

建築物のLCA実施における評価の目安（案）

2023年7月

日本建築学会 地球環境委員会 LCA小委員会

* 2023年7月版は、2022年6月版の内容に、6章および7章を追加したものである。

目 次

1. 目安作成の目的
2. 建築物の LCA を取り巻く状況
 - 2.1 LCA に関する規格
 - 2.2 活用例
 - 2.3 データベース
3. 本稿で取り扱う評価の対象
4. 評価の基本的な考え方
 - 4.1 LCA の実施手順
 - 4.2 目的と調査範囲の設定
 - 4.2.1 概要
 - 4.2.2 目的の設定
 - 4.2.3 システムバウンダリの考え方
 - 4.2.4 評価における機能単位の考え方
 - 4.2.5 影響評価の範囲
 - 4.3 インベントリ分析
 - 4.3.1 インベントリ分析の概要
 - 4.3.2 データ収集の考え方
 - 4.3.3 フォアグラウンドデータとバックグラウンドデータとの連鎖
 - 4.3.4 分析精度と評価の限界
 - 4.3.5 カットオフと分析精度
 - 4.4 影響評価（インパクト評価）
 - 4.5 結果の解釈

5. 各プロセスにおける評価の考え方

5.1 新築に関するプロセス

5.1.1 新築時の資材製造プロセス

5.1.2 新築時の資材の輸送プロセス

5.1.3 新築時の施工プロセス

5.2 建替

5.3 修繕・更新に関するプロセス

5.4 改修に関するプロセス

5.5 維持管理に関するプロセス

5.6 運用に関するプロセス

5.6.1 エネルギーの使用プロセス

5.6.2 創エネプロセス

5.6.3 水の使用プロセス

5.6.4 運用時の廃棄物の処理プロセス

5.7 建物からの物質の放出プロセス

5.8 解体・廃棄物処理プロセス

5.9 その他

6. 特定プロセスのインベントリデータの作成

6.1 基本的な考え方

6.2 建築材料製造（A1-3）を例としたインベントリデータの作成

6.2.1 前提条件の整理

6.2.2 プロセスデータの作成

7. 評価において記録すべき内容（記録すべき記述子）

7.1 概要

7.2 データ管理フォーマット

7.3 記録すべき内容（記述子の内容）

7.3.1 プロセスに関する記述子

7.3.2 プロセスの入出力情報についての記述子

8. 用語解説

9. 参考文献

1. 目安作成の目的

近年、LCA を活用した環境情報が、以前にも増して様々な形で活用されるようになってきている。建築分野においても CASBEE¹⁾、LEED²⁾などの環境配慮設計における活用や、カーボンフットプリント、エコリーフ環境ラベルなどのような環境ラベル、Scope3、ESG や CSR などの投資家向けの環境情報発信など様々な目的で活用が進んできている。こうした背景を踏まえると、評価の考え方をまとめておくことは重要と考える。

建築物に関わるステークホルダは多岐にわたる。そのため、LCA の実施目的も多岐にわたり、画一的に評価の方法を規定することは容易なことではない。例えば、評価におけるシステムバウンダリ（評価の枠組）の考え方、評価に求める精度などは評価目的に応じて適切に判断されるべきである。

以上の背景を踏まえ、本書では、建築物の LCA を実施する際に考慮すべき内容を検討するうえで参考となるような、評価の目安を示すことを目的に記述する。LCA 実施者は本内容を参考に、目的に応じて考慮すべき内容を精査し、評価を実施することが重要である。

なお、評価においては、ISO14040（原則及び枠組み）、ISO14044（要求事項及び指針）の考え方に基づくことが重要である。ここでは、両規格に関連する内容は除き、建築物を対象として具体的に評価を実施する際の目安となる内容を記述する。

2. 建築物のLCAを取り巻く状況

2.1 LCAに関する規格

本章では、LCAに関する規格等の状況について述べる（表1）。LCAに関する規格にはISO14040（JIS Q14040）³⁾、ISO14044（JIS-Q14044）⁴⁾がある。ISO14040は原則及び枠組み、ISO14044は要求事項及び指針について記載されている。また、関連規格の例として、タイプⅢ環境宣言（Environmental product declaration: EPD）などの規格がある。建築物を対象とした規格には、建築製品の環境宣言に関するISO21930⁵⁾がある。また、欧州規格（Euronorm）には、製品の環境宣言に関するEN15804⁶⁾、建物の環境性能評価方法に関するEN15978⁷⁾などがある。

表1 LCAに関する主な規格（LCA一般とEPD関連）

	国際規格	欧州
全て	ISO14040、44 あらゆる製品・サービスのLCA -原則・枠組み、要求事項・指針 ISO14025 タイプⅢ環境宣言	
建築 ・建材	ISO21930 建築製品の環境宣言	EN15804、15804+A2 持続可能な建設工事 -製品の環境宣言（のPCR）など EN15978 持続可能な建設工事 -建物の環境性能の評価方法

2.2 活用例

建築物に関わる活動におけるLCAを用いた活用例には、様々な取り組みがある。サプライチェーン排出量の算定（Scope3）⁸⁾は、事業者自らの排出だけでなく、事業活動に関係するあらゆる排出を合計した排出量を算出する取り組みである。建物の環境性能を総合的に評価する例として、CASBEEやLEEDがある。LEEDでは、LCAの実施で一定条件を満たすと加点されることになっている。また、EPDを取得した建材を一定以上用いることでも加点される仕組みとなっている。CASBEEは簡易的なLCCO₂の分析が可能となっている。EPDは、カーボンフットプリント⁹⁾・エコリーフ¹⁰⁾があり、建築物での取得事例もある。Scope3、CASBEE、カーボンフットプリントは温室効果ガスまたはCO₂排出量に主眼を置いている。一方、LEEDやエコリーフでは、マルチクライテリア（多様な環境影響）の評価が求められている。

2.3 データベース

LCAにおける環境負荷の算定では、評価に直接的に関与するフォアグラウンドデータは自ら収集し、間接的に関与するバックグラウンドデータはバックグラウンドデータベース(原単位データベース)を用いて評価を行うことが一般的である。原単位データベースには、産業連関分析によるもの、積上法によるものがある。バックグラウンドデータベースにはそれぞれ特徴があり、評価目的に応じて適切に利用することが重要である(表2)。また、複数のデータベースを混用することは回避することが重要である。

産業連関分析によるものの例として、国立環境研究所の3EID¹¹⁾がある。本会の公表するデータベースも3EIDをもとに作成されたものである。本データベースは総務省が公表している産業連関表を用いて作成されている。原則としてすべての項目が同じ統計から同じ方法を用いて算出されるためデータの品質が一定であることが特徴である。また、産業連関表の特徴を生かし、財やサービスも含めた波及効果もとらえることができる点も特徴の一つである。

積上型の例として、Inventory Database for Environmental Analysis (IDEA)¹²⁾が挙げられる。IDEAは約4800の製品等の項目を有しており、評価可能な環境負荷物質は約1000種類で、わが国最大級の規模となっている。このように、IDEAは積上型であること、産業連関分析によるデータベースよりも収録されているデータ数が多いこと、プロセスの詳細を分析することが可能なことなどから、詳細な分析に向いている。また、国内の工業会などの業界団体が整備したデータベースとして、LCA日本フォーラムのLCAデータベースがある。本データベースは各業界団体が整備したデータベースで、データの品質(特にデータの代表性)が高いことが特徴である。

海外のバックグラウンドデータベースは、欧州のecoinvent ver.3¹³⁾、ELCD¹⁴⁾、アメリカのNREL¹⁵⁾のデータベース、中国のCLCD¹⁶⁾などをはじめ、各国で開発が進んでいる。OpenNexus¹⁷⁾に参加しているデータベースは、当該サイトでそれぞれのデータの概要を知ることができる。

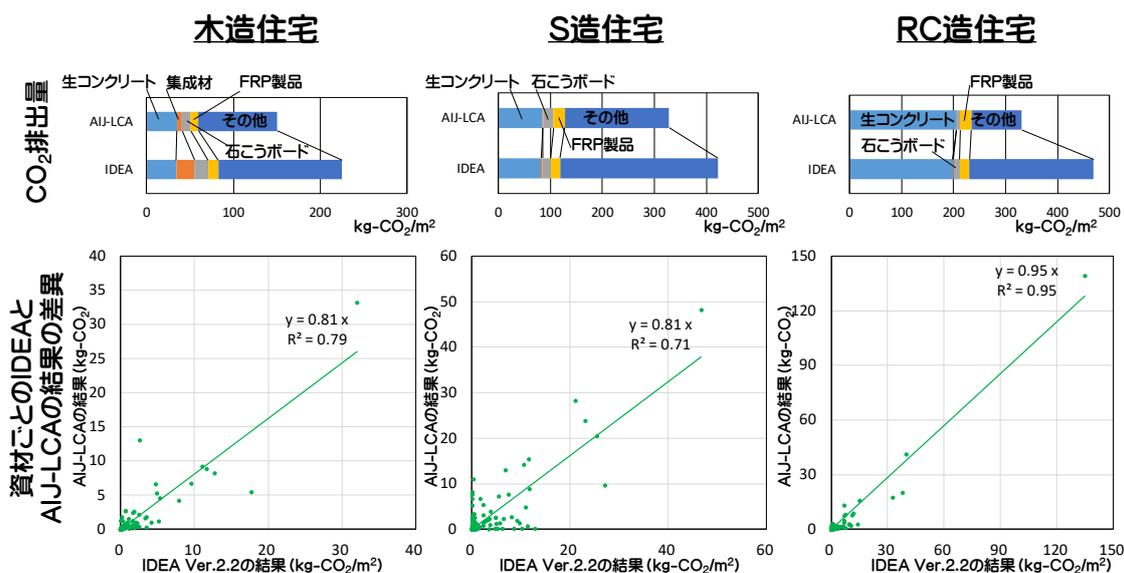
なお、LCAを活用した取り組みによっては、規格への準拠を求められることがある。例えば、LEED Ver.4.1では、LCA算定において使用する原単位についてISO21930及びEN15804への準拠が求められている。

