

連続講座

ホールライフカーボン評価の基礎知識

～主にエンボディドカーボン算定の専門家育成に向けて～

第1回

海外の建築家が直面している状況

<講演資料>

2023年7月10日（月）

オンラインセミナー

主催 ゼロカーボンビル（LCC0, ネットゼロ）推進会議

 一般財団法人
IBECs 住宅・建築 SDGs 推進センター
Institute for Built Environment and Carbon Neutral for SDGs

共催 住宅・建築 SDGs フォーラム

 一般社団法人
JSBC 日本サステナブル建築協会
Japan Sustainable Building Consortium

協賛
(予定) 公益社団法人：日本建築家協会、日本建築士会連合会
一般社団法人：日本建築学会、日本建設業連合会、
日本建築士事務所協会連合会、
住宅生産団体連合会、不動産協会

目次

1. アメリカのエンボディドカーボン評価 1

ホールライフカーボン基本問題検討WG委員/
Cube Zero 代表、Wenworth Institute of Technology 客員教授
岡田 早代

2. 欧州の建築家の状況 27

ホールライフカーボン基本問題検討WG委員/
Arup サステナビリティコンサルタント
柿川 麻衣

発行 2023年7月10日 非売品
作成 一般財団法人 住宅・建築SDGs推進センター (IBECs)
〒102-0093 東京都千代田区平河町2-8-9 HB 平河町ビル
Tel. 03 - 5213 - 4191
* 不許複製・禁無断転載 *



アメリカのエンボディドカーボン評価

ゼロカーボンビル(LCCO²ネットゼロ) 推進会議
連続講座「ホールライフカーボン評価の基礎知識」第一回
2023年7月10日 岡田早代 Cube Zero代表、WIT客員教授



「学び」
LEARN 公立の小中学校

「働く」
NPO団体のオフィス **WORK**



「遊び」
PLAY 地域の学生の間
低所得家族の保育園

「住む」
低所得家族・ホームレス
家族・高齢者施設の住居 **LIVE**



「改修」
低所得家族・ホームレス
家族・高齢者施設の住居

移民・高齢者・性的マイノリティのプロジェクト中心
= 社会公平性 → 省エネ、環境負荷減

Principles of Passive Building

Embodied Carbon

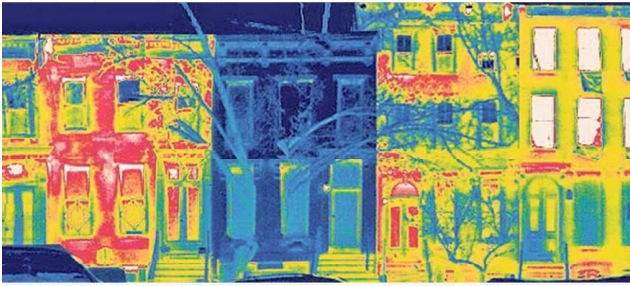
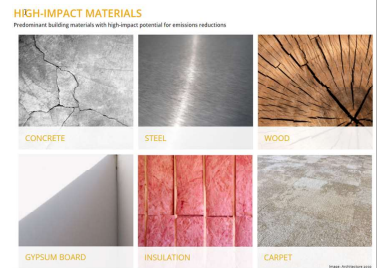
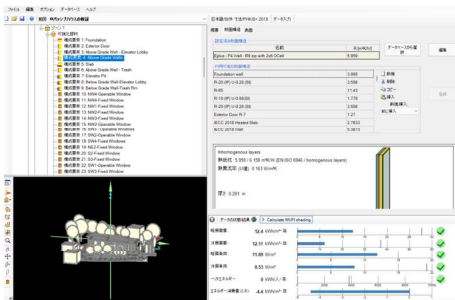


image: fete nature architecture

WIT Boston, MA – Sayo Okada AIA, CPHC

Wentworth Institute Of Technology (WIT)

- Passive Building について
- 一次エネルギー消費削減設計方法論
- 定常温熱計算
- 熱橋分析
- エンボディドカーボン + LCA分析



Design is Advocacy
Design is Activism

1. 運用時エネルギー
2. エンボディドカーボンと実務
3. 条例の動き

Design is Advocacy
Design is Activism

進捗状況を検証

起こすべき行動とは



環境負荷を減らす (CFP)

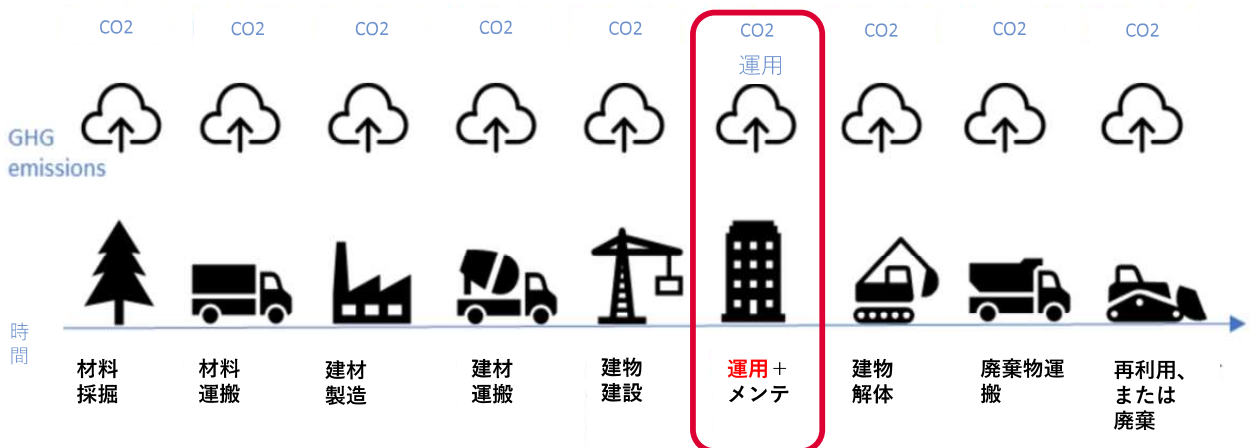
実務での改善点を見出す

結果を測定する

Image: Carbon 360 Excellence

Design is Advocacy
Design is Activism

1. 運用時エネルギー



Design is Advocacy
Design is Activism

Image: C40 Knowledge

政策は州ごとの規制

ZNE CODE PRECEDENTS

バンクーバー市、
ポートランド市
条例でネットゼロ
要求

カリフォルニア州
Title 24-2019
(near residential ZNE)
Zero Code
(commercial proposed)

NATIONAL
IECC 2021
ZNE Appendix
IECC 2030 / ASHRAE 90.1-2031 = Approaching ZNE

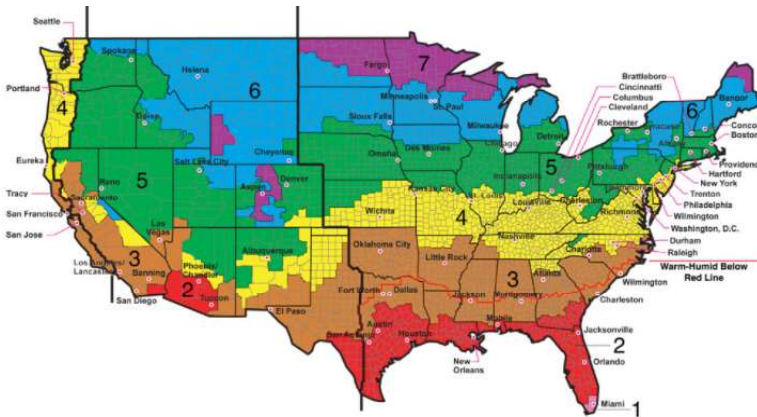
PROTOTYPES
Zero Code

マサチューセッツ州
条例：
ボストン市
ケンブリッジ市
サマビル市

ワシントンDC特別区
Appendix Z
(voluntary compliance path)

- No statewide code or home rule
- Less energy efficient than 90.1-2007
- IECC 90.1-2007 or equivalent
- Between IECC 90.1-2007 and 90.1-2010
- IECC 90.1-2010 or equivalent
- Between IECC 90.1-2010 and 90.1-2013
- IECC 90.1-2013 or equivalent
- IECC 90.1-2013 or better

Design is Advocacy
Design is Activism



All of Alaska in Zone 7 except for the following Boroughs in Zone 8: Bethel, Dillingham, Fairbanks, N. Star, Nome North Slope, Northwest Arctic, Southeast Fairbanks, Wade Hampton, and Yukon-Koyukuk

地域区分-2018年版
0-8 (その中で細分化24)
温暖化で地域区分が変更されていく

最低基準が決まっている

設計初期の参考値
(省エネ法に従う = 違法でない建物)

↓
一次エネルギー目標設立
エネルギー計算
しながら設計していく。

日本の断熱地域区分 6 地域 U値：屋根 0.23 壁 0.28 スラブ 0.57 窓 1.7

TABLE C402.1.3 OPAQUE THERMAL ENVELOPE INSULATION COMPONENT MINIMUM REQUIREMENTS, R-VALUE METHOD^{A,1}

| CLIMATE ZONE | 1 | | 2 | | 3 | | 4 EXCEPT MARINE | | 5 AND MARINE 4 | | 6 | |
|-------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | All other | Group R | All other | Group R | All other | Group R | All other | Group R | All other | Group R | All other | Group R |
| Roofs | | | | | | | | | | | | |
| Insulation entirely above roof deck | R-20ci | R-25ci | R-25ci | R-25ci | R-25ci | R-25ci | R-30ci | R-30ci | R-30ci | R-30ci | R-30ci | R-30ci |
| Metal buildings ² | R-19 + R-11 LS | R-19 + R-11 LS | R-19 + R-11 LS | R-19 + R-11 LS | R-19 + R-11 LS | R-19 + R-11 LS | R-19 + R-11 LS | R-19 + R-11 LS | R-19 + R-11 LS | R-19 + R-11 LS | R-25 + R-11 LS | R-25 + R-11 LS |
| Attic and other | R-38 | R-38 | R-38 | R-38 | R-38 | R-38 | R-38 | R-38 | R-38 | R-49 | R-49 | R-49 |
| Walls, above grade | | | | | | | | | | | | |
| Mass ³ | R-5.70 ^f | R-5.70 ^f | R-5.70 ^f | R-7.6ci | R-7.6ci | R-9.5ci | R-9.5ci | R-11.4ci | R-11.4ci | R-13.3ci | R-13.3ci | R-16.2ci |
| Metal building | R-19 + R-6.5ci | R-19 + R-6.5ci | R-19 + R-6.5ci | R-19 + R-13ci | R-19 + R-13ci | R-19 + R-13ci | R-19 + R-13ci | R-19 + R-13ci | R-19 + R-13ci | R-19 + R-13ci | R-19 + R-13ci | R-19 + R-13ci |
| Metal framed | R-13 + R-5ci | R-13 + R-5ci | R-13 + R-5ci | R-13 + R-7.5ci | R-13 + R-7.5ci | R-13 + R-7.5ci | R-13 + R-7.5ci | R-13 + R-7.5ci | R-13 + R-7.5ci | R-13 + R-7.5ci | R-13 + R-7.5ci | R-13 + R-7.5ci |
| Wood framed and other | R-13 + R-3.8ci or R-20 | R-13 + R-3.8ci or R-20 | R-13 + R-3.8ci or R-20 | R-13 + R-3.8ci or R-20 | R-13 + R-3.8ci or R-20 | R-13 + R-3.8ci or R-20 | R-13 + R-3.8ci or R-20 | R-13 + R-3.8ci or R-20 | R-13 + R-3.8ci or R-20 | R-13 + R-3.8ci or R-20 | R-13 + R-3.8ci or R-20 | R-13 + R-3.8ci or R-20 |
| Walls, below grade | | | | | | | | | | | | |
| Below-grade wall ⁴ | NR | NR | NR | NR | NR | NR | R-7.5ci | R-7.5ci | R-7.5ci | R-7.5ci | R-7.5ci | R-7.5ci |

Design is Advocacy
Design is Activism



Image: The Architectural Team



Image: RODE Arch

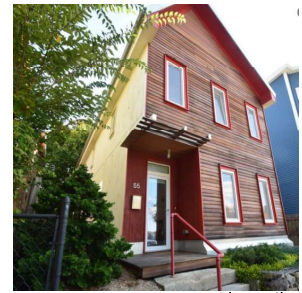


Image: Placetaylor



Image: The Architectural Team

外皮
50年後
を見る



Image: Zero Energy Design




Image: Studio G Architects

建物のエネルギー消費
= パッシブビルディング



Image: ICON Architecture

 Design is Advocacy
Design is Activism

環境負荷基準




LEED

エネルギー計算（非住宅）ASHRAE90.1
土地、室内環境、水利用、建材（LCA分析、EPD）
条例で標準認証、2023年度よりゴールドレベル



Passive Building

一次エネルギー、冷暖房負荷
地域区分別
非住宅・複合施設・集合住宅
補助金に組み込まれている

 Design is Advocacy
Design is Activism




LEEDポイントカードシート (必須項目+加点項目)

| LEEDv4 BD+C: Schools (LEEDv4 SC) Project Scorecard - | | | | Project Name: Date: 12/1/2020 | | | |
|---|----|----|--|---|-----|-----|--------------------------------|
| Y | ? | N | Points | Y | ? | N | Points |
| 1 | 0 | 0 | Integrative Process | 5 | 3 | 5 | Materials and Resources |
| 1 | 0 | 0 | Integrative Process | 1 | 1 | 1 | 13 |
| 4 | 3 | 8 | Location and Transportation | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 1 | 1 | 1 | LEED for Neighborhood Development Location | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 2 | 2 | Sensitive Land Protection | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 2 | 3 | 3 | High Priority Site | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 2 | 3 | 3 | Surrounding Density and Diverse Uses (RP@4) | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 4 | 4 | 4 | Access to Quality Transit (RP@1) | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 1 | 1 | 1 | Bicycle Facilities | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | Reduced Parking Footprint | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | Electric Vehicles | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 4 | 7 | 1 | Sustainable Sites | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 1 | 1 | 1 | Construction Activity Pollution Prevention | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | Environmental Site Assessment | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | Site Assessment | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 2 | 2 | Site Development - Protect or Restore Habitat (RP@2) | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 1 | 1 | 1 | Open Space | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 2 | 2 | Rainwater Management | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 2 | 2 | 2 | Heat Island Reduction | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 1 | 1 | 1 | Light Pollution Reduction | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | Site Master Plan | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | Joint Use of Facilities | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 4 | 5 | 3 | Water Efficiency | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 1 | 1 | 1 | Outdoor Water Use Reduction | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | Indoor Water Use Reduction | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | Building-Level Water Metering | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | Outdoor Water Use Reduction | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 2 | 2 | Indoor Water Use Reduction | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 2 | 2 | 2 | Cooling Tower Water Use | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 1 | 1 | 1 | Water Metering | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 19 | 9 | 3 | Energy and Atmosphere | 31 | 31 | 31 | 31 |
| 1 | 1 | 1 | Fundamental Commissioning and Verification | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | Minimum Energy Performance | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | Building-Level Energy Metering | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | Fundamental Refrigerant Management | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 5 | 1 | 1 | Enhanced Commissioning | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 14 | 2 | 2 | Optimize Energy Performance (RP@8) | 16 | 16 | 16 | 16 |
| 1 | 1 | 1 | Advanced Energy Metering | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 2 | 2 | Demand Response | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 3 | 3 | 3 | Renewable Energy Production (RP@2) | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 1 | 1 | 1 | Enhanced Refrigerant Management | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 2 | 2 | Green Power and Carbon Offsets | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 8 | 7 | 1 | Indoor Environmental Quality | 16 | 16 | 16 | 16 |
| 1 | 1 | 1 | Minimum Indoor Air Quality Performance | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | Environmental Tobacco Smoke Control | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | Minimum Acoustic Performance | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 2 | 2 | Enhanced Indoor Air Quality Strategies | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 1 | 1 | 1 | Low-Emitting Materials | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | Construction Indoor Air Quality Management Plan | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 2 | 2 | Indoor Air Quality Assessment | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 1 | 1 | 1 | Thermal Comfort | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | Interior Lighting | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 2 | 2 | Daylight | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 1 | 1 | 1 | Quality Views | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | Acoustic Performance | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 4 | 2 | 0 | Innovation | 6 | 6 | 6 | 6 |
| 1 | 1 | 1 | Innovation: Responsible Purchasing - Lamps | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | Innovation: Economic and GHG Analysis of Mechanical Systems | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | Innovation: Pilot - Integrative Analysis of Building Materials | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | Innovation: TBD | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | Innovation: TBD | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | LEED Accredited Professional | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 2 | 1 | Regional Priority (max of 4 points) Credit Names have been underlined> | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 1 | 2 | 1 | <u>Surrounding Density and Diverse Uses (RP@4)</u> | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 1 | 1 | 1 | <u>Access to Quality Transit (RP@1)</u> | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | <u>Site Development - Protect or Restore Habitat (RP@2)</u> | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | <u>Optimize Energy Performance (RP@8)</u> | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | <u>Renewable Energy Production (RP@2)</u> | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | <u>Building Life-Cycle Impact Reduction (RP@2)</u> | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 80 | 38 | 22 | TOTAL | 110 | 110 | 110 | 110 |
| | | | | Possible Points: 110 | | | |
| | | | | Certified: 40 to 49 points, Silver: 50 to 59 points, Gold: 60 to 79 points, Platinum: 80 to 110 | | | |


Design is Advocacy
Design is Activism

11


材料

↓



↑



運用時エネルギー

Design is Advocacy
Design is Activism

12

ホールライフカーボン分析（ライフサイクル分析：LCA分析）

運用時エネルギー・建物の省エネ性能等は維持

条件、デフォルト値、評価基準、評価範囲が同等



2. エンボディドカーボンと実務

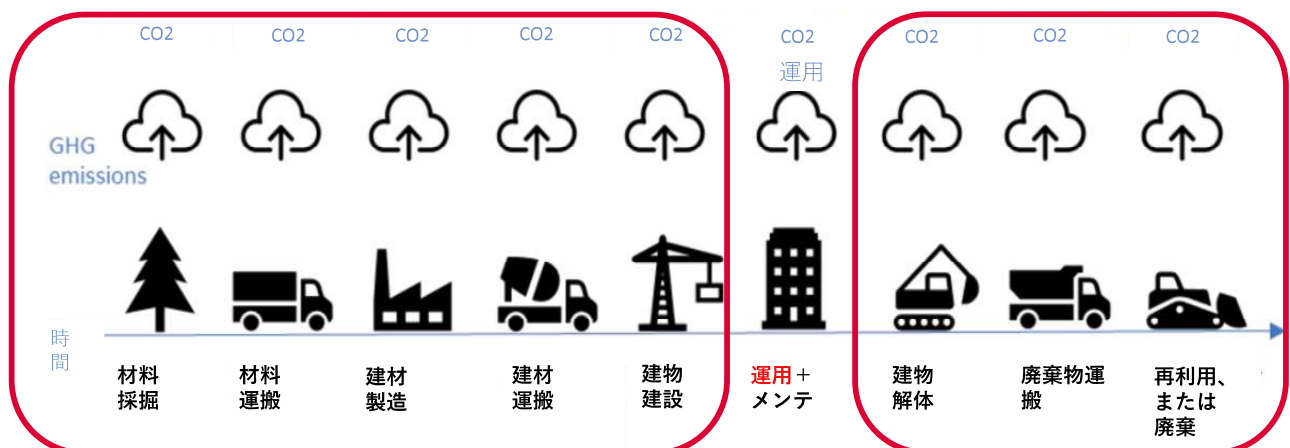




Image: RODE Arch

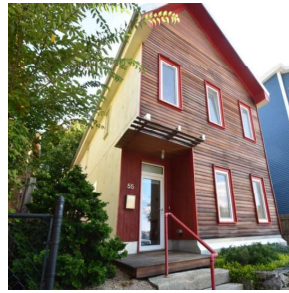
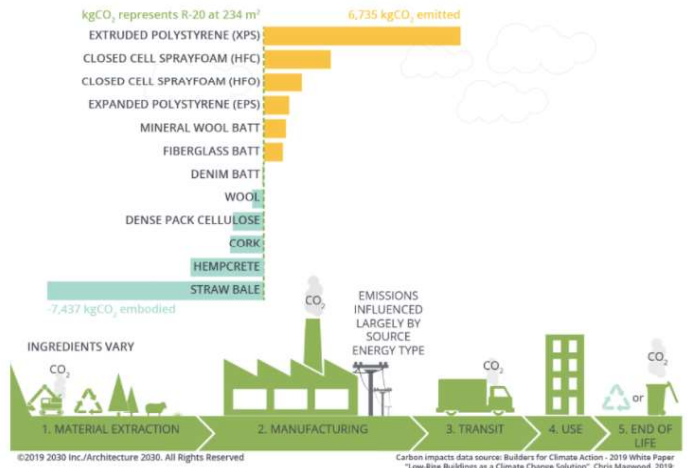


