

第2章 国内のCNFに関する技術開発及び製造、製品化の動向

2.1 CNFの普及状況と今後の市場見込み

2.1.1 CNFの普及状況

表 2-1 に CNF の実用化事例を示します。

2020 年時点において、水系用途（親水性）CNF の用途では、複数の用途が製品・実用化されています。一方で、プラスチックへの添加など CO₂ 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いです。

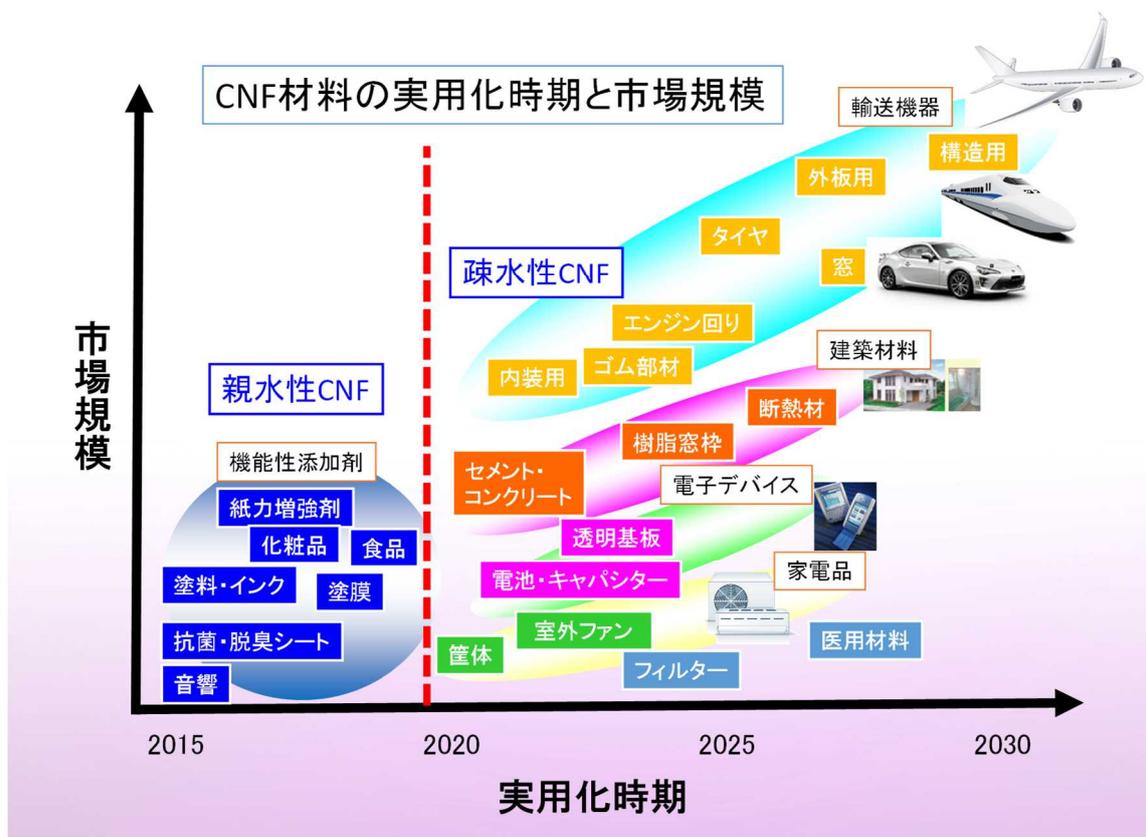
表 2-1 CNF の実用化事例

用途	商品
自動車	※NCV（「コラム2：NCVプロジェクト」参照）、本環境省事業（3.2「CNF関連事業の概要」参照）等において、内装部品、外装部品などとして実証事業を実施。
航空機部材	—
ゴム製品（タイヤなど）	タイヤ 【操縦安定性向上】 住友ゴム工業(株) 
住宅・建設	漆喰壁材 ※本環境省事業（3.2「CNF関連事業の概要」参照）等において、樹脂サッシ、断熱材料などとして実証事業を実施。
家電	掃除機の構造部品 【軽量化】 パナソニック(株) 
容器・包装材	飲料向け紙容器
嗜好品・スポーツ用品・工芸品	シューズの靴底 【クッション性、耐久性】 (株)アシックス 
	卓球ラケット用素材、スピーカー・ヘッドフォンの振動盤
塗料・コーティング剤	インキ（ボールペン） 【増粘剤】 三菱鉛筆(株) 
	塗料
医療・ヘルスケア・美容	マウスウォッシュ、化粧品
膜・フィルター	—

用途	商品	
電子デバイス・エネルギーデバイス	ソルダペーストの添加剤（はんだ付け材料）	
食品	どら焼き 【食品用増粘剤】 (株) 田子の月 	さくらもち 【食品用増粘剤】 (有) 坂根屋 
紙類	トイレクリーナー 【表面強度向】 大王製紙(株) 	
	芯なしトイレトーパー、紙おむつ	
その他	接着剤、京焼・清水焼	

(出典) 各社ホームページ、CNF 提供元ホームページ等をもとに作成

また、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）/京都大学「平成 30 年度 CNF 補強樹脂複合体と直接的に競合すると考えられる繊維補強樹脂材料に関する国際的動向調査業務報告書」では、CNF 適用先として有望と考えられる用途として、プリント基板、ロボットアーム、医用材料、風力発電ブレード・ナセル、コンクリート補強筋、下水パイプ、ボートが挙げられており、今後技術開発が進み実用化が期待されています。



(出典) 京都大学矢野教授提供資料

図 2-1 CNF の実用化段階別用途 (例)

2.1.2 CNF の今後の市場見込み

平成 25 年度製造基盤技術実態等調査（製紙産業の将来展望と課題に関する調査）報告書では、経済産業省は、2030 年の CNF 関連材料の市場創造目標として、国内全体で年間 1 兆円を掲げています⁸。

また、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）/京都大学「平成 30 年度 CNF 補強樹脂複合体と直接的に競合すると考えられる繊維補強樹脂材料に関する国際的動向調査 報告書」によると、CNF 複合樹脂の主要な導入先となる繊維複合材料の世界市場は、輸送（自動車）、建設、電気・電子、パイプ・タンク、消費財、風力、航空・宇宙、マリン・その他といった用途を想定しており、総額は 2016 年時点で 8.6 兆円と見積もっています。これらの市場に CNF 複合樹脂が導入されると推定すると、世界市場において、CNF 複合樹脂で数兆円規模の市場が見込まれることとなります。なお、ここでは複合材樹脂以外の用途（水系用途 CNF）を含んでいないことに留意が必要です。

表 2-2 繊維強化複合材料市場（億円、2016 年）

用途	ガラス繊維成形品	炭素繊維成形品	合計
輸送	17,881	948	18,829
建設	10,882	1,746	12,628
電気/電子	12,459	169	12,628
パイプ/タンク	8,647	373	9,020
消費財	5,994	1,149	7,143
風力	5,390	1,826	7,216
航空・宇宙	382	5,030	5,412
マリンその他	12,511	1,019	13,530
合計	74,145	12,260	86,406

（出典）新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）/京都大学「平成 30 年度 CNF 補強樹脂複合体と直接的に競合すると考えられる繊維補強樹脂材料に関する国際的動向調査 報告書」をもとに作成

⁸ 用途としては、自動車部材、情報電子材料、包装材料、建築材料、食品用増粘剤、高機能フィルターなどを想定。

2.1.3 海外動向

世界各国においても、CNF の利用促進に向けた政策が推進されています。以下に、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、韓国の CNF 関連の政策動向を紹介します。

(1) 米国

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まとめています。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、乾燥・脱水、相溶化といった技術力向上が、商用化に向けた課題として挙げられています

