

第1章 セルロースナノファイバー（CNF）の概要

1.1 CNFとは

1.1.1 CNFの定義と種類

セルロースは、植物細胞の細胞壁や繊維の主成分であり地球上で最も多く存在する炭水化物（多糖類）であり、人類が摂取する食物繊維の多くもセルロースです。植物中でセルロースは繊維状に存在しており、セルロース繊維は古くから紙、綿として利用されています。

セルロース（分子）は、グルコースが直鎖状に結合⁴した天然高分子です。植物由来のセルロース分子鎖が束になったものはセルロースマイクロフィブリル（シングルナノファイバー）と呼ばれ、幅は3~4nmであり、結晶部、准結晶部、非晶部からなります。植物組織内では、セルロースマイクロフィブリルはさらに束になり、20~40 μ mのセルロース繊維として存在しています。セルロース繊維をナノスケールである幅100nm以下にほぐしたものは、ナノセルロースと呼ばれます。ISO⁵の定義において、CNF（セルロースナノファイバー）は、植物素材を機械的に解繊したもので、結晶部、准結晶部、非晶部からなるセルロースマイクロフィブリル（シングルナノファイバー）単独または、縦に引き裂かれたもの、もつれたもの、または網目状の構造を持つその集合体からなり、幅3-100nm・アスペクト比10以上・長さ100 μ mまでのものとしています。CNFを機械解繊する前に、しばしば、化学処理または酵素による前処理を経ることがあります。濃硫酸などで非晶部を加水分解させたものはCNC（セルロースナノクリスタル）と呼ばれ、CNFよりも短く、紡錘状（針状）となった物質です。その他、微生物が生成するバクテリアナノセルロースなどが存在します。

植物由来のCNFは、主に木材を原料としますが、木材のほかにも、竹、稲わら・麦わら・もみ殻、農業残渣（野菜くず、茶殻、みかん皮など）、草本類（ススキなど）、海藻といった原料からも生成することができます。

表1-1にナノセルロースの分類を示します。

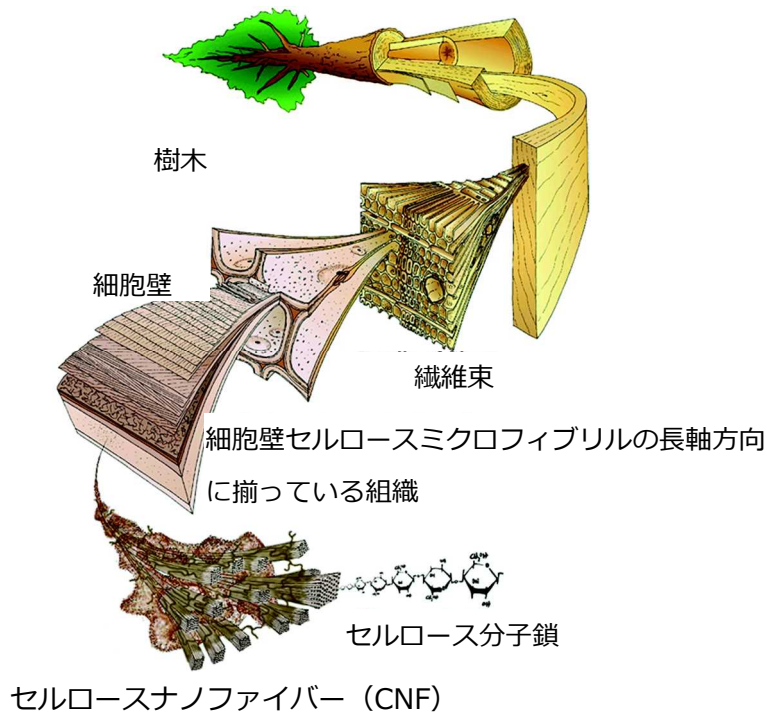
表 1-1 ナノセルロースの分類

種類	ナノセルロース			[参考ナノ物質]
	セルロースナノファイバー（CNF）	セルロースナノクリスタル（CNC）	バクテリアナノセルロース	カーボンナノチューブ（CNT）
幅	3-100nm	10-50nm	20-100nm	数~100nm
長さ	100 μ m未満	100-500nm	1.5-5.0 μ m	1~20mm
非結晶	あり	なし	あり	あり