Image: Placetaylor



Image: Zero Energy Design

断熱材のエンボディドカーボン



credit: architecture 2030

建物の運用時エネルギー消費
= パッシブビルディング認定

Design is Advocacy
Design is Activism

| 5 | 3 | 5 | Materials and Resources | 13 |
|---|---|---|--|----------|
| Y | | | Storage and Collection of Recyclables | Required |
| Y | | | Construction and Demolition Waste Management Planning | Required |
| 1 | 2 | 2 | Building Life-Cycle Impact Reduction (RP@2) | 5 |
| 1 | | 1 | BPDO - Environmental Product Declarations | 2 |
| 1 | 1 | 1 | Building Product Disclosure and Optimization - Sourcing of Raw Materials | 2 |
| 1 | | 1 | Building Product Disclosure and Optimization - Material Ingredients | 2 |
| 2 | | | Construction and Demolition Waste Management | 2 |

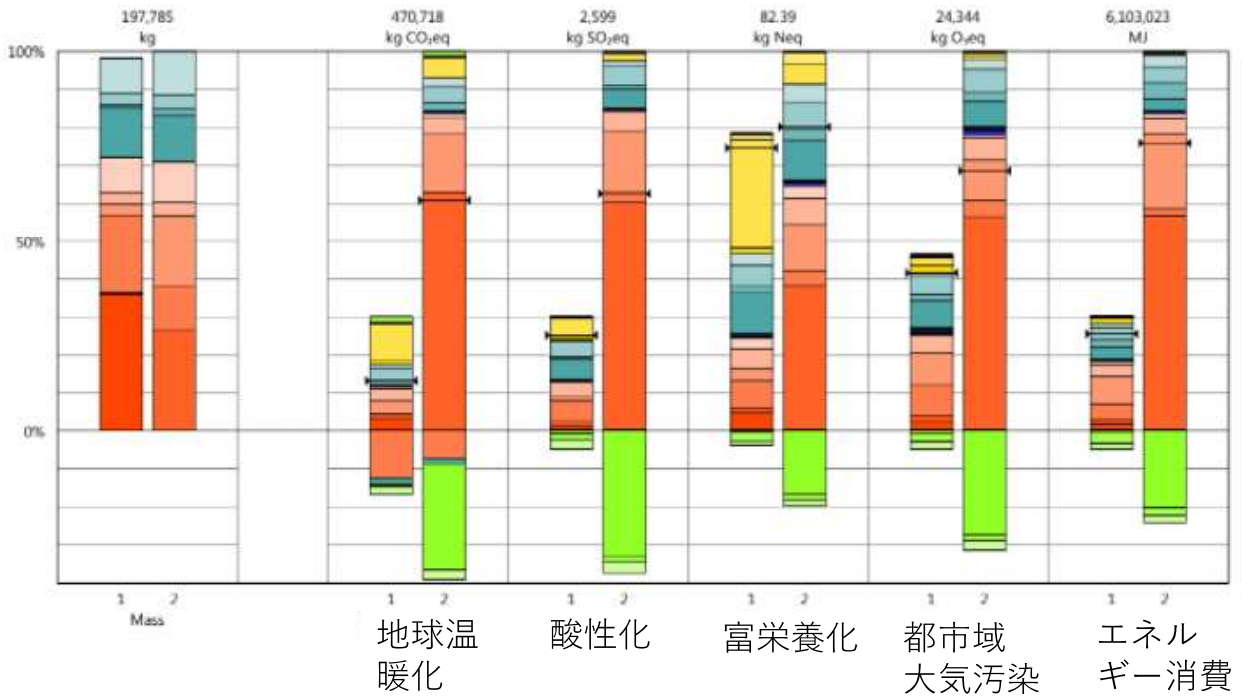
建物のライフサイクル環境負荷低減



Design is Advocacy
Design is Activism

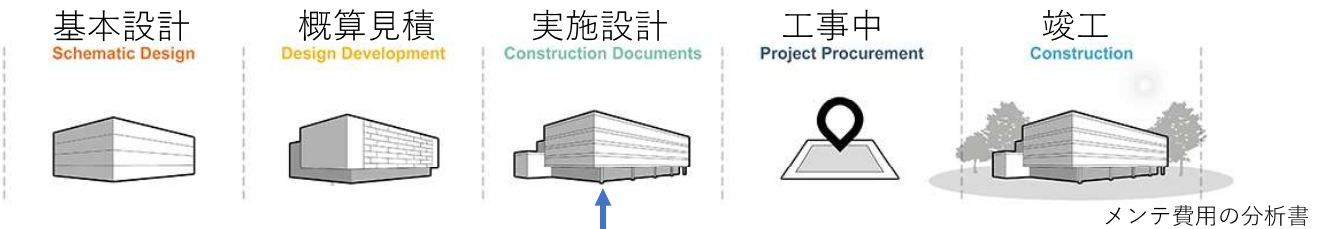
LCA分析

Results per Life Cycle Stage, itemized by Division



Design is Advocacy
Design is Activism

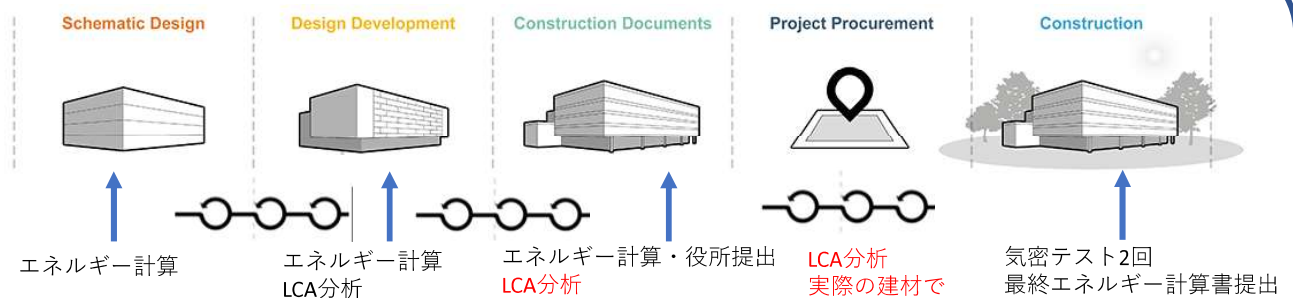
17



クライアント
意匠設計 構造 設備
エネルギーコンサルタント (LEEDコンサルタント)

エネルギー計算

LCC

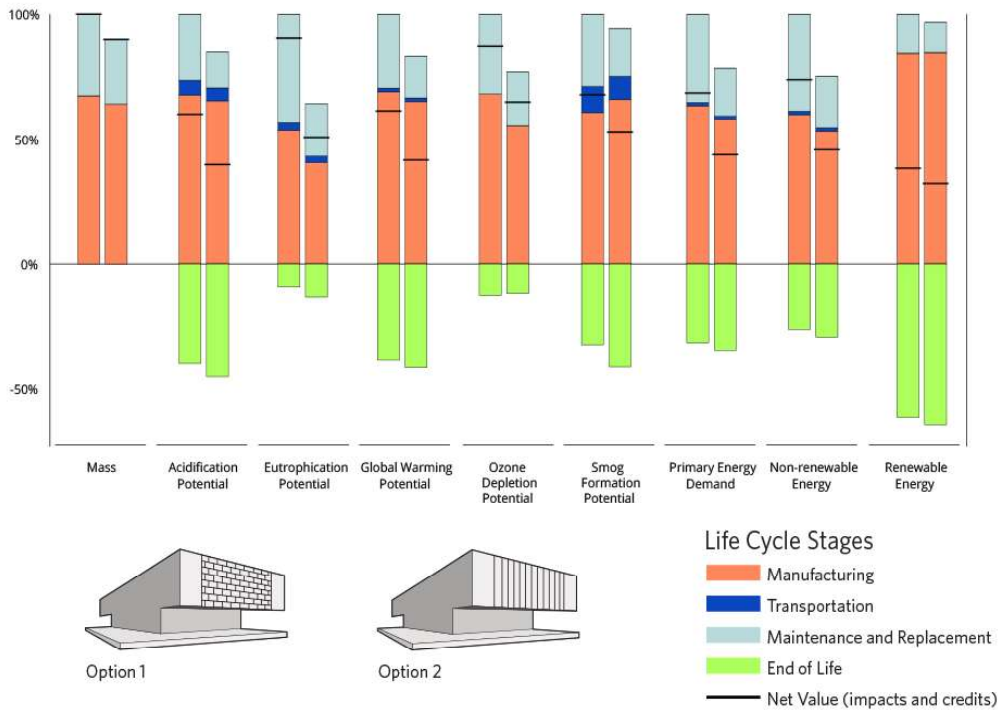


クライアント
意匠 (エネルギー分析+LCA) 構造 (LCA) 設備 (LCA)
エネルギーコンサルタント (HERS RATER、LEEDコンサル、CPHC)

Design is Advocacy
Design is Activism

LCA分析：環境負荷計算

意匠 Architect



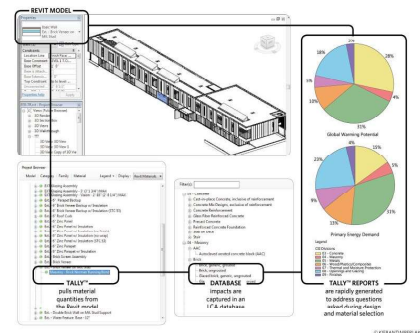
Design is Advocacy
Design is Activism

LCA分析：環境負荷計算

19
© KIERANTIMBERLAKE

設計（意匠、構造、外構、設備）

→ 建物構成の中で個別に分析、またBIMでの設計中に環境負荷分析LCA（エンボディドカーボン含む）分析可能



ビルダー（見積もり担当）

→ 標準データ、またはEPD（環境負荷宣言）で環境負荷分析LCA（エンボディドカーボン含む）分析をエクセルベースのツールで行う

Design is Advocacy
Design is Activism

出典：東京ボード工業株式会社・EPAグループ

外皮比較

Start Tour

Share Link

CHART TYPE

- Global Warming Potential ?
- All Impacts ?
- Life Cycle Stage ?
- Material Breakdown ?

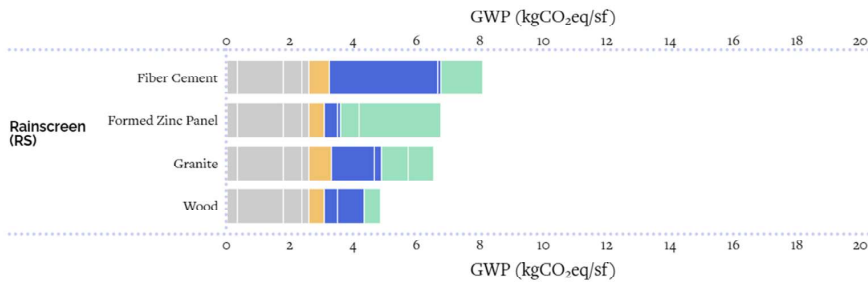
LIFESPAN

- Initial Carbon (only Module A) ?
- 60 Year (With Module D) ?
- 60 Year (No Module D) ?

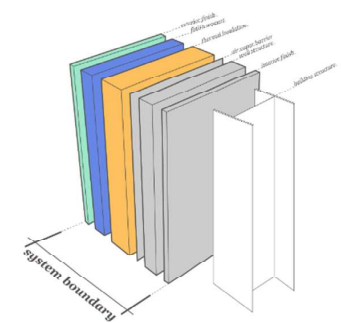
BIOGENIC CARBON

- With Biogenic Carbon ?
- No Biogenic Carbon ?

Material Breakdown

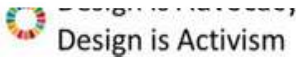


LEGEND

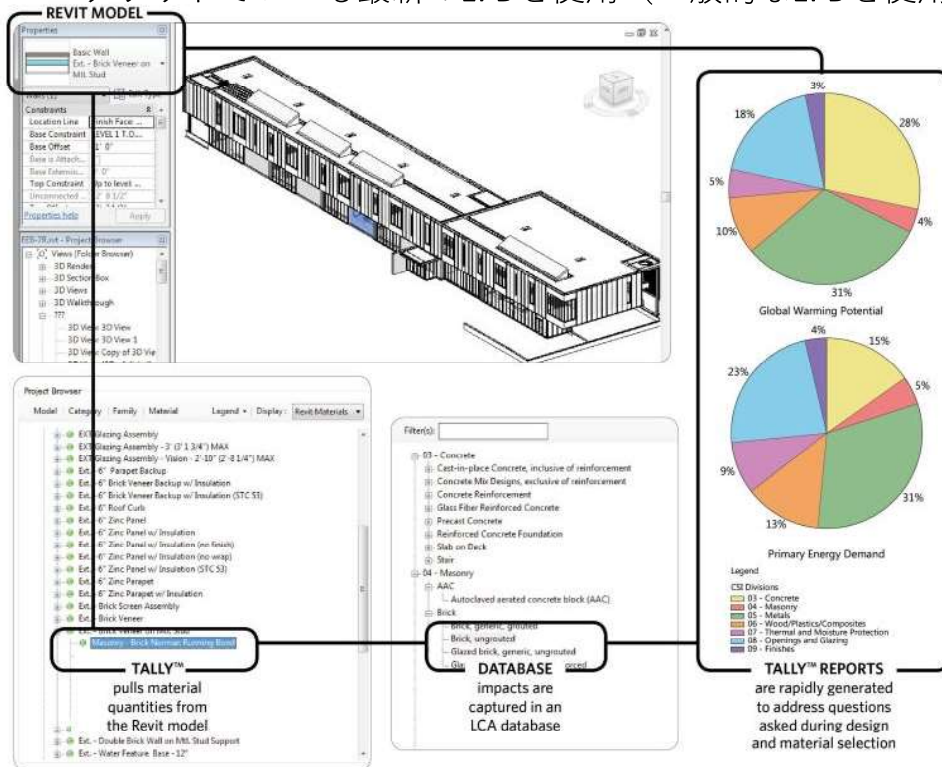


- Exterior Finish
- Support System
- Insulation
- Other

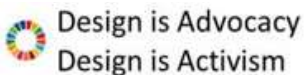
Image: Payette Kaleidoscope tool



BIMモデルを使い、デザイン作業中にLCA分析
クラウドでいつも最新のEPDを使用 (一般的なEPDを使用)



© KIERANTIMBERLAKE



LCA分析：環境負荷計算 EPD:環境ラベル
炭素排出量等の公開書類

BIMモデルを使い、デザイン作業中にLCA分析
クラウドでいつも最新のEPDを使用（一般的なEPDを使用）



Design is Advocacy
Design is Activism

参照：ファシリッチ株式会社

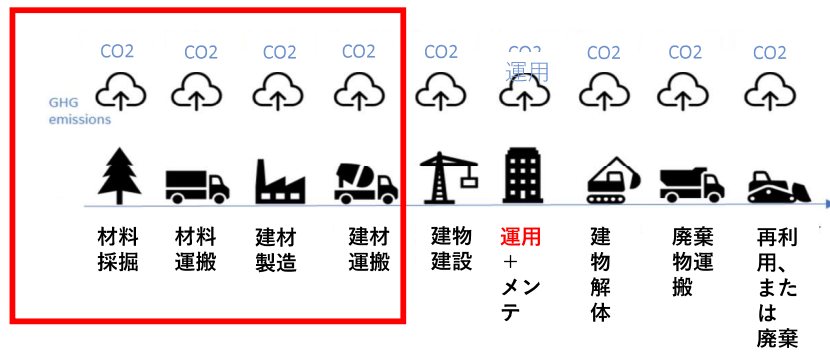
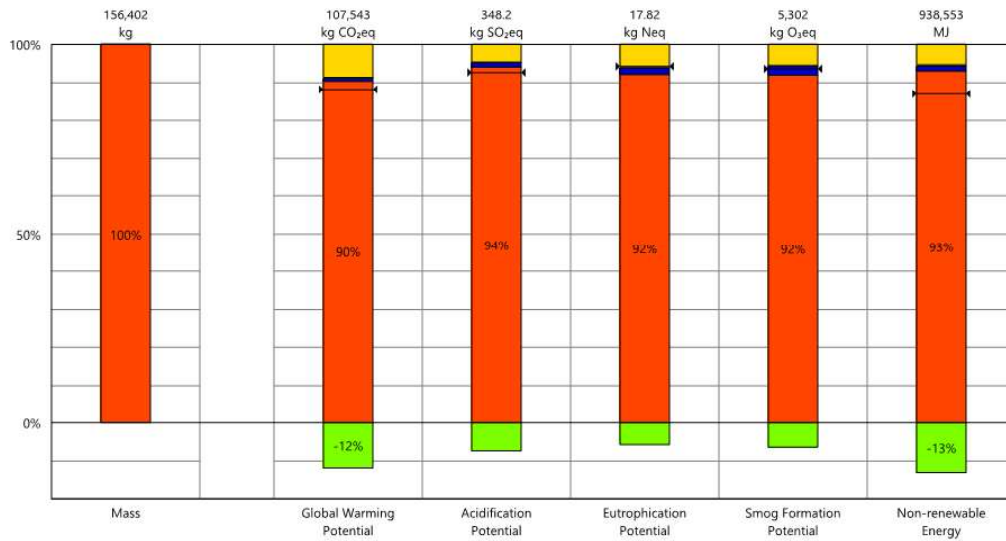
BIMモデルを使い、デザイン作業中にLCA分析
クラウドでいつも最新のEPDを使用（一般的なEPDを使用）