表2 我が国の主要なバックグラウンドデータベースの比較

名称	AIJ-LCA (2005)	3EID (2015)	IDEA Ver.3
作成主体	日本建築学会	国立環境研究所	産業技術総合研究所
データ数	約 400	約 400	約 4800 (分類数は約 1800)
情報源	統計 (2005 年産業連関表)	統計 (2015 年産業連関表)	統計、実測、論文・報告書、理論計算値など
評価範囲	原材料、エネルギー、サービス、インフラなど、すべての活動を含む	原材料、エネルギー、サービス、インフラなど、すべての活動を含む	原則として原材料、エネルギー
品質	全て同じ情報源 (産業連関表) を用い、データの代表性、地理的有効範囲 (日本平均) などの品位は高い。またデータ作成方法の一貫性がある。	全て同じ情報源 (産業連関表) を用い、データの代表性、地理的有効範囲 (日本平均) などの品位は高い。またデータ作成方法の一貫性がある。	情報源が異なるため、データごとに品質が異なる。代表性、完全性、地理・技術的有効範囲などが、きわめて品質が高いものもあれば、逆のものもある。
対象物質	6 種類 (エネルギー、CO ₂ 、SO ₂ 、NO ₂ 、CH ₄ 、N ₂ O)	8 種類 (エネルギー、CO ₂ 、CH ₄ 、N ₂ O、HFCs、PFCs、SF ₆ 、NF ₃)	1000 種類近い環境負荷物質。マルチクリテリアでの評価が可能。
他の特徴	独自の計算方法を用いており、主要輸入材の影響が考慮されている。	国内完結型 (国内温室効果ガス排出量の報告値に一致) と概要輸送を含めたものが公開。	ISO に準拠できるように作成。海外版 (輸出入が盛んな 14 か国) も公表。
価格	LCA 指針に同封	無料	有料

----- 解説：原単位の差異 -----

わが国で利用されているバックグラウンドデータベースには、複数のデータベースがある。それぞれのデータベースに収録されているバックグラウンドデータは、同じ製品名であっても値が異なる。例えば、図1は建築学会の原単位(2005年版)とIDEA Ver. 2.2で建物の建築時資材を評価した事例であるが、結果が大きく異なることがわかる。



出典：牧村、小林：住宅のLCAにおける基礎的分析と評価における目安の検討、建築学会大会学術講演梗概集、2018.9

図1 異なるバックグラウンドデータベースを用いた場合の評価結果の差異

こうした差異が生じる理由には様々な原因が考えられる。あくまでも例であるが、以下のような原因によって差異が生じることもある。

- ・バックグラウンドデータの評価の年次の差異

建築学会は2005年、IDEA Ver. 2.2は2015年を用いており、電力などをはじめとする原単位が大きく異なるため、結果に差異が生じ得る。

- ・バックグラウンドデータの対象範囲の差異

例えば石膏ボードを評価したい場合、IDEAには「石膏ボード・同製品」がある。建築学会のデータは「その他の建設用土石製品」が該当するが、このデータはせっこボー

ドだけではなく、かわら、れんが、陶管などを含んだこれらの平均データとなっている。このように評価対象が異なるデータを用いることによっても差異が生じ得る。

・バックグラウンドデータのシステムバウンダリの差異

バックグラウンドデータによっては、製品の生産における工場の付帯設備（例えば従業員が工場内で使用する給湯に起因する負荷）などが含まれていない場合がある。このようなデータのシステムバウンダリが異なることにより差異が生じ得る。

・バックグラウンドデータの品質

インベントリデータには品質がある。例えば、代表性、完全性、時間的有效範囲、地理的有效範囲、技術的有效範囲が挙げられる。こうしたデータの品質によってデータの値が異なることがあり得る。

3. 本稿で取り扱う評価の対象

建築分野におけるLCAの活用実態調査¹⁸⁾によると、建築物にかかわるLCAの実施目的は多岐に亘ることがわかっている。そのため、すべての視点について、目安を作成することは容易なことではない。そこで、建築物のライフサイクルを通じての評価を行うことを想定して、目安を作成することとした。

したがって、具体的な評価の視点(こだわりどころ)がある場合や、このうちの一部分(例:建設段階のみ、設備工事のみ)を対象とする場合には、その対象についてより詳細にデータ収集等を行って評価を行うことが求められる。また、建築物と一言で言っても、外構・駐車場を含めるか否かなど、評価対象範囲の考え方も様々である。これらの枠組みの考え方も評価の目的に応じて適切に設定されるべきである。

4. 評価の基本的な考え方

4.1 LCAの実施手順

LCAの実施手順は、図2に示すとおりである。はじめに、目的と調査範囲の設定を行う。次にインベントリ分析を実施して、評価対象範囲についてCO₂排出量などの環境負荷物質量を算定する。また、影響評価を行って、地球温暖化・酸性化などの影響領域ごとの評価、さらには被害評価や統合化などの評価を行う。これらの結果を踏まえて結果の解釈（データの完全性・整合性の確認、感度解析）を行う。

分析結果を踏まえ、その内容を報告書にまとめる。また、必要に応じてクリティカルレビューを行って、目的とする用途に活用する。

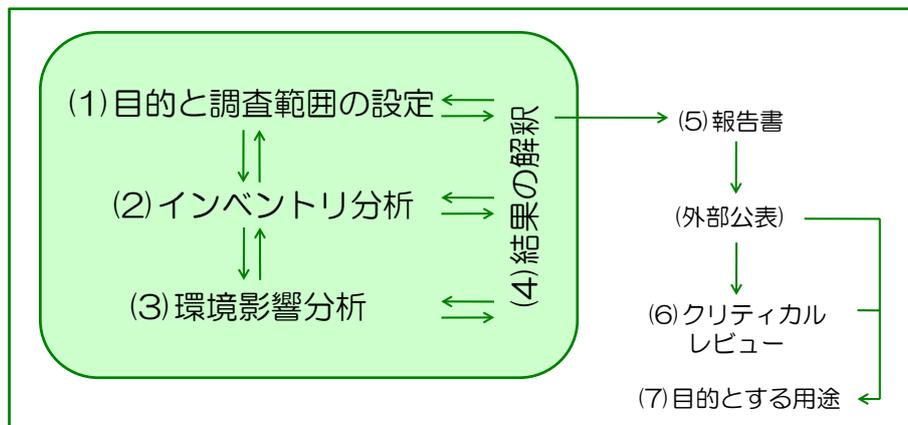


図2 LCAの実施手順

4.2 目的と調査範囲の設定

4.2.1 概要

評価目的や評価範囲などLCA実施の条件設定を行う段階であり、評価において最も重要な段階である。具体的に、建物概要（名称、構造、延床面積（m²）、建物の機能、その他建物の概要）、評価実施者、実施日、目的（評価目的、比較主張の有無）、評価範囲（システムバウンダリ）、機能単位（評価期間（年）、建替周期（年）、対象範囲（棟・戸など）、機能単位）、カットオフ基準などについて検討することになる。

4.2.2 目的の設定

中でも目的は大変重要な条件である。目的の設定では、意図する用途（社内での製品開発に使用、環境報告書に記載して一般に公開など）、実施する理由（新製品のCO₂の削減、製品の環境負荷を一般に知らせるなど）、結果を伝える相手（社内の製品開発チーム、一般消費者など）、一般に開示することを意図する比較主張を行うかどうかについて、十分な検討が必要となる。

4.2.3 システムバウンダリの考え方

建築物のライフサイクル評価では、資材生産プロセス、建設プロセス、運用（使用）プロセス、修繕・更新等プロセス、廃棄・リサイクルプロセスがある。本稿では、これらのプロセスごとに情報を整理した。なお、例えば資材の生産プロセスは原材料の調達・原材料の輸送・加工のプロセスに細分化できる。このように必要に応じて各プロセスを細分化して情報を整理した。評価を実施する場合も、評価目的に応じてプロセスを細分化するなどして検討を行うことが重要である。

なお、ISO21930 や En15978 では、生産・建設段階（A1~A5 の 5 分類）、使用段階（B1~B7 の 7 分類）、廃棄・リサイクル段階（C1-C4 の 4 分類）、補足情報（D）の様に大別して 4 分類、詳細に分けると 17 分類に分けられている。資材生産段階は A1~A3、建設プロセスは A4・A5、運用プロセスは B6、B7、修繕・改修等プロセスは B1~B5、廃棄・リサイクルプロセスは C1~C4 に相当する。補足情報では、再利用・リサイクル・エネルギー回収等による潜在的な便益の表示がある。

各プロセスにおける評価の考え方は 5 章で詳細に述べる。

4.2.4 評価における機能単位の考え方

建築物に求められる機能は多様であり、その目的に応じて適切に設定されることが求められる。様々な機能単位が考えられ得るが、多くの場合、棟・戸、あるいは面積を機能単位にとることが多い。また、これに加えて、耐用年数（想定使用年数）で除して評価することも多い。

4.2.5 影響評価の範囲の設定

影響評価（インパクト評価）方法の検討も重要である。評価の目的に応じ、検討する影響領域（地球温暖化、酸性化など）、影響評価手法（特性化手法や単一指標の評価における重みづけ手法）などについて、十分な検討を行っておくことが重要である。わが国では影響評価手法に LIME（Life-cycle Impact Assessment Method based on Endpoint Modeling：日本版被害算定型影響評価手法）¹⁹⁾がある。

4.3 インベントリ分析

4.3.1 インベントリ分析の概要

インベントリ分析とは、対象製品について、原材料・エネルギー（入力）や、生産または排出される製品・排出物（出力）のデータを収集し、環境負荷項目に関する入出力の明細一覧を作成することである。インベントリ分析の実施手順は図 3 のようになる。特に重要なプロセスは、直接的に関与するフォアグラウンドデータの収集、収集したフォアグラウンド

データをバックグラウンドデータに連鎖し環境負荷量を算定することである。

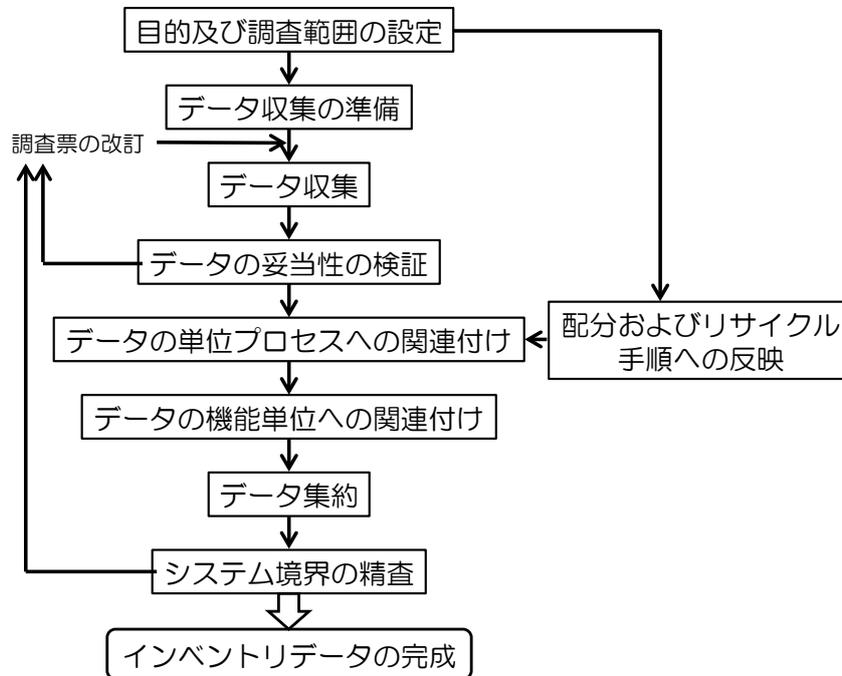


図3 インベントリ分析の流れ

4.3.2 データ収集の考え方

LCA 実施においては、原則として評価にかかわるすべてのデータを収集することとなっている。しかし、データ収集のために膨大な労力を費やすこととなる。そのため、評価結果に直接的に大きな影響を及ぼすフォアグラウンドデータは自ら収集し（例：建物の資材投入量、エネルギー消費量）、間接的に影響する部分はバックグラウンドデータベースを用いて計算作業を実施する。また、ある特定のプロセス等において環境負荷が小さい技術・システムを用いている場合は、そのこだわりが反映できるように、フォアグラウンドデータとして実施者自らデータ収集する。

