

## 省エネルギー その5－住宅用断熱材－

### 1. 調査の目的

住宅において消費されるエネルギーのうち、消費量が多いものの一つとして冷暖房（特に暖房）に必要なエネルギーが挙げられる。冷暖房によって室内を快適な温度にしても室外との温度差があると、住宅の壁や天井、屋根、床、窓や出入口などから熱が流出・流入してしまう。冷暖房時の省エネルギーを行うには、住まいの断熱性と気密性を高めることが有効である。断熱材を用いて室内を包むようにすき間なく覆うことにより、住まいの断熱性を高めることができ、省エネルギーに繋がる。本事例は平成 11 年省エネルギー基準を満たす住宅の CO<sub>2</sub> 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。

### ①CO<sub>2</sub>排出削減貢献の内容

断熱効果により冷暖房の消費電力を減らす。

### ②現在使用されている住宅用断熱材の種類

- ・ロックウールやグラスウールなどの無機材料
- ・ポリスチレンやウレタンを中心とした樹脂材料

本評価では、グラスウールと樹脂材料との間では、LCA 的に CO<sub>2</sub> 排出量の差が小さいこと（グラスウールは、同等の断熱性を得るため、施工時に樹脂材料より厚く使用されるが、製造時の排出量は少ない）、国内での出荷量は樹脂材料のひとつであるビーズ法ポリスチレンフォームが多いことから、ビーズ法ポリスチレンフォームを対象として、断熱材を使用した住宅と、使用しない住宅との比較を行った。

### ③ビーズ法ポリスチレンフォームの特徴<sup>31)</sup>

ドイツで開発された代表的な発泡プラスチック系の断熱材。

「Expanded Poly-Styrene」の頭文字をとって「EPS」と呼ばれる。

製造方法：ポリスチレン樹脂と炭化水素系の発泡剤からなる原料ビーズを予備発泡させた後に、金型に充填し加熱することによって約 30 倍から 80 倍に発泡させる。よって、金型形状を変えることで様々な形状の製品を作ることができる。

### ① 断熱材、遮熱材として使用される化学製品例

押出發泡ポリスチレンフォーム、ビーズ法ポリスチレンフォーム

硬質ウレタンフォーム、ウレタン樹脂

高発泡ポリスチレンフォーム、フェノールフォーム

塩ビサッシ、塩ビ樹脂

遮熱塗料、遮熱シート、遮熱フィルム、高断熱カーテン、不織布、アルミナ繊維

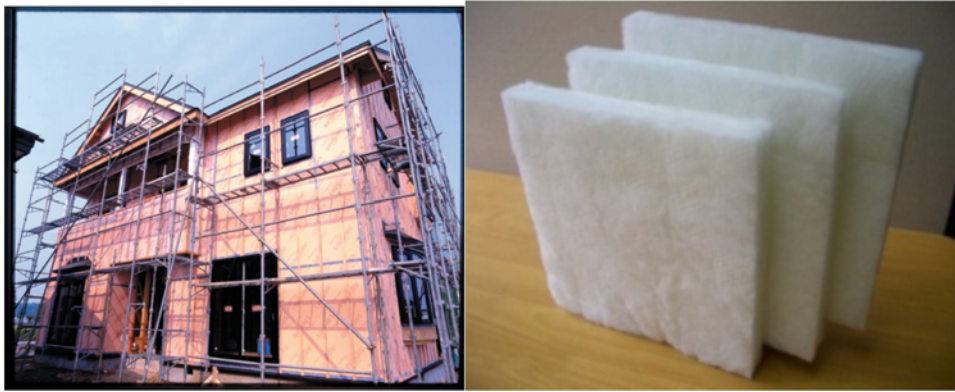


図 26. 断熱材

## 2. バリューチェーンにおけるレベル

本事例は平成 11 年省エネルギー基準を満たす断熱性能を有する住宅と昭和 55 年基準以前の住宅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。

