

平成29年度環境省委託業務

平成29年度
セルロースナノファイバーの
リサイクルモデル事業の推進計画等の策定委託業務
報告書

平成30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
一般社団法人産業環境管理協会

はじめに

セルロースナノファイバー（以下「CNF」という。）は、木材等のカーボンニュートラルな植物由来の原料で、高い比表面積と空孔率を有していることから、軽量でありながら高い強度や弾性を持つ素材として、様々な基盤素材への活用が期待され、精力的な開発が進められている。特に、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）への活用は、軽量化や高効率化、断熱性などにより、エネルギー消費を削減することから、地球温暖化対策への多大なる貢献が期待されている。

また、これまで、国・民間で行われてきた技術開発の蓄積により、CNFは素材として実用段階に入り、CNFの物性を活かした用途開発の取り組みが活発になりつつあるが、CNF市場の拡大が進んだ後の、CNFのリサイクル時の課題・解決策の検討はほとんど実施例がなく、今後様々な実証モデル事業によるこれらの検討が必要である。

本業務では、地球温暖化対策の観点からのCNFの早期社会実装に向けて、CNFリサイクル事業の事業計画の策定を行った。また、CNFリサイクルの実施によるCO₂削減効果、易リサイクル性、リサイクル技術等における、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29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、及び一般社団法人産業環境管理協会の3者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たい。

平成29年度セルロースナノファイバーの
リサイクルモデル事業の推進計画等の策定委託業務
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	5
1.5 ヒアリング調査の実施概要	6
1.6 事業検証委員会の設置・運営	8
1.7 モデル事業受託者意見交換会の開催	10
第2章 本業務で用いる略語等の解説	12
第3章 CNFのリサイクルモデル事業の推進計画策定	19
3.1 実現目標の設定	19
3.1.1 CNF活用製品の普及状況の想定	19
3.1.2 現時点のCNF活用製品のリサイクルの実証可能性等検討	27
3.1.3 実現目標の設定	34
3.2 評価項目・方法の整理	39
3.2.1 評価項目・要求性能の整理	39
3.2.2 CO ₂ 削減効果の評価方法の検討	45
3.2.3 CNF製品の社会実装時のCO ₂ 削減量の推計	50
3.3 技術的、法的、経済的、社会的課題の抽出	63
3.3.1 CNFリサイクルの必要性の検討	63
3.3.2 CNFリサイクルの考え方の検討	69
3.3.3 リサイクル技術の整理	72
3.3.4 リサイクルプロセスの整理	78
3.3.5 リサイクルにおける課題の抽出	82
3.3.6 課題に対する対応策の検討	92
3.3.7 対応策のまとめ	110
3.3.8 ヒアリング調査結果のまとめ	117

3.4	モデル事業の推進計画の策定	123
3.4.1	CNFリサイクル事業の普及促進方策の検討	123
3.4.2	CNFリサイクルに関するモデル事業の検討	125
3.4.3	CNFリサイクルに関するモデル事業の費用対効果（採算性）の分析	132
3.4.4	CNFリサイクルに関するモデル事業の事業実現性の評価	139
3.4.5	モデル事業の推進計画の策定	139
第4章	CNF活用製品の開発・商用化状況調査	141
4.1	環境省CNF関連事業の現状把握	141
4.1.1	各モデル事業に関する文献調査	141
4.1.2	モデル事業受託者へのアンケート・ヒアリング調査	147
4.2	各モデル事業の実施計画等に対する達成状況の調査	152
4.2.1	実施計画に対する達成状況の調査	152
4.2.2	実現目標及び評価項目に対する達成状況の整理	157
4.2.3	達成されていない場合の対応策の提案	170
4.3	CO ₂ 削減効果の検証・評価	171
4.3.1	各モデル事業のCO ₂ 削減効果の評価方法・検証方法の整理	171
4.3.2	是正方針・是正案の提案	173
4.4	技術熟度の調査	181
4.4.1	TRAの概要と導入目的	181
4.4.2	TRA評価結果	186
4.4.3	TRA評価結果を踏まえた改善案（事業終了時TRA4相当）	187
4.4.4	TRA評価結果を踏まえた改善案（商用化前TRA6相当）	190
第5章	CNF最新動向調査	193
5.1	国内外のCNF最新動向の整理	193
5.1.1	政策・プロジェクト海外ヒアリング調査	195
5.1.2	政策・プロジェクト文献調査	222
5.1.3	標準化文献調査	278
5.1.4	特許文献調査	289
5.1.5	CNF原材料等の生産状況・生産体制の調査	320
5.2	CNFの早期社会実装に向けた新たな取組が必要な課題の特定等調査	322
5.2.1	諸外国との比較	323
5.2.2	普及戦略	324
5.2.3	普及の課題	326
5.2.4	課題の対応策	327

第6章 平成30年度以降のCNF事業の推進のあり方の検討	328
6.1 環境省事業（CNF関連事業の集合体）としての評価	328
6.2 共通的な事業課題の抽出・整理	329
6.3 平成30年度以降のCNF事業の推進のあり方の検討	330
6.3.1 平成30年度以降のCNF事業の推進のあり方の検討	331
6.3.2 環境省CNF関連事業の全体ロードマップの策定	335
6.4 効果的な広報の実施	338
6.4.1 広報計画の策定	338
6.4.2 一般消費者を対象とした広報活動	339
6.4.3 事業者を対象とした広報活動	344
第7章 本年度業務のまとめと課題の整理	348
7.1 本年度業務のまとめ（主な成果）	348
7.2 今後の課題と対応方針案	350

巻末資料：

巻末資料1：「エコライフ・フェア2017」及び「エコプロ2017」の展示パネル

巻末資料2：平成29年度広報資料（チラシ、リーフレット）

巻末資料3：CNFの物性・特徴等の整理結果

概要（サマリー）

平成 29 年度セルロースナノファイバーのリサイクル モデル事業の推進計画等の策定委託業務

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、木材等のカーボンニュートラルな植物由来の原料で、高い比表面積と空孔率を有していることから、軽量でありながら高い強度や弾性を持つ素材として、様々な基盤素材への活用が期待され、精力的な開発が進められている。特に、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）への活用は、軽量化や高効率化、断熱性などにより、エネルギー消費を削減することから、地球温暖化対策への多大なる貢献が期待されている。

また、これまで、国・民間で行われてきた技術開発の蓄積により、CNFは素材として実用段階に入り、CNFの物性を活かした用途開発の取り組みが活発になりつつあるが、CNF市場の拡大が進んだ後の、CNFのリサイクル時の課題・解決策の検討はほとんど実施例がなく、今後様々な実証モデル事業によるこれらの検討が必要である。

本業務では、地球温暖化対策の観点からのCNFの早期社会実装に向けて、CNFリサイクル事業の事業計画の策定を行う。また、CNFリサイクルの実施によるCO₂削減効果、易リサイクル性、リサイクル技術等における、クリアすべき要求性能、評価項目等について整理することを目的とする。

2. 業務実施フロー

業務実施フローを図-1に示す。

※図中の番号は本報告書の章番号とは異なる

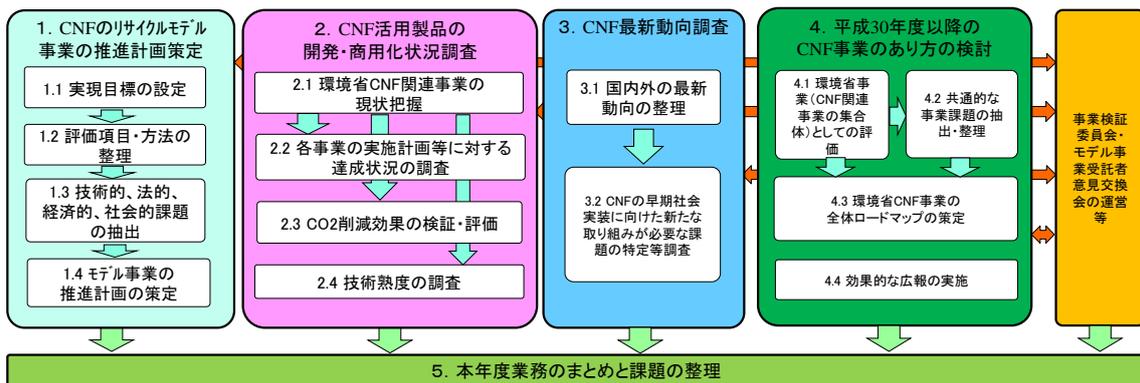


図-1 業務実施フロー

3. CNFのリサイクルモデル事業の推進計画策定

(1) 実現目標の設定

2020年及び2030年におけるCNF活用製品の普及状況を予測するとともに、現時点のCNF活用製品のリサイクルの実証可能性等を検討し、2020年及び2030年のCNFリサイクルの実現目標（案）を設定した。

(2) 評価項目・方法の整理

当該製品・部材がリサイクル後も有効に機能するための評価項目・評価方法を関連するJIS規格等を基に整理するとともに、CNF製品のリサイクルによるCO₂削減効果の評価方法を検討し、CNFのリサイクル技術が社会実装された際のCO₂削減量の推計を行った。

(3) 技術的、法的、経済的、社会的課題の抽出

CNFリサイクルの必要性、CNFリサイクルの考え方、CNFリサイクルの技術、リサイクルプロセスの整理を実施した上で、CNFリサイクルにおける技術的・経済的・社会的・法的課題を抽出し、リサイクルプロセス別・実証ニーズ別に対応策をまとめた。

(4) モデル事業の推進計画の策定

CNFリサイクル事業の普及促進方策を検討し、CNFリサイクルに関する新規モデル事業の具体案を提案した。また、これらモデル事業について、費用対効果及び事業実現性の評価を行い、モデル事業の推進計画を策定した。

4. CNF活用製品の開発・商用化状況調査

(1) 環境省CNF関連事業の現状把握

環境省が実施しているモデル事業について、報告書等の文献調査、モデル事業受託者へのアンケート・ヒアリング調査を行い、各事業が実証する製品・部材や技術などを把握した。

(2) 各事業の実施計画等に対する達成状況の調査

上記(1)の調査結果を踏まえ、各モデル事業における「主要な検証項目・検証技術に関する達成状況」、「各課題（人的資源、設備、原材料、実証方法）についての達成状況」、「実現目標及び評価項目」を評価し、課題及び改善策を提示した。

(3) CO₂削減効果の検証・評価

上記(1)の調査結果を踏まえ、各事業のCO₂削減効果の評価方法・検証方法、LCAレベルでのCO₂削減効果の算定における課題等を整理し、是正案を提示した。

(4) 技術熟度の調査

技術熟度評価制度 (TRA) に基づくアンケート・ヒアリング調査を行い、各モデル事業の技術熟度を評価し、評価結果を踏まえた改善案を提示した。

5. CNF 最新動向調査

(1) 国内外の最新動向の整理

国内外の政策・プロジェクト動向、標準化動向、特許動向、CNF 原材料等の生産状況・生産体制等について、主に文献による調査を行い、これらの動向を整理した。政策・プロジェクト動向については海外 (欧州) ヒアリング調査を実施した。

(2) CNF の早期社会実装に向けた新たな取り組みが必要な課題の特定等調査

上記 (1) の調査結果を踏まえ、CNF 早期社会実装に向けた課題と対応策を検討した。

普及に向けての課題への対応策として、標準化の方向性討議、事業結果の省庁間での共有、将来製造価格の精緻化、標準化内容の検討、官民連携での製品原料提供等の方策を提示した。

6. 平成 30 年度以降の CNF 事業の推進のあり方の検討

(1) 環境省事業 (CNF 関連事業の集合体) としての評価

「3. CNF 活用製品の開発・商用化状況調査」の結果について、定量的・定性的な評価軸について検討した上で、それら評価軸に沿って全体としての評価を行った。

(2) 共通的な事業課題の抽出・整理

環境省 CNF 関連事業の全体ロードマップの策定にあたって、これまでの調査結果を踏まえ、環境省 CNF 事業における共通的な課題について抽出・整理を行い、解決策・改善策を提示した。

(3) 平成 30 年度以降の CNF 事業の推進のあり方の検討

平成 30 年度以降の CNF 事業の推進のあり方として、情報共有・連携のための場づくりの方向性を提案した。また、環境省が設定した 2030 年度の実現目標に向けた、環境省 CNF 関連事業の全体ロードマップを策定した。

7. 効果的な広報の実施

地球温暖化対策としての CNF の早期社会実装を推進するため、CNF の有用性を広く社会に認知・啓発することを目的に、「エコライフ・フェア 2017」及び「エコプロ 2017」において広報を実施した。実施にあたって広報資料を作成し、会場等で配布した。

8. 事業運営等

(1) 事業検証委員会の設置・運営

CNFのリサイクルモデル事業の推進計画の策定や、平成30年度以降のCNF事業の推進のあり方の検討等に関して、専門的な知見を得ることを目的とし、7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検証委員会を設置し、年度内に3回開催した。

(2) モデル事業受託者意見交換会の開催

環境省で実施しているモデル事業の全受託者を対象に、モデル事業受託者意見交換会を実施した。意見交換会は、ヒアリング等を通じて把握された共通的な課題など、モデル事業受託者にとって有益な情報を提供し、モデル事業受託者からの活発な意見交換を促すことで、各モデル事業の成果向上に繋げることを目的として実施した。

9. 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

FY2017

Commissioned Program to Prepare the Plan to Promote the Recycling Model Projects using Cellulose Nanofiber

1. Purpose of the program

Cellulose nanofiber (CNF), which is a raw material derived from carbon neutral plants such as timbers, has the features of light weight, high strength, and high flexibility for its high surface specific area and porosity properties. Because of those features, CNF is expected to be used for various basic materials and therefore, the intense development program is being promoted. In particular, its use in high strength materials (such as auto parts and cases for home appliances) and high performance materials (such as building materials and interior materials) leads to the reduction of energy consumption through weight reduction, high efficiency, and thermal insulation. In this way, CNF presents an expectation of a significant contribution to the global warming countermeasures.

As a result of the accumulation of the technological developments by both the public and private sectors, CNF has entered into the practical application stage as a material. While application development by using the properties of CNF is energetically promoted, examples of examination of issues and solutions for CNF recycling following an expansion of the CNF market are not readily available. These issues need to be examined through various verification model projects.

In this project, a CNF recycling project plan has been established for an early introduction of CNF into the society in terms of the global warming countermeasures. This program also addresses the clarification of the required performances and criteria to be resolved including the effects on CO₂ reduction by the CNF recycling, recyclability, and recycling technology effects.

2. Work flow

Figure 1 shows the work flow

* The numbers in the diagram are different from the section numbers in this report.

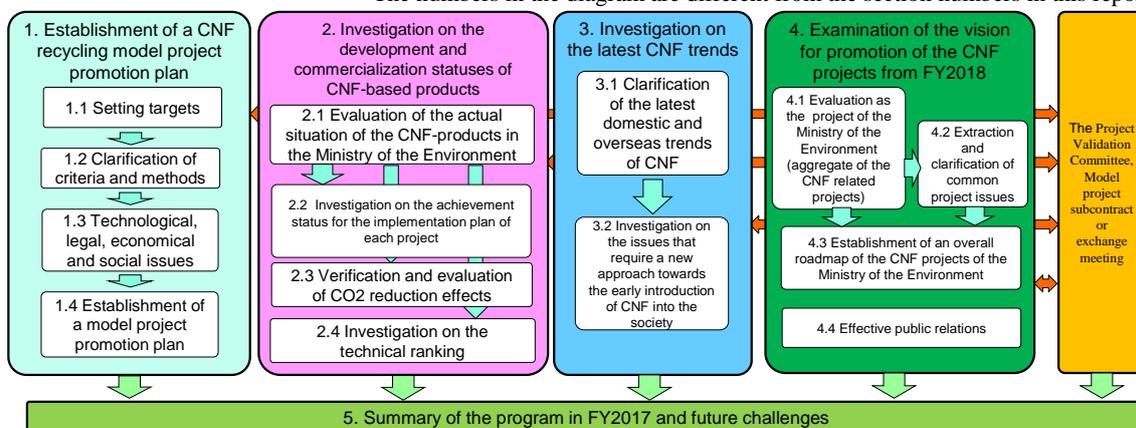


Fig. 1 Work flow

3. Establishment of a plan for promoting the CNF recycling model project

(1) Setting targets

CNF recycling targets (suggestion) for 2020 and 2030 were set based on the prediction of the popularization of CNF-based products in 2020 and 2030 as well as the examination of the feasibility of recycling of CNF-based products at the current stage.

(2) Clarification of criteria and methods

Criteria and evaluation methods to allow recycled products and materials to function effectively were clarified in the JIS Standards. The CO₂ reduction evaluation methods by recycling CNF products were examined to estimate the amount of CO₂ reduction when the CNF recycling technology is introduced into the society.

(3) Extraction of technological, legal, and social issues

After clarifying the necessities for CNF recycling, the concept of CNF recycling, the technology of CNF recycling, and the recycling process, the technological, economical, and social, and legal issues in CNF recycling were extracted and strategies were summarized for each recycling process and the necessity for verification.

(4) Establishment of a model project promotion plan

A CNF recycling project promotion policy was examined and specific strategies for the new model projects for CNF recycling were proposed. The cost-benefit performance and feasibility of these model projects were evaluated and a model project promotion plan was established.

4. Investigation on the development and commercialization statuses of CNF-based products

(1) Evaluation of the actual situation of the CNF-based projects in the Ministry of the Environment

The model projects that were implemented by the Ministry of the Environment were examined by conducting review of literatures such as reports and questionnaire survey to the subcontractors of the model projects to evaluate the products, materials, and technologies that are verified by each project.

(2) Investigation on the achievement status for the implementation plan of each project

Based on the result of the investigation described in (1), evaluation was conducted for “achievement status relating to the key verification items/verification technology”, “achievement status regarding each issue (human resources, facilities, raw materials, and verification method)”, and “achievement targets and criteria”. Based on the investigation, issues and improvement measures were presented.

(3) Verification and evaluation of CO₂ reduction effects

Based on the results of the investigation indicated in (1), issues on the CO₂ reduction effect evaluation method/verification method of each program and estimation of CO₂ reduction effects at the LCA level was clarified and a corrective plan was presented.

(4) Investigation on the technical ranking

The technical ranking of each model project was assessed by conducting a questionnaire survey based on the technical ranking assessment (TRA) and an improvement proposal based on the assessment result were presented.

5. Investigation on the latest CNF trends

(1) Clarification of the latest domestic and overseas trends of CNF

Domestic and overseas policies/project trends, standardization trends, patent movements, and production statuses/production systems of CNF raw materials and so on were investigated mainly through documents and these trends were clarified. Questionnaire surveys were conducted on overseas (Europe) trends of policies and projects.

(2) Investigation on the issues that require a new approach towards the early introduction of CNF into the society

Based on the results of the investigation described in (1), issues and measures for the early introduction of CNF into the society were examined.

The measures for the issues towards popularization were presented including discussions on the direction for standardization, sharing of the project results among the Ministries, elaboration of the prices of future products, examination of standardization details, coordination between the private and public sectors, and supply of raw materials of the products.

6. Examination of the vision for promotion of the CNF projects from FY2018

(1) Evaluation as the project of the Ministry of the Environment (aggregate of the CNF related projects)

The results of “3. Investigation on the development and commercialization status of CNF-based products” were examined based on the qualitative and quantitative evaluation axes. The general evaluation was conducted based on these evaluation axes.

(2) Extraction and clarification of common issues on the projects

Common issues in the CNF project by the Ministry of the Environment were extracted and sorted based on the investigation results that have been obtained up to the present to establish the overall roadmap of the CNF related project by the Ministry of the Environment. Solution and improvement measures were presented.

(3) Examination of the vision for promotion of the CNF programs from FY2018

As the vision for promotion of the CNF programs from FY2018, the direction for the creation of a space for sharing and coordinating information was proposed. An overall roadmap of the CNF related project by the Ministry of the Environment was established for realization of the FY2030 targets that were set by the Ministry of the Environment.

7. Effective public relations

Public relations were used in “Eco Life Fair 2017” and “EcoPro 2017” for the recognition and education of the usefulness of CNF to the wider society to promote early introduction of CNF into the society. For the promotion, materials for public relations were prepared and distributed at the venues.

8. Project management

(1) Establishment and management of the Project Validation Committee

The Project Validation Committee was established consisting of seven experts and others (including an observer). The committee is aimed at gaining expert insights concerning the establishment of a plan for promoting the CNF recycling model project and examination of the vision for promotion of the CNF projects from FY2018. This committee met three times in FY 2017.

(2) Model project subcontractor exchange meeting

A model project subcontractor exchange meeting was held for all the subcontractors that are engaged in the model projects implemented by the Ministry of the Environment. The purpose of the exchange meeting is to improve the achievements of each model project by providing useful information with the model project subcontractors such as the common issues that were identified through interviews and the promotion of vigorous exchange of opinions.

9. Summary of the program in FY2017 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、事業検証委員会、モデル事業受託者意見交換会を概説する。

1.1 業務の背景と目的

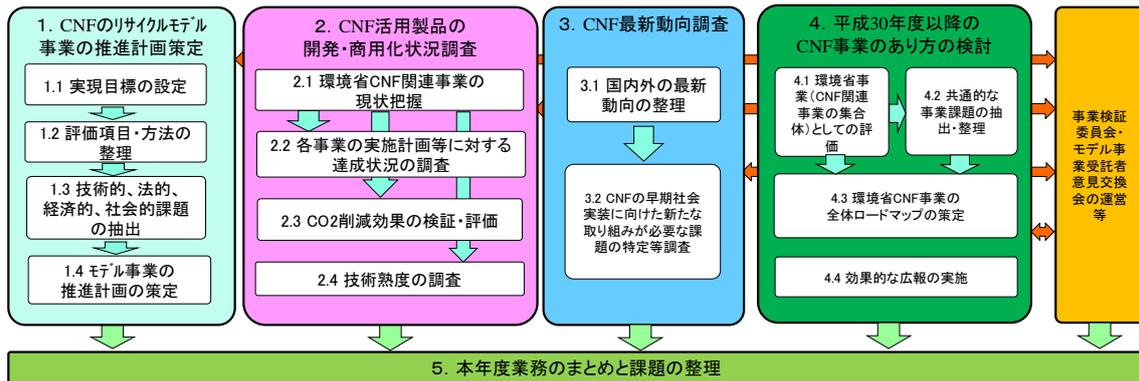
セルロースナノファイバー（以下「CNF」という。）は、木材等のカーボンニュートラルな植物由来の原料で、高い比表面積と空孔率を有していることから、軽量でありながら高い強度や弾性を持つ素材として、様々な基盤素材への活用が期待され、精力的な開発が進められている。特に、高強度材料（自動車部品、家電製品筐体）や高機能材料（住宅建材、内装材）への活用は、軽量化や高効率化、断熱性などにより、エネルギー消費を削減することから、地球温暖化対策への多大なる貢献が期待されている。

また、これまで、国・民間で行われてきた技術開発の蓄積により、CNFは素材として実用段階に入り、CNFの物性を活かした用途開発の取り組みが活発になりつつあるが、CNF市場の拡大が進んだ後の、CNFのリサイクル時の課題・解決策の検討はほとんど実施例がなく、今後様々な実証モデル事業によるこれらの検討が必要である。

本業務では、地球温暖化対策の観点からのCNFの早期社会実装に向けて、CNFリサイクル事業の事業計画の策定を行った。また、CNFリサイクルの実施によるCO₂削減効果、易リサイクル性、リサイクル技術等における、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。

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) CNFのリサイクルモデル事業の推進計画策定、(2) CNF活用製品の開発・商用化状況調査、(3) CNF最新動向調査、(4) 平成30年度以降のCNF事業のあり方の検討、(5) 本年度業務のまとめと課題の整理の5つの主要項目から構成される。



※図中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

本業務の実施内容（まとめ）を表 1-1 に示す。

表 1-1 本業務の実施内容（まとめ）

区分	実施項目	実施内容
(1) CNFのリサイクルモデル事業の推進計画策定	実現目標の設定	2020年及び2030年におけるCNF活用製品の普及状況を予測するとともに、現時点のCNF活用製品のリサイクルの実証可能性等を検討し、2020年及び2030年のCNFリサイクルの実現目標（案）を設定した。
	評価項目・方法の整理	当該製品・部材がリサイクル後も有効に機能するための評価項目・評価方法を関連するJIS規格等を基に整理するとともに、CNF製品のリサイクルによるCO ₂ 削減効果の評価方法を検討し、CNFのリサイクル技術が社会実装された際のCO ₂ 削減量の推計を行った。
	技術的、法的、経済的、社会的課題の抽出	CNFリサイクルの必要性、CNFリサイクルの考え方、CNFリサイクルの技術、リサイクルプロセスの整理を実施した上で、CNFリサイクルにおける技術的・経済的・社会的・法的課題を抽出し、リサイクルプロセス別・実証ニーズ別に対応策をまとめた。
	モデル事業の推進計画の策定	CNFリサイクル事業の普及促進方策を検討し、CNFリサイクルに関する新規モデル事業の具体案を提案した。また、これらモデル事業について、費用対効果及び事業実現性の評価を行い、モデル事業の推進計画を策定した。
(2) CNF活用製品の開発・商用化状況調査	環境省CNF関連事業の現状把握	環境省が実施しているモデル事業について、報告書等の文献調査、モデル事業受託者へのアンケート・ヒアリング調査を行い、各事業が実証する製品・部材や技術などを把握した。
	各事業の実実施計画等に対する達成状況の調査	環境省CNF関連事業の現状把握に関する調査結果を踏まえ、各モデル事業における「主要な検証項目・検証技術に関する達成状況」、「各課題（人的資源、設備、原材料、実証方法）についての達成状況」、「実現目標及び評価項目」を評価し、課題及び改善策を提示した。
	CO ₂ 削減効果の検証・評価	環境省CNF関連事業の現状把握に関する調査結果を踏まえ、各事業のCO ₂ 削減効果の評価方法・検証方法、LCAレベルでのCO ₂ 削減効果の算定における課題等を整理し、是正案を提示した。
	技術熟度の調査	技術熟度評価制度（TRA）に基づくアンケート・ヒアリング調査を行い、各モデル事業の技術熟度を評価し、評価結果を踏まえた改善案を提示した。
(3) CNF最新動向調査	国内外の最新動向の整理	国内外の政策・プロジェクト動向、標準化動向、特許動向、CNF原材料等の生産状況・生産体制等について、主に文献による調査を行い、これらの動向を整理した。政策・プロジェクト動向については海外（欧州）ヒアリング調査を実施した。
	CNFの早期社会実装に向けた新たな取り組みが必要な課題の特定等調査	国内外の最新動向の調査結果を踏まえ、CNF早期社会実装に向けた課題と対応策を検討した。普及に向けての課題への対応策として、標準化の方向性討議、事業結果の省庁間での共有、将来製造価格の精緻化、標準化内容の検討、官民連携での製品原料提供等の方策を提示した。

区分	実施項目	実施内容
(4) 平成 30 年度以降の C N F 事業の推進のあり方の検討	環境省事業（C N F 関連事業の集合体）としての評価	C N F 活用製品の開発・商用化状況調査の結果について、定量的・定性的な評価軸について検討した上で、それら評価軸に沿って全体としての評価を行った。
	共通的な事業課題の抽出・整理	環境省 C N F 関連事業の全体ロードマップの策定にあたって、これまでの調査結果を踏まえ、環境省 C N F 事業における共通的な課題について抽出・整理を行い、解決策・改善策を提示した。
	平成 30 年度以降の C N F 事業の推進のあり方の検討	平成 30 年度以降の C N F 事業の推進のあり方として、情報共有・連携のための場づくりの方向性を提案した。また、環境省が設定した 2030 年度の実現目標に向けた、環境省 C N F 関連事業の全体ロードマップを策定した。
	効果的な広報の実施	地球温暖化対策としての C N F の早期社会実装を推進するため、C N F の有用性を広く社会に認知・啓発することを目的に、「エコライフ・フェア 2017」及び「エコプロ 2017」において広報を実施した。実施にあたって広報資料を作成し、会場等で配布した。
(5) 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）	本年度業務の主な成果をまとめた。
	今後の課題と対応方針案	今後の課題と対応方針案として、「各モデル事業の確実な工程管理」「情報共有・連携のための実践的な「場づくり」」「日本の優位性を確保する戦略検討のための国内外の動向把握」「効果的・継続的な広報」「産官学の連携による C N F ロードマップの策定」の 5 つを提案した。

1.4 業務の実施体制

本業務は平成 29 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及び一般社団法人産業環境管理協会を共同事業者とする 3 者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。実施体制を図 1-2 に示す。

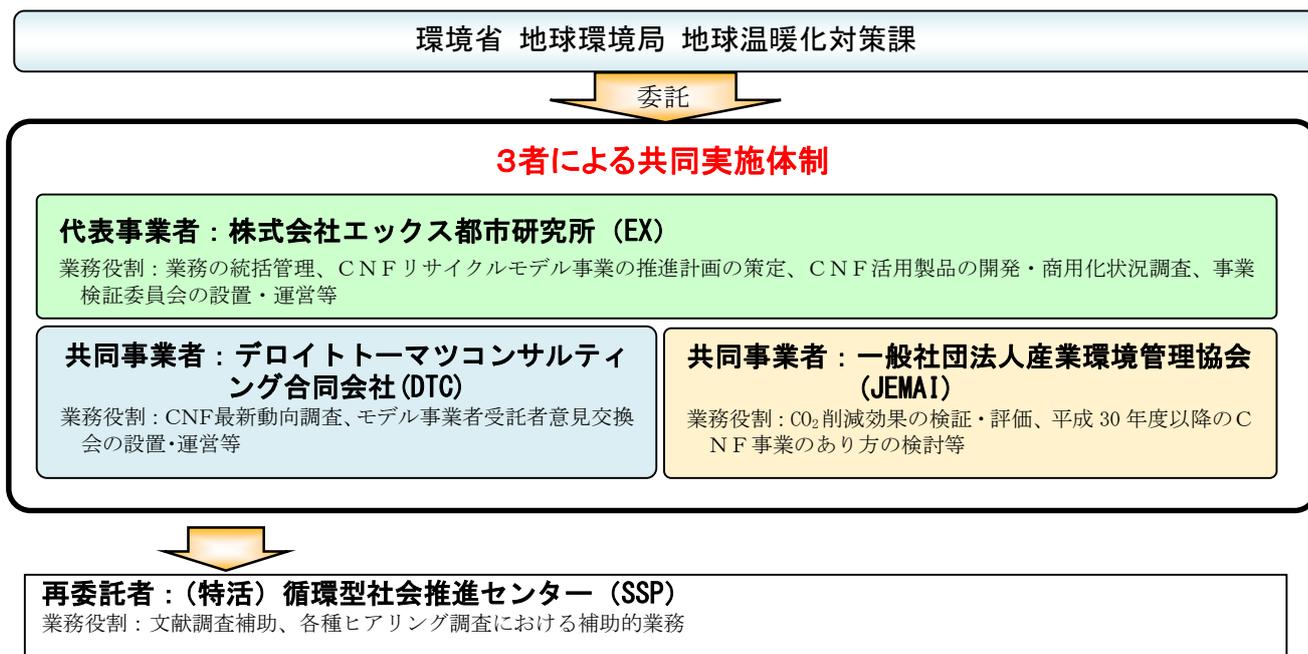


図 1-2 実施体制

1.5 ヒアリング調査の実施概要

本業務の実施に当たっては、CNFのリサイクルモデル事業の推進計画策定に関する有識者等に対して延べ12回、環境省CNF関連事業受託者に対して延べ11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（CNFのリサイクルモデル事業の推進計画策定関連）

区分	対象者	実施日	ヒアリング内容
製紙メーカー	A	平成29年5月2日	<ul style="list-style-type: none"> ・CNFリサイクルに関する技術的、法的、経済的、社会的課題 ・CNFリサイクルに関するモデル事業の妥当性等 ・CNFに関する最新動向 等
研究機関	B	平成29年5月9日	
学識者	C	平成29年5月9日	
家電メーカー	D	平成29年5月10日	
研究機関	E	平成29年5月11日	
業界団体	F	平成29年5月15日	
製紙メーカー	G	平成29年5月16日	
化学メーカー	H	平成29年5月23日	
学識者	I	平成29年5月23日	
行政機関	J	平成29年5月29日	
学識者	K	平成29年5月30日	
リサイクル事業者	L	平成29年5月31日	
学識者	M	平成29年6月1日	
リサイクル事業者	N	平成29年6月2日	
業界団体	O	平成29年6月6日	
コンサルタント	P	平成29年7月13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（モデル事業受託者）

区分	会社・組織名	実施日	ヒアリング内容
バイオマスプラスチックの二酸化炭素削減及び信頼性等検証事業	北陸先端科学技術大学院大学	平成 29 年 8 月 4 日	<ul style="list-style-type: none"> ・主要な検証項目・検証技術に関する達成状況 ・CO₂削減効果の評価
	株式会社 藤井基礎設計事務所	平成 29 年 8 月 18 日	
CNF 製品製造工程の低炭素化対策の立案事業	パナソニック株式会社	平成 29 年 8 月 24 日	<ul style="list-style-type: none"> ・主要な検証項目・検証技術に関する達成状況 ・実現目標・評価項目に関する達成状況 ・CO₂削減効果の評価
	愛媛大学	平成 29 年 9 月 13 日	
CNF 活用製品の性能評価事業	トヨタ車体株式会社	平成 29 年 8 月 30 日	
	第一工業製薬株式会社	平成 29 年 8 月 30 日	
	パナソニック株式会社	平成 29 年 9 月 1 日	
	静岡大学	平成 29 年 9 月 15 日	
	トクラス株式会社		
	九州大学	平成 29 年 9 月 19 日	

1.6 事業検証委員会の設置・運営

本業務では、事業検証委員会を設置・運営した。事業検証委員会の目的等、委員構成、実施回数、議事及び配布資料を以下に示す。

(1) 事業検証委員会設置の目的等

環境省では、CNFのリサイクルに関するモデル事業を平成29年度から実施予定であり、リサイクル技術に関する検討項目、評価項目及び評価手法について基礎情報を収集し、モデル事業実施期間内に効率よく事業を進められるように推進計画を立てる必要があった。

また、環境省の既存のCNF関連事業の実施者、関連課室等と連携し、既存の環境省CNF関連事業の現状を把握するとともに、効率的な情報共有、連携スキームの構築、運営方法等についての検討が必要であった。

そのため、専門的な観点からの指導・助言等を得ることを目的として、事業検証委員会を設置した。

主な検討事項を以下に示す。

- 1) CNFのリサイクルモデル事業の推進計画策定
- 2) CNF活用製品の開発・商用化状況調査
- 3) CNF最新動向調査
- 4) 平成30年度以降のCNF事業の推進のあり方の検討
- 5) その他、事業の運営等に係る事項

(2) 事業検証委員会の委員構成

事業検証委員会は、学識者4名、業界団体1名、民間企業1名の計6名で構成し、その他にオブザーバー1名を招聘した。

(3) 実施回数

全3回（平成29年6月、12月、平成30年3月）開催した。

(4) 議事及び配布資料

議事及び資料を表1-5に示す。

表 1-5 事業検証委員会の議事及び配布資料

回	日付・場所	議事	配布資料
第1回	平成29年6月27日(火) 15:30～18:00 東京国際フォーラム G605	<ol style="list-style-type: none"> 平成29年度業務の実施計画について CNFリサイクルの実現目標と新規モデル事業について 各CNFモデル事業の進捗状況及び工程管理について CNF事業の推進のあり方について 自由討議 その他 	資料1-1 平成29年度事業検証委員会設置要綱 資料1-2 平成29年度業務実施計画(案) 資料2-1 リサイクル技術の整理と技術的、法的、経済的、社会的課題の整理 資料2-2 CNFリサイクルの実現目標及びモデル事業の検討 資料2-3 CNFリサイクルのCO ₂ 削減効果の評価方法(案) 資料3 各モデル事業の実施状況及び工程管理について 資料4 CNF事業の推進のあり方について 参考資料1: 趣意書(案) 参考資料2: エコライフ・フェア2017開催報告 参考資料3: 平成29年度CNF活用製品の性能評価事業委託業務公募要領
第2回	平成29年12月25日(月) 18:30～20:30 弘済会館「蘭(西)」	<ol style="list-style-type: none"> 前回議事録と対応方針について 環境省CNF事業の評価について <ul style="list-style-type: none"> 事業実施に関する課題 技術熟度に関する取り組み結果 CO₂削減効果算定に関する課題 受託者意見交換会の概要について 国内外の最新動向について エコプロ2017出展報告 環境省事業の推進のあり方について 自由討議 その他 	資料1-1 第1回事業検証委員会議事録(案) 資料1-2 委員コメントと対応方針(案) 資料2-1 各モデル事業の評価について(事業実施に関する課題) 資料2-2 各モデル事業の評価について(技術熟度に関する取り組み結果) 資料2-3 各モデル事業の評価について(CO ₂ 削減効果算定に関する課題) 資料3 受託者意見交換会の概要について 資料4 国内外の最新動向調査結果 資料5 エコプロ2017出展報告 資料6 CNF事業の推進のあり方について 参考資料1: 事業検証委員会設置要綱 参考資料2: 平成29年度CNF活用製品の性能評価事業委託業務公募結果 参考資料3: 平成29年度CNF活用製品の性能評価事業委託業務(二次公募)結果 参考資料4: 平成29年度CNFリサイクルの性能評価等事業委託業務公募結果
第3回	平成30年3月7日(水) 9:00～11:00 AP新橋虎ノ門D会議室	<ol style="list-style-type: none"> 前回議事録と対応方針について 環境省CNF事業の評価について <ul style="list-style-type: none"> CO₂削減効果算定に関する課題について 国内外の最新動向(特許動向)について 環境省事業の推進のあり方について 自由討議 その他 	資料1-1 第2回事業検証委員会議事録(案) 資料1-2 委員コメントと対応方針(案) 資料2 CO ₂ 削減効果の評価・検証課題整理 資料3 国内外の最新動向調査結果(特許動向について) 資料4-1 「情報交換及び連携促進のための場づくり」の方向性(案)について 資料4-2 CNFによる低炭素社会構築ロードマップ(見直し案) 参考資料1: 事業検証委員会設置要綱 参考資料2: 平成30年度CNF予算関連資料

1.7 モデル事業受託者意見交換会の開催

本業務では、モデル事業受託者意見交換会を開催した。モデル事業受託者意見交換会の目的等、参加者、実施回数、議事及び配布資料を以下に示す。

(1) モデル事業受託者意見交換会の目的

モデル事業受託者ヒアリング等を通じて把握された共通的な課題など、モデル事業受託者にとって有益な情報を提供し、モデル事業受託者からの活発な意見交換を促すことで、各モデル事業の成果向上に繋げることを目的とした。

(2) 参加者

参加者を表 1-6 に示す。

表 1-6 モデル事業受託者意見交換会の参加者（モデル事業受託者のみ）

区分	事業者名
平成 28 年度 C N F 性能評価モデル事業（家電・住宅建材分野）	静岡大学
	パナソニック株式会社
平成 27～29 年度 C N F 製品製造工程の低炭素化対策の立案事業委託業務	パナソニック株式会社
	愛媛大学
平成 27～29 年度 C N F 活用製品の性能評価事業委託業務	トクラス株式会社
	第一工業製薬株式会社
	エレクセル株式会社
	九州大学
	中越パルプ工業株式会社
トヨタ車体株式会社	
平成 28 年度 C N F 性能評価モデル事業（自動車）	京都大学

(3) 実施回数

全 1 回（平成 29 年 10 月）開催した。

(4) 議事及び配布資料

議事及び配布資料を表 1-7 に示す。

表 1-7 モデル事業受託者意見交換会の主な議事及び配布資料

日付・場所	議事	配布資料
平成 29 年 10 月 24 日 (火) 15 : 00 ~ 17 : 00 テロイトーマツ コンサルティング 合同会社 社内会議 室 As One	第 1 部 1. 各 C N F モデル事業の進捗 状況・今後の見通し報告 第 2 部 2. 共通的な課題とその解決に 向けた改善策について 3. 情報交換及び連携促進のた めの場づくりについて 4. エコプロ 2017 への出展につ いて	資料 1-1~9 事業の成果と今後の見通し 資料 2-1 共通的な課題と改善案 (事業実施に関する課題) 資料 2-2 共通的な課題と改善案 (技術熟度に関する取り纏め結果) 資料 2-3 共通的な課題と改善案 (CO ₂ 削減効果算定に関する課題) 資料 3 情報交換及び連携促進のための場づくりについて 資料 4 エコプロ 2017 への出展について 参考資料 1 : 平成 29 年度業務実施計画書 参考資料 2 : モデル事業受託者意見交換会趣意書

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
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
ACC	Aqueous Counter Collision	水中カウンターコリジョン法 水圧によるせん断・衝突などでセルロース繊維を物理的に解繊
ACS	acrylonitrile chlorinated polyethylene styrene terpolymer	アクリロニトリル・エチレン-プロピレン-ジエン・スチレン ABS と同等の樹脂
AES	acrylonitrile ethylene-propylene-diene・styrene	アクリロニトリル・塩素化ポリエチレン・スチレン ABS のブタジエンのかわりに塩素化ポリエチレンにした ABS 同等の樹脂
AquaComp	—	フィンランドElastopoli 社が開発した CNF 複合材料の商品名
ASA	acrylate styrene acrylonitrile	耐衝撃性アクリルニトリル ABS と同等の樹脂
ASR	Automobile Shredder Residue	自動車破砕残さ
B2B	Business to Business	企業（法人）間から企業（法人）への企業間取引
B2C	Business to consumer	企業（法人）と一般消費者の取引
C	Carbon	炭素の元素記号
°C	degree Celsius	摂氏度
CF	carbon fiber	炭素繊維
CFRP	carbon-fiber reinforced plastic	炭素繊維強化プラスチック
CO2	Carbon Dioxide	二酸化炭素
COCH3	acetyl group	アセチル基
Cr2O3	chromium(III) oxide	酸化クロム 3
dB	decibel	デシベル 音響透過損失の単位
DeBDE	decabromodiphenyl ether	デカブロモジフェニルエーテル 臭素系難燃剤
DOE	Department of Energy	米国エネルギー省
EHS	Environment Health Safety	環境、健康・安全
EP	epoxy resin	エポキシ樹脂
ESG	Environment, Social, Governance	環境・社会問題・企業統治 持続可能な投資の観点
EU	European Union	欧州連合

略語等	英文	和文あるいは解説
EVAC	ethylene-vinyl acetate	エチレン-酢酸ビニル樹脂 農業用フィルムに使用される。
EXCEL	Excel	エクセル マイクロソフト社の表計算ソフトウェア
FIP	Forest Innovation Program	カナダ天然資源省森林産業支援プログラムのひとつ
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）
FPL	Forest Products Laboratory	米国農務省傘下森林英品研究所
FRP	Fiber-Reinforced Plastics	繊維強化プラスチック 単に GFRP を指すことも多い
FS	Forest Service	米国森林局
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
GFRP	Glass Fiber Reinforced Plastics	ガラス繊維強化プラスチック 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
H	Hydrogen	水素の元素記号
H2O	Hydrogen oxide	エイチツーオー 水の化学式
Horizon2020	Horizon 2020	2013-2020年の7年間にわたる EU の研究開発プロジェクト名
HWE	Hot Water Extraction	熱水抽出
IDEA	Inventory Database for Environmental Analysis	いであ ライフサイクルインベントリ) データベースの名称
IEC/TC113	International Electrotechnical Commission/TC113	国際電気標準会議のナノテクノロジーをあつかう専門委員会
IFIT	Investment in Forest Industry Transformation	カナダ天然資源省森林産業支援プログラムのひとつ
IPR	Intellectual Property Rights	知的財産権

略語等	英文	和文あるいは解説
ISO	International Organization for Standardization	国際標準化機構
JIS	Japanese Industrial Standards	日本工業規格
Joint Call4	—	EU の Wood Wisdon Net (林業関連コンソシアム) の Joint Call 4は80件の応募から選ばれた23の木材関連開発プロジェクトを指す
JST	Japan Science and Technology Agency	国立研究開発法人科学技術振興機構
KFC	Korea Forest Service	韓国山林庁
kg	kilo gram	キログラム SI 単位系の質量を表す単位名称
kg-CNF	kilo gram Cellulose Nano Fiber	1kg の CNF
kg-CO2e	kilo gram Carbon dioxide equivalent	温室効果ガス排出量の単位
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 https://www.env.go.jp/earth/ondanka/lca/
L C I	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
LIBS	Laser-Induced Break-down Spectroscopy	レーザー誘起ブレイクダウン分光法
MABS	methyl methacrylate-acrylonitrile-butadiene-styrene	メタクリル酸メチル-アクリロニトリル-ブタジエン-スチレン樹脂
mg/L	milligram per Litle	ミリグラムパーリットル 濃度の単位
mg/(m ² ·h)	milligram per square meter hour	JIS A1901 単位面積当たりホルムアルデヒド発散速度の単位
MilCA	—	みるか 産総研と産環協が共同開発した LCA 算定ソフトウェア
MPa	Mego Pascal	メガパスカル 圧力の単位 メガは10 ⁶
N/A	Not Applicable	該当なし

略語等	英文	和文あるいは解説
NABC	Needs, Approach, Benefit, Competition	シリコンバレーで採用されている経営判断指標
NCC	Nanocrystalline Cellulose	セルロースナノクリスタルの別の呼び方 パルプを酸で加水分解して製造される
NCF	Nano cellulose Forum	ナノセルロースフォーラム CNFの導入を促進することを目的とした産官学のコンソーシアム 事務局は産総研に置かれている
NCV	Nano Cellulose Viecle	次世代素材CNFを活用し、平成31年度に自動車で10%程度の軽量化を目標とする環境省プロジェクト
NEDO	New Energy and Industrial Technology Development Organization	独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
NF ₃	nitrogen trifluoride	三ふっ化窒素 地球温暖化ガスのひとつ
NGO・NPO	Non-Government Organization Non-Profit Organization	非政府組織と非営利組織 政府からも企業からも独立した市民団体
NFC	Nanofibrillated Cellulose	CNFの海外での呼び方のひとつ
NIFA	National Institute of Food and Agriculture	米国国家ナノテクノロジーイニシアティブ
NIFS	National Institute of Forest Service	韓国国立山林科学院
NMBP	Nanotechnologies, Advanced Materials, Biotechnology, and Advanced Manufacturing and Processing	EUの材料開発プロジェクト
NORCEL	the NORwegian nanoCELLulose Technology Platform	ノルウェーのCNF開発団体
NNI	National Nanotechnology Initiative	米国食糧農業研究所
NRC	National Resources Canada	カナダ天然資源省
NSF	National Science Foundation	米国国立科学財団
O	Oxygen	酸素の元素記号
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development	経済協力開発機構 パリに本部がある35ヶ国の先進国が加盟する国際機関
OEM	original equipment manufacturer	製造を請け負う企業

略語等	英文	和文あるいは解説
PB	Polybutene	ポリブテン樹脂 ポリエチレンと同等
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
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)
PFI	Platform Initiative	プラットフォーム・イニシアチブ 共同開発の一手法
PC	polycarbonate	ポリカーボネート 透明熱可塑性エンジニアリングプラスチック
PC/ASA	polycarbonate/acrylate styrene acrylonitrile	PC/ASA アロイ 多成分系プラスチックのひとつ
PE	polyethylene	ポリエチレン
PET	Polyethylene Terephthalate	ポリエチレンテレフタレート
PJ	Puroject	プロジェクトの略
PLA	Poly-Lactic Acid	ポリ乳酸樹脂 植物由来のプラスチック
PMMA	Polymethyl methacrylate	ポリメタクリル酸メチル (アクリル樹脂)
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CNFの耐熱温度 以下で加工できる熱可塑性エンプラ
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
PPE	Polyphenyleneether	ポリフェニレンエーテル 熱可塑性エンジニアリングプラスチックのひと つ
PPLA	the ring-opening polymerization Poly-Lactic Acid	開環重合後ポリ乳酸
PronanoCell	Pollutant Release and Transfer Register	スウェーデン RISE 社が受託した EU の CNF 複合 材開発プロジェクト名
PRTR 法	Pollutant Release and Transfer Register	化学物質排出把握管理促進法

略語等	英文	和文あるいは解説
PS	polystyrene	ポリスチレン 4大汎用樹脂のひとつ
PTFE	polytetrafluoroethylene	ポリテトラフルオロエチレン（通称テフロン） 代表的なフッ素樹脂
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
PVC	Polyvinyl chloride	ポリ塩化ビニル（塩化ビニル樹脂）
R&D	Research and development	研究開発
R-CNF	Recycle Cellulose Nano Fiber	一般廃棄物または産業廃棄物を機械的処理により再生した CNF を含む樹脂
RCN	Research Council of Norway	ノルウェー研究会議
RPF	Refuse Paper & Plastic Fuel	廃棄物由来の紙、プラスチックなど固形化燃料
SAN	Styrene AcryloNitrille copolymer	アクリロニトリルスチレン樹脂 日用品や家具類に使用される熱可塑性樹脂
SBA	Standard of Battery Association	電池工業会規格
SBR	styrene-butadiene rubber	スチレン・ブタジエンゴム 代表的な合成ゴム
SEAM	Safe Efficient Advanced Material	自動車の軽量化に、関わる欧州最大の研究開発クラスター
SP	Saturated Polyester	飽和ポリエステル ポリエステル繊維の原料
STEP	Step	ステップ 物事の進行上の段階
t-C/kWh	metric ton Carbon per kilowatt-hour	炭素換算電力排出係数
t-CO2	ton CO2	二酸化炭素換算の重量
Tekes	the Finnish Funding Agency for Technology and Innovation	フィンランド技術庁
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 TEMPO酸化法はCNFの化学的解繊方法のひとつである

略語等	英文	和文あるいは解説
TTP	Tranformative Program	カナダ天然資源省森林産業支援プログラムのひとつ
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
VINNOVA	—	スウェーデンイノベーションシステム庁
VOC	Volatile Organic Compounds	揮発性有機化合物
USDA	United States Department of Agriculture	米国農務省
VTT	—	フィンランド国立技術研究センター
W/(m ² K)	thermal tranmittance	熱貫通率のS I単位
Wet Grip	Wet Grip	ウエットグリップ性能 雨天時のタイヤ制動距離
WG	Working Group	作業部会
WPC	Woodfiber-Plastic. Composites	木材・プラスチック複合材料
WWSC	Wallenberg Wood Science Center	スウェーデン王立工科大学ヴァレンベリ木材科学研究所
X線	X-ray	エックス線 波長が1pm - 10nm程度の電磁波

第3章 CNFのリサイクルモデル事業の推進計画策定

本業務では、CNFのリサイクルモデル事業に関して、実現目標の設定、評価項目・方法の整理、技術的・法的・経済的・社会的課題の抽出を行い、その結果を踏まえて、推進計画の策定を行った。本章ではその内容を概説する。

3.1 実現目標の設定

3.1.1 CNF活用製品の普及状況の想定

CNFが高強度材料や高機能材料に活用された場合、2020年及び2030年にどの程度普及しているかについて検討した。検討対象とした製品と選定理由を表3-1に示す。

表3-1 検討対象とした製品と選定理由

検討対象製品	選定理由
自動車部品	環境省性能評価モデル事業（京都大学等受託）にて検討中
冷蔵庫	環境省性能評価モデル事業（パナソニック受託）にて検討中
洗濯機	環境省性能評価モデル事業（パナソニック受託）にて検討中
エアコン	過年度調査で適用可能性ありと判断
樹脂サッシ	過年度調査で適用可能性ありと判断
住宅用断熱材	環境省性能評価モデル事業（トクラス受託）にて検討中

※環境省事業で性能評価が行われてるリチウムイオン二次電池については、CNF自体のリサイクルを行うことは想定されないため、検討対象外とした。

(1) CNFを活用した自動車部品の普及状況の想定

1) CNFを適用する対象部位及び使用材料の特定

「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報告書」（以下、H27環境省業務報告書という）より、性能評価を優先的に行う部位とその使用材料を特定した。結果を表3-2に示す。

表 3-2 優先的に性能評価を行うべき部位とその使用材料

対象部位	使用材料
メインボディ（モノコックボディ）	C N F +PA
サイドドア	C N F +PA
バックドア	C N F +PA
サブフレーム	C N F +PA
ボンネット	C N F +PA
ルーフ	C N F +PA
インスツルメントパネル	C N F +PA
タイヤ	C N F +ゴム
窓ガラス	C N F

出典：H27 環境省業務報告書より加工

2) 2020 年における普及状況の想定

H27 環境省業務報告書より、C N F を活用した自動車は 2020 年に販売開始段階であるため、普及率としては 0 % と想定した。

3) 2030 年における普及状況の想定

H27 環境省業務報告書より、2030 年における普及率は 11.4 ~ 22.9 % と想定した。

(2) CNFを活用した冷蔵庫の普及状況の想定

1) CNFを適用する対象部位及び使用材料の特定

「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」(以下、H28 環境省業務報告書という)より、冷蔵庫の筐体の板金部分を CNF で代替することが有効と考えられる。

2) 2020 年における普及状況の想定

H28 環境省業務報告書より、CNF を活用した冷蔵庫の 2020 年における普及率は 6% と想定した。

3) 2030 年における普及状況の想定

H28 環境省業務報告書より、CNF を活用した冷蔵庫の 2030 年における普及率は 40% と想定した。

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

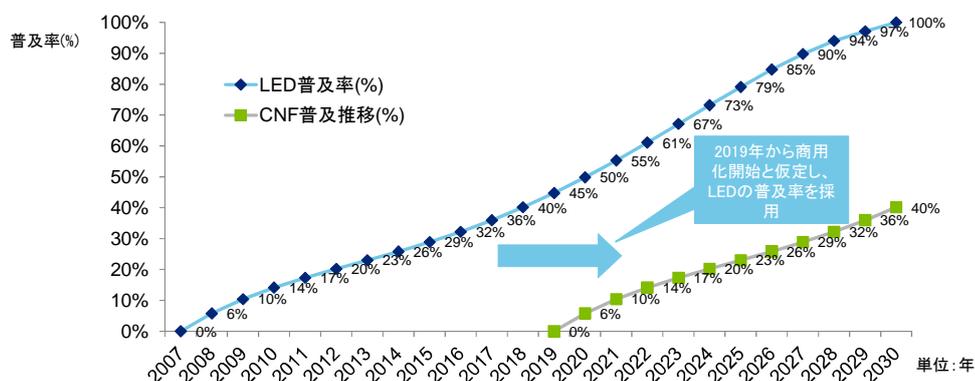


図 3-1 CNF普及率の推移推計

出典：H27 環境省業務報告書

(3) CNFを活用した洗濯機の普及状況の想定

1) CNFを適用する対象部位及び使用材料の特定

H28 環境省業務報告書より、洗濯機に用いられる洗濯槽及びパルセータをCNF製品で代替することが有効と考えられる。

2) 2020年における普及状況の想定

H28 環境省業務報告書より、CNFを活用した洗濯機の2020年における普及率は6%と想定した。

3) 2030年における普及状況の想定

H28 環境省業務報告書より、CNFを活用した洗濯機の2030年における普及率は40%と想定した。

(4) CNFを活用したエアコンの普及状況の想定

1) CNFを適用する対象部位及び使用材料の特定

H28 環境省業務報告書より、エアコンの室外機のファンをCNF製品で代替することが有効と考えられる。

2) 2020年における普及状況の想定

H28 環境省業務報告書より、CNFを活用したエアコンの2020年における普及率は6%と想定した。

3) 2030年における普及状況の想定

H28 環境省業務報告書より、CNFを活用したエアコンの2030年における普及率は40%と想定した。

(5) CNFを活用した樹脂サッシの普及状況の想定

1) CNFを適用する対象部位及び使用材料の特定

H28 環境省業務報告書より、樹脂サッシには、CNF+PVCを適用することが有効と考えられる。

2) 2020年における普及状況の想定

H28 環境省業務報告書より、CNFを活用した樹脂サッシは2020年より販売開始となるため、2020年時点における普及率は0%と想定した。

3) 2030年における普及状況の想定

H28 環境省業務報告書より、CNFを活用した樹脂サッシを使用した新築住宅は2030年時点で98.73万戸と想定した。また、CNFを活用した樹脂サッシを使用したリフォームが既存住宅の15% (545.1万戸) に実施されると想定した。

表 3-4 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)
- ※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)
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

表 3-5 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)※	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

※「H11基準」には、CNF新築(99万戸)を含む

(6) CNFを活用した住宅用断熱材の普及状況の想定

1) CNFを適用する対象部位及び使用材料の特定

グラスウールやセルローズ系断熱材の空隙層を、CNFでメッシュ構造にして空隙を小さくすることが考えられる。

2) 2020年における普及状況の想定

樹脂サッシと同様に、2020年時点の普及率は0%と想定した。

3) 2030年における普及状況の想定

樹脂サッシと同様に、2030年時点で、新築住宅の98.73万戸、既存住宅の545.1万戸にCNFを活用した住宅用断熱材が使用されていると想定した。

(7) CNF活用製品の普及状況の予測結果（まとめ）

上記（1）～（6）の検討結果を踏まえた、CNF活用製品の普及状況の予測結果を表3-6に示す。なお、窓ガラスについては現在目処が立っていないこと、断熱材についてはそもそもリサイクルが進んでいないことから、ここでは対象外とした。

2030年の想定使用量の合計は約44万トンとなった。これは、2015年における廃プラスチックの総排出量（915万トン：一般社団法人プラスチック循環利用協会調べ）の約4.8%に相当する。

表3-6 CNF活用製品の普及状況の予測結果まとめ

分野	製品・部材	適用部位	重量(kg)	代替CNF素材	代替効果(軽量化率)	代替CNF素材使用量(kg/個)	2030年普及率	2030年の国内出荷数(個)	2030年の想定使用量(トン)
自動車	自動車部品	メインボディサブフレーム	260.7	CNF+PA	57.7%	110.2	17.2%	688,000	75,833
		サイドドアボンネット	50.0(※1)	CNF+PA	57.7%	21.1	17.2%	688,000	14,517
		バックドア	30	CNF+PA	57.7%	12.6	17.2%	688,000	8,669
		ルーフ	5.6	CNF+PA	57.7%(※2)	2.36	17.2%	688,000	1,624
		インスツルメントパネル	7.1	CNF+PA	29.4%	5.0	17.2%	688,000	3,449
		タイヤ	32.0	CNF+ゴム	20.0%	25.6	17.2%	688,000	17,613
		窓ガラス	-	-	-	-	-	-	-
家電	冷蔵庫	板金	14.0	CNF+PP	57.7%	5.9	40.0%	2,000,000	11,844
	洗濯機	パルセータ	4.0	CNF+PP	50.0%	2.0	40.0%	2,800,000	5,600
	エアコン	室外機のファン	3.0	CNF+PP	0.0%	3.0	40.0%	3,800,000	11,400
住宅建材	樹脂サッシ	樹脂サッシ(窓枠)	22.0	CNF+PVC	20.0%(※3)	18.0	新築30%	2,340,621	52,372
							リフォーム15%	13,350,211	238,971
	断熱材	発泡断熱材等	-	-	-	-	-	-	-
合計									441,891

※1：ドアトリム、アームレストも含んだ値

※2：構成材料の比率が不明で代替効果の算出が困難なため、メインボディ等と同様の値を採用

※3：PVC→CNF+PVCの軽量化率は、H28年度報告書で把握した、CNF添加による強度向上効果（窓枠の薄肉化・一部金属の削減）を踏まえ、20%程度と設定した。

出典：H27、H28環境省業務報告書より加工

3.1.2 現時点のCNF活用製品のリサイクルの実証可能性等検討

CNF複合材別にリサイクルの実証可能性等の検討を行った。検討に当たっては、環境省CNFモデル事業の過年度報告書やヒアリング調査等から得られた情報を活用した。

(1) CNF+熱可塑性樹脂のリサイクルの実証可能性等検討

1) 市場環境

CNF+熱可塑性樹脂の2030年における普及状況(想定)を表3-7に示す。CNF+PPを中心に、複数のCNF+熱可塑性樹脂の複合材が、自動車や家電等の部材として市場に出ていると想定される。

表3-7 2030年におけるCNF+熱可塑性樹脂の普及状況(想定)

CNF素材	2030年における普及状況(出荷量ベース)
CNF+PP	75,833トン(ボディ)、3,449トン(インパネ) 11,844トン(冷蔵庫)、5,600トン(パルセータ) 11,400トン(室外機のファン)
CNF+PE	自動車部材等として普及の可能性はあるが、定量的な値は不明
CNF+PA6	自動車部材等として普及の可能性はあるが、定量的な値は不明
CNF+PVC	238,971トン(樹脂サッシ)

※表3-6を基に作成

2) リサイクル性能評価のニーズ

リサイクル性能評価のニーズに関する文献・ヒアリング調査の結果を以下に示す。

- ・家電製品の中ではPPが最も多く使用されており、家電リサイクル法の観点からリサイクル性の実証が求められている。(家電メーカー)
 - ・CNF+PPは、PP単体と比較して硬いため、既存の樹脂のリサイクル工程における破碎時に、刃の磨耗等が生じないか確認する必要がある。(リサイクル事業者)
 - ・選別時にCNFの含有量別に分ける技術が必要であり、ラマン分光法が有効と考えられるが、その選別精度や選別速度等の実証が求められる。(大学等研究機関)
- ラマン分光について、ある実証事業では、識別に時間がかかるという結果が出ている。そのため、大量選別にはまだ実証を重ねる必要があると認識する。少なくとも蛍光X線より大量処理には不安がある。(環境省リサイクル推進室)
- ・破碎や選別においては、他の樹脂においても同様の実証が必要と考えられる。

3) 実証可能性

CNF素材別の実証可能性に関する文献・ヒアリング調査結果を以下に示す。

①CNF+PP

- ・平成28年度性能評価モデル事業において、パナソニック（株）がCNF複合樹脂の選別方法3種（水比重方式、中赤外分光方式、近赤外分光方式）の検討を実施している。
（パナソニック H28 環境省業務報告書より、表 2-2 参照）
- ・同事業では、リサイクル後の物性変化について、機械特性（引張強度（引張降伏応力）、引張強度（引張降伏ひずみ）、曲げ強度、曲げ弾性率、シャルピー衝撃強さ、MFR（メルトフローレート）、ベース樹脂の熱履歴による分子量の変化、ベース樹脂の熱履歴による樹脂中に含有されている安定剤などの添加剤量の変化を調査している。（パナソニック H28 環境省業務報告書より）
- ・現状では、ラマン分光法によるCNF複合樹脂の選別や、破碎に関する実証は行われていない。技術的課題等も見当たらないため、実証は可能と考えられる。

表 3-8 パナソニック（株）によるCNF+PPのリサイクル性の検証結果

区分	手法・項目	平成 28 年度実証結果	今後検証が必要な事項
選別方法の 検証	水比重方式	CNF含有率が17%を超えると水に沈むため、CNF非含有品と選別できる選別できる可能性がある	－ (近赤外線分光方式がより有望と判断)
	中赤外線分光方式	CNF含有率50%以上の製品に対しては、CNF含有/非含有を識別できる	－ (近赤外線分光方式がより有望と判断)
	近赤外線分光方式	母材樹脂の種別(PPとABS)と含有率10%以上の製品に対しては、CNF含有/非含有を認識できる	量産装置ベースでの回収率、回収品純度の評価、確認
機械特性の 検証	引張強度(引張降伏応力)	リグラインド率が100%の場合でも保持率が96%を保持しており、1回の成形熱履歴の場合ではリサイクル可能と判断	繰返し成形熱履歴や実製品での長期使用を経た場合のCNFの挙動の検証とリサイクル性能の検証
	引張強度(引張降伏ひずみ)	繊維強化PP樹脂においては、成形熱履歴による引張降伏ひずみの変化は少ない	－ (引張降伏ひずみでリサイクル性能を評価することは困難)
	曲げ強度	リグラインド率が100%の場合でも保持率が97%を保持しており、1回の成形熱履歴の場合ではリサイクル可能と判断	繰返し成形熱履歴や実製品での長期使用を経た場合のCNFの挙動の検証とリサイクル性能の検証
	曲げ弾性率	リグラインド率が100%の場合でも保持率が95%を保持しており、1回の成形熱履歴の場合ではリサイクル可能と判断	繰返し成形熱履歴や実製品での長期使用を経た場合のCNFの挙動の検証とリサイクル性能の検証
	シャルピー衝撃強さ	リグラインド率が25~100%の場合、保持率が104~97%の間の保持率を有しており、1回の成形熱履歴の場合ではリサイクル可能と判断	繰返し成形熱履歴や実製品での長期使用を経た場合のCNFの挙動の検証とリサイクル性能の検証
	MFR(メルトフローレート) ←溶液状態にある樹脂の流動性を示す尺度の一つ	ベース樹脂での100%リグラインド品のMFR増加率は103%以下となっており、CNF複合樹脂においてはMFRの保持率が110%以下に収まっていることから、繊維破断がほとんどないかあるいは繊維破断の影響が少なく、リサイクル性能に優れていることを確認	繰返し成形熱履歴や実製品での長期使用を経た場合のCNFの挙動の検証とリサイクル性能の検証
	ベース樹脂の熱履歴による分子量の変化	2回の成形熱履歴により2.2%の分子量の低下を確認し、そのことから物理的な低下も数%に留まると予想	酸化防止剤などの安定剤の消費挙動も検証して、全体的な成形熱履歴による分子劣化度合いと物性、性能を維持するためのリサイクル処方の検討が必要
ベース樹脂の熱履歴による樹脂中に含有されている安定剤などの添加剤量の変化	2回の成形熱履歴により、2~8%が消耗され、リサイクル熱履歴に対する分子劣化や物性低下を抑制するためには再生処方が必要	製品化された商品使用中の経年劣化等も考慮した処方の検証が必要	

※リグラインド率：2回目成形品の1回熱履歴品の新材への配合比率

出典：パナソニック H28 環境省業務報告書より抜粋

② C N F + P E

- ・京都大学により、PP+ガラス繊維 20%と比較して、HDPE+C N F 20%の方がリサイクル後の機械的強度の劣化が少ないこと等が確認されている。

出典：Nanocellulose Symposium2016/第 310 回生存圏シンポジウム
「構造用セルロースナノファイバー材料の社会実装に向けて」配布資料

- ・破碎や選別に関する実証は、C N F + P P と同様に可能と考えられる。

③ C N F + P A

- ・ユニチカ（株）により、C N F 強化 P A 6 樹脂がリサイクル後の特性について確認されている。（パナソニック H28 環境省業務報告書より）
- ・破碎や選別に関する実証は、C N F + P P と同様に可能と考えられる。

④ C N F + P V C

- ・C N F + P V C の複合化に関する研究は公開情報では見当たらないが、各企業により個別に進められている可能性がある。
- ・P V C 自体は、他の汎用プラスチックに比べ、異物混入の影響も小さくマテリアルリサイクルの容易な素材であるため、C N F + P V C の複合化技術が確立すれば、破碎、選別、機械特性の変化等に関する実証は可能と考えられる。

(2) CNF+熱硬化性樹脂のリサイクルの実証可能性等検討

CNF+熱硬化性樹脂のリサイクルの実証可能性等に関する文献・ヒアリング調査結果を以下に示す。

1) 市場環境

- ・ CNF+エポキシは、自動車の塗料や接着剤として使用されることが想定されている。
- ・ CNF+熱硬化性樹脂は、自動車の強度が求められる部位に使用される可能性がある。
(大学等研究機関)

2) リサイクル性能評価のニーズ

- ・ 熱硬化性樹脂のリサイクルは、細かく粉砕して嵩増しのために熱可塑性樹脂に混ぜ込む形で使用されている可能性がある。(環境省リサイクル推進室)
- ・ 破碎・選別工程において、CNFを複合したことによる影響について実証を行う必要がある。

3) 実証可能性

- ・ 熱可塑性樹脂のマテリアルリサイクルは、上記(2)で挙げたような方法の実証は可能であるが、CNFを複合したメリットを活かしにくいため実証の意義が薄く、実証者が現れない可能性がある。
- ・ ケミカルリサイクルについては、CNFの耐熱性の観点から実施が難しい。(リサイクル事業者)

(3) CNF100%材のリサイクルの実証可能性等検討

CNF100%材のリサイクルの実証可能性等に関する文献・ヒアリング調査結果を以下に示す。

1) 市場環境

- ・ 高強度で高い熱安定性を有することから様々な用途への活用が期待されている。(大学等研究機関)
- ・ 一例として、自動車のボンネットに適用できる可能性が示唆されている。(大学等研究機関)

2) リサイクル性能評価のニーズ

- ・ 高強度であることから、破碎時の刃の磨耗に関する実証や薬品による溶解の実証が必要と考えられる。
- ・ リサイクル後の機械特性の変化に関する実証も必要と考えられる。

3) 実証可能性

- ・技術的には実証可能と考えられる。

(4) CNF+ゴムのリサイクルの実証可能性等検討

CNF+ゴムのリサイクルの実証可能性等に関する文献・ヒアリング調査結果を以下に示す。

1) 市場環境

- ・ゴムに複合することにより、耐摩耗性を向上させることが考えられ、自動車のタイヤ等への適用が想定される。

2) リサイクル性能評価のニーズ

- ・廃タイヤのリサイクル率は約9割となっているが、大半はサーマルリカバリーであり、マテリアルリサイクルに関するニーズは低いと考えられる。



図 3-2 廃タイヤのリサイクル率

出典：一般財団法人日本自動車タイヤ協会「廃タイヤリサイクル状況」

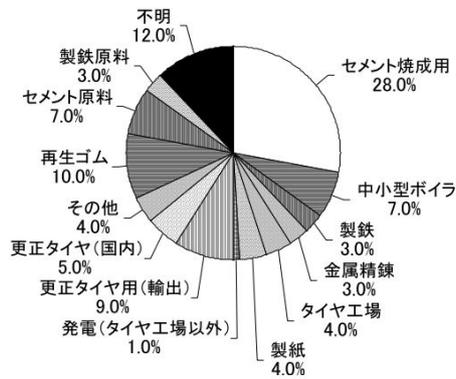


図 3-3 廃タイヤのリサイクル内訳

出典：あいち産業科学技術総合センター資料

3) 実証可能性

- ・技術的には実証可能と考えられる。

(5) 求められるCNFリサイクルの整理

上記の検討を踏まえ、求められるCNFリサイクルを整理した。結果を表 3-9 に示す。

表 3-9 素材×リサイクル手法別の求められるCNFリサイクル

素材	CNF+熱可塑性樹脂	CNF+熱硬化性樹脂	CNF100% 材	CNF+ゴム	CNFを活用した発泡断熱材
リサイクル手法					
マテリアルリサイクル	優先度 高 様々な用途に使用されマテリアルリサイクルも可能	優先度 低 マテリアルリサイクルが困難	優先度 中 用途が不明確だがマテリアルリサイクルは可能	優先度 低 マテリアルリサイクルは一部行われている	優先度 低 マテリアルリサイクルが困難
ケミカルリサイクル	× CNFリサイクル手法として不適	優先度 低 マテリアルリサイクルが困難	× CNFリサイクル手法として不適	× CNFリサイクル手法として不適	× CNFリサイクル手法として不適
サーマルリカバリー	優先度 低 安全性以外の実証の必要性が薄い	優先度 低 安全性以外の実証の必要性が薄い	優先度 低 安全性以外の実証の必要性が薄い	優先度 低 安全性以外の実証の必要性が薄い	優先度 低 安全性以外の実証の必要性が薄い

3.1.3 実現目標の設定

(1) 類似素材である炭素繊維のリサイクルの現状

炭素繊維のリサイクルに関しては、平成18年度より経済産業省「炭素繊維リサイクル技術の実証研究開発」により、パイロットプラントが建設され、炭素繊維廃材リサイクル技術の実証研究開発が行われてきた。

しかし、炭素繊維は高い耐熱性により依然として処理が難しいこと、リサイクルを行うと繊維長が短くなり利用価値が低下することから、リサイクルは進んでいない。炭素繊維関連の廃材は世界で年間1,000～2,000トン近く発生していると言われていたが、現在は多くが埋立処分されている。

表 3-10 炭素繊維のリサイクルに関連する事業（抜粋）

年度	事業名	事業主体	事業内容
H18～ H20	炭素繊維リサイクル技術の実証研究開発（経済産業省事業）	社団法人化学繊維技術改善研究委員会 日本コークス工業株式会社	炭素繊維廃材のリサイクルを行うためのパイロットプラントを建設して、炭素繊維廃材リサイクル技術の実証研究開発を行う。
H21～ H23	—	炭素繊維協会 福岡県 大牟田市	樹脂残渣の低減、繊維長制御、金属系異物除去などのリサイクル手法に関する基礎的な知見を見出す。
H24～ 26	—	炭素繊維リサイクル技術開発組合 （東邦テナックス株式会社、三菱レイヨン株式会社、東レ株式会社による共同出資） ←2015年3月末に解散	航空機、自動車などの一般産業、スポーツの各用途で需要が拡大する炭素繊維のリサイクル技術を量産技術として確立する。
H27～	革新省エネルギー熱分解法による高効率リサイクル炭素繊維製造技術の開発（NEDO 戦略的省エネルギー革新プログラム）	東レ株式会社 豊田通商株式会社	熱分解法による炭素繊維リサイクルにおいて最も消費エネルギーの大きい熱分解工程で、マトリックス樹脂の可燃性分解ガスを燃料に用いることにより、消費燃料の大幅な低減を目指す。
H27～	—	三菱レイヨン株式会社 株式会社新菱	炭素繊維リサイクルの事業化を推進

(2) 実現目標の設定に関する情報

1) 自動車分野における実現目標

H27 環境省業務報告書で示された、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3-4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CO₂削減効果が10%以上であること、としている。また、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CO₂削減効果は1.61%（113.3万t-CO₂）と試算している。

2020年における実現目標

- 定性目標：CNF技術コンセプトカーの完成
走行段階のCO₂削減効果が10%以上であること
（うち軽量化による走行段階のCO₂削減効果が7%以上であること）

2030年における実現目標

- 定性目標：「環境にやさしいCNF車」という概念が広く国民に浸透している社会
- 定量目標：①走行段階のCO₂削減効果が10%以上のCNF車の商用化
（うち軽量化による走行段階のCO₂削減効果が7%以上であること）
②新車販売台数の40%以上がCNF使用車（普及率換算で22.9%相当）

2020年の完成目標とする技術コンセプトカーは、軽量化効果等を見せるCNFを活用した環境配慮型自動車とし、そのイメージを下図に示す。また、技術コンセプトカーは、2020年以降の本格生産を見据え、以下の6要件を満たすものとする。

- 1) 走行段階のCO₂削減効果が10%以上
（うち軽量化による走行段階のCO₂削減効果が7%以上）
- 2) 部材リサイクルや長寿命化によりライフサイクル全体でのCO₂削減に寄与
- 3) テストコースを走行可能
- 4) 各種試験結果を検証可能
- 5) CO₂排出量の測定（カタログ燃費データ取得）が可能
- 6) 一般消費者も興味を持つようなコンセプトの設定



図3-4 H27 環境省業務報告書で示された自動車分野における実現目標

2) 家電・住宅建材分野における実現目標

H28 環境省業務報告書で示された、CNFを活用した家電・住宅建材に関する2020年及び2030年の実現目標を図3-5に示す。これによると、2020年における実現目標は、CNFを活用することでCNFを使用しない従来製品・部位等と比較して10%以上のCO₂削減効果があるものが製品化される、としている。また、実現目標が達成された場合、2030年におけるCO₂削減効果は、151.6万t-CO₂となり、これは2013年度家庭部門全体のCO₂排出量(約20,100万t-CO₂)のうち、約0.75%を占める、と試算している。

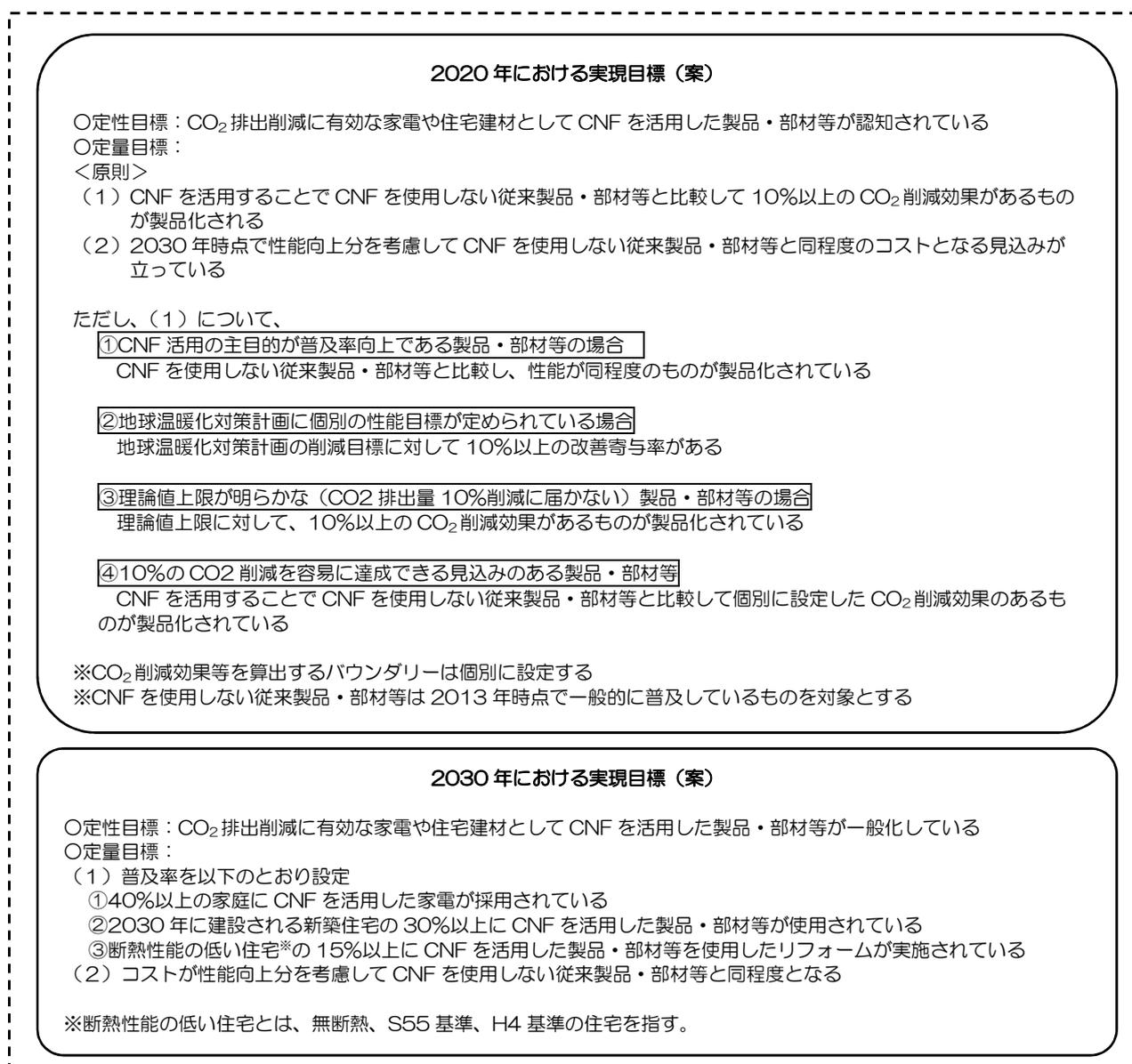


図3-5 H28 環境省業務報告書で示された家電・住宅建材分野における実現目標

3) PET リサイクルによる CO₂ 削減効果 (参考)

PET ボトルリサイクル推進協議会によると、PET ボトル1本あたりのライフサイクル CO₂ 排出量 (500ml、耐熱ボトル) は、全数廃棄の場合 157g-CO₂/本、全数リサイクルを行う場合 99g-CO₂/本となり、PET ボトルのリサイクルによる CO₂ 削減効果は 58g-CO₂/本 (37%削減 (廃棄物発電も考慮)) とされている。

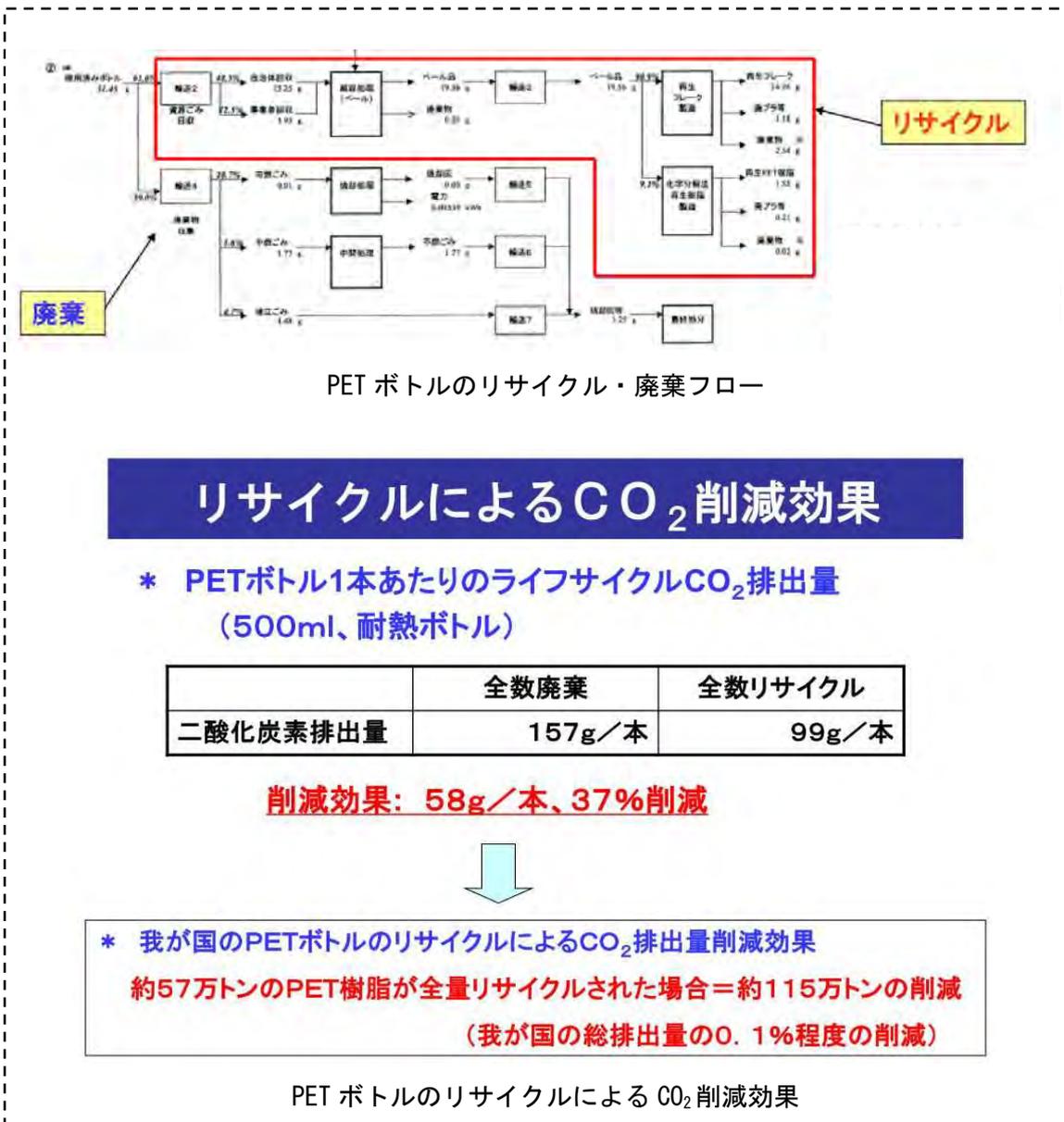


図 3-6 PET ボトルのリサイクル・廃棄フローと PET ボトルのリサイクルによる CO₂ 削減効果

出典: PET ボトルリサイクル推進協議会 「PET ボトルの環境負荷について」

(3) 実現目標の設定

上記の調査結果を参考にして、CNFリサイクルの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。設定に当たって、4案を検討・提案し、環境省担当官との調整の結果、以下に示す案を採用することとした。

2020年における実現目標（案）

○定性目標：

- CNF製品のリサイクルが可能かつ有意であることが実証されている
- (炭素繊維のような)リサイクル上の不具合・弱点のない技術体系が確立されている
- CNF+熱可塑性樹脂、CNF100%材、のマテリアルリサイクル技術が確立されている

○定量目標：

- CNF製品のリサイクルに関して、通常のサーマルリカバリーを行う場合と比較して、CNFリサイクルを行う場合の方がLCAレベルでCO₂排出量を20%削減できる技術が確立している(自動車部材、家電が対象)
- リサイクルCNFを使用した場合、トータルコストが低減または同等水準に抑えられる

2030年における実現目標（案）

○定性目標：

- 自動車、家電、住宅建材等のCNF製品のリサイクルシステムが確立されている
- CNF製品はリサイクルすることが当たり前と認識されている

○定量目標：

- CNF素材のリサイクル率は、個別のリサイクル法で定められた再資源化率・再商品化率以上となっている
- CNFのリサイクル事業が事業として成立している

3.2 評価項目・方法の整理

3.2.1 評価項目・要求性能の整理

CNFのリサイクル製品・部材が有効に機能するための評価項目・評価方法を、関連するJIS規格等を基に、保安基準、基本性能、安全性能、環境性能に分けて整理した。

CNFの主な用途は熱可塑性プラスチックに混練した複合材であり、再生プラスチックとしてマテリアル利用の増進に努める必要がある。JIS Z7121:2007「プラスチックの循環の利用段階を含むライフサイクルインベントリ調査方法」に、LCA手法が示されている。

(1) 建材などへのマテリアルリサイクル

CNF複合材のプレシューマ材料、ポストコンシューマ材料を建材に利用する場合はJIS A5741:2016「木材・プラスチック再生複合材」では主に建材で使用される基本的物性・安全性に関する試験方法が適用できる。

具体的には、使用済みCNF複合材を外構ウッドデッキや内装フローリング材に利用するマテリアルリサイクルである。CNF複合材から木材・プラスチック再生複合材をリサイクルする場合の評価項目・評価方法を表3-11に示す。この規格ではプレシューマ材料（出荷前製造過程でのプラスチック廃棄物）、ポストコンシューマ材料（使用済み製品からのプラスチック廃棄物）、多回リサイクル材料（繰り返し再生複合材の原料として利用されるもの）をリサイクル材料と定義している。

木質材料及び熱可塑性プラスチックを主原料とし、プラスチック成形の手法などによって複合化したもので、原料としてリサイクル材料等を質量割合で40%以上含有するものを木材・プラスチック再生複合材の対象とすることが記載されている。

表 3-11 木材・再生プラスチックの評価項目・評価方法

区分	評価項目	指標	単位	測定方法 準拠規格	必要水準・備考	
基本性能	リサイクル材料の含有量	リサイクル材料の含有率	%	JIS A5741:2016	プレコンシューマ材料、ポストコンシューマ材料、多回リサイクル材料をリサイクル材料とし、40%以上であること。パーゼル条約に抵触する物質を含まないこと。	
	密度・比重	真比重	—	JIS K 7112:1999	0.8~1.5	
	吸水特性	吸水率	%	JIS A 5905:2014	10 以下	
	長さ	長さ変化率	長さ方向	%	JIS A 5905:2014	3 以下
			幅方向	%	JIS A 5905:2014	3 以下
	強度	曲げ強さ	MPa	JIS K 7171:2016	20 以上	
		シャルピ衝撃強さ	kJ/m ²	JIS K 7111:2012	0.5 以上	
	熱特性	荷重たわみ温度	℃	JIS K 7191-2:2015	70 以上	
		ピカット軟化温度	℃	JIS K 7206:2016	75 以上	
	耐候性（キセノンアークランプ暴露試験 500 時間）	A 法引張強さ変化率	%	JIS A 5721:2013	30 以内	
		A 法引張伸び変化率	%	JIS A 5721:2013	50 以内	
		B 法曲げ強さ変化率	%	JIS K 7171:2016	30 以内	
安全性能	揮発性物質放散性（ホルムアルデヒド）	A 法:デシケータ法	mg/L	JIS A 1460:2015	平均値で 0.3 以下、かつ、最大値で 0.4 以下	
		B 法:小形チャンバー法	mg/(m ² ・h)L	JIS A 1901:2015	0.005 以下	
	有害物質溶出量	カドニウム	mg/L	JIS K 6743:2016	0.01 以下	
		鉛	mg/L	JIS K 6743:2016	0.01 以下	
		水銀	mg/L	JIS K 6743:2016	0.0005 以下	
		セレン	mg/L	JIS K 6743:2016	0.01 以下	
		ひ素	mg/L	JIS K 0400-61-10	0.01 以下	
		六価クロム	mg/L	JIS K 0400-65-20:1998	0.05 以下	

(注釈)

- プラスチック原料は次の熱可塑性プラスチックとする。
 一般用プラスチック：PMMA, PVC, PP, PE, PET, PS, SAN, SP, ABS
 エンジニアリングプラスチック：PC, PA, PPE, PLA
 その他のプラスチック：PC/ABS, ASA, AES, ACS (ABS), EVAC, PB, MABS, PTFE
- 天然ゴム、エラストマーが混合しているもの、熱可塑性樹脂の混合物も原料とする。
- 木質原料及び熱可塑性プラスチック原料以外の原料はその他の原料として、例えば、滑剤、安定剤、相溶化剤、顔料、可塑剤などの添加剤をいう。

(2) 自動車部品のリサイクル

CNF複合化の利点を活かすためにある部品から同じ部品を製造することも考えられるが、自動車部品のリサイクルとしては、一般的にはカスケード利用が想定される。同様の製品を製造する例としてタイヤ、カスケード利用先としてインスツルメントパネルを想定し、それぞれの求められる評価項目と必要水準（案）を以下に示す。

1) インスツルメントパネル

インスツルメントパネルに関する評価項目と必要水準（案）を表 3-12 に示す。

表 3-12 インスツルメントパネルに関する評価項目と必要水準(案)

区分	評価項目	指標	測定方法 準拠規格	必要水準
保安基準	難燃性	燃焼速度など	保安基準第 20 条 乗車装置別添 27 内装材料の難燃性の技術基準	<ul style="list-style-type: none"> 燃焼しないこと または燃焼速度の最大値は 100mm/分を超えないこと 試験片の燃焼が、A 標線に達してから 60 秒経過する前に停止し、かつ、A 標線に達した後の試験片の燃焼 鋼板、アルミ板、FRP、厚さ 3mm 以上の木製の板（合板を含む）及び天然の皮革は難燃性の材料とみなす。
基本性能	強度	引張強度	JIS K7161	部材中の最大引張応力に対して十分な安全率が確保されること。
		曲げ強度	JIS K7171	部材中の最大曲げ応力に対して十分な安全率が確保されること。
	剛性	弾性率	JIS K7161	既存樹脂より比剛性が高く、高い軽量化率がえられること
		曲げ弾性率	JIS K7171	既存樹脂より比剛性が高く、高い軽量化率がえられること
	耐熱性	融点	JIS K7121	PP 同等以上 最大表面温度 105℃に耐え、変形しないこと
		熱伝導率	JIS A1412	従来樹脂同等以上
		体積膨張率	ISO 6801	従来樹脂同等以下
		線膨張率	JIS K7197	鉄、アルミと同水準であること
	吸水性	吸水率	JIS K7209	従来樹脂同等以下
	加工性	MFR(ルトフローインデックス)	JIS K7210	従来熱可塑性樹脂同等以上
塗装膜密着度		JIS K5600	クロスカット法 6 段階のうち、「どの格子の目にもはがれがない」	
高品位外観性	着色性	JIS K7102	カーボンアーク燈光に対しての変退色が少ないこと	
安全性能	難燃性	燃焼速度	JIS D1201	燃焼しないか、燃焼速度が 100 mm/分以下であること
	衝撃性		—	衝突時の破片でシャープエッジが生じないこと

2) タイヤ

タイヤに関する評価項目と必要水準（案）を表 3-13 に示す。

廃棄タイヤの 90%がサーマルリカバリーに、10%がマテリアルリサイクル再生ゴムとして歩道舗装材、ゴムシートに利用されているほか、タイヤ製造の原料として使用される事例が報告*されている。なお、古タイヤを修理して再利用する「リトレッドタイヤ」事業も行われており、古タイヤが必ずしも廃棄タイヤとなるわけではない。

出典：横浜ゴム、再生ゴム使用を拡大、2010 年度は 2008 年度比 2 倍
<http://www.y-yokohama.com/release/?id=1641&lang=ja&sp=760>

表 3-13 タイヤに関する評価項目と必要水準(案)

区分	評価項目	指標	測定方法 準拠規格	必要水準
保安基準	道路を破損するおそれのないもの	接地圧	保安基準第 7 条 接地部及び接地 圧	タイヤの接地部の幅 1cm あたり 200kg を超えないこと。
基本性能	剛性	ゴム硬度	JIS K6253-3	従来タイヤと同水準であること
	柔軟性	切断時伸び EB	JIS K6251	従来タイヤより切断時伸びが大 きいこと
	高品位外観性	着色性	—	カラータイヤに対応できるか
安全性能	耐衝撃性	ウエットグリップ性能 G	EU 規則 Wet Grip グレーデ ィング試験法 (案)	G>110 省エネタイヤラベリング 制度

(3) 家電のリサイクル

家電のリサイクルでは、ある部材から同様の部材を製造することが通常行われている。ある家電製品のリサイクル材を活用して同様の家電製品を作る場合、当該製品に要求される要求水準を満たす必要がある。CNFが活用される家電の求められる評価項目と必要水準（案）を以下に示す。

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3-14に示す。

表3-14 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	スピント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

2) 冷蔵庫

冷蔵庫に関する評価項目と評価方法（案）を表3-15に示す。

表3-15 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

3) 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3-16に示す。

表3-16 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

(4) 建材のリサイクル

建材のリサイクルでは、ある部材から同様の部材を製造することは技術的に可能と考えられ、リサイクル材を用いた場合でも当該部材に求められる要求水準を満たす必要がある。CNFが活用される建材の求められる評価項目と必要水準（案）を以下に示す。

1) 樹脂サッシ（窓枠）

樹脂サッシ（窓枠）に関する評価項目と評価方法（案）を表 3-17 に示す。

表 3-17 樹脂サッシ(窓枠)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 ² ・K 以下 (I・II 地域)～ 6.51W/ m ² ・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 28 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分散特性	ホルムアルデヒド分散速度	—	ホルムアルデヒド・VOC の発生がないこと	
安全性能	—	—	—	—
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

※推奨項目

3.2.2 CO₂削減効果の評価方法の検討

(1) CNFリサイクルによるCO₂削減効果算定に係る参考文献の整理

CNF製品のリサイクルによるCO₂削減効果の評価するための考え方を整理し、リサイクルによるCO₂削減効果の評価方法について検討した。なお、環境省CNF事業全体で整合の取れた評価方法となるよう、過年度業務で策定されたLCAガイドライン等を参考に検討した。参考としたガイドラインを表3-18に示す。

表 3-18 参考としたガイドライン

No.	作成時期	発行者	名称
1	平成 29 年 3 月	環境省	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)
2	平成 28 年 3 月	環境省	セルロースナノファイバーを用いた自動車製品に関するLCAガイドライン(案)
3	平成 28 年 3 月	環境省	循環資源のリサイクル及び低炭素化に関する効果算出ガイドライン(Ver. 1.0)
4	平成 27 年 2 月 24 日	日本LCA学会	温室効果ガス排出削減貢献量算定ガイドライン(第1版)

(2) LCA算定方法の整理・検討

CNFのリサイクルによるCO₂削減効果の評価するための考え方、算定方法について検討した。CO₂削減効果についてはLCAを用いて実施し、そのLCA算定について、以下の1)～11)に整理した。

1) LCA実施者

LCAの実施者は「リサイクル実施者(中間処理業者)」を想定している。

2) システム境界の考え方

システム境界は図3-7の通り、「回収段階～処理処分段階」である。なお、回収において、リサイクル、廃棄処分においても同一の回収方法である場合、同一のCO₂排出量を双方に計上するだけであり、またデータ収集に工数が必要となるため、算定を省略してもよいとした。また、同一ではないが、非常に類似プロセスを有していてCO₂削減効果の差が無視できるほど小さい場合においても算定を省略してもよいとした。

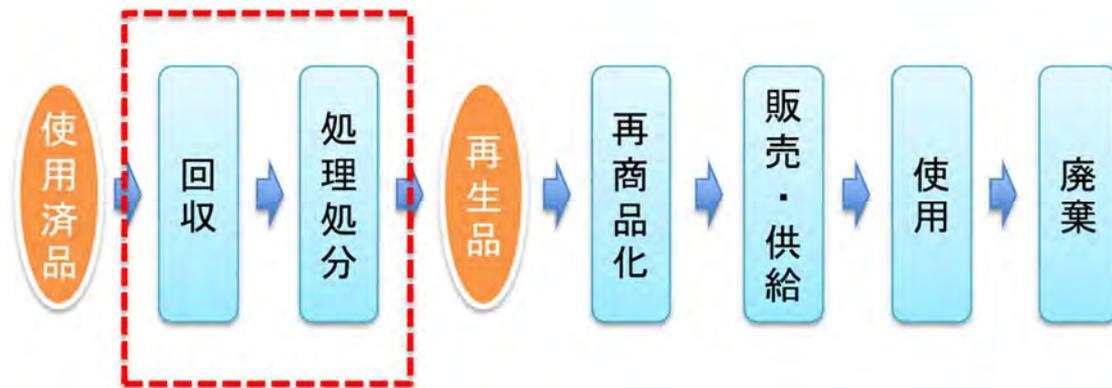


図 3-7 システム境界

3) 評価対象とする製品システム

評価対象は「CNFを含む使用済CNF部材の廃棄・リサイクル等の一連のプロセス」であり、使用済CNF部材の定義としては、「製品の使用が終了し、廃棄もしくはリサイクル等されるCNFを含む部材」とした。

4) 評価対象とするリサイクル方法

評価対象とするリサイクル方法は以下の3通りである。CNFはバイオマス素材であり、燃焼時にカーボンニュートラルの考え方が適用可能であるため、素材へのリサイクルのみならず、サーマルリカバリーのように、エネルギーへの変換を主とするリサイクル方法も評価対象とした。

- マテリアルリサイクル
- ケミカルリサイクル
- サーマルリカバリー

5) 機能及び機能単位

CO₂削減効果を求めるには、評価対象と比較対象の差分を求めることが必要となる。比較時には評価対象と比較対象の双方で同等のCNF部材をリサイクルし、また再生材を産出する必要がある。すなわち、LCAでいうところの機能単位を揃えることが必要である。CNF部材のリサイクルの評価では、機能を①「セルロースを含む部材の処理」と②「素材・エネルギーの供給」とし、この機能を基に機能単位を設定することとした。例えば、図3-8に示すマテリアルリサイクルの場合、①「CNF部材の1kgの処理サービスの提供」を基本として設定し、1kg処理した際のCNF再生品生成量を踏まえて、②「CNF素材の0.7kgの供給」等、2つの機能単位を設定し、評価を実施することとなる。



図 3-8 使用済 CNF 部材のマテリアルリサイクルの例

6) 比較対象とするオリジナルプロセスの設定

リサイクルが実施されない場合、適用したであろう処理処分方法をオリジナルプロセス（ベースライン）とし、このオリジナルプロセスと評価対象のプロセスとの差分を評価することとなる。その際、リサイクルが実施されていない場合の処理処分方法は、一般社団法人プラスチック循環利用協会が発行した「-2015-プラスチック製品の生産・廃棄・再資源化・処理処分の状況」（2016年12月）の考え方を基に、有効利用しなかった場合、廃プラスチックは単純焼却として、ベースラインに設定することとした。なお、既存のセルロースを含む部材を処理処分（リサイクル/廃棄）する従来設備がある場合には、その従来設備におけるプロセスをベースラインに設定可能とした。

一方、サーマルリカバリーをオリジナルプロセスとして選定することも可能であるが、以下の課題があるため、上記の通り単純焼却として設定している。

- ① 将来の熱利用、発電、コージェネ等の基準シナリオ設定方法の難しさ
- ② サーマルリカバリーを評価対象プロセスとした場合、その CO₂ 削減効果が出にくい（オリジナルプロセスとほぼ同等の評価結果となる可能性）

なお、サーマルリカバリーの状況として、環境省調査¹²³では一般廃棄物焼却施設のうち、廃棄物発電施設は 30.5%、産業廃棄物焼却施設では 11.4%が設備を有しており、国内廃プラスチックのうち、固形燃料として 13%、廃棄物発電にて約 34%、熱利用として 10%が有効利用されており、単純焼却は約 10%、埋立は 8%となっている。

¹一般廃棄物の排出及び処理状況等（平成 27 年度）について、環境省、平成 29 年 3 月 28 日

URL : http://www.env.go.jp/recycle/waste_tech/ippan/h27/data/env_press.pdf

²第 1 回廃棄物処理制度専門委員会資料、環境省、平成 28 年 5 月 19 日

URL : https://www.env.go.jp/press/y0310-01/mat03_1_P3.pdf

³マテリアルリサイクルによる天然資源消費量と環境負荷の削減に向けて、環境省、平成 28 年 3 月

URL : <http://www.env.go.jp/press/files/jp/102960.pdf>

7) 再生材の質を考慮した評価

再生材は、使用済み品および再資源化工程の違いにより、品質が異なるため、再生材の品質の差は最終的に売買価格に反映されることがある。品質差を考慮した算定を実施する際、式1に示す算定式を用いることとした。なお、品質に関する情報が入手できない場合は、マテリアルリサイクルから再生される部材はバージン材と同等として評価することとする。

$$e = r \times q_x / q_y \dots\dots (式1)$$

- e : 再資源化された再生品と同等製品の CO₂ 排出量
- r : バージン材から製造した際の CO₂ 排出量
- q_x : 再資源化された再生品の品質等
- q_y : バージン材から製造した際の品質等

8) マテリアルリサイクルの評価方法

マテリアルリサイクルの評価では、機能単位を「CNF部材の 1kg の処理サービスの提供」及び「CNF材料●kg の供給」と設定し、評価することとした。なお、「●」には評価対象とするシステム 1kg をリサイクルした際に、供給される再生 CNF 部材の量が入る。マテリアルリサイクルの評価イメージを図 3-9 に示す。

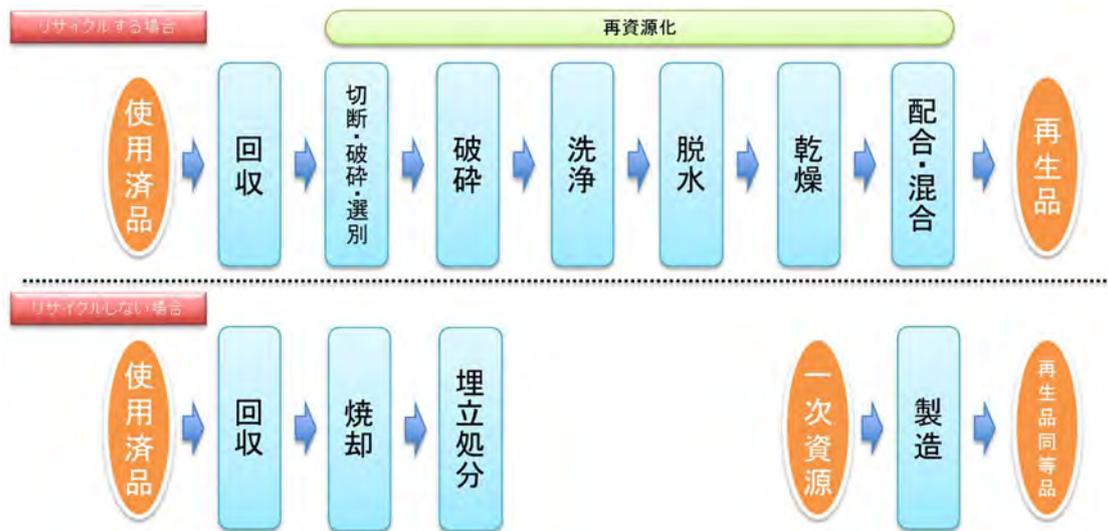


図 3-9 マテリアルリサイクルの評価イメージ

9) ケミカルリサイクル(常圧溶解法)の評価方法

プラスチックのケミカルリサイクルは、表 3-19 に示す技術が実用化等されている。CNF 成分が有効にリサイクルされる技術は、ヒアリングにより枠で示している常圧溶解法における原料モノマー化を想定して評価方法を設定することとした。

表 3-19 ケミカルリサイクル技術の実用化

技術分類		回収物	技術熟度
原料モノマー化 (CFRP)	熱分解法熱分解法	CF(ミルド)	商用化段階 (東レ、帝人、三菱レイヨン)
	電気分解法	湿式不織布	商用化段階 (アイカーボン)
	常圧溶解法	CF(長繊維)	応用研究段階 (日立化成にて回収 CF と回収 EP の用途開発中)
高炉原料化		還元剤 (コークス代替)	商用化段階 (JFE スチール、神戸製鋼所等)
コークス炉化学原料化(廃プラ)		コークス、炭化水素油、コークス炉ガス	商用化段階 (新日本製鐵等)
ガス化(廃プラ)		水素、メタノール、アンモニア、酢酸等の化学工業原料、燃料	商用化段階 (昭和電工、新日本製鐵等)
油化(廃プラ)		生成油、燃料	商用化段階 (ジャパンエナジー等)

ケミカルリサイクル(常圧溶解法)の評価では、機能単位を「CNF 部材の 1kg 処理サービスの提供」及び「新規部材材料●kg の供給」と設定し、評価することとした。なお、「●」には評価対象とするシステム 1kg をリサイクルした際に、供給される再生 CNF 部材の量が入る。ケミカルリサイクル(常圧溶解法)の評価イメージを図 3-10 に示す。

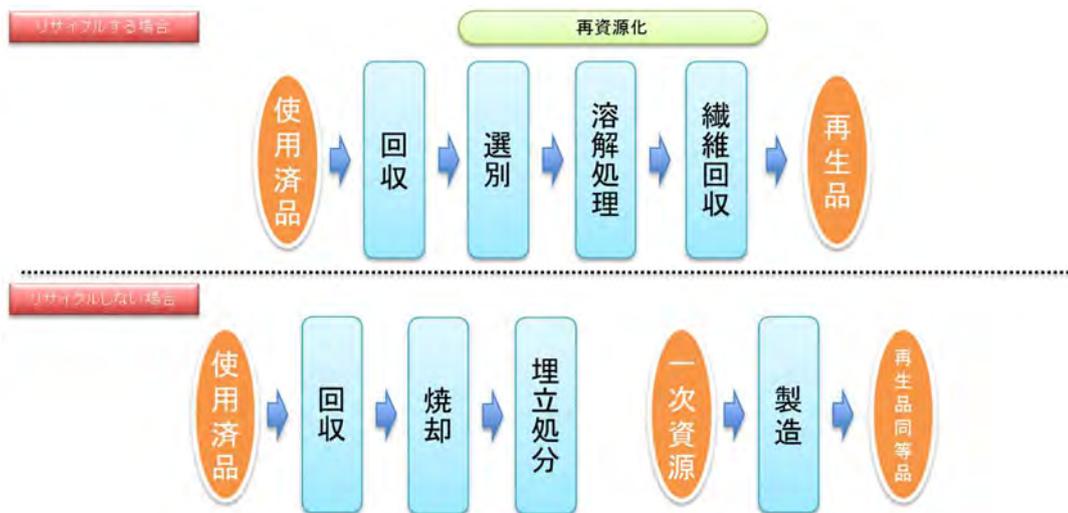


図 3-10 ケミカルリサイクル(常圧溶解法)の評価イメージ

10) サーマルリカバリーの評価方法

サーマルリカバリーの評価では、機能単位を「CNF部材の1kg処理サービスの提供」及び「エネルギー●MJ (or [kWh]) の供給」等と設定し、評価することとした。なお、「●」には評価対象とするシステム1kgを焼却した際に、その熱等から供給されるエネルギーの量が入る。サーマルリカバリーの評価イメージを図5-11に示す。

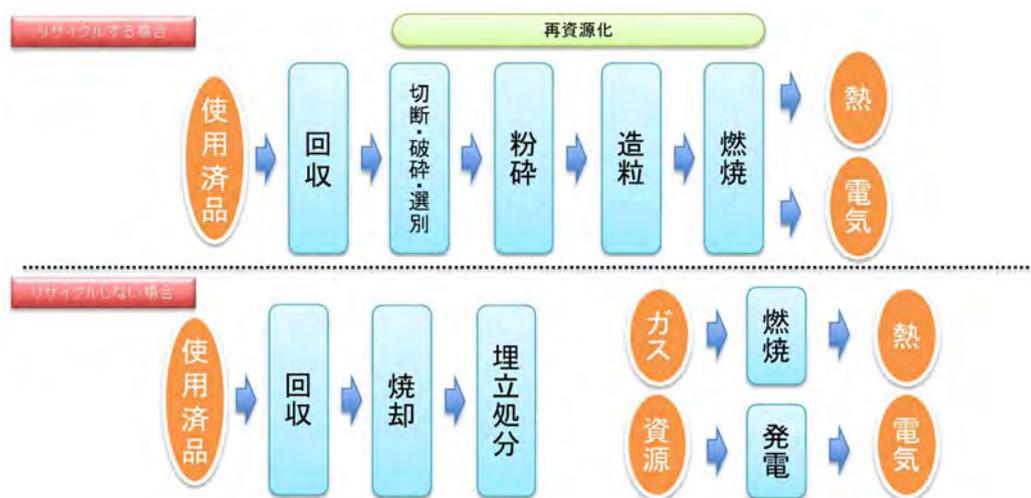


図3-11 サーマルリカバリーの評価イメージ

11) その他、LCAに係る共通事項

LCAを実施する上で、結果の妥当性、信頼性、整合性に影響を与える共通的な課題として、「収集データの精度」、「カットオフ」、「温室効果ガス排出原単位データ」、「配分」、「感度分析」、「クリティカルレビュー」がある。これらについては、前項(1)記載の既存のCNFに係るガイドラインと同様とし、既存のLCAガイドラインと整合が取れるように設定した。

3.2.3 CNF製品の社会実装時のCO₂削減量の推計

(1) CO₂削減量の推計における前提

CNFのリサイクル技術が社会実装された際のCO₂削減量の推計を行った。推計を行うに当たり、CO₂削減量の算定方法は前項3.2.1(2)において検討した評価方法を用いて試算した。

本試算では、洗濯機のパルセータ及び車のトランクフードの2製品におけるマテリアルリサイクル、サーマルリカバリーのCO₂削減効果を試算した。なお、CNFリサイクル対象部材部分のみの評価とし、洗濯機の場合、洗濯機1台ではなく、パルセータ部分のみを対象として算定した。

試算結果においては、CO₂排出削減量の他、CO₂排出削減率についても算出した。CO₂排出削減率については、式2に示す。

$$\text{CO}_2 \text{削減率}[\%] = \frac{[\text{オリジナルプロセス}] - [\text{評価対象プロセス}]}{[\text{オリジナルプロセス}]} \times 100 \dots (\text{式} 2)$$

また、この推計で用いる CNF 製造に係る CO₂ 排出原単位は、「平成 26 年度中長期的温室効果ガス排出削減に向けたセルロースナノファイバーの適用可能性調査委託業務報告書」における CNF 製造に係る機械解繊工程及び乾燥・脱水工程の電力、熱使用量を用いて、MiLCA v 2.0.0 で計算を行った。その結果として算出された 48.72kg-CO₂e/kg-CNF を用いた。

(2) 洗濯機のパルセータの CO₂ 削減効果

洗濯機のパルセータの推計を行った。パルセータは電気洗濯機の回転羽である。そのイメージを図 3-12 に示す。

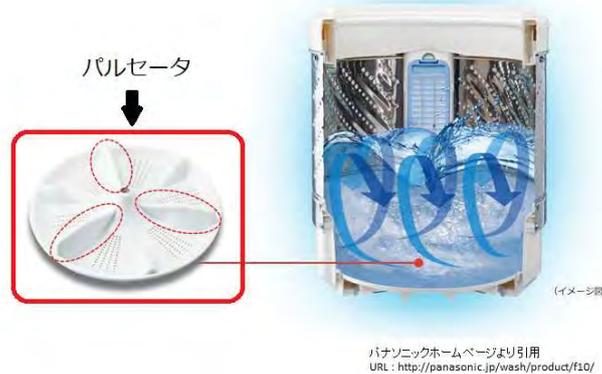


図 3-12 電気パルセータのイメージ図

1) 算定の前提条件

マテリアルリサイクル及びサーマルリカバリーの算定の前提条件はそれぞれ以下の通りとした。

<マテリアルリサイクル>

- ・ 対象：洗濯機のパルセータ
- ・ 素材構成：PP+CNF (10%)
- ・ リサイクルプロセス：現在の PP 製品と同等
- ・ リサイクル工程ロス：2%
- ・ リサイクルプロセス及びオリジナルプロセス共に回収に係るルート、解体方法は同等
- ・ オリジナルプロセスは単純焼却（廃棄物発電設備なし）

＜サーマルリカバリー＞

- ・ 対象：洗濯機のパーセータ
- ・ 素材構成：PP+CNF（10%）
- ・ オリジナルプロセスはマテリアルリサイクル同様に単純焼却（廃棄物発電設備なし）と設定

2) マテリアルリサイクルのCO₂削減効果

①マテリアルリサイクルのプロセス及び機能単位

マテリアルリサイクルの機能単位は「CNF部材の1kgの処理サービスの提供」、「PP+CNF10%製品 0.98kgの供給」とし、評価対象プロセス及び比較対象となるオリジナルプロセスを図3-13の通り仮定した。

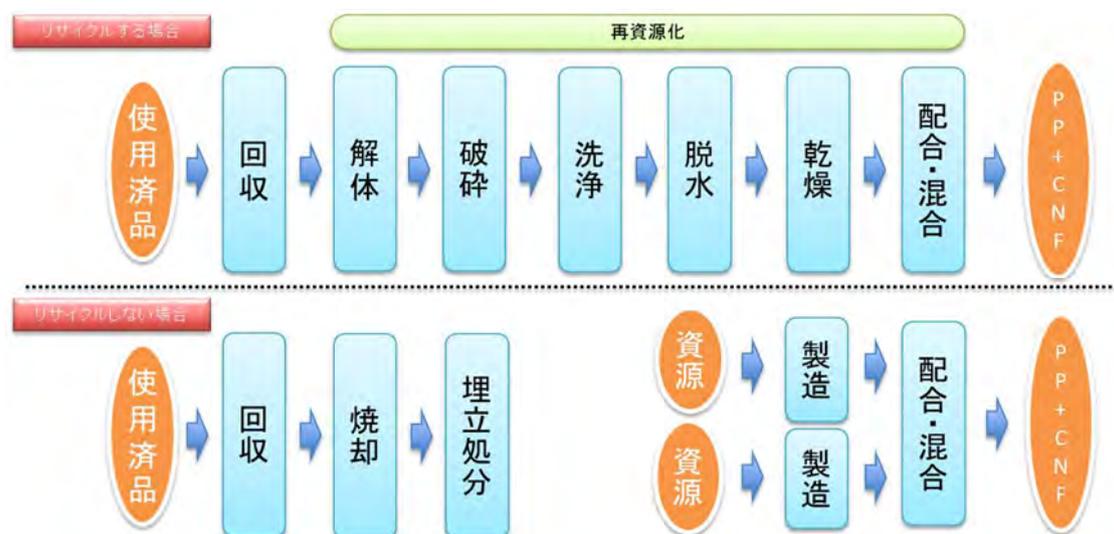


図3-13 マテリアルリサイクルのリサイクルプロセス図

②マテリアルリサイクルのCO₂削減効果

マテリアルリサイクルにおける評価対象プロセス及びオリジナルプロセスのそれぞれのCO₂排出量の試算結果を表3-20～21に示す。これらの結果より、図3-14に示すとおり、CO₂削減量は8.09kg-CO₂e、CO₂削減率は85%と試算された。

表 3-20 評価対象プロセスの CO₂ 排出量試算結果

	プロセス名称	CO ₂ 排出量[kg-CO ₂ e]	参考文献等
評価対象プロセス	回収	6.07E-02	冷蔵庫のライフサイクル・インベントリ (LCI) 分析報告書(2013, 一般社団法人日本電機工業会 環境技術専門委員会 LCA-WG)の輸送条件等を基に MiLCAv2 で再計算
	解体	6.87E-03	IDEAv2 の「使用済み家電の高度中間処理 (分解・解体)」データを引用
	リサイクル	1.34E+00	IDEAv2 の「再生 P0 ペレットの製造」データを引用
	合計	1.41E+00	—

表 3-21 オリジナルプロセスの CO₂ 排出量試算結果

	プロセス名称	CO ₂ 排出量[kg-CO ₂ e]	参考文献等
オリジナルプロセス	回収	6.07E-02	冷蔵庫のライフサイクル・インベントリ (LCI) 分析報告書(2013, 一般社団法人日本電機工業会 環境技術専門委員会 LCA-WG)の輸送条件等を基に MiLCAv2 で再計算
	解体	6.87E-03	IDEAv2 の「使用済み家電の高度中間処理 (分解・解体)」データを引用
	焼却	2.74E+00	IDEAv2 の「焼却処理, 一般廃棄物」データを基に PP90%、CNF10%の割合で焼却し、2%残渣として炭素固定、CNF はカーボンニュートラルとして再計算
	PP 製造	1.72E+00	IDEAv2 の「ポリプロピレンの製造」データを引用
	CNF 製造	4.87E+00	平成 26 年度中長期的温室効果ガス排出削減に向けたセルロースナノファイバーの適用可能性調査委託業務報告書を基に再計算
	配合・混合	1.07E-01	複合樹脂の LCA 報告書 (安原プラミクス株式会社, 平成 21 年 3 月 4 日改定) の報告書における「従来スクリーン方式」の電力データに歩留を考慮して再計算
	合計	9.51E+00	—

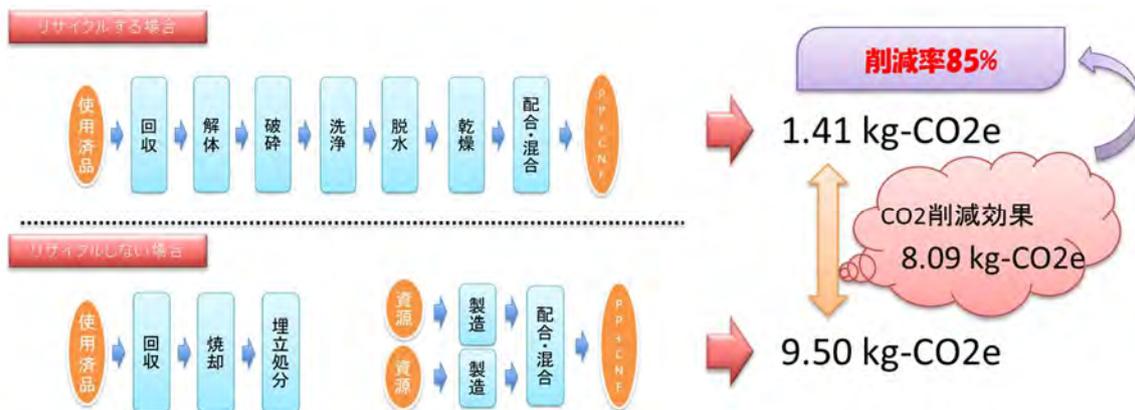


図 3-14 パルセータ（PP+CNF10%）の材料リサイクルの試算結果

3) サーマルリカバリーの CO₂ 削減効果

①サーマルリカバリーのプロセス及び機能単位

機能単位は「CNF部材の1kg処理サービスの提供」及び「電力1.39kWhの供給」とし、評価対象プロセス及び比較対象となるオリジナルプロセスを図3-15の通り仮定した。

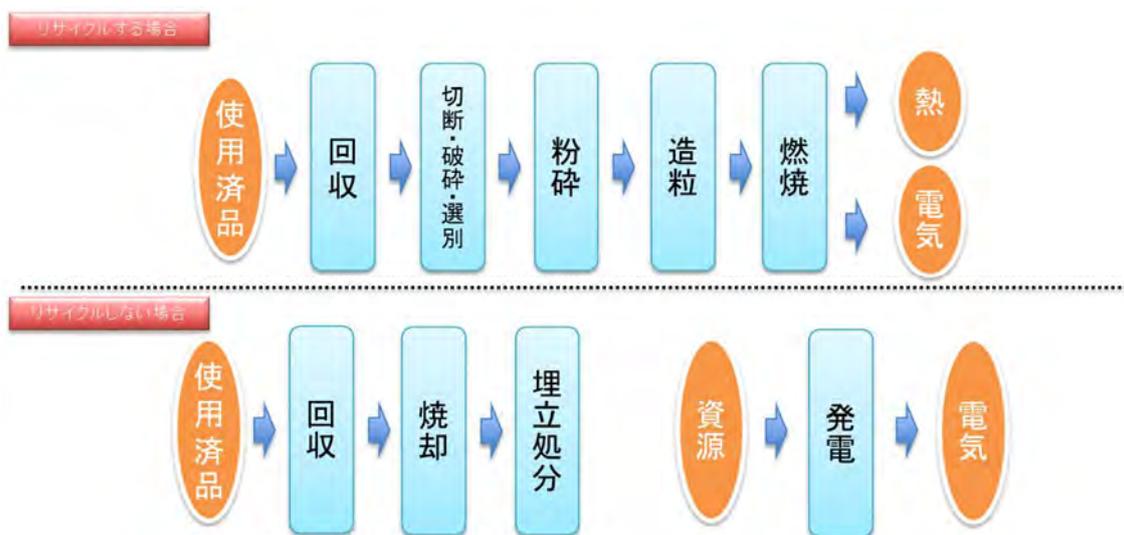


図 3-15 サーマルリカバリーのリサイクルプロセス図

②サーマルリカバリーの CO₂ 削減効果

サーマルリカバリーにおける評価対象プロセス及びオリジナルプロセスのそれぞれの CO₂ 排出量の試算結果を表 3-22～23 に示す。これらの結果より、図 3-16 に示すとおり、CO₂ 削減量は 1.63kg-CO₂e、CO₂ 削減率は 45%と試算された。

表 3-22 評価対象プロセスの CO₂ 排出量試算結果

	プロセス名称	CO ₂ 排出量[kg-CO ₂ e]	参考文献等
評価対象 プロセス	回収	6.07E-02	冷蔵庫のライフサイクル・インベントリ (LCI) 分析報告書(2013, 一般社団法人日本電機工業会 環境技術専門委員会 LCA-WG)の輸送条件等を基に MiLCAv2 で再計算
	解体	6.87E-03	IDEAv2 の「使用済み家電の高度中間処理 (分解・解体)」データを引用
	サーマルリサイクル	1.93E+00	IDEAv2 の「焼却処理, 一般廃棄物」データを基に PP90%、CNF10%の割合で廃棄物発電し、2%残渣として炭素固定、CNF 分はカーボンニュートラルとして再計算
	合計	2.00E+00	—

表 3-23 オリジナルプロセスの CO₂ 排出量試算結果

	プロセス名称	CO ₂ 排出量[kg-CO ₂ e]	参考文献等
オリジナル プロセス	回収	6.07E-02	冷蔵庫のライフサイクル・インベントリ (LCI) 分析報告書(2013, 一般社団法人日本電機工業会 環境技術専門委員会 LCA-WG)の輸送条件等を基に MiLCAv2 で再計算
	解体	6.87E-03	IDEAv2 の「使用済み家電の高度中間処理 (分解・解体)」データを引用
	焼却	2.74E+00	IDEAv2 の「焼却処理, 一般廃棄物」データを基に PP90%、CNF10%の割合で焼却し、2%残渣として炭素固定、CNF はカーボンニュートラルとして再計算
	発電供給	8.14E-01	電気事業者別排出係数 (特定排出者の温室効果ガス排出量算定用) -平成 27 年度実績- H28.12.27 公表の代替値を引用
	合計	3.63E+00	—

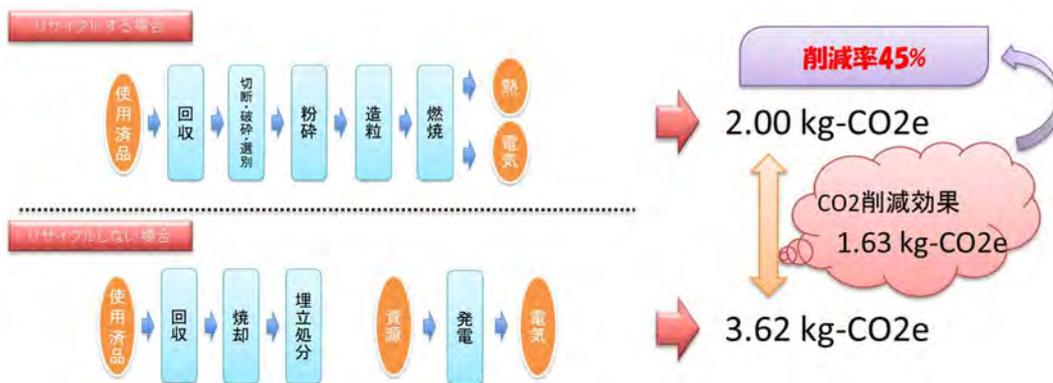


図 3-16 パルセータ (PP+CNF 10%) のサーマルリカバリーの試算結果

4) 感度分析の実施

前項2)で実施したマテリアルリサイクルについて、感度分析を行った。感度分析として、前項2)で実施した評価をケース1として、「平成26年度中長期的温室効果ガス排出削減に向けたセルロースナノファイバーの適用可能性調査委託業務報告書」情報を基に算出したCNF製造に係るCO₂排出原単位が最小の値(CNF 1.53kg/kg-CNF)で評価したものをケース2、オリジナルプロセスの焼却を単純焼却ではなく、廃棄物発電有りの焼却施設(サーマルリカバリー)で処理した場合の評価をケース3、ケース2かつケース3の場合をケース4として実施した。ケース1～4の個別の結果を表3-24に、評価対象プロセスとオリジナルプロセスの結果のまとめを表3-25に示す。結果より、どのケースにおいても大きな削減効果がある結果となった。

表 3-24 ケース別オリジナルプロセス CO₂ 排出量試算結果

単位 : kg-CO ₂ e		ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4
オリジナルプロセス	回収	6.07E-02	6.07E-02	6.07E-02	6.07E-02
	解体	6.87E-03	6.87E-03	6.87E-03	6.87E-03
	焼却	2.74E+00	1.93E+00	1.93E+00	1.93E+00
	PP 製造	1.72E+00	1.72E+00	1.72E+00	1.72E+00
	CNF 製造	4.87E+00	4.87E+00	4.87E+00	1.53E+00
	配合・混合	1.07E-01	1.07E-01	1.07E-01	1.07E-01

表 3-25 マテリアルリサイクルの感度分析結果

	ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4
評価対象プロセス (kg-CO ₂ e)	1.41E+00	1.41E+00	1.41E+00	1.41E+00
オリジナルプロセス (kg-CO ₂ e)	9.51E+00	6.17E+00	8.69E+00	5.35E+00
CO ₂ 削減量 (kg-CO ₂ e)	8.09E+00	4.76E+00	7.28E+00	3.94E+00
CO ₂ 排出削減率	85%	77%	84%	74%

(3) 車のトランクフード削減効果

トランクフードとは、セダンの後ろの荷物室の蓋のことである。そのイメージを図 3-17 に示す。



図 3-17 車のトランクフードのイメージ図

1) 算定の前提条件

マテリアルリサイクル及びサーマルリカバリーの算定の前提条件は以下の通りとした。

<マテリアルリサイクル>

- ・ 対象：車のトランクフード
- ・ 素材構成：PA6+CNF (10%)
- ・ リサイクルプロセス：現在の PA6 製品と同等
- ・ リサイクル工程ロス：2%
- ・ リサイクルプロセス及びオリジナルプロセス共に回収に係るルート、解体方法は同等
- ・ オリジナルプロセスは単純焼却（廃棄物発電設備なし）

<サーマルリカバリー>

- ・ 対象：車のトランクフード
- ・ 素材構成：PA6+CNF (10%)
- ・ オリジナルプロセスはマテリアルリサイクル同様に単純焼却（廃棄物発電設備なし）と設定

2) マテリアルリサイクルの CO₂ 削減効果

①マテリアルリサイクルのプロセス及び機能単位

マテリアルリサイクルの機能単位は「CNF部材の 1kg の処理サービスの提供」及び、「PA6+CNF10%製品 0.98kg の供給」とし、評価対象プロセス及び比較対象となるオリジナルプロセスを図 3-18 の通り仮定した。

