

令和5年度地球温暖化・資源循環等に資する調査委託費

# 化学産業における低炭素評価手法としての LCA(ライフサイクルアセスメント)の最新の 動向調査及び我が国における戦略検討事業 報告書

みずほリサーチ&テクノロジーズ

2024年3月

ともに挑む。ともに実る。

**MIZUHO**



# 目次

---

|    |                             |    |
|----|-----------------------------|----|
| 1. | 調査の概要                       | 2  |
| 2. | 化学産業におけるLCA活用方法の確認          | 5  |
| 3. | 調査対象の検討                     | 14 |
| 4. | 比較分析等の実施                    | 22 |
| 5. | リサイクル・バイオマス・CCUの算定ルール検討上の論点 | 66 |
| 6. | まとめ・今後の課題                   | 78 |

# 1. 調査の概要

## 背景・目的

---

### 背景

---

- 化学産業をはじめ、素材産業は2050年カーボンニュートラルに向けて燃料転換、原料転換、原料循環に向けた取組を進めている。
- しかし、これらの取組※によるカーボンニュートラルへの貢献を定量化し、ユーザーに価値を訴求する方法は国際的にも定まっておらず、これからルール作りと関係者の合意形成が必要な状況になっている。

※ 省エネルギー対策、再生可能エネルギー導入を除く間接的なカーボンニュートラルへの貢献の取組(リサイクル、CCUなど)

### 目的

---

- そこで、本調査ではリサイクル、バイオマス、CCU(Carbon dioxide Capture and Utilization;二酸化炭素回収有効利用)の取組のLCA(Life Cycle Assessment;ライフサイクルアセスメント)について、将来的に、化学産業としてルールを作ることを念頭に置き、これらの取組を評価する際の論点や考え方の整理に取り組む。

## 調査項目

- 化学産業の燃料転換、原料転換、原料循環の取組について、LCAやCFP(Carbon Footprint; カーボンフットプリント)の算定のなかで、取組の効果を適切に評価する方法論について、下表の4項目に分けて調査した。

### 調査項目の一覧

| 本報告書の目次構成                      |             | 調査概要  |
|--------------------------------|-------------|---|
| 2. 化学産業におけるLCA活用方法の確認          |             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 化学産業のLCA実施の目的に応じた論点整理をおこなうために、化学産業がどのようにLCAを活用するかについて目的と活用シーンを整理した。</li> <li>• 調査の結果、本調査では主にCFPを対象とした。また削減貢献量についても得られた知見をまとめることとした。</li> </ul>   |
| 3. 調査対象の検討                     |             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• CFP、削減貢献量の算定にかかる国内外のガイドライン、ケーススタディを洗い出した。また、それらのガイドライン、ケーススタディのなかにリサイクル・バイオマス・CCUの取組の評価方法の言及があるかどうかを確認した。</li> <li>• CFP算定に関して、リサイクル・バイオマス・CCUの取組の評価方法に関する記述のある資料と、削減貢献量の算定にかかる資料を、「評価方法の比較分析の対象」として選定した。</li> </ul> |
| 4. 比較分析等の実施                    | (1)各資料の概要   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3.で選定した各資料の、リサイクル・バイオマス・CCUの算定方法に関する言及を比較し、論点や考え方について整理をおこなった。</li> </ul>  |
|                                | (2)ヒアリングの実施 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 有識者、業界団体等にヒアリングをおこない、(1)の整理の妥当性等について検証した。</li> </ul>   |
| 5. リサイクル・バイオマス・CCUの算定ルール検討上の論点 |             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 4. の調査より、CFP算定に関して、リサイクル・バイオマス・CCUの評価方法に関する論点と考え方を整理した。また、削減貢献量算定に関しても論点・考え方を整理した。</li> </ul>  |

## 2. 化学産業におけるLCA活用方法の確認

## LCAを実施する目的

- リサイクル・バイオマス・CCUの取組を評価する際の論点抽出に向けて、まずは**化学産業がLCA活用する目的や、目的に応じたLCAの算定方法について具体化**し、本調査で対象とする調査手法を特定する。
- 化学産業各社(以下、化学メーカー)のLCAの活用先としては以下の3点があると想定する。
  - ① 自社製品の環境価値の発信
  - ② サプライチェーン川下企業へのインベントリ情報提供
  - ③ 自社内の現状の把握・自社の脱炭素化戦略検討
- このうち、①、②については各社取組を横ならびで比較する価値が高く、業界として共通のルール検討を進めるニーズが高いと考えられるので、本事業の検討対象とする。

### リサイクル・バイオマス・CCUの取組の効果情報の活用先

| LCAの活用先                    | 概要   | 本事業での扱い  |
|----------------------------|--|--|
| ① 自社製品の環境価値の発信             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 自社の取組によって、どの程度脱炭素化に貢献したかについて、<b>市民、政府等へ情報発信</b>する。</li> <li>• また、業界団体は各社の取組を取りまとめ、業界の取組の進捗を情報発信する。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 各製品・取組を横並び比較した際に、<b>優れた取組が分かりやすいように業界として統一的なルールを設ける必要性が高い</b>。→本事業で取り扱うべき。</li> </ul> |
| ② サプライチェーン川下企業へのインベントリ情報提供 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 主に化学製品を使用する<b>サプライチェーン川下の企業からの環境負荷情報提供の要請</b>に応じて情報を提供する。</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ①同様に、<b>製品間で公平な環境負荷情報となるように統一的なルールを設ける必要性が高い</b>。→本事業で取り扱うべき。</li> </ul>              |
| ③ 自社内の現状の把握・自社の脱炭素化戦略検討    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 企業内部の現状把握、複数の取組のうち、自社で採用する取組を採用する際の参考情報として活用する。</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ①、②に比べて一段応用的な活用先となり、本事業では今後の課題とする。</li> </ul>   |

## ① 自社製品の環境価値の発信(1/2)

- 企業による脱炭素化の取組の方向を網羅的に整理する一例として「経団連カーボンニュートラル行動計画」における4本柱を検討の参考とした。柱としては、自社事業の省エネ・省CO2(第一の柱)に加えて、自社製品・サービスによるサプライチェーン上の排出削減(第二の柱)などが掲げられている。
- 経団連カーボンニュートラル行動計画は業界レベルの取組になるが、仮に個社レベルで同様の取組の情報発信をおこなう際に、LCAがどのように活用可能かについて想定すると、自社事業の省エネ・省CO2(第一の柱)に関してはサプライチェーン排出量算定、CFP、削減実績量が対応し、また、サプライチェーン上の排出削減(第二の柱)に関しては削減貢献量算定が対応すると考えられる。※各手法の概要を9ページに示す。

### 企業による脱炭素化の取組の方向性

| 柱                                 | 柱の概要  | 個社レベルで対応するLCA手法<br>(当社想定)   |
|-----------------------------------|---|---|
| 第一の柱: 国内の事業活動における排出削減             | 業界・企業自身が目標(2030目標)を定め、自社の国内事業のCO2排出削減に取り組む。       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 企業: サプライチェーン排出量(Scope3)</li> <li>• 製品: CFP</li> <li>• 製品の削減努力の進捗: 削減実績量</li> </ul> |
| 第二の柱: 主体間連携の強化                    | 脱炭素型の製品・サービス提供・調達や国民運動への参画など、サプライチェーンを通じた脱炭素化の実現。 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 上記の各方法に加えて、削減貢献量算定</li> </ul>  |
| 第三の柱: 国際貢献の推進                     | 日本の優れた技術等の展開・普及により海外のCO2排出削減に貢献。                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• (LCA以外) 輸出状況など</li> </ul>  |
| 第四の柱: 2050年カーボンニュートラルに向けた革新的技術の開発 | イノベーションの不断の創出により、長期での大幅なCO2排出削減。                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• (LCA以外) R&amp;Dの状況など</li> </ul>  |

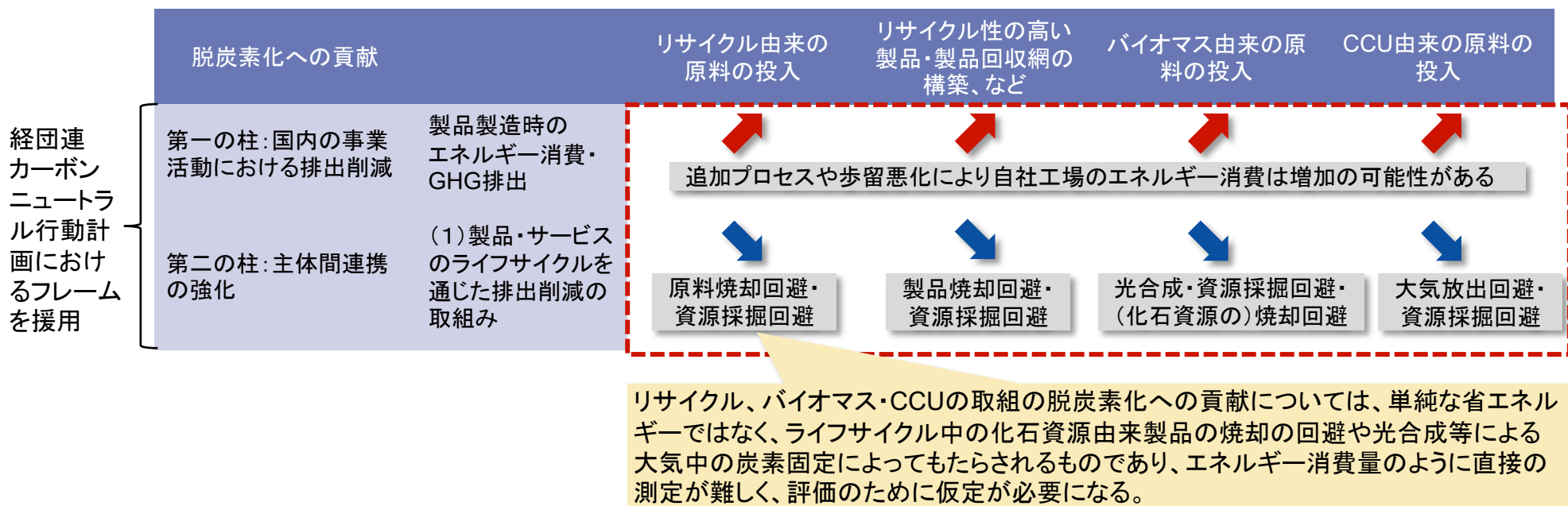
出所: 日本経済団体連合会「経団連カーボンニュートラル行動計画」より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成



## ① 自社製品の環境価値の発信(2/2)

- 次に、前ページの整理のなかで、リサイクル・バイオマス・CCUの取組がどこに位置づけられるかを確認する。上記の取組は、自社事業の省エネ・省CO2(第一の柱)の観点では効果が期待できず、プロセスの追加や収率の悪化によってむしろエネルギー消費量が増える懸念がある。
- これらの取組による効果は化石資源由来の廃棄物の焼却回避など自社事業の外で期待されるものになる。こうした回避効果は化学メーカーが直接測定することが難しい場合がほとんどと考えられるため、CFPや削減貢献量算定のなかでどのように算定方法を設定するかが論点となる。

### リサイクル・バイオマス・CCUの取組の進捗状況の発信



## (参考)カーボンフットプリント、削減貢献量、サプライチェーン排出量の概要

- CFP、削減貢献量、サプライチェーン排出量などLCAの考え方にもとづく各概念について概要を下表に示す。

|                | CFP(カーボンフットプリント)   | 削減貢献量  | サプライチェーン排出量(Scope1~3)  |
|----------------|--|--|--|
| 評価対象           | 製品・サービス  | 製品・サービス  | 組織   |
| 概要             | <ul style="list-style-type: none"> <li>気候変動への影響に関するライフサイクルアセスメント(LCA)に基づき、<b>当該製品システムにおけるGHGの排出量から除去・吸収量を除いた値を、CO2排出量相当に換算したもの</b> [1]</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>環境負荷の削減効果を発揮する製品等の、原材料調達から廃棄・リサイクルまでの、ライフサイクル全体での温室効果ガス排出量を<b>ベースラインと比較して得られる排出削減分のうち、当該製品の貢献分</b>を定量化したもの [3]</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li><b>事業者自らの排出に加え、事業活動に関係するあらゆる排出を合計した排出量</b>を指す</li> <li>原材料調達・製造・物流・販売・廃棄など、一連の流れ全体から発生するGHG排出量のこと</li> </ul>  |
| 活用場面           | <ul style="list-style-type: none"> <li>自社製品の排出量の削減計画の策定、削減推移の測定 [2]</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>自社の製品・サービスによる他者の削減への貢献を「削減量」としてアピール [4]</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>自社事業活動のGHG排出削減に向けた改善ポイントを検討する</li> </ul>  |
| 方法の概要          | <ul style="list-style-type: none"> <li>基本的なステップは以下の通り[2]</li> <ol style="list-style-type: none"> <li>算定方針の検討</li> <li>算定範囲の設定</li> <li>CFPの算定</li> <li>検証・報告</li> </ol> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>基本的なステップは以下の通り [5]</li> <ol style="list-style-type: none"> <li>目的の設定</li> <li>定量化対象の設定</li> <li>ベースラインシナリオの設定</li> <li>定量化の範囲・内容の設定</li> <li>削減貢献量の累積方法の決定</li> <li>削減貢献量の定量化</li> <li>検証・報告</li> </ol> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>自社事業活動にともなうエネルギー消費によるGHG排出量を算定 (Scope1、2)</li> <li>自社事業活動にともなう原材料の調達、物流、販売後の製品の使用、廃棄にともなうGHG排出量を推計 (Scope3)</li> </ul>  |
| 主な関連規格・ガイドライン等 | <ul style="list-style-type: none"> <li>ISO14067:2018 Greenhouse gases — Carbon footprint of products — Requirements and guidelines for quantification</li> <li>Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard</li> <li>経済産業省、環境省(2023)「カーボンフットプリントガイドライン」</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>経済産業省(2018)「温室効果ガス削減貢献量定量化ガイドライン」</li> <li>日本LCA学会(2022)「温室効果ガス排出削減貢献量算定ガイドライン(第2版)」</li> <li>持続可能な開発のための経済人会議(2023)「Guidance on Avoided Emissions」</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>GHGプロトコル(2011)「Corporate Value Chain (Scope3) Accounting and Reporting Standard」</li> <li>環境省・経済産業省(2022)「サプライチェーンを通じた温室効果ガス排出量算定に関する基本ガイドライン(ver2.4)」</li> </ul> |

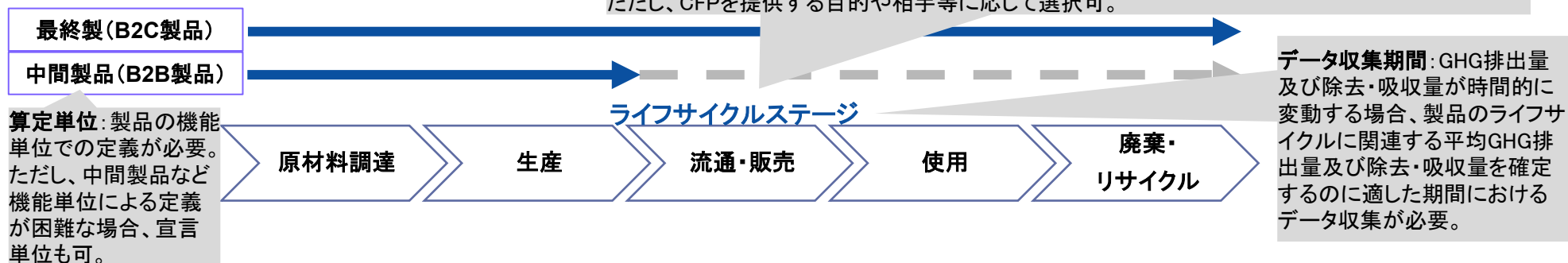
出所:[1]サプライチェーン全体でのカーボンニュートラルに向けたカーボンフットプリントの算定・検証等に関する検討会(2023)「カーボンフットプリントレポート」、[2]経済産業省、環境省(2023)「カーボンフットプリントガイドライン」、[3]日本LCA学会(2022)「温室効果ガス排出削減貢献量算定ガイドライン(第2版)」、[4]経済産業省(2023)「令和4年度エネルギー需給構造高度化対策に関する調査等委託費 カーボンニュートラルと統合的な循環経済型のビジネスモデルへの移行に向けた課題等に関する調査分析 調査報告書」(委託先:みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社)、[5]経済産業省(2018)「温室効果ガス削減貢献量定量化ガイドライン」

## (参考)カーボンフットプリント(CFP)の概要

### CFPの評価範囲

- CFPの算定にあたっては、算定単位を定義し、算定対象とするライフサイクルステージを設定するなど、**算定対象とする範囲を明確化することが必要**。

算定範囲: 最終製品の場合は製品原材料調達から廃棄・リサイクルまで (Cradle to Grave)、中間製品の場合は製品の原材料調達から製造 (出荷) まで (Cradle to Gate) を基本とする。ただし、CFPを提供する目的や相手等に応じて選択可。



### CFPの算定方法

- CFPの算定は下記4つのStepにて構成されている。

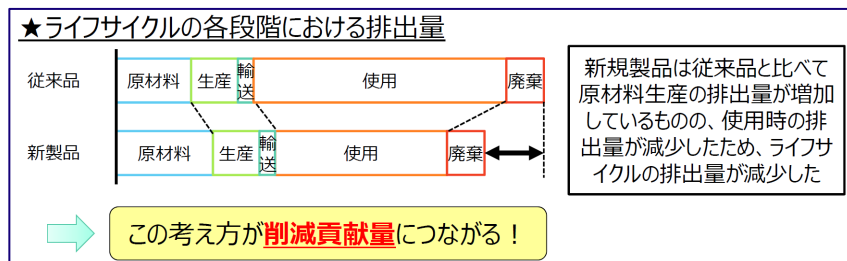
|                  |  |
|------------------|--|
| Step1<br>方針の検討   | <ul style="list-style-type: none"> <li>CFPに取り組む目的や用途を明確にする</li> <li>ISO等の国際的な基準や製品別算定ルールなど、参照するルールを検討する</li> </ul> |
| Step2<br>算定範囲の検討 | <ul style="list-style-type: none"> <li>算定対象製品のライフサイクルを構成するプロセスを明確にする</li> </ul>                                    |
| Step3<br>CFPの算定  | <ul style="list-style-type: none"> <li>各プロセスのGHG排出量(及び除去・吸収量)を計算し、合算する</li> </ul>                                  |
| Step4<br>検証・報告   | <ul style="list-style-type: none"> <li>算定したCFPの算定結果を確認し、算定結果をとりまとめる</li> </ul>                                     |

出所: 経済産業省、環境省(2023)「カーボンフットプリント ガイドライン」より作成

## (参考)削減貢献量の概要

### 削減貢献量の評価範囲

- 削減貢献量は、**評価対象製品・サービス等のライフサイクル全体**で効果が測られるものである。



出所：環境省・みずほリサーチ&テクノロジーズ(2023)「サプライチェーン排出量の算定と削減に向けて」

- ✓ 評価対象製品・サービス等が**部品・素材等の中間財**であり、かつ主に削減効果が発揮されるのが**最終製品・サービス**の場合には、**最終製品・サービスまでを定量化の対象とする範囲(対象範囲)**に含めなければならない。
- ✓ 対象範囲において温室効果ガスが削減される一方で、対象範囲の外側で大きな温室効果ガス排出が生じることが想定される場合には、その影響も含めて明確にすることが望ましい。