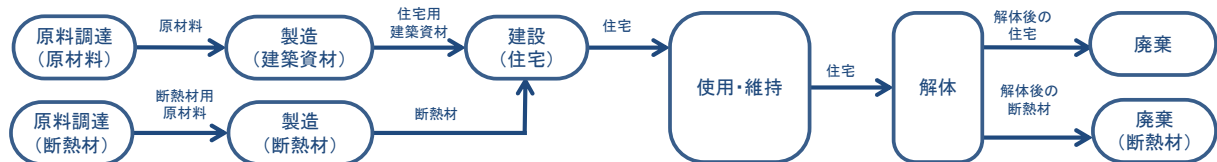


図 27. 本事例のバリューチェーン

## 3. 製品の比較

本事例は、平成 11 年省エネルギー基準を満たす断熱性能を有する住宅と昭和 55 年基準以前の住宅を比較したものである。住宅に使用される断熱材は、1. ④で述べたように多種類が存在し、平成 11 年省エネルギー基準に示された断熱性能を満たすに必要な量が使用される。

表 23. 評価対象製品と比較製品

評価対象製品	比較製品
平成 11 年省エネルギー基準を満たす住宅	昭和 55 年基準以前の住宅

平成 11 年省エネルギー基準を満たす住宅を評価対象製品に選定した理由は、国土交通省が 2020 年までに新築建物の全てに平成 11 年省エネルギー基準相当への適合を義務付ける方針を決定したためである。

昭和 55 年基準以前の住宅を比較製品に選定した理由は、我が国の既築住宅（約 5,000 万戸）における昭和 55 年の省エネ基準以前の住宅（外壁、天井が無断熱）が 55%(約 2,750 万戸)を占

めているからである。一年あたりに新築される住宅戸数は、現状約 80 万戸（2010 年度）であり、古い住宅が無くなり新しい住宅に置き換わっていくものと考え、新しい住宅へ入れ替わるまでに 34 年はかかるものと考えられる。

したがって、本報告では、昭和 55 年の省エネ基準以前の住宅が平成 11 年省エネ基準を満たす住宅に置き換わるというシナリオに基づき、昭和 55 年の省エネ基準以前の住宅を比較製品とした。

2012 年における評価対象製品のシェアは 5%であるが、2020 年においては新設の住宅は平成 11 年省エネルギー基準を満たすことが義務付けられる見込みであり、100%と設定した。

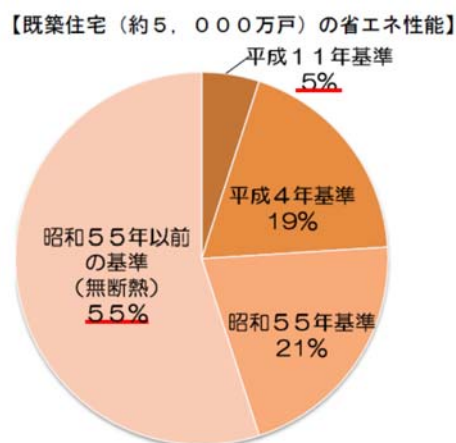


図 28. 既存住宅（約 5,000 万戸）の省エネ性能<sup>32)</sup>

## 4. 機能単位

### 4.1 機能及び機能単位の詳細

本事例は断熱性能の異なる住宅の比較であり、評価対象製品と比較製品において居住期間に使用される冷暖房によるエネルギー使用量が異なる。したがって、機能は住宅における冷暖房の使用、機能単位は住宅 1 戸とした。

平成 11 年省エネルギー基準を満たす住宅を使用することによる便益を受けるユーザーは住宅の所有者である。

- ・機能  
居住スペースの提供と住宅における冷暖房の使用
- ・機能単位  
使用期間 30 年の戸建住宅 1 戸  
使用期間 60 年の集合住宅 1 戸
- ・便益を受けるユーザー  
住宅の所有者、居住者

## 4.2 品質要件

評価対象製品は平成 11 年省エネルギー基準を満たす住宅、比較製品は昭和 55 年基準以前の住宅であり、同じ住宅モデルを前提としたものである。したがって、住居として両製品は同じ機能を発揮するものである。

## 4.3 製品のサービス寿命

本事例では、戸建住宅のサービス寿命を 30 年<sup>33)</sup>、集合住宅を 60 年とした。

## 4.4 時間的基準と地理的基準

CO<sub>2</sub> 排出量の算定に用いたデータは 2000 年のデータを使用した。2020 年の需要は戸建住宅と集合住宅の新築数を合計 100 万戸として算出した。

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 CO<sub>2</sub> 排出削減貢献量として算定されている。

