

## 第6章 今後の CNF の利活用に向けて

ここでは今後の CNF の利活用に向けた利点、課題と解決方法、留意点等について記述します。6.1 では全般的な事項、6.2 では特定の製品群に係るものについて記述します。6.3 では、まとめと今後の展望について記述します。

### 6.1 CNF の新たな分野への利活用に向けて

CNF の新たな分野への利活用に向けた主な利点を、以下の表 6-1 に記述します。

表 6-1 CNF 利活用の主な利点

主な利点
<ul style="list-style-type: none"> <li>植物由来であり、持続可能な資源である。 さらに、その利点を活かす発展的利用としては、バイオ素材（バイオプラスチック）との複合化が考えられる。（※バイオ素材との複合化により、バイオ素材の物性向上、バイオベース炭素含有率の高い複合材生産による高付加価値化、用途拡大が考えられる。）</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>樹脂に CNF を添加することにより、高強度で軽量化することができる。（「3.2 CNF 関連事業の概要」、「コラム 2 : NCV プロジェクト」参照）</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>構造材用途で利用される場合などでは、CNF を含む商品の使用時の CO<sub>2</sub> 排出量が従来製品の使用時の CO<sub>2</sub> 排出量より少なく抑えることができ、CO<sub>2</sub> 削減効果が期待できる。ただし、CNF の解繊や乾燥でエネルギーを多く消費する場合等、CO<sub>2</sub> 排出量の増加につながる場合もあるのでライフサイクルでの算定が重要となる。（「第 5 章 CNF の CO<sub>2</sub> 削減効果の算定」、別冊 3「セルロースナノファイバーに関する温室効果ガス削減効果算出ガイドライン（CNF-LCA ガイドライン）」、「コラム 2 : NCV プロジェクト」参照）</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>CNF 製造から CNF 製品製造のサプライチェーンを構築できる地域（例えば、紙パルプ工場があり、製造業が盛んな地域）などにおいては、CNF を地域産業の創出に活用することが可能である。また、木質バイオマス調達ができるなどの条件がそろえば、地域産の CNF 調達も可能である。（「3.3CNF による地域産業の創出」参照）</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>リサイクル後も物性が低下しない上、リサイクルした CNF にバージン CNF を混ぜると物性が初期値に戻るという強みを持つため、水平リサイクルが期待できる（製造工程で発生する端材を利用した工程内リサイクルが可能）。また、リサイクルできない場合もサーマルリカバリーが可能である。（「第 4 章 CNF のリサイクル」参照）</li> </ul>

上記利点を活かす上での課題と解決方法等（全般的事項）について記述します。

表 6-2 CNF の課題と解決方法

分類	課題	解決方法／ 利活用に向けた方策
経済的課題	製造コストの低減	<ul style="list-style-type: none"> <li>最適な原料の選定。</li> <li>機械解繊処理回数の低減。</li> <li>量産化によるコスト低減。</li> <li>省エネルギー製造プロセスの開発。</li> </ul> （「3.2.3 CNF の現状供給価格と将来の目標価格」） <ul style="list-style-type: none"> <li>低コスト化のためマスターバッチを介さず、マスターバッチ作成と稀釈コンパウンドを連続して行う。</li> </ul>