Design is Advocacy
Design is Activism

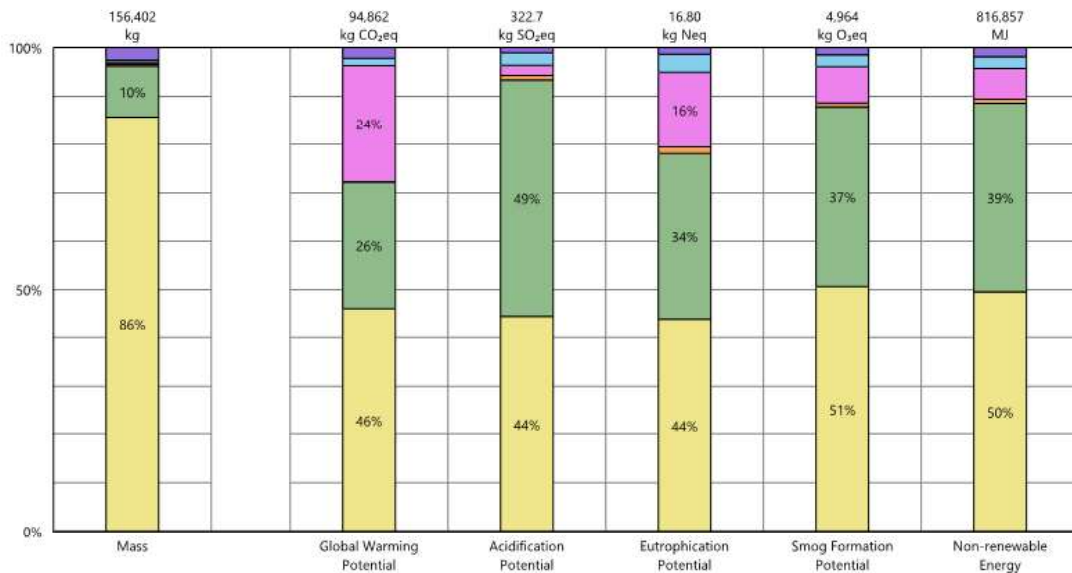
参照：ファシリッチ株式会社

Results per Life Cycle Stage



Design is Advocacy
Design is Activism

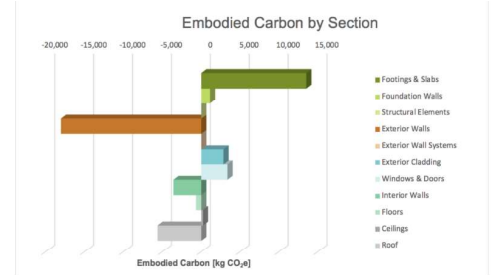
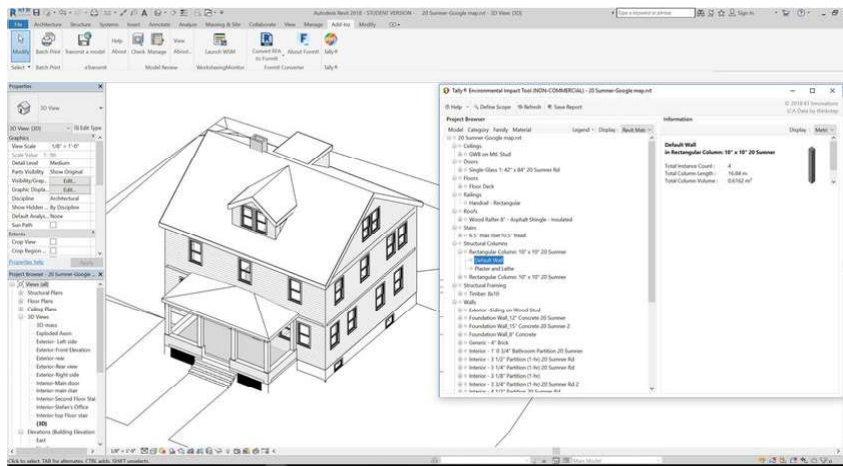
Results per Division



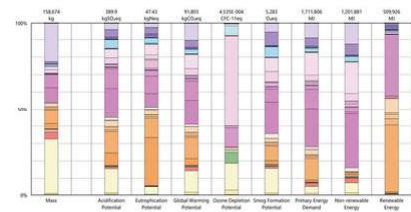
- コンクリート
- 鉄材
- 断熱材
- 内装材 (外皮部分のみ)

Design is Advocacy
Design is Activism

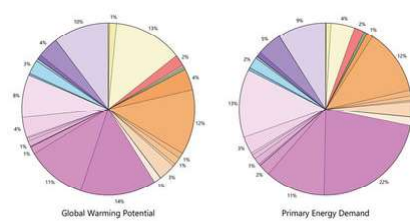
個人住宅設計者もLCA分析を行うが今のところ少数。
 ホームビルダー用のエンボディドカーボンツールが発表され
 使う人が増えてきている。




Results per CSI Division, itemized by Material



Results per CSI Division, itemized by Material



 Design is Advocacy
 Design is Activism

LCA分析：環境負荷計算


27
 Image: Matan Mayer



Anandoart / Getty Images

自然素材を使う
 省エネ住宅



 Design is Advocacy
 Design is Activism

28

構造 Structural Eng.

森林の管理認証 (持続可能・管理)



材木になるまで



倉庫から現場までの距離



認定を受け、管理された森林
伐採から製材所までの距離
倉庫から現場までの距離

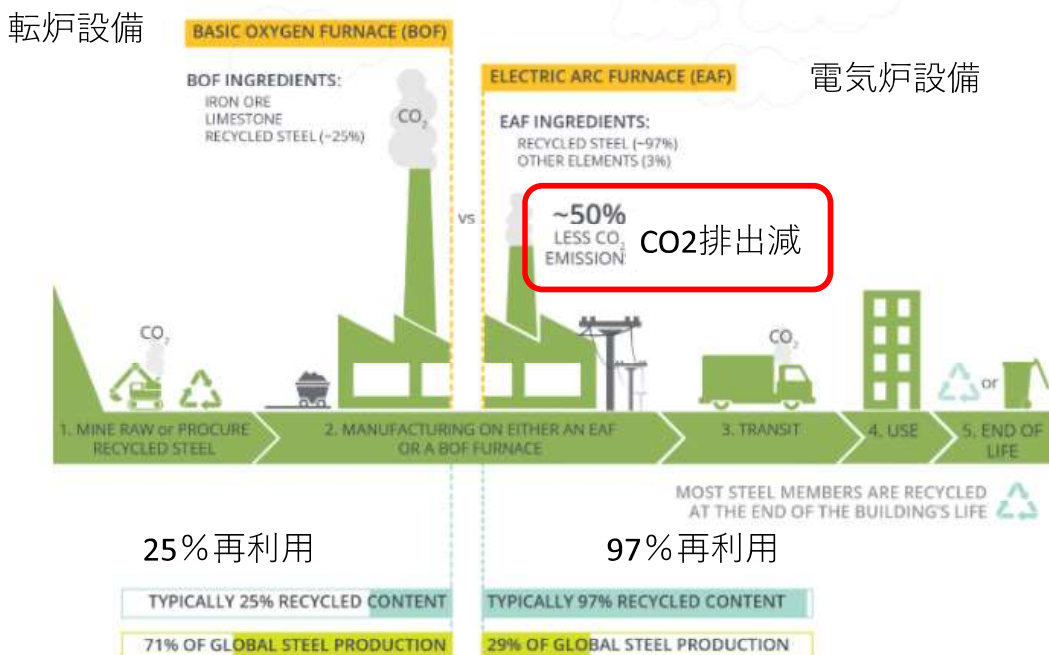
Design is Advocacy
Design is Activism

34
Image: Pay Layton

構造 Structural Eng.

製鉄工場により炭素排出量が大幅に違う

CARBON IMPACTS OF STEEL



©2018 2030 Inc./Architecture 2030. All Rights Reserved

Design is Advocacy
Design is Activism

35
Credit: Architecture 2030

設計

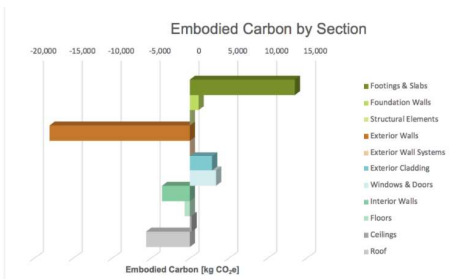
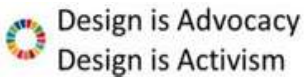
→BIMを使うと設計中に環境負荷分析LCA（エンボディドカーボン含む）分析可能

ビルダー（見積もり担当）

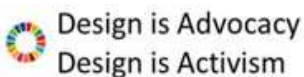
→ 標準データ、またはEPD（環境負荷宣言）で環境負荷分析LCA（エンボディドカーボン含む）分析をエクセルベースのツールで行う

| FLOORS | | SECTION COMPLETED | 8,208 | CLIMATE ACTION | | |
|----------------------------------|--|--|----------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| CATEGORY | MATERIAL | QUANTITY | UNITS | NET CARBON (kg CO ₂ e) | EMISSIONS (kg CO ₂ e) | STORAGE (kg CO ₂ e) |
| HARDWOOD FLOORING | Hardwood flooring / OAK / Actisan Wood Floors / Engineered / 5/8" / FSC Certified | 160.0 m ² | 100% | 2,464 | 2,464 | 0 |
| | Hardwood flooring / oak / Natural Hardwood Planks / 3/4" / 3 ply laminated | 160.0 m ² | 100% | 2,238 | 2,238 | 0 |
| | Hardwood flooring / Actisan Floor Systems / 3/4" / FSC certified | 160.0 m ² | 100% | 1,888 | 1,888 | 0 |
| CERAMIC TILE FLOORING | Ceramic tile / Crossville / Porcelain / Standard grade | 160.0 m ² | 100% | 3,824 | 3,824 | 0 |
| | Ceramic tile / StonePeak / Porcelain / Porcelain, standard grade | 160.0 m ² | 100% | 2,595 | 2,595 | 0 |
| | Ceramic tile / porcelain, pressed, mosaic and quarry / TONA (Industry Avg) US & CA | 160.0 m ² | 100% | 2,102 | 2,102 | 0 |
| CARPET | Carpet / EC2 database / 150 sample conservative average (US & CA) | 160.0 m ² | 100% | 2,784 | 2,784 | 0 |
| | Carpet / EC2 database / 150 sample average (US & CA) | 160.0 m ² | 100% | 2,128 | 2,128 | 0 |
| | Carpet / Interface / CQUEST Block / 1.5 mm Modular tile carpet | 160.0 m ² | 100% | -41 | 732 | 773 |
| VINYL FLOORING | Vinyl flooring / Altro / Altro Laverica Click / Certified | 160.0 m ² | 100% | 2,272 | 2,272 | 0 |
| | Vinyl flooring / Altro / Altro Laverica Plus / | 160.0 m ² | 100% | 1,536 | 1,536 | 0 |
| | Vinyl flooring / Corlor / Corloron 70-CLC / | 160.0 m ² | 100% | 998 | 998 | 0 |
| STONE PLASTIC COMPOSITE FLOORING | Vinyl flooring / Fastflex Floor Covering Institute (Industry Avg) US & CA | 160.0 m ² | 100% | 794 | 794 | 0 |
| | Polycarbonate composite tile / Armstrong / Gridwood Tile (30" x 30") / 2.0 mm | 160.0 m ² | 100% | 728 | 728 | 0 |
| | LINOLEUM FLOORING - LIQUID APPLIED | Liquid linoleum flooring / Surostyl Composites / Liquid Lino / 2.5 mm liquid applied | 160.0 m ² | 100% | 265 | 637 |
| LINOLEUM FLOORING - 2.5 MM SHEET | Linoleum flooring / Armstrong / Sheet style / 2.5 mm sheet style linoleum | 160.0 m ² | 100% | 207 | 694 | 487 |
| | Linoleum flooring / Forbo / Marmoleum / 2.5 mm sheet style linoleum | 160.0 m ² | 100% | 206 | 643 | 437 |
| | Linoleum flooring / 2.5 mm (30x60 Angl) | 160.0 m ² | 100% | 124 | 517 | 463 |
| LINOLEUM FLOORING - 4.0 MM SHEET | Linoleum flooring / Forbo / Marmoleum (Sheet) / 2.5 mm sheet style linoleum | 160.0 m ² | 100% | -43 | 422 | 465 |
| | Linoleum flooring / Gerflor / ELW Linoleum / 4.0 mm sheet style linoleum | 160.0 m ² | 100% | -92 | 467 | 559 |
| | Cork flooring / Armstrong / Revestimentos S.A. / Cork flooring floor planks | 160.0 m ² | 100% | 654 | 1,494 | 840 |
| BAMBOO FLOORING | Cork flooring / European Resilient Flooring Manufacturer (Industry Avg) US & CA | 160.0 m ² | 100% | -438 | 124 | 561 |
| | Laminated Bamboo flooring / MCGO / Bamboo Elite, Puanbamboo / 15mm (1/2") | 160.0 m ² | 100% | -1,429 | 1,391 | 2,820 |
| | Hard Bamboo flooring / MCGO / Bamboo Elite, Puanbamboo / 13mm (1/2") High Density | 160.0 m ² | 100% | -1,030 | 1,815 | 3,713 |

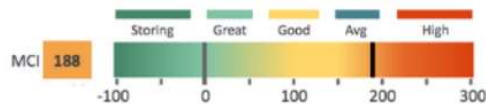
出典：東京ボード工業株式会社・EPAグループ



自然素材を使う
省エネ住宅



| FLOORS | | SECTION COMPLETED | 8,208 | CLIMATE ACTION | | |
|----------------------------------|--|--|----------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| CATEGORY | MATERIAL | QUANTITY | UNITS | NET CARBON (kg CO ₂ e) | EMISSIONS (kg CO ₂ e) | STORAGE (kg CO ₂ e) |
| HARDWOOD FLOORING | Hardwood flooring / OAK / Actisan Wood Floors / Engineered / 5/8" / FSC Certified | 160.0 m ² | 100% | 2,464 | 2,464 | 0 |
| | Hardwood flooring / oak / Natural Hardwood Planks / 3/4" / 3 ply laminated | 160.0 m ² | 100% | 2,238 | 2,238 | 0 |
| | Hardwood flooring / Actisan Floor Systems / 3/4" / FSC certified | 160.0 m ² | 100% | 1,888 | 1,888 | 0 |
| CERAMIC TILE FLOORING | Ceramic tile / Crossville / Porcelain / Standard grade | 160.0 m ² | 100% | 3,824 | 3,824 | 0 |
| | Ceramic tile / StonePeak / Porcelain / Porcelain, standard grade | 160.0 m ² | 100% | 2,595 | 2,595 | 0 |
| | Ceramic tile / porcelain, pressed, mosaic and quarry / TONA (Industry Avg) US & CA | 160.0 m ² | 100% | 2,102 | 2,102 | 0 |
| CARPET | Carpet / EC2 database / 150 sample conservative average (US & CA) | 160.0 m ² | 100% | 2,784 | 2,784 | 0 |
| | Carpet / EC2 database / 150 sample average (US & CA) | 160.0 m ² | 100% | 2,128 | 2,128 | 0 |
| | Carpet / Interface / CQUEST Block / 1.5 mm Modular tile carpet | 160.0 m ² | 100% | -41 | 732 | 773 |
| VINYL FLOORING | Vinyl flooring / Altro / Altro Laverica Click / Certified | 160.0 m ² | 100% | 2,272 | 2,272 | 0 |
| | Vinyl flooring / Altro / Altro Laverica Plus / | 160.0 m ² | 100% | 1,536 | 1,536 | 0 |
| | Vinyl flooring / Corlor / Corloron 70-CLC / | 160.0 m ² | 100% | 998 | 998 | 0 |
| STONE PLASTIC COMPOSITE FLOORING | Vinyl flooring / Fastflex Floor Covering Institute (Industry Avg) US & CA | 160.0 m ² | 100% | 794 | 794 | 0 |
| | Polycarbonate composite tile / Armstrong / Gridwood Tile (30" x 30") / 2.0 mm | 160.0 m ² | 100% | 728 | 728 | 0 |
| | LINOLEUM FLOORING - LIQUID APPLIED | Liquid linoleum flooring / Surostyl Composites / Liquid Lino / 2.5 mm liquid applied | 160.0 m ² | 100% | 265 | 637 |
| LINOLEUM FLOORING - 2.5 MM SHEET | Linoleum flooring / Armstrong / Sheet style / 2.5 mm sheet style linoleum | 160.0 m ² | 100% | 207 | 694 | 487 |
| | Linoleum flooring / Forbo / Marmoleum / 2.5 mm sheet style linoleum | 160.0 m ² | 100% | 206 | 643 | 437 |
| | Linoleum flooring / 2.5 mm (30x60 Angl) | 160.0 m ² | 100% | 124 | 517 | 463 |
| LINOLEUM FLOORING - 4.0 MM SHEET | Linoleum flooring / Forbo / Marmoleum (Sheet) / 2.5 mm sheet style linoleum | 160.0 m ² | 100% | -43 | 422 | 465 |
| | Linoleum flooring / Gerflor / ELW Linoleum / 4.0 mm sheet style linoleum | 160.0 m ² | 100% | -92 | 467 | 559 |
| | Cork flooring / Armstrong / Revestimentos S.A. / Cork flooring floor planks | 160.0 m ² | 100% | 654 | 1,494 | 840 |
| BAMBOO FLOORING | Cork flooring / European Resilient Flooring Manufacturer (Industry Avg) US & CA | 160.0 m ² | 100% | -438 | 124 | 561 |
| | Laminated Bamboo flooring / MCGO / Bamboo Elite, Puanbamboo / 15mm (1/2") | 160.0 m ² | 100% | -1,429 | 1,391 | 2,820 |
| | Hard Bamboo flooring / MCGO / Bamboo Elite, Puanbamboo / 13mm (1/2") High Density | 160.0 m ² | 100% | -1,030 | 1,815 | 3,713 |



| Section | Net Carbon Emissions [kg CO ₂ e] | Chart |
|--------------------------------|---|---|
| Footings & Slabs | 4,755 | |
| Foundation Walls | 4,455 | |
| Structural Elements | 350 | |
| Ext. Walls | 850 | |
| Party Walls | 0 | |
| Cladding | 1,496 | |
| Windows | 1,893 | |
| Int. Walls | 268 | |
| Floors | 66 | |
| Ceilings | 0 | |
| Roof | 1,520 | |
| Garage | 0 | |
| CO ₂ PROJECT TOTAL | 15,652 | 0 |
| CARBON INTENSITY (heated area) | 39.1 | NET CARBON EMISSIONS (kg CO ₂ e) |

