



ESIシンポジウム

# 建築分野のLCCO2評価

— 背景から実践まで —

Arup 柿川麻衣

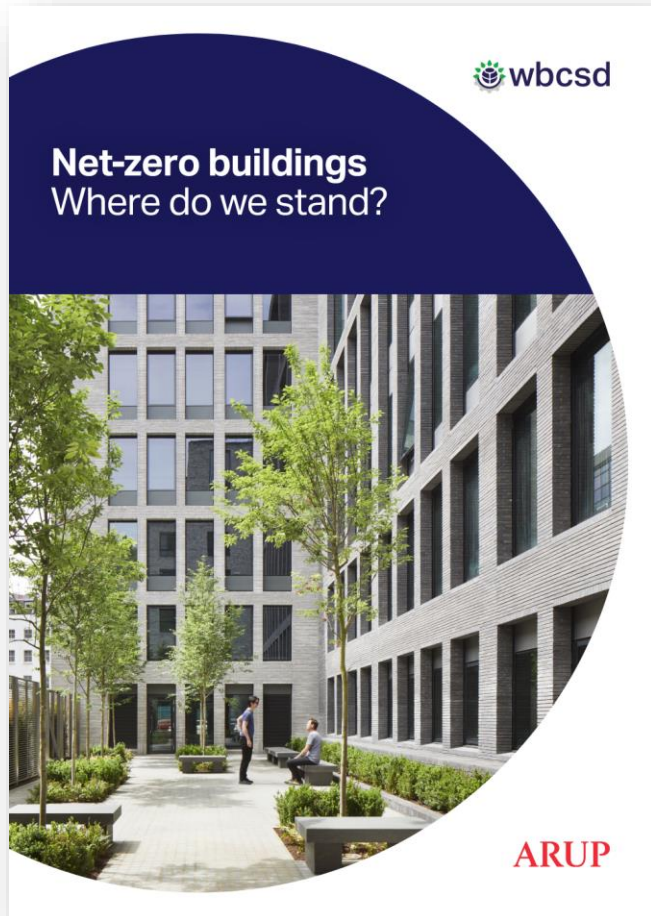
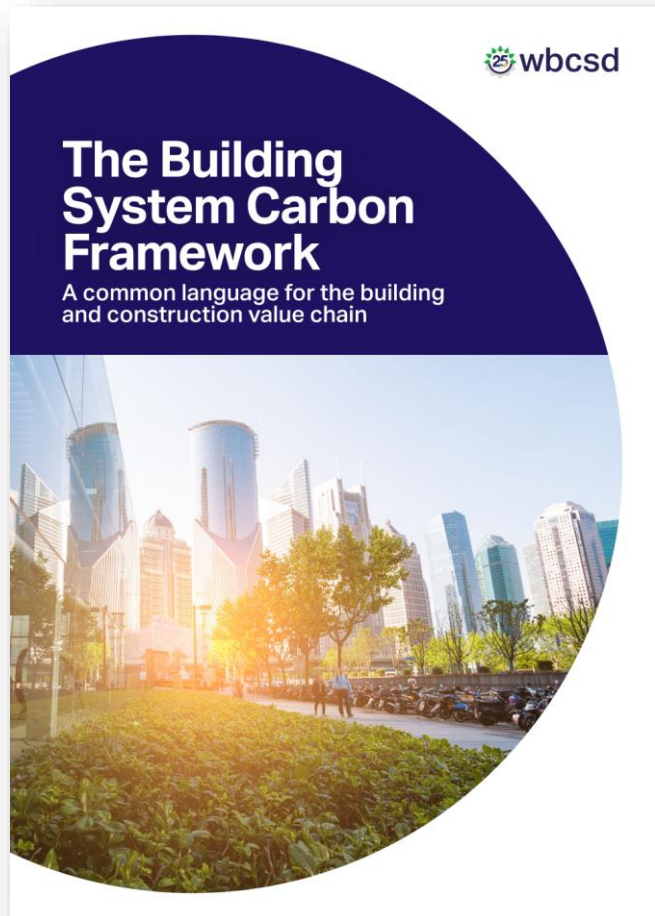
5<sup>th</sup> March 2026

## 会社概要

1946年設立。世界34ヶ国、94ヶ所以上に事務所を構え、18,000人以上のプランナー、デザイナー、エンジニア、コンサルタントが在籍する。

1989年東京事務所設立。多様なバックグラウンドを持つ120名以上のスタッフが在籍する。

# wbcsd と Arup の取り組み



# 建築分野のLCCO2評価

## — 背景から実践まで —

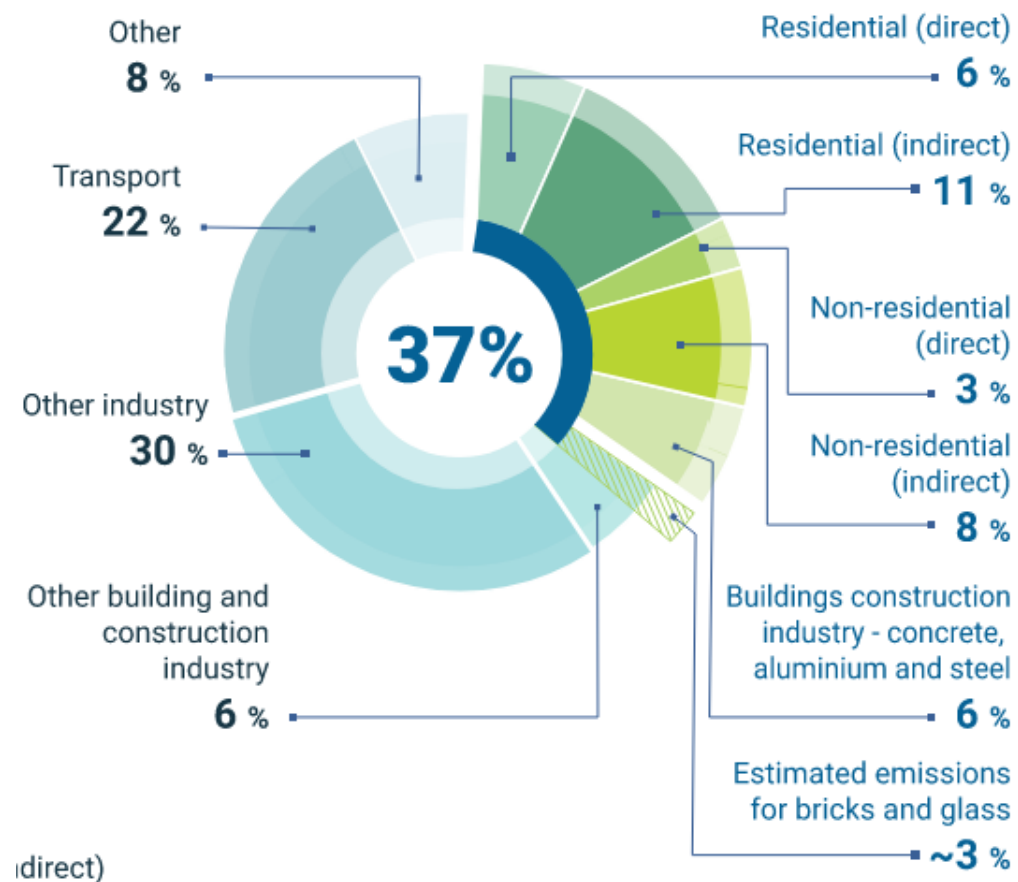
- なぜいまLCCO2評価なのか
- LCCO2評価の方法
- ホールライフカーボン削減に向けた実践
  - ✓ エンボディド・カーボン削減の方策
  - ✓ オペレーショナル・カーボンとエンボディド・カーボン

なぜいまLCCO2評価なのか



# 建築分野のCO<sub>2</sub>排出

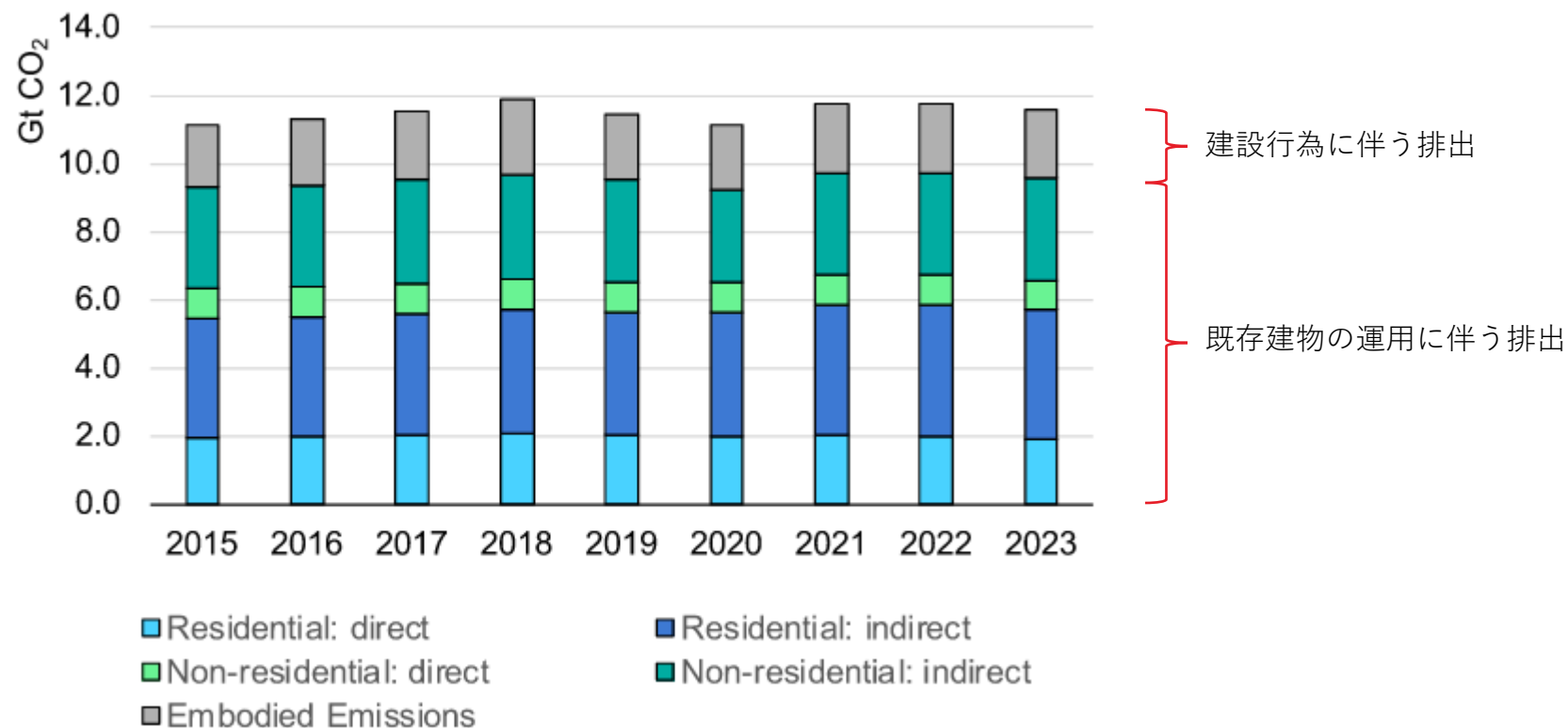
エネルギー需要側CO<sub>2</sub>排出量に占める建築・建設分野の排出量



Residential: 住宅  
 Non-residential: 非住宅  
 Direct: 化石燃料の燃焼によるCO<sub>2</sub>排出  
 Indirect: 電気の使用に伴うCO<sub>2</sub>排出

