



TOGETHER FOR  
SUSTAINABILITY

# Scope3報告における 改善と調和

TfS ホワイトペーパー

生物起源炭素  
マス / エネルギーバランス  
リサイクル含有量

## 本ホワイトペーパーの背景

2022年11月にプロダクト・カーボン・フットプリント（PCF）ガイドラインを発表し、TfSはこれまでで最もインパクトのあるプロジェクトを完了した。25社以上の化学企業の専門家が協力して化学産業のScope3の課題に取り組み、PCF決定のための初の化学産業固有のガイドラインを策定した。PCFガイドラインは、責任ある企業がこの「行動の10年」を乗り切るための重要な手段となる。この作業の中で、TfSは企業温室効果ガス会計の改善の可能性を特定し、このホワイトペーパーで取り上げている。

# 01

はじめに

# 02

生物起源炭素

2.1 背景と課題	04
2.2 GHGプロトコルの不完全性	05
2.3 提言 およびソリューションの提案	05

# 03

マス / エネルギーバランス

3.1 背景と課題	07
3.2 提言 およびソリューションの提案	08
3.2.1 提言	08
3.2.2 ソリューションの提案	08
3.2.3 まとめ	09

# 04

リサイクル含有量

4.1 背景と課題	10
4.2 リサイクル含有量に対して特定された GHGプロトコルのギャップ	11

# 05

展望

13

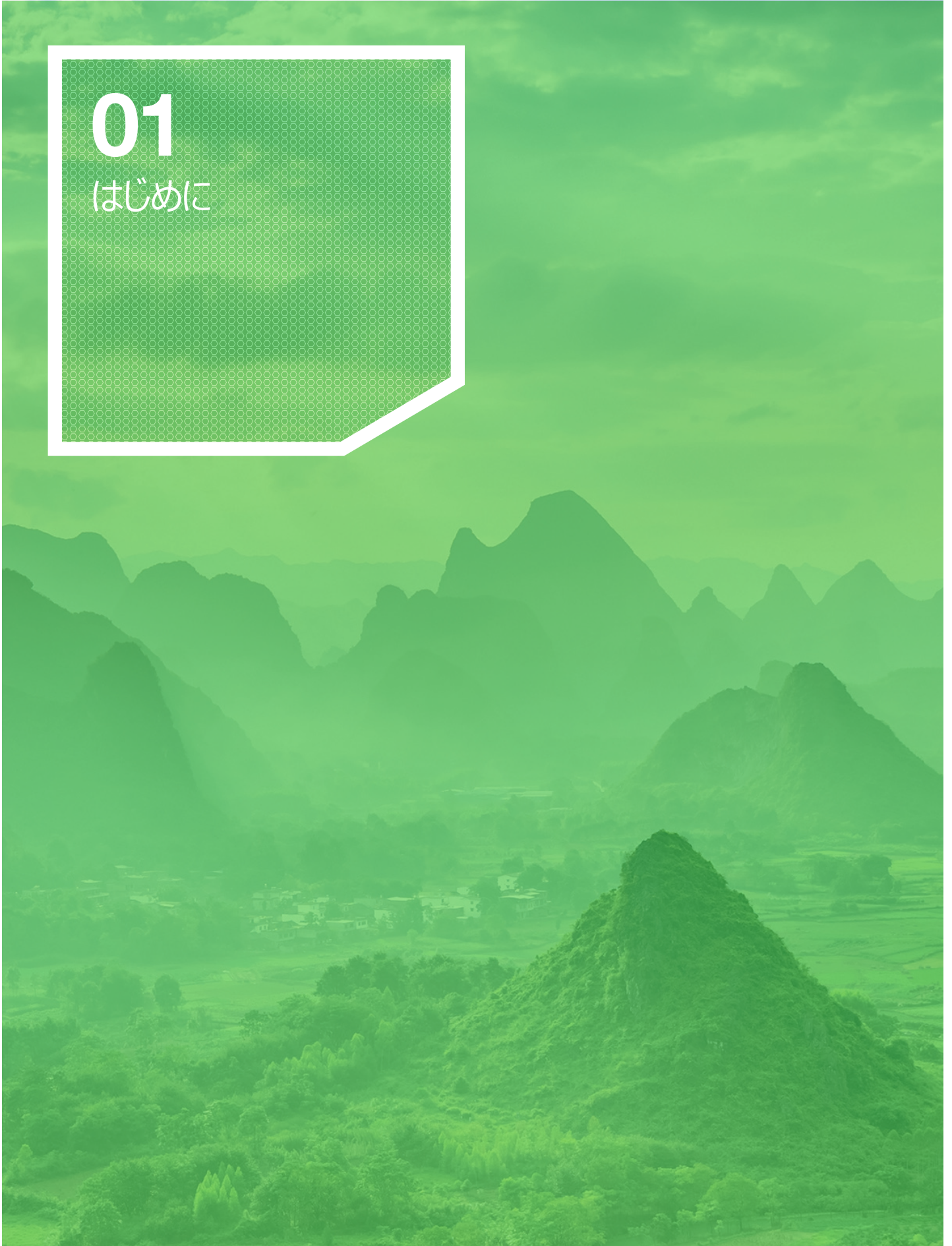
参考文献

15

略語集

# 01

## はじめに



気候変動という喫緊の世界的課題の中で、人類は早急かつ断固とした行動を必要とする重大な岐路に立っている [IPCC 2023]。化学産業は、その極めて重要な役割を認識し、気候変動という差し迫った問題と闘うための革新的な解決策の先頭に立つことを約束する。しかし、このコミットメントの範囲内で、排出削減を追求する上で、ユニークで複雑な課題が表面化している。

この課題の中心は、化石炭素との複雑な関係である。これらの材料はエネルギー源としてだけでなく、化学製品の基本的な原料でもある。従って、産業界が脱炭素化に向けて進むべき道は、エネルギー供給の代替戦略を超えた包括的なアプローチでなければならない。今や焦点は、従来の化石資源から炭素を切り離し、バイオマスや回収された大気中のCO<sub>2</sub>、革新的な廃棄物のリサイクルのような代替資源を受け入れることに移っている。[Gabrielli et al 2019], [Schneider et al 2019], [Tan, C. & Vegelan, H. 2022] [McKinsey 2021]。

