

平成28年度環境省委託業務

平成28年度  
セルロースナノファイバーを活用した  
モデル事業の推進計画の策定委託業務  
報告書

平成29年3月

株式会社エックス都市研究所  
デロイト トーマツ コンサルティング合同会社

## はじめに

セルロースナノファイバー（以下「CNF」という。）は、軽量でありながら高い強度や弾性を持つ素材として、高強度材料（自動車部品、家電製品筐体）や高機能材料（住宅建材、内装材）への活用が期待され、軽量化や高効率化などからエネルギー消費量を削減でき、地球温暖化対策に効果的な素材として期待される。

環境省では、平成 27 年度から「セルロースナノファイバーを活用したモデル事業の推進計画の策定委託業務」や、「平成 27 年度セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務」等を実施し、CNF の早期導入を目指している。

本業務では地球温暖化対策の観点から、家電及び住宅建材分野を対象としてCNF の早期社会実装に向けたモデル事業の事業計画の策定を行った。また CNF を活用する対象製品・部位の特定、クリアすべき要求性能、評価項目等について整理を行った。

本業務は環境省の平成 28 年度委託業務として、株式会社エックス都市研究所、デロイト トーマツ コンサルティング合同会社の 2 社による共同実施体制によって実施した。

また、本業務の検討にあたっては、多くの研究者・事業者の方々から、委員会やワーキング、ヒアリング調査等を通じてご助言・ご指導を頂いた。この場をお借りして感謝申し上げます。

平成28年度セルロースナノファイバーを活用した  
モデル事業の推進計画の策定委託業務  
報告書目次

はじめに

概要版（日本語・英語）

第1章 業務の全体概要	1
1.1 業務の背景と目的	1
1.2 業務の実施フロー	2
1.3 業務の実施内容	3
1.4 業務の実施体制	6
1.5 文献調査の実施概要	7
1.6 ヒアリング調査の実施概要	8
1.7 事業推進検討委員会の設置・運営	10
1.8 用途開発ターゲットWGの設置・運営	12
第2章 本業務で用いる略語等の解説	15
第3章 2020年及び2030年における実現目標の設定	19
3.1 背景となる社会情勢等	19
3.1.1 わが国の家庭部門におけるCO <sub>2</sub> 排出量の現状	19
3.1.2 家庭部門におけるCO <sub>2</sub> 排出削減量に関する数値目標	20
3.1.3 家庭部門における主なCO <sub>2</sub> 削減施策	21
3.1.4 住宅建材分野における主なCO <sub>2</sub> 削減施策	23
3.2 家電・住宅建材に有益なCNFの特性と素材代替の考え方	26
3.2.1 家電に有益なCNFの特性と素材代替の考え方	26
3.2.2 住宅建材に有益なCNFの特性と素材代替の考え方	29
3.3 CNF代替による効果の試算例	30
3.3.1 エアコンのCNF代替による効果の試算	30
3.3.2 断熱材のCNF代替による効果の試算	31
3.4 2020年及び2030年における実現目標の設定（共通）	32
3.4.1 参照すべき実現目標の例	32
3.4.2 2020年及び2030年における実現目標	34
3.4.3 2030年の実現目標達成時のCO <sub>2</sub> 削減効果（概略試算）	35

## 第4章 家電分野における2020年の実現対象製品・部位の特定 39

4.1 適用可能性評価の評価軸の設定	39
4.2 検証対象とした部材・部位等の選定	41
4.2.1 家電製品でのCNFの意義・強み	41
4.2.2 市場環境（評価指標①）の検討	42
4.2.3 シーズ適合性（評価指標②-1：素材ベースで見た場合）の検討	47
4.3 個別部材における適用可能性の検討	53
4.3.1 シーズ適合性（評価指標②-2：CNF物性値で見た場合）の検討	53
4.3.2 CO <sub>2</sub> 削減可能性（評価指標③）の検討	64
4.3.3 ニーズ適合性（評価指標④）の検討	74
4.3.4 実証容易性（評価指標⑤）の検討	75
4.4 家電分野における適用可能性評価まとめ	76

## 第5章 住宅建材分野における2020年の実現対象製品・部位の特定 81

5.1 適用可能性評価の評価軸の設定	81
5.2 検証対象とした部材・部位等の選定	82
5.3 個別部材における適用可能性の検討	83
5.3.1 窓枠への適用可能性の検討	83
5.3.2 窓ガラス（ガラス代替）への適用可能性の検討	90
5.3.3 窓ガラス（ガラス断熱）への適用可能性の検討	92
5.3.4 エアロゲル断熱材（超臨界乾燥由来）への適用可能性の検討	95
5.3.5 エアロゲル断熱材（常圧乾燥由来）への適用可能性の検討	100
5.3.6 発泡断熱材（工場成形）への適用可能性の検討	102
5.3.7 発泡断熱材（現場施工）への適用可能性の検討	104
5.3.8 ユニットバスへの適用可能性の検討	106
5.3.9 給湯配管への適用可能性の検討	108
5.3.10 ヒートポンプ給湯機の貯湯槽への適用可能性の検討	111
5.4 住宅建材分野における適用可能性評価まとめ	113

## 第6章 評価項目・方法の整理 114

6.1 CNFを用いた家電及び住宅建材の評価項目・評価方法の整理	114
6.1.1 家電及び住宅建材の製品・部位として要求される機能及び評価項目の設定方針	114
6.1.2 評価対象とする製品・部位等の選定	114
6.1.3 評価対象製品・部位別の評価項目及び必要水準（案）	115
6.2 CO <sub>2</sub> 排出削減量に関する評価項目・評価方法の整理	135
6.2.1 CO <sub>2</sub> 排出削減量に関する評価方法の基本的な考え方の整理	135
6.2.2 CNFの算定手法の検討	145
6.2.3 基本的なコンセプトと論点の整理	147
6.2.4 住宅建材の使用段階におけるCO <sub>2</sub> 排出量算定の考え方	155

6.2.5 論点と方針（案）のまとめ	156
--------------------	-----

## 第7章 モデル事業の推進計画の策定 157

7.1 環境省CNF等事業の整理	157
7.2 モデル事業の進捗状況の確認	161
7.3 CNFの普及促進方策の検討	162
7.3.1 ニーズ・課題の再整理	162
7.3.2 普及促進方策に関する手法区分	164
7.3.3 家電・住宅建材へのCNF導入を促進するための施策の検討	165
7.4 新規モデル事業の検討（課題及び実現可能性等の検討を含む）	166
7.5 モデル事業の費用対効果（採算性）の分析	189
7.5.1 モデル事業の費用対効果の評価方法の基本的な考え方の整理	189
7.5.2 評価の実施	192
7.5.3 モデル事業の費用対効果の分析	201
7.5.4 LCAデータを用いたCO <sub>2</sub> 削減量の推計	203
7.6 モデル事業の推進計画の策定	207

## 第8章 広報資料の更新・見直し 209

8.1 広報資料の更新	209
8.2 レイアウト・校正・製作等	212
8.3 配布先の検討及び実施	212
8.4 更新した広報資料（リーフレット）（平成28年度版）	212

## 第9章 本年度業務のまとめと課題の整理 213

9.1 本年度業務のまとめ	213
9.2 今後の課題と対応方針案	215

### 巻末資料：

巻末資料1：2020年及び2030年の実現目標の妥当性確認結果

巻末資料2：セルロースナノファイバーを用いた家電部材及び住宅建材に関する  
LCAガイドライン（案）

巻末資料3：平成28年度広報資料（リーフレット）

## 概要（サマリー）

### 平成28年度セルロースナノファイバーを活用した モデル事業の推進計画の策定委託業務

#### 1. 業務の目的と全体概要

##### （1）業務の目的

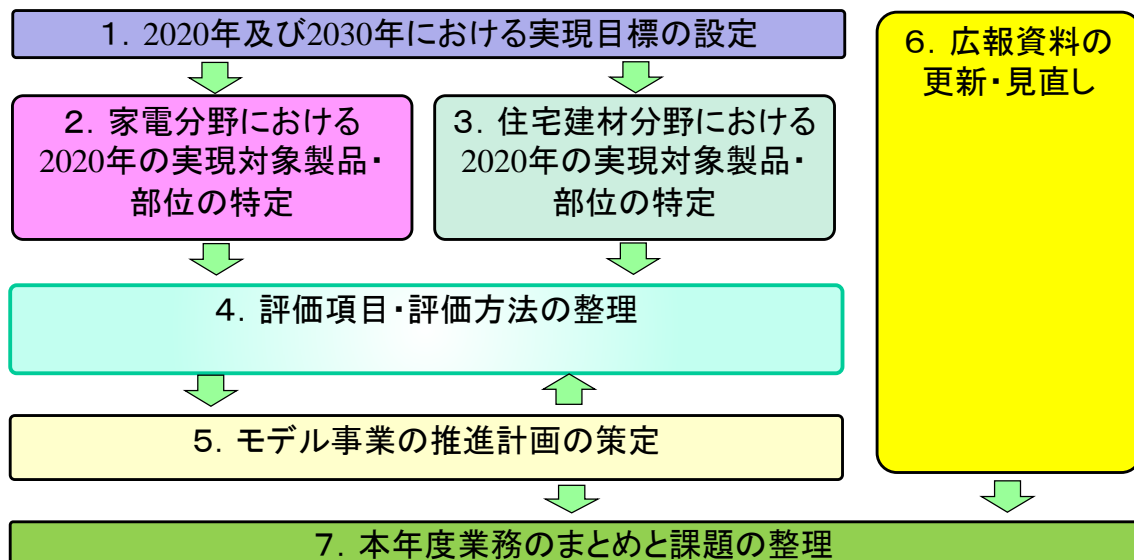
セルロースナノファイバー（以下「CNF」という。）は、軽量でありながら高い強度や弾性を持つ素材として、高強度材料（自動車部品、家電製品筐体）や高機能材料（住宅建材、内装材）への活用が期待され、軽量化や高効率化等からエネルギー消費量を削減でき、地球温暖化対策に効果的な素材として期待されている。

環境省では、平成27年度から「セルロースナノファイバーを活用したモデル事業の推進計画の策定委託業務」や、「平成27年度セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務」等を実施し、CNFの早期導入を目指している。

本業務では、家電及び住宅建材に関して、2020及び2030年における実現目標の設定、2020年における実現対象製品・部位の特定、評価項目・評価方法の整理、モデル事業の検討、推進計画の策定等を実施した。

##### （2）業務実施フロー

業務実施フローを図-1に示す。



※図の番号は本報告書の章番号とは異なる

図-1 業務実施フロー

## 2. 2020年及び2030年における実現目標の設定

### (1) 背景となる社会情勢等

わが国の家庭部門におけるCO<sub>2</sub>排出量の現状や、家庭部門におけるCO<sub>2</sub>排出削減量の数値目標、家電・住宅建材分野における主なCO<sub>2</sub>削減施策の整理を行った。

### (2) 家電・住宅建材に有益なCNFの特性と素材代替の考え方

家電・住宅建材に有益なCNFの特性を整理するとともに、高強度化、軽量化、断熱性能の向上等、家電・住宅建材の素材代替の考え方を整理した。

### (3) CNF代替による効果の試算例

家電・住宅建材に関して、CNF代替を行った場合のCO<sub>2</sub>削減効果について試算した。具体的には、エアコンのファンをCNF複合樹脂で代替した場合と2020年義務化基準住宅の断熱材（グラスファイバー16K、窓はアルミ複層ガラス）をCNFエアロゲル断熱材に代替した場合の効果を試算した。

### (4) 2020年及び2030年の実現目標の設定（共通）

平成27年度に設定した自動車分野に関する実現目標や、トップランナー制度における目標レベルを踏まえ、2020年及び2030年の実現目標を設定した。また、2030年の実現目標達成時のCO<sub>2</sub>削減効果について、概略試算を行った。

### 2020年における実現目標（案）

○定性目標：CO<sub>2</sub>排出削減に有効な家電や住宅建材としてCNFを活用した製品・部材等が認知されている

○定量目標：

<原則>

- (1) CNFを活用することでCNFを使用しない従来製品・部材等と比較して10%以上のCO<sub>2</sub>削減効果があるものが製品化される
- (2) 2030年時点で性能向上分を考慮してCNFを使用しない従来製品・部材等と同程度のコストとなる見込みが立っている

ただし、(1)について、

①CNF活用の主目的が普及率向上である製品・部材等の場合

CNFを使用しない従来製品・部材等と比較し、性能が同程度のものが製品化されている

②地球温暖化対策計画に個別の性能目標が定められている場合

地球温暖化対策計画の削減目標に対して10%以上の改善寄与率がある

③理論値上限が明らかな(CO<sub>2</sub>排出量10%削減に届かない)製品・部材等の場合

理論値上限に対して、10%以上のCO<sub>2</sub>削減効果があるものが製品化されている

④10%のCO<sub>2</sub>削減を容易に達成できる見込みのある製品・部材等

CNFを活用することでCNFを使用しない従来製品・部材等と比較して個別に設定したCO<sub>2</sub>削減効果のあるものが製品化されている

※CO<sub>2</sub>削減効果等を算出するバウンダリーは個別に設定する

※CNFを使用しない従来製品・部材等は2013年時点で一般的に普及しているものを対象とする

### 2030年における実現目標（案）

○定性目標：CO<sub>2</sub>排出削減に有効な家電や住宅建材としてCNFを活用した製品・部材等が一般化している

○定量目標：

(1) 普及率を以下のとおり設定

- ①40%以上の家庭にCNFを活用した家電が採用されている
- ②2030年に建設される新築住宅の30%以上にCNFを活用した製品・部材等が使用されている
- ③断熱性能の低い住宅\*の15%以上にCNFを活用した製品・部材等を使用したリフォームが実施されている

(2) 性能向上分を考慮して、コストがCNFを使用しない従来製品・部材等と同程度となる

※断熱性能の低い住宅とは、無断熱、S55基準、H4基準の住宅を指す。



### 3. 家電分野における2020年の実現対象製品・部位の特定

#### (1) 適用可能性評価の評価軸の設定

CNFが適用可能な製品・部位を選定するにあたり、「市場環境」、「シーズ適合性」、「CO<sub>2</sub>削減効果」、「ニーズ適合性」、「実証容易性」、の5つの評価軸を設定した。

#### (2) 検討対象とした製品・部位等の選定

上記(1)の「市場環境」と「シーズ適合性」(素材ベースで見た場合)の評価軸を基に評価を行った結果、12種類の製品・部位を選定した。

#### (3) 個別製品・部位における適用可能性の検討

上記(2)で選定した製品・部位に対して、「シーズ適合性」(CNF物性値で見た場合)、「CO<sub>2</sub>削減効果」、「ニーズ適合性」、「実証容易性」の評価軸を基に、CNFの適用可能性の検討を行った。

#### (4) 家電分野における適用可能性評価まとめ

上記(3)の結果を踏まえ、CNF適用可能性のある製品・部位として、エアコンのファン、面発光LED照明の拡散材、冷蔵庫の板金、センサー基板、蓄電池に使用する増粘剤、洗濯機の洗濯槽・パルセータを選定した。

### 4. 住宅建材分野における2020年の実現対象製品・部位の特定

#### (1) 適用可能性評価の評価軸の設定

CNFが適用可能な製品・部位を選定するにあたり、「市場環境」、「シーズ適合性」、「CO<sub>2</sub>削減効果」、「ニーズ適合性」、「実証容易性」、の5つの評価軸を設定した。

#### (2) 検討対象とした製品・部位等の選定

CNF適用可能性が想定される製品・部位として、開口部(窓)、断熱材、その他住宅設備から10種類の製品・部位を選定した。

#### (3) 個別製品・部位における適用可能性の検討

上記(2)で選定した製品・部位に対して、上記(1)の評価軸を基に、CNFの適用可能性の検討を行った。

#### (4) 住宅建材分野における適用可能性評価まとめ

上記(3)の結果を踏まえ、CNF適用可能性のある製品・部位として、窓枠、窓ガラス(ガラス断熱)、エアロゲル断熱材(超臨界乾燥由来)、エアロゲル断熱材(常圧乾燥由来)、発泡断熱材(工場成形)、発泡断熱材(現場施工)、給湯配管断熱材を選定した。

## 5. 評価項目・方法の整理

### (1) CNFを用いた家電及び住宅建材の評価項目・評価方法の整理

上記3、4で選定された家電・住宅建材の13製品・部位等のほかに、それらの集合体である戸建・集合住宅6種類を対象として、JIS規格等を基に要求される機能及び評価項目(案)の設定を行い、評価対象製品・部位別の必要水準(案)を設定した。

### (2) CO<sub>2</sub>排出削減量に関する評価項目・評価方法の整理

「セルロースナノファイバーを用いた家電部材及び住宅建材に関するLCAガイドライン(案)」を作成した。また、同LCAガイドライン(案)に基づき、家電と住宅建材の製品別のCO<sub>2</sub>削減量を概算した。

## 5. モデル事業の推進計画の策定

### (1) 環境省CNF等事業の整理

環境省が別途実施する事業(平成27年度地域における低炭素なセルロースナノファイバー用途開発FS委託業務、平成27年度セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務、平成27年度セルロースナノファイバー製品製造工程の低炭素化対策の立案事業委託業務、平成28年度セルロースナノファイバー性能評価モデル事業(早期社会実装に向けた導入実証)委託業務、平成28年度バイオマスプラスチックの二酸化炭素削減効果及び信頼性等検証事業委託業務)に関して、事業概要やモデル事業との連携の可能性等を調査・整理した。

### (2) モデル事業の進捗状況の整理

上記(1)の事業について、平成27年度に策定したモデル事業の推進計画に関する進捗状況を確認した。

### (3) CNFの普及促進方策の検討

家電メーカーや住宅建材メーカー等へのヒアリング調査結果を基に、家電・住宅建材に関するCNF導入に係るニーズ・課題を整理した。また、CNF導入の促進方策を検討するにあたっての手法区分を整理し、区分に従って家電・住宅建材へのCNFの導入を促進するための施策を検討・整理を行った。

### (4) 新規モデル事業の検討(課題及び実現可能性の検討含む)

平成29年度以降の新規モデル事業として、3種類のモデル事業の提案を行い、その中で、性能評価モデル事業の具体的な要件等を整理した。また、環境省として求められる施策等を整理した。

#### **(5) モデル事業の費用対効果（採算性）の分析**

モデル事業の想定費用と製品別のCO<sub>2</sub>削減量の算定結果をもとに、モデル事業の製品・部位別費用対効果を分析した。分析結果より、CO<sub>2</sub>削減量及び費用対効果の観点から、給湯配管断熱材、窓枠、冷蔵庫、窓ガラス（ガラス断熱）、エアロゲル断熱材（常圧乾燥由来）、発泡断熱材（工場成形）、発泡断熱材（現場施工）、エアコンが有望であることが明らかとなった。

#### **(6) モデル事業の推進計画の策定**

上記を踏まえ、実現可能性があると判断されたモデル事業等について、推進計画を策定した。

### **6. 広報資料の更新・見直し**

平成27年度に作成した広報資料（リーフレット）について、環境省のCNF関連事業の成果やその他研究開発の進捗等を反映させる形で更新を行った。また、更新した広報資料2,500部を環境関係イベントであるエコプロ2016（2016年12月8日～12月10日）において配布した。

### **7. 事業運営等**

#### **(1) 事業推進検討委員会の設置・運営**

事業の普及促進、ひいては環境保全と環境産業の発展による経済活性化に資するために必要な事項について、専門的な知見を得ることを目的とし、8名の有識者等（オブザーバー1名含む）によって構成される事業推進検討委員会を設置し、年度内に3回開催した。

#### **(2) 用途開発ターゲットWGの設置・運営**

家電分野及び住宅建材分野等へのCNF適用によるエネルギー効率向上や断熱性能の向上等に関する知見を得ることを目的とし、家電分野と住宅建材分野それぞれ5名の有識者から構成される用途開発ターゲットWGを設置し、年度内に合同で2回、個別に各1回開催した。

### **8. 本年度業務のまとめと課題の整理**

本年度の主な成果をまとめるとともに、今後の課題と対応方針（案）を整理した。

## Summary

FY 2016

### Commissioned Program to Prepare the Plan to Promote the Model Projects Using Cellulose Nanofiber

#### 1. Purpose of the program and the overview

##### (1) Purpose of the program

Cellulose nanofiber (CNF) is light in weight but very strong and flexible. Because of those features, CNF is expected to be used for high strength materials (such as auto parts and cases for home appliances) and high performance materials (such as house construction materials and interior materials). As the use of CNF could help slash energy consumption by reducing the weight of equipment and improving the efficiency of machines, CNF is expected to prove useful in mitigating global warming.

Starting in FY 2015, Japan's Ministry of the Environment (MOE) has implemented various projects to promote the early introduction of CNF, such as the "commissioned program to prepare the plan to promote the model projects using cellulose nanofiber" and the "FY 2015 commissioned program to evaluate the performance of products using CNF."

In this program, the targets to be achieved by 2020 and 2030 were set, products and components for which the targets should be reached by 2020 identified, evaluation criteria and methods sorted out, model projects considered, and promotion plans prepared as for home appliances and house construction materials.

(2) Work flow

The work flow is shown in Fig. 1.

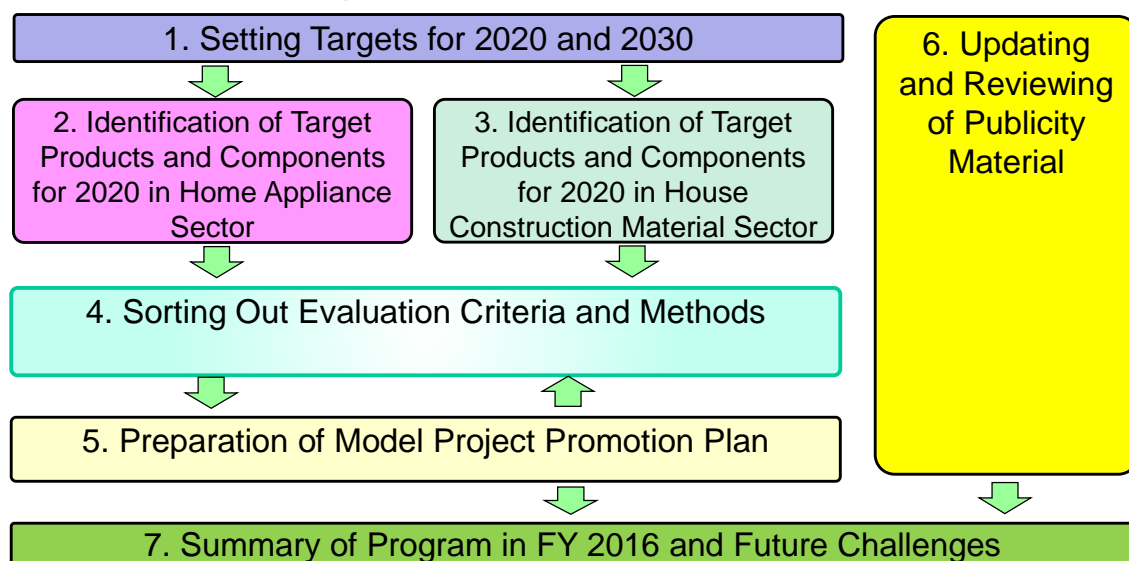


Fig. 1 Work flow

2. Setting targets for 2020 and 2030

(1) Background information such as social circumstances

Japan's CO<sub>2</sub> emissions in the household sector, the CO<sub>2</sub> reduction target for the household sector, and key measures to reduce CO<sub>2</sub> emissions in the home appliance and house construction material sectors were reviewed.

(2) Characteristics of CNF useful for home appliances and house construction materials; and the use of CNF as an alternative material

Characteristics of CNF useful for home appliances and house construction materials were reviewed, while how to use CNF as an alternative material for home appliances and house construction materials to improve their strength, reduce their weight and enhance their heat insulating properties was considered.

(3) Estimate of effects of introducing CNF

How much CO<sub>2</sub> can be reduced if ingredients of home appliances and house construction materials are replaced with CNF was estimated. Specifically, the effects of replacing the existing ingredient of the air conditioner fan with CNF-based composite resin were estimated. While builders of homes are obligated to meet certain energy-saving standards by 2020, the effects of replacing the heat-insulating material for such energy-saving homes (glass fiber 16K, aluminum double glazing windows) with the CNF aerogel insulator were also estimated.

(4) Setting targets for 2020 and 2030 (common)

Targets for 2020 and 2030 were set based on the goals introduced in FY 2015 for the auto industry and targets for the "top runner" energy-saving system. How much CO<sub>2</sub> will be reduced when the 2030 goals are achieved was also roughly estimated.

### Targets for 2020

○ Qualitative target: Products, parts and other materials using CNF are widely recognized as useful ingredients for home appliances and house construction materials to reduce CO<sub>2</sub> emissions.

○ Quantitative target:

<Principles>

(1) Products, parts and other materials based on CNF that can cut CO<sub>2</sub> emissions by 10% or more compared with conventional products that do not use CNF are commercialized.

(2) Taking into account performance improvements, costs of products, parts and other materials using CNF are expected to be roughly the same as those of conventional CNF-free products as of 2030.

Note the following details as to (1):

① In case the main objective of products, parts and other materials based on CNF is to help spread the use of CNF

CNF-based products, parts and other materials with the same performance as conventional products that do not use CNF are commercialized.

② In case individual performance targets are set in the plan to reduce global warming

The improvement contribution ratio is 10% or higher compared with the reduction target in the global warming reducing plan.

③ In case of products, parts and other materials for which the upper limit of the theoretical value is clear (CO<sub>2</sub> emissions can be slashed by less than 10%)

Products that can cut CO<sub>2</sub> emissions by 10% or more compared with the upper limit of the theoretical value are commercialized.

④ In case of products, parts and other materials that are expected to be able to cut CO<sub>2</sub> emissions by 10% easily

CNF-based products, parts and other materials that can achieve the individual CO<sub>2</sub> reduction targets set based on conventional products that do not use CNF are commercialized.

Note: Boundaries should be set individually to estimate CO<sub>2</sub> emission reduction effects.

Note: CNF-free products, parts and other materials that had been commonly used as of 2013 are targeted.

### Targets for 2030

○ Qualitative target: Products, parts and other materials using CNF are commonly used as useful ingredients for home appliances and house construction materials to reduce CO<sub>2</sub> emissions.

○ Quantitative target:

(1) The penetration rates were set as follows:

① Home appliances based on CNF are used at 40% or more of households.

② CNF-based products, parts and other materials are used for 30% or more of new homes to be built in 2030.

③ CNF-based products, parts and other materials are used for renovating 15% or more of homes with low heat insulating properties (see note below).

(2) Taking into account performance improvements, costs of products, parts and other materials using CNF are roughly the same as those of conventional CNF-free products.

Note: Homes with low heat insulating properties refer to houses with no heat insulators as well as homes built according to the 1980 and 1992 standards.

### 3. Identification of target products and components for 2020 in the home appliance sector

#### (1) Setting criteria for applicability evaluation

Five criteria were set to identify products and components for which CNF can be applied. These criteria include the market environment, the adequateness of company-driven solutions, CO<sub>2</sub> reduction effects, the adequateness of needs, and demonstrativeness.

#### (2) Selection of the target products and components

Twelve products and components were selected according to some of the criteria described in (1) of the market environment and the adequateness of company-driven solutions (on a material basis).

#### (3) Applicability assessment for individual products and components

Products and components selected in (2) were surveyed to assess the applicability of CNF according to some of the criteria of the adequateness of company-driven solutions (based on physical properties of CNF), CO<sub>2</sub> reduction effects, the adequateness of needs, and demonstrativeness.

#### (4) Summary of applicability evaluation for the home appliance sector

Based on the results shown in (3), the air conditioner fan, dispersing agents for the surface emitting LED light, metal sheets for refrigerators, the sensor substrate, the thickener for batteries, and tubs and pulsators of washing machines were selected as products and components for which CNF can be applied.

### 4. Identification of target products and components for 2020 in the house construction material sector

#### (1) Setting criteria for applicability evaluation

Five criteria were set to identify products and components for which CNF can be applied. These criteria include the market environment, the adequateness of company-driven solutions, CO<sub>2</sub> reduction effects, the adequateness of needs, and demonstrativeness.

#### (2) Selection of the target products and components

From among the openings (windows), heat insulators and other house devices, 10 kinds of products and components were selected as articles for which CNF could be applied.

#### (3) Applicability assessment for individual products and components

Products and components selected in (2) were surveyed to assess the applicability of CNF according to the criteria described in (1).



#### (4) Summary of applicability evaluation for the house construction material sector

Based on the results shown in (3), the window frame, window glass (insulated glass), aerogel insulators (supercritical drying), aerogel insulators (atmospheric drying), foam insulators (created at plants), foam insulators (created on site), and heat insulators for water heater pipes were selected as products and components for which CNF can be applied.

### 5. Sorting out evaluation criteria and methods

#### (1) Sorting out evaluation criteria and methods for CNF-based home appliances and house construction materials

Functional requirements and evaluation criteria (draft), as well as required standards (draft) for each product and component to be evaluated, were set based on JIS and other standards. These cover not only products and components for home appliances and house construction materials selected in 3 and 4 but also six types of homes and apartment houses that use those appliances and materials.

#### (2) Sorting out criteria and methods to estimate CO<sub>2</sub> emissions to be reduced

We developed the LCA guidelines for CNF-based home appliance ingredients and house construction materials (draft). Based on the LCA guidelines (draft), the CO<sub>2</sub> emissions to be reduced in connection with each home appliance and house construction material were estimated.

### 5. Preparation of a model project promotion plan

#### (1) Sorting out the MOE's CNF-related projects

The outlines of the MOE's CNF-related projects and the possibility of their collaborating with model projects were studied and sorted out. The surveyed projects include the FY 2015 feasibility study for the development of the application of low carbon CNF in local areas; the FY 2015 project to evaluate the performance of products using CNF; the FY 2015 project to develop measures to realize the low carbon manufacturing process for products using CNF; the FY 2016 model project to evaluate the performance of CNF (verification for earlier introduction); and the FY 2016 project to consider the CO<sub>2</sub> reduction effects and reliability of biomass plastic.

#### (2) Progress of model projects

The progress of projects described in (1) was reviewed based on the model project promotion plan prepared in FY 2015.

#### (3) Examination of measures to promote the spread of the use of CNF

Based on the results of hearings of manufacturers of home appliances and house construction materials, the needs and challenges relating to the CNF introduction for home appliances and house

construction materials were sorted out. Approaches to examining measures to promote the CNF introduction were sorted out, and then possible measures to promote the CNF introduction for home appliances and house construction materials were considered and sorted out in accordance with each approach.

(4) Examination of new model projects (including consideration of the challenges and feasibility)

Three types of model projects were proposed as possible new model projects for FY 2017 and beyond, while specific requirements for performance evaluation model projects and other topics were sorted out at the same time. Measures expected to be introduced by the MOE were also clarified.

(5) Cost-effectiveness analysis (profitability analysis) of the model projects

The cost-effectiveness of each model project was analyzed by product and component in terms of the model project's expected costs and the CO<sub>2</sub> emissions estimated to be reduced by each product. The analysis results showed heat insulators for water heater pipes, the window frame, refrigerators, window glass (insulated glass), aerogel insulators (atmospheric drying), foam insulators (created at plants), foam insulators (created on site), and air conditioners are promising from the viewpoint of both CO<sub>2</sub> reduction and the cost-effectiveness.

(6) Preparation of a model project promotion plan

Based on the results above, a promotion plan was prepared for each model project judged as feasible.

6. Updating and reviewing of the publicity material

The publicity material (a leaflet) developed in FY 2015 was updated to reflect the outcomes of the MOE's CNF-related projects and the progress of other research and development efforts. As many as 2,500 copies of the updated publicity material were distributed at EcoPro 2016, a large environmental event held between XX XX and XX XX, XXXX.

7. Project management

(1) Establishment and management of the Project Promotion Committee

The established Project Promotion Committee consists of eight experts and others (including an observer). The committee is aimed at gaining expert insights into topics needed to help promote the project and to ultimately contribute to economic revitalization through promotion of environmental conservation and the green industry. This committee met three times in FY 2016.

**(2) Establishment and management of the WG on Targets for Application Development**

The established Working Group (WG) on Targets for Application Development consists of five experts each from the home appliance sector and the house construction material sector. The body is aimed at gaining insights into improvement in energy efficiency and heat insulating properties through the introduction of CNF in the home appliance and house construction material sectors. Two joint meetings were held in FY 2016, while an individual meeting took place for each sector during the fiscal year.

**8. Summary of the program in FY 2016 and future challenges**

Key outcomes of this fiscal year's program were reviewed, and future challenges and draft countermeasures were sorted out.

## 第1章 業務の全体概要

本章では、業務の背景と目的、業務の実施フロー、業務の実施内容、業務の実施体制、文献調査、ヒアリング調査、事業推進検討委員会、用途開発ターゲットWGを概説する。

### 1.1 業務の背景と目的

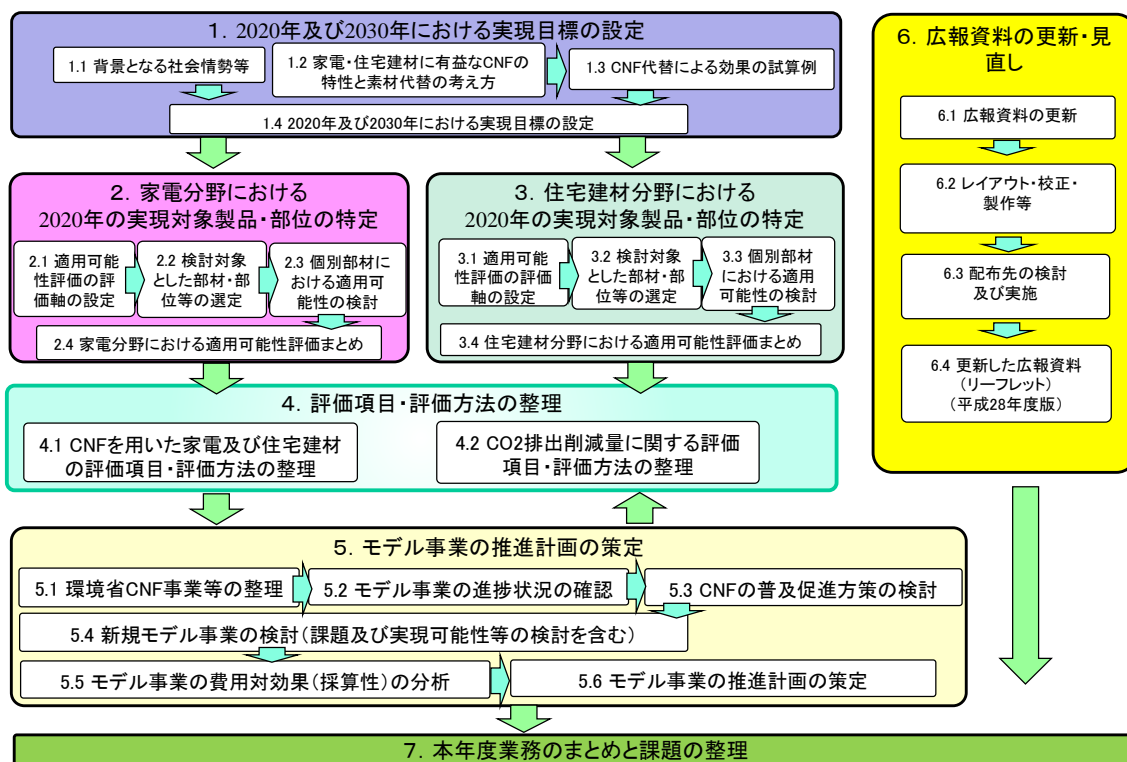
セルロースナノファイバー（以下「CNF」という。）は、軽量でありながら高い強度や弾性を持つ素材として、高強度材料（自動車部品、家電製品筐体）や高機能材料（住宅建材、内装材）への活用が期待され、軽量化や高効率化等からエネルギー消費量を削減でき、地球温暖化対策に効果的な素材として期待される。

環境省では、平成27年度から「セルロースナノファイバーを活用したモデル事業の推進計画の策定委託業務」や、「平成27年度セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務」等を実施し、CNFの早期導入を目指している。

本業務では、家電及び住宅建材に関して、2020及び2030年における実現目標の設定、2020年における実現対象製品・部位の特定、評価項目・評価方法の整理、モデル事業の検討、推進計画の策定等を実施した。

## 1.2 業務の実施フロー

本業務の実施フローを図1-1に示す。本業務は、(1) 2020年及び2030年における実現目標の設定、(2) 家電分野における2020年における実現対象製品・部位の特定、(3) 住宅建材分野における2020年の実現対象製品・部位の特定、(4) 評価項目・方法の整理、(5) モデル事業の推進計画の策定、(6) 広報資料の更新・見直し、(7) 本年度業務のまとめと課題の整理の7つの主要項目から構成される。



※図の番号は本報告書の章番号とは異なる

図1-1 業務実施フロー

### 1.3 業務の実施内容

本業務の実施項目及び実施内容（まとめ）を表 1-1 に示す。

表 1-1 本業務の実施項目及び実施内容（まとめ）

区分	実施項目	実施内容
(1) 2020 年及び 2030 年における実現目標の設定	背景となる社会情勢等	<ul style="list-style-type: none"> <li>日本の家庭部門におけるCO<sub>2</sub>排出量の現状や削減目標を把握するとともに、家電分野及び住宅建材分野におけるCO<sub>2</sub>削減施策として、地球温暖化対策計画における2030年削減見込み量や省エネ基準適合住宅の義務化等について整理した。</li> </ul>
	家電・住宅建材に有益なCNFの特性と素材代替の考え方	<ul style="list-style-type: none"> <li>家電への適用に有益なCNFの物性・特徴等について、整理した。具体的には、CNFの高強度に関する特性と熱伝導率に関して整理した。</li> <li>部材別の素材に対して、求められる性能を踏まえた上で代替するCNF複合材やシート、セパレータ等を設定した。</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>住宅建材への適用に有益なCNFの物性・特徴等について、整理した。具体的には、CNFの熱伝導率、高強度、弾性率に関する特性に関して整理した。</li> <li>部材別の素材に対して、求められる性能を踏まえた上で代替するCNF複合材やエアロゲル等を設定した。</li> </ul>
	CNF代替による効果の試算（例）	<ul style="list-style-type: none"> <li>家電におけるCNF代替による効果の試算として、エアコンのファンにおける削減効果について、エアコン全体の2.4%削減と試算した。</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>住宅建材におけるCNF代替による効果の試算として、断熱材における削減効果について、年間世帯当り冷暖エネルギー消費量の17%削減と試算した。</li> </ul>
2020年及び2030年における実現目標の設定	<ul style="list-style-type: none"> <li>2020年及び2030年の社会に求められる社会像やCNF使用車の普及率に関する検討を踏まえ、2020年及び2030年の実現目標を設定した。</li> </ul>	
(2) 2020年における実現対象製品・部位の特定（家電分野）	適用可能性評価の評価軸の設定	<ul style="list-style-type: none"> <li>家電におけるCNFの適用可能性を検討するにあたっての評価指標として、「家電の市場環境」、「シーズ適合性」、「CO<sub>2</sub>削減可能性」、「ニーズ適合性」、「実証容易性」を設定した。</li> </ul>
	検証対象とした部材・部位等の選定	<ul style="list-style-type: none"> <li>軽量化や原材料がバイオマス由来の素材であるといったCNFの特長を活かすことができ、またエネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量の削減効果が高い部位として、12製品を特定した。</li> </ul>
	個別部材における適用可能性の検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>検証対象とした12製品に対して、評価指標を踏まえ、適用可能性の検討を行った。</li> <li>結果として、テレビ及びPCはCO<sub>2</sub>削減可能性の観点から、太陽電池はニーズ適合性の観点から、産業用エアフィルタは実証容易性の観点から、ジャーポッド及び炊飯器はシーズ適合性の観点から、それぞれ適用可能性は低いと判断した。</li> </ul>
	家電分野における適用可能性評価（まとめ）	<ul style="list-style-type: none"> <li>評価指標に基づく適用可能性評価結果として、2020年の実現可能性に向けて、エアコン（室外ファン）、照明（面発光LEDの拡散シート）、センサー（基板）、冷蔵庫（板金）、洗濯機（洗濯槽・パルセータ）、蓄電池（電極に塗布するスラリーの増粘剤）の6製品において適用可能性が高いことがわかった。</li> </ul>
(3) 2020年における実現対象製品・部位の特定（住宅建材分野）	適用可能性評価の評価軸の設定	<ul style="list-style-type: none"> <li>住宅建材におけるCNFの適用可能性を検討するにあたっての評価指標として、「住宅建材の市場環境」、「シーズ適合性」、「CO<sub>2</sub>削減可能性」、「ニーズ適合性」、「実証容易性」を設定した。</li> </ul>
	検証対象とした部材・部位等の選定	<ul style="list-style-type: none"> <li>導入によるCO<sub>2</sub>削減への寄与が特に高い「開口部（窓）」「断熱材」を主なターゲットと設定し、物性やメーカー等ニーズを踏まえながら、検証対象とする部位・部材を10選定した。</li> </ul>

区分	実施項目	実施内容
	個別部材における適用可能性の検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>・検証対象とした10部位・部材について、評価指標を踏まえ、適用可能性の検討を行った。</li> <li>・結果として、窓ガラス（ガラス代替）は強度の面から、ユニットバス用断熱材はメーカーニーズの面から、ヒートポンプ給湯器の貯湯槽断熱材は既存製品と比較した優位性及びCNF真空断熱材の実証は難しいと考えられることから、適用可能性は低いと判断した。</li> </ul>
	住宅建材分野における適用可能性評価（まとめ）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・評価指標に基づく適用可能性評価結果として、2020年の実現可能性に向けて、「窓枠」、「窓ガラス（ガラス断熱）」、「エアロゲル断熱材（超臨界乾燥由来）」、「エアロゲル断熱材（常圧乾燥由来）」、「発泡断熱材（工場成形）」、「発泡断熱材（現場施工）」、「給湯配管断熱材」の適用可能性が高いことがわかった。</li> </ul>
(4) 評価項目・方法の整理	CNFを用いた家電及び住宅建材の評価項目・評価方法の整理	<ul style="list-style-type: none"> <li>・家電及び住宅建材の製品・部位としての必要機能及び指標について、JIS規格等を基に、基本性能、安全性能、環境性能の3つの区分に分け、対象部位別の評価項目及び必要水準を設定した。</li> </ul>
	CO <sub>2</sub> 排出削減量に関する評価項目・評価方法の整理	<ul style="list-style-type: none"> <li>・『セルロースナノファイバーを用いた家電部材及び住宅建材に関するLCAガイドライン（案）』を作成した。</li> <li>・LCAガイドライン（案）に基づき、公表されている既存のLCAデータや性能評価事業者からの提供値を用いて、製品別のCO<sub>2</sub>削減量を概算した。</li> </ul>
(5) モデル事業の推進計画の策定	環境省CNF等事業の整理	<ul style="list-style-type: none"> <li>・環境省が実施する「地域FS業務」、「性能評価業務」、「製造工程低炭素化業務」、「導入実証業務」、「バイオマスプラスチック検証業務」といった事業に関して、事業概要や本業務との連携の可能性等を整理した。</li> </ul>
	モデル事業の進捗状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>・平成27年度に策定したモデル事業の推進計画（工程表）と比較して、概ね計画通りに進行していることを確認した。</li> </ul>
	CNFの普及促進方策	<ul style="list-style-type: none"> <li>・家電メーカーや住宅建材メーカーへのヒアリング調査結果を基に、CNF導入促進に係るニーズ・課題を視点別に整理した。</li> <li>・CNF導入の促進方策を検討するにあたっての手法区分を整理し、区分に従って家電及び住宅建材へのCNF導入を促進するための施策を検討・整理した。</li> </ul>
	新規モデル事業の検討（課題及び実現可能性等の検討を含む）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・平成29年度以降の新規モデル事業として、家電分野7種類、住宅建材分野7種類のモデル事業の提案を行うとともに、想定される検証要件や想定される課題と解決策を整理した。</li> </ul>
	モデル事業の費用対効果（採算性）の分析	<ul style="list-style-type: none"> <li>・モデル事業の想定費用と製品別のCO<sub>2</sub>削減量の算定結果をもとに、モデル事業別の費用対効果を分析した。</li> <li>・分析結果より、CO<sub>2</sub>削減量並びに費用対効果の観点から、「給湯配管」、「樹脂窓枠」、「冷蔵庫（筐体の板金部分）」、「窓ガラス（複層ガラス内部の断熱）」、「エアロゲル断熱材（常圧乾燥由来）」、「発泡断熱材」、「エアコン（室外ファン）」の順で費用対効果が良いことがわかった。</li> </ul>
	モデル事業の推進計画の策定	<ul style="list-style-type: none"> <li>・上記を踏まえ、実現可能性があるると判断されたモデル事業について、推進計画を策定した。</li> </ul>

区分	実施項目	実施内容
(6) 広報資料の更新・見直し	広報資料(リーフレット)内容の更新・見直し	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「平成 27 年度セルロースナノファイバーを活用したモデル事業の推進計画の策定委託業務」において作成した広報資料(リーフレット)の内容を見直し、本年度の事業を踏まえ、より一般消費者に訴求する内容とするため、家電及び住宅建材を含めたイメージ図の作成などを行った。</li> <li>・作成した広報資料(リーフレット)は、環境関係イベントであるエコプロ 2016 において、2,500 部を印刷し、配布した。</li> </ul>
(7) 本年度業務のまとめと課題の整理	本年度業務のまとめ(主な成果)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・本年度業務の主な成果をまとめた。</li> </ul>
	今後の課題と対応方針案	<ul style="list-style-type: none"> <li>・今後の課題と対応方針案として、「実現目標の進捗管理等」、「CNFのリサイクルに関するモデル事業の実施」、「各モデル事業の確実な工程管理」、「モデル事業間の連携・情報共有」、「効果的・継続的な広報」、「多様な主体の多様な取組に対する支援」、「2030年以降の低炭素社会実装を目指したインキュベート」の7つを提示した。</li> </ul>



#### 1.4 業務の実施体制

本業務は平成 28 年度環境省委託業務として、株式会社エックス都市研究所を代表事業者とし、デロイトトーマツコンサルティング合同会社を共同事業者とする 2 社の共同実施体制により実施した。また、特定非営利活動法人循環型社会推進センターを再委託者とした。実施体制図を図 1-2 に示す。

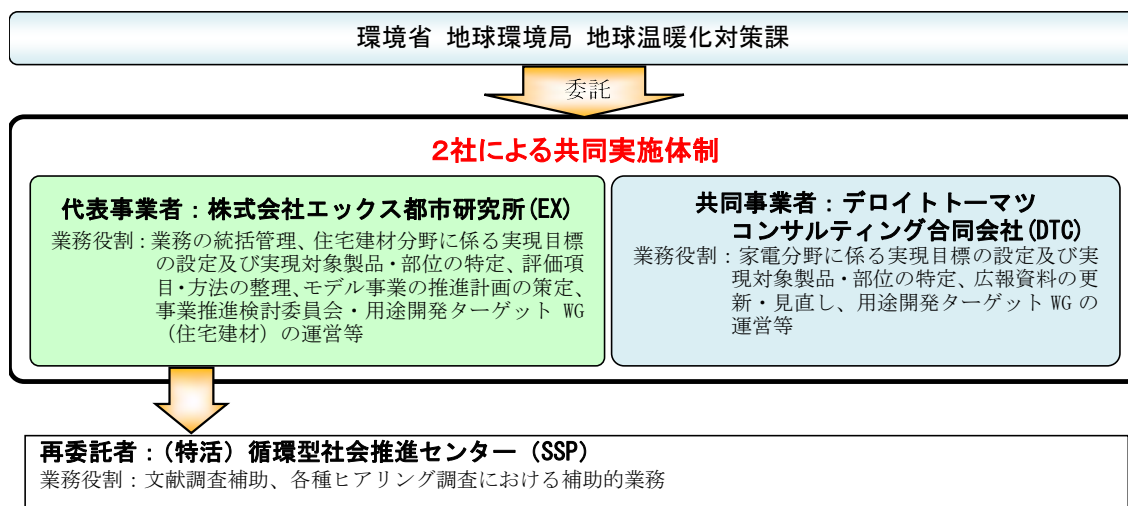


図 1-2 実施体制図

## 1.5 文献調査の実施概要

本業務の実施に当たっては、多くの CNF 関連文献、家電関連文献、住宅建材関連文献を調査した。主な文献（例）を表 1-2 に示す。

表 1-2 本業務で参考とした文献（例）

分野	文献名	出版社/著者名	引用箇所
家電	家電が一番わかる：生活家電から情報家電、さらには美容家電まで身近な家電製品を通して先端の技術を探る	技術評論社/涌井良幸, 涌井貞美 著	対象部位の特定
	家電産業ハンドブック 2015(平成27年)	一般財団法人家電製品協会	対象製品の選定、家電の市場環境調査
	家電製品エンジニア資格 生活家電の基礎と製品技術 2016年版	NHK 出版/一般財団法人家電製品協会 編	対象製品の選定、対象部位の特定
	暮らしと家電製品	一般財団法人家電製品協会	対象製品の選定、家電の市場環境調査
	「分解!」家電品を分解してみると!：壊せば道理が見えてくる	技術評論社/藤瀧和弘 著	対象部位の特定
住宅建材	よくわかる最新断熱・気密の基本と仕組み	秀和システム/堀清孝	対象部位・部材の選定
	最高の断熱・エコ住宅を作る方法	株式会社エクスナレッジ/西方里見	対象部位・部材の選定
	省エネ・エコ住宅設計究極マニュアル	エクスナレッジムック/野池政宏	対象部位・部材の選定
	環境共生住宅早分かり設計ガイド(戸建住宅編)	株式会社創樹社/一般財団法人環境共生住宅推進協議会編	対象部位・部材の選定
	世界で一番やさしい建築材料	エクスナレッジムック/area045『建築材料』編纂チーム	対象部位・部材の選定
	性能からみた建築材料設計用教材	彰国社/建築材料設計研究会編著	対象部位・部材の選定
	2014/2015 建材・住宅設備統計要覧	一般社団法人 日本建材・住宅設備産業協会	対象部位・部材の選定、住宅建材の市場環境調査

## 1.6 ヒアリング調査の実施概要

本業務の実施に当たっては、家電分野では延べ13回、住宅建材分野では延べ23回のヒアリング調査を行い、多くの方々のご協力を賜った。本業務で実施したヒアリング調査の概要を表1-3～4に示す。

表1-3 本業務で実施したヒアリング調査の概要（家電分野）※延べ13回

区分	対象者	実施日	ヒアリング概要	
学識者	A	平成28年5月17日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ CNFに対する取組状況</li> <li>・ CNFの家電製品への適用可能性 (家電製品でのCNFの強み、家電製品でのCNFのニーズ)</li> <li>・ CNF代替により得られる効果(軽量化、高効率化)に関するデータ</li> <li>・ 環境省事業への協力可能性</li> </ul>	
電機メーカー	B	平成28年5月27日		
電機メーカー	C	平成28年5月27日		
工業用薬剤の材料メーカー	D	平成28年6月7日		
電機メーカー	C	平成28年6月22日		
電機メーカー	E	平成28年6月22日		
学識者	F	平成28年7月4日		
電機メーカー	G	平成28年9月26日		
電子部品メーカー	H	平成28年10月20日		
学識者	A	平成28年11月10日		
電機メーカー	E	平成28年12月14日		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 個別部材へのCNF適用における検証要件や課題及び解決策</li> <li>・ 性能評価のためのコスト及び期間</li> </ul>
電機メーカー	C	平成28年12月15日		
学識者	A	平成28年12月15日		

※対象者は報告書上では匿名としている。

表 1-4 本業務で実施したヒアリング調査の概要（住宅建材分野）※延べ23回

区分	対象者	実施日	ヒアリング概要
学識者	A	平成 28 年 5 月 23 日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ CNF に対する取組状況</li> <li>・ CNF の住宅建材への適用可能性 (住宅建材での CNF の強み、住宅建材での CNF のニーズ)</li> <li>・ CNF 代替により得られる効果(高強度化、高断熱化)に関するデータ</li> <li>・ 個別部材への CNF 適用における検証要件や課題及び解決策</li> <li>・ 性能評価のためのコスト及び期間</li> <li>・ 環境省事業への協力可能性</li> </ul>
建材メーカー	B	平成 28 年 6 月 6 日	
学識者	C	平成 28 年 6 月 7 日	
産業支援機関	D	平成 28 年 6 月 10 日	
研究所	E		
建材メーカー	F	平成 28 年 6 月 14 日	
製紙メーカー	G	平成 28 年 6 月 15 日	
ハウスメーカー	H	平成 28 年 6 月 28 日	
業界団体	I	平成 28 年 7 月 4 日	
建材メーカー	J	平成 28 年 7 月 11 日	
ハウスメーカー	K	平成 28 年 7 月 28 日	
コンサルタント	L	平成 28 年 8 月 3 日	
建材メーカー	M	平成 28 年 9 月 12 日	
断熱材メーカー	N	平成 28 年 9 月 16 日	
建材メーカー	O	平成 28 年 10 月 21 日	
建材メーカー	K	平成 28 年 11 月 4 日	
建材メーカー	P	平成 28 年 11 月 9 日	
化成品メーカー	Q		
建材メーカー	R	平成 28 年 11 月 9 日	
建材メーカー	B	平成 28 年 11 月 10 日	
学識者	A		
建材メーカー	R	平成 28 年 11 月 14 日	
ハウスメーカー	K		
学識者	S	平成 28 年 12 月 14 日	
研究所	T	平成 28 年 12 月 14 日	
学識者	S	平成 29 年 2 月 14 日	
学識者	A		

※対象者は報告書上では匿名としている。

## 1.7 事業推進検討委員会の設置・運営

本業務では、事業推進検討委員会を設置・運営した。事業推進検討委員会設置の目的等、事業推進検討委員会の委員構成、主な議事及び配布資料を以下に示す。

### (1) 事業推進検討委員会設置の目的等

事業の普及促進、ひいては環境保全と環境産業の発展による経済活性化に資するために必要な事項について、専門的な知見を得ることを目的とした。

主な検討事項を以下に示す。

- 1) 2020年及び2030年における実現目標の設定
- 2) 2020年における実現対象製品・部位の特定
- 3) 評価項目・方法の整理
- 4) モデル事業の推進計画の策定
- 5) 広報資料の更新・見直し
- 6) その他、事業の運営等に係る事項

### (2) 事業推進検討委員会の委員構成

事業推進検討委員会は、学識者4名、業界団体1名、民間企業1名、自治体関係1名の計7名で構成し、その他オブザーバー1名を招聘した。

### (3) 実施回数

全3回（8月、11月、2月）開催した。

### (4) 主な議事及び配布資料

主な議事及び資料を表1-5に示す。

表 1-5 事業推進検討委員会の主な議事及び配布資料

回	日付・場所	主な議事	配布資料
第1回	平成28年8月25日(木) 17:00～19:00 弘済会館「梅(東)」	<ol style="list-style-type: none"> <li>CNFに関する環境省の取組みについて</li> <li>平成28年度業務の実施計画について</li> <li>住宅建材分野における2020年及び2030年の実現目標の設定について</li> <li>家電分野における2020年及び2030年の実現目標の設定について</li> <li>用途開発ターゲットWGの進め方について</li> <li>全体討議</li> <li>その他</li> </ol>	<p>資料1-1 平成27年度環境省セルロースナノファイバー事業概要</p> <p>資料1-2 平成28年度セルロースナノファイバー性能評価モデル事業委託業務 公募要領</p> <p>資料2 平成28年度業務実施計画書(案)</p> <p>資料3-1 住宅建材へのCNFの適用に関する検討結果(中間案)</p> <p>資料3-2 住宅建材分野における2020年及び2030年の実現目標の設定について(素案)</p> <p>資料4-1 家電へのCNFの適用に関する検討結果(中間案)</p> <p>資料4-2 家電分野における2020年及び2030年の実現目標の設定について(素案)</p> <p>資料5 用途開発ターゲットWGの進め方(案)</p> <p>参考資料1:趣意書(案)</p> <p>参考資料2:事業推進検討委員会 設置要綱</p> <p>参考資料3:平成28年度版広報資料(案)</p>
第2回	平成28年11月21日(月) 16:00～18:00 弘済会館「梅(東)」	<ol style="list-style-type: none"> <li>前回議事と対応方針案及び各CNFモデル事業の進捗状況について</li> <li>2020年の実現対象製品・部位の特定について</li> <li>CNF事業の評価項目及び評価方法について</li> <li>モデル事業の推進計画(中間イメージ)について</li> <li>全体討議</li> <li>その他</li> </ol>	<p>資料1-1 第1回事業推進検討委員会 議事録(案)</p> <p>資料1-2 第1回事業推進検討委員会における委員コメントとその対応方針(案)</p> <p>資料1-3 各CNFモデル事業の進捗状況</p> <p>資料2-1 家電等に関する適用可能性評価(案)</p> <p>資料2-2 住宅建材に関する適用可能性評価(案)</p> <p>資料3-1 CO<sub>2</sub>排出削減以外に関する評価項目・評価方法の整理(案)</p> <p>資料3-2 CO<sub>2</sub>排出削減に関する評価項目・評価方法の整理(案)</p> <p>資料4 モデル事業の推進計画(中間イメージ)</p> <p>参考資料1:事業推進検討委員会 設置要綱</p> <p>参考資料2:平成28年度環境省セルロースナノファイバー事業概要</p> <p>参考資料3:平成28年度セルロースナノファイバー性能評価モデル事業(早期社会実装に向けた導入実証)委託業務 公募要領(二次)</p> <p>参考資料4:CNFに関する情報共有リスト</p>
第3回	平成29年2月16日(木) 15:00～17:00 弘済会館「菊(東)」	<ol style="list-style-type: none"> <li>前回議事と対応方針(案)について</li> <li>2020年及び2030年の実現目標の設定について</li> <li>2020年の実現対象製品・部位の特定について</li> <li>住宅建材分野における2020年の実現対象製品・部位の特定について</li> <li>家電分野における2020年の実現対象製品・部位の特定について</li> <li>CNF事業の評価項目及び評価方法について</li> <li>CNFを用いた家電及び住宅建材の評価項目・評価方法について</li> <li>CNFを用いた家電及び住宅建材のCO<sub>2</sub>排出削減に関する評価方法について</li> <li>モデル事業の推進計画について</li> <li>その他</li> </ol>	<p>資料1-1 第2回事業推進委員会 議事録(案)</p> <p>資料1-2 第2回事業推進委員会における委員コメントとその対応方針(案)</p> <p>資料2 家電及び住宅建材分野における2020年及び2030年の実現目標の設定について(案)</p> <p>資料2別添 2020年及び2030年の実現目標(案)の妥当性について</p> <p>資料3-1 住宅建材分野における2020年の実現対象製品・部位の特定について(最終案)</p> <p>資料3-2 家電分野における2020年の実現対象製品・部位の特定について(最終案)</p> <p>資料4-1 CNFを用いた家電及び住宅建材の評価項目・評価方法の整理(案)</p> <p>資料4-2 CNFを用いた家電及び住宅建材のCO<sub>2</sub>排出削減に関する評価方法の整理(案)</p> <p>資料4-2別冊 CNFを用いた家電部材及び住宅建材に関するLCAガイドライン(案)</p> <p>資料5 モデル事業の推進計画(案)</p> <p>参考資料1:事業推進検討委員会 設置要綱</p> <p>参考資料2:NCV(Nano Cellulose Vehicle)プロジェクト概要</p> <p>参考資料3:平成28年度CNF性能評価モデル事業委託業務 二次公募結果</p> <p>参考資料4:セルロースナノファイバー(CNF)等の次世代素材活用推進事業平成29年度予算(案)</p> <p>参考資料5:広報資料「セルロースナノファイバーの社会実装に向けた環境省の取組」</p>

## 1.8 用途開発ターゲットWGの設置・運営

本業務では、用途開発ターゲットWGを設置・運営した。本年度業務は検討対象が家電分野及び住宅建材分野に分かれていることから、WGもそれぞれ分けて設置・運営した。用途開発ターゲットWG設置の目的等、用途開発ターゲットWGの委員構成、主な議事及び配布資料を以下に示す。

### (1) 用途開発ターゲットWG設置の目的等

家電分野及び住宅建材分野等へのCNF適用によるエネルギー効率向上や断熱性能の向上等に関する知見を得ることを主な目的として、以下の内容を検討した。

- 1) 家電分野及び住宅建材分野等におけるCNFの特性
- 2) 2020年における実現対象製品・部位の特定
- 3) 評価項目・方法の整理
- 4) モデル事業推進計画の策定

### (2) 用途開発ターゲットWGの委員構成

用途開発ターゲットWGは、以下の10名の委員で構成した。

家電分野：学識者1名、メーカー4名の計5名

住宅建材分野：学識者1名、メーカー4名の計5名

### (3) 実施回数

全3回（9月、11月、1月）実施した。なお、11月に関しては家電分野、住宅建材分野でそれぞれ別途開催した。

### (4) 主な議事及び配布資料

主な議事及び配布資料を表1-6に示す。

表 1-6 用途開発ターゲットWGの主な議事及び配布資料

回	日付・場所	主な議事	配布資料
第1回 (家電・住宅建材共通)	平成 28 年 9 月 29 日 (木) 15 : 00 ~ 17 : 00 弘済会館 4 階梅「中・ 西」	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. CNFに関する環境省の取り組みと本WGの目的について</li> <li>2. 家電分野におけるCNF適用に関する検討について</li> <li>3. 住宅建材分野におけるCNF適用に関する検討について</li> <li>4. 家電及び住宅建材分野における性能評価モデル事業について</li> <li>5. 全体討議</li> <li>6. その他</li> </ol>	資料 0-1 座席表 資料 0-2 委員名簿 資料 1-1 用途開発ターゲットWG設置要綱 資料 1-2 セルロースナノファイバーの社会実装に向けた環境省の取り組み 資料 2 家電へのCNFの適用に関する検討結果(中間案) 資料 3 住宅建材へのCNF適用に関する検討結果(中間案) 資料 4 家電及び住宅建材分野における「性能評価モデル事業」のイメージ(素案)  参考資料 1 : 趣意書(案) 参考資料 2 : 平成 28 年度セルロースナノファイバー性能評価モデル事業委託業務公募要領 参考資料 3 : 平成 28 年度実施計画書 参考資料 4 : CNFの物性・特徴等 参考資料 5 : 平成 28 年度版広報資料(案)
第2回 (住宅建材分野)	平成 28 年 11 月 17 日 (木) 15 : 00 ~ 17 : 00 弘済会館 4 階梅「東」	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 前回議事及び対応方針案とモデル事業の進捗について</li> <li>2. 「セルロースナノファイバーの基礎と応用展開」(委員からのプレゼンテーション)</li> <li>3. CNF適用可能性の検討結果(中間報告)</li> <li>4. 全体討議</li> <li>5. その他</li> </ol>	資料 0-1 座席表 資料 0-2 委員名簿 資料 1-1 第1回用途開発ターゲットWG議事録(案) 資料 1-2 第1回用途開発ターゲットWGの指摘事項について 資料 1-3 各CNFモデル事業の進捗状況報告 資料 2 「セルロースナノファイバーの基礎と応用展開」 資料 3-1 窓枠へのCNF適用可能性の検討結果(中間案) 資料 3-2 窓ガラスの代替としてのCNF適用可能性の検討結果(中間案) 資料 3-3 断熱材へのCNF適用可能性の検討結果(中間案) 資料 3-4 その他建材等へのCNF適用可能性の検討結果(中間案) 資料 3-5 戸建住宅へのCNF導入実証モデル事業の検討結果(中間案) 資料 3-6 集合住宅へのCNF導入実証モデル事業の検討結果(中間案)  参考資料 1 平成 28 年度セルロースナノファイバー性能評価モデル事業委託業務公募要領(二次) 参考資料 2 用途開発ターゲットWG 設置要綱 参考資料 3 住宅建材へのCNFの適用に関する検討結果(中間案) ※第1回WG資料 参考資料 4 2020 年及び 2030 年の実現目標について(素案) ※第1回委員会資料 参考資料 5 CNFに関する情報共有リスト



回	日付・場所	主な議事	配布資料
第2回 (家電分野)	平成 28 年 11 月 18 日 (金) 13 : 00 ~ 15 : 00 デロイト トーマツ コンサルティング 合同会社 17 階会議 室	1. 第1回用途開発ターゲットWG Gの指摘事項について 2. 委員からのプレゼンテーシ ョン 3. CNF適用可能性の検討結果 (中間報告) 4. 全体討議	資料0-1 座席表 資料0-2 委員名簿 資料1 第1回用途開発ターゲットWGの指摘事項につい て 資料2 委員からのプレゼンテーション(補足資料付) 資料3-1 エアコン(室外ファン)へのCNF適用可能性の検 討結果(中間案) 資料3-2 照明(面発光LEDの導光板)へのCNF適用可能 性の検討結果(中間案) 資料3-3 センサー(基板)へのCNF適用可能性の検討結 果(中間案) 資料3-4 蓄電池(電極に塗布するスラリーの増粘剤、セパ レータ)へのCNF適用可能性の検討結果(中間案) 資料3-5 産業用エアフィルタへのCNF適用可能性の検討 結果(中間案) 資料3-6 冷蔵庫へのCNF適用可能性の検討結果(中間案) 資料3-7 (参考)太陽電池へのCNF適用可能性の検討結果 (中間案) 資料3-8 (参考)テレビへのCNF適用可能性の検討結果(中 間案)  参考資料1 平成28年度セルロースナノファイバー性能評価 モデル事業委託業務公募要領(二次) 参考資料2 用途開発ターゲットWG 設置要綱 参考資料3 2020年及び2030年の実現目標について(素案) ※第一回事業推進検討委員会資料 参考資料4 CNFに関する情報共有リスト
第3回 (家電・住宅建材共通)	平成 29 年 1 月 26 日 (木) 15 : 00 ~ 17 : 00 デロイト トーマツ コンサルティング 合同会社 17 階会議 室	1. 前回議事と対応方針(案) について 2. 2020年及び2030年の実現目 標のイメージについて 3. 住宅建材分野における個別 部材の適用可能性評価結果 及び性能評価モデル事業に ついて 4. 家電分野における個別製 品の適用可能性評価結果及 び性能評価モデル事業につ いて 5. 戸建・集合住宅に関する性 能評価モデル事業について 6. 実現目標(案)の妥当性に ついて 7. 全体討議 8. その他	資料0-1 座席表 資料0-2 委員名簿 資料1-1 第2回用途開発ターゲットWG(住宅建材)議事録 (案) 資料1-2 第2回用途開発ターゲットWG(住宅建材)でのコ メントとその対応方針(案) 資料1-3 第2回用途開発ターゲットWG(家電)議事録(案) 資料1-4 第2回用途開発ターゲットWG(家電)でのコメン トとその対応方針(案) 資料2 2020年及び2030年の実現目標の設定(共通目標)(素 案) 資料3 住宅建材分野における個別部材の適用可能性評価結 果及び性能評価モデル事業(案) 資料4 家電分野における個別部材の適用可能性評価結果及 び性能評価モデル事業(案) 資料5 戸建・集合住宅に関する性能評価モデル事業(案) 資料6 2020年及び2030年の実現目標(素案)の妥当性に ついて  参考資料1 用途開発ターゲットWG設置要綱 参考資料2 NCV(Nano Cellulose Vehicle)プロジェクト概 要 参考資料3 セルロースナノファイバー(CNF)等の次世代 素材活用推進事業 平成29年度予算(案) 参考資料4 平成28年度セルロースナノファイバー性能評価 モデル事業(早期社会実装に向けた導入実証)委 託業務(二次)の採択案件について(環境省報道 発表2017/1/12)

## 第2章 本業務で用いる略語等の解説

本章では、本業務で用いる略語等を解説する（表 2-1）。

表 2-1 本業務で用いる CNF に関する略語等

略語等	英文	和文あるいは解説
3EID	Embodied Energy and Emission Intensity Data for Japan Using Input-Output Tables	産業連関表による環境負荷原単位データブック
ABS	acrylonitrile-butadiene-styrene	アクリロニトリルブタジエンスチレン加工性に優れた熱可塑性プラスチック
Aerogel	—	超臨界乾燥法を用いて得られる低密度構造体 本報告書では、常圧乾燥法を用いて得られる低密度構造体も同様にエアロゲルと定義する
BMC	Bulk Molding Compound	不飽和ポリエステル樹脂とガラス繊維を混合した熱硬化樹脂成形材料
BOD	biochemical oxygen demand	生物化学的酸素要求量
CFCs	chlorofluorocarbon's	クロロフルオロカーボン類 フロン回収破壊法の対象ガスのひとつ
CFP	Carbon footprint	カーボンフットプリント 原料調達～廃棄にいたるライフサイクルでのCO <sub>2</sub> 排出量
CH <sub>4</sub>	methane	メタン
CLT	Cross Laminated Timber	直交集成板
CMC	carboxymethyl cellulose	カルボキシメチルセルロース セルロース誘導体のひとつ
CNF	Cellulose Nano Fiber	セルロースナノファイバー 幅 3~100nm アスペクト比 50 以上 機械的または化学的解繊等で製造
CO <sub>2</sub>	Carbon Dioxide	二酸化炭素
COD	Chemical Oxygen Demand	化学的酸素要求量
dB	decibel	デシベル 音響透過損失の単位
DVD	digital versatile disk	デジタル多用途ディスク
EL	Electro Luminescence	電界発光 特定の有機物などに電圧をかけると、有機物が光る現象
EMS	Energy Management System	エネルギー管理システム
ESG	Environment, Society, Governance	環境・社会問題・企業統治 持続可能な投資の観点
FIX	Fix Window	フィックス窓（開閉することができないはめ殺しの窓）
FS	feasibility study	実現可能性調査
G2	Grade two	HEAT20 の推奨グレード G1 よりも厳しい断熱性能
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産 最も一般的な経済指標

