

製品ライフサイクルに注目した 環境評価の特徴と実施手順

伊坪 徳宏

製品やサービスのライフサイクルを通じた環境負荷や環境影響の定量的情報を提示する LCA は、さまざまな環境指標や評価手法の拠り所となりつつある。LCA では環境負荷量を算定するインベントリ分析をもとに、多様な環境への影響量を総合的に評価するインパクト評価によって統合指標値を算出する。インパクト評価は影響領域の選定から始まり、分類化、特性化、正規化、重み付けによる統合化といった複数の段階で構成される。本稿では、日本における人間健康や生物多様性等への被害量を算定し重み付け係数を決定する被害算定型の評価手法である LIME について、その考え方を中心に紹介する。

キーワード：環境影響総合指標、重みづけ、被害算定

1. はじめに

2010年1月26日、日本政府は COP15 でまとめられたコペンハーゲン合意に賛同するとともに、2020年の温室効果ガス排出削減目標として「90年比の25%削減」を公表した。この目標を達成するための具体的な活動へと展開しつつある。このひとつにカーボンフットプリント (CFP) やカーボンオフセットを中心とした環境情報の見える化が挙げられる。

製品のライフサイクルを通じた温室効果ガスの排出量をラベルとして製品に貼付するカーボンフットプリントは、英国、スイス、スウェーデンなどの欧州各国のほか、韓国やタイなどアジア各国でも導入がみられる。現在 ISO (国際標準規格) においてその実施手順に関する国際規格化作業が行われており、規格が成立した際はその利用はさらに広がるものと期待される。わが国では、経済産業省が積極的に導入を進めており、現在は食品や衣料、衛生品、文具、食器など 90 を超える品目のカーボンフットプリントが登録され、流通が始まっている。環境にかかわる情報は「地球にやさしい」といった定性的な表現から、「CO₂ 排出量〇〇 kg」という定量的なものへと変わってきている。

CFP の理論的基礎は LCA (ライフサイクルアセスメント) に基づく。LCA は製品のライフサイクルにわたる環境影響を評価するための技法である。また、

最近ではウォーターフットプリントや環境効率などさまざまな環境評価が注目されているが、これらも LCA の手法や評価インフラを活用している。つまり、LCA はさまざまな環境指標や評価手法のよりどころとなりつつある。本稿では、LCA の実施手順と特徴を解説し、今後の課題や展望をあわせて説明する。

2. LCA とは

製品やサービスのライフサイクルに注目し、環境負荷や環境影響を定量的に分析、評価する方法を「ライフサイクルアセスメント (LCA)」と呼ぶ。LCA は 1993 年に国際標準化機構 (ISO) において、企業などの組織が環境に配慮した経営を行うための指針である環境マネジメントシステムを構築するのに有効な手法であると広く認識され、1997 年に国際規格 (ISO 14040) [1] が発行された。以降、世界各国で LCA が活用されるようになり、製品の環境影響評価手法として不動の地位を確立している。我が国においても、自動車、電気製品、事務機器、建築、土木、食品、ICT、イベントなど、あらゆる産業において LCA が普及しつつある。

3. LCA の考え方

いまやエコカーの代名詞ともいえるハイブリッドカーはその燃費の良さが特徴である。最新のモデルは 1 リットル当たり 38 km 走行¹ できる。エンジンのほか、

いつば のりひろ

東京都市大学 環境情報学部

〒224-8551 横浜市都筑区牛久保西 3-3-1

¹ 10・15 モードで走行した場合。

モーターや二次電池、インバータなどを駆使したハイブリッドカーは、使用時の燃料消費量を削減する一方で、多くの部品を使用する。真にエコカーとして使用が奨励されるためには、部品の生産のほか、これらに用いられる材料や資源の調達のためにより多くの環境負荷を発生したとしても、それ以上に使用時の環境負荷の削減量が多いことが不可欠である。

