

## 省資源 その2－高耐久性塗料－

### 1. 調査の目的

塗料は通常、下塗り、中塗り、上塗り等が複合した塗装系により、素材保護や様々な色彩等の機能を比較的簡便な手段で実現できる材料である。耐久性に優れた塗料を建築物に使用した場合、その塗膜は長期間にわたり所定の性能を保つため、塗替えの回数を少なくすることができ、使用する塗料の重量を低減することが可能である。本事例では新築マンションの外壁を対象として、上塗り塗料に高耐久性塗料を使用した場合における塗料使用量の低減に伴う GHG 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。



図 66. マンションの高耐久性塗料

#### ①GHG 排出削減貢献の内容

耐久性の高いシリコン樹脂系塗料、フッ素樹脂系塗料を使用することで塗り替えの回数を低減することができ、塗料の使用量を削減できる。

#### ②高耐久性塗料に使用される化学製品例

- ・ シリコン樹脂系塗料
- ・ フッ素樹脂系塗料

### 2. バリューチェーンにおけるレベル

本事例はマンションの外壁に使用される塗料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。

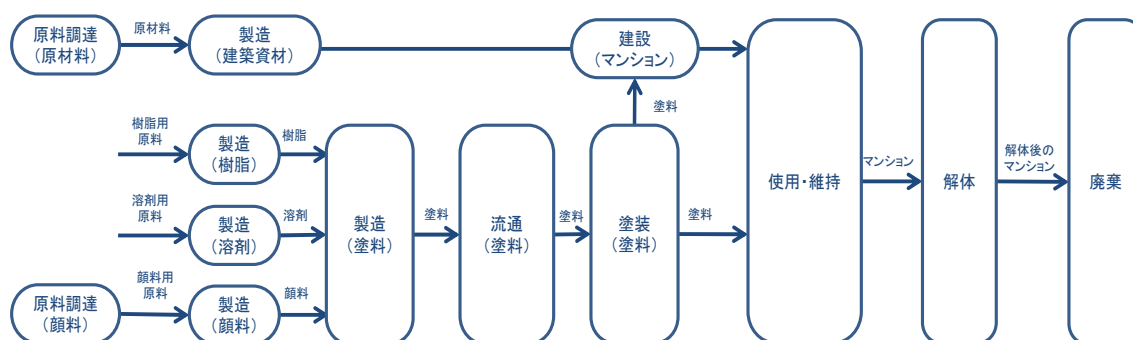


図 67. 本事例のバリューチェーン

### 3. 製品の比較

本事例は、マンションの塗装に用いる塗料を比較したものである。マンションの外壁への塗装は、初塗り時に下塗り、中塗り、上塗りという3種類の塗装を行う。下塗りにはシリコン樹脂系塗料、中塗りにはアクリル樹脂系塗料が使用されることが一般的であり、上塗りに使用される塗料の種類が異なる。上塗りに使用される塗料にはアクリル樹脂系塗料、ウレタン樹脂系塗料、シリコン樹脂系塗料、フッ素樹脂系塗料の4種類があり、耐用年数は アクリル樹脂系塗料<ウレタン樹脂系塗料<シリコン樹脂系塗料<フッ素樹脂系塗料 の傾向にあることから、近年はシリコン樹脂系塗料、フッ素樹脂系塗料にシフトしつつある。マンションの使用期間中、外壁に塗装された塗料は、天候にさらされ経過時間とともに摩耗し、劣化していく。このため耐用年数が経過した段階で塗り替えを行う必要がある。2回目以降の塗装時には通常下塗りは実施せずに、初回の塗装面に重ねて中塗りを行った後上塗りを行う。この場合も中塗りにはアクリル樹脂系塗料を使用し、上塗りにアクリル樹脂系塗料、ウレタン樹脂系塗料、シリコン樹脂系塗料、フッ素樹脂系塗料の4種類が使用される。

評価対象製品は上塗り用に使用するシリコン樹脂系塗料とフッ素樹脂系塗料であり、高耐久性を有しているため耐用年数が長く、長期間にわたって使用する建築物などに対して、塗り替えを行う回数を減らすことができるため塗装量を少なくすることができる。比較製品は上塗り用に使用するアクリル樹脂系塗料とウレタン樹脂系塗料である。