略語等	英文	和文あるいは解説
gf	gram-force	グラム重量 MKS 重力単位系における重さおよび力の単位
GFRP	Glass Fiber Reinforced Plastics	ガラス繊維により熱硬化性プラスチックを強化したもの
GHG	greenhouse gas	温室効果ガス
GPa	Giga pascal	ギガパスカル、圧力の単位
GWP	Global Warming Potential	地球温暖化係数
HCFCs	hydrochlorofluorocarbons's	ハイドロクロロフルオロカーボン類 フロン回収破壊法の対象ガスのひとつ
HDPE	High Density Polyethylene	高密度ポリエチレン
HEAT20	Investigation committee of Hyper Enhanced insulation and Advanced Technique for 2020 houses	2020 年を見据えた住宅の高断熱化技術開発委員会
HEMS	Home Energy Management System	ホーム エネルギー マネジメント システム
HEMS	Home Energy Management System	住宅のエネルギー管理システム
HFC	Hydrofluorocarbon	ハイドロフルオロカーボン
HFCs	Hydrofluorocarbon's	ハイドロフルオロカーボン類
IDEA	Inventory Database for Environmental Analysis	ライフサイクルインベントリデータベースの名称
IH	induction heating	誘導加熱を原理とする電磁調理器
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	気候変動に関する政府間パネル
ISO	International Organization for Standardization	国際標準化機構
ITO	Indium Tin Oxide	酸化インジウムスズ
Izod	Izod impact strength	アイゾット衝撃試験
JIS	Japanese Industrial Standards	日本工業規格
kN	kilo newton	キロニュートン SI 単位系の力を表す単位名称 1 kN=102kgf
kWh	Kilowatt hour	電力量
LCA	Life Cycle Assessment	ライフサイクルアセスメント 製品やサービスのライフサイクルを通じた環境への影響を評価する手法
LCCO <sub>2</sub>	Life Cycle CO <sub>2</sub>	ライフサイクルCO <sub>2</sub> 製品やサービスの原料調達から廃棄までのライフサイクルを通じたCO <sub>2</sub> 排出量
LCI	Life Cycle Inventory	ライフサイクルインベントリ分析 天然資源、エネルギー使用量、環境負荷物質(二酸化炭素など) 排出量を算出する
LCR	Life Cycle Resource	ライフサイクル資源量
LCW	Life Cycle Waste	ライフサイクル廃棄物量

略語等	英文	和文あるいは解説
LED	Light Emitting Diode	発光ダイオード
LIME2	Life cycle Impact assessment Method based on Endpoint modeling	日本版被害算定型ライフサイクル環境影響評価手法の第二版
lm/W	lumen per watt	単位電力あたりの全光束
Low-E	Low Emissivity	低放射) の略で、複層ガラスのうち、その内面に特殊な金属膜を設けたものをいう。
LP	Liquefied Petroleum Gas	液化石油ガス
LPE	Low Density Polyethylene	低密度ポリエチレン
MDPE	medium density polyethylene	中密度ポリエチレン
N <sub>2</sub> O	dinitrogen monoxide	一酸化二窒素
NF <sub>3</sub>	nitrogen trifluoride	三ふっ化窒素
NO <sub>x</sub>	nitrogen oxide	窒素酸化物
N 値	N-value	標準貫入試験で求められる地盤の強さ
P3HT	Poly-3-hexyl thiophene	ポリ-3-ヘキシルチオフェン p 型有機半導体のひとつ
PA	Polyamide	アミド結合 (-CONH-) をもつ重合体を総称してポリアミドという。
PA11	polyamide11	ポリアミド 11 (一般にはナイロンの名で知られている。11 はひまし油を原料とするバイオプラスチックである)
PA6	polyamide6	6 ナイロン(現在、日本国内で生産されるポリアミドの殆ど, エンジニアリングプラスチックとして、また繊維素材として用いられる。)
PA66	Polyamide66	ナイロン 6 6 ナイロン 6 より耐熱性に優れる。
PC	polycarbonate	ポリカーボネート 透明熱可塑性プラスチック
PCBM	Phenyl C61-Butyric acid Methyl ester	フラーレン誘導体 有機薄膜太陽電池の電子受容体
PCR	Product Category Rule	商品種別算定基準 カーボンフットプリント制度で使用される。
PE	polyethylene	ポリエチレン
PFC	perfluorocarbon	パーフルオロカーボン 地球温暖化ガスのひとつ
POM	polyoxymethylene	ポリオキシメチレン(ポリアセタール) 成形加工温度が 190℃以下で C N F の耐熱温度以下で加工できる熱可塑性エンブラ
PP	polypropylene	ポリプロピレン 代表的な熱可塑性プラスチックであり、結晶性のものに分類される
PSE	Product Safety, Electrical appliance and materials	電気用品安全法に定める電気用品に付される安全表示マーク
PUR	Polyurethane	ポリウレタン 熱硬化性樹脂のひとつ

略語等	英文	和文あるいは解説
PVC	Polyvinyl chloride	ポリ塩化ビニル (塩化ビニル樹脂)
QF	Quality Factor	性能指数 フィルタの性能評価に使用される
RC	reinforced concrete construction	鉄筋コンクリート造
RH	relative humidity	相対湿度
SF6	sulfur hexafluoride	六フッ化硫黄
SMC	Sheet Mold Compound	不飽和ポリエステル樹脂 熱硬化性樹脂
SOx	sulfur oxide	硫黄酸化物
SRC	steel-framed reinforced concrete	鉄骨鉄筋コンクリート造
SS400	Rolled steels for general structure	一般構造用圧延鋼板の中の一つの種別記号
T-4	—	JIS A4706:2000 (サッシ) で定める遮音性能の等級 T-4 は最も遮音性が高い
t-C/kWh	metric ton Carbon per kilowatt-hour	炭素換算電力排出係数
t-CO <sub>2</sub>	ton CO <sub>2</sub>	二酸化炭素換算の重量
TEMPO	2, 2, 6, 6-tetramethylpiperidine 1-oxyl radical	2, 2, 6, 6-テトラメチルピペリジン 1-オキシル (2, 2, 6, 6-tetramethylpiperidine 1-oxyl radical) の略称である。
TRA	Technology Readiness Assessment	技術熟度評価制度 1980 年代、アメリカ連邦航空宇宙局 (NASA) によって 考案された。
UA	—	外皮平均熱貫流率
VOC	Volatile Organic Compounds	揮発性有機化合物
VTR	videotape recorder	ビデオテープレコーダー
W/(m <sup>2</sup> ·K)	thermal transmittance	熱貫流率の S I 単位
W/(m·K)	thermal conductivity	熱伝導率の S I 単位
WPC	Woodfiber-Plastic. Composites	木材・プラスチック複合材料
ZEH	Net Zero Energy House	ゼッチ (ネット・ゼロ・エネルギー・ハウスの略)
η A	—	冷房期の平均日射熱取得率
μ	micron	ミクロン 国際単位系 (SI) の接頭辞 100 万分の 1

### 第3章 2020年及び2030年における実現目標の設定

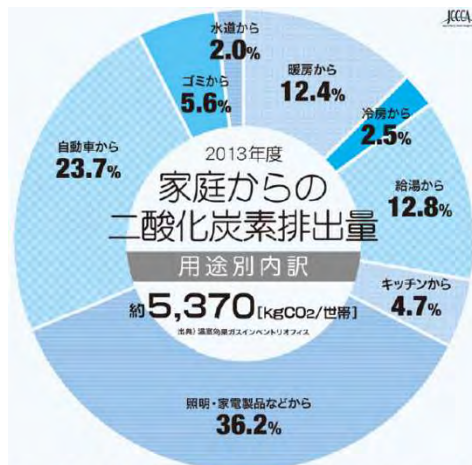
本章では、2020年及び2030年における実現目標の設定について調査・整理を行った結果を示す。

#### 3.1 背景となる社会情勢等

##### 3.1.1 わが国の家庭部門におけるCO<sub>2</sub>排出量の現状

2013年度の家庭からのCO<sub>2</sub>排出量用途別内訳を図3-1に、住宅の性能基準別年間冷暖房エネルギー消費量原単位を図3-2に示す。

家庭からのCO<sub>2</sub>排出量のうち、冷暖房や照明・家電製品からのCO<sub>2</sub>排出量の占める割合は大きい。また、住宅の性能基準別に見た年間冷暖房エネルギー消費量には大きな差が生じていることが分かる。



引用：全国地球温暖化防止活動推進センターHP (<http://www.jccca.org/>) より

図3-1 2013年度の家庭からのCO<sub>2</sub>排出量用途別内訳 (GJ/年・戸)

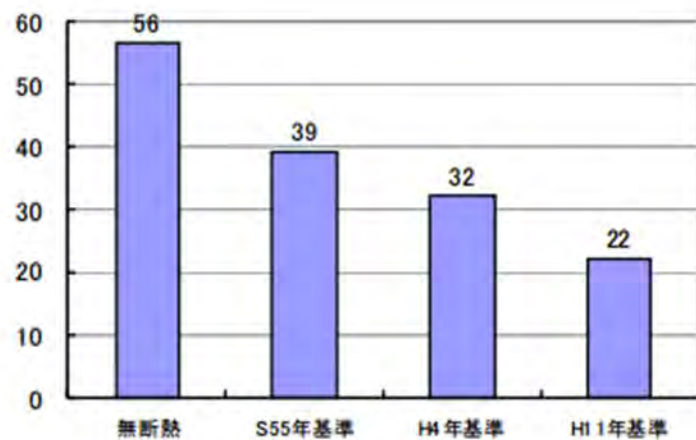


図3-2 住宅の性能基準別年間冷暖房エネルギー消費量原単位

(出典) 国土交通省資料

### 3.1.2 家庭部門におけるCO<sub>2</sub>排出削減量に関する数値目標

2014年のIPCC（気候変動に関する政府間パネル）において、

①2050年までに40～70%削減（2010年比）

②21世紀末までに排出をほぼゼロにする

等の必要性を報告書に取りまとめている。

また、第4次環境基本計画（2012年4月閣議決定）では、2050年までに世界全体の温室効果ガスの排出量を少なくとも半減するとの目標をすべての国と共有するよう努め、長期的な目標として2050年までに80%の温室効果ガスの排出削減を目指す、としている。

さらに、平成27年7月17日に、気候変動枠組条約事務局へ提出したわが国の約束草案では、国内の排出削減・吸収量の確保により、2030年度に2013年度比▲26.0%（2005年度比▲25.4%）の水準（約10億4,200万t-CO<sub>2</sub>）にするとしている。

産業・運輸・業務・家庭・エネルギー転換の各部門別に2030年度の削減目標が設定されているが、家庭部門に関しては、2013年度比で39.3%との目標値が設定されている。

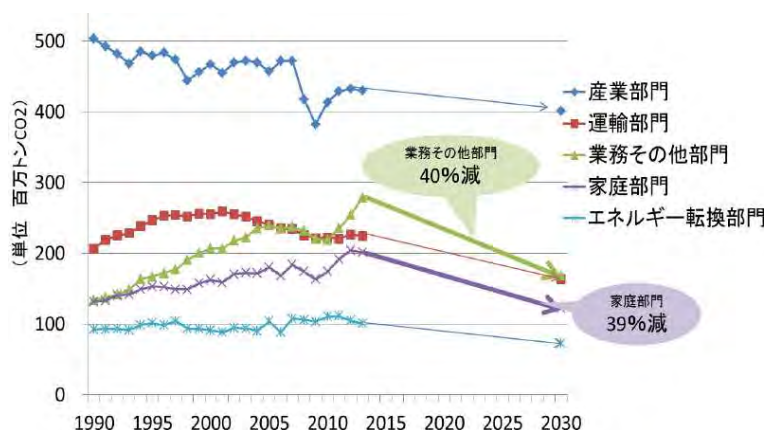


図 3-3 部門別CO<sub>2</sub>排出量の推移

（出典）2050年を見据えた温室効果ガスの大幅削減に向けて（環境省）

	1990年度	2005年度	2012年度	2013年度	2020年度排出目標	2030年度排出目標	2050年度排出目標
合計	1066.4	1220	1221	1235	800	927	213
増減比		1990年比 14%増	1990年比 14%増	1990年比 16%増	1990年比 25%減	2013年比 26%減	1990年 比80%減
産業部門	503	457	432	429		401(▲6.7)	
運輸部門	206	240	226	225		163(▲27.6)	
業務部門	134	239	254	279		168(▲39.8)	
家庭部門	131	180	204	201		122(▲39.3)	
エネルギー転換部門	92.4	104	105	101		73(▲27.7)	

図 3-4 部門別CO<sub>2</sub>排出量の削減目標

（出典）日本の約束草案（2020年以降の新たな温室効果ガス排出削減目標）（環境省）

### 3.1.3 家電分野における主なCO<sub>2</sub>削減施策

地球温暖化対策計画における家電分野に関連する主なCO<sub>2</sub>削減施策としては、トップランナー制度等による省エネルギー性能の高い設備・機器の導入促進や、HEMS、スマートメーターを利用した徹底的なエネルギー管理の実施等がある。以下にその内容を示す。

#### (1) トップランナー制度等による機器の省エネ性能向上（家庭部門）

1998年度に省エネ法に基づくトップランナー制度が創設され、その後順次対象機器を拡大し、2015年度にはエネルギー消費機器について、28品目が対象機器となっている（家電関係では、エアコン、テレビ及び電気冷蔵庫等14品目が対象）。今後も引き続き新たな対象機器の追加を検討するとともに、目標年度が到達した対象機器の基準見直しに向けた検討を行い、機器の省エネルギー性能を向上させることとしている。

#### (2) 高効率な省エネルギー機器の普及

個別機器やシステムの効率の更なる向上のため、省エネルギー技術の開発を更に進めるとともに、高効率な省エネルギー機器の普及を促進することとしている。

LED等の高効率照明が、2020年までにフローで100%、2030年までにストックで100%普及することを目指すため、2016年度に白熱灯にトップランナー制度を適用するなど、照明のトップランナー基準を拡充すること等により、高効率照明の普及を促進することとなっている。また、ヒートポンプ式給湯器、潜熱回収型給湯器などのエネルギー効率の高い給湯設備の導入を促進することとしている。

家庭用燃料電池（エネファーム）は、都市ガスやLPガスから水素を造り、空気中の酸素と化学反応させることで発電を行うとともに、発電時に発生する熱を有効に活用することで、最大90%以上の総合エネルギー効率を達成する分散型エネルギーであるとしている。官民一体となって、機器の低価格化等による市場の自立化を図ることで、2020年時点で140万台、2030年時点で530万台の導入を目指すこととしている。

また、先導的低炭素技術（L2-Tech）等による情報発信を行うこととしている。

#### (3) HEMS、スマートメーターを利用した徹底的なエネルギー管理の実施

住宅全体での省エネルギー・省CO<sub>2</sub>を促進するため、エネルギーの使用状況を表示し、空調や照明等の機器が最適な運転となることを促す住宅のエネルギー管理システム（HEMS）が2030年までにはほぼ普及することを目指すとともに、家庭における電気の使用量が従来よりも詳細に計測でき、HEMSとの連携等により電力使用量の見える化を促すスマートメーターの導入を進めることとしている。また、HEMSから得られるエネルギー消費データを利活用することにより、住宅におけるより効率的なエネルギー管理を促進することとしている。

こうしたエネルギー消費の見える化や温室効果ガス削減ポテンシャル診断の結果を踏ま



えE S C O等を活用した省エネルギー機器・設備の導入を促進することとしている。

#### (4) 国民運動の推進

関係府省庁が一丸となり、産業界・労働界・地方公共団体・NPO等と連携し、国民の地球温暖化対策に対する理解と協力への機運の醸成や消費者行動の活性化等を通じて、省エネルギー・低炭素型の製品への買換え・サービスの利用・ライフスタイルの選択など地球温暖化対策に資するあらゆる賢い選択を促す国民運動「COOL CHOICE」を推進し、国民に積極的かつ自主的な行動喚起を促すことで、低炭素型の製品・サービスの市場創出や拡大をはじめ、低炭素社会にふさわしい社会システムへの変革やライフスタイルイノベーションへの展開を促進させることとしている。

具体的には、関係府省庁で連携し、家電製品、住宅・建築物、自動車、エネルギーサービス、運輸交通サービスなど各部門におけるエネルギー使用等に関する民間団体や地方行政の協力を得て、国民運動「COOL CHOICE」を実施することとしている。また、テレビ・新聞・インターネットなど各種マスメディアの積極的な活用をはじめ、多様な手法による適切な情報提供を通じて国民の意識に強く働きかけることにより、地球温暖化防止に向けた国民一人一人の自主的な行動や積極的な選択に結びつけていくこととしている。

表 3-1 地球温暖化対策計画における家電分野に関連する主なCO<sub>2</sub>削減施策

NO	主体	施策	概要	2030年の削減見込み
1	・製造事業者 ・販売事業者 ・消費者	トップランナー制度等による機器の省エネ性能向上(家庭部門)	トップランナー機器のエネルギー消費効率向上を進めることで、家庭部門における機器のエネルギー消費量を節減する。	483万 t-CO <sub>2</sub>
2	・製造事業者 ・販売事業者 ・消費者	高効率な省エネルギー機器の普及	高効率給湯器、高効率照明の導入によるエネルギー消費の削減。	1,524万 t-CO <sub>2</sub> (高効率給湯器：617万 t-CO <sub>2</sub> 、高効率照明：907万 t-CO <sub>2</sub> )
3	・製造事業者 ・販売事業者 ・消費者	HEMS・スマートメーターを利用した家庭部門における徹底的なエネルギー管理の実施	HEMSやスマートメーターの導入による家庭のエネルギー消費状況の詳細な把握と、これを踏まえた機器の制御による電力消費量の削減	710万 t-CO <sub>2</sub>
4	・事業者 ・一般家庭・個人	国民運動の推進	省エネ機器の買換え促進、家庭エコ診断、照明の効率的な利用等の推進。	237万 t-CO <sub>2</sub> *国民運動の推進施策に係る対策のうち、エコドライブ等家電分野に関係しないものは除く。)

### 3.1.4 住宅建材分野における主なCO<sub>2</sub>削減施策

地球温暖化対策計画における家電分野に関連する主なCO<sub>2</sub>削減施策は、新築住宅における省エネ基準適合の推進や既存住宅の断熱改修の推進があり、概要を表3-2に示す。表中の施策の中で特に着目した取組みを以下に示す。

表3-2 地球温暖化対策計画における住宅建材分野に関連する主なCO<sub>2</sub>削減施策

NO	主体	施策	概要	2030年の削減見込み
1	・建築主等 ・住宅の販売、賃貸事業者 ・熱損失防止建築材料製造事業者等	新築住宅における省エネ基準適合の推進	省エネ住宅の供給促進や住宅のエネルギー消費性能の表示制度の普及等による住宅で消費されるエネルギーに由来するCO <sub>2</sub> の削減。	872万t-CO <sub>2</sub>
2	・所有者等 ・住宅の販売、賃貸事業者 ・熱損失防止建築材料製造事業者等	既存住宅の断熱改修の推進	省エネ改修の促進や住宅のエネルギー消費性能の表示制度の普及等による住宅で消費されるエネルギーに由来するCO <sub>2</sub> の削減。	119万t-CO <sub>2</sub>

#### (1) 省エネ基準適合住宅の義務化

我が国では、これまで昭和55年、平成4年、平成11年と住宅の省エネ基準を国土交通省が定めてきたが、これらは義務化されていない。

平成25年までは外皮の断熱性能だけを対象とした基準であった。平成25年に定められた改正省エネ基準では、平成11年基準レベルの外皮断熱性能基準を満たすことに加え、設備性能の評価を加えて建物全体の省エネルギー性能を判断する基準となった。

対象とする設備は、冷暖房・換気・給湯・照明などのいわゆる住宅設備のほか、太陽光発電など創エネに資する設備も含まれ、「外皮の断熱性能+住宅設備の省エネ性能+太陽光発電等の創エネ性能」により建物全体の省エネルギー性能を判断することとなった。

国では平成25年に定められた省エネ基準を2020年以降の住宅に義務化し、2030年には新築住宅の平均でZEHとするとしている。住宅ストックの性能基準別構成比を図3-5に、住宅ストックの環境(断熱)性能の現況を図3-6に、国の進める低炭素社会へのロードマップを図3-7に示す。

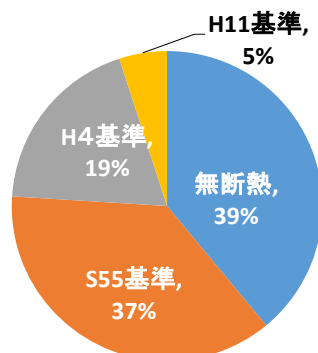


図3-5 住宅ストックの性能基準別構成比 (2012年ベース：推計値)

(出典) 国土交通省資料

項目	S55年以前	S55年基準	H4年基準	H11年基準(現行基準)
性能基準	熱損失係数	—	5.2 W/(㎡K) 以下	4.2 W/(㎡K) 以下
	相当隙間面積	—	—	—
仕様基準	断熱材(外壁)	なし	グラスウール30mm	グラスウール55mm
	断熱材(天井)	なし	グラスウール40mm	グラスウール85mm
	開口部(窓)	アルミサッシ +単板	アルミサッシ +単板	アルミサッシ +単板
年間暖冷房費※	約13万3千円/年	約9万2千円/年	約7万5千円/年	約5万2千円/年
年間暖冷房エネルギー消費量※	約56GJ	約39GJ	約32GJ	約22GJ

図 3-6 住宅ストックの環境(断熱)性能の現況

(出典) 国土交通省資料

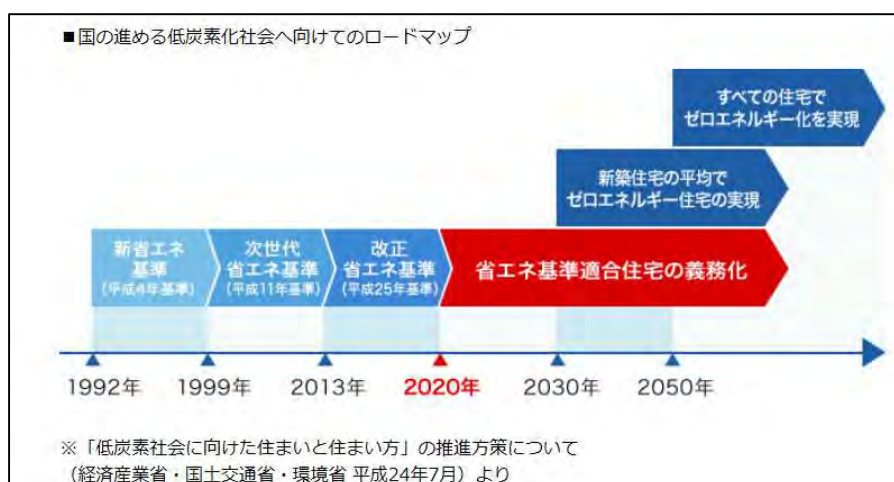


図 3-7 国の進める低炭素社会へ向けてのロードマップ

(出典) 2050年を見据えた温室効果ガスの大幅削減に向けて (環境省)

## (2) 断熱材・窓のトップランナー制度の対象化

経済産業省が進めるトップランナー制度では、一般にはエネルギー消費機器を対象としているが、住宅のエネルギー消費への寄与が高いことから、2013年12月に断熱材が、2014年11月にガラス及びびサッシがトップランナー制度の対象となった。2022年を目処に性能向上を求められることとなっている。窓のトップランナー基準の概要を表3-3に、断熱材のトップランナー基準の概要を表3-4に示す。

表 3-3 窓のトップランナー基準の概要（上段は窓枠、下段はガラス）

開閉形式区分	2012年度加重平均値 (W/K)	目標基準値 (W/K)	性能改善率
引き違い	9.51	8.04	15.49%
FIX	2.4	2.21	7.81%
上げ下げ	2.8	2.62	6.40%
縦すべり出し	2.14	1.99	6.94%
横すべり出し	1.6	1.55	3.04%

区分	2012年度加重平均値 (W/m <sup>2</sup> ・K)	目標基準値 (W/m <sup>2</sup> ・K)	性能改善率
複層ガラス全体	2.36	2.19	7.33%

(出典) 2014年10月経済産業省資料を元に作成

表 3-4 断熱材のトップランナー基準の概要

区分		トップランナー値 [W/(m・K)]	効率改善後のトップランナー値 [W/(m・K)]	現在 シェア	目標年度 シェア	目標基準値 [W/(m・K)]
グラスウール 断熱材	普及品	0.050	0.04975 (0.5%改善)	40.48%	31.41%	0.04156
	高付加 価値品	0.038	0.03781 (0.5%改善)	59.52%	68.59%	
ロックウール 断熱材		0.038	0.03781 (0.5%改善)	—	—	0.03781
押出法ポリスチレンフォーム 保温材	普及品	0.040	0.03900 (2.5%改善)	48.12%	41.80%	0.03232
	高付加 価値品	0.028	0.02752 (1.7%改善)	51.88%	58.20%	

(出典) 建築材料等判断基準ワーキンググループ中間取りまとめ案(平成25年10月経済産業省)

## 3.2 家電・住宅建材に有益なCNFの特性と素材代替の考え方

### 3.2.1 家電に有益なCNFの特性と素材代替の考え方

家電において有益なCNFの特性としては、強度と熱伝導が考えられる。家電におけるCNFの強度に関する物性を表3-5に示す。

CNF単体の引張強度は平均3GPaであり、鋼鉄の5倍以上となっている。また、樹脂と複合した場合も、母材単体の値よりも高い値を示す場合が多数を占めている。このため、鋼鉄や樹脂が使われている箇所に対し、高強度・軽量化といった効果が期待できる。

表3-5 家電におけるCNFの強度に関する物性

種類	物性値	特徴	出典
CNF単体	引張強度： 平均3GPa	鋼材 SS400 の 0.4GPa の 5 倍以上	東京大学大学院農学生命科学研究科研究成果トピックス, 2012年12月22日 <a href="http://www.a.utokyo.ac.jp/topics/2012/20121220-3.html">http://www.a.utokyo.ac.jp/topics/2012/20121220-3.html</a>
シート	引張強度： 223MPa	PPの引張強度20MPaの10 倍以上 ただし単体の10 分の1以下	王子ホールディングス Nanocellulose Symposium2014 配布資料, 2014年3月25日 <a href="http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/04/nanocellulosesymposium2014abstract.pdf">http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/04/nanocellulosesymposium2014abstract.pdf</a>
セパレータ	突刺強度： 1.057kgf	従来品より耐熱性と機械 的強度が向上。市販品の 厚みが20 $\mu$ に比べ8 $\mu$	日本製鋼所、京都大学、産総研、「セルロースナノファイ バー複合材料を用いたセパレータ製造プロセスの開 発」, 日本製鋼技報 NO. 64P. 28-36, 2013年10月
エポキシ樹 脂+CNF 40%	曲げ強度： 200MPa (密 度:1.4g/cm 3)	一般的なGFRPが曲げ強度 200MPa 密度 1.8g/cm <sup>3</sup> で あり、比強度が高い	京都大学ほか、「セルロースナノファイバー強化による 自動車用高機能化グリーン部材の研究開発」NEDO 成果 報告書, P. 46, 2013年2月 <a href="http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/01/fd99748c35cc0315e96a856e6d8f2de3.pdf">http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/01/fd99748c35cc0315e96a856e6d8f2de3.pdf</a> (地独)大阪市立工業研究所編、「プラスチック読本第20 版」, P230, 2014年1月
HDPE+CNF 10%	引張強 度:57M Pa	HDPE単体の2.5倍	京都大学 Nanocellulose Symposium2014 配布資料, 2014 年3月25日 <a href="http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/04/nanocellulosesymposium2014abstract.pdf">http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/04/nanocellulosesymposium2014abstract.pdf</a> 京都大学ほか、「変性マイクロフィブリル化植物繊維を 含む樹脂組成物の製造方法、及びその樹脂組成物」, 特許公報 W02013133093A1, P11, 2013年9月12日 <a href="http://www.google.com/patents/W02013133093A1?cl=ja">http://www.google.com/patents/W02013133093A1?cl=ja</a>
PA6+CNF 10%	引張強 度:94MPa	PA6単体の2.0倍	京都大学 Nanocellulose Symposium2014 配布資料, 2014 年3月25日 <a href="http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/04/nanocellulosesymposium2014abstract.pdf">http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/04/nanocellulosesymposium2014abstract.pdf</a>

種類	物性値	特徴	出典
PP+ 表面改質リグノ C N F 5%	引張強度:30MPa	PP+タルクと同等、母材 PP 単独の強度は 20MPa	ハリマ化成技術資料 <a href="http://www.harima.co.jp/randd/technology_report/pdf/techrepo0801_1.pdf">http://www.harima.co.jp/randd/technology_report/pdf/techrepo0801_1.pdf</a> ヤマハリビングテック(現在の社名はトクラス), 気候変動に対応した新たな社会の創出に向けた社会システムの改革中間評価「人と森 SMART 工場モデル実証」, P33-35, 2012 年 4 月 <a href="http://scfdb.tokyo.jst.go.jp/pdf/20101700/2012/201017002012rr.pdf">http://scfdb.tokyo.jst.go.jp/pdf/20101700/2012/201017002012rr.pdf</a>
PP+ リグノ C N F 5%	引張強度:35MPa	母材 PP 単独の強度は 24MPa	産総研, 「ポリプロピレン複合材料におけるセルロースおよびリグノセルロースナノファイバー分散方法の検討」, Cellulose Commun., 21 巻 1 号 P21-24, 2014 年
PP+ C N F 10%	引張強度:58.1MPa	母材 PP 単独の強度は 45.1MPa	京都大学 Nanocellulose Symposium2014 配布資料, 2014 年 3 月 25 日 <a href="http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/04/nanocellulosesymposium2014abstract.pdf">http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/04/nanocellulosesymposium2014abstract.pdf</a>
MDPE+ C N F 5%	引張強度:18MPa	MDPE 単独の強度は 14MPa	中越パルプ工業, 「PE/ナノセルロースコンポジットの力学特性, 成形加工シンポジウム 2014, P97-98, 2014 年 11 月
HDPE+ 変性 C N F 10% + 添加剤	曲げ強度: 39.5MPa	衝撃強さを母材と同等とするため、添加剤をいれた	京都大学ほか, 「セルロースナノファイバー強化による自動車用高機能化グリーン部材の研究開発」 NEDO 成果報告書, P. 27, 2013 年 2 月 <a href="http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/01/fd99748c35cc0315e96a856e6d8f2de3.pdf">http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/01/fd99748c35cc0315e96a856e6d8f2de3.pdf</a>
HDPE+ 変性 C N F 10% + 添加剤	Izod 衝撃強さ: 3.29kJ/m <sup>2</sup>	母材の衝撃強さは 3.49 と同等	京都大学ほか, 「セルロースナノファイバー強化による自動車用高機能化グリーン部材の研究開発」 NEDO 成果報告書, P. 27, 2013 年 2 月 <a href="http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/01/fd99748c35cc0315e96a856e6d8f2de3.pdf">http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/01/fd99748c35cc0315e96a856e6d8f2de3.pdf</a>
PA11+ 変性 C N F 10%	曲げ強度: 72.7MPa	PA11 単独の 49.6MPa に対して 46%増加	京都市産業技術研究所ほか, 「セルロースナノファイバーとバイオポリアミドの複合化」, 成形加工 26 巻 7 号, P355-358, 2014 年 7 月
PA11+ 変性 C N F 10%	Izod 衝撃強さ: 4.58kJ/m <sup>2</sup>	母材の衝撃強さは 8.04 で劣るが、HDPE を上回る	京都市産業技術研究所ほか, 「セルロースナノファイバーとバイオポリアミドの複合化」, 成形加工 26 巻 7 号, P355-358, 2014 年 7 月
PP+ 水熱処理 C N F シリカ粉末	曲げ強度: 53MPa	母材 PP 単独の 43MPa に対して 23%向上	遠藤貴士 ( (独) 産業技術総合研究所), 「農林系廃棄物を用いたハイブリッドバイオマスファイバー製造および複合材料開発-リグノセルロースナノファイバーの応用展開-」 nanocellulose Symposium P49-57, 2015 年 3 月 20 日

家電におけるCNFの熱伝導率に関する物性を表3-6に示す。

CNF単体の熱伝導率は2.8(W/m・K)となっているため、アルミ等金属と比べると1/100程度と熱を通しにくい、樹脂系と比べると20倍程度であり熱を通しやすい。そのため、金属の置換であれば断熱性能が高まるため、冷蔵庫や照明といった製品への適用を検討する上で、CNFが持つ熱伝導率の特徴を活かすことができる。一方、樹脂系に置換する場合は断熱性が低下することから、樹脂系については複合化により高強度・軽量化を図るなどの方向性が考えられる。

表3-6 家電におけるCNFの熱伝導率に関する物性

種類	熱伝導率 (W/m・K)	特徴	出典
CNF単独	2.8	エポキシ樹脂やアクリル樹脂の20倍。電子部品は高温環境に長期間晒されると本来の機能が低下し、寿命も低下するため、従来の放熱材より放熱効率の高い材料が期待されている。	KRIプレスリリース、2014年10月16日 <a href="http://www.kriinc.jp/aboutkri/news/2014/1016.html">http://www.kriinc.jp/aboutkri/news/2014/1016.html</a>
CNF+無機粒子複合放熱材	6	シリコン系放熱材の2~4倍	
CNF樹脂複合透明放熱材	1.1	従来透明樹脂(エポキシ、ポリカーボネイトなど)の2~5倍	日立製作所、京都大学、Polyfile, 48巻9号P.22-25, 2011年
CNFエアロゲル	0.018	空気の熱伝導率0.024 W/m・Kより低く、かつ透明であるため、断熱窓の高性能化、省エネに期待されている。	東京大学大学院農学生命科学研究科研究成果トピックス、2014年7月18日 <a href="http://www.a.u-tokyo.ac.jp/topics/2014/20140728-1.html">http://www.a.u-tokyo.ac.jp/topics/2014/20140728-1.html</a>

### 3.2.2 住宅建材に有益なCNFの特性と素材代替の考え方

住宅建材に関するCNFの物性を表3-7に示す。

前述の通り、CNF単体の熱伝導率は2.8(W/m・K)であり、アルミ等の金属と比べると1/100程度熱を通しにくいですが、樹脂系と比べると20倍程度熱を通しやすい。そのため、金属の置換であれば断熱性能が高まるが、樹脂系の置換の場合は断熱性が低下することから、樹脂系については複合化により高強度・軽量化を図るなどの方向性が考えられる。

東京大学が中心となって開発したCNFエアロゲルの熱伝導率は0.018(W/m・K)となっており、既存の住宅用断熱材より高い数値を示している。

表3-7 住宅建材に有益なCNFの物性

物性	種類	物性値	特徴	出典
熱伝導率 (W/m・K)	CNF単体	2.8	エポキシ樹脂やアクリル樹脂の20倍。電子部品は高温環境に長期間晒されると本来の機能が低下し、寿命も低下するため、従来の放熱材より放熱効率の高い材料が期待されている。	KRIプレスリリース、2014年10月16日 <a href="http://www.kriinc.jp/aboutkri/news/2014/1016.html">http://www.kriinc.jp/aboutkri/news/2014/1016.html</a>
	CNF+無機粒子複合放熱材	6	シリコン系放熱材の2~4倍	
	CNF樹脂複合透明放熱材	1.1	従来透明樹脂(エポキシ、ポリカーボネイトなど)の2~5倍	日立製作所、京都大学、Polyfile, 48巻9号P.22-25, 2011年
	CNFエアロゲル	0.018	空気の熱伝導率0.024 W/m・Kより低く、かつ透明であるため、断熱窓の高性能化、省エネに期待されている。	東京大学大学院農学生命科学研究科研究成果トピックス、2014年7月18日 <a href="http://www.a.u-tokyo.ac.jp/topics/2014/20140728-1.html">http://www.a.u-tokyo.ac.jp/topics/2014/20140728-1.html</a>
引張強度 (GPa)	CNF単体	2~6 平均3	高強度、代表的鋼材SS400の引張強度0.4GPaの5倍以上である。セルロースのマイクロフィブリル1本単位の強度をキャピテーション法と統計的手法で解析した。	東京大学大学院農学生命科学研究科研究成果トピックス、2012年12月22日 <a href="http://www.a.utokyo.ac.jp/topics/2012/20121220-3.html">http://www.a.utokyo.ac.jp/topics/2012/20121220-3.html</a>
弾性率 (GPa)		138	鋼鉄SS400の弾性率206GPa 曲げ剛性部材の軽量化指標である比剛性(弾性率の3乗根を密度で割ったもの)はSS400の4.5倍である。	京都大学新技術発表3.会配布資料、2009年9月18日 <a href="http://www.jstshingi.jp/abstract/p/09/921/kyoto10.pdf">http://www.jstshingi.jp/abstract/p/09/921/kyoto10.pdf</a>
弾性率 (GPa) (格子力学法による計算値)		160	分子鎖軸方向の格子力学法による計算値 X線回折に基づく結晶弾性率は120~140GPa	田代考二、セルロースの辞典、P221、朝倉書店2000年11月10日
弾性率 (GPa) (マイクロフィブリル1本)		145	TEMPO酸化セルロースマイクロフィブリル1本の弾性率を原子間力顕微鏡(AFM)を用いて測定した。ホヤのマイクロフィブリルの弾性率を同様の方法で測定した結果は150GPaであった。	東京大学大学院農学生命科学研究科、「原子間力顕微鏡を用いたセルロースマイクロフィブリル1本の弾性率測定」, Cellulose Commun., 17巻3号P111-115, 2010年



### 3.3 CNF代替による効果の試算（例）

#### 3.3.1 エアコンのCNF代替による効果の試算

ここでは、エアコンのCNF代替によるCO<sub>2</sub>削減効果を試算した。CNF代替によりCO<sub>2</sub>削減が可能と見込まれるエアコンの部位を図3-8に示す。

流体力学上、流量が一定の場合、動力はファンの直径の4乗に反比例する<sup>1</sup>。このため、室外機のファンの直径を1.2倍した場合、室外機に係る消費電力は48%に低減する。

$$\frac{1}{1.2^4} = 48\%$$

エアコンにおける室外機ファンの消費電力は、エアコン全体の概ね5%であることから、エアコンのCNF代替による省電力効果（=CO<sub>2</sub>削減効果）は、2.4%と試算された。

$$5\% \times 48\% = 2.4\%$$

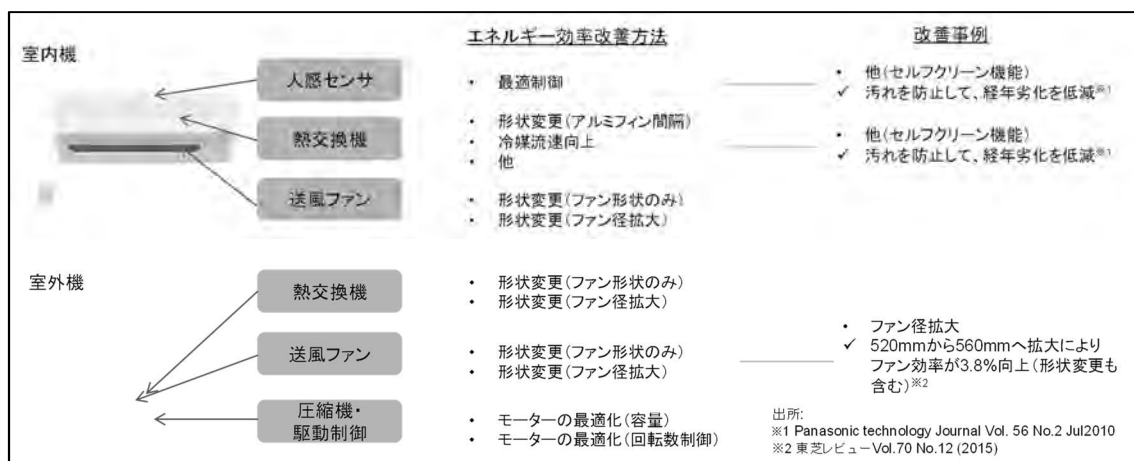


図3-8 CNF代替によりCO<sub>2</sub>削減が可能と見込まれるエアコンの部位

<sup>1</sup> 流量 Q [m<sup>3</sup>/s]は羽根車直径 D の3乗と回転数 n に比例、流量係数し、動力 P [W]は流体密度 ρ [kg/m<sup>3</sup>]とファン直径 D [m]の5乗と回転数 n [s<sup>-1</sup>]の3乗に比例することから、流量が一定の場合、動力はファンの直径の4乗に反比例する。

### 3.3.2 断熱材のCNF代替による効果の試算

ここでは、CNF断熱材のCO<sub>2</sub>削減効果を試算するため、2020年義務化基準住宅の断熱材（グラスファイバー16K：窓はアルミ複層ガラス）を導入した場合と、CNFエアロゲル断熱材を導入した場合の冷暖房エネルギー消費量の比較を行った。住宅建材に関するCNFの物性を表3-8に、算定プログラムのイメージを図3-9に示す。

算定の結果、年間世帯あたり冷暖エネルギー消費量を5.6（GJ）削減（25％）できるとの結果となった。

表 3-8 住宅建材に関するCNFの物性

	熱伝導率	世帯あたり 冷暖エネルギー消費量 (GJ/年)
CNF エアロゲル断熱材	0.015 W/m・K	16.4
2020年義務化基準住宅の断熱材 (グラスファイバー16K)	0.040 W/m・K 程度	22.0



図 3-9 算定プログラムのイメージ

(出典) 建築研究所ホームページ

### 3.4 2020年及び2030年における実現目標の設定（共通）

#### 3.4.1 参照すべき実現目標の例

##### （1）自動車分野における実現目標

環境省「平成27年度セルロースナノファイバーを活用したモデル事業の推進計画の策定委託業務」で設定されたCNFを活用した乗用車に関する2020年及び2030年の実現目標を図3-10に示す。これによると、2020年における実現目標は、走行段階のCO<sub>2</sub>削減効果が10%以上であること、となっている。

また、以下の実現目標が達成された場合の2030年の乗用車の使用段階でのCO<sub>2</sub>削減効果は1.61%（113.3万t-CO<sub>2</sub>）と試算されている。



図3-10 平成27年度に設定した自動車分野における実現目標

## (2) トップランナー制度における実現目標

トップランナー制度の導入により、多くの機器のエネルギー消費効率が改善している。トップランナー制度対象機器で目標年度を迎え、実績が出ている機器のうち、本業務に関連する機器のエネルギー消費効率改善の実績と当初見込みを表 3-9 に示す。これによると、エネルギー消費改善効率（当初見込み）は、8.5%～22.4%（平均 15.3%）となっている。

表 3-9 エネルギー消費効率改善の実績と当初見込み

機器名		エネルギー消費効率改善 (実績)	エネルギー消費効率改善 (当初見込み)
エアコンデ イショナー	家庭用直吹 き・壁掛け 4kW 以下	16.3% (2005 年度→2010 年度)	22.4%
	家庭用直吹 き・壁掛け 4kW 超	15.6% (2006 年度→2010 年度)	17.8%
	家庭用直吹 き・壁掛け以 外のもの	15.9% (2001 年度→2012 年度)	13.6%
電気冷蔵庫（家庭用）		43.0% (2005 年度→2010 年度)	21.0%
電気冷凍庫（家庭用）		24.9% (2005 年度→2010 年度)	12.7%
電子レンジ		10.5% (2004 年度→2008 年度)	8.5%
ジャー炊飯器		16.7% (2003 年度→2008 年度)	11.1%

(出典)：資源エネルギー庁資料

[http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving\\_and\\_new/saving/data/toprunner2015j.pdf](http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/data/toprunner2015j.pdf)

### 3.4.2 2020年及び2030年における実現目標

上記の検討結果を基に、事業推進検討委員会と用途開発ターゲットWGでの討議を経て、2020年及び2030年の実現目標（案）を設定した。実現目標（案）を以下に示す。

#### 2020年における実現目標（案）

○定性目標：CO<sub>2</sub>排出削減に有効な家電や住宅建材としてCNFを活用した製品・部材等が認知されている

○定量目標：

<原則>

- (1) CNFを活用することでCNFを使用しない従来製品・部材等と比較して10%以上のCO<sub>2</sub>削減効果があるものが製品化される
- (2) 2030年時点で性能向上分を考慮してCNFを使用しない従来製品・部材等と同程度のコストとなる見込みが立っている

ただし、(1)について、

①CNF活用の主目的が普及率向上である製品・部材等の場合

CNFを使用しない従来製品・部材等と比較し、性能が同程度のものが製品化されている

②地球温暖化対策計画に個別の性能目標が定められている場合

地球温暖化対策計画の削減目標に対して10%以上の改善寄与率がある

③理論値上限が明らかな（CO<sub>2</sub>排出量10%削減に届かない）製品・部材等の場合

理論値上限に対して、10%以上のCO<sub>2</sub>削減効果があるものが製品化されている

④10%のCO<sub>2</sub>削減を容易に達成できる見込みのある製品・部材等

CNFを活用することでCNFを使用しない従来製品・部材等と比較して個別に設定したCO<sub>2</sub>削減効果のあるものが製品化されている

※CO<sub>2</sub>削減効果等を算出するバウンダリーは個別に設定する

※CNFを使用しない従来製品・部材等は2013年時点で一般的に普及しているものを対象とする

#### 2030年における実現目標（案）

○定性目標：CO<sub>2</sub>排出削減に有効な家電や住宅建材としてCNFを活用した製品・部材等が一般化している

○定量目標：

(1) 普及率を以下のとおり設定

- ①40%以上の家庭にCNFを活用した家電が採用されている
- ②2030年に建設される新築住宅の30%以上にCNFを活用した製品・部材等が使用されている
- ③断熱性能の低い住宅\*の15%以上にCNFを活用した製品・部材等を使用したリフォームが実施されている

(2) コストが性能向上分を考慮してCNFを使用しない従来製品・部材等と同程度となる

※断熱性能の低い住宅とは、無断熱、S55基準、H4基準の住宅を指す。

### 3.4.3 2030年の実現目標達成時のCO<sub>2</sub>削減効果（概略試算）

ここでは、2030年の実現目標達成時のCO<sub>2</sub>削減効果を概算した。

2030年の実現目標達成時のCO<sub>2</sub>削減効果について、以下の3つの合計として考えることとした。

- ①CNFを活用した家電によるCO<sub>2</sub>削減効果
- ②CNFを活用した部位・製品等を使用した新築住宅によるCO<sub>2</sub>削減効果
- ③CNFを活用した部位・製品等を使用したリフォームによるCO<sub>2</sub>削減効果

②のCNFを活用した部位・製品等を使用した新築住宅によるCO<sub>2</sub>削減効果について、2021年～2030年の住宅着工予測数は632万戸<sup>\*1</sup>である。このうち、CNFを活用した部位・製品等を使用した新築住宅の割合が2020年から3%ずつ増加<sup>\*2</sup>していき、2030年に建設される新築住宅の30%以上にCNFを活用した製品・部材等が使用されるとすると、2030年時点のCNFを活用した部位・製品等を使用した新築住宅の数は98.73万戸（表3-10参照）となり、CO<sub>2</sub>削減効果は以下のとおりとなった。

（②のCO<sub>2</sub>削減効果）[万t-CO<sub>2</sub>]

$$\begin{aligned}
 &= (\text{2030年時点のCNFを活用した製品・部材等が使用された住宅のストック量}) [\text{万戸}] \\
 &\times (\text{2013年の家庭部門における冷暖房消費エネルギー由来のCO}_2\text{排出量})^{*3} [\text{t-CO}_2/\text{世帯}] \\
 &\times (\text{省エネ基準住宅と比較したCNF新築の冷暖房消費エネルギーの削減率})^{*4} \\
 &= 98.73 \times 0.725 \times 47.3 / 100 \\
 &= 33.9 \text{ 万 t-CO}_2
 \end{aligned}$$

表3-10 CNFを活用した部位・製品等を使用した新築住宅の予測数

年度	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
着工予測数 (万戸)	76	73	71	69	67	64	62	60	58	55	53
CNF使用 割合(%)	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
CNF住宅 数(万戸)	0	2.19	4.26	6.21	8.04	9.6	11.16	12.6	13.92	14.85	15.9
累計(万戸)	0	2.19	6.45	12.66	20.7	30.3	41.46	54.06	67.98	82.83	98.73

（出典等）

- ※1 野村総合研究所資料（[https://www.nri.com/jp/news/2015/150615\\_1.aspx](https://www.nri.com/jp/news/2015/150615_1.aspx)）
- ※2 用途開発ターゲットWG委員より、「性能の良い建材ができた場合、一気に普及する可能性もある」とのご意見をいただいたが、コストも鑑みた場合、いつ時点で一気に普及が進むのか特定することが困難なため、3%ずつ増加していくと仮定して推計を行った。
- ※3 環境省「2014年度（平成26年度）温室効果ガス排出量（家庭部門）」（[http://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg/2014yoin2\\_7.pdf](http://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg/2014yoin2_7.pdf)）  
資源エネルギー庁「家庭部門機器別エネルギー消費量の内訳」
- ※4 事務局により算出（別添参照）

③のCNFを活用した部位・製品等を使用したリフォームによるCO<sub>2</sub>削減効果については、通常のリフォームを2020年以降の新築環境性能基準に適合するように行うとする。2030年時点で既存住宅の15%にCNFリフォームが実施された場合の環境性能別に見た住宅ストックを表3.4-3に示す。CNFリフォームを行う場合、ZEHの外皮基準を参考に、新築環境性能基準に対して20%の削減効果があると仮定した。

(③のCO<sub>2</sub>削減効果) [万 t-CO<sub>2</sub>]

$$= (2030年時点のCNFを活用した製品・部材等を使用してリフォームされた住宅戸数) [万戸] \times (2013年の家庭部門における冷暖房消費エネルギー由来のCO<sub>2</sub>排出量) [t-CO<sub>2</sub>/世帯] \times (省エネ基準住宅と比較したCNFリフォームによる冷暖房消費エネルギーの削減率)$$

$$= 545.1 \times 0.725 \times 20/100$$

$$= 79.0 \text{ 万 t-CO}_2$$

表 3-11 2030年時点の住宅ストックとCNFを活用したリフォーム数

	無断熱 (万戸)	S55 基準 (万戸)	H4 基準 (万戸)	H11 基準 (万戸)※注	合計 (万戸)
2030年の世帯数	522	2,056	1,056	1,489	5,123
CNFを活用した製品・部材等を使用してリフォームされた住宅	78.3	308.4	158.4	-	545.1

※注：上表の「H11 基準」には、CNF新築（99万戸）を含む

①のCNFを活用した家電によるCO<sub>2</sub>削減効果については、既存住宅の40%にCNFを活用した家電が導入されるとする。

家庭部門機器別エネルギー消費量の内訳でみると、洗濯機・洗濯乾燥機は1.00%、電気冷蔵庫は6.80%、エアコンは冷暖房設備を全て代替すると仮定して20.8%を占める。一律2%のCO<sub>2</sub>削減効果があると仮定し、②、③との冷暖房エネルギー消費によるCO<sub>2</sub>排出量の重複を加味すると以下のように試算された。

(①のCO<sub>2</sub>削減効果) [万 t-CO<sub>2</sub>]

= (1) (CNF新築やCNFリフォームを行った家以外に導入した場合の効果) ※1  
+ (2) {CNF新築(冷暖房エネルギー削減率47.3%)に導入した場合の効果}  
+ (3) {CNFリフォーム(冷暖房エネルギー削減率20%)を行った家に導入した場合の効果}

= (洗濯機・電気冷蔵庫・エアコンの占めるCO<sub>2</sub>排出割合)  
× (2013年の家庭からのCO<sub>2</sub>排出量) [t-CO<sub>2</sub>/世帯]  
× {CO<sub>2</sub>削減効果(一律2%と設定)}  
× {(2030年の世帯数) [万世帯]※2 × (CNFを活用した家電の2030年の普及率)}  
- (CNF新築・リフォームを行った世帯数)} (1)の効果

+ (洗濯機・電気冷蔵庫・エアコンの占めるCO<sub>2</sub>排出割合(重複分除く))  
× (2013年の家庭からのCO<sub>2</sub>排出量) [t-CO<sub>2</sub>/世帯]  
× {CO<sub>2</sub>削減効果(一律2%と設定)}  
× (CNFを活用した新築の世帯数)} (2)の効果

+ (洗濯機・電気冷蔵庫・エアコンの占めるCO<sub>2</sub>排出割合(重複分除く))  
× (2013年の家庭からのCO<sub>2</sub>排出量) [t-CO<sub>2</sub>/世帯]  
× {CO<sub>2</sub>削減効果(一律2%と設定)}  
× (CNFを活用したリフォームを行った世帯数)} (3)の効果

= (0.01+0.068+0.208) × 3.49 × 0.02 × (5,123 × 0.4 - 98.73 - 541.5)  
+ (0.01+0.068+0.208 × 0.527) × 3.49 × 0.02 × 98.73  
+ (0.01+0.068+0.208 × 0.8) × 3.49 × 0.02 × 545.1  
= 38.7 万 t-CO<sub>2</sub>

項目	S55年以前	S55年基準	H4年基準	H11年基準(現行基準)
性能基準	熱損失係数	—	5.2 W/(m <sup>2</sup> K)以下	2.7 W/(m <sup>2</sup> K)以下
	相当隙間面積	—	—	5.0 cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> 以下
仕様基準	断熱材(外壁)	なし	グラスウール30mm	グラスウール100mm
	断熱材(天井)	なし	グラスウール40mm	グラスウール180mm
	開口部(窓)	アルミサッシ +単板	アルミサッシ +単板	アルミサッシ +単板 又はアルミサッシ+複層ガラス
年間暖冷房費※	約13万3千円/年	約9万2千円/年	約7万5千円/年	約5万2千円/年
年間暖冷房エネルギー消費量※	約56GJ	約39GJ	約32GJ	約22GJ

図 3-11 住宅の環境性能区分別要件及び年間冷暖房エネルギー消費量



(出典)

- ※1 環境省「2014年度(平成26年度)の温室効果ガス排出量(確定値)について」  
資源エネルギー庁「家庭部門機器別エネルギー消費量の内訳」
- ※2 国立社会保障・人口問題研究所推計

①～③のCO<sub>2</sub>削減効果を表3-12に示す。CO<sub>2</sub>削減効果の合計は、151.6万t-CO<sub>2</sub>となり、2013年度の家部門全体のCO<sub>2</sub>排出量(約20,100万t-CO<sub>2</sub>)のうち、約0.75%を占める。

なお、本推計の妥当性確認結果を、巻末資料1にて示す。

表3-12 2030年におけるCO<sub>2</sub>削減効果の概略試算結果

区分	内容	2030年におけるCO <sub>2</sub> 削減効果
①	CNFを活用した家電によるCO <sub>2</sub> 削減効果	38.7万t-CO <sub>2</sub>
②	CNFを活用した部位・製品等を使用した新築住宅によるCO <sub>2</sub> 削減効果	33.9万t-CO <sub>2</sub>
③	CNFを活用した部位・製品等を使用したリフォームによるCO <sub>2</sub> 削減効果	79.0万t-CO <sub>2</sub>
	合計	151.6万t-CO <sub>2</sub>

## 第4章 家電分野における2020年の実現対象製品・部位の特定

本業務では、2020年までにCNFを導入することが可能で、かつエネルギー起源CO<sub>2</sub>削減が期待され、CNFの物性を活かすことができる家電製品・部位を検討した。その検討結果を本章にて概説する。

### 4.1 適用可能性評価の評価軸の設定

CNFは、軽量でありながら、高い強度や弾性を持つ素材として、高強度材料（自動車部品、家電製品筐体）や高機能材料（住宅建材、内装材）への適用が期待されている。温暖化対策の観点では、軽量化や高効率化等による、温暖化対策に資する素材としても注目されている。家電において、CNFの適用可能性を検討するとともに、有識者を通じての検証を行い、社会普及の工程（目標値、次年度の動き）を定めることを業務の目的としている。

本業務では、CNFが適用可能な製品を選定するに当たり、評価のための評価指標として、①家電の市場環境、②シーズ適合性、③CO<sub>2</sub>削減可能性、④ニーズ適合性、⑤実証容易性を設定した。適用可能性の判断指標と本年度の目標を図4-1に示す。

また、設定した5つの評価指標のより具体的な内容を、表4-1に示す。

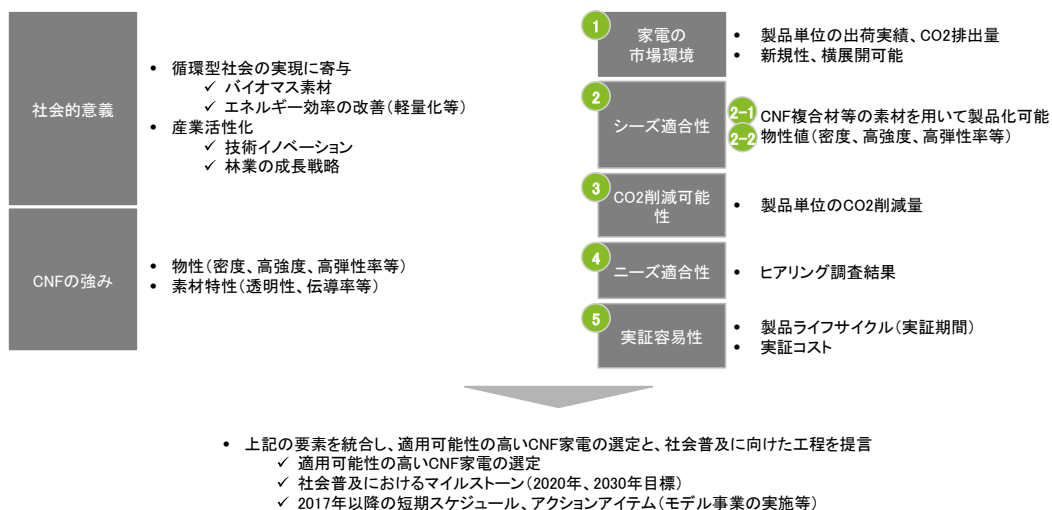


図4-1 適用可能性の判断指標（インプット）と本年度の目標（アウトプット）

表 4-1 適用可能性の評価指標

評価軸		具体的な視点
①家電の市場環境	製品出荷実績及びCO <sub>2</sub> 排出量が多い製品の選定	製品出荷実績が多く、かつ製品CO <sub>2</sub> 排出量が多い製品
	新規性を考慮して追加すべきと判断した製品の選定	単独での省エネ・省CO <sub>2</sub> とはならないが、普及により家電全体の低炭素が期待できる製品
	横展開可能な製品の選定	家電製品のCO <sub>2</sub> 削減を減らす観点に加えて、産業部門等にも波及可能な製品
②シーズ適合性	②-1 : 素材ベースで見た場合の適合性の高い製品の選定	CNFの強みを生かすことができる、複合材等の素材を用いて製品化が可能な製品
	②-2 : CNF物性値で見た場合の適合性の高い製品の選定	CNFの形状をフィルム、シート、ペレット等、ゲル等に分けて定義し、各物性値をみた場合の、適用可能な製品 <各形状の定義> ・フィルム：主に包装材料に用いられる、薄い膜状に成形したもの ・シート：主に電子・光学材料に用いられる、薄く成形したもの ・ペレット等：プラスチックの成形原料として、主に構造材料用途を想定し、小さな球状、円柱状に成形したもの ・ゲル等：主に増粘剤用途を想定し、高い粘性を持つ液体分散媒のコロイドとしたもの
③CO <sub>2</sub> 削減可能性	CO <sub>2</sub> 削減量が多い製品の選定	CNF化によりCO <sub>2</sub> 削減が可能な製品
		CNF化によりCO <sub>2</sub> 削減が可能な製品が普及すると想定される製品
④ニーズ適合性	開発ニーズの高い製品の選定	ヒアリングで調査した結果、開発ニーズが高いと思われる製品
	CNFの物性値で見た場合の適合性の高い製品の選定	
⑤実証容易性	2020年に製品化が可能な製品の選定	実証期間（2～3年）を考慮し、2020年に製品化が可能な製品
	実証コストが高額でない製品の選定	実証コストを考慮し、少ない予算で実証可能な製品

表 4-1 のとおり、①家電の市場環境については、製品出荷実績が多く、かつCO<sub>2</sub>排出量が多い製品と新規性を考慮して追加すべきと判断した製品、家電分野だけではなくその他の部門に横展開が可能な製品といった内容に基づいて選定を行った。②シーズ適合性については、CNFの強みを生かすことができる、複合材やシートといった素材を用いて製品化が可能な製品、またCNFの物性値から見て適合可能性が高い製品といった内容に基づいて選定を行った。③CO<sub>2</sub>削減可能性については、CNFを用いることでCO<sub>2</sub>の削減が可能な製品、またCO<sub>2</sub>削減が可能な製品が普及すると想定される製品といった内容に基づいて選定を行った。④ニーズ適合性については、開発ニーズの高い製品、CNFの物性値から見て適合可能性が高い製品といった内容に基づいて選定を行った。⑤実証容易性については、2020年に製品化が可能な製品、実証に要するコストが高額ではない製品といった内容に基づいて選定を行った。

上記の評価指標に基づいて具体的な選定を行い、その結果を次項より示す。

## 4.2 検証対象とした部材・部位等の選定

### 4.2.1 家電製品でのCNFの意義・強み

CNFの強みと、強みを受けての家電での意義を図4-2に示す。

CNFには軽量化、高強度、熱伝導率といった強みがあり、家電利用時のCO<sub>2</sub>排出量の削減効果が可能と考えられる。また素材自体がバイオマス由来であり、日本において資源が豊富であるという点から大量生産が可能であり、またカーボンニュートラルという点から大量廃棄も可能である。さらに、フレキシブル性といった特徴を生かして家電製品の利便性向上に寄与することが可能である。

これらの強みや意義を踏まえ、本検討においてはエネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量の削減効果が高い家電を基本として、前項での評価指標に基づいて選定及び評価を行った。次項より具体的な選定及び評価結果を示す。

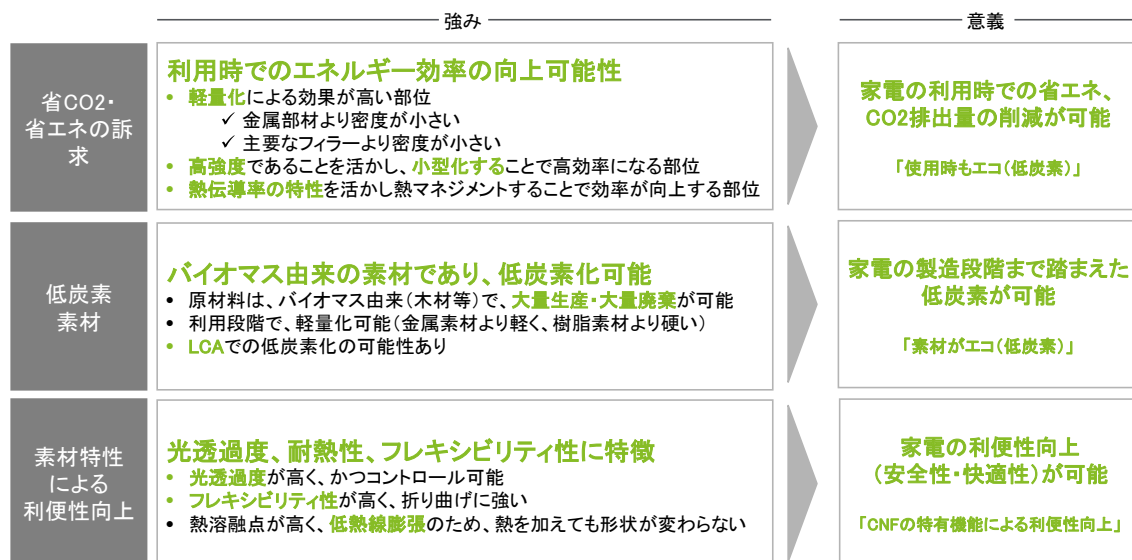


図4-2 CNFの特徴と家電での意義

## 4.2.2 市場環境（評価指標①）の検討

評価指標①家電の市場環境に基づき、対象製品の選定を行った。まず、家電製品の定義とその構造を図4-2に示す。ここでは家電を「家庭での電気使用に結びつく製品」と定義している。

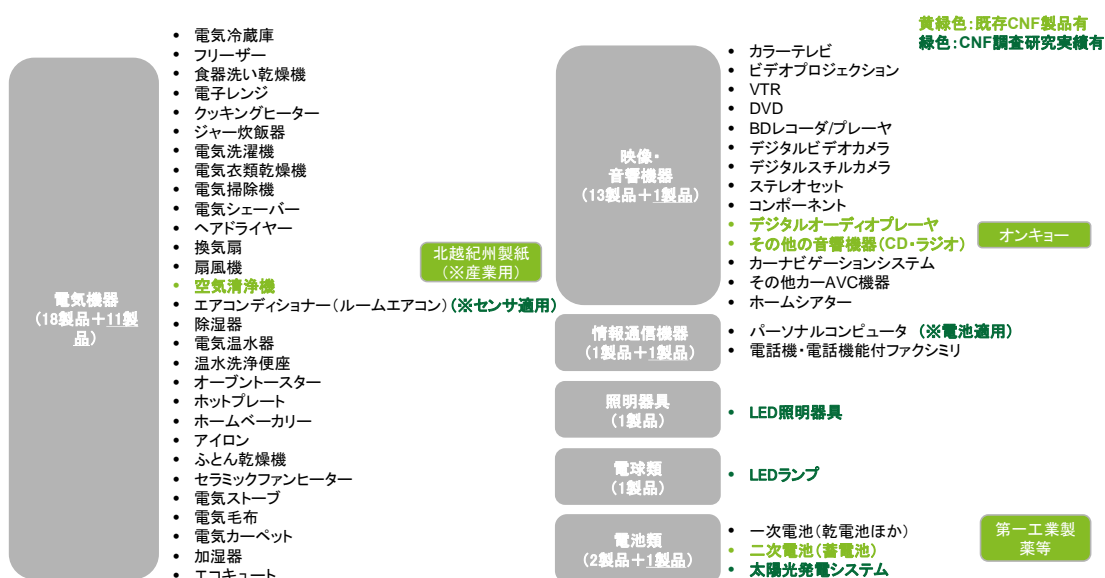


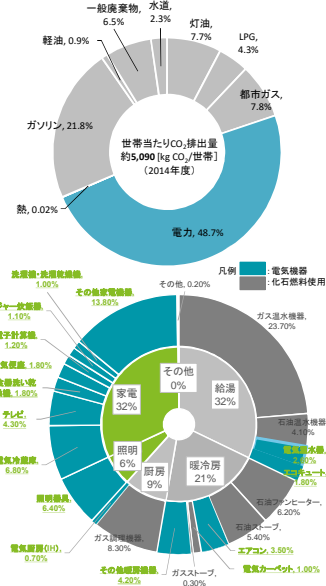
図4-3 家電の定義と構造

(出典) 一般財団法人家電製品協会「家電産業ハンドブック 2015」、「暮らしと家電製品」  
([http://www.aeha.or.jp/information/safety/kurashi/pageview.html#page\\_num=1](http://www.aeha.or.jp/information/safety/kurashi/pageview.html#page_num=1))

図4-3のとおり、文献調査により家電製品50分類を選定した。また、既に開発中・開発済みのCNF適用製品として、(産業用の)空気清浄機で用いるエアフィルタ、オーディオの振動板、蓄電池等が存在していることがわかった。

次に家庭部門でのエネルギー消費量のうち、電力のみを対象として、CO<sub>2</sub>排出量が多い上位の家電を特定した。家庭部門機器別エネルギー消費量の内訳(世帯当り)と家庭部門機器別CO<sub>2</sub>排出量の算出結果を図4-4に示す。

家庭部門機器別エネルギー消費量の内訳(世帯当たり)