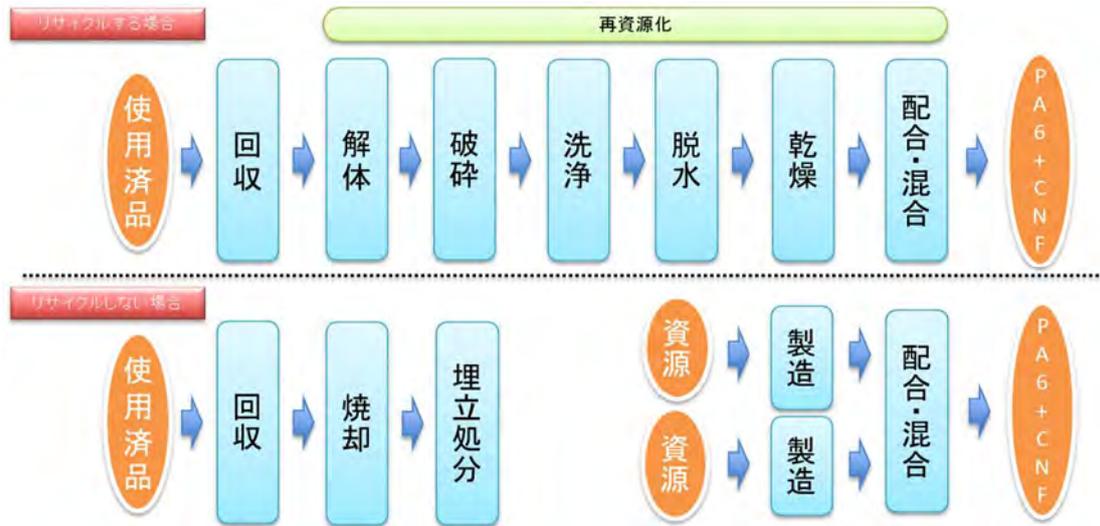


図 3-18 マテリアルリサイクルのリサイクルプロセス図

②マテリアルリサイクルの CO₂ 削減効果

サーマルリカバリーにおける評価対象プロセス及びオリジナルプロセスのそれぞれの CO₂ 排出量の試算結果を表 3-26～27 に示す。これらの結果より、図 3-19 に示すとおり、CO₂ 削減量は 12.01kg-CO₂e、CO₂ 削減率は 89%と試算された。

表 3-26 評価対象プロセスの CO₂ 排出量試算結果

	プロセス名称	CO ₂ 排出量[kg-CO ₂ e]	参考文献等
評価対象 プロセス	回収	6.07E-02	冷蔵庫のライフサイクル・インベントリ (LCI) 分析報告書(2013, 一般社団法人日本電機工業会 環境技術専門委員会 LCA-WG)の輸送条件等を基に MiLCAv2 で再計算
	解体	6.87E-03	IDEAv2 の「使用済み家電の高度中間処理(分解・解体)」データを引用
	リサイクル	1.34E+00	IDEAv2 の「再生 P0 ペレットの製造」データを引用
	合計	1.41E+00	—

表 3-27 オリジナルプロセスの CO₂ 排出量試算結果

	プロセス名称	CO ₂ 排出量 [kg-CO ₂ e]	参考文献等
オリジナルプロセス	回収	6.07E-02	冷蔵庫のライフサイクル・インベントリ (LCI) 分析報告書 (2013, 一般社団法人日本電機工業会 環境技術専門委員会 LCA-WG) の輸送条件等を基に MiLCAv2 で再計算
	解体	6.87E-03	IDEAv2 の「使用済み家電の高度中間処理 (分解・解体)」データを引用
	焼却	2.74E+00	IDEAv2 の「焼却処理, 一般廃棄物」データを基に PP90%、CNF 10% の割合で焼却し、2% 残渣として炭素固定、CNF はカーボンニュートラルとして再計算
	PA6 製造	5.63E+00	IDEAv2 の「ポリプロピレンの製造」データを引用
	CNF 製造	4.87E+00	平成 26 年度中長期的温室効果ガス排出削減に向けたセルロースナノファイバーの適用可能性調査委託業務報告書を基に再計算
	配合・混合	1.07E-01	複合樹脂の LCA 報告書 (安原プラミクス株式会社, 平成 21 年 3 月 4 日改定) の報告書における「従来スクリュー方式」の電力データに歩留を考慮して再計算
	合計	1.34E+01	—

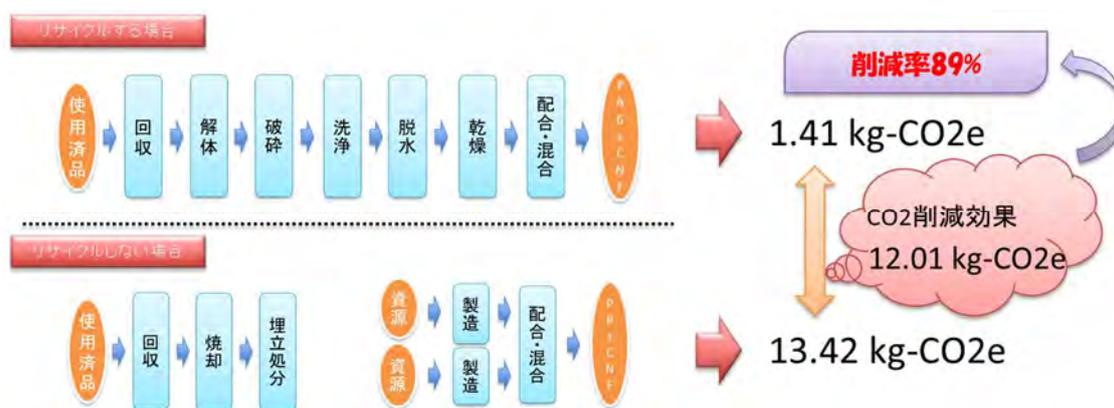


図 3-19 トランクフード (PA6+CNF10%) のマテリアルリサイクルの試算結果

3) サーマルリカバリーの CO₂ 削減効果

①サーマルリカバリーのプロセス及び機能単位

機能単位は「CNF 部材の 1kg 処理サービスの提供」及び「電力 0.996kWh の供給」とし、評価対象プロセス及び比較対象となるオリジナルプロセスを図 3-20 の通り仮定した。

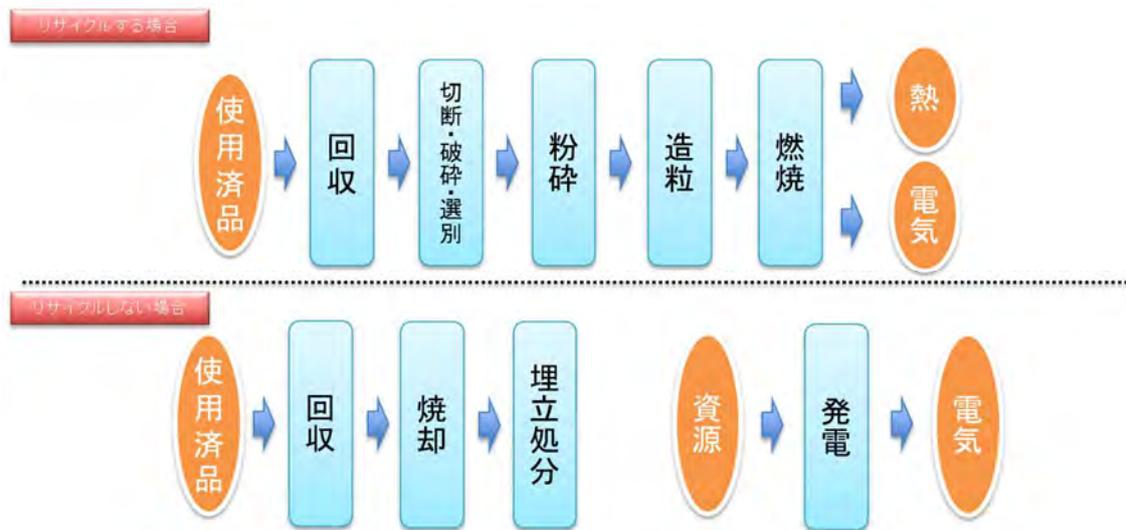


図 3-20 サーマルリカバリーのリサイクルプロセス図

②サーマルリカバリーのCO₂削減効果

サーマルリカバリーにおける評価対象プロセス及びオリジナルプロセスのそれぞれのCO₂排出量の試算結果を表 3-28～29 に示す。これらの結果より、図 3-21 に示すとおり、CO₂削減量は 1.17kg-CO₂e、CO₂削減率は 34%と試算された。

表 3-28 評価対象プロセスのCO₂排出量試算結果

	プロセス名称	CO ₂ 排出量[kg-CO ₂ e]	参考文献等
評価対象 プロセス	回収	6.07E-02	冷蔵庫のライフサイクル・インベントリ (LCI) 分析報告書(2013, 一般社団法人日本電機工業会 環境技術専門委員会 LCA-WG)の輸送条件等を基に MiLCAv2 で再計算
	解体	6.87E-03	IDEAv2 の「使用済み家電の高度中間処理 (分解・解体)」データを引用
	サーマルリサイクル	2.16E+00	IDEAv2 の「焼却処理, 一般廃棄物」データを基に PA6 90%、CNF 10%の割合で廃棄物発電し、2%残渣として炭素固定、CNF 分はカーボンニュートラルとして再計算
	合計	2.23E+00	—

表 3-29 オリジナルプロセスの CO₂ 排出量試算結果

	プロセス名称	CO ₂ 排出量[kg-CO ₂ e]	参考文献等
オリジナルプロセス	回収	6.07E-02	冷蔵庫のライフサイクル・インベントリ (LCI) 分析報告書(2013, 一般社団法人日本電機工業会 環境技術専門委員会 LCA-WG)の輸送条件等を基に MiLCAv2 で再計算
	解体	6.87E-03	IDEAv2 の「使用済み家電の高度中間処理 (分解・解体)」データを引用
	焼却	2.74E+00	IDEAv2 の「焼却処理, 一般廃棄物」データを基に PP90%、CNF 10%の割合で焼却し、2%残渣として炭素固定、CNF はカーボンニュートラルとして再計算
	発電供給	5.85E-01	電気事業者別排出係数 (特定排出者の温室効果ガス排出量算定用) -平成 27 年度実績- H28. 12. 27 公表の代替値を引用
	合計	3.40E+00	—

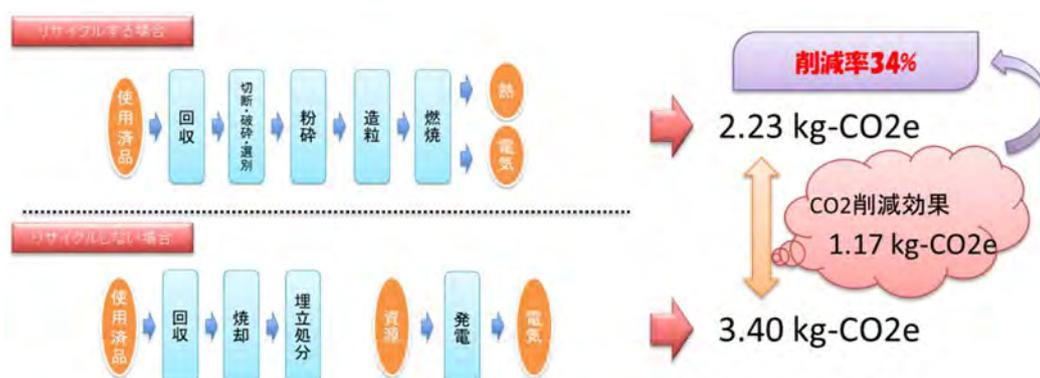


図 3-21 トランクフード (PA6+CNF 10%) のサーマルリカバリーの試算結果

4) 感度分析の実施

前項 2) で実施したマテリアルリサイクルについて、感度分析を行った。感度分析として、前項 2) で実施した評価をケース 1 として、「平成 26 年度中長期的温室効果ガス排出削減に向けたセルロースナノファイバーの適用可能性調査委託業務報告書」情報を基に算出した CNF 製造に係る CO₂ 排出原単位が最小の値 (CNF 1.53kg/kg-CNF) で評価したものをケース 2、オリジナルプロセスの焼却を単純焼却ではなく、廃棄物発電有りの焼却施設 (サーマルリカバリー) で処理した場合の評価をケース 3、ケース 2 かつケース 3 の場合をケース 4 として実施した。ケース 1 ~ 4 の個別の結果を表 3-30 に、評価対象プロセスとオリジナルプロセスの結果のまとめを表 3-31 に示す。どのケースにおいても大きな削減効果がある結果となった。

表 3-30 ケース別オリジナルプロセス CO₂ 排出量試算結果

単位 : kg-CO ₂ e		ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4
オリジナルプロセス	回収	6.07E-02	6.07E-02	6.07E-02	6.07E-02
	解体	6.87E-03	6.87E-03	6.87E-03	6.87E-03
	焼却	2.74E+00	2.74E+00	2.16E+00	2.16E+00
	PA6 製造	5.63E+00	5.63E+00	5.63E+00	5.63E+00
	C N F 製造	4.87E+00	1.53E+00	4.87E+00	1.53E+00
	配合・混合	1.07E-01	1.07E-01	1.07E-01	1.07E-01

表 3-31 マテリアルリサイクルの感度分析結果

	ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4
評価対象プロセス (kg-CO ₂ e)	1.41E+00	1.41E+00	1.41E+00	1.41E+00
オリジナルプロセス (kg-CO ₂ e)	1.34E+01	1.01E+01	1.28E+01	9.50E+00
CO ₂ 削減量 (kg-CO ₂ e)	1.20E+01	8.67E+00	1.14E+01	8.09E+00
CO ₂ 排出削減率	89%	86%	89%	85%

3.3 技術的、法的、経済的、社会的課題の抽出

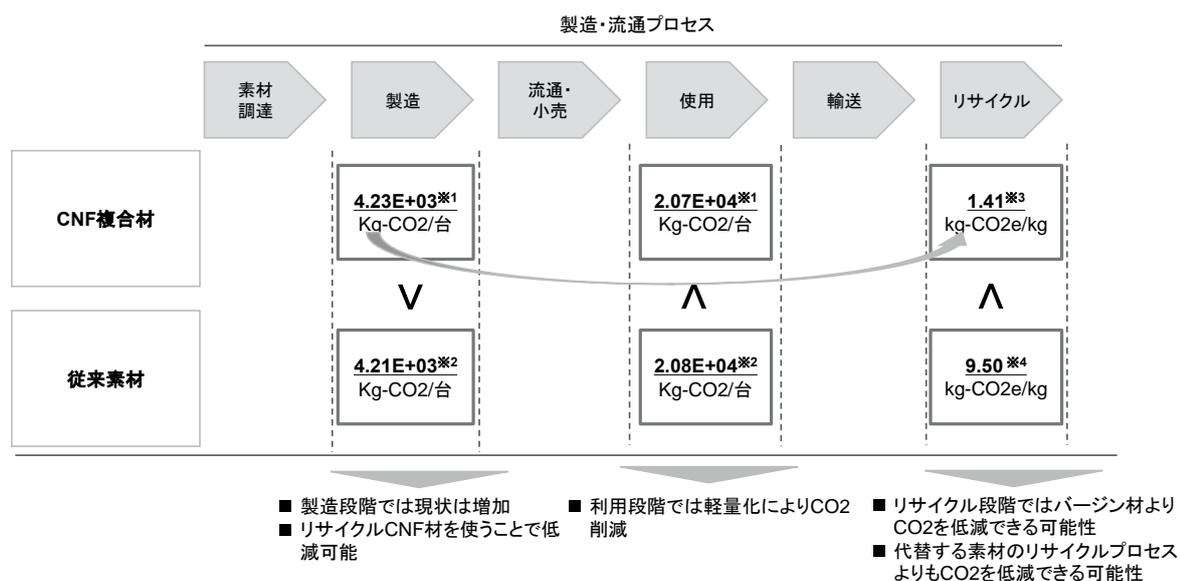
本節では、CNFリサイクルの必要性、CNFリサイクルを検討するにあたっての今回の整理の方向性、リサイクル技術、リサイクルプロセスの整理を実施した上で、CNFリサイクルにおける課題及び対応策の検討を実施した。

3.3.1 CNFリサイクルの必要性の検討

本項では、CNFのリサイクルを検討する前提として、CNFリサイクルの必要性について、CO₂排出量、リサイクルの可能性、CNFのイメージの観点から検討した。

CNF複合材と従来素材のCO₂排出量の比較を図3-22示す。

CNF製造工程において現状はCO₂排出量が増加する（将来は削減できる）可能性がある一方で、利用段階ではCO₂排出量を削減でき、リサイクルにおいてもCO₂排出量を削減できる可能性があることから、利用段階でのCO₂削減メリットを享受するためにも、CNFリサイクルでのCO₂削減が重要となる。



※1 自動車車体にてCNF10%+PA6を使用すること想定したCO₂排出量 ※2 自動車車体にてガラス繊維PA6を使用すること想定したCO₂排出量
 ※3 洗濯機バルセータ使用CNF10%+PPをマテリアルリサイクルすることを想定したCO₂排出量 ※4 洗濯機バルセータ使用CNF10%+PPを焼却・廃棄することを想定したCO₂排出量

図3-22 製造・流通プロセスにおけるCO₂排出量の比較

出典：環境省「平成26年度中長期的温室効果ガス排出削減に向けたセルロースナノファイバーの適用可能性調査委託業務報告書」、管理協会「CNFリサイクルのCO₂削減効果の評価方法」

次に、リサイクルの優位性及びCNFのイメージを図3-23に示す。

CNFはCNF同様に高い機械物性を持つGFRPやCFRPと比べて、素材が木材であることによりリサイクルが容易であり、かつ、植物由来でありカーボンニュートラルな素材で環境に対するイメージも良いことから、CNFのリサイクル方法を確立することで社会実装が進むと考えられる。



図3-23 リサイクルの優位性及びCNFのイメージ

出典：ACM社「CFRPの物性比較」「CFRPの基本の基本」、京都大学新技術発表会配布資料、田代考二「セルロースの辞典」、三協製作所「FRPと各種材料の特性比較」、京都大学 生存研 矢野研究室「2012 Laboratory of Active Bio-based Materials」

参考として GFRP 及び CFRP のリサイクルの可能性について図 3-24 に示す。

GFRP は、マテリアルリサイクル・ケミカルリサイクルにおいて技術が研究段階で、課題も残っていることからリサイクルが難しく、サーマルリカバリーにおいても不燃性・耐熱性という性質により実施が難しいと考えられる。

また、CFRP においても、マテリアルリサイクル・ケミカルリサイクル・サーマルリカバリーにおいて技術が研究段階で、課題も残っていることからリサイクルが難しいと考えられる。

	リサイクル上の課題		
	マテリアルリサイクル	ケミカルリサイクル	サーマルリカバリー
GFRP	<ul style="list-style-type: none"> ■ 研磨剤などの用途ではマテリアルリサイクルが実施されているが、自動車・家電・住宅建材用途での技術が研究段階であり、マテリアルリサイクルが難しい 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 技術が研究段階であり、処理効率等の課題が残っているため、ケミカルリサイクルが難しい 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ガラスに不燃性という性質があるため、サーマルリカバリーが難しい ■ 熱硬化樹脂との複合において、耐熱性という性質があるため、サーマルリカバリーが難しい
CFRP	<ul style="list-style-type: none"> ■ 自動車・家電・住宅建材用途での技術が研究段階であり、マテリアルリサイクルが難しい 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 技術が研究段階であり、処理効率等の課題が残っているため、ケミカルリサイクルが難しい 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 技術が研究段階であり、炭素の難燃性という性質から燃焼効率等の課題が残っているため、サーマルリカバリーが難しい

自動車・家電・住宅建材用途での技術が研究段階であり、マテリアルリサイクルが難しい

リサイクル技術が研究段階であり、処理効率等の課題が残っていることからケミカルリサイクルは難しい

不燃性、難燃性、耐熱性、という性質から、サーマルリカバリーは難しい

図 3-24 GFRP・CFRP のリサイクルの可能性

出典：一般社団法人日本海事検定協会「廃繊維強化プラスチックの再生技術に関する調査研究報告書」、公益財団法人名古屋産業科学研究所「2016 年度版炭素繊維複合材分野における技術シーズ集」

リサイクル技術の研究に関する参考としてCFRPのケミカルリサイクルに関する研究実証例を図3-25に示す。

CFRPのケミカルリサイクルについて、大幅な省エネルギー化を目的とする実証事業が、NEDOにより実施されている状況である。本実証においては、マトリックス樹脂の分解ガスを燃焼に用いることにより、省エネルギー型リサイクルプロセスを実現することとしている。

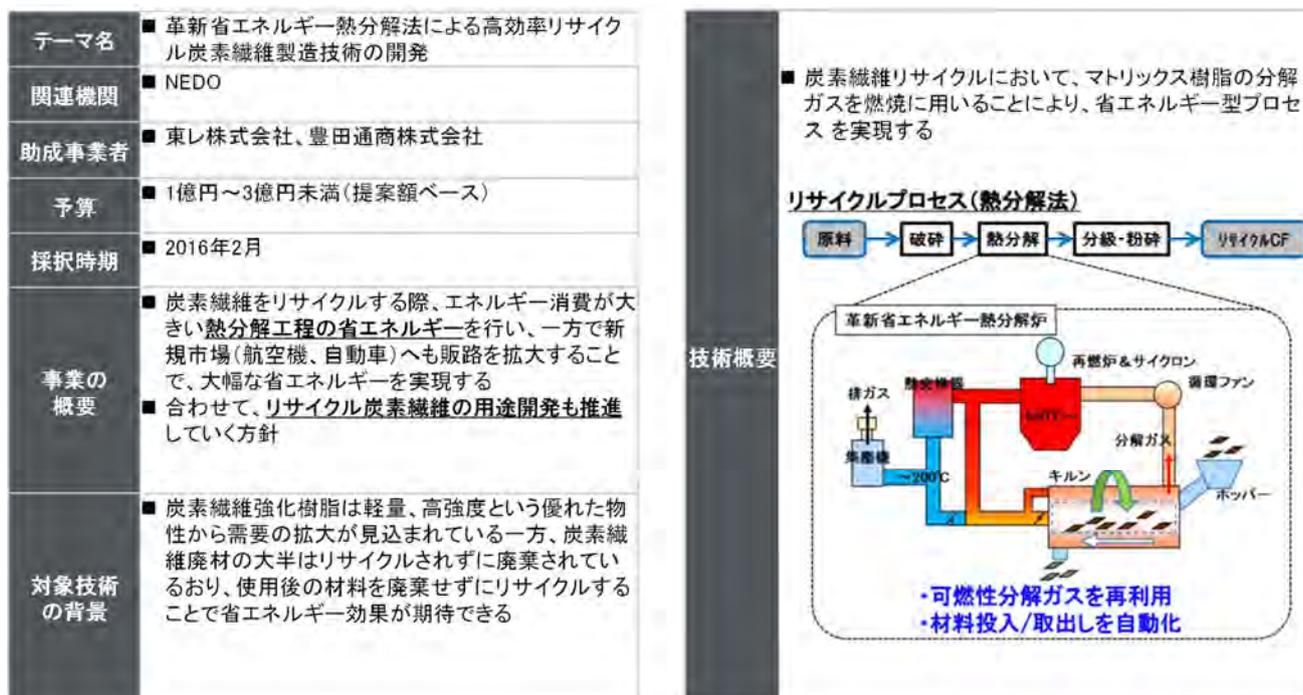


図3-25 CFRPのリサイクルに関する実証例

出典：NEDO「戦略的省エネルギー技術革新プログラム 平成27年度第2回公募 テーマ概略」、ロイター通信

リサイクル技術の研究に関する参考として GFRP のケミカルリサイクルに関する研究実証例を図 3-26 に示す。

GFRP のケミカルリサイクルについて、半導体の熱活性技術を利用した実証事業が、環境省により実施されている状況である。本事業においては、「半導体の熱活性」技術を基に GFRP 等の強化繊維の回収・リサイクルを行うこととしている。

テーマ名	■ 繊維強化プラスチック材の 100%乾式法による完全分解と強化繊維の回収・リサイクル技術
関連機関	■ 環境省
助成事業者	■ 信州大学
予算	■ 88,461,000 円
期間	■ 平成24年6月～平成27年3月
事業の概要	<p>■ 半導体を 350～500度に加熱すると発現する強力な酸化力を使って、ポリマーのような巨大分子をエチレンやプロパンのレベルに裁断化し、空気中の酸素と反応させてH2OとCO2に完全分解する「半導体の熱活性」技術を基に、GFRP等の強化繊維の回収・リサイクルを行う</p> <p>■ なお、リサイクル強化繊維の用途については特定しない</p>
対象技術の背景	■ 繊維強化プラスチック は航空機、自動車等に広く用いられているが、壊れない、燃えない、溶剤に溶けないなどの性質が 繊維強化廃棄物の処理を困難にしており、98%以上が埋立材として使われていることから、強化繊維を回収・リサイクルを行い、社会貢献する

技術概要

- GFRP等の繊維強化プラスチック材に酸化物半導体 Cr2O3を塗布することでポリマー内に不安定なラジカルを形成する
- そこに約500度の加熱を行うことでポリマー自体が不安定化し、エチレンやプロパンのレベルまで分子が裁断化される
- 裁断化された分子を空気中の酸素と反応させてH2OとCO2に完全分解することで、ガラス繊維の織布がほぼ無傷で露出する

分解反応の素過程

1. 強力な酸化システムの構築: **熱励起**
2. ラジカルの自己増殖とラジカル開裂: **巨大分子の断断化**
3. 小分子と酸素との反応: **完全燃焼 (H₂O+CO₂)**

図 3-26 GFRP のリサイクルに関する実証例

出典：環境省「平成 26 年度 環境研究総合推進費補助金 研究事業 総合研究報告書」、信州大学「TASC 技術の解説」

リサイクル技術の研究に関する参考としてCFRPのサーマルリカバリーに関する研究実証例を図3-27に示す。

CFRPのサーマルリカバリーについて、燃焼方法ごとの課題を調査する実証事業が、NEDOにより実施されている状況である。本事業においては、シャフト炉、流動床炉、サーモセレクト炉、ロータリーキルンの4種類の炉でのCFRP燃焼実験を実施しており、種類ごとの課題を調査することとしている。

テーマ名	<ul style="list-style-type: none"> 自動車に用いられる炭素繊維複合材料のリサイクル技術に関する検討成果報告書 	技術概要	<ul style="list-style-type: none"> シャフト炉、流動床炉、サーモセレクト炉、ロータリーキルンの4種類の炉での燃焼実験が実施され、それぞれに課題が存在 		
関連機関	<ul style="list-style-type: none"> NEDO 		燃焼方法ごとの今後の課題		
助成事業者	<ul style="list-style-type: none"> 矢野経済研究所 		シャフト炉	<ul style="list-style-type: none"> 減温塔の振動篩への詰まりが生じるため、CFRP混合比率を低めたASRでの検証が必要 CFRP混合率は4t/hの操業で10%程度、6t/hの操業で7%程度での再試験 	
予算	<ul style="list-style-type: none"> 40,000,000 円以内 		流動床炉	<ul style="list-style-type: none"> 炉内の酸素富化等を実施し、燃焼率向上の検証 炉床の酸素濃度を低下させることで、クリンカの生成の抑制効果を検証 CF混入残渣の後工程における影響評価 	
期間	<ul style="list-style-type: none"> 平成27年～平成28年 		サーモセレクト炉	<ul style="list-style-type: none"> 汚泥のさらなる分析により熱交換器の詰まりの原因を明確化 投入量を増加することで、スラグや急冷循環水へのCFの流入を再確認 	
事業の概要	<ul style="list-style-type: none"> 既存インフラにCFRPが混入した場合に発生する課題の調査 処理設備の改良、運転条件の調査研究で既存のリサイクルを継続させる検討 必要であれば、新規に必要なリサイクル技術の調査検討 		ロータリーキルン	<ul style="list-style-type: none"> CFRPを微粉炭と同水準まで小径化することで、燃焼性の変化を確認 ダストに混入可能なCFの繊維長を確認 	
対象技術の背景	<ul style="list-style-type: none"> CFRPが混入した自動車シュレッダーダストの再資源化処理方法は確立されていないため、埋め立て処理で対応せざるを得ないのが現状である 廃棄物の最終処分場には限りがある中で、CFRPを使用した自動車が埋め立て処理される場合には処理費用が高騰し、CFRPの自動車への活用が阻害されるおそれがあるため、サーマルリカバリー等の他のリサイクル方法を検討する 				

図3-27 CFRPのサーマルリカバリーに関する実証例

出典：NEDO「自動車に用いられる炭素繊維複合材料のリサイクル技術に関する検討成果報告書」

3.3.2 CNFリサイクルの考え方の検討

本項では、CNFのリサイクルを検討するにあたって、CNFリサイクルの考え方を検討した。

CNFリサイクルの考え方を図3-28に示す。

背景	
【方向性①】 マテリアルリサイクルが 可能であること	マテリアルリサイクルしやすい点が他の素材との差別化要因であり、強みを確認する ■ 家電業界: 家電リサイクル法ではほぼマテリアルリサイクルが必須 ■ 自動車業界: 多くの部品がシュレッダーダストとして燃焼・埋立されている一方で、樹脂材が今後普及するにあたり、マテリアルリサイクル可能な点は、CF等との差別化要因
【方向性②】 既存の廃棄物処理プロセスで (大きな)課題が無い	CNFが社会普及した際の、処理時のネガティブ要素を払拭する ■ 既存のリサイクルプロセスに入り込み、プラスチックがマテリアルリサイクルやサーマルリカバリーされた際に社会的に課題が起きてしまうと、CNFの普及は難しい
【方向性③】 CNFによる(リサイクル材の) 付加価値を向上	CNFは多様な用途が可能であり、リサイクルにおいても新たな価値を創出する可能性を確認する ■ リサイクルCNF複合材としての、CNF複合材に次ぐ品質としての流通 ■ リサイクルPP材にCNF(リサイクルCNF+PP)を充填し、リサイクルPPの機能強化

図3-28 CNFリサイクルの考え方

整理の方向性については、①マテリアルリサイクルしやすい点が他の素材との差別化要因であり強みを確認するために「マテリアルリサイクルが可能であること」、②CNFが社会普及した際の、処理時のネガティブ要素を払拭するために「既存の廃棄物処理プロセスで(大きな)課題が無い」、③CNFは多様な用途が可能であり、リサイクルにおいても新たな価値を創出する可能性を確認するために「CNFによる(リサイクル材の)付加価値を向上」、の3つとした。

方向性①の参考として、家電リサイクル法上の義務及び家電リサイクル法の目標値を図3-29に示す。

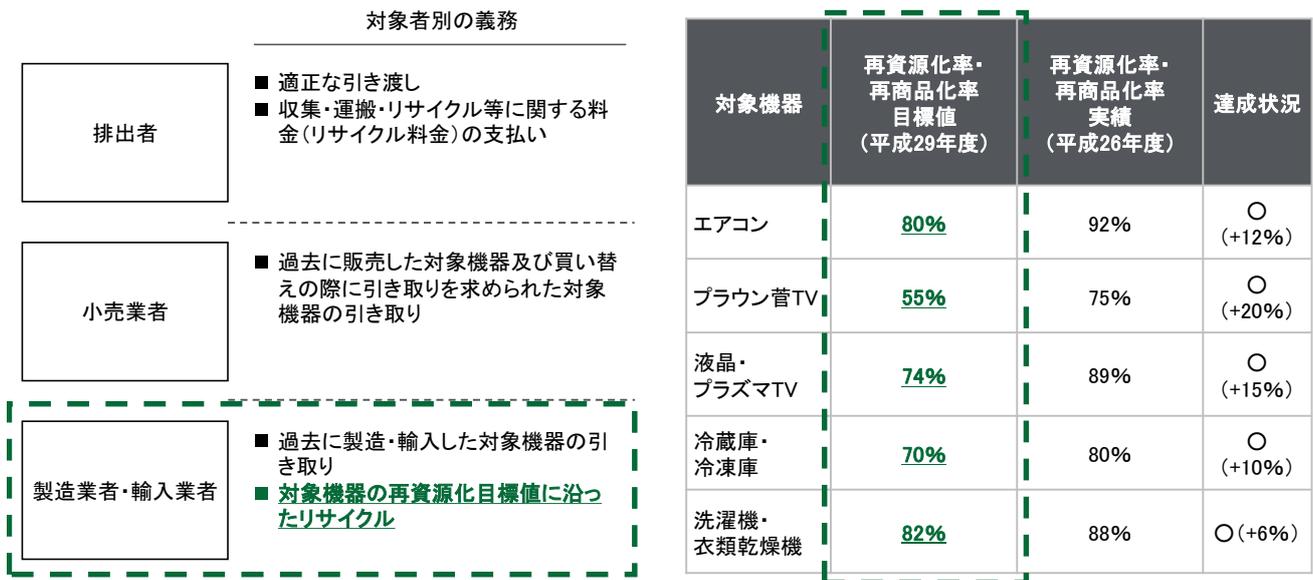


図 3-29 家電リサイクル法上の義務及び家電リサイクル法の目標値

出典：家電製品協会「家電リサイクル年次報告書」

家電リサイクル法では、製造業者による再資源化が義務付けられており、対象機器 5 種類において再資源化率 55%以上という高い目標値が設定されていることから、家電においてマテリアルリサイクルは必須である。

次に方向性①の参考として、使用済み自動車のリサイクルの流れを図 3-30 に示す。

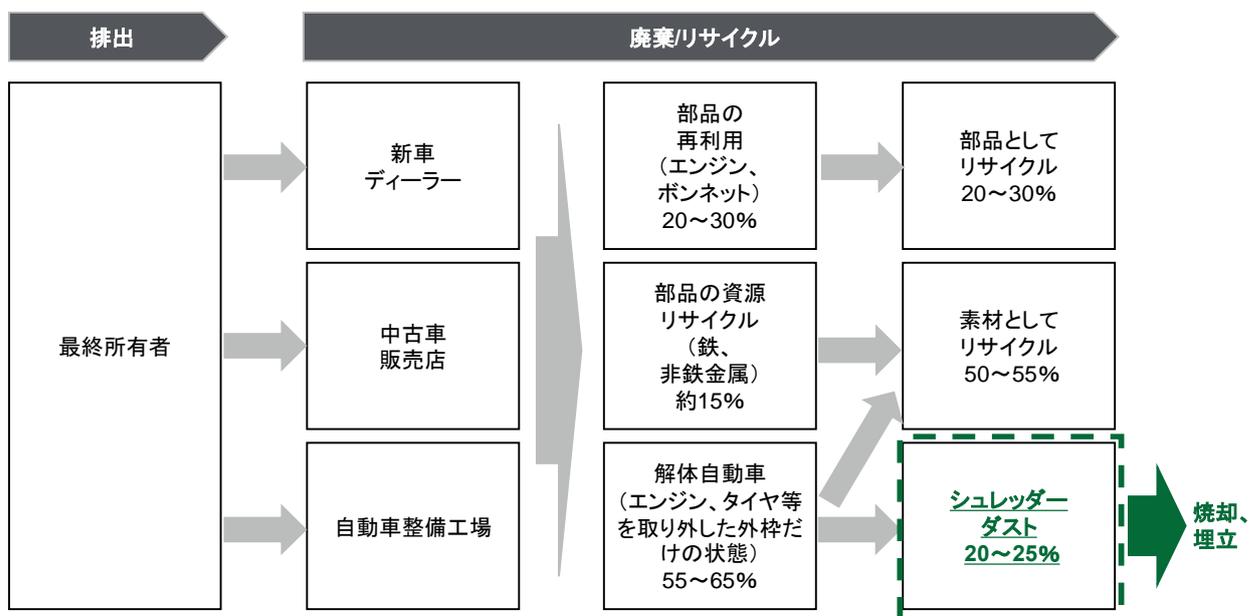


図 3-30 使用済み自動車のリサイクルの流れ

出典：自動車リサイクル促進センター「自動車リサイクル法」

使用済み自動車のうち、20～25%がシュレッダーダストとして、燃焼・埋立されていることから、自動車において樹脂材が今後普及するにあたって、マテリアルリサイクル可能な点は、CF（カーボンファイバー）等との差別化要因となりうる。

3.3.3 リサイクル技術の整理

本項では、CNFリサイクルの課題を抽出するにあたって、前項で検討したCNFリサイクルの考え方を踏まえて、整理対象を検討した。整理対象の検討STEPを図3-31に示す。

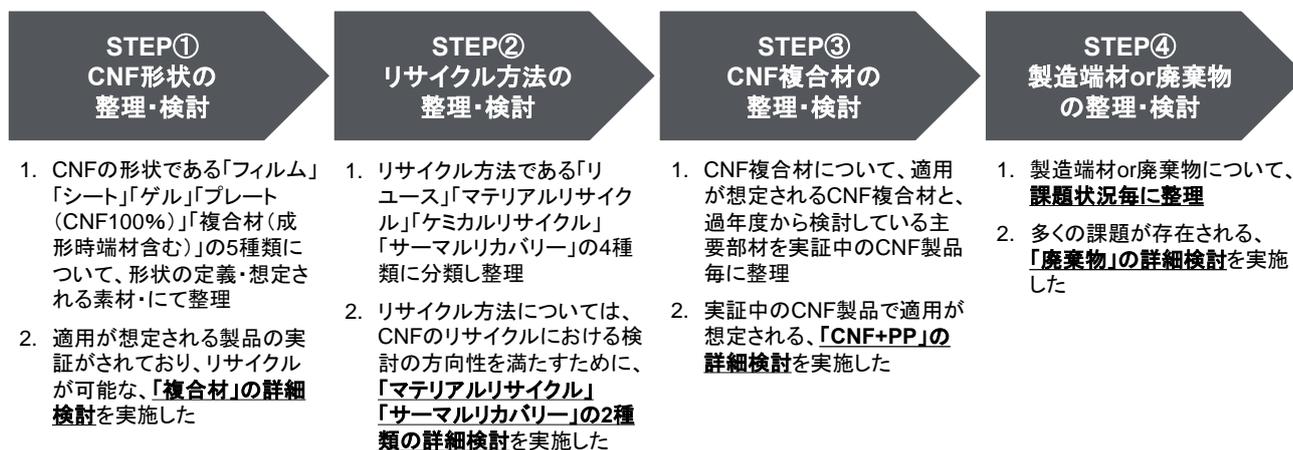


図 3-31 整理対象の検討 STEP

整理対象については、4つのSTEPで検討を実施した。

STEP① CNF形状においては、「フィルム」「シート」「ゲル」「プレート（CNF100%）」「複合材（成形時端材含む）」の5種類について形状の定義・想定される素材・にて整理した。

STEP② リサイクル方法においては、「リユース」「マテリアルリサイクル」「ケミカルリサイクル」「サーマルリカバリー」の4種類に分類し整理した。

STEP③ CNF複合材種別においては、適用が想定されるCNF複合材と過年度から検討している主要部材を実証中のCNF製品毎に整理した。

STEP④ 製造端材 or 廃棄物においては、課題状況毎に整理、という4つのSTEPに沿って整理を実施した。

まず、STEP①CNF形状の整理・検討内容を図3-32に示す。

CNFの形状では、フィルム、ゲル、シート、プレート（CNF100%材）、複合材、がある中で、「環境省等で適用が想定される製品の実証が実施」かつ「リサイクル可能」な形状である「CNF複合材」を主たる整理対象とした。

また、シートについては適用が想定される製品の実証がされていないため実証が進み次第検討、プレート（CNF100%）については商用化に向けた製品が定まっていないため進捗があり次第検討することとした。

なお、フィルムについては消費財に使用されており容量が限定的だと想定されるため検討対象外、ゲルについては消費財に使用されておりリサイクル不可能のため検討対象外とした。

CNFの形状	形状の定義	想定される素材	適用が想定される製品	検討対象可否
フィルム	■ 薄い膜状に成形したもの	■ CNF	■ 消費財(紙コップ等)	■ 消費財に使用されており、容器包装リサイクル法の対象のうちCNFフィルムの容量が限定的と想定されるため 検討対象外
ゲル	■ 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	■ CNF	■ 消費財(ボールペン等)	■ 消費財に使用されており、リサイクル不可能のため 検討対象外
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	■ CNF	■ 家電	■ 適用が想定される製品の実証がされていないため、 実証が進み次第検討
プレート (CNF100%)	■ CNF100%樹脂で、プレート上に成形したもの	■ CNF	■ 自動車ハニカムボード材等	■ 商用化に向けた製品が定まっていないため、 進捗があり次第検討
複合材	■ 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	■ CNF+PP ■ CNF+エポキシ 等	■ 家電 ■ 建材 ■ 自動車 等	■ 適用が想定される製品の実証がされており、リサイクル可能なため、主たる整理対象とした

図3-32 STEP①CNF形状の整理・検討

出典：京都大学「ナノセルロースシンポジウム2014」、有識者ヒアリング

次に、STEP②リサイクル方法の整理・検討内容を図 3-33 に示す。

リサイクル方法では、リユース、マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクル、サーマルリカバリー、がある中で、検討の方向性としてマテリアルリサイクルが可能であることと付加価値の向上を検証するために「マテリアルリサイクル」、CNFのリサイクルにおける検討の方向性として既存の廃棄物処理プロセスに入り込んで課題がないことを検証するために「サーマルリカバリー」を主たる整理対象とした。

また、リユースについては現時点では製品が普及しておらず、商流も存在しないため普及され次第検討、ケミカルリサイクルについては、熱硬化性でのモノマー化の必要性が確認され次第検討することとした。

リサイクル手法	リサイクル手法の定義	検討の方向性
リユース (水平リサイクル)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 家電等で使用されていたプラスチック類の部品を、同じ形状で品質の劣化を伴わず再生して再利用すること 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 現時点では製品が普及しておらず、商流も存在しないため、普及され次第検討する
マテリアルリサイクル (材料リサイクル)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 廃プラスチック類の廃棄物を、破碎溶解などの処理を行った後に同様な用途の原料として再生利用すること 	<ul style="list-style-type: none"> ■ CNFのリサイクルにおける検討の方向性としてマテリアルリサイクルが可能であること、付加価値の向上を検証するため、主たる整理対象とした
ケミカルリサイクル (原料リサイクル)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 廃プラスチック類を化学的に分解することで石油原料等を得て製品原料(元の製品であるかは問わない)として再利用すること 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ケミカルリサイクルは、熱可塑性であればガス化は可能であり、熱硬化性でのモノマー化の必要性が確認され次第検討
サーマルリカバリー (エネルギー回収・利用)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 廃プラスチック類を主燃料あるいは助燃材として利用することにより、その燃焼処理により得られる熱量を原料等の製造工程などに有効利用すること 	<ul style="list-style-type: none"> ■ CNFのリサイクルにおける検討の方向性として既存の廃棄物処理プロセスに入り込んで課題がないことを検証するため、主たる整理対象とした

図 3-33 STEP②リサイクル方法の整理・検討

出典：中央環境審議会廃棄物・リサイクル部会 特定家庭用機器の再商品化・適正処理に関する専門委員会
「プラスチックのリサイクルについて」

ケミカルリサイクルの参考として、ケミカルリサイクルの種類を図 3-34 に示す。

ケミカルリサイクルは、「原料・モノマー化」「高炉原料化」「コークス炉化学原料化」「ガス化」「油化」の 5 種類が存在する。



ケミカルリサイクル方法					
技術分類※1	概要	回収物	加熱温度	技術熟度※2	
原料・モノマー化	亜臨界流体法	■ ベンジルアルコールを加熱して亜臨界状態にして処理し、抽出	CF、樹脂分解物	300～400℃	ラポレベル(熊本大学にて研究段階)
	超臨界流体法	■ 超臨界メタノールを用いてCFRPのマトリクス樹脂であるEPを分解して抽出	CF、硬化前熱樹脂硬化樹脂	250～300℃	ラポレベル(静岡大学にて研究段階)
	熱分解法	■ 加熱分解して繊維を抽出	CF(ミルド)	500～700℃	商用化段階(東レ、帝人、三菱レイヨン)
	電気分解法	■ アルカリ電解液を用いて分解し、攪拌後に抽出	湿式不織布	400～500℃	商用化段階(アイカーボン)
	常圧溶解法	■ リン酸三カリウムとベンジルアルコールを混ぜた処理液にて溶かして抽出	CF(長繊維)	100～200℃	応用研究段階(日立化成にて回収CFと回収EPの用途開発中)
高炉原料化(廃プラスチック)	■ 不燃物や金属などの異物を取り除き、細かく砕き、押し固めて容積を少なくしたプラスチックを、高炉でコークスの代わりに還元剤として利用	還元剤(製鉄時に使用するコークスの代替)	1,200～2,400℃	商用化段階(JFEスチール、神戸製鉄所等)	
コークス炉化学原料化(廃プラスチック)	■ 廃プラスチックを圧力下で高温で熱分解し、高炉の還元剤となるコークス、化学原料となる炭化水素油、発電などに利用されるコークス炉ガスを得る	コークス、炭化水素油、コークス炉ガス	600～1,300℃	商用化段階(新日本製鐵等)	
ガス化(廃プラスチック)	■ 酸素の量を制限して加熱する事により、プラスチックの大部分が炭化水素、一酸化炭素、そして水素になり、メタノール、アンモニア、酢酸など化学工業の原料に利用	水素、メタノール、アンモニア、酢酸等の化学工業原料、燃料	600～1500℃	商用化段階(昭和電工、新日本製鐵等)	
油化(廃プラスチック)	■ 改質触媒を用いて、プラスチックを完全に熱分解し、炭化水素油を得る	生成油、燃料	400℃	撤退(発火、爆発のリスクやコストが高く、油化に取り組む事業者は撤退)	

※1 環境省のリサイクル方法の定義に基づきDTCにて分類※2 技術熟度の定義 ラポレベル: 技術の研究開発中、応用研究段階: 技術は確立しているが用途開発段階、商用化段階: 市場投入済み

図 3-34 ケミカルリサイクルの種類

出典: プラスチック循環利用協会「プラスチックリサイクルの基礎知識 2016」

次に、STEP③CNF複合材の整理・検討内容を図3-35に示す。

CNF複合材では、適用が想定されるCNF複合材としてCNF+PP、CNF+ゴム、CNF+エポキシ、CNF+PA、CNF+PC、CNF+PVC、CNF+PE、CNF+バイオプラスチック等がある中で、市場普及が図られ環境省事業等で実証も進んでいる、「CNF+PP」を主たる整理対象とした。

また、CNF+ゴム、CNF+エポキシについては、マテリアルリサイクル技術が研究段階にあるため、技術が確立され次第検討、CNF+PA、CNF+PC、CNF+PEについては、CNF+PPと同様の課題が想定され重複するためPPと同様と想定した。

なお、CNF+PVCについては住宅建材のサッシ事業にて取り扱うことが効率的に望ましいため検討対象外、CNF+バイオプラスチックについては、CNF系廃材としてリサイクルに関する実証が既に進められており、CNF+PPと同様の課題が想定され重複するため検討対象外とした。






実証中のCNF製品		適用が想定されるCNF複合材	検討対象可否
自動車		■ CNF+PP(ポリプロピレン):ボディ、インストゥルメントパネルへの適用	■ CNF+PPは、適用が想定され実証が進んでいるため、主たる整理対象とした
		■ CNF+ゴム:タイヤへの適用	■ ゴム複合材はマテリアルリサイクル技術が研究段階にあるため、技術が確立され次第検討
		■ CNF+エポキシ:接着剤、塗料への適用	■ 熱硬化性樹脂は、マテリアルリサイクル技術が研究段階にあるため、技術が確立され次第検討
		■ CNF+PA(ポリアミド):エンジン部材への適用	■ CNF+PAは、CNF+PPと同様の課題が想定され重複するためPPと同様と想定
		■ CNF+PC(ポリカーボネート):窓ガラスへの適用	■ CNF+PCは、CNF+PPと同様の課題が想定され重複するためPPと同様と想定
家電	エアコン	■ CNF+PP:室外機のファンへの適用	■ CNF+PPは、適用が想定され実証が進んでいるため、主たる整理対象とした
	冷蔵庫	■ CNF+PP:板金部分への適用	■ 同上
	洗濯機	■ CNF+PP:パルセータへの適用	■ 同上
住宅建材		■ CNF+PVC(ポリ塩化ビニル):樹脂サッシへの適用	■ CNF+PVCは、住宅建材のサッシ事業にて取り扱うことが効率的に望ましいため検討対象外
		■ CNF+PE(ポリエチレン):住宅用断熱材への適用、給湯配管への適用	■ CNF+PEは、CNF+PPと同様の課題が想定され重複するため検討対象外
		■ CNF+バイオプラスチック:ウッドデッキ等への適用	■ CNF+バイオプラスチックは、CNF系廃材としてリサイクルに関する実証が既に進められており、CNF+PPと同様の課題が想定され重複するため検討対象外

図3-35 STEP③CNF複合材の整理・検討

出典：環境省「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成果報告書」

次に、STEP④製造端材 or 廃棄物の整理・検討内容を図 3-36 に示す。

製造端材は、平成 28 年度 CNF 性能評価モデル事業において検討を実施しており、今後新たな課題が出た段階で各実証において解決を図ることとし、実証が実施されておらず検証が必要な「廃棄物」を主たる整理対象とした。

STEP①
CNF形状の
整理・検討
STEP②
リサイクル方法
の整理・検討
STEP③
CNF複合材の
整理・検討
STEP④
製造端材or廃
棄物の整理・検
討

製造端材or 廃棄物	概要	リサイクル検討の方向性
製造端材	<ul style="list-style-type: none"> ■ CNF複合材の製造時に発生する端材 ■ 組成はほぼ一定 ■ 市場で利用されていないことから、物性低下等の可能性は低い 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 環境省事業等の実証においては、既に製造プロセスでの端材は、再利用されており。現状において課題は無いとヒアリングにて確認 ■ 今後、新たな課題が出た段階で、各実証において解決を図る方向性
廃棄物	<ul style="list-style-type: none"> ■ CNF活用製品として市場で利用され、リサイクル施設に運ばれてきた物質 ■ 組成は不均一 ■ 物性低下等の可能性がある 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 実証が実施されておらず、本事業で主たる整理対象とした

図 3-36 STEP④製造端材 or 廃棄物の整理・検討

出典：有識者ヒアリング

3.3.4 リサイクルプロセスの整理

本項では、CNFリサイクルの課題を抽出していくにあたって必要となるリサイクルプロセスを整理した。

リサイクル形態について、CNF含有率が高い順に、CNF複合材、リサイクルCNF複合材（バージンCNF添加）、リサイクルCNF、リサイクルCNF複合材（ミックス材添加）、ミックス材の5種類に定義する。

プロセスの整理にあたって必要となるリサイクル形態の定義を図3-37に示す。

	リサイクル形態	定義
高 CNF含有率 低	 CNF複合材	<ul style="list-style-type: none"> ■ <u>バージン</u>のCNFをフィラーとして樹脂に複合したもの
	 リサイクルCNF複合材 【バージンCNF添加】 <small>(以後R-CNF複合材【バージン添加】と記載)</small>	<ul style="list-style-type: none"> ■ CNF複合材を市場から回収・リサイクルし、<u>CNF含有率をバージンCNFで調整</u>したもの
	 リサイクルCNF複合材 <small>(以後R-CNF複合材と記載)</small>	<ul style="list-style-type: none"> ■ CNF複合材を市場から回収・リサイクルし、<u>CNFの添加によりCNF含有率を調整していないもの</u>
	 リサイクルCNF複合材 【ミックス材CNF配合】 <small>(以後R-CNF複合材【ミックス材配合】と記載)</small>	<ul style="list-style-type: none"> ■ CNF複合材を市場から回収・リサイクルし、<u>CNFの添加によりCNF含有率を調整せず、ミックス材と配合</u>したもの
	 ミックス材(リサイクル樹脂)	<ul style="list-style-type: none"> ■ CNF複合材を市場から回収し、<u>他のリサイクル樹脂とミックスして市場に出回るもの</u>

図3-37 リサイクル形態の定義

リサイクル形態の定義を確認した上で、マテリアルリサイクルの方法別プロセスを図 3-38 に示す。

マテリアルリサイクルのCNF+PPについて、回収方法、選別有無、配合・混合内容を考慮すると、CNFのリサイクル～販売までのプロセスは計5種類に分かれる。

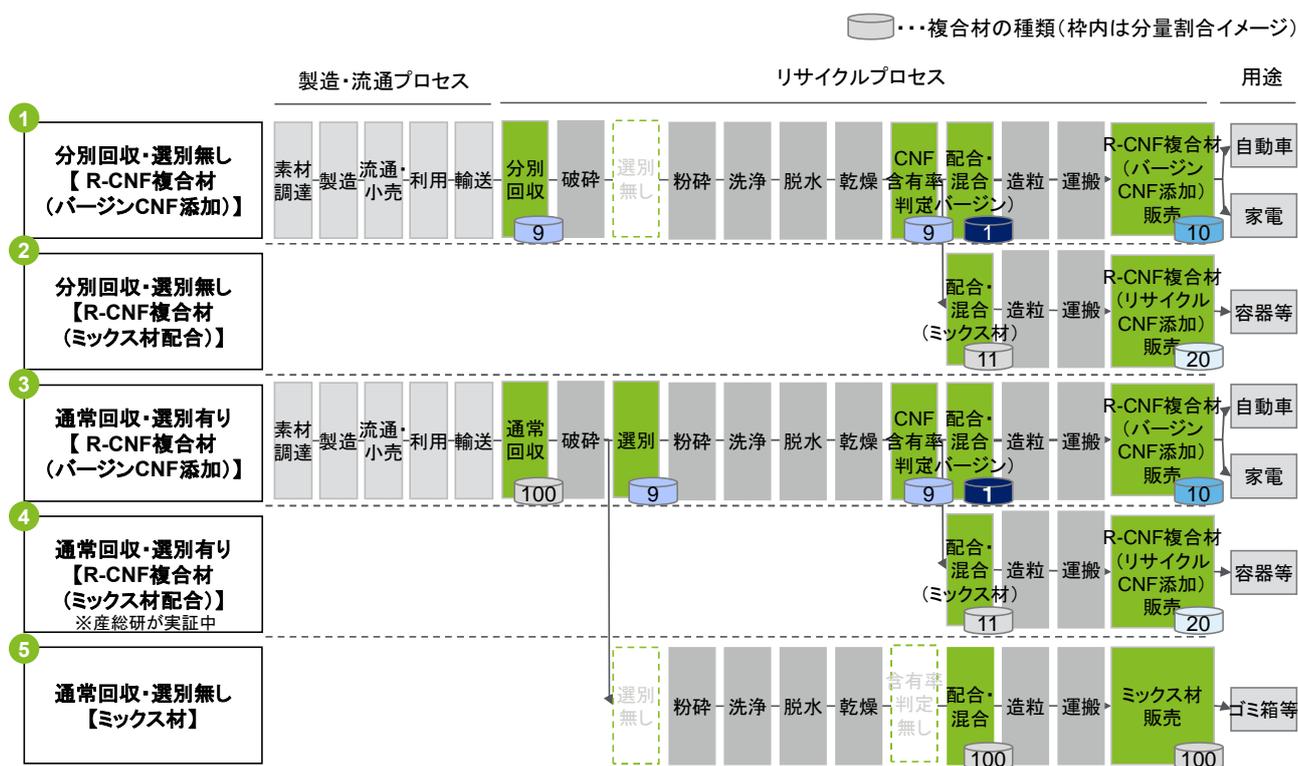


図 3-38 リサイクル方法別プロセス：CNF+PP（マテリアルリサイクル）

次にサーマルリカバリーの方法別プロセスを図 3-39 に示す。

サーマルリカバリーのCNF+PPについて、回収方法、選別有無、造粒有無を考慮すると、CNFのリサイクル～販売までのプロセスは計4種類に分かれる。

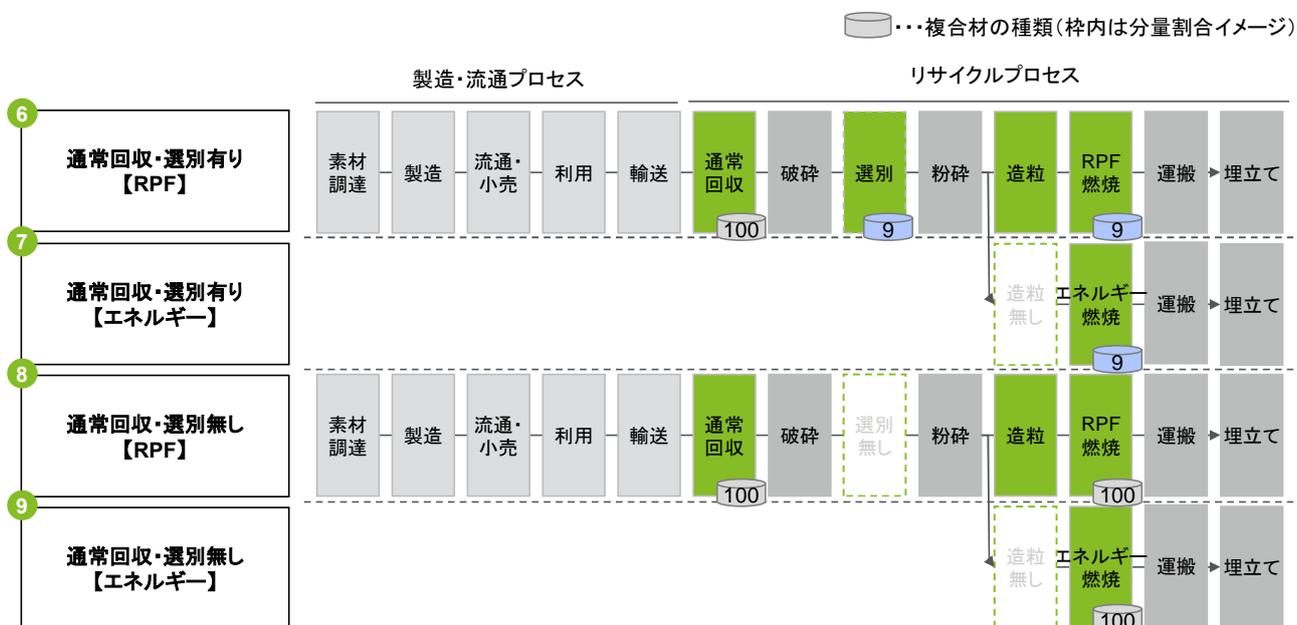
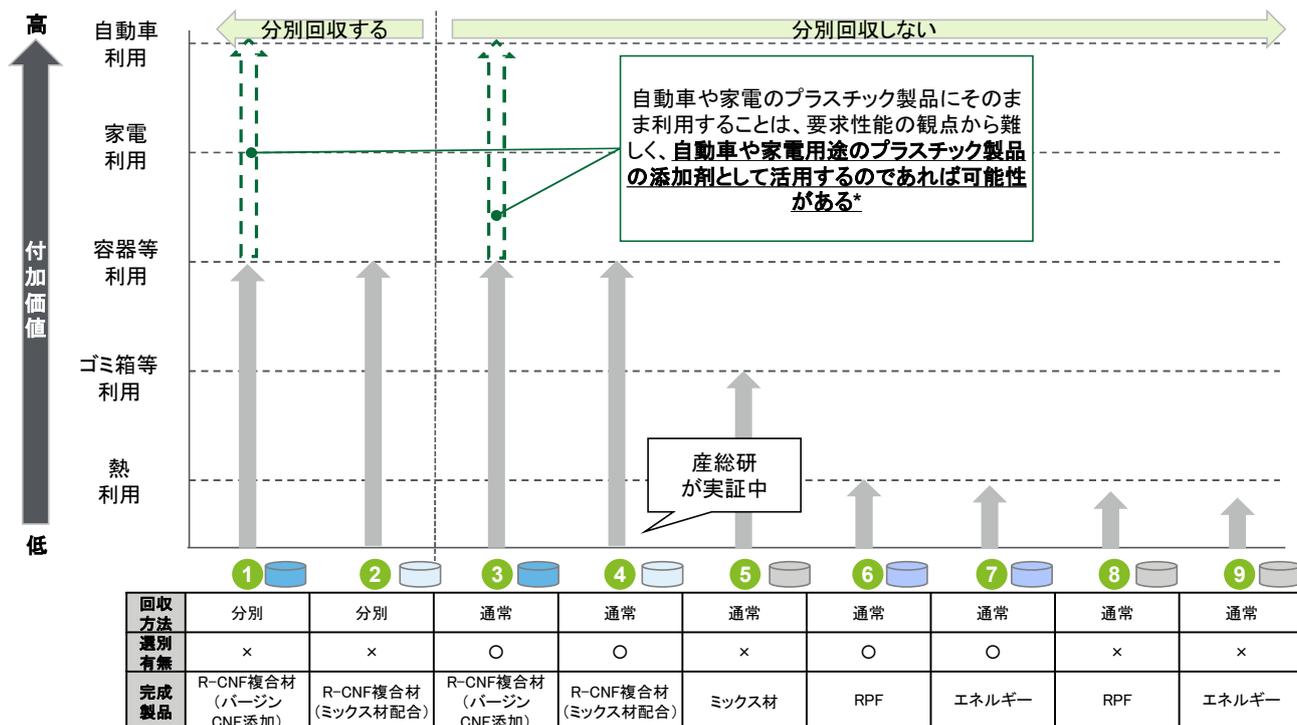


図 3-39 リサイクル方法別プロセス：CNF+PP（サーマルリカバリー）

次に、整理したマテリアルリサイクルとサーマルリカバリーにおける9種類のプロセスの目指すべき付加価値を図3-40に示す。

R-CNF複合材（バージンCNF添加）は、自動車・家電にそのまま利用することは要求性能の観点から難しいため、自動車・家電用途のプラスチック製品の添加剤として活用することを目指すことが考えられる。



※ 有識者ヒアリング

図3-40 リサイクル方法別の付加価値

3.3.5 リサイクルにおける課題の抽出

本項では、前項で整理したリサイクルプロセス毎の技術的・経済的・社会的課題を抽出すると共に、個別リサイクル法の法的課題を抽出した。

まず、プロセス①CNF+PP・マテリアルリサイクル：分別回収・選別無し・R-CNF複合材（バージンCNF添加）の技術的・経済的・社会的課題を図3-41に示す。

プロセス①CNF+PP・マテリアルリサイクル：分別回収・選別無し・R-CNF複合材（バージンCNF添加）では、回収方法、自動車業界におけるプラスチックリサイクル、人体被害、刃の摩耗、品質保持、採算性が課題となる可能性がある。

自動車・家電向け									
	回収	破碎/粉碎	洗浄	脱水	乾燥	CNF含有率判定	配合・混合	造粒	運搬/販売
概要	■ 一般廃棄物もしくは産業廃棄物として回収	■ 数十cm～数mmの粒度に砕く工程 ■ 一般的に常温乾式破碎	■ 洗浄の方式はバッチ式と連続式がある	■ 水分が付着しているため、予め脱水 ■ 主に遠心脱水方式（バッチ式、連続式）	■ 乾燥方式としては熱風乾燥方式が主 ■ 脱水プロセスとあわせて水分率2～4%とする	■ 赤外線、熱重量分析等によりCNF含有率を判定する	■ バージンCNFを添加し複合率を調整 ■ 添加剤等を配合	■ 粉碎品を押出機に投入し、ペレット化 ■ 造粒時の加熱温度は約200度	■ 再度使用可能な状態で、運搬、販売
プロセスにおける一般的な課題	-	■ 水を使うため排水処理が必要。循環水濾過の場合、濾過装置設置といったコストがかかる	■ 汚れのひどいものは、処理コストが余分にかる	■ 排水負荷の増加	-	-	-	■ 加熱による品質劣化	-
CNF+PPの課題（仮説）	■ 一般廃棄物回収の場合自治体によって廃棄ルールが統一されておらず、CNF複合材の分別回収が難しい 技-1 ■ 産業廃棄物回収の場合、廃プラとしてまとめてリサイクル業者が回収してしまう為、CNF複合材の分別回収が難しい 技-2 ■ 自動車業界でプラスチックのリサイクルの概念がほぼ無い 社-1	■ 破碎時の粉塵による人体被害 社-2 ■ 刃の摩耗、破損によるコスト増加について、蒸気処理により混合樹脂の分子同士を分離することで破碎・粉碎しやすくなるが、コスト増加の可能性はある 技-3	-	-	■ リサイクル回数に応じて、洗浄と乾燥のプロセスが繰り返されることによる、品質劣化の可能性はない 技-4	-	■ 変性・非変性CNFの長期的使用後のリサイクルによる、物性値の変化 技-5 ■ 自動車・家電用途のプラスチック製品添加剤として使用できるか不明 技-7	■ CNF添加での熱溶融温度の上昇から温度の上昇による、物性値の変化 技-6	■ 分別回収することでR-CNF複合材リサイクルCNF添加+バージンCNF添加として高付加価値を維持できるため、販売価格は高くなり採算性は合うと想定されるが検証は必要 経-1

図3-41 リサイクルプロセスと技術的・経済的・社会的課題：

CNF+PP・マテリアルリサイクル：分別回収・選別無し・R-CNF複合材（バージンCNF添加）

出典：京大大学生存圏研究所矢野浩之「京大生存研・京都市産技研開発品」、国立環境研究所資源循環・廃棄物研究センター「プラスチックの処理・リサイクル技術」、有識者ヒアリング

次にプロセス②CNF+PP・マテリアルリサイクル：分別回収・選別無し・R-CNF複合材（ミックス材配合）の技術的・経済的・社会的課題を図3-42に示す。

プロセス②CNF+PP・マテリアルリサイクル：分別回収・選別無し・R-CNF複合材（ミックス材配合）では、回収方法、人体被害、刃の摩耗、品質保持、採算性が課題となる可能性がある。

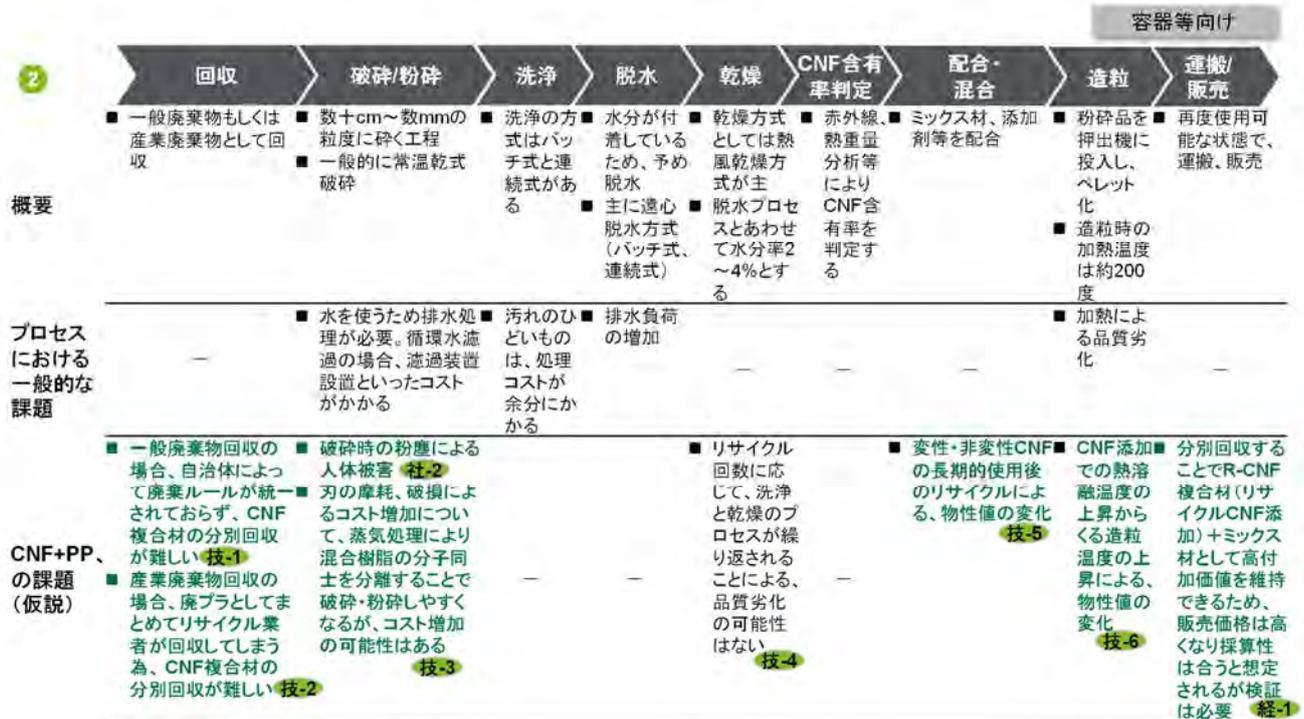


図3-42 リサイクルプロセスと技術的・経済的・社会的課題：
CNF+PP・マテリアルリサイクル：分別回収・選別無し・R-CNF複合材（ミックス材配合）

出典：京大大学生存圏研究所矢野浩之「京大生存研・京都市産技研開発品」、国立環境研究所資源循環・廃棄物研究センター「プラスチックの処理・リサイクル技術」、有識者ヒアリング

次にプロセス③CNF+PP・マテリアルリサイクル：通常回収・選別有り・R-CNF複合材（バージンCNF添加）の技術的・経済的・社会的課題を図3-43に示す。

プロセス③CNF+PP・マテリアルリサイクル：通常回収・選別有り・R-CNF複合材（バージンCNF添加）では、自動車業界におけるプラスチックリサイクル、人体被害、選別方法、刃の摩耗、品質保持、採算性が課題となる可能性がある。

自動車・家電向け									
	回収	破碎/選別/粉碎	洗浄	脱水	乾燥	CNF含有率判定	配合・混合	造粒	運搬/販売
概要	■ 一般廃棄物もしくは産業廃棄物として回収	■ 数十cm～数mmの粒度に砕く工程 ■ 一般的に常温乾式破碎 ■ 比重、風力、静電気などの手法のうち主に比重式を用いる	■ 洗浄の方法はバッチ式と連続式がある	■ 水分が付着しているため、予め脱水 ■ 主に遠心脱水方式（バッチ式、連続式）	■ 乾燥方式としては熱風乾燥方式が主 ■ 脱水プロセスとあわせて水分率2～4%とする	■ 赤外線、熱重量分析等によりCNF含有率を判定する	■ バージンCNFを添加し複合率を調整 ■ 添加剤等を配合	■ 粉碎品を押出機に投入し、ペレット化 ■ 造粒時の加熱温度は約200度	■ 再度使用可能な状態で、運搬、販売
プロセスにおける一般的な課題	—	■ 水を使うため排水処理が必要。循環水濾過の場合、濾過装置設置といったコストがかかる ■ 手選別だと、人件費がかかる	■ 汚れのひどいものは、処理コストが余分にかかる	■ 排水負荷の増加	—	—	—	■ 加熱による品質劣化	—
CNF+PP、の課題（仮説）	■ 自動車業界でプラスチックのリサイクルの概念がほぼ無い	■ 破碎時の粉塵による人体被害 社-2 ■ 赤外線識別選別等を使用した、選別方法の最適化が必要 技-8 ■ 刃の摩耗、破損によるコスト増加について、蒸気処理により混合樹脂の分子同士を分離することで破碎・粉碎しやすくなるが、コスト増加の可能性はある 技-3	—	—	■ リサイクル回数に応じて、洗浄と乾燥のプロセスが繰り返されることによる、品質劣化の可能性はない 技-4	—	■ 変性・非変性CNFの長期的使用後のリサイクルによる、物性値の変化 技-5 ■ 自動車・家電用途のプラスチック製品添加剤として使用できるか不明 技-7	■ CNF添加での熱溶解温度の上昇から造粒温度の上昇による、物性値の変化 技-6	■ 選別することでR-CNF複合材リサイクルCNF添加+バージンCNF添加として高付加価値を維持できるため、販売価格は高くなり採算性は合うと想定されるが検証は必要 経-1

図3-43 リサイクルプロセスと技術的・経済的・社会的課題：
CNF+PP・マテリアルリサイクル：通常回収・選別有り・R-CNF複合材（バージンCNF添加）

出典：京都大学生存圏研究所矢野浩之「京大生存研・京都市産技研開発品」、
国立環境研究所資源循環・廃棄物研究センター「プラスチックの処理・リサイクル技術」、有識者ヒアリング

次にプロセス④CNF+PP・マテリアルリサイクル：通常回収・選別有り・R-CNF複合材（ミックス材配合）の技術的・経済的・社会的課題を図3-44に示す。

プロセス④CNF+PP・マテリアルリサイクル：通常回収・選別有り・R-CNF複合材（ミックス材配合）では、人体被害、選別方法、刃の摩耗、品質保持、採算性が課題となる可能性がある。

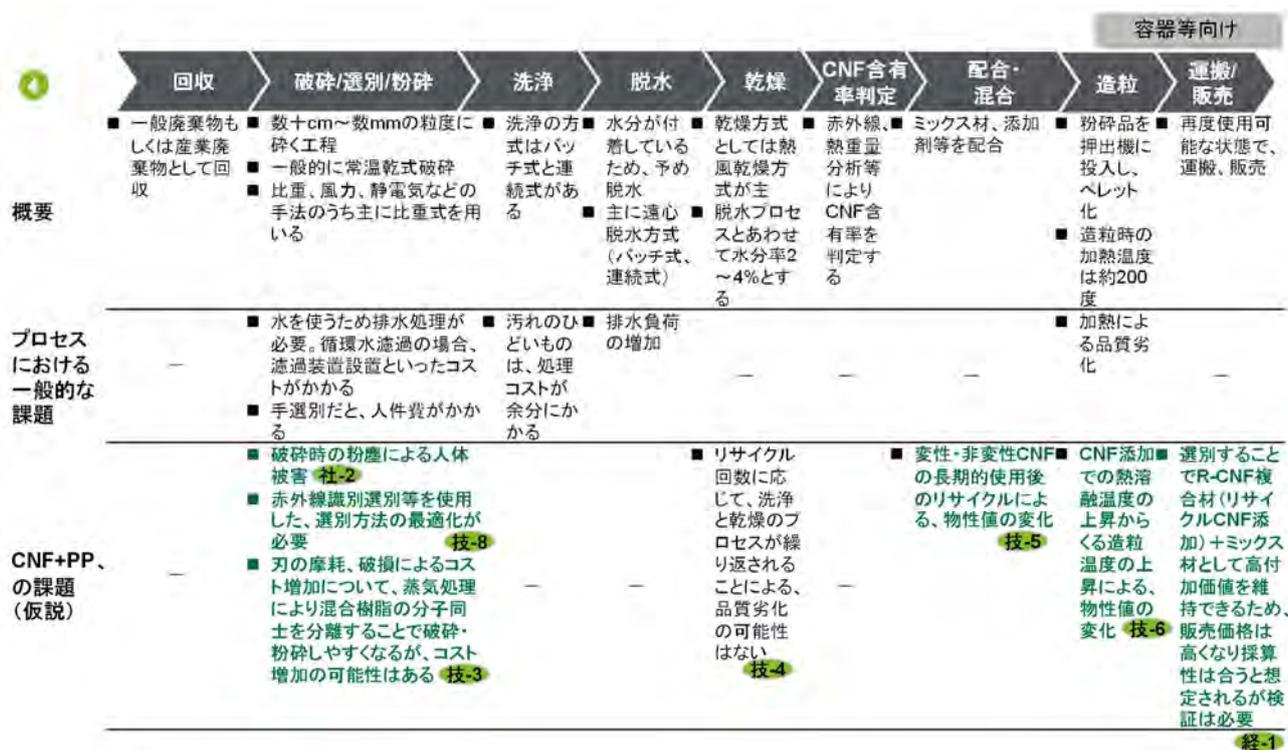


図3-44 リサイクルプロセスと技術的・経済的・社会的課題：
CNF+PP・マテリアルリサイクル：通常回収・選別有り・R-CNF複合材（ミックス材配合）

出典：京都大学生存圏研究所矢野浩之「京大生存研・京都市産技開発発品」、
国立環境研究所資源循環・廃棄物研究センター「プラスチックの処理・リサイクル技術」、有識者ヒアリング

次にプロセス⑤CNF+PP・マテリアルリサイクル：通常回収・選別無し・ミックス材の技術的・経済的・社会的課題を図3-45に示す。

プロセス⑤CNF+PP・マテリアルリサイクル：通常回収・選別無し・ミックス材では、人体被害、刃の摩耗、採算性が課題となる可能性がある。

		ゴミ箱等向け							
		回収	破碎/粉碎	洗浄	脱水	乾燥	配合・混合	造粒	運搬/販売
概要		■ 一般廃棄物もしくは産業廃棄物として回収	■ 数十cm～数mmの粒度に砕く工程 ■ 一般的に常温乾式破碎	■ 洗浄の方式はバッチ式と連続式がある	■ 水分が付着しているため、予め脱水 ■ 主に遠心脱水方式（バッチ式、連続式）	■ 乾燥方式としては熱風乾燥方式が主 ■ 脱水プロセスとあわせて水分率2～4%とする	■ 所要の物性に適合したプラスチック組成を得るために添加剤等を配合	■ 粉碎品を押し出し機に投入し、ペレット化 ■ 造粒時の加熱温度は約200度	■ 再度使用可能な状態で、運搬、販売
プロセスにおける一般的な課題		-	■ 水を使うため排水処理が必要。循環水濾過の場合、濾過装置設置といったコストがかかる	■ 汚れのひどいものは、処理コストが余分ににかかる	■ 排水負荷の増加	-	-	■ 加熱による品質劣化	-
CNF+PP、の課題（仮説）		-	■ 破碎時の粉塵による人体被害 社-2 ■ 刃の摩耗、破損によるコスト増加について、蒸気処理により混合樹脂の分子同士を分離することで破碎・粉碎しやすくなるが、コスト増加の可能性はある 技-3	-	-	-	■ ごみ箱等の消費財においては、リサイクル素材でできており、性能に関する課題は無い	-	■ 分別回収・選別を実施しないため高付加価値を維持できないが、処理コストも安いので採算性は合うと想定されるが検証は必要 経-1

図3-45 リサイクルプロセスと技術的・経済的・社会的課題：

CNF+PP・マテリアルリサイクル：通常回収・選別無し・ミックス材

出典：京都大学生存圏研究所矢野浩之「京大生存研・京都市産技術開発品」、国立環境研究所資源循環・廃棄物研究センター「プラスチックの処理・リサイクル技術」、有識者ヒアリング

次にプロセス⑥CNF+PP・サーマルリカバリー：通常回収・選別有り・RPFの技術的・経済的・社会的課題を図3-46に示す。

プロセス⑥CNF+PP・サーマルリカバリー：通常回収・選別有り・RPFでは、人体被害、選別方法、刃の摩耗、RPFとしての品質保証が課題となる可能性がある。

	回収	破碎/選別/粉碎	造粒	燃焼	運搬/埋立て
概要	<ul style="list-style-type: none"> ■ 一般廃棄物もしくは産業廃棄物として回収 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 数十cm～数mmの粒度に砕く工程 ■ 一般的に常温乾式破碎 ■ 比重、風力、静電気などの手法のうち主に比重式を用いる 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 粉碎品を押出機に投入し、ペレット化(固形燃料:RPF) ■ 造粒時の加熱温度は約200度 	<ul style="list-style-type: none"> ■ RPFを燃焼し、熱エネルギーを回収 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 燃え残りを運搬し、最終的に埋め立て処理する
プロセスにおける一般的な課題	—	<ul style="list-style-type: none"> ■ 水を使うため排水処理が必要。循環水濾過の場合、濾過装置設置といったコストがかかる ■ 手選別だと、人件費がかかる 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 加熱による品質劣化 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ダイオキシソクソクといった排ガスの処理が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 輸送コスト ■ 産廃による環境負荷がある
CNF+PPの課題(仮説)	—	<ul style="list-style-type: none"> ■ 破碎時の粉塵による人体被害 社-2 ■ 赤外線識別選別等を使用した、選別方法の最適化が必要 ■ 刃の摩耗、技-8によるコスト増加について、蒸気処理により混合樹脂の分子同士を分離することで破碎・粉碎しやすくなるが、コスト増加の可能性はある 技-3 	<ul style="list-style-type: none"> ■ CNFの影響で発熱量が増加しすぎ、RPFとして利用する際の品質を保証できない 技-9 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 燃焼時の粉塵は、燃焼した結果CO2とH2O分解されるため人体への影響は低いと想定されるが、可能性はある 社-3 	—

図3-46 リサイクルプロセスと技術的・経済的・社会的課題：

CNF+PP・サーマルリカバリー：通常回収・選別有り・RPF

出典：京大生生存圏研究所矢野浩之「京大生生存研・京都市産技研開発品」JFE環境社ウェブサイト「RPF製造」、株式会社ウィングクリンウェブサイト「ペレット製造ライン」、有識者ヒアリング

次にプロセス⑦CNF+PP・サーマルリカバリー：通常回収・選別有り・エネルギーの技術的・経済的・社会的課題を図3-47に示す。

プロセス⑦CNF+PP・サーマルリカバリー：通常回収・選別有り・エネルギーでは、人体被害、選別方法、刃の摩耗が課題となる可能性がある。

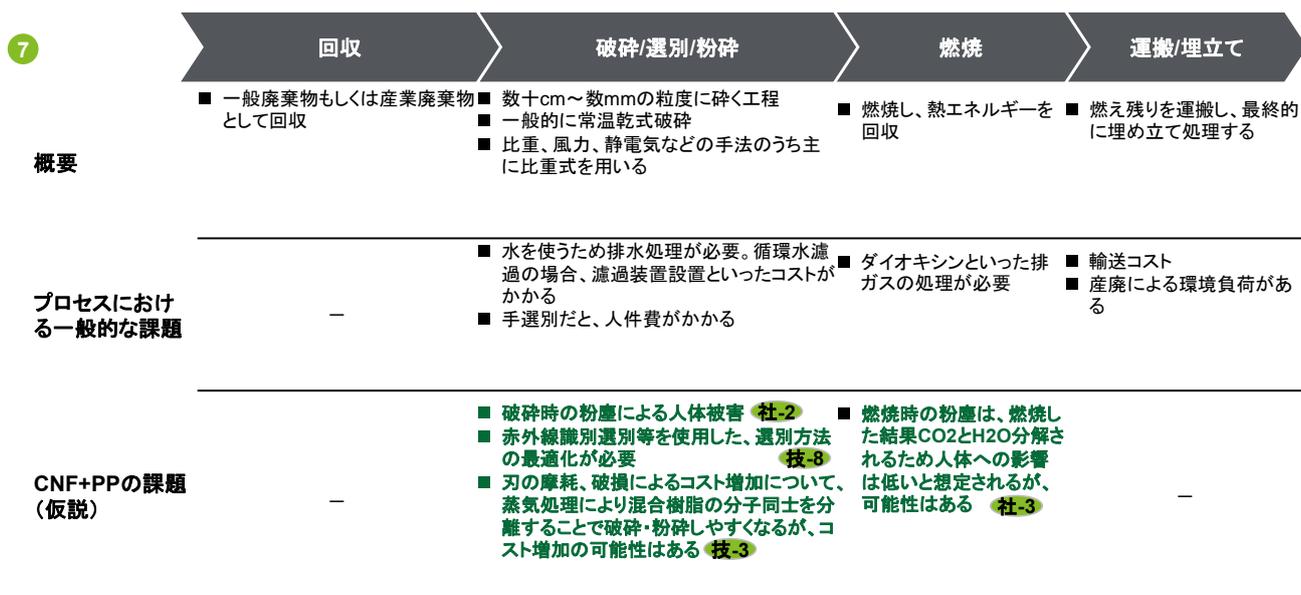


図3-47 リサイクルプロセスと技術的・経済的・社会的課題：

CNF+PP・サーマルリカバリー：通常回収・選別有り・エネルギー

出典：京都大学生存圏研究所矢野浩之「京大生存研・京都市産技研開発品」JFE環境社ウェブサイト「RPF製造」、株式会社ウィンクリン ウェブサイト「ペレット製造ライン」、有識者ヒアリング

次にプロセス⑧CNF+PP・サーマルリカバリー：通常回収・選別無し・RPFの技術的・経済的・社会的課題を図3-48に示す。

プロセス⑧CNF+PP・サーマルリカバリー：通常回収・選別無し・RPFでは、人体被害、刃の摩耗、RPFとしての品質保証が課題となる可能性がある。

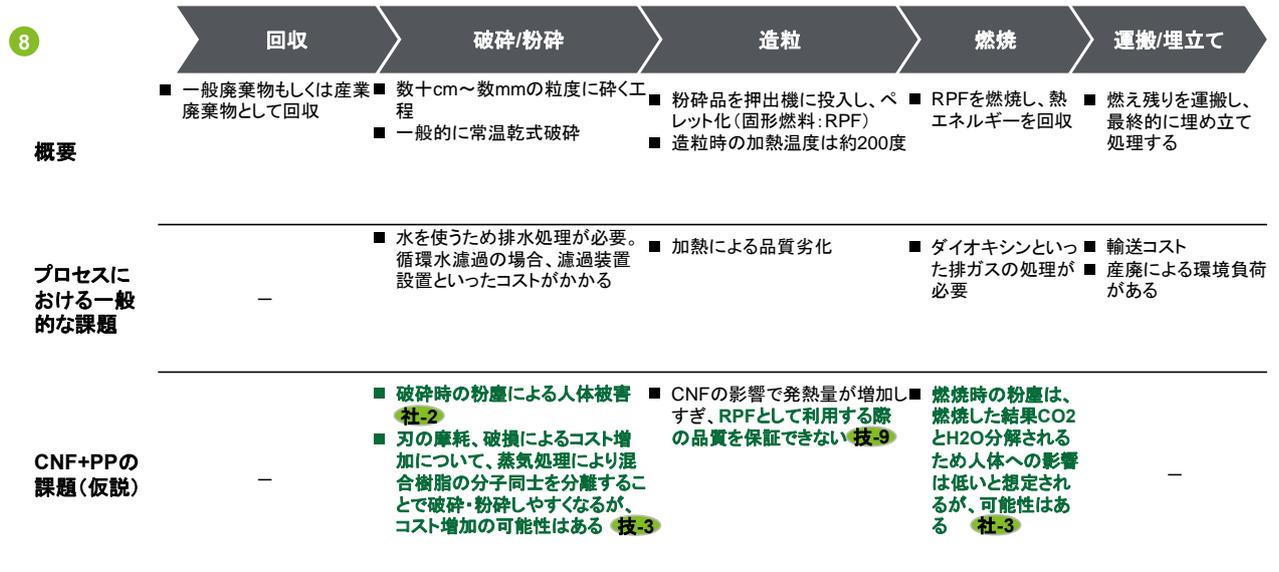


図3-48 リサイクルプロセスと技術的・経済的・社会的課題：
CNF+PP・サーマルリカバリー：通常回収・選別無し・RPF

出典：京大大学生存圏研究所矢野浩之「京大生存研・京都市産技研開発品」JFE環境社ウェブサイト「RPF製造」、株式会社ウィンクリンウェブサイト「ペレット製造ライン」、有識者ヒアリング

次にプロセス⑨CNF+PP・サーマルリカバリー：通常回収・選別無し・エネルギーの技術的・経済的・社会的課題を図3-49に示す。

プロセス⑨CNF+PP・サーマルリカバリー：通常回収・選別無し・エネルギーでは、人体被害、刃の摩耗、RPFとしての品質保証が課題となる可能性がある。

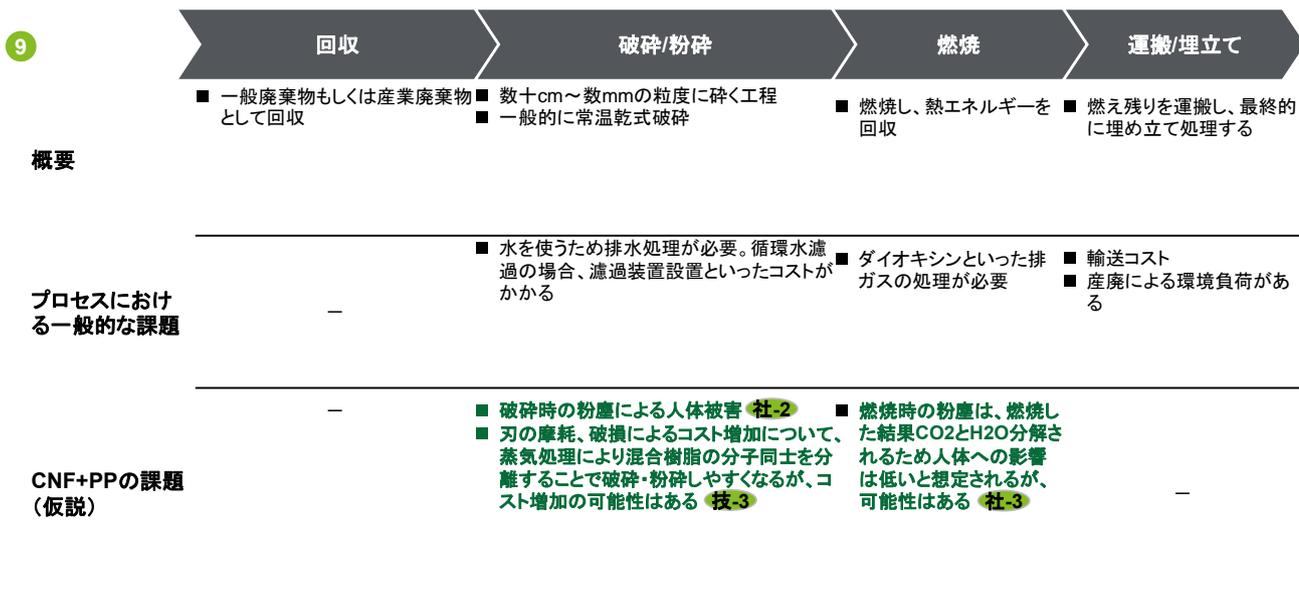


図3-49 リサイクルプロセスと技術的・経済的・社会的課題：

CNF+PP・サーマルリカバリー：通常回収・選別無し・エネルギー

出典：京都大学生存圏研究所矢野浩之「京大生存研・京都市産技研開発品」JFE環境社ウェブサイト「RPF製造」、株式会社ウィンクリンウェブサイト「ペレット製造ライン」、有識者ヒアリング

次に実証中のCNF製品に関わる個別リサイクル毎の法的課題を図3-50に示す。

CNFリサイクルの法的課題については、自動車リサイクル法と家電リサイクル法において、リサイクル法の目標達成の実現可能性が課題となる可能性がある。

実証中のCNF製品に関わる個別リサイクル法	概要	課題
自動車リサイクル法	<ul style="list-style-type: none"> 自動車製造業者・輸入業者は、製造又は輸入した自動車在使用済となった場合、自動車から発生するフロン類、エアバッグ類及びシュレッダーダストを引き取り、リサイクルを実施し、自動車所有者は、リサイクル料金を負担し、使用済となった自動車を引取業者に引き渡すことが義務付けられる <ul style="list-style-type: none"> 再資源化率目標(シュレッダーダスト70%、エアバッグ類85%) 	<ul style="list-style-type: none"> 自動車リサイクル法の定める再資源化率目標については、リサイクル法の目標達成について、目標値は制約として遵守する必要があり、その実現可能性について検証する必要がある 法-1
家電リサイクル法	<ul style="list-style-type: none"> 家庭用エアコン・テレビ電気冷蔵庫・電気冷凍庫・電気洗濯機・衣類乾燥機について、小売業者による引取り、製造業者等(製造業者、輸入業者)による再商品化等(リサイクル)、消費者(排出者)による廃棄時の収集運搬料金とリサイクル料金の支払い、が義務付けられる <ul style="list-style-type: none"> 再商品化率基準(エアコン80%、ブラウン管TV55%、液晶・プラズマTV74%、冷蔵庫・冷凍庫70%、洗濯機・衣類乾燥機82%) 	<ul style="list-style-type: none"> 家電リサイクル法の定める再資源化率目標については、リサイクル法の目標達成について、目標値は制約として遵守する必要があり、その実現可能性について検証する必要がある 法-1
建設リサイクル法	<ul style="list-style-type: none"> 特定建設資材(コンクリート、アスファルト・コンクリート、木材)を用いた建築物等に係る解体工事又はその施工に特定建設資材を使用する新築工事等であって一定規模以上の建設工事について、その受注者等に対し、分別解体等及び再資源化等を行うことが、義務付けられる <ul style="list-style-type: none"> 特定建設資材(アスファルト・コンクリート塊98%以上、コンクリート塊98%以上、建設発生木材95%以上、建設汚泥82%以上、建設廃棄物全体94%以上) 	<ul style="list-style-type: none"> 住宅建材においてCNF+PPの適用は想定されていないため、課題は存在しない

図3-50 CNFリサイクルにおける法的課題の整理

出典：環境省ウェブサイト、経済産業省「自動車リサイクル法の施行状況」、家電製品協会「家電リサイクル年次報告書」、国土交通省「建設リサイクル推進計画2014」、有識者ヒアリング

3.3.6 課題に対する対応策の検討

本項では、前項にて抽出した技術的・経済的・社会的・法的課題に対する対応策について、現状の技術動向や有識者ヒアリング結果を基に検討した。

まず、CNF複合材の単体回収可能性について図3-51に示す。

CNF複合材のみで分別回収する場合、家電は拡大生産者責任の考え方のもとCNF複合材単体で回収可能だが、自動車はシュレッダーダストとして燃焼・埋立されるためCNF複合材単体での回収が難しく、識別表示や複合率の規格化といったルール形成が必要と考えられる。

技術的課題									経済的課題			社会的課題			法的課題		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	1			1	2	3	1		

	リサイクル方法	CNF複合材の単体回収可能性
自動車	<ul style="list-style-type: none"> 自動車リサイクル法のもと、フロン類・エアバッグ類以外は、エンジン、バンパー等再利用可能な部品を除きシュレッダーダストとしてまとめて回収し、再資源化 	<ul style="list-style-type: none"> 一般廃棄物及び産業廃棄物の場合、自動車リサイクルルート(引取業者⇒フロン回収業者⇒解体業者⇒破砕業者⇒ASR再資源化施設)には乗るが、シュレッダーダストとして燃焼・埋立されるため、新たにプラスチックの回収プロセスを構築してCNF複合材単体で回収することは難しいと想定
家電	<ul style="list-style-type: none"> 家電リサイクル法のもと、家庭用エアコン・テレビ電気冷蔵庫・電気冷凍庫・電気洗濯機・衣類乾燥機等の種類ごとに回収し、再資源化 	<ul style="list-style-type: none"> 家電リサイクル法のもと、最終的に製造メーカーに戻ってくるため(拡大生産者責任※)、CNF複合材単体で回収することが可能と想定

※ 生産者が、その生産した製品が使用され、廃棄された後においても、当該製品の適正なリサイクルや処分について一定の責任を負うという考え方

図3-51 CNF複合材の単体回収可能性の検討

出典：環境省「拡大生産者責任関係の法制度について」、有識者ヒアリング

次に、刃の摩耗・破損の可能性に対する対応策を図 3-52 に示す。

刃の摩耗・破損によるコスト増加について、PLLA（開環重合後ポリ乳酸）・PBS・PC 複合材は、120 度程度で蒸気処理を実施することにより樹脂同士が分離されることから、CNF 複合材においても、蒸気処理を実施することで破碎時の刃の摩耗・破損が減り、破碎・粉砕がしやすくなるため可能性は低いですが、検証は必要と考えられる。

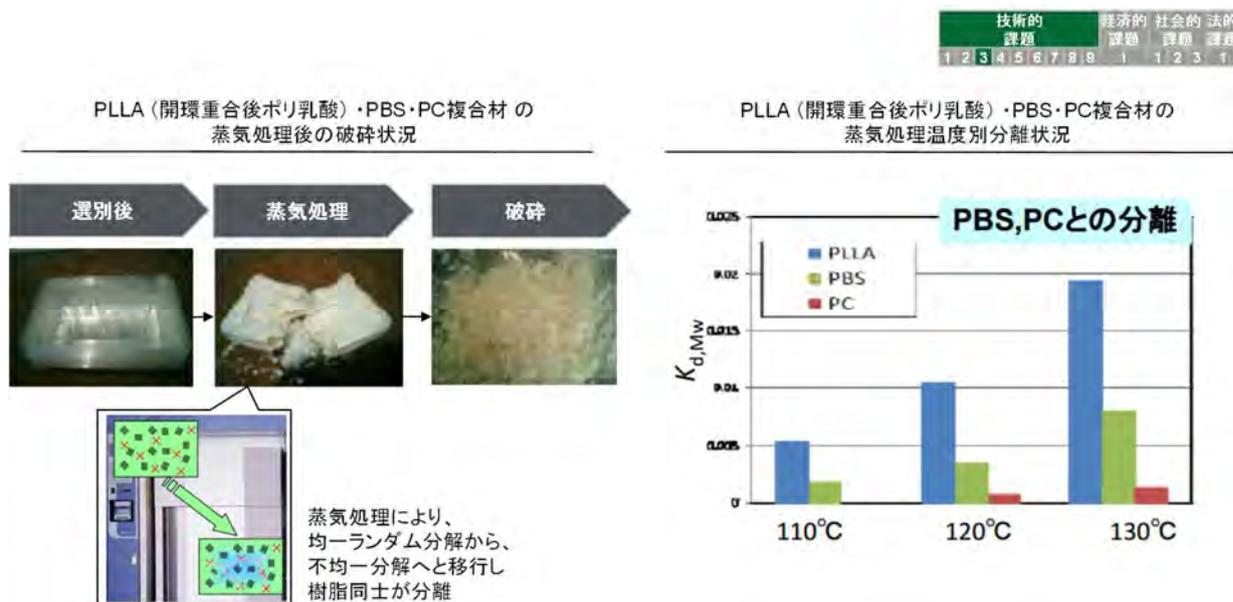


図 3-52 刃の摩耗、破損の可能性に対する対応策

出典：九州工業大学大学院生命体工学研究科・九州工業大学エコタウン実証研究センター
「プラスチック・バイオマスの過熱水蒸気による有効利用」、有識者ヒアリング

刃の摩耗に関する課題への参考情報として、C N F 同様の物性を持つ GFRP の粉碎方法を図 3-53 に示す。

GFRP では、粉碎刃の摩耗を前提として、コストの低い柔らかい刃を使用し、摩耗が少ない他の素材の粉碎を先に行い、最後に摩耗しやすい GFRP を粉碎し、その後研磨する方式を取っている。

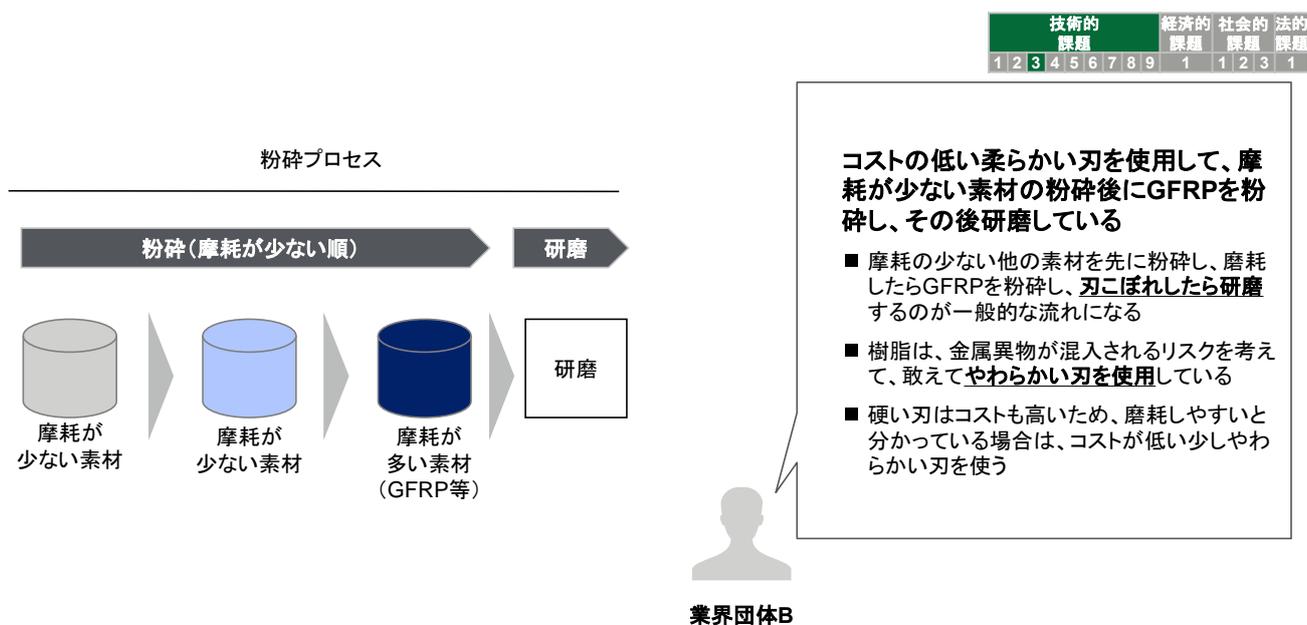


図 3-53 GFRP の粉碎方法

出典：有識者ヒアリング

次に、リサイクル後のCNF複合材の物性評価について図3-54に示す。

短期間利用での成形→粉砕→成形のフローにおいて、20%CNF強化HDPEの引張弾性率・引張強度は低下しないが、CNF+PPの長期的利用での物性、CNF添加での熱溶融温度の上昇からくる造粒温度の上昇後の物性については不明であり検証が必要と考えられる。

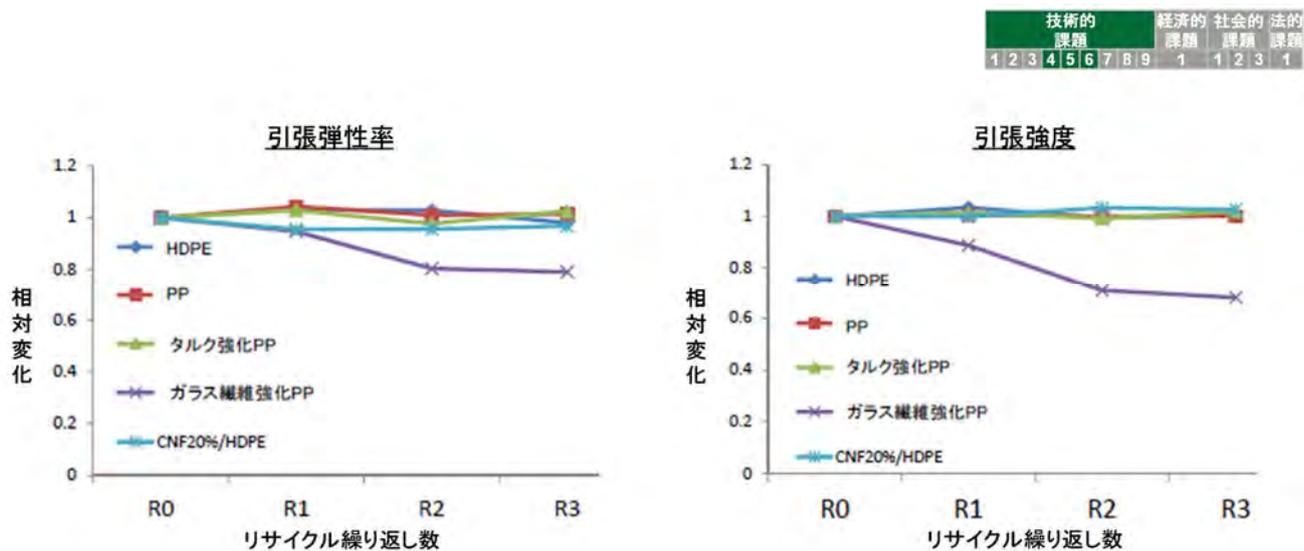


図3-54 物性評価（成形→粉砕→成形フロー）

出典：京都大学生存圏研究所矢野浩之「京大生存研・京都市産技研開発品」

次に、リサイクル樹脂の自動車・家電用途への可能性について図 3-55 に示す。

リサイクルCNFを自動車や家電に利用する場合、樹脂性能のバラツキが課題となり、そのまま利用することは難しいため、R-CNF複合材（ミックス材配合）を自動車・家電用途の添加剤に活用するために品質の検証が必要と考えられる。

技術的 課題			経済的 課題			社会的 課題			法的 課題					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	1	2	3

自動車や家電にリサイクル樹脂を利用する場合は、原料となるリサイクル樹脂の性能のバラツキが課題となる為、自動車や家電用途のプラスチック製品をアップグレードさせる添加剤として活用する方が現実的

- 自動車や家電にリサイクル樹脂を利用する場合は、原料となる**リサイクル樹脂の性能のバラツキが課題**となる
- 用途によっては、オーバースペックで製品を製造していれば問題ないが、自動車や家電の用途では、オーバースペックの場合、部品によって他の性能に影響する可能性があるため、**リサイクル樹脂のばらつきを考慮した、オーバースペック製品での展開が難しい**ケースもある
- よほど自動車部品や家電部品に精通しているメーカーでない限り**ケースバイケースでの対応は難しい**
- 自動車メーカーや家電メーカーと**密な情報交換ができればケースバイケースでの対応は可能**だが、自動車メーカーや家電メーカーは**簡単に情報交換させてくれない**のが現状である
- 以上の理由から、他のプラスチック廃材と同様にCNF複合廃材を回収・リペレット化し、**自動車や家電のプラスチック製品にそのまま使用することは難しい**と考えており、**自動車や家電用途のプラスチック製品をアップグレードさせる添加剤として活用する方が現実的**である
- 仮にそのまま利用するのであれば、建材や日用品などの**スペックが低い用途がターゲット**となる



研究機関C

図 3-55 R-CNF複合材（ミックス材配合）の自動車・家電用途への可能性

出典：有識者ヒアリング

次に、選別方法別のCNF複合材の選別可能性について図3-56に示す。

赤外線識別選別は、大量処理に関する更なる検証が必要であり、かつ黒色素材の識別が難しく自動車への使用が難しいものの最も選別可能性が高く、その他のレーザー有機プラズマ分光選別・蛍光X線選別・ラマン分光選別等も含めた選別方法の最適化に関する検証が必要だと考えられる。

また、比重選別においては、一定以上のCNF含有率を持つ複合材は全て水に沈んでしまうため、全てのCNF複合材の選別は難しいと考えられる。

選別方法	選別方法の概要	CNF複合材の選別の可能性	課題								
			技術的			経済的			社会的 法的		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
比重選別	<ul style="list-style-type: none"> 物質の比重の違いを利用して、水、風、遠心力等により選別する方法 	<ul style="list-style-type: none"> 水比重選別において、一定以下のCNF含有率を持つ複合材であれば、選別できるが、一定以上のCNF含有率を持つ複合材は全て水に沈んでしまうため、全てのCNF複合材の選別は難しい 比重が同程度の廃プラが混在する場合も、選別は難しい 									
赤外線識別選別	<ul style="list-style-type: none"> 物質に赤外線を当て、吸収される波長の違いを識別して、選別する方法 	<ul style="list-style-type: none"> 特定の波長帯において素材ごとに特徴があるため、一定時間赤外線を当てることで選別は可能だが、大量処理する際に赤外線を当てる時間が短くなる場合は、選別が難しく、今後更なる検証が必要 黒色の素材の場合、赤外線識別が難しい為、自動車に使用されていた素材の選別が難しい 									
レーザー有機プラズマ分光選別	<ul style="list-style-type: none"> 物質にレーザーを集光照射して、物体表面に瞬間的にプラズマを発生させ、その発光スペクトルを検知することで、元素の定性・定量を行い、選別する方法 	<ul style="list-style-type: none"> レーザー誘起プラズマを活用することで、金属やプラスチックなど幅広い物質の選別が可能だが、CNF複合材を大量処理する際にレーザーを当てる時間が短くなる場合の選別可否、黒色プラスチックの選別可否については検証が必要 									
蛍光X線選別	<ul style="list-style-type: none"> 物質にX線を照射すると、物質に含まれる元素特有の蛍光線が発生し、この蛍光X線を半導体検出器で検出し、エネルギーから元素の種類を、X線の強さから元素の濃度を算出し、選別する方法 	<ul style="list-style-type: none"> 10%以下の細かい塩素濃度別にPVCを選別することが可能だが、CNF複合材を大量処理する際に蛍光X線を当てる時間が短くなる場合の選別可否、黒色プラスチックの選別可否については検証が必要 									
ラマン分光選別	<ul style="list-style-type: none"> 光が物質に入射した際の、入射光と異なった波長をもつ光(ラマン散乱光)の性質を調べることにより、選別する方法 	<ul style="list-style-type: none"> 臭素系難燃剤のDeBDEを添加したPPを含有率毎に選別することが可能だが、大量処理時の選別可否に関する検証が必要(識別スピードは赤外線識別、蛍光X線に劣る) 黒色廃プラの選別も可能だが、表面に凹凸がある場合識別が難しい 									

※ 蛍光X線では、測定時間2~3秒で、10%単位レベルで含有率別に選別することが可能

図3-56 リサイクル時の選別方法

出典：一般財団法人家電製品協会、有識者ヒアリング

選別方法の参考として、比重選別と赤外線識別選別の技術動向を図 3-57 に示す。

比重選別については、実証事業は進んでいるが CNF 含有率別の選別は難しく、CNF 複合材の選別の可能性は低いと想定される。

赤外線識別選別においても実証事業が進んでおり、黒色樹脂の選別は出来ないが、中赤外分光方式は CNF 含有率 50% 以上の場合のみ選別の可能性があり、近赤外線分光方式は CNF 含有率 10% でも選別が可能であり、CNF 複合材の選別の可能性が高い。ただし、近赤外線分光方式は CNF 複合材の認識率は、現段階では 30% とされている。

		技術的課題									経済的課題			社会的課題			法的課題		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	1	2	3	1	2	3
選別方法	実証実験結果																		
比重選別法	<ul style="list-style-type: none"> ■ CNF+PPIにおいて、CNF含有率0%では比重0.9で、CNF含有率10%で比重0.96、CNF含有率50%で比重1.2になり、CNF含有率17%を超えると水に沈むという結果が得られたことから、PPとCNF+PPの選別の可能性がある 																		
中赤外分光方式	<ul style="list-style-type: none"> ■ CNF+PPIにおいて、CNF含有率50%では違いが認識できたが、CNF含有率15%では違いが確認できず、CNF含有率50%以上の場合のみ、PPとCNF+PPの選別の可能性がある 																		
近赤外分光方式	<ul style="list-style-type: none"> ■ PP、PS、ABS、CNF+PP (CNF含有率10%以上)、CNF+ABS (CNF含有率10%以上)の違いが確認でき、CNF複合材の選別の可能性がある ■ 黒色プラスチックの選別は難しい 																		

近赤外分光方式が、多くの樹脂を選別することが可能
(ただし、現段階では認識率30%)

図 3-57 比重選別・赤外線識別選別における技術動向

出典：有識者ヒアリング

選別方法の参考として、近赤外分光方式+エアジェット選別の技術動向を図 3-58 に示す。
 近赤外分光方式+エアジェットを使用した選別装置の実証実験も進んでおり、3種の樹脂を同時選別することによりリサイクルの効率性が向上し、選別プロセスにかかるCO₂が約10～50%削減できる可能性がある。

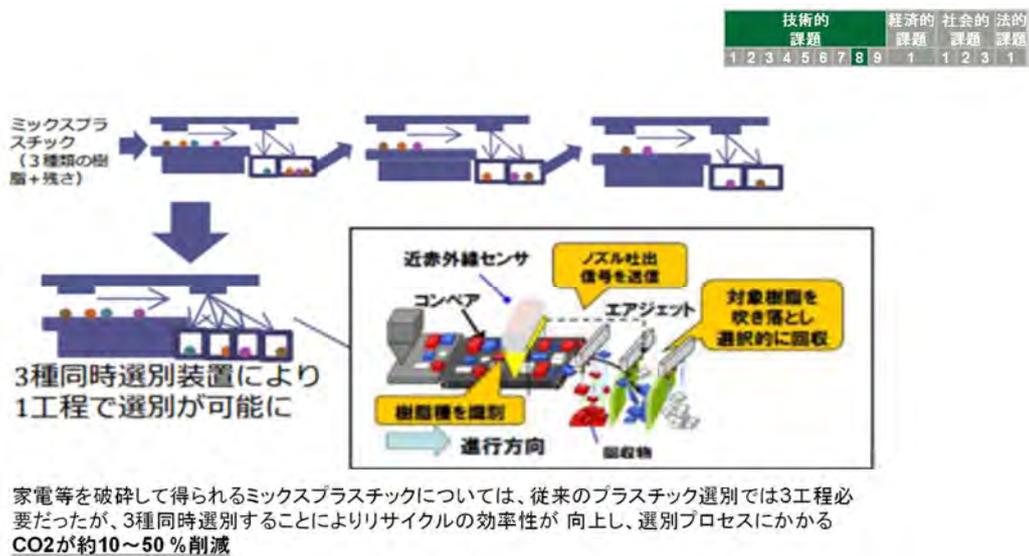


図 3-58 赤外線識別+エアジェット選別における技術動向

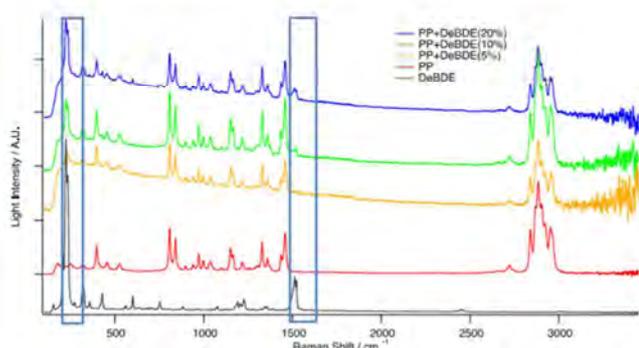
出典：環境省「省CO₂型リサイクル高度化設備導入促進事業概要」、
 公益財団法人 廃棄物・3R研究財団プレスリリース

選別方法の参考として、ラマン分光選別の技術動向を図 3-59 に示す。

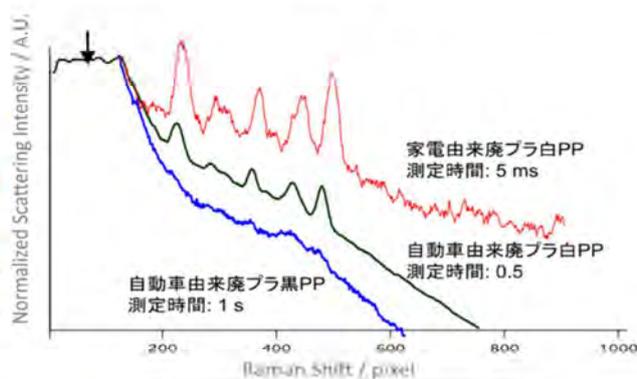
ラマン分光選別の実証事業も進んでおり、臭素系難燃剤の DeBDE を添加した PP は含有率毎に識別可能であるが、CNF 複合材の選別において大量処理時の選別可否や表面の凹凸状況による黒色廃プラの識別可能性について検証が必要である。

技術的課題	経済的課題	社会的課題	法的課題
1	2	3	4

PP に臭素系難燃剤(DeBDE)を添加したサンプルのラマンスペクトル



ASR由来「黒色」廃プラスチックのラマン散乱測定



ラマン分光を活用することで、臭素系難燃剤のDeBDEを添加したPPを含有率毎に選別することが可能だが、大量処理*時の選別可否に関する検証が必要(識別スピードは赤外線識別、蛍光X線に劣る)

ラマン分光を活用することで、黒色廃プラの選別も可能だが、表面に凹凸がある場合識別が難しい

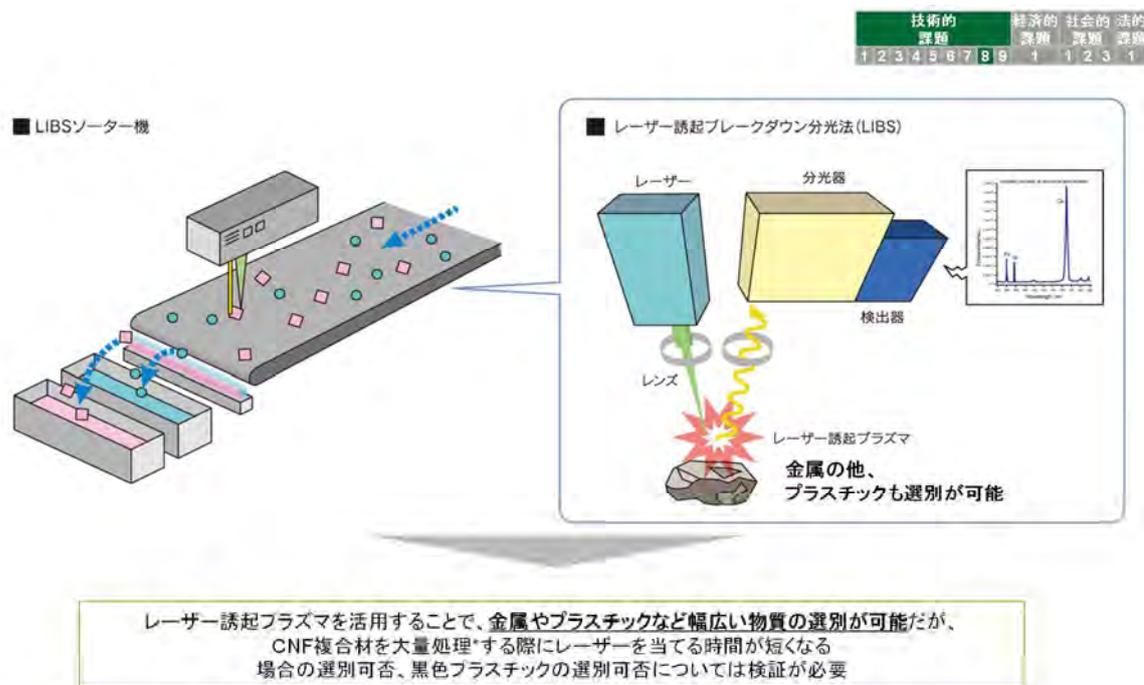
※ 蛍光X線では、測定時間2~3秒で、10%単位レベルで含有率別に選別することが可能

図 3-59 ラマン分光選別における技術動向

出典：環境省「平成27年度低炭素型3R技術・システム実証事業」、ダイオーエンジニアリング「エアロソータⅢ機器仕様」、有識者ヒアリング

選別方法の参考として、レーザー有機プラズマ分光選別の技術動向を図3-60に示す。

レーザー有機プラズマ分光選別の実証事業も進んでおり、金属・プラスチックの選別も可能ではあるが、CNF複合材に適用するには、黒色プラの選別可否や大量処理時の選別可否に関する検証が必要である。



※ 蛍光X線では、測定時間2~3秒で、10%単位レベルで含有率別に選別することが可能

図3-60 レーザー有機プラズマ分光選別における技術動向

出典：ハリタ金属「LIBS PROJECT（経済産業省実証事業）」、東京インスツルメンツ「高感度ダブルパルス LIBS」

選別方法の参考として、蛍光 X 線選別の技術動向を図 3-61 に示す。

蛍光 X 線選別において、測定時間が 30 秒であれば 10%以下の細かい塩素濃度別に PVC は選別可能だが、CNF 複合材に適用するには、黒色プラの選別可否や大量処理時の選別可否に関する検証が必要である。

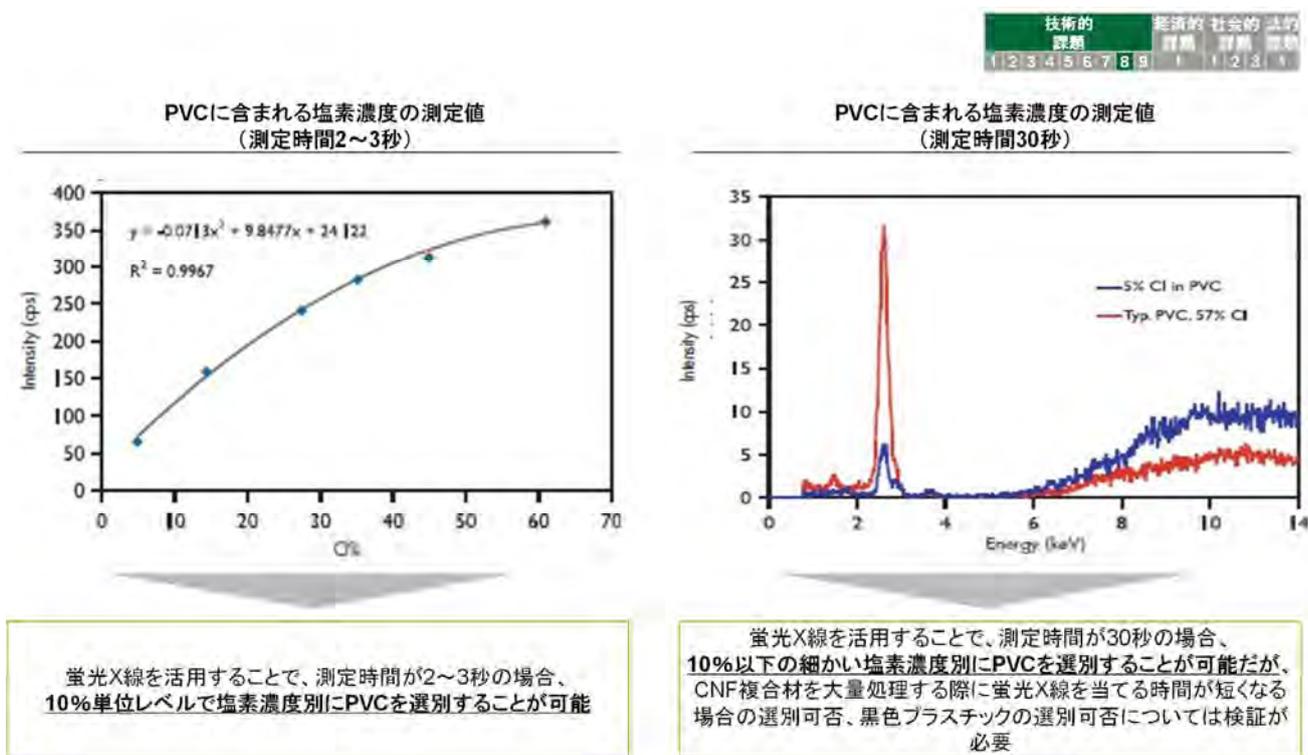
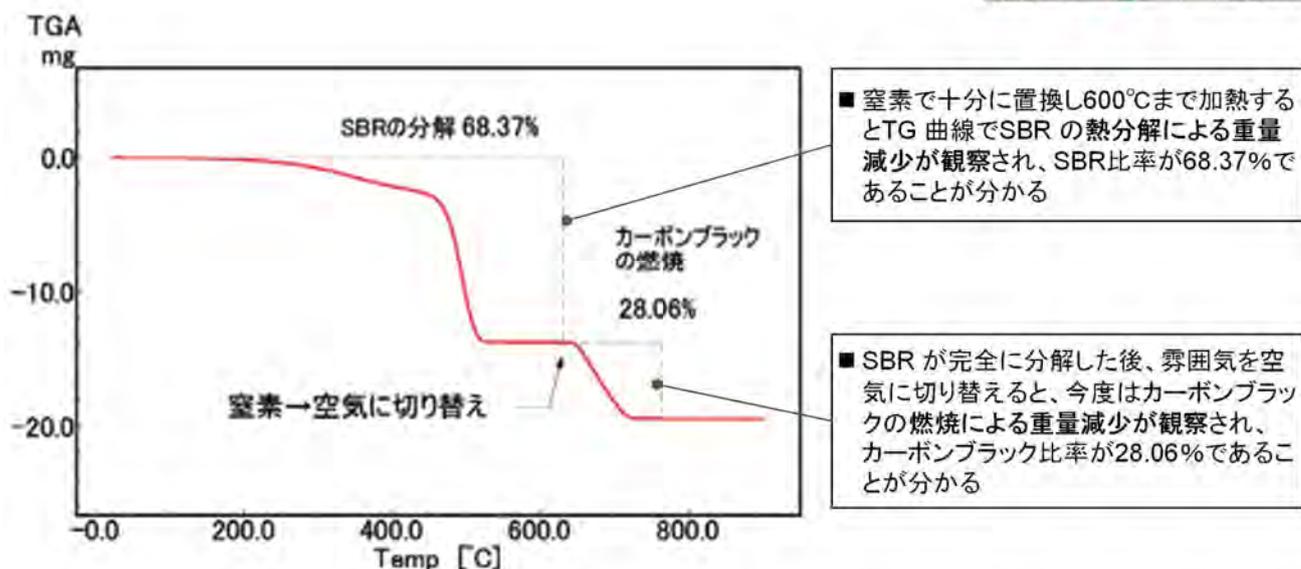


図 3-61 蛍光 X 線選別における技術動向

出典：オリンパス「ハンドヘルド蛍光 X 線分析計を使用した、PVC 中の塩素の分析」

次にCNF含有率判定プロセスにおける、熱重量分析による判定について図3-62に示す。
 SBR（スチレン・ブタジエンゴム）とカーボンブラックにおいても熱重量分析にて含有率の判定が可能であり、CNF複合材についても、熱重量分析を行うことで、分解温度の違いにより含有率を判定することが可能である。

技術的	経済的	社会的	法的
課題	課題	課題	課題
1 2 3 4 5 6 7 8	1	1 2 3 4	1



■ 窒素で十分に置換し600°Cまで加熱するとTG 曲線でSBR の熱分解による重量減少が観察され、SBR比率が68.37%であることが分かる

■ SBR が完全に分解した後、雰囲気空気に切り替えると、今度はカーボンブラックの燃焼による重量減少が観察され、カーボンブラック比率が28.06%であることが分かる

図3-62 CNF含有率別の判定方法：熱重量分析によるSBRの分解とカーボンブラックの定量分析
 出典：一般社団法人 日本分析機器工業会「熱重量測定装置の原理と応用」、有識者ヒアリング

次に、RPF に求められる品質基準について図 3-63 に示す。

RPF は高位発熱量、水分質量分率、灰分質量分率、全塩素分質量分率によって等級が分かれている中で、CNF 複合材のリサイクル品は CNF の影響で発熱量が増加しすぎてしまい RPF として利用する際の品質を保証できないため、RPF として利用する際の品質を保証できるか検証が必要である。

技術的 課題									経済的 課題			社会的 課題			法的 課題					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	1	2	3	1	1	2	3	1	1	2	3

品種*1 等級*2	RPF-coke*3	RPF*4			測定方法
	-	A	B	C	
高位発熱量 MJ/kg	33以上	25以上	25以上	25以上	JIS Z7302-2
水分 質量分率(%)	3以下	5以下	5以下	5以下	JIS Z7302-3
灰分 質量分率(%)	5以下	10以下	10以下	10以下	JIS Z7302-4
全塩素分 質量分率(%)	0.6以下	0.3以下	0.3を超え0.6以下	0.6を超え2.0以下	JIS Z7302-6

*1 品種は、高位発熱量によって区分する *2 等級は、全塩素分の質量分率(%)によって区分する *3 コークス並みの高位発熱量を持つRPF *4 石炭並みの高位発熱量を持つRPF

図 3-63 RPF に求められる品質基準

出典：一般社団法人 日本 RPF 協会

次に、完成製品別のリサイクルコストと売却価格について図 3-64 に示す。

R-CNF 複合材（バージン CNF 添加）は、バージン CNF 添加によるコストが高い分、付加価値が高いことから売却価格も高いため採算は合うと想定され、R-CNF 複合材（ミックス材添加）は、ミックス材添加によりコストが高い分、R-CNF 複合材（バージン CNF 添加）ほどではないものの付加価値が高いことから売却価格も高いため採算は合うと想定され、ミックス材は、売却価格は低い、その分コストも低いため、採算は合うと想定されるが、実際の採算性については検証が必要である。

完成製品	リサイクルコスト	売却価格	採算性	課題													
				技術的			経済的			社会的			法的				
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	1	2	3	1
R-CNF 複合材 (バージン CNF 添加)	<ul style="list-style-type: none"> ■R-CNF 複合材（バージン CNF 添加）にするため、CNF 複合材添加コストが発生し、コストは高い ■CNF 製品流通量が増え、リサイクル技術が上がればリサイクルコストは更に下がる 	<ul style="list-style-type: none"> ■CNF 複合材と混合されているため、売却価格は高い 	<ul style="list-style-type: none"> ■リサイクルコストは高いが、その分売却価格が高いため、採算は合う ■CNF 製品流通量が増え、リサイクル技術が上がればリサイクルコストは更に下がる 														
R-CNF 複合材 (ミックス材配合)	<ul style="list-style-type: none"> ■R-CNF 複合材（ミックス材配合）にするため、ミックス材配合・混合コストが発生し、コストは高い ■CNF 製品流通量が増え、リサイクル技術が上がればリサイクルコストは更に下がる 	<ul style="list-style-type: none"> ■ミックス材と混合されているため、R-CNF 複合材（バージン CNF 添加）よりも売却価格は低い 	<ul style="list-style-type: none"> ■リサイクルコストは高いが、その分売却価格が高いため、採算は合う 														
ミックス材	<ul style="list-style-type: none"> ■様々な廃棄物と混合したままのため、処理は少なく、コストも安い 	<ul style="list-style-type: none"> ■様々な廃プラと混合されているため、売却価格は低い 	<ul style="list-style-type: none"> ■売却価格は低い、その分リサイクルコストが低い、採算は合う 														

図 3-64 リサイクルコストと売却価格

次に自動車業界でのプラスチックのリサイクルに対する概念について図 3-65 に示す。

自動車に使用されているプラスチックは収集運搬効率が低いことやコストがかかるといった理由から、自動車に使用されるプラスチックのリサイクルの概念がなく、大半が焼却・埋立されているため、リサイクルの効率化やコスト削減に関する検証が必要である。

