

No.08 ー高耐久性マンション用材料ー

調査責任者 一般社団法人日本化学工業協会

1. 調査の目的

マンションやオフィスビルは建築の際に大量の資材が使用されるため、資材の消費に伴う CO₂ 排出量が多い建築物である。建築物の耐久性を向上させ長寿命化が達成できれば、建て替え頻度を低くすることができ、結果的に資材の消費に伴う CO₂ 排出量を削減することができる。



図 8-1. マンションのイメージ

鉄筋コンクリート造建築物の寿命に影響するコンクリートの耐久性を低下させる原因は、以下の2点が挙げられる。

- ① 鉄筋により拘束されたコンクリートが乾燥する際に収縮することによって、ひび割れが発生し強度低下が起こる。
- ② さらにこのひび割れから大気中の二酸化炭素が進入することでコンクリートの中性化が進み、内部にある鉄筋の腐食が促進される。

コンクリートの乾燥収縮低減剤は、混和剤として生コンクリート製造時に水と同時に添加される。乾燥収縮低減剤の役割は、コンクリート内部の水分が蒸発する際に発生する毛細管張力を低下させることで乾燥による収縮を低減させ、コンクリートのひび割れ発生を抑制することであり、その効果により鉄筋コンクリートの耐久性の向上につながり、鉄筋コンクリート造建築物の寿命を伸ばすことができる。

本事例では乾燥収縮低減剤を使用して耐久性を向上させたマンションの長寿命化による CO₂ 排出削減貢献を定量的に把握するために cLCA による評価を行った。

①CO₂ 排出削減貢献の内容

乾燥収縮低減剤は、コンクリートの耐久性を向上させることができ、マンションの寿命を延ばすことができるため、マンションの建て替え回数を減らすことができ、マンションの建設時に使用される資源の節約につながる。

②コンクリートの耐久性向上のために使用される主な薬剤

- ・ 乾燥収縮低減剤(特殊ポリオキシアルキレングリコール誘導体)
- ・ 高性能 AE 減水剤(ポリカルボン酸系高性能 AE 減水剤)
- ・ 減水剤(リグニンスルホン酸塩)

2. バリューチェーンにおけるレベル

本事例は乾燥収縮低減剤を使用することによって耐久性を高めたマンションと通常のマンションを対象としたものであり、そのバリューチェーンを下図に示す。



図 8- 2. 本事例のバリューチェーン

3. 製品の比較

本事例は、異なる化学品を用いて建設したマンションを比較したものである。評価対象製品はコンクリートに乾燥収縮低減剤を使用して建築したマンション、比較製品は通常の減水剤を使用して建築したマンションであり、どちらの製品もマンションのライフサイクルを考慮して CO₂ 排出量を算定した。ただし、マンションの使用期間において住居内で使用される空調、照明、調理、電気機器等のエネルギー消費に伴う CO₂ 排出量は対象としていない。

表 8- 1. 評価対象製品と比較製品

評価対象製品	比較製品
高耐久性マンション	通常のマンション

本事例による CO₂ 排出削減貢献量は、評価対象製品が存在しなければ比較製品を使い続けていたとみなし、「評価対象製品が普及したことによって、比較製品を使い続けた場合よりも削減された CO₂ 排出量」を表現している。

4. 機能単位

4.1 機能及び機能単位の詳細

本事例は使用期間(サービス寿命)の異なるマンションの比較であり、評価対象製品と比較製品においてマンションの建設に使用される資材や解体後の廃棄物の発生量に違いが生

じる。機能単位は評価対象製品と比較製品を同一期間内において比較するために 100 年間の住居空間1戸とした。

耐久性マンションを使用することによって便益を受けるユーザーはマンションの管理者・所有者である。

・機能

鉄筋コンクリート集合住宅の提供

・機能単位

100 年間の住居空間1戸

・便益を受けるユーザー

マンションの管理者・所有者

4.2 品質要件

評価対象製品と比較製品はコンクリートの耐久性に違いがあり、サービス寿命が異なるものの最終製品である住居用マンションとしては同じ機能を発揮するものである。評価対象製品に使用されるコンクリートは、建築工事標準仕様書¹⁾(JASS5 鉄筋コンクリート工事・日本建築学会)に基づく計画供用期間の級とコンクリートの耐久設計強度基準強度及びそれに応じる品質基準強度を有するものである。品質基準強度は、大規模補修不要予定期間が 100 年である長期供用級の場合、耐久設計強度基準強度は 30N/mm^2 、品質基準強度は 33N/mm^2 と定められており、評価対象製品である高耐久性マンションは JASS5 に基づく長期供用級のコンクリートを使用したものである。