家庭部門機器別CO2排出量の算出結果

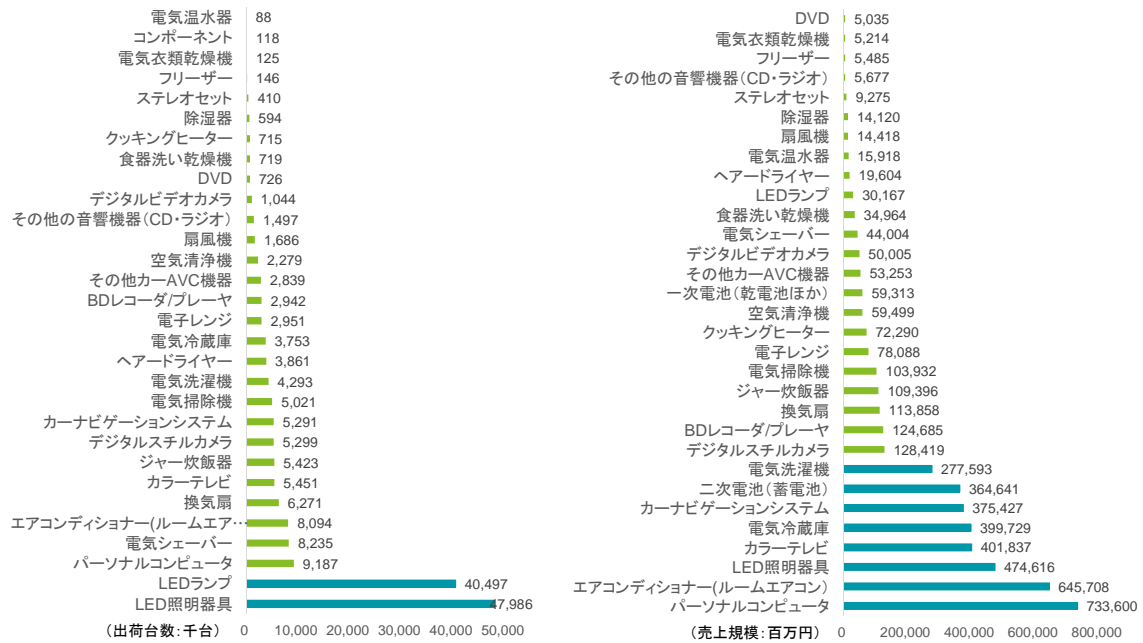
項目	機器名	家庭部門機器別エネルギー消費量内訳	機器別CO2排出量 (kg-CO2)
給湯	ガス温水機器		
	石油温水機器		
	電気温水器	2.6%	134.9
暖冷房	エコキュート	1.8%	93.4
	石油ファンヒーター		
	石油ストーブ		
	エアコン	3.5%	181.5
	電気カーペット	1.0%	51.9
厨房	ガスストーブ		
	ガス調理機器		
照明	電気厨房(HH)	0.7%	36.3
	照明器具	6.4%	332.0
家電	電気冷蔵庫	6.8%	352.7
	テレビ	4.3%	223.0
	食器洗い乾燥機	1.8%	93.4
	電気便座	1.8%	93.4
	電子計算機	1.2%	62.2
	ジャー炊飯器	1.1%	57.1
	洗濯機・洗濯乾燥機	1.0%	51.9
合計		47.8%	2,479

図 4-4 家電の市場環境 (CO<sub>2</sub>排出量)

(出典) 環境省「2014年度(平成26年度)の温室効果ガス排出量(確報値)について」、資源エネルギー庁 web ページ、家庭のエネルギー消費の実態、家庭部門機器別エネルギー消費量の内訳、([http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving\\_and\\_new/saving/general/actual/](http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/general/actual/))

CNFの適用で電力の消費削減につながるものとして、エアコン(効率改善)、照明(効率改善)、冷蔵庫(断熱)、テレビ(フレキシブル)を選定した。なお、第二回用途開発ターゲットWGで指摘があった、ジャー炊飯器、洗濯機も、家電の上位8種類にふくまれているため、選定結果に含めることとする。また家電の定義に含まれていないものの、第二回用途開発ターゲットWGで指摘があったジャーポッドについても同様に選定結果に含めることとする。

次に出荷台数と売上規模を調査する。調査結果を図4-5に示す。



(出典)一般財団法人家電製品協会よりDTC作成

図 4-5 家電の市場環境 (出荷台数・売上規模)

出荷台数は、家電製品 50 製品のうちデータを入手できた 30 製品にて集計し、照明が最も多いことが判明した。また売上規模は、家電製品 50 製品のうちデータを入手できた 31 製品にて集計し、洗濯機や蓄電池、冷蔵庫、テレビ、照明器具、エアコン、PC が上位であることがわかった。

最後にその他の視点として、低CO<sub>2</sub>に貢献する発電、エネルギーマネジメント機器への適用も検討した。化石燃料を使わない再生可能エネルギーに関する発電機器に適用できれば、全体としてのCO<sub>2</sub>排出量を削減可能であり、また、単体でのCO<sub>2</sub>排出量、削減量への影響は僅かであっても、他の家電のエネルギー効率を向上させる機器に適用できれば、家電全体の効率向上が可能と考えるためである。再生可能エネルギー発電設備・エネルギーマネジメント機器適用可能箇所(案)を図 4-6 に示す。



(出典)パナソニック社 Web ページ、技術研究組合 NMEMS 技術研究機構 Web ページ

図 4-6 再生可能エネルギー発電設備・エネルギーマネジメント機器適用可能箇所 (案)

再生可能エネルギー発電設備においては、太陽電池を選定した。またエネルギーマネジメントシステムにおいては、HEMS (ホームエネルギーマネジメントシステム) に用いるセンサーや家庭用の蓄電池を選定した。



(家電の市場環境調査結果)

これまでの調査を踏まえ、選定した製品と選定理由を表 4-2 に示す。

選定の結果、12 種類の家電製品が CNF の適用により、CO<sub>2</sub>削減可能性が高いと判断した。

表 4-2 家電の市場環境調査結果

選定した製品	選定結果	選定理由
エアコン	○	家庭部門におけるCO <sub>2</sub> 排出量4位、家電製品の売上規模2位
照明	○	家庭部門におけるCO <sub>2</sub> 排出量2位、家電製品の出荷台数1位、家電製品の売上規模3位
電気冷蔵庫	○	家庭部門におけるCO <sub>2</sub> 排出量1位、家電製品の売上規模5位
テレビ	○	家庭部門におけるCO <sub>2</sub> 排出量3位、家電製品の売上規模4位
センサー (※エアコンの最適制御)	○	新規性を考慮し、家電への適用を検討した
蓄電池	○	CNF製品として既に開発中、家電製品の売上規模7位
太陽電池	○	新規性を考慮し、家電への適用を検討した
エアフィルタ	○	産業用のCNF製品として既に開発中であり、家電への適用を検討した
ジャーポッド	○	第二回用途開発ターゲットWGにて削減可能性指摘
ジャー炊飯器	○	第二回用途開発ターゲットWGにて削減可能性指摘、CO <sub>2</sub> 排出量5位
洗濯機	○	家庭部門におけるCO <sub>2</sub> 排出量6位、家電製品の売上規模8位
パーソナルコンピュータ (※以後テレビに含めた)	○	家電製品の売上規模1位

#### 4.2.3 シーズ適合性（評価指標②-1：素材ベースで見た場合）の検討

評価指標①にて選定した製品のうち、CNF複合材やCNFシートといった素材としての特長を活かすことができる部位を特定した。結果を表4-3に示す。

評価指標①にて選定した12製品について、CNF複合材やCNFシートといった素材の特長を活かすことができる部位を特定した。結果として、選定の結果、評価指標①にて選定した12種類の家電製品には、CNF適用可能性の高い部位が存在していることがわかった。

表4-3 CNF素材を活かせる可能性が高い製品別の部位

製品	適用可能性が高い部位	素材	CNFを活かせる特長
エアコン	ファン	CNF複合樹脂	高強度 (GFRP代替としての軽量化、ファンの拡大)
照明	面発光LED照明の拡散材	CNFシート	透明性、光拡散性、高熱伝導率 (面発光LEDの光拡散素材、熱拡散素材)
電気冷蔵庫	筐体	CNF複合樹脂	・熱伝導率(鉄から、CNF複合材にすることで、熱伝導率が1/80に) ・高強度
テレビ・PC	ディスプレイ	CNFシート	表面平滑性、耐熱性、低熱線膨張率、フレキシブル性、カーボンニュートラル (ロールが可能だが、熱膨張しないフレキシブル基板)
センサー (※エアコンの最適制御)	センサー基板	CNFフィルム	表面平滑性、耐熱性、低熱線膨張率、フレキシブル性、カーボンニュートラル (場所を問わず接着可能で、熱膨張しないフレキシブル基板)
蓄電池	電極に塗布するスラリーの増粘剤・PP製のセパレータ	CNFゲル	耐熱性、増粘性、電池特性、突刺強度
太陽電池	モジュール	CNFシート	高強度・高弾性率 (折り曲げ可能といったフレキシブル性)
産業用エアフィルタ	エアフィルタ	ゲル	耐熱性、増粘性、表面積拡大
ジャーポッド	筐体・断熱材	CNF複合樹脂	・熱伝導率(鉄から、CNF複合材にすることで、熱伝導率が1/80に) ・高強度
炊飯器	筐体・断熱材	CNF複合樹脂	・熱伝導率(鉄から、CNF複合材にすることで、熱伝導率が1/80に) ・熱伝導率(グラスウールから、CNF断熱材にすることで、断熱性能の向上) ・高強度
洗濯機	洗濯槽や周辺の樹脂	CNF複合樹脂	高強度、軽量化

注1) 部位特定の際に参考とした主な文献は、以下のとおりである。

- ・ 涌井良幸、涌井貞美 著、家電が一番わかる：生活家電から情報家電、さらには美容家電まで身近な家電製品を通して先端の技術を探る、技術評論社
- ・ 一般財団法人家電製品協会 編、家電製品エンジニア資格 生活家電の基礎と製品技術 2016年版、NHK出版
- ・ 藤瀧和弘 著、「分解!」家電製品を分解してみると!：壊せば道理が見えてくる、技術評論社

前項までに検討対象部材・部位等の選定を行い、結果として12製品を選定した。この結果を踏まえ、引き続き評価軸に基づいて、個別部材の適用可能性を検討した。まず、CNF素材の高強度や高熱伝導率といった物性値を見た場合の適用可能性を検討した。CNF素材の物性値を表4-4～5に示す。

表 4-4 強度に関するCNFの物性値と物性比較

種類	物性値	特長	出典
CNF 単体	引張強度：平均 3GPa	鋼材 SS400 の 0.4GPa の 5 倍以上	東京大学大学院農学生命科学研究科研究成果トピックス, 2012 年 12 月 22 日 <a href="http://www.a.utokyo.ac.jp/topics/2012/20121220-3.html">http://www.a.utokyo.ac.jp/topics/2012/20121220-3.html</a>
シート	引張強度：223MPa	PP の引張強度 20MPa の 10 倍以上 ただし単体の 10 分の 1 以下	王子ホールディングス Nanocellulose Symposium2014 配布資料, 2014 年 3 月 25 日 <a href="http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/04/nanocellulosesymposium2014abstract.pdf">http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/04/nanocellulosesymposium2014abstract.pdf</a>
セパレータ	突刺強度：1.057kgf	従来品より耐熱性と機械的強度が向上。市販品の厚みが 20 $\mu$ に比べ 8 $\mu$	日本製鋼所、京都大学、産総研、「セルロースナノファイバー複合材料を用いたセパレータ製造プロセスの開発」, 日本製鋼技報 NO. 64P. 28-36, 2013 年 10 月
エポキシ樹脂 +CNF40%	曲げ強度：200MPa (密度:1.4g/cm <sup>3</sup> )	一般的な GFRP が曲げ強度 200MPa 密度 1.8g/cm <sup>3</sup> であり、比強度が高い	京都大学ほか、「セルロースナノファイバー強化による自動車用高機能化グリーン部材の研究開発」NEDO 成果報告書, P. 46, 2013 年 2 月 <a href="http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/01/fd99748c35cc0315e96a856e6d8f2de3.pdf">http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/01/fd99748c35cc0315e96a856e6d8f2de3.pdf</a> (地独)大阪市立工業研究所編、「プラスチック読本第 20 版」, P230, 2014 年 1 月
HDPE+CNF 10%	引張強度:57MPa	HDPE 単体の 2.5 倍	京都大学 Nanocellulose Symposium2014 配布資料, 2014 年 3 月 25 日 <a href="http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/04/nanocellulosesymposium2014abstract.pdf">http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/04/nanocellulosesymposium2014abstract.pdf</a> 京都大学ほか、「変性マイクロフィブリル化植物繊維を含む樹脂組成物の製造方法、及びその樹脂組成物」, 特許公報 W02013133093A1, P11, 2013 年 9 月 12 日 <a href="http://www.google.com/patents/W02013133093A1?cl=ja">http://www.google.com/patents/W02013133093A1?cl=ja</a>
PA6+CNF 10%	引張強度:94MPa	PA6 単体の 2.0 倍	京都大学 Nanocellulose Symposium2014 配布資料, 2014 年 3 月 25 日 <a href="http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/04/nanocellulosesymposium2014abstract.pdf">http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/04/nanocellulosesymposium2014abstract.pdf</a>
PP+表面改質リグノCNF 5%	引張強度:30MPa	PP+タルクと同等、母材 PP 単体の強度は 20MPa	ハリマ化成技術資料 <a href="http://www.harima.co.jp/randd/technology_report/pdf/techrepo0801_1.pdf">http://www.harima.co.jp/randd/technology_report/pdf/techrepo0801_1.pdf</a> ヤマハリビングテック (現在の社名はトクラス), 気候変動に対応した新たな社会の創出に向けた社会システムの改革中間評価「人と森 SMART 工場モデル実証」, P33-35, 2012 年 4 月 <a href="http://scfdb.tokyo.jst.go.jp/pdf/20101700/2012/201017002012rr.pdf">http://scfdb.tokyo.jst.go.jp/pdf/20101700/2012/201017002012rr.pdf</a>

種類	物性値	特長	出典
PP+リグノCN F 5%	引張強度: 35MPa	母材PP単独の強度は24MPa	産総研,「ポリプロピレン複合材料におけるセルロースおよびリグノセルロースナノファイバー分散方法の検討」,Cellulose Commun., 21巻1号P21-24, 2014年
PP+CN F 10%	引張強度: 58.1MPa	母材PP単独の強度は45.1MPa	京都大学 Nanocellulose Symposium2014 配布資料, 2014年3月25日 <a href="http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/04/nanocellulosesymposium2014abstract.pdf">http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/04/nanocellulosesymposium2014abstract.pdf</a>
MDPE+CN F 5%	引張強度: 18MPa	MDPE 単独の強度は14MPa	中越パルプ工業,「PE/ナノセルロースコンポジットの力学特性,成形加工シンポジウム 2014,P97-98, 2014年11月
HDPE+変性CN F 10%+添加剤	曲げ強度: 39.5MPa	衝撃強さを母材と同等とするため、添加剤をいれた	京都大学ほか,「セルロースナノファイバー強化による自動車用高機能化グリーン部材の研究開発」NEDO 成果報告書,P.27, 2013年2月 <a href="http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/01/fd99748c35cc0315e96a856e6d8f2de3.pdf">http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/01/fd99748c35cc0315e96a856e6d8f2de3.pdf</a>
HDPE+変性CN F 10%+添加剤	Izod 衝撃強さ: 3.29kJ/m <sup>2</sup>	母材の衝撃強さは3.49と同等	京都大学ほか,「セルロースナノファイバー強化による自動車用高機能化グリーン部材の研究開発」NEDO 成果報告書,P.27, 2013年2月 <a href="http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/01/fd99748c35cc0315e96a856e6d8f2de3.pdf">http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/01/fd99748c35cc0315e96a856e6d8f2de3.pdf</a>
PA11+変性CN F 10%	曲げ強度: 72.7MPa	PA11 単独の49.6MPa に対して46%増加	京都市産業技術研究所ほか,「セルロースナノファイバーとバイオポリアミドの複合化」,成形加工 26巻7号,P355-358, 2014年7月
PA11+変性CN F 10%	Izod 衝撃強さ: 4.58kJ/m <sup>2</sup>	母材の衝撃強さは8.04で劣るが、HDPEを上回る	京都市産業技術研究所ほか,「セルロースナノファイバーとバイオポリアミドの複合化」,成形加工 26巻7号,P355-358, 2014年7月
PP+水熱処理CN F シリカ粉末	曲げ強度: 53MPa	母材 PP 単独の43MPa に対して23%向上	遠藤貴士(独)産業技術総合研究所,「農林系廃棄物を用いたハイブリッドバイオマスファイバー製造および複合材料開発-リグノセルロースナノファイバーの応用展開-」nanocellulose Symposium P49-57, 2015年3月20日

表 4-5 熱伝導率等に関する CNF の物性値と物性比較

物性	種類	物性値	特長	出典
高熱伝導率	単体	熱伝導率：2.8W/m・K	エポキシ樹脂やアクリル樹脂の 20 倍	KRI プレスリリース、2014 年 10 月 16 日 <a href="http://www.kriinc.jp/aboutkri/news/2014/1016.html">http://www.kriinc.jp/aboutkri/news/2014/1016.html</a>
	CNF+無機粒子複合放熱材	熱伝導率：6W/m・K	シリコン系放熱材の 2~4 倍	
	CNF樹脂複合透明放熱材	熱伝導率：1.1W/m・K	エポキシ樹脂、PC の 2~5 倍	日立製作所、京都大学、Polyfile, 48 巻 9 号 P.22-25, 2011 年
寸法安定性	シート	熱膨張係数：7.2ppm/K	タルク強化 PP の 42~80ppm/k、単体 PP の 81~100ppm/k の 10 分の 1 程度	王子ホールディングス新技術情報 VOL.15 <a href="http://www.ojiholdings.co.jp/r_d/tech_news/015.html">http://www.ojiholdings.co.jp/r_d/tech_news/015.html</a> PP 樹脂物性表 (プラスチック読本(株)プラステックエージ社) <a href="http://www.kda1969.com/pla_material/pla_mate_pp2a1.htm">http://www.kda1969.com/pla_material/pla_mate_pp2a1.htm</a>
	CNF+無機粒子放熱材	熱膨張係数：5.0ppm/K	基板材の寸法変化と同レベル	KRI プレスリリース、2014 年 10 月 16 日 <a href="http://www.kriinc.jp/aboutkri/news/2014/1016.html">http://www.kriinc.jp/aboutkri/news/2014/1016.html</a>
	HDPE+CNF 10%	熱膨張係数：47ppm/K	HDPE 単独 248 からアルミ合金 47 に近づいた	京都大学ほか、「セルロースナノファイバー強化による自動車用高機能化グリーン部材の研究開発」NEDO 成果報告書、P.61, 2013 年 2 月 <a href="http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/01/fd99748c35cc0315e96a856e6d8f2de3.pdf">http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/01/fd99748c35cc0315e96a856e6d8f2de3.pdf</a>
	PA11+変性 CNF 10%	荷重たわみ温度：0.45MPa 試験で 164℃、1.8MPa 試験で 109℃	母材 PA11 単独から +53℃、+62℃向上	京都市産業技術研究所ほか、「セルロースナノファイバーとバイオポリアミドの複合化」, 成形加工 26 巻 7 号, P355-358, 2014 年 7 月 ヒアリング調査結果
	PE+CNF 10%	荷重たわみ温度：1.81MPa 試験で 109℃	母材 PE 単独は 78℃	京都大学ほか、「セルロースナノファイバー強化による自動車用高機能化グリーン部材の研究開発」NEDO 成果報告書、2013 年 2 月 <a href="http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/01/fd99748c35cc0315e96a856e6d8f2de3.pdf">http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/01/fd99748c35cc0315e96a856e6d8f2de3.pdf</a>
	単体	幅が 4nm と可視光波長より少ない	可視光波長 400~800nm より細かい	第一工業製薬、「セルロースシングルファイバーの増粘剤・ゲル化剤への応用」, JETI62 巻 7 号 P.49-53、2014 年 7 月
透明	シート	全光線透過率：90.1%	-	王子ホールディングス Nanocellulose Symposium2014 配布資料、2014 年 3 月 25 日 <a href="http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/04/nanocellulosesymposium2014abstract.pdf">http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/04/nanocellulosesymposium2014abstract.pdf</a>
	樹脂複合時	全光線透過率：89%	-	
	シート	ヘイズ率：0.5%	ガラスのヘイズ率は 0%、PET フィルムは約 4%	

物性	種類	物性値	特長	出典
調湿機能	POM+CN F 10%	吸水率 : 0.6% (45h23°C65%RH)	POM 単独の吸水率は 0.15%	京都大学、三菱エンジニアリングプラスティック㈱、「変性セルロースナノファイバーによるポリアセタールの補強」、ナノセルロースフォーラム第1回技術セミナー資料集 P.141, 2014年6月9日
	CNF+バ イオPE	吸水率 : 2% (100°C× 100hr)	PE 単独の吸水率は 0.01%以下	デンソー㈱、「自動車部品へのセルロースナノファイバー材料適用」、京大シンポジウム P.50, 2012年3月12日 <a href="http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2013/01/nedo-gsc2012.pdf">http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2013/01/nedo-gsc2012.pdf</a>
ガスバリア性	フィルム	水蒸気透過度 : 50g/m <sup>2</sup> ・24hr at 40°C、90%RH 透明 酸素透過度 : 10L/m <sup>2</sup> ・ 24hr at 20°C、90%RH 透明	-	NEDO, 花王, 日本製紙, 東京大学, Nano Tech2009 記者説明会資料, 2009年2月8日 <a href="http://www.nedo.go.jp/content/100080315.pdf">http://www.nedo.go.jp/content/100080315.pdf</a>
耐摩耗性	POM+CN F 10%	比磨耗量 (同材同 士) : 90 × 10- 2mm <sup>2</sup> /kgf・km	母材の半分程度 (磨 耗特性は非強化 POM と同等)	京都大学、三菱エンジニアリングプラスティック㈱、「変性セルロースナノファイバーによるポリアセタールの補強」、ナノセルロースフォーラム第1回技術セミナー資料集 P.141, 2014年6月9日
	POM+CN F 10%	比磨耗量 (対金属) : 4 × 10-2mm <sup>2</sup> /kgf・km	母材の2倍程度 (磨 耗特性は無機フィラ ー強化剤より優れる)	

結果として、ジャーポッド、炊飯器については、既存の製品に真空断熱材（熱伝導率：0.002W/m・K）が用いられていることから、熱伝導率の点でCNFに優位性がなく、適用可能性は低いと判断した。

次に、金属素材等と比べて軽量化が可能であることについて、参考として図4-7に示す。なお、図中のタイヤ素材<sup>1</sup>は、天然ゴム+合成ゴム+カーボンブラックである。

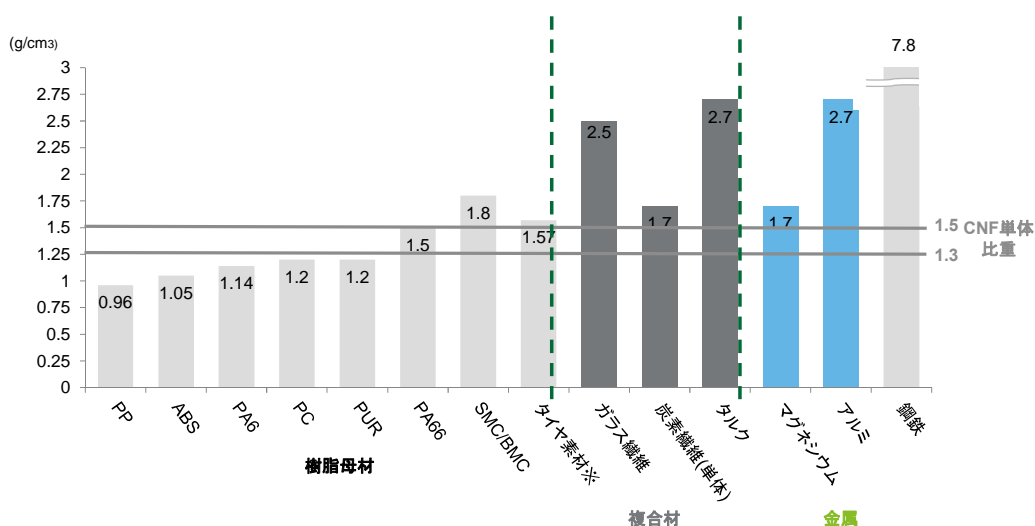


図4-7 部材の比重比較

(出典) 化学工業日報社「プラスチック成型材料商取引便覧2016年版」、DIC社Webページ、日本タルク株式会社Webページ

CNFは金属や複合材よりも比重が小さいため、既存の素材に金属や複合材が使用されていれば、軽量化が可能であることがわかる。

さらに、家電分野で有用なCNFの特長として、保温性、脱臭性などが存在する。参考として、家電に有用なCNF材の特長を表4-6に示す。

これらの特長を活かすことができれば、付加価値として付与できる可能性がある。

表4-6 家電に有用なCNF材の特長

物性	種類	物性値	特長
振動吸収	発泡CNF、エアロゲル	N/A	ナノ素材特有
保温性	発泡CNF	N/A	ナノ素材特有
遮音	CNFエアロゲル	N/A (親水性ゲル)	親水性ゲル特有
脱臭	エアロゲル (医療用オムツシートとして銀複合で利用されている)	N/A (エアロゲル)	エアロゲル特有
着色性	着色CNF	(セルロース性有)	着色性有
潤滑性	エンジンオイル	N/A	N/A
難燃・不燃化	ナノクレイ複合	N/A(モンモリナイトの特性)	N/A

<sup>1</sup> 日本自動車タイヤ協会「タイヤのLCCO<sub>2</sub>算定ガイドライン」。比重は企業Webページ（華陽物産）

### 4.3 個別部材における適用可能性の検討

#### 4.3.1 シーズ適合性（評価指標②-2：CNF物性値で見た場合）の検討

##### (1) エアコン

使用時の省CO<sub>2</sub>・省エネを図るためには、効率の向上に資する部位への適用が必要であり、エアコンにおいては機械効率向上として、ポンプ、ファンの適用が考えられる。機械効率向上の可能性に関する情報を図4-8に示す。

結果として、ポンプメーカーへのヒアリング結果より、ポンプの効率向上は見込めないことがわかった。一方で室内・室外ファンには、ガラス繊維強化アクリロニトリル樹脂による効率向上事例がありCNFの方がガラス繊維よりも軽いため、効果が期待できる。またCNF複合材は臭いがあるため、室内ファンへの適用は難しいと考えられ、よって室外ファンは、適用可能性があると判断した。

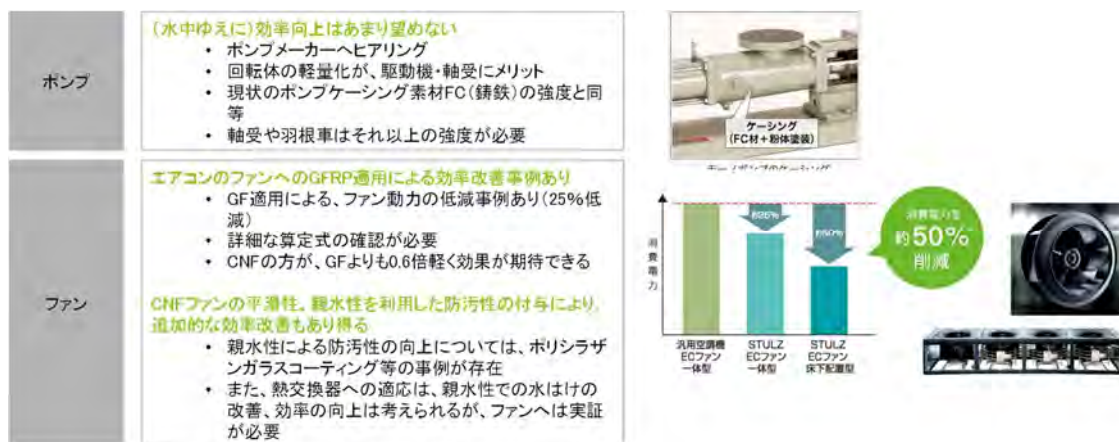


図4-8 機械効率向上の可能性に関する情報

出典) NTT ファシリティーズ社 Web ページ



## (2) 照明

面発光が可能なLED照明は、省エネ・低炭素に大きく貢献する技術と言われている。照明においては、面発光LEDへの適用が考えられる。面発光LEDへの適用可能性に関する情報を図4-9に示す。

面発光LEDの光拡散、熱拡散素材にCNFを利用することで面発光LEDの低コスト化、熱耐性を上げることでの商用化が可能であると考えられる。CNFの半透明シートは、透明シートと同程度の性能があるが、より早く製造が可能であり、コストを下げられる可能性がある。一方で、LEDの拡散シートへの適用としてCNFシートの可能性があるが、全光線透過率(80~90%以上)、散乱透過率50%の達成が必要であり、適用可能性があるものの、確実性は不明と判断した。

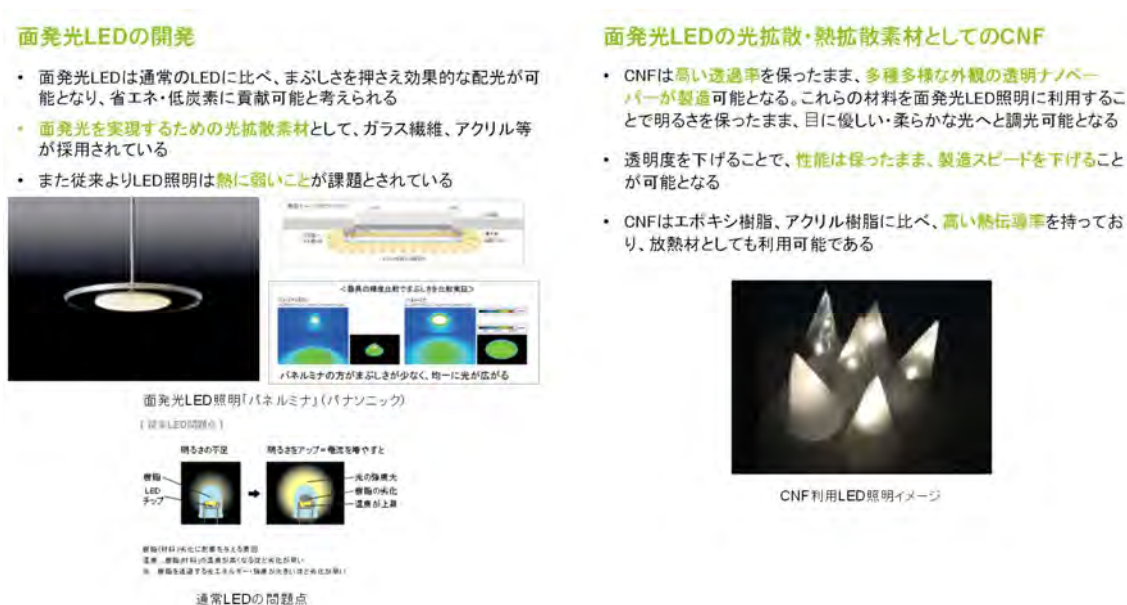


図 4-9 面発光 LED への適用可能性に関する情報

(出典) パナソニック社 Web ページ、大阪大学産業科学研究所木准教授 HP

### (3) 冷蔵庫

冷蔵庫においてはファンやコンプレッサー、筐体の板金部分への適用可能性が考えられる。冷蔵庫の基本要素とCNF適用可能性に関する情報を図4-10に、冷蔵庫における真空断熱材の適用イメージを図4-11に示す。

冷蔵庫の断熱材は、真空断熱材の開発が進んでいる。例として、パナソニック社では従来グラスウール品に比べ、繊維配向向上やバインダー（接着剤）レス、水分除去、素材（グラスウール）物性改善、空気除去、といった点を見直すことで従来の24~45倍の断熱性能を持つ真空断熱材の開発に成功している。断熱材としてCNFを利用する場合、超臨界乾燥エアロゲルを用いることは技術的難易度が高い。

冷蔵庫の筐体は断熱性へのニーズが高く、真空断熱材への期待が高い一方で、超臨界乾燥エアロゲルは基礎研究段階である。一方で、筐体の板金へは熱伝導率に優位性があり、CNF複合材の適用可能性があると判断した。

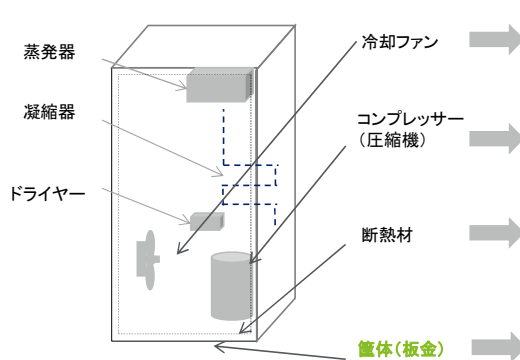
検査部位	検査結果
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• エアコン同様、ファンへの適応はあり得る <span style="color: green;">△</span></li> <li>• 一方で、<b>サイズが大きくてできない可能性</b>があり、効果が限定的な恐れ</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CNFのモーターの軸受けに等に対するCNF適応での消費電力削減の可能性は、エアコンでのモーターでの検討で記載した通り強度の関係で難しいと判断（メーカーヒアリング済み） <span style="color: red;">×</span></li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CNFエアロゲルは基礎研究段階であり、今回の対象とするか住宅建材分野と調整しながら要検討（次ページ参照） <span style="color: red;">-</span></li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 断熱性能は、熱伝導率(kcal/mh°C)に比例し、厚さに比例</li> <li>• 厚さが断熱材が約5cm、筐体は鉄(84 [W/m・K])で数mm程度であるが、CNFの複合材であれば、6[W/m・K]となり、断熱材と比較して薄い点も加味しても、<b>熱伝導率が1/15となり効果</b>があり得る。 <span style="color: green;">○</span></li> </ul>

図4-10 冷蔵庫の基本要素とCNF適用可能性に関する情報



高性能真空断熱材U-Vacua(Ver.4)



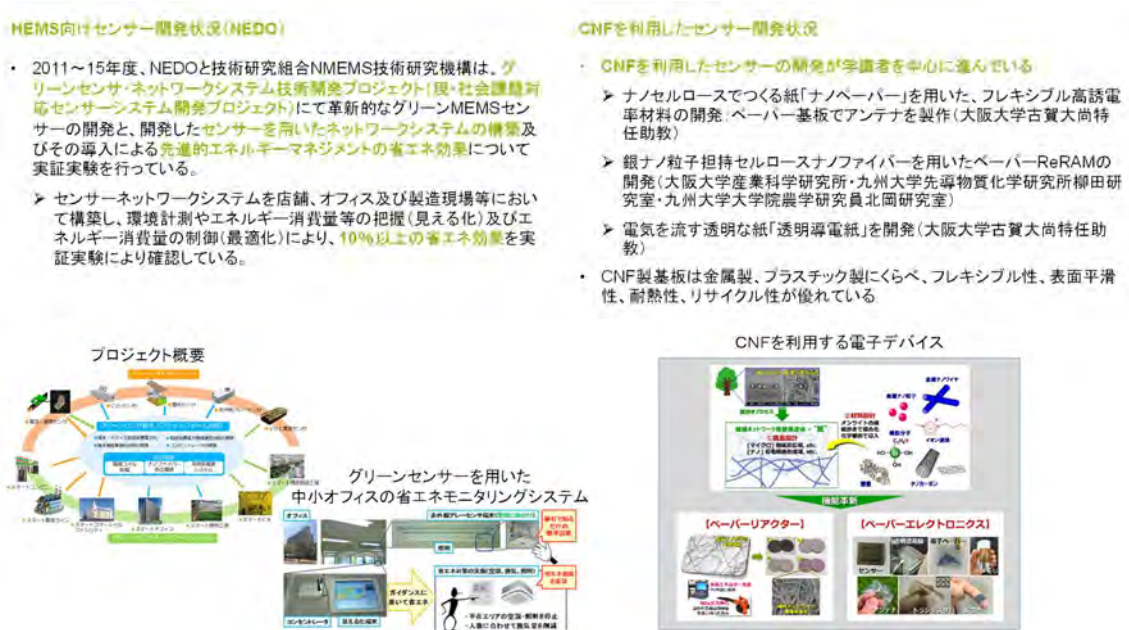
真空断熱材の適用イメージ図

図4-11 冷蔵庫における真空断熱材の適用イメージ

(出典) 湯浅等「高性能真空断熱材の開発及び冷蔵庫への適用」パナソニックテクニカルジャーナル、パナソニックアプライアンス社 Web ページ

#### (4) センサー（エアコンの最適制御）

家電における使用時の、省CO<sub>2</sub>・省エネを図るためにセンサーを利用したエネルギーマネジメントシステムに注目が集まっている。既存のプラスチックフィルムに比べ、CNFフレキシブルセンサーは、耐熱性、リサイクル性に優位性があり、紙に比べ表面平滑性に優位性がある。よってセンサー基板のCNFフィルム化により、エアコン含むEMSの更なる普及が期待できる。センサーにおけるCNF適用可能性に関する情報を図4-12に、家庭におけるセンサーの用途と機能を図4-13に示す。



(出典):大阪大学古賀大尚特任助教 HP(<http://kogahirota.com/about/research>)

図4-12 センサーにおけるCNF適用可能性に関する情報

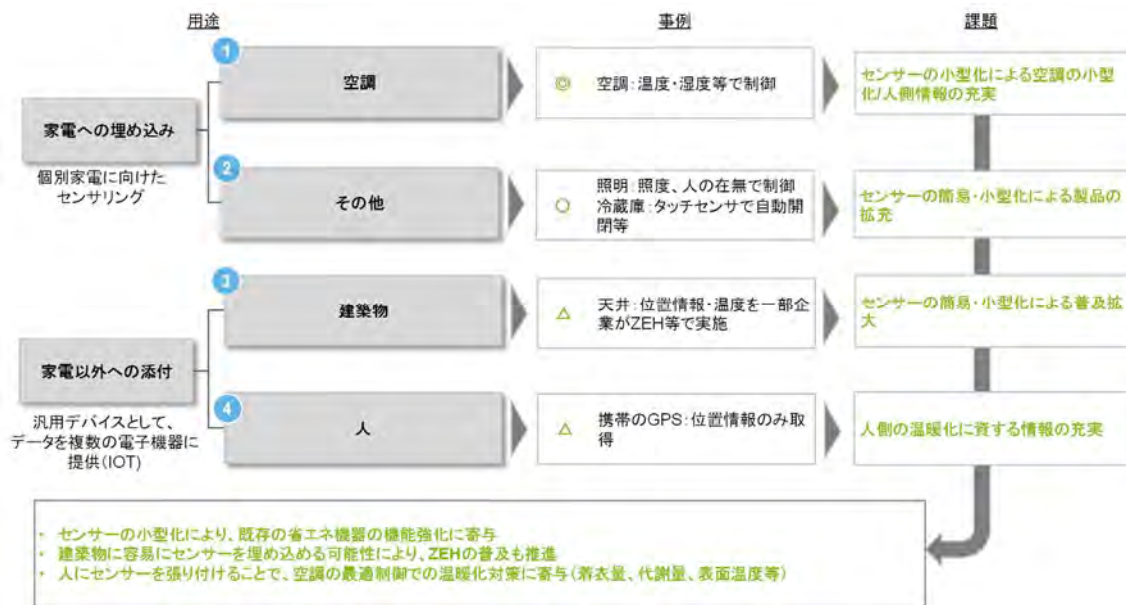


図 4-13 家庭におけるセンサーの用途と機能

HEMS向けセンサーの開発状況として、2011～15年度にかけて、NEDOと技術研究組合NMEMS技術研究機構は、グリーンセンサ・ネットワークシステム技術開発プロジェクト（現・社会課題対応センサーシステム開発プロジェクト）にて革新的なグリーンMEMSセンサーの開発と、開発したセンサーを用いたネットワークシステムの構築及びその導入による先進的エネルギーマネジメントの省エネ効果について実証実験を行っている。

本実証実験は、センサーネットワークシステムを店舗、オフィス及び製造現場等において構築し、環境計測やエネルギー消費量等の把握（見える化）及びエネルギー消費量の制御（最適化）により、10%以上の省エネ効果を実証実験により確認している。また、CNFを利用したセンサーの開発が学識者を中心に進んでいることから、CNFフィルムの適用可能性があるかと判断した。

## (5) 蓄電池

蓄電池においては、既に環境省事業などにおいて実証事業が行われるなど、国内外で開発が進んでいる。蓄電池におけるCNF開発状況と適用可能性に関する情報を図4-14に示す。

実証事業では、蓄電池の電極に塗布するスラリーの増粘剤としてのCNF代替効果を検証しており、家電での可能性は高いと考えられる。また適用可能性としてはセパレータも考えられるが、メーカーヒアリングにより、イオン透過性が悪化し、抵抗が高くなるといった意見もあり、セパレータは応用技術開発段階である。よって、増粘剤の適用可能性が高いと判断した。

<p>京都大学</p>	<p><b>H22JST事業で開発</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>高強度で、130°C近傍で溶融して正負極間のリチウムイオンの流れを遮断できるシャットダウン特性と、180°Cでも正負極間の絶縁を保持して電池の安全を維持できる高ショート特性(高耐熱性)を有する、画期的なリチウムイオン電池セパレータの開発に成功</li> </ul>	<p>メーカーC</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>まだラポレベルであり、CO2といった評価には至っていない</li> <li>CNFを検討する目的は充放電ロスの解消であるが、<b>未だ応用技術段階である</b></li> </ul>
<p>第一工業製薬</p>	<p><b>環境省実証事業で実施</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>平成27年度セルロースナノファイバー適用製品の性能評価事業委託業務で採択</li> <li>レオクリスタ(増粘剤)を用いて、リチウムイオン電池の高効率化、低CO2化を目指す</li> </ul>	<p>メーカーD</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CNFをセパレータに適用する目的で検討しているが、<b>シート化時にイオン透過性が悪化し、抵抗が高くなることを確認</b>している。よって既存のプロセスでは難しく、この点がネックとなっているため、まだラポレベルである</li> </ul>
<p>韓国国立山林科学院</p>	<p><b>韓国の山林庁が主導で開発</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>CNF複合材料による高付加価値の用途開発を目指す電極とセパレーターに3次元構造CNFを適用し、「紙バッテリー」を開発</li> </ul>		

図4-14 蓄電池におけるCNF開発状況と適用可能性に関する情報

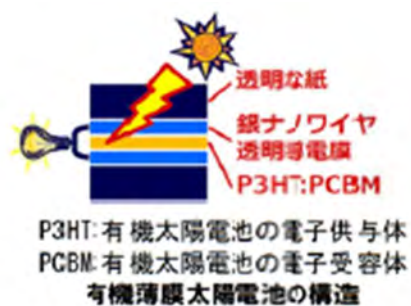
(出典) 各社HP、矢野経済研究所 web ページ

## (6) 太陽電池

太陽電池においては、CNFを利用することでフレキシブル性が高くなり、様々な用途で普及する可能性がある。太陽電池における適用可能性に関する情報を図4-15に示す。

CNFシートの上に銀ナノワイヤを塗布することで、ITOガラスと同等の透明性、導電性、変換効率を示す透明導電性基板が製造されている。CNFシートを利用した有機薄膜太陽電池は、折りたたんでも導電性能が変わらず、多様な用途が考えられる。

再生可能エネルギーが普及することで、CO<sub>2</sub>を削減することが可能である。一方で、技術的な課題として、CNFで光電変換素子の耐候性を向上させることは難しいとの有識者意見もあったことから、太陽電池の適用可能性は不明と判断した。



軽くて折りたたみ可能な太陽光発電する紙

図4-15 太陽電池における適用可能性に関する情報

(出典) 能木「太陽電池分野 紙で発電! 軽くて折りたたむための太陽電池」、次世代エレクトロニクス・エネルギー技術産業創出プロジェクト、近畿経済産業局

## (7) エアフィルタ

エアフィルタにおいては、エアフィルタの性能は、表面積と圧力損失とで決まり、CNFはナノ素材であることから、添加することで表面積の拡大、性能の強化につながるため適用可能と考えられる。CNFの適用によって圧力損失を補うだけの、表面積拡大ができれば、結果としてエネルギー効率の向上につながると考えられる。産業用エアフィルタにおける適用可能性に関する情報を図4-16に示す。

家庭用エアコンではナノ素材を適用する必要性は低いため、空気洗浄機や産業用（クリーンルーム）等での適用可能性があると判断した。メーカーにおいても開発段階ではあるが、サンプルの提供を始めている。



図 4-16 産業用エアフィルタにおける適用可能性に関する情報

（出典）日本経済新聞、北越紀州製紙 HP

## (8) ジャーポッド及び炊飯器

ジャーポット及び炊飯器においては、断熱性向上といった点でCNFの適用可能性があると考えられる。ジャーポッド及び炊飯器における適用可能性に関する情報を図4-17に示す。

検討結果としては、既存のジャーポッド及び炊飯器の断熱材には、真空断熱材等が使われており、熱伝導率の優位性は低く、適用可能性は低いと考えられる。またステンレスやアルミが使われている箇所として内釜の基材や内蓋があり、CNF複合材の代替可能性が考えられるが、内釜は熱伝導率が高い方が良いため優位性はなく、また内蓋はCNF複合材に臭いがあるため、優位性は低いと考えられる。よってCNFの適用可能性は低いと判断した。

### 【内容器】

- 既存製品には真空断熱材が使われている。(0.002W/m・K)
- パナソニック社では従来グラスウール品や硬質ウレタンフォーム品に比べ、以下の点を見直すことで従来の約20～38倍の断熱性能を持つ真空断熱材の開発に成功している
  - 繊維配向向上
  - バインダー(接着剤)レス
  - 吸着剤の高活性化
  - ガラス繊維の強度による真空空間での熱抵抗の増加
- CNFは仮にエアロゲルでも0.018W/m・Kとなり、保温における優位性はなく、導入可能性は低い
- 炊飯器内釜の基材はステンレスやアルミ等が使われるが、熱伝導率が高い方が良いため優位性はなく、導入可能性は低い

### 【底・蓋】

- 既存製品には断熱材が使われており、少なくともグラスウール(0.050W/m・K等)や、フェノールフォーム(0.019W/m・K)が想定される
- CNFの複合材は、6W/m・Kであり、保温性の向上のためにCNFが活用される可能性は低い
- 内蓋にステンレスが使われているが、CNF複合材は臭いがあるため、活用される可能性は低い

ジャーポット用高性能真空断熱材 ジャーポットへの適用イメージ図



炊飯器への適用イメージ図 (真空断熱材)



炊飯器への適用イメージ図 (底・ガラス繊維)



図4-17 ジャーポッド及び炊飯器における適用可能性に関する情報

(出典) パナソニックアプライアンス社 Web ページ、日立アプライアンス、日立 Web ページ



## (9) 洗濯機

洗濯機においては、機械効率向上として、洗濯槽や洗濯槽に付随する部位であるバルンサー及びパルセータ、ダッスイウケの適用が考えられる。洗濯機の基本要素とCNF適用可能性に関する情報を図4-18に示す。

検討結果としては、バルンサーは流体であるため軽量化は困難であると判断し、またダッスイウケは既存が樹脂であるため、軽量化による効果は限定的であると判断した。一方でステンレス洗濯槽やパルセータは、設計要件を満たせば軽量化のニーズがあり、CNF複合材を適用することが可能と考えられる。さらに洗濯槽とパルセータは一体成形が可能と考えられ、よって適用可能性はあると判断した。

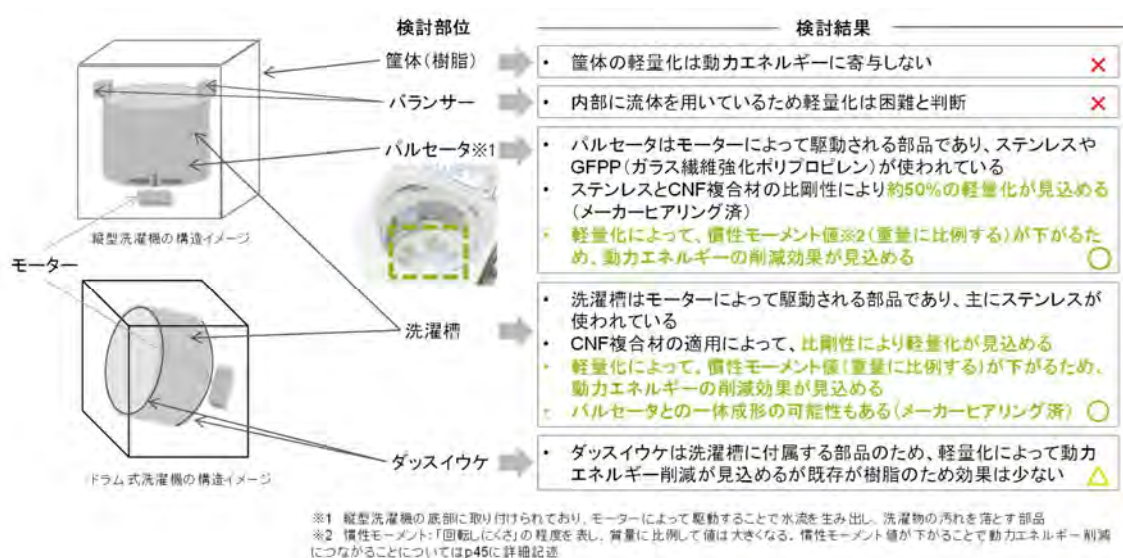


図4-18 洗濯機の基本要素とCNF適用可能性に関する情報

(出典) パナソニック Web ページ ([http://panasonic.jp/wash/product/na\\_jfa802/](http://panasonic.jp/wash/product/na_jfa802/))

### (10) シーズ適合性検討結果

これまでの調査を踏まえ、シーズ適合性の調査結果を表 4-7 に示す。

検討の結果、エアコン、照明、冷蔵庫、テレビ・PC、センサー、蓄電池、太陽電池、産業用エアフィルタ、洗濯機においてシーズ適合性があると判断した。

表 4-7 シーズ適合性調査結果

選定した製品	検討結果		判断の根拠
	②-1	②-2	
エアコン	○	○	室外ファンへの適用としてCNF複合材が可能
照明	○	△	LEDの拡散シートへの適用としてCNFシートの可能性があるが、全光線透過率(80~90%以上)、散乱透過率50%の達成が必要であるため、チャレンジ目標である
電気冷蔵庫	○	○	筐体(板金)への適用としてCNFフィルムが可能
テレビ・PC	○	○	テレビへの適用としてCNFシートが可能
センサー(※エアコンの最適制御)	○	○	センサー基板への適用としてCNFフィルムが可能
蓄電池	○	○	電極に塗布するスラリーに用いる増粘剤への適用としてCNFゲルが可能
太陽電池	○	△	有機薄膜太陽電池への適用としてCNFシートが可能だが、一方でCNFで光電変換素子の耐候性を向上させることは難しく、技術的課題が存在
産業用エアフィルタ	○	○	エアフィルタへの適用としてCNFの塗布により表面積増加が可能
ジャーポッド	○	×	既存製品に真空断熱材が用いられているため、物性としての優位性はないと判断した
炊飯器	○	×	既存製品に真空断熱材が用いられているため、物性としての優位性はないと判断した
洗濯機	○	○	ステンレス槽やパルセータへの適用としてCNF複合材が可能

※凡例 ○：適用可能性が高い △：不明 ×：適用可能性なし

### 4.3.2 CO<sub>2</sub>削減可能性（評価指標③）の検討

#### (1) エアコン

エアコンの室内・室外ファンのCNF適用による削減効果を推計した。削減可能性のある部位と削減効果の推計を図4-19に示す。

ファンを長径化することで、CO<sub>2</sub>削減効果が見込める。エアコンにおける室外機のファンにおいては、エアコン全体のエネルギー使用量の概ね5%を占める（消費電力例：全体2.8kW、室外機ファン0.14kW）。この5%に対して仮に、流量を同一、外径を1.2倍にした場合、概ね室外機のファンの消費電力は半減することから、COPは2.4%改善すると推計した。

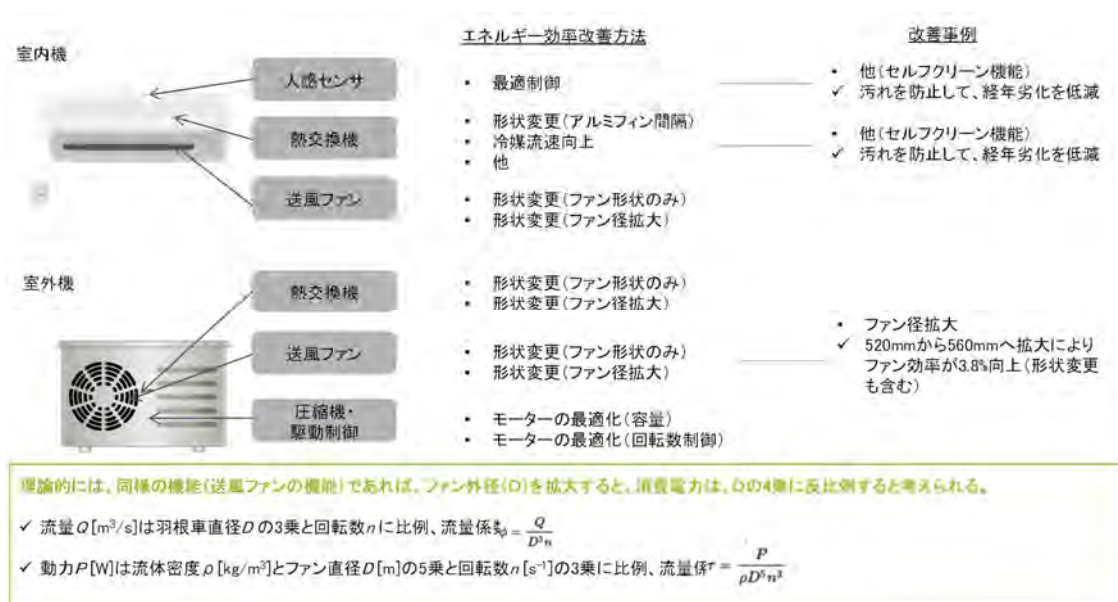


図4-19 削減可能性のある部位と削減効果の推計

(出典) Panasonic technology Journal Vol. 56 No.2 Jul2010、  
東芝レビューVol.70 No.12 (2015)

## (2) 照明 (面発光 LED)

照明の CNF 適用による削減効果を推計した。LED の課題解決の要件整理と CNF 適用可能性に関する情報を図 4-20 に示す。

既存 LED は、「コストが高い」、「家庭向きの柔らかい照明に適用しづらい」、「熱に弱く、熱で効率が下がる」、といった課題があり、普及の障害となっている。CNF の特性を生かした面発光 LED によって上記課題を解決できる可能性があり、LED の普及促進と更なる低炭素化が期待できる。ここでいう低炭素化とは、削減量自体は CNF の適用により増減はしないが、面発光 LED が普及することにより大幅に削減することを指す。

次に削減効果の推計を行う。照明 (面発光 LED) における削減効果の推計を図 4-21 に示す。

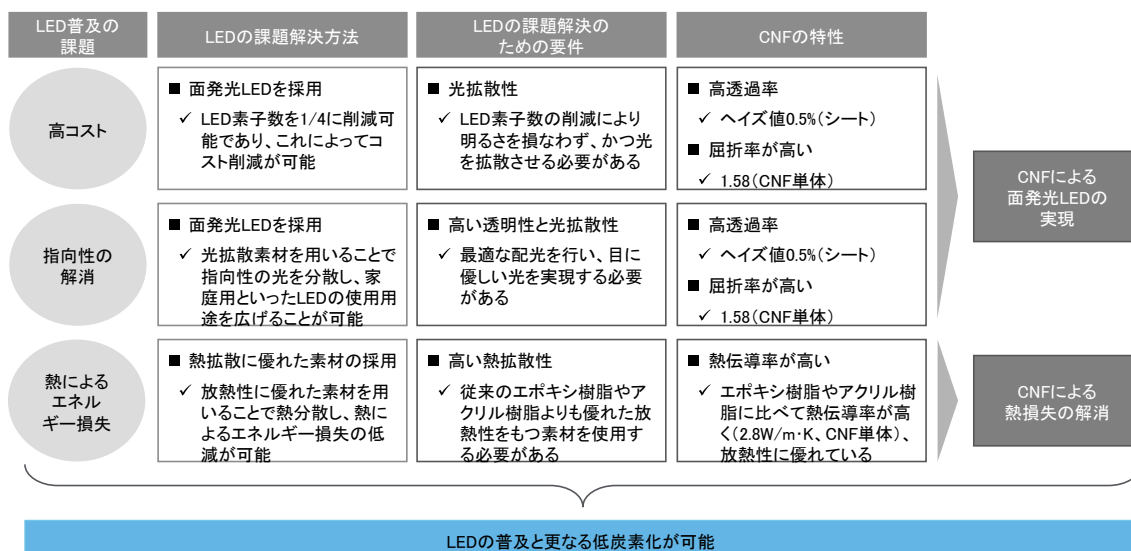


図 4-20 LED の課題解決の要件整理と CNF 適用可能性に関する情報

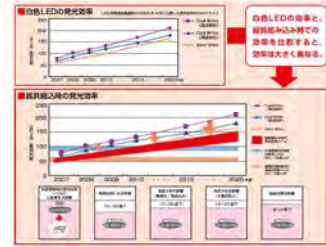
### LEDモジュール削減による消費電力量削減

- LEDの面発光をCNFで実現できれば、直下方式面発光を行うケースに比べて、LEDモジュールの数を減らすことができる
- その結果消費電力を約75%~90%削減可能



### 熱マネジメントによる発電効率向上

- LEDは、器具組み込みによって、発光効率が低くなる
- そのうち温度上昇による影響が、約10~20%である
- CNFは熱伝導率が高く、熱拡散効果も期待でき、約10~20%の消費電力削減効果が見込まれる



### (参考)LED照明の普及率

- 2014年のLED照明の世帯普及率は33%
- 2030年までにLED等高効率照明の100%普及を目指すとされている

図 4-21 照明 (面発光 LED) における削減効果の推計

(出典) 株式会社エンプラス社 Web ページ (<http://lightenhancercap.com/light-enhancer-cap/light-enhancer-cap2.html>)、LED 照明推進協議会「白色 LED の技術ロードマップ」([http://www.led.or.jp/publication/docs/JLEDS2014P04\\_2.pdf](http://www.led.or.jp/publication/docs/JLEDS2014P04_2.pdf))、LED 照明の世帯普及率：「平成 26 年全国消費実態調査」(総務省、二人以上の世帯)、2030 年について：地球温暖化対策計画 (2016 年閣議決定) 等

LED 照明は、従来照明に比べ、消費電力を 50%~90%削減可能であり、CNF を光拡散材として利用し、面発光 LED を実現すれば、照度を保ったまま、LED モジュールを 4 分の 1 ~ 8 分の 1 へ削減可能と考えられ、つまり消費電力を約 75%~90%削減可能と考えられる。また、CNF の適用により、熱マネジメントによる発電効率向上も期待できる。

### (3) 冷蔵庫

冷蔵庫のCNF適用による削減効果を推計した。筐体の板金部分をCNF代替することで、熱伝導率が下がり、保冷性が上がるため、CO<sub>2</sub>削減効果が見込める。冷蔵庫における削減効果の推計を図4-22に示す。

年間電力使用量が180kWh/年（容量500L）の冷蔵庫で、削減効果は12kWh/年・台と想定、これは約6.7%の削減率となる（有識者ヒアリングによる）。

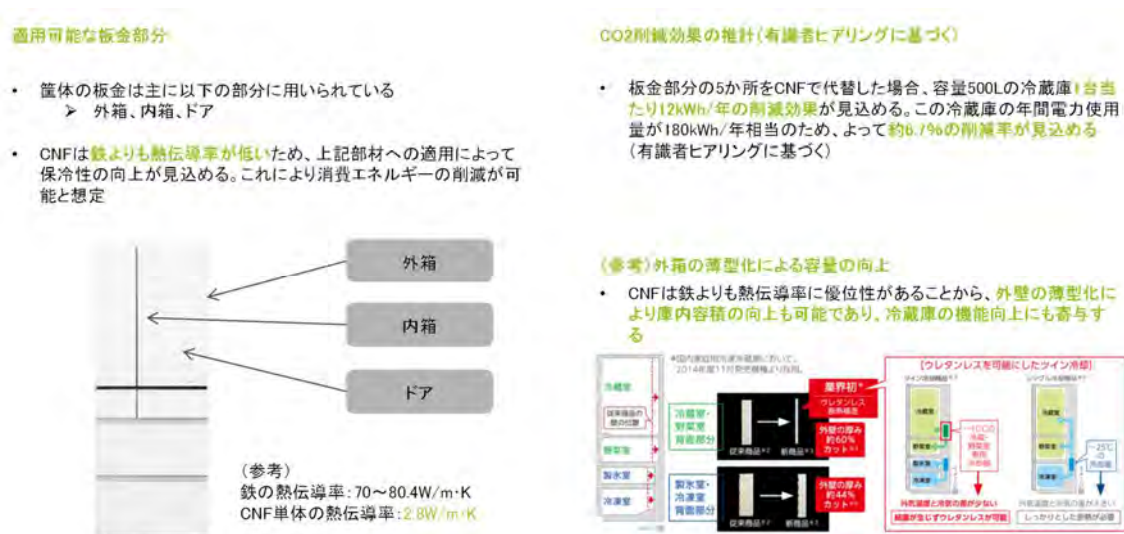


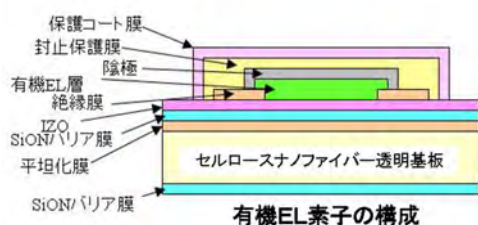
図 4-22 冷蔵庫における削減効果の推計

(出典) パナソニック HP <http://panasonic.jp/reizo/p-db/NR-F511PV.html>、  
東芝 HP [http://www.toshiba.co.jp/living/refrigerators/gr\\_k600fwx/magic.html](http://www.toshiba.co.jp/living/refrigerators/gr_k600fwx/magic.html)

#### (4) テレビ

テレビのCNF適用による削減効果について検討した。テレビにおける削減効果に関する情報を図4-23に示す。

従来の有機ELディスプレイの素材はガラスであったが、巨大化はコストや管理の観点から難しい。近年はロール状の透明プラスチック基板が研究されているが、熱線膨張率が高く、基板上的回路等の破損が課題であった。CNFはフレキシブル性が高く、ロール状にして巨大化が可能であり、熱線膨張率も低いものの、発光体にエネルギーを使っているため、ディスプレイへのCNF適用では機器効率に大きく影響しないため、削減効果は大きく見込めないと判断した。



CNF透明基板上で発光させた有機EL素子

図4-23 テレビにおける削減効果に関する情報

(出典) 京都大学 矢野教授

## (5) センサー

センサーのCNF適用による削減効果を推計した。センサーによるエアコンの最適制御での削減効果の推計を図4-24に示す。

CNFをエアコンや建材に利用することで、住宅のゼロエネルギー化を進めることが可能であり、CNF適用センサーは、グリーンセンサと同様に10%以上のCO<sub>2</sub>削減効果が期待できる。これはNEDOと技術研究組合NMEMS技術研究機構は、グリーンセンサ・ネットワークシステム技術開発プロジェクト（現・社会課題対応センサーシステム開発プロジェクト）にて革新的なグリーンMEMSセンサーの開発と、開発したセンサーを用いたネットワークシステムの構築及びその導入による先進的エネルギーマネジメントの省エネ効果について実証実験を行っており、10%以上の省エネ効果を確認しているためである。

経済産業省は、2020年までに新築戸建住宅の過半数をZEH（Zero Energy House）化するとしている。ZEHの普及見込みと新規住宅着工の推移を図4-25に示す。

2020年代の新規住宅着工は60万戸代となる見込みであり、よって2020年代に約30万個の住宅がZEHとなる見込みである。

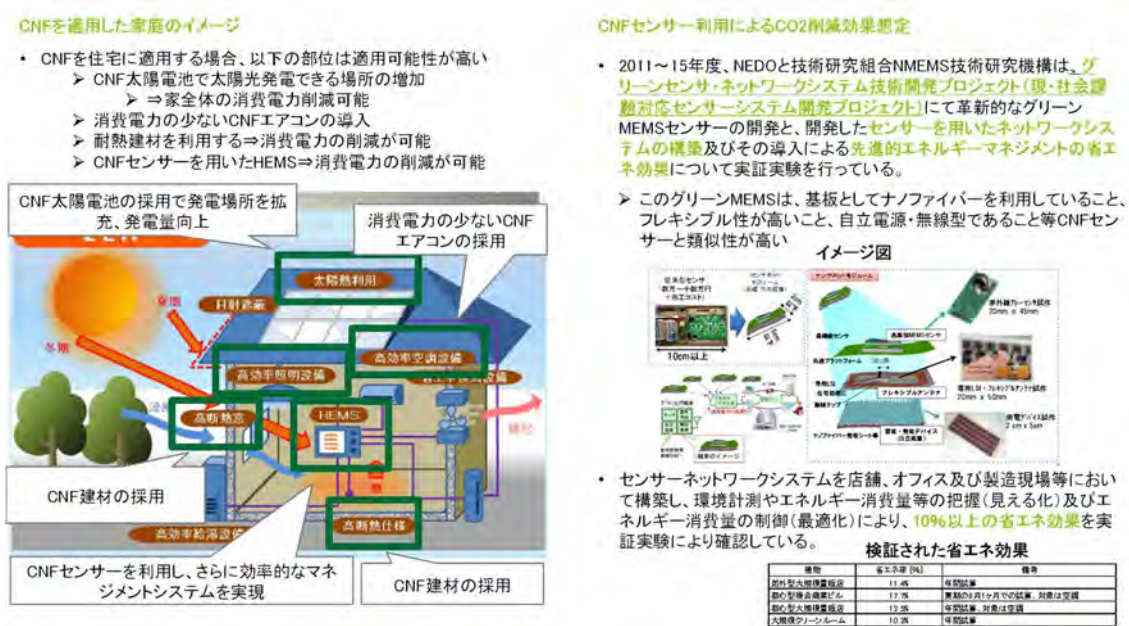


図4-24 センサーによるエアコンの最適制御での削減効果の推計

（出典）一般社団法人環境共創イニシアチブ「ZEB 実証事業 調査研究発表会 2015」  
<http://lightenhancercap.com/light-enhancer-cap/light-enhancer-cap2.html>、  
 NEDO「社会課題対応センサーシステム開発プロジェクト」

国土交通省「第2回社会インフラのモニタリング技術活用推進検討委員会資料 センサ技術の現状と課題」



**ZEH普及見込み**

- 経済産業省は、「ZEH普及に向けたロードマップ」で2020年までに新築戸建住宅の過半数をZEH化するとしている



**新規住宅着工の推移(見込み)**

- 2020年代の新規住宅着工は60万戸代となる見込み

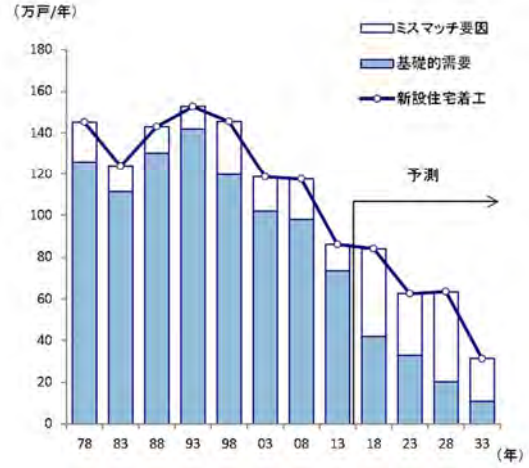


図 4-25 ZEHと新規住宅着工の推移

(出典) 経済産業省「ZEHロードマップ検討委員会とりまとめ」、みずほ情報総合研究所「今後の住宅市場をどう見るか」(<http://www.mizuho-ri.co.jp/publication/research/pdf/insight/jp160104.pdf>)

## (6) 産業用エアフィルタ

産業用エアフィルタのCNF適用による削減効果を推計した。産業用エアフィルタにおける削減効果の推計を図4-26に示す。

北越紀州製紙はCNF適用によりQL (Quality Factor<sup>2</sup>) が2倍以上になることから、圧力損失を半分にすることが可能と公表している(粒子透過率が同じ場合)。圧力損失半減の状態が長期に渡って維持されれば、消費電力削減効果約50%が見込める(生産規模拡大時の影響等により変動の可能性があるので参考値)。また、既存研究として、CNF添加によって圧力損失を増加させずに、集塵率向上が可能となる花粉除去フィルタがある。

### CNF適用による効率改善効果の根拠

圧力損失と消費電力の関係性とその効果	
■	通風時間やファン効率を一定とした場合、 <b>フィルタの圧力損失低減により消費電力削減が可能</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>消費電力※2 = (風量(CMS) × フィルタ平均圧力損失(Pa) × 通風時間(h)) ÷ (ファン効率(-) × 1000)</li> </ul>
■	北越紀州製紙は、ガラス繊維不織布にCNFを複合化させた際のエアフィルタ性能として、性能指標であるQFが従来の2倍以上になったと公表 <ul style="list-style-type: none"> <li>QFが2倍になると、圧力損失は半分となる(粒子透過率が同一の場合)</li> <li>圧力損失半分の状態が継続すれば、計算上は消費電力50%削減の可能性ある(ヒアリングで確認済み)</li> <li>一方で、長期に渡っての評価、生産規模拡大時の影響、フィルタユニット加工時の影響が不明で、参考値となる</li> </ul>
■	日本電機工業会のJEM1467規格によると初期圧力損失が2倍になるとフィルタ交換が必要となる

CNF適用によって消費電力50%削減が見込める  
(フィルタの長寿命化も可能と想定)