対象地域は日本とした。

# 5. 算定の方法論

## 5.1 境界の設定

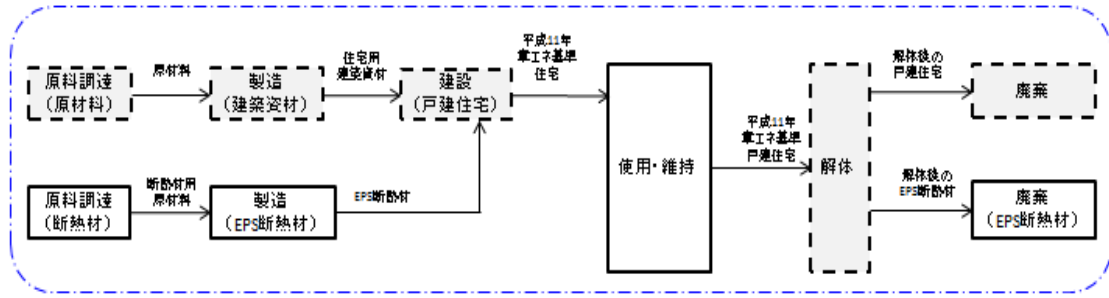
評価対象製品は、EPS 断熱材の原料調達、断熱材の製造、使用後の廃棄処理、住宅使用期間における冷暖房の使用に係るプロセスをシステム境界に含む。比較製品は住宅使用期間における冷暖房の使用に係るプロセスをシステム境界に含む。

EPS 断熱材以外に住宅へ使用される資材の原料調達、建築資材の製造、住宅の建設、住宅の解体、廃棄・リサイクルのプロセスからの排出量は、評価対象製品、比較製品とも同量であるため簡易算定法を使用し、算定を省略した。

- ・断熱材が使用される住宅の対象プロセス
  - a. 断熱材の原料～製造～廃棄に関するプロセス。廃棄については、焼却処理とした。
  - b. 住宅の使用プロセス（主に空調）
- ・断熱材を使用しない住宅の対象プロセス
  - a. 住宅の使用プロセスのみ（主に空調）
- ・評価対象外のプロセス
  - a. 使用時に使用される空調以外のエネルギー消費量（例、ガスコンロ等）

断熱材を用いた場合と用いない場合でも、同一のプロセスで CO<sub>2</sub> 排出量の差がなく、もしくはその差が非常に少なく、全体に影響を及ぼさないと考えられるため。

【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。

- CO<sub>2</sub>排出量を考慮しているプロセス
- CO<sub>2</sub>排出量が共通のプロセス
- システム境界

図 29. システム境界

5.2 前提条件

- ・住宅モデル<sup>34)</sup>

戸建住宅のモデルとして日本建築学会木造標準問題のモデル(床面積約 125 m<sup>2</sup>)を用いた。集合住宅のモデルは「住宅の新省エネルギー基準と方針」等で用いられているモデル(床面積 70 m<sup>2</sup>)を用いた。

