

2 0 2 5 年度実施方針

バイオ・材料部

1. 件名：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

2. 根拠法

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第十五条第一号ニ、第三号及び第九号

3. 背景及び目的・目標

我が国の化学品の多くは石油由来の原料から製造され、現状では石油消費量の約24%を化学用原料として使用しており、依然として化学産業では化石資源を大量に消費している（石油連盟「今日の石油産業2019」）。

一方、世界的に石油消費量が拡大する中、輸入に頼る石油の価格上昇や枯渇リスク、CO₂排出量の増大に伴う温暖化問題に直面しており、化学品製造の革新的イノベーションの実現により、こうした課題を乗り越えていくことが急務となっている。将来的に石油資源の供給リスクを克服し、かつ持続可能な低炭素社会を実現していくためには、バイオマスなど様々な非石油由来原料への転換が必要である。

このような背景から、第5次エネルギー基本計画においても2050年に向けた対応として、温室効果ガス80%削減を目指し、エネルギー転換・脱炭素化への挑戦を謳っており、2050年に向けて化石燃料の利用に伴う二酸化炭素の排出量を大幅に削減する必要があり、あらゆる技術的な選択肢を追求する必要がある。

植物素材であるセルロースナノファイバー（以下、「CNF」という。）は、鋼鉄の1/5の軽さで鋼鉄の5倍以上の強度を有するバイオマス由来の高性能素材である。CNF複合樹脂等を既存の繊維強化樹脂並みのコストまで低減出来れば、軽量・高強度の特性から、幅広い分野へのCNFの活用が加速することが見込まれ、既存の石油由来の素材の代替となることが可能となるうえ、大気中の二酸化炭素を植物が吸収・固着して得られるセルロースを用いることでカーボンリサイクルの一端を担うことができるため、温暖化対策にも資するものとなる。

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、「NEDO」という。）では、2013年より「非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発」において、木質系バイオマスから化学品までの一貫製造プロセスとして、「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」、「CNF安全性評価手法の開発」、「木質系バイ

オマスの効果的利用に向けた特性評価」を行い、非可食系バイオマスから得られるCNFを活用するための技術開発を推進した。

CNFの実用化、用途拡大のためには、CNFの製造コスト低減が重要であるとともに、各製品用途に応じたCNFの利用拡大への加速が必要である。そして、製品用途拡大の技術開発を促進し、社会実装・市場拡大を早期に実現することは、二酸化炭素の排出量削減につながり、エネルギー転換・脱炭素化社会を実現するために重要と考えられる。

また、CNFは新しい材料として多様な応用が期待されているが、実用化や普及を支援するために、CNFの利用にあたって、安全性の確認を行う。CNF材料の普及にともなう、二酸化炭素排出削減量を定量化し、国内産業連関における影響の可視化を目的とし、Life Cycle Assessment (LCA) 等の評価を行う。

2013年度～2019年度に実施した「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の開発事業」では主に家電筐体や自動車用部材をターゲットとするCNF複合樹脂の製造コスト1,300円/kg(2019年度末)を達成したが、これらの分野で、CNFを本格的に普及させるため、本事業終了時には工業化スケールでの製造が検討可能なコストである700円/kgを目標とし、2030年度末での事業化レベル相当である300円～500円/kg程度までの低減を目指す。また、CNFのなかでも構造部材等において高機能、高付加価値化の領域を狙う高機能性CNF材料は、2019年度末においてCNF複合樹脂に比してはるかに高コストであり、事業化、普及のための技術的課題が多く残されている。そのため本事業終了時には事業化の見通しを得るために、サンプル提供可能とされるコストである従来コストの1/4以下を目標とし、2030年度末までの事業化を可能とするコスト削減を目指す。本プロジェクトでは、高コストの原因となっている生産性や化学処理のプロセスの飛躍的な改良により、大幅にコストを削減する革新的CNF製造プロセス技術の開発を行う。

また、樹脂、ゴム等の基材とCNFの複合化材料を、広く普及させていくために市場の比較的大きい分野での用途開発を促進する、量産効果が期待されるCNF利用技術の開発を行う。新しい複合材料の実用化や普及を加速し支援するため、長期的な利用における信頼性向上や品質管理強化を目的に安全性評価を実施し、多様なCNF製品用途に対する安全性評価書を作成する。また、環境素材としての国内産業への影響を定量化するためにLCA評価を実施する。