### (参考) CNF適用による効果検証結果の既存研究

CNFを用いた花粉除去フィルタ (あいち産業科学技術総合センター)	
概要	電荷を制御したCNFをフィルタに付けることで、花粉の除去率を高めたフィルタ
優位性	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ CNFの表面改質技術の応用</li> <li>■ 表面積が大きいというナノファイバーの特性を生かす</li> <li>■ 中性能フィルタよりも性能が低いクラスのフィルタにCNFを添加することで、花粉等の集塵率が上がる可能性がある</li> </ul>
効果	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ フィルタの目のサイズで花粉を除去するのではなく、電的な結合により花粉を除去できるため、除去率が高い</li> <li>■ CNFを付けたことによってフィルタの圧力損失を増加させずに、集塵効率を上げることができ、様々なタイプのフィルタに応用できる</li> </ul>

技術的には圧力損失を増加させずに集塵率を上げることが可能である

図4-26 産業用エアフィルタにおける削減効果の推計

(出典) ※2 ニッタ HP [https://www.nitta.co.jp/product/airclean/air\\_filter/](https://www.nitta.co.jp/product/airclean/air_filter/)  
北越紀州製紙 HP <http://www.hokuetsu-kishu.jp/cnf/index.html>  
中部科学技術センターHP <http://www.cstc.or.jp/cicn/seeds/pdf/2014/2014cicn-9.pdf>

<sup>2</sup> エアフィルタの潜在能力を示す指標、圧力損失や厚さが異なってもフィルタ性能を比較できる。QF = -ln(粒子透過率) ÷ 圧力損失で算出される

## (7) 洗濯機

洗濯機のCNF適用による削減効果を推計した。洗濯機に用いられる洗濯槽、パラセータをCNF代替することで軽量化が見込める（一体成形の可能性もあり）。軽量化による消費電力削減の根拠を図4-27に、洗濯時における洗濯槽及びパラセータのCO2削減効果の推計を図4-28に示す。

軽量化によって慣性モーメントが低減するため、消費電力削減が見込める。慣性モーメントの低減による消費電力の削減効果は、ステンレスとCNF複合材の比剛性による軽量化率が約50%である（メーカーヒアリングに基づく）ため、洗濯時の消費電力削減効果は2.5%と推計した。

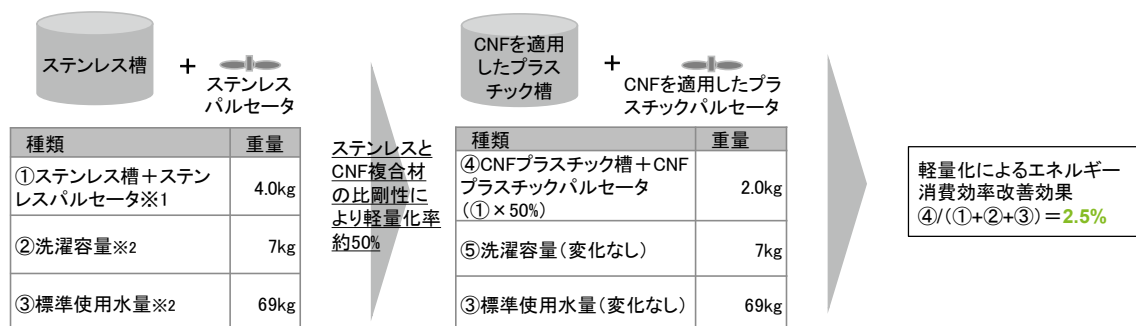
軽量化⇒慣性モーメント値の低減

- 洗濯槽やパラセータの軽量化により慣性モーメント値の低減が可能
  - ✓ 洗濯機は洗濯物の量に応じて、洗濯槽やパラセータの回転時における慣性モーメントを計測し、最適化している
  - ✓ 慣性モーメントは $J = \frac{1}{2} M (D^2 + d^2)$  [kg・m<sup>2</sup>]によって算定される（慣性モーメント: J、円筒の外径: D、円筒の内径: d、円筒の質量: M）
  - ✓ 上記算定式より、外径や内径が一定の場合、慣性モーメントは質量によって変化することがわかる
  - ✓ CNF代替によって、軽量化分の割合だけ慣性モーメント値を下げるができる

慣性モーメント値の低減⇒消費電力の低減

- 慣性モーメント値の低減が、動力エネルギーとしての消費電力削減が可能
  - ✓ 洗濯機の動力はトルク×回転数によって算定される
  - ✓ トルクは回転運動の運動方程式である $T = I \alpha$ によって算定される（T:トルク、I:慣性モーメント、 $\alpha$ :角加速度）
  - ✓ 上記算定式により慣性モーメントの増減がトルクに影響することがわかる
  - ✓ 慣性モーメントの値が小さくなれば、トルクに影響するため、結果として動力エネルギーの削減に寄与する

図 4-27 軽量化による消費電力削減の根拠



※削減効果の推計にはドラム式洗濯機を採用

図 4-28 洗濯時における洗濯槽及びパラセータのCO2削減効果の推計

(出典) ※1：重量はメーカーヒアリングに基づく、  
※2：パナソニック社 HP [http://panasonic.jp/wash/p-db/NA-VG710L\\_spec.html](http://panasonic.jp/wash/p-db/NA-VG710L_spec.html)

### (8) CO<sub>2</sub>削減可能性検討結果

これまでの検討を踏まえ、CO<sub>2</sub>削減可能性の検討結果を表 4-8 に示す。

検討の結果、エアコン、照明、冷蔵庫、センサー、蓄電池、太陽電池、産業用エアフィルタ、洗濯機においてCO<sub>2</sub>削減可能性があるかと判断した。

表 4-8 CO<sub>2</sub>削減可能性検討結果

選定した製品	検討結果	判断の根拠
エアコン	○	ファン長径化により、消費電力 2.5%削減と推計
照明	○	面発光 LED の拡散材に適用することによって LED 素子数を削減し、消費電力 75%削減と推計
電気冷蔵庫	○	冷蔵庫筐体の板金部分の代替について、CO <sub>2</sub> 削減率は約 6.7% (ヒアリング結果に基づく) と推計
テレビ・PC	×	発光が主なエネルギー消費であることからテレビの消費電力への寄与率は低いと考える
センサー (※エアコンの最適制御)	○	グリーンセンサーを用いた実証実験結果より、電力由来CO <sub>2</sub> 排出量に対して 10~11.2%削減と推計
蓄電池	△	電極に塗布するスラリーに添加する増粘剤に CNF を適用することで高効率化が可能 (ヒアリングに基づく) だが、削減率は不明
太陽電池	△	CNF 適用による直接のCO <sub>2</sub> 削減効果ではなく、再生可能エネルギーの普及促進によるCO <sub>2</sub> 削減が可能だが、値は不明
産業用エアフィルタ	○	産業用エアフィルタへの適用により、ファンの消費電力量削減効果として約 50%が見込める (メーカーヒアリングに基づく)
洗濯機	○	洗濯槽及びパルセータへの適用により、洗濯時の消費電力量削減効果として 2.5%と推計

※凡例 ○ : 具体的な値あり △ : 値不明だが削減可能性あり × : 削減可能性なし

### 4.3.3 ニーズ適合性（評価指標④）の検討

選定した製品のうち、ヒアリング調査の結果、開発ニーズが高いと思われる製品を特定した。ニーズ適合性の検討結果を表 4-9 に示す。

検討の結果、エアコン、照明、冷蔵庫、センサー、蓄電池、産業用エアフィルタ、洗濯機においてニーズが存在すると判断した。

表 4-9 ニーズ適合性検討結果

選定した製品	検討結果	判断の根拠
エアコン	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>● メーカーの興味はあるが、詳細なFS調査が必要</li> <li>● 適用にあたっては臭いによる問題があるため、室外機への適用が妥当</li> </ul>
照明	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>● CNFは透明性、光拡散率が優れており、面発光を実現することで素子数を削減する</li> <li>● 透明性と光拡散性を両立する素材への開発ニーズは高く、またLEDの熱マネジメントへのニーズも高い</li> </ul>
電気冷蔵庫	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 板金部分のCNF代替について開発ニーズが存在することを確認</li> </ul>
テレビ・PC	×	<ul style="list-style-type: none"> <li>● フレキシブル性を活かした電子デバイス適用の研究があることは文献等で確認できるが、メーカーニーズは低いと想定し、ヒアリングは行っていない</li> </ul>
センサー（※エアコンの最適制御）	△	<ul style="list-style-type: none"> <li>● センサー数を増やし、詳細なデータが得られれば、より精密なコントロールが可能となれば開発余地あり</li> <li>● 一方で、既存のフレキシブル基板にはプロセス技術に課題があり、メーカー側で活用用途が定まっていないことからニーズは限定的</li> </ul>
蓄電池	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 環境省実証事業で自動車用蓄電池の電極に塗布するスラリーの増粘剤として適用しているため、開発ニーズは存在すると想定</li> </ul>
太陽電池	×	<ul style="list-style-type: none"> <li>● CNFシート上に銀ナノワイヤを塗布することで透明導電性基板を開発済み</li> <li>● 耐候性の問題や外国製の方が安価であるため、積極的に実施するメリットがない</li> </ul>
産業用エアフィルタ	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>● エアフィルタのCNF適用については、超高性能な製品への適用がふさわしい。また業務用への展開も期待できる。</li> </ul>
洗濯機	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 洗濯槽及びパルセータの軽量化により省エネ効果が見込め、開発ニーズが存在することを確認</li> </ul>

※凡例 ○：適用可能性が高い △：不明 ×：適用可能性なし

#### 4.3.4 実証容易性（評価指標⑤）の検討

これまでの検討を踏まえ、実証容易性の検討結果を表 4-10 に示す。

検討の結果、エアコン、照明、冷蔵庫、センサー、蓄電池、太陽電池、洗濯機において実証容易性があると判断した。

表 4-10 実証容易性検討結果

選定した製品	検討結果	判断の根拠
エアコン	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 実証コストは5千万円～2億円の範囲で可能（熱交換器といったコストがかかると想定されるが上記範囲内）</li> <li>● 社会実装に向けた実証期間は、技術的に確立した複合材の技術を横展開できるため、2～3年でファンの長径化は可能と想定</li> </ul>
照明	△	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 実証事業完了時が社会実装開始と想定される</li> <li>● 実証コストとしては、約5,000万円～約2億円程度（付加価値があれば可能、有識者ヒアリング）</li> </ul>
電気冷蔵庫	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 費用としては、約5,000万円～約2億円程度（樹脂を作るための設備コストが不明であるが範囲内、有識者ヒアリング）</li> <li>● 社会実装に向けた実証期間は、技術的に確立した複合材の技術を横展開できるため、2～3年と想定（事務局想定）</li> </ul>
テレビ・PC	×	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 実証事業完了時が社会実装開始と想定される</li> </ul>
センサー（※エアコンの最適制御）	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 実証期間については、既に学識者が作成していることから2～3年で可能（NEDOグリーンセンサ事業※1は4年）</li> <li>● 費用としては、事業規模によることから不明（NEDOグリーンセンサ事業※1は単年6億円）</li> </ul>
蓄電池	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>● コストは平成27年度セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務では1事業当りの上限予算額である5千万円</li> <li>● 一方でセパレータは実証期間は、シート化時にイオン透過性が悪化し、抵抗が高くなることから、応用技術段階であり不明</li> </ul>
太陽電池	△	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 実証事業完了時が社会実装開始と想定される</li> <li>● 有機太陽電池はプロセス温度が低いためCNF材料との相性がよいが、有機太陽電池素子の耐久性と変換効率が低い</li> </ul>
産業用エアフィルター	×	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 2016年にA4サイズ程度のサンプルを提供しているが、現在安定的で広面積での製品化に到達しておらず、現状基礎～応用開発の段階</li> </ul>
洗濯機	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 実証コストは5千万円～2億円の範囲で可能と想定（事務局想定）</li> <li>● 社会実装に向けた実証期間は、技術的に確立した複合材の技術を横展開できるため、2～3年と想定（事務局想定）</li> </ul>

※凡例 ○：適用可能性が高い △：不明 ×：適用可能性なし

#### 4.4 家電分野における適用可能性評価まとめ

これまでの検討を踏まえ、個別製品の適用可能性評価結果を図 4-29 に示す。

評価指標に基づく検討結果として、2020 年の実現可能性に向けて、「エアコン」、「照明」、「冷蔵庫」、「センサー」、「蓄電池（増粘剤）」、「洗濯機」の適用可能性が高いことがわかった。テレビ及びPCは、CNFをディスプレイに適用することを検討したが、機器効率に直接関与しないため、適用可能性は低いと判断した。太陽電池は、耐候性といった技術的な課題があり、また海外製の方が安価であるため、ニーズは低いと判断し、適用可能性は低いと判断した。産業用エアフィルタは、2020 年での製品化が見込めないため、適用可能性は低いと判断した。ジャーポッド及び炊飯器は、既存製品に真空断熱材が使われていることから物性値に優位性がないため、適用可能性は低いと判断した。

次にCNF適用に関する検討結果の詳細として、以下図 4-30～33 に示す。

目的		結論					
■ どの製品にCNFを適用すべきかを検討		■ 家電:①～⑤の評価指標で適用可能性を考慮した結果、エアコン(室外ファン)、照明、冷蔵庫(板金)、センサー(エアコンの最適制御)、蓄電池(増粘剤)、洗濯機(洗濯槽・バルセータ)にCNF適用可能性が高いことが判明した					
評価指標	①家電の市場環境	②-1 サイズ適合性	②-2 サイズ適合性	③CO2削減可能性	④ニーズ適合性	⑤実証容易性	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>製品出荷実績及びCO2排出量が多い製品の選定</li> <li>新規性、横展開可能な製品の選定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>素材からみて適合性の高い製品の選定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CNF物性値から見て適合性の高い製品の選定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>使用時のCO2削減量の多い製品の選定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>開発ニーズの高い製品の選定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2020年に製品化可能な製品の選定</li> <li>実証コストが高額でない製品の選定</li> </ul>	
検討結果	エアコン	○	○	○	○	○	
	照明	○	○	△(確実ではないが可能性有)	○	○	
	冷蔵庫	○	○	○	○(CO2削減量判明)	○(ニーズ確認)	
	テレビ・PC	○	○	○	×	(前の指標までで適用可能性が低いと判断)	
	センサー (エアコンの最適制御)	○	○	○	○	△(活用用途が不明確)	
	蓄電池 (増粘剤)	○	○	○	△	○	
	太陽電池	○	○	△	△	○(セ/バルセータは×)	
	産業用エア フィルタ	○	○	○	○(CO2削減量判明)	○	
	ジャーポッド	○	○	×	(前の指標までで適用可能性が低いと判断)	(前の指標までで適用可能性が低いと判断)	
	炊飯器	○	○	×	(前の指標までで適用可能性が低いと判断)	(前の指標までで適用可能性が低いと判断)	
洗濯機 (洗濯槽・バルセータ)	○	○	○	○	○		

■ : ×がない項目製品を選定

図 4-29 個別製品の適用可能性評価結果

		②-1シーズ適合性				
		複合材料(*A)	ゲル(*A)	フィルム(*B)	シート(*B)	
①家電の市場環境	製品出荷実績及びCO <sub>2</sub> 排出量が多い製品	エアコン	【③CO <sub>2</sub> 削減可能性評価】 ○ 室外ファンへの適用で削減効果2.5%	× 用途なし	× 用途なし	× 用途なし
		照明	× 用途なし	× 用途なし	× 用途なし	【③CO <sub>2</sub> 削減可能性評価】 ○ 面発光LEDの光拡散材への適用で削減効果75%
		冷蔵庫	【③CO <sub>2</sub> 削減可能性評価】 ○ 筐体(板金)へのCNF適用により、削減効果約6.7%	【③CO <sub>2</sub> 削減可能性評価】 △ 筐体(断熱材)への適用による断熱効果向上効果不明(実証等が必要)	× 用途なし	× 用途なし
		テレビ・PC	× 用途なし	× 用途なし	× 用途なし	【③CO <sub>2</sub> 削減可能性評価】 × ディスプレイへの適用は高効率化に寄与しない
		洗濯機(洗濯槽・バルセータ)	【③CO <sub>2</sub> 削減可能性評価】 ○ 洗濯槽及びバルセータへのCNF適用により、電力使用量削減効果2.5%と推計	× 用途なし	× 用途なし	× 用途なし
	新規性を考慮して追加すべきと判断した製品の選定	センサー(エアコンの最適制御)	× 用途なし	× 用途なし	【③CO <sub>2</sub> 削減可能性評価】 ○ センサー(エアコンの最適制御)への適用で世帯当たり削減効果10~11.2%	× 用途なし
		蓄電池	【③CO <sub>2</sub> 削減可能性評価】 △ ポリプロピレンのセパレータをCNF代替することにより、CO <sub>2</sub> 削減可能性はある(ヒアリングに基づくが、値不明)	【③CO <sub>2</sub> 削減可能性評価】 △ スラリーに添加する増粘剤へのCNF適用により高効率化できると思われる(ヒアリングに基づくが、値不明)	× 用途なし	× 用途なし
		太陽電池	× 用途なし	× 用途なし	× 用途なし	【③CO <sub>2</sub> 削減可能性評価】 △ フレキシブル性を生かし、再生可能エネルギー発電の普及に貢献(値不明)
		産業用エアフィルター	× 用途なし	【③CO <sub>2</sub> 削減可能性評価】 ○ 圧力損失の半減により約50%のCO <sub>2</sub> 削減効果が見込める	× 用途なし	× 用途なし
		機長期可能な製品の選定				

※A: CNF化によりCO<sub>2</sub>削減が可能な製品 ※B: CNF化によりCO<sub>2</sub>削減が可能な製品が普及すると想定される製品  
 【CO<sub>2</sub>削減可能性評価】○: 具体値有り、△: 値は不明だが削減可能、×: 削減可能性なし

図 4-30 市場環境・シーズ適合性・CO<sub>2</sub>削減可能性を評価軸としたCNF適用可能性評価 (1/2)



			②-1シーズ適合性			
			複合材料(*A)	ゲル(*A)	フィルム(*B)	シート(*B)
①家電の市場環境	製品出荷実績及びCO <sub>2</sub> 排出量が多い製品	ジャーポッド (フタ、底部の断熱材)	【③CO <sub>2</sub> 削減可能性評価】 × 断熱材としてCNFを適用することによる断熱効果向上が考えられる。 既存製品には真空断熱材が使われておりこれ以外の部分に断熱材を用いることが可能か不明であり、よってCO <sub>2</sub> 削減効果も不明(実証等が必要)	× 用途なし	× 用途なし	× 用途なし
		炊飯器 (内釜を覆う断熱材)	【③CO <sub>2</sub> 削減可能性評価】 × 断熱材としてCNFを適用することによる断熱効果向上が考えられる。既存製品には真空断熱材が使われているが、製品によってはグラスウールが使われている部分もあり、この部分にCNF断熱材を用いることが可能と想定されるが、CO <sub>2</sub> 削減効果は不明(実証等が必要)	× 用途なし	× 用途なし	× 用途なし

※A: CNF化によりCO<sub>2</sub>削減が可能な製品  
 ※B: CNF化によりCO<sub>2</sub>削減が可能な製品が普及すると想定される製品

【CO<sub>2</sub>削減可能性評価】○:具体的な値あり、△:値は不明だが削減可能と想定、×:削減可能性なし

図 4-31 市場環境・シーズ適合性・CO<sub>2</sub>削減可能性を評価軸としたCNF適用可能性評価 (2/2)

製品名 (対象部位)	②-サイズ適合性	④ニーズ適合性		⑤実証容易性	
	物性値	開発ニーズ	開発プレイヤー上位3社	実証期間	実証コスト
エアコン (ファン)	○ CNF複合材の適用により 軽量化可能であるため適 合と想定	○ ファン長径化により省エ ネ効果があるため、開発 ニーズが存在すると想定 (FS調査での実証想定)	パナソニック ダイキン工業 三菱電機	○ 技術的に確立した複合材 の技術を横展開できるた め、2~3年でファンの長 径化は可能と想定	○ 5千万円~2億円で可能 (熱交換器といったコスト がかかると想定されるが 上記範囲内)
照明 (拡散シート)	△ 拡散シートに対し、CNF シートが適用可能性はあ るが全光線透過率8~90% 以上、散乱透過率50%の 達成が必要(チャレンジ目 標)	○ 透明性と光拡散性を両立 する素材への開発ニーズ は高く、またLEDの熱マネ ジメントへのニーズも高い ため、適合と想定	パナソニック 東芝ライテック 遠藤照明	△ 実証が行われていないた め不明	○ 5千万円~2億円で可能
冷蔵庫 (筐体の板 金)	○ CNF複合材の適用により 断熱性能向上が可能で あるため適合と判断	○ 板金部分のCNF代替に ついて、実証フェーズに あり、開発ニーズが存在 すると想定	パナソニック シャープ 東芝	○ 技術的に確立した複合材 の技術を横展開できるた め、2~3年で筐体の作成 は可能と想定	○ 5千万円~2億円(樹脂を 作るためのコスト(設備 費)が不明だが、上記範 囲内)
テレビ・PC (ディスプレ イ)	○ CNFシートが適用可能の ため適合と想定	(前の指標までで適用可 能性が低いと判断)	(前の指標までで適用可 能性が低いと判断)	(前の指標までで適用可 能性が低いと判断)	(前の指標までで適用可 能性が低いと判断)
洗濯機 (洗濯槽・パ ルセータ)	○ CNF複合材の適用により 軽量化可能であるため適 合と想定	○ 洗濯槽の軽量化により省 エネ効果があり、また実 証フェーズにあるため、 開発ニーズありと想定	日立 東芝 パナソニック	○ 技術的に確立した複合材 の技術を横展開できるた め、2~3年で可能と想定	○ 5千万円~2億円で可能
センサー (基板) ※エアコンの 最速制御	○ CNFフィルムが適用可能 のため適合と想定	△ 既存のフレキシブル基板 にはプロセス技術に課題 があり、メーカー側で活 用用途が定まっていない ことからニーズは限定的	パナソニック 日本電気 東芝ライテック	○ 既に学識者が作成してい ることから、2~3年で可能 (NEDOグリーンセンサ事 業※1は4年)	△ 事業規模によることから 不明 (NEDOグリーンセンサ事 業は単年6億)
蓄電池 (増粘剤・セ パレーター)	増粘剤:○ すでに環境省実証事業 に参画 セパレーター:× シート化時にイオン透過 性悪化	○ 実証しているメーカーは あるため開発ニーズが存 在すると想定	ニチコン 日本電気 パナソニック	増粘剤:○ すでに環境省実証事業 に参画 セパレーター:× 技術開発段階	○ 平成27年度セルロースナ ノファイバー活用製品の 性能評価事業委託業務 では、1事業当りの上限 予算額は5千万円
太陽電池 (電池)	△ CNFシートが適用可能と 想定(一方で光電変換素 子の耐候性向上に技術 的課題が存在)	× 耐候性の問題や海外製 の方が安価であるため、 低いと想定	パナソニック シャープ 京セラ	△ 実証が行われていないた め不明	△ 実証が行われていないた め不明
産業用 エアフィル ター(フィル ター)	○ CNFの塗布により表面積 増加が可能のため、適合 と想定	○ 家電・通常業務用での利 用ではなく産業用として ニーズがあり、省エネ効 果もあると想定	産業用のため未調査	× サンプル提供を2016年か ら開始しているが、一方 で安定的な製品化に至っ ていない	△ サンプル提供を2016年か ら開始しているが、不明

※1 正式名称:グリーンセンサ・ネットワークシステム技術開発プロジェクト)

○:適用可能性高いと想定、△:不明、×:適用可能性低いと想定

図 4-32 サイズ適合性・ニーズ適合性・実証容易性を評価軸とした CNF 適用可能性評価 (1/2)

製品名 (対象部位)	②-2サイズ適合性		④ニーズ適合性		⑤実証容易性	
	物性値	開発ニーズ	(参考)開発プレイヤー上位3社	実証期間	実証コスト	
ジャーポッド	× 真空断熱材が使われているため、適用可能性は低いと想定	× 既存製品に(真空)断熱材が使われているものがあり、密閉されていることから漏れる可能性は低く、熱伝導率の点及び付加価値という点からCNFのニーズは低いと想定	—	△ 実証が行われていないため不明	△ 実証が行われていないため不明	
炊飯器	× 真空断熱材が使われているため、適用可能性は低いと想定	× 既存製品に(真空)断熱材が使われているものがあり、密閉されていることから漏れる可能性は低く、熱伝導率の点及び付加価値という点からCNFのニーズは低いと想定	象印マホービン タイガー魔法瓶 パナソニック	△ 実証が行われていないため不明	△ 実証が行われていないため不明	

○:適用可能性高いと想定、△:不明、×:適用可能性低いと想定

図 4-33 サイズ適合性・ニーズ適合性・実証容易性を評価軸としたCNF適用可能性評価 (2/2)

## 第5章 住宅建材分野における2020年の実現対象製品・部位の特定

本業務では、2020年までにCNFを導入することが可能で、かつエネルギー起源CO<sub>2</sub>削減が期待され、CNFの物性を活かすことができる住宅建材分野の製品・部位を検討した。その検討結果を本章にて概説する。

### 5.1 適用可能性評価の評価軸の設定

CNFの適用可能性の評価にあたっては、表5-1に示す5つの評価軸を設定した。

表5-1 CNFの適用可能性評価にあたって設定した評価軸

評価軸	具体的な視点
1) 市場環境	市場が大きいか。 他の産業部門等にも波及可能かどうか。
2) シーズ適用性	CNF複合材等の素材を用いて製品化可能か。 CNFの強みを活かすことができるか。
3) CO <sub>2</sub> 削減可能性	使用時のCO <sub>2</sub> 削減が可能か。 CO <sub>2</sub> 削減効果が高いか。
4) ニーズ適合性	実証ニーズの高い製品・部材であるか。
5) 実証容易性	実証期間を考慮して2020年に製品化可能か。 実証コストが大きすぎないか。

## 5.2 検証対象とした部材・部位等の選定

住宅建材分野については、住宅の冷暖房等エネルギー消費量への寄与が特に大きい「開口部（窓）」及び「断熱材」への適用を主に検討することとした。また、冷暖房エネルギーだけでなく、給湯エネルギーの削減もターゲットとすることから、「住宅設備」への断熱材導入についても想定することとした。

上記の考えに基づき、CNF適用可能性が想定される部材・部位等を文献調査結果・ヒアリング結果等から一次抽出した。一次抽出結果を表5-2に示す。その上で、個々の部材・部位への適用可能性を表5-1に示した評価軸に基づいて情報収集・評価することとした。

表 5-2 検討対象とした部材・部位等（一次抽出結果）

検討対象部材・部位等			CNF適用の概要
開口部 (窓)	窓枠		・樹脂サッシ（塩ビ）にCNFを複合化し、高強度・軽量化（従来のアルミサッシからの転換を促進）
	窓ガラス	ガラス代替	・窓ガラスをCNF透明断熱材で代替し、断熱性を向上
		ガラス断熱	・窓ガラス（複層ガラス）内部をCNF透明断熱材で充填し、断熱性を向上
断熱材	エアロゲル断熱材	超臨界乾燥由来	・CNFエアロゲル断熱材を超臨界乾燥方式で製造 ・現状の住宅用断熱材より断熱性能の高い断熱材を実証
		常圧乾燥由来	・CNFエアロゲル断熱材を常圧乾燥方式で製造 ・現状の住宅用断熱材より断熱性能の高い断熱材を実証
	発泡断熱材	工場成形	・CNFを発泡材等の原料に用いた、工場成形の発泡断熱材
		現場施工	・CNFを発泡材等の原料に用いた、現場施工（原液と発泡機を持ち込んでその場で発泡する方法）の発泡断熱材
その他住宅設備	ユニットバス用断熱材		・CNF高性能断熱材をユニットバスの断熱に活用
	給湯配管断熱材		・CNF高性能断熱材を給湯配管の断熱に活用
	ヒートポンプ給湯器の貯湯槽断熱材		・CNF高性能断熱材をヒートポンプ給湯器の貯湯槽の断熱に活用

### 5.3 個別部材における適用可能性の検討

#### 5.3.1 窓枠への適用可能性の検討

##### (1) CNF適用のイメージ

窓へのCNF適用の方向性としては、「窓枠」及び「スペーサー」が考えられる。

樹脂（塩ビ）の熱伝導率はCNF単体と比較すると低い（断熱性が高い）ため、CNFの適用により従来の樹脂サッシより断熱性能が高まるわけではないが、樹脂（塩ビ）にCNFを適用することにより、窓の強度向上や軽量化に繋がり、アルミサッシからの樹脂サッシへの転換が促進され、CO<sub>2</sub>削減に繋がる。

窓枠へのCNF適用のイメージを図5-1に示す。

(註) ビルの冷暖房エネルギー削減については、住宅とは異なり削減に寄与する要素が多岐に亘るとともに住宅用の窓をそのままビル用の窓に展開することは困難なことから、本検討では住宅への適用のみを検討することとした。

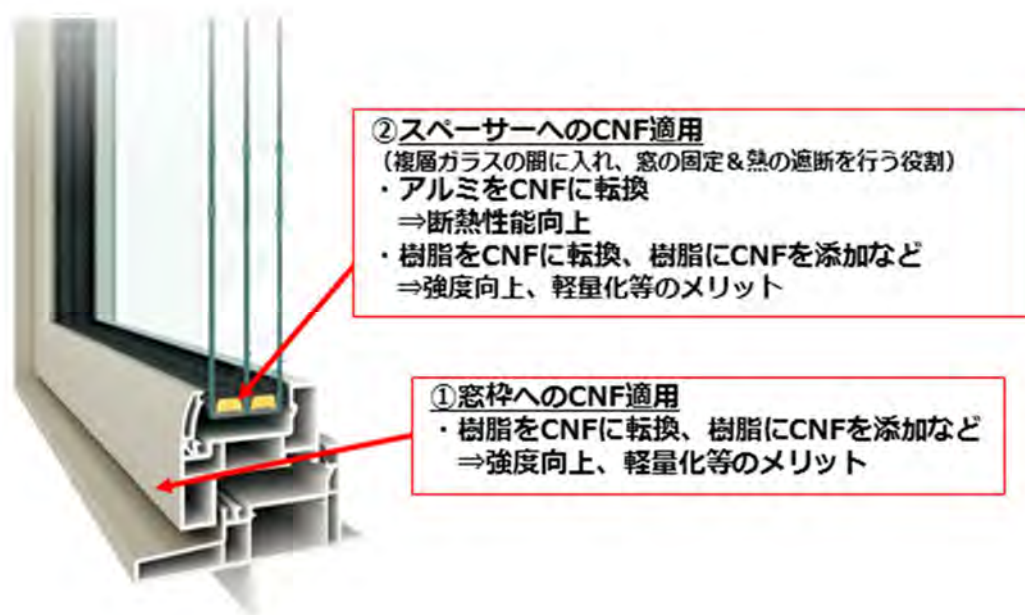


図5-1 窓枠へのCNF適用のイメージ

## (2) 市場環境

住宅における窓枠（サッシ）の市場規模は1,856億円（2012年度）であり、そのうち、アルミサッシは1,213億円、アルミ樹脂複合サッシは642億円となっている。国内シェアは、LIXIL（50%）、YKK-AP（30%）、三共立山（15%）の順となっており、3社でシェア95%を占める（図5-2）。

種類別出荷数を見ると、過去10年間に「アルミ枠＋単層ガラス」のシェアが低下し、「アルミ枠＋複層・ペアガラス」、「アルミ樹脂複合枠＋複層・ペアガラス」のシェアが高くなってきている。種類別のアルミ・樹脂サッシ出荷数構成比の推移を図5-3に示す。

先進諸国でシェアが高く断熱性能のより高い「樹脂枠＋複層・ペアガラス」のシェアは10%以下で横ばいとなっており、北海道・北東北等以外ではあまり普及していない。

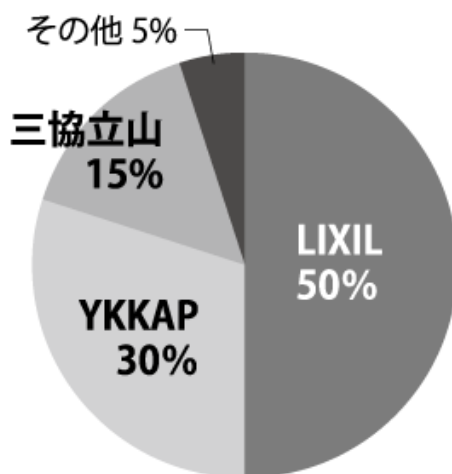


図5-2 サッシの国内シェア

（出典）文中の数値及び図はリフォーム産業新聞 2014/05/13 より引用



図5-3 種類別のアルミ・樹脂サッシ出荷数構成比の推移

（出典）樹脂サッシ工業会資料

### (3) シーズ適合性

窓枠の要求性能には、主に基本性能（耐風圧性、水密性、気密性）、安全・安心に関する性能（防火性、バリアフリー、防犯性）、居住の快適性に関する性能（断熱性、防音性、防露性、遮熱性）がある。

サッシメーカーやハウスメーカーへのヒアリング等から、窓枠へのCNF適用にあたっての課題や、CNF適用によって既存の樹脂サッシの課題が解決される可能性（仮説）などについて、主に以下の点を検討した。

- 1) 強度向上効果（耐風圧性等）
  - 2) 耐候性・耐熱性等の性能
  - 3) スペーサー・補強材等改良による断熱性能向上効果
- その結果、シーズ適合性は十分に有る、と考えられる。

#### (1) 強度向上効果（耐風圧性等）

- ・ヒアリングでサッシメーカーから、「サッシの強度を曲げ弾性率で評価する、CNF適用についてはアルミと同等の強度が期待できるなら検討する」とのコメントがあったことから、曲げ弾性率について検討を行った。
- ・ほとんどの樹脂サッシに用いられているPVC（ポリ塩化ビニル）の曲げ弾性率はアルミとの比較で概ね1/20程度となっており、差異が大きい（表5-3）。
- ・PVCとCNFの複合化事例は把握されていないため、参考としてナイロン（PA）及びABS樹脂とCNFを複合化した際の曲げ弾性率等の強化効果を図5-4に示す。素材によっては、曲げ弾性率が3倍程度向上したものもある。
- ・あるサッシメーカーへのヒアリング結果では、「アルミと同等の強度がでる必要はないが、樹脂の強度向上は普及促進の重要な要件であり、CNFに期待がある」とのコメントがあった。

表 5-3 アルミと PVC の曲げ弾性率の比較

素材	曲げ弾性率 (MPa)
アルミ	71,000
PVC (ポリ塩化ビニル)	3,100



図 5-4 各樹脂とCNFの複合化による曲げ弾性率等の強化効果

(出典)「ナイロン樹脂・ABS樹脂との複合化」(京都市産業技術研究所)



## (2) 耐候性・耐熱性等の性能

- ・PVC（ポリ塩化ビニル）にCNFを複合化し、耐候性能を実証した結果が公開情報等には見当たらないため、今後の検証が必要であるが、一般に樹脂サッシがアルミサッシと比較して耐候性が低いと言われる要因には、樹脂サッシの耐熱温度が80～90℃であり、真夏等では温度が70℃程度まで上昇ことなどが要因である。一方、CNF単体の耐熱温度は150～200℃と想定されるため、耐熱性向上から耐候性向上に繋がる可能性がある。
- ・PVC耐熱温度はCNF耐熱温度（想定）より低いため、耐熱性向上の可能性はある。

## (3) スペーサー・補強材等改良による断熱性能向上効果

### 1) スペーサーへのCNF適用について

スペーサーについては、主に「強度」「耐熱性」「防湿性」が重要と想定される。強度については、CNFの特性である「高強度・軽量化」のメリットが活かしやすく、耐熱性については、80℃程度の熱に耐えることが必要だが、CNF単体の耐熱温度は150～200℃と想定されるため、クリアできる可能性がある。

あるサッシメーカーへのヒアリングでは、防湿性の問題でCNFの適用が難しいのではないかとの指摘があったが、別のサッシメーカーのヒアリング結果からは、乾燥材は別に入れることが可能なため問題ないとの指摘を得ている。なお、いずれも、PVCにCNFを複合化し、耐候性能を実証した結果がないため、今後の検証が必要となる。

### 2) 補強材等の改良について

樹脂サッシには、補強材として内部に鉄またはアルミが使われている。サッシメーカーへのヒアリングによれば、CNFにより樹脂サッシの強度が向上することによってこれら金属の使用が不要となれば、窓の熱貫流率が $0.1\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ 程度低下するとともに、コスト削減も期待できる、とのことであった。

#### (4) CO<sub>2</sub>削減可能性

簡易な推計を行ったところ、CNF樹脂サッシ窓（熱貫流率 1.6W/m<sup>2</sup>・K と設定：現状の樹脂サッシの普及品相当水準）を導入した場合、冷暖房エネルギー使用によるCO<sub>2</sub>排出量を27%程度減少させる可能性があることが分かった。推計の前提条件を以下に示す。

##### <推計の前提条件>

- 住宅外皮の性能に基づき、住宅の冷暖房エネルギー消費量を算定する一般的な方法である、「住宅・住戸の省エネルギー性能の判定プログラム Ver. 1.15.3（建築研究所）」を用いて、年間の冷暖房エネルギー消費量（冷房・暖房別）等を算定した。
- エネルギー消費量の計算は、地域別に算定値が異なるが、今回の推計は東京（VI地域）を基準に設定した。
- 削減量は「2020年以降の義務化基準（外皮性能は平成11年基準）」を基準とした（窓はアルミ複層ガラス、断熱材はグラスウール（16K）を屋根・天井180mm、壁100mm、床100mmに施工）とした。
- 算定に用いた具体的な住宅の条件は、「住宅・住戸の外皮性能 計算条件入力シート ver. 2.3.0 のサンプル（建築研究所）」に準じた（4LDK・建築面積約120m<sup>2</sup>）。

##### (参考：樹脂スペーサーの断熱効果)

- スペーサーは複層以上のガラスを窓枠にはさみこみ、空気層をもうけて熱を伝えにくくするために必要な部材である。
- YKK - AP の高断熱性樹脂窓「APW330」では、従来のアルミスペーサーを樹脂スペーサーに変更することで断熱性能を13%向上させる効果がある、とされている。

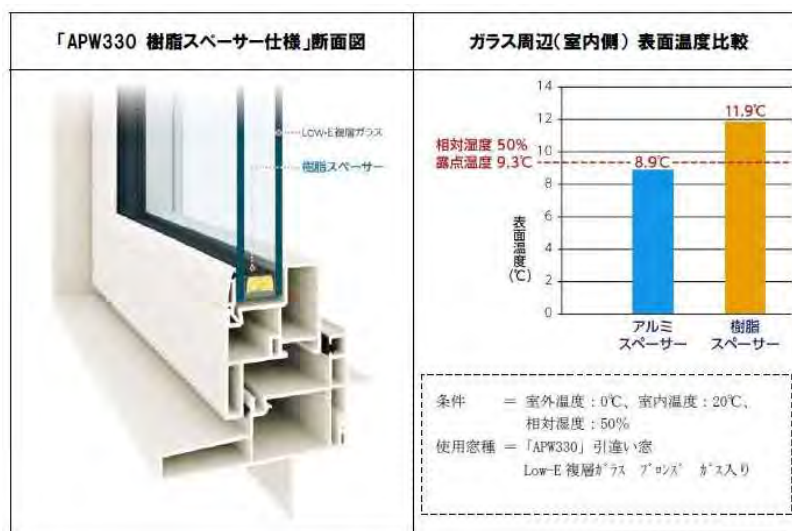


図 5-5 樹脂スペーサーとアルミスペーサーの性能比較

(出典) YKK - AP ホームページ

※実験では、室温 0℃、室温温度 20℃の条件でアルミスペーサーが 8.9℃に対し、樹脂スペーサーは 11.9℃と 2℃高い結果を得ている。

### (5) ニーズ適合性

高性能な樹脂サッシの開発・製品化には、樹脂サッシ専門のエクセルシャノンだけでなく、国内3大メーカー（LIXIL、YKK-AP、三協アルミ：3社でシェア95%）も、力を入れてきており、高性能・高機能な商品を複数ラインナップしてきている。

各メーカーの樹脂サッシで最高水準の製品を表5-4に示す。いずれも熱貫流率1.0W/m<sup>2</sup>・K以下となっており、世界的に見ても高いレベルである。そのいずれもが、窓ガラスの構成はトリプル以上で内部にアルゴン・クリプトン等空気より熱伝導率の低い気体を封入したものであり、樹脂スペーサーが採用されている。なお、アルミと比較した場合の樹脂サッシの弱点である「耐火性」については、YKK-AP及びエクセルシャノンが国土交通大臣認定防火設備となる樹脂製防火窓を製品化している。YKK-APの構成を図5-6に示す。

また、各メーカーでは簡易な工事で樹脂窓に置き換え可能なリフォーム商品もラインナップさせてきており、新築のみならず、既築住宅への普及促進にも注力しつつある。

表5-4 国内メーカーの樹脂サッシ（最高水準を示す製品）の一覧

メーカー	製品名	熱貫流率 (W/m <sup>2</sup> ・K) ※ガラス含む	窓ガラスの構成	ガラス内部の断熱	その他
LIXIL	レガリス	0.55	・5層ガラス（世界初）を採用 ・中央のガラスを除く4枚にLow-Eガラスを採用 ・2mmと1.3mmの特殊薄板ガラスを使用	・アルゴンガスを封入	・専用樹脂スペーサー構造を採用
YKK-AP	APW430	0.91	・トリプルガラス（ガラス層厚41mm）を採用 ・ダブルLow-E膜	・アルゴンガスを封入	・樹脂スペーサーを採用
三協アルミ	トリプルスマージュ	0.86	・トリプルガラスを採用 ・ダブルLow-E膜	・クリプトンガスを封入	・樹脂スペーサーを採用
エクセルシャノン	シャノンウインドUFシリーズ	0.73	・トリプルガラスを採用 ・Low-Eグリーンタイプ	・クリプトンガスを封入	・樹脂窓枠に断熱材、センターシール、専用気密材を充填

（出典）各社HPを基にエックス都市研究所作成

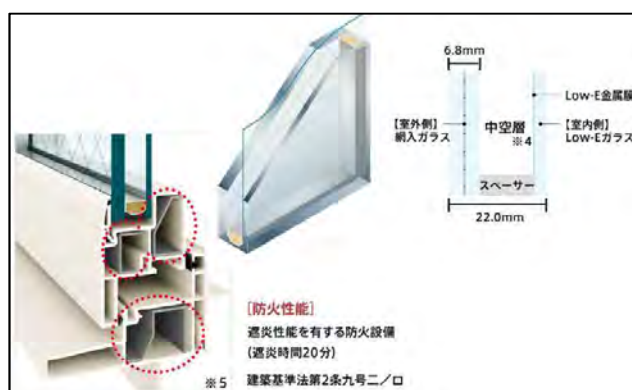


図5-6 樹脂製防火窓の構成（イメージ）

（出典）YKK-AP ホームページ

## (6) 実証容易性

PVL（ポリ塩化ビニル）とCNFの複合化に関する公開情報は見当たらないが、ヒアリング結果からは、技術的な課題はそれほど多くないと考えられる。

実証上の課題としては、複合化させるためにCNFに対し化学的な処理を行う方法、パテント関連（既に特定メーカー等が水面下で動いており、パテントを取得している可能性がある）、塩ビ生成技術の特殊性（塩ビ自体が複合素材であり、各メーカーが独自技術等を有している）、などがある。

製品化にあたっては、従来の樹脂サッシより強度・軽量化できることにより、設計の容易性が向上する（アルミと同様の方法で製造できる可能性が高まる）など、従来品より製造や流通が容易になる可能性が高い。

樹脂サッシへのCNF適用に関するメーカー等のニーズを表5-5に示す。

表 5-5 樹脂サッシへのCNF適用に関するメーカー等のニーズ

ヒアリング先	項目	内容
サッシメーカーA	設計の容易性の向上効果	アルミと同程度の強度が出れば、アルミサッシと同じ設計が可能となるので設計側のメリットが大きい。少なくとも強度が向上すれば肉薄化できるため、メリットは大きい。
	耐熱性・耐候性の向上効果	耐熱性・耐候性の向上に繋がることも期待できる。
サッシメーカーB	複合化時の科学的処理方法の実証必用性	塩ビとCNFは親水と疎水になるため、そのままでは混ざらないため、CNFの表面を化学的に変える処理が必要になる。
	パテントへの対応	樹脂とCNFの複合化については、水面下で様々なメーカーが動いている可能性があり、特許を取得しているといった可能性がある。
住宅設備メーカー	塩ビメーカーの秘密保持対応	塩ビ自体が複合素材で、各社で配合が違い、そこに工夫があるため、共同実証しても秘密保持の問題で技術をストックしづらい。

### 5.3.2 窓ガラス（ガラス代替）への適用可能性の検討

#### （1）CNF適用のイメージ

CNFを活用した透明断熱材（エアロゲル断熱材）は、既存の断熱材以上の断熱性能があるだけでなく、透明性があることから、窓ガラスの代替として活用できる可能性がある。

#### （2）市場環境

住宅における複層窓ガラスの市場規模は780億円（2012年度：新築住宅への複層窓ガラス普及率は、ほぼ100%）となっている。複層窓ガラスの国内シェアは、旭硝子（35%）、日本板硝子（30%）、セントラル硝子（10%）の順となっており、3社でシェア75%を占める（図5-7）。断熱性能の高い窓ガラス代替品ができれば、市場規模は大きい。

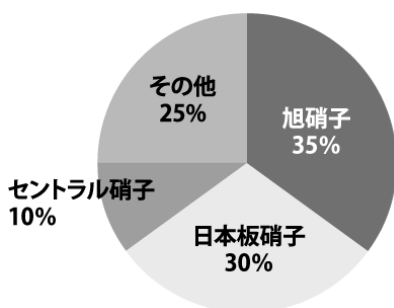


図5-7 複層ガラスの国内シェア

（出典）文中の数値及び図はリフォーム産業新聞 2014/05/13 より引用

#### （3）シーズ適合性

窓ガラスについての基本的な要求性能としては、断熱性のほか、耐候性・透明性・耐熱性がある。各々の適合性を以下に示す。

##### 1) 耐候性

- ・耐候性については、一定期間の計測・検証が必要となるがデータが把握されていないため、現状では検証が不可能。

##### 2) 透明性・透過性

- ・可視光線透過率…70%以上が求められる
- ・超臨界乾燥方式で製造した場合は透明性がある（透過率90%（1mm））とされている。

##### 3) 耐熱性

- ・一般の窓ガラスの耐熱温度は110°C、強化ガラスの耐熱温度は200°C
- ・TEMPO酸化エアロゲル断熱材は、200°C以上で変色が始まり、230°C以上で熱分解が始まることから、200°C以下であれば強化ガラスレベルまでの耐熱性はある。
- ・透明性を確保するためにはCNFエアロゲルの活用が必要となるが、仮に実証されたとしても強度面における不安材料は残る。

#### (4) CO<sub>2</sub>削減可能性

窓に関連する材料・物質の熱伝導率を表 5-6 に示す。ガラスの熱伝導率は 1.00 W/m・K 程度であるため、CNFエアロゲル断熱材に転換できれば、窓ガラス部分の熱伝導率が 1/50 程度に低減できる。このため、CO<sub>2</sub>削減効果が期待できる。

表 5-6 窓に関連する材料・物質の熱伝導率

材料・物質名	熱伝導率 (W/m・K)
アルミ	221
ガラス	1.00
ポリカーボネート	0.19
PVC (塩ビ)	0.17
空気	0.02
CNFエアロゲル	0.013~0.015

(出典) 旭硝子 HP より引用

#### (5) ニーズ適合性

窓ガラスを別の素材 (ポリカーボネートやアクリルなどの樹脂) に転換するニーズは従来からあるが、ガラスと比較して特に耐候性 (傷つきやすい、変色するなど) の面で弱いことから、転換は進んでいない。

現状では、軽量化による燃費軽減、事故時の飛散が少ないなどでメリットが大きい自動車分野では製品開発の検討があるが、住宅建材分野での開発ニーズは必ずしも高くない。

#### (6) 実証容易性

東京大学が研究している TEMPO 酸化エアロゲル断熱材の場合、質感が「やわらかいダンボール」のようなものであり、強度 (硬さ) 等の面でガラスの代替は難しいとのコメントを得た。そのため、2020 年までの実証は難しいと考えられる。

### 5.3.3 窓ガラス（ガラス断熱）への適用可能性の検討

#### (1) CNF適用のイメージ

CNF断熱材を複層ガラス内の断熱材としての適用することが考えられる。

複層ガラスでは、アルゴンやクリプトンなど、空気より熱伝導率の低いガスを複層ガラス内に充填して断熱性を高める方法があるが、これらガス充填の代わりにCNFを活用した透明断熱材（エアロゲル断熱材等）を活用することによって、断熱性能を高めることができる。

ガス充填は、長期的にみるとガスが抜けて断熱性能が低下するというデメリットがあるが、CNFを活用した透明断熱材（エアロゲル断熱材）の適用により、この課題がクリアされれば大きなメリットになる。

なお類似製品として、ポリメチルシルセスキオキサン（PMSQ）エアロゲルを用いた開発がNEDOの戦略的省エネルギー技術革新プログラムの採択テーマの一つとして採択されている（図5-8）。

戦略的省エネルギー技術革新プログラム 平成28年度第1回公募 テーマ概略		
<b>テーマ名：常圧乾燥エアロゲルMYST(ミスト)の量産化および超軽量高断熱MYSTペアガラスの製品化に向けた開発</b> 助成事業者：ティエムファクトリ(株) 共同研究先：京都大学 YKKAP(株)		
<b>開発フェーズ</b> インキュベーション1年+実用化3年+実証2年	<b>重要技術</b> ZEB・ZEH	<b>予算(※)</b> 3億円以上
<b>対象技術の背景</b> 京都大学との共同研究により、世界で初めて超軽量透明断熱材エアロゲルの低コスト化に成功。これまで断熱材が適用できなかった窓に実装することでZEB・ZEHの実現に貢献する。		
<b>テーマの目的・概要</b> U値0.40のMYST搭載窓システムの実用化を目的とし、その実現のためにエアロゲルの技術課題克服のための研究開発を実施する。		
<b>省エネ効果量</b> (原油換算)	<b>製品化から3年後</b> 77万kL	<b>2030年</b> 128万kL
<b>見込まれる成果の説明</b> 市場に流通している断熱窓、非断熱窓をMYST窓に置き換えると、それぞれ43%、75%の空調消費エネルギーを削減することが可能となる。		<b>省エネルギー開発のポイント</b> グラスウールの約3倍の断熱性能を持ち、密度が0.11~0.15g/cm <sup>3</sup> と軽量であるMYSTをペアガラス中に実装することで、トリプルガラスと同等のU値を達成し、超軽量高断熱窓システムを実現するものである。

図 5-8 ガラス内にエアロゲル断熱材を充填する実証の例

(出典)「戦略的省エネルギー技術革新プログラム H28 年公募」(NEDO ホームページ)

## (2) 市場環境

複層窓ガラス内部への断熱材充填は、アルゴンガスまたはクリプトンガスを充填した製品があるが、そのシェアは現状では高くない。住宅における複層窓ガラスの市場規模自体は780億円(2012年度:新築住宅への複層窓ガラス普及率は、ほぼ100%)と一定の規模を有するが、複層窓ガラス内部の断熱材充填製品の比率が低いことから、現状の市場規模はそれほど大きくないと想定される。

## (3) シーズ適合性

大断面における長期的な透明度については十分に検証されておらず、シーズ適合性は高くない。

## (4) CO<sub>2</sub>削減可能性

現在流通している複層ガラス内部は空気による充填であることから、内部の熱伝導率が0.024(W/m・K)程度となっている。CNFエアロゲル断熱材の熱伝導率は0.015(W/m・K)程度が期待できるため、アルゴンガス(熱伝導率0.016W/m・K)を用いた断熱窓と同程度のCO<sub>2</sub>削減効果を発現できる可能性がある。

既存の調査結果では樹脂サッシ+Low-E 複層ガラスにアルゴンガスを入れる前は冷暖房負荷が80%(アルミサッシ+複層ガラスとの比較)、導入後が76%となっているため、(80%-76%)÷80%=5%程度の冷暖房負荷削減効果が期待される。サッシ・ガラスの仕様別冷暖房負荷算定結果を表5-7に示す。

表5-7 サッシ・ガラスの仕様別冷暖房負荷算定結果(例)

サッシ・ガラスの仕様	熱貫流率 (W/m <sup>2</sup> K)	暖冷房負荷 (%)
アルミサッシ+複層ガラス(中空層6mm)	4.65	100
アルミ樹脂複合サッシ +複層ガラス(中空層10~12mm)	3.49	90
樹脂サッシ+複層ガラス(中空層12mm)	2.91	85
樹脂サッシ+Low-E 複層ガラス(中空層12mm)	2.33	80
樹脂サッシ+Low-E 複層・アルゴンガス入り ガラス(中空層12mm)	1.90	76

(出典)「トップランナー制度の対象となる熱損失防止建築材料等の拡大に係る調査報告書」(野村総合研究所)



### (5) ニーズ適合性

窓へのCNF適用に関する主なニーズを表5-8に示す。複層ガラス内部の断熱について、アルゴン・クリプトン等ガス充填と比較しての優位性が必ずしも高いわけではない。

また、ガス充填と比較すると透明性が損なわれるため、需要が相当限られることがデメリットであるが、ガス充填系では長期使用に懸念があるため、CNFエアロゲル断熱材が長期使用の面で問題がなければメリットとなる。

樹脂サッシへのCNF適用に関するメーカー等のニーズを表5-8に示す。

表 5-8 樹脂サッシへのCNF適用に関するメーカー等のニーズ

ヒアリング先	項目	内容
サッシメーカー	ガス系充填断熱との優位性	・ 単に断熱性能を高めるだけであれば、ガス充填+Low-Eの方を用いる方が妥当。
	透明性への懸念	・ 透明なものができない場合、スリガラスの代替のようなものと、風呂の窓など需要が相当限定される。
サッシメーカー	ガス系充填断熱の長期保証	・ 住宅建材のため、メーカーは長期の保証をする必要があるが、アルゴンガス、クリプトンガスは途中で抜けてしまう可能性がある
大学	ガラスメーカーからの期待	・ ある大手ガラスメーカーから「複層ガラス+エアロゲルは夢の素材であり、非常に大きな市場がある」との期待を得ている

### (6) 実証容易性

複層ガラス内に充填する技術自体はそれほど難しくないが、ガス系充填と同等またはそれ以上の断熱性能や透明性を備えたCNF断熱材の実証は容易ではないと考えられる。

### 5.3.4 エアロゲル断熱材（超臨界乾燥由来）への適用可能性の検討

#### (1) CNF適用のイメージ

CNFをエアロゲル化することにより高性能断熱材としての用途が開ける。

東京大学大学院農学生命科学研究科の磯貝・齋藤研究室では、TEMPO 酸化エアロゲル断熱材の製造に成功している（図 5-9）。CNFエアロゲル断熱材は以下の特徴を有する。

- 1) 平均的な熱伝導率は  $0.018 \text{ (W/m}\cdot\text{K)}$  であり、既存の断熱材製品より断熱性能が高く、個体によっては現状でも  $0.015 \text{ (W/m}\cdot\text{K)}$  程度の熱伝導率を示すものもある。
- 2) 製造方法は、超臨界乾燥方式であり、製造された断熱材は透明性を有する。
- 3) 既存の断熱材製品より断熱性能が高いだけでなく、透明性があることから、既存の断熱材にはない用途・付加価値を提供できることも期待される。

また、CNFエアロゲルは、シリカエアロゲルと比較して以下の優位性があると言われる。

- 1) 超臨界乾燥のプロセスを経ることは同様だが、ゾルーゲル工程において加熱不要で1時間程度と短い（シリカは全体で3時間程度）
- 2) 強度が高く、折り曲げが可能
- 3) 廃棄物の発生が少ない（シリカは半分が廃棄物）

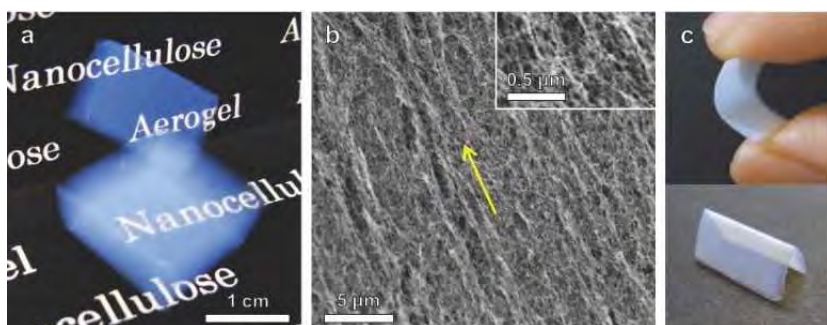


図 5-9 TEMPO 酸化エアロゲル断熱材のイメージ

(出典) 東京大学大学院磯貝・齋藤研究室ホームページ

#### (2) 市場環境

断熱材全体の市場規模は 6,231 億円（2014 年）と大きく、うち住宅分野は 3,999 億円とその 60%以上を占める。予測では、住宅分野の断熱材需要は 2014 年から 2020 年にかけて増加するとされている（表 5-9）。

断熱材の国内出荷量は、リーマンショックで住宅需要が低下した平成 20～21 年で減少したが、その後増加に転じており、近年では年間 4 億  $\text{m}^2$  前後で推移している（図 5-10）。

種類別のシェアは過去 10 年間ではほとんど変化しておらず、全体の約半分はグラスウールとなっており、熱伝導率で見ると性能の高い硬質ウレタンフォームやフェノールフォームのシェアは横ばい、または低下している（図 5-11）。

表 5-9 断熱材の市場規模

分野	2014年	2020年（予測）	2014年比
住宅分野	3,999億円	4,196億円	104.9%
非住宅分野	862億円	995億円	115.4%
自動車分野	40億円	46億円	115.0%
その他分野	1,330億円	1,499億円	112.7%
合計	6,231億円	6,736億円	108.1%

（出典）富士経済レポート（2015年6月）

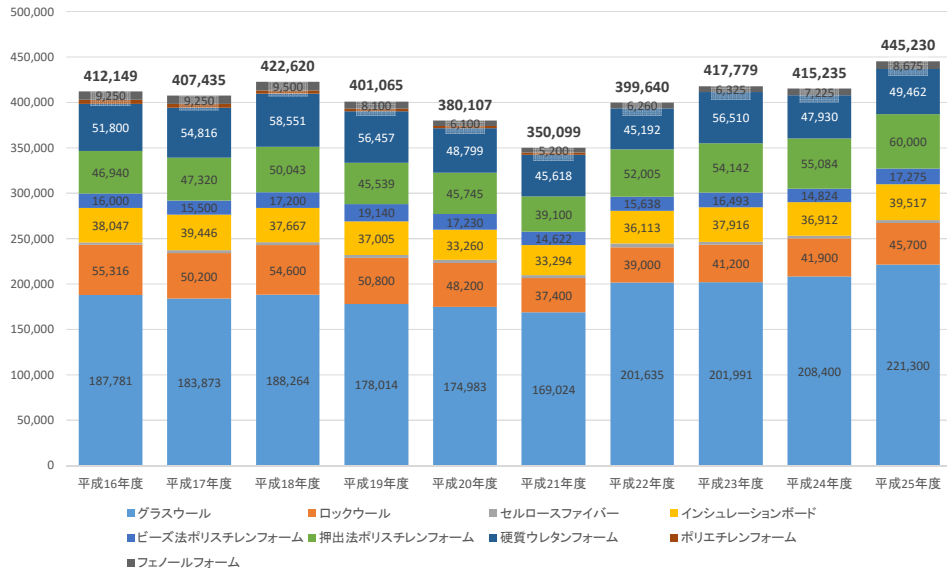


図 5-10 断熱材の種類別出荷量（単位：千 m<sup>2</sup>）

（出典）建材・住宅設備統計要覧 2014/2015年版

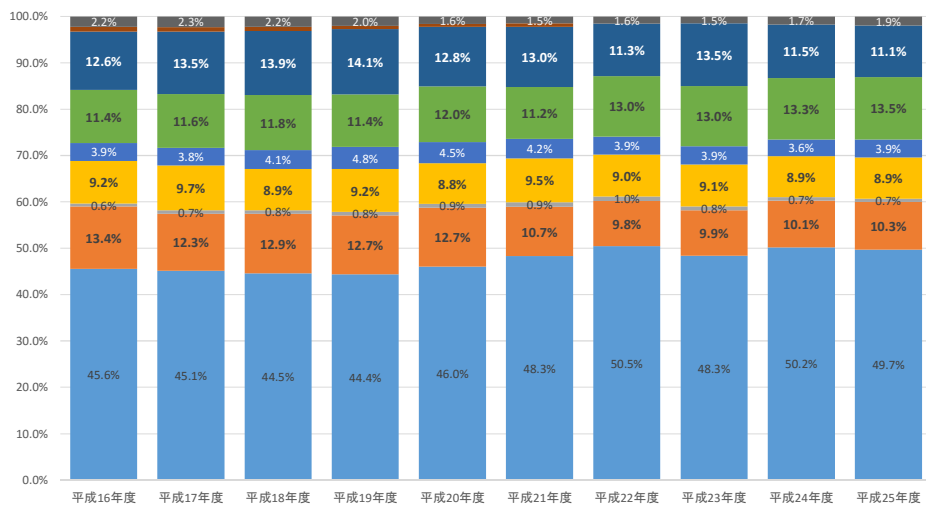


図 5-11 断熱材の種類別シェア

（出典）建材・住宅設備統計要覧 2014/2015年版

### (3) シーズ適合性

断熱材の基本的な要求性能は、主に熱伝導率、強度、水蒸気バリア性、吸水性、燃焼性などがある。TEMPO 酸化エアロゲル断熱材の物性値等を以下に示すが、概ね断熱材の要求性能を満たしうると考えられる。

- ・ 熱伝導率は、現状で  $0.015\sim 0.04\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  までの数値が示されているため、最低値（断熱性能では最高）が安定して発現されれば、既存の断熱材より断熱性能が高い。
- ・ 圧縮弾性率は、現状最大で  $1\text{MPa}$  程度である。複合化等により、透明性を維持したまま、高弾性率化は可能である。
- ・ 空隙率の最高値は、 $98\sim 99.7\%$  と高い。
- ・ 耐熱性については、 $230^\circ\text{C}$  までは熱分解が起きないことが把握されている。加熱しても一切軟化せず、膨張もほぼしない（CNFはガラス転移点・融点なし）。
- ・ 現状吸水性（吸水率）は非常に高いが（ほぼ  $100\%$ ）、疎水化し、撥水性を付与することは容易である。

### (4) CO<sub>2</sub>削減可能性

ラボレベルの研究段階であるが熱伝導率として  $0.015\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$  程度の物性値が出ており、製品化されている最高性能の断熱材（フェノールフォーム：熱伝導率  $0.019\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ ）と比較して2割以上熱伝導率が低い。

簡易推計として、断熱材をCNFエアロゲル断熱材（熱伝導率  $0.015\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$  と設定）に置き換えた場合、年間の冷暖房エネルギー使用によるCO<sub>2</sub>排出量を13%程度減少させる可能性があることがわかった。推計条件を以下に示す。

#### <簡易推計の前提条件>

- ・ 住宅外皮の性能に基づき、住宅の冷暖房エネルギー消費量を算定する一般的な方法である、「住宅・住戸の省エネルギー性能の判定プログラム Ver. 1.15.3（建築研究所）」を用いて、年間の冷暖房エネルギー消費量（冷房・暖房別）等を算定した。
- ・ エネルギー消費量の計算は、地域別に算定値が異なるが、今回の推計は東京（VI地域）を基準に設定した。
- ・ 削減量は「2020年以降の義務化基準（外皮性能は平成11年基準）」を基準とした（窓はアルミ複層ガラス、断熱材はグラスウール（16K）を屋根・天井180mm、壁100mm、床100mmに施工）とした。
- ・ 算定に用いた具体的な住宅の条件は、「住宅・住戸の外皮性能 計算条件入力シート ver. 2.3.0 のサンプル（建築研究所）」に準じた（4LDK・建築面積約  $120\text{m}^2$ ）。

### (5) ニーズ適合性

断熱性能あたりの断熱材価格でグラスウールの優位性が高いこと、2020年以降の義務化基準は、現状で市場に流通している断熱材で必要な基準をクリアするレベルであり、現状の住宅用断熱材市場では超高性能断熱材のニーズが高いとは言えない。断熱性能あたりの断熱材価格を図5-12に示す。

一方、将来的にZEH基準が定められる（必要となる断熱性能R値が6～7レベル）場合、通常の壁の厚み（100mm前後）で施工するには、熱伝導率0.015W/m・K前後が必要になるとの指摘がある。そのためには、既存の断熱材素材では限界があり、真空断熱材・エアロゲル断熱材・ガス封入パネル等の開発が必要となることが指摘されている（『家づくり』における断熱用建材が果たす役割（岩前篤 IBEE No. 201））。

これらから、将来的に高性能断熱材のニーズは大きくなる傾向が窺える。断熱材に関する近年の開発動向を以下に示す。

- ・近年の新築住宅（または省エネ改修）に用いられる断熱材の性能は世界レベルで見ても一定の水準をクリアしていること、断熱材の種別や壁・床の厚みなど一定の制約はあるが、必要となる熱貫流率になる厚さまで断熱材を施工すればよいこともあり、断熱材の性能向上の動きは落ち着いている。
- ・主にリフォーム用途として高性能断熱材と石膏ボードが一体となった建材が製品化されてきており、フェノールフォームを使ったもの（ネオマ断熱ボード）、真空断熱材を使ったもの（ウォールインプラス）などがある。
- ・真空断熱材は熱伝導率が一般断熱材の1/10以下と超高性能であるが、厚みが取れないこと、施工性の問題（釘が打てない）、経年劣化による性能低下などはデメリットとしてあり、普及は進んでいない。
- ・断熱材については、既存の住宅ストックの断熱性能が低いこともあり、リフォーム用途の建材製品の需要は高まっていくと考えられる。

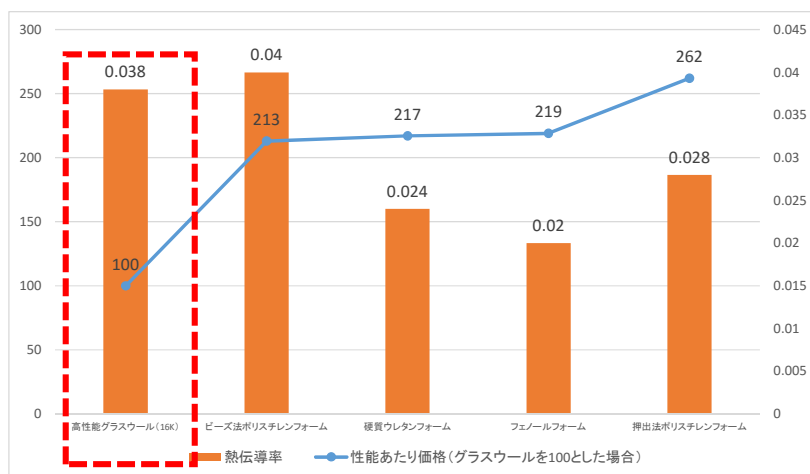
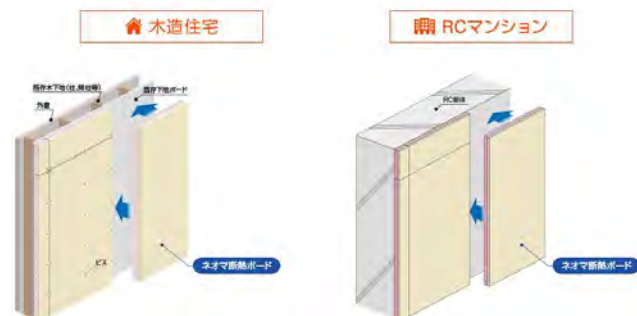


図5-12 断熱性能あたりの断熱材価格

(出典) 建材・住宅設備統計要覧 2014/2015年版



品番	厚さ [mm]			幅 [mm]	長 [mm]	重量		熱抵抗* [(m <sup>2</sup> ·K)/W]
	ネオマフォーム	石膏ボード	総厚			[kg/枚]	[kg/m <sup>2</sup> ]	
RS-20	20		29.5	910	1820	12.1	7.3	1.04
RS-25	25	9.5	34.5			12.4	7.5	1.29
RS-30	30		39.5			12.6	7.6	1.54

図 5-13 ネオマ断熱ボード（旭化成建材）の構造及び特性

(出典) 旭化成建材ホームページ

断熱材	主: 真空断熱材 (VIP)		熱伝導率	0.0025 W/mK ※3
			厚さ	12 mm
	副: 硬質ウレタンフォーム		熱伝導率	0.026 W/mK
		厚さ	8 mm	
			熱抵抗値	0.31 mK/W

図 5-14 ウォールインプラス（LIXIL）の構造及び特性

(出典) LIXIL ホームページ

### (6) 実証容易性

大学研究者及び断熱材メーカーへのヒアリングによれば、現状の TEMPO 酸化エアロゲル断熱材の製造設備について、ラボレベルの製造設備を大型化すれば、理論的には断熱材の大型化が可能と言われている。また、板、粉体、繊維等、様々な形態のエアロゲルを製造可能と言われる。特に粉体は施工性が高く、他素材との複合化も容易であり、製造プロセスも短縮できる。

