

一般論文

製品改善活動に役立つ 簡易温暖化評価手法の開発

Development of the Simple Evaluation Method on Greenhouse Gas Emission for Product Improvement Activities

浦野新一*
S.Urano

概要

国内の当社グループでは、全ての製品カテゴリーの温室効果ガス排出量をLCA（Life Cycle Assessment）で評価した。そこで得られた知見を基に、製品のライフサイクルにおける温室効果ガス排出量の簡易算定方法を確立した。その方法で算定した排出量を用いて、グループ全体の製品の環境目標を設定し、環境製品創出・販売活動を行っている。

Synopsis

In our domestic company group, we evaluated greenhouse gas emission about typical products of all categories by LCA.

Then, based on the acquired knowledge in the evaluation process, we established the simple calculation method of the greenhouse effect gas emission in the life cycle of a product.

Using the amount of the emission calculated by the method, we make the environmental target in our product, and perform development of environmental products and canvass for sale.

1. 活動の背景

国内の当社グループ（以下、グループ）では2010年度まで、工場の省エネとSF₆大気排出削減を中心に温暖化対策活動を行ってきた。（図1の「直接排出量」に相当する部分）

その活動が成果を上げ直接排出量の合計、即ちグループ全体の製造での温室効果ガス（GreenHouse Gas 以下、GHG）の排出を2000年から2009年にかけて約9割減少させることができた。（図2）

一方グループ製品の温室効果については、全ての製品カテゴリー（以下、カテゴリー）の代表的な製品についてLCA（Life Cycle Assessment）で評価した。その結果、図1に示した直接排出量である「製造」のステージと間接排出量である「素材製造」、「輸送」、「製品使用」、「廃棄・再資源化」の各ステージの中で、グループ全体としては「製品使用」のステージのGHG排出量が圧倒的に大きいことが分かった。

以上により、グループの温暖化対策は製品使用の温暖化対策に重点をシフトしていく必要があると判断した。

製品ライフサイクルでのGHG排出量

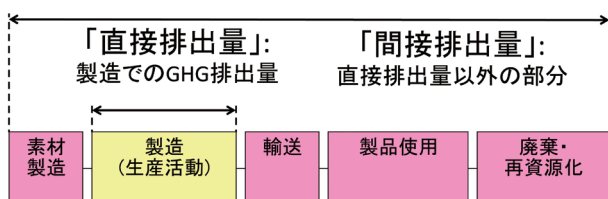


図1 直接排出量と間接排出量

* 生産技術部

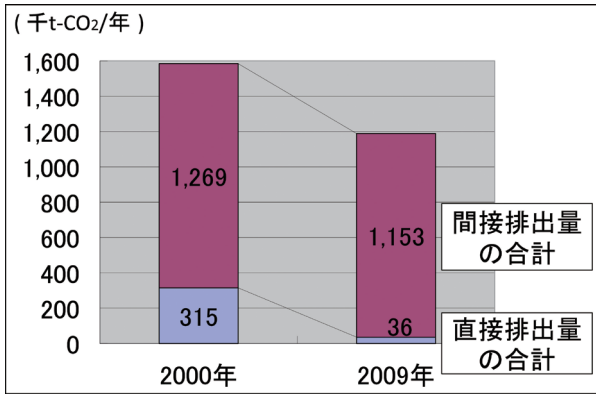


図2 グループの温暖化対策活動の成果

効果的な活動を行うためには、適切な基準を定めそれに基づいた目標を設定する必要がある。2010年度までの環境配慮製品創出活動では、9つの評価項目について定性的な基準で目標を設定し、環境配慮製品を創出してきた⁽²⁾。しかし、この基準ではグループの中でGHG排出の大きい製品やそのステージが把握されなかったため、GHG排出の大きい製品についてその削減活動が実施される保障がなかった。このためグループ全体で利用できるGHG排出の定量的な指標による目標設定が必要であると判断した。

単純にグループ全体の製品ライフサイクルでのGHG排出目標を設定しようとすると、全製品についてLCA評価を行い、それを集約した値を用いて目標とすることになる。しかしグループの事業特性が多品種少量生産であることから、製品一品一品についてLCA評価を行うことはもちろん、目標を設定することも極めて困難であった。

