

Climate Avoided Emissions guidance_WBCSD とリサイクルの貢献

2024/2/29 原田幸明

内容

1. 「Climate Avoided Emissions Guidance」の全体的内容と構成.....	2
2. 「回避量」ガイドの位置づけと GHG プロトコルとの違い.....	3
3. 「回避量」計算の 5 つのステップ.....	10
4. ガイドラインの使い方.....	14
5. 標準的なリサイクルの計算方法.....	15
6 SCATplus での計算.....	18
7. EU recommendation 式の問題点.....	20
7.1 リサイクルの基本式.....	20
7.2 3 つの手直し.....	21
7.3 蛇足.....	22

2023 年 3 月 22 日 World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) は、そのメンバー企業、Carbone4、および Net Zero Initiative との協力のもと「Climate Avoided Emissions Guidance」を発表した。これは、企業が「回避された排出量」を信頼性のある方法で計算し、ネットゼロに向けたイノベーションとスケールソリューションを推進するためのガイダンスである。このガイダンスは、企業だけでなく、金融機関や政府も気候に適合した意思決定、イノベーション、目的の定義をサポートおよび推進するために、「回避された排出量」をどのように計算し活用できるかについて共通のビジョンとなる。

本稿では、サーキュラーエコノミーは単なる循環ではなく大量生産・大量消費・大量廃棄の take-make-disposal のリニア経済からの脱却であり、その大量生産・大量消費・大量廃棄のもたらした最大の弊害である気候危機に対しての貢献ができていることがその必要条件である、との立場から、この「Climate Avoided Emissions Guidance」を読み解く。

1. 「Climate Avoided Emissions Guidance」の全体的内容と構成

この「回避された排出量」ガイド(以降、回避量ガイド)は、企業がグローバルなネットゼロ目標に貢献するための「回避された排出」に関するガイダンスを提供することを目的としている。これには、企業の戦略が最新の気候科学とグローバルな気候目標に沿っていることを確保し、GHG 排出の削減を優先し、回避された排出の報告を分離するといった、6つの核心原則が含まれている。また、企業がその解決策の回避された排出をどのように理解し、活用し、適格性を検証し、評価し、報告するかについての具体的なガイダンスが提供されている。

章ごとに見てみよう。

1 章. はじめに

この章では、企業がグローバル温暖化を 1.5° C 以下に抑えるために直接および間接的な温室効果ガス (GHG) 排出量を削減することの重要性を説明。さらに、企業が提供する解決策が、自社の GHG 排出削減だけでなく、社会全体での排出削減を促進する方法についても掘り下げている。それを明確にし、こり「回避量ガイド」の位置を明確にした「ガイダンスの焦点」がここで提示されている

2 章. 回避された排出の理解

回避された排出の基本概念と、これが企業のこれまでの GHG プロトコルなどに見られる GHG インベントリとどのように異なるか、また、企業がどのようにしてこれを活用して社会全体の排出削減に貢献できるかについて説明している。特に、GHG プロトコルとこの「回避量ガイド」が果たす役割の違いは注意しておくべきである。この章の目的排出量の定義の図は、この「回避量ガイド」がたんなる CO2 の吸収量の計算ではなく、在来のシナリオに対する変化を計策するものであることを明確にしている。

3 章. 回避された排出の活用

企業、投資家、政策立案者の視点から、回避された排出をどのように活用し、グローバルなネットゼロ目標に向けた取り組みを強化できるかについて詳述している。ここでは、企業がこの「回避量」を活用していくかを3つの方法に分けて整理している。

4 章. クレームの適格性の検証

企業が回避された排出に関する主張をする前に、その適格性をどのように検証するかについてのガイドラインを提供している。ここで収容なことは、対象としている行為が、「ソリューション」担っているかということである。「回避量」ガイドは、IPCC の「緩和策」との

関連性があるかということで、対象となるソリューションを例示している。その中には、材料効率として中古品、輸送バイオ燃料として有機食品廃棄物からのバイオ燃料、循環型マテリアルフローとして二次資源二次資源の生産(プラスチック、ガラス、アルミニウム、鉄鋼など)、が挙げられている。

5章. 回避された排出の評価

回避された排出をどのように評価し、報告するかについての具体的な手順を説明。この部分が、実務作業としては重要な部分である。具体的には5段階アプローチとして、ステップ1からステップ5(オプション)までの段階が挙げられている。なお、ステップ5は、市場規模での排出量の評価であり、これはオプションになっているが、それまでの「一つのソリューション規模」の4段階は経なければならない。そして、ここで強調されるのが企業のバリューチェーンとライフサイクル思考である。

6章. 回避された排出の報告とコミュニケーション

企業が回避された排出についてどのように報告し、コミュニケーションすべきかについてのガイドラインを提示している。

7章. ガイダンスの限界

このガイダンスが持つ限界と、今後の改訂版で対処すべき課題について説明。

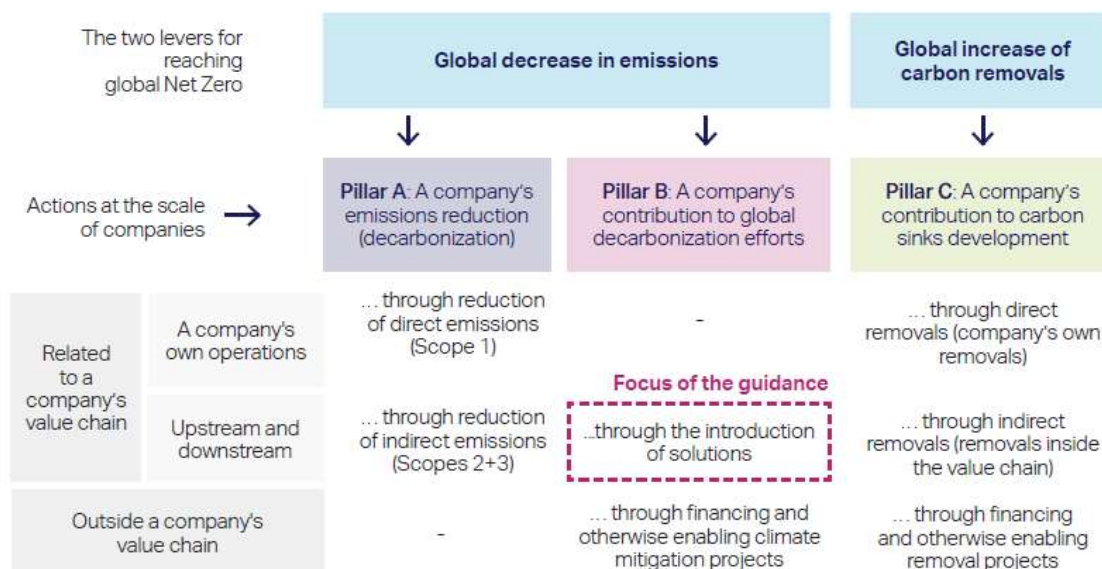
8章. 終わりに

このガイダンスの総括と、企業やその他のステークホルダーがグローバルなネットゼロへの貢献をどのように進めていくべきかについての結論を提供している。

2. 「回避量」ガイドの位置づけと GHG プロトコルとの違い

「回避量」ガイドは 位置づけを次の図のように明確にしている。

Figure 11: A company's potential contributions to the decarbonization of the economy and focus of the WBCSD & NZI guidance



