

## 「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」

### 事業原簿 (公開版)

担当部

国立研究開発法人  
新エネルギー・産業技術総合開発機構  
バイオ・材料部

## 更新履歴

更新日	更新内容
2025 年 10 月 31 日	初版発行
2026 年 1 月 14 日	事業全体説明資料 分科会(2025 年 12 月 3 日)発表資料に改定

# 目次

1. 事業全体概要.....	1
1.1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋.....	1
1.2. 目標及び達成状況.....	2
1.3. マネジメント.....	8
1.4. その他.....	10
2. 事業全体説明資料.....	12
3. 目標及び達成状況の詳細 .....	83
3.1. 研究開発項目①：革新的 CNF 製造技術の開発 .....	83
3.1.1. ①-1 疎水化 T O C N 及び樹脂複合化の製造プロセス技術の開発 .....	83
3.1.2. ①-2 塩化ビニル系樹脂複合体の低コスト化技術の確立 .....	85
3.1.3. ①-3 C N F 強化樹脂（P A 6 、 P P ）の低コスト製造プロセス技術の開発 .....	87
3.1.4. ①-4 伝動ベルトをターゲットとしたC N F 複合化クロロプロレンゴムの低コスト製造技術開発	
89	
3.1.5. ①-5 革新的C N F 複合樹脂ペレットの製造プロセスの開発 .....	91
3.1.6. ①-6 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 ..	94
3.1.7. ①-7 ウォータージェット技術を用いた革新的C N F 製造プロセス技術の開発および乾燥技術の開発	
96	
3.2. 研究開発項目②：CNF 利用技術の開発.....	98
3.2.1. ②-1-1 C N F 技術を利用した住宅・非住宅用内装建材の開発 .....	98
3.2.2. ②-1-2 自動車部品実装に向けたC N F 複合材料開発、成形・加工技術開発 .....	100
3.2.3. ②-1-3 革新的ガス吸着再生C N F 複合フィルタを用いたデシカントフィルタシステムの開発	
102	
3.2.4. ②-1-4 炭素循環社会に貢献するセルロースエコマテリアル開発および適用検証 .....	104
3.2.5. ②-1-5 C N F 配合エラストマーの製造プロセス低コスト化による製品実装技術開発 .....	106
3.2.6. ②-1-6 水性樹脂を用いた環境適合型C N F 複合樹脂の製法開発とC F R P への適用 .....	108
3.2.7. ②-1-7 C N F を使用したゴム製靴底及びゴムタイルの量産化技術の開発 .....	110
3.2.8. ②-1-8 C N F を使用した接着剤・アクリル樹脂製品の実用化技術開発 .....	112
3.2.9. 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 .....	114
3.2.10. ②-3 セルロースナノファイバー材料のL i f e C y c l e A s s e s s m e n t	
(L C A) 評価手法の検討と評価 .....	116
●基本計画 .....	119
「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 .....	119
●各種委員会開催リスト .....	127

# 1. 事業全体概要

プロジェクト名	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	プロジェクト番号	P20009
担当推進部/ プロジェクトマネージャー (PM g r) または担当者	材料・ナノテクノロジー部 PM g r 氏名 山本 教勝 (2020年4月～2022年3月) 材料・ナノテクノロジー部 PM g r 氏名 丸岡 啓子 (2022年4月～2024年3月、 2021年10月～2022年3月まで担当者) バイオ・材料部 PM g r 氏名 松永 啓之 (2024年4月～2026年3月、 2020年4月～2024年3月まで担当者) 材料・ナノテクノロジー部 担当者 氏名 沖 和宏 (2020年4月～2021年6月) 材料・ナノテクノロジー部 担当者 氏名 服部 隼人 (2022年4月～2025年3月) 材料・ナノテクノロジー部 担当者 氏名 小野 幸胤 (2022年7月～2024年6月) バイオ・材料部 担当者 氏名 木村 嘉伸 (2025年4月～2026年3月)		
0. 事業の概要	<p>セルロースナノファイバー (CNF) は、軽量かつ高強度またガラスの 1/50 の低熱膨張性を有する力学特性の優れたバイオマス素材である。CNF 利用製品は、カーボンリサイクルの一端を担うことができ、炭素循環社会の実現に貢献する。しかしながら、CNF 関連技術の社会実装には製造コスト低減と製品用途の開拓による市場拡大が課題である。</p> <p>本事業では、CNF 製造プロセスの最適化によるコスト低減と、CNF 複合樹脂や加工技術等の用途拡大との相乗効果を図った。また、安全性評価法および先制的ライフサイクルアセスメント(LCA)の開発により、CNF 製品が安全かつカーボンネガティブであることを示した。今後、国内外に対して CNF 普及拡大を促進し、事業機会の創出を推進する。</p>		

## 1.1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

1.1.1 本事業の位置付け・意義	<p><b>【背景】</b> セルロースナノファイバー（以下、「CNF」という。）は、軽量かつ高強度またガラスの 1/50 の低熱膨張性を有する力学特性の優れたバイオマス素材である。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。</p> <p><b>【目的】</b> 前プロジェクトの成果を踏まえ、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。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。CNF は新しい材料として多用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安全性の確認を強化する必要があるので、安全性評価も実施する。</p>
1.1.2 アウトカム達成までの道筋	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 製造コスト低減 (CNF 材料 1/10、CNF 複合樹脂 700 円/kg)</li><li>・ 産業機器、建材、塗装、家電、スポーツ用品への CNF 利用拡大の加速、量産効果による低価格化</li><li>・ 安全性評価書の作成、公開により実用化技術の普及を加速</li><li>・ 先制的 LCA 評価手法の開発により、グリーンマテリアル製品の（将来製造技術）による炭素循環社会への貢献度の予測、普及活動</li><li>・ 企業努力、顧客共創による低コスト化推進、モビリティ分野への採用</li></ul>
1.1.3 知的財産・標準化戦略	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 助成事業：各社の戦略にて推進</li><li>・ 委託事業：安全性評価および LCA は、広く共通基盤として使われることを目的としているため、基本的に知的財産権の確保を行わない方針</li></ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>研究開発成果に関す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、原則として助成事業は助成先、委託事業は、委託先に帰属されることとする。</li> <li>標準化戦略として、ISO TC229（ナノテクノロジー）WG3（環境・健康・安全作業グループ）の国内審議委員及びエキスパート、OECD工業ナノ材料作業部会（WPMN）のエキスパートとして活動し、関連する情報の収集及び事業の成果の発信を進めている。</li> </ul>
--	--

## 1.2. 目標及び達成状況

1.2.1 アウトカム目標及び達成見込み	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750万トン-CO <sub>2</sub> /年の削減を目指し、その結果、石油資源の枯済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。		
	アウトカム目標	達成見込み	課題
1.2.2 アウトプット目標及び達成状況	2030年に750万トン-CO <sub>2</sub> /年の削減	○	・CNF利用製品の使用、リサイクルの促進が必要
	1. CNF複合樹脂の製造コストを、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。 2. 高機能性CNF材料として、従来コストの1/4以下で、かつ、サンプル提供可能なコストまで低減。	達成度	達成の根拠/解決方針
1.2.2 アウトプット目標及び達成状況	研究開発項目① 革新的CNF製造技術の開発	総合判定 ○ ○	<ul style="list-style-type: none"> <li>CNF粉末、CNF複合樹脂(PP, PA6, PVC, CR, CFRP等)の物性向上および、さらなる製造コスト低減を実証。</li> <li>樹脂をはじめとする疎水性媒体にシングルナノサイズレベルでCNFを複合化できる技術は国内外で唯一。</li> <li>熱的・化学的安定性の高いTOCNの高効率な疎水化技術は極めて独自性の高い高度な知見、重要なコア技術。</li> <li>安定性に優れた疎水化TOCNを安価に製造するプロセスを確立。構造材料をはじめとする様々な用途へのTOCN複合材料の展開が期待。</li> <li>TOCN溶媒分散体、TOCN配合離型剤の製品化。</li> </ul>
	①-1 疎水化TOCN及び樹脂複合化の製造プロセス技術の開発  ①-2 塩化ビニル系樹脂複合体の低コスト化技術の確立	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>押縁をターゲットとして、未変性パルプを押出混練によるCNF解纖にて、目標値(ビカット軟化温度100℃以上、線膨張係数50ppm/K以下、塩素化PVCコンパウンドと同等以下の価格)をすべて達成。</li> <li>実機スケール押出機を使い、当初目標のコンパウンド生産速度500kg/hを達成し、上記の目標物性を満たすコンパウンド量産化技術を確立。</li> </ul>

	<p>①-3 CNF強化樹脂（PA6、PP）の低成本製造プロセス技術の開発</p>	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>・製品化向け窓枠挿入テストにて、低温条件下で割れが発生。シャルピー衝撃強度向上を推進中。</li> <li>・パイプ、雨樋をはじめとする硬質製品のみならず、電線など軟質製品へのCNF適用において顧客訴求力があり、展開中。</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>・パルプの前処理法の検討により強度バランス（弾性率と衝撃強度）が向上</li> <li>・疎水化パルプが不要による低成本化、シミュレーションにて妥当性を確認。</li> <li>・混練機中に、パルプに疎水性の付与、解纖、分散を一括で実施。低成本化に寄与。</li> <li>・PA6：助剤・添加剤の検討により、目標物性達成を確認</li> <li>・数100t/年の効率（1000円/kg）実機試作にて確認。</li> <li>・PP：親和促進混練の最適化、各種材料開発</li> <li>・中型混練機の検討で300kg/h以上の吐出を確認。事業用大型機では1t/hを製造可能を確認。</li> <li>・事業用大型機の想定コストは、500円/kg未満（PJ当初の原材料価格）となり、目標コストを達成（原材料高騰により2024年度価格では600円/kg程度）</li> </ul>
	<p>①-4 伝動ベルトをターゲットとしたCNF複合化クロロブレンゴムの低成本製造技術開発</p>	○	<p>①CNF/CR（クロロブレンゴム）の実用量産化</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・CNFの量、分散度の評価法確立により量産時の工程分析による品質安定化、および製品規格として活用</li> <li>・量産スケールの試作を実施。期間中に6回の試作を行い生産性の目標を達成し、品質安定化条件の設定を完了。CNFを複合化したCRの実用量産化は世界で初。</li> </ul> <p>②高効率ベルトの実用量産化と適用品種拡大</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・車両負荷（排気量）に応じた伝動能力と耐久性の設計、最適化を実施。既存のCR製伝動ベルトでは達成不可能な優れた伝動効率を達成。</li> <li>・量産化されたCNF/CRにてベルトを作製し、品質確認済み。</li> <li>・2024年4月から高負荷向けダブルコグベルトを販売開始。CNF/CRを用いた伝動ベルトとしては世界初。</li> </ul>
	<p>①-5 革新的CNF複合樹脂ペレットの製造プロセスの開発</p>	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>・2025年度に原料から複合樹脂ペレットまで一貫製造する商用プラントにて量産を開始。</li> </ul>

<p>①-6 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</p>	<p>△</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>抄紙技術を応用し、薬液が均一に浸込む紙設計（カルバメート化変性）を完成。</li> <li>連続的かつ一貫的に製造可能な変性技術を確立するため、数十秒で変性できる条件を見出し、製紙技術を応用したロール to ロール方式による変性技術を確立。</li> <li>二軸押出機による CNF 複合樹脂ペレットの生産において、原料形態の見直しと、スクリュ許容トルクの高い二軸押出機での条件調整により、CNF の凝集、着色を防ぎつつ、高濃度 CNF マスター バッチを高い生産性で製造できる技術を見出した（<math>\phi 48\text{mm}</math> 装置で CNF 66% マスター バッチを 250kg/h 生産）。</li> <li>各工程で目標とした生産速度をほぼ達成</li> <li>CNF 複合材料の物性目標達成、及び衝撃強度と剛性を両立する新規相溶化剤を開発</li> <li>自動車部品としての各種実用物性の取得と部品適用時の特性・課題を確認意義：</li> <li>CNF 複合材料の製造プロセスの大幅な効率化を実現</li> <li>生産性向上によるコスト低減の目途付け</li> <li>自動車部品としての実用化にはさらなる材料性能の向上と構造最適化が必要との課題も明確になった（材料物性と部品評価の序列が逆転する場合もあり）</li> <li>機械解纖 CNF 水分散液は国内外問わず、最も高濃度（乾燥品、濃縮品を除く）でありながら、CNF の纖維径の均一さは高いとの評価を獲得。</li> <li>本 CNF 乾燥粉末は研究開発前の約 12 倍の生産量を達成。</li> <li>本 CNF 乾燥粉末は未修飾において、多くの樹脂に均一に分散。</li> <li>本 CNF の添加量は 1wt% 以下が望ましいことが判明（コンピュータシミュレーション、実験結果による）</li> <li>本 CNF 乾燥粉末を PLA に少量添加することで PLA の耐衝撃性は 1.5 倍になり、引張や曲げ強度・弾性率も若干向上。</li> <li>本 CNF をエポキシ樹脂に分散後、炭素繊維と複合化した CNF 添加 CFRP プリプレグも開発。ゴルフシャフトやテニスラケットなどの実用化も検討中。</li> </ul>
<p>①-7 ウオ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</p>	<p>○</p>	