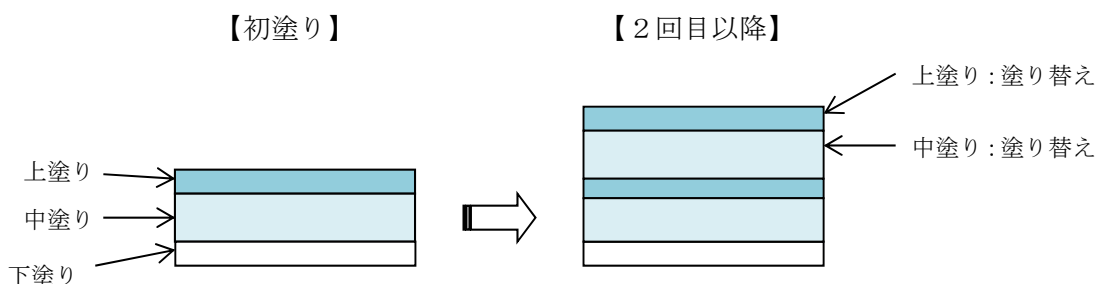


図 68. 塗装のイメージ

表 70. 評価対象製品と比較製品

評価対象製品	比較製品
シリコン樹脂系塗料(90%)とフッ素樹脂系塗料(10%)	アクリル樹脂系塗料(67%)とウレタン樹脂系塗料(33%)

( )は使用割合

上塗りに使用される塗料の2012年における評価対象製品のシェアは55%（シリコン樹脂系

塗料 50%、フッ素樹脂系塗料 5%)、比較製品のシェアは 45% (アクリル樹脂系塗料 30%、ウレタン樹脂系塗料 15%) である。2020 年は評価対象製品のシェア (シリコン樹脂系塗料 90%、フッ素樹脂系塗料 10%) は 100%に達すると予測した。

2012 年の比較製品のシェア 45%が、2020 年には評価対象製品への移行により 0%となる。

表 71. 塗料の市場構成<sup>81)</sup>

区分	シリコン樹脂系 塗料	フッ素樹脂系 塗料	アクリル樹脂系 塗料	ウレタン樹脂系 塗料	計
2012 年	50.0%	5.0%	30.0%	15.0%	100.0%
2020 年	90.0%	10.0%	0.0%	0.0%	100.0%

## 4. 機能単位

### 4.1 機能及び機能単位の詳細

本事例は耐久性の異なる塗料の比較であり、評価対象製品と比較製品のどちらを使用しても、最終製品であるマンションが発揮する機能は変わらないことから、マンションの外壁へ使用される塗料に焦点を当てて比較することが可能である。

したがって、評価対象製品および比較製品の機能はマンションの外壁への塗装、機能単位はマンションの使用期間 (50 年間) における外壁の塗装面積 1m<sup>2</sup>とした。

マンションの外壁へ使用される塗料による便益を受けるユーザーはマンションの維持管理業者、所有者である。

- ・機能

- マンション外壁への塗装

- ・機能単位

- マンションの使用期間 50 年間における外壁の塗装面積 1m<sup>2</sup>

- ・便益を受けるユーザー

- マンションの維持管理業者・所有者

### 4.2 品質要件

マンションの外壁へ使用される塗料の機能 (役割) は、コンクリートの保護、外観 (デザイン) の充実である。これらの機能は評価対象製品と比較製品において同等である。

技術的品質において重要な事項は耐久性である。評価対象製品であるシリコン樹脂系塗料とフッ素樹脂系塗料は耐久性に優れており、耐用年数<sup>82)</sup>はシリコン樹脂系塗料が 10 年、フッ素樹脂系塗料が 14 年である。比較製品の耐用年数はアクリル樹脂系塗料が 4 年、ウレタン樹脂系塗料 7 年である。

表 72. 長期使用される外壁用塗料の耐用年数

塗料種	シリコン樹脂系 塗料	フッ素樹脂系 塗料	アクリル樹脂系 塗料	ウレタン樹脂系 塗料
耐用年数（年）	10	14	4	7

#### 4.3 製品のサービス寿命

本事例はマンション外壁への塗装を対象としており、マンションの使用期間は 50 年<sup>83)</sup>であることから、50 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

GHG 排出量の算定に用いた塗料のデータは 2012 年の業界平均に基づくものである。2020 年の需要は 2012 年着工件数実績と同一とした。

GHG 排出削減貢献量は、対象年(2020 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際の GHG 排出削減貢献量として算定された。