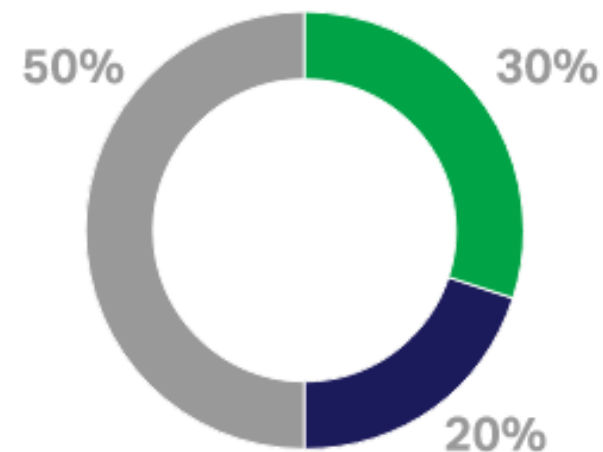
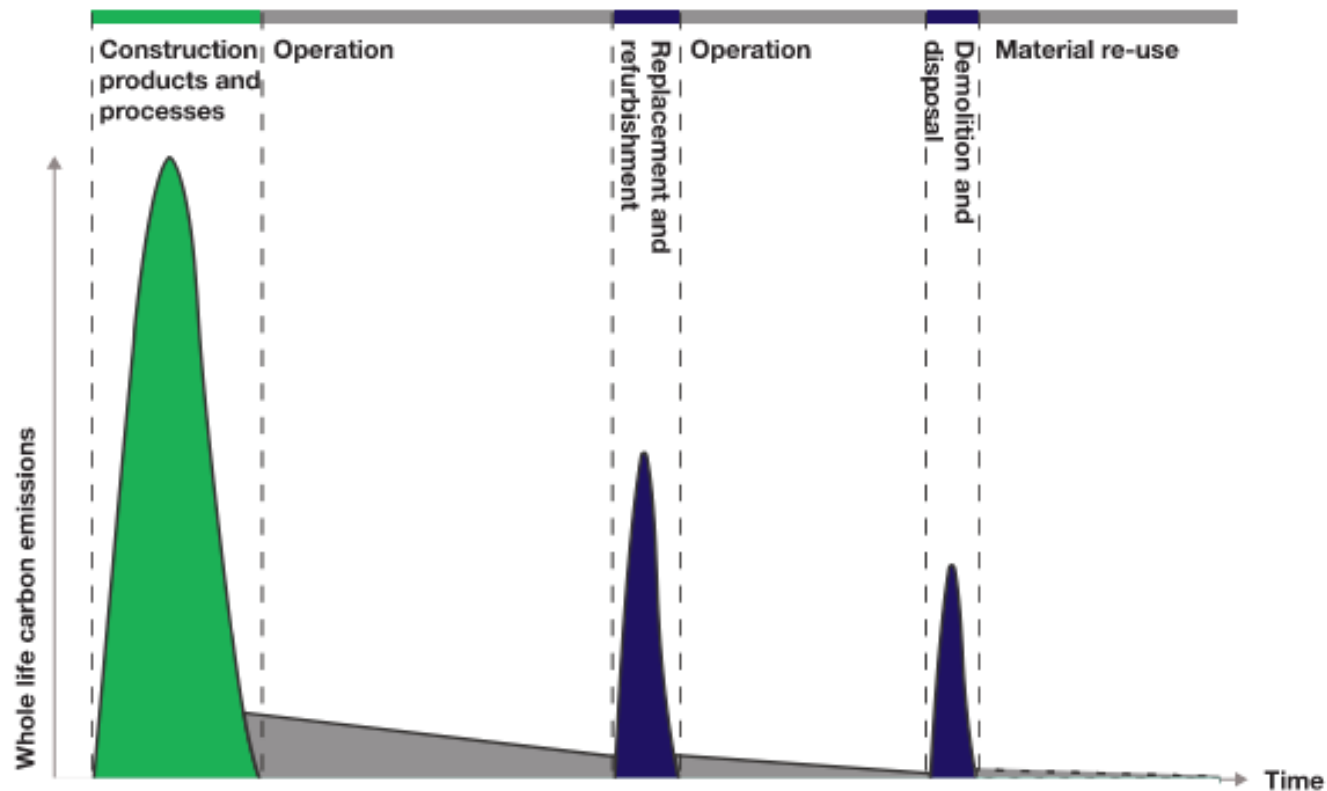
# 建築分野のCO<sub>2</sub>排出

## 排出量の内訳

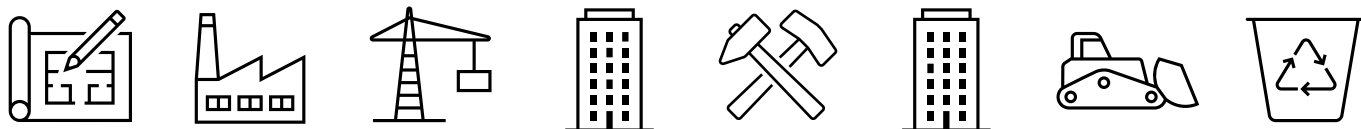


# 建築分野のCO<sub>2</sub>排出

建築のライフサイクルと温室効果ガス排出

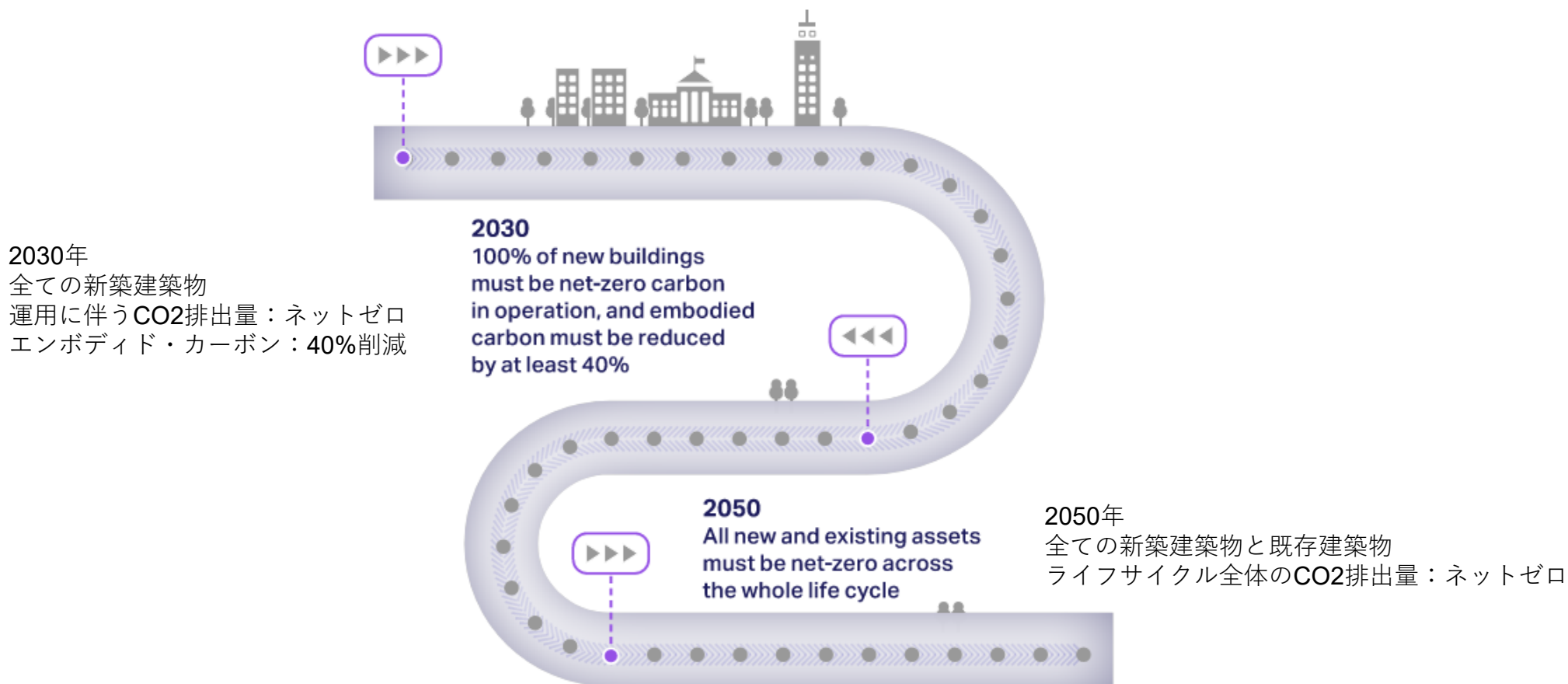


- Embodied A1-A5
- Embodied B-C
- Operational B6-B7



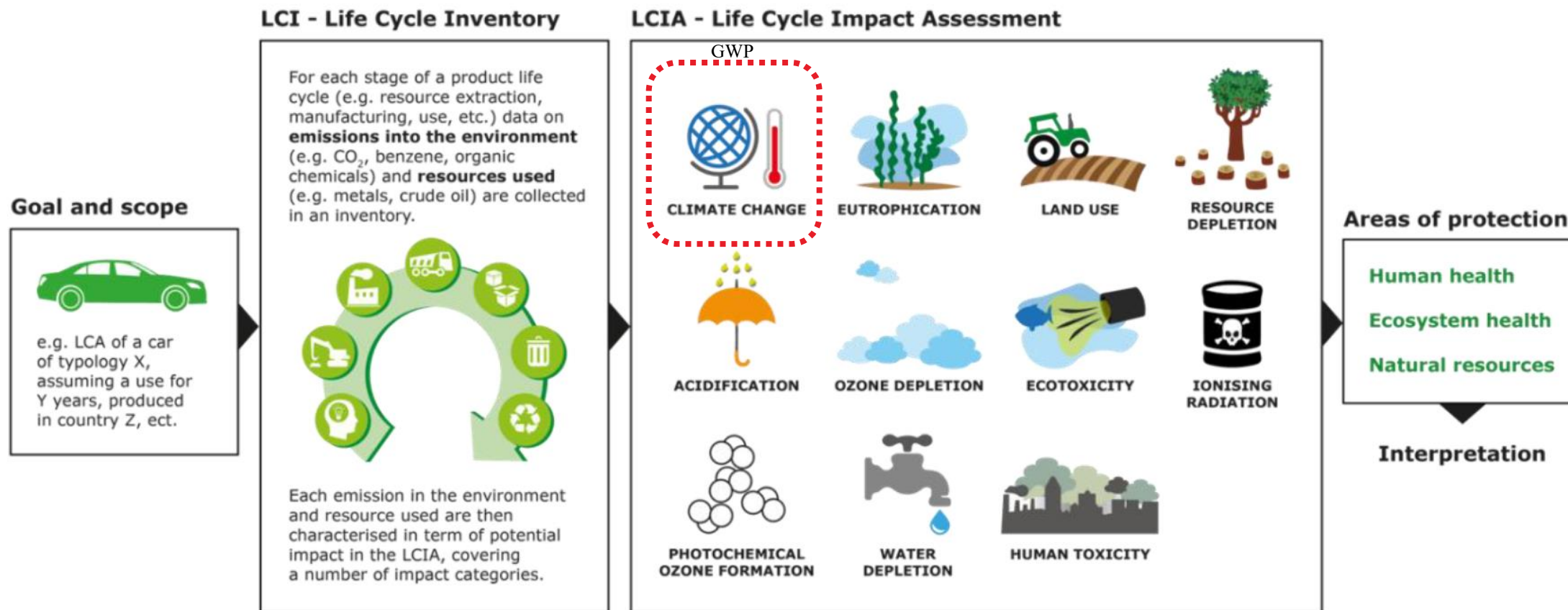
# 建築分野のCO<sub>2</sub>排出

## 脱炭素化の目標



# 建築物のLCCO2評価

## Life Cycle Assessment (LCA)



# 建築物のLCCO2評価

## 建築物のLCAの難しさ



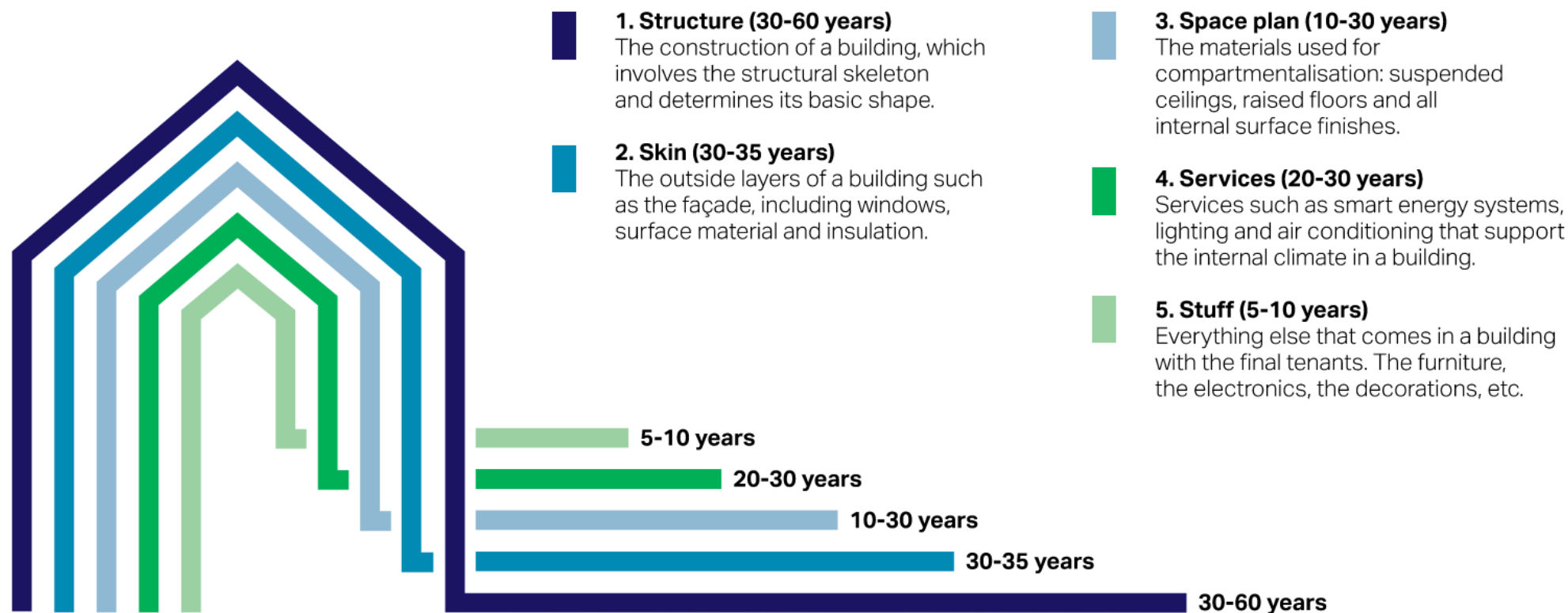
- 同じ仕様で大量生産
- ライフサイクルが短い
- 製品が回収可能
- バリューチェーンが明確