分類	課題	解決方法／ 利活用に向けた方策
	輸送コストの低減 (CNF の水分量が多いほど重くなり、輸送コストの負荷が大きくなる)	<ul style="list-style-type: none"> <li>輸送距離を踏まえたサプライチェーン構築の工夫。</li> <li>製品製造メーカーの拠点近くでの CNF 製造。 (「3.3.3 CNF による地域産業創出に向けた課題と成立のポイント」)</li> </ul>
	原料の安定的確保 (CNF の安定供給)	<ul style="list-style-type: none"> <li>技術組合の設立。</li> <li>品質の安定化。</li> <li>製法の標準化。</li> <li>親水性 CNF は、長期保存による腐敗や劣化の可能性があるので、配慮が必要。</li> </ul>
社会的課題	(地域産業創出) CNF 製品メーカーの発掘・マッチング	<ul style="list-style-type: none"> <li>CNF の出口創出や需要拡大に向けて、地域内外の企業・有識者との連携が必要。</li> <li>マッチングを促す機能を備えた地域コンソーシアムの設置が重要。 ⇒図 3-9 全国の地域コンソーシアム (「3.3.3 CNF による地域産業創出に向けた課題と成立のポイント」)</li> <li>NCM 事業 (<a href="https://cnf-ncm.net/">https://cnf-ncm.net/</a>) 参照。</li> </ul>
	人材育成	<ul style="list-style-type: none"> <li>ナノセルロースジャパン (NCJ) の取組の活用 (セミナーの活用など)。 ナノセルロースジャパン HP : <a href="https://www.nanocellulosejapan.com/">https://www.nanocellulosejapan.com/</a></li> <li>新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) / 産総研「CNF 人材育成講座」の活用。</li> <li>地域コンソーシアムの活用。 (「3.3.3 CNF による地域産業創出に向けた課題と成立のポイント」)</li> <li>大学との連携 (例えば、今回の実証事業では大学と企業が連携して取り組んでいる。表 3-1～3-5 の代表事業者、共同事業者参照)。</li> </ul>
	認知度の向上	<ul style="list-style-type: none"> <li>ナノセルロースジャパン (NCJ) の活用。</li> <li>地域コンソーシアムの活用。</li> <li>既製品の活用 (CNF 製品を見てもらう、触ってもらう、食べてもらう、つけてもらうなど)。 (実用化事例は表 2-1 参照)</li> <li>NCV (セルロース・ナノ・ヴェイクル) の活用。 (「コラム 2 : NCV プロジェクト」参照)</li> </ul>
	(市場回収) リサイクルスキームの確立	<ul style="list-style-type: none"> <li>繰り返し利用についての経年劣化の検証。</li> <li>市場回収する仕組みの確立。 (第 4 章 CNF のリサイクル)</li> </ul>

分類	課題	解決方法／ 利活用に向けた方策
	(有害危険性に対する) 安全性の確保	<ul style="list-style-type: none"> <li>・産業技術総合研究所が「セルロースナノファイバー(CNF)の安全性評価手法及び評価事例に関する文書類」(<a href="https://www.aist-riss.jp/assessment/45276/">https://www.aist-riss.jp/assessment/45276/</a>)として、「セルロースナノファイバーの検出・定量の事例集」、「セルロースナノファイバーの有害性試験手順書」、「セルロースナノファイバー及びその応用製品の排出・暴露評価事例集」をまとめている。</li> <li>・CNF は植物由来の物質であり、既に食品などでも利用されているが、有害危険性があるというデータはこれまでのところ得られていない。</li> <li>・新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) において情報収集と周知活動が行われている。</li> </ul>
	今まで使用したことのない材料に対する不安感の払拭	<ul style="list-style-type: none"> <li>・認知度の向上 (→「認知度の向上」参照)</li> <li>・人材育成 (→「人材育成」参照)</li> <li>・実用化事例の認知。</li> <li>・マッチングを促す機能を備えた地域コンソーシアムの活用。 (「3.3.3 CNF による地域産業創出に向けた課題と成立のポイント」)</li> <li>・専門的知見を持った大学・研究機関との連携。</li> <li>・CNF 製造事業者との対話。</li> <li>・QFD (品質機能展開) の活用。 (「コラム 1 : CNF の材料特性等を整理する QFD の活用」参照)</li> </ul>
技術的課題	CNF の品質の確保	<ul style="list-style-type: none"> <li>・技術的な情報がまとめられている新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) 「セルロースナノファイバー利用促進のための原料評価報告書」を活用 (当該報告書において、CNF およびパルプの物性および化学特性を比較。また、CNF 製造方法別の CNF の特徴を比較)。</li> <li>・樹脂-CNF 複合ペレットの混練における生産性向上と分散性維持は背反事項であるため、分散性を維持しながら生産性を向上する技術開発が求められる。</li> <li>・CNF の分散に特化したスクリー形状の設計開発、セグメント化されたスクリーの採用、混練部と軽量部を個別に制御するタンデム式 2 軸混練機の採用などの検討を行う必要がある。</li> <li>・ロットによる品質のばらつきの抑制。</li> <li>・失敗の経験値の蓄積による改善 (CNF は素材としての歴史が石油由来素材と比べて浅いため、失敗と成功の繰り返しによる試行錯誤が様々な形で必要である)。</li> <li>・CNF 添加により、吸湿率増加の可能性があるため、影響がないか検討する必要がある。 (参考文献：仙波健「セルロースナノファイバーとプラスチック」、成形加工 Vol.30 No.7,2018,P.361-364)</li> </ul>

