

ライフサイクル思考の住宅のつくり方

東京大学大学院
新領域創成科学研究科
社会文化環境学専攻
清家剛

自己紹介

- ・1964年徳島県生まれ
- ・1987年東京大学工学部建築学科卒
- ・1991年東京大学工学部建築学科・助手
- ・1999年東京大学大学院新領域創成科学研究科・助教授
- ・2019年より現職
- ・専門: 建築構法計画、建築生産
- ・テーマ: **建築における資源循環(解体とリサイクル)**
建築生産における総合的な環境負荷評価
非構造部材の耐震 等

2

概要

脱炭素社会実現に向けた動きの中で、今後の住宅のつくり方は、部品の製造や住宅の設計・建設といった現状関わっている範囲を考えるだけでなく、その手前の調達する材料の状況や建てた後の維持管理・運用についても考慮するライフサイクル思考が、これまで以上に求められるようになる。

今後あらたにどのような取り組みが必要か、ライフサイクルアセスメントの基本と相場観、あるいはJ-CAT等の日本の現状を解説して、皆さんと一緒に考えたい。

(ライフサイクル思考とは)
モノを生み出すために必要とされる資源の採掘から製造、使用、廃棄までその一生(ライフサイクル)を考えることを「ライフサイクル思考(Life Cycle Thinking)」という。

3

本日の構成

1. 環境に優しい住まいとその評価方法
2. LCAの基本と最新の動向
3. エンボデイドカーボンの削減について
4. LCAからみた改修の効果
5. ライフサイクル思考の住宅のつくり方と課題

4

1. 環境に優しい住まいとその評価方法

環境に優しい住まいとは

いろいろな考え方がある

代表的なもの

- ①省エネルギー／省CO₂
- ②ゴミをださない／省資源
- ③緑化／自然環境の維持・保全
など

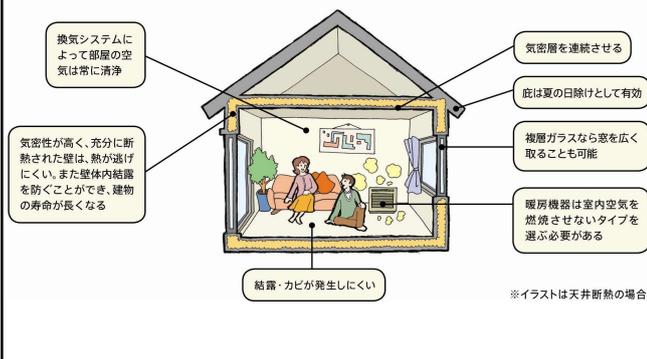
環境に優しい住まいの具体像

- ①省エネルギー
 - ・断熱性が高い
 - ・高効率機器などの省エネ型の設備機器を使用
 - ・太陽光発電など再生可能エネルギーを使用
- ②ゴミをださない
 - ・リサイクルに配慮している
 - ・長く使い続けてなかなか解体しない
- ③緑化／自然環境の維持・保全

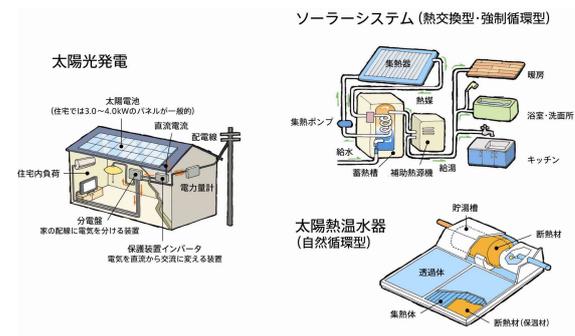
建築にとって省エネルギーが重要

- ・建築物のライフサイクルで考えるなら、使用時のエネルギーが最大
→省エネルギーが重要
- ・断熱・高効率機器
- ・自然エネルギー利用

省エネ住宅-高気密・高断熱



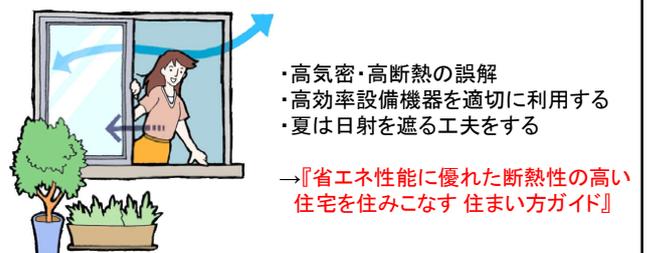
省エネ住宅-再生可能エネルギー



環境に優しい住まいの取り組み

- ①住まい方による取り組み
 - ・省エネな住まい方
 - ・維持管理による長寿命化
- ②規制による取り組み
 - ・省エネ法／将来の省エネ措置の義務化
- ③評価方法による取り組み
 - ・CASBEE
 - ・BELS

住まい方による省エネ効果



高性能な住宅の住まい方ガイドブック

「省エネ性能に優れた断熱性の高い住宅を
住みこなす住まい方ガイド」
—高機能な住宅の性能を発揮させる25のポイント—

省エネ性能に優れた断熱性の高い住宅を住みこなす
住まい方ガイド

高機能な住宅の性能を発揮させる 25 のポイント



2024年3月
発行：一般社団法人 環境共生住宅推進協議会
編集協力：国土交通省 住宅局
監修：省エネ性能に優れた断熱性の高い住宅を
住みこなす住まい方ガイド 編集委員

https://www.kkj.or.jp/contents/build_hojyogyo/report/R05_howtolive-guidebook.pdf

13

高性能な住宅の住まい方ガイドブック

5つの大項目/25のポイント

- ・視点1: 熱が逃げない断熱性が高い住宅は季節に応じた日射しのコントロールが大切
- ・視点2: 暖冷房機器を適切に運転することで少ない暖冷房エネルギーでも快適に
- ・視点3: 断熱性が高い住宅では空間をつなげて気持ち良い空気を家中に
- ・視点4: 災害時でも日常生活を維持するために高性能な機能をもしもの備えに
- ・断熱性が高い住宅を住みこなすもうひとつ工夫

14

高性能な住宅の住まい方ガイドブック

視点1：熱が逃げない断熱性が高い住宅は
季節に応じた日射しのコントロールが大切

夏

日射しのコントロールが大切！ 窓からの日射しをしっかりと遮りましょう
■窓からの日射しを遮ることで室内の温度が下がります。また、直射日光による家具の劣化を防ぐこともできます。

