

「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」基本計画

材料・ナノテクノロジー部

1. 研究開発の目的・目標・内容

(1) 研究開発の目的

①政策的な重要性

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。

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。さらに、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。

②我が国の状況

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年度より「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。

③世界の取組状況

非石油由来原料として、非可食性バイオマスを活用したセルロースナノファイバーを含む化学品製造プロセス開発が世界的に活発化してきている。例えば、2011年にスウェーデンにてパイロットプラントでセルロースナノファイバーの生産が始まって以来、米国、カナダ、欧州で本格量産化の前段階のデモンストレーションプラントの建設が進んでおり、また、フィンランド、ノルウェーの企業が商業化に向けた投資を行っている状況である。

④本事業ねらい

国内においては、CNFの製造プロセス、及び用途開発は進められているものの、実用化に達しているものは未だ多くない状況である。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、重要である。本事業では、CNFを本格的に普及させるため、幅広い分野で応用可能な、用途に合ったCNFの更なる製造コストの低減を行う。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、実用化や普及を加速するためには、CNFの利用にあたってのさらなる安全性の確認、及び二酸化炭素排出量を定量的に可視化するLife Cycle Assessment (LCA) 等評価を強化する必要があるため、安全性評価及びLCA評価も実施する。

(2) 研究開発の目標

①アウトプット目標

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500円/kg以下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とする安全性評価を実施し、多様なCNF製品用途に対する有害性評価手法と評価結果、及び排出・暴露評価結果をまとめた安全性評価書を作成する。また、環境素材としての信頼性向上を図るためLCA評価を実施する。

それぞれの具体的目標は、別紙1で示す。

②アウトカム目標

CNF複合樹脂の世界的な利用拡大や、CNFと複合化する石油由来の樹脂をバイオマス由来に置き換えも行うことで、2030年には373万トン-CO₂/年の削減を目指し、その結果、石油資源の枯渇リスクを大幅に減少させ、持続可能な低炭素社会の実現に大きく貢献する。

③アウトカム目標達成に向けての取組

CNF複合樹脂は新しい素材であるため、サプライチェーンを構成する川上から川下までの企業間の連携が重要となってくる。NEDOは、多くの企業の参入が活発に行われるように、オールジャパン体制の産学連携組織であるコンソーシアム等と連携し、プロジェクト成果の普及を行う。また、CNFを安心して利用できるよう、安全性や品質管理の強化を目的とした安全性評価及び二酸化炭素削減量を定量化/可視化するLCA評価を行い、プロジェクト成果を社会実装に取り組む企業に提供する。また、国際展開に向けて、産学連携組織であるコンソーシアム等の知財・標準化戦略分科会と連携し、当該技術の我が国の国際競争力向上を目的とした国際標準獲得に向けた戦略及び活動計画の策定を支援する。

(3) 研究開発の内容

上記目標を達成するために、以下の研究開発項目について、別紙1の研究開発計画に基づき研究開発を実施する。

研究開発項目①「革新的CNF製造プロセス技術の開発」

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」
- (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」
- (3)「CNF材料のLCA評価手法の検討と評価」

研究開発項目①、研究開発項目②(1)ともに、実用化に向けて企業の積極的な関与により推進されるべき研究開発であり、助成事業として実施する(NEDO負担率:大企業1/2助成、中堅・中小・ベンチャー企業2/3助成)が、研究開発項目②(2)及びLCA評

価（研究開発項目②（３）については、委託事業として実施する。

２．研究開発の実施方式

（１）研究開発の実施体制

プロジェクトマネージャー（以下、「PMgr」という。）にNEDO材料・ナノテクノロジー部 松永 啓之を任命して、プロジェクトの進行全体の企画・管理を担当させ、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。

NEDOは、公募により研究開発実施者を選定する。研究開発実施者は、企業や大学等の研究機関等（以下、「団体」という。）のうち、原則として日本国内に研究開発拠点を有するものを対象とし、単独又は複数で研究開発に参加するものとする。ただし、国外の団体の特別の研究開発能力や研究施設等の活用又は国際標準獲得の観点から必要な場合は、当該の研究開発等に限り国外の団体と連携して実施することができるものとする。

なお、各実施者の研究開発能力を最大限に活用し、効率的かつ効果的に研究開発を推進する観点から、NEDOは研究開発責任者（プロジェクトリーダー、サブプロジェクトリーダー（以下、「PL等」という。))を選定し、各実施者はPL等の下で研究開発を実施する。

（２）研究開発の運営管理

①研究開発の進捗把握・管理

NEDOは、研究開発全体の管理、執行に責任を負い、PMgrは、経済産業省及びPLや研究開発実施者と密接な関係を維持しつつ、本プロジェクトの目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。具体的には、必要に応じて設置されるプロジェクト推進委員会等における外部有識者の意見を運営管理に反映させる他、随時、プロジェクトの進捗について報告を受けること等により進捗の確認及び管理を行うものとする。また、必要に応じて、ユーザーとの連携を促す等、成果目標の早期達成が可能になるよう努める。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、実用化へ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、本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、技術開発の方向性や技術の普及方策等を分析、検討する。なお、国際標準化戦略の策定などで調査等を行う場合には、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．研究開発の実施期間

