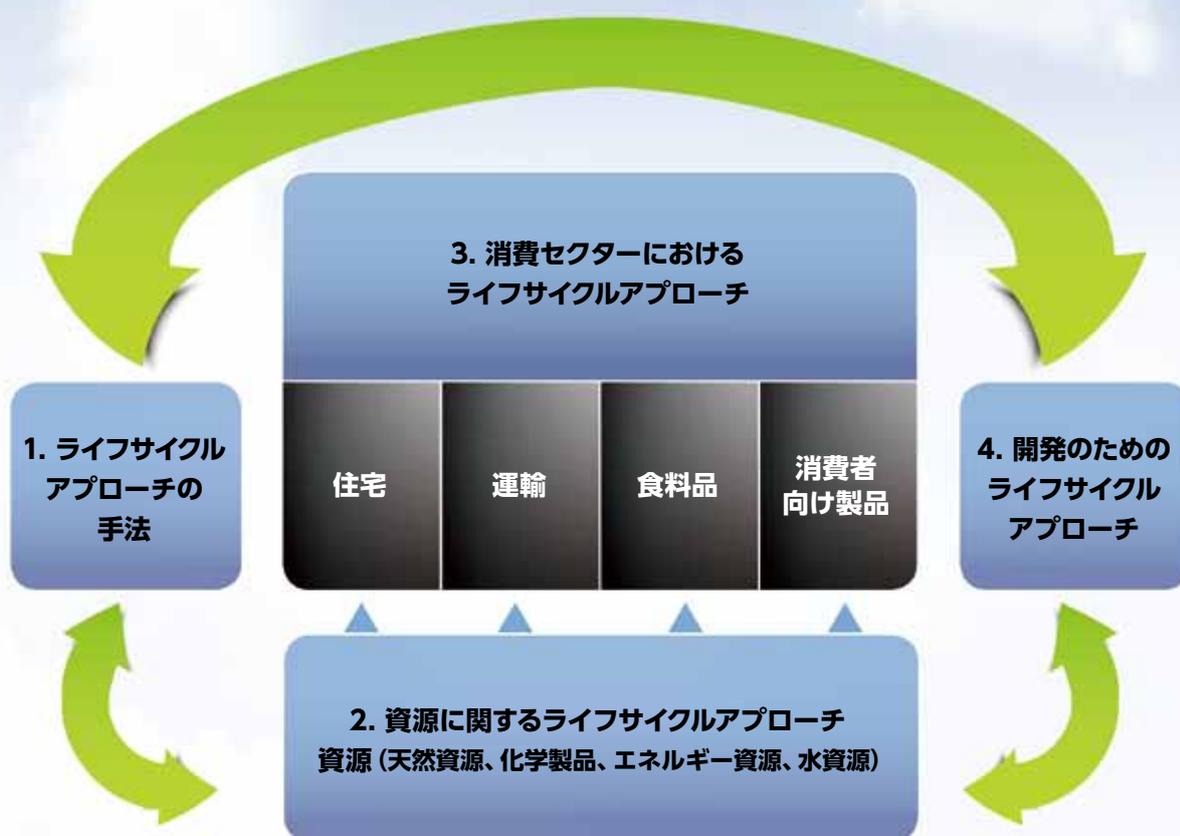


ライフサイクルアセスメント(LCA)

—なぜやるの いつやるか





目次 Contents

はじめに	1
ライフサイクルアセスメント (LCA) とは	2
LCAの歴史	4
一般的なLCA評価の指標	5
LCAでできること	7
LCAではしないこと	8
LCAが適切なツールかどうかを判断する方法	9
ライフサイクルアプローチ： 最も効果的な方法は？	11
重要な検討事項： データの入手可能性、品質、ソース	14
重要な検討事項： 専門性/LCA実施における要求事項	15
重要な検討事項： LCA結果の利用とコミュニケーション	16
結論	18

はじめに

省エネルギーと温室効果ガス (GHG) 削減へ向けた取り組みが地域レベル、国レベル、国際レベルで進められる中、化学産業は、画期的な新製品や最新技術の開発を通じて重要な役割を果たしています。

世界の化学産業界を代表する国際化学工業協会協議会 (ICCA) は、世界各国の協会や連盟と協力して、健康、環境、産業に関連する問題に取り組んでいます。また、国および地域の協会や会員企業の意見を取りまとめることもICCAの役割の1つであり、国際的に重要な方針について情報を交換し、意見の調整を図っています。

ICCAのライフサイクルアセスメント (LCA) 特別委員会が作成したこのエグゼクティブガイドでは、企業の役員および多くの関係者を対象に、「ライフサイク

ル思考とは何か」、「いつ、どのようにして、完全なライフサイクルアセスメントを実施するのか」について説明します。

取り上げる内容は、LCAの構成要素、さまざまなLCAと関連ツールの種類およびそれらの利点と制約、LCA結果の解釈方法とコミュニケーション方法です。

LCAの実施を検討しているものの、何が必要かわからない場合は、まずこのエグゼクティブガイドをお読みください。LCAの目的、内容、基本事項をひとつひとつご理解いただけるものと思います。

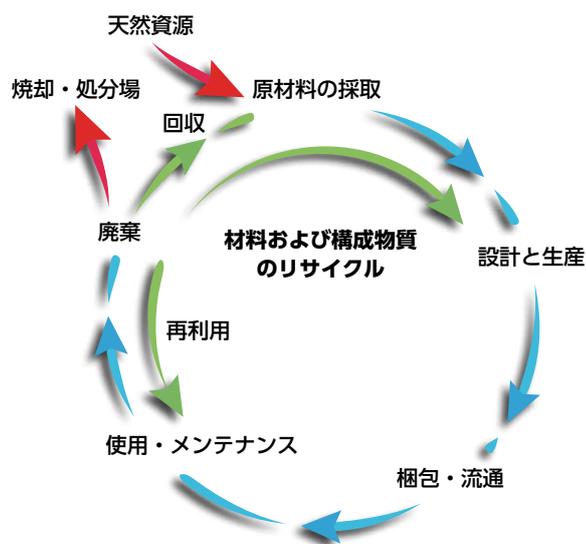
ライフサイクルアセスメント(LCA)とは

「ライフサイクル思考」とは、環境、社会、経済に対する製品の影響を、その製品のライフサイクル全体から考えようというものです。

LCAでは、原材料の採取から、材料の加工、製造、流通、使用、メンテナンスを経て、最終的に廃棄またはリサイクルするまで、製品のライフサイクルを通じてその影響を評価します(図1を参照)。

このガイドでは、ライフサイクル思考について詳しく説明するとともに、製品のアプリケーションを通して持続可能な経済に対する化学産業(化学製品)の役割をライフサイクル思考という観点から考えていきます。完全なライフサイクル分析により、製品やサービスのプラス面とマイナス面が明らかになります。