断熱性が高い住宅は「熱が逃げない」という特徴です。そのため、日射しによる熱（日射熱）が室内に入ってしまうと、室内の温度が上がりやすくなります。

断熱性が高い住宅でも、窓から入る日射しをしっかりと遮ることが冷暖房エネルギーを減らすための重要なポイントです。

特に、夏の夕方から夜にかけての高温の日射しを遮ります。遮熱カーテンやブラインドの設置が効果的です。

9月～12月にかけての低温の日射しを遮ることで、冷暖房エネルギーを減らすことができます。遮熱カーテンやブラインドの設置が効果的です。

窓の外観で日射しを遮る方法が効果的です。

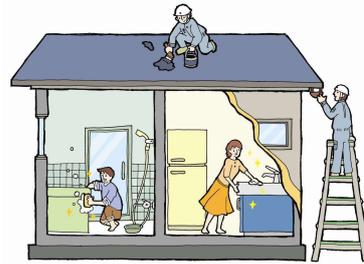
日射しを遮ることで、室内の温度が下がります。また、直射日光による家具の劣化を防ぐこともできます。

遮熱カーテンやブラインドの設置が効果的です。

- ・図を交えながら項目ごとにわかりやすく説明

15

維持管理による長寿命化



- ・住宅を長持ちさせるために必要なこと
- ・適切な維持管理
- ・将来を考えて、家の履歴を残す

環境に優しいことを評価する
ラベリングツールとLCAツール

環境に関わる評価方法

- ・環境に良い／悪いを評価する(してほしい)
- ・共通の「ものさし」の整備が必要
ラベリングツール と **LCAツール**
- ・「ものさし」を活用する「しくみ」の整備が重要
- ・環境より広がりのある概念SDGs

環境に関わる評価方法

ラベリングツール

CASBEE、LEEDなど

良い／悪い を答えとして出す
実はLCAが組み込まれている

LCAツール

量をはかるのが原則

数字を見て考えることが重要

世界の代表的なラベリングツール

名称	BREEM	LEED	GBTool	CASBEE
発祥	イギリス	アメリカ	カナダ	日本
経過	1990年(初版)	1996年(草案)	1998年(初版)	2002年(初版)
普及	旧宗主国にも普及	カナダなどにも普及	研究レベル	アジアを中心に国際的に運用する手法に
評価項目	1.マネジメント 2.健康と快適性 3.エネルギー 4.交通 5.水 6.材料 7.土地利用 8.敷地の生態系 9.汚染	1.敷地計画 2.水消費の効率化 3.エネルギーと大気 4.材料と資源の保護 5.室内環境の質 6.革新性及び設計・建設のプロセス	1.資源消費 2.環境負荷 3.室内環境 4.サービス品質 5.経済性 6.運用以前の管理 7.近隣環境	Q: 環境性能・品質 Q1.室内環境 Q2.サービス性能 Q3.室外環境(敷地内) L: 環境負荷 L1.エネルギー L2.資源・マテリアル L3.敷地外環境 BEE: Q/L

CASBEEとは

環境効率の概念に基づく建築物の環境効率(BEE)
という新しい指標の提案

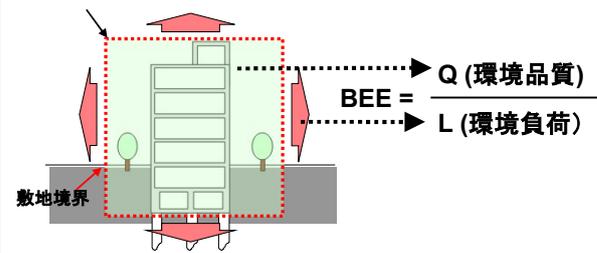
BEE: Built Environment Efficiency)

$$BEE = \frac{Q \text{ (建築物の環境品質)}}{L \text{ (建築物の環境負荷)}}$$



BEEに基づく新しい総合評価システム
(Comprehensive Assessment System)
“CASBEE”の開発

Q and LにおけるBEEの定義



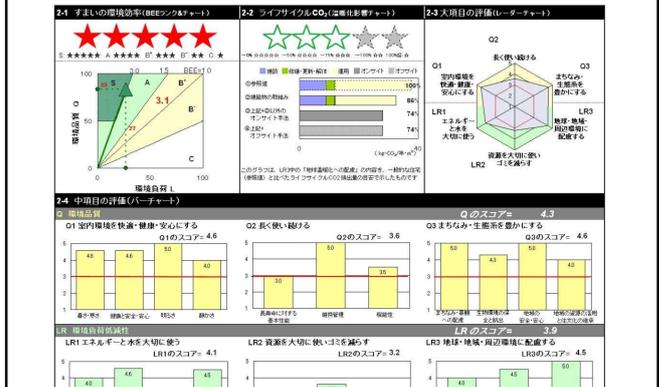
より良いQ(環境品質)の建築物を
より少ないL(環境負荷)で実現するための
評価システム

評価システム－CASBEE評価結果

2-1 すまいの環境効率(BEEランク&チャート)



評価システム－CASBEE



ライフサイクルCO₂(温暖化影響チャート)

2-2 ライフサイクルCO₂(温暖化影響チャート)



標準的な住宅における
ライフサイクルCO₂排
出量に対する評価対象
住宅の排出率を目安で
表現

さらに、排出率に応じて
緑☆にてランク付け

CASBEE(ラベリングツール)には
LCA評価が組み込まれている

- ・ラベリングツールのISOに
LCA評価を入れることが定められている
- ・ただし、簡易なLCA計算としている

戸建住宅のライフサイクルCO₂の計算は難しい

- ・戸建住宅の構成部材は非常に多い。
- ・長期間使われるため、部材の交換周期やメンテナンスの内容や頻度などの予測が必要。
- ・一棟ごとにプラン・立地・すまい方が異なるため、個別の計算が必要。

専門的な知識と、膨大な時間が必要で戸建住宅の設計・建設など実務段階では難しい。

- ・実務段階でも可能な方法で計算
→精緻なライフサイクルCO₂は行わず、簡易的な計算とする。
- 原則として計算方法(種々の計算条件、使用するデータ)は固定。

同じ条件で計算することで、この結果を使って計算するBEEの信頼性を確保。

27

CASBEE標準計算

CASBEEによるLCCO₂評価の仕組み

モデルプラン(固定)で計算したCO₂排出量をベースに、
関連する採点項目のレベルを使ってCO₂排出量を加減する。

1 建設、修繕・更新・解体の排出量

2 居住時の排出量

モデルプランを使って、予め
構造別に計算した排出量

LR_{H1}の採点項目の入力
値および採点結果を
使って居住時のCO₂を計
算

↑
Q_{H2}、LR_{H3}の採点項目の結果
を使って建設、修繕・更新・
解体のCO₂を補正

28

ライフサイクルCO₂の計算(戸建標準計算)

関連する採点項目の結果(レベル1~5)と居住段階の一次エネルギー消費量から自動的にライフサイクルCO₂を計算する方法を採用。

- ⇒「建設」「修繕・更新・解体」「居住」の3つの段階に分けて表示。
- ⇒CO₂排出に関係する6項目の結果(と入力値)を利用して評価。
- ⇒評価対象住宅に電力を供給している電力会社を必ず選択する。(電力の排出係数の設定)
- ⇒ライフサイクルCO₂排出量のおおよその値やその削減効果を表示。