これらのデータの収集方法は、LCA 実施内容の透明性を担保するため、報告書に明記することが重要である。

4.3.3 フォアグラウンドデータとバックグラウンドデータとの連鎖

収集した投入資材の機能単位（フォアグラウンドデータの機能単位）と、連鎖するバックグラウンドデータの機能単位が一致しないケースも少なくない。これらの単位換算には、対象資材の比重や単価等のデータを用いることが理想であるが、単位換算データベース²⁰⁾、簡易的には文献^{21)、22)}などに掲載されている比重や単価データ等を用いて換算する方法もあ

る。ただし、特に単価を用いた換算は、あくまでも平均的な単価で、実態を反映しない可能性があること、市況が常に変動することなどに十分留意する必要がある。

4.3.4 分析精度と評価の限界

バックグラウンドデータの利用には限界がある。バックグラウンドデータの利用において、評価対象の製品等と用いるバックグラウンドデータのシステムバウンダリが合致しなければ、誤差が生じる恐れがある^{23、24)}ほか。例えば、投入資材が石こうボードである場合、産業連関分析による原単位では、その他の建設用土石製品が該当する。本データは、石こうボードだけではなく、かわら、れんがなども対象に含まれ、その平均値を取った原単位である。このようなことから、高い精度が要求される分析は自らデータを収集することが重要である。また、報告書には評価の限界についての記述を明記することが重要である。

4.3.5 カットオフと分析精度

建築物の場合、部材点数が膨大になるケースが少なくない。概算的に行う場合は、影響が極めて小さいと考えられる資材について、カットオフ（インベントリ分析の結果に大きく寄与しないと考えられる部分を省くこと）して作業の軽減を図る方法もある。その場合は、支配的となりえる資材やエネルギーを見落とすことなく評価することが重要である。なお、建物の評価において、多様な環境負荷物質・環境影響領域で評価し、支配的な要因について分析した例には文献²⁵⁻²⁷⁾ほかがある。建築物の場合、環境負荷排出量の大部分は特定の投入資材によって占められることが多い。このことから、分析事例を参考にしつつ、評価の目的・精度に応じて、カットオフを行って作業の軽減を図ることも選択肢である。

カットオフを行う場合、カットオフ率（カットオフされたデータの全データに対する割合）を算出しておくことが重要である。その算出方法は、物量ベースでカットオフ率を算出することが望ましいが、投入資材をすべて重量・体積等に統一するためには大きな作業負荷がかかる。そのため、金額ベースで算出する方法もある。また、計算した結果についてカットオフ率をもとに割り戻して補完する方法も考えられる。一方、詳細な評価を実施する場合は、対象となる資材やエネルギーについて、詳細なフォアグラウンドデータを収集する必要がある。

参考までに、カットオフ基準の考え方を明記した取り組みの例に、エコリーフ環境ラベルプログラム 算定・宣言規程（総則、要求事項）がある。

----- 解説：カットオフと分析精度 -----

4.3.5でも示した通り、建築物の評価を実施すると、結果に大きな影響を及ぼす支配的な要因は限定的となることが一般的である。図4は、事例建物に投入される新築時の資材の環境負荷量(CO₂排出量、LIMEによる統合化)を分析した結果である。投入資材の環境負荷量が大きい資材順に並べると、建物全体の負荷量の90%を占める資材は、CO₂排出量でも統合化でも全体の割程度の資材であることが分かる。同様に99%を占める資材は、全体の半分程度である。つまり、結果に大きな影響を及ぼさない投入資材が少なくないことが分かる。

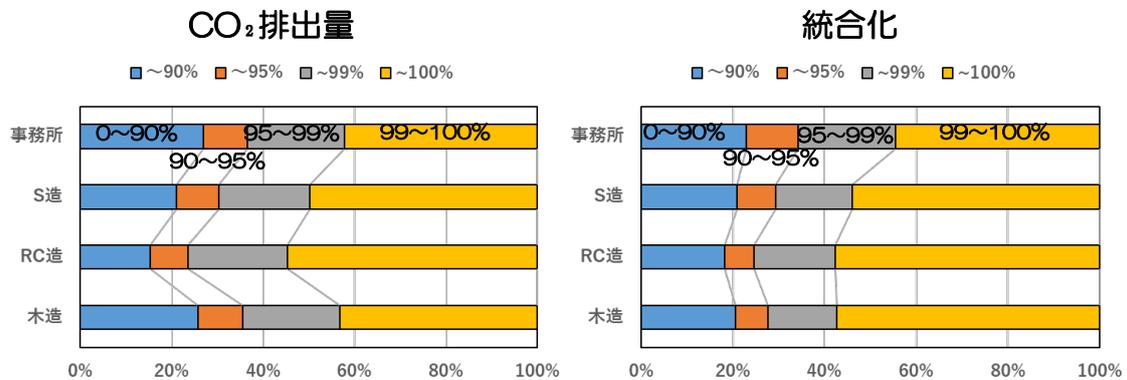


図4 支配的な資材が占める割合

出典：牧村、小林、平林：マルチクリテリアでの評価を想定した建築物のライフサイクルにおける支配的要因の分析、第14回日本LCA学会研究発表会、pp.382-393、2019.3

4.4 影響評価(インパクト評価)

ライフサイクル影響評価は、インベントリ分析結果から得られた環境負荷物質の排出や資源消費が環境に与える影響を評価するものである。影響評価は、(a)影響領域と影響領域の指標及び特性化モデルの選択、(b)分類化、(c)特性化、(d)正規化、(e)グルーピング、(f)重みづけを行うことになっている。このうち、(a)~(c)を必須要素としており特性化までは必ず実施する。わが国では、日本版被害算定型影響評価手法(LIME)¹⁹⁾が開発されている。また、影響評価を行うためには、多様な環境負荷物質を評価できるバックグラウンドデータベース(例:IDEA)を用いることが不可欠となる。

4.5 結果の解釈

LCAの算出結果を基に解釈を行う。解釈には、完全性、整合性、感度分析などのプロセスがある。完全性の確認では、インベントリ分析で使われたデータに漏れがないかなどを確認する。たとえば、CO₂の排出量を調べるのが目的なら、CO₂の排出量が大きいプロセスが漏れなく網羅されているかを確認する。整合性の確認では、それぞれのデータの整合性を確認する。たとえば、用いたデータの地理的範囲がすべて同じになっているかを確認する。また、あるデータは重量基準の配分方法を用い、ほかのデータは経済価値基準の配分方法を用いていないかなどについても確認する。感度分析では、算出結果が使われたデータにどの程度依存しているかを分析する。使用されたデータが変化する場合、一番大きな値になった時、または一番小さな値になった時でも、LCA調査によって導かれた結果である「重要な事項」が確かにいえるかどうかを確認する。

5. 各プロセスにおける評価の考え方

5.1 新築に関するプロセス

5.1.1 新築時の資材製造プロセス

(1) プロセスの概要

建築物に投入される資材の生産に伴う環境負荷を算定するプロセスである。多くの場合、フォアグラウンドデータとして原材料・エネルギー投入量に関するデータを収集し、それにバックグラウンドデータを乗じる形で算定される。なお、詳細な評価を行う場合は、資材の原材料の製造(A-1)、原材料の輸送(A-2)、加工(A-3)について自らデータを収集して分析を行う。本プロセスで対象となる内容は以下などが考えられる。LCA実施者は評価目的に応じて適切に評価対象を選定し、算定を行うことが重要である。

原材料の製造 資材の原材料は、資源採掘・原材料、リユース品、二次材料、電力・蒸気(一次)、電力・蒸気(二次)エネルギー回収、これに伴う廃棄物輸送・処理(含梱包材)など

原材料の輸送 原材料の輸送は、資源採掘・原材料等の加工工場への輸送

加工 加工は、原材料・補助材料等による製品製造、電力・蒸気(一次)、エネルギー回収、二次エネルギー燃焼、製品の製造(採掘・加工・輸送)、梱包、廃棄物輸送・処理など

なお、本プロセスはISO21930において、主にA-1(原材料の製造)、A-2(原材料の輸送)、A-3(加工)に関連する。

(2) 収集すべきフォアグラウンドデータ

収集すべき投入資材データは、建物に使用される投入資材すべてが原則である。また、評価する環境負荷物質によっては、単に材料量データだけを収集するだけではなく、製法(例:木材における乾燥方法)や素材の上流の情報(例:木材における再造林率)も重要になることがある。また、評価の目的によっては、収集すべきデータの範囲を建物のみではなく外構・駐車場・共用部などを対象とすることも考えられる。その場合はそれらに用いられる資材も同様に評価する。

評価は、多くの場合、フォアグラウンドデータとして原材料・エネルギー投入量に関するデータを収集し、それにバックグラウンドデータを乗じる形で算定される。公開されているバックグラウンドデータベースの多くは日本全体の平均値として整備されていることも少なくない。これらのデータを用いる場合は、バックグラウンドデータの内容を十分に理解したうえで利用することが重要である。また、材料の製造方法について環境負荷の小さい製法

を用いている場合などは、そのこだわりが反映できるように、バックグラウンドデータ用いずにフォアグラウンドデータとして自ら収集することが望ましい。

(3) フォアグラウンドデータの情報源

①基本的な考え方

資材のフォアグラウンドデータは、実際に現場に投入した資材量を計測できることが理想であるが、現実的には難しい。また、設計の初期段階でLCAを実施することを想定すると、設計段階における設計情報から資材量を拾い上げる方法、積算情報等から算出する方法などが考えられる。なお、積算情報を用いる場合は、積算段階の情報と実際の建物の建築にあたって投入される原材料量が異なる場合がある²⁾ことに留意する必要がある。

建築物の場合、部材点数が膨大になるケースが少なくない。概算的に行う場合は、影響が極めて小さいと考えられる資材について、カットオフ(インベントリ分析の結果に大きく寄与しないと考えられる部分を省くこと)して作業の軽減を図る方法もある。一方、詳細な評価を実施する場合は、材料の生産に関する詳細なフォアグラウンドデータを収集する必要がある。その場合は、原材料、輸送(生産工場への輸送)、生産(加工)のデータを収集することになる。