Source: Adapted from the Net Zero Initiative

経済の脱炭素化とフォーカスの貢献に関する企業のポテンシャルを示す図。グローバルネットゼロへ到達するための二つのレバーが示され、企業の活動が3つの柱に分類されている。ピラーAは企業の直接排出削減（炭素排出削減）、ピラーBは企業のグローバル脱炭素化への貢献、ピラーCは企業の炭素吸収源開発への貢献を表している。それぞれの柱が企業の自己運用、上流および下流の価値チェーン、企業の価値チェーン外の活動にどのように関連するかを示している。グローバルな排出量の減少と炭素除去の増加が全体の目標として設定されている。ガイダンスの焦点は、ピラーBの企業のバリューチェーンにあり、ソリューションの導入、気候緩和プロジェクトへの資金調達と促進、間接的な炭素除去活動の促進を通じた企業の貢献にある。

ちなみに、[自動車業界における LCA への対応 第3回—WBCSD 削減貢献量ガイダンスの概要編— | PwC Japan グループ](#) で和訳されたものがあるので、それに手を加えたもの付けておく。

グローバルな ネットゼロ達成のための 2つの手段		排出量の世界的な減少		炭素除去の 世界的な増加
企業の取り組み		ピラーA 企業が排出する GHG排出量の削減	ピラーB グローバルな脱炭素化 に向けた企業の貢献	ピラーC 炭素吸収源の開発 に対する企業の貢献
企業の バリュー チェーン内	企業内	直接的なGHG排出量の削減 (Scope1)	削減貢献量の位置づけ 環境性能の優れた製品、 サービスの導入	企業による 直接的な炭素除去
	企業外	間接的なGHG排出量の削減 (Scope2,3)		間接的な炭素除去 (バリューチェーン内)
企業の バリューチェーン外			気候変動の緩和を可能に するプロジェクトへの資金 提供など	炭素除去を可能にする プロジェクトへの 資金提供など

ここで理解しておくべきなことは、GHG プロトコルの scope1,2,3 はいずれもピラーA に属し、排出量を把握し減らすことが目的となるが、「回避量ガイド」の対象は、いかに変化を与えるかというところにあるということである。

「回避量ガイド」でも scope3 との違いは重視しており、note を設けている。以下にその note の内容を示す。

スコープ3 排出量の計算と回避排出量の計算はよく混同されがちですが、その二つは異なる概念です。

スコープ3 排出量の計算:

企業の視点から行われます。

いくつかのスコープ3 カテゴリーの変化としての製品の排出量の削減を捉えます。

企業の販売する製品のスコープ3 排出量は、前年の同社のスコープ3 排出量と比較されます。

回避された解決策がなかった場合に起こり得た最もありそうな代替案と比較されます。

回避排出量の計算:

社会的な文脈と解決策の使用から構築されます。

解決策がなかった場合に起こり得た状況と、企業によって販売される解決策との2つの状況を比較します。

回避排出量は、解決策の使用によって社会で生じる推定される排出量の削減を与えます。

これは、企業のスコープ1-3 排出量の外側で起きる影響です。

GHG インベントリの会計と回避排出量の会計は補完的な指標であり、並行して管理する必要があります。

スコープ3 排出量の削減を追求すること:

企業がポートフォリオを前年と比較して炭素排出量を削減するインセンティブを生み出します。

例えば、より効率的な製品を販売する企業は、その製品群の改善によりスコープ3 排出量の削減が期待できます。

回避排出量の最大化を追求すること:

企業が追加された解決策を通じて社会の脱炭素化への貢献をインセンティブ化します。

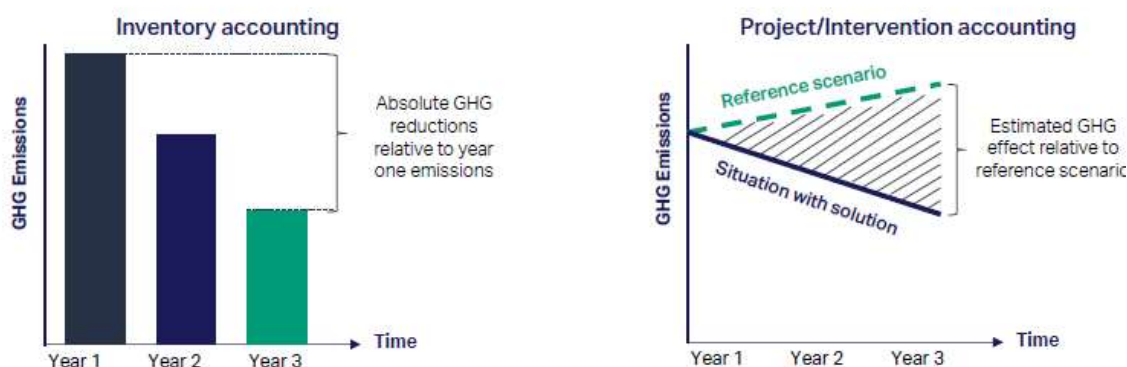
これにより、企業は炭素中立の補償プロジェクト内での排出量削減などを通じて、最も大きな社会的影響を与える解決策を優先するでしょう。

単純に言うと scope3 では企業がそのバリューチェーンを通じて、CO2 排出量をいかに把握してきて、いかに減らしてきているか、という企業の属するバリューチェーンでの経時的なそくげん努力が対象となるのに対して、「回避量ガイド」は、企業外の既存の取り組みに対してどのような変化を与えるのかが焦点となるとしている。 ちなみに、scope3 は現状の排出を把握することが目的であるために、リサイクルすることによるCO2 削減への貢献や、バイオマス利用によるCO2 吸収などの効果は、対象外の別レポートの領域となっていたが、「回避量ガイド」では、このような社会的効果も対象となる。

3. 排出回避量とはなにか

ここでも出てくるのが GHG プロトコルすなわちインベントリー型のアプローチとの違いである。図の左がインベントリー型のアプローチであり、右が「回避量」ガイダンスの、インターベンション(介入)型のアプローチである。

Figure 13: The difference between GHG inventory and intervention accounting



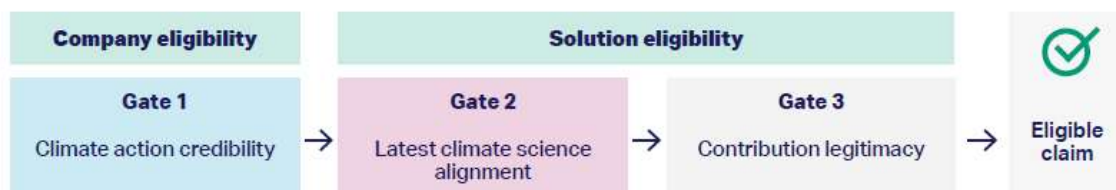
左側のグラフ「インベントリー計算」では、:時間の経過と共に絶対的な GHG 排出量の削減を示されている。第 1 年度の排出量を基準として、第 2 年度と第 3 年度の同じ企業やバリューチェーンのシステムでの排出量が減少していくことに表現の中心がある。