→つまりライフサイクルアセスメントに影響する項目は
普段から設計上考えている(CASBEEの評価項目)

29

ライフサイクルCO₂(温暖化影響チャート)の内訳

2-2 ライフサイクルCO₂(温暖化影響チャート)



①参照値:
一般的な住宅(全ての評価レベルが3)の
ライフサイクルCO₂。

②建築物の取組み:
住宅の長寿命化、高断熱化、設備の省エネ
化等による取組みを評価した結果。

③上記②以外のオンサイト手法:
太陽光発電システム等②以外の敷地内(オ
ンサイト)での取組み効果を加えて評価した
結果。

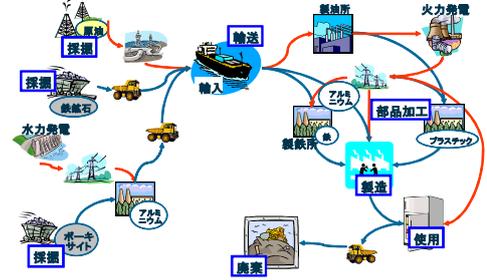
④上記②+オフサイト手法:
グリーン電力証書、カーボンプレジットの購入
等敷地外(オフサイト)での取組み効果を加
えて評価した結果。⇒戸建独自計算

30

2. LCAの基本と最新の動向

LCA(Life Cycle Assessment)とは

環境影響を定量的に測る“ものさし”として、LCAがある。
LCAを実施することで、CO2量などを算出できる。

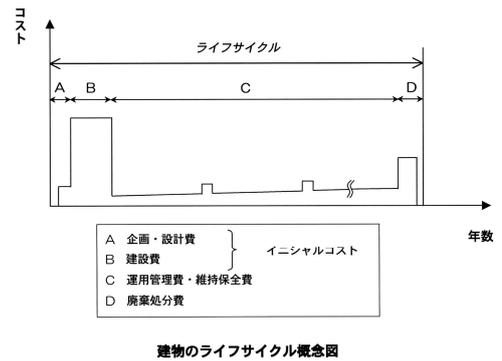


建築のLCAについて

- LCAとは原材料を採取するところから建築を作り使って壊すまでの建築の一生のライフサイクル全体で何がどれくらい出入りがあるかを計算すること
- 建築のライフサイクル各段階を考えると、大きく2種類のデータに分けられる
 - 建設・改修・解体など(イニシャル/エンボディド)
 - 運用時(ランニング/オペレーショナル)
- 寿命が長い建築のLCAの結果は運用時が大きくなる
→ 運用時の削減が大事(=省エネが大事)

33

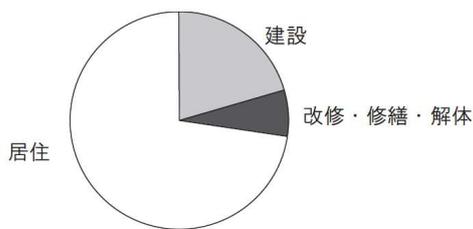
建築のライフサイクルでおきること(コスト)



34

戸建て住宅のLCA(CO₂)

寿命の長い一般的な建物では居住時のCO₂排出量が多い



戸建て住宅のライフサイクルCO₂の内訳
(CASBEE戸建の標準計算における一般的な木造住宅の例:参照値)

35

事務所ビルのLCA(CO₂)

事務所ビルのライフサイクルCO₂



J-CATIによるケーススタディ平均のCO₂排出量

36

LCAツールのできること

- **LCA** (Life Cycle assessment)
 - **LCC** (Life Cycle Cost)
 - **LCCO₂** (Life Cycle CO₂) → CO₂は合意できたものさしの単位
 - **LC SOX LC NOX etc.**
 - **LCR** (Life Cycle Resource)
 - **LCW** (Life Cycle Waste)
- 量で評価するので質が評価しにくい
環境影響インパクトなどで評価するが、複雑になる。

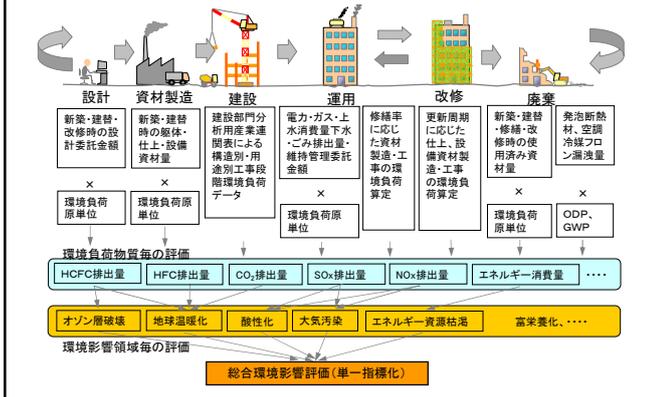
LCAツールの代表 日本建築学会「建物のLCA指針」

● 建築におけるLCAツールの代表

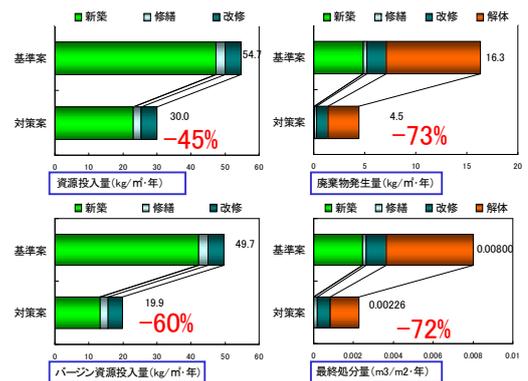
- 1999年 「建物のLCA指針(案)」を発刊
- 2003年 案をとり、正式に「建物のLCA指針」として発刊
- 2006年 資源循環性評価を追加した改定版を発刊
戸建住宅用ツールを追加
- 2013年 最新のデータベースに更新した改定版を発刊

38

日本建築学会のLCA指針の概要



LCR・LCWの評価結果



建築のLCAについて

- 建築のライフサイクル各段階を考えると、大きく2種類のデータに分けられる
 - 建設・改修・解体など(イニシャル/エンボディド)
 - 運用時(ランニング/オペレーショナル)
- 運用時は省エネ(・創エネ)によって減らせる
- 建設・改修・解体はなかなか減らない
 - なかなか減らないエンボディドカーボンを減らすために建材の努力が求められる?

