

# 第3章 建物のLCA指針

## 3.1 本指針の位置づけ

建築物のLCA(ライフサイクルアセスメント)は、「日本建築学会地球環境行動計画(1997年策定)」の重点研究に位置づけられている。また、あらゆる製品・サービスを対象としたLCAが1997年6月にISO14040(LCAの原則と枠組み)という国際規格となり、建築分野としても早急な実用化が求められることとなった。このLCAの主要な要素を構成しているのが地球温暖化影響に関わるLCCO<sub>2</sub>である。

本指針案は、1997年12月に本学会が公表した声明「建築物の生涯二酸化炭素放出量(LCCO<sub>2</sub>)の30%削減、耐用年数3倍100年以上を目指すべき」を受けて、地球温暖化影響に関わるLCCO<sub>2</sub>の実用的な算定手法を中心とした建物のLCA手法の一例とそのためのデータベースを提案したものである。本指針案は、設計初期段階において、設計者が、自ら建物のライフサイクル全体を視野に入れた環境配慮設計の代替案を検討する際のLCA手法の一例を提示したものであり、構工法、設備システムなどの部分は大胆に簡略化した例となっている。ISO14040(LCA)規格にも記載されている通り、そもそもLCAは適用目的に応じて分析すべき内容・範囲が異なるものである。本指針案をひとつの参考例として、利用者が、自らの適用目的に合致した改良を加えていただければ幸いである。以下に、ISO14040(LCA)規格が求める報告書記載事項に沿って説明する。

## 3.2 目的と適用範囲の設定

### 3.2.1 LCA実施目的の設定

設計者が自らの設計代替案を検討して設計案を絞り込むためのLCAでは、LCA実施者自身がLCA報告対象者という設定となる。ただし、通常の設計業務とは別に、クライアントからLCA実施業務を受託した場合には、クライアントに対して報告することになるが、報告書作成作業が加わる点を除けば、検討内容は同様である。

### 3.2.2 調査範囲の設定

#### (1) LCA調査対象に関する設定項目

LCA調査対象に関する設定項目を以下に示す。

調査対象の名称

建物名称を記載する。

調査対象の機能

建物用途を具体的に記載する。

機能単位

建築物の延床面積あたり、耐用年数あたりが実現する機能を機能単位と設定する。ただし、代替案の検討内容によっては、延床面積ではなく、有効面積あたりとした方が適切な場合もある。

また、空調、照明など、建築物の運用エネルギー消費量に関わる下記の機能が同等となるように設定する。

- ・等価な執務環境：温熱環境(温湿度等)、  
空気環境、光環境等
- ・等価な使われ方：執務時間、空調時間  
及び期間、OA機器使用量

インベントリデータ項目

地球温暖化防止対策を検討するというLCAの実施目的に照らして、地球温暖化の原因物質と言われているCO<sub>2</sub>、フロン類

(CFCs、HCFCs、HFCs)、メタン CH<sub>4</sub>、亜酸化窒素 N<sub>2</sub>O 等をインベントリデータ項目として取り上げる。ただし、データの制約から建築物に関わる排出量が多く、現実的にデータが入手可能な CO<sub>2</sub>、HCFCs、HFCs に限定することが当面妥当と考えられる。

### 3.2.2 LCA手法に関する設定項目

#### (1)環境影響評価と解釈の手法

CO<sub>2</sub>、CFCs、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O 等の温室効果ガスの特性係数としては、IPCC (気候変動に関する政府間パネル) による地球温暖化係数 (GWP: Global Warming Potential) を利用する。その際、CO<sub>2</sub> だけの狭義の LCCO<sub>2</sub> との混乱を避けるために、CO<sub>2</sub> 以外の温室効果ガスも含む広義の LCCO<sub>2</sub> を LCCO<sub>2</sub>(ライフサイクル・シークター) と標記するとわかりやすい。ここで対象とする環境影響は地球温暖化のみであるため、影響評価のプロセスはここには登場せず、LCCO<sub>2</sub>\* が少ない対策ほど良いと解釈する。

#### (2)クリティカルレビューの種類

第三者に公表することを目的としたものでなければ、クリティカルレビューは必ずしも必要ない。第三者に公表する場合には、ISO14040 規格では、「外部の専門家によるレビュー」を受けることを求めている。