分類	課題	解決方法／ 利活用に向けた方策
	原料による性能の相違の把握	・新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）「セルロースナノファイバー利用促進のための原料評価報告書」を活用（当該報告書において、スギ、コウヨウザン、カラムツ、トドマツ、シラカンバ、ユーカリ、タケを比較）。
	製造時のエネルギー消費、CO <sub>2</sub> 排出の削減	・スケールメリットによるエネルギー消費の削減。 ・機械解繊処理の場合、必要な解繊度の検討（解繊処理回数の削減によるエネルギー消費の削減）。 ・パルプ直接混練法（京都プロセス）や TEMPO 酸化を始め、セルロース解繊時のエネルギー効率を高める技術が近年発見されており、CNF 生産時の環境負荷の低減が期待されている。 ・石油化学コンビナートのバイオマス版における構成要素の一つとして CNF を捉え直した地域産業全体でのプロセス最適化設計。
	リサイクル技術の確立	・高速・高精度選別技術の開発。（「第 4 章 CNF のリサイクル」）
	自動車の安全性の確保	・「剛性」と「耐衝撃性」の両立。（「コラム 2： NCV プロジェクト」参照）

上記に挙げた課題と解決方法のほか、CNF 利活用の際の留意点として、以下が挙げられます。

表 6-3 その他の留意点

留意点
・地域のバイオマスの活用も考えられるが、すべての地域において、活用可能とは限らない。安定供給、コスト、地域連携等について検討した上で、活用可能であるか判断する必要がある。
・CNF を活用しても必ずしも CO <sub>2</sub> 削減に貢献するわけではない（CO <sub>2</sub> 削減効果を謳う際にはライフサイクルでの評価が重要である。）
・一概に CNF といっても、原料や解繊方法の違いにより、それぞれのメーカーによって性状が異なっているため、求める特性に応じて適正な CNF を利用する必要がある。また、解繊度が高い CNF を添加することが必ずしもいい性能に繋がるわけではない。

## 6.2 新たな分野での利活用を想定する製品群に係る課題及び解決策

前述した CNF の課題を踏まえ、今後 CNF の適用が期待される製品群と課題解決の一つの方向性を以下に示します。また、分野横断的に進めるべき施策についてもコラムとして掲載しています。

### 有望製品に関する個別課題と対応の方向性

文献調査や CNF の開発・利用に携わる事業者へのヒアリング等を踏まえて、CO<sub>2</sub> 削減効果が期待され、今後の CNF 適用が有望と考えられる製品を以下に記載します。具体的には、「小型・電動モビリティ」及び「蓄電池・コンデンサ」に係る製品群への展開が期待されます（図 6-1）。なお、ここでは、環境省の「セルローズナノファイバー性能評価モデル事業委託業務」や「NCV プロジェクト」等における開発実績のある製品に関連して検討しました。



図 6-1 文献調査やヒアリング等より選定した有望な製品群

これまで「セルローズナノファイバー性能評価モデル事業委託業務」や「NCV プロジェクト」等を通じて開発実績のある製品群を示します（表 6-4）。詳細は、「3.2.2 CNF 活用製品の性能評価事業」を参照ください。

表 6-4 性能評価業務における開発製品

代表事業者	共同事業者	検討対象製品
トクラス(株)	山口大学、イオインダストリー（株）、静岡大学、岡山県森林研究所	自動車部品
トヨタ車体(株)	-	CNFRP 製自動車用バッテリーキャリア
(国)九州大学	中越パルプ工業（株）	自動車部品
第一工業製薬(株)	エレクセル（株）	ISS 車用 CNF 適用リチウムイオン電池
パナソニック(株)	-	冷蔵庫部品（センターピラー、クロスレール）、洗濯機（脱水受け、バルンサー）
(国)静岡大学	名古屋工業大学、山口大学、大阪工業大学、同志社大学、倉敷紡績（株）、トクラス（株）、ランデス（株）、YKKAP（株）、岡山県農林水産総合センター森林研究所、静岡工業技術研究所	住宅部材（外壁素材、天井素材、床素材）
(国)京都大学	産業環境管理協会、京都市産業技術研究所、金沢工業大学、名古屋工業大学、秋田県立大学、宇部興産(株)、(株)昭和丸筒/昭和プロダクツ(株)、利昌工業(株)、(株)イノアックコーポレーション、キョーラク(株)、三和化工(株)、ダイキョーニシカワ(株)、マクセル(株)、(株)デンソー、トヨタ紡績(株)、アイシン精機(株)、トヨタ自動車東日本(株)、(株)トヨタカスタマイジング&ディベロップメント、東京大学、産業技術総合研究所	自動車部品（内外装材・ルーフ・パネル等）
(株)日建ハウジング	(株) LIXIL、フィグラ（株）、(株) 田島技術	住宅部材・建材（サッシ、窓ガラス、屋根・外壁）

