PCF。宣言単位あたりの排出量 kgCO<sub>2</sub>e で表す。）に置かれていますが、将来、対象が拡大する可能性もあります。協会メンバーは、この技術スタックを共同で設計する予定です。この技術スタックはオープンソースソリューションで、あらゆるソフトウェアプロバイダーが自社ソリューションを ESTAINIUM ネットワークに接続できるようになります。この技術は、IDunion の自己主権型アイデンティティ（SSI）アプローチに基づいたものです。WG1 は以下の活動に取り組んでいます。

- 業界に受け入れられる技術およびインフラの要件（例：データ主権、機密性）を特定する
- PCF や ESG に関するデータ共有インフラの基盤となるインフラを選定し、必要な拡張機能を開発する
- PCF や ESG のデータを交換するためのアーキテクチャ、ビルディングブロック、共同標準を開発・公開する
- 共有インフラ運営のための組織を特定および／または設立する

### PCF 共有インフラに必要とされる 主な技術的要件とは？

このセクションでは、サプライチェーンにおける PCF 共有のための技術およびインフラの要件を挙げます。これら要件のなかには、ESG データの製品関連情報に当てはまるものもあります。

**機能要件：** 上述の現行の業界平均値に基づいたライフサイクルアセスメントよりすぐれた PCF 共有インフラを構築するにあたっては、以下が主要な要件となります。

- **製品定義：** 企業が製品や製品ファミリーを追加・管理できる。製品は部品および／または材料で構成される。部品や材料はサプライヤーから調達される。BOM バージョンに製品のサプライチェーンが反映されている。
- **サプライヤーのオンボーディング：** 企業は、効果的な PCF 共有のためのデジタルな手段に参加するよう、サプライヤーに働きかけることができる。
- **PCF の要求・受信・送信：** 企業は、サプライヤーにデジタルで PCF データを要求できる。PCF の要求は部品ごとに送ることができる。企業は顧客から、特定の製品に関する PCF データ共有の要求を受ける。企業は要求に応え、その製品の PCF データを送る。
- **PCF の合算：** 材料の請求書と企業の排出量に基づき、その製品の PCF をサプライチェーン上の数々の段階をまたいで合算できる。
- **相殺：** 共有アプローチは、PCF 値と川上の各サプライヤーに対応する排出量相殺値を信頼のおける形で合算できるものでなくてはならない。



**開放性：**このプラットフォームと関連標準は、参加とソフトウェア開発の面でオープンなものにする必要があります。PCF 共有には、さまざまな業界における多数の企業の協力が必要です。多くの組織にとって使いやすいオープンなプラットフォームでなければ、現在の限定的な慣行のあり方を変える大規模なコミュニティの形成につながりません。すべての組織が、それぞれの役割を担って共有ソリューションに参加できるようにすべきです。明快でわかりやすい参加条件を定める必要があります。原則としてどのような企業も排除せず、誰もが満たせるような条件でなければなりません。さらに、常に改善を続けユーザーの要求に応えるため、オープンソースソフトウェア開発の原則を守ることが ESTAINIUM の活動にとって不可欠です。

**データの透明性：**PCF データ、起源、フローは関係者にとってわかりやすいものにしなければなりません。顧客は製品情報を受け取り、サプライヤーはその情報がどのように使われたかがわかる、双方向的なプロセスとすることが必須です。さらに、データ提供者の許可がなければデータを他の参加者に転送できないようにする必要があります。このようにすることで、サプライチェーン上に信頼関係が生まれます。

**信頼性：**サプライヤーから顧客に送られる PCF データは、データを受け取る顧客が信頼を前提とし標準的な電子署名スキームに基づいてそのデータの正確性と質を検証できるような、検証可能なフォーマットである必要があります。

**機密性：**製品に直接関わりのある関係者のみが、その製品の PCF データにアクセスできるようにする必要があります。同様に、不要な開示義務は共有プラットフォームへの企業の参加を妨げになるため、内部プロセスや機密情報の共有は任意とするべきです。物流、サプライヤー、BOM についての情報は機密扱いとしなければなりません。

**標準：**PCF データをサプライチェーンに関わる全員が共有するための主要機能は、成熟した非独占的な業界標準とオープンソースソフトウェアに基づいたものであるべきです。PCF 交換のためのプロトコルやデータセマンティクスに関する標準は独占的な PCF 共有アプローチと比べ大幅なコスト削減につながる可能性があります。

**業界中立性：**共有アプローチの標準、データフォーマット、プロセスは、業界に左右されない中立なものでなくてはなりません。ESTAINIUM は、多くの業界が関与する複雑に絡み合ったバリューチェーンに革新的な変化をもたらすことを目指しています。多様な企業が参加できる普遍的なインフラを構築することが、複数業界にわたるデータ統合の実現において不可欠です。

**大企業と中小企業：**プラットフォームの統合と共有コミュニティへの参加は、大企業も中小企業も等しくできなければなりません。包括的な PCF 合算にはバリューチェーン上のすべての企業の参加が必要ですが、通常そこには、大規模なソフトウェアプロジェクトに割くリソースを持たない中小企業が多数含まれます。あらゆる規模の企業が容易に参加できるようなアプローチを設計する必要があります。

**データ品質：**ESTAINIUM 協会は高品質なデータの確保を目指しています。どのようなセクターにおいても PCF 改善に向けた取り組みは現状に関するデータに依拠しているため、それが正確で完全であることが極めて重要です。加えて、必要なデータをタイムリーに一貫性をもって提供することが、この開発プロセスの中核にあります。データ品質にはデータ取得プロセスの監査も含まれます。