- 異なる仕様で個別生産
- ライフサイクルが長い
- 不動産は回収不可能
- バリューチェーンが複雑

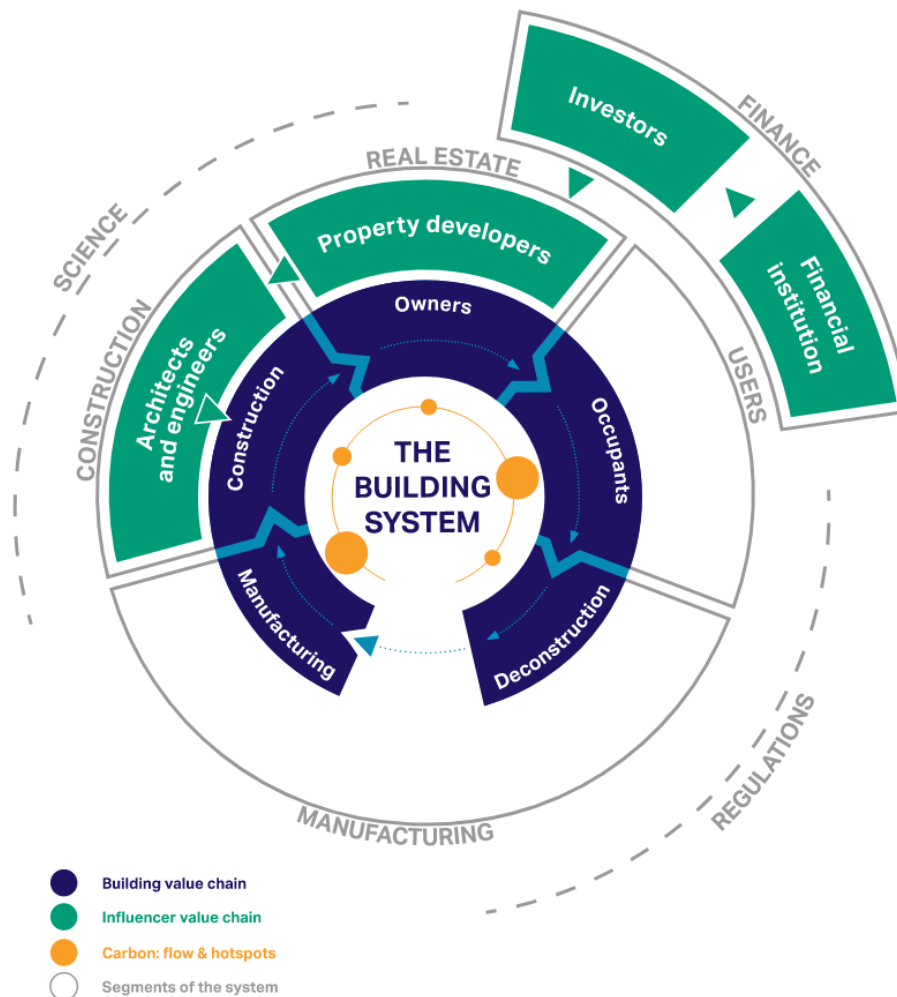
# 建築物のLCCO2評価

## 建築物のライフサイクル

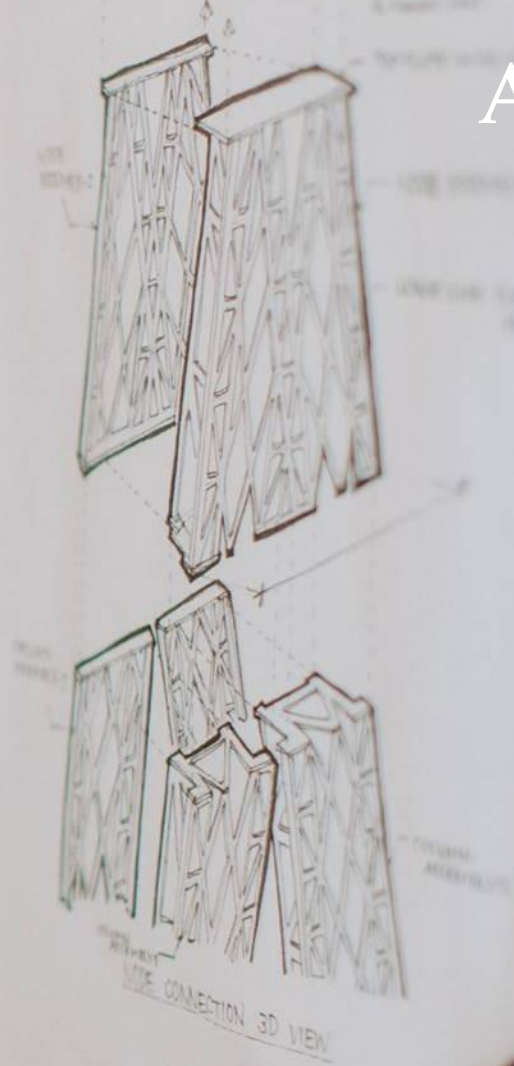


# 建築物のLCCO2評価

バリューチェーンと関係者

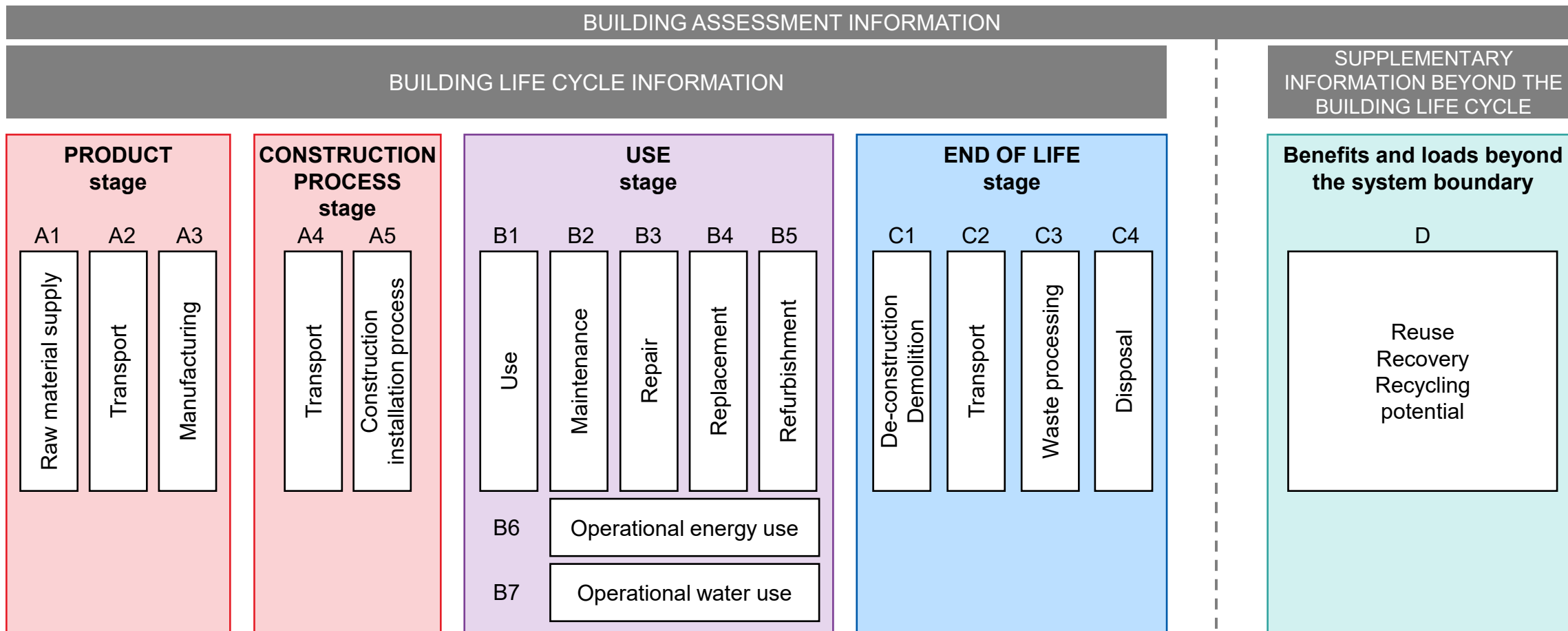


# LCCO2評価の方法



# ホールライフカーボン評価の方法

## ライフサイクルの構成







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

**数量**  
段階*i*で使用される建材／プロセス

 $a_{1,l}$	×
 $a_{2,l}$	×
 $a_{3,l}$	×
 $a_{n,l}$	×

- 建物情報
  - シナリオ
  - 評価者の専門知識
- など

**排出原単位**  
単位数量あたりの温室効果ガス

 $GWP_{1,i}$
 $GWP_{2,i}$
 $GWP_{3,i}$
 $GWP_{n,i}$

- EPD
  - 一般データベース
  - 研究資料
- など

段階*i*の  
温室効果ガス排出量



$i = A1 \sim C4, D$

# ホールライフカーボン評価の方法

## 排出原単位

**AIJ-LCA原単位データベース**  
 2015年産業連関分析データ版 Ver.1.01  
 発行 2024年3月11日  
 日本建築学会

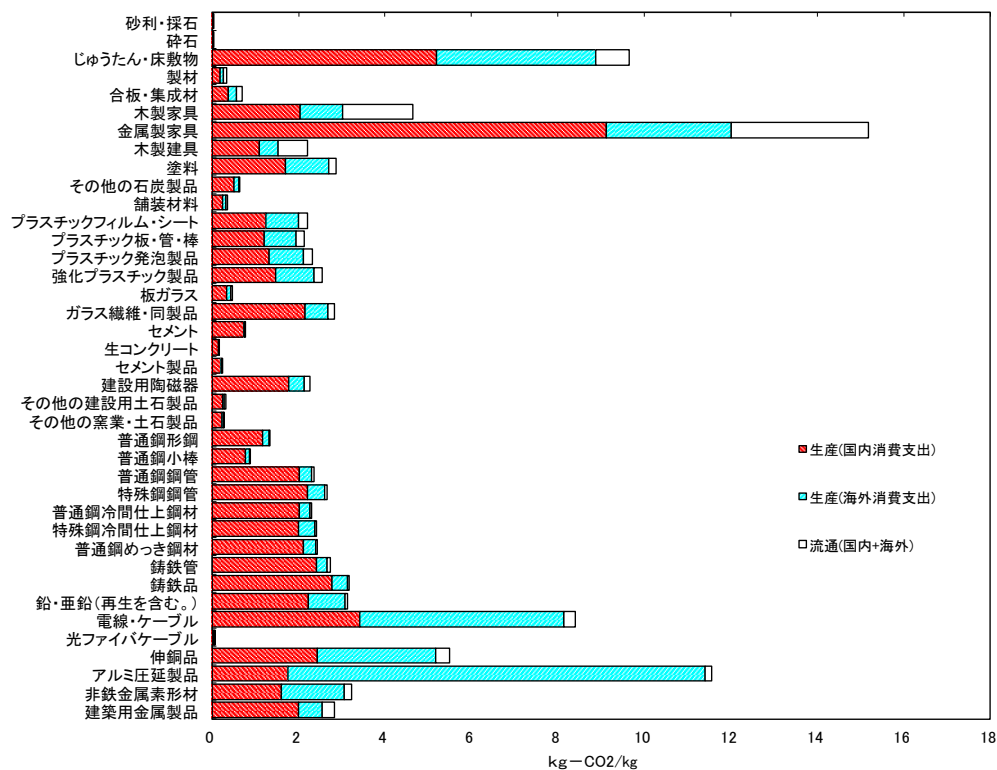


図2.1.2 建築資材の重量あたりCO2排出原単位 (2015年値、システム境界別)


付表2.1.2 建築資材の重量あたりCO2排出原単位(2015年値、システム境界別)