業界がネット・ゼロの未来を実現するために行動を起こす中、炭素会計基準の再検討が最重要課題となっている。企業報告の要である温室効果ガス (GHG) プロトコルは、再生可能な炭素サイクルや新たな技術の進化を正確に反映し、再調整する必要に迫られている。TFSは、この問題に対処するために必要な3つの重要な修正を特定した。

### 生物起源炭素の算定

生物起源炭素源が注目されるようになるにつれ、その正確な算定のための強固な枠組みが不可欠となる。

### トランジショナルメカニズムとしてのマスバランス

進行中のダイナミックな変化を認識し、マスバランス(MB)アプローチの採用は、持続可能な慣行への業界の移行を強化する市場ベースのメカニズムとして検討する必要がある。

### リサイクル材料と含有量

化学業界におけるリサイクル材料と含有物の統合が進む中、企業レベルと製品レベルの両方において、循環型経済のプラス効果を認識するために、炭素計算へのアプローチを調和させる必要がある。

しかし、今後の道のりは複雑で、業界、標準化団体、利害関係者によって異なる見解がある。この食い違いは、首尾一貫した道筋を築くために、さらなる研究、対話、共同作業が必要であることを強調している。規格設定機関や規制機関などの中立的機関は、入手可能な最良の科学的データとNGO、学術機関、産業界の支援に基づいて、これらの課題を解決するための重要なガイダンスを提供する立場にある。

次の章では、このホワイトペーパーは探索の旅に乗り出す。各章では、炭素会計の方法論を調和させるための課題と潜在的な解決策を探り、より持続可能な化学産業のための複雑さと戦略を明らかにしていく。最初の焦点は、生物起源炭素と、テクノスフィア全体の物理的流れに見合った会計方法論を持つ必要性である[第2章]。その後、議論は質量収支とエネルギー収支の複雑さに移り[第3章]、リサイクル含有量の会計方法論のニュアンスを掘り下げていく[第4章]。

これらの議論の領域では、複雑さと異なる視点が認められている。このような状況の中でこそ、研究、協力、そして明確化が求められる。産業界、中立機関、利害関係者からの集成的な洞察を通じて、透明性、比較可能性、具体的な影響を促進することができる。これにより、企業は脱炭素化の取り組みを系統的に追跡し、ネットゼロの緊急性に対処することができる。私たちが持続可能な未来に向けて進むとき、その道のりはコラボレーションと知識の共有によって導かれ、より強靱でバランスの取れた世界への前進を後押しする。

# 02

## 生物起源炭素

### 2.1 背景と課題

化学業界の顧客は、自社製品のPCFを低減するために、バイオベース材料やバイオマスバランス材料から得られる生物起源炭素を市場で利用している。この種の製品の利点は、大気中から除去された生物起源二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）を含み、大気中に放出されるまで分子内に貯蔵することである。

光合成の過程で大気中から二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）を取り込むのは、植物バイオマスの特徴であり、大気中のCO<sub>2</sub>削減につながる。バイオマス（およびその生物起源炭素）を製品に変換することは、CO<sub>2</sub>が大気中に排出されない限り、実質的にCO<sub>2</sub>を除去することになる。これは、PCFの計算において考慮されるべき生物起源炭素の利点である。

GHGプロトコル[GHGプロトコル 企業のバリューチェーン(Scope3) 算定・報告基準]によると、生物起源炭素を含む製品を購入している企業は、生物起源CO<sub>2</sub>の排出と除去をスコープとは別に報告しなければならない。したがって、大気中からのCO<sub>2</sub>の除去は、その企業のScope3.1には計上されない。同様に、製品のライフサイクル終了時(燃焼や生分解など)の生物起源CO<sub>2</sub>の排出量は、それぞれのスコープには計上されず、スコープとは別に計上される。

そのため、企業は、Scope3.1のGHG算定において、生物起源炭素を含む製品の利点を十分に訴求することができない。その代わり、CO<sub>2</sub>吸収量や生物起源CO<sub>2</sub>排出量は、Scope3のインベントリには含めてはならず、Scope3.12の会計で別途報告しなければならない。

現在、GHGプロトコルは、いわゆる0/0アプローチを用いており、生物起源除去や生物起源排出は、企業の排出量算定では考慮されていない（Scopeとは別に考慮されているだけである）。

したがって、生物起源炭素から作られた製品の利点は、3.12におけるライフサイクル終了時（EoL）に、生物起源のCO<sub>2</sub>が大気中に放出された場合にのみ（燃焼や生分解などによって）初めて現れる。GHGプロトコルが提案する材料のリサイクルに関する現行のカットオフ・アプローチ（第4章参照）を考慮すると、生物起源炭素から作られた製品をリサイクルする場合、大気から生物起源CO<sub>2</sub>を除去する利益は、排出量計算では考慮されないことになる。

結論として、現行の0/0アプローチでは、生物起源材料の利点は、第一に、それが現れる範囲では考慮されず、第二に、リサイクルのケースは全く考慮されていない。

対照的に、製品PCF基準[GHGプロトコル製品基準]および[ISO 14067:2018]は、生物起源のGHG排出量と除去量、および生物起源の炭素含有量を除外するおよび含めるPCF値の報告を要求している。

このアプローチは、いわゆる-1/+1計算アプローチであり、製品システムに入るとき生物起源のCO<sub>2</sub>除去量(負の排出量)と、ライフサイクル終了（EoL）段階で発生する場合の排出量(正の排出量)の両方を考慮する。これにより、生物起源の炭素材料が現れる場所での利点と、材料がリサイクルされる場合を考慮することができる。