一方GHG排出削減活動のための目標設定には、厳密なLCA評価を行う必要はなく、排出量の多い製品や各製品の排出量の多いステージ等の把握ができるレベルの指標があれば、取り組むべきGHG排出削減課題は明確になるため、活動の目標設定に使用する指標としては十分である。

以上のポイントを押さえながら、ライフサイクルにおける簡易なGHG排出量算定方法を検討した。

2. 簡易GHG排出算定のための知見

算定方法構築以前、製品のLCA評価は社団法人産業環境管理協会のLCAソフト「Simple-LCA」を使用してきた。このため、今回使用する係数等のデータは、基本的にこのソフトのデータベースから引用した。

簡素化の理想としては、個々の製品についてできるだけ製品の基本仕様レベル（製品総重量、消費電力等）で評価できることである。これを実現するためには特に「素材製造」のステージを評価するために各パーツの素材毎の重量を算出し、素材毎のGHG排出量などバックグラウンドデータとリンク付けを行う作業の簡素化が求められた。

また評価した機器毎のGHG排出量を集約し、グループ全体のGHG排出量とする方法についても検討した。

2. 1 重量に依存するGHG係数

「素材製造」、「輸送」、「廃棄・再資源化」の各ステージは、製品総重量（以下、重量）に依存するステージである。重量に関わるGHGの排出係数を以下GHG係数（単位：kg-CO₂/kg）と呼ぶこととする。

2. 1. 1 素材製造に関するGHG係数

グループの全カテゴリーの代表的製品をLCA評価して理解できたことは、ほとんどのグループの製品が鉄（鋼）と銅でできており、全てのカテゴリーで製品毎の平均GHG係数は銅と鉄の中間の2kg-CO₂/kg前後であることであった。（表1）

素材	GHG係数
ケイ素鋼板	2.40
鋳鉄铸件	1.89
鉄鋼品	3.23
鋳鋼品	2.80
電機亜鉛めっき鋼板	2.18
普通鋼（铸件）	1.89
冷間圧延鋼板	2.11
溶融亜鉛めっき鋼板	2.25
ステンレス鋼板	5.15
アルミ板	11.3
銅板	1.44

表1 素材製造のGHG係数 単位：kg-CO₂/kg

2. 1. 2 輸送に関するGHG係数

国内販売の場合は、通常、500km程度のトラック輸送が想定され、これに相当する製品重量当たりのGHG係数は0.05~0.07kg-CO₂/kg(20トン車~4トン車)で、「素材製造」のGHG係数に比べ1桁以上小さい。

2. 1. 3 廃棄・再資源化に関するGHG係数

グループ製品の部材については、製品廃棄時に鉄、銅などは溶解し再利用され、絶縁油については燃料等に利用される⁽⁴⁾。SF₆は回収され再利用されるか破壊処理されるが、この回収時に微量ではあるが一部残留する分があり、これは別途切り離して評価することとし後述する。

リサイクルが困難な部材は碍子等の磁器製品程度で、これは埋立廃棄されGHGの排出は軽微である。

長距離の運搬を要する特殊な廃棄物は発生しないため廃棄・再資源化の運搬でのGHG排出は無視できる。

以上を考慮して「廃棄・再資源化」のステージの中でSF₆の排出を除くと製品全体のGHG係数の絶対値の大きい素材は鉄であるが、リサイクルにより相殺され

るため、GHG排出量は「素材製造」のステージに比べ小さい。

2. 1. 4 重量に依存するGHG係数の考え方

グループ製品のGHG係数を「2 (kg-CO₂/kg)」と簡素化することで、ほとんどの製品は排出量の多いステージを把握することができるという仮説を基に、一旦全体を集計し、簡素化したGHG係数の影響を評価するいわゆる感度分析⁽⁵⁾を行い、GHG係数を「2」とする妥当性について評価することとした。

2. 2 製品使用ステージのGHG排出

グループ製品では「製品使用」のステージにおいて電気エネルギーの使用（以下、電力損失（単位：kW））によるGHG排出と、メンテナンスなどで一部SF₆大気排出（SF₆使用機器のみ）を伴うGHG排出がある。SF₆の大気排出は他のフロンガスの大気排出と同様の手順で評価できるため、より一般的な表現として「フロン等排出（単位：kg）」と呼ぶこととする。