行コード	行部門名称	合計	CO2排出原単位(kg-CO2/kg)		
			生産(国内消費支出)	生産(海外消費支出)	流通(国内+海外)
0621011	砂利・採石	0.013	0.007	0.001	0.005
0621021	砕石	0.012	0.008	0.001	0.003
1529021	じゅうたん・床敷物	9.646	5.182	3.690	0.774
1611011	製材	0.345	0.191	0.062	0.092
1611021	合板・集成材	0.701	0.374	0.181	0.147
1621011	木製家具	4.648	2.040	0.981	1.627
1621021	金属製家具	15.188	9.112	2.895	3.182
1621031	木製建具	2.206	1.082	0.451	0.673
2083011	塗料	2.864	1.694	1.002	0.168
2121019	その他の石炭製品	0.614	0.503	0.109	0.002
2121021	舗装材料	0.356	0.242	0.079	0.035
2211011	プラスチックフィルム・シート	2.214	1.247	0.750	0.217
2211012	プラスチック板・管・棒	2.121	1.207	0.726	0.188
2211013	プラスチック発泡製品	2.326	1.320	0.794	0.213
2211015	強化プラスチック製品	2.548	1.476	0.888	0.184
2511011	板ガラス	0.464	0.334	0.095	0.035
2511021	ガラス繊維・同製品	2.822	2.149	0.527	0.146
2521011	セメント	0.764	0.739	0.016	0.009
2521021	生コンクリート	0.149	0.139	0.006	0.003
2521031	セメント製品	0.233	0.200	0.018	0.015
2531011	建設用陶磁器	2.264	1.764	0.360	0.140
2591099	その他の建設用土石製品	0.314	0.238	0.046	0.031
2599099	その他の窯業・土石製品	0.261	0.229	0.024	0.008
2621011	普通鋼形鋼	1.345	1.176	0.145	0.024
2621014	普通鋼小棒	0.887	0.771	0.092	0.024
2622011	普通鋼鋼管	2.350	2.022	0.277	0.050
2622012	特殊鋼鋼管	2.654	2.215	0.389	0.050
2623011	普通鋼冷間仕上鋼材	2.306	2.010	0.258	0.038
2623012	特殊鋼冷間仕上鋼材	2.407	2.005	0.364	0.038
2623021	普通鋼めっき鋼材	2.425	2.117	0.274	0.034
2631021	鋼鉄管	2.735	2.406	0.256	0.073
2631031	鋼鉄品	3.173	2.780	0.351	0.042
2711021	鉛・亜鉛(再生を含む。)	3.124	2.228	0.844	0.051
2721011	電線・ケーブル	8.398	3.407	4.724	0.267
2721021	光ファイバケーブル	0.056	0.038	0.017	0.001
2729011	伸銅品	5.490	2.432	2.734	0.323
2729021	アルミ圧延製品	11.527	1.756	9.653	0.145
2729031	非鉄金属素形材	3.232	1.601	1.452	0.179
2812011	建築用金属製品	2.827	1.993	0.547	0.288

# ホールライフカーボン評価の方法

## 排出原単位

EPD (Environmental Product Declaration)

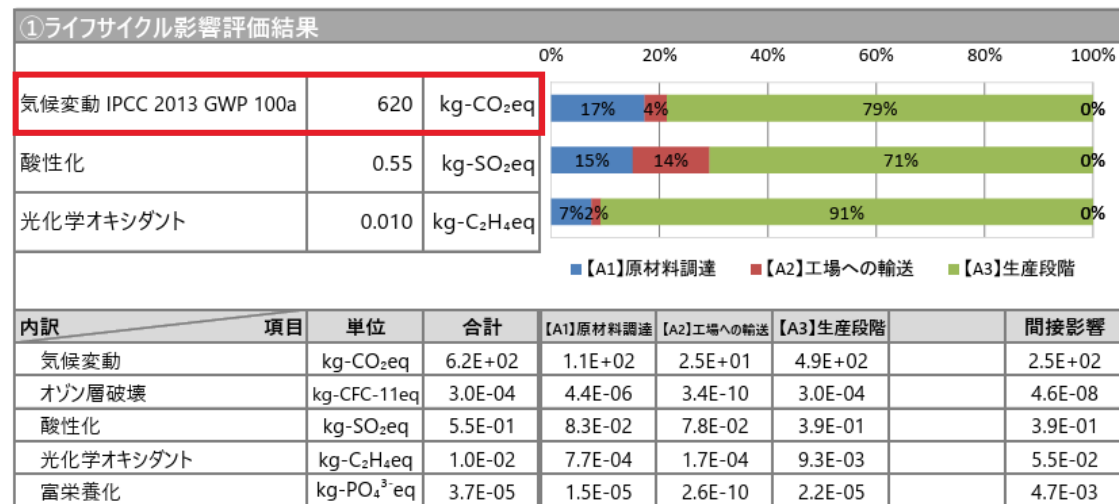
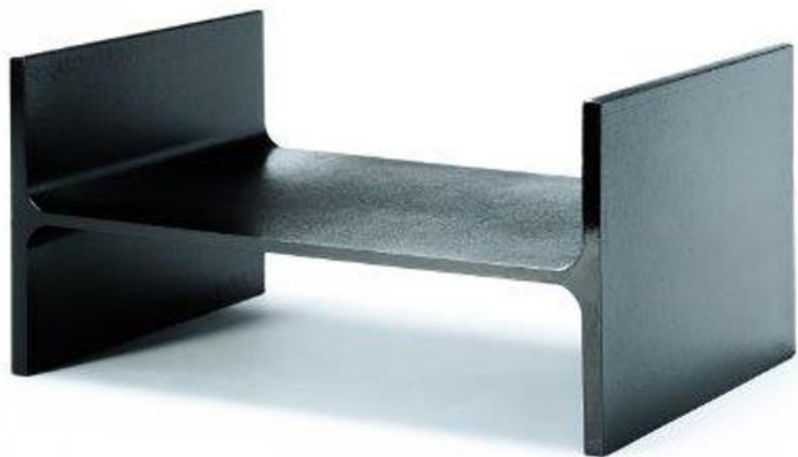


SuMPO EPD  
タイプIII環境宣言 (EPD)  
登録番号: JR-AJ-24043E

SuMPO環境ラベルプログラム  
一般社団法人サステナブル経営推進機構  
東京都千代田区内神田1-14-8  
KANDA SQUARE GATE  
<https://ecoleaf-label.jp>



H形鋼  
H Beams



②ライフサイクルインベントリ分析関連情報

項目	値	単位
非再生可能資源	4.7E+01	kg
非再生可能エネルギー	2.3E+02	kg
非再生可能エネルギー	9.9E+03	MJ
再生可能資源	1.4E+02	kg
再生可能エネルギー	2.4E+03	MJ
淡水の消費	4.6E+00	m <sup>3</sup>
排出, CO <sub>2</sub> (化石資源由来), 大気, 不特定	6.0E+02	kg
資源, 原油, 44.7MJ/kg, 陸域, 非再生可能エネルギー	2.5E+01	kg
排出, 揮発性有機化合物, 大気, 不特定	3.4E-08	kg

③材料及び物質に関する構成成分

材料・物質 (使用部分)	値	単位
鉄 (Fe)	≧96.4	%
炭素 (C)	≦0.25	%
ケイ素 (Si)	≦0.65	%
マンガン (Mn)	≦1.70	%
リン (P)	≦0.50	%
硫黄 (S)	≦0.50	%
-	0	%
-	0	%
-	0	%

④廃棄物関連情報

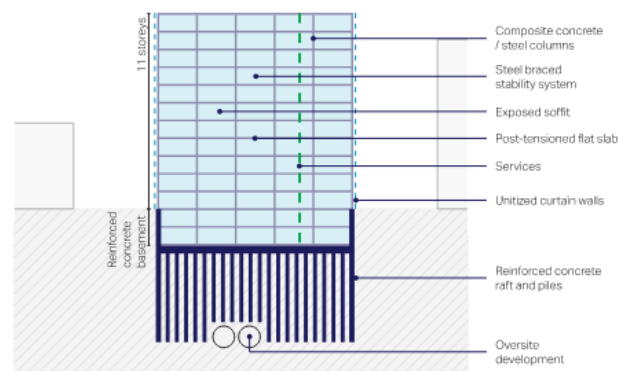
項目	値	単位
有害廃棄物	1.5E+01	kg
無害廃棄物	7.7E+00	kg

※ライフサイクルにおける廃棄物量を示しています。

# ホールライフカーボン評価の方法

## 評価例

### 01. Office building, London, UK



**TYPE**  
Office, New build

**LOCATION**  
London, UK

**DEVELOPMENT STAGE**  
Manufacturing and construction

**GIA**  
29,819 m<sup>2</sup>

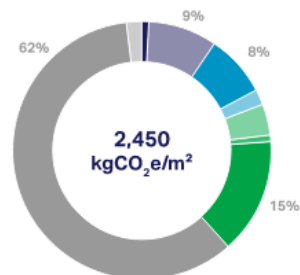
**RATING SCHEME**  
LEED V4 Gold  
BREEAM 2014 Outstanding

**TOOL**  
OneClick LCA

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

**ANNUAL ENERGY CONSUMPTION**  
222 kWh/m<sup>2</sup>/year

Figure 14: Whole life carbon (A-C)




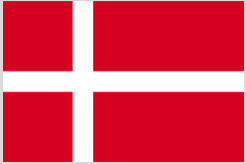




	BUILDING STAGES							
	PRODUCTS	CONSTRUCTION	USE		END OF LIFE	EMISSIONS	BEYOND LIFE	
	A1-A3	A4-A5	B1-B5	B6-B7	C	kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup>	D	
<b>BUILDING LAYERS</b>	<b>Structure</b> Substructure and superstructure	240	9	6		4.1	258	-53
	<b>Skin</b> Façade	100	1	94		0.2	195	111
	<b>Space plan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

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

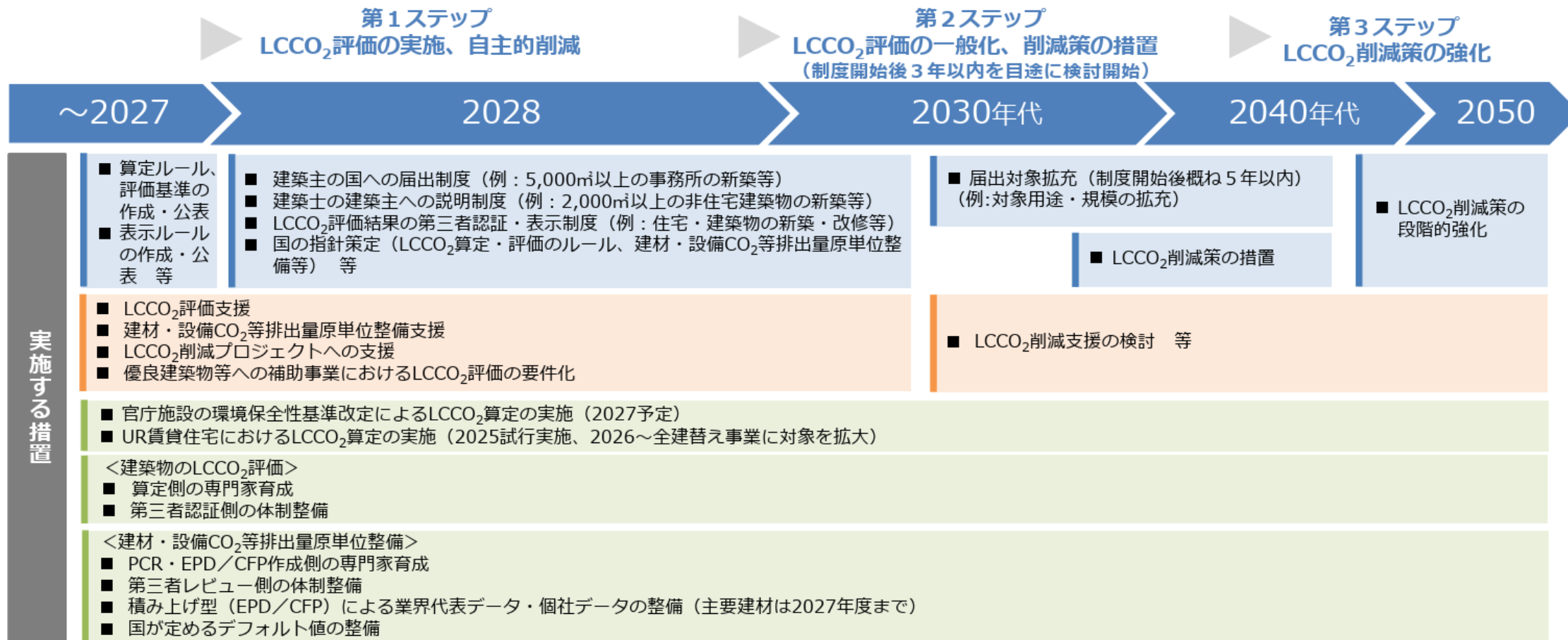
# ホールライフカーボン評価の活用

## 国・自治体による排出量の把握・規制

国・地域	オランダ 	フランス 	スウェーデン 	デンマーク 	フィンランド 	ロンドン 
実施・報告義務	2013年	2022年	2022年	2023年	2025年	2021年
排出量規制	2018年	2022年	2027年	2023年	2025年	-
対象建築物	100m <sup>2</sup> 以上の事務所、住宅	住宅、事務所、教育施設	100m <sup>2</sup> 以上の全ての用途 (工業、農林水産業、軍事用建物を除く)	実施義務： 全ての用途  排出量規制： 1,000m <sup>2</sup> 以上の全ての用途	全ての用途	一定規模以上の全ての用途
算定範囲	A～D (B6,B7を除く)	A～D (B6,B7を除く)	A1～A5  2027年以降： A1～A5,B2,B4, B6, C1～C4	A1～A3, B4, B6, C3, C4, D	A1～A5, B3, B4, B6 C1～C4, D	A～D