右側のグラフ「プロジェクト/介入計算」では、:特定のソリューションを導入した場合の状況と、ソリューションを導入しなかった場合の参照シナリオを比較する。ソリューションを導入したことによる GHG 排出量の効果が、参照シナリオと比較して推定され、さらに時間の経過に伴っても、ソリューションの導入によってどれだけ GHG 排出が抑制されるかが示される。これらのグラフは、企業が GHG 排出削減の効果をどのように計測し、報告するかという二つの異なるアプローチを視覚的に表しており、インベントリー計算は時間の経過と共に自社の排出量を削減することを示し、プロジェクト/介入計算は特定の活動やプロジェクトがもたらす排出削減の影響を示す。

すなわち、「回避された排出」とは、あるソリューションが使用されることによって実現される、または実現される予定の温室効果ガス (GHG) 排出量と、そのソリューションが使用されなかった場合 (参照シナリオ) に発生していたであろう GHG 排出量との差を指し引いた差である。この差は、社会に対する「プラスの」影響として定義され、ソリューションおよび参照シナリオの両方の GHG 排出量は、それらの全ライフサイクルを通じて評価される必要がある。このように、回避された排出は、企業の GHG インベントリ評価 (企業の価値チェーンに関連する排出量の合計) とは異なり、製品のライフサイクルや価値チェーンの外で発生する排出削減、つまり製品の使用によって主に発生する排出削減を対象とする。そしてこれは、特定の参照シナリオとソリューション (介入) に関連する排出量の比較分析の結果となる。

その際に、対象となるプロジェクト/介入が気候科学的に妥当なソリューションになっていることが必要である。その観点から、「回避量」を主張するには、3つのゲートがあるとしている。

Figure 17: The three gates to ensure the eligibility of avoided emissions claims



ゲート 1: クライメートアクションの信頼性

このゲートでは、企業が最新の気候科学に基づいて設定された気候戦略を持ち、その戦略が公にコミュニケーションされているかを評価する。企業は、その温室効果ガス（GHG）フットプリントを厳密に測定し、科学に基づいた目標を含む全てのスコープ（スコープ 1、2、および 3）を網羅する目標を設定し、定期的に進捗を報告する必要がある。

ゲート 2: 最新の気候科学との整合性

企業が提案するソリューションが最新の気候科学に沿っているかどうかを評価するゲートである。ここでは、ソリューションが気候変動の軽減に有効であること、そして化石燃料の探査、抽出、鉱業、生産、分配、および販売などの活動に直接適用されないことが重視される。

ゲート 3: 貢献の正当性

このゲートでは、提案されたソリューションが直接かつ有意な脱炭素化の影響を持っているかどうかを検証する。ソリューションが実際に GHG 排出削減に貢献しているか、そしてその影響が重要であるかが評価される。

これらのゲートは、企業が回避された排出に関する主張をする際に、その主張が信頼性があり、気候変動への実質的な貢献を示していることを保証するためのものである。企業がこれらのゲートを通過することは、その貢献が正当であり、気候変動対策への真摯な取り組みを反映していることを示す重要なステップとなる。端的に言えば。

- ①GHG プロトコルの step1,2,3 をきちんとやっているか、
- ②主張する回避行為がソリューションとして科学的に認められているか、

③その回避量の計算が妥当におこに割れているか、
である。

Gate2 の中でもソリューションになっているかは、欠かすことのできない部分である。
「回避量」ガイドず IPCC の緩和策からの引用としてあげているものを示しておく以下
のようになっており、リサイクルはそのソリューションとして取り上げられている。

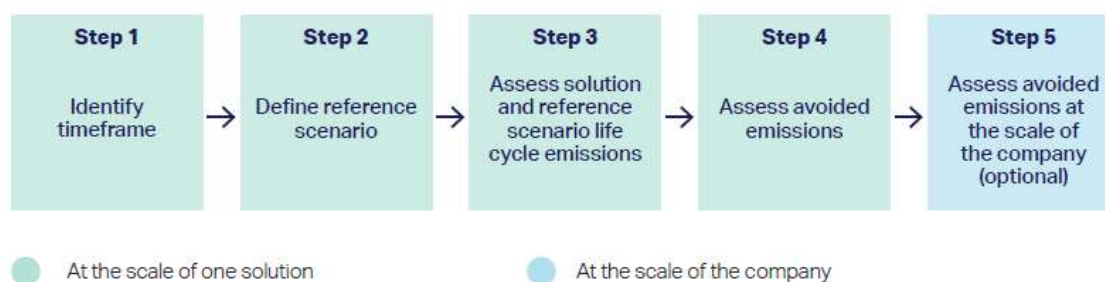
表2: IPCC AR6作業部会III「政策決定者のための要約」による、緩和策との関連性が特定された例示的な請求介入策

ソリューション	緩和の可能性
特に温暖な気候において、建物の運転エネルギー需要を調整することで、使用段階での利点を提供する反射屋根ソリューション	エネルギー・サービスへの需要を避ける
コンパクトなデザイン、筒状のプッシュ・コンベア、新しい統合粉碎システムにより、お客様の現場でのエネルギー節約を可能にします。	産業におけるエネルギー効率
より低いバーク温度を必要とするソリューション	産業におけるエネルギー効率
バイオガス/バイオメタンの生産 動物の糞尿、有機廃棄物、埋立地	農業におけるCH4とN2Oの排出削減
屋根のリサイクル・プログラム	業界: リサイクル強化
中古品	材料効率 (新規製造の回避)
ビル用断熱ソリューション	ビルにおけるエネルギー・サービスの需要を避ける
燃料節約を可能にする船舶用航路最適化ソフトウェア	輸送効率
用太陽光発電パネル設置最適化モデリングツール	太陽エネルギー
マイクロローカル・ツーリズム (「ステイクーション」) を促進し、可能にするサービス	輸送需要を避ける
廃棄されるはずの食品を安価で購入できるアプリケーション。	食品ロスと食品廃棄物の削減
有機食品廃棄物からのバイオ燃料	輸送バイオ燃料
副資材の生産 (プラスチック、ガラス、アルミニウム、鉄鋼など)	循環型マテリアル・フロー (リサイクルの強化など)

3. 「回避量」計算の5つのステップ

「回避量ガイド」は、そのために5つのステップを踏むとしている。

Figure 18: The 5-step approach to calculating avoided emissions



このガイドラインにおいては、企業がその解決策が社会に及ぼす実際の気候変動軽減効果を定量化し、報告する方法を標準化し、明確にするためのものとして、回避された排出を評価するために設けられた5つのステップをあきらかにしている。これらのステップは、企業が提供する製品やサービスが代替の参照シナリオに比べてどの程度GHG排出を削減するかを理解し、評価するための体系的なアプローチを提供する。各ステップの意義と説明は以下の通りである：

ステップ1: 時間枠の特定

意義: 評価の対象となる回避された排出の期間を明確にすることで、分析の範囲を定義し、比較の基準を設定する。

説明: このステップでは、企業がその解決策による回避された排出の評価を行う時間枠を特定する。これには、解決策の導入から効果が見込まれる期間までを含むこともある。

ステップ2: 参照シナリオの定義

意義: 解決策が存在しない場合にどのような状況が想定されるかを定義することで、その解決策の気候変動軽減効果を定量化する基準を設ける。

説明: 参照シナリオは、解決策が導入されなかった場合に想定されるGHG排出量を表す。これにより、解決策の実際の効果を測定するための比較基準が確立される。

ステップ3: 解決策および参照シナリオのライフサイクル排出の評価

意義: 解決策と参照シナリオの両方に関連するGHG排出量を評価することで、解決策の真

の気候変動軽減効果を理解する。

説明: このステップでは、解決策と参照シナリオの全ライフサイクルにわたる GHG 排出量を評価し、これらを比較することにより、回避された排出量を算出する。

ステップ 4: 回避された排出の評価

意義: 具体的な回避された排出量を算出し、解決策の気候変動に対する正の影響を定量化する。

説明: このステップでは、ステップ 3 で得られた情報を基に、解決策によって実際に回避された GHG 排出量を算出する。

ステップ 5: 企業規模での回避された排出の評価 (オプション)