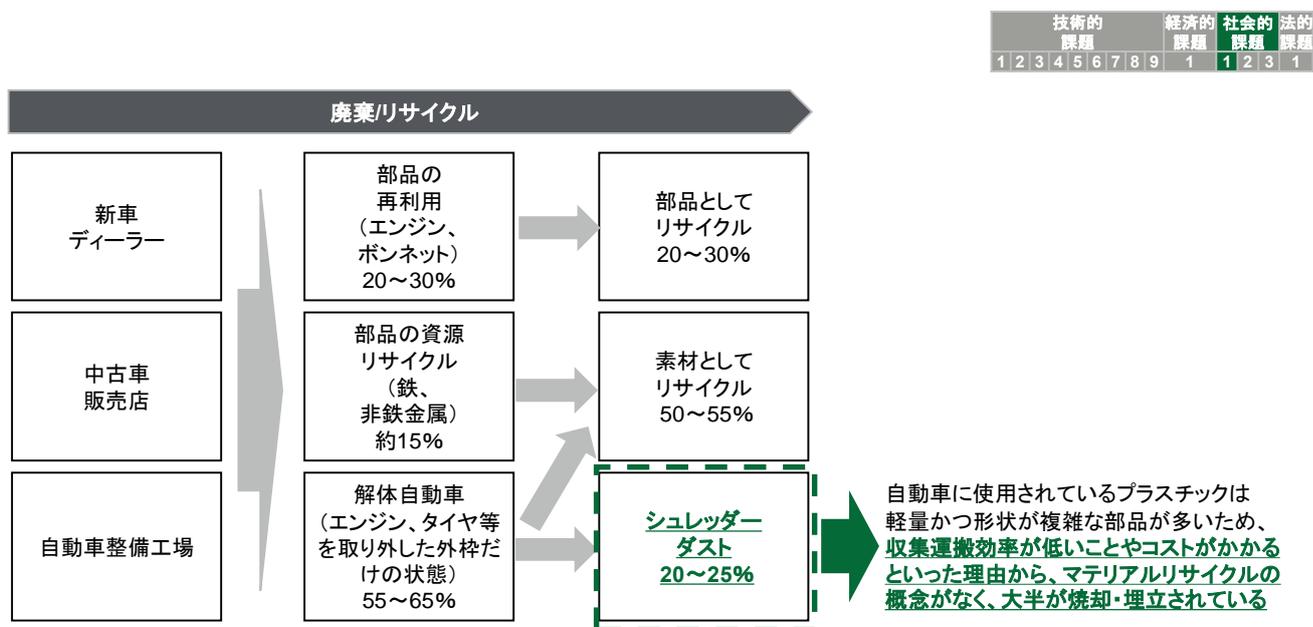


図 3-65 自動車業界でのプラスチックのリサイクルに対する概念

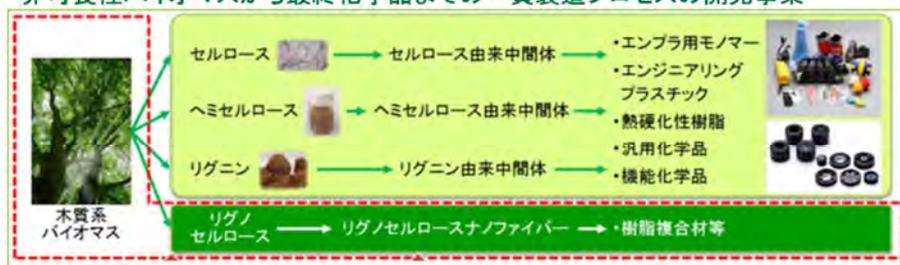
出典：自動車リサイクル促進センター「自動車リサイクル法」、経済産業省「リサイクルの高度化について」

次にCNFの安全性に関する研究動向について図3-66に示す。

破砕時の人体への影響について、NEDOが既存事業である製造プロセスの開発事業と連携して、①CNFの生体への取り込みの把握に必要なレベルのCNFを検出・定量するなどの有害性試験手法②CNF粉体およびCNF応用製品の製造・使用・廃棄プロセスなどにおけるCNFの排出・曝露可能性に関する評価手法、を開発するCNF安全性評価手法の事業を始めているが検証は必要である。

技術的課題									経済的課題			社会的課題			法的課題		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	1	2	3	1	2	3

非可食性バイオマスから最終化学品までの一貫製造プロセスの開発事業



CNF安全性評価手法の開発事業

- 事業概要
 - ・ CNFの安全性を適切に評価・管理するため、①CNFの生体への取り込みの把握に必要なレベルのCNFを検出・定量するなどの有害性試験手法の開発と、②CNF粉体およびCNF応用製品の製造・使用・廃棄プロセスなどにおけるCNFの排出・曝露可能性に関する評価手法の開発を実施
- 期間
 - ・ 2017～2019年度
- 事業予算
 - ・ 3.0億円(予定)
- 委託予定先
 - ・ 国立研究開発法人産業技術総合研究所、A社株式会社、王子ホールディングス株式会社、第一工業製薬株式会社、大王製紙株式会社

「製造プロセスの開発事業」と連携して、「CNF安全性評価手法の開発事業」を開始

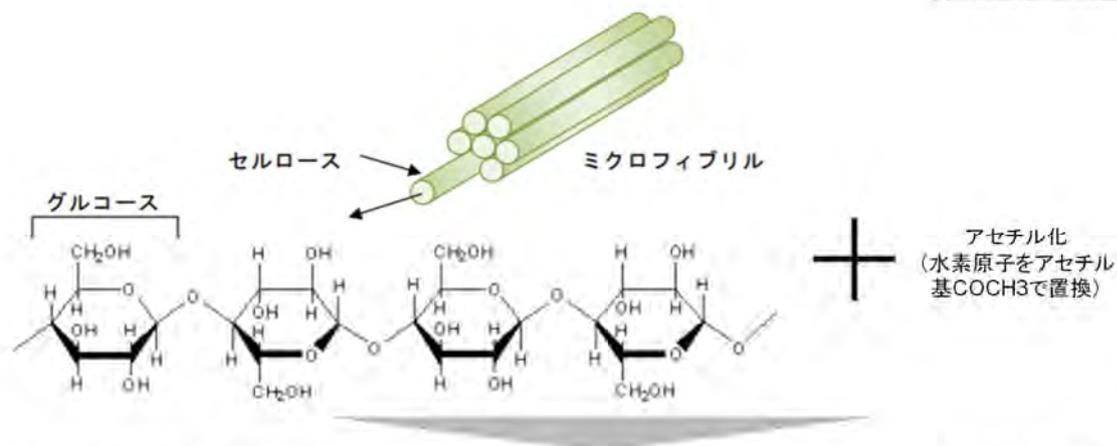
図3-66 CNFの安全性に関する研究動向

出典：NEDO「セルロースナノファイバーの社会実装に向け研究開発2テーマに着手」

次に燃焼によるCNFの分解について図3-67に示す。

燃焼時の人体への影響についても、CNFはC(炭素)、H(水素)、O(酸素)によって構成されており、燃焼した結果CO₂とH₂Oに分解されるため影響はないと想定されるが検証は必要である。

技術的 課題	経済的 課題	社会的 課題	法的 課題
1	2	3	1



CNFは、C(炭素)、H(水素)、O(酸素)によって構成されたCNFに対して、アセチル化(水素原子をアセチル基COCH₃で置換)し、疎水性CNFへ変性しても燃焼した結果、CO₂(二酸化炭素)、H₂O(水)に分解される

図3-67 燃焼によるCNFの分解

出典：旭リサーチセンター 「大きく花開くかセルロースナノファイバー」

次にリサイクル法における目標値の達成状況を図 3-68 に示す。

リサイクル法の目標達成について、現状では概ね目標値を達成している中で、CNFリサイクル品が混入する場合においても目標値を制約として遵守する必要があり、その実現可能性について検証する必要がある。

実証中のCNF製品 に関わる 個別リサイクル法	対象品	再資源化率・再商品化率 目標値(平成29年度)	再資源化率・再商品化率 実績(平成26年度)	達成状況	課題															
					技術的			経済的			社会的			法的						
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	1	2	3	1
自動車リサイクル法	シュレッダーダスト	70%	96.8～98.1%	○(+26.8～28.1%)																
	エアバッグ類	85%	94～95%	○(+9～10%)																
家電リサイクル法	エアコン	80%	92%	○(+12%)																
	ブラウン管TV	55%	75%	○(+20%)																
	液晶・プラズマTV	74%	89%	○(+15%)																
	冷蔵庫・冷凍庫	70%	80%	○(+10%)																
	洗濯機・衣類乾燥機	82%	88%	○(+6%)																
建設リサイクル法	アスファルト・コンクリート塊	98%以上	99.5%	○(+1.5%)																
	コンクリート塊	98%以上	99.3%	○(+1.3%)																
	建設発生木材	95%以上	94.4%	×(-0.6%)																
	建設汚泥	82%以上	85.0%	○(+3%)																
	建設廃棄物全体	94%以上	96.0%	○(+2%)																

図 3-68 リサイクル法における目標値の達成状況

出典：経済産業省「自動車リサイクル法の施行状況」、家電製品協会「家電リサイクル年次報告書」、国土交通省「建設リサイクル推進計画 2014」

3.3.7 対応策のまとめ

本項では、前項にて抽出した技術的・経済的・社会的・法的課題への対応策を、9つのリサイクルプロセス毎に整理した上で、実証ニーズ別に集約した。

マテリアルリサイクルのプロセス別課題への対応策（案）を図3-69に示す。

対応策においては、長期的利用後・造粒後の物性低下、選別方法、識別表示や複合率の規格化といったルール形成、刃の摩耗・破損によるコスト増加、自動車・家電用途のプラスチック製品添加剤に活用するための品質、リサイクルの効率化やコスト削減、破碎時の人体被害、採算性、リサイクル法目標値の実現可能性、自動車・家電用途のプラスチック製品添加剤に活用するための品質、といった検証が必要である。

方向性①マテリアルリサイクルが可能であること
 方向性②既存の廃棄物処理プロセスで(大きな)課題が無い
 方向性③CNFによる(リサイクル材の)付加価値を向上

回収方法	選別有無	完成製品	検証可能な方向性			付加価値	リサイクルコスト	課題への対応策
			①	②	③			
分別	無	① R-CNF複合材 (バージンCNF添加)	○	○		■他樹脂の混入がなく、CNF複合材と混合されているため、付加価値は高い +++	■R-CNF複合材(バージンCNF添加)にするため、CNF複合材添加コストが発生 +	<ul style="list-style-type: none"> ■長期的利用後の物性低下の検証 ■造粒時の物性低下の検証 ■識別表示や複合率の規格化といったルール形成 ■刃の摩耗・破損によるコスト増加の検証 ■自動車・家電用途のプラスチック製品添加剤に活用するための品質の検証 ■リサイクルの効率化やコスト削減に関する検証 ■破碎時の人体被害の検証 ■の検証採算性 ■リサイクル法目標値の実現可能性の検証
		② R-CNF複合材 (ミックス材配合)	○	○	○	■他樹脂の混入がなく、ミックス材と混合されているため、R-CNF複合材(バージンCNF添加)よりも付加価値は低い +	■R-CNF複合材にするため、ミックス材配合・混合コストが発生 +	<ul style="list-style-type: none"> ■長期的利用後の物性低下の検証 ■造粒時の物性低下の検証 ■識別表示や複合率の規格化といったルール形成 ■刃の摩耗・破損によるコスト増加の検証 ■破碎時の人体被害の検証 ■採算性の検証 ■リサイクル法目標値の実現可能性の検証
		③ R-CNF複合材 (バージンCNF添加)	○	○		■他樹脂が一部混入している可能性があるが、CNF複合材と混合されているため、付加価値は高い +	■選別コスト及び、R-CNF複合材(バージンCNF添加)にするため、CNF複合材添加コストが発生 +	<ul style="list-style-type: none"> ■長期的利用後の物性低下の検証 ■造粒時の物性低下の検証 ■選別方法の検証 ■刃の摩耗・破損によるコスト増加の検証 ■自動車・家電用途のプラスチック製品添加剤に活用するための品質の検証 ■リサイクルの効率化やコスト削減に関する検証 ■破碎時の人体被害の検証 ■採算性の検証 ■リサイクル法目標値の実現可能性の検証
通常	有	④ R-CNF複合材 (バージンCNF添加)	○	○		■他樹脂が一部混入している可能性があるが、CNF複合材と混合されているため、付加価値は高い +	■選別コスト及び、R-CNF複合材(バージンCNF添加)にするため、CNF複合材添加コストが発生 +	<ul style="list-style-type: none"> ■長期的利用後の物性低下の検証 ■造粒時の物性低下の検証 ■選別方法の検証 ■刃の摩耗・破損によるコスト増加の検証 ■自動車・家電用途のプラスチック製品添加剤に活用するための品質の検証 ■リサイクルの効率化やコスト削減に関する検証 ■破碎時の人体被害の検証 ■採算性の検証 ■リサイクル法目標値の実現可能性の検証
		⑤ R-CNF複合材 (ミックス材配合)	○	○	○	■他樹脂が一部混入しており、ミックス材と混合されているため、R-CNF複合材(バージンCNF添加)よりも付加価値は低い +	■選別コスト及び、R-CNF複合材にするため、ミックス材配合・混合コストが発生 +	<ul style="list-style-type: none"> ■長期的利用後の物性低下の検証 ■造粒時の物性低下の検証 ■選別方法の検証 ■刃の摩耗・破損によるコスト増加の検証 ■破碎時の人体被害の検証 ■採算性の検証 ■リサイクル法目標値の実現可能性の検証
	無	⑥ ミックス材	○	○		■様々な廃プラと混合されているため、付加価値は低い +	■様々な廃棄物と混合したままのため、処理が少ない +	<ul style="list-style-type: none"> ■刃の摩耗・破損によるコスト増加の検証 ■破碎時の人体被害の検証 ■採算性の検証 ■リサイクル法目標値の実現可能性の検証

図3-69 完成製品別の実証すべき課題への対応策（案）（マテリアルリサイクル）

次にサーマルリサイクルのプロセス別課題への対応策（案）を図 3-70 に示す。

サーマルリサイクルの課題への対応策においては、選別方法、刃の摩耗・破損によるコスト増加、造粒後の RPF として利用する際の品質保証、燃焼時の人体被害、リサイクル法目標値の実現可能性、といった検証が必要である。

方向性①マテリアルリサイクルが可能であること
 方向性②既存の廃棄物処理プロセスで(大きな)課題が無い
 方向性③CNFによる(リサイクル材の)付加価値を向上

回収方法	選別有無	完成製品	検証可能な方向性			付加価値	リサイクルコスト	課題への対応策案
			①	②	③			
通常	有	6 RPF		○		■ 他樹脂が一部混入している可能性があるが、RPF化するため付加価値は高い +	■ 選別し、RPF化するため処理が多い --	■ 選別方法の検証 ■ 刃の摩耗・破損によるコスト増加の検証 ■ 造粒後のRPFとして利用する際の品質保証の検証 ■ 燃焼時の人体被害の検証 ■ リサイクル法目標値の実現可能性の検証
	有	7 エネルギー		○		■ 他樹脂が一部混入している可能性があり、RPF化しないため付加価値は低い -	■ 選別するが、RPF化しないため処理が少ない -	■ 選別方法の検証 ■ 刃の摩耗・破損によるコスト増加の検証 ■ 燃焼時の人体被害の検証 ■ リサイクル法目標値の実現可能性の検証
	無	8 RPF		○		■ 他樹脂が混入しており、RPF化するが付加価値は低い -	■ 選別しないが、RPF化するため処理は多い +	■ 刃の摩耗・破損によるコスト増加の検証 ■ 造粒後のRPFとして利用する際の品質保証の検証 ■ 燃焼時の人体被害の検証 ■ リサイクル法目標値の実現可能性の検証
	無	9 エネルギー		○		■ 他樹脂が混入しており、RPF化しないため付加価値は低い --	■ 選別せず、RPF化しないため処理が少ない ++	■ 刃の摩耗・破損によるコスト増加の検証 ■ 燃焼時の人体被害の検証 ■ リサイクル法目標値の実現可能性の検証

図 3-70 完成製品別の実証すべき課題への対応策（案）（サーマルリカバリー）

次に想定される CNF リサイクル実証ニーズについて図 3-71 に示す。

CNF+PP のマテリアルリサイクル・サーマルリカバリーにおける実証ニーズは、用途別に、実証モデル①家電自動車向け、実証モデル②容器向け付加価値、実証モデル③通常リサイクルプロセスとして 3 種類に集約可能と想定される。

実証モデル①では家電・自動車向けの高品質な CNF リサイクル材の供給を可能とし、実証モデル②では容器向けに一定レベルの品質での供給を可能とし、実証モデル③では通常の市場プロセスで社会課題がないか確認することとする。

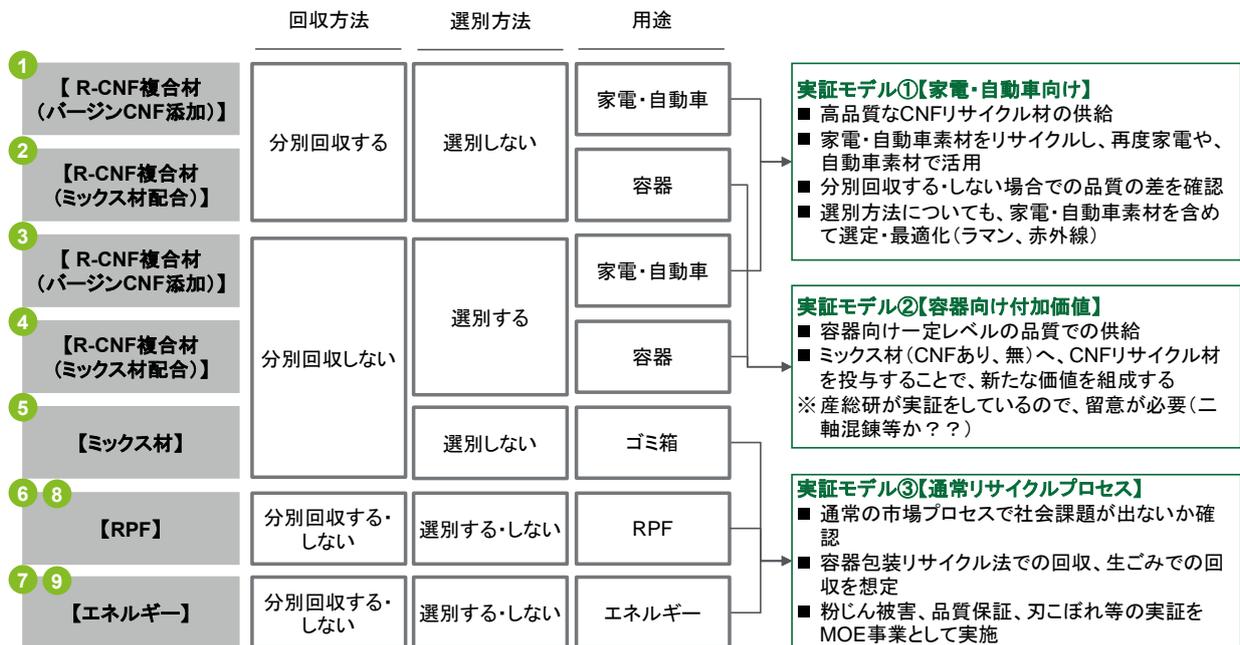


図 3-71 想定される CNF リサイクル実証ニーズ

参考として前項までに検討したリサイクルプロセス毎の課題・検討項目・対応策のまとめを図 3-72～図 3-80 に示す。

自動車・家電向け			
種類	課題	検討項目	対応策案
技術的課題	<ul style="list-style-type: none"> 一般廃棄物回収の場合、自治体によって廃棄ルールが統一されておらず、CNF複合材の分別回収が難しい 産業廃棄物回収の場合、廃プラとしてまとめてリサイクル業者が回収してしまう為、CNF複合材の分別回収が難しい 	選別が不要な回収方法	CNF複合材のみで分別回収する場合、識別表示や複合率の規格化といったルール形成が必要
	<ul style="list-style-type: none"> 刃の摩耗、破損によるコスト増加について、蒸気処理により混合樹脂の分子同士を分離することで破砕・粉砕しやすくなるが、コスト増加の可能性はある 	刃の摩耗・破損	刃の摩耗・破損によるコスト増加の検証が必要
	<ul style="list-style-type: none"> 変性・非変性CNFの長期的使用後のリサイクルによる、物性値の変化 	長期使用後の物性値の変化	CNF+PPの長期的利用でのリサイクル時の物性は評価・検証が必要
	<ul style="list-style-type: none"> CNF添加での熱溶融温度の上昇からくる造粒温度の上昇による、物性値の変化 	造粒による物性値の変化	CNF添加での熱溶融温度の上昇からくる造粒温度の上昇による物性は評価・検証が必要
	<ul style="list-style-type: none"> 自動車・家電用途のプラスチック製品添加剤として使用できるか不明 	添加剤としての品質	リサイクルCNF複合材を自動車・家電用途添加剤に活用するには品質の検証が必要
	<ul style="list-style-type: none"> 分別回収することでR-CNF複合材リサイクルCNF添加+バージンCNF添加として高付加価値を維持できるため、販売価格は高くなり採算性は合うと想定されるが検証は必要 	採算性	採算性の検証が必要
社会的課題	<ul style="list-style-type: none"> 自動車業界でのプラスチックのリサイクルに対する概念が無い 	リサイクルに対する概念の無さの要因	リサイクルの効率化やコスト削減に関する検証が必要
	<ul style="list-style-type: none"> 破砕時の粉塵による人体被害の可能性 	粉塵による人体への影響	CNFの安全性検証という形でNEDOが実証事業を始めているが、検証が必要(NEDOも一部実施中)
法的課題	<ul style="list-style-type: none"> リサイクル法の目標達成について、目標値は制約として遵守する必要があり、その実現可能性について検証する必要がある 	目標値の実現可能性	目標値の実現可能性について検証が必要

図 3-72 課題・検討項目・対応策(案) : CNF+PP・マテリアルリサイクル : 分別回収・選別無し・R-CNF複合材(バージンCNF添加)

種類	課題	検討項目	対応策案
技術的課題	■ 一般廃棄物回収の場合、自治体によって廃棄ルールが統一されておらず、CNF複合材の分別回収が難しい	■ 選別が不要な回収方法	■ CNF複合材のみで分別回収する場合、識別表示や複合率の規格化といったルール形成が必要
	■ 産業廃棄物回収の場合、廃プラとしてまとめてリサイクル業者が回収してしまう為、CNF複合材の分別回収が難しい		
	■ 刃の摩耗、破損によるコスト増加について、蒸気処理により混合樹脂の分子同士を分離することで破砕・粉砕しやすくなるが、コスト増加の可能性はある	■ 刃の摩耗・破損	■ 刃の摩耗・破損によるコスト増加の検証が必要
	■ 変性・非変性CNFの長期的使用後のリサイクルによる、物性値の変化	■ 長期使用後の物性値の変化	■ CNF+PPの長期的利用でのリサイクル時の物性は評価・検証がある程度必要
	■ CNF添加での熱熔融温度の上昇からくる造粒温度の上昇による、物性値の変化	■ 造粒による物性値の変化	■ CNF添加での熱熔融温度の上昇からくる造粒温度の上昇による物性は評価・検証が必要
経済的課題	■ 分別回収することでR-CNF複合材(リサイクルCNF添加)+ミックス材として高付加価値を維持できるため、販売価格は高くなり採算性は合うと想定されるが検証は必要	■ 採算性	■ 採算性の検証が必要
社会的課題	■ 破砕時の粉塵による人体被害の可能性	■ 粉塵による人体への影響	■ CNFの安全性検証という形でNEDOが実証事業を始めているが、検証が必要(NEDOも一部実施中)
法的課題	■ リサイクル法の目標達成について、目標値は制約として遵守する必要がある、その実現可能性について検証する必要がある	■ 目標値の実現可能性	■ 目標値の実現可能性について検証が必要

図 3-73 課題・検討項目・対応策(案)：CNF+PP・マテリアルリサイクル：分別回収・選別無し・R-CNF複合材(ミックス材配合)

種類	課題	検討項目	対応策案
技術的課題	■ 赤外線識別選別等を使用した、選別方法の最適化が必要	■ 赤外線識別選別等による選別の可能性	■ 適用可能性の高い赤外線識別選別等を使用した選別・最適化に関する検証が必要
	■ 刃の摩耗、破損によるコスト増加について、蒸気処理により混合樹脂の分子同士を分離することで破砕・粉砕しやすくなるが、コスト増加の可能性はある	■ 刃の摩耗・破損	■ 刃の摩耗・破損によるコスト増加の検証が必要
	■ 変性・非変性CNFの長期的使用後のリサイクルによる、物性値の変化	■ 長期使用後の物性値の変化	■ CNF+PPの長期的利用でのリサイクル時の物性は評価・検証が必要
	■ CNF添加での熱熔融温度の上昇からくる造粒温度の上昇による、物性値の変化	■ 造粒による物性値の変化	■ CNF添加での熱熔融温度の上昇からくる造粒温度の上昇による物性は評価・検証が必要
	■ 自動車・家電用途のプラスチック製品添加剤として使用できるか不明	■ 添加剤としての品質	■ リサイクルCNF複合材を自動車・家電用途添加剤に活用するには品質の検証が必要
経済的課題	■ 選別することでR-CNF複合材リサイクルCNF添加+バージンCNF添加として高付加価値を維持できるため、販売価格は高くなり採算性は合うと想定されるが検証は必要	■ 採算性	■ 採算性の検証が必要
社会的課題	■ 自動車業界でのプラスチックのリサイクルに対する概念が無い	■ リサイクルに対する概念の無さの要因	■ リサイクルの効率化やコスト削減に関する検証が必要
	■ 破砕時の粉塵による人体被害の可能性	■ 粉塵による人体への影響	■ CNFの安全性検証という形でNEDOが実証事業を始めているが、検証が必要(NEDOも一部実施中)
法的課題	■ リサイクル法の目標達成について、目標値は制約として遵守する必要がある、その実現可能性について検証する必要がある	■ 目標値の実現可能性	■ 目標値の実現可能性について検証が必要

図 3-74 課題・検討項目・対応策(案)：CNF+PP・マテリアルリサイクル：通常回収・選別有り・R-CNF複合材(バージンCNF添加)

種類	課題	検討項目	対応策案
技術的課題	■ 赤外線識別選別等を使用した、選別方法の最適化が必要	■ 赤外線識別選別等による選別の可能性	■ 適用可能性の高い赤外線識別選別等を使用した選別・最適化に関する検証が必要
	■ 刃の摩耗、破損によるコスト増加について、蒸気処理により混合樹脂の分子同士を分離することで破砕・粉砕しやすくなるが、コスト増加の可能性はある	■ 刃の摩耗・破損	■ 刃の摩耗・破損によるコスト増加の検証が必要
	■ 変性・非変性CNFの長期的使用後のリサイクルによる、物性値の変化	■ 長期使用後の物性値の変化	■ CNF+PPの長期的利用でのリサイクル時の物性は評価・検証が必要
	■ CNF添加での熱溶解温度の上昇からくる造粒温度の上昇による、物性値の変化	■ 造粒による物性値の変化	■ CNF添加での熱溶解温度の上昇からくる造粒温度の上昇による物性は評価・検証が必要
経済的課題	■ 選別することでR-CNF複合材(リサイクルCNF添加)+ミックス材として高付加価値を維持できるため、販売価格は高くなり採算性は合うと想定されるが検証は必要	■ 採算性	■ 採算性の検証が必要
社会的課題	■ 破砕時の粉塵による人体被害の可能性	■ 粉塵による人体への影響	■ CNFの安全性検証という形でNEDOが実証事業を始めているが、検証が必要(NEDOも一部実施中)
法的課題	■ リサイクル法の目標達成について、目標値は制約として遵守する必要がある、その実現可能性について検証する必要がある	■ 目標値の実現可能性	■ 目標値の実現可能性について検証が必要

図 3-75 課題・検討項目・対応策(案)：CNF+PP・マテリアルリサイクル：通常回収・選別有り・R-CNF複合材(ミックス材配合)

種類	課題	検討項目	対応策案
技術的課題	■ 刃の摩耗、破損によるコスト増加について、蒸気処理により混合樹脂の分子同士を分離することで破砕・粉砕しやすくなるが、コスト増加の可能性はある	■ 刃の摩耗・破損	■ 刃の摩耗・破損によるコスト増加の検証が必要
経済的課題	■ 分別回収・選別を実施しないため高付加価値を維持できないが、処理コストも安いので採算性は合うと想定されるが検証は必要	■ 採算性	■ 採算性の検証が必要
社会的課題	■ 破砕時の粉塵による人体被害の可能性	■ 粉塵による人体への影響	■ CNFの安全性検証という形でNEDOが実証事業を始めているが、検証が必要(NEDOも一部実施中)
法的課題	■ リサイクル法の目標達成について、目標値は制約として遵守する必要がある、その実現可能性について検証する必要がある	■ 目標値の実現可能性	■ 目標値の実現可能性について検証が必要

図 3-76 課題・検討項目・対応策(案)：CNF+PP・マテリアルリサイクル：通常回収・選別無し・ミックス材

種類	課題	検討項目	対応策案
技術的課題	■ 赤外線識別選別等を使用した、選別方法の最適化が必要	■ 赤外線識別選別等による選別の可能性	■ 適用可能性の高い赤外線識別選別等を使用した選別・最適化に関する検証が必要
	■ 刃の摩耗、破損によるコスト増加について、蒸気処理により混合樹脂の分子同士を分離することで破砕・粉碎しやすくなるが、コスト増加の可能性はある	■ 刃の摩耗・破損	■ 刃の摩耗・破損によるコスト増加の検証が必要
	■ CNFの影響で発熱量が増加しすぎ、RPFとして利用する際の品質を保証できない	■ RPF化時の品質	■ 造粒後にRPFとして利用する際の品質を保証できるか検証が必要
経済的課題	■ N/A	■ N/A	■ N/A
社会的課題	■ 破砕時の粉塵による人体被害の可能性 ■ 燃焼時の粉塵は、燃焼した結果CO2とH2O分解されるため人体への影響は低いと想定されるが、可能性はある	■ 粉塵による人体への影響	■ CNFの安全性検証という形でNEDOが実証事業を始めているが、検証が必要(NEDOも一部実施中)
法的課題	■ リサイクル法の目標達成について、目標値は制約として遵守する必要があり、その実現可能性について検証する必要がある	■ 目標値の実現可能性	■ 目標値の実現可能性について検証が必要

図 3-77 課題・検討項目・対応策(案)：CNF+PP・サーマルリカバリー：
通常回収・選別有り・RPF

種類	課題	検討項目	対応策案
技術的課題	■ 赤外線識別選別等を使用した、選別方法の最適化が必要	■ 赤外線識別選別等による選別の可能性	■ 適用可能性の高い赤外線識別選別等を使用した選別・最適化に関する検証が必要
	■ 刃の摩耗、破損によるコスト増加について、蒸気処理により混合樹脂の分子同士を分離することで破砕・粉碎しやすくなるが、コスト増加の可能性はある	■ 刃の摩耗・破損	■ 刃の摩耗・破損によるコスト増加の検証が必要
経済的課題	■ N/A	■ N/A	■ N/A
社会的課題	■ 破砕時の粉塵による人体被害の可能性 ■ 燃焼時の粉塵は、燃焼した結果CO2とH2O分解されるため人体への影響は低いと想定されるが、可能性はある	■ 粉塵による人体への影響	■ CNFの安全性検証という形でNEDOが実証事業を始めているが、検証が必要(NEDOも一部実施中)
法的課題	■ リサイクル法の目標達成について、目標値は制約として遵守する必要があり、その実現可能性について検証する必要がある	■ 目標値の実現可能性	■ 目標値の実現可能性について検証が必要

図 3-78 課題・検討項目・対応策(案)：CNF+PP・サーマルリカバリー：
通常回収・選別有り・エネルギー

種類	課題	検討項目	対応策案
技術的課題	<ul style="list-style-type: none"> ■ 刃の摩耗、破損によるコスト増加について、蒸気処理により混合樹脂の分子同士を分離することで破砕・粉砕しやすくなるが、コスト増加の可能性はある 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 刃の摩耗・破損 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 刃の摩耗・破損によるコスト増加の検証が必要
	<ul style="list-style-type: none"> ■ CNFの影響で発熱量が増加しすぎ、RPFとして利用する際の品質を保証できない 	<ul style="list-style-type: none"> ■ RPF化時の品質 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 造粒後にRPFとして利用する際の品質を保証できるか検証が必要
経済的課題	<ul style="list-style-type: none"> ■ N/A 	<ul style="list-style-type: none"> ■ N/A 	<ul style="list-style-type: none"> ■ N/A
社会的課題	<ul style="list-style-type: none"> ■ 破砕時の粉塵による人体被害の可能性 ■ 燃焼時の粉塵は、燃焼した結果CO2とH2O分解されるため人体への影響は低いと想定されるが、可能性はある 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 粉塵による人体への影響 	<ul style="list-style-type: none"> ■ CNFの安全性検証という形でNEDOが実証事業を始めているが、検証が必要(NEDOも一部実施中)
法的課題	<ul style="list-style-type: none"> ■ リサイクル法の目標達成について、目標値は制約として遵守する必要があり、その実現可能性について検証する必要がある 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 目標値の実現可能性 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 目標値の実現可能性について検証が必要

図 3-79 課題・検討項目・対応策(案)：CNF+PP・サーマルリカバリー：
通常回収・選別無し・RPF

種類	課題	検討項目	対応策案
技術的課題	<ul style="list-style-type: none"> ■ 刃の摩耗、破損によるコスト増加について、蒸気処理により混合樹脂の分子同士を分離することで破砕・粉砕しやすくなるが、コスト増加の可能性はある 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 刃の摩耗・破損 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 刃の摩耗・破損によるコスト増加の検証が必要
経済的課題	<ul style="list-style-type: none"> ■ N/A 	<ul style="list-style-type: none"> ■ N/A 	<ul style="list-style-type: none"> ■ N/A
社会的課題	<ul style="list-style-type: none"> ■ 破砕時の粉塵による人体被害の可能性 ■ 燃焼時の粉塵は、燃焼した結果CO2とH2O分解されるため人体への影響は低いと想定されるが、可能性はある 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 粉塵による人体への影響 	<ul style="list-style-type: none"> ■ CNFの安全性検証という形でNEDOが実証事業を始めているが、検証が必要(NEDOも一部実施中)
法的課題	<ul style="list-style-type: none"> ■ リサイクル法の目標達成について、目標値は制約として遵守する必要があり、その実現可能性について検証する必要がある 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 目標値の実現可能性 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 目標値の実現可能性について検証が必要

図 3-80 課題・検討項目・対応策(案)：CNF+PP・サーマルリカバリー：
通常回収・選別無し・エネルギー

3.3.8 ヒアリング調査結果のまとめ

CNFリサイクルの課題と対応策を検討する際にヒアリング調査を実施した。
 初めに、CNFの一般的なサプライチェーンとヒアリング対象を図3-81に示す。

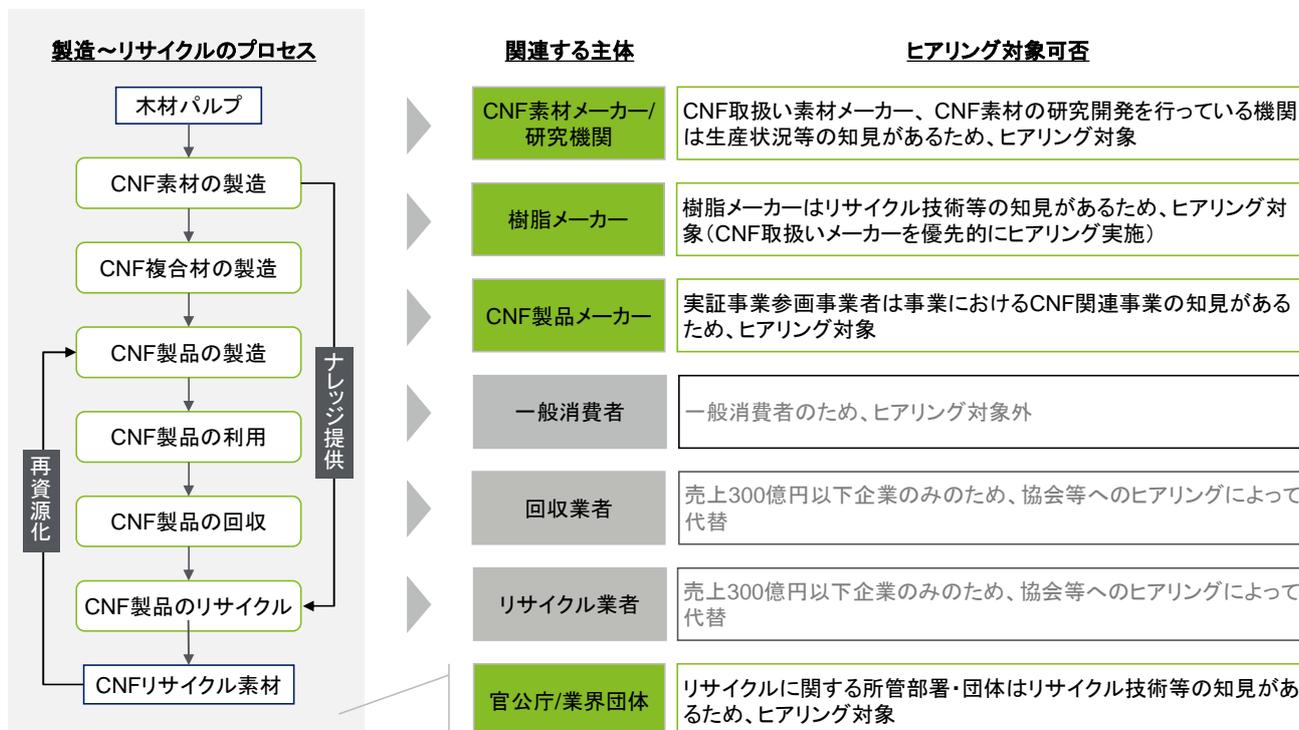


図3-81 CNFの一般的なサプライチェーンとヒアリング対象

CNF素材製造プレイヤーでありCNF素材について知見のある「CNF素材メーカー・研究機関」、CNF複合材製造プレイヤーでありCNF複合材のリサイクルについて知見のある「樹脂メーカー」、CNF製品製造プレイヤーでありCNF関連事業について知見のある「CNF製品メーカー」、CNFのリサイクルについて知見のある「官公庁/業界団体」をヒアリング対象とした。

次に対象者に対して実施したヒアリングの項目を図3-82に示す。

ヒアリング項目	具体的内容	狙い
A 課題抽出すべき検討対象	<ul style="list-style-type: none"> ■ 課題抽出すべきCNF形状 ■ 課題抽出すべきCNF複合材 ■ 課題抽出すべきリサイクル方法 	■ 課題抽出すべき検討対象の把握
B リサイクルプロセス	■ CNF+PP、CNF+エポキシ、CNF+ゴムのリサイクルプロセス	■ リサイクルプロセスの把握
C リサイクルコスト	■ CNF+PP、CNF+エポキシ、CNF+ゴムにおいて、リサイクルプロセスで発生するコスト	■ リサイクルコストの把握
D 課題・対応策	<ul style="list-style-type: none"> ■ 技術的・法的・経済的・社会的課題 ■ 課題に対する対応策 	■ 課題と対応策の把握

図 3-82 ヒアリング項目

CNFリサイクルの検討にあたって、課題抽出すべき検討対象の把握、リサイクルプロセスの把握、リサイクルコストの把握、課題と対応策の把握を目的として、「課題抽出すべき検討対象」、「リサイクルプロセス」、「リサイクルコスト」、「課題・対応策」の4点についてヒアリングを実施した。

次に課題抽出すべき検討対象のヒアリング結果について図 3-83 に示す。

区分	企業名/機関名	課題抽出すべき検討対象
研究機関	研究機関A	■ 形状種類にCNF100%プレートの追加が必要
研究機関	研究機関B	■ ケミカルを検討する場合、耐熱温度の観点から常圧溶解法のみリサイクルの可能性はある
研究機関	研究機関C	<ul style="list-style-type: none"> ■ 複合材にCNF+バイオブラの追加が必要 ■ 複合材に製造端材の追加が必要 ■ CNF100%プレートは用途が決まっておらず検討を進めるには早いと想定
研究機関	研究機関D	■ N/A
研究機関	研究機関E	<ul style="list-style-type: none"> ■ 熱硬化性樹脂の材料は技術が研究段階であり難しい ■ フィルム形状のCNFは流通量が少なく、リサイクルする意味が少ない ■ ケミカルのモノマー化は、材料リサイクルに比べ体積的に回収量も少なく、需要が少ないと想定
研究機関	研究機関F	■ ケミカルを検討する場合、耐熱温度の観点から常圧溶解法のみリサイクルの可能性はある
素材メーカー	素材メーカーA	■ 複合材に製造端材の追加が必要
素材メーカー	素材メーカーB	■ N/A
素材メーカー	素材メーカーC	■ ゴムの材料は技術が研究段階であり難しい
樹脂メーカー	樹脂メーカーA	■ N/A
樹脂メーカー	樹脂メーカーB	■ N/A
製品メーカー	製品メーカーA	■ N/A
業界団体	業界団体A	■ N/A
業界団体	業界団体B	■ N/A
業界団体	業界団体C	■ N/A
官公庁	官公庁A	■ N/A

図 3-83 ヒアリング結果：課題抽出すべき検討対象

ヒアリング結果から、形状に「CNF 100%プレート」、複合材に「CNF+バイオプラ」、新規検討軸に「製造端材」を追加し、CNF 100%プレート材は「進捗があり次第検討対象」、ゴム・エポキシは「技術が確立され次第検討対象」とした。

次にリサイクルプロセスのヒアリング結果について図 3-84 に示す。

区分	企業名/機関名	リサイクルプロセス
研究機関	研究機関A	■ N/A
研究機関	研究機関B	■ マテリアルでは配合・混合前にCNF含有率の判定工程が加わる ■ サーマル時は、造粒せずそのまま燃焼すれば良い
研究機関	研究機関C	■ ケミカルはプロセスも含めた新しい手法の検討が必要と想定
研究機関	研究機関D	■ N/A
研究機関	研究機関E	■ N/A
研究機関	研究機関F	■ N/A
素材メーカー	素材メーカーA	■ N/A
素材メーカー	素材メーカーB	■ N/A
素材メーカー	素材メーカーC	■ N/A
樹脂メーカー	樹脂メーカーA	■ N/A
樹脂メーカー	樹脂メーカーB	■ N/A
製品メーカー	製品メーカーA	■ マテリアル・サーマルでは、燃焼効率が良くなるため、売り先によって造粒工程が必要
業界団体	業界団体A	■ N/A
業界団体	業界団体B	■ N/A
業界団体	業界団体C	■ N/A
官公庁	官公庁A	■ エポキシの場合、造粒工程は考えられないため、リサイクルプロセスがPPと異なる

図 3-84 ヒアリング結果:リサイクルプロセス

ヒアリング結果から、マテリアルプロセスに「CNF含有率の判定」を追加、サーマルリカバリーは造粒の有無によってプロセスを分岐することとした。

次にリサイクルコストのヒアリング結果について図 3-85 に示す。

区分	企業名/機関名	リサイクルコスト
研究機関	研究機関A	■ マテリアルのコストはPPと同様で、性能次第で高く売却が可能
研究機関	研究機関B	■ マテリアルのコストはPPと同様
研究機関	研究機関C	■ PPのマテリアルコストは約40円/kg ■ マテリアル・サーマルのコストはPPと同様
研究機関	研究機関D	■ N/A
研究機関	研究機関E	■ N/A
研究機関	研究機関F	■ N/A
素材メーカー	素材メーカーA	■ CNF複合材のマテリアルコストは50~240円/kgを上回る想定
素材メーカー	素材メーカーB	■ N/A
素材メーカー	素材メーカーC	■ N/A
樹脂メーカー	樹脂メーカーA	■ N/A
樹脂メーカー	樹脂メーカーB	■ N/A
製品メーカー	製品メーカーA	■ N/A
業界団体	業界団体A	■ PPのマテリアルコストは約50円/kg
業界団体	業界団体B	■ N/A
業界団体	業界団体C	■ N/A
官公庁	官公庁A	■ N/A

図 3-85 ヒアリング結果:リサイクルコスト

ヒアリング結果から、CNF複合材のマテリアルリサイクルコストはPPの40~50円/kgと同様もしくは上回るが、売却価格も上がる為採算は合うと想定した。

次に回収~選別時の技術的課題及び対応策のヒアリング結果について図 3-86 に示す。

区分	企業名/機関名	課題・対応策案(回収～選別時の技術的課題)
研究機関	研究機関A	■ 水選別は、比重が重複するため難しいと想定
研究機関	研究機関B	■ 水選別は、PPやPE等の場合、疎水性CNFとの複合材しかなく使用は非現実的 ■ 水選別は、CNF含有率毎に選別することは難しい ■ 既に製造プロセスでの端材は、再利用されており、現状において課題は無い
研究機関	研究機関C	■ 回収工程で、一般廃棄物として回収する場合は、自治体のルールが統一されれば選別課題がなくなる。また、産業廃棄物として回収する場合は、識別表示ができれば選別課題がなくなる
研究機関	研究機関D	■ N/A
研究機関	研究機関E	■ 自動車業界でプラスチックのリサイクルの概念がほぼ無い
研究機関	研究機関F	■ 回収工程で、一般・産業廃棄物として回収する場合、分別回収は難しいと想定 ■ ラマン分光選別により大量選別や黒色樹脂の選別は可能であり、選別の課題は少ない
素材メーカー	素材メーカーA	■ N/A
素材メーカー	素材メーカーB	■ N/A
素材メーカー	素材メーカーC	■ N/A
樹脂メーカー	樹脂メーカーA	■ N/A
樹脂メーカー	樹脂メーカーB	■ ゴムのサーマルは特段問題は無いと想定 ■ 水選別は、CNF+PPでは含有率0%~10%まで選別可能 ■ 近赤外線選別による樹脂や含有率の特定は、量産時だとベルトコンベヤーで常に流れている状態となり、瞬時の測定で反射波長のピークを見極められるかといった課題があり、現在改善策を検討中 ■ 近赤外線選別は、自動車に用いられる黒系樹脂では、光が吸収されてしまうため使用不可
製品メーカー	製品メーカーA	■ N/A
業界団体	業界団体A	■ N/A
業界団体	業界団体B	■ N/A
業界団体	業界団体C	■ N/A
官公庁	官公庁A	■ 赤外線選別以外にも、ラマン分光、レーザー(LIBS)、蛍光X線による選別方法が存在する

図 3-86 ヒアリング結果：課題・対応策（案）（回収～選別時の技術的課題）

ヒアリング結果から、分別回収する場合、自治体のルール統一や識別表示などの対策が必要で、分別回収しない場合、赤外線識別選別、ラマン分光選別、レーザー有機プラズマ分光選別、蛍光 X 線選別等の選別方法の検討が必要と想定した。

また、自動車業界でプラスチックのリサイクルの概念がほぼ無い点に関しても課題として追加した。

次にその他の技術的課題及び対応策のヒアリング結果について図 3-87 に示す。

区分	企業名/機関名	課題・対応策案(その他の技術的課題)
研究機関	研究機関A	■ 長期的使用後の物性劣化の可能性があると想定 ■ 使用する薬剤は、CNFに合う劣化材を検討する必要があると想定
研究機関	研究機関B	■ CNF含有率は、熱重量分析か元素分析にて判定が可能 ■ 長期的使用後の物性劣化は、サンシャインテスト(1,200時間)の結果ナイロンは少なく、PPは今後検証予定 ■ 使用する薬剤は、防腐剤が必要な可能性もあるが基本はPPと同様
研究機関	研究機関C	■ 長期的使用後の物性劣化の可能性があると想定 ■ 自動車や家電にリサイクル樹脂を利用する場合は、原料となるリサイクル樹脂の性能のバラツキが課題となる為、自動車や家電用途のプラスチック製品をアップグレードさせる添加剤として活用する方が現実的
研究機関	研究機関D	■ CNFの添加によりCNF複合材の熱熔融温度が高くなり、造粒時、物性劣化の可能性があると想定
研究機関	研究機関E	■ N/A
研究機関	研究機関F	■ ケミカルリサイクル(常圧溶解)の繊維回収時、凝集状態で回収されるため、再分散できず、樹脂の添加剤としては使用できないなど用途が限定される
素材メーカー	素材メーカーA	■ N/A
素材メーカー	素材メーカーB	■ 長期的使用後の物性劣化の可能性があると想定
素材メーカー	素材メーカーC	■ 変性CNF以外のCNFの長期的使用後の物性劣化の可能性があると想定
樹脂メーカー	樹脂メーカーA	■ N/A
樹脂メーカー	樹脂メーカーB	■ ゴムのサーマルは特段問題は無いと想定
製品メーカー	製品メーカーA	■ 長期的使用後の物性劣化の可能性があると想定
業界団体	業界団体A	■ N/A
業界団体	業界団体B	■ N/A
業界団体	業界団体C	■ CNFの影響で発熱量が増加しすぎ、RPFとして利用する際の品質を保證できるか検証が必要
官公庁	官公庁A	■ N/A

図 3-87 ヒアリング結果：課題・対応策（案）（その他の技術的課題）

ヒアリング結果から、変性・非変性CNFの長期的使用後・造粒時の物性劣化、自動車・家電へのリサイクル樹脂使用の可能性、RPFの品質保証について検証が必要と想定した。

次に経済的課題及び対応策のヒアリング結果について図3-88に示す。

区分	企業名/機関名	課題・対応策案(経済的課題)
研究機関	研究機関A	<ul style="list-style-type: none"> ■ 破碎刃の摩耗は、PP+ガラス繊維より低く、懸念はない ■ 脱水処理による追加コストの発生はない ■ 追加的に熱エネルギー必要はなく追加コストの発生はない
研究機関	研究機関B	■ N/A
研究機関	研究機関C	■ N/A
研究機関	研究機関D	■ N/A
研究機関	研究機関E	■ N/A
研究機関	研究機関F	<ul style="list-style-type: none"> ■ 破碎工程で、蒸気処理により混合樹脂の分子同士を分離することで破碎・粉碎しやすくなるため、刃の摩耗・破損によるコスト増加の可能性はない(ただしエポキシの場合は分子が分離しないため課題あり) ■ ケミカルは、リサイクルコストが高く用途も少ないため、現状では採算が合わない ■ リサイクルコストとしては1000円/kg以下とすることができれば採算は合うと想定
素材メーカー	素材メーカーA	■ N/A
素材メーカー	素材メーカーB	■ N/A
素材メーカー	素材メーカーC	■ N/A
樹脂メーカー	樹脂メーカーA	<ul style="list-style-type: none"> ■ ケミカルリサイクル(ガス化)の低温・高温ガス化時に、単位発熱量が低いCNFの影響により、ガス収率が悪くなり、採算性が悪くなる
樹脂メーカー	樹脂メーカーB	■ ゴムのサーマルは特段問題は無いと想定
製品メーカー	製品メーカーA	■ N/A
業界団体	業界団体A	■ 刃の摩耗、破損によるコスト増加の可能性があると想定
業界団体	業界団体B	■ GFRPに使用する破碎刃はPPと同様だが、PPより摩耗が早いため、破碎場の研磨の直前にGFRPに破碎を実施しており、コストに関して大きく課題はないと想定
業界団体	業界団体C	■ N/A
官公庁	官公庁A	■ CFRPの場合、CNF複合材においても破碎段階で刃こぼれ等の課題があるため検討の必要があると想定

図3-88 ヒアリング結果:課題・対応策(案)(経済的課題)

ヒアリング結果から、破碎刃の摩耗・破損によるコスト増加は、蒸気処理により解決可能性があり検証が必要と想定した。

次に社会的課題及び対応策のヒアリング結果について図3-89に示す。

区分	企業名/機関名	課題・対応策案(社会的課題)
研究機関	研究機関A	■ リサイクル時の人体被害はないと想定
研究機関	研究機関B	■ リサイクル時の人体被害は検証が必要と想定
研究機関	研究機関C	■ リサイクル時、CNFは水と二酸化炭素に分解されるため、燃焼後の人体被害はない
研究機関	研究機関D	■ N/A
研究機関	研究機関E	■ N/A
研究機関	研究機関F	■ 破碎時の人体被害は、ケミカルであれば1cm角程度にしか破碎しないので課題はない(粉上にする場合は課題があると想定)
素材メーカー	素材メーカーA	■ N/A
素材メーカー	素材メーカーB	■ リサイクル時の人体被害はないと想定
素材メーカー	素材メーカーC	■ 破碎・粉碎時の人体被害は検証が必要と想定
樹脂メーカー	樹脂メーカーA	■ N/A
樹脂メーカー	樹脂メーカーB	■ ゴムのサーマルは特段問題は無いと想定
製品メーカー	製品メーカーA	■ N/A
業界団体	業界団体A	■ 破碎・粉碎時の人体被害は検証が必要と想定
業界団体	業界団体B	■ N/A
業界団体	業界団体C	■ N/A
官公庁	官公庁A	■ N/A

図3-89 ヒアリング結果:課題・対応策(案)(社会的課題)

ヒアリング結果から、燃焼時の人体被害、破碎・粉砕時の人体被害について検証が必要と想定した。

次に法的課題及び対応策のヒアリング結果について図 3-90 に示す。

区分	企業名/機関名	課題・対応策(法的課題)
研究機関	研究機関A	■ N/A
研究機関	研究機関B	■ N/A
研究機関	研究機関C	■ N/A
研究機関	研究機関D	■ N/A
研究機関	研究機関E	■ N/A
研究機関	研究機関F	■ N/A
素材メーカー	素材メーカーA	■ N/A
素材メーカー	素材メーカーB	■ N/A
素材メーカー	素材メーカーC	■ N/A
樹脂メーカー	樹脂メーカーA	■ N/A
樹脂メーカー	樹脂メーカーB	■ N/A
製品メーカー	製品メーカーA	■ N/A
業界団体	業界団体A	■ N/A
業界団体	業界団体B	■ N/A
業界団体	業界団体C	<ul style="list-style-type: none"> ■ 施工時の建築廃材の回収は、基本的にゼネコンの管理下にあり、ゼネコンの管理下でないものでも広域再生・産廃運送業・産廃処理業の認可が必要なため、難しい ■ 解体時の建築廃材の回収は、非有価物のプラスチックとして、まとめて埋立てか焼却処理されており、難しい
官公庁	官公庁A	■ 建設リサイクル法は、ゴムやプラスチック、ガラスは対象外のため、課題は想定されない

図 3-90 ヒアリング結果:課題・対応策(案)(法的課題)

ヒアリング結果から、検討対象の中では法的課題は無いと想定した。

3.4 モデル事業の推進計画の策定

3.4.1 CNFリサイクル事業の普及促進方策の検討

(1) 普及促進方策に関する手法区分

整理された課題を踏まえ、必要と考えられる普及促進方策について、6つの手法区分別（枠組的手法、経済的手法、自主的取組手法、情報的手法、手続的手法、技術開発・実証の支援）に検討を行った。促進施策を検討するにあたっての手法区分を表3-32に示す。

表3-32 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"> PRTR法による届出制度 大気汚染防止法による化学物質の規制
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"> 各種補助制度等 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） 排出権取引 等
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"> 経済団体連合会の地球温暖化対策 個別企業の環境行動計画 温暖化対策の推進に関する法律 等
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"> 環境報告書 環境ラベル 環境会計 LCA(Life Cycle Assessment) ESG投資 (Environment, Social, Governance) CDP(Gross Domestic Product) 等
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"> 環境影響評価制度 ISO14001 など
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"> 技術開発支援実証 実証施設や設備の整備 等

※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。

(2) CNFのリサイクルを促進するための施策(例)

前述の手法区分に従い、CNFのリサイクルを促進するための施策(例)を検討・整理した。結果を表3-33に示す。

表3-33 CNFのリサイクルを促進するための施策(例)

手法区分	施策の方向性	施策(例)	対応する課題	施策の概要	備考
枠組的手法	法的な位置づけ	CNF製品のリサイクル義務化	リサイクルの促進	CNF製品のリサイクルを義務化する新しい法律の制定や、家電リサイクル法など既存の法律の改正を行う	
	表示規格統一	CNF素材の構成等、表示の規格化	リサイクルの促進	CNF素材(製品)のCNF複合化率、樹脂等の構成に関する表示の統一化	
	デポジットの導入	CNF製品へのデポジットの導入	リサイクルの促進	CNF製品の価格に一定額をデポジットとしてプールし、リサイクル製品製造時に還元	
経済的手法	導入補助	リサイクル事業に必要な設備の導入補助	リサイクルの促進	リサイクル事業に必要な設備の導入に対し一定額を補助	
	購入補助	リサイクル品購入補助	リサイクル品の普及促進	CNFリサイクル製品の購入に対し一定額を補助	
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リサイクル事業者、素材メーカー、自動車部品メーカー等、リサイクルCNFの供給主体と製品製造主体のマッチングが可能な仕組みを作り、リサイクルCNF材のサプライチェーンを構築する	
	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	自動車部材メーカーや、素材メーカーに対して広報を実施し、CNFリサイクル材や、CNFがリサイクルの面でも有効であるなど、認知度向上に努める	
技術開発・実証支援	リサイクル性能検証	CNF製品のリサイクル性能を検証するためのモデル事業	<ul style="list-style-type: none"> リサイクルの促進 導入インセンティブの向上 	分野・素材に注目し、CNF素材のリサイクル技術の検証、及びリサイクル工程を経て製造された素材の性能評価、再活用の方策等を検討	(平成29年度より実施)
		リサイクル後の製品に着目した性能評価モデル事業		既存の樹脂素材等をリサイクルする際にCNFを複合化させ、高質化するリサイクル技術の検証、及びリサイクル工程を経て製造された素材の性能評価、再活用の方策等を検討	
		既存のリサイクルシステムへの影響評価モデル事業		リサイクル時に、CNF複合化素材が混在した場合の、リサイクルシステムへの影響を評価	

重点的に検討

3.4.2 CNFリサイクルに関するモデル事業の検討

(1) 評価目的（以下の仮説を実証する）

- ・ CNFのリサイクルが、基本性能、環境性（省 CO2、安全等）、技術性、社会性（コスト等）の観点で可能であること。
- ・ CNFが、特にガラス繊維や炭素繊維と比較し、リサイクルの面で有意であること。
- ・ LCA レベルで CO₂ 排出量の 20%以上削減が可能であること。

(2) 評価対象

- ・ 評価の対象は、「対象分野・素材」と「リサイクルの工程」で構成する。
- ・ 「対象分野・素材」は、自動車・家電・住宅建材など分野別の評価（各分野で使用される全てのCNF製品をリサイクル）、熱可塑性・熱硬化性など素材別の評価とする。
- ・ 上記の他、再活用品に着目した評価、プラスチックリサイクルシステムへの影響評価についても実施を検討する。
- ・ リサイクルの工程は、破碎・選別、マテリアルリサイクル、サーマルリカバリーとする。

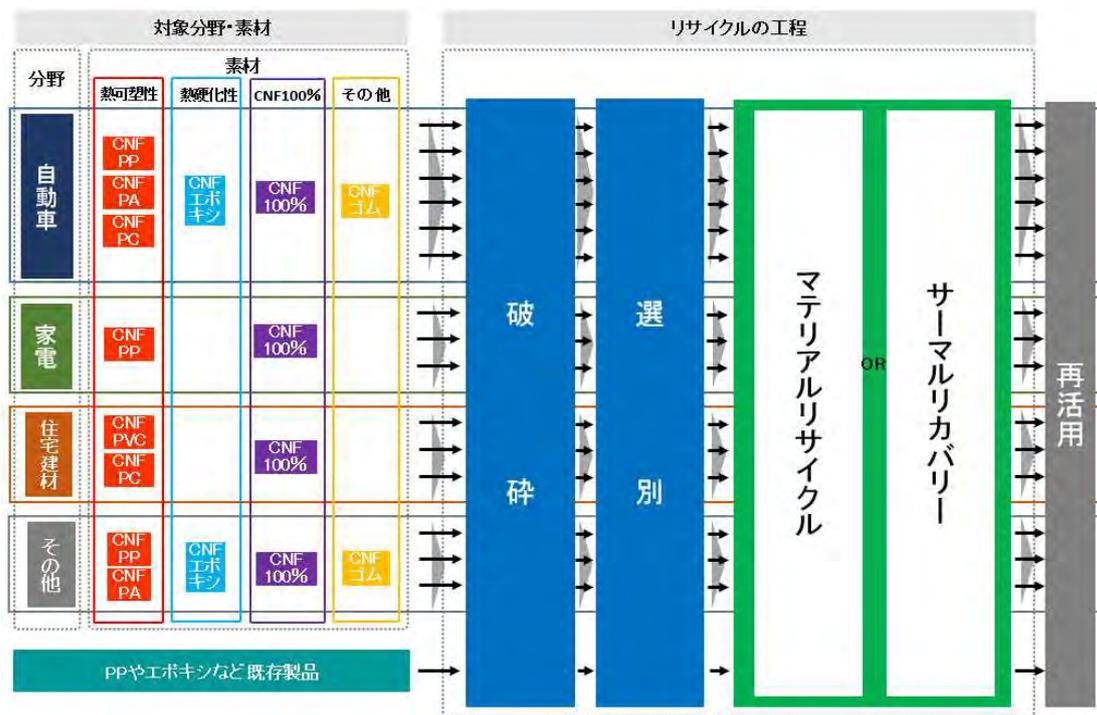


図 3-91 評価対象のイメージ

(3) 提案した具体的なモデル事業（案）

「CNFリサイクルに関する新規モデル事業（案）」について、より具体的な検討を行った。区分のイメージを図3-92に、概要を表3-34に示す。内容を次頁以降に示す。なお、最終的には、各モデル事業で重複する部分もあるため、環境省担当官と調整の上、「分野に着目した性能評価モデル事業」及び「プラスチックリサイクルシステムへの影響評価モデル事業」を合わせた事業と、「再活用品に着目した性能評価モデル事業」を実施することとなった。

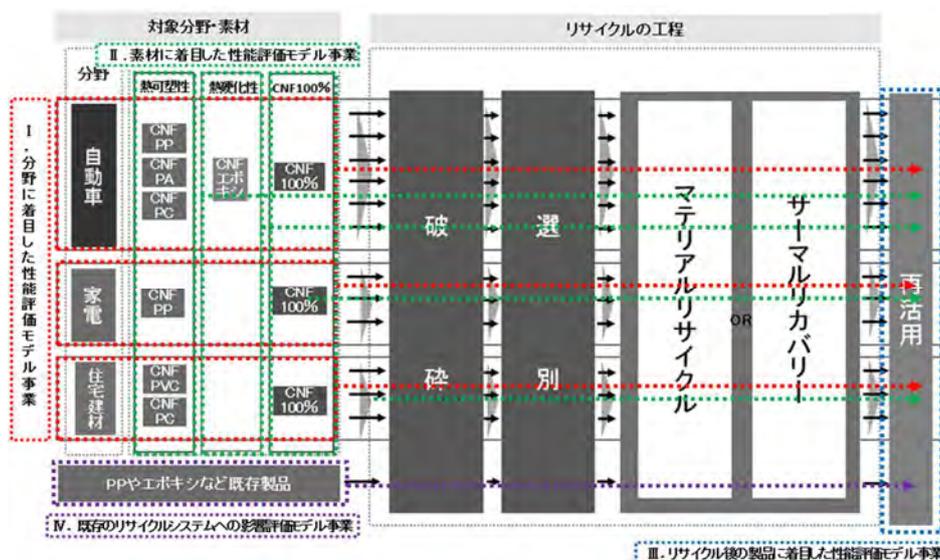


図3-92 モデル事業のイメージ

表3-34 CNFリサイクルに関する新規モデル事業（案）の概要

No.	I	II	III	IV
モデル事業名	分野に着目した性能評価モデル事業	素材に着目した性能評価モデル事業	再活用品に着目した性能評価モデル事業	プラスチックリサイクルシステムへの影響評価モデル事業
事業概要	自動車、家電など、リサイクル対象とする分野を抽出し、その分野で使われるCNF素材（CNF+PPなど）を複数抽出し、それらCNF素材を各リサイクルプロセスにおいてリサイクルする技術の検証、及びリサイクル工程を経て製造された素材の性能評価、再活用の方策等の検討を行う。	リサイクル対象とするCNF素材（CNF+PPなど）を選び、そのCNF素材を各リサイクルプロセスにおいてリサイクルする技術の検証、及びリサイクル工程を経て製造された素材の性能評価、再活用の方策等の検討を行う。	PP、エポキシなどを活用した既存製品をマテリアルリサイクルする際に、リサイクルCNFを複合化する技術の検証、及びリサイクル工程を経て製造された素材の性能評価、再活用の方策等の検討を行う。	プラスチックリサイクルシステムに、CNF複合化素材（プラスチック）が混在した場合のリサイクルシステムへの影響を評価する。
想定される対象事業者	CNF複合化樹脂等の供給主体、大学等研究機関、自動車・家電等メーカー、リサイクル事業者	CNF複合化樹脂等の供給主体、大学等研究機関、リサイクル事業者、（自動車・家電等メーカー）	プラスチック製品メーカー、付加価値化とのシナジーが想定されるメーカー、大学等研究機関、リサイクル事業者	リサイクル事業者、大学等研究機関、CNF複合化樹脂等の供給主体
対象期間	3年間	2年間	2年間	2年間
必要予算	3億～7億円/件	2億～3億円/件	2億～3億円/件	2億～3億円/件

※エネルギー対策特別会計による予算、環境省委託業務を想定

1) 分野に着目した性能評価モデル事業

項目	内容
評価対象	①自動車に使用されるCNF部材のリサイクル ②家電に使用されるCNF部材のリサイクル ③住宅建材に使用されるCNF部材のリサイクル など
想定される検証者等	①CNF複合化樹脂等の供給主体、大学等研究機関、自動車メーカー、リサイクル事業者 ②CNF複合化樹脂等の供給主体、大学等研究機関、家電メーカー（パナソニックなど）、リサイクル事業者 ③CNF複合化樹脂等の供給主体、大学等研究機関、住宅建材・設備メーカー（トクラスなど）、リサイクル事業者
2020年の実現目標（案）	<ul style="list-style-type: none"> 対象とするCNF素材（バージン）と比較して、リサイクルCNFを用いて製品化する場合は、LCAレベルでCO₂排出量を20%削減できる技術が確立されている リサイクルCNFを使用した場合、トータルコストが低減または同等水準に抑えられる
性能評価のためのコスト・期間	<ul style="list-style-type: none"> 3億～7億円（平成29～31年度）
検証に関する留意点	<ul style="list-style-type: none"> 特にマテリアルリサイクルに重点を置く
想定される検証内容（例）	<ol style="list-style-type: none"> 1) 破碎・選別工程に関する実証 <ul style="list-style-type: none"> リサイクル時の選別方法（CNF複合化素材とその他素材の選別、複合化率別の選別）の検証及び現実性のある選別方法の検証 粉碎工程におけるCNF素材及び設備の劣化がないことの確認 粉碎時の粉塵等、CNFによる人体への影響がないことの確認 ※製造段階で発生する端材のリサイクルの実証 2) マテリアルリサイクルに関する実証 <ul style="list-style-type: none"> マテリアルリサイクルの対象となる素材の選定 リサイクル工程でCNFが受ける影響の検証（特に加熱による影響。収縮、変色、強度、分散性等の変化） 同一素材でCNF複合化率が異なるCNF複合化樹脂を粉碎し、CNFを添加して複合化率を均質化するリサイクル技術の実証 長期使用後の品質の検証（サンシャインテスト等を実施。耐熱性、耐候性の検証） 3) サーマルリカバリーに関する実証 <ul style="list-style-type: none"> サーマルリカバリーの対象となる素材の選定 燃焼時の人体への影響等、環境安全性の検証 4) 再活用方策の検討・検証 <ul style="list-style-type: none"> 再活用先の検討 再活用品の性能の検証 自動車・家電・住宅建材を想定し、メーカー、リサイクル事業者等で構築する回収システムの検討及び回収した廃素材のサプライチェーンシステムの検討 5) その他全体にかかわる実証・検討 <ul style="list-style-type: none"> リサイクルを想定したCNF製品の適切な表示方法の検討・提案 LCAレベルでのCO₂削減効果の算定（リサイクルCNF素材とCNF素材（バージン）で比較等）
検証上の想定される課題と解決策	<ul style="list-style-type: none"> 自動車や家電などに実際に使用される可能性が高いCNF製品の調達（自動車、家電等のモデル事業受託者との連携）

2) 素材に着目した性能評価モデル事業

項目	内容
評価対象	①CNFを複合化した熱可塑性樹脂のリサイクル ②CNFを複合化した熱硬化性樹脂のリサイクル ③CNF100%材のリサイクル など
想定される検証者等	・ CNF複合化樹脂等の供給主体 ・ 大学等研究機関 ・ リサイクル事業者 ・ (自動車、家電、住宅建材等のメーカー) など
2020年の実現目標(案)	・ 対象とするCNF素材(バージン)と比較して、リサイクルCNFを用いて製品化する場合は、LCAレベルでCO ₂ 排出量を20%削減できる技術が確立されている ・ リサイクルCNFを使用した場合、トータルコストが低減または同等水準に抑えられる
性能評価のためのコスト・期間	・ 2億～3億円(平成29～30年度)
検証に関する留意点	・ 特にマテリアルリサイクルに重点を置く
想定される検証内容(例)	1) 選別工程の検討 ・ 対象とする素材が、どのような選別工程を経るか、想定される選別工程システムや必要要件等を検討 2) マテリアルリサイクルに関する実証 ・ マテリアルリサイクルの対象となる素材の選定 ・ リサイクル工程でCNFが受ける影響の検証(特に加熱による影響。収縮、変色、強度、分散性等の変化) ・ 同一素材でCNF複合化率が異なるCNF複合化樹脂を粉砕し、CNFを添加して複合化率を均質化するリサイクル技術の実証 ・ 長期使用後の品質の検証(サンシャインテスト等を実施。耐熱性、耐候性の検証) 3) サーマルリカバリーに関する実証 ・ 燃焼時の人体への影響等、環境安全性の確認 4) 再活用方策の検討・検証 ・ 再活用先の検討 ・ 再活用品の性能の検証 ・ 自動車・家電・住宅建材を想定し、メーカー、リサイクル事業者等で構築する回収システムの検討及び回収した廃素材のサプライチェーンシステムの検討 5) その他全体にかかわる実証・検討 ・ リサイクルを想定したCNF製品の適切な表示方法の検討・提案 ・ LCAレベルでのCO ₂ 削減効果の算定(リサイクルCNF素材とCNF素材(バージン)で比較等)
検証上の想定される課題と解決策	・ 熱硬化性樹脂のマテリアルリサイクルはメリットが薄い

3) 再活用品に着目した性能評価モデル事業

項目	内容
評価対象	・リサイクルCNFの再活用品
想定される検証者等	・プラスチック製品メーカー ・活性炭メーカーなど、付加価値化とのシナジーが想定されるメーカー ・大学等研究機関 ・リサイクル事業者 など
2020年の実現目標(案)	・対象とするCNF素材(バージン)と比較して、リサイクルCNFを用いて製品化する場合は、LCAレベルでCO ₂ 排出量を20%削減できる技術が確立されている ・リサイクルCNFを使用した場合、トータルコストが低減または同等水準に抑えられる
性能評価のためのコスト・期間	・2億～3億円(平成29年度～30年度)
検証に関する留意点	・リサイクルCNF素材の複合化による付加価値化の検証に重点を置く
想定される検証内容(例)	<ol style="list-style-type: none"> 1) 選別工程の検討 <ul style="list-style-type: none"> ・対象とする素材が、どのような選別工程を経るか、想定される選別工程システムや必要要件等を検討 2) マテリアルリサイクルに関する実証 <ul style="list-style-type: none"> ・PP、エポキシなどに、リサイクルCNF素材を複合化する技術の検証 ・上記のリサイクル工程でCNFが受ける影響の検証(特に加熱による影響。収縮、変色、強度、分散性等の変化) ・長期使用後の品質の検証(サンシャインテスト等を実施。耐熱性、耐候性の検証) 3) 再活用方策の検討・検証 <ul style="list-style-type: none"> ・再活用先の検討 ・再活用品の性能の検証 4) その他全体にかかわる実証・検討 <ul style="list-style-type: none"> ・リサイクルを想定したCNF製品の適切な表示方法の検討・提案 ・LCAによるCO₂削減効果の算定(リサイクルCNF素材とCNF素材(バージン)で比較等)
検証上の想定される課題と解決策	・現状で想定される付加価値用途が容器などであり、製品の付加価値自体がそれほど高くないと想定されるため、コスト面での可能性(モデル性のある実証かどうか)検討も必要

4) 既存のプラスチックリサイクルシステムへの影響評価モデル事業

項目	内容
評価対象	・既存のリサイクルシステムへのCNF混在による影響
想定される検証者等	・リサイクル事業者 ・大学等研究機関 ・CNF複合化樹脂等の供給主体 など
2020年の実現目標(案)	・対象とするCNF素材(バージン)と比較して、リサイクルCNFを用いて製品化する場合は、LCAレベルでCO ₂ 排出量を20%削減できる技術が確立されている ・リサイクルCNFを使用した場合、トータルコストが低減または同等水準に抑えられる
性能評価のためのコスト・期間	・2億～3億円(平成29年度～30年度)
検証に関する留意点	・リサイクル時に、CNF素材が混在した場合の影響評価に重点を置く
想定される検証内容(例)	1) 破碎・選別工程に関する影響の実証 ・ 破碎工程におけるCNF素材及び設備の劣化がないことの確認 ・ 破碎時の粉塵等、CNFによる人体への影響がないことの確認 2) マテリアルリサイクルに関する影響の把握 ・ PP、エポキシなど製品のマテリアルリサイクル時に、CNF+PP、CNF+エポキシ等の複合化素材が混在した場合、通常工程にどのような影響があるかを把握 ・ 影響が考えられる場合、混在率と発生する影響の関係を評価 3) サーマルリカバリーにおける実証 ・ 燃焼時の人体への影響等、環境安全性の検証
検証上の想定される課題と解決策	・ヒアリング結果では、混在による影響はあまりないことが指摘されている ・実証者のメリットが大きくないと考えられるため、モチベーションのある実証者が現れない可能性がある

(4) モデル事業の実施スキーム例（自動車分野のリサイクルモデル事業を想定）

<概要>

- ・自動車分野のCNFリサイクル性能評価モデル事業は、現在進行中の「NCVプロジェクト」と連携・協力を得ながら進める。
- ・NCVプロジェクトで実際に自動車に実装が想定されるCNF素材や情報を得て、リサイクル性能評価モデル事業内の「CNF製品等供給ユニット」のCNF複合化樹脂等の供給主体、素材メーカー、自動車メーカー等がCNF製品を供給。
- ・これら製品を、「破碎・選別工程実証」「リサイクルプロセス実証」「再活用方策検討」の各ユニットに供給し、実証・検討を行う。
- ・再活用方策の検討ユニットは、NCVプロジェクトと連携・協力し、情報交換を行う。NCVプロジェクトから再活用方策に関する知見を得る一方、NCVプロジェクトで作製する自動車の要件などに実施結果をフィードバックする。

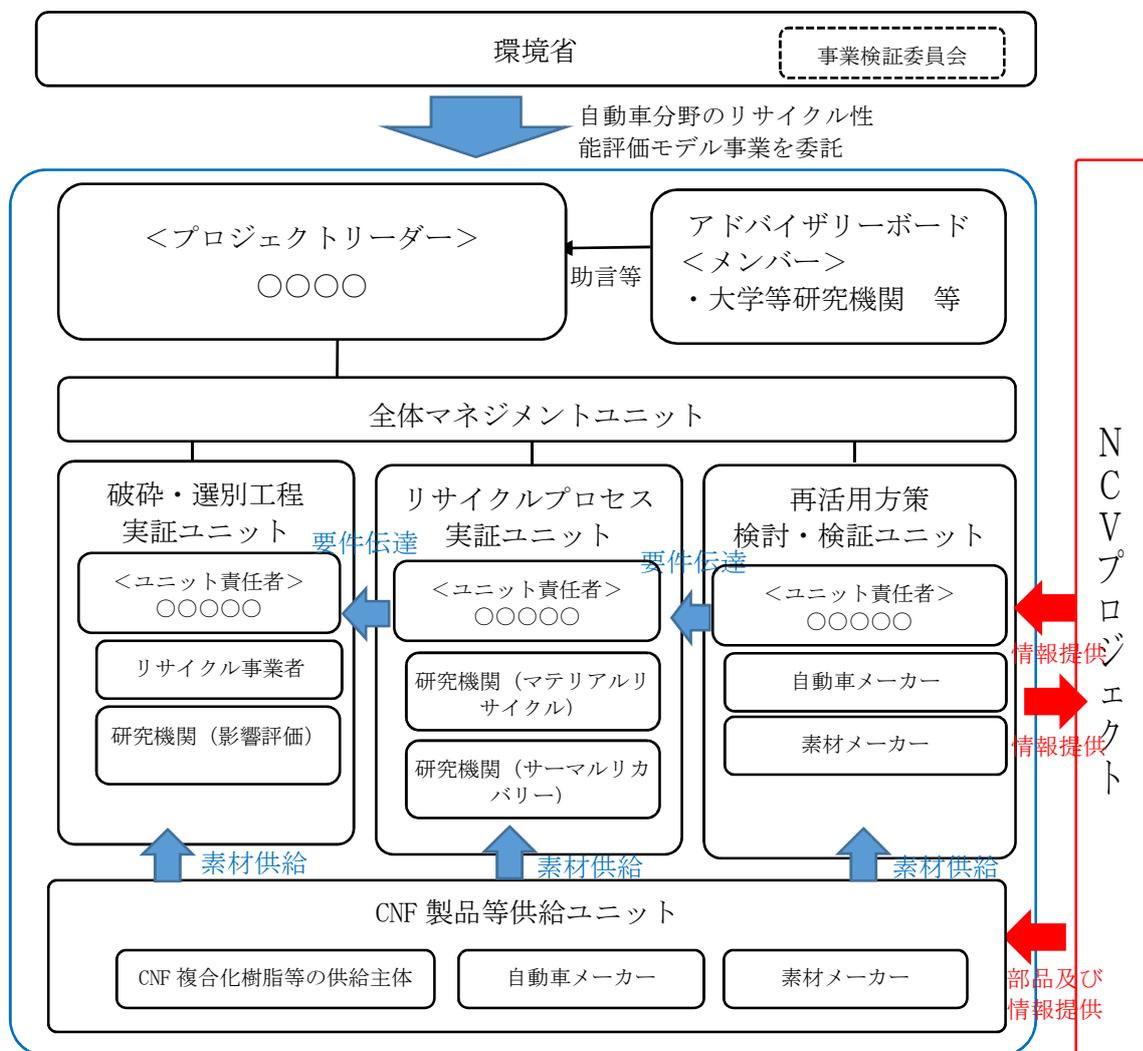


図 3-93 (仮称) 自動車分野のCNFリサイクル性能評価モデル事業の実施スキーム例

3.4.3 CNFリサイクルに関するモデル事業の費用対効果（採算性）の分析

(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

CNFリサイクルに関するモデル事業の費用対効果について、評価方法を設定し、分析を行った。これは地球温暖化対策としてのCO₂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、これによってより有効なCNFリサイクルに関するモデル事業の選定が可能となる。

具体的な評価方法として、「①CNFリサイクル実証モデル事業想定コスト(円)」、「②2030年累計CO₂削減量(t-CO₂)」、「③費用対効果(万円/t-CO₂)」を評価軸として設定した。設定した3つの評価軸のベースとする評価の考え方を図3-90に示す。

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、「②2030年累計CO₂削減量(t-CO₂)」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、「③費用対効果(万円/t-CO₂)」も指標として有効と考えられる。よって、本分析では②及び③を評価指標として分析を実施した。

指標	評価の位置づけ	評価軸	
		温暖化対策の効果	施策の効率性
① CNFリサイクル実証モデル事業想定コスト(円)	■ コストの安いモデル事業が可能となる	■ CO2は判断しない	■ コスト効率的ではあるが最終的な削減目標への達成は保証できず
② 2030年累計CO2削減量(t-CO2)	■ CO2削減量高いモデル事業が可能となる	■ CO2で適正に評価	■ コスト面については判断しない
③ 費用対効果(①÷②)(万円/t-CO2)	■ コスト経済的なモデル事業が可能となる	■ CO2で評価 ■ 一方で、温暖化対策としての効果の最大化は目指せない	■ コスト効率的である

図 3-94 設定した3つの評価軸のベースとする評価の考え方

(2) 評価の実施

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について有識者ヒアリング調査等を基に設定した。CO₂削減量の算定方法については、CNFリサイクルのCO₂削減効果の評価方法を基に算定した。費用対効果については、算定したCO₂削減量をモデル事業の想定費用で除して算出した。これらに基づいて、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3-95に、採算性分析の評価イメージを図3-96に示す。

1 CNFリサイクル実証モデル事業想定コスト

モデル種類	複合材種別	用途	想定費用(円*)		単年度想定費用(円)
			A	B	A+B
①分野に着目した性能評価モデル	PP+CNF	自動車	〇〇	〇〇	〇〇
	PP+CNF	家電	〇〇	〇〇	〇〇
②素材に着目した性能評価モデル	PP+CNF	自動車+家電	〇〇	〇〇	〇〇
③リサイクル後の製品に着目した性能評価モデル	PP+CNF	-	〇〇	〇〇	〇〇
④既存のリサイクルシステムへの影響評価モデル	PP+CNF	-	〇〇	〇〇	〇〇

リサイクルプロセス単位の事業コストを算出する

2 CO₂削減量の評価



CNF製品を単純焼却し再生品同等品を製造する場合と、CNF製品をリサイクルし再生品を製造する場合の、CO₂排出量を比較しCO₂削減量を算定

3 費用対効果分析

リサイクルプロセス毎のコスト(万円)とCO₂削減量(tCO₂)をもとに効果を分析する

図3-95 費用対効果分析に至るステップ

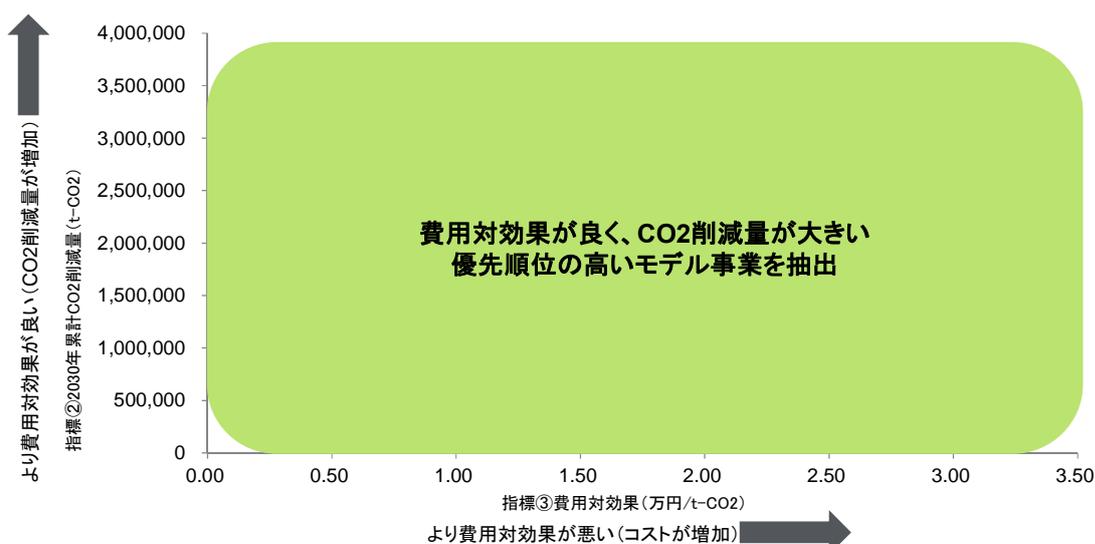


図3-96 採算性分析の評価イメージ

①想定コストと CO₂ 削減量の算定

モデル事業の想定コストと CO₂ 削減量の算定を行った。ヒアリング調査等を基に設定したモデル事業の想定費用を表 3-35 に示す。

表 3-35 設定したモデル事業の想定費用

モデル 種類	複合材 種別	用途	想定費用(円)		(参考) 単年度想定費用(円)	
			A	B	A÷B	
①分野に着目した 性能評価モデル	PP+CNF	自動車	140,000,000		3	46,666,667
	PP+CNF	家電	100,000,000		3	33,333,333
②素材に着目した 性能評価モデル	PP+CNF	自動車+家電	240,000,000		2	120,000,000
③リサイクル後の製品に着 目した性能評価モデル	PP+CNF	-	240,000,000		2	120,000,000
④既存のリサイクルシステ ムへの影響評価モデル	PP+CNF	-	240,000,000		2	120,000,000

次に CO₂ 削減量の算定に当たり、その算定方法を自動車及び家電に分けて整理した。自動車分野における CO₂ 削減効果の算定方法を図 3-97、家電分野における CO₂ 削減効果の算定方法を図 3-98 に示す。

2030 年における累計 CO₂ 削減量は、マテリアルリサイクルによる CO₂ 削減量とサーマルリカバリーによる CO₂ 削減量を合算したものとした。マテリアルリサイクルによる CO₂ 削減量は、マテリアルリサイクル率及びマテリアルリサイクル CO₂ 削減量原単位¹⁾の他、自動車の販売台数、CNF 普及率、1 台当たりの CNF 利用パーツの重量を用いて算定を行った。サーマルリカバリーによる CO₂ 削減量は、サーマルリカバリー率及びサーマルリカバリー CO₂ 削減量原単位²⁾の他、自動車の販売台数、CNF 普及率、1 台当たりの CNF 利用パーツの重量を用いて算定を行った。

自動車分野における 2030 年までの CO₂ 削減量の推移を図 3-99、家電分野における 2030 年までの CO₂ 削減量の推移を図 3-100、2030 年の累計 CO₂ 削減量の算定結果を表 3-36 に示す。

CO2削減効果の算定方法:自動車

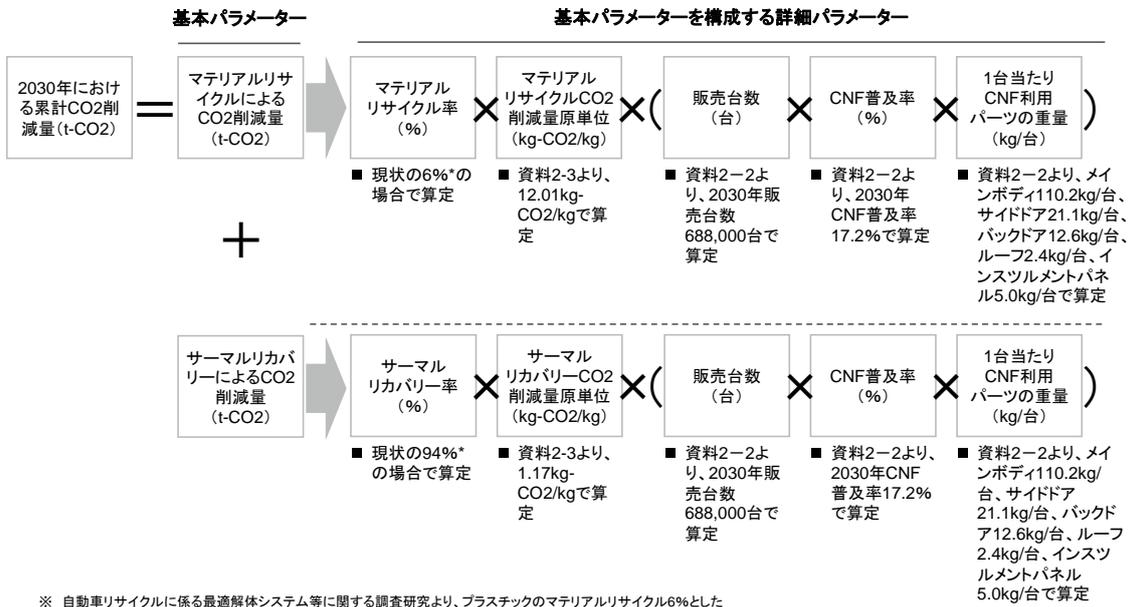


図 3-97 自動車分野における CO₂ 削減量の算定方法

出典：財団法人機械システム振興協会「自動車リサイクルに係る最適解体システム等に関する調査研究報告書」

CO2削減効果の算定方法:家電

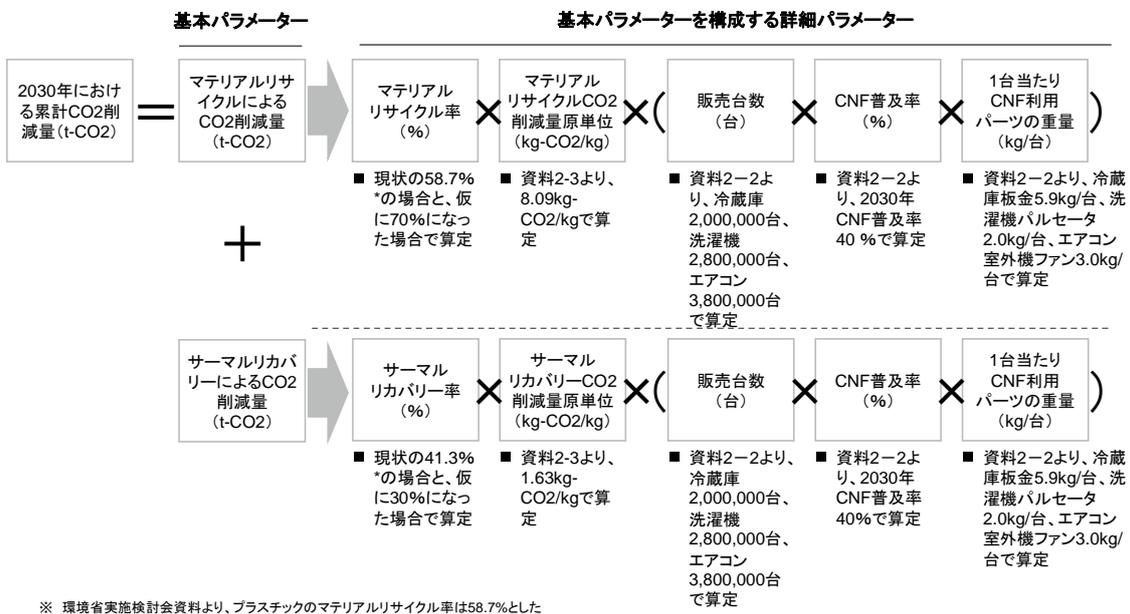


図 3-98 家電分野における CO₂ 削減量の算定方法

出典：環境省「プラスチックのリサイクルについて」

CO2削減効果:自動車(マテリアルリサイクル率6%)

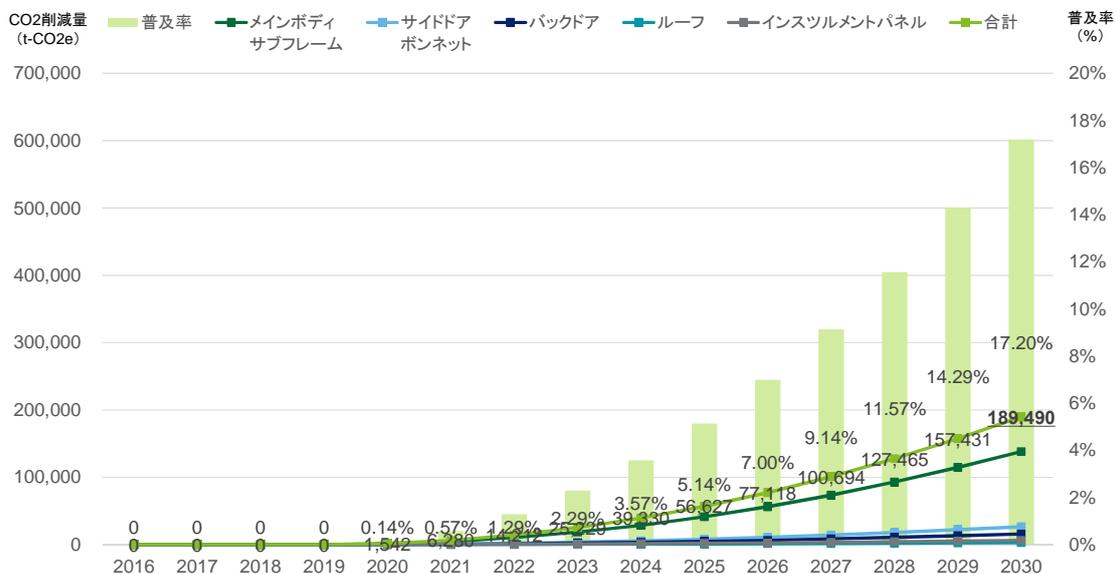


図 3-99 自動車分野における 2030 年までの CO₂ 削減量の推移

CO2削減効果:家電(マテリアルリサイクル率58.7%)

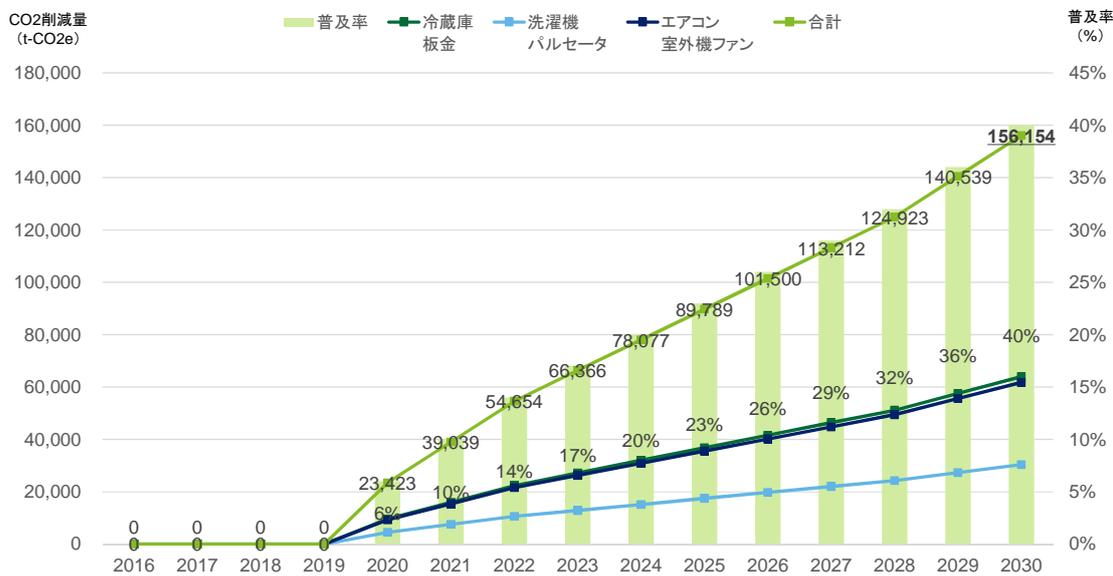


図 3-100 家電分野における 2030 年までの CO₂ 削減量の推移

表 3-36 2030 年累計 CO₂ 削減量の概算結果

モデル種類	複合材種別	用途	2030年累計CO ₂ 削減量* (t-CO ₂)
①分野に着目した性能評価モデル	PP+CNF	自動車	189,490
	PP+CNF	家電	156,154
②素材に着目した性能評価モデル	PP+CNF	自動車+家電	345,644
③リサイクル後の製品に着目した性能評価モデル	PP+CNF	-	-
④既存のリサイクルシステムへの影響評価モデル	PP+CNF	-	-

※自動車においてはマテリアルリサイクル率が現状の6%程度、家電においてはマテリアルリサイクル率が現状の58.7%程度になるとした

②費用対効果の算定

モデル事業の想定費用と概算した2030年の累計CO₂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3-37に示す。

表 3-37 モデル事業の費用対効果の算定結果

モデル種類	複合材種別	用途	想定費用(円)	2030年累計CO ₂ 削減量 (t-CO ₂)	費用対効果 (万円/t-CO ₂)
①分野に着目した性能評価モデル	PP+CNF	自動車	140,000,000	189,490	0.074
	PP+CNF	家電	100,000,000	156,154	0.064
②素材に着目した性能評価モデル	PP+CNF	自動車+家電	240,000,000	345,644	0.069
③リサイクル後の製品に着目した性能評価モデル	PP+CNF	-	240,000,000	-	-
④既存のリサイクルシステムへの影響評価モデル	PP+CNF	-	240,000,000	-	-

(3) モデル事業の費用対効果の分析

「費用対効果 (円/t-CO₂)」を X 軸、「2030 年累計 CO₂ 削減量 (t-CO₂)」を Y 軸に設定し、分析を行った結果を図 3-101 に示す。

分析の結果、分野に着目した性能評価モデル事業のうち、家電分野の事業が最も費用対効果が高いことがわかった。自動車分野についても、マテリアルリサイクル率が将来的に高くなるに従って CO₂ 削減量が増加し、費用対効果が高くなるため、モデル事業の費用対効果向上には、今後のマテリアルリサイクル率の向上が鍵となる。

なお、本分析はあくまでも CO₂ 削減量、費用対効果の指標に基づいたものであり、モデル事業の検証要件や想定される課題等によって、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。

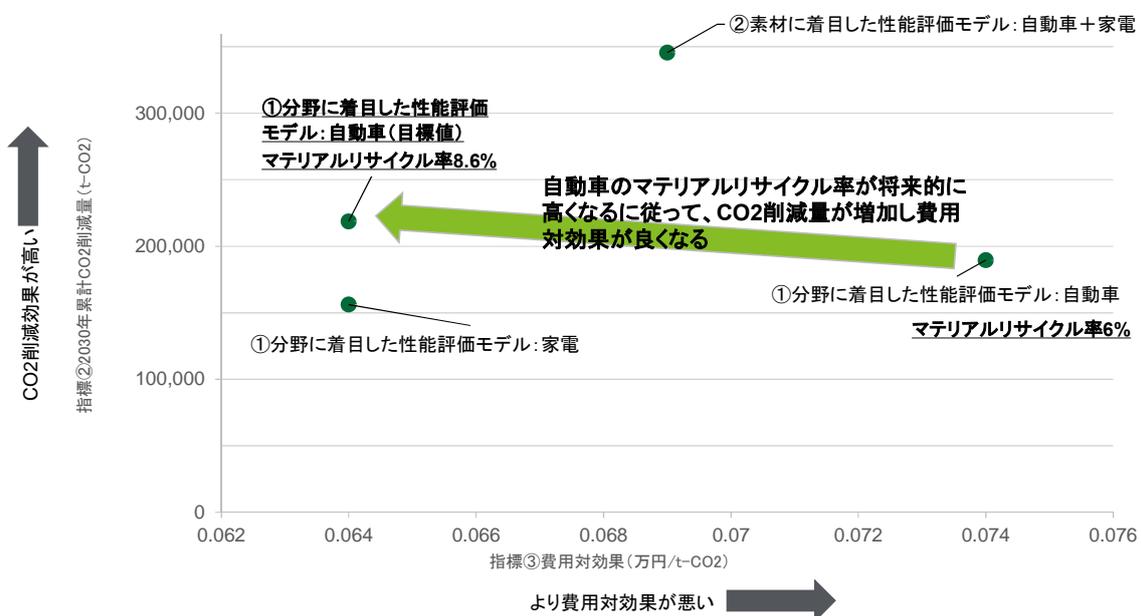


図 3-101 モデル事業の費用対効果の分析結果

3.4.4 CNFリサイクルに関するモデル事業の事業実現性の評価

CNFリサイクルに関する新規モデル事業（案）について、事業検証委員会で特段の課題は出されなかった。また、費用対効果の分析の結果、著しく低い結果ではなかったため、モデル事業の事業実現性はあると考えられる。

3.4.5 モデル事業の推進計画の策定

実現可能性があると判断されたモデル事業等の推進計画を策定した。推進計画（工程表）（案）を図3-102に示す。

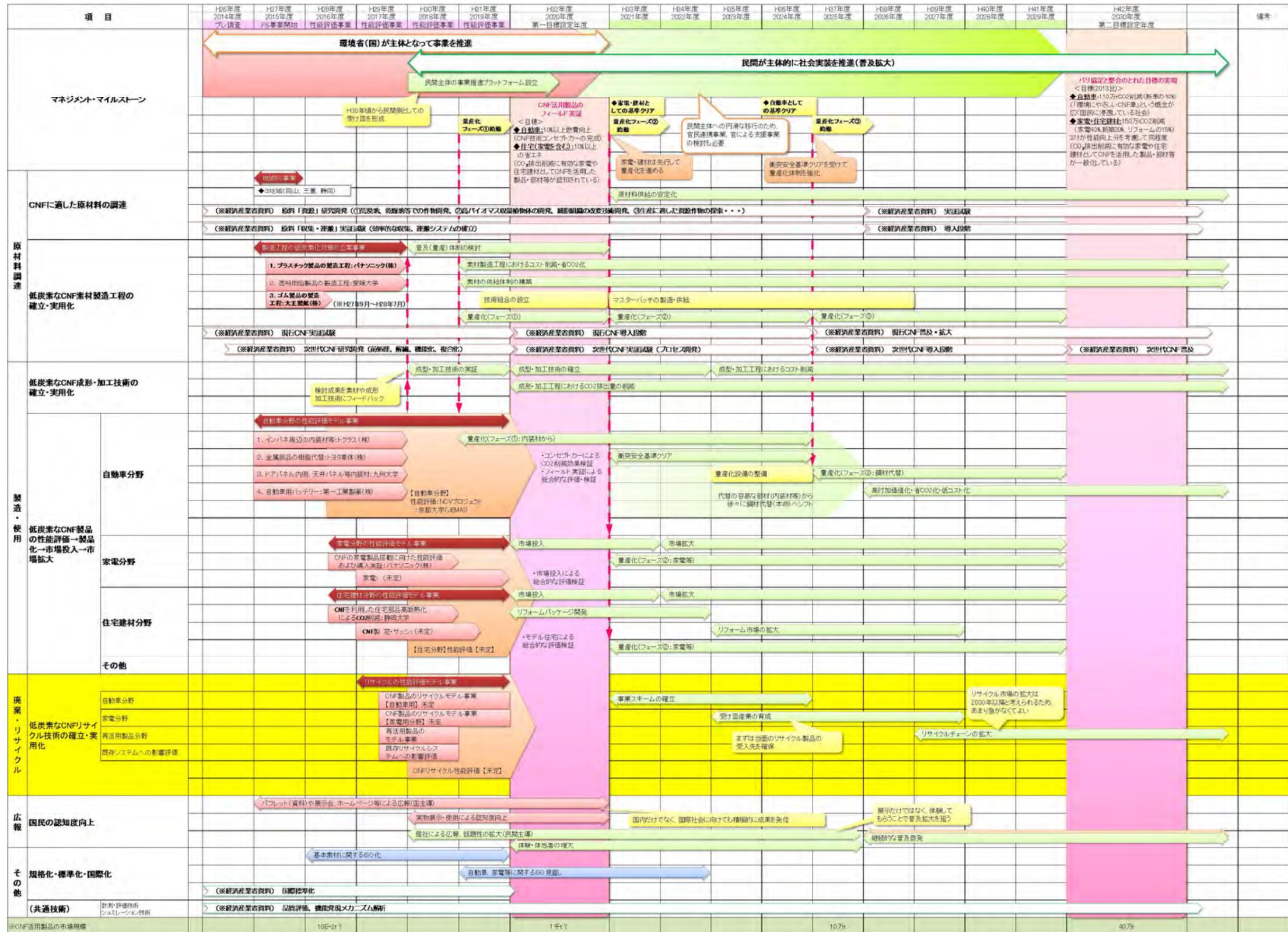


図 3-102 モデル事業の推進計画(工程表)(案)

第4章 CNF活用製品の開発・商用化状況調査

環境省のCNF関連事業における、CNF活用製品の開発・商用化状況について調査・整理を行うとともに、製造、活用、廃棄、リサイクルの一連のプロセスでのCO₂削減効果について調査を行った。本章ではその結果を示す。

4.1 環境省CNF関連事業の現状把握

4.1.1 各モデル事業に関する文献調査

(1) 文献調査に用いた資料

各事業の実施状況について、モデル事業受託者が環境省に提出している、以下の資料から概要を把握し、進捗管理のアンケート・ヒアリングの実施にあたり、与件の整理を行った。

<文献調査に用いた資料>

- ・平成28年度提案資料
- ・平成28年度中間評価ヒアリング資料
- ・平成28年度事業委託業務報告書

(2) 文献調査の実施対象

文献調査は、表4-1に示す計11のモデル事業を対象とした。「CNF事業の推進のあり方」の与件整理として、以下の情報を整理した。

<整理した情報>

- ・事業の概要（主なアウトプット）
- ・モデル事業実施により見込まれる具体的な成果（製品・部材、技術）
- ・事業実施後の展開（想定される波及効果を含む）

表 4-1 調査対象としたモデル事業

委託事業名	事業期間	代表事業者	共同事業者
平成 27～29 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	平成 27 年 9 月～平成 30 年 3 月	トクラス株式会社	山口大学、イオインダストリー株式会社、静岡大学、岡山県森林研究所
		トヨタ車体株式会社	—
		国立大学法人九州大学大学院農学研究院	中越パルプ工業株式会社
		第一工業製薬株式会社	エレクセル株式会社
平成 27～29 年度セルローズ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 27 年 9 月～平成 30 年 3 月	パナソニック株式会社	—
	平成 27 年 9 月～平成 28 年 7 月	国立大学法人愛媛大学紙産業イノベーションセンター 大王製紙株式会社	愛媛県産業技術研究所紙産業技術センター、特種東海製紙株式会社 自動車ゴム部材メーカー
平成 28 年度セルローズ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（自動車関連分野）	平成 28 年 10 月～平成 32 年 3 月	京都大学	—
		一般社団法人産業環境管理協会	京都市産業技術研究所等 17 機関
平成 28 年度セルローズ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（家電・住宅建材分野）	平成 29 年 1 月～平成 30 年 3 月	パナソニック株式会社	—
	平成 29 年 1 月～平成 31 年 3 月	静岡大学	トクラス株式会社等 7 機関

(3) 文献調査の整理結果

1) 主な実証項目

各モデル事業における主な実証項目について整理した。結果を表 4-2 に示す。

表 4-2 各モデル事業の主な実証項目

代表事業者	事業の概要（主なアウトプット）
トクラス株式会社	<ul style="list-style-type: none"> ・ CNFを添加材利用した WPC 活用製品の性能評価 ・ 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 CO₂削減効果の検証 ・ 原材料から、利用、廃棄まで地球温暖化対策貢献を考慮した利用モデルの提案
トヨタ車体株式会社	<ul style="list-style-type: none"> ・ 自動車部品の試作と性能評価 ・ 金属部材の樹脂化で達成された軽量化効果による自動車の燃費向上および CO₂削減の効果検証
国立大学法人九州大学 大学院農学研究院	<ul style="list-style-type: none"> ・ 「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し、竹 CNF 活用樹脂の性能評価 ・ 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 CO₂削減効果の検証
第一工業製薬株式会社	<ul style="list-style-type: none"> ・ TEMPO 酸化 CNF を活用した軽量かつ小型のリチウムイオン二次電池の製造 ・ CNF 活用リチウムイオン二次電池の性能評価 ・ 上記軽量化に伴う燃費向上効果や CO₂削減効果の検証
パナソニック株式会社	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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 ・ 上記工程を経て CNF 複合樹脂を部材・製品へ成形 ・ 各段階での CO₂排出量を評価し、その削減対策を立案
国立大学法人愛媛大学 紙産業イノベーション センター	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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 CO₂排出量の削減を図る ・ CNF 複合透明樹脂を用いた部材・製品を成形する ・ 各製造工程での CO₂排出量の評価に基づく低炭素化対策の立案
大王製紙株式会社	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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 CO₂排出量を削減 ・ CNF 複合ゴムを製造し、部材・製品を成形し、各段階での CO₂排出量を評価し、その削減対策を立案
京都大学	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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 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
一般社団法人産業環境 管理協会	<ul style="list-style-type: none"> ・ 自動車軽量化に重点を置き、CNF 軽量部品を試作し、CNF 軽量部品としての強度、信頼性、コスト等の評価を実施 ・ 将来ニーズを加味した CNF 自動車の車両構想を明確にし、CNF 活用製品の性能評価や活用時の CO₂削減効果の評価・検証
パナソニック株式会社	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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 ・ CNF 複合樹脂のリサイクル性の検証
静岡大学	<ul style="list-style-type: none"> ・ CNF を住宅部品のベース素材特性を引き立てる添加剤的利用し、住宅部品の断熱性能向上により、エネルギー起源 CO₂削減を図る ・ 具体的には、発泡断熱材等に CNF を添加し、空隙の微細化等の空気層を制御し、熱伝導性低下に取り組む

2) 実証される製品・部材

各モデル事業で実証される製品・部材について整理した。結果を表 4-3 に示す。

表 4-3 各モデル事業で実証される製品・部材

代表事業者	製品・部材
トクラス株式会社	・木粉等を添加したウッドプラスチック（WPC）にCNFを添加材利用（主にインパネ周辺の内装材として活用。改質による実用化）
トヨタ車体株式会社	・CNF 複合樹脂による自動車部材（金属）の代替 <H29 年度の検証部品> ①バッテリーキャリア ②パワースライドドアユニット
国立大学法人九州大学 大学院農学研究院	・竹CNF活用樹脂を活用した自動車用ドアパネル、天井パネル内装
第一工業製菓株式会社	・軽量かつ小型のCNF活用リチウムイオン二次電池
パナソニック株式会社	・CNF 複合樹脂（CNF+PP）
国立大学法人愛媛大学 紙産業イノベーション センター	・CNF複合透明樹脂（CNF+ポリメタクリル酸系樹脂（PMMA）全光線透過率90%）
大王製紙株式会社	・現状製法のゴム部材と同等以上の性能を確保するCNF複合ゴム（比重1.7%低減）
京都大学	・CNFを複合化した樹脂材料（PA、PP、PE、POM、PC・ABSなど）、100%CNF材料 ・各用途（空調、ドア、シート、インマニなど）に合うCNF樹脂複合化製品
一般社団法人産業環境 管理協会	・種車（TOYOTA86）置換用CNF軽量部品 ・CNF軽量部品搭載車両（試作車）
パナソニック株式会社	・CNFを複合化した樹脂素材を用いた冷蔵庫部材（筐体ドア接触部のクロスレール及びセンターピラー）、及び洗濯機部材（ドラム枠）
静岡大学	・CNFを添加材利用した高性能断熱材（ファイバー系、発泡系） ・CNFを添加材利用した高性能建材（外壁材、天井合板、床材、軽量コンクリートなど） ・CNFを添加材利用したユニットバス用材 ・CNFを添加材利用した樹脂窓枠

3) 実証される技術

各モデル事業で実証される技術について整理した。結果を表 4-4 に示す。

表 4-4 各モデル事業で実証される技術（概要）

代表事業者	技術
トクラス株式会社	<ul style="list-style-type: none"> ・100t/月以上のCNF添加WPC供給システムの構築 ・汎用成形設備で製造でき、かつ既存部品同等以上の性能が確保できるコンパウンドを300円/kg以下で提供できる体制構築 ・既存製品より15%以上軽量化が図れる自動車内装部品の確立(25%以上軽量化が図れる部品の試作)
トヨタ車体株式会社	<ul style="list-style-type: none"> ・CNFを用いた自動車金属部品の樹脂代替技術（軽量化） ・射出成形以外の部品製造技術
国立大学法人九州大学大学院農学研究院	<ul style="list-style-type: none"> ・竹由来のACC-ナノセルロースの実用化・量産化技術 ・上記に有効なACC法の前処理方法 ・竹由来ACC-ナノセルロースの樹脂複合化技術（高強度化・軽量化【5%配合で弾性率2倍】→自動車用部材としての普及） ・木材セルロース使用時と同等の性能で、製造エネルギー30%削減する技術
第一工業製薬株式会社	<ul style="list-style-type: none"> ・CNFを用いた高入出力リチウムイオン二次電池水系化正極技術 ・CNF系水系化電極を用いた小型EV用リチウムイオン電池（プロトタイプ）技術
パナソニック株式会社	<ul style="list-style-type: none"> ・CNF複合化樹脂材料の乾式製法（製造時のCO₂排出量を最小化。従来材料（PP）比で1/3） ・CNF複合化樹脂材料の成形加工法（使用時のCO₂排出量は従来材料（PP）と同等以下）
国立大学法人愛媛大学紙産業イノベーションセンター	<ul style="list-style-type: none"> ・非加熱かつ連続的なCNF脱水・溶媒置換技術（脱水率90%） ・脱水CNFの樹脂混練技術
大王製紙株式会社	<ul style="list-style-type: none"> ・乾燥CNF+ゴム複合化技術（CNF乾燥時の凝集防止・強度向上技術）
京都大学	<ul style="list-style-type: none"> ・CNF材料の成形加工技術 ・部材製造に必要な接着剤の技術
一般社団法人産業環境管理協会	<ul style="list-style-type: none"> ・CNF軽量部品の組み付け技術 ・部品導入によるCO₂削減シミュレーション技術
パナソニック株式会社	<ul style="list-style-type: none"> ・CNFを複合化した樹脂素材を用いた冷蔵庫部材・洗濯機部材の製造・評価検証技術 ・リサイクル向上での選別・再生技術
静岡大学	<ul style="list-style-type: none"> ・CNF利用建材のリサイクル技術

4) 事業実施後の展開

各モデル事業実施後の展開（本格事業化、他分野への波及など）について整理した。結果を表 4-5 に示す。

表 4-5 各モデル事業実施後の展開（概要）

代表事業者	事業実施後の展開
トクラス株式会社	<ul style="list-style-type: none"> ・事業終了後、木粉・コンパウンド量産設備を導入し、本格事業を開始 ・適用メーカー、車種、部品を拡大
トヨタ車体株式会社	<ul style="list-style-type: none"> ・自社の自動車以外への採用を含む、車種等の拡大（大幅な軽量化が見込まれる場合）
国立大学法人九州大学大学院農学研究院	<ul style="list-style-type: none"> ・自動車分野での拡大、電子材料、食品・医療分野など他分野への事業展開
第一工業製薬株式会社	<ul style="list-style-type: none"> ・小型 EV・小型船舶への実装、CNF を用いたリチウムイオン二次電池の量産化
パナソニック株式会社	<ul style="list-style-type: none"> ・CNF 複合樹脂の本格生産・販売 ・家電分野以外（自動車、住宅建材）への適用
国立大学法人愛媛大学紙産業イノベーションセンター	<ul style="list-style-type: none"> ・2030 年時点で、生産量 250 トン/日、製造コスト 500 円/kg
大王製紙株式会社	※記載なし
京都大学	<ul style="list-style-type: none"> ・家電、住宅建材、産業機械等、他分野への適用
一般社団法人産業環境管理協会	<ul style="list-style-type: none"> ・自動車以外の大面積部品（構造建築物、風車など）への展開
パナソニック株式会社	<ul style="list-style-type: none"> ・自社製品への適用 ・他社製品への適用
静岡大学	<ul style="list-style-type: none"> ・戸建住宅への適用を始め、集合住宅、リフォーム用途への水平展開（平成 35 年度時点でのスタンダード化）

4.1.2 モデル事業受託者へのアンケート・ヒアリング調査

(1) モデル事業受託者へのアンケート・ヒアリング調査の実施概要

1) アンケート・ヒアリング調査の実施対象

「4.2 各事業の実実施計画等に対する達成状況の調査」及び「4.3 CO₂削減効果の検証・評価」の実施のため、モデル事業の受託者へのアンケート・ヒアリング調査を実施した。

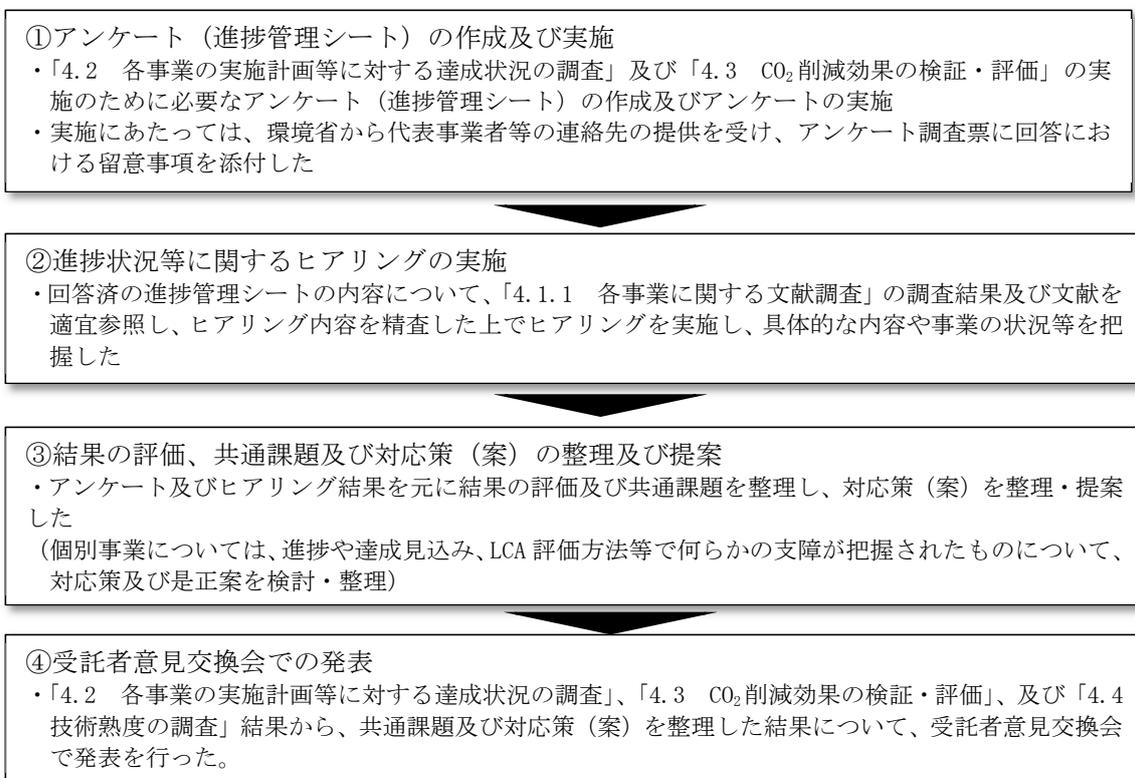
調査の実施対象は、環境省と調整の上、以下の8受託者（表4-6に示す）とし、基本的には代表事業者に対して、アンケート（「進捗管理シート」として作成）及びヒアリング調査を実施した。

表 4-6 各モデル事業の一覧

委託事業名	事業期間	代表事業者	共同事業者
平成 27～29 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 9 月～平成 30 年 3 月	トクラス株式会社	山口大学、イオインダストリー株式会社、静岡大学、岡山県森林研究所
		トヨタ車体株式会社	—
		国立大学法人九州大学大学院農学研究院	中越パルプ工業株式会社
		第一工業製薬株式会社	エレクセル株式会社
平成 27～29 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 27 年 9 月～平成 30 年 3 月	パナソニック株式会社	—
		国立大学法人愛媛大学紙産業イノベーションセンター	愛媛県産業技術研究所紙産業技術センター、特種東海製紙株式会社
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（家電・住宅建材分野）	平成 29 年 1 月～平成 30 年 3 月	パナソニック株式会社	—
	平成 29 年 1 月～平成 31 年 3 月	静岡大学	トクラス株式会社等 7 機関

2) アンケート・ヒアリング調査の実施方法

アンケート及びヒアリング調査は、以下の工程で実施した。



3) アンケート・ヒアリング調査の実施スケジュール

アンケート・ヒアリング調査は、表 4-7 に示すスケジュールで実施した。

表 4-7 アンケート・ヒアリング調査の実施スケジュール

委託事業名	7月	8月	9月	10月
①工程管理シートの送付・回答内容の確認	→ 発送先・シート等の確定	→ 工程管理シートの回答 (2週間)・内容確認		
②進捗状況等に関するヒアリングの実施		→		
③結果の評価、共通課題及び対応策(案)の整理及び提案			→	
④受託者意見交換会での発表				●

4) 調査に用いたアンケート票

進捗管理アンケートに用いたアンケート票を表 4-8 に、アンケート実施時に添付した「回答上の留意事項」を表 4-9 に示す。

表 4-8 調査に用いたアンケート（進捗管理シート）票

平成29年度 環境省モデル事業に関する進捗管理チェックシート(受託者送付用)

モデル事業名 事業者名 担当者名(氏名、メールアドレス)					
区分	対象	確認項目	チェック基準	確認結果	確認結果の具体的内容
1. 主要な検証項目・検証技術に関する達成状況	(1) 主要な技術・検証項目1 (〇〇〇〇 ←モデル事業の仕様書・提案書より)	1) 現状の進捗状況	計画に記載した主要な技術・検証項目に対し、現段階でどの程度の進捗状況か	〇〇%	
		2) 事業完了時の達成見込み	計画に記載した主要な技術・検証項目に対し、事業完了時でどの程度の達成見込みか	<input type="checkbox"/> 十分 <input type="checkbox"/> やや不安 <input type="checkbox"/> 不安	
		3) 実施上の課題 (項目別)	①人的資源面の課題があるか (体制不備、役割分担の不整合、マネジメント不足、など)	<input type="checkbox"/> 課題なし <input type="checkbox"/> 課題小 <input type="checkbox"/> 課題大	
			②設備面での課題があるか (既存設備に課題あり、新規導入設備に課題あり、その他)	<input type="checkbox"/> 課題なし <input type="checkbox"/> 課題小 <input type="checkbox"/> 課題大	
			③原材料面での課題があるか (実証で使用する材料が不足または調達できない、CNF素材が調達できない、など)	<input type="checkbox"/> 課題なし <input type="checkbox"/> 課題小 <input type="checkbox"/> 課題大	
			④実証方法面での課題があるか (コア技術に関する実証上の課題、コア技術以外に関する実証上の課題、など)	<input type="checkbox"/> 課題なし <input type="checkbox"/> 課題小 <input type="checkbox"/> 課題大	
	(2) 主要な技術・検証項目2 (〇〇〇〇 ←モデル事業の仕様書・提案書より)	1) 現状の進捗状況	計画に記載した主要な技術・検証項目に対し、現段階でどの程度の進捗状況か	〇〇%	
		2) 事業完了時の達成見込み	計画に記載した主要な技術・検証項目に対し、事業完了時でどの程度の達成見込みか	<input type="checkbox"/> 十分 <input type="checkbox"/> やや不安 <input type="checkbox"/> 不安	
		3) 実施上の課題 (項目別)	①人的資源面の課題があるか (体制不備、役割分担の不整合、マネジメント不足、など)	<input type="checkbox"/> 課題なし <input type="checkbox"/> 課題小 <input type="checkbox"/> 課題大	
			②設備面での課題があるか (既存設備に課題あり、新規導入設備に課題あり、その他)	<input type="checkbox"/> 課題なし <input type="checkbox"/> 課題小 <input type="checkbox"/> 課題大	
			③原材料面での課題があるか (実証で使用する材料が不足または調達できない、CNF素材が調達できない、など)	<input type="checkbox"/> 課題なし <input type="checkbox"/> 課題小 <input type="checkbox"/> 課題大	
			④実証方法面での課題があるか (コア技術に関する実証上の課題、コア技術以外に関する実証上の課題、など)	<input type="checkbox"/> 課題なし <input type="checkbox"/> 課題小 <input type="checkbox"/> 課題大	
2. 実現目標・評価項目に対する達成状況	(1) 実現目標	1) 実現目標設定の有無	・何らかの実現目標を設定しているか	<input type="checkbox"/> 設定あり <input type="checkbox"/> 設定なし	
		2) 環境省の実現目標との整合	・環境省で設定した、2020年・2030年の実現目標を考慮しているか。整合を取っているか。	<input type="checkbox"/> 考慮し整合を取った <input type="checkbox"/> 考慮したが独自に設定 <input type="checkbox"/> 考慮していない	
		3) 実現目標の達成見込み	・設定した実現目標に対し、どの程度の達成見込みがあると想定されるか ・上記見込みは、どのような考えに基づくか	<input type="checkbox"/> 見込み大 <input type="checkbox"/> 見込み中 <input type="checkbox"/> 見込み小	
	(2) 評価項目 (CO2削減以外)	1) 評価項目設定の有無	・何らかの評価項目を設定しているか	<input type="checkbox"/> 設定あり <input type="checkbox"/> 設定なし	
		2) 環境省の評価項目との整合	・環境省で設定した評価項目を考慮しているか。整合を取っているか。	<input type="checkbox"/> 考慮し整合を取った <input type="checkbox"/> 考慮したが独自に設定 <input type="checkbox"/> 考慮していない	
		3) 評価項目別の達成見込み	・設定した評価項目は、達成見込みがあるか (達成見込みの低い評価項目を抽出)	<input type="checkbox"/> 見込み大 <input type="checkbox"/> 見込み中 <input type="checkbox"/> 見込み小	
3. CO2削減効果の評価	(1) CO2削減量の評価方法	1) 評価範囲及びシステム境界の設定方法	・製品開発範囲におけるプロセスデータの収集をしているか。 ・CO2削減量の算定が、原材料調達～廃棄(リサイクル)までの製品ライフサイクルの各段階で設定・評価されているか	<input type="checkbox"/> 収集している <input type="checkbox"/> 収集していない <input type="checkbox"/> 設定あり <input type="checkbox"/> 設定なし	
		2) 算定対象及び算定条件等の妥当性	・設定されていない場合、その理由は何か。また、今後データを収集するなどして算定する予定があるか ・算定対象及び比較対象の設定は妥当であるか ・またそれらの算定条件について妥当であるか	<input type="checkbox"/> 見込みあり <input type="checkbox"/> 見込みなし <input type="checkbox"/> 妥当 <input type="checkbox"/> 妥当でない	
		3) 算定データの適切性	・算定に使用する(した)データは適切であるか (実証で得られたデータを使用、推計データを使用、推計データの場合は年次や項目などが適切か、など)	<input type="checkbox"/> 適切 <input type="checkbox"/> 適切でない	
	(2) 環境省の算定方法等との整合状況	1) LCAガイドラインとの整合状況	・現在実施しているCO2削減量の算定方法がH27年度(自動車)、H28年度(家電、住宅建材)に環境省が作成したLCAガイドライン(案)と整合は取れているか	<input type="checkbox"/> 整合あり <input type="checkbox"/> 整合なし	
		2) CO2削減量の実現目標	・整合が取れていない場合、整合をとる予定はあるか。	<input type="checkbox"/> 予定あり <input type="checkbox"/> 予定なし	
			・10%以上のCO2削減量が見込まれるか	<input type="checkbox"/> 見込みあり <input type="checkbox"/> 見込みなし <input type="checkbox"/> 現状不明	
4. その他	(1) 環境省に求めること			-	
	(2) その他			-	

※技術熟度 (TRA) については別途ツールでチェックします

表 4-9 調査に用いたアンケート票（進捗管理シート）に添付した留意点

区分・対象		確認項目	回答方法・回答上の留意点
1. 主要な検証項目・検証技術に関する達成状況		<ul style="list-style-type: none"> ・現状の進捗状況 ・事業完了時の達成見込み ・実施上の課題（項目別） 	<ul style="list-style-type: none"> ・計画（提案書、仕様書など）で位置づけた、主要な技術・検証項目別に記載してください。 ・EXCELのシート上には2項目記載欄がありますが、2つ以上ある場合はコピー&ペーストで項目数を増やして入力してください。
2. 実現目標・評価項目に対する達成状況	(1) 実現目標	1) 実現目標設定の有無	・モデル事業において、2020年、2030年など、将来における実現目標を設定しているかを記載してください。
		2) 環境省の実現目標との整合	・モデル事業で実現目標を設定している場合、環境省が「平成27・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」」で設定した、2020年及び2030年の実現目標を参考にしているか、整合を取っているかを記載してください。
		3) 実現目標の達成見込み	・実現目標を設定している場合、その目標の達成見込みを評価し、記載してください。 ※複数ある場合はコピー&ペーストで目標数を増やして入力してください。
	(2) 評価項目 (CO ₂ 削減以外)	1) 評価項目設定の有無	・モデル事業において、何らかの評価項目を設定しているかを記載してください。
		2) 環境省の評価項目との整合	・モデル事業で評価項目を設定している場合、環境省が「平成27・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」」で設定している評価項目を参考にしているか、整合を取っているかを記載してください。
		3) 評価項目別の達成見込み	・評価項目を設定している場合、その評価項目の達成見込みを評価し、記載してください。 ※複数ある場合はコピー&ペーストで評価項目数を増やして入力してください。
3. CO ₂ 削減効果の評価	(1) CO ₂ 削減量の評価方法	1) 評価範囲及びシステム境界の設定方法 2) 算定対象及び算定条件等の妥当性 3) 算定データの適切性	<ul style="list-style-type: none"> ・LCAを実施しているか記載して下さい。 ・LCAを実施している場合、「セルロースナノファイバーを用いた自動車製品に関するLCAガイドライン（案）」もしくは、「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）」（以下、「LCAガイドライン」）に沿って算定を実施していますか。
	(2) 環境省の算定方法等との整合状況	1) LCAガイドラインとの整合状況 2) CO ₂ 削減量の実現目標	・CO ₂ 削減量の実現目標を設定している場合、設定した目標及びその目標値の算定方法を記載して下さい。
4. その他	(1) 環境省に求めること		・モデル事業の受託・実施を通じて感じた、環境省事業に対する要望や改善点などを記載してください。 (どのような視点からでも構いません)
	(2) その他		・モデル事業を実施する上で、何らかの側面的支援が必要なことなどや、環境省事業の枠組みを問わずCNFの普及促進に必要なことなど、思うところがあれば記載してください (CNFに関連することであれば、内容は問いません)