しかしながら、TEMPO 酸化エアロゲル断熱材は研究段階であること、超臨界乾燥方式での製造設備の大型化は可能だが、バッチ処理が前提のため、人件費コストがかかり、低コスト化・量産化には限界があると考えられる。また、日本においては高圧ガス保安法の規制が非常に強く、法対応のための設備投資コストも大きくなる。

そのため、実証容易性はあまり高くない。

### 5.3.5 エアロゲル断熱材（常圧乾燥由来）への適用可能性の検討

#### (1) CNF適用のイメージ

超臨界乾燥でなく、常圧乾燥によってCNFエアロゲルを生成できる可能性がある。

エアロゲル断熱材は、CNFを原料とするTEMPO酸化エアロゲル断熱材の他、特にシリカエアロゲル断熱材の研究があり、先行している。京都大学大学院理学研究科の中西・金森研究室（無機物質化学研究室）では、ポリメチルシルセスキオキサン（PMSQ:CH<sub>3</sub>SiO<sub>1.5</sub>）を原料とし、常圧乾燥によるエアロゲルの研究を行っている（図5-15）。これらの技術とCNF技術の融合ができれば、CNFエアロゲルの実現可能性が高まる。

中西・金森研究室が研究しているエアロゲル断熱材の特徴を以下に示す。

- 1) 現状で、熱伝導率 0.012~0.014 (W/m・K) 程度を発現している。  
(HEAT20の断熱性能グレードG2を充填断熱で満たす水準)
- 2) 製造方法は、常圧乾燥方式で、湿潤ゲルに含まれる溶媒を、常圧でゆっくりと蒸発させる方法となる。
- 3) TEMPO酸化エアロゲル断熱材と比較し、耐熱性があり(300℃超までは変質しない)、圧縮に対して強く、柔軟である、などのメリットがある。ただし、現状では割れやすく、曲げられない。住宅建材として活用するためには「曲げられる(=施工性)」ことが必要となるため、CNFを複合化できた場合、この特性を持たせられることからメリットが大きい。

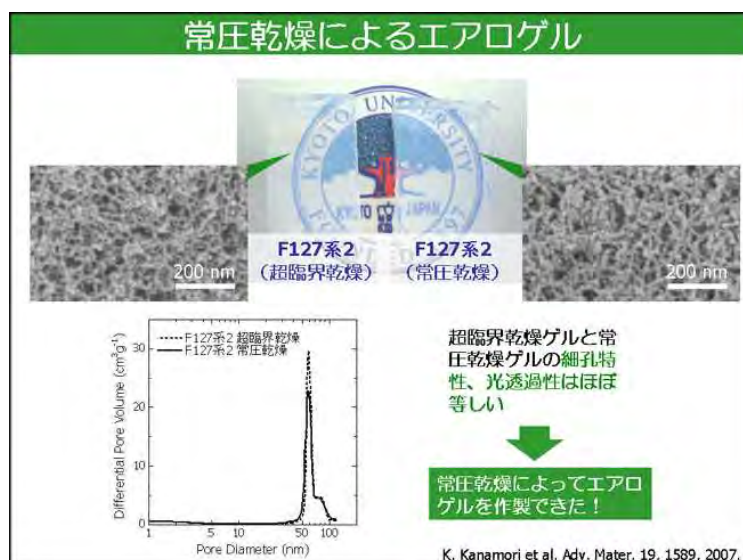


図 5-15 常圧乾燥によるエアロゲルの概要

(出典) 京都大学大学院中西・金森研究室ホームページ

## (2) 市場環境

※エアロゲル断熱材（超臨界乾燥由来）と同様

## (3) シーズ適合性

TEMPO 酸化エアロゲル断熱材と比較すると、現時点で一定の大きさに製造可能（30cm 角）なこと、そもそも超臨界乾燥方式より製造コストが低いことなど、シーズに優位性がある面、現状ではポリメチルシルセスキオキサンのみを原料とし、CNFの活用可能性が検証できていない。

## (4) CO<sub>2</sub>削減可能性

※エアロゲル断熱材（超臨界乾燥由来）と同様

## (5) ニーズ適合性

※エアロゲル断熱材（超臨界乾燥由来）と同様

## (6) 実証容易性

CNFに関する技術者と常圧乾燥技術の技術者のコラボレーションが必要となる。

エアロゲル（超臨界乾燥由来）と比較すると、実証設備の導入コストについては大幅に低減できる可能性が高い。なお、エアロゲル（超臨界乾燥由来）と違い、CNFとポリメチルシルセスキオキサンの複合化など、基礎的な研究がまだ進んでいないことから、製造方法の確立に関する実証等のためのコストや実証期間が必要になると考えられる。



### 5.3.6 発泡断熱材（工場成形）への適用可能性の検討

#### （１）CNF適用のイメージ

CNFを発泡材等の原料に用いた工場成形の発泡断熱材への適用が考えられる。エアロゲルほどの高い断熱性能は期待できないものの、従来型の高性能断熱材と同程度の断熱性能が期待できる。

#### （２）市場環境

断熱材全体の市場規模は6,231億円（2014年ベース）と大きく、うち住宅分野は3,999億円と全体の60%以上を占める。一方、主な発泡系断熱材の出荷量を表5-10に示す。平成25年度ベースで計125,063(千m<sup>2</sup>)となっており、断熱材全体の28.1%を占めることから、発泡系断熱材自体の市場も相当に大きいことが分かる。

表 5-10 主な発泡系断熱材の出荷量

材料別	出荷量 (千 m <sup>2</sup> )	構成比
ビーズ法ポリスチレンフォーム	14,824	3.3%
押出法ポリスチレンフォーム	55,084	12.4%
フェノールフォーム	7,225	1.6%
硬質ウレタンフォーム	47,930	10.8%
合計	125,063	28.1%

(出典) 建材・住宅設備統計要覧 2014/2015年版を元に作成

#### （３）シーズ適合性

CNFを発泡断熱材に用いることに関し、想定されるメリット等については、事業推進検討委員会委員から、以下のような示唆を得た。

- ・空気を使った断熱材（繊維系断熱材）は、0.030～0.034W/m・K程度が断熱性能の限界であるため、既存の断熱材でより断熱性能を求めるのであれば、発泡系（現状で0.020W/m・K程度を発現）になる
- ・「樹脂よりもCNFの方が熱伝導率は高いので、理論的に見てCNFを使って熱伝導率を樹脂よりも下げることができない」ということはない
- ・セルを小さくできれば、断熱性能は上がる。
- ・特にマイクロセルラー化できれば性能が向上する。現状マイクロセルラーを高倍発泡で作る技術がないが、CNFを使ってそれが核材として働くことや、表面吸着性がうまく反応してマイクロセルラー化が達成できれば性能が上がるということが分かっている

#### (4) CO<sub>2</sub>削減可能性

エアロゲルに比べると断熱性能は劣るが、現状の最高性能品（フェノールフォーム：熱伝導率 0.020W/m・K）に適用でき、現状より高倍発泡で製造できれば、より高性能化（熱伝導率 1 割以上減＝0.018 W/m・K）できる。また、CNF 適用によって高性能断熱材が普及すれば大きなCO<sub>2</sub>削減が期待できる。

簡易推計によると、現状の最高性能品より高倍発泡させたCNF 発泡断熱材（熱伝導率 0.018W/m・K と設定）に置き換えた場合、年間の冷暖房エネルギー使用によるCO<sub>2</sub>排出量を 11%程度減少させる可能性がある。簡易推計の条件を以下に示す。

##### <推計の前提条件>

- ・ 住宅外皮の性能に基づき、住宅の冷暖房エネルギー消費量を算定する一般的な方法である、「住宅・住戸の省エネルギー性能の判定プログラム Ver. 1.15.3（建築研究所）」を用いて、年間の冷暖房エネルギー消費量（冷房・暖房別）等を算定した。
- ・ エネルギー消費量の計算は、地域別に算定値が異なるが、今回の推計は東京（VI地域）を基準に設定した。
- ・ 削減量は「2020年以降の義務化基準（外皮性能は平成11年基準）」を基準とした（窓はアルミ複層ガラス、断熱材はグラスウール（16K）を屋根・天井 180mm、壁 100mm、床 100mm に施工）とした。
- ・ 算定に用いた具体的な住宅の条件は、「住宅・住戸の外皮性能 計算条件入力シート ver. 2.3.0 のサンプル（建築研究所）」に準じた（4LDK・建築面積約 120 m<sup>2</sup>）。

#### (5) ニーズ適合性

繊維系を含め、現状の断熱材の高性能化には技術的な限界がある（性能向上の伸びしろが少ない）ことが指摘されている。そのため、CNF を用いてセルを小さくするなど、高倍発泡化等、新技術の実証へのニーズは高いと考えられる。

#### (6) 実証容易性

既にCNF を活用した発泡材は実証されているため、その技術を活用できるのであれば、比較的短期間及び低コストで実証が可能と考えられる。

### 5.3.7 発泡断熱材（現場施工）への適用可能性の検討

#### (1) CNF適用のイメージ

CNFを発泡材等の原料に用いた、現場施工（原液と発泡機を持ち込んでその場で発泡する方法）タイプの発泡断熱材に適用とすることが考えられる（図 5-16）。

現状として、充填断熱工法で断熱材を施工する場合、現場施工の発泡断熱材（硬質ウレタンフォーム）の断熱性能が最も高く、（壁の厚みを変えずに、高断熱化が可能）、CNFを適用した場合、エアロゲルほどの高い断熱性能は期待できないものの、従来型の高性能断熱材と同程度の断熱性能が期待できる。また、施工性向上も期待できる。



図 5-16 現場施工の硬質ウレタンフォーム施工例

（出典）アキレス㈱ホームページ

#### (2) 市場環境

現場施工の発泡断熱材（住宅用途）は、硬質ウレタンフォームが主流である。硬質ウレタンフォーム断熱材のシェア（2014年度）を表 5-11 に示す。硬質ウレタンフォーム断熱材は、住宅用断熱材全体の 12%と一定のシェアがあり、現場施工の硬質ウレタンフォーム断熱材だけで見ても、全体の 9%となっており、現状でもシェアは高いことが分かる。

表 5-11 硬質ウレタンフォーム断熱材のシェア（2014年度）

	繊維系			発泡プラスチック系				
	グラスウール	ロックウール	セルローズファイバー	押出法ポリスチレンフォーム	硬質ウレタンフォーム	高発泡ポリエチレン	ビーズ法ポリスチレンフォーム	フェノールフォーム
出荷割合	51%	8%	1%	20%	12%	0%	6%	2%
(内訳)					現場吹付け品 9% ボード品 3%			

（出典）国土交通省資料

### (3) シーズ適合性

※発泡断熱材（工場成形）と同様

### (4) CO<sub>2</sub>削減可能性

エアロゲルに比べると断熱性能は劣るが、高性能硬質ウレタンフォームなど、高性能素材に適用でき、現状より高倍発泡で製造できれば、より高性能化できる。また、CNF適用によって現場施工の高性能断熱材が普及すれば大きなCO<sub>2</sub>削減が期待できる。

### (5) ニーズ適合性

発泡断熱材（工場成形）と同様、CNFを用いてセルを小さくするなど、高倍発泡化等、新技術の実証へのニーズは高いと考えられる。

また、工場成形の断熱材は、実際に施工される方法によっては性能値より断熱性が低下するケースがあることが指摘されているが、現場発泡の断熱材は専門の技術者が施工するため、施工方法が確立されており、性能値と実際の断熱性の乖離が少ない。ただし、施工に一定レベルの技術が要求されるため、施工性の向上についてもニーズが高いと考えられる。

### (6) 実証容易性

※発泡断熱材（工場成形）と同様

### 5.3.8 ユニットバスへの適用可能性の検討

#### (1) CNF適用のイメージ

CNFを用いた高性能断熱材をユニットバスの断熱に用いる。具体的には、以下の2とおりが考えられる（図5-17）。

- 1) ユニットバス外皮の断熱
- 2) 浴槽ユニットの断熱

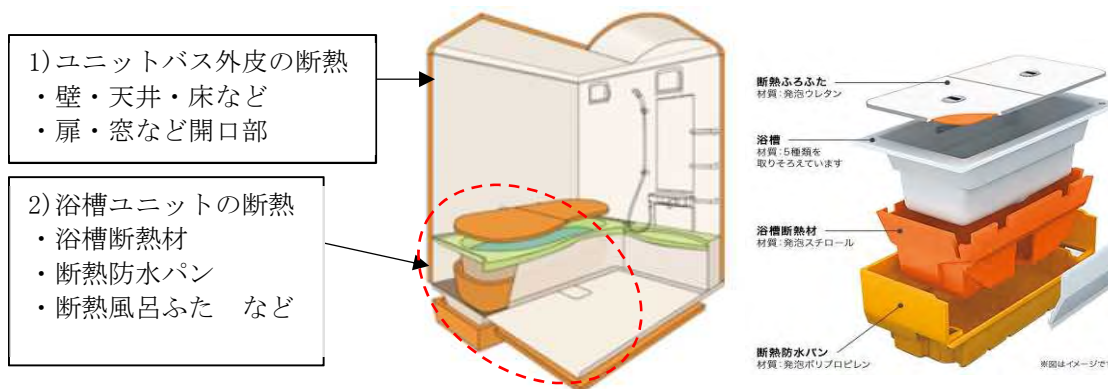


図5-17 ユニットバスにおけるCNFの適用イメージ

※図はトクラスホームページ及びTOTOホームページより引用

#### (2) 市場環境

平成24年度におけるユニットバス市場は2,900億円となっており、一定規模の市場を形成している（出典：リフォーム産業新聞2014/03/04発行）。

ユニットバスの年間の出荷台数を図5-18に示す。平成21年前後を底として上昇傾向にあり、平成25年度は139万台ベースとなっている。うち戸建住宅用途は84.9万台、集合住宅用途は53.9万台となっている。

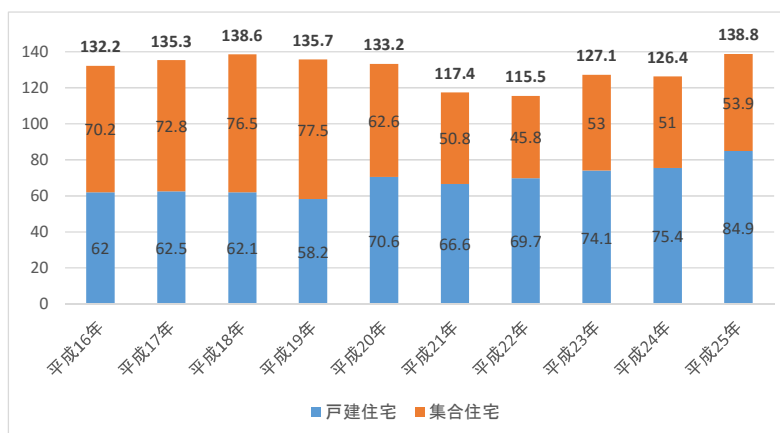


図5-18 ユニットバスの出荷台数の推移

(出典) 建材・住宅設備統計要覧 2014/2015年版を元に作成

### (3) シーズ適合性

断熱材については、断熱性能は一定レベルで求められるが、適用条件として「加工性の高さ」が大きく、現状ではポリスチレンフォームが最適とされている。適用を想定するCNF断熱材には、ポリスチレンフォームと同様の加工性の高さが求められるが、現状のCNF断熱材の物性を見ると、加工性の面でポリスチレンフォームとの優位性がない。

ユニットバスへの適用条件に関するメーカーコメントを表5-12に示す。

表5-12 ユニットバスへの適用条件に関するメーカーコメント

適用先	適用条件に関するメーカーコメント
ユニットバス外皮の断熱	<ul style="list-style-type: none"><li>壁・天井・床の断熱については、工場成形での加工性・長期の保障性(形が崩れない等)から、ポリスチレンフォーム(最高で熱伝導率0.024 W/m・K程度)等の発泡系断熱材が使用されている。</li><li>メーカーでは、断熱材の特性や必要となる断熱性能等から、これ以上の性能向上は厳しいと考えているが、熱の逃げ場となる開口部(扉及び窓)の断熱、浴室暖房の効率化は改善の余地があると考えている。</li></ul>
浴槽ユニットの断熱	<ul style="list-style-type: none"><li>浴槽をできる限り隙間なく包む形状となること、下部(防水パン側)等に給湯配管や作業スペースを確保する必要性から、ポリスチレンフォームが用いられている。</li><li>発泡系断熱材でも、吹き込み系は作業性(浴室のメンテナンス、交換など)確保の観点から適さない。</li></ul>

### (4) CO<sub>2</sub>削減可能性

給湯は家庭部門のCO<sub>2</sub>排出量の18.8%を占め、その多くを風呂の給湯利用が占めていると想定されるため、ユニットバス利用に起因するCO<sub>2</sub>排出量自体は多いと考えられる。

しかしながら、給湯利用の削減は、シャワーや浴室形状の見直しによる湯量削減など別の施策による寄与も高く、浴槽断熱により現状でも4時間で2℃以下の保温効果があるため、浴室断熱(外皮、浴槽)によるエネルギー削減による改善は限定的と考えられる。

### (5) ニーズ適合性

シェアトップのメーカーへのヒアリングでは、24時間風呂など、浴槽断熱風呂に対する消費者ニーズが低下していること、メーカーとしては一定レベルの断熱は必要としつつも、省エネ化には浴室暖房活用・改善が重要と考えていることなどから、高性能断熱材によるユニットバス断熱に対するニーズは低いと考えられる。

### (6) 実証容易性

前述のとおり、ユニットバス断熱に求められる断熱材には、ポリスチレンフォームのような加工性が求められるため、断熱性能に加え、加工性を付与できる断熱材の実証は容易ではないと考えられる。

### 5.3.9 給湯配管への適用可能性の検討

#### (1) CNF適用のイメージ

給湯機と浴槽をつなぐ発泡ポリエチレン保温ポリエチレン給湯配管の断熱材として、CNFを適用した断熱材を活用することが考えられる。

発泡ポリエチレン保温ポリエチレン給湯配管はホース状配管で可撓性にすぐれ、施工性がよい。なお、低密度ポリエチレンにCNFを添加したマスターバッチを発泡させた時、強度があがり、断熱材要求強度を維持しながら、発泡剤の体積率が大きくなり、熱伝導率がより、発泡剤単体に近づくことを想定する。プラスチックを媒質、発泡剤を分散体とすると、図 5.3-21 に示すとおり、分散体体積率が大きいほど熱伝導率が下がる。

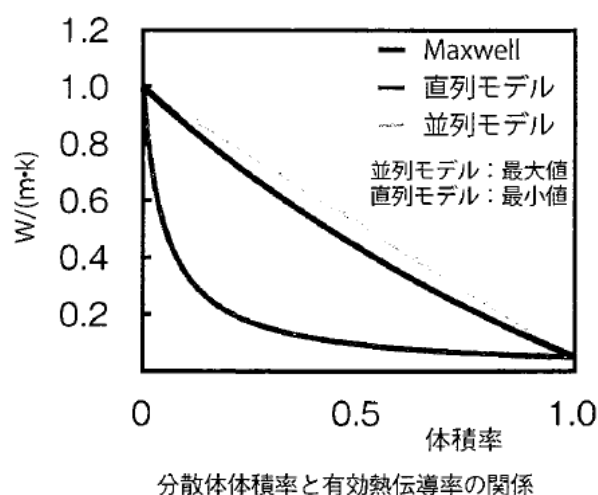


図 5-19 分散体体積率と有効熱伝導率の関係

出典：平澤良男, 断熱材/遮熱材の開発と応用および評価・試験法, P. 6, (株)R&D 支援センター, 2012 年 8 月

#### (2) 市場環境

平成 24 年度の給湯機の出荷台数の推移を図 5-20 に示す。年間出荷台数は 411 万台となっており（石油給湯機、太陽熱温水器、家庭用ヒートポンプ給湯機、電気温水器の計）、給湯機の出荷台数自体は多い。

給湯機と浴槽を繋ぐ配管の断熱材自体は、住宅の断熱材全体に占める使用量自体のウェイトとしてはあまり高くないと想定される。また、給湯機と浴槽を繋ぐ配管の断熱材自体の使用量がそれほど多くないと考えられること、使用される断熱材自体が低密度ポリエチレンで、単価もそれほど高くないと考えられることから、市場規模はあまり大きくないと想定される。

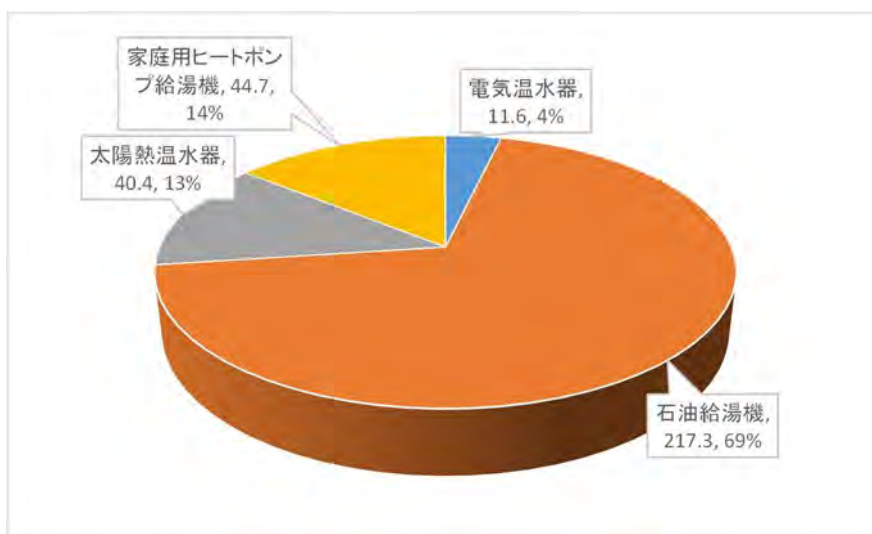


図 5-20 給湯機の出荷台数の推移

(出典) ヒートポンプ・蓄熱システムデータブック 2013

### (3) シーズン適合性

給湯配管の断熱材の基本性能は、JIS A9511:2009 発泡プラスチック保温材 A 種ポリエチレンフォーム保温材の特性（保温筒 1 種）に規定されている。

発泡剤が窒素の場合、分散体熱伝導率は  $0.024\text{W/m}\cdot\text{K}$  であり、媒質である低密度ポリエチレンの熱伝導率は  $0.33\text{W/m}\cdot\text{K}$  である。CNF 添加により、ポリエチレン管の可撓（とう）性に影響がでないか検証が必要となる。

### (4) CO<sub>2</sub>削減可能性

CNF 添加と発泡方法の工夫により分散体体積率が上がり、熱伝導率が既存製品より 20%程度小さくなることが期待される。熱伝導率が 20%低下した場合、家庭部門の給湯由来 CO<sub>2</sub> 排出量を約 5%低減可能となる。簡易算定例を以下に示す。

<簡易算定例>

- ・給湯機由来の放熱は、給湯機：配管全体 = 1：1（配管全体のウェイトは 50%）
- ・配管の熱伝導率が 20%減ると、給湯機由来の放熱量は  $20\% \times 50\% = 10\%$  減少する
- ・給湯機の年間放熱量を約 2,200kWh/年、エコキュートの COP を 3.3、電力の排出係数を  $0.561\text{kg-CO}_2/\text{kWh}$  とすると、給湯機の年間電力消費量削減分 =  $2,200\text{kWh/年} \times 10\% \div 3.3 = 67\text{kWh/年}$
- ・電力の CO<sub>2</sub> 排出係数を  $0.50\text{kg-CO}_2/\text{kWh}$  とすると、 $67\text{kWh/年} \times 0.50\text{kg-CO}_2/\text{kWh} = 34\text{kg-CO}_2$ （2014 年の家庭部門給湯由来 CO<sub>2</sub> 排出量： $0.656\text{ kg-CO}_2/\text{年}$  の 5.2%）



#### (5) ニーズ適合性

給湯機自体の需要が、将来的に現状水準（少なくとも需要が高くなる方向にない）またはそれ以下で推移すると考えられるため、給湯配管の需要自体が高くなっていく方向になると考えられる。

一方、家庭部門のCO<sub>2</sub>排出量のうち、給湯由来は3割程度を占める（自動車、水道、ゴミ由来を除く）こと、家庭部門のCO<sub>2</sub>削減・断熱性向上のニーズが高まることから、高断熱化に関するマクロなニーズは存在すると考えられる。

#### (6) 実証容易性

既にCNFを活用した発泡断熱材の実証がスタートしていること、ポリエチレンとの複合化、またはポリエチレンと同様の特性を持つ発泡系断熱材が実証されれば、配管断熱材に加工・製造する技術的なハードルは高くないと考えられるため、実証容易性は高いと考えられる。

### 5.3.10 ヒートポンプ給湯機の貯湯槽への適用可能性の検討

#### (1) CNF適用のイメージ

自然冷媒ヒートポンプ給湯機（エコキュート）の貯湯槽断熱に使用されている断熱材（真空断熱材が一般的）にCNFを適用することが考えられる。

エコキュートでは年間入力電力量に対する有効給湯熱量の比である年間給湯保温効率を競っている。ヒートポンプ性能だけではなく、貯湯ユニットからの放熱を減らすことも重要となっており、エコキュート製造各社は真空断熱材を二層または、既存断熱材に真空断熱材を付加する方法で、放熱量を半減させている。

㈱パナソニックが使用している自社開発真空断熱材 U-Vacua の熱伝導率は  $0.0015\text{W/m}\cdot\text{K}$  であり、従来の断熱材の  $1/10$  以下の厚みである。旭ファイバーグラス㈱が販売している真空断熱材ビップエース (VIP-A) の熱伝導率は  $0.0020\text{W/m}\cdot\text{K}$  である。真空断熱材は貯湯ユニットの断熱だけでなく、厚みが  $10\text{mm}$  という特徴を活かして、改築用断熱補強材としての用途もある。

#### (2) 市場環境

平成 25 年度における自然冷媒ヒートポンプ式給湯機の生産量は、408 千台、生産金額は 546.3 億円となっており、一定規模の市場を形成している。自然冷媒ヒートポンプ式給湯機の実績生産量・生産金額の推移を図 5-21 に示す。

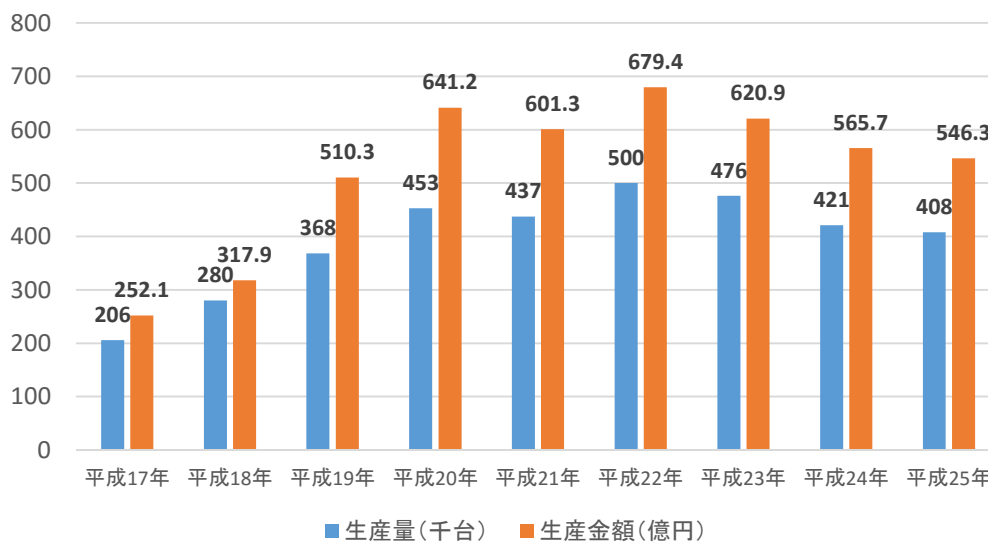


図 5-21 自然冷媒ヒートポンプ式給湯機の実績生産量・生産金額の推移

(出典) 建材・住宅設備統計要覧 2014/2015年版を元に作成

### (3) シーズ適合性

真空断熱材の熱伝導率の測定方法は、2016年8月に改正された JIS A 1412-1 (熱絶縁材の熱抵抗及び熱伝導率の測定方法—第1部：保護熱板法 (GHP 法)) に規定されている。理論的には、 $0.002\text{W/m}\cdot\text{K}$  レベルの数値が出る可能性が、断熱材メーカーへのヒアリングで把握されている。

しかしながら、現状でグラスファイバーを心材に活用した真空断熱材が既に発売されており、熱伝導率で  $0.002\text{W/m}\cdot\text{K}$  を発現している。

理論的には CNF を用いた真空断熱材の製造可能性は高いが、発現する断熱性能としては現状のグラスファイバーと同レベルのため、優位性がない。

### (4) CO<sub>2</sub>削減可能性

現状で、ヒートポンプ式給湯機の貯湯槽には、グラスファイバー等の真空断熱材が用いられている。メーカーヒアリングの結果、CNF を用いた真空断熱材が製造できても、発現する断熱性能としては現状のグラスファイバーと同レベルが想定されるため、CO<sub>2</sub>削減効果は限定的と考えられる。

### (5) ニーズ適合性

真空断熱材が求められる用途自体が限定的であるため、真空断熱材の高性能化などの実証ニーズは現状でそれほど高くないと想定される。

また、実証ニーズがあっても、真空断熱材の断熱性能以外の部分の課題の改善 (真空を長時間維持することが最大の課題、シール部分の熱の逃げ、加工性・施工性の改善など) の優先順位が高いと考えられる。

### (6) 実証容易性

現状で CNF を原料とする断熱材自体が実証されていないこと、(5) に示した真空断熱材の断熱性能以外の部分の課題の改善への対応可能性を含めると、CNF を原料とする真空断熱材の実証は相当困難と考えられる。

#### 5.4 住宅建材分野における適用可能性評価（まとめ）

住宅建材分野におけるCNF適用可能性評価（まとめ）を表5-13に示す。

評価指標に基づく検討結果として、2020年の実現可能性に向けて、「窓枠」「窓ガラス（ガラス断熱）」「エアロゲル断熱材（超臨界乾燥由来、常圧乾燥由来）」「発泡断熱材（工場成形、現場施工）」「給湯配管断熱材」の適用可能性が高いことがわかった。

窓ガラス（ガラス代替）は、強度の面で不適であることから、適用可能性は低いと判断した。ユニットバス用断熱材は、メーカーニーズが小さいと考えられることから、適用可能性は低いと判断した。ヒートポンプ給湯器の貯湯槽断熱材は、既存製品と比較した優位性が期待できないこと、CNF真空断熱材の実証は難しいと考えられることから適用可能性は低いと判断した。

表5-13 住宅建材分野におけるCNF適用可能性評価（まとめ）

部材・部位等		①市場環境	②シーズ適合性	③CO <sub>2</sub> 削減可能性	④ニーズ適合性	⑤実証容易性	
開口部 (窓)	窓枠	○	○	○	○	○	
	窓ガラス	ガラス代替	○	× ※疎水化できても強度等の面で不適	○	△	× ※疎水化できても強度等の面で不適
		ガラス断熱	△ ※ガラス断熱自体の市場は現状ではあまり無い	△ ※透明度による	△	△ ※ガラス断熱自体の現状ニーズは高くないが、長寿命化ニーズあり	△ ※透明度による
断熱材	エアロゲル断熱材 (超臨界乾燥由来)	○	△ ※ラベルの研究段階	○	○	△ ※超臨界設備の調達コスト、ランニングコスト特大	
	エアロゲル断熱材 (常圧乾燥由来)	○	△ ※研究段階	○	○	△ ※超臨界設備は不要	
	発泡断熱材 (工場成形)	○	○	○	○	○	
	発泡断熱材 (現場施工)	○	○	○	○	○	
その他 住宅 設備	ユニットバス用 断熱材	○	△ ※加工性が求められる	△ ※断熱材以外の要素も大きい	× ※メーカーニーズが小さい	△ ※加工性の付与が課題	
	給湯配管断熱材	△	○	△	△	○	
	ヒートポンプ給湯器の 貯湯槽断熱材	○	× ※既存製品と比較した優位性が期待できない	△ ※既存製品と同等程度と想定される	△ ※断熱性向上以外の要素のニーズ高い	× ※CNF真空断熱材の実証は難しい	

<評価指標>

- ①市場環境：市場が大きいのか、横展開可能か
- ②シーズ適合性：CNF複合材等の素材を用いて製品化可能か
- ③CO<sub>2</sub>削減可能性：使用時のCO<sub>2</sub>削減効果が高いか
- ④ニーズ適合性：実証ニーズの高い製品であるか
- ⑤実証容易性：2020年に製品化可能か、製造コストがあまりにも高くないか

## 第6章 評価項目・方法の整理

本章では、CNFを用いた家電及び住宅建材の評価項目・評価方法とCNFを用いた家電及び住宅建材のCO<sub>2</sub>排出削減量に関する評価方法について調査・整理を行った結果を示す。

### 6.1 CNFを用いた家電及び住宅建材の評価項目・評価方法の整理

#### 6.1.1 家電及び住宅建材の製品・部位として要求される機能及び評価項目の設定方針

CNFを用いた製品・部位が有効に機能するためには、家電及び住宅建材としての当該部位に求められる機能を最低限満足する必要がある。

家電及び住宅建材の製品・部位としての必要機能及び指標について、JIS規格等を基に、基本性能、安全性能、環境性能の3つに分けて検討した。

#### 6.1.2 評価対象とする製品・部位等の選定

以下の製品・部位等を評価対象とした。

表 6-1 評価対象製品・部位一覧

No	区分	対象製品・部位等
1	家電	エアコンの室外ファン
2		面発光LEDの拡散シート
3		冷蔵庫
4		センサー基板
5		蓄電池（増粘剤）
6		洗濯機（洗濯槽・パルセータ）
7	住宅建材	樹脂窓枠等
8		窓ガラス（ガラス断熱）
9		エアロゲル断熱材（超臨界乾燥由来）
10		エアロゲル断熱材（常圧乾燥由来）
11		発泡断熱材（工場成形）
12		発泡断熱材（現場施工）
13		給湯配管断熱材
14	戸建・集合住宅	戸建住宅（新築）
15		戸建住宅（リフォーム）
16		木造集合住宅（新築）
17		木造集合住宅（リフォーム）
18		RC・SRC集合住宅（新築）
19		RC・SRC集合住宅（リフォーム）

### 6.1.3 評価対象製品・部位別の評価項目及び評価方法（案）

評価対象製品・部位別の評価項目及び評価方法（案）を（1）～（18）に示す。

#### （1）エアコンの室外ファン

エアコンの室外ファンに関する評価項目と評価方法（案）を表 6-2 に示す。

表 6-2 エアコンの室外ファンに関する評価項目と評価方法(案)

区分	評価項目	指標	測定方法 準拠規格	必要水準
基本性能	省エネ性	全圧効率	JIS Z8330:2000	従来品同等以上
	静粛性	騒音レベル	JIS Z8330:2000	従来品同等以上
安全性能	破壊耐力	回転数	JIS B0132:2005	スピンテストで破損しないこと
環境性能	特定化学物質	—	JIS Z7201:2012	製造工程において使用しないこと
	低炭素	CO <sub>2</sub> 削減効果 (LCAレベル)	JIS Q14040	商用化段階において従来製品に比べてLCCO <sub>2</sub> が減少する
	リサイクル性	—	—	商用化段階において従来製品に比べて、リサイクル性が向上する可能性がある

#### （2）面発光 LED の拡散シート

面発光 LED の拡散シートに関する評価項目と評価方法（案）を表 6-3 に示す。

表 6-3 面発光 LED の拡散シートに関する評価項目と評価方法(案)

区分	評価項目	指標	測定方法 準拠規格	必要水準
基本性能	発光効率	固有エネルギー消費効率 ※LED 照明器具の定格光束を定格電力で割ったもの	JIS C8105:3:2011 JIS C8105:5:2011 JIS Z8113:1998	110lm/W 以上 (グリーン購入法白色)
	演色性	平均演色評価数 Ra	JIS Z9110:2010	80 以上 ただし、ダウンライト及び高天井器具の場合は、70 以上(グリーン購入法)
	寿命	初期光束が 70%以下となる全点灯時間	JIS C8155:2010	40,000 時間以上
安全性能	電気用品安全法	—	—	PSE マークが付与されていること
環境性能	特定化学物質	含有率	JIS C0950:2008	基準値を超えないこと
	省エネ法トップランナー制度*	エネルギー消費効率	JISC8105:3:2011 JISC8105:5:2011 JISZ8113:1998	2017 年目標基準値 110lm/W 以上
	低炭素	CO <sub>2</sub> 削減効果(LCAレベル)	JIS Q14040	商用化段階において従来製品に比べて、LCCO <sub>2</sub> が減少する
	リサイクル性	—	—	商用化段階において従来製品に比べて、リサイクル性が向上する可能性がある

※推奨項目

### (3) 冷蔵庫

冷蔵庫に関する評価項目と評価方法（案）を表 6-4 に示す。

表 6-4 冷蔵庫に関する評価項目と評価方法(案)

区分	評価項目	指標	測定方法 準拠規格	必要水準
基本性能	省エネ性	消費電力量	JIS C9801:2006	従来品同等以下
	断熱性	熱伝導率	JIS A1412-1: 2016	従来品同等以下
		真空断熱材厚さ	JIS A1412-1: 2016	従来品同等以下
安全性能	—	—	—	—
環境性能	特定化学物質	含有率	JIS C0950:2008	基準値を超えないこと
	低炭素	CO <sub>2</sub> 削減効果(LCAレベル)	JIS Q14040	商用化段階において従来製品に比べて、LCCO <sub>2</sub> が減少する
	リサイクル性	—	—	商用化段階において従来製品に比べて、リサイクル性が向上する可能性がある

### (4) センサー基板

センサー基板に関する評価項目と評価方法（案）を表 6-5 に示す。

表 6-5 センサー基板に関する評価項目と評価方法(案)

区分	評価項目	指標	測定方法 準拠規格	必要水準
基本性能	熱膨張	線膨張率	JIS K7197:1991	5-8ppm/K 以下
	透明性	ヘイズ値	JIS K7136:2000	3~5 以下
	剛性	弾性率	JIS K7161:1994	13GPa 以上
	強度	引張強度	JIS K7161:1994	223MPa 以上
	耐熱性	連続使用温度	—	120℃以上 従来基板(紙フェノール等)以上
	耐久性	高温高湿促進試験 85℃ RH85%環境下に1,000 時間置く	JIS K0097:2001	電氣的測定を行い変化がない こと
安全性能	—	—	—	—
環境性能	特定化学物質	含有率	JIS C0950:2008	基準値を超えないこと
	低炭素	CO <sub>2</sub> 削減効果(LCAレベル)	JIS Q14040	商用化段階において従来製品 に比べて、LCCO <sub>2</sub> が減少する
	リサイクル性	—	—	商用化段階において従来製品 に比べて、リサイクル性が向上 する可能性がある

### (5) 蓄電池（増粘剤）

蓄電池（増粘剤）に関する評価項目と評価方法（案）を表 6-6 に示す。

表 6-6 蓄電池（増粘剤）に関する評価項目と評価方法（案）

区分	評価項目	指標	測定方法 準拠規格	必要水準
基本性能	結着性	結着力	ピール剥離試験 JIS Z0237:2009	0.2N/cm 以上
	軽量化	重量あたりエネルギー密度 kg/kWh	—	従来品同等以上
	放電性能	容量保持率	JIS C8715-1:2012	単電池 85%以上
安全性能	—	—	—	—
環境性能	特定化学物質	含有率	JIS C0950:2008	基準値を超えないこと
	低炭素	CO <sub>2</sub> 削減効果(LCA レベル)	JIS Q14040	商用化段階において従来製品に比べて、LCCO <sub>2</sub> が減少する
	リサイクル性	—	—	商用化段階において従来製品に比べて、リサイクル性が向上する可能性がある

出典：第一工業製薬㈱, 「セルロースナノファイバーを適用したアイドリングストップ車用リチウムイオン電池の実用化に向けた課題抽出」, 環境省 H27 年度セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務報告書

### (6) 洗濯機（洗濯槽・パルセータ）

洗濯機（洗濯槽・パルセータ）に関する評価項目と評価方法（案）を表 6-7 に示す。

表 6-7 洗濯機（洗濯槽・パルセータ）に関する評価項目と評価方法（案）

区分	評価項目	指標	測定方法 準拠規格	必要水準
基本性能	洗濯性能	洗浄比	JIS C9811:1999	従来製品同等以下
	すすぎ性能	すすぎ比	JIS C9811:1999	従来製品同等以下
	脱水性能	残水度	JIS C9811:1999	従来製品同等以下
	消費電力	消費電力	JIS C9811:1999	従来製品同等以下
安全性能	—	—	—	—
環境性能	特定化学物質	含有率	JIS C0950:2008	基準値を超えないこと
	低炭素	CO <sub>2</sub> 削減効果(LCA レベル)	JIS Q14040	既往文献の合計 CO <sub>2</sub> 排出量より少ないこと
	リサイクル性	—	—	再生可能であること



(7) 樹脂窓枠等

樹脂窓枠等に関する評価項目と評価方法(案)を表6-8に示す。

表 6-8 樹脂窓枠等に関する評価項目と評価方法(案)

区分	評価項目	指標	測定方法 準拠規格	必要水準
基本性能	耐風圧性能	加圧試験	JIS A4716:2000 JIS A1515:1998	加圧中破壊のないこと 除圧後、開閉に異常がなく、使用上支障がないこと。
		最大変位	JIS A4716:2000 JIS A1515:1998	最大変位は内のり寸法の 1/70 以下であること
		JIS 等級	JIS A4716:2000 JIS A1515:1998	S1～S7(最大加圧圧力 800～3,600Pa)
	気密性	JIS 等級線	JIS A1516:1998	防音、断熱、防塵建築用 JIS A4 等級線
	断熱性	熱貫流率	JIS A4710:2004	2.33W/ m <sup>2</sup> ・K 以下 ( I・II 地域)～ 6.51W/ m <sup>2</sup> ・K 以下 (VI 地域)
	遮音性	遮音等級線	JIS A1416:2000	T4 等級線(音響透過損失 40DB)
	建築基準法第64条 政令で定める防火設備	防火地域又は準防火地域における防火性能	—	加熱開始後、20 分間、加熱面以外に火炎をださないもの
	建築基準法第 2 8 条	開口部採光面積	—	床面積の 1/7 以上
建築基準法第28条の2 (居室内における化学物質の発散に対する衛生上の措置)シックハウス対応ホルムアルデヒド放散特性	ホルムアルデヒド放散速度	—	ホルムアルデヒド・VOC の発生がないこと	
安全性	—	—	—	—
環境性能	品確法・省エネ法 断熱 2020 年断熱性能	断熱等性能等級	品確法	等級4(2013 年基準)
		一次エネルギー消費量等級	品確法	等級5(低炭素基準相当)
	劣化率	熱伝導率	JIS A9521:2014	熱伝導率の劣化率が従来製品と同等以上
	グリーン購入法*	—	—	複層ガラスを用いたサッシ、あるいは二重サッシであること
	省エネ法トップランナー制度*	通過熱流量	—	※開閉形式 5 種について算定式あり
	低炭素	CO <sub>2</sub> 削減効果 (LCA レベル)	JIS Q14040	商用化段階において従来製品に比べて、LCCO <sub>2</sub> が減少する
	リサイクル性	—	—	商用化段階において従来製品に比べて、リサイクル性が向上する可能性がある

※推奨項目

(8) 窓ガラス（ガラス断熱）

窓ガラス（ガラス断熱）に関する評価項目と評価方法（案）を表 6-9 に示す。

表 6-9 窓ガラス代替に関する評価項目と評価方法(案)

区分	評価項目	指標	測定方法 準拠規格	必要水準
基本性能	断熱性	熱貫流率	JIS R3209:1998	複層ガラス U3-2 の場合 2.33W/ m <sup>2</sup> ・K 以下
	耐久性 ※耐湿耐候試験、冷熱繰返し試験前後の中空層内部の結露の有無、光学薄膜の放射率の変化を調べる	—	JIS R3209:1998 JIS R3106:1998	1.露店試験(暴露前):露点温度が-35℃以上 2.封止の加速耐久性(暴露後):露点温度が-30℃以上 3.光学薄膜の加速耐久性:暴露前後の放射率の差が 0.02 以下
	透過性	可視光線透過率	JIS R3106:1998	70%以上(自動車フロントガラス同等)
	遮音性	音響透過損失	JIS A1416:2000	T4 等級線(音響透過損失 40DB)
安全性	防犯性	—	—	破壊されにくい構造
	地震時の衝突	—	—	飛散防止フィルムまたは中間膜を設けること
	人体衝突安全性	—	「安全・安心ガラス設計施工指針」の手引き 財団法人 日本建築防災協会	45kg ショットバッグの落下高さ 30cm 鋭利なガラス片が生じないこと
環境性能	品確法・省エネ法 断熱 2020 年断熱性能	断熱等性能等級	品確法	等級4(2013 年基準)
		一次エネルギー消費量等級	品確法	等級5(低炭素基準相当)
	劣化率	熱伝導率	JIS A9521:2014	熱伝導率の劣化率が従来製品と同等以上
	グリーン購入法※	—	—	複層ガラスを用いたサッシ、あるいは二重サッシであること
	省エネ法トップランナー制度※	通過熱流量	—	開閉形式 5 種について算定式がある
	低炭素	CO <sub>2</sub> 削減効果(LCAレベル)	JIS Q14040	商用化段階において従来製品に比べて、LCCO <sub>2</sub> が減少する
	リサイクル性	—	—	商用化段階において従来製品に比べて、リサイクル性が向上する可能性がある

※推奨項目

(9) エアロゲル断熱材（超臨界乾燥由来）

エアロゲル断熱材（超臨界乾燥由来）に関する評価項目と評価方法（案）を表 6-10 に示す。

表 6-10 エアロゲル断熱材（超臨界乾燥由来）に関する評価項目と評価方法(案)

区分	評価項目	指標	測定方法 準拠規格	必要水準
基本性能	断熱性	熱伝導率	JIS A9521:2014	断熱の目的で使用される材料であり、23℃における熱伝導率が 0.065 W/(m・K) 以下のもの。
	強度	圧縮強さ	JIS K 7220:2006	10N/cm <sup>2</sup> 以上 発泡プラスチック系断熱材と同等以上であること
		曲げ強さ	JIS K 7221-2:2006	15N/cm <sup>2</sup> 以上 発泡プラスチック系断熱材と同等以上であること
	水蒸気バリア性	透湿係数	JIS A1324:1995 の 5.2(カップ法)	145ng/(m <sup>2</sup> ・s・Pa)以下 発泡プラスチック系断熱材と同等以下であること
	吸水性	吸水率	JIS A9521:2014 付属書 C	5%以下 発泡プラスチック系断熱材と同等以下であること
	燃焼性	酸素指数	JIS A9521:2014 付属書 B	酸素指数 28 以上 発泡プラスチック系断熱材と同等以上であること
	建築基準法第28条の2(居室における化学物質の発散に対する衛生上の措置)シックハウス対応ホルムアルデヒド放散特性	ホルムアルデヒド放散速度	JISA9521:2014	ホルムアルデヒド・VOC を発生しないこと
安全性能	硬質ウレタンフォーム現場施工	—	労働安全衛生法有機溶剤中毒予防規則	発泡機の洗浄に用いる有機溶剤の取り扱いにおいて有機溶剤中毒予防規則を遵守すること。
環境性能	品確法・省エネ法断熱 2020 年断熱性能	断熱等性能等級	品確法	等級4 (2013 年基準)
		一次エネルギー消費量等級	品確法	等級5 (低炭素基準相当)
	劣化率	熱伝導率	JIS A9521:2014	熱伝導率の劣化率が従来製品と同等以上
	グリーン購入法*	—	—	ノンフロンであること
	省エネ法トップランナー制度*	熱伝導率	JISA9521:2014	グラスウール、ロックウール、押出法ポリスチレンフォームの 3 種類について目標基準値がある。 グラスウール目標基準値 0.04156W/(m・K)
	低炭素	CO <sub>2</sub> 削減効果 (LCA レベル)	JIS Q14040	商用化段階において従来製品に比べて、LCCO <sub>2</sub> が減少する
	リサイクル性	—	—	商用化段階において従来製品に比べて、リサイクル性が向上する可能性がある

※推奨項目

(10) エアロゲル断熱材（常圧乾燥由来）

エアロゲル断熱材（常圧乾燥由来）に関する評価項目と評価方法（案）は上記表 6-10 と同様である。

(11) 発泡断熱材（工場成形）

発泡断熱材（工場成形）に関する評価項目と評価方法（案）を上記表 6-11 に示す。

表 6-11 発泡断熱材（工場成形）に関する評価項目と評価方法(案)

区分	評価項目	指標	測定方法 準拠規格	必要水準
基本性能	断熱性	熱伝導率	JIS A9521:2014	断熱の目的で使用される材料であり、23℃における熱伝導率が 0.065 W/(m・K) 以下のもの。
	強度	圧縮強さ	JIS K 7220:2006	10N/cm <sup>2</sup> 以上 発泡プラスチック系断熱材と同等以上であること
		曲げ強さ	JIS K 7221-2:2006	15N/cm <sup>2</sup> 以上 発泡プラスチック系断熱材と同等以上であること
	水蒸気バリア性	透湿係数	JIS A1324:1995 の 5.2(カップ法)	145ng/(m <sup>2</sup> ・s・Pa)以下 発泡プラスチック系断熱材と同等以下であること
	吸水性	吸水率	JIS A9521:2014 付属書 C	5%以下 発泡プラスチック系断熱材と同等以下であること
	燃焼性	酸素指数	JIS A9521:2014 付属書 B	酸素指数 28 以上 発泡プラスチック系断熱材と同等以上であること
	建築基準法第28条の2(居室内における化学物質の発散に対する衛生上の措置)シックハウス対応ホルムアルデヒド放散特性	ホルムアルデヒド放散速度	JISA9521:2014	ホルムアルデヒド・VOC を発生しないこと
安全性能	硬質ウレタンフォーム現場施工	—	労働安全衛生法有機溶剤中毒予防規則	発泡機の洗浄に用いる有機溶剤の取り扱いにおいて有機溶剤中毒予防規則を遵守すること。
環境性能	品確法・省エネ法断熱 2020 年断熱性能	断熱等性能等級	品確法	等級4(2013 年基準)
		一次エネルギー消費量等級	品確法	等級5(低炭素基準相当)
	劣化率	熱伝導率	JIS A9521:2014	熱伝導率の劣化率が年2%以内
	グリーン購入法*	—	—	ノンフロンであること
	省エネ法トップランナー制度*	熱伝導率	JISA9521:2014	グラスウール、ロックウール、押出法ポリスチレンフォームの 3 種類について目標基準値がある。 グラスウール目標基準値 0.04156W/(m・K)
	低炭素	CO <sub>2</sub> 削減効果(LCA レベル)	JIS Q14040	商用化段階において従来製品に比べて、LCCO <sub>2</sub> が減少する
	リサイクル性	—	—	商用化段階において従来製品に比べて、リサイクル性が向上する可能性がある

※推奨項目

(12) 発泡断熱材（現場施工）

発泡断熱材（現場施工）に関する評価項目と評価方法（案）は上記表 6-11 と同様である。

(13) 給湯配管断熱材

給湯配管断熱材に関する評価項目と評価方法（案）を表 6-12 に示す。

表 6-12 給湯配管断熱材に関する評価項目と評価方法（案）

区分	評価項目	指標	測定方法 準拠規格	必要水準
基本性能	断熱性	熱伝導率	JIS A95111:2009	23℃における熱伝導率が 0.043 W/(m・K) 以下
	密度	密度	JIS A95111:2009	10kg/m <sup>3</sup> 以上
	水蒸気バリア性	透湿係数(厚さ 25mm あたり)	JIS A95111:2009	20ng/(m <sup>2</sup> ・s・Pa)以下
	吸水性	吸水量	JIS A95111:2009	7 g/100m <sup>2</sup> 以下
	燃焼性	酸素指数	JIS A9521:2014 付属書 B	酸素指数 28 以上 発泡プラスチック系断熱材と 同等以上であること
	建築基準法第 28 条の 2（居室内における化学物質の発散に対する衛生上の措置）シックハウス対応ホルムアルデヒド放散特性	ホルムアルデヒド放散速度	JISA9521:2014	ホルムアルデヒド・VOC 発生 ないこと
安全性	—	—	—	—
環境性能	品確法・省エネ法 断熱 2020 年断熱性能	断熱等性能等級 一次エネルギー消費量 等級	品確法 品確法	等級 4（2013 年基準） 等級 5（低炭素基準相当）
	劣化率	熱伝導率	JIS A9521:2014	熱伝導率の劣化率が年 2% 以内
	グリーン購入法*	—	—	ノンフロンであること
	省エネ法トップランナー制度*	熱伝導率	JISA9521:2014	グラスウール、ロックウール、押出法ポリスチレンフォームの 3 種類について目標基準値がある。 グラスウール目標基準値 0.04156W/(m・K)
	低炭素	CO <sub>2</sub> 削減効果（LCA レベル）	JIS Q14040	商用化段階において従来製品に比べて、LCCO <sub>2</sub> が減少する
	リサイクル性	—	—	商用化段階において従来製品に比べて、リサイクル性が向上する可能性がある

※推奨項目

(14) 戸建住宅（新築）

戸建住宅（新築）に関する評価項目と評価方法（案）を表 6-13 に示す。

表 6-13 戸建住宅（新築）に関する評価項目と評価方法（案）

区分	評価項目	指標	測定方法 準拠規格	必要水準
基本性能	建築基準法第 64 条政令で定める防火設備	防火地域又は準防火地域における防火性能	—	加熱開始後、20 分間、加熱面以外に火炎をださないもの
	建築基準法第 28 条採光性	開口部採光面積	—	床面積の 1/7 以上
	断熱性能（省エネ法・品確法）	外被平均熱貫流率 UA W/m <sup>2</sup> ・K	（一社）日本サステナブル建築協会 公開プログラム	地域区分 外被平均熱貫流率 W/m <sup>2</sup> K 1, 2 0.54 以下 3 1.04 以下 4, 5, 6 1.54 以下 7 0.87 以下 8 設定なし
	断熱性能（ZEH 補助要件）*	強化外被平均熱貫流率 UA W/m <sup>2</sup> ・K	（一社）日本サステナブル建築協会 公開プログラム	地域区分 強化 外被平均熱貫流率 W/m <sup>2</sup> K 1, 2 0.4 以下 3 0.5 以下 4, 5, 6, 7 0.6 以下 8 設定なし
	断熱性能（HEAT20G2 グレード）*	外被平均熱貫流率 UA W/m <sup>2</sup> ・K	（一社）日本サステナブル建築協会 公開プログラム	地域区分 HEAT20G2 グレード 外被平均熱貫流率 W/m <sup>2</sup> K 1, 2, 3 0.28 以下 4, 5 0.34 以下 , 6, 7 0.46 以下 8 設定なし
	日射遮蔽性能（省エネ法・品確法）	冷房期平均日射熱取得率 $\eta A$ W/m <sup>2</sup> ・K	（一社）日本サステナブル建築協会 公開プログラム	地域区分 冷房期平均 日射熱取得率 $\eta A$ W/m <sup>2</sup> K 1, 2, 3, 4 設定なし 5 3.0 以下 6 2.8 以下 7 2.7 以下 8 3.2 以下
	省エネ性能（省エネ法・品確法）	一次エネルギー消費量	（一社）日本サステナブル建築協会 公開プログラム	基準一次エネルギー消費量以下
	建築基準法第 28 条の 2（居室内における化学物質の発散に対する衛生上の措置）シックハウス対応ホルムアルデヒド放散特性	ホルムアルデヒド放散速度	JIS A9521:2014	ホルムアルデヒド・VOC を発生しないこと
安全性	耐震等級	1～3 級	—	1 級以上
	地盤の固さ 建築基準法 2000 年改正	木造住宅においては 1) 地耐力に応じて基礎を特定。地盤調査が事実上義務化に。（施行令 38 条）	スウェーデン式サウンディングの回転数により、地盤の強さ N 値を算出	改正の要点 ・地耐力に応じた基礎構造が規定され、地耐力の調査が事実上義務化となる。 ・地耐力 20kN 未満・・・基礎杭 20～30kN・・・基礎杭またはベタ基礎 30kN 以上・・・布基礎も可能
環境性能	特定化学物質	含有率	JIS C0950:2008	基準値を超えないこと
	低炭素	CO <sub>2</sub> 削減効果（LCA レベル）	JIS Q14040	商用化段階において従来製品に比べて、LCCO <sub>2</sub> が減少する

区分	評価項目	指標	測定方法 準拠規格	必要水準
	リサイクル性	—	—	商用化段階において従来製品に比べて、リサイクル性が向上する可能性がある

※推奨項目

(15) 戸建住宅（リフォーム）

戸建住宅（リフォーム）に関する評価項目と評価方法（案）を表 6-14 に示す。

表 6-14 戸建住宅（リフォーム）に関する評価項目と評価方法（案）

区分	評価項目	指標	測定方法 準拠規格	必要水準
基本性能	建築基準法第 64 条政令で定める防火設備	防火地域又は準防火地域における防火性能	—	加熱開始後、20 分間、加熱面以外に火炎をださないもの
	建築基準法第 28 条採光性	開口部採光面積	—	床面積の 1/7 以上
	断熱性能（省エネ法・品確法）	外被平均熱貫流率 UA W/m <sup>2</sup> ・K	（一社）日本サステナブル建築協会 公開プログラム	地域区分 外被平均熱貫流率 W/m <sup>2</sup> K 1, 2 0.54 以下 3 1.04 以下 4, 5, 6 1.54 以下 7 0.87 以下 8 設定なし
	断熱性能（ZEH 補助要件）*	強化外被平均熱貫流率 UA W/m <sup>2</sup> ・K	（一社）日本サステナブル建築協会 公開プログラム	地域区分 強化外被平均熱貫流率 W/m <sup>2</sup> K 1, 2 0.4 以下 3 0.5 以下 4, 5, 6, 7 0.6 以下 8 設定なし
	断熱性能（HEAT20G2 グレード）*	外被平均熱貫流率 UA W/m <sup>2</sup> ・K	（一社）日本サステナブル建築協会 公開プログラム	地域区分 HEAT20G2 グレード 外被平均熱貫流率 W/m <sup>2</sup> K 1, 2, 3 0.28 以下 4, 5 0.34 以下 , 6, 7 0.46 以下 8 設定なし
	開口部断熱*	熱貫流率	—	地域区分 開口部熱貫流率 W/m <sup>2</sup> K 1, 2, 3 2.33 以下 4 3.49 以下 5, 6, 7 4.65 以下 8 設定なし
	開口部日射遮蔽性能*	冷房期日射熱取得率	—	地域区分 冷房期日射熱取得率 W/m <sup>2</sup> K 1~7 設定なし 8 0.49 以下
	開口部以外の断熱*	使用量 m <sup>3</sup>	—	断熱材熱伝導率 0.052~0.035W/mK 外壁 6m <sup>3</sup> 以上 屋根・天井 6m <sup>3</sup> 以上 床 3m <sup>3</sup> 以上 断熱材熱伝導率 0.034W/mK 以下 外壁 4m <sup>3</sup> 以上 屋根・天井 3.5m <sup>3</sup> 以上 床 2m <sup>3</sup> 以上
	日射遮蔽性能（省エネ法・品確法）	冷房期平均日射熱取得率 ηA W/m <sup>2</sup> ・K	（一社）日本サステナブル建築協会 公開プログラム	地域区分 冷房期平均日射熱取得率 ηA W/m <sup>2</sup> K 1, 2, 3, 4 設定なし 5 3.0 以下 6 2.8 以下 7 2.7 以下 8 3.2 以下
省エネ性能（省エネ法・品確法）	一次エネルギー消費量	（一社）日本サステナブル建築協会 公開プログラム	基準一次エネルギー消費量以下	



区分	評価項目	指標	測定方法 準拠規格	必要水準
	建築基準法第 28 条の 2 (居室内における化学物質の発散に対する衛生上の措置) シックハウス対応ホルムアルデヒド放散特性	ホルムアルデヒド放散速度	JIS A9521:2014	ホルムアルデヒド・VOC を発生しないこと
安全性 能	耐震等級	1~3 級	—	1 級以上
	地盤の固さ 建築基準法 2000 年改正	木造住宅においては 1) 地耐力に応じて基礎を特定。地盤調査が事実上義務化に。(施行令 38 条)	スウェーデン式サウンディングの回転数により、地盤の強さ N 値を算出	改正の要点 ・地耐力に応じた基礎構造が規定され、地耐力の調査が事実上義務化となる。 ・地耐力 20kN 未満・・・基礎杭 20~30kN・・・基礎杭またはベタ基礎 30kN 以上・・・布基礎も可能
環境性 能	特定化学物質	含有率	JIS C0950:2008	基準値を超えないこと
	低炭素	CO <sub>2</sub> 削減効果 (LCA レベル)	JIS Q14040	商用化段階において従来製品に比べて、LCCO <sub>2</sub> が減少する
	リサイクル性	—	—	商用化段階において従来製品に比べて、リサイクル性が向上する可能性がある

※推奨項目

(16) 木造集合住宅（新築）

木造集合住宅（新築）に関する評価項目と評価方法（案）を表 6-15 に示す。

表 6-15 木造集合住宅（新築）に関する評価項目と評価方法（案）

区分	評価項目	指標	測定方法 準拠規格	必要水準
基本性能	建築基準法第 64 条政令で定める防火設備	防火地域又は準防火地域における防火性能	—	加熱開始後、20 分間、加熱面以外に火炎をださないもの
	建築基準法施行令第 129 条の 2 の 3（主要構造部を木造とすることができる大規模の建築物の技術的基準等） 木造 3 階建て 共同住宅 共同住宅 等の改正等の改正 概要（平成 27 年 6 月 1 日）	防火地域以外での木造 3 階建て防火設備	—	1 時間準耐火基準を満たすこと
	建築基準法第 28 条 採光性	開口部採光面積	—	床面積の 1/7 以上
	断熱性能（省エネ法・品確法）	外被平均熱貫流率 UA W/m <sup>2</sup> ・K	（一社）日本サステナブル建築協会 公開プログラム	地域区分 外被平均熱貫流率 W/m <sup>2</sup> K 1, 2 0.54 以下 3 1.04 以下 4, 5, 6 1.54 以下 7 0.87 以下 8 設定なし
	断熱性能（ZEH 補助要件）*	強化外被平均熱貫流率 UA W/m <sup>2</sup> ・K	（一社）日本サステナブル建築協会 公開プログラム	地域区分 強化 外被平均熱貫流率 W/m <sup>2</sup> K 1, 2 0.4 以下 3 0.5 以下 4, 5, 6, 7 0.6 以下 8 設定なし
	断熱性能（HEAT20G2 グレード）*	外被平均熱貫流率 UA W/m <sup>2</sup> ・K	（一社）日本サステナブル建築協会 公開プログラム	地域区分 HEAT20G2 グレード 外被平均熱貫流率 W/m <sup>2</sup> K 1, 2, 3 0.28 以下 4, 5 0.34 以下 , 6, 7 0.46 以下 8 設定なし
	日射遮蔽性能（省エネ法・品確法）	冷房期平均日射熱取得率 η A W/m <sup>2</sup> ・K	（一社）日本サステナブル建築協会 公開プログラム	地域区分 冷房期平均 日射熱取得率 η A W/m <sup>2</sup> K 1, 2, 3, 4 設定なし 5 3.0 以下 6 2.8 以下 7 2.7 以下 8 3.2 以下
	省エネ性能（省エネ法・品確法）	一次エネルギー消費量	（一社）日本サステナブル建築協会 公開プログラム	基準一次エネルギー消費量以下
建築基準法第 28 条の 2（居室内における化学物質の発散に対する衛生上の措置）シックハウス対応ホルムアルデヒド放散特性	ホルムアルデヒド放散速度	JIS A9521:2014	ホルムアルデヒド・VOC を発生しないこと	
安全性	耐震等級	1～3 級	—	1 級以上
	地盤の固さ 建築基準法 2000 年改	木造住宅においては 1) 地耐力に応じて基礎	スウェーデン式サウンディングの回	改正の要点 ・地耐力に応じた基礎構造が

区分	評価項目	指標	測定方法 準拠規格	必要水準
	正	を特定。地盤調査が事実上義務化に。(施行令 38 条)	転数により、地盤の強さN値を算出	規定され、地耐力の調査が事実上義務化となる。 ・地耐力 20kN 未満・・・基礎杭 20～30kN・・・基礎杭またはベタ基礎 30kN 以上・・・布基礎も可能
環境性能	特定化学物質	含有率	JIS C0950:2008	基準値を超えないこと
	低炭素	CO <sub>2</sub> 削減効果 (LCA レベル)	JIS Q14040	商用化段階において従来製品に比べて、LCCO <sub>2</sub> が減少する
	リサイクル性	—	—	商用化段階において従来製品に比べて、リサイクル性が向上する可能性がある

※推奨項目

(17) 木造集合住宅（リフォーム）

木造集合住宅（リフォーム）に関する評価項目と評価方法（案）を表 6-16 に示す。

表 6-16 木造集合住宅（リフォーム）に関する評価項目と評価方法（案）

区分	評価項目	指標	測定方法 準拠規格	必要水準
基本性能	建築基準法第 64 条政令で定める防火設備	防火地域又は準防火地域における防火性能	—	加熱開始後、20 分間、加熱面以外に火炎をださないもの
	建築基準法第 28 条採光性	開口部採光面積	—	床面積の 1/7 以上
	断熱性能（省エネ法・品確法）	外被平均熱貫流率 UA W/m <sup>2</sup> ・K	（一社）日本サステナブル建築協会 公開プログラム	地域区分 外被平均熱貫流率 W/m <sup>2</sup> K 1, 2 0.54 以下 3 1.04 以下 4, 5, 6 1.54 以下 7 0.87 以下 8 設定なし
	断熱性能（ZEH 補助要件）*	強化外被平均熱貫流率 UA W/m <sup>2</sup> ・K	（一社）日本サステナブル建築協会 公開プログラム	地域区分 強化外被平均熱貫流率 W/m <sup>2</sup> K 1, 2 0.4 以下 3 0.5 以下 4, 5, 6, 7 0.6 以下 8 設定なし
	断熱性能（HEAT20G2 グレード）*	外被平均熱貫流率 UA W/m <sup>2</sup> ・K	（一社）日本サステナブル建築協会 公開プログラム	地域区分 HEAT20G2 グレード 外被平均熱貫流率 W/m <sup>2</sup> K 1, 2, 3 0.28 以下 4, 5 0.34 以下 , 6, 7 0.46 以下 8 設定なし
	開口部断熱*	熱貫流率	—	地域区分 開口部熱貫流率 W/m <sup>2</sup> K 1, 2, 3 2.33 以下 4 3.49 以下 5, 6, 7 4.65 以下 8 設定なし
	開口部日射遮蔽性能*	冷房期日射熱取得率	—	地域区分 冷房期日射熱取得率 W/m <sup>2</sup> K 1～7 設定なし 8 0.49 以下
	開口部以外の断熱*	使用量 m <sup>3</sup>	—	断熱材熱伝導率 0.052～0.035W/mK 外壁 1.7m <sup>3</sup> 以上 屋根・天井 4m <sup>3</sup> 以上 床 2.5m <sup>3</sup> 以上断熱材熱伝導率 0.034W/mK 以下 外壁 1.1m <sup>3</sup> 以上 屋根・天井 2.5m <sup>3</sup> 以上 床 1.5m <sup>3</sup> 以上
	日射遮蔽性能（省エネ法・品確法）	冷房期平均日射熱取得率 ηA W/m <sup>2</sup> ・K	（一社）日本サステナブル建築協会 公開プログラム	地域区分 冷房期平均日射熱取得率 ηA W/m <sup>2</sup> K 1, 2, 3, 4 設定なし 5 3.0 以下 6 2.8 以下 7 2.7 以下 8 3.2 以下
省エネ性能（省エネ法・品確法）	一次エネルギー消費量	（一社）日本サステナブル建築協会 公開プログラム	基準一次エネルギー消費量以下	

区分	評価項目	指標	測定方法 準拠規格	必要水準
	建築基準法第 28 条の 2 (居室内における化学物質の発散に対する衛生上の措置) シックハウス対応ホルムアルデヒド放散特性	ホルムアルデヒド放散速度	JIS A9521:2014	ホルムアルデヒド・VOC を発生しないこと
安全性 能	耐震等級	1~3 級	—	1 級以上
	地盤の固さ 建築基準法 2000 年改正	木造住宅においては 1) 地耐力に応じて基礎を特定。地盤調査が事実上義務化に。(施行令 38 条)	スウェーデン式サウンディングの回転数により、地盤の強さ N 値を算出	改正の要点 ・地耐力に応じた基礎構造が規定され、地耐力の調査が事実上義務化となる。 ・地耐力 20kN 未満・・・基礎杭 20~30kN・・・基礎杭またはベタ基礎 30kN 以上・・・布基礎も可能
環境性 能	特定化学物質	含有率	JIS C0950:2008	基準値を超えないこと
	低炭素	CO <sub>2</sub> 削減効果 (LCA レベル)	JIS Q14040	商用化段階において従来製品に比べて、LCCO <sub>2</sub> が減少する
	リサイクル性	—	—	商用化段階において従来製品に比べて、リサイクル性が向上する可能性がある