図1にトヨタ自動車が実施したLCA²の評価事例を示す。ここではハイブリッドカーと同クラスのガソリン車とを比較している。これによれば、原材料の調達から製品組み立て時のCO₂排出量はハイブリッドカーのほうがガソリン車よりも2割程度大きい。しかし、ハイブリッドカーは車のライフサイクルを通じた排出量の7割を占める使用時のCO₂排出量を約半分に減らすことができるため、全体の排出量は4割程度削減できることがわかる。この結果は、同社のホームページにおいて公開されており、エコカーとしての地位を揺るぎないものにしていく。製品の環境負荷量を削減するためには、特定のプロセスの環境負荷を低減できても、別の工程の環境負荷を増大させてしまうことがある。ライフサイクルを通じた分析はこれらの差異を考慮した総合的な検討にきわめて有効である。

LCAには、もうひとつの捉え方がある。これは、地球温暖化や化学物質、廃棄物といったさまざまな環境影響を対象とするというものである。環境問題には、地球温暖化やオゾン層破壊、資源枯渇といった地球環境問題から、酸性化や光化学オキシダントといった大陸レベルの環境問題、さらには、富栄養化や騒音など

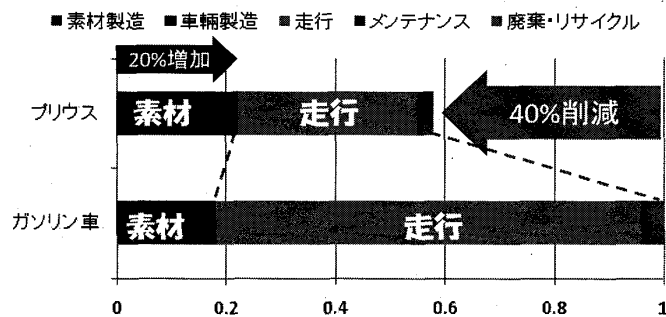


図1 ハイブリッド車とガソリン車のライフサイクルCO₂排出量の算定結果(トヨタ自動車による結果に基づき著者作成)

² ここでの事例は影響評価を行っていないので、LCAよりはLCI(ライフサイクルインベントリ分析)といったほうがより適切である。

の地域性の高い問題までである。これらの関係を十分認識し、特定の環境問題のみに注目することで他の環境影響を悪化させることを極力回避することが求められる。図2に再生紙とバージン紙を対象とした環境影響の評価結果を示した。ここでは、地球温暖化のほか、酸性化や廃棄物といった他の環境影響に及ぼす評価結果についても示している。これによれば、地球温暖化は再生紙のほうが若干大きい。回収した使用済みの紙から再生パルプを作り、再生紙を作るためには漂白しなくてはならない。その際により多くのエネルギーが投入され、かつ、漂白剤が投入されなくてはならない。また、バージンパルプの生産には、木材繊維を固めていたリグニンや樹脂成分が混ざった液体である黒液を燃料として活用することができるという利点もある。

しかし、温暖化以外の環境影響、例えば、酸性化や富栄養化、廃棄物は、いずれも再生紙の方が小さいことがわかる。酸性化は窒素酸化物(NO_x)や硫黄酸化物(SO₂)、富栄養化には全窒素や全リン、NO_xが主な要因物質である。この場合では、国内で発生した古紙を回収して生産する再生紙よりも、海外からチップを長距離船で輸送する際に発生するNO_xやSO₂の排出量が多いことに起因する。したがって、酸性化や富栄養化の影響を削減するには、輸送の効率化や輸送距離の削減がより重視されることになる。

このように、さまざまな環境影響を見たときに、その評価結果が必ずしもすべての影響領域で同じ結論が得られるとは限らない。LCAは、「ライフサイクル」と「環境影響の多様性」の双方を考慮した総合的なアプローチである。ただし、LCAはあくまで評価者や報告を受ける意思決定者の最終的な判断を支援するためのツールである。評価者は自身の評価目的を明確に持って、その目的に応じたLCAを実施し、その結果

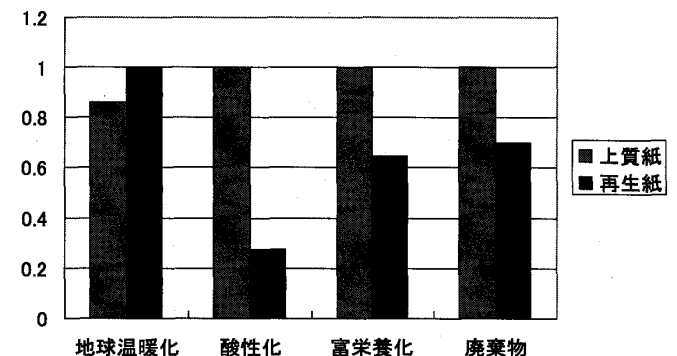


図2 再生紙とバージン紙の影響評価結果(インベントリデータはLCA日本フォーラム、製紙連合会を用いて著者評価)