2. 2. 1 製品使用時の電力損失のGHG排出

電力損失によるGHG排出量は消費電力と使用時間を想定することで容易に算出できるため、LCAと同レベルの評価で行う。

2. 2. 2 製品使用と廃棄・再資源化のフロン等排出

「製品使用」と「廃棄・再資源化」のステージでSF₆を使用する製品にはフロン等排出がある。これについてはメンテ回数、ガス回収到達真空度等を想定することで両ステージ合わせて容易に算出できる。こちらもLCAと同レベルでの評価で行う。

2. 3 GHGの排出要素

2. 1～2. 2項で分析したように、グループでは重量、フロン等排出、電力損失の3つの製品要素が判れば、大まかにGHG間接排出量が算定できる。以下これら3つのいずれかを指す場合は「要素」と呼ぶこととする。

製品のGHG排出量削減活動を行う上で、グループとしてGHG排出量が多い製品とその「要素」を把握する必要がある。

しかしながらグループの製品の大半は多品種少量生産のため、同一カテゴリでも定格等が異なる製品が多数存在し、グループ全体におけるライフサイクルでのGHG排出量把握を困難としている。

初期のLCA分析の取り組みで、エネルギー消費製品（トランス等）や極端に大きいGHG係数の部材（SF₆）などキーとなる部材の有無で製品種別からいくつかのカテゴリに分類すれば、大半の製品は同一カテゴリ内で定格の差などによりGHG排出量が大きい「要

素」を判定できると推定できた。このため全体を集計した後、簡素化した部分の全体に対する影響を評価しその妥当性を評価する、いわゆる感度分析⁽⁵⁾を行うこととした。

2. 4 代表指標の利用

グループ内では生産量を把握する上で、カテゴリ毎に付随する指標を大半のカテゴリで設定している。

例えばコンデンサやトランスの生産量についてはグループ内の指標として「kVA」という指標を定め管理している。同様に配電盤では「面」という単位で管理をしている。これらの指標を「代表指標」と呼ぶこととし、カテゴリ毎のGHG排出量把握に利用した。なお一般的な代表指標を持たないカテゴリについては「価格」を代表指標として利用することとした。

具体的にはカテゴリ毎に代表的な製品を選定しそのGHG排出量を算定しカテゴリ全体の代表指標に比例させてカテゴリの総GHG排出量を算定することにした。

3. 簡易GHG排出量算定方法

2項で得られた知見に基づいて以下の様に簡易GHG排出量算定方法を定義した。

3. 1 製品のGHG排出量（間接排出量）算定方法

まずカテゴリ毎に代表的な製品（以下、代表製品）を選定し以下の手順で1台当たりの間接排出量を算定する。

製品の仕様項目	係数1	係数2
① 1台当たりの重量	製品のGHS係数 「2kg-CO ₂ /kg」	④「総台数」
② 1台当たりのフロン等排出量	フロン等各温室効果係数	
③ 1台当たりの電力損失	[電力換算係数] × [ライフサイクルの使用時間]	

ここに、
ライフサイクルの使用時間：
使用年数(年) × 使用日数(日/年) × 使用時間(時間/日)

④「総台数」： $\frac{\text{評価対象年の総「代表指標」}}{\text{代表製品1台当たりの「代表指標」}}$

⑤ カテゴリ別の間接排出量： $\Sigma (\text{製品の仕様項目} \times \text{係数1} \times \text{係数2})$

図3 カテゴリ別のGHG排出量（間接排出量）算定方法

〔①要素「重量」のGHG排出量〕

選定した代表製品1台当たりの総重量に簡易のGHG係数「2 (kg-CO₂/kg)」を乗じてライフサイクルの

GHG排出量を算定する。

②要素「フロン等排出」のGHG排出量

選定した代表製品1台当たりの製品使用、廃棄・再資源化のステージでのフロン等排出量をメンテ回数、ガス回収等を想定して算出し、各GHG温暖化係数を乗じてライフサイクルでのGHG排出量を算定する。

③要素「電力損失」のGHG排出量

選定した代表製品1台当たりの電力損失にライフサイクルの使用時間を乗じて、ライフサイクルの電力使用量を算定する。この値に電力換算係数を乗じて使用時のエネルギー由来のGHG排出量を算出する。