5) ヒアリング調査の概要

進捗管理のヒアリング調査では、以下に示す項目について把握した。

事前に、回答済の進捗管理シートの内容について、「4.1.1 各事業に関する文献調査」の調査結果及び文献を適宜参照し、不明点等を洗い出した上で、ヒアリングを実施した。

ヒアリングは、平成 29 年 8 月～9 月の間に実施した。受託者別のヒアリング実施日を、表 4-10 に示す。

<主なヒアリング調査項目>

- ・モデル事業の現状における進捗状況
- ・モデル事業で位置づけた主要な技術・検証項目の達成見込み
- ・上記の主要な技術・検証項目の実施における課題
- ・各事業で設定している実現目標・評価項目の内容（これらの有無を含め）及び環境省で別途設定している実現目標・評価項目との整合
- ・事業実施による CO₂削減効果及び算定方法（LCA レベルで評価しているか、どのような評価方法・データを用いるか、算定の妥当性など）

表 4-10 受託者別のヒアリング実施日

代表事業者	ヒアリング実施日
パナソニック株式会社 (製造工程)	8 月 24 日 (場所：パナソニック生産技術本部)
第一工業製薬株式会社	8 月 30 日 (場所：第一工業製薬本社)
トヨタ車体株式会社	8 月 30 日 (場所：トヨタ車体寿新規開発センター)
パナソニック株式会社 (性能評価)	9 月 1 日 (場所：パナソニック生産技術本部)
国立大学法人愛媛大学	9 月 13 日 (場所：愛媛大学紙産業イノベーションセンター)
国立大学法人静岡大学	9 月 15 日 (場所：静岡大学浜松キャンパス)
トクラス株式会社	9 月 15 日 (場所：静岡大学浜松キャンパス)
国立大学法人九州大学	9 月 19 日 (場所：九州大学箱崎キャンパス)

4.2 各モデル事業の実実施計画等に対する達成状況の調査

4.2.1 実施計画に対する達成状況の調査

(1) 主要な検証項目・検証技術に関する達成状況

1) 事業の進捗状況

① アンケート結果

受託者別・主要項目別の進捗状況（平成29年8月時点）は、10%～95%と差異が大きい。

② ヒアリング結果

受託者別・主要項目別の現時点での進捗状況は上記の通りだが、「進捗について遅延または支障はない」ことが把握された。

(参考) 進捗状況に差異が大きい理由

事業期間について、事業の終盤に差し掛かっているモデル事業（今年度で終了など）の進捗率の方が高い傾向にある（表4-11参照）。

表 4-11 受託者別のヒアリング実施日

検証項目の特徴	進捗率の際に関する傾向
段階的に検証項目が進むもの (例：材料作製→製品作製→効果検証 (CO ₂ 削減効果) など)	・効果検証など、各工程がある程度進まないと実施できない項目の進捗率が低い (10%など) ・材料作製など、各項目が実施できる前提となる項目の進捗率は高い (60～95%など)
複数製品 (実証項目) を同時並行で進めるもの	・特段の傾向はない。進捗率の範囲は、30～70%。

2) 事業の達成見込み

① アンケート結果

主要項目別の達成見込みについては、全受託者が各項目について「十分」と回答している。

② ヒアリング結果

モデル事業において位置づけた物性目標値等についてはクリアできる見込みだが、「実際に製品化する場合は、具体の製品を確定させ、要求される物性値を設定した上で、目標をクリアする必要がある」との意見が複数把握された（自動車、家電、住宅建材いずれも）。

(2) 各課題（人的資源、設備、原材料、実証方法）

1) 人的資源

① アンケート結果

「人的資源面での課題がある」と回答した受託者はなかった。

② ヒアリング結果

ヒアリングにより課題が把握された受託者はなかった。また、提案時・事業実施時から体制変更があった受託者もなかった。

2) 設備

①アンケート結果

設備面について、課題があると回答した受託者は2者存在した。「課題大」と回答した受託者はいなかったが、「課題小」と回答した受託者は2者存在した。

②ヒアリング結果

ヒアリングの結果、設備面の課題が生じた受託者は4者把握された。受託者別の具体的な課題の内容を表4-12に示す。

これら設備面での課題は、いずれも受託者側で対処されているため、是正を求めるものではない。

内容はいずれも、国の予算で新規設備投資ができないことに起因しており、「既存設備を使うしかないので、より省CO₂削減に繋がる技術検証ができない」「受託者負担で設備を導入するしかなく、負担が大きい」といった内容に二分された。現実的な国の予算執行のあり方全体にかかわる内容であること、受託者間での公平性や、事業終了後の取り扱いなどの観点等難しい面があるため、個々の事業・主体のみかかわる設備への補助等は難しい。

その他には、「実証（評価）設備の不足」が生じていることが考えられる。この問題は受託者側の対応（設備を持っているところに再委託、遠方の試験場等で評価を実施、など）でカバーしていると想定されるが、実証の円滑化を図っていく上では、改善が必要な事項である。

表 4-12 設備面で把握された課題の具体的内容

課題の具体的内容
<ul style="list-style-type: none">金型の変更を行うと費用がかかるため、既存金型を改良した方法を取った（金型改良すれば、より省CO₂化が可能であった）小型の実証機を作成したいと考えていたが、そうした名目で経費を使えないため、試験場で試験をするしかない
<ul style="list-style-type: none">新規の設備投資ができれば、高性能な断熱材の実証が可能だが、事業の制約から既存の設備を使っており、既存技術の延長線で行うことから、発現効果も限定的となる
<ul style="list-style-type: none">環境省との契約が遅く、証明を出せないため、実際の設備導入の契約の際に支障が出た。また、必要な設備導入に環境省からの事業費は足りないため、大学負担が必要になっている
<ul style="list-style-type: none">設備については、自社の設備を利用している。環境省予算では設備は購入できないため、必要があれば自社負担で設備を導入している。プロジェクトの中で設備導入までみて頂けるとありがたい

3) 原材料

①アンケート結果

「課題がある」と回答した受託者は1者あった。

②ヒアリング結果

上記の1者について、課題の具体的な内容を把握した(表4-13)。

本事業では、受託者がCNFを製造するが、別の製法で製造されたCNFとの比較検証等を行うことになっていることから、他社製のCNFを調達する必要がある。「調達できない場合、他のメーカーから調達する予定」とのことだが、製法が異なるなど全く同じ条件のものが入手できない可能性があることから、他のモデル事業と調整することが望ましいと考えられる。

残りの受託者からは特段の課題が把握されていないが、全体として課題が少ない理由は以下の3点と想定される。

<課題が少ない理由(想定)>

- ・ CNFの製造から受託者が実施する(製造工程の実証など)事業については、CNFの外部調達がない(パルプ等原料は調達するが、供給量の課題は少ない)
- ・ 実証段階のため、CNFの使用量がそれほど多くない
- ・ 申請段階で、供給能力のある供給元を抽出しており、条件を調整済み

表4-13 原材料面で把握された課題

課題の具体的な内容
・ 比較のため他社製CNF調達を要請したが、他のモデル事業向けに相当数供給する必要があることから難しいと言われた

4) 実証方法

① アンケート結果

「課題がある」と回答した受託者は1者あった。

② ヒアリング結果

上記の1者について、課題の具体的な内容を把握した(表4-14)。

本事業では、2製品(部材)への適用を検討しているが、実証を進める中で、1つは物性(強度)面で、もう1つはCO₂削減効果の面で想定した効果が発現できないことが分かったものである。

いずれも、一部変更を伴うレベルであるが、受託者側で内容を検討中である。

他の事業では、実証内容の変更が必要なものは把握されていないが、事業によっては、強度・複合化率・透過率・CO₂削減効果など、関連する物性値等の目標値がそもそも設定されていないものもあることに留意が必要である。

表 4-14 実証方法面で把握された課題

課題の具体的内容
<ul style="list-style-type: none">・ 冷蔵庫は、クロスレールの剛性低下が回避できないことがわかっているため、冷蔵庫全体で剛性を確保できるか検討する・ 洗濯機のドラムは当初想定より大幅にCO₂削減効果が低くなる見込み(※ただし、削減目標値は設定していない)

4.2.2 実現目標及び評価項目に対する達成状況の整理

(1) 実現目標

環境省では、平成 27 年度に自動車の、28 年度に家電・住宅分野の実現目標を設定している。内容は下表 4-15 に示す通りである。各受託者に対し、実現目標の設定状況及び環境省が設定した実現目標との整合状況、実現目標の達成見込みについて把握した。

表 4-15 環境省が設定した実現目標 (2020 年度)

分野	類型	目標の具体的内容
自動車分野	定量目標	走行段階の CO ₂ 削減効果が 10% 以上であること (うち軽量化による走行段階の CO ₂ 削減効果が 7% 以上であること)
	定性目標	CNF 技術コンセプトカーの完成
家電・住宅建材分野	定量目標	<原則> ①CNF 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 ₂ 削減効果があるものが製品化される ②2030 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
	定性目標	CO ₂ 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

1) アンケート結果

何らかの実現目標を「設定している」と回答した受託者は 7 者、「設定していない」と回答した受託者は 1 者あった。

「設定している」と回答した 7 者のうち、環境省が設定した実現目標について、「考慮し整合を取った」と回答した受託者は 2 者、「考慮したが独自に設定した」と回答した受託者が 4 者、「考慮していない」と回答した受託者が 1 者あった。

また、「設定している」と回答した 7 者のうち、実現目標の達成見込みについて、「見込み大」と回答した受託者は 4 者、「見込み中」と回答した受託者が 2 者あったが、「見込み小」と回答した受託者が存在しなかった（無回答は 1 者）。

「事業委託業務報告書」等の文献から、各受託者が設定した目標を抽出した結果を、表 4-16 に示す。上記で実現目標を「設定していない」と回答した受託者も、実際には目標を設定している（※ヒアリング前に把握しており、ヒアリングで確認した）。

表 4-16 各受託者が設定した目標（文献より）（1/2）

代表事業者	各受託者が設定した目標
トクラス株式会社	<p>既存部品に対し、同等以下の製造原価で、CO₂削減量 30kg/台以上が実現できる高意匠＋高機能＋安定供給CNF添加WPC部品を既存メーカー（設備）で製造</p> <p>【I. 作り手側が供給しやすい体制作り】</p> <p>①100t/月以上のCNF添加WPC供給システムの構築</p> <p>②汎用成形設備で製造でき、かつ既存部品同等以上の性能が確保できるコンパウンドを300円/kg以下での提供できる体制構築</p> <p>【II. 使い手側が利用しやすい環境整備】</p> <p>①既存製品より15%以上軽量化が図れる自動車内装部品の確立</p> <p>②簡易加工（ex. 塗装）のみで、高木質意匠が付与できる質感の提供</p> <p>③エクステリア用WPCへの再利用できるスペックの提示</p>
トヨタ車体株式会社	<p>○最終的な目標：部品評価すべて合格</p> <p>1 耐熱性試験：エンジンルーム内の温度でも外観不良、変形なきこと。公差±3mm</p> <p>2 冷熱繰り返し試験：外観不良、変形なきこと。公差±3mm</p> <p>3 振動耐久性：走行距離10万キロ、20万キロを想定し、割れなど異常なきこと。</p> <p>4 落錘試験：ボンネットを開けて工具など落下したことを想定、割れなど異常なきこと</p>
国立大学法人九州大学大学院農学研究	<p>（製品物性目標値）ACC製造法以外の製造法で得られる木材由来の親水性ナノセルロースを表面疎水化学処理したものをポリプロピレンに5%配合すると、現時点で、弾性率が2倍以上になることが確認されている。そのため、本申請において製造される化学処理を必要としない竹由来のACC-ナノセルロースのポリプロピレンとの複合化物が、5%配合で、弾性率が2倍以上というのが最低目標となる。</p> <p>（エネルギー削減量目標値）ACC製造法で、本申請の竹ナノセルロースが木材ナノセルロースと同等の性質を示すようにするの、プロセスにかかるエネルギーで30%以上の削減を目標とする。</p> <p>○最終的な目標：</p> <p>仕様：5年間で生産能力を200t/年とし、コストの削減を35%以上とする。</p> <p>性能：ポリプロピレンに5%配合で弾性率が2倍以上のナノコンポジット</p> <p>エネルギー損失率：20%以内</p> <p>省エネルギー率：30%以上（従来型システム比）</p> <p>○開発工程に係るリスク</p> <p>原材料の竹のコスト変動のリスクを想定。発生した場合は、木材原料との複合等により対処。</p>
第一工業製薬株式会社	<p>CNFを用いたリチウムイオン二次電池のプロトタイプを試作と性能評価</p> <p>仕様：実用電池サイズは3～5Ahクラス</p> <p>目標性能：小型積層セル(0.3～0.5h)での10C放電保持率80%以上。</p> <p>評価条件：アイドリングストップ車用鉛蓄電池に規定されるSBA S0101を模擬</p>
パナソニック株式会社（製造工程）	<p>従来材料に対して、製品活用時のみならず、製造時におけるCO₂削減効果を創出するために、現状製法と同等以上の強度を確保しつつ、製造時のCO₂総排出量（素材製造時、成形加工時、および素材使用量のトータル）が従来材料より少ないCNF複合樹脂製品の実現を目標とする。</p> <p>（各要素開発による具体目標値）</p> <p>「要素開発①CNF複合樹脂材料の全乾式製法の開発」</p> <p>・CNF製造時のCO₂排出量：0.5kg-CO₂/kg-CNF</p> <p>（15%CNF複合PPとした場合：1.3kg-CO₂/kg-複合樹脂）</p> <p>※従来製法による15%CNF複合PP：1.6kg-CO₂/kg-複合樹脂以上</p> <p>従来材料（100%PP）：1.5kg-CO₂/kg-樹脂</p> <p>・CNF複合樹脂物性：弾性率≧従来材料（100%PP）の1.3倍</p> <p>（現状製法品のカタログ値）</p> <p>「要素開発②CNF複合樹脂材料の成形加工法の開発」</p> <p>・素材使用量の削減を考慮したCNF複合樹脂の成形プロセスにおけるCO₂排出量：従来材料（100%PP）と同等以下</p>

表 4-16 各受託者が設定した目標（文献より）（2/2）

代表事業者	各受託者が設定した目標
国立大学法人 愛媛大学 紙産業イノベーション センター	本公募終了時：CNF 脱水率 90%（固形分濃度 12%） <u>省エネルギー率：88%以上（従来型システム比）</u> ・樹脂混練 ・PMMA 全光線透過率 90%以上 ・弾性率 3000 MPa，線膨張係数 6.0×10^{-5} K ⁻¹ 現行から 10%向上
パナソニック株式会社 （性能評価）	1. 冷蔵庫 成型性： 部品寸法公差内に収まること 消費電力量： 実機評価において目標達成が見込めること 剛性・強度： 製品組立時に変形量がスペック内に収まること 着色性： 実機組込み品において目視評価 2. 洗濯機 成型性： 部品寸法公差内に収まること 駆動状態： ドラムが機能通りに駆動すること/振動がスペック内に収まること 消費電力量： 実機評価において目標達成が見込めること 3. リサイクル性 ・CNF 複合樹脂を含む混合樹脂からの単一素材回収および再生 回収率：60%以上（=廃棄率：40%以下） 回収品純度：80%以上
静岡大学	<u>住宅1戸あたり 200 kg/年の削減</u>

（出典）H28 事業委託業務報告書等、受託者が環境省に提出した資料から抜粋

2) ヒアリング結果

各受託者は、実現目標を設定しているが、多くは製品の目標性能値(主要なもの)や、年度別の実証目標などであることが分かった。表 4-15 の「各受託者が設定した目標」の中には、CO₂削減に関する目標値が記載されているものもあるほか(太字で表示)、いずれの受託者も 2020、2030 年の CO₂削減量は別途試算している。

ヒアリングの結果、環境省が設定した実現目標の認知度が低いこと(表 4-14 に示す内容や、その考え方等を理解していた受託者は、ほとんどいない)、も明らかになった。

このため、これら内容についてあらためて周知・理解されることが必要であり、個々の事業でどの程度の寄与ができるか適切な評価を行い、明確化することも必要であることがわかった。

<環境省実現目標の前提条件の中で特に齟齬が見られた内容>

- ・「10%以上削減」は、全体ベースでなく、「寄与率ベース」であること
(例：自動車部品であれば、全体の軽量化率でなく、置き換えた部品の軽量化率で比較)
- ・エネルギー使用量・CO₂削減量を計算する条件は、社会実装段階の設備を仮定することが可能
(ラボレベルの設備では、そもそも単位あたりの使用量等が過大など、条件が不利)

(2) 評価項目

環境省では、平成 27 年度に自動車の、平成 28 年度に家電・住宅分野の評価項目を設定している。設定条件及び設定対象を表 4-17 に示す(個別の内容は、表 4-18～表 4-21 に示す)。

各受託者に対し、実現目標の設定状況及び環境省が設定した実現目標との整合状況、実現目標の達成見込みについて把握した。

表 4-17 環境省が設定した評価項目の設定条件・設定対象等

分野	設定条件	評価項目を設定した製品・部材等
自動車分野	<ul style="list-style-type: none"> 自動車分野の主な評価機関・基準(国土交通省道路運送車両の保安基準、JIS、JASO、JFS)を基に、右に示す部材別に設定 なお、保安基準の項目である「破壊試験」及び「前面衝突時の乗員保護」に関しては、実用上は必須項目であるが、試験のために複数の車を製作することはモデル事業では困難と思われることから評価項目から除いた 	メインボディ、バックドア・フェンダー・サイドドア、サブフレーム、ルーフ・ボンネット、インストルメントパネル、タイヤ、窓ガラス、ドアトリム・アームレスト、エンジン補機・エンジンカバー・オイルパン、オートマチックミッション、フロントサスペンション、シートフレーム、バンパーフェース・リーニフォースメント、外装(エアロパーツ、ボディー周辺部品他)、シート、フロア周辺、ワイヤーハーネス、リチウムイオン電池ケーシング
家電分野	<ul style="list-style-type: none"> 製品・部位としての必要機能及び指標について、JIS 規格等を基に設定 基本性能、安全性能、環境性能の 3 つに分けて検討・整理 	エアコンの室外ファン、面発光 LED の拡散シート、冷蔵庫、センサー基板、蓄電池(増粘剤)、洗濯機(洗濯槽・パルセータ)
住宅建材分野		樹脂窓枠等、窓ガラス(ガラス断熱)、断熱材(エアロゲル断熱材、発泡断熱材、給湯配管断熱材)、住宅全体(戸建、集合住宅)

1) アンケート結果

全ての受託者が、何らかの評価項目を「設定している」と回答した。

上記のうち、環境省が設定した評価項目について、「考慮し整合を取った」と回答した受託者は 1 者、「考慮したが独自に設定した」と回答した受託者が 4 者、「考慮していない」と回答した受託者が 3 者あった。

実現目標の達成見込みについて、「見込み大」と回答した受託者は 6 者、「見込み中」と回答した受託者が 2 者あったが、「見込み小」と回答した受託者が存在しなかった。

「事業委託業務報告書」等の文献から、各受託者が設定した目標を抽出した結果を、表 4-21～23 に示す。

2) ヒアリング結果

ヒアリングの結果、全ての受託者が、実証の対象とする製品・部材等について必要な評価項目を具体的に設定し、検証を行っていることが把握された。なお、環境省で設定した項目との整合については、実際には取られていない状況であるが、その理由は以下と想定される。

<想定される理由>

- ・ 環境省で設定した評価項目は、自動車・家電・住宅建材の3分野であるが、いずれも全ての製品・部材を対象にしたものでなく、これら以外を実証するモデル事業がある。
- ・ 環境省が評価項目を設定する前に、モデル事業がスタートしているものがある。
- ・ JIS等の規格は基本的に製品単位だが、モデル事業で実証されているものは製品全体でなく、部材・部品の一部であるものが大半であり、直接活用できないものがある。
- ・ 実際の製造現場では、要求性能が、製品別に異なり、「1部品1仕様」となっていることが多い。

環境省が設定した評価項目を表4-18～21に示す（各モデル事業に関連するもののみ抜粋）。各モデル事業受託者によって設定されている評価項目を表4-22～24に示す。

表 4-18 バンパーフェース・リーンフォースメントに関する評価項目と必要水準（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	強度	引張強度	JIS K7161	部材中の最大引張応力に対して十分な安全率が確保されること。
		曲げ強度	JIS K7171	部材中の最大曲げ応力に対して十分な安全率が確保されること。
	剛性	弾性率	JIS K7161	鋼板より比剛性が高く、高い軽量化率がえられること
		曲げ弾性率	JIS K7171	鋼板より比剛性が高く、高い軽量化率がえられること
	耐熱性	融点	JIS K7121	PA6 同等以上 最大環境温度 120℃ オンライン塗装時 190℃ 30分に耐えること
		熱伝導率	JIS A1412	従来樹脂同等以上
		体積膨張率	ISO 6801	従来樹脂同等以下
		線膨張率	JIS K7197	鉄、アルミと同水準であること
	吸水性	吸水率	JIS K7209	従来樹脂同等以下
	加工性	MFR(ルトフローインデックス)	JIS K7210	従来熱可塑性樹脂同等以上
		塗装膜密着度	JIS K5600	クロスカット法 6段階のうち、「どの格子の目にもはがれない」
	高品位外観性	着色性	JIS K7102	カーボンアーク燈光に対しての変退色が少ないこと
安全性能	耐衝撃性	シャルピー衝撃値	JIS K7111	常温で非破壊 -30℃で >5kJ/m ²
		アイゾット衝撃値	JIS K7110	23℃で >300J/m
	衝撃吸収性	小球バネ力	JIS K6902	損傷の発生がないこと
	耐摩耗性	磨耗量	JIS K7205	従来樹脂同等以下
	耐薬品性（耐酸性・耐アルカリ性）	重量変化率	JIS K7114	従来汎用樹脂と同等以上
耐雷性	導電率	—	適当な落雷対策がなされていること	
環境性能	低燃費性	軽量化率	JIS D 1012	軽量化率が 25%以上であること
	低炭素性	CO ₂ 削減効果(LCCO ₂)	JIS Q 14040	商用化段階において従来製品に比べて、LCCO ₂ が減少する
	リサイクル性	・部品点数 ・マテリアルリサイクル回数 ・サーマルリサイクル時の排出係数	—	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
経済性	経済性	製造原価	—	商用化段階において従来製品に比べて、加工費を含めた製造原価が安価となる可能性がある

表 4-19 ドアトリム・アームレストに関する評価項目と必要水準（案）

区分	評価項目	指標	測定方法 準拠規格	必要水準
保安基準	難燃性	燃焼速度など	保安基準第 20 条 乗車装置別添 27 内装材料の難燃性の技術基準	<ul style="list-style-type: none"> ・燃焼しないこと ・または燃焼速度の最大値は 100mm/分を超えないこと ・試験片の燃焼が、A 標線に達してから 60 秒経過する前に停止し、かつ、A 標線に達した後の試験片の燃焼 ・鋼板、アルミ板、FRP、厚さ 3mm 以上の木製の板（合板を含む）及び天然の皮革は難燃性の材料とみなす。
基本性能	強度	引張強度	JIS K7161	部材中の最大引張応力に対して十分な安全率が確保されること。
		曲げ強度	JIS K7171	部材中の最大曲げ応力に対して十分な安全率が確保されること。
	剛性	弾性率	JIS K7161	既存樹脂より比剛性が高く、高い軽量化率がえられること
		曲げ弾性率	JIS K7171	既存樹脂より比剛性が高く、高い軽量化率がえられること
	耐熱性	融点	JIS K7121	PP 同等以上 最大表面温度 105℃に耐え、変形しないこと
		熱伝導率	JIS A1412	従来樹脂同等以上
		体積膨張率	ISO 6801	従来樹脂同等以下
		線膨張率	JIS K7197	鉄、アルミと同水準であること
	吸水性	吸水率	JIS K7209	従来樹脂同等以下
	加工性	MFR(マルチフローインデックス)	JIS K7210	従来熱可塑性樹脂同等以上
		塗装膜密着度	JIS K5600	クロスカット法 6 段階のうち、「どの格子の目にもはがれがない」
高品位外観性	着色性	JIS K7102	カーボンアーク燈光に対しての変退色が少ないこと	
安全性能	難燃性	燃焼速度	JIS D1201	燃焼しないか、燃焼速度が 100 mm/分以下であること
	衝撃性		—	衝突時の破片でシャープエッジが生じないこと
	衝突安全性	側面衝突時のエネルギー吸収	—	衝撃吸収対策がとられていること
環境性能	低燃費性	軽量化率	JIS D 1012	軽量化率が 25%以上であること
	低炭素性	CO ₂ 削減効果(LCCO ₂)	JIS Q 14040	商用化段階において従来製品に比べて、LCCO ₂ が減少する
	リサイクル性	<ul style="list-style-type: none"> ・部品点数 ・マテリアルリサイクル回数 ・サーマルリサイクル時の排出係数 	—	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
経済性	経済性	製造原価	—	商用化段階において従来製品に比べて、加工費を含めた製造原価が安価となる可能性がある

表 4-20 洗濯槽・パルセータに関する評価項目と必要水準（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 ₂ 削減効果 (LCA レベル)	JIS Q14040	既往文献の合計 CO ₂ 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

表 4-21 発泡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 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 ² 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 ² 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 ² ・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 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 ₂ 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 ₂ 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

表 4-22 自動車分野に関連するモデル事業で設定されている評価項目・評価方法(1/2)

受託者名	素材	用途	受託者により設定されている評価項目・評価方法	環境省が設定した評価項目
パナソニック (製造工程)	PP+CNF	スカッフプレート	<ul style="list-style-type: none"> ・ CNF 複合樹脂による成形サンプルを薄肉化することで重量を軽量化後、機械的特性(JIS 規格)及び車載信頼性試験を実施し従来材 PP との比較評価を実施 ・ CNF 複合樹脂にて従来材 PP と同等以上の機械的特性を確保し、且つ、製品重量を 15%軽量化 ・ 全乾式製法による CNF 複合樹脂材料の性能が従来材料を上回る 引張弾性率：従来材料(100%PP)比 1.3 倍以上 引張強度：従来材料(100%PP)比 1.03 倍以上 	設定なし
トクラス	WPC+CNF	インパネ周辺材	<ul style="list-style-type: none"> ○性能評価 <ul style="list-style-type: none"> ・ 量産したコンパウドの評価、汎用射出成形機で成形できる流動性を確保できる(MFR=5g/10min以上) レシピ条件をフィードバック ・ 量産 CNF 添加コンパウドにて汎用射出成形機で試作した成形体を用い機械的特性の評価を実施 ・ 量産試作で得られた CNF 添加 WPC 部品について、耐久評価(疲労試験水候等)を実施 ○リサイクル性評価 <ul style="list-style-type: none"> ・ CNF 添加 WPC 廃材としては、成形後の成形体を粉砕したものをういエクステリア用 WPC コンパウドへ添加、その成形性を評価 ・ 実際に量産で製造した CNF 添加 WPC 廃材添加エクステリア WPC の機械的特性等エクステリア用途の基本特性を評価 ○経済性評価 <ul style="list-style-type: none"> ・ 実際の製造ラインにて 100 円/kg以下の製造コストで CNF 入木粉が生産できること ・ 既存設備を用いたコンパウド量産を実施し、300 円/kg以下の製造コストで生産できること ・ 実際の自動車部品を試作し、既存素材であるタルク充填プラスチックと同等以下の製造コストで生産できること 	設定なし ※インパネは設定あり
愛媛大学	PMMA+CNF	ライトカバー等 (外装材)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 全光線透過率 90%以上 ・ バンクチャ衝撃試験を実施(既存のものと比較) 	設定なし
九州大学	PP+CNF	バンパー	<ul style="list-style-type: none"> ・ PP に CNF 5%配合で弾性率が 2 倍以上のナノコンポジット ・ 既存のものより性能が低下しない 	表 4-18 参照
		トリム	※同上	表 4-19 参照

表 4-22 自動車分野に関連するモデル事業で設定されている評価項目・評価方法(2/2)

受託者名	素材	用途	受託者により設定されている評価項目・評価方法	環境省が設定した評価項目
第一工業製薬	LIB+CNF	リチウムイオン二次電池水系化正極	<ul style="list-style-type: none"> ・小型積層セル (0.3~0.5Ah) での 10C 放電保持率 80%以上 (評価条件はアイドリングストップ車用鉛蓄電池に規定される ABA S0101 を模擬) ・複合バインダー膜の引張強度試験を実施 (既存のものと比較) ・現行の CMC に CNF を添加することにより難分散性導電剤の分散効率化が可能か試験を実施 ・CNF 添加による塗料分散性向上、電極物性向上効果を確認 	設定なし ※リチウムイオン電池ケーシングの設定はあり
トヨタ車体	PP+CNF	バッテリーキャリア	<ul style="list-style-type: none"> ・耐熱性試験 (エンジンルーム内の温度でも外観不良、変形なきこと) ・冷熱繰り返し試験 (外観不良、変形なきこと) ・振動試験 (走行距離 10 万 km~20 万 km を想定し、割れなど以上なきこと) ・落錘試験 (ボンネットを開けて工具など落下したことを想定、割れなど異常なきこと) 	設定なし
		パワーライドドアユニット	<ul style="list-style-type: none"> ・ドア作動性 (スライドドア開閉時に異常なきこと) ・耐熱性試験 (夏の炎天下の温度を想定。スライドドア開閉時に異常なきこと) ・冷熱繰り返し試験 (温度変化の繰り返し部品に与える影響。スライドドア開閉時に異常なきこと) ・ヒートショック試験 (高温と低温で急激な温度変化の中で、スライドドア開閉時に異常なきこと) 	設定なし

表 4-23 家電分野に関連するモデル事業で設定されている評価項目・評価方法

受託者名	素材	用途	受託者により設定されている評価項目・評価方法	環境省が設定した評価項目
パナソニック (性能評価)	PP+CNF	センターピラー (冷蔵庫)	<ul style="list-style-type: none"> ・熱変形評価、伝熱評価、荷重変形評価を実施 ・冷蔵庫への適用部品向け金型設計・製作を行い、各項目 (金型内充填パターン、圧力分布、ウェルドライン、ヒケ予測、エアートラップ発生予測、反り発生予測) の評価を実施 	設定なし ※冷蔵庫全体は設定あり
		クロスレール (冷蔵庫)	<ul style="list-style-type: none"> ・形状の剛性を構造解析により評価 ・CNF 15%複合材で作製した 12 種類のサンプルに対して、荷重を加えた際の XYZ 各方向の変位量を構造解析により算出 	設定なし ※冷蔵庫全体は設定あり
		脱水受け (洗濯機)	<ul style="list-style-type: none"> ・現状の形状を用いて材料を変更だけの解析を実施 ・リサイクル性の検証 (選別方法の比較、機械特性試験、ベース樹脂の熱履歴による分子量の測定) 	表 4-20 参照 (洗濯槽・パルセータ)

表 4-24 住宅建材分野に関連するモデル事業で設定されている評価項目・評価方法

受託者名	素材	用途	受託者により設定されている評価項目・評価方法	環境省が設定した評価項目
静岡大学	セルロース+CNF 軽量コンクリート (CNF発泡)	外壁構成材料	<ul style="list-style-type: none"> 外壁構成材料全体の熱貫流率 $0.35\text{w}/\text{m}^2\text{k}$ 以下 CNF入りセルロース系断熱材の空隙状態の評価 	設定なし
	FRP+CNF グラスウール+CNF	天井部材 (補強材料)	<ul style="list-style-type: none"> 天井部材全体の熱貫流率 $0.22\text{w}/\text{m}^2\text{k}$ 以下 CNF入りグラスウール系断熱材の空隙状態の評価 (実施予定) 天井化粧板に求められる強度の評価 (理論計算モデル) 	設定なし
	WPC+CNF ウレタン+CNF セルロース+CNF	床材	<ul style="list-style-type: none"> 床部材全体の熱貫流率 $0.33\text{w}/\text{m}^2\text{k}$ 以下 CNF添加床材 (発泡射出成形品) の熔融粘度 (MFR) の評価 連続生産における MFR の安定性の検証 	設定なし
	ウレタン+CNF 軽量コンクリート (CNF発泡)	内壁構成材料 (ウレタン系断熱材+軽量コンクリート)	<ul style="list-style-type: none"> 内壁構成材料全体の熱貫流率 $0.29\text{w}/\text{m}^2\text{k}$ 以下 CNFによる空隙制御能効果の評価 気孔率と相対弾性率の関係の評価 (理論計算モデル) 軽量コンクリートにおけるCNF添加による補強効果の検証 	表 4-21 参照 (発泡断熱材)
	ウレタン+CNF、等	浴室 (ボード系ウレタン断熱材等)	<ul style="list-style-type: none"> 浴室壁部品の熱貫流率 $1.86\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ 以下、浴室天井部品の熱貫流率 $0.57\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ 以下 CNF添加ウレタン発泡体及びCNF添加吹付系ウレタン発泡体におけるCNF添加量とコア密度の関係の評価 	設定なし

※本事業では、既存の住宅建材に「仕様変更」レベルでCNFを適用することが前提のため、各建材に求められる要求性能・評価項目のクリアは前提として、上記評価項目を設定している。

4.2.3 達成されていない場合の対応策の提案

調査の結果、全ての受託者について、事業の進捗・達成見込みに問題がないこと、大きな課題が生じていないこと、適切な評価項目が設定されていることが確認された。一方、実現目標については特に環境省が設定した実現目標について、全ての受託者が十分に理解していない状況が確認された。

このため、受託者全体についての課題及び改善策を以下のようにまとめた。

表 4-25 各事業の実施計画等に対する達成状況についての全体課題及び改善策

項目	課題	改善策	
進捗状況・事業終了時の達成見込み	<ul style="list-style-type: none"> モデル事業の範囲内で課題はない 実際に製品化する際は、具体的な製品を確定させ、要求される物性値を設定した上で、目標をクリアする必要がある 	<ul style="list-style-type: none"> 具体の製品及び要求性能の確定 要素技術の場合、製品メーカーと連携し、具体の製品の確定・要求性能等の情報を得るなど体制の構築 	
課題	人的資源	※特段の課題は発生していない	
	設備	<ul style="list-style-type: none"> 新規設備の導入が難しく、より効果の高い実証が難しい。設備導入の負担が大きい 性能評価を行う設備が不足しており、遠方に出向いて評価を行うなど、負担が生じている可能性がある 	<ul style="list-style-type: none"> 個々の事業への補助等は難しい 実証に使える設備についての情報を収集し、実証者間に共有するなどの側面支援を実施 設備の不足は、安定的なCNFサプライチェーンの構築が促進されることで、必然的にCNF製造メーカーが増えるため、段階的に解決されていくと想定される
	原材料	<ul style="list-style-type: none"> 比較検証用のCNF原料が調達できない 	<ul style="list-style-type: none"> 事業間の調整の実施 将来的には、供給者を増やすことが必要だが、そのためにCNF市場に関する情報プラットフォームの構築が必要（供給主体、物性情報、価格、供給可能量などのデータベースの構築など） ※省庁連絡会議・ナノセルロースフォーラム等との連携を検討
	実証方法	<ul style="list-style-type: none"> 実証方法に関し、大きな変更を伴う事業はなかった 事業によっては、強度・複合化率・透過率・CO₂削減効果など、関連する物性値等の目標値がそもそも設定されていないものもある 	<ul style="list-style-type: none"> 目標値を設定する、又は関連する物性値に関する評価を併せて実施する ※採択の条件でない項目を追加設定することはできないが、必要な評価・情報は共有してもらおう ※実証者間に限らず、CNFの各基準等が統一されていない現状があることから、バイオプラ等も含めた業界団体の設立等により、将来的に基準の統一化に繋げていくことが必要
実現目標	<ul style="list-style-type: none"> 環境省が設定した実現目標に関する認知度が低いとため、内容の理解が必要 CO₂削減効果について、前提条件を含めた共通認識、及び適切な効果推計が必要 	<ul style="list-style-type: none"> 環境省が設定した実現目標に関し、改めて周知を行い（意見交換会で実施済）、受託者側は目標に近づけるよう効果検証方法も含め検討を行い、実証に反映させる CO₂削減効果について、前提条件を含めた共通認識、及び適切な効果推計を行う（LCAレベルで推計） ※事務局側で、算定方法のフォローアップなどを適宜実施した 	

4.3 CO₂削減効果の検証・評価

4.3.1 各モデル事業のCO₂削減効果の評価方法・検証方法の整理

(1) 各モデル事業の評価・検証の実施

各モデル事業の実現目標については、使用段階のCO₂削減効果は「地球温暖化対策事業効果算定ガイドブック」をベースに、ライフサイクルのCO₂削減効果は、環境省が平成27・28年度に策定したLCAガイドライン（案）をベースに算定することが求められるが、受託者によって算定のベースや算定にあたっての各種条件や考え方に差異があると考えられることから、平成28年度まで実施した報告書及び受託者ヒアリングを実施し、各事業が用いた評価方法を整理し、評価結果に特に影響を与える要素を抽出し、どの程度までベースを揃えることが妥当かなど、全体としての是正レベル及び方針を検討・整理した。なお、受託者ヒアリングの実施概要について、ヒアリングの対象及び実施日等を表4-26に、ヒアリング内容を表4-27に示す。

表4-26 モデル事業受託者ヒアリング対象及び実施日（再掲）

代表事業者	ヒアリング実施日
パナソニック株式会社（製造工程）	8月24日（場所：パナソニック生産技術本部）
第一工業製薬株式会社	8月30日（場所：第一工業製薬本社）
トヨタ車体株式会社	8月30日（場所：トヨタ車体寿新規開発センター）
パナソニック株式会社（性能評価）	9月1日（場所：パナソニック生産技術本部）
国立大学法人愛媛大学	9月13日 （場所：愛媛大学紙産業イノベーションセンター）
国立大学法人静岡大学	9月15日（場所：静岡大学浜松キャンパス）
トクラス株式会社	9月15日（場所：静岡大学浜松キャンパス）
国立大学法人九州大学	9月19日（場所：九州大学箱崎キャンパス）

表 4-27 受託者へのヒアリング内容

対象	確認項目	内容
(1) CO ₂ 削減量の評価方法	1) 評価範囲及びシステム境界の設定方法	製品開発範囲におけるプロセスデータの収集をしているか。 CO ₂ 削減量の算定が、原材料調達～廃棄（リサイクル）までの製品ライフサイクルの各段階で設定・評価されているか 設定されていない場合、その理由は何か。また、今後データを収集するなどして算定する予定があるか
	2) 算定対象及び算定条件等の妥当性	算定対象及び比較対象の設定は妥当であるか またそれらの算定条件について妥当であるか
	3) 算定データの適切性	算定に使用する（した）データは適切であるか （実証で得られたデータを使用、推計データを使用、推計データの場合は年次や項目などが適切か、など）
(2) 環境省の算定方法等との整合状況	1) LCA ガイドラインとの整合状況	現在実施している CO ₂ 削減量の算定方法がH27年度（自動車）、H28年度（家電、住宅建材）に環境省が作成したLCAガイドライン（案）と整合は取れているか 整合が取れていない場合、整合をとる予定はあるか。
	2) CO ₂ 削減量の実現目標	10%以上の CO ₂ 削減量が見込まれるか

(2) 是正レベルの整理

前項(1)で実施した、過年度の報告書及び受託者ヒアリングを通して見えた課題としての是正レベルの高いものを表 4-28 の通り整理した。特に是正レベルの高い課題として、マネジメントにおけるガイドラインの周知徹底がなされていなかった点があった。

表 4-28 ヒアリング結果に基づく課題としての是正レベルの整理

分類	是正レベルの高い課題
マネジメント	ガイドラインが周知・活用されていない
	算定結果公表による不利益の可能性（削減率が低い場合など）
	置換想定部品名が企業機密であるなど、対外秘の情報範囲が広い
ガイドラインへの不一致	電力や副資材のバックグラウンドデータが統一されていない
	感度分析を実施していない
データ収集	技術的な評価時点が不明瞭（現時点か量産時か）
	CNF等のデータ収集
	製造設備等の負荷の算定の実施

4.3.2 是正方針・是正案の提案

(1) 是正方針の検討

整理実施した受託者ヒアリング後、個別にガイドラインに係る質疑等に対応を行った。その結果および対応する全体としての是正方針を検討し、表 4-29 に整理した。なお、CO₂削減効果算定に関する課題は表 4-30 に示したヒアリング等の結果によるものである。

表 4-29 CO₂削減効果算定に関する是正方針

No.	CO ₂ 削減効果算定に関する課題	是正方針
1	仕様書作成段階でガイドラインがほしい	提供関係者へ可能な限り早期に情報を通知し、活用をサポートする
2	電力原単位については、仕様書で決めてしまったため、ガイドラインで指定された数値と若干異なる	
3	算定結果公表による不利益の可能性（削減率が低い場合など）	算定結果の取扱い方法を事前に明示する。また、具体的なCO ₂ に関する数値は非公開にする。
4	置換想定部品名が企業機密であるなど、対外秘の情報範囲が広い	必要に応じて一般的な機密保持契約等を締結しつつ、特に機密性の高い情報については抽象化するなどして取り扱う
5	実証段階、初期普及段階での評価は、特に生産設備等の資本財の負荷が大きくなる。	実証・初期普及段階での資本財の評価においては、資本財の推計が難しいため、資本財評価を評価対象外とする
6	資本財による評価ができない・難しい	
7	事業計画を策定する初期段階から外部のLCA専門家が参画することを前提にした、もしくはサポートデスクの設置を前提とした方がよい	関係事業によりサポートする
8	自社範囲以外、例えば輸送等を細かく算定の実施できないため、仮想シナリオ、ガイダンスがほしい	関係事業によりLCA専門家によるサポートを行う。将来的には参考となる具体例などの公開を検討する。
9	ベースラインの設定方法のガイド等がほしい	
10	感度分析実施のためのガイダンスがほしい	
11	比較する製品と比較して同等、もしくは影響度が小さい場合、評価を除外できる簡易算定手法をガイドラインで認めてほしい	比較対象と比べ、同等もしくは影響が小さい場合には、そのプロセスにおける評価範囲を対象外とする、簡易算定手法を導入する
12	機能単位の設定において、より妥当性があると判断された場合、ガイドラインで記載されている以外の設定を認めてほしい。	ガイドラインにおいては自動車であれば10年10万kmと設定されているが、妥当な理由がある場合は他の方法についても認める
13	技術的な評価時点が不明瞭（現時点か量産時か）	前提条件を明記した上で、社会実装段階の設備等を仮定することを可能とする
14	CNF等のデータ収集	主要なCNF製造原単位データについては、共通的に利用することが望ましいため、原単位データの作成・提供をする

次に、表 4-30 に具体的な個々の事業における是正が必要な要素と是正案を示した。当該是正案については各受託者へ提案した。各受託者が本是正案に対応することで、CO₂削減効果の算定方法がガイドラインの各要求事項へ完全に合致し、適切な検証・実証が行われると見込まれる。

表 4-30 個々の事業における是正が必要な要素と是正案の提案

No.	受託者	是正が必要な要素	是正案
1	【A】、【B】、【C】、 【D】、【E】、【F】、 【G】、【H】	仕様書作成段階でガイドラインがほしい	ガイドラインの周知。 今後は提供関係者へのできるだけ早期での通知、活用のサポートをする。仕様書で具体的な値を指示する場合は仕様書の値を優先する。
2	【A】	仕様書で示す電力原単位とガイドラインで指定されたものと数値と異なる	
3	【B】、【C】、【D】、 【H】	算定結果公表による不利益の可能性（削減率が低い場合など）	受託者が公開を希望しない場合は具体的な数値を非公開とする。
4	【A】、【B】、【C】、 【D】、【E】、【F】、 【G】、【H】	置換想定部品名が企業機密であるなど、対外秘の情報範囲が広い	受託者が公開を希望しない場合は具体的な置換想定部品名等を非公開とする。
5	【E】	実証段階、初期普及段階での評価は、特に生産設備等の資本財の負荷が大きくなる。	資本財を評価対象外とする。（（2）個々の課題への是正案①にて詳説）
6	【A】、【B】、【C】、 【D】、【E】、【F】、 【G】、【H】	資本財による評価ができない・難しい	
7	【B】	事業計画を策定する初期段階から外部の LCA 専門家が参画することを前提にした、もしくはサポートデスクの設置を前提とした方がよい	本事業において電話、メール等により随時サポートをする
8	【H】	自社範囲以外、例えば輸送等を細かく算定の実施できないため、仮想シナリオ、ガイダンスがほしい	本事業において電話、メール等により随時サポートをする。
9	【B】、【H】	ベースラインの設定方法のガイド等がほしい	
10	【B】、【C】、【H】	感度分析実施のためのガイダンスがほしい	
11	共通	比較する製品と比較して同等、もしくは影響度が小さい場合、評価から除外できる算定手法をガイドラインで認めてほしい	比較対象と比べ、同等もしくは影響が小さい場合には、評価範囲をカットオフする。（（2）個々の課題への是正案②にて詳説）
12	共通	機能単位の設定において、より妥当性があると判断された場合、ガイドラインで記載されている以外を設定を認めてほしい。	現在、自動車であれば 10 年 10 万 km とあるが、妥当な理由がある場合、その方法についても可能とする
13	共通	技術的な評価時点が不明瞭（現時点か量産時か）	前提条件を明記した上で、社会実装段階の設備等を仮定することを可能とする
14	共通	CNF 等のデータ収集	現在利用可能な CNF のデータを調査する。（（2）個々の課題への是正案③にて詳説）

*具体的な受託者名は非公開とした。

(2) 個々の課題への是正案

1) 資本財評価に関する検討・提案

環境省が作成した既存の「セルロースナノファイバーを用いた自動車製品に関する LCA ガイドライン (案) 平成 28 年 3 月」及び「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) 平成 29 年 3 月」の両ガイドラインでは、図 4-1 に示す通り原材料調達、製造等に生産設備の評価項目が盛り込まれている。

製品開発フェーズでは、スモールスケールでの生産設備となることが多く、資本財の環境影響が CNF 1kg 等に割り振ると大きくなる可能性があり、かつ資本財に係るデータ収集が非常に難しい。一方で、量産化フェーズではオリジナルプロセスと同様に割合が小さくなる可能性が高い。CNF 製造はいくつかの生産方法が確立されているものの、量産化まで行っている製品が少ないのが現状である。現段階における CNF の LCA ガイドラインは CNF 製品の推進も意味も含まれている。そこで、CNF 生産設備の影響が明らかに多いことが認められない場合、生産設備等の資本財を評価対象外とする提案を行った。

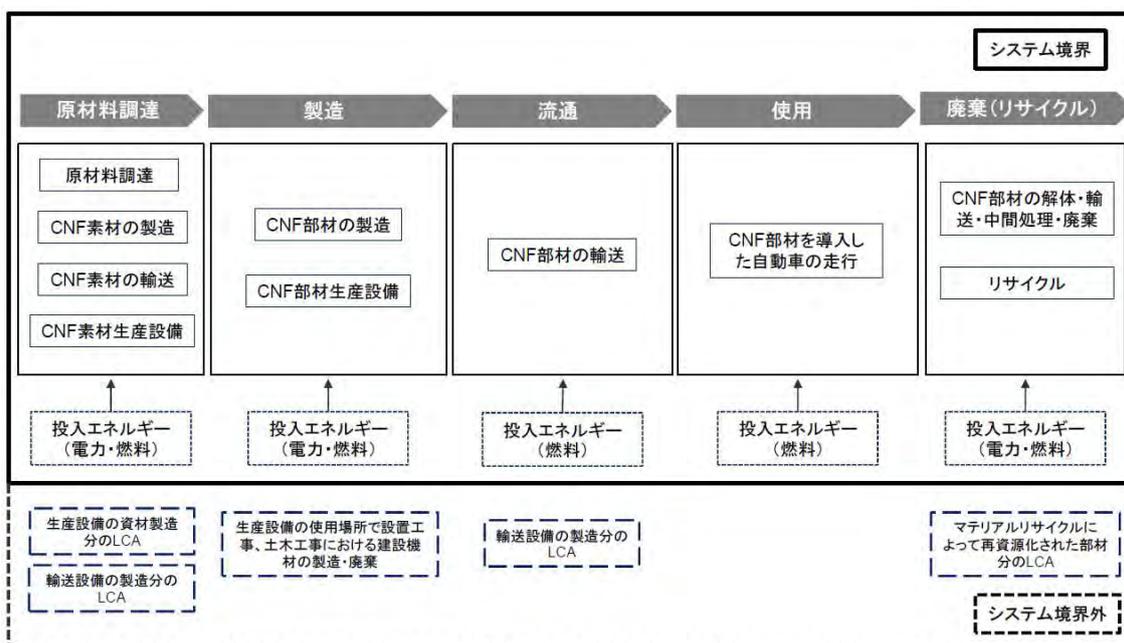


図 4-1 既存の LCA ガイドラインにおけるシステム境界図

2) 簡易算定手法の検討・提案

ライフサイクルを通じて評価するには製造から廃棄に至るまでのデータ収集が必要となる。しかし、算定を実施する受託者の範囲外に関しては情報が少なく、データ収集に非常に時間を要するケースが多い。また、CO₂の削減量の評価においては、評価対象プロ

セスのデータだけでなく、比較対象となるオリジナルプロセスのデータ収集も必要となる。

そのため、CO₂削減効果等を評価する手法として、日本 LCA 学会が発行する「温室効果ガス排出削減貢献量算定ガイドライン, 2015 年 2 月 24 日」、World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) の下部にある WBCSD chemicals が発行する「Addressing the Avoided Emissions Challenge, 2013」や、川崎市が発行する「域外貢献量算定ガイドライン」があるが、これら手法では「簡易算定手法」が示されている。そのイメージ図を図 4-2 に示す。

簡易算定手法とは、算定を簡略化するため、削減効果を有する評価対象製品がベースラインとなるオリジナルプロセスと比較して、同一段階や、類似プロセスを有しており、温室効果ガス排出量に差がないと認められる場合には、それらの算定を省略することが可能とする方法である。なお、簡易算定手法にて CO₂ 削減量を求めた場合、ライフサイクルの特定範囲間での比較となるため、削減割合を示す場合は数値が大きくなるため、CO₂ 削減率の表示・解釈には注意が必要である。

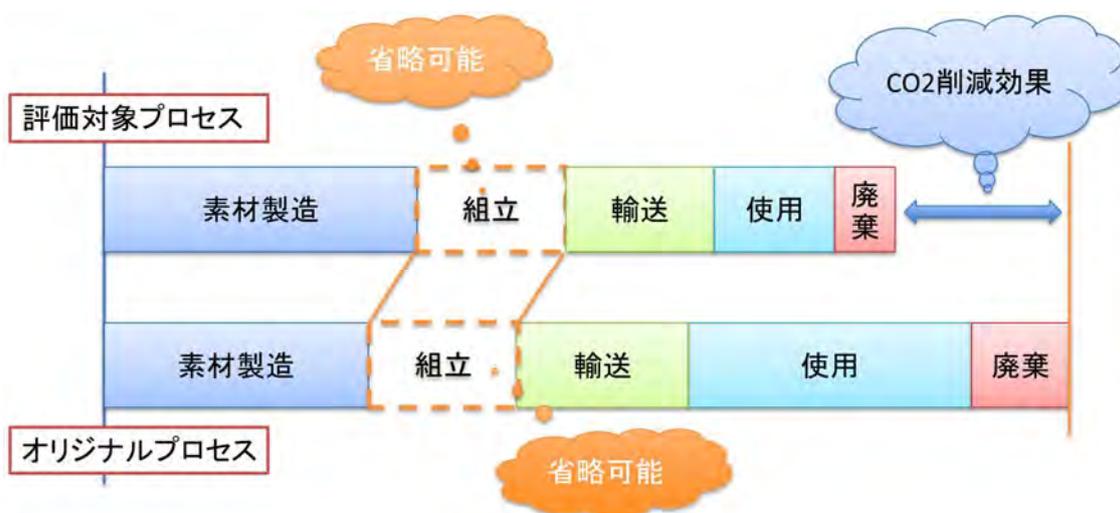


図 4-2 簡易算定手法のイメージ図

3) CNF 製造時の CO₂ 排出原単位に関する検討

CNF 原単位は、結果に大きく影響するデータであるが、製造方法が多く、かつ量産化されているものが少ないため、LCA に係るデータが少ないのが現状である。査読付き論文では複数の CNF 製造時の CO₂ 排出量が報告されている。表 4-31 に CNF 関連の論文の概要を整理した。これら論文ではラボレベルのデータ分析が大部分であり、量産化を考慮した文献は 1 件 (Moon et al. 2017) であった。Moon et al. 2017 の概要を図 4-3 に示した。本事例では、CNF 製造時における CO₂ 排出量を 7.597kg-CO₂e/dry kg-CNF と報告している。CNF と他の素材は強度等の機能が違うため単純に比較すること

は望ましくないが、参考までに 1kg 当たりの他のプラスチック製品との比較結果を図 4-4 に示した。他のプラスチックの製造原単位については、同文献内の値を用いている。Moon et al. 2017 が報告した CNF 製造時の CO₂ 排出量は、ポリカーボネート (PC) より低いものの、他の PP、ABS、PVC と比較すると若干 CO₂ 排出量が高い結果となった。なお、本原単位は資源調達から製品製造までを対象としており、廃棄に係る影響は含まれていない。

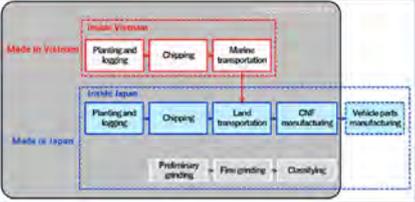
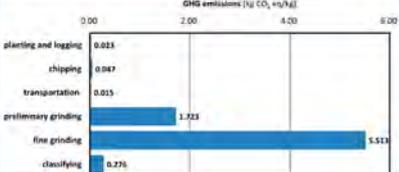
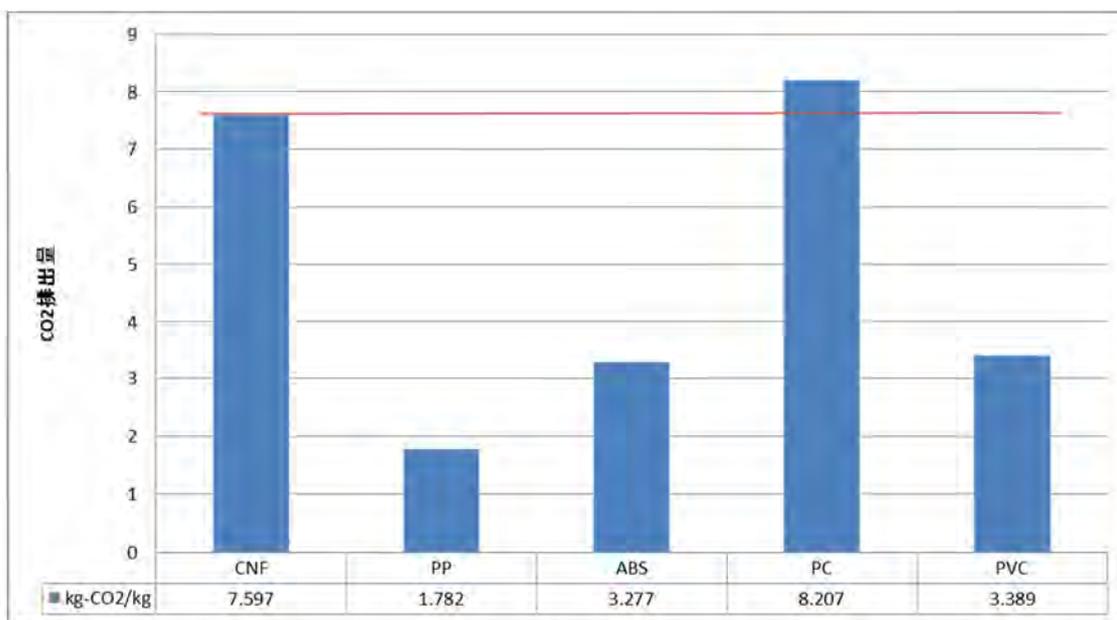
<p>文献</p>	<p>Moon, D.; Sagisaka, M.; Tahara, K.; Tsukahara, K. Progress towards Sustainable Production: Environmental, Economic, and Social Assessments of the Cellulose Nanofiber Production Process. <i>Sustainability</i> 2017, 9, 2368.</p>	
<p>システム境界</p>	<p>システム境界は、植林・伐採～CNF 製造までであり、自動車部品の製造はシステム境界外となっている。試算においては、多少ではあるが、量産を考慮したプラントによる試算が実施されている。</p>	
<p>CNF製造方法</p>	<p>メカノケミカル法によるCNF製造</p>	
<p>試算結果</p>	<p>7.597 kg-CO₂eq / dry kg-CNF</p>	

図 4-3 CNF 原単位掲載論文内容



引用: Moon, D.; Sagisaka, M.; Tahara, K.; Tsukahara, K. Progress towards Sustainable Production: Environmental, Economic, and Social Assessments of the Cellulose Nanofiber Production Process. Sustainability 2017, 9, 2368.

図 4-4 他のプラスチックとの CO₂ 排出量比較

また、ラボレベルではあるものの、CNF原単位として記載されている文献一覧を表 4-30 に示す。製造方法は文献ごとに違っているが、CNF 1kg 当たりで数百 kg の CO₂ を排出するとの結果が多かった。量産化を想定した CNF 原単位については 1 件データがあったものの、製造方法が多く提案・生産されているため、引き続き原単位の検討が必要である。

表 4-31 CNF 文献一覧

セルロースナノファイバーの種類	セルロースナノファイバーの製造方法	セルロースナノファイバーの抽出	セルロースナノファイバーの抽出方法	セルロースナノファイバーの抽出方法	セルロースナノファイバーの抽出方法	セルロースナノファイバーの抽出方法	セルロースナノファイバーの抽出方法
セルロースナノファイバーの種類	TEMPO漂白 (TO), クロロ漂白エーテル化 (CE), ホモソルーション (HO), 黄化 (SO)	電解酸化 (electrooxidation), 湿式紡糸法 (wet spinning)	酵素法 (enzymatic), 化学法 (chemical)	酵素法 (enzymatic), 化学法 (chemical)	酵素法 (enzymatic), 化学法 (chemical)	酵素法 (enzymatic), 化学法 (chemical)	酵素法 (enzymatic), 化学法 (chemical)
主な製造方法	TEMPO漂白 (TO), クロロ漂白エーテル化 (CE), ホモソルーション (HO), 黄化 (SO)	電解酸化 (electrooxidation), 湿式紡糸法 (wet spinning)	酵素法 (enzymatic), 化学法 (chemical)	酵素法 (enzymatic), 化学法 (chemical)	酵素法 (enzymatic), 化学法 (chemical)	酵素法 (enzymatic), 化学法 (chemical)	酵素法 (enzymatic), 化学法 (chemical)
研究者	Li, Q., McGinnis, S., Sykora, C., Wong, A., and Bunning, S.	Hewry, M., Evangelisti, S., Letten, P., and Lee, K.	Piccinini, F., Fischer, R., Sager, S., and Sun, C.	Nasiment, D. M., Dai, A. F., Awad, J. C. P., Reis, M. F., Morik, M. C. D., and Figueiredo, M. C.	Yoshida, M., Kato, M., and Imai, Y.	Yoshida, M., Kato, M., and Imai, Y.	Yoshida, M., Kato, M., and Imai, Y.
所属機関	Virginia Tech, 米国	Imperial College London, 英国	スイス連邦材料研究所 (EMPA), スイス	京都大学 (Kyoto University), 日本	京都大学 (Kyoto University), 日本	京都大学 (Kyoto University), 日本	京都大学 (Kyoto University), 日本
発行年	2013	2013	2013	2013	2013	2013	2013
タイトル	Noncellulosic life cycle assessment	Life cycle assessment of nanocellulose-reinforced advanced fiber composites	Life cycle assessment of a new technology to extract, functionalize and orient cellulose nanofibers from wood	A new approach to produce cellulose nanofibers from wood	Life cycle assessment of cellulose nanofibers production by mechanical treatment and two different post-treatment processes	Life cycle assessment of cellulose nanofibers production by mechanical treatment and two different post-treatment processes	Life cycle assessment of cellulose nanofibers production by mechanical treatment and two different post-treatment processes
目録	ACS Sustainable Chemistry & Environment	Composites: Science and Technology	Sustainable Chemistry and Technology	Journal of Cleaner Production	Journal of Cleaner Production	Journal of Cleaner Production	Journal of Cleaner Production
論文の主旨	GNF製造における化学的処理・物理的処理の各段階のライフサイクル評価 (LCA) を行った。トランプ、黄化、酸化、ホモソルーション、黄化の各段階について、異なる抽出方法のライフサイクル評価を比較した。	ナノセルロース強化繊維のライフサイクル評価 (LCA) を行った。繊維の抽出、繊維の処理、繊維の複合化の各段階について、異なる抽出方法のライフサイクル評価を比較した。	ナノセルロース抽出のための新しい技術のライフサイクル評価 (LCA) を行った。繊維の抽出、繊維の処理、繊維の抽出の各段階について、異なる抽出方法のライフサイクル評価を比較した。	ナノセルロース抽出のための新しい技術のライフサイクル評価 (LCA) を行った。繊維の抽出、繊維の処理、繊維の抽出の各段階について、異なる抽出方法のライフサイクル評価を比較した。	ナノセルロース抽出のための新しい技術のライフサイクル評価 (LCA) を行った。繊維の抽出、繊維の処理、繊維の抽出の各段階について、異なる抽出方法のライフサイクル評価を比較した。	ナノセルロース抽出のための新しい技術のライフサイクル評価 (LCA) を行った。繊維の抽出、繊維の処理、繊維の抽出の各段階について、異なる抽出方法のライフサイクル評価を比較した。	ナノセルロース抽出のための新しい技術のライフサイクル評価 (LCA) を行った。繊維の抽出、繊維の処理、繊維の抽出の各段階について、異なる抽出方法のライフサイクル評価を比較した。
セルロースナノファイバーの抽出方法	不明	不明	不明	不明	不明	不明	不明
セルロースナノファイバーの抽出方法	不明	不明	不明	不明	不明	不明	不明
対象プロセス	不明	不明	不明	不明	不明	不明	不明
パラメータ/データ	不明	不明	不明	不明	不明	不明	不明
パラメータ/データの注釈	不明	不明	不明	不明	不明	不明	不明
対象プロセス	不明	不明	不明	不明	不明	不明	不明
パラメータ/データ	不明	不明	不明	不明	不明	不明	不明
パラメータ/データの注釈	不明	不明	不明	不明	不明	不明	不明
対象プロセス	不明	不明	不明	不明	不明	不明	不明
パラメータ/データ	不明	不明	不明	不明	不明	不明	不明
パラメータ/データの注釈	不明	不明	不明	不明	不明	不明	不明
対象プロセス	不明	不明	不明	不明	不明	不明	不明
パラメータ/データ	不明	不明	不明	不明	不明	不明	不明
パラメータ/データの注釈	不明	不明	不明	不明	不明	不明	不明
対象プロセス	不明	不明	不明	不明	不明	不明	不明
パラメータ/データ	不明	不明	不明	不明	不明	不明	不明
パラメータ/データの注釈	不明	不明	不明	不明	不明	不明	不明

(3) モデル事業受託者における是正案提供及びサポートの実施

前節で整理した是正案を受託者に提示し、適切な検証・実証ができるようサポートした。具体的には、各受託者へのヒアリング実施時にガイドラインの周知を行うと同時に、CO₂削減効果算定の技術的サポートを行う旨を伝えた。受託者からは自動車部品（具体名は秘匿）製造時の一般的な素材構成、加工時のエネルギー消費量、CO₂排出量などについて問い合わせがあり、適宜関係文献の紹介、データの提供を行った。また、システム境界の設定方法や機能単位の考え方など、LCA実施上の技術的課題に関する問い合わせに対し、ガイドラインを解説しつつ具体的な解決方法を適宜サポートした。

4.4 技術熟度の調査

TRA の概要と導入目的と TRA 評価結果を整理した後、TRA 評価結果を踏まえた改善案（事業終了時 TRA4 相当）、TRA 評価結果を踏まえた改善案（商用化前 TRA6 相当）に関する検討を実施した。

4.4.1 TRA の概要と導入目的

TRA の概要と導入目的を図 4-5 に示す。

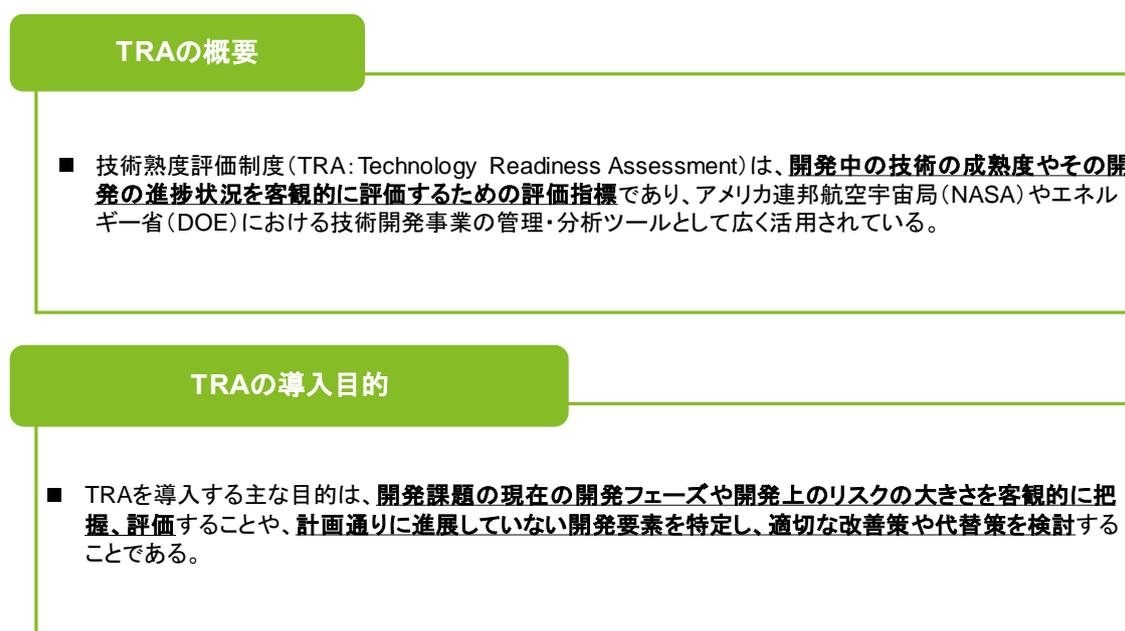


図 4-5 TRA の概要と導入目的

TRA（技術熟度評価制度）は、開発中の技術の成熟度やその開発の進捗状況を客観的に評価するための評価指標であり、NASA や DOE における管理・分析ツールとして活用されている。

TRA は、現在の開発フェーズや開発上のリスクの大きさを把握・評価することや、適切な改善策・代替策を検討するために使用するものであり、事業の良し悪しを判断するために使用するものではない。

次に、TRA の概要の参考として、TRL の定義を図 4-6 に示す。

レベル	定義	開始時の状況	アウトプット	実験環境	フェーズ
8	製造・導入プロセスを含め、開発機器・システムの改良が完了しており、製品の量産化又はモデルの水平展開の段階となっている。	最終製品／最終地域モデルの性能の把握	最終製品／最終地域モデル	—	量産化／水平展開
7	機器・システムが最終化され、製造・導入プロセスを含め、実際の導入環境における実証が完了している。	実用型プロトタイプの実環境での性能の確認	—	実際の導入環境	フィールド実証
6	機器・システムの実用型プロトタイプ／実用型地域モデルが、実際の導入環境において実証されており、量産化／水平展開に向けた具体的なスケジュール等が確定している。	実用型プロトタイプの基本性能の把握	実用型プロトタイプ／実用型地域モデル	—	—
5	機器・システムの実用型プロトタイプ／実用型地域モデルが、実際の導入環境に近い状態で実証されており、量産化／水平展開に十分な条件が理論的に満たされている。	限定的なプロトタイプの基本性能の把握	—	実際に近い導入環境	模擬実証
4	主要な構成要素が限定的なプロトタイプ／限定的な地域モデルが機器・システムとして機能することが確認されており、量産化／水平展開に向けた必要となる基礎情報が明確になっている。	試作部品／試験的モデルの性能の把握	限定的なプロトタイプ／限定的な地域モデル	実験室・工場	実用研究
3	主要構成要素の性能に関する研究・実験が実施されており、量産化／水平展開に関するコスト等の分析が行われている。	主要な構成要素の機能の確認	主要構成要素の試作部品／試験的モデル	—	応用研究
2	将来的な性能の目標値が設定されており、実際の技術開発に向けた情報収集や分析が実施されている。	要素技術の基本特性の把握	報告書・分析レポート等	—	—
1	要素技術の基本的な特性に関する論文研究やレポート等が完了しており、基礎研究から応用研究への展開が行われている。	基本原理の明確化	論文・報告書等	—	基礎研究

図 4-6 TRL の定義

TRA レベル（以降 TRL）は、8 段階で定義されており、TRL6（実用型プロトタイプの基本性能の把握）以上を、商用化の水準としている。

さらに、TRA の概要の参考として、TRA 質問事項を表 4-32 に示す。

表 4-32 TRA 質問事項 (1/2)

分野	質問番号	質問事項
A 市場	A-1	機器・システムの顧客や地域モデルの利用者等ユーザーが想定できているか。
	A-2	販売対象となる顧客層や地域モデルの利用者等ユーザーその特性（購買力等）が検討できているか。
	A-3	対象となる顧客・利用者等ユーザー層のニーズを把握するための手法または体制が整備されているか。
	A-4	普及に向けた障害となりうる規制や規格、認定制度、安全基準等の具体的な内容を把握しているか。
	A-5	開発技術の開発・普及を後押しすると考えられる政策目標や政策支援、公的なロードマップ等の内容を把握しているか。
	A-6	市場展開に必要な販売・供給体制または運営体制を検討しているか。
	A-7	実際の導入環境における実証結果を踏まえ、販売・供給等を行う事業者や、地域モデルの展開に係る体制が確保されているか。
B 開発	B-1	機器・システムや地域モデルの核となる開発技術の科学的な原理や仮説等が論文や報告書、内部資料等で示されているか。
	B-2	基本的な構成要素及び主要機能に関して、機器・システムまたは地域モデルのシステムフローや基本的な設計案が作成されており、開発に利用可能な人材、フィールド試験の実施場所等を特定できているか。
	B-3	主要な構成要素の試作部品または試験的モデルを作成済みであり、それらからデータを取得できているか。
	B-4	構成要素を統合した機器・システムの限定的なプロトタイプまたは限定的な地域モデルを作成済みであり、実用型プロトタイプまたは実用型地域モデルの開発に必要な部材・システム等の調達先を検討されているか。
	B-5	機器・システムの実用型プロトタイプまたは実用型地域モデルを作成済みであり、実際に近い導入環境で諸性能や使用制約が把握されているか。
	B-6	機器・システムの実用型プロトタイプまたは実用型地域モデルの実際の導入環境における諸性能や使用制約を把握しており、最終製品または最終地域モデルの作成に必要な準備が完了しているか。
C 統合	C-1	各構成要素が機器・システムや地域モデルとして統合された状態で機能することを、既往研究を含む論文研究や報告書、類似製品・システム等により確認できているか。
	C-2	各構成要素が機器・システムや地域モデルとして統合された状態で機能することを、試験やモデリング・シミュレーションによって検証済みであるか。
	C-3	実際に近い導入環境において、機器・システムの実用型プロトタイプまたは実用型地域モデルにおける構成要素間の適合性を確認できているか。
	C-4	実際の導入環境において、機器・システムの実用型プロトタイプまたは実用型地域モデルにおける各構成要素間の適合性を確認できているか。
D 検証	D-1	開発課題の核となる技術特性に関するデータ及び基本原理が、既往研究を含む論文や内部資料、類似製品・システム等により検証されているか。
	D-2	各構成要素の機器・システムや地域モデルとしての実現性に関する分析結果が、既往研究を含む論文や内部資料、類似製品・システム等において確認されているか。
	D-3	主要な構成要素の性能の予測値を、主要構成要素の試作部品または試行的な地域モデルを用いた試験やモデリング・シミュレーションによって算出できているか。
	D-4	限定的なプロトタイプまたは限定的な地域モデルに統合された各構成要素の性能・機能が実現されているか、試験により確認できているか。
	D-5	実用型プロトタイプまたは実用型地域モデルの性能や機能、CO ₂ 削減効果等が実現されているか、実際に近い導入環境において検証されているか。
	D-6	実用型プロトタイプまたは実用型地域モデルの性能や機能、CO ₂ 削減効果等が実現されているか、実際の導入環境において検証されているか。

表 4-32 TRA 質問事項 (2/2)

分野	質問番号	質問事項
E 安全性	E-1	機器・システム又は地域モデルが導入・運用された際の、潜在的な危険性（例：火災、漏洩、落下、爆発、剥脱、サイバー攻撃等）を把握できているか。
	E-2	潜在的な危険性（例：火災、漏洩、落下、爆発、剥脱、サイバー攻撃等）を回避するための施策を検討しているか。
	E-3	潜在的な危険性（例：火災、漏洩、落下、爆発、剥脱、サイバー攻撃等）を回避するための機器・システムの機能やセーフガードを開発済み、あるいは調達済みであるか。
	E-4	潜在的な危険性（例：火災、漏洩、落下、爆発、剥脱、サイバー攻撃等）を回避するための機能に関する検証を、機器・システムの実用型プロトタイプ又は実用型地域モデルを用いて実施されているか。
F 事業化	F-1	本事業終了後の量産化または水平展開を見据えた事業計画となっているか。
	F-2	機器・システムの量産化に係る製造方法のコンセプトを検討しているか。または、地域モデルの水平展開に係るコンセプトを検討しているか。
	F-3	実際に近い導入環境における実証結果を踏まえ、機器・システムの量産化に向けた製造面における主要な技術的課題を把握できているか。または、地域モデルの水平展開に向けた主要な課題を把握できているか。
	F-4	実際の導入環境における実証結果を踏まえ、機器・システムの量産化に向けた主要な課題を解決できているか。または、地域モデルの水平展開に向けた主要な課題を解決できているか。
G コスト/ リスク	G-1	製品コストまたは地域モデルの導入コストの目標値を設定しているか。
	G-2	開発工程に係るリスクを考慮した事業化スケジュールを策定しているか。
	G-3	実際に近い導入環境における実証結果を踏まえ、最終製品のコストまたは最終地域モデルの導入コストを試算できているか。
	G-4	実際の導入環境における実証結果を踏まえ、事業化に向けた正確な最終製品のコスト、あるいは最終地域モデルの導入コストを算出できているか。

TRL は、市場・開発・統合・検証・安全性・事業化・コスト/リスクの全 7 分野の質問事項に対する回答結果をもとに判定している。

また、TRA の概要の参考として、TRA 結果の活用方法を図 4-7 に示す。

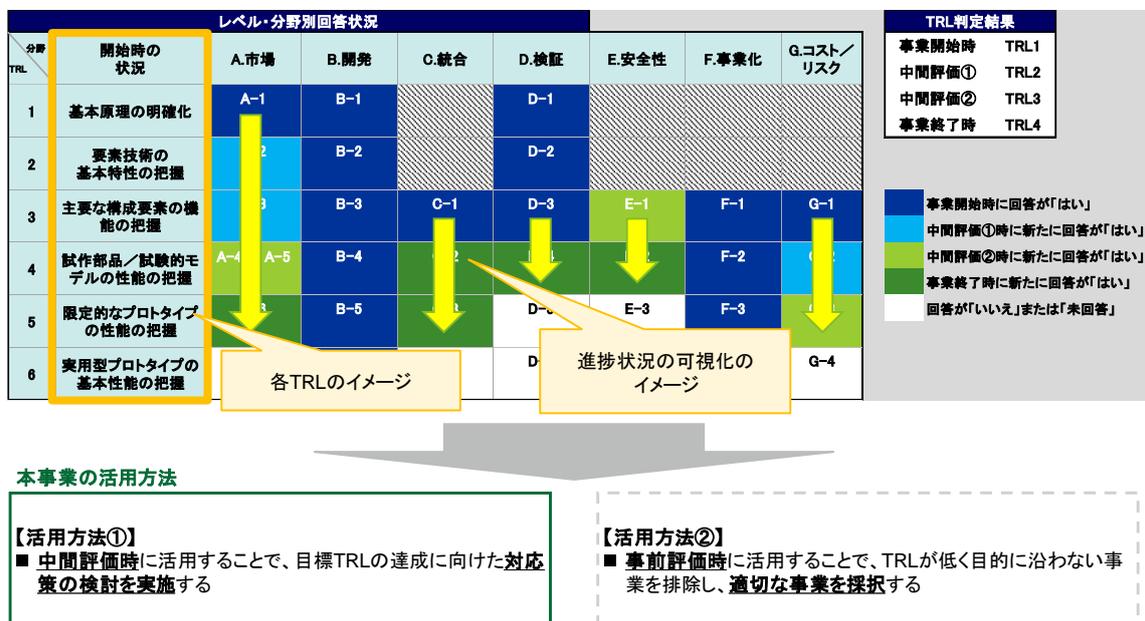


図 4-7 TRA 結果の活用方法

TRA の活用方法には①「中間評価時に活用することで、目標 TRL の達成に向けた対応策の検討を実施する」、②「事前評価時に活用することで、TRL が低く目的に沿わない事業を排除し、適切な事業を採択する」、の 2 種類があるが、本事業においては、①である TRA により進捗状況を可視化し、目標 TRL の達成に向けた対応策の検討を実施する。

4.4.2 TRA 評価結果

平成 27～29 年度 C N F 活用製品の性能評価事業委託事業、平成 27～29 年度 C N F 製品製造工程の低炭素化対策の立案事業、平成 28 年度 C N F 性能評価モデル事業（自動車関連分野）、平成 28 年度 C N F 性能評価モデル事業（家電。住宅建材分野）事業委託、平成 28 年度 C N F 製品製造工程の低炭素化対策の立案事業、の計 5 事業に対する中間評価時の TRA 評価を実施した。

TRA 評価結果を図 4-8 に示す。

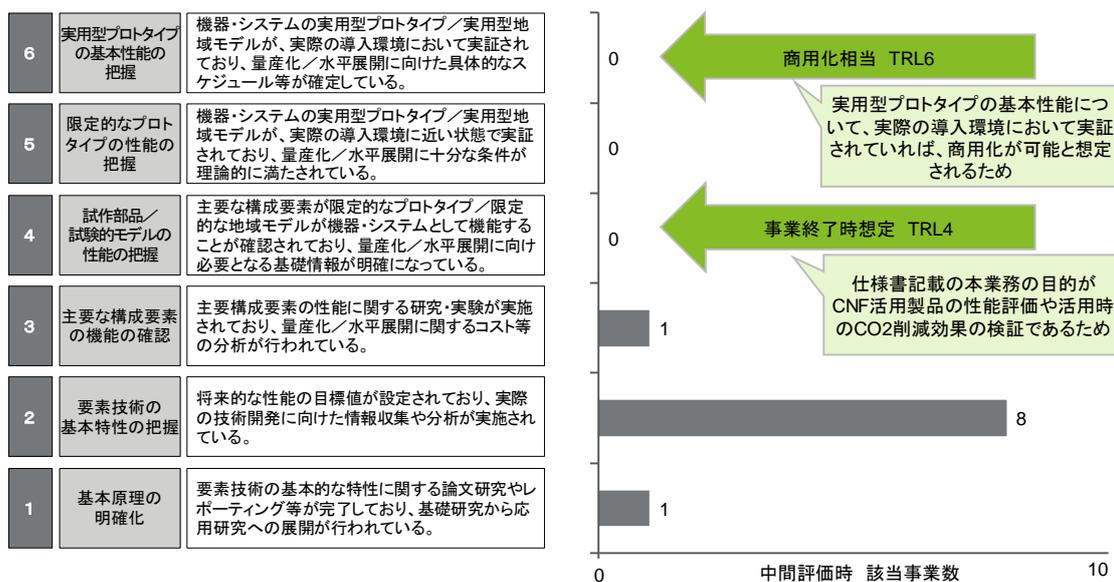


図 4-8 TRA 評価結果

現状では、TRL 1 が 1 事業、TRL 2 が 8 事業、TRL 3 が 1 事業存在しており、C N F 活用製品の性能評価や活用時の CO₂ 削減効果の検証を行う事業終了時想定 TRL 4 に達している事業者は、現時点ではいない状況である。

なお、守秘義務の観点から回答時に根拠を示すことが難しいため回答が「いいえ」となり、TRL レベルが低くなるケースもある。

4.4.3 TRA 評価結果を踏まえた改善案（事業終了時 TRA4 相当）

事業終了時 TRA4 相当に向けた、TRA 未実施項目の整理、TRA 未実施項目に関するヒアリング内容と TRA 評価結果を踏まえた改善案の検討、事業終了に向けた方策の検討を実施した。

まず、事業終了に向けた TRA 未実施項目を図 4-9 に示す。

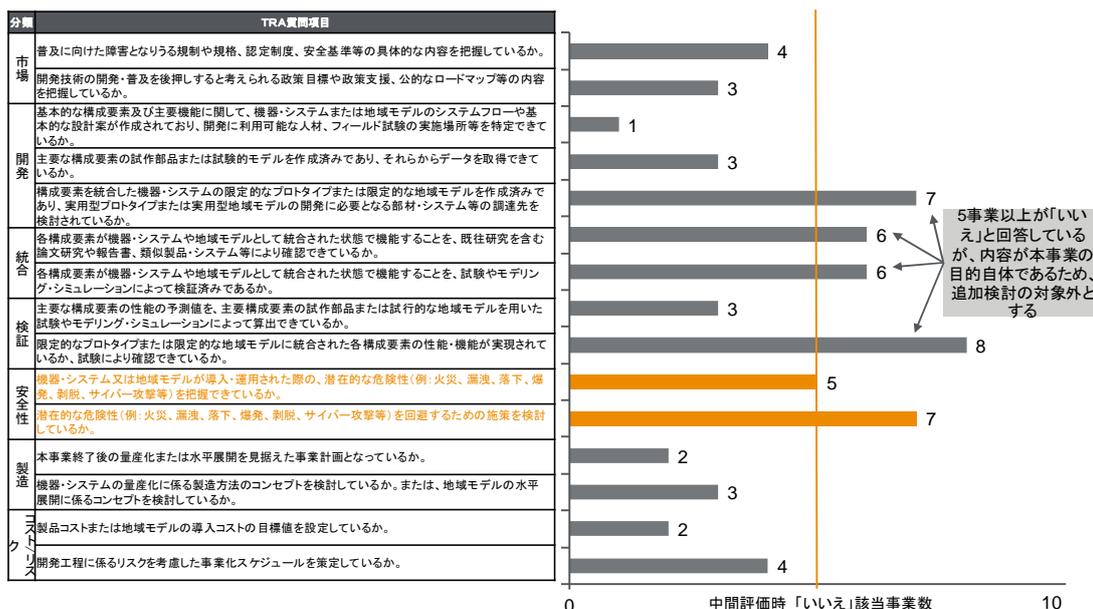


図 4-9 事業終了に向けた TRA 未実施項目

事業終了に向けて必要な項目への回答を「いいえ」としている受託者数が過半数を超える、潜在的な危険性（例：火災、漏洩、落下、爆発、剥脱、サイバー攻撃等）の回避策の検討については、現時点からの実施が望ましい。

また、開発・統合・検証に関する項目についても、回答を「いいえ」としている受託者数が過半数を超えるが、内容が本事業の目的自体となるためここでは追加検討の対象外としている。

次に、TRA 未実施項目に対するヒアリング結果と TRA 結果を踏まえた改善案を図 4-10 に示す。

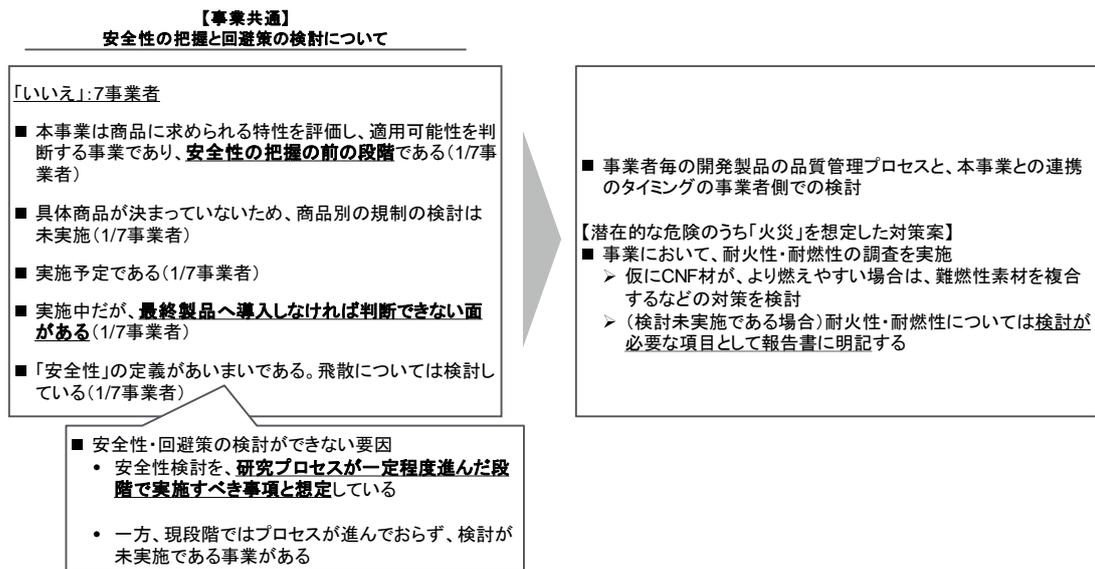


図 4-10 ヒアリング結果と TRA 結果を踏まえた改善案

安全性の把握と回避策の検討について未実施である受託者にその要因をヒアリングした結果、「安全性検討を、研究プロセスが一定程度進んだ段階で実施すべき事項と想定しており、現段階ではプロセスが進んでおらず、検討が未実施」であるという要因が判明した。

上記ヒアリング結果を踏まえた改善案としては、「受託者毎の開発製品の品質管理プロセスと、本事業との連携のタイミングの受託者側での検討」が考えられる。

また、潜在的な危険のうち「火災」を想定した対策案としては、「事業において耐火性・耐燃性の調査を実施」とした上で、仮にCNF材がより燃えやすい場合は、「難燃性素材を複合するなどの対策を検討」が考えられる。

さらに、検討未実施である場合は、「耐火性・耐燃性については検討が必要な項目として報告書に明記」することが考えられる。

次に、事業終了に向けさらに検討を進めるための方策を図 4-11 に示す。

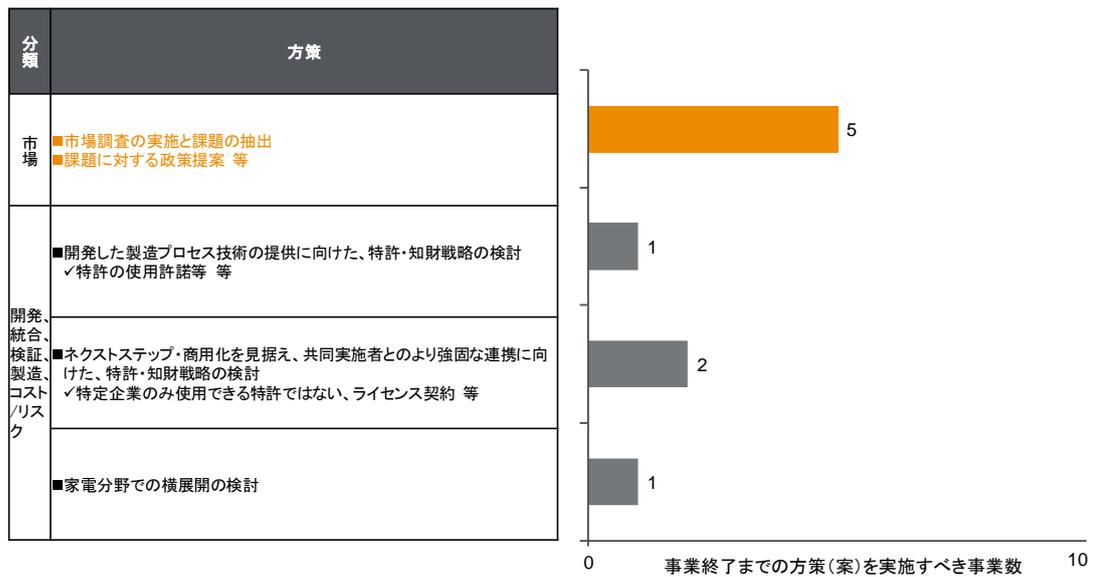


図 4-11 事業終了に向けた方策：全事業

事業終了に向け、さらに検討を進めるために実施すべき改善案としては、半数の事業について「市場調査の実施・課題の抽出、課題に対する政策提案」が考えられる。

4.4.4 TRA 評価結果を踏まえた改善案（商用化前 TRA6 相当）

商用化時 TRA6 相当に向けた、TRA 未実施項目の整理、TRA 未実施項目に関するヒアリング内容と TRA 評価結果を踏まえた改善案の検討、事業終了に向けた方策の検討を実施した。

まず、商用化に向けた TRA 未実施項目を図 4-12 に示す。

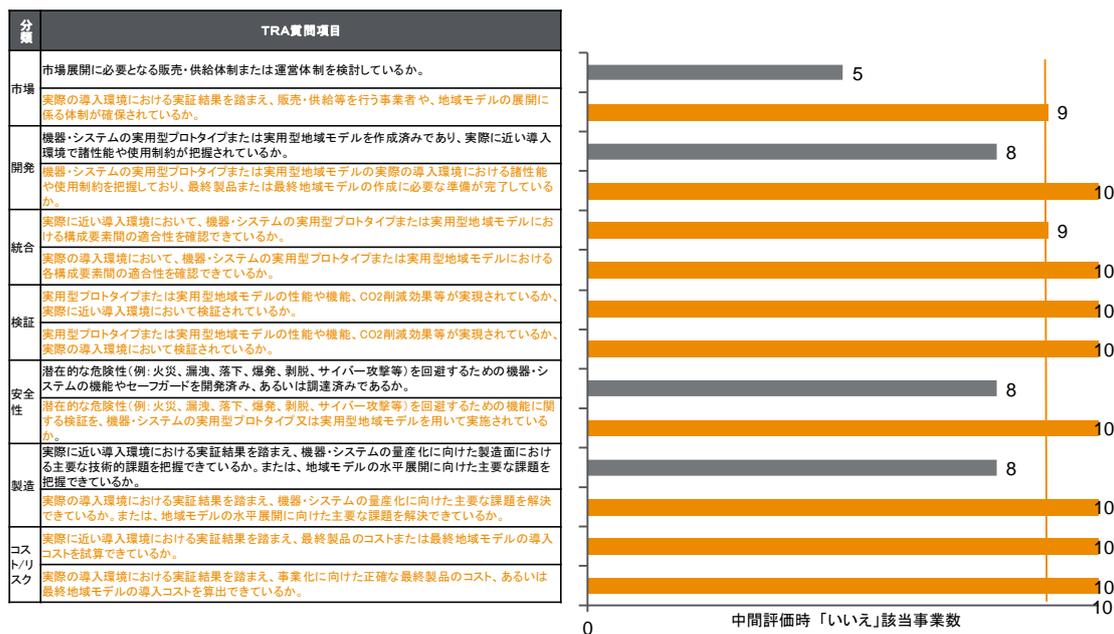


図 4-12 商用化に向けた TRA 未実施項目：全事業

商用化に向けて必要な項目への回答を「いいえ」としている受託者数が過半数を超える、実用型プロトタイプ・実際に近い導入環境での実証については継続実施が必要であり、また、市場販売運営体制の検討も必要となる。

次に、TRA 未実施項目に対するヒアリング結果と TRA 結果を踏まえた改善案を図 4-13 に示す。

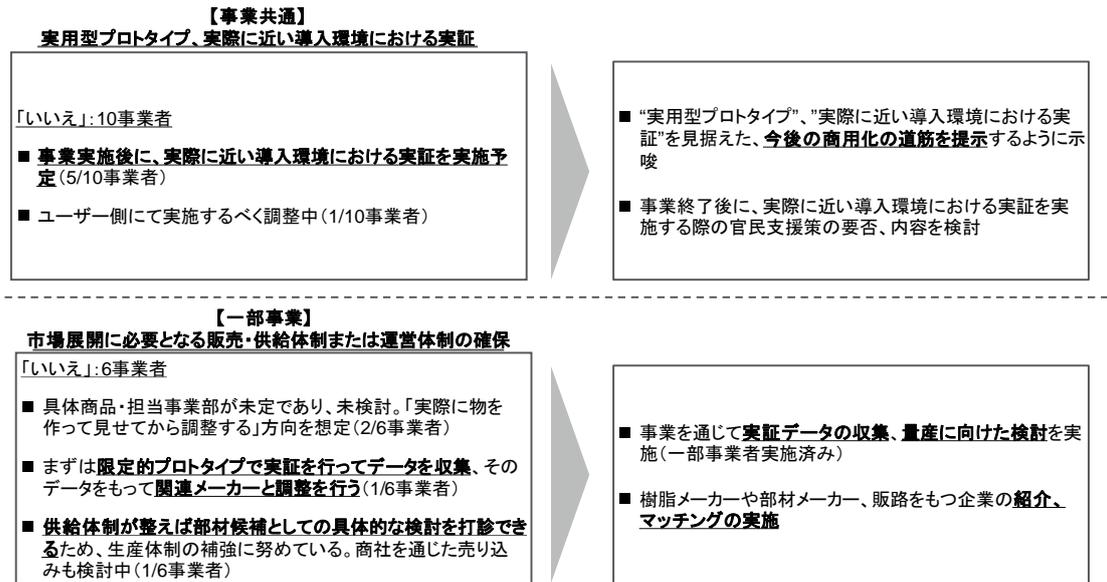


図 4-13 ヒアリング結果と TRA 結果を踏まえた改善案

実用型プロトタイプ・実際に近い導入環境における実証について未実施である受託者にその要因をヒアリングした結果、「事業実施後に、実際に近い導入環境における実証を実施予定である」、もしくは「ユーザー側にて実施するべく調整中」という要因が判明した。

上記ヒアリング結果を踏まえた改善案としては、「“実用型プロトタイプ”、“実際に近い導入環境における実証”を見据えた、今後の商用化の道筋を提示するように示唆”することや、「事業終了後に、実際に近い導入環境における実証を実施する際の官民支援策の要否、内容を検討”することが考えられる。

また、市場展開に必要な販売・供給体制または運営体制の確保について未実施である受託者にその要因をヒアリングした結果、「具体商品・担当事業部が未定であり、未検討。「実際に物を作って見せてから調整する」方向を想定」「まずは限定的プロトタイプで実証を行ってデータを収集、そのデータをもって関連メーカーと調整を行う」「供給体制が整えば部材候補としての具体的な検討を打診できるため、生産体制の補強に努めている。商社を通じた売り込みも検討中」であるという要因が判明した。

上記ヒアリング結果を踏まえた改善案としては、「事業を通じて実証データの収集、量産に向けた検討”を実施することや、「樹脂メーカーや部材メーカー、販路をもつ企業の紹介、マッチングの実施”が考えられる。

次に、商用化に向けさらに検討を進めるための方策を図 4-14 に示す。

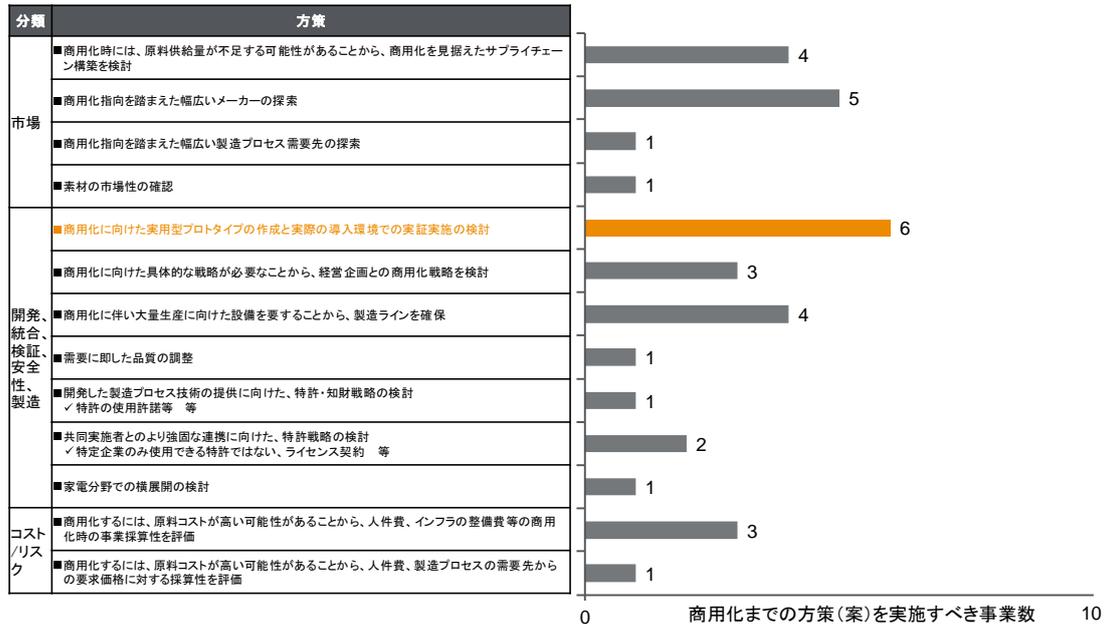


図 4-14 商用化に向けた方策：全事業

商用化に向け、さらに検討を進めるために実施すべき改善案としては、半数の事業について「実用型プロトタイプ作成と実際の導入環境での実証実施」が考えられる。

第5章 CNF 最新動向調査

本業務では、CNFにおける国内外の最新動向を調査し、環境省として必要な今後の対応策を検討した。本章ではその内容を示す。

5.1 国内外のCNF最新動向の整理

本節では、国内外のCNF最新動向について調査を行った。

まず、国内外の最新動向調査の背景と目的を図5-1に示す。

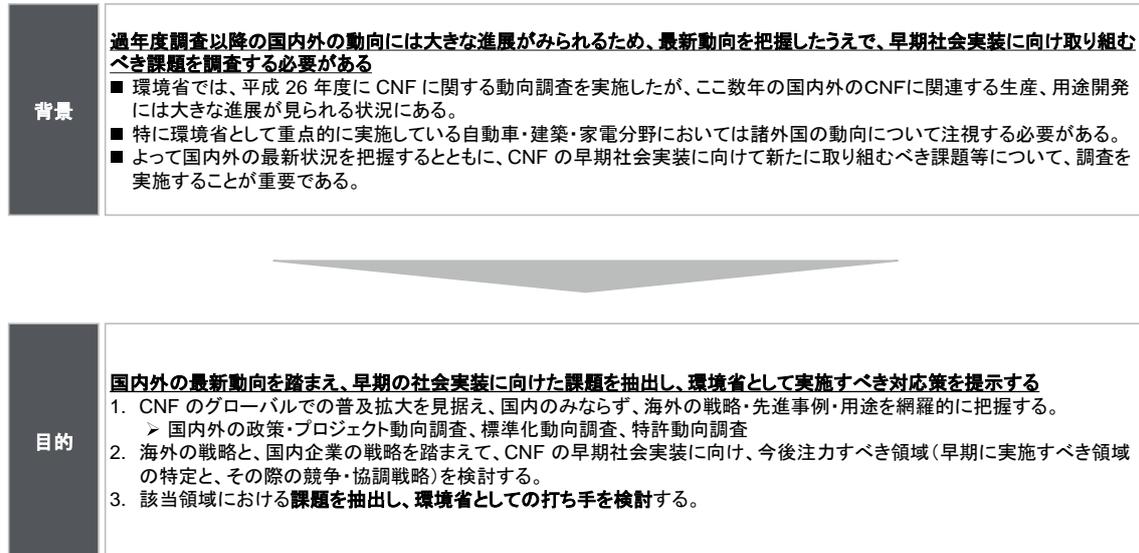


図5-1 本業務の目的と背景

過年度調査以降の国内外の動向には大きな進展がみられる中、国内外の最新動向を調査することで、CNFの社会実装への課題を抽出し、環境省としての対応策を提示することを目的とし、調査を実施した。

次に、本調査の調査対象全体像を表 5-1 に示す。

国内外の政策・プロジェクト動向、標準化動向、特許動向について、文献を主として調査を実施した。政策・プロジェクト動向については欧州を訪問し、海外ヒアリング調査を実施した。

表 5-1 本業務の調査対象

国内外区分	調査対象		
	政策・プロジェクト動向	標準化動向	特許動向
海外動向 	<div style="border: 1px dashed green; padding: 5px;"> <p>1 政策・プロジェクト 海外ヒアリング調査</p> </div>	<div style="border: 1px dashed green; padding: 5px;"> <p>3 標準化文献調査</p> </div>	<div style="border: 1px dashed green; padding: 5px;"> <p>4 特許文献調査</p> </div>
国内動向 	<div style="border: 1px dashed green; padding: 5px;"> <p>2 政策・プロジェクト 文献調査</p> </div>		

ヒアリング調査 文献調査

5.1.1 政策・プロジェクト海外ヒアリング調査

本項では、政策プロジェクト調査のうち、海外ヒアリング調査の結果を整理する。

(1) ヒアリングの目的・対象・日程

まず、ヒアリングの目的と、調査の選定基準、同基準の設定理由について図 5-2 に示す。

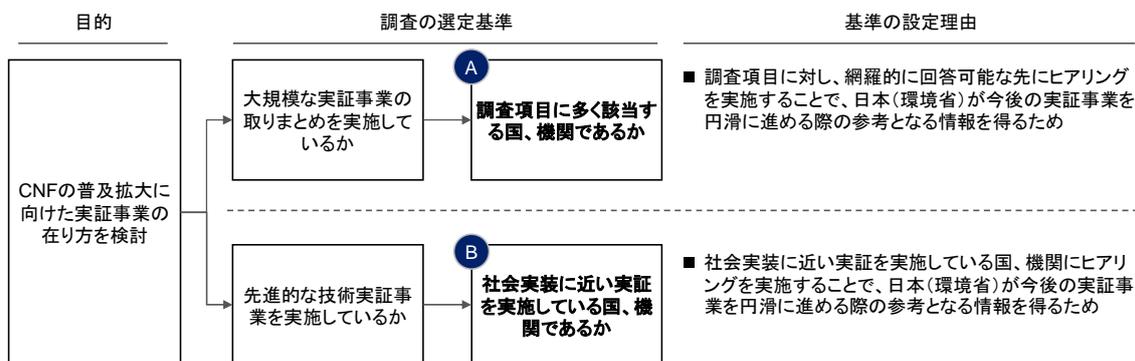


図 5-2 ヒアリングの目的と選定基準

ヒアリングにおいては、先進事例調査を通じて、CNFの普及促進に向け、実証事業の在り方を検討することを目的とし、調査を実施した。調査対象の選定基準としては後段で提示する「調査項目に多く該当する国、機関であるか」「社会実装に近い実証を実施している国、機関であるか」との2基準を設定した。

次にヒアリング対象を表 5-2 に示す。

表 5-2 ヒアリング対象

調査の選定基準	プログラム	プロジェクト
A 調査項目に多く該当する国、機関であるか	欧州委員会 Horizon2020	訪問先名: Fraunhofer プロジェクト名: SEAM
B 社会実装に近い実証を実施している国、機関であるか	CNFに対するポリシーはなく CNFのプログラムは存在しない	訪問先名: ELASTOPOLI プロジェクト名: AquaComp
	訪問先名: WoodWisdomNet プログラム名: JointCall4	訪問先名: RISE (前Innventia) プロジェクト名: ProNanoCell

「A 調査項目に多く該当する国、機関であるか」との基準からは RISE プロジェクトの取りまとめを実施している Fraunhofer を選定した。「B 社会実装に近い実証を実施している国、機関であるか」との基準からは、社会実装に近い実証を実施している JointCall4 プログラムを運営している WoodWisdomNet、社会実装に近い実証を実施している AquaComp プロジェクトを実施している Elastopoli 社、社会実装に近い実証を実施している ProNanoCell プロジェクトを実施している RISE を訪問先として選定した。

続いて、「A 調査項目に多く該当する国、機関であるか」について、本ヒアリング調査における細分化した調査項目と、それらからヒアリング先として適切と思われる候補を表 5-3 に示す。

調査項目を細分化したのち、回答先候補として重複が多く 4 項目に該当するフラウンホーファーを、図 5-2 に示す選定基準 A に基づくヒアリング先とした。

表 5-3 調査項目の細分化とヒアリング先の候補

調査項目#1	#2	概要(狙い)	ヒアリング先候補
管理体制	PJ成果に対する特許の取決めは何か 米国、カナダの管理体制はどのようなものか	<ul style="list-style-type: none"> ■ 日本においても、特許に関して明確に取り決めるべきではないか ■ 日本においても、参考とすべき管理体制があるのではないか 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 特許に関して取決めている国、機関 ✓ 欧州連合(フラウンホーファー) ■ 調査内容がN/Aの国、機関 ✓ 米国(USDA)、カナダ(NRC等)
	年一回の報告で遅延があった場合はどうするのか 進捗報告を4~5回実施することの有効性は何か 4~5回以上の頻度で進捗報告させることはあるのか カナダの進捗報告頻度はどのようなものか	<ul style="list-style-type: none"> ■ 日本においても、遅延があった場合の取り決めを決めるべきではないか ■ 日本においても、年一回以上の進捗報告を実施すべきではないか ■ 日本においても、参考とすべき進捗報告頻度があるのではないか 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 年一回進捗報告させている国、機関 ✓ 米国(USDA)、ノルウェー(RCN) ■ 複数回進捗報告している国、機関 ✓ 欧州連合(フラウンホーファー) ■ 複数回進捗報告している国、機関 ✓ 欧州連合(フラウンホーファー) ■ 調査内容がN/Aの国、機関 ✓ カナダ(NRC等)
進捗報告方法	オンライン進捗報告の意義及び内容は何か 公開の意義は何か	<ul style="list-style-type: none"> ■ 日本においても、オンラインで進捗報告させるのが良いのではないか ■ 日本においても、公開するのが良いのではないか 	<ul style="list-style-type: none"> ■ オンライン報告させている国、機関 ✓ カナダ以外の各国政府 ■ 公開している国、機関 ✓ 不明(ヒアリング時に確認)
	ワークショップ等を用いた進捗共有の意義は何か カナダの進捗報告方法はどのようなものか	<ul style="list-style-type: none"> ■ 日本においても、ワークショップ等を開催し、PJ間の情報共有を行うべきではないか ■ 日本においても、参考とすべき進捗報告方法があるのではないか 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ワorkshop等を実施する国、機関 ✓ 欧州連合、ノルウェー(RCN) ■ 調査内容がN/Aの国、機関 ✓ カナダ(NRC等)
	複数の官、PJ、共同実施者がいる事業を成功に導く秘訣はなにか	<ul style="list-style-type: none"> ■ 日本においても、複数の主体が絡むPJを効率よく実施できるのではないか 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 複数の主体で実施している国、機関 ✓ 各国政府 ✓ フラウンホーファー(共同20社)
その他事項	外郭団体を活用するPJはあるか(NEDO等) PJ結果を次のphaseに継続する評価基準)はなにか	<ul style="list-style-type: none"> ■ 日本においても、NEDO等を活用したPJを実施できるのではないか ■ 日本においても、継続の評価基準に生かすことができるのではないか 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 外郭団体を活用している国、機関 ✓ 不明(ヒアリング時に確認) ■ PJ結果を継続する国、機関 ✓ スウェーデン(VINNOVA)

次に、社会実装に近い実証を実施しているプログラムを選定するにあたり、欧州連合の主なプログラムを表5-4に示す。

下記のうち、高付加価値製品の一つとしてナノセルロースを位置付けており、かつ自動車向けのプロジェクトを採択している WoodWisdomNet による JointCall4 を表5-2に示す選定基準Bに基づくヒアリング先とした。

表5-4 欧州連合における主なプログラム

番号	機関	プログラム	プログラムの最終目標と目的	期間	取組状況
EU-A	EU	FP7	<ul style="list-style-type: none"> 各国独自の研究を超えて、EUとしての研究成果を出すことを目指す包括的な研究プログラム EU産業の技術力を向上し、国際的な競争力の向上を目指す 健康、食糧・農業・漁業・バイオ、ナノテクノロジー、エネルギー等10分野を対象とする包括的なプログラムであり、総予算は50,521百万ユーロである 	2007-2013	<ul style="list-style-type: none"> ナノセルロース関連のプロジェクトは2012年以降に4件、自動車やエレクトロニクス分野で採択されている 2007年は5.48billionを提出し、年々増加し、2013年には10.84billionを提出した 分野では通期でIGTへの拠出が最も多く8,172百万ユーロ、次いでIdeas7,229百万ユーロ、Health5,571百万ユーロであり、ナノマテリアル関連(NMP)は3,183百万ユーロであった
EU-B	EU	Horizon2020	<ul style="list-style-type: none"> FP7の後継であり、農業、エネルギー、交通等包括的な開発支援プログラムであり、総予算は77,028百万ユーロである 産業界と連携し社会課題の解決策を模索すること、イノベーションの障害を取り除き社会普及を促進することを目指す 「ナノテクノロジーに関する先進的な素材と製造(Nanotechnologies, Advanced Materials and Production, NMP)」等にて、CNF/CNCIに関する開発を支援している 	2014-2020	<ul style="list-style-type: none"> ナノセルロース関連のプロジェクトは2015年に自動車をターゲットとし、ガラス繊維補強材代替部材を開発するプロジェクトを採択している 直近2年で76,400以上の提案のうち、約9,200のプロジェクトが採択されており、採択率は約12%となっている 2016年9月までに9,000以上の協定が締結され、その総額は15,900百万ユーロであった
EU-C	WoodWisdomNet	Joint Call 4 (JC4)	<ul style="list-style-type: none"> 森林分野での各国のプログラムを統合し、欧州域内の研究を促進するコンソーシアム 2004年から公募、支援をしており、JC4では23件採択されている 森林管理、産業プロセス、高付加価値製品、競争力ある手法とのテーマの中で、高付加価値製品の一つとしてナノセルロースを扱っている 	2013-2017	<ul style="list-style-type: none"> ナノセルロース関連のプロジェクトは2014年にラポレベルの研究が2件、医薬品・ヘルスケアと自動車分野で採択されている

出典：EC、CORDIS

また、社会実装に近い実証を実施しているプロジェクトを選定するにあたり、欧州連合におけるプロジェクト一覧を表 5-5 に示す。

自動車関連のプロジェクト 3 件のうち、実用段階にある EU-05 の Elastopoli による AquaComp プロジェクト、応用段階ではあるが完成車メーカーが参画している Innventia (現 RISE) による ProNanoCell プロジェクトの 2 件を、表 5-2 に示す選定基準 B に基づくヒアリング先とした。

表 5-5 欧州連合におけるプロジェクト

番号	プログラム番号	参画主体(企業等)	共同事業者(企業)	プロジェクト名	期間	予算(百万NOK)	ターゲット分野	技術種類	開発段階	プロジェクト概要
EU-01	EU-A	INSTITUTO TECNOLOGICO DEL EMBALAJE, TRANSPORT Y LOGISTICA	N/A	MIMEFUN (Biomimetics for Functions and Responses)	2012-2017	745	N/A	部材(複合材)製造	基礎	植物のもつ自己配列型の構造は機械的な強度が高い。そうした植物擬態構造を構成する自己配列型の複合材について、CNCやCNFを用いて補強すると耐熱性や収率などの機能を改善することが明らかになった。
EU-02	EU-A	Teknologian tutkimuskeskus VTT	AXON AUTO MOTIVE LIMITED他	INCOM (Industrial Production Processes for Nanoreinforced Composite Structures)	2013-2017	1,574	パッケージ、自動車、航空機	素材製造、部材(複合材)製造	応用	産業規模での、NFC解凍技術、NFCによる補強、複合材の開発を目指す。パッケージや自動車、航空分野への展開を目指す。バイオ発泡体をNFCで補強することでPU発泡体と同程度の強度を示し、フタネットにNFCを添加することで湾曲性能を改善できた。また、NFCを複合させることでガラス繊維と同程度の強度を実現できる見込みである。
EU-03	EU-A	KUNGLIGA TEKNISKA HOEGSKOLAN	N/A	NANOPAD (Nano cellulose based paper diagnostic devices)	2013-2017	1,243	エレクトロニクス	部材(複合材)製造	応用	紙を用いた電子的な診断ツールに活用するセルロースフィルムを開発する。当初はナノセルロースを想定していたが、マイクロサイズのセルフファンで透明性等の性能は足りることがわかった。
EU-04	EU-A	LTM-CNRS	obduct, ,	GREENANOFILMS (Development and application of ultra-high resolution nano-organized films by self-assembly of plant-based materials for next generation opto- and bio-electronics)	2014-2017	4,958	エレクトロニクス	素材製造、部材(複合材)製造	応用	光学エレクトロニクス、バイオエレクトロニクス向けの、バイオ素材を用いたナノ構造フィルムを開発する。9つのプログラムのうち、WP3とWP4にて透明なナノセルロースフィルムを扱い、CNCコーティングを行わないTEMPO酸化CNFフィルムやCNC製造手法について検討を行い、試作品も製作する。
EU-05	EU-B	ELASTOPOLI OY	N/A	AquaComp (Demonstrating the unique properties of new nanocellulose composite for automotive applications)	2015-2017	2,296	自動車	素材製造、部材(複合材)製造	実用	自動車をターゲットとし、樹脂とナノセルロースの複合材AquaCompを開発する。複合後に乾燥するのではなく、水溶状態で複合することで、脱水に必要なエネルギーを節約でき、乾燥時に失われる強度を保つことができる。今後、生産規模の拡大が必要だが、ガラス繊維補強の複合材を10%代替する場合、AquaCompの市場規模は2025年に200万トンと見込まれる。
EU-06	EU-C	Innventia	Volvo CarsA B,他	Processes for nanocellulose composite manufacturing (PRONANOCELL)	2014-2017	375	自動車、建築	部材(複合材)製造	応用	硬質包装や自動車、建設用途への適用を念頭におき、射出成形またはシート成形によるプラスチック複合材を生成する。ナノファイブール30%添加による曲げ特性向上を調査する。
EU-07	EU-C	VTT Technical Research Centre of Finlandis, 他	N/A	Tunable lignocellulose-based responsive films	2014-2016	5,115	医薬品・ヘルスケア・バイオ、パッケージ	部材(複合材)製造	基礎	医薬品やパッケージへの適用を念頭に置いて、CNFフィルムの特性を調査するための新たな手法を開発し、CNF物質の構造や刺激への反応を研究した。これらの成果はセンサーを作る際の、耐水性の評価等に活用できる。

出典：EC、CORDIS

次に、それらヒアリング先の概要と訪問日を図 5-3 に示す。

2017年11月13日から15日にかけて上記4か所を訪問した。まずスウェーデンの製紙分野を専門とする研究機関 RISE に対しヒアリング調査を実施した。次に欧州の森林分野の研究を促進するコンソーシアムである WoodWisdomNet に対しヒアリング調査を実施した。なお、ヒアリングではフィンランドの技術庁 Tekes の担当者も同席し、同機関の取組についても情報を入手した。そののち、フィンランドの樹脂メーカーであり、含水状態での複合化技術を商用化済みである Elastopoli に対し、ヒアリング調査を実施した。最後に、欧州最大の応用研究機関であり、自動車用軽量素材開発を目指す SEAM プロジェクトの取りまとめを行っている Fraunhofer に対しヒアリング調査を実施した。

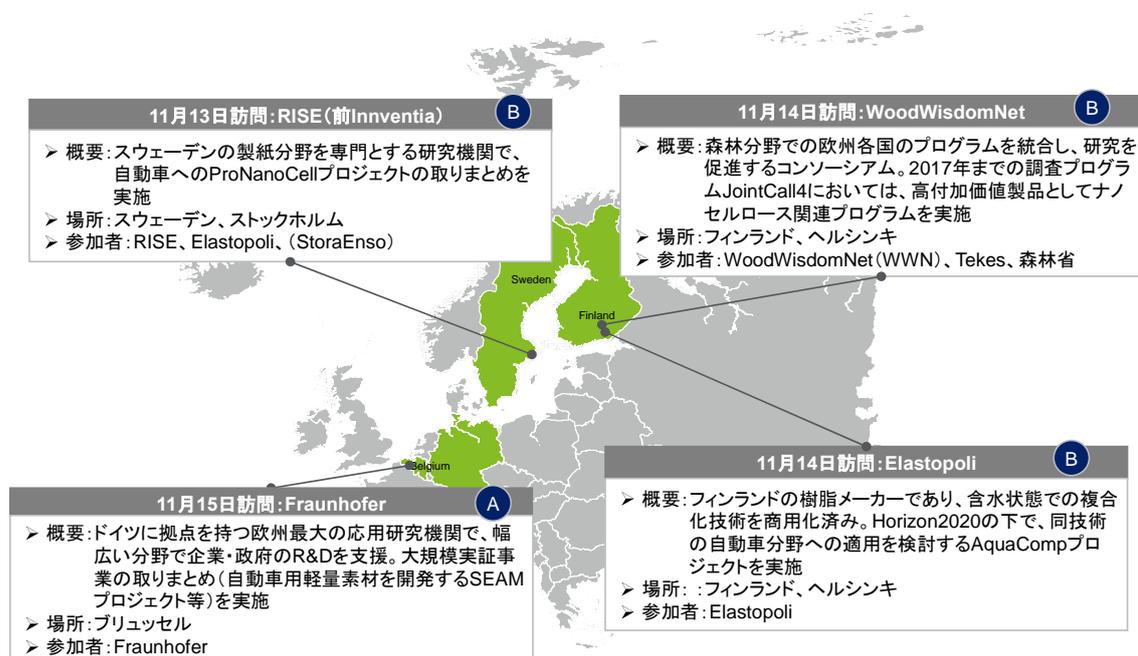


図 5-3 ヒアリング先の概要と旅程

(2) ヒアリング結果

4機関へのヒアリング結果のサマリを表5-6に示す。

表5-6 ヒアリング結果のサマリ

機関	ヒアリング結果					
	①政策との紐づけ	②サプライチェーン・市場の構築	③CNFコスト	④実証のKSF	⑤マネージメントの重要性	⑥CO2削減量の算定
Fraunhofer	<ul style="list-style-type: none"> 素材の軽量化についてサーキュラーエコノミーの動きが活発化していると認識 	<ul style="list-style-type: none"> 事業化・普及に向けて、日本の自動車関連企業と仕事をしている 	-	<ul style="list-style-type: none"> 成功の秘訣は結果の活用に対して興味を持っているパートナー企業/組織を集めることも含まれる 	<ul style="list-style-type: none"> 知的財産権等に関する同意を義務化。また、報告書未提出への罰則や、頻繁な会議も実施。手法の普及可能性や外部への情報開示数等を評価 	-
Wood Wisdom Net	<ul style="list-style-type: none"> EUの政策に準じてサーキュラーエコノミーの概念を推進 	<ul style="list-style-type: none"> プログラム終了後は不足している会社・機関・国際的ネットワークへの考慮が必要 	<ul style="list-style-type: none"> CNFの市場価格がどうなるかはこれからの課題 	<ul style="list-style-type: none"> メンバーはトピックを決めたのちにリード組織とサポート組織で分けて招集 	<ul style="list-style-type: none"> 知的所有権の帰属先を定めることが重要。また、事業で得られる新たな価値やビジネスへの影響を評価 	<ul style="list-style-type: none"> 複合材に関するLCAの計算は困難
Elastopoli	<ul style="list-style-type: none"> サーキュラーエコノミーの考え方のもと事業を実施 	<ul style="list-style-type: none"> 事業化・普及に向けて、生産能力に課題があり、来年は5,000トンの納入を目指す 	<ul style="list-style-type: none"> 同等性能の製品を同等価格で得ることができれば売ることがは難しくはない 	-	-	<ul style="list-style-type: none"> LCAで計算しているが、考慮すべき要素が多く、真の値は得られない
RISE (旧 Innventia)	<ul style="list-style-type: none"> EUからのサーキュラーエコノミーの通達を踏まえ、将来の法規制を懸念 	<ul style="list-style-type: none"> 事業化・普及に向けて、融資申込みの実施や素材供給も進めており、メーカーとの交渉も必要だと認識 	<ul style="list-style-type: none"> CNFの価格は交渉次第 	<ul style="list-style-type: none"> 成功の秘訣は最良のパートナー企業を見つけることも含まれる 	<ul style="list-style-type: none"> 成功に導くために、業務内容定義、アプリケーション選定、パートナー選定、頻繁なMTGを実施 	<ul style="list-style-type: none"> CNFは複数の素材を使用しているため、分割してLCAで計算することは困難

一部に回答対象外の項目はあるものの、「①政策との紐づけ」、「②サプライチェーン・市場の構築」、「③CNFコスト」、「④実証のKSF (Key Success Factor)」、「⑤マネージメントの重要性」、「⑥CO2削減量の算定」の6項目について、上記のような回答を得た。以降では項目別に回答を詳述する。

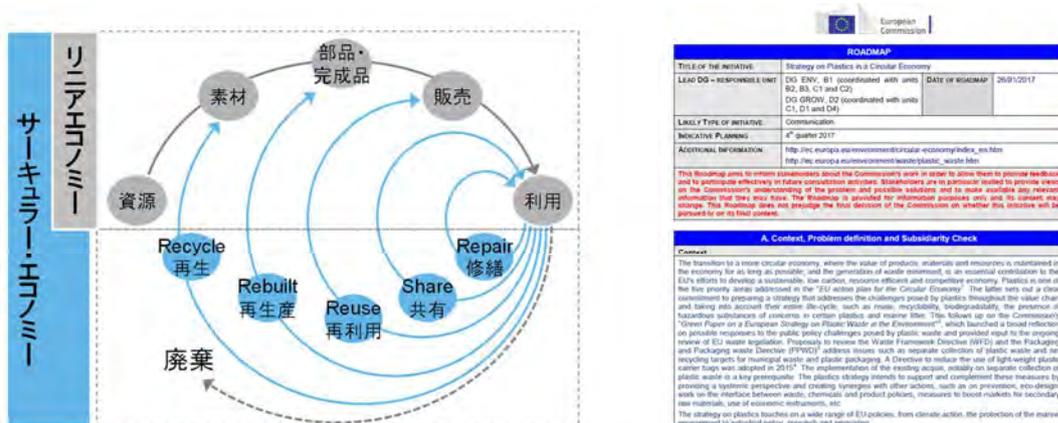
まず、「①政策との紐づけ」に関するヒアリング結果を図 5-4 に示す。

本項目は4機関から回答を得た。各機関とも EU の上位政策である、サーキュラー・エコノミーを意識し、プロジェクトやプログラムを実施していることが分かった。

サーキュラー・エコノミー（循環経済）とは、図 5-5 に示すよう少ない資源でより多くの価値を産み出す経済へ移行することを指す。

企業	ヒアリング対象者	ヒアリング内容
Fraunhofer	 Leiter Wissenschaftsmanagement Dr. Thilo Bein氏	素材の軽量化についてサーキュラーエコノミーの動きが活発化していると認識 ・各PJで軽量化を図っている中で、特に素材の軽量化については、 サーキュラーエコノミーの動きが活発化していると認識している
Wood Wisdom Net	 Project Manager Mr. Mika Kallio氏	EUの政策に準じてサーキュラーエコノミーの概念を推進 ・EUとしてCO2の削減ターゲットが決まっており、 EUの政策に準じてサーキュラーエコノミーの概念を推進している
Elastopoli	 Mr. Timo Ture氏	サーキュラーエコノミーの考え方のもと事業を実施 ・ サーキュラーエコノミーはヨーロッパ共通の課題として認識しており、そういった背景のもと事業を実施している
RISE (旧 Innventia)	 Senior Research Associate Dr. Goran Flodberg氏	EUからのサーキュラーエコノミーの通達を踏まえ、将来の法規制を懸念 ・RISEは研究機関であるため将来の法規制に対する検討は行っていないが、 EUからのサーキュラーエコノミーの通達を踏まえ、新規の複合材料であることが問題になると考えている

図 5-4 ①政策との紐づけに関するヒアリング結果



EU指令(2017/1/26)において、プラスチック(生分解性含む)のCircular Economyのロードマップについてアナウンス

図 5-5 サークュラー・エコノミーの概念と EU 指令

出典：EU 指令等

近年、欧州では自動車業界を巻き込みつつ、サーキュラー・エコノミーの動きが活性化しており、上述のように 2017 年 1 月には EU 指令においてサーキュラー・エコノミーについて言及された。サーキュラー・エコノミーを取り巻く議論では、製品設計時から資源効率性を考慮に入れた取組みの必要性が強調されており、特に「再生材の活用拡大」と「エコデザインが捉える範囲の拡張」の 2 つの観点で今後のクルマづくりは大きく変化すると想定される。

次に、「②サプライチェーン・市場の構築」に関するヒアリング結果を図 5-6 に示す。

企業	ヒアリング対象者	ヒアリング内容
 Fraunhofer	 Leiter Wissenschaftsmanagement Dr. Thilo Bein 氏	事業化・普及に向けて、日本の自動車関連企業と仕事をしている <ul style="list-style-type: none"> 以前日本の自動車業界の投資活動について調査した経験があり、現在 DENSO、TOYOTA motor Europe と仕事をしている
 WoodWisdomNet	 Project Manager Mr. Mikka Kallio 氏	プログラム終了後は、不足している会社・機関・国際的ネットワークへの考慮が必要 <ul style="list-style-type: none"> プログラム終了後は、個々の会社の違いを認識し戦略を理解することと、不足している会社・機関・国際的ネットワークへ考慮することが必要だと考えている 企業が合理的で信頼度の高いビジネス拡大の可能性があるかどうかを Scalable Expert が採択時に、確認している
 Elastopoli	 Mr. Timo Tuuri 氏	事業化・普及に向けて、生産能力に課題があり、来年は5,000トンの納入を目指す <ul style="list-style-type: none"> 多くの企業と協同で製造を行っており、基本的には、生産能力的に限界であるため、これ以上生産を増やすことができないが、生産能力をできるだけ早く上げることが課題だと認識している 来年は、複数のラインで5,000トンの納入を目指している
 RISE (旧 Innventia)	 Senior Research Associate Dr. Goran Flodberg 氏	事業化・普及に向けて、融資申込の実施や素材供給も進めており、メーカーとの交渉も必要だと認識 <ul style="list-style-type: none"> 事業化・普及に向けて、予算を立て、EUの産業ファンドからの融資を申し込んでおり、フィンランドの木材メーカーから素材供給を受けている 今後商用化に向けて、メーカーとの交渉が必要

図 5-6 ②サプライチェーン・市場の構築に関するヒアリング結果

本項目については 4 機関から回答を得た。Fraunhofer は事業化・普及に向けた連携を実施、WoodWisdomNet はプログラム終了後にネットワークが不足している機関へ配慮するなど支援を実施、Elastopoli は事業化・普及に向けての課題として生産規模の拡大の必要性を認識しており、RISE は事業化・普及に向けて融資の実施や素材供給を行うなど、各機関とも市場を意識し、サプライチェーン構築準備を進めていることが分かった。