対象地域は日本とした。

### 5. 算定の方法論

ライフサイクルにおける GHG 排出量は、事例提供者が算定した結果の開示を受けたものである。フォアグラウンドデータ（実施者が自ら収集するデータ）は対象とした製品仕様に基づき、一般社団法人日本塗料工業会の「LCA ガイドブック（第 1 版）」、カーボンフットプリントコミュニケーションプログラムの二次データを用いて算出されている。バックグラウンドデータ（実施者が収集していないデータ）は公開されているものを用いた。

#### 5.1 境界の設定

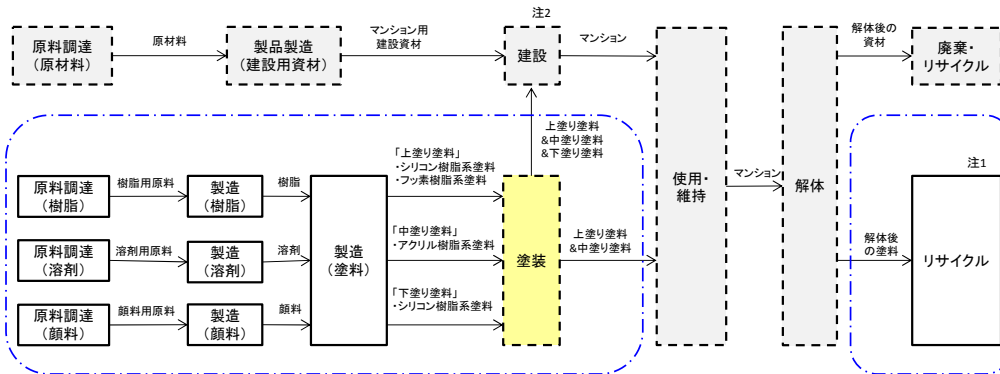
評価対象製品と比較製品の双方について、塗料の原料調達（樹脂、溶剤、顔料）、塗料の製造、マンション解体後の廃棄処理に係るプロセスをシステム境界に含む。

マンションの外壁への塗装は、作業者が塗装を行う場合とコンプレッサーなどを用いて塗料の吹き付けを行う場合があり、一般的には作業者が塗装を行う場合が多い。コンプレッサーなどの機械を用いて吹き付けした場合においても、GHG 排出量は塗料を製造するまでの GHG 排出量の 2%程度<sup>84)</sup>である。以上のことから、塗装プロセスはカットオフとした。

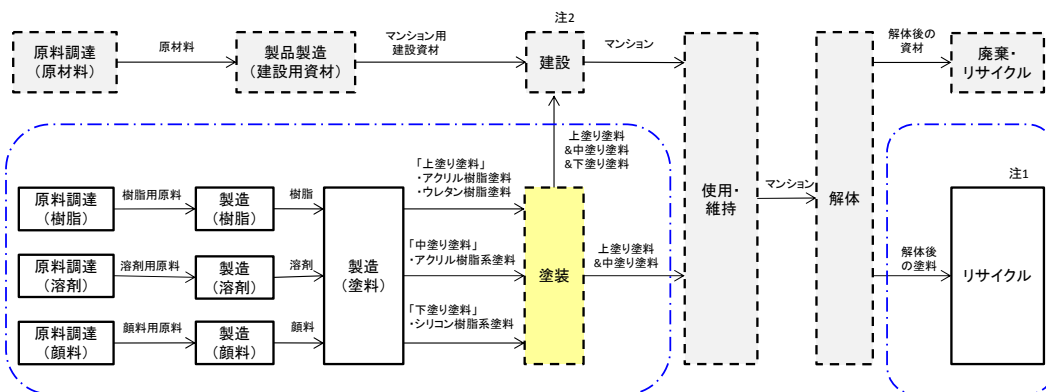
使用後の塗料はコンクリートに付着した状態であるため、コンクリートの廃棄処理と同じプロセスを経ることとなる。建築リサイクル法に基づくコンクリートの処理方法はリサイクルされて砕石や再生骨材として利用されることから、塗料の廃棄段階においても、その使用量に応じてリサイクルに伴う GHG 排出量を計上した。容器、包装資材、プロセス間の輸送については評価していない。

「マンションの建設に使用される資材の原料調達と製品製造、マンションの建設、使用・維持、解体、マンション解体後の廃棄」のプロセスはシステム境界外で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 1：塗料はコンクリートに付着しているため、コンクリートの処理と同じプロセスを経る。