（出典）公益財団法人ちゅうごく産業創造センター「中国地域におけるセルロースナノファイバー関連産業創出可能性調査報告書」（平成28年）をもとに、本調査において一部追記

⁴ セルロースは、 β -D-グルコースが α -1,4グリコシド結合（糖と別の糖、または、糖と糖以外の分子から脱水縮合して形成する共有結合）で直鎖状に結合している。

⁵ ISO_TS_20477_2017



(出典) M. Mitov in Soft Matter 2013, 13, 4176-4206, the original artwork by Mark Harrington, Copyright University of Canterbury, 1996 をもとに日本語を追加

図 1-1 樹木からセルロース分子鎖までの階層構造

1.1.2 CNF の製造方法

セルロース繊維をナノサイズまで細かく解きほぐす際、理想的にはマイクロフィブリル（セルロース分子が十～数十本束になったもの）を損傷なくそのまま取り出すことが望ましいです。しかし、マイクロフィブリルはヘミセルロースやリグニン等の他の細胞壁成分とともに複雑な多層構造を有する繊維壁を形成しているため、CNF を単離するためには、まずセルロースの精製処理（化学的または酵素的な前処理）を行い、その後、機械装置等を用いた解繊処理を行う必要があります。

表 1-2 に様々な解繊処理方法（CNF の製造方法）を示します。解繊処理には大きく分けて、機械的（物理的）処理（機械解繊処理）と化学的処理を伴うものの2種類があるため、それらに大きく分けて記述します。

なお、上記した機械的（物理的）処理と化学的処理のほか、酢酸菌等のバクテリアを用いて生物的にセルロースを合成する生物的合成手法があるため、参考までに併記します。

また、いくつかのCNF製造方法の詳細および各製造方法により得られるCNFの特徴については、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」においてまとめられていますので、そちらを活用ください。

表 1-2 CNF の主な製造方法（解繊処理方法）

製造方法		解繊・処理機構	繊維径	
変性パルプ直接混練法（京都プロセス）		パルプを未乾燥の状態で薬品処理し、CNFの表面をすべて樹脂と相溶する化学構造に変え、溶けた樹脂の中で混練するもの	3-100nm	
機械的処理 （物理的処理）	低濃度処理	高圧ホモジナイザー法	衝突力、圧力差、マイクロキャビテーションによる解繊	10nm-数 μm
		マイクロフルイダイザー法（対向噴流衝突法）	加圧した原料同士を高速衝突させ、衝突力、圧力差、マイクロキャビテーションにより解繊。加圧水を対向衝突させる水中カウンターコリジョン法（ACC）法と斜向衝突させるウォータージェット（WJ）法がある。	10nm-数 10nm
		グラインダー法	数%水溶液を砥石により解繊	10nm-数 10nm
		ボールミル粉砕法	金属ボール等との衝突により解繊	100nm-数 μm
		ビーズミル粉砕法	ガラス等との衝突により解繊	10nm-数 μm
		凍結粉砕法	凍結状態でボールミルを用いて解繊	10nm-数 10nm
	高濃度処理	2軸混練法	溶媒を用いず、植物繊維を直接樹脂中に混練することでせん断・分散を同時に進行	10-100nm
化学的処理		TEMPO 酸化法	TEMPO 酸化でカルボキシ基を導入し、分子鎖反発により高分散液を得るもの	3-5nm
		リン酸エステル化法	リン酸基を導入し、分子鎖反発により高分散液を得るもの	3-5nm
		亜リン酸エステル化法	亜リン酸基を導入し、分子鎖反発により高分散液を得るもの	3-5nm
		カルボキシメチル化法	カルボキシメチル基を導入し、分子鎖反発により高分散液を得るもの	3-5nm
		ザンデート化法	ザンデート基を導入し、分子鎖反発により高分散液を得るもの	3-5nm
		スルホン化法	スルホ基を導入し、分子鎖反発により高分散液を得るもの	3-5nm
		酵素加水分解法	物理的粉砕後、酵素を作用して解繊	—
		酸加水分解法	濃硫酸などで、セルロース結晶部をとりだすCNCの製造方法。	3-50nm
		イオン液体選択溶解法	イオン液体中にセルロース繊維を浸漬することにより解繊	—
（参考：生物的合成）		バクテリア等を用いた生物的合成法	バクテリア（酢酸菌等）により CNF を産生する	50-100nm