**効率性：**共有システム自体の運用時の排出量を最小限に抑える必要があります。

PCF = 製品カーボンフットプリント

ESG = 環境・社会・ガバナンス

LCA = ライフサイクルアセスメント

PCR = 製品分類別基準

PSR = 製品固有基準

EPD = 環境製品宣言

GHG = 温室効果ガス





## PCF 共有技術には どのようなものがあるのか？

**オンラインデータベース：**製品関連情報はオンラインデータベースで共有するのが最もシンプルです。このアプローチは International Material Data System (IMDS) でも、自動車製造に使われる材料に関する情報の保管に採用されています。

このアプローチでは通常、単一の組織が一元的に管理を行います。

**データコネクタ：**分散型のデータスペースを構築する際、制御された方法でデータを提供・消費するためにさまざまな企業がデジタルコネクタを利用しています。例えば Catena-X は Eclipse Data Space Connector (EDC) を活用し、自己主権型で組織の枠を超えたデータ交換を実現しています。EDC は、International Data Spaces Standard (IDS) と GAIA-X に関連する原則に従った自己主権型・組織横断型のデータ交換フレームワークアグリーメントを実行します。EDC は、代替プロトコルもサポートし、またさまざまなデジタルエコシステムに統合できるよう、拡張性を備えた設計になっています。

**Verifiable Credential：**Verifiable Credential は、分散型共有アプローチの実現をさらに推進します。私たちは日常生活において証明書に親しんでいます。運転免許証は自動車を操作できることを証明し、大学の学位はその人物の教育水準を裏付け、パスポートは異なる国のあいだの移動を可能にします。Verifiable Credential は、物理的な証明書と同じ情報を提供できます。電子署名などの新しい技術を追加することで、Verifiable Credential は物理的な証明書よりも偽造しにくく信頼できるものになります。

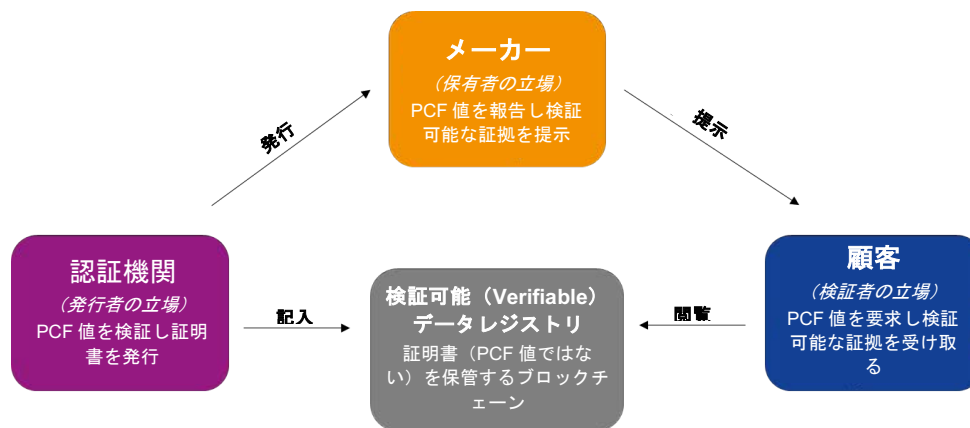


図 3 - 製造業での PCF 共有における Verifiable Credential アプローチ

W3C<sup>6</sup>が示す Verifiable Credential データモデルには、3 つの主体が関与します。発行者、保有者、検証者です。保有者は 1 つまたは複数の Verifiable Credential を保有し、その証明書の検証可能なプ

<sup>6</sup> World Wide Web Consortium (W3C). Verifiable Credentials Data Model 1.0. 2019.  
<https://www.w3.org/TR/vc-data-model/>

レゼンテーションを生成します。発行者は、1 つまたは複数の対象について要求を主張し、このような要求に基づき Verifiable Credential を作成し、保有者に Verifiable Credential を送信します。

Trusted Supply Chain Exchange (TSX) とは、Verifiable Credential に基づいた、サプライチェーン上における認証済み製品レベル情報（例：CO<sub>2</sub> 排出量、または環境・社会・ガバナンスに関する特性）を交換する手法です。TSX はサプライチェーン上のステークホルダー間で情報を共有する際の、透明性、機密性、データ制御に関する要件を備えています。

認証機関は複雑なサプライチェーンにおいて信頼性を確保する上で、すでに重要な役割を担っています。製品カーボンフットプリントのための TSX の実行時には、部品や製品のメーカーは電子署名入りの Verifiable Credential を製品カーボンフットプリント (PCF) 証明書として発行する認証機関を選びます。認証機関はメーカーの生産工程と炭素排出量測定についての情報に基づき、PCF 証明書をメーカーに対し発行できます。このようにして、メーカーは PCF 証明書の保有者になります。メーカーは 1 つまたは複数の PCF 証明書の属性に基づいて暗号化された証拠を取得して、顧客に提示できるようになります。検証者である顧客は、認証機関の公開デジタルキーを使って、提示された証拠の正確性を確認できます。

ここで重要なのは、2 つの「検証」プロセスが存在することです。

- PCF 値の検証、すなわち算定過程と PCF 値の結果の監査を独立した第三者（＝「認証機関」）が行う。
- 証明書のデジタル検証、すなわち共有された PCF をブロックチェーン上の暗号鍵と照合する。

PCF 証明書の発行者・保有者・検証者という 3 つの立場は、TSX アプローチの複数段階で適用されます。メーカーはまず自社製品に関する証明書の保有者であり、次にサプライヤーから提示される証拠の検証者にもなります。PCF 証明書を多段階に適用することで、顧客はサプライチェーンの前段階で認証者が PCF 認証書を発行した部品や材料すべてについて、信頼できる方法で製品カーボンフットプリントの合計を検証できます。このアプローチではサプライヤー、部品、材料を特定できるような機密情報は保護され、検証者である顧客が閲覧することはできません。メーカーは炭素排出量データを管理し、いつ、どのビジネスパートナーとデータを共有するかについても決定できます。