[助成事業(助成率:2/3以内)](2020年度～2024年度)

研究開発項目①「革新的CNF製造プロセス技術の開発」

CNF複合樹脂等の製造コストを低減させるためには、①生産性の大幅な向上による労務費、原動費の削減、②樹脂との相溶性を高めるための化学処理での薬品コストの低減等を含む製造プロセスの大幅な見直しが必要であり、コスト目標を実現するために従来の技術の延長ではなく、抜本的な見直しを行った新しい製造プロセス技術の開発を行う。

【最終目標】（2024年度）

1. CNF複合樹脂製造プロセスの抜本的見直し、及び生産性の向上、及び薬品コスト低減により、CNF複合樹脂等の製造コスト（ペレット価格）を、プロジェクト終了時（2024年）に700円/kg程度（樹脂により500円～900円）まで低減する。

2. 高機能性CNF材料製造プロセスの抜本的見直し、及び生産性の向上、及び薬品コスト低減により、従来コストの1/4以下で、サンプル提供可能なコストまで低減する。

【中間目標】（2022年度）

1. CNF複合樹脂製造プロセスの抜本的見直し、及び生産性の向上、及び薬品コスト低減により、CNF複合樹脂等の製造コスト（ペレット価格）を1000円/kgまで低減するとともに、プロジェクト終了時（2024年）に700円/kg程度（樹脂により500円～900円）まで低減する技術見通しを得る。

2. 高機能性CNF材料製造プロセスの抜本的見直し、及び生産性の向上、及び薬品コスト低減により、従来コストの1/2以下まで低減するとともに、サンプル提供可能なコストまで低減する技術見通しを得る。

[助成事業（助成率：2/3以内）]（2020年度～2022年度/2021年度～2023年度/2022年度～2024年度）

研究開発項目②「CNF利用技術の開発」

（1）「量産効果が期待されるCNF利用技術の開発」

樹脂、ゴム等の基材とCNFの複合化材料を、広く普及出来る可能性のある自動車、建築資材、土木資材、家電分野等に適用させていくため、各種用途に適した製造技術の開発、成形・加工技術の開発等を行う。

【最終目標】（2022年度/2023年度/2024年度）

自動車、建築資材、土木資材、家電分野等の用途で新たに開発したCNF製品が、競合品に比べ、コスト、性能等の面で総合的に競争力があることを示す。

[委託事業]（2020年度～2024年度）

研究開発項目②「CNF利用技術の開発」

（2）「多様な製品用途に対応した有害性評価手法の開発と安全性評価」

多様な用途への拡大が見込まれることから、それら用途に対する安全性評価、及び企業が製品化の際に、各自で簡易的に評価可能な有害性評価手法の開発を行い、事業化支援につなげる。

【最終目標】（2024年度）

CNFの多様な用途拡大に対応した有害性評価手法の開発と評価、及び排出・暴露評価を行い、安全性評価書をまとめる。

【中間目標】（2022年度）

有害性評価手法を確立し、代表的なCNFの用途に対して、有害性評価及び排出・暴露評価を行い、短期の安全性評価の結果をまとめる。

[委託事業]（2023年度～2025年度）

研究開発項目②「CNF利用技術の開発」

（3）「CNF材料のLCA評価手法の検討と評価」

広く企業に利活用され、CNF複合材料開発の加速・裾野の拡大につなげるため、二酸化炭素削減量を定量化するLCA評価を行い、その解析手法及び結果を国内だけでなく海外に向けても公開する。

【最終目標】（2025年度）

CNF関連製品の原料調達から製造、輸送、使用、廃棄、リサイクルまでのサプライチェーン全体を通じたCO₂削減効果の解析と、国内産業への影響を評価することにより、手法の有効性を確認する。また、LCA/IOAによる分析を通じて明らかにした家電製品等のCNF含有製品としての環境性・社会経済性について、社会における認知と普及展開を目指した発信を行う。国内外の環境系学術会議や学術論文において、当該評価結果を発表し、本事業の成果として外部公開する。