4.3 製品のサービス寿命

本事例では評価対象製品である高耐久性マンションの大規模補修不要予定期間である 100 年間をサービス寿命とした。

4.4 時間的基準と地理的基準

CO₂ 排出量の算定に用いたデータは 2011 年のデータを使用した。

本事例は、対象年(2030 年)1年間に製造された製品をライフエンドまで使用した時の CO₂ 排出削減貢献量を算定した。

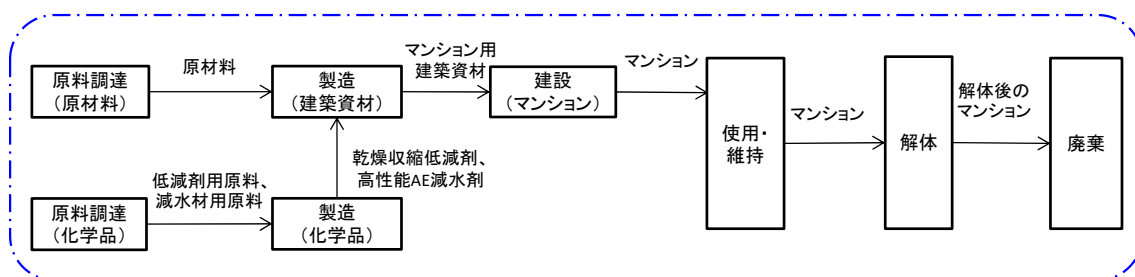
対象地域は日本とした。

5. 算定の方法論

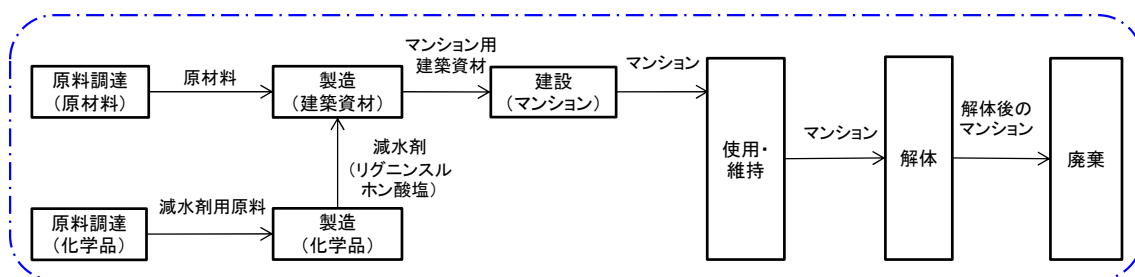
5.1 境界の設定

評価対象製品と比較製品の双方について、原料採取～製造(建設)、使用・維持管理、廃棄の段階で高耐久性マンションと通常のマンションのライフサイクルにおけるCO₂排出量をシステム境界に含む。ただし、居住期間(100年間)におけるエネルギー消費(冷暖房、調理、照明、電気機器など)に伴うCO₂排出量は算定の対象外とした。

【評価対象製品のシステム境界】



【比較製品のシステム境界】



注: 本図ではプロセス間の輸送を省略している。

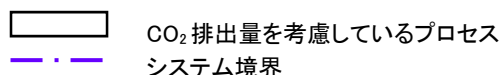


図 8- 3. システム境界

5.2 前提条件

・評価期間(使用期間・製品寿命)

高耐久性マンションは 100 年間使用して廃棄、通常のマンションは 50 年間使用して廃棄したのち建て替え、さらに 50 年間使用して廃棄する。マンションの仕様(広さ、構造、断熱機能など)は同一とし、通常のマンションにおける 50 年後の建て替え時にも、同等の機能のマンションに建て替えることとする。

高耐久性マンションの寿命 : 100 年¹⁾(長期供用級)

通常のマンションの寿命 : 50 年²⁾(鉄骨造共同住宅)