| FLOORS | | | | | SUBTOTAL (kg CO ₂ e) | | BUILDERS FOR CLIMATE ACTION | |
|---|--|----------|--|------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| ← INSTRUCTIONS | | | SECTION COMPLETE? <input type="checkbox"/> | | 8,208 | | | |
| CATEGORY | MATERIAL | QUANTITY | UNITS | % | SELECT | NET CARBON (kg CO ₂ e) | EMISSIONS (kg CO ₂ e) | STORAGE (kg CO ₂ e) |
| HARDWOOD FLOORING | | | | | | | | |
| | Hardwood flooring / DRAFT Artisan Wood Floors / Engineered / 5/8", SFI Certified | 160.0 | m ² | 100% | <input type="checkbox"/> | 2,464 | 2,464 | 0 |
| | Hardwood flooring / mafi / Natural Hardwood Planks / 3/4", 3 ply laminated solid, oil pre-finished | 160.0 | m ² | 100% | <input type="checkbox"/> | 2,238 | 2,238 | 0 |
| | Hardwood flooring / Action Floor Systems / 3/4" / FSC certified | 160.0 | m ² | 100% | <input type="checkbox"/> | 1,888 | 1,888 | 0 |
| CERAMIC TILE FLOORING | | | | | | | | |
| | Ceramic tile / Crossville / Porcelain / Standard grade | 160.0 | m ² | 100% | <input type="checkbox"/> | 3,824 | 3,824 | 0 |
| | Ceramic tile / StonePeak / Porcelain / Porcelain, standard grade | 160.0 | m ² | 100% | <input type="checkbox"/> | 2,595 | 2,595 | 0 |
| | Ceramic tile / porcelain, pressed, mosaic and quarry / TCNA [Industry Avg US & CA] | 160.0 | m ² | 100% | <input type="checkbox"/> | 2,102 | 2,102 | 0 |
| CARPET | | | | | | | | |
| | Carpet / EC3 database / 150 sample conservative average [US & CA] | 160.0 | m ² | 100% | <input type="checkbox"/> | 2,784 | 2,784 | 0 |
| | Carpet / EC3 database / 150 sample average [US & CA] | 160.0 | m ² | 100% | <input type="checkbox"/> | 2,128 | 2,128 | 0 |
| | Carpet / Interface / CQUEST BioX / 1.5 mm Modular tile carpet | 160.0 | m ² | 100% | <input type="checkbox"/> | -41 | 732 | 773 |
| VINYL FLOORING | | | | | | | | |
| | Vinyl flooring / Altro / Altro Lavencia Click / | 160.0 | m ² | 100% | <input type="checkbox"/> | 2,272 | 2,272 | 0 |
| | Vinyl flooring / Altro / Altro Lavencia Plus / | 160.0 | m ² | 100% | <input type="checkbox"/> | 1,536 | 1,536 | 0 |
| | Vinyl flooring / Gerflor / Crestion 70 CLIC / | 160.0 | m ² | 100% | <input type="checkbox"/> | 998 | 998 | 0 |
| | Vinyl flooring / Resilient Floor Covering Institute [Industry Avg US & CA] | 160.0 | m ² | 100% | <input type="checkbox"/> | 794 | 794 | 0 |
| STONE PLASTIC COMPOSITE FLOORING | | | | | | | | |
| | Polyester-limestone composite tile / Armstrong / BioBased Tile (BBT*) / 2.0 mm | 160.0 | m ² | 100% | <input type="checkbox"/> | 728 | 728 | 0 |
| LINOLEUM FLOORING - LIQUID APPLIED | | | | | | | | |
| | Liquid linoleum flooring / Duracryl Corques / Liquid Lino / 2.0 mm liquid applied | 160.0 | m ² | 100% | <input type="checkbox"/> | 265 | 637 | 372 |
| LINOLEUM FLOORING - 2.5 MM SHEET | | | | | | | | |
| | Linoleum flooring / Armstrong / Sheet style / 2.5 mm sheet style linoleum | 160.0 | m ² | 100% | <input type="checkbox"/> | 207 | 694 | 487 |
| | Linoleum flooring / Forbo / Marmoleum / 2.5 mm sheet style linoleum | 160.0 | m ² | 100% | <input type="checkbox"/> | 206 | 643 | 437 |
| | Linoleum flooring / 2.5 mm [BEAM Avg] | 160.0 | m ² | 100% | <input type="checkbox"/> | 124 | 587 | 463 |
| | Linoleum flooring / Forbo / Marmoleum Striato / 2.5 mm sheet style linoleum | 160.0 | m ² | 100% | <input type="checkbox"/> | -43 | 422 | 465 |
| LINOLEUM FLOORING - 4.0 MM SHEET | | | | | | | | |
| | Linoleum flooring / Gerflor / DLW Linoleum / 4.0 mm sheet style linoleum | 160.0 | m ² | 100% | <input type="checkbox"/> | -92 | 467 | 559 |
| CORK FLOORING | | | | | | | | |
| | Cork flooring / Amorim / Revestimentos S.A. / Cork floating floor planks | 160.0 | m ² | 100% | <input type="checkbox"/> | 654 | 1,494 | 840 |
| | Cork flooring / European Resilient Flooring Manufacturers' Institute [Industry Avg EU] | 160.0 | m ² | 100% | <input type="checkbox"/> | -438 | 124 | 561 |
| BAMBOO FLOORING | | | | | | | | |
| | Laminated Bamboo flooring / MOSD / Bamboo Elite, Purebamboo / 15mm (9/16") | 160.0 | m ² | 100% | <input type="checkbox"/> | -1,429 | 1,391 | 2,820 |
| | Hard Bamboo flooring / MOSD / Bamboo Elite, Purebamboo / 13mm (1/2"), High Density | 160.0 | m ² | 100% | <input type="checkbox"/> | -1,898 | 1,815 | 3,713 |

Design is Advocacy
Design is Activism

基礎
スラブ

外皮

窓・内装

窓・内装

MATERIAL CARBON EMISSIONS BY SECTION

| | | |
|------------------------|---------------|---------------------------|
| Footings & Slabs | 7,263 | kg CO ₂ e |
| Foundation Walls | 8,493 | kg CO ₂ e |
| Structural Elements | 0 | kg CO ₂ e |
| Exterior Walls | 2,715 | kg CO ₂ e |
| Party Walls | 0 | kg CO ₂ e |
| Exterior Wall Cladding | 667 | kg CO ₂ e |
| Windows | 2,649 | kg CO ₂ e |
| Interior Walls | 281 | kg CO ₂ e |
| Floors | 1,230 | kg CO ₂ e |
| Ceilings | 368 | kg CO ₂ e |
| Roof | 1,965 | kg CO ₂ e |
| Garage | 0 | kg CO ₂ e |
| NET TOTAL | 25,630 | kg CO₂e |

プロジェクト全体のカーボン排出量

MATERIAL CARBON RESULTS

NET Project Emissions: **25,630** kg CO₂e

MCI (Conditioned): **172** kg CO₂e/m²

| MCI by Area Type | Metric | Imperial |
|------------------|--------|----------|
| Total Area | 172.4 | 35.3 |
| Conditioned Area | 172.4 | 35.3 |

kg CO₂e/m² lb CO₂e/ft²

MCE: Material Carbon Emissions (net total)
MCI: Material Carbon Intensity (MCE per unit area)

Color Scale: C-Neg (Green) | BPM (Yellow) | BAM (Orange) | MCM (Red) | HCM (Dark Red)

BICA Reporting Conventions

ベースケース：
スラブ下、基礎→EPS、XPS
壁→ミネラルウール
屋根→ブローイン グラスファイバー

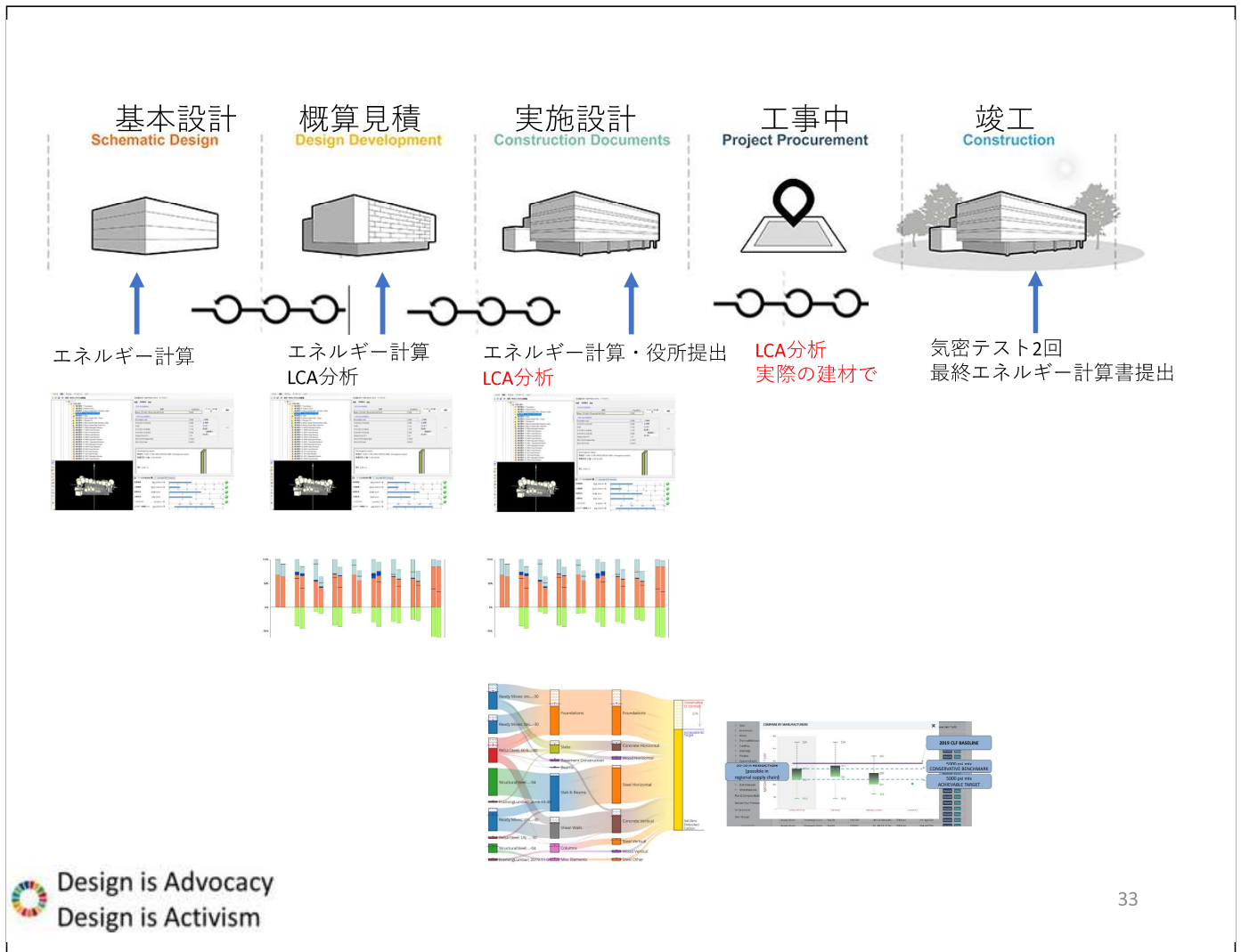
改善したケース：
スラブ下、基礎→再利用ガラス断熱材 (foamGLASS)
壁→セルローズ
屋根→ブローイン グラスファイバー

カーボン排出量 25,630kgCO₂e→9,581 kgCO₂e

Design is Advocacy
Design is Activism

1階

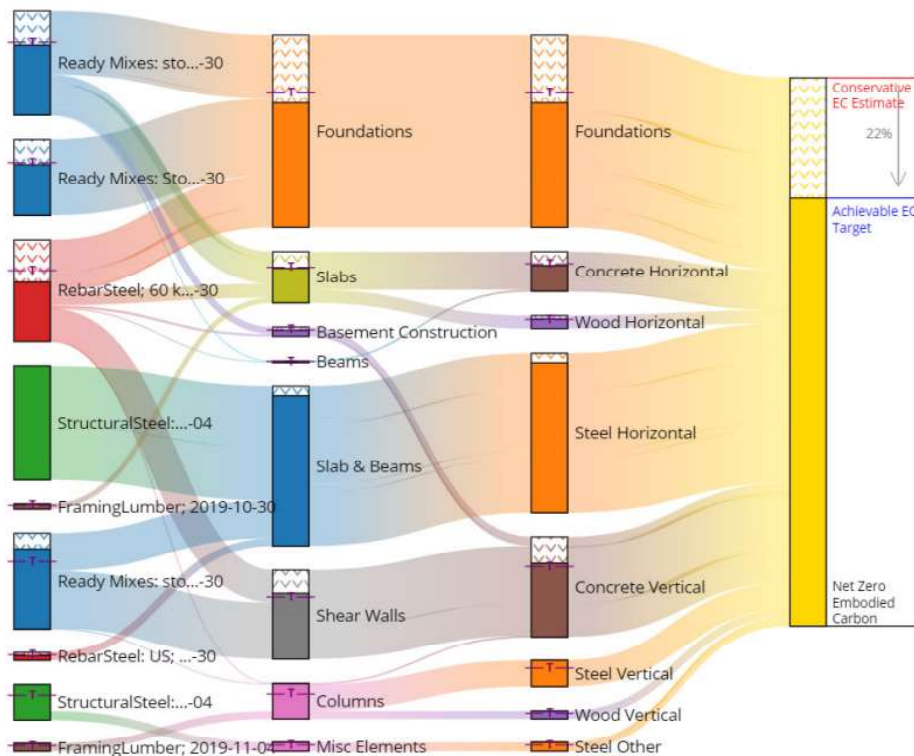
2階



施工 + 管理 General Contractor + CA



無料、オープンソース、最新のEPDをメーカーが提出できる



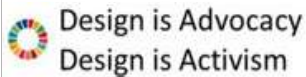
実際に建材を購入するメーカーのEPDをつかい分析
 コスト、炭素排出量（EPD） — 設計士と調整

STUD | SO Sayo Okada PROFESSIONAL USER Measurement Units: USA

INDUSTRY EPDS

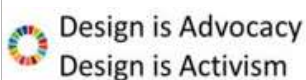
PRODUCT EPDS

| Subcategory | Manufacturer | Plant or Plant... | Product | Description | Compressiv... | EC3 / 1 yd3 | Details |
|-------------|--------------|-------------------|--------------------|---------------------|---------------|-------------|--------------|
| ReadyMix | CEMEX | Oakland | 1422640 | 4CR 3000 @ 56 C... | 3000 psi | 168 kgCO2e | Details Open |
| ReadyMix | CEMEX | Oakland | 1412727 | 4P 470 C+F 25% ... | 3000 psi | 193 kgCO2e | Details Open |
| ReadyMix | CEMEX | Oakland | 1412726 | 4P 470 C+F 15% ... | 3000 psi | 214 kgCO2e | Details Open |
| ReadyMix | CEMEX | Oakland | 1412721 | 4P 470 C WR | 3000 psi | 245 kgCO2e | Details Open |
| ReadyMix | CEMEX | Oakland | 1412543 | 4CR 470 C+F 15% ... | 3000 psi | 229 kgCO2e | Details Open |
| ReadyMix | CEMEX | Oakland | 1622726 | A4P 517 C+S 35% ... | 3000 psi | 206 kgCO2e | Details Open |
| ReadyMix | CEMEX | Oakland | 1610817 | 4CRC 452 C+S 30... | 3000 psi | 201 kgCO2e | Details Open |
| ReadyMix | CEMEX | Oakland | 1625436 | 4P 517 F 20% S 3... | 3000 psi | 170 kgCO2e | Details Open |
| ReadyMix | CFMFX | Oakland | 1622430 | 4P 470 C+S 35% ... | 3000 psi | 191 kgCO2e | Details Open |
| ReadyMix | CEMEX | Oakland | 1618861 | 3P 517 C+S 30% ... | 3000 psi | 216 kgCO2e | Details Open |
| ReadyMix | CEMEX | Oakland | 1624702 | 2PG .55WC C+S 3... | 3000 psi | 229 kgCO2e | Details Open |
| ReadyMix | CEMEX | Oakland | 1610843 | 4CR 470 F 20% S ... | 3000 psi | 165 kgCO2e | Details Open |
| ReadyMix | CEMEX | Oakland | Mix 1565148 * O... | 4CR 517 F 25% S ... | 3000 psi | 211 kgCO2e | Details Open |
| ReadyMix | CEMEX | Antioch | 1624411 | CT 4VR 505 C+S 3... | 3000 psi | 205 kgCO2e | Details Open |

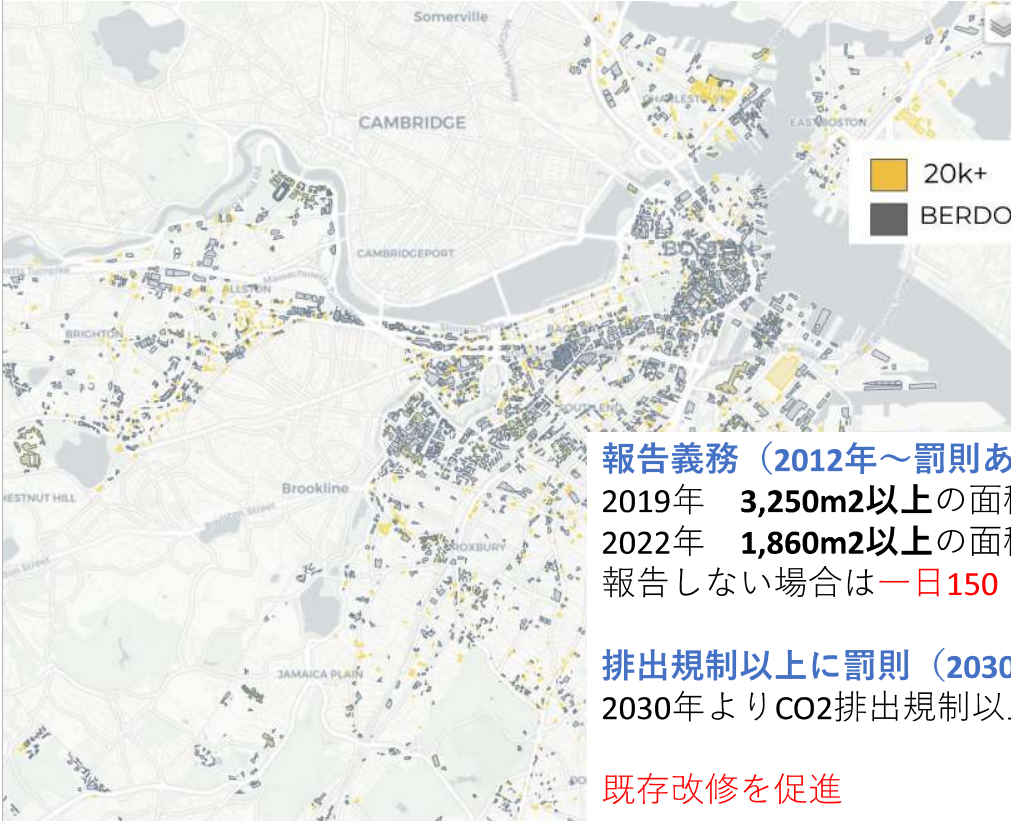


EPD:環境ラベル
 炭素排出量等の公開書類

エンボディドカーボン分析ツール
Embodied Carbon Tools:



省エネが進む都市 ポストン市の条例 既存の建物の運用カーボン排出量



報告義務（2012年～罰則あり）

2019年 3,250m²以上の面積の建造物に義務化
 2022年 1,860m²以上の面積の建造物に義務化
 報告しない場合は一日150ドルから300ドルの罰金