4.事業内容及び進捗（達成）状況

プロジェクトマネージャー（以下、「PMgr」という。）にNEDOバイオ・材料部 松永 啓之を任命して、プロジェクトの進行全体を企画・管理やそのプロジェクトに求められる技術的成果及び政策的効果を最大化させた。

プロジェクトリーダー（PL）に福岡大学 研究推進部 教授 八尾 滋、サブプロジェクトリーダー（SPL）に信州大学 繊維学部 教授 後藤 康夫 及び 信州大学 繊維学部 教授 荒木 潤を（以下、「PL等」という。）を選定し、以下の研究開発を実施した。

4.1 2024年度（助成）事業内容

研究開発項目①「革新的CNF製造プロセス技術の開発」

- ① - 1 疎水化TOCN（TEMPO酸化セルロースナノファイバー）及び樹脂複合化の製造 プロセス技術の開発

疎水化反応については、更なる反応率の向上やコスト低減を目指すと共に、分散や物性発現に最適な疎水化構造の探索を実施した。またプロセス化検討については、導入した装置および確立した工程管理手法を用い、ラボ条件よりスケールアップしたパイロット設備での試作検証を進めた。試作結果に基づき、課題の抽出やその改善、他の疎水化条件でのパイロット試作の検証などを進めた。物性評価については、更なる物性向上とその物性発現因子のメカニズム解析を東京大学と協業しながら推進し、各種物性値の最終目標を達成した。また、実装化を見越したより実使用に近い条件での物性および安定性評価についても検討した。

(実施体制：花王株式会社、共同研究 東京大学)

① - 2 CNF/塩化ビニル系樹脂複合体の低コスト化技術の確立

CNF/PVCコンパウンドの配合設計に関して、実機押出成形テストで抽出された課題に対して、2023年度の検討で見通しを得た改良手法をベースに検討を進め、課題解決を図った。

低コスト量産化技術の確立に関して、安価なCNF原料を使いこなす事を想定して選定した押出機、及びその付帯設備を使用して、CNF/PVCコンパウンドのスケールアップ試作を行い、生産条件の最適化を図った。

また、量産試作品を活用してCNF/PVCコンパウンドを試作し、建材分野を中心に用途展開を推進した。

(実施体制：大洋塩ビ株式会社、プラス・テク株式会社、共同研究 YKK AP株式会社、京都市産業技術研究所)

① - 3 CNF強化樹脂 (PA6、PP) の低コスト製造プロセス技術の開発

革新的CNF製造プロセス技術開発のテーマのうちCNF強化樹脂PA6及びCNF強化樹脂PPの低コスト製造プロセス技術の開発に向けた研究を行った。PJ最終年の2024年度は、2022年度までに確立した目標品質物性を維持しつつ、コストダウンの実証を図った。その方策としてパルプ処理法を最適化、製造プロセスに組み込んだ。またユーザーとの検討を加速化し、市場のニーズに即した要望を確認と、部材毎に必要なとされる物性課題を整理し解決を図ることで、製造量拡大を図り、コストダウンの根拠とした。

(実施体制：日本製紙株式会社、UBE株式会社、共同研究 三井化学株式会社、京都大学、京都市産業技術研究所)

① - 4 高性能、高生産性セルロースナノファイバー複合材料の革新的製造プロセスの開発

これまでに本事業で開発してきた変性セルロース、及びCNF複合材料の製造に関する要素技術を完成させると共に、これらの要素技術を組み合わせることで最終目標の変性パルプの生産速度、CNF複合材料の生産速度を達成した。また材料評価において、衝撃特性

をはじめとする基礎物性目標を達成すると共に、自動車部品としての実用物性評価やLCA試算、実部品の成形・評価を通じた実証評価等を進め、CNF複合材料を配合した自動車部品の実用化に向けた課題を明らかにした。

(実施体制：星光PMC株式会社、共同研究 トヨタ車体株式会社、京都大学)

①-5 ウォータージェット技術を用いた革新的CNF製造プロセス技術の開発および乾燥技術の開発

2023年度に導入した、原料前処理・投入装置の試運転および改良を行った。また、製造したCNF水分散液を乾燥工程への移送の自動化も行った。それらの成果により、CNF水分散液のコストをより低下させた。