WoodWisdomNet によるプログラム終了後の支援を図 5-7 に示す。

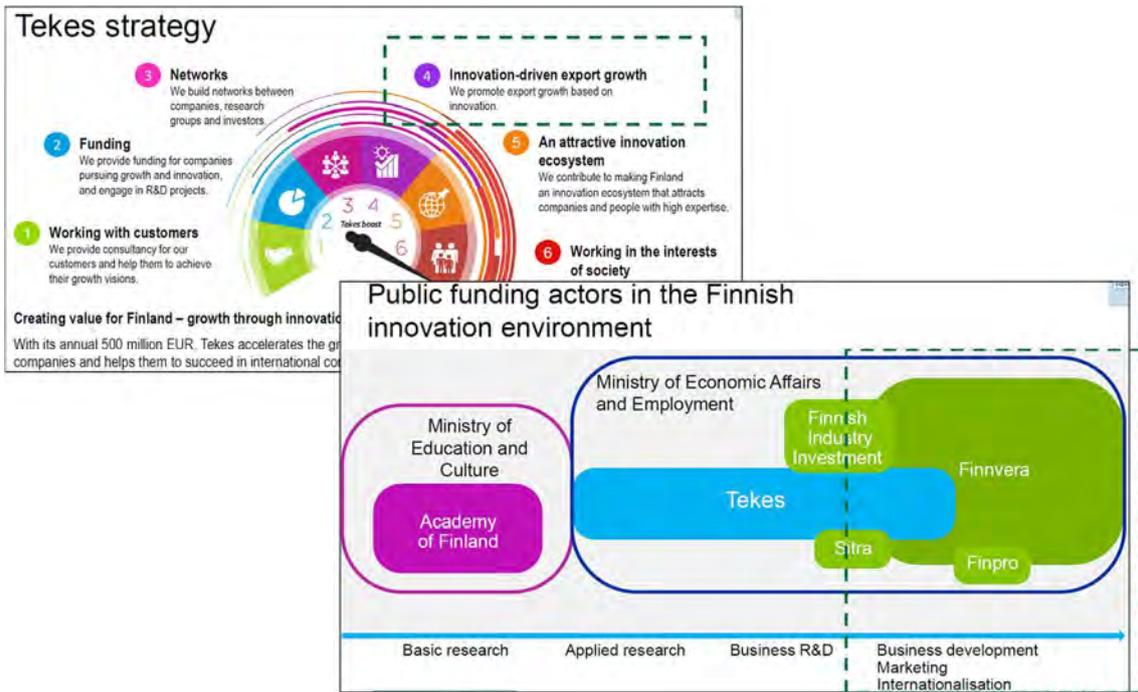


図 5-7 WoodWisdomNet による商用化支援

出典：WoodWisdomNet ヒアリング時受領資料「Innovative_Finland_and_Tekes」

WoodWisdomNet は Takes と連携して、プログラムを実施している段階から、プログラム終了後の商用化に向けた支援を実施している。

また、Elastopoli と MetsaFiber によるサプライチェーン構築に向けた取組について図 5-8 に示す。

METSA FIBRE社 Rauma工場

2017年、Metsa FibreのRauma工場内にElastopoliがAquaCompの製造ラインを設置*

- METSA FIBRE
 - フィンランドの世界最大級針葉樹パルプメーカーであり、伊藤忠商事が25%出資**
 - 同社Rauma工場の生産能力**は針葉樹パルプ年産65万トン(日本製紙石巻工場の生産能力: 木材パルプ年産約66万トン***とほぼ同規模)
- Elastopoli
 - 水溶状態で複合化し、射出成型するCNF複合樹脂AquaCompを開発した樹脂メーカー(楽器市場では商用化済み、LG社のスピーカーに採用)
 - 2017年にはMETSA FIBREのRauma工場内に年産3,000トンのAquaComp製造設備を設立。それらを組み合わせて2018年には年間5,000トンの納入を目指す。2019年には年産15,000トンへ増産予定

図 5-8 Elastopoli と MetsaFiber の連携

出典：MetsaFiber プレスリリース、Elastopoli へのヒアリング

Elastopoli は MetsaFiber の製紙工場内に AquaComp の製造ラインを設立しており、サプライチェーンを構築しつつあることが分かる。

続いて、「③CNFコスト」に関するヒアリング結果を図5-9に示す。

本項目については実証支援機関である Fraunhofer を除く 3 機関から回答を得た。WoodWisdomNet、RISE はCNFの価格については未知数であり今後の展開次第との認識をもっており、Elastopoli については販売に対して大きな困難は想定していないものの、CNFコストについては課題であるとの共通認識を持っていることが分かった。

企業	ヒアリング対象者	ヒアリング内容
	 Project Manager Mr. Mika Kallio氏	CNFの市場価格がどうなるかはこれからの課題 <ul style="list-style-type: none"> • CNFの市場価格がどうなるかはこれからの課題であるが、システム等がこれから開発されていくことで価格は下がっていくと想定している
	 Mr. Timo Ture氏	同等性能の製品を同等価格で得ることができれば売るとは難しい <ul style="list-style-type: none"> • 顧客にとっては、同じ価格で同じ性能を得ることが出来るなら、CNF製品はクリーンであるという点で価値があるため、売るのは難しいと想定している • 実際の市場価格とは異なるが、コストは現在102ユーロ
	 Senior Research Associate Dr. Göran Flodberg氏	CNFの価格は交渉次第 <ul style="list-style-type: none"> • 新技術であるため単価は交渉次第であり、どれくらいの価格で販売するかによって決まる

図5-9 ③CNFコストに関するヒアリング結果

続いて、「④実証のKSF」に関するヒアリング結果を図5-10に示す。

本項目は一企業であるElastopoliを除く3機関から回答を得た。Fraunhofer、RISEからはプロジェクト開始前のパートナー企業/組織集めと共同実施者間でのゴールの共有や役割分担が重要との回答があった。WoodWisdomNetからは中心となる企業/組織間にてリード組織とサポート組織を設定することが重要との回答があった。以上より、3機関ともプロジェクト開始前の体制づくりが重要であると考えていることが分かった。

企業	ヒアリング対象者	ヒアリング内容
	 Leiter Wissenschaftsmanagement Dr. Thilo Bein 氏	<p>成功の秘訣は結果の活用に対して興味を持っているパートナー企業/組織を集めることも含まれる</p> <ul style="list-style-type: none"> 複数の共同実施者がいる場合の成功の秘訣は、①結果の活用に対して興味を持っているパートナー企業/組織を集めること、②目的、ゴール、スケジュールを明確に定義すること、③非常事態が起きたときのバックアッププランを作成すること、④上記に基づきcoordinatorがプロジェクトの進捗を把握すること、である 世界的自動車メーカー「Daimler」「Volkswagen」「RENAULT」「Volvo Cars」等が参画
	 Project Manager Mr. Mika Kallio 氏	<p>メンバーはトピックを決めたのちにリード組織とサポート組織で分けて招集</p> <ul style="list-style-type: none"> 参加者の集め方としては以下のとおりのプロセスを経る(①トピックを決める、②リード組織とサポート組織を招集、③彼らの役割を定義する、④再委託者を決める、⑤どの組織が特許や知的財産権(IPR)を決めるか決定する)
	 Senior Research Associate Dr. Göran Flodberg 氏	<p>成功の秘訣は最良のパートナー企業を見つけることも含まれる</p> <ul style="list-style-type: none"> 複数の共同実施者がいる場合の成功の秘訣は、①work packaging(それぞれのワークグループで何をするか)を定義する、②アプリケーションの選定、③ヨーロッパにおける最良のパートナー企業を見つけること、④頻繁なミーティング(2-3回/年)を実施すること、である ProNanoCellでは、大手素材メーカー「Stora Enso」や、世界的リーディングコンパウンダー「Shulman」、フィンランドのCNF複合材リーディングサプライヤー「Elastopoli」、世界的自動車メーカー「Volvo Cars」等が参画

図5-10 ④実証のKSFについてのヒアリング結果

続いて、「⑤マネージメントの重要性」に関するヒアリング結果を図 5-11 に示す。

本項目についても、一企業である Elastopoli を除く 3 機関から回答を得た。3 機関とも会議等を通じた、プロジェクトの目的や進捗等の情報の共有が重要であると考えていることが分かった。特に Fraunhofer が主導した SEAM クラスタにおいては、クラスタを構成する各プロジェクト間にて、ニュースレター等も活用し、実験結果や関連イベント情報の共有やベストプラクティスの相互提供を実施している。加えて Fraunhofer と WoodWisdomNet からは、知財に関しては、義務化を含めあらかじめ取り決めを明確化することが重要であるとの回答があった。

企業	ヒアリング対象者	ヒアリング内容
	 Leiter Wissenschaftsmanagement Dr. Thilo Beinert	知的財産権等に関する同意を義務化。また、報告書未提出への罰則や、頻繁な会議も実施。手法の普及可能性や外部への情報開示数等を評価 <ul style="list-style-type: none"> すべてのプロジェクト参加者に対してコンソーシアム契約(管理体制、それぞれの役割分担、知的財産権、発明権利に関する同意)を義務化している 12カ月毎、又は8カ月毎に委員会への報告書の提出が義務付けされており、締め切りには柔軟性を持たせているが、提出しない場合はお金を支払われない 対面の会議を6ヶ月ごとに実施しており、合間に電話会議も行っている 委員会に見せる公式なものではないが、簡単な文章でまとめた中間報告もある 技術会議を毎月行っており、委員会に対して、コーディネーターがすべてが順調であると報告する義務がある 新しい手法が爆発的に普及可能かどうか、また、発行物の数、ワークショップの開催数、特許の数等をPJ結果の評価指標としている
	 Project Manager Mr. Mika Kallio	知的所有権の帰属先を定めることが重要。また、事業で得られる新たな価値やビジネスへの影響を評価 <ul style="list-style-type: none"> 共同開発者か下請けかを問わず、知的所有権がどこに属するかを定めることが大事である 事業の初期段階で、主要な目的、目標の定義、目標達成に向けたプロセス、事業で得られる新しい価値・知識、プロジェクトのビジネスへの影響/インパクト、を定義しており、それに基づき評価している 投資判断基準として、NABC-C(シリコンバレーで採用されている経営判断の指標)も採用
	 Senior Research Associate Dr. Göran Flodberg	成功に導くために、業務内容定義、アプリケーション選定、パートナー選定、頻繁なMTGを実施 <ul style="list-style-type: none"> 複数の共同実施者がいる場合の成功の秘訣は、①work packaging(それぞれのワークグループで何をやるか)を定義する、②アプリケーションの選定、③ヨーロッパにおける最良のパートナー企業を見つけること、④頻繁なミーティング(2-3回/年)を実施すること、である

図 5-11 ⑤マネージメントの重要性についてのヒアリング結果

プロジェクトの段階に沿って整理したマネジメント項目を図 5-12 に示す。

各機関ともプロジェクト開始前、実施中、終了後の各段階に応じたマネジメント実施を意識していることが分かる。なお、WoodWisdomNet と連携する Tekes が投資判断基準として採用する NABC を図 5-13 に示す。

	プロジェクト開始前	プロジェクト実施中	プロジェクト終了後
Fraunhofer 	<ul style="list-style-type: none"> すべてのプロジェクト参加者に対してコンソーシアム契約(管理体制、それぞれの役割分担、知的財産権、発明権利に関する同意)を義務化 	<ul style="list-style-type: none"> 12カ月毎、又は8カ月毎に委員会への報告書提出の義務付け(罰則有) 対面の会議を6ヶ月ごとに実施しており、合間に電話会議も実施 技術会議を毎月実施 	<ul style="list-style-type: none"> 新しい手法が爆発的に普及可能かどうか、また、発行物の数、ワークショップの開催数、特許の数をPJ結果として評価
Wood Wisdom Net 	<ul style="list-style-type: none"> 知的所有権がどこに属するかを定める 主要な目的、目標の定義、目標達成に向けたプロセス、事業で得られる新しい価値・知識、プロジェクトのビジネスへの影響/インパクトを定義 投資判断基準として、NABC-C(シリコンバレーで採用されている経営判断の指標)も採用 		<ul style="list-style-type: none"> 主要な目的、目標の定義、目標達成に向けたプロセス、事業で得られる新しい価値・知識、プロジェクトのビジネスへの影響/インパクトを評価
RISE (旧 Innventia) 	<ul style="list-style-type: none"> work packaging(それぞれのワークグループで何をやるか)の定義 アプリケーションの選定 ヨーロッパにおける最良のパートナー企業を探査 	<ul style="list-style-type: none"> 頻繁なミーティングの実施(2-3回/年) 	

図 5-12 各プロジェクト段階におけるマネジメント項目



図 5-13 NABC の概要

出典：カーティス・R・カールソン「イノベーション5つの原則」

NABC をプロジェクトの選定基準として用いることで、プロジェクト開始前の選定段階から商用化を意識していることが分かる。

以上より、知財を含め役割分担を明確化する等、マネジメントが重要であることが分かった。

最後に、「⑥CO₂削減量の算定」に関するヒアリング結果を図 5-14 に示す。

企業	ヒアリング対象者	ヒアリング内容
 Wood Wisdom Net	 Project Manager Mr. Mika Kallio氏	複合材に関するLCAの計算は困難 <ul style="list-style-type: none"> RecycleプロセスでのLCA計算は昔からある製紙分野では行っているが、それ以外ではあまりなく、特に複合材への適用は困難である
 Elastopoli	 Mr. Timo Turefi氏	LCAで計算しているが、考慮すべき要素が多く、真の値は得られない <ul style="list-style-type: none"> LCAで計算を行っており、ガラス繊維を使用した場合と比べ、30~40%の削減になる LCA以外の計算方法より良い方法と思うが、考慮しなければならない要素があまりにも多いため、真の値が得られるとは考えていない
 RISE (IB Innventia)	 Senior Research Associate Dr. Goran Flodberg氏	CNFは複数の素材を使用しているため、分割してLCAで計算することは困難 <ul style="list-style-type: none"> LCAの仕組みはあるが、すべてのプロジェクトに使用しているわけではなく、今後のプロジェクトの中で予算を確保し、実施を検討したい CNFは複数の素材を使用しているため、分割してLCAで計算することは困難

図 5-14 ⑥CO₂の削減量の算定についてのヒアリング結果

本項目については実証支援機関である Fraunhofer を除く 3 機関から回答を得た。WoodWisdomNet、RISE は LCA の実施は困難であり、現状の CNF 開発に関しては実施していないとの回答を得た。Elastopoli については、LCA での計算を実施しているものの、関連項目が多岐にわたるため、確定値は得られていないとの回答を得た。なお、Elastopoli へのヒアリングからは、同社の AquaComp のカーボンフットプリントはガラス繊維強化 PP のそれに対して、20~40%削減となっているとの LCA 算定結果を得た。以上より、開発中であり熟度が低い技術に対する LCA の対応は機関により異なっていることが分かった。その他にヒアリングを含め得られた海外の開発動向として、WoodWisdomNet へのヒアリングに同席した Tekes (フィンランド技術庁) が支援をしていた、フィンランドにおけるバイオマテリアルを利用した環境自動車の開発実証について述べる。Tekes からの資金調達により、HelsinkiMetropoliaUniversity 主導で、UPM 社の biomaterial (UPMFormi、UPMGrada、UPMBioVerno) を使用した環境性の高いコンセプトカーを開発するプロジェクトを実施した。UPM 社の他には 10 数社が参加していた (OEM は森林伐採用のトラクター企業のみ)。同プロジェクトは、UPM 社の biomaterial の活用で、軽量化による燃費改善や、燃料の改良による燃費改善を可能としており、路上での実走行も実施済みである。

同プロジェクトによる利用効果を図 5-15 に示す。

UPM Formiの利用効果

- UPM Formiは、射出成形、押出成形、および熱成形製造用の耐久性のある高品質のバイオコンポジットであり、再生可能な繊維とプラスチックで構成されており、UPM Gradaの利用と合わせて既存製品から**150kgの軽量化が可能**



- フロントマスク、サイドスカート、ダッシュボード、ドアパネル、インテリアパネルなどに使用

UPM Gradaの利用効果

- UPM Gradaは、熱と圧力で木材を再現した、熱成形可能な木材であり、UPM Formiの利用と合わせて既存製品から**150kgの軽量化が可能**



- 車室フロア、センターコンソール、ディスプレイパネルカバー、ドアパネルに使用

UPM BioVernoの利用効果

- UPM BioVernoは、木質ベースの再生可能なディーゼルであり、化石燃料と比較して**温室効果ガスの排出を大幅に削減が可能**



図 5-15 BioforeConceptCarProject の利用効果

出典：UPM 社プレスリリース（2014年3月4日）、HelsinkiMetropoliaUniversity「BIOFORECONCEPTCAR」

(3) ヒアリング項目と回答一覧

以下では参考情報として、ヒアリング項目と各機関の回答を概説する。

まず、機関別のヒアリング項目を表 5-7 に示す。

表 5-7 機関別ヒアリング項目

	ヒアリング項目	回答企業			
		1 Fraunhofer	2 Wood Wisdom Net	3 Elastopoli	4 RISE (旧 Innventia)
技術 関連	ターゲットエリア		●		●
	将来の法規制に対する検討		●	●	●
	Wet Web Comingling processとDEVO processの詳細				●
	現在のCNF単価と今後の目標単価		●	●	●
	LCAによる計算		●	●	●
	生産量				●
	CNF関連事業の位置づけ		●		
	自動車分野における今後の目標		●		●
	自動車分野における事業化・普及に向けた今後の課題		●	●	●
	Wet mixing technologyの具体的な説明			●	
	Wet mixing technologyの課題			●	
	自動車のどの部材の置き換えを検討しているか			●	
	今後の目標達成に向けた事業終了後の展開			●	
	複数の共同実施者がいる場合の成功の秘訣	●			●
マネ ジメン ト関 連	プロジェクト参加者の招集方法				●
	プログラム終了後の支援		●		
	事業終了後の評価基準	●	●		
	SEAMプロジェクトにおけるFraunhoferの役割	●			
	権利や特許に関するプロジェクト内の取決め	●			
	報告の遅延に対する対応	●			
	進捗報告の回数	●			
	進捗報告を4~5回することの有効性	●			
	オンライン報告の意義	●			
	自動車メーカー、中間材メーカーの役割	●	●	●	
その 他	ヨーロッパ以外の国との協働				●
	TRL		●		●
	Tekesによる投資基準		●		
	TekesのFunding		●		
	Tekesの戦略の1つとして輸出を戦略にしている理由		●		
	CNF関連事業		●		
	UPN Concept Car		●		
	Horizon2020とWood Wisdom Netの違い		●		
	自動車の軽量化プロジェクトの経緯	●			
	軽量化について	●			
	ENLIGHTプロジェクトの概要	●			
補助金	●				
日本の自動車業界との関わり	●				

プロジェクトの P0 業務を担っている Fraunhofer にはマネジメント関連の項目やその他として自動車関連の項目についてヒアリングを実施した。プロジェクトの支援を行っている WoodWisdomNet には技術関連、マネジメント関連の項目を中心にしつつ、フィンランド政府のカウンターパートである Tekes の方針等についてヒアリングを実施した。フィンランドの樹脂メーカーである Elastopoli に対しては技術関連の項目を主としてヒアリングを行い、マネジメント関連としては自動車業界との連携についてヒアリングを実施した。プロジェクトのとりまとめを行い自身も開発を行っている RISE に対しては、技術関連、マネジメント関連、その他と幅広くヒアリングを実施した。

また、それらヒアリング項目への各機関の回答を表 5-8~11 に示す。

表 5-8 Fraunhofer の回答一覧

	ヒアリング項目	回答結果
マネジメント関連	SEAMプロジェクトにおけるFraunhoferの役割	<ul style="list-style-type: none"> ■ 主要な役割は、1つのプロジェクトと他の全てのSEAMクラスターの管理を行うこと(指導者でありコーディネーター)であり、普及プロジェクトにおける主要なアクターとしても動く ■ FraunhoferはALIVEとENLIGHTの2つのプロジェクトに関与しており、主な役割はENLIGHTはcoordinatorである ■ 同時にSEAMプロジェクトのCore teamでもCoordinatorの役割を担っている ■ プロジェクトの主要メンバーに自動車会社が入っているが、個人的なつながりで企業を集めてきている。
	権利や特許に関するプロジェクト内の取決め	<ul style="list-style-type: none"> ■ すべてのプロジェクト参加者に対してconsortium agreementを義務化するという仕組みがあり、以下に関する同意を得る(管理体制、それぞれの役割分担、知的財産権、発明権利) ■ しかし、consortium agreementはプロジェクト参加者間の関係がうまくいかないときに締結するものであり、Coordinatorがうまく調整をしていなければトラブルになることは少ない
	報告の遅延に対する対応	<ul style="list-style-type: none"> ■ 委員会に提出するよう義務づけられているものがあり、12か月毎、又は8か月毎に提出する必要があるが、締め切りには、柔軟性を持たせている(通常の納期は60日) ■ 提出しない場合は、お金が支払われない
	進捗報告の回数	<ul style="list-style-type: none"> ■ 委員会用に公式の報告書提出があり、18ヶ月の間に3回提出する必要がある(内部向けの報告書で、少なくとも会計報告書については、6か月ごとに提出することを義務付けている) ■ 対面の会議は6ヶ月ごとだが、合間に電話会議を行う ■ 中間報告もあり、委員会に見せる公式なものではないため、短くごく簡単な文章でまとめる ■ 技術会議は毎月行っており、委員会に対して、コーディネーターはすべてが顧問であると報告する義務がある ■ 報告書は、機密のもの、公開のものいずれもあるが、大半は機密であり、公開のものは、委員会が出版ないしウェブで公表する(委員会は、大半の部分について概要版作成を要請する) <ul style="list-style-type: none"> • 会計報告書と技術報告書があるが、会計報告書は機密であり、コーディネーターのみ閲覧可能 • 技術報告でも機密だが、概要版は公開(一部は、技術の普及のため公表) • 委員会としては報告書を公開したいが、企業側としては利益に反するため、これを望んでいない
	進捗報告を4~5回することの有効性	<ul style="list-style-type: none"> ■ 進捗報告は6ヶ月ごと程度が妥当であり、進捗報告を月単位で行うと、実証者の手間が増え、実証に割くべき時間が減ってしまうので、問題だと思う(そのような時間があるなら、実証に時間を割くべきである)
	オンライン報告の意義	<ul style="list-style-type: none"> ■ オンライン報告である必要はないが、現在、成果物をオンラインにアップロードしており、それぞれの成果物の公表可否を設定してもらう(成果物のほとんどはConfidentialである) ■ 技術レポートは開示用のexecutive summaryに一部掲載されるが原則非公開であり、ファイナンシャルレポートは委員会とCoordinatorのみに開示
マネジメント関連	複数の官、PJ、共同実施者がいる事業の成功の秘訣	<ul style="list-style-type: none"> ■ ①結果の活用に対して興味を持っているパートナー企業/組織を集めること、②目的、ゴール、スケジュールを明確に定義すること、③非常事態が起きたときのバックアッププランを作成すること、④上記に基づきcoordinatorがプロジェクトの進捗を把握すること ■ 欧州委員会は、複数の競合メーカーが連携し、動いていくことや、複数の国が競争することを望んでおり、少なくとも3か国が必要である(競合者が多ければ多いほど、成功率は高くなると考えている)
	自動車メーカー、中間材メーカーの役割	<ul style="list-style-type: none"> ■ 自動車メーカーは、エンドユーザのニーズを研究し、アプリケーションを探し、デザイン・製造プロセス・材料を考慮し、プロトタイプを作る ■ 材料メーカーは、材料に関する研究を行いながら製造プロセスを検討し、当該材料の特性を評価する
	PJ結果の評価基準	<ul style="list-style-type: none"> ■ 新しい手法が爆発的に普及可能かどうか、また、発行物の数、ワークショップの開催数、特許の数を指標としている
その他	自動車の軽量化プロジェクトの経緯	<ul style="list-style-type: none"> ■ 軽量化プロジェクトは10年前のSuper Light Carから端を発しており、フォローアッププロジェクトとしてSEAMプロジェクトが開始した経緯があり、ALIVEとENLIGHTにて継続検討
	軽量化について	<ul style="list-style-type: none"> ■ 軽量化の数値目標はSuper Light Carで30%減、ALIVEでさらに20%減、ENLIGHTではALIVEよりもさらに減量化を図った • ALIVEでは軽量化とコスト削減を目的とし、軽量化では355kgから200kgの減量に成功 • 素材については、サーキュラーエコノミーの動きが活発化している
	ENLIGHTプロジェクトの概要	<ul style="list-style-type: none"> ■ アルミニウムと複合材(biocompositeとガラス繊維)を組み合わせた部品を使用しており、80%の部品が再生可能(PA410シリーズ) ■ LCAでCO2削減量を計算 ■ SEAMプロジェクトは終了したが、継続プロジェクトも一部既に走っており、最近も始まった
	補助金	<ul style="list-style-type: none"> ■ プログラムの期間は7年間であり、大学・企業を問わず、直接経費は、100%融資の対象となる。企業は25%、大学は100%がファンドから融資され、企業については実証プロジェクトか開発プロジェクトかにより、融資の割合が変わる。 ■ 民間企業は以下の2種類に分かれる(①research innovation project: 100%の直接経費、25%の間接費、②実証プロジェクト: 70%の直接経費、25%の間接費) ■ ドイツ国内では民間企業に対して最大30%の補助金が支給され、国内プロジェクトは資金が少ないにもかかわらず多くの労力を割かなければならない
	日本の自動車業界との関わり	<ul style="list-style-type: none"> ■ 以前日本の自動車業界の投資活動について調査した経験があり、現在DENSO、TOYOTA motor Europeと仕事をしている

表 5-9 WoodWisdomNet の回答一覧

ヒアリング項目	回答結果	
技術関連	CNF関連事業の位置づけ	■ 政府の政策というよりは、森林業界で先鞭をつけている会社がCNF関連事業を重要と考えているというべきであり、会社が自身で決めるべきことと考える
	ターゲットエリア	■ 投資先の企業がターゲットエリアを決めており、Wood Wisdom Netとして特段エリアを絞っているわけではない(一方でPackagingやMedical分野が主要) ■ 建設部門は未知数で、最初始めた会社は、3D印刷関連のコンクリート構成材であり、ファイバーの代替としてコンクリートの強化材として使う会社もあった(建設業界は、これから伸びていく可能性あり) ■ 医療品や製鉄業への応用もあり、換気や空調装置への応用も考えられる ■ 日本のセラミック業界も先進的であるため、販売先として可能性がある ■ フィンランドでは 自動車はあまりメインとしておらず 、成功した事業は現在1つのみ
	将来の法規制に対する検討	■ EUとしてCO2の削減ターゲットが決まっており、EUの政策に準じておりサーキュラーエコノミーの概念を推進している。 ■ ヘルシンキでは石炭からbio-basedのエネルギーへの変換などを行っている(船舶の燃料をディーゼルから液体天然ガスのような持続可能エネルギーへ代替することもその1つの試み) ■ ヘルシンキ市には、世界で一番環境にやさしい石炭発電所があったが、地域暖房で石炭を使用するのをやめる決定をした ■ 森林業界は、大気中のCO2削減に関心を寄せており、森林のライフサイクルに配慮することを考えている
	自動車分野における今後の目標	■ 国の政策としては、自動車自体の技術向上よりも、自動車を活用した環境にやさしい交通システム構築に重点を置く ■ フィンランド南西部では、雇用促進のためプロジェクトを始めとした、電気自動車関連のプロジェクトも進んでいる ■ 環境にやさしい都市交通システムを構築していくことに力を入れており、個人使用の自動車を削減し、環境汚染を少なくしながら、より自由に移動できるようにしていく ■ 電気自動車や自動運転を活用し、冬期に、氷や雪の気候の元で、個々に自動車を運転しなくても済むような新しいモビリティシステムを構築することを想定している
	自動車分野における事業化・普及に向けた今後の課題	■ 電気バスシステムを始めデジタル化を推進している中でテレコミュニケーション部門の開発研究もある(ダイムラー社も参画) ■ 市街地において、液化天然ガスを活用した交通システムのプロジェクトも稼働させており、今後は、電気バスシステムなど、モビリティをサービスとして売る傾向になっていくと想定 ■ フィンランドでは、電気自動車等も活用した環境にやさしい交通システムを充実させながら、個人使用の自動車を削減・制限していく政策を推進していく方針であり、自動車の輸入も制限していく必要がある
技術関連	CNF関連事業の位置づけ	■ 政府の政策というよりは、森林業界で先鞭をつけている会社がCNF関連事業を重要と考えているというべきであり、会社が自身で決めるべきことと考える
	ターゲットエリア	■ 投資先の企業がターゲットエリアを決めており、Wood Wisdom Netとして特段エリアを絞っているわけではない(一方でPackagingやMedical分野が主要) ■ 建設部門は未知数で、最初始めた会社は、3D印刷関連のコンクリート構成材であり、ファイバーの代替としてコンクリートの強化材として使う会社もあった(建設業界は、これから伸びていく可能性あり) ■ 医療品や製鉄業への応用もあり、換気や空調装置への応用も考えられる ■ 日本のセラミック業界も先進的であるため、販売先として可能性がある ■ フィンランドでは 自動車はあまりメインとしておらず 、成功した事業は現在1つのみ
	将来の法規制に対する検討	■ EUとしてCO2の削減ターゲットが決まっており、EUの政策に準じておりサーキュラーエコノミーの概念を推進している。 ■ ヘルシンキでは石炭からbio-basedのエネルギーへの変換などを行っている(船舶の燃料をディーゼルから液体天然ガスのような持続可能エネルギーへ代替することもその1つの試み) ■ ヘルシンキ市には、世界で一番環境にやさしい石炭発電所があったが、地域暖房で石炭を使用するのをやめる決定をした ■ 森林業界は、大気中のCO2削減に関心を寄せており、森林のライフサイクルに配慮することを考えている
	自動車分野における今後の目標	■ 国の政策としては、自動車自体の技術向上よりも、自動車を活用した環境にやさしい交通システム構築に重点を置く ■ フィンランド南西部では、雇用促進のためプロジェクトを始めとした、電気自動車関連のプロジェクトも進んでいる ■ 環境にやさしい都市交通システムを構築していくことに力を入れており、個人使用の自動車を削減し、環境汚染を少なくしながら、より自由に移動できるようにしていく ■ 電気自動車や自動運転を活用し、冬期に、氷や雪の気候の元で、個々に自動車を運転しなくても済むような新しいモビリティシステムを構築することを想定している
	自動車分野における事業化・普及に向けた今後の課題	■ 電気バスシステムを始めデジタル化を推進している中でテレコミュニケーション部門の開発研究もある(ダイムラー社も参画) ■ 市街地において、液化天然ガスを活用した交通システムのプロジェクトも稼働させており、今後は、電気バスシステムなど、モビリティをサービスとして売る傾向になっていくと想定 ■ フィンランドでは、電気自動車等も活用した環境にやさしい交通システムを充実させながら、個人使用の自動車を削減・制限していく政策を推進していく方針であり、自動車の輸入も制限していく必要がある
技術関連	現在のCNF単価と今後の目標単価	■ 業界の主導的な企業は単価を知っているが、 機密情報 のようであり、 開けたとしても、CNFの性能にも差異があるので、同じ価格にはならないと思われる ■ 市場価格がどうなるかはこれからの課題であるが、システム等がこれから開発されていくことで価格は下がっていくと想定
	LCAによる計算	■ LCAを基にCO2削減量を計算(RecycleプロセスでのLCA計算は昔からある製紙分野では行っているが、それ以外ではあまりなく、 特に複合材への適用は困難)
マネジメント関連	実証とりまとめ	■ いろいろなケースがあるが、 共同開発者か下請けかを問わず、知的所有権がどこに属するかを定めることが大事 ■ 参加者の集め方としては以下のとおりのプロセスを経る(①トピックを決める、②リード組織とサポート組織を招集、③彼らの役割を定義する、④再委託者を定める、⑤どの組織が特許や知的財産権(IPR)を決めるか決定する) ■ 既存のネットワークにより中間材メーカーを招集した 。またTakesやMMM(林野庁)はラウンドテーブルをまとめたり、 個別の参加者とのプロジェクト参画にあたっての交渉役を担う (技術を国外でも使用できるか、特許についてどう取り決めるか等)
	プログラム終了後の支援	■ 主導的な企業がセルロースナノファイバーに期待をかける限り、その関連プロジェクトは継続されると想定しており、プログラムに沿う必要はないとも考えている ■ 個々の会社の違いを認識し戦略を理解すること、不足している会社・機関・国際的ネットワークへの考慮も必要
	事業終了後の評価基準	■ 事業の初期段階で以下を定義しており、それに基づいて評価する(主要な目的、目標の定義、目標達成に向けたプロセス、 事業で得られる新しい価値・知識、プロジェクトのビジネスへの影響/インパクト) ■ 成功か失敗か見極める際は最終報告書の記載内容を参照する ■ 成功事業は具体的な数値に基づき最終報告書が作られている ■ あまりうまくいかなかった事業は「良いネットワークが築けた」、「新しい知識を得ることができた」など曖昧な結果が書かれている

表 5-10 Elastopoli の回答一覧

	ヒアリング項目	回答結果
技術 関連	将来の法規制に対する検討	<ul style="list-style-type: none"> ■ サーキュラーエコノミーはヨーロッパ共通の課題として認識しており、そういった背景のもと事業を実施している。 ■ 具体的には考えていないが、歯や食物に関連する製品へのセロースナノファイバーの含有は、非常に少ないので問題にはならないと考えており、市場が求める生産能力を増加させることが急務である ■ ミクロファイバー(ナノファイバー)が最適とは考えておらず、あまりに細かいと、レシピを作るのも難しく、活用用途も限られると考えている
	Wet mixing technologyの具体的な説明	<ul style="list-style-type: none"> ■ ①98%の水分を含んだ状態でCNFと他の素材を混ぜる、②シート状に流し込む、③30-40%の水分を含んだ状態で射出成型する(受領資料に詳細あり)
	Wet mixing technologyの課題	<ul style="list-style-type: none"> ■ ナノセルロースは、乾燥させるまでの過程におけるコストが高く、含水状態のまま使用できれば、乾燥したナノセルロースを使用する融合者より、より低い価格で購入可能 ■ ヨーロッパで含水状態のナノセルロースを使用した場合、従来の製品より10~20%高い程度の価格のため高くないと考えられるが、乾燥させたナノセルロースの価格は高い
	自動車のどの部材の置き換えを検討しているか	<ul style="list-style-type: none"> ■ ドアパネル、インテリア部品の置換えを検討している(Volvo, Ford, Hyundai, Nissan, HONDA、等に製品を提供) ■ その他AquaComplによるCNF活用商品として、電化製品、LGのSound Bar、室外機のプロペラ(騒音を軽減)、家具、椅子のシート部分、楽器(クラリネット、ギター)がある
	今後の目標達成に向けた事業終了後の展開	<ul style="list-style-type: none"> ■ 用途は多く、価格は既存のガラス繊維と比べて十分な競争力があり、いくつかの大企業が見えている(家電が一番有望でありメーカーではLGなど) ■ 製造工程は、ノリブを活用するので、エネルギー効率的にも良い方法である。その上、ノリブから水分が発生し、水分を生み出す材料も追加的に必要ない。既存の材料に対して十分競合できる。 ■ ターゲットエリアは、電化製品、家具、硬質パッケージ(自動車はテストなどに時間が掛かるためメインのターゲットとしてはない)
技術 関連	事業化・普及に向けた今後の課題	<ul style="list-style-type: none"> ■ 多くの企業と協同で製造を行っており、基本的には、生産能力的に限界であるため、これ以上生産を増やすことができないが、生産能力をできるだけ早く上げることが課題→来年は、複数のラインで5,000トンの納入を目指している ■ 電気産業の進展が速く、自動車産業のテストが、この速度について行けないことが課題であり、この点は、顧客にサポートする必要がある(家具部門も、様々な挑戦課題がある) ■ 顧客にとっては、同じ価格で同じ性能を得ることが出来るなら、製品がグリーンであるという点で価値があるため、売るのは難しいと想定
	現在のCNF単価と今後の目標単価	<ul style="list-style-type: none"> ■ 実際の単価は不明 ■ コストの観点で言うと、現在は102ユーロ(実際の市場価格とは異なる)
マネ ジメン ト 関連	LCAによる計算	<ul style="list-style-type: none"> ■ LCAで計算を行っており、ガラス繊維を使用した場合と比べ、30~40%の削減になる ■ LCA以外の計算方法より良い方法と思うが、考慮しなければならない要素があまりにも多いため、真の値が得られるとは考えていない
	自動車メーカーの役割	<ul style="list-style-type: none"> ■ 事業化にむけた試験やシミュレーションの実施(自動車メーカーにとっての課題として、CNFなどの素材を使用した部品は既存の部品と収縮度などが異なるため、既存の機械でテストを行うことが困難であり、そのため、現行のモデルではなく、次の新モデル開発時にデザインをし直しテストを行うなどすぐに適用することができず、時間を要する) ■ 現状では、自動車メーカーがこの材料を使用することによる大きな問題には発生していないが、唯一問題になったのは、既存の金型に使用すると収縮することである(収縮分を勘案した新しい金型を作成することにより、弊社の材料を使うことができた) <ul style="list-style-type: none"> • ガラス繊維に比べた長所としては、再デザインが可能であることであり、自動車業界では、毎年、ある種の製品では、毎月のように新型を発表するため、それに合った金型を作る必要がある

表 5-11 RISE (旧 Innventia) の回答一覧

ヒアリング項目	回答結果
ターゲットエリア	<ul style="list-style-type: none"> ■ 現時点では、どの用途がメインになるか断言できない ■ CNFは、スウェーデンでは非常に新しい複合材料であるが、在来ファイバーより良いことが実証できれば可能性はある ■ 用途の検討には、より多くの産業部門からの研究結果が必要であり、曲げ弾性率が4~5GPaあれば興味を示す会社がでてくる(バルブファイバーから製造したCNFがベストだと考えている)
将来の法規制に対する検討	<ul style="list-style-type: none"> ■ RISEは研究機関であるため法規制に対する検討は行っていない(EUからのサーキュラーエコノミーの潮流があるが新規の複合材料であることが問題になると考えている) ■ CNFの質の確保が重要でそれ次第だが、よりシンプルなアプリケーションに使える可能性がある ■ 環境の観点からは、25%ではなく100%のナノセルロースを使いたいと考えている ■ スウェーデン南部では、大手メーカー(Stora Enso)が製造を始めている。2018年から年間15,000トンを生産する予定であり、使用目的は把握していない
技術関連 Wet Web Comingling processとDEVO processの詳細	(詳細は・RISE 製造方法説明図 WWC DEVO)
現在のCNF単価と今後の目標単価	<ul style="list-style-type: none"> ■ 新技術であるため単価は交渉次第であり、どれくらいの価格で販売するかによって決まる(CNFの価格は聞いたが、パテント等の問題から不明であり、こうした情報を得るには、機密契約を結び、署名する必要がある)
LCAによる計算	<ul style="list-style-type: none"> ■ LCAの仕組みはあるが、すべてのプロジェクトに使用しているわけではない(今後のプロジェクトの中で予算を確保し、実施を検討したい) ■ 特にCNFは複数の素材を使用しているため、分割してLCAで計算することは困難
今後の目標、事業化・普及に向けた今後の課題	<ul style="list-style-type: none"> ■ 商用化に向けた取り組みを行うのではなく、ヨーロッパ内の各企業の支援やコンサルティングを行うものであるため、回答が難しい <ul style="list-style-type: none"> • 予算を立て、EUの産業ファンドからの融資を申し込んでおり、フィンランドの木材メーカーから素材供給を受けた • 生産は可能だが、現時点では、研究用途に限定しており、商用化に向けては、メーカーとの交渉が必要
ターゲットエリア	<ul style="list-style-type: none"> ■ 現時点では、どの用途がメインになるか断言できない ■ CNFは、スウェーデンでは非常に新しい複合材料であるが、在来ファイバーより良いことが実証できれば可能性はある ■ 用途の検討には、より多くの産業部門からの研究結果が必要であり、曲げ弾性率が4~5GPaあれば興味を示す会社がでてくる(バルブファイバーから製造したCNFがベストだと考えている)
将来の法規制に対する検討	<ul style="list-style-type: none"> ■ RISEは研究機関であるため法規制に対する検討は行っていない(EUからのサーキュラーエコノミーの潮流があるが新規の複合材料であることが問題になると考えている) ■ CNFの質の確保が重要でそれ次第だが、よりシンプルなアプリケーションに使える可能性がある ■ 環境の観点からは、25%ではなく100%のナノセルロースを使いたいと考えている ■ スウェーデン南部では、大手メーカー(Stora Enso)が製造を始めている。2018年から年間15,000トンを生産する予定であり、使用目的は把握していない
技術関連 Wet Web Comingling processとDEVO processの詳細	(詳細は・RISE 製造方法説明図 WWC DEVO)
現在のCNF単価と今後の目標単価	<ul style="list-style-type: none"> ■ 新技術であるため単価は交渉次第であり、どれくらいの価格で販売するかによって決まる(CNFの価格は聞いたが、パテント等の問題から不明であり、こうした情報を得るには、機密契約を結び、署名する必要がある)
LCAによる計算	<ul style="list-style-type: none"> ■ LCAの仕組みはあるが、すべてのプロジェクトに使用しているわけではない(今後のプロジェクトの中で予算を確保し、実施を検討したい) ■ 特にCNFは複数の素材を使用しているため、分割してLCAで計算することは困難
今後の目標、事業化・普及に向けた今後の課題	<ul style="list-style-type: none"> ■ 商用化に向けた取り組みを行うのではなく、ヨーロッパ内の各企業の支援やコンサルティングを行うものであるため、回答が難しい <ul style="list-style-type: none"> • 予算を立て、EUの産業ファンドからの融資を申し込んでおり、フィンランドの木材メーカーから素材供給を受けた • 生産は可能だが、現時点では、研究用途に限定しており、商用化に向けては、メーカーとの交渉が必要

(4) 参考情報：調査対象の概要

ここでは、ヒアリング対象の選定に先立って実施した、調査対象に関する文献調査結果を整理する。

まず Fraunhofer について、SEAM プロジェクトと、Fraunhofer の位置づけについて図 5-16 に示す。

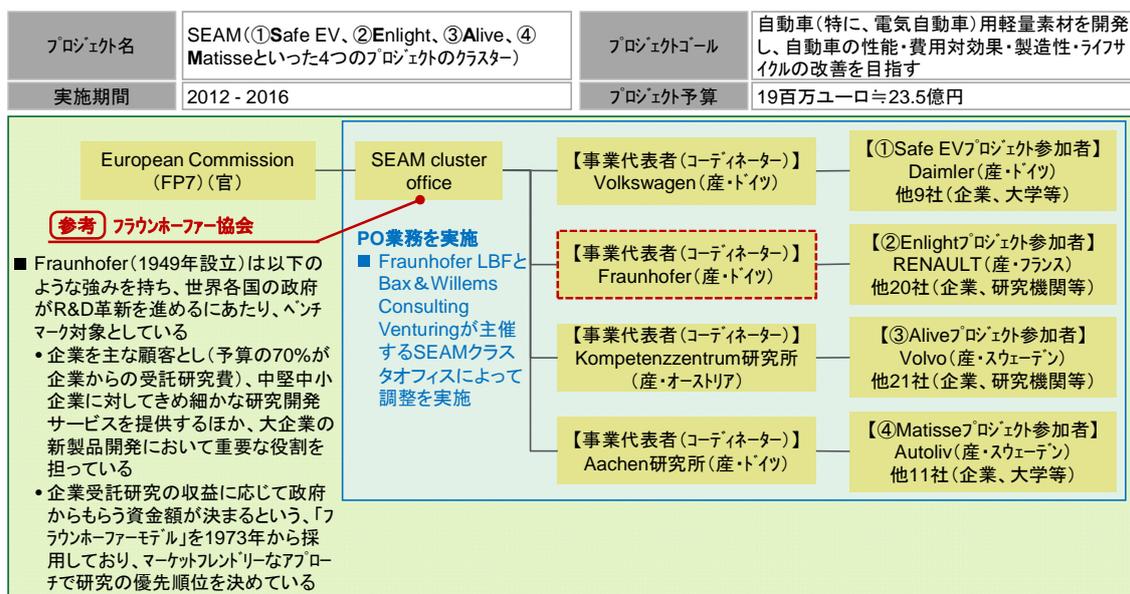


図 5-16 欧州連合における技術実証事業の運営体制：自動車用軽量化素材関連

出典：SEAM プロジェクト「What is SEAM」、経産省「ドイツ等欧州の公的機関の特徴」

Fraunhofer は SEAM プロジェクトの構成要素である Enlight プロジェクトの PO 業務を担当するとともに、SEAM プロジェクト全体の調整を担当している。

次に WoodWisdomNet について、WoodWisdomNet が実施する JointCall4 についてその概要を図 5-17 に示す。

取扱いテーマと概要

ナノセルロース関連事業概要

【テーマ①】 森林資源の 持続可能な管理	■ 気候が種の選択に及ぼす影響を考慮した中での、森林が原料特性に及ぼす影響等の森林資源の持続可能な管理の研究	事業名： Pronanocell ■ Pronanocellは、 硬質包装材、自動車および建築/建設分野向け に、高度かつ軽質なナノセルロースを含む 複合材 を開発することを目指している ■ 3種類の製造方法を研究している <ul style="list-style-type: none"> 1つ目は、パルプ繊維、CNFおよびポリマーからなる複合シートの形態で製造する押出成形技術 2つ目は、乾燥工程に続いて押出成形する技術であり、射出成形および他の技術のための材料を得るための技術としても利用可能 3つ目は、京都大学で行われている京都プロセスに基づいた、射出成形材料を製造するための押出成形技術 ■ プラスチック中に30%ナノファイブンを組み込むことにより、曲げ弾性率が50%増加することが期待される ■ 森林産業とプラスチック産業(中小企業)の両方で、新しい雇用基盤も創出している
【テーマ②】 産業プロセス	■ 木材の物性強化、木造建築物の維持管理のための革新的なプロセスとの連携モデル等の産業プロセスの研究	
【テーマ③】 付加価値製品	■ ナノセルロース複合製造するためのプロセス 、ウッドベースのエアロゲル、包装材料のための可塑化リグノセルロース複合材料等の付加価値製品の研究	
【テーマ④】 競争力のある顧客ソリューション	■ 耐久性に優れた木橋、木造建築のための競争力のある木質内装材やシステム等の競争力のある顧客ソリューションの研究	

図 5-17 JointCall4 の概要

出典：WoodWisdomNet 「JointCall 2013-2017(JC4)」

WoodWisdomNet は森林分野での各国のプログラムを統合し、欧州域内の研究を促進するコンソーシアムである。同コンソーシアムが 2013～2017 年にかけて実施しているプログラム、JointCall4 においては、「森林資源の持続可能な管理」、「産業プロセス」、「付加価値製品」、「競争力のある顧客ソリューション」の4つのテーマのうち、「高付加価値製品」テーマの中でナノセルロース関連事業を扱っている。

次に Elastopoli 社が実施している AquaComp プロジェクトの概要について図 5-18 に示す。

事業名	■ AquaComp	技術概要 ■ Wet mixing technologyとは、 水溶状態でナノセルロースと各種ポリマーを均一に混合 する技術 > 高強度、等方性構造、高流動性、調整可能性(音響、触覚、視覚)を実現 ■ 新技術(Wet mixing technology)は従来手法の問題点(①、②)を解決 <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>従来手法</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>新技術 (Wet mixing technology)</p> </div> </div>
関連プログラム	■ Horizon2020	
参画主体	■ Elastopoli	
予算	■ 1.24百万ユーロ(約1.6億円)	
期間	■ 2015年10月から2017年9月30日の2カ年	
目的	■ 楽器市場で展開済みであり、大規模な 自動車市場での有効性を示す ことを目指す > 乾燥前に複合処理を行う、「Wet mixing technology」により製造	
開発段階	■ パイロットスケールでの試作品製造・性能試験 を実施しており、実用段階にある > コスト最適化と量産化手法を検討 基礎 → 応用 → 実用 → 導入実証 → 初期普及 AquaCompの検討範囲	
ターゲット分野	■ 自動車	

図 5-18 AquaComp プロジェクトの概要

出典：CORDIS, 「AquaCompProjectID:697675」 AquaCompReportSummary, period1

既に楽器市場にて商用化済みである AquaComp について、Horizon2020 にて自動車への適用に向けて試作品製造を行い、性能評価を実施している。同 AquaComp を製造する際の同社の技術、wetmixingtechnology についてその概要を

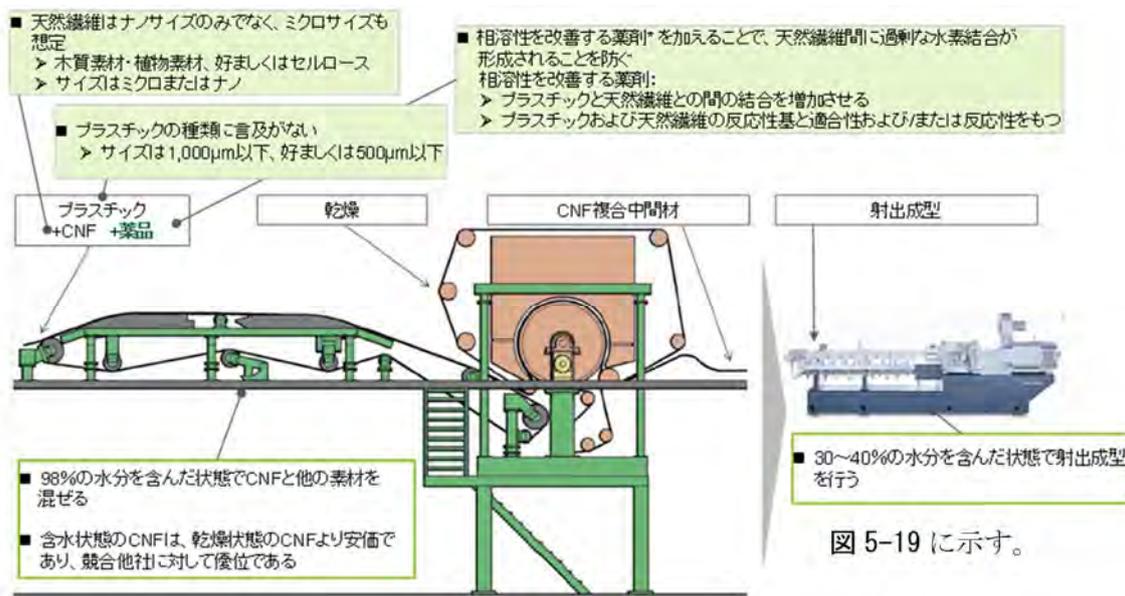


図 5-19 wetmixingtechnology の概要

出典：AquaComp 「presentation-general」、トムソン・ロイター” Derwent World Patents Index® (DWPISM) よりデロイト作成

同技術は相溶性を改善する薬剤を加えることで、含水状態での複合（98%の水分）また射出成型（30~40%の水分）を行う技術である。なお、同技術は2010年に特許としてを公開済み（特許番号：W02010122224-A1）である。

Elastopoli の AquaComp プロジェクトについて、想定される社会への波及効果を図 5-20 に示す。

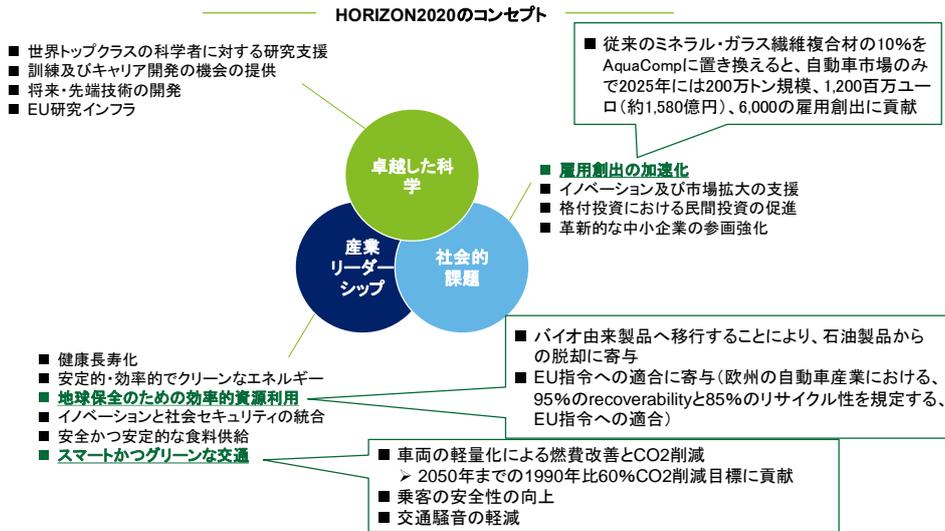


図 5-20 社会への波及効果

出典：AquaCompReportSummary, period1、Horizon2020TheEUFrameworkProgrammeForResearchandInnovation2014-2020
(欧州委員会、2011年)

Elastopoli による EU へ向けた報告書によると、Horizon2020 のコンセプトのうち、「社会的課題」に含まれる雇用創出の加速化、「産業リーダーシップ」に含まれる地域保全のための効率的資源利用、スマートかつグリーンな交通に寄与することが期待されている。

また、同プロジェクトの最終目標と一年目の成果を図 5-21 に示す。

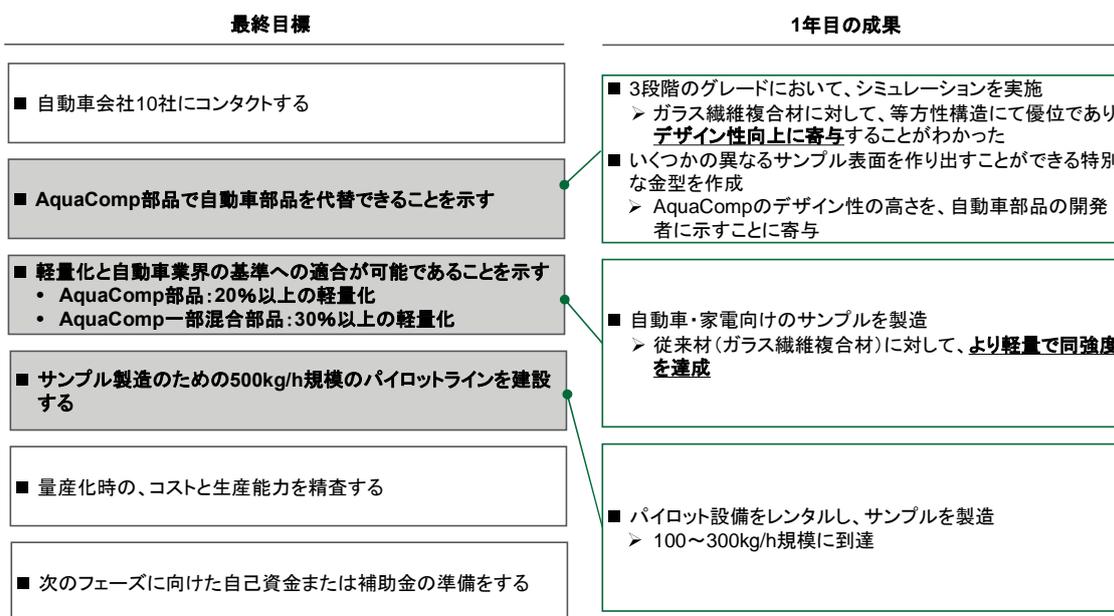


図 5-21 AquaComp プロジェクトの最終目標と一年目の成果

自動車部品として代替可能であることを示すとの目標に向け、1年目はパイロットでの試作品を製造し、軽量高強度かつデザイン性の高さを確認した。

最後に、RISE が参画した ProNanoCell プロジェクトの概要を図 5-22 に示す。

ProNanoCell プロジェクトでは包装・自動車・建築部材向けの CNF 複合材を開発している。同プロジェクトの成果概要を図 5-23 に示す。



図 5-22 ProNanoCell

出典: ProNanoCellProcessesfornanocellulosecompositemanufacturing” (WoodWisdom-NetSeminar-Edinburgh4-5

製造方法	概要	成果
The Wet Web comingling process	■ パルプ繊維、CNFおよびポリマーからなる 複合シート の形態で製造する 押出成形技術	■ ProNanoCellの目標である、 曲げ弾性率50%増加を達成した
The DEVO process	■ 乾燥工程に続く押出成形技術 であり、射出成形および他の技術のための材料を得るための技術としても利用可能	■ 同上
Modified Kyoto process	■ 京都大学で行われている 京都プロセスに基づいた、射出成形技術	■ CNFの 凝集塊の形成に問題があり 、さらなる開発が行われている

目標達成

図 5-23 製造方法別の概要と成果

出典: “ProNanoCellProcessesfornanocellulosecompositemanufacturing” (WoodWisdom-NetSeminar-Edinburgh4-5April2017) and (WoodWisdom-NetSeminar-Duebendorf-Zurich14-15September2015),

「TheWetWebcominglingprocess」「TheDEVOpcess」において、曲げ弾性率 50%増加とのプロジェクトの品質目標を達成した。

ProNanoCell プロジェクトにおける試作品を図 5-24 に示す。

ProNanoCell プロジェクトでは、マグカップ、医療用器具、自動車用部材等の幅広い分野における試作品を製造した。



図 5-24 成果としての試作品

出典：“ProNanoCellProcessesfornanocellulosecompositemanufacturing”
(WoodWisdom-NetSeminar-Edinburgh4-5April2017)

5.1.2 政策・プロジェクト文献調査

本項では、政策プロジェクト調査のうち、政策動向に関する文献調査結果、国内外の技術実証の分析結果、国内外の実証体制について整理する。

(1) 政策動向調査（国内外調査結果のサマリ）

以下では各国のCNF関連政策について文献調査を実施し、政策動向、予算、商用化課題、注力分野、支援体制の視点から比較分析を行った。

全項目のサマリを図5-25に示す。

		日本	米国	カナダ	フィンランド	ノルウェー	スウェーデン	欧州連合	韓国
1	政策動向	ナノセルロースロードマップ有無 ●	-	-	-	-	●	-	-
	ナノ技術等先端技術に対する基本方針	2030年に1兆円規模のCNF市場創出	ナノセルロース商用化で地方の雇用を促進	グローバルCNCリーダーを目指す	革新的な技術の振興及び実用化支援	持続可能なソリューション開発、社会課題へ対応	革新的な研究支援で可能な成長を実現	先端技術育成で欧州のグローバル競争力強化	産学連携を推進し、産業現場の課題へ対応
2	予算※1	増減トレンド ↑	(↑)	(↑)	(↓)	↑	(↑)	↑	(↑)
3	商用化課題	技術力向上 ●	●	●	●	●	●	-	●
	評価方法標準化	●	●	-	-	-	●	-	-
	コスト低減	●	●	●	-	-	-	-	●
	ニーズ・市場開拓	●	●	●	●	●	●	-	-
	その他	安全性確保	認知度向上	-	ハリューチェーン	ハリューチェーン	ハリューチェーン	-	-
4	注力分野※2	医薬品・ヘルスケア - (☆)	- (☆)	- (☆)	◎ (☆)	- (☆)	-	- (☆)	- (☆)
	自動車	◎ (☆)	- (☆)	- (☆)	-	-	- (☆)	○ (☆)	-
	建築	○ (☆)	◎ (☆)	○ (☆)	- (☆)	- (☆)	- (☆)	- (☆)	-
	エレクトロニクス	- (☆)	- (☆)	- (☆)	- (☆)	-	-	◎ (☆)	- (☆)
	パッケージ	- (☆)	- (☆)	- (☆)	- (☆)	- (☆)	- (☆)	- (☆)	- (☆)
	エネルギー	-	- (☆)	- (☆)	-	- (☆)	-	- (☆)	-
5	支援体制	事業推進委員会にて合意形成	N/A	N/A	協業協定を締結	協業協定を締結	成果に関する権利を定めたPJ協定を締結	PO業務を担う主体を設置	山林庁

※1 予算について、R&D全体を対象としている予算は参考情報のため()書きとしている
 ※2 後段の「国内外の技術実証の分析」にてLevel3に位置している国のうち、最も件数が多い国を「◎」、次点を「○」としている
 ※3 戦略・計画等に出口候補として言及がある分野を「☆」としている

図5-25 国内外の最新動向：サマリ

日本のCNF政策について諸外国と比較した場合、ナノセルロースロードマップを持ち、2030年の市場規模目標を定めるなど、CNFに注力していることが分かる。その一方、注力分野が自動車、建築、家電と散在していることから、建築分野において、後段で詳述する技術実証の分析にて「Level13:技術優位のあるパイオニア」である件数が米国より少なくっており、選択と集中が重要となる。

なお、平成26年度の調査時との比較を図5-26に示す。

		日本	米国	カナダ	フィンランド	ノルウェー	スウェーデン	欧州連合	韓国
政策動向	省庁横断ナノセルロース政策有無	<ul style="list-style-type: none"> ナノセルロースに特化した政策目標を掲げている国は日本、米国、カナダ 政策動向全般については、国内外ともに大きな変動なし 							(過年度調査では調査未実施(特許動向のみ調査))
予算	増減トレンド	(過年度調査では予算の増減トレンド調査未実施)							
商用化課題	技術力向上	<ul style="list-style-type: none"> 商用化の課題に関しては、文献調査を通じてカナダ、フィンランド、スウェーデンの最新情報を取得 上記情報によると、過年度の調査で課題となっていた左記項目が然として解決対象として残っている 							
	評価方法標準化								
	コスト低減								
	ニーズ・市場開拓								
	その他								
注力分野	ターゲット用途	<ul style="list-style-type: none"> 各国とも、パッケージ分野の検討が減少している 							
支援体制	実証体制	(過年度調査では実証体制は調査未実施)							

図 5-26 国内外の最新動向：平成 26 年度調査結果との比較

平成 26 年度調査時点より、政策動向としては大きな変動はないことが分かった。

次に、政策動向、予算、商用化課題についてより詳細な比較を行った結果を表 5-12 に示す。

表 5-12 政策動向・予算・商用化課題のサマリ

国※1	政策動向	対象※2	予算		商用化課題				
			増減動向※3		技術力向上	評価手法標準化	コスト低減	ニーズ・市場開拓	その他
日本(★)	日本は、技術力向上・国際標準化等が課題である中、2030年にCNF関連材料で1兆円の市場創造を目指している CNFに特化した方針	◎	↑	4省合計のCNF関連予算は2016年度112.5億円、2017年度141億円と増加傾向。	●	●	●	●	安全性確保
米国	米国は、技術力向上・標準化が課題である中、地方の雇用対策としてナノセルロース開発を推進している	△	→	USDA FSのR&D部門予算は2016年、2017年とも292百万\$(約336億円)で、横ばい状態	●	●	●	●	認知度向上
カナダ	カナダはグローバルCNCリーダーを目指す方針のもと、CNC/CNFの商用化を実現している	△	↑	NRCのR&D投資予算は2014-2015年106百万CAD(約96億円)、2015-2016年に121百万CAD(約109億円)であり、増加傾向	●	-	●	●	-
フィンランド	フィンランドは、製造工程技術力の向上が課題としてある中、革新的な科学技術育成という方針のもと検討を行っている	△	↓	TeakesのR&D部門予算は2016年381百万€(約502億円)、2017年322百万€(約424億円)で、減少傾向(経済全体の低成長が開発予算減少の要因と想定される)	●	-	-	●	バリエーション
ノルウェー	ノルウェーは持続可能なソリューション開発、社会課題対応との方針のもと、各プログラムを展開している	○	↑	RCNIによるNANO2021の予算は2016年に92.1百万NOK(約13億円)、2017年130百万NOK(約18億円)で、増加傾向	●	-	-	●	バリエーション
スウェーデン(★)	スウェーデンは、製造プロセス向上という課題がある中、持続可能な成長の牽引策としてCNFを推進している CNFに特化した方針	△	↑	VINNOVAのR&D予算は2015年に4,115百万SEK(約574億円)、2016年に4,679百万SEK(約653億円)と増加傾向	●	●	-	●	バリエーション
欧州連合	欧州連合は欧州のグローバル競争力強化方針のもと、ナノセルロース開発研究への投資・規格標準化に取り組んでいる	○	↑	NMBPの予算は2016年231百万€(約304億円)、2017年255百万€(約336億円)と増加傾向 ナノテクノロジー予算が多い	●	●	●	-	-
韓国	韓国は、技術力及び価格競争力の向上が課題である中、産業現場の課題解決との方針のもと産学連携を推進している	△	↑	2016年2,200億KRW(約22,308億円)、2017年2,383億KRW(約24,164億円)と増加傾向	●	-	●	-	-

※1 ナノセルロースに特化したロードマップを策定している国は、国名に(★)を付与

※2 予算対象については、CNF対象は◎、ナノテクノロジー対象は○、R&D全体対象は△とする

※3 各国通貨は三菱UFJリサーチ&コンサルティングの2017年7月11日のTTSレートを用いて円換算

政策動向についてCNFに特化した政策方針を掲げている国は日本とスウェーデンの2か国である。予算については、CNF関連予算の増減傾向としては、米国・フィンランドを除く、大半の国が増加傾向にあった。ただし、CNFのみを対象とした予算を公表している国は日本のみであり、その他はナノテクノロジー、または技術開発に対する予算の中でCNFを位置づけていた。欧州連合はCNF以外を含むナノテクノロジー全般ではあるが、予算規模が大きいため、注視が必要である。

最後に、商用化課題の視点からは技術力向上やニーズ・市場開拓については多くの国が課題であるとの共通認識を持っていることが分かった。その他の観点について、日本は安全性、米国は認知度向上、フィンランド、ノルウェー、スウェーデンの北欧諸国はバリューチェーンの創出が課題であるとの認識を持っていた。以上を総合すると、日本はCNFに特化した方針を掲げており優位にあるため、スウェーデンや欧州連合を注視しつつ、現状の方針を維持すべきであるといえる。

次に、次項以降の調査における調査カテゴリーを表5-13に示す。

表 5-13 調査カテゴリー

開発段階		ターゲット分野	国		
基礎研究	新技術に関する研究段階	a 医薬品・ヘルスケア・バイオ	米国		
応用研究	特定領域の新技術の応用に関する開発段階	b 自動車	カナダ		
実用研究	製品・製法等として実用化するための開発段階	c 建築	EU		
導入実証研究	フィールドで検証する段階(商品化の可否を判断)	d エレクトロニクス	ノルウェー		
初期普及	市場での浸透を図る段階	e パッケージ	フィンランド		
技術種類		f エネルギー	日本		
		g 家電	韓国		
		h その他	その他		
		i 分野共通			
		素材製造	成分分離・利用～解繊等のCNFの製造に関わる技術		
		部材製造	機能化・複合化～用途開発等のCNFを使用した製品の部材製造に関わる技術		
製品製造	CNFを使用した製品製造に関わる技術				
製品利用	CNFを使用した製品利用に関わる技術				
リサイクル	CNFを使用した製品リサイクルに関わる技術				

出典：各国政策支援機関ウェブサイト
⇒2014年以降に実施、または2017年5月時点で継続中のプロジェクト公開件数 92件

本調査においては、各国の92件の実証事業について、開発段階と技術種類は各々5項目、ターゲット分野は9項目、国は8項目にて調査・整理を行った。

後段にて、日本、米国、カナダ、フィンランド、ノルウェー、スウェーデン、欧州連合、韓国におけるCNF関連政策動向を詳述する。



図 5-28 各省庁で実施するプログラムの時系列整理

出典：各省庁資料をもとにデロイトにて作成

各省庁のプログラムを時系列で見ると、基礎研究から導入実証研究へと順調に開発フェーズが移行していることが分かる。一方で農水省、文科省、環境省の一部の事業結果は基礎研究、応用研究の段階にとどまっており、環境省の導入実証研究へのインプットが必要である。インプット候補の事業を図 5-29 に示す。

<p>A 農林水産省：新たな木材需要創出総合プロジェクト</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 酵素加水分解でつくるセルロースナノファイバー <ul style="list-style-type: none"> ✓ 酵素と湿式粉碎を組合わせたCNF製造手法と用途開発 	<p>B 文部科学省：科学研究費助成事業(科研費)</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ セルロースナノファイバーを用いたフレキシブル蓄電紙の創出 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 次世代フレキシブル電子デバイスに資する大容量蓄電紙創出 	<p>B 文部科学省：戦略的創造研究推進事業(先端的低炭素化技術開発)</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)革新的構造材料 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 航空機用内装材や自動車用部品への適用を目指す 	<p>C 環境省：環境研究総合推進費</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ ナノセルロース系廃材を利用したリサイクル樹脂の改質 <ul style="list-style-type: none"> ✓ CNF系廃材が持つ特性を利用することで改質リサイクル樹脂の開発を目的 	<p>環境省：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</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 自動車分野 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 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 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および性能評価・検証 ■ 家電分野 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 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 ■ 住宅建材分野 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 発泡断熱材等にCNFを添加することで、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
---	--	--	---	--

図 5-29 環境省事業へのインプット候補

出典：各省庁資料をもとにデロイトにて作成

基礎・応用段階に留まっている各省の研究のうち上記4事業については、環境省の性能評価モデル事業にて着目している、自動車分野、家電分野、住宅建材分野への展開を目指していることから、環境省の実証事業の各採択分野へのインプットを想定できる。

以下では、CNF関連の実証事業に早期から取り組みを進めている、経済産業省傘下のNEDO事業、また、環境省事業について、CNF関連実証事業を時系列にて整理する。

まず、NEDO事業について図5-30に示す。

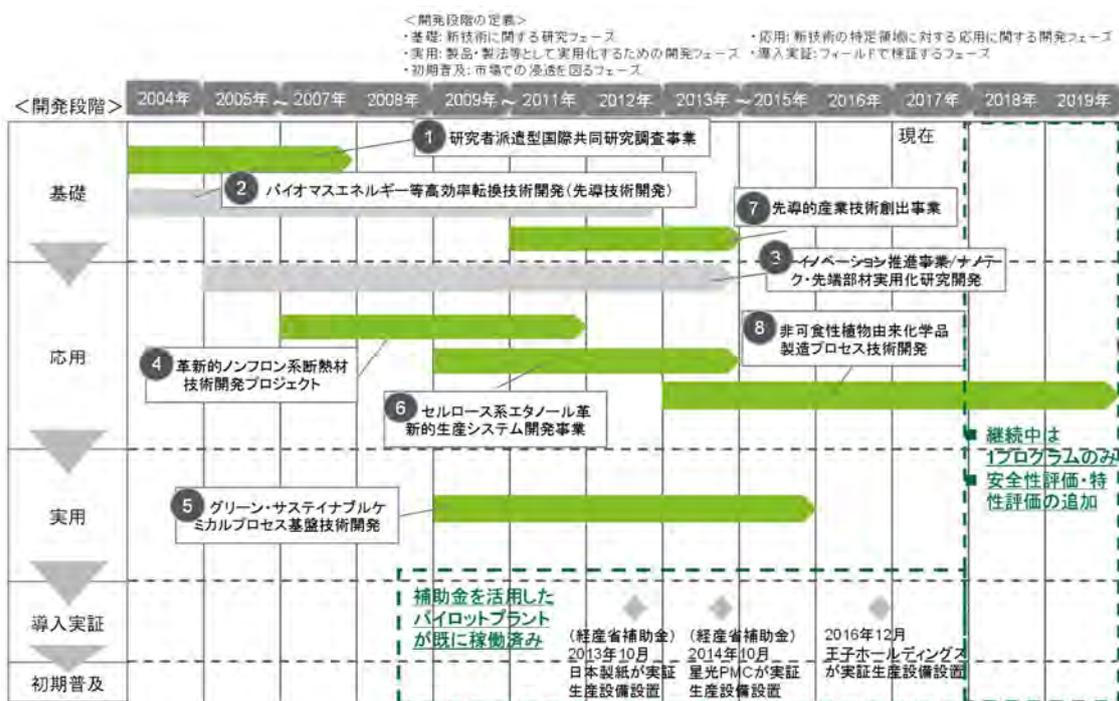


図5-30 NEDO事業の計画期間の時系列整理

出典：NEDO資料をもとにデロイトにて作成

2004年から開始している各段階のプログラムについて、継続中のプログラムは応用段階の「非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発」1件であり、2019年まで実施予定となっている。一方、プラントへの補助金支援は2021年まで実施予定である。

次に、環境省事業について図 5-31 に示す。

環境省では応用以上の開発支援を 2010 年から実施している。2018 年以降も 2 事業継続予定であるが、引き続き導入実証のモデル事業の組成をより推進すべきと考えられる。

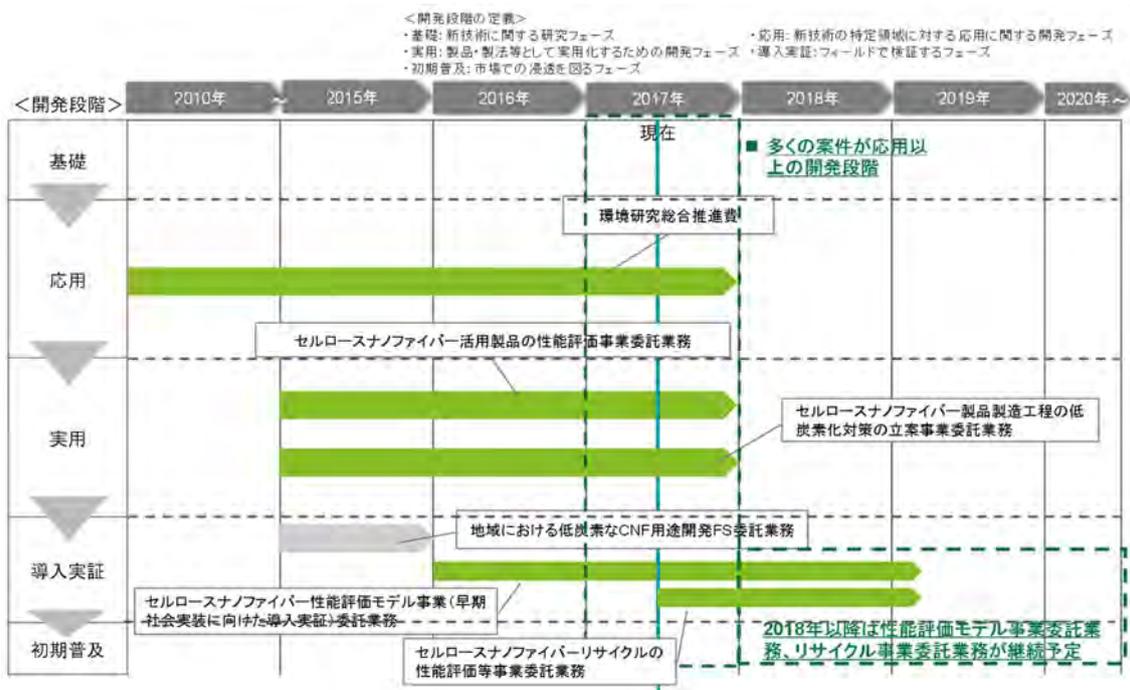


図 5-31 環境省事業の計画期間の時系列整理

出典：環境省資料よりデロイトにて作成

次に日本の取組状況として、各省庁のプログラム一覧を表 5-14 に示す。

表 5-14 日本の取組状況

番号	機関	プログラム	プログラムの最終目標と目的	期間	取組状況
日本-A	農林水産省	/新たな木材需要創出総合プロジェクト「木質バイオマスの利用拡大」	<ul style="list-style-type: none"> ■ 木質バイオマスの利用拡大 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 地域密着型の小規模発電や熱利用など木質バイオマス(竹を含む。)のエネルギー利用及びセルロースナノファイバー等のマテリアル利用の促進に向け、サポート体制の構築、燃料の安定供給体制の強化、技術開発等を支援 	2015-2017	<ul style="list-style-type: none"> ■ 2014年度まで実施されていた新規木材需要創出事業の後継 ■ 地域材の利用促進の名目で平成29年度概算予算額は723百万となっている
日本-B	農林水産省(農林水産技術会議)	「知」の集積と活用による革新的技術創造促進事業※	<ul style="list-style-type: none"> ■ 異分野融合発展研究 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 新たな素材として期待されているセルロースナノファイバー等の農林水産業・食品産業への活用に向けた研究開発及び科学的エビデンスに基づいた日本食の評価等に関する研究開発を支援 	2017-2017	<ul style="list-style-type: none"> ■ 平成29年度概算予算額は1,846百万となっている
日本-B	文部科学省	科学研究費助成事業(科研費)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 人文学、社会科学から自然科学まで全ての分野にわたり、基礎から応用までのあらゆる「学術研究」(研究者の自由な発想に基づく研究)を格段に発展させることを目的とする「競争的資金」であり、ピアレビューによる審査を経て、独創的・先駆的な研究に対する助成を行うもの 	n/a	<ul style="list-style-type: none"> ■ 平成28年度の予算額は2,273億円(対前年度同)、平成28年度の助成額は2,343億円(対前年度25億円増)となっている <ul style="list-style-type: none"> ➢ 平成23年度から「基金化」の制度改革により、単年度の補助金制度に比べ、年度の区分にとられない研究費の使用が可能となった ➢ 平成27年度には、約10万7千件の新たな応募があり、このうち約3万件が採択されている。すでに採択され、数年間継続している研究課題を含めて、約8万1千件の研究課題を支援
日本-C	文部科学省	戦略的創造研究推進事業(先端的低炭素化技術開発)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 温室効果ガス排出の低減を目指した低炭素技術開発に特化した研究プログラム(Advanced Low Carbon Technology Research and Development Program: ALCA)のこと 	n/a	<ul style="list-style-type: none"> ■ CO2の発生を削エネルギー、蓄エネルギー、カーボンニュートラルによって、また、CO2排出量を省エネルギーによってそれぞれ低減し、低炭素社会の形成を目指している。以下の二系統から研究開発を推進 <ul style="list-style-type: none"> ➢ (a) 明確な出口を目指した「トップダウン提案型の技術領域(特別重点技術領域)」 ➢ (b) 個々の研究者の自由な発想に基づく「ボトムアップ提案型の技術領域」
日本-D	経済産業省	戦略的省エネルギー技術革新プログラム	<ul style="list-style-type: none"> ■ 我が国における省エネルギー型経済社会の構築及び産業競争力の強化に寄与することを目的とする <ul style="list-style-type: none"> ✓ 「省エネルギー技術戦略」で掲げる重要技術を中心として、2030年には高い省エネ効果(原油換算で年間10万kl以上の省エネ効果)が見込まれる省エネルギー技術について、事業化までシームレスに技術開発を支援を行う ✓ 研究開発フェーズ:①インキュベーション研究開発、②実用化開発、③実証開発、④テーマ設定型事業者連携スキーム 	2012-2021	(継続実施中)
日本-E	NEDO	非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ■ 石油由来化学品原料の転換・多様化、二酸化炭素排出量削減を目指す <ul style="list-style-type: none"> ✓ コスト競争力のある非可食性バイオマスから最終化学品までの一貫製造プロセスを構築する 	2013-2019	(継続実施中)
日本-F	環境省	地域における低炭素なCNF用途開発FS委託業務	<ul style="list-style-type: none"> ■ CNFの特性を最大限に発揮することを念頭に、地球温暖化対策に特に貢献が期待できる用途開発分野を特定するとともに、短期的に実現可能と考えられる用途において、関係自治体等と協力し、地域における事業計画の提案、事業採算性の分析評価、事業実施上の課題抽出を行い、事業の実現可能性を評価する 	2015-2015	<ul style="list-style-type: none"> ■ 「原料調達、製品製造、製品使用、廃棄」の一貫した、地域モデルを確立するため、最新の低炭素化技術の適用可能性を考慮しつつ、実現性の高い地域モデル事業の提案及び事業性評価等を実施することを目的とし、3件を採択
日本-G	環境省	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	<ul style="list-style-type: none"> ■ 将来的な地球温暖化対策につながり、エネルギー起源CO2削減が期待できる自動車軽量化に重点を置き、自動車を構成する2~3万の部品の中から、2~3年で実現でき、CNFの特性を活かした用途(部品や部品)を提案し、CNF活用製品の性能評価や活用時のCO2削減効果の検証を実施する 	2015-2017	<ul style="list-style-type: none"> ■ 審査の結果、内装材、機能部品、バッテリーについて、CNFの特性を活かした提案4件を委託契約候補者として採択し、継続実施中
日本-H	環境省	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	<ul style="list-style-type: none"> ■ CNF複合樹脂製品の製品製造工程についてCO2排出量を評価するとともに、製品製造工程のCO2削減対策の立案を実施する 	2015-2017	<ul style="list-style-type: none"> ■ プラスチック、透明樹脂、ゴム等をテーマとした製品製造工程の低炭素化対策に関わる提案3件を委託契約候補者として採択し、継続実施中(うち1件は完了済)
日本-I	環境省	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	<ul style="list-style-type: none"> ■ CNF軽量材料で部品等を試作し、実機に搭載することで製品としての信頼性、CO2削減効果等の性能評価を実施するとともに、早期社会実装に向けた導入実証を行う 	2016-2020	<ul style="list-style-type: none"> ■ 国内市場規模が大きく、CO2削減ポテンシャルの大きい自動車(内装、外装等)、家電(送風ファン等)、住宅・建材(窓枠、断熱材、構造材等)、の分野にてそれぞれ1件ずつ採択し、継続実施中
日本-J	環境省	環境研究総合推進費	<ul style="list-style-type: none"> ■ 地球温暖化の防止、循環型社会の実現、自然環境との共生、環境リスク管理等による安全の確保など、持続可能な社会構築のための環境政策の推進にとって不可欠な科学的知見の集積及び技術開発の促進を目的として、環境分野のほぼ全領域にわたる研究開発を実施 	2010~	<ul style="list-style-type: none"> ■ 事前評価(採択時審査)、中間評価、事後評価を行う評価委員会・研究会は外部専門家・有識者等からなり、各研究課題は、必要性・有効性・効率性・経費の妥当性等の観点から審査を実施 ■ 事前評価の結果に基づいて新規課題の採否を決定し、中間評価の結果に基づいて次年度予算額の増減を決定する

出典：ナノセルロースフォーラム「ナノセルロース関連予算の概要(平成29年度予算案)」、農林水産省「(平成29年度予算の概要)新たな木材需要創出総合プロジェクト」、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構生物系特定産業技術研究支援センター「「知」の集積と活用による革新的技術創造促進事業」、文部科学省「文部科学省の競争的資金一覧」「科研費パンフレット2016」、国立研究開発法人科学技術振興機構「ALCA(先端的低炭素化技術開発)について」、NEDO材料・ナノテクノロジー部「平成29年度実施方針」(P13006)、NEDO「戦略的省エネルギー技術革新プログラム」、環境省報道発表資料「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 委託業務の公募について（お知らせ）」、環境省報道発表資料「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に係る公募の採択結果について（お知らせ）」、環境省報道発表資料「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に係る公募の採択結果について（お知らせ）」、環境省報道発表資料別紙「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）採択案件

農林水産省では、CNF 活用による農林水産業の発展をめざし、「新たな木材需要創出総合プロジェクト「木質バイオマスの利用拡大」と「知」の集積と活用の場による革新的技術創造促進事業」の 2 事業を実施している。

文部科学省では、科学研究費助成事業（科研費）と戦略的創造研究推進事業（先端的低炭素化技術開発）の 2 事業で CNF に関する助成事業を採択している。

経済産業省・NEDO では、応用段階のプログラムである「非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発」は 2019 年まで、プラントへの補助金支援を行う「戦略的省エネルギー技術革新プログラム」は 2021 年まで実施予定である。

環境省では、「地域における低炭素な CNF 用途開発 FS 委託業務」「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」「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」「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」、また、「環境研究総合推進費」にて網羅的な分野で開発を推進している。一方、自動車分野に関しては、「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」と「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」にて、内装材の開発に一部重複がある。

次に、経済産業省傘下の NEDO の取組について時系列順に整理した結果を表 5-15 に示す。

表 5-15 NEDO のプログラム一覧（時系列順）

調査事業であり、CNFは紹介程度

プログラム	プログラムの最終目標と目的	PL	開始年	終了年	プログラム結果
1 研究者派遣型国際共同研究調査事業	<ul style="list-style-type: none"> ■ 国際共同研究の形成や我が国が率先して行うべき研究開発に関するナショナルプロジェクトを立案する <ul style="list-style-type: none"> ✓ 海外における技術シーズの発掘、海外の研究動向の把握・分析等の調査を行う 	—	平成16年度	平成20年度	(ホームページに記載なし)
2 バイオマスエネルギー等高効率転換技術開発(先端技術開発)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 新技術の開発、開発技術の拡大、性能の向上及びコストの削減を図り、2005年3月総合資源エネルギー調査会需給部会の2030年のエネルギー需給展望(答申)にある2030年度目標値を達成することを目標とする <ul style="list-style-type: none"> ✓ セルロース系バイオマスから発酵プロセスを経て、燃料及び化学品原料を高効率・低コストで製造する技術の開発することを目的とする 	—	平成16年度	平成24年度	(ホームページに記載なし)
3 イノベーション推進事業/ナノテク・先端部材実用化研究開発	<ul style="list-style-type: none"> ■ 優れた技術シーズを実用化につなげることを目指した研究開発を促進し、我が国の産業競争力を強化し、経済社会の課題解決に資する需要と層用の創出に資することを目標とする <ul style="list-style-type: none"> ✓ ナノテクノロジーのシーズ技術を有する川上機関(大学、材料メーカーなど)、その実用化を担当する川下機関(製品メーカーなど)が一体となった垂直連携体制を構築する 	—	平成17年度	平成25年度	(ホームページに記載なし)
4 革新的ノンフロン系断熱材技術開発プロジェクト	<ul style="list-style-type: none"> ■ 平成23年度までに、現状のフロン系硬質ウレタンフォームと同等以上(熱伝導率$\lambda \leq 0.024\text{W/m}\cdot\text{K}$を目安)の断熱性能を有し、従来技術と比肩して優位性のある性能・特徴を有する革新的なノンフロン系断熱技術を確立するための技術課題を解決することを目標とする <ul style="list-style-type: none"> ✓ 高分子素材の発泡等の微細化・多孔化技術や各種断熱素材の複合化技術、新規断熱材料の合成技術等を確立する 	大嶋 正裕(京都大学大学院工学研究科教授)	平成19年度	平成23年度	(ホームページに記載なし)
5 グリーン・サステイナブルケミカルプロセス基盤技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ■ CNFを用いて化学品原料の転換・多様化を可能とすることを目指す <ul style="list-style-type: none"> ✓ 化学品の製造プロセスにおけるシンプル化、クリーン化、省エネ化、原材料・資源の多様化・有効利用、さらに、廃棄物の減容化、容易なりサイクル等を実現し、産業競争力強化、国際規制の先取りを図って、将来にわたっても持続的に化学品を製造するために必要な新規なグリーン・サステイナブルケミカルプロセスの研究開発を行う 	橋本 和仁(東京大学先端科学技術研究センター教授)	平成21年度	平成27年度	追跡対象企業のPJ終了後6年目のステージ状況 対象企業数:17社 ・上市:1 ・製品化:2 ・研究・開発を継続中:12 ・中止・中断:2
6 セルロース系エタノール革新的生産システム開発事業	<ul style="list-style-type: none"> ■ 食料問題や環境問題にも配慮した経済的かつ安定的な実用化レベルのバイオエタノール生産システムの構築を目指す <ul style="list-style-type: none"> ✓ 食料と競合しないセルロース系資源作物について、栽培からバイオエタノールの製造に至る、革新的技術を用いた一貫生産モデルの開発を行う 	—	平成21年度	平成25年度	前処理において、試料や温度帯を変更したところ、均質なセルロースナノファイバーが生成されていることを確認した。
7 先導的産業技術創出事業	<ul style="list-style-type: none"> ■ 社会・産業界のニーズに対応するため、大学・研究機関等の若手研究者(個人又はチーム)やその国際共同研究チームなどが有する有望な技術シーズを育成することを目標とする <ul style="list-style-type: none"> ✓ 大学・研究機関等の若手研究者が取り組む産業応用を意図した研究開発を助成し、産業界及び社会のニーズに応える産業技術シーズの発掘・育成、人材育成を図る ✓ 産学官連携の集中拠点における試作・実証、性能評価などの研究開発を助成することにより、実用化を効果的かつ効率的に推進する 	—	平成23年度※1	平成25年度	(ホームページに記載なし)
8 非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ■ 石油由来化学品原料の転換・多様化、二酸化炭素排出量削減を目指す <ul style="list-style-type: none"> ✓ コスト競争力のある非可食性バイオマスから最終化学品までの一貫製造プロセスを構築する 	前 一 廣(京都大学 教授)	平成25年度	平成31年度	(継続実施中)

出典：NEDO「先導的産業技術創出事業（若手研究 Grant）〔旧〕産業技術研究助成事業（若手研究 Grant）」「バイオマスエネルギー等高効率転換技術開発」「イノベーション推進事業/ナノテク・先端部材実用化研究開発」「革新的ノンフロン系断熱材技術開発プロジェクト」「グリーン・サステイナブルケミカルプロセス基盤技術開発」「セルロース系エタノール革新的生産システム開発事業」

平成 16 年度の「研究者派遣型国際共同研究調査事業」における海外の研究動向把握・分析から始まり、平成 19 年度には「革新的ノンフロン系断熱材技術開発プロジェクト」における特定領域の研究へと展開した。平成 21 年度からは「グリーン・サステイナブルケミカルプロセス基盤技術開発」「セルロース系エタノール革新的生産システム開発事業」「先導的産業技術創出事業」「非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発」にて、応用研究や実用化を目指した開発フェーズへと進展している。

以下では各省庁の上記のプログラムに基づいて実施されたプロジェクトについて、農林水産省・林野庁、文部科学省（科学研究費助成事業、科学技術振興機構）、経済産業省傘下の NEDO、環境省の各種プログラムの順に詳述する。

まずは、農林水産省・林野庁の下で実施されたプロジェクトについて表 5-16 に示す。

表 5-16 プロジェクト一覧：農林水産省・林野庁

番号	プログラム番号	参画主体(企業等)	共同事業者(企業)	プロジェクト名	期間	予算(千円)	ターゲット分野	技術種類	開発段階	プロジェクト概要
農-1	日本-A	森林総合研究所	n/a	セルロースナノファイバー製造技術実証事業	2014-2014	n/a	n/a	素材製造	導入実証	<ul style="list-style-type: none"> 国産材を原料とするチップをアルカリ蒸解によりバルブ化した後、酵素と汎用の湿式粉砕機によりナノ化して、セルロースナノファイバーを一貫工程で製造する技術を開発する。同製造技術を用いた製造ベンチプラントを設置し、サンプル提供を行う
農-2	日本-A	森林総合研究所	n/a	酵素加水分解でつくるセルロースナノファイバーの用途開発	2016-2017	n/a	n/a	素材製造、部材製造	応用	<ul style="list-style-type: none"> 酵素と湿式粉砕を組み合わせたGNF製造技術、同技術によって製造されたGNFの用途を検討する。塗料や不織布を想定しているが、ターゲット分野は未定。(採択は単年度だが2か年連続で採択)

出典：林野庁資料、ヒアリング

酵素加水分解と湿式粉砕による CNF 製造技術を軸に、国産材の活用検討と用途開発を実施している。

次に、科学研究費助成事業によるプロジェクトの一覧を表 5-17 に示す。

医薬品・ヘルスケア・バイオ、エレクトロニクス、エネルギー、特定分野をターゲットとしていないと想定される分野共通のプロジェクト計 11 件に対し、2015 年以降も引き続き基礎・応用研究に予算を投入していることが分かる。

表 5-17 プロジェクト一覧：科学研究費助成事業

番号	プログラム番号	考案主体(企業等)	共同事業者(企業)	プロジェクト名	期間	予算(千円)	ターゲット分野	技術種類	開発段階	プロジェクト概要
文-1	日本-B	小林(岡久)陽子、神戸大学	n/a	リグニン堆積過程の竹からのセルロースナノファイバー製造と高性能ナノ複合材料の創製	2015-2016	2,340	n/a	素材製造	基礎	■ 3年以上の成竹を用いて、アルカリ処理のみを行い解糖処理を経て作製したセルロースナノファイバーと、従来法である亜硫酸ナトリウムによる脱リグニン処理、およびアルカリ処理を行い、解糖処理を経て作製したセルロースナノファイバーとの比較
文-2	日本-B	川口 智弘、福岡歯科大学	n/a	セルロースナノファイバーを用いた高強度義歯床用レジンの開発	2015-2017	3,900	医薬品・ヘルスケア・バイオ	複合材製造	応用	■ スラリー状に成形したCNFを複合させた義歯床用レジンの曲げ試験を行ったところ、CNFの水分の影響が曲げ強さが有意に向上したものはなかった。今後は真空凍結乾燥等の乾燥方法を検討し、強度向上を試みる。
文-3	日本-B	齋藤 雅之、東京大学	n/a	セルロースナノファイバー1本の強度解析	2015-2017	3,770	n/a	素材製造	基礎	■ セルロースマイクロフィブリル(CMF)の結晶性と強度の関係について検討
文-4	日本-B	矢野 浩之、京都大学	n/a	セルロースナノファイバーを用いた革新的ポリエチレン結晶構造制御	2015-2017	3,900	n/a	複合材製造	応用	■ CNFの調整・化学変性・樹脂複合化に関する技術を、“PE伸び切り鎖結晶(シジ)を大量に形成する革新的結晶構造制御技術の開発”に特化して進め、PEの大幅な強度特性向上を目指す
文-5	日本-B	保田 和則、愛媛大学	n/a	セルロースナノファイバーを用いた複合材料成形のための流動誘起構造の計測と解析	2015-2018	4,810	n/a	素材製造	基礎	■ CNF分散流体の配向状態を測定
文-6	日本-B	ナカガイトアントニオ・ノリオ、徳島大学	n/a	低コスト牧草由来のセルロースナノファイバー抽出技術の開発	2015-2018	5,070	エレクトロニクス(振動板)	素材製造	基礎	■ 植物から低エネルギー消費で手頃な装置を用いて、セルロースナノファイバーを抽出する処理法の開発
文-7	日本-B	古賀 大尚、大阪大学	n/a	セルロースナノファイバーを用いたフレキシブル蓄電紙の創出	2015-2018	23,920	エレクトロニクス(大容量蓄電紙)	複合材製造	応用	■ 次世代のフレキシブル電子デバイスに資する大容量蓄電紙の創出
文-8	日本-B	村田 達彦、京都大学	n/a	セルロースナノファイバーを用いた環境調和型石油・天然ガス増進回収技術の開発	2015-2018	16,640	エネルギー	素材製造	応用	■ 室温10MPaの条件下で、①貯留層コアに対する圧入性評価、②貯留層コア内における粘性特性評価を実施し、③塩およびpHに対する耐久性評価、④分子動力学計算のためのCNFと塩水の分子モデルの構築を実施
文-9	日本-B	秀野 晃大、愛媛大学	n/a	還元性末端に着目したセルロースナノファイバー耐熱化法の開発	2016-2019	4,810	n/a	素材製造	基礎	(ホームページに記載なし)
文-10	日本-B	甲野 裕之、苫小牧工業高等専門学校	n/a	セルロースナノファイバー表面への分子認識機能付与とその作用機序	2016-2019	4,940	n/a	素材製造	基礎	(ホームページに記載なし)
文-11	日本-B	近藤 哲男、九州大学	n/a	木材および竹バルブ由来新規セルロースナノファイバー形態・セルロース・ナノアネモネ	2016-2020	16,640	n/a	素材製造	基礎	(ホームページに記載なし)

出典：科研費データベース

続いて、科学技術振興機構によるプロジェクト一覧を表 5-18 に示す。

ガラス繊維強化樹脂の代替を目指し、航空機内装材や自動車用部品への適用を目指した開発を行っている。また、ゴム製品への代替や高断熱性・軽量化を実現する断熱材についても開発が行われている。

表 5-18 プロジェクト一覧：科学技術振興機構

番号	プログラム番号	参加主体(企業等)	共同事業者(企業)	プロジェクト名	期間	予算	ターゲット分野	技術種類	開発段階	プロジェクト概要
文-12	日本-C	中島 康雄(古河電気工業、他東工科大学、首都大学)	n/a	戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)革新的構造材料	2014-2017	31.4億円	自動車・航空機	素材製造	基礎	<ul style="list-style-type: none"> 本研究開発では、界面制御技術や樹脂変性技術の理論構築を大学と連携して行うとともに、開発した技術を活用した二軸押出機等により、グラフト等の反応場を利用したCNFの分散技術の開発を行っていく CNF強化樹脂は、ガラス繊維強化樹脂の代替を目指していく。CNFの持つ優れた機械的特性をPEやPPといった樹脂中でも発現することができれば、理想的にはCNF添加量10wt%でガラス繊維40wt%添加品と同程度の弾性率を得られることが期待される。そこで、まずはCNF強化樹脂の理論的な可能性の検証と、CNFをポリオレフィン樹脂に分散させるための混練プロセスの検討を進め、二軸押出機等を用いた試作によって得られたCNF強化樹脂を射出成形機により試験片の作製を進める 具体的な適用製品としては様々なものが考えられるが、航空機内装材や自動車用部品への適用を目指す
文-13	日本-C	森川 豊(あいち産業科学技術総合センター)	n/a	高機能性塗料用ナノシリカゲル・セルロースナノファイバー混合材料	2015-2016	n/a	その他用途	素材製造	応用	<ul style="list-style-type: none"> 本研究で開発した機能性添加材料を塗料に添加して、高性能塗料を試作する。具体的な試作塗料の性能として、従来のみ添加品に対して、耐スクラッチ性を10%以上、膜強度と耐光性を50%以上向上、塗膜の全光線透過率80%以上の透明度を目指す 高機能性塗料、コーティング材料用にナノシリカゲルとセルロースナノファイバーを混合したスラリーを開発する。混合スラリー開発には、あいち産業科学技術総合センターが保有する、高圧ジェットミルによるナノ加工技術を活用する。ナノシリカゲルが有する、耐スクラッチ性、高吸着性能とセルロースナノファイバーの膜生成能、高分散性を併せ持つ、透明性、高耐久性に優れた機能性添加材料を開発する
文-14	日本-C	城崎 智洋(熊本県産業技術センター)	n/a	セルロースナノファイバー/反応性ポリマー剛直ネットワークによる水蒸気&酸素ガスパリア材の開発	2015-2016	n/a	n/a	素材製造	応用	(ホームページに記載なし)
文-15	日本-C	北岡卓也(九州大学)	n/a	ナノセルロースが分子キラリティーを支配する界面不斉反応の創発	2015-2019	n/a	n/a	素材製造	基礎	<ul style="list-style-type: none"> 本研究では、有限希少な貴金属を全く使用しない有機分子触媒を、樹木セルロースナノファイバーと組み合わせることで、「反応効率の飛躍的な向上」と「分子キラリティーの制御」を同時に達成する 触媒ではなく天然多量のナノ界面が合成物質の光学異性体構造を決定する新概念の不斉合成法を開発し、環境共生化学の新戦略を樹立する
文-16	日本-C	西野孝(神戸大学)	n/a	バイオ由来のセルロースナノファイバーを用いた“しなやか”な高分子複合材料の創出	2015-2019	n/a	医薬品・ヘルスケア・バイオ	部材製造	応用	<ul style="list-style-type: none"> 従来、セルロースナノファイバーは剛直性・軽量化を活かして強固な構造材料への展開が志向されてきた。それに対して本研究では、やわらかく、伸びやすく、かつ高強度な“しなやか”なセルロースナノファイバー材料を開拓し、新たな用途展開を目的として、パラダイムシフトを目指す この“しなやか”な材料は、ゴム製品の代替として多くの生活必需品や医療・工業用品への応用が期待される
文-17	日本-C	大嶋正裕(京都大学)	n/a	セルロースナノファイバーを用いた高機能性プラスチック極限軽量断熱発泡部材の開発	2015-2019	n/a	n/a	部材製造	応用	<ul style="list-style-type: none"> 高分子部材の機械的強度補強機能に加えて、酸化防止機能、(結晶・気泡)核生成機能、触媒機能などの機能が複合的に発現できるように多機能性樹脂添加剤としてセルロースナノファイバーを活用できるように化学修飾・分散技術(変性技術)を開発し、その多機能性を活かして、高断熱性を有し、空隙率を90%以上に、空隙径を数μmからnmオーダー領域にまで微細化させ極限まで軽量化したCNF含有ナノコンポジット発泡部材を環境にやさしい手法により創製する高分子射出成形技術の創出を目指す

出典：JST プロジェクトデータベース

続いて、経済産業省・NEDOによるプロジェクト一覧を表5-19に示す。

経済産業省は、セルロースナノファイバー高効率製造プロセスの開発に向けプラントへの補助を2018年まで実施している。NEDOは日本の優位性を確保すべくコスト競争力のある非可食材料を用いたCNF製造プロセス（京都プロセス）を開発している。

表5-19 プロジェクト一覧：経済産業省・NEDO

番号	プログラム番号	参画主体(企業等)	共同事業者(企業)	プロジェクト名	期間	予算	ターゲット分野	技術種類	開発段階	プロジェクト概要
経一1	日本-D	王子ホールディングス	王子エンジニアリング株式会社	セルロースナノファイバー高効率製造プロセスの開発	2015 - 2018	n/a	n/a	素材製造	導入実証	<ul style="list-style-type: none"> ■ 戦略的省エネルギー技術革新プログラムのうち②実用化開発フェーズに該当。高生産効率かつ高品質（高透明・高粘度・チキン性）を実現する、独自の「リン酸エステル化法」を用いたCNF量産化に向け、2016年12月に実証生産設備を設置、2017年1月よりサンプル提供を開始している。同サンプルを用いてCNF増粘剤等への展開を検討する。
経一2	日本-E	国立大学法人京都大学、京都市産業技術研究所	王子ホールディングス株式会社、日本製紙株式会社、星光PMC株式会社	非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発 研究開発項目(2)木質系バイオマスから化学品までの一貫製造プロセスの開発 高機能リグノセルロースナノファイバーの一貫製造プロセスと部材化技術開発	2013 - 2019	n/a	n/a	素材製造	基礎	<ul style="list-style-type: none"> ■ 日本のCNF材料開発の優位性、信頼性を確保を目指す。木材や竹材といった木質系バイオマスからの3成分分離（リグノCNF および変性の少ないヘミセルロース、リグニン）ならびにリグノCNFの化学変性からなる高機能リグノCNFの一貫製造プロセスを開発する。 耐熱性と樹脂との相溶性に優れた軽量、高強度の新たなCNF材料と、このCNFで補強した樹脂複合材料を高効率で連続的に製造するプロセス（京都プロセス）を世界に先駆けて開発した

出典：NEDO 資料

次に、環境省によるプロジェクト一覧を表 5-20 に示す。

表 5-20 プロジェクト一覧：環境省

番号	プログラム番号	企画主体(企業等)	共同事業者(企業)	期間	予算	ターゲット分野	技術種類	開発段階	プロジェクト概要
環-1	日本-F	国立大学法人静岡大学	トクラス株式会社	2015-2015	n/a	建築	素材製造、部材製造、製品製造	導入実証	■ GNF(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(GNF添加ウッドプラスチックによるシステムキッチンの木材部材代替)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
環-2	日本-F	公益財団法人三重県産業支援センター	三重県工業研究所	2015-2015	n/a	n/a	素材製造	導入実証	■ 地域資源から特徴のある物性を有するGNFの製造、活用を検討、地域モデルとしての妥当性を検証、またGNF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
環-3	日本-F	岡山県	n/a	2015-2015	n/a	自動車	素材製造、部材製造、製品製造	導入実証	■ GNF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、GNF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
環-4	日本-G	トクラス株式会社	山口大学、イオインダストリー株式会社、静岡大学、岡山県森林研究所	2015-2017	n/a	自動車	素材製造、部材製造、製品製造	実用	■ 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ァイバーを添加したウッドプラスチック(WPG)にGNFを添加材利用することで補強し軽量の製品を製造し、GNF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CO2削減効果の検証を行う
環-5	日本-G	トヨタ車体株式会社	n/a	2015-2017	n/a	自動車	素材製造、部材製造、製品製造	実用	■ 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GNF 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CO2削減の効果検証を行う
環-6	日本-G	国立大学法人九州大学大学院 農学研究院	中越バルブ工業株式会社	2015-2017	n/a	自動車	素材製造、部材製造、製品製造	実用	■ 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GNFから丈夫で軽量の樹脂素材を製造するとともに、竹GNF活用樹脂の性能評価を行う。また、竹GNF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CO2削減効果の検証を行う
環-7	日本-G	第一工業製薬株式会社	エレクセル株式会社	2015-2017	n/a	自動車	素材製造、部材製造、製品製造	実用	■ 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GNF活用リチウムイオン二次電池を製造するとともに、GNF活用リチウムイオン二次電池の性能評価を行う。また、GNFを活用したバッテリーの軽量化に伴う燃費向上効果やCO2削減効果の検証を行う
環-8	日本-H	パナソニック株式会社	n/a	2015-2017	n/a	自動車	素材製造、部材製造、製品製造	実用	■ 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レベルに繊維をほぐすことでGNF複合樹脂を製造する段階でのCO2排出量を評価するとともに、GNF複合樹脂を部材・製品へと成形し、各段階でのCO2排出量を評価し、その削減対策の立案を行う。自動車のドア内装品への適用を検討した。
環-9	日本-H	国立大学法人愛媛大学紙産業イノベーションセンター	愛媛県産業技術研究所紙産業技術センター、特種東海製紙株式会社	2015-2017	n/a	n/a	素材製造、部材製造、製品製造	実用	■ 透明樹脂製品の製造工程において、独自のGNF脱水プロセスにより乾燥工程でのCO2排出量の削減を図るとともに、GNF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CO2排出量の評価に基づいた低炭素化対策の立案を行う
環-10	日本-H	大王製紙株式会社	自動車ゴム部材メーカー	2015-2017	n/a	n/a	素材製造、部材製造、製品製造	実用	■ ゴム製品の製造工程について、液体のGNF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CO2排出量を削減するとともに、GNF複合ゴムを製造し、部材・製品を成形し、各段階でのCO2排出量を評価し、その削減対策の立案を行う
環-11	日本-I	パナソニック株式会社	n/a	2016-2017	n/a	家電	部材(複合材)製造	実用	■ GNF搭載による軽量化でファンや回転モーター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CO2削減を図る ▶ 具体的には、家電製品部材(洗濯機部材(脱水受け(ドラム受け))、冷蔵庫部材(センターピラー等))を作製して実際に搭載し、GNF搭載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、GNF複合樹脂のリサイクル性の検証を行う
環-12	日本-I	静岡大学	トクラス株式会社等7機関	2016-2018	n/a	建築	素材製造、部材製造、製品製造	実用	■ GNF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的利用として、住宅部品の断熱性能向上により、エネルギー起源CO2削減を図る ▶ 具体的には、発泡断熱材等にGNFを添加することで、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
環-13	日本-I	京都大学、一般社団法人産業環境管理協会	京都市産業技術研究所等17機関	2016-2019	n/a	自動車	素材製造、部材製造、製品製造	導入実証	■ 二酸化炭素削減を目的とし、セルロースナノファイバー(GNF)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 ▶ 重点課題①: 社会実装に向けたGNF軽量材料の開発及び評価・検証、 ▶ 重点課題②: 自動車分野におけるGNF軽量部品の導入実証および性能評価・検証
環-14	日本-J	産業技術総合研究所 遠藤貴士	トクラス株式会社、岐阜大学、山口大学	2017-2019	120,000,000円	n/a	製品リサイクル	応用	■ GNFは注目素材であり、国内外で研究開発・製品開発が加速している。しかし、製造工程で生じる副産物や製品リサイクル等、廃棄物の観点からの取り組みは少ない。本事業では、GNF系廃材が持つ特性を利用することで、バージン樹脂と同等の「性能、成形性、コスト」を持つ、改質リサイクル樹脂の開発を目的としている

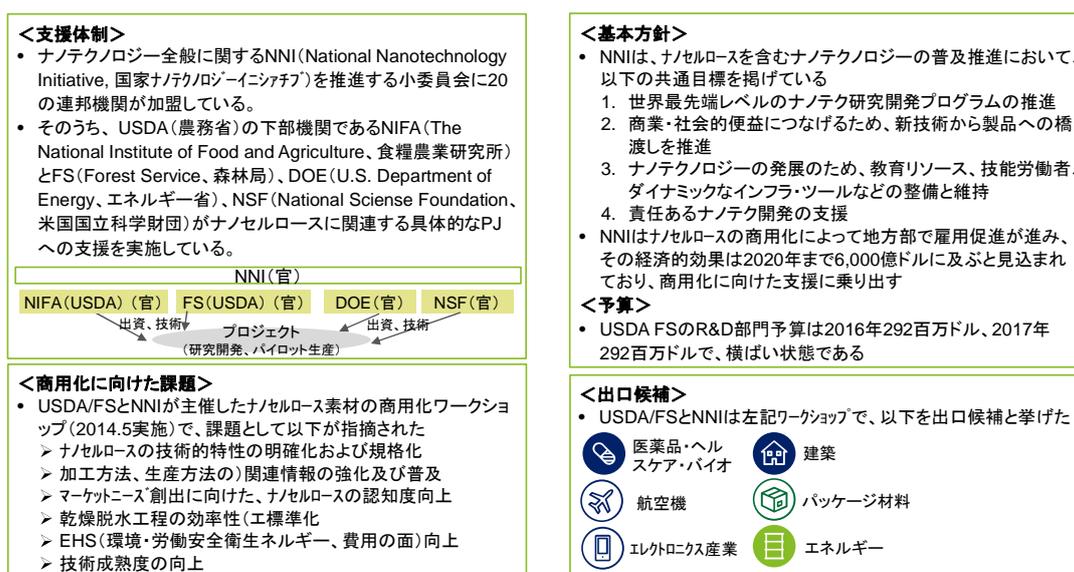
出典：環境省資料

地域における低炭素なCNF用途開発FS委託業務（日本-F）においては、地域内の企業を活用したCNFのサプライチェーン構築のための事業が実施された。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（日本-G）においては、自動車業界を見据えたCNF活用製品の性能評価事業が4件実施されている。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（日本-H）においては、CNF活用製品の製造工程におけるCO₂排出量の評価事業が3件実施された。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（日本-I）においては、CNFを活用した製品の早期社会実装のためのモデル事業が3件実施されている。環境研究総合推進費（日本-J）においては、ナノセルロース系廃材を利用したリサイクル樹脂の改質事業が採択されている。

（3）政策動向調査（海外の関連事業の調査・整理）

以下では、米国、カナダ、フィンランド、ノルウェー、スウェーデン、欧州連合、韓国におけるCNF関連政策の調査結果を示す。

まず、米国におけるCNF関連政策動向を図5-32に示す。



【参考】1USD = 115.22円(TTS)、三菱UFJリサーチ&コンサルティング2017年7月11日

図5-32 米国におけるCNF関連政策動向

出典：NNI, "National Nanotechnology Initiative Strategic Plan (2016. 10)"、
 "Cellulose Nanomaterials - A Path Towards Commercialization Workshop Report (2014. 8)"、
 USDA/FS, "Fiscal Year 2017 Budget Justification", "FY2016 USDA Budget Summary and Annual Performance Plan"、
 USDA/FS, Forest Products Laboratory, "Nanocellulose Pilot Plant"、

米国は、国家ナノテクノロジーイニシアティブ（NNI：National Nanotechnology Initiative）がナノテクノロジー開発に関する方針を取り纏めている。そのうち、アメリカ農務省（USDA：United States department of Agriculture）とNNIが主催したワークショップにおいて、商用化に向けた課題として、技術力向上と標準化等を挙げている。そうした中、地方の雇用対策としてナノセルロース開発を推進しており、USDAの下部機関である森林局の開発部門予算は横ばい状態である。出口候補としては医薬品、建設、自動車等を検討している。

次に米国における各機関の取り組み状況を表5-21に示す。

表5-21 米国における取組状況

番号	機関	方針	期間	取組状況
US-A	NSF	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 上流の研究や教育を支援し、産業界とも連携しつつ技術革新を支援する ➢ 2016年のナノテクノロジー全般への予算は415.1百万ドル 	2007～	<p>2007年より支援を行っており、直近は商業化に向けた支援を行っている</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 2013年開始のI-Corpsプログラムにてパイロット研究の支援が行われており、2014、2016年にナノセルロースプロジェクトも支援を受けている ➢ 2010年開始の石油製品からの転換等持続可能な化学物質を開発するプログラムにて2014、2015年にナノセルロース開発を取り上げている。 ➢ ナノセルロース関連の事業は6件
US-B	DOE	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 基礎研究とナノ物質、研究設備を重点的に支援する ➢ 2016年のナノテクノロジー全般への予算は330.4百万ドル 	2014～	<p>2014年から商業化に向けた支援を行っている</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ バイオエネルギー技術オフィスが支援したバイオ製油所における一貫パイロットプロジェクトは、2009年より開発を研究に着手し2016年には商業生産に移行している ➢ 建築技術オフィスは2014年に公募を行った建物のエネルギー効率を改善するプログラム（総額1,400万ドル）にて、建築資材へのナノセルロース適用のプロジェクトを採択している ➢ ナノセルロース関連の事業は2件
US-C	NIFA (USDA)	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 基礎研究とナノ物質、ナノデバイス、環境・健康・安全を重点的に支援する ➢ 2016年のナノテクノロジー全般への予算は14百万ドル 	2007～	<p>2007年より積極的にラポレベルの研究を支援している</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 2007年よりナノセルロース関連研究（主に基礎から応用）への支援を行っており、USDA傘下で最も多くのプロジェクトを支援している ➢ 2017年には最大百万ドル/件、総計9.6百万ドルを持続可能なバイオ素材開発に支援する公募を行っており、リグノ/ナノセルロース開発を優先課題としている ➢ ナノセルロース関連の事業は30件
US-D	FS (USDA)	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 特に木材由来のナノ物質に焦点を当てて、CNCやCNNの量産、特性、改質手法、複合手法等の研究を支援する ➢ 2016年のナノテクノロジー全般への予算は4.5百万ドル 	2007～	<p>2007年よりラポレベルの研究を支援している</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 傘下のFPL (Forest Products Laboratory, 森林製品研究所)にて2010年よりナノセルロースに関する基礎研究を行っている ➢ FPLは2012年には研究者が活用可能なパイロットプラントを設立し、商業化を目指す研究者や企業の研究を支援している ➢ ナノセルロース関連の事業は9件

出典：NNI, “NSET’s Participating Federal Partners”、
 NSF, “Factsheet: I-Corps™ Sites”、
 “Dear Colleague Letter: FY2017 Sustainable Chemistry, Engineering, and Materials (SusChEM) Funding Opportunity”、
 DOE, “Commercialization of Integrated Biorefineries via Synergies between Commodity and High Value Products”、
 “Energy Department Invests \$14 Million in Innovative Building Efficiency Technologies”、
 NIFA, “Agriculture and Food Research Initiative—Sustainable Bioenergy and Bioproducts Challenge Area”、
 USDA, “Forest Products Laboratory”

NNI 加盟の連邦機関のうち、農務省の下部機関である食糧農業研究所 (NIFA: The National Institute of Food and Agriculture) と森林局 (FS: Forest Service)、米国エネルギー省 (DOE: Department of Energy)、米国国立科学財団 (NSF: National Science Foundation) が具体的なプロジェクトへの支援を行っている。

NSF は 2007 年より支援を行っており、直近は商業化に向けた支援を行っている。DOE は 2014 年から商業化に向けた支援を行っている。USDA 傘下の NIFA、FS はともに 2007 年よりラボレベルの研究を支援している。以降、各機関が実施したプロジェクトについて、NSF は US-A、DOE は US-B、NIFA は US-C、FS は US-D とする。

NSF が実施したプロジェクトの一覧を表 5-22 に示す。

表 5-22 プロジェクト一覧：米国・NSF

番号	プログラム番号	参画主体(企業等)	共同事業者(企業)	プロジェクト名	期間	予算(千USD)	ターゲット分野	技術種類	開発段階	プロジェクト概要
US-34	US-A	University of Massachusetts	N/A	FogKicker: An Anti-Fogging Coating Based on Sustainable Materials	2016-2017	50	自動車、航空、建築、包装   	製品製造	導入実証	ナノセルロースを含むコーティング剤 FogKicker をコーティングすることで、窓など様々な表面での曇りを防止できる。PJ では商品化の可否を判断する。また、ナノセルロースの抽出手法についても進展があり、自動車、航空、建築、包装分野での応用も期待される。
US-35	US-A	University of Massachusetts	N/A	Cellulose Nanomaterials Modified with Conjugated Polymers	2015-2019	558	エレクトロニクス 	部材(複合材)製造	応用	CNF や CNC 等と半導体性ポリマーを用いて、シンプルで再生可能な光学・電子センサーを作ることを目指す。新たな複合材の特性特定、反応調査を経て、その優位性を確認する。
US-36	US-A	University of Maryland	N/A	The Science Underpinning Anomalous Scaling Laws of Strength and Toughness in Nanocellulose Materials	2014-2017	400	N/A	部材(複合材)製造	基礎	強度と靱性は両立しづらいが、ナノセルロースを含むナノペーパーの分子構造の解析を通じて、両立を可能とする構造を明らかにし、他の素材への応用を検討する。
US-37	US-A	Stony Brook University	N/A	Novel approach in developing sustainable polymer composites	2014-2015	50	N/A	部材(複合材)製造	実用	NCC をフィラーとすることで、石油由来ではないポリマー複合材を開発する。商品化に向けより安価で大量に製造する手法を検討する。

出典：NSF, “NSFAwardSearch:SimpleSearchResults”

NSF は 4 件の CNF 関連のプロジェクトを支援しており、ナノセルロース部材の特質を調査する基礎研究支援とともに、ナノセルロースを含むコーティング剤について、商品化に向けた支援も行っている。

DOE が実施したプロジェクトの一覧を表 5-23 に示す。

DOE では 2 件の CNF 関連のプロジェクトを支援しており、うち 1 件は初期普及段階にある素材製造のプロジェクトである。

表 5-23 プロジェクト一覧：米国・DOE

番号	プログラム番号	参画主体(企業等)	共同事業者(企業)	プロジェクト名	期間	予算(千 USD)	ターゲット分野	技術種類	開発段階	プロジェクト概要
US-32	US-B	American Process Inc.	-	Commercialization of Integrated Biorefineries via synergies between commodity and high value products	2009-2016	N/A	N/A	素材製造	初期普及	バイオ精油所にて、粗糖、バイオ燃料、バイオ化学物質、ナノセルロースを同時に製造する。本プロジェクトでは現状の3.5 bdt/dから50bdt/dまでスケールアップをめざす。2016年に稼働を開始、規模拡大と本格普及に当たっては、原料確保が課題である。
US-33	US-B	Fraunhofer Center for Sustainable Energy Systems	Atlas Roofing Corporation	Development of a Bio-Based, Inexpensive, Noncorrosive, Nonflammable Phenolic Foam for Building Insulation	2015-2016	749	建築	部材(複合材)製造	実用	建築分野での断熱材への適用を目指し、ナノセルロースを用いてフェノール樹脂発泡体の強度向上、ガス拡散の低減を目指す。曲げ強度は50%まで向上、圧縮強度は20%上昇を達成した。

出典：DOE 資料

USDA が実施したプロジェクト 24 件の一覧を表 5-24～25 に示す。

表 5-24 プロジェクト一覧：米国・USDA (1/2)

番号	プログラム番号	参画主林(企業等)	共同事業者(企業)	プロジェクト名	期間	予算(千USD)	ターゲット分野	技術種類	開発段階	プロジェクト概要
US-04	US-C	UNIVERSITY OF MAINE	N/A	Renewable Nanocomposites Made From Lignocellulosic Fillers And Transparent Polymer Matrices	2012-2017	730	エレクトロニクス、パッケージ	部材(複合材)製造	応用	フレキシブルディスプレイ、食品包装、バリアフィルム、窓への適用を念頭に置き、CNC、CFN、BC等ナノセルロースファイバーの製造・機能化・特微化すること、樹脂複合材の製造・物性特定に取組む。パイロット規模のスプレー乾燥設備を導入する。
US-05	US-C	SAES - UNIVERSITY OF TENNESSEE	4社と協業	Value Added Chemicals and Materials from Biomass	2012-2017	17,334	N/A	素材製造、部材(複合材)製造	応用	上流から下流まで一貫したバイオ精製プロセスを作り、バイオ燃料やその他の化学物質として活用する。特にリグニンを前駆体とすることに力点を置く。炭素繊維の複合に有用な新たな化学物質の検討も行う。ナノセルロースを基盤としたスポンジ状のエアロゲルを統合、自身の64倍もの油等を吸収することを確認した。
US-10	US-C	UNIVERSITY OF GEORGIA	N/A	Application Of Nanocellulose And Enzyme Inhibitors As Dietary Interventions For Health Benefits	2013/1/18 - 2018/6/30	196	医薬品・ヘルスケア・バイオ	部材(複合材)製造	応用	医療用途、特に糖尿病や肥満の治療手法の開発が目的であり、NFCの吸着性に注目し、エアロゲル状のナノセルロースを用いて胃腸の油分を取り除く手法(油分除去剤の開発)を検討し、実験により効果を確認する。
US-11	US-C	SAES - UNIVERSITY OF MAINE	N/A	Increasing Maine Forest Product Diversity	2013-2018	254	N/A	素材製造	基礎	メイン州における木材製品の活用を多様化する手法を検討する。その一環として、NFCの機械的特質を調査する。
US-12	US-C	SAES - UNIVERSITY OF TENNESSEE	N/A	Biobased Fibrous Materials and Cleaner Technologies for a Sustainable and Environmentally Responsible Textile Industry	2013-2018	1,317	その他用途(繊維)	素材製造、部材(複合材)製造	応用	繊維業界において、安価な農業副産物、特にDDGS(穀物蒸留粕)を活用し、石油製品に代わる、土に還る廃棄物に問題の少ない植物由来のプラスチック製品を開発する。農業副産物から、イオン溶液を用いて純度の高いナノセルロースを取り出す。
US-13	US-C	AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE	N/A	Blow Spinning of Agricultural-Based Nanofibers for Value-Added Agricultural Applications	2014-2018	260	N/A	素材製造、部材(複合材)製造	応用	(エレクトロスピンニングではなく)ブロウスピニング法をもちいて農業副産物や海洋副産物から親水コロイド状のナノファイバーを取り出し、またPLAとの複合を検討する。
US-14	US-C	ALGAXPERTS LLC	N/A	Cultivation of Filamentous Green Algae for High Value Industrial Products	2015-2016	9	N/A	素材製造	応用	木材や植物からではなく、藻類からのナノファイバーの生成を目指す。なかでも、セルロースを多く含むサヤミドロからのナノファイバーの取得に挑戦中であり、熟を用いる方式を検討している。
US-15	US-C	UNIVERSITY OF CINCINNATI	N/A	Nanocrystalline Cellulose Based Piezoelectric Materials For Energy Sustainability	2015-2017	63	自動車、医薬品・ヘルスケア・バイオ、エレクトロニクス	部材(複合材)製造	応用	再生可能な植物資源、特にNCCを用いて、自動車や医療分野、コンピューターで用いられる圧電性の物質(NCC複合材とNCCナノプラズ)を開発し、センサーやアクチュエーターなどの産業機械に適用する。
US-16	US-C	SAES - UNIVERSITY OF MISSOURI	N/A	Enhancing Microbial Food Safety by Risk Analysis	2015-2017	N/A	パッケージ	部材(複合材)製造	応用	食品の安全性確保のため、分子レベルでの技術を用いて有害物質の検知を行う。ナノセルロース等のナノ物質の病原菌への反応を調査し、食品包装への適用可能性を検討する。
US-17	US-C	PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY, THE	N/A	Electrospinning of Reinforced and Functionalized Starch Fibers	2015-2018	212	医薬品・ヘルスケア・バイオ	部材(複合材)製造	応用	医療や農業で活用できるバイオ素材の物質(不織布)を開発することを目指す。カチオン性澱粉の布にナノファイバーを追加することで引っ張り強度を向上できることを確認した。
US-18	US-C	SAES - UNIVERSITY OF GEORGIA	N/A	Biobased Fibrous Materials and Cleaner Technologies for a Sustainable and Environmentally Responsible Textile Industry	2015-2018	8	医薬品・ヘルスケア・バイオ、その他用途(繊維)	部材(複合材)製造	応用	医薬品分野や繊維分野にて用いられる生物分解可能なポリエステル、機能性コーティング剤、効果的に染料を取り除く技術を開発する。植物から抽出したNCを用いて、コットン等布のコーティング剤を開発する。
US-19	US-C	SAES - UNIVERSITY OF CALIFORNIA AT DAVIS	N/A	Natural fibers and biobased polymers: new structures and functions	2015-2019	463	N/A	素材製造、部材(複合材)製造	応用	木材ではなく、農業残渣からのナノセルロースを取得し、ゲルやフィルム、コーティング剤への展開を研究する。稲わらから効率的にナノセルロースを生成し、フィルムに加えることができた。
US-20	US-C	SAES - UNIVERSITY OF MAINE	N/A	Large volume applications of cellulose nanomaterials	2015-2020	190	建築	部材(複合材)製造、製品製造	実用	パーティクルボード(建築材)に用いられている合成樹脂をCNFにて代替すること、またCNFを用いたラミネート紙の開発を目指す。どちらも量産化を目指し、とくに脱水、接着メカニズムの検討を進める。
US-21	US-C	SAES - WEST VIRGINIA UNIVERSITY	N/A	Advanced applications for nanomaterials from lignocellulosic sources	2015-2020	124	医薬品・ヘルスケア・バイオ	部材(複合材)製造	基礎	医療分野での活用を念頭に置いて銅ナノ分子以外の物質をセルロースに吸着させ、放出させることの可能性を調査、併せて細胞取込・特殊性・細胞毒性を調査する。
US-22	US-C	SAES - OREGON STATE UNIVERSITY	N/A	Engineering for food safety and quality	2015-2020	N/A	医薬品・ヘルスケア・バイオ	部材(複合材)製造	応用	品質を保持し、病原体を寄せ付けないことで食品の安全性を高めることを目指す。ナノセルロースやNCCを用いたコーティングが品質保持に寄与することを確認した。

表 5-25 プロジェクト一覧：米国・USDA (2/2)

番号	プログラム番号	参画主体(企業等)	共同事業者(企業)	プロジェクト名	期間	予算(千USD)	ターゲット分野	技術種類	開発段階	プロジェクト概要
US-23	US-C	SAES - SOUTH DAKOTA STATE UNIVERSITY	N/A	The Science and Engineering for a Biobased Industry and Economy	2016-2018	N/A	パッケージ、医薬品・ヘルスケア・バイオ、建築	素材製造	応用	バイオマス生産にかかるモデリングやシステムを構築し、より効率よく様々な植物からナノセルロースを取り出す技術を開発する。コーンとコードグラスからの抽出の可能性を探っており、食品包装やバイオ医療、建築業界への適用を検討する。
US-24	US-C	FRST - STATE UNIVERSITY OF NEW YORK-FORESTRY SCHOOL	N/A	Multi-Functional Cellulose "Nanomers" Derived from Biorefinery Waste	2016-2018	N/A	医薬品・ヘルスケア・バイオ	素材製造	応用	バイオ医療やバイオ技術を目的として、木質ハルブからの効率的なNFCやCNCの解糖・分離手法を検討し、NFCの定義を統合するための戦略を検討する。酵素分解処理の前処理として熱水分離法 (HWE)等を組み合わせた処理を行う。
US-25	US-C	UNIVERSITY OF GEORGIA RESEARCH FOUNDATION, INC	N/A	Behavior of nanobiomaterials in the Gastrointestinal Tract and Their Risk Assessment	2016-2019	N/A	医薬品・ヘルスケア・バイオ	製品利用	基礎	CNF等のナノ素材が、それらを用いた食品包装を通じて、胃に摂取された場合の動きや人体への影響を調査する。人口胃やマウスを用いた調査も行う。
US-22	US-C	SAES - OREGON STATE UNIVERSITY	N/A	Engineering for food safety and quality	2015-2020	N/A	医薬品・ヘルスケア・バイオ	部材(複合材)製造	応用	品質を保持し、病原体を寄せ付けないことで食品の安全性を高めることを目指す。ナノセルロースやNCCを用いたコーティングが品質保持に寄与することを確認した。
US-23	US-C	SAES - SOUTH DAKOTA STATE UNIVERSITY	N/A	The Science and Engineering for a Biobased Industry and Economy	2016-2018	N/A	パッケージ、医薬品・ヘルスケア・バイオ、建築	素材製造	応用	バイオマス生産にかかるモデリングやシステムを構築し、より効率よく様々な植物からナノセルロースを取り出す技術を開発する。コーンとコードグラスからの抽出の可能性を探っており、食品包装やバイオ医療、建築業界への適用を検討する。
US-24	US-C	FRST - STATE UNIVERSITY OF NEW YORK-FORESTRY SCHOOL	N/A	Multi-Functional Cellulose "Nanomers" Derived from Biorefinery Waste	2016-2018	N/A	医薬品・ヘルスケア・バイオ	素材製造	応用	バイオ医療やバイオ技術を目的として、木質ハルブからの効率的なNFCやCNCの解糖・分離手法を検討し、NFCの定義を統合するための戦略を検討する。酵素分解処理の前処理として熱水分離法 (HWE)等を組み合わせた処理を行う。
US-25	US-C	UNIVERSITY OF GEORGIA RESEARCH FOUNDATION, INC	N/A	Behavior of nanobiomaterials in the Gastrointestinal Tract and Their Risk Assessment	2016-2019	N/A	医薬品・ヘルスケア・バイオ	製品利用	基礎	CNF等のナノ素材が、それらを用いた食品包装を通じて、胃に摂取された場合の動きや人体への影響を調査する。人口胃やマウスを用いた調査も行う。
US-26	US-C	SAES - UNIVERSITY OF MISSOURI	N/A	Increasing the safety of foods by rapid molecular detection of foodborne pathogens and the use of novel antimicrobials	2016-2020	N/A	医薬品・ヘルスケア・バイオ	部材(複合材)製造	応用	食品の安全性を高めるため、食物に潜む有害物質の検知技術の向上を目指す。食品包装に付与する検知技術の構成要素とすべく、ナノセルロースの病原菌に対する反応を、他のナノ素材とともに調査する。
US-27	US-C	SAES - AUBURN UNIVERSITY	N/A	Development of Nanocellulose-based Hybrid Fuel	2016-2020	N/A	エネルギー	素材製造、部材(複合材)製造	基礎	ナノセルロースをガソリンに混合し、バイオガソリンを開発する。新たに開発する本方式であれば現在主流のバイオ燃料とは異なり、変換せずにナノセルロースをそのままガソリンに混合することができる。ナノセルロースの生成・改質手法と燃焼効率の関係も調査する。
US-28	US-C	CLEMSON UNIVERSITY	N/A	Transforming Nanocellulose Into an Advanced Biorenewable Reinforcement With Hyperbranched Polymers	2016-2021	26	自動車	部材(複合材)製造	応用	自動車への適用を念頭に置いて、より強度のある、超分岐ポリマーとナノセルロースの複合構造をデザインし、またより分散度を高めた超微粒子射出成型の手法を提案する。
US-29	US-C	SAES - UNIVERSITY OF ARKANSAS	N/A	Impacts of Biotic and Abiotic Stress on Forest Trees and Plant Communities	2016-2021	156	N/A	素材製造	基礎	木材へのストレスの影響という新たな視点で調査する。ナノセルロースを製造する際のストレスの影響やコントロール方法を調査する。より効率よく質の良いナノセルロースを製造するに適した木材や生育環境などについて、ナノセルロース製造者に示す。
US-30	US-C	SAES - SOUTH DAKOTA STATE UNIVERSITY	N/A	New Biorefinery: Value added products from Biomass and Nanobiotechnology of Sustainable Agriculture	2016-2021	N/A	パッケージ、医薬品・ヘルスケア・バイオ	部材(複合材)製造	基礎	持続可能な農業を目指して4分野にて基礎的な検討を進める。うち3点目で、ナノクリスタルを用いて、複合材の補強や脱酸素食品包装パッケージを開発、4点目ではバイオセンサーを開発し、病気の予防などに役立てる。
US-31	US-C	SAES - AUBURN UNIVERSITY	N/A	Nanocellulose-based materials for novel applications	2017-2022	N/A	建築、パッケージ、その他用途(水浄化)	素材製造、部材(複合材)製造	実用	地元のリグのセルロース資源を用いて、NCとNFCを製造する技術を整理する。ナノ素材を、建築業界における合板や、フィルムを用いた包装材料や水浄化フィルターに適用した際の、素材の化学構造と効果の関係性を検証し、試作品による性能テストも実施する。