排出規制以上に罰則（2030年～）

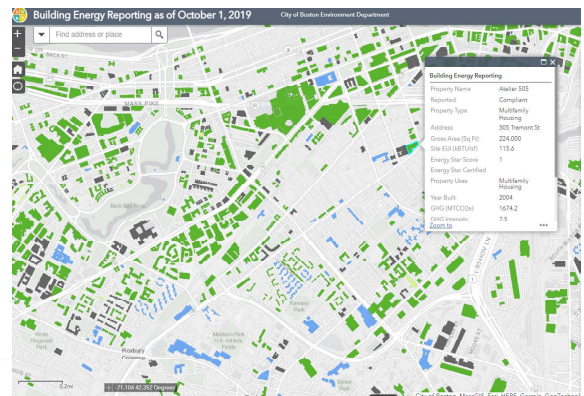
2030年よりCO₂排出規制以上の建物には罰金

既存改修を促進

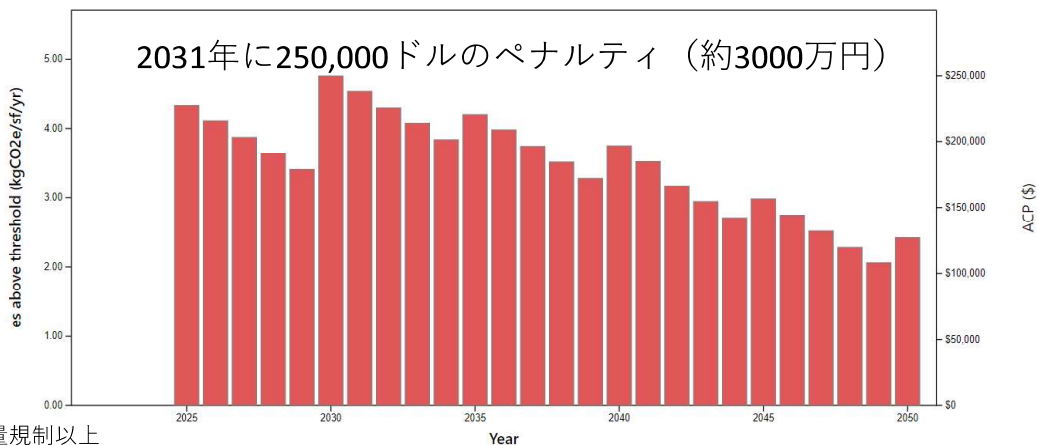
Image:City of Boston

省エネが進む都市 ポストン市の条例 既存の建物のカーボン排出量

2004年竣工
 集合住宅
 エネルギー使用量：340kwh/m²
 延べ床面積：20810m²



Alternative Compliance Payment (ACP) Summary*



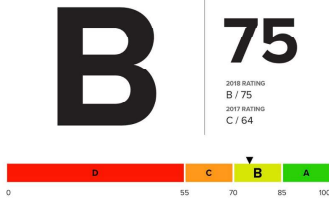
省エネが進む都市 ニューヨーク市の条例 既存の建物のカーボン排出量規制



トレード

建物Aは条例に基づいて省エネ改修をする費用が高つくため、建物Bにお金を渡して改修してもらい、そのクレジットをもらう事により条例に準拠しているとされ、ペナルティーの支払いを避ける事ができる

Building Energy Efficiency Rating



Design is Advocacy
Design is Activism
CO2排出量規制以上

Image:AKF & City of Boston

BUILDING SITE & PROJECT USE TYPE
Click in the white cells to select from a dropdown menu or enter information about your building site and planned project use type.

State: Massachusetts
Zip Code: 2115
Primary Use Type: Education
Existing Building Floor Area: 18,000 sf
Operational Timeline: 15 years
key climate dates: 2030 & 2040

ABOUT THE EXISTING BUILDING RETROFIT
Click in the white cells to select from a dropdown menu or enter information about retrofitting the existing building. Embodied emissions and operational energy values associated with each selection will automatically populate to the right.

Retrofit Building Floor Area: 18,000 sf

EMBODIED PERFORMANCE: EFFICIENCY UPGRADES (kg/m²)

Mechanical & Electrical: All New: 45
Envelope: Major Upgrade w/ Curtain Wall: 15

EMBODIED PERFORMANCE: CORE & SHELL RENOVATION (kg/m²)

Interior: All New: 0% Retained: 50
Cladding: Minor - Punched openings: new Wind: 25
Structure: Minor: Heavy Structure, concrete / s: 50
total embodied emissions / m²: 210

OPERATIONAL PERFORMANCE (kBtu/sf-yr)

Baseline EUI: Defaults to CBECS 2003, or enter own EUI: 85
Performance Target: 80% Better than Baseline: 17
total operational emissions / m²: 204

ABOUT THE NEW BUILDING
Click in the white cells to select from a dropdown menu or enter information about building a new building. Embodied emissions and operational energy values associated with each selection will automatically populate to the right.

New Building Floor Area: 18,000 sf

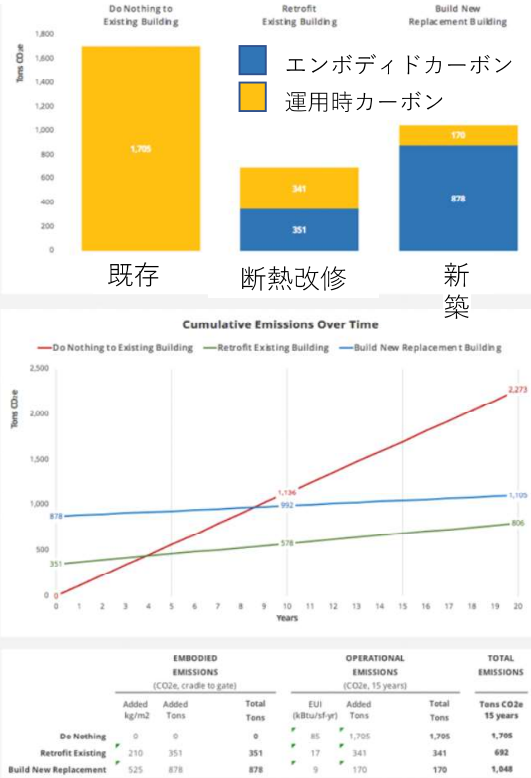
EMBODIED PERFORMANCE (kg/m²)

Building Type & Structure: Mid Rise: 500
total embodied emissions / m²: 525

OPERATIONAL PERFORMANCE (kBtu/sf-yr)

Baseline EUI: Defaults to Code Average, or enter own EUI: 43
Performance Target: 80% Better than Baseline: 9
total operational emissions / m²: 102

運用時のエネルギーを50%削減した時全カーボン分析 (15年)



無料分析ツール：解体 そのまま 断熱改修？

Design is Advocacy
Design is Activism



DEXTALL WINS
APPROVED-SUPPLIER
DESIGNATION IN \$30-MILLION
NYSERDA RETROFIT
INITIATIVE

建材の再利用 = エンボディドカーボン削減に貢献

重機解体

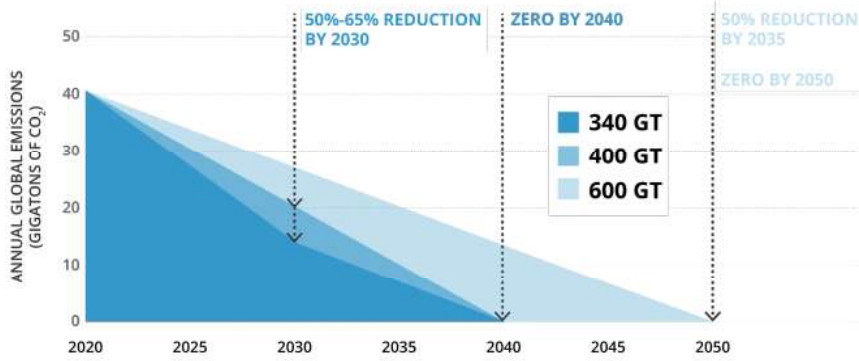


再利用のための手解体



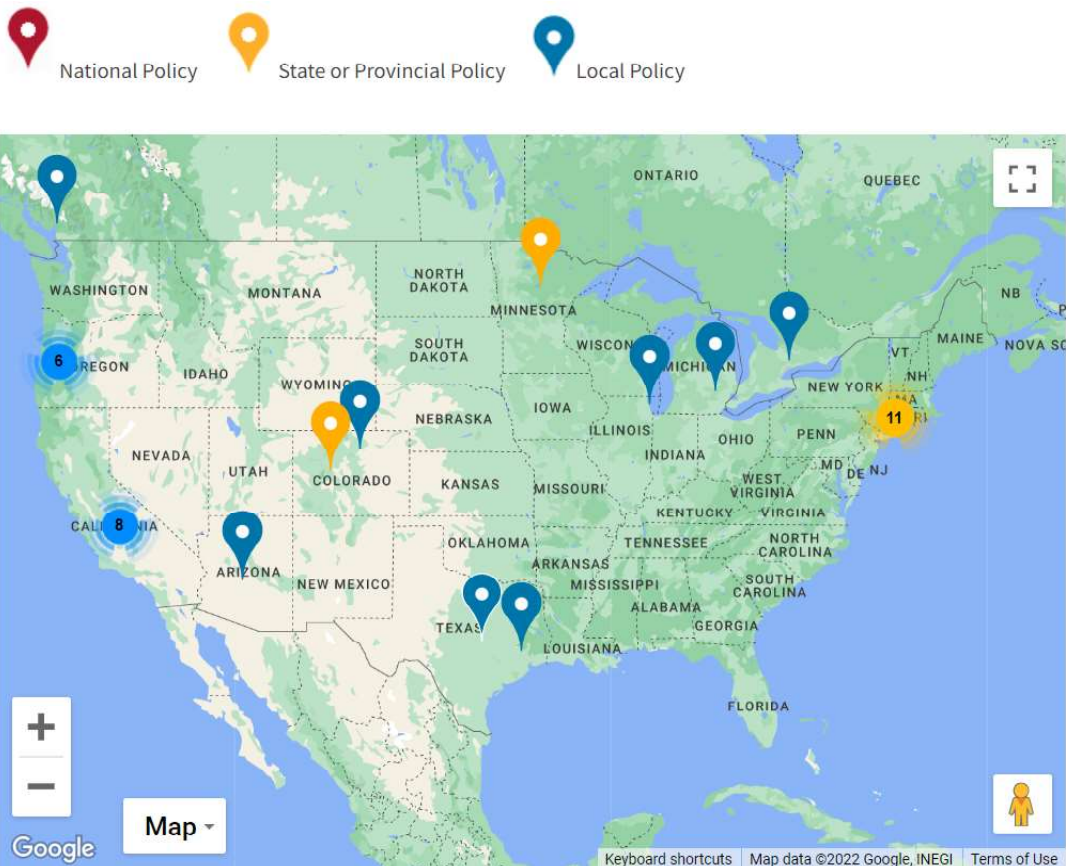
3. 条例の動き

Global Carbon Budget
340-400 GT CO₂ = 67% chance or better of meeting 1.5°C Targets

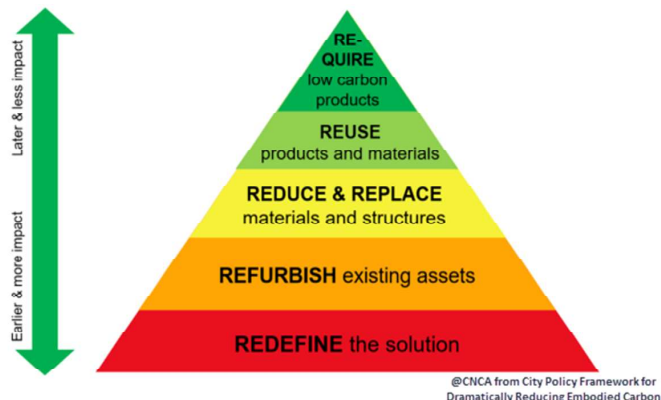


© Architecture 2030. All Rights Reserved.
Data Sources: UN IPCC AR6

- ポストンの条例作成に関する参照ポリシー例
- Netherlands Building Decree 2012
- City of Vancouver (B.C.) Green Building Rezoning Requirements
- New London Plan
- Copenhagen Bæredygtighedsklassen ("The Sustainability Class")
- Assessment System for Sustainable Building (BNB) National LCA requirement for German federal buildings



1. 仕様規定
 2. パフォーマンス（分析、計算にて）
 3. 条例にて既存の再利用＋低カーボン材での改修を推進（保存区域、地域の設定, 高さ・面積・ユニット数緩和等）
2. 建材の再利用化をすすめる→解体の方法、再利用材マーケット



ボストンの2023年州や市レベルで可決されるであろう条例

◎州法規H.4182（仕様規定）

：ある一定以上の建物または公共の建物の建設のゼネラルコントラクターは定められた種類の建材（Eligible Material）のEPDの提出とLCA分析の提出が必要。**EPDとLCAはISO14025：2006に則ったものとする。**

Eligible Material：**製鉄、鉄筋、セメント、コンクリート、断熱材、ガラス**

これらの建材のエンボディドカーボン量の規定値を定める事とし、4年ごとにその規定値は見直され、下げられる方向に変更されることとする。

◎ボストン市条例（パフォーマンス 分析、計算要）

LEED認証はゴールドレベル。**LCAレポート提出義務**

カーボンの観点から建物再利用策や低カーボン建材や建設方法策の提出。
補助金提供予定

◎ボストン市条例：（仕様＋パフォーマンス）

コンクリートミックスのエンボディドカーボンリミット設定。

LEED認証を環境負荷軽減に対して包括的である認証

システムであり、**第三者検証があるので認証取得を**

一定のサイズの建物以上は必須とする。LEED認証にはLCA分析、EPDの提出が含まれる。

北アメリカでの例（他州・都市が参考にしているポリシー）

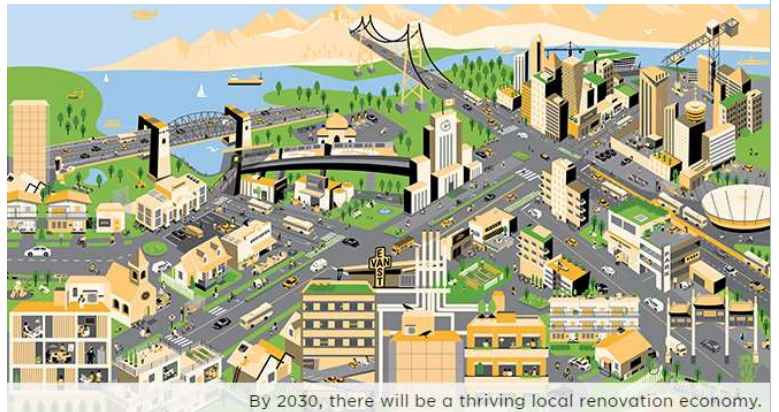
カナダ バンクーバー市（Climate Emergency Action Plan）

第一段階

2017年 全てのプロジェクトでエンボディドカーボン(kgCO₂e/m²)で報告
LEEDのガイドラインと同様のWBLCA（Whole Building LCA）で分析する。

第二段階

2022年 10-20%のエンボディドカーボン減
（各建物用途、サイズによりベースライン有）
1-6階建て（木造建築可能建造物）→20%減
7+階建て（木造不可建造物）→10%減



Design is Advocacy
Design is Activism

CLF Carbon Leadership Forum

教育が進む（コロナ下でウェビナー、多様な意見）

ロサンゼルス

バンクーバー

教育

建材メーカー + 設計者
+ クライアント +
施工者 + 廃棄業者
+ リサイクル業者... + これからの世代

ワシントン州

マサチューセッツ州

Design is Advocacy
Design is Activism



ご清聴
ありがとうございました

Image: Scripps Institute

51

ホールライフカーボン評価の基礎知識

欧州の建築家の状況

Mai Kakikawa
10th July 2023

本日の内容

- 欧州で活用の広がるホールライフカーボン評価
 - 背景
 - 進む法制度の整備
 - ホールライフカーボン評価の方法
- ホールライフカーボンの削減に向けて
 - wbcSDとArupの取り組み
 - ホールライフカーボンの分析
 - エンボディド・カーボン削減に向けた実践

欧州で活用の広がる ホールライフカーボン評価

3

背景

建築分野のCO2排出量 現状と目標

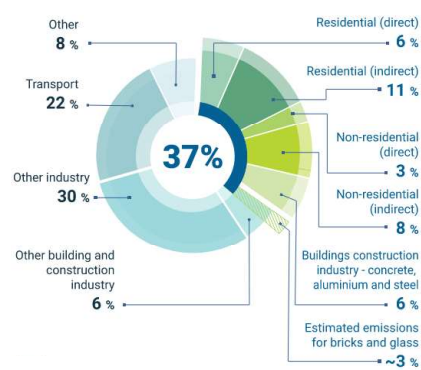
- 世界のエネルギー需要側のCO2排出量のうち、建築由来の排出量は37%を占める。
- 気候変動に関する国際連合枠組条約（UNFCCC）は建築分野の目標を定めている：

2030（新築）

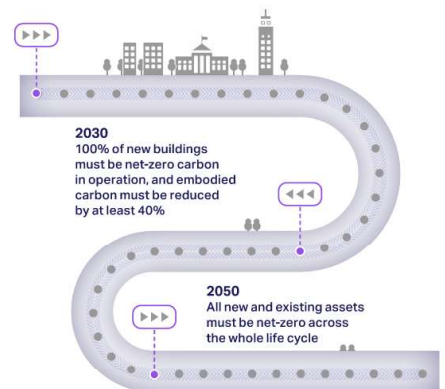
- Operational carbon ネットゼロ
- Embodied carbon 40%削減

2050（新築・既存）

- Whole life carbon ネットゼロ



2022 Global Status Report for Buildings and Construction, UNEPより抜粋



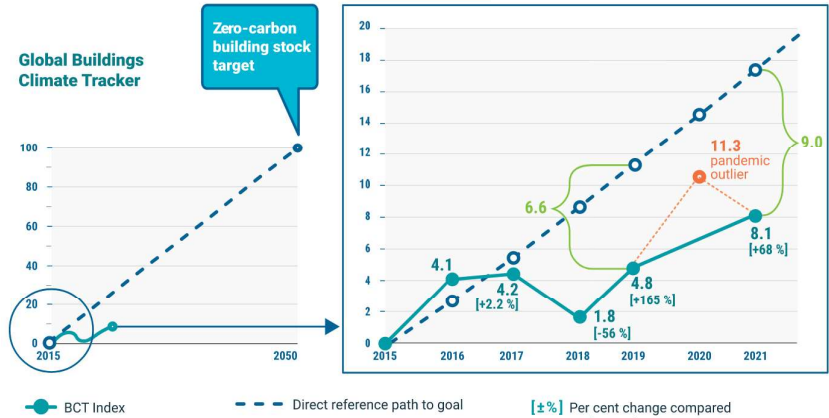
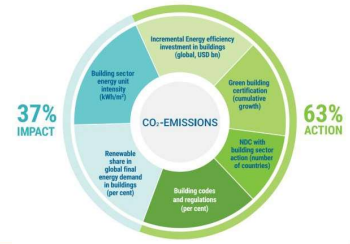
Climate Action Pathway Human Settlement, UNより作成

4

背景

建築分野のCO2排出量 現状と目標

- 2050年の目標達成に対し、脱炭素化の動きは遅れている。
- Covid-19のパンデミックにより一時的に着工数は減少したが、2021年の着工数は大幅に増加。
→脱炭素化の遅れ拡大
- 世界的な人口増に伴い今後も増床が続く見込み。



進む法制度の整備

EUタクソノミー規則 持続可能な経済活動のための分類体系

- 持続可能な経済活動を定義する分類体系。
- 6つの環境目標のうち少なくとも1つに大きく貢献し、他の5つの環境目標に悪影響を与えない (Do No Significant Harm 基準) ことが要件。
- 気候変動の緩和への貢献を目標とする分野が多い。