[GHGプロトコル企業バリューチェーン(Scope3)基準]の現在の会計アプローチは、生物起源炭素を含む製品を販売し、顧客が不確実なライフサイクル終了（EoL）シナリオに依存することなくスコープ3.1でその利点を示したいと考えている企業にとって、大きな欠点がある。

さらに、[GHGプロトコル 企業のバリューチェーン(Scope3)算定・報告基準]に記載されているアプローチは、[GHGプロトコル製品基準]、[ISO 14064-1:2019]または[ISO 14067:2018]の製品 GHG 算定アプローチと一致していない。除去された炭素を継続的に貯蔵する長期用途の生物起源炭素製品の利点は、正確に主張することはできない。

生物起源の「炭素の回収と利用」(CCU)や「炭素の回収と貯蔵を伴うバイオエネルギー」(BECCS)のような、大気からCO<sub>2</sub>を除去する他の技術の利益は、生物起源CO<sub>2</sub>の0/0アプローチのため、正確に報告することができない。従って、これらのシステムでは、CO<sub>2</sub>が大気中に排出されないという事実を考慮することができない。[GHGプロトコル 企業のバリューチェーン(Scope3)算定・報告基準]によれば、企業の排出量算定では考慮できないオフセットとは対照的に、この種の技術の利点は同じバリューチェーンにある(「インセット」と呼ばれる)。そのため、これらの技術の利点を的確に考慮し、適切な利用促進を図ることができない。従って、現行の[GHGプロトコル 企業のバリューチェーン(Scope3)算定・報告基準]のアプローチは、企業が生物起源CCUやBECCSをベースとした製品の利点を市場へ訴求することを妨げている。

## 2.2 GHGプロトコルの不完全性

[ISO14067:2018]と[GHGプロトコル製品基準]は、生物起源CO<sub>2</sub> 排出量と除去量を別々に報告することを要求しているが、インベントリに含まれるすべての排出量と除去量を、合計のcradle-to-graveのPCFと部分的なcradle-to-gateのPCFそれぞれの算定に加えることも認めている。

焼却を伴う材料の短期的用途の場合、cradle-to-graveにおいて、どちらのアプローチも同じである。長期的な用途の場合、最終処分によって大きな違いが見られる。Scope3.1、Scope3.5、Scope3.12において、関連する排出と除去を明確に示していないため、現在の会計処理は不完全である。

[GHGプロトコル 企業のバリューチェーン(Scope3)算定・報告基準]の現行バージョンは、以下の意味で不完全である。

- 生物起源の炭素から作られた製品は、リサイクルや再利用されたとしても、すべてのケースで使用終了時に完全焼却されると仮定されている。
- [GHGプロトコル土地セクター・炭素除去ガイダンス]の草案の中で扱われているが、明確なガイダンスがない。したがって、生物起源CO<sub>2</sub>の長い貯留時間の利点は、現在のところ、排出量算定では考慮されない。
- 大気からCO<sub>2</sub>を除去するCCSやCCUのような他の技術についても同様である。したがって、正式な温室効果ガス削減の具体的な利点を報告することはできない。
- 同じことが、生物起源CO<sub>2</sub>の取り込みと、より長い期間カーボン・シンクとして機能する製品としての貯蔵にも当てはまる。

このような報告の仕方は、GHG削減に大きく貢献できる川下の産業とともに、化学産業における生物起源炭素を含む材料の使用と販売の妨げとなる。

生物起源炭素を含む材料は、すべてのケースにおいて、使用終了時に完全焼却されるものと仮定される。生物起源の炭素を貯蔵することで、効果的に排出削減に貢献するような、長期にわたる用途に使用される材料は、この会計メカニズムでは表示できない。

更なる詳細は、[GHGプロトコル土地セクター・炭素除去ガイダンス]の最終版で示されるかもしれない。

## 2.3 提言およびソリューションの提案

企業のGHG会計の目的では、製品に組み込まれた生物起源炭素は、[ISO 14067:2018]に準拠したPCF計算と同じ方法で、その生産の入り口でのCO<sub>2</sub>除去と見なされるべきである。

化学企業は、Scope3.1でGHG排出量を削減するメリットを、化石由来の代替物質ではなく、生物起源炭素を含む材料を使用することで示したいと考えている。

生物起源の炭素吸収がScope3.1で考慮できる場合、生物起源の排出量もScope3.12で短期的な使用のために考慮され、できれば一般的な統計ではなく実際の製品固有のデータに基づいて考慮されるものとする。長期使用および/またはリサイクルについては、Scope3.12の報告を長期使用の利益を反映するように調整する必要がある。生物起源の炭素排出量と除去量は、すべてのGHGプロトコルの範囲内で説明する必要がある。生物起源のCO<sub>2</sub>が排出される場所はどこでも、生物起源のCO<sub>2</sub>排出量として説明されるべきである。同様に、CO<sub>2</sub>は、除去される場所に関係なく、CO<sub>2</sub> kg あたり -1 kg CO<sub>2</sub> e という負の数値で処理する必要がある。[TfS PCFガイドライン]では、生物起源炭素を除去する場合としない場合の両方の計算が可能である。

-1/+1 アプローチでは、現行の報告アプローチの欠点を回避することができる。したがって、我々は、既に[GHGプロトコル製品基準]で言及されており、さらに一般的には[ISO 14064-1:2019]で言及されているように、-1/+1 グロスフロー算定アプローチを使用することを提案する。すべての除去量と排出量(生物起源と化石起源)の集計は、細分化された数値も報告されれば可能である。

多くの化学企業は、Scope3.1に該当する製品の排出削減目標を策定している。従って、企業は、生物由来の原料を使用する際に、その利点をScope3.1に計上することで、モチベーションを高め、長期的な転換を認めてもらう必要がある。インセンティブは企業レベルでも計上される必要がある。[ISO 14067:2018]と[GHGプロトコル製品基準]に従ったPCF計算との調和が必要である。