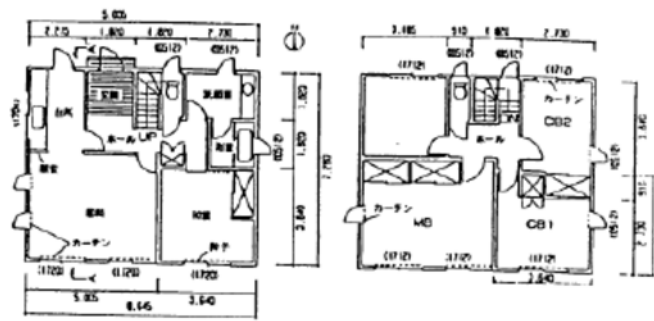


図-1 標準問題 平面図

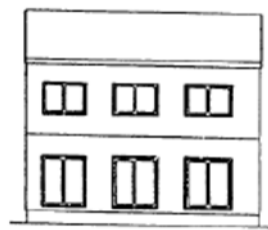


図-2 標準問題 前面立面図

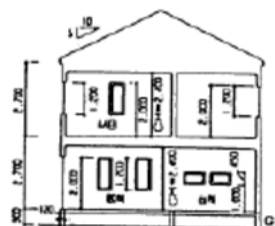


図-3 標準問題 側面立面図

図 30. 戸建住宅モデル

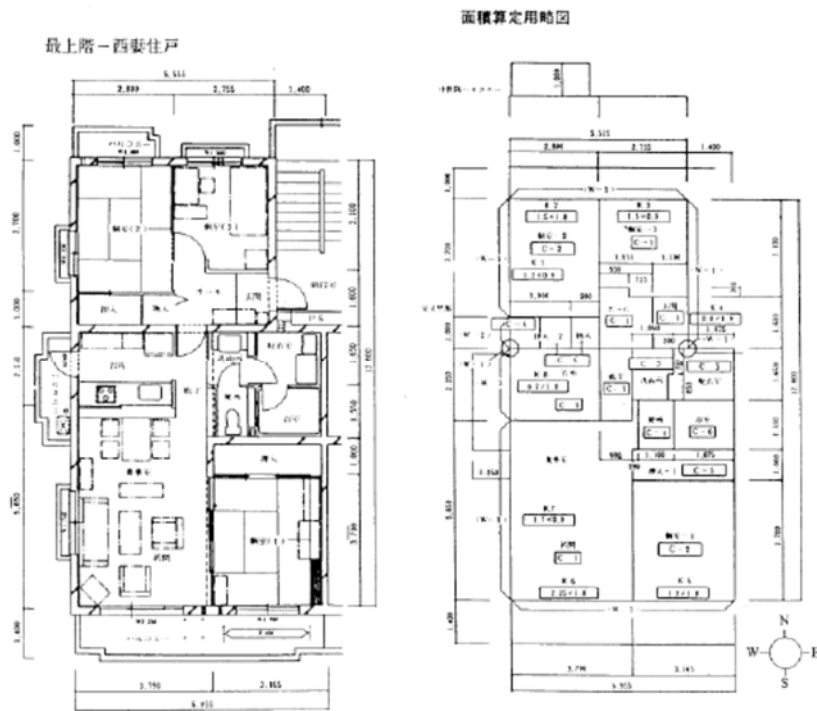


図 31. 集合住宅モデル

・地域と気象条件

平成 11 年省エネルギー基準では全国を 6 地区に区分し、各地域の断熱性能を規定しており、本事例では沖縄を除く 5 地域を想定した。都市は最も住宅着工数が多い地域を設定した。

・換気回数

平成 11 年省エネルギー基準の住宅の換気回数は 0.5 回/hr、昭和 55 年以前の住宅は換気回数を 1 回/hr とした。夏期の窓開放条件は、室温 28℃以上かつ外気 26℃以下の場合に窓を開放するとして換気回数 10 回/hr を設定した。

・空調運転期間と運転条件

空調機器による暖冷房スケジュールは熱負荷計算ソフト (SMASH) の標準暖冷房期間及び標準内部発熱条件を使用した。

空調の運転期間と運転条件は以下のとおり。

暖房温度 18℃、冷房温度 28℃

I 地区 (札幌)	暖房	9 月 25 日～6 月 9 日、冷房	7 月 21 日～8 月 17 日
II 地区 (盛岡)	暖房	9 月 29 日～5 月 24 日、冷房	7 月 15 日～8 月 29 日
III 地区 (仙台)	暖房	10 月 11 日～5 月 16 日、冷房	7 月 18 日～9 月 3 日
IV 地区 (東京)	暖房	11 月 2 日～4 月 22 日、冷房	6 月 22 日～9 月 19 日
V 地区 (鹿児島)	暖房	11 月 3 日～4 月 8 日、冷房	6 月 1 日～10 月 9 日

#### ・断熱材使用量

EPS 断熱材の使用量は以下のとおり。

EPS 断熱材 熱伝導率 0.0341W/mK、密度 22.4kg/m<sup>3</sup>

I 地区（札幌）	戸建住宅 713kg/戸、集合住宅 356kg/戸
II 地区（盛岡）	戸建住宅 524kg/戸、集合住宅 266kg/戸
III 地区（仙台）	戸建住宅 472kg/戸、集合住宅 222kg/戸
IV 地区（東京）	戸建住宅 472kg/戸、集合住宅 213kg/戸
V 地区（鹿児島）	戸建住宅 472kg/戸、集合住宅 213kg/戸

#### ・使用年数<sup>35)</sup>

住宅の使用年数は戸建住宅 30 年、集合住宅 60 年とした。

### 5.3 簡易算定法

比較に用いる製品同士のライフサイクルにおける同一部分/プロセスの CO<sub>2</sub> 排出量は同量であり、削減貢献量の絶対値に影響を与えていないため算定を省略した。