## 既存の技術は PCF 共有の要件を満たしているのか？



このセクションでは、各イニシアティブが特定した技術をどのように活用し、本文書で前述した要件にどう対応しているかを紹介します。

WBCSD PACT はさまざまな度合いで、それぞれのガバナンスに応じた開放性を確保しています。

また、データの透明性はデータコネクタと Verifiable Credential によって確保されています。

ただし、オンラインデータベースに関しては、必ずしも双方向のデータ生成という Web2 の原則に基づいて設計されたものでないため、透明性が限定的な場合もあります。信頼性・機密性とデータ透明性の連携は、オンラインデータベースに基づくシステムではサポートされていません。また、WBCSD PACT は算定の手法とフレームワークに重点を置いているため、信頼性や機密性を重視し

ていません。データコネクタを使った Catena-X などのシステムには、受け取った PCF 値を自動で検証できる第三者による証明書を共有する技術が、現時点ではありません。ただし Verifiable Credential は、データの透明性と機密性という非機能要件の両方を満たすための土台になります。Trusted Supply Chain Exchange (TSX) は、Verifiable Credential を連鎖的に活用する方法を示唆しています。

サプライチェーンでのデータ交換の標準を設けるという目的は、すべてのイニシアティブに共通しています。共有技術はどれも、さまざまな標準化団体 (ISO、GHG プロトコル、W3C) による標準に関連するものです。大企業・中小企業を問わず業界中立性を確立するという目標は、すべてのイニシアティブや技術が掲げています。データ品質は、特定されたすべての技術において対処すべき事項であるため、WBCSD PACT イニシアティブでもとりわけ重視されています。

最後の要件である効率性は、すべてのイニシアティブや技術にとって不可欠です。しかし、共有システムや技術の PCF を見積もることは困難です。

**特定した課題の解決に向け、この WG は以下の活動に取り組んでいます。**

- サプライチェーンでのデータ共有の目的と要件を定義します。
- PCF 共有と相殺に活用できる既存の技術やインフラを調査します。
- 定めた要件を考慮して、既存の共有技術やインフラの限界を特定します。
- PCF 共有と相殺のための、対象業界を限定しない技術スタックを推奨します。
- 推奨する技術スタックに基づいたインフラ上で、さまざまな PCF 管理アプリケーションとの相互運用性を探るパイロットを実施します。
- ESTAINIUM の技術スタックの拡張機能を開発します。

#### 「行動への呼びかけ」

あなたの PCF 管理アプリケーションで相互運用性のパイロットに参加しませんか？ サプライチェーンでのデータ共有における業界のデファクトスタンダード確立にぜひ加わってください。

## WG 2 - 標準・規範の互換性

一次データに基づいたサプライチェーンの脱炭素化というビジョンを実現するために最も重要な前提条件の1つは、広く受け入れられるデータ交換フォーマットの存在です。ESTAINIUMのWG2は、PCF分野の標準と手法を調和させ、データ交換が業界全体で活発に信頼できる形で行われるようにすることに重点を置いています。主な活動には、必要なデータモデルの整合、大規模な検証も可能にする適切な保証スキームの特定、PCFに取り組むメンバーのための手引きやベストプラクティス集の作成があります。メンバーは、ライフサイクルアセスメントと製品カーボンフットプリント算定における主要な各イニシアティブと協力しています。目標は、一貫性のある手法を確立して相互運用性を確保すること、そしてカーボンシンクのような新領域を効果的かつ整合性をもって取り入れることです。



### PCFの算定と交換における課題とは？

現状では、PCFとして示される地球温暖化ポテンシャルなどの環境影響は、LCA従事者が二次データに基づき川上バリューチェーンをモデル化して導き出しており、そのためサプライヤーが提供する一次データ

はそこには含まれません。そのため、次のような課題が浮上します。単一の主体によるバリューチェーンの評価にはサプライヤーごとの個別データが含まれない一方で、評価手法の一貫性は高く保たれます。それに対し、分散型の評価アプローチ（以下「製品カーボンフットプリントチェーンング」という）では最大限に具体的なデータを利用できる可能性がある一方で、すべてのステークホルダーが一貫した手法を取ることは期待できません。手法の一貫性を高めるには、さまざまなレベルで標準化を行うほか、定められたルールを大小さまざまな規模で施行する必要があります。PCFの算定と報告、および関連するプロセスの多くの面を標準化することは、評価の責任を1人の人間からバリューチェーン全体に及ぶ主体のネットワークに振り分け意味ある成果を出すために最も重要な前提条件です。以下のパラグラフでは、製品カーボンフットプリントチェーンングを支えるために開発と整合が必要な主要な要素を紹介します。これらは、ESTAINIUMコミュニティ内のライフサイクルアセスメント従事者の視点から判断したものです。

#### PCFチェーンング

サプライチェーン上のサプライヤー独自のデータをPCFとして合算するための分散型評価アプローチ

#### 手法の整合

主要なLCA標準であるISO 14040/44、ならびにPCF標準であるISO 14067によって、評価へのアプローチについての高レベルな手引きとルールが示されています。手法の前提条件とデータ収集工程を、高い透明性をもって文書化することが求められます。しかし、LCA従事者には主観的な選択の余地が多く残されます。ISO標準に基づいたさらに別のガイダンスでは、より細かく限定的なルールが定められています。そのような文書は複数レベルで存在し、以下のように分類できます。