はあくまで判断基準の一つとして認識されるべきである。

4. LCAの実施方法

LCAの実施方法の枠組みはISO 14040[1]において規定されている。図3にその実施プロセスのイメージを示した。以下に主なLCA手順とその内容を示す。

(1) LCAを行う目的を定める(目的の設定)

LCAを実施する理由やLCAにより得られた結果をどのように利用するかを決める。例えば、新製品の環境優位性を対外的にアピールするために一般消費者を対象とした分析を行う、環境負荷削減のための優先事項を抽出するため企業内部の意思決定者向けに報告することを目的とした分析を行う、などが挙げられる。

(2) LCAを行う範囲を決める(調査範囲の設定)

環境負荷を算定する範囲を定める。最も重要なものは、どのプロセスを評価に含めるか定めることである。資源の採掘から廃棄、処理処分まですべての工程を評価に含めることが望ましいが、実施可能性や結果への影響度を考慮して、場合によっては一部の工程を調査範囲から外すこともある。その他にも、評価に含める環境負荷物質(CO₂, NO_x, VOC, 廃棄物など)や、対象とする影響領域(地球温暖化, 酸性化, 資源消費, 土地利用など)についても定める³。

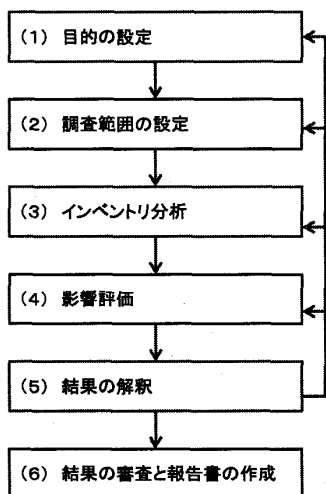


図3 LCAの手順の流れと各ステップの内容(ISO 14040の記述を改変)

³ LCAは評価対象の機能に注目する。例えば、自動車の場合は10万kmの走行、冷蔵庫は400リットルを10年間冷蔵保存、といった形で、実施者が定める一定の機能を得るのに付随して発生する環境負荷量を算定する。上記のような機能を量的に表したものを機能単位と呼ぶ。

(3) 環境負荷物質ごとに注目して環境負荷量を算定する(インベントリ分析)

環境負荷物質ごとにライフサイクルを通じて発生する環境負荷の総量を求める。調査範囲の中に含まれるプロセスごとに環境負荷を算定し、これらを集計することで得られる。調査範囲に含まれるすべてのプロセスについてデータを集める必要があるため、LCAを行う上で最も労力を要する段階である。実施者はLCAをなるべく効率的に行うために、多くの場合はデータベースやソフトウェアを活用する。

(4) 環境への影響量を評価する(影響評価)

環境への負荷を通じて発生する環境影響量を評価する。環境負荷物質にはさまざまなものがあり、それぞれ関係する環境問題とその寄与度は物質によって異なる。地球温暖化や生物多様性の損失といった環境影響に注目して、さまざまな環境への負荷を通じて発生し得る環境影響を測定する。

(5) 評価からわかることを解釈する(結果の解釈)

インベントリ分析や影響評価の結果から、重要なプロセスや影響領域を特定する。結論に大きな影響を与えるプロセスやデータを見直し、必要に応じて再度調査し、結論の信頼性を高める。

(6) 得られた結果を関係者で共有し、有効に活用する(結果の審査および報告書の作成)

LCAの実施方法に誤りがないか確認することは重要である。第三者にLCAの実施手順について審査を受けて、適切に実施されているかどうかを確認する。そのうえで、関係者に対してLCA結果からわかることについて明快に整理した報告書を作成し、開示する。クリティカルレビューと報告書の作成は国際規格では必須事項ではないが、結果の信憑性を高めるための有効な手段であるといえる。