41

LCAツールとデータ

<LCAを実施するためにはツールとデータが必要>

- 計算するための**LCAツール**
建築で代表的なものは「建物のLCA指針」、J-CAT、
→ ある程度信頼できれば何でもよい
- 計算するためのデータは主に2種類ある
 - 産業連関表に基づくものと積み上げ法によるもの
 - 公平で信頼されるもの、競争原理が働くものが大事
 - 信頼されるデータをどうつくるかが課題

42

国際動向とゼロカーボンビル推進会議

背景: 国際基準であるGHGプロトコル対応
 サプライチェーン排出量
 = Scope1排出量+Scope2排出量+Scope3排出量

スコープ1
 事業者自らによる温室効果ガスの直接排出(燃料の燃焼など)
 スコープ2
 他社から供給された電気、熱・蒸気の使用に伴う間接排出
 スコープ3
 Scope1、Scope2以外の間接排出(事業者の活動に関連する他社の排出)

Operational carbonはスコープ1, 2
 Upfront carbon, Embodied carbonはスコープ3に該当



出典: 環境省HP クリーン・バリューチェーンプラットフォーム
https://www.env.go.jp/earth/ondanka/supply_chain/gvc/supply_chain.html

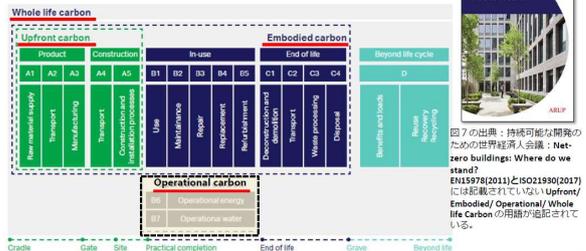
国際動向とゼロカーボンビル推進会議

背景: 世界経済人会議(WBCSD)によるネットゼロ
 ビルディングの概念図の記載 (2021年)

Whole life carbon = ライフサイクルカーボン
 Upfront carbon
 Embodied carbon
 Operational carbon

「(財)建設時GHG排出量算出マニュアル」検討会
 <A1-5 (アップフロント)> 【事務局: 不動産協会】が先行

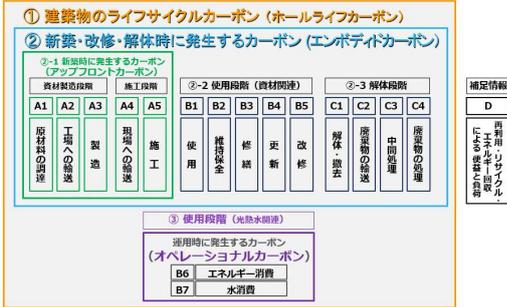
Figure 7: Whole life cycle stages, EN15978 (2011)¹²



国際動向とゼロカーボンビル推進会議

WBCSD, Net-zero buildings: Where do we stand?
 Figure 7: Whole life cycle stages, EN15978 (2011)日本語訳(素案)

ライフサイクルカーボンの枠組み (WBCSD, 2021)



国際動向とゼロカーボンビル推進会議

• **2021年:** WBCSDにより考え方が示された
 WBCSD: World Business Council for Sustainable Development
 (持続可能な開発のための世界経済人会議)

→ 次の用語が示された **ホールライフカーボン**
エンボデイドカーボン
アップフロントカーボン
 (EN規格からと書いているがもとはISO21930の図)

• **2023年:** ゼロカーボンビル推進会議スタート
 日本の建築業界としてとして削減に取り組む動き

• **2024年:** ホールライフカーボン算定ツールJ-CAT開発

現在の建築LCAの動向

(国の動き)

- 2025年「建築物のライフサイクルカーボン削減に関する関係省庁連絡会議」開催
- 国土交通省住宅局「建築物のライフサイクルカーボンの削減に向けた取組の推進に係る基本構想」をとりまとめ
- 国土交通省は**2028年度の制度開始**を目指して、「建築物のライフサイクルカーボンの削減に向けた制度のあり方(中間とりまとめ)」をとりまとめ(2026年1月)

今後の建築LCAの動向

(国の動き)

- 国土交通省は**2028年度の制度開始**を目指して、「建築物のライフサイクルカーボンの削減に向けた制度のあり方(中間とりまとめ)」をとりまとめ(2026年1月)
 → **5,000㎡以上の事務所ビル**を対象に計算
 → 建築士から施主への説明を行う
 → 当面は**大規模な建物**が対象

今後の建築LCAの動向

(民間の動き)

- ・ESG投資(環境・社会・ガバナンスにおける課題の解決に資する投資)の観点から民間資金が動く。
- ・有価証券報告書にLCA(ライフサイクルアセスメント)を記載する動きあり。

49

ゼロカーボンビル推進会議からJ-CAT

- ・2023年:ゼロカーボンビル推進会議スタート
日本の建築業界としてとして削減に取り組む動き
- ・2024年:ホールライフカーボン算定ツールJ-CAT開発

50

ゼロカーボンビル推進会議からJ-CAT

- ・建築物ホールライフカーボン算定ツール
Japan Carbon Assessment Tool for Building Lifecycle
略称(愛称) **J-CAT**

<特徴>

- ・金額では無く数量ベースで算定が可能
- ・活用目的に合わせた3つの算定法を提供
(簡易算定法、標準算定法、詳細算定法)
- ・デフォルト値の充実(冷媒漏洩率/更新率/修繕率など)
- ・算定結果情報の充実と多様な削減手法への対応

51

ゼロカーボンビル推進会議とJ-CAT

J-CAT

算定ソフト_簡易算定法

EXCELファイル名

1. J-CAT_Software_Simplified Calculation_v2.0
2. J-CAT_Software_Standard Calculation_v2.0
3. J-CAT_Classification Table_v2.0 (内訳書)仕訳表
4. J-CAT_Summary Table_v2.0 (集計表)
5. J-CAT_Software_Detailed Calculation_v2.0 (算定結果表示ソフト)

マニュアル 0_J-CAT_Manual_v2.0 ソフト

52

LCAツールに用いるデータ

- ・産業連関表によるデータと積み上げ法による二つあり
 - 一産業連関分析法→日本
 - 全体から分割するので漏れが無い
 - 通常一人の作業なのでバランス良く全体として正確
 - 統計に基づくので新しい技術のデータをつくりにくい
 - 一積み上げ法→海外は主流で日本も取り組んでいる
 - それぞれの建材、技術ごとにデータを作れる
 - それぞれの組織がデータを作成するのでデータごとのばらつきが大きい

53

LCAデータ活用のための注意点

- 1)データには2種類の作り方があり
→比較のためには種類をそろえる必要あり
- 2)足し算のためには単位をそろえる必要
→そう単純にはできない
- 3)比較のためには範囲をそろえる
→ゆりかごから墓場まで? Gateまで?
- 4)いろいろな段階で誤差が発生する
→相応の誤差を含む結果となることを
多くの関係者が理解する必要あり