6の環境目標



進む法制度の整備

EUタクソノミー規則 建築分野

- 建築分野の経済活動は3分類。
- いずれも省エネに関する要求がある。
- 新築の建設に対し、ホールライフカーボン評価の項目が設けられているが実施は任意。



建物の取得・所有

1. EPC (省エネ性能評価)でAクラス評価、または省エネ性能が既存ストックの上位15%以内。(2020年12月31日以前竣工)
2. 新築と同等の要件を満たす。(2020年12月31日以降竣工)
3. 大規模非住宅の場合、エネルギー性能のモニタリング・評価により効率的に運用されていること。



新築建物の建設

1. 一次エネルギー消費量が各国の **Nealy ZEB基準よりも10% 小さい**。
2. 5,000m²以上の場合、竣工後の気密性、断熱性の試験の実施。施工中に品質管理が行われていた場合には試験不要。
3. 5,000m²以上の場合、投資家／施主の要求に応じて、ライフサイクルでの地球温暖化係数を算定・開示すること。



既存建物の改修

各国の改修に関する要件を満たすこと。
または、従前に比べ30%以上一次エネルギー消費量を削減。

進む法制度の整備

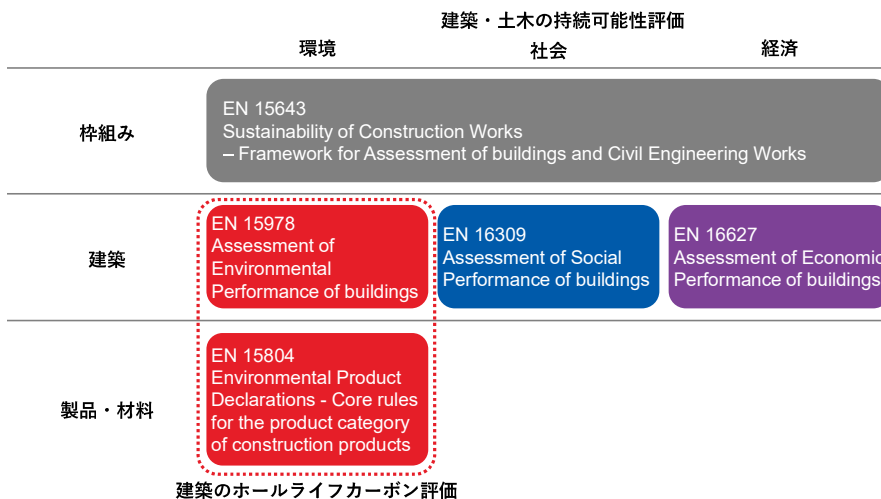
ホールライフカーボン評価に関する法制度の制定

| 国 | 評価義務 | CO ₂ 排出量の制限 | 対象建物 | 対象範囲 | |
|---|-----------|------------------------|--------|-----------------------------|-----------------------------------|
|  | オランダ | 2013年～ | 2018年～ | 100m ² 以上の事務所、住宅 | 11の環境負荷物質 (Operational carbonは除く) |
|  | スウェーデン | 2022年～ | 2027年～ | 100m ² 以上の全ての用途 | 新築時のEmbodied carbon |
|  | フランス | 2022年～ | 2022年～ | 住宅、事務所、教育施設 | Whole life carbon |
|  | デンマーク | 2023年～ | 2023年～ | 全ての用途 | Whole life carbon |
|  | フィンランド | 2025年～ | 2025年～ | 全ての用途 | Whole life carbon |
|  | ロンドン (UK) | 2021年～ | なし | 一定規模以上の全ての用途 (建設地による) | Embodied carbon |

ホールライフカーボン評価の方法

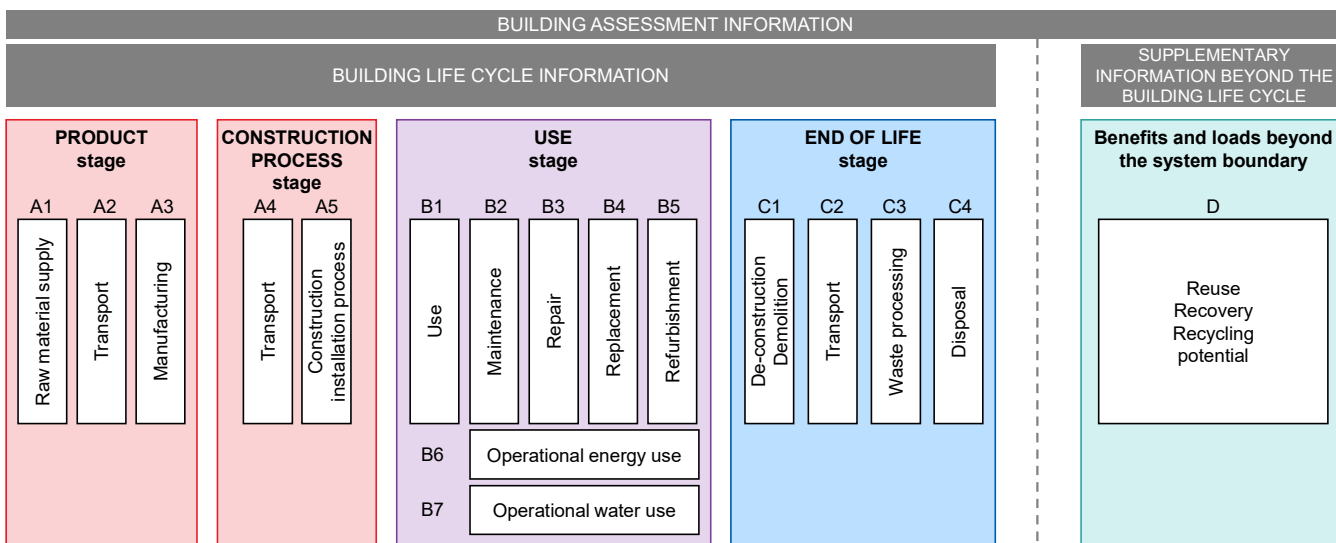
欧州規格 European Norm (EN)

- 建築・土木の持続可能性評価が体系化されている。
- ホールライフカーボン評価は、環境面の持続可能性を測る評価方法に位置づけられる。



ホールライフカーボン評価の方法

ホールライフカーボン評価におけるライフサイクルの構成 (EN15978)

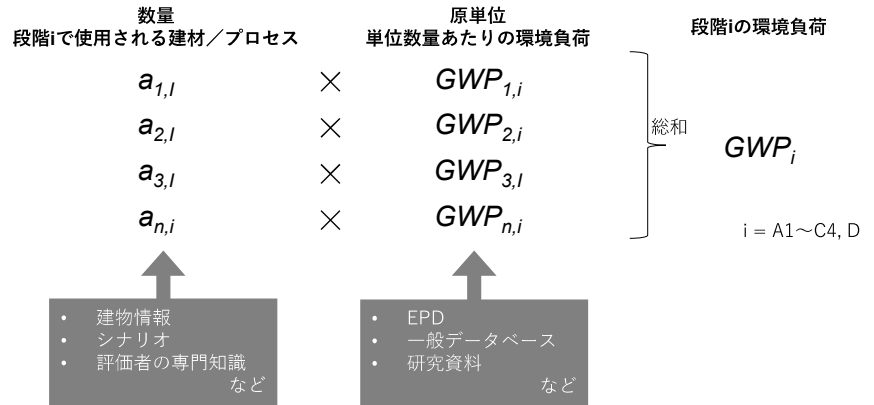


EN15978より作成

ホールライフカーボン評価の方法

ホールライフカーボンの求め方

- ライフサイクルの段階ごとにシナリオを想定し、CO2排出量の累積値を求める。
- 評価の目的やタイミングに応じて、適当な範囲、精度を設定する。



EN15978より作成

ホールライフカーボン評価の方法

建材のCO2原単位

- 原単位の扱いは、国ごと/法律ごとに異なる：
 - 実際に使用する建材のEPD
 - 国が管理するデータベース
- いずれもEN 15804（建材のEPD算定ルール）への準拠が求められる。

Declaration of the main product components and/or materials

| Components | Weight (in %) | Comments |
|---|---------------|---|
| Glass | 97 % | CAS number 65997-17-3, ENECS number 286-046-0 |
| Butyl sealant | 0.1 % | Polymer |
| Sealant (polyurethane or polysulfide or silicone) | 1 % | Polymer |
| Spacer bar (aluminium or plastic composite, called warm-edge) | 1 % | Article |
| Desiccant | 1 % | CAS number 1318-02-1 |
| Gas | 0.1 % | Dehydrated air, argon, krypton or xenon |
| PVB interlayer (if one 0.38) | 0.2 % | CAS number 63148-65-2, ENECS number 272-809-3 |

CLIMALIT 4-16-4

ENVIRONMENTAL IMPACTS 4-16-4

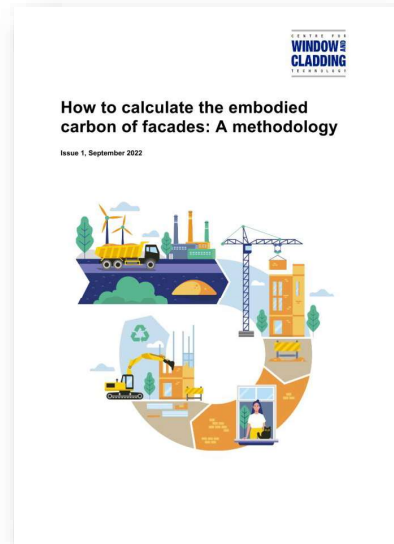
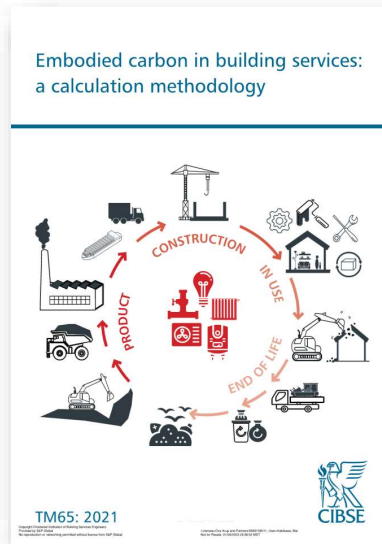
| Parameters | Product stage | | Construction process stage | | Use stage | | | | | | | End-of-life stage | | | | |
|---|---------------|----------|----------------------------|-----------------|-----------|----------------|-----------|----------------|------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------|---------------------|-------------|-------------------------------|
| | A1 | A2/A3 | A4 Transport | A5 Installation | B1 Use | B2 Maintenance | B3 Repair | B4 Replacement | B5 Refurbishment | B6 Operational energy use | B7 Operational water use | C1 Operation / maintenance | C2 Transport | C3 Waste processing | C4 Disposal | D1 Reuse, recovery, recycling |
| Climate Change [kg CO2 eq.] | 3.14E+01 | 7.00E-01 | 0 | 0 | 9.55E-02 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.00E-02 | 0 | 2.87E-01 | 0 |
| Climate Change (fossil) [kg CO2 eq.] | 3.09E+01 | 6.95E-01 | 0 | 0 | 8.08E-02 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.97E-02 | 0 | 3.11E-01 | 0 |
| Climate Change (biogenic) [kg CO2 eq.] | 4.71E-01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Climate Change (land use change) [kg CO2 eq.] | 1.70E-02 | 5.69E-03 | 0 | 0 | 7.28E-02 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.07E-04 | 0 | 8.94E-04 | 0 |
| Ozone depletion [kg CFC-11 eq.] | 2.36E-07 | 6.49E-17 | 0 | 0 | 4.39E-09 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6.04E-18 | 0 | 1.15E-15 | 0 |
| Acidification terrestrial and freshwater [Mole of H+ eq.] | 1.53E-01 | 2.99E-03 | 0 | 0 | 4.99E-04 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.13E-04 | 0 | 2.23E-03 | 0 |
| Eutrophication freshwater [kg P eq.] | 7.71E-05 | 2.14E-06 | 0 | 0 | 3.23E-05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.53E-07 | 0 | 5.34E-07 | 0 |
| Eutrophication marine [kg N eq.] | 3.57E-02 | 1.40E-03 | 0 | 0 | 5.33E-04 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.11E-03 | 0 | 5.74E-04 | 0 |
| Eutrophication terrestrial [Mole of N eq.] | 4.37E-01 | 1.58E-02 | 0 | 0 | 1.38E-03 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.11E-03 | 0 | 6.30E-03 | 0 |
| Photochemical ozone formation - human health [kg NMVOC eq.] | 9.47E-02 | 3.77E-03 | 0 | 0 | 3.22E-04 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.69E-04 | 0 | 1.74E-03 | 0 |
| Resource use, mineral and metals [kg Sb eq.] | 7.87E-06 | 5.04E-08 | 0 | 0 | 2.55E-06 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.60E-09 | 0 | 2.79E-08 | 0 |
| Resource use, energy carriers [MJ] | 4.33E-02 | 9.35E+00 | 0 | 0 | 1.38E+00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6.69E-01 | 0 | 4.08E+00 | 0 |
| Water scarcity [m³ world equiv.] | 3.15E+00 | 6.29E-03 | 0 | 0 | 3.27E-01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.49E-04 | 0 | 3.26E-02 | 0 |

Environmental Product Declaration, Double Glazing CLIMALIT®より転載

ホールライフカーボン評価の方法

複雑な要素のCO2排出量の計算

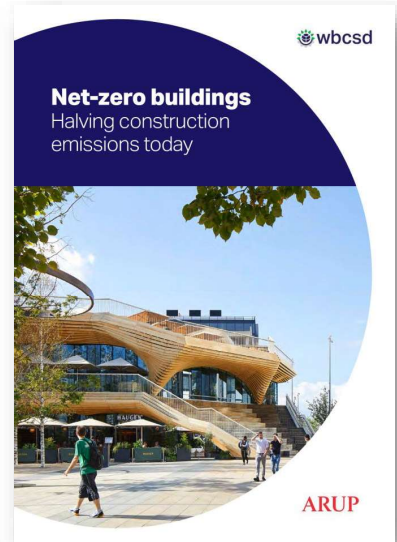
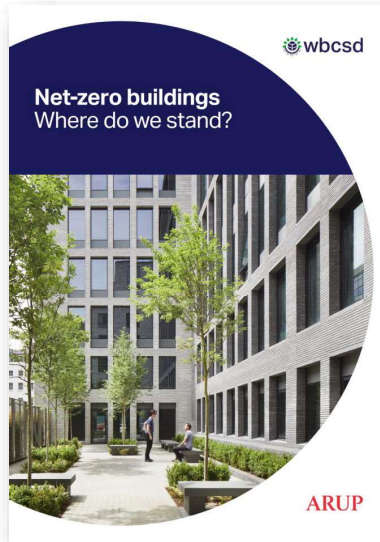
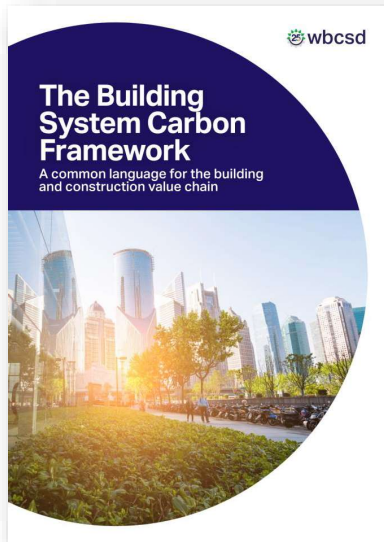
- 建築設備やカーテンウォール等の複雑な部位／部材の Embodied carbon 算定方法も示されている。
- 材料の積み上げだけでなく、輸送、加工、組立等を考慮して算定する。



ホールライフカーボンの削減に向けて

wbcsdとArupの取り組み

ホールライフカーボンの削減に向けた検討

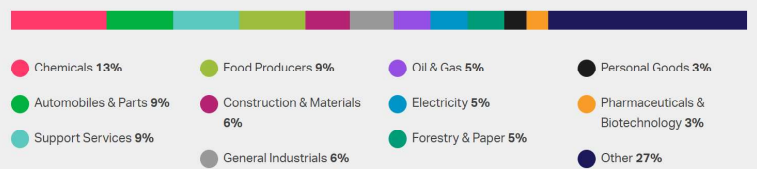


wbcsdとArupの取り組み

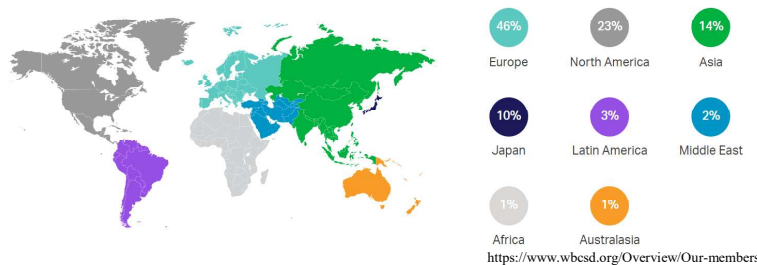
wbcsd（持続可能な開発のための世界経済人会議）とは

- 1995年に発足した200を超える企業のCEOが主導するグローバルコミュニティ。
- 持続可能な社会の実現に向けた経済の変革を促すことを目的とする。
- エネルギー、食糧、自然環境、生活空間、モビリティ、循環型社会、社会的影響に係る課題に対し、ビジネスソリューションを提供する。

Membership by sector



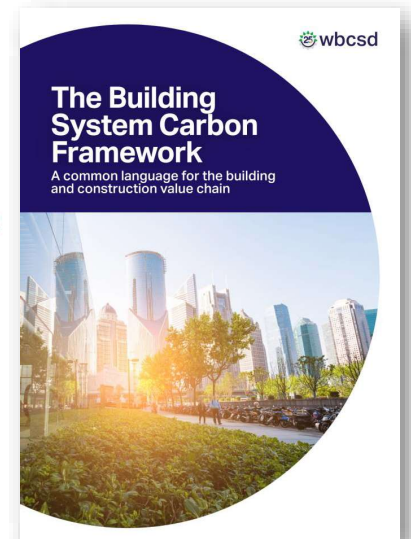
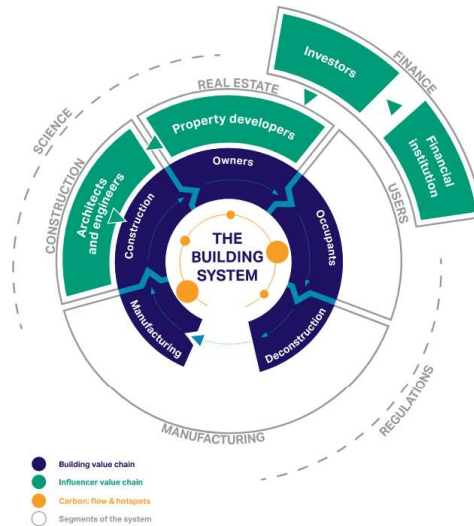
Membership by region



wbcsdとArupの取り組み

The Building System Frameworkの提案

- 建築のホールライフカーボンに関するバリューチェーン全体の共通言語として提案。



‘The Building System Carbon framework – A common language for the building and construction value chain’, wbcsdより抜粋

wbcsdとArupの取り組み

The Building System Frameworkの提案

- ‘The Building System Carbon Framework’の目的：
 - いつ／どの部分でCO2が排出されるかを理解する
 - 2050年のネットゼロ実現を見据え、建築全体のCO2排出量を把握する
- 欧州規格（EN）に基づく。

| | BUILDING STAGES | | | | | | |
|---|---|--------------|-------|-------|-------------|-----------------------------------|-------------|
| | PRODUCT | CONSTRUCTION | USE | | END OF LIFE | EMISSIONS | BEYOND LIFE |
| | A1-A3 | A4-A5 | B1-B5 | B6-B7 | C | kgCO ₂ /m ² | D |
| BUILDING LAYERS | Structure Foundation, load-bearing | | | | | | |
| | Skin Windows, roof, insulations | | | | | | |
| | Space Plan Interior finishes | | | | | | |
| | Services Mechanical, electrical, plumbing | | | | | | |
| | Stuff (optional) Furniture & appliances | | | | | | |
| | Building carbon emissions | | | | | | |
| Carbon compensation Removals and offset | | | | | | | |

● Embodied carbon ● Operational carbon ● Partial and total sums

‘The Building System Carbon framework – A common language for the building and construction value chain’, wbcsdより抜粋

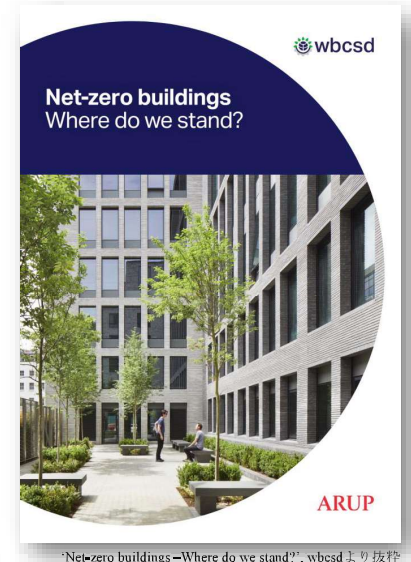
ホールライフカーボンの分析

Net-zero buildings – Where do we stand?