意義: 企業全体としての解決策の集約的な影響を評価することで、企業が社会全体の脱炭素化にどの程度貢献しているかを理解する。

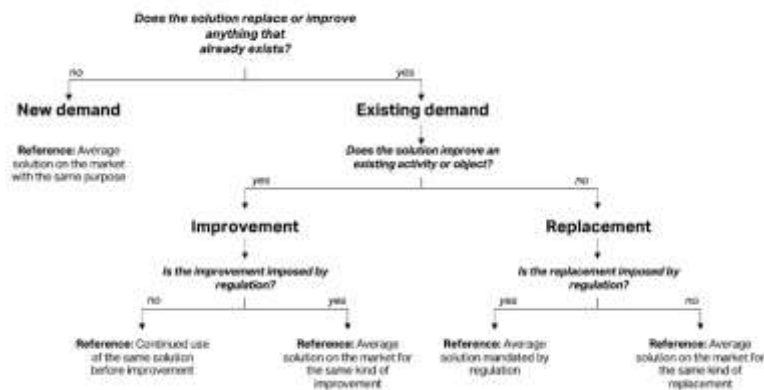
説明: このオプションのステップでは、企業が提供する全解決策によって回避された排出量を企業レベルで評価し、その集約的な影響を理解する。

端的にまとめれば

- ① 対象の時間枠(例えば 1 年)を明確化
- ② 回避策がなかった場合の参照シナリオの設定と GHG 発生計算
- ③ 回避策を施した場合のシナリオでの GHG 発生計算
- ④ 回避された排出の計算 (差をとるなど)
- ⑤ 個別ではなく企業の市場規模での計算(オプション)となる。

この回避策がどのような形でなされるかについて、ガイドラインは、次のような図を示している。

Figure 22: Determining which avoided emissions assessment to use



すなわち、ガイドラインでは、「新規需要」および「既存需要」から分かれる階層とブラ
ンチについて、以下のように説明しており、それをれいをあわせてしめす

「新規需要」か「既存需要」か

「新規需要」の場合

概要: 顧客のニーズの増加によって引き起こされた需要を満たすために解決策が使用され
る場合、以前の状況は存在せず、新規需要とみなす。

参照シナリオ: 解決策が使用される年の市場に基づいた予想される状況で、同じ目的を持つ
解決策に対する現在の状況シナリオ。

例: 会社 A が新しい低炭素建築を建設する場合、参照はその年に建設された同カテゴリー
の建築の平均排出量となる。

「既存需要」の場合 「改善ケース」か「代替ケース」か

概要: 既存の活動レベルを満たすために解決策が使用される場合、解決策は既存のシステム
を置き換えるか、または改善することができるとみなす。ここでは、以前の状況の排出量は
ゼロではないことに注意。

「改善ケース」の場合 規制が入っているかいないか

規制によって改善が課されない場合: 参照は、解決策によってもたらされた改善なしで以前
のシステムの継続使用する。

例: 会社 A が家の断熱を行う場合、参照状況は改善されていない建物の時間ととも継続
使用を参照にする。

規制によって改善が課される場合: 参照は、この種の改善を行うための市場の平均解決策を
とる。

例: 会社 A が法律で改善が必要とされる非効率な建物の断熱を行う場合、参照状況はその
ような建物の市場の平均性能の改善となる。

「代替ケース」

規制によって交換が課されない場合: 参照は、販売年に市場が選んだ既存のものを置き換え
る平均解決策をとる。

例: 会社 A が古い機能しない燃料ボイラーを熱ポンプで置き換える場合、参照状況はこの
タイプの家で現在販売されている平均の熱解決策をとる。

規制によって交換が課される場合: 参照は、販売年に新しい規制に沿って選ばれた既存のも
のを置き換える平均解決策になる。

なお、このガイドラインは、既存の装置の寿命の終わりにすべての交換が発生すると考えてお、これは、回避された排出量を最小限にするという保守的な選択であり、企業が早期の置換を考慮に入れたい場合、それが計算プロセスで明確に正当化され、説明されている限り、そうすることができる。

これを、プラスチックのリサイクル業が削減貢献を主張するとして考えてみる。この「回避量」ガイドによると、以下のような具体的な指示を踏むべきであるということになる。

Step1 時間枠の特定: リサイクルプロセスおよびその影響を評価する期間を明確にする。

Step2 参照シナリオの定義: プラスチックがリサイクルされなかった場合に想定されるシナリオを定義。これは、通常、廃棄されたプラスチックが埋め立てられたり、新しい原材料としてのみ使用されるといった状況を意味する。

Step3 ソリューションおよび参照シナリオのライフサイクル排出の評価: リサイクルされたプラスチックを使用することの具体的な GHG 排出削減効果を計算し、それを参照シナリオと比較する。

Step4 回避された排出の評価: 上記のステップに基づき、リサイクルによって達成される具体的な GHG 排出削減量を算出。

Step5 企業規模での回避された排出の評価 (オプション): 企業全体としてのリサイクル活動から生じる GHG 排出削減効果を評価。

特に、最初にプラスチックスクラップを廃製品から取り出すプロセスに焦点を当てる場合、そのプロセスで発生する GHG 排出 (例えば、輸送や処理による排出) と、そのスクラップが再利用されることによって避けられる排出を詳細に評価し、文書化する必要がある。これには、プラスチックスクラップの収集、輸送、そしてリサイクル処理の各段階でのエネルギー使用量と排出量の詳細な分析が含まれる。

すなわち、プラスチックの需要は以前からあるので「既存需要」となり、それをリサイクル無しで化石原料から供給した場合が参照ケースになる。そして、そこにリサイクルされたプラスチックで「代替」するとして計算される。

なお、「回避量」ガイドラインは計算の方法そのものについては述べていない。それにはまだ国際的にはリリースされていない EU などの他のドキュメントをサンウにすることになる。これについては後の章で述べる。

また、リサイクルがすでに行き渡っていると考えて、参照システムを既存のリサイクルシステムととり、自社や自己バリューチェーンでの装置の変更や回収システムの向上などの取り組みを差別化して「改善」として計算することもできる。

4. ガイドラインの使い方

ガイドラインでは、企業が回避された排出量を活用する方法を3つに分けて説明している：

1. イノベーション

意義：社会のニーズを満たしながら、高い脱炭素化影響を持つビジネスモデルへの変革を促進する。

すなわち、回避された排出量は、イノベーションプロセスやマインドセットのシフトを支援するための指標の一つとして使用される。これにより、新しいソリューションが社会のニーズに合致することを確認するためのガイドラインとなる。