2021 年には、ナノセルロースを含むナノテクノロジーの普及促進に向けた共通目標を掲げる「2016NNI Strategic Plan」の再構築の検討に向けて、5つのテーマの下、省庁間の協力チームが組成されました。出口候補には医薬品、建築、自動車産業等、様々な分野が検討されています。

米国におけるCNF関連政策動向(既存の取組)

<支援体制>

- ナノテクノロジー全般に関するNNI(National Nanotechnology Initiative, 国家ナノテクノロジーイニシアティブ)を推進する小委員会に20の連邦機関が加盟している。
- そのうち、USDA(United States Department of Agriculture、農務省)の下部機関であるNIFA(The National Institute of Food and Agriculture、食糧農業研究所)とFS(Forest Service、森林局)、DOE(U.S. Department of Energy、エネルギー省)、NSF(National Science Foundation、米国立科学財団)がナノセルロースに関連する具体的なPJへの支援を実施している。



<商用化に向けた課題>

- 2019年5月、APPTI(the Alliance for Pulp and Paper Technology and Innovation, 紙/パルプ技術革新のための同盟)は、USDA/FS等と協力し、ナノセルロースワークショップ「ナノセルロースの商用化の促進: 重大な課題」を開催した。ワークショップでは、以下の2つが重要課題として議論された。
 - 乾燥と脱水(drying/dewatering)
 - 相溶化(compatibilization)

米国におけるCNF関連政策動向(今後の取組)

<基本方針>

- 2021年には、ナノセルロースを含むナノテクノロジーの普及推進にける共通目標を掲げた「2016NNI戦略計画」に新たな考慮事項を追加したNNI戦略計画の再構築が検討されており、以下の各テーマについて焦点を当てた5つの省庁間協力チームが結成された。
 - 世界クラスの研究
 - 商業化
 - 研究インフラストラクチャ
 - 教育・労働力の開発
 - 責任ある開発

<予算>

- USDA/FSのR&D部門予算は、2020年:254.5百万ドル、2021年:249.3百万ドル(要求額)で、ほぼ横ばい状態である。

<出口候補>

- USDA/FSとNNIが主催したワークショップ(2014.8実施)では、出口候補として以下が挙げられた。



(出典) NNI ウェブサイト、FS ウェブサイト、Advancing Commercialization of Nanocellulose:

Critical Challenges Workshop Report

図 2-2 米国における CNF 関連政策動向

表 2-3 米国における取組状況

機関	方針	取組状況	期間
U.S. Department of Energy (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 ・2021年のナノテクノロジー全般への予算要求額は352.8百万ドル 	<ul style="list-style-type: none"> ・2014年から商業化に向けた支援を行っている ・事業期間に2020年以降を含むナノセルロース関連の事業は1件 <ul style="list-style-type: none"> ➢ プロジェクト「Electro-dewatering of Cellulosic Nanomaterials」 ・参画主体：Faraday Technology ・期間：2019～2021年 ・概要：セルロースナノマテリアルの利用促進に向け、重要なコスト要因である脱水・乾燥技術について、電気化学工学を利用することで、ナノセルロースの特性を維持しながら、効率的かつ高い費用対効果で実現する方法を設計、調査、検証する。 	2014年～
National Science Foundation (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 ・2021年のナノテクノロジー全般への予算要求額は453.5百万ドル 	<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 ・事業期間に2020年以降を含むナノセルロース関連の事業は8件 	2007年～
The National Institute of Food and Agriculture (NIFA)	<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 ・2021年のナノテクノロジー全般への予算要求額は19.0百万ドル 	<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 ・事業期間に2020年以降を含むナノセルロース関連の事業は30件 	2007年～
Forest Service (FS)	<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 ・2021年のナノテクノロジー全般への予算要求額は3.3百万ドル 	<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 ・事業期間に2020年以降を含むナノセルロース関連の事業は1件 	2007年～

(出典) NNI ウェブサイト、NSF ウェブサイト、DOE ウェブサイト、NIFA ウェブサイト、FS ウェブサイト

(2) カナダ

カナダは政府組織である天然資源省（NRC : Natural Resources Canada）と、民間の研究機関 FP Innovations が連携し、5つのプログラムを通じて、研究開発を支援しています。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ます。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ます。

カナダにおけるCNF関連政策動向(既存の取組)



<商用化に向けた課題>

- Nanocellulose Summit 2016 in TOKYO に参加したカナダ代表ギレス氏は、商用化に向けた課題として以下を挙げた
 - ナノセルロース (CNC) のクオリティ向上
 - 生産コスト低減
 - マーケットニース創出による、民間部門の生産設備投資促進
 - 使用用途拡大に向けた、新しい事業パートナーの発掘

* 2021年1月時点、IFIT、Indigenous Forestry Initiative 以外は公募終了

カナダにおけるCNF関連政策動向(今後の取組)

<基本方針・政策目標>

- NRC (天然資源省) は、Forest Innovation Program (FIP) の一環としてナノセルロースの開発・普及をとして進めている。尚、FIP の推進目標は以下の通りである
 1. 林産業において、高付加価値製品及びプロセスを創出する
 2. 上記を通じて、ナノセルロースのようなテクノロジー領域でカナダがグローバルリーダーになれるよう支援を行う
- 2017年、カナダ政府は針葉樹材木行動計画から3年間 (2017年から2020年) にわたって 6,300万 CAD で FIP を拡大
- NRC は、ナノセルロース (CNC) のグローバル普及に向け、国内規格の標準化をサポートする一方、カナダ国立研究機関等を通じて ISO にカナダの意見を伝える

<予算>

- NRC の R & D の実施、支援、促進を含む「科学とイノベーション」の予算は、2020年: 1,077百万 CAD、2021年: 1,050百万 CAD、2022年: 1,034百万 CAD と微減傾向にある。

<出口候補>

- NRC の支援プロジェクトにて、以下の用途で商用化



(出典) NRC ウェブサイト、FP Innovations ウェブサイト、Canadian Council of Forest Ministers, 「Forest Sector Innovation in Canada 2015」、ナノセルロースフォーラム事務局、 「Nanocellulose Summit 2016 in TOKYO 資料集」

図 2-3 カナダにおける CNF 関連政策動向

表 2-4 カナダにおける取組状況

機関	プログラム	プログラムの最終目標と目的	取組状況	期間
Natural Resources Canada (NRC)	Forest Innovation Program (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 	<ul style="list-style-type: none"> ・Transformative Technologies Program(TTP)として始まり、Canadian Wood Fiber Center (CWFC) などのイニシアチブを含むように成長してきた ・現在、TTP は FIP の一部であり、カナダの非営利森林研究所である FPIinnovations が研究を行う ・CWFC は、FPIinnovations やその他の主要な利害関係者と協力して、連邦政府の研究と展開の専門知識を、特定されたイノベーション指向の森林セクターのニーズに合わせることで、カナダ森林局の可視性を強化している ・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 開発を支援している 	2012年～
	Investments in Forest Industry Transformation Program (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 43 件を支援してきた ・2020 年に更新された予算は 8,290 万カナダドル (3 か年) 	<ul style="list-style-type: none"> ・バイオエネルギー、生体材料、生化学物質、次世代建築製品などの高価値のバイオ製品を通じて、林産物市場の多様化を支援している ・2013 年には、FPIinnovations と連携し、商業プラントへの支援を実施、商品化につなげる ・事業期間に 2020 年以降を含むナノセルロース関連の事業は 1 件 <ul style="list-style-type: none"> ➢ プロジェクト「Construction of a cellulose filament plant and optimization of the paper mill」 ・参画主体：Resolute Forest Products ・期間：2020～2021 年 ・概要：セルロースフィラメントの製造に特化した、1 日あたり最大 21 トンの生産能力を有する商業プラントを建設。将来的に最大生産能力での稼働を実現する際には、23 の新たな雇用創出が可能と見込んでいる。 	2010年～