（出典）公益財団法人ちゅうごく産業創造センター「中国地域におけるセルロースナノファイバー関連産業創出可能性調査報告書」

（平成 28 年）をもとに、本調査において一部追記

1.1.3 CNF の特性

CNF は、軽量、高強度、高弾性率、低線膨張率といった特徴のほか、セルロースそのものの特徴である再生可能資源、生分解性、生体適合性、有機溶剤耐性などの特徴を有しています。

CNF をセルロース分子が束になったマイクロフィブリルと比較すると比表面積が約 1,000 倍になり、分子認識性や吸着性が著しく向上します。ナノサイズであることにより気体等の流体と接した場合の圧力損失が極めて小さいといった流体力学特性を有し、繊維径が可視光の波長よりも短いため光が乱反射しにくくなっています。また、高分子がー列に配列していることから電気的特性や力学的特性、熱的特性に優れています。更に、植物由来の CNF は、木材等の植物資源の約 50%を占めることから、ほぼ無尽蔵の持続型資源であると言えます⁶。表 1-3 に CNF の主な特性を整理したものを示します。

表 1-3 CNF の主な特性

区分	主な特性
機械特性	<ul style="list-style-type: none"> ・軽量 ・高強度性 ・高弾性率 ・耐摩擦性／耐擦過性 ・弾性率安定性 (-200℃-200℃) ・表面平滑性 ・チキソトロピー性 (粘性変化)
化学／生物特性	<ul style="list-style-type: none"> ・吸着性、分子認識性 ・ガスバリア性 ・保水性 ・撥水性 ・透過性 (圧力損失が極めて小さいなどの流体力学特性) ・生分解性 ・低環境毒性 ・生体適合性
その他 (光学特性、熱特性、電気特性)	<ul style="list-style-type: none"> ・透明性 ・紫外線吸収性 ・寸法安定性 (低線膨張率性) ・高熱伝導性／電気絶縁性

注：CNF に含まれるリグニンの含有量によっても物質特性が異なる。

(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」をもとに、

本調査において一部追記

⁶ 2030 年の世界全体での CNF 需要予測に対し、国産木材による原料供給のみで十分に賅うことが出来るポテンシャルを有する。これを定量的に説明する。「セルロースナノファイバーの市場及び技術動向調査に関する調査報告書」によると、CNF の需要予測は 3.4 万トンとされる。これを木材 (針葉樹) の比重を $0.4\text{g}/\text{cm}^3$ 、CNF の原料となるセルロース含有量が木材の 40%とすると、木材 21万m^3 に相当する。一方、日本の人工林の年生長量を $7,000\text{万m}^3$ 、このうち伐採・搬出可能な量を半分と仮定すると、持続性を担保した国産材の生産量は最大で $3,500\text{万m}^3$ になる。日本の木材需要をパルプ用として 620万m^3 、用材と合板用を需要量から $2,800\text{万m}^3$ と仮定すると、合わせて 3420万m^3 となる。両者の差分が 80万m^3 であり、これを CNF 用途に使うとして、 21万m^3 分は毎年 CNF に向けることが出来る。世界全体で CNF 製品の社会的ストックが増えるとその分の炭素貯蔵効果が期待できる。