#### ●省略したプロセス

断熱材以外の住宅の製造段階での CO<sub>2</sub> 排出量、住宅の廃棄段階での CO<sub>2</sub> 排出量

#### ●基準ケースの総排出量に対する省略された排出量

省略した部分の総排出量に対する割合は、戸建住宅におけるライフサイクル全体の 25%<sup>36)</sup>、集合住宅におけるライフサイクル全体の 60%<sup>37)</sup> と算出した。

### 5.4 主要パラメータ

CO<sub>2</sub> 排出量全体に与える影響が大きい主要パラメータは、①断熱材の物性と使用量（熱伝導率と厚み）、②空調の運転期間と運転条件である。

### 5.5 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（2000 年時の CO<sub>2</sub> 削減貢献量を使用）した 2020 年の CO<sub>2</sub> 排出量の算定をベースケースとした。

## 6. 貢献の度合い（重要性）

断熱材を使用して住宅の断熱性能を高めることによって、居住期間に使用する冷暖房の消費電力を低減することができる。断熱材の使用は省エネの重要な要素の一部であり CO<sub>2</sub> 排出削減に貢献している。ただし排出削減貢献量は化学産業だけに帰属しておらず、原料調達から断熱材メーカー、建築業者、住宅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。

## 7. CO<sub>2</sub> 排出量の算定結果

評価対象製品と比較製品の CO<sub>2</sub> 排出量を以下に示す。

断熱材を使用した場合は、使用しない場合と比較して断熱材の製造時に CO<sub>2</sub> が排出するが、住宅の使用時での CO<sub>2</sub> 排出量は少なく全体としては排出削減に貢献する。また、1戸あたりの住宅のライフエンド（戸建住宅 30 年、集合住宅 60 年）までの排出削減貢献量は地域格差が生じ、戸建てで 9～45t/戸、平均で約 26t/戸の削減となり、集合住宅では 44～170t/戸、平均では約 105t/戸の削減となる。

・住宅 1 戸あたりの CO<sub>2</sub> 排出削減貢献量

評価対象製品と比較製品の CO<sub>2</sub> 排出量の差から算出した CO<sub>2</sub> 排出削減貢献量は、戸建住宅が 30 年間で 25,975kg-CO<sub>2</sub>/戸（平均）、集合住宅は 60 年間で 104,705 kg-CO<sub>2</sub>/戸（平均）となる。

表 24. 戸建住宅の 1 戸あたりの CO<sub>2</sub> 排出削減貢献量（単位：kg-CO<sub>2</sub>/戸・30 年間）

地域	断熱材原料～製造時 CO <sub>2</sub> 排出量	住宅使用時 CO <sub>2</sub> 排出削減量	断熱材廃棄時 CO <sub>2</sub> 排出量	合計
札幌	2,295	▲49,443	2,412	▲44,736
盛岡	1,687	▲40,564	1,773	▲37,104
仙台	1,520	▲28,613	1,598	▲25,495
東京	1,520	▲16,642	1,598	▲13,524
鹿児島	1,520	▲12,140	1,598	▲9,022
平均	<b>1,709</b>	<b>▲29,480</b>	<b>1,796</b>	<b>▲25,975</b>

表 25. 集合住宅の 1 戸あたり CO<sub>2</sub> 排出削減貢献量（単位：kg-CO<sub>2</sub>/戸・60 年間）

地域	断熱材原料～製造時 CO <sub>2</sub> 排出量	住宅使用時 CO <sub>2</sub> 排出削減量	断熱材廃棄時 CO <sub>2</sub> 排出量	合計
札幌	1,145	▲173,405	1,204	▲171,056
盛岡	855	▲146,661	899	▲144,908
仙台	714	▲100,622	751	▲99,157
東京	687	▲65,361	722	▲63,952
鹿児島	687	▲45,861	722	▲44,452
平均	<b>818</b>	<b>▲106,382</b>	<b>859</b>	<b>▲104,705</b>