①～③を合計したものが製品毎の間接排出量である。

3. 2 カテゴリー別のGHG排出量（間接排出量）算定方法

⑤カテゴリー別のGHG排出量（間接排出量）は、上記で求めた製品毎の間接排出量に④評価年度の「総台数」を乗じて求めるが、④はカテゴリー毎の総「代表指標*」を選定した代表製品1台当たりの「代表指標」で除して算出する。

*) 異なる定格等を統合するためにグループ内で利用されている製品カテゴリー毎の生産量の指標（例：kVA）

3. 3 グループの間接排出量算定方法

全ての⑤カテゴリー別の間接排出量をグループで合計した値は、グループ全体の間接排出量となる。この値はいくつかの項目の抜けはあるものの、企業や自治体などGHG削減に取り組む組織（以下、企業等）のGHG排出量の把握・管理に用いられるSCOPE3⁽⁶⁾（企業等のバリューチェーンにおける排出量）にほぼ相当した。

3. 4 温暖化対策目標の設定方法

中長期的に目標とする年（目標年）に販売予定の製品と基準年の製品を設定する。

それぞれの年について①～③を算出し④「総台数」については目標年の値を用い⑤とグループ全体の間接排出量を算定し基準年の値に対する目標年の値の割合で温暖化対策目標を設定した。

4. 簡易GHG排出量算定結果と考察

3項の方法にて必要なデータを入力し、⑤カテゴリー別の間接排出量を算出し、図4の様に間接排出量の大きいカテゴリー順にソートした。

油入トランスが全体の64%を占め、ガス絶縁計器用変圧器（以下、ガスVT）の1φと3φの2カテゴリー、電子線照射装置（以下、EPS）のSCAN大型EPSとSCAN自己シールドEPSの2カテゴリー、開閉器である単体CBと66kV以上GISの2カテゴリーを合わせた7カテゴリー

で、グループ全体の間接排出量の90%を超えることが分かった。

図5に、この7カテゴリーで間接排出量に影響を与えるGHG排出「要素」を示した。この中で①要素「重量」のGHG排出量は間接排出量全体の1～3%であった。従ってGHG係数「2 (kg-CO₂/kg)」の誤差が大きく仮に倍となったとしても①の値は2～6%となり「要素」の逆転を起こすことはないことと、懸念されたGHG係数を「2」と定義した影響についてもグループ全体やGHG排出量の多い製品では軽微で活動の方向性を見誤ることはないことが分かった。

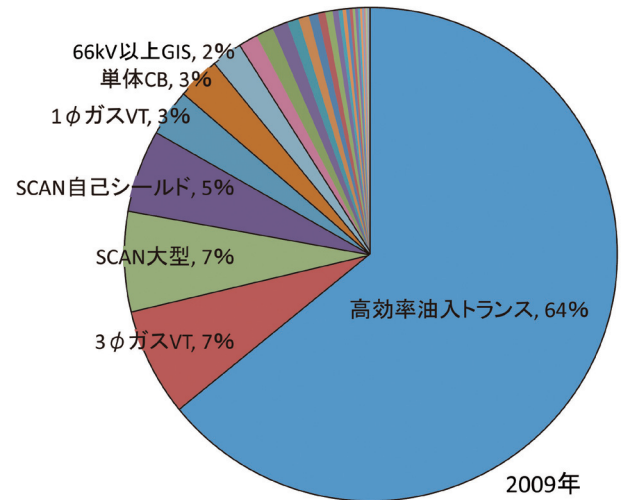


図4 グループのカテゴリー別間接排出量の割合

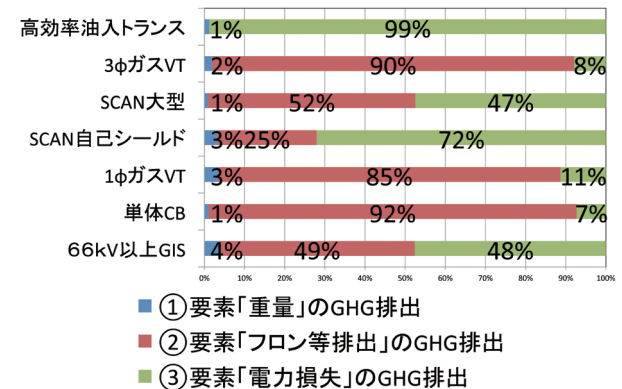


図5 カテゴリー毎の間接排出量に占めるGHG排出要素の割合

油入トランスと66kV以上GISについてLCAと簡易算定方法の両方でライフサイクルでのGHG排出量を算定し、表2にて比較した。①要素「重量」以外は簡易算定方法もLCAで評価しており、GHG排出量が他の要素に比べ小さいため、その差はほとんどない。