表 8-2. マンションの仕様³⁾

地域	東京近郊
構造	RC 造
延床面積	7280.85m ²
階数	地上 9 階
戸数	88 戸

5.3 主要パラメータ

CO₂ 排出量全体に与える影響が大きいパラメータは、マンションのサービス寿命である。

5.4 不確実性と将来的進展シナリオの統合

将来的にマンション寿命の延長が向上すると予想されるものの、2020 年時点では具体的な性能向上の度合いは把握できないため、将来何の変化もおこらないと想定した。

6. 貢献の度合い(重要性)

乾燥収縮低減剤をコンクリートへ使用することによってマンションのサービス寿命を 100 年間に伸ばすことができ、マンションの建設に使用される資材消費に伴う CO₂ 排出量と廃棄に係る CO₂ 排出量削減に貢献している。ただし、CO₂ 排出削減貢献量は化学産業だけに帰属しておらず、原料調達からマンションの利用者を通じたバリューチェーン全体に帰属している。

貢献度合い		化学製品と最終製品の関係
	基本的 (Fundamental)	その化学製品は、最終製品を用いて GHG 削減貢献を可能にする上で重要な要素である。
○	必要不可欠 (Extensive)	その化学製品は重要な要素の一部であるとともに、最終製品を用いて GHG 削減貢献を可能にするためにその化学製品の特性・機能が必要不可欠である。
	実質的 (Substantial)	その化学製品は GHG 削減貢献に直接的な貢献をしていないが、最終製品による削減貢献量に影響なく容易に置き換えられるものではない。
	間接貢献 (Minor)	その化学製品は GHG 削減貢献に直接的な貢献をしていないが、基本的又は広範囲に貢献している製品の製造プロセスで用いられている。
	貢献対象外 (Too small to communicate)	その化学製品は、最終製品を用いた GHG 削減貢献量に変化を及ぼさずに置き換えが可能である。

7. CO₂ 排出量の算定結果

評価対象製品と比較製品のライフサイクルにおける CO₂ 排出量を表 8-3 に示す。

評価対象製品 1 戸あたりのライフサイクルにおける CO₂ 排出量は 271,376 kg-CO₂、比較製品は 308,174 kg-CO₂ である。

●建築に伴う CO₂ 排出量³⁾

評価対象製品 1 戸あたりの建築に伴う CO₂ 排出量は 88,379 kg-CO₂、比較製品は 164,653kg-CO₂ である。

●使用維持管理に伴う CO₂ 排出量³⁾

評価対象製品 1 戸あたりの使用維持管理に伴う CO₂ 排出量は 176,279kg-CO₂、比較製品は 133,057kg-CO₂ である。

改修段階において高耐久性マンションの CO₂ 排出量が多い理由は、通常のマンションの場合には、50 年の建替によって改修は不要となることによるものである。

●廃棄・リサイクルに伴う CO₂ 排出量³⁾

評価対象製品 1 戸あたりの廃棄・リサイクルに伴う CO₂ 排出量は 6,781kg-CO₂、比較製品は 10,482kg-CO₂ である。

・高耐久性マンション1戸当たりの CO₂ 排出削減貢献量

評価対象製品と比較製品の CO₂ 排出量の差から算出した CO₂ 排出削減貢献量は 36,798 kg-CO₂/戸となる。

表 8-3. マンション1戸当たりの CO₂ 排出量と CO₂ 排出削減貢献量(100 年間)

単位: kg-CO₂/戸

	高耐久性 マンション	通常の マンション
建築に伴うCO₂排出量		
設計監理	4,517	4,493
新築(建替含む)	79,974	159,948
混和剤	3,888	194
使用維持管理に伴うCO₂排出量		
修繕	58,073	58,073
改修	104,571	61,349
維持管理	13,635	13,635
廃棄・リサイクルに伴うCO₂排出量	6,718	10,483
ライフサイクル全体のCO₂排出量	271,376	308,174
CO₂排出削減貢献量	▲36,798	