CNFの用途の一つとして、複合樹脂への添加による樹脂材料強化が挙げられます。表1-4はCNFと他の繊維材料との比較を行ったものです。ガラス繊維は価格、製造までの温室効果ガス排出の観点で他の繊維材料より有利ですが、不燃性であり、サーマルリカバリーが困難であるなど、リサイクル性に課題があります。また、炭素繊維、アラミド繊維は表面平滑性に課題が残ります。一方、CNFは他の繊維材料に比べてリサイクル性が高く、表面平滑性が良好であるため、補強用繊維としての有用な可能性があります。

表 1-4 CNF と複合樹脂に用いられる他の繊維材料との比較

補強用繊維	CNF	炭素繊維 (PAN系)	アラミド繊維	ガラス繊維	(参考) 鉄
密度 (g/cm ³)	1.5	1.62	1.46	2.55	7.67
弾性率(GPa)	140	230	112	74	206
強度 (GPa)	3 (推定値)	3.5	3	3.4	0.4
線膨張率 (ppm/K)	0.1	0	-5	5	12.1
価格 (円/kg)	×~△ (現状)	3,000	5,000	200-300	100
リサイクル性	○	△ (難燃)	○	× (不燃)	△
表面平滑性	○	×	×	×	△
資源採取から素材製造までの温室効果ガス排出原単位 (kg-CO ₂ e/kg)	△~○ (CNFの種類に依存)	△	△	○	○

(出典) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) 「グリーン・サステナブルケミカルプロセス基盤技術開発報告書」
2013年をもとに、本調査において追記

コラム1：CNFの材料特性等を整理するQFD（品質機能展開）の活用

CNFには多様な製造方法があり、製造方法によって異なる材料特性が発現するため、様々な材料特性を持つ複数種類のCNFがあります。目的とする用途に対し、どの種類のCNFを使うことが適当なのかを検討する際のツールとして、QFD：（Quality Function Deployment：品質機能展開）を応用することが有効と考えられます。このQFDの手法を応用することにより、CNF研究者・専門家が暗黙的に把握している品質・機能・特性の連関を明示的に整理することが可能です。

ここではQFDを応用した具体事例として自動車部材の要求品質と、変性パルプ直接混練法（京都プロセス）の製法におけるCNF材料特性、CNF製法の関連の特定を行いました（図1-2）。

この事例のように、他の種類のCNF複合材・CNF素材や他の最終製品においても同様に取り組むことが可能です。CNFユーザーによるCNF材料特性の理解や、CNFサプライヤーによる最終製品の要求事項の理解が進むことで、CNFサプライチェーン間でのマッチングがより効率的に実施できることが期待されます。

また、QFDに関する情報は本ガイドライン別冊3-1「セルロースナノファイバーに関する温室効果ガス排出量削減効果算定ガイドライン（CNF-LCAガイドライン）」に詳細な記載がありますので、興味のある方は御覧ください。

CNF材料	アセチル化CNF強化ナイロン6
製法	変性パルプ直接混練法
適用先	自動車用 インテークマニホールド、エンジンカバー
比較対象	ガラス繊維強化ナイロン6

- ◎：比較対象よりも向上する
- ：要求を満たすことができる
- ※：条件により性能が異なる
- ×：比較対象よりも劣る

		材料特性																				
		樹脂 分散液特性							素材特性													
		力学特性			熱特性	化学特性		他		物理特性		化学特性		他								
		弾性率	曲げ強度	比重	衝撃吸収性	寸法安定性 (CTE-線膨張係数)	荷重たわみ温度 (MFT)	成形性 (MFR)	耐水性	難燃性	リサイクル耐性	発泡性	透明度	チキン性	繊維サイズ (nm)	比表面積	粘度	疎水性/親水性	耐熱性	液体への分散性	樹脂への分散性	透明度
要求品質 (最終製品)	共通																					
	自動車 インテークマニホールド																					
	運転時に変形しない	○	○				○	○														
	高温でも変形しない	○	○				○	◎														
	軽量化できる			◎																		
	要求形状に成形できる						◎		○ ¹				○ ¹									
	衝撃に耐えることができる				○																	
	リサイクルできる												◎									
	自動車 エンジンカバー																					
	運転時に変形しない	○	○				○	○														
	高温でも変形しない	○	○				○	◎														
	軽量化できる			◎									◎									
微細発砲できる												◎										
要求形状に成形できる						◎		○ ¹				○ ¹										
衝撃に耐えることができる				○																		
リサイクルできる												◎										
CNF製法	要素技術																					
	蒸解																					
	叩解																					
	リファイナー																					
	多軸混練機	◎	◎											10-500								
アセチル化 ²	◎	◎		◎	◎	◎		◎	○	◎	◎			◎		疎水	◎			◎		
ASA変性 ³																						