- 業界横断的なルール（例：WBCSD Pathfinder、EU 製品環境フットプリント）
- 業界別のルール／製品分類別基準（例：自動車業界向けの Catena-X、エレクトロニクス製品向けの PCR である DIN EN IEC 63366、スイッチギアとコントロールギア向けの IEC TS 63058）

市場で環境製品宣言（EPD）を求める声の高まりを受けて、製品分類別基準および製品固有基準も増えています。しかし、個々の EPD プログラムがルールを公開することはよくあるものの、手法の要件や用語が異なる場合があります。同一の細かいルールに従った評価同士の比較可能性は確保されていますが、他のルールセットと照らし合わせると手法の不一致が生じる可能性が高くなります。そのため、これがサプライチェーン全体の PCF に連鎖していくと著しい矛盾が生じる可能性があります。一般的に、製品の多くには業界横断的な標準が適用されるものの、個別のルールがないことから、LCA 従事者が主観的な選択をせざるを得ない場合があります。ここでもまた、結果として LCA 調査のあいだで一貫性が損なわれる可能性が生じます。

### PCF 交換データモデル

製品関連アセスメントの結果を交換する際は多くの場合、対象オーディエンスのために記述メタデータで補完する必要があります。そのようなメタデータは、製品について記述した属性、採用された評価手法、データ収集、品質表示、検証ステートメントからなるデータモデルを形成します。ISO 14000 シリーズの LCA 規格では評価報告書に透明性の高い記述を求められますが、LCA 従事者が他のステークホルダーとデータを交換する際は多くの場合、どの属性を公開するかを選択できます。透明性を確保する上では、採用した手法と評価範囲についての最小限の情報が受け取った PCF を比較するために必要です。そのため、標準化されたデータフォーマットが不可欠なのです。

主要な PCF イニシアティブには、例えば、ほぼ毎年というペースで標準文書を頻繁に更新されるものがあります。これは、一方ではメンバーの合意を必要とし、他方では LCA 従事者の実際のフィードバックを必要とする反復的なプロセスであることを示しています。更新された文書には、必要な属性や計算ロジックの変更が含まれる場合があります。PCF 共有プラットフォームなどのソリューションプロバイダーや二次データベースは、このような更新サイクルに足並みを揃える必要があります。その結果として、適用したデータモデルの異なるバージョン間で不一致が生じる場合もあります。また、更新して新たな論点を導入するたびに、イニシアティブ間の整合作業が増える可能性があります。

### 標準化による施行

全般的に手法に一貫性を持たせる必要があることから、幅広い製品に適用でき、かつ比較可能性を高めるため十分に詳細な標準化されたルールセットが求められます。手法の選択は、異なる製品システム間での環境影響の算定や属性特定に大きく影響しうると言えます。仮に、サプライチェーン上のすべての参加者に同一の狭義のルールセットを適用した場合、恩恵を受ける業界がある一方で、どの影響が自社の製品システムに紐付けられるかによって不利を被る業界が現れる可能性があります。交換される PCF 間で手法の一貫性を確立するために標準化を行う場合、比較が容易になる一方で、トレードオフで公平なルールが失われるという問題が生じます。

### LCA 知識の主流化

一般的に、PCF 算定は LCA の原則に従って行われ、一定レベルの専門知識を要します。LCA 従事者は通常、関連する基準に即して LCA 調査の実施方法に関するトレーニングを受けています。そのようなトレーニングを受けていない非専門家は多くの場合、手法の選定、システム境界の設定、配分係数の定義、EoL の取り扱い、排出係数の選定、特定の温室効果ガス排出カテゴリーの算定、イ

ンプットデータとアウトプットデータの読み方などの、PCF の算定と解釈を行うための能力を備えていません。つまり、LCA の実施と解釈の実践は、今なお産業界での PCF 共有を加速させるほどには主流化していないのです。

しかし、現在の LCA コミュニティでは、非専門家でも PCF 値を導出できるようにするため、複数の方法が検討されています。

- コンサルティングサービス（例：ケースごとに PCF を算定）
- フルサステナビリティサービス（その企業の活動データと二次または一次係数に基づき、企業レベルおよび製品レベルのカーボンフットプリントを算定）
- 化学、鉱業、食品飲料、輸送など、業界別・産業別の排出係数がわかる、すぐに使えるデータベース
- 企業のカーボンフットプリント算定のために設計された既存データベースの活用方法についてのアドバイス
- 概算ができる、導入しやすいデータインプットを備えた算定エンジン
- 自社の活動データを概算するための、ステップごとの手順を示したガイドライン

どの標準やガイドライン文書がどのユースケースに関係するのかという知識が非専門家にはないことが、カーボンフットプリント算定への参加を妨げていると考えられます。PCF 算定の導入を促すには、標準の概要や運用ガイドにアクセスしやすくすることが重要です。さらに、同業者間のベストプラクティスの共有は、この分野の新規参入者にとって貴重な情報源になります。機密性保持の観点から、こうしたベストプラクティスは多くの場合アクセスが制限されるか、小さなグループにのみ対象を限定しています。

## 質と詳細度の評価

アセスメントの総合的な質を確保するには、データの不確実性と代表性、ならびに手法の前提条件の評価が必要です。このような評価は、すべてのライフサイクルアセスメント調査の解釈段階において不可欠な要素です。現在の文献には、定量的アプローチと定性的アプローチの両方の例が多数示されています。

モンテカルロ解析によって得られる許容誤差のような定量的アプローチでは、多くの場合、詳細なデータと準備作業が必要になります。定量的アプローチの利点は、意思決定を助ける確実な指標となりうること、さまざまなシナリオを選択した場合の影響についての情報が得られることです。