(出典) NRC ウェブサイト

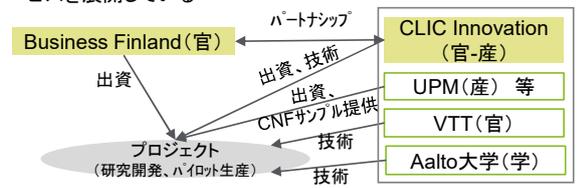
(3) フィンランド

フィンランドは、労働経産省傘下の Business Finland 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が、課題として認識されています。Business Finland は科学技術への戦略的な投資にあたり、経済成長、持続可能性、競争力に焦点を当て、ナノセルロース開発を支援しており、R&D 部門の予算は 2019 年から 2020 年にかけて増加傾向にあります。出口候補として、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ます。

フィンランドにおけるCNF関連政策動向(既存の取組)

<支援体制>

- 労働経産省傘下の Business Finland は、イノベーションの資金調達と貿易、旅行、投資促進のための公的機関であり、研究機関、企業、大学によるセルロースナノテク研究開発を支援している(2018年、Tekes(技術庁)と政府所有企業を統合し、設立)
- CLIC Innovation (旧FIBIC) は、バイオ、エネルギー分野を中心にセルロースナノテク製品、製造プロセスを研究する機関である
- UPMI は、フィンランドのグローバル大手製紙会社で、GrowDex® という細胞培養用のナノセルロース製品を商品化している
- VTT(フィンランド国立技術研究センター)は、CNFの製造方法、用途開発、安全性に関する研究を行っており、設備の利用サービスを展開している



<商用化に向けた課題>

- VTT(フィンランド国立技術研究センター)は、ナノセルロース素材の商用化に向けた課題として、下記を指摘している
 - 乾燥脱水等、量産に向けた製造工程技術力の向上

フィンランドにおけるCNF関連政策動向(今後の取組)

<基本方針>

- Business Finland は、2025年に向けた戦略として、科学技術への投資を行うにあたり、経済成長、持続可能性、競争力に焦点を当てている
- CLIC Innovation は、ナノセルロースを含む科学技術への支援において、生物経済、循環経済、エネルギーシステムを中心とした革新的なソリューション創出をミッションとしている

<予算>

- Business Finland のR&D部門予算は、2020年:477.5百万EUR(前年比26.3百万EUR増)

<出口候補>

- VTT(フィンランド国立技術研究センター)は商業化実現性の高い分野として、エレクトロニクス産業、製紙産業、食品・化粧品産業等を挙げており、医薬品・ヘルスケア・バイオにおいては具体的なプロジェクトの支援も行っている



- ナノセルロース製品を商用化しているUPMIは上記に加え、最近バイオメディカル分野への適用にも力を入れている

(出典) Business Finland ウェブサイト、CLIC Innovation ウェブサイト、UPM ウェブサイト、VTT ウェブサイト、

Aalto 大学ウェブサイト、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)」

図 2-4 フィンランドにおける CNF 関連政策動向

表 2-5 フィンランドにおける取組状況

機関	プログラム	プログラムの最終目標と目的	取組状況	期間
Business Finland	Bio& Circular Finland	<ul style="list-style-type: none"> ・フィンランドのソリューションが国際市場で採用されるために、バイオおよび循環経済ソリューション（特にプラスチックおよび包装産業）の輸出を増やすことを目指す ・循環経済のさまざまな分野での新しいイノベーション、特に繊維や建設の新しいアプリケーションを支援する ・予算は、4 年間で 300 百万ユーロ（内 150 百万ユーロは、Business Finland のイノベーション資金）となっている 	<ul style="list-style-type: none"> ・事業期間に 2020 年以降を含むナノセルロース関連の事業は 2 件 ➢ プロジェクト「Nanocellulose as reinforcement for biobased and biodegradable materials」 ・参画主体：FineCell Sweden ・期間：2019～2020 年 ・概要：ナノセルロースとバイオプラスチックに基づく軽量バイオコンポジットを製造するための技術的・経済的に実行可能なソリューション開発を実施。 	2019 ～ 2022 年
Business Finland	BioNets	<ul style="list-style-type: none"> ・フィンランドのバイオ経済と循環経済に新たなメリットをもたらすことを目的とする ・革新的で国際的なビジネスエコシステムや 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 	<ul style="list-style-type: none"> ・事業期間に 2020 年以降を含むナノセルロース関連の事業は 2 件 	2016 ～ 2018 年

(出典) Business Finland ウェブサイト

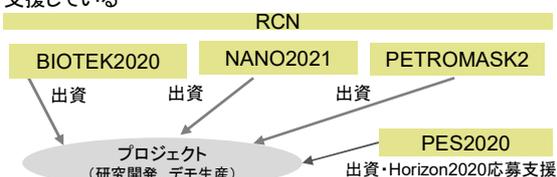
(4) ノルウェー

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ます。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ます。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ます。

ノルウェーにおけるCNF関連政策動向(既存の取組)

<支援体制>

- RCN(The Research Council of Norway, ノルウェー・リサーチ・カウンシル)はナノテクノロジーを含む科学技術等の研究開発を金融的に支援する政府組織である
- ナノテクノロジー全般に関連するプログラムNANO2021のみでなく、その他のプログラムにおいてもナノセルロース関連技術を支援している



<商用化に向けた課題>

- 北欧におけるナノテクノロジーの成長について考察したOECDレポート(2014.3発行)では、ノルウェー、フィンランド、スウェーデンが持つCNF商用化の共通課題として下記を指摘している
 - 生産スケールアップに適用する技術力向上
 - 商用化の潜在性より、実現性重視の適用分野模索
 - 川上から川下まで一連のバリューチェーン創出と、それに参加する企業の確保
 - 根本的な革新に向けた研究開発資金の確保

ノルウェーにおけるCNF関連政策動向(今後の取組)

<基本方針>

- RCN(ノルウェー・リサーチ・カウンシル)は自国におけるナノテクノロジー、新素材育成の主な目的として以下を表明している
 1. イノベーションの基盤となる、持続発展可能なテクノロジーソリューションを開発する
 2. 環境調和型エネルギー開発、資源の持続可能な利用等、社会的課題へ対応する
- RCNは基礎研究を支援するとともに、商業化に近い大規模プロジェクトを支援するプログラム群(Large scale research programme)も展開している

<予算>

- RCNによるNANO2021の2020年の予算は134百万NOKであった

<出口候補>

- RCNは医薬品・ヘルスケア・バイオ、建築、石油、パッケージへの適用をめざし、具体的なプロジェクトの支援を行っている



医薬品産業



建築



パッケージ材料



エネルギー産業(石油回収剤)

(出典) RCN ウェブサイト、OECD, 「Impact of nanotechnology on green and sustainable growth: Micro- and nanofibrillated cellulose (2014.3.13)」