# ホールライフカーボン評価の活用

## 建築物のライフサイクルカーボンの削減に向けた制度



# ホールライフカーボン評価の活用

認証制度



LIVING  
BUILDING  
CHALLENGE

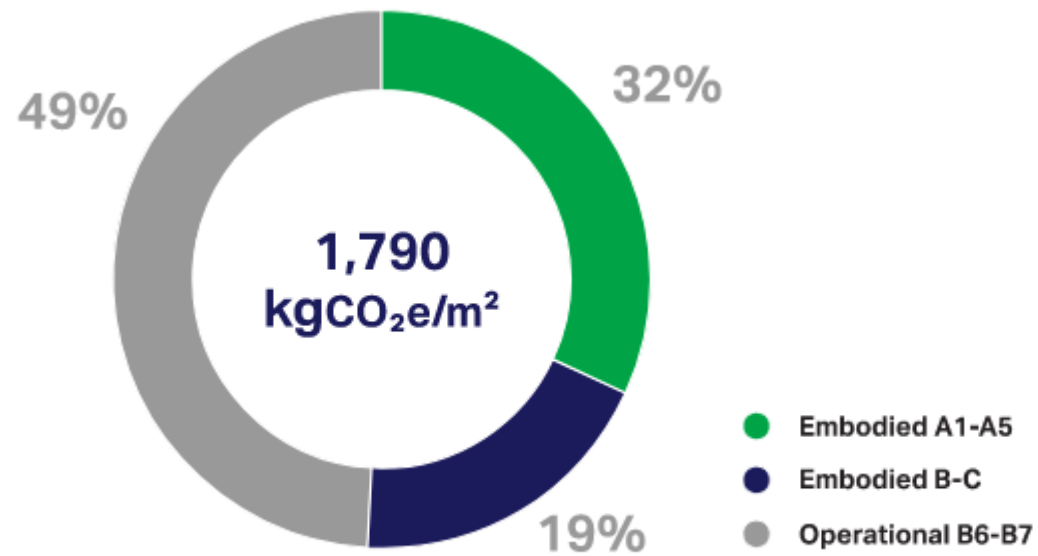


# ホールライフカーボン削減に向けた実践



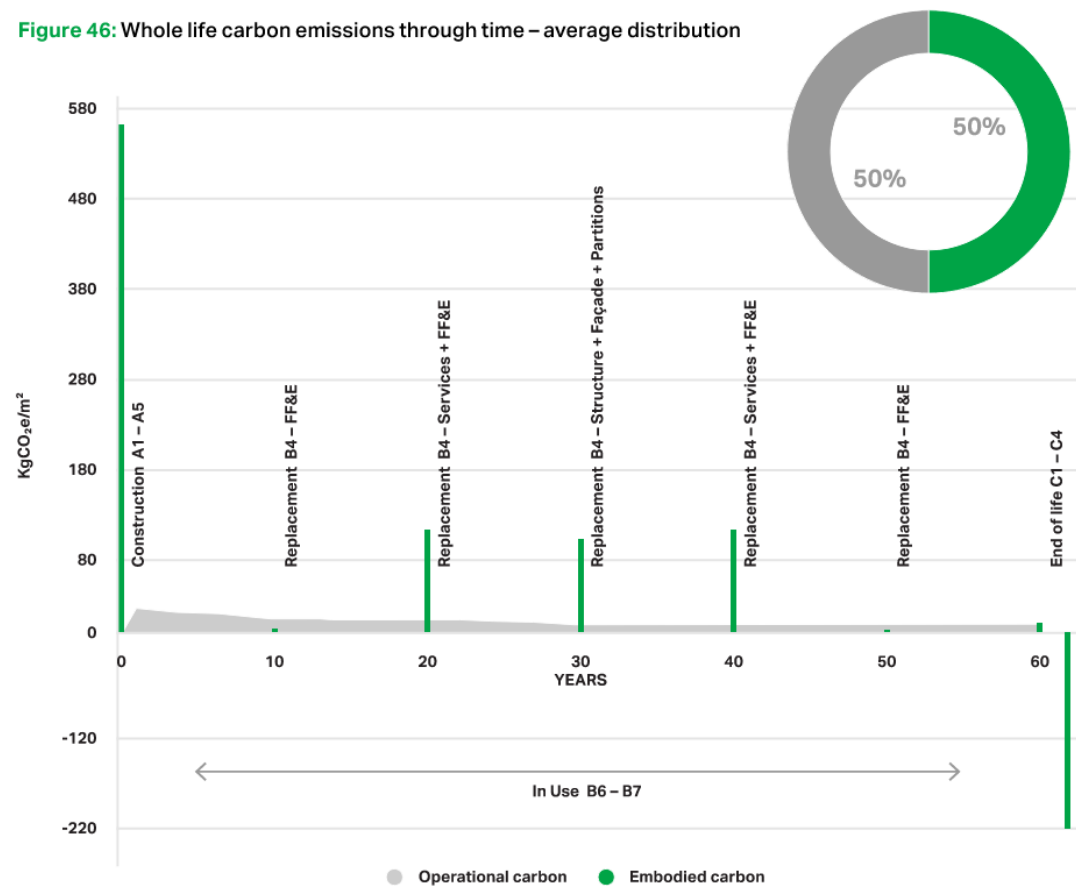
# 実態の把握

## ホールライフカーボン



ホールライフカーボン

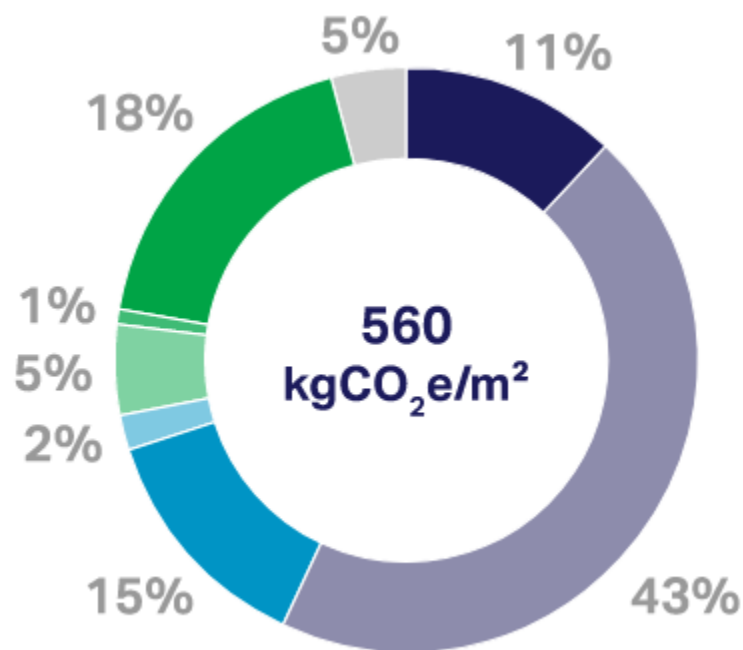
Figure 46: Whole life carbon emissions through time – average distribution



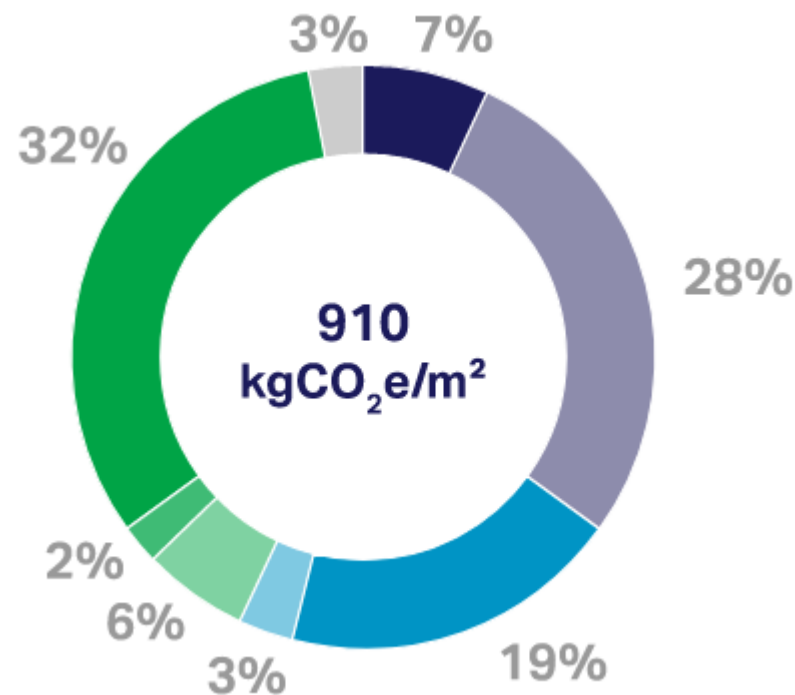
‘Net-zero buildings –Where do we stand?’, wbcSDより転載

# 実態の把握

## エンボディド・カーボンの内訳



新築時エンボディド・カーボン

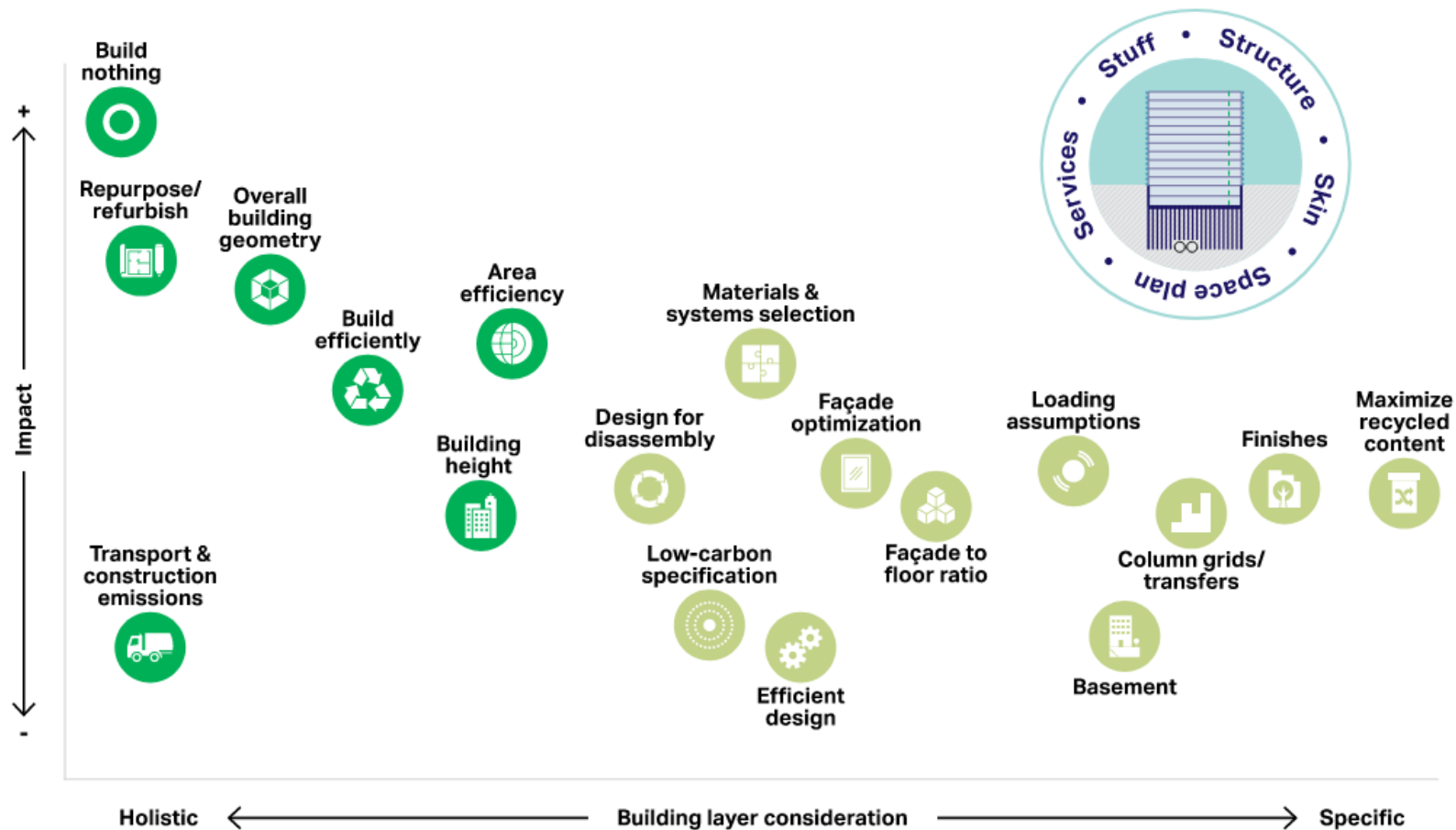


エンボディド・カーボン

- Substructure
- Superstructure
- Façade
- Internal walls and partitions
- Internal finishes
- FF&E
- Building services
- Site emissions