	<p>研究開発項目② CNF 利用技術の開発</p> <p>②-1-1 CNF 技術を利用した住宅・非住宅用内装建材の開発</p> <p>②-1-2 自動車部品実装に向けたCNF複合材料開発、成形・加工技術開発</p> <p>②-1-3 革新的ガス吸着再生 CNF複合フィルタを用いたデシカントフィルタシステムの開発</p>	<p>○</p> <p>○</p> <p>△</p> <p>◎</p> <p>○</p>	<p>建材（床材、窓枠、ゴムタイル）、自動車部品、デシカントフィルタ、小型家電、タイヤ、スポーツ用品（シューズ、ラケット、ゴルフクラブ）、接着剤、コーティング剤等の利用技術について、試作または製品化</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ CNF 成形板への耐水性を付与するため、セルロースと相性の良いフェノール樹脂の含浸を試みた結果、硬化物は、未含浸材と比べて吸水性やそれに伴う水膨潤率が 98%以上低減、弾性率や強度も未含浸品よりも向上。</li> <li>・ 半屋外用耐傷性床材の開発と実装 木質ボードの表面に CNF 板を張り合わせることで、耐傷性床材としての品質を満たすことを確認。木質系フロアの非住宅用床材に適用し、樹脂含浸 CNF 板材を用いた耐傷性床材の実大試作および実装による実証評価を実施。</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 衝撃性向上として、PP 樹脂へのゴム分散、CNF とゴムの界面結合、相溶化材、ゴム添加方法などを検証した。開発の当初よりは物性向上はしつつも曲げ弾性率と衝撃の両立することは困難。</li> <li>・ 自動車部品への実装を加速させるため、基礎開発と並行して、新たに部品選定を追加し製品開発を推進。当初目標としていた 2030 年時点での内装、外装部品市場の 10%のシェア獲得を目指す。</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ デシカントフィルタシステムとして、ハニカム型・充填型・プリーツ型の各々について加熱再生試験を行った結果、ハニカム型において目標値を達成した。</li> <li>・ 車載使用 400 時間(2~3 年分の使用期間)の連続試験を実施。目標値である 50gH2O/h の吸着量を維持、連続使用に問題がないことが確認。</li> <li>・ ハニカム型にて量産化の検討。フィルタユニットを 100 台分製作し、性能のバラつきが 10%以内に入っていることを確認。競合技術である活性炭、シリカゲルは水分吸着量が CNF の 1/4~1/2 程度であり、コストと性能のトータルバランスは CNF が最も優れている結論を得た。</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 連続生産 CeF70%-PP_8H 以上の目標を達成し、歩留まりは目標の 95%を上回る 95.2%を達成。曲げ弾性率も目標</li> </ul>
--	--	--	---

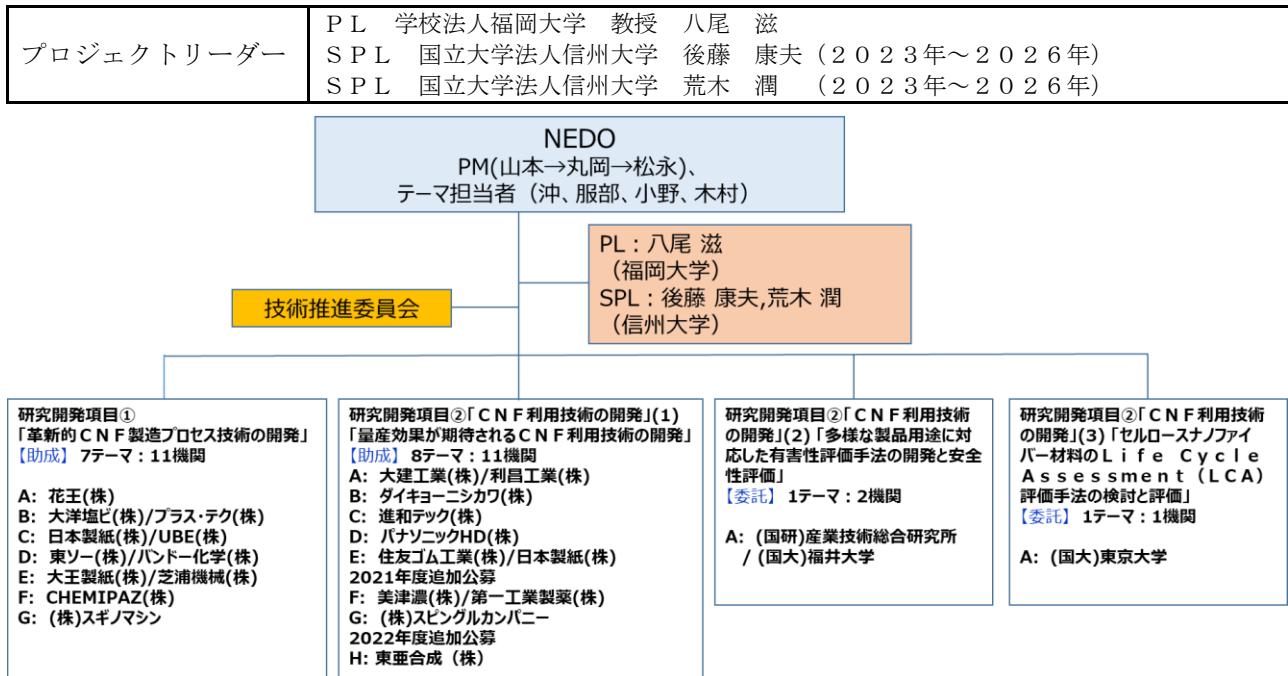
<p>②-1-4 炭素循環社会に貢献するセルロースエコマテリアル開発および適用検証</p>	<p>の 3,400MPa を上回る 5,464MPa を達成。</p>
<p>②-1-5 CNF配合エラストマーの製造プロセス低コスト化による製品実装技術開発</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・天井扇ブレード体積 100%充填の目標を達成し、木質感実現のための色差 <math>\Delta E</math> : 5 以上の目標を上回る <math>\Delta E</math> : 15.7 を達成、繊維浮き限度見本内を達成。</li> <li>・高濃度セルロース 70%の材料において、生産性、強度物性、成形性を確保できる技術を確立。</li> <li>・完全バイオ化として植物由来の BioPE、PLA との複合化開発。</li> <li>・課題として、材料コストがあ生産性を 3 倍に高める取り組みを行うことで材料コスト半減にも目途。汎用樹脂に對してはかなりの乖離があり、さらなるコストダウンを推進し、事業化を加速。</li> </ul>
<p>△</p> <p>②-1-6 水性樹脂を用いた環境適合型CNF複合樹脂の製法開発とCFRPへの適用</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・解纖度合いを適度に粗くすることで脱水加工性の向上を図りつつ、ゴム補強効果を両立する最適な解纖レベルの CNF を開発、目標を達成。</li> <li>・WMB、OMB の製造時間は、目標達成。</li> <li>・WMB の材料特性は目標達成。</li> <li>・製品コストを試算した結果、目標達成となる可能性あり。</li> <li>・試作した製品で社内耐久規格試験を実施したところ市場性適合を確認。現状は社内でニーズある部材にて製品耐久性や適合性の検討を実施中。現在は製品適用の検討段階であるが、耐久品質悪化やゴムヤケが発生し易くなる方向に物性が変化するなど性能/品質面での課題に対して対策中。</li> </ul>
<p>○</p> <p>②-1-7 CNFを使用したゴム製靴底及びゴムタイルの量産化技術の開発</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・本 CNF 分散 CFRTP は、従来の熱硬化性 CFRP と比較して、曲げ強度を 10% 向上。</li> <li>・炭素繊維不織布と CNF 複合 TPU 樹脂でシートを作製し、スポーツシューズのインソールに用いる Insole Plate を容易に成形できた。現行品に比べて薄く軽量、バネの反発性を示すエネルギーが小さかった。</li> <li>・熱可塑樹脂を用いることで成形時間の短縮が見込まれ、炭素繊維不織布を利用することでリサイクル炭素繊維を使用できカーボンニュートラルに貢献。</li> <li>・CNF のゴムへの投入のタイミングや一緒に投入する薬品を検討することで、耐摩耗性が向上することが確認。設定した目標を比較的短期間で達成</li> </ul>

	<p>②-1-8 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</p>	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現段階ではゴムタイルの実用化・企業化には至っていないが、ゴム製靴底の配合をベースに検討し、現行のゴムタイルの摩耗、防滑性よりも良いタイル配合ができた。作業性・生産性に課題。実用化・企業化に向けて引き続き実用化に向け検討。</li> </ul>
		○	<ul style="list-style-type: none"> <li>・PP系接着剤とCNFを複合化によりアルミ板同士の接着力が0.1N/mmから0.7N/mmに上昇することを確認。ポリオレフィン系接着剤は金属の接着力が弱いという短所があるが、本検討により接着力を約7倍に上げることができた。これによって車体組み立てなどに応用できる可能性が広がり、現在、金属向けホットメルト接着剤としての可能性を社内で検討している状況</li> <li>・CNF/ハードコート剤複合化では、塗膜鉛筆硬度と傷つき耐性が上昇しただけでなく、塗膜の屈曲性も向上するという効果を確認。</li> <li>・多数の顧客候補から問い合わせとサンプル供試の依頼があり、現在は先方で評価を進めている状況である。</li> <li>・実機設備の設計を計画中。</li> </ul>
	<p>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</p>	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>・簡易迅速な吸入影響評価手法の開発と評価</li> <li>・中皮腫発生の検証</li> <li>・生態影響の評価</li> <li>・排出・暴露評価</li> <li>・生体安全性（動物実験）評価</li> <li>・安全性評価書の作成・公開</li> </ul> <p>産業技術総合研究所・安全科学研究部門のウェブサイトからのダウンロードや展示会での配布の累計は約2,000部に達している。企業はこれを活用して、安全管理対策の立案、顧客説明、安全データシート（SDS）作成、市場化判断などを円滑に行えるようになった。この包括的な情報を公的機関が発信することにより、事業者の自主安全管理や用途開発を支援し、CNF産業の健全な普及に貢献している。</p>

		<p>は TRL3~7 であり、既存手法による評価事例も見られた。将来性 LCA の実施に向けて、追加データの収集とインベントリ推定を進めた。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・消費者のバイオプラスチック製品に対する支払い意思 (WTP) と購入意向 (PI) に関する仮説 (H1・H2) を検証するため、2024年3月にインターネット調査を実施。</li> <li>・LCA や CNF 評価の重要性を普及するための動画・パンフレットを作成し、東京大学未来戦略LCA連携研究機構Webサイトで公開。日本LCA学会では「森林と資源のライフサイクル思考」セッションを開催し、研究成果を発表。国際学会への発表や、学術論文の投稿。</li> </ul> <p>CNF は国産バイオマス由来であり、従来の化石資源系素材と比べて環境負荷が低く、地域経済への波及効果も高い。LCA/IOA を組み合わせた評価手法により、社会実装に向けた定量的な優位性が明瞭に示される。</p>
--	--	--

## 1.3. マネジメント

### 1.3.1 実施体制



### 1.3.2 受益者負担の考え方

1.3.2 受益者負担の考え方	受益者負担の考え方						
	【助成】企業の事業化に向けた研究開発は企業の積極的な関与により推進されるべきものとして、自己負担を伴う「助成」事業として実施						
	【委託】国立大学法人、国立研究開発法人 に関しては、共通基盤技術(安全性、LCA)開発を担う事業者のため、「委託」事業として実施						
	主な実施事項	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY	2025FY
	研究開発項目① 革新的CNF製造技術の開発	助成率 大企業 1/2、 中小企業 2/3	助成率 大企業 1/2、 中小企業 2/3	助成率 大企業 1/2、 中小企業 2/3	助成率 大企業 1/2、 中小企業 2/3	助成率 大企業 1/2、 中小企業 2/3	
	研究開発項目②-1 CNF利用技術の開発	助成率 大企業 1/2、 中小企業 2/3	助成率 大企業 1/2、 中小企業 2/3	助成率 大企業 1/2、 中小企業 2/3	助成率 大企業 1/2、 中小企業 2/3	助成率 大企業 1/2、 中小企業 2/3	
	研究開発項目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	委託 100%	委託 100%	委託 100%	委託 100%	委託 100%	
	研究開発項目②-3 セルロースナノファイバー材料のLCA評価手法の検討と評価				委託 100%	委託 100%	委託 100%

### 1.3.3 研究開発計画

事業費推移 [単位:百万円]	主な実施事項	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	研究開発項目① 革新的CNF製造技術の開発	121	559	438	156	274
	研究開発項目②-1 CNF利用技術の開発	170	192	187	22	19
	研究開発項目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	150	150	350	202	186
	研究開発項目②-3 セルロースナノファイバー材料				120	143

	の L C A 評価手法の検討と評価					
事業費	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY	
会計 (特別)	441	901	975	500	622	
追加予算	195	95	95	76		
総 NEDO 負担額	636	996	1070	576	622	

事業費推移 [単位:百万円]	主な実施事項	2025FY				総額
	研究開発項目① 革新的 CNF 製造技術の開発					1, 548
	研究開発項目② -1 CNF 利用技術の開発					590
	研究開発項目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					1, 038
	研究開発項目② -3 セルロースナノファイバー材料の L C A 評価手法の検討と評価	26				289
	事業費	205FY				総額
	会計 (特別)	26				3, 465
	追加予算					462
	総 NEDO 負担額	26				3, 927
	情勢変化への対応	2021 年度、2022 年度に(2)-②利用用途拡大 の追加公募を実施する際、早期に幅広い分野で国内での CNF のプレーヤーを増やすため、それまで採択されていない業種、分野を優先することを公募要領に明記。スポーツ用品、アパレル等のテーマを追加採択。				
中間評価結果への対応	開発項目③-3 は、中間評価により追加公募					
評価に関する事項	事前評価	2019 年度実施	担当部	材料ナノテクノロジー部		
	中間評価	2022 年度	中間評価実施			
	終了時評価	2025 年度	終了時評価実施			

#### 1.4. その他

投稿論文	「査読付き」38 件
特許	「出願済」75 件

その他の外部発表 (プレス発表等)	発表・講演 240 件、新聞雑誌等への掲載 102 件、その他 (ニュースリリース) 94 件	
基本計画に関する 事項	作成時期	2025 年 10 月 作成
	変更履歴	

# 「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」(終了時評価)

2020年度～2025年度 6年間

## プロジェクトの説明 (公開版)

2025年12月3日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

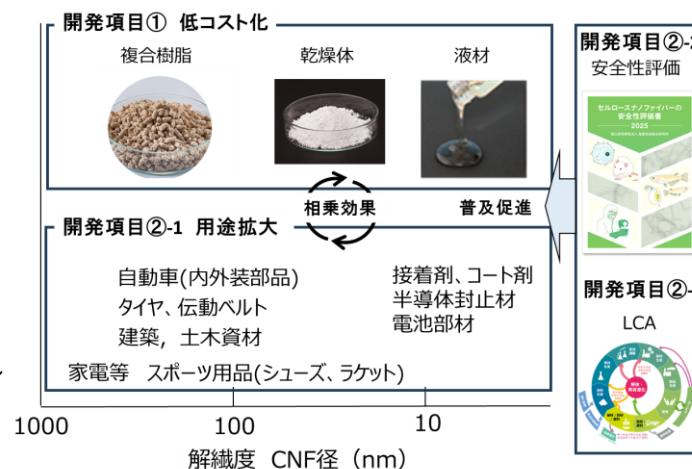
バイオ・材料部

# 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



## 事業の概要

セルロースナノファイバー (CNF) は、軽量かつ高強度またガラスの1/50の低熱膨張性を有する力学特性の優れたバイオマス素材である。CNF利用製品は、カーボンリサイクルの一端を担うことができ、炭素循環社会の実現に貢献する。しかしながら、CNF関連技術の社会実装には製造コスト低減と製品用途の開拓による市場拡大が課題である。本事業では、CNF製造プロセスの最適化によるコスト低減と、CNF複合樹脂や加工技術等の用途拡大との相乗効果を図った。また、安全性評価法および先制的ライフサイクルアセスメント(LCA)の開発により、CNF製品が安全かつカーボンネガティブであることを示した。今後、国内外に対してCNF普及拡大を促進し、事業機会の創出を推進する。



プロジェクト類型：標準的研究開発

バイオ・材料部 松永啓之 (PMgr)

関連する技術戦略：バイオエコノミー戦略

## 前身プロジェクトとの関係

非可食性植物由来化学品製造プロセスの技術開発  
(NEDO: 2013-2019)

- ・CNF樹脂複合材の一貫製造プロセス（京都プロセス）を世界に先駆けて開発
- ・CNFの安全評価基盤技術を開発

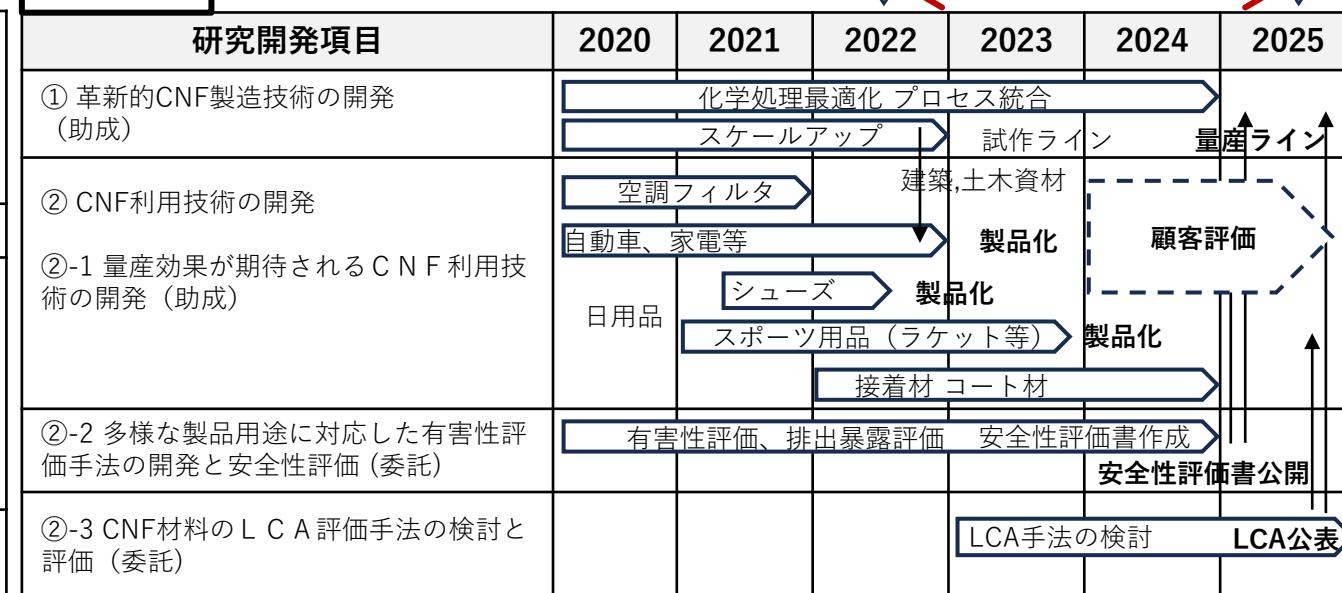
## 想定する出口イメージ等

アウトプット目標	開発項目① 低コスト化技術 CNF(乾燥体、液剤) 製造コスト1/4、CNF複合樹脂 1300円/kg → 700円/kg (母材樹脂相当) 開発項目②-1 実用化の目途 (5件) 開発項目②-2 安全性評価書を作成、公開 開発項目②-3 LCA評価手法の開発
アウトカム目標	2030年に750万トン-CO <sub>2</sub> /年の削減
出口戦略 (実用化見込み)	・製造コスト低減 (CNF材料 1/10、CNF複合樹脂 700円/kg) ・自動車、建築資材、土木資材、家電等、日用品へのCNF利用拡大の加速、量産効果による低価格化 ・安全性評価書の作成、公開により実用化技術の普及を加速 ・先制的LCA評価手法の開発により、グリーンマテリアル製品の（将来製造技術）による炭素循環社会への貢献度の予測、普及活動推進 ・顧客共創(高付加価値、低コスト化)による、モビリティ分野への採用
グローバル ポジション	PJ開始時：DH PJ終了時：LD (日本発の低コスト化技術による多様な製品の上市)

## 事業計画

期間：2020年度～2025年度 (6年間)  
総事業費 (NEDO負担分)：約35億円

中間評価  
評価対象期間 終了時評価



## ページ構成

### 1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋



### 2. 目標及び達成状況



### 3. マネジメント

- ※本事業の位置づけ・意義  
(1)アウトカム達成までの道筋  
(2)知的財産・標準化戦略

- (1)アウトカム目標及び達成見込み  
(2)アウトプット目標及び達成状況

- (1)実施体制  
※受益者負担の考え方  
(2)研究開発計画

- ・事業の背景・目的・将来像
- ・政策・施策における位置づけ
- ・技術戦略上の位置づけ
- ・外部環境の状況（技術、市場、制度、政策動向など）
- ・他事業との関係
- ・アウトカム達成までの道筋
- ・知的財産・標準化：オープン・クローズ戦略
- ・知的財産管理

- ・実用化・事業化の考え方と  
アウトカム目標の設定及び根拠
- ・アウトカム目標の達成見込み
- ※費用対効果
- ・非連続ナショプロに該当する根拠
- ・前身事業との関連性
- ・本事業における研究開発項目の位置づけ
- ・アウトプット目標の設定及び根拠
- ・アウトプット目標の達成状況
- ・研究開発成果の副次的成果等
- ・特許出願及び論文発表

- ・NEDOが実施する意義
- ・実施体制
- ・個別事業の採択プロセス
- ・研究データの管理・利活用
- ※予算及び受益者負担
- ・目標達成に必要な要素技術
- ・研究開発のスケジュール
- ・進捗管理
- ・進捗管理：事前/中間評価結果への対応
- ・進捗管理：動向・情勢変化への対応
- ・進捗管理：成果普及への取り組み
- ・進捗管理：開発促進財源投入実績
- ・モティベーションを高める仕組み

## ＜評価項目1＞意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

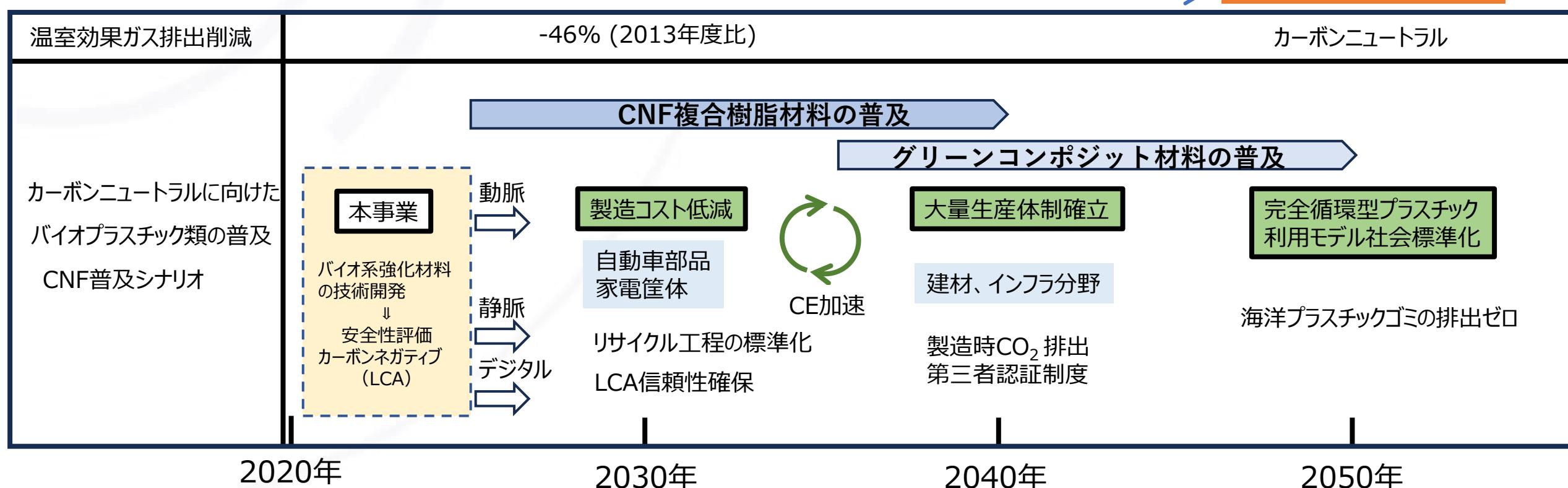
- ※ 本事業の位置づけ・意義
- (1) アウトカム達成までの道筋
- (2) 知的財産・標準化戦略

# 事業の背景・目的・将来像

- カーボンニュートラルに向け、化学業界（プラスチック、ゴム等樹脂）では、カーボンリサイクル、バイオ原料の活用が進展
- 母材にバイオプラスチック、強化材にセルロース纖維を用いたグリーンコンポジット材料に期待
- 炭素循環社会への転換には、サーキュラーエコノミーへの移行を推進する新材料、デジタル技術、静脈プレーヤーの育成が必須

リニアエコノミーからサーキュラーエコノミ(CE)へ

炭素循環社会への転換



# 政策・施策における位置づけ - バイオエコノミー戦略 -

## ■ CNFの社会実装により、石油由来製品から(安全性、環境性を担保した) **バイオ由来製品への市場展開を促し、社会課題の解決と持続可能な持続可能な経済成長の実現を推進**

### バイオエコノミー市場拡大を目指した取組の推進 2030年に国内外で100兆円規模

バイオものづくり・バイオ由来製品		一次生産等（農林水産業）	バイオ医薬品・再生医療等、ヘルスケア
目指す姿	<u>各産業のバイオプロセス転換の推進、未利用資源の活用による環境負荷低減やサプライチェーンの強靭性向上</u>	<u>持続可能な食料供給産業の活性化、木材活用大型建築の普及によるCO<sub>2</sub>排出削減・花粉症対策への貢献</u>	<u>日本発のバイオ医薬品等のグローバル展開、医療とヘルスケア産業が連携した健康寿命延伸</u>
技術開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・バイオテクノロジーとAI等デジタルの融合による微生物・細胞設計プラットフォーマーの育成とバイオファウンドリ基盤の整備</li> <li>・強みとなりうる水素酸化細菌、培養・発酵プロセス等に注力</li> <li>・原料制約の解消に向けた未利用バイオマスやCO<sub>2</sub>直接利用、生産・収集コストの低減、前処理技術 等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・スマート農業に適合した品種の開発・栽培体系の転換、農業者を支援する生成AIの開発等、ゲノム情報を活用した新品種の開発等<b>生産力向上と持続性を両立する</b>研究開発等</li> <li>・建築用木材(CLT等)や林業機械の技術開発・実証、ゲノム編集による無花粉スギの開発等</li> <li>・みどりの食料システム戦略に基づく環境負荷低減に向けた取組等の推進</li> <li>・フードテック等先端技術に対する<b>国民理解の促進</b>等。先進技術の海外市場への展開、国際標準等</li> <li>・木材利用の意義や効果の普及啓発</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・次世代の医療技術や創薬につながる革新的シーズ創出のための<b>基礎研究と橋渡し機能の強化</b></li> <li>・革新的医薬品・医療機器等の開発を進めるための<b>薬価制度等におけるイノベーションの適切な評価</b>を検討</li> <li>・ヘルスケアサービスの<b>信頼性確保</b>のため、医学界・産業界が連携したオーソライズの仕組みの構築を支援</li> <li>・安全保障上の観点も含め、CDMO等製造拠点の<b>国内整備及び現場での製造人材の確保</b></li> <li>・日本と諸外国の<b>エコシステムの接続の強化</b>による創薬ベンチャー支援</li> <li>・ヘルスケア産業市場の特異性を踏まえた<b>スタートアップ支援</b></li> </ul>
市場環境	<ul style="list-style-type: none"> <li>・バイオ由来製品の市場化に向け、まずは<b>高付加価値品の市場化</b>に注力。低コスト化・量産等に向けた規制や市場のあり方の検討、段階的に汎用品の市場化。<b>官民投資規模を3兆円/年に拡大</b></li> <li>・LCA等の評価や製品表示、国際標準化等のルール形成、グリーン購入法等を参考にした<b>需要喚起策</b>の検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・農研機構等において産学官が<b>共同で活用できるインフラ</b>の充実・強化。品種の海外流出防止に向けた<b>育成者権管理機関</b>の取組の推進</li> <li>・大規模技術実証事業等による<b>農林水産・食品分野のスタートアップ</b>の育成</li> <li>・木材活用大型建築の設計者・施工者の育成</li> </ul>	
事業環境	<ul style="list-style-type: none"> <li>・バイオファウンドリ拠点の整備</li> <li>・バリューチェーンで求められる人材の育成・確保、周辺産業も含めたサプライチェーンの構築</li> <li>・省庁連携による規制・ルールの調整、国際議論への対応、バイオマス活用推進基本計画に基づいたバイオマスの活用推進</li> </ul>		

## ページ構成

※本事業の位置づけ・意義  
(1)アウトカム達成までの道筋  
(2)知的財産・標準化戦略

### 1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

- ・事業の背景・目的・将来像
- ・政策・施策における位置づけ
- ・技術戦略上の位置づけ
- ・外部環境の状況（技術、市場、制度、政策動向など）
- ・他事業との関係
- ・アウトカム達成までの道筋
- ・知的財産・標準化：オープン・クローズ戦略
- ・知的財産管理



### 2. 目標及び達成状況

(1)アウトカム目標及び達成見込み  
(2)アウトプット目標及び達成状況

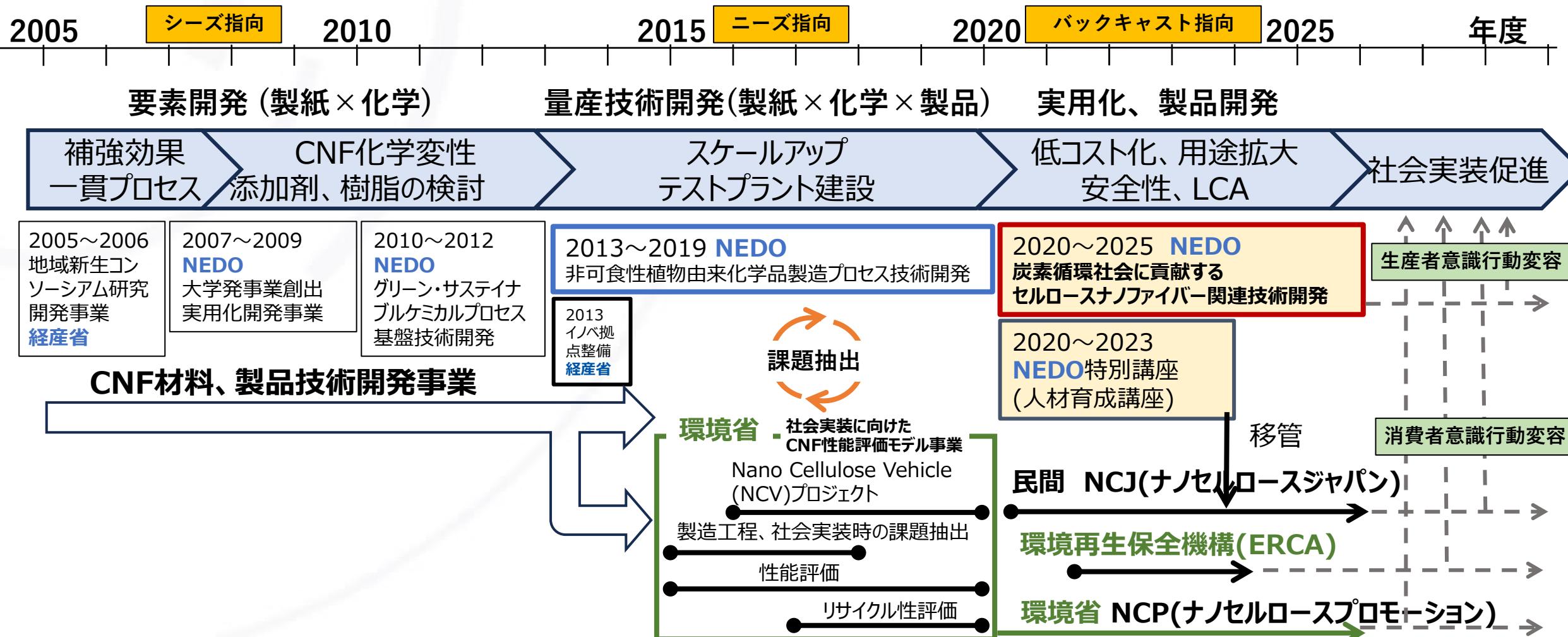


### 3. マネジメント

(1)実施体制  
※受益者負担の考え方  
(2)研究開発計画

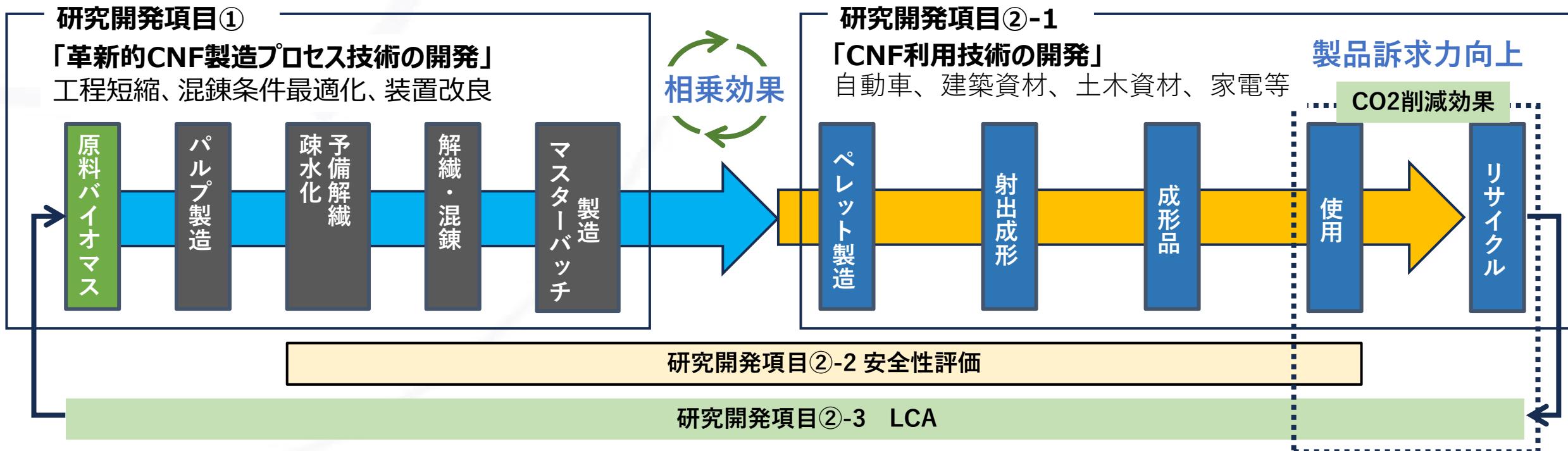
# CNF複合樹脂開発と、本プロジェクトの位置づけ

## ■ CNF複合樹脂は、2005年の要素開発に始まり、量産技術、製品化の検討を経て、社会実装のフェーズに至る



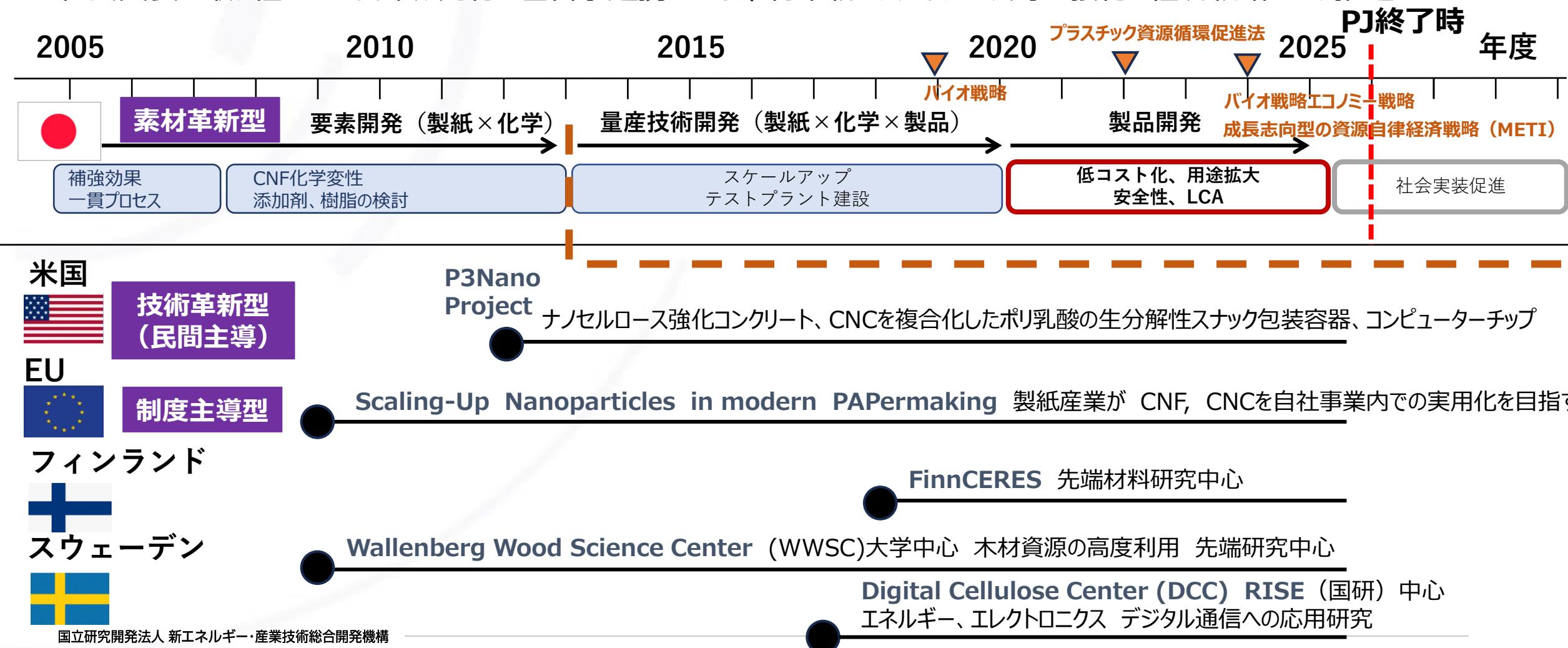
# 本事業の目的

- **CNF関連技術の社会実装**を目的とした本事業では、**CNFの製造コスト低減（既存繊維強化樹脂相当以下）**のみならず、各製品用途に応じた**CNFの利用拡大との相乗効果**が必要と考えた。
- CNFは新材料として多用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、ナノ材料として製造および製品使用の安全性および環境への評価が必要。**安全性評価書の公開、LCAの公表**により、**製品訴求力のさらなる向上**を図る。



# 外部環境の状況（技術、市場、制度、政策動向など）

- 海外：米国は、民間主導の技術革新、EUは制度主導によって推進
- 社会実装の取り組みは、日本が先行、産官学連携による素材革新とリサイクル法等の強化、経済戦略により推進



# 外部環境の状況（技術、市場、制度、政策動向など）



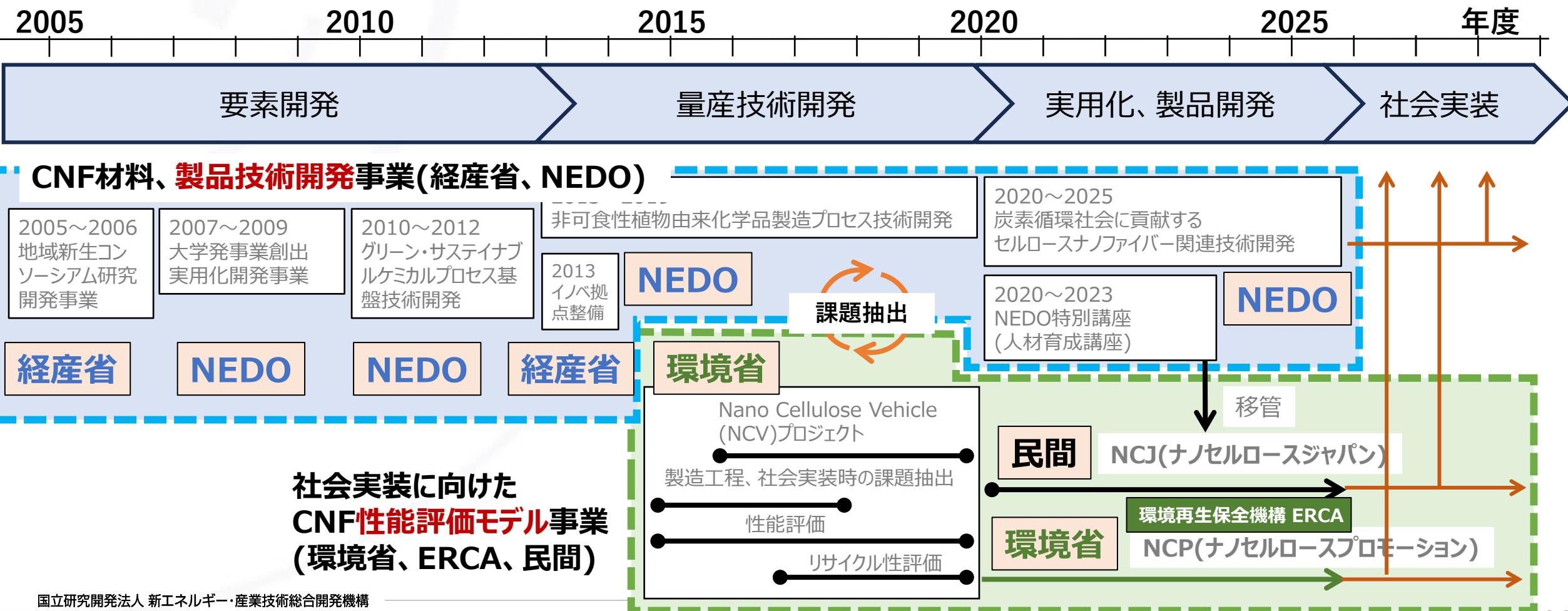
- 海外の研究開発の動向：欧州、中国が活発。 事業は比較的小規模だが、環境意識の高まりにより、拡大の可能性有

国・地域	プロジェクト/団体名	研究開発費	研究内容
米	P3Nano プロジェクト	約2.6億円 (2012~)	ナノセルロース強化コンクリート、CNCを複合化したポリ乳酸の生分解性スナック包装容器、コンピューターチップなどの技術開発を検討。
EU	Scaling-Up Nanoparticles in modern PAPermaking	約13.2億円 (2009~2013)	製紙産業が中心となって生産しているCNF、MFCの用途は、自社の事業内での実用化を目指すレベル
フィンランド	FinnCERES	約30.9億円 (2018~2025)	CNFの実用化・製品化よりも先端的な材料研究を進めることで、世界のトップクラスの研究機関を目指す。CNF、CNCに大きな投資をしない傾向。
スウェーデン	Wallenberg Wood Science Center (WWSC)大学中心	約57億円 (2009~2018)	木材資源の高度利用と世界トップの大学研究機関を目指して、多くの論文が報告されている。実用化とスピンオフに至った例は少ない。
	Digital Cellulose Center (DCC) RISE (国研) 中心	約28億円 (2017~2027)	CNFを含む木材成分の高度利用（エネルギー、エレクトロニクス、デジタル通信等）を目指す。
中国	—	—	国内製紙産業が盛況であり、ナノセルロース関係の企業の事業化に関しての情報なし。大学・研究所ではナノセルロース関連の論文多数。
カナダ	—	—	CNCのパイロット生産を世界に先駆けて、2012年から複数の企業が開始。現在では縮小し、ブラジルに生産拠点を移転。CNC、MFCのセメント添加剤への適用のベンチャーが活動。

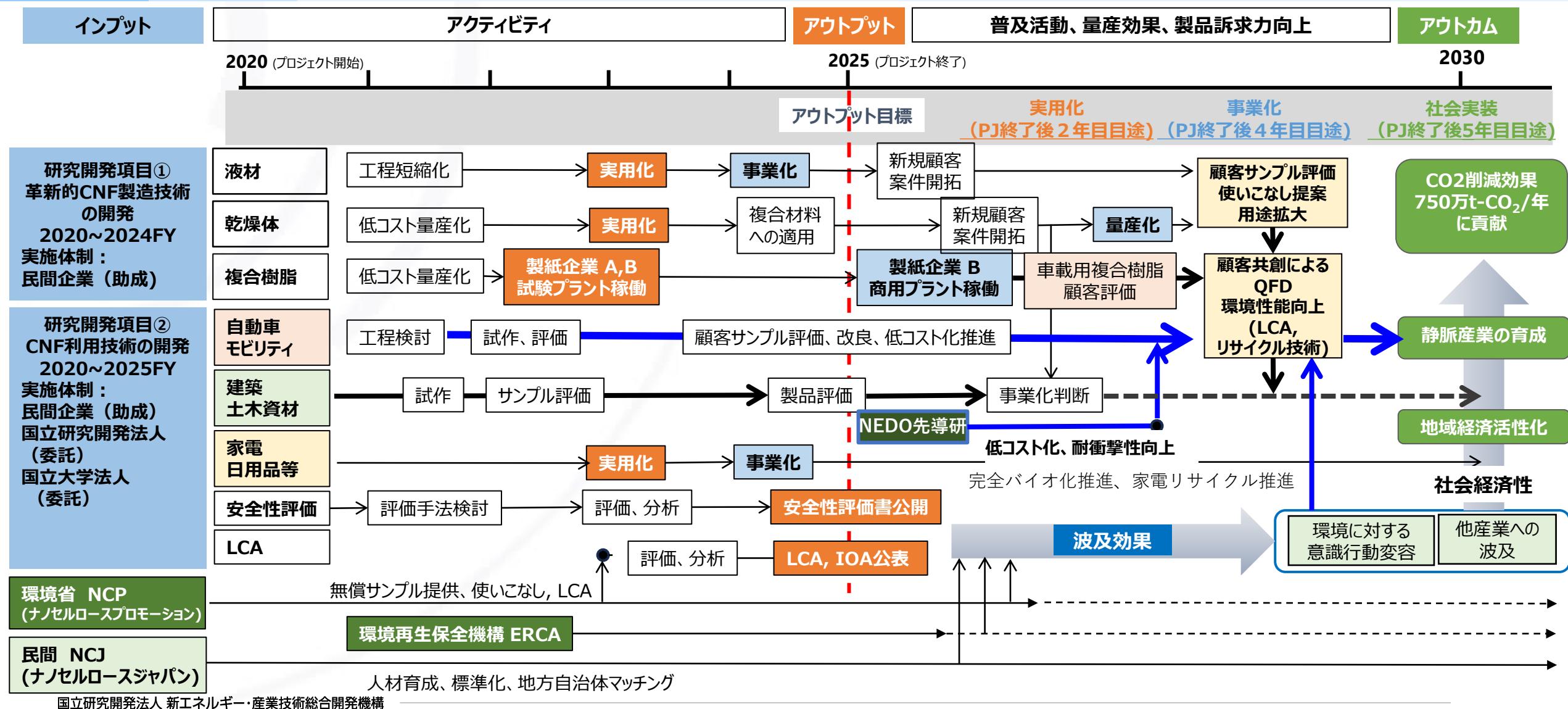
# 他事業との関係

## -経産省、環境省との連携および民間への移管-

- NEDOおよび経産省の事業は、材料開発および、実用化に向けた製品技術開発
- 環境省、ERCA、民間は、社会実装モデル事業を推進、CO<sub>2</sub>削減およびリサイクル評価



# アウトカム達成までの道筋 -ロジックモデル (産官学)-



# アウトカム達成までの道筋 -ロジックモデル (本事業詳細)-

インプット

アクティビティ

アウトプット

普及活動、量産効果、製品訴求力向上

アウトカム

2020 (プロジェクト開始)

2025 (プロジェクト終了)

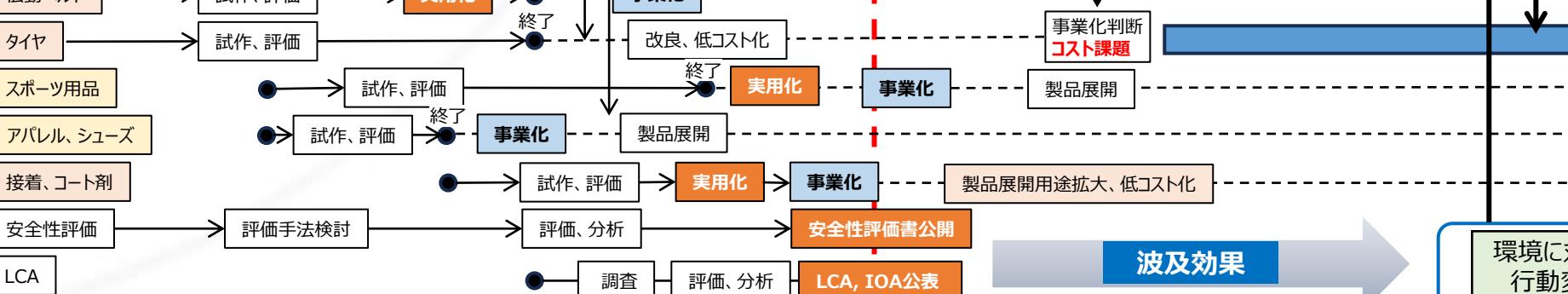
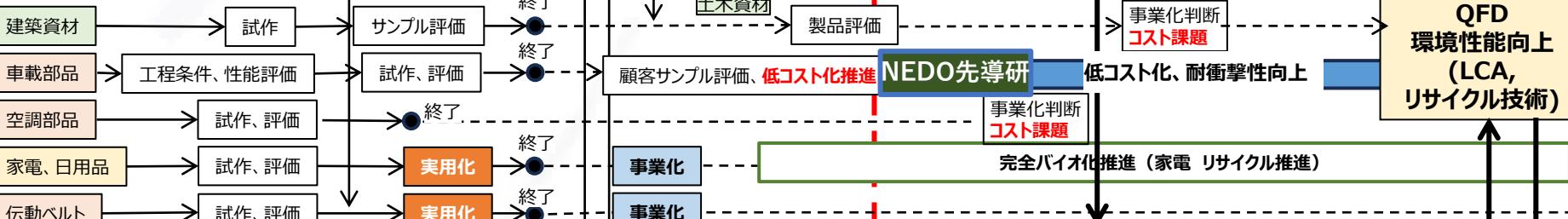
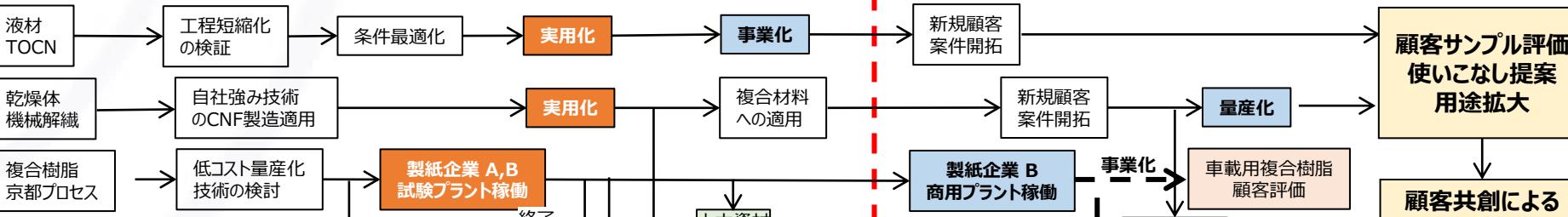
2030

研究開発項目①  
革新的CNF製造技術の開発  
2020~2024FY  
実施体制：  
民間企業（助成）

研究開発項目②  
CNF利用技術の開発  
2020~2025FY  
実施体制：  
民間企業（助成）  
国立研究開発法人  
(委託)  
国立大学法人  
(委託)

自動車、モビリティ  
建築、土木資材  
家電、日用品等  
LCA

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構



アウトプット目標

実用化  
(PJ終了後2年目目途)  
事業化  
(PJ終了後4年目目途)

社会実装  
(PJ終了後5年目目途)

CO2削減効果  
750万t-CO<sub>2</sub>/年  
に貢献

静脈産業の育成

地域経済活性化

社会経済性

波及効果

環境に対する  
行動変容  
他産業への  
波及

# 知的財産・標準化: オープン・クローズ戦略

## ■ 実用化、事業化を見据えた上で、オープン・クローズ戦略を設定

実施者は競合の知財出願状況等を確認しながら、実用化に向けて権利化等を検討

	非競争域	競争域
オープン	<p>広く利用してもらうことで、国内全体のCNF利用技術の促進に資するもの</p> <p>(例)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・安全性評価書</li> <li>・環境(LCA)評価</li> </ul>	<p>製品等から製造方法が判り、技術を守りたい場合、開発技術を利用してもらうことで市場獲得が期待できるもの</p> <p>(例)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・複合樹脂ペレット（マスターバッチ）</li> <li>・CNF複合樹脂成型品</li> </ul>
クローズ		<p>得られた結果から途中行程が判らないand/or模倣されても区別がつかない技術</p> <p>(例)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・TOCN複合材料製造法</li> <li>・TOCN溶媒分散体製造法</li> <li>・マスターバッチ製造法</li> </ul>

### 共通基盤技術の利用促進の取組

- ・安全性評価書: 国内版: 展示会での冊子（約1200部）配布、および電子版（約500ダウンロード）  
海外版は、Springerにて電子出版
- ・環境評価(LCA): 順次アップデートし公開、積極的に国内外学会、論文発表
- ・オープンを想定する成果のうち、競争域に含まれるもので知財化を行うものは、特許出願後に学会、講演会、ニュースリリース等で公開



ノウハウとして秘匿



# 知的財産管理

## ＜助成事業＞

CNF製造法、利用技術：メーカー各社の戦略により推進

## ＜委託事業＞

安全性評価、LCA：基本的に知的財産権の確保は行わない方針

## ＜知的財産権の帰属、管理等取り扱いについて＞

研究開発成果に関す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。（広く共通基盤として使われることを目的としているため）

## ＜標準化戦略＞

ISO TC229(ナノテクノロジー) WG3(環境・健康・安全作業グループ)の国内審議委員及びエキスパート、OECD 工業ナノ材料作業部会(WPMN)のエキスパートとして活動し、関連する情報の収集及び事業の成果を発信

## ＜評価項目 2＞目標及び達成状況

- ( 1 ) アウトカム目標及び達成見込み
- ( 2 ) アウトプット目標及び達成状況

## 1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

- ※本事業の位置づけ・意義
- (1)アウトカム達成までの道筋
- (2)知的財産・標準化戦略



## 2. 目標及び達成状況

- (1)アウトカム目標及び達成見込み
- (2)アウトプット目標及び達成状況

- ・実用化・事業化の考え方と  
アウトカム目標の設定及び根拠
- ・アウトカム目標の達成見込み
- ※費用対効果
- ・非連続ナショプロに該当する根拠
- ・前身事業との関連性
- ・本事業における研究開発項目の位置づけ
- ・アウトプット目標の設定及び根拠
- ・アウトプット目標の達成状況
- ・研究開発成果の副次的成果等
- ・特許出願及び論文発表



## 3. マネジメント

- (1)実施体制
- ※受益者負担の考え方
- (2)研究開発計画

# アウトカム目標の設定及び根拠

## ● プロジェクト類型

プロジェクト類型	実用化・事業化の考え方
標準的研究開発	<u>プロジェクト終了後5年</u> を目処に、 <b>事業化</b> まで達することを目指す研究開発

アウトカム目標（2030年）	根拠
<p>750万t-CO<sub>2</sub>/年のCO<sub>2</sub>削減効果に貢献</p> <p>注：事業開始時の見積もり</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>モビリティ分野への適用を想定</li> <li>廃棄量削減*、燃費向上**によるCO<sub>2</sub>削減量を算出</li> </ul>	<p>母材樹脂としてプラスチック系とゴム系に対して、強化纖維にCNFを適用したことを想定。既存強化樹脂に対して、約30%置換による、CO<sub>2</sub>削減効果を推定。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>車体内装プラスティック部品(GFRP)をガラスからCNFに置き換えることで、マテリアルリサイクルによるCO<sub>2</sub>削減効果が期待でき、2030年には373万t-CO<sub>2</sub>/年の削減*</li> <li>ゴム系として、CNFの自動車タイヤ使用の効果：Aグレード→AAAになることによる、軽量化、転がり性能の改善、燃費向上により、国内377万t以上の排出量削減効果が期待できる(自動車タイヤ工業会データより)**</li> <li>2030年CO<sub>2</sub>削減効果は、実施計画書記載目標373万t (NEDO試算)に377万トンを加え、<b>750万t-CO<sub>2</sub>/年</b>を目標とした。</li> </ul>

\* <https://www.rish.kyoto-u.ac.jp/bionanomat/wp-content/uploads/2021/05/chousa2018.pdf>

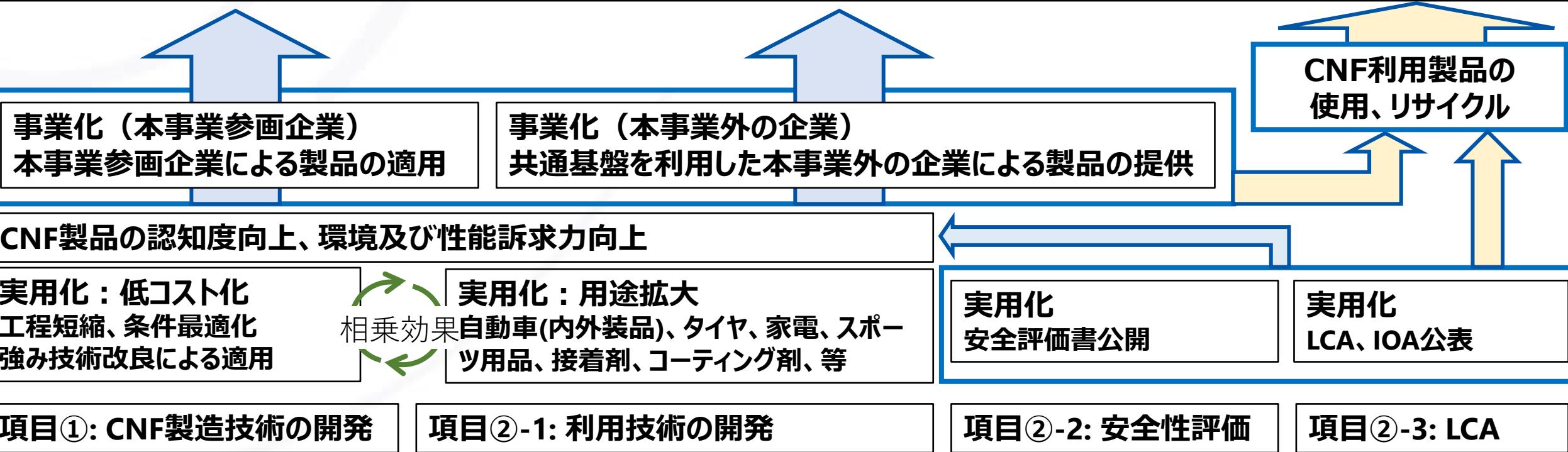
\*\* [https://www.jatma.or.jp/environment\\_recycle/aboutlabelingsystem.html](https://www.jatma.or.jp/environment_recycle/aboutlabelingsystem.html)

# 実用化・事業化の考え方

- CNF製造技術(研究開発項目①)とCNF利用技術の開発(研究項目②-1)の相乗効果により、コスト低減、性能向上
- 安全性(研究開発項目②-2)やLCA(研究開発項目②-3)の公表により、製品訴求力向上、普及拡大
- CNF強化(バイオ)プラスチックへの転換は、製品使用やりサイクル性向上、長寿命化により、CO<sub>2</sub>削減効果大

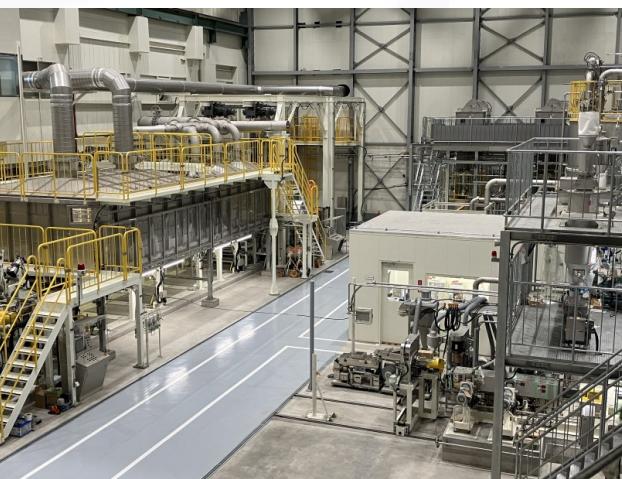
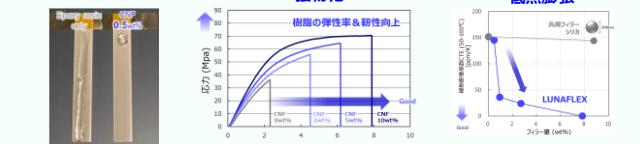
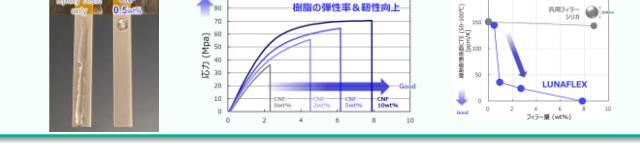
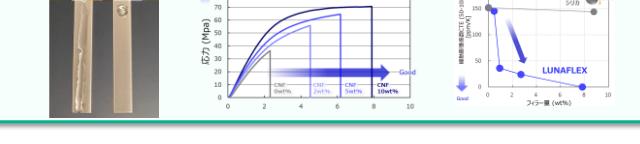
## アウトカム目標（2030年）

750万t-CO<sub>2</sub>/年のCO<sub>2</sub>削減効果に貢献



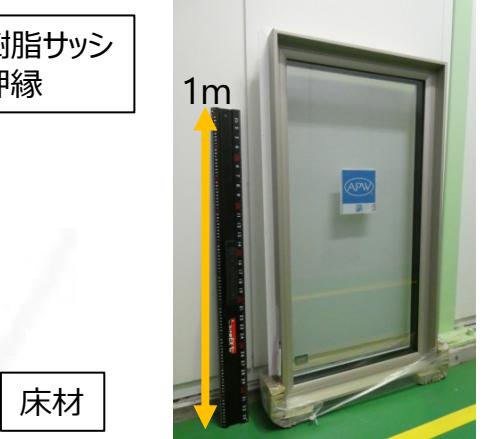
# アウトカム目標の達成の見通し (CNF製造技術の例)

- 各事業者、低コスト化と特性向上を両立した技術開発の製品化により、利用技術普及寄与
- CNF複合樹脂の利用拡大や、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t-CO<sub>2</sub>/年の削減\*

複合樹脂 (CO <sub>2</sub> 削減効果大)	乾燥体	液材
<ul style="list-style-type: none"> <li>独自の変性処理、機械メーカーとの共同開発により、低コスト、高品質化を実現</li> <li>商用プラントを稼働、量産効果に寄与</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>強み技術(WJ)のカスタマイズにより、高品質のCNFの生産性向上による低コスト化。</li> <li>顧客共創により、複合材料への展開</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>シングルナノサイズレベルCNFを低コストで生産</li> <li>離型剤・滑液材、複合樹脂への応用展開</li> <li>国内外の顧客評価により、用途拡大を推進</li> </ul>
	 	<p><b>新シリーズ CNF配合高機能性樹脂 2025.1上市 "LUNAFLEX®"</b></p> <p><b>CNF/有機溶剤・樹脂の界面制御</b> 10 wt% CNF / アクリル樹脂</p>  <p><b>レオロジーコントロール</b></p>  <p><b>強靭化</b></p>  <p><b>低熱膨張</b></p> 
大王製紙株式会社殿、芝浦機械株式会社殿	株式会社スギノマシン殿	花王株式会社殿

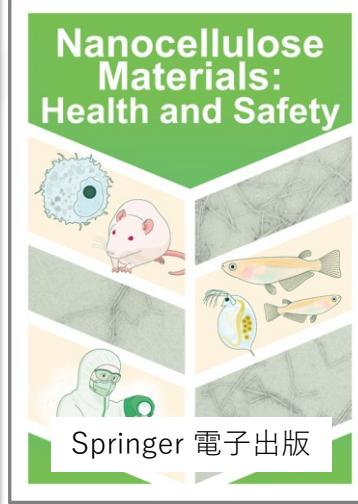
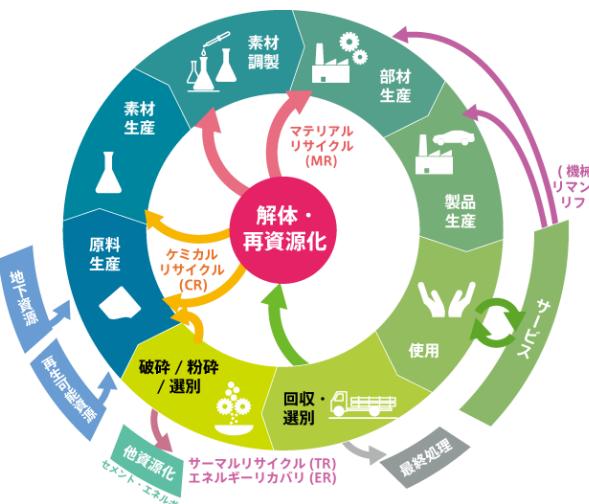
# アウトカム目標の達成の見通し (CNF利用技術の例)

- 自動車、建築土木資材、家電等の利用技術を製品化、CNF低コスト化による相乗効果により、事業化推進中
- CNFの自動車タイヤ使用の効果：Aグレード → AAAグレードによる、軽量化、転がり性能の改善、燃費向上の結果、国内377万t以上の排出量削減効果が期待（自動車タイヤ工業会データより）\*

自動車 (CO <sub>2</sub> 削減効果大)	建築土木材 (押縁、床材等)	家電、日用品等
<p><b>タイヤ</b></p>  <p>①CNF原料コスト（製造費 + 輸送コスト）と②WMB製造コスト（脱水 + 乾燥工程）での低コスト化が必須</p> <p>CNFの特性を維持しながら、大幅なコストダウン可能なCNFエラストマー配合を目標に開発</p> <p><b>内装部品</b></p> 	<p><b>樹脂サッシ押縁</b></p> 	<p><b>冷蔵庫部品</b></p>  <p><b>シューズ</b></p> 

# アウトカム目標の達成の見通し（安全性、LCAの例）

- CNFの安全評価書（日本語版、英語版）を公開、CNFを対象とした先制的LCAの国内外で学会、論文発表
- 安全性評価、LCAの公開、公表により、本事業外の企業にも開発、事業化の障壁を下げ、普及拡大を促進

安全性評価書（産総研、福井大）	環境評価 LCA（東京大学）
  <p>安全性に関する情報を集約し、関連事業者に情報提供 ↓ CNFの開発や普及を支援</p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• CNF製品の環境性能向上むけたシナリオを提案</li> <li>• CNFに関係した地域経済活性化施策を提言</li> </ul> <p>論文投稿7件 国内外の学会発表35件 広報活動13件</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 簡易迅速な吸入影響評価手法の開発と評価</li> <li>• 中皮腫発生の検証</li> <li>• 生体安全性（動物実験）評価</li> <li>• 排出・暴露評価</li> <li>• 生態影響の評価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ライフサイクル思考に基づく評価要件の設定</li> <li>• CNFを対象としたLCAの実施</li> <li>• 経済影響評価のための産業連関分析の実施</li> <li>• 社会への評価手法ならびに結果の普及</li> <li>• 学会・論文等における公表</li> </ul>

# 前身事業との関連性

補強効果  
一貫プロセス → CNF化学変性  
添加剤、樹脂の検討 → スケールアップ  
テストプラント建設 → 低コスト化、用途拡大  
安全性、LCA → 社会実装促進

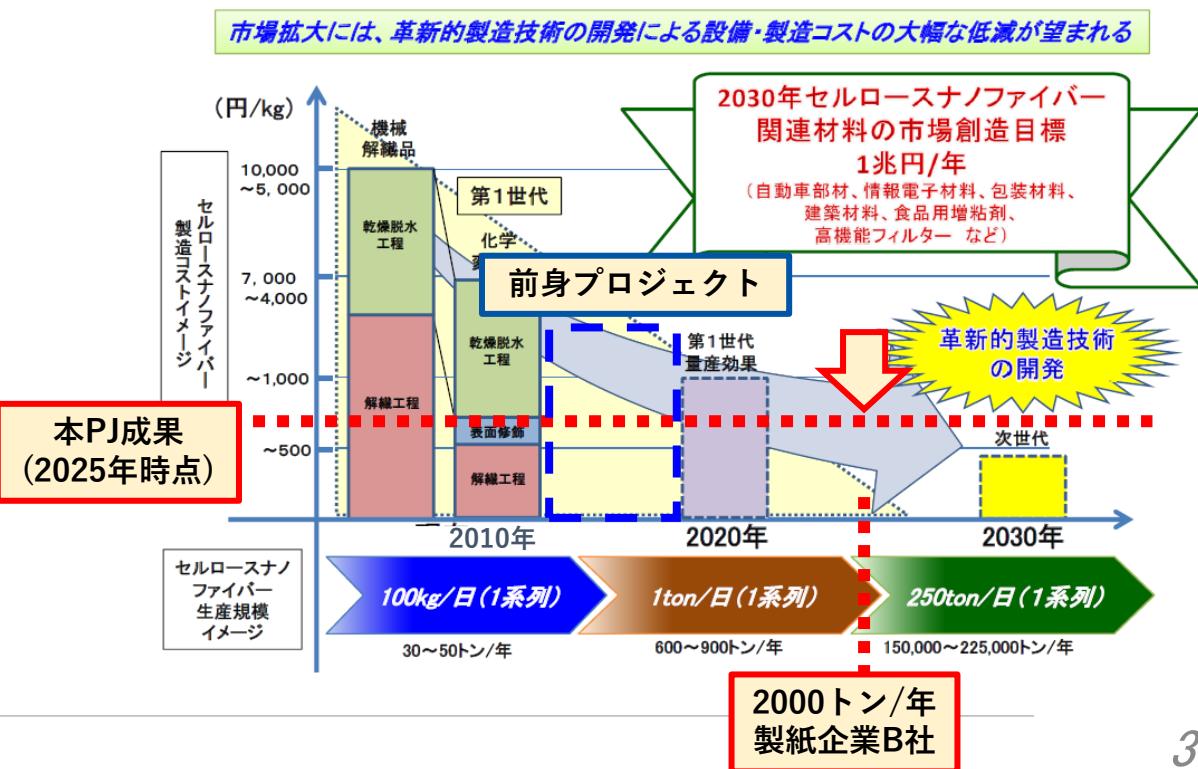
## 京都プロセス



前身事業  
2013～2019 NEDO  
非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発

2020～2025 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

## セルロースナノファイバーによる新市場創造戦略



# 費用対効果

- インプット約35億円に対し、2030年には**1兆円規模**のセルロースナノファイバー市場形成及び**750万ton/年のCO<sub>2</sub>削減効果**に貢献するため、費用対効果は極めて高い。

(単位：百万円)

研究開発項目	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	合計
① 革新的CNF製造技術の開発	121	559	438	156	274		1,548
②-1 CNF利用技術の開発	170	192	187	22	19		590
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	150	150	350	202	186		1,038
②-3 セルロースナノファイバー材料のLCA評価手法の検討と評価				120	143	26	289
実績額 合計	441	901	975	500	622	26	3,465

プロジェクトの総費用 35億円  
 →総事業費 約60億円 (助成事業の企業の自己負担分を含む)

# 本事業における研究開発項目の位置づけ



- 炭素循環社会に貢献する各種CNF（液材、乾燥体、複合樹脂）の製造法,利用技術の拡大、安全性、LCAにより、普及拡大を促進

研究開発項目	内容
研究開発項目① 革新的CNF製造技術の開発	製造コスト低減
研究開発項目②-1 CNF利用技術の開発	自動車、建築資材、土木資材、家電等の構造材への利用拡大
研究開発項目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	安全性や品質の更なる管理強化
研究開発項目②-3 セルロースナノファイバー材料のLCA評価手法の検討と評価	CNF含有製品およびその利用による環境影響の可視化



# アウトプット（終了時）目標の設定及び根拠

研究開発項目	最終目標（2025年3月）	根拠
研究開発項目① 革新的CNF製造プロセス技術の開発	<p>1. C N F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、C N F複合樹脂の製造コスト（ペレット価格）を、<b>プロジェクト終了時(2024年)に700円/kg程度</b>（樹脂により500円～900円）まで低減する。</p> <p>2. <b>高機能性CNF材料</b>として、<b>従来コストの1/4以下</b>で、かつ、サンプル提供可能なコストまで低減する。</p>	国内においては、C N F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まだ多くない状況である。C N Fの実用化、用途拡大のためには、 <b>C N Fの製造コスト低減が重要</b> であるとともに、各製品用途に応じた <b>C N Fの利用拡大への加速</b> が必要である。

研究開発項目	最終目標（2025年3月）	根拠
研究開発項目②-1 CNF利用技術の開発	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C N F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ために、 <b>5件の実用化の目途</b> をつける。	<b>製品用途拡大</b> 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、 <b>二酸化炭素の排出量削減</b> 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。

研究開発項目	最終目標（2026年3月）	根拠
研究開発項目②-3 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	材料代替効果を定量的に求める為に、材料の物質フローやリサイクル性等も加味し、時間的・空間的に拡張した材料のライフサイクル全体を評価できる評価手法を構築する。上記先制的LCA評価を元に、他事業との関連、原材料等の国内循環等を考慮した <b>産業連関分析（IOA）</b> を行う。	新規な技術を社会へ導入することにより誘発される環境や社会経済などへの影響について、適切な技術評価によって可視化・論理化し、 <b>当該技術の導入により影響を受けるライフサイクルの設計</b> において用いることができるようにする必要がある。

# アウトプット目標の達成状況

研究開発項目	目標 (2025年3月)	成果	達成度	達成の根拠／解決方針
研究開発項目① 革新的CNF製造プロセス技術の開発	1. CNF複合樹脂の製造コストを、プロジェクト終了時(2024年)に <b>700円/kg程度</b> (樹脂により500円~900円)まで低減。 2. 高機能性CNF材料として、 <b>従来コストの1/4以下</b> で、かつ、サンプル提供可能なコストまで低減。	1. <b>700円/kg</b> まで低減 (但し、原料価格の上昇の影響有)  2. 高機能性CNF材料として、 <b>従来コストの1/10</b> で、かつ、サンプル提供可能なコストまで低減	○	工程短縮化、条件最適化、量産プラントの立ち上げによる 低コスト化推進
研究開発項目②-1 CNF利用技術の開発	実用化の目途 <b>5件</b>	建築資材(押縁、床材)、土木資材(パイプ)、家電分野、化学製品(接着剤、コート剤)で <b>6件以上の実用化</b> に目途(一部事業化)	○	自動車、建材、家電、日用品等 利用拡大を実証、一部事業化を前倒しで推進
研究開発項目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	安全性評価書の作成、公開	安全性評価書の作成、 <b>国内外での公開</b>	○	安全評価書の国内外公開
研究開発項目	目標 (2026年3月)	成果	達成度	達成の根拠／解決方針
研究開発項目②-3 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	先制的LCA評価を開発し、これを元に、 他事業との関連、原材料等の国内循環等を考慮した <b>産業連関分析 (IOA)</b> を行う。	CNF導入による環境・経済評価手法の体系化、可視化 政策立案や地域展開の基盤整備 LCA、IOAの <b>国内外での公表</b>	○	先制的LCAの国内外での学会、論文発表 目標件数過達 副次的効果として、 <b>製品使用、リサイクルにおけるCO<sub>2</sub>削減効果</b> を提言

○ 大きく上回って達成、○達成、△一部未達、×未達

# 特許出願及び論文発表

## ■ 実用化・事業化の計画や外部環境の動向を踏まえ、適切なタイミングで必要な論文発表・特許出願を実施

### ■ 基盤技術等の成果の利用促進のために、

- ・オープンを想定する成果：特許出願後に、学会、論文、講演会、ニュースリリースなどで発表
- ・クローズ戦略をとる成果：研究成果は発表できる形式で成果普及を行い、社会実装に向けて実施者による積極的に外部発信

	特許	論文	発表・講演	新聞雑誌等への掲載	その他 (ニュースリリース)
研究項目① 革新的CNF製造技術の開発	50	3	124	83	42
研究項目②-1 CNF利用技術の開発	25	1	24	19	0
研究項目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	0	24	55	0	38
研究項目②-3 セルロースナノファイバー材料のLCA評 価手法の検討と評価	0	10	37	0	14
合計	75	38	240	102	94

## ＜評価項目3＞マネジメント

### （1）実施体制

※ 受益者負担の考え方

### （2）研究開発計画

## 1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

※本事業の位置づけ・意義  
(1)アウトカム達成までの道筋  
(2)知的財産・標準化戦略



## 2. 目標及び達成状況

(1)アウトカム目標及び達成見込み  
(2)アウトプット目標及び達成状況



## 3. マネジメント

(1)実施体制  
※受益者負担の考え方  
(2)研究開発計画

- NEDOが実施する意義
- 実施体制
- 個別事業の採択プロセス
- 研究データの管理・利活用
- ※予算及び受益者負担
- 目標達成に必要な要素技術
- 研究開発のスケジュール
- 進捗管理
- 進捗管理：事前/中間評価結果への対応
- 進捗管理：動向・情勢変化への対応
- 進捗管理：成果普及への取り組み
- 進捗管理：開発促進財源投入実績
- モティベーションを高める仕組み

# NEDOが実施する意義

バイオマス由来の高性能素材であるセルロースナノファイバー (CNF)の製造コスト低減、利用用途拡大、安全性および環境への影響(LCA)の確認を強化する研究開発は、

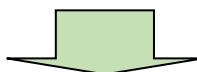
○ 社会的必要性 : **大**

- ・ 製紙産業の競争力強化、地域産業活性化に貢献
- ・ 既存の石油由来の素材の代替となり、経済安全保障の確保に資する
- ・ 木材原料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、温暖化対策にも資する

○ 実用化に向けた研究開発の難易度 : **高**

- ・ 異分野連携(製紙、化学)による材料要素開発、多様な製品に対する事業機会を創出
- ・ 新材料に対する安全性評価、環境評価(LCA)は社会実装の推進に必須

○ 実用化に向けた投資規模 : **大** (開発リスク : **大**)



**NEDOがもつこれまでの知識、実績を活かして推進すべき事業**

# 実施体制

NEDO  
PM(山本→丸岡→松永)、  
テーマ担当者(沖、服部、小野、木村)

技術推進委員会

PL: 八尾 滋  
(福岡大学)  
SPL: 後藤 康夫, 荒木 潤  
(信州大学)

研究開発項目①  
「革新的CNF製造プロセス技術の開発」  
【助成】7テーマ: 11機関

- A: 花王(株)
- B: 大洋塩ビ(株)/プラス・テク(株)
- C: 日本製紙(株)/UBE(株)
- D: 東ソー(株)/バンドー化学(株)
- E: 大王製紙(株)/芝浦機械(株)
- F: CHEMIPAZ(株)
- G: (株)スギノマシン

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」  
【助成】8テーマ: 11機関

- A: 大建工業(株)/利昌工業(株)
- B: ダイキヨーニシカワ(株)
- C: 進和テック(株)
- D: パナソニックHD(株)
- E: 住友ゴム工業(株)/日本製紙(株)
- 2021年度追加公募
- F: 美津濃(株)/第一工業製薬(株)
- G: (株)スピングルカンパニー
- 2022年度追加公募
- H: 東亜合成(株)

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」  
【委託】1テーマ: 2機関

- A: (国研)産業技術総合研究所  
/ (国大)福井大学

研究開発項目②「CNF利用技術の開発」(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」  
【委託】1テーマ: 1機関

- A: (国大)東京大学

# 実施体制

- NEDOは、PLとの間でプロジェクトの方向性や管理体制、問題点の解決にあたって指示・協議にて対応を決定。プロジェクト外の有識者の意見を積極的に取り入れて推進
- NEDOは、実施者との間で研究開発進捗状況、資産管理状況、予算執行状況、実用化検討推進状況等を都度確認し、PLと連携して必要な指示を行い活動を推進
- 各種委員会にて、開発進捗、情報共有、普及拡大を推進

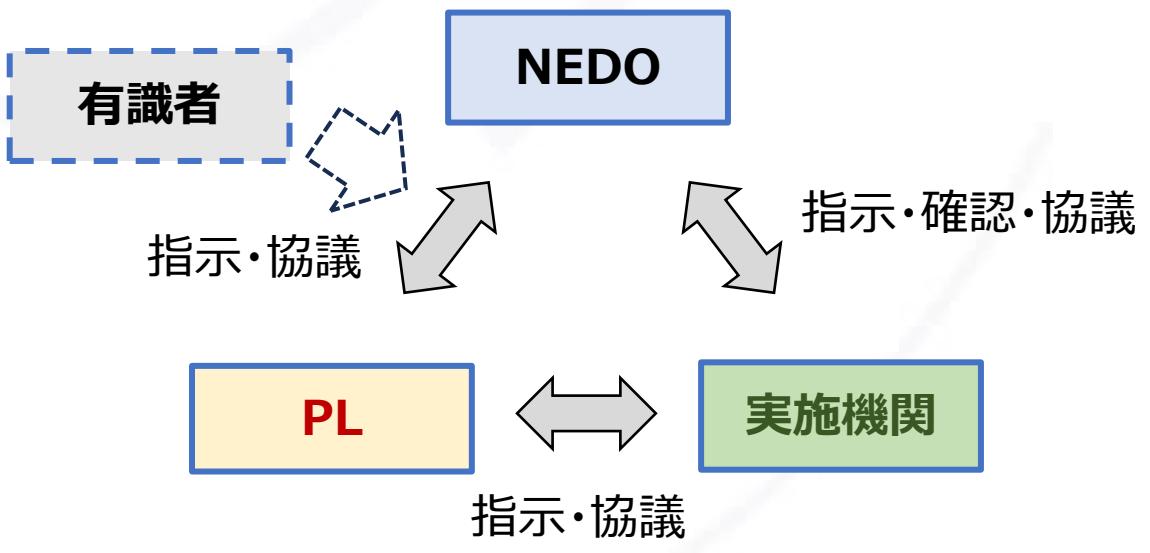


図 実施機関-PL-NEDO 連携

表 各種委員会

技術推進委員会 (各テーマ)	専門家の意見、アドバイスをNEDO/実施機関が技術推進に積極的に取り入れ、研究開発を推進
事業者交流会 (全体会議)	CNF研究第一人者による最新技術の講演、京都プロセス見学会、交流会等を通じてCNF事業内外のCNF研究者間の交流を促進
全体会議付設イベント NEDO人材育成講座	CNF事業機関の人材育成、受講企業との共同研究、受講企業からの公募申請などCNFプレイヤーの創出、充実

# 研究開発の実施体制 - 技術推進委員会 -

■ 専門家の意見、アドバイスをNEDO/実施機関が技術推進に積極的に取り入れ、研究開発を推進

研究開発項目	技術推進委員	委員からのアドバイス 例
開発項目① 革新的CNF製造プロセス技術の開発 【助成】	影山 裕史 委員 (学校法人金沢工業大学) 中村 嘉利 委員 (国立大学法人徳島大学) 西野 孝 委員 (国立大学法人神戸大学) 松村 晴雄 委員 (株式会社旭リサーチセンター) 近藤 和博 (事業創出推進機構株式会社) 野田 浩二 (関西化学工業協会) 舟橋 龍之介 (株)三菱総合研究所) 吉木 政行 (JX金属戦略技研(株)) 齋藤 繼之 (国立大学法人東京大学大学院)	<ul style="list-style-type: none"> <li>CNFを樹脂に混ぜて補強性を出す事業が主だが、出口を狭めずに自由に考えてもらい各社の特徴が出る展開を</li> <li>本事業は事業化がテーマなので、出口側(ユーザー)の存在、要求仕様についてしっかり各社の動向の確認を</li> <li>「安全」ということはもちろん良いが、それだけではなく、こういう使い方は良くない、といった視点での評価も必要では</li> </ul>
開発項目②-1 量産効果が期待されるCNF利用技術の開発 【助成】	高橋 祐次 (国立医薬品食品衛生研究所) 玄地 裕 (国立研究開発法人産業技術総合研究所) 能木 雅也 (国立大学法人大阪大学) 小野 博文 (旭化成(株)) 遠藤 貴士 (国立大学法人広島大学大学院)	<ul style="list-style-type: none"> <li>地域産業の連関分析から得られた成果は、将来的にも地場の経産局にも応用が可能になり有用性は高い。</li> <li>LCAの考え方、森林の考え方、ネイチャーポジティブなど最新の議論の出来る場をNEDOに作って欲しい</li> </ul>
開発項目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全性評価 【委託】		

# 実施者間連携の取り組み- 全体会議: 事業者交流会 -

- CNF研究第一人者による最新技術の講演、京都プロセス見学会、交流会等を通じてCNF事業内外のCNF研究者間の交流を促進
- 2024年度は11月1日(金)@川崎商工会議所で開催。(SUSMA展の翌日) 参加者は86名のうちオンライン24名、プレゼン発表は委託事業者から最新情報を、講演は主にユーザーとなる車載メーカーの開発状況と課題と産業局の取組について、ミニ展示会では同志社大の田中先生から樹脂混練技術の紹介



会議風景

技術課題解決のヒントや  
その後の相談へ



講演

最新の成果や考え方を共有

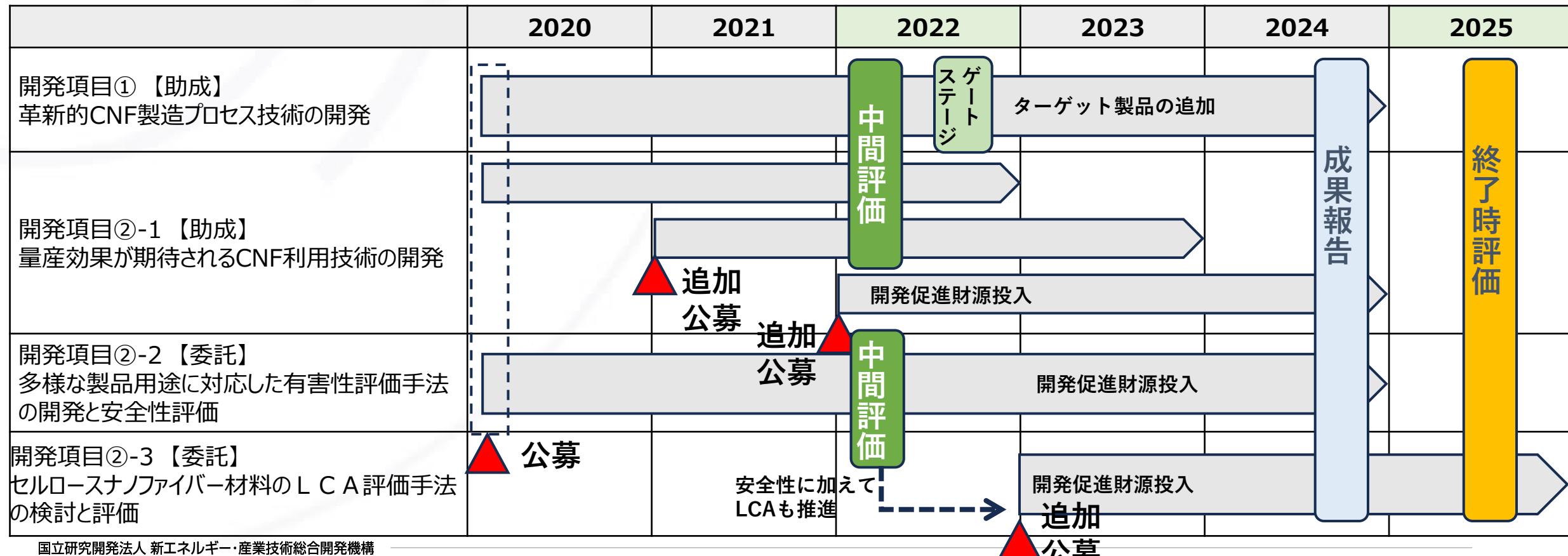


ポスターセッション

機微な情報交換やサンプル評価  
など個別交流の場を提供

# 個別事業の採択プロセス

- 公募内容に応じた専門家を採択審査委員とし、NEDOで標準的に定められている公募、採択プロセスに沿って適切に実施
- 開発項目①：ステージゲート審査を実施、ターゲット製品の追加、開発促進財源を投入
- 開発項目②-1：利用技術拡大のため、2021年度、2022年度に追加公募
- 開発項目③-3は、中間評価により追加公募



# 予算及び受益者負担

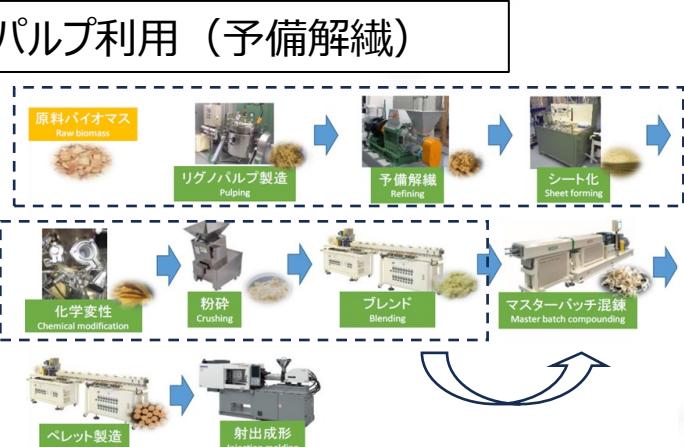