高付加価値用途向けCNF乾燥粉末は乾燥時の濃度アップによる更なるコスト低減が可能か検討した。また、ユーザーと密に連携し、実用化を推進させた。

(実施体制：株式会社スギノマシン、共同研究 富山県立大学)

研究開発項目②「CNF利用技術の開発」

(1) 「量産効果が期待されるCNF利用技術の開発」

2023年度開始事業

②(1)-1 CNFを使用した接着剤・アクリル樹脂製品の実用化技術開発

2023年度までに開発を進めてきた変性CNFを用いて、自社ホットメルト型接着剤および光硬化型樹脂への複合と機能性の評価を行った。ホットメルト接着剤ではアルミ箔における接着強度の向上、光硬化樹脂では塗膜の硬度と屈曲性を同時に向上させることに成功した。

今後、これらの変性CNFのスケールアップ技術を確立するとともに顧客評価を進めて開発案件の獲得を進める。並行して原料となる当社独自の次亜酸化CNFのコストダウンを図り、CNFの早期社会実装を目指す。

(実施体制：東亜合成株式会社)

4.2 2024年度(委託)事業内容

研究開発項目②「CNF利用技術の開発」

②(2) 「多様な製品用途に対応した有害性評価手法の開発と安全性評価」

簡易迅速な吸入影響評価手法の開発と評価では、多様なCNFの物理化学的特性や生物汚染と生体影響の関連性について解明し、培養細胞試験や動物試験のこれまでの結果をまとめた。中皮腫発生の検証では、1種のCNFについてマウス腹腔内投与2年後のデータを取得するとともに、腹腔内投与試験および培養細胞試験のこれまでの結果をまとめた。生態影響の評価では、1種のCNFについて藻類生長阻害試験およびミジンコ繁殖試験を、別の1種のCNFについてミジンコ遊泳阻害試験および魚類急性毒性試験を実施し、生態影響

評価を行った。排出・暴露評価では、実用化が進められているCNF応用製品について、模擬試験や現場調査を実施した。生体安全性評価では、引き続き吸入毒性試験を実施し、これまでの生体試験の結果をまとめ報告した。CNFの安全性評価書（2024年版）を作成・公開した。

（実施体制：産業技術総合研究所、福井大学）

②（3）「セルロースナノファイバー材料のLife Cycle Assessment（LCA）評価手法の検討と評価」

CNF事業者における実ケースを対象としたCNF関連製品の原料調達から製造、輸送、使用、廃棄、リサイクルまでのサプライチェーンのみならず、原料調達から原料転換も含めたライフサイクル全体を通じた温室効果ガスの排出量を含めた環境影響に対する効果の解析と、国内での社会経済的影響を評価することにより、手法の有効性を確認し、公開した。得られたライフサイクルアセスメント（LCA）および産業連関分析（IOA）手法や分析結果等の成果からCNFの材料としての価値を可視化した。また、CNFの認知と普及展開に向け、消費者の選好性を分析し、結果を広く活用できるよう発表した。

（実施体制：国立大学法人東京大学、再委託先 国立大学法人福島大学、国立大学法人東京農工大学、公立大学法人滋賀県立大学、公立大学法人尾道市立大学、公立大学法人福岡女子大学、学校法人東京農業大学、学校法人五島育英会東京都市大学、学校法人立命館、国立研究開発法人産業技術総合研究所、一般財団法人電力中央研究所）

4. 3 実績推移

	2020年度		2021年度		2022年度		2023年度		2024年度	
	委託	助成	委託	助成	委託	助成	委託	助成	委託	助成
実績額推移 需給勘定（百万円）	150	291	150	751	350	624	322	177	329	294
特許出願件数（件）	—	—	—	1	—	2	—	2	—	9
論文発表数（報）	0	—	3	—	3	—	4	—	12	—
フォーラム等（件）	8	13	8	58	12	66	28	41	47	29

5. 事業内容

PMgrにNEDOバイオ・材料部 松永 啓之を任命して、プロジェクトの進行全体を企画・管理やそのプロジェクトに求められる技術的成果及び政策的効果を最大化させるとともに、以下の研究開発を実施する。また、プロジェクトリーダー（PL）に福岡大学 研究推進部 教授 八尾 滋、サブプロジェクトリーダー（SPL）に信州大学 繊維学部 教授 後藤 康夫 及び 信州大学 繊維学部 教授 荒木 潤を（以下、「PL」という。）とし、以下の研究開発を実施する。実施体制については、別紙を参照のこと。