開発が有望視される「超小型・電動モビリティ」及び「蓄電池・コンデンサ」について、今後の更なる技術開発・実証の活発化を期待し、個別の開発課題とその対応策を以下に整理しました。

#### ・超小型・電動モビリティ（図 6-2）

NCV プロジェクト等の自動車に関する豊富な実績を応用でき、今後の脱炭素の流れで製品開発が急速に高まることから、新規開発の過程で脱炭素素材の採用も考えられ適用の可能性が高いと想定されます。他方で、製造側から見た際には CNF 性能の情報開示が統一されておらず適切な CNF の選定に時間がかかることや、コスト低減、リサイクル手法等の確立といった課題があります。

#### ・蓄電池・コンデンサ（図 6-3）

環境省では過年度に車載用バッテリーへの CNF 適用に取り組んでおり適用可能性が高い結果が得られたことに加え今後の市場普及に伴い CO<sub>2</sub> 削減効果等も期待されています。他方で、上記の性能やコスト等の同様の課題に加え、機能とコスト等のバランスを踏まえた他素材と比較し、製品化を目指す必要があるとの指摘もあります。



## 超小型モビリティ／電動モビリティ

イメージ<sup>1</sup>



### 基礎データ

CO2削減量 <sup>2</sup> (t-CO2/台/年)		47.65 (鋼鉄製ドアとの比較)
市場規模 [台]	現状 <sup>3</sup>	620
	2030 <sup>3</sup>	11,200
主な対象部材 <sup>2</sup>		ドア・窓部材 等
技術熟度 <sup>2</sup>		実証済み (環境省 事業)

### 普及に向けた主な課題

#### 性能の向上 及び 品質の担保

- 素材メーカー提示の素材情報が適切ではなく、製品の開発状況が不明瞭
- CNF複合材の性能の限界値が現状は不明確で、強度・軽量化性能の担保が難しい
- 素材メーカー提示の素材情報が不十分で、製品の開発状況わかりにくい
- 素材メーカーとマッチングする機会が少ない

#### コストの低減

- 量産体制が構築されておらず、製品化実証の実績が少ない

#### リサイクル手法等の確立

- リサイクル技術が確立されておらず、リサイクル規格も確立されていない

### 対応策の方向性

#### 性能の向上 品質の担保

- 本ガイドラインにおける、環境省 実証事業等の開発状況等の分析結果を参照 (第3章)
- 環境省のマッチング事業を通じた、技術のあるプレイヤーとの協業
- 環境省の過年度事業の実績を活かした技術開発・実証事業の組成・検討

#### コストの低減

- 本ガイドラインにおける、環境省 実証事業のコスト等の分析結果を参照 (第3章)
- 環境省の過年度事業の実績を活かした製品化の技術開発・実証事業の組成・検討 (製品化等の実績の積み上げ)

#### リサイクル手法 等の確立

- 本ガイドラインにおける、リサイクル手法等の分析結果を参照 (第4章)
- 環境省によるCNF製品化の技術開発・実証事業の組成を通じた、マテリアルリサイクル、リサイクル分離回収技術の検討、リサイクル規格の確立

### 有識者からの主なご意見



- CNF生産量年間10万トンでようやくコスト削減繋がるため、自動車が大きなたーゲットになる
- 安全性や環境負荷など様々な性能基準を満たす必要があるため、CNF単体を主材として消費量を増やし製品化することにこだわってはいは、実用化は難しいのではないかと

■ 出所 (\*1: 環境省「グリーンズローモビリティHP「2020年度予算案におけるグリーンズローモビリティ関連事業」、\*2: 環境省「令和元年度セルロースナノファイバー等を活用したグリーンズローモビリティの導入実証委託業務成果報告書 (令和2年3月)」、\*3: 矢野経済研究所「次世代モビリティの市場見通し」)

図 6-2 有望製品における課題及び対応策の方向性 (超小型モビリティ・電動モビリティ)

## 蓄電池／コンデンサ

イメージ<sup>1</sup>



### 基礎データ

ISS車：アイドリングストップ車

CO2削減量 <sup>1</sup> (t-CO2/台/年)		0.0086 (鉛二次電池比)
市場規模 [万台]	現状 <sup>1</sup>	1,709 (ISS車 世界全体)
	2030 <sup>1</sup>	4,406 (ISS車 世界全体)
主な対象部材 <sup>1</sup>		車載用バッテリー 等
技術熟度 <sup>1</sup>		実証済み (環境省 事業)