出所：経済産業省(2018)「温室効果ガス削減貢献量定量化ガイドライン」

### 削減貢献量の算定方法

- 削減貢献量の算定における基本的なステップを以下に示す。

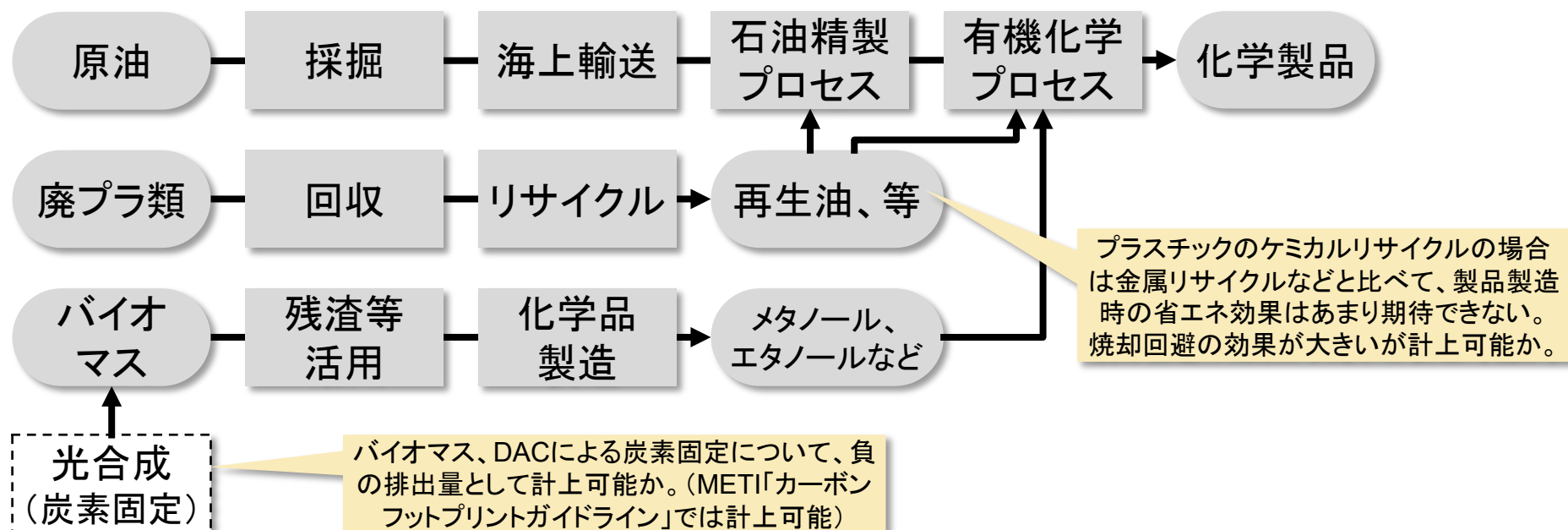
|               |  |
|---------------|--|
| 目的の検討         | <ul style="list-style-type: none"> <li>目的を明確にしなければならない。</li> <li>目的の<b>設定理由、並びに、報告相手、報告手段を明確に</b>することが望ましい。</li> </ul>   |
| 定量化対象の設定      | <ul style="list-style-type: none"> <li>評価対象製品・サービス等の<b>機能又は内容等を明確に</b>しなければならない。</li> <li>削減効果を発揮する<b>最終製品・サービス等の場合</b>や、削減効果を発揮する<b>最終製品・サービス等の一部の機能を担う部品等の場合</b>がある。</li> </ul>  |
| ベースラインシナリオの設定 | <ul style="list-style-type: none"> <li>削減効果を発揮する最終製品・サービス等と<b>同じ機能単位</b>である必要がある。</li> <li><b>根拠となる考え方</b>とともに説明しなければならない。</li> </ul>  |
| 定量化の範囲・内容の設定  | <ul style="list-style-type: none"> <li>削減効果を発揮する最終製品・サービス等の特性に合わせてライフサイクルの<b>段階の名称や、段階数を設定</b>してもよい。</li> <li><b>ライフサイクルのフロー図等</b>を用いて、<b>定量化の範囲を明確に</b>することが望ましい。</li> </ul>  |
| 削減貢献量の累積方法の決定 | <ul style="list-style-type: none"> <li><b>販売期間、使用期間をそろえた</b>2通りの代表的な考え方がある。どちらを採用したかを明確にすることが望ましい。</li> <li>評価対象製品・サービス等の<b>ライフタイムでの削減貢献量に着目する(フローベース)</b>か、<b>評価期間の削減貢献量に着目する(ストックベース)</b>か。</li> </ul>   |
| 削減貢献量の定量化     | <ul style="list-style-type: none"> <li>算定の目的に応じた期間における評価対象製品・サービス等の<b>普及量を把握</b>することが必要である。</li> <li>評価対象製品・サービス等の<b>寄与率を設定</b>し、削減効果を発揮する最終製品・サービス等の削減貢献量を、寄与に応じて配分する必要がある。</li> <li><b>各種データの収集や前提条件</b>を置いたシナリオの作成が必要となる。データの透明性を重視し、データやシナリオの<b>品質に留意</b>することが望ましい。</li> </ul> |
| 検証・報告         | <ul style="list-style-type: none"> <li><b>感度分析及び不確実性分析を実施</b>し、結果がどの程度変わり得るのか国際規格に準拠して確認することが望ましい。</li> <li>ステークホルダーとコミュニケーションする際に、目的に応じて説明に含める項目に留意する必要がある。</li> </ul>  |

出所：経済産業省(2018)「温室効果ガス削減貢献量定量化ガイドライン」、日本LCA学会(2022)「温室効果ガス排出削減貢献量算定ガイドライン(第2版)」より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

## ② サプライチェーン川下企業へのインベントリ情報提供

- サプライチェーン上の企業への情報提供にあたっては、自社製品の生産にかかるGHG排出量を原単位化した情報（Cradle-to-Gateのライフサイクルインベントリ情報）の提供が求められると考えられる。
- このとき、化学メーカーとしては自社取組による焼却回避などの回避効果を計上したインベントリを提供したいというニーズがあると考えられるが、LCA手法として可能かどうか、サプライチェーン上の企業のコミュニケーション上可能かどうかという点が論点になると考えられる。
- 評価手法としてはカーボンフットプリントを用いると考えられる。

### 情報提供対象の化学製品製造プロセスの評価範囲のイメージ



## 2. 化学産業におけるLCA活用方法の確認:まとめ

- 化学メーカーがリサイクル・バイオマス・CCUの取組の省GHG効果の説明にLCAを活用する際に、特に業界で**共通の方法論の検討を進める価値が高い活用先**は以下の2点と考えられる。
  - ① 自社製品の環境価値の発信
  - ② サプライチェーン川下企業へのインベントリ情報提供
- **リサイクル・バイオマス・CCUの取組による省GHG効果は、化学メーカーの事業範囲内では生じず、サプライチェーン川上・川下で間接的に生じるものになる。**(焼却回避の効果、光合成・DACによる炭素固定の効果、天然資源由来の製造プロセス回避の効果、など)
  - 化学メーカーは自社製品を多種多様な業種に販売していることから、**各化学製品がどの最終製品で使用されているかを把握する作業負荷は高く、現実にはそれらの回避効果について直接、測定することは困難**と考えられる。
- そこで、上記の効果について何らか推計したうえで、上記①、②の活用の目的を満たす情報発信となる方法論を検討する必要がある。
- また、評価手法としては①、②に関する**カーボンフットプリント**、および①に関する**削減貢献量を対象**とした。削減実績量については現時点では定義を含めて検討中の方法であり、検討は今後の課題とした。  
また、サプライチェーン排出量(Scope3)に関しては組織の評価になるため本検討では対象外とした。

|                     | ① 自社製品の環境価値の発信     | ② サプライチェーン川下企業へのインベントリ情報提供 |
|---------------------|--------------------|----------------------------|
| カーボンフットプリント(CFP)    | ○                  | ○                          |
| 削減貢献量               | ○                  |                            |
| 削減実績量               | ○: 今後、定義等が検討される予定※ |                            |
| サプライチェーン排出量(Scope3) | △: 組織の評価           |                            |

※ 経済産業省「産業競争力強化及び排出削減の実現に向けた需要創出に資するGX製品市場に関する研究会 中間整理」では「削減実績量については、本中間整理において新たに提唱するものであって、その基本的な考え方や、算定・主張の方法は確立されていない。まずは、算定の基本的手順を整理しつつ、実際の算定プロジェクトが産業界で実証されることが望ましい。その上で、削減実績量の具体的な定義や、算定・主張に関する手順の手引き化が必要となる。こうした手引きの策定は、標準化といった手法も活用しながら、関連業界や有識者を交えた討議を経ることが望ましく、例えば日本LCA学会において専門的な議論を進めることが考えられる」と示されている。

### 3. 調査対象の検討

## 3. 調査対象の検討

- 調査項目2. では化学産業がLCAを実施する目的を踏まえて、本調査対象の方法としてCFPと削減貢献量を選定した。
- 次に、調査項目3.ではCFP、削減貢献量の算定にかかる国内外のガイドライン、ケーススタディに関するリストを作成した。それらのガイドライン、ケーススタディのなかにリサイクル・バイオマス・CCUの取組の評価方法の言及があるかどうかを確認した。
- 上記の作業から、CFP算定に関して、リサイクル、バイオマス、CCUの取組の評価方法に関する記述のある資料と、削減貢献量の算定にかかる資料を、「評価方法の比較分析の対象」として選定した。

### 調査対象の検討フロー

|                          |  |
|--------------------------|--|
| (1) 既往のLCAガイドライン・ケーススタディ | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 既存のLCAガイドライン・ケーススタディについて、全産業を対象とした基礎的・一般的なものから化学産業に特化したものまで、網羅的にリストアップし、それぞれの概要をまとめたリストを作成する。</li> <li>• 特にそのガイドライン・ケーススタディのなかでリサイクル・バイオマス・CCUについて扱われているか確認する。</li> </ul> |
| (2) 比較分析等の調査対象資料の選定      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• (1)をもとに、リサイクル・バイオマス・CCUのLCA評価の論点抽出に向けて、精読・考察が必要な資料を選定した。</li> </ul>   |



### 3. (1) 既往のLCAガイドライン・ケーススタディ

- リサイクル、バイオマス、CCUの効果算定に着目して、化学産業はもちろん、全産業に関する議論を含め、幅広く現在の国際的な検討状況を概観し、主だったガイドライン、分析事例についてリストを作成した。
- リストでは、各資料の概要に加えて、リサイクル・バイオマス・CCUに対する言及について調査した。

#### リスト作成対象の資料

|    |                              |  |
|----|------------------------------|--|
| a. | LCAに関する規格                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• LCA、CFP、サプライチェーン排出量算定などに関するISO規格等について調査対象とした。</li> </ul>  |
| b. | 政府・国際的な団体等による全産業を対象としたガイドライン | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 経済産業省、環境省、欧州委員会、持続可能な開発のための経済人会議(WBCSD)、GHGプロトコルなどのガイドラインについて調査対象とした。</li> </ul>                            |
| c. | 化学産業における既往のガイドライン・ケーススタディ    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 国際化学工業協会(ICCA)、日本化学工業協会およびTogether for Sustainability(TfS)など化学産業を中心としたガイドライン・ケーススタディについて調査対象とした。</li> </ul> |

## 既往のLCAガイドライン・ケーススタディのリスト(1/2)

- 各資料のテーマ名、実施主体、概要は下表のとおり。(凡例) ◎:方法論を提示・既往の方法論を体系的に整理/ ○:他の資料の方法論を引用/ —:言及なし

| 実施主体                            | テーマ/資料名  | 概要                                     |  |  |        |       |
|---------------------------------|--|--|--|--|--------|-------|
|                                 |  | 対象の評価手法                                | リサイクルの扱い   | バイオマスの扱い   | CCUの扱い | 対象の業種 |
| a. LCAに関する規格                    |  |  |  |  |        |       |
| ISO                             | ISO 14040:2006 環境マネジメント-ライフサイクルアセスメント-原則及び枠組み                        | LCA手法の規格<br>※旧ISO14040～<br>ISO14043を再編 | —  | —  | —      | 全業種   |
|                                 | ISO 14044:2006 環境マネジメント-ライフサイクルアセスメント-要求事項及び指針                       |  | —  | —  | —      | 全業種   |
|                                 | ISO 14064-1:2018 温室効果ガス-第1部:組織における温室効果ガスの排出量及び吸収量の定量化及び報告のための仕様並びに手引 | 組織のLCAの規格                              | —  | —  | —      | 全業種   |
|                                 | ISO14067:2018 温室効果ガス-製品のカーボンフットプリント-定量化のための要求事項及び指針                  | 製品のカーボンフットプリント(CFP)の規格                 | —  | ◎バイオマス由来の炭素について-1/+1法(バイオマス中の炭素は除去、焼却時に排出)で算定を定義(P.54) | —      | 全業種   |
|                                 | ISO 20915:2019 鉄鋼製品のライフサイクルインベントリ計算方法                                | リサイクルの効果を加味した鉄鋼製品のLCA手法の規格             | ◎繰り返しリサイクル可能な素材の評価手法を開発(P.43)                                    | —  | —      | 鉄鋼業界  |
| b. 政府・国際的な団体等による全産業を対象としたガイドライン |  |  |  |  |        |       |
| 環境省・経済産業省                       | カーボンフットプリント ガイドライン   | CFP                                    | —  | ○  | —      | 全業種   |
|                                 | サプライチェーンを通じた温室効果ガス排出量算定に関する基本ガイドライン(ver2.4)                          | サプライチェーン排出量                            | ○  | ○  | —      | 全業種   |
|                                 | 温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度における算定方法検討会                                       | 事業者の排出量報告                              | —  | —  | ○      | 全業種   |
| European Commission             | 環境フットプリント算定ガイダンス   | CFP                                    | ◎Circular Footprint Formula;CFFを定義(P.38)                         | ○  | —      | 全業種   |
| GHG Protocol                    | Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard                 | CFP                                    | ◎既往文献をレビューしRecycled content法、Closed loop approximation法を整理(P.32) | ○  | —      | 全業種   |
|                                 | Corporate Value Chain (Scope 3) Standard                             | サプライチェーン排出量                            | ○  | ○  | —      | 全業種   |
|                                 | Land Sector and Removals Guidance                                    | サプライチェーン排出量                            | —  | ○  | ○      | 全業種   |

出所:各種資料より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

## 既往のLCAガイドライン・ケーススタディのリスト(2/2)

■ 各資料のテーマ名、実施主体、概要は下表のとおり。

(凡例) ◎: 方法論を提示・既往の方法論を体系的に整理  
○: 他の資料の方法論を引用  
—: 言及なし

| 実施主体                                 | テーマ/資料名  | 概要           |                           |          |   |       |
|--------------------------------------|--|--------------|---------------------------|----------|---|-------|
|                                      |  | 対象の評価手法      | リサイクルの扱い                  | バイオマスの扱い | CCUの扱い                                      | 対象の業種 |
| b. 政府・国際的な団体等による全産業を対象としたガイドライン(つづき) |  |              |                           |          |   |       |
| 日本LCA学会                              | 温室効果ガス排出削減貢献量ガイドライン第2版   | 削減貢献量        | —                         | —        | —   | 全業種   |
| 持続可能な開発のための経済人会議(WBCSD)              | Guidance on Avoided Emissions: Helping business drive innovations and scale solutions towards Net Zero             | 削減貢献量        | —                         | —        | —   | 全業種   |
| 新エネルギー・産業技術総合開発機構                    | 2020～2022年度成果報告書 カーボンリサイクル・火力発電の脱炭素化技術等国際協力事業/カーボンリサイクル・火力発電の脱炭素化技術等に係る調査/カーボンリサイクルに係るライフサイクル分析に関するファクト・ファインディング調査 | LCA全般        | —                         | —        | ◎CCUのCO2を原排出者側と利用者側のどちらに割り付けるかについて整理(P.59-) | 全業種   |
| メタネーション推進官民協議会CO2カウントに関するタスクフォース     | 合成メタン利用の燃焼時のCO2カウントに関する中間整理  | LCA全般        | —                         | —        |   | 全業種   |
| c. 化学産業における既往のガイドライン・ケーススタディ         |  |              |                           |          |   |       |
| 日本化学工業協会                             | 化学産業における製品のカーボンフットプリント算定ガイドライン   | CFP          | —                         | —        | —   | 化学産業  |
| 国際化学工業協会(ICCA)                       | 温室効果ガスの削減－化学産業の基本的役割   | 削減貢献量        | —                         | —        | —   | 化学産業  |
|                                      | Life Cycle Assessment of circular systems Approach and methodology   | LCA全般        | ○                         | ○        | ○   | 化学産業  |
|                                      | Life Cycle Assessment of circular systems Guide and case studies <sup>※</sup>                                      | LCA全般        | ◎既往の事例から主要な論点を整理(P.44-)   |          |   | 化学産業  |
| Together for Sustainability(TfS)     | 化学産業のための製品カーボンフットプリントガイドライン  | CFP          | ◎一次製品との比較を想定した手法を検討(P.41) | ○        | ○   | 化学産業  |
|                                      | Scope3報告における改善と調和 TfSホワイトペーパー  | サプライチェーン排出量  | ○                         | ○        | ○   | 化学産業  |
| Plastics Europe                      | Eco-profiles set   | インベントリデータセット | —                         | —        | —   | 化学産業  |

※ ICCA「Life Cycle Assessment of circular systems Guide and case studies」で紹介される化学メーカーのケーススタディについては次ページに示す。

出所: 各種資料より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

## (参考) ガイドラインを作成する各組織の概要

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| GHG Protocol                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>1998年に持続可能な開発のための経済人会議(WBCSD)と世界資源研究所(WRI)によって共同設立。</li> <li>事業者、NGO、政府機関といった複数の利害関係者の協力によって、GHG排出量の算定・報告に関する情報発信(基準・ガイドダンス等)を行っている。</li> </ul>  |
| 持続可能な開発のための経済人会議(WBCSD)          | <ul style="list-style-type: none"> <li>持続可能で公平な世界を目指すために協力する200社以上の企業のCEOによる協議会。(1992年地球サミットに向けて91年に初会合)</li> <li>政府、NGO、国際機関と協力して持続可能な発展に関する課題への取組で協力する。</li> </ul>  |
| Together for Sustainability      | <ul style="list-style-type: none"> <li>持続可能性向上に向けた取組の評価・監査・改善を目的とした化学メーカー複数社で構成されるイニシアチブ。</li> </ul>  |
| メタネーション推進官民協議会CO2カウントに関するタスクフォース | <ul style="list-style-type: none"> <li>メタネーション推進官民協議会は資源エネルギー庁が、「今後、都市ガスや燃料、その他の用途での活用拡大に向け、メタネーションを中心に、技術的・経済的・制度的課題や、その解決に向けたタイムラインを官民で共有し、一体となって取組を進めるため」設置したもの。</li> <li>CO2カウントに関するタスクフォースはこの協議会の下に設置され、「CO2カウントに関する論点の整理や方策の検討に当たって専門的な知見」をもとに検討を実施した。</li> </ul> |

出所：各種資料より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

## カーボンフットプリント算定に係る調査対象資料の選定

- (2)で整備したリストの概要より、リサイクル・バイオマス・CCUについて、特にCFPで評価する際にそれぞれの取組の環境価値が見える化できるかどうか確認し、「現状の一般的な算定方法」に関わる資料と「取組の環境価値の見える化」に関わる資料として以下の8資料を選定。

| 取組            | 比較分析等の調査対象資料  |
|---------------|---|
| リサイクル材の原料利用   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• リストのうち、リサイクルの算定方法について言及のある下記の6資料を選定した。               <ol style="list-style-type: none"> <li>① <a href="#">GHG Protocol「Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard」</a></li> <li>② <a href="#">EC「環境フットプリント算定ガイダンス」(Circular Footprint Formula)</a></li> <li>③ <a href="#">日本化学工業協会(2023)「化学産業における製品のカーボンフットプリント算定ガイドライン」</a></li> <li>④ <a href="#">Together for Sustainability「化学産業のための製品カーボンフットプリントガイドライン」</a></li> <li>⑤ <a href="#">ISO 20915:2019 鉄鋼製品のライフサイクルインベントリ計算方法</a></li> <li>⑥ <a href="#">ICCA「Life Cycle Assessment of circular systems Guide and case studies」</a></li> </ol> </li> </ul> |
| バイオマス材の原料利用   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 下記資料を調査対象として選定した。               <ol style="list-style-type: none"> <li>⑦ <a href="#">ISO14067:2018 温室効果ガスー製品のカーボンフットプリントー定量化のための要求事項及び指針</a></li> </ol> </li> </ul>  |
| CCU由来の材料の原料利用 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• リストのうち、CCUの算定方法について言及のある下記の1資料を選定した。               <ol style="list-style-type: none"> <li>⑧ <a href="#">メタネーション推進官民協議会CO2カウントに関するタスクフォース「合成メタン利用の燃焼時のCO2カウントに関する中間整理」</a></li> </ol> </li> </ul>   |

## 削減貢献量に関連する調査対象資料

- 削減貢献量に関しては、方法論全般に関わる資料として全産業共通の資料と化学産業の資料の2資料を選定した。

| 資料         |   |
|------------|---|
| 全産業共通の推計方法 | WBCSD「Guidance on Avoided Emissions: Helping business drive innovations and scale solutions towards Net Zero」 |
| 化学産業の視点    | 日本化学工業協会「温室効果ガスの削減－化学産業の基本的役割」  |

## 4. 比較分析等の実施

## 4. 比較分析等の実施の概要


---

- 3.で選定した各資料の、リサイクル・バイオマス・CCUの算定方法に関する言及を比較し、論点や考え方について整理をおこなった。

### 調査対象の検討フロー

|             |  |
|-------------|--|
| (1)各資料の概要   | • 3.で選定した各資料の、リサイクル・バイオマス・CCUの算定方法に関する言及を比較し、論点や考え方について整理をおこなった。 |
| (2)ヒアリングの実施 | • 有識者、業界団体等にヒアリングをおこない、(1)の整理の妥当性等について検証した。                      |





(1)各資料の概要  
①リサイクル

## 比較対象の文献におけるリサイクルに関する記述

- 比較対象の資料について、それぞれのリサイクルに関する記述を下表にまとめた。
- ①～⑤の各資料では“リサイクル材とバージン材に環境負荷の違いがある場合、その環境負荷の差分(リサイクルの効果)は誰が計上すべきか。”という論点について議論されていることが分かった。一方で、⑥のICCA資料ではその他の論点についてケーススタディを元に解説している。

| リサイクルに関する記述の概要   |   |
|--|---|
| ① GHG Protocol「Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard」     | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ <b>リサイクルによる素材製造時の環境負荷低減</b>がある場合に、その<b>効果を廃棄物排出者とリサイクル材利用者でどのように分配するか</b>について既往の考え方を整理し、「カットオフ法/100:0法/recycled content 法」、「0:100法/ closed loop approximation法」として解説している。</li> <li>・ カットオフ法/100:0法/recycled content 法は環境負荷低減の効果について、リサイクル材利用者側に割り付ける方法。0:100法/ closed loop approximation法は環境負荷低減の効果を廃棄物排出者(バージン材製造側)に割り付ける方法となっている。</li> </ul> |
| ② EC「環境フットプリント算定ガイダンス」(Circular Footprint Formula)                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ <b>リサイクルによる素材製造時の環境負荷低減の効果の分配方法</b>について、廃棄物・素材の特性に応じて100:0法と0:100法の間で任意の比率で効果をリサイクル材利用者と廃棄物排出者に割り付けできるCircular Footprint Formula; CFFの方法論を構築。</li> </ul>   |
| ③ 日本化学工業協会(2023)「化学産業における製品のカーボンフットプリント算定ガイドライン」                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ リサイクルの効果の評価については<b>今後の課題</b>とする。</li> <li>・ 自産業から排出される<b>廃棄物の扱いに関してはカットオフ法/100:0法/recycled content 法を採用する。</b></li> </ul>  |
| ④ Together for Sustainability「化学産業のための製品カーボンフットプリントガイドライン」               | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ <b>バージン材由来の化学製品とリサイクル材由来の化学製品の比較</b>を念頭におき、カットオフ法/100:0法/recycled content 法を基本としながら、<b>リサイクル材の環境価値を見える化する方法として、評価範囲を拡張する、廃棄物処理の回避による削減効果について計上する、などの算定方法</b>について考案・提示している。</li> </ul>  |
| ⑤ (参考)ISO 20915:2019 鉄鋼製品のライフサイクルインベントリ計算方法                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ リサイクルが繰り返し行われる素材に関して、バージン材とリサイクル材の区別なく素材1回利用当たりの環境負荷を算定する方法を規格化。</li> </ul>  |
| ⑥ ICCA「Life Cycle Assessment of circular systems Guide and case studies」 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 以下のリサイクルの取組効果算定上の論点について、ケーススタディを元に解説。 <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ (製造プロセスの工程ロスなど、廃棄物か副産物かの区別がつきにくい場合に) <b>廃棄物に環境負荷を割り付ける</b>場合の考え方。</li> <li>➢ リサイクルによって<b>廃棄物の適正処理が回避された効果を計上</b>できるか。</li> <li>➢ 技術比較の際に、<b>産出物が異なる複数のリサイクルプロセスをどのように評価</b>するか。</li> <li>➢ <b>マスバランス法</b>の考え方。</li> </ul> </li> </ul>                           |