#### (3)報告書の種類と書式

規格に沿った書式で記述することが望ましい。

### 3.2.3 インベントリ分析段階の設定項目

#### (1)システム境界

建物の設計から建設、運用、改修、廃棄にいたるインプット・アウトプットの全体像を把握することが大切である。ここで、建物に通勤する人の交通までを含むか含ま

ないか等を明確にする。

また、建物は、他の産業が生産した多種多様な工業製品で構成される一品生産品であるため、構成される工業製品ひとつひとつに遡ってインベントリ分析を行う方法は現実的ではない。データベース編で解説する産業連関表を利用した建物評価用 LCA データベースを利用する場合には、4種類の境界条件 (国内までか、海外を含むか、消費支出分のみか固定資本分を含むか) を選ぶことでシステム境界が決定される。

#### (2)初期データ品質要件

初期データとしては産業連関表を利用した建物評価用 LCA データベースを活用する場合には、そのデータベースの品質に依存する。

#### (3)前提条件

電炉鋼の利用範囲拡大の一方で、高炉セメントの利用促進が進み、高炉セメントの供給が追いつかなくなる場合や、省エネにより昼間電力の平準化が全ての建物に普及することによって、電力事業の発電構成が変わるほどの変化がある場合などには、これらの材料や電力の環境負荷データも当然変わる。ここではあくまで、日本全体で一度に対策が進むのではなく、現状、少数の建築物において先進的に取り組まれる場合を想定し、初期データは変わらないという前提条件を置いた検討を標準とする。

#### (4)限界

産業連関表利用のデータベースに起因する限界がある。

#### (5)負荷配分の手順

初期データとしての産業連関表を利用した LCA データベースは、経済的価値による配分が基本であり、以下に示す b) ~ d) の方

法で負荷配分した方が適切な場合もある。その場合には、その旨を明記した上で使い分ける必要がある。

- a) 工事金額に応じて配分
- b) 積み上げた資材の重量に応じて配分
- c) 積み上げた資材の製造時の CO<sub>2</sub> 排出量に応じて配分
- d) 床面積に応じて配分

### 3.3 インベントリ分析

建物のライフサイクルは、設計に始まり、新営工事、運用、改修、廃棄処分にいたる各段階に分けられる。

設計 ~ 新築工事 ~ 建替工事 ~  
 運用エネルギー ~ 維持管理 ~  
 修繕 ~ 改修工事 ~ 廃棄処分 ~

以上の各段階を、LCCO<sub>2</sub> 簡易算定の便宜上、以下の通り大きく4つに分類して概説する。

#### 3.3.1 運用エネルギー

運用エネルギーに係わる環境負荷は、通常、建物の LCI の半分以上を占めるため、検討精度を高めるべき部分である。「エネルギーの使用の合理化に関する法律（省エネルギー法）」に基づく「省エネルギー計画書」の作成過程で、あらかじめ定められた標準的な使用条件におけるエネルギー消費量が算定されることから、整合性を考慮してその値を利用する。それ以外のエネルギー消費量については手計算を組み合わせることで算定することとする。

#### 3.3.2 維持管理

維持管理に係わる環境負荷は、主として人手による

部分であるため、LCI の中では数%に過ぎないが、ライフサイクルコスト（LCC）の中では、エネルギー費以上に大きな割合を占めることが多い。このため、維持管理費用の算定に重点を置き、これに金額あたりの環境負荷原単位を乗じて算定することとする。

#### 3.3.3 新築・建替・修繕・改修・廃棄

新築工事・建替工事・修繕・改修工事・廃棄に係わる環境負荷は、従来の工事費概算手法とライフサイクルコスト計算手法が応用できる。新築工事の環境負荷を算定しておくことによって、これに修繕率、更新周期（改修工事周期）、建替え周期、廃棄物搬送距離等の計算条件を組み合わせることによって、新築工事～建替工事～修繕～改修工事～廃棄処分までの環境負荷を算定することとする。