このようにLCAの実施は複数の段階に分かれるが、計算は(3)インベントリ分析、(4)影響評価で実施される。以下にこれらの段階ごとにその実施方法を紹介する。

5. インベントリ分析

インベントリ分析では、環境負荷物質に注目して、ライフサイクル全体における環境負荷量を算定する。この算定方法は大きく以下の二つに分かれる。

(1) プロセス法

プロセスごとに環境負荷を算定し、マテリアルフローに沿って全体の環境負荷量を求める。

(2) 原単位法

資源の採取から部材，もしくは製品の生産や調達までの環境負荷量，すなわち，原単位を用いる。

これらの関係を図4に示す。プロセス法の方が詳細に検討することができるが，時間と労力が求められる。一方，原単位法は時間と労力を低減できるが，評価がラフになりやすい。カーボンフットプリントの算定方法は透明性を重視して後者を採用している。ここでは，例として紙カップ[3]を対象にして，原単位法を用いたインベントリ分析方法を紹介する⁴。以下の要領で環境負荷を計算する。

① ライフサイクルフローを描く⁵：紙カップの例を図5に示す。ここでは簡単のため原材料等生産，紙カップ生産，輸送，使用，廃棄の工程に分類した⁶。そのうえで，評価に含める調査範囲を決定する。この例では，使用と廃棄は環境負荷が小さいものと想定し

て，原材料生産から輸送までを環境負荷の算定対象とした⁷。調査の対象範囲を図示したものをシステム境界と呼ぶ。原材料生産では，容器の主要部材である紙と表面に塗装するためのポリエチレン，さらには，紙カップ生産工場では電力が利用される。配送は生産工場から小売店までの距離をトラックで輸送するときに軽油を燃やす際の負荷がある。

② 基礎データを収集する：部材や用役の種類と量について調べる。環境負荷の発生要因となる種類を特定するとともに，各工程に投入される量を得る。表1に紙カップ1個あたりに投入される項目とその投入量を示した。例えば，1個当たりの紙カップの生産に紙6グラムが，電力は0.003kWhが必要であることがわかる。電力消費量や材料の消費量などは実測されることが望ましいが，年間消費量などの工場データから計算により一個あたりを逆算することも考えられる。

③ 環境負荷原単位を抽出する：板紙，ポリエチレン，電力など，紙カップのライフサイクルを通じて利用される項目の調達までの環境負荷量，すなわち，環境負荷原単位を入手する。原単位は，実施者自ら算定することも考えられるが，LCAデータベースが利用可能である場合は，該当するものを引用すれば良い。

ただし，LCAデータベースは様々なものがある。表2に主なLCA用のデータベースを示した。これらは積み上げ法に基づくものと産業連関分析を用いたものに分かれる。積み上げ法ベースのものは，資源採掘から調達までの各プロセスの環境負荷量をそれぞれ求めたうえで，これらを積算する。プロセスごとにデータを検証できること，実施者が必要に応じてデータを修正することも可能であり，柔軟性が高いことが長所として挙げられる。短所としては，すべての製品につ