図 2-5 ノルウェーにおける CNF 関連政策動向

表 2-6 ノルウェーにおける取組状況

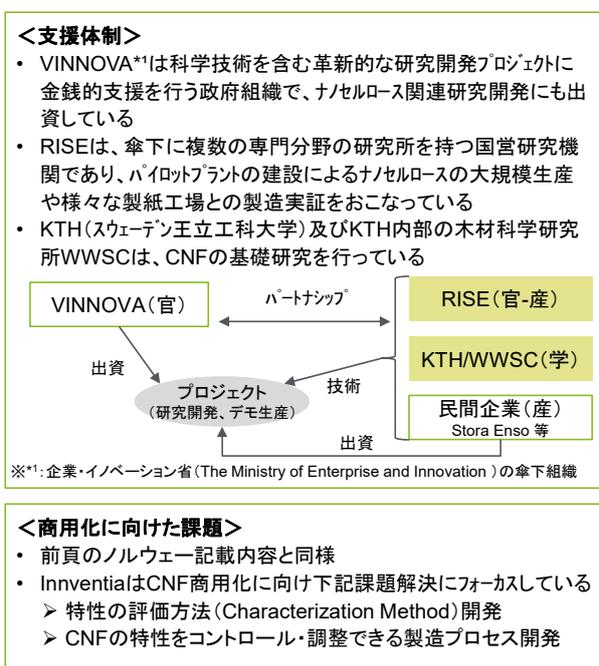
機関	プログラム	プログラムの最終目標と目的	取組状況	期間
The Research Council of Norway (RCN)	Large-scale Programme for Bioteknologi for verdiskaping (BIOTEK2021)	<ul style="list-style-type: none"> ・環境影響を低減させ、既存油田からの回収率向上、新たな油田の開発、より費用対効果が良い採掘技術に関する、基礎・応用研究を支援する ・初年度 2013 年の予算は 239 百万ノルウェー・クローネ 	<ul style="list-style-type: none"> ・事業期間に 2020 年以降を含むナノセルロース関連の事業は実施なし 	2013 ~ 2022 年
	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 百万ノルウェー・クローネ ・2021 年までの予定であったが、期限が延長され、特定の終了年なし 	<ul style="list-style-type: none"> ・事業期間に 2020 年以降を含むナノセルロース関連の事業は 3 件 	2012 ~ 2021 年
	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 百万ノルウェー・クローネ ・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 	<ul style="list-style-type: none"> ・事業期間に 2020 年以降を含むナノセルロース関連の事業は 5 件 ➢ プロジェクト「3D Bioprinting of biomimetic pancreas with tunicate nanocellulose and human pancreatic islets」 ・参画主体：CELLHEAL AS ・期間：2019~2021 年 ・概要：糖尿病等の治療への活用を目的に、ナノセルロースをベースとしたバイオインクを用いて、移植可能なバイオミメティック膵臓デバイスをバイオ加工する 3D バイオプリンティング手法の研究・開発を実施 	2012 ~ 2021 年
	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 	<ul style="list-style-type: none"> ・事業期間に 2020 年以降を含むナノセルロース関連の事業は 1 件 	2014 ~ 2020 年

(出典) RCN ウェブサイト

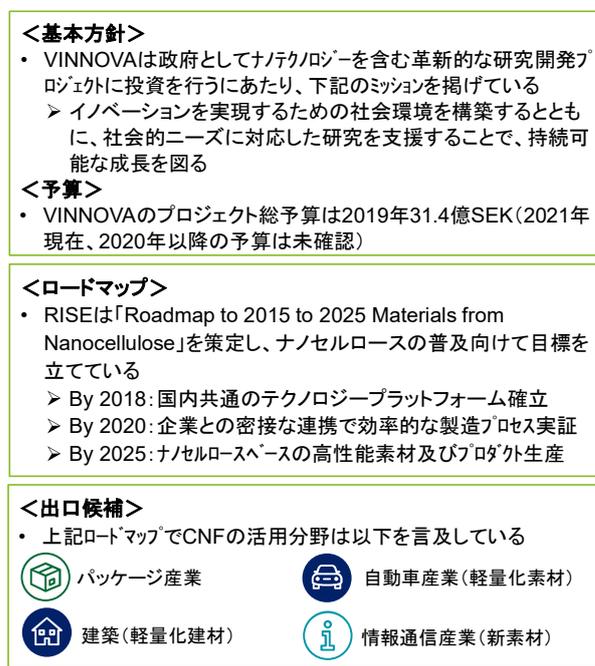
(5) スウェーデン

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、国営研究機関 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）が協力し、課題解決に臨んでいます。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、普及に向けた取組を進めています。また、RISE ではパイロットプラントの建設による、ナノセルロースの大規模生産等の実証を行っています。ターゲット分野としてパッケージ、自動車、建設、情報通信産業等が想定されています。

スウェーデンにおけるCNF関連政策動向(既存の取組)



スウェーデンにおけるCNF関連政策動向(今後の取組)



(出典) RISE ウェブサイト、「Roadmap to 2015 to 2025 Materials from Nanocellulose」、Innventia ウェブサイト、VINNOVA ウェブサイト、KTH ウェブサイト

図 2-6 スウェーデンにおける CNF 関連政策動向

表 2-7 スウェーデンにおける取組状況

機関	プログラム	プログラムの最終目標と目的	取組状況	期間
VINNOVA	-	<ul style="list-style-type: none"> ・主要な社会的課題に対する新しいソリューションの開発を目的とし、リスクが大きく、プロジェクトが一般的に政府の援助なしでは軌道に乗らないイノベーションプロセスの初期段階で資金を提供する ・戦略的イニシアチブを調整し、民間部門と公共部門の両方で社会の多くの分野をカバーする 	<ul style="list-style-type: none"> ・事業期間に 2020 年以降を含むナノセルロース関連の事業は 14 件 ➤ プロジェクト「BioCell-filament」 ・参画主体：InFold AB ・期間：2020～2021 年 ・概要：炭素繊維からパルプ由来のナノセルロースへの置き換えを目的に、出口を 3D プリンターフィラメントの炭素繊維の代替品と定め、研究・開発、実証を実施 	-
RISE	The Bioeconomy Research Programme	<ul style="list-style-type: none"> ・ナノセルロース分野を含む 10 のプログラムエリアからなる ・ナノセルロース分野において、RISE は 7 社とのコンソーシアムとプロジェクトを管理しており、総予算は、現物出資を含む約 1,900 万スウェーデン・クローナとなっている 	(個別プロジェクトの詳細情報は非公開)	2021 ～ 2024 年
RISE	The Bioeconomy Programme 2018-2020	<ul style="list-style-type: none"> ・「パルプ化プロセス」・「回収サイクルと水管理」・「ナノセルロース」の 3 つのコンソーシアムからなる「パルプとセルロース」等、複数のコンソーシアムをカバーする 5 つのプログラムエリアからなる 	(個別プロジェクトの詳細情報は非公開)	2018 ～ 2020 年

(出典) VINNOVA ウェブサイト、RISE ウェブサイト

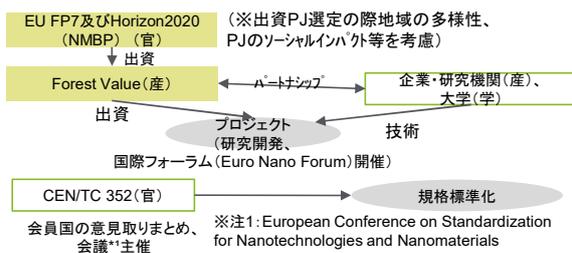
(6) 欧州連合

欧州連合は、欧州全体の研究開発プログラム Horizon2020（2014年～2020年）・HorizonEurope（2021年～2027年）や、森林分野における既存の研究コンソーシアムを基盤として、欧州委員会により設立されたコンソーシアム Forest Value を通じ、欧州のグローバル競争力強化の方針の一環として、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ます。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・バイオ等が想定されています。

欧州連合におけるCNF関連政策動向(既存の取組)

<支援体制>

- Forest Valueは、森林関連の3つのERA-NET(WoodWisdom-Net、SUMFOREST、FORESTERRA)を基盤として成立し、ナノセルロースコンポジットの製造プロセス研究等、国を超えた様々な森林研究の共同プロジェクトに総額約8,600万EUR投資している
- ECはFP7の継続版としてHORIZON 2020を実施し、ナノセルロースを含む最先端技術開発研究を支援している
- CEN(欧州標準化委員会)はナノテクノロジーに特化した技術委員会TC 352を設置し、規格策定・標準化に取り組んでいる