### 普及に向けた主な課題

#### 性能の向上 及び 品質の担保

- 素材メーカー提示の素材情報が適切ではなく、製品の開発状況が不明瞭
- CNF複合材の性能の限界値が現状は不明確で、強度・軽量化性能の担保が難しい
- 素材メーカー提示の素材情報が不十分で、製品の開発状況わかりにくい
- 素材メーカーとマッチングする機会が少ない
- 製品へのニーズが機能orコストかを明確化し、競合する各々の素材と比較しながら製品化が必要

#### コストの低減

- 量産体制が構築されておらず、製品化実証の実績が少ない

### 対応策の方向性

#### 性能の向上 品質の担保

- 本ガイドラインにおける、環境省 実証事業等の開発状況等の分析結果を参照 (第3章)
- 環境省のマッチング事業を通じた、技術のあるプレイヤーとの協業
- 環境省の過年度事業の実績を活かした技術開発・実証事業の組成・検討

#### コストの低減

- 本ガイドラインにおける、環境省 実証事業のコスト等の分析結果を参照 (第3章)
- 環境省の過年度事業の実績を活かした製品化の技術開発・実証事業の組成・検討 (製品化等の実績の積み上げ)

### 有識者からの主なご意見



- セパレーターの主材としては難しいかもしれないが、セパレーターに求められる特性やモルフロジーを示すための助材としては期待できるのではないかと
- 機能が求められる製品なのか、コストが求められる製品なのかを顧客ニーズに合わせて、競合する各々の素材と比較しながら製品化が必要

■ 出所 (\*1: 環境省「平成 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 (セルロースナノファイバーを適用したアイドリングストップ車用リチウムイオン電池の実用化に向けた課題抽出) 成果報告書 (平成30年3月16日)」)

図 6-3 有望製品における課題及び対応策の方向性 (蓄電池・コンデンサ)

## コラム4：分野横断的な課題と対応の方向性

### ～CNF 選択の目安となる表示・測定基準の整備と情報開示について～

#### 1. 分野横断的に取り組むべき課題

現在では各事業者の開発努力により、様々な形態や製法、品質の CNF が開発・利用されています。他方で、多様な CNF 選択の目安となる品質等の情報は統一されておらず、事業者等から CNF の普及に向けては統一された品質情報を示す必要があるとの意見も多くあり、今後の整備が望まれます（図 6-4）。

- 表示基準を**基本情報として掲載するのはよい**。他方、分析用試料の作成に1週間程度時間を要するため、**品質推奨案の詳細化は難易度が高い**
- 繊維径や繊維長は、走査型電子顕微鏡や研究機関等でなければ分析できないことが多く、事業者によっては分析装置がない場合もあり、**分析装置の補助があれば大変ありがたい**



- **分散性は非常に重要**。また、**CNFメーカーとしても標準化された基準があると生産コスト低減につながり、ユーザーにとっても使いやすいものになるのではない**
- 他方、品質の推奨案については、最終製品の**コストパフォーマンス等を考慮して求める品質**（例 強度を上げる場合は、繊維長が重要）が決まるため、**事業者の出口戦略に依存すると考える**

- CNFは**メーカーごとに性能のばらつきが大きく、同一メーカーでもロットによって差異があり、ものによってはCNFを樹脂に混合した際に、分散性が悪く欠陥**になってしまう
- **各メーカーから性能表示されていれば、ユーザーはどれを買うべきか検討できるため、性能を評価する方法がなければ広く流通しない**



- 測定方法が確立していないので、**何かしら基準を示す必要がある**
- 測定方法が明確で測定結果が一樣に比較できないと、**製造事業者は製品検査ができない**。測定方法は品質を保証するために必要なものである

出所：民間事業者・学識有識者へのヒアリングより

図 6-4 CNF 選択の目安となる基準や項目の整備を求める“生の声”

#### 2. 課題解決の方向性

より簡易に目的に沿った CNF を選択できるよう、CNF の表示・測定基準の整備と情報開示を進めることが必要と考えられます。また、市場の実態に沿った有効な施策となるよう、CNF 供給・需要側のニーズを取り入れることが重要であり、CNF 関連事業者を中心としたコンソーシアムによる策定・運用等が有効と考えられます（図 6-5）。

環境省では、令和2年度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の一環で業界マッチングを支援しており、こうした取組との連携も有効と考えられます。