なお、建物の評価において、多様な環境負荷物質・環境影響領域で評価し、支配的な要因について分析した例には文献³⁻⁵⁾がある。建築物の場合、環境負荷排出量の大部分は特定の投入資材によって占められることが多い。このことから、分析事例を参考にしつつ、評価の目的・精度に応じて、カットオフを行って作業の軽減を図ることも選択肢である。なお、カットオフを行う場合、カットオフ率(カットオフされたデータの全データに対する割合)を算出しておくことが重要である。その算出方法は、物量ベースでカットオフ率を算出することが望ましいが、投入資材をすべて重量・体積等に統一するためには大きな作業負荷がかかる。そのため、金額ベースで算出して参考にする方法もある。また、計算した結果についてカットオフ率をもとに割り戻して補完する方法も考えられる。

②建築学会ツールでの評価方法

基本的には評価者が自らフォアグラウンドデータを収集し、入力する。投入資材の製法にこだわりがある場合は、投入原材料(A-1)・輸送(A-2)・加工(A-3)に伴う入出力データを収集し、複合原単位を作成する方法が考えられる。詳細は、建物のLCA指針の2.5.3 新築・建替・修繕・改修・廃棄(6)主要資材物量の設定(建物のLCA指針p.12)を参照。

----- 解説：新築時資材製造における支配的要因 -----

新築時の資材製造プロセスの算定では、特に投入資材等の製品数が多くなることが多い。場合によっては、4.3.5で示したようにカットオフを検討することも考えられる。その際に重要となるのが様々な建物における支配的要因の分析事例である。表3、図5には、住宅の支配的な要因分析を行った例を示す。あくまで事例であるが、コンクリート、木材製品、鉄鋼製品、アルミ製品、石こうボードなどの影響が大きくなることも少なくないことが分かる。

表3 モデル建物の概要

建物名	建物の構造	資材数	延床面積(m ²)	耐用年数
(A)	木造戸建	155	125.86	30
(B)	RC造(鉄筋コンクリート造)戸建	170		
(C)	S造(鉄骨造)戸建	190		
(D)	RC造事務所	175	7583	35
(E)	木造集合住宅	120	331.13	
(F)	RC造集合住宅	222	461.6	
(G)	S造集合住宅	241	352.18	
(H)	木造集合住宅(ZEH達成済み)	436	351.09	

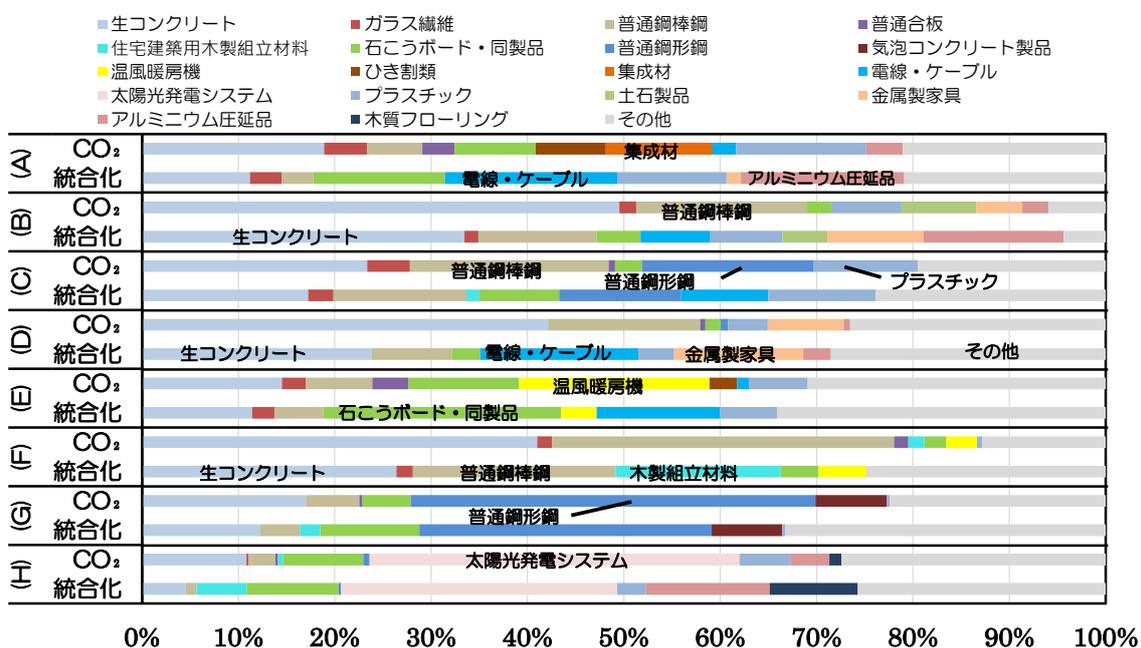


図5 それぞれの建物における支配的な材料

出典：小林：建築分野における木材利用とLCA、日本LCA学会誌 Vol.16 No.2、pp.79-85、2020.4

5.1.2 新築時の資材の輸送プロセス

(1) プロセスの概要

新築時における施工現場への資材等の輸送に関する環境負荷を算定する。本プロセスで対象となる内容は以下などが考えられる。LCA 実施者は評価目的に応じて適切に評価対象を選定し、算定を行うことが重要である。

輸送 新築にかかわる輸送は、資源採掘・原材料等の施工現場への輸送

なお、本プロセスはISO21930において、主にA-4(輸送)に関連する。

(2) 収集すべきフォアグラウンドデータ

本来は、資材輸送で消費された燃料消費量を収集することが望ましいが、設計段階に評価を実施する場合はデータを得ることが難しい。このことから、輸送量や輸送距離をもとに環境負荷量を計算する形がとられることも多い(トン・キロ法)。多くの場合、輸送のバックグラウンドデータの機能単位は、輸送距離・重量となっている(例:○○kg-CO₂/tonkm)。また、バックグラウンドデータによっては、積載率、輸送車の積載重量別にデータが整備されている。そのため、輸送距離の情報と、積載率、輸送車の積載重量の情報を収集することになる。このほか、往路のみの負荷を考慮するか復路も考慮するかについても検討が必要である。例えば、復路が空積みの場合(別の貨物を運搬しない場合)は復路の負荷も考慮するなどが考えられる。また、評価の目的によっては施工現場への作業員の輸送負荷なども考慮することも考えられる。

(3) フォアグラウンドデータの情報源

①基本的な考え方

輸送量や輸送距離をもとに環境負荷量を計算する場合、資材の重量・体積は、各プロセスにおける収集データを用いる。輸送車種や積載率は、実務担当者等へのヒアリング等で情報を入手する形が考えられる。輸送距離は、地図情報などから輸送距離を得る方法がある。

特に資材の生産工場と施工現場との距離が離れている場合、また、投入資材重量が大きい資材(例:コンクリート、鉄筋・鉄骨、木材)は、輸送距離に関する情報を収集することが望ましい。主要資材以外はカットオフ率を算出して割り戻して補完する方法も考えられる。

なお、公表されているバックグラウンドデータベースによっては、輸送(流通段階と称する場合もある)が計上されたものもある。これらは統計等を用いて平均的な輸送方法・距離による環境負荷が算出されている。これらのデータベースを活用する方法もある。

②建築学会ツールでの評価方法

建築学会で提供されているAIJ-LCAデータベースは流通段階を考慮することができるようになっている。詳細は、建物のLCA指針の2.6LCAデータベース(建物のLCA指針

p.14)を参照。

5.1.3 新築時の施工プロセス

(1) プロセスの概要

建築物の施工に関する環境負荷を算定するプロセスである。本プロセスで対象となる内容は以下などが考えられる。LCA実施者は評価目的に応じて適切に評価対象を選定し、算定を行うことが重要である。

施工 施工は、新築時廃棄物、梱包材・端材の処理、現場での製造・加工など

なお、本プロセスはISO21930において、主にA-5(施工)に関連する。

(2) 収集すべきフォアグラウンドデータ

少なくとも現場で直接消費される、電力や燃料などのデータを収集する。しかし、建築前にはデータを取得することができないので、積算時の見積もりデータ等を用いて評価することも考えられる。

また、施工に伴って、使用資材の梱包材や、現場における加工に伴う端材が発生する。施工時の廃棄物処理は、エネルギー消費量やCO₂排出量の視点では大きくは影響しないことが多いが、資源消費や廃棄物などの観点では影響が小さくないこともある。こうした状況も踏まえ、これらの処理に関わる環境負荷を適切に評価することが重要である。

また、建物本体として用いられないが、施工に使用される資材がある。例えば、建築現場における仮設資材が挙げられる。これらも評価目的を踏まえ、必要な場合は評価に加える。なお、複数回使用される仮設資材の評価においては、他の施工現場も含めた使用回数で除して、当該現場での環境負荷として計上する方法もある。

(3) フォアグラウンドデータの情報源

①基本的な考え方

施工におけるエネルギー消費量等を実測できれば理想だが、設計段階で評価を行うことを想定すると現実的には難しい。梱包材・端材の発生量や廃棄は、設計段階での正確な把握は難しいと考えられるが、実務経験者へのヒアリング等によって端材率等を設定して検討する方法もある。

こうした情報収集が難しければ、積算時の見積もり情報から設定する方法もある。例えば、長期修繕計画²⁸⁾、建設工事標準歩掛²⁹⁾、建築工事の積算³⁰⁾などが参考にできる。概算として、統計(建設部門分析用産業連関表³¹⁾)を用いて算出された工事分倍率³²⁾を乗じて計算する方法もある。ただし、これらで掲載されている値はあくまでも平均的なデータであり、建物ごとの差異は十分に考慮できない。また、施工時に発生する廃棄物については、建築系混合廃棄物の組成及び原単位調査報告書・建築物の解体に伴う廃棄物の原単位調査報告書

³³⁾なども参考にできる。

②建築学会ツールでの評価方法

建物のLCA指針の2.5.3 新築・建替・修繕・改修・廃棄 (7)新築工事の環境負荷設定（建物のLCA指針p.12）を参照。

5.2 建替

(1) 概要

評価期間を設定する場合には建替えの負荷を考慮する必要がある。例えば、基準案の耐用年数が30年で対策案が60年の場合、評価期間を60年として、評価期間内に基準案は1回建替えが実施されると設定する場合がある。本プロセスで対象となる内容は建替えに伴って投入される原材料・エネルギー等全てとなる。詳しくは、5章で述べているそれぞれのプロセスの記述を参照頂きたい。

(2) 収集すべきフォアグラウンドデータ

詳しくは、5章で述べているそれぞれのプロセスの記述を参照。

(3) フォアグラウンドデータの情報源

①基本的な考え方

詳しくは、5章で述べているそれぞれのプロセスの記述を参照。

②建築学会ツールでの評価方法

詳しくは、5章で述べているそれぞれのプロセスの記述を参照。

5.3 修繕・更新に関するプロセス

(1) プロセスの概要

建物完成後の建物使用時における維持管理等に伴う環境負荷の算定プロセスのうち、修繕、更新（例：窓ガラスが割れた場合の修復、屋根材・暖房機器・窓などの交換）に関するプロセスである。本プロセスで対象となる内容は以下などが考えられる。LCA実施者は評価目的に応じて適切に評価対象を選定し、算定を行うことが重要である。