注1: 修繕は屋根、外壁、外部開口部など外部仕上げに関する資材、内部床、内壁、内部開口部、天井などの内部仕上げに関する資材の修繕に係るCO₂

注2: 改修は屋根、外壁、外部開口部など外部仕上げに関する資材、内部床、内壁、内部開口部、天井などの内部仕上げに関する資材の改修に係るCO₂

注3: 維持管理は保安警備、衛生清掃、昇降機、電気機械設備関係などに伴うCO₂

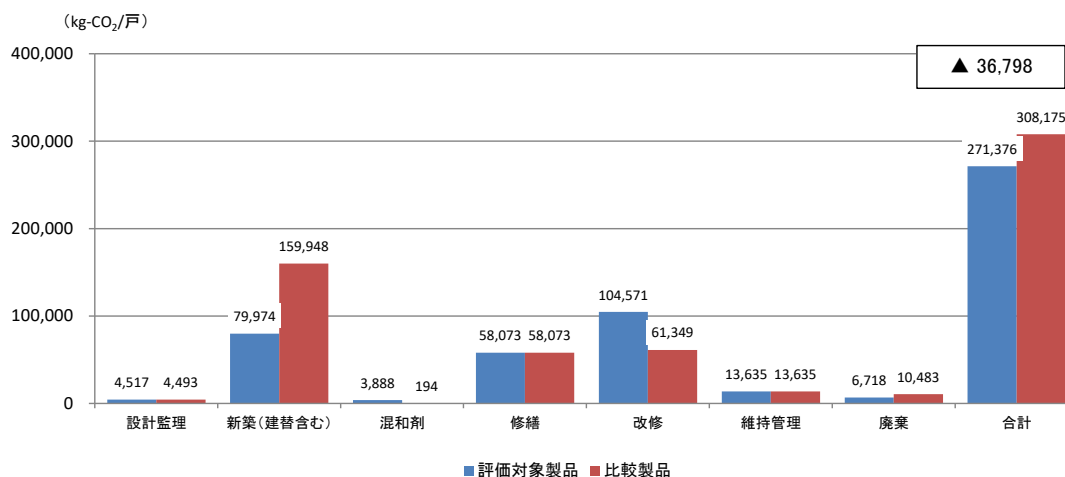


図 8-4. マンション1戸当たりの CO₂ 排出量と CO₂ 排出削減貢献量(100 年間)

8. 今後の予測

本事例の 2030 年における CO₂ 排出削減貢献量は、以下の設定に基づいて算定した。

①マンションの市場規模(見込)⁴⁾

マンション供給戸数(表 8- 4)は 2015 年～2018 年において大幅な変動が見られないことから、2030 年まで同じ水準で推移するものと考え、下記②の維持予測の結果である 11.0 万戸とした。

2030 年の需要を予測するために、2014～2018 年のマンション供給戸数(表 8- 4)から A 増加、B 維持、C 減少の予測シナリオに基づいて対数近似し、2019～2030 年における供給戸数(表 8- 5)の推計を行った。

A 増加:2016～2018 年にかけての増加傾向をもとに推計

B 維持:2017～2018 年の微増傾向をもとに推計

C 減少:2014～2018 年にかけての減少傾向をもとに推計

表 8- 4. マンション供給戸数

単位:万戸

	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年
供給戸数	12.1	10.3	10.3	10.6	10.7