図1：ライフサイクルアセスメントの反復プロセス



LCAは、国際標準化機構(ISO)14040シリーズにおいて標準化されています。一般に、システム境界は次のように定義されます。

- ゆりかごからゲート：原材料の採取から工場出荷までを指しています。
- ゆりかごから墓場：原材料の採取から、製品を使用して廃棄するまでを指しています。
- ゲートからゲート：ライフサイクルの特定の時点(例：製造工場の敷地内に原材料が納入される時点)から、ライフサイクルの別の時点(例：完成品をエンドユーザーへ配送する時点)までを指しています。

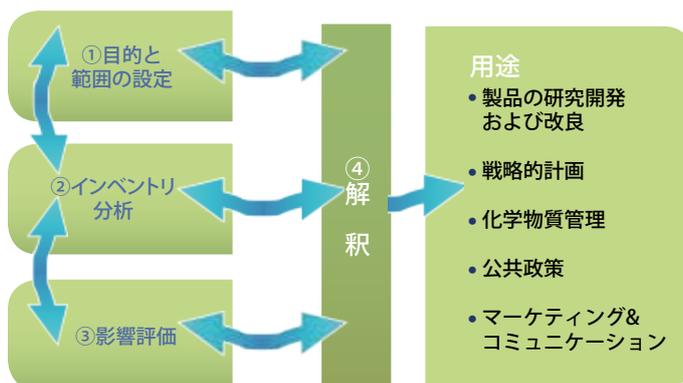
システム境界は調査の目的に基づいて決定されます。たとえば、原材料、中間生成物、または最終製品の環境に対する影響をどのような目的で把握するのかによって異なります。

さらに、マクダナー氏(米国)とブラウンガート氏(ドイツ)が開発した完全循環型(ゆりかごからゆりかご)設計のように、ライフサイクルアプローチに基づく設計手法や概念も提供されています。これらのアプローチはLCAを補足するものですが、「ゆりかごからゆりかご」という用語は、製品が、使用後にリサイクルする「ゆりかごから墓場まで」の調査を示すときに使用される場合もあります。

ISO14040シリーズでは、製品による環境面への(潜在的)影響を評価する手法として「ライフサイクルアセスメント」が簡潔に定義されています。具体的な方法は次のとおりです。

- 製品システムに関して、投入される資源やエネルギー(インプット)と生産される製品や排出物(アウトプット)のデータをすべて収集する
- 収集したインプットとアウトプットに基づいて、環境への潜在的な影響を評価する
- 調査の目的に応じて、インベントリ分析と影響評価の結果を解釈する(図2)

図2：LCAは基本的で、独立な4段階に分けて実施される



1. 「目的と範囲の設定」では次の作業を行います。

- 調査の実施理由を明らかにし、製品の機能を特定します。
- 調査結果を誰に情報提供するか、どのように利用するかを明らかにします。
- システム境界を設定します（「ゆりかごからゲート」、「ゆりかごから墓場」、「ゲートからゲート」）。
- データ要件を定めます。
- 調査の制約を確認します。
- 時間基準と地理的基準を定めます。

2. 資源の使用と排出物の「インベントリ分析」では次の作業を行います。

- ライフサイクルの各ステージにおける材料使用量、エネルギー消費量、環境負荷物質排出量、および廃棄物に関するインプットデータとアウトプットデータを収集、検証、集計します。

3. 「影響評価」では次の作業を行います。

- 得られた数値を元に、影響領域、領域指標、特性評価モデル、等価係数、重み付け値を使用して、インベントリ分析のデータを換算し、人の健康や環境に対する潜在的影響を明らかにします。

4. 「結果の解釈」では次の作業を行います。

- これ以前の3つのステージについて繰り返し実行される重要なステージで、プロジェクトの目的に照らして結果を評価します。比較評価のために調査結果を外部で使用する場合（「製品Xは製品Yに比べて環境負荷が小さい/大きい」と結論付ける場合など）は、その分野の専門家からなる第三者レビュー委員会が結果の正当性を検証する必要があります。調査結果には重大な影響を明示し、原材料の使用量と環境負荷を軽減するための方法を提案します。

製品機能の特定

LCAの調査範囲を決定するには、特定の機能または性能特性を明らかにすることが重要です。さらに、特定した機能を決定し定量化するための単位が「機能単位」であり、調査の目的や範囲に即している必要があります。通常、機能単位は、評価する製品、所定の機能の物理量、時間値、品質値で構成されます。

例：ある食品容器の機能が、量＝「飲料1リットル」、品質＝「FDA(米国食品医薬品局)の無菌条件」、時間的要素＝「2週間保存」であるとします。この場合の機能単位は、FDAの無菌基準を満たしており、1リットルの飲料を2週間保存できる食品容器となります。この機能は、プラスチック製品、金属製品、または紙製品によって実現できます。基準フロー（飲料1リットルを保存するのに必要な紙、プラスチック、または金属の平均質量）をシステムごとに算出したら、その基準フローに従って全てのシステムに対してインプットデータとアウトプットデータを収集し、集計します。このようにして、データを材料消費量に関連付けることができます。



LCAの歴史

ライフサイクルアセスメントが最初に提唱されたのは、1960年代後半から1970年代初め、ちょうど石油危機のさなかでした。ガソリンを求めて多くの人が列をなし、光熱費が異常な値上がりを見せた時代です。エネルギー効率に優れた製品を望む顧客に応えるため、どの企業も光熱費を抑えるための方法を模索していました。同時に、自社製品を改良するため、社内でもLCAを使い始めました。このようにして、ライフサイクルインベントリの基礎が築かれたのです。

1980年代後半、製品システムのエネルギーと質量を対象にライフサイクルインベントリが採用されるようになりました。1990年、環境毒性化学学会（SETAC）がLCAワークショップを開催し、LCAを構成する各ステージを紹介しました。2年後、LCAの枠組みが見直され、LCAの中核をなす「目的と範囲の設定」ステージが追加されました。

このようにして、LCAを構成する4つのステージが確立されました。

- 目的および調査範囲の設定
- インベントリ分析
- 影響評価
- 解釈

LCA規格の策定を担う専門委員会で構成された環境マネジメント規格シリーズをISOが設けたことで、国際的なLCA規格が使用可能となりました。

こうした努力の結果が国際的自主基準であり、今日、LCAの実施基準となっています。図3は、ライフサイクルの反復プロセス（原材料の採取から製品使用後まで）を示しています。



図3：ライフサイクル—原材料の採取から廃棄まで



ISO 14040に準拠してLCAを実施することの重要性

- 信頼性：LCAが再現可能ですべての条件を満たしており、ISOに準拠していることがわかれば、利用者はその結果を信頼することができます。
- グローバル：LCAは「特定の時点における評価」ですが、継続的改善という概念、および持続可能な原材料の管理と消費を通じて地球にやさしい世界経済を目指すという考え方はLCAから生まれました。
- 各地域での国際基準の採用：世界各国でLCAが採用され、それに基づいてその国に必要なデータが開発されています。国連環境計画 (UNEP) / 環境毒性化学学会 (SETAC) ライフサイクルイニシアチブのもと、地域のLCA、データ、ライフサイクルコスト情報、および社会的LCAを取り入れた「ライフサイクル思考」の概念が生まれました。
- スケールメリット：LCA情報を公的に開発および共有することで、これらの情報をすべての関係者が利用できます。