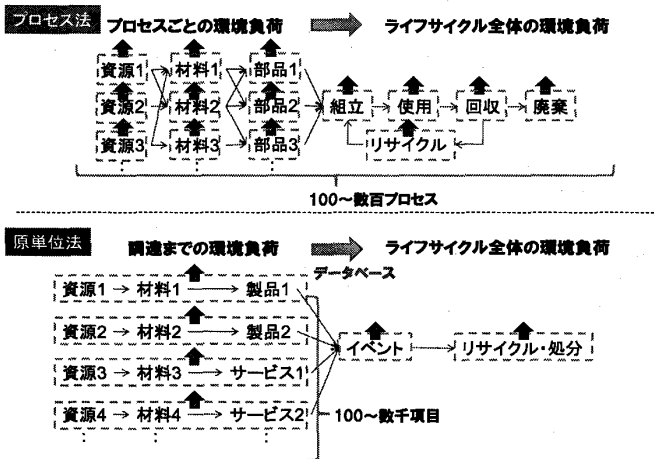


図4 インベントリ分析の計算方法（プロセス法と原単位法の違い）

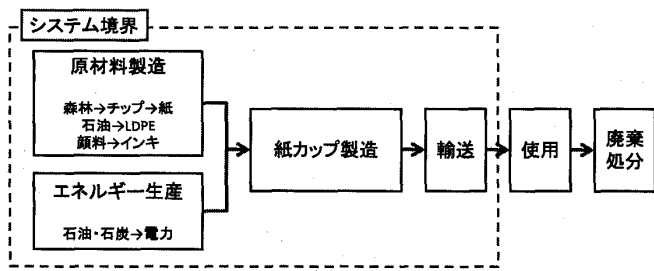


図5 紙カップのライフサイクルフロー

⁴ 紙カップ分科会報告書を参考にした。ここでは例として著者が値を加工しており，現実のデータとは異なる。

⁵ 本来は調査範囲の設定の段階で実施されるべき部分であるが，便宜的に今回はインベントリ分析の中で示した。

⁶ ここでは簡略化した例を示すため，実際のデータとは異なっている。

表1 紙カップ1個当たりの投入物と入力量およびCO₂原単位

ステージ	投入物	原材料	生産	輸送	CO ₂ 原単位	備考	CO ₂ 排出量 (g/個)
原材料	板紙	6g			0.69(kg/kg)	JEMAI	4.1
	LDPE	0.5g			1.01(kg/kg)	JEMAI	0.5
	インキ	0.1g			5.57(kg/kg)	3EID	0.6
	溶剤	0.1g			5.33(kg/kg)	3EID	0.5
生産	電力		0.003kWh		0.41(kg/kWh)	JEMAI	1.2
輸送	軽油			0.0002t	2.72(kg/t)	JEMAI	0.5
合計							7.5

⁷ 焼却では，ラミネートに由来するものと投入するエネルギーによるCO₂が発生するが，種材料である紙の焼却はカーボンニュートラルが適用されることから，ここでは焼却は含めていない。

表2 主なLCAデータベースとその特徴

データベースの分類	積み上げ法	産業連関分析法
開発者	LCA日本フォーラム JEMAI-LCA Ecoinventなど	国立環境研究所 物質材料研究機構 日本建築学会 早稲田大学 東京都市大学など
特徴	プロセスの詳細に踏み込んだ分析や解釈ができる	国内で生産される全ての製品、サービスを網羅
利用方法	LCAソフトを利用 物量データから計算	表計算ソフトでも利用可 金額データから計算可

いてデータが得られているわけではないこと、各データの間で調査時期や調査範囲が整合していないことがあること、代表性が低いデータが混在することなどが挙げられる。

一方、産業連関分析法によるデータベースは、理論上すべてのプロセスをさかのぼった形で分析結果が得られるため、各項目間におけるデータの調査範囲が整合していること、国内で生産されるすべての部門を網羅していること、などが長所として挙げられる。その一方で、部門を代表する数字が出ているため、環境配慮型の製品などその部門の中で特徴のあるものを利用した場合であってもその違いを反映することができないこと、かならずしも物量ベースの原単位 (CO₂ ○ kg/kg) になっておらず、貨幣単位でのデータ (CO₂ ○ kg/百万円) が入力項目として必要になる場合があること、全 400 分類のデータベースが必ずしも十分詳細であるとはいえないことなどが問題として挙げられる。実施者はこれらの違いについて考慮しつつ、利用するデータベースを決定することが求められる。

表1にそれぞれの入力項目に対して原単位を割り当てたものを示す。これにより想定しているすべての項目に対する活動量と環境負荷原単位が適用されたことになる。

④ 集計作業を行って、計算結果を整理する：図6にCO₂の算定結果をまとめたものを示す。CO₂総排出量とその内訳についてみることもできる。1個あたり約7.5グラムの排出があるものと算定された。ライフサイクルステージの中では、原材料の生産までにおける環境負荷が全体の75%を占めており、そのなかでも製紙までの割合が大きいことがわかる。紙は生産工程がほぼ確立しており、環境負荷原単位は相対的に

7.5g-CO₂ / 1個 (200cc)