修繕 修復は、修理に必要な資材の製造、輸送、電力消費、廃棄物の輸送、処理・処分

更新 更新は、取替に必要な資材の製造、輸送、電力消費、廃棄物の輸送、処理・処分

なお、本プロセスはISO21930において、主にB-3(修繕)、B-4(更新)に関連する。

(2) 収集すべきフォアグラウンドデータ

本稿において、修繕とは、大掛かりなものではなく、日常の活動によって破損などが生じた場合に修理を行うこと(例:破れた壁紙を部分的にはり替え)を想定している。修繕に必要な資材の製造は、その資材量データを収集することが理想ではあるが、設計等の段階でこれらのデータを収集することは難しい。一つの方法として、修繕率を想定して、1年あたりの修繕量を算出方法が考えられる。また、修繕が行われる場合、同じ仕様の資材が再度用いられるとは限らない。しかし、これらの将来技術を予測することは極めて難しいため、新築時と同じものが投入されると仮定することもある。また、精緻に検討を行う場合は、工事に伴って、資材に接合されるなどして、本来対象ではない資材が道連れ解体されるケースもある。評価の目的や精度を踏まえつつ、必要な場合はこれらも考慮することが重要である。

更新は、寿命を迎えた資材の取替(例:耐用年数を迎えたエアコンの交換)などを想定している。更新される資材の製造は、その資材量データを収集することが理想ではあるが、設計等の段階でこれらのデータを収集することは難しい。改修は、投入されている資材の耐用年数情報を収集するなどして、建物のライフサイクルにおいて何回改修が行われるか、すなわち、資材の投入回数の情報を整理する。また、更新が行われる場合、同じ仕様の資材が再度用いられるとは限らない。例えばエアコンは、更新される際により性能が高いものに交換されることがほとんどと考えられる。しかし、これらの将来技術を予測することは極めて難しいため、新築時と同じものが投入されると仮定することが多い。また、精緻に検討を行う場合は、工事に伴って、更新資材に接合されるなどして、本来改修対象ではない資材が道連れ解体されるケースもある。評価の目的や精度を踏まえつつ、必要な場合はこれらも考慮することが重要である。

(3) フォアグラウンドデータの情報源

①基本的な考え方

修繕、更新で搬入された資材量を計測できることが理想であるが、現実的には難しい。また、設計の初期段階でLCAを実施することを想定すると、それぞれの資材の耐用年数情報を収集して更新回数を算出する方法が現実的と思われる。

修繕・更新の情報が十分に収集できない場合は、文献から参考値を引用する形が考えられる。例えば、建築物のライフサイクルコスト³⁴⁾、ビルディングLCビジネス百貨³⁵⁾、建築物のライフサイクルマネジメント用データ集³⁶⁾、建物の耐用年数ハンドブック³⁷⁾、建築躯体・部材・設備等の耐用年数調査³⁸⁾などを活用して設定する方法も考えられる。ただし、文献によって耐用年数の値がまちまちで、ばらつきが非常に大きいため、影響が大きい資材だけでも自らデータ収集するほうが望ましい。

建築物の場合、修繕、更新においても部材点数が膨大になるケースが少なくない。概算的

に行う場合は、評価の目的・精度に応じて、影響しないと考えられる資材についてカットオフして作業の軽減を図る方法もある。建築物の場合、環境負荷排出量の大部分は特定の内外装材や設備機器によって占められることが多いことが報告されている²⁵⁻²⁷⁾。修繕・更新は、耐用年数が短く更新頻度が多い、内外装材・設備機器(太陽光発電システム、エアコン等)などが挙げられる。

②建築学会ツールでの評価方法

建物のLCA指針の2.5.3 新築・建替・修繕・改修・廃棄(3)建物部材の更新周期、(9)修繕の環境負荷設定(建物のLCA指針p.12、13)を参照。

5.4 改修に関するプロセス

(1) プロセスの概要

建物完成後の建物使用時における維持管理等に伴う環境負荷の算定プロセスのうち、建物の改修(例:建物内部のレイアウトの変更、冷暖房システムの改修)に関するプロセスである。本プロセスで対象となる内容は以下などが考えられる。LCA実施者は評価目的に応じて適切に評価対象を選定し、算定を行うことが重要である。

改修 改修は、改修に必要な資材の製造、輸送、電力消費、廃棄物の輸送、処理・処分
なお、本プロセスはISO21930において、主にB-5(改修)に関連する。

(2) 収集すべきフォアグラウンドデータ

収集すべき投入資材データは、改修に使用される投入資材すべてが原則である。また、評価する環境負荷物質によっては、単に材料量データだけを収集するだけではなく、製法(例:木材における乾燥方法)や素材の上流の情報(例:木材における再造林率)も重要になることがある。その場合は、そのこだわりが反映できるように、バックグラウンドデータ用いずにフォアグラウンドデータとして自ら収集することが望ましい。また、評価の目的によっては、収集すべきデータの範囲を建物のみではなく外構・駐車場・共用部などの改修を対象として評価することも考えられる。その場合はそれらに用いられる資材も同様に評価する。加えて、これらに関する資材等の輸送、施工に伴って生じる負荷も考えられる。このほか、改修工事に伴って発生する廃棄物の輸送や処理に伴う負荷も対象となり得る。

(3) フォアグラウンドデータの情報源

①基本的な考え方

資材のフォアグラウンドデータは、実際に現場に搬入した投入資材量を計測できることが理想であるが、改修の計画段階等で評価を実施する場合は入手が難しい。改修の計画段階における設計情報から資材量を拾い上げる方法、積算情報等から算出する方法などが考えられる。なお、積算情報を用いる場合は、積算段階の情報と実際の建物の建築にあたって投入される原材料量が異なる場合がある³⁹⁾ことに留意する必要がある。

改修の規模によっては、部材点数が膨大になるケースが少なくない。概算的に行う場合は、影響が極めて小さいと考えられる資材について、カットオフして作業の軽減を図る方法もある。一方、詳細な評価を実施する場合は、材料の生産に関する詳細なフォアグラウンドデータを収集する必要がある。その場合は、改修に用いる資材の原材料、輸送(生産工場への輸送)、生産(加工)のデータを収集することになる。

②建築学会ツールでの評価方法

建物のLCA指針の2.5.3 新築・建替・修繕・改修・廃棄(10)改修工事の環境負荷設定(建物のLCA指針p.12、13)を参照。

5.5 維持管理に関するプロセス

(1) プロセスの概要

建物完成後の建物使用時における維持管理等に伴う環境負荷の算定プロセスのうち、建物のメンテナンス(例:窓枠やドアなどの塗装作業、エアコンフィルターの交換)に関するプロセスである。本プロセスで対象となる内容は以下などが考えられる。LCA実施者は評価目的に応じて適切に評価対象を選定し、算定を行うことが重要である。

メンテナンス メンテナンスは、清掃・予定された通常のメンテナンス、洗浄剤等のメンテに必要な資材の製造、メンテに関する輸送、メンテによる電力消費、廃棄物の輸送、処理・処分

なお、本プロセスはISO21930において、主にB-2(メンテナンス)に関連する。

(2) 収集すべきフォアグラウンドデータ

収集すべき投入資材データは、維持管理に使用される投入資材すべてが原則である。

(3) フォアグラウンドデータの情報源

①基本的な考え方

維持管理に該当する投入資材・エネルギー消費量を入手することができることが理想で

あるが、難しい場合はメンテナンス費用をもとに算出する方法もあり得る。

②建築学会ツールでの評価方法

建物のLCA指針の2.5.2 維持管理（建物のLCA指針p.11、12）を参照。

5.6 運用に関するプロセス

5.6.1 エネルギーの使用プロセス

(1) プロセスの概要

建物使用時における居住者の活動に伴って消費されるエネルギーに関する環境負荷の算定プロセスである。本プロセスで対象となる内容は以下などが考えられる。LCA実施者は評価目的に応じて適切に評価対象を選定し、算定を行うことが重要である。

エネルギー消費 エネルギー消費は、暖房、冷房、換気、照明、給湯など

なお、本プロセスはISO21930において、主にB-6に関連する。

(2) 収集すべきフォアグラウンドデータ

居住者の活動に伴って消費されるエネルギーに関わる環境負荷は、建物の環境負荷評価において最も大きな影響を占めることが殆どである。また、建物の設計条件や入居者の生活スタイルによって、環境負荷量が大きく影響を受ける。従って、収集するデータの精度を高めるべきプロセスである。

理想は入居時の電力消費量や化石燃料消費量などを実測して分析することだが、設計段階で評価する場合はデータを得ることができないため計算で推計する方法が考えられる。また、評価の目的・システムバウンダリの考え方によっては、電力や化石燃料以外のデータも収集する必要がある。

(3) フォアグラウンドデータの情報源

①基本的な考え方

設計段階において、運用段階の電力消費量や化石燃料消費量などを計測することは不可能である。運用プロセスに関わる環境負荷は、エネルギー使用の合理化に関する法律（省エネ法）⁴⁰⁾における省エネルギー計画書の作成過程で算出される、一次エネルギー消費量計算結果を用いる方法が考えられる。

設計の初期段階の場合など、建物の詳細が決まっていない場合は、概算として統計等から得られるデータを活用する方法もある。例えば、エネルギー経済統計要覧⁴¹⁾、非住宅建築物の環境関連データベース（DECC）⁴²⁾、平成24年度エネルギー消費状況調査（民生部門エネルギー消費実態調査）⁴³⁾などが考えられる。

②建築学会ツールでの評価方法

上述(①)の通り、省エネ法に基づく計算結果を活用することを想定している。詳細は、建物のLCA指針の2.5.1 運用エネルギー(建物のLCA指針p.11)を参照。

5.6.2 創エネプロセス

(1) 収集すべきフォアグラウンドデータ

近年、太陽光発電などの創エネ設備が設置された建物も少なくない。こうした創エネ設備によって創出されるエネルギーを評価に加味する場合は、これらのデータも収集する必要がある。特に太陽光発電は設置場所によって発電量が大きく影響を受ける。そのため、できる限り妥当性の高いデータを収集する必要がある。

また、精緻に検討を行う場合は、創エネ設備の劣化等について考慮することも考えられる。ただし、実績が不十分なこと、設置環境に依存することなど不確実な要素が多いことも想像される。評価の目的や精度を踏まえつつ、必要な場合はこれらも考慮すると同時に、結果解釈の際はこれらの不確実性に十分に留意することが重要である。

(2) フォアグラウンドデータの情報源

①基本的な考え方

理想は設備稼働時の創エネ量を実測することだが、設計段階ではデータを得ることができないため、シミュレーションなどにより推計することが考えられる。

5.6.3 水の使用プロセス

(1) プロセスの概要

建物使用時における居住者の活動に伴って消費される水に関する環境負荷の算定プロセスである。本プロセスで対象となる内容は以下などが考えられる。LCA実施者は評価目的に応じて適切に評価対象を選定し、算定を行うことが重要である。