54

3. エンボデイドカーボンの削減について

エンボデイドカーボンを計算するために

- 建材のデータを整える必要がある
→ **データをつくるのは建材メーカー**
- 建材はたくさんある
戸建て住宅で数万点、500から1,000種類の建材
- データをつくる **建材メーカーは多様**
 - 大規模事業者が多数の製品をつくる
 - 中小規模の事業者も多数あり
- 産業連関表によるデータと積み上げ法によるデータの使い方を検討しなければならない

56

エンボデイドカーボンを計算するために

戸建て住宅に採用される建材は多い
(積水ハウスの例: 部品はネジまで数えて6万点といわれている)



57

エンボデイドカーボンを計算するために

- (産業連関表)
- 統計値から作成されるため、**全建材を網羅**できる。
 - 作業が統一的に行われるので **公平感がある**。
 - 製品ごとの値が代表値となるため、**個別の製品の努力を反映しにくい**。
 - そもそも5年ごとに作成される統計値から計算。
(最新の2020年版が2023年夏に発表)
→ そこから最新データになるのに時間がかかる(早くて数年)ため **削減努力の反映に時間がかかる**。

58

エンボデイドカーボンを計算するために

- (積み上げ法)
- 製造工程を中心に自らデータを集めて積み上げて計算。
 - 製品ごと、個社ごとのデータにはばらつきが発生する可能性がある。(**公平感が心配**)
 - 個別の製品ごとにデータを作成するため、**削減努力がデータに反映しやすい**。
 - EU等海外では盛んに作られてきたが、**日本ではまだ浸透していない**。

59

エンボデイドカーボンを計算するために

- (積み上げ法)
- 積み上げ法によるEPDは、**建材に特化したISO 21930**
「Sustainability in buildings and civil engineering works — Core rules for environmental product declarations of construction products and services : 建築・土木工事におけるサステナビリティ 建設製品およびサービスの環境製品宣言に関する基本規則」(2017年改定版)に基づく。
 - 積み上げ法によるEPD以外のデータも採用する必要あり。
 - **カーボンフットプリントのガイドライン**に従ったもの
 - **各団体等でオーソライズしたデータの作り方**

60

エンボディドカーボンを計算するために

(今後のデータのあり方)

- 産業連関表による建材環境データについては、日本で広く採用されている(日本建築学会LCA指針等)ため、当面活用する。
- 将来的には、積み上げ法に移行する。
- 産業連関表によるデータと積み上げ法によるデータが混在する時期がある。

61

関連するISO21930の概要

「建築・土木工事におけるサステナビリティ 建設製品およびサービスの環境製品宣言に関する基本規則」
(Sustainability in buildings and civil engineering works — Core rules for environmental product declarations of construction products and services)

- 環境評価全般の規格であるISO 14000シリーズとは別の**建材に特化したISO**
- 2007年に作成され、最新版は2017年に改定された
- 建材の**EPD(環境製品宣言)**を作成するための原則、仕様、要件を規定したもの

62

ISO21930の特徴

- 建材の環境負荷を考えるためのAからDまでの機能単位という考え方が示された

→ヨーロッパのEN規格や建築の環境負荷を検討する会議等でブラッシュアップされ、日本でも採用

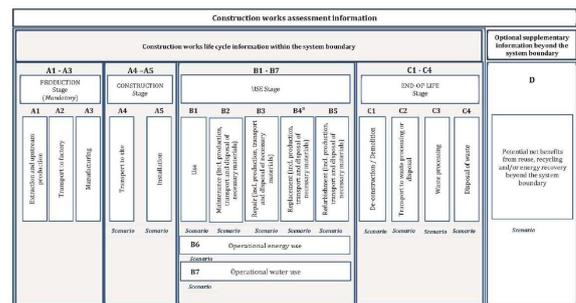
- 「**ゆりかごから門まで(Cradle to gate)**」を必須とした

→建設時の環境負荷を計算しやすくするため、通常の環境影響評価が「ゆりかごから墓場まで(Cradle to the grave)」の製品の一生を対象とするのに対して、「ゆりかごから門まで(Cradle to gate)」、つまり建材メーカーが自らのデータを作成可能な建材の工場出荷時まで(資材製造段階(A1~A3))を必須としたことが特徴。:

63

ISO 21930

2017年版で下記の図が示された(原案は2007よりあり)



* Replacement information module (B4) not applicable at the product level.

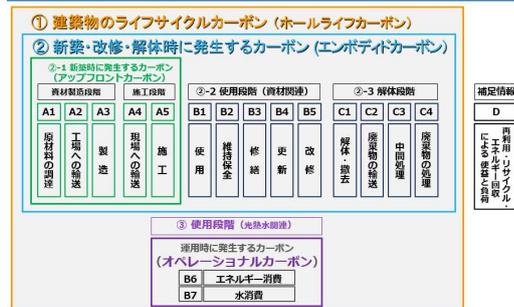
Figure 2 — Common four life cycle stages and their information modules for construction products and construction works and the optional supplementary module D

64

ISO 21930 をもとにした図

- つまり下記は建材のLCAをあらわしていることに留意

ライフサイクルカーボンの枠組み (WBCSD, 2021)



65

エンボディドカーボンの削減のために

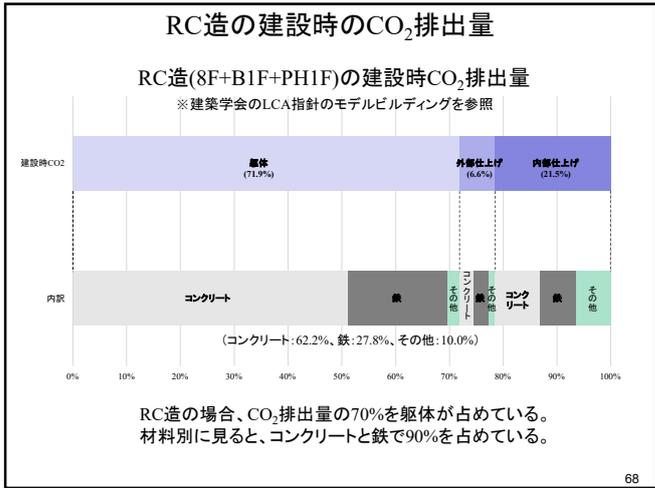
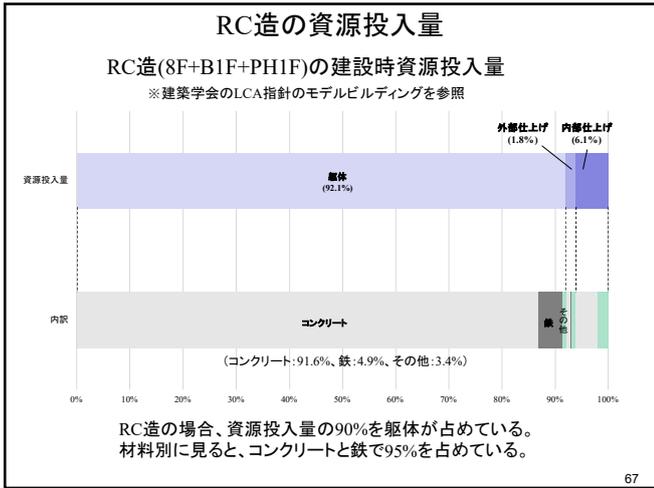
- LCAは万能ではない