出所: 各種資料より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

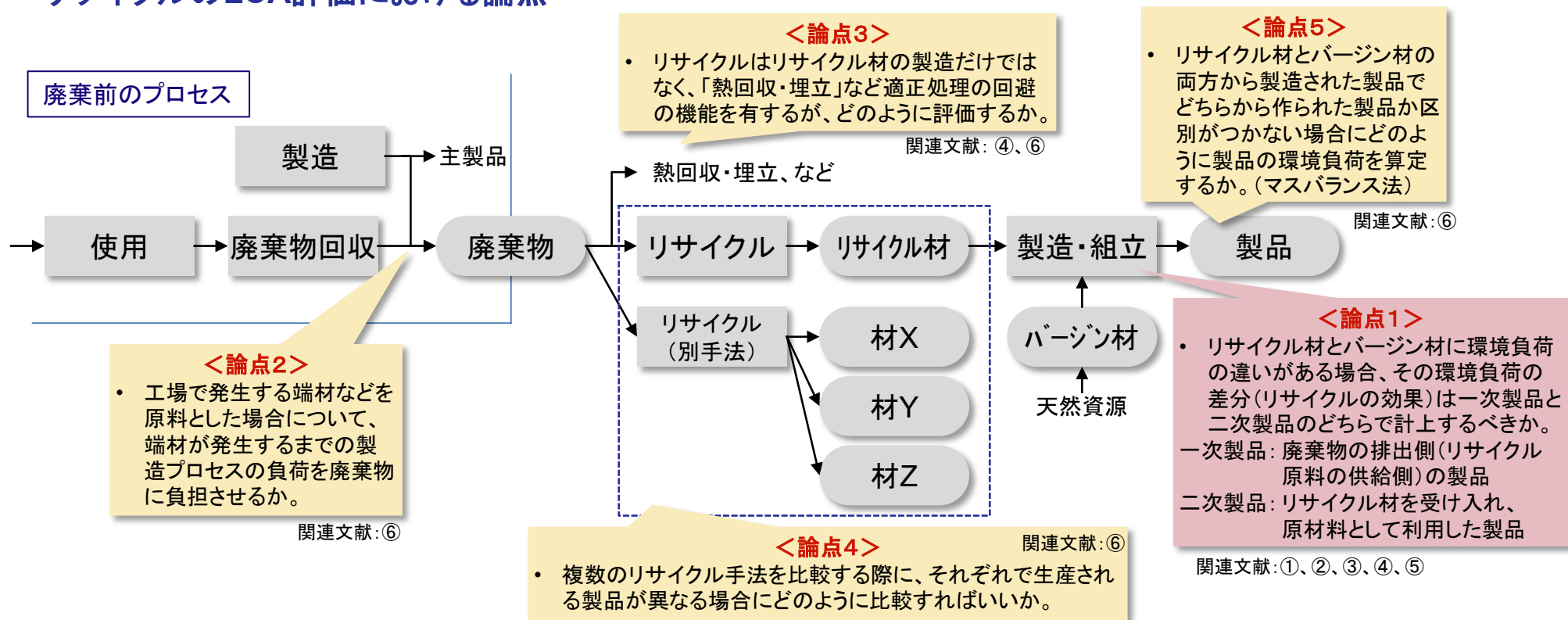
## (参考) ICCA「Life Cycle Assessment of circular systems Guide and case studies」において紹介されるケーススタディ

| 実施主体             | 対象の取組  | ケーススタディのポイント   |
|------------------|--|--|
| BASF             | 廃プラスチック類の油化、再生油由来のプラスチック製造 (ChemCycling™)        | <ul style="list-style-type: none"> <li>油化事業は廃棄物処理という性格と化学製品の製造という性格の両面を持っているが、従来技術との比較という観点では、一つの性格のみで比較されることが多く、事業の価値を十分に評価できない。</li> <li>そこで、BASFでは油化事業について、複数視点から従来の技術と比較する推計を実施。<br/>廃棄物処理の視点: 焼却・熱回収プロセスと油化事業の排出量を比較。<br/>材料製造の視点: 石油由来のプラスチック製造と再生油由来のプラスチック製造の排出量を比較。</li> <li>どちらの視点でも油化事業のほうが排出量が低減されることを確認。(注)ただし、焼却回避、熱回収などの回避効果を考慮しており、評価範囲はカーボンフットプリントの範囲を超える。</li> </ul> |
| Inovyn           | PVCを含む廃棄物の複数の処理プロセス(熱回収、熱分解、加水分解・熱分解、マテリアルリサイクル) | <ul style="list-style-type: none"> <li>対象の廃棄物に対して、複数のリサイクル手法が適用可能な場合、それらの手法について環境負荷の観点から比較する方法について紹介。</li> <li>比較対象のリサイクルはそれぞれ再生品の種類が異なるため、比較に際して「システム拡張」をおこなう。具体的には、全てのシステムの再生品を評価範囲とし、リサイクルで製造されない製品はバージン材由来で製造されると想定してリサイクル手法を比較している。</li> </ul>  |
| SABIC            | バイオディーゼル由来のポリエチレン製造                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>バイオマス由来の製品製造について、光合成にともなう炭素除去と焼却時の排出および、製品中の生物由来の炭素含有量について計算する事例を紹介。</li> </ul>   |
| Covestro         | CCU由来の原料を用いたゴムの製造(Cardyon®技術)                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>CCUで回収されるCO<sub>2</sub>に対して排出量を配分する方法の紹介。配分方法ごとにゴムの排出量の推計結果の違いを示す。</li> </ul>   |
| DOMO Chemicals   | エアバッグ製造時の端材由来のポリアミド66リサイクル (Move 4earth®技術)      | <ul style="list-style-type: none"> <li>ポリアミド66端材は有価で取引されており、廃棄物に該当するかどうかの観点で、廃棄物ではなく副生品と見なされる場合にはポリアミド66製造時の負荷の一部を割り付ける必要が生じる。本事例では、この状況を踏まえて、複数の方法で配分を実施した場合の、端材のリサイクルの環境負荷の推計結果の違いを示す。</li> </ul>  |
| Eastman Chemical | プラスチック由来の合成ガス生成                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>従来の石炭由来の合成ガス製造プロセスに一部、原料として廃プラスチック類を投入する場合の環境負荷算定の方法について、マスバランス方式を適用した場合の考え方を示す。合成ガスは石炭から製造されたか廃プラスチック類から製造されたかに関わらず品質は一定であるが、実際の石炭・廃プラスチック類の投入割合に応じて炭素が供給されたと考える場合と100%廃プラスチック類が原料で製造されたと考える場合で環境負荷の推計結果の違いを示す。</li> </ul>   |
| Braskem          | バイオベースのエチレン酢酸ビニル(EVA)製造                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>製造プロセスで使用する電力の排出係数の設定(火力発電と想定するか、電力系統平均と想定するか)による推計結果への影響について示す。</li> </ul>   |

## リサイクルのLCA評価における論点

- 比較対象とする資料に記述があったリサイクルの算定における5つの論点について、リサイクルに関わるライフサイクルプロセス上にマッピングした。
- このうち、①～⑤で言及のある<論点1> (リサイクルによる素材製造時の環境負荷低減効果の分配)について次ページ以降で、各資料の比較をおこなう。

### リサイクルのLCA評価における論点



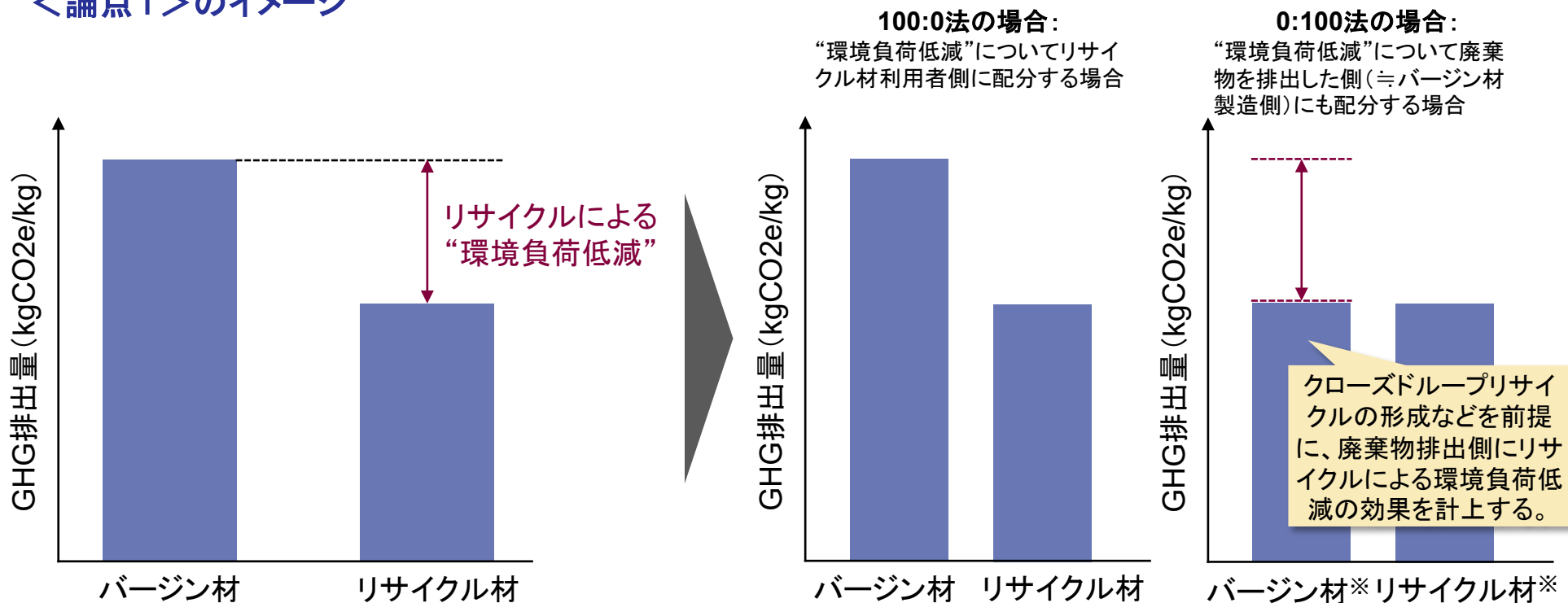
出所: 関連文献より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

関連文献: ①: GHG Protocol「Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard」、②EC「環境フットプリント算定ガイダンス」(Circular Footprint Formula)、③日本化学工業協会(2023)「化学産業における製品のカーボンフットプリント算定ガイドライン」、④Together for Sustainability「化学産業のための製品カーボンフットプリントガイドライン」、⑤ISO 20915:2019 鉄鋼製品のライフサイクルインベントリ計算方法、⑥ICCA「Life Cycle Assessment of circular systems Guide and case studies」

## <論点1>リサイクルによる素材製造時の環境負荷低減効果の分配

- 論点1について、**バージン材由来の素材製造にかかるGHG排出量に比べて、リサイクル材の製造時のGHG排出量が低くなる場合**に、(バージン材を製造し、)廃棄物を排出した側もリサイクルの効果を計上できるかどうか、従来からLCAの方法論として検討されてきた。
- ただし、プラスチックのリサイクル、特に今後、**化学産業で導入が検討される油化をはじめとしたケミカルリサイクルに関して、現時点ではバージン材由来の素材製造とほぼ同量のGHG排出量である状況**から、論点(算定)の前提となる「**バージン材由来の素材製造とリサイクル材由来の素材製造の環境負荷の差**」があまり大きくないことが想定される点に留意が必要。

### <論点1>のイメージ



出所: 各種資料より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

※使用済み製品のリサイクル率100%の場合。

## <論点1>リサイクルによる素材製造時の環境負荷低減効果の分配： 各資料における考え方の比較

- 前ページの<論点1>に関連して、各資料における記述について比較した。
- 特に、TfSのガイドラインではプラスチックリサイクルを念頭に置いて、バージン材製造とリサイクル材製造を比較したときに、リサイクル材の価値を見える化する手法論について検討している。

### 基本的な方法論

①GHG Protocol「Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard」で解説される。

#### カットオフ法/100:0法/recycled content 法

リサイクル材とバージン材に環境負荷の違い(リサイクルの効果)は二次製品側に計上する。廃棄物に環境負荷を計上しないことからカットオフ法とも呼ばれる。

#### 0:100法/ closed loop approximation法

リサイクル材とバージン材に環境負荷の違い(リサイクルの効果)は一次製品側に計上する。

100:0法、0:100法を  
両立した計算式へ発展

リサイクルの価値の  
見える化のための方法検討

複数回リサイクル可能な  
材料の評価手法の構築

②EC「環境フットプリント算定ガイダンス」にて定義。

#### Circular Footprint Formula ; CFF

100:0法と0:100法の間での任意のバランスで一次製品側と二次製品側でリサイクルの効果を配分できる枠組み。

ケミカルリサイクルの場合には、バージン材由来の製品製造時の負荷とリサイクル材由来の製品製造時の負荷に大きな違いがないことが想定されるため、この設定による影響はあまりないものと想定される。

④Together for Sustainability「化学産業のための製品カーボンフットプリントガイドライン」にて定義

#### EOLプロセスを考慮するカットオフ法

#### 上流システム拡張法

カットオフ法をベースにしつつ、リサイクルの価値の見える化を実現する手法論を検討(方法の詳細は後述)

#### ⑤ISO 20915:2019 鉄鋼製品のライフサイクルインベントリ計算方法

鉄鋼が技術的に繰り返しリサイクルが可能なることを背景として、0:100法がリサイクル1回を想定しているのに対し、複数回の水平リサイクルを想定した算定方法。

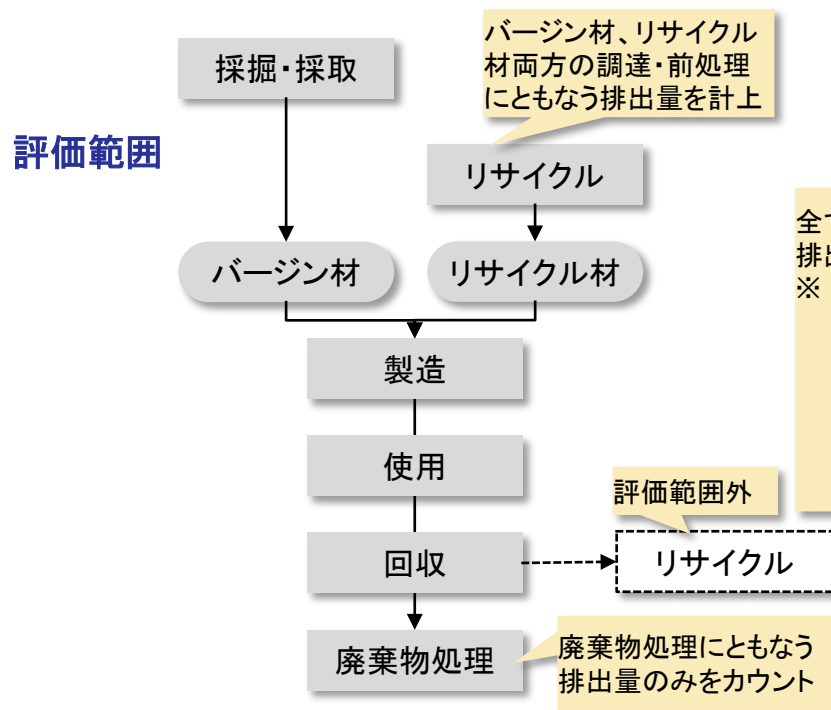
プラスチックのリサイクルでは現状あまり関係しない。

## <論点1>リサイクルによる素材製造時の環境負荷低減効果の分配： リサイクルプロセスの取扱いにおける基本的な方法論(1/2)

- GHG Protocolは既往のリサイクルを扱ったLCA事例などをレビューし、一次製品と二次製品でリサイクルプロセスの排出量を配分する方法として、リサイクルプロセスの排出量を**需要側にすべて配分する方法(recycled content法)**、**供給側にすべて配分する方法(closed loop approximation法)**に分けて体系的に整理している。

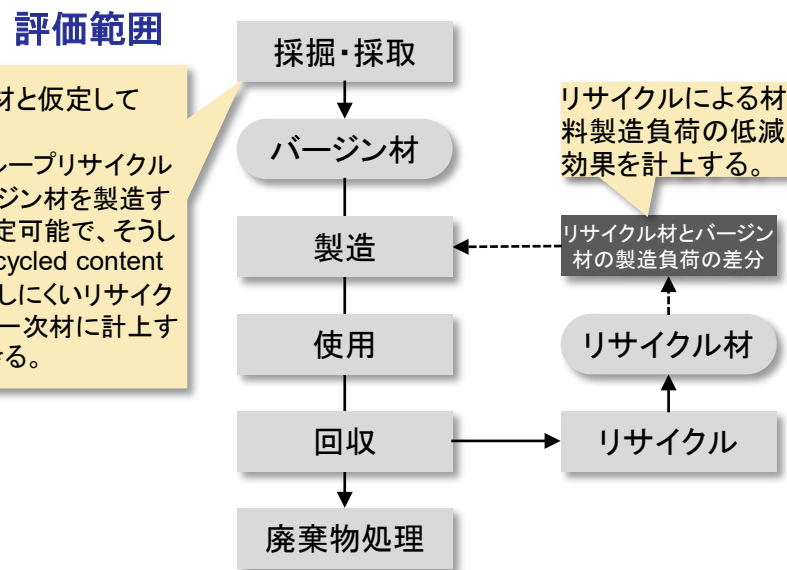
### カットオフ法 / 100:0法 / recycled content法

- リサイクルプロセスの排出量・除去量をリサイクル材の受入側に配分する方法。(カットオフ法と同様)



### 0:100法 / closed loop approximation法

- 当該製品のリサイクルによって、製品の原材料と同質のリサイクル材料の生産が可能な場合に限り、リサイクルプロセスの排出量・除去量をリサイクル材の供給(排出)側に配分する方法。
- 製品製造プロセスについて全量が天然資源由来と仮定したうえで、製品EOL後にリサイクルされるリサイクル材量分の負荷を除外して排出量を計上する。



出所： GHG Protocol「Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard」、経済産業省(2022)「令和4年度エネルギー需給構造高度化対策に関する調査等委託費カーボンニュートラルと整合的な循環経済型のビジネスモデルへの移行に向けた課題等に関する調査分析調査報告書」よりみずほリサーチ&テクノロジーズ作成

## <論点1>リサイクルによる素材製造時の環境負荷低減効果の分配： リサイクルプロセスの取扱いにおける基本的な方法論(2/2)

### カットオフ法 / 100:0法 / recycled content法

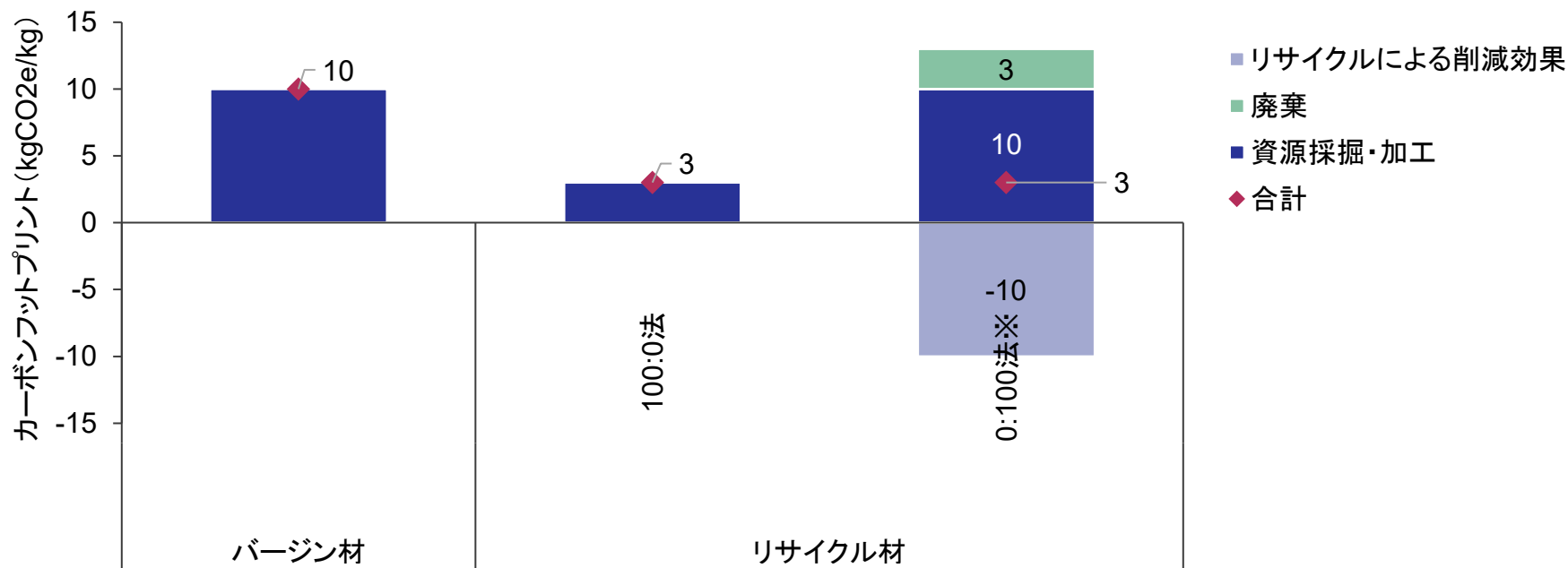
メリット： 製造メーカーにとって、リサイクル材を選択する効果を示しやすい。

デメリット： 廃棄物の出処に関係なく評価されるため、クローズドループリサイクルの実現に寄与しない可能性がある。

### 0:100法 / closed loop approximation法

メリット： リサイクル可能な製品を製造する効果やEOL製品のリサイクルの取組を効果を示しやすい。

デメリット： 水平リサイクルのみが評価可能であり、ダウングレードリサイクルやリパーパスのような取組は評価が難しい。また、リサイクル可能な製品であれば、将来のリサイクル可能性によって、その製品自体が天然資源から製造されてもリサイクル材から製造されても評価が変わらない。