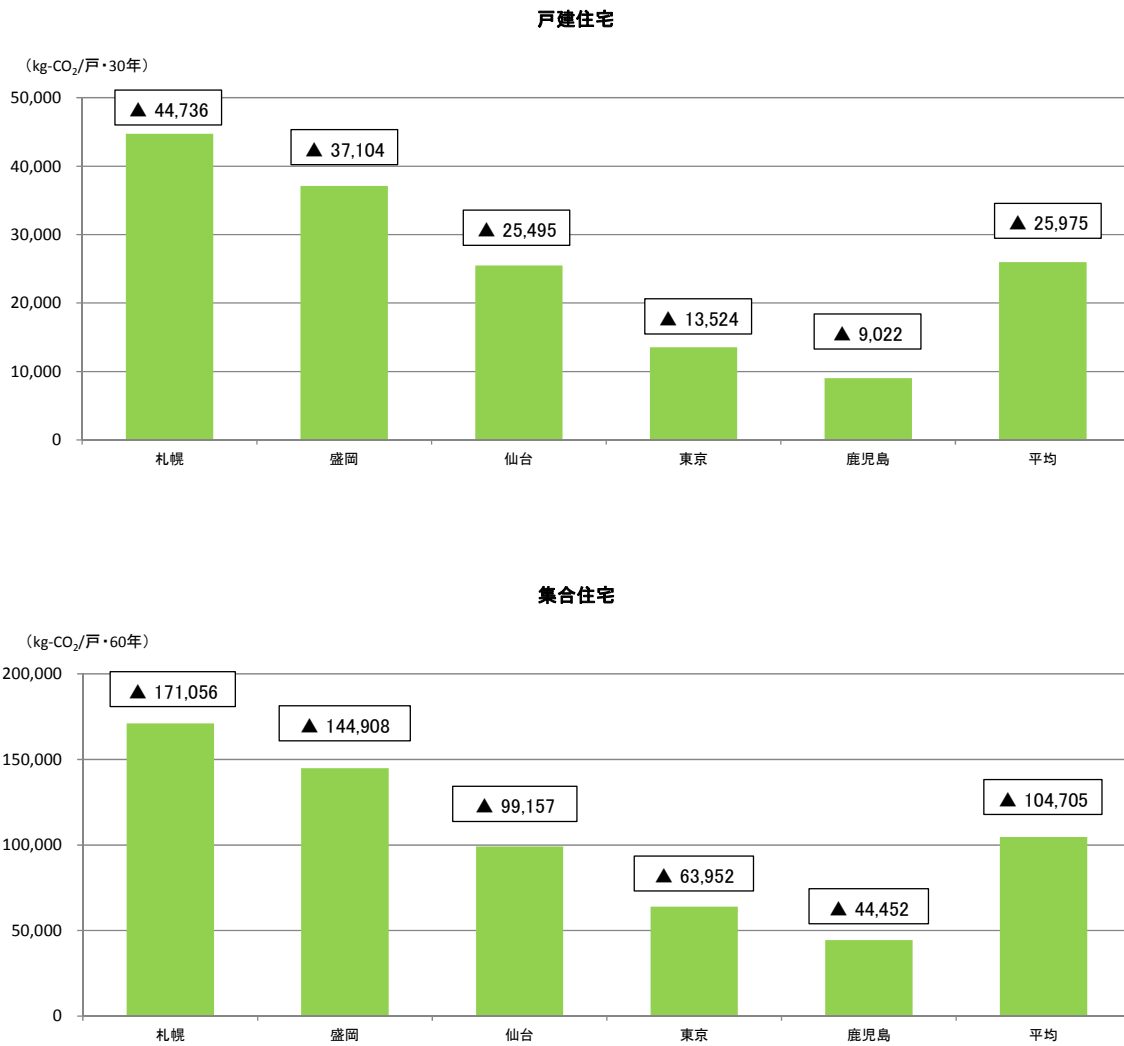


図 32. 住宅 1 戸当たりの CO<sub>2</sub> 排出削減貢献量

## 8. 今後の予測

本事例の 2020 年における CO<sub>2</sub> 排出削減貢献量は、以下の設定に基づいて算定した。

- ①新築住宅戸数の見込み      2020 年 1,000,000 戸<sup>38)</sup>  
     戸建住宅と集合住宅の内訳<sup>39)</sup>は、戸建住宅 36.7% (36 万 7 千戸)、集合住宅 63.3% (63 万 3 千戸) とした。
- ②戸建住宅 1 戸当たりの CO<sub>2</sub> 排出削減貢献量      25,975kg-CO<sub>2</sub>/戸 (30 年間)
- ③集合住宅 1 戸当たりの CO<sub>2</sub> 排出削減貢献量      104,705kg-CO<sub>2</sub>/戸 (60 年間)
- ④CO<sub>2</sub> 排出削減貢献量