例えば、要求品質のひとつである「高温でも変形しない」については、材料特性として樹脂・分散液特性の「弾性率」、「曲げ強度」、「寸法安定性」、「荷重たわみ温度」と関連があり、すべての項目が要求品質を満たしており、特に「荷重たわみ温度」については比較対象（従来品）よりも向上が見込まれること（◎）が示されています。

1. MFRの数値としては成形性が低下する方向になるが、チキン性が付与されるため、混練においては問題ない。
 2. 未変性パルプとの比較によるスコア付けをしている。
 3. ASA変性はナイロン6との混練では一般的に使用しないためここでは除外。

図1-2 変性パルプ直接混練法（京都プロセス）のQFD（品質機能展開）

1.2 CNF 利活用に関する各省庁の取組⁷

CNF に関する国家戦略、関係省庁の連携、産官学の連携に関する主な動きは以下のとおりです。

- ・ 2014 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。
- ・ 2014 年 6 月 24 日：「日本再興戦略」改訂 2014-未来への挑戦-セルロースナノファイバー（超微細植物結晶繊維）の研究開発等によるマテリアル利用の促進に向けた取組を推進する。
- ・ 2014 年 8 月 1 日：ナノセルロースに関係する政策連携のため、農林水産省（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「ナノセルロース推進関係省庁連絡会議」を創設し、第 1 回会合、その後、定期的を開催している。
- ・ 2016 年 5 月 13 日：「地球温暖化対策計画」（中略）自動車部材等の軽量化が期待できるセルロースナノファイバー等の社会実装に向けた技術開発を進める。
- ・ 2018 年 4 月 17 日：「第五次環境基本計画」（中略）セルロースナノファイバーやバイオマスプラスチック等の次世代素材について、社会実装に向けて、用途開発の実施や搭載時の性能評価、複合・形成プロセスの低炭素化の実証、リサイクル時の課題解決策検討のための実証を進める。また、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。
- ・ 2019 年 6 月 11 日：「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」（中略）非可食性バイオマス原料から各種プラスチック、セルロースナノファイバー製品等までを一気通貫で製造するプロセス技術を開発し、製造及び使用段階の省エネルギーを実現する。
- ・ 2020 年 4 月 1 日：「ナノセルロースジャパン (NCJ)」設立。2020 年 3 月末に発展的解消となった「ナノセルロースフォーラム」の後継として、ナノセルロースの実用化および産業規模の拡大を図るために設立。

（出典）環境省資料「国家戦略・関係省庁の連携・産官学の連携の動き」より抜粋
http://www.env.go.jp/earth/mat59_CNFcooperation.pdf

また、各省庁は分担して CNF の利活用に取り組んでいます。関係省庁と主な役割分担を表 1-5 に示します。本節では、各省庁の取組について記述します。

⁷ 本節で記載している CNF 情報については、下記ウェブサイトにおいて情報をとりまとめている。

環境省ウェブサイト：セルロースナノファイバー

<http://www.env.go.jp/earth/ondanka/cnf.html>

表 1-5 関係省庁と主な役割分担

	関係省庁	主な役割分担
上流 ↑	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	CNF に関する基礎研究
	経済産業省	CNF の製造（技術の研究開発等）
下流 ↓	環境省	地球温暖化対策に資する分野への具体的な展開