出典：USDA, "REEISHome" より作成

部素材のラボレベルの開発や医薬品・ヘルスケア・バイオ、エネルギー、自動車用途と幅広い研究を支援している。

Forest Service が実施した 2 件の CNF 関連プロジェクトの一覧を表 5-26 に示す。

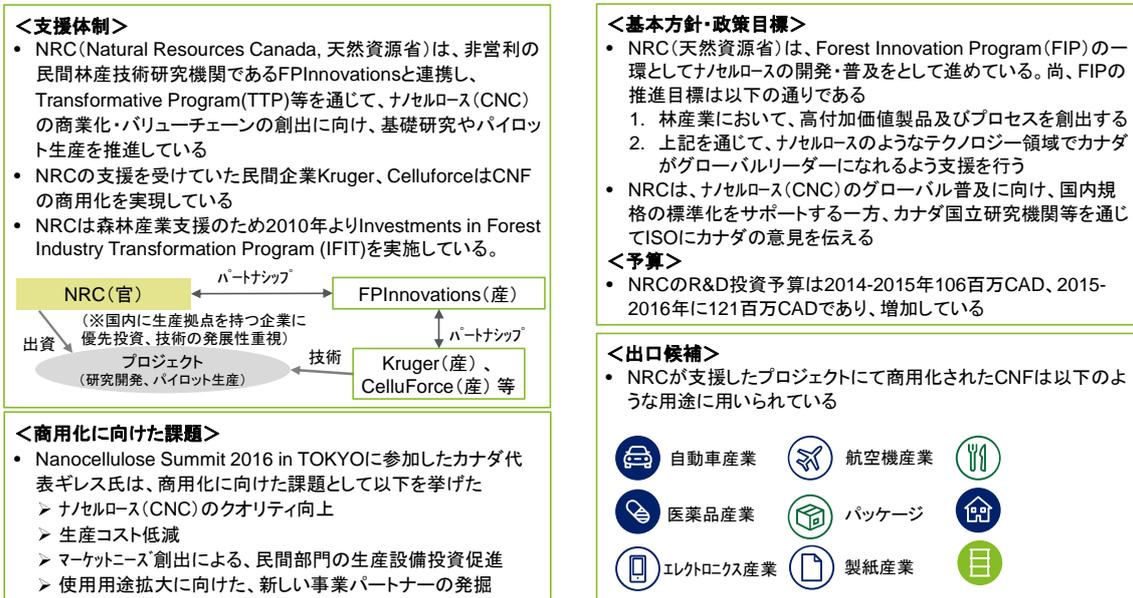
FS では経済モデルを用いたナノセルロース生産規模拡大の影響の試算を行う上流の森林資源管理に関するラボレベル研究等を支援している。

表 5-26 プロジェクト一覧：米国・FS

番号	プログラム番号	参画主体(企業等)	共同事業者(企業)	プロジェクト名	期間	予算(千USD)	ターゲット分野	技術種類	開発段階	プロジェクト概要
US-01	US-D	FOREST PRODUCTS LABORATORY	N/A	Analyze And Project The Impact Of Potential Changes In Market Structure, Technology, And Policy On U.S. Timber Markets And Forest Management	2012-2017	N/A	N/A	素材製造	基礎	経済モデルを用いて、技術変革の影響や林業分野の政策を考慮したうえで、米国森林産業の木材生産量と消費量を推定する。ナノセルロース生産規模拡大の影響も試算する。(これらの成果は生産計画の策定に影響する)
せUS-02	US-D	PACIFIC SOUTHWEST RESEARCH STATION	N/A	Enzymatic And Microbial Processing Of Wood And Wood Fiber To Fuels, Nanocellulose And Other Chemicals	2012-2017	N/A	N/A	素材製造	応用	バージン木材、リサイクル材等を原料として、リグノセルロースからはナノセルロースを、木糖からはバイオ燃料を得る際の、酵素処理に関する研究を行う。酵素を用いた表面修飾がナノセルロース等新製品の開発に有効である。

出典：USDA, "ForestProductsLaboratory"

次に、カナダにおける CNF 関連政策動向について、図 5-33 に示す。



【参考】 1CAD = 90.18円 (TTS)、三菱UFJリサーチ & コンサルティング 2017 年 7 月 11 日

図 5-33 カナダにおける CNF 関連政策動向

出典：NaturalResourcesCanada, "Cellulosenanocrystals"、FPIInnovations, "FPIInnovations" "ForestInnovationProgram"、CanadianCouncilofForestMinisters, "ForestSectorInnovationinCanada2015"、ナノセルロースフォーラム事務局「NanocelluloseSummit2016inTOKYO 資料集

カナダは政府組織の天然資源省（NRC：Natural Resources Canada）、民間の研究機関 FP Innovations が連携し、各種プログラムを通じて、研究開発を支援している。特に NRC は、グローバル CNC リーダーを目指す方針のもと、一部では CNC/CNF の商用化を実現している。商用化促進に向け生産コスト低減、使用用途拡大等の課題を念頭に置いて、自動車、航空機、食品、医薬品、パッケージ、航空、エレクトロニクス、製紙、エネルギーと幅広い用途への展開を検討している。

次に、カナダにおけるプログラム一覧を表 5-27 に示す。

表 5-27 プログラム一覧：カナダ

番号	機関	プログラム	プログラムの最終目標と目的	期間	取組状況
C-A	NRC	IFIT	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 森林産業における新技術開発への支援を行う ➢ 2010年から28件を支援、うち8割が新たな製品の開発につながっている ➢ 2014年の予算は90.4百万CAD(4か年) ➢ 返還不要の資金は、カナダに一つ以上の生産拠点を持つ企業を対象とし、拠出する 	2010年～	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 2013年には、FPInnovationsと連携し、商業プラントへの支援を実施、商品化につながっている
C-B	NRC	TTP	<ul style="list-style-type: none"> ➢ カナダの森林産業の競争力向上を目指す ➢ ナノテクノロジー等を活用した、ランバーやパルプ等の伝統的な製品の新たな活用方法の開発 ➢ バイオ燃料、バイオケミカル、バイオポリマーなどの非伝統的な製品の森林産業への導入 	N/A	<ul style="list-style-type: none"> ➢ FPInnovationsと連携し、パイロットスケールの設備導入を支援 ➢ 設備はカナダ全域に位置しており、効果やリスク、コストの検証に活用されている ➢ 2014年から2016年で15件のプロジェクトが実施されている
	NRC	FIP	<ul style="list-style-type: none"> ➢ カナダ森林産業における、商業化前の連携を支援することを目的とする ➢ 商業化を促進するための、国内外の基準の整備も支援対象とする ➢ 2012年の予算は105百万CAD(2か年)、2013年に92百万CAD(5か年)追加 	2012年～	<ul style="list-style-type: none"> ➢ TTPとCanadian Wood Fibre Centre (CWFC)の連携を支援 ➢ TTPと中小企業向けの支援プログラムValue to Wood Programを連携させ、NCC開発を支援

出典：NationalResourcesCanada, “ForestInnovationProgram”
 “Transformativetechnologies” “IFIT-Fundedprojects”

カナダにおいてはNRCがFP Innovationsと連携し、Forest Innovation Program (FIP) や Transformative Program (TTP) を通じて、パイロットプラントや商業プラントの導入を支援している。なお、FIPについては個別プロジェクトの詳細情報は非公開であり、文献調査では入手不可のため、下記プロジェクト一覧には掲載していない。

上述のプログラムの下、カナダにおいて実施されたCNF関連のプロジェクト2件の一
覧を表5-28に示す。

2件とも、NRCの支援を受けた後、商業生産に移行しており、パッケージや建築、航空、
自動車、石油ガス等、様々な業界へ展開されている。

表5-28 プロジェクト一覧：カナダ

番号	プログラム番号	参画主体(企業等)	共同事業者(企業)	プロジェクト名	期間	予算(千CAD)	ターゲット分野	技術種類	開発段階	プロジェクト概要
C-1	C-A	Kruger Biomaterials Inc.	FP Innovation	Cellulose filament demonstration, application development and commercialization	2013-2016	43,600	パッケージ、建築、航空、自動車、石油ガス等	素材製造	初期普及	樹脂補強材として活用するため、セルロースフィラメントを製造する、デモンストレーションプラントを設置、2014年6月に稼働しており、生産量は年間1,825tである。FiloCellという商業名で製造、販売を行っている。カナダ国内の他の製紙工場へも展開可能な手法を開発した。用途としては樹脂との複合材(熱可塑、熱硬化双方)、コーティング剤、パッケージ、建築剤、接着剤等があり、航空業界や自動車業界、石油ガス業界での活用も考えられる。
C-2	C-B	CelluForce	-	The nanocrystalline cellulose (NCC) plant	2014-2016	N/A	石油ガス、製紙、建築、医薬品・ヘルスケア・バイオ、食品、エレクトロニクス	素材製造	初期普及	NRCの支援を受け、ケベック州にNCCの商業プラントを建設、2016年以降CelluForce NCCとして販売している。用途としては石油ガス探掘剤、接着剤、製紙への添加剤、セメント添加剤、プラスチックへの添加剤、塗料・コーティング剤、化粧品、医療機器、食品、エレクトロニクスが候補とされている。

出典：NaturalResourcesCanada, “Strengthfromwood”, “Squeezingmorevaluefromtrees”, KrugerInc., “Accueil-Biomaterials”

次に、フィンランドにおけるCNF関連政策動向について図5-34に示す。

フィンランドは、技術庁（Tekes）や研究機関のCLIC Innovation、民間の製紙会社であるUPM、フィンランド国立技術研究センター（VTT）が取組を進めており、商用化・量産化に向けて乾燥・脱水等の製造工程技術力の向上を課題として認識している。Tekesは革新的な科学技術を育成するという方針のもと、ナノセルロース開発を支援しており、その研究開発予算は減少傾向にあるものの、経済全体が低成長にとどまっていることが要因と想定される。出口候補としては、エレクトロニクス、製紙、パッケージ、医薬品・ヘルスケア・バイオ、建設等多様な産業での適用を検討している。

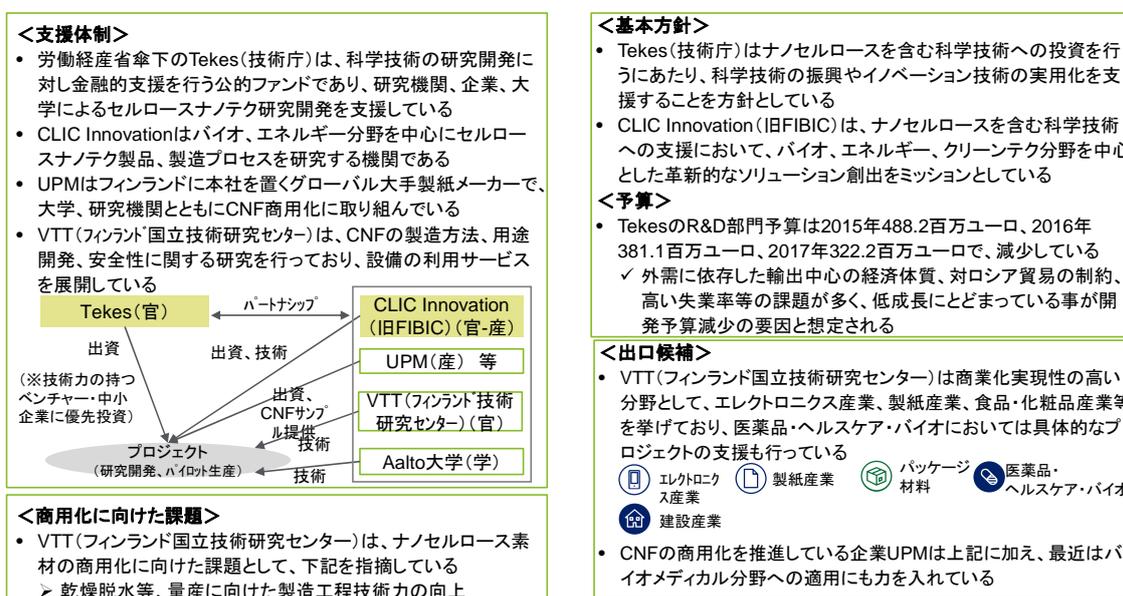


図5-34 フィンランドにおけるCNF関連政策動向

出典：CelluForce, “NanoCrystallineCellulosemanufacturingexpert”、Tekes, “FinnishFundingAgencyforInnovation”、CLICInnovation, “CLICInnovation”、TheBioforeCompany, “UPM”、VTT, “Nanocellulosefilm”、日本政策投資銀行, 「新素材として注目されるセルロースナノファイバー (2016.3.17)」、StatisticFinland, “GovernmentR&Dfundinginthestatebudget2017”、 “GovernmentR&Dfundinginthestatebudget2016”、 “GovernmentR&Dfundinginthestatebudget2015”、外務省「フィンランド基礎データ」

フィンランドのプログラム一覧を表 5-29 に示す。

フィンランドでは Tekes が中心となり、Innovative Cities (F-A)、BEAM (F-B)、BioNets (F-C) といったプログラムを通じて、CNF 関連のプロジェクトを支援している。Innovative Cities、BEAM とも、国際市場への展開を視野に入れている点が特徴である。なお、CLIC は個別プロジェクトの詳細情報は非公開であり、文献調査では入手不可のため、下記プロジェクト一覧には掲載していない。

表 5-29 プログラム一覧：フィンランド

番号	機関	プログラム	プログラムの最終目標と目的	期間	取組状況
F-A	Tekes	Innovative Cities (INKA Programme)	<ul style="list-style-type: none"> 国と諸都市が連携し、国際市場に向けて製品やサービスの展開を目指す企業を育てることを目指す 予算は約30百万Euro/年、管理責任はTekesが負っている 	2014-2020	<ul style="list-style-type: none"> バイオエコノミー、持続可能なエネルギーソリューション、サイバーセキュリティ、健康、スマートシティの5分野で5都市を選定し、支援を行っている
F-B	Tekes	BEAM – Business with impact	<ul style="list-style-type: none"> 開発途上国における新たな持続可能なビジネスを創出すること、途上国における生活水準の向上に資することを旨とした、Tekesとフィンランド外務省の共同プログラム フィンランド企業が開発途上国において、革新的な技術を展開する支援を行う(予算は総額50百万ユーロ、ローン含む) 	2015-2019	<ul style="list-style-type: none"> 2016に、ナノセルロースを用いたフィルターの開発インドでの展開を目指すUPMのプロジェクトを採択している
F-C	Tekes	Smart & Green Growth > BioNets	<ul style="list-style-type: none"> Smart & Green Growth全体の予算は150百万ユーロ、フィンランドにおいて革新的なビジネスシステム、新たなバイオエコノミー技術を広め、循環経済を創出することを旨とする BioNetsは、R&Dとビジネスをつなぐプラットフォームづくり、またパイロット設備・デモ設備への支援を行う 	2016-2018	<ul style="list-style-type: none"> ナノセルロース関連では2016年に医薬品・ヘルスケア分野で、ネットワークング、応用部材の支援を行っている
-	CLIC	Advanced cellulose to novel products (ACEL)	<ul style="list-style-type: none"> 木から創出されるセルロース繊維について、繊維業界、熱可塑性複合材、カチオン経済への展開を支援する 望ましい特性を持った物質を創生するべく、解繊方法にも着目する 企業における材料試験の手法についても開発を行う 	N/A	<ul style="list-style-type: none"> 以下4WorkingPackagesにて検討中 <ul style="list-style-type: none"> WP1セルロース繊維の反応 WP2イオン溶液を用いた繊維の開発 WP3パッケージ・自動車・家具・建築分野を目的とした複合材の開発 WP4ネットワークング

出典：Tekes, “InnovativeCities” “BEAM-BusinesswithImpact” “BioNets-NetworkandProfit”

上記のプログラムの下、フィンランドにおいて実施されたプロジェクトについて表 5-30 に示す。

医薬品・ヘルスケア・バイオ分野を中心に開発が進められており、インドにおける展開を視野に入れたプロジェクトも実施されている。

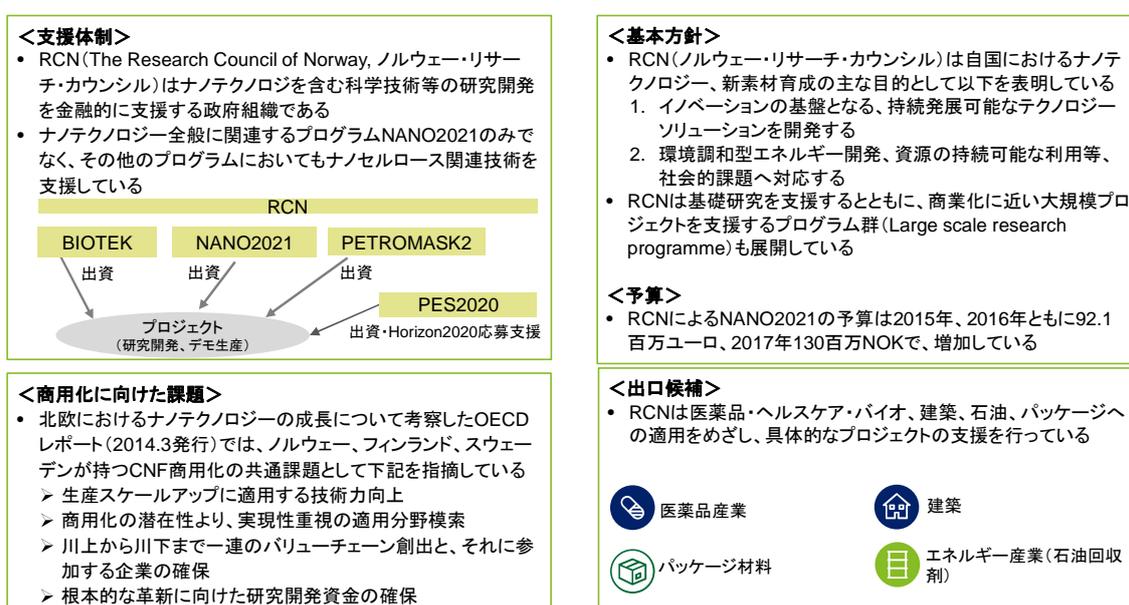
表 5-30 プロジェクト一覧：フィンランド

番号	プログラム番号	参画主体(企業等)	共同事業者(企業)	プロジェクト名	期間	予算(千€)	ターゲット分野	技術種類	開発段階	プロジェクト概要
F-02	F-A	University of Eastern Finland	N/A	SafeWood	2016-2017	495	N/A	部材製造	応用	森林保全に際し、化学改質したタンニンや pyrolysis liquid fractions、ナノセルロース等の保全物質を木材へ固定化する等の手法を検討する。本手法のコンセプトを固め、今後の検討の基礎とする。
F-01	F-B	Aalto-korkeakoulu aatiö	Betuliun Oy, Teollisuuden Vesi Oy	CelluClean: Affordable nanocellulose based non-electrical filters to eliminate microbial contamination and harmful compounds from drinking water and waste water	2016-2018	307	医薬品・ヘルスケア・バイオ	製品製造	実用	インドにおける適用をめざし、ナノセルロースを用いて、水浄化装置を製造する。残りの浄化能力を示すようなセンサーも搭載する。
F-03	F-C	UPM-Kymmene Oyj	N/A	Nanoskin	2016-2018	N/A	医薬品・ヘルスケア・バイオ	部材(複合材)製造	応用	医療用途にて活用可能性があるナノセルロースについて、傷の治療への応用を検討する。ナノセルロースの活用は、UPMの森林分野における新たな重要ビジネスとして位置付けている。
F-04	F-C	UPM-Kymmene Oyj	N/A	Wood-to-biomedical - platform for building a new Finnish ecosystem	2017-2018	N/A	医薬品・ヘルスケア・バイオ	部材(複合材)製造	基礎	ナノセルロースの、医薬品用途への応用をめざし、中小企業や医療関係者のネットワークを構築する。またナノセルロースやその他木質由来の製品の用途や診断ツールとしての適用可能性を研究する。

出典：Tekes, “Opendatastorehouse-ProjectsearchforpublicresearchandcorporateprojectsinTekesprogrammes”

次に、ノルウェーにおけるCNF関連政策動向を図5-35に示す。

ノルウェーは、研究開発を金融的に支援する政府組織ノルウェー・リサーチ・カウンシル(RCN, The Research Council of Norway)が中心となり支援を行っている。イノベーションの基礎となる持続可能なソリューションを開発し、資源の持続可能な利用といった社会課題に対応することを目的とし、ナノテクノロジーや新素材の育成に取り組んでいる。RCNは医薬品、建築、パッケージ材料のほか、石油業界等をターゲットとし、各プログラムを展開している。



【参考】1NOK = 14.0円(TTS)、三菱UFJリサーチ&コンサルティング2017年7月11日

図5-35 ノルウェーにおけるCNF関連政策動向

出典：The Research Council of Norway, “Homepage-The Research Council of Norway”、OECD, “Impact of nanotechnology on green and sustainable growth: Micro- and nanofibrillated cellulose” (2014. 3. 13)

ノルウェーにおけるプログラム一覧を表 5-31 に示す。

ノルウェーは、RCN が CNF に関連するプログラムを展開しており、BIOTEK2021 (N-A) や NANO2021 (N-B) にて商業化に近い大規模プロジェクトの支援を行っている。その一方で、PETROMASK2 (N-C) で石油分野における基礎・応用研究を支援し、PES2020 (N-D) で Horizon2020 への応募を支援するなど基礎力の向上も支援している。

表 5-31 プログラム一覧：ノルウェー

番号	機関	プログラム	プログラムの最終目標と目的	期間	取組状況
N-A	RCN	Large-scale Programme for Bioteknologi for verdiskaping, (BIOTEK2021)	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 農業、海洋、産業、ヘルスセクターにおける研究成果をバリューチェーンの創出につなげることを目的とし、大規模で商業化における課題がより明確になった案件の支援を重点的に行う ➢ 初年度2012年の予算は145百万NOK 	2012-2021	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 2015年に医薬品・ヘルスケア分野でナノセルロースを接着剤・吸収剤等を開発し、海洋バイオ会社の設立を目指すプロジェクトを採択している ➢ 2017年までに457プロジェクトに計846百万NOK拠出している
N-B	RCN	Large-scale Programme for Nanotechnology and Advanced Materials (NANO2021)	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 基礎研究を行うこと、革新的な応用技術を開発し産業レベルでの問題解決の基礎を構築することを目指す ➢ 10年間の総額予算は923百万NOK ➢ エネルギー、気候変動、医療、天然資源、健康分野を優先分野とする 	2012-2021	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 2014年には製紙会社の工場におけるパイロット規模のプラントを導入するプロジェクトを採択している ➢ 2017年までに377プロジェクトに計619百万NOK拠出している
N-C	RCN	Large-scale Programme for Petroleum Research (PETROMAKS2)	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 環境影響を低減させ、既存油田からの回収率向上、新たな油田の開発、より費用対効果がよい探掘技術に関する、基礎・応用研究を支援する。 ➢ 初年度2013年の予算は239百万NOK 	2013-2022	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 2015年にナノセルロースを用いて油の回収率向上を目指すプロジェクトを採択している ➢ 2017年までに728プロジェクトに計1,416百万NOK拠出している
N-D	RCN	Project Establishment Support directed towards H2020 (PES2020)	<ul style="list-style-type: none"> ➢ ノルウェーからのHorizon2020応募者を支援することが目的 ➢ Horizon2020は競争の激しいプログラムであり、応募や獲得に当たってはノウハウと時間が必要となるため、その応募準備を支援する 	2014-2020	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 2014年に3Dプリンティングによる複合材の製造を目指すプロジェクトを採択している ➢ 2017年までに1,183プロジェクトに計383百万NOK拠出している

出典：TheResearchCouncilofNorway, “Homepage-BIOTEK2021” “Homepage-NANO2021” “Homepage-PETROMAKS2” “ProjectEstablishmentSupportdirectedtowardsH2020-TheResearchCouncilofNorway”

上記のプログラムの下、ノルウェーにおいて実施されたプロジェクトの一覧を表 5-32 に示す。

BIOTEK2021 (N-A) 1 件や NANO2021 (N-B) 3 件では接着剤や増粘剤など、CNF の高粘度である点に注目したプロジェクトが多く、ターゲット分野としては石油業界を検討している。PETROMASK (N-C) 1 件では石油業界でのプロジェクトを、PES2021 (N-D) 1 件では 3D プリンティングをナノセルロース製造に適用するプロジェクトの Horizon2020 への応募を支援している。

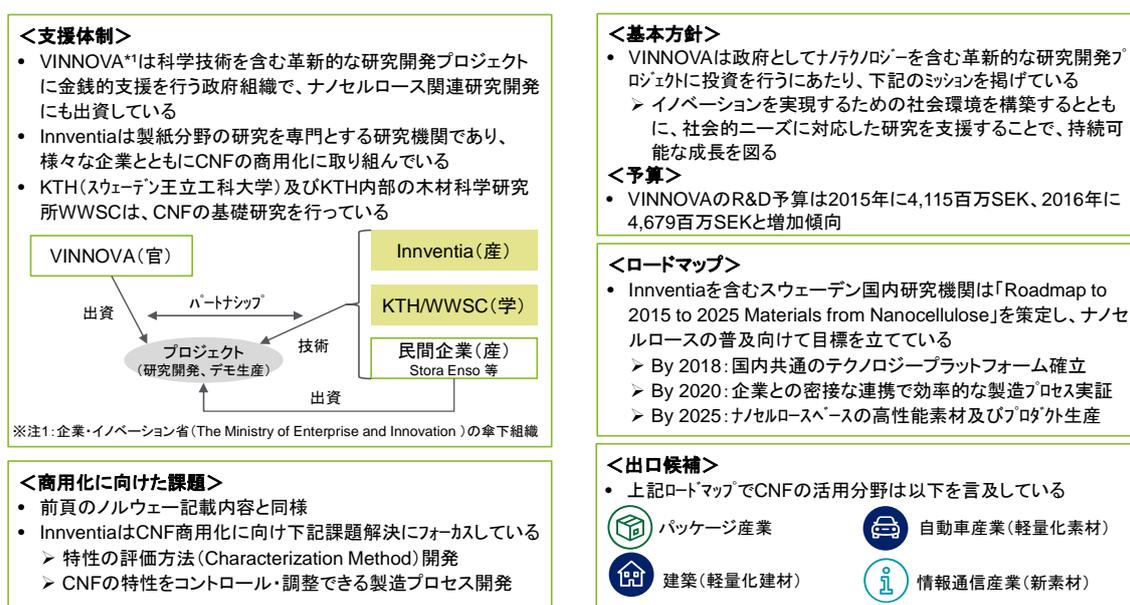
表 5-32 プロジェクト一覧：ノルウェー

番号	プログラム番号	参画主体(企業等)	共同事業者(企業)	プロジェクト名	期間	予算(百万NOK)	ターゲット分野	技術種類	開発段階	プロジェクト概要
N-04	N-A	UNIVERSITETET I BERGEN	N/A	Ciona nanocellulose for large volume and high value applications	2015 - 2017	10	医薬品・ヘルスケア・バイオ	素材製造、部材製造	応用	効率、経済性、環境フットプリントを最小化するために、Cionaセルロースとナノセルロースの調製を最適化する。産業界のパートナーと協力して、大量の接着剤、吸収性、コーティング、および医療関連のアプリケーションを開発する。海洋バイオ会社を設立も目指す。
N-01	N-B	PAPIR OG FIBERINSTITUTTET AS	N/A	The NORwegian nanoCELLulose Technology Platform	2013-2018	25	パッケージ、石油産業	素材製造、部材製造	基礎	今後のプロジェクトの基礎となるよう、木材や森林業・農業残渣を用いたCNCとCNFの製造、変性処理、形態の管理、化学的構造や三次元構造に関するプラットフォームを形成するものであり、用途としては紙や包装材分野、石油産業、再利用を検討する。
N-03	N-B	TREKLYNGEN HOLDING	N/A	Nanocellulose Production in a holistic Biorefinery approach	2014-2017	9	石油産業	素材製造	導入実証	石油採掘現場でのテスト使用に提供すべく、デモンストレーション規模の設備を建設し、ナノセルロースを製造する。原料としては化学パルプと木質チップ双方を検討する。
N-06	N-B	Instituttsektor / Øvrige forskningsinstitutter / RISE PFI AS	N/A	Development of high-performance viscosifiers and texture ingredients for industrial Applications based on Cellulose Nanofibrils (CNF)	2015 - 2018	9.7	建築	部材(複合材)製造	基礎	セルロースナノファイブリルを基盤とした工業用高粘度増粘剤およびテクスチャー成分を開発し、セメントやコンクリートの改良に役立てることを目指す。ナノセルロース分散液、エマルジョン、コロイド、ゲルに関する基礎研究を行う。
N-05	N-C	Instituttsektor / Øvrige forskningsinstitutter / RISE PFI AS	N/A	Green high performance systems for Enhanced Oil Recovery	2015 - 2018	12.3	石油産業	部材(複合材)製造	基礎	ナノセルロースは、粘度を増加させることによって、単独で油回収率を高めることができる。ナノセルロースと他の添加剤とを組み合わせることにより、油回収促進(EOR)に対する相乗効果を得ることができる。このプロジェクトCNFをEORに用いた際の、洪水能力、相乗的レオロジー調整、細孔橋渡しおよび微生物劣化に対する耐性など基礎的事項を調査・評価する。
N-02	N-D	RISE PFI AS	N/A	3D printing of nanocellulose-based biocomposites	2014-2016	0.04	N/A	部材(複合材)製造	応用	事業目的はナノセルロース強化繊維の品質向上であり、バイオコンポジット製品の使用の幅を広げるために、3Dプリンティングによる構造化を試みる。(Horizon2020への応募を支援するプログラムにて採択)

出典：TheResearchCouncilofNorway, “ProjectSearch”

次にスウェーデンにおけるCNF関連政策動向を図5-36に示す。

スウェーデンは、OECDレポートにて指摘のあった製造プロセス向上という課題がある中、政府組織VINNOVA、民間の研究機関Innventia（現RISE）、スウェーデン王立工科大学内部のヴァレンベリ木材科学センター（WWSC：Wallenberg Wood Science Center）が協業し、課題解決を試みている。VINNOVAは持続可能な成長の牽引策としてCNFを推進しており、スウェーデンの各研究機関はロードマップを作成し、普及に向けた取り組みを進めている。ターゲット分野としてはパッケージ、自動車、建設、情報通信産業等を想定している。



【参考】1SEK = 13.95円(TTS)、三菱UFJリサーチ&コンサルティング2017年7月11日

図5-36 スウェーデンにおけるCNFの関連政策動向

出典：OECD, “Impact of nanotechnology on green and sustainable growth: Micro- and nanofibrillated cellulose” (2014. 3. 13)、RISEResearchInstitutesofSweden, “Swedishresearchcreatinggrowth”、WallenbergWoodScienceCenter, “WWSC”、VINNOVA, “ÅRSREDOVISNING2016”、RISE, “Roadmap to 2015 to 2025 Materials from Nanocellulose”

スウェーデンにおけるプログラム一覧を表 5-33 に示す。

Innventia が実施する「Innventia Research Programme2015-2017」、WWSC が実施する Project II、IIIとも個別プロジェクトの詳細情報は非公開であったため、事業一覧には掲載していない。

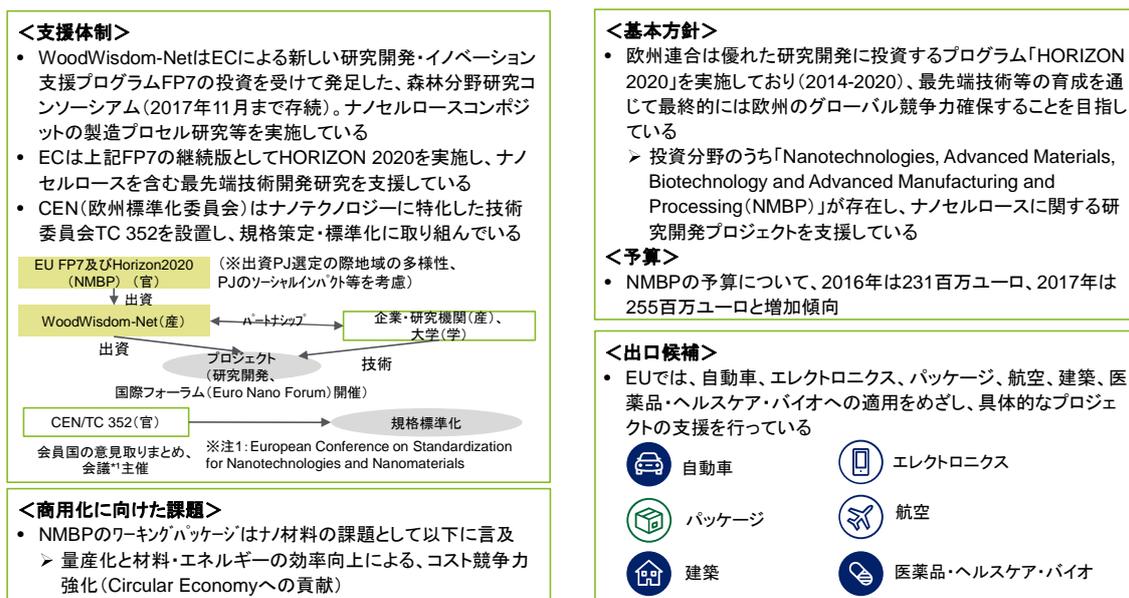
表 5-33 プログラム一覧：スウェーデン

番号	機関	プログラム	プログラムの最終目標と目的	期間	取組状況
—	Innventia	Innventia Research Programme 2015-2017	<ul style="list-style-type: none"> ➢ ナノフィブリルセルロース (NFC) を含む7つのプログラムエリアからなる ➢ NFCIに関しては用途開発を促進すべく、NFCの生産から、各形状への展開、要求物性の研究を行うにあたって、Innventiaのパイロット設備を開放する 	2015-2017	N/A
—	WWSC	Project II Wood Nanotechnology, Processing Fundamentals	<ul style="list-style-type: none"> ➢ コロイドやゲル状のバイオポリマーにおける分子レベルのコントロール方法を検討する 	N/A	N/A
—	WWSC	Project III Wood Nanotechnology, Materials and Devices	<ul style="list-style-type: none"> ➢ セルロース由来のナノ物質のコントロールや物性改善を検討する ➢ 湿度への反応や機械特性向上のメカニズムを解明することを試みる 	N/A	N/A

出典：Innventia, “InnventiaResearchProgramme2015-2017-Innventia”、WallenbergWoodScienceCenter, “ProjectIIandIII-WoodNanotechnol”

続いて、欧州連合におけるCNF関連政策を図5-37に示す。

欧州連合は、欧州委員会による森林分野研究コンソーシアムWoodWisdomNetや、欧州全体の研究開発プログラムHorizon2020を通じた欧州のグローバル競争力強化方針の一環として、ナノセルロース開発研究への投資・規格標準化に取り組んでいる。ターゲット用途としては、自動車、エレクトロニクス、パッケージ、航空、建築、医薬品・ヘルスケア・バイオ等を想定している。



【参考】1EUR = 131.64円(TTS)、三菱UFJリサーチ&コンサルティング2017年7月11日

図5-37 欧州におけるCNF関連政策動向

出典：WoodWisdom-net, “JointCall2013-2017(JC4)”、EuropeanCommission, “Horizon2020-WorkProgramme2016-2017 : Nanotechnologies,AdvancedMaterials,BiotechnologyandAdvancedManufacturingandProcessing”、EuropeanCommitteeforStandardization, “Nanotechnology”、EuroNanoForum, “EuroNanoForum2017-The8thEuropeanConferenceonNanotechnology”

上述の Horizon2020 について、その概要を図 5-38 に示す。

欧州は、R&D の研究成果をイノベーション・経済成長・雇用につなげることを目的とし、研究枠組計画 FP 7 の後継として、Horizon2020 を実施している。14 のワークプログラムのうち、低炭素技術としては、「安全、クリーン、効率的なエネルギー」(Secure, Clean and Efficient Energy) と「スマート、グリーン、統合された交通」(Smart, Green and Integrated Transport) が該当する。

- Horizon 2020は研究枠組計画 (FP7) の後継であり、2014年から2020年にわたって実施される予定となっている。
- 計14のワークプログラムが設定されおり、低炭素技術としては「安全、クリーン、効率的なエネルギー」(Secure, Clean and Efficient Energy)と「スマート、グリーン、統合された交通」(Smart, Green and Integrated Transport) の2つのワークプログラムがある。
- Horizon 2020の総予算は約800億€(約11兆円)、上記の低炭素技術のサブプログラム予算枠は合計122億€(約1.61兆円)となっている。



【参考】 1EUR = 131.64円(TTS)、三菱UFJリサーチ&コンサルティング2017年7月11日

図 5-38 Horizon2020 の概要

出典：Horizon2020TheEUFrameworkProgrammeforResearchandInnovation2014-2020（欧州委員会、2011年）

欧州連合におけるプログラム一覧を表 5-34 に示す。

欧州連合は、FP7、上述の Horizon2020 といった分野横断的な EU 全体のプログラムと、上述の WoodWisdomNet という森林分野に特化したプログラムの双方でナノセルロース開発を支援している。エレクトロニクスや医薬品・ヘルスケア・バイオに加え、自動車分野への展開を念頭に置いた研究開発を支援している。

表 5-34 欧州連合のプログラム一覧

番号	機関	プログラム	プログラムの最終目標と目的	期間	取組状況
EU-A	EU	FP7	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 各国独自の研究を超えて、EUとしての研究成果を出すことを目指す包括的な研究プログラム ➢ EU産業の技術力を向上し、国際的な競争力の向上を目指す ➢ 健康、食糧・農業・漁業・バイオ、ナノテクノロジー、エネルギー等10分野を対象とする包括的なプログラムであり、総予算は50,521百万ユーロである 	2007-2013	<ul style="list-style-type: none"> ➢ ナノセルロース関連のプロジェクトは2012年以降に4件、自動車やエレクトロニクス分野で採択されている ➢ 2007年は5.48billionを提出し、年々増加し、2013年には10.84billionを提出した ➢ 分野では通期でICTへの提出が最も多く8.172百万ユーロ、次いでIdeas7,229百万ユーロ、Health5,571百万ユーロであり、ナノマテリアル関連 (NMP) は3,183百万ユーロであった
EU-B	EU	Horizon2020	<ul style="list-style-type: none"> ➢ FP7の後継であり、農業、エネルギー、交通等包括的な開発支援プログラムであり、総予算は77,028百万ユーロである ➢ 産業界と連携し社会課題の解決策を模索すること、イノベーションの障害を取り除き社会普及を促進することを目指す ➢ 「ナノテクノロジーに関する先進的な素材と製造 (Nanotechnologies, Advanced Materials and Production, NMP)」等にて、CNF/CNGIに関する開発を支援している 	2014-2020	<ul style="list-style-type: none"> ➢ ナノセルロース関連のプロジェクトは2015年に自動車をターゲットとし、ガラス繊維補強材代替部材を開発するプロジェクトを採択している ➢ 直近2年で76,400以上の提案のうち、約9,200のプロジェクトが採択されており、採択率は約12%となっている ➢ 2016年9月までに9,000以上の協定が締結され、その総額は15,900百万ユーロであった
EU-C	WoodWisdomNet	Joint Call 4 (JC4)	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 森林分野での各国のプログラムを統合し、欧州域内の研究を促進するコンソーシアム ➢ 2004年から公募、支援をしており、JC4では23件採択されている ➢ 森林管理、産業プロセス、高付加価値製品、競争力ある手法とのテーマの中で、高付加価値製品の一つとして名のセルロースを扱っている 	2013-2017	<ul style="list-style-type: none"> ➢ ナノセルロース関連のプロジェクトは2014年にラポレベルの研究が2件、医薬品・ヘルスケアと自動車分野で採択されている

出典：EuropeanCommission, “Homepage-FP7-Research-Europa”

上記のプログラムの下、欧州連合において実施されたプロジェクト一覧を表 5-35 に示す。FP7 においては、エレクトロニクス、パッケージ、自動車等をターゲットとした応用研究を多く支援している。Horizon2020 における AquaComp においては自動車市場規模の推計を行い、WoodWisdomNet における自動車等を念頭に置いた ProNanoCell では、自動車会社を含めた検討を行うなど、商品化を意識した取組が行われている。

表 5-35 欧州連合のプロジェクト一覧

		EU-A		EU-B		EU-C				
番号	プログラム番号	参画主体(企業等)	共同事業者(企業)	プロジェクト名	期間	予算(百万NOK)	ターゲット分野	技術種類	開発段階	プロジェクト概要
EU-01	EU-A	INSTITUTO TECNOLOGICO DEL EMBALAJE, TRANSPORTE Y LOGISTICA	N/A	MIMEFUN (Biomimetics for Functions and Responses)	2012-2017	745	N/A	部材(複合材)製造	基礎	植物のもつ自己配列型の構造は機械的な強度が高い。そうした植物擬態構造を構成する自己配列型の複合材について、CNCやCNFを用いて補強すると耐熱性や収率などの機能を改善することが明らかになった。
EU-02	EU-A	Teknologian tutkimuskeskus VTT	AXON AUTO MOTIVE LIMITED他	INCOM (Industrial Production Processes for Nanoreinforced Composite Structures)	2013-2017	1,574	パッケージ、自動車、航空機	素材製造、部材(複合材)製造	応用	産業規模での、NFC解繊技術、NFCによる補強、複合材の開発を目指す。パッケージや自動車、航空分野への展開を目指す。バイオ発泡体をNFCで補強することでPU発泡体と同程度の強度を示し、ラミネートにNFCを添加することで高曲性能を改善できた。また、NFCを複合させることでガラス繊維と同程度の強度を実現できる見込みである。
EU-03	EU-A	KUNGLIGA TEKNISKA HOEGSKOLAN	N/A	NANOPAD (Nano cellulose based paper diagnostic devices)	2013-2017	1,243	エレクトロニクス	部材(複合材)製造	応用	紙を用いた電子的な診断ツールに活用するセルロースフィルムを開発する。当初はナノセルロースを想定していたが、マイクロサイズのセルファンで透明性等の性能は足りることがわかった。
EU-04	EU-A	LTM-CNRS	obductat,	GREENANOFILMS (Development and application of ultra-high resolution nano-organized films by self-assembly of plant-based materials for next generation opto- and bio-electronics)	2014-2017	4,958	エレクトロニクス	素材製造、部材(複合材)製造	応用	光学エレクトロニクス、バイオエレクトロニクス向けの、バイオ素材を用いたナノ構造フィルムを開発する。9つのプログラムのうち、WP3とWP4にて透明なナノセルロースフィルムを扱い、CNCコーティングを行わないTEMPO酸化CNFフィルムやCNC製造手法について検討を行い、試作品も製作する。
EU-05	EU-B	ELASTOPOLOJY	N/A	AquaComp (Demonstrating the unique properties of new nanocellulose composite for automotive applications)	2015-2017	2,296	自動車	素材製造、部材(複合材)製造	実用	自動車をターゲットとし、樹脂とナノセルロースの複合材AquaCompを開発する。複合後に乾燥するのではなく、水溶液状態で複合することで、脱水に必要なエネルギーを節約でき、乾燥時に失われる強度を保つことができる。今後、生産規模の拡大が必要だが、ガラス繊維補強の複合材を10%代替する場合、AquaCompの市場規模は2025年に200万トンと見込まれる。
EU-06	EU-C	Innventia	Volvo CarsA B.他	Processes for nanocellulose composite manufacturing (PRONANOCELL)	2014-2017	375	自動車、建築	部材(複合材)製造	応用	硬質包装や自動車、建設用途への適用を念頭におき、射出成形またはシート成形によるプラスチック複合材を生成する。ナノフィブリル30%添加による曲げ特性向上を調査する。
EU-07	EU-C	VTT Technical Research Centre of Finlandis, 他	N/A	Tunable lignocellulose-based responsive films	2014-2016	5,115	医薬品・ヘルスケア・バイオ、パッケージ	部材(複合材)製造	基礎	医薬品やパッケージへの適用を念頭に置いて、CNFフィルムの特性を調査するための新たな手法を開発し、CNF物質の構造や刺激への反応を研究した。これらの成果はセンサーを作る際の、耐水性の評価等に活用できる。

出典：EuropeanCommission, “EuropeanCommission:CORDIS:Projects&ResultsService:Home”

最後に、韓国におけるCNF関連政策動向を図5-39に示す。

韓国は、山林庁傘下の研究機関、国立山林科学院を中心に、官学の連携のもとナノセルロース開発が進められている一方で、産業界を含めた協力関係は構築途上である。産業界では技術力及び価格競争力の向上を課題として認識している。山林庁は産業現場の課題解決という方針のもと、エレクトロニクス、パッケージ、医療・ヘルスケア・自動車産業等への適用を目指している。

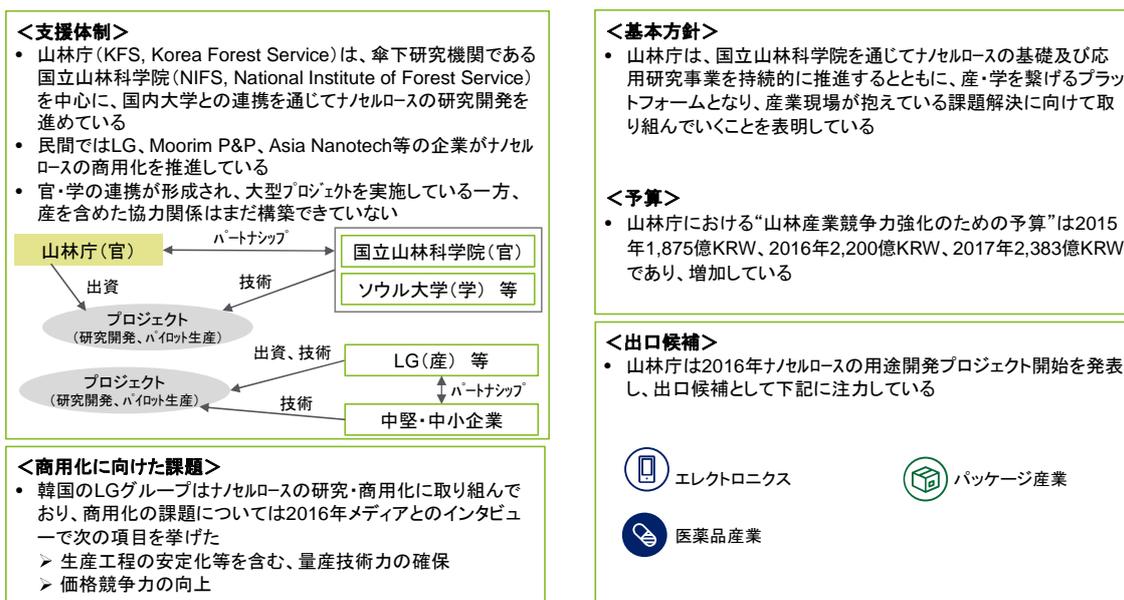


図 5-39 韓国におけるCNF関連政策動向

出典：山林庁，“KoreaForestService”、国立山林科学院，“산림청-국립산림과학원”、化粧品新聞，“뷰티누리-화장품신문 (Beautynury.com)::아시아나노텍, 중국 수출 탄력”

韓国におけるプログラム一覧を表5-36に示す。

下記に示すよう、韓国においては、山林庁が主体となり高付加価値森林製品の開発を支援している。

表 5-36 プログラム一覧：韓国

番号	機関	方針	期間	取組状況
K-A	山林庁	<ul style="list-style-type: none"> 山林庁は高付加価値な森林製品の開発と認知度向上に向けて、森林技術改良に向けた研究開発マスタープランを作成している 気候変動への対応や森林資源のエネルギー転換等、低炭素かつグリーンな成長に不可欠なテーマを扱う 安定的に結果を出すべく、基礎力向上のため研究への支援も実施する 	N/A	N/A

出典：山林庁，“KoreaForestService”

上述のプログラムの下、韓国において実施されたプロジェクト一覧を表 5-37 に示す。

韓国のプロジェクト 1 件においては、リチウムイオン電池への適用を検討するエレクトロニクス分野の研究と、化粧品への適用を検討する医療分野との分野横断的な検討がなされている。

表 5-37 プロジェクト一覧：韓国

番号	プログラム番号	参画主体 (企業等)	共同事業者 (企業)	プロジェクト名	期間	予算 (百万 Won)	ターゲット 分野	技術種 類	開発 段階	プロジェクト概要
韓-01	N/A	国立山林科学院 / ソウル大学 / 江原大学 / UNIST / 世宗大学 / 順天郷大学	N/A	ナノセルロースを活用したエネルギー及び医工学用先端新素材研究	2016-2020	3,750	エレクトロニクス、医療品・ヘルスケア・バイオ	部材(複合材)製造	応用	ターゲット用途のひとつであるバッテリー(リチウムイオン二次電池用分離膜)については、電極副産物抑制のためのナノセルロース基盤の分離膜設計、TEMPOセルロース基盤の集電体設計・製造を行う。 医療分野においては、薬物伝達可能なナノセルロース、ヒアルロン酸とalginate複合体の最適な製造条件を究明し、生物学的な安全性について評価する。

出典：山林庁, ”KoreaForestService”

(4) 国内外の技術実証の分析

以下では、前項で調査対象とした各国の92件の実証事業（各国のプロジェクト一覧記載のプロジェクト）について分析を行った。その際の視点を図5-40に示す。

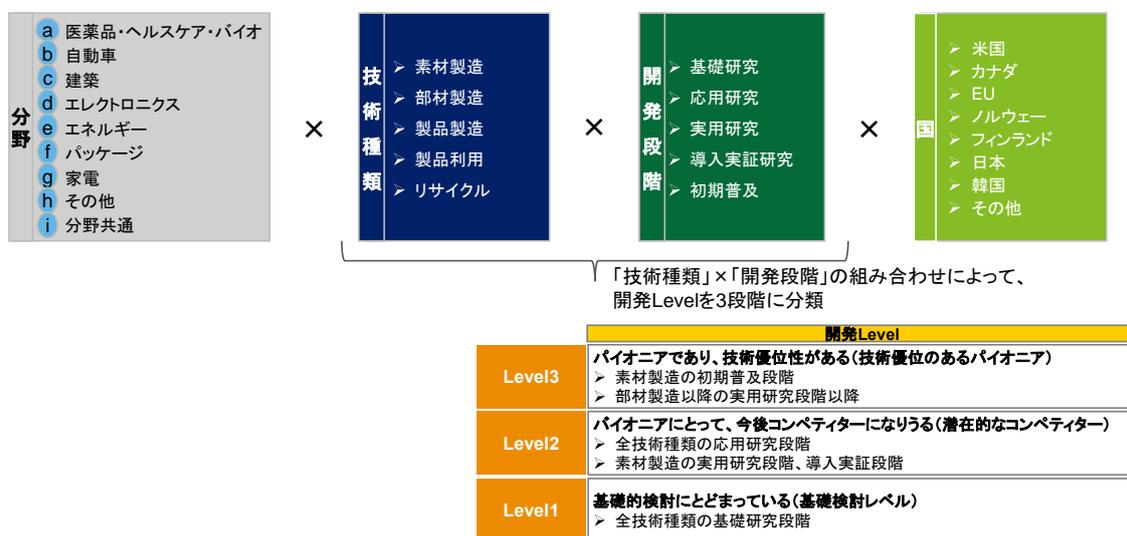


図5-40 分析の視点

9項目の分野、5項目の技術種類、5項目の開発段階、8項目の国の4軸を組み合わせ、各国の分野、技術開発、技術種類の進捗状況を把握することで、日本が今後注力すべき分野を導くことを目的とした。なお、技術種類と開発段階の組み合わせによって、開発LevelをLevel3 技術優位のあるパイオニア、Level2 潜在的なコンペティター、Level1 基礎検討レベルの3段階に分類した。

ここで、本分析における開発段階と技術種類の定義を表5-38に示す。

表5-38 開発段階・技術種類の定義

開発段階		技術種類	
基礎研究	新技術に関する研究段階	素材製造	成分分離・利用～解繊等のCNFの製造に関わる技術
応用研究	特定領域の新技術の応用に関する開発段階	部材製造	機能化・複合化～用途開発等のCNFを使用した製品の部材製造に関わる技術
実用研究	製品・製法等として実用化するための開発段階	製品製造	CNFを使用した製品製造に関わる技術
導入実証研究	フィールドで検証する段階(商品化の可否を判断)	製品利用	CNFを使用した製品利用に関わる技術
初期普及	市場での浸透を図る段階	リサイクル	CNFを使用した製品リサイクルに関わる技術

開発段階については基礎研究、応用研究、実用研究、導入実証研究、初期普及の5段階にて整理を行った。技術種類については、素材製造、部材製造、製品製造、製品利用、リサイクルの5区分で整理を行った。

分析結果のまとめを図 5-41 に示す。

図中にて緑枠線にて示しているが、日本が今後注力すべき分野は自動車、建築、家電であることが分かる。自動車については、Level3 にあるプロジェクトとしては日本の件数が7件と最も多く、製品製造の導入実証段階にあり商用化も近い。現状の優位を維持するべく支援を継続することが重要である。建築については、Level3 にあるプロジェクト件数は米国が4件と最も多く、日本は2件で後に続いている。米国は断熱材・構造部材等を、日本は断熱材・外装材を検討しており、米国をベンチマークとして実証事業を増やす必要がある。その中で、断熱材・構造部材以外の米国が実施していない分野で実証事業を実施すべきである。

一方、家電は全体で日本の1件のみにとどまっている。今後、広く普及させていくためには、多くのプロジェクトが実施されている自動車をベンチマークとして、複数企業を巻き込んだ用途開発を実施すべきである。

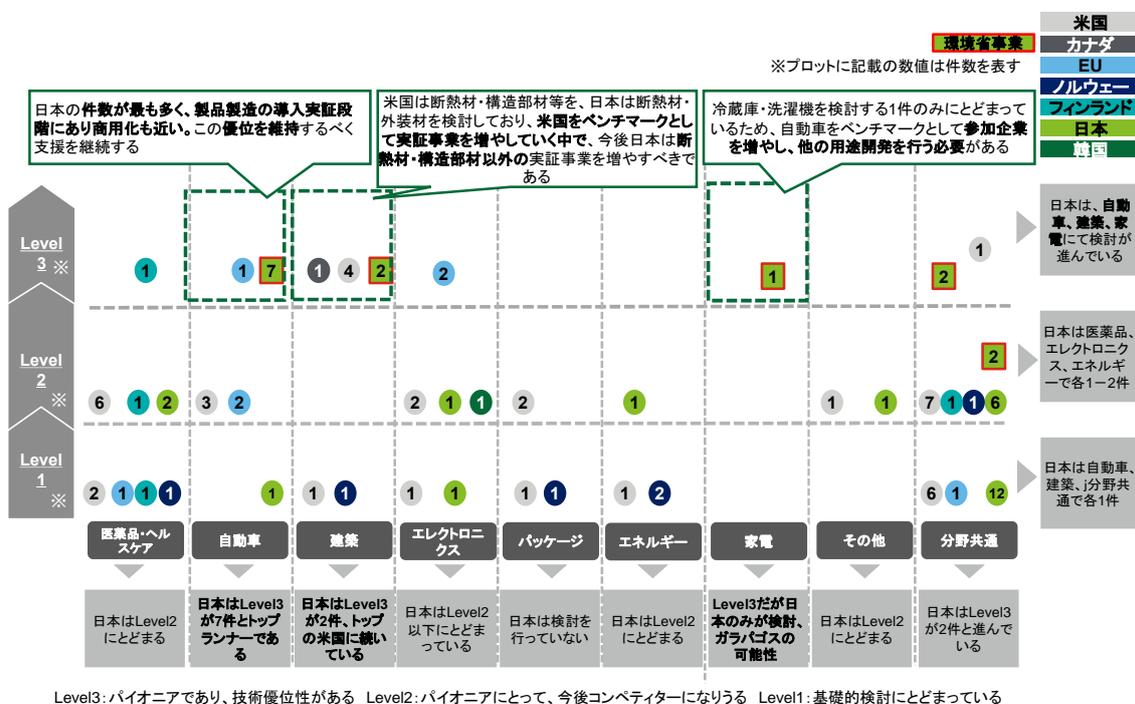


図 5-41 注力分野サマリ

以降にて、分野ごとに分析結果を述べる。

医薬品・ヘルスケア・バイオ分野の分析結果を図 5-42 に示す。

医薬品・ヘルスケア・バイオ分野におけるプロジェクトは 15 件と件数が多いものの、Level3 にあるプロジェクトはフィンランドの 1 件のみ、日本のプロジェクト 2 件も Level2 にとどまっている。なお、以降の分野においても同様だが、図中の「F-1」等の番号は各国のプロジェクト一覧の番号と一致している。

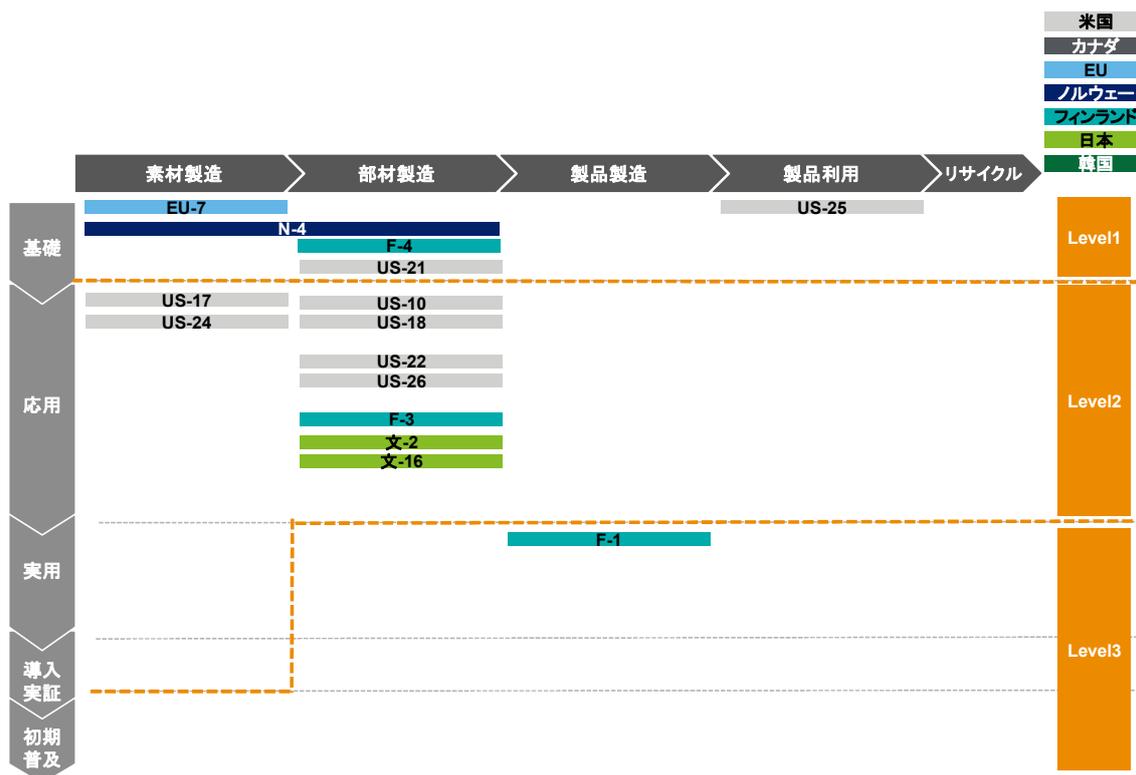


図 5-42 医薬品・ヘルスケア・バイオ分野をターゲットとした研究開発

次に、自動車分野の分析結果を図 5-43 に示す。

自動車分野については、Level3 において、日本のプロジェクトが 7 件と最も多く、検討が進んでいる。一方、EU は Level3 が 1 件、Level2 が 2 件と追いついており、今後も優位性を維持するためには、製品の商用化をめざしコスト低減等の検討を進める必要がある。

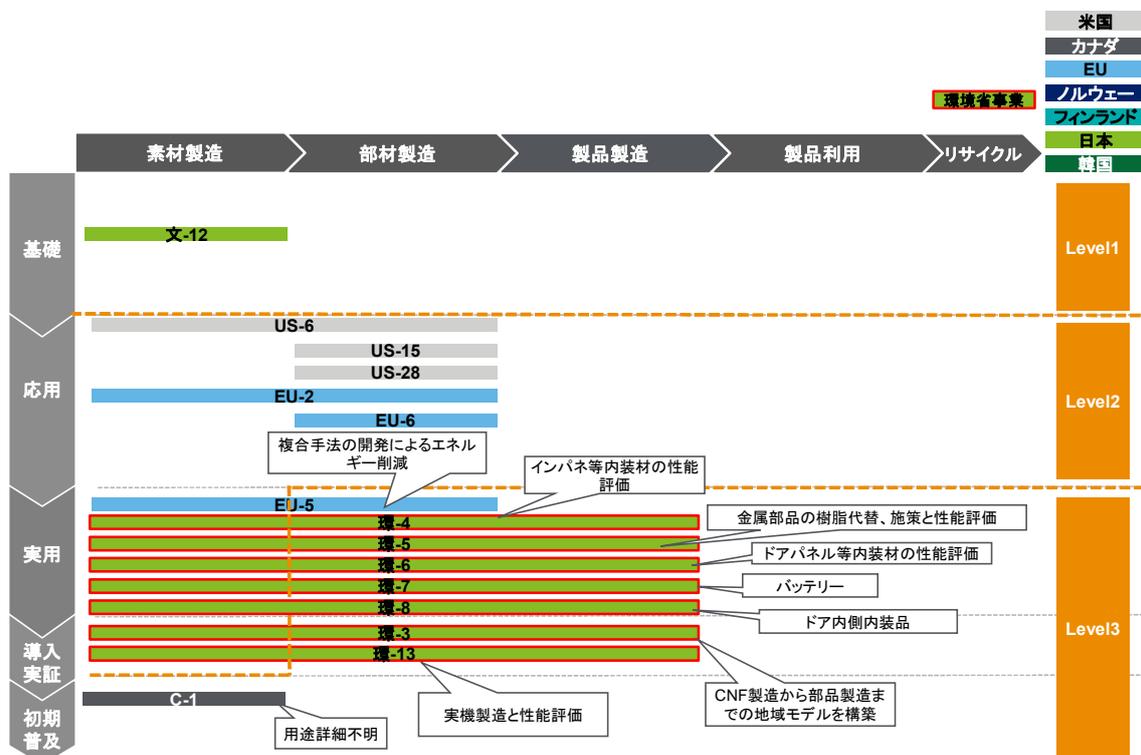


図 5-43 自動車分野をターゲットとした研究開発

次に、建築分野の分析結果を図 5-44 に示す。

建築分野については、Level3 にあるプロジェクトは米国が 4 件と最も多く、断熱材・構造部材等への適用を検討している。日本は Level3 のプロジェクトが 2 件と続いており、断熱材・外装材を検討している。今後、日本は米国をベンチマークとして実証事業を増やす中で、米国がすでに取り組んでいる断熱材・構造部材以外の用途を想定した実証事業を増やすべきである。

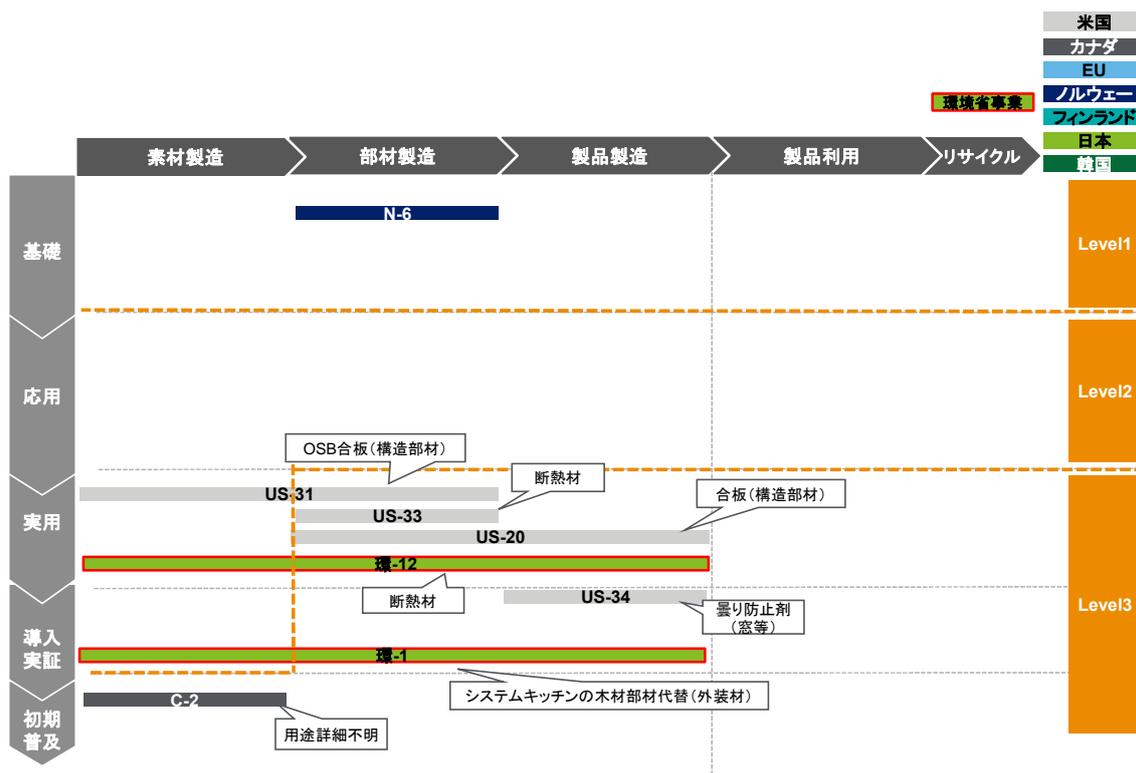


図 5-44 建築分野をターゲットとした研究開発

次に、エレクトロニクス分野の分析結果を図 5-45 に示す。

エレクトロニクス分野については、Level3 にあるプロジェクトが 2 件と EU において検討が進んでいる。続く Level2 にあるプロジェクトは米国が 2 件、日本が 1 件、韓国が 1 件である。

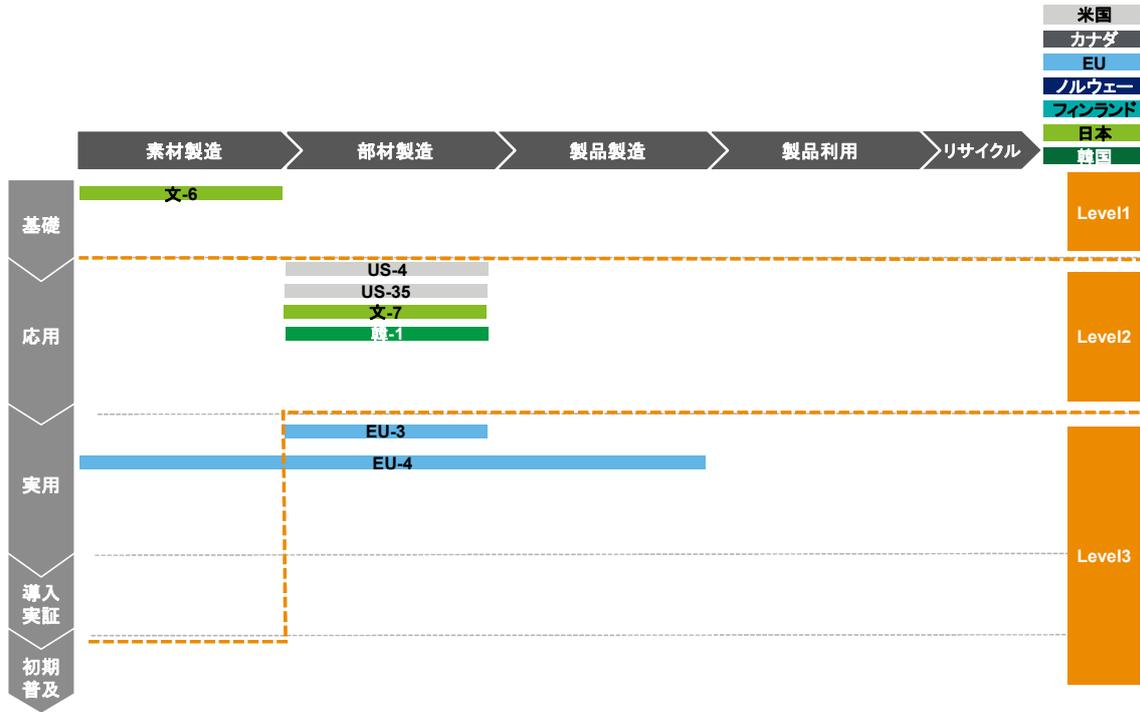


図 5-45 エレクトロニクス分野をターゲットとした研究開発

パッケージ分野の分析結果を図 5-46 に示す。

パッケージ分野については、全日本におけるプロジェクトはない。他国においても米国は Level2にあるプロジェクトが 2 件、Level1 が 1 件の計 3 件のみであり、ノルウェーの Level1 にあるプロジェクトが 1 件と検討段階も進んでいない。

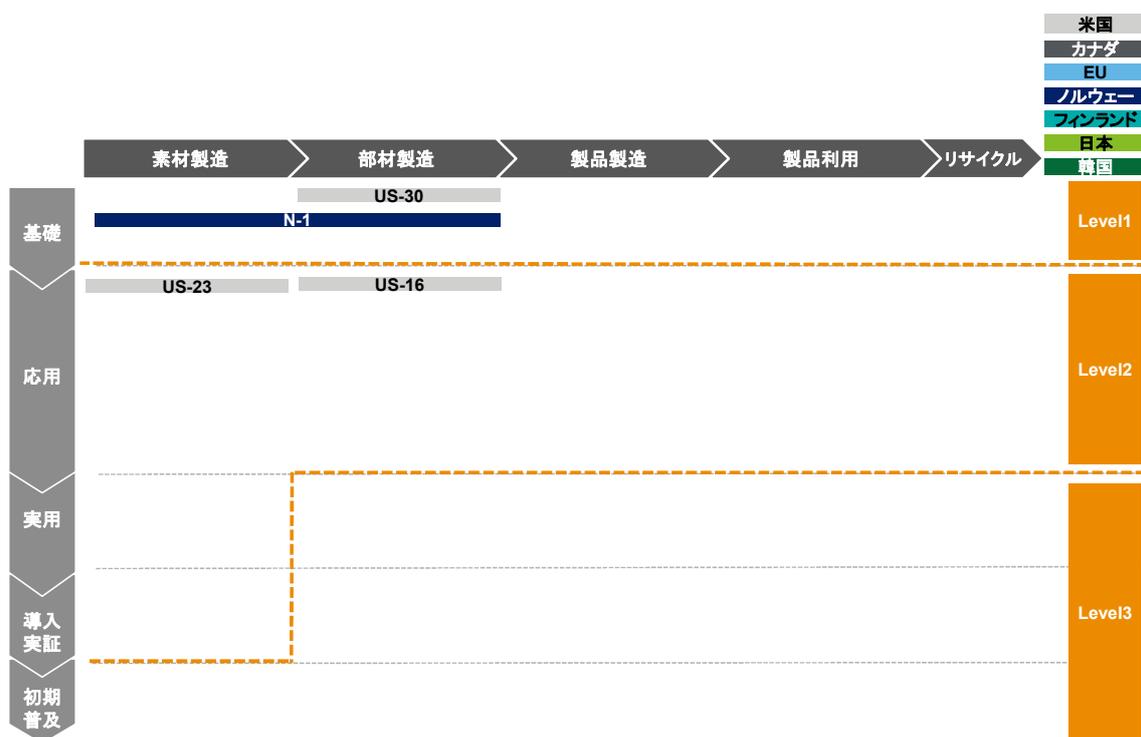


図 5-46 パッケージ分野をターゲットとした研究開発

エネルギー分野の分析結果を図 5-47 に示す。

エネルギー分野については、Level3 にあるプロジェクトはなく、Level2 は日本のプロジェクトが 1 件のみ、Level1 はノルウェーのプロジェクト 2 件、米国のプロジェクト 1 件と検討は進んでいない。

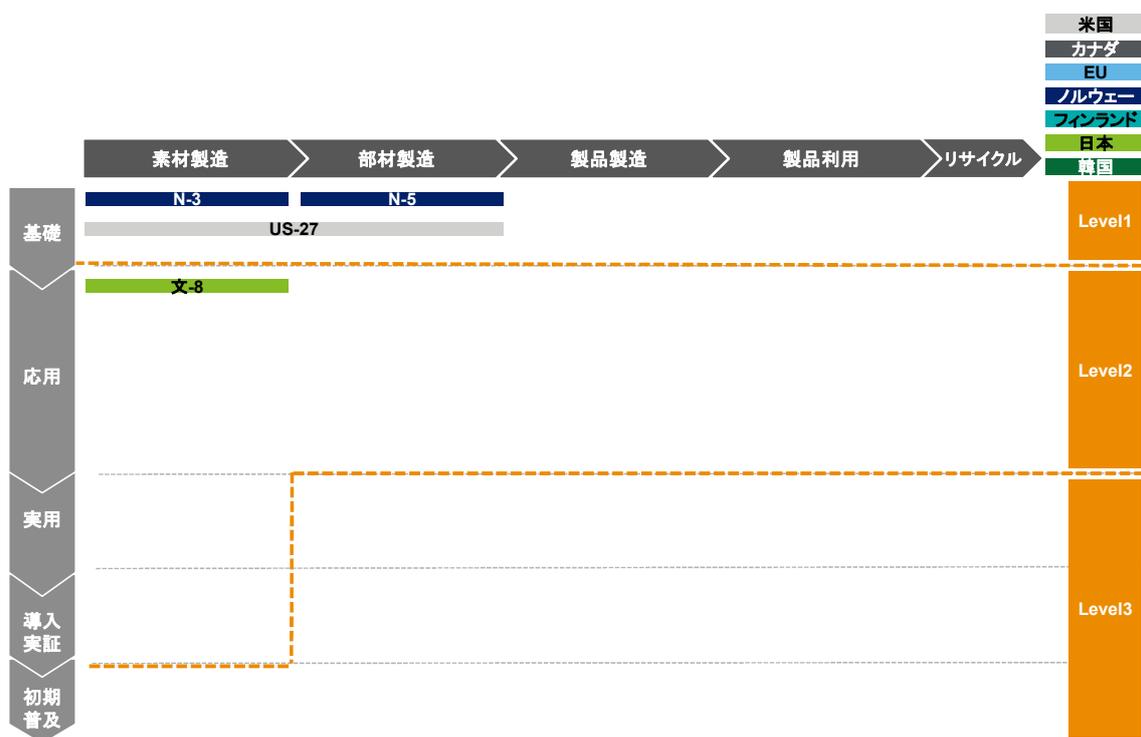


図 5-47 エネルギー分野をターゲットとした研究開発

家電分野における分析結果を図 5-48 に示す。

家電分野については、Level3 にあるものの、冷蔵庫・洗濯機を検討する日本のプロジェクト 1 件のみにとどまっている。今後の普及を促すためには、自動車をベンチマークとして参加企業を増やし、他の用途開発を行う必要がある。

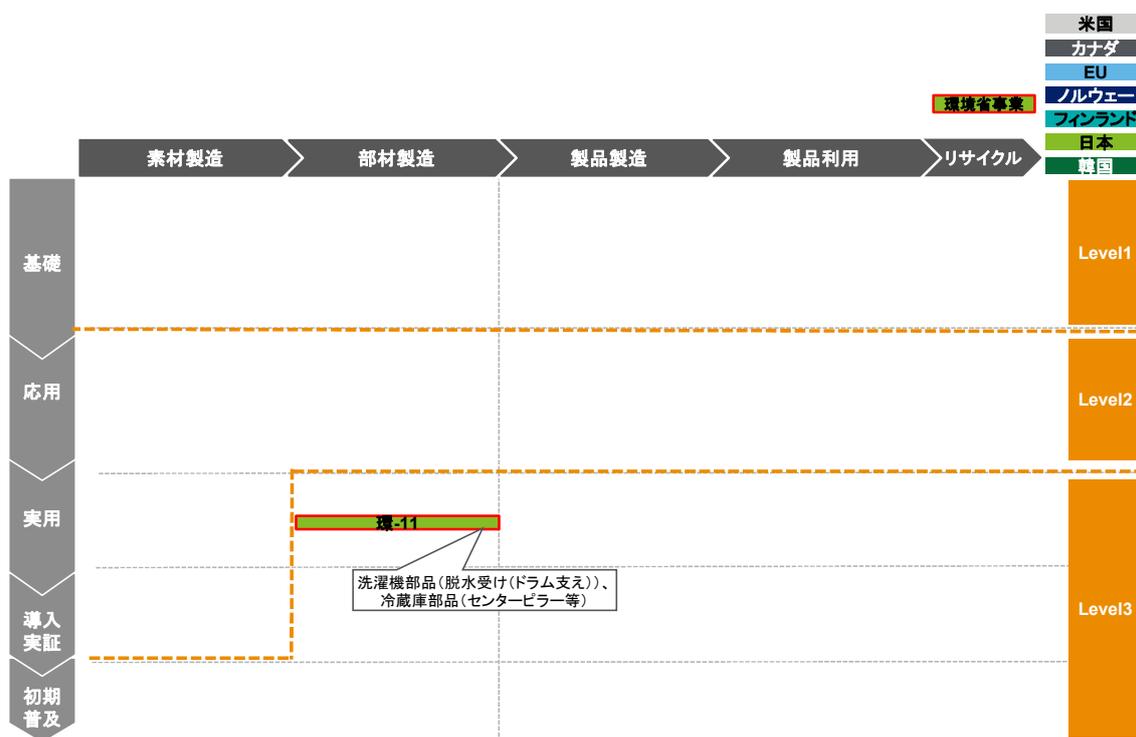


図 5-48 家電分野をターゲットとした研究開発

その他分野の分析結果を図 5-49 に示す。

その他分野についてはいずれも Level2 以下にとどまっており、検討は進んでいない。

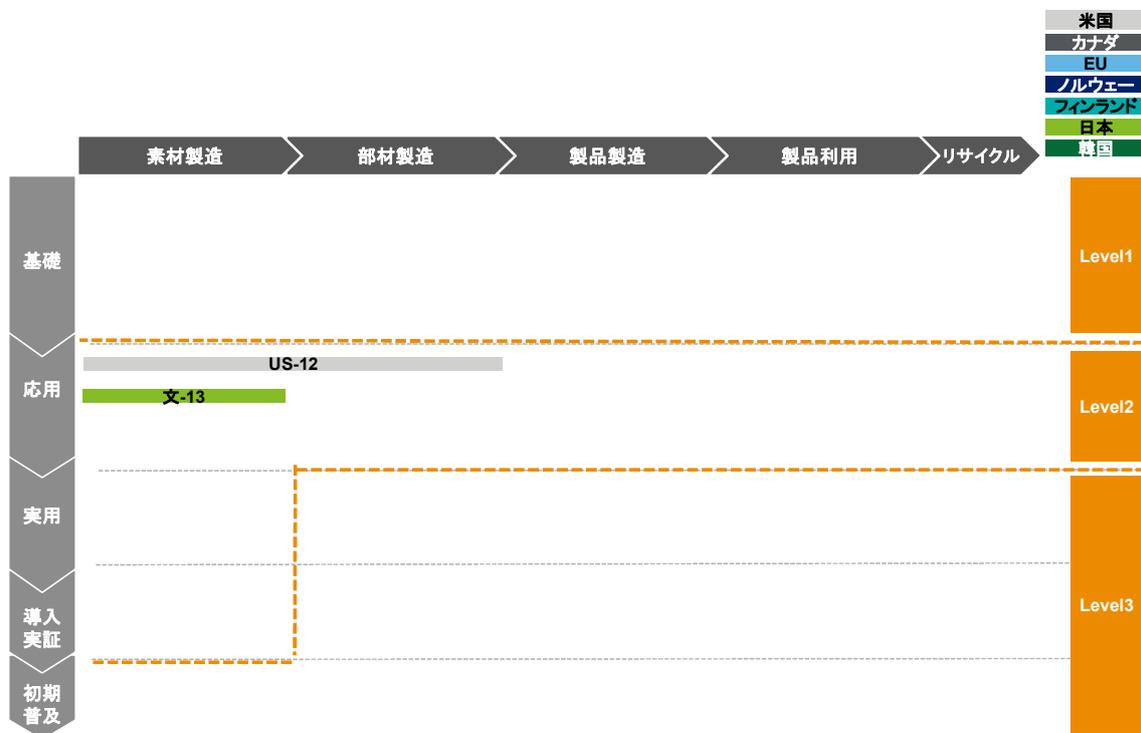


図 5-49 その他分野をターゲットとした研究開発

特定の業界・用途を想定していない汎用的な研究開発の分析結果を図 5-50 に示す。

汎用的な研究開発については、米国のプロジェクト 2 件、日本のプロジェクト 2 件が Level3 にあり、検討が進んでいる。続く Level2 にあるプロジェクトとしては、米国と日本が 7 件、フィンランド 1 件、ノルウェー 1 件である。全 Level において、部素材製造までを対象としたプロジェクトが大半である。

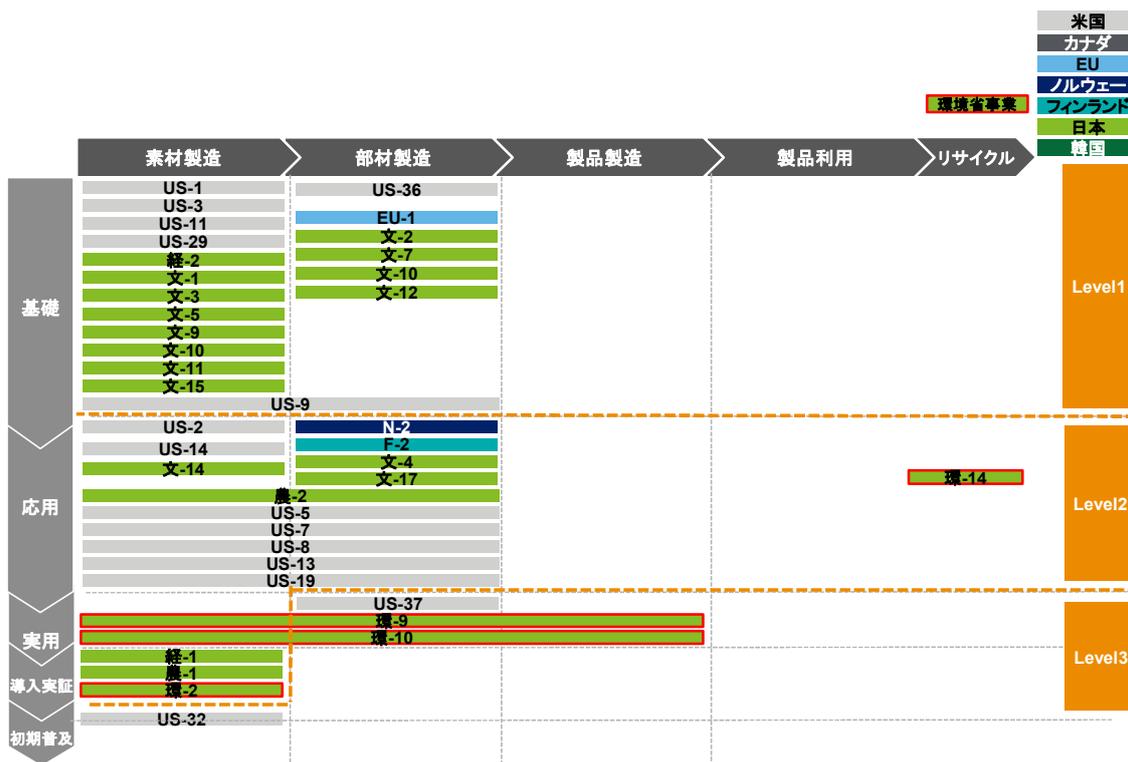


図 5-50 汎用的な研究開発

(5) 国内外の実証体制の整理

以下では、各国の支援体制、とりわけ実証体制を比較・整理することで、環境省が実施すべき体制を検討する。なお、本検討においては、産官学における連携の在り方を把握するため、各国が実施した 92 件の実証事業のうちプレイヤーが多いプロジェクトを選定した。各国の実証体制のサマ리를表 5-39 に示す。

表 5-39 各国の実証体制サマリ

	管理体制	進捗報告頻度	進捗報告方法
日本	<ul style="list-style-type: none"> 政府・事業者間は事業推進委員会にて合意形成と事業推進 	<ul style="list-style-type: none"> 中間報告を実施(実施期間3年以上の案件は必要に応じて実施) 	<ul style="list-style-type: none"> 事業者間は業務調整会合にて進捗等の情報共有 その後、推進委員会にて報告
米国	N/A	<ul style="list-style-type: none"> 進捗報告書を年に1回提出 	<ul style="list-style-type: none"> オンライン報告
カナダ	N/A	N/A	N/A
フィンランド	<ul style="list-style-type: none"> 協業協定を締結し、官指定のルールを遵守 	<ul style="list-style-type: none"> ジョイントPJの場合、官が指定した日程に進捗報告 	<ul style="list-style-type: none"> オンライン報告 協定にPJ情報交換に関する原則あり
ノルウェー	<ul style="list-style-type: none"> 協業協定を締結し、官指定のルールを遵守 	<ul style="list-style-type: none"> 中間報告を年に1回提出 	<ul style="list-style-type: none"> オンライン報告 PJミーティングを年二回開催
スウェーデン	<ul style="list-style-type: none"> 成果に関する権利等を定めたPJ協定を締結 	<ul style="list-style-type: none"> 政府が指定した日程に報告 	<ul style="list-style-type: none"> オンライン報告
欧州連合	<ul style="list-style-type: none"> PO業務を担う主体(Fraunhofer LBFとBax & Willems Consulting Venturing)が存在 助成金契約を締結し、官指定のルールを遵守 	<ul style="list-style-type: none"> 中間報告をPJ期間中に4~5回 	<ul style="list-style-type: none"> オンライン報告 ワークショップを年二回開催し、PJの進捗共有

各国の実証体制を踏まえ、環境省が実施すべき実証体制の候補としては欧州連合の手法があげられる。より具体的には、管理体制についてPO業務を担う主体を設置する、進捗報告頻度についてプロジェクト期間中の中間報告を4、5回へと増やす、進捗報告方法についてオンライン報告をするといった手法の可否を検討することが考えられる。以降にて、各国の実証体制を詳述する。

日本における実証体制を、京都大学によるセルロースナノファイバー性能評価事業委託業務を例として図 5-51 に示す。

プロジェクト名	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)	プロジェクトゴール	自動車分野(軽量化部品)への適用に向け、CNFの規格適合性を評価する
実施期間	2016 - 2019	プロジェクト予算	27.5億円

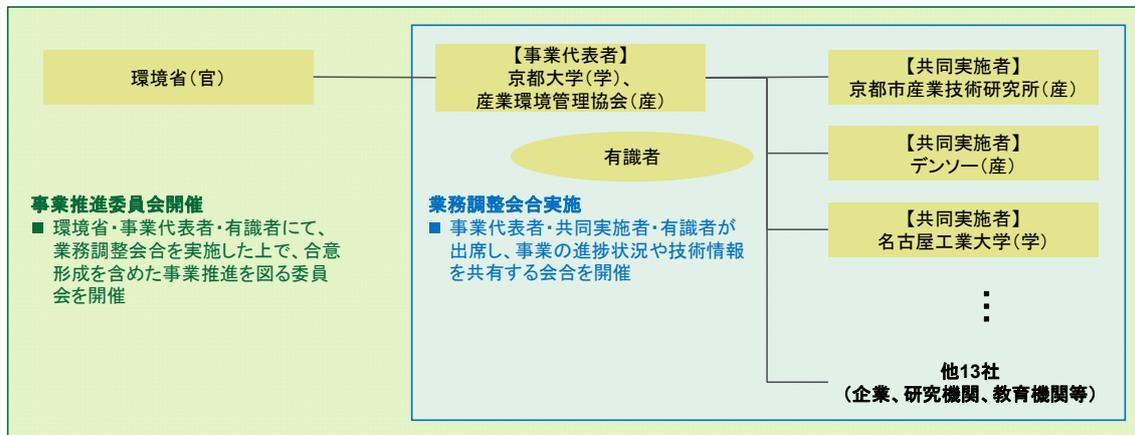


図 5-51 日本における実証体制

出典：京都大学、「平成 28 年度セルロースナノファイバー性能評価事業委託業務報告書（平成 29 年 3 月）」

京都大学のプロジェクトにおいては、事業代表者と共同実施者に有識者を加えた業務調整会にて、事業の進捗状況や技術情報を共有している。また、環境省、事業代表者、有識者にて、事業推進委員会を開催し、業務調整会合の結果を踏まえ、事業推進に向けた合意形成を行っている。

次に、米国における実証体制を、AmericanProcess によるナノセルロース素材の自動車部品開発事業を例に、図 5-52 に示す。

プロジェクト名	Developing ultra-strong, lightweight automotive components using nanocellulose	プロジェクトゴール	既存の自動車用鉄製部品(例:シートフレーム)を代替する、超高強度・軽量ナノセルロース素材開発
実施期間	2014	プロジェクト予算	N/A

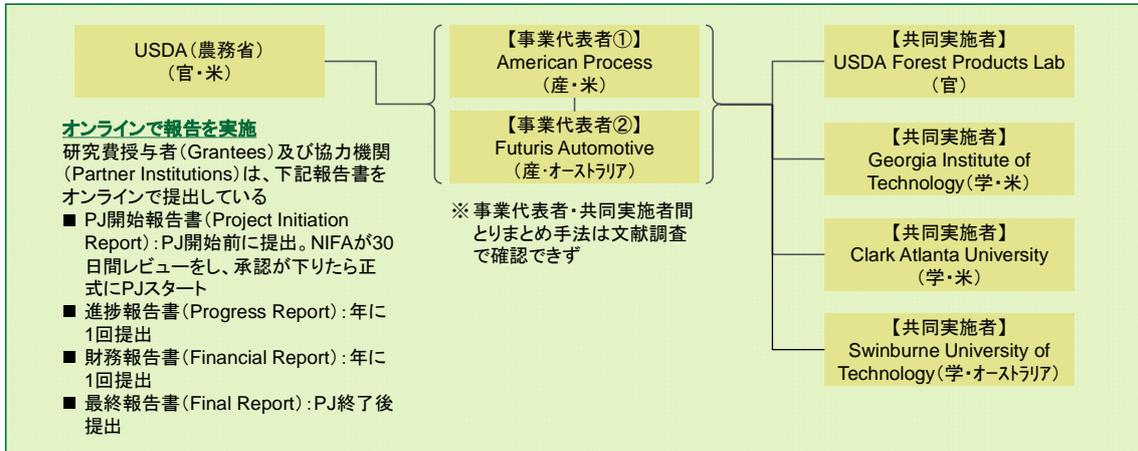


図 5-52 米国における実証体制

出典：REReport, “NationalInstituteofFoodandAgriculture”、
 Nano.gov, “USDA’sForestProductsLabEntersPartnershiptoCreateNanocelluloseCarParts”、
 TAPPI, “AheadoftheCurve–November262014”、ScientificResearchPublishing,
 “EmergingTrendsInAutomotiveLightweightingthroughNovelCompositeMaterials”

American Process のプロジェクトにおいては、事業代表者、共同実施者がプロジェクトの進捗について、開始時と終了時、また、年に一度オンラインで報告をしている。同プロジェクトの進捗に加え、財務状況についても年に一度オンラインで報告をしている点に特徴がある。

次にカナダにおける実証体制を、FP Innovations によるセルロースフィラメントの商用化事業を例に、図 5-53 に示す。

プロジェクト名	Cellulose filament demonstration, application development and commercialization	プロジェクトゴール	セルロースフィラメントの生産拠点を設け、高性能の紙・バイオプラスチック・接着剤・ペンキ・コーティング剤等への適用を目指す
実施期間	2013-2014	プロジェクト予算	43.6百万CAD ≈ 36億円 (43.6百万CADのうち、NRC出資額は15百万)

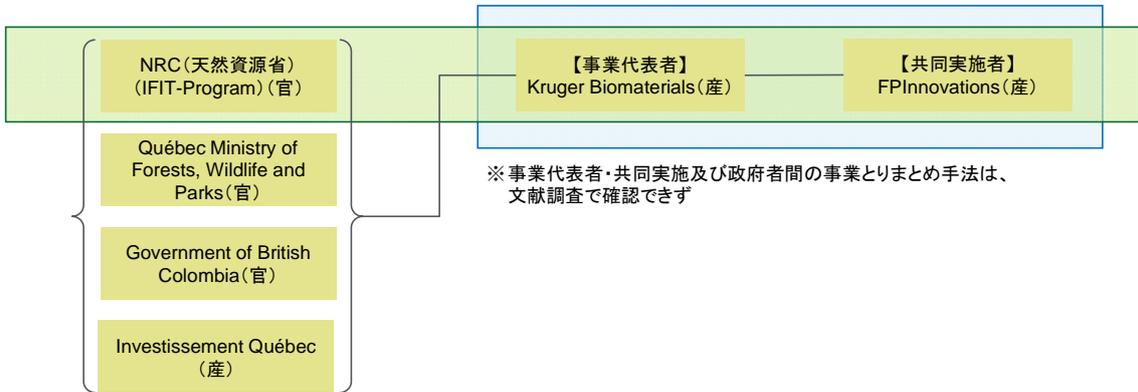


図 5-53 カナダにおける実証体制

出典：Tappinano. org, “NANOCELLULOSE STATE OF THE INDUSTRY DECEMBER, 2015”、FIOCELL, “FiloCell Project - Kruger Biomaterials cellulose filaments plant”、NRC, “IFIT Information for Applicants (2014)”、IFIT Performance Report (2010-2014)”

FP Innovations のプロジェクトについて、事業代表者・共同実施者、政府間の詳細なとりまとめ手法は文献調査においては確認できなかったものの、他国と同様に事業代表者置く体制をとっている。

次に、フィンランドにおける実証体制を、VTT によるナノセルロース製品の商用化研究を例に図 5-54 に示す。

プロジェクト名	DWoC (Design Driven Value Chains in the World of Cellulose) 2.0	プロジェクトゴール	セルロース素材を3Dプリンティングし、繊維製品、インテリア製品等への適用・商用化を目指す
実施期間	2015 - 2018	プロジェクト予算	4.9百万EUR ≒ 6.1億円

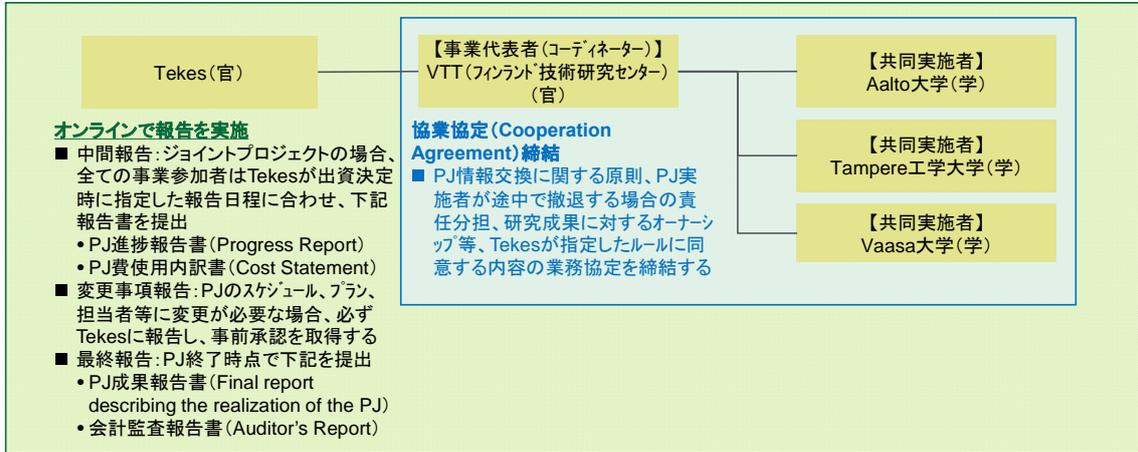


図 5-54 フィンランドにおける実証体制

出典: AaltoUniversity, “News:Celluloseturningintoasupermaterialofthefuture”、CellulosefromFinland.fi, “DesignDrivenValueChainsintheWorldofCellulose”、Tekes, “Instructionsformonitoringofcostsandreporting”、VTT, “Celluloseturningintoasupermaterialofthefuture:Broad-basedcooperationmultiplyingthevalueofFinnishwood”

フィンランドにおいては、事業代表者と共同実施者の間でPJ情報交換に関する原則、PJ実施者が途中で撤退する場合の責任分担、研究成果に対するオーナーシップ等を定めた、政府指定の協業協定を締結することとなっている。また、研究の進捗状況や、事業終了後の成果報告をオンラインで行う点に特徴がある。

次に、ノルウェーの実証体制について、PFIによるNORCELを例に図5-55に示す。

プロジェクト名	NORCEL (The NORwegian nanoCELLulose Technology Platform)	プロジェクトゴール	木材・農業残渣を用いたCNCとCNFの製造、変性処理、形態の管理等に関するプラットフォームを形成し、製紙、包装材、石油産業への適用及び再利用を検討する
実施期間	2013 - 2018	プロジェクト予算	150百万NOK ≒ 19.7億円

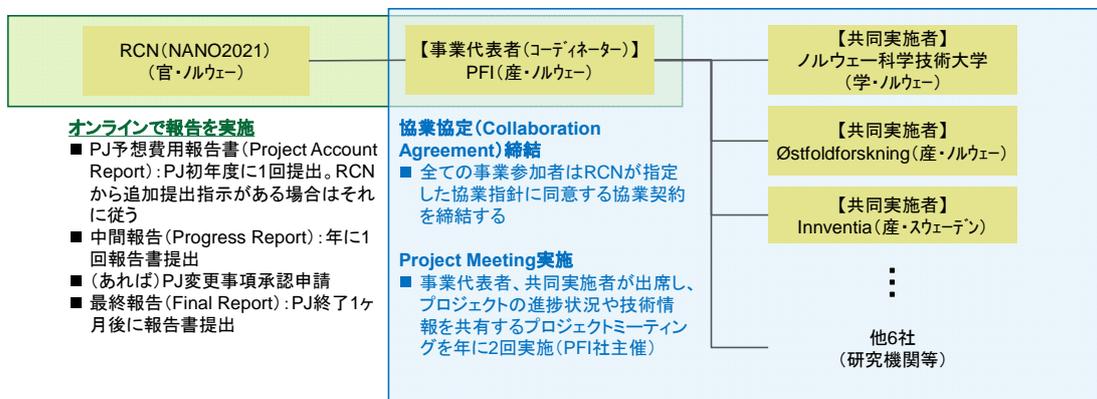


図 5-55 ノルウェーにおける実証体制

出典: RISEPFIAS, “AboutRISEPFIAS”、ResearchCouncilofNorway, “News-NANO2021”、TheResearchCouncilofNorway, “Projectreporting”

ノルウェーにおいては、事業代表者と共同実施者の間で政府指定の協業協定を締結したうえで事業を実施し、事業実施に当たっては事業者間で年 2 回プロジェクトミーティングを実施することとなっている。プロジェクトの進捗報告について、年に 1 回の中間報告やプロジェクト終了時の最終報告はオンラインで行うこととなっている。

次に、スウェーデンにおける実証体制について Innventia によるエネルギー貯蔵分野への活用研究を例に、図 5-56 に示す。

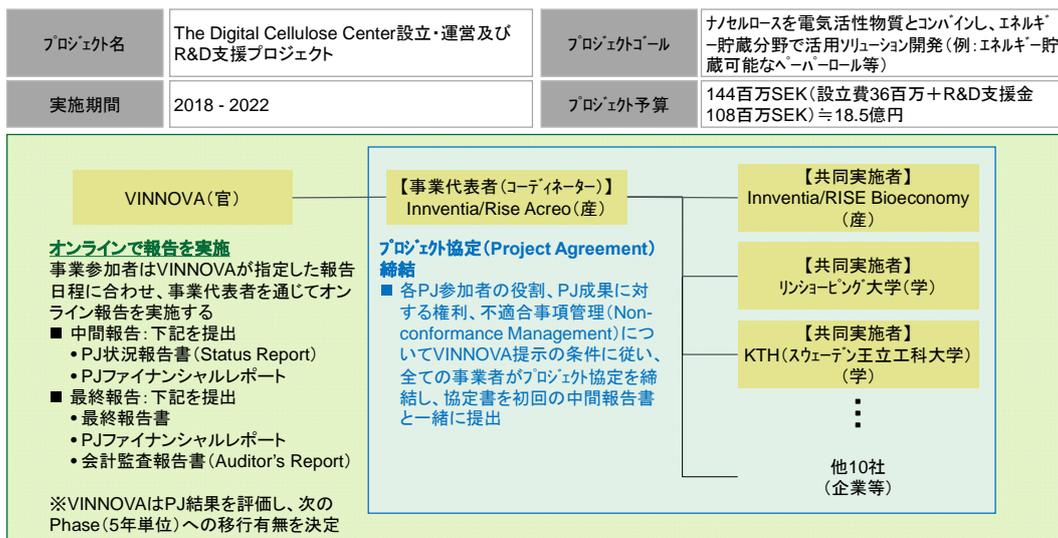


図 5-56 スウェーデンにおける実証体制

出典：RISE, “DigitalCelluloseCenter-NewcompetencecenteratRISE, LiUandKTH-Innventia”、Vinnova 資料

スウェーデンにおいてはプロジェクト参加者間で、参加者の役割、PJ 成果に対する権利、不適合事項管理について VINNOVA 提示の条件に従い、プロジェクト協定を締結することとなっている。中間報告、最終報告において、プロジェクトの状況と財務状況をオンラインで報告することとなっている。

最後に、欧州連合における実証体制について、Fraunhofer 等による SEAM を例に図 5-57 に示す。

プロジェクト名	SEAM(①Safe EV、②Enlight、③Alive、④Matisseといった4つのプロジェクトのクラスター)	プロジェクトゴール	自動車(特に、電気自動車)用軽量素材を開発し、自動車の性能・費用対効果・製造性・ライフサイクルの改善を目指す
実施期間	2012 - 2016	プロジェクト予算	19百万ユーロ≒23.5億円

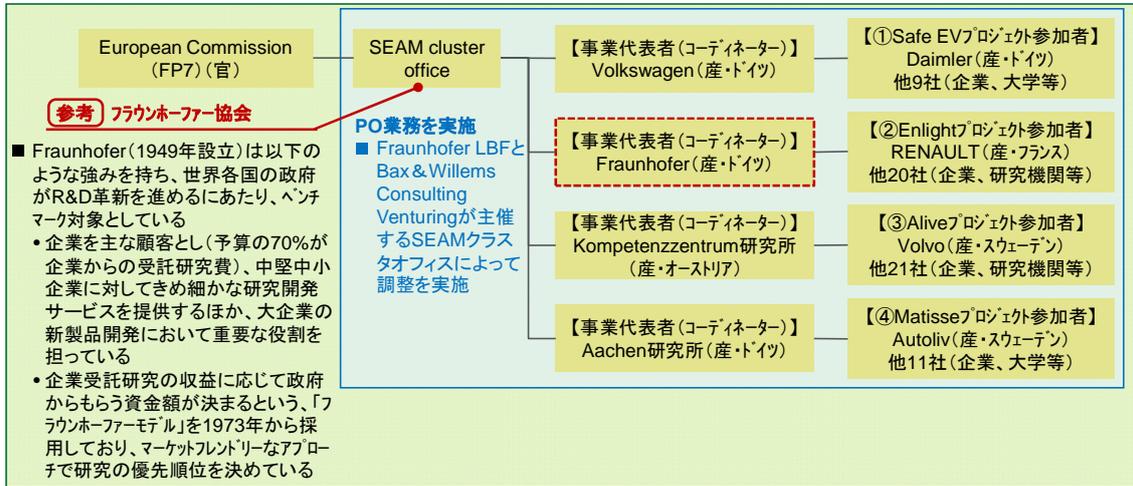


図 5-57 欧州連合における実証体制

出典：SEAMCluster, “WelcometotheSEAM-Cluster”、Fraunhofer, “AboutFraunhofer”、ETRINews, “NewsLetter”、経済産業省、「ドイツ等欧州の公的研究機関の特徴」

欧州においては、PO 業務を担い、各種調整を行う主体として、SEAMCluster オフィスを設置している点に特徴がある。同 Cluster オフィスを担っている Fraunhofer は企業を主な顧客として、研究開発サービスを実施し、企業受託研究の収益に応じて政府からの助成金額が決まるといふマーケットフレンドリーなアプローチを採用している。そうした点が注目され、世界各国の政府が R&D を進める際のベンチマーク対象とされている。

5.1.3 標準化文献調査

本項では国内外の標準化動向を整理し、日本がとるべき今後の方向性を検討した。

(1) 国内外の標準化動向

本節では、国内外の標準化動向について主に ISO における動きを中心に文献調査を実施し、分析を行った。

詳細検討に先立ち、CNCとCNFの特徴と標準化の動向について図5-58に示す。

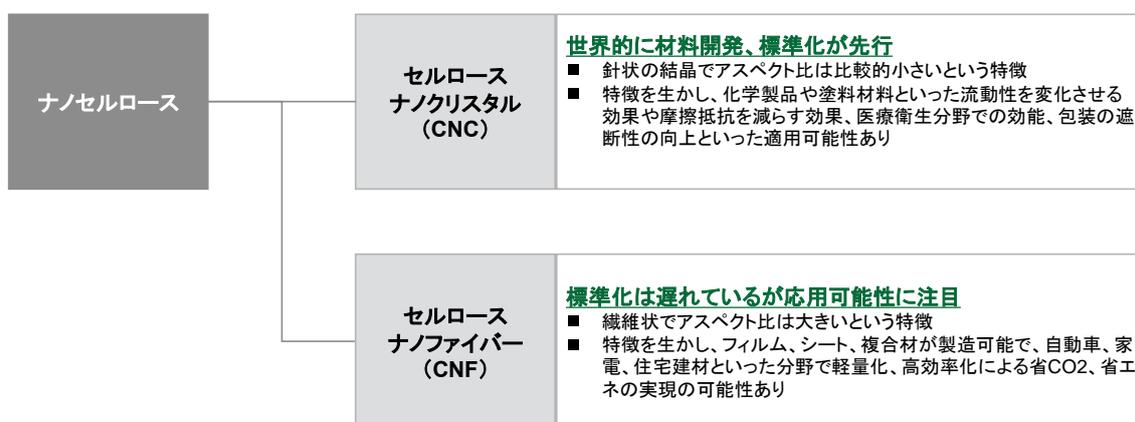


図5-58 CNCとCNFの特徴

出典：北越紀州製紙プレスリリース「セルロースナノクリスタルの研究開発に関するお知らせ」2016年11月17日、「セルロースナノファイバー国際標準化への取り組み」産業技術総合研究所小野晃

CNCは世界的に材料開発や標準化が先行している。他方、CNFについて、標準化は遅れているものの、複合材の製造が可能であり応用可能性はCNCよりも高いと考えられる。

標準化・規格化に関し、ISOのナノテクノロジー専門委員会(TC229)の動向を図5-59に示す。

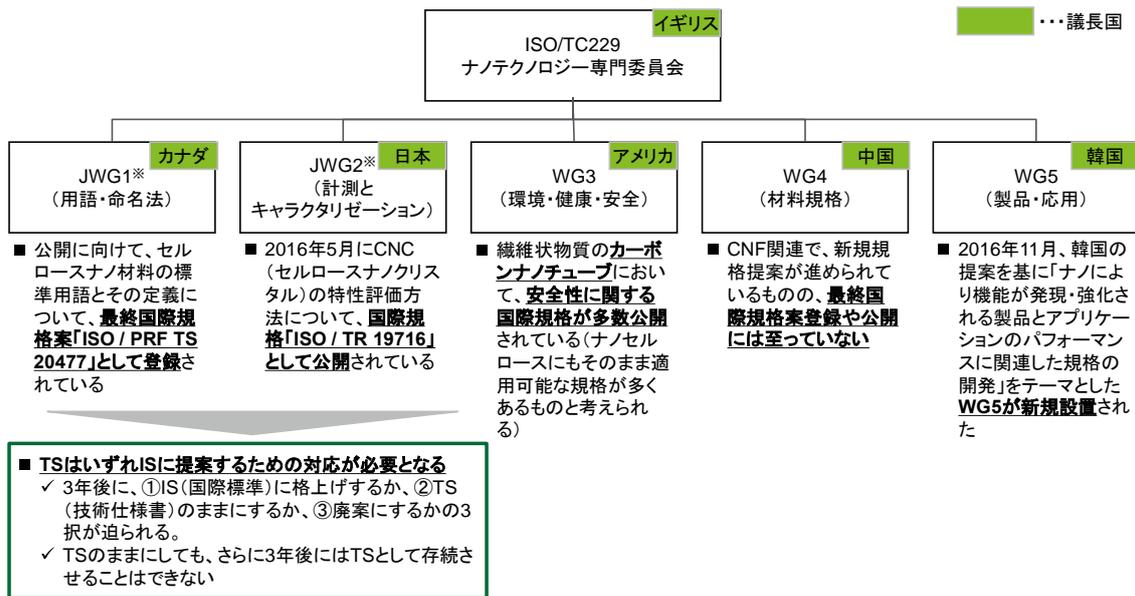


図 5-59 ISO/TC229 の動向

出典：ISO/TC229-Nanotechnologies、NANOSAFETYWebsite
「2013年8月国際標準化機構 (ISO) ナノテクノロジー専門委員会 (TC229) に関する基礎知識」、
「セルロースナノファイバー国際標準化への取り組み」産業技術総合研究所小野晃、
ナノテクノロジー標準化国内審議委員会事務局「ナノテク国際標準化ニューズレター第19号」

WG1にて用語と命名法について、WG2にて計測とキャラクタリゼーションについて、WG3にて環境・健康・安全について、WG4にて材料企画について標準化の検討が進む中で、新たに新設されたWG5にて製品・応用に関する標準化が検討され始めた。なお、「用語・命名法」、「計測とキャラクタリゼーション」は、IEC/TC113 (ナノエレクトロニクス) と合同ワーキンググループを形成しているため、「J(Joint)」がついている。

ここで、ISOにおける規格の種類を表 5-40 に示す。

表 5-40 ISO における規格の種類

規格の種類	略号	概要	定期見直しまでの最長期間	最長有効期間
Publicly Available Specification (公開仕様書)	PAS	<ul style="list-style-type: none"> 緊急の市場ニーズに対応するため、ISO又はIECが発行する、次のいずれかを示した文書 <ul style="list-style-type: none"> a) ISO又はIECの外部組織におけるコンセンサス b) WG内の専門家のコンセンサス 	3年	6年間 (この期間を経過しても変換されない場合、その配布物の廃止が提案される)
Technical Specification (技術仕様書)	TS	<ul style="list-style-type: none"> 将来的に国際規格(IS)として合意される可能性はあるが、現時点では次のような、ISO又はIECが発行する文書 <ul style="list-style-type: none"> ✓国際規格(IS)として承認されるための必要な支援が得られていない ✓コンセンサスの形成が疑わしい ✓その主題が、まだ技術開発の途上にある ✓国際規格(IS)として直ちに発行することが不可能な理由が他にある 	3年	6年間 (この期間を経過しても変換されない場合、その配布物の廃止が提案される)
Technical Report (技術報告書)	TR	<ul style="list-style-type: none"> 一般に国際規格(IS)又は技術仕様書(TS)として発行される文書とは異なる種類の収集データを含めた、ISO又はIECが発行する文書 	規定なし	制限なし
International Standard (国際規格)	IS	<ul style="list-style-type: none"> 全世界の国々に開放されている国際的組織で制定され、国際的に適用される規格 	5年	制限なし

TC229においては大半がTSとして整備されている(JWG2においては全てTSとTRのみ)

出典：「ナノテクノロジー国際標準化動向」竹歳尚之、「(ぶんせき) 2016年10号、一般財団法人日本規格協会」

ISO の規格の発行段階としては、IS (国際規格)、TR (技術報告書)、TS (技術仕様書)、PAS (公開仕様書) の4種類ある。規定として記述されているという点では IS と TS は本質的な差はないが、IS と比べて審査期間が短いため、TC229 では大半が TS である。

次に、ISO の TC229 に対する日本の動向を図 5-60 に示す。

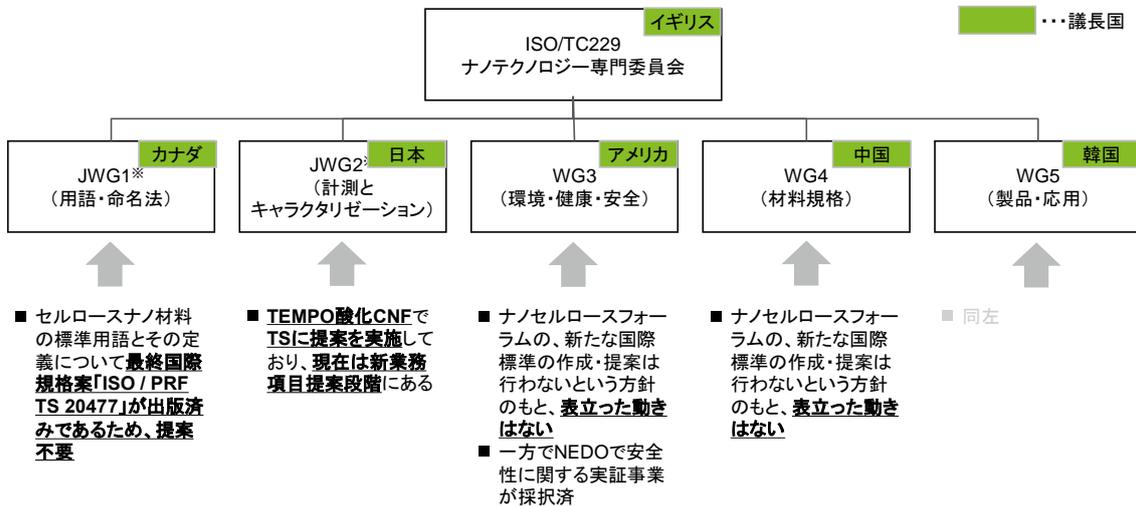


図 5-60 日本の国際的な標準化・規格化 (ISO/TC229) の動向

出典：ナノテクノロジー標準化国内審議委員会事務局「ナノテク国際標準化ニューズレター第19号」、有識者ヒアリング

国際的な標準化の動きの中で、日本の標準化に対するアプローチとしては、JWG2 に向けて、主に TEMPO 酸化CNF について、評価方法の標準化に向けた提案を実施していることが挙げられる。一方で、WG3 の環境・健康・安全性、WG4 の材料規格、WG5 の製品・応用を受けての表立った動きはない。

ここで、TEMPO 酸化CNF の標準化に関し、規格化に向けた段階を図 5-61 に示す。

プロジェクトの段階	名称	次の段階に進むために必要な事項	略号
0. 予備段階	予備業務項目 (Preliminary work item)	—	PWI
1. 提案段階	新業務項目提案 (New work item proposal)	Pメンバー5か国以上の参加と投票したPメンバーの過半数	NP
2. 作成段階	作業原案 (Working draft)	TEMPO酸化CNFのJWG2の現在の段階 —	WG
3. 委員会段階	委員会原案 (Committee draft)	TC又はSCのPメンバーの2/3以上の賛成	CD
4. 照会段階	国際規格案 (Draft International Standard)	全てのメンバー国に対する投票が行われ、Pメンバーの2/3以上の賛成と反対が投票総数の1/4以下	DIS
5. 承認段階	最終国際規格案 (Final Draft International Standard)	全てのメンバー国に対する投票が行われ、Pメンバーの2/3以上の賛成と反対が投票総数の1/4以下	FDIS
6. 発行段階	国際規格 (International Standard)	—	IS

発行段階までの期限は36か月

図 5-61 TEMPO 酸化CNF の標準化状況

出典：一般社団法人ヒートポンプ蓄熱センター「国際標準化について」

ISO 規格制定までのプロセスは7段階である。そのうち、TEMPO 酸化CNF の2017年7月現在のステータスは、2段階目である。

ISO のナノテクノロジー専門委員会 (TC229) に対する、日本の体制を図 5-62 に示す。

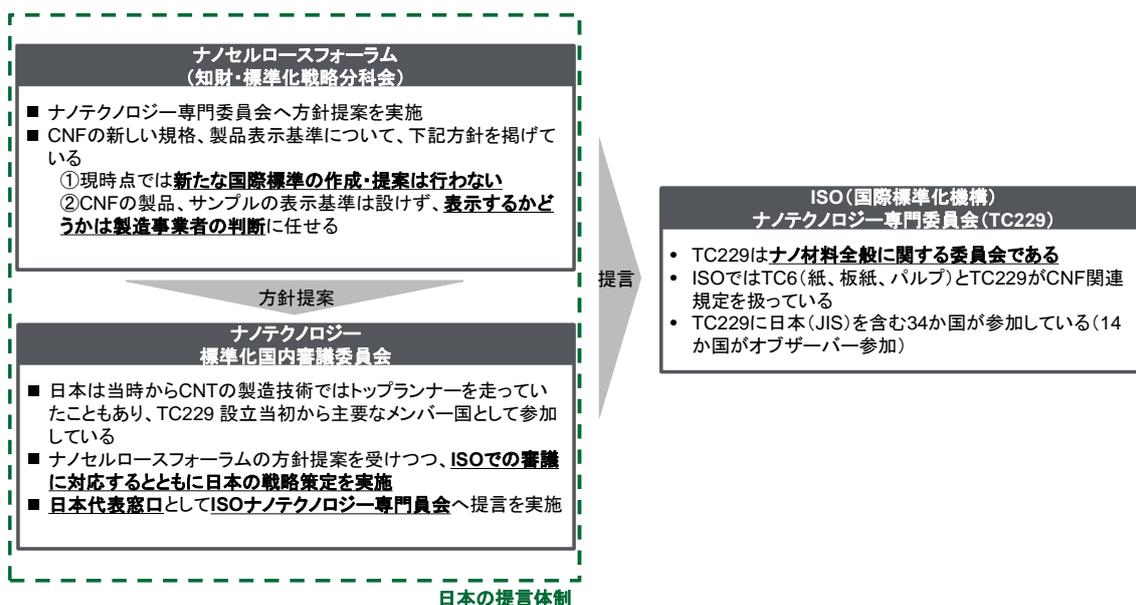


図 5-62 ISO/TC229 に対する日本の体制

出典：産総研コンソーシアム「ナノセルロースフォーラム」、
産業総合技術研究所「シリーズ：ナノテクノロジーの社会的影響【第4回】ナノテクノロジーの標準化」

日本では、まず産業総合技術研究所のコンソーシアムである、ナノセルロースフォーラムの知財・標準化戦略分科会がCNFに関する方針案を作成する。そして、ナノセルロースフォーラムの提案を受けたナノテクノロジー標準化国内審議委員会が、日本としての戦略を策定し、ISOへ提言するとの体制をとっている。2017年7月現在は、ナノセルロースフォーラムとしては新たな国際標準の作成・提案は行わないとの方針を掲げている。

(2) 今後の方向性

本項では、前項の動向調査結果を踏まえて、日本が今後とるべき方向性を提示する。まずは、標準化における検討の方向性を図 5-63 に示す。

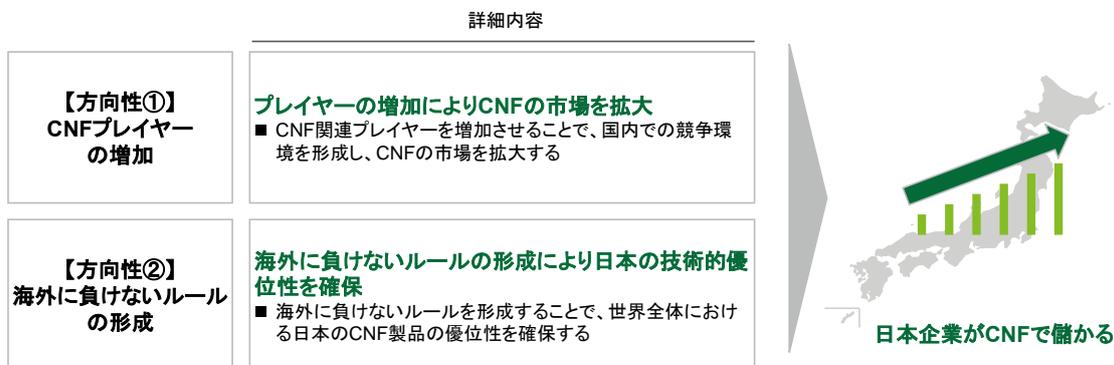


図 5-63 標準化における今後の方向性

1 点目として、標準化によってCNFプレイヤーを増加させ、CNFの市場を拡大させることが重要である。2 点目としては海外に負けないルールを形成することで、日本の技術的優位性を確保する必要がある。それらを踏まえて、日本企業がCNF全体で儲かる状態にしていくことを標準化検討の方向性とする。

次に、そうした方向性を達成するためのステップを図 5-64 に示す。

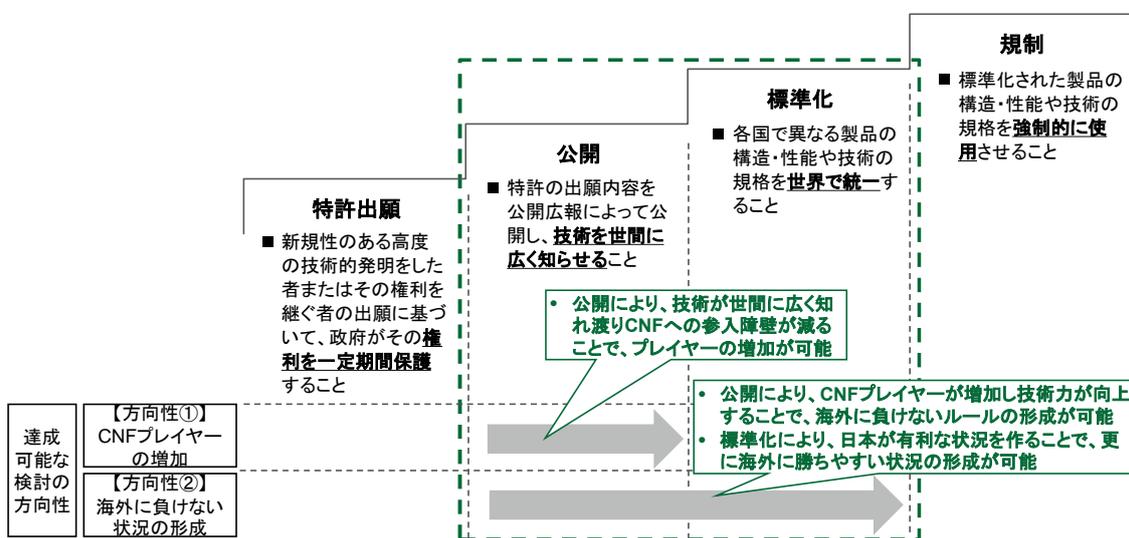


図 5-64 検討の方向性の達成に向けた標準化ステップ

前述の通り、日本企業がCNF全体で儲かる状態にしていくための標準化ステップとしては、特許、公開、標準化、規制が考えられる。技術の公開によりCNF検討の参入障壁を下げ、CNFプレイヤーを増やし、かつ技術力を向上させることが可能である。そして同時に標準化により、日本に有利な状況を作ることで、さらに海外に勝ちやすい状況の形成が可能となると考えられる。したがって、標準化ステップのうち、公開、標準化に焦点を当てて検討を進める。

まず、方向性①のCNFプレイヤーの増加に向けて、特許取得、オープン化、標準化の現状について表5-41に示す。表に示すよう、複合材製造への利用可能性が高いと想定される二軸混練方式に関して、知財の公開やオープン化の観点、また、標準化状況については表立った進捗はない。現状複合材を製造する中間材メーカーは不在であり、かつCNF複合材へ利用可能な製造方法（二軸混練技術）のライセンスが進んでいない。そのため、技術が普及せず、CNF複合材（ペレット）の提供も滞っており、CNFプレイヤーの参入が阻害されていることが課題である。

表 5-41 特許取得・オープン化・標準化の現状

製造技術	複合材製造への利用可能性	特許取得・オープン化・標準化の現状		
		特許取得状況	知財の公開・オープン化	標準化状況
CNF製造	二軸混練方式 ■ 複合材も製造でき利用が可能	■ 京都大学と日本製鋼所が、特許取得済み	■ 表立った進捗なし	■ 表立った進捗なし
	TEMPO酸化方式 ■ 多くのコストが発生し、複合材への利用の可能性は低い	■ 凸版印刷が、特許取得済み	■ 表立った進捗なし	■ TEMPO酸化CNFがTISIに提案済
	其他方式 ■ 企業毎に技術が異なり、一部利用が可能	■ 一部、京都大学と三菱化学が共同で、特許取得済み	■ 一部、京都大学と三菱化学が共同でライセンスプログラムを開始	■ 表立った進捗なし
CNF複合材製造	二軸混練方式 ■ 複合材も製造でき利用が可能 ■ 中間材メーカーが不在	■ 京都大学*と日本製鋼所が、特許取得済み	■ 表立った進捗なし	■ 表立った進捗なし
	其他方式 ■ 企業毎に技術が異なり、一部利用が可能 ■ 中間材メーカーが不在	■ 一部、京都大学と三菱化学が共同で、特許取得済み	■ 一部、京都大学と三菱化学が共同でライセンスプログラムを開始	■ 表立った進捗なし

ここで、京都大学と三菱化学が2017年2月に開始したライセンスプログラムの概要を図5-65に示す。

目的	CNF技術の社会普及促進とCNF産業の活性化 <ul style="list-style-type: none"> 一括でライセンスを付与することで、特許の活用を促進 <p>メリット 一括で管理することで、個別にライセンス契約を締結し管理する際の、事務手続きの軽減につながり、外部へのライセンス推進に寄与すると想定</p>	
概要	京都大学と三菱化学が2017年2月に開始したライセンスプログラムは、両者が保有するCNF関連特許について、一括して外部へライセンスを付与する取組である	
詳細	主体	京都大学、三菱化学 <ul style="list-style-type: none"> 経済産業省、ナノセルロースフォーラムと協議済み
	対象	京都大学・三菱化学が共同出願し、保有するCNF関連特許19件 <ul style="list-style-type: none"> 2004年から2010年に公開済みの特許 CNFの製造や変性、ファイバーシートの製造に関する技術(2軸混練法は対象外)
	期間	2017年2月開始

図 5-65 CNF 関連特許のライセンスプログラム

出典：京都大学プレスリリース「セルロースナノファイバー関連特許のライセンスプログラムに関するお知らせ」
2017年2月27日

同プログラムは、京都大学と三菱化学が保有するCNF関連の特許について、一括して外部へライセンスを付与することで、その有効活用を促進する取組である。一括管理とすることで事務手続きの軽減につながり、外部へのライセンス促進に寄与すると想定される。なお、2017年2月時点では、二軸混練法は対象には含まれていない。