一般的なLCA評価の指標



ライフサイクル手法論は、持続可能性を支える3つすべての主要カテゴリー（経済¹、社会²、環境）に適用されます。米国環境保護庁（EPA）が発表した報告書³『Life Cycle Assessment: Principles and Practice（ライフサイクルアセスメント：原則と実践）』では、一般的なLCA評価の指標の要約表とそれらの使用方法が説明されています。ここでは一部の評価の指標について説明します。

- **累積エネルギー需要量（Cumulative Energy Demand：CED）**：所定の機能単位について、製品使用後の廃棄処理を含め、ライフサイクル全体で必要となるエネルギーの総量。
- **累積化石エネルギー需要量（Cumulative Fossil Energy Demand：CFED）**：CEDのサブセット。所定の機能単位について、製品使用後の廃棄処理を含め、ライフサイクル全体で消費する化石燃料エネルギーの総量。化石燃料には、石炭、原油とその誘導品、天然ガス、泥炭などがあります。
- **累積再生可能エネルギー需要量（Cumulative Renewable Energy Demand：CRED）**：CEDのサブセット。所定の機能単位について、製品使用後の廃棄処理を含め、ライフサイクル全体で必要となる再生可能エネルギーの総量。再生可能エネルギーには、ソーラー、太陽光発電、水力、風力、波、地熱などがあります。
- **地球温暖化係数（Global Warming Potential：GWP）またはカーボンフットプリント**：一定期間（通常は100年）における気候変動の影響を示すカテゴリー。ある製品が特定のサービス（機能単位）を提供するにあたり、ライフサイクル全体で排出される温室効果ガスの総量が対象となります。なお、温室効果ガスには、二酸化炭素（CO₂）のほかメタン（CH₄）、亜酸化窒素（N₂O）などが含まれ、製品使用後の廃棄処理も考慮されます。

1. Hunkeler, D., Lichtenwort, K., Rebitzer, G.; "Environmental Life Cycle Costing" ; SETAC; May 2008; ISBN: 978-1-880611-83-8
2. United Nations Environment Programme; "Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products" ; Benoit, C., Mazijn, B. (Editors); 2009; ISBN: 978-92-807-3021-0
3. EPA/600/R-060 (2006年5月) Life Cycle Assessment:Principles and Practice

- **オゾン層破壊物質質量 (Ozone Depletion Potential : ODP)** : ある製品が所定のサービス (機能単位) を提供するにあたり、ライフサイクル全体の総ガス排出量が成層圏のオゾン層減少に与える影響を相対的に表すカテゴリー。製品使用後の廃棄処理も対象となります。成層圏オゾンは上層大気圏に自然発生するガス層であり、生体細胞を太陽の紫外線 (UV) から保護する役割を果たしています。UV放射に過度にさらされると、皮膚がん増加や、作物生産が減少する可能性があります。
- **酸性化ポテンシャル量 (Acidification Potential : AP)** : ある製品が所定のサービス (機能単位) を提供するにあたり、ライフサイクル全体を通じて大気中に放出される酸性ガス (例えば硫酸化合物 (SO_x)、窒素酸化物 (NO_x)、塩酸 (HCl)、フッ化水素酸 (HF)、アンモニア (NH₃)) の影響を相対的に表すカテゴリー。製品使用後の廃棄処理も対象となります。これらのガスが排出され続けることで、海や土壌が酸性化したり、建物が腐食したりする可能性があります。
- **富栄養化ポテンシャル量 (Eutrophication Potential : EPまたはNutrification Potential : NP)** : 制限栄養因子 (リンや窒素の化合物) が水域 (湖、ゆっくりと流れる川、河口など) や土壌へ直接的または間接的に排出され、それによって引き起こされる藻類の異常増殖の度合いを示すカテゴリー。製品使用後の廃棄処理を含め、所定のサービス (機能単位) を提供する製品のライフサイクル全体が評価対象となります。
- **光化学オゾン生成量 (Photochemical Ozone Creation Potential : OCP)** : ある製品が所定のサービス (機能単位) を提供するにあたり、製品使用後の廃棄処理を含め、ライフサイクル全体を通じて排出される揮発性有機化合物 (VOC) および窒素酸化物の影響を相対的に示すカテゴリー。窒素酸化物と太陽光の存在下でVOC (揮発性有



機化合物) が排出されると化学反応がおき、地表近くにオゾン (O₃) を形成する可能性があります (いわゆる光化学スモッグ)。

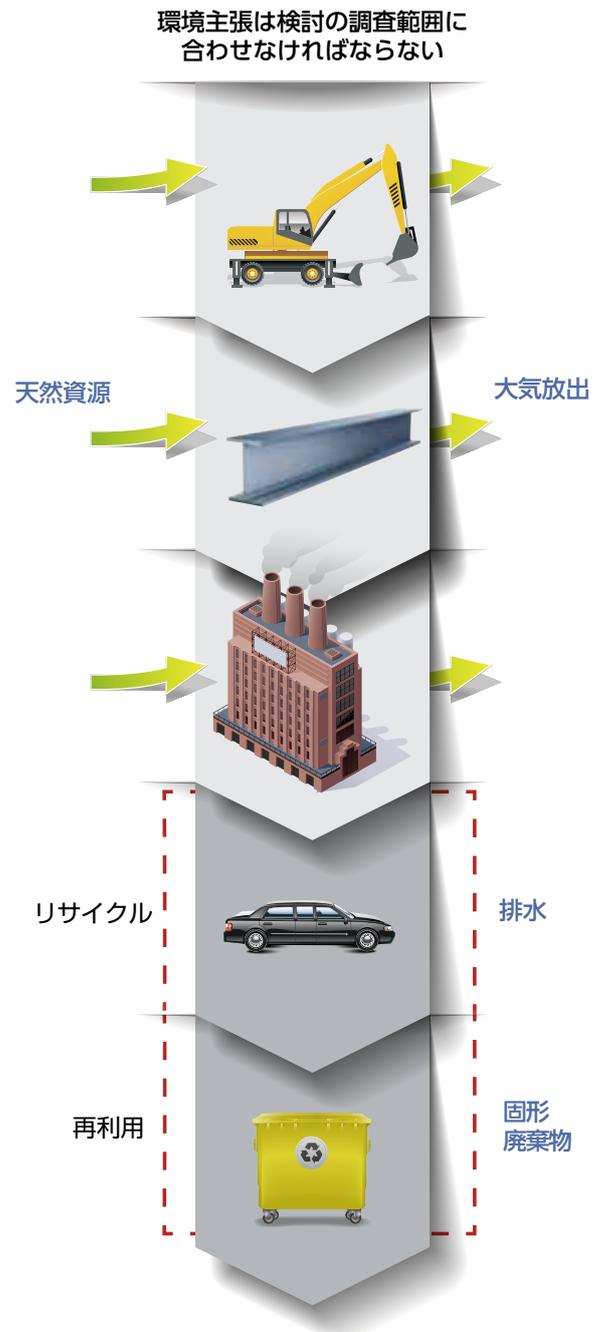
- **水消費量および排水量** : 所定の機能単位を満たすために必要な水関連の要件を表します。水放出時の処理を含め、ライフサイクル全体が測定対象となります。多くの場合、水源 (川、湖、井戸、海) ごとに淡水と海水または汽水に分けられます。
- **生態および人間に対する毒性評価** : USEtox™ などの毒性評価モデルは、合意に基づく化学特性係数を用いて、化学排出物の環境運命とそれらが人間の健康や生態系に与える影響を暴露と影響を評価することによって、数値化します。
- **直接的な土地利用転換 (Direct land use change : LUC)** : 現在開発中の重要な指標。農産物や林産物 (バイオ燃料の原料など) を生産するため、「従来」の状態 (森林、草原、牧草地、農地、荒廃林地など) から別の状態に土地転換した結果、その土地におけるGHG排出量と炭素ストックがどのように変化したかを表します。
- **間接的な土地利用転換 (Indirect land use change : ILUC)** : 現在開発中の重要な指標。一次的な土地利用転換に伴い、その土地で従来生産されていた商品作物を別の土地で生産することになった結果 (二次的な土地利用転換)、その土地におけるGHG排出量と炭素ストックがどのように変化したかを表します。