水消費 水消費は、上水、水輸送、下水処理

なお、本プロセスはISO21930において、主にB-7に関連する。

(2) 収集すべきフォアグラウンドデータ

居住者の活動に伴って消費される水に関わる環境負荷は、建物の設計条件や入居者の生活スタイルによって、環境負荷量が大きく影響を受ける。理想は入居時の水消費量などを実測して分析することだが、設計段階で評価する場合はデータを得ることができないため計算で推計する方法が考えられる。

（3）フォアグラウンドデータの情報源

①基本的な考え方

設計段階において、運用段階の水消費量などを計測することは不可能である。設計の初期段階の場合など、建物の詳細が決まっていない場合は、概算として統計等から得られるデータを活用する方法もある。水の消費量については、国交省の公表資料⁴⁴⁾や東京都水道局の資料⁴⁵⁾などを活用する方法がある。ただし、建物の仕様や入居者の生活スタイルによってばらつきが非常に大きいことを踏まえたうえで、結果の解釈を行う必要がある。

②建築学会ツールでの評価方法

上述（①）の通り、省エネ法に基づく計算結果を活用することを想定している。詳細は、建物のLCA指針の2.5.1 運用エネルギー（建物のLCA指針p.11）を参照。

5.6.4 運用時の廃棄物の処理プロセス

（1）収集すべきフォアグラウンドデータ

評価の目的によっては、建物使用時における居住者の活動に伴って消費される廃棄物に関する環境負荷を算定することも考えられる。本プロセスで対象となる内容は以下などが考えられる。LCA実施者は評価目的に応じて適切に評価対象を選定し、算定を行うことが重要である。

輸送 輸送は、廃棄物の廃棄・処理施設への輸送

処理 処理は、廃棄物からの分別・回収、再使用・マテリアルリサイクル・サーマルリサイクルなどのための入出力データ、廃棄物処理におけるエネルギー回収量など

処分 処分は、埋立のための前処理と埋立処分上の管理に関する情報

（2）収集すべきフォアグラウンドデータ

居住者の活動に伴って発生する廃棄物に関わる環境負荷は、入居者の生活スタイルによって、大きく影響を受ける。理想は実測して分析することだが、設計段階で評価する場合はデータを得ることができないため統計データなどを用いて概算する方法が考えられる。

（3）フォアグラウンドデータの情報源

①基本的な考え方

設計段階において、運用段階の水消費量などを計測することは不可能である。設計の初期段階の場合など、建物の詳細が決まっていない場合は、概算として統計等から得られるデータを活用する方法もある。廃棄物の発生量は、公表資料⁴⁶⁾などを活用する方法がある。た

だし、建物の仕様や入居者の生活スタイルによってばらつきが非常に大きいことを踏まえたうえで、結果の解釈を行う必要がある。

②建築学会ツールでの評価方法

上述（①）の通り、省エネ法に基づく計算結果を活用することを想定している。詳細は、建物のLCA指針の2.5.1 運用エネルギー（建物のLCA指針p.11）を参照。

5.7 建物からの物質の放出プロセス

（1）プロセスの概要

建物完成後の建物使用時における維持管理等に伴う環境負荷の算定プロセスのうち、建物からの放出物（例：外皮、屋根、床などからの物質の放出）に関する内容を取り扱う。本プロセスで対象となる内容は以下などが考えられる。LCA実施者は評価目的に応じて適切に評価対象を選定し、算定を行うことが重要である。

使用（供用時の放出物質） 設置物から放出される物質等

なお、本プロセスはISO21930において、主にB-1に関連する。

（2）収集すべきフォアグラウンドデータ

発泡断熱材、空調冷媒、ガス消火剤、ガス絶縁の遮断機や変圧器などの影響が考えられる。

（3）フォアグラウンドデータの情報源

①基本的な考え方

該当する資材に含有される環境負荷物質量を把握して検討に用いる。環境負荷物質量の情報源にはメーカーのカタログ値などが考えられる。

②建築学会ツールでの評価方法

建物のLCA指針の3.2(4)（建物のLCA指針p.33）を参照。

5.8 解体・廃棄物処理プロセス

（1）プロセスの概要

建物の解体や廃棄物処理に伴う環境負荷の算定プロセスである。本プロセスで対象となる内容は以下などが考えられる。LCA実施者は評価目的に応じて適切に評価対象を選定し、算定を行うことが重要である。

解体 建物解体・撤去は、建築物からの解体・撤去及びそのためのエネルギー消費量(現場での材料の分別を含む)

廃棄物輸送 解体廃棄物の輸送は、廃棄物の廃棄・処理・リサイクル施設への輸送

廃棄物処理 廃棄物の処理は、廃棄物からの分別・回収、再使用・マテリアルリサイクル・サーマルリサイクルなどのための入出力データ、廃棄物処理におけるエネルギー回収量など

廃棄物処分 廃棄物の処分は、埋立のための前処理と埋立余分上の管理に関する情報

なお、本プロセスはISO21930において、主にC-1~4に関連する。

(2) 収集すべきフォアグラウンドデータ

理想的には建物解体に伴う原材料やエネルギー等の消費量、解体に伴う種類別の廃棄物発生量、またその処理に伴う原材料やエネルギー等の消費量が収集できれば良いが、それらは不可能に近い。特に設計段階で分析することを想定すると、長期間が経過した未来のことであるため、不可能である。そこで、仮定条件を置いて推計する方法が考えられる。解体や廃棄は、建物のライフサイクルにおいてエネルギー消費やCO₂排出量の視点で見ると大きくないことが多いが、埋立処分量などの他の環境影響を考慮する場合は影響が大きくなることが想像される。従って、評価する環境影響を十分に考慮してデータ収集を行う必要がある。

(3) フォアグラウンドデータの情報源

①基本的な考え方

設計段階等では、将来の解体・廃棄物処理の状況を想定することは難しい。そのため、解体は文献等の値をもとに解体に伴う重機等のエネルギー消費量を推計する方法が考えられる。ただし、解体方法によってエネルギー消費量は大きく異なることに留意する必要がある。

廃棄物発生量は、投入資材データをもとに解体された場合の廃棄物量を推計する方法が考えられる。ただし、解体方法や分別によって、種類別の発生量は大きく影響を受け、特に、分別不可能な混合廃棄物が大量に発生する場合もあり、それが環境影響を大きくする可能性もあることに十分な注意が必要である。廃棄物の処理方法も、現状の一般的な処理技術等を踏まえて設定する方法が考えられる。

十分にデータを得られない場合、概算的に環境負荷を算出することが考えられる。そのためには、既往の文献の事例データを参考にする方法もある。例えば、建設副産物実態調査²³⁾、

新・解体工法と積算⁴⁷⁾、建築系混合廃棄物の組成及び原単位調査報告書・建築物の解体に伴う廃棄物の原単位調査報告書³³⁾、解体・リサイクル技術ノート⁴⁸⁾、低層住宅建設系廃棄物処理ガイドライン⁴⁹⁾、製品LCA実施手引書（平成19年3月Appendix.3戸建住宅のインベントリ分析）⁵⁰⁾などが挙げられる。バックグラウンドデータベースの中には、こうした事例データをもとにインベントリデータが作成されているケースもある。

②建築学会ツールでの評価方法

建物のLCA指針の2.5.3 新築・建替・修繕・改修・廃棄（11）廃棄処分環境負荷設定（建物のLCA指針p.13）を参照。また、12.3節にも参考情報が掲載されている。

5.9 その他

LCAの実施目的によっては、5.1~5.8節で記載した内容以外にも、多様な影響を考慮するほうが望ましいことがある。これらは評価の目的に応じて適切に評価に加えることが重要である。

ISO21930では、D（システム境界を超えた補足情報）に関連し、当該項目では、再利用・リサイクル・エネルギー回収等による潜在的な便益の表示が認められている。

6. 特定プロセスのインベントリデータの作成

6.1 基本的な考え方

5章では、建築物を想定した各プロセスにおける分析の考え方を示した。建築物の評価においては、特にこだわりのある材料等について、バックグラウンドデータベースを用いず、対象となるインベントリデータを個別に作成して（フォアグラウンドデータとして収集して）詳細な検討を行うことも少なくない。例えば、バックグラウンドデータベースの中には適切な建材のデータがなく、自ら建材のデータを作成する場合などがこれに該当する。そこで、本章では、特定のプロセスを対象とした、インベントリ分析の基本的な考え方を整理する。

具体的な評価の視点（こだわりどころ）がある場合や、このうち的一部分（例：材料製造時のみ、廃棄処理時のみ）を対象とする場合には、4章で示した基本的な考え方を整理したうえで、5章で示した各プロセスにおけるデータ収集方法に準じてデータ収集する。

6.2 建築材料製造（A1-3）を例としたインベントリデータの作成

本節では、建築材料製造（A1-3）におけるインベントリデータの作成方法の目安について記述する。なお、本節で例示する新築時の資材製造プロセス以外のプロセスも基本的な考え方は同じとなる。

本プロセスのインベントリデータの作成では、4章で示した基本的な考え方を整理したうえで、「5.1.1 新築時の資材製造プロセス」で述べた内容が原則となる。建物を評価対象とした場合は、A1-3としてバックグラウンドデータベースを用いて評価するケース（例：生コンクリートの原単位を用いる）が多いが、本プロセスを対象としたインベントリデータを作成する場合（例：生コンクリートのインベントリデータを作成する場合）は、詳細に入出力データを収集してインベントリデータを作成することが重要となる。

6.2.1 前提条件の整理

対象とする材料のインベントリデータの作成における前提条件を整理する必要がある。本内容は、4章（特に4.2節）で述べた内容を基本に考える。

（1）概要

評価目的や評価範囲などLCA実施の条件設定を行う段階であり、評価において最も重要な段階である。具体的に、対象とする資材の概要（名称、主要原材料の種類、体積・重量等の情報、機能、その他概要）、評価実施者、実施日、目的（評価目的、比較主張の有無）、評価範囲（システムバウンダリ）、機能単位、カットオフ基準などについて検討することになる。

(2) 目的の設定

目的の設定は大変重要な条件である。目的の設定では、意図する用途(社内での製品開発に使用、環境報告書に記載して一般に公開など)、実施する理由(新製品のCO₂の削減、製品の環境負荷を一般に知らせるなど)、結果を伝える相手(社内の製品開発チーム、一般消費者など)、一般に開示することを意図する比較主張を行うかどうかについて、十分な検討が必要となる。

(3) 評価における機能単位の考え方

建築物に求められる機能は多様であり、その目的に応じて適切に設定されることが求められる。様々な機能単位が考えられ得るが、多くの場合、重量や体積を機能単位にとることが多い。個や台とするケースもあるが、この場合はこれらの単位が重量や体積の情報(単位換算値)も付記することが望ましい。また価格を機能単位とすることもある。