また、それらを踏まえて、CNFプレイヤーの増加に向けた、公開・ライセンスの方向性を図 5-66 に示す。

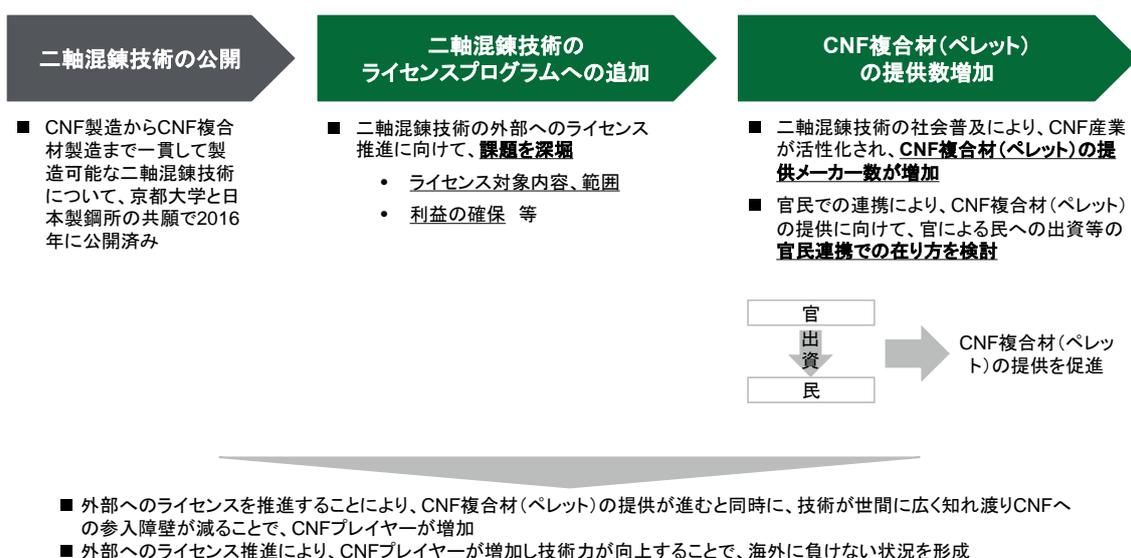


図 5-66 公開・ライセンスの方向性

CNFプレイヤーの増加に向けては、まず官民連携し、公開済み特許（二軸混練）の外部へのライセンス推進を検討すべきである。ライセンス推進等により二軸混練方式の社会普及が進むことで、CNF複合材提供メーカー数、ひいては複合材の提供数増加につながると考えられる。

次に、方向性②の海外に負けない状況の形成に関連し、標準化の方向性を図 5-67 に示す。

○:進捗あり ×:進捗なし

項目	WG1 (用語・命名法)	WG2 (計測と キャラクタリゼーション)	WG3 (環境・健康・安全)	WG4 (材料規格)	WG5 (製品・応用)
議長国	カナダ	日本	アメリカ	中国	韓国
(参考) TC229におけるCNCの TS、TRの全体状況	(セルロースナノ材料が ISO/PRF TS20477で提 案済)	(CNCがTR 19716 で提案済)	(ナノ材料に関しては、安 全性に関する TRが多数公開)	(CFIにおいて新規規格提 案が進められている)	(2016年11月に 新規設置したが 動きはない)
TC229におけるCNFの TS、TRの全体状況	×	CNFがTEMPO酸化で提 案済	×	×	×
TC229における 日本のTS、TRの 提案動向	提案していない	TEMPO酸化CNFで TSに提案済で今後IS化 の可能性あり	提案していない (一方でNEDOで実証事 業が採択済)	表立った進捗はない	×
日本の標準化に 対する今後の方針	今後ISで提案するべきか ナノテクノロジー標準化 国内審議委員会 で審議中	今後ISで提案するべきか ナノテクノロジー標準化 国内審議委員会 で審議中	(ナノ材料に関するTRが 多数公開されているが、 ナノテクノロジー標準化 国内審議委員会で審議さ れているか不明)	TS、TRがないため、 進捗はない	TS、TRがないため、 進捗はない

環境省として
今後とるべき方向性

- セルロースナノ材料の標準用語とその定義がTSで出版済みであるため、**環境省は特段の対応不要**
- ① TEMPO酸化についてはTSで提案段階にあるCNFがあるため環境省は特段の対応不要だが、**TEMPO酸化以外のCNFについて支援を検討**
- ② NEDOで実証を行うため、**CNF形状(複合材、ゲル等)別に環境省が支援を検討(NEDOやMETIと協議すべき)**
- ③ CF(炭素繊維)の市場拡大に伴い中国が粗悪品を標準化した経緯があるため、**CNFは日本としての方向性を検討**
- WGが新規設置のため、**引き続き動向を注視していく**

図 5-67 標準化の方向性

出典：NEDO ニュースリリース

「セルロースナノファイバーの社会実装に向け研究開発 2 テーマに着手—CNFの安全性評価と特性評価・解析—」
(2017年5月25日)

WG1についてはTSで出版済みのため環境省は特段の対応は不要と考えられる。WG2についてはTEMPO酸化以外のCNFについて支援の検討が必要である。ただし、多手法の標準化に関して、京都大学矢野教授へのヒアリングにおいては、ACC（水中対向衝突）法や二軸混練法といった機械解繊手法には、プロセス種類が多数存在するため、標準化は難しいと想定されるとのコメントを得ている。WG3については表 5-42 に示すよう、NEDOで安全性評価の実証事業が採択済みであり、実証後に経産省が標準化を行わない場合、経産省と協議し、標準化を推進することも一案である。それらを踏まえ、環境省としては複合材やゲルといった形状別に支援を検討すべきである。

表 5-42 NEDO の採択テーマの概要

タイトル	研究代表者	開始年	終了年	プロジェクト概要
CNF安全性評価手法の開発	国立研究開発法人産業技術総合研究所、日本製紙株式会社、王子ホールディングス株式会社、第一工業製薬株式会社、大王製紙株式会社	2017	2019	<ul style="list-style-type: none"> ■ CNFの生体への取り込みの把握に必要なレベルのCNFを検出・定量するなどの有害性試験手法の開発と、CNF粉体およびCNF応用製品の製造・使用・廃棄プロセスなどにおけるCNFの排出・曝露可能性に関する評価手法の開発を行う ■ 事業予算・期間:3.0億円(予定)
木質系バイオマスの効果的利用に向けた特性評価	国立研究開発法人森林研究・整備機構、第一工業製薬株式会社、株式会社スギノマシン、三菱鉛筆株式会社、国立大学法人京都工芸繊維大学、国立大学法人京都大学、国立大学法人大阪大学、国立大学法人東京大学、国立大学法人東京工業大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所	2017	2019	<ul style="list-style-type: none"> ■ 木質系バイオマスから作製されるCNFが樹種や部位などにより特性が異なることから、CNFメーカー等が用途に応じた原料を効率的に選択できるよう、木質系バイオマスの効果的利用に向けた特性評価を行う ✓ 木質系バイオマスの特性解析、パルプ特性解析、CNF 特性解析、CNF 用途適正評価、CNF 原料評価手法の開発を開始 ✓ 例えば、パルプ特性解析では、主要な林業樹種であるスギを対象に樹種、部位などの異なるそれぞれの原料について、クラフト法、ソーダAQ法によりパルプ化し、パルプ性能評価、解繊性の分析を行う ■ 事業予算・期間:6.3億円(予定)

WG4 について、炭素繊維に関して中国が粗悪品を標準化した経緯を踏まえると、CNFの標準化についても市場が拡大すると、中国が乗り出し低レベルであるCNFを標準化する恐れがある。同様の事態に陥らぬよう、中国の動向を注視しつつ、日本としての方向性を検討する必要がある。

なお、CNFにおいてLCAを行う場合に留意すべき点を図5-68に示す。

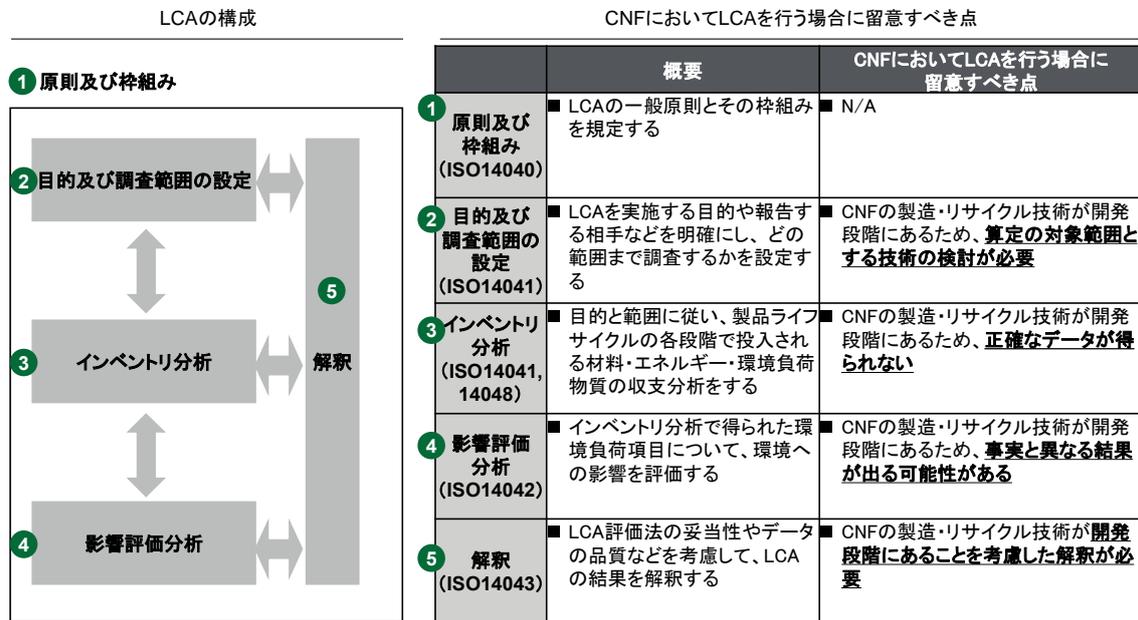


図 5-68 LCA の標準化内容に関する CNF の留意点

出典：産業環境管理協会「ライフサイクルアセスメント」

CNFの製造・リサイクル技術が開発段階であることから、LCAを実施するにあたっては、精度への留意が必要であると考えられる。

最後に、有識者ヒアリングの項目と結果を表 5-43 に示す。

表 5-43 有識者ヒアリング項目と結果の一覧

質問項目	質問内容	ヒアリング結果
現状について (提案内容や体制)	提案を行っている領域はどこか	<ul style="list-style-type: none"> • TEMPO酸化CNFで提案している規格はJWG2に対してであり、物性計測関係のもの • TSの承認を目指して提案を行っている
	提案はどこまで進んでいるのか	2017年6月1日の会議で 新業務項目提案への推薦が決定し、提案段階のフェーズに入った。今後三か月の投票へ進む
	最近発足したWG5 (製品・応用)の動向はどうか	<ul style="list-style-type: none"> • JWG5は、TC229の中で発足したもので、前回の会議で挙手により決議されたもの • 今回の2017年6月1日の会議で特に動きはない。従って、現状発足したものの、表立って動きがない模様
今後について (提案すべき内容や体制)	今後提案すべき領域はどこか	<ul style="list-style-type: none"> • NEDOの安全性評価については、標準化までは進む予定はない • まずは物質のほうを標準化し、安全性はその後になってくると思われる • NEDOでカバーするのは、標準化前の準備段階までである
	日本の支援を要する領域はあるか	<ul style="list-style-type: none"> • NEDOの事業が終了後、環境省には是非JWG3の申請を支援していただければ、社会的に真に意味のあるプロジェクトになるかと思う

日本の標準化動向についてヒアリングした結果、TEMPO 酸化CNFのみ JWG2 で提案段階にあるが、その他のWGへの提案は検討していないことが分かった。

5.1.4 特許文献調査

本項では国内外の特許動向についてマクロ、マイクロ双方の視点から分析を行い、今後日本が注視すべき国や技術分野を特定した。

分析の視点を図 5-69 に示す。本業務ではマクロ視点、マイクロ視点双方から分析を行った。マクロ視点としては、特許動向における各国の注力領域分析を行うことで、警戒すべき領域を特定する。マイクロ視点としては、基礎分析と要因分析からなる時系列分析、企業動向分析、詳細技術分析を行うことで、警戒すべき国・技術・分野・企業を特定する。

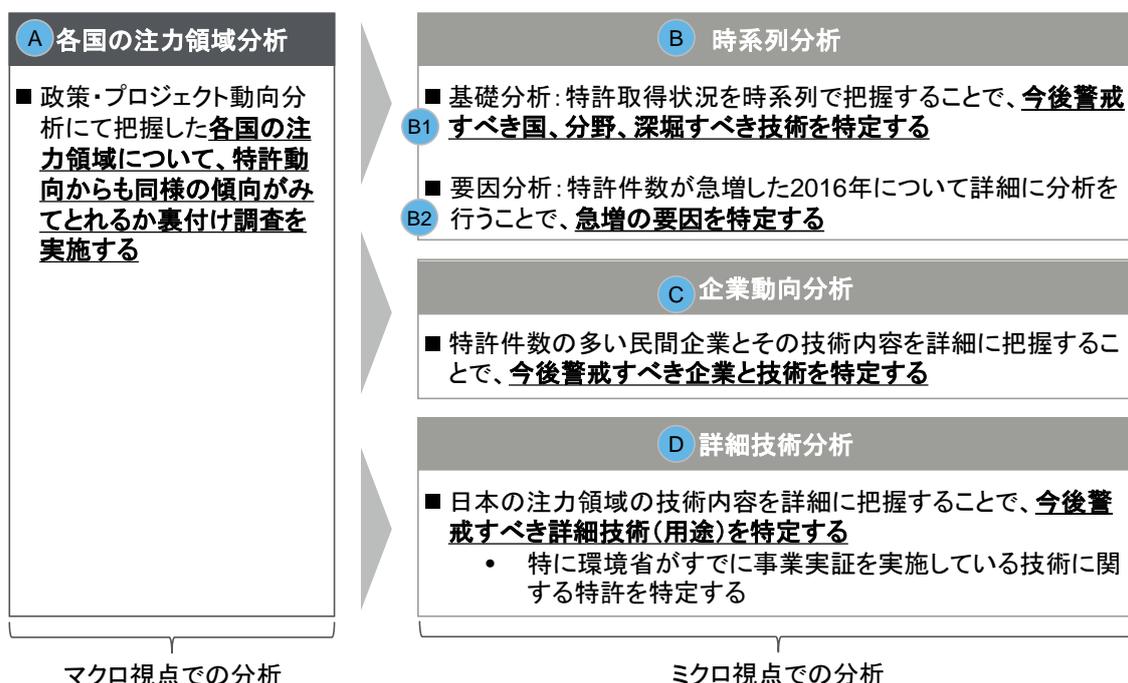


図 5-69 特許分析の視点

なお、分析にあたってはトムソンロイターのデータベース” Derwent World Patents Index® (DWPISM)” より「cellulose nanofiber」, 「cellulose nanocrystal」をキーワードとして抽出した、2014-2016 年の 562 件の公開特許を対象とした。

分析時の分類項目を表 5-44 に示す。

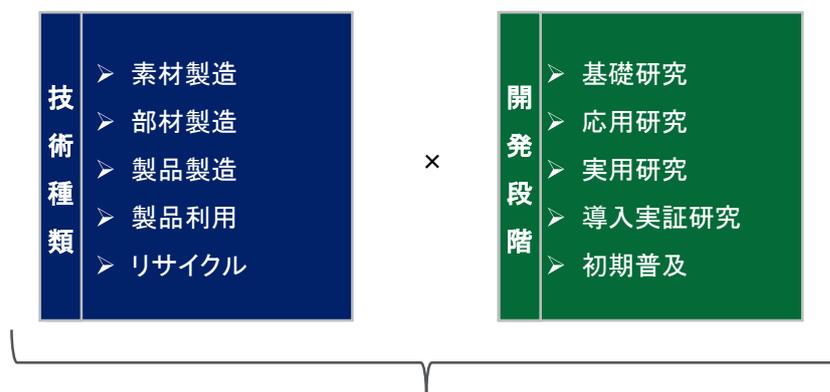
表 5-44 分類項目

開発段階		ターゲット分野	国
基礎研究	新技術に関する研究段階	医薬品・ヘルスケア・バイオ	米国
応用研究	特定領域の新技術の応用に関する開発段階	自動車	カナダ
実用研究	製品・製法等として実用化するための開発段階	建築	EU
導入実証研究	フィールドで検証する段階(商品化の可否を判断)	エレクトロニクス	スウェーデン
初期普及	市場での浸透を図る段階	パッケージ	フィンランド
技術種類		エネルギー	日本
素材製造	成分分離・利用～解繊等のCNFの製造に関わる技術	家電	韓国
部材製造	機能化・複合化～用途開発等のCNFを使用した製品の部材製造に関わる技術	その他	中国
製品製造	CNFを使用した製品製造に関わる技術	分野共通	その他
製品利用	CNFを使用した製品利用に関わる技術		
リサイクル	CNFを使用した製品リサイクルに関わる技術		
開発機関			
研究機関	大学等研究機関や国営企業		
民間企業	上記以外の民間企業		

出典: トムソン・ロイター「Derwent World Patents Index®(DWPISM)」 (<http://ip-science.thomsonreuters.jp/products/dwpi/>)
 キーワード:「cellulose nanofiber」,「cellulose nanocrystal」
 ⇒ 2014-2016年公開件数 562件

開発段階・技術種類で5項目、開発機関で2項目、分野で9項目、国で9項目に分類し、分析を行った。

なお、注力領域分析時に用いた Level 分けを図 5-70 に示す。



「技術種類」×「開発段階」の組み合わせによって、
開発Levelを3段階に分類

開発Level	
Level3	<p>パイオニアであり、技術優位性がある(技術優位のあるパイオニア)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 素材製造の初期普及段階 ➢ 部材製造以降の実用研究段階以降
Level2	<p>パイオニアにとって、今後コンペティターになりうる(潜在的なコンペティター)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 全技術種類の応用研究段階 ➢ 素材製造の実用研究段階、導入実証段階
Level1	<p>基礎的検討にとどまっている(基礎検討レベル)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 全技術種類の基礎研究段階

図 5-70 開発段階の分類

「政策・プロジェクト文献調査」の一節「国内外の技術実証の分析」にて用いた下記 Level 分けを用いている。

(1) 各国の注力領域分析

本項においては、政策・プロジェクト動向分析にて把握した各国の注力領域について、特許動向からも同様の傾向がみてとれるか裏付け調査を実施した。

まず、研究機関、民間企業を含めた全体分析結果を図 5-71 に示す。

特許動向においては、Level3 に達している特許は存在しないものの、Level2 において自動車、建築、家電で日本に優位性がある点で、政策・プロジェクト動向分析同様の傾向がみられた。各分野の今後の方向性について、自動車についてはこの優位を維持するべく支援を継続することを想定している。建築については二番手の中国を警戒しつつ米国をベンチマークとして実証事業を増やしていく中で、今後日本は断熱材・構造部材以外の実証事業を増やすべきである。家電については自動車をベンチマークとして参加企業を増やし、他の用途開発を行う必要がある。一方、分野共通について、中国の特許が多く、今後自動車・建築・家電分野に特化した特許へと展開する可能性があるため、警戒する必要があるといえる。

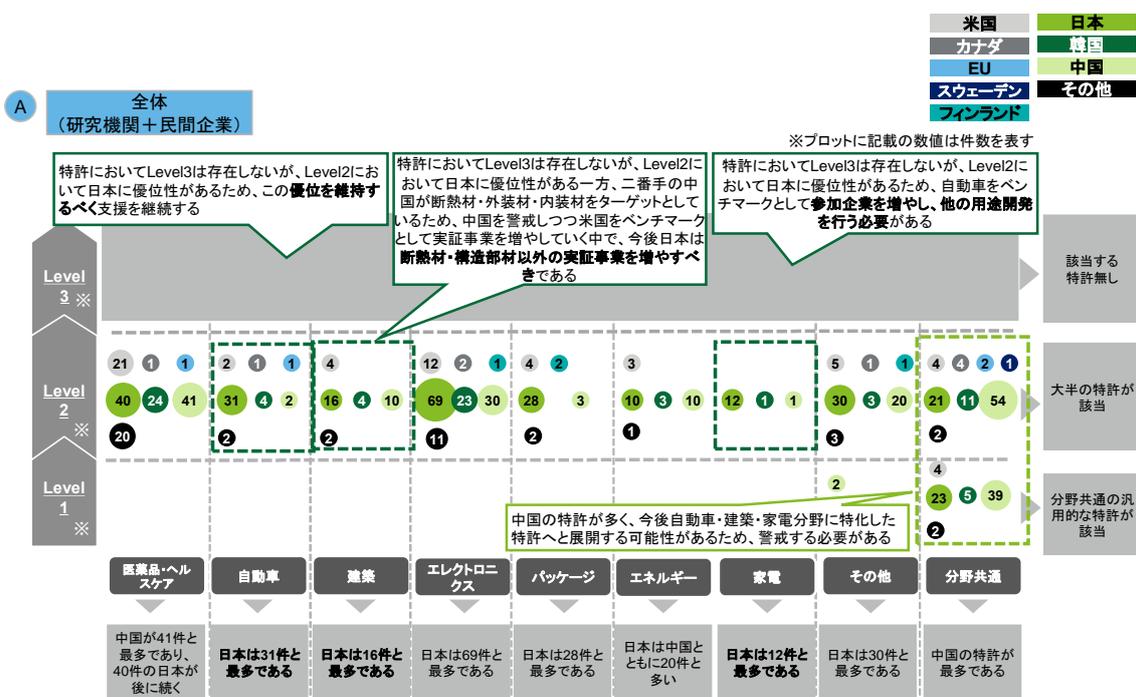


図 5-71 注力分野サマリ (全体)

次に、研究機関のみの分析結果を図 5-72 に示す。

研究機関に着目すると、全体傾向と同様、自動車・家電は日本に優位性があることが分かる。一方、建築については、中国は6件と最多であり中国に優位性があり、国策として注力していると想定される。

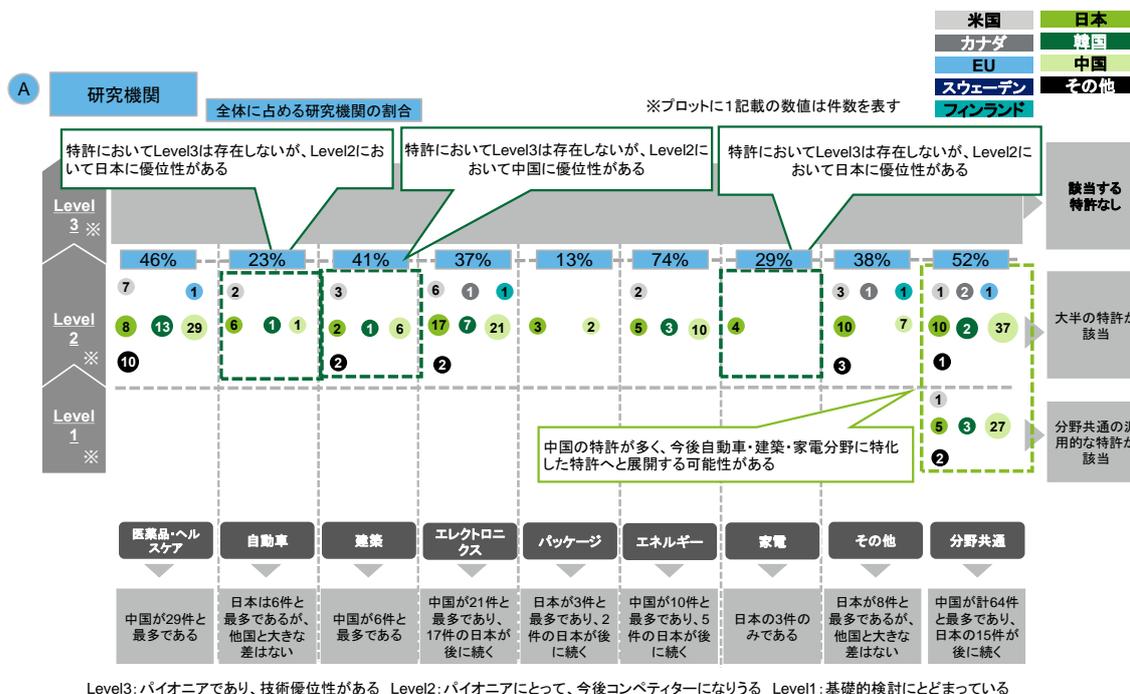


図 5-72 注力分野サマリ (研究機関のみ)

民間企業のみ分析結果を図 5-73 に示す。

民間企業に着目した場合は、全体の傾向と同様に自動車・建築・家電とも日本に優位性があることが分かった。

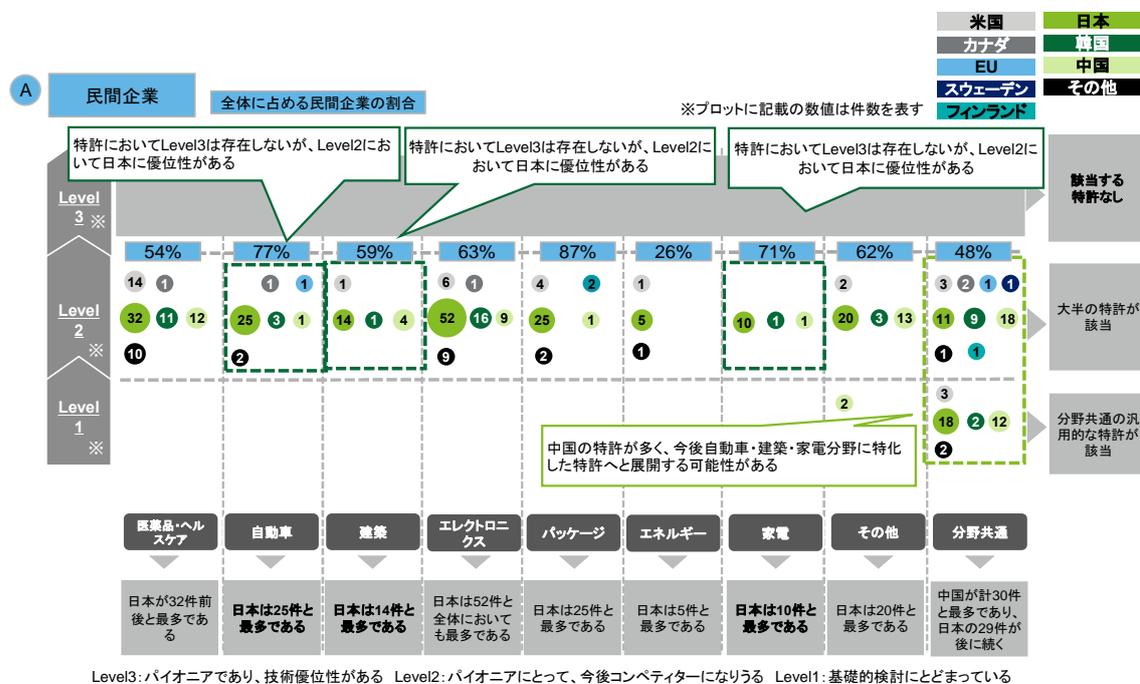


図 5-73 注力分野サマリ (民間企業のみ)

(2) 時系列分析

本項においては、時系列で整理を行い、基礎分析（B1）、要因分析（B2）を実施した。前者の基礎分析については出願人国籍別、開発機関別、分野別、技術種別、開発段階別の視点で分析を行った。

まず、出願人国籍別の件数、割合の推移を図 5-74 に示す。

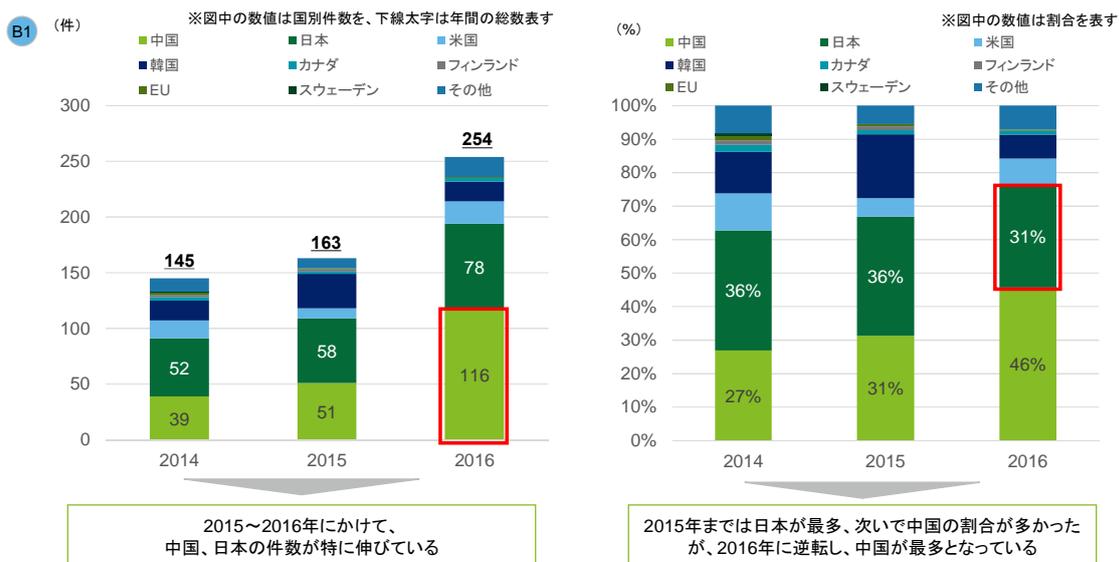


図 5-74 出願人国籍別の件数と割合

2016年には中国の件数が116件（46%）へと増加しており、相対的に日本の割合は36%から31%へと低下していることから、中国への警戒が必要であることが分かった。

なお、2013年以前の時系列推移について図 5-75 に示す。

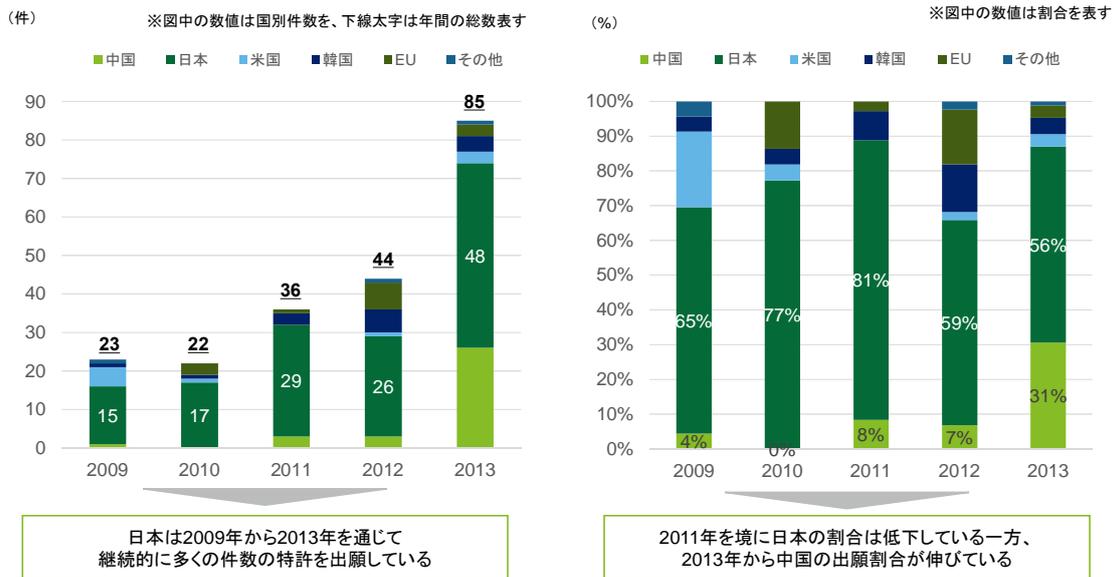


図 5-75 出願人国籍別の件数と割合（過年度調査結果）

出典：「平成 26 年度中長期的温室効果ガス排出削減に向けたセルロースナノファイバーの適用可能性調査委託業務報告書」（平成 27 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株式会社

図にあるよう 2009～2012 年にかけては、日本の件数が伸びており割合も高いが、2013 年から中国の割合が伸びてきており、2014 年以降もその傾向が継続していることが分かる。

次に、出願機関別の特許件数・割合の推移を図 5-76 に示す。

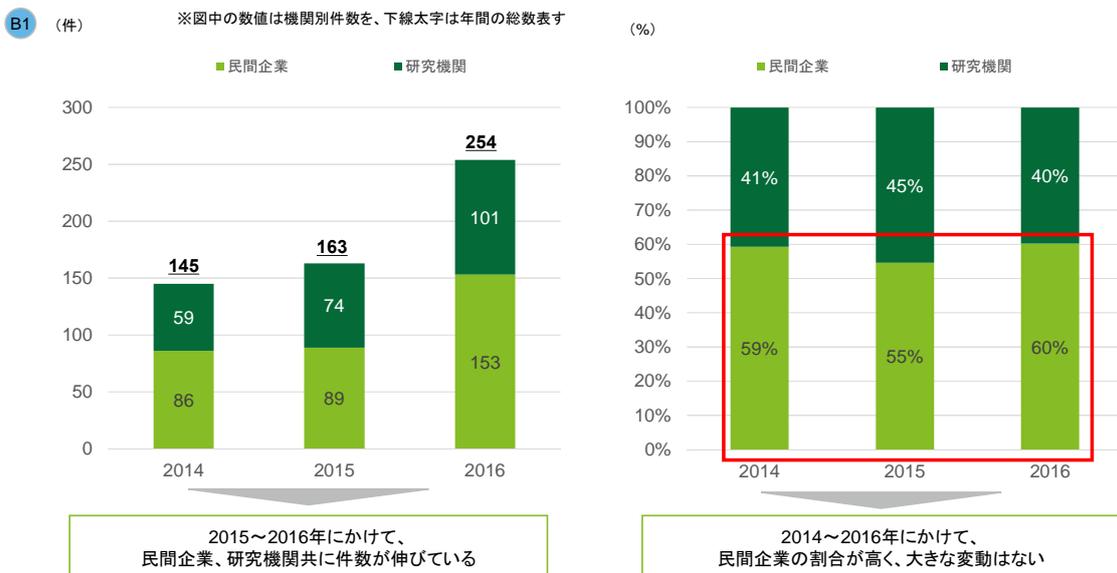


図 5-76 出願機関別の件数と割合

2014～2016 年にかけて、民間企業、研究機関共に件数は伸びている中で、民間企業の割合は 55%以上と高い状態が続いている。

分野別の特許件数・割合の推移を図 5-77 に示す。

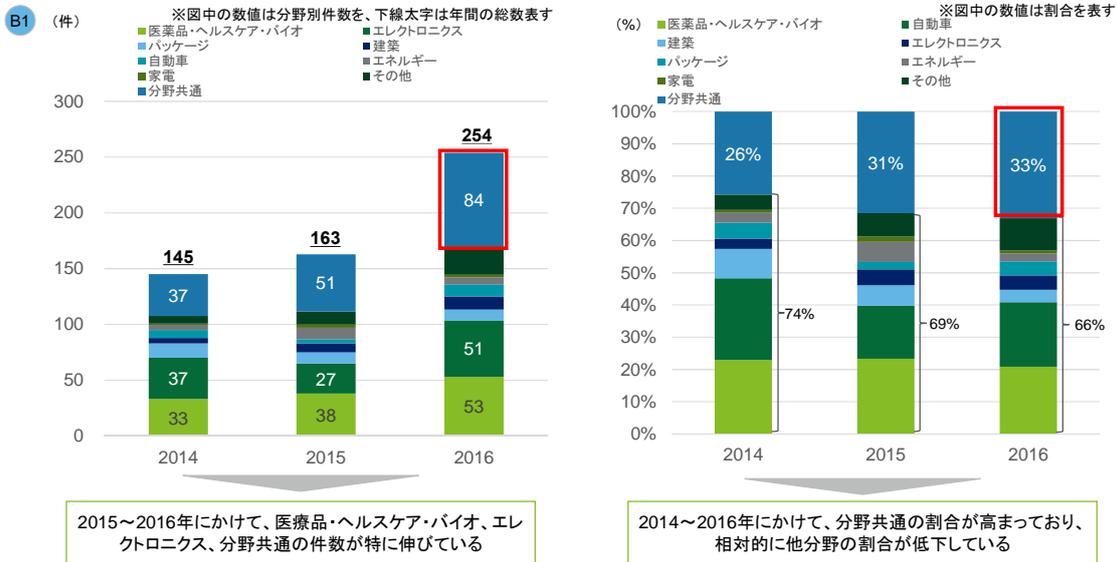


図 5-77 分野別の件数と割合

年々、他の分野へ展開しうる分野共通の件数が伸びて割合が高まっており、2016 年には 84 件 33%となっていることから特許の詳細技術分析を実施する必要があることが分かった。なお、後段の詳細技術分析にて詳細分析を実施した。

技術種類別の特許件数・割合を図 5-78 に示す。

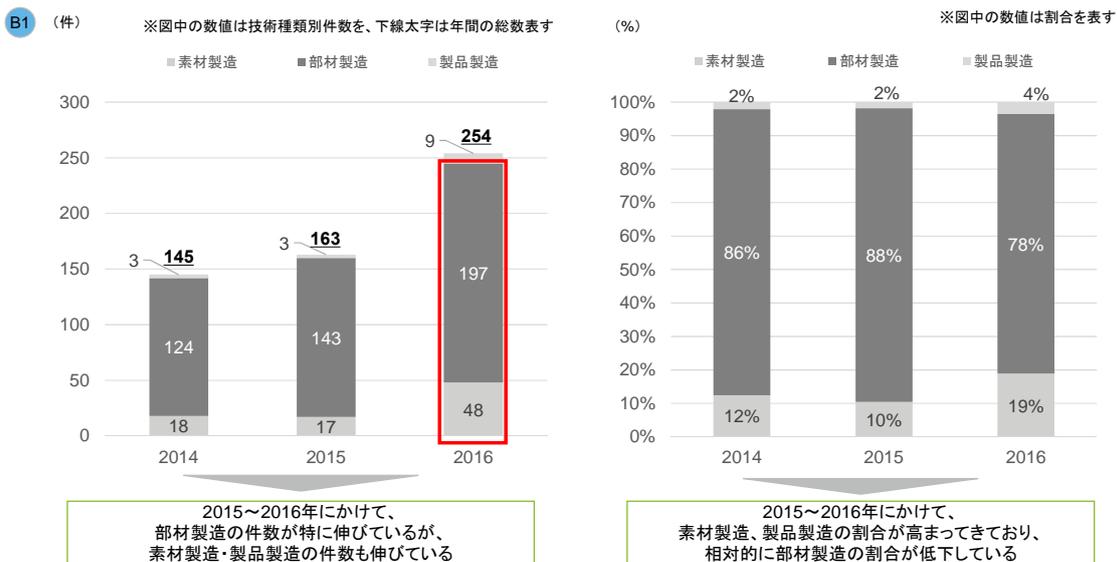


図 5-78 技術種類別の件数と割合

素材製造・製品製造の件数が伸びていることから、今後の注力分野と警戒分野における素材製造・製品製造の深堀が必要であり、詳細技術分析を実施する必要があることが分かった。詳細分析結果については後段の要因分析（B2）に記載している。

開発段階別の特許件数・割合を図 5-79 に示す。

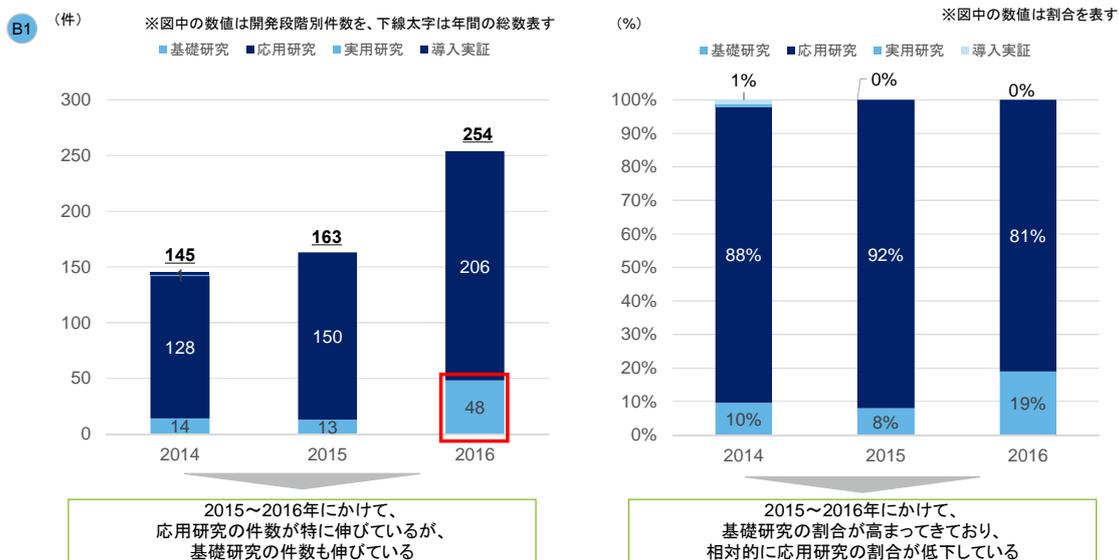


図 5-79 開発段階別の件数と割合

基礎研究の件数が 2016 年には 48 件へと伸びていることから、今後の注力分野と警戒分野における基礎研究の深堀が必要であり、詳細技術分析を実施する必要があることが分かった。詳細分析結果については後段の要因分析（B2）に記載している。

ここからは基礎分析の結果を踏まえて、特に特許件数が急増した 2016 年について詳細に分析を行うことで、急増の要因を特定する。

2016 年にかけての急増の要因の全体像を図 5-80 に示す。

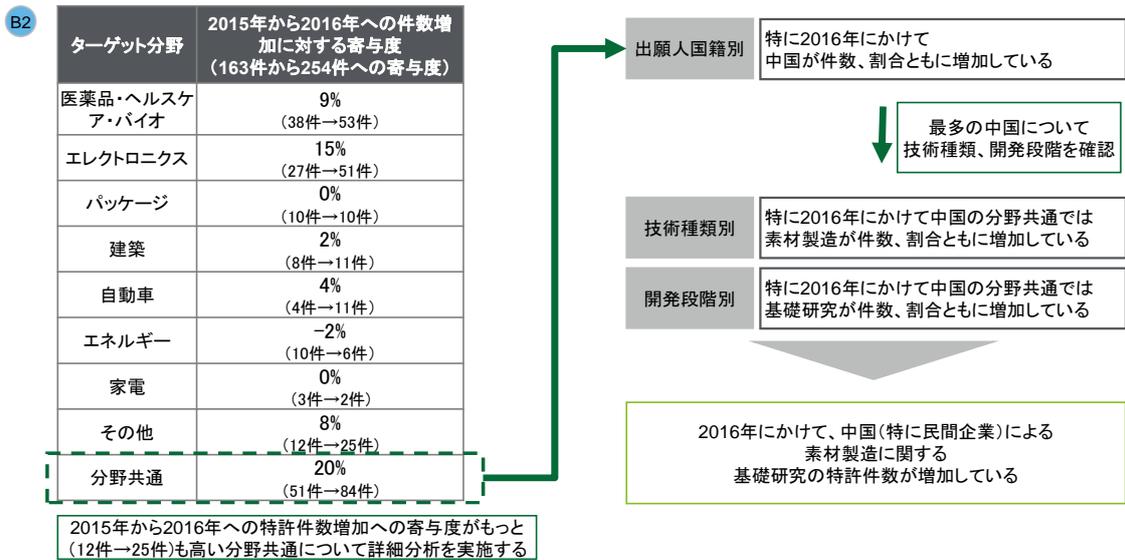


図 5-80 急増の要因（分野ごとの特許件数増加への寄与度と分野共通の内訳）

2016 年への件数増加に対する寄与度を分野別に確認したところ、分野共通が最も寄与度が高く 20%であった。その内訳を確認したところ、出願人国籍別では中国が最多であり、技術種類としては素材製造が、開発段階としては基礎研究が増加していることが分かった。以上より、2016 年にかけて特許件数が伸びた要因としては、中国による素材製造に関する基礎研究の件数増加にあると想定される。以下にて、各項目の詳細結果を述べる。

まず、増加への寄与度が高かった分野共通の特許について、出願人国籍を確認したところ、図 5-81 に示すよう、特に 2016 年にかけて中国が件数・割合ともに大きく増加していることが見て取れる。

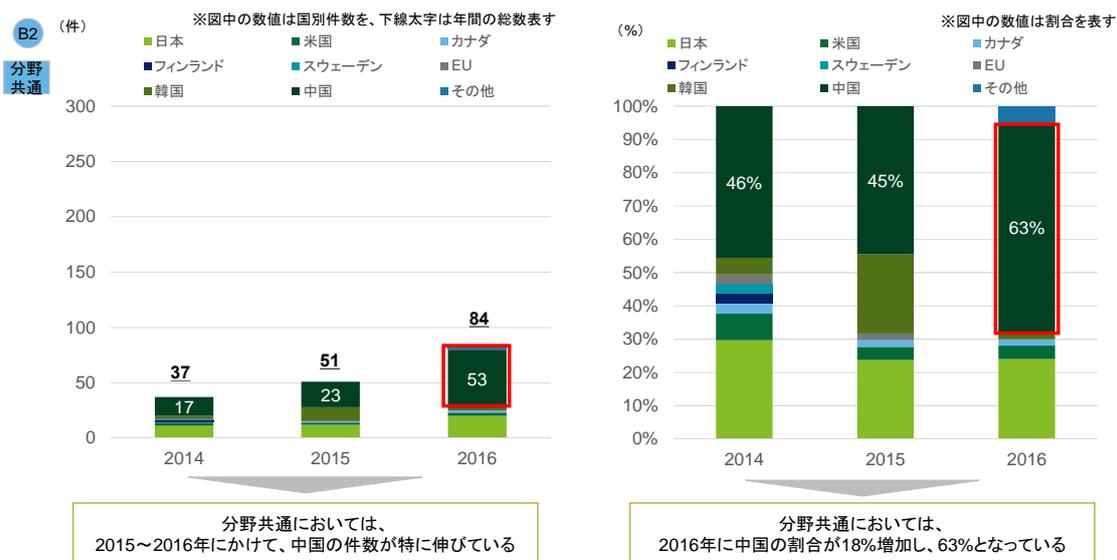


図 5-81 分野共通における出願人国籍別の件数と割合

以上を踏まえ、中国の分野共通特許について技術種類を確認したところ、図 5-82 に示すよう、特に 2016 年にかけて素材製造が件数・割合ともに大きく増加していることが分かった。

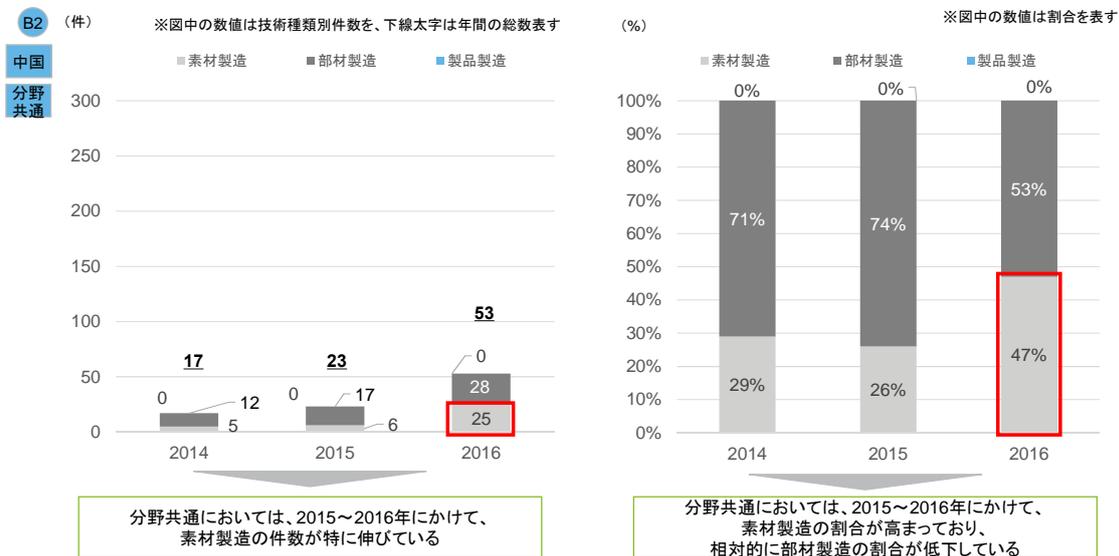


図 5-82 中国の分野共通における、技術種類別の件数と割合

同じく中国の分野共通特許について、開発段階を確認したところ、図 5-83 に示すよう、特に 2016 年にかけて基礎研究が件数・割合ともに大きく増加していることが分かった。

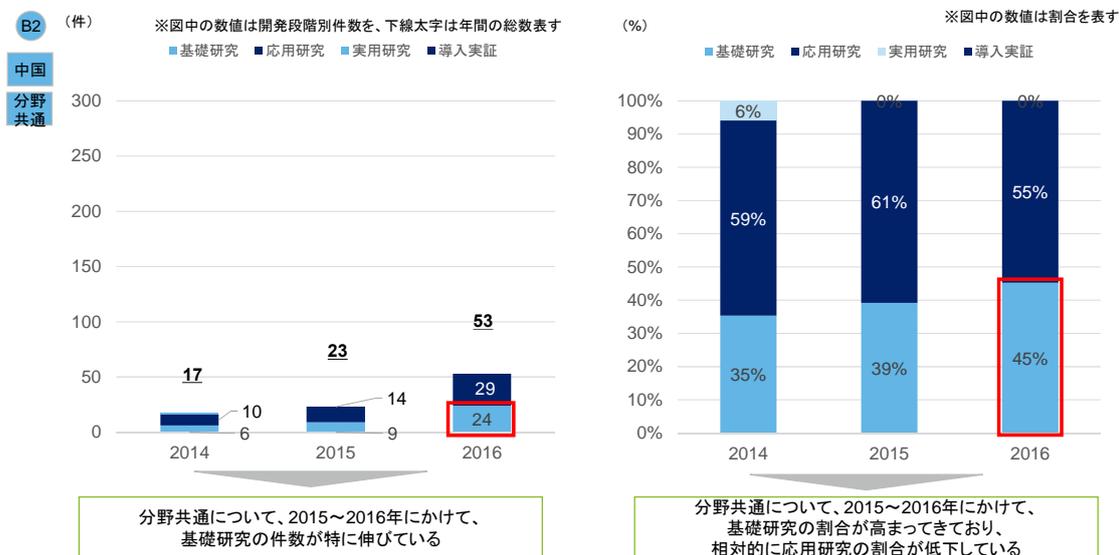


図 5-83 中国の分野共通における、開発段階別の件数と割合

(3) 企業動向分析

本項においては、企業動向把握を目的とした、特許件数の多い民間企業とその技術内容の分析結果を示す。前段の注力領域分析結果を踏まえ、日本が今後注目すべきと想定される、自動車分野、建築分野、家電分野、分野共通の特許に関する分析結果とそこから得られる示唆を以下に述べる。

自動車分野の特許数ランキングを表 5-45 に示す。

既存の実証事業で採択されていない接着剤・添加剤・インクの特許をもつDIC や、同じく既存の事業で採択されていない基板の特許をもつ大阪ガスについて、環境省事業への協力の可能性も念頭に置き、ヒアリングを実施すべきである。

表 5-45 自動車分野の特許数ランキング

順位	出願機関	出願人国籍	取得特許数	ターゲット用途
1	大日本インキ化学工業 (DIC)	日本	8	複合材(航空機部品、医療機器、アンテナ、携帯電話ケーシング、電子オフィス機器、オーディオビデオ機器、電話機、ゴルフクラブシャフトおよび釣竿) 複合材(複合材料(ジャーン、空力部品、ロール素材、搬送アーム、医療機器部品、船舶部品、胴体、尾錠、カウル、ドア、衛星コンポーネント、パーソナルコンピュータハウジング、ファクシミリ、玩具、燃料電池用水素など)) 複合材(オルタネーターターミナル、オルタネーターコネクタ、空気ポンプ、燃料供給ポンプ、キャブレタースペーサー、エンジンマウント、アイドルスピードコントロールバルブ、インヒビタスイッチ、回転センサ、加速度センサ) 接着剤(接着剤(航空宇宙用途、土木工学および建設用途)) 接着剤(繊維結合剤(航空機部品、風力発電部品、産業部品)) 添加剤(建築材料、コンクリート、航空機部品、電気/電子部品、建築材料、容器および包装部品、家庭用品およびスポーツレジャー用品)) インク 繊維(変性CNF)
2	大王製紙	日本	3	熱可塑性樹脂(電車、船舶、パソコン、テレビ、電話機、画像再生装置、ドアトリム、家具、トレイ、パッケージ) 熱可塑性樹脂(携帯電話、ヒラヤーガーニッシュ、スイッチベース、クォーターパネル、コンソールボックス、ダッシュボード、住宅) 熱可塑性樹脂(携帯電話、ヒラヤーガーニッシュ、スイッチベース、クォーターパネル、電車、コンソールボックス、ダッシュボード、椅子、棚、ワードローブなどの住宅)
3	中越バルブ工業	日本	2	ポリオレフィン樹脂(電子オフィス機器、情報通信機器、建材) 複合材(電子オフィス機器、情報通信機器、繊維材料、フィルム材料、コーティング膜、コーティング部品、建築材料)
3	オリンパス	日本	2	複合材(医療機器、電子事務機器、オーディオ機器、ビデオ機器)
3	大阪ガス	日本	2	複合材(自動車用部品、産業機械、電子オフィス機器、電気/電子機器) 基板(液晶表示基板、太陽電池基板、自動車用パネル)2件
3	ライオン出光コンポジット	日本	2	ポリオレフィン樹脂(電子事務機器、情報通信機器、自動車部品、建材) 複合材(車両用灯具)

建築分野の特許数ランキングを表 5-46 に示す。

既存の実証事業で採択されていないターゲット用途の特許を有する DIC、日本製紙、中越パルプ、北越紀州製紙について、環境省事業への協力の可能性も念頭に置き、ヒアリングを実施すべきである。

表 5-46 建築分野の特許数ランキング

順位	出願機関	出願人国籍	取得特許数	ターゲット用途
1	大日本インキ化学工業 (DIC)	日本	6	コーティング2件(アスファルトおよびコンクリート路面の着色、断熱コーティング、および滑り止め路面) 接着剤(航空宇宙用途、土木工学および建設用途、自動車、車両搭載) 添加剤(建築材料、コンクリート、自動車部品、航空機部品、電気/電子部品、建築材料、容器および包装部品、家庭用品およびスポーツレジャー用品) インク セメント成形品用化学混和剤
2	日本製紙	日本	3	各種成形用品 塗料、インキ、防錆剤、医薬品、化粧品、食品添加物、クーラント、脱臭剤、モイスタライザー、形状保持剤 微孔性フィルム(電池製造の微多孔膜、建材・除湿剤、手袋)
3	中越パルプ工業	日本	2	ポリオロフィン樹脂(電子オフィス機器、情報通信機器、自動車部品、建材) 複合材(電子オフィス機器、情報通信機器、繊維材料、フィルム材料、コーティング膜、コーティング部品、自動車部品、建築材料)
3	北越紀州製紙	日本	2	多孔質部品(断熱材、遮音材、機能性フィルター) セメント、コンクリート
3	DEHUA TUBAO DECORATION NEW MATERIALS CO	中国	2	着色ベニヤ板 小径材料再結合エステティックパターン技術木材装飾ベニヤ

家電分野の特許数ランキングを表 5-47 に示す。

既存の実証事業で採択されていないコーティング剤・接着剤の特許をもつDIC や、添加物の特許をもつ日本製紙について、環境省事業への協力の可能性も念頭に置き、ヒアリングを実施すべきである。

表 5-47 家電分野の特許数ランキング

順位	出願機関	出願人国籍	取得特許数	ターゲット用途
1	大日本インキ化学工業 (DIC)	日本	5	コーティング(オフィス用品、文具、電子事務用品、スポーツレジャー用品、電化製品、輸送機器の内装材、パーソナルコンピュータ、テレビ、電話機、構造材) ヒアリング 変性CNF(容器材料、容器、包装部品、スポーツ製品、自動車部品、構造材料、テレビ部品、電話部品、家庭用品に使用される溶剤型成形材料、コーティング材料、コーティング剤、接着剤) 複合材(シャーシ、空力部品、ロール素材、搬送アーム、医療機器部品、船舶部品、胴体、尾錠、カウル、ドア、衛星コンポーネント、パーソナルコンピュータハウジング、ファクシミリ、玩具、燃料電池用水素) 接着剤(自動車部品、航空機部品、家電製品の風力発電部品、産業部品) ヒアリング 繊維強化複合材料(航空機部品、自動車部品、医療機器、アンテナ、携帯電話ケーシング、電子オフィス機器、オーディオビデオ機器、電話機、ゴルフクラブシャフトおよび釣竿)
2	京都大学	日本	2	繊維強化樹脂(搬送装置、パーソナルコンピュータ、テレビ、電話機、時計、携帯音楽再生装置、画像再生装置、印刷機、複写機、スポーツ用品) 成型部品製造用樹脂(航空機、パーソナルコンピュータ、テレビジョン、電話機、時計、携帯電話、携帯音楽再生装置、画像再生装置、印刷機、複写機、スポーツ用品、オフィス機器、コンテナ、有機エレクトロルミネッセンス素子、イメージセンサ、太陽電池)
3	産業技術総合研究所	日本	1	熱可塑性樹脂(自動車、電車、船舶、パソコン、テレビ、電話機、画像再生装置、ドアトリム、家具、トレイ、パッケージ)
3	パナソニックIPマネジメント	日本	1	エアコンのフィルタ
3	出光興産	日本	1	軸受(内燃機関、トルク伝達装置用部品、圧縮装置用部品、油圧システム用部品、真空ポンプ装置用部品、時計用部品、冷蔵庫用部品、食品機械)
3	日本製紙	日本	1	添加物(飲料、個別ケア製品、化粧品、医薬品、化学製品、製紙、土木材料、コーティング材料、インク、コーティング組成物、農業、自動車部品、電子材料における分散率向上) ヒアリング 複合材(自動車、電車、船舶、航空機、パーソナルコンピュータ、テレビ、電話、時計、携帯電話、携帯音楽再生装置、画像再生装置、印刷機の筐体の内部/外部の材料に限定されるものではない複写機、スポーツ製品、建築材料、及び容器)
3	王子ホールディングス	日本	1	
3	AMOGREENTECH	韓国	1	絶縁材料(冷凍機用真空と非真空断熱材)

分野共通の特許数ランキングを表 5-48 に示す。

既存の実証事業で採択されていない特許をもつ日本製紙に環境省事業への協力の可能性も念頭に置き、ヒアリングを実施すべきである。一方、韓国・中国の特許については詳細を把握し、日本の実証事業への反映を検討すべきである。

表 5-48 分野共通の特許数ランキング

順位	出願機関	出願人国籍	取得特許数	ターゲット用途
1	FINETEX ENE INC	韓国	10	汎用フィルター 8件 フィルター(空気・液体分離) フィルター(断熱性の改善) 詳細を見る
2	日本製紙	日本	8	その他(耐水性積層体) CNF製造手法3件 接着剤(水系) 複合材(エチレン性モノマー含む) コーティング剤(ガラスへのコーティング) フィルター(ガス分離) ヒアリング
3	第一工業製薬	日本	5	汎用コーティング剤 3件 コーティング剤(塗料、コーティング) コーティング剤(品質保持)
3	UNIV SOUTH CHINA	中国	5	CNF製造(ビート由来) CNC製造(磁性CNC) フィルター(蒸留プロセス向け) 詳細を見る ゴム関連(ホース、タイヤ) 複合材(雑廃物利用)
3	UNIV NANJING FORESTRY	中国	5	エアロゲル 複合材(膜) 複合材(ウッドブラ) 複合材(カーボンブラック併用補強材) 詳細を見る 複合材(発泡体)

(4) 詳細技術分析

本項においては、日本の注力領域であり、特に環境省がすでに事業実証を実施している技術に関する特許について、技術内容を詳細に把握するため詳細分析を実施した。自動車分野、建築分野、家電分野、分野共通の特許について、出願機関、概要等を記載している。自動車分野のうち、複合材検討という点で、環境省のNCV (NanoCelluloseVehicle) 事業の検討内容と重複する特許について、その一覧を表 5-49 に示す。

自動車部材への適用を目指した複合材については、現状、環境省事業に参画していないオリンパス等、国内企業 5 特許 9 件の特許について、ヒアリングを実施すべきである。一方、米国等から出願された 2 件の特許については、詳細情報を把握し、日本の実証事業への反映を検討すべきである。

表 5-49 自動車分野：複合材に関する特許

注目軸	整理番号	Level	開発段階	技術種別	公開年	出願機関	出願人国籍	出願機関分類	出願機関属性	概要
複合材 (NCVプロジェクト)	CNF452	Level2	応用研究	部材製造	2014	オリンパス	日本	民間企業	部材メーカー	複合材(医療機器、電子事務機器、オーディオ機器、ビデオ機器)
	CNF577	Level2	応用研究	部材製造	2014	オリンパス	日本	民間企業	部材メーカー	複合材(自動車用部品、産業機械、電子オフィス機器、電気/電子機器)
	CNF233	Level2	応用研究	部材製造	2016	DIC(大日本インキ化学工業)	日本	民間企業	部材メーカー	複合材(航空機部品、医療機器、アンテナ、携帯電話ケーシング、電子オフィス機器、オーディオビデオ機器、電話機、ゴルフクラブシャフトおよび釣竿)
	CNF349	Level2	応用研究	部材製造	2015	DIC(大日本インキ化学工業)	日本	民間企業	部材メーカー	複合材(複合材料(シャシ、空力部品、ロール素材、搬送アーム、医療機器部品、船舶部品、胴体、尾錠、カウル、ドア、衛星コンポーネント、パーソナルコンピュータハウジング、ファクシミリ、玩具、燃料電池用水素など)
	CNF457	Level2	応用研究	部材製造	2014	DIC(大日本インキ化学工業)	日本	民間企業	部材メーカー	複合材(オルタネーターターミナル、オルタネーターコネクタ、空気ポンプ、燃料供給ポンプ、キャブレタースペーサー、エンジンマウント、アイドルスピードコントロールバルブ、インヒビタスイッチ、回転センサ、加速度センサ)
	CNF122	Level2	応用研究	素材製造	2016	本田技研工業、早稲田大学	日本	研究機関	製品メーカー	N/A(N/A)
	CNF197	Level2	応用研究	部材製造	2016	ライオン出光コンポジット	日本	民間企業	部材メーカー	複合材(ポリオレフィン樹脂(電子事務機器、情報通信機器、自動車部品、建材))
	CNF56i	Level2	応用研究	部材製造	2014	ライオン出光コンポジット	日本	民間企業	部材メーカー	複合材(車両用灯具)
	CNF347	Level2	応用研究	部材製造	2015	日東紡績	日本	民間企業	部材メーカー	複合材(水性分散複合材(航空機部品、ゴルフシャフト、テニスラケット、産業用成形用原材料))
	CNF166	Level2	応用研究	部材製造	2016	中越パルプ工業	日本	民間企業	素材メーカー(製紙会社)	複合材(ポリオロフィン樹脂(電子オフィス機器、情報通信機器、建材))
	CNF234	Level2	応用研究	部材製造	2016	中越パルプ工業	日本	民間企業	素材メーカー(製紙会社)	複合材(電子オフィス機器、情報通信機器、繊維材料、フィルム材料、コーティング膜、コーティング部品、建築材料)
	CNF157	Level2	応用研究	部材製造	2016	産業環境管理協会、大王製紙	日本	研究機関	研究機関	複合材(熱可塑性樹脂(電車、船舶、パソコン、テレビ、電話機、画像再生装置、ドアトリム、家具、トレイ、バッグケース))
	CNF161	Level2	応用研究	部材製造	2016	産業環境管理協会、大王製紙	日本	研究機関	研究機関	複合材(熱可塑性樹脂(携帯電話、ピラーカーニッシュ、スイッチベース、クォーターパネル、コンソールボックス、ダッシュボード、住宅))
	CNF167	Level2	応用研究	部材製造	2016	産業環境管理協会、大王製紙	日本	研究機関	研究機関	複合材(熱可塑性樹脂(携帯電話、ピラーカーニッシュ、スイッチベース、クォーターパネル、電車、コンソールボックス、ダッシュボード、椅子、棚、ワードローブなどの住宅))
	CNF454	Level2	応用研究	部材製造	2014	王子ホールディングス	日本	研究機関	素材メーカー	複合材(電車、船舶、航空機、パーソナルコンピュータ、テレビ、電話、時計、携帯電話、携帯型音楽再生装置、画像再生装置、印刷機の筐体の内部/外部の材料に限定されるものではない複写機、スポーツ製品、建築材料、及び容器)
	CNC56	Level2	応用研究	部材製造	2015	大日精化工業、京都大学	日本	研究機関	部材メーカー 研究機関(大学)	複合材(化学改質なしの樹脂への分散)
	CNC49	Level2	応用研究	部材製造	2015	KIRBY M (KIRB-Individual)他4名	N/A	民間企業	N/A	複合材(複合材料)
	CNC34	Level2	応用研究	素材製造	2016	PURDUE RES FOUND (PURD-C)	米国	研究機関	研究機関	複合材

自動車分野の特許のうち、バッテリー、基盤、ゴムに関するものを表5-50に示す。

バッテリー関連の特許については国内特許4件については環境省事業への協力の可能性を念頭に置きヒアリングを実施、一方、韓国・カナダの特許5件については、詳細を把握し、日本の実証事業への反映を検討すべきである。基板関連の特許については1件、ゴムについては1件ヒアリングを実施し、ゴムに関するフランスの特許1件については詳細情報を把握し、日本の実証事業に反映すべきである。

表5-50 自動車分野：バッテリー、基板、ゴムに関する特許

注目軸	整理番号	Level	開発段階	技術種類	公開年	出願機関	出願人国籍	出願機関分類	出願機関属性	概要
自動車 バッテリー	GNF195	Level2	応用研究	部材製造	2016	凸版印刷	日本	民間企業	素材メーカー (製紙会社)	電池(電極用(電気自動車、燃料電池自動車、ハイブリッド自動車、国内の蓄電、電動工具、電車、携帯機器))
	GNF213	Level2	応用研究	部材製造	2016	太平洋セメント	日本	民間企業	製品メーカー	電池(二次電池の正極活物質(携帯用電子機器、ハイブリッド自動車、電気自動車用ナトリウムイオン二次電池))
	GNF459	Level2	応用研究	部材製造	2014	ニッポン高度紙工業	日本	民間企業	部材メーカー	電池(非水電池セルセパレータ(携帯電話、携帯型パーソナルコンピュータ、ビデオムービー、デジタルカメラ))
	GNF500	Level2	応用研究	部材製造	2014	北越紀州製紙	日本	民間企業	素材メーカー	電池(セパレータ)
	GNC35	Level2	応用研究	部材製造	2016	GELLUFORCE-ING (CELL-Non-standard)	カナダ	民間企業	素材メーカー	電池(スーパーキャパシタ電極)
	GNF199	Level2	応用研究	部材製造	2016	KOREA ADVANCED INST SCI & TECHNOLOGY (KOAD- C)	韓国	研究機関	研究機関	電池(電極(電気自動車(EV)または大容量電気エネルギー貯蔵(EES)))
	GNF66	Level2	応用研究	部材製造	2016	SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD (SMSU-C)	韓国	民間企業	部材・製品メーカー	電池(リチウム電池セパレータ)
	GNF94	Level2	応用研究	部材製造	2016	AMOTECH CO LTD (AMOT-Non-standard)	韓国	民間企業	部材メーカー	電池(コンデンサ)
	GNF301	Level2	応用研究	部材製造	2015	HYUNDAI MOTOR CO LTD (HYMR-C), KOREA ELECTRONICS TECHNOLOGY INST (KETR-C)	韓国	民間企業	部材メーカー 製品メーカー	電池(不織布分離膜)
	基板	GNF172	Level2	応用研究	部材製造	2016	大阪ガス	日本	民間企業	素材メーカー
GNF174		Level2	応用研究	部材製造	2016	大阪ガス	日本	民間企業	素材メーカー	基板(液晶表示基板、太陽電池基板、自動車用パネル)
ゴム	GNF475	Level2	応用研究	部材製造	2014	三菱ケミカル	日本	民間企業	部材メーカー	ゴム(乗用車、トラックの製品、バス、大型車両、ゴムクローラ、及びコンベヤーベルトの空気入りタイヤ)
	GNC82	Level2	応用研究	部材製造	2014	MICHELIN	フランス	民間企業	部材メーカー	ゴム(タイヤ)

自動車分野への適用を目指しているものの、環境省事業とは重複しないため注目軸に該当しない特許の一覧を表 5-51 に示す。

国内特許としては、DIC を中心に接着剤や添加剤、インクなど水系用途の特許が多く出願されている。一方、中国やドイツからはフィルターの特許が出願されている。

表 5-51 自動車分野：その他特許

注目軸	発理番号	Level	開発段階	技術種類	公開年	出願機関	出願人国籍	出願機関分類	出願機関属性	概要
該当なし	CNF59	Level2	応用研究	素材製造	2016	日本製紙	日本	民間企業	素材メーカー(製紙会社)	シート(各種成形用品)
	CNF221	Level2	応用研究	部材製造	2016	大日本インキ化学工業(DIC)	日本	民間企業	部材メーカー	その他(インク)
	CNF217	Level2	応用研究	素材製造	2016	大日本インキ化学工業(DIC)	日本	民間企業	部材メーカー	その他(添加剤(建築材料、コンクリート、航空機部品、電気/電子部品、建築材料、容器および包装部品、家庭用品およびスポーツレジャー用品))
	CNF123	Level2	応用研究	部材製造	2016	大日本インキ化学工業(DIC)	日本	民間企業	部材メーカー	接着剤(接着剤(航空宇宙用途、土木工学および建設用途))
	CNF175	Level2	応用研究	部材製造	2016	大日本インキ化学工業(DIC)	日本	民間企業	部材メーカー	接着剤(繊維結合剤(航空機部品、風力発電部品、産業部品))
	CNF346	Level2	応用研究	部材製造	2015	大日本インキ化学工業(DIC)	日本	民間企業	部材メーカー	繊維(変性CNF)
	CNF75	Level2	応用研究	部材製造	2016	出光興産	日本	民間企業	製品メーカー	その他(軸受)
	CNF561	Level2	応用研究	部材製造	2014	ライオン出光コンポジット	日本	民間企業	部材メーカー	その他(車両用灯具)
	CNF558	Level2	応用研究	部材製造	2014	コニカホールディングス	日本	民間企業	製品メーカー	膜(CNF膜(電気/電子機器、機械、自動車、建材))
	CNF7	Level2	応用研究	部材製造	2016	BENGBU SHOUCHUANG FILTER CO LTD (BENG-Non-standard)	中国	民間企業	部材メーカー	その他(二重層複合燃料濾紙)
	CNF407	Level2	応用研究	部材製造	2014	UNIV DONGHUA (UYDG-C)	中国	研究機関	研究機関	フィルター(エンジンフィルター、空気清浄フィルター)
	CNF356	Level2	応用研究	部材製造	2015	MAHLE INT GMBH (MAHL-C)	ドイツ	民間企業	部材メーカー	フィルター(車両用ガスフィルター)
	CNF132	Level2	応用研究	部材製造	2016	GEORGIA TECH RES CORP (GTEK-C)/US SEC AGRIC (USDA-C)	米国	研究機関	研究機関	コーティング(金属コーティング)

建築分野に関する特許のうち、環境省事業にて検討を行っているため重複する、断熱材・外装材に関する特許の一覧を表 5-52 に示す。

断熱材については中国の特許 3 件、外装材については中国の特許 2 件について詳細情報を把握し、日本の実証事業に反映すべきである。

表 5-52 建築分野：断熱材、外装材に関する特許

注目軸	整理番号	Level	開発段階	技術種類	公開年	出願機関	出願人国籍	出願機関分類	出願機関属性	概要
断熱材	CNF69	Level2	応用研究	部材製造	2016	UNIV SOUTH CHINA TECHNOLOGY (UYSC-C)、GUANGZHOU SANTAI AUTOMOTIVE TRIM MATERIA (GUAN-Non-standard)	中国	研究機関	研究機関(大学)	断熱材(断熱材)
	CNF516	Level2	応用研究	部材開発	2014	UNIV HEBEI TECHNOLOGY (UYHT-C)	中国	研究機関	研究機関	断熱材(難燃性の断熱材)
	CNF563	Level2	応用研究	部材製造	2014	UNIV JIANGNAN (UYJN-C)、JIANGSU SWOTO CLOTHES CO LTD (JIAN-Non-standard)	中国	研究機関	研究機関	断熱材(断熱材(布))
外装材	CNF163	Level2	応用研究	部材製造	2016	DEHUA TUBAO DECORATION NEW MATERIALS CO (DEHU-Non-standard)	中国	民間企業	部材メーカー	非構造部材(小径材料再結合エスティックハターン技術木材装飾ベニヤ)
	CNF139	Level2	応用研究	部材製造	2016	DEHUA TUBAO DECORATION NEW MATERIALS CO (DEHU-Non-standard)	中国	民間企業	部材メーカー	非構造部材(着色ベニヤ板)

建築分野に関する特許のうち、環境省事業の検討と重複がない特許の一覧を表 5-53 に示す。

日本からは接着剤や添加剤、コーティングなど水系用途の特許が多く、9 件出願されている。米国からもコーティング剤や複合材に関する特許が出されており、そのほか、ドイツ・スイスからも特許が出されている。中国からはコーティング剤 2 件、韓国からは複合材 2 件の特許が出願されている。

表 5-53 建築分野：その他特許

注 目 録	整理 番号	Level	開発 段階	技術 種類	公開 年	出願 機関	出願 人 国籍	出願 機 関 分 類	出願 機 関 属 性	概 要
	CNF221	Level2	応用研究	部材製造	2016	DIC(大日本インキ化学工業)	日本	民間企業	部材メーカー	その他(インク)
	CNF123	Level2	応用研究	部材製造	2016	DIC(大日本インキ化学工業)	日本	民間企業	部材メーカー	接着剤(接着剤(航空宇宙用途、土木工学および建設用途、自動車、車両搭載))
	CNF217	Level2	応用研究	素材製造	2016	DIC(大日本インキ化学工業)	日本	民間企業	部材メーカー	添加材(建築材料、コンクリート、自動車部品、航空機部品、電気/電子部品、建築材料、容器および包装部品、家庭用品およびスポーツレジャー用品)
	CNF341	Level2	応用研究	部材製造	2015	DIC(大日本インキ化学工業)	日本	民間企業	部材メーカー	コーティング(アスファルトおよびコンクリート路面の着色、断熱コーティング、および滑り止め路面)
	CNF342	Level2	応用研究	部材製造	2015	DIC(大日本インキ化学工業)	日本	民間企業	部材メーカー	コーティング(アスファルトおよびコンクリート路面の着色、断熱コーティング、および滑り止め路面)
	CNF287	Level2	応用研究	部材製造	2015	DIC(大日本インキ化学工業)	日本	民間企業	部材メーカー	添加材(セメント成形品用化学混和剤)
	CNF387	Level2	応用研究	部材製造	2015	大林組	日本	民間企業	製品メーカー	添加材(土壌の改良剤)
	CNF166	Level2	応用研究	部材製造	2016	中越バルブ工業	日本	民間企業	素材メーカー(製紙会社)	複合材(ポリオロフィン樹脂(電子オフィス機器、情報通信機器、自動車部品、建材))
	CNF234	Level2	応用研究	部材製造	2016	中越バルブ工業	日本	民間企業	素材メーカー(製紙会社)	複合材(電子オフィス機器、情報通信機器、繊維材料、フィルム材料、コーティング膜、コーティング部品、自動車部品、建築材料)
	CNF59	Level2	応用研究	素材製造	2016	日本製紙	日本	民間企業	素材メーカー(製紙会社)	シート(各種成形用品)
	CNF81	Level2	応用研究	部材製造	2016	日本製紙	日本	民間企業	素材メーカー(製紙会社)	分散液(塗料、インキ、防錆剤、医薬品、化粧品、食品添加物、クラン、脱臭剤、モイスマッチャイザー、形状保持剤)
	CNF103	Level2	応用研究	部材製造	2016	日本製紙、京都大学	日本	研究機関	素材メーカー	フィルム(多孔性フィルム(電池製造の微多孔膜、建材・除湿剤、手袋))
	CNF158	Level2	応用研究	部材製造	2016	ハマキャスト	日本	民間企業	部材メーカー	コーティング(鉄コーティングや建物の外壁の建設のためのローラーコーティング)
	CNF348	Level2	応用研究	部材製造	2015	北越紀州製紙	日本	研究機関	素材メーカー	その他(セメント、コンクリート)
	CNF316	Level2	応用研究	部材製造	2015	北越紀州製紙	日本	民間企業	素材メーカー	複合材(多孔質部材(断熱材、遮音材、機能性フィルター))
	CNF197	Level2	応用研究	部材製造	2015	ライオン出光コンビジット	日本	民間企業	部材メーカー	複合材(ポリオレフィン樹脂(電子事務機器、情報通信機器、自動車部品、建材))
該当なし	CNF132	Level2	応用研究	部材製造	2016	GEORGIA TECH RES CORP (GTEK-C)、US SEC AGRIC (USDA-C)	米国	研究機関	研究機関	コーティング(金属コーティング)
	CNC34	Level2	応用研究	素材製造	2016	PURDUE RES FOUND (PURD-C)	米国	研究機関	研究機関	複合材
	CNF359	Level2	応用研究	部材製造	2015	UNIV MAINE SYSTEM (UYMA-Non-standard)	米国	研究機関	研究機関	接着剤(パーティクルボード向け)
	CNF471	Level2	応用研究	部材製造	2014	XANOFI INC (XANO-Non-standard)	米国	民間企業	部材メーカー	その他(多孔性繊維基材)
	CNF120	Level2	応用研究	部材製造	2016	UNIV BAYREUTH (UYBA-Non-standard)	ドイツ	研究機関	研究機関(大学)	フィルター(エアフィルター、粒子フィルター、合体フィルター、水フィルター、オイルフィルター、および物質分離用の膜、金属、ガラス、ポリマー、フィルム、フォイル、繊維、構造要素および接着剤の施工用、活性剤の担体、または機能剤の担体としての繊維の改良)
	CNF155	Level2	応用研究	部材製造	2016	EMPA EIDGENOSSISCHE MATERIALPRUFUNGS (EMPA-Non-standard)	スイス	研究機関	部材メーカー	ポリマー(化粧品用途、食品添加剤、塗料、建築技術における補強材、潤滑剤、有機および無機材料の表面処理)
	CNC22	Level2	応用研究	部材製造	2016	UNIV NANJING FORESTRY (UNJF-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	コーティング(コーティング材)
	CNF64	Level2	応用研究	製品製造	2016	YU F (YUFF-Individual)	中国	民間企業	その他(個人)	コーティング(防汚ナノファイバーコーティング)
	CNC68	Level2	応用研究	部材製造	2015	NAT CENT NANOSCIENCE & TECHNOLOGY CHINA (NANA-Non-standard)、BEIJING NAXUN TECHNOLOGY CO LTD (BEIJ-Non-standard)	中国	研究機関	研究機関	非構造部材(カーテン)
	CNC81	Level2	応用研究	部材製造	2014	UNIV SOUTH CHINA TECHNOLOGY (UYSC-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	Nノ銀及びナノ微結晶セルロース複合体の製造
	CNC87	Level2	応用研究	製品製造	2014	HANGZHOU WENSLI SILK SCI & TECHNOLOGY CO (HANG-Non-standard)、UNIV ZHEJIANG SCI TECH (UZST-C)	中国	民間企業	素材メーカー	非構造部材(壁紙)
	CNF211	Level2	応用研究	部材製造	2016	LEE S H (LEES-Individual)	韓国	民間企業	その他(個人)	複合材(繊維組成物(鉄筋コンクリートの亀裂発生抑制))
	CNF484	Level2	応用研究	部材製造	2014	KOREA INST IND TECHNOLOGY (KTEC-C)	韓国	研究機関	研究機関	複合材(熱可塑性ナノコンビジット)

家電分野の特許について表 5-54 に示す。

環境省事業の検討対象と重複する冷蔵庫に関する特許については、国内企業の特許 1 件についてヒアリングを実施し、韓国の特許 1 件について詳細情報を把握し、日本の実証事業に反映すべきである。

表 5-54 家電分野：冷蔵庫に関する特許

注目軸	整理番号	Level	開発段階	技術種類	公開年	出願機関	出願人国籍	出願機関分類	出願機関属性	概要
冷蔵庫	GNF75	Level2	応用研究	部材製造	2016	出光興産	日本	民間企業	製品メーカー	その他(軸受(内燃機関、トルク伝達装置用部品、圧縮装置用部品、油圧システム用部品、真空ポンプ装置用部品、時計用部品、冷蔵庫用部品、食品機械))
	GNF449	Level2	応用研究	部材製造	2014	AMOGREENTECH CO LTD (AMOG-Non-standard)	韓国	民間企業	部材メーカー	その他(絶縁材料(冷凍機用真空と非真空断熱材))

家電分野への適用を想定しているものの、既存の環境省事業とは重複がない特許について、表 5-55 に一覧を示す。

京都大学をはじめ、国内の各機関から複合材に関する特許が 4 件出願されている。また、DIC からは接着剤やコーティング剤が 2 件、複合材が 2 件出願されている。海外からの特許は中国の 1 件のみであり、日本における検討が中心であることが想定される。

表 5-55 家電分野：その他特許

注目軸	整理番号	Level	開発段階	技術種類	公開年	出願機関	出願人国籍	出願機関分類	出願機関属性	概要
該当なし	CNF454	Level2	応用研究	部材製造	2014	王子ホールディングス	日本	研究機関	素材メーカー	複合材(自動車、電車、船舶、航空機、パーソナルコンピュータ、テレビ、電話、時計、携帯電話、携帯音楽再生装置、画像再生装置、印刷機の筐体の内部/外部の材料に限定されるものではない複写機、スポーツ製品、建築材料、及び容器)
	CNF91	Level2	応用研究	部材製造	2016	京都大学	日本	研究機関	素材メーカー(製紙会社)	複合材(繊維強化樹脂(搬送装置、パーソナルコンピュータ、テレビ、電話機、時計、携帯音楽再生装置、画像再生装置、印刷機、複写機、スポーツ用品))
	CNF115	Level2	応用研究	部材製造	2016	京都大学	日本	研究機関	研究機関(大学)	複合材(成型部品製造用樹脂(航空機、パーソナルコンピュータ、テレビジョン、電話機、時計、携帯電話、携帯音楽再生装置、画像再生装置、印刷機、複写機、スポーツ用品、オフィス機器、コンテナ、有機エレクトロルミネッセンス素子、イメージセンサ、太陽電池))
	CNF157	Level2	応用研究	部材製造	2016	産業技術総合研究所	日本	研究機関	研究機関	複合材(熱可塑性樹脂(自動車、電車、船舶、パソコン、テレビ、電話機、画像再生装置、ドアトリム、家具、トレイ、パッケージ))
	CNF290	Level2	応用研究	素材製造	2015	日本製紙	日本	民間企業	素材メーカー	添加剤(飲料、個別ケア製品、化粧品、医薬品、化学製品、製紙、土木材料、コーティング材料、インク、コーティング組成物、農業、自動車部品、電子材料の添加物)
	CNF271	Level2	応用研究	部材製造	2015	パナソニックIPマネジメント	日本	民間企業	製品メーカー	フィルター(エアコンのフィルタ)
	CNF98	Level2	応用研究	部材製造	2016	XU H (XUHH-Individual)	中国	民間企業	その他(個人)	フィルター(エアコンや空気清浄機のフィルタ、マスク)
	CNF175	Level2	応用研究	部材製造	2016	DIC(大日本インキ化学工業)	日本	民間企業	部材メーカー	接着剤(自動車部品、航空機部品、家電製品の風力発電部品、産業部品)
	CNF233	Level2	応用研究	部材製造	2016	DIC(大日本インキ化学工業)	日本	民間企業	部材メーカー	複合材(繊維強化複合材料(航空機部品、自動車部品、医療機器、アンテナ、携帯電話ケーシング、電子オフィス機器、オーディオビデオ機器、電話機ゴルフクラブシャフトおよび釣竿))
	CNF345	Level2	応用研究	部材製造	2015	DIC(大日本インキ化学工業)	日本	民間企業	部材メーカー	コーティング、接着剤(オフィス用品、文具、電子事務用品、スポーツレジャー用品、電化製品、輸送機器の内装材、パーソナルコンピュータ、テレビ、電話機、構造材)
	CNF346	Level2	応用研究	部材製造	2015	DIC(大日本インキ化学工業)	日本	民間企業	部材メーカー	繊維(変性CNF(容器材料、容器、包装部品、スポーツ製品、自動車部品、構造材料、テレビ部品、電話部品、家庭用品に使用される溶剤型成形材料、コーティング材料、コーティング剤、接着剤))
	CNF349	Level2	応用研究	部材製造	2015	DIC(大日本インキ化学工業)	日本	民間企業	部材メーカー	複合材(シャーシ、空力部品、ロール素材、簡易フレーム、医療機器部品、船舶部品、胴体、尾錠、カウル、ドア、衛星コンポーネント、パーソナルコンピュータハウジング、ファクシミリ、玩具、燃料電池用水素)

国内から出願された自転車、建築、家電等に転用可能な分野共通の特許の一覧を表 5-56 に示す。

特に環境省の実証事業に参加していない DIC と積水化学にヒアリングを実施し、実証への参加を促す必要がある。

表 5-56 分野共通：自動車等へ転用可能（国内）

注目軸	整理番号	Level	開発段階	技術種類	公開年	出願機関	出願人国籍	出願機関分類	出願機関属性	概要
自動車等へ転用可能	CNF334	Level2	応用研究	部材製造	2015	DIC	日本	民間企業	素材メーカー、部材メーカー	複合材 ヒアリング
	CNF399	Level1	基礎研究	部材製造	2014	岡山大学	日本	研究機関	研究機関	複合材(強化剤)
	CNF339	Level2	応用研究	部材製造	2015	九州大学、中越バルブ	日本	研究機関	研究機関、素材メーカー	複合材(樹脂補強)
	CNF502	Level1	基礎研究	素材製造	2014	積水化学工業	日本	民間企業	部材メーカー	複合材 ヒアリング
	CNF110	Level1	基礎研究	部材製造	2016	日本製紙	日本	民間企業	素材メーカー(製紙会社)	複合材(エチレン性モノマー含む)
	CNF121	Level1	基礎研究	素材製造	2016	日本ゼオン、東京大学	日本	研究機関	部材メーカー	複合材(金属含有酸化CNF)
	CNC56	Level2	応用研究	部材製造	2015	大日精化、京都大学	日本	研究機関	部材メーカー、研究機関(大学)	複合材(樹脂補強)

次に、海外から出願された自動車、建築、家電等に転用可能な分野共通の特許の一覧を表5-57に示す。

複合材や電池に関する中国の特許18件、米国3件、カナダ1件について詳細な特許情報を把握し、日本の実証事業への反映を検討すべきである。

表 5-57 分野共通：自動車等へ転用可能な特許（海外）

注目軸	整理番号	Level	開発段階	技術種類	公開年	出願機関	出願人国籍	出願機関分類	出願機関属性	概要
自動車・建築・家電に転用可能	GNF212	Level1	基礎研究	部材製造	2016	HARBIN INST TECHNOLOGY (HAIT-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	複合材(導電性)
	GNF241	Level1	基礎研究	部材製造	2015	JIANGSU JINYU ENVIRONMENT ENG CO LTD (JIAN-Non-standard)	中国	民間企業	製品メーカー	複合材(静電誘糸リグニン/セルロースアセテート複合材)
	GNF86	Level1	基礎研究	素材製造	2016	SU X (SUX-Individual)	中国	民間企業	その他(個人)	複合材(ゲル)
	GNF62	Level2	応用研究	部材製造	2016	TONGLING FOUNDER PLASTICS TECHNOLOGY CO (TONG-Non-standard)	中国	民間企業	素材メーカー	複合材(バイオプラ)
	GNG50	Level2	応用研究	素材製造	2015	UNIV BEIJING CHEM TECHNOLOGY (UYBC-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	複合材(樹脂補強)
	GNF50	Level2	応用研究	部材製造	2016	UNIV DONGHUA (UYDG-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	複合材(機能性フィルム)
	GNG63	Level2	応用研究	素材製造	2015	UNIV HEFEI TECHNOLOGY (UYHE-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	複合材(バイオマス由来ポリウレタン複合材)
	GNF528	Level1	基礎研究	部材製造	2014	UNIV NANJING FORESTRY (UNJF-C)	中国	研究機関	研究機関	複合材(カーボンブラック併用補強材)
	GNF524	Level2	応用研究	部材製造	2014	UNIV NANJING FORESTRY (UNJF-C)	中国	研究機関	研究機関	複合材(膜)
	GNF432	Level2	応用研究	部材製造	2014	UNIV NANJING INFORMATION SCI & TECHNOLOG (UNAI-C)	中国	研究機関	研究機関	複合材(発泡体)
	GNG28	Level2	応用研究	部材製造	2016	UNIV NORTHEAST FORESTRY (UYNE-Non-standard)	中国	研究機関	研究機関(大学)	複合材(フィルム)
	GNG13	Level2	応用研究	部材製造	2016	UNIV WUHAN TECHNOLOGY (UYWU-Non-standard)	中国	研究機関	研究機関(大学)	複合材(アセチル化GNC)
	GNG88	Level2	応用研究	部材製造	2014	UNIV ZHEJIANG SCI TECH (UZST-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	複合材(膜)
	GNF150	Level1	基礎研究	部材製造	2016	YANGZHOU NABAI NANOMETER SCI & TECHNOLOG (YANG-Non-standard)	中国	民間企業	N/A	複合材(セルロースアセテートナノファイバー複合材)
	GNF63	Level2	応用研究	部材製造	2016	YUNYOUCHENG SUQIAN COMPOSITE NEW MATERIA (YUNY-Non-standard)	中国	民間企業	素材メーカー	複合材(GNF/ポリ乳酸)
	GNF273	Level1	基礎研究	部材製造	2015	ZHEJIANG WEIXING IND DEV CO LTD (ZHEJ-Non-standard)	中国	民間企業	部材メーカー	複合材(フィルム)
	GNF1	Level2	応用研究	素材製造	2016	ZHONGHONG NANOFIBER TECHNOLOGY DANYANG (ZHON-Non-standard)	中国	民間企業	素材メーカー	複合材(帯電防止剤)
	GNG67	Level2	応用研究	部材製造	2015	ZHUHAI ZHUJING DEV CO LTD (ZHUH-Non-standard) , BEIJING NANO-ACE TECHNOLOGY CO LTD (BEIJ-Non-standard)	中国	民間企業	製品メーカー	電池(リチウムイオン)
	GNG59	Level2	応用研究	部材製造	2015	INT BUSINESS MACHINES CORP (IBM-C)	米国	民間企業	製品メーカー	複合材(ジエン変性GNC)
	GNF540	Level1	基礎研究	部材製造	2014	UNIV CORNELL (CORR-C)	米国	研究機関	部材	複合材(樹脂強化)
GNG6	Level2	応用研究	部材製造	2016	UNIV NORTHWEST (UYXB-C)	米国	研究機関	研究機関(大学)	複合材(検出用) 詳細情報	
GNG10	Level2	応用研究	部材製造	2016	UNIV QUEENS KINGSTON (TOOH-C)	カナダ	研究機関	研究機関(大学)	複合材(中性形態とイオン化形態の切替可)	

次に、分野共通の特許のうち、環境省事業にて検討を行っている用途と重複のある特許の一覧を表 5-58 に示す。

発泡体に関する特許については 1 件ヒアリングを実施、中国の竹 CNF 特許等については、詳細な特許情報を把握し、日本の実証事業への反映を検討すべきである。

表 5-58 分野共通：環境省事業と重複のある特許

注目軸	整理番号	Level	開発段階	技術種類	公開年	出願機関	出願人国籍	出願機関分類	出願機関属性	概要
環境省事業と重複	CNF26	Level2	応用研究	素材製造	2016	UNIV ZHEJIANG (UJZH-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	CNF製造(竹由来)
	CNC89	Level2	応用研究	部材製造	2014	HANGZHOU WENSLI SILK SCI & TECHNOLOGY CO (HANG-Non-standard), UNIV ZHEJIANG SCI TECH (UZST-C)	中国	民間企業	素材メーカー	CNC製造(竹由来)
	CNF405	Level1	基礎研究	部材製造	2014	APPLIED CLEANTECH INC (CLEA-Non-standard)	米国	民間企業	部材メーカー	CNF製造(廃水活用)
	CNC26	Level2	応用研究	部材製造	2016	SINOPEC CORP (SNPC-C) SINOPEC BEIJING RES INST CHEM IND (SNPC-C)	中国	研究機関	部材メーカー、部材メーカー	ゴム関連(シリコンゴム粉末)
	CNC66	Level2	応用研究	部材製造	2015	UNIV SOUTH CHINA TECHNOLOGY (UYSC-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	ゴム関連(ホース、タイヤ)
	CNF61	Level2	応用研究	部材製造	2016	UNIV VALENCIA POLITECNICA (UYPV-C)	スペイン	研究機関	研究機関(大学)	ゴム関連(不織異方性バイオエラストマー)
	CNF215	Level1	基礎研究	部材製造	2016	AMOGREENTECH CO LTD (AMOG-Non-standard)	韓国	民間企業	部材メーカー	断熱材(シート)
	CNC11	Level2	応用研究	部材製造	2016	UNIV NANJING FORESTRY (UNJF-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	複合材(ウッドブラ)
	CNC61	Level2	応用研究	部材製造	2015	UNIV SOUTH CHINA TECHNOLOGY (UYSC-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	複合材(綿廃物利用)
	CNF138	Level1	基礎研究	部材製造	2016	兵庫県、神栄化工	日本	研究機関	その他(地方自治体)	発泡体(ゴム系架橋発泡成形)

続いて、日本の研究機関が注目しているゲルに関する特許については、表 5-59 に示す通り、中国から 4 件、日本から 1 件出願されている。

表 5-59 分野共通：ゲルに関する特許

注目軸	整理番号	Level	開発段階	技術種類	公開年	出願機関	出願人国籍	出願機関分類	出願機関属性	概要
日本の研究機関が注目	CNF67	Level2	応用研究	素材製造	2016	UNIV NANJING FORESTRY (UNJF-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	エアロゲル
	CNF33	Level1	基礎研究	素材製造	2016	UNIV WUHAN TEXTILE (UYWU-Non-standard)	中国	研究機関	研究機関(大学)	エアロゲル
	CNF92	Level1	基礎研究	素材製造	2016	RES INST WOOD IND CHINESE ACAD FORESTRY (CLYK-C)	中国	研究機関	研究機関	エアロゲル(カーボンエアロゲル)
	CNF280	Level1	基礎研究	素材製造	2015	UNIV SOUTHWEST SCI & TECHNOLOGY (UYSW-Non-standard)/ UNIV CENT SOUTH (UYCS-C)	中国	研究機関	研究機関	エアロゲル(乾燥手法)
	CNF303	Level2	応用研究	素材製造	2015	サンノブコ	日本	民間企業	部材メーカー	ゲル

以降では、分野共通であり、環境省事業との重複等がない特許について、CNF 製造に関するもの、水系用途に関するもの、フィルターに関するもの、フィルム等に関するものについて整理する。

まずは、中国から出願されたCNF製造にかかわる特許の一覧を表5-60に示す。

バクテリアセルロースに関する特許が2件、CNF製造手法のうち、変性や磁性の付与に関する特許が出願されている。

表5-60 分野共通：CNF製造に関する中国の特許

注目軸	発理番号	Level	開発段階	技術種類	公開年	出願機関	出願人国籍	出願機関分類	出願機関属性	概要
該当なし	CNF437	Level2	応用研究	素材製造	2014	ZHEJIANG TEXTILE TESTING TECHNOLOGY INST (ZHEJ-Non-standard)	中国	研究機関	研究機関	CNF製造(ポリプロピレンファイバーの製造)
	CNF15	Level1	基礎研究	素材製造	2016	ANHUI XINSHENGLI BIOLOGY TECHNOLOGY CO (ANHU-Non-standard)	中国	民間企業	部材・製品メーカー	CNF製造(バイオマス)
	CNC91	Level2	実用研究	素材製造	2014	CHINA INT TRAVEL TRADE CO LTD (CHIT-Non-standard)	中国	民間企業	その他(商社)	CNC製造(脱水装置の製造)
	CNF24	Level1	基礎研究	素材製造	2016	HENAN ACAD SCI INST ENERGY CO LTD (HENA-Non-standard)	中国	研究機関	研究機関	CNF製造
	CNF242	Level1	基礎研究	部材製造	2015	HUANG G (HUAN-Individual)他	中国	民間企業	その他(個人)	CNF製造(ポリプロピレン)
	CNF72	Level1	基礎研究	部材製造	2016	JIANGSU SHIKONG PAINT CO LTD (JIAN-Non-standard)	中国	民間企業	N/A	CNF製造
	CNF39	Level1	基礎研究	素材製造	2016	NANTONG TEXTILE & SILK SCI & IND TECHNOL (NANT-Non-standard)	中国	研究機関	研究機関	CNF製造
	CNF169	Level1	基礎研究	素材製造	2016	UNIV BEIJING CHEM TECHNOLOGY (UYBC-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	CNF製造
	CNF509	Level2	応用研究	部材製造	2014	UNIV BEIJING CHEM TECHNOLOGY CHANGZHOU (UYBE-Non-standard)	中国	研究機関	研究機関	CNF製造(コアシェル構造)
	CNF42	Level1	基礎研究	部材製造	2016	UNIV DONGHUA (UYDG-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	CNF製造(バクテリアセルロース)
	CNF83	Level1	基礎研究	素材製造	2016	UNIV DONGHUA (UYDG-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	CNF製造(バクテリアセルロース)
	CNF514	Level1	基礎研究	素材製造	2014	UNIV GUILIN TECHNOLOGY (UYGU-Non-standard)	中国	研究機関	研究機関	CNF製造
	CNC37	Level2	応用研究	素材製造	2016	UNIV JIANGNAN (UYJN-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	CNC製造(熱安定性・凍水性向上CNC)
	CNF298	Level1	基礎研究	素材製造	2015	UNIV NINGBO (UYNB-C)	中国	研究機関	研究機関	CNF製造(テトラサイクリン抗生物質インプリントポリマーナノ繊維)
	CNC14	Level2	応用研究	素材製造	2016	UNIV NORTHEAST FORESTRY (UYNE-Non-standard)	中国	研究機関	研究機関(大学)	CNC製造
	CNF244	Level1	基礎研究	部材製造	2015	UNIV SHANGHAI ENG & TECHNOLOGY (USES-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	CNF製造(天然セルロース/ポリスルホンアミドナノファイバー)
	CNF93	Level1	基礎研究	素材製造	2016	UNIV SOOCHOW (USWZ-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	CNF製造
	CNF21	Level1	基礎研究	素材製造	2016	UNIV SOUTH CHINA TECHNOLOGY (UYSC-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	CNF製造(ビート由来)
	CNC83	Level2	応用研究	素材製造	2014	UNIV SOUTH CHINA TECHNOLOGY (UYSC-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	CNC製造(磁性CNC)
	CNF36	Level1	基礎研究	素材製造	2016	UNIV SOUTHEAST (UYSE-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	CNF製造
	CNC21	Level2	応用研究	部材製造	2016	UNIV SOUTHWEST JIAOTONG (UYSJ-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	CNC製造(アルカリ溶媒活用)
	CNC46	Level2	応用研究	素材製造	2015	UNIV SOUTHWEST JIAOTONG (UYSJ-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	CNC製造(変性CNC)
	CNF9	Level1	基礎研究	素材製造	2016	UNIV TIANJIN POLYTECHNIC (UYTI-Non-standard)	中国	研究機関	研究機関(大学)	CNF製造
	CNF11	Level1	基礎研究	素材製造	2016	UNIV TIANJIN POLYTECHNIC (UYTI-Non-standard)	中国	研究機関	研究機関(大学)	CNF製造
	CNF463	Level1	基礎研究	部材製造	2014	UNIV WUHAN (UYWU-C)	中国	研究機関	研究機関	CNF製造(酸化チタンナノファイバー)
	CNF4	Level1	基礎研究	素材製造	2016	UNIV YANGZHOU (UYYZ-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	CNF製造(カナムグラ由来)
	CNC12	Level2	応用研究	素材製造	2016	UNIV YANGZHOU (UYYZ-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	CNC製造(カルボキシメチルセルロース)
	CNC17	Level2	応用研究	素材製造	2016	UNIV YANGZHOU (UYYZ-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	CNC製造(変性CNC)
	CNF559	Level1	基礎研究	部材製造	2014	UNIV ZHONGYUAN TECHNOLOGY (UYZH-Non-standard)	中国	研究機関	研究機関	CNF製造(バクテリアセルロース)
	CNF6	Level1	基礎研究	素材製造	2016	WENG B (WENG-Individual)	中国	民間企業	その他(個人)	CNF製造
	CNC64	Level2	応用研究	部材製造	2015	ZHEJIANG HENGYI HI-TECH MATERIAL CO LTD (ZHEJ-Non-standard)	中国	民間企業	部材メーカー	CNC製造

分野共通であり、注目軸には該当しない中国以外の地域から出願されたCNF製造に関する特許の一覧を表5-61に示す。

アメリカ・カナダにおけるCNF製造に関する特許は2件とも応用研究段階にある。一方、韓国におけるCNF製造に関わる特許では基礎研究段階にある。

表5-61 分野共通：CNF製造に関する海外特許（中国以外）

注目軸	特許番号	Level	開発段階	技術種類	公開年	出願機関	出願人国籍	出願機関分類	出願機関属性	概要
該当なし	CNF476	Level2	応用研究	部材製造	2014	XANOFI INC (XANO-Non-standard)	アメリカ	民間企業	部材メーカー	CNF製造(基材)
	CNC44	Level2	応用研究	部材製造	2016	CELLUFORCE INC (CELL-Non-standard)	カナダ	民間企業	素材メーカー	CNC製造(ポリドパミン被膜(触媒活性、抗菌))
	CNF456	Level1	基礎研究	部材製造	2014	GREEN ENERGY INST (GREE-Non-standard)	韓国	研究機関	研究機関	CNF製造(酸化チタンナノファイバー)
	CNF416	Level1	基礎研究	素材製造	2014	KOREA INST IND TECHNOLOGY (KTEC-C)	韓国	研究機関	研究機関	CNF製造(銀ナノファイバー)
	CNF145	Level1	基礎研究	素材製造	2016	UNIV CHONBUK NAT IND COOP FOUND (UYCN-C)	韓国	研究機関	研究機関(大学)	CNF製造(金属反応活用)
	CNF70	Level1	基礎研究	部材製造	2016	KHATRI Z他2名	N/A	民間企業	N/A	CNF製造

分野共通の特許のうち、日本から出願されたCNF製造に関する特許の一覧は表5-62に示すとおり、基礎研究段階にあるものが大半である。

表5-62 分野共通：CNF製造に関する日本の特許

注目軸	特許番号	Level	開発段階	技術種類	公開年	出願機関	出願人国籍	出願機関分類	出願機関属性	概要
該当なし	CNF488	Level1	基礎研究	素材製造	2014	花王	日本	民間企業	製品メーカー	CNF製造
	CNC76	Level2	応用研究	素材製造	2014	加計学園	日本	研究機関	研究機関(大学)	CNC製造
	CNF266	Level1	基礎研究	素材製造	2015	サンノボ	日本	民間企業	部材メーカー	CNF製造
	CNF192	Level1	基礎研究	素材製造	2016	信州大学	日本	研究機関	研究機関(大学)	CNF製造
	CNF186	Level1	基礎研究	素材製造	2016	大王製紙	日本	民間企業	素材メーカー(製紙会社)	CNF製造
	CNF170	Level1	基礎研究	素材製造	2016	中越パルプ	日本	民間企業	素材メーカー(製紙会社)	CNF製造(濃縮手法)
	CNF314	Level1	基礎研究	素材製造	2015	凸版印刷	日本	民間企業	部材メーカー	CNF製造
	CNF74	Level1	基礎研究	素材製造	2016	日本製紙	日本	民間企業	素材メーカー(製紙会社)	CNF製造
	CNF179	Level1	基礎研究	素材製造	2016	日本製紙	日本	民間企業	素材メーカー(製紙会社)	CNF製造
	CNF515	Level1	基礎研究	素材製造	2014	日本製紙	日本	民間企業	素材メーカー	CNF製造
	CNF216	Level1	基礎研究	素材製造	2016	ハイモ	日本	民間企業	部材メーカー	CNF製造
	CNF223	Level1	基礎研究	素材製造	2016	フジフィルム	日本	民間企業	部材メーカー	CNF製造

分野共通の特許のうち、注目軸に該当しない、水系用途の特許について表 5-63 に一覧を示す。

添加剤用途にて導入実証段階の特許が 1 件フィンランドから出願されている。一方で、コーティング剤については日本の特許数が 7 件と最多である。接着剤については中国からの出願が 3 件と多い。

表 5-63 分野共通：水系用途に関する特許

注目軸	整理番号	Level	開発段階	技術種類	公開年	出願機関	出願人国籍	出願機関分類	出願機関属性	概要
該当なし	CNF477	Level2	応用研究	部材製造	2014	ゼオン	日本	民間企業	部材メーカー	分散液(CNT組成)
	CNF270	Level2	応用研究	部材製造	2015	京都大学、大日精化	日本	研究機関	研究機関、部材メーカー	分散液(水処理)
	CNC57	Level2	応用研究	部材製造	2015	京都大学、大日精化	日本	研究機関	部材メーカー、研究機関(大学)	分散液(水処理)
	CNF256	Level1	基礎研究	素材製造	2015	凸版印刷	日本	民間企業	素材メーカー(製紙会社)	塗料
	CNF214	Level2	応用研究	部材製造	2016	名古屋大学、富士高分子工業	日本	研究機関	研究機関(大学)	塗料(熱伝導性)
	CNF17	Level1	基礎研究	素材製造	2016	UNIV NORTHEAST FORESTRY (UYNE-Non-standard)	中国	研究機関	研究機関(大学)	分散液(変性CNF)
	CNF455	Level2	導入実証	素材製造	2014	STORA ENSO OYJ (STOR-Non-standard)	フィンランド	民間企業	素材メーカー	添加剤(製紙時の補強材)
	CNF240	Level1	基礎研究	部材製造	2016	HEFEI SHENZHOU CONSTR GROUP CO LTD (HEFE-Non-standard)	中国	民間企業	その他	塗料(耐熱ラッカー)
	CNF28	Level2	応用研究	部材製造	2016	FUNAN NATURE ARTS & CRAFTS CO LTD (FUNA-Non-standard)	中国	民間企業	n/a	塗料(木質複合抗菌性ナノ繊維水性塗料)
	CNF49	Level2	応用研究	部材製造	2016	NOKクリューバー	日本	民間企業	部材メーカー	コーティング剤
	CNF228	Level1	基礎研究	部材製造	2016	第一工業製薬	日本	民間企業	素材・部材メーカー	コーティング剤
	CNF230	Level1	基礎研究	部材製造	2016	第一工業製薬	日本	民間企業	素材・部材メーカー	コーティング剤
	CNF231	Level1	基礎研究	部材製造	2016	第一工業製薬	日本	民間企業	素材・部材メーカー	コーティング剤
	CNF140	Level2	応用研究	部材製造	2016	第一工業製薬	日本	民間企業	素材・部材メーカー	コーティング剤(塗料、コーティング)
	CNF116	Level1	基礎研究	素材製造	2016	第一工業製薬	日本	民間企業	素材・部材メーカー	コーティング剤(品質保持)
	CNF395	Level2	応用研究	部材製造	2015	日本製紙、九州大学	日本	研究機関	研究機関、素材メーカー	コーティング剤(ガラスへのコーティング)
	CNF57	Level2	応用研究	部材製造	2016	INST CHEM IND FOREST PROD CHINESE ACAD (CLYK-C)	中国	研究機関	研究機関	コーティング剤(ポリウレタン、接着剤)
	CNC69	Level2	応用研究	部材製造	2015	ZHANGJIAGANG CAIDIE NEW MATERIALS CO LTD (ZHAN-Non-standard)	中国	民間企業	部材メーカー	コーティング剤
	CNC70	Level2	応用研究	部材製造	2015	CELLUFORCE INC (CELL-Non-standard)	カナダ	民間企業	素材メーカー	コーティング剤
	CNF549	Level2	応用研究	部材製造	2014	INST POLYTECHNIQUE GRENOBLE (POLY-Non-standard), PAPETERIES DU LEMAN (PAPE-Non-standard)	EU	研究機関	研究機関	コーティング剤(紙へのコーティング)
	CNC19	Level2	応用研究	素材製造	2016	UNIV ZHEJIANG OCEAN (UYZO-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	吸着剤(イオン吸着)
	CNF245	Level1	基礎研究	部材製造	2015	UNIV SICHUAN (USCU-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	吸着剤(水処理)
	CNC78	Level2	応用研究	部材製造	2014	FPINNOVATIONS (FPIN-Non-standard)	カナダ	研究機関	研究機関	接着剤
	CNC86	Level2	応用研究	部材製造	2014	SWETREE TECHNOLOGIES AB (SWET-Non-standard)	スウェーデン	民間企業	素材メーカー	接着剤(架橋剤)
	CNF487	Level2	応用研究	部材製造	2014	日本製紙	日本	民間企業	素材メーカー	接着剤(水系)
	CNF129	Level1	基礎研究	部材製造	2016	GEORGIA-PACIFIC CONSUMER PROD LP (GEOP-C)	米国	民間企業	部材・製品メーカー	接着剤(多層化用)
	CNF461	Level2	応用研究	部材製造	2014	TAICANG TAIBANG ELECTRONIC TECHNOLOGY CO (TAIC-Non-standard)	中国	民間企業	部材メーカー	接着剤(両面粘着テープ)

分野共通のうち、フィルターに関する特許を表 5-64 に示す。

表 5-64 分野共通：フィルターに関する特許

注目	整理番号	Level	開発段階	技術種別	公開年	出願機関	出願人国籍	出願機関分類	出願機関属性	概要
該当なし	CNF373	Level2	応用研究	部材製造	2015	FINETEX ENE INC (FINE-Non-standard)	韓国	民間企業	部材メーカー	フィルター
	CNF374	Level2	応用研究	部材製造	2015	FINETEX ENE INC (FINE-Non-standard)	韓国	民間企業	部材メーカー	フィルター
	CNF375	Level2	応用研究	部材製造	2015	FINETEX ENE INC (FINE-Non-standard)	韓国	民間企業	部材メーカー	フィルター
	CNF376	Level2	応用研究	部材製造	2015	FINETEX ENE INC (FINE-Non-standard)	韓国	民間企業	部材メーカー	フィルター
	CNF379	Level2	応用研究	部材製造	2015	FINETEX ENE INC (FINE-Non-standard)	韓国	民間企業	部材メーカー	フィルター
	CNF380	Level2	応用研究	部材製造	2015	FINETEX ENE INC (FINE-Non-standard)	韓国	民間企業	部材メーカー	フィルター
	CNF381	Level2	応用研究	部材製造	2015	FINETEX ENE INC (FINE-Non-standard)	韓国	民間企業	部材メーカー	フィルター
	CNF385	Level2	応用研究	部材製造	2015	FINETEX ENE INC (FINE-Non-standard)	韓国	民間企業	部材メーカー	フィルター
	CNF151	Level1	基礎研究	部材製造	2016	BEIJING XINYUAN GUONENG TECHNOLOGY CO LT (BEIJ-Non-standard)	中国	民間企業	N/A	フィルター
	CNF87	Level2	応用研究	部材製造	2016	NANTONG CELLULOSE FIBERS CO LTD (CNTA-C)	中国	民間企業	素材メーカー	フィルター
	CNF194	Level2	応用研究	部材製造	2016	SHANGHAI JIESHENG ENVIRONMENTAL PROTECTI (SHAN-Non-standard)	中国	民間企業	部材メーカー	フィルター
	CNF388	Level2	応用研究	部材製造	2015	UNIV GUANGXI SCI & TECHNOLOGY (UYGU-Non-standard)	中国	研究機関	研究機関	フィルター
	CNF369	Level2	応用研究	素材製造	2015	岡山大学	日本	研究機関	研究機関	フィルター
	CNF370	Level2	応用研究	部材製造	2015	CUMMINS FILTRATION IP INC (CUND-C)	米国	民間企業	部材メーカー	フィルター
	CNF222	Level1	基礎研究	部材製造	2016	DONALDSON CO INC (DOND-C)	米国	民間企業	部材メーカー	フィルター
	CNF566	Level2	応用研究	部材製造	2014	東京大学	日本	研究機関	研究機関	フィルター(ガス分離)
	CNF200	Level1	基礎研究	部材製造	2016	日本製紙、九州大学	日本	研究機関	素材メーカー(製紙会社)	フィルター(ガス分離)
	CNF275	Level2	応用研究	部材製造	2015	UNIV MYONGJI IND & ACAD COOP FOUND (UYMY-Non-standard), UNIV MYONGJI IND & ACADEMIA COOP FOUND (UYMY-Non-standard)	韓国	研究機関	研究機関	フィルター(リチウム吸着)
	CNC39	Level2	応用研究	部材製造	2015	UNIV JIANGSU (UYJS-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	フィルター(リン吸着複合材)
	CNF185	Level1	基礎研究	部材製造	2016	UNIV ZHEJIANG SCI TECH (UZST-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	フィルター(活性炭繊維複合)
	CNF313	Level2	応用研究	部材製造	2015	北越紀州製紙	日本	民間企業	素材メーカー	フィルター(機能フィルタ遮音材)
	CNF367	Level2	応用研究	部材製造	2015	FINETEX ENE INC (FINE-Non-standard)	韓国	民間企業	部材メーカー	フィルター(空気・液体分離)
	CNF246	Level2	応用研究	部材製造	2015	CHINESE ACAD SCI YANTAI INST COASTAL ZON (CHSC-Non-standard)	中国	研究機関	研究機関	フィルター(空気清浄、油分離)
	CNF108	Level2	応用研究	部材製造	2016	YANTAI INST COASTAL ZONE RES SUSTAINABLE (YANT-Non-standard)	中国	研究機関	研究機関	フィルター(空気清浄、油分離)
	CNF51	Level2	応用研究	部材製造	2016	UNIV WUHAN TEXTILE (UYWU-Non-standard), DAEYOUNG ULTRASONIC EQUIP SHANGHAI CO (DAEY-Non-standard)	中国	研究機関	研究機関(大学)	フィルター(硬質磁性ナノファイバー複)
	CNF453	Level1	基礎研究	素材製造	2014	UNIV TIANJIN POLYTECHNIC (UYTI-Non-standard)	中国	研究機関	研究機関	フィルター(重金属イオン吸着)
	CNF283	Level2	応用研究	部材製造	2015	UNIV SOUTH CHINA TECHNOLOGY (UYSC-C)	中国	研究機関	研究機関	フィルター(茶留プロセス向け)
	CNF207	Level1	基礎研究	部材製造	2016	UNIV BEIJING CHEM TECHNOLOGY (UYBC-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	フィルター(水処理)
	CNC60	Level1	基礎研究	部材製造	2015	ZHUHAI ZHUJING DEV CO LTD (ZHUH-Non-standard)	中国	民間企業	製品メーカー	フィルター(水処理)
	CNF378	Level1	基礎研究	部材製造	2015	FINETEX ENE INC (FINE-Non-standard)	韓国	民間企業	部材メーカー	フィルター(断熱性の改善)
CNF22	Level2	応用研究	素材製造	2016	UNIV SOOCHOW (USWZ-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	フィルター(透透性)	
CNF552	Level2	応用研究	部材製造	2014	CAS QINGDAO INST BIOMASS ENERGY & BIOPRO (CASQ-Non-standard)	中国	研究機関	研究機関	フィルター(導電性)	
CNF77	Level1	基礎研究	部材製造	2016	UNIV ANHUI POLYTECHNIC (UYAP-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	フィルター(導電性)	
CNF337	Level2	応用研究	部材製造	2015	UCL BUSINESS PLC (UNLO-C) PURIDIFY LTD (PURI-Non-standard)	米国、欧州(英国)	民間企業	部材メーカー	フィルター(分離カートリッジ)	
CNF227	Level2	応用研究	部材製造	2016	MAHLE INT GMBH (MAHL-C)	ドイツ	民間企業	部材メーカー	フィルター(油・燃料からの水分離)	

韓国、中国、日本、米国などから、汎用的な一般的なフィルター、ガス分離や空気清浄など特定の用途を想定したフィルターなど様々な特許が出願されている。

分野共通の特許のうち、注目軸に該当しない、フィルム、その他用途の特許一覧を表 5-65 に示す。

フィルムについては、中国から 5 件、韓国・日本から 1 件出願されている。その他の用途としては、日本から 3D プリンタ材料としての特許が出願されている。

表 5-65 分野共通：フィルム、その他用途に関する特許

注目軸	整理番号	Level	開発段階	技術種類	公開年	出願機関	出願人国籍	出願機関分類	出願機関属性	概要
該当なし	CNF354	Level1	基礎研究	部材製造	2015	GUIZHOU ACAD TESTING & ANALYSIS (GUIZ-Non-standard), GUIZHOU JIEXIN ALLOY TECHNOLOGY DEV CO (GUIZ-Non-standard)	中国	民間企業	部材メーカー	フィルム
	CNC3	Level2	応用研究	部材製造	2016	UNIV YANGZHOU (UYYZ-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	フィルム
	CNF492	Level2	応用研究	素材製造	2014	花王	日本	民間企業	製品メーカー	フィルム
	CNC74	Level2	応用研究	部材製造	2014	UNIV ZHEJIANG SCI TECH (UZST-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	フィルム(ポリカーボネート)
	CNC4	Level2	応用研究	部材製造	2016	UNIV JIANGSU (UYJS-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	フィルム(蛍光)
	CNF543	Level1	基礎研究	部材製造	2014	ZHEJIANG WEIXING IND DEV CO LTD (ZHEJ-Non-standard)	中国	民間企業	部材メーカー	フィルム(静電ナノフィルム)
	CNF278	Level2	応用研究	部材製造	2016	UNIV MYONGJI IND & ACAD COOP FOUND (UYMY-Non-standard)	韓国	研究機関	研究機関	フィルム(複合フィルム)
	CNC30	Level2	応用研究	部材製造	2016	UNIV ZHEJIANG SCI TECH (UZST-C)	中国	研究機関	研究機関(大学)	不織布
	CNF400	Level2	応用研究	部材製造	2014	パナソニック	日本	民間企業	製品メーカー	断熱材(シート)
	CNF352	Level2	応用研究	部材製造	2015	静岡大学、住友ベークライト	日本	研究機関	研究機関、部材メーカー	シート(導電性)
	CNF184	Level2	応用研究	部材製造	2016	花王	日本	民間企業	製品メーカー	その他(3Dプリンタ材料)
	CNF159	Level1	基礎研究	部材製造	2016	キャノン	日本	民間企業	部材メーカー	その他(3Dプリンタ材料)
	CNC43	Level2	応用研究	部材製造	2016	MAANSHAN JIECHUANG PLASTIC TECHNOLOGY CO LTD (MAAN-Non-standard)	中国	民間企業	部材メーカー	その他(シラン処理)
	CNF306	Level2	応用研究	部材製造	2015	XUELONG GROUP HOLDING CO LTD (XUEL-Non-standard)	中国	民間企業	部材メーカー	その他(ファン)
	CNC23	Level2	応用研究	部材製造	2016	SUZHOU SANHE KAITAI YARN WEAVING CO LTD (SUZH-Non-standard)	中国	民間企業	製品メーカー	その他(ポリエステル紡績油剤)
	CNF469	Level2	応用研究	部材製造	2014	ZANG L (ZANG-Individual); HAN J (HANJ-Individual); XU M (XUMM-Individual)	中国	民間企業	N/A	その他(過酸化水素検出センサー)
	CNF80	Level2	応用研究	部材製造	2016	DONGGUAN LIANZHOU INTELLECTUAL PROPERTY (DONG-Non-standard)	中国	民間企業	N/A	その他(細菌性綿布)
	CNF441	Level2	応用研究	部材製造	2014	日本製紙	日本	民間企業	素材メーカー	その他(耐水性積層体)

5.1.5 CNF原材料等の生産状況・生産体制の調査

本節では、日本国内におけるCNF原材料等の生産状況・生産体制の調査結果を整理した。

日本国内のCNF製造プラントを地図上に示したものを図5-84に、一覧を表5-66に示す(2018年3月時点)。



図5-84 CNF製造プラント一覧(地図)

出典: 各者公開情報、ヒアリング結果をもとに作成

表 5-66 CNF 製造プラント一覧表

企業	稼働年/予定	工場	都道府県	生産量	製造方法	NEDO事業補助と想定されるプラント
① 日本製紙	2013年10月	岩国工場	山口県	30t/年	TEMPO酸化方式	○
② 星光PMC	2014年	竜ヶ崎工場	茨城県	24t/年 <small>(理合材)</small>	パルプ直接混練法	○
③ 第一工業製薬	2014年6月	大潟事業所	新潟県	N/A	TEMPO酸化方式	×
④ 中越パルプ	2015年	高岡工場	富山県	10kg/回	その他(ACC法)	×
⑤ 大王製紙	2016年4月	三島工場	愛媛県	100t/年	その他(機械処理)	○
⑥ 日本製紙	2017年	石巻工場	宮城県	500t/年	TEMPO酸化方式	×
⑦ 王子ホールディングス	2017年1月	富岡工場	徳島県	40t/年	その他(リン酸エステル化)	○
⑧ 日本製紙	2017年6月	富士工場	静岡県	10t/年 <small>(理合材)</small>	パルプ直接混練法	×
⑨ 中越パルプ	2017年6月	川内工場	鹿児島県	100t/年	その他(ACC法)	×
⑩ 日本製紙	2017年9月	江津工場	島根県	30t/年	その他(CM化CNF)	×
⑪ 服部商店	2018年予定	淀工場	大阪府	1.2t/年	その他(機械処理)	×
⑫ スギノマシン	(不明)	本社工場	富山県	N/A	その他(ウォータージェット)	×
⑬ モリマシナリー	(不明)	-	岡山県	10kg/時間	その他(機械処理)	×
⑭ ダイセルファインケム	(不明)	網干開発センター	兵庫県	N/A	その他(機械処理)	×
⑮ 草野作工	2016年	本社工場	北海道	N/A	その他(発酵法)	△(経産省)
⑯ 大村塗料	(不明)	本社研究開発室	鳥取県	N/A	その他(マイクロパブル)	×

出典：各者公開情報、ヒアリング結果をもとに作成

2018年3月時点で15か所にてプラントが稼働済みである。残る一か所もテスト稼働を行っている段階であり、来年度には16か所に拡大する予定である。

CNF製造方法については、TEMPO酸化方式によるプラントは日本製紙の岩国工場と石巻工場に加え、第一工業製薬の大潟事業所の計3か所である。パルプ直接混練法によるプラントは星光PMCの竜ヶ崎工場と日本製紙の富士工場の2か所である。その他方式としては機械処理法が4か所と大半を占めている。

なお、上記16か所のプラントのうち、NEDO事業による補助を受けたと想定されるプラントは日本製紙の岩国工場、星光PMCの竜ヶ崎工場、大王製紙の三島工場、王子ホールディングスの富岡工場の計4か所と想定される。

5.2 CNFの早期社会実装に向けた新たな取組が必要な課題の特定等調査

前項までの最新動向調査を踏まえて、CNF早期社会実装に向けた課題とそれへの対応策を検討した。

諸外国との比較の結果と普及戦略、普及における課題、課題への対応策のサマリを図5-85に示す。

調査結果	提言
A 諸外国との比較	<p>政策方針</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 他国がCNF以外にも注目する中で、日本はCNFに特化した開発を進め、市場創出方針も掲げている <p>ルール形成</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 全体としてCNFに関する標準化がされていない状況の中で、日本からTEMPO酸化CNFでISOに提案している <p>注力分野</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 自動車は導入に近い実証・特許数とも多く、建築は特許数が多く、家電は実用に近い実証があり特許数も多い
B 普及戦略検討	<p>CNFの普及に向けて、自動車・建築・家電を中心に標準化・実証を進め、リサイクルも含めプロセス全体でのCO2削減・経済合理化を図るべき</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 標準化：計測とキャラクター化にTEMPO酸化以外(二軸混練)のCNFについて標準化に向けた支援を検討、環境・健康・安全に関しCNF形状別に環境省が支援を検討、材料規格に関し中国による粗悪品の標準化を避けるため日本としての標準化の方向性を検討 ■ 実証：自動車は優位を伸ばせるよう実機試作を推進、建築は断熱材・構造部材以外に適用可能な特許を持つ企業を巻き込みつつ実証事業を実施、家電はエレクトロニクス分野との統合を図り複数企業を巻き込んだ用途開発を実施、その他分野は特許数が増加している中国等の海外機関の詳細情報を把握し、実証事業に反映 ■ 社会的意義の観点からプロセス全体を対象としたLCAの取組の重要性を発信
C 戦略における課題	<p>戦略を進める上での課題は、“企業の参画を促す上位政策の検討”“標準化戦略”“省庁間の取組連携”“サプライチェーンの構築”“CNF素材の確保”などが考えられる</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 政治：セキュア・エコミ等上位政策の検討、ナ/セルロスフォーラムとの調整、他省庁の研究開発結果の活用について討議が不十分 ■ 経済：知財の取決不備、コストの不明瞭さが意思決定を阻害 ■ 社会：標準化内容が難しすぎると普及につながらない ■ 技術：標準化内容が詳細すぎると技術漏洩となる、中間材メーカーが不在、CNF複合材の入手が困難
D 課題への対応策	<p>課題に対して、標準化の方向性討議、事業結果の共有、将来製造価格の精緻化、標準化内容の検討、官民連携での製品原料提供、といった対応策が考えられる</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 政治：国内での標準化の方向性討議、セキュア・エコミ等の上位政策の検討、省庁間の事業結果の共有 ■ 経済：将来製造価格の精緻化、知財を含めた役割分担の明確化 ■ 社会・技術：普及につながり、技術漏洩しづらい標準化内容の検討 ■ 技術：CNF複合材提供に対する官民連携の在り方検討、プロジェクト開始前の体制構築方法の検討

図5-85 CNF最新動向調査結果サマリ

諸外国との比較の結果、政策方針、ルール形成の視点から日本に優位性があると想定され、注力分野としては実証事業の件数や技術熟度、特許件数を鑑み、自動車・建築・家電分野で優位を発揮していることが分かった。

普及戦略の方針としては、それら優位性を強化する観点からリサイクルまでを含めたプロセス全体でのCO₂削減と、経済合理化を図るべきと想定される。

そして、普及戦略を推進するにあたっては、企業の参画を促す上位政策の検討、標準化戦略、省庁間の取組み検討、サプライチェーンの構築、CNF素材の確保が課題であると考えられる。

それら普及に向けての課題への対応策としては、標準化の方向性討議、事業結果の省庁間での共有、将来製造価格の精緻化、標準化内容の検討、官民連携での製品原料提供といった方策が想定される。

以下にて、諸外国との比較(A)、普及戦略(B)、戦略における課題(C)、課題へ対応策(D)について、各々詳述する。

5.2.1 諸外国との比較

諸外国との比較の結果を整理した。

諸外国との比較の結果得られた、日本の優位性評価結果を図 5-86 に示す。

○・・・優位性が高い
△・・・優位性が中程度
×・・・優位性が低い

A	優位性を図る指標	日本の優位性評価			
		自動車	建築	家電	その他
	政策方針	■ 他国がナノ素材やCNFに対して技術開発を進める方針を掲げている中で、日本は CNFの技術開発を進めることで2030年に1兆円規模の市場創出を方針 として掲げていることから、 CNFに対する優位性は高い			
	ルール形成	■ WG2(計測とキャラクタリゼーション)において、全体としてCNFに関する標準化がされていない状況の中で、日本から TEMPO酸化CNFでTSIに提案 していることから、 CNFに対する優位性は高い ■ WG1(用語・命名法), WG3(環境・健康・安全), WG4(材料規格), WG5(製品)においては、全体としてCNFに関する標準化がされておらず、 日本からも提案がされていない ことから、 CNFに対する優位性は低い			
	実証事業数	■ 他国が部材製造の実用段階や素材開発の初期普及段階までしか実証が多い中で、日本は 製品製造の導入実証段階までの実証が2件、製品製造の実用段階までの実証が4件 進んでいることから、 CNFに対する優位性は高い	■ 他国が製品製造の導入実証段階までの実証が1件、素材製造～製品製造の実用段階までの実証が3件進んでいる中で、日本は 製品製造の実用段階までの実証が1件 しか進んでいないことから、 CNFに対する優位性は一定レベルに留まる	■ 他国は家電に対する実証を実施していない中で、日本は 製品製造の実用段階まで実証が進んでいる ことから、 CNFに対する優位性は高い	■ 日本はLevel3(パイオニアであり、技術優位性がある領域)まで到達している実証がない ことから、 CNFに対する優位性は低い
	技術力				
	特許数	■ Level2(パイオニアにとって、今後コンペティターになりうる領域)において、特許数が 他国は4件以下 であることに対して、 日本の特許件数は31件 あることから、 CNFに対する優位性は高い	■ Level2(パイオニアにとって、今後コンペティターになりうる領域)において、特許数が 他国は10件以下 であることに対して、 日本の特許件数は18件 あることから、 CNFに対する優位性は高い	■ Level2(パイオニアにとって、今後コンペティターになりうる領域)において、特許数が 他国は1件以下 であることに対して、 日本の特許件数は12件 あることから、 CNFに対する優位性は高い	■ Level2(パイオニアにとって、今後コンペティターになりうる領域)において、特許数が 他国は54件 あることに対して、 日本の特許件数は21件 しかないことから、 CNFに対する優位性は低い