<商用化に向けた課題>

- NMBPのワーキングパッケージはナノ材料の課題として以下に言及
 - 量産化と材料・エネルギーの効率向上による、コスト競争力強化 (Circular Economyへの貢献)

欧州連合におけるCNF関連政策動向(今後の取組)

<基本方針>

- ECは、2050年時点でEU全体のGHG排出量実質ゼロを目指す「欧州グリーンディール」に向け設置された技術開発プログラム「Horizon2020」(2014-2020)の後継として「Horizon Europe」(2021-2027)を実行。
 - 前半4年間の戦略的計画では、「バイオエコノミー、資源」もターゲットの1つに定められており、気候変動対策や循環経済への移行において果たすべき主要な役割として、バイオベースのイノベーションを推進する。

<予算>

- Horizon Europeの資金総額は1,000億EUR(予定)であり、そのうち35%以上を気候変動対策に拠出予定

<出口候補>

- EUでは、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・バイオへの適用をめざし、具体的なプロジェクトの支援を行っている



(出典) Forest Value ウェブサイト、CEN ウェブサイト、WoodWisdom-Net ウェブサイト、EC ウェブサイト、European Commission, 「Horizon 2020 - Work Programme 2016-2017 : Nanotechnologies, Advanced Materials, Biotechnology and Advanced Manufacturing and Processing」

図 2-7 欧州連合における CNF 関連政策動向

表 2-8 EU における取組状況

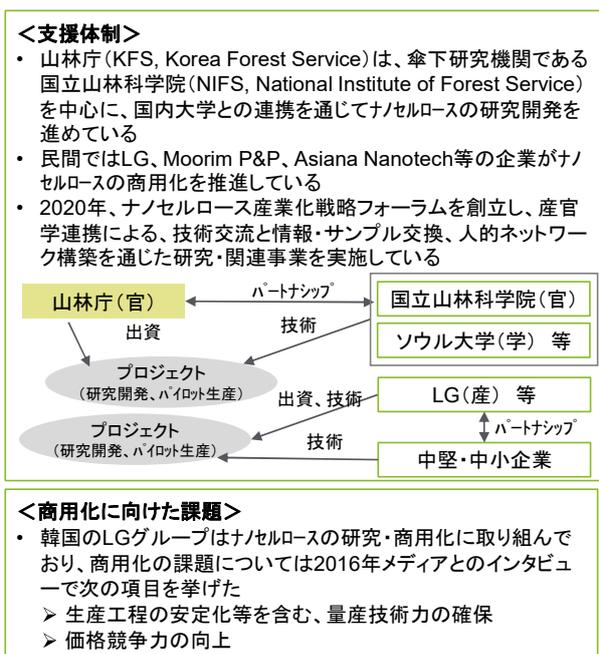
機関	プログラム	プログラムの最終目標と目的	取組状況	期間
EU	Horizon Europe	<ul style="list-style-type: none"> ・Horizon 2020 の後継であり、EU の産業競争力の強化を目的とした 3 本柱 (Pillar) を設定 ・7 年間の資金総額は 1,000 億ユーロ (予定) であり、Open Innovation の取組を強化予定 	<ul style="list-style-type: none"> ・詳細な計画や採択等は検討中であり、2021 年 1 月に最終化される予定 	2021 ～ 2027 年
	Horizon 2020	<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の促進を目指す 	<ul style="list-style-type: none"> ・事業期間に 2020 年以降を含むナノセルロース関連の事業は 11 件 ➢ プロジェクト「Sustainable, Wireless, Autonomous Nanocellulose-based Quantitative DoA Biosensing Platform」 ・参画主体： ACONDICIONAMIENTO TARRASENSE ASSOCIACION ・期間：2018～2021 年 ・概要：プリントドエレクトロニクスの基板、最終デバイスのカプセル化用のラミネートフィルム、および機能性インクの配合における活性剤としてナノセルロースを使用する研究・開発を実施 	2021 ～ 2027 年
Forest Value	Joint Call 2021 (JC 2021)	<ul style="list-style-type: none"> ・気候変動に左右されない循環型経済と持続可能な社会の実現に向けて、社会の利益のために森林と森林資源の最善の利用を促進するための知識を生み出すプロジェクトを支援する 	<ul style="list-style-type: none"> ・プロジェクトの開始時期は、2021 年後半から 2022 年前半を予定 	2021 ～
	Joint Call 2017 (JC 2017)	<ul style="list-style-type: none"> ・ForestValue ERA-NET Cofund に、参加する国や地域の研究プログラムと EU から資金提供を受けて、林業分野における研究・開発・イノベーションのための提案を募集する最初の国際的な公募 ・2017 年から公募、支援をしており、JC 2017 では 17 件採択されている 	<ul style="list-style-type: none"> ・国際的な専門家のパネルによるピアレビューとランキングの後、募集運営委員会は、EU の共同資金を含む利用可能な国内/地域の資金の範囲内で、17 の研究コンソーシアムを資金提供のために採択した。 ・事業期間に 2020 年以降を含むナノセルロース関連の事業は 2 件 	2017 ～ 2020 年

(出典)： EC ウェブサイト、Forest Value ウェブサイト、WoodWisdomNet ウェブサイト

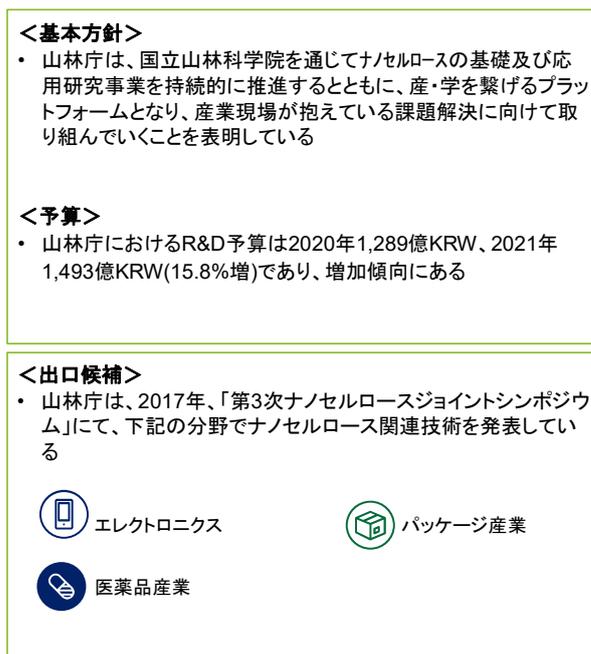
(7) 韓国

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ます。産業界でも複数の企業が商用化に向け推進をしています。2020年には、ナノセルロース産業課戦略フォーラムが創設され、産官学連携の下、研究開発事業が進められています。商用化に向けた課題は、産業界から技術力及び価格競争力向上が挙げられており、出口用途としては、山林庁から、エレクトロニクス、パッケージ医療・ヘルスケア分野の関連技術が発表されています。

韓国におけるCNF関連政策動向(既存の取組)



韓国におけるCNF関連政策動向(今後の取組)



(出典) 山林庁ウェブサイト、国立山林科学院ウェブサイト、印刷産業新聞ウェブサイト、韓国経済マガジンウェブサイト、化粧品新聞ウェブサイト

図 2-8 韓国における CNF 関連政策動向

表 2-9 韓国における取組状況

機関	プログラム	プログラムの最終目標と目的	取組状況	期間
山林庁	森林バイオテクノロジー技術開発事業	<ul style="list-style-type: none"> 2022年から2029年までの8年間で約2,500億ウォン予算規模で推進する予定であり、所得の増加とバイオエコノミー分野で5,000人の雇用創出が見込まれている 2029年までに、国固有の有用な森林生物資源50種、新素材50種、グローバル素材製品5種を開発するという目標を掲げている 	<ul style="list-style-type: none"> 2017年以来、約50種の森林生物資源を活用し、食品、医薬品、化粧品、機能性素材の発掘と高付加価値製品化につながる研究を推進してきた 	2017～2029年