2. スケーリング

意義：グローバルネットゼロを達成するためにスケーリングが必要なソリューションと市場を優先する。

すなわち、回避された排出量は、最も高い脱炭素化ポテンシャルを持つ市場やポートフォリオ選択、価値チェーン内で回避された排出量を提供できるステークホルダー、そして最も緊急の排出削減ニーズがある分野への貢献を優先するための主要な意思決定指標として活用される。

3. アカウンタビリティ（説明責任）

意義：社会全体に対する貢献と影響を示し、追跡する。

すなわち、回避された排出量を使用して、企業が1.5°Cに沿った社会への貢献を示すことで、気候リスク関連の指標を超えた説明責任を強化する。これにより、企業はその活動が持続可能な社会へどのように貢献しているかを外部に示すことができる。

これらの方法は、企業がそのソリューションが社会や環境に与えるポジティブな影響を最大化するための戦略的なアプローチを提供することになる。また、企業が脱炭素化に向けたグローバルな取り組みにどのように貢献しているかをより明確に伝えるためのフレームワークとなるのである。

5.標準的なリサイクルの計算方法

リサイクルの GHG 回避量計算の標準化された方法は未だなく、LCA 的発想をもとに EU でまとめられ(2013 年 [2013/179/EU: Commission Recommendation of 9 April 2013 on the use of common methods to measure and communicate the life cycle environmental performance of products and organisations Text with EEA relevance - EU monitor](#))、更新されていっている EU の Recommendation「on the use of the Environmental Footprint methods to measure and communicate the life cycle environmental performance of products and organisations ANNEX3-4」(2021.12.16 [Publications Office \(europa.eu\)](#))の 4.8.8 の部分が最も標準に近い文書であろう。

ちなみに、環境省([Guidance_products_3.0_J.pdf \(env.go.jp\)](#))の日本語の説明や BeDo 氏らの日本 LCA 学会への投稿([jstage.jst.go.jp/article/lca/11/2/11_86/_pdf](#))は改定前の 2013 年段階のものが対象になっている。

2021 年バージョンでは、2013 年バージョンでは整理されていなかった、リサイクルをコンテンツで扱うのか、控除で扱うのかという問題が、アロケーション(配分)の問題として整理され、次の式で表されるようになったことである。すなわち、

Material

$$(1 - R_1)E_V + R_1 \times \left(A \times E_{recycled} + (1 - A)E_V \times \frac{Q_{Sin}}{Q_p} \right) + (1 - A)R_2 \\ \times \left(E_{recyclingEol} - E_V^* \times \frac{Q_{Sout}}{Q_p} \right)$$

ここで

A：再生材料の供給者と使用者の間の負担とクレジットの配分係数。

Qsin：投入される二次材料の品質、すなわち代替時点での再生材料の品質。

Qsout：排出される二次材料の品質。

Qp：一次材料の品質、すなわちバージン材料の品質。

R1：生産に投入される材料のうち、以前のシステムからリサイクルされた材料の割合。

R2：製品に含まれる材料のうち、後続のシステムでリサイクル(または再利用)される材料の割合。したがって

R2 は、回収およびリサイクル(または再利用)プロセスの非効率性を考慮しなければならない。R2 は リサイクル工場の出力で測定する。

再資源化 (Erecycling)：回収、選別、輸送を含むリサイクル(再利用)材料の再資源化プロ

セスから生じる（機能単位あたりの）具体的な排出量と消費資源。

ErecyclingEoL(ErecEoL)：EoLでのリサイクル工程から発生する排出量と消費資源量（機能単位あたり）。

EoL(ErecEoL)：収集、選別、輸送を含むEoLでの再資源化プロセスから発生する排出原単位と消費される資源量。

Ev：バージン材の入手と前処理に起因する排出原単位と消費資源量（機能単位あたり）。

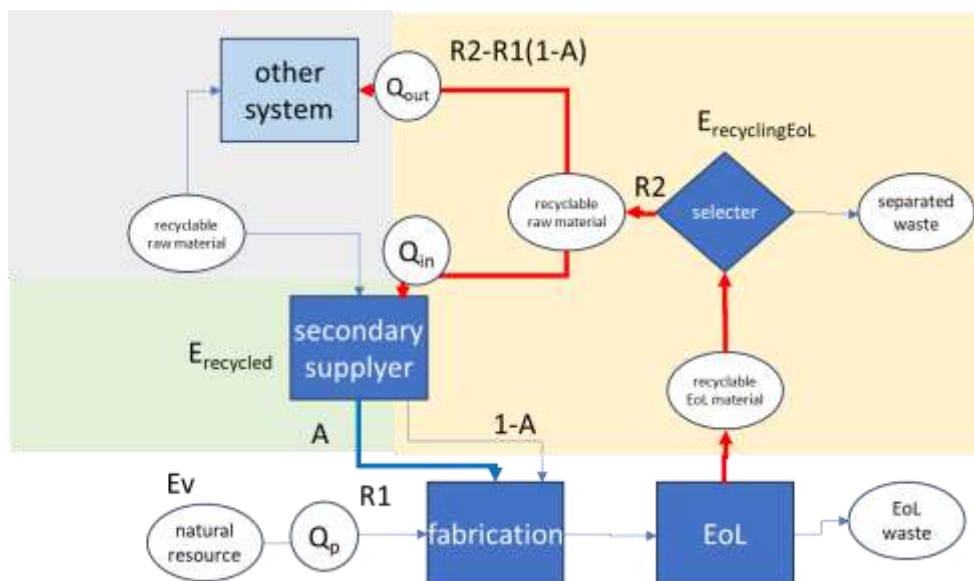
E*v：リサイクル可能な材料で代替されると想定されるバージン材の入手と前処理に起因する（機能単位あたりの）排出量と消費資源。

となっている。なお、エネルギー回収と廃棄物発生回避についても式が止めされていたがここでは省いておく。

この式で重要なことは、ひとつに、リサイクルのプロセスに、ErecyclingとErecycledの二つの異なったプロセスでの環境排出があるということを示していることである。サーキュラーエコノミーの有名な指標であるエレン・マッカーサー財団とグラントが改質したMCIなどではこの区別がつかずに混乱がおきているが、この式では、リサイクルで不要物とリサイクル原料を分離する工程をErecyclingとして、そのリサイクル原料を目的に使える素材にする工程のErecycledと分けていることで、より現実的にどこからリサイクルデータを取得すればよいかを明確にすることができるようになった。

もうひとつの重要な部分はクオリティQの導入である。これは、以前の2013バージョンでも一部に用いられていたが、それが積極的に取り入れられている。これにより、品位の異なるリサイクル原料を区別できるようになるとともに、その品位のリサイクル原料を市場でやり取りするものとして取り扱えことで、その市場の先の別システムを考慮せずに自己システムのみで取得可能な変数のみで、計算することができるようになっている。