- 設計中または竣工後の6の建築物についてホールライフカーボン評価を実施。
- The Building System Frameworkに基づいて傾向を分析した。

ケーススタディの対象建築物

| | 用途 | 延床面積 | 構造 | 建設地 | 備考 |
|----|------------|----------------------|------|--------------|-----------------|
| 01 | 事務所 | 29,819m ² | SRC | ロンドン(UK) | 新築 |
| 02 | 事務所 | 40,065m ² | SRC | ロンドン(UK) | 新築 (オール電化) |
| 03 | 事務所 | 42,776m ² | SRC | ロンドン(UK) | 既存建築の用途変更に伴う増改築 |
| 04 | 事務所 | 47,264m ² | SRC | ロンドン(UK) | 既存建築の改修 |
| 05 | 事務所、商業、住宅等 | 26,366m ² | SRC | コペンハーゲン (DK) | 複合用途 |
| 06 | 集合住宅 | 14,544m ² | 木+RC | アムステルダム (NL) | 木造 |



'Net-zero buildings - Where do we stand?', wbcSDより抜粋

ホールライフカーボンの分析

ケーススタディの例

01. Office building, London, UK

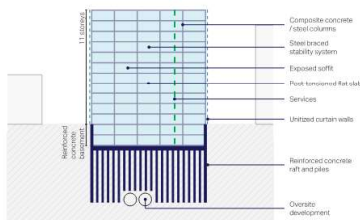
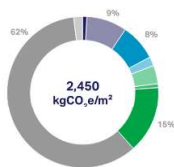


Figure 14: Whole life carbon (A-C)



TYPE
Office, New build

LOCATION
London, UK

DEVELOPMENT STAGE
Manufacturing and construction

GIA
79,819 m²

RATING SCHEME
LEED v4 Gold
BREEAM 2014 Outstanding

TOOL
OneClick LCA

PROJECT DATA
Late design stage information: cost plan, drawings and specifications. Structural material quantities issued directly by contractor. Absences made for services embedded carbon.

ANNUAL ENERGY CONSUMPTION
222 kWh/m²/year

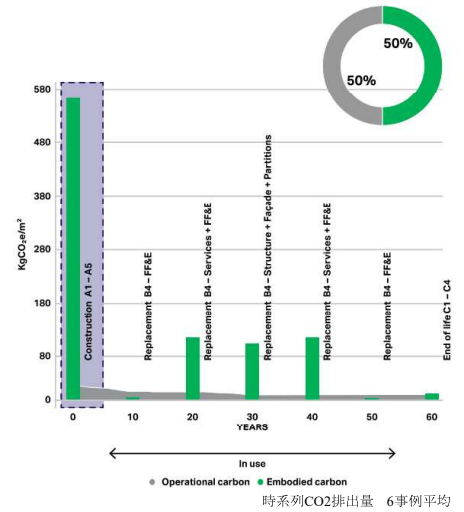
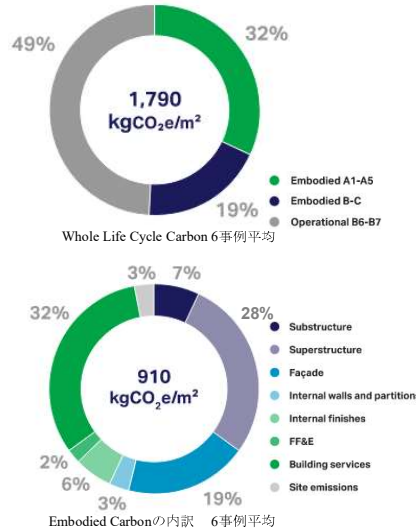
| | BUILDING STAGES | | | | | | | |
|------------------------|--|--------------|-----------|------------|--------------|------------------------------------|--------------|-------------|
| | PRODUCTS | CONSTRUCTION | | USE | | END OF LIFE | EMISSIONS | BEYOND LIFE |
| | A1-A3 | A4-A5 | B1-B5 | B6-B7 | C | kgCO ₂ e/m ² | D | |
| BUILDING LAYERS | Structure Substructure and superstructure | 240 | 9 | 6 | | 4.1 | 258 | -53 |
| | Skin Façade | 100 | 1 | 94 | | 0.2 | 195 | 111 |
| | Space plan Partitions and internal finishes | 39 | 0 | 39 | | 0.2 | 78 | -2 |
| | Services Building services, energy and water use | 120 | 1 | 240 | 1512 | 1.4 | 1873 | -56 |
| | Stuff Fittings, furnishings and equipment (IT&C) | 5 | | 10 | | | 15 | -5 |
| | Site emissions Waste, electricity and fuel | | 30 | | | | 30 | |
| | Building carbon emissions Embodied and operational | 503 | 40 | 388 | 1,512 | 6 | 2,449 | -227 |

'Net-zero buildings - Where do we stand?', wbcSDより抜粋

ホールライフカーボンの分析

ケーススタディから導かれた結果

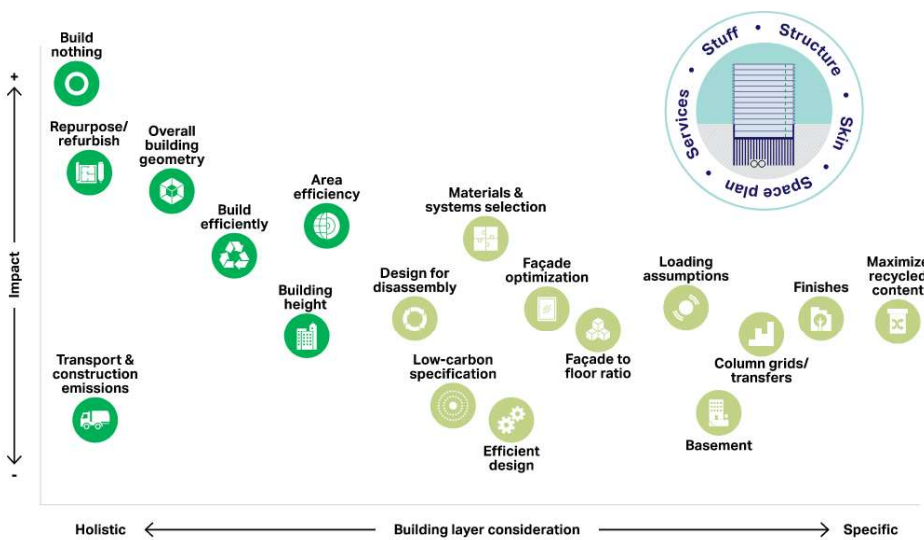
- Embodied carbonとOperational carbonの比率は約1:1であった。
- Operational carbonの予測には電力の脱炭素化を含む。
→相対的にEmbodied carbonが大きくなる。
- Embodied carbonの内訳は構造、設備、外装の比率が高い。



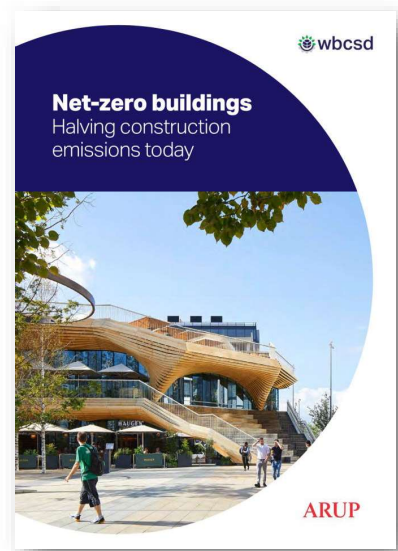
‘Net-zero buildings –Where do we stand?’, wbcscdより抜粋

エンボディド・カーボン削減に向けた実践

Net-zero building – Halving construction emission today

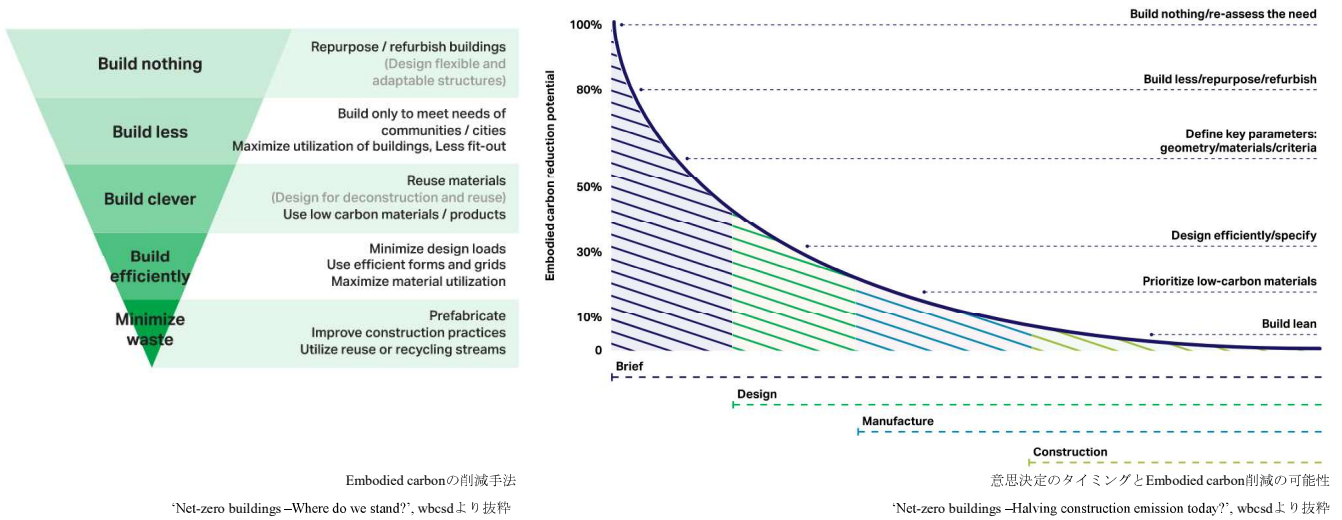


‘Net-zero buildings –Halving construction emission today?’, wbcscdより抜粋



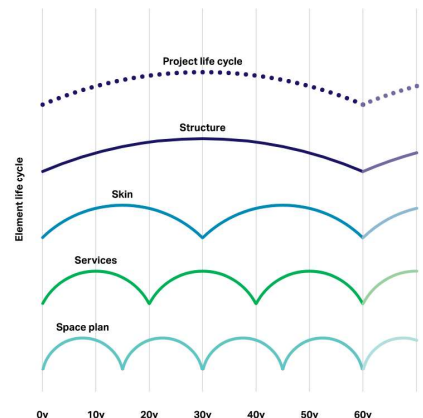
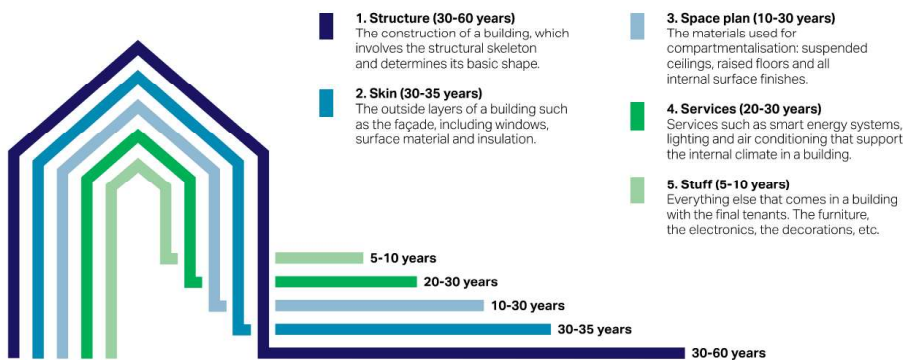
エンボディド・カーボン削減に向けた実践

意思決定のタイミングと影響の大きさ



エンボディド・カーボン削減に向けた実践

構成要素とライフサイクル



建築の構成要素

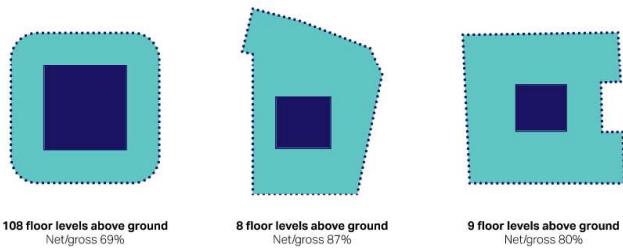
構成要素ごとのライフサイクル

Net-zero buildings –Halving construction emission today?, wbcSDより抜粋

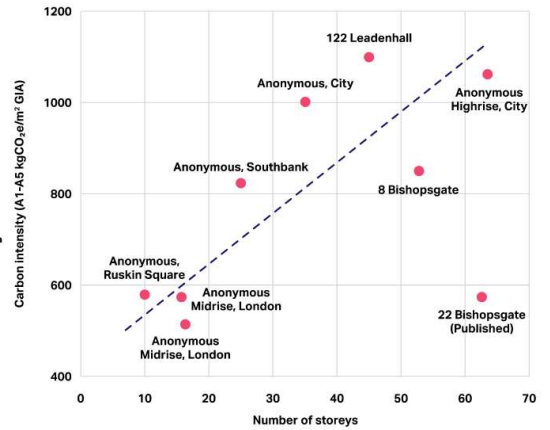
エンボディド・カーボン削減に向けた実践

建築計画 — 全体計画

- 建築の形態、高さ、有効面積はEmbodied carbonを大きく左右する。
- 高層になるほど、構造、設備が増えるため、床面積あたりのEmbodied carbonは大きくなる。



階数と有効面積比率



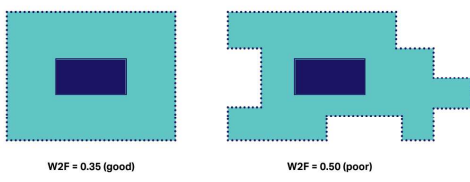
階数と単位面積あたり新築時Embodied carbonの相関

*Net-zero buildings –Halving construction emission today?, wbcscdより抜粋

エンボディド・カーボン削減に向けた実践

建築計画 — 平面計画

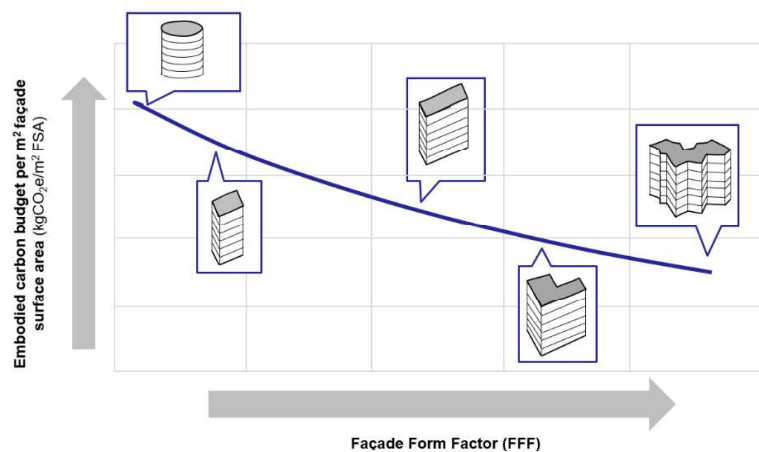
- 床面積に対する外皮面積の比率は外装に係るEmbodied carbonに影響を与える。



Wall to floor ratio comparison showing in excess of 40% range

外皮対床面積比率の例

*Net-zero buildings –Halving construction emission today?, wbcscdより抜粋



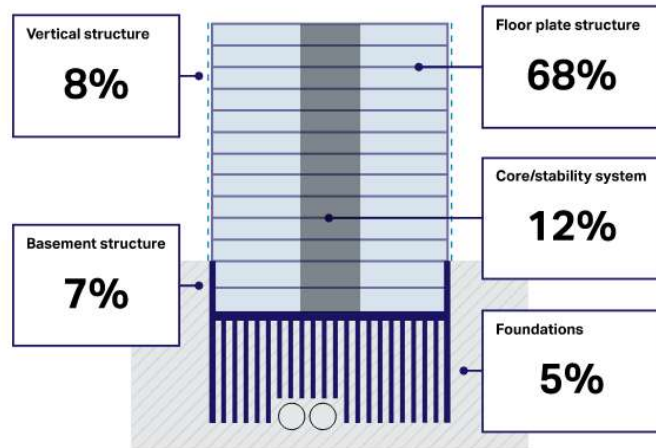
外皮面積比率とEmbodied carbon割当量の相関

*How to calculate the embodied carbon of facades: A methodology, CWCTより抜粋

エンボディド・カーボン削減に向けた実践

構造 ー全体計画

- 新築時Embodied carbonの約50%を構造が占める。
- 中でも床を支持する要素（梁、スラブ）が68%と大きい。
- 構造種別による差異も大きい。

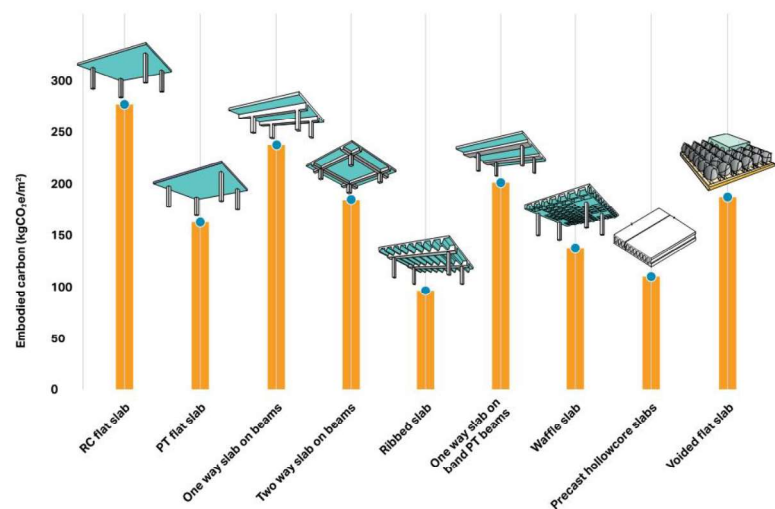
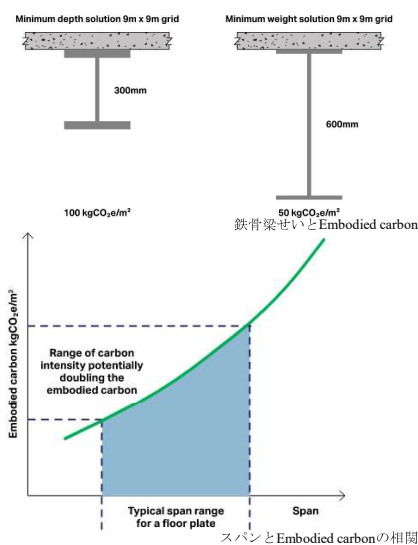