LCAでできること

LCAには次のような多くの利点があります。

- バリューチェーンにおける効率改善の可能性を明らかにし、意思決定を支援します。
- 製品を製造し、エンドユーザーへサービスを提供するまでの産業システムを把握できます。
- 市場チェーン内で、改善の余地が最も大きい活動分野（「ホットスポット」）を明らかにすることで、産業システムを最適化します。
- 産業システムのある部分を改善しようとした結果、市場チェーンの他の部分に「問題が転嫁」されたり、新たな問題が生じたりしないようにします。
- たとえば、GHG排出量を削減するためにある技術を導入した結果、水の消費量が増加する可能性があります。このような事態を防ぐため、影響を受ける環境影響領域をすべて考慮し、トレードオフを十分に理解した上で意思決定を行えます。
- 機能単位の定義に基づき、同じサービスまたは製品を提供する2つのシステムを比較できます。その際、次の点に注意してください。
 - 10%未満の違いはLCAの通常の誤差範囲です。有意な相違と見なすには、これより大きい必要があります。
 - LCAでは、製品やサービスの機能単位が同じ場合のみ有意に比較できます。機能の異なる製品を比較しても意味がありません。
- 市場チェーンのある部分への改善投資が、ライフサイクル全体に著しい改善効果を及ぼすかどうかを把握できます。
- ある組織のプロセスを（同様のプロセスの）業界平均に照らして評価することで、改善の可能性が明らかになります。
- カーボンフットプリントなどのフットプリントデータを取得できます。
- 環境主張はLCAデータによって支持されている必要があります（図4を参照）。

図4：環境主張とLCA



LCAではしないこと

LCA調査は「スナップショット」です。つまり、ある特定の時点での環境負荷を算出したものです。製品やシステムのライフサイクル全体における負荷が小さいほど、フットプリントも小さくなります。LCAが算定するのは、製品ライフサイクル全体における環境負荷です。何が投入され（製品の製造に必要なエネルギーと原材料の量）、何が放出されるか（廃棄物の量、水質汚染の程度、大気中への放出量）を明らかにします。

では、通常のLCAで実施しないことは何でしょうか。

- 製品およびその成分の性能は測定しません。つまり、分析対象となる製品の性能が他の製品より優れているか、劣っているかはわかりません。LCAでわかるのは、その製品の製造に伴うライフサイクル全体でのインプットとアウトプットです。
- LCAは環境法への準拠とは関係がありません。通常、環境法への準拠（ごみや過剰な固形廃棄物を出さず、大気汚染基準や水質基準を満たしていること）は大前提と見なされます。LCAは、測定対象の製品システムがその国や地域の環境規制を満たしていることを前提としています。
- 通常のLCA検討は、製品製造施設の「設備」自体を含めません。建物、自動車、産業機械を製造するための設備など、資本設備に関連するエネルギーと廃棄物も含まれません。
- 通常のLCA検討は、サポート要員に起因する要件分析を含めません。また、研究開発スタッフ、販売スタッフ、管理スタッフ、およびこれらのスタッフの活動に伴うエネルギーと廃棄物も対象としません。
- 通常、建物の空調設備もLCAに含まれません。ほとんどの場合、製造施設の冷暖房や照明で使用する燃料と電力は評価計算から除外されます。熱処理など、製造過程で大量のエネルギーを消費する工場の場合、処理エネルギーに比べて空調エネルギーは非常にわずかです。
- 通常のLCA検討では、その重量が、加工処理プロセスで使用するエネルギー・物質の1%に満たない材料は無視します。例えば触媒、顔料、その他の添加物等、製造インベントリデータを容易に入手できない場合、エネルギー使用量や環境負荷に重大な影響を与えていることを示す場合を除いて、量が少ないこれらの材料は評価から除外されます。
- 通常、LCAでは、従業員の直接的影響に関する情報を調べません。たとえば、通勤、出張、食堂の廃棄物などはLCA調査から除外されます。
- LCAでは、リスク評価分析と同レベルの暴露計算は行われません。たとえば、食品容器に関するLCAは、人間や環境に対する毒性を示す影響データを提供します。一方、食品容器に含まれる特定の化学物質の暴露を調査するリスク評価では、移行係数や消費係数を厳密に計算し、食事暴露と1日の許容摂取量を明らかにします。これはLCAの調査範囲外です。
- LCAは特定の行動指針を提示しません。関係者は、LCAで得られた結果をもとにトレードオフの評価を行うことで、より適切な判断を下すことができます。

LCAが適切なツールかどうかを判断する方法

製品の複数の環境特性やエネルギーに関する側面を調べる場合、また、トレードオフを考慮しつつ、生産システム全体のフットプリントを減少させる箇所を特定する場合は、LCAが提示する幅広いアプローチを検討するとよいでしょう。

LCAは、エンドユーザー（消費者または最終利用組織）に（製品の利用を通じて）サービスを提供する際に必要となるシステム全体を調査するための「システム分析」ツールです。図5に示すように、LCAシステムアプローチは、複数のライフサイクルステージ、単位プロセス、およびフローで構成されます。いくつかの例を紹介します。