図 5-86 日本の優位性評価結果

政策方針（体制・コミットメント）、ルール形成（ISO）、技術力（特に、自動車・建築・家電分野）の視点を踏まえ判断したところ、総合的に日本は優位な状況であることが分かった。

政策方針としては、他国がCNF以外のナノ素材にも注力する中で、CNFに特化した方針を持っている点、技術開発を進めることで2030年に1兆円規模の市場を創出するとのロードマップを掲げている点から、CNFに対する優位性は高いと考えられる。

ルール形成としては、全体としてCNFに関する標準化がなされていない状況の中で、日本からTEMPO酸化CNFについてISOに提案をしていることから、CNFに対する優位性は高いと考えられる。

技術力については、実証事業数と特許数から優位性を判断した。実証事業については、自動車、家電分野について、実証事業数が多く、かつその内容がより製品製造の導入実証等商用化に近い点ため、同分野において特に優位性が高いと考えられる。特許数については、パイオニアにとって今後コンペティターになりうる領域において、自動車、建築、家電分野における日本特許数が多いことから、優位性が高いと考えられる。

5.2.2 普及戦略

本項では前項の諸外国との比較を踏まえた、普及戦略を検討した。

日本が今後注力すべき領域とその実現に向けた普及戦略について図 5-87 に示す。

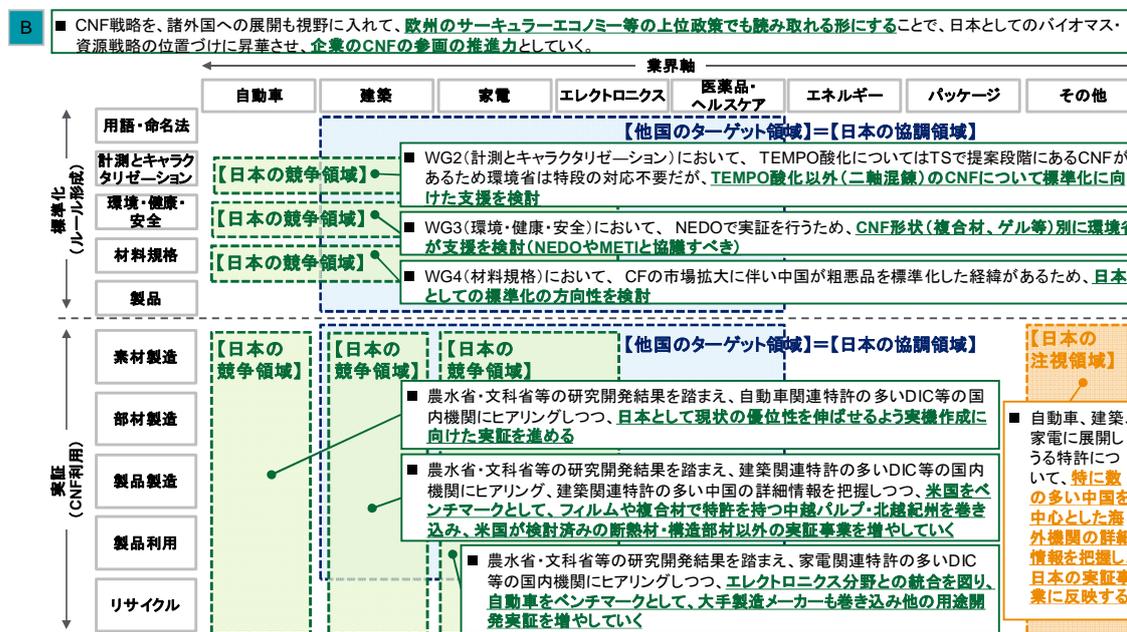


図 5-87 CNF普及戦略

CNFの普及に向けては、自動車・建築・家電を中心に標準化・実証を進め、リサイクルも含めプロセス全体でのCO₂削減、経済合理化を図るべきと考えられる。

後段の標準化、実証に関する取り組みを進めるにあたって、その前提として、CNF戦略を欧州のサーキュラーエコノミー等の上位政策でも読み取れる形にすることで、日本としてのバイオマス・資源戦略の位置づけに昇華させ、企業の参画を促す際の推進力としていくことが必要である。

標準化の視点からは、計測とキャラクタリゼーションのWG2についてはTEMPO酸化以外(二軸混練)のCNFについて標準化に向けた支援を検討すること、環境・健康・安全のWG3については複合材やゲル等CNF形状別に、NEDOや経済産業省と協議しつつ、環境省が支援を検討すること、材料規格のWG4については粗悪品が標準化の基準とならぬよう、日本としての標準化の方向性を検討することが必要と考えられる。

CNF利用に関する実証の視点からは、日本の競争領域である自動車・建築・家電自動車分野については各々以下のような戦略が考えられる。自動車分野については、日本として現状の優位性を伸ばせるよう実機作成に向けた実証を進めること、建築分野については米国をベンチマークとして、フィルムや複合材で特許を持つ中越パルプ・北越紀州を巻き込み、米国が検討済みの断熱材・構造部材以外の実証事業を増やしていくことが考えられる。また、家電分野についてはエレクトロニクス分野との統合を図り、自動車をベンチマークとして、

大手製造メーカーも巻き込み他の用途開発実証を増やしていくことが考えられる。一方、日本の注視領域であるその他分野については、日本に優位性がある自動車・建築・家電に展開しうる特許について、特に数の多い中国を中心とした海外機関の詳細情報を把握し、日本の実証事業に反映する必要がある。

5.2.3 普及の課題

本項では普及戦略を進める上での課題を整理した。

上記戦略を進めていく上での課題を表 5-67 に示す。

表 5-67 普及に向けた課題

C	ルール形成				CNF利用			
	WG2	WG3	WG4	自動車	建築	家電	その他	
戦略	■CNF戦略を、諸外国への展開も視野に入れて、 欧州のサーキュラーエコノミー等の上位政策でも競み取れる形に することで、日本としてのバイオマス・資源戦略の位置づけに昇華させ、 企業のCNFの参画の推進力 としていく。 ■TEMPO酸化以外(二軸温積)のCNFについて標準化に向けた支援を検討 ■CNF形状(複合材、ゲル等)別に環境省が支援を検討(NEDOやMETIと協議すべき) ■日本としての標準化の方向性を検討 ■農水省・文科省等の研究開発結果を踏まえ、自動車関連特許の多いDIC等の国内機関にヒアリングしつつ、 日本として現状の優位性を維持する形で実証を進める ■農水省・文科省等の研究開発結果を踏まえ、建築関連特許の多いDIC等の国内機関にヒアリング、建築関連特許の多い中国機関の詳細情報を把握しつつ、 米国をベンチマークとして、フィルムや複合材で特許を持つ中越パルプ・北越紀州を巻き込み、米国が検討済みの断熱材・構造部材以外の実証事業を増やしていく ■農水省・文科省等の研究開発結果を踏まえ、家電関連特許の多いDIC等の国内機関にヒアリングしつつ、 エレクトロニクス分野との統合を図り、自動車をベンチマークとして、大手製造メーカーも巻き込み他の用途開発実証を増やしていく ■自動車、建築、家電に展開しうる特許について、 特に数多い中国を中心とした海外機関の詳細情報を把握し、日本の実証事業に反映する							
課題	Politics (政治)	・ナノセルロースフォーラムの新たな標準化提案は行わない意向と整合を図る必要がある	・同左	・同左	・農水省・文科省等の研究開発結果の活用について討議する必要がある	・同左	・同左	・n/a
	Economy (経済)	・n/a	・n/a	・n/a	・知財の取決が事前になされていないことが多い	・将来の製造価格が明確にならない中で参加への意思決定をできない可能性がある ・知財の取決が事前になされていないことが多い	・同左	・n/a
	Society (社会)	・公開・標準化内容が難しいと普及につながらない可能性がある	・n/a	・公開・標準化内容が難しいと普及につながらない可能性がある	・n/a	・n/a	・n/a	・n/a
	Technology (技術)	・公開・標準化内容が詳細すぎると技術漏洩する可能性がある	・n/a	・公開・標準化内容が詳細すぎると技術漏洩する可能性がある	・CNF複合材(製品原料)が手に入らない ・中間材メーカーが不在	・同左	・同左	・n/a

普及戦略にて提示した戦略を進める上での課題としては、「企業の参画を促す上位政策の検討」、「標準化戦略」、「省庁間の取組連携」、「サプライチェーンの構築」、「CNF素材の確保」などが考えられる。それらは、政治、経済、社会、技術の視点から検討し、各々導出している。

政治の視点からは、ナノセルロースフォーラムの標準化に関する意向との整合を図る必要があり、また、農水省・文科省等の研究開発結果の活用について討議する必要がある。

経済の視点からは、知財の取り決めが事前になされていない事例があること、CNFの将来価格が不明瞭な中で見通しが立てられず、参画への意思決定ができない可能性があることが課題である。

社会の視点からは、標準化内容が難しいと普及につながらない可能性があることが課題である。

技術の視点からは、標準化内容が詳細すぎると技術漏洩となる可能性があることから普及に向けた取り組みとのバランスが重要である。また、CNF複合材が入手しづらい現状があること、中間材メーカーが不在であることが課題である。

5.2.4 課題の対応策

本項では、前項で導出した課題の対応策を検討した。

課題の対応策一覧を図 5-88 に示す。

D	主な課題	課題への対応策
Politics (政治)	<p>WG2 WG3 WG4</p> <ul style="list-style-type: none"> ナノセルローズフォーラムの新たな標準化提案は行わない意向と整合を図る必要がある <p>自動車 建築 家電</p> <ul style="list-style-type: none"> 農水省・文科省等の研究開発結果の活用について討議する必要がある 	<ul style="list-style-type: none"> ナノテクノロジー標準化国内審議委員会との標準化の方向性討議 <ul style="list-style-type: none"> CNF標準化の方向性討議の実施、等 サーキュラーエコノミー等上位政策の検討 <ul style="list-style-type: none"> 省庁連絡会議での事業結果の共有 農水省、文科省等の技術開発を踏まえた環境省での実証事業化、等
Economy (経済)	<p>建築 家電</p> <ul style="list-style-type: none"> 将来の製造価格が明確にならない中で参加への意思決定をできない可能性がある <p>自動車 建築 家電</p> <ul style="list-style-type: none"> 知財の取決が事前になされていないことが多い 	<ul style="list-style-type: none"> 製造価格の現状値並びに将来製造価格の精緻化 <ul style="list-style-type: none"> CNFの価格調査(国内外ヒアリング)の実施、等 知財を含めた役割分担を明確化 <ul style="list-style-type: none"> 知財の帰属先を定める等、知財に関する同意を義務化
Society (社会)	<p>WG2 WG4</p> <ul style="list-style-type: none"> 公開・標準化内容が難しいと普及につながらない可能性がある 	<ul style="list-style-type: none"> 普及につながらず、技術漏洩をしにくくする標準化内容の検討 <ul style="list-style-type: none"> CNF標準化の戦略事業の実施、等
Technology (技術)	<p>WG2 WG4</p> <ul style="list-style-type: none"> 公開・標準化内容が詳細すぎると技術漏洩する可能性がある <p>自動車 建築 家電</p> <ul style="list-style-type: none"> CNF複合材(製品原料)が手に入らない <p>自動車 建築 家電</p> <ul style="list-style-type: none"> 中間材メーカーが不在 	<ul style="list-style-type: none"> 普及につながらず、技術漏洩をしにくくする標準化内容の検討 <ul style="list-style-type: none"> CNF標準化の戦略事業の実施、等 CNF複合材(製品原料)提供に対する官民連携での在り方の検討 <ul style="list-style-type: none"> 公開特許を活用したサンプル提供事業の実施、 プロジェクト開始前の体制構築方法の検討 <ul style="list-style-type: none"> 結果の活用に対して興味を持っているパートナー企業/組織を集める、 中間材メーカーの巻き込み 等

図 5-88 課題への対応策

政治、経済、社会、技術各々の視点から導出した課題に対して、対応策を検討した。

政治の視点からは、標準化の方向性討議とサーキュラーエコノミー等上位政策の検討、省庁連絡会議での事業結果の共有が考えられる。

経済の視点からは製造価格の現状値並びに将来製造価格の精緻化、知財を含めた役割分担の明確化が考えられる。

社会の視点、技術の視点双方に関わる対応策として、普及につながらず、かつ技術漏洩をしにくくする標準化内容の検討が考えられる。

最後に、技術の視点からは、CNF複合材(製品原料)提供に関連して官民連携でのあり方検討、プロジェクト開始前の体制構築方法の検討、といった対応策が考えられる。

第6章 平成30年度以降のCNF事業の推進のあり方の検討

本業務では、環境省が設定した2030年（平成42年）の実現目標達成に向けてCNF関連事業終了後に必要な支援を検討するため、環境省によるCNF関連事業全体の評価および共通的な事業課題の抽出・整理を行った。また、その結果を踏まえて、環境省CNF事業全体ロードマップを作成し、平成32年度以降のCNF事業の推進のあり方の検討を行った。

本章では、これらの内容と、環境省CNF関連事業の広報活動について概説する。

6.1 環境省事業（CNF関連事業の集合体）としての評価

環境省のCNF関連事業全体について、4.2.2（1）～（4）にて整理した環境省各モデル事業に関する現状調査結果を参照した上で、定量的・定性的な評価軸について検討し、環境省CNF関連事業の集合体としての評価を試みた。評価軸を表6-1に、評価結果（まとめ）を表6-2に示す。

表6-1 環境省事業（CNF関連事業の集合体）の評価軸

評価軸	項目	具体的内容	単位
達成度	事業目標	事業目標の達成見込み事業数	%
	事業化・普及の見込み	事業化・普及にあたっての課題	-
CO ₂ 削減効果	製品の普及によるCO ₂ 排出削減効果	製品までのCO ₂ 排出削減量（2020年）	t-CO ₂
		製品までのCO ₂ 排出削減量（2030年）	t-CO ₂
技術熟度	4.2.2（4）より	技術熟度の評価結果	-
費用対効果	4.2.2	CO ₂ 排出削減1t-CO ₂ あたりの費用	円

表6-2 環境省事業（CNF関連事業の集合体）の評価結果（まとめ）

評価軸	項目	達成度（達成見込み）	結果
達成度	事業目標	事業目標達成見込み率	100%
	事業化・普及の見込み	材料性能の向上には寄与し、材料としての事業化・普及の見込みは立っているが、自社にて製品化できない事業者は事業化が課題となっている。	-
CO ₂ 削減効果	製品までのCO ₂ 排出削減量（2020年）	LCAガイドラインの認知度が低く、CO ₂ 削減効果の算出の前提が事業によって異なるため、比較が難しい	-
	製品までのCO ₂ 排出削減量（2030年）		
技術熟度	4.2.2（4）より	現時点でのTRLは1～3と、事業終了時想定のTRL4には及ばなかった*。	-
費用対効果	4.2.2	CO ₂ 削減効果の算出の前提が事業によって異なるため、比較が難しい	-

* 守秘義務の観点から回答時に根拠を示すことが難しいため、TRLレベルが低くなるケースがある

6.2 共通的な事業課題の抽出・整理

4.2.1において行ったCNF関連事業の現状把握結果を参照したうえで、6.1環境省事業としての評価及び6.3.2にて後述する全体ロードマップ作成作業にて把握した内容から、各事業における共通的な課題について抽出・整理を行い、解決策・改善策について検討した結果を表6-3に示す。

表6-3 各事業の共通的な課題と解決策・改善策

分類	共通的な課題	要因・ポイント	解決策・改善策
材料	CNFサンプル入手が困難	サンプル提供のマッチング不足	<ul style="list-style-type: none"> ・NCFなどでの情報交換 ・材料の標準化
	CNF材料の安定的確保(安定的な原料供給)	生産量・拠点数の不足 不安定な品質、製法・手法の多様化	<ul style="list-style-type: none"> ・技術組合の設立 ・品質の安定化 ・製法の標準化
コスト	低コスト化	CNF製造のスケールが小さい CNF製造プロセスにかかるエネルギーが高い	<ul style="list-style-type: none"> ・量産化、高効率化 ・省エネルギー製造プロセスの開発
標準化	標準化	命名法、計測、安全性の規格がなく、定義づけから困難	<ul style="list-style-type: none"> ・国内/国際標準化 ・業界団体の設立
	検証・評価手法の確立	標準化された評価手法がない	<ul style="list-style-type: none"> ・各部材の性能実証
	安全性評価がされていない	標準化された評価手法がない	<ul style="list-style-type: none"> ・安全性評価手法の開発(→NEDOプロジェクト)
	作業安全性の検証	安全性評価が遅れている	<ul style="list-style-type: none"> ・安全性情報の共有
基盤技術	実証設備の不足	委託事業では新規設備投資はできない	<ul style="list-style-type: none"> ・補助金の活用
サプライチェーン	材料製造の事業化の目処は立っているが、CNFを使用した製品化の目処が立たない	川上と川下の連携が不十分	<ul style="list-style-type: none"> ・製品開発者との共同用途開発 ・CNFらしさの明確化・広報
技術開発	成形技術・発泡技術	用途に応じた材料の標準化・多様化ができていない	<ul style="list-style-type: none"> ・事業者マッチング、共同研究 ・研究開発実証 ・製品開発者との共同開発
	耐火性・耐燃性(建築基準法等)の検証 耐熱性・耐候性(長期信頼性)の検証	成形技術が確立していないために遅れている	<ul style="list-style-type: none"> ・NCFなどによる共通試験の実施、データ共有
LCA	ガイドライン(案)に沿った算定がされていない	ガイドライン(案)の認知度が低い	<ul style="list-style-type: none"> ・事業者に対するガイドラインの周知 ・算定・評価方法に関する講習会の実施
	LCCO ₂ のより一層の低減	リサイクル性について不明点が多い	<ul style="list-style-type: none"> ・リサイクル性に関する調査
広報	CNFの認知度向上(国民レベル)	具体的な実用例が必要	<ul style="list-style-type: none"> ・環境省関連イベント・資料による広報(BtoC) ・CNFサプライヤーによる広報
	CNFの認知度向上(市場への製品供給者)	多様な展開例を提示 SDGs、ESG投資に寄与	<ul style="list-style-type: none"> ・展示会等による広報(BtoB) ・CNFサプライヤーによる広報

6.3 平成30年度以降のCNF事業の推進のあり方の検討

「平成30年度以降のCNF事業の推進のあり方」(以下「あり方」)の検討にあたっては、以下に示す目的、対象期間、対象分野、留意点を設定した。

- 目的：環境省の設定した2020年(平成32年)及び2030年(平成42年)における実現目標達成の確度向上
- 対象期間：モデル事業計画開始(平成26年度)～現在(平成29年度)～第一目標(平成32年)～第二目標(平成42年度)
※環境省事業は平成31年度で終了
- 対象分野：環境省モデル事業で実施している自動車分野、家電分野、住宅建材分野
- 留意点：
 - ・ 平成29年度事業が終了する頃から民間主体へ円滑な移行を図ること。
 - ・ 平成32年度以降は民間が主体的に推進する体制とする。ただし、民間主体の体制を支援するための環境省の役割も合わせて検討する。

6.3.1 平成30年度以降のCNF事業の推進のあり方の検討

(1) 課題の整理

「あり方」を検討するにあたって、環境省CNF関連事業の効果の最大化のための課題のうち、「情報共有・連携」、「多様な主体の多様な取組に対する支援」に焦点を当て、表6-4に整理した。

その結果、特に「情報共有・連携」の共通的な改善手段として、情報管理を行うために参加者を限った「クローズドな情報交流会」や多くの参加者を集めた「イベント」、情報共有、オープンイノベーションのための「情報プラットフォーム」が挙げられた。

表6-4 事業効果最大化のために必要な支援の整理

課題	課題の詳細	制限要因	改善手段	改善策(案)
情報共有・連携	・情報収集・共有 (国内外に広く)	・情報源が少ないと効果が薄い	・情報プラットフォーム、オープンイノベーション	実証者同士が参画した場における連携・交流⇒「場」が担う部分
	・共通課題の共有 (主にモデル事業関連)	・情報流出の可能性	・クローズドな技術交流会	
	・開発者間の技術情報交換 (モチベーションの維持)	・機密性が高く、技術情報が交換できない	・クローズドな技術交流会・サンプル配布	
	・事業機会の創出 (BtoBのマッチング)	・参加者の母数が少ないと効果がない	・魅力あるイベントの実施	
・ある程度の情報が共有されないと効果がない		・クローズドな技術交流会 ・コーディネーターを介したマッチング		
多様な主体の多様な取組に対する支援	・サプライチェーンの段階別の課題	・シーズ側とニーズ側で異なる価値観 ・限られた予算	・サプライチェーンの段階別の柔軟な支援	・イノベーションアドバイザーの選任 ・時間をかけた案件形成
	・企業の取組に対するモチベーション維持	・経営判断、経済状況に左右される	・CNFの効果的な広報 ・グローバルな取組であることをアピール	・ESG投資・SDGsの取組としての呼びかけ ・環境省によるCNFマークの設定

(2) 情報共有・連携のための「場づくり」

民間事業者による早期社会実装を支援するために必要な支援として、「情報交流会」「情報プラットフォーム」「イベント」といった、情報共有・連携のための「場」を設置することが考えられる。CNF事業はすでに社会実装に近いステージであることから、CNFに関連する事業者は、多くの情報が欲しい一方で技術開発に係る情報に非常に慎重になっており、「場」づくりにあたっては情報管理に注意が必要である。また、CNF製造に係るLCA評価（手法含む）や、具体的なCNF活用製品によるCO₂削減効果についての情報開示に関する要望も多い。

CNFに関する研究開発連携を目的として、「ナノセルロースフォーラム」（事務局：産業技術総合研究所によるコンソーシアム）が2014年6月に設立されており、2018年3月現在、7つの分科会を設置して活動している。CNF事業者の多くが会員となっており、情報共有・連携を進めるにあたって重要なプラットフォームとなっている。

環境省事業から民間主体へ円滑な移行を図るための「あり方」のひとつとして、ナノセルロースフォーラムを活用した、情報共有・連携のための「場づくり」を提案する。基本的な方針と今後必要なステップを以下に示す。

<基本的な方針>

- ・ 環境省が設定した2030年（平成42年）の実現目標を念頭に置き、その推進力となる主体の参画及び連携に繋げる「場づくり」を環境省主導でつくっていく。
- ・ 「場づくり」の土台は、「モデル事業受託者」のみならず、モデル事業受託者以外の参画も図り、社会実装を加速化させるためモデル事業から徐々に自立させる（ただし、情報管理には配慮が必要）。
- ・ ナノセルロースフォーラムでの技術セミナー等の発信力のある場を介して、LCAやCO₂削減効果の事例紹介を通じた事業者間のコミュニケーション促進を図る。
- ・ 環境省HP等でLCAガイドラインや各種成果報告書等を閲覧できるよう整備する。

(3) 受託者意見交換会の方向性

受託者意見交換会について、①受託者への配慮、②参加対象の拡大、③有益な情報提供、④参加者同士の連携・交流促進の視点から方向性を検討した。方向性（案）を表 6-4 に示す。

表 6-4 次年度の受託者意見交換会の方向性（案）

項目	方向性（案）
①受託者への配慮	<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>受託者に、出せる範囲で情報を出してもらう。どこまでの情報を出せるかは受託者の判断に委ねる。</u> (※今年度は、環境省側が必要な情報を引き出した側面が強い)
②参加対象の拡大	<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>ナノセルロースフォーラムの全会員に呼びかける??</u>
③有益な情報提供	<ul style="list-style-type: none"> ・ 参加者にとってメリットのある情報を提供することが大原則。 ・ ただし、環境省事業のため「<u>低炭素化</u>」「<u>社会実装</u>」という視点は<u>ブレない</u>ことが重要。 <p><提供情報の例></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ <u>LCA 算定に関連する具体的な方法・アドバイス</u> ・ 「<u>CNF を用い、低炭素な製品を作る</u>」ことの企業側メリットの<u>明確化（差別化・付加価値化の視点）</u> ・ 国内外の最新動向や、特許情報など（過年度調査結果等） ・ CNF の物性情報（過年度調査結果などを活用）
④参加者同士の連携・交流促進	<ul style="list-style-type: none"> ・ 参加者に、企業名、担当者の連絡先、CNF に関する取組概要及びアピールポイント等の情報を事前に提供してもらい、全員に共有する。 ・ <u>環境省が間に入り、コーディネート</u>することも可能とする。 ・ <u>ナノセルロースフォーラムで分科会を主管している学識経験者（齋藤先生など）に参加</u>してもらい、交流を促してもらう。

表 6-5 ナノセルロースフォーラムの分科会一覧（参考：平成 30 年 3 月現在）

分科会名称	分科会の概要	分科会長	参加主体
知財・標準化戦略分科会	<ul style="list-style-type: none"> ・ナノセルロースに関する知財・標準化戦略の検討・立案・とりまとめ ・個別対応は、以下の①及び②のタスクチームが実施 	江藤 学 (一橋大学)	※不明
知財戦略タスクチーム	<ul style="list-style-type: none"> ・ナノセルロースに関する特許情報に基づく技術動向の把握 ・ナノセルロースに関する知財戦略の考え方の整理 ・ナノセルロースフォーラム会員の知財に関する認識向上 	-	製紙メーカー、産総研、京都大学、一橋大学、公設試など
国際標準化タスクチーム	<ul style="list-style-type: none"> ・TC6（紙、板紙、パルプ）と TC229（ナノテクノロジー）のナノセルロース関係のエキスパートが参加する「エキスパート連絡会議」をナノセルロースフォーラム内に設置し、情報共有するとともに、意見集約の方法・手順・役割分担を協議 ※特性評価・測定分科会と連携 	-	経済産業省が指名した法人会員 12 社と産総研
リスク評価検討分科会	<ul style="list-style-type: none"> ・事業者から入手したリスク評価に関する情報を分析し、ナノセルロースのリスク評価に関する基本方針案を立案、適宜情報提供を行う ・国際標準化タスクチームから独立させたものの 	磯貝 明 (東京大学)	「国際標準化タスクチーム」加盟 12 社のうち、7 社（製紙、化学）をコアとし、会員企業から募集
特性評価・測定分科会	セルロースナノファイバー等の国際標準化の流れを踏まえ、国際標準化に係る特性評価項目とその測定方法について、広く検討	齋藤 継之 (東京大学)	東京大学、産総研、製紙メーカー、化学メーカー、工作機械メーカー、技術サービス会社、
人材育成分科会	ナノセルロースの研究開発、実用化に貢献する人材を育成するため、さまざまな情報、機会の提供を行う。	磯貝 明 (東京大学)	※不明
地域分科会	<ul style="list-style-type: none"> ・地域におけるナノセルロース関連セミナー・見学会の合同開催 ・公設試等の研究者を対象としたナノセルロースの技術研修会の開催 ・中小企業の新規事業補助制度等を活用したナノセルロース関連産業の事業化支援 ・地域におけるナノセルロース関連産業、公設試における取組情報の全国レベルでの共有化 	北川 和男 (京都市産業技術研究所)	経済産業省、環境省、各経済産業局、自治体、公設研

(出典) ナノセルロースフォーラムHP等の情報を元に作成

6.3.2 環境省CNF関連事業の全体ロードマップの策定

(1) ロードマップ策定の目的

「あり方」検討の目的に対し、現在実施中の国の施策および現在実施中の環境省事業の実施計画と進捗状況を時間軸上の1枚のマップ上にプロットすることで、環境省事業の実現目標に対する共通認識の醸成、民間事業者間での協働体制構築、環境省の役割の明確化を行う。

(2) 全体ロードマップ策定の手順

全体ロードマップは以下の手順で作成した。なお、横軸はモデル事業の計画を開始した平成26年度から、2030年(平成42年度)目標までの時間軸、縦軸は推進主体、原材料調達・製造使用・廃棄リサイクルといった各サプライチェーンの段階及びCNF社会実装の上で重要な要素(広報、標準化、共通技術等)として整理した。

- 1) 各モデル事業の実施状況から、環境省が設定した2020年度の実現目標達成に向けた計画と課題を整理した。
- 2) 2030年度実現目標に向けて必要なスケジュール、マイルストーン、CNF社会実装の上で重要な要素について共通マップ上にプロットした。
- 3) 「平成30年度以降のCNF事業の推進のあり方」を検討し、全体ロードマップとして整理した。
- 4) 全体ロードマップは事業検証委員会、環境省との協議にて、ブラッシュアップを図った。見直し案を表6-6に示す。
- 5) 環境省にて実施しているCNFモデル事業の3分野(自動車、家電、住宅建材)の中で、特に検討が進んでいる自動車分野については、別途ロードマップの作成を検討した。成した。自動車分野のロードマップでは、CNF社会実装に向けてブレークスルーが必要なポイントについて分析した。自動車分野版のロードマップ(仮)を表6-7に示す。

表 6-6 CNFによる低炭素社会構築ロードマップ（見直し案）

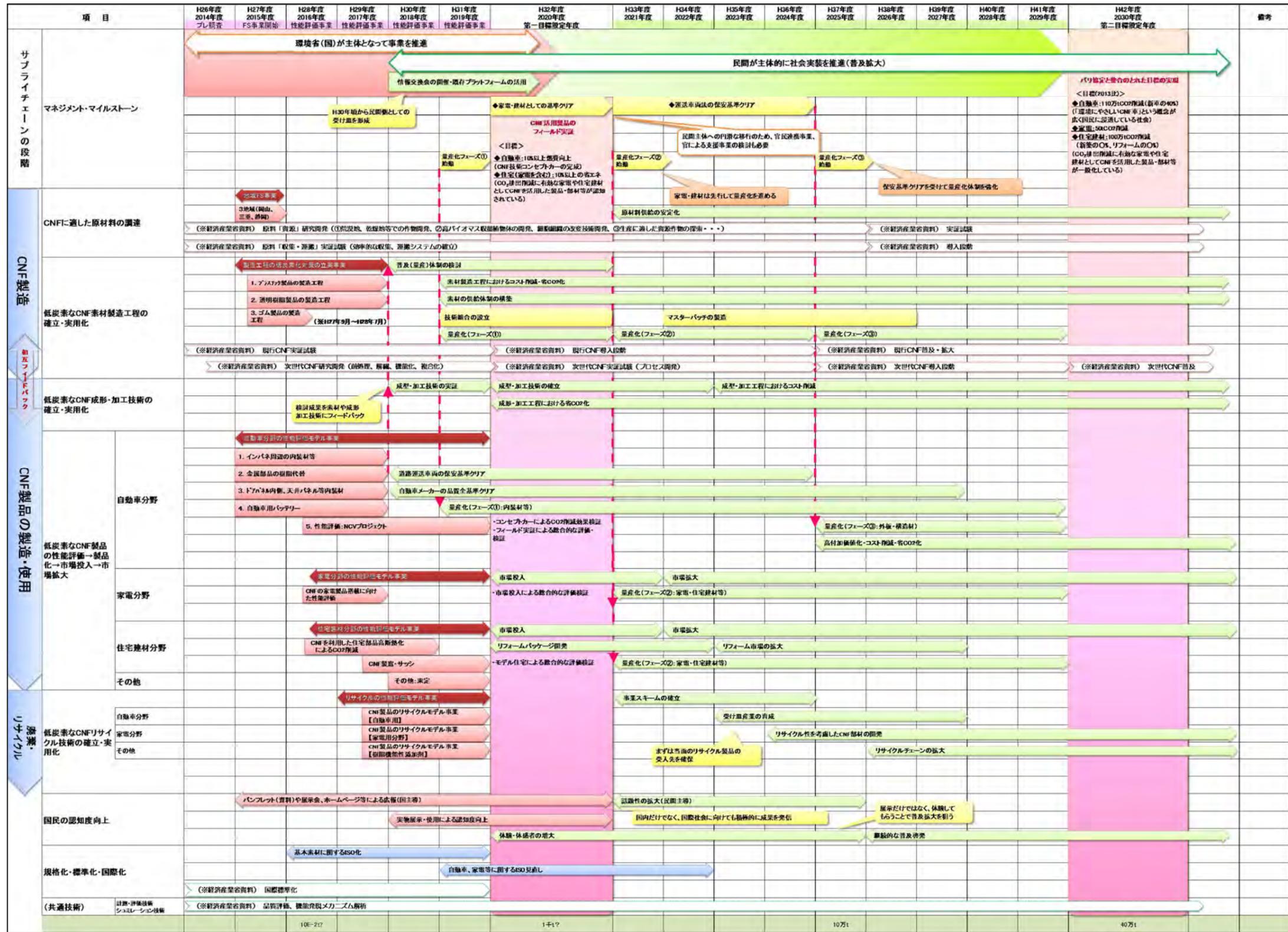
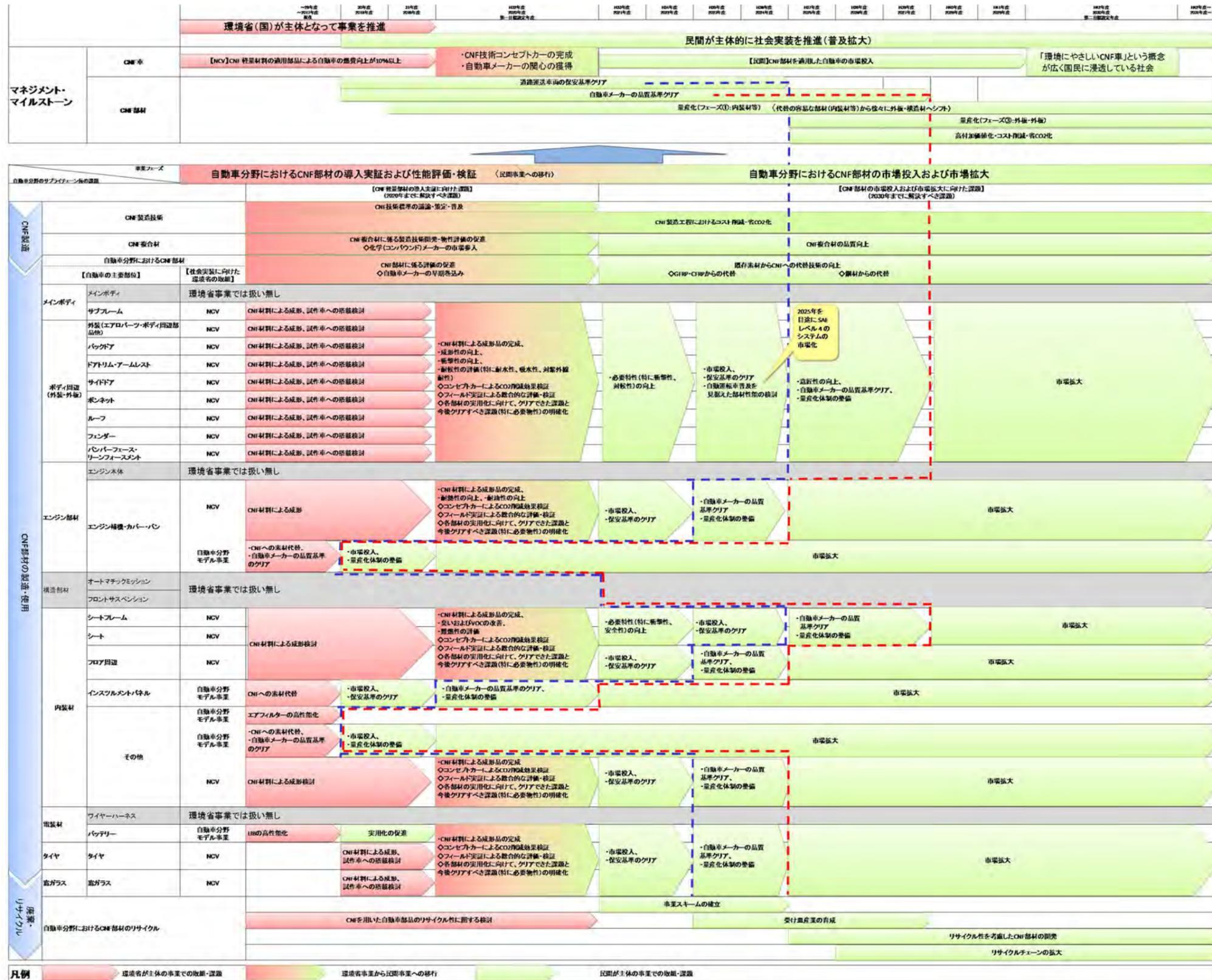


表 6-7 CNFによる低炭素社会構築ロードマップ（自動車分野版・仮）



6.4 効果的な広報の実施

CNFの有用性を広く社会に認知・啓発することを目的に、CNFの基本的特性とこれまでの環境省事業の成果等について、展示会等で広報を行った。また、広報資料を作成し、展示会会場等で配布した。

6.4.1 広報計画の策定

CNFの有用性を広く社会に認知・啓発することを目的に広報計画を策定した(表6-8)。

広報計画の策定にあたっては、対象を一般消費者向けの基本的なCNFの認知度向上と実際にCNF材料を使用する事業者に向けた具体的な用途提案とした。

表 6-8 広報計画

目的	対象	広報計画/広報資料作成
基本的なCNFの認知度向上	一般消費者	<ul style="list-style-type: none">一般消費者が多く集まる場におけるイベント開催基本的なCNFとCNFの用途に関する説明展示一般向け広報資料の作成、配布
具体的な用途提案	部品・製品メーカー等の素材ユーザー(事業者)	<ul style="list-style-type: none">素材ユーザーの多く集まる場におけるイベント開催環境省が実施したモデル事業に関する成果の発表事業者向け広報資料の作成、配布

6.4.2 一般消費者を対象とした広報活動

(1) 展示会・イベントの選定

一般消費者を対象とした広報活動の場として、環境省が主催する環境イベントであり、環境に関心の高い層が多く訪れる「エコライフ・フェア」を選定した。今年度開催された「エコライフ・フェア 2017」の概要を表 6-9 に示す。

表 6-9 エコライフ・フェア 2017 の概要

項目	概要
名称	エコライフ・フェア 2017
テーマ	パリ協定発効！ キミの「賢い選択」が地球の未来を切り拓く！！
イベント概要	毎年6月の環境月間に全国各地で展開される様々な行事の中の主たる行事の一つとして、平成2年以来、環境省、関係地方公共団体、関連法人、団体、企業、NGO等が連携し、環境保全全般にわたる普及啓発活動を実施。近年は、環境の日（6月5日）前後の土曜日、日曜日の2日間、東京・渋谷の代々木公園ケヤキ並木・イベント広場を会場に開催している。
開催期日	平成29年6月3日（土） 11：00～17：00 平成29年6月4日（日） 10：00～17：00
会場・出展場所	代々木公園 ケヤキ並木（NHKホール前）/イベント広場
主催	環境省
共催	渋谷区
協力	エコ・ファースト推進協議会、グリーン購入ネットワーク、京王電鉄(株)、東京都生活協同組合連合会、日本生活協同組合連合会、日本チェーンストア協会、日本百貨店協会、東日本旅客鉄道(株)
後援	復興庁、文部科学省、農林水産省、経済産業省、国土交通省、観光庁、（一社）地球温暖化防止全国ネット、（一社）日本新聞協会、（一社）日本民間放送連盟、渋谷区教育委員会、東京都
参加団体数	企業団体（23団体）、NGO・NPO（14団体）、エコ・フードコート（9団体）、復興支援マルシェ（4団体）、エコマルシェ（2団体）、ワークショップ（7団体）、環境省（14団体）、その他（7団体） 合計（80団体）
来場者数	6月3日（土） 13,210人 6月4日（日） 27,386人 合計 40,596人

(2) 出展概要

エコライフ・フェア 2017 への出展概要を表 6-10 に示す。出展にあたっては環境省モデル事業受託者より、説明パネル、展示サンプル、映像提供等の協力を得た。出展状況を表 6-11 に示す。

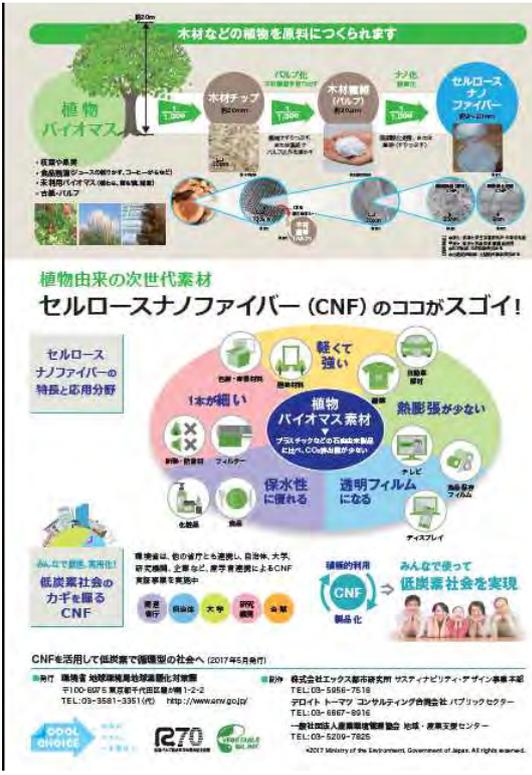
表 6-10 エコライフ・フェア 2017 への出展概要

項目	概要
名称	エコライフ・フェア 2017
ブース名	植物由来の新素材 セルロースナノファイバー展
出展場所	代々木公園イベント広場 エコビレッジ (ブース番号: G-7)
出展小間	企業出展【Aパターン】1小間 25.92m ² (ロイヤルテント 間口 7.2m×奥行 3.6m)
出展目的	エコライフ・フェアには、環境に関心の高い層の来場が期待され、小中高大学生を含め比較的若年層が多く訪れるイベントとなっている。将来を担う次世代の環境教育の側面を含めた一般市民への訴求の場として優れた土壌を有することから、出展を通じて、そのような層へのCNFの普及・啓発を促すことを目的とする。
ターゲット層	来場者のうち、10代～30代が半数を占めているため、ターゲットは親子連れ、中高大学生とする。
展示方針	一般消費者のCNF認知度向上 <ul style="list-style-type: none"> ・ CNFとは何か: CNFの強みをサンプルで体験 ・ 日本に豊富な原料: 現物展示 ・ CNFによる新しい技術の紹介: タペストリー、ポスター等の展示 ・ 子どもへの啓発: クイズ、うちわ、サンプル体験
展示物	《タペストリー》 <ul style="list-style-type: none"> ・ CNF紹介タペストリー① (1m×3.4m) 「CNFを用いた低炭素で循環型の社会の実現」 ・ CNF紹介タペストリー② (1m×2.5m) 「CNFの原料は木材などの植物バイオマス」 ・ CNF紹介タペストリー③ (1m×2.5m) 「セルロースナノファイバーの特徴と応用分野」 《サンプル展示》 <ul style="list-style-type: none"> ・ CNF原料 (木材チップ、竹チップ、パルプ) ・ 企業・研究機関紹介コーナー 北越紀州製紙 (株)、産業技術総合研究所、第一工業製薬 (株)、三菱鉛筆 (株) 京都市産業技術研究所、利昌工業 (株)、昭和丸筒 (株) 《映像紹介》※協力: 京都大学矢野研究室 「未来を拓くナノファイバー」「溶けないソフトクリーム」 《CNFクイズ》 ○×形式のクイズを3問作成、全問正解者に賞品を進呈
広報資料	<ul style="list-style-type: none"> ・ うちわ (CNF添加WPC軸を使用し、CNFの特徴と応用分野を説明) 1,000部 ・ A4サイズチラシ (タペストリーの内容を反映) 1,500部
説明員の配置	6月3日 (土): 産環協3名、EX2名、学生アルバイト4名、産総研2名 6月4日 (日): 産環協3名、EX2名、学生アルバイト4名、産総研2名

表 6-11 エコライフ・フェア 2017 出展状況 (1/2)

	
<p>当日の様子 (6/3)</p>	<p>当日の様子 (6/4)</p>
	
<p>左側面：タペストリー①</p>	<p>正面左：タペストリー②、材料展示</p>
	
<p>正面右中央：タペストリー②、映像紹介</p>	<p>正面左：CNFの材料サンプル（京都大学提供）</p>

表 6-11 エコライフ・フェア 2017 出展状況 (2/2)

 <p>広報資料：うちわ</p>	 <p>クイズ商品：CNF配合ゲルインキボールペン</p>
 <p>広報資料：A4 チラシ (表)</p>	 <p>広報資料：A4 チラシ (裏)</p>

(3) 出展の成果

開催した2日とも天候に恵まれ、延べ4万人の来場があった。主な成果を以下に示す。

- ・ これまでCNFを一般向けに説明するコンテンツは少なかったが、本展への出展を通じて一般消費者がCNFに興味を持つきっかけを提供することができた。
- ・ モデル事業者他、関係機関の協力を得て、非常に充実したCNFのサンプル展示をすることができ、多くの来場者にCNFを手にとって体感していただくことができた。
- ・ 1日目に環境副大臣が来場し、サンプル展示も手にとっていただきながらご視察いただき、事業の内容をアピールすることができた。
- ・ メディアの取材が数社入り、環境省事業の内容を広く発信することができた。

6.4.3 事業者を対象とした広報活動

(1) 展示会・イベントの選定

部品・製品メーカー等の素材ユーザーを対象とした広報活動の場として、日本経済新聞社・産業環境管理協会が共催する日本最大の環境イベントであり、アジアを代表する環境とエネルギーの総合展示会である「エコプロ～環境とエネルギーの未来展」を選定した。今年度開催された「エコプロ 2017」の概要を表 6-12 に示す。

表 6-12 エコプロ 2017 の概要

項目	概要
名称	エコプロ 2017～環境とエネルギーの未来展 [第 19 回]
イベント概要	毎年 6 月の環境月間に全国各地で展開される様々な行事の中の主たる行事の一つとして、平成 2 年以来、環境省、関係地方公共団体、関連法人、団体、企業、NGO 等が連携し、環境保全全般にわたる普及啓発活動を実施。近年は、環境の日（6 月 5 日）前後の土曜日、日曜日の 2 日間、東京・渋谷の代々木公園ケヤキ並木・イベント広場を会場に開催している。
開催期日	2017 年 12 月 7 日(木)～9 日(土) 10:00～17:00
会場	東京ビッグサイト [東ホール]
主催	(一社) 産業環境管理協会、日本経済新聞社
後援	内閣府、外務省、経済産業省、環境省、文部科学省、国土交通省、農林水産省、厚生労働省、消費者庁、(一社) 日本経済団体連合会、(公社) 経済同友会、日本商工会議所、東京商工会議所、(国研) 新エネルギー・産業技術総合開発機構、日本貿易振興機構(ジェトロ)、東京都、埼玉県、神奈川県、千葉県、埼玉県教育委員会、神奈川県教育委員会、千葉県教育委員会 [順不同] 委員会、東京都
協力	(公社) 日本消費生活アドバイザー・コンサルタント・相談員協会、グリーン購入ネットワーク、(公財) 日本環境協会、全国連合小学校長会、日本私立小学校連合会、全日本中学校長会、全国高等学校長協会、全国国立大学附属学校連盟、全国小中学校環境教育研究会、私立大学環境保全協議会、(公社) 全国工業高等学校長協会、全国商業高等学校長協会、全国農業高等学校長協会、(公財) 日本適合性認定協会、(一社) 情報通信技術委員会、グローバル・コンパクト・ネットワーク・ジャパン [順不同]
参加団体数	616 社・団体 / 1,414 小間 [2016 年出展実績: 705 社・団体 / 1,527 小間]
来場者数	160,091 人 [2016 年度来場実績: 167,093 人]

(2) 出展概要

エコプロ 2017 への出展概要を表 6-13、展示物の一部を表 6-14、出展状況を表 6-15 に示す。

表 6-13 エコプロ 2017 への出展概要

項目	概要案
イベント名	エコプロ 2017～環境とエネルギーの未来展
ブース名	環境省 セルロースナノファイバーの社会実装に向けた取組
出展場所	東京ビッグサイト 東4ホール (小間番号：4-048)
出展小間	第2回ナノセルロース展に隣接した2小間 (3m×6m)
出展目的	エコプロ展は日本で最大規模の環境とエネルギーの総合展示会であり、幅広い業界の関係者と環境に関心の高い一般の来場者双方の来場が見込める貴重な場である。環境省関連事業におけるCNFの取組状況及びCNFの良さをパネル展示やサンプル展示を通じて広くアピールすることを目的とする。
ターゲット層	CNFに関心のあるビジネスパーソン
展示方針	CNFに関心のある事業者に対し、環境省CNF関連事業のアピール
展示物	<p>《LEDパネル (A0 サイズ)》※エコライフ・フェアにて作成のものを改変</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 「CNFを活用して低炭素で循環型の社会へ」 ・ 「CNFの製造プロセス」 <p>《A1 パネル》：計10枚</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 「CNFの社会実装に向けた環境省の取組」 (1枚) ・ 「地域におけるCNF用途開発FS委託業務」 (1枚) ・ 「CNF製品製造工程の低炭素化対策の実証事業」 (2枚) ・ 「CNF活用製品の性能評価モデル事業」 (6枚) <p>《サンプル展示》</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ トクラス・静岡大コンソーシアム (断熱材、自動車用部品) ・ 愛媛大学 (CNFフィルム) ・ 九州大学コンソーシアム (中越パルプ：CNF粉末、懸濁液)
広報資料	・ 「CNFの社会実装に向けた環境省の取組」A3二つ折りリーフレット2,000部
説明員の配置	モデル事業受託者 (静岡大青木氏、トクラス大峠氏、静岡大院生各日1名)、受託者 (産環協3名、EX1名、DTC1名)

表 6-14 エコプロ 2017 展示物の一部 (LED パネル)

セルロースナノファイバー
CNF を活用して **低炭素で循環型の社会へ**

環境省
Ministry of the Environment

CNFの特徴

- 木材など、植物を原料とする新素材
- 植物から取れるセルロース（パルプなど）を化学的・機械的処理により数〜数十ナノメートルに微細化したナノ繊維
- 軽くて強い（鋼鉄の1/5の軽さで5倍の強度）
- 大きな比表面積（250m²/g以上）
- 熱変形が少ない（ガラスの1/50程度）

CNFでCO₂排出量を削減し地球温暖化対策を推進

原料調達
CNFの原料は、国内に豊富にあるカーボンニュートラルな森林や植物バイオマス
*原料の生産や加工にCO₂を発生してもセルロースを多く含むため、最終的には地球上でCO₂を削減できる

製造
軽量、高強度、低熱膨張というCNFの特性を生かし、様々な製品を製造
「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」を実施中

利用
CO₂排出量の少ないCNF製品を多く利用するほど、日本のCO₂排出量削減に貢献
CNF製品による自動車部品などの軽量化により、化石燃料使用量の削減
「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」にて評価中

リサイクル
CNFはガラス繊維と異なり、リサイクルの可能性が高い
「セルロースナノファイバーのリサイクルモデル事業の推進計画等の策定委託業務」にて検討中

LED パネル (左側) A0 サイズ

CNF 植物由来の次世代素材
セルロースナノファイバーの製造プロセス

環境省
Ministry of the Environment

植物バイオマス (約20m)

1,000 → **木材チップ** (約20mm) → **パルプ化** (1,000) → **パルプ** (幅 約30μm) → **ナノ化** (1,000) → **セルロースナノファイバー** (幅 約3~20nm)

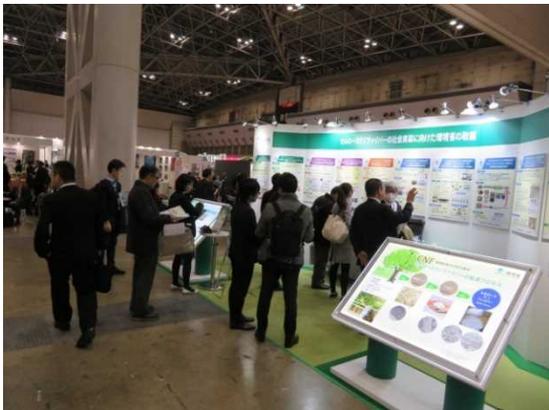
- ・ 枝葉や果実
- ・ 食品残渣 (ジュースの絞りかす、コーヒーがらなど)
- ・ 未利用バイオマス (稲わら、落ち葉、雑草)
- ・ 古紙・パルプ

① 日本製紙 © 日本製紙
 ② 北越製紙 © 北越製紙
 ③ 京大 © 京大
 ④ 機械紡織 CNF © 京大
 ⑤ TEMPO酸化 CNF © 京大

© 京大 京都大学全学共同研究 先端研究棟
 © 京大 京都大学理学部 資源学教授
 © 日本製紙 日本製紙株式会社
 © 北越製紙 北越製紙株式会社

LED パネル (右側) A0 サイズ

表 6-15 エコプロ 2017 出展状況

 <p>展示ブース</p>	 <p>LED パネルとサンプル展示</p>
 <p>説明の様子</p>	 <p>ブースの様子 (12/8)</p>

(3) 出展の成果

ブースが「第2回ナノセルローズ展」に面し、環境省モデル事業の一つである NCV プロジェクトに隣接して配置されたこともあり、非常に高い注目を受けた。主な成果を以下に示す。

- ・ 様々な業種の来場者が訪れ、環境省事業への関心の高さが感じられた。ナノセルローズ展にて環境省による講演があったことも大きく影響したと思われる。作成した広報資料は3日目の15時頃配布を終了した。
- ・ 環境副大臣、環境政務官が視察され、高い関心を集めている環境省事業についてサンプルを手にとっていただきながら説明を聞いて頂くことができた。
- ・ モデル事業受託者によりサンプルの展示と説明員の派遣をしていただいた。来場者には、ブースの内にて実物を手に取って十分な説明を聞いて頂くことができた。

第7章 本年度業務のまとめと課題の整理

本章では、本年度の業務を総括するとともに、課題と対応方針案を提示する。

7.1 本年度業務のまとめ（主な成果）

（1）CNFのリサイクルモデル事業の推進計画の策定

推進計画の策定にあたり、2020年及び2030年のCNFリサイクルの実現目標（案）、CNFリサイクルの具体的な評価項目・評価方法を設定し、CNF製品のリサイクルによるCO₂削減効果の評価方法及びCO₂削減量の推計を行った。また、CNFリサイクルにおける技術的・経済的・社会的・法的課題を抽出し、リサイクルプロセス別・実証ニーズ別に対応策をまとめた。これらの結果を基に、CNFリサイクル事業の普及促進方策を検討し、CNFリサイクルに関する新規モデル事業の具体案を提案するとともに、モデル事業の費用対効果及び事業実現性の評価を行い、モデル事業の推進計画を策定した。

これらの成果を基に環境省では、「平成29年度セルロースナノファイバーリサイクルの性能評価等事業委託業務」の公募を行い、平成29年12月リサイクルモデル事業が3件採択され、スタートした。

（2）CNF活用製品の開発・商用化状況調査

環境省が実施しているモデル事業（計8事業）について、報告書や提案書等の文献から基本的な情報を整理した上で、各モデル事業者へのアンケート及びヒアリング調査を行い、「各事業の実施計画等に対する達成状況」、「CO₂削減効果（検証方法含む）」、「技術熟度」の評価を行った。

「各事業の実施計画等に対する達成状況」の評価から、全ての事業者について、事業の進捗・達成見込み、各課題、評価項目には特段問題がないことが確認された。一方、実現目標については特に環境省が設定した実現目標について、全ての事業者が十分に理解していない状況であることが把握された。この結果を踏まえ、実現目標の周知や情報共有のあり方などを中心に、課題及び改善策を整理した。

「CO₂削減効果（検証方法含む）」の評価から、「マネジメント」、「ガイドラインとの不整合」、「データ収集」に関連する共通的な課題が把握された。この結果を踏まえ、資本財評価に関する検討・提案、簡易算定手法に関する検討・提案、CNFの提供データに関する検討を行った。

「技術熟度」は、技術熟度評価制度（TRA）に基づいて評価を行った。その結果、技術熟度が事業終了時想定「TRL4」レベルに達している事業者が、調査時点で存在しない状況が把握された。この結果を踏まえ、「TRL4」段階及び「TRL6（フィールド実証フェーズ）」段階に到達するための改善案を提示した。

(3) CNF最新動向調査

国内外の政策・プロジェクト動向、標準化動向、特許動向、CNF原材料等の生産状況・生産体制など、国内外の最新動向について、文献や関係者へのヒアリングから整理した。政策・プロジェクト動向については海外（欧州）ヒアリング調査を実施した。

また、これらの調査結果を踏まえ、CNF早期社会実装に向けた課題と対応策を検討した。普及に向けての課題への対応策として、標準化の方向性討議、事業結果の省庁間での共有、将来製造価格の精緻化、標準化内容の検討、官民連携による製品原料提供等の方策を提示した。

(4) 平成30年度以降のCNF事業の推進のあり方の検討

上記(2)の結果を基に、環境省CNF事業全体としての評価を行い、共通的な課題を抽出・整理し、解決策・改善策を提示した。

その上で、平成30年度以降のCNF事業の推進のあり方として、情報共有・連携のため場づくりの方向性を検討するとともに、環境省CNF関連事業のロードマップを策定した（ロードマップは平成29年6月にたたき台を、同12月に中間案を、平成30年3月に見直し案を策定した）。

情報共有・連携のため場づくりについては、環境省事業から民間主体へ円滑な移行を図っていくことを想定した、受託者意見交換会の方向性、ナノセルロースフォーラムなど既存プラットフォームへの情報共有・連携の方向性を提案した。

環境省CNF関連事業のロードマップ策定については、2030年目標までを想定した全体ロードマップの他、自動車分野に特化したロードマップを策定した。

また、広報として、平成29年6月に開催された「エコライフフェア2017」及び同12月に開催された「エコプロ2017」に出展し、パネル等の展示等を通じて広く周知を行った。これらの広報に際しては、環境省CNF事業のパンフレット及びチラシ、及びCNF素材を用いた団扇などを作成し、活用した。

7.2 今後の課題と対応方針案

(1) 各モデル事業の確実な工程管理

今年度、開発・商用化状況調査を実施した結果、環境省が設定した実現目標の共有、LCAガイドラインなどの共有が十分でないこと、各事業の進捗状況・技術熟度・LCAなど評価を行う上で、各事業者の情報管理がネックとなり、評価するのに十分な情報が得られなかったことなどの課題が把握された。また、LCAについては、事業者の知識不足といった問題だけでなく、環境省モデル事業全体の中で効果を横並びで比較するためにも、適切なベースライン情報やそれを踏まえた評価方法の検討及び提供が必要であることが分かった。

今年度の結果を踏まえると、情報管理には課題が残るが、モデル事業受託者に適切な情報提供や周知を行うことで、工程管理の確実性を高めることが可能と考えられる。

今年度スタートしたりサイクルモデル事業も含め、各モデル事業受託者に対し、事業の早期・途中段階で、これまでの環境省事業の成果を適宜共有・理解させ、環境省が設定した実現目標達成に繋がるよう、誘導していくことや、LCA等の適切な効果検証ができるように、引き続き支援していく必要がある。

(2) 情報共有・連携のための実践的な「場づくり」

環境省が設定した2030年（平成42年）の実現目標を念頭に置き、「低炭素・社会実装」の推進力となる主体の参画及び連携を促進していく必要がある。このため、今年度検討した「場づくり」について、環境省事業の成果を活用しつつ、より多くの主体にとって有益な情報提供を行い、着実に進めていく必要がある。

また、CNF原料のサプライヤーは増え、安定供給が図られる基盤が整いつつあるが、中間メーカーの参画が少なく、サプライチェーンの構築には課題が残る。このため、川上から川下まで、CNFに関わる多様な主体の参画・連携、特に中間材メーカーの参画が望まれる。情報共有・連携のための「場づくり」を実効性・持続性の高いものとするためには、場をつくるだけでなく、こうした主体の参画・連携を促進させる取組を併せて検討していくことも一案である。

(3) 日本の優位性を確保する戦略検討のための国内外の動向把握

国内外の最新動向調査の結果、諸外国に対する日本のポジションや、優位性を確認できた一方で、脅威となる欧州や中国の動きについて、より詳細に確認するとともに、広がりつつある民間の参画をより推進する体制と取組、広報を検討する必要があることがわかった。

また、特許に関する調査等を中心に諸外国の動向調査を引き続き行い、日本の優位性を確保する戦略検討に繋げることが求められる。

(4) 効果的・継続的な広報

CNFという名前の認知度は高まってきており、エコライフフェア・エコプロ展での広報を行う中で、関心を持つ企業や市民が増えていることが把握された。一方、CNFが低炭素化に寄与する効果などがイメージできる状況とはなっていない。結果として、エンドユーザーが、CNFの価値をイメージできない状況のままでは、企業が具体の素材・製品を開発・上市する動機にも繋がっていかない。

そのため、引き続きCNFの特性や付加価値等をステークホルダーに広く周知し、商品開発・上市意欲を向上させる必要がある。

(5) 産官学の連携によるCNFロードマップの策定

本業務で、2030年目標までを想定した環境省CNF関連事業の全体ロードマップ及び自動車分野に特化したロードマップを策定したが、あくまでも環境省事業として策定したものである。ロードマップが実効性の高いものとなるためには、環境省事業に関連する主体だけでなく、他省庁や関連企業、研究者など、CNFに関わる多様な主体による議論を深めていくことが必要である。

巻末資料1

「エコライフ・フェア 2017」及び「エコプロ 2017」の展示パネル

(1) エコライフ・フェア 2017 の展示パネル

特性がいっぱい 応用範囲も多様な 未来の素材

[セルロースナノファイバーの特長と応用分野]

植物 バイオマス素材
プラスチックなどの石油由来製品に比べ、CO₂排出量が少ない

軽くて強い
包装・容器材料、建築材料、繊維、自動車部材

1本が細かい
断熱・防音材、フィルター

熱膨張が少ない
テレビ、食品保存フィルム

保水性に優れる
化粧品、食品

透明フィルムになる
ディスプレイ

みんなで推進、多利用化!
低炭素社会のカギを握る CNF

環境省は、他の省庁とも連携し、自治体、大学、研究機関、企業など、産学官連携によるCNF実証事業を実施中

CNFの社会実装に向けた環境省の取組

- CNF素材で自動車を軽量化! ナノセルロース・ピーグル・プロジェクト
CNF素材を利用することにより、自動車の10%程度の軽量化を目標
- 建材やバッテリーにも拡大中
CNF活用製品の性能評価事業
- 製造工程も低炭素に!
CNF製品製造工程の低炭素化対策の立案事業

CNF製品の積極的利用

利用する CNF → 製品化 → みんなで使って 低炭素社会を実現

リンゴ
リンゴ

イネ
イネ

ネズミ
ネズミ

どうやって つくるの?
飲料は木材をはじめとした植物

植物 バイオマス

約20m

植物由来の次世代素材 セルロースナノファイバー(CNF)の スゴイ!

ココが

1/1,000 木材チップ (約20mm) → 1/1,000 木材繊維 (パルプ) (約50μm) → 1/1,000 ナノ化 (微細化) セルロース ナノファイバー (約2-20nm)

パルプ化 木材繊維を取り出す
ナノ化 微細化

機械ですりつぶす、または薬品でパルプ以外を溶かす
表面酸化処理、または漂白 (すりつぶす)

枝葉や果実 (りんご、ぶどう、みかん、みも、みかん、みかん)
食品残渣 (小麦、とうもろこし、そば、そば、そば)
未利用バイオマス (木くず、紙くず、紙くず)
古紙・パルプ

大きさの領域: 1m, 1mm, 1μm, nm

CNFを用いた低炭素で循環型の社会の実現

CNF (セルロースナノファイバー) とは?

- 木材など、植物を原料とする新素材
- 植物から取れるセルロース (パルプなど) を化学的・機械的処理により数〜数十ナノメートルに微細化したナノ繊維
- 軽くて強い (繊維の1/5の軽さで5倍の強度)
- 大きな比表面積 (250m²/g以上)
- 熱膨張が少ない (ガラスの1/50程度)

原料調達

CNFの原料は、国内に豊富にあるカーボニュートラルな森林や植物バイオマス

CNFを産業や生活に活かすことで 三酸化炭素(CO₂)排出量を削減し 地球温暖化対策を推進

リサイクル

CNFはガラス繊維と異なり、リサイクルの可能性が高い
CNFのリサイクル性も評価検証中

製造

軽量、高強度、低熱膨張というCNFの特性を生かし、様々な製品を製造
CNF製造工程の低炭素化対策も評価検証中

利用

- CO₂排出量の少ないCNF製品を多く利用すれば、日本のCO₂排出量を削減に貢献
- CNF製品による自動車部品などの軽量化により、化石燃料使用量の削減

CNF活用製品の性能評価事業を実施中

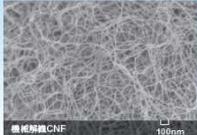
(2) エコプロ 2017 の展示パネル

環境省
Ministry of the Environment

セルロースナノファイバー CNF を活用して 低炭素で循環型の社会へ

CNFの特徴

- 木材など、植物を原料とする新素材
- 植物から取れるセルロース（パルプなど）を化学的・機械的処理により数～数十ナノメートルに微細化したナノ繊維
- 軽くて強い（鋼鉄の1/5の軽さで5倍の強度）
- 大きな比表面積（250m²/g以上）
- 熱変形が少ない（ガラスの1/50程度）



写真条件：
京都大学生存圏研究所 矢野研究室

CNFでCO₂排出量を削減し地球温暖化対策を推進

原料調達

CNFの原料は、国内に豊富にあるカーボンニュートラルな森林や植物バイオマス

※植物は成長中のCO₂を吸収してセルロースを作り出すため、植物材料は地球上のCO₂を増加させない。

製造

軽量、高強度、低熱膨張というCNFの特性を生かし、様々な製品を製造

「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」を実施中

利用

CO₂排出量の少ないCNF製品を多く利用するほど、日本のCO₂排出量削減に貢献

CNF製品による自動車部品などの軽量化により、化石燃料使用量の削減

「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」にて評価中

自動車
(内装材や外板など)

家電
(送風ファンなど)

住宅・建材
(窓枠・断熱材など)

リサイクル

CNFはガラス繊維と異なり、リサイクルの可能性が高い

「セルロースナノファイバーのリサイクルモデル事業の推進計画等の策定委託業務」にて検討中

業務・産業機械
(空調プレードなど)

再生可能エネルギー
(風車のプレードなど)

環境省
Ministry of the Environment

CNF 植物由来の次世代素材 セルロースナノファイバーの製造プロセス

植物バイオマス

- ・ 枝葉や果実
- ・ 食品残渣 (ジュースの絞りかす、コーヒーがらなど)
- ・ 未利用バイオマス (稲わら、落ち葉、雑草)
- ・ 古紙・パルプ

約20m

1/1,000 → **木材チップ** (約20mm) → 1/1,000 → **パルプ** (幅約30μm) → 1/1,000 → **セルロースナノファイバー** (幅約3~20nm)

製造プロセス

パルプ化 → ナノ化



20mm

© 日本製紙



© 北越製紙製紙



© 京大



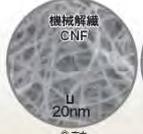
100μm

© 京大



20μm

© 京大



20nm

© 京大



3nm

© 京大

©京大：京都大学生存圏研究所 矢野研究室
 ©京大：東京大学農学部 青藤昌教授
 ©日本製紙：日本製紙株式会社
 ©北越製紙製紙：北越製紙製紙株式会社



環境省の事業の内容

セルロースナノファイバーの 社会実装にむけた環境省の取組

環境政策における位置づけ



大幅なCO₂の削減

自動車部材、発電機、家電製品等の軽量化により燃費・効率が改善
→地球温暖化対策への多大なる貢献が期待できる。



リサイクル技術の確立

普及した場合、リサイクル時(自動車・家電等)の技術的課題の検討が必要。



循環型社会の実現

森林資源の活用による循環型社会の実現への貢献が期待できる。



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

様々な製品等の基礎となる素材にまで立ち回り、自動車部材、発電機、家電製品等の軽量化や燃費・効率改善による地球温暖化対策への多大なる貢献が期待できるCNF等の次世代素材について、メーカ等と連携し以下の取組等を実施しています。

[平成27~28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

[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

- 1) 静岡県エリア: 静岡大学、
- 2) 三重県エリア: 三重県産業支援センター、
- 3) 岡山県エリア: 岡山県

[平成27~29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
(自動車関連最終製品の製造工程)

- 1) プラスチック製品の製造工程: パナソニック株式会社
- 2) 透明樹脂製品の製造工程: 愛媛大学紙産業イノベーションセンター
- 3) ゴム製品の製造工程: 大王製紙株式会社 (28年7月完了)

[平成27~31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

- 1) インパネ周辺の内装材: トクラス株式会社 (平成27~29年度)
- 2) 自動車用金属部品の樹脂代替: トヨタ車体株式会社 (平成27~29年度)
- 3) ドアパネルの内側や天井パネルとなる内装材: 九州大学大学院 (平成27~29年度)
- 4) 自動車用バッテリー: 第一工業製薬株式会社 (平成27~29年度)
- 5) NCVプロジェクト: 京都大学 (平成28~31年度)
- 6) 家電用断熱材、構造部材: パナソニック株式会社 (平成28~29年度)
- 7) COOL RUNプロジェクト: 静岡大学 (平成28~30年度)
- 8) 住宅用サッシ、窓ガラス: 株式会社日建ハウジングシステム (平成29~31年度)



[平成29年度] セルロースナノファイバーのリサイクルモデル事業の推進計画等の策定委託業務

国家戦略、産官学の連携の動き

平成26年6月1日: 「ナノセルロースフォーラム」設立。
ナノセルロースの研究開発、事業化、標準化を加速するための、オールジャパン体制での産学官のコンソーシアム。

平成26年8月1日: 「ナノセルロース推進関係省庁連絡会議」、環境省(地球環境局)により創設。定期的に開催中。

平成29年6月9日: 「未来投資戦略2017」(中略)セルロースナノファイバーやリグニン等について、国際標準化や製品化等に向けた研究開発を進める。

上流

↑

↓

下流

関係省庁	主な役割分担
農林水産省	農林業や食品産業からの国産セルロース原料の供給
文部科学省	セルロースナノファイバーに関する基礎研究
経済産業省	セルロースナノファイバーの製造(技術の研究開発等)
環境省	地球温暖化対策に資する分野への具体的な展開

※国土交通省(オプジーバーとして参加)

環境省



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

原料調達～廃棄までの一貫した地域モデルの 提案及び事業性評価

目的

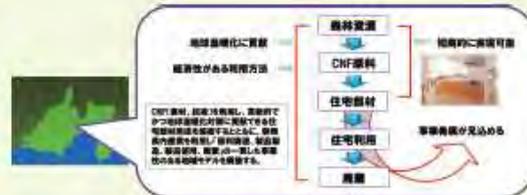
地球温暖化対策に特に貢献が期待できる、短期的に実現可能なCNFの用途開発分野を特定し、その事業性評価の実施、及び「原料調達、製品製造、製品使用、廃棄」の一貫した実現性の高い地域モデルの提案を目的とし、以下の3モデル地域にて事業を実施した。

モデル地域

静岡県
エリア

静岡大学、トクラス株式会社
県内産業を利用した「原料～製品製造・仕稼・廃棄」の地域モデルの構築

- CNFで機能化したウッドプラスチックをキッチン部材に利用検討



三重県
エリア

三重県産業支援センター、
三重県工業研究所
林産、海産等の地域資源のCNF活用と地域内企業連携モデル

- TEMPO酸化CNF (TOCN) を用いた高度部材用途をターゲットに用途開発
- 木質系、農業残さ系、草本系、海草系バイオマスの利用検討



岡山県
エリア

岡山県
CNF製造から部品製造まで県内産業で一貫して行う地域モデル

- 「おかやまグリーンバイオ・プロジェクト」(平成16年度より)の一環としてCNFの用途開発
- 化学処理を用いない機械的連続一貫処理によるCNF製造



地域コンソーシアム
へ発展

ふじのくにCNFフォーラム（静岡県）
みえCNF協議会（三重県）
おかやまグリーンバイオ・プロジェクト（岡山県）

環境省

巻末資料2

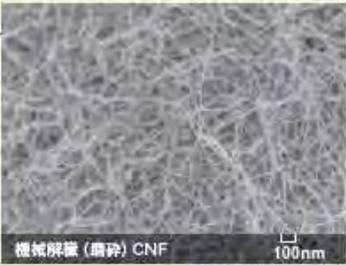
平成29年度広報資料（チラシ、リーフレット）

(1) チラシ

CNF を活用して低炭素で循環型の社会へ

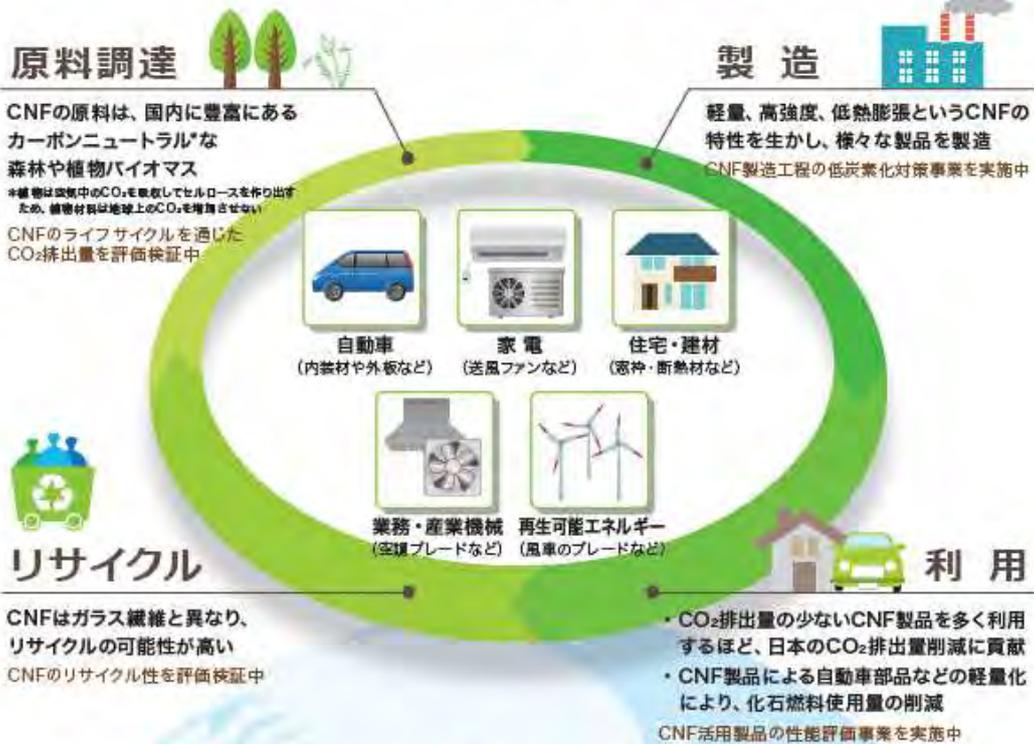
CNF (セルロースナノファイバー) とは？

- 木材など、植物を原料とする新素材
- 植物から取れるセルロース (パルプなど) を化学的・機械的処理により数~数十ナノメートルに微細化したナノ繊維
- 軽くて強い (鋼鉄の1/5の軽さで5倍の強度)
- 大きな比表面積 (250m²/g以上)
- 熱変形が少ない (ガラスの1/50程度)



機械解繊 (磨砕) CNF 100nm

CNFでCO₂ 排出量を削減し地球温暖化対策を推進





植物由来の次世代素材

セルロースナノファイバー (CNF) のココがスゴイ!



CNFを活用して低炭素で循環型の社会へ (2017年5月発行)

■発行 環境省 地球環境局地球温暖化対策課
〒100-8975 東京都千代田区霞が関1-2-2
TEL: 03-3581-3351 (代) <http://www.env.go.jp/>

■制作 株式会社エックス都市研究所 サスティナビリティ・デザイン事業本部
TEL: 03-5956-7518
アロイト トーマツ コンサルティング合同会社 パブリックセクター
TEL: 03-6867-8916
一般社団法人産業環境管理協会 地域・産業支援センター
TEL: 03-5209-7825



©2017 Ministry of the Environment, Government of Japan. All rights reserved.

(2) リーフレット

地域における低炭素なCNF用途開発FS委託業務 (平成27年度)

自治体、メーカー、研究機関の連携のもと、地球温暖化対策につながる用途について、サプライチェーンを含めた地域における低炭素なCNF用途開発にむけた事業計画づくりを実施しています。

代表事業者	事業内容
国立大学法人 静岡大学	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
公益財団法人 三重県産業支援センター	地域資源から特徴のある物性を有するCNFの製造、活用を検討、地域モデルとしての妥当性を検証 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
岡山県	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

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

地球温暖化対策につながり、エネルギー起源CO₂削減が期待できる自動車軽量化に重点を置き、CNFの特性を活かした用途(部材や部品)の性能評価や活用時のCO₂削減効果の検証を実施しています。

分野	代表事業者	検討対象
自動車	トクラス株式会社 (平成27~29年度)	インパネ周辺の内装材による軽量化
自動車	第一工業製薬株式会社 (平成27~29年度)	自動車用バッテリーの軽量化
自動車	国立大学法人九州大学大学院農学研究院 (平成27~29年度)	ドアパネル内側や天井パネルとなる内装材
自動車	トヨタ車体株式会社 (平成27~29年度)	自動車用金属部品の樹脂代替
自動車	国立大学法人京都大学 (平成28~31年度)	CNF複合材料を用いて材料~最終製品までの流れを俯瞰した評価
家電	パナソニック株式会社 (平成28~29年度)	家電用断熱材、構造部材の軽量化
住宅部材	国立大学法人静岡大学 (平成28~30年度)	住宅部品の断熱性能向上
住宅部材	株式会社日建ハウジングシステム (平成29~31年度)	住宅用サッシ、窓ガラスの断熱性能向上

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

将来的なCNF活用製品の普及にむけて、CNF複合樹脂製品の製品製造工程についてCO₂排出量を評価するとともに、CO₂削減対策を立案し、低炭素なCNF活用製品製造工程の検証を実施しています。

代表事業者	事業内容
パナソニック株式会社 (平成27~29年度)	プラスチック製品の製造工程について検討
国立大学法人愛媛大学紙産学イノベーションセンター (平成27~29年度)	透明樹脂製品の製造工程について検討
大王製紙株式会社 (平成27~28年度)	ゴム製品の製造工程について検討 (平成28年7月完了)

セルロースナノファイバーのリサイクルモデル事業の推進計画等の策定委託業務 (平成29年度)

CNF市場の拡大が進んだ後の、CNFのリサイクル時の課題・解決策の検討を行う事業計画の策定をしています。

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 (2017年12月発行)

- 発行 環境省 地球環境局地球温暖化対策課 地球温暖化対策事業室
〒100-8975 東京都千代田区霞が関1-2-2
TEL: 03-5521-8339 (代) <http://www.env.go.jp/>
- 制作 一般社団法人産業環境管理協会 地域・産業支援センター
TEL: 03-5209-7825
デロイトトーマツコンサルティング合同会社 パブリックセクター
TEL: 03-6867-8916
株式会社エックス都市研究所 サスティナビリティ・デザイン事業本部
TEL: 03-5956-7518



リサイクル産品の発生、出荷時の梱包にリサイクル材を使用。
この取組は、グリーン購入法に基づく基本方針における「国産」に係る判断の基準に準じ、国産品の購入に優先して国産品（Aランク）のみを用いて作製しています。
©2017 Ministry of the Environment, Government of Japan. All rights reserved.

地球温暖化対策
×
植物由来
セルロースナノファイバー
(CNF)

環境省では、様々な製品の基盤となる“素材”にまで立ち返り、地球温暖化対策への多大なる貢献が期待できる次世代素材CNFについて、大学やメーカー、自治体等と連携し、製品等活用時の削減効果検証、製造プロセスの低炭素化の検証、リサイクル時の課題・解決策検討、早期社会実装を推進しています。

環境省
Ministry of the Environment

植物由来の次世代素材セルロースナノファイバー (CNF)

セルロースナノファイバー (CNF) とは

- 木材から化学的・機械的処理により取り出した直径数〜数十ナノメートルの繊維状物質。
- 鋼鉄の1/5の軽さで5倍以上の強度を持ち、熱による膨張・収縮が少なく、環境負荷の少ない植物由来の素材。

セルロースナノファイバーの製造工程と主な用途

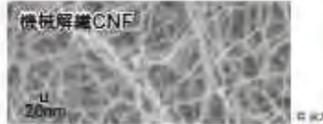
- 製造工程は、木材をチップ化・パルプ化するところまでは紙と同じ工程であり、パルプをナノ化するところに特徴がある。
- 高強度やガスバリア性等、様々な特性を活かした応用が研究されている。

【製造工程の概要】



CNFの特徴

- 鋼鉄の5倍の強度、5分の1の軽さ
- 低線膨張 (石英ガラス並)
- 可視光の波長より微細
- 高リサイクル性
- 再生可能資源
- 植物由来でカーボンニュートラル



国家戦略・産学官の動き

「ナノセルロースフォーラム」設立 (平成26年6月)

ナノセルロースの研究開発、事業化、標準化を加速するための、オールジャパン体制での産学官のコンソーシアムを設立しました。

ナノセルロース推進関係省庁連絡会議創設・開催 (平成26年8月)

CNFに関する政策連携のため、農水省(農林水産技術会議・林野庁)、文部科学省(研究開発局)、経済産業省(製造産業局)、環境省(地球環境局)により連絡会議を創設し、定期的に関係している。

関係省庁	主な役割分担
農水省	農林業や食品産業からの国産セルロース原料の供給
文部科学省	セルロースナノファイバーに関する基礎研究
経済産業省	セルロースナノファイバーの製造(技術の研究開発等)
環境省	地球温暖化対策に資する分野への具体的な展開

※国土交通省(オプジーバーとして参加)

「地球温暖化対策計画」閣議決定 (平成28年5月)

自動車部材等の軽量化が期待できるCNF等の社会実装に向けた技術開発を進めることとしている。

「未来投資戦略2017」(平成29年6月)

「(中略)セルロースナノファイバーやリグニン等について、国際標準化や製品化等に向けた研究開発を進める」こととなっている。

CNFを用いた低炭素で循環型の社会の実現



環境政策における位置づけ

大幅なCO₂の削減

自動車部材、発電機、家電製品等の軽量化により燃費・効率が改善し、地球温暖化対策への多大な貢献が期待できます。

リサイクル技術の確立

普及した場合、リサイクル時(自動車・家電等)の技術的課題の検討が必要です。

循環型社会の実現

森林資源の活用による循環型社会の実現への貢献が期待できます。

CNFを活用した地球温暖化対策

CNFは、木材や野菜のくずなどから取り出したパルプを原料として作られたナノサイズ(100万分の1mm)の繊維で、鋼鉄の5分の1の軽さでありながら5倍の強さを持っています。CNFを練り込み強化された樹脂材(プラスチック等)を、ドアやフェンダーなど自動車の様々な部品に活用することで、軽量化できれば、燃費が上がり、結果としてCO₂排出量を削減することで、地球温暖化対策への貢献が期待されています。



環境省 CNF等の次世代素材活用推進事業

【主要な事業】

社会実装に向けたCNF活用製品の性能評価モデル事業

国内事業規模が大きく、CO₂削減ポテンシャルの大きい自動車(内装、外板等)、家電(送風ファン等)、住宅・建材(窓枠、断熱材、構造材等)、再生エネ(風力ブレード等)、業務・産業機械等(空調ブレード等)においてメーカーと連携し、CNF複合樹脂等の用途開発を実施するとともに、社会実装にむけて実機にCNF製品を搭載し活用時のCO₂削減効果を評価・検証します。

CNF複合・成形加工プロセスの低炭素化対策の実証事業

CNF樹脂複合材(材料)を製造する段階でのCO₂排出量を評価し、その削減対策を実施します(乾式製法)。CNF樹脂複合材(材料)を、部材・部品へと成形する段階でのCO₂排出量を評価し、その削減対策を実施します。

リサイクル時の課題・解決策検討の実証事業

CNF樹脂複合材(材料)を製造する段階での易リサイクル性、リサイクル材料の性能評価等を行い、解決策について実証します。

環境省の取組

卷末資料3

CNFの物性・特徴等の整理結果

CNFの物性・特徴等の整理結果

CNF及び複合材の形状別（単体、フィルム、シート、ペレット等、ゲル等）に、その物性・特徴を表1～5のとおり整理した。各形状の定義は以下のとおりとした。同表中では、各形状においてキーとなる物性を下線で、今後の研究課題として、現段階で物性値が入手できない物性を「？」で示している。

<各形状の定義>

- ・単体：CNFフィブリル1本の物性・特徴
- ・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。

表1 CNFの物性・特徴（単体）

物性	物性値	特徴	出典
密度	1.3~1.5 g/cm ³	軽量である。鋼鉄7.8の1/5以下	京都大学新技術発表会配布資料, 2009年9月18日 http://www.jstshingi.jp/abstract/p/09/921/kyoto10.pdf
引張強度	2~6GPa 平均3GPa	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 http://www.a.utokyo.ac.jp/topics/2012/20121220-3.html
弾性率	138 GPa	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会配布資料, 2009年9月18日 http://www.jstshingi.jp/abstract/p/09/921/kyoto10.pdf
弾性率 格子力学法による計算値	160 GPa	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 マイクロフィブリル1本	145 GPa	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
屈折率(CNF単独)	1.58	CNFと樹脂をコンポジット化した時、樹脂の屈折率との差が少ないほどに光散乱が起きにくい。	日立製作所, 京都大学Polyfile, 48巻9号P.22-25, 2011年

物性	物性値	特徴	出典
熱伝導率 (CNF 単独)	2.8W/m・K	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 http://www.kriinc.jp/aboutkri/news/2014/1016.html
融点 (熱分解開始 温度)	290 °C	天然繊維である綿と同様、プラスチックのような液状化開始の融点をもたない。CNF の熱質量分析 (TGA) では 290°C 以上で熱分解による重量減少が開始する。	繊維「3 改訂」P. 189, 東京電気大学出版局, 1998 年 王子ホールディングス Nanocellulose Symposium2014 配布資料, 2014 年 3 月 25 日 http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/04/nanocellulosesymposium2014abstract.pdf 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 http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/01/fd99748c35cc0315e96a856e6d8f2de3.pdf
溶解度	? g/100g-H2O	製剤に使用される結晶性セルロース粉末は水には溶けない。湿式ジェットミル(ウォータージェット)で10回処理すると半透明ゲル状となった。TEMPO 酸化で処理した場合は透明なゲルとなる。TEMPO 酸化による CNF の幅が 4 nm と可視光波長より少ないためである。2%CNF が増粘剤として販売されている。	(株)スギノマシン, 「ウォータージェットを利用したセルロースのナノファイバー化」, Cellulose Commun., 17 巻 3 号 P106-110, 2010 年 第一工業薬品, 「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
粘度	10,000 以上 Pa・s (CNF 濃度 0.5%)	CNF は静置時にはゲル状である。流動時には粘度が低下する性質があり、スプレーできるゲルができる。	第一工業薬品, 「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
体積抵抗率	? Ω・m	CNF の体積抵抗率の測定事例が見当たらない。セルロース繊維は体積抵抗率 $10^7 \sim 10^9 \Omega \cdot m$ の絶縁体である。	安田武夫, プラスティック 52 巻 4 月号 P158-163 http://www.m-kagaku.co.jp/products/business/corp/cmd/operation/details/plastics_15.pdf

表2 CNFの物性・特徴（フィルム）

物性	物性値	特徴	出典
水蒸気透過度	50g/m ² ·24hr at 40°C, 90% RH (最終開発目標は 10g/m ²)	水蒸気バリアー性が高い。 TEMP 酸化 CNF 分散液より厚さ 1μ以下の CNF 薄膜フィルムを製造して、厚さ 25μの PLA フィルムにコーティングした。アルミ蒸着フィルムとちがい、透明である。	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 http://www.nedo.go.jp/content/100080315.pdf
酸素透過度	10L/m ² .24hr.atm at20 °C , 90% RH (最終開発目標は 1L/m ²)	酸素バリアー性が高い。 TEMP 酸化 CNF 分散液より厚さ 1μ以下の CNF 薄膜フィルムを製造して、厚さ 25μの PLA フィルムにコーティングした。アルミ蒸着フィルムとちがい、透明である。	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 http://www.nedo.go.jp/content/100080315.pdf
引張強度 (CNF 透明シート)	223MPa	汎用熱可塑性プラスチック PP の引張強度 20MPa の 10 倍以上の強度がある。抄紙による連続シート成形では CNF 単体同士の界面強度が CNF 単体強度より劣るため、CNF 単体での強度の 1/10 以下である。	王子ホールディングス Nanocellulose Symposium2014 配布資料, 2014年3月25日 http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/04/nanocellulosesymposium2014abstract.pdf
引張強度 (TOCN+モンモリナイト) 比重 1.99 弾性率 18GPa	509MPa	TEMPOセルロースナノファイバーとナノクレイ(粘土の一種モンモリナイト)複合フィルムはCNFフィルムの2.5倍の引っ張り強度を示した。透明性、ガスバリアー性がある。	Wu, 斎藤、磯貝(東大)、 「Ultrastrong and High Gas-Barrier Nanocellulose/Clay-Layered Composites」, Biomacromolecules, 2012, 13 (6), pp 1927-1932
引張強度 0.1%PVA 被覆 CNF+PVA) 弾性率 1.83GPa	121.7MPa	CNF を PVA 結晶で被覆させ、PVA フィルムに 0.1%分散させたところ、引張強度が 71,1MPa から 121.7MPa に向上した。	内田哲也(岡山大学)ほか、 「セルロースナノファイバーの高分子結晶での被覆と複合体への応用」, 加工技術 Vol. 52, No. 2(2017) P. 7-P. 13
押し込み弾性率 疎水変性 CNF5%配合 DPHA 塗膜	770MPa	TEMPOセルロースナノファイバーを DPHA (硬化皮膜が耐摩擦性に優れている)に分散させた。CNF なしの押し込み弾性率は 690MPa であった。	難波達也(第一工業製薬)、 「疎水変性セルロースナノファイバーの開発」, JETI Vol. 65No. 2(2017) P. 85-88
耐スクラッチ性 PVA+40%TEMPO 酸化 CNF	7H JIS K5600-4:1999 引っ掻き硬度評価法の鉛筆硬度	PVA (ポリビニルアルコール) は自動車フロントガラス中間膜の原料である。CNF 添加なしの場合の耐スクラッチ性は 3H であった。	小長谷重次(名古屋大学)ほか、 「セルロースナノファイバー(CeNF)の耐スクラッチ性向上効果」, 成形加工シンポジウム 2016, 2016年11月2日, 福岡

物性	物性値	特徴	出典
熱膨張係数(CNF透明シート)	7.2 ppm/k	プラスチックの熱膨張の1/10程度である。 タルク強化PP材の場合、 $42 \sim 80 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ PP単独の場合、 $81 \sim 100 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$	王子ホールディングス新技術情報VOL.15 http://www.ojiholdings.co.jp/r_d/tech_news/015.html PP樹脂物性表(プラスチック読本(株)プラスチックエージェンシー社) http://www.kda1969.com/pla_material/pla_mate_pp2a1.htm
引張弾性率 25 μm 厚透明CNFシート	11.6GPa	透明樹脂シートの中でかなり高い。PETフィルムの弾性率は4GPaである。	野口裕一(王子ホールディングス), 「リン酸エステル化セルロースナノファイバー分散液、透明シートの特長と用途開発」, 化学工学, 81巻4号(2017) P324-P333
全光線透過率 25 μm 厚透明CNFシート	91.4%	透明樹脂シートの中でかなり高い。	
ヘイズ 25 μm 厚透明CNFシート	0.5%	透明樹脂シートの中でかなり高い。	
ガラス転移温度 25-200 $^{\circ}\text{C}$	ガラス転移なし	熱分解温度が高く、電子デバイス成膜時温度に耐えられる。	
表面粗さ Rmax(原子間力顕微鏡(AFM))	18nm	電子デバイス成膜に必要な水準である。(要確認)	
フレキシブル性 ϕ 1mmシャフト巻付け	割れなし	折り曲げても白化しない。	

表3 CNF複合材の物性・特徴（シート）

物性	物性値	特徴	出典
密度 (CNF 透明シート)	1,5 g/cm ³ 空隙部を含まない実密度	CNF 分散液から 20~100 μ 厚の透明な連続シートが抄紙により製造できた。透明な不織布であり、包装材、電子部品に使用できる。	王子ホールディングス Nanocellulose Symposium2014 配布資料, 2014年3月25日 http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/04/nanocellulosesymposium2014abstract.pdf
密度 (CNF 多孔シート)	? g/cm ³	CNF 分散液から平均細孔径 8~46nm の多孔連続シートが抄紙により製造できた。透明な不織布であり、フィルターなどに使用できる。	王子ホールディングス Nanocellulose Symposium2014 配布資料, 2014年3月25日 http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/04/nanocellulosesymposium2014abstract.pdf
引張強度 (CNF 透明シート)	223MPa	汎用熱可塑性プラスチック PP の引張強度 20MPa の 10 倍以上の強度がある。抄紙による連続シート成形では CNF 単体同士の界面強度が CNF 単体強度より劣るため、CNF 単体での強度の 1/10 以下である。	王子ホールディングス Nanocellulose Symposium2014 配布資料, 2014年3月25日 http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/04/nanocellulosesymposium2014abstract.pdf
引張強度 (CNF 透明シート)	150MPa	リン酸化 CNF シート (アウロ・ヴェール 25 μ m 厚) の引張強度は 150MPa, 弾性率 10GPa, ヘイズ値 0.5%, 全光線透過率 91.4% である。	本間 郁絵 (王子ホールディングス), 「リン酸エステル化セルロースナノファイバーの製造と用途展開」, 工業材料 Vol. 65 No. 8 P68-69, 2017年8月
曲げ強度 (CNF シート)	200MPa	JIS K7017 に準じて測定 繊維径 10~100nm 高アスペクト比 (2000 以上) の商品名「ナノセリッシュ」から作成された 100%CNF シートは繊維径数 100nm の従来製品「セリッシュ」より曲げ強度が増した。	ダイセル, 「シート化できるセルロースナノファイバー「ナノセリッシュ」」, コンバーテック, P76-79, 2013年6月号
曲げ弾性率 変性リグノ CNF100% 密度 1.36 g/cm ³	8,900 MPa	変性リグノ CNF を 170℃ 熱圧形成した。線熱膨張率 14.9ppm/K の透明シートがえられた。同一剛性を得るための重量は鋼鉄の半分。	山田修平 (星光 PMC 株), 「高植物度熱可塑性リグノナノファイバー材料の開発」, Nanocellulose Symposium P27-30、

物性	物性値	特徴	出典
			2015年3月20日
曲げ弾性率 ケミサーモメカニカルパ ルプ CNF100% 密度 1.4 g/cm ³	9.6 GPa 曲げ強度 210MPa	リグニンを含んだパルプを 機械解繊、乾燥後、170℃熱 圧形成した。試料表面はプラ スチック状の光沢を示し、厚 さ1mmで光透過性を示した。	阿部健太郎(京都大学)ほか、 「サーモメカニカルパルプ のナノ解繊と熱圧成形」、成 形加工シンポジア 2015, 2015 年11月2日福岡
突刺強度 (CNF 強化 PE セパレータ)	1.057 kgf	リチウム電池内部のフィル ム(セパレータ)や、ペット ボトル、薬剤パッケージをピン で突き刺し、その強度を測 定する試験 CNF 強化 PE セパレータは従 来品より耐熱性と機械的強 度が向上した。市販品の厚み が20μに対して開発品は8 μの厚みである。CNF と PE の重量比は不明。	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
比表面積	39~148m ² /g	CNF を使用した多孔連続シ ートの比表面積、空隙率、平均 細孔径細孔制御が可能であ る。	王子ホールディングス新技 術情報 VOL. 15 http://www.ojiholdings.co.jp/r_d/tech_news/015.html
空隙率	35~62%		
平均細孔径	8~46nm		
全光線透過率 (CNF 透明シート)	90.1%	可視光波長(400~800nm)に 比べ十分に細いセルロース ナノファイバーは可視光の 散乱を生じないため、透明な シートがえられる。	王子ホールディングス Nanocellulose Symposium2014 配布資 料, 2014年3月25日 http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/04/nanocellulosesymposium2014abstract.pdf
全光線透過率 (樹脂複合化時)	89%以上	CNF 多孔シートに透明樹脂 (エポキシ、ポリカーボネ イトなど)を含浸させること により、複合シートがえられ る。	王子ホールディングス Nanocellulose Symposium2014 配布資 料, 2014年3月25日 http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/04/nanocellulosesymposium2014abstract.pdf
ヘイズ (CNF 透明シート)	0.5%	フィルムの透明性に関する 指標で、濁度(曇度)を表す。 拡散透過光の全光線透過光 に対する割合から求められる もので、表面の粗さに影響 を受ける。ディスプレイ用途 のヘイズ値は1%以下が求め られる。ガラスのヘイズ値は 0%、PET フィルムは約4%である。	王子ホールディングス Nanocellulose Symposium2014 配布資 料, 2014年3月25日 http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/04/nanocellulosesymposium2014abstract.pdf

物性	物性値	特徴	出典
熱膨張係数(CNF透明シート)	7.2 ppm/k	プラスチックの熱膨張の1/10程度である。 タルク強化PP材の場合、42~80 ×10 ⁻⁶ K ⁻¹ PP単独の場合、81~100 ×10 ⁻⁶ K ⁻¹	王子ホールディングス新技術情報VOL.15 http://www.ojiholdings.co.jp/r_d/tech_news/015.html PP樹脂物性表(プラスチック読本(株)プラスチックエージェンシー社) http://www.kda1969.com/pla_material/pla_mate_pp2a1.htm
熱膨張係数(CNF+無機粒子放熱材)	5.0 ppm/k	基盤材の寸法変化と同レベルのため、基盤からの放熱材の剥離がない。	KRIプレスリリース、2014年10月16日 http://www.kri-inc.jp/aboutkri/news/2014/1016.html
熱伝導率(CNF+無機粒子複合放熱材)	6W/m・K	シリコン系放熱材の2~4倍	KRIプレスリリース、2014年10月16日 http://www.kriinc.jp/aboutkri/news/2014/1016.html
熱伝導率(CNF樹脂複合透明放熱材)	1.1W/m・K	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
熱伝導率(面方向)	最大2.5W/m・K	ホヤ、バクテリアセルロースなど7種類のCNF不織シートの面方向の熱伝導率の最大値は通常のプラスチックの3~10倍であった。厚み方向の熱伝導率は0.2W/m・Kで通常のプラスチックと同程度であった。	上谷 幸治郎(立教大学), 「セルロースナノファイバーによる伝熱材料」工業材料Vol.65 No.8 P80-81, 2017年8月
吸水率 TOCN-CNF+ 湿潤紙力増強剤20%	71%(12h)	TOCN液を乾燥させただけのCNFフィルムの吸水率は3,100%であるが、耐水ダンボールなどに使用されている湿潤紙力増強剤を混合させることにより、CNFフィルムの吸水性が抑制される。	星光PMC(株), 「変性・改質によるセルロースナノファイバーの高機能化」, 紙パルプ技術タイムズ2014年6月号P.43-46
吸水率 CNF10%+POM(ポリアセタール)	0.6%(45h23°C65%RH)	POM(ポリアセタール)は成形加工温度が190°C以下でCNFの耐熱温度以下で加工できる熱可塑性エンブレである。POM単独での吸水率(重量変化)は0.15%であった。JIS K7209では23°Cの水に試験片を浸し、重量変化を求める。	京都大学、三菱エンジニアリングプラスチック(株), 「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
固定化触媒フローリアクター合成効率 (CNF透明シート)	1.4~9.2倍	CNFシートに貴金属を担持させた反応器は従来反応器より、高い合成効率を示した。	古賀 大尚(大阪大学), 「有用分子をつくる紙の触媒反応器「ペーパーリアクター」の開発」, ケミカルエンジニアリングVol.62No.6 P.8-15, 2017年6月

表4 CNF複合材の物性・特徴（ペレット等）

物性	物性値	特徴	出典
密度 (MDPEにCNFを3~10%混練した樹脂ペレット)	0.94~0.97g/cm ³	PEの密度は0.93	中越パルプ工業, CNF サンプル販売資料 2014年10月31日 http://www.chuetsu-pulp.co.jp/wordpress/wp-content/uploads/2013/03/20130301CeNF01.pdf
密度 CNF10%+HDPE 発泡体	0.5 g/cm ³	一般的な自動車用材料であるタルク 10wt%含有 PP の弾性率は 2GPa、密度 1.05g/cm ³ である。CNF 強化 HDPE 発泡体は同等の弾性率でありながら、密度が 0.5 g/cm ³ であるため、53%の軽量化が可能となる。	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. 54, 2013年2月 http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/ABM/wp-content/uploads/2014/01/fd99748c35cc0315e96a856e6d8f2de3.pdf
曲げ弾性率 CNF10%+HDPE 発泡体	2 GPa		
密度 CNF40%+エポキシ樹脂	1.4 g/cm ³	一般的なガラス繊維強化プラスチックの密度は 1.8 g/cm ³ である。CNF 強化エポキシ樹脂はガラス繊維強化プラスチックと同等の曲げ強度 200MPa、曲げ弾性率 10GPa をもつので、23%の軽量化が可能となる。ただし、炭素繊維 60%強化エポキシ樹脂の密度 1.52g/cm ³ 、引張強度 1,230MPa には劣る。CNF 強化エポキシ樹脂の強度が炭素繊維強化エポキシ樹脂と同等となるためには強化材 CNF 強度を炭素繊維並みにする必要がある。	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 http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/ABM/wp-content/uploads/2014/01/fd99748c35cc0315e96a856e6d8f2de3.pdf (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
曲げ強度 CNF40%+エポキシ樹脂	200 MPa		
曲げ弾性率 CNF40%+エポキシ樹脂	10 GPa		
引張強度 CNF10%+HDPE	57 MPa	化学変性パルプの解繊と樹脂の混合を二軸押出機で同時におこなう。解繊性と分散性が向上、HDPE 単体の 2.5 倍の強度が得られた。 CNF 10% HDPE 77% ASA (アルケニル無水コハク酸) 7.4% パルプ変性剤 MAPP (無水マレイン酸変性ポリプロピレン) 4.3% 高分子分散剤 (炭酸カルシウム) 1.3% 変性パルプ、高分子分散剤、HDPE 樹脂をエタノール中で攪拌混合し、減圧乾燥して、マスターバッチを得る。マスターバッチ 1 に対して、HDPE 樹脂 2 の割合で二軸混練機に 140℃で 1 パスさせたペレットを射出成形した試験片の引張強度は 54MPa であった。	京都大学 Nanocellulose Symposium2014 配布資料, 2014年3月25日 http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/ABM/wp-content/uploads/2014/04/nanocellulosesymposium2014abstract.pdf 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 http://www.google.com/patents/WO2013133093A1?cl=ja

物性	物性値	特徴	出典
引張強度 CNF10%+ナイロン6	94 MPa	化学変性パルプの解繊と樹脂の混合を二軸押出機で同時におこなう。解繊性と分散性が向上、ナイロン6単体の2.0倍の強度が得られた。	京都大学 Nanocellulose Symposium2014 配布資料, 2014年3月25日 http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/04/nanocellulosesymposium2014abstract.pdf
引張強度 表面改質リグノ CNF0.5%+PP	30 MPa	PP ポリプロピレン 80%、タルク 20%の場合 30.5MPa 木粉を微粉碎したリグノ CNF0.5%を PP にホモミキサーで 17 分間攪拌して、従来タルク強化 PP と同等の引張強度 30MPa が得られた。母材 PP の強度は 20MPa	ハリマ化成技術資料 http://www.harima.co.jp/randd/technology_report/pdf/techrepo0801_1.pdf 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 http://sefdb.tokyo.jst.go.jp/pdf/20101700/2012/201017002012rr.pdf
引張強度 CNF10%+PP	58.1 MPa	PP ポリプロピレン 90%、変性 CNF10%の場合 母材 PP の強度は 45.1MPa	京都大学 Nanocellulose Symposium2014 配布資料, 2014年3月25日 http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/04/nanocellulosesymposium2014abstract.pdf
引張強度 CNF5%+MDPE	18 MPa	母材 (マトリックス) 中密度 PE 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
引張強度 リグノ CNF5%+PP	35 MPa	木粉を微粉碎したリグノセルロースナノファイバー, PP, 相溶剤 MAPP を固相せん断処理により混練した。母材 PP 強度は 24Pa であった。	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
引張強度 CNO.05%+PP30%+でんぷん 70%	31.1 MPa	古米の活用のため、古米 70% PP30%のごみ袋用ベレットを混練機で製造した。CNF を 0.05% 加えることで強度が上がった。	吉岡 まり子 (京都大学), 「セルロースナノファイバーの複合化技術」, ケミカルエンジニアリング Vol.62No.6 P.16-24, 2017年6月

物性	物性値	特徴	出典
引張強度 ラミー繊維+パルプ繊維複合材	480 MPa	東洋紡の精製ラミー繊維 80%と王子製紙のパルプ繊維 20%を混合乾燥させて、40 x 30 x 1 mm の試験片をつくった。島津製作所の引張試験機で平均480MPa の引張強度を得た。ラミーは天然繊維中、最大の強度をもつ。セルロース繊維同士の複合材を試作したものだが、CNF に加工したものを使用したものではない。パルプを原料とするより重合度の高いラミーを原料とした方が強度がであることを示唆している。	神戸大学, Macromolecules 誌 37 巻 20 号, P7683-7687 2004 年
引張強度 TEMPO 酸化 CNF2.5%プラスチック (種類不明)	120 MPa (図より読み取り)	TEMPO 酸化 CNF を界面活性剤 (ポリエチレングリコール) で改質し、プラスチック (種類不明) に 2.5%混ぜたところ、引張強さは 80MPa から 120Mpa になった。藤沢秀次 (森林総合研究所) との共同研究である。	斎藤継之 (東京大学), 「セルロースナノファイバー-木材屋さんのナノマテリアル」, 応用物理, 第 81 巻第 2 号 (2017), P. 144-P. 147
引張強度 フルレオン処理 CNF1.1%+PLA	0.6 MPa (図より読み取り)	高温領域 80℃における PLA フィルムの強度がフルレオン処理したものは未処理のものとの 3 倍となった。	桂田慎也 (滋賀県立大学), 「カルド修飾 CNF/PLA コンポジット材料の力学的・熱的特性評価研究 (II)」, 日本レオロジー学会誌 Vol. 45, No. 1, 2017 P. 26-P. 31, 2017 年 1 月
発泡体曲げ強度 変性 CNF8%+PE	90 MPa (図より読み取り)	結晶核剤 5%添付のコアバック発泡体の曲げ強度は 65MPa であった。	佐藤 明弘 (星光PMC), 「変性セルロースナノファイバー強化樹脂の開発状況」, N 工業材料 Vol. 65 No. 8 P64-65, 2017 年 8 月
曲げ強度 変性 CNF10%+PE+HDPE+添加剤	39.5 MPa	衝撃強さを母材並にするために添加剤をいれている。	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 http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/01/fd99748c35cc0315e96a856e6d8f2de3.pdf
曲げ強度 変性 CNF10%+PA11 (バイオポリアミド)	72.7 MPa	PA11 (バイオポリアミド) 単独の 49.6MPa に対して 46%曲げ強度が増した。 曲げ弾性率 2060MPa、曲げ強度 72.7MPa→ニート PA11 材料に対して+78%, +47%の補強効果あり。 荷重たわみ温度は、低応力 (0.45MPa) 試験および高応力 (1.8MPa) 試験において 164℃ および 109℃→ニート PA11 材料に対して +53℃及び+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 今回ヒアリング調査結果

物性	物性値	特徴	出典
曲げ強度 水熱処理 CNF・シリカ粉末 +PP 配合率不明だが、少量でよい	53 MPa	ニート PP の曲げ強度は 43MPa 約 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ラー製造およ 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-」 anosellulose Symposium P49-57、 2015 年 3 月 20 日
曲げ強度 CNF10%PA6	159MPa	曲げ特性は DS=04~0.8 の領域 においてピークとなる。置換度 DS=2.0 において 1wt%減量温度 は 243℃から 293℃に向上する が、結晶性低下により強度は落 ちる。	仙波健（京都市産業技術研究所） 、織 維 機 械 学 会 誌 、Vol. 70, No. 4, Aipril (2017), P224-P. 227
引張弾性率 CNF10%+HDPE	5, 200 MPa	低温で長時間混練したものが 最も弾性率が高かった。 neatHDPE の弾性率は 1, 000MPa であった。	木村 敏樹（D I C）、「樹脂強化用 CNF マスターバッチの開発」、工業 材料 Vol. 65 No. 8 P66-67, 2017 年 8 月
引張弾性率 CNF10%+HDPE	2, 500 MPa	高分子分散剤による補強結果 である。neatHDPE の弾性率は 630MPa であった。	榊原圭太ほか（京都大学）、「高分散 性セルロースナノファイバー樹脂複 合材料の創製」、Cellulose Commun. Vol. 24 No. 1 P. 8-p. 11, 2018 年 1 月
曲げ弾性率 CNF10%+HDPE+添加剤	2, 120 MPa	衝撃強さを母材並にするため に添加剤をいれている。	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 http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/L ABM/wp-content/uploads/2014/01/f d99748c35cc0315e96a856e6d8f2de3. pdf
曲げ弾性率 竹 CNF20%+分散剤+PP	3, 280 MPa	分散剤で竹 CNF を被覆した後、 PP と混練する。PP ニートの曲 げ弾性率は 2, 000MPa であつ た。	野寺明夫（出光ライオンコンポジッ ト）、「セルロースナノファイバーと PP の複合材料開発」、プラスチック スエージ 2017 No. 4, P. 58-P. 62
曲げ弾性率 CNF10%+PP	3, 505 MPa	PP の補強ファイラー混合率を 10%とした時、CNF、ガラス繊維、 タルク、木粉のうち、CNF の値 が一番高かった。	トヨタ車体(株)新規事業開発部、「セ ルロースナノファイバーを用いた機 能部品の軽量化検討報告書」、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研究成 果報告書 P. 16, 2016 年 3 月 31 日
曲げ弾性率 CNF10%+PP	4, 730 MPa	PP 単独で 1, 970MPa に対して、 パルプ 10%、変性処理、解繊促 進剤、膨潤剤、ファイラーを加え て最適化した。	仙波健（(地独) 京都市産業技術研 究所）、「CNF 強化熱可塑性樹脂の製造 と特性」、Nanocellulose Symposium 2018/第 365 回生存圏シンポジウム —原材料検討から自動車まで— P. 33-P. 45, 2018 年 2 月 27 日京都テ ルサ テルサホール

物性	物性値	特徴	出典
曲げ弾性率 CNF10%+PP	3,880 MPa	PP 単独で 1,310MPa に対して、約 3 倍になった。	鈴木俊雄 ((株) 吉川国工業所), 「CNF/PP 射出成型品の商品展開について」, Nanocellulose Symposium 2018/第 365 回生存圏シンポジウム—原材料検討から自動車まで— P.115-P.121, 2018 年 2 月 27 日 京都テルサ テルサホール
曲げ弾性率 CNF10%+PP	CNF なしの 112%	3 種類のパルプのうち、機械パルプから作成した CNF が一番、弾性率が上がった。	大川淳也 (大王製紙), 「セルロースナノファイバーの製造技術および用途開発事例について」, せんい Vol. 70, No. 2 February, 2017 P.98-P.101, 2017 年 2 月
曲げ弾性率 変性リグノ CNF10%+PA6 比重 1.20	5,430 MPa	PA6 は融点 225°C の汎用エンジニアリングプラスチックであり、CNF10% 配合で曲げ剛性が向上する。自動車外板に適用された場合、一体塗装に耐える耐熱性をもつ。	仙波強 (地独) 京都市産業技術研究所), 「変性セルロースナノファイバーの熱可塑樹脂強化フィラーとしての活用」, MATERIAL STAGE Vol.15 No.5 P.15-20, 2015
曲げ弾性率 発泡変性リグノ CNF10%+PA6 比重 0.88	3,590 MPa	未発泡 PA6 の約 70% の重量で、曲げ剛性は 2 倍ある。射出発泡成形が可能である。	伊藤彰浩 (地独) 京都市産業技術研究所), 「セルロースナノファイバー強化樹脂材料の発泡成形」, Nanocellulose Symposium P19-26, 2015 年 3 月 20 日
曲げ弾性率 リグノ CNF25%+PF (フェノール)	24 GPa	均一な膜厚のリグノ CNF シートを PF のメタノール溶液を含浸させ、5 枚積層して圧縮成形した。PF-GF60% の弾性率は 12GPa	小島和重 (株デンソー)、矢野浩之 (京都大学) ほか, 「セルロースナノファイバーとフェノール樹脂複合体の開発」, 成形加工シンポジウム 2016, 2015 年 11 月 2 日, 福岡
曲げ弾性率 リグノ変性 CNF+POM (CNF 比率記載なし)	5,590 MPa	リグノ変性パルプと POM を混練し、射出成形により試験片を得た。曲げ強さは 129MPa, Izod 衝撃強さは 4.95kJ/m ² であった。ニート POM の Izod 衝撃強さは 5.38kJ/m ² であった。磨耗量は従来無機フィラーの 1/5 であった。	仙波健 (京都市産業技術研究所)、矢野浩之 (京都大学) ほか, 「セルロースナノファイバー強化ポリアセタール樹脂の力学的特性」, 成形加工シンポジウム 2016, 2015 年 11 月 2 日, 福岡
曲げ弾性率 リグノ変性 CNF+PA6 (CNF 比率記載なし)	6,760 MPa	PA6 のみの 2.6 倍 PA 曲げ弾性率を 2.6GPa と仮定した。	奥村博昭, 矢野浩之 (京都大学) ほか, 「変性ナノファイバーによる熱可塑性樹脂の補強に関する研究」, 成形加工シンポジウム 2016, 2015 年 11 月 2 日, 福岡
曲げ弾性率 CNF10%+PA11	2,060MPa	PA11 のみ 1,160MPa 約 1.8 倍になった。	仙波健 (京都市産業技術研究所), 「セルロースナノファイバーバイオコンポジットの特性」, 京都市産業技術研究所研究報告 No.4 (2014), 2014 年 4 月
比曲げ弾性率 変性 CNF10%+PA6 発泡体比重 0.7	4,080MPa	PA6 未発泡体の 2.2 倍 比弾性率は同じ重量あたりの弾性率を意味し、比重の異なる材料間で比較を行う指標となる。	伊藤 彰浩 (京都市産業技術研究所), 「セルロースナノファイバー強化樹脂材料の発泡成形」, ケミカルエンジニアリング Vol.62No.6 P.32-36, 2017 年 6 月

物性	物性値	特徴	出典
ロックウェル硬さ	? mm	CNF 強化樹脂の射出成形品での値は文献調査ではえられなかった。 HDPE の場合、ロックウェル硬さは D60~70 タルク強化 PP の場合、M85~110	機械工学便覧デザイン編 β2 材料学・工業材料 P. 141、日本機械学会、2006 年 PP 樹脂物性表 (プラスチック読本(株)プラスチックエージ社) http://www.kda1969.com/pla_material/pla_mate_pp2a1.htm
Izod 衝撃強さ 変性 CNF10% +HDPE+高分子添加剤	3.29 kJ/m ²	疎水変性 CNF と HDPE 複合材料には曲げ強度、曲げ弾性率は向上するが、衝撃強さが低下するという弱点がある。高分子添加剤を加えることにより、曲げ強度を 24→39.5MPa まで向上させ、Izod 衝撃強さは 3.49→3.29kJ/m ² とほぼ母材と同等とできた。	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 http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/01/fd99748c35cc0315e96a856e6d8f2de3.pdf
Izod 衝撃強さ 変性 CNF10% +PA11 (バイオポリアミド)	4.58 kJ/m ²	Izod 衝撃強さは PA11 単独 8.04 から 4.58kJ/m ² に低下したが HDPE の Izod 衝撃強さを上回る。	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
熱膨張係数 CNT10%+HDPE	47 ppm/k	変性パルプ、HDPE 樹脂、高分子分散剤を二軸押出機で解繊、混練した CNF 強化 HDPE の熱膨張係数は 248 ppm/k (HDPE 単独) からアルミ合金並みの 47 ppm/k に低下した。	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 http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/01/fd99748c35cc0315e96a856e6d8f2de3.pdf
熱膨張係数 (ラミー繊維 80%+パルプ繊維 20%)	0.1 ppm/k	石英ガラス並み、寸法安定性が高い。 東洋紡の精製ラミー繊維 80%と王子製紙のパルプ 20%で、40 x 30 x 1 mm の試験片をつくった。ラミー繊維は天然セルロースの中で重合度が高く最大の強度を持つことと関連あるのかもしれない。	神戸大学、Macromolecules 誌 37 巻 20 号、P7683-7687 2004 年
荷重たわみ温度(熱変形温度) CNF10%PE	109 °C (荷重 1.81MPa)	熱安定性が大幅に向上した。 PE 単独の荷重たわみ温度は 78°C	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 http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2014/01/fd99748c35cc0315e96a856e6d8f2de3.pdf

物性	物性値	特徴	出典
連続耐熱温度	? °C	CNF10%混練樹脂ペレットの場合、母材樹脂と同等以上と思われる。 HDPE の場合、121°C	機械工学便覧デザイン編 β2 材料学・工業材料 P. 141、日本機械学会、2006 年
1%重量減少温度 変性リグノCNF	258°C	木材の 1%重量減少温度は 198°Cで変性リグノCNF は耐熱性が改善している。	五十嵐優子ほか（王子ホールディングス株）、「高耐熱リグノセルロースナノファイバーの開発」、Nanosellulose Symposium P9-12, 2015 年 3 月 20 日
1%重量減少温度 CNF10%+PA6	293°C	京都プロセス CNF10%+PA6 は水酸基置換度により、物性がちがう。置換度 2.0 の時、耐熱温度（1%重量減温度）はピークの 293°Cとなるが、強度のピーク（曲げ弾性率 5.43Gpa 曲げ強度 159MPa）は置換度 0.4~0.8 にある。	仙波健（京都市産業技術研究所）、「変性セルロースナノファイバーによる熱可塑性樹脂材料の強化」、N 繊維機械学会誌 Vol. 70No. 4(2017) P. 224-P. 227, 2017 年 4 月
<u>MFR(メルトフローインデックス)</u>	10~12.5g/10min	射出成形の成形性の指標であり、値が高いほど流動性がある。 PPに10%のCNFを混練した時の値 PPのMFRは5~60の値である。	中越パルプ工業、富山県工業技術センター研究報告, 27号 P80, 2013年
<u>MFR(メルトフローインデックス)</u>	5~6.5g/10min	PEに3~10%のCNFを混練した時の値 PEのMFR値7より低下したが、射出成形は良好であった。	中越パルプ工業, CNF サンプル販売資料 2014年 10月 31日 http://www.chuetsu-pulp.co.jp/wordpress/wp-content/uploads/2013/03/20130301CeNF01.pdf
成形収縮率	? %	CNF10%混練樹脂ペレットの場合、母材樹脂と同等と思われる。 非強化PPの場合、1.0~2.5	プラスチック読本代 20 版 付録：主要プラスチックの性能表一覧, 株プラスチック・エージ, 2009 年 10 月
体積抵抗率	? Ω・m	CNF 強化材での測定事例は見当たらない。 プリント基板に使用されるエポキシ樹脂、フェノール樹脂の体積抵抗率は $1 \times 10^9 \Omega \cdot m$ 以上の絶縁物である。	安田武夫、プラスチック 52 巻 4 月号 P158-163 http://www.m-kagaku.co.jp/products/business/corp/cmd/operation/details/plastics_15.pdf
絶縁破壊強さ	? kV/mm	CNF 強化材での測定事例は見当たらない。 PP タルク強化材の場合、20kV/mm PP 単独の場合、24kV/mm	PP 樹脂物性表（プラスチック読本株プラスチックエージ社） http://www.kda1969.com/pla_material/pla_mate_pp2a1.htm
比誘電率	?（無次元）	CNF 強化材での測定事例は見当たらない。 PP 単独の場合、2.2~2.6 PET フィルムがコンデンサとして利用されている。	PP 樹脂物性表（プラスチック読本株プラスチックエージ社） http://www.kda1969.com/pla_material/pla_mate_pp2a1.htm

物性	物性値	特徴	出典
静電容量 (CNF 複合材料)	300 F/g	パルプ繊維を利用する電気 2 重層キャパシタ電極材料が発表された。従来の活性炭電極の静電容量は 30F/g	大阪大学新技術発表会 2014 年 7 月 18 日「抄紙技術と光還元技術でつくる蓄電紙」、古賀大尚特任助教 http://www.jstshingi.jp/abst/p/14/1418/osaka12.pdf
耐アーク性	? sec	大電流の低電圧放電(アーク放電)による樹脂・プラスチック材質の劣化に対する耐性を示す。(JIS K691) CNF 強化材での測定事例は見当たらない。 PP 単独の場合、136~185sec	PP 樹脂物性表 (プラスチック読本(株)プラスチックエージ社) http://www.kda1969.com/pla_material/pla_mate_pp2a1.htm
耐酸・耐アルカリ性	? % 質量変化率など	JIS K7114 プラスティックの耐薬品に対する変化の測定方法を規定している。 CNF 強化材での測定事例は見当たらない。 PP 単独の場合、強酸に侵されるが、弱酸、アルカリには耐える。HDPE タンクには対薬品性資料が存在する。	PP 樹脂物性表 (プラスチック読本(株)プラスチックエージ社) http://www.kda1969.com/pla_material/pla_mate_pp2a1.htm 高密度ポリエチレン容器の耐薬品性 (タンクシステム(株)) www.tanksystem.co.jp/service/pdf/taiyakuhin.pdf
耐溶剤性	? % 質量変化率など	CNF 強化材での測定事例は見当たらない。 PP 単独の場合、80℃以下では耐える。	PP 樹脂物性表 (プラスチック読本(株)プラスチックエージ社) http://www.kda1969.com/pla_material/pla_mate_pp2a1.htm
吸水率 CNF10%+POM (ポリアセタール)	0.6%(45h23℃ 65%RH)	POM (ポリアセタール) は成形加工温度が 190℃以下で CNF の耐熱温度以下で加工できる熱可塑性エンブレである。 POM 単独での吸水率 (重量変化) は 0.15%であった。 JIS K7209 では 23℃の水に試験片を浸し、重量変化を求める。	京都大学、三菱エンジニアリングプラスチック(株)、「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
吸水率 CNF10%+バイオ PE	2%(100℃ x100hr 密閉容器中)	バイオ PE はバイオ PP より低コストであり、CNF10%で強度は従来品タルク強化 PP と同等である。PE 単独の吸水率は 0.01%以下である。自動車部品に CNF 強化プラスチックを適用するには、低吸水性が必要。	デンソー(株)、「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 http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/wp-content/uploads/2013/01/nedo-gsc2012.pdf

物性	物性値	特徴	出典
吸水寸法変化率 CNF10%+バイオPE	1%(100℃ x100hr 密閉容器中 Z 方 向)	PE 単独の吸水変化率はほぼゼ ロであった。自動車部品に CNF 強化プラスチックを適用する には、低吸水性が必要。	デンソー(株)、「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 http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/L ABM/wp-content/uploads/2013/01/n edo-gsc2012.pdf
比磨耗量 CNF10%+POM (ポリアセター ル)	90 x10 ⁻² mm ³ /kgf・ km 同材同士の場合	軸受部品などの磨耗量の指標 で金属との摩擦係数と関連す る。 CNF 強化材の同材同士の比磨 耗量は母材の半分程度であっ た。	京都大学、三菱エンジニアリングプ ラスチック(株)、「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
比磨耗量 CNF10%+POM (ポリアセター ル)	4 x10 ⁻² mm ³ /kgf・km 対金属 S45C の場 合	軸受部品などの磨耗量の指標 で金属との摩擦係数と関連す る。 CNF 強化材の金属への比磨耗 量は母材の 2 倍程度であった。	京都大学、三菱エンジニアリングプ ラスチック(株)、「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
燃焼性	? mm/min	JIS K6911 にプラスチックの燃 焼性の測定方法が規定されて いる。 PP 単独の場合、ゆっくり燃え る。 CNF 強化材での測定事例は見 当たらない。	PP 樹脂物性表 (プラスチック読本(株) プラスチックエージ社) http://www.kda1969.com/pla_mater ial/pla_mate_pp2a1.htm
耐海水性	?	通常、プラスチックは海水に腐 食しない。ガラス繊維を強化材 とする FRP でも海水には腐食 しない。 CNF 強化材での適用事例は見 当たらない。	
耐油性	?	鉱物油、植物油に対する耐性は 軸受部品などで要求される。 CNF 強化材での適用事例は見 当たらない。	
耐候性	?	FRP 風車羽根で暴露試験など の評価方法が検討されている。 FRP 試験では、10 年後にシャ ルピー衝撃値の低下が認められ る。太陽電池に CNF が適用され る場合にも耐候性評価が必要 となる。CNF 強化材での測定事 例は見当たらない。	
耐候性	強度保持率 %	耐候性試験 (Sunshine Weather meter)300hr による劣化 CNF 強化材での測定事例は見 当たらない。	
耐光性	伸度保持率 %	耐光性試験 (Fade-Ometer) CNF 強化材での測定事例は見 当たらない。	

物性	物性値	特徴	出典
加工性		切削、曲げ、溶接、接着のしやすさが母材であるプラスチックごとに示されている。たとえば、PPは切削には適しており、曲げ、溶接も可能であるが、接着には特殊な方法が必要である。 強化材にCNFを採用した場合に加工性に変化があるのか、検討事例はみあたらない。	プラスチックの加工適性 (株KDA 資料 http://www.kda1969.com/study/study_pla_cara.htm
ゴム破断伸びEb	390%	CNF とゴムの複合材料でゴム硬さ 65 (タイヤの硬さ相当) におけるゴム破断伸び Eb は 390%であった。同じ硬さのカーボンブラックのゴム破断伸びEb は 290%であった。 すなわち、CNF 複合ゴムはより大きな変形で破断し、高度な補強性を有する。 ゴム硬さは JIS K6353 : 2012 による 0~100 の数値で、100 で全くへこまない。	野口徹 (信州大学)、「ナノセルロースコンポジット材料の作製と応用」、MATERIAL STAGE Vol.15 No.5 2015, P21-27
破断伸び CNF5%+NR(天然ゴム)	600%	極短繊維、標準繊維の伸び率引張強度、弾性率も NR のみより大きい。スポーツシューズ靴底用に EVA/NR/CNF の複合体を化学発泡させたものを開発した。軽量で強度がある。	長谷朝博 (兵庫県立工業技術センター)、「セルロースナノファイバー強化ゴム材料の特徴とその応用」、日本ゴム協会誌 第90巻第2号(2017) P.30-P.35, 2017年2月
塗膜の分極抵抗 エポキシ塗料にCNF 1%と腐食抑制剤 (亜硝酸カルシウム) 4%	1MΩ (24時間)	塗膜の腐食評価試験で添加なし比べて 10 倍の値を示し、腐食防止効果が確認できた。	矢吹 彰広 (広島大学)、「セルロースナノファイバーの自己修復性防食コーティングへの応用」、ケミカルエンジニアリング Vol.62No.6 P.25-31, 2017年6月
発泡体熱伝導率 CNF5%+PPを母材としてN2発泡	0.06Wm-1K-1	発泡後、圧縮する操作を行った。	大嶋 正裕 (京都大学)、「セルロースナノファイバー樹脂コンポジットでつくる極限断熱発泡体」、工業材料 Vol.65 No.8 P57-61, 2017年8月

表5 CNFの物性・特徴（ゲル等）

物性	物性値	特徴	出典
粘度	10,000 以上 Pa·s (CNF 濃度 0.5%)	CNFは静置時にはゲル状である。流動時には粘度が低下する性質があり、スプレーできるゲルができる。	第一工業薬品, 「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
粘度	10 ⁶ Pa·s (CNF 長繊維)	CNFは静置時の粘度はアスペクト比が高いほど大きい。	河崎雅行 (日本製紙) ほか, 「TEMPO 酸化 CNF の紙製品への適用」, 紙パ技協誌 第71 巻第 4 号 April 2017 P. 30-34、2017年7月
比表面積 (エアロゲルに加工した場合)	800m ² /g	エアロゲルは 1%CNF 分散液から超臨界乾燥により含まれる溶媒を気体に置換した 90%以上の高い空隙率と高い内部表面積を持つ多孔質材料の一種である。セルロースだけでなく、シリカ、炭素などの素材からもエアロゲルは製造できる。	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 http://www.a.u-tokyo.ac.jp/topics/2014/20140728-1.html
熱伝導率 (CNF エアロゲルの場合)	0.018W/m·K	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 http://www.a.u-tokyo.ac.jp/topics/2014/20140728-1.html
エアフィルタ性能指標	2 倍以上	ガラス繊維 HEPA フィルタ濾材に CNF 分散液を付着させ、凍結乾燥するとエアフィルタの性能指標である Q 値が 2 倍以上となった。	根本 純司 (北越紀州製紙), 「セルロースナノファイバーを用いた多孔質材料」, 工業材料 Vol. 65 No. 8 P72-73、2017年8月