##### (1) 評価対象期間

建物の長寿命化対策の効果を検討するための設定項目である。建物の寿命（建替周期）の異なる複数の代替案を比較する際に、現実的な想定として、100年と設定する。

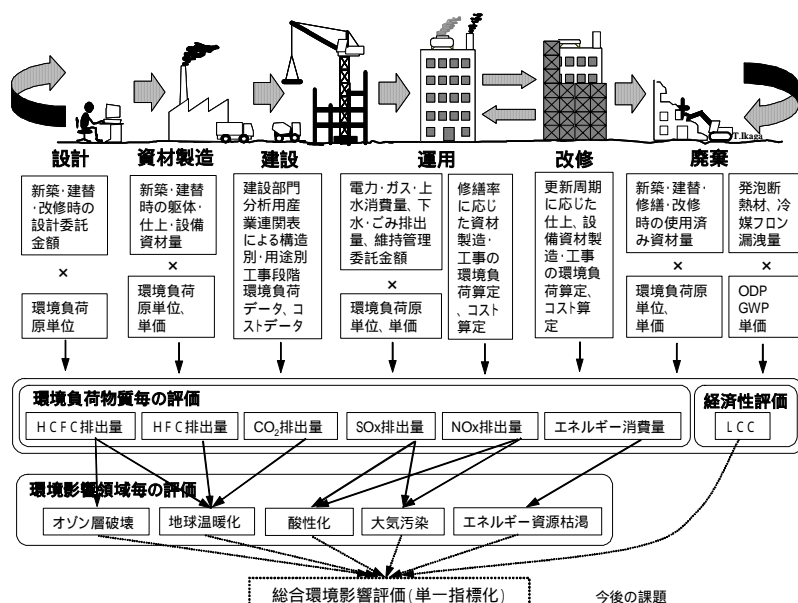


図 3.2.2 LCA の計算体系

評価対象期間の基準値：100年

なお、評価対象期間中には、新築、建替、改修、廃棄（解体）などの各工事によって建物が使えなくなる期間を含めず、実際に使える期間をもって評価対象期間とする。

## (2) 建替周期

建替え周期は設計代替案毎に設定する。階高、床荷重、サポートスペースなどにゆとりを持たせることによって長寿命化効果を期待する場合には、現実的な想定として100年と設定する。この設定はあくまで期待値であって実際の寿命を保証するものではなく、長寿命化対策の環境負荷削減効果を意識化することを目的としている。

## (3) 更新周期

更新周期（計画更新年数）は、建築工事を構成する工事細目毎に異なるため、下記の文献を参考にして部位別に年数を設定する。なお、土工・地業、躯体は、建替えない限り更新するものではないため、建替周期と同じ年数とする。

・建設大臣官房官庁営繕部監修：

建築物のライフサイクルコスト

・建設省住宅局建築物防災対策室監修：

ビルディングLCビジネス百科

## (4) 修繕率

修繕率は建築工事を構成する工事細目毎に異なるため、前記の文献を参考にして部位別に1年間あたりの％値として設定する。なお、土工・地業、躯体は経常的に修繕するものではないため、0％とする。

## (5) 廃棄物搬送距離と積載率

建設副産物の搬送距離は、中間処分場または最終処分場までの片道距離  $k$  m で設定する。また、積載率はトラックの定格積載重量に対して実質的に積載できる割合であり、容積が大きい割に重量が小さい資機材に対する補正係数である。

## (6) 主要資材物量の設定

主要な躯体数量（コンクリート  $m^3/m^2$ 、型枠  $m^2/m^2$ 、鉄骨  $kg/m^2$ 、鉄筋  $kg/m^2$ ）、建具面積（ $m^2/m^2$ ）、外部仕上げ面積（ $m^2/m^2$ ）、内部仕上げ面積（ $m^2/m^2$ ）などについては、工事実績などの統計データが整備されている。基本設計図面等に基づく概数値を拾うことが困難な場合には、これらの統計データを利用して記入する。なお、補助物量設定欄は、 $m^3/m^2$ 、 $m^2/m^2$  など、さまざま単位で整理されている主要資材物量データを  $kg/m^2$  に換算するためのものである。

## (7) 新築工事の環境負荷算定

コンクリート工事を例として  $CO_2$  排出量の算定式を以下に示す。

$$\begin{aligned} \text{コンクリート工事 } CO_2 \text{ 排出量} (kg-CO_2/m^2) \\ = \text{延床面積あたり物量} (m^3/m^2) \times \text{補助物量} \\ (kg/m^2) \times CO_2 \text{ 原単位} (kg-CO_2/kg) \div 1000 \end{aligned}$$

他の項目についても同様に計算することによって、新築工事の資材製造と流通に係わる  $CO_2$  排出量を算定する。現場での燃料消費、共通仮設、現場経費、一般管理費等に係わる  $CO_2$  排出量については、設計初期段階で詳細に積み上げることは困難である。このため、建設部門分析用産業連関表を利用して予め算出した資材製造と流通段階までの環境負荷に対するそれ以外の割合（倍率）のデータベースを利用し、工事全体の環境負荷を算出する。

なお、LCI、LCC の算出結果は、評価対象期間 100 年間の積算値で表示するよりも 1 年間あたりの平均値で表示されている方が、建物の長寿命化対策を含めた比較の際に便利である。このため、新築工事の LCI を下式の通り計算する。

$$\begin{aligned} \text{新築工事の } LCCO_2 \text{ 排出量} (kg-CO_2/\text{年}m^2) \\ = \text{新築工事の } CO_2 \text{ 排出量} (kg-CO_2/m^2) \\ \div \text{評価対象期間 } 100(\text{年}) \end{aligned}$$