TfSは、生物起源の炭素を含む材料の使用を正確に考慮することを推奨し、企業がScope3.1で生物起源の炭素材料を使用することによる炭素除去量を主張できるようにしている。生物起源CO<sub>2</sub>の吸収をクレジット(負の値)とみなすことができるように、このアプローチを適応させるべきである。Scope3.1の算定は、生物起源炭素製品のPCF算定と調和されなければならない。生物起源CO<sub>2</sub>取り込みは、製品のライフサイクル終了時、長期的(使用中、長期保存)と見なされる場合、CO<sub>2</sub>除去メカニズムとして終わる可能性がある。長期使用の定義を導入し、調和させなければならない。

図1では、-1/+1アプローチと0/0アプローチの両方が可視化され、比較されている。

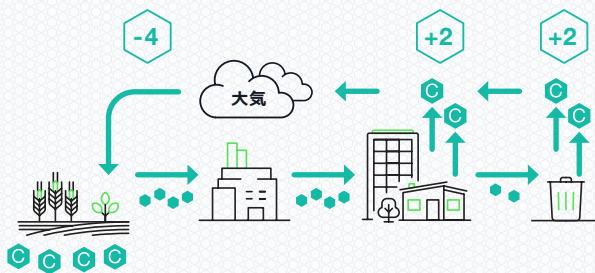
具体的には、以下の点を指摘する必要がある。

- 複数の企業が同じ製品を複数回使用する場合、Scope 3.1における二重計上の可能性は、Scope 3.12における排出量の二重計上の一般的な慣行と比較して、重大ではないと考えられる。したがって、すべての企業の排出インベントリでは、除去量と排出量は互いに釣り合う(CO<sub>2</sub>が製品ライフサイクル終了時に排出されている場合)。
- -1/+1アプローチでは、生物起源炭素を含む材料のリサイクルは、排出量算定が困難になる。

したがって、リサイクルの算定方法は、生物起源炭素材料の算定方法と一致させることが極めて重要である。「大気からCO<sub>2</sub>を除去する」という利点が、製品ライフサイクル終了時のそれぞれの排出量を考慮することなく、複数のライフサイクルにわたって何度もカウントされることは避けなければならない。そうでなければ、1kgのCO<sub>2</sub>除去の便益を複数回考慮することで、人為的にコーポレートの排出インベントリを削減することが可能になるからである。図2は、この問題を視覚化したものである。

図1 - 生物起源炭素に対する -1/+1アプローチと0/0アプローチの比較

-1/+1アプローチ (生物起源炭素を考慮した場合)

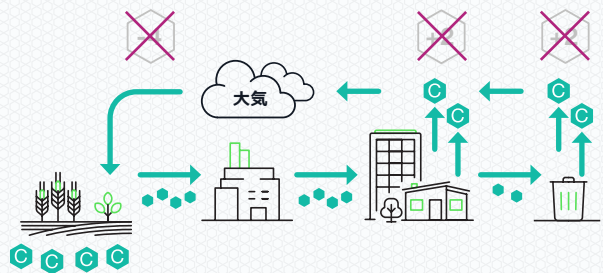


除去量 (-4) とともに排出量 (+2; +2) を考慮

- Scope 3.1: (-4)
- Scope 3.11 / Scope 3.12: (+4)

合計: (-4) + 4 = 0

0/0アプローチ (生物起源炭素を考慮しない場合)



除去量も排出量も考慮しない

(0)

- Scope 3.1: (0)
- Scope 3.11 / Scope 3.12: (0)

合計: 0 + 0 = 0

図2 - 問題：リサイクルシステムにおける生物起源炭素の重複カウント



すべてのライフサイクルにおけるScope 3.1の生物起源炭素クレジットを考慮してしまうと、算出されたCO<sub>2</sub>の取り込み量は実際のCO<sub>2</sub>の取り込み量よりも高くなる。したがって、複数のライフサイクルにわたる生物起源炭素クレジットの重複カウントは避けなければならない。

1回目のライフサイクル

Scope 3.1: 1 x (-4) = (-4) CO<sub>2</sub>

10回目のライフサイクル

Scope 3.1: 1 x (-4) + 9 x (-4) = (-40) CO<sub>2</sub>



# 03

## マス / エネルギー バランス

### 3.1 背景および課題

マス / エネルギーバランス会計の概念は、ISO 22095 [ISO 22095:2020]で定義されている確立された「CoC (Cain of Custody) 」手法であり、製品の持続可能性を強化する重要なツールである。これは、バイオマス、リサイクル材料、エネルギー源を統合することによって達成される。実際的には、このアプローチは、産業界に、従来の資源とともにリサイクル材料を既存の生産システムに徐々に組み込む合理的な道を提供し、加工中に代替材料と従来の材料を物理的に分離することが実行不可能なシナリオに対処する。

化学製造の分野では、限られた原料の範囲から多数の製品が生み出される。スチームクラッカーは、長い炭化水素であるナフサを水素、メタン、エチレン、プロピレンなどの小さな分子に「分解」する出発点として機能する。これらの分子成分は、プラスチック、塗料、溶剤、農作物保護剤など、さまざまな製品の基礎単位となる。しかし、スチームクラッカーのような大規模な設備で原料を変更することは困難である。

バイオマスのような代替原料を、クラッカーの全供給量に比べて比較的少量使用するために、マスバランス法が適用される。ここでは、再生可能またはリサイクル資源を使用する化学生産は、これらの持続可能な要素を特定の最終製品に帰属させる計算ベースの方法に従っている。これにより、マスバランス法を採用した製品は、レシピやプロセス、設備に変更を加えることなく、従来から製造されている製品と互換性をもって使用することができ、また、低炭素原料の利点は、持続可能性を必要とする顧客に還元することができる。

BASF社[2022]が強調しているように、化学分野でのマスバランス法の適用には無数の利点がある。

1. 持続可能な原材料を既存の化学インフラに統合することにより、カーボンニュートラルな循環型経済への移行を促進する。
2. 大規模な新規投資を必要とすることなく、より手頃な価格で環境に優しい製品を生産すること。
3. 一貫した製品品質を維持しながら、柔軟な拡張性を実現。
4. 第三者認証に裏打ちされた、情報に基づいた持続可能な購買決定のための透明性の向上。
5. 化学業界における持続可能な代替品への移行を促進するために、様々な分野で成功裏に採用された確立された手法を活用。