これをいかにどのように図示するとわかりやすい。



図の一番下の部分が、「動脈側」とも呼ばれる。いわゆるリニアなサプライチェーンであり、それだけで循環がない場合は、 $R1=0, R2=0$ である。

そのリニアにサプライチェーンが入口側にリサイクル原料からそぎいを作る会社と連携して $R1$ の割合でリサイクル素材をもちい、出口側では $R2$ の割合を recycling の会社に出してリサクル原料とする。その一部(量的にはこちらのほうが多いケースが多かろうと思われる)は品位 Q_{OUT} のリサイクル原料として、市場を通じて他のシステムに送られ、そこで天然資源とその獲得プロセスでの環境負荷の削減に貢献する。また、その一部は自己プロセスのリサイクル素材になる Q_{in} の品位をもつリサイクル原料として直接循環利用される。この拡張された循環型サプライチェーンの環境負荷が先の式として表される。その際に拡張サプライチェーンとして収集すべき変数は、入口、出口それぞれのリサイクル比率 $R1, R2$ と入口のリサイクル原料をリサイクル素材にするプロセスの環境負荷 $E_{recycled}$ および、使用済製品をリサイクルする際の環境負荷 $E_{recycling}$ および、リサイクル原料の品位 (Q_{out}/Q_p) と (Q_{in}/Q_p) であり、図で灰色の領域にあるシステム外の情報の取得なしでも環境負荷削減効果を得られるのである。

実は、この図からわかるように、 A は説明にあるような任意の分配係数ではなく、 $(1-A)$ (A は 0 から 1) が、リサイクル素材能のうちの自己循環分に相当すると考えればよい。すなわち、2021 に見直された式は、説明者も気づかないまま、分配係数という任意性のある数値の回避も行っていたのである。

なお、実は、この式および 2013 年に出されていた式には、誤りがある。それについては、個術の章で述べる。

6 SCATplus での計算

SCAT(simple CO2 Account Tool)は GHG プロトコルに基づく、トップダウン法を用いた企業や製品の CO2 排出の把握と見える化のためにサステナビリティ技術規制機構が開発し販売している計算ツールであり、とくに中小の中堅から立ち上げ企業を意識して、LCA の煩雑な手続きを避け、エクセルへの簡単な書き込みとその Web システムへのアップロードだけで、CO2 の排出量が計算できるソフトウェアであり、[SCAT\(簡易 CO2 排出・削減貢献計算見える化\)ツール \(sdgoods.net\)](http://sdgoods.net)からそれにアクセスすることができる。

この SCAT シリーズで、SCAT12plus、と SCAT123plus は、GHG プロトコルの GHG 排出量の把握のみを対象とする SCAT12 と SCAT123 に加えて、リサイクルを対象に。この CO2 発生削減効果の計算が組み込まれている。

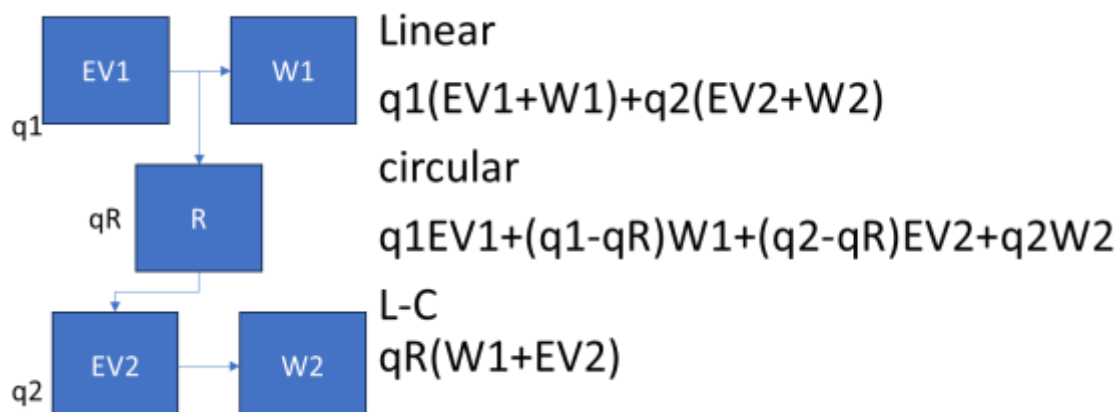
ここでは、

- ① 期間を自己設定
- ② 回避策(リサイクル)を行わなかった場合を設定し
- ③ 回避策(リサイクル)を行った場合のケースと設定し
- ④ その差を比較計算

している。そして、その計算にあたっては、品位 Q_{out} を用いた計算式に基づき、品位はリサイクル原料の市場での売却価格を反映させることで計算できるようにしている。

- ② 回避策(リサイクル)を行わなかった場合を設定し
- ③ 回避策(リサイクル)を行った場合のケースと設定し
- ④ その差を比較計算

は以下のような LCA での考え方に基づいている



すなわち、上図のような、供給 EV1 と使用後処理 W1 からなる当該システムと EV2 と W2 からなるリサイクル受け入れシステムがあり、それをリサイクルプロセス R(ここでは簡略

的理解のため recycled と recycling を区別しないでおく)を介して連結する。連結するときの物質フローを qR として、当該システムの物質フローを $q1$ 、受け入れシステムも物質フローを $q2$ とする。

比較対象となるリニアなケースでは、 $qR=0$ であり、その環境負荷は全体で、 $q1(EV1+W1)+q2(EV2+W2)$ となり、これが ②に相当する。

リサイクルをおこなったサーキュラーなケースでは、

$q1EV1+(q1-qR)W1+(q2-qR)EV2+q2W2$ でこれが回避したケース③になり、そのリニアなケースとサーキュラーなケースの差

$$qR(W1+EV2)$$

が、④の回避計算になる。

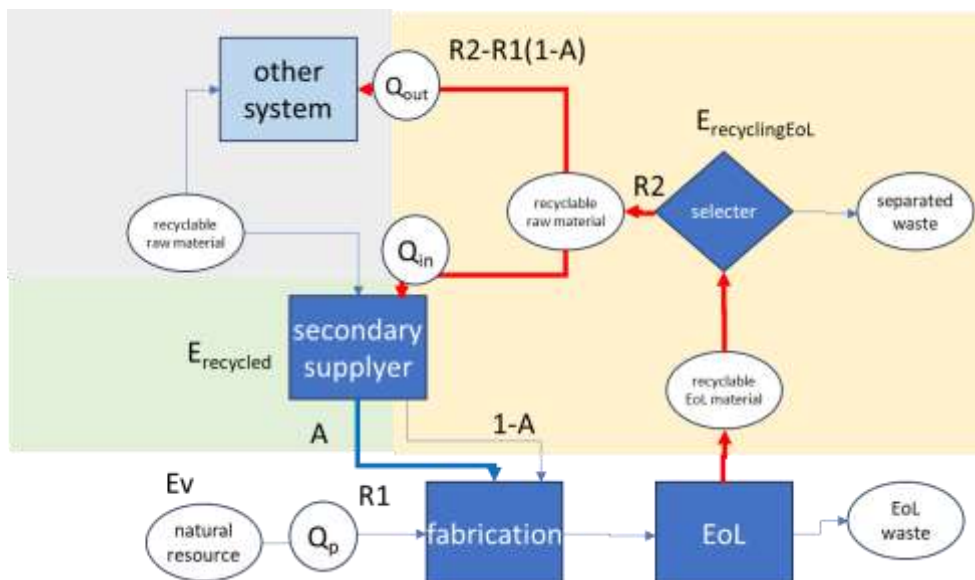
現時点の SCAT12plus, および SCAT123plus では、リサイクル業を対象としたケースまでであるために、下図の $R1$ はゼロのケースが想定されており、赤のラインだけの計算となる。