## (8) 建替工事の環境負荷算定

評価対象期間 100(年)中に建替工事が発

生する場合には、新築工事と同等の CO<sub>2</sub> 排出量があるものとして計上する。なお、建替工事に先立つ解体工事分については、廃棄処分の中でまとめて扱うこととし、建替工事には含めないものとする。

まず、建替工事の回数を下式で算出する。

$$\begin{aligned} \text{建替回数(回)} &= \text{評価対象期間(年)} \\ &\div \text{建替周期(年)} - 1 \text{ (回)} \\ &\{ \text{小数点以下四捨五入} \} \end{aligned}$$

以上により、建替工事の LCCO<sub>2</sub> 排出量は下式で算定される。

$$\begin{aligned} \text{建替工事の LCCO}_2 \text{ 排出量(kg-CO}_2\text{/年m}^2\text{)} \\ &= \text{新築工事の CO}_2 \text{ 排出量(kg-CO}_2\text{/m}^2\text{)} \\ &\times \text{建替回数(回)} \div \text{評価対象期間 100(年)} \end{aligned}$$

#### (9) 修繕の環境負荷算定

修繕に係わる環境負荷は、新築工事に係わる工事細目別の CO<sub>2</sub> 排出量に工事細目別の修繕率(%/年)を乗じ、これに新築工事の直接工事分の CO<sub>2</sub> 排出量に対する共通費分を含む CO<sub>2</sub> 排出量の比率を乗ずることによって算出する。

$$\begin{aligned} \text{修繕に係わる LCCO}_2 \text{ 排出量(kg-CO}_2\text{/年m}^2\text{)} \\ &= \{ \text{工事細目別新営工事 CO}_2 \text{ 排出量} \\ &\text{(kg-CO}_2\text{/m}^2\text{)} \times \text{工事細目別修繕率(\%/年)} \\ &\div 100 \} \times \{ \text{新築工事の共通費分を含む} \\ &\text{CO}_2 \text{ 排出量(kg-CO}_2\text{/m}^2\text{)} \div \text{新築工事直接工} \\ &\text{事分 CO}_2 \text{ 排出量(kg-CO}_2\text{/m}^2\text{)} \} \end{aligned}$$

#### (10) 改修工事の環境負荷算定

改修工事と建替工事の重複を避けるため、まず、更新周期の異なる工事細目毎に改修工事回数を下式によって算出する。

$$\begin{aligned} \text{工事細目別改修工事回数(回)} \\ &= \{ \text{評価対象期間(年)} \div \text{建替周期(年)} \} \\ &\times \{ \text{建替周期(年)} \div \text{更新周期(年)} - 1 \} \\ &\text{各々の}\{ \} \text{内毎に小数点以下四捨五入} \end{aligned}$$

以上により、改修工事の環境負荷は下式で算定される。なお、改修工事に伴う廃棄処分は、後述の廃棄処分の中でまとめて扱

うこととする。

$$\begin{aligned} \text{改修工事の LCCO}_2 \text{ 排出量(kg-CO}_2\text{/年m}^2\text{)} \\ &= \{ \text{工事細目別新築工事の CO}_2 \text{ 排出量} \\ &\text{(kg-CO}_2\text{/m}^2\text{)} \times \text{工事細目別改修工事回数} \\ &\text{(回)} \} \div \text{評価対象期間 100(年)} \times \{ \text{新築} \\ &\text{工事の共通費分を含む CO}_2 \text{ 排出量} \\ &\text{(kg-CO}_2\text{/m}^2\text{)} \div \text{新築工事の直接工事分} \\ &\text{CO}_2 \text{ 排出量(kg-CO}_2\text{/m}^2\text{)} \} \end{aligned}$$

#### (11) 廃棄処分の環境負荷算定

廃棄処分の環境負荷として、修繕、改修、解体時に発生する建設副産物の運搬に係わる部分までをまとめて計上することとした。なお、再資源化、焼却、埋立などの最終処分に係わる部分は、データ整備が十分でないことから今回公開する簡易計算法には含めていない。今後の検討課題である。

$$\begin{aligned} \text{廃棄処分に係わる LCCO}_2 \text{ 排出量(kg-CO}_2\text{/} \\ \text{年m}^2\text{)} = \{ \text{搬出重量(t)} \div \text{積載率(t/t)} \times \text{運} \\ \text{搬距離(km)} \} \times \text{道路貨物輸送 CO}_2 \text{ 原単位} \\ \text{(kg-CO}_2\text{/t} \cdot \text{km)} \end{aligned}$$