マスバランス会計は、化学分野だけでなく、様々な産業にわたる複雑なバリューチェーンを通じた材料の流れを追跡するために設計されている。マスバランス会計は、森林管理協議会 (FSC) やベター・コットン・イニシアチブ (BCI) など、持続可能で責任ある調達に関連するいくつかの確立されたプログラムで使用されている。

「マス/エネルギーバランス」アプローチは、バイオベースまたはリサイクル材料をどのように異なる製品に帰属させるかについての一連のルールを提供し、その内容を「バイオ由来」または「循環型」として主張し、販売できるようにするものである。これは、現在のGHGプロトコルには反映されていない。化学品メーカーにとって、代替原料は生産システムに入る別の原料にすぎない。

内部では、それは他の多くのものと混合され、他のものに変換されるが、生産工場から出る代替原料の量は、（変換効率と損失という物理的・化学的制約の範囲内で）生産工場に入る量と同じである。

マスバランスの例として、ケミカルリサイクルにはいくつかのプロセスを適用することができる。マスバランスアプローチでは、例えば熱分解油のような主要なインプットは、化学製造現場において化石ナフサと混合される。これは、リサイクル材料が複数の工程に分散され、プラスチックからプラスチックへの収率を計算するためにマスバランスアプローチが必要であることを意味する[Broeren et al 2022]。

多入力単一出力システムは、所望の出力を生産するために、必然的にフットプリントの異なる原材料を必要とする。マスバランス会計では、自由な帰属アプローチにより、1つのインプットから1つのアウトプットの分子全体にバイオベースまたはリサイクル特性を帰属させることができる（インプットの質量は、アウトプットの質量に換算係数を掛けたものに等しい）。フットプリントの小さい原材料が生産物内シェアに割り当てられ、他の原材料のより高いフットプリントが無視されるというリスクがある。これは、グリーンウォッシュの可能性があるため、行うべきではない。

## 3.2 提言およびソリューションの提案

### 3.2.1 提言

生物起源炭素および/または二次材料を含むマスバランス製品のPCF計算は、マスバランス製品を1回入力し、同一の材料を出力することで、各製品が完全に分離されているかのように、各製品について別々のフットプリントで簡単に計算することができる。物理的に同一の異なる供給源からの材料を、それ以上の変換を行わずに混合すると、マスバランスの実施が容易になる。例えば、バイオベース材料や二次マスバランス材料の水蒸気分解工程では、原料スレートによって多くの製品（材料や燃料）が複雑に混ざり合うため、特別なルールが必要である。解決策としては、クラッカーのパウンダリーから排出される燃料についてはシステム拡張法を使用し、それ以外の出力は質量配分する方法が考えられる。

化学物質は複雑な組み合わせで使用されることが多いため、個別のサイクルが可能なのは一部のケースに限られる（ガラス、金属、一部のプラスチックなど）。さらに、製品が経済活動の中で移動する際には、混合や汚染が生じることが多く、物理的・化学的に区別できるものであっても、分離することは現実的・経済的に不可能である。ケミカルリサイクルは、使用済みプラスチック廃棄物の流れを価値化し、プラスチックを含む新しい化学物質の生産を可能にする役割を果たすことができる。メカニカルリサイクルとケミカルリサイクルの両技術の大幅かつ迅速なスケールアップなしには、野心的なリサイクル目標を達成することは非常に困難である[Ishii & Stuchtey 2022]。マスバランスアプローチは現在のGHGプロトコルでは定義されておらず、今のところ適用できない。TfSは、以下の点を実施することを推奨する[TfS PCF ガイドライン]。

- マスバランスは、リサイクル材料、バイオベース材料、その他の種類の材料として受け入れられ、本ホワイトペーパーで推奨する会計ルールに従うべきである。
- マスバランスは、ケミカルサプライチェーンで直接使用される材料として認められるべきである。この意味において、マス/エネルギーバランス、システム拡張など、異なるCoCモデルを受け入れるべきである。
- 化学工業の大規模プラントにおけるこの種の材料の希釈は、受け入れ可能な会計・認証スキームがあれば、直接投入として認められるべきである。
- バイオマスの場合、再生炭素やバイオベース炭素の "実際の" 量を検証するためのC14法は、帰属量を正確に検出することができないため、意味がない。ISO 22095によると、マスバランスアプローチはCoCモデルとして定義され、特定の持続可能性特性を前進させるべきである。これらの特性は正確に定義されるべきである。

### 3.2.2 ソリューションの提案

低GHG排出を可能にする循環型経済には、バイオマスや廃棄物をベースとした原材料への移行が必要である。マスバランスアプローチは、多数の製品について、この移行を迅速、経済的、スケーラブル、かつ社会的に受け入れられる方法で達成するための手段である。マスバランス / エネルギーバランスで使用される材料の利点を考慮するためには、企業の企業会計におけるシステム拡張が、正確な報告のための重要な要素である。以下の提案は、GHGプロトコルのさらなる発展の基礎として使用されるべきものである。

1. マス / エネルギーバランスのシステム拡張は、サイト固有でなければならず、供給原料の持続可能な部分を特定の製品または出力に割り当てることを可能にしなければならない。
2. 再生可能クレジットの複数サイトへの移転は、それぞれの認証スキームの要求事項に従うべきである。マルチサイト移転が使用される場合は、いかなる場合でも透明性を確保すべきである。
3. PCF評価では、炭素に加えて、再生可能原料の他の要素（窒素、水素、酸素など）を考慮することができる。例えば、再生可能な水素やアンモニアなどである。
4. 会計期間（ショートバランス）は1年とする。
5. マスバランスは、これらの要件を満たすマスバランススキームの下で認証されなければならない。