・戸建住宅

$$\begin{aligned} & \text{戸建住宅 1 戸当たりの CO}_2 \text{ 排出削減貢献量} \times \text{住宅戸数} \\ & = 25,975\text{kg-CO}_2/\text{戸} \times 367,000 \text{ 戸} \\ & = 9,533\text{kt-CO}_2 \end{aligned}$$

・集合住宅

$$\begin{aligned} & \text{集合住宅 1 戸当たりの CO}_2 \text{ 排出削減貢献量} \times \text{住宅戸数} \\ & = 104,705\text{kg-CO}_2/\text{戸} \times 633,000 \text{ 戸} \\ & = 66,278\text{kt-CO}_2 \end{aligned}$$

・合計

$$\begin{aligned} & \text{戸建住宅の CO}_2 \text{ 排出削減貢献量} + \text{集合住宅の CO}_2 \text{ 排出削減貢献量} \\ & = 9,532\text{kt-CO}_2 + 66,278\text{kt-CO}_2 \\ & = 75,811\text{kt-CO}_2 \end{aligned}$$

表 26. 2020 年における平成 11 年省エネルギー基準を満たす住宅による  
CO<sub>2</sub> 排出削減貢献量

2020 年の断熱材使用住宅の導入戸数		
・戸建て住宅		36 万 7 千戸
・集合住宅		63 万 3 千戸
住宅 1 戸あたりの断熱材導入による CO <sub>2</sub> 排出削減貢献量		
・戸建て住宅 (30 年分)	(t-CO <sub>2</sub> /戸)	▲26
・集合住宅 (60 年分)	(t-CO <sub>2</sub> /戸)	▲105
CO <sub>2</sub> 排出削減貢献量		
・戸建て住宅 (30 年分)	(万 t-CO <sub>2</sub> )	▲953
・集合住宅 (60 年分)	(万 t-CO <sub>2</sub> )	▲6,628
合計	(万 t-CO <sub>2</sub> )	▲7,581

EPS 断熱材の原料採取、製品製造、廃棄の CO<sub>2</sub> 排出量は戸建住宅 3,505kg-CO<sub>2</sub>/戸 (平均)、集合住宅 1,677kg-CO<sub>2</sub>/戸 (平均)、対象となる戸数は戸建住宅 367,000 戸、集合住宅 633,000 戸であることから、EPS 断熱材に係る CO<sub>2</sub> 排出量は 235 万-CO<sub>2</sub> (3,505kg-CO<sub>2</sub>/戸×367,000 戸+1,677kg-CO<sub>2</sub>/戸×633,000 戸=1,286kt-CO<sub>2</sub>+1,062kt-CO<sub>2</sub>) となる。

## 9. 調査の限界と将来に向けた提言

本事例は、平成 11 年省エネルギー基準を満たす戸建住宅と集合住宅を評価しており、2020 年の需要予測に基づいて CO<sub>2</sub> 排出削減貢献量を算定したものである。住居の形態は住宅毎に様々であることから、仕様が異なる住宅、前提条件に記した冷暖房の使用条件が異なる住宅、断熱材が異なる住宅には個別の評価が必要であり、その結果によっては CO<sub>2</sub> 排出削減貢献量の算定結果に違いが生じる。

## 【参考文献】

- 31) 発泡スチロール協会・EPS 建材推進部ウェブサイト内「EPS 建材の概要」  
<http://www.epskenzai.gr.jp/what/what01.html>
- 32) 建材による建物の省エネ性能の向上について 社団法人日本建材・住宅設備産業協会 総合資源エネルギー調査会第 15 回エネルギー部会 (2011 年 12 月)
- 33) 住生活基本法参考資料 <http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha06/07/070915/05.pdf>
- 34) 「断熱部材の LCCO<sub>2</sub> 評価・算定法の標準化調査」成果報告書 (平成 20 年 3 月)  
独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 委託先 社団法人 日本建材・住宅設備産業協会
- 35) 発泡スチロール再資源化協会「EPS 製品の環境負荷 (LCI) 分析調査報告書」(2007 年 4 月)
- 36) 平成 17 年度成果報告書 製品等ライフサイクル二酸化炭素排出評価実証等技術開発—環境技術開発の効率的展開を目指した評価手法の開発—製品等に係る環境影響評価手法の開発 成果報告書(平成 18 年 3 月) NEDO
- 37) NEDO-GET-9709
- 38) 矢野経済研究所「2009 年版 断熱材市場白書」をもとに設定
- 39) 国土交通省 「建設統計年報」(2006 年)