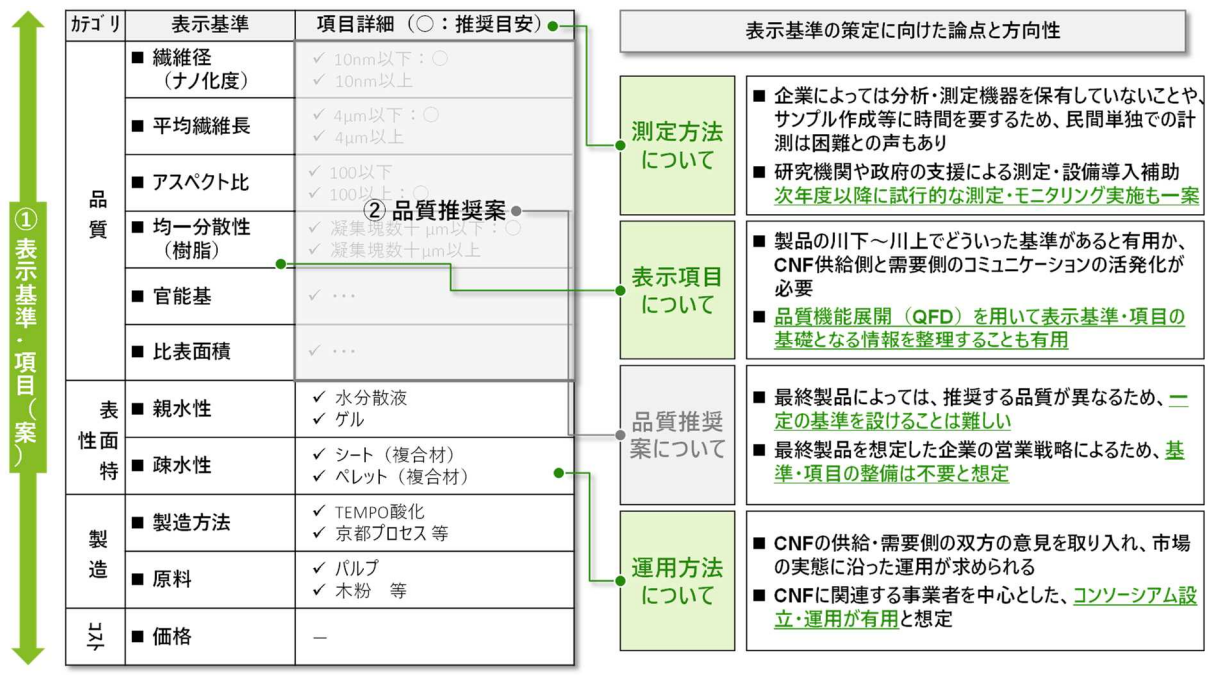


図 6-5 表示・測定基準の項目案と運用等の方向性

### 3. “具体的な”取組に向けた想定されるステップ

こうした検討施策を“具体的な”取組とするため、CNF 供給・需要側と調整しながら、測定やモニタリングを試行的に実施し、基準の高度化や品質基準に昇華していくことが有効と考えられます (図 6-6)。加えて、本年度に試行的に実施した品質機能展開 (QFD) (「コラム 1 : QFD」参照) や算定条件宣言シート (「別冊 3 LCA ガイドライン」参照) を用いて、製品の川下～川上でどういった基準が有用か、CNF 供給・需要側のコミュニケーションの活発化を図り、実績を積み上げることも重要です。国・政府では、こうした施策の実施・支援を通じ、民間事業者の自主的な取組とも協力し、CNF の普及による脱炭素社会の構築を目指して参ります。

また、国内では経済産業省が主体となり、CNF の国際標準化を目指す動きもあり、こうした動向とも連携しつつ、取組を推進していくことが重要と考えられます (詳細は、p.50 (参考) を参照)。