マスバランスアプローチが機能し、広く適用されるためには、算定根拠と配分ルールが一般的に適用可能で強固であることが極めて重要である。

バリューチェーンに投入される化合物は、その原子含有量が同じであっても、化学プロセスによって異なる価値を持つ可能性があるため、マスバランス会計は質量だけに基づいてはならない。「低位発熱量 (LHV)」、炭素含有量、機能単位など、化学的価値に関連する特性を使用することが炭素含有量の算定基礎として望ましい場合がある(例えば、混合プラスチック廃棄物など)。一般に、簡単な操作でのグリーンウォッシングを回避するために、十分な化石原料の需要を考慮する必要がある。

### 3.2.3 まとめ

マスバランスのコンセプトは、既存のインフラストラクチャーを効率的かつ持続的に利用することを保証するものであり、変換プロセスの類似性を利用して、再生可能な炭素源の二重設置を回避する。マスバランスによって、化学産業は、他の産業やセクターでも十分に認知され受け入れられている、確立されたメカニズムに従うことになる。

複数の原料タイプ（例：化石、バイオマス、循環プロセス）から供給される化学物質は、化学的に同一であるため、大規模なオペレーションに投入された場合、原料タイプに基づいて区別することはできない。マスバランスの方法論は、製品に帰属する再生可能炭素含有量またはリサイクル含有量を正確に計算し、検証することが求められる。これにより、完全な循環型および／またはバイオベースの化学産業への移行が保証される。

# 04

## リサイクル含有量

### 4.1 背景と課題

循環型経済への移行とネット・ゼロ目標の達成には、再利用とリサイクルによる二次材料の取り込みが必要である。この文脈において、化学産業は極めて重要な役割を果たしている。メカニカルリサイクルやケミカルリサイクルのような技術は、循環型ループの中で材料を維持しながらGHG排出量を削減する上で有望である。

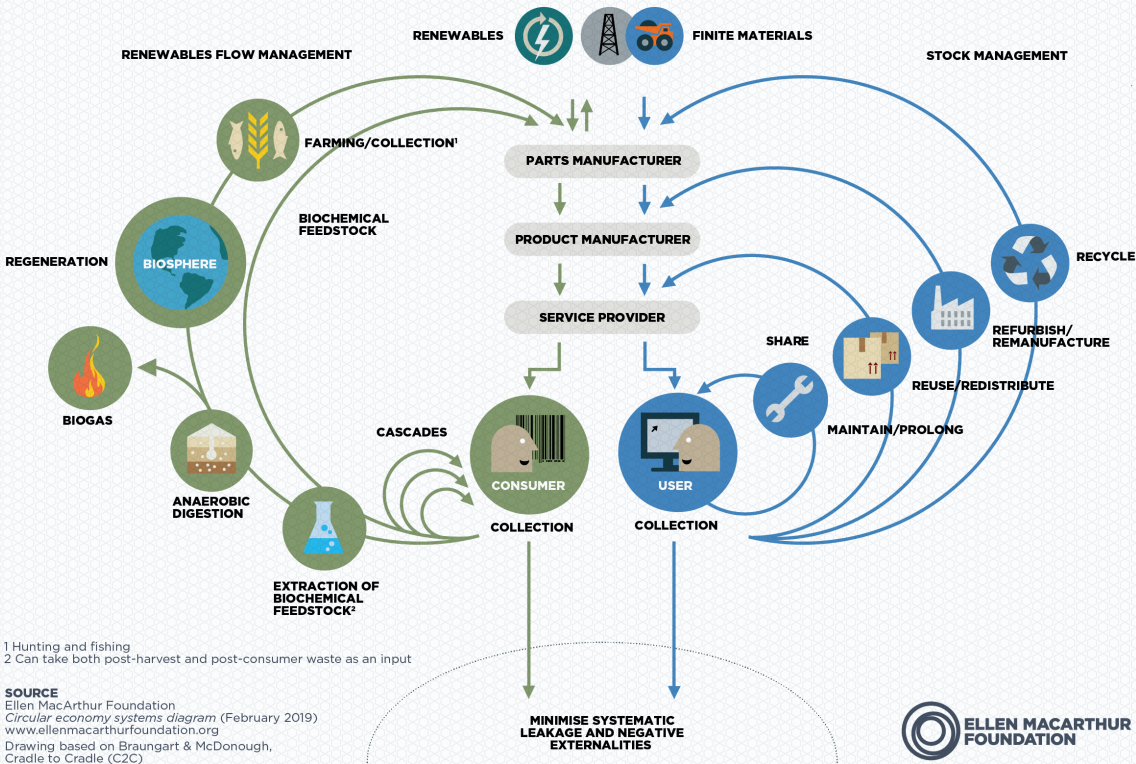
[<https://ellenmacarthurfoundation.org/topics/climate/overview>,  
<https://www.unep.org/resources/turning-off-tap-end-plastic-pollution-create-circular-economy>]

リサイクル材料を使用したGHG排出削減は、二次材料の使用者と生産者の双方にとって、企業のGHG会計に反映されるべきである。しかし、GHGプロトコルのカットオフ会計手法は、複雑な相互作用に対応するには不十分である。

リサイクル率をGHG算定に組み込むための具体的なアプローチは、[Scope3排出量算出のためのテクニカルガイダンス]の77-79ページに概説されている。このアプローチによると、製品の最初の使用において、廃棄物の流れのリサイクルが証明できる場合、バリューチェーンの関係者は、Scope3.5やScope3.12のリサイクルの負担を考慮する必要はない。リサイクル工程に関連する負担の責任は、リサイクル製品を購入し、使用する企業（一般的にセカンドユーザーと呼ばれる）のScope3.1（購入した製品・サービス）に計上される。このため、バリューチェーン参加者間でのリサイクル負荷の配分が不均衡になり、ほとんどの企業を、Scope3の炭素削減努力を、主にScope3.1（購入した製品・サービス）と3.5（事業から出る廃棄物）のサブカテゴリーに集中させてしまうという問題につながる。これらの区分は、バリューチェーンの下流のパートナーと共有する部分的なcradle-to-gateの製品のPCFの不可欠な構成要素であり、したがって、企業の業務上の義務の重要な側面を形成している。