$$\text{削減貢献量} = E_v(Q_{out}/Q_p) - R2 * E_{recycled}$$

であ、品位を価格 V_{out}, V_p の比で表せるとすると

$$= E_v(V_{out}/V_p) - R2 * E_{recycled}$$

となり、SCAT12plus, SCAT123plus では、この式を用いて計算するようになっている。



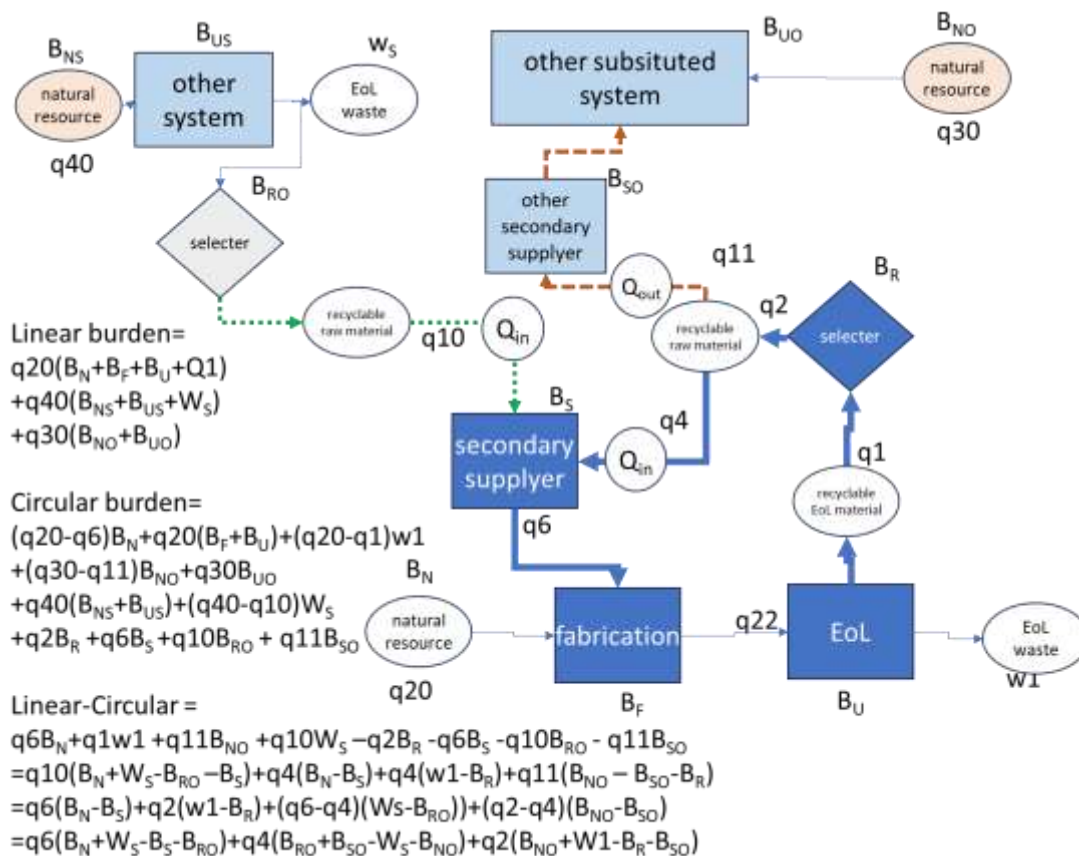
7. EU recommendation 式の問題点

7.1 リサイクルの基本式

リサイクルは自己のシステムだけで表すことができない。そのために取られる手法は、他のシステムとの貢献度をシェアする配分係数を用いる方法と、リサイクル材(原料)の供給側・受け入れ側をふくめたシステムの拡張で表すことのいずれかで対応される。原則的にはシステムの拡張で受け入れ側・供給側を含むことで完全な議論ができるが、現実的には、他のシステム、場合によっては社会全体に存在する多様なシステム、を考慮せねばならず、そのために、システムの拡張は概念的な説明のためにのみ用い、実践的には配分係数を用いる方法(アロケーション)が用いられる。

しかし、基本はシステムの拡張であるために、計算式の妥当性はシステムの拡張で検証され、その適用ケースとしてアロケーションがどのような形で他のシステム変数の記述を回避する過程をとっているのかをみななければならない。

故に、まず基本の形を提示する。それが下図である。



小文字の q はそれぞれの当該物質のフロー量を表しており、大文字の B は burden の B で環境負荷を表している。その添え字の R は recycling で S は secondary からとった recycled を意味し、さらに O は外部の recycled と recycling のプロセスを意味している。

循環がない linear な場合は、それぞれのシステムが独立に動いている linear burden の式になる。循環すると、circular burden となり、その差が linear - circular で、これまでみてきた、回避策を取らなかった場合と、回避策の場合の差になり、それが貢献度である。

ちなみに

$$q_{10}(B_N+W_S-B_{RO}-B_S)+q_4(B_N-B_S)+q_4(w_1-B_R)+q_{11}(B_{NO}-B_{SO}-B_R)$$

の表記から、同一の物質であることを考えて、 $B_R=B_{RO}$, $B_S=B_{SO}$, $B_N=B_{NO}$ とし、w は廃棄物としてプロセスの環境負荷に含まれているとすると

この式は

$$(q_{10}-q_4+q_{11})(B_N-B_R-B_S)$$

となり、最もシンプルなりニアとサーキュラーの差を表す式となる。

この表記の中で

$$q_6(B_N+W_S-B_S-B_{RO})+q_4(B_{RO}+B_{SO}-W_S-B_{NO})+q_2(B_{NO}+W_1-B_R-B_{SO})$$

を EU recommendation の式と比較すると q_6 が R1、 q_2 が R2、 q_4 が R1,R2,A から計算されるフロー量となり、それぞれの変数がどこに相当するかがわかるはずである。

しかしながら、それは達成されず、式に手直しが必要であった。

7.2 3つの手直し

$$(1-A)\{R1*E_v*(Q_{in}/Q_p)\} \rightarrow (1-A)\{R1*E_v*[1-(Q_{in}/Q_p)]\}$$

品質の良い材料の典型として $(Q_{in}/Q_p)=1$ とした場合、の方が $(Q_{in}/Q_p)=0$ の場合よりその処理プロセスの環境負荷が大きくなるのは明らかに誤りである。またこの項はリサイクルの工程を増やすために項全体として負荷を増やす正の値でなければならず、A も 1 と 0 の間の値であることから E_v に乗じられる項は 1 と 0 の間の正の値で Q_{in} が大きいほどその値は減少しなければならない。

$$(1-A)R2*\{E_{recycling} - E_v'(Q_{out}/Q_p)\} \rightarrow R2*\{E_{recycling} - E_v'(Q_{out}/Q_p)\}$$

実際に recycling で処理される物質フローは R2 に相当し、(1-A)を乗ずる必要はない。これは、配分の考え方に基づいているという思い込みで式を扱ったために、他システムに供給する方全てに配分係数(1-A)を書けねばならないという錯覚から生じたものと思われる。

$$R2*\{E_{recycling} - E_v'(Q_{out}/Q_p)\} \rightarrow R2*E_{recycling} - q_{11}*E_v'(Q_{out}/Q_p)$$

R2の全てが、他のシステムに供給されるのではなく、その一部は自己循環されているからその分を差し引かねばならない、同じ図の中の表記で表すなら
 $q_{11} = R2 - R1(1-A)$ である。