→相場観を知ること/限界を知ること

→データやツールの特性と限界(誤差を含むなど)をよく理解する(使う側/受け止める側)

→データに表しにくい大事な要素のことを忘れないこと
寿命は重要だが耐久性は数字にしにくい
良い建築は壊されにくいので長寿命につながる

66



CO₂削減の考え方

1) 建設時(イニシャル/エンボディ)

原材料採取/輸送/材料製造/輸送/施工

→このうち材料の製造時の影響が最も大きい
(鉄・セメント・ガラスは1000°C以上の高温で製造)
→イニシャル/エンボディはなかなか減らない
新築は鉄・セメントの使用量の少ない木質化
改修は躯体の再利用で鉄・セメントの使用量を減らす

2) 運用時(ランニング/オペレーショナル)

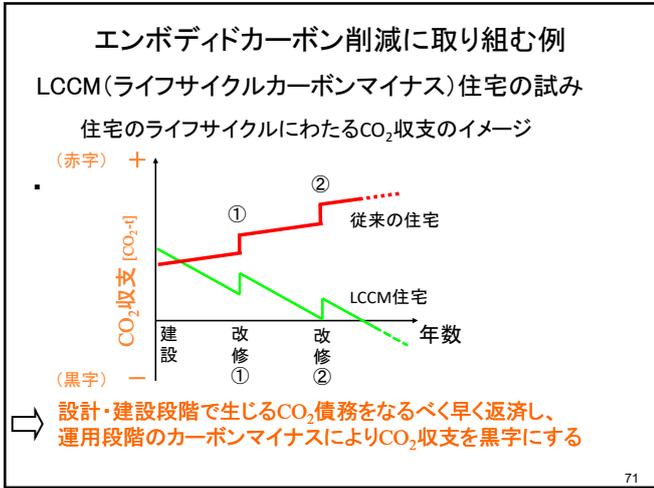
→運用時は省エネによって減らせる
創エネと組み合わせてZEH・ZEBを目指す

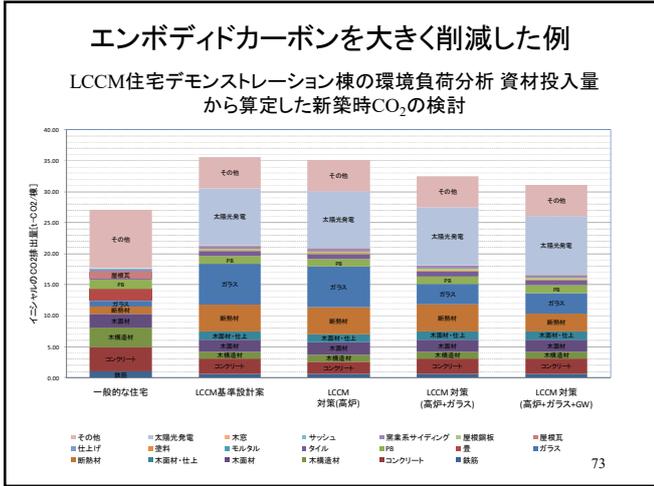
69

エンボディカーボンの削減

- ・量が多いものを減らす(減らせる?)
躯体材料:鉄、コンクリート(うちセメント)、木材
躯体材料以外:石膏ボード、ガラス、アルミ
- ・環境負荷が大きいものを減らす(減らせる?)
鉄、セメント、ガラス(1,000°C以上で製造)
アルミニウム(大量の電力使用・高温で加工)
- ・建材の量を減らす(減らせる?)他は何かないの?
輸送時は減らせる?
施工時は減らせる?

70





エンボディドカーボンの削減と木質化

- ・木質化は環境負荷低減に効果的
 - －木材は再生可能材料
 - －鉄、セメントに比べて製造時の環境負荷小
- ・木質化には限界
 - －高層、大規模な建築は難しい
- ・木材の注意点
 - －寿命は短い？長い？
 - ある程度メンテナンスの手間がかかる
- ・木材の間での競争
 - －より一層の環境負荷低減

74

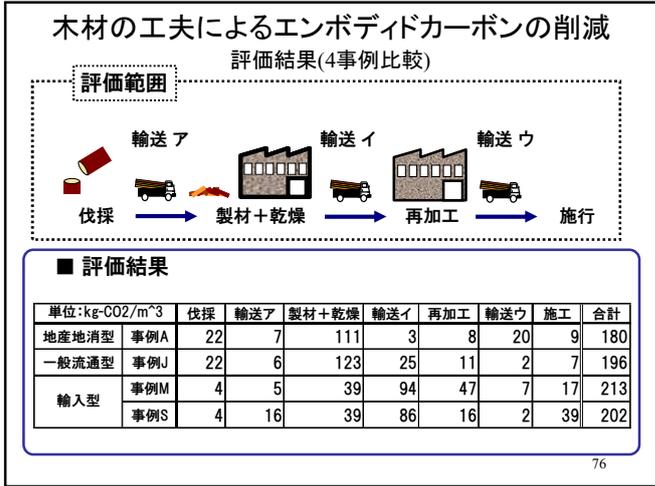
木材の工夫によるエンボディドカーボンの削減

木造住宅における木材調達の違い(4事例比較)

ケース	ケース概要
事例A 地産地消型	軸組構法
事例J 一般流通型	軸組構法
事例M 北欧輸入型	パネル構法
事例S 北欧輸入型	パネル構法

■ インベントリデータ算出方法
可能な限り聞き取り調査の結果をもとに算出を行った。一部必要なデータが得られなかった部分に関しては、文献値や妥当と思われる仮定値を適用した。

75



エンボディドカーボンの削減

- ・ここ数年でいろいろな動きがあると思われる。
 - 設計時にエンボディドカーボンを計算するようになるか。
- ・今のところ大きな削減を見込める技術は少ない。
 - 建設時の環境負荷削減が運用時の省エネや長寿命化と相反するかもしれないといった懸念あり。
- ・製造時の環境負荷が小さい建材の技術開発への期待。
 - －リサイクル量の増加
 - －技術革新による製造時の環境負荷削減(鉄の水素還元技術等)
 - 技術開発と技術導入のいずれも時間がかかるし大規模な設備投資が伴う。