一般に企業全体についてこの簡易GHG排出算定方法で評価をすると①要素「重量」のGHG排出量より大きい②要素「フロン等排出」のGHG排出量や③要素「電力損失」のGHG排出量などの「要素」を持つカテゴリーが企業全体のGHG排出に影響があるか否かは判別できる。

GHG排出要素	油入りトランス (7500kVA)		66kV以上 GIS (XAE7)	
	LCA	簡易算 定方法	LCA	簡易算 定方法
直接排出	0.2	0.2	2.4	2.4
①要素「重量」	0.8	1.0	4.1	3.6
②要素「フロン等排出」	0	0	47.3	47.3
③要素「電力損失」	99.0	99.0	46.2	46.2
ライフサイクル計	100.0	100.1	100.0	99.4

(LCAのライフサイクル計 = 100)

表2 簡易算定方法とLCA比較

逆に、①に比べ、②や③などが比較的小さいカテゴリーしかない企業等は、直接排出量や①の個々の要素（「素材製造」のGHG排出等）の影響が大きくなり、素材製造等の評価を厳密に行わずにGHG係数「2 (kg-CO₂/kg)」で簡素化すると、GHG排出量の大きいカテゴリーや「要素」は判別できない。その時はLCAを行う必要がある。

このためLCA評価に先行して今回開発した方法で評価すれば、企業等でGHG係数「2 (kg-CO₂/kg)」の簡素化評価のみで活動の方向性を見極めることができる。

5. 設定した温暖化対策活動に対する評価

従来から取り組んできた「直接排出量」(SCOPE 1⁽⁶⁾ (天然ガス等の企業自身が直接排出したGHG排出量)とSCOPE 2⁽⁶⁾ (電力等の企業自身が間接的に排出したGHG排出量)の合計)の温暖化対策目標に加え、3.4項の手順で2011年度からはグループ全体の間接排出量の温暖化対策目標を設定し、製品のライフサイクル全般についての温暖化対策活動を開始した⁽³⁾。

カテゴリー	GHG排出量 最大の要素	間接排出量削減施策
トランス	電力損失	高効率トランス適用拡大
ガスVT	フロン等排出	SF ₆ 使用時・メンテ時の大気放出量削減
EPS	フロン等排出 /電力損失	SF ₆ フリー低消費電力機器開発
開閉器	フロン等排出 /電力損失	縮小化による低負荷製品の適用拡大

表3 間接排出量の大きいカテゴリーの活動施策

間接排出量の大きいカテゴリーについて、表3の通り評価結果に基づいてGHG排出量の最大の要素に対する活動施策を確実に設定することができた。

この施策の特徴的なこととして、トランスの場合は単に製品開発の目標ではなく既にある技術（高効率トランス）の普及の目標（販売目標）を設定できていることにある。

一般に定性的な製品環境影響評価では製品改善に視点がいきついで、その評価項目に「製品普及」が入っ

てこない。その結果、定性的な評価を行う企業等では環境目標として販売活動を施策として設定することが難しい。実際、定性的評価に基づく活動を行う企業等で、環境目標として販売活動を全面に出した企業等を見つけることは難しい。

またGHG排出量を指標として削減目標を設定すると、GHG排出量がより少ない製品を持ちながら高価格であるなどの理由で販売が進まない場合は、製品普及がGHG排出量削減の課題とし認識され、GHG排出削減活動のテーマとなる。このことから定量的目標を設定することで、より広い視野で活動できることがわかった。