# エンボディド・カーボン削減の方策

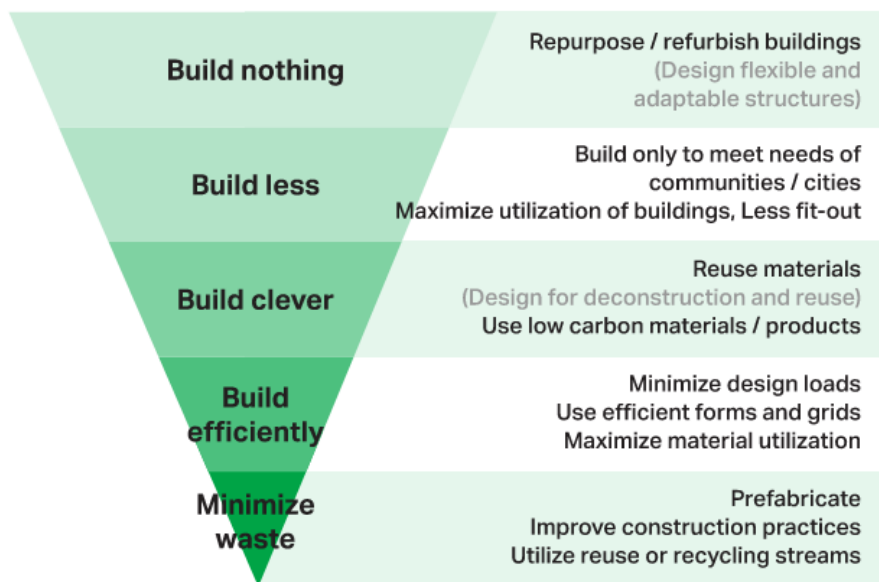
さまざまな手法



‘Net-zero buildings –Halving construction emission today?’, wbcscdより転載

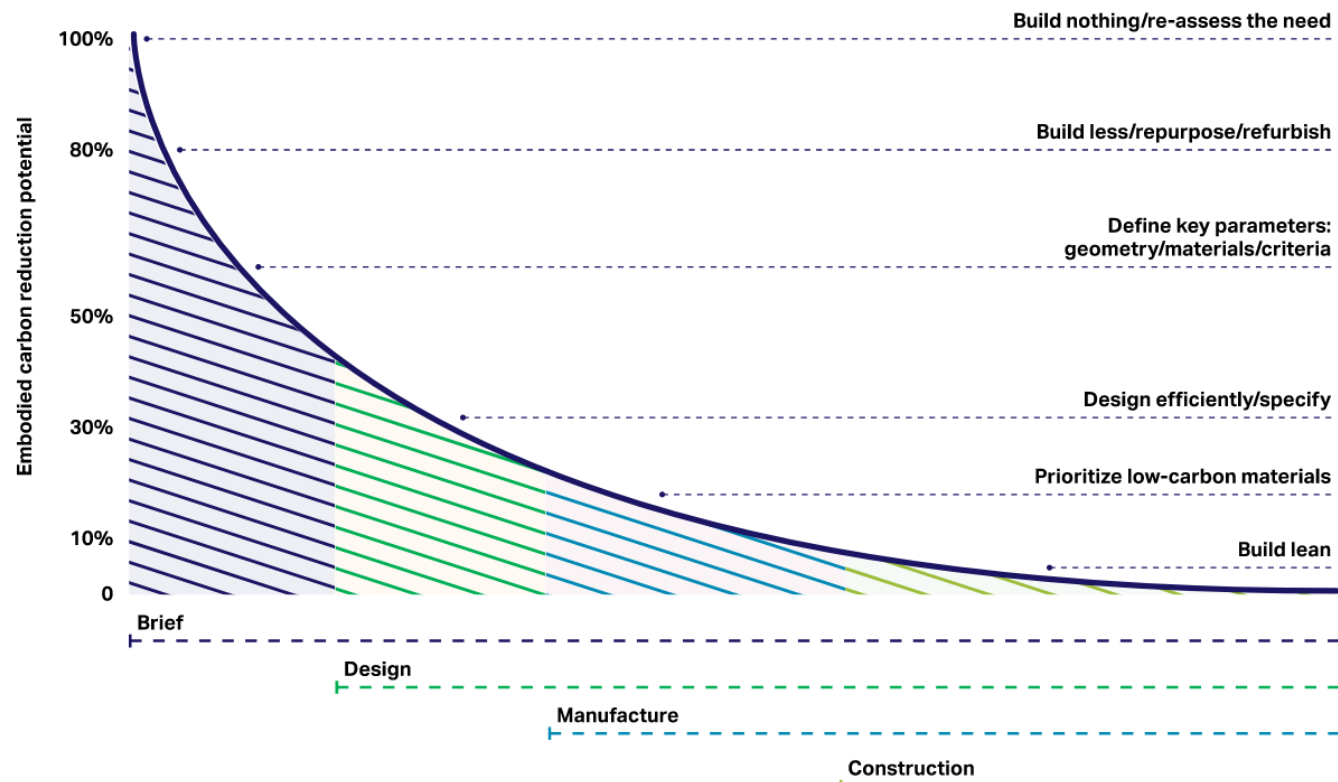
# エンボディド・カーボン削減の方策

意思決定のタイミングと影響の大きさ



Embodied carbonの削減手法

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

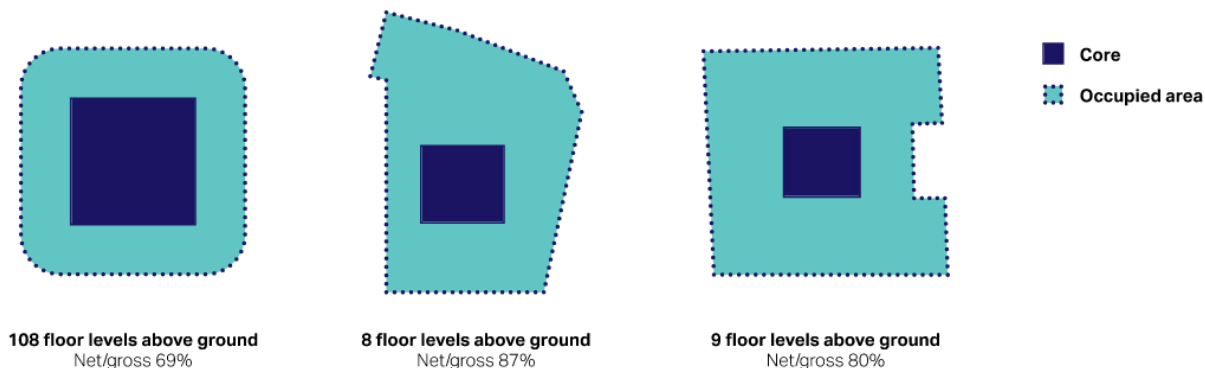


意思決定のタイミングとEmbodied carbon削減の可能性

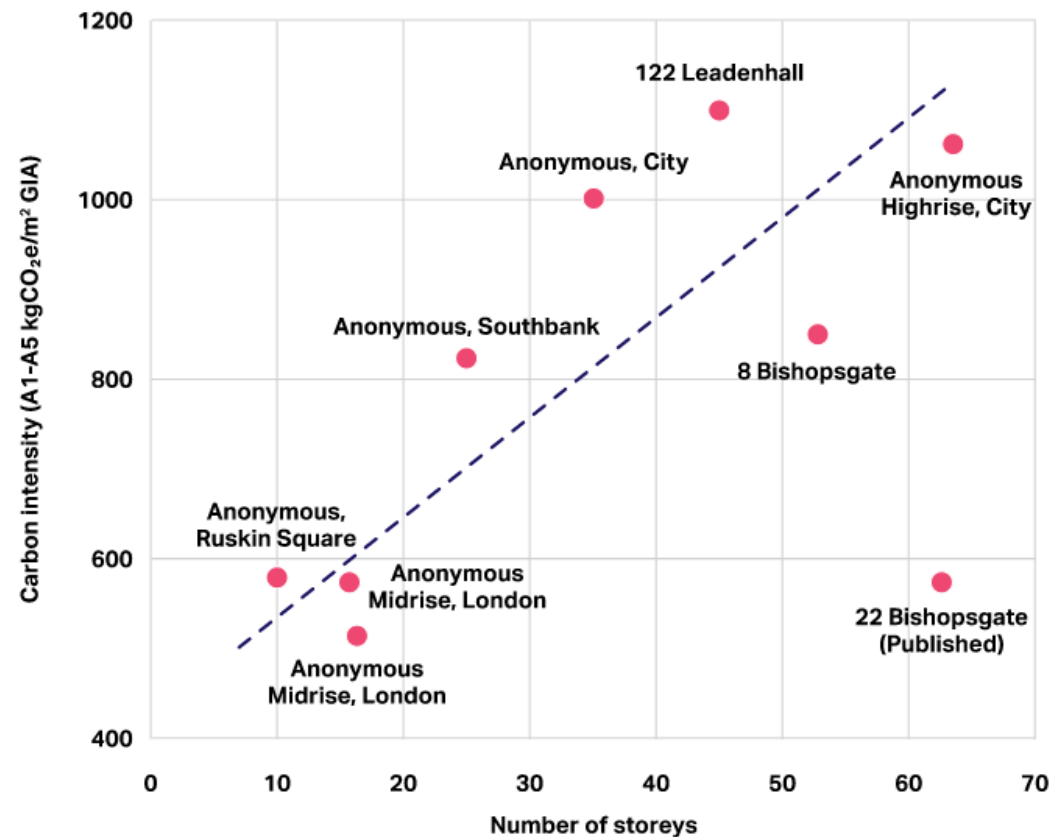
‘Net-zero buildings –Halving construction emission today?’, wbcscdより抜粋

# エンボディド・カーボン削減の方策

## 建築計画 ー全体計画



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?’, wbcSDより抜粋

# エンボディド・カーボン削減の方策

## 建築計画 一平面計画



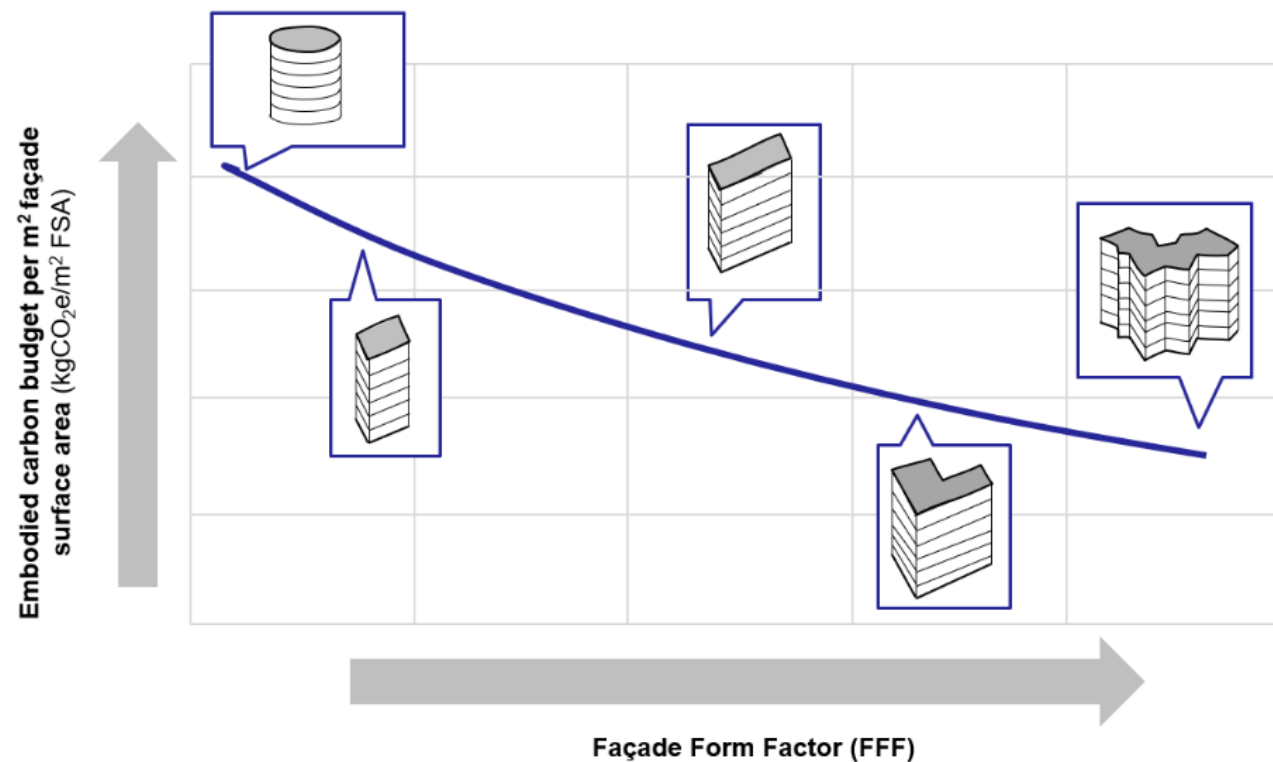
W2F = 0.35 (good)