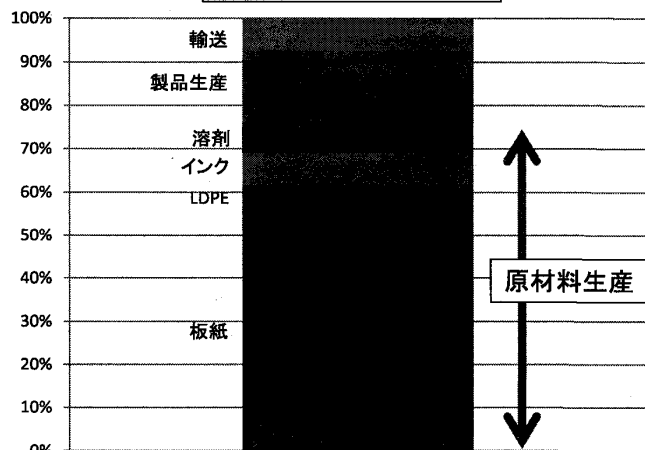


図6 紙カップを対象としたインベントリ分析結果 (CO₂)

小さいが、主要材料としての使用量が相対的に大きいことが影響していた。よって、ロスの低減や薄肉化など、紙の使用量をさらに削減することができれば、環境負荷が低減されるものと期待される。つぎに、工場における製品生産時の環境負荷が大きいことがわかる。工場では、ラミネートや印刷、接着などさまざまな工程が含まれる。環境負荷の削減には、これらの省エネルギー化に向けた検討が有効である。ここで示した例は紙カップ生産工程を一括して1プロセスとしてとらえていたので、より細分化して環境負荷の大きいプロセスを特定していくことが有効である⁸。

6. 影響評価

先に示したように、LCAにおける影響評価では、影響領域や総合的な観点から環境影響の評価を行うが、その実施プロセスや評価結果は手法により異なる。本節では、LCAにおいて利用される影響評価手法について、より詳細に説明する。

図7にISO 14044において規定されたLCIAの一般的な手順を示す。LCIAは影響領域の選定⁹からはじまり、分類化、特性化、正規化、重み付けによる統合化といった複数の段階で構成される。その中でも特性化と統合化の結果が示されることが多い。特性化は図7に示すように、地球温暖化やオゾン層破壊、有害化学物質といった環境問題ごとに潜在的な影響量を評価

⁸ LCAの評価結果からわかることを考察したり、必要に応じてプロセスを細分化したりすることは、ライフサイクル解釈で行う。

⁹ 影響領域の選定は調査範囲の設定で行うことが多い。

する。例えば、地球温暖化の評価にはGWP (Global Warming Potential) を利用する。GWPは放射強制力をすべての温室効果ガスを対象として計算を行っておき、基準物質としてのCO₂の計算結果で割ることでGWPが求められる。

$$GWP(x) = \frac{\int_0^{TH} a_x[x(t)]dt}{\int_0^{TH} a_r[r(t)]dt} \quad (1)$$

ただし、 a_x は温室効果ガス x の放射強制力 (W/m²)、 $x(t)$ は時間 t 経過時の大気中寿命、 TH は積分期間を指す。

上記の定義式に見られるように、積分期間 (TH) の設定により各物質のGWPは異なるが、LCAでは100年を採用したものが活用されることが多い。GWPはIPCC報告書に掲載されており、LCAでも

ここで示された係数リストを引用する。最新の第四次報告書によれば、CO₂が1であるのに対して、メタンが25、N₂Oが298、CFC-11が4,750である。大気中寿命が比較的短いメタンに比べて、安定で大気中寿命が長いフロンはGWP値が大きいのが目立つ。

このような係数が、影響領域ごとに定義されている。これらを利用する場合は、インベントリデータと該当する特性化係数との積和により環境影響の評価を行うことができる。

$$EI_{impact} = \sum_s (Inv.s \times CF_{impact,s}) \quad (2)$$

EI_{impact} は影響領域 (例えば地球温暖化) の環境影響、 $Inv.s$ は物質 s のインベントリデータ (環境負荷量)、 $CF_{impact,s}$ は物質 s ・影響領域 $impact$ における特性化係数 (例えばGWP) を示す。温室効果ガスは