※推奨項目

(18) RC・SRC 集合住宅（新築）

RC・SRC 集合住宅（新築）に関する評価項目と評価方法（案）を表 6-17 に示す。

表 6-17 RC・SRC 集合住宅（新築）に関する評価項目と評価方法（案）

区分	評価項目	指標	測定方法 準拠規格	必要水準
基本性能	建築基準法第 64 条政令で定める防火設備	防火地域又は準防火地域における防火性能	—	加熱開始後、20 分間、加熱面以外に火炎をださないもの
	消火設備（消防法）	4 階以上の屋内消火栓設備	—	設置すること
	建築基準法第 28 条採光性	開口部採光面積	—	床面積の 1/7 以上
	断熱性能（省エネ法・品確法）	外被平均熱貫流率 UA W/m <sup>2</sup> ・K	（一社）日本サステナブル建築協会 公開プログラム	地域区分 外被平均熱貫流率 W/m <sup>2</sup> K 1, 2 0.54 以下 3 1.04 以下 4, 5, 6 1.54 以下 7 0.87 以下 8 設定なし
	断熱性能（ZEH 補助要件）*	強化外被平均熱貫流率 UA W/m <sup>2</sup> ・K	（一社）日本サステナブル建築協会 公開プログラム	地域区分 強化 外被平均熱貫流率 W/m <sup>2</sup> K 1, 2 0.4 以下 3 0.5 以下 4, 5, 6, 7 0.6 以下 8 設定なし
	断熱性能（HEAT20G2 グレード）*	外被平均熱貫流率 UA W/m <sup>2</sup> ・K	（一社）日本サステナブル建築協会 公開プログラム	地域区分 HEAT20G2 グレード 外被平均熱貫流率 W/m <sup>2</sup> K 1, 2, 3 0.28 以下 4, 5 0.34 以下 , 6, 7 0.46 以下 8 設定なし
	日射遮蔽性能（省エネ法・品確法）	冷房期平均日射熱取得率 ηA W/m <sup>2</sup> ・K	（一社）日本サステナブル建築協会 公開プログラム	地域区分 冷房期平均 日射熱取得率 ηA W/m <sup>2</sup> K 1, 2, 3, 4 設定なし 5 3.0 以下 6 2.8 以下 7 2.7 以下 8 3.2 以下
	省エネ性能（省エネ法・品確法）	一次エネルギー消費量	（一社）日本サステナブル建築協会 公開プログラム	基準一次エネルギー消費量以下
	建築基準法第 28 条の 2（居室内における化学物質の発散に対する衛生上の措置）シックハウス対応ホルムアルデヒド放散特性	ホルムアルデヒド放散速度	JIS A9521:2014	ホルムアルデヒド・VOC を発生しないこと
安全性	耐震等級	1～3 級	—	1 級以上
	地盤の固さ 建築基準法 2000 年改正	木造住宅においては 1) 地耐力に応じて基礎を特定。地盤調査が事実上義務化に。（施行令 38 条）	スウェーデン式サウンディングの回転数により、地盤の強さ N 値を算出	改正の要点 ・地耐力に応じた基礎構造が規定され、地耐力の調査が事実上義務化となる。 ・地耐力 20kN 未満・・・基礎杭 20～30kN・・・基礎杭またはベタ基礎 30kN 以上・・・布基礎も可能
環境性能	特定化学物質	含有率	JIS C0950:2008	基準値を超えないこと
	低炭素	CO <sub>2</sub> 削減効果（LCA レ	JIS Q14040	商用化段階において従来製品

区分	評価項目	指標	測定方法 準拠規格	必要水準
		ベル)		に比べて、LCCO <sub>2</sub> が減少する
	リサイクル性	—	—	商用化段階において従来製品に比べて、リサイクル性が向上する可能性がある

※推奨項目

(19) RC・SRC 集合住宅（リフォーム）

RC・SRC 集合住宅（リフォーム）に関する評価項目と評価方法（案）を表 6-18 に示す。

表 6-18 RC・SRC 集合住宅（リフォーム）に関する評価項目と評価方法（案）

区分	評価項目	指標	測定方法 準拠規格	必要水準
基本性能	建築基準法第 64 条政令で定める防火設備	防火地域又は準防火地域における防火性能	—	加熱開始後、20 分間、加熱面以外に火炎をださないもの
	建築基準法第 28 条採光性	開口部採光面積	—	床面積の 1/7 以上
	断熱性能（省エネ法・品確法）	外被平均熱貫流率 UA W/m <sup>2</sup> ・K	（一社）日本サステナブル建築協会 公開プログラム	地域区分 外被平均熱貫流率 W/m <sup>2</sup> K 1, 2 0.54 以下 3 1.04 以下 4, 5, 6 1.54 以下 7 0.87 以下 8 設定なし
	断熱性能（ZEH 補助要件）*	強化外被平均熱貫流率 UA W/m <sup>2</sup> ・K	（一社）日本サステナブル建築協会 公開プログラム	地域区分 強化外被平均熱貫流率 W/m <sup>2</sup> K 1, 2 0.4 以下 3 0.5 以下 4, 5, 6, 7 0.6 以下 8 設定なし
	断熱性能（HEAT20G2 グレード）*	外被平均熱貫流率 UA W/m <sup>2</sup> ・K	（一社）日本サステナブル建築協会 公開プログラム	地域区分 HEAT20G2 グレード 外被平均熱貫流率 W/m <sup>2</sup> K 1, 2, 3 0.28 以下 4, 5 0.34 以下 , 6, 7 0.46 以下 8 設定なし
	開口部断熱*	熱貫流率	—	地域区分 開口部熱貫流率 W/m <sup>2</sup> K 1, 2, 3 2.33 以下 4 3.49 以下 5, 6, 7 4.65 以下 8 設定なし
	開口部日射遮蔽性能*	冷房期日射熱取得率	—	地域区分 冷房期日射熱取得率 W/m <sup>2</sup> K 1～7 設定なし 8 0.49 以下
	開口部以外の断熱*	使用量 m <sup>3</sup>	—	断熱材熱伝導率 0.052～0.035W/mK 外壁 1.7m <sup>3</sup> 以上 屋根・天井 4m <sup>3</sup> 以上 床 2.5m <sup>3</sup> 以上 断熱材熱伝導率 0.034W/mK 以下 外壁 1.1m <sup>3</sup> 以上 屋根・天井 2.5m <sup>3</sup> 以上 床 1.5m <sup>3</sup> 以上
	日射遮蔽性能（省エネ法・品確法）	冷房期平均日射熱取得率 ηA W/m <sup>2</sup> ・K	（一社）日本サステナブル建築協会 公開プログラム	地域区分 冷房期平均日射熱取得率 ηA W/m <sup>2</sup> K 1, 2, 3, 4 設定なし 5 3.0 以下 6 2.8 以下 7 2.7 以下 8 3.2 以下
省エネ性能（省エネ法・品確法）	一次エネルギー消費量	（一社）日本サステナブル建築協会 公開プログラム	基準一次エネルギー消費量以下	



区分	評価項目	指標	測定方法 準拠規格	必要水準
	建築基準法第 28 条の 2 (居室内における化学物質の発散に対する衛生上の措置) シックハウス対応ホルムアルデヒド放散特性	ホルムアルデヒド放散速度	JIS A9521:2014	ホルムアルデヒド・VOC を発生しないこと
安全性 能	耐震等級	1～3 級	—	1 級以上
	地盤の固さ 建築基準法 2000 年改正	木造住宅においては 1) 地耐力に応じて基礎を特定。地盤調査が事実上義務化に。(施行令 38 条)	スウェーデン式サウンディングの回転数により、地盤の強さ N 値を算出	改正の要点 ・地耐力に応じた基礎構造が規定され、地耐力の調査が事実上義務化となる。 ・地耐力 20kN 未満・・・基礎杭 20～30kN・・・基礎杭またはベタ基礎 30kN 以上・・・布基礎も可能
環境性 能	特定化学物質	含有率	JIS C0950:2008	基準値を超えないこと
	低炭素	CO <sub>2</sub> 削減効果 (LCA レベル)	JIS Q14040	商用化段階において従来製品に比べて、LCCO <sub>2</sub> が減少する
	リサイクル性	—	—	商用化段階において従来製品に比べて、リサイクル性が向上する可能性がある

※推奨項目

## 6.2 CO<sub>2</sub>排出削減量に関する評価項目・評価方法の整理

### 6.2.1 CO<sub>2</sub>排出削減量に関する評価方法の基本的な考え方の整理

製造や輸送等の過程においてCO<sub>2</sub>が排出されるため、サプライチェーン全体のCO<sub>2</sub>排出量の把握と削減が重要である。本項では、LCAの観点から、CO<sub>2</sub>排出削減量に関する評価方法についての整理を行い、CNFを用いた家電及び住宅建材におけるLCAガイドライン（素案）の作成に向けて、類似する点が多いと思われる事例を調査した。まずは、CNFにおけるLCAの考え方を整理し、次に類似事例のLCAにおける考え方について調査した。調査対象としたガイドラインや個別事例を図6-1に示す。

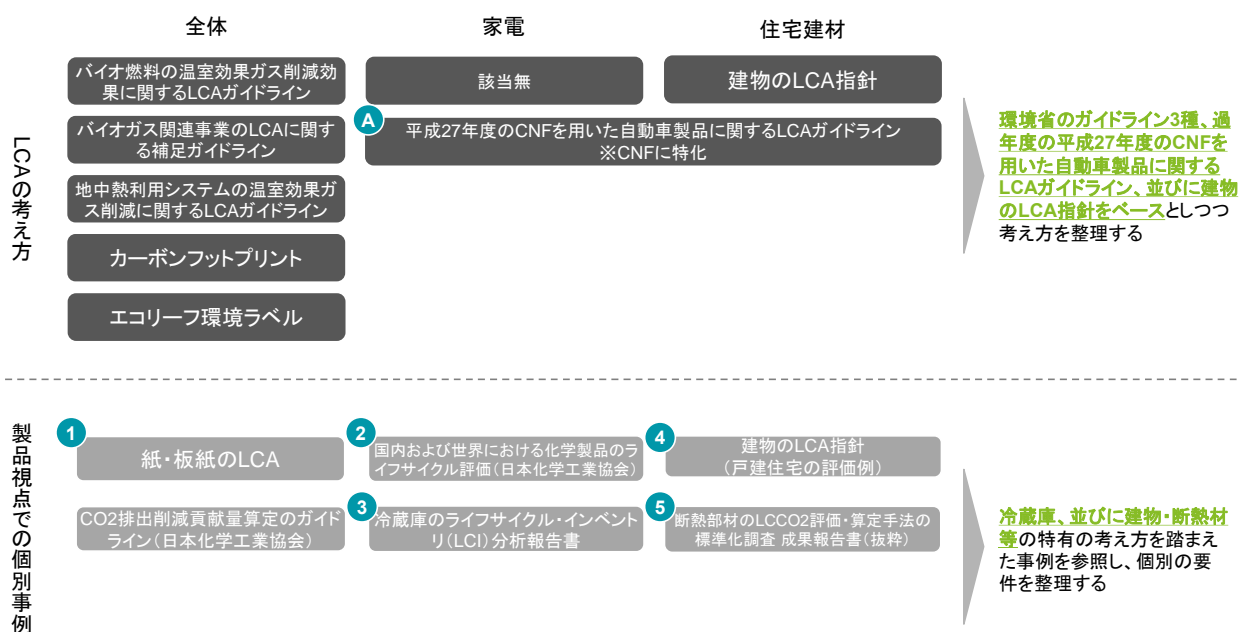


図 6-1 調査対象とするガイドラインや個別事例

LCAの考え方としては、環境省が公表するガイドラインや過年度において作成したCNFを用いた自動車製品に関するLCAガイドライン等をベースとしている。これをベースとして、個別製品におけるLCAの事例を参照し、個別の要件を調査した上で家電及び住宅建材に関するLCAガイドライン（案）を作成した。

調査対象としたガイドラインや個別事例の選定理由を表6-19に示す。

表 6-19 参照する評価制度

制度	名称	発行者等	選定理由
LCAガイドライン	バイオ燃料の温室効果ガス削減効果に関するLCAガイドライン	環境省	CNFと同じく、バイオ燃料を対象としたライフサイクルにおける環境負荷データを算出しているため
LCAガイドライン	バイオガス関連事業のLCAに関する補足ガイドライン	環境省	CNFと同じく、バイオガスを対象としたライフサイクルにおける環境負荷データを算出しているため
LCAガイドライン	地中熱利用システムの温室効果ガス排出削減効果に関するLCAガイドライン	環境省	CNFと同じく、地中熱利用を対象としたライフサイクルにおける環境負荷データを算出しているため
LCAガイドライン	CNFを用いた自動車製品に関するLCAガイドライン	平成27年度事業にて実施	CNFに特化したガイドライン。自動車製品を対象としたライフサイクルにおける評価を実施しているため
LCA (独自算定)	紙・板紙のライフサイクルにおけるCO <sub>2</sub> 排出量	日本製紙連合会・LCA小委員会	CNFと同じく、紙・板紙を対象としたライフサイクルにおける環境負荷データを算出しているため
LCA (独自算定)	国内および世界における化学製品のライフサイクル評価	(一社)日本化学工業協会	評価事例としてLED関連材料や住宅用断熱材の評価を実施しているため
LCA (独自算定)	冷蔵庫のライフサイクル・インベントリ(LCI)分析報告書	(一社)日本電機工業会	冷蔵庫におけるライフサイクル全体のCO <sub>2</sub> 排出量を算定しているため
LCA (独自算定)	建物のLCA指針(戸建住宅の評価例)	日本建築学会	建物のライフサイクル全体を視野に入れ、様々な環境配慮設計の取り組みを検討することを想定しているため
LCA (独自算定)	断熱部材のLCCO <sub>2</sub> 評価・算定手法の標準化調査 成果報告書(抜粋)	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構	断熱材、開口部(窓ガラス+サッシ)のLCCO <sub>2</sub> 評価を実施しているため
(参考) CO <sub>2</sub> 排出削減貢献量算定のガイドライン	CO <sub>2</sub> 排出削減貢献量算定のガイドライン	(一社)日本化学工業協会	評価対象製品と比較製品におけるライフサイクル全体のCO <sub>2</sub> を算出し、その差分を算出しているため
(参考) カーボンフットプリント制度(CFP制度)	「紙製容器包装(中間財)PCR・プラスチック製容器包装PCR事業者のためのGHG排出量算定ガイドライン」等	(一社)産業環境管理協会	・CFP制度は、サプライチェーン全体のCO <sub>2</sub> 削減量を把握しているため ・CNFは、原材料が紙であり、また、紙とサプライチェーンが近い可能性もある
(参考) エコリーフ環境ラベル	エコリーフ環境ラベル	(一社)産業環境管理協会	ライフサイクルにおける定量的製品環境負荷データを開示しているため

今回、サプライチェーンでCO<sub>2</sub>排出量を把握することから、エネルギー+マテリアルでのバウンダリーを評価対象とする必要がある。CNFにおけるLCAの類似事例としては、冷蔵庫、並びに建物・断熱材などの算定が実施されていることから、これらを調査対象とした。

次に、「平成 27 年度 CNF を用いた自動車製品に関する LCA ガイドライン」の概要を図 6-2 に示す。

名称	平成27年度のCNFを用いた自動車製品に関するLCAガイドライン		
発行主体	H27年度事業にて実施	対象地域	日本
参照している国際規格・ガイドライン等	ISO14040、バイオ燃料・バイオガス関連事業・地中熱利用システムについてのLCAガイドライン(環境省)など		
算定・評価の概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 機能単位 <ul style="list-style-type: none"> <li>➢使用段階: 同一の車両条件での自動車1台に組み込んだ、1つのCNF部材の10万km/10年の走行</li> <li>➢その他: 同一の車両条件での自動車1台に組み込んだ、1つのCNF部材</li> </ul> </li> <li>※リユース等で、該当のCNF部材が複数回使用される場合は、機能単位が1つではなく、使用回数により按分されていく(例: CNF部材を1回リユース(つまり2回使う)場合: <ul style="list-style-type: none"> <li>✓使用段階: 同一の車両条件での自動車1/2台に組み込んだ、1つのCNF部材の10万km/10年の走行</li> <li>✓その他: 同一の車両条件での自動車1/2台に組み込んだ、1つのCNF部材</li> </ul> </li> </ul>		
算定の考え方	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 使用段階における燃費法を用いたCO2排出量算定 <ul style="list-style-type: none"> <li>➢使用段階におけるCNF部材を導入した自動車の燃費値(km/L) = <math>-0.0122 \times \text{CNF部材を導入した自動車1台の重量(kg)} + 31.852</math></li> <li>➢燃費法における算定を用いる場合は以下の算定式を用いる <ul style="list-style-type: none"> <li>✓CNF部材単位での、CO2排出量(t-CO2) = <math>\text{CNF部材を導入した自動車の使用段階での総CO2排出量(t-CO2)} \times (\text{CNF部材の重量(kg)} \div \text{CNF部材を導入した自動車1台の重量(kg)})</math></li> </ul> </li> </ul> </li> <li>• 廃棄(リサイクル)段階における温室効果ガス排出量 <ul style="list-style-type: none"> <li>➢マテリアルリサイクルの算定式例 <ul style="list-style-type: none"> <li>✓マテリアルリサイクルにおける温室効果ガス排出量(t-CO2) = <math>\text{廃棄部材のマテリアルリサイクル量(t)} \times \text{廃棄部材をマテリアルリサイクルした場合の温室効果ガス排出量(t-CO2/t)}</math></li> </ul> </li> <li>➢サーマルリサイクルの算定式例 <ul style="list-style-type: none"> <li>✓サーマルリサイクルにおける温室効果ガス排出量(t-CO2) = <math>\text{使用済みCNF部材の輸送における温室効果ガス排出量(t-CO2)} + \text{使用済みCNF部材1単位当たりの燃焼時の温室効果ガス排出量(t-CO2)} - \text{使用済みCNF部材の熱利用における温室効果ガス排出削減量(t-CO2)}</math></li> </ul> </li> </ul> </li> <li>• CNF部材のリユース時については、機能単位をリユース回数で按分することとしている。 <ul style="list-style-type: none"> <li>➢温室効果ガス排出量(t-CO2) = <math>\text{リユース部材のリユース量(t)} \times \text{リユース部材をリユースした場合の温室効果ガス排出量(t-CO2/t)}</math></li> </ul> </li> </ul>		

図 6-2 CNF を用いた自動車製品に関する LCA ガイドラインの概要

(出典) : 平成 27 年度事業『CNF を用いた自動車製品に関する LCA ガイドライン』

CNF を用いた自動車製品に関する LCA ガイドラインは、機能単位にリユースの考え方を記載し、またマテリアルリサイクル及びサーマルリサイクルの算定式についても記載している。

次に、CNFの類似事例として「紙・板紙のライフサイクルにおけるCO<sub>2</sub>排出量」の概要を図6-3に示す。

名称	紙・板紙のライフサイクルにおけるCO <sub>2</sub> 排出量		
発行主体	日本製紙連合会・LCA小委員会	対象地域	日本
参照している国際規格・ガイドライン等	特になし		
算定・評価の概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>対象ガス: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O</li> <li>紙・板紙の大半が中間財として使用されるため、「原材料調達段階」「生産段階」を対象とする。</li> <li>「原材料調達段階」に含まれるCO<sub>2</sub>排出量               <ol style="list-style-type: none"> <li>①原材料の製造まで</li> <li>②原材料の紙・板紙工場までの輸送</li> <li>③古紙については古紙問屋から紙・板紙工場までの輸送</li> </ol> </li> </ul>		
算定式	<p>1. 原材料調達段階  <math>CO_2排出量(kg-CO_2/t-製品) = \sum \{ 原材料の使用量(t-原材料/t-製品) \times 原材料のCO_2排出原単位(kg-CO_2/t-原材料) \}</math></p> <p>2. 生産段階  <math>CO_2排出量(kg-CO_2/t-製品) = \sum \{ 生産時のエネルギー使用量(GJ/t-製品) \times エネルギーのCO_2排出原単位(kg-CO_2/GJ) \}</math></p>		

図 6-3 紙・板紙のライフサイクルにおけるCO<sub>2</sub>排出量

(出典)：日本製紙連合会・LCA小委員会『紙・板紙のライフサイクルにおけるCO<sub>2</sub>排出量』

「紙・板紙のライフサイクルにおけるCO<sub>2</sub>排出量」では、ライフサイクルフローのうち「原材料調達段階」と「生産段階」のみ対象として、算定を行っている。

次に、CNFの類似事例として「国内および世界における化学製品のライフサイクル評価」の概要を図6-4に示す。

名称	国内および世界における化学製品のライフサイクル評価		
発行主体	一般社団法人日本化学工業協会	対象地域	全国
参照している国際規格・ガイドライン等	ISO14040シリーズ、The GHG Protocol for Project Accounting、経済産業省『新成長戦略』		
算定・評価の概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>評価対象製品と比較製品におけるライフサイクル全体のCO2排出量を算定し、その差分を求める。</li> </ul> <p>&lt;評価事例：LED関連材料&gt;</p> <p>①システム境界：完成品（電球）の原料採取、製品製造、使用及び廃棄に関わるすべてのプロセスを評価範囲とした。廃棄については、不燃ごみとして排出され、中間処理後、埋立処分するものとした</p> <p>②機能単位：LED電球や白熱電球について、同一の期間に同等の明るさを提供する機能</p> <p>&lt;評価事例：住宅用断熱材&gt;</p> <p>①システム境界：</p> <p>A. 断熱材が使用される住宅の対象プロセス</p> <p>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する</p> <p>b. 住宅の使用プロセス（主に空調）</p> <p>B. 断熱材を使用しない住宅の対象プロセス</p> <p>a. 住宅の対象プロセス（主に空調）</p> <p>C. 評価対象外のプロセス</p> <p>a. 住宅そのものの建設</p> <p>b. 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CO2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</p> <p>②機能単位：一定の期間内に、一定の空間及び一定の気温等の条件を実現することのできる住宅の機能</p>		
算定の考え方	<ul style="list-style-type: none"> <li>算出方式</li> </ul> <p>①第一ステップ：評価対象製品の単位量（kg、個など）あたりのCO2排出削減貢献量を算出  <math display="block">\text{評価対象製品の単位量あたりライフサイクルCO2排出量} - \text{比較対象の単位量あたりライフサイクルCO2排出量} = A</math></p> <p>②第二ステップ：評価対象製品の2020年における製造予想量を掛けて算出  <math display="block">A \times \text{Aの排出削減貢献量} \times 2020\text{年}(1\text{年間})\text{における評価対象製品の製造予想量}</math></p>		

図 6-4 国内および世界における化学製品のライフサイクル評価の算定の考え方

（出典）：一般社団法人日本化学工業協会『国内および世界における化学製品のライフサイクル評価』

「国内および世界における化学製品のライフサイクル評価」では、LED 関連材料や住宅用断熱材の評価事例が記載されている。LED 関連材料の機能単位は、「LED 電球や白熱電球について、同一の期間に同等の明るさを提供する機能」としている。また住宅用断熱材の機能単位は、「一定の期間内に、一定の空間及び一定の気温等の条件を実現することのできる住宅の機能」としている。

次に、CNFの類似事例として「冷蔵庫のライフサイクル・インベントリ（LCI）分析報告書」の概要を図 6-5 に示す。

名称	冷蔵庫のライフサイクル・インベントリ(LCI)分析報告書		
発行主体	一般社団法人 日本電機工業会	対象地域	全国
参照している国際規格・ガイドライン等	特になし(ISO14040シリーズと想定)		
算定・評価の概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>評価対象製品と比較製品におけるライフサイクル全体のCO2排出量を算定し、その差分を算定</li> <li>システム境界:調達(素材・部品加工)段階、製品製造(組立)段階、製品輸送段階、使用段階、回収輸送段階、リサイクル処理・処分段階</li> </ul> <p>&lt;比較製品選定&gt;</p> <p>①比較製品は、評価対象製品と同様の機能を発揮する製品・技術である、冷蔵庫を想定(ほぼ同一容量)</p> <p>②部品構成データは、複数社を数値を収集し、平均値を適用</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>対象段階として、調達～輸送(国内、海外製造シナリオ)～使用～回収/リサイクル処理・処分段階までとし、回収/リサイクル処理・処分段階における輸送手段と輸送距離も設定して算定</li> <li>リサイクルプラントにおいては、「特定家庭用機器の品目追加・再商品化等の基準に関する報告書(平成20年9月)」(環境省)に基づき、金属(鉄、銅、アルミ)95%及びプラスチック20%が素材回収・再利用されているものとしている</li> </ul>		
算定の考え方	<ul style="list-style-type: none"> <li>製品の使用期間について 使用年数は「家電製品の使用実態と消費者の意識調査報告書(一般財団法人家電製品協会)」に基づいて10.4年と推定</li> <li>原単位 LCIソフトウェアである「MiLCA」に搭載されているLCIデータベース「IDEA ver.1.0」を利用(但し、電子回路基板については、日本電機工業会 重電・産業システム機器LCA検討WGIにて試算された原単位を使用し、また輸送段階のCO2排出量原単位は、経済産業省/国土交通省「物流分野のCO2排出量に関する算定方法ガイドライン」に基づき算定)</li> </ul>		

図 6-5 冷蔵庫のライフサイクル・インベントリ ( L C I ) 分析報告書の算定の考え方

(出典)：一般社団法人日本電機工業会「冷蔵庫のライフサイクル・インベントリ ( L C I ) 分析報告書」

「冷蔵庫のライフサイクル・インベントリ ( L C I ) 分析報告書」では、評価対象製品と同様の機能を発揮する製品・技術である冷蔵庫 1 台を機能単位としている。

次に、CNFの類似事例として「建物のLCA指針」の概要を図 6-6 に示す。

名称	建物のLCA指針		
発行主体	日本建築学会	対象地域	全国
参照している国際規格・ガイドライン等	ISO14040シリーズ		
算定・評価の概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>対象ガス：二酸化炭素、フロン類(CFCs、HCFCs、HFCs)、メタン、亜酸化窒素等</li> <li>システム境界として、建物の設計から建設、運用、改修、廃棄にいたるインプット・アウトプットの把握が重要。対象段階として、設計～新築工事～立替工事～運用エネルギー～維持管理～修繕～改修工事～廃棄処分の段階がある。ここで建物に通ずる人の交通までを含むか含まないかを明確にする</li> <li>機能単位として、建築物の延床面積あたり、耐用年数あたりが実現する機能とする(有効面積も可)。また、空調、照明など、建築物の運用エネルギー消費量に関わる下記の機能が同等となるよう設定する <ul style="list-style-type: none"> <li>①等価な執務環境：温熱環境(温湿度等)、空気環境、光環境等</li> <li>②等価な使われ方：執務時間、空調時間及び期間、OA機器使用量</li> </ul> </li> </ul>		
算定の考え方	<ul style="list-style-type: none"> <li>評価対象期間 建物の長寿命化対策の効果を検討するための設定項目である。建物の寿命(建替周期)の現実的な想定として100年を基準値とする。なお、評価対象期間中は新築、建替、改修、廃棄(解体)等の各工事によって建物が使えなくなる期間を含めず、建替工事が発生する場合には、新築工事と同等のCO2排出量があるものとして計上する。</li> <li>主要構造(戸建住宅) 「木造」「S造」「RC造」「CB造他」の4種類から設定</li> <li>エネルギー消費量(戸建住宅) 「空気調和設備」「照明その他動力」「給湯設備」「厨房設備」「エネルギー利用効率化」の5分類と設定</li> <li>資源循環性の評価 資源消費を評価するLCR(Life Cycle Resource)と廃棄物発生を評価するLCW(Life Cycle Waste)を整備し、LCR指標として①LC資源投入量、②LCバージン資源投入量を、LCW指標として③LC廃材発生量、④LC廃棄物発生量、⑤LC最終処分量を導入</li> </ul>		

図 6-6 建物の L C A 指針の算定の考え方

(出典)：日本建築学会「建物の LCA 指針」

「建物の L C A 指針」では、延床面積あたり、耐用年数あたりが実現する機能を機能単位としている。また、空調や照明といった建物の運用エネルギー消費量に関わる温湿度や空気環境、空調時間等が同等となるように設定している。

次に、C N F の類似事例として「断熱部材の L C C O<sub>2</sub> 評価・算定手法の標準化調査成果報告書(抜粋)」の概要を図 6-7 に示す。



名称	断熱部材のLCCO <sub>2</sub> 評価・算定手法の標準化調査 成果報告書(抜粋)		
発行主体	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:一般社団法人日本建材・住宅設備産業協会)	対象地域	全国(LCCO <sub>2</sub> 試行を行ったのは札幌、東京地域の戸建住宅のみ)
参照している国際規格・ガイドライン等	ISO/DIS21930(建築製品の環境宣言)		
算定・評価の概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>対象建材:①断熱材、②開口部(窓ガラス+サッシ)</li> <li>対象ガス:二酸化炭素、フロン類(CFCs、HCFCs、HFCs等)、炭化水素</li> <li>システム境界:製造(資源・エネルギー、発泡剤漏洩)、輸送(エネルギー)、<b>運用供用(エネルギー(暖冷房)、発泡剤漏洩)</b>、廃棄(発泡剤漏洩)とする。輸送、建設、解体、再生、廃棄段階におけるエネルギー・発泡剤漏洩はシステム境界外としている</li> </ul>		
算定の考え方	<ul style="list-style-type: none"> <li>発泡剤漏洩による温暖化影響(発泡プラスチック系断熱材) 一般財団法人建材試験センター「化学物質安全確保・国際規制対策推進等(断熱材フロン回収・処理調査)委員会」で漏洩実態解明、断熱材中のフロン漏洩は経過年数に単純に比例するのではなく、建設直後のフロン漏洩量が一番大きく、経年ごとに次第に漏洩量が減少する。 (例)廃棄段階における発泡剤漏洩による温暖化影響</li> <li><b>算出式:</b> <b>(評価期間経年後残存量:wt%)/100 × (断熱材密度:kg/m<sup>3</sup>) × (断熱材厚:m) × (断熱面積:m<sup>2</sup>) × GWP(地球温暖化係数)</b></li> <li>運用供用段階における地域性と商品性能をパラメータとした暖冷房負荷の重回帰式に用いるパラメータ <ul style="list-style-type: none"> <li>a. 暖房・冷房デグリデー</li> <li>b. 延床面積</li> <li>c. 熱損失係数</li> <li>d. 設定室温</li> <li>e. 空調時間</li> </ul> </li> </ul>		

図 6-7 断熱部材のLCCO<sub>2</sub>評価・算定手法の標準化調査 成果報告書(抜粋)の算定の考え方

(出典):独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「断熱部材のLCCO<sub>2</sub>評価・算定手法の標準化調査 成果報告書(抜粋)」


「断熱部材のLCCO<sub>2</sub>評価・算定手法の標準化調査成果報告書(抜粋)」では、運用供用段階における暖冷房起因のCO<sub>2</sub>排出量の算定式を暖冷房負荷の重回帰式を用いて算定している。

最後に、参考として「CO<sub>2</sub>排出削減貢献量算定ガイドライン」、「カーボンフットプリント制度」、「エコリーフ環境ラベル」の概要を図 6-8~10 に示す。

名称	CO2排出削減貢献量算定のガイドライン		
発行主体	一般社団法人日本化学工業協会	対象地域	全国
参照している国際規格・ガイドライン等	ISO14040シリーズ、The GHG Protocol for Project Accounting		
算定・評価の概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <b>評価対象製品と比較製品</b>におけるライフサイクル全体のCO2排出量を算定し、その差分を求める。</li> </ul> <p>&lt;比較製品選定の要件&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>①比較製品は、評価対象製品と<b>同様の機能</b>を発揮する製品・技術であること。(機能単位を揃える)</li> <li>②原則として、評価年の時点で市場に流通しており、評価対象製品と競合、もしくは<b>今後置き換えられていくことが想定される製品</b>。</li> <li>③過去に流通していた製品を比較製品としてもよい。</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ <b>貢献製品の考え方とその範囲</b></li> </ul> <p>CO2排出削減を実現する評価対象製品に用いられている化学製品・技術のうち、以下の①～④のいずれか1つを満たし、かつ皮革製品との差別化を可能としているものを貢献製品と呼び、c-LCAによる評価をしてもよい。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>①評価対象製品そのもの</li> <li>②CO2排出削減機能に不可欠で、評価対象製品に物理的、物質的に残るもの</li> <li>③<b>CO2排出削減機能には直接寄与しないが、評価対象製品には必須の素材</b></li> <li>④上記①②の材料を生産するプロセスで不可欠な原材料、触媒等の化学製品・技術だが、最終製品には物理的、物質的に残らないもの(CO2排出削減の機能には寄与しない代替可能な素材は含めない)</li> </ul>		
算定の考え方	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 製品の使用期間について</li> </ul> <p>製品仕様に関する算定条件のうち、製品をライフエンドまで使用する期間である<b>製品寿命</b>があげられる。</p> <p>(例1) 自動車のボディ用炭素繊維(製品寿命:自動車&lt;炭素繊維) 製品寿命は炭素繊維の機能を維持できるまでの期間ではなく、<b>自動車としてユーザーが廃車にするまでの期間とすべき</b></p> <p>(例2) 自動車用タイヤ(製品寿命:自動車&gt;タイヤ) システム境界を自動車全体まで広げて燃費改善の効果を評価する。この場合の製品寿命はタイヤの寿命としてよい。</p>		

図 6-8 (参考) CO<sub>2</sub>排出削減貢献量算定のガイドラインの算定の考え方

(出典)：一般社団法人日本化学工業協会『CO<sub>2</sub>排出削減貢献量算定のガイドライン』

名称	カーボンフットプリント			
発行主体	一般社団法人産業環境管理協会	対象地域	日本	
参照している国際規格・ガイドライン等	ISO/TS14067			
算定・評価の概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 温室効果ガスのみを算定対象とする</li> <li>・ 算定範囲は、製品の機能を満たす範囲でありかつCO2排出量への寄与の大きさの観点から無視できないプロセスを含めるよう設定しなければならないものとする。</li> </ul>			
算定の考え方	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 算定方法は以下の式に従う。活動量には素材使用料、電力使用量、埋立量等が該当する。原単位は活動量あたりのライフサイクルにおけるCO2排出量である。</li> </ul> $CO_2 \text{ 排出量} = \sum (活動量_j \times 原単位_j)$ <p>(j はプロセスを示す)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 算定の単位は「機能単位」である。「製品単位」「販売単位」「物量単位」は機能単位に含まれる。</li> </ul>			

(出典)：CFP プログラム、JEMAI 環境ラベルプログラム(エコリーフ/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)基本文書

図 6-9 (参考) カーボンフットプリント制度


名称	エコリーフ環境ラベル			
発行主体	一般社団法人産業環境管理協会	対象地域	日本	
参照している国際規格・ガイドライン等	ISO14025			
算定・評価の概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>定量的製品環境負荷データの開示を目的とする。また環境特性を多面的に評価する。</li> <li>資源採取から製造、物流、使用、廃棄・リサイクルまでの製品の全ライフサイクルにわたって、LCA(ライフサイクルアセスメント)による定量的な環境情報を開示する。</li> <li>公開される製品環境情報はすべて、製品分類基準(PCR)を定める。同じ分類に属する製品の環境負荷は、基本的に同一条件で計算されるため、製品間の比較について配慮されている。</li> <li>結果について合否判定せず、客観的な情報やデータの公開に止める。その評価は読み手に委ねられる。</li> </ul>			
算定の考え方	<p>エコリーフではLCAに基づくインベントリ分析及びインパクト評価の算出結果を製品環境情報とする。</p> <p>&lt;インベントリ分析&gt;</p> <p>➤ 消費負荷項目及び環境排出負荷項目の2つから構成される。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓消費負荷項目…枯渇資源(石炭等のエネルギー資源と鉄鉱石等の鉱物資源)、水や木材等の再生可能資源の2つに大別。</li> <li>✓環境負荷項目…CO2等の大気、BOD等の水域、土壌への排出の3つに大別。</li> </ul> $I = \sum (a \times W)$ <p>I : インベントリ量 (原油探埋量、鉄鉱石探埋量、CO<sub>2</sub>排出量等)  a : 原単位 (単位活動量当りのインベントリ量)  W : 活動量 (使用量、排出量、処理量、輸送量等)</p> <p>&lt;インパクト評価&gt;</p> <p>➤ インベントリ分析と同様の環境影響項目</p> $P = \sum (\alpha \times I)$ <p>P : カテゴリごとのインパクト評価量 (地球温暖化負荷、酸性化負荷等)  α : 特性化係数 (地球温暖化係数、酸性化係数等)  参考 (ISO14044 より) …共通の単位に換算するために特性化モデルから導かれる係数  I : インベントリ量 (原油量、鉄鉱石量、CO<sub>2</sub>排出量等)</p>			

図 6-10 (参考) エコリーフ環境ラベル

(出典) : 一般社団法人産業環境管理協会 エコリーフ事務局

これまで、家電及び住宅建材に関するLCAガイドラインの作成にあたり、考え方のベースとなるガイドラインや個別製品の評価の事例を調査した。

次項より、家電及び住宅建材に関するLCAガイドラインの算定手法の検討を行う。

## 6.2.2 CNFの算定手法の検討

前項ではLCAの考え方を整理するにあたり、CNFにおけるLCAの類似事例を調査した。本項ではCNFの算定手法の検討内容を示す。

まず、平成27年度CNFを用いた自動車製品に関するLCAガイドラインの目次を図6-11に示す。

CNFのガイドライン項目	
<b>1 基本的な考え方</b>	<b>4. 温室効果ガス排出量原単位データの収集・設定</b>
1.1 目的	4.1 地球温暖化対策法に基づく排出係数の利用
1.2 対象とする製品	4.2 LCIデータベースの利用
1.3 LCA実施主体	<b>5. 温室効果ガス排出量の評価</b>
1.4 システム境界の考え方	5.1 温室効果ガス排出量の算定・評価方法
1.5 機能単位の設定	5.2 配分の方法
1.6 LCA実施フロー	5.3 感度分析の実施
1.7 比較対象とするオリジナルプロセスの設定に関する留意事項	
<b>2. 算定事業モデルの設定とプロセスフローの明確化</b>	<b>6. 本ガイドラインにおけるレビュー</b>
2.1 算定事業モデルの設定	6.1 本ガイドラインにおけるレビュー
2.2 プロセスフローの明確化	
<b>3. 活動量データの収集・設定</b>	
3.1 活動量データの収集・設定	
3.2 収集データの精度	
3.3 カットオフ基準の考え方	

図6-11 平成27年度CNFを用いた自動車製品に関するLCAガイドラインの目次

(出典)：平成27年度CNFを用いた自動車製品に関するLCAガイドライン(平成28年3月)

「平成27年度CNFを用いた自動車製品に関するLCAガイドライン」で設定した項目に基づき、家電及び住宅建材を対象としたCNFを用いたLCAガイドライン(案)においても、同様の項目案を設定した。

次に、参考として環境省が公表する3つのガイドラインの目次を比較したものを図6-12に示す。

バイオ燃料の温室効果ガス削減効果に関する LCA ガイドライン	バイオガス関連事業の LCA に関する補足ガイドライン	地中熱利用システムの温室効果ガス排出削減効果に関する LCA ガイドライン
はじめに	—	はじめに
用語の解説	—	用語の解説
バイオ燃料の LCA の基本的な考え方	本ガイドラインの位置づけ	本ガイドラインにおける基本的事項
対象とするバイオ燃料	対象とするバイオガス関連事業	対象とする地中熱利用システム
LCA 実施主体	LCA 実施主体	LCA 実施主体(※)
システム境界の考え方	—	—
機能単位の設定	機能単位の設定に関する留意事項(※)	機能単位の設定(※)
LCA 実施フロー	—	LCA 実施フロー
類似する基準等	—	—
—	バイオ燃料 LCA ガイドラインとの相違点	—
算定事業モデルの設定とプロセスフローの明確化	バイオガス関連事業の LCA の基本的な考え方に関する留意事項	LCA 実施の目的と調査範囲の設定
算定事業モデルの設定	対象事業および LCA の目的の明確化	算定事業モデルと LCA 実施の目的の設定
—	システム境界の設定に関する留意事項	対象影響領域の設定
プロセスフローの明確化	—	プロセスフローとシステム境界の明確化
—	比較対象とするオリジナルプロセスの設定に関する留意事項	比較対象とするオリジナルプロセスとそのプロセスフローの設定
活動量データの収集・設定	活動量データの収集・設定に関する留意事項	活動量データの収集・設定
活動量データの収集	—	活動量データの収集
—	原料調達段階に関する留意事項	—
—	製造段階に関する留意事項	—
—	流通段階に関する留意事項	—
—	処分段階に関する留意事項	—
収集データの精度とカットオフ基準の考え方	—	収集データの精度・カットオフ基準・配分の考え方
温室効果ガス排出原単位データの収集・設定	温室効果ガス排出原単位データの収集・設定	温室効果ガス排出原単位データの収集・設定
地球温暖化対策法に基づく排出係数の利用	—	地球温暖化対策推進法に基づく排出係数の利用
LCIデータベースの利用	—	LCIデータベースの利用
温室効果ガス排出量の評価	温室効果ガス排出量の評価	温室効果ガス排出量の評価
温室効果ガス排出量の算定方法	—	温室効果ガス排出量の算定
—	感度分析の実施	感度分析の実施
温室効果ガス排出量の評価	温室効果ガス排出削減効果の評価	温室効果ガス排出削減効果の評価
本ガイドラインにおけるレビュー	本ガイドラインにおけるレビュー	本ガイドラインにおけるレビュー

図 6-12 (参考) 環境省が公表する 3 つのガイドラインの目次比較

(出典)：環境省『バイオ燃料の温室効果ガス削減効果に関する LCA ガイドライン』平成 22 年 3 月、『バイオガス関連事業の LCA に関する補足ガイドライン』平成 24 年 3 月、『地中熱利用システムの温室効果ガス排出削減効果に関する LCA ガイドライン』平成 24 年 3 月

環境省が公表する 3 つのガイドラインに基づき、「平成 27 年度 C N F を用いた自動車製品に関する L C A ガイドライン」を作成しているため、家電及び住宅建材を対象とした C N F を用いた L C A ガイドライン (案) についても、項目は網羅的に反映できている。

次項では、この項目案に基づいて基本的なコンセプトと論点を整理した後、類似事例における L C A の考え方を参考として内容の網羅性について確認した。網羅性を確認したものは、方針 (案) としてまとめている。

### 6.2.3 基本的なコンセプトと論点の整理

設定したガイドライン項目案に基づいて、基本的なコンセプトと論点を整理した（表 6-20）。

表 6-20 参照する評価制度

項目案	基本コンセプト	論点
1.1 目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>● CNF を製品に導入した家電製品及び住宅建材ごとに削減効果を算定することを目的とする</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● CNF 部材を導入した家電製品及び住宅建材ごとに削減効果を算定することを目的とすることでよいか</li> </ul>
1.2 対象とする製品	<ul style="list-style-type: none"> <li>● CNF 素材を適用した家電製品及び住宅建材を対象とする</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● CNF 素材を用いて製造された家電部材（エアコンのファンや家庭用センサーの基板等）及び住宅建材（窓枠や断熱材等）を対象とすることでよいか</li> </ul>
1.3 LCA 実施主体	<ul style="list-style-type: none"> <li>● CNF 部材の製造・販売業者を実施主体とする</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● CNF 部材の製造・販売業者を実施主体とすることでよいか</li> </ul>
1.4 システム境界の考え方	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 家電：原材料調達段階～廃棄段階（リサイクル含む）を設定する</li> <li>● 住宅建材：原材料調達段階～廃棄段階（リサイクル含む）を設定する</li> <li>● CNF 部材等製造段階のフローとして、資本設備の加工・組立・解体は対象とするが（但し、商用化時の生産量を想定）、製品の組立工程（輸送含む）については対象外とする</li> <li>● CNF 部材を製品に組み込む際に、設計変更が行われる際には、該当設計変更部材までシステム境界を拡張する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● リサイクルを含めた原材料調達段階～廃棄段階をシステム境界としてよいか</li> <li>● 住宅建材のシステム境界内にリサイクルを含めるには、範囲を限定するか、カスケードマテリアルリサイクルに限定するか等、設定が必要ではないか</li> <li>● 昨年度と同様に、資本設備の加工・組立・解体によって生じる排出量を対象（但し、商用化時の生産量を想定）とし、製品の組立工程は対象外とすることでよいか</li> <li>● CNF 部材を製品に組み込む際に、設計変更が行われる際には、該当設計変更部材までシステム境界を拡張するか</li> </ul>
1.5 機能単位の設定	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 家電：CNF 部材を組み込んだ家電 1 製品における同一期間に一定の性能を提供する機能</li> <li>● 住宅建材：1 年間の熱利用のうちの当該部材（断熱材等）が受け持つ機能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 左記を機能単位とすることでよいか</li> </ul>
1.6 LCA 実施フロー	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ①LCA 実施の目的と調査範囲の設定、②活動量データ（製品製造過程で投入する物またはエネルギーの量的データ）の収集・設定、③温室効果ガス排出原単位データの収集・設定、④温室効果ガス排出量の評価、⑤レビューの実施、⑥温室効果ガス排出削減効果等の表示という番号順で実施していくこととする</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 左記を LCA 実施フローとすることでよいか</li> </ul>
1.7 比較対象とするオリジナルプロセスの設定に関する留意事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 比較対象とするオリジナルプロセスは、資源エネルギー庁が公表している「省エネ性能カタログ」に掲載されている製品といった、代表的な製品を比較対象とする</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 左記の設定条件でよいか</li> </ul>
2.1 算定事業モデルの設定	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 環境省の CNF 実証事業にのみ適用することを想定する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 環境省の CNF 実証事業にのみ適用することでよいか</li> </ul>
2.2 プロセスフローの明確化	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 原材料調達から廃棄（リサイクル）段階までのプロセスを対象とする</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 左記のプロセスでよいか</li> </ul>
3.1 活動量データの収集・設定	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 輸送においては往復分データを使用する。なお、輸送設備の製造については対象外とする</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 既存の環境省 LCA ガイドラインと同様、往復分を想定することでよいか。ま</li> </ul>

項目案	基本コンセプト	論点
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 家電：CO<sub>2</sub>排出量算定は、家電1製品単位での削減効果を算定するものとする</li> <li>● 住宅建材：CO<sub>2</sub>排出量算定は、使用段階は既存部材及びCNF適用部材の使用時のエネルギー使用量（電力・ガス等）を算定し、当該エネルギーに起因するCO<sub>2</sub>排出量を算出し、使用段階のCO<sub>2</sub>排出量とする。その他のプロセスは住宅建材1製品単位での削減効果を算定するものとする</li> </ul>	<p>た輸送設備の製造は対象外としてよいか</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 家電においては1製品単位での削減効果を算定することでよいか</li> <li>● 住宅建材における使用段階は、既存部材及びCNF適用部材の使用時のエネルギー使用量（電力・ガス等）を算定することでよいか</li> </ul>
3.2 収集データの精度	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 温室効果ガス排出量に大きな影響を与えるプロセスについては、高い精度でデータを収集する必要があり、2データまでの活用を認める</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● データ収集の方法について、2次データの活用を認めてよいか</li> </ul>
3.3 カットオフ基準の考え方	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 原材料調達コストの5%未満であること、あるいは当該プロセスや投入物が起因する温室効果ガス排出量が温室効果ガス総排出量に対して5%未満であることとする</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 5%未満をカットオフの基準としてとしてよいか</li> </ul>
4.1 地球温暖化対策法に基づく排出係数の利用	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 化石燃料の燃焼に伴う発熱量とCO<sub>2</sub>排出係数は温対法施行令第3条の数値を使用。電力の温室効果ガス排出原単位は、調達先の電力供給者から公表される排出係数を使用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 排出係数の参照先について左記でよいか</li> </ul>
4.2 LCIデータベースの利用	<ul style="list-style-type: none"> <li>● LCIデータベース利用の優先順位は、下記の通りとする <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ レベル1：事業者自らが実際のデータを調査して使用</li> <li>➢ レベル2：業界団体等で用いられている標準値を使用</li> <li>➢ レベル3：積み上げ法に基づくLCIデータベースの参照値を使用</li> <li>➢ レベル4：産業連関表に基づく参照値を使用</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 優先順位について左記でよいか</li> </ul>
5.1 温室効果ガス排出量の算定・評価方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 既存の環境省ガイドラインでは、温室効果ガス排出量の算定に際してIPCC第2次報告書の値を採用しているが、IPCC発行の最新データである第5次報告書で公表された値を用いる。対象ガスを7ガスとする</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 最新データである第5次報告書の値を採用、対象ガスを7ガスとするということでよいか</li> </ul>
5.2 配分の方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 配分を回避することを前提とする。回避できない場合には優先順位を下記とする <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 物理的パラメータ（質量等）</li> <li>➢ ②製品及び機能間のその他の関係を反映する方法（例：経済価値）</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 配分を回避できない場合についての考え方は左記2パターンでよいか</li> </ul>
5.3 感度分析の実施	<ul style="list-style-type: none"> <li>● LCA実施者は感度分析を実施することが望ましいとする</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● LCA実施者は感度分析を実施することが望ましいとすることでよいか</li> </ul>
6.1 本ガイドラインにおけるレビュー	<ul style="list-style-type: none"> <li>● LCA実施者にてレビューを実施することとする</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● レビューについてはLCA実施者の内部レビューにて実施するということがよいか</li> </ul>

最後に、まとめた基本コンセプトと論点に加え、類似事例におけるLCAの考え方を参考に内容の網羅性について確認し、今後の対応方針（案）を設定した。基本コンセプト案及び論点と、類似事例を参照した上でまとめた方針（案）を図6-13～18に示す。

設定したガイドラインの項目案	基本コンセプト案	論点	①	②	③ 類似事例	④	A	方針(案)
			紙・板紙のLCA	国内および世界における化学製品のライフサイクル評価	冷蔵庫のライフサイクル・インベントリ(LCI)分析報告書	建物のLCA指針	CNFを用いた自動車製品に関するLCAガイドライン	
1.1 目的	CNFを製品に導入した家電製品及び住宅建材ごとに削減効果を算定することを目的とする	CNF部材を導入した家電製品及び住宅建材ごとに削減効果を算定することを目的とすることでよいか	紙・板紙を対象とした環境負荷データの公開	日本国内における具体的な化学製品の事例を評価し、CO2排出状況を公開	2010冷凍年度(2009年10月～2010年9月)におけるライフサイクル全体におけるCO2排出量の評価	「日本建築学会地球環境行動計画(1997年策定)」の重点研究にLCAが位置付けられたことやISO14040の策定による	CNFを適用した自動車製品ごとの温室効果ガス削減効果をLCA観点から定量的に、事業者自らが評価する際に活用	CNF部材を導入した家電・住宅建材製品ごとに削減効果を算定することとする
1.2 対象とする製品	CNF素材を適用した家電製品及び住宅建材を対象とする	CNF素材を用いて製造された家電部材(エアコンのファンや家庭用センサーの基板等)及び住宅建材(窓枠や断熱材等)を対象とすることでよいか	紙・板紙(原料調達段階における薬品等を含む)	2010年時点での現状製品・技術とし、化学製品がなかった場合に使用されるを得ない製品	1999冷凍年度製品と2010冷凍年度製品の比較	省エネ性能計算が義務付けられている事務所、物販店舗、飲食店舗、ホテル、学校、病院及び集合住宅	CNFを適用した自動車製品	CNF部材を導入した家電製品(エアコンの室外ファン等)及び住宅建材(断熱材等)を対象とする
1.3 LCA実施主体	CNF部材の製造・販売業者を実施主体とする	CNF部材の製造・販売業者を実施主体とすることでよいか	日本製紙連合会・LCA小委員会	日本化学工業協会・LCAワーキンググループ	日本電機工業会	LCA実施者自身	CNF部材の製造者・販売業者	CNF部材の製造・販売業者を実施主体とする
1.4 システム境界の考え方	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 家電: 原材料調達段階～廃棄段階(リサイクル含む)を設定する</li> <li>▶ 住宅建材: 原材料調達段階～廃棄段階(リサイクル含む)を設定する</li> <li>▶ CNF部材等製造段階のフローとして、資本設備の加工・組立・解体は対象とするが(但し、商用化時の生産量を想定)、製品の組立工程(輸送含む)については対象外とする</li> <li>▶ CNF部材を製品に組み込む際に、設計変更が行われる際には、該当設計変更部材までシステム境界を拡張する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 左記をシステム境界とすることでよいか</li> <li>▶ 住宅建材のシステム境界内にリサイクルを含めるには、範囲を限定するか、カスケードマテリアルリサイクルに限定するか等、設定が必要ではないか</li> <li>▶ 昨年度と同様に、資本設備の加工・組立・解体によって生じる排出量を対象(但し、商用化時の生産量を想定)とし、製品の組立工程は対象外とすることでよいか</li> <li>▶ CNF部材の組み込む際に、製品の設計変更箇所を含めるべきか</li> </ul>	原材料調達段階、生産段階を対象とし、流通段階、廃棄・リサイクル段階は含めていない	LED: 完成品(電球)の原料採取、製品製造、使用及び廃棄に関わる全てのプロセスとし、廃棄については不燃ゴミとして排出され、中間処理後、埋立処分するもの住宅用断熱材: 断熱材の原料～製造～廃棄に関わるプロセスとし、廃棄については焼却処理	調達(素材・部品加工)～製品製造(組立)～輸送～使用～回収/リサイクル処理・処分 ※リサイクル控除(鉄・銅・アルミ・プラスチック)あり	4種類の境界条件(国内までか、海外を含むか、消費支出分のみか固定資産分を含むか)で決定される	原材料調達段階～廃棄(リサイクル)段階とする。ただし自動車の製造段階における自動車の組立工程(輸送含む)は対象外	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 原材料調達段階～廃棄段階をシステム境界とする</li> <li>▶ 廃棄段階においてリサイクルを考慮する(エネルギー使用量から控除)</li> <li>▶ 製品の組立工程は対象外とする</li> <li>▶ 一般的に、システム境界外に影響がある場合は、システム拡張を行うことから、設計変更については、システム拡張を行い対応する</li> </ul>

図 6-13 明確にしたコンセプト及び論点と類似事例におけるLCAの考え方 (1/6)

原材料調達段階から廃棄段階をシステム境界とし、廃棄段階においてはリサイクルを考慮することとする(エネルギー使用量から控除する)。但し、製造段階における製品の組立工程については、把握が困難な領域であり、またオリジナルプロセスと対象プロセスが同一である可能性が高いことからシステム境界外とする。



設定したガイドラインの項目案	基本コンセプト案	論点	類似事例				方針(案)	
			① 紙・板紙のLCA	② 国内および世界における化学製品のライフサイクル評価	③ 冷蔵庫のライフサイクル・インベントリ(LCI)分析報告書	④ 建物のLCA指針		A CNFを用いた自動車製品に関するLCAガイドライン
1.5 機能単位の設定	<ul style="list-style-type: none"> <li>家電: CNF部材を組み込んだ家電1製品における同一期間に一定の性能を提供する機能</li> <li>住宅建材: 1年間の熱利用のうちの当該部材(断熱材等)が受け持つ機能</li> </ul>	左記を機能単位とすることによりか	記載なし	LED: 同一の期間に同一の明るさを提供する機能 住宅用断熱材: 一定の期間内に、一定の空間及び一定の気温等の条件を実現することのできる住宅の機能	冷蔵庫1台	建築物の延床面積あたり、耐用年数あたりが実現する機能 ※空調、照明など、建築物の運用エネルギー消費量に関わる下記機能が同等になるように設定のこと ①等価な執務環境: 温熱環境(温湿度等)、空気環境、光環境等 ②等価な使われ方: 執務時間、空調時間及び機関、OA機器使用量	<ul style="list-style-type: none"> <li>使用段階: 同一の車両条件での自動車1台に組み込んだ、1つのCNF部材の10万km/10年の走行</li> <li>その他: 同一の車両条件での自動車1台に組み込んだ、1つのCNF部材</li> <li>リユース等で該当のCNF部材が複数回使用される場合は、機能単位が1つではなく、使用回数により按分されていく</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>家電: CNF部材を組み込んだ家電1製品における同一期間に一定の性能を提供する機能</li> <li>住宅建材: 1年間の熱利用のうちの当該部材(断熱材等)が受け持つ機能を機能単位とする</li> </ul>
1.6 LCA実施フロー	①LCA実施の目的と調査範囲の設定、②活動量データ(製品製造過程で投入する物またはエネルギーの量的データ)の収集・設定、③温室効果ガス排出原単位データの収集・設定、④温室効果ガス排出量の評価、⑤レビューの実施、⑥温室効果ガス排出削減効果等の表示という番号順で実施していくこととする	左記をLCA実施フローとすることによりか	記載なし	記載なし	記載なし	LCAの結果、データ、方法、前提条件及び限界には、透明性があり、そのLCA調査に固有の複雑さ、及びトレードオフを読者に理解されるように充分詳細に示さなければならない	①LCA実施の目的と調査範囲の設定、②活動量データ(製品製造過程で投入する物またはエネルギーの量的データ)の収集・設定、③温室効果ガス排出原単位データの収集・設定、④温室効果ガス排出量の評価、⑤レビューの実施、⑥温室効果ガス排出削減効果等の表示	基本コンセプト案を採用する
1.7 比較対象とするオリジナルプロセスの設定に関する留意事項	比較対象とするオリジナルプロセスは、資源エネルギー庁が公表している「省エネ性能カタログ」に掲載されている製品といた、代表的な製品を比較対象とする	左記の設定条件によりか	記載なし	LED: 白熱電球を比較製品とし、LED1個は製品寿命が25,000時間であることから、白熱電球1個の必要個数を25個と設定 住宅用断熱材: 昭和55年省エネ基準以前の住宅(断熱材を用いない住宅)	国内冷蔵庫メーカーの主力機種冷蔵庫1台で比較、年間消費電力量は同じ測定方法での数値となるように補正	<戸建住宅基準案> ①リサイクル建材の活用(リサイクル率) ・外壁前面: モルタル(0%) + 塗装(0%) ・内装、床下地: パーティクルボード(85%)、合板(0%) ・基礎: 一般骨材(0%) + 普通ポルトランドセメント(16%) ②廃材リサイクルの推進 ・外壁仕上(0%) ・石膏ボード(0%) ・木くず(61%) ・ガラス(0%) ・廃プラ(10%) ・コンクリがら(98%)	比較対象とするオリジナルプロセスとして、対象プロセスと同一の機能を持つプロセスを採用し、そのプロセスフローを明確化する必要があるものとする	比較対象とするオリジナルプロセスの設定について、対象プロセスと同一の機能を持つプロセスを採用するものとする。その際には「省エネ性能カタログ」などを参考に、同様の機能を有し、市場に流通している製品を対象とする

図 6-14 明確にしたコンセプト及び論点と類似事例におけるLCAの考え方 (2/6)

家電の機能単位は、「CNF部材を組み込んだ家電1製品における同一期間に一定の性能を提供する機能」とし、住宅建材の機能単位は、「1年間の熱利用のうちの当該部材(断熱材等)が受け持つ機能」とした。

設定したガイドラインの項目	基本コンセプト案	論点	①	②	③ 類似事例	④	A	方針(案)
			紙・板紙のLCA	国内および世界における化学製品のライフサイクル評価	冷蔵庫のライフサイクル・インベントリ(LCI)分析報告書	建物のLCA指針	CNFを用いた自動車製品に関するLCAガイドライン	
2.1 算定事業モデルの設定	環境省のCNF実証事業にのみ適用することを想定する	環境省のCNF実証事業にのみ適用することによりか	記載なし	記載なし	記載なし	記載なし	環境省のCNF実証事業内での事業モデルを算定事業モデルとし適用する	環境省のCNF実証事業にのみ適用することを想定する
2.2 プロセスフローの明確化	原材料調達から廃棄(リサイクル)段階までのプロセスを対象とする	左記のプロセスでよい	詳細なライフサイクルフロー図を記載している	LED:原料～製造～廃棄までに使用する電力のCO2排出量比較 住宅用断熱材:断熱材の原料～製造～廃棄に関わるプロセス	電子回路基板の負荷算出については、二次データ(原単位)で評価しているため、一次データでの評価が要検討と記載	設計～資材製造～運搬～建設～運用～改修～廃棄	「原材料調達段階」、「製造段階」、「流通段階」、「使用段階」、「廃棄(リサイクル)段階」の各段階を設定する	原材料調達から廃棄(リサイクル)段階までのフローを作成する。なお、資本設備の加工や解体のプロセスは対象とする(但し、商用化時の生産量を想定)。輸送は往復分を想定する
3.1 活動量データの収集・設定	<ul style="list-style-type: none"> <li>輸送においては往復分データを使用する。なお、輸送設備の製造については対象外とする</li> <li>家電:CO2排出量算定は、家電1製品単位での削減効果を算定するものとする</li> <li>住宅建材:CO2排出量算定は、使用段階は既存部材及びCNF適用部材の使用時のエネルギー使用量(電力・ガス等)を算定し、当該エネルギーに起因するCO2排出量を算出し、使用段階のCO2排出量とする。その他のプロセスは住宅建材1製品単位での削減効果を算定するものとする</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>既存の環境省LCAガイドラインと同様、往復分を想定することによりか。また輸送設備の製造は対象外としてよい</li> <li>家電においては1製品単位での削減効果を算定し、住宅建材における使用段階は、既存部材及びCNF適用部材の使用時のエネルギー使用量(電力・ガス等)を算定することによりか</li> </ul>	日本製紙連合会が会員各社の製品の製品データを収集、算定。車体製造段階のエネルギー消費量は、自動車工業会の報告値を採用	<ul style="list-style-type: none"> <li>LED:LED1個分の生涯点灯時間25,000時間を基準とし、これに見合った電球の必要個数(LED:1個、白熱電球:25個)についての全ライフサイクルのCO2排出量を比較</li> <li>住宅用断熱材:住宅の使用年数を戸建住宅30年、集合住宅60年と設定し、断熱材の使用・不使用方法に関わらず、住宅自体は同年数使用されるものとして評価</li> </ul>	日本電機工業会加盟の冷蔵庫メーカー6社のうち、3社の冷蔵庫本体及び包装材の部材構成データ(設計質量)のデータを収集し、平均値を採用 ※製品製造(組立)段階で加工しやすくない等として製品に使用されずに排出される、鉄、プラスチックについては冷蔵庫メーカー6社のうち2社よりデータを収集し、平均値(鉄0.91kg、プラスチック0.35kg)を調達段階の負荷として加算	産業連関表を利用した建物評価用LCAデータベースを利用	LCA実施者は、プロセスフロー図に記述した各プロセスに関して、プロセスごとのエネルギーや投入物の消費量、廃棄物や環境(大気等)への排出物の排出量を明らかにする必要がある	<ul style="list-style-type: none"> <li>家電のCO2排出量算定は、家電1製品単位での削減効果を算定するものとする</li> <li>住宅建材のCO2排出量算定は、使用段階は既存部材及びCNF適用部材の使用時のエネルギー使用量(電力・ガス等)を算定(断熱材の類似事例では熱源機器自体の製造等のCO2排出量は対象に含めていないため)し、当該エネルギーに起因するCO2排出量を算出し、使用段階のCO2排出量とする。その他のプロセスは住宅建材1製品単位での削減効果を算定するものとする</li> </ul>

図 6-15 明確にしたコンセプト及び論点と類似事例におけるLCAの考え方 (3/6)

家電のCO<sub>2</sub>排出量算定は、家電1製品単位での削減効果を算定するものとした。また、住宅建材のCO<sub>2</sub>排出量算定は、使用段階は既存部材及びCNF適用部材の使用時のエネルギー使用量(電力・ガス等)を算定し、当該エネルギーに起因するCO<sub>2</sub>排出量を算出し、使用段階のCO<sub>2</sub>排出量とする。その他のプロセスは住宅建材1製品単位での削減効果を算定するものとした。

設定したガイドラインの項目案	基本コンセプト案	論点	①	②	③ 類似事例	④	A	方針(案)
			紙・板紙のLCA	国内および世界における化学製品のライフサイクル評価	冷蔵庫のライフサイクル・インベントリ(LCI)分析報告書	建物のLCA指針	CNFを用いた自動車製品に関するLCAガイドライン	
3.2 収集データの精度	温室効果ガス排出量に大きな影響を与えるプロセスについては、高い精度でデータを収集する必要があり、2次データまでの活用を認める	データ収集の方法について、2次データの活用を認めてよいか	一次データを使用。CO2排出原単位は二次データを参照	CO2排出係数については、現時点で把握できる過去の実績データを参照	①原単位は「MiLCA」のLCIデータベース「IDEA ver.1.0」を使用 ※電子回路基板については日本電機工業会充電・産業システム機器LCA検討WGにて試算された原単位を使用 ②輸送段階におけるCO2排出量については「物流分野のCO2排出量に関する算定方法ガイドライン(経済産業省/国土交通省)」を参照	産業連関表を利用した建物評価用LCAデータベースを利用	一次データの使用を基本とする。ライフサイクル全体に対する寄与度が低いプロセスや、LCA実施者が一次データを入手することが困難な場合については、二次データの利用も認める。二次データの選択の際、優先順位は①公共機関データ、②業界データ、③文献データベースとする	一次データの使用を基本とする。二次データの選択の際には、優先順位は、①公共機関データ、②業界データ、③文献データベースとする
3.3 カットオフ基準の考え方	原材料調達コストの5%未満であること、あるいは当該プロセスや投入物が起因する温室効果ガス排出量が温室効果ガス総排出量に対して5%未満であることとする	5%未満をカットオフの基準としてよいか	記載なし	記載なし	記載なし	記載なし	原材料調達コストの5%程度未満であること、または、当該プロセスや投入物が起因する温室効果ガス排出量が温室効果ガス総排出量に対して5%程度未満であることを目安にカットオフを行う	カットオフ基準を5%未満とする

図 6-16 明確にしたコンセプト及び論点と類似事例におけるLCAの考え方 (4/6)

カットオフ基準については、「平成 27 年度 CNF を用いた自動車製品に関する LCA ガイドライン」と同様に、5%未満とした。

設定したガイドラインの項目案	基本コンセプト案	論点	類似事例				方針(案)	
			①	②	③	④		
4.1地球温暖化対策法に基づく排出係数の利用	化石燃料の燃焼に伴う発熱量とCO2排出係数は温対法施行令第3条の数値を使用。電力の温室効果ガス排出原単位は、調達先の電力供給者から公表される排出係数を使用	排出係数の参照先について左記でよい	① 紙・板紙のLCA 温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル(環境省)、JLCA-LCAデータベース2009年度版3版(産業環境管理協会)、味の素㈱「食品関連材料CO2排出係数データベース」	② 国内および世界における化学製品のライフサイクル評価 現時点で把握できる過去の実績データ	③ 冷蔵庫のライフサイクル・インベントリ(LCI)分析報告書 「MiLCA」のLCIデータベース「IDEA ver.1.0」を使用	④ 建物のLCA指針 産業連関表を用いた環境負荷推計を実施	A CNFを用いた自動車製品に関するLCAガイドライン <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 化石燃料の燃焼に伴う発熱量と二酸化炭素排出係数は地球温暖化対策の推進に関する法律施行令第3条において示されている数値を用いるものとする。</li> <li>➢ 電力の原単位データについては、代替値である0.000551(t-CO2/kWh)を用いることとする</li> </ul>	CO2排出係数は温対法施行令第3条の数値を使用。電力の温室効果ガス排出原単位は、調達先の電力供給者から公表される排出係数を参照先とする
4.2 LCIデータベースの利用	LCIデータベース利用の優先順位は、下記の通りとする レベル1:事業者自らが実際のデータを調査して使用 レベル2:業界団体等で用いられている標準値を使用 レベル3:積み上げ法に基づくLCIデータベースの参照値を使用 レベル4:産業連関表に基づく参照値を使用	優先順位について左記でよい	① 会員各社のデータを使用。「紙・板紙主要品種のLCIデータ」の記載あり	② 記載なし	③ 「MiLCA」のLCIデータベース「IDEA ver.1.0」を使用	④ 産業連関表を用いた環境負荷推計を実施	A LCIデータベース利用の優先順位は、下記の通りとする レベル1:事業者自らが実際のデータを調査して使用 レベル2:業界団体等で用いられている標準値を使用 レベル3:積み上げ法に基づくLCIデータベースの参照値を使用 レベル4:産業連関表に基づく参照値を使用	左記のCNFを用いた自動車製品に関するLCAガイドラインと同様の優先順位とする
5.1温室効果ガス排出量の算定・評価方法	既存の環境省ガイドラインでは、温室効果ガス排出量の算定に際してIPCC第2次報告書の値を採用しているが、IPCC発行の最新データである第5次報告書で公表された値を用いる。対象ガスを7ガスとする	最新データである第5次報告書の値を採用、対象ガスを7ガスとすることによりよい	① CO2、CH4、N2O	② CO2	③ CO2	④ CO2、フロン類(CFCs、HCFCs、HFCs)、メタンCH4、亜酸化窒素N2O等	A 温室効果ガス排出削減効果は、以下のいずれかの方法により算定する。 (1)排出削減量=オリジナルプロセスの排出量-対象プロセスの排出量 (2)排出削減率=(オリジナルプロセスの排出量-対象プロセスの排出量)÷オリジナルプロセスの排出量	7ガスを対象とし、IPCC第5次報告書の値を用いる