W2F = 0.50 (poor)

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

外皮対床面積比率の例

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

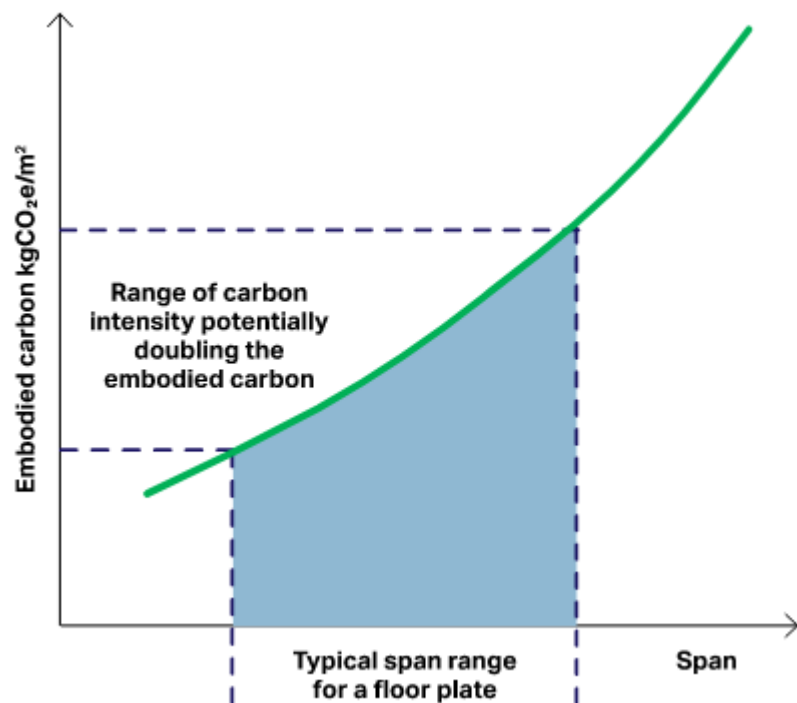


外皮面積比率とEmbodied carbon割当量の相関

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

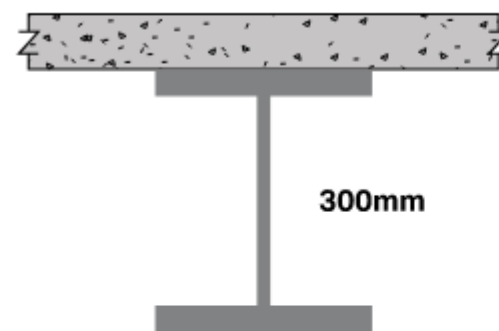
# エンボディド・カーボン削減の方策

## 構造 一梁の設計



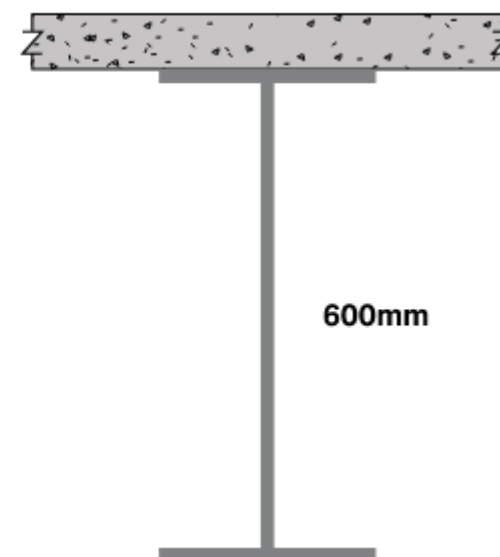
スパンとEmbodied carbonの相関

Minimum depth solution 9m x 9m grid



100  $\text{kgCO}_2\text{e/m}^2$

Minimum weight solution 9m x 9m grid



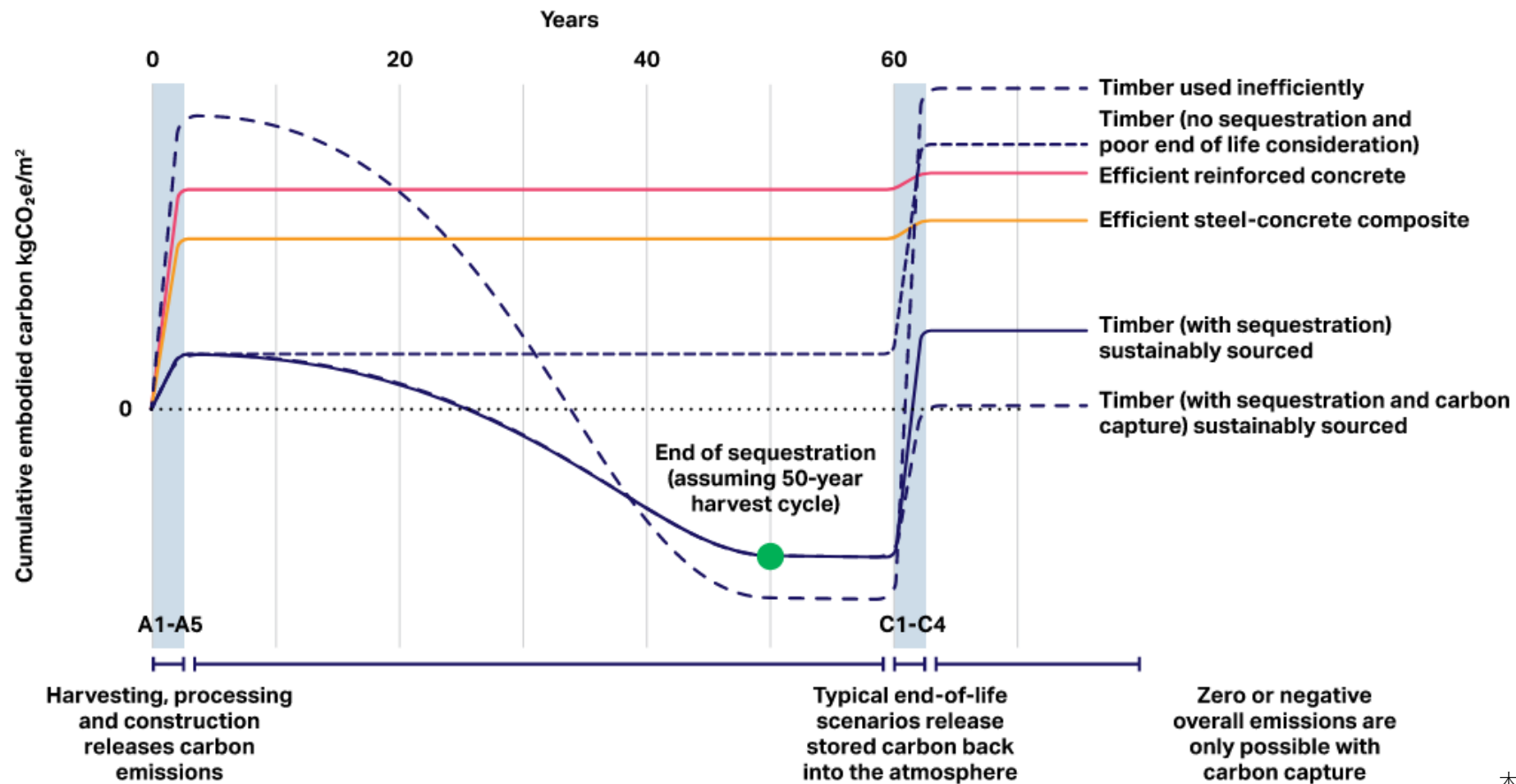
50  $\text{kgCO}_2\text{e/m}^2$

鉄骨梁せいとEmbodied carbon

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

# エンボディド・カーボン削減の方策

## 構造 一木質構造の扱い



木質構造とEmbodied carbon

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

# エンボディド・カーボン削減の方策

## 構造 一木質構造の扱い

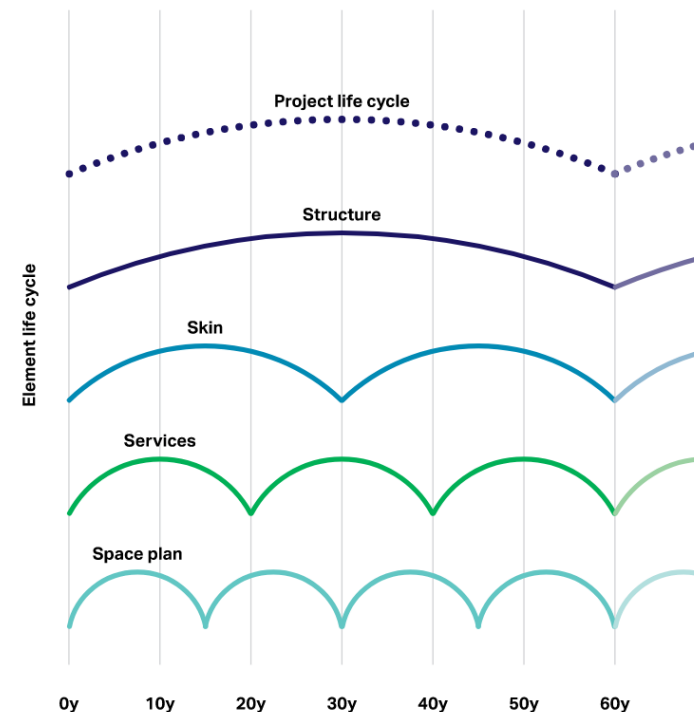
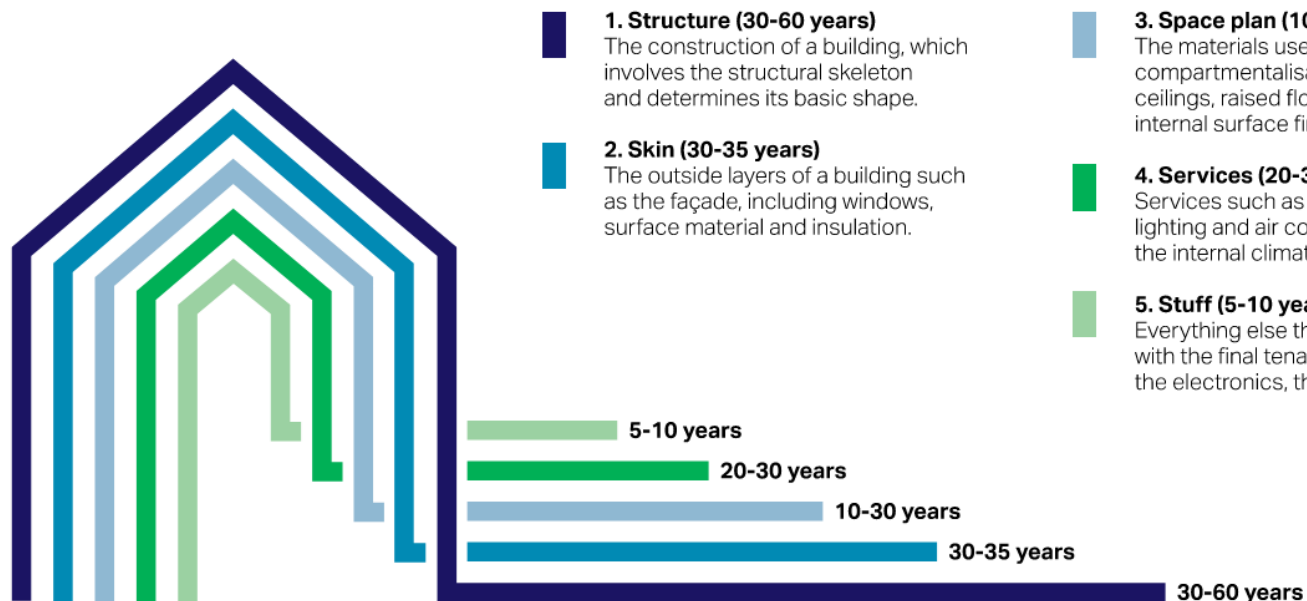