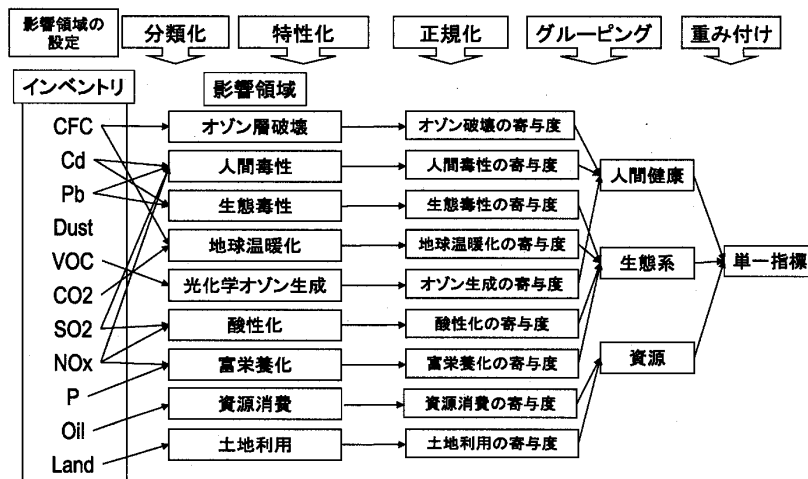


図7 ライフサイクル影響評価のフロー (ISO 14044 より筆者作成)

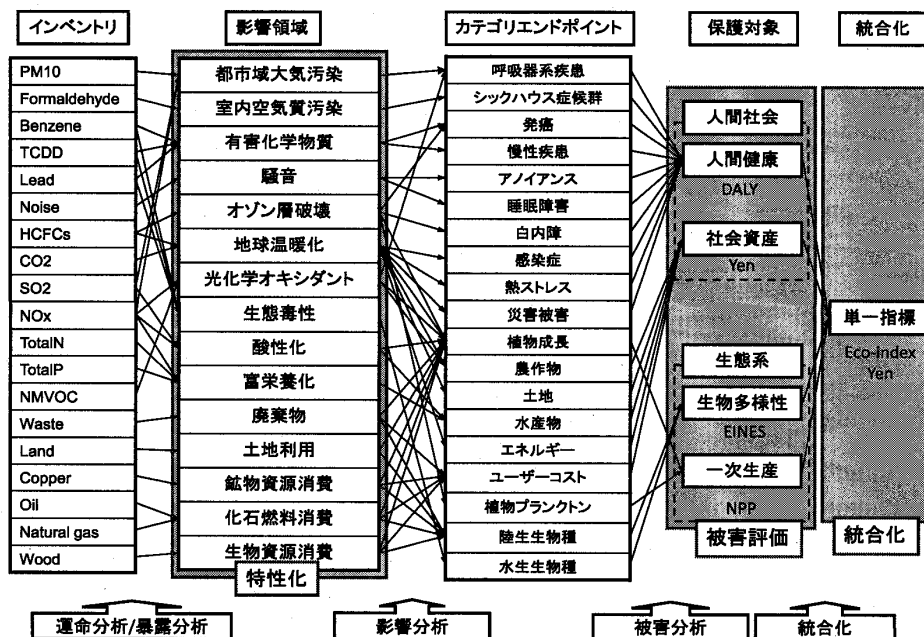


図8 LIME 2 の概念図

CO₂以外にも、メタンやN₂O、フロンなど様々な物質がある。このような計算を通じて温暖化の影響にどの物質の寄与が高いかがわかる。排出量自体はCO₂が多くても、温暖化への影響から見れば、排出量が少なくても温暖化の寄与度が高い他の排出量を低減する方が重要であるという結果が得られる場合もある。

インベントリが同じであっても、発生する場所が異なれば気象や人口などの条件が異なるため環境影響は異なる。これまでに様々な環境影響の評価手法が提案、開発されてきたが、そのなかでも国内製品について環境評価を行う際には、日本の環境条件を反映した手法LIMEが使われることが多い。図8に最新版のLIME2の概念図を示した。

LIMEはインベントリー分析で得られる環境負荷量が、日本における人間健康や生物多様性などに及ぼす被害量を算定し、重みづけ係数を決定する被害算定型の評価手法である。LIMEによる環境影響の評価は以下のステップに分かれる。

(1) 特性化 (運命分析/暴露分析)