※国交省はオブザーバーとして参加

（出典）環境省資料「国家戦略・関係省庁の連携・産官学の連携の動き」より抜粋

http://www.env.go.jp/earth/ondanka/cnf/Cooperations_for_CNF_practicalization.pdf

1.2.1 環境省における取組

環境省は下流にあたる「地球温暖化対策に資する分野への具体的な展開」について取り組んでおり、本事業を含め、下記に示す事業を実施しています（実施済含む）。

表 1-6 環境省が実施している事業（実施済を含む）

事業名	内容	実施年度
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（経済産業省・農林水産省連携事業）※本事業含む	社会実装にむけて、自動車、家電、住宅・建材等の各分野においてモデル事業を実施し、CO ₂ 削減効果の評価・検証、関連する課題の解決策について実証を行う。	2015～ 2020 年度
NCV（Nano Cellulose Vehicle）プロジェクト	CNF を用いた各種部品を搭載した軽量化自動車「Nano Cellulose Vehicle（NCV）」を開発するプロジェクト。 環境省「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」の一つとして実施。 CNF を活用し、16%の軽量化と 11%の燃費向上を実証。2019 年 10 月東京モーターショーに出展。 ※「コラム 2：NCV プロジェクト」参照 NCV プロジェクトウェブサイト http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/ncv/	2016～ 2019 年度
革新的な省 CO ₂ 実現のための部材や素材の社会実装・普及展開加速化事業	窒化ガリウム（GaN）や CNF といった省 CO ₂ 性能の高い革新的な部材や素材を活用した製品の早期商用化に向けた支援を行う。 実際の製品への導入を図る事業者が商用規模生産のための設備投資等を行う事業に要する経費の一部を補助。	2020～ 2024 年度
脱炭素社会を支えるプラスチック等資源循環システム構築実証事業	15 件の実証事業のうち、京都プロセスなど CNF 関連が 3 件採択されている。	2019～ 2023 年度

1.2.2 経済産業省、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）における取組

経済産業省は「セルロースナノファイバーの製造（技術の研究開発等）」について取り組んでおり、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）や産業技術総合研究所における取組も含めて、下記に示す事業を実施しています（実施済含む）。

- ・新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）：非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発（2013～2019年度）
- ・新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）：炭素循環社会に貢献するセルロースナノファイバー関連技術開発（2020～2024年度）
- ・近畿経済産業局：部素材産業－CNF（セルロースナノファイバー）実用化への取組み
- ・（国研）産業技術総合研究所(AIST)安全科学研究部門(RISS)：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
(<https://www.aist-riss.jp/assessment/45276/>)

1.2.3 その他省庁等の取組

（1）農林水産省

農林水産省は上流にあたる「農林業や食品産業からの国産セルロース原料の供給」について取り組んでおり、下記に示す事業を実施しています（実施済含む）。

- ・農研機構 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(異分野融合発展研究)
- ・農研機構 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研究開発・モデル事業
- ・林野庁：木材の新たなマテリアル利用技術開発

（2）文部科学省

文部科学省は「セルロースナノファイバーに関する基礎研究」の役割を担っており、下記に示す事業を実施しています。

- ・科学技術振興機構（JST）：未来社会創造事業 探索加速型「地球規模課題である低炭素社会の実現」領域

(3) その他

関係省庁以外の日本全体の事業・活動としては、下記に示すものが実施されています。

なお、地域におけるネットワーク等については「図 3-9 全国の地域コンソーシアム」を参照ください。

- ・京都市産業技術研究所：ナショナルプラットフォーム事業
<http://tc-kyoto.or.jp/about/organization/planning/cnf.html>
(「セルロースナノファイバー関連サンプル提供企業一覧」についてもとりまとめている)
- ・ナノセルロースジャパン (NCJ) <https://www.nanocellulosejapan.com/>
ナノセルロースの実用化および産業規模の拡大を図る目的で設立した民間企業を主体とした組織。産官学連携による技術開発、会員企業間の協業推進、ナノセルロースの国際標準化活動を行っています。