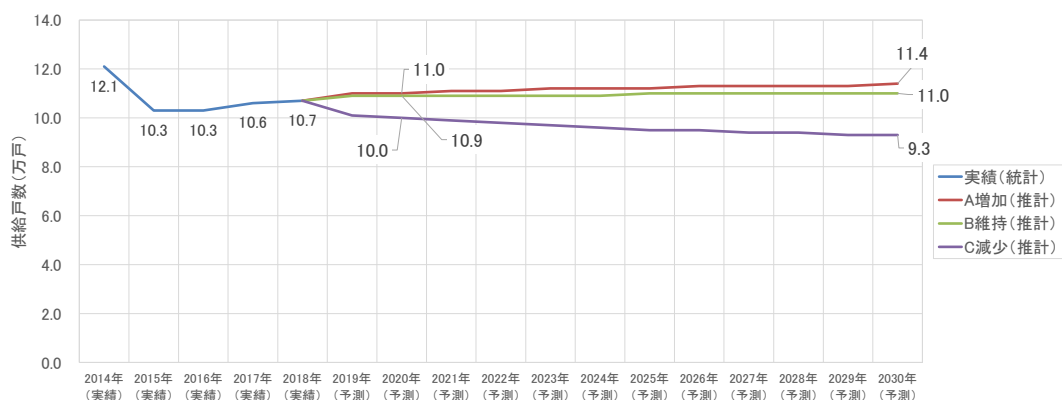
出典:国土交通省⁴⁾

表 8- 5. マンション供給戸数の予測値

単位:万戸

	増加予測	維持予測	減少予測
2019 年	11.0	10.9	10.1
2020 年	11.0	10.9	10.0
2021 年	11.1	10.9	9.9
2022 年	11.1	10.9	9.8
2023 年	11.2	10.9	9.7
2024 年	11.2	10.9	9.6
2025 年	11.2	11.0	9.5
2026 年	11.3	11.0	9.5
2027 年	11.3	11.0	9.4
2028 年	11.3	11.0	9.4
2029 年	11.3	11.0	9.3
2030 年	11.4	11.0	9.3

出典:一般社団法人日本化学工業協会の推計値



出典：一般社団法人日本化学工業協会の推計値

図 8-5. マンション供給戸数と予測値

②高耐久性マンション1戸当たりの CO₂ 排出削減貢献量 36,798 kg-CO₂/戸

③CO₂ 排出削減貢献量

高耐久性マンション1戸当たりの CO₂ 排出削減貢献量 × 市場規模(見込)

$$= 36,798 \text{ kg-CO}_2/\text{戸} \times 110,000 \text{ 戸}$$

$$= 4,048 \times 10^6 \text{ kg-CO}_2$$

$$= 4,048 \text{ kt-CO}_2$$

表 8-6. 2030 年における評価対象製品による CO₂ 排出削減貢献量

	数量	単位
1)2030 年の市場規模(見込)		
・高耐久性マンションの供給戸数予測	110,000	戸
2)CO ₂ 排出削減貢献量(100 年間)		
・1戸あたりの CO ₂ 排出削減貢献量	▲36,798	kg-CO ₂ /戸
・2030 年に建築される高耐久性マンションによる CO ₂ 排出削減貢献量	▲405	万トン-CO ₂

評価対象製品 1 戸の CO₂ 排出量は 271,376kg-CO₂ である。2030 年における供給戸数予測の見込みは 110,000 戸であることから、CO₂ 排出量の総量は 2,985 万 t-CO₂(271,376kg-CO₂/戸 × 110,000 戸 = 29,851 kt-CO₂)となる。

9. 事例(調査)の限界、将来に向けた提言

本事例は乾燥収縮低減剤を使用した大規模補修不要予定期間が 100 年である長期供用級の地上 9 階建て、延床面積 7,280.85m²、88 戸のマンションの CO₂ 排出量を評価したものであり、今後の予測は 2030 年の需要予測に基づいて CO₂ 排出削減貢献量を算定したものである。したがっ

てマンションの規模、コンクリート使用量が異なる場合は個別の評価が必要であり、その結果によっては CO₂ 排出削減貢献量の算定結果に違いが生じる。

10. 課題

将来シナリオ(今後の予測)においては特定のマンションを想定して推計しているため cLCA の適用範囲を限定せざるを得ない。したがって、本事例のみならずマンションの供給戸数と棟数がより詳細に把握されるようになれば、より確度の高い cLCA 評価が可能となる。

またマンションの標準的な仕様、使用資材等の情報・データが充実し、全国的な販売状況を把握することができれば本事例を発展させることができる。近年では ZEB(ネット・ゼロ・エネルギー・ビル)という形で、年間の一次エネルギー消費の収支をゼロにすることを目指した建物も存在していることから、ZEB によるマンションの cLCA 評価も期待できる。

参考文献

- 1) 建築工事標準仕様書(JASS5 鉄筋コンクリート工事・日本建築学会)
- 2) 財務省・PRE 戦略検討会
http://www.mof.go.jp/national_property/councils/pre/shiryou/221021_05.pdf
- 3) 日本建築学会「建築物の LCA 指針(第3版)」集合住宅事例を参考に算出
- 4) マンション供給戸数の推移, 国交省資料

※著作権の帰属について

本著作物の著作権は著作者に帰属し、著作物の一部または全部を無断で複製・複製・転載することを禁じる。なお本著作物の著作者は一般社団法人日本化学工業協会とする。