※使用済み製品のリサイクル率100%の場合。

出所：GHG Protocol「Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard」その他資料より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

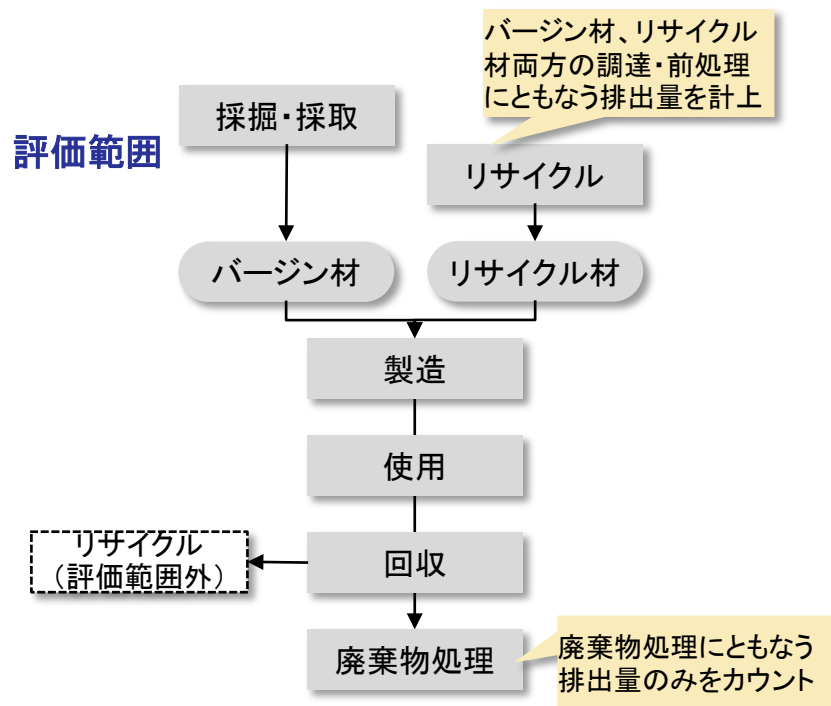


## (参考) 100:0法のバリエーション

- 前ページまでで紹介したGHG Protocolによる整理では、recycled content 法とカットオフ法は同じものとして扱われている。
- 一方で、recycled content 法(100:0法)に関しては、一次製品の廃棄物処理に係る負荷を全量適正処理と仮定し、後にリサイクルに仕向けたことによる廃棄物処理プロセスの省エネ・省CO2効果を二次製品に割り付けする定義も存在する。

### カットオフ法 / 100:0法 / recycled content法

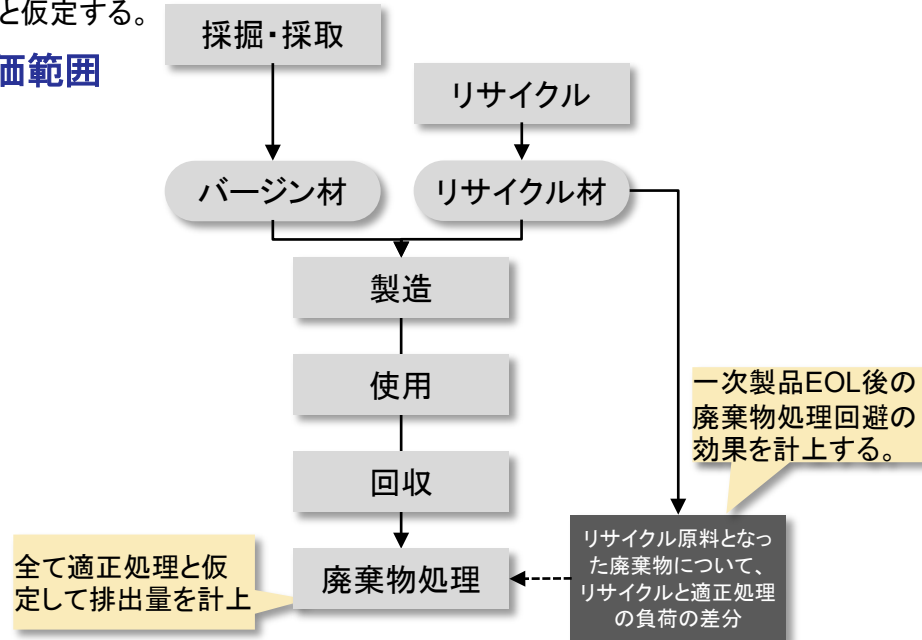
- リサイクルプロセスの排出量・除去量をリサイクル材の受入側に配分する方法。(カットオフ法と同様)



### 100:0法(その他の定義※)

- リサイクルプロセスの排出量・除去量をリサイクル材の受入側に配分する方法。
- 一次製品の廃棄物処理について全量が適正処理された場合の仮想的な負荷を産出したうえで、適正処理とリサイクルの差分の負荷を除外して排出量を計上する。ただし、二次製品のEOLについても全量適正処理と仮定する。

#### 評価範囲



※中谷(2023)より作成

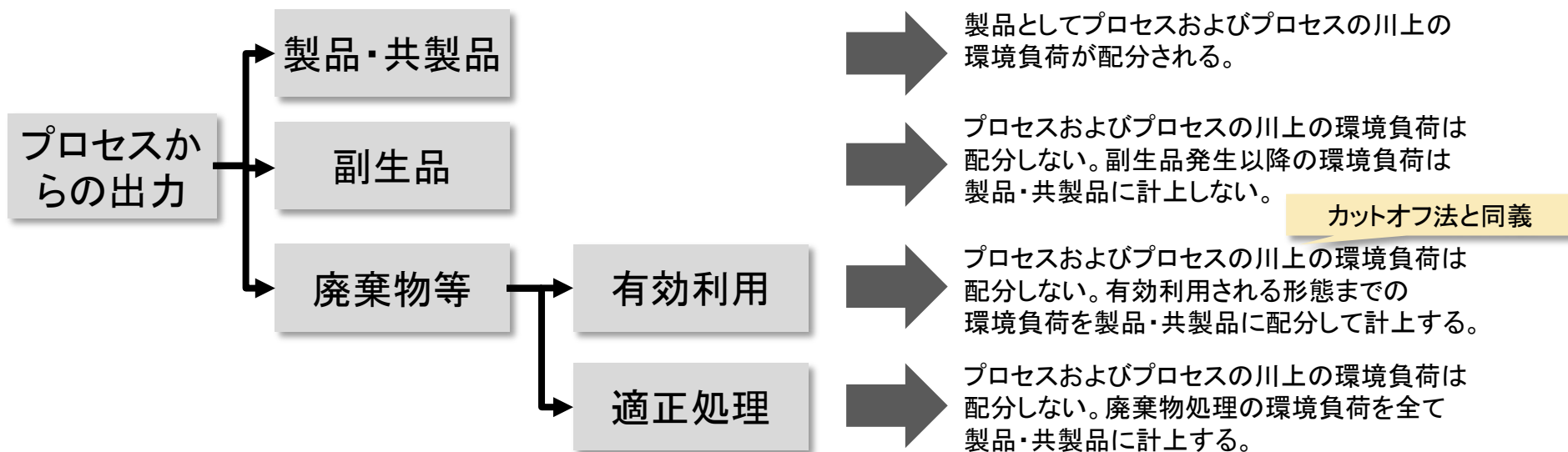
出所: 中谷(2023)「LCAによるプラスチック資源循環の評価方法の基本と課題」日本LCA学会誌, 19(3), 106-116などよりみずほリサーチ&テクノロジーズ作成

## <論点1>リサイクルによる素材製造時の環境負荷低減効果の分配: 日本化学工業協会「化学産業における製品のカーボンフットプリント算定ガイドライン」における廃棄物等の取扱い

- 化学産業におけるCFPのガイドラインである、日本化学工業協会「化学産業における製品のカーボンフットプリント算定ガイドライン」ではリサイクル材の受入や使用済製品廃棄後の処理については記述がない。
- 自産業から排出される廃棄物については“廃棄物等の取扱い”について以下のように示されており、カットオフ法が採用されている。

### 廃棄物等の取扱いについて

- 生産工場から、生産工場の外部へ出力される製品以外のもの(「廃棄物等」とする)については、外部へ出力された後の処理による GHG 排出量を算定しなければならない。
- 「廃棄物等」は、有価である／ないによらず、一般・産業廃棄物に相当するもの、リサイクル事業者へ提供されるもの(RPF、熱回収などに利用されるものも含む)とする。
- 廃棄物等は、後述する配分の対象としてはならない。
- リサイクル事業者にて有効利用される廃棄物等については、有効利用される形態までの処理プロセス及び有効利用される事業者に運ばれるまでを対象(リサイクル準備段階とも呼称)とする。



出所: 日本化学工業協会(2023)「化学産業における製品のカーボンフットプリント算定ガイドライン」より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

## (参考)カーボンフットプリント算定ガイドラインにおける今後の課題におけるリサイクル・バイオマス・CCUに関する言及

### 化学産業における製品のカーボンフットプリント算定ガイドラインの「継続的な検討が必要となる主要な事項」

|                          |  |
|--------------------------|--|
| <p>廃棄・リサイクル及び再生材の取扱い</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 生産工場から排出される廃棄物等の取扱いについては、本ガイドラインにおいて現時点の国際的な考え方に基づき評価範囲を整理した。</li> <li>■ 製品使用後の廃棄・リサイクルの考え方についても、同様の整理が可能であるが、本ガイドラインは生産の出口までを対象とすることから、ここでは整理を行っていない。</li> <li>■ サーキュラーエコノミーの進展にあわせ、リサイクル及びリサイクル後の再生品の取扱いについても重要性を増してくることから、評価範囲については、別途、整理を行うことが必要である。</li> </ul>   |
| <p>マスバランス方式</p>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 顧客から一部製品についてCN対応を求められた場合に、電力を全量CO2フリー電源にするか、証書の購入で対応するかしか選択肢がなく、日本の化学企業の国際競争力を削ぐことにつながりかねない、という意見があった。</li> <li>■ マスバランス方式については、海外や他産業においてもその活用が始まっている。</li> <li>■ 国際規格(ISO22095:2020“Chain of custody General terminology and models”)の動向も踏まえつつ、整理が必要となる。</li> </ul> |
| <p>バイオ材料の取扱い</p>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ バイオ材料は脱炭素化に向けて重要な材料ではあるが、その排出責任、吸収の扱いなどは、未だ明確な整理が行われていない。</li> <li>■ 国際的な議論の動向も注視しつつ、化学産業における正当な評価が可能のように継続的な議論が必要である。</li> </ul>   |

## リサイクルプロセスの取扱いの発展: Circular Footprint Formula; CFF

- CFFはリサイクル材の環境負荷及びその削減効果を一次製品と二次製品に配分する手法。
- 下記、計算式中のAはリサイクル材の環境負荷及びその削減効果を一次製品と二次製品に配分する際の配分係数。0.2~0.8の値を取り、0.5よりも小さい値の場合はリサイクル材の需要量が供給量を上回るケースを、また大きい場合は供給量が需要量を上回るケースを指す。(例: 金属では0.2、プラスチックでは0.5、繊維では0.8など)。
- 物質の式におけるパラメータAは0.2~0.8とされているが、仮にA=1、A=0のケースを想定すると、A=1とした場合、Recycled content methodと、A=0とした場合、Closed loop methodと同様の考え方であると考えられる。

### Circular Footprint Formulaの計算式(物質)

$$\underbrace{(1 - R_1)E_V + R_1 \times (A \times E_{recycled} + (1 - A)E_v \times \frac{Q_{Sin}}{Q_p})}_{\text{バージン材の投入による排出}} + \underbrace{(1 - A)R_2 \times (E_{recyclingEoL} - E_V^* \times \frac{Q_{Sout}}{Q_p})}_{\text{製品使用後のマテリアルリサイクル・リユースによる製品製造負荷の低減効果}}$$

バージン材の  
投入による排出

リサイクル材の  
投入による排出

製品使用後のマテリアルリサイクル・  
リユースによる製品製造負荷の低減効果

A=1とした場合

$$(1 - R_1)E_V + R_1 \times E_{recycled}$$

Recycled content methodと同じく、バージン資源の調達とリサイクル材の調達による負荷をカウント

A=0とした場合

$$(1 - R_1)E_V + R_1 \times E_v \times \frac{Q_{Sin}}{Q_p} + R_2 \times (E_{recyclingEoL} - E_V^* \times \frac{Q_{Sout}}{Q_p})$$

Closed loop methodと同じく、バージン資源の調達による負荷、リサイクルプロセスの負荷、リサイクルによる効果をカウント

出所: 経済産業省(2022)「令和4年度エネルギー需給構造高度化対策に関する調査等委託費カーボンニュートラルと統合的な循環経済型のビジネスモデルへの移行に向けた課題等に関する調査分析調査報告書」より作成

## (参考)前ページにおける各パラメータの定義

| パラメータ              |       | 説明  |
|--------------------|-------|---|
| A                  | 配分係数  | リサイクル材の環境負荷及びその削減効果を一次製品と二次製品に配分する際の配分係数。0.2~0.8の値を取り、0.5よりも小さい値の場合はリサイクル材の需要量が供給量を上回るケースを、また大きい場合は供給量が需要量を上回るケースを指す。例えば、金属では0.2、プラスチックでは0.5、繊維では0.8などとなっている。 |
| $Q_{sin}$          | 品質    | 原材料調達段階におけるリサイクル材の品質を係数化したもの。   |
| $Q_{sout}$         |       | 使用後処理段階におけるリサイクル材の品質を係数化したもの。   |
| $Q_p$              |       | バージン材の品質を係数化したもの。   |
| $R_1$              | 割合    | 原材料調達段階におけるリサイクル材の投入割合。   |
| $R_2$              |       | 使用後処理段階において材料がリサイクルされる割合を表し、当該の材料の回収率とリサイクル材の生成プロセスにおける歩留の双方を含む。  |
| $E_{recycled}$     | 環境負荷量 | 原材料調達段階において投入されるリサイクル材の生成プロセスに係る環境負荷量。回収、選別、輸送に係る環境負荷を含む。   |
| $E_{recyclingEoL}$ |       | 使用後処理段階におけるリサイクル材の生成プロセスに係る環境負荷量。回収、選別、輸送に係る環境負荷を含む。  |
| $E_v$              |       | バージン材の調達に係る環境負荷量。   |
| $E_v^*$            |       | リサイクル材が代替すると考えられるバージン材の調達に係る環境負荷量。  |

出所：経済産業省(2022)「令和4年度エネルギー需給構造高度化対策に関する調査等委託費カーボンニュートラルと統合的な循環経済型のビジネスモデルへの移行に向けた課題等に関する調査分析調査報告書」より作成

## リサイクルプロセスの取扱いの発展: Together for Sustainability「化学産業のための製品カーボンフットプリントガイドライン」におけるリサイクル材料利用の評価(1/3)

- TfSのガイドラインでは、化学製品の原料としてリサイクル材料を用いる際に、一次製品と二次製品の2つの製品ライフサイクルで共有されるプロセスについて、環境負荷を分割するための方法について、一般原則として3つの選択肢を示している。

### リサイクル材料利用プロセス分割の一般原則

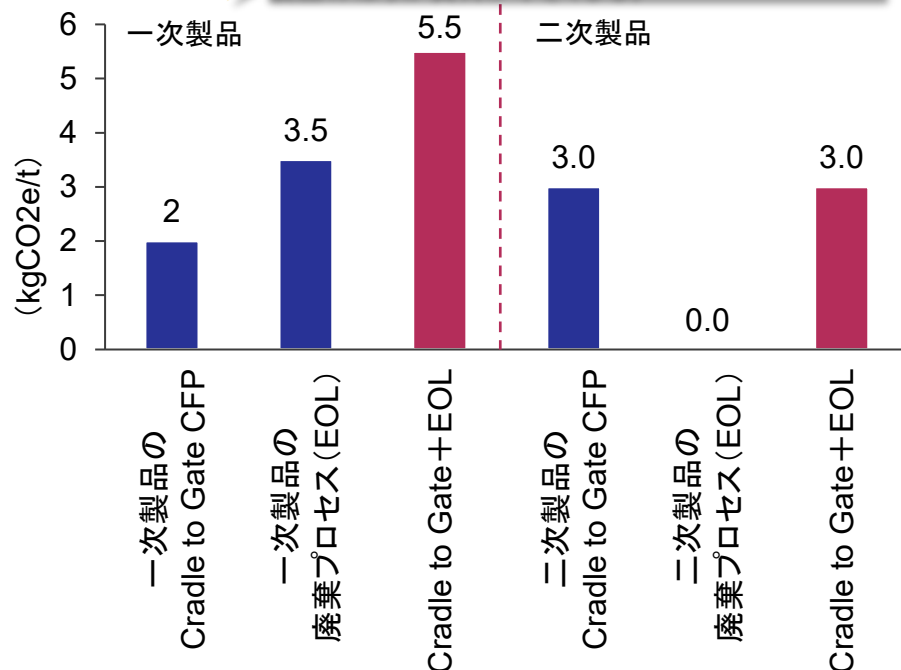
|                             |  |
|-----------------------------|--|
| 1. プロセス細分化                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• プロセスを細分化し、細分化したプロセスを一次製品、二次製品のそれぞれに割り付ける。可能な限り、上記の方法で共有されるプロセスを排除し、環境負荷の分配(下の2.,3.)を避ける必要がある。[GHG Protocol Product Life Cycle accounting standard]</li> </ul> |
| 2. 製品カテゴリールール(PCR)に沿った配分方法  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 推計対象の工程に類似の工程について、公表・承認された製品カテゴリールール(PCR; Product Category Rule)に沿った配分方法を採用する。[Pathfinder Framework(PACT powered by WBCSD)]</li> </ul>                        |
| 3. カットオフ法/<br>上流システム拡張手法の採用 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 上記のいずれにも該当しない場合は、第1の選択肢としてカットオフ手法を採用する。特定の条件を満たす場合には、上流システム拡張手法を参考にする。</li> </ul>   |

## リサイクルプロセスの取扱いの発展: Together for Sustainability「化学産業のための製品カーボンフットプリントガイドライン」におけるリサイクル材料利用の評価(2/3)

### カットオフ手法

- 二次製品製造のCFPでは、廃棄物は負荷0(カットオフ)として扱う。
- 二次製品製造のCFPはリサイクルの準備段階(回収等)～二次製品の製造プロセスの負荷を含む。
- 二次製品のCFPIについて、一次製品との比較の観点では、一次製品、二次製品それぞれの廃棄プロセス(EOL)をCradle-to-GateのCFPIに合算して、Cradle to Gate+EOLを評価範囲として比較する。

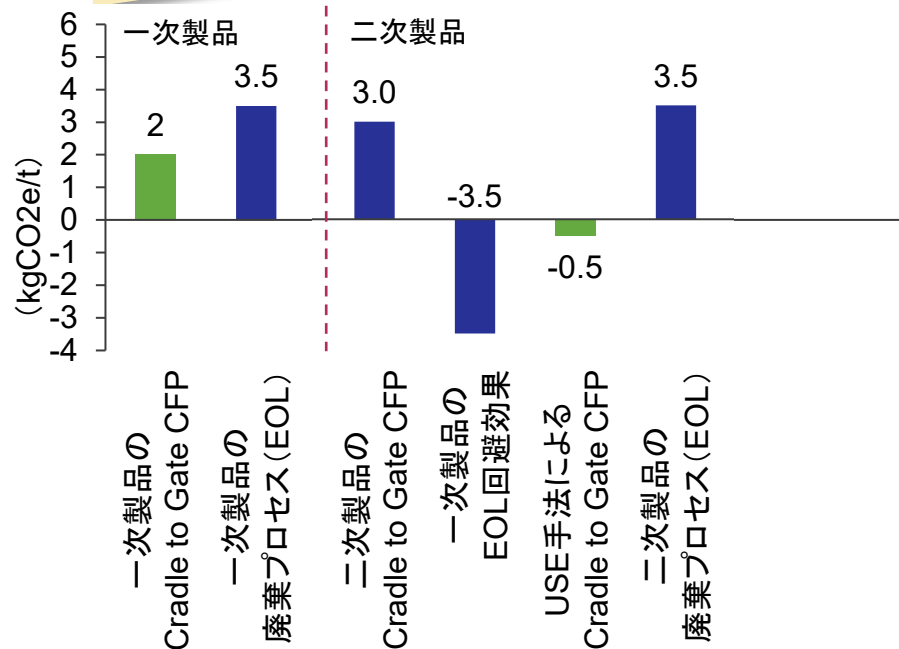
Cradle-to-Gateの範囲では一次製品のほうが負荷が小さいが、Cradle-to-Gate+EOLの範囲では二次製品のほうが負荷が小さくなる。