注 2：マンションの建設は直接仮設→土工・地業→躯体→外部仕上→内部仕上の流れで実施され、初塗りの塗装は外部仕上の過程で行われる。

注 3：輸送プロセスは省略している。

- GHG 排出量を考慮しているプロセス
- GHG 排出量がわずかであるためカットオフとしたプロセス
- GHG 排出量が共通のプロセス
- システム境界

図 69. システム境界

表 73. システム境界に関する補足事項

区分	評価対象製品			比較製品		
	上塗り	中塗り	下塗り	上塗り	中塗り	下塗り
原料調達	○	○	○	○	○	○
製品製造	○	○	○	○	○	○
塗装	カットオフ	カットオフ	カットオフ	カットオフ	カットオフ	カットオフ
廃棄	○	○	○	○	○	○

## 5.2 前提条件

### ・塗装形式

塗装の形式は表 74 のとおりである。いずれの上塗り塗料種においても、下塗りはマンション新築時のみ塗装を行い、塗り替え時には中塗りと上塗りを行う。

表 74. 塗装形式

#### 【新設時】

上塗り	シリコン樹脂系塗料	フッ素樹脂系塗料	アクリル樹脂系塗料	ウレタン樹脂系塗料
中塗り	アクリル樹脂系塗料	アクリル樹脂系塗料	アクリル樹脂系塗料	アクリル樹脂系塗料
下塗り	シリコン樹脂系塗料	シリコン樹脂系塗料	シリコン樹脂系塗料	シリコン樹脂系塗料

#### 【塗り替え時】

上塗り	シリコン樹脂系塗料	フッ素樹脂系塗料	アクリル樹脂系塗料	ウレタン樹脂系塗料
中塗り	アクリル樹脂系塗料	アクリル樹脂系塗料	アクリル樹脂系塗料	アクリル樹脂系塗料
下塗り	なし	なし	なし	なし

### ・マンション使用期間（50年間）における塗装回数

マンションの使用期間における塗装回数は、上塗り塗料にシリコン樹脂系塗料を使用した場合に初回を含め計 5 回となる。フッ素樹脂系塗料を使用した場合は計 4 回、ウレタン樹脂系塗料を使用した場合は計 8 回、アクリル樹脂系塗料を使用した場合は計 13 回である。

表 75. 50 年間における塗装回数

上塗り塗料種	シリコン樹脂系 塗料	フッ素樹脂系 塗料	アクリル樹脂系 塗料	ウレタン樹脂系 塗料
初回 (回)	1	1	1	1
塗り替え (回)	4	3	12	7
計	5	4	13	8

・ 塗装量

新設時に行う下塗りに用いられるシリコン樹脂系塗料の使用量は  $0.13\text{kg/m}^2$ 、中塗りに使用されるアクリル樹脂系塗料の使用量は  $1.2\text{kg/m}^2$  とした。上塗り塗料の使用量は、シリコン樹脂系塗料、フッ素樹脂系塗料、アクリル樹脂系塗料、ウレタン樹脂系塗料とも  $0.26\text{kg/m}^2$  とした。

塗り替え時の中塗りに用いられるアクリル樹脂系塗料の使用量は  $0.5\text{kg/m}^2$  とし、上塗り塗料はシリコン樹脂系塗料、フッ素樹脂系塗料、アクリル樹脂系塗料、ウレタン樹脂系塗料とも  $0.26\text{kg/m}^2$  とした。

50 年間における塗装回数を考慮した塗装量を表 76 に示す。

表 76. 50 年間における上塗り塗料種別の塗装量

上塗り塗料種		シリコン 樹脂系塗料	フッ素 樹脂系塗料	アクリル 樹脂系塗料	ウレタン 樹脂系塗料	単位
新設時	塗装回数 (50 年間)	1	1	1	1	回
	上塗り	0.26	0.26	0.26	0.26	$\text{kg/m}^2 \cdot \text{回}$
	中塗り (アクリル系)	1.2	1.2	1.2	1.2	$\text{kg/m}^2 \cdot \text{回}$
	下塗り (シリコン系)	0.13	0.13	0.13	0.13	$\text{kg/m}^2 \cdot \text{回}$
塗替時	塗装回数 (50 年間)	4	3	12	7	回
	上塗り	0.26	0.26	0.26	0.26	$\text{kg/m}^2 \cdot \text{回}$
	中塗り (アクリル系)	0.5	0.5	0.5	0.5	$\text{kg/m}^2 \cdot \text{回}$
計	上塗り	$1.30^{1)}$	1.04	3.38	2.08	$\text{kg/m}^2$
	中塗り (アクリル系)	$3.2^{2)}$	2.7	7.2	4.7	$\text{kg/m}^2$
	下塗り (シリコン系)	0.13	0.13	0.13	0.13	$\text{kg/m}^2$