これで

$$L-C = R_1 * E_v - A \{ R_1 * E_{recycled} \} - (1-A) \{ R_1 * E_v * [1 - (Q_{in}/Q_p)] \} - R_2 * E_{recycling} E_{oL} + [R_2 - R_1(1-A)] E_v * [(Q_{OUT}/Q_p)]$$

であり

$$q_6 B_N - q_{10} B_S - q_4 B_N [1 - (Q_i/Q_p)] - q_2 B_R + q_{11} B_{NO} (Q_o/Q_p) = q_{10} (B_N - B_S) - q_4 \{ B_N [1 - (Q_i/Q_p)] - B_N + B_R \} + q_{11} \{ B_{NO} (Q_o/Q_p) - B_R \}$$

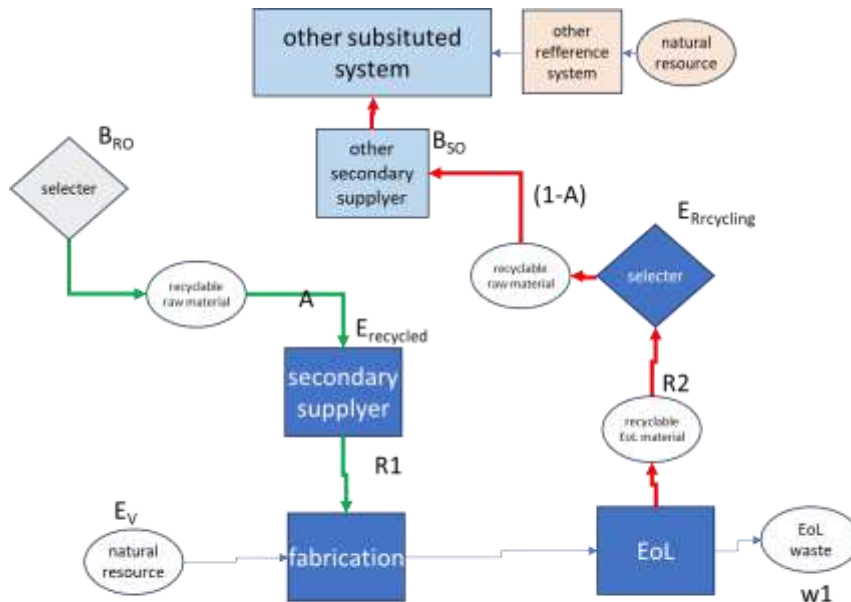
ここで、 $B_N [1 - (Q_i/Q_p)] \doteq B_S$, $B_{NO} [1 - (Q_o/Q_p)] \doteq B_{SO}$ と、品質の差を与えるために S, SO のプロセスが必要で、そのために B_S , B_{SO} の負荷が発生しているとする、

$$= q_{10} (B_N - B_S) + q_4 (B_N - B_S - B_R) + q_{11} (B_{NO} - B_{SO} - B_R) \text{ となり}$$

W_S, B_{RO}, W_1 をゼロとして計算した式になるのである。

7.3 蛇足

説明とは異なり A は分配係数ではない、との根拠と、実は 2013 年の recommendation の 50:50 ルールに誤りがあったことを指摘しておく。



$$EF = E_v - A * R_1 (E_v - E_{recycled} - B_{RO}) - (1-A) * R_2 (E_v - E_{recycling} - B_{SO})$$

A を 0 から 1 ととして、供給を受ける側が A をとり、提供する側が(1-A)を取るときの関係は前ページの図のようになる。ここで第二項が

$A \cdot R_1 \cdot E_v$ と A がかかっていることに注意してほしい。配分であるならば、第一項と第二項をまとめて

$E_v(1-R_1)$ とはならず、 $E_v(1-A \cdot R_1)$ とならなくてはならない。

実はこのあやまり 2013 バージョンにもあり、そこでは様々な方法が次のように列挙されていたが、50:50 のところで全て

$(1-R_1) \times E_v + (R_1/2 \times E_{recycled})$ から始まっているが、本当に 50:50 にするのなら

$E_v - R_1/2 \times E_v + (R_1/2 \times E_{recycled})$

であったはずである。ただ、この誤りが、配分ではなく、自己循環との実態的混合での計算への入口となったのは皮肉というものであろうか。

0:100, no credit	$EF = E_v + R_2 \times E_{recycling, EoL} + (1-R_2) \times E_D$
0:100, credit for avoided virgin production ^a	$EF = E_v + R_2 \times \left(E_{recycling, EoL} - E^*_v \times \frac{Q_s}{Q_p} \right) + (1-R_2) \times E_D$
100:0, no credit	$EF = (1-R_1) \times E_v + R_1 \times E_{recycled} + (1-R_2) \times E_D$
100:100, no credit	$EF = (1-R_1) \times E_v + R_1 \times E_{recycled} + R_2 \times E_{recycling, EoL} + (1-R_2) \times E_D$
100:100, credit for avoided virgin production ^a	$EF = (1-R_1) \times E_v + R_1 \times E_{recycled} + R_2 \times \left(E_{recycling, EoL} - E^*_v \times \frac{Q_s}{Q_p} \right) + (1-R_2) \times E_D$
100:100, credit for avoided production of mix at input side ^b	$EF = (1-R_1) \times E_v + R_1 \times E_{recycled} + R_2 \times \left(E_{recycling, EoL} - E^*_v \times \frac{Q_s}{Q_p} \right) + (1-R_2) \times E_D$
100:100: crediting for avoided virgin production a ratio of $\min(R_2, R_2 - R_1)$ ^a	$EF = (1-R_1) \times E_v + R_1 \times E_{recycled} + R_2 \times E_{recycling, EoL} - \min(\text{abs}(R_2 - R_1), R_2) \times E^*_v \times \frac{Q_s}{Q_p} + (1-R_2) \times E_D$
50:50, no credit	$EF = (1-R_1) \times E_v + \frac{R_1}{2} \times E_{recycled} + \frac{R_2}{2} \times E_{recycling, EoL} + (1-R_2) \times E_D$
50:50, credit for avoided virgin production a ratio of $R_2/2$ ^a	$EF = (1-R_1) \times E_v + \frac{R_1}{2} \times E_{recycled} + \frac{R_2}{2} \times \left(E_{recycling, EoL} - E^*_v \times \frac{Q_s}{Q_p} \right) + (1-R_2) \times E_D$
BPX 50/50_adapted ^{a, c}	$EF = \left(1 - \frac{R_1}{2} \right) \times E_v + \frac{R_1}{2} \times E_{recycled} + \frac{R_2}{2} \times \left(E_{recycling, EoL} - E^*_v \times \frac{Q_s}{Q_p} \right) + \left(1 - \frac{R_1 - R_2}{2} \right) \times E_D$
Degressive, linearly	For all except $R_1 = R_2 = 1$: $EF = (1-R_1) \times \left(\frac{(2 \times n - 1)}{n^2} \times E_v + \frac{E_D}{n} \right) + (1-R_2) \times \left(\frac{E_v}{n^2} + \frac{(2 \times n - 1)}{n^2} \times E_D \right) + \frac{R_1}{2} \times E_{recycled} + \frac{R_2}{2} \times E_{recycling, EoL}$ For $R_1 = R_2 = 1$: $EF = \left(\frac{E_v}{n} + \frac{E_D}{n} \right) + 0.5 \times E_{recycled} + 0.5 \times E_{recycling, EoL}$