定性的アプローチは、不確実性と代表性のレベルを高レベルで評価するため、非常に主観的になることが多くなります。さまざまなデータインプットの代表性を評価するための典型的な例が、Pedigree-Matrix です。異なるカテゴリー（例えば地理・時間・技術・完全性）を対象に、「悪い」、「良い」、「非常に良い」などという離散準位で定性的に評価します。各 PCF イニシアティブは、質の高い PCF の交換を目指しているため、代表性スコアをメタデータとして報告することを求めています。代表性評価のアプローチ方法に関するすべての基準間の整合性は、今のところ完全には達成されていません。

品質は本質的に値に基づく属性であるため、LCA 従事者によって高い価値があるとみなされる特性もあります。一次データ比率（Primary Data Share: PDS）指標とはサプライチェーンの詳細度を示す指標で、特にサプライチェーン全体での PCF 交換では重要性が増していると思なされます。ただし、LCA 調査の大半は今なおデータベースから得られる二次データに大きく依存しているため、一次データ比率はその重要性が判断できるほど多くの LCA 調査で実施されていません。一次データ比率の算定には、排出係数、活動データと並んで追加パラメータが必要になります。それにもかかわらず、主要な PCF 標準化イニシア

### 一次データ比率

合算された PCF 中の一次データ  
(活動、排出係数) の比率を示す  
指標

タイプは、この指標の使用を推進しています。各イニシアティブが示す定義は、複数の点で異なるため、一貫性が保てなかったり、一方の基準を他方よりも優先的に選択したりすることも考えられます。

## 保証

企業が自社製品の環境影響について主張する際は、信頼性を確保することが非常に重要です。信頼性を確保するための大切な要素の1つに、PCF 値を補完するメタデータとして、適用される前提条件と手法を透明性のある形で示すことが挙げられます。信頼性のもう1つの根拠になるのは、第三者による手法と結果の検証です。検証結果にアプローチする方法はさまざまです。例えば、一般に認められている値に照らしてのベンチマーキング、ピアレビュー、算定方法のみの検証、認証機関による従来型のケースごとの検証などです。

一般に認められている第三者によるケースごとの検証が、現在のところ最も信頼性が高いと言えます。しかし、有資格者の数が大きなボトルネックになると考えられるため、このアプローチの拡張性には限界があります。許容可能なレベルの信頼性と保証を確保するには、より拡張性の高い別のアプローチでこの不足を補わなくてはなりません。大多数のステークホルダーと対応するイニシアティブに受け入れられるような、合理的な検証スキームが必要です。検証レベルと検証プロセスそのものの標準化が必要です。検証の標準的手順について合意が形成されたら、検証された情報の受け手にも検証ステートメントの読み解き方を教える必要があります。

主要な PCF イニシアティブのいずれにおいても、保証は重要なテーマとされています。WBCSD のフレームワーク Pathfinder は高レベルな保証スキームを採用し、信頼性確保の重要性を強調しています。企業別カーボンフットプリント算定標準と多くの類似点を持つ、今後長期的・短期的に LCA 従事者に求められるさまざまな要件が強調されています。一方、Catena-X は個別のワーキンググループ活動で検証に取り組んでいます。検証活動とその結果として得られた真正性のレベルを定義することで、検証標準の基盤を作ることを目指しています。

## このような課題に対処するための ESTAINIUM の取り組みとは？

PCF 標準化イニシアティブである WBCSD Pathfinder、Together for Sustainability、Catena-X が公開した PCF 手法を整合することが、この WG の主な活動です。以下のようなアプローチが採用されています。まず、メンバーは現状、共通点、非互換性を明らかにします。次に、特定の手法的側面やデータモデル属性を整合させるための提案をメンバー間で議論したうえで策定します。そして、ESTAINIUM は主要なイニシアティブ間の整合プロセスを進めたり、あるいは既存のフォーマットを取り入れたりすることで、議論を通してこれらの提案を積極的に推進・擁護します。現時点では、ESTAINIUM には独自の標準を設定・公開する予定はありません。むしろ、ESTAINIUM は、PCF 標準文書を定め公開するイニシアティブ間の合意形成を目的とした、議論の中立的なパートナーとしての役割を果たします。ESTAINIUM とその WG が持つ最大の強みは、PCF 交換に従事する実務者の間で生じる方法論上の要件をモニタリングし伝達するための、業界横断的な視点と PCF 交換メカニズムの分野で開発された専門知識です。



WG2 が掲げる目標は、ESTAINIUM のメンバー機関が有する LCA のノウハウと PCF 算定の経験を結集し共有することです。この目的のため、メンバー全員がアクセスできるデジタルナレッジハブの作成が現在進められています。このナレッジハブでは、メンバーが PCF 算定を導入し管理するにあたり必要となる以下のようなツールやショートカットを提供する予定です。

- ナレッジグラフでは、関連性のある LCA やカーボンフットプリント算定の標準の概要を、製品レベルと企業レベルの両方について示します。さらに、対象となる業界や製品、バージョン、公開プログラム、既存の他標準との相互依存性などに応じて文書を絞り込むこともできます。メンバーが各自の評価シナリオに最も関連性の高い文書を事前に迅速に選択できるようにすることがねらいです。
- 環境影響評価の分野で積極的に活動するメンバーのベストプラクティス集を提供して、メンバー間の交流を促し、非専門家の参入を容易にします。このベストプラクティス集と並んで、ツール、文献、教材を掲載した学習プラットフォームも提供します。
- ESTAINIUM 内での共通理解のために、頻出用語集を作成する予定です。将来は、生成されたコンテンツにアクセスしやすくするために、ウィキ形式のナレッジベースを追加する予定です。