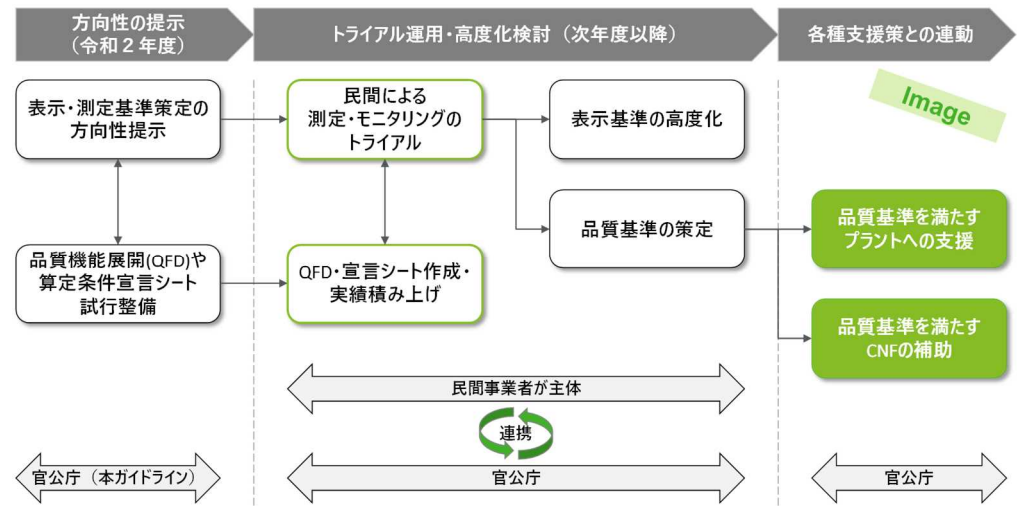


図 6-6 表示・測定基準等策定の方向性と想定される方向性 (一例)

## 6.3 まとめと今後の展望

現状において、CNFの製造、製品化の動向としては、既に水系用途（親水性）CNFでは化粧品、食品、塗料・インキといった用途をはじめとして普及段階に入っています（「2.1 CNFの普及状況と今後の市場見込み」参照）。一方で、プラスチックへの添加などCO<sub>2</sub>削減効果の高いと考えられる複合材料用途（自動車、家電、住宅建材、等）においては、実用化に向けて実証等が進められている段階のものが多くあります。

今回環境省が実施した事業（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、2015～2020年度）においては、自動車、家電、住宅建材等の実用化に向け、実証事業を実施しました（「3.1 環境省によるCNF社会実装に向けた取組の全体像」、「別冊1 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の成果のまとめ」参照）。その結果、コスト低減に係る技術の進展、CNF製品の性能が既存製品に比べて優れていることが確認されるなど、CNF製品の実用化に繋がるきっかけとなっており、多方面での今後の実用化が期待されます。

環境省が支援したNCVプロジェクト（「コラム2：NCVプロジェクト」参照）では、「木から車を作る」というコンセプトのもと、CNFを自動車の内外装に活用し、軽量化にチャレンジし、車両全体で10%以上、部品レベルでは最大50%程度の軽量化を達成するとともに、そのコンセプトカーを東京モーターショー2019に展示しています。そのプロジェクトにおいては、CNF100%の自動車部材の作成や3Dプリンターによる成形にも成功しています。一方で、耐衝撃性、非極性材料への複合化、部材の接合や接着技術、吸湿性、難燃性、コストなどといった課題が残っています。

CNFは地域産業の創出にも貢献し、域内のGDP上昇、雇用創出、地域資源の活用も可能となりうる素材です（「3.3CNFによる地域産業の創出」参照）。例えば、紙・パルプ産業が盛んで、CNF製造事業者を有する静岡県富士市は「富士市CNF関連産業推進構想」を策定し、富士市CNFプラットフォームの設立や関連産業創出事業の実施などにより、CNF関連技術・製品の早期の実用化、製品化を行い、新たなCNF製品の実現化をしています。また、岡山県の事例では、県内の森林材を用いてCNF製造を行い、CNF製品製造まで繋げているといった例もあります。地域産業の創出にあたっては、CNFの出口創出や需要拡大に向けて、CNF製品メーカーの発掘・マッチング、企業・有識者との連携が重要になるとともに、輸送コストの低減、地域資源に応じた用途選定と品質確保への対応も重要な課題となってきます。