### 上流システム拡張手法

- 次ページに示す基準を全て満たす際に、上流システム拡張(USE)手法を用いて、リサイクル材料の有益性を示すことができる。
- USE手法による二次製品のCFP計算では、リサイクル原料になる廃棄物がリサイクルされなかった場合にされたであろう廃棄物処理(熱回収など)による負荷を回避したと考え、二次製品のCFPからこの回避分の負荷量を引き算することで求める。(下図の緑色のCFPを比較する)

図中の一次製品、二次製品の緑色のCFP同士を比較する。  
(ガイドラインの例ではCradle-to-Gate+EOLはどちらの方法を採用しても変わらない)



出所: Together for Sustainability「化学産業のための製品カーボンフットプリントガイドライン」より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

## リサイクルプロセスの取扱いの発展: Together for Sustainability「化学産業のための製品カーボンフットプリントガイドライン」におけるリサイクル材料利用の評価(3/3)

- 上流システム拡張手法については以下の条件を満たす場合に検討する。

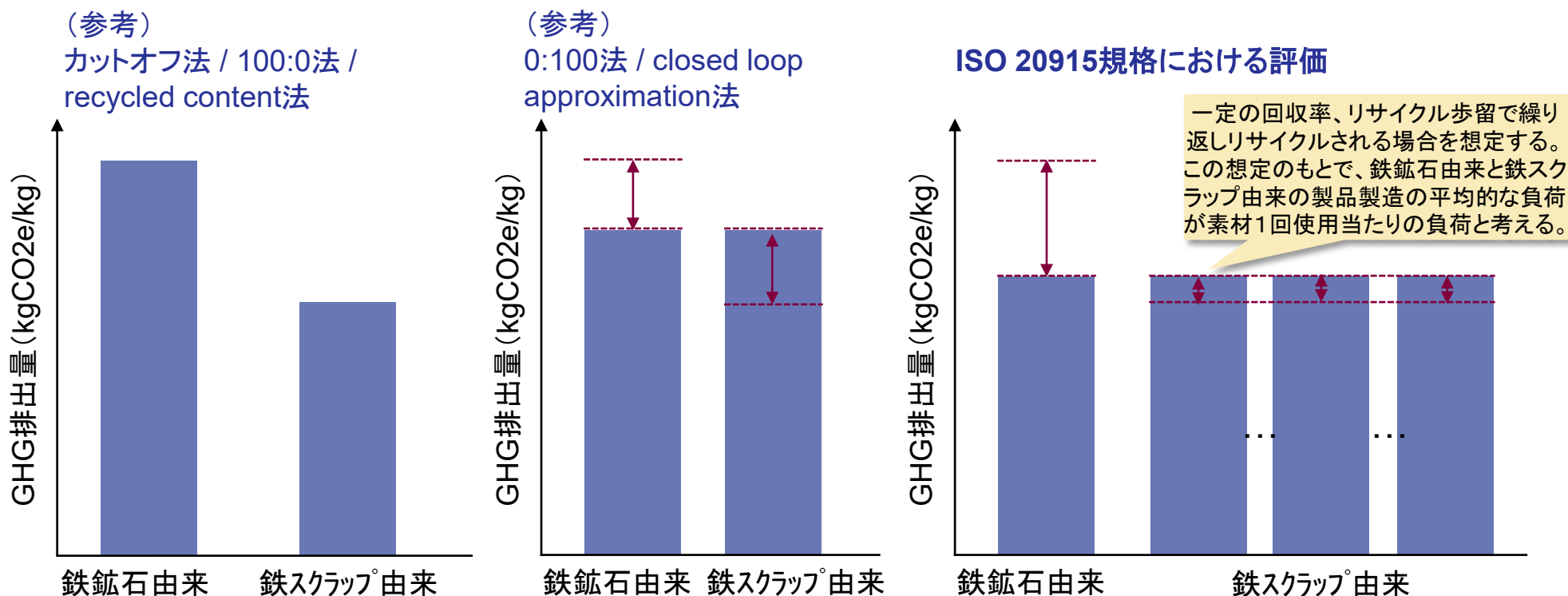
### 上流システム拡張法を採用するための条件

- 関連する他の利用可能な処理方法と比較して、全体的なGHG排出量の削減という形で社会的利益を示している。
- 商業規模拡大後に効率が向上する可能性が高い新技術である。
- 本ガイドラインに基づき、定期的に更新されるデータの使用を徹底する。
- 代替廃棄物処理の市場がわかっており、その要件が明確に定義されている。
- ISO準拠の代替手法が適用され、廃棄物の正確な用途がわかっている。
- 代替処理が最終処分に直接取って代わり、副産物の提供により工程が削減される場合にのみ適用する。
- 代替製品のPCFを算定し、調査対象システムと比較するために、代替生産工程の影響に関するデータを入手する必要がある。
- ケミカルリサイクルによって代替される最終的なEOLオプションを選択するプロセスの明確な説明を文書化する。



## リサイクルプロセスの取扱いの発展: 鉄鋼製品のLCI計算方法の規格 (ISO 20915/JIS Q 20915)

- 世界鉄鋼協会、日本鉄鋼連盟は連携して、鉄鋼製品の繰り返しリサイクルが可能という特性を考慮したLCIデータの整備方法について、国際規格、国内規格を発行。
- 0:100法 / closed loop approximation法ではリサイクル1回について、その前後の製品ライフサイクル間での排出量の分配をするのに対し、ISO 20915では、一定の回収率・リサイクルの歩留の設定のもと、繰り返しリサイクルがおこなわれる状態を想定し、そのときに、バージン材とリサイクル材を区別しない素材利用1回当たりの平均的な排出量を算出する。

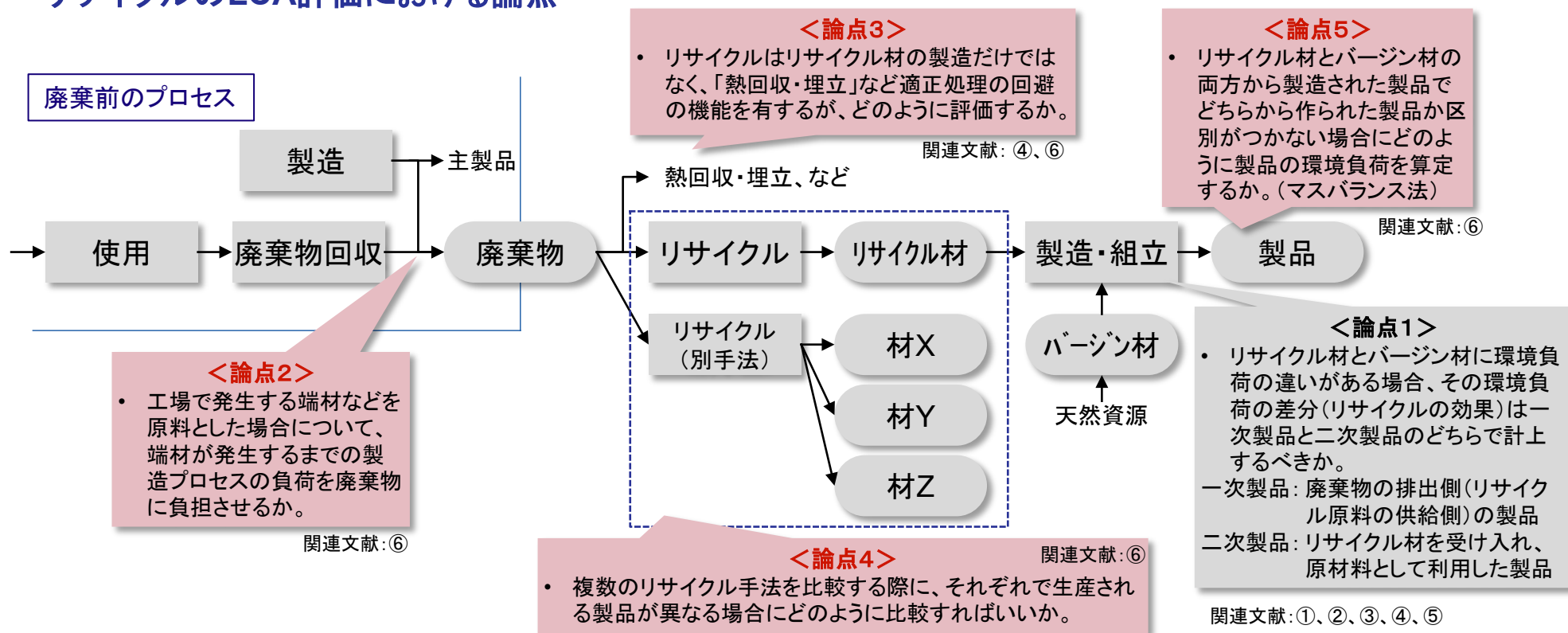


出所: 日本鉄鋼連盟 (2022)「鉄鋼産業におけるLCIデータベース開発の取組み」LCA日本フォーラムセミナー より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

## リサイクルのLCA評価における論点

- 比較対象とする資料に記述があったリサイクルの算定における5つの論点について、リサイクルに関わるライフサイクルプロセス上にマッピングした。
- 前ページまでの〈論点1〉に関する整理に続き、次ページ以降では論点2～5についてまとめた。

### リサイクルのLCA評価における論点



出所: 関連文献より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

関連文献: ①: GHG Protocol「Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard」、②EC「環境フットプリント算定ガイダンス」(Circular Footprint Formula)、③日本化学工業協会(2023)「化学産業における製品のカーボンフットプリント算定ガイドライン」、④Together for Sustainability「化学産業のための製品カーボンフットプリントガイドライン」、⑤ISO 20915:2019 鉄鋼製品のライフサイクルインベントリ計算方法、⑥ICCA「Life Cycle Assessment of circular systems Guide and case studies」

## (参考) ICCA「Life Cycle Assessment of circular systems Guide and case studies」において紹介されるケーススタディと論点との対応

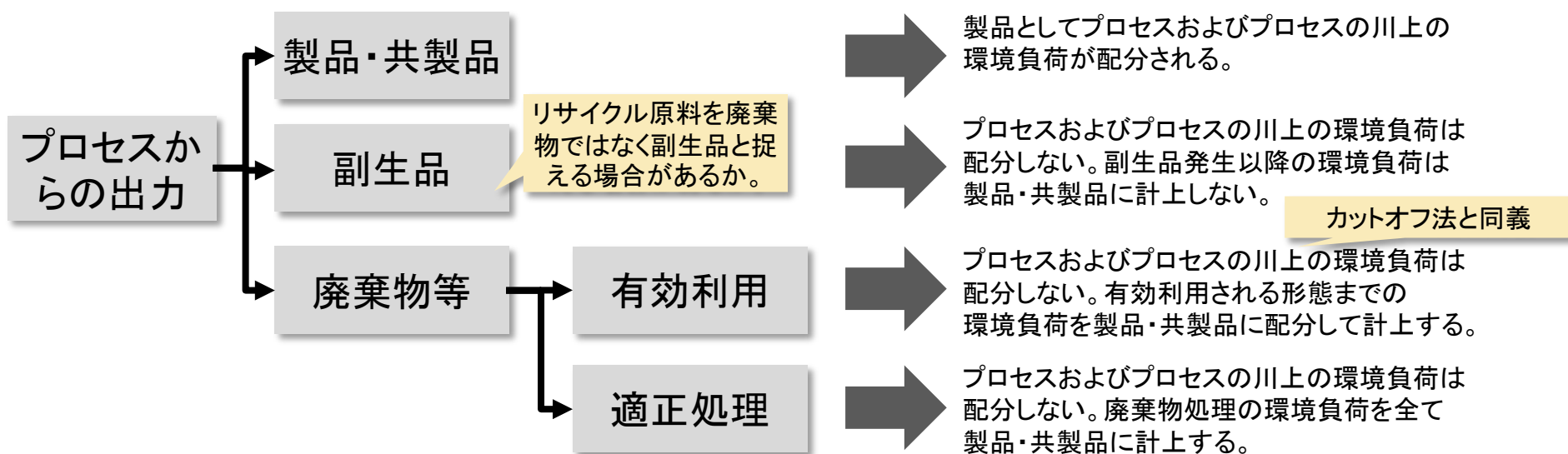
| 論点  | 実施主体             | 対象の取組   | ケーススタディのポイント   |
|-----|------------------|---|--|
| 論点2 | DOMO Chemicals   | エアバッグ製造時の端材由来のポリアミド66リサイクル(Move 4earth <sup>®</sup> 技術) | <ul style="list-style-type: none"> <li>ポリアミド66端材は有価で取引されており、廃棄物に該当するかどうかの観点で、廃棄物ではなく副産品と見なされる場合にはポリアミド66製造時の負荷の一部を割り付ける必要が生じる。本事例では、この状況を踏まえて、複数の方法で配分を実施した場合の、端材のリサイクルの環境負荷の推計結果の違いを示す。</li> </ul>  |
| 論点3 | BASF             | 廃プラスチック類の油化、再生油由来のプラスチック製造(ChemCycling <sup>TM</sup> )  | <ul style="list-style-type: none"> <li>油化事業は廃棄物処理という性格と化学製品の製造という性格の両面を持っているが、従来技術との比較という観点では、一つの性格のみで比較されることが多く、事業の価値を十分に評価できない。</li> <li>そこで、BASFでは油化事業について、複数視点から従来の技術と比較する推計を実施。廃棄物処理の視点: 焼却・熱回収プロセスと油化事業の排出量を比較。材料製造の視点: 石油由来のプラスチック製造と再生油由来のプラスチック製造の排出量を比較。</li> <li>どちらの視点でも油化事業のほうが排出量が低減されることを確認。(注)ただし、焼却回避、熱回収などの回避効果を考慮しており、評価範囲はカーボンフットプリントの範囲を超える。</li> </ul> |
| 論点4 | Inovyn           | PVCを含む廃棄物の複数の処理プロセス(熱回収、熱分解、加水分解・熱分解、マテリアルリサイクル)        | <ul style="list-style-type: none"> <li>対象の廃棄物に対して、複数のリサイクル手法が適用可能な場合、それらの手法について環境負荷の観点から比較する方法について紹介。</li> <li>比較対象のリサイクルはそれぞれ再生品の種類が異なるため、比較に際して「システム拡張」をおこなう。具体的には、全てのシステムの再生品を評価範囲とし、リサイクルで製造されない製品はバージン材由来で製造されると想定してリサイクル手法を比較している。</li> </ul>  |
| 論点5 | Eastman Chemical | プラスチック由来の合成ガス生成   | <ul style="list-style-type: none"> <li>従来の石炭由来の合成ガス製造プロセスに一部、原料として廃プラスチック類を投入する場合の環境負荷算定の方法について、マスバランス方式を適用した場合の考え方を示す。合成ガスは石炭から製造されたか廃プラスチック類から製造されたかに関わらず品質は一定であるが、実際の石炭・廃プラスチック類の投入割合に応じて炭素が供給されたと考える場合と100%廃プラスチック類が原料で製造されたと考える場合で環境負荷の推計結果の違いを示す。</li> </ul>   |

出所: ICCA「Life Cycle Assessment of circular systems Guide and case studies」より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

## <論点2>リサイクル原料に環境負荷を計上する場合の取扱い

- 論点2はリサイクル原料に環境負荷を計上する場合の取扱いである。
- ICCA「Life Cycle Assessment of circular systems Guide and case studies」では、リサイクル原料に、その資源の排出プロセスや川上のプロセスの負荷を配分するケーススタディとして、DOMO Chemicals社のエアバッグ用ポリアミド66の端材を原料としたポリアミド66ポリマー再生の取組について紹介している。(次ページ)
- なお、日本化学工業協会のガイドラインでは、「廃棄物等」は、有価である／ないによらず、一般・産業廃棄物に相当するもの、リサイクル事業者へ提供されるもの」とされているため、このガイドラインに従う限り、カットオフ法を採用することになり、論点2については考慮の必要はない場合が多いと考えられる。

### 日本化学工業協会ガイドラインにおけるCFP算定時の廃棄物等の取扱い(再掲)



出所：日本化学工業協会(2023)「化学産業における製品のカーボンフットプリント算定ガイドライン」より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

## <論点2>リサイクル原料に環境負荷を計上する場合の取扱い

### 配分アプローチの選択: DOMO Chemicals社の事例

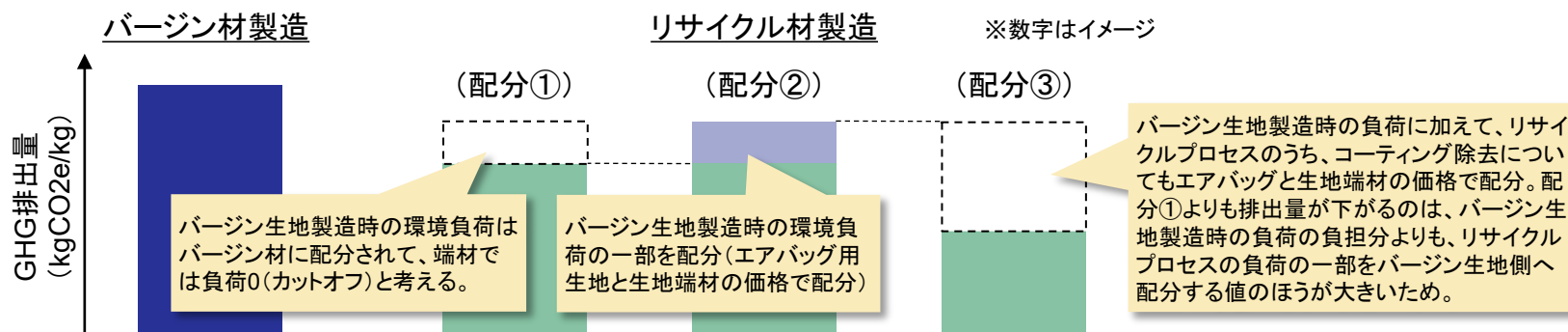
- 排出元の工業プロセスの負荷をリサイクル原料にも配分する場合、配分の方法によって、リサイクル材(、バージン材)の排出量に変動する原因となる。

| 対象の取組                                      | ケーススタディのポイント             |
|--|--------------------------|
| エアバッグ製造時の端材由来のポリアミド66リサイクル(Move 4earth®技術) | ・ 端材に対する環境負荷の配分による結果の違い。 |

### 工業プロセスで発生する廃プラスチック(端材)への環境負荷の配分方法

| 配分方法                    | 概要   |
|-------------------------|--|
| ①カットオフ                  | ・ バージン生地製造時の環境負荷は100%エアバッグに割り付け。端材の負荷は0と考える。   |
| ②経済的配分                  | ・ バージン生地製造時の環境負荷はエアバッグと生地端材のそれぞれの経済的価値に基づいて配分。   |
| ③生地の製造・リサイクルの観点からの経済的配分 | ・ 生地の製造及び端材のコーティング除去にかかるプロセスの負荷をエアバッグと生地端材の経済的価値に基づいて配分。   |
| 重量配分                    | ・ 本事例では採用しなかった。(理由:紡績、サイジング、織りなどリサイクルポリアミド製造には必要のない負荷についてもバージン生地と同量の負荷を端材が負うことになり合理的ではないと考えられるため。) |

### 推計結果のイメージ



出所:ICCA「Life Cycle Assessment of circular systems Guide and case studies」より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

## ＜論点3＞適正処理の回避効果について

---

- 従来、焼却または熱回収されていた廃プラスチック類を原料としてリサイクルに取り組む場合、リサイクルの取組による脱炭素化への貢献については、リサイクル由来の製品製造だけではなく、廃プラスチック類の焼却を回避する効果も存在すると考えられる。
- TfSが言及する上流システム拡張(USE)手法はバージン材とリサイクル材を比較する際に、リサイクル材の製造時の排出量から、原料となる廃プラスチック類の焼却を回避する効果を計上することが可能であるが、注意点として一般的なCFPの評価範囲を逸脱する旨が示されている。
- ICCA「Life Cycle Assessment of circular systems Guide and case studies」では、また別のかたちの評価方法として、BASF社による“廃棄物の視点”、“材料の視点”それぞれの視点からバージン材製造とリサイクル材製造を比較する事例を示している。

## <論点3> 適正処理の回避効果について

### 異なる視点から多機能ソリューションを評価する: BASF社の事例

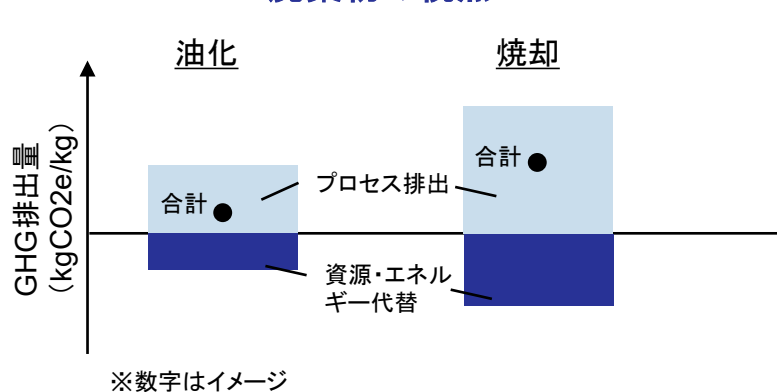
- BASFではリサイクルによる廃棄物処理の観点について、材料製造の視点と並列で廃棄物の視点で従来の処理方法とリサイクルを比較して、自社事業がどちらの観点でも環境負荷の低減につながることを確認している。

| 対象の取組             | ケーススタディのポイント                       |
|-------------------|------------------------------------|
| 油化 (ChemCycling™) | ・ 油化事業について、廃棄物の視点、材料製造の視点からLCAを実施。 |