もう1つの重要な活動は、現行の PCF 検証活動の透明性を高めることです。経験豊富なメンバーが一般的なプラクティスを収集し、初心者向けの高度なガイダンスを作成します。これには、環境製品宣言 (EPD) を管理する一般的な標準や商業プログラムによって定義された検証要件の分析も含まれます。特に、既存の検証レベルならびに新しい検証レベルの拡張性に注目します。ここでは、従来のケースごとの検証と基礎となる算定方法のみの検証を比較するなど、さまざまなプラクティスのメリットと限界点の比較を行います。リーチを拡大し整合性を高めるため、メンバーは Catena-X など他のイニシアティブの並行検証ワーキンググループに積極的に貢献しています。一次データ比率は、PCF 標準化イニシアティブの間で品質指標として重視されるようになってきています。WG2 は、指標の定義が一致しないことで生じる課題を特定し、これが PCF 交換の一貫性を損なう可能性があることを明らかにしました。積極的な貢献の一環として、WG2 は品質指標としての一次データ比率の意義に関する科学的調査を開始しました。ある研究機関が、さまざまなユースケースにおける一次データ比率の使用について、独自の分析を行っています。次の段階では、PCF データ交換において一次データ比率がもたらす効果を確実なものにするにあたり、定義のさらなる整合が必要かをメンバー間で議論する予定です。

特定した課題の解決に向け、この WG は以下の活動に取り組んでいます。

- PCF イニシアティブ間のデータモデルの整合を確保します。
- ESTAINIUM ナレッジハブを作成します。
  - 各標準の概要も示した標準のナレッジグラフ
  - PCF 算定のためのベストプラクティス集
  - PCF 用語集とウィキ
  - トレーニング資料
- PCF の保証・検証プラクティスを合理化します。
- PCF チェーニングにおける品質指標として、一次データ比率を調査します。

「行動への呼びかけ」：

ESTAINIUM の専門家チームに参加して、あなたの LCA ノウハウを提供しませんか？業界横断的な PCF チェーニングの整合性を確保するという ESTAINIUM のビジョンの発展と推進を、ぜひ支えてください。



## WG 3 - 二酸化炭素の回収・利用・貯留および相殺

近年、炭素隔離が科学者や産業界の注目を集めており、自然に基づいた技術から人工的な技術まで多様な専門知識を持つ人々が、導入の障壁やコベネフィットについて検討しています。炭素除去プロジェクトへの投資によって不可避の排出量を相殺するという手段は、多くの移行戦略で採用されています。これにより、ボランタリーな炭素市場はダイナミックな発展を遂げます。WG3 はこの領域の透明性を高め、信頼のおけるプロジェクトを価値創造ネットワークに組み込むための技術的ソリューションを開発することを目指しています。この WG は、製品ライフサイクルの一環として大気中の二酸化炭素を回収・貯蔵することに着目し、排出削減や大気中からの二酸化炭素除去の正味コスト削減に寄与する、信頼に値し価値ある製品を生み出すことのできる炭素除去技術を特定します。したがって、この分野の最新の開発状況を調べ、炭素除去、算定手法、オフセットメカニズムを選定するための基準策定を進めます。主な課題は、炭素排出量と炭素除去技術とオフセットとの関連性を、最高レベルの標準と持続可能性アプローチを採用している包括的な市場手段の枠組みで理解することです。WG3 の目的は、既存のデジタルサプライチェーンエコシステムのインターフェースを強化し、さまざまなサービスを展開しているカーボンシンクのグリッドのテンプレートを提供することです。要約すると、WG3 の活動の目標は次のようになります。

- 製品ライフサイクルの一部としての二酸化炭素除去技術を特定する
- 二酸化炭素除去プロジェクトを選定し比較するための基準を定義する
- オフセットのベストプラクティスが確実に実行されるよう、評価プロセスおよび認証プロセスを定める
- 製品ライフサイクルに沿って炭素を追跡できるよう、テンプレートを作成する
- 二酸化炭素除去後の PCF 報告に使用される算定メカニズムを検討する
- 規制枠組みを検討し、行動のための提言を策定する

### 二酸化炭素除去における 主な課題とは？

二酸化炭素除去を気候変動対策に役立てる際には、いくつかの取り組むべき課題があります。

#### カーボンクレジット<sup>7</sup>

オフセットプロジェクトで削減・回避・除去された排出量を CO<sub>2</sub>1 トンあたりに換算した値を表す、認証された譲渡可能な証書。

#### オフセット<sup>7</sup>

カーボンクレジットを償却し、それに相当する排出量を相殺するプロセス。

#### 炭素隔離<sup>8</sup>

CO<sub>2</sub> を吸収し生物的シンクに貯留すること。

#### 二酸化炭素除去 (CDR)<sup>9</sup>

大気中の二酸化炭素を回収し、地中・陸上・海洋の貯留層、または製品に恒久的に貯留する人間活動。

#### カーボンシンク<sup>10</sup>

温室効果ガスを大気から除去するあらゆるプロセス、活動、メカニズムのこと。



<sup>7</sup> 出典：EY“[Essential, expensive and evolving: The outlook for carbon credits and offsets](#)” (2022)

<sup>8</sup> [温室効果ガスプロトコル](#)

<sup>9</sup> [The State of Carbon Dioxide Removal](#) doi:10.17605/OSF.IO/W3B4Z (2023)

<sup>10</sup> [EU Regulation 2018/841](#) (2018)