- 主要製造/処理シーケンスのインプットとアウトプット
- 流通/輸送
- 燃料、電気、および熱の生産と使用
- 製品の使用とメンテナンス
- プロセス排出物および製品の廃棄
- 使用済み製品の回収（再利用、リサイクル、エネルギー回収を含む）
- 補助材料の製造
- 資本設備の製造、メンテナンス、廃棄
- 照明や暖房など、その他の運用
- 影響評価に関連するその他の考慮事項

プロセスフロー図を使ってシステムを表すと、単位プロセスとそれらの相互関係が一目でわかります。この基本的なフロー図は、分析対象となるシステムについて、どの単位プロセスがどのライフサイクルステップに含まれるかを示します。

LCAとその結果は「機能単位」に関連付けられます。ISOでは、機能単位をLCA調査で参照単位として用いられる製品システムの定量的な性能と定義しています。

つまり、LCA調査の中核となるこの等価測定または「機能」を機能単位と考えることができます。これにより、まったく異なるものを互いに比較し、そのトレードオフを評価することができます。次に例を示します。

- マドリッドのスーパーマーケットで販売されている1リットルの牛乳。
- リサイクル可能な汚れにくいカーペット1平方メートル。平均耐用年数は10年で、消耗の激しいオフィスの廊下に適している。

図5：LCAシステムのアプローチ

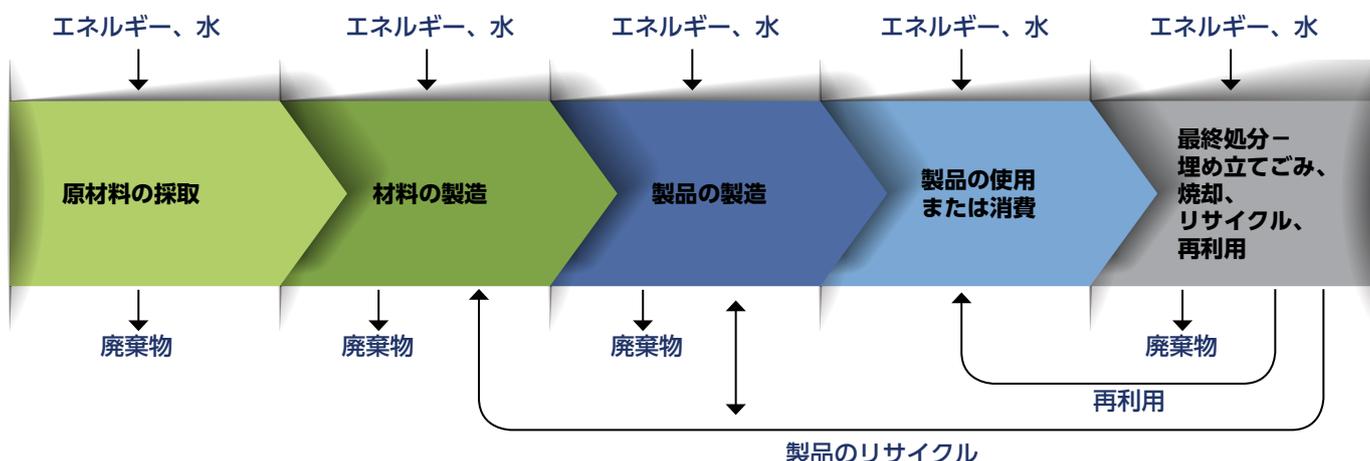
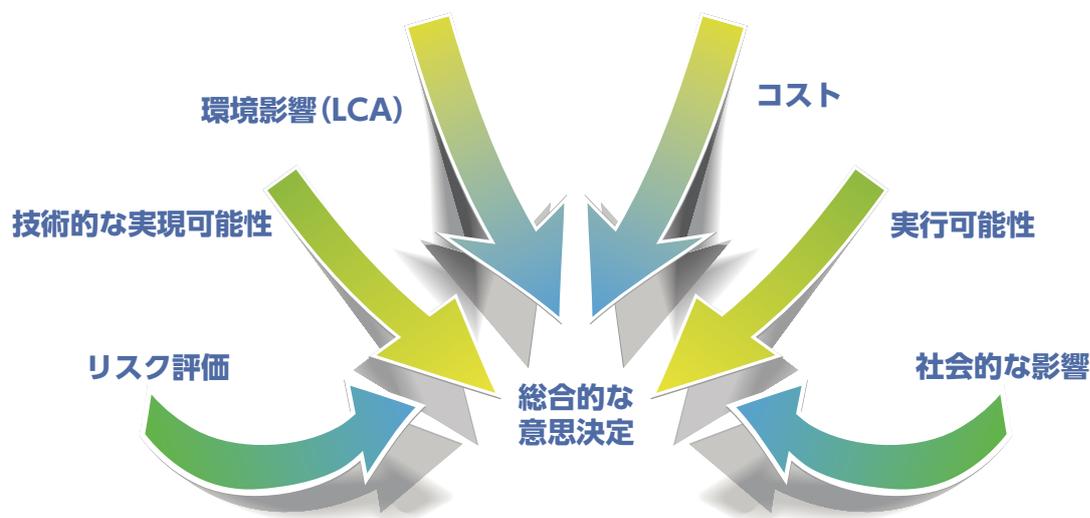


図6：総合的な意思決定



LCAでは、エンドユーザーへのサービス提供にともなうすべての活動について、インプットとアウトプットを総合的に評価します。インプットには原材料、促進物質、成分、エネルギーが含まれ、アウトプットには製品、副産物、廃棄物が含まれます。これらの物質とエネルギーは上流から消費者へ、さらには消費者から下流（廃棄物処理など）へと流れ、機能単位の視点から分析されます。当然、LCAはその定義からして1つの環境パラメーターに焦点をあてるのではなく、関連する重要な要因を考慮します。

LCAは総合的アプローチ手法のため、産業システムの個々の操作を評価する場合や、製品使用のリスクを評価する場合には最適なツールとはいえません。

図6は、LCAが総合的な意思決定プロセスを考える上での手段の一つであることを示しています。前述のようなリスク評価の場合には、LCAではなく、リスクや環境パラメーターをサイトごとに分析し、製品リスクを評価する方法が推奨されます。製品リスクのような単一視点ではなく、社会や環境に対する主要なシステムの影響を特定する場合はLCAが役に立ちます。

業界全体のLCA調査では、ゲートからゲートまでのインベントリを作成するのも便利です。たとえば、プラスチック製造メーカーは、樹脂のゆりかごからゲートまでのLCAに必要なデータを収集します。環境対策の一環としてこうした調査を繰り返すことで、施設レベルおよび業界レベルでシステムを追跡することができます。

LCAのメリット

- データに基づく分析手法
- 製品またはプロセスのライフサイクル全体を考慮する
- トレードオフに適している
- 多数の影響評価手段を用いてさまざまな観点から分析できるので、信頼性の高い結果が得られる
- 柔軟性に優れている
- 意思決定を支援する