(出典) 山林庁ウェブサイト

(参考) 国際標準化に向けた動き

CNF の国際標準化については、ISO（国際標準化機構）のナノテクノロジー専門委員会（ISO/TC229）で議論されています。ISO/TC229 専門委員会では、ナノ物質であるカーボンナノチューブなども規格化の対象となっており、図 2-6 に示す 5 つの分科会からなっています。

2017 年 8 月には、JWG1（用語と命名法ワーキンググループ）からが技術仕様書として「セルロースから成るナノ材料に関する用語」が発行されており⁹、CNF の定義として、幅が 3~100nm、長さが 1 μ m 以下となっています（※ただし、2021 年 2 月時点で ISO 規格としては未確定）。

また、JWG2（計測と特性評価ワーキンググループ）（議長国日本）において、TEMPO 酸化を含む孤立分散型 CNF の計測項目と計測方法の規格案¹⁰が 2021 年 2 月に公開されたところです。今後、数年で規格化されていく予定です。



(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スレター第 19 号」、有識者ヒアリングをもとに作成

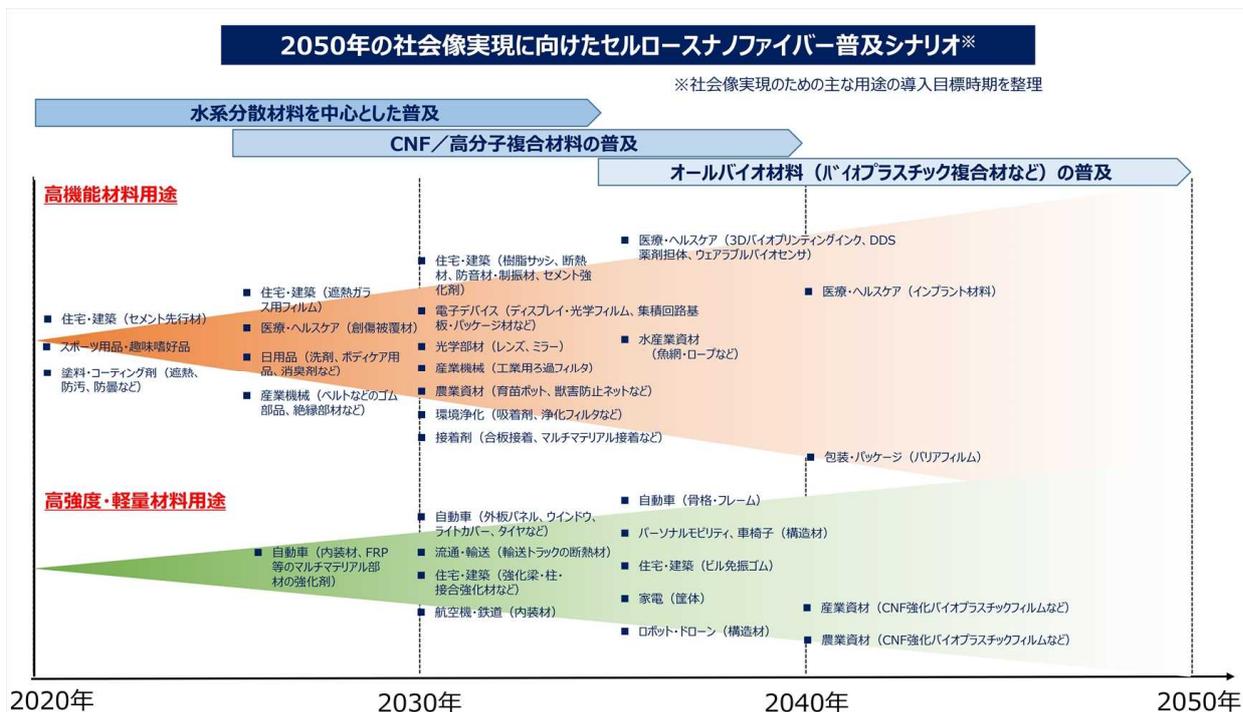
図 2-9 日本の国際的な標準化・規格化（ISO/TC229）の動向

⁹ ISO/TS 20477:2017:08 First edition “Nanotechnologies – Standard terms and their definition for cellulose nanomaterial”

¹⁰ ISO/TS 21346:2020 “Nanotechnologies -Characterization of individualized cellulose nanofibril samples”

2.2 CNF の技術開発のロードマップ

新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）/みずほ情報総研「セルロースナノファイバーの市場及び技術動向調査 2019 年度成果報告書」においては、2050 年の社会像実現に向けた CNF 普及シナリオを示しており、まずは、技術的障壁も比較的 low CNF の付加価値が認められやすい水系分散材料／高機能材料用途を中心として普及・市場拡大がすすんでいき、高分子複合材料 においては、2025 年頃から自動車の内装部品の樹脂補強や FRP 等のマルチマテリアル部材の強化剤で導入が始まり、2030 年以降に自動車での普及拡大（外板パネル、ウインドウ、ライトカバー、タイヤなど）や住宅（強化梁・柱・接合強化材など、航空機・鉄道（内装材）での導入が進んでいくものと予想しています。



（出典）新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）/みずほ情報総研「セルロースナノファイバーの市場及び技術動向調査 2019 年度成果報告書」