一方個々の製品でLCAを実施する場合はLCAを実施した製品の改善に目が向き製品の開発や改良・普及につながるが、LCAを実施した製品が企業等全体のGHG排出量の中で、どの程度の位置にあるかは見えにくい。今回開発した簡易算定方法による評価により企業等全体のGHG排出の状況を俯瞰的に把握できGHG排出量の大きい製品に焦点を当てて活動することができる。

開発した簡易算定方法は「重量」、「フロン等の排出」、「電力損失」等、ほぼ仕様書に掲載されているような比較的入手しやすい「要素」を基に算出できる。このためLCAソフトを使用するような複雑なデータの入手と入力が必要がなく、温暖化対策活動を行いやすい。

またグループで一般に「製品の量」の指標として使用されているkVA等の「代表指標」を用いることで多品種少量製品の評価の困難さを克服することができた。

製品販売の取り組みにも活動テーマがあるため、営業部門のある支社・支店を環境マネジメントシステムに編入し、営業部門も同一のGHG排出量の環境目標を共有し活動することとした⁽¹⁾。この方向性もこの簡易算定方法から導き出された結論の一つである。

6. 今後の課題

今回開発したライフサイクルにおけるGHG排出量の簡易算定方法により得られたGHG排出量は、厳密なLCAから算出したものとはなっていないので、製品のライフサイクル全体の定量的環境情報であるISO14025で定義されるタイプⅢの環境ラベル等に使用するには十分ではない。このため必要に応じ個々の製品についてLCAを実施することになる。

目標設定時は①～③の要素でGHG排出量を算定したが、目標評価時は「発電」の要素も含めてGHG排出量を評価している。一般に企業等で取り組む場合も企業独自の要素が無いか確認する必要がある。

またグループ全体の中でGHG排出量が多く取組の優先順位の高い製品についてのGHG排出削減活動の方向性はこの評価方法で明確となった。しかしグループの中で比較的GHG排出量の少ないカテゴリーについてはLCA評価

を実施せず、この方法のみで評価するとGHG排出量の多い「要素」を誤って判断してしまう可能性がある。このためGHG排出削減活動のためにLCA評価の要否を明確にする必要がある。

2010年に設定した2015年中期環境目標ではGHGの直接排出量を省エネ法他いくつかの要求事項から個別に設定した。この関係で間接排出量も分けて目標を設定し、2つの目標を合わせライフサイクルのGHG削減目標とした。

しかし間接排出量を目標とするとGHG排出削減施策との整合は良いが、対外的にみるとライフサイクルの目標が直接排出量と間接排出量の2つに分割されているため製品のライフサイクルGHG排出量削減を目指していることが分かりにくい。カテゴリー毎の直接排出量が分かれば代表指標を用いて直接排出量を個々の製品に案分することができるので、製品毎の間接排出量と直接排出量を合わせたライフサイクルGHG排出量の算出は容易であり、製品毎についてライフサイクルの目標を設定することも容易である。このためGHG排出削減活動の目標は直接排出量と間接排出量を統合したライフサイクルの目標にし、省エネ法等の他の要求については別途目標設定するなどして、目標設定を分かりやすくすることが課題である。

本報はグループの環境目標の解説を兼ね、それを引用しているため直接排出量と間接排出量を分けて述べた。

しかし直接排出量を含んだライフサイクルでのGHG排出量算定も容易なことから簡易算定手法として確立するときはライフサイクル全体として算定した形で編成すべきである。

現在は国内グループに対する目標の設定にこの方法を適用しているが、今後海外製品に対しても同一の指標で評価を行い活動につなげていきたい。

7. 最後に

グループのLCAの導入指導ならびにその後のご支援をいただきました名古屋産業大学の成田暢彦教授に対し深く謝意を表する。

参考文献

- (1) 日新電機株式会社：CSR報告書2010 p.22(2010)
- (2) 日新電機株式会社：CSR報告書2010 p.23(2010)
- (3) 日新電機株式会社：CSR報告書2012 pp.21-24(2012)
- (4) 海老沢：「配電設備の環境との共生技術」電気共同研究 Vol.57 No.4, pp.46-47(2002)
- (5) 日本工業規格：「JIS Q 14044」p.6(2006)
- (6) 環境省 経済産業省：「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 Ver2.0」p. I-10 (2013)

執筆者紹介



浦野 新一 Shinichi Urano
生産技術部 設備・環境グループ
テクニカルエキスパート 主査