LCAの制約

- データ集約型
- 特定の時点における評価—経時的変動は示されない
- 意思決定に役立つデータが得られるが、最終的な答えではない(トレードオフがありうるため)
- 数値モデルが存在しないトピックについては、影響を分析できない
- 複数のLCA結果から1つの総合スコアを導き出すための確実な方法(科学的根拠)がない。ただし、統合化の手法を使用すれば、環境負荷の結果を正規化し、重み付けすることができる

ライフサイクルアプローチ 最も効果的な方法は？

ライフサイクルアプローチは環境保護と持続可能な開発に貢献し、地球規模の問題の克服に役立ちます。図7は、製品を市場へ投入する際、ほとんどの業界が取り入れている製品改良プロセスの反復性を示しています。では、どのような「種類」のライフサイクルアプローチを採用すればよいのでしょうか。

まずは、ごく基本的な事柄を明らかにする必要があります。

- LCAを実施する目的
- 明らかにしたい内容
- 支援したい意思決定内容
- この調査結果を報告する相手
- この調査結果を使用する人

ここでは、LCAから派生する各種のLCAとツールを紹介します。上記5つの基本事項により、LCAで実施する必要のある調査の量が異なります。LCAの種類には、「スコーピング」(粗くトレードオフの評価を行うためのLCAスクリーニング)から、異なる製品システムを比較する(あるいは比較しない)LCAまであります。

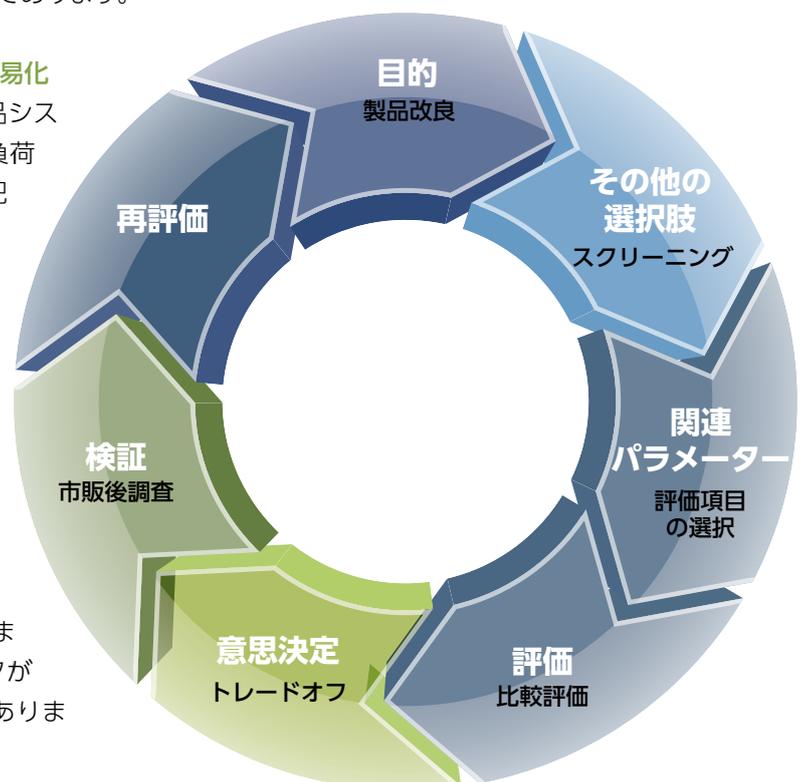
LCAのスコーピング、スクリーニング、簡易化

LCAを初めて利用するのであれば、製品システムのライフサイクル全体における主要負荷(エネルギー、空気、水、固形廃棄物)を把握しておくことが大切です。これによって、上流と下流両方について、製品を改良し、そのフットプリントを軽減するための機会を見出すことができます。LCAのスクリーニング(範囲限定)は大まかな準備調査です。多くの前提条件を設け、概算データや代替データを使用することで、完全なLCAを実施した場合の結果を予測し、全体的な方向性を見極めます。簡易LCAでは、決められた特定の単純化方式を用いて評価を実施します。スクリーニング方式より詳細なデータが得られますが、完全なLCAほど正確ではありません。

総合的で完全なLCA

投入(エネルギー、原材料)と放出(空気、水、廃棄物)を数値化するだけでなく、投入したエネルギーや原材料とその出力の影響(気候変動、酸性化、光化学スモッグ、化石燃料の枯渇など)を詳細に分析する場合は、ISO14040規格に準拠した完全なLCAを実施してください。「完全なLCA」調査は、常にゆりかごから墓場またはゆりかごからゆりかごのいずれかとなり、エンドユーザーに提供する所定のサービス単位が対象となります。

図7：製品改良－反復プロセス



製品比較

ISO14040規格は、LCAを実施して製品やシステムを比較し、それらのLCAに基づいて主張がなされることを想定して策定されました。「比較主張」LCAを実施するときは、この調査に関連するISO規格要件を事前に確認してください。次のような項目があります。

- プロセスの初期段階ですべての利害関係者を明らかにする。
- プロセス全体について第三者（外部）の厳正なレビューを受け、そのコメントに対処する。
- 完全なLCA調査（明らかな機密データを除く）をすべての関係者に公表する（一部の概要だけでなく、すべての結果データを公表すること）。

これらの規則に従って比較LCAを実施し、情報を提供することで、あらゆる関係者がその分析結果を受け入れたり、異議を唱えたりできます。

帰属的 LCA (Attributional LCA : ALCA) と帰結的 LCA (Consequential LCA : CLCA)

ALCAでは、「現在のアウトプットレベルにおいて、製品ライフサイクル（製造、消費、廃棄）の各プロセスおよびマテリアルフローで発生する総排出量」が分かります。一方、CLCAでは、「製品のアウトプットレベル（および消費と廃棄）をわずかに変えたとき、（好ましいかどうかにかかわらず）総排出量がどのように変化するか」がわかります。

LCAの結果を公開する手段

環境製品宣言

(Environmental Product Declaration : EPD)

環境製品宣言 (EPD) の基盤となるISO14025規格は、従来のLCA調査に基づいています。EPDは、製品およびサービスのライフサイクル環境性能を開示するための宣言です。環境的優位性を主張するものではなく（比較主張LCAと混同しないこと）、タイプIII環境宣言、あるいはタイプIIIエコラベルとしても知られています。

なぜ、EPDを考慮する必要があるのでしょうか。フランスなど、幾つかの国ではEPDが義務付けられています。米国では、カーボンフットプリント (EPDの一部) に関する法律が検討されています。EPDはLCAに基づいており、一部の重要なLCA結果（カーボンフットプリント、酸性化、化石燃料やその他資源（いわゆる非生物資源）の枯渇、地球温暖化）がまとめられます。さらに、その他の環境要因（再生材含有率、エネルギー、無農薬宣言）や会社のロゴも記載されます。

製品カテゴリー規則 (Product Category Rule : PCR)