図 2-10 CNF の普及シナリオ

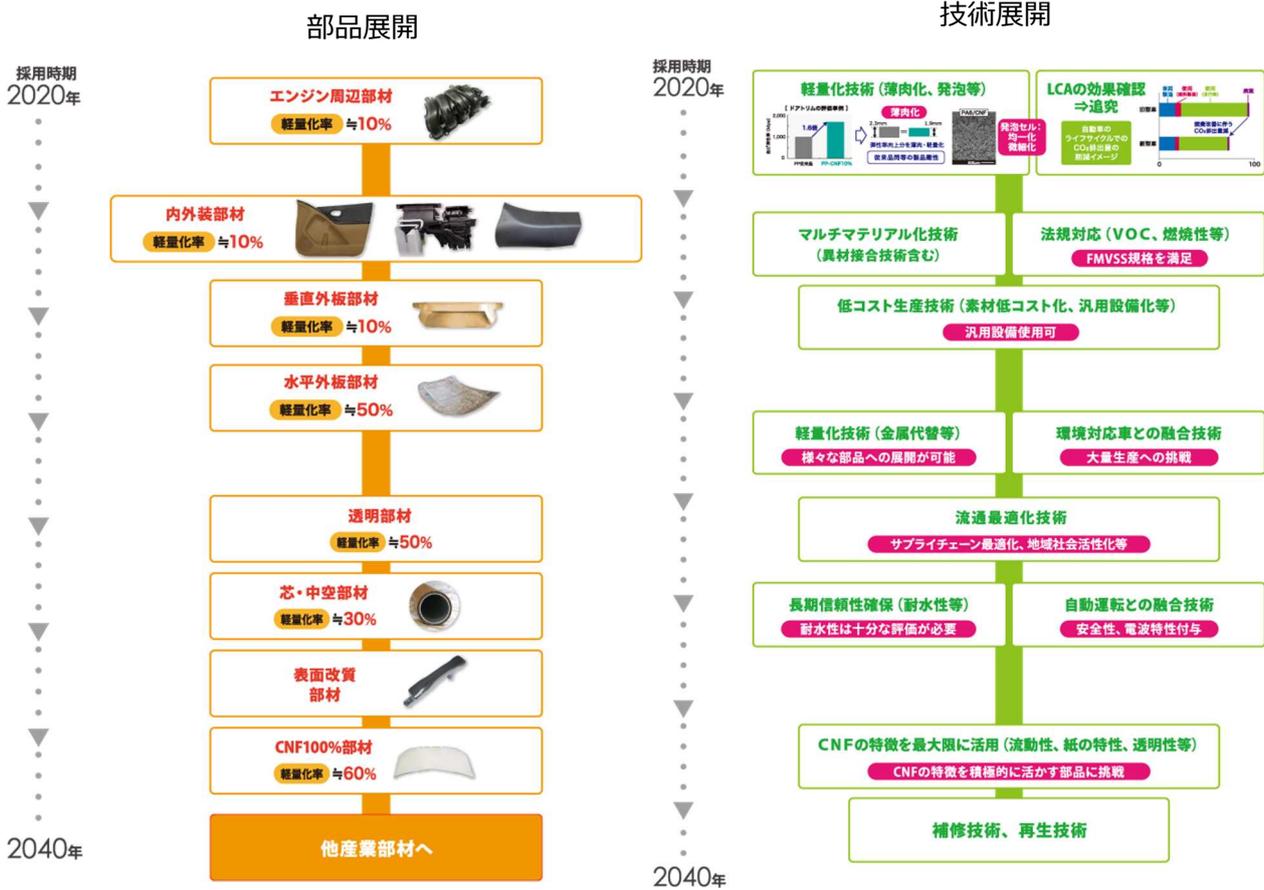
なお、同報告書において、CNF 複合材の技術ロードマップを掲載しており、取組みの方向性として、1) 自動車部材への適用を目指した技術開発を中心に一層の高機能化・低価格化を進め、技術開発の成果を自動車以外の用途（家電や住宅など）での普及・市場拡大につなげる、2) 自動車においては、内装材や部品のケーシングなどの樹脂製品の強化用途への導入を目指しつつ、CNF 複合樹脂の更なる高強度化に向けた取組みにより外板への適用を目指す、3) 電子部品の基板・パッケージ材、包装フィルム・バリアシート等の適用に向けた機能向上（耐熱性、バリア性、耐水性など）も図る、といったことが記述されています。

		2020年	2025年	2030年
CNF複合樹脂（構造材） ※目標数値は、PPをベースとした複合樹脂を想定、衝撃吸収性はアイソット衝撃強さ				
<取組みの方向性>				
<ul style="list-style-type: none"> 自動車部材（CFRP等のマルチマテリアル添加材、内装材、部品ケーシング、外板、フロア等の車両骨格など）への適用を目指した技術開発を中心に一層の高機能化・低価格化を進め、技術開発の成果を自動車以外の用途（家電や住宅など）での普及・市場拡大につなげる 自動車においては、内装材や部品のケーシングなどの樹脂製品の強化用途への導入を目指しつつ、CNF複合樹脂の更なる高強度化に向けた取組みにより外板への適用を目指す 電子部品の基板・パッケージ材、包装フィルム・バリアシート等の適用に向けた機能向上（耐熱性、バリア性、耐水性など）も図る 				
技術課題	機械特性の向上（剛性、衝撃吸収性など）		■ 自動車（インパネ、バッテリーレーなど）への適用水準	■ 自動車外板適用水準
	耐熱性／耐水性／耐久性の向上		■ 成形温度（～200℃）耐性	■ 自動車（シート構造材など）への適用水準 ■ 高温（～90℃）環境下で耐用年数15年 ■ 高温・高湿度下で耐用年数15年
	用途拡大に向けた機能向上	■ バリア性（フィルム・シート）：蒸着フィルムと同等	■ バリア性（フィルム・シート）：現状の2倍 熱・吸湿などに対する特性（機械的特性、電気的特性など）の長期安定性の向上 複合材の特性向上（反り・引け抑制、線膨張差の緩和、表面品質の向上、断熱向上、ノイズ・振動・衝撃（NVH）抑制など）	
	低コスト化	■ 1300円/kg（汎用樹脂との複合材）	■ 500:700円/kg	■ 300-500円/kg
技術開発／環境整備	要素技術開発（機能向上）	化学修飾技術、解織技術（CNFの特性向上） ベース樹脂の特性向上（CNFとの親和性向上、CNF劣化因子（ラジカル等）の削減など） 複合化技術（CFRP等の複合材料への特性改良、CNFの分散性向上、コーティング等による表面特性の向上、断熱・NVH対応構造の開発） 成形加工技術（成形加工時のCNFの劣化抑制、RTM大型一体成形技術など）		
	生産体制構築	品質が安定した複合樹脂原料（マスターバッチなど）の供給体制構築 複合化・成形加工に関するデータ・ノウハウの蓄積 量産ベースでのCNF複合樹脂の品質安定性確保／生産量拡大		
	用途開拓	自動車内装材・部品ケーシングなどに対する適用先探索 自動車外板・骨格（フロア等）への適用の検討		

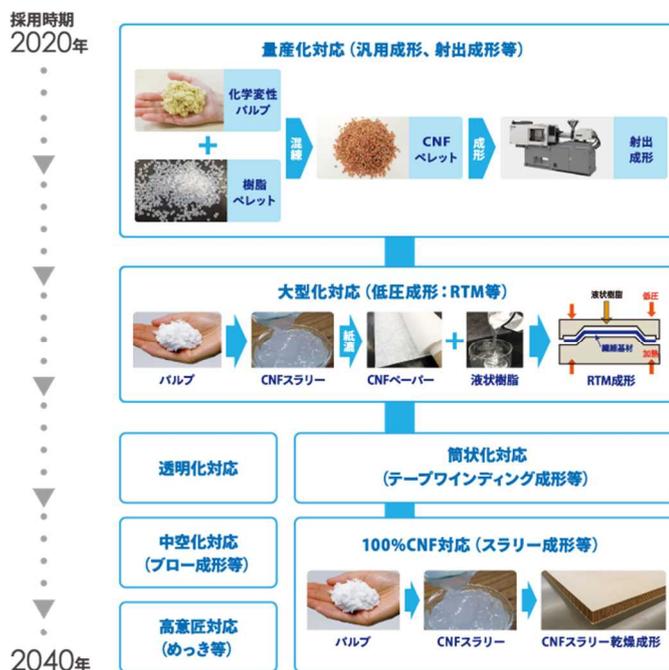
（出典）NEDO/みずほ情報総研「セルロースナノファイバーの市場及び技術動向調査 2019 年度成果報告書」

図 2-11 CNF 複合樹脂（構造材）の技術ロードマップ

NCVプロジェクト（後述「コラム2：NCVプロジェクト」参照）においては、自動車部品の社会実装化を目指し、「部材（部品）」、「技術」、「成形方式」の3つのカテゴリーに分けて、2040年に向けた未来予想図を作成しています。