図 6-17 明確にしたコンセプト及び論点と類似事例におけるLCAの考え方 (5/6)

温室効果ガス排出量の算定・評価方法としては、7ガスを対象とし、IPCC第5次報告書の値を用いることとした。

設定したガイドラインの項目案	基本コンセプト案	論点	①	②	③	④ 類似事例	A	方針(案)
			紙・板紙のLCA	国内および世界における化学製品のライフサイクル評価	冷蔵庫のライフサイクル・インベントリ(LCI)分析報告書	建物のLCA指針	CNFを用いた自動車製品に関するLCAガイドライン	
5.2 配分の方法	配分を回避することを前提とする。回避できない場合には優先順位を下記とする ①物理的パラメータ(質量等) ②製品及び機能間のその他の関係を反映する方法(例:経済価値)	配分を回避できない場合についての考え方は下記2)パターンの優先順位とすることとよいか。 ①物理的パラメータ(質量等) ②製品及び機能間のその他の関係を反映する方法(例:経済価値)	記載なし	記載なし	記載なし	産業連関表に基づくLCAデータベースを利用していることから、様々な環境負荷を経済的価値に応じて配分することを原則とする ・工事金額に応じて配分 ・積み上げた資材の重量に応じて配分 ・積み上げた資材の製造時のCO2排出量に応じて配分 ・床面積に応じて配分	配分を回避することを前提とする。回避できない場合には優先順位を下記とする ①物理的パラメータ(質量等) ②製品及び機能間のその他の関係を反映する方法(例:経済価値)	配分の回避を原則とする。回避できない場合には優先順位を下記とする ①物理的パラメータ(質量等) ②製品及び機能間のその他の関係を反映する方法(例:経済価値)
5.3 感度分析の実施	LCA実施者は感度分析を実施することが望ましいとする	LCA実施者は感度分析を実施することが望ましいとすることとよいか	記載なし	記載なし	製品使用条件や製品等のみならずを考慮した感度分析を実施することが重要と記載	記載なし	LCA実施者は、LCAで採用した活動量データや原単位データがある範囲で変動させたり、配分手法等を変更したりすることにより、温室効果ガス排出量の算定結果にどの程度の影響を及ぼすか、それが許容範囲であるかどうかを検討し、算定結果の信頼性を評価するために、感度分析を実施することが望ましい	感度分析を実施することが望ましいこととする
6.1 本ガイドラインにおけるレビュー	LCA実施者にてレビューを実施することとする	レビューについては、LCA実施者の内部レビューにて実施することとよいか	記載なし	記載なし	記載なし	第三者に公表する場合はクリティカルレビューが必要	LCA実施者は、自らの所属団体で内部レビューを実施する	LCA実施者は自らの所属団体で内部レビューを実施することとする

図 6-18 明確にしたコンセプト及び論点と類似事例におけるLCAの考え方 (6/6)

感度分析については実施することが望ましいとした。また、LCA実施者自身で内部レビューを実施することとした。

### 6.2.4 住宅建材の使用段階におけるCO<sub>2</sub>排出量算定の考え方

住宅建材は使用段階においてCO<sub>2</sub>を排出しないため、家電とは別の考え方が必要である。別途整理したコンセプト案と論点、及び方針（案）をまとめたものを図6-19に示す。

CNFガイドライン 項目案	基本コンセプト案	論点	5 断熱部材のLCCO <sub>2</sub> 評価・算定手法の 標準化調査 成果報告書(抜粋)	対応方針(案)
3.1 活動量データの収集・設定	<ul style="list-style-type: none"> <li>既存部材及びCNF適用部材の使用時のエネルギー使用量(電力、ガス等)を算定する</li> <li>当該エネルギーに起因するCO<sub>2</sub>排出量を算定し、使用段階のCO<sub>2</sub>排出量とする</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>既存部材及びCNF適用部材の使用時のエネルギー使用量を算定し、これを用いて削減効果を定量化することにより、システム境界に熱源機器(エアコン、石油ストーブ等)も含まれることとなるため、これらの原料調達・製造段階・廃棄段階のCO<sub>2</sub>排出量も算定する必要があるか</li> <li>CO<sub>2</sub>削減率等は、多様な部材の集合体として算定されるが、その結果として当該部材固有の効果が見えにくくなるがよいか</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地域性や断熱水準などをパラメータとした暖冷房負荷の重回帰式の作成を行い、暖冷房起因によるCO<sub>2</sub>排出量を算出できるようにする</li> <li>暖冷房起因のCO<sub>2</sub>排出量算定手順               <ol style="list-style-type: none"> <li>暖冷房負荷算出(重回帰式)</li> <li>家庭用暖冷房エネルギー種別消費内訳、暖冷房器具の機器効率を考慮し、暖冷房エネルギー消費量に換算</li> <li>エネルギー種別CO<sub>2</sub>排出原単位を乗じて、CO<sub>2</sub>排出量を算出</li> </ol> </li> <li>発泡剤の漏洩は実態がほぼ解明されており、算定に反映</li> <li>経年劣化は未解明な部分が多く、算定に反映しない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>既存部材及びCNF適用部材の使用時のエネルギー使用量(電力、ガス等)を用いてCO<sub>2</sub>排出量を算定する(左記の類似事例では熱源機器自体の製造等のCO<sub>2</sub>排出量は対象に含めていないため)</li> </ul>

図6-19 住宅建材の使用段階におけるコンセプト及び論点と類似事例におけるLCAの考え方

断熱部材のLCA事例から、住宅建材の使用段階のCO<sub>2</sub>算定は、住宅一棟のエネルギー使用量(冷暖房)を対象とすることとした。

次に、参考として住宅建材のLCA実施におけるシステム境界イメージを図6-20に示す。

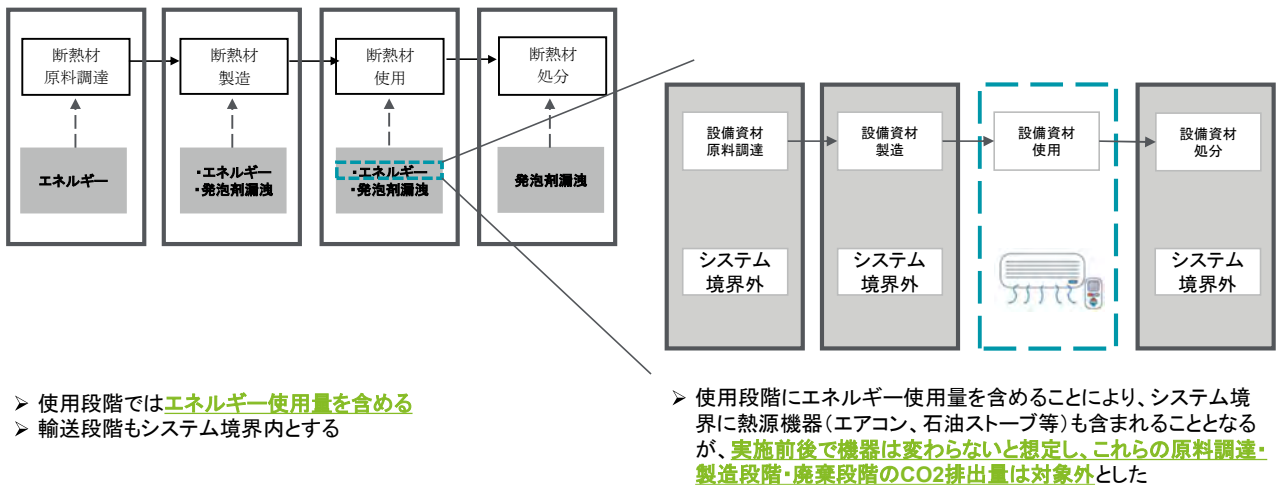


図6-20 住宅建材のLCA実施におけるシステム境界イメージ

### 6.2.5 論点と方針（案）のまとめ

論点と方針（案）のまとめを図 6-21～22 に示す。なお、基本コンセプト案どおりの方針（案）となったものは除いている。

設定したガイドラインの項目案	論点	方針(案)
1.1 目的	CNF部材を導入した家電製品及び住宅建材ごとに削減効果を算定することを目的とすることによりか	CNF部材を導入した家電・住宅建材製品ごとに削減効果を算定することとする
1.4 システム境界の考え方	<ul style="list-style-type: none"> <li>左記をシステム境界とすることによりか</li> <li>住宅建材のシステム境界内にリサイクルを含めるには、範囲を限定するか、カスケードマテリアルリサイクルに限定するか等、設定が必要ではないか</li> <li>昨年度と同様に、資本設備の加工・組立・解体によって生じる排出量を対象(但し、商用化時の生産量を想定)とし、製品の組立工程は対象外とすることによりか</li> <li>CNF部材を製品に組み込む際に、設計変更が行われる際には、該当設計変更部材までシステム境界を拡張するか</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>原材料調達段階～廃棄段階をシステム境界とする</li> <li>廃棄段階においてリサイクルを考慮する(エネルギー使用量から控除)</li> <li>製品の組立工程及びリユースは対象外とする</li> <li>CNF部材を製品に組み込む際に、設計変更が行われる際には、該当設計変更部材までシステム境界を拡張する</li> </ul>
1.5 機能単位の設定	下記を機能単位とすることによりか <ul style="list-style-type: none"> <li>家電: CNF部材を組み込んだ家電1製品における同一期間に一定の性能を提供する機能</li> <li>住宅建材: 1年間の熱利用のうちの当該部材(断熱材等)が受け持つ機能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>家電: CNF部材を組み込んだ家電1製品における同一期間に一定の性能を提供する機能</li> <li>住宅建材: 1年間の熱利用のうちの当該部材(断熱材等)が受け持つ機能</li> </ul>
1.7 比較対象とするオリジナルプロセスの設定に関する留意事項	比較対象とするオリジナルプロセスは、資源エネルギー庁が公表している「省エネ性能カタログ」に掲載されている製品といった、代表的な製品を比較対象とする	比較対象とするオリジナルプロセスの設定について、対象プロセスと同一の機能を持つプロセスを採用するものとする。その際には「省エネ製品カタログ」などを参考に、同様の機能を有し、市場に流通している製品を対象とする

図 6-21 論点と方針（案）のまとめ（1/2）

設定したガイドラインの項目案	論点	方針(案)
3.1 活動量データの収集・設定	<ul style="list-style-type: none"> <li>既存の環境省LCAガイドラインと同様、往復分を想定することによりか。また輸送設備の製造は対象外としてよいか</li> <li>家電においては1製品単位での削減効果を算定し、住宅建材における使用段階は、既存部材及びCNF適用部材の使用時のエネルギー使用量(電力・ガス等)を算定することによりか</li> <li>既存部材及びCNF適用部材の使用時のエネルギー使用量を算定し、これを用いて削減効果を定量化することにより、システム境界に熱源機器(エアコン、石油ストーブ等)も含まれることとなるため、これらの原料調達・製造段階・廃棄段階のCO2排出量も算定する必要があるか</li> <li>CO2削減率等は、多様な部材の集合体として算定されるが、その結果として当該部材固有の効果が見えにくくなるがよいか</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>家電のCO2排出量算定は、家電1製品単位での削減効果を算定するものとする</li> <li>住宅建材のCO2排出量算定は、使用段階は既存部材及びCNF適用部材の使用時のエネルギー使用量(電力・ガス等)を算定(断熱材の類似事例では熱源機器自体の製造等のCO2排出量は対象に含めていないため)し、当該エネルギーに起因するCO2排出量を算出し、使用段階のCO2排出量とする。その他のプロセスは住宅建材1製品単位での削減効果を算定するものとする</li> </ul>
3.2 収集データの精度	データ収集の方法について、2次データの活用を認めてよいか	一次データの使用を基本とする。二次データの選択の際には、優先順位は、①公共機関データ、②業界データ、③文献データ、産業連関表ベースデータとする
4.2 LCIデータベースの利用	LCIデータベース利用の優先順位について下記でよいか レベル1: 事業者自らが実際のデータを調査して使用 レベル2: 業界団体等で用いられている標準値を使用 レベル3: 積み上げ法に基づくLCIデータベースの参照値を使用 レベル4: 産業連関表に基づく参照値を使用	左記のCNFを用いた自動車製品に関するLCAガイドラインと同様の優先順位とする

図 6-22 論点と方針（案）のまとめ（2/2）

## 第7章 モデル事業の推進計画の策定

本章では、これまでの検討結果もとに、モデル事業を提案し、費用対効果（採算性）の分析、課題の抽出を行い、事業の実現性を評価するとともに、モデル事業の推進計画を策定した。

### 7.1 環境省CNF等事業の整理

#### (1) 地域FS業務

「平成27年度地域における低炭素なセルロースナノファイバー用途開発FS委託業務」に関する整理結果を表7-1に示す。

表7-1 地域FS業務に関する整理結果

整理NO	地域FS-1	地域FS-2	地域FS-3
代表事業者	(国)静岡大学	(公財)三重県産業支援センター	岡山県
共同事業者	トクラス(株)	三重県工業研究所	-
事業期間	平成27年4月～平成28年3月	平成27年4月～平成28年3月	平成27年4月～平成28年3月
地域	静岡県	三重県	岡山県
事業概要	CNF(素材、技術)を利用し、革新的で地球温暖化対策に貢献できる住宅部材用途(キッチン木材部材)を提案するとともに、静岡県内産業を利用し「原料調達、製品製造、製品使用、廃棄」の一貫した事業性のある地域モデルを構築する。	地域資源から特徴のある物性を有するCNFの「製造プロセス」、高度部材(住宅建材、高機能製品用途)としての「製品活用」について県内企業と共に検討し、地域モデルとしての妥当性を検証する。またCNFのサプライチェーン、地域内企業連携の可能性について検討する。	CNFの特性を活かし、かつ、経済性及び環境性の面で最も効果が見込まれる用途として、自動車部材への適用を提案し、CNF製造から部品製造までの工程を本県内産業で一貫して行う地域モデルを構築する。
本業務との連携の可能性(想定)	原料調達、廃棄・リサイクルに関しては成果が活用可能。	部位レベルでの成果、サプライチェーンの考え方等については本業務でも活用可能。	当該部材に関する考え方は本業務でも活用可能。



## (2) 性能評価業務

「平成 27、28 年度セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務」に関する整理結果を表 7-2～3 に示す。

表 7-2 性能評価業務に関する整理結果（その 1）

整理 NO	性能評価-1	性能評価-2
代表事業者	トクラス(株)	トヨタ車体(株)
共同事業者	山口大学 イオインダストリー (株) 静岡大学 岡山県森林研究所	—
事業期間	平成 27 年 9 月～平成 30 年 3 月	平成 27 年 9 月～平成 30 年 3 月
地域	東京都	愛知県
事業概要	主にインパネ周辺の内装材について、間伐材から発生する木粉等バイオマスフィラーを添加したウッドプラスチック (WPC) に CNF を添加材利用することで補強し軽量化な製品を製造し、CNF 活用製品の性能評価を行う。また、インパネ周辺部材の軽量化による自動車の燃費向上効果や CO <sub>2</sub> 削減効果の検証を行う。	自動車用金属部品の樹脂代替を狙い、高強度かつ低比重な CNF 複合樹脂を用いて自動車部品の試作と性能評価を行う。また、金属部材の樹脂化で達成された軽量化効果により、自動車の燃費向上および CO <sub>2</sub> 削減の効果検証を行う。
本業務との連携の可能性 (想定)	インパネ周辺部材の性能評価結果は本業務でも直接的に活用可能。	CNF 複合樹脂を用いた自動車部品の性能評価は本業務でも直接的に活用可能。

表 7-3 性能評価業務に関する整理結果（その 2）

整理 NO	性能評価-3	性能評価-4
代表事業者	(国)九州大学大学院農学研究院	第一工業製薬(株)
共同事業者	中越パルプ工業 (株)	エレクセル (株)
事業期間	平成 27 年 9 月～平成 30 年 3 月	平成 27 年 9 月～平成 30 年 3 月
地域	福岡県	京都府
事業概要	ドアパネルの内側や天井パネルとなる内装材について、九州産の竹を利用し「水中カウンターコリジョン (ACC) 法」による竹由来 CNF から丈夫で軽量の樹脂素材を製造するとともに、竹 CNF 活用樹脂の性能評価を行う。また、竹 CNF 活用樹脂を活用したドアパネルや天井パネル内装の軽量化に伴う燃費向上の効果や CO <sub>2</sub> 削減効果の検証を行う。	自動車用バッテリーについて、従来の鉛二次電池の代替となる軽量かつ小型の CNF 活用リチウムイオン二次電池を製造するとともに、CNF 活用リチウムイオン二次電池の性能評価を行う。また、CNF を活用したバッテリーの軽量化に伴う燃費向上効果や CO <sub>2</sub> 削減効果の検証を行う。
本業務との連携の可能性 (想定)	竹 CNF 活用樹脂の性能評価は本業務でも直接的に活用可能。	CNF 活用リチウムイオン二次電池の性能評価は本業務でも直接的に活用可能。

### (3) 製造工程低炭素化業務

「平成 27、28 年度セルロースナノファイバー製品製造工程の低炭素化対策の立案事業委託業務」に関する整理結果を表 7-4 に示す。

表 7-4 製造工程低炭素化業務に関する整理結果

整理 NO	製造工程低炭素化-1	製造工程低炭素化-2	製造工程低炭素化-3
代表事業者	パナソニック(株)	愛媛大学紙産業イノベーションセンター	大王製紙(株)
共同事業者	—	愛媛県産業技術研究所紙産業技術センター 特種東海製紙(株)	自動車用ゴム部材メーカー
事業期間	平成 27 年 9 月～平成 30 年 3 月	平成 27 年 9 月～平成 30 年 3 月	平成 27 年 9 月～平成 28 年 7 月
地域	大阪府	愛媛県	愛媛県
事業概要	プラスチック製品の製造工程について、セルロース原料を樹脂に練り込みながらナノ化レベルに繊維をほぐすことで CNF 複合樹脂を製造する段階での CO <sub>2</sub> 排出量を評価するとともに、CNF 複合樹脂を部材・製品へと成形し、各段階での CO <sub>2</sub> 排出量を評価し、その削減対策の立案を行う。	透明樹脂製品の製造工程において、独自の CNF 脱水プロセスにより乾燥工程での CO <sub>2</sub> 排出量の削減を図るとともに、CNF 複合透明樹脂を用いた部材・製品を成形し、各製造工程での CO <sub>2</sub> 排出量の評価に基づいた低炭素化対策の立案を行う。	ゴム製品の製造工程について、液体の CNF 素材をゴムと混練する際に必要となる乾燥エネルギーを乾燥方法の見直しにより低減することで CO <sub>2</sub> 排出量を削減するとともに、CNF 複合ゴムを製造し、部材・製品を成形し、各段階での CO <sub>2</sub> 排出量を評価し、その削減対策の立案を行う。
本業務との連携の可能性(想定)	プラスチック製品の製造工程の低炭素化という観点で本業務でも活用可能。	透明樹脂製品製造の低炭素化という観点で本業務でも活用可能。	ゴム製品の製造工程の低炭素化という観点で本業務でも活用可能。

#### (4) 導入実証業務

「平成 28 年度セルロースナノファイバー性能評価モデル事業（早期社会実装に向けた導入実証）委託業務」に関する整理結果を表 7-5～6 に示す。

表 7-5 導入実証業務に関する整理結果（自動車関連分野）

整理 NO	導入実証-1
代表事業者	京都大学、(一社)産業環境管理協会
共同事業者	京都市産業技術研究所、金沢工業大学、名古屋工業大学、秋田県立大学、東京農工大学、(株)昭和丸筒/昭和プロダクツ(株)、利昌工業(株)、(株)イノアックコーポレーション、キョーラク(株)、三和化工(株)、ダイキョーニシカワ(株)、日立マクセル(株)、(株)セイロジャパン、(株)デンソー、トヨタ紡織(株)、トヨタテクノクラフト(株)
事業期間	平成 28 年 10 月～平成 32 年 3 月
地域	—
事業概要	二酸化炭素削減を目的とし、セルロースナノファイバー（CNF）を複合化した樹脂材料について材料～自動車など最終製品までの一連の流れを俯瞰した評価を実施する。 ①社会実装に向けた CNF 軽量材料の開発及び評価・検証 ②自動車分野における CNF 軽量部品の導入実証及び性能評価・検証
本業務との連携の可能性（想定）	CNF 軽量材料の開発及び評価・検証の部分は本業務にも活用可能。

表 7-6 導入実証業務に関する整理結果（家電等関連分野）

整理 NO	導入実証-2	導入実証-3
代表事業者	パナソニック(株)	静岡大学
共同事業者	—	トクラス株式会社等 7 機関
事業期間	平成 29 年 1 月～平成 30 年 3 月	平成 29 年 1 月～平成 31 年 3 月
地域	大阪府	静岡県
事業概要	CNF 搭載による軽量化でファンや回転モータ等の駆動部への負荷軽減による製品消費電力の削減等を行い、エネルギー起源 CO <sub>2</sub> 削減を図る。具体的には、家電製品部材を作製して実機に搭載し、CNF 置換による軽量化と消費電力削減、および製品機能の評価、検証を行うとともに、CNF 複合樹脂のリサイクル性の検証を行う。	CNF の形状に着目し、「空隙制御能」「ネットワーク構造」「化学的改質が可能」という特性を活かし、住宅部品のベース素材特性を引き立てる添加剤の利用として、住宅部品の断熱性能向上により、エネルギー起源 CO <sub>2</sub> 削減を図る。具体的には、発泡断熱材等に CNF を添加することにより、空隙の微細化等の空気層を制御することにより、熱伝導性低下に取り組む。
本業務との連携の可能性（想定）	家電製品への CNF 適用の取組みは本業務でも直接的に活用可能。	発泡断熱材への CNF 適用の取組みは本業務でも直接的に活用可能。

## (5) バイオマスプラスチック検証業務

「平成 28 年度バイオマスプラスチックの二酸化炭素削減効果及び信頼性等検証事業委託業務」に関する整理結果を表 7-7 に示す。

表 7-7 バイオマスプラスチック検証業務に関する整理結果

整理 NO	バイオマスプラスチック検証業務-1	バイオマスプラスチック検証業務-2
代表事業者	北陸先端科学技術大学院大学	株式会社藤井基礎設計事務所
共同事業者	筑波大学	安井株式会社 株式会社松尾製作所
事業期間	平成 28 年 9 月～平成 32 年 3 月	平成 28 年 9 月～平成 32 年 3 月
地域	石川県	島根県
事業概要	4-アミノ桂皮産を原料とした芳香族系超高耐熱バイオマスプラスチックにより、300℃程度以上の耐熱性が求められる自動車金属部材等を代替することで、軽量化によるエネルギー起源CO <sub>2</sub> 削減を図る。具体的には、芳香族系超高耐熱バイオマスプラスチックの用途抽出、信頼性評価・改良、二酸化炭素削減効果の定量化、社会実装に当たっての課題抽出・方策提案を行う。	木材から分離・化学変換されたリグノフェノールをポリカーボネート、フェノール樹脂等に混練し、これらの難燃性や寸法安定性等を向上させる。その上で、当該樹脂により自動車金属部材等を代替することで、軽量化によるエネルギー起源CO <sub>2</sub> 削減を図る。具体的には、リグノフェノールを混練した樹脂の用途抽出、信頼性評価・改良、二酸化炭素削減効果の定量化、社会実装に当たっての課題抽出・方策提案を行う。
本業務との連携の可能性（想定）	高耐熱性が求められる部材へのCNFの適用を検討する際に活用可能。	難燃性や寸法安定性を求められる部材へのCNF適用を検討する際に活用可能。

## 7.2 モデル事業の進捗状況の確認

現在実施している各モデル事業の進捗については、平成 27 年度に策定したモデル事業の推進計画（工程表）と比較して、概ね計画どおりに進行していた。

## 7.3 CNFの普及促進方策の検討

### 7.3.1 ニーズ・課題の再整理

家電メーカー、建材メーカー等へのヒアリング結果を基にCNF導入促進に係るニーズ・課題を視点別に整理した。結果を表7-8に示す。

表7-8 CNF導入促進に係るニーズ・課題の整理

分類	ニーズ・課題	素材としての視点	部材としての視点
素材としての課題	一般的な認知度の向上	・社会的認知が上がれば適用のインセンティブとなる	・家電や住宅建材は直接的に一般の方が選択するものもあり、社会的認知の影響は大きいと考えられる
	グローバルな市場拡大	・海外での市場拡大の可能性の向上は、適用のインセンティブとなる	・海外で使用されることは、導入促進において重要と考えられる
家電部材への適用拡大への課題	コスト低減	・CNFのコストの低減が必要	・素材のコストが下がれば、部材開発が進むと考えられる（ロードマップ上の500円/kg程度）
	実用段階での品質の安定性	・ラボレベルの性能評価のみであり、実用環境での性能が不明なため、実用環境での性能評価・性能標準化を進める必要がある ・素材の安定供給先の確保	・基礎研究段階のステージから、実用段階のステージまで開発レベルを上げる必要がある ・品質が安定していなければ、量産化できないため、家電部材としての採用は難しい
	技術課題の解決	<ul style="list-style-type: none"> <li>■家電部材への適合を考えた際に、CNF素材に対して以下の技術的課題の解決が必要</li> <li>・複合材としての課題               <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 繊維及び熱の均一分散が難しい</li> </ol> </li> <li>・シート素材としての課題               <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 製造プロセスコスト削減</li> <li>2) 素材自体の熱伝導率を保ちつつ、透明化することが難しい</li> <li>3) 吸湿での劣化への対応（サイズも変化）</li> <li>4) 光酸化といったある条件下での色変化抑制への対応（耐久性向上等）</li> </ol> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■家電部材適用時での個別部品での適用を考えた際、以下の技術的課題の解決が必要</li> <li>・外装               <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 部品として採用するためには、耐候性の向上や割れにくさが必要</li> <li>2) 耐候性といった部材に必要な要求を満たしているか、屋外暴露試験といった各種試験が必要であると想定</li> <li>3) 冷蔵庫に採用する場合、断熱パネル形状維持のための骨材添加技術やリサイクル性確保が必要</li> <li>4) リサイクル性確保のため、繰り返し利用した時の特性安定度の確認が必要</li> </ol> </li> <li>・内部部品               <ol style="list-style-type: none"> <li>1) エアコンのファンなどに用いる場合、臭いがあると採用できない</li> </ol> </li> <li>・構造部品               <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 基板に採用する場合、デバイス部品実装技術を有することが必要</li> <li>2) 基板に採用する場合、デバイス実装、配線形成技術、難燃性付与技術（ナノサイズ難燃剤添加技術）のセンサ製造プロセスの確立が必要</li> <li>3) 圧縮機などは強度の問題から適用は困難と想定</li> </ol> </li> </ul>
環境影響の明確化	・製造に要するエネルギー消費量が不明	・家電業界においてはリサイクル性、低炭素化は重要な課題である。低炭素化については、CNF適用によってどの程度効果があるか明確化が必要 ・現時点でCNF製造に係るエネルギー消費量が不明なためCO <sub>2</sub> 削減量が測定できない ・リサイクルによる環境負荷低減についても定量的なデータが不足している	

分類	ニーズ・課題	素材としての視点	部材としての視点
住宅建材部材・製品への適用拡大への課題	コスト低減	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ CNF のコストの低減が必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 既存製品の価格が安く、製品によっては、ロードマップ上の 2030 年 500 円/kg よりも価格を低減させる必要がある</li> <li>・ 窓枠 <ul style="list-style-type: none"> <li>1) 製造コストについては、CNF 使用によるコスト増があるが、高強度化による樹脂（塩ビ）使用量の低減、補強金属の不要、製造コストの低減、輸送コストの低減などにより、トータルでコスト削減できる可能性がある</li> </ul> </li> <li>・ 断熱材 <ul style="list-style-type: none"> <li>1) CNF エアロゲル断熱材の場合、バッチ処理による製造コスト増（人件費等）が避けられない</li> <li>2) 性能増分までのコスト増に留める必要があることから、常圧乾燥など大量生産可能な製造方法の確立が必要</li> <li>3) 熱伝導率 0.013W/m・K 程度の断熱材ができれば、住宅の建築様式を変えられるため、新たな価値が生まれる</li> </ul> </li> </ul>
	実用段階での品質の安定性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 小さいスケールでの性能評価やのみ実施されており、実用製品を製作する際に求められる寸法の材料を作れる環境の整備が必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 実用製品レベルのもので試験が行われていないため、実用製品レベルの製作と性能評価が必要</li> <li>・ 住宅はライフスパンが長いいため、耐久性が求められる</li> </ul>
	技術課題の解決	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 住宅建材に適用する際には、CNF 素材に対して以下の技術的課題の解決が必要 <ul style="list-style-type: none"> <li>1) 複合材：塩ビとの複合技術の確立</li> <li>2) エアロゲル：製造方法の確立</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 住宅建材に適用する際には、以下の技術的課題の解決が必要 <ul style="list-style-type: none"> <li>1) 窓枠：耐候性等</li> <li>2) ガラス：透明性の確保</li> <li>3) 断熱材：加工性等</li> </ul> </li> </ul>
	環境影響の明確化	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 製造に要するエネルギー消費量が不明</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 現時点で CNF 製造に係るエネルギー消費量が不明なため CO<sub>2</sub> 削減量が測定できない</li> <li>・ リサイクルによる環境負荷低減についても定量的なデータが不足している</li> </ul>

### 7.3.2 普及促進方策に関する手法区分

CNF導入の促進施策を検討するにあたっての手法区分を表7-9に示す。この手法区分に基づいて、考えられる施策を検討することとした。

表7-9 促進施策を検討するにあたっての手法区分

手法区分	概要	事例
枠組的手法	直接的に具体的行為の禁止、制限や義務付けを行わず、到達目標や一定の手順や手続を踏むことを義務付けることなどによって規制の目的を達成しようとする手法。	<ul style="list-style-type: none"> <li>PRTR法による届出制度</li> <li>大気汚染防止法による化学物質の規制</li> </ul>
経済的手法	市場メカニズムを前提とし、環境保全への取組に経済的インセンティブを与え、経済合理性に沿った各主体の行動を誘導することによって政策目的を達成しようとする手法。	<ul style="list-style-type: none"> <li>各種補助制度等</li> <li>使用済み製品や容器包装等の確実な回収のための預託払戻制度（デポジット）</li> <li>排出権取引 等</li> </ul>
自主的取組手法	事業者などが自らの行動に一定の努力目標を設けて対策を実施する自主的な環境保全取組。	<ul style="list-style-type: none"> <li>経済団体連合会の地球温暖化対策</li> <li>個別企業の環境行動計画</li> <li>温暖化対策の推進に関する法律 等</li> </ul>
情報的手法	消費者、投資家をはじめとする様々な利害関係者が、環境保全への取組活動に積極的な事業者や環境負荷の少ない製品などを評価して選択できるよう、事業活動や製品・サービスに関する環境情報の開示と提供を進めることにより、各主体の環境に配慮した行動を促進しようとする手法。	<ul style="list-style-type: none"> <li>環境報告書</li> <li>環境ラベル</li> <li>環境会計</li> <li>LCA(Life Cycle Assessment)</li> <li>ESG投資 (Environment, Social, Governance)</li> <li>CDP(Gross Domestic Product) 等</li> </ul>
手続的手法	各主体の意思決定過程の要所要所に環境配慮のための判断が行われる機会と環境配慮に際しての判断基準を組み込んでいく手法。	<ul style="list-style-type: none"> <li>環境影響評価制度</li> <li>ISO14001 など</li> </ul>
技術開発・実証の支援	官が主導的に施設や設備等の整備、新たな技術開発等を促進・実施し、政策目標を達成しようとする手法。	<ul style="list-style-type: none"> <li>性能実証</li> <li>実証施設や設備の整備 等</li> </ul>

※環境白書にある手法を基に、一部を独自にアレンジしている。

### 7.3.3 家電・住宅建材へのCNF導入を促進するための施策の検討

前述の手法区分に従い、家電・住宅建材へのCNF導入を促進するための施策を検討・整理した。結果を表7-10に示す。

表 7-10 家電・住宅建材へのCNF導入を促進するための施策

手法区分	施策の方向性	施策(案)	対応するニーズ・課題	施策の概要	備考
枠組的手法	規格統一	CNFの品質認証規格化	品質の安定性	CNFの品質認証規格を環境性能といった視点で追加的に検討	ISO化については、ナノセルロースフォーラムで実施しているが、家電・住宅建材限定ではない。
技術開発・実証支援	性能実証	性能評価モデル事業	認知度向上 コスト低減 品質の安定性 技術課題の解決	・CNFを適用した家電や住宅建材の性能実証やそれらを導入した集合体としての性能等を検証する ・LCAでのCO <sub>2</sub> 排出量を検証	(平成27年度より実施)
技術開発・実証支援	リサイクル性能検証	リサイクル性能を検証するためのモデル事業	導入インセンティブの向上 環境影響の明確化	リサイクル(環境性能)向上・検証に向けた実証を推進	平成29年度に実施予定
技術開発・実証支援	開発用サンプル提供	CNFサンプルの提供するモデル事業	技術課題の解決	家電・住宅建材部材への適用可能性を研究・開発するためにCNFサンプルを希望する事業者は無償で提供する。	他省にて検討
経済的手法	排出権取引	J-クレジット制度への適応	コスト低減	家電・住宅建材分野における低炭素化(効率向上や断熱性向上によるCO <sub>2</sub> 削減)による環境価値をクレジットとして認証	
情報的手法	企業間マッチング	マッチングシステムプラットフォーム構築	導入インセンティブの向上	CNF製造メーカー、部材メーカー、最終製品メーカー等のマッチングが可能なプラットフォーム(マッチングイベント、マッチングシステム等)を整備する。	
情報的手法	情報管理	海外メーカー情報整理	導入インセンティブの向上	海外のメーカーのCNFの実用化状況をチェックするために情報の整理を行う。	
情報的手法	情報管理	パテントマップ整理	品質向上	パテントマップ整理を行い、CNFへの新規参入を促す	
情報的手法	情報管理	物性データベース構築	品質向上	物性データの集積のために、データベースを構築する。また環境省におけるCNFの取り組みについても一元管理していく。	
情報的手法	事業者の組成	SPC/JV等のCNF専門会社の設立・窓口の一元化	認知度向上	CNFのサンプル提供を一元化し、CNFと、素材メーカーとのドアノックツール(機関)を構築することで、CNFの社会認知度と、企業の取り込みを推進していく。同時にサンプルの大量供給を可能とする。	
情報的手法	認知度向上	広報の実施(パンフレット・HP等の作成)	認知度向上	家電メーカーや住宅建材メーカーに対して広報を実施し、CNFの認知度向上に努める	



#### 7.4 新規モデル事業の検討（課題及び実現可能性等の検討を含む）

整理した「家電・住宅建材へのCNF導入を促進するための施策」において、「技術開発・実証支援」に位置づけられた環境省施策について、「平成29年度以降の新規モデル事業」として、より具体的な検討を行った。

新規モデル事業の候補のまとめを表7-11に、各モデル事業の検討結果を次頁より示す。

表7-11 平成29年度以降の新規モデル事業の候補のまとめ

No.	I	II	III
モデル事業名	CNF活用製品の性能評価モデル事業(個別部材等の性能評価)	(仮称)CNF活用製品の性能評価モデル事業(戸建・集合住宅の性能評価)	(仮称)リサイクル時の課題・解決策検討の実証事業
事業概要	家電・住宅建材部材に関する実証モデル事業	CNFを活用した家電・住宅建材を導入した戸建・集合住宅に関する実証モデル事業	自動車・家電・住宅建材部材、素材のリユース、リサイクルに関するモデル事業
想定される対象事業者	素材メーカー、部材メーカー、各種研究試験機関、大学等	ハウスメーカー、家電メーカー、住宅建材メーカー、素材メーカー等	各種研究試験機関、大学、民間企業等(部材メーカー、素材メーカー)
実証期間	部材：2年間程度 製品：2～3年間程度	2～3年間程度	2年間程度

※ エネルギー対策特別会計による事業を想定

※ 環境省委託業務を想定

## I. CNF活用製品の性能評価モデル事業（個別部材等の性能評価）

以下のモデル事業の検討を行った。

### ・家電分野のモデル事業

- ①CNFを活用したエアコン（室外ファン）の性能評価モデル事業
- ②CNFを活用した照明（面発光LEDの拡散シート）の性能評価モデル事業
- ③CNFを活用したセンサー（基板）の性能評価モデル事業
- ④CNFを活用した冷蔵庫（板金）の性能評価モデル事業
- ⑤CNFを活用した洗濯機の性能評価モデル事業
- ⑥CNFを活用した蓄電池（電極に塗布するスラリーの増粘剤）の性能評価モデル事業

### ・住宅建材分野のモデル事業

- ①CNFを活用した樹脂窓枠等の性能評価モデル事業
- ②CNFを活用した窓ガラス（ガラス断熱）の性能評価モデル事業
- ③CNFを活用したエアロゲル断熱材（超臨界乾燥由来）の性能評価モデル事業
- ④CNFを活用したエアロゲル断熱材（常圧乾燥由来）の性能評価モデル事業
- ⑤CNFを活用した発泡断熱材（工場成形）の性能評価モデル事業
- ⑥CNFを活用した発泡断熱材（現場施工）の性能評価モデル事業
- ⑦CNFを活用した給湯配管断熱材の性能評価モデル事業

次頁以降に、各モデル事業の検討結果を示す。

(家電分野のモデル事業)

① C N F を活用したエアコン (室外ファン) の性能評価モデル事業

項目	内容
対象となる部位	家庭用エアコンの室外機に使われるファン
適用のイメージ	現在 GFRP が使われているため、C N F 複合材が適用可能と想定
2020 年の実現目標 (案)	<ul style="list-style-type: none"> <li>ファンの長径化により消費電力 2.4%削減を想定 (流量を同一、外径を 1.2 倍にした場合、室外ファンの消費電力は半減することから、COP が 2.4%改善すると想定。冷暖房能力を同一とすれば消費電力 2.4%改善すると推計)</li> <li>猶予率を加味し、<math>2.4\% \times 80\% = 2.0\%</math> を目標設定とする</li> </ul>
想定される検証者等	<ul style="list-style-type: none"> <li>国内シェア上位 3 社は、パナソニック、ダイキン工業、三菱電機 (出所: 富士経済「2016 年版 住宅エネルギー・サービス・関連機器エリア別普及予測調査」)</li> </ul>
性能評価のためのコスト	<ul style="list-style-type: none"> <li>実証の費用としては、約 5,000 万円～約 2 億円程度 (有識者ヒアリング)</li> </ul>
想定される検証要件	<ul style="list-style-type: none"> <li>耐候性を付与するために、なんらかの添加剤を加えた C N F 複合材料を開発すると思われる。その際の、強度・流動性・耐候性の両立が必要</li> <li>軽量羽に適した羽形状の設計が必要</li> </ul>
想定される検証期間	<ul style="list-style-type: none"> <li>社会実装に向けた検証期間は、技術的に確立した複合材の技術を横展開できるため、2～3年でファンの長径化は可能と想定</li> </ul>
検証上の想定される課題と解決策	<ul style="list-style-type: none"> <li>自動車用 C N F 部材製造技術をベースに実施すれば、ハードルは下がる。反対に、その技術を所有していない方は、本件を完遂する見込みが極めて低いと想定</li> <li>リサイクル性確保のため繰り返し利用時の特性安定度の確認が必要</li> <li>自動車用 C N F 複合材料部材との相違を考えると、流線型形状部材の成型技術が開発ポイントになると想定される</li> <li>室外機に覆われているとはいえ、屋外環境なので屋外暴露試験は実施したほうがよいと想定 (要求スペックは、屋外使用基準のうち最も低い数値になると思われるが、具体的な数値は不明)</li> <li>評価に必要な素材の安定供給先の確保が必要</li> <li>要求性能の明確化が必要であり、メーカーを巻き込んだ FS 調査の実施が必要</li> </ul>

## ② CNF を活用した照明（面発光 LED の拡散シート）の性能評価モデル事業

項目	内容
対象となる部位	面発光 LED の拡散シート
適用のイメージ	面発光 LED の拡散材への適用として CNF シートが適用可能と想定
2020 年の実現目標 (案)	・面発光 LED の拡散材に適用することによって LED 素子数を削減し、消費電力 75%削減と想定（面発光 LED はすでに市場投入されており、LED 素子数を 1/4～1/8 に削減可能）
想定される検証者等	・国内シェア上位 3 社は、パナソニック、東芝ライテック、遠藤照明（出所：富士経済「2014 年 熱制御・放熱部材市場の現状と新用途展開」）
性能評価のためのコスト	・実証の費用としては、約 5,000 万円～約 2 億円程度（付加価値があれば可能、有識者ヒアリング）
想定される検証要件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ CNF シートの適用可能性があるが、全光線透過率（80～90%以上）、散乱透過率 50%の達成が必要（チャレンジ目標）</li> <li>・半値全角（FWHM）を大きくすることが必要（5度）だが、器具設計次第であるので目標値を設定しないことも一案としてある</li> <li>・ラボレベルでの開発技術を、実デバイスのサイズへ拡張することが必要</li> <li>・高温高湿度下での色変化抑制が必要だが、難燃性の付与は技術的に可能</li> </ul>
想定される検証期間	・半透明シートの検証期間については実証事業が行われていないため不明。実証事業完了時が社会実装開始と想定
検証上の想定される課題と解決策	<ul style="list-style-type: none"> <li>・導光板ではなく、光拡散フィルムをターゲットにすれば、LED 実装技術が不要になるため、実現へのハードルが下がると想定（実証コストは不明だが、数年の LT で十分可能）</li> <li>・ CNF のみ、またはプラスチック複合材料のいずれでも実現可能であるため、それぞれ提案があった場合に優劣を決めるのが困難であると想定</li> <li>・色変化抑制のための耐久性向上技術が必要（CNF サイズの均質化、CNF 疎水化処理等）</li> <li>・事業化に向けては低コスト化が課題であり、高効率なナノファイバー化技術による CNF 製造プロセスコストの削減が必要</li> <li>・ CNF 製造メーカーと照明メーカーとのマッチングが好ましいと想定</li> <li>・下記いずれかの場合なら、単独での実施も可能であると想定 <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 照明メーカー単独ならば、CNF 製造を外部委託</li> <li>2) CNF 製造メーカー単独ならば、照明メーカーがアドバイザーとして参画する必要あり</li> </ol> </li> <li>・評価に必要な素材の安定供給先の確保が必要</li> </ul>

### ③ CNFを活用したセンサー（基板）の性能評価モデル事業

項目	内容
対象となる部位	EMSに用いられるセンサーの基板（エアコンの最適制御）
適用のイメージ	センサー基板への適用としてCNFフィルムが適用可能と想定
2020年の実現目標（案）	・グリーンセンサーを用いた実証実験結果より、電力由来CO <sub>2</sub> 排出量に対して10～11.2%削減と想定
想定される検証者等	・国内シェア上位3社は、パナソニック、日本電気、東芝ライテック（出所：富士経済「2016年版 住宅エネルギー・サービス・関連機器エリア別普及予測調査」）
性能評価のためのコスト	・実証の費用としては、事業規模によることから不明（NEDO グリーンセンサ・ネットワークシステム技術開発プロジェクトは単年6億円）
想定される検証要件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・CNF材料へのデバイス部品実装技術を有することが必要（配線作製技術や部品搭載技術など）</li> <li>・デバイス実装温度に適したCNF材料の作製が必要</li> <li>・ラボレベルでの開発技術を、実デバイスのサイズへ拡張することが必要</li> <li>・デバイス実装、配線形成技術などのセンサー製造プロセスの確立が必要</li> <li>・難燃性付与技術が必要</li> </ul>
想定される検証期間	・CNFシートの検証期間については、既に学識者が作成していることから2～3年で可能（NEDO グリーンセンサ・ネットワークシステム技術開発プロジェクトは4年）
検証上の想定される課題と解決策	<ul style="list-style-type: none"> <li>・CNFセンサーの回路設計やセンサーシステムへの適用技術も必要。センサーと家電を連動させる技術も必要</li> <li>・ハンダ実装における耐熱性の確保、プリントドエレクトロニクス技術との融合が必要であるが、今後CNFの耐熱性は向上が可能であり、またまたハンダ自体も220～250度で用いることができるため、課題は技術的に可能</li> <li>・基材平坦性（透明性）と配線材料との密着信頼性を両立するために、基板表面処理技術が必要</li> <li>・難燃性付与のためのナノサイズ難燃剤添加技術が必要であるが、難燃材料の複合によって技術的に可能（但し、複合によって物性値が変わる可能性がある）</li> <li>・事業化に向けては低コスト化が課題であり、高効率なナノファイバー化技術によるCNF製造プロセスコストの削減が必要</li> <li>・省エネセンサーシステムに関して、家電メーカーのアドバイザー参画が好ましいと想定</li> <li>・評価に必要な素材の安定供給先の確保が必要</li> </ul>

#### ④ CNFを活用した冷蔵庫（板金）の性能評価モデル事業

項目	内容
対象となる部位	冷蔵庫筐体の板金
適用のイメージ	筐体の板金部分への適用としてCNF複合材が適用可能と想定
2020年の実現目標 (案)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・冷蔵庫筐体の板金部分にCNF複合材を適用することで断熱性向上が可能である。</li> <li>・板金部分の5か所をCNFで代替した場合、容量500Lの冷蔵庫1台当たり12kWh/年の削減効果が見込める。この冷蔵庫の年間電力使用量が180kWh/年のため、よって約6.7%の削減効果が見込める（メーカーヒアリングによる）</li> <li>・猶予率を加味し、<math>6.7\% \times 80\% = 5.4\%</math>を目標設定とする</li> </ul>
想定される検証者等	<ul style="list-style-type: none"> <li>・国内シェア上位3社は、パナソニック、シャープ、東芝（出所：矢野経済研究所マーケットシェア辞典）</li> </ul>
性能評価のためのコスト	<ul style="list-style-type: none"> <li>・実証の費用としては、約5,000万円～約2億円程度（樹脂を作るための設備コストが不明であるが範囲内、メーカーヒアリング）</li> </ul>
想定される検証要件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・パネル形状の維持のための骨材添加技術が必要</li> <li>・リサイクル性の確保が必要</li> </ul>
想定される検証期間	<ul style="list-style-type: none"> <li>・板金部分への適用においては、技術的に確立した複合材の技術を横展開できるため、2～3年と想定（事務局想定）</li> </ul>
検証上の想定される課題と解決策	<ul style="list-style-type: none"> <li>・包装材へのCNF封入工程における作業環境（粉塵）の確保が必要。健康上問題ないことを証明することが必要</li> <li>・事業化に向けては低コスト化が課題であり、高効率なナノファイバー化技術によるCNF製造プロセスコストの削減が必要</li> <li>・リサイクル性確保のため繰り返し利用時の特性安定度の確認が必要</li> <li>・評価に必要な素材の安定供給先の確保が必要</li> </ul>

⑤ CNFを活用した洗濯機の性能評価モデル事業

項目	内容
対象となる部位	洗濯機の洗濯槽、パルセータ
適用のイメージ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ステンレス洗濯槽への適用としてCNF複合材が適用可能と想定</li> <li>・パルセータへの適用としてCNF複合材が適用可能と想定</li> <li>・ステンレス槽+パルセータといった一体成形が可能な部材への適用としてCNF複合材が適用可能と想定</li> </ul>
2020年の実現目標(案)	<p>&lt;洗濯槽+パルセータ&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・CNF適用により、既存のステンレス槽と比べて槽の軽量化が見込める。同様に、洗濯槽の底部に用いられるパルセータの軽量化が見込める。ステンレスとCNF複合材の比剛性により洗濯槽及びパルセータの軽量化率は約50%である(メーカーヒアリングに基づく)ため、洗濯時の消費電力削減効果は2.5%と推計</li> <li>・猶予率を加味し、<math>2.5\% \times 80\% = 2.0\%</math>を目標設定とする</li> </ul>
想定される検証者等	<ul style="list-style-type: none"> <li>・国内シェア上位3社は、日立、東芝、パナソニック (出所: GfK Japan(ジーエフケー マーケティングサービス ジャパン) <a href="http://kaden.watch.impress.co.jp/docs/news/506864.html">http://kaden.watch.impress.co.jp/docs/news/506864.html</a>)</li> </ul>
性能評価のためのコスト	<ul style="list-style-type: none"> <li>・実証の費用としては、複合材を用いるため、約5,000万円～約2億円程度と想定(事務局想定)</li> </ul>
想定される検証要件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・CNF複合材は、水周辺環境での使用データがほとんどないため、耐水性に関する検証が必要</li> <li>・CNF複合材は、同一の肉厚ではステンレスより強度が劣るため、同等の強度を得るために厚肉化、リブ等追加が必要であり、厚肉化等により内容積が減少することが予想される。各種許容値は様々な条件から決まるため、これに応じた設計が必要</li> </ul>
想定される検証期間	<ul style="list-style-type: none"> <li>・社会実装に向けた検証期間は、技術的に確立した複合材の技術を横展開できるため、2～3年と想定(事務局想定)</li> </ul>
検証上の想定される課題と解決策	<ul style="list-style-type: none"> <li>・自動車用CNF部材製造技術をベースに実施すれば、ハードルは下がる。反対に、その技術を所有していない方は、本件を完遂する見込みが極めて低いと想定</li> <li>・リサイクル性確保のため繰り返し利用時の特性安定度の確認が必要</li> <li>・評価に必要な素材の安定供給先の確保が必要</li> </ul>

⑥ CNFを活用した蓄電池（電極に塗布するスラリーの増粘剤）の性能評価モデル事業

項目	内容
対象となる部位	蓄電池の電極に塗布するスラリーの増粘剤
適用のイメージ	・電極に塗布するスラリーにはカルボキシメチルセルローズ（CMC）が使われており、増粘剤の代替としてCNFゲルが適用可能と想定
2020年の実現目標（案）	・電極に塗布するスラリーに添加する増粘剤にCNFを適用することによって充放電ロスの解消が見込めるため、高容量化・高効率化が可能（ヒアリングに基づく）と想定されるが、定量的な値は不明
想定される検証者等	・国内シェア上位3社は、ニチコン、日本電気、パナソニック（出所：富士経済「2016年版 住宅エネルギー・サービス・関連機器エリア別普及予測調査」）
性能評価のためのコスト	・開発コストは平成27年度セルローズナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務では1事業当りの上限予算額である5千万円
想定される検証要件	・増粘剤：既存増粘剤（CMCなど）との性能比較と優位性確認が必要（分散安定性、結着性、電池特性など）
想定される検証期間	・社会実装に向けた検証期間は、増粘剤は過年度実証事業済であることから2～3年である
検証上の想定される課題と解決策	・増粘剤：CMCなどと比較した場合のコストメリットが必要 ・増粘剤は実用化に向けてはCNF側からの改良も必要となると考えられるため、CNFサプライヤーと電池メーカーが共同で応募できるような形にする。または、どちらかが応募した場合にもう一方に外注を依頼できるような形にしておくが必要



(住宅建材分野のモデル事業)

① CNFを活用した樹脂窓枠等の性能評価モデル事業

項目	内容
評価対象	CNFを活用した窓枠
適用のイメージ	樹脂（硬質塩ビ）にCNFを添加し、従来型の樹脂サッシよりも高強度化・軽量化された窓枠（及びスペーサー）とする。
2020年の 実現目標（案）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現状流通している樹脂サッシと同等の断熱性能とし、熱貫流率で <math>2.0\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}</math> 程度以下</li> <li>※防火対応品含む最低水準であり、寒冷地対応品等であれば <math>1.0\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}</math> を目安とする</li> <li>※CNF適用による直接のCO<sub>2</sub>削減効果ではなく、CNF添加による樹脂サッシの高強度化・軽量化により、アルミサッシからの転換を図る。</li> </ul>
想定される 検証者等	<ul style="list-style-type: none"> <li>・国内のサッシメーカーが考えられる。</li> <li>・国内の大手サッシメーカーとしては、LIXIL、YKK-AP、三協立山アルミ、不二サッシの他、樹脂サッシ専門メーカーのエクセルシャノンがある。</li> <li>・硬質塩ビ等樹脂にCNFを添加する技術の検証者は、大学や樹脂メーカー等が想定される</li> </ul>
性能評価のための コスト	<ul style="list-style-type: none"> <li>・製品化の前に、硬質塩ビ等樹脂とCNFの複合化の実証が必要となるが、この実証の費用は5,000万円～2億円程度と想定される</li> <li>・実証に必要な製造設備については、リースや既存設備の活用等が適当と考えられる。なお、CNFと塩ビの複合樹脂による製造設備を整備する場合には、10億円程度の費用が想定される</li> </ul>
想定される 検証要件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・サッシメーカーによると、PVCを原料とすることが条件になるとのことであり、PVCとCNFを複合化する技術の早期確立が必要となる（実証例もほとんど把握されていない）。</li> <li>・なお、塩ビとの複合化に必要な良質なCNFマスターバッチの供給が必要となる。</li> <li>・CNFとPVCの複合化による強度向上には、以下の3段階が想定される             <ol style="list-style-type: none"> <li>1)成形・設計には影響しない程度の強度向上レベル                 <ul style="list-style-type: none"> <li>・強度向上分だけPVC使用量が削減でき、コストが低下</li> </ul> </li> <li>2)工場での押出成形でなく、現場施工ができる強度レベル                 <ul style="list-style-type: none"> <li>・製造・流通面でのデメリットの解消</li> </ul> </li> <li>3)アルミと同等または同様の設計が可能な強度レベル                 <ul style="list-style-type: none"> <li>・設計・施工面でのデメリットの解消</li> </ul> </li> </ol> </li> </ul>
想定される 検証期間	<ul style="list-style-type: none"> <li>・CNFとPVCの複合化実証に1～2年かかると想定される。</li> <li>・PVCとの複合化技術が確立された後、窓枠の製品化に1～2年かかる。</li> </ul>
検証上の想定され る課題と解決策	<ul style="list-style-type: none"> <li>・塩ビ自体が複合素材であり、技術は塩ビメーカーの秘匿情報となることが想定されるため、塩ビメーカーとのコンソーシアム組成・提携等が必要となる。</li> <li>・樹脂とCNFの複合化で先行するメーカー等があり、かつ特許が取得されている場合はライセンス契約等の合意が必要となる。</li> <li>・モチベーションを有する実証者の存在</li> </ul>

②CNFを活用した窓ガラス（ガラス断熱）の性能評価モデル事業

項目	内容
評価対象	CNFを活用した窓ガラス（複層ガラス内部の断熱ガスの代替）
適用のイメージ	CNFエアロゲル断熱材（透明）によって、複層ガラス内に充填されるガス（アルゴンガス、クリプトンガス）を代替する
2020年の 実現目標（案）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現状のアルゴンガス（熱伝導率0.016W/m・K）を上回る断熱性能が必要と考えられるため、熱伝導率0.016W/m・K以下を目標とする</li> <li>※クリプトンの熱伝導率は0.009W/m・Kのため現実的でない</li> <li>※断熱性能以外では、ガラスの透明性を阻害しない透明性を有することが必要</li> </ul>
想定される 検証者等	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大学等研究機関、断熱材メーカー、ガラスメーカー等</li> <li>・国内の大手ガラスメーカーとしては、旭硝子、日本板硝子、セントラル硝子がある。</li> </ul>
性能評価のための コスト	<ul style="list-style-type: none"> <li>・複層ガラス内に充填する要件等の検証に5,000万円程度が必要と想定される。</li> <li>・実証に必要な製造設備については、リースや既存設備の活用等が適当と考えられる。なお、超臨界乾燥方式によるCNFエアロゲル断熱材を用いる場合、製造設備の整備には、10億円程度が必要と想定される。</li> <li>・より断熱性能を向上させるため、真空断熱化する場合は、複層ガラス内に充填する要件等の検証にプラス5,000万円程度が必要と想定される。なお、製造設備を整備する場合にはさらに5億円程度が必要と想定される。</li> </ul>
想定される 検証要件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・透明性（透過性）が高く、アルゴンと同等またはそれ以上の断熱性能を有するCNFエアロゲル断熱材が開発されることが前提となる。</li> <li>・アルゴンなどガス充填に対する優位性が必要となることから、特にガス充填の弱点である「長寿命（長期での性能等が維持されること）」が求められる</li> <li>・より断熱性能を向上させるためには、ガラス内部を減圧し、真空断熱状態とすることなどが想定されるが、その場合はシール技術の確立ほか真空状態及び性能を永続化させる真空技術の実証が必要となる（長期の保証が難しい）。</li> </ul>
想定される 検証期間	<ul style="list-style-type: none"> <li>・透明性（透過性）の高いCNF断熱材の実証後、2年程度かかると想定される。</li> </ul>
検証上の想定され る課題と解決策	<ul style="list-style-type: none"> <li>・透明性の高いCNF断熱材の作製技術が確立されること。</li> <li>・モチベーションを有する実証者の存在</li> </ul>

### ③CNFを活用したエアロゲル断熱材（超臨界乾燥由来）の性能評価モデル事業

項目	内容
評価対象	CNFを活用したエアロゲル断熱材（超臨界乾燥由来）
適用のイメージ	住宅用断熱材として超臨界乾燥により作製されたエアロゲルを適用する。
2020年の 実現目標（案）	・熱伝導率ベースで0.015W/m・K程度以下 ※現状の住宅用断熱材の最高性能値から熱伝導率ベースで2割以上低減
想定される 検証者等	・大学等研究機関、断熱材メーカー、その他
性能評価のための コスト	<ul style="list-style-type: none"> <li>・製造設備の整備の前に、住宅建材としての各物性値等を評価することが必要だが、評価可能な大きさに製造する設備がないため、まずはその設備の整備が必要となる（1,000万円～2,000万円程度）。</li> <li>・実証に必要となる製造設備については、海外等からのリースや既存設備の活用等を検討する。</li> <li>・超臨界乾燥方式で建材として使用可能な大きさの断熱材を製造する設備一式のインシヤルコストは10億円～100億円とも言われる（上限値100億円は、建屋や土地代等を含んだ場合）。</li> </ul>
想定される 検証要件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・実証には、以下の1)～3)のプロセスが想定される。</li> <li>1)住宅建材としての性能・物性評価 <ul style="list-style-type: none"> <li>・現状は数センチ角の大きさまでしか製造できないので、住宅建材としての性能・物性評価が可能な大きさ（数十センチ角）に製造加工</li> <li>・現状のラボレベルの設備の大きさを拡大することで対応可能</li> <li>・製造した試験体を用いて性能・物性評価を行い、CNFエアロゲル断熱材の活用用途等についても検討</li> </ul> </li> <li>2)CNFエアロゲル断熱材の製造方法の確立 <ul style="list-style-type: none"> <li>・1)の性能・物性評価、及びCNFエアロゲル断熱材の活用用途検討の結果を受け、製造方法を検討・検証する</li> <li>・製造方法を確立させる</li> </ul> </li> <li>3)量産化可能な製造設備の実証 <ul style="list-style-type: none"> <li>・2)の検討・検証により、CNF断熱材の需要も想定しながら、量産化可能な製造設備についての実証を行う</li> </ul> </li> </ul>
想定される 検証期間	・住宅建材としての性能・物性評価に1～2年程度、CNFエアロゲル断熱材の製造方法の確立に1～2年程度、量産化可能な製造設備についての実証に2年程度かかる、と想定される（全体で4～6年）
検証上の想定される 課題と解決策	<ul style="list-style-type: none"> <li>・開発ができて、高性能断熱材自体の市場がそれほど大きくない。そのため、開発した高性能断熱材が市場ニーズに合う、新規市場を開拓できる特性等がないとペイしない</li> <li>・超臨界乾燥では、バッチ式となることが避けられないため、量産化できて人件費コストが高くなる（全てを機械化・自動化できないため）</li> <li>・CNFエアロゲル断熱材の作製・評価技術が確立されること</li> <li>・モチベーションを有する実証者の存在</li> </ul>

④ CNF を活用したエアロゲル断熱材（常圧乾燥由来）の性能評価モデル事業

項目	内容
評価対象	CNF を活用したエアロゲル断熱材（常圧乾燥由来）
適用のイメージ	住宅用断熱材として常圧乾燥により作製されたエアロゲル（キセロゲル）を適用する。
2020 年の 実現目標（案）	・熱伝導率ベースで 0.015W/m・K 程度以下 ※現状の住宅用断熱材の最高性能値から熱伝導率ベースで 2 割以上低減
想定される 検証者等	・大学等研究機関、断熱材メーカー、その他 ※ポリメチルシルセスキオキサン（以下、PMSQ）など、常圧乾燥によるエアロゲル断熱材に精通した大学等研究機関とのコラボレーションが必要不可欠
性能評価のための コスト	・超臨界乾燥に比べると、実証及び製品化に必要な製造設備の整備コストが大幅に削減されると考えられる ・実証設備や材料のコストより、ケミカルのプロセス実証にコストがかかることが想定される ・PMSQ など常圧乾燥可能な物質と CNF の複合、常圧乾燥化など、常圧乾燥による CNF エアロゲル断熱材製造方法の確立に関する実証に 2,000 万円～5,000 万円程度、建材として使用可能な大きさに製造するための実証に 1 億円～2 億円程度が必要と想定される。 ※現状の PMSQ エアロゲル（常圧）では、1 万円/㎡程度で供給可能な見込みがある ・実証に必要な製造設備については、海外等からのリースや既存設備の活用等を検討する。
想定される 検証要件	・実証には、以下の 1)～3) のプロセスが想定される。 1) PMSQ 等と CNF の複合化及び住宅建材としての性能・物性評価の実証 ・現状、常圧乾燥の PMSQ エアロゲル断熱材は、30cm 角・厚さ 1 cm のキセロゲルタイルが製造可能な状況 ・現状の研究等をベースに、常圧乾燥方式による PMSQ 等と CNF の最適な複合化（強度、透明性、断熱性等）方法を実証 ・上記実証の結果、生成された試験体を用いて、住宅建材としての性能・物性評価を行い、CNF エアロゲル断熱材の活用用途等についても検討 2) 常圧乾燥 CNF エアロゲル断熱材の製造方法の実証 ・1) の性能・物性評価、及び CNF エアロゲル断熱材の活用用途検討の結果を受け、試験体を断熱材として使用可能な大きさに製造するための方法に関する実証を行う 3) 量産化可能な製造設備の実証 ・2) の検討・検証により、CNF 断熱材の需要も想定しながら、量産化可能な製造設備についての実証を行う
想定される 検証期間	・PMSQ 等と CNF の複合化及び住宅建材としての性能・物性評価の実証に 2 年程度、常圧乾燥 CNF エアロゲル断熱材の製造方法の実証に 2 年程度、量産化可能な製造設備についての実証に 1～2 年程度かかる、と想定される（全体で 5～6 年）
検証上の想定される 課題と解決策	・高性能断熱材の市場自体がそれほど大きくないため、検証した高性能断熱材に新規市場を開拓できる特性等がないと普及までは難しい。 ・自動化は難しいが、超臨界乾燥方式より簡易化できるため、バッチ式を可能な限り自動化に近づける製造方法の確立が重要となる ・CNF 製造と常圧乾燥技術のコラボレーション ・早期に常圧乾燥 CNF エアロゲルの実現可能性が明らかとなること

⑤ CNF を活用した発泡断熱材（工場成形）の性能評価モデル事業

項目	内容
評価対象	CNF を活用した発泡断熱材（工場成形）
適用のイメージ	工場成形の住宅用断熱材に発泡成形されたCNFを適用する。
2020年の 実現目標（案）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・熱伝導率ベースで 0.020W/m・K 程度以下（フェノールフォームベースの場合）</li> <li>※現状の工場成形住宅用断熱材の最高性能値（フェノールフォーム）と熱伝導率ベースで同程度とする（普及拡大）。</li> </ul>
想定される 検証者等	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大学等研究機関、断熱材メーカー、その他</li> <li>※CNFの発泡技術を有するメーカー等とのコラボレーションが必要不可欠</li> </ul>
性能評価のための コスト	<ul style="list-style-type: none"> <li>・発泡系断熱材素材にCNFを適用し、現状の発泡系断熱材よりも高倍で発泡させ、熱伝導率を低減させる実証が中心となる。この検証に5,000万円～2億円程度と想定される</li> <li>・実証に必要な製造設備については、海外等からのリースや既存設備の活用等を検討する</li> </ul>
想定される 検証要件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・検証には、以下のプロセスが想定される。 <ol style="list-style-type: none"> <li>1) CNF断熱材の製造方法の確立 <ul style="list-style-type: none"> <li>・発泡系断熱材素材にCNFを適用し、現状の発泡系断熱材よりも高倍で発泡させ、熱伝導率を低減させる実証を行う</li> <li>・上記の検証を経て製造方法を検討・検証し、製造方法を確立させる</li> </ul> </li> <li>2) 量産化可能な製造設備の実証 <ul style="list-style-type: none"> <li>・1)の検討・検証により、CNF断熱材の需要も想定しながら、量産化可能な製造設備についての実証を行う</li> </ul> </li> </ol> </li> </ul>
想定される 検証期間	2～3年程度かかると想定される。
検証上の想定され る課題と解決策	発泡系断熱材素材にCNFを適用し、現状の発泡系断熱材よりも高倍で発泡させ、熱伝導率を低減させる技術の開発

⑥CNF を活用した発泡断熱材（現場施工）の性能評価モデル事業

項目	内容
評価対象	CNF を活用した発泡断熱材（現場施工）
適用のイメージ	現場施工の住宅用断熱材に発泡成形されたCNFを適用する。
2020年の 実現目標（案）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・熱伝導率ベースで0.023W/m・K程度以下（硬質ウレタンフォームベースの場合）</li> <li>※現状の現場施工住宅用断熱材の最高性能値（硬質ウレタンフォーム）と熱伝導率ベースで同程度とする（普及拡大）。</li> </ul>
想定される 検証者等	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大学等研究機関、断熱材メーカー、その他</li> <li>※CNFの発泡技術を有するメーカー等とのコラボレーションが必要不可欠</li> </ul>
性能評価のための コスト	<ul style="list-style-type: none"> <li>・発泡系断熱材素材にCNFを適用し、現状の発泡系断熱材よりも高倍で発泡させ、熱伝導率を低減させる実証が中心となる。この検証に5,000万円～2億円程度と想定される</li> <li>・実証に必要な製造設備については、海外等からのリースや既存設備の活用等を検討する</li> </ul>
想定される 検証要件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・検証には、以下のプロセスが想定される。 <ol style="list-style-type: none"> <li>1) CNF断熱材の製造方法の確立 <ul style="list-style-type: none"> <li>・発泡系断熱材素材にCNFを適用し、現状の発泡系断熱材よりも高倍で発泡させ、熱伝導率を低減させる実証を行う</li> <li>・上記の実証を経て製造方法を検討・検証し、製造方法を確立させる</li> </ul> </li> <li>2) 量産化可能な製造設備の実証 <ul style="list-style-type: none"> <li>・1)の検討・検証により、CNF断熱材の需要も想定しながら、量産化可能な製造設備についての実証を行う</li> </ul> </li> </ol> </li> </ul>
想定される 検証期間	2～3年程度かかると想定される。
検証上の想定され る課題と解決策	<ul style="list-style-type: none"> <li>・発泡系断熱材素材にCNFを適用し、現状の発泡系断熱材よりも高倍で発泡させ、熱伝導率を低減させる技術の開発</li> <li>・普及拡大のためには、断熱性能の向上だけでなく、現場での施工性向上（液垂れしない等）が重要</li> </ul>

⑦ C N F を活用した給湯配管断熱材の性能評価モデル事業

項目	内容
評価対象	C N F を活用した給湯配管断熱材
適用のイメージ	給湯機と浴槽を繋ぐ給湯配管（可撓性に優れたポリエチレン管の発泡ポリエチレンで被覆したチューブ）の断熱材として C N F 活用製品を適用する。
2020 年の 実現目標（案）	熱伝導率ベースで、既存製品比で 20%程度以上低減 ※LPE+10% C N F 発泡で熱伝導率 10%削減可能 ※エアロゲル保温塗料との併用等により更なる削減が可能と考えられる。
想定される 検証者等	三菱樹脂など
性能評価のための コスト	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ C N F とポリエチレンの複合化等、C N F 断熱材の実証及び、給湯配管への適用化の検証に 2,000 万円～5,000 万円程度が必要と想定される</li> <li>・ 実証に必要な製造設備については、リースや既存設備の活用等を検討する</li> <li>・ なお、給湯配管断熱材の製造設備を整備する場合には、2 億円程度が必要になる。</li> </ul>
想定される 検証要件	C N F 断熱材の実用化が前提となる。
想定される 検証期間	C N F 発泡断熱材の検証（2 年程度かかる）の後、給湯配管への適用化の検証に 1 年程度、給湯配管に適用可能な製造方法の検証・設備の整備に 2 年程度かかると想定される。
検証上の想定される 課題と解決策	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ C N F 発泡断熱材の検証（C N F 発泡断熱材の実証が進めば、給湯配管断熱材の実証自体の難易度はそれほど高くないと想定）</li> <li>・ モチベーションを有する実証者の存在</li> </ul>