(4) 影響評価の範囲の設定

影響評価(インパクト評価)方法の検討も重要である。評価の目的に応じ、検討する影響領域(地球温暖化、酸性化など)、影響評価手法(特性化手法や単一指標の評価における重みづけ手法)などについて、十分な検討を行っておくことが重要である。わが国では影響評価手法にLIME(Life-cycle Impact Assessment Method based on Endpoint Modeling:日本版被害算定型影響評価手法)¹⁹⁾がある。

6.2.2 プロセスデータの作成

(1) プロセスの概要

新築時の資材製造プロセスは、建築物に投入される資材の生産に伴う環境負荷を対象としている。資材の原材料の製造(A-1)、原材料の輸送(A-2)、加工(A-3)について自ら入出力データを収集して分析を行うことになる。例えばA-1の原材料の製造工程でこだわりがある原材料を投入する場合は、A-1プロセスの原材料の製造プロセスも自ら入出力データを収集してデータを作成する。

例えば、生コンクリートのインベントリデータを作成する場合は、セメント、骨材、水、混練に伴うエネルギー消費量などの情報を収集することになる。また、セメントの製法にこだわりがある場合はセメントの生産に関する入出力データも自ら収集してインベントリデータを作成する形が考えられる。

本プロセスで対象となる内容は以下などが考えられる。LCA実施者は評価目的に応じて適切に評価対象を選定し、算定を行うことが重要である。

原材料の製造 資材の原材料は、資源採掘・原材料、リユース品、二次材料、電力・蒸気(一次)、電力・蒸気(二次)エネルギー回収、これに伴う廃棄物輸送・処理(含梱包材)など

原材料の輸送 原材料の輸送は、資源採掘・原材料等の加工工場への輸送

加工 加工は、原材料・補助材料等による製品製造、電力・蒸気(一次)、エネルギー回収、二次エネルギー燃焼、製品の製造(採掘・加工・輸送)、梱包、廃棄物輸送・処理など

なお、本プロセスはISO21930において、主にA-1(原材料の製造)、A-2(原材料の輸送)、A-3(加工)に関連する。

(2) 収集すべきフォアグラウンドデータ

収集すべき投入資材データは、対象資材に使用される投入資材・エネルギーすべてが原則である。また、評価する環境負荷物質によっては、単に資材の入出力データだけを収集するだけではなく、素材の上流の情報(例:木材における再造林率)も重要になることがある。また、必要に応じて資材の耐用年数や修繕率などの情報も収集しておくこと効率的な評価に結び付く。

評価は、多くの場合、フォアグラウンドデータとして原材料・エネルギー投入量に関するデータを収集し、それにバックグラウンドデータを乗じる形で算定される。例えば、生コンクリートは、セメント・骨材・水や加工に伴うエネルギー消費量をフォアグラウンドデータとして収集し、それらにバックグラウンドデータを乗じる形でインベントリデータを完成させることが一般的である。ただし、先述の通り特定の原材料(例:セメント)にこだわりがある場合は、その原材料もフォアグラウンドとして自らデータ収集を行うことが望ましい。

公開されているバックグラウンドデータベースの多くは日本全体の平均値として整備されていることも少なくない。これらのデータを用いる場合は、バックグラウンドデータの内容を十分に理解したうえで利用することが重要である。また、材料の製造方法について環境負荷の小さい製法を用いている場合などは、そのこだわりが反映できるように、バックグラウンドデータ用いずにフォアグラウンドデータとして自ら収集することが望ましい。

（3）フォアグラウンドデータの情報源

①基本的な考え方

資材のフォアグラウンドデータは、実際に材料製造に投入した資材・エネルギー量を計測できることが理想である。また、それが難しい場合は、資材の設計段階における設計情報から資材量を拾い上げる方法も考えられる。化学物質などはプロセスシミュレータなどの情報を活用する方法も考えられる。

複合製品の場合、部材点数が膨大になるケースが少なくない。概算的に行う場合は、影響が極めて小さいと考えられる資材について、カットオフ（インベントリ分析の結果に大きく寄与しないと考えられる部分を省くこと）して作業の軽減を図る方法もある。一方、詳細な評価を実施する場合は、材料の生産に関する詳細なフォアグラウンドデータを収集する必要がある。

なお、カットオフを行う場合、カットオフ率（カットオフされたデータの全データに対する割合）を算出しておくことが重要である。その算出方法は、物量ベースでカットオフ率を算出することが望ましいが、投入資材をすべて重量・体積等に統一するためには大きな作業負荷がかかる。そのため、金額ベースで算出して参考にする方法もある。また、計算した結果についてカットオフ率をもとに割り戻して補完する方法も考えられる。

7. 評価において記録すべき内容(記録すべき記述子)

7.1 概要

6章までに、建築物のライフサイクルにおけるLCAの実施の考え方、またその中の特定プロセス(例:建築材料のLCAの実施)の考え方について述べた。LCAの実施は、評価の目的や求める分析精度によって設定条件や計算条件等が異なる。そのため、評価方法の透明性が求められる。評価方法の透明性を担保するためには、評価の内容について、適切な記述が行われていることが重要となる。そこで、本章では、記録すべき内容(記述子)について述べる。

7.2 データ管理フォーマット

LCAの実施において、一連の分析内容を記録するためのデータ管理フォーマットが開発されている。ISO14040、104044の要求事項に添う形で記述子が記述されていることが重要である。また、インベントリ分析に置いて記述すべき内容を取りまとめたデータ管理フォーマットには、ecospoldやILCDフォーマットがある。わが国の例では、IDEAのデータ管理フォーマットがこれらのデータ管理フォーマットと互換性を持つように設計されている。

7.3 記録すべき内容(記述子の内容)

本節では、具体的に記録すべき内容(記述子)について述べる。大別すると、対象とするプロセス自体についての記述子と、そのプロセスにおける入出力情報についての記述子がある。ここでは、それぞれについて述べる。

7.3.1 プロセスに関する記述子

プロセスに関する記述子には、プロセス名、機能単位、配分に関する考え方、データ作成に関する基本的な考え方、プロセスの範囲、地理的有効範囲のコメント、時間的有効範囲のコメント、時間的有効範囲およびそのコメント、サンプリング手法(入出力データの情報源や計算方法)、品質評価などがある。これらの項目は、評価目的に応じて適切に選定されるべきである。

プロセスを対象とする記述子のうち、製品名は対象となる製品・サービス等の名称を記入する。機能単位は対象製品の機能単位(基準単位)を記述する。プロセス名は、本項で対象とするプロセスの名称を記述する。配分コメントは共製品の有無、共製品がある場合はその製品名や環境負荷の配分方法などについて記述する。一般コメントはそのデータの作成方法などについて記述する。プロセス範囲は対象となる製品・サービスのシステムバウンダリを記述する。地理的有効範囲は、対象製品・サービス等の地理的有効範囲(アジア、日本、東京電力管内など)を記述する。技術的有効範囲は、対象製品の技術の状況を

記述する。例えば、市場で普及した技術レベルや、研究室での研究開発レベルなどが考えられる。時間的有効範囲は対象とする製品・サービス等の収集データの開始時期と終了時期を記述する。サンプリング手法は、入出力データの収集方法を記述する。例えば、「A・B・C社の3社に対して2020年4月から2021年3月までのデータを調査し平均した」や、「令和〇年度〇〇統計のデータを用いた」などが考えられる。外挿法は、別プロセスのデータを外挿する場合に記述する。例えば、製材加工プロセスにおいて、乾燥工程のデータが得られなかった場合に、同様の仕様の別工場で得られたデータを代用する場合などが該当する。品質評価は多くの場合、Pedigree Matrixを用いた評価が用いられる。

Pedigree Matrixは、Boらの提案によるインベントリデータの品質評価手法で、データの代表性、信頼性、完全性、時間的有効範囲、地理的有効範囲、技術的有効範囲のそれぞれの観点で、データベースの前提条件にどの程度合致しているかを判断するものである。このほかには小林らによる品質評価手法も提案されている。

以上が一般的なプロセスの記述子となるが、建築物や建築材料などの場合、これら以外にも想定耐用年数や修繕率などの情報を合わせて記録しておくといわれる。

表3 プロセスに関する記述子一覧

項目	概要	具体例
IDEA製品名	対象となる製品等の名称を記述する。	生コンクリート
基準単位	対象プロセスの機能単位を記述する。	m3
プロセス名	対象となるプロセスの名称を記述する。	生コンクリートの製造
配分コメント	共製品の有無、ある場合はその製品名や環境負荷の配分方法などについて記述する。	共製品の配分:共製品なし□ 共製品:□ 配分手法:□ 配分の説明:
一般コメント		
プロセス範囲	対象となるプロセスの範囲(システムバウンダリ)を記述する。	(ポルトランドセメント、砕石、山陸砂等)~調合・製造
地理的有効範囲(地域コメント)	対象製品の生産国・地域などについて記述する。	原則として日本全体(日本全体を対象とした統計データを利用)
技術的有効範囲(技術的コメント)	対象製品の技術(一般に普及した技術、研究室レベルの技術など)について記述する。	日本における平均的な製造方法を想定
時間的有効範囲_開始日	時間的有効範囲における開始日について記述する。	2000/4/1
時間的有効範囲_終了日	時間的有効範囲における終了日について記述する。	2015/12/31
時間的有効範囲コメント	時間的有効範囲に関するコメントを記述する。	開始日(Start date)は、もっとも古いデータ収集開始年月日とした。終了日(End date)は、データ収集終了年月日とした。
サンプリング手法	本製品の出入力データの収集方法について記述する。	セメント・骨材は令和〇年度〇〇統計を用いた。混和剤は、〇〇便覧から一般的な混和剤の投入量を算出した。エネルギー消費量は令和〇年度〇〇統計を用いた。水消費量は令和〇年度〇〇統計を用いた。
外挿法		
品質評価	代表性	代表性5割以上が担保されている
	信頼性	確認された仮定によるデータ、または理論的情報により入手したデータ
	完全性	50%以上の対象サイトを代表しているデータ
	時間的有効範囲	データセットの基準年(2015年)より15年以上、または不明のデータ(2000年以前のデータ)
	地理的有効範囲	対象地域におけるデータ
	技術的有効範囲	プロセス及び材料データは対象事例で利用されている、ただし一部プロセス・材料は異なった技術による

7.3.2 プロセスの入出力情報についての記述子

プロセスの入出力情報についての記述子には、区分(サービス/水、材料、電力・エネルギー、製品など)、フロー区分、入出力区分、投入資材名、流量(入出力量)、単位、情報源、計算方法、備考(データの品質評価)などがある。