2020年度～2024年度までの5年間とする。

4. 評価に関する事項

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。

5. その他重要事項

(1) 研究開発成果の取扱い

①成果の普及

研究開発実施者は、研究成果を広範に普及するよう努めるものとする。NEDOは、研究開発実施者による研究成果の広範な普及を促進する。

②標準化施策との連携

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。

③知的財産権の帰属、管理等取扱いについての方針

研究開発成果に関わる知的財産権については、「国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 新エネルギー・産業技術業務方法書」第25条の規定等に基づき、原則として、委託事業は委託先、助成事業は助成先に帰属させることとする。なお、プロジェクトの初期段階から、事業化を見据えた知財戦略を構築し、適切な知財管理を実施する。

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」を適用する。

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）」を適用する。

(2) 基本計画の変更

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) 根拠法

本プロジェクトは、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15条第1号ニ、第3号及び第9号に基づき実施する。

6. 基本計画の改訂履歴

(1) 2020年2月 原案制定

(2) 2022年8月 プロジェクトマネージャーの変更、アウトプット目標の補足追記に伴う改訂

(3) 2023年1月 サブプロジェクトリーダーの追記、研究開発項目の補足追記に伴う改訂

(4) 2023年12月 プロジェクトマネージャーの変更、字句修正に伴う改訂

(別紙 1) 研究開発計画

研究開発項目①「革新的 CNF 製造プロセス技術の開発」[助成事業 (NEDO 負担率: 大企業 1 / 2 助成、中堅・中小・ベンチャー企業 2 / 3 助成)]

1. 研究開発の必要性

CNF を本格的に普及させるためには、幅広い分野で応用可能な、用途に合った CNF の更なる製造コスト低減が必要である。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 複合樹脂について、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には、工業化スケールでの製造コストまで低減する必要がある。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 CNF 単体で高コストであり、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製造コストを従来コストからサンプル提供可能なコストまで削減し、2030 年度末までの事業化の見通しを得る必要がある。このコスト目標を実現するには、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が必要であるが、実用化に向けて企業の積極的な関与により推進されるべき研究開発であり、助成事業として実施する。

2. 研究開発の具体的内容

CNF 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。

3. 達成目標

【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 複合樹脂の製造コスト (ペレット価格) を 1,000 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 50

0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。

研究開発項目②「CNF 利用技術の開発」[委託事業、及び助成事業 (NEDO 負担率: 大企業 1/2 助成、中堅・中小・ベンチャー企業 2/3 助成)]

1. 研究開発の必要性

親水性の CNF は、化粧品、紙おむつの吸収剤、ボールペン用インク、和菓子等で実用化が行われているが、コストが高いため、添加剤として少量使う方法に限定されており、CNF の利用量の増加に繋がっていない。自動車、建築資材、土木資材、家電等の構造材用途としての利用が進めば、軽量かつ高強度の CNF のメリットを最大限活かすことができ、生産量も飛躍的に増大する。更に、研究開発項目①にてコストダウンが進めば、自動車、建築資材、土木資材、家電分野において、現在世界で 600 万トン/年以上使われている強化樹脂素材での代替採用が期待される。また、自動車、建築資材、土木資材、家電分野では、国民生活に身近な製品として使われることが想定されるため、安全性や品質の更なる管理強化が必要となる。さらに、用途別、製造方法別に既存樹脂と CNF 複合樹脂を比較して、CNF 含有製品の LCA 評価を行うことで、より環境営業が少ないものを可視化し、CNF 複合樹脂の市場への導入を促進させることが期待できる。

2. 研究開発の具体的内容

(1) 「量産効果が期待される CNF 利用技術の開発」[助成事業]

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。

(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」[委託事業]

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。

(3) 「CNF 材料の LCA 評価手法の検討と評価」【委託事業】

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公開する。

3. 達成目標

(1) 「量産効果が期待される CNF 利用技術の開発」[助成事業]

【最終目標】

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。

(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」【委託事業】

【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、短期の安全性評価結果をまとめる。

(3) 「CNF材料のLCA評価手法の検討と評価」【委託事業】

【最終目標】(2024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したうえで、公開する。

(別紙2) 研究開発スケジュール

	2020	2021	2022	2023	2024
開発項目①【助成】 革新的CNF製造プロセス技術の開発	[Redacted]		中間評価 ゲート	[Redacted]	
開発項目②-1【助成】 量産効果が期待されるCNF利用技術の開発	[Redacted]		[Redacted]		
開発項目②-2【委託】 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	[Redacted]		中間評価	[Redacted]	
開発項目②-3【委託】 CNF材料のLCA評価手法の検討と評価				[Redacted]	