## Ⅱ. CNFを活用した戸建・集合住宅に関する性能評価モデル事業

### ①戸建住宅（新築）に関する性能評価モデル事業

項目	内容
評価対象	CNFを活用した戸建住宅（新築）
適用のイメージ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ CNFを活用した建材・家電を積極的に導入する</li> <li>・ 以下のような具体的要素が考えられる。 <ol style="list-style-type: none"> <li>1) CNF高性能断熱材を、一般住宅と同様の施工方法・厚さで導入（一般的な方法での断熱効果を特に検証したいため）</li> <li>2) CNF窓の導入は、窓枠のみ（既存複層ガラス）、窓枠複層ガラスの断熱充填のいずれか</li> <li>3) CNFエアコン、CNF照明、CNF配管等を導入</li> </ol> </li> </ul>
2020年の 実現目標（案）	<p>CNFを使用しない場合と比較して、自動車由来を除いた家庭部門のCO<sub>2</sub>排出量を10%程度以上削減</p> <p>※省エネの義務化基準を満たしていることも前提となる。 ※住宅建材で8%程度、家電で2%程度の可能性があると推計される。</p>
想定される 検証者等	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ハウスメーカー単独、もしくは建材・家電製品メーカーのコンソーシアムが想定される。</li> <li>・ 大手ハウスメーカーとしては、大東建託、積水ハウス、大和ハウス、パナホーム、積水ハイム、ミサワホーム等が挙げられる。</li> </ul>
性能評価のための コスト	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 建材+施工費、評価・検証費用で約6,000万円～3億円程度が必要と考えられる（住宅躯体の建設コストは3,000万円～5,000万円と想定）。</li> </ul>
想定される 検証要件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 住宅建材及び家電分野における個々の製品の実証が進み、具体的に製品化されること</li> </ul>
想定される 検証期間	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 個々の部材・部位・製品が製品化されてから2年程度かかると想定される</li> </ul>
検証上の想定される 課題と解決策	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 検証・評価手法の確立が必要となる。</li> <li>・ 各部材・部位・製品に関する性能実証の目処がつくこと</li> <li>・ モチベーションを有する実証者の存在</li> </ul>



## ②戸建住宅（リフォーム）に関する性能評価モデル事業

項目	内容
評価対象	CNFを活用した戸建住宅（リフォーム）
適用のイメージ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・CNFを活用した建材・家電を積極的に導入する</li> <li>・以下のような具体的要素が考えられる。               <ol style="list-style-type: none"> <li>1) CNF窓の導入（窓枠のみ（既存複層ガラス）、窓枠複層ガラスの断熱充填のいずれか）</li> <li>2) CNF断熱材の導入（内装リフォームを想定し、内壁に貼り付けるCNF断熱材（石膏ボード+CNF断熱材がセットになったもの）等）</li> <li>3) CNFエアコンの導入</li> </ol> </li> </ul>
2020年の 実現目標（案）	<p>省エネの義務化基準相当の現状リフォームとの比較で、自動車由来を除いた家庭部門のCO<sub>2</sub>排出量を10%以上削減</p> <p>※家庭部門の冷暖房由来のCO<sub>2</sub>排出量に対して約50%削減されることとなる。</p>
想定される 検証者等	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ハウスメーカーが自社関連物件のリフォーム事業として行う他、各ビルダー（工務店等）の施工が想定される。</li> <li>・大手ハウスメーカーとしては、大東建託、積水ハウス、大和ハウス、パナホーム、積水ハイム、ミサワホーム等が挙げられる。</li> </ul>
性能評価のための コスト	<p>建材+施工費、評価・検証費用で約5千万円～3億円程度かかると想定される。</p> <p>（中古住宅躯体の取得・断熱改修コストで2,000万円～5,000万円、検証に必要な機器設置コストが3,000万円～必要と想定）</p>
想定される 検証要件	住宅建材及び家電分野における個々の製品の実証が進み、具体的に製品化されること
想定される 検証期間	個々の部材・部位・製品が製品化されてから2年程度かかると想定される
検証上の想定される 課題と解決策	<ul style="list-style-type: none"> <li>・断熱リフォーム事例では、投資したコストを冷暖房エネルギー削減効果（光熱費削減効果）で回収するのに20年程度を要することが多いが、我が国の戸建住宅ストックの実質耐用年数が短い（30年程度）ため、コストメリットのある製品が必要。</li> <li>・検証・評価手法の確立が必要となる。</li> <li>・各部材・部位・製品に関する性能実証の目処がつくこと</li> <li>・モチベーションを有する実証者の存在</li> </ul>

### ③木造集合住宅（新築）に関する性能評価モデル事業

項目	内容
評価対象	CNFを活用した木造集合住宅（新築）
適用のイメージ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ CNFを活用した建材・家電を積極的に導入する</li> <li>・ 以下のような具体的要素が考えられる。 <ol style="list-style-type: none"> <li>1) CNF高性能断熱材を、一般の木造集合住宅と同様の施工方法・厚さで導入（一般的な方法での断熱効果を特に検証したいため）</li> <li>2) CNF窓の導入は、窓枠のみ（既存複層ガラス）、窓枠複層ガラスの断熱充填のいずれか</li> <li>3) CNFエアコン、CNF照明、CNF配管等を導入</li> <li>4) 共用部分の照明にCNF照明を適用</li> </ol> </li> </ul>
2020年の 実現目標（案）	<p>CNFを使用しない場合と比較して、自動車由来を除いた家庭部門のCO<sub>2</sub>排出量を10%程度以上削減</p> <p>※省エネの義務化基準を満たしていることも前提となる。</p> <p>※住宅建材で8%程度、家電で2%程度の可能性があると推計される。</p>
想定される 検証者等	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ デベロッパーと環境配慮型マンションの設計等を行う建築設計事務所（日建ハウジングシステム等）と各建材・家電製品メーカーのコンソーシアムを想定</li> <li>・ 大手デベロッパーとしては、住友不動産、東京建物、三井不動産レジデンシャル、三菱地所レジデンシャル、大京、東急不動産、野村不動産、長谷工コーポレーション等が挙げられる。</li> </ul>
性能評価のための コスト	<p>想定する集合住宅の形態によって差異があるが、木造集合住宅で多い小規模世帯向け5世帯前後の集合住宅の場合、建材+施工費、評価・検証費用で約1億円～3億円程度を想定する。（構造・外皮は建物全体で施工するが、部屋自体は1世帯分のみを施工するなど、検証に必要な部分のみ施工することで、建材や計測機器のコストを削減する）</p>
想定される 検証要件	住宅建材及び家電分野における個々の製品の実証が進み、具体的に製品化されること
想定される 検証期間	個々の部材・部位・製品が製品化されてから2年程度かかると想定される
検証上の想定される 課題と解決策	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 大規模な集合住宅を想定し、検証する場合は、一棟全てを新築するのは、コストの面で現実的でないため、CNF導入を想定する建材や家電を入れたモックアップルームを作り、部分評価する方法がある</li> <li>・ 各部材・部位・製品の性能実証に目処がつくこと</li> <li>・ モチベーションを有する実証者の存在</li> </ul> <p>※中層（5階程度まで）の新築は、国内でもRCだけでなく、CLT（大集成断面材）の活用が可能であること、建築業界で特に環境配慮型集合住宅の分野で、木（もく）への関心が高まっていることなどから、CNFをCLTに添加するなど、よりCNFのコンセプトやブランドイメージに沿う建材の活用について取り組むことが考えられる</p>

#### ④木造集合住宅（リフォーム）に関する性能評価モデル

項目	内容
評価対象	CNFを活用した木造集合住宅（リフォーム） ※賃貸用途の木造アパートを想定
適用のイメージ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ CNFを活用した建材・家電を積極的に導入する</li> <li>・ 以下のような具体的要素が考えられる。 <ol style="list-style-type: none"> <li>1) CNF窓の導入（窓枠のみ（既存複層ガラス）、窓枠複層ガラスの断熱充填のいずれか）</li> <li>2) 内装リフォームを想定し、内壁に貼り付ける形のCNF断熱材（石膏ボード+CNF断熱材がセットになったもの）</li> <li>3) CNFエアコン（オーナーの意向にもよる）</li> <li>4) 給湯配管の断熱、共用部のCNF照明</li> </ol> </li> </ul>
2020年の 実現目標（案）	省エネの義務化基準相当の現状リフォームとの比較で、自動車由来を除いた家庭部門のCO <sub>2</sub> 排出量を10%以上削減 ※家庭部門の冷暖房由来のCO <sub>2</sub> 排出量に対して約50%削減されることとなる。
想定される 検証者等	・ 賃貸事業を手がけるハウスメーカー（大東建託、積水ハウス、大和ハウス、パナホーム、積水ハイム、ミサワホーム等）が自社関物件のリフォーム事業として行う他、各ビルダー（工務店等）の施工が想定される
性能評価のための コスト	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 建材+施工費、評価・検証費用で5,000万円～3億円程度かかると想定される。</li> <li>※木造賃貸アパートの場合、断熱改修の負担はオーナー、改修によるメリットは借借人にもたらされるが、借借人の意識は高くないと考えられることから、オーナーが許容するコスト負担はよりシビアと考えられるため、実際の製品化の際には、コストメリットの高いパッケージの開発がより求められると考えられる（20㎡1Kで、30～50万円/部屋程度を想定）</li> </ul>
想定される 検証要件	・ 住宅建材及び家電分野における個々の製品の実証が進み、具体的に製品化されること
想定される 検証期間	・ 個々の部材・部位・製品が製品化されてから2年程度かかると想定される
検証上の想定される 課題と解決策	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 賃貸メインの集合住宅については、部屋単位でのリフォームが可能な仕組みとする必要がある（1日程度で施工可能とし、空室発生時にリフォームする等）。</li> <li>・ 各部材の性能実証に目処がつくこと</li> <li>・ モチベーションを有する実証者の存在</li> </ul>

⑤RC・SRC 集合住宅（新築）に関する性能評価モデル事業

項目	内容
評価対象	CNFを活用したRC・SRC集合住宅（新築） ※中層～高層のマンションを想定
適用のイメージ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・CNFを活用した建材・家電を積極的に導入する</li> <li>・以下のような具体的要素が考えられる。             <ol style="list-style-type: none"> <li>1) コンクリートの外側に断熱材を施工する外断熱と、内側に施工する内断熱があるが、コンクリートに蓄熱性があることから、外断熱を導入する方が断熱性能向上に繋がる</li> <li>2) 高層タワーマンションの場合、高層階は風圧が高く窓の耐荷重が高くなることから、高層の窓については、低層・中層より高強度なタイプを検討。</li> <li>3) 窓への適用については、窓枠のみ（既存複層ガラス）は最低限としつつ、高層はより、眺望の付加価値が高い（ガラスより透明性が低くなることへの抵抗が大きい）ことなどを考慮し、複層ガラスの断熱充填が導入できるかを検討</li> <li>4) HEMS、エアコン、配管の断熱についても導入</li> <li>5) 共用部にCNF照明を導入</li> </ol> </li> <li>・高層住宅では、基本的な骨格を構築した後、壁など各部材は現場はめ込みで低層から高層へと施工していくため、より高強度・軽量部材の需要が高くなる。 ※窓の防火・準防火地域対応は、敷地境界または道路中心線から5m以内が防火窓必須となるが、規模が大きいマンションほど空地率が高くなると想定されるため、支障は少ないと想定される。</li> </ul>
2020年の 実現目標（案）	<p>CNFを使用しない場合と比較して、自動車由来を除いた家庭部門のCO<sub>2</sub>排出量を10%程度以上削減</p> <p>※省エネの義務化基準を満たしていることも前提となる。 ※住宅建材で8%程度、家電で2%程度の可能性があると推計される。</p>
想定される 検証者等	<ul style="list-style-type: none"> <li>・デベロッパーと環境配慮型マンションの設計等を行う建築設計事務所（日建ハウジングシステム等）と各建材・家電製品メーカーのコンソーシアムを想定</li> <li>・大手デベロッパーとしては、住友不動産、東京建物、三井不動産レジデンシャル、三菱地所レジデンシャル、大京、東急不動産、野村不動産、長谷工コーポレーション等が挙げられる。</li> </ul>
性能評価のための コスト	（モックアップルームでの検証の場合）建材+施工費、評価・検証費用で約5,000万円～3億円程度かかると想定される。
想定される 検証要件	住宅建材及び家電分野における個々の製品の実証が進み、具体的に製品化されること
想定される 検証期間	個々の部材・部位・製品が製品化されてから2年程度かかると想定される
検証上の想定される 課題と解決策	<ul style="list-style-type: none"> <li>・より断熱性を高めるためには、耐風圧性、透明性の高いCNF樹脂窓の実証が必要</li> <li>・一棟を新築するのは、コストの面で現実的でないが、CNF導入を想定する建材や家電を入れたモックアップルームを作り、部分評価する方法もある</li> <li>・各部材の性能実証に目処がつくこと</li> <li>・高層集合住宅建材としては、「高強度・軽量化」のニーズが高いため、モチベーションを持つ実証者が現れやすい</li> </ul>

⑥RC・SRC 集合住宅（リフォーム）に関する性能評価モデル事業

項目	内容
評価対象	CNFを活用したRC・SRC集合住宅（リフォーム） ※中層～高層のマンションを想定
適用のイメージ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・CNFを活用した建材・家電を積極的に導入する</li> <li>・以下のような具体的要素が考えられる。               <ol style="list-style-type: none"> <li>1)CNF窓の導入（窓枠のみ（既存複層ガラス）、窓枠複層ガラスの断熱充填のいずれか）</li> <li>2)内装リフォームを想定し、内壁に貼り付ける形のCNF断熱材（石膏ボード+CNF断熱材がセットになったもの）</li> <li>3)CNFエアコン（オーナーの意向にもよる）</li> <li>4)給湯配管の断熱、共用部のCNF照明</li> </ol> </li> <li>※窓の防火・準防火地域対応は、敷地境界または道路中心線から5m以内が防火窓必須となるが、規模が大きいマンションほど空地率が高くなると想定されるため、支障は少ないと想定される。</li> </ul>
2020年の 実現目標（案）	省エネの義務化基準相当の現状リフォームとの比較で、自動車由来を除いた家庭部門のCO <sub>2</sub> 排出量を10%以上削減 ※家庭部門の冷暖房由来のCO <sub>2</sub> 排出量に対して約50%削減されることとなる。
想定される 検証者等	<ul style="list-style-type: none"> <li>・デベロッパーと環境配慮型マンションの設計等を行う建築設計事務所（日建ハウジングシステム等）と各建材・家電製品メーカーのコンソーシアムを想定</li> <li>・大手デベロッパーとしては、住友不動産、東京建物、三井不動産レジデンシャル、三菱地所レジデンシャル、大京、東急不動産、野村不動産、長谷工コーポレーション等が挙げられる。</li> </ul>
性能評価のための コスト	（モックアップルームでの検証の場合）建材+施工費、評価・検証費用で約5,000万円～3億円程度かかると想定される。
想定される 検証要件	住宅建材及び家電分野における個々の製品の実証が進み、具体的に製品化されること
想定される 検証期間	個々の部材・部位・製品が製品化されてから2年程度かかると想定される
検証上の想定される 課題と解決策	<ul style="list-style-type: none"> <li>・リフォームの実証については、オーナーの合意を得ることが大きな課題だが、リフォームによって物件の付加価値が向上することが大きなメリットとなる（ただし、国の補助事業の関係上、権利関係を整理する必要あり）</li> <li>・一棟まるごとリフォームについては、コストの面で現実的でないが、CNF導入を想定する建材や家電を入れたモックアップルームを作り、部分評価する方法もある。</li> <li>・各部材の性能実証に目処がつくこと</li> <li>・モチベーションを有する実証者の存在</li> </ul>

### Ⅲ. (仮称) CNF複合材のリサイクル性能実証モデル事業

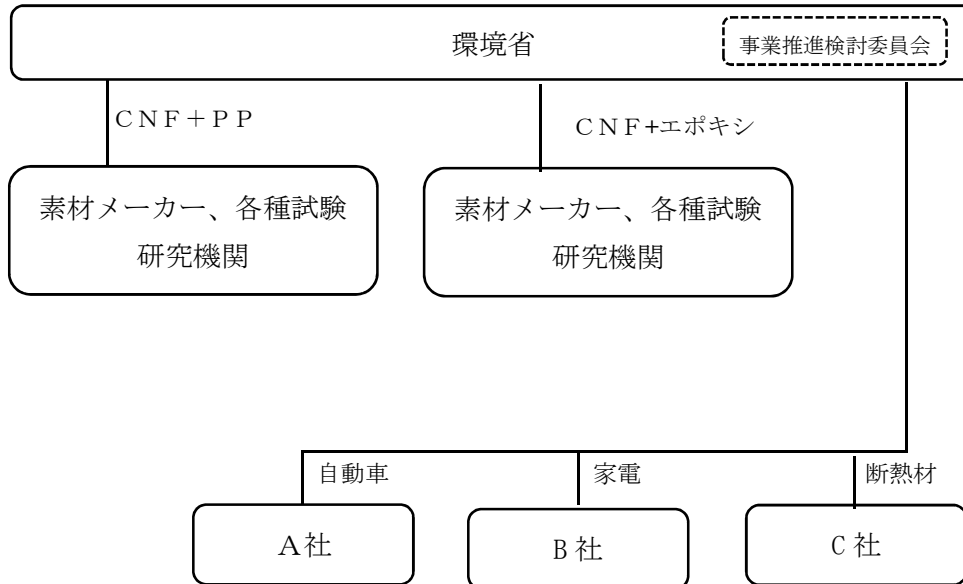


図 7-1 (仮称) CNF複合材のリサイクル性能実証モデル事業の概要 (案)

#### <概要>

- CNF複合材のリサイクル性を確認するとともに、低炭素なリサイクル技術を確立することを目標とするモデル事業である。
- 対象は素材メーカーや各種試験研究機関等が考えられる (コンソーシアムも可)。
- CNF複合材が中心となり、素材、用途に合わせたリサイクル技術の実施が必要となる。
- リサイクル法との整合を取る必要もある。
- 実際にリサイクルを行う場合の実施体制も合わせて検討する必要もある。
- 熱可塑性樹脂と熱硬化性樹脂で難易度が異なる。
- 単に耐久性等を試験するだけでなく、カスケード利用等、付加価値の高い技術の確立を図る。

## ＜その他の環境省として求められる施策等（例）＞

### （１）ＣＮＦ等の推進計画の進捗管理及びモデル事業工程・品質管理

- ・ＣＮＦ等の推進計画の進捗管理
- ・各モデル事業の工程・品質管理（計画照査、工程管理、実証試験等への立会い、成果（報告書）の照査・検収）
- ・各モデル事業の成果検証・評価（計画に対する達成状況の評価、ＣＯ<sub>2</sub>削減効果の検証・評価、技術熟度の評価（ＴＲＡ））
- ・事業課題の抽出と改善策の提案等（環境省事業としての評価、共通的な事業課題の抽出・整理、改善策の検討・提案）
- ・事業検証委員会の運営
- ・意見交換会等の開催
- ・ＬＣＡ評価（全般的な評価） ※各部材のＬＣＡ評価は各性能評価モデル事業にて実施
- ・その他

### （２）ＣＯ<sub>2</sub>排出量削減のためのＣＮＦ基本情報等整備

- ・ＣＮＦの最新動向調査・整理
- ・ＣＮＦのＣＯ<sub>2</sub>排出量削減に貢献する用途開発に係る事業者情報の整理
- ・パテントマップの整理（特許情報の整理）
- ・物性データベース構築
- ・ビジネスマッチングのための場の提供

### （３）広報

- ・パンフレットの作成・修正・配布
- ・成果発表会の開催

### （４）その他

- ・他省庁（経産省等）と連携したＣＮＦの標準化・規格化の推進
- ・ＣＮＦ複合材の廃棄・リサイクル・リユースに関する調査・検討

## 7.5. モデル事業の費用対効果（採算性）の分析

### 7.5.1. モデル事業の費用対効果の評価方法の基本的な考え方の整理

平成 29 年度以降の CNF 実証モデル事業の費用対効果について、評価方法を設定し、分析を行う。これは地球温暖化対策としての CO<sub>2</sub> 削減効果の最大化と費用対効果の最大化の観点から、対象とすべきモデル事業を設定することを目的としており、これによって最適な CNF 部材の選定が可能となる。

具体的な評価方法としては、まず評価対象とする事業範囲を設定し、次に評価指標を用いて費用対効果の分析を行った。評価手法として用いる評価軸は、「モデル事業の想定費用（円）」、「2030 年累計 CO<sub>2</sub> 削減量（t-CO<sub>2</sub>）」と「費用対効果（万円/t-CO<sub>2</sub>）」とした。

評価の対象範囲を設定するにあたり、バリューチェーン内における複数の実証モデル事業の位置づけを明確にしたものを、図 7-2 に示す。

モデル事業の費用対効果の評価の際には、「CNF 活用製品の性能評価モデル事業」における CNF 部材を対象としている。

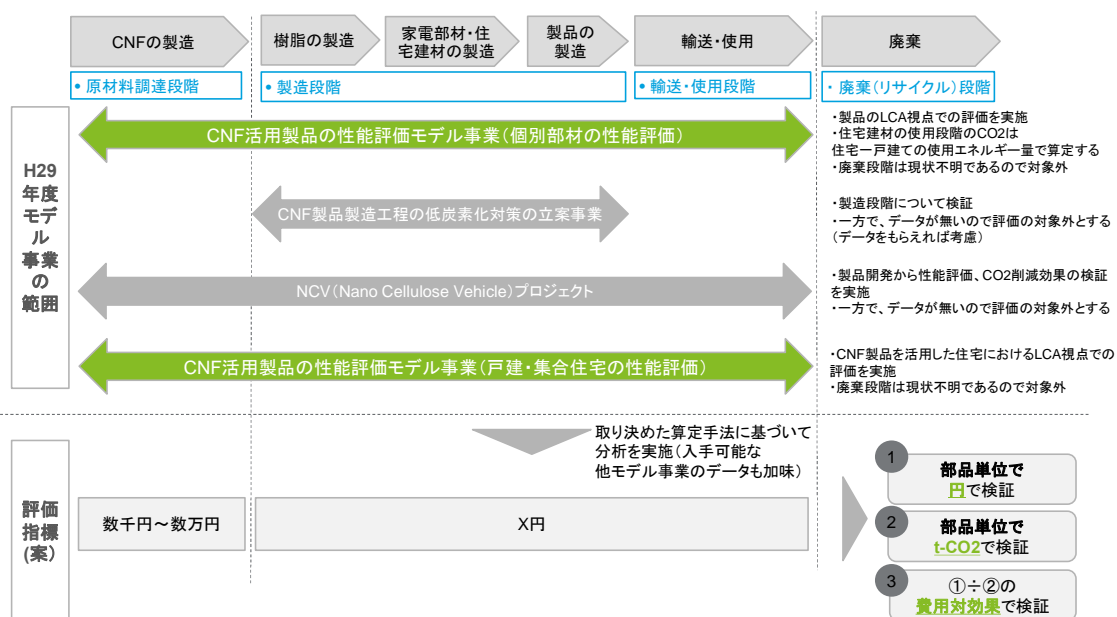


図 7-2 費用対効果分析の対象範囲



次に、家庭部門からの波及効果が見込める部材を特定し、その算定範囲を明確化した。家電部材における波及効果の高い部材とその範囲を図 7-3 に示す。

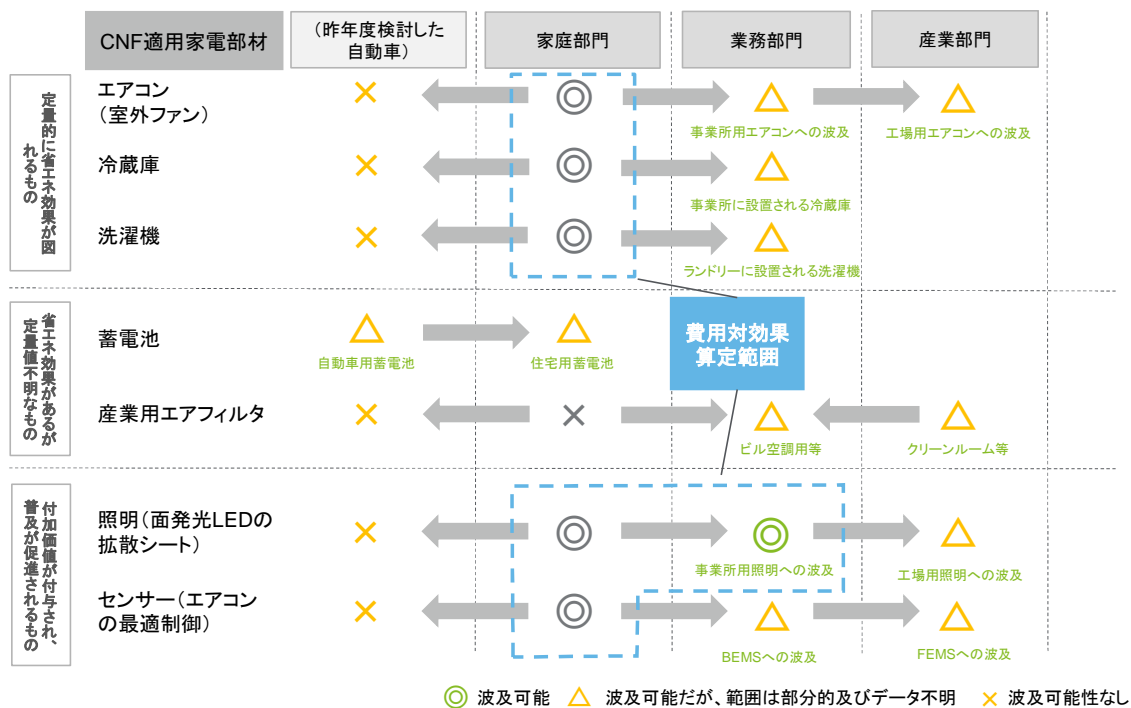


図 7-3 家電部材における波及効果の高い部材とその範囲

波及可能であるが、ストックや原単位が不明なものが多く、結果として照明（面発光LEDの拡散シート）の業務部門への波及効果を算定範囲に含めることとした。

次に、評価軸として設定した3つの指標について、ベースとなる考え方を図 7-4 に示す。



図 7-4 設定した3つの評価軸のベースとする評価の考え方

3つの指標のうち、温暖化対策としての意義を訴求するためにも、「指標② 2030年累計CO<sub>2</sub>削減量(t-CO<sub>2</sub>)」を重視すべきであり、さらにコスト効率的に温暖化対策を実施するという意味で、「指標③ 費用対効果(万円/t-CO<sub>2</sub>)」も指標として有効であると考えられる。よって、本分析では、指標②と指標③を評価指標として分析を実施した。

## 7.5.2. 評価の実施

前項ではモデル事業の費用対効果の評価手法の基本的な考え方を整理した。本項では、設定した評価手法を用いてモデル事業の評価を行った。分析にあたっては費用の設定が必要であったため、モデル事業の想定費用をWGやヒアリングなどでの情報を基に設定した。CO<sub>2</sub>削減量の算定方法については、既存の部材とCNF部材ごとの使用段階におけるCO<sub>2</sub>削減量を概算した。最後にモデル事業の想定費用と算定したCO<sub>2</sub>削減量を用いて費用対効果を算定し、これに基づいてモデル事業の費用対効果の分析を行った。費用対効果分析のステップを図7-5に示す。

### 1 家電部材・住宅建材を構成する部品当たりのモデル事業想定コスト

大分類	小分類	①モデル事業の想定費用(円)	②CO <sub>2</sub> 削減量(t-CO <sub>2</sub> )	1t-CO <sub>2</sub> 削減するためのコスト(①/②)
家電部材	エアコン(ファン)	〇〇	〇〇	〇〇
	LED(拡散シート)	〇〇	〇〇	〇〇
	センサー(基板)	〇〇	〇〇	〇〇
	...	〇〇	〇〇	〇〇
住宅建材	樹脂窓枠	〇〇	〇〇	〇〇
	断熱材			
	...			

各家電部材・住宅建材を構成するCNF適用に資する部品単位でのコストを算出する

### 2 CO<sub>2</sub>削減量の評価



### 3 費用対効果分析

1t-CO<sub>2</sub>削減するための家電及び住宅建材1製品当たりのコスト(万円/kg)とCO<sub>2</sub>削減量(tCO<sub>2</sub>)をもとに効果を分析する

図7-5 費用対効果分析に至るステップ

なお、LCAをベースとしたCO<sub>2</sub>削減量の試算結果については、7.5.4に後述した。

次に、採算性分析の評価方法イメージを図7-6に示す。「指標② 2030年累計CO<sub>2</sub>削減量(t-CO<sub>2</sub>)」をY軸に、「指標③ 費用対効果(万円/t-CO<sub>2</sub>)」をX軸とし、モデル事業の分類を行うこととした。

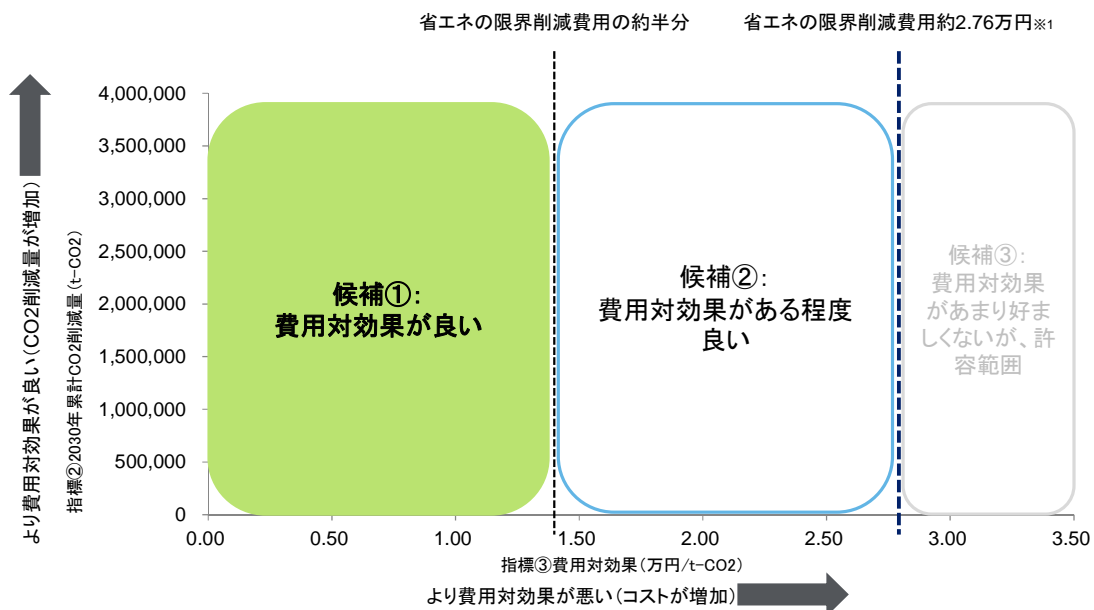


図 7-6 採算性分析の評価方法イメージ

出典：※1 公益財団法人地球環境産業技術研究機構、約束草案の排出削減努力の評価と 2030 年以降の排出削減への道筋、CO<sub>2</sub>限界削減費用推計より約 250US ドル（2005 年レート 110.2 円/ドルで計算）を採用し、DTC 推計

CO<sub>2</sub>削減量と費用対効果の程度により、候補①から候補③まで分類を行うこととした。なお、分類を実施するにあたり、費用対効果の指標の1つとして、省エネの限界削減費用約 2.76 万円を示す。また、候補①と候補②を分ける指標として、省エネの限界削減費用約 2.76 万円の約半分を設定した。

### ① 想定コストとCO<sub>2</sub>削減量試算

前述までに、費用対効果の評価における指標の決定などを行った。ここでは、まずモデル事業の想定コストとCO<sub>2</sub>削減量の試算を行った。WGやヒアリングなどの情報を基に設定したモデル事業の2020年の実現に向けた想定費用を表7-12に示す。なお、情報を得られなかったモデル事業については、一律で単年度2億円で設定した。

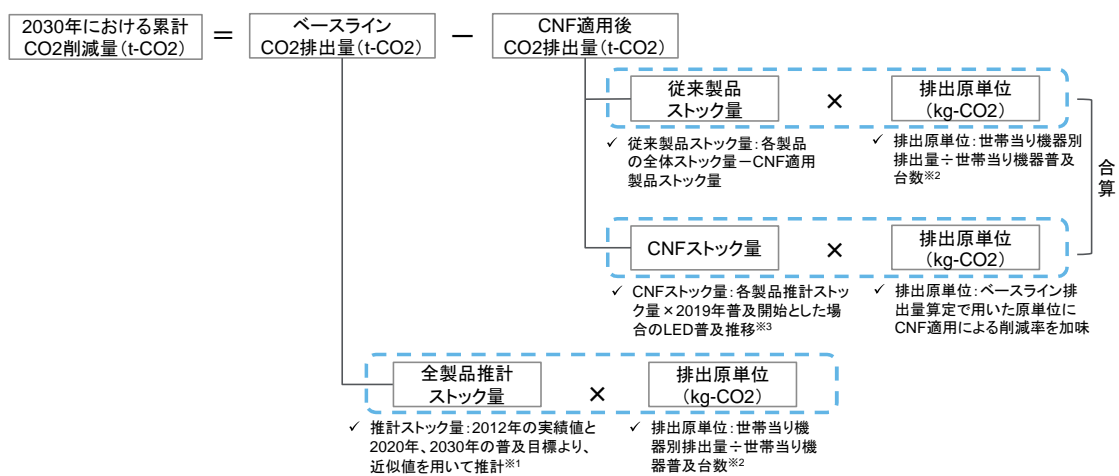
表 7-12 設定したモデル事業の想定費用

分野	区分	主要構成材料	代替想定素材	(参考) 単年度 想定費用 (円)	想定費用 (円)
				A	A×3年
家電	エアコン(室外ファン)	GFRP	CNF 10%+PP	200,000,000	600,000,000
	照明(面発光LEDの拡散シート)	アクリル樹脂、PET系樹脂	CNF透明シート	200,000,000	600,000,000
	センサー(エアコンの最適制御)	PEN樹脂等	CNF透明シート	200,000,000	600,000,000
	蓄電池(電極に塗布するスラリーの増粘剤)	CMC	CNFゲル	200,000,000	600,000,000
	産業用エアフィルタ	マイクロガラス繊維	CNFゲル	200,000,000	600,000,000
	冷蔵庫(筐体の板金部分)	鋼板	CNF 10%+PP	50,000,000	150,000,000
	洗濯機(洗濯槽・パラセータ)	ステンレス、GFPP	CNF 10%+PP	200,000,000	600,000,000
住宅建材	樹脂窓枠	硬質塩化ビニル	CNF+硬質塩ビ	200,000,000	600,000,000
	窓ガラス(複層ガラス内部の断熱)	アルゴンガス、クリプトンガス	CNFエアロゲル	50,000,000	150,000,000
	エアロゲル断熱材(超臨界乾燥由来)	フェノールフォーム	CNFエアロゲル	200,000,000	1,600,000,000
	エアロゲル断熱材(常圧乾燥由来)	フェノールフォーム	CNFエアロゲル	200,000,000	600,000,000
	発泡断熱材	ウレタンフォーム、ポリスチレンフォーム	CNF断熱材	200,000,000	600,000,000
	給湯配管	発泡PE	CNF 10%+発泡PE	50,000,000	150,000,000

上記のとおり、モデル事業の想定費用は概ね6億円を想定した。なお、エアロゲル断熱材（超臨界乾燥由来）の想定費用は、製造設備の実証のための設備として、追加コスト10億円を加算した。

次にCO<sub>2</sub>削減量を算定するにあたり、その算定方法を家電及び住宅建材に分けて整理した。家電におけるCO<sub>2</sub>削減量推計の算定方法を図7-6、住宅建材におけるCO<sub>2</sub>削減量推計の算定方法を図7-7に示す。

### CO<sub>2</sub>削減量推計の算定方法(家電分野)



※家庭部門からの波及効果が見込めるため算定範囲とした業務照明のCO<sub>2</sub>削減量の推計においても、同様の算定方法を採用

図7-7 家電分野におけるCO<sub>2</sub>削減量推計の算定方法

出典：※1 エアコン：一般財団法人ヒートポンプ・蓄熱センター『ヒートポンプ普及見通し調査2015/1/16』、LED：三菱総研『平成26年度エネルギー環境総合戦略調査（過去のエネルギー需給見通しにおける各種対策の進展状況・進展見通し等に関する調査）報告書』センサー：国土交通省「住宅経済関連データ」  
 ※2 環境省「日本の温室効果ガス排出量の算定結果2012年」（<http://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg/2012yoim-8-10.pdf>）  
 ※3 環境省中央環境審議会第111回（平成24年10月24日）参考資料4「3. エネルギー対策（家庭部門）」

家電分野におけるCO<sub>2</sub>削減量は、推計した製品のストック量と排出原単位を用いて算定することとした。また、CNFを適用した製品のストック量については、CNF普及率を加味し、算定を行った。なお、家庭部門からの波及効果が見込める業務用照明についても、同様に、推計した製品のストック量と排出原単位を用いて算定することとした。

## CO2削減量推計の算定方法(住宅建材分野)

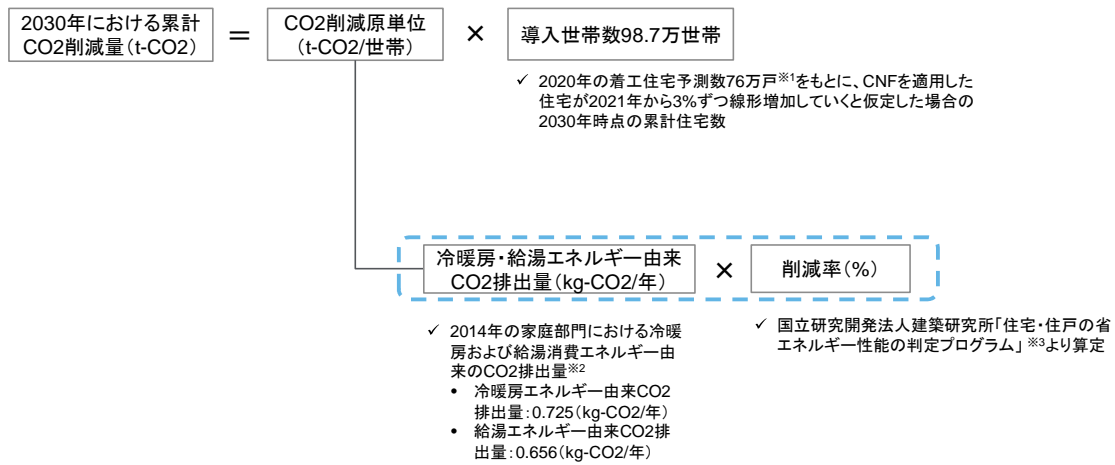


図 7-8 住宅建材分野におけるCO<sub>2</sub>削減量推計の算定方法

出典：※1 野村総合研究所資料（[https://www.nri.com/jp/news/2015/150615\\_1.aspx](https://www.nri.com/jp/news/2015/150615_1.aspx)）  
 ※2 環境省「2014年度（平成26年度）温室効果ガス排出量（家庭部門）」、p.8  
 （[http://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg/2014yoin2\\_7.pdf](http://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg/2014yoin2_7.pdf)）  
 ※3 国立研究開発法人建築研究所「住宅・住戸の省エネルギー性能の判定プログラム」（<http://house.classic.lowenergy.jp/?agree=yes>）

住宅建材分野におけるCO<sub>2</sub>削減量推計の算定方法を図7-8に示す。住宅建材分野におけるCO<sub>2</sub>削減量は、世帯当たりのCO<sub>2</sub>削減原単位と2030年時点での累計導入世帯数を用いて算定することとした。なお、2030年時点での累計導入世帯数98.7万世帯は、2020年の着工住宅予測数76万戸をもとに、CNFを適用した住宅が2021年から3%ずつ線形増加していくと仮定した場合の世帯数とした。

次に、家電分野におけるCNF普及率を図7-9に、住宅建材分野におけるCNF普及率を図7-10に示す。

家電におけるCNFの普及率は、2019年から商用化開始と仮定し、LEDの普及推移を参考に、2020年6%、2030年40%と一律で推計した。

住宅建材におけるCNFの普及率は、2020年から3%/年で線形増加し、2030年時点新築の30%となるよう、推計した。

### 家電におけるCNF普及率の推移

LED普及率を 採用した根拠	CNFの普及率は、新技術を用いた製品が市場投入されてからの普及率と同様の普及推移を辿ると考えることから、LEDの普及率を採用した
LED普及率の 推計方法	LED普及率は2007年に商用化が開始し、2013年実績が23%、普及目標が2020年50%、2030年100%であることから、近似値を用いて経年の普及率を推計した
CNF普及率	CNFの普及率は2019年に商用化が開始されると仮定し、2019年からLEDの普及率と同様の値を採用している。これによってCNFの普及率は2020年に6%、2030年に40%と推計した

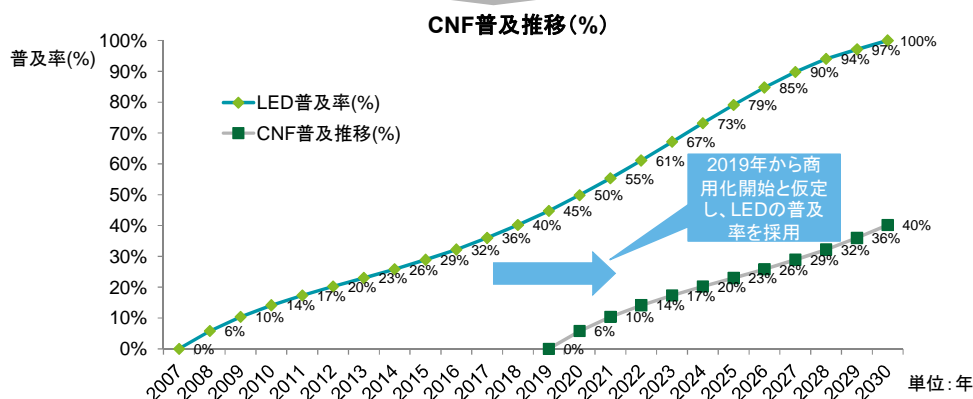


図 7-9 家電におけるCNF普及率の推移

### 住宅建材におけるCNF普及率の推移

CNF普及率の 設定根拠	CNFを活用した部位・製品等を使用した新築住宅の割合が2020年から3%ずつ増加していくと仮定（一気に普及するという可能性があるがWG委員より意見があったが、いつの時点で一気に普及が進むのか特定が困難であるため）
CNF普及率	2020年から+3%/年で線形増加し、2030年時点新築の30%となるよう推計した

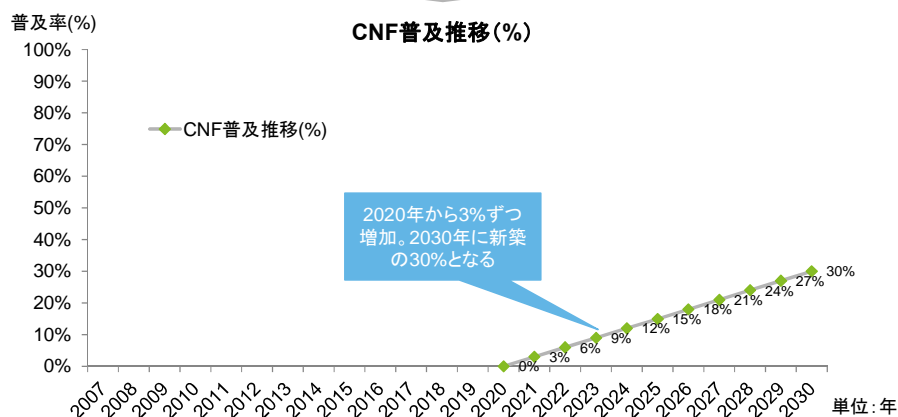


図 7-10 住宅建材におけるCNF普及率の推移



次に、2030年の累計CO<sub>2</sub>削減量の概算結果を表7-13に示す。

表 7-13 2030年累計CO<sub>2</sub>削減量の算定結果

分野	区分	主要構成材料	代替想定 of 素材	2030年累計削減量	機器別削減率	業務部門へ展開した場合の2030年累計削減量
				(t-CO <sub>2</sub> )	(%)	(t-CO <sub>2</sub> )
家電	エアコン（室外ファン）	GFRP	CNF 10%+PP	51,819	0.8%	- (原単位、ストック不明)
	照明（面発光LEDの拡散シート）	アクリル樹脂、PET系樹脂	CNF透明シート	3,875,198	30.1%	2,821,395
	センサー（エアコンの最適制御）	PEN樹脂等	CNF透明シート	340,807	0.5%	- (原単位、ストック不明)
	蓄電池（電極に塗布するスラリーの増粘剤）	CMC	CNFゲル	- (削減効果不明)	- (削減効果不明)	- (削減効果不明)
	産業用エアフィルタ	マイクロガラス繊維	CNFゲル	- (家庭部門は効果不明)	- (家庭部門は効果不明)	- (業務部門は効果不明)
	冷蔵庫（筐体の板金部分）	鋼板	CNF 10%+PP	159,978	2.2%	- (業務部門は効果不明)
	洗濯機（洗濯槽・パラセータ）	ステンレス、GFPP	CNF 10%+PP	4,522	0.7%	- (業務部門は効果不明)
住宅建材	樹脂窓枠	硬質塩化ビニル	CNF+硬質塩ビ	197,011	-	-
	窓ガラス（複層ガラス内部の断熱）	アルゴンガス、クリプトンガス	CNFエアロゲル	35,779	-	-
	エアロゲル断熱材（超臨界乾燥由来）	フェノールフォーム	CNFエアロゲル	90,568	-	-
	エアロゲル断熱材（常圧乾燥由来）	フェノールフォーム	CNFエアロゲル	90,568	-	-
	発泡断熱材	ウレタンフォーム、ポリスチレンフォーム	CNF断熱材	81,021	-	-
	給湯配管	発泡PE	CNF 10%+発泡PE	64,747	-	-

CO<sub>2</sub>削減量の算定結果として、家電分野においては、「照明（面発光 LED の拡散シート）」が、また住宅建材分野においては、「樹脂窓枠」が最も削減量が多い結果となった。照明のCO<sub>2</sub>削減量が突出して多い要因としては、LED を含む照明全体をベースラインとした場合に、CNF を適用した面発光 LED のCO<sub>2</sub>削減率を 75%と設定して推計したことが考えられる。なお、照明（面発光 LED の拡散シート）が業務部門に波及した場合の削減量は、2,821,395 (t-CO<sub>2</sub>) であった。

一方で、照明やセンサーについては、CNF を適用した部材単体による削減効果ではないことから、参考扱いとし、蓄電池は単体の削減効果が無く、産業用エアフィルタはストック量や原単位などが不明のため、以後分析から除外した。

## ② 費用対効果の算定

モデル事業の想定費用と算出した 2030 年の累計CO<sub>2</sub>削減量を用いて、モデル事業の費用対効果を算定した。算定結果を表 7-14 に示す。

費用対効果の算定結果として、家電分野においては、「洗濯機」が、また住宅建材分野においては、「エアロゲル断熱材（超臨界乾燥由来）」が、費用対効果があまり良くない結果となった。洗濯機においては、CO<sub>2</sub>削減量が他の製品と比べて小さいこと、エアロゲル断熱材においては、実証のための製造設備費用として、想定費用に 10 億円を加算していることが要因であると考えられる。

表 7-14 モデル事業の費用対効果の算定結果

分野	区分 (※は参考扱い)	実証想定費用	2030年累計削減量	業務部門へ展開した場合の 2030年累計削減量	費用対効果 (家庭部門)	費用対効果 (業務部門)
		(円)	(t-CO <sub>2</sub> )	(t-CO <sub>2</sub> )	(万円/ t-CO <sub>2</sub> )	(万円/ t-CO <sub>2</sub> )
家電	エアコン(室外ファン)	600,000,000	51,819	-	1.16	-
	照明(面発光LEDの拡散シート)※	600,000,000	3,875,198	2,821,395	0.02	0.01
	センサー(エアコンの最適制御)※	600,000,000	340,807	-	0.18	-
	冷蔵庫(筐体の板金部分)	600,000,000	159,978	-	0.38	-
	洗濯機(洗濯槽・パラセータ)	150,000,000	4,522	-	3.32	-
住宅建材	樹脂窓枠	600,000,000	197,011	-	0.30	-
	窓ガラス(複層ガラス内部の断熱)	150,000,000	35,779	-	0.42	-
	エアロゲル断熱材(超臨界乾燥由来)	1,600,000,000	90,568	-	1.77	-
	エアロゲル断熱材(常圧乾燥由来)	600,000,000	90,568	-	0.66	-
	発泡断熱材	600,000,000	81,021	-	0.74	-
	給湯配管	150,000,000	64,747	-	0.23	-

### 7.5.3. モデル事業の費用対効果の分析

これまでに算定した、「モデル事業の想定費用（円）」、「2030年累計CO<sub>2</sub>削減量（t-CO<sub>2</sub>）」、「費用対効果（万円/t-CO<sub>2</sub>）」をもとに、モデル事業の費用対効果の分析を行った。「費用対効果（円/t-CO<sub>2</sub>）」をX軸、「2030年累計CO<sub>2</sub>削減量（t-CO<sub>2</sub>）」をY軸に設定し、図7.5-5の順位付けに基づき、選定した結果を図7-11に示す。

#### 費用対効果分析に基づくモデル事業の選定結果(H28年度事業)

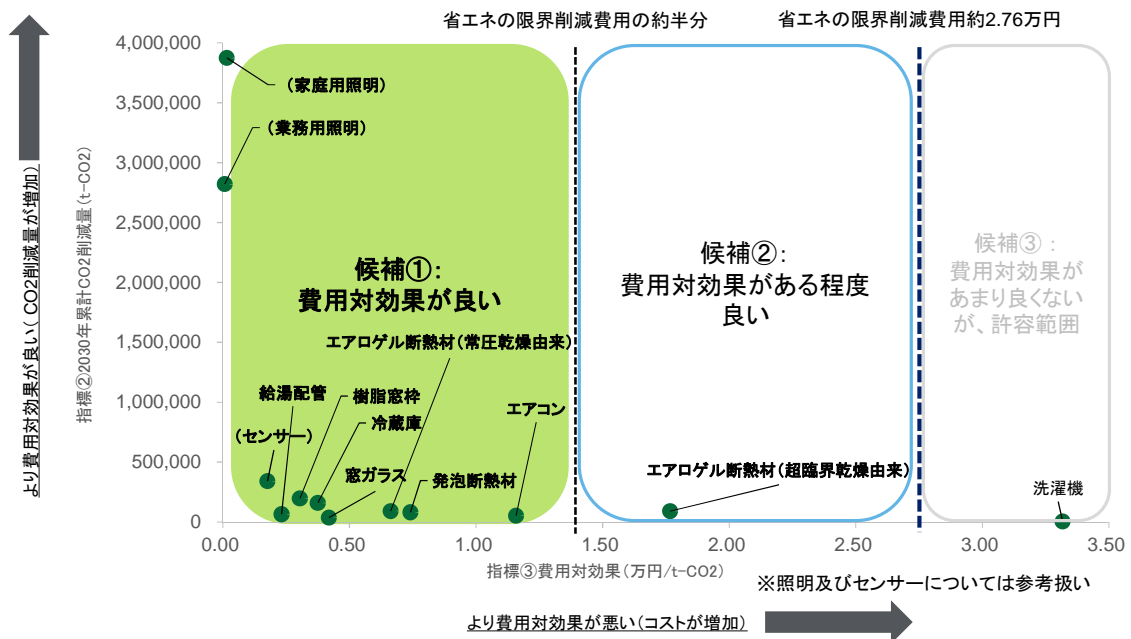


図 7-11 モデル事業の費用対効果の分析結果

分析の結果、「樹脂窓枠」や「給湯配管」、「冷蔵庫」等が候補①に、「エアロゲル断熱材(超臨界乾燥由来)」が候補②に、「洗濯機(洗濯槽・パラセータ)」が候補③となった。

評価の高いモデル事業の分析結果(降順)を図7-12に示す。

区分	主要構成材料	代替想定素材	実証想定費用	2030年累計削減量	費用対効果 ※業務用照明含む	
			(円)	(t-CO2)	(万円/t-CO2)	
給湯配管	発泡PE	CNF+発泡PE	150,000,000	64,747	0.23	候補①
樹脂窓枠	硬質塩化ビニル	CNF+硬質塩ビ	600,000,000	197,011	0.30	
冷蔵庫(筐体の板金部分)	鋼板	CNF10%+PP	600,000,000	159,978	0.38	
窓ガラス(複層ガラス内部の断熱)	アルゴンガス、クリプトンガス	CNFエアロゲル	150,000,000	35,779	0.42	
エアロゲル断熱材(常圧乾燥由来)	フェノールフォーム	CNFエアロゲル	600,000,000	90,568	0.66	
発泡断熱材	ウレタンフォーム、ポリスチレンフォーム	CNF断熱材	600,000,000	81,021	0.74	候補②
エアコン(室外ファン)	GFRP	CNF10%+PP	600,000,000	51,819	1.16	
エアロゲル断熱材(超臨界乾燥由来)	フェノールフォーム	CNFエアロゲル	1,600,000,000	90,568	1.77	候補③
洗濯機(洗濯槽・パラセータ)	ステンレス、GFPP	CNF10%+PP	150,000,000	4,522	3.32	
業務用照明(面発光LEDの拡散シート)※1	アクリル樹脂、PET系樹脂	CNF透明シート	600,000,000	2,821,395	0.01	参考扱い
照明(面発光LEDの拡散シート)※1	アクリル樹脂、PET系樹脂	CNF透明シート	600,000,000	3,875,198	0.02	
センサー(エアコンの最適制御)※1	PEN樹脂等	CNF透明シート	600,000,000	340,807	0.18	

※1 CNFを適用した部材単体による削減効果ではないことから参考扱い

図 7-12 評価の高いモデル事業の分析結果(降順)

費用対効果が良い候補①に選定されたモデル事業のうち、「給湯配管」、「樹脂窓枠」、「冷蔵庫(筐体の板金部分)」、「窓ガラス(複層ガラス内部の断熱)」、「エアロゲル断熱材(常圧乾燥由来)」、「発泡断熱材」、「エアコン(室外ファン)」という順に評価が高いことがわかった。

費用対効果がある程度良い候補②に選定されたモデル事業は、「エアロゲル断熱材(超臨界乾燥由来)」のみとなった。

費用対効果があまり良くないが許容範囲内であるとした候補③に選定されたモデル事業は、「洗濯機(洗濯槽・パラセータ)」となった。なお、「照明(面発光LEDの拡散シート)」及び「センサー(エアコンの最適制御)」については、費用対効果は良いものの、CNFを適用した部材単体による削減効果ではないことから、参考扱いとした。

これまでの分析から、候補①のモデル事業から推進していくべきであることが示されたが、あくまでもCO<sub>2</sub>削減量、費用対効果の指標に基づいて分析したものであり、モデル事業の検証要件や想定される課題などによって、推進すべきモデル事業の順位付けは変動する可能性があることに留意が必要である。

#### 7.5.4. LCAデータを用いたCO<sub>2</sub>削減量の推計

前項において、「2030年累計CO<sub>2</sub>削減量 (t-CO<sub>2</sub>)」、「費用対効果 (万円/t-CO<sub>2</sub>)」をもとに、モデル事業の費用対効果の分析を行い、費用対効果の高い順にモデル事業の選定を行った。ここでは、CO<sub>2</sub>削減量 (t-CO<sub>2</sub>) の算定方法として、既存の部材とCNF部材ごとにLCAをベースとして試算を行った。対象製品は、算定に用いるデータ収集の程度から、エアコン及び給湯配管とした。LCAをベースとしたCO<sub>2</sub>排出削減量の算定イメージを図7-13に示す。

製造段階及び廃棄（リサイクル）段階においては、データがないため、算定の対象外とした。CO<sub>2</sub>削減量については、原単位及び部材重量を用いて算定を行うこととした。

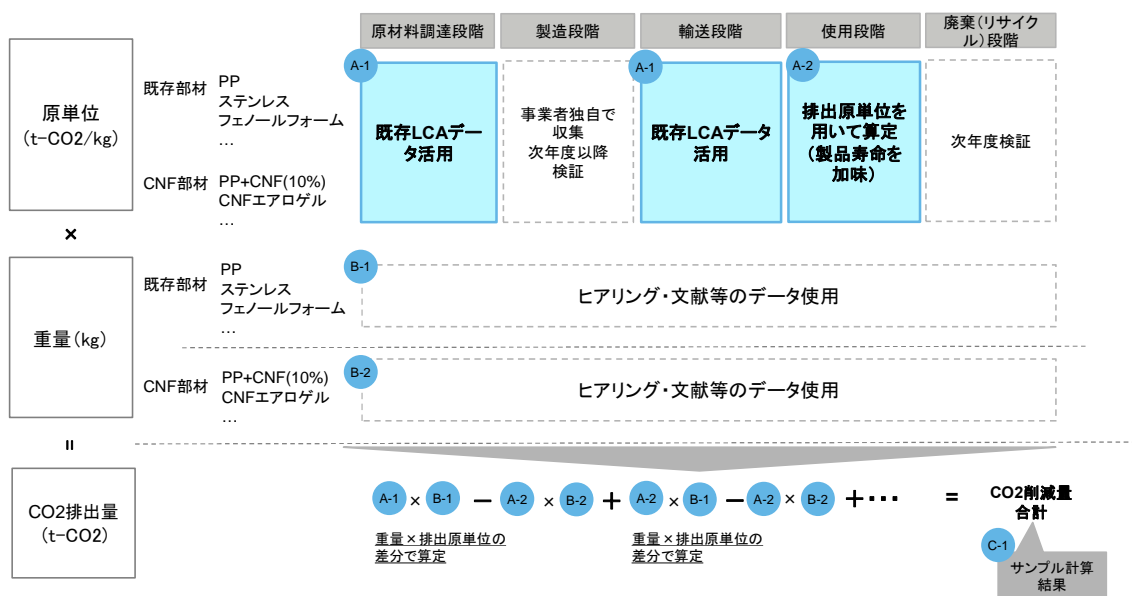


図 7-13 LCAをベースとしたCO<sub>2</sub>排出削減量の算定イメージ

次に、試算に用いた既存LCAデータを表7-15に示す。

給湯配管は、既存素材を「発泡PE」、代替素材を「CNF+発泡PE」で想定しているものの、原単位データがないため、本項においては既存素材を「PE」、代替素材を「PE+CNF(10%)」としている。

表 7-15 A-1\_各素材のLCAデータ(原単位)

大項目	小項目	素材	原材料調達 (t-CO2/kg)	製造 (t-CO2/kg)	輸送 (t-CO2/kg)	使用 (t-CO2/kg)	廃棄 (t-CO2/kg)	合計 (t-CO2/kg)
原単位	既存素材	PP	0.00148	個別製造プロセスによることから、今回算定外	0.000217	排出原単位	廃棄データがないことから、今回算定外	0.00170
		PE	0.00188		0.000217			0.00210
		鉄鉄	0.00108		0.000217			0.00130
		アルミ地金	0.00314		0.000217			0.00336
		ガラス	0.00408		0.000217			0.00430
		銅	0.00168		0.000217			0.00190
		PA6	0.00116		0.000217			0.00138
	軟質プラスチック発泡製品	0.00496	0.000217		0.00518			
	CNF素材	PP+CNF(10%)	0.00338		0.000217			0.00359
		ガラス+CNF(10%)	0.00733		0.000217			0.00754
		PA6+CNF(10%)	0.00253		0.000217			0.00275
CNF単体※1		0.01490	0.000217	0.01512				
PE+CNF(10%)※2		0.00374	0.000217	0.00395				
削減量	既存素材	—	各原単位×重量	各原単位×重量	削減原単位	—		
	CNF素材	—	各原単位×重量	各原単位×重量	削減原単位	—		

※1: CNF単体のLCA出典: 日本製紙連合会・LCA小委員会  
 ※2: デロイトトーマツコンサルティング推計

次に、使用段階におけるCO<sub>2</sub>排出量を表7-16に示す。

表7-16 A-2\_使用段階におけるCO<sub>2</sub>排出量原単位

区分	①既存_CO2排出量	②2020年における削減率	③CNF_CO2排出量
	消費エネルギー平均(t-CO <sub>2</sub> /台)※1	(%)	①×(1-②)(t-CO <sub>2</sub> /台)
エアコン(室外ファン)	0.0746	2.0%	0.0731
給湯配管(※2)	1.725	1.94%	1.692

※1 2012年家庭のエアコン消費エネルギー平均を世帯当り機器別CO<sub>2</sub>排出量÷世帯当り機器普及台数にて算出  
 ※2 使用段階においては給湯器を想定

使用段階においては、1製品当たりの使用エネルギー量を算定した。CNF適用製品については、2020年の実現目標である2%を削減率として算定した。また、給湯配管については、事業推進検討委員会の資料を基に、1.94%を削減率として算定した。なお、LCA算定で用いる使用段階のCO<sub>2</sub>排出量は、ここで算定したCO<sub>2</sub>排出量原単位に、エアコン及び家庭用エコキュートの製品寿命として法定耐用年数である6年を乗じて算定した。

次に、算定に用いた部材の重量について、表7-17に示す。

表7-17 B-1、B-2\_既存部材及びCNF部材の重量

区分1	区分2	主要構成材料	代替想定素材	重量	備考	出所
				(kg)		
既存部材	エアコン(室外ファン)	GFRP	CNF10%+PP	0.40	シャープ社HPより国内向け小型機種のファン重量を採用(p32)	<a href="http://www.sharp.co.jp/corporate/rd/n37/pdf/105_08.pdf">http://www.sharp.co.jp/corporate/rd/n37/pdf/105_08.pdf</a>
	給湯配管	PE	CNF+PE	28.9	16A保温材外径0.043m 内径0.023m 長さ30m、PEの密度0.93(g/cm <sup>3</sup> )を用いて推計	エックス都市研究所よりデータ受領
CNF部材	エアコン(室外ファン)	GFRP	CNF10%+PP	0.38	GFの密度2.54(g/cm <sup>3</sup> )とCNF単体の密度1.4(g/cm <sup>3</sup> )の比率を用いて推計	<a href="http://www.fibertech-inc.com/newpage4.htm">http://www.fibertech-inc.com/newpage4.htm</a>
	給湯配管	PE	CNF+PE	30.4	PEの密度0.93(g/cm <sup>3</sup> )、CNF単体の密度1.4(g/cm <sup>3</sup> )の比率を用いて推計	-



各部材の重量については、メーカーHP 等を用いて算定を行った。

次に、これまでのデータを用いて算定したLCAにおけるCO<sub>2</sub>削減量の試算結果を表7-18に示す。

表 7-18 C-1\_LCAにおけるCO<sub>2</sub>削減量試算結果

区分	既存部材重量(kg)	代替部材重量(kg)	①既存(t-CO <sub>2</sub> )						②CNF代替(t-CO <sub>2</sub> )						CO <sub>2</sub> 削減量(t-CO <sub>2</sub> )
			①合計(A+B+C+D+E)	A原材料調達	B製造	C輸送	D使用	E廃棄	②合計(F+G+H+I+J)	F原材料調達	G製造	H輸送	I使用	J廃棄	
エアコン(室外ファン)	0.40	0.38	0.4484	0.0006	-	0.0001	0.4478	-	0.4402	0.0013	-	0.0001	0.4388	-	0.0083
給湯配管	28.9	30.4	10.4106	0.0544	-	0.0063	10.3500	-	10.2691	0.1135	-	0.0066	10.1490	-	0.1416

※CNF適用前後で発泡工程は同一と想定(発泡PEのLCAデータ不明のため、PEのLCAデータ、比重を用いて算出した)

エアコンの室外ファンをCNF代替した場合、原材料調達段階においてCO<sub>2</sub>排出量が微増しているが、使用段階における削減効果により、ライフサイクル全体で0.0083t-CO<sub>2</sub>の削減効果が見込めることがわかった。また給湯配管をCNF代替した場合、使用段階における削減効果により、ライフサイクル全体で0.1416t-CO<sub>2</sub>の削減効果が見込めることがわかった。

最後に、CO<sub>2</sub>削減量の試算結果に基づく効果の試算について、算定した結果を表7-19に示す。

表 7-19 CO<sub>2</sub>削減量の推計結果に基づく効果の試算結果

区分	使用段階における削減率(%)	原材料調達段階におけるCO <sub>2</sub> 増加率(%)	LCAでのCO <sub>2</sub> 削減率(%)	CNFの重量(kg)	既存CO <sub>2</sub> 排出量あたりのCNF重量(kg/t-CO <sub>2</sub> )
エアコン(室外ファン)	2.00	0.16	1.84	0.022	0.049
給湯配管	1.94	0.57	1.36	4.352	0.418

算定の結果、エアコン(室外ファン)モデル事業及び給湯配管モデル事業のCNF製品の使用段階における削減率はほぼ同じ割合であるが、原料調達工程におけるCO<sub>2</sub>排出量の増加率は給湯配管のモデル事業の方が大きいことがわかった。これは、CO<sub>2</sub>排出量当たりのCNFの使用量が、給湯配管の方が大きいことに起因しており、現状は、CNF製品においては、原材料調達段階でCO<sub>2</sub>排出量が増加することから、使用段階のCO<sub>2</sub>削減量はもとより、原材料調達段階でのCO<sub>2</sub>増加量並びに、CNF使用量についても、留意する必要があると考える。

## 7.6 モデル事業の推進計画の策定

以上より、実現可能性があると判断されたモデル事業等について、モデル事業の推進計画を作成した。推進計画（工程表）（案）を図 7-14 に示す。

モデル事業推進計画(案)			月別		推進計画		実施計画		実施状況		平成30年度(4年目)		平成31年度(5年目)		平成32年度(社会実装検証)		平成33年度以降(普及)		備考	
タスク	実施担当者	実施者(代表事業者)	H27(1年目)	平成28年度(2年目)	平成29年度(3年目)	平成30年度(4年目)	平成31年度(5年目)	平成32年度(社会実装検証)	平成33年度以降(普及)	10月~	1月~	4月~	7月~	10月~	1月~	4月~	7月~	10月~		1月~
推進計画策定及び工程・品質管理支援業務等	推進計画作成・見直し・マネジメント	環境省	委託先(支援)																	
	モデル事業の工程・品質管理	環境省	委託先(支援)																	
	CO2排出削減のためのCNF基本情報等整備業務	環境省	委託先(支援)																	
広報	各種媒体による広報	環境省の取組説明用パンフレットの作成・配布	環境省	委託先(支援)																
		環境省HP整備・運用	環境省	委託先(支援)																
		成果報告会・シンポジウム等の開催	環境省	委託先(支援)																
		コンセプトカーの展示等	環境省	未定																
協賛調達・製造工程・供給体制等の検討	地域における低炭素なCNF用途開発F5委託業務	住宅部材用途実証	環境省	静岡大学																
		製造プロセス等	環境省	三重県産業支援センター																
		原料調達(仕様・選定等)	環境省	岡山県																
CNF製品製造工程の低炭素化対策の立案事業	CNF複合樹脂	環境省	パナソニック																	
	CNF複合樹脂製品	環境省	愛媛大学産業イノベーションセンター																	
	ゴム製品	環境省	大王製紙																	
部材としての実証	CNF活用製品の性能評価モデル事業	インパネ周辺内装材	環境省	トクラス																
		自動車用金属部材	環境省	トヨタ車体																
		ドアパネル内側・天井パネル等内装材	環境省	九州大学																
		自動車用バッテリー(リチウムイオン二次電池)	環境省	第一工業製薬																
自動車としての実証	CNF活用製品の性能評価モデル事業	社会実装に向けたCNF軽量材料の開発及び評価・検証	環境省	京都大学																
		自動車分野におけるCNF軽量部品の導入実証及び性能評価・検証	環境省	産業環境管理協会																
家電としての実証	CNF活用製品の性能評価モデル事業	家電の軽量化	環境省	パナソニック																
		エアコン(室外ファン)	環境省	未定																
		商業用LEDの拡散シート	環境省	未定																
		冷蔵庫	環境省	未定																
		センサー(基板)	環境省	未定																
		蓄電池(増設用)	環境省	未定																
		洗濯機(洗濯槽・バルセータ)	環境省	未定																
住宅建材としての実証	CNF活用製品の性能評価モデル事業	樹脂窓枠等	環境省	未定																
		窓ガラス(ガラス断熱)	環境省	未定																
		エアロゲル断熱材(超臨界乾燥由来)	環境省	未定																
		エアロゲル断熱材(常圧乾燥由来)	環境省	未定																
		発泡断熱材(工場成形)	環境省	静岡大学																
		発泡断熱材(現場施工)	環境省	静岡大学																
		鉛筆管断熱材	環境省	未定																
戸建・集合住宅の導入としての実証	CNF活用製品の性能評価モデル事業	戸建住宅(新築)	環境省	未定																
		戸建住宅(リフォーム)	環境省	未定																
		未通集合住宅(新築)	環境省	未定																
		未通集合住宅(リフォーム)	環境省	未定																
		RC・SRC集合住宅(新築)	環境省	未定																
		RC・SRC集合住宅(リフォーム)	環境省	未定																
リサイクル(転換)リサイクル時の課題・解決策検討の実証事業	環境省	未定																		
その他	標準化・規格化	経済産業省(国研)産業技術総合研究所																		

図7-14 モデル事業の推進計画(工程表)(案)