1) $0.26 \times 4 + 0.26 = 1.30$     2) $0.5 \times 4 + 1.2 = 3.2$

5.3 主要パラメータ

GHG 排出量全体に与える影響が大きいパラメータは、①各塗料の使用割合、②各塗料の耐

用年数、③各塗料の塗装量である。

#### 5.4 不確実性と将来的進展シナリオの統合

シナリオ分析：将来何の変化もおこらないと想定（2012年のデータを使用）した2020年のGHG排出量の算定をベースケースとして行った。

### 6. 貢献の度合い（重要性）

塗料の上塗りに耐久性の高い種類を用いることによって、一定期間（本事例ではマンションの平均寿命である50年間）における外壁への塗装回数を減らすことができ、その結果として塗料の使用量を少なくすることができ、GHG排出削減に貢献している。ただし、GHG排出削減貢献量は、化学産業だけに帰属しておらず、原料調達から耐久性塗料のユーザーを通じたバリューチェーン全体に帰属している。

### 7. GHG排出量の算定結果

#### 7.1 塗料のGHG排出量

##### ●塗料の原料調達から製造までのGHG排出量

一般社団法人日本塗料工業会の「LCAガイドブック（第1版）」に基づき、各樹脂系塗料の組成情報を調査し、カーボンフットプリントコミュニケーションプログラムの二次データを用いて算出した（表77）。

シリコン樹脂系塗料は塗料1kgあたり2.204 kg-CO<sub>2e</sub>、フッ素樹脂系塗料は1.727 kg-CO<sub>2e</sub>、アクリル樹脂系塗料のGHG排出量は塗料1kgあたり1.969 kg-CO<sub>2e</sub>、ウレタン樹脂系塗料は塗料1kgあたり1.931 kg-CO<sub>2e</sub>である。

##### ●廃棄・リサイクル段階のCO<sub>2</sub>排出量

塗料を塗布するコンクリートは建築リサイクル法に基づき再生骨材または砕石として有効利用されるものとして扱った。したがって、MiLCA（MiLCA マスタ・データベース構造バージョン：1.2.0、IDEA バージョン名：IDEA Ver.1.1.0）に搭載されているコンクリート再生処理プロセスのGHG排出原単位を用いて、塗料の使用量分を対象にGHG排出量を算出した。GHG排出量の算定は塗料のみを対象としており、容器や輸送資材は計算していない。

全ての塗料の廃棄段階においては、計算に用いたGHG排出原単位が同一で、塗料1kgあたりのGHG排出量は0.004 kg-CO<sub>2e</sub>である。



表 77. 塗料の GHG 排出原単位

単位 : kg-CO<sub>2e</sub>/kg

上塗り塗料種	シリコン樹脂系 塗料	フッ素樹脂系 塗料	アクリル樹脂系 塗料	ウレタン樹脂系 塗料
原料調達	2.157	1.680	1.922	1.884
塗料製造	0.043	0.043	0.043	0.043
塗装	カットオフ	カットオフ	カットオフ	カットオフ
廃棄・リサイクル	0.004	0.004	0.004	0.004
計	2.204	1.727	1.969	1.931

## 7.2 ライフサイクルにおける GHG 排出量

上塗り塗料種別のライフサイクルにおける GHG 排出量を表 78 に示す。

### ●上塗り塗料種別の GHG 排出量

・シリコン樹脂系塗料 :

塗装面積 1m<sup>2</sup>あたり 9.453205kg-CO<sub>2e</sub> (下塗りと中塗りを含む)

・フッ素樹脂系塗料 :

塗装面積 1m<sup>2</sup>あたり 7.399kg-CO<sub>2e</sub>となった (下塗りと中塗りを含む)

・アクリル樹脂系塗料 :

塗装面積 1m<sup>2</sup>あたりの GHG 排出量は 21.120kg-CO<sub>2e</sub> (下塗りと中塗りを含む)