77

エンボディドカーボンまとめ

- ・LCAの観点からは省エネが大事
 - エンボディドカーボンも計算することになる
 - 建材のデータを作る必要性が高まる
- ・建設時のCO₂排出量はなかなか減らない
 - 現時点では表示する/減らせそうなところを探す
- ・長寿化も貢献
 - 改修工事による削減効果あり
- ・LCAデータの使いこなしが重要
 - データやツールの特性と限界をよく理解する(使う側/受け止める側)

78

4. LCAからみた改修の効果

- ・リファイン建築の事例
- ・戸建住宅の改修事例

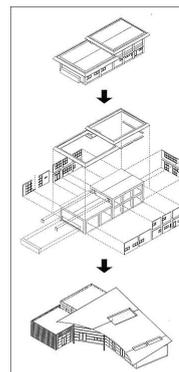
リファイン建築の事例

ー公民館

リファイン建築の評価

- ・青木茂氏の「リファイン建築」をRC建築物の廃棄物発生量低減のための有効な方策と捉えて紹介。
- ・その有用性を実際の例を通して分析・評価することを目的とする。
- ・項目としては以下の点考えた。
 - ー 工期・人工数
 - ー 環境負荷

工事の概要



既存建物

部分解体

RCのうち、底、パラベット、非構造壁など、構造上不要な部位を撤去。

増築

既存RC躯体の補強（外周）および増築部分はS造となる。

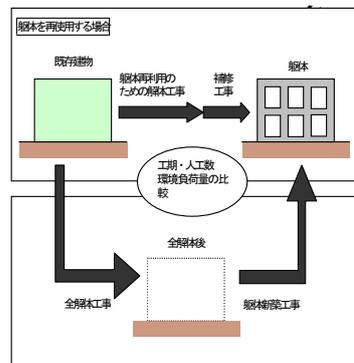


解体手順～RC壁の作業手順

- ・構造上不要なRC壁の撤去手順
 1. サンダーで周囲に切れ目を入れる
 2. ブレーカーで周囲を破壊する
 3. バーナーで鉄筋を切断する
 4. 重機で除去

重機で一括して粉砕する通常解体に比べると約5倍の時間がかかる

工期・人工数分析(1)～比較対



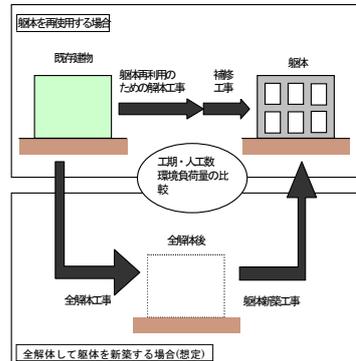
- ・既存建物を全解体して、本工事で残すRC躯体と同様のものを新築した場合を比較対象とする。
- ・比較対象のデータは、ヒヤリング調査で得られた見積もりに基づいて算出する。

工期・人工数分析(2)

	躯体を再利用する場合			同規模の躯体を新築する場合(概算)		
	名称	数値	単位	名称	数値	単位
工事期間	解体工事	19	日	解体工事	14	日
	補修工事	8	日	新築工事	90	日
	合計	27	日	合計	104	日
人工数	解体工事	172	人工	解体工事	42	人工
	補修工事	28	人工	新築工事	500	人工
	合計	200	人工	合計	542	人工

- ・ 工事期間は1/4、人工数は4割ほどで済み、時間・人数の両方においてかなり有利であることがわかった。
※増築部分を含めた工事全体ではまた異なった値となる

環境負荷分析～比較対象



- ・ 既存建物を全解体して、本工事で残すRC躯体と同様のものを新築した場合を比較対象とする。

廃棄物量の比較

	躯体を再利用する場合の工事			新築する場合の工事(概算)		
	名称	数値	単位	名称	数値	単位
廃棄物量 (内装材)	木屑	10.0	t	木屑	10.0	t
	金属屑	4.0	t	金属屑	4.0	t
	石膏ボード	2.1	t	石膏ボード	2.1	t
	可燃ゴミ	2.8	t	可燃ゴミ	2.8	t
	合計	18.9	t	合計	18.9	t
廃棄物量 (RC)	コンクリートがら	344	t	コンクリートがら	858	t
	鉄筋(躯体以外)	2.0	t	鉄筋(建物全体)	5.0	t
	合計	346	t	合計	863	t

- ・ 内外装材の廃棄物量は全体からみれば僅かだと言える。
- ・ 躯体を残した場合のRC廃棄物量は346tで全解体した場合の863tの約40%程度となった

二酸化炭素発生量の比較

	CO2排出量[kg-CO2]	
	躯体を再利用する場合	新築する場合
解体工事時	160	23
廃棄物輸送時	923	2184
新規資源生産時	—	62557
新規資源輸送時	—	972
合計	1083	65736

- ・ 躯体を再利用した際のCO2排出量は、全解体する場合に比べて、およそ1/60で済む。
※躯体だけの状態までの比較なので、割合はもっと小さい。

リファイン建築の事例

— 集合住宅

リファイン建築の概要

リファインとは、既存の躯体を修繕し再利用するリノベーション手法である。

躯体の修繕と躯体以外の刷新により耐震性、遵法性、そして意匠性において新築と同等な価値を持つ建物として再生することができる。

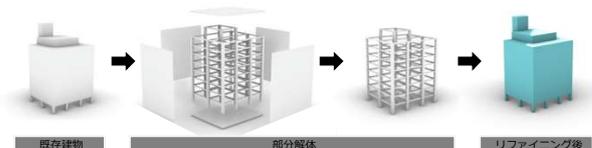


図1.リファイン建築の概略図

評価対象の概要

対象物件: シャトレ信濃町

所在地: 東京都新宿区信濃町3-1
 用途: 共同住宅
 建設年: 西暦1972年
 規模: 高層棟SRC造9F・塔屋2F、
 低層棟RC造2F

2017年より、株式会社青木茂建築工場の設計によるリファイニング。



躯体の再利用に係る資材量

リファイニングの特徴である**躯体(鉄筋コンクリート)の再利用**の効果を評価するにあたり、はじめに躯体工事に係る資源量を以下に示す。

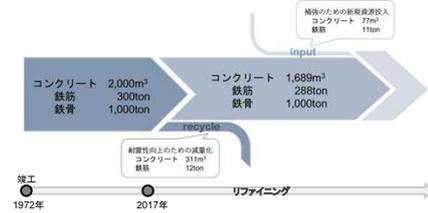
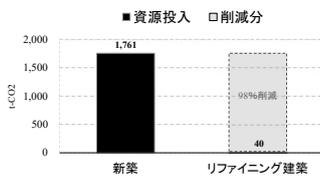


図2. 躯体の再利用に係る資源量

環境影響評価の結果

前頁の「躯体の新築に係る資源投入量」と「リファイニングにおける躯体の修繕・補強に係る資源投入量」とをCO₂排出量に換算して比較し、CO₂排出量の削減量を定量化した。