## 環境的な課題

自然の生態系による炭素除去量は近年減少しつつあり、かつ現在まで産業界による大規模な炭素除去は実施されていません。炭素除去プロジェクトのなかには、実際には計画通りに炭素が除去されていないものもあり、プロジェクトによって有害な副作用がもたらされる場合もあります。生物多様性の減少を防ぐためには、地域環境への影響の評価が必要です。さらに、炭素が大気中に再放出されるリスク（リーケージ）を定量化しこれに対処しなければなりません。

## 法的・会計的な課題

炭素除去の質の評価や比較には困難が伴います。炭素除去量の正確な定量化（MRV）は難しく、自然の炭素吸収源の場合とはとりわけ困難です。炭素の貯留期間はプロジェクトごとに異なり、現時点では短期貯留（ほとんどの製品）は炭素除去とみなされません。GHG 監査における二重計上の予防については疑問の声もあることから、認証の方法論と手続きを一致させる必要があります。<sup>11</sup> 認証が透明で厳格なルールに従っていない可能性があるため、ステークホルダーの多くは炭素除去証明書を信用していません。

## 社会経済的な課題

炭素除去事業者の多くは、資金調達面で困難を抱えています。カーボンオフセットや持続可能な金融商品の市場は複雑かつ著しく進化しており、この分野を対象とした規制にも同じことが言えます。より幅広く持続可能性を実現するという課題は大規模な取り組みであり、コミュニティや専門家とのやりとりが必要です。加えて、炭素除去プロジェクトでは CO<sub>2</sub> が確実に隔離されるよう長期間監視を続けなければなりません。

## 二酸化炭素除去技術には どのようなものがあるか？



地中貯留や海洋貯留などの非常に恒久的な吸収源から草本植物やバイオ建材などの永続性の低いものまでが存在し、炭素貯留の期間によって永続性は異なります。構成要素の性質は森林、土壌、海洋など、自然吸収源の種類はさまざまです。一方で人工的な吸収源も存在します。その場合は、自然の炭素循環プロセスではなく炭素回収や炭素遅延プロセスなどの、人間が行うプロセスによって炭素保持を図ります。CDR活動には次のようなものがあります。

### 自然によるソリューション

- 土地利用、土地利用変化及び林業部門（LULUCF）関連のプロジェクト
- （新規植林、再植林など）
- ブルーカーボン（マングローブ、海草）
- 大型藻類（海藻）
- 土壌炭素隔離

### 技術によるソリューション

- 炭素回収・貯留と組み合わせたバイオエネルギー（BECCS）

<sup>11</sup> <https://www.offsetguide.org/high-quality-offsets/exclusive-claim-to-ghg-reductions/>

- 大気からの直接回収と炭素貯留（DACCS）
- 炭素回収製造（CCM） - 例：（林産品、海藻製品）
- 風化促進（EW）
- バイオ炭

化石燃料を使う発電所や工業プロセスなどの点発生源で CO<sub>2</sub> を回収する技術は通常 CCS（炭素の回収・貯留）に分類されますが、CO<sub>2</sub> の発生源が大気ではないため、ここには含まれていません。そのため、このような技術は「炭素削減」に分類されています。欧州委員会が実施した研究では、複数の炭素除去ソリューションの可能性が検討され、欧州内で展開する場合の適性についての評価が行われました。この研究では、除去された炭素をどこに貯留するかに基づいてソリューションを3つのグループに分類しました。

**恒久的な貯留ソリューション** 地中貯留層（BECCS、DACCS を参照）やその他の方法で何世紀にもわたり大気中または生物起源の炭素を貯留してきました

**カーボンファームによるソリューション** 生物多様性など他の持続可能性目標との相乗効果を生みながら、土壌中や生物バイオマス中への炭素隔離を促進します（新規植林、再植林、ブルーカーボン、土壌炭素隔離などを参照）

**製品中への炭素貯留** 耐久性のある循環型製品を作るための材料に、大気中または生物起源の炭素を貯留します（例：木造建築）

EU はこの取り組みで炭素除去プロジェクト向けの品質ラベルを開発する考えで、市場の他のプレーヤーも求めている典型的な品質基準（定量化、追加性とベースライン、長期貯蔵と持続可能性）について言及しています。既存のカーボンオフセットの品質スキームの例には、他に [ICROA](#)（International Carbon Reduction and Offset Alliance）のスキームがあり、高品質のカーボンクレジットの要件として「実在性、測定可能性、永続性、追加性、独立機関による検証、二重計上の回避」を挙げています。また、ICVCM の「[Core Carbon Principles](#)」、[CCQI](#) の炭素スコアなどがあります。また、ICROAは、ボランティア炭素市場のプロジェクトを対象とした独立した標準を承認しました。現在、ICROAは Gold Standard、Verified Carbon Standard、Plan Vivo、Puro.earth などの標準を認めています。



## 二酸化炭素除去を購入するには？

ESTAINIUMは、こうした取り組みすべてに注目し、これらを活用してカーボンフットプリントの管理・算定メカニズムと炭素除去プロジェクトへの投資を結びつけるために、品質基準の開発に努めています。製品関連排出量のオフセットのためのマーケットプレースを開発するために、一連の品質基準が特定されました。

**透明性**：市場で製品を購入し意図したとおりにカーボンオフセットを実現するには、さまざまな緩和手段やサプライヤー、製品についての概要を知る必要があります、さらに CO<sub>2</sub> に関連する意思決定プロセスをより民主的なものにする必要があります。

**革新的なプロセス**：将来的には、需要側（排出）と供給側（除去）の両方が包括的な市場に参加する可能性があります。この市場は、新たに開発された炭素結合型生産プロセスや材料を支援する可能性もあり、市場参加者のニーズとオファーに合致するものです。