・ウレタン樹脂系塗料 :

塗装面積 1m<sup>2</sup>あたり 13.557kg-CO<sub>2e</sub> (下塗りと中塗りを含む)

表 78. 上塗り塗装種別の GHG 排出量 (50 年間)

上塗り塗料種		シリコン 樹脂系塗料	フッ素 樹脂系塗料	アクリル 樹脂系塗料	ウレタン 樹脂系塗料	単位
上塗り	塗装量	1.30	1.04	3.38	2.08	kg/m <sup>2</sup>
	GHG 排出量	2.865	1.796	6.656	4.016	kg-CO <sub>2e</sub> /m <sup>2</sup>
中塗り (アクリル樹脂系塗料)	塗装量	3.20	2.70	7.20	4.70	kg/m <sup>2</sup>
	GHG 排出量	6.301	5.316	14.177	9.254	kg-CO <sub>2e</sub> /m <sup>2</sup>
下塗り (シリコン樹脂系塗料)	塗装量	0.13	0.13	0.13	0.13	kg/m <sup>2</sup>
	GHG 排出量	0.287	0.287	0.287	0.287	kg-CO <sub>2e</sub> /m <sup>2</sup>
合計	GHG 排出量	9.453	7.399	21.120	13.557	kg-CO <sub>2e</sub> /m <sup>2</sup>

・面積当たりの GHG 排出削減貢献量

●評価対象製品：

市場構成比のシリコン樹脂系塗料 0.9 に対してフッ素樹脂系塗料が 0.1 (2020 年の市場構成：シリコン樹脂系塗料 90%、フッ素樹脂系塗料 10%) を使用し、面積当たりの GHG 排出量は 50 年間で 9.248kg-CO<sub>2e</sub>/m<sup>2</sup> と算定。

●比較製品：

市場構成比のアクリル樹脂系塗料 0.67 に対してウレタン樹脂系塗料が 0.33 (2012 年の市場構成：アクリル樹脂系塗料 30%、ウレタン樹脂系塗料 15%) を使用し、面積当たりの GHG 排出量は 50 年間で 18.624 kg-CO<sub>2e</sub>/m<sup>2</sup> と算定。

●面積当たりの GHG 排出削減貢献量

評価対象製品と比較製品の GHG 排出量の差から算出した面積当たりの GHG 排出削減貢献量は 50 年間で 9.376 kg-CO<sub>2e</sub>/m<sup>2</sup> となる。

表 79. 塗料の GHG 排出量と GHG 排出削減貢献量 (面積当たり)

単位：kg-CO<sub>2e</sub>/m<sup>2</sup>

	評価対象製品	比較製品
原料調達	9.032	18.177
塗料製造	0.196	0.407
廃棄・リサイクル	0.020	0.042
ライフサイクル全体	9.248	18.624
GHG 排出削減貢献量	▲9.376	

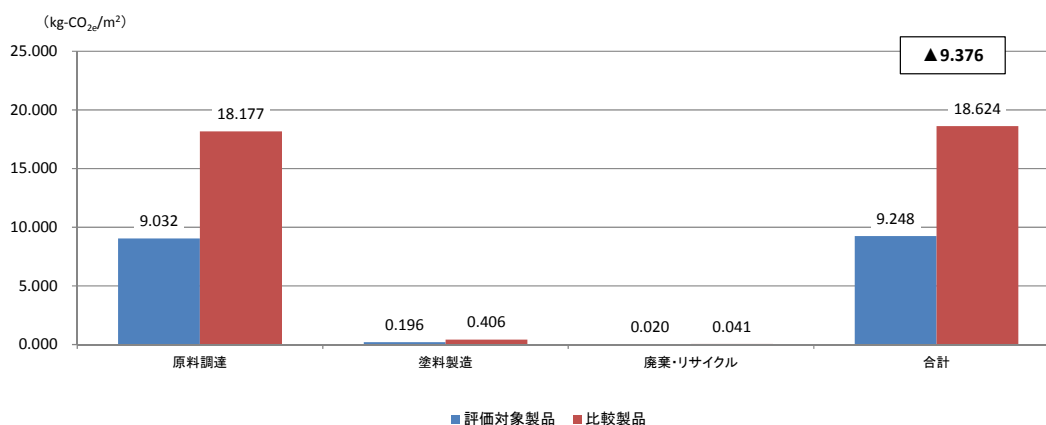


図 70. 塗料の GHG 排出量と GHG 排出削減貢献量 (面積当たり)