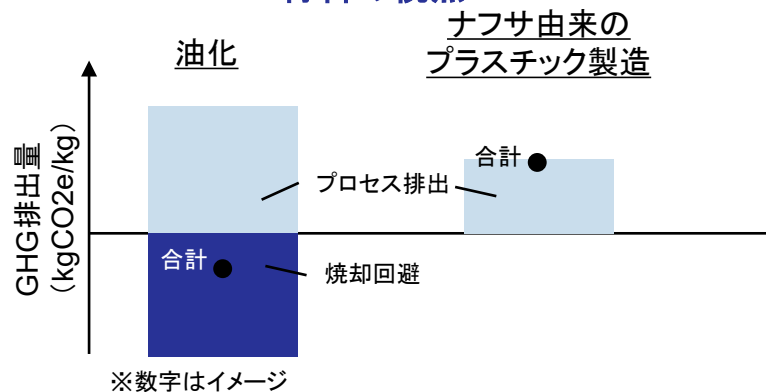
### 機能単位の設定

| 機能単位の視点 | 考え方   | 比較の概要(結果のイメージ図は次ページ)  |
|---------|---|---|
| 廃棄物の視点  | ■ プラスチックの廃棄物処理の観点から、油化 (ChemCycling™) と1トンの混合プラスチック廃棄物の焼却処理との比較。        | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 1トンの混合プラスチック廃棄物の油化はエネルギー回収にともなう焼却に比べ50%少ないCO2を排出。</li> <li>■ 各プロセスはCO2を排出するが、材料/エネルギーの代替にもつながる。油化は、ナフサの代わりに再生油を製造することで原材料の削減ができる。</li> </ul>                     |
| 材料の視点   | ■ プラスチック材料製造の観点から、油化油をベースにしたプラスチック1トンと一次化石資源(ナフサ)からの従来プラスチック1トンの製造との比較。 | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 1トンの低密度ポリエチレン(LDPE)の従来の生産と油化からの1トンのLDPEとの比較。</li> <li>■ 油化による1トンのLDPE製造では、全体的なCO2排出量はマイナスになる。ケミカルリサイクルによって製造されたプラスチックは、参照シナリオである焼却による排出の回避によって排出量を削減。</li> </ul> |

#### 廃棄物の視点



#### 材料の視点



出所: ICCA「Life Cycle Assessment of circular systems Guide and case studies」より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

## ＜論点4＞再生品が異なるリサイクルの比較

---

- ある廃棄物をどのようにリサイクルするかについて複数の方法が候補になる場合について、リサイクルの方法ごとに再生品が異なる場合、どのようにリサイクル方法を比較すればいいかは論点となる。
- ICCA「Life Cycle Assessment of circular systems Guide and case studies」では、Inovyn社によるPVC廃棄物を原料とする4種類のリサイクルについて比較をおこなう事例を紹介している。
- この比較では、4種類のリサイクルで製造される製品全てを製造するシステムを想定し、各システムについてリサイクルで製造されない製品については、従来のバージン材由来の製造方法で製品が製造されたと想定し、4種類のリサイクルを比較している(製品バスケット法とよばれる手法)。



## ＜論点4＞再生品が異なるリサイクルの比較

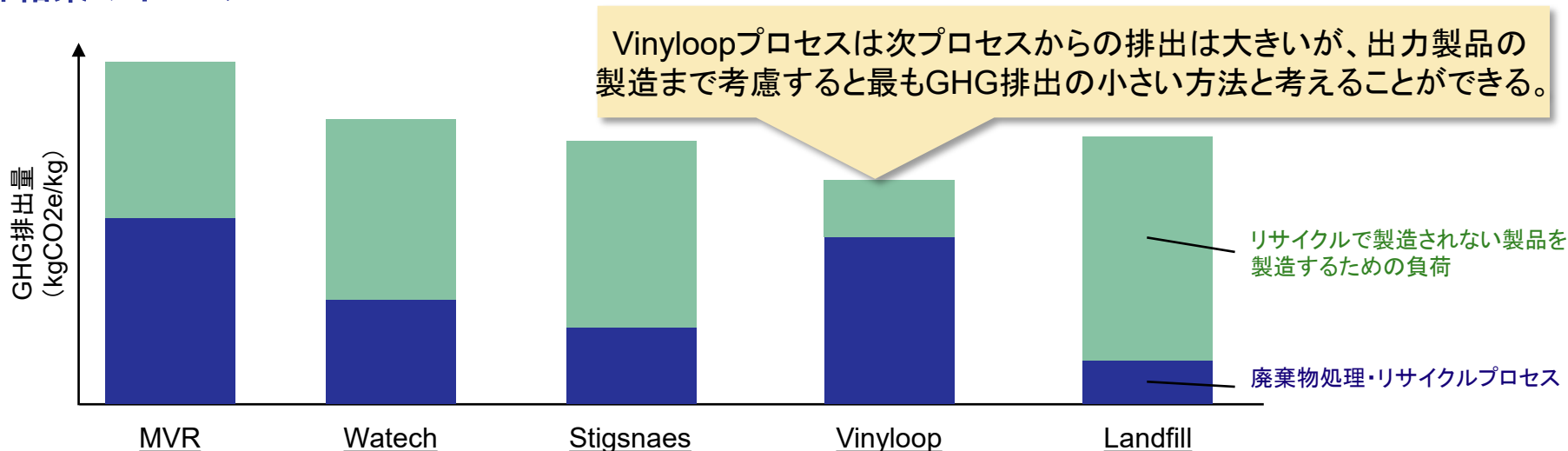
### システム拡張による比較可能性の確保:Inovyn社の事例

| 対象の取組                                  | ケーススタディのポイント          |
|--|-----------------------|
| PVCの熱回収、熱分解、加水分解・熱分解、マテリアルリサイクルプロセスを比較 | • 複数の技術を比較する際のシステム拡張。 |

## システム拡張の考え方

- PVCを含む混合ごみをターゲットとした4種類のリサイクル手法について比較を試みる。
- それぞれの手法によって得られる再生品の種類が異なる。それぞれのリサイクルシステムを公平に比較するため、4種類のリサイクル手法の再生品全てを評価範囲としたシステムを想定した(製品バスケット法)。
- 各リサイクルシステムについては、そのリサイクルプロセス自体のGHG排出量に加えて、そのリサイクルで再生されない製品について、バージン材から製造する際のGHG排出量を計上して比較した。

## 推計結果のイメージ



※数字はイメージ

出所:ICCA「Life Cycle Assessment of circular systems Guide and case studies」より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

## <論点5> マスバランスアプローチを用いた製品排出量の算定

---

- バージン材とリサイクル材の両方を原料として製品を製造する場合について、その製品がバージン材由来かリサイクル材由来か区別ができない場合にはマスバランスアプローチ(独立的な認証のもと、製品にリサイクル材利用を割り当てる方法)が採用される。
- ICCA「Life Cycle Assessment of circular systems Guide and case studies」では、Eastman Chemical社による石炭と廃プラスチック類を原料とした合成ガス製造の取組について、マスバランスアプローチの適用事例として紹介している。
- この事例では、事業の石炭と廃プラスチック類の実際の投入割合を元にした平均的な排出量と、仮に廃プラスチック類が原料の100%となったと想定した場合の排出量について、石炭100%の場合と比較するかたちで算定している。

## ＜論点5＞マスバランスアプローチを用いた製品排出量の算定

### バージン材とリサイクル材から製造された製品の排出量算定: Eastman Chemical社の事例

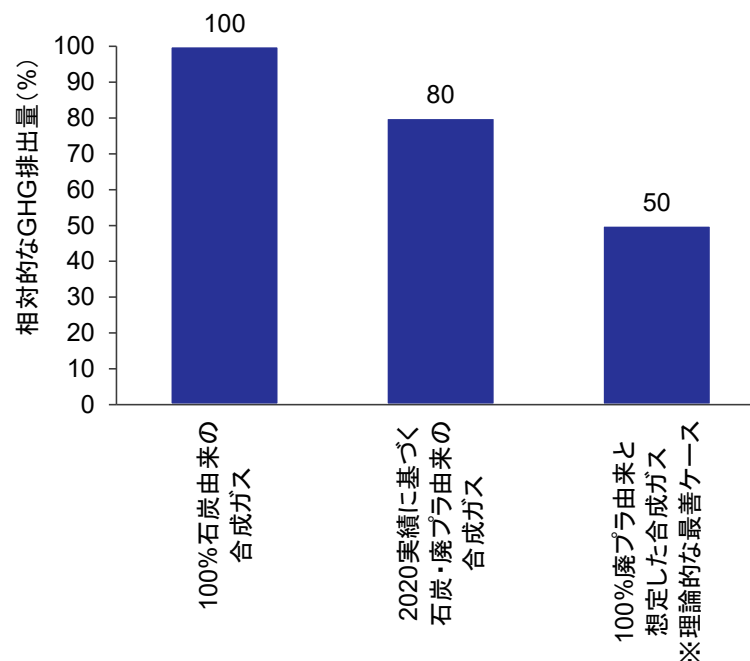
- Eastman Chemical社の算定事例では石炭と廃プラスチック類を原料とした合成ガスの製造プロセスについて、合成ガスにどの程度、廃プラスチック類由来のC分が含まれているかの想定についてマスバランスアプローチを用いている。

| 対象の取組           | ケーススタディのポイント                                   |
|-----------------|--|
| プラスチック由来の合成ガス生成 | ・ 既存の石炭由来の合成ガス生成プロセスに、一部廃プラスチック原料を投入する場合の推計方法。 |


### 石炭の代替として、混合プラスチック廃棄物から合成ガスを生成する技術への「マスバランス」産出アプローチ

- ・ Eastman Chemical社では石炭と廃プラスチックを混合したものを原料として合成ガスの製造を行っている。
- ・ 廃プラスチックに対してはカットオフアプローチが用いられており、廃プラスチックの環境負荷は0と考える。
- ・ また、製造される合成ガスについては、合成ガスが石炭由来か混合プラスチック廃棄物由来かを区別することができないため、CFP算定に当たっては、ISCC PLUSで認定されたマスバランスアプローチを用いて、リサイクル成分が配分されたと仮定して計算をおこなう。

### 推計結果(イメージ)



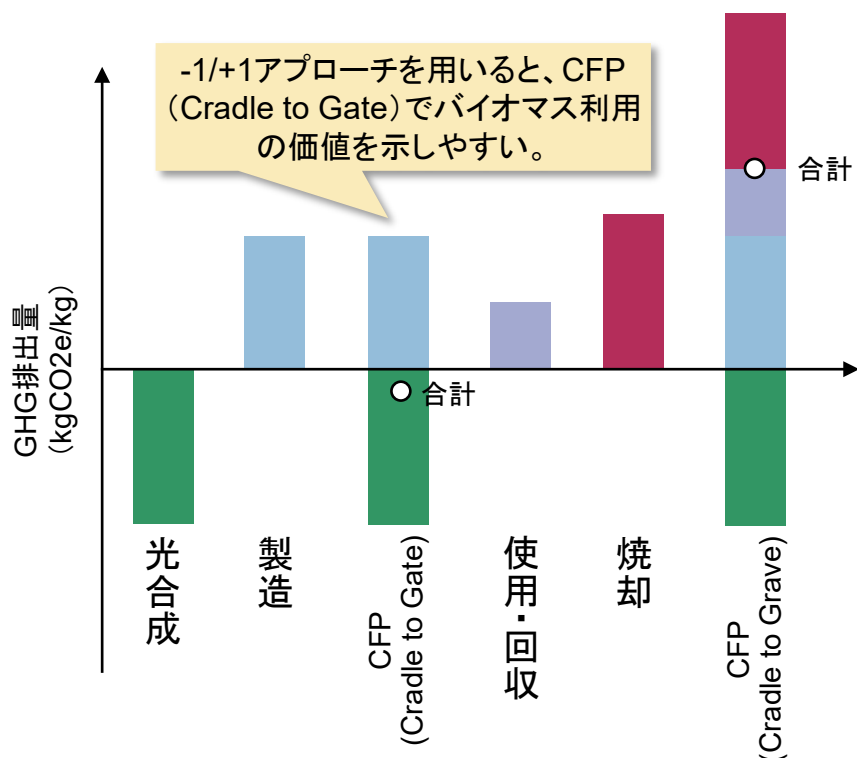
出所: ICCA「Life Cycle Assessment of circular systems Guide and case studies」より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

- 
- (1)各資料の概要
  - ②バイオマス

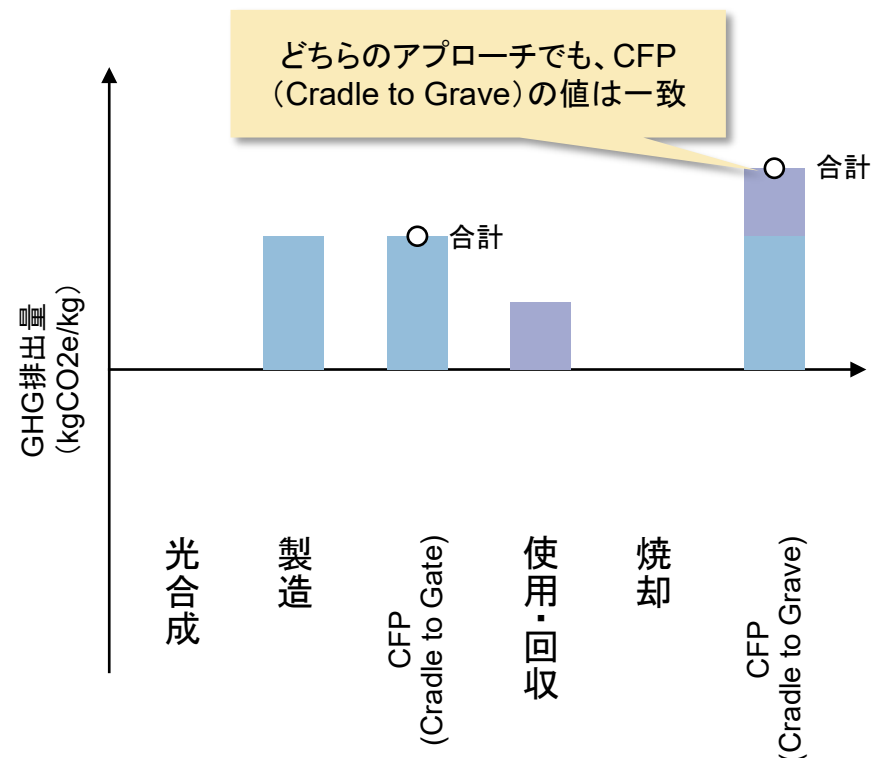
## 比較対象の文献におけるバイオマスに関する記述

- バイオマス材のLCA評価上の取扱いとしては、「-1/+1アプローチ」と「0/0アプローチ」の2つの方法があり、特にCFP算定上はISO 14067:2018にて-1/+1アプローチを採用することが規定されている。
- -1/+1アプローチは、製品製造に投入される原料であるバイオマス中の炭素分について負の排出量(除去量)として計上したうえで、焼却等で空气中に炭素分が放出される際には排出量として計上する方法になる。また、0/0アプローチはバイオマス利用について除去量を計上しない代わりに焼却時に炭素分が放出された際に排出量として計上しない、という方法になる。

### -1/+1アプローチ



### 0/0アプローチ

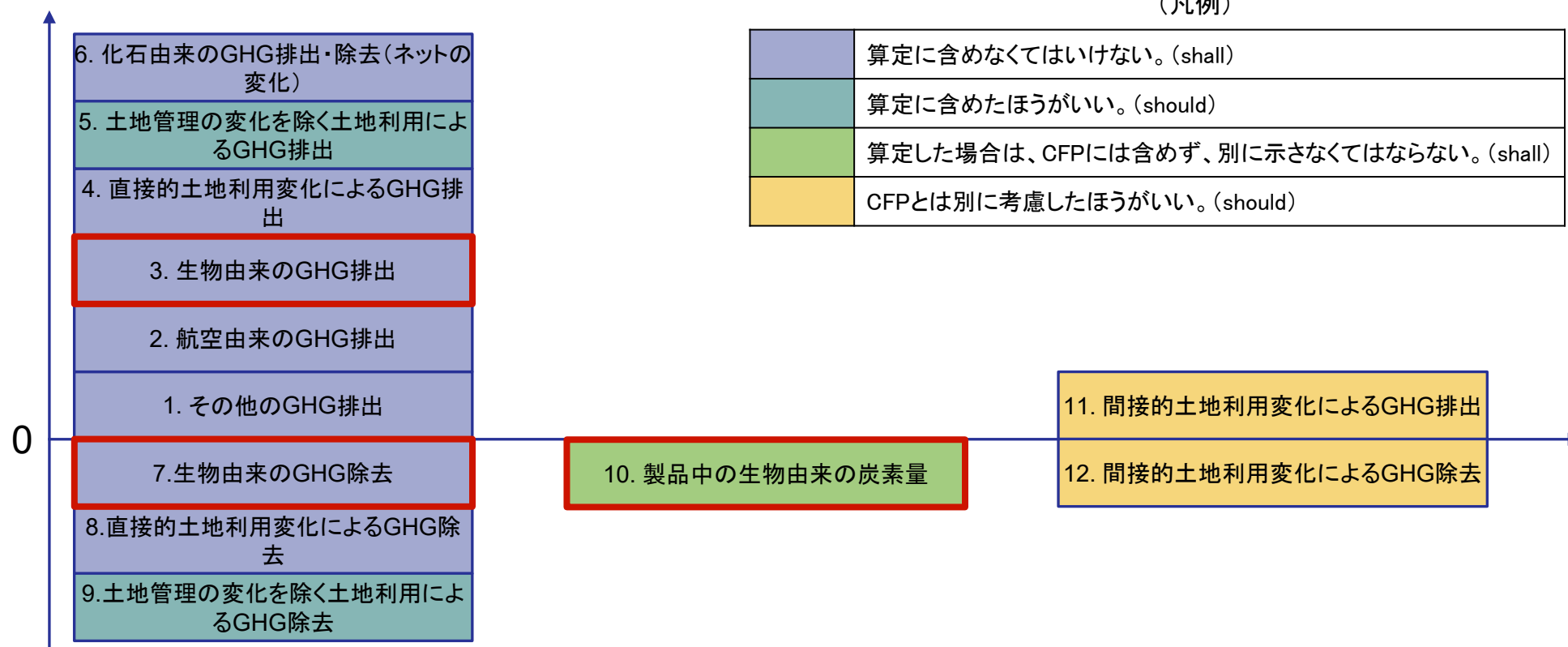


出所: 各種資料より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

## ISO14067:2018 温室効果ガスー製品のカーボンフットプリントー定量化のための要求事項及び指針

- ISO 14067:2018における算定・報告の項目のうちバイオマス由来のGHGについては、「3. biogenic GHG emissions; バイオマス由来のGHG排出」、「7. biogenic GHG removal; バイオマス由来のGHG除去」、「10. biogenic carbon in the product; 製品に固定されたバイオマス由来炭素」の3項目が示されている。
- バイオマス由来のGHG排出/除去(3.と7.)はCFPIに含まれなくてはならない、と示されている。また、製品に固定されたバイオマス由来炭素(10.)は、これを計算した場合にはCFPIには含めずCFPと別に報告しなくてはならない、と示されている。

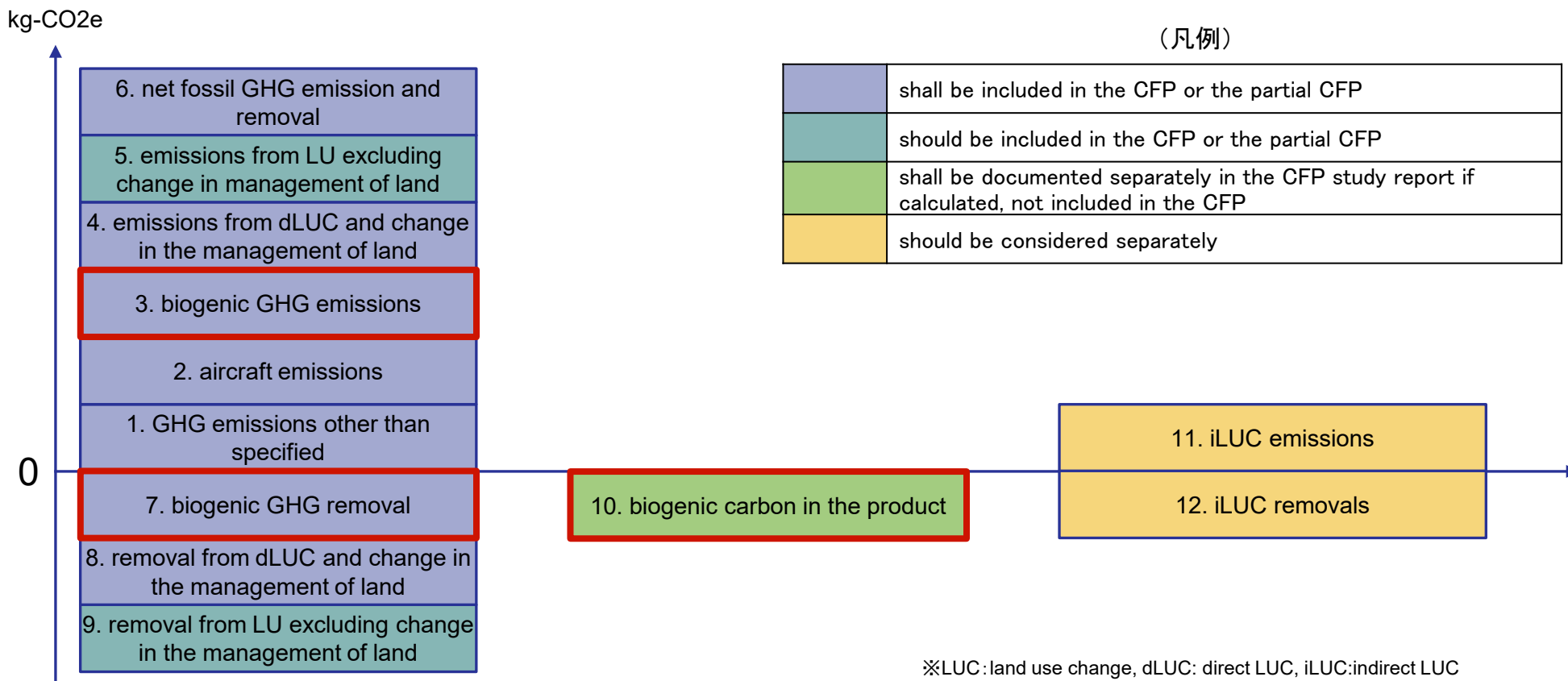
### ISO14067における算定・報告の項目(仮訳)

kg-CO<sub>2</sub>e

出所: ISO 14067:2018, Greenhouse gases — Carbon footprint of products — Requirements and guidelines for quantificationより、みずほりサーチ&テクノロジーズ作成