ライフサイクルのシステムから発生した環境負荷物質の大気、水などの環境媒体中の濃度変化を分析し、人間などのレセプタにとっての影響領域に関係する暴露量の変化として算出する。ここでは環境媒体中での負荷物質の挙動が日本の地理的条件を考慮してシミュレーションされる。

(2) 被害評価 (影響分析, 被害分析)

被害評価では、温暖化による熱中症患者の増分とオゾン層破壊による皮膚がん患者の増分を損失余命で表現するように、影響領域における暴露量の変化を発生する被害項目に対応付け、暴露量変化が呼吸器系疾患などのカテゴリエンドポイントに及ぼす影響を見積もる。続いてカテゴリエンドポイントへの影響を人間の健康、社会資本、生物多様性、一次生産量への影響として集約する。このとき、人間の健康については保険統計学などで利用されているDALY (Disability Adjusted Life Year; 障害調整生存年)、社会資本については農作物、水産物などが受ける影響を包括的に計量できる経済指標 (円)、生物多様性については保全生態学における絶滅リスク評価の手法論を基に定義したEINES (Expected Increase in Number of Extinct Species)、さらに一次生産量については生態学や緑地学において生態系の豊かさを示す指標として広く利用されているNPP (Net Primary Production; 純一次生産量) を被害指標として用いた。

(3) 統合化

統合化では、人間健康や生物多様性などのエンドポイントを重みづけして環境影響の総合指標を得る。LIMEでは全国2,048サンプルのヒアリング調査によるコンジョイント分析を用いて、重みづけ係数を算定するとともに、この結果を被害評価の結果に適用することで環境影響の統合化を行う。統合化は単一指標が得られるため、結果の解釈が容易であり、多くの企業がファクタや環境効率の計算に用いている。ただし、エンドポイントの比較には価値判断に基づく。LIMEでは日本国民の環境思想に基づいて重みづけ係数が算定されるが、環境思想は経済条件や文化や教育などによって変化することを認識しておく必要がある。LIMEは特性化、被害評価、統合化それぞれの分析ができるように係数リストをLCA日本フォーラムのホームページにおいて公開している。

7. まとめと今後の課題

本稿ではLCAの手順や特徴について解説してきた。LCAの基本的な思想である「ライフサイクル思考」と「環境影響の多様性」は世界各国で認識され、いまやカーボンフットプリントやタイプIII環境ラベルなど、さまざまな形で活用されるようになった。今後さらなる発展が期待されるが、以下にLCAにおいて注目される方向性を挙げる。

(1) 水を対象とした評価

先進国では地球温暖化に対する関心の高さが伺えるが、発展途上国のなかでは今後深刻化する温暖化よりも現在深刻な影響が発生している水問題のほうが高い関心を持つ国もある。近年、ウォーターフットプリントネットワークを中心に農作物を中心に栽培までに消費される水の総量を求める研究が盛んに行われている。現在は、ISOにおいてウォーターフットプリントの実施手順に関する国際規格化作業が進められている。しかしながら、現時点ではまだウォーターフットプリントのための評価手法やデータベースはまだ十分確立されていない。また、発展途上国がこれらの評価インフラを早期に開発するのは困難であり、先進国が率先してウォーターフットプリント確立に向けた研究を進めることが求められる。

(2) 生物多様性を対象とした評価

2010年10月には生物多様性条約第10回締約国会議が名古屋で開催される。多くの国内企業がCSRの一環として生物多様性保護のための活動に積極的にな

っている。これまでに、TEEB レポートはミレニアム生態系評価など、生態系を対象とした評価は行われているものの、いずれも評価対象は世界である。LCA を用いて製品やサービスなどを対象にした生物多様性の影響評価を実施できれば、企業の CSR を通じた生物多様性の保全効果を定量的に表現することが可能になる。

参考文献

- [1] ISO 14040, Environmental management—Life cycle assessment—Principles and framework (2006).
- [2] LCA 日本フォーラム, LCA データベース (<http://www.jemai.or.jp/lcaforum/index.cfm>).
- [3] 紙カップ分科会 2006 年度報告書.
- [4] 伊坪徳宏, 稲葉敦, “ライフサイクル環境影響評価手法,” 産業環境管理協会 (2005).
- [5] ミレニアム開発目標報告 (2005).