## 8. 今後の予測

塗装面積はマンションの設計思想やマンションの大きさによって異なると考えられるが、本事例においては、以下の設定の下に算定した。

### ①マンションの大きさと塗装面積

・地上9階 1棟あたり88戸

・外周を40mと20m、

高さ：1階あたり3.5mとして9階分(31.5m)

・塗装面積：

マンション外壁の面積は総外周<sup>85)</sup>120mと高さ31.5mの積をとると3,780m<sup>2</sup>となり、この数値を丸めてマンション1棟あたり4,000m<sup>2</sup>とした

### ②マンションの供給戸数 2010年 92,000戸、2020年 61,000戸

2010年のマンション供給戸数は92,000戸<sup>86)</sup>であり、2020年の新規住宅着工件数の見込み<sup>87)</sup>は現在の2/3として61,000戸を想定。

### ③2020年の評価対象製品の対象戸数 27,450戸(約300棟)

比較製品の市場構成は2012年で45%であり、これが2020年に評価対象製品にシフトすることから、27,450戸(61,000×0.45)の外壁塗装が比較製品から評価対象製品に置き換わることになる。

### ④面積当たりのGHG排出削減貢献量 9.376kg-CO<sub>2e</sub>/m<sup>2</sup>

### ⑤GHG排出削減貢献量

面積当たりのGHG排出削減貢献量 × 塗装面積

=9.376kg-CO<sub>2e</sub>/m<sup>2</sup>×4,000m<sup>2</sup>×300棟

=11,251t-CO<sub>2e</sub>

表 80. 2020年における高耐久性塗料によるGHG排出削減貢献量

1) 2020年の導入量		
・塗装面積	(m <sup>2</sup> )	1,200,000
2) 導入シナリオに基づくGHG排出削減貢献量		
・1m <sup>2</sup> あたりのライフサイクルGHG排出削減貢献量	(kg-CO <sub>2e</sub> /m <sup>2</sup> )	▲9.376
・2020年の評価対象製品によるGHG排出削減貢献量	(万トン-CO <sub>2e</sub> )	▲1.1

評価対象製品のライフサイクルにおけるGHG排出量は9.376kg-CO<sub>2e</sub>/m<sup>2</sup>であり、対象となる塗装面積は1,200,000m<sup>2</sup>である。したがって、評価対象製品のGHG総排出量は1.2万t-CO<sub>2e</sub>(9.376kg-CO<sub>2e</sub>/m<sup>2</sup>×1,200,000m<sup>2</sup>=11,251t-CO<sub>2e</sub>)となる。

## 9. 調査の限界と将来に向けた提言

本事例は、マンション外壁の上塗り塗料にシリコン樹脂系塗料とフッ素樹脂系塗料を使用した場合のライフサイクルを評価しており、2020年の需要予測に基づいてGHG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外壁以外に塗装されるケース、マンションのサイズが大きくなるケース、種類が異なる塗料を塗装するケースについては個別の評価が必要であり、その結果によってGHG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、本事例のみならず塗料の使用状況と用途別の出荷量がより詳細に把握できるようになれば、より確度の高いcLCA評価が可能となる。

### 【参考文献】

- 81) 一般社団法人日本塗料工業会提供資料
- 82) 建築物の長期使用に対応した材料・部材の品質確保ならびに維持保全の開発に関する検討委員会  
(外装分科会編) 報告書 独立行政法人建築研究所(平成23年3月) p.21 表2.16
- 83) 住生活基本計画(全国計画) 参考資料 国土交通省  
<http://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/torikumi/jyuseikatsu/sankoshiryo.pdf>
- 84) 2004年一般社団法人日本塗料工業会調査結果に基づく。
- 85) マンションの外周： $40\text{m} \times 2 + 20\text{m} \times 2 = 120\text{m}$
- 86) マンション供給戸数(国交省資料)  
<http://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/torikumi/tenpu/H22stock.pdf>
- 87) 住宅着工件数の見込み(経産省資料)  
[http://www.meti.go.jp/policy/jyutaku/jyutaku\\_vision/files/20070423\\_06.pdf](http://www.meti.go.jp/policy/jyutaku/jyutaku_vision/files/20070423_06.pdf)