(参考)ISO14067:2018 温室効果ガス—製品のカーボンフットプリント—定量化のための要求事項及び指針(原文・英語)

ISO14067における算定・報告の項目(原文・英語)



出所: ISO 14067:2018, Greenhouse gases — Carbon footprint of products — Requirements and guidelines for quantificationより、みずほりサーチ&テクノロジーズ作成

## 生物由来の炭素貯蔵: SABIC社の事例

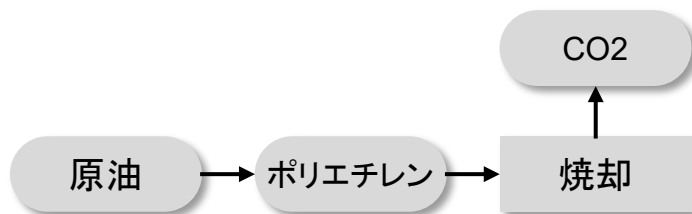
- ICCA「Life Cycle Assessment of circular systems Guide and case studies」では、SABIC社のバイオディーゼル由来のポリエチレン製造の取組を例にして、バイオマス由来の炭素と、原油由来の炭素では焼却時のCO<sub>2</sub>の取扱いが異なる、つまり、バイオマス資源では炭素の“実質的な移動が生じない”ことを解説している。

| 対象の取組               | ケーススタディのポイント   |
|---------------------|--|
| バイオディーゼル由来のポリエチレン製造 | <ul style="list-style-type: none"> <li>最終製品中の生物由来の炭素含有量の評価。</li> </ul> |

### (バイオマス由来の)炭素貯蔵の推計

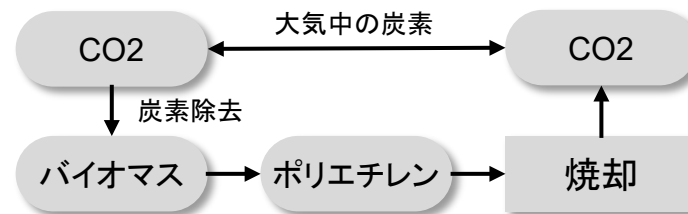
- 生物由来の炭素を原料として使用する場合、生物由来の炭素は光合成によって大気中のCO<sub>2</sub>を固定しているため、焼却時に大気にCO<sub>2</sub>が排出されたとしても炭素の実質的な移動は生じない。一方で、化石資源を使用する場合には、製品の焼却によるCO<sub>2</sub>の放出は、炭素の実質的な移動が生じると考えることができる。したがって、生物由来の炭素の使用については、特別な設定(前述の-1/+1アプローチ、0/0アプローチがこれに当たる)が必要になる。

### 石油由来の製品製造



※ 化石原料から作られたポリエチレンは、製品が廃棄され焼却されるとき、正味のCO<sub>2</sub>が大気へ放出される。

### 生物由来の製品製造



※ パーム油脂肪酸などの生物由来の原料を使用する場合、焼却時に排出されるCO<sub>2</sub>は再び植物により吸収されたと見なす。

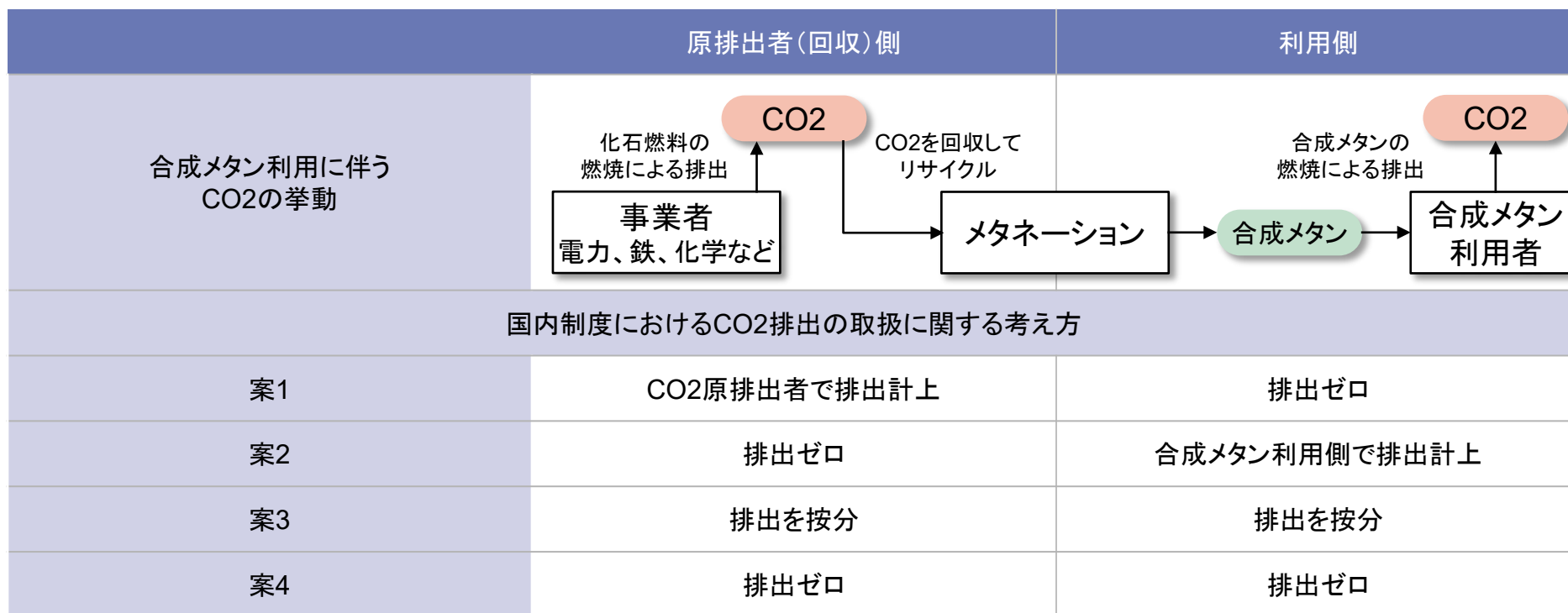


(1)各資料の概要  
③CCU

## メタネーション推進官民協議会CO2カウントに関するタスクフォース 「合成メタン利用の燃焼時のCO2カウントに関する中間整理」(1/2)

- 副生ガス利用に関して環境負荷を、原排出者側と利用者側でどのように配分するかについて、4案を整理し、それぞれのメリット・デメリットについてメタネーション推進官民協議会委員(産官学のステークホルダーで構成)の意見をアンケート調査で収集し、整理している。

### 副生ガス利用に関する環境負荷の配分方法案



出所:メタネーション推進官民協議会CO2カウントに関するタスクフォース「合成メタン利用の燃焼時のCO2カウントに関する中間整理」より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

## メタネーション推進官民協議会CO2カウントに関するタスクフォース 「合成メタン利用の燃焼時のCO2カウントに関する中間整理」(2/2)

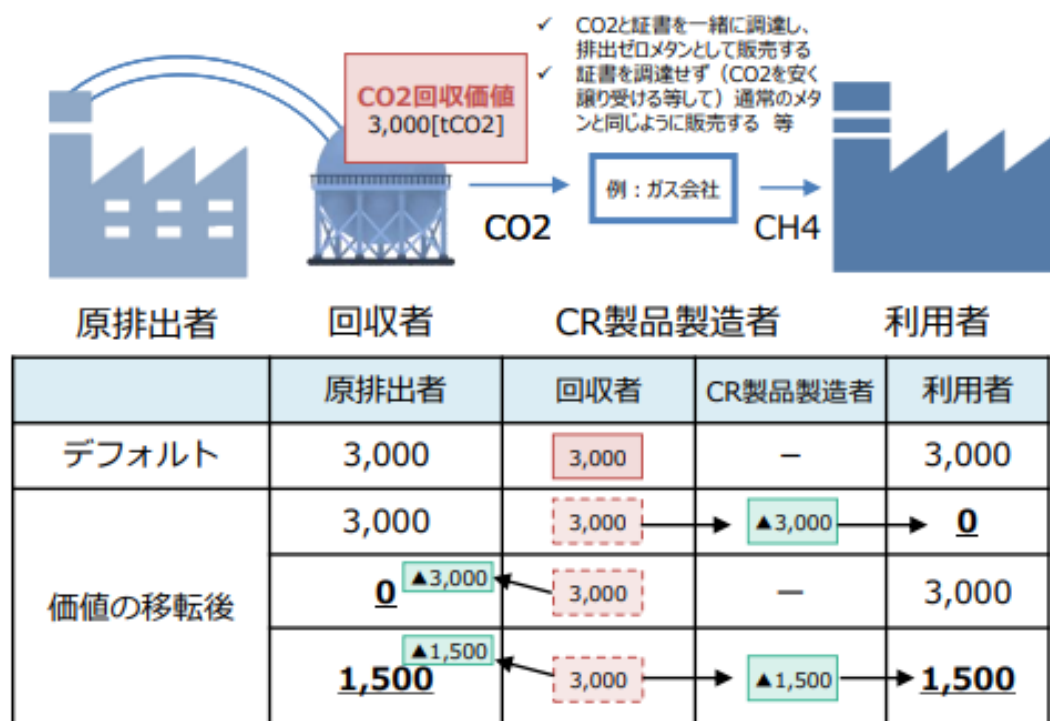
### 各案の賛成意見

|    | 原排出者<br>(回収)側    | 利用側               | 賛成意見  |
|----|------------------|-------------------|---|
| 案1 | CO2原排出者で<br>排出計上 | 排出ゼロ              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 需要家に環境価値を訴求する案1が普及拡大につながるのではないか。</li> <li>• コストを負担する側が環境価値を主張できるのが良い。</li> </ul>                                 |
| 案2 | 排出ゼロ             | 合成メタン利用側で<br>排出計上 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• なし</li> </ul>  |
| 案3 | 排出を按分            | 排出を按分             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ステークホルダー各々の誘因が最大化されないと社会実装が進まない。案4が理想だが、ダブルカウントは問題なので案3が現実解になるのではないか。</li> <li>• 双方にメリットがある案3が良いと感じる。</li> </ul> |
| 案4 | 排出ゼロ             | 排出ゼロ              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• イノベーションを停滞なく進めていくために、双方の誘因を最大化する案4が妥当ではないか。</li> <li>• 国全体のインベントリとは別枠の制度を作り、案4を運用するのも一案だろう。</li> </ul>           |

## (参考) 温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度における算定方法検討会におけるCCUの算定方法案

- 温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度における算定方法検討会ではCCU(検討会ではカーボンリサイクルとよぶ)の算定方法について以下の案を議論している。
- 検討会の案では、原排出者、利用者ともに排出を計上し、回収による価値は回収者(回収設備の設置者)にいったん帰属するとし、その価値が原排出者や利用者へ移転していく構成を検討。(証書等のシステムの構築が必要。カーボンリサイクル製品製造者が、回収者から回収価値を調達し、その価値と製品を合わせて利用者に提供するスキームを想定。)

### スキームのイメージ



出所：環境省「CCS及びCCUの扱いについて(案)」温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度における算定方法検討会(令和5年12月26日)資料2

## 共産品間の配分: Covestro社

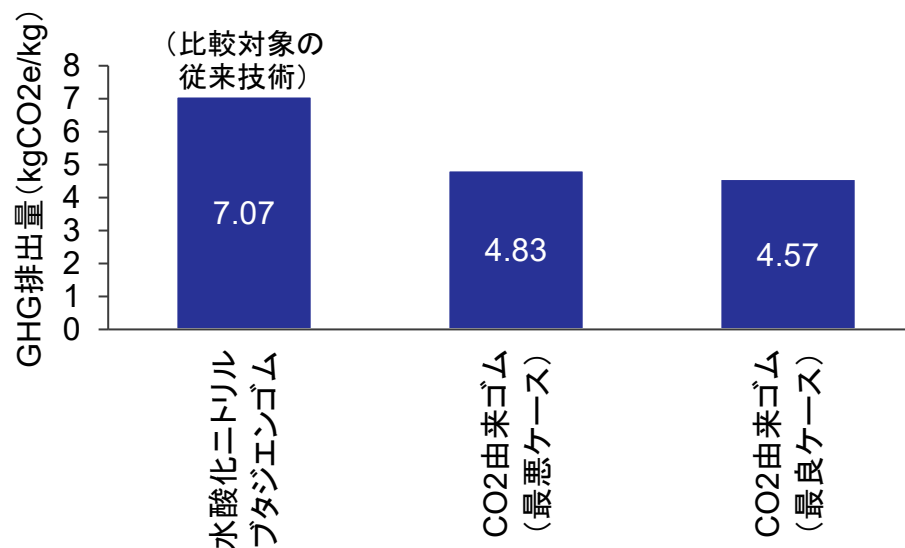
| 対象の取組  | ケーススタディのポイント   |
|--|--|
| アンモニア生産工場由来のCO <sub>2</sub> を原料としたゴムの製造(Cardyon <sup>®</sup> 技術) | <ul style="list-style-type: none"> <li>多機能のプロセスを評価するためのシステム拡張。</li> <li>CCUの配分方法による結果の違い。</li> </ul> |

### 産業プロセス由来の副生CO<sub>2</sub>ガス利用(CCU)の配分


アンモニア生産工場由来のCO<sub>2</sub>を原料としたゴムの製造(Cardyon<sup>®</sup>技術)について、原料として用いるCO<sub>2</sub>に排出量を配分するかどうかによって技術の評価結果が変化する(下表)。

|         |   |
|---------|---|
| 最悪のシナリオ | <ul style="list-style-type: none"> <li>受け入れたCO<sub>2</sub>に100%の負荷を配分する。</li> </ul>               |
| 最良のシナリオ | <ul style="list-style-type: none"> <li>受け入れたCO<sub>2</sub>はアンモニア製造の負荷としてゴム製造では負荷0と考える。</li> </ul> |

### 推計結果



出所:ICCA「Life Cycle Assessment of circular systems Guide and case studies」より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成



(1)各資料の概要  
④削減貢献量

## ICCA「温室効果ガスの削減－化学産業の基本的役割」

- ICCAはWBCSDと共同で削減貢献量の実践的ガイドラインを作成する作業部会を設立し、2012年にガイドラインを公開。さらに2017年に改訂を行っている。
- このガイドラインでは、削減貢献量の推計について、以下の観点で推計上の課題を整理している。

### 削減貢献量の推計上の課題

| 推計上の課題                  | 概要   |
|-------------------------|--|
| 調査の目的                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 削減貢献量の調査目的を大きく3種類に大別。           <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 製品/技術と調査対象製品を使用していない製品/技術の比較</li> <li>➢ セクターごとの製品/技術の比較</li> <li>➢ 同セクター内での製品/技術の比較</li> </ul> </li> </ul> |
| 比較製品の選定                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 削減貢献量の算定のためには、調査対象の製品を基準ケースと比較する必要がある。</li> <li>■ 基準ケースは調査対象の製品と同じ機能を提供するものでなくてはならない。</li> <li>■ 基準ケースは特定の一つ～複数の製品、あるいは市場の平均的製品の組み合わせで作成する。</li> </ul>                              |
| 評価                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 削減貢献量を算定する場合には、できる限りライフサイクル全体を考慮することが望ましい。</li> <li>■ しかし、必要な場合は、双方のライフサイクルにおける同一の部分やプロセスは省略してもいい。</li> </ul>   |
| 将来的進展の不確実性              | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 将来的状況の前提条件(電力の発電方法など)は、算定する削減貢献量にかなりの影響を与え得る。</li> <li>■ 使用段階が長期にわたる製品については、報告企業は代替の将来的進展を考慮に入れた定性的シナリオ分析に取り組むことが望ましい。</li> </ul>   |
| バリューチェーンパートナーとの削減貢献量の配分 | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 削減貢献量はバリューチェーン全体に配分される必要がある。</li> <li>■ バリューチェーンの削減貢献量に対する化学製品の貢献度合いを分類する基準は、化学製品の機能に基づき定義される。(基本的、必要不可欠、実質的、間接貢献、貢献対象外)</li> </ul>   |

出所：ICCA「温室効果ガスの削減－化学産業の基本的役割」より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

## WBCSD「Guidance on Avoided Emissions: Helping business drive innovations and scale solutions towards Net Zero」(1/2)

- WBCSD(2023)では削減貢献量について、「1.5℃目標の達成に向けて、企業は企業活動にともなう直接・間接の排出削減に取り組む必要があることはもちろん、**脱炭素化とその他の持続可能性に係る目標の達成に統合的な製品・サービスを提供**することによって、脱炭素化の加速に貢献する必要がある。こうした**製品・サービスを通じた脱炭素化への貢献について削減貢献量**」と定義している。
- ガイドラインでは、評価者にまず「適格基準ゲート」を通じて、評価対象の製品・サービスがガイドラインの使用に的確か確認することを求めている。

### 適格基準ゲート

|                   |   |
|-------------------|---|
| ゲート1<br>環境行動の信頼性  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 最新の気候科学と整合性のある気候戦略を設定し、戦略を公開している。</li> <li>• Scope 1~3を範囲にしたSBT(目標設定)、GHG排出量を透明性をもって定期的に報告している。</li> </ul> |
| ゲート2<br>最新気候科学の提携 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 対象の製品・サービスは最新の気候科学その他情報源に基づき緩和のポテンシャルを有しており、かつ化石燃料(石炭、石油、天然ガス)の探査、採掘、生産、流通、販売以外の活動であること。</li> </ul>        |
| ゲート3<br>貢献の正当性    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 対象の製品・サービスは直接かつ有意の脱炭素へのインパクトを有する。</li> </ul>   |

出所: WBCSD「Guidance on Avoided Emissions: Helping business drive innovations and scale solutions towards Net Zero」よりみずほリサーチ&テクノロジーズ作成



## WBCSD「Guidance on Avoided Emissions: Helping business drive innovations and scale solutions towards Net Zero」(2/2)

- 適確基準を満たす製品・サービスの場合には、5ステップで削減貢献量を推計する。

### ステップ1 時間軸の特定

- 製品・サービスの販売年に将来の使用期間まで含めた貢献量を推計する方法(Forward-looking avoided emissions)、毎年製品・サービスの使用にかかる貢献量に加えて、製品・サービスの製造、廃棄にかかる貢献量を使用期間で割った値を計上する方法(Year-on-year avoided emissions)から推計に用いる方法の一つを選択する。

### ステップ2 基準シナリオの定義

- 製品・サービスの市場の状況(市場の平均的な製品・サービス、環境性能に関する規制等の状況)を十分に踏まえた基準シナリオを設定する。

### ステップ3 評価シナリオ・基準シナリオの評価

- 製品・サービスを供給した評価シナリオと、製品・サービスを使用していない基準シナリオの両方のシナリオでライフサイクル排出量を計算する。

### ステップ4 削減貢献量の評価

- 比較対象の2シナリオのライフサイクル全体の排出量の差を削減貢献量として求める。

### ステップ5(オプション) 企業レベルの削減貢献量の評価

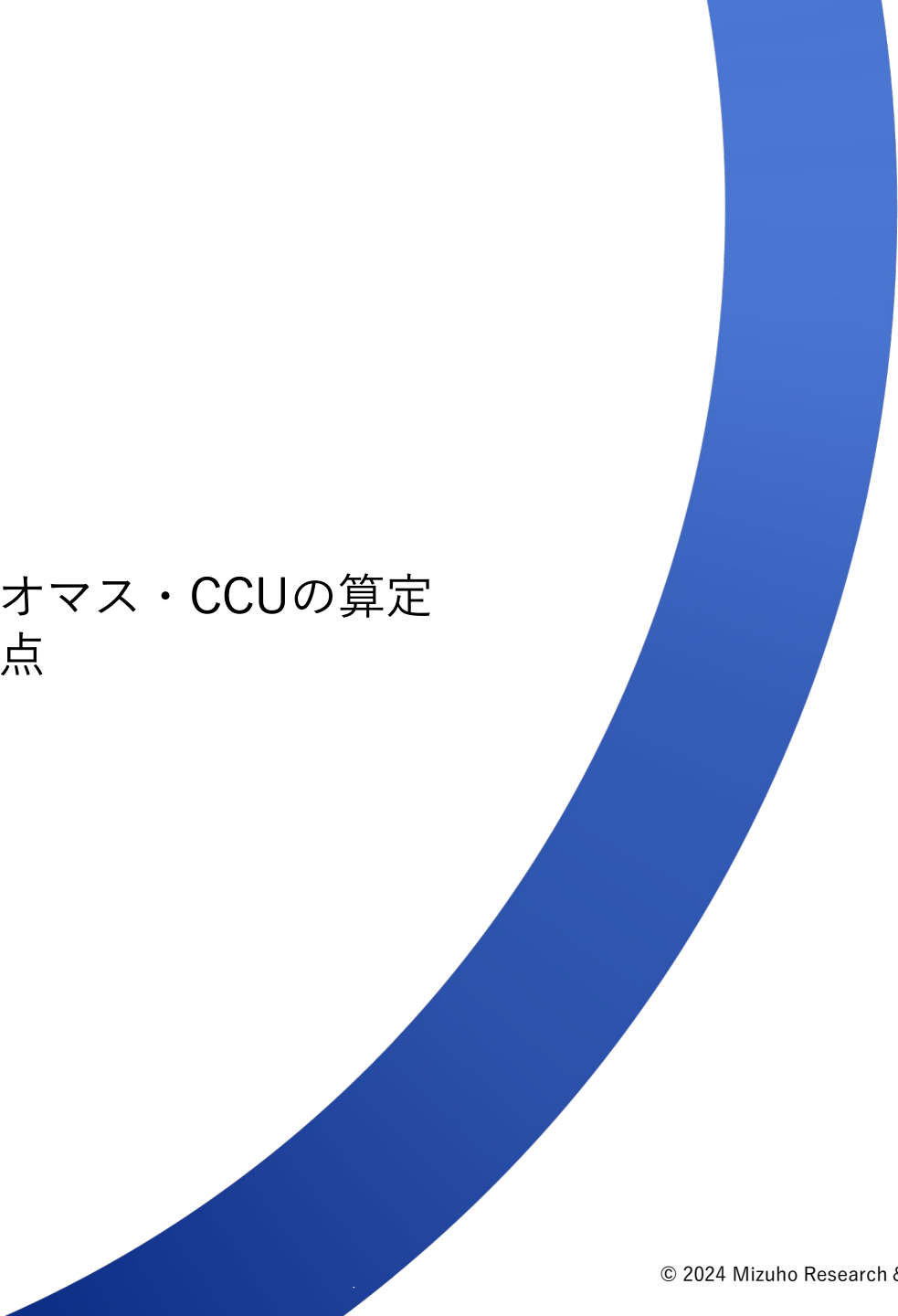
- 前の4つのステップに従って評価されたすべての製品・サービスの削減貢献量を集計して、企業レベルの削減貢献量を推計することができる。