森林資源の循環利用

‘平成26年度森林及び林業の動向’, 林野庁より抜粋

# エンボディド・カーボン削減の方策

## 構成要素とライフサイクル



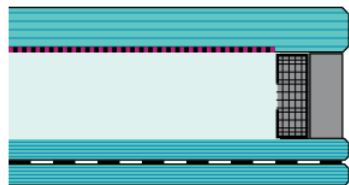
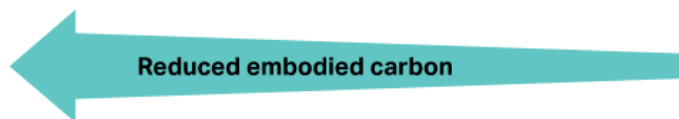
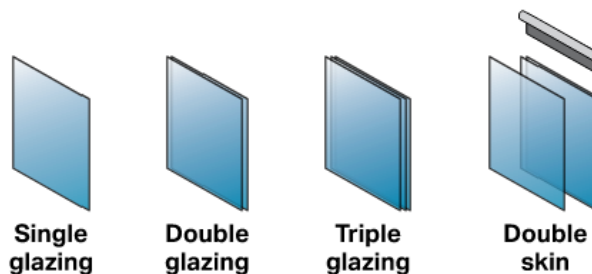
建築の構成要素

構成要素ごとのライフサイクル

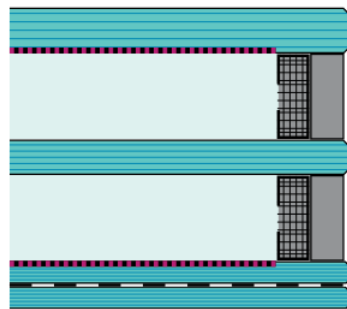
‘Net-zero buildings –Halving construction emission today?’, wbcscより抜粋

# エンボディド・カーボンとオペレーショナル・カーボン

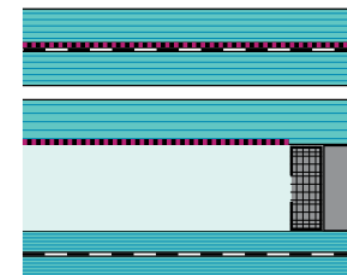
外装 ー断熱性能とエンボディド・カーボン



**Double glazed unit (DGU)**  
Build-up: 8T-16-44.2  
**Total embodied carbon A1-A3** 71kgCO<sub>2</sub>eq/m<sup>2</sup>



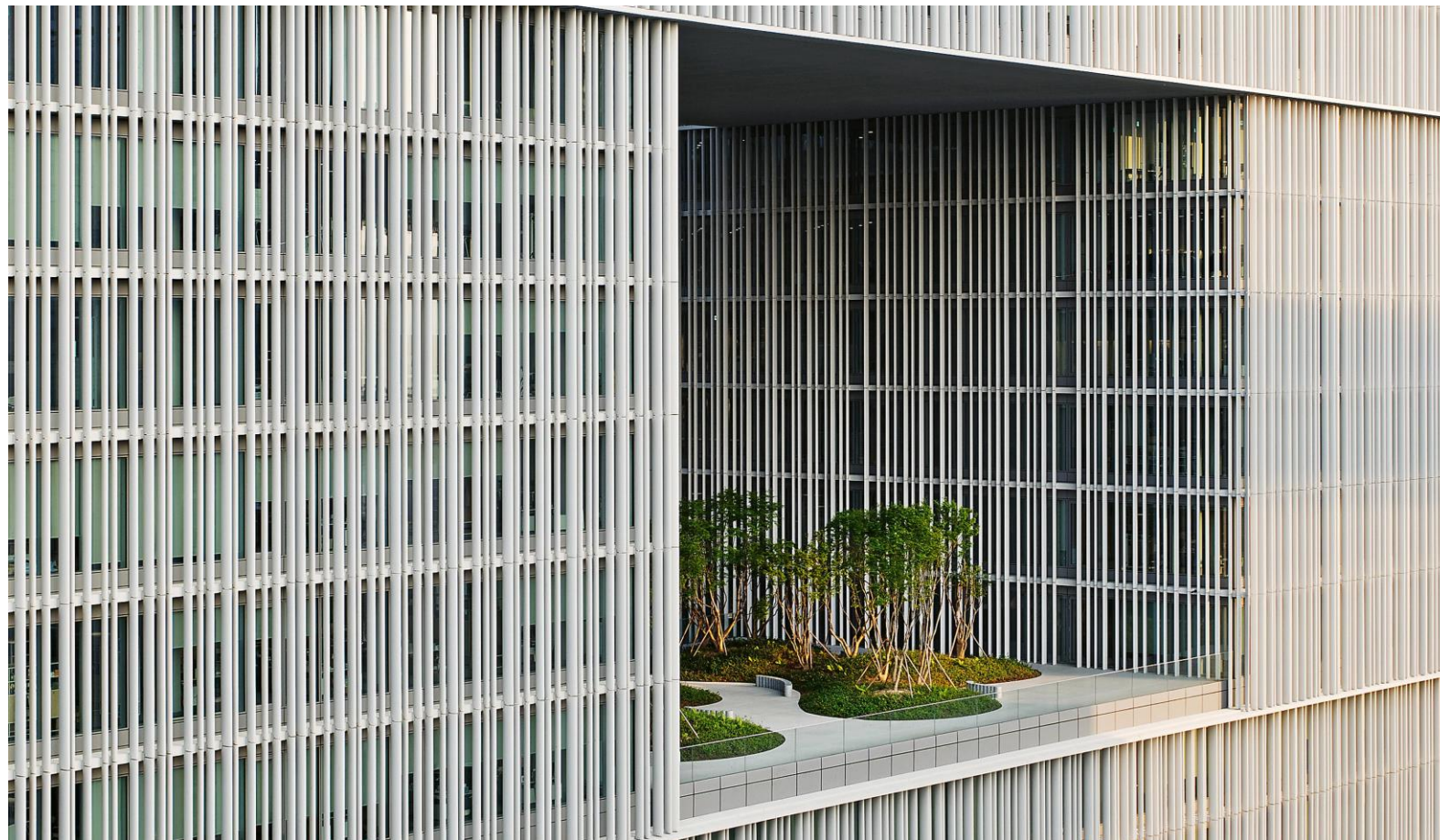
**Triple glazed unit (TGU)**  
Build-up: 8T-16-6-16-44.2  
**Total embodied carbon A1-A3** 96kgCO<sub>2</sub>eq/m<sup>2</sup>



**Closed cavity façade (CCF) or Double skin façade (DSF)**  
Build-up: 66.2 + 8T-16-44.2  
**Total embodied carbon A1-A3** 116kgCO<sub>2</sub>eq/m<sup>2</sup>

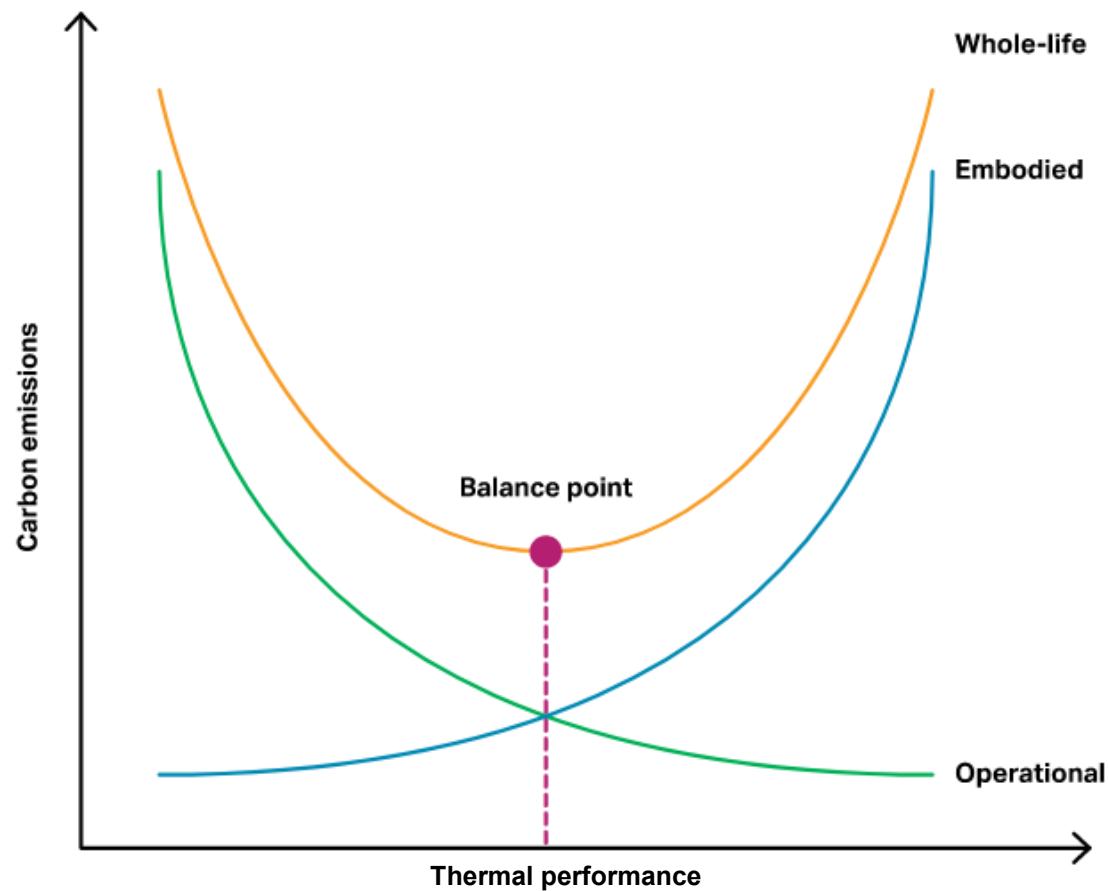
# エンボディド・カーボンとオペレーショナル・カーボン

外装 一日射遮蔽とエンボディド・カーボン



# エンボディド・カーボンとオペレーショナル・カーボン

外装 ー熱的性能とエンボディド・カーボン



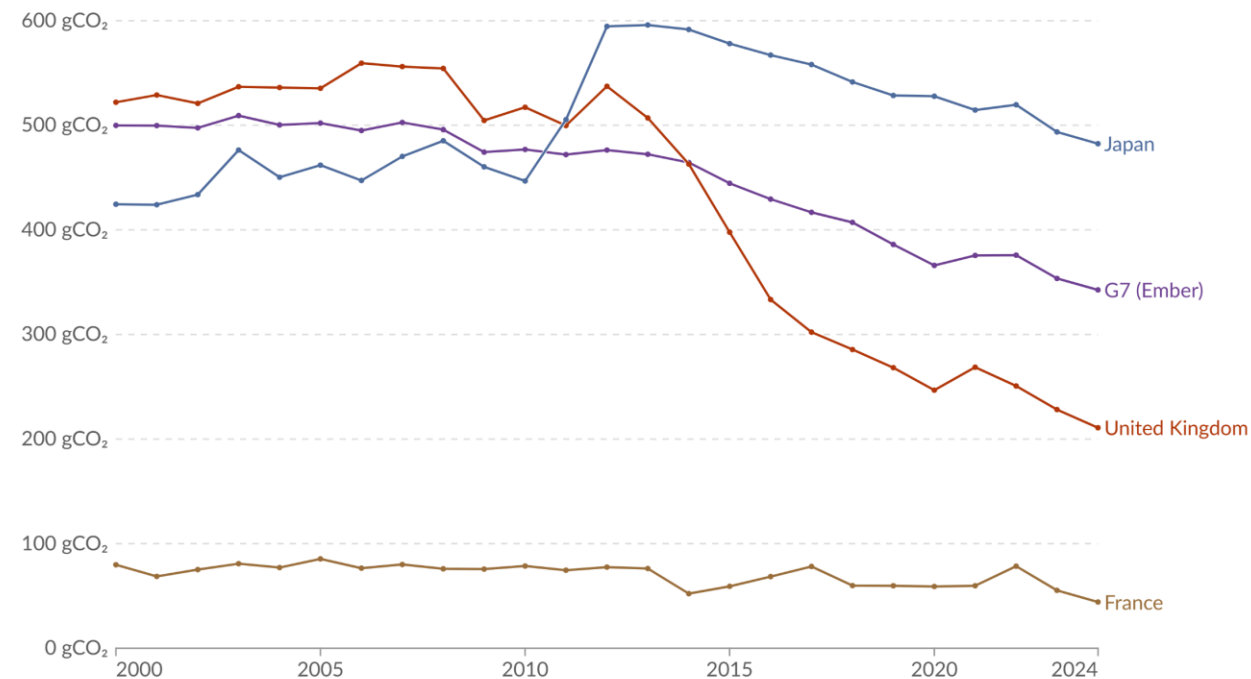
# エンボディド・カーボンとオペレーショナル・カーボン

## 電源の脱炭素化

### Carbon intensity of electricity generation, 2000 to 2024

Our World  
in Data

Measured in grams of carbon dioxide-equivalents<sup>1</sup> emitted per kilowatt-hour<sup>2</sup> of electricity generated. Emissions are estimated on a lifecycle basis, including upstream, supply-chain and manufacturing stages, and cover all greenhouse gases.



Data source: Ember (2025); Energy Institute - Statistical Review of World Energy (2025)

OurWorldinData.org/energy | CC BY

ARUP