結果、鉄筋コンクリート躯体への**資源投入量**に着目すると、既存建築物と同等の新築をする場合と比べ、リファイニングを行う場合**CO₂排出量は98%削減**されることが分かった。

図3. 環境影響評価の結果

戸建住宅の改修事例

<改修工事の資源フローとCO₂排出>

改修のCO₂削減量: 「A、B、C」の把握が必要

- CO₂排出なし: A. ストック資材活用
- CO₂排出あり: B. 改修工事・新規資材
- C. 改修工事に伴う解体・廃棄



図: 改修工事の資源フローとCO₂排出の関係

1. 既存戸建住宅の現況、改修に伴う現場調査

躯体以外で再活用された資材 ②

<バルコニー>



→ 劣化した床材と一部根太を新たな資材と交換することでバルコニーを再活用

2. 既存建物の3Dモデリングと資材投入量

既存建物の3Dモデリング

調査1のデータを活用し、BIM(設計・生産管理ツール)を用い3Dモデルを作成

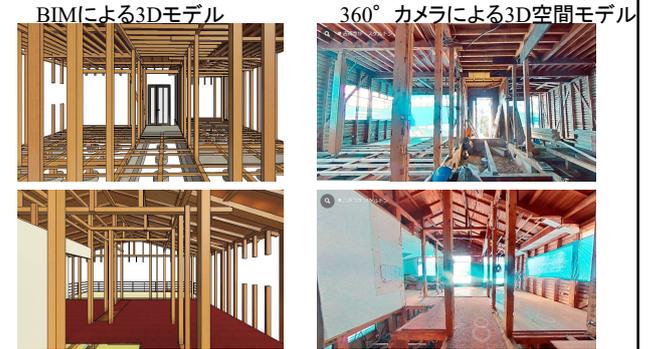


図 既存建物の3Dモデル(左:仕上げ材等含むモデル、右:軸組みモデル)

97

2. 既存建物の3Dモデリングと資材投入量

3Dモデルの再現性_改修工事現場



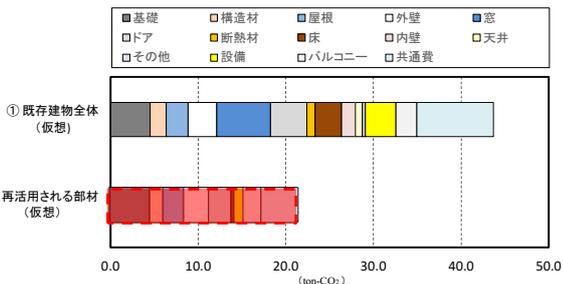
98

3. 木造戸建住宅の改修に関するLCA(CO2削減効果)

LCAの結果_既存建物・再活用

基礎、構造材、屋根、外壁、扉、バルコニーを再活用

→ 既存戸建住宅全体のCO2排出量の凡そ半分に相当



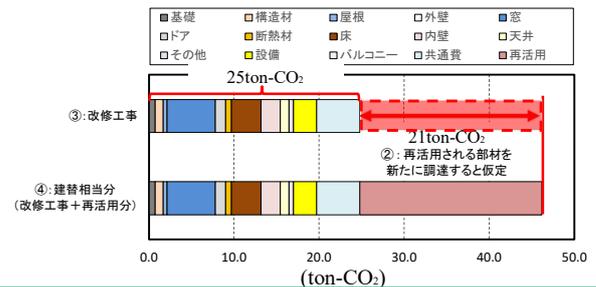
99

3. 木造戸建住宅の改修に係るLCA

改修工事に伴うCO2排出量

発注書から改修工事に係るCO2排出量を評価

本事例の改修工事に係るCO2排出量は約25ton-CO2



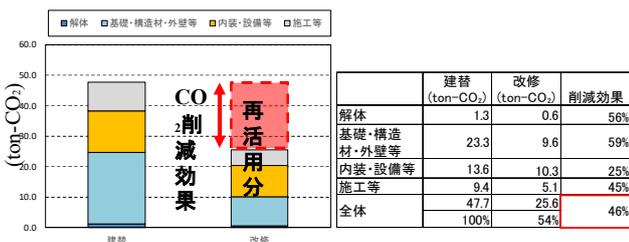
100

3. 木造戸建住宅の改修に係るLCA

改修のライフサイクルCO2_建設分

建替と改修を比較、改修ケースは建替ケースの54%に相当

→ 改修により建設分のCO2排出量は46%削減効果



101

戸建住宅改修まとめ

・建設時の環境負荷削減には木質化とリフォームが有効

→ 効果を数字で表すことには意味がある

・数字の扱いには注意が必要

— シナリオはどうなっているか

— 分母は何か

— 数字にはそれなりの誤差を含む

→ 環境負荷をあらわす数字に対する
リテラシーの向上が必要(社会も個人も)

5. ライフサイクル思考の住宅のつくり方と課題

ライフサイクル思考の住宅の作り方

- ・快適で省エネな長く使える住宅をつくる
 - 省エネ・長寿命はこれまでと変わらないコンセプト
 - しかしあえてLCAを行い環境影響を見直してみる
 - 気づいていない環境負荷が見えてくるかも
 - LCAを公表することも大事
- ・エンボデイドカーボンの観点で考えてみる
 - 改修の良さが見えてくる
 - オペレーショナルカーボンとのトレードオフに注意
 - サーキュラーエコノミーも評価可能か

104

ライフサイクル思考の住宅の作り方

- ・LCAの実施と公表
 - 減らせるところから減らすことになる
 - エンボデイドカーボンの削減に向けての動き
(なかなか減らない)
- ・エンボデイドカーボン削減の動き
 - オペレーショナルカーボンとのトレードオフに注意
- ・サーキュラーエコノミーの観点
 - できる限りのリサイクルを実施する動き
(車などではすでに様々なプレッシャー)
 - 寿命の長い建築でどこまで求められるかは不透明
 - カーボンニュートラルと一致する場合としない場合あり

105

ライフサイクル思考の住宅の作り方の課題

- ・住宅を造る側が相場観を確立する
 - エンボデイドカーボンはなかなか減らない
 - オペレーショナルカーボンとのトレードオフがある
 - サーキュラーエコノミーはカーボン削減に貢献する場合としない場合あり
- ・相場観を社会で共有する
 - 設計者、施工者だけでなく施主にも理解してもらう

106

ライフサイクル思考の住宅の作り方の課題

- ・ライフサイクル思考の住宅の作り方の課題は
将来の課題すべて
- ・(例えば)担い手の不足
 - LCAを計算する／計算しながら設計する人材不足
 - 長寿命化の担い手不足
維持管理はどうする？
メンテフリー？
自分でやる？



107

ライフサイクル思考の住宅の作り方

- ・ライフサイクル思考の住宅の作り方とは
 - 現状を確認しつつ将来を想定して考えること
 - 将来の課題を考える機会とすべき

108