#### (12) 設備工事の環境負荷算定

設備工事に係わる LCCO<sub>2</sub> 削減対策は、省エネルギー対策が中心であり、設備の資機材製造や工事に係わる CO<sub>2</sub> 排出量は少なく、削減余地が少ない。また、設備工事に係わる LCCO<sub>2</sub> 排出量の算定には多大な労力を要する。このため、設備工事実績等の統計データを利用して作成したデータベースから該当するものを選択することとした。なお、設備工事の LCCO<sub>2</sub>( kg-CO<sub>2</sub>/年m<sup>2</sup>) は、建物の規模によらず概ね初期工事費に比例することから、基準案に対する採用案の工費費の比率で、補正することも可能である。

#### 3.3.4 設計監理の環境負荷算定

設計監理に係わる環境負荷は、新築工事、建替工事、改修工事の設計監理委託をする場合に計上するもので、主として人手による部分であるため、LCCO<sub>2</sub> の中では 1% に満たない。このため、設計監理委託費に金

額あたりの環境負荷原単位を乗ずることによって算定することとする。

### 3.4 LCAデータベース

LCA データベースとしては、当学会の資源利用小委員会、ライフサイクル CO<sub>2</sub> 小委員会（LCA 指針策定小委員会の前身）を始め、各種団体での研究成果が報告されている。それらの特徴はデータベース編を参照されたい。今回公開する計算ソフトでは、1990 年産業連関表によるエネルギー消費量、CO<sub>2</sub> 排出量、SO<sub>x</sub> 排出量、NO<sub>x</sub> 排出量の原単位を利用した。今後、水質汚濁物質や産業廃棄物などのデータベースを充実させると共に、最新の 1995 年産業連関表によるデータベース開発なども行う予定である。

#### (1)海外における環境負荷

海外分は[I-A]<sup>1</sup> 逆行列を利用し、国産品に置き換えると誤差が大きい原油、LNG、石炭、アルミ地金、鉄鉱石の海外排出を積み上げ、それ以外については輸入品を国産品に置き換えて計上した。国内分は一般的に使われている[I-Ad]<sup>1</sup> 逆行列で算出した。

#### (2)固定資本形成に関わる環境負荷

固定資本マトリックス(92 列×525 行)を利用し、便宜的に製品・サービスの生産に必要な固定資本(建物、生産設備等)分を算出した。なお、資本減耗引当金額に応じて 92 列を基本表の 405 列に配分した。

#### (3)生産・流通・最終消費段階別環境負荷

取引基本表の需要合計欄に記載された流通部門投入金額を利用し、各部門毎の平均的な流通分を算出した。

#### (4)建築関連資機材重量あたり環境負荷

基礎的な資材については、産業連関表に付帯する生産額表の単価で重量あたりに換算し、冷凍機や電気製品等については、基礎資材の投入重量を出発点として逆行列を用いて重量あたり単価をあらかじめ算出・換算した。

### (5)その他建築用簡易データ

建物用途別、構造別等原単位を整備した。

### 3.5 環境影響評価

前述のように、今回、整備できた環境負荷原単位は限られているが、下記の環境影響それぞれについて暫定的な統合化を行うこととした。

#### (1)オゾン層破壊

特性係数として、オゾン層破壊係数(ODP)を利用し、CFC-11 の重量に換算して統合化する。

#### (2)地球温暖化

特性係数として地球温暖化係数(GWP)を利用し、CO<sub>2</sub> 重量に換算して統合化する。

#### (3)酸性雨

SO<sub>2</sub> を基準として重みを付ける。

$$SO_2 = 1.0 \quad NO_2 = 0.7$$

#### (4)健康障害(大気汚染起因)

大気汚染物質が人の健康に影響を及ぼす度合いの判断基準として環境基準を採用し、SO<sub>2</sub> を基準として重みを付けることとする。

$$SO_2 = 1.0 \quad NO_2 = 1.39$$

#### (5)エネルギー資源枯渇

石油、天然ガス、石炭、ウランなどの資源毎に可採年数が異なるため、本来は、それらの資源毎に、消費量に対する可採年数の割合で重み付けすべきであるが、今回は、それらの合算値である一次エネルギー消費量で結果を解釈することとする。

#### (6)統合評価

オゾン層破壊、地球温暖化、酸性雨、健康障害(大気汚染起因)、エネルギー資源枯渇といった環境影響項目相互間の重み付けは、科学的には決められない政策的な要素が強い。水質汚濁や産業廃棄物など、まだ扱っていない項目もあるが、今回の計算シートでは統合化による問題点の発掘を目的として重み係数が入力できるようにした。

(伊香賀俊治)