**Buy-to-Retire**：炭素クレジットの売り手と買い手が取引する場合、確実に気候に影響を与えるために、交換されたそれぞれのクレジットは償却されなければなりません。

**包括的な算定**：有形製品がシンクから補償者に出荷されたら、それと同時に輸送コンポーネントのPCFが自動的に差し引かれる必要があります。

**コンプライアンス**：炭素クレジットの二重使用が技術的に不可能になるように、市場を設計する必要があります。最後に、市場は売買されるプロジェクトがSDGsに与える影響がどの程度になるかを確認し、透明性を確保しなければなりません。

既存の法的枠組みをさらに発展させる可能性について指摘した以下の項目は、立法機関とより詳しく議論する際の土台として役立ちます。

- 法的枠組みは企業、株主、投資家に確実性を提供する上できわめて重要です。そのため、法的枠組みによって企業、投資家、金融機関の投資安全性を最大限確保しなければなりません。
- ESTAINIUM は、シンクの実績は立法府によって公式に認められるべきだと考えています。異なる種類のシンクを比較可能にし、それぞれに基準を策定する必要があります。それには、法的枠組みによる下支えが必要です。
- シンク事業者の要件に関する規制を策定すべきです。CO2 シンク事業者自身が CO2 シンクの販売や取引を行う以前に気候中立であるべきか否かについて、オープンに議論する必要があります。
- 炭素排出量と炭素除去を、法律においてどのように関連づけることができるかを議論する必要があります。オフセットに関する報告は別途必要ですが、カーボンプライシングの規制手段は、CO2 を除去するためのボランティアな取り組みを考慮すべきです。
- 回避可能な排出と回避不可能な排出を区別するための基準が必要です。そのような基準は透明である必要があり、法的拘束力のあるルールに基づくものにするとも考えられます。

ESTAINIUM は今後数か月間で国や企業のネットゼロ戦略と排出量と吸収量とをどのように結びつけるか明らかにすることを目標に、先に述べた各項目に取り組む予定です。現在のところ、炭素のボランティア市場でも義務的市場でも、炭素除去が占める割合はわずかです。プロジェクトの多くはまだ開発段階にあるため、質の高い除去プロジェクトの価格は非常に高くなっています。



\*Oxford Offsetting Principles を参照、図版出典：[carbonware.substack.com](https://carbonware.substack.com)

図 4 - ボランティア炭素市場の概略

より透明性を高め、さまざまな種類の炭素除去を容易に比較できるように、炭素除去の品質指標を開発することを目的として、私たちはまずコストと定量的ポテンシャルに関する既存の推定値を比較しました。インタラクティブなグラフとさまざまな炭素除去技術に関する詳しい情報を、協会ウェブサイトに掲載しています。

ESTAINIUM ウェブサイトでインタラクティブなグラフをご覧ください。



それぞれの技術はさまざまな天然資源と結びついており、各地域の能力に応じて最もふさわしい解決策が選ばれます。以下の表に、さまざまな炭素除去と多様な天然資源との相互作用の概要を示しました。

CDRの手法		森林資源	水資源	土地資源	再生エネルギー資源	希少鉱物	地中貯留層	クリーンな環境
恒久的貯留	BECCS	-		-	+		-	
	DACCS		○	○	-	-	-	
	岩石風化促進技術		-	-	○	○		○
	海洋アルカリ化			○		○		○
	海洋肥沃			○				○
カーボンフッアミニング	新規植林／再植林	+	+	-				+
	森林管理改善	○						+
	アグロフォレストリー			○	+			+
	ブルーカーボン	+	+					+
	バイオ炭	-		+	○			
	泥炭地と湿地	○						+
土壌炭素隔離			+				+	
製品への炭素貯留	建築物のバイオマス	-		+	○			○
	海藻製品		○					+
	林産品	-			○			○

**凡例**

- +
- 
- 

シナジー／メリット  
 トレードオフ／課題  
 シナジーとトレードオフの両方  
 空白部分は評価なし／影響なし

図 5 - 二酸化炭素除去と自然資源の相互依存性

ESTAINIUM の WG3 は、国連の持続可能な開発目標に関連する影響評価に焦点を当て、さまざまな炭素除去技術の質と潜在的な制限要因を比較するために、指標についての議論をさらに進める予定です。さらに、カーボンシンクとしてのバイオプラスチックのような炭素ベースの製品使用についての問題も取り上げます。

特定した課題の解決に向け、このワーキンググループは以下の活動に取り組んでいます。

- 透明性と比較可能性を高めるために、炭素除去の品質を示す指標の策定に取り組んでいます。初回の結果は、ESTAINIUM 協会ウェブサイトのインタラクティブなグラフでご覧いただけます。
- 排出量と吸収量をリンクさせるという概念と技術的要件を評価するため、さまざまな技術的パイロットプロジェクトを行っています。ミッションステートメントペーパーでは概要を紹介しています。
- オフセットプロセスの品質基準を総合的に設計するために、私たちはベストプラクティスを取り入れています。
- 質の高いプロジェクトを奨励するような規制枠組みを作るため、政界との協議を始めます。

「行動への呼びかけ」：

炭素除去の品質指標作りと、製品ライフサイクル管理にオフセットを組み込むためのベストプラクティスおよびガイドラインについての協議に、ぜひ参加してください。



**ESTAINIUM e. V.**

**Werner-von-Siemens-Str. 50**

**92224 Amberg, Deutschland**

[info@estainium.eco](mailto:info@estainium.eco)

Disclaimer

© 2023 ESTAINIUM e.V.

This document is protected by copyright. The rights thereby established, in particular those of translation, reprinting, extraction of illustrations, radio transmission, reproduction by photomechanical or similar means and storage in data processing systems, are reserved. Otherwise, no liability is assumed from the use of the contents of the document