逆に、Scope3.12（販売した製品の廃棄）では、リサイクル材料の生産者と使用者が排出量削減のために直接行動し、循環型経済を可能にすることによって実現する実際のGHG排出量削減はScope3.12排出量の削減にはつながらない。ほとんどのScope3.12排出量算定方法は、報告主体が直接管理できる範囲外であるため、高度な仮定と、環境経済協力開発機構（OECD）の統計（Global OECD Statistics）のような世界的な統計に依存している。以下の章では、現在の枠組みの中で、企業レベルとPCFレベルの両方において、化学会社がGHG排出量報告で直面している課題を取り上げる。その目的は、既存のGHGプロトコルの企業バリューチェーン（Scope3）基準の欠点を強調し、利害関係者間のオープンな議論を刺激することである。図3は、バージン原料を循環型経済に導入し、さまざまな方法で再利用する方法の選択肢をまとめたものである。これらの選択肢の多くは、化学産業で適用することが可能であり、企業の企業報告の中で、意味のある数値と結びつけて扱われなければならない。バタフライ・ダイアグラムとして知られる循環経済システム図は、循環経済における物質の連続的な流れを示している。技術サイクルと生物サイクルの2つの主要なサイクルがある。

図3 - バタフライ・ダイアグラム：循環経済の可視化 [Ellen MacArthur Foundation]



## 4.2 リサイクル含有量に対して特定されたGHGプロトコルのギャップ

第一の課題-カットオフ手法の限界:

GHGプロトコル 企業のバリューチェーン(Scope3)算定・報告基準では、すべての材料についてカットオフ手法を採用している。使用済み製品については、リサイクルされた材料の割合がゼロエミッション（収集と選別を除く）で計上されるため、この結果、「便益」はScope3.12のサブカテゴリ内のみで認識されることになる。これと並行して、第二のユーザーがリサイクル材を調達する場合（上流のScope3.1）には、リサイクルの排出による環境影響が組み込まれる。Scope3.12は、上流のバリューチェーン関係者にとっては、直接管理できない場合が多いため、この方法は問題となる。

カット・オフ・アプローチの欠点を示す例は以下の通りである。

グローバルOECD統計[Global OECD Statistics]によると、全体的なリサイクル率が10%である化石原料から材料を生産しているA社は、Scope 3.12において、その10%のリサイクル率を炭素排出量のカットオフとして主張することができる。これは、循環経済の実現に積極的に貢献していない一方で、例えば20%のリサイクル率で作られた同じ素材を提供するB社は、循環経済の積極的なプレーヤーであり実現者であるにもかかわらず、[Global OECD Statistics]の10%のリサイクル率しか使用できないため、完全に認識されない。事実上、これはA社に化石原料を使った事業を継続させ、他のバリューチェーン関係者に材料のリサイクル率を高める方法を見つけてさせるインセンティブを与えている。

第二の課題-廃棄物焼却会計の複雑さ:

エネルギー回収を伴う廃棄物焼却の会計処理、およびScope3.5とScope3.12間の影響の帰属には課題が山積している。現在、廃棄物焼却は主に最終的な廃棄物処理方法として機能しており、副産物としてエネルギー回収がある。この処理のGHG排出強度は、廃棄物の炭素含有量と発熱量に依存する。カットオフ法では、この影響は回収エネルギーに割り当てられる。しかし、この方法では、GHG排出量の配分が不注意に偏る可能性があり、積極的な廃棄物削減や最適化されたエネルギー回収の努力を阻害することになる。

第三の課題- Scope3.1におけるリサイクルの利点の非認識:

リサイクルを通して生産された製品は、cradle-to-graveのPCFが低いにもかかわらず、バージン材よりも高いcradle-to-gateのPCFを示す場合、問題が生じる。このことは、化石素材と比較したリサイクル素材の気候変動への便益が、購買決定に反映されないという事態を招く。この不透明さが、企業が自信を持ってリサイクル素材を採用する妨げとなり、適切に管理された循環型経済への移行を妨げている。

第四の課題-循環型貢献の重要性の高まりに対する非認識:

包括的な循環型経済への貢献は、材料の再利用にとどまらない。現在のGHGプロトコルのアプローチは、循環型経済の重要性を認識していない。i) リサイクルを可能にする製品（例：生分解性素材）、ii) リサイクル性の向上（例：自動車産業におけるリサイクル設計）、iii) 他の製品のリサイクル性の強化（例：添加物の導入）。サーキュラー・エコノミーのインセンティブを包括的に捉えるには、これらの側面を包含する必要がある。

# 05

## 展望

### 生物起源炭素

-1/+1アプローチでは、現行の報告アプローチのデメリットを回避することができる。そこでTfSは、-1/+1グロスフロー会計アプローチの使用を提案する。このアプローチは、企業が製品により多くの生物起源炭素を使用し、その使用を正確に報告することを可能にする。二重計上は回避され、意味のある会計トレーサビリティと会計システムが将来的にサポートされることになる。

### マス / エネルギーバランス

マスバランスのバイオベース材料または同一の材料からなる単一出力のリサイクルからの材料のPCF計算は、完全に分離されているかのように、各製品の別々のフットプリントによって容易に計算することができる。別々の供給源からの物理的に同一の材料が、それ以上の変換なしに混合される場合、マスバランスは容易に実施できる。マスバランスのバイオベース材料の水蒸気分解ステップでは、多くの原料や燃料の複雑な混合物が作られるため、特別なルールが必要である。

### リサイクル含有量

化学産業が循環型経済に向かって前進し、資源効率とGHG排出削減を促進するためには、企業報告の方法論を再考することが鍵となる。これらの複雑な課題に対する普遍的な解決策は難しいかもしれないが、TfSのメンバーは、GHGプロトコルの多様な利害関係者と建設的な対話を行い、将来の反復において調和され洗練された会計手法を構想することを熱望している。

## 参考文献

[BASF 2022], BASF (2022); [https://www.basf.com/global/documents/de/sustainability/we-source-responsibly/BASF\\_Mass\\_Balance\\_Factsheet.pdf](https://www.basf.com/global/documents/de/sustainability/we-source-responsibly/BASF_Mass_Balance_Factsheet.pdf); (Accessed July 18, 2023).