EPDを実施するには、ISO14025に従い、対象となる製品またはシステムの製品カテゴリー規則 (PCR) を定める必要があります。

そのためには、影響を受ける各業界の代表者、およびその他の関係者を集めてチームを編成します。最近では、食品、断熱製品、自動車部品のPCRが策定されました。

PCRは、今後LCAを実施する際の「ハウツーガイド」であり、当該セクターまたは製品のEPD作成を支援します。その目的は、LCAの適用範囲と実施方法について明確で再現性のある「基本原則」を定め、企業が自社製品のEPDを作成する際、一貫性のある決まった方法でLCAを実施できるようにすることです。PCRは独立した専門家たちによってレビューされ、EPD計画とそれに関連するPCRを管理する「プログラムオペレーター」が指名されます。PCRに基づくすべてのEPDはこのスキームに従って検証されます（通常は第三者が審査および検証します）。その後、承認を受けた時点で登録され、その製造会社の製品で使用できるようになります。

ウォーターフットプリント

Water Footprint Network (www.waterfootprint.org) の目的は、世界中の淡水資源を持続可能かつフェアで効率的に利用できる体制をすみやかに整えることです。その一環として、「ウォーターフットプリント」の概念を提案し、ウォーターフットプリントに対する地域社会、政府、および企業の意識を高め、水管理を奨励することで、生態系や社会に対する水利用の悪影響を軽減しようとしています。

UNEP/SETACライフサイクルイニシアチブが提唱するライフサイクルアセスメントの水利用評価は、淡水利用および環境への影響について、製品や作業の環境対応状況を測定・比較するための一貫した枠組みを提供することを目的としています。

ISO14046 のウォーターフットプリント規格(現在策定中)の主な対象は次のとおりです。

- 用語と定義
- 水インベントリおよび基本的な水の流れの分析
- 水資源影響評価およびウォーターフットプリントの分析要件
- 報告と審査

カーボンフットプリント

カーボンフットプリントは、LCAによって算出される気候変動指標です。製品の製造、使用、使用後の廃棄に伴い、ライフサイクル全体で排出されるGHG排出量(二酸化炭素、メタン、亜酸化窒素、その他の温室効果ガス)の総量を表します。LCAの基準に基づくカーボンフットプリント規格が設けられています。

(参照：<http://www.pre-sustainability.com/product-carbon-footprint-standards-which-standard-tochoose>)：

- 2008年10月、英国規格協会(British Standards Institution : BSI)がPAS 2050を策定。PAS 2050は既に世界各国の多数の企業で採用されており、2011年10月に改訂されました。
- WRI/WBCSDがGHGプロトコル製品規格を策定。2010年には60社が試用し、2011年10月に正式発効されました。
- ISO DS 14067は現在策定中であり、2013年には技術仕様書が発表される予定です。

これら3つの規格では、カーボンフットプリント調査を実施する際の要件と意思決定に役立つ指針がまとめられています。意思決定には、たとえば、目的と範囲の定義、データ収集方法、調査の境界、調査報告などがあります。さらに、これらの規格では、カーボンフットプリント評価において遵守すべき要件(土地利用変化、炭素吸収、生物由来炭素排出、土壌炭素の変化、評価期間、グリーン電力など)も定められています。

cLCA

炭素ライフサイクルアナリシス(Carbon Life Cycle Analysis : cLCA)は日本化学工業協会が採用している手法であり、化学製品を使用することによるCO₂排出削減貢献を定量化するものです。

- WBCSDの化学セクターとICCAは、(化学)業界内で共通の方式と規格を策定するための「統一基準」を設け、(化学)製品や技術による「削減貢献量」を算出するガイドラインを策定しました。
- この手法は、同じ利用者便益が得られる2種類の代替物のライフサイクルGHG排出量の差に相当します。
- これらの削減貢献量の算出法が普及すれば、従来のLCAに加え、新しい算定手段となります。

重要な検討事項：

データの入手可能性、品質、ソース

LCA 調査データは企業が独自に収集したもの（一次データ）、または、より一般的に使われている公開されているデータや購入データ（二次データ）を使用できます。

どのような調査においても、LCA調査の目的と範囲に応じて、以下に挙げるデータ品質要件を追加して考慮する必要があります。

- **正確さ**：所定の各データカテゴリーに属するデータ値のばらつき（分散）の測定。
- **完全性**：単位プロセスの各データカテゴリーのうち、存在する一次データを報告している場所のパーセンテージ。
- **代表性**：データセットが実際の母集団（地理的範囲、期間、技術範囲）を適切に反映しているかどうかを示す定性的評価。
- **データ収集プロセスの推定時間**：通常、LCAで最も時間のかかるプロセスが一次データの収集です。目的と、調査データにどの程度の正確さを求めるかに応じて費やす時間や資源の適切なバランスに基づき、意思決定に役立つ有用な情報を得られるようにすることが重要です。
- **整合性**：分析の種々の構成分析要素に均一に適用されているか否かを示す定性的評価。
- **再現性**：手法およびデータ値に関する情報に基づき、調査で報告されている結果を第三者が再現できるかどうかを示す定性的評価。

一般に公開する比較評価の裏付けとして調査結果を使用する場合、ここに記載されているすべてのデータ品質要件に従うことが推奨されます。その場合、データの不確定要素への対処にも留意する必要があります（範囲、統計的分布など）。図8は、総合的なLCA調査で必要となるステージと、それらによる影響を示しています。

図8：ライフサイクルアセスメント：環境性能の全体的な基準



重要な検討事項：

専門性／LCA実施における要求事項

所 得税を申告するとき、多くの人は公認会計士に税法についてのアドバイスを求めます。病気をしたときは、その病気を専門とする医者にかかります。では、LCA初心者はどこへ行けばよいのでしょうか。もちろん、LCAについての知識が豊富なLCA専門家のところでは、

1960年代後半にエコプロフィール(現在は「ライフサイクルインベントリデータ」)が考案されて以来、LCAは有用なデータベースビジネスとなっています。そのため、LCAの活用、つまりLCA調査によって何を習得、比較、または実証するかに集中できます。

LCAソフトウェアは長年に渡るプロセスとデータに基づいています。今日では、データベース、影響評価手法、およびLCAソフトウェアツールをすぐに入手でき、どれを選択すべきかについてライフサイクルの専門家にアドバイスを求めることができます。

では、経験豊富なライフサイクル専門家を見つけるにはどうすればよいのでしょうか。電話帳で探す？いいえ。LCAコミュニティは、現在および将来のLCA専門家にトレーニングと認可を提供することが重要であると認識しています。そこで2007年、世界のLCA専門家を対象とする最初の認定プログラムとしてLCACP(LCA Certified Professional Program)が設けられました。ただし、認定を維持するには、認定を受けた後も現場での活動を続け、継続的にトレーニングを受けなければなりません。