この内区分は、「サービス/水」、「サービス/処理」などのサービスの提供に関する区分、プロセスに投入される「材料」、プロセスに投入される「電力・エネルギー」などの区分があるほか、生産される「製品」などがある。フロー区分は資源の採掘やCO₂の大気放出などのように自然界から取り入れたり放出したりする「基本フロー」、対象システムバウンダリ内で中間製品等の入出力である「中間フロー」がある。入出力区分はプロセスに投入されるものが「入力」、産出・放出されるものが「出力」となる。流量は入出力量を記述する。単位は流量の単位を記述する。情報源は、対象となる入出力データの情報源を記述する。計算方法は、得られた流量データを計算等で加工した場合にその計算方法を示

建築物のLCA実施における評価の目安(案)

す。品質評価は、入出力データそれぞれについて実施され、Pedigree Matrix で格付けされることもある。

表4 プロセスの入出力情報に関する記述子一覧

区分	フロー区分	入出力区分	製品名	量	単位	情報源	計算方法	品質評価・備考
材料	中間フロー	入力	ポルトランドセメント		kg	生コン工場A、B社へ調査し入手したデータを平均した。	2社の1年間の骨材消費量の合計を、両社のセメント生産量の合計で除して平均値を算出した。	情報源での名前:ポルトランドセメント/適合レベル:A/IDEA品質評価={1,4,2,4,1,3}
材料	中間フロー	入力	海砂		kg	生コン工場A、B社へ調査し入手したデータを平均した。	2社の1年間の骨材消費量の合計を、両社のセメント生産量の合計で除して平均値を算出した。	情報源での名前:海砂/適合レベル:A/IDEA品質評価={1,4,2,4,1,3}
材料	中間フロー	入力	砕石		kg	生コン工場A、B社へ調査し入手したデータを平均した。	2社の1年間の骨材消費量の合計を、両社のセメント生産量の合計で除して平均値を算出した。	情報源での名前:砕石/適合レベル:B/IDEA品質評価={1,4,2,4,1,3}
電力・熱エネルギー	中間フロー	入力	電力		kWh	令和〇年度〇〇統計から生コンクリート製造業の電力投入量を引用した。	〇〇統計の電力消費量を△△統計の年間生コン生産量で除して単位数当たりの電力消費量を算出した。	情報源での名前:電力(買電)/適合レベル:A/IDEA品質評価={1,4,2,1,1,3}

* 本表の「量」のセルは未記載である

8. 用語概説

本稿で取り扱った用語の概説を行う。

・インベントリデータ

対象製品について、原材料・エネルギー（入力）や、生産または排出される製品・排出物（出力）のデータを収集し、環境負荷項目に関する入出力の一覧を示したデータのこと。入力の例として、原油、アルミニウム、銅などの消費量がある。出力の例として、CO₂、PM2.5、COD などがある。

・システムバウンダリ（システム境界）

評価対象とする製品のシステムと、自然界または製品システムに含まれないプロセスとの境界のことを指す。

・バックグラウンドデータ

バックグラウンドデータとは、LCA 実施において調査対象製品に間接的に関係するデータを指す。例えば、建築物の評価において消費される電力について、その電力の生産（発電や発電のためのエネルギーの採掘など）などがある。バックグラウンドデータはバックグラウンドデータベース（例えば 3EID、IDEA）として開発されたデータベースを用いることが多い。

・フォアグラウンドデータ

フォアグラウンドデータとは、LCA 実施において調査対象製品に直接関係するデータを指す。例えば、建築物の評価ではその建物に投入される建材やエネルギーなどが該当する。フォアグラウンドデータは評価者自らがデータを収集して評価することが一般的である。

9. 参考文献

- 1) 住宅・建築 SDGs 推進センター、建築環境総合性能評価システム (CASBEE)、
<https://www.ibec.or.jp/CASBEE/>
- 2) U.S. Green Building Council, Leadership in Energy and Environmental Design (LEED),
<https://www.usgbc.org/leed>
- 3) International Organization for Standardization, ISO14040, <https://www.iso.org/about-us.html>
- 4) International Organization for Standardization, ISO14044, <https://www.iso.org/about-us.html>
- 5) International Organization for Standardization, ISO21930, <https://www.iso.org/about-us.html>
- 6) European Standard, En15804, <https://www.en-standard.eu/csn-en-15804-a2-sustainability-of-construction-works-environmental-product-declarations-core-rules-for-the-product-category-of-construction-products/>
- 7) European Standard, En15978, <https://www.en-standard.eu/bs-en-15978-2011-sustainability-of-construction-works-assessment-of-environmental-performance-of-buildings-calculation-method/>
- 8) 環境省、サプライチェーン排出量算定、
https://www.env.go.jp/earth/ondanka/supply_chain/gvc/index.html
- 9) 一般社団法人サステナブル経営推進機構、カーボンフットプリント、<https://ecoleaf-label.jp/>
- 10) 一般社団法人サステナブル経営推進機構、エコリーフ、<https://ecoleaf-label.jp/>
- 11) (独)国立環境研究所、Embodied Energy and Emission Intensity Data for Japan Using Input – Output Tables (3EID)、
https://www.cger.nies.go.jp/publications/report/d031/jpn/page/what_is_3eid.htm
- 12) (独)産業技術総合研究所、Inventory Database for Environmental Analysis (IDEA)、
<https://riss.aist.go.jp/idealab/>
- 13) ecoinvent, ecoinvent, <https://ecoinvent.org/the-ecoinvent-database/login/>
- 14) European Commission, European Platform on Life Cycle Assessment (ELCD),
<https://eplca.jrc.ec.europa.eu/ELCD3/>
- 15) National Renewable Energy Laboratory (NREL), U.S. Life Cycle Inventory Database,
<https://www.nrel.gov/lci/>
- 16) Sichuan University, China; IKE Environmental Technology CO., Ltd, Chinese Life Cycle Database (CLCD), <http://www.ike-global.com/#/>
- 17) GreenDelta, openLCA Nexus, <https://nexus.openlca.org/search>

- 18) 小林謙介、磯部孝行：建築分野における LCA の利活用の実態と今後の課題、日本建築学会技術報告集、第 58 号、pp.1129-1134、2018.10
- 19) 伊坪徳宏、稲葉敦：LIME3 グローバルスケールの LCA を実現する環境影響評価手法、丸善出版、2018.9
- 20) 小林謙介、下川 夏寿輝、松崎麗衣、鈴木好幸、磯部孝行：ニーズ分析を踏まえた建築実務者向け LCA データベースの構築 優先的に作成すべきデータの選定と単位換算データベースの構築、日本建築学会環境系論文集、第 86 号、pp.388-398、2021.04
- 21) 公益社団法人ロングライフビル推進協会 (BELCA)、建築物のライフサイクルマネジメント用データ集、2017.3
- 22) 一般財団法人 経済調査会、積算資料
- 23) 小林謙介、河上慎太郎、石田昌平、田原聖隆、井上隆：建築物の LCA における評価精度の検討 建築学会原単位データベースに優先的に追加 すべき項目の抽出と追加による精度の改善、日本建築学会環境系論文集 No.707 pp.91-98、2015.01
- 24) 小林謙介、河上慎太郎、田原聖隆、井上隆：住宅建築時における投入資材の CO2 排出量の評価においてバックグラウンドデータの利用によって生じる誤差 建築物の LCA における評価精度の検討、日本建築学会環境系論文集 No.718 pp.1163-1170、2015.12
- 25) 牧村彰一、平林茜、小林謙介：マルチクライテリアでの評価を想定した建築物のライフサイクルにおける支配的要因の分析、第 14 回日本 LCA 学会大会講演要旨集、2019.3、pp.392-393
- 26) 植田啓佑、小林謙介、平林茜：建築物の LCA 実施における評価の目安の作成 ～マルチクライテリアでの評価を想定した多様な事例分析を踏まえて～、第 15 回日本 LCA 学会研究発表会、pp.410-411、2020.3
- 27) 山田優吾、小林謙介、植田啓佑：建築物の LCA 実施における評価の目安の提案 ～マルチクライテリアでの評価を想定したモデル建物の支配的要因を踏まえて～、第 16 回日本 LCA 学会研究発表会、2021.3
- 28) 国 土 交 通 省 、
http://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/jutakukentiku_house_tk5_000052.html （長期修繕計画などに関するサイト）
- 29) 一般財団法人 経済調査会、建設工事標準歩掛
- 30) 一般財団法人 経済調査会、建築工事の積算
- 31) 国土交通省 総合政策局情報政策課、平成 23 年 (2011 年) 建設部門分析用産業連関表、
http://www.mlit.go.jp/toukeijouhou/chojou/gai_tokubetutyousa.htm
- 32) 日本建築学会建、建物の LCA 指針 ～温暖化・資源消費・廃棄物対策のための評価ツール～ 改定版、2013.2
- 33) 一般財団法人 日本建設業連合会、建築系混合廃棄物の組成及び原単位調査報告書・建築物の解体に伴う廃棄物の原単位調査報告書、2012.11

- 34) 一般財団法人 建築保全センター、建築物のライフサイクルコスト
- 35) 建築・設備維持保全推進協会、ビルディング LC ビジネス百貨、1992.6
- 36) ロングライフビル推進協会 (BELCA)、ライフサイクルマネジメント用データ集 改訂版、2020
- 37) 公益社団法人ロングライフビル推進協会 (BELCA)、建物の耐用年数ハンドブック、2012.4
- 38) 公益社団法人ロングライフビル推進協会 (BELCA)、建築躯体・部材・設備等の耐用年数調査、1998.3
- 39) 清家剛、兼松学、小林謙介、磯部孝行、名取発：LCCM を指向とした環境配慮住宅の LCCO₂ 評価に関する研究データの不確実性と精度を考慮した CO₂ 削減目標の実現性検証手法、日本建築学会環境系論文集 No.707 pp.55-65、2015.01
- 40) 国土交通省、建築物省エネ法のページ、
http://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/jutakukentiku_house_tk4_000103.html
- 41) 一般財団法人 省エネルギーセンター、エネルギー・経済統計要覧
- 42) 一般財団法人 日本サステイナブル建築協会、非住宅建築物の環境関連データベース (DECC)、<http://www.jsbc.or.jp/decc/>
- 43) 平成 24 年度エネルギー消費状況調査 (民生部門エネルギー消費実態調査)
- 44) 国土交通省、
http://www.mlit.go.jp/mizukokudo/mizsei/mizukokudo_mizsei_tk2_000014.html
- 45) 東京都水道局、くらしと水道、
<https://www.waterworks.metro.tokyo.lg.jp/kurashi/shiyou/jouzu.html>
- 46) 環境省、一般廃棄物の排出及び処理状況等 (令和 2 年度) について、
<https://www.env.go.jp/press/110813.html>
- 47) 解体工法研究会、新・解体工法と積算、2017.4
- 48) 財団法人 日本建築センター、解体・リサイクル技術ノート、1999.1
- 49) 社団法人 住宅生産団体連合会、低層住宅建設系廃棄物処理ガイドライン、1999.3
- 50) 社団法人 産業環境管理協会、製品 LCA 実施手引書、2007.3