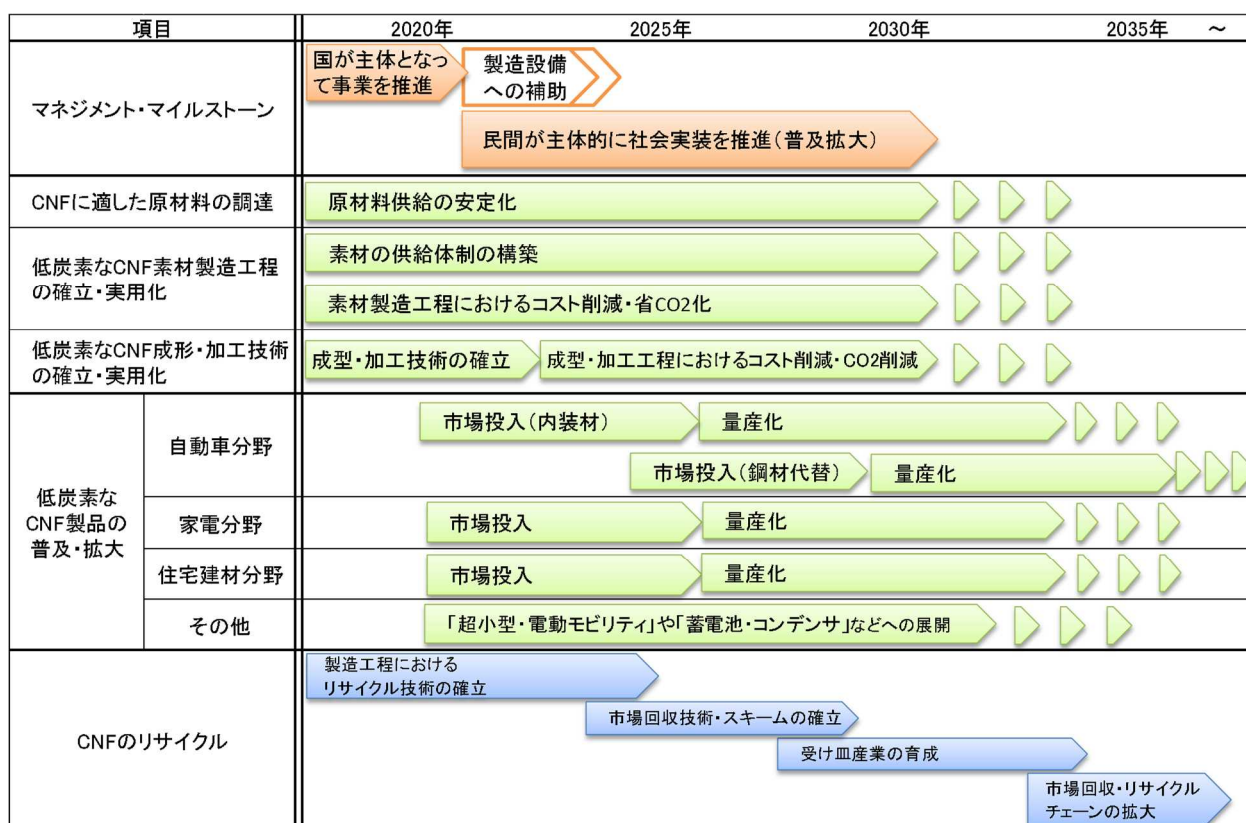
CNFの特徴の一つである高いリサイクル性について、繰り返しリサイクルしても物性の低下が少ないことが今回の実証事業においても実証されています（「第4章CNFのリサイクル」参照）。特に、製造工程で発生する端材を利用した工程内リサイクルが可能であり、他素材に比べて容易であることから、まずはCNF製品製造における工程内リサイクルが進展することが考えられます。一方で、市場回収リサイクルは回収されるCNF複合材の物性や品質にバラつきがあるため、回収する仕組みの構築や高精度選別技術の開発が必要となっています。

CO<sub>2</sub>削減効果の高いと考えられる複合材料用途（自動車、家電、住宅建材、等）については、使

用時のCO<sub>2</sub>削減効果が高くなっており、CNF製品のライフサイクルCO<sub>2</sub>の把握のためには、今回、別冊に添付したCNFのLCAガイドラインが利用可能です（「第5章 CNFのCO<sub>2</sub>削減効果の算定」および「別冊3セルロースナノファイバーに関する温室効果ガス削減効果算出ガイドライン（CNF-LCAガイドライン）」参照）。

このような複合材料用途の今後の展望としては、家電、住宅建材、自動車（内装材）で市場投入から量産化が図られていくことが期待されます。また、自動車（鋼材代替）については、それらの製品に追随して、市場投入・量産化が図られていくことが期待されます。そのためには、「6.1 CNFの新たな分野への利活用に向けて」でまとめた様々な課題を解決していく必要があります。CNF製品製造におけるCNF成形・加工技術の確立やコスト削減、CO<sub>2</sub>削減等が図られていくことが期待されます。加えて、「6.2 新たな分野での利活用を想定する製品群に係る課題及び解決策」で記述したように、「小型・電動モビリティ」及び「蓄電池・コンデンサ」に係る製品群への展開なども期待されます。

また、それらと併せてCNF供給側において、原材料供給の安定化、CNF供給体制の構築等が図られていくことが期待されます。



（出典）環境省「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」をもとに、令和2年度調査において改定

図6-7 環境省が想定するCNFによる脱炭素社会構築ロードマップのイメージ