また、上記以外にも、CNF に関連する研究課題はこれまでに、環境省「環境研究総合推進費」、科学技術振興機構「戦略的創造研究推進事業先端的低炭素化技術開発 (ALCA)」、科学技術振興機構「ムーンショット型研究開発事業」、日本学術振興会「科学研究費助成事業」、等で採択されています。

1.3 CNF の用途

1.3.1 用途の全体像

CNF の特性と期待される主な用途を表 1-7 に示します。

CNF の用途は主に水系用途と複合材料用途に分類されます。水系用途は化粧品、食品、医療品といった粘弾性の改良や分散材料としての用途のほか、フィルター、セパレーターといった分離材料、担持材料としての用途が期待されます。複合材料用途としては、ガスバリア性を活かしたバリアフィルム、バリアシートといった用途、透明性を活かした光学材料用途、耐熱性・寸法安定性を活かした電子材料用途、軽量・高強度の性質を活かした自動車内外装材、ゴム、建材、家電等における構造材料の用途が期待されています。

表 1-7 CNF の特性と期待される主な用途

区分	機能化指標	機能材料	用途
水系用途	粘弾性制御	増粘材料 分散材料	化粧品用、医薬品用、食品用増粘剤、創傷医被覆材、細胞培養基材など
	細孔制御	分離材料 担持材料	フィルター、セパレーター、特殊紙など
複合材料用途	ガスバリア性	包装材料	バリアフィルム、バリアシートなど
	透明性	光学材料	透明ディスプレイ、透明カラーフィルター、有機 E L 基板、太陽電池基板など
	耐熱性、寸法安定性	電子材料	半導体封止材、フレキシブルプリント基板、絶縁材料など
	軽量、高強度	構造材料	自動車内装材、自動車外装材、タイヤ強化材、建材、家電の筐体、ケーシングなど

(出典) 経済産業省「平成 25 年度委託調査（製紙産業の将来展望と課題に関する調査）報告書」

1.3.2 環境省が着目する分野用途

環境省では、CNF のなかでも高強度材料（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、軽量化や高効率化等によるエネルギー消費の削減に繋がることから、地球温暖化対策への多大なる貢献を期待しています。これまでの調査により、自動車・家電・住宅建材の各分野において、CNF への展開の可能性がある用途を表 1-8 に示します。

表 1-8 自動車・家電・住宅建材分野のうち CNF 素材を活かせる可能性がある対象製品・部位

分野	対象製品・部位	主な代替 CNF 素材
自動車	メインボディ	CNF + PA6（6 ナイロン）、
	サイドドア	CNF + PP（ポリプロピレン）、
	バックドア	CNF + PC（ポリカーボネート）、
	サブフレーム	CNF + PE（ポリエチレン）、
	ボンネット	CNF + EP（エポキシ樹脂）
	ルーフ	※注 1
	インストルメントパネル	
	タイヤ	CNF + ゴム
	窓ガラス	CNF + PC
家電	エアコン（室外ファン）	CNF + PP、
	冷蔵庫（筐体（板金））	CNF + ABS
	洗濯機（洗濯槽・パルセータ）	
	テレビ・PC（ディスプレイ）	CNF シート
	照明（面発光 LED の拡散シート）	
	太陽電池（モジュール）	
	センサー（基板）	CNF フィルム
	蓄電池（電極に塗布するスラリーの増粘剤）	CNF ゲル
住宅 建材	窓枠	CNF + PVC（ポリ塩化ビニル）
	窓ガラス（ガラス断熱）	CNF + PC
	エアロゲル断熱材（超臨界乾燥由来）	CNF エアロゲル
	エアロゲル断熱材（常圧乾燥由来）	
	発泡断熱材（工場成形、現場施工）	CNF を発泡材に添加
	給湯配管断熱材	CNF を断熱材に添加

※注 1：NCV プロジェクトでは、ボンネットなどに CNF100%材が利用された（詳細は「コラム 2：NCV プロジェクト」参照）。

（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 報告書」をもとに、令和 2 年度調査において作成