LCAの実施を検討している組織へのアドバイス

- 何を望んでいるかを明らかにします。
- ライフサイクル専門家に相談します。
- Brazilian Association for Life Cycle (ABCV)、American Center for Life Cycle Assessment (ACLCA)、European Platform on Life Cycle Thinkingなど、世界各地にあるライフサイクルセンターを利用します。これらのライフサイクルセンターでは有益な情報が得られ、その多くは自由に参加できます。
- 次の条件を満たしているライフサイクル専門家に相談します。
 - LCA規格のISO14040シリーズおよびその他の指針(ILCDなど)に精通しており、準拠することができる。
 - 中心となる4つのLCAの柱について説明できる。

重要な検討事項：

LCA結果の利用とコミュニケーション

LCAは、化学物質のリスク管理だけでなく、環境に対する影響を全体的に捉えた新しい規制モデルとなる可能性があります。反復プロセスを採用し、複数のパラメーター（エネルギー、原材料、排出、廃水、影響）を測定して比較検討するLCAは、非常に有益な評価手段といえます。

LCAの結果は、調査を実施するメンバー（自分自身、同業者、LCAコンサルタント）とその協力体制によって大きく左右されます。

世界各国、多数の民間企業と公的機関（多国籍企業、中小企業、都市、地方自治体など）がそれぞれ社会的・環境的な改善を目指し、ライフサイクルアプローチを取り入れています。個人レベルでも、多くの人が店舗やインターネットでライフサイクル情報を収集し、購入の際の判断材料としています。

LCAを実施し、最終的にその結果を利用するにあたり、次の点に注意してください。

- **できる限り正確に**：最新のデータを使用してください（独自に収集する一次データ、または地域やプロセスに関連するデータベースが対象となります）。
- **目的と範囲**：調査の境界を明確にしてください。
- **「入力するデータが不完全であれば、不完全な結果しか得られない」**：LCAに近道はありません。事前に高品質なデータを広く収集することで、信頼性の高い有効な結果レポートが得られます。

● **コミュニケーション**：製品またはシステムの環境性能を主張する場合や、比較結果を主張する場合などは、LCAがその事実を立証します。ただし、LCA調査でのグリーンウォッシュ（環境に配慮しているように装いごまかすこと）やチェリーピッキング（自分に有利な事例のみを取り入れること）に注意してください。すべての結果を公表しなければ調査の意味がなく、不正と見なされる可能性があります。

● **グリーンマーケティング**：グリーンウォッシュに注意してください。文脈に関係のない結果を使用しないこと、透明性があること、環境主張に十分な裏付けがあることを確認します。

● **LCA調査は詳細にわたる作業**：LCA実施者をサポートし、自社のプロセスやシステムに適した信頼性の高いデータセットを作成するには、有能な従業員（エンジニア、プロセス管理者、オペレーター、サプライヤーへの連絡担当者）が必要です。LCAは、「一度準備すればそれで終わり」という作業ではありません。関連性が高く、高品質で価値のある調査結果を得るには、LCAクライアントとLCA実施者間での綿密なやり取りが欠かせません。



UNEP/SETACライフサイクルイニシアチブのメンバーとその関係者たちは、信頼性が高く、科学的裏付けのある情報が得られてはじめて、持続可能経済へ移行できると考えています。グリーンエコノミーが地球上の生命の未来を保証するために必要な変化をもたらすことであるなら、持続可能な製品、投資、方針に関する意思決定はライフサイクル思考に基づいていなければならない、ライフサイクルを考慮した管理、アプローチ、手段を通じて実施されなければなりません。

2012年のリオ+20で発表された調査報告書『Greening the Economy Through Life Cycle Thinking: Ten Years of the UNEP/SETAC Life Cycle Initiative』は、
<http://www.unep.fr/shared/publications/pdf/DTIx1536xPA-GreeningEconomythroughLifeCycleThinking.pdf>から入手できます。

クリティカルレビューの重要性

社内調査の場合、LCAのクリティカルレビューは任意です（できるだけ実施することをお勧めします）。ただし、調査内容が比較主張であり、その結果を後日一般に公開する場合は、「ISO14040:2006, 7.3」に従ってクリティカルレビューを実施する必要があります。

クリティカルレビューの目的は、LCA調査がその手法、データ、報告要件に関する国際基準を満たしており、その結果が有効かどうかを検証することです。調査の目的を理解した上で、目的と範囲の設定フェーズに含めるべき項目を決定し、ISO14040/44に従って正式なクリティカルレビューを実施するかどうかを判断することが重要です。審査対象となる項目と報告書が透明かつ完全であること、所定の目的範囲と一致していることが条件となります（ISO規格の要件に基づき、

LCA報告書に加え、クリティカルレビュー報告書も作成する必要があります）。

審査は次のように実施されます。

- **1ステージプロセス**：調査の終了時にデータをレビューし、検証します。
- **継続プロセス**：プロセスの3つのステージ（目的と範囲の設定、LCI、LCA）でデータを審査します。さらにプロセス終了時にデータを検証し、正確性と透明性を確認します。

通常、クリティカルレビュー（審査）は2～3人の専門家が行い、そのうち審査委員長が審査報告書を作成します。LCA調査結果の影響を受けるその他関係者（政府機関、NGO、競合会社など）も審査に参加します。

結論

このエグゼクティブガイドは、企業の役員および多くの関係者へライフサイクル思考を紹介することを目的としています。いつ、どのように、完全なライフサイクル評価を実施するかについても説明しています。

製品がそのライフサイクル全体を通じて環境、社会、経済に与える影響を考慮しつつ、ライフサイクル思考の特長について詳しく説明しています。さらに、いつ、どのようなときLCAを実施するかについても説明しています。

このガイドの内容を参考にして、LCAや関連ツールを活用してください。最新情報を適切な手段で分析することで、継続性を持った判断を下すことができます。常にアップデートを心掛けてください。新しいツールや技術が次々と開発されています。

謝辞

このガイドを作成および管理するにあたり、ご協力いただいた次の方々に感謝の意を表します。

ICCA LCA特別委員会、Juhan Robberts委員長/ExxonMobil Chemical Europe、ICCAエグゼクティブガイドプロジェクトチーム/リーダーMike Levy氏、米国化学工業協会プラスチック部門/チームメンバーBeatriz Visconti Luz氏、Braskem S.A.氏、David Russell氏、Sustainable Business Innovation (元Dow Chemical Company Europe)、Jenny Heumann氏/American Chemistry Council Communications。

ICCAのメンバーおよび外部関係者の方々のご尽力に感謝いたします。皆様の知識、レビュー、フィードバックがなければ、このガイドを作成することはできませんでした。



ICCA c/o Cefic
Avenue E. van Nieuwenhuysse, 4 box 1
B-1160 Brussels
Belgium
www.icca-chem.org



一般社団法人 日本化学工業協会

〒104-0033 東京都中央区新川1-4-1 (住友六甲ビル7階)
TEL 03-3297-2555 FAX 03-3297-2615
URL <http://www.nikkakyo.org/>



本冊子はICCAが発行した
AN EXECUTIVE GUIDE "How to Know If and When it's Time to Commission a Life Cycle Assessment"
を翻訳したものです。