出所: WBCSD「Guidance on Avoided Emissions: Helping business drive innovations and scale solutions towards Net Zero」よりみずほリサーチ&テクノロジーズ作成

## 4. (2)ヒアリングの実施

- 5. で実施する論点、課題の整理にあたり、有識者、業界団体、事業者へのヒアリング調査を実施した。

| 論点       | 主なご意見   |
|----------|---|
| リサイクルの評価 | <ul style="list-style-type: none"> <li>リサイクルの評価方法として、Attributional LCA(実際に生じた排出量を計上)とConsequential LCA(その素材がリサイクルされなかったらどうなっていたか、を評価)で整理する方法もあるだろう。</li> <li>ISO 20915(鉄鋼材料のLCA)については、材料選択の際に用いることを意図して設計されたと理解している。</li> <li>プラスチックのリサイクルの環境価値を高めるためには、製品設計の段階からリサイクルを前提として素材選択を進める必要があると感じている。循環経済の仕組みなども活用しながら、素材の価値を最高するような設計の推進と、算定方法の検討は連動して深化していくのではないか。</li> <li>リサイクルについてシステム拡張で評価する際には、リサイクルされなかった場合の廃棄物処理方法の設定によって結果への影響が大きいがこの部分のルール設定が難しい。品質の悪いプラスチックをリサイクルできるようにする事業者が評価されるような方法論が望ましい。</li> <li>リサイクルをカットオフ法で評価して、バイオマスを-1/+1アプローチで評価することになると、化学メーカーとしてはバイオマスばかり優先して取り組むインセンティブが働いてしまうかもしれない。それが必ずしも望ましい方向ではない可能性がある。</li> <li>方法論として正しいだけでなく、脱炭素化に向けた取組のインセンティブになるような方法論の構築が必要だろう。</li> </ul> |
| バイオマスの評価 | <ul style="list-style-type: none"> <li>バイオマスについては、-1/+1アプローチに概ね議論が収束しているかと理解している。</li> <li>-1/+1アプローチの採用で問題ないが、このアプローチにもデメリットがあり、消費者にとっては0/0アプローチのほうが焼却時の排出が0となり、効果を示しやすい可能性があることと、計算間違いで過大な除去(副産物まで含めた投入されたバイオマス量を全て除去と計上するなど)を計上する事例があることなどが挙げられる。</li> </ul>   |
| CCUの評価   | <ul style="list-style-type: none"> <li>仮にCO2回収側、使用側の両方で削減効果を重複して計上するルールを採用する場合には、取組によって社会全体でCO2排出量が削減されることが担保される必要があるだろう。</li> </ul>  |
| その他      | <ul style="list-style-type: none"> <li>ガイドラインが対象とする化学製品や取組の限定・具体化。(例えば、技術成熟度(TRL)の指定、汎用品と高機能品で区分する、など)</li> <li>ガイドラインが想定する算定結果の活用先の具体化。活用先によるルールの設定をおこなう。</li> <li>脱炭素化に向けた移行の取組が急激に進行することが想定される中で、ガイドラインのなかで言及が必要な点があるかもしれない。</li> <li>製品レベルのCFPが社会全体の脱炭素化と整合的になるように検討が必要。</li> </ul>   |



## 5. リサイクル・バイオマス・CCUの算定 ルール検討上の論点

## 5. リサイクル・バイオマス・CCUの算定ルール検討上の論点

---

- 3.でレビューした各資料、ヒアリング調査をもとに、特に「Cradle-to-GateのCFP」、「削減貢献量」算定に着目し、リサイクル・バイオマス・CCUの取組の効果の見える化に向けた算定ルール上の論点と選択肢についてまとめた。
- なお、各ガイドラインではガイドライン検討時の議論に関する情報は得られないため、ヒアリング調査と各論点の特徴から想定される議論のポイントをまとめた。

## リサイクル材の原料利用の取組を評価する際の論点(1/3)

### リサイクル材の原料利用の取組によって(定性的に)想定される効果・影響

- リサイクル材の原料利用によって**化石資源の消費を回避**することができる。
- 廃棄物(主に廃プラスチック、バイオマス)をリサイクルすることで**焼却処理を回避**することができる。
- 一方で、廃棄物の回収・処理プロセスにかかるGHG排出量が**化石資源由来の原料製造にかかるGHG排出量を上回る可能性**がある。

### リサイクル材の原料利用の取組のCFP算定上の論点

- Cradle-to-GateのCFPで、ルールに従って、上記の効果を見える化することはできるか。
- 算定方法が統一されない可能性がある部分はどこか。

| 評価フロー         | リサイクル材の原料利用の取組の評価する際の論点                             |
|---------------|---|
| 算定の目的・用途の検討   | ・ —   |
| 算定範囲の検討       | ・ リサイクル材の原料利用について、評価範囲をどのように設定するか。                  |
| 機能単位/基準フローの設定 | ・ リサイクル材の原料利用の複数の機能(廃棄物の処理サービス、材料の製造の2つ)をどのように考えるか。 |
| データの収集        | ・ —   |
| CFPの算定        | ・ —   |
| 検証・報告         | ・ —   |

## リサイクル材の原料利用の取組を評価する際の論点(2/3)

### リサイクル材の原料利用の取組を評価する際の論点(CFP)

| 論点  | 選択肢   | 既往ガイドラインでの採用状況   | 化学産業に対する影響  |
|---|---|--|---|
| <p>■ <b>評価範囲の設定方法:</b><br/>一般的な評価範囲である天然資源の採取～製造、という評価範囲を想定することが合理的ではないため、廃棄物やリサイクルプロセスの負荷についてどの範囲を評価対象とするか。</p> <p>■ <b>機能単位の設定:</b><br/>リサイクルには廃棄物処理サービスとしての機能と、製品製造の機能の2つの機能があるため、天然資源由来の化学製品との公正な比較の観点から廃棄物の適正処理について機能単位から控除するための補正計算が認められるか。</p> | <p><u>カットオフ法/100:0法/recycled content 法</u><br/>➤ 廃棄物は負荷0と仮定を置く。リサイクルプロセスの負荷は二次製品のCFPに含む。回避効果は考慮しない。</p>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>日本化学工業協会「化学産業における製品のカーボンフットプリント算定ガイドライン」</li> <li>GHGプロトコル企業のバリューチェーン(Scope3)算定・報告基準</li> <li>GHGプロトコル製品基準</li> </ul>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>元のプロセスに対してリサイクル材採用による省エネ・省CO2効果があれば効果が見える化される。上記の効果がない場合には、リサイクル材活用のインセンティブは働かない。</li> </ul>                         |
|   | <p><u>カットオフ法(比較の際にはEOLを考慮)</u><br/>➤ 基本的に上記のカットオフ法と同様の設定を置く。Cradle-to-GateのCFPに加えてEOL後の処理にかかる負荷も合わせて比較することでリサイクルによる適正処理の回避効果を評価。</p>                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>TfS(2024)「化学産業のための製品カーボンフットプリントガイドライン」</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>リサイクル対象の廃棄物が従来、焼却されてきたと考えることが妥当な場合には相対的に焼却回避の効果を計上することでリサイクル材活用のインセンティブが働く。※Cradle-to-GateのCFPの範囲を超える可能性。</li> </ul> |
|   | <p><u>システム拡張/負荷回避法(上流システム拡張法(TfS)、製品バスケット法を含む)</u><br/>➤ 新規原料の生産回避や廃棄物処理の回避の効果を計上する。</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>TfS(2024)「化学産業のための製品カーボンフットプリントガイドライン」</li> <li>ICCA「Life Cycle Assessment of circular systems Guide and case studies」</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>化石資源の消費を回避と廃棄物の焼却の回避の効果を計上することができる。(インセンティブ最大)※Cradle-to-GateのCFPの範囲を超える可能性。</li> </ul>                              |
|   | <p><u>その他の考え方(0:100法/ closed loop approximation法/circular footprint formula;CFF)</u><br/>➤ 一次製品(排出者)側にリサイクルの負荷や新規原料生産回避の効果を計上する考え方。※CFFは100:0法と0:100法の間隔的な考え方となる。</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>GHGプロトコル製品基準</li> <li>EC「環境フットプリント」(CFF:サーキュラーフットプリントフォーミュラ)</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>リサイクル材活用に対するインセンティブは基本的にはカットオフ法と同様か。</li> </ul>  |

出所: 各種資料より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

## リサイクル材の原料利用の取組を評価する際の論点(3/3)

---

### 既往のガイドライン検討時の議論された論点(仮説)

- 化学産業のリサイクル材活用の取組にインセンティブを与えるような評価方法(システム拡張)を採用すべきか。(一方で、カットオフ法は各メーカーが一貫した評価を行いやすいメリットがあると考えられる)
- リサイクル材の原料利用による、化石資源消費の回避や廃棄物焼却の回避の効果計上について認める場合には、どのような条件(リサイクル材の物性・その他品質の評価、調達した廃棄物の平均的な処理方法の想定、など)を設定すべきか。

## バイオマス材の原料利用の取組を評価する際の論点(1/2)

### バイオマス材の原料利用の取組によって(定性的に)想定される効果・影響

- バイオマス材の原料利用によって**化石資源の消費を回避**することができる。
- バイオマス中の**炭素分は光合成によって空気中から除去**されたもの。
- 一方で、バイオマスの処理プロセスにかかるGHG排出量が**化石資源由来の原料製造にかかるGHG排出量を上回る可能性**がある。

### バイオマス材の原料利用の取組のCFP算定上の論点

- Cradle-to-GateのCFPで、ルールに従って、上記の効果を見える化することはできるか。
- 算定方法が統一されない可能性がある部分はどこか。

| 評価フロー         | バイオマス材の原料利用の取組の評価する際の論点                  |
|---------------|--|
| 算定の目的・用途の検討   | ・ —                                      |
| 算定範囲の検討       | ・ バイオマス材中の炭素分はGHGの除去(負の排出量)として扱うことができるか。 |
| 機能単位/基準フローの設定 | ・ —                                      |
| データの収集        | ・ —                                      |
| CFPの算定        | ・ —                                      |
| 検証・報告         | ・ —                                      |



## バイオマス材の原料利用の取組を評価する際の論点(2/2)

### バイオマス材の原料利用の取組を評価する際の論点(CFP)

| 論点   | 選択肢                          | 既往ガイドラインでの採用状況  | 化学産業に対する影響   |
|--|------------------------------|---|--|
| <b>■ バイオマス中の炭素分の扱い:</b><br>バイオマス由来の素材・製品について負の排出量(除去)として計上可能か。 | 生物起源炭素の除去・排出を考慮(-1/+1アプローチ)  | <ul style="list-style-type: none"> <li>ISO14067:2018<sup>※1</sup></li> <li>GHGプロトコル製品基準<sup>※1</sup></li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>バイオマス原料を使用する際に、原料中の炭素分について負の排出量(除去)として計上できる。<br/>※ただし、焼却時には排出を計上する必要がある。</li> </ul> |
|  | 生物起源炭素の除去・排出を考慮しない(0/0アプローチ) | <ul style="list-style-type: none"> <li>GHGプロトコル企業のバリューチェーン(Scope3)算定・報告基準<sup>※2</sup></li> </ul>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>バイオマス原料を使用する効果を計上できない。</li> </ul>   |

※1: 生物起源CO<sub>2</sub>排出量・除去量を別々に報告することを要求しているが Cradle-to-Grave、Cradle-to-GateのCFPそれぞれの算定に加えることも認められている。

※2: GHGプロトコルではland sector and removals Guidanceとして、炭素プールの管理、プールの炭素貯蔵量の増加を除去量と見なす方法を検討中。

出所: Together for Sustainability(2023)「Scope3報告における改善と調和 TfSホワイトペーパー」その他資料より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

### 既往のガイドライン検討時の議論された論点(仮説)

- カーボンフットプリント算定にかかわる各種ガイドラインでは生物起源炭素の除去の計上が認められている場合が多いが、別の方法について考慮する必要があるか。**  
 (例えば、land sector and removals Guidanceの動向を考慮する必要など)

## CCU(産業由来の副生ガス利用の場合)の原料利用の取組を評価する際の論点(1/3)

### CCU(産業由来の副生ガス利用の場合)の原料利用の取組によって(定性的に)想定される効果・影響

- CCUの原料利用によって**化石資源の消費を回避**することができる。
- CCU由来原料中の**炭素はCCUしなければ大気中に放出**されたと考えられる。
- 一方で、CCUの処理プロセスにかかるGHG排出量が**化石資源由来の原料製造にかかるGHG排出量を上回る可能性**がある。

### CCU(産業由来の副生ガス利用の場合)の原料利用の取組のCFP算定上の論点

- Cradle-to-GateのCFPで、ルールに従って、上記の効果を見える化することはできるか。
- 算定方法が統一されない可能性がある部分はどこか。

| 評価フロー         | CCUの原料利用の取組の評価する際の論点                  |
|---------------|---------------------------------------|
| 算定の目的・用途の検討   | ・ —                                   |
| 算定範囲の検討       | ・ 副生ガスの排出量について、排出者側と受入者側のどちらで計上するべきか。 |
| 機能単位/基準フローの設定 | ・ —                                   |
| データの収集        | ・ —                                   |
| CFPの算定        | ・ —                                   |
| 検証・報告         | ・ —                                   |

## CCU(産業由来の副生ガス利用の場合)の原料利用の取組を評価する際の論点(2/3)

## CCU(産業由来の副生ガス利用の場合)の原料利用の取組を評価する際の論点(CFP)

| 論点   | 選択肢                                     | 既往ガイドラインでの採用状況   | 化学産業に対する影響   |
|--|---|--|--|
| <b>■ 排出量の責任を負う主体(配分)</b><br>工業プロセスからの副生成物としてCO2を使用する場合については、CO2排出量について、主製品に割り付けるべきか、CO2を原料利用する製品に割り付けるべきか。 | 外部へ販売しているCO2を副生品または共製品とみなし、排出量として計上しない。 | <ul style="list-style-type: none"> <li>日本化学工業協会(2023)<sup>※1</sup></li> <li>メタネーション推進官民協議会(2022)<sup>※1</sup></li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>CCU由来の原料利用については化石資源と同様に排出量の計上が必要。</li> <li>化学メーカーが原排出者側(回収側)となる場合には、販売したCO2は排出量の計上から除外できる。</li> </ul>   |
|  | 外部へ販売しているCO2を排出量として計上する。                | <ul style="list-style-type: none"> <li>日本化学工業協会(2023)<sup>※1</sup></li> <li>メタネーション推進官民協議会(2022)<sup>※1</sup></li> <li>EU-ETS(欧州連合域内排出量取引制度)改正案</li> <li>船舶燃料LCAガイドライン日豪ノルウェーEU共同提案</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>CCU由来の原料について燃焼時のCO2排出0の原料として扱うことができる。→Cradle to Graveの計算では焼却時の排出で効果</li> <li>化学メーカーが原排出者側(回収側)となる場合には、販売したCO2も化学メーカーの排出として取り扱う必要がある。</li> </ul> |
|  | 今後の課題/検討中                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度<sup>※2</sup></li> <li>GHGプロトコル「Greenhouse Gas Protocol Land Sector and Removals Initiative」</li> </ul>                              | —  |

日本化学工業協会(2023):日本化学工業協会「化学産業における製品のカーボンフットプリント算定ガイドライン」

メタネーション推進官民協議会(2022):メタネーション推進官民協議会CO2カウントに関するタスクフォース(2022)「合成メタン利用の燃焼時のCO2カウントに関する中間整理」

※1 複数の方法論が併記されている資料。

※2 CO2を回収した場合、回収側で実測に基づいて控除することができる旨記載があるが、CO2の貯留・利用に関する取扱いについては位置づけられていない。

出所:メタネーション推進官民協議会CO2カウントに関するタスクフォース(2022)「合成メタン利用の燃焼時のCO2カウントに関する中間整理」その他資料より、みずほリサーチ&テクノロジー作成

## CCU(産業由来の副生ガス利用の場合)の原料利用の取組を評価する際の論点(3/3)

---

### 既往のガイドライン検討時の議論された論点(仮説)

- 化学製品はCCUにとって、主製品(CO<sub>2</sub>排出側)になることもCO<sub>2</sub>を原料として化学製品を製造することも両方想定される。今後、CCUの普及に向けてこうした取組にインセンティブを与える観点からどのような制度設計が適切か。

## 削減貢献量に関する論点の仮説

- 削減貢献量の算定に当たって、特に各取組で公平な比較をおこなう観点からは基準シナリオの設定に関してどの程度、厳密にルールを設定するかに依存すると考えられる。
- 現状の各ガイドラインでは、比較的緩やかな基準を定めており、それぞれの設定・仮定を開示することが求められている状況と考えられる。

## 削減貢献量に関する論点の仮説

| 評価対象  | 論点   |
|-------|--|
| リサイクル | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 基準シナリオにおける廃プラスチックの処理方法の想定。<br/>廃プラスチックについてどのような解像度で評価するか。(廃プラスチック類全般なのか、個社が調達したプラスチックが従来どのように処理されていたか、で評価するか。)</li> </ul> |
| バイオマス | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ バイオマス利活用について、原料となるバイオマスは化学原料利用されなければどのように使用・処理されていたと想定を置くか。</li> <li>■ バイオマス由来のGHG排出について石油由来のGHG排出と一緒に計上していいか。</li> </ul> |
| CCU   | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ CCUについて、工業プロセスの副生ガスを原料とする場合に、CCUがなければどのように処理されていたと想定を置くか。</li> </ul>  |

出所: 各種資料より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

## 各取組共通の論点

- リサイクル・バイオマス・CCUの取組の推進に向けて、全取組に共通で、以下の観点についてもガイドライン等の策定に向けて論点になると想定することができる。

### 各取組共通の論点

|             |   |
|-------------|---|
| ガイドラインの適確要件 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ガイドラインが対象とする化学製品や取組の限定・具体化。<br/>(例えば、技術成熟度(TRL)の指定、汎用品と高機能品で区分する、など)</li> </ul>  |
| 算定結果の用途の条件  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ガイドラインが想定する算定結果の活用先の具体化。活用先によるルールの設定をおこなう。<br/>(例えば、素材のCFPについても、①組立メーカーの材料選択、②最終製品のCFP算定のためのインベントリ情報の提供、では適切な算定ルールが異なる可能性がある)</li> </ul> |
| 技術の発展の考慮    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 脱炭素化に向けた移行の取組が急激に進行することが想定される中で、ガイドラインのなかで言及が必要な点はあるか。</li> </ul>  |

## 6. まとめ・今後の課題

## 6. まとめ・今後の課題

### まとめ

- 本調査では、既往のガイドライン、ケーススタディを調査し、化学産業におけるリサイクル・バイオマス・CCU等の取組についてLCA(特に、Cradle-to-GateのCFP)で評価する際のルール検討上の論点の抽出をおこなった。

|       |  |
|-------|--|
| リサイクル | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 廃棄物の負荷、リサイクルプロセスの評価範囲の設定方法は複数、提案されている。</li> <li>■ 評価方法の分かりやすさ・一貫性の維持と、リサイクルの効果の見える化の観点で設定方法の選択をおこなうことが今後の論点となると考えられる。</li> </ul>                                |
| バイオマス | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ ISO 14067ではCFPの算定方法として、バイオマス原料中の炭素を除去(負の排出量)として計上し、燃焼などによって大気中に放出される際には排出を計上する方法(-1/+1法)が採用されている。基本的には、この方法で化学製品の原料としてバイオマスを活用する効果を評価することができると考えられる。</li> </ul> |
| CCU   | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 副生ガスをCCUで利用するケースについて、副生ガスのGHG排出について、主製品(GHG排出側)とCO<sub>2</sub>を用いて製造される製品のどちらに割り付けるかのルール構築が論点となるが、このルールについては国内外の検討で結論がでていない。</li> </ul>                         |

### 今後の課題

- リサイクル・CCUにおいては複数の考え方が想定されることまで論点を整理したが、これらの方法には一長一短がある状況ということが明らかになった。
- 本事業では、特にCradle to GateのCFPに関連する論点を集中的に整理した。削減貢献量、マスバランス法などその他のLCAに関連する手法についても化学産業の関心が高いと考えられ、そうした手法において、同じくリサイクル・バイオマス・CCUなどの取組を評価する際にどのような課題・論点が考えられるかを調査することは今後の課題となる。



ともに挑む。ともに実る。

**MIZUHO**