[Broeren et al 2022] Broeren, M., Uijttewaal, M., Bergsma, G.; (2022), Monitoring chemical recycling – How to include chemical recycling in plastic recycling monitoring? Delft CE (2022), [https://cedelft.eu/wp-content/uploads/sites/2/2022/03/CE\\_Delft\\_210126\\_Monitoring\\_Chemical\\_Recycling\\_Def.pdf](https://cedelft.eu/wp-content/uploads/sites/2/2022/03/CE_Delft_210126_Monitoring_Chemical_Recycling_Def.pdf), (Accessed July 18, 2023).

[PEF 2021] European Commission, (2021), Final Product Environmental Footprint Category Rules and Organisation Environmental Footprint Sector Rules, [https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/PEFCR\\_OEFSR\\_en.htm](https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/PEFCR_OEFSR_en.htm) (Accessed 18 August 2022).

[Gabrielli et al 2019] Gabrielli, P.; Gazzani, M. and Mazzotti, M.; (2020), The Role of Carbon Capture and Utilization, Carbon Capture and Storage, and Biomass to Enable a Net-Zero-CO<sub>2</sub> Emissions Chemical Industry, Ind. Eng. Chem. Res. 2020, 59, 7033–7045.

[GHG Protocol Land Sector and Removals Guidance] <https://ghgprotocol.org/land-sector-and-removals-guidance> (Accessed 18 July 2023)

[GHG Protocol Scope 2 Guidance], GHG Protocol, Scope 2 Guidance - An Amendment to the GHG Protocol Corporate Standard, (2015).

[GHG Protocol Corporate Value Chain (Scope 3) Standard] GHG Protocol Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Corporate Value Standard, (2011).

[GHG Protocol Product Standard]: Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard, (2011).

[GHG Protocol Corporate Standard] GHG Protocol Corporate Standard, A Corporate Accounting and Reporting Standard, (2004).

[Global OECD Statistics], OECD (2022), Global OECD Statistics, <https://www.oecd.org/environment/plastic-pollution-is-growing-relentlessly-as-waste-management-and-recycling-fall-short.htm>] (Accessed July 18, 2023).

[Ellen MacArthur Foundation] Circular economy systems diagram (February 2019) [www.ellenmacarthurfoundation.org](http://www.ellenmacarthurfoundation.org) Drawing based on Braungart & McDonough, Cradle to Cradle (C2C); <https://ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy-diagram>, (Accessed August 30, 2023).

[IPCC, 2023]: Sections. In: Climate Change (2023): Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 35-115, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647

[ISO 14067:2018] Greenhouse Gases- Carbon Footprint for products- Requirements & Guidelines for Quantification, (2018).

[ISO 14064-1:2018] Greenhouse gases — Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals (2018).

[ISO 22095:2020]; Chain of custody — General terminology and models (2020).

[Ishii, N., Stuchtey, M.]; Ishii, N., Stuchtey, M. (2022), Planet Positive Chemicals – Pathways for the chemical industry to enable a sustainable global economy. <https://www.systemiq.earth/wp-content/uploads/2022/10/Main-report-v1.22.pdf>, (Accessed July 18, 2023).

[McKinsey 2021] McKinsey (2021); Net-Zero Deutschland Chancen und Herausforderungen auf dem Weg zur Klimaneutralität bis 2045, [https://www.mckinsey.com/de/~media/mckinsey/locations/europe%20and%20middle%20east/deutschland/news/presse/2021/21-09-10%20net%20zero%20deutschland/mckinsey%20net-zero%20deutschland\\_oktober%202021.pdf](https://www.mckinsey.com/de/~media/mckinsey/locations/europe%20and%20middle%20east/deutschland/news/presse/2021/21-09-10%20net%20zero%20deutschland/mckinsey%20net-zero%20deutschland_oktober%202021.pdf), (Accessed 18 July 2023).

[Schneider et al 2019] Schneider, C., Samadi, S., Holtz, G., Kobiela, G., Lechten-böhmer, S., Witecka, W.; (2019), Klimaneutrale Industrie: Ausführliche Darstellung der Schlüsseltechnologien für die Branchen Stahl, Chemie und Zement. Analyse im Auftrag von Agora Energiewende. Berlin, November 2019

[Tan, C. & Vegelan, H. 2022] Tan, C. & Vegelan, H. (2022): The chemical industry can wean itself off fossil raw materials. Here's how, <https://www.weforum.org/agenda/2022/11/chemical-industry-fossil-fuels-decarbonization/>, (Accessed 18 July 2023).

[Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions] GHG Protocol, Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions, Supplement to the Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting & Reporting Standard, (2013)

[TfS PCF Guideline] The Product Carbon Footprint Guideline for the Chemical Industry, Specification for Product Carbon Footprint and Corporate Scope 3.1 Emission Accounting and Reporting, Together for Sustainability (TfS), 2022



## 略語集

<b>BCI</b>	Better Cotton Initiative
<b>BECCS</b>	Bioenergy with Carbon Capture & Storage
<b>CCU</b>	Carbon Capture and Use
<b>CCS</b>	Carbon Capture and Storage
<b>CO<sub>2</sub></b>	Carbon dioxide
<b>CoC</b>	Chain of custody
<b>EoL</b>	End-of-life
<b>FSC</b>	Forest Stewardship Council
<b>GHG</b>	Greenhouse Gases
<b>ISCC</b>	International Sustainability and Carbon Certification
<b>LHV</b>	Lower heating value
<b>MB</b>	Mass balance
<b>NGO</b>	Non-governmental organization
<b>PCF</b>	Product Carbon Footprint
<b>OECD</b>	Organization for Economic Co-operation and Development