5. 1 2025年度（委託）事業内容

研究開発項目②「CNF利用技術の開発」

②（3）「セルロースナノファイバー材料のLife Cycle Assessment（LCA）評価手法の検討と評価」

LCA/IOAによる分析を通じて明らかにした家電製品等のCNF含有製品としての環境性・社会経済性について、社会における認知と普及展開を目指した発信を行う。このとき、CNF関連技術の事業者における技術情報を適切な形で環境性・社会経済性を紐づけることで、研究開発段階にある技術が社会に実装されたときに起こりうる影響として可視化できるよう、情報を整えていく。この結果を活用し、国内外の環境系学術会議や学術論文において、当該評価結果を発表し、本事業の成果として外部公開する。

（実施体制：国立大学法人東京大学、再委託先 国立大学法人福島大学、国立大学法人東京農工大学、公立大学法人滋賀県立大学、公立大学法人尾道市立大学、公立大学法人福岡女子大学、学校法人東京農業大学、学校法人五島育英会東京都市大学、学校法人立命館、国立研究開発法人産業技術総合研究所、一般財団法人電力中央研究所）

5. 2 2025年度事業規模（予定）

需給勘定 27百万円（委託）

※事業規模については、変動があり得る。

6. その他重要事項

（1）評価の方法

NEDOは、技術評価実施規程に基づき、技術的及び政策的観点から研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、プロジェクト評価を実施する。

評価の時期は、中間評価を2022年度、終了時評価を2025年度とし、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しするなど、適宜見直すものとする。

また、中間評価結果を踏まえ必要に応じて研究開発の加速・縮小・中止等の見直しを迅速に行う。

（2）運営・管理

NEDOは、研究開発全体の管理、執行に責任を負い、研究開発の進捗のほか、外部環境の変化等を適時に把握し、必要な措置を講じるものとする。運営管理は、効率的かつ効果的な方法を取り入れることとし、次に掲げる事項を実施する。

① 研究開発の進捗把握・管理

PMgrは、PLや研究開発実施者と緊密に連携し、研究開発の進捗状況を把握する。また、外部有識者で構成する技術検討委員会を組織し、定期的に技術的評価を受け、目標達成の見通しを常に把握するとともに必要に応じて研究開発の加速・中止を検討する。早期実用化が可能と認められた研究開発については、期間内であっても研究を完了させ、実用化に向けた実質的な研究成果の確保と普及に努める。

② 技術分野における動向の把握・分析

PMgrは、プロジェクトで取り組む技術分野について、必要に応じて内外の技術開発動向、政策動向、市場動向等について調査し技術の普及方策を分析、検討する。なお、調査の効率化の観点から、本プロジェクトにおいて委託事業として実施する。

③ 研究開発テーマの評価

研究開発を効率的に推進するため、研究開発項目①を対象として、ステージゲート方式を適用する。

PMgrは、当該研究開発の進捗状況及びその評価結果、社会・経済的状況、国内外の研究開発動向、政策動向、研究開発費の確保状況等、プロジェクト内外の情勢変化を総合的に勘案し、必要に応じて目標達成に向けた改善策を検討し、達成目標、実施期間、実施体制等、プロジェクト基本計画を見直すなどの対応を行う。

(3) 複数年度契約の実施

2022年度開始の研究項目②(3)の委託事業は1年延長し、2022～2025年度の複数年度契約を行う。

(4) 知財マネジメントに係る運用

「NEDOプロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」に従ってプロジェクトを実施する。

(5) データマネジメントに係る運用

「NEDOプロジェクトにおけるデータマネジメント基本方針（委託者指定データを指定しない場合）」に従ってプロジェクトを実施する。

(6) 標準化施策等との連携

本研究開発で得られた成果については、標準化等との連携を図るため、標準案の提案等を必要に応じて実施する。

7. 実施方針の改定履歴

(1) 2025年2月制定

(別紙) 実施体制

研究開発項目②「CNF利用技術の開発」(3)「CNF材料のLCA評価手法の検討と評価」