構造Embodied carbonの内訳例

*Net-zero buildings –Halving construction emission today?, wbcscより抜粋

エンボディド・カーボン削減に向けた実践

構造 ースパン、スラブの支持方法

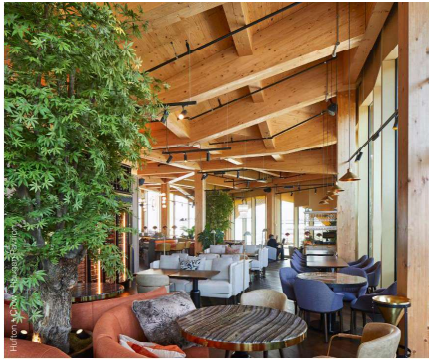


階数と単位面積あたり新築時Embodied carbonの相関

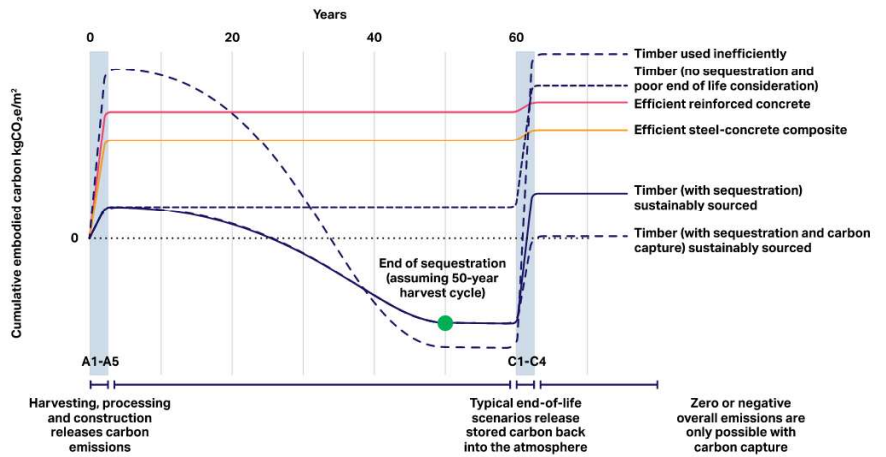
*Net-zero buildings –Halving construction emission today?, wbcscより抜粋

エンボディド・カーボン削減に向けた実践

構造 —木質構造の扱い



Haugen Pavilion, London



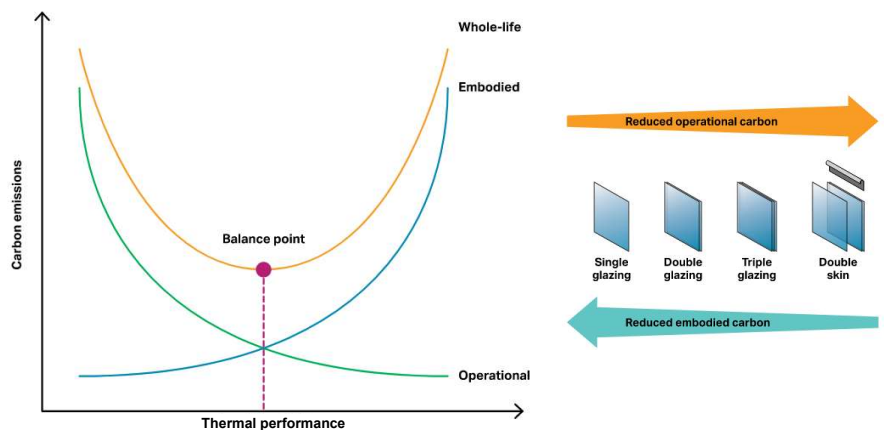
木質構造とEmbodied carbon

*Net-zero buildings –Halving construction emission today?, wbcscより抜粋

エンボディド・カーボン削減に向けた実践

外装 —Embodied carbonとOperational carbonの均衡

- 外装の熱的性能はOperational carbonを左右する。
- 熱的性能が高いほどOperational carbonは低減されるが、外装自体のEmbodied carbonは増大する。
- 均衡点を見出すことが重要。



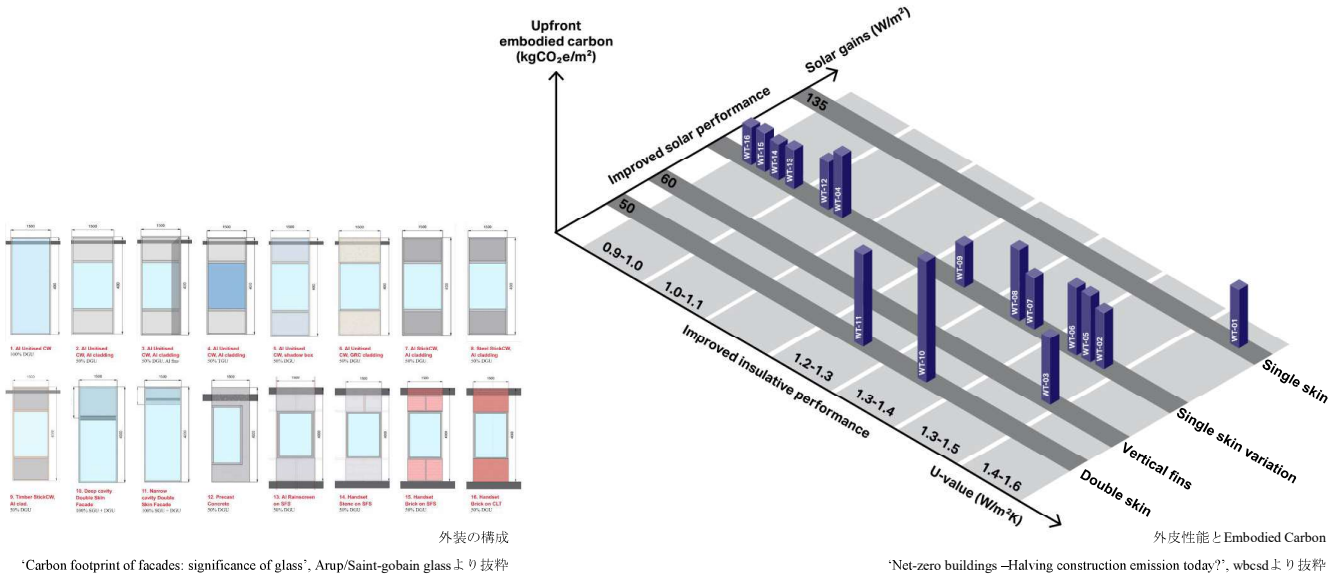
外皮性能とWhole life carbon

外皮の構成とCO2排出量の傾向

*Net-zero buildings –Halving construction emission today?, wbcscより抜粋

エンボディド・カーボン削減に向けた実践

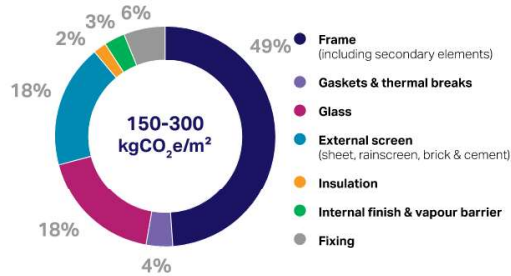
外装 — Embodied carbonとOperational carbonの均衡



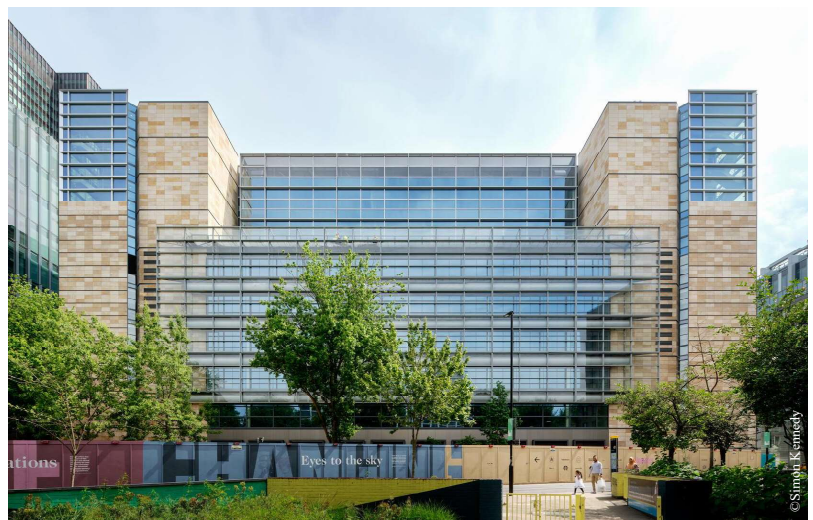
エンボディド・カーボン削減に向けた実践

外装 — 材料選定と改修の計画

- アルミとガラスの占める割合が大きい。
- 将来の改修／更新を見据えた計画が必要。



‘Net-zero buildings –Halving construction emission today?’, wbcSDより抜粋

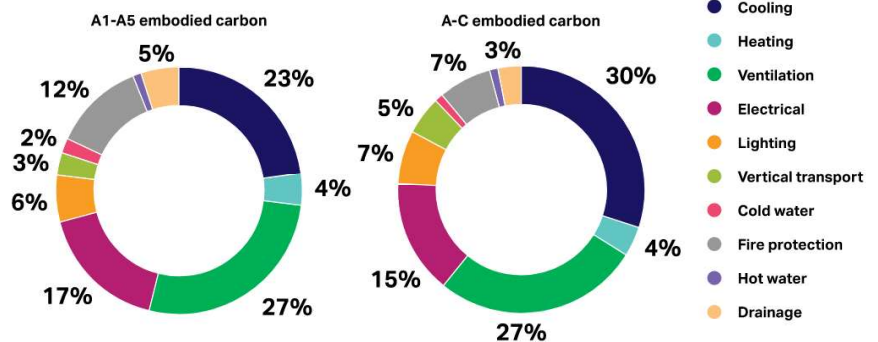


1 Triton Square

エンボディド・カーボン削減に向けた実践

建築設備 ー全体計画

- 建築設備のEmbodied carbonは、使用段階（B1）、廃棄段階（C4）の冷媒漏えいも含む。
- 比較的更新頻度が高いため、更新も見据えた計画が求められる。

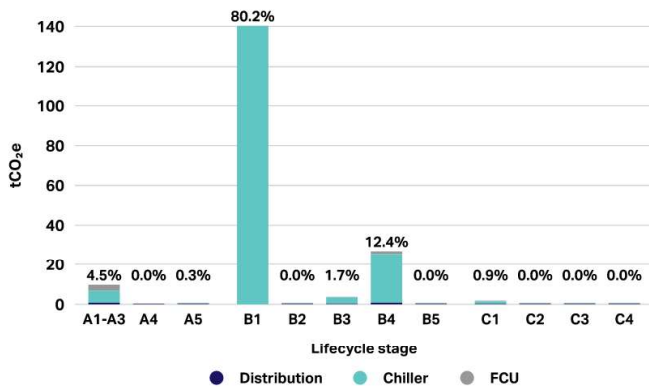


建築設備のEmbodied carbon 機能ごとの内訳
 'Net-zero buildings –Halving construction emission today?', wbcslより抜粋

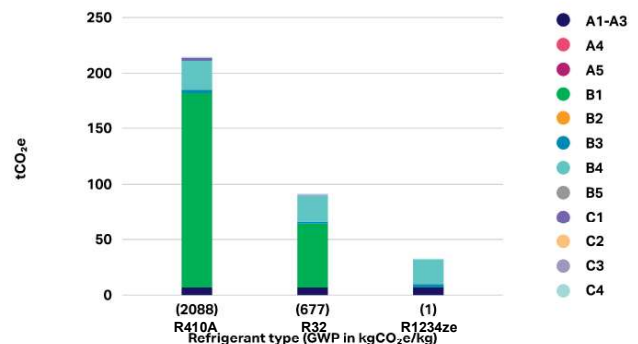
エンボディド・カーボン削減に向けた実践

建築設備 ー冷媒漏えい

- 冷房設備のEmbodied carbonは、新築時よりも使用時と更新時の排出量が多い。
- 使用時の冷媒漏えいに伴う温室効果ガス排出量は冷媒によって異なる。



冷房設備のEmbodied carbonとライフサイクル

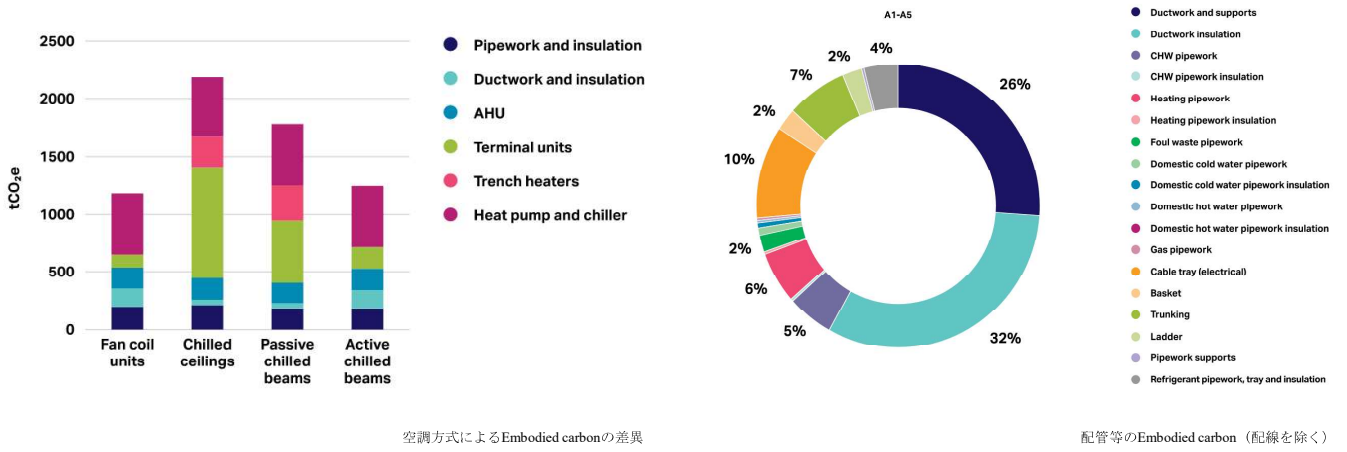


* 冷媒のGWPの値はIPCC第5次報告書に基づく

チャラー（100kW）のEmbodied carbon
 'Net-zero buildings –Halving construction emission today?', wbcslより抜粋

エンボディド・カーボン削減に向けた実践

建築設備 —空調方式と配管



空調方式によるEmbodied carbonの差異

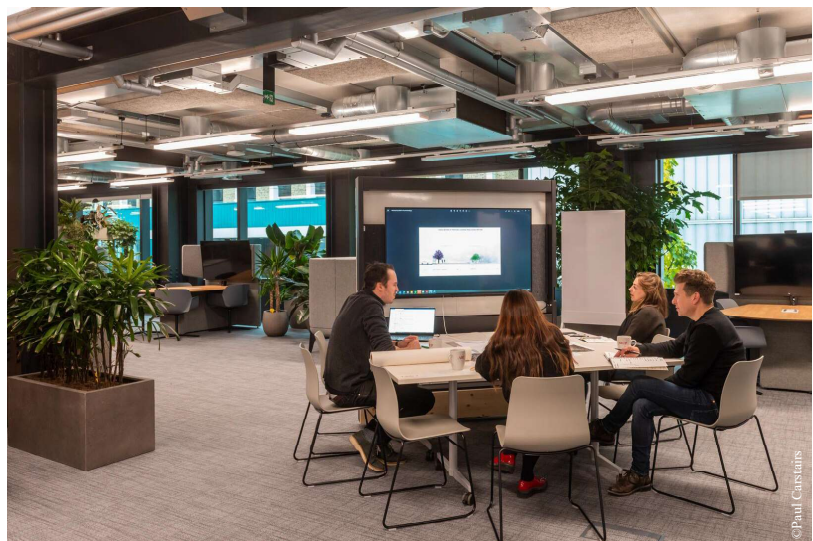
配管等のEmbodied carbon (配線を除く)

'Net-zero buildings –Halving construction emission?', wbcscdより抜粋

エンボディド・カーボン削減に向けた実践

内装 —建築資材の削減

- レイアウトの変更やテナントの変更により内装の更新頻度は高い。
- 構成要素を省く：
 - 天井
 - OAフロア
 - 間仕切壁

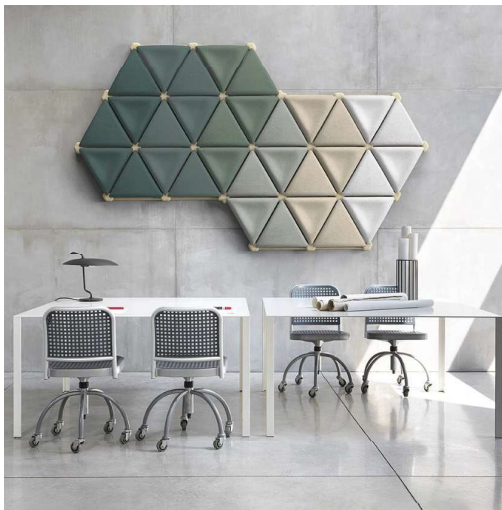


80 Charlotte Street, London

エンボディド・カーボン削減に向けた実践

内装 — 低炭素材の活用

- カーボンフットプリントの小さい材料、生分解性材料等を活用する。
- 調達方法を変える：
 - 再利用
 - リサイクル



菌糸体を用いた吸音パネル

<https://mogu.bio/acoustic-collection/foresta-system/>より転載



古紙を用いたOAフロアシステム

37

まとめ

■ 欧州で活用の広がるホールライフカーボン評価

- 欧州では建築分野の脱炭素化に向けた動きが活発である。
- ホールライフカーボン評価に関する法整備も進みつつある。

■ ホールライフカーボンの削減に向けて

- ホールライフカーボン削減はバリューチェーン全体で取り組むべき課題。
- “silver bullet = 特効薬”はない。
- 早い段階から取り組むことで削減の可能性は拡大する。

38



Contact

柿川 麻衣

サステナビリティコンサルタント／ファサードエンジニア

ARUP