成形方法



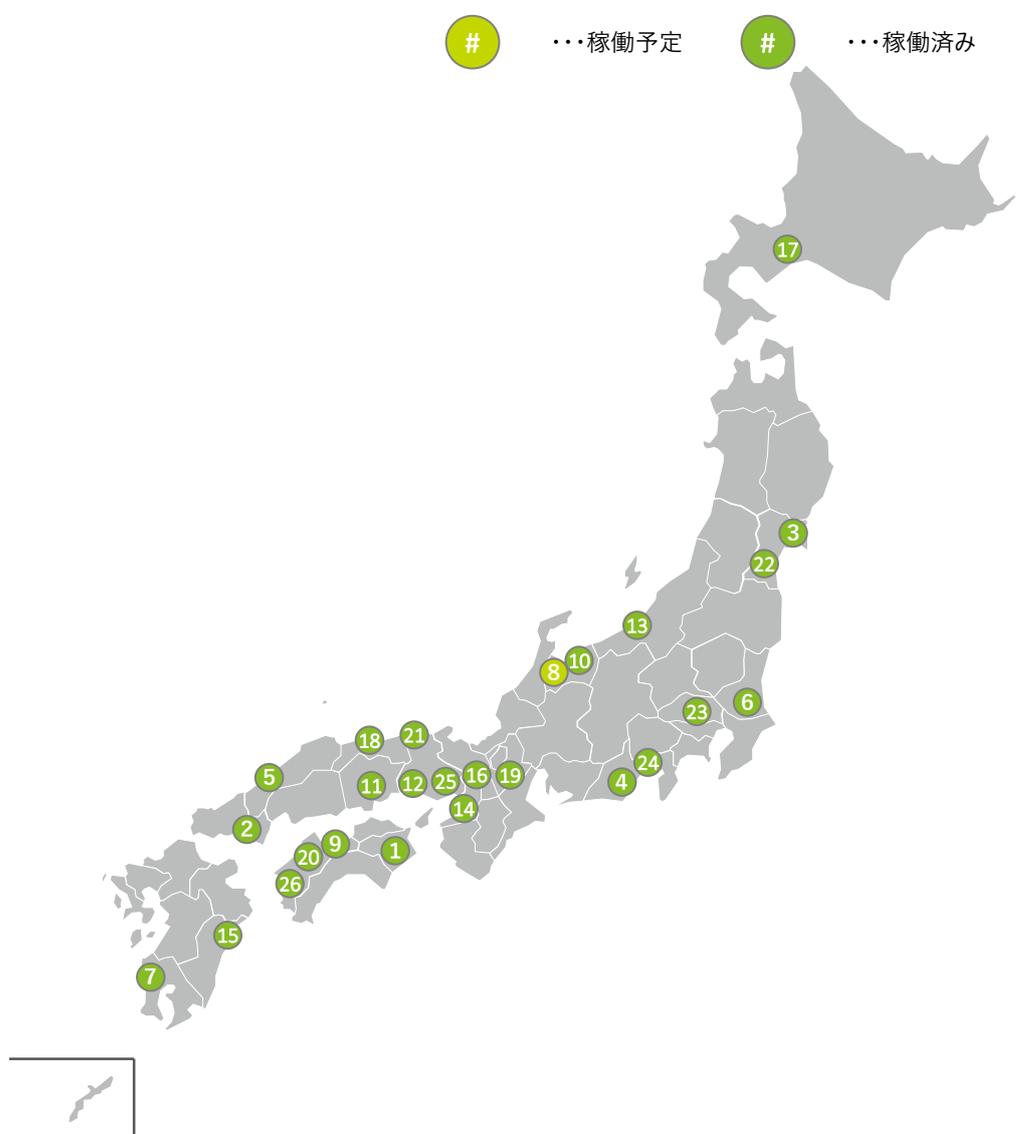
(出典) NCVプロジェクト プロジェクトの概要 <http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/ncv/outline/>
 図 2-12 CNF 活用自動車部品 展開イメージ未来予想図

2.3 CNF 原材料の生産状況・生産体制

日本国内における CNF 原材料等の生産状況・生産体制をとりまとめ、日本国内の CNF 製造プラントを地図上に示したものを図 2-13 に示します（2020 年 4 月時点）。

2020 年 4 月時点で 25 か所にてプラントが稼働済みです。残る一か所も 2021 年には稼働予定となっています。

CNF 製造については、機械解繊処理法が多くを占めていますが、その他に TEMPO 酸化法によるプラントが日本製紙の岩国工場と石巻工場に加え、第一工業製薬の大湊事業所の計 3 か所、変性パルプ直接混練法（京都プロセス）によるプラントが星光 PMC の竜ヶ崎工場、日本製紙の富士工場、GS アライアンスの本社工場の 3 か所などあります。



（出典）近畿経済産業局・(地独)京都市産業技術研究所「セルロースナノファイバー関連サンプル提供企業一覧（第9版）」（2020/2/27）、各種公開情報より作成

図 2-13(1) CNF 製造プラント一覧

1	王子HD (富岡工場) ■ 生産能力：40t/年 ■ 製造方法：その他 (リン酸エステル・機械処理)	2	日本製紙 (岩国工場) ■ 生産能力：30t/年 ■ 製造方法：TEMPO酸化法	3	日本製紙 (石巻工場) ■ 生産能力：500t/年 ■ 製造方法：TEMPO酸化法
4	日本製紙 (富士工場) ■ 生産能力：10t/年(複合材) ■ 製造方法：変性パルプ直接混練法	5	日本製紙 (江津事業所) ■ 生産能力：30t/年 ■ 製造方法：その他 (CM化)	6	星光PMC (竜ヶ崎工場) ■ 生産能力：200t/年(複合材) ■ 製造方法：変性パルプ直接混練法・その他 (化学処理)
7	中越パルプ (川内工場) ■ 生産能力：100t/年 ■ 製造方法：その他 (ACC法)	8	中越パルプ (高岡工場) ■ 生産能力：60t/年 ■ 製造方法：その他 (ACC法・水圧貫通微細化法)	9	大王製紙 (三島工場) ■ 生産能力：100t/年 ■ 製造方法：その他 (機械処理)
10	スギノマシ (本社工場) ■ 生産能力：不明 ■ 製造方法：その他 (ウォータージェット)	11	モリマシナリー ■ 生産能力：10kg/h以上 ■ 製造方法：その他 (機械処理)	12	ダイセルファインカム(網干開発センター) ■ 生産能力：不明 ■ 製造方法：その他 (機械処理)
13	第一工業製薬 (大湊事業所) ■ 生産能力：不明 ■ 製造方法：TEMPO酸化法	14	大阪ガス/大阪ガスケミカル ■ 生産能力：不明 ■ 製造方法：その他 (フルオレン表面修飾)	15	旭化成 (延岡工場) ■ 生産能力：不明 ■ 製造方法：その他 (機械処理・抄紙法)
16	服部商店 (淀工場) ■ 生産能力：1.2t/年 ■ 製造方法：その他 (機械処理)	17	草野作工 ■ 生産能力：不明 ■ 製造方法：その他 (発酵法)	18	大村塗料 ■ 生産能力：不明 ■ 製造方法：その他 (マイクロパブル+機械処理)
19	スターライト工業 (栗東事業所) ■ 生産能力：不明 ■ 製造方法：その他 (機械的分散・複合化手法)	20	カミ商事・愛媛製紙 (本社工場) ■ 生産能力：不明 ■ 製造方法：その他 (機械処理)	21	マリノファイバー (千代水工場) ■ 生産能力：不明 ■ 製造方法：その他 (機械処理)
22	ファイラーバンク (本社工場) ■ 生産能力：不明 ■ 製造方法：その他 (塩酸加水分解)	23	増幸産業 (本社工場) ■ 生産能力：500kg/h ■ 製造方法：その他 (機械処理)	24	大昭和紙工産業 (富士事業所) ■ 生産能力：不明 ■ 製造方法：その他 (機械処理)
25	GSアライアンス (本社工場) ■ 生産能力：不明 ■ 製造方法：変性パルプ直接混練法・その他 (機械・化学処理)	26	丸住製紙 (大江・川之江工場) ■ 生産能力：50t/年 ■ 製造方法：その他 (スルホン酸・化学・機械処理)		

TEMPO酸化法：
化学解繊を用いた手法。高品質なCNF100%素材が製造可能。

変性パルプ直接混練法：
通称京都プロセス。疎水化処理をしたのち、繊維のナノ化と樹脂への均一分散を同時に達成する手法。複合材用途

図 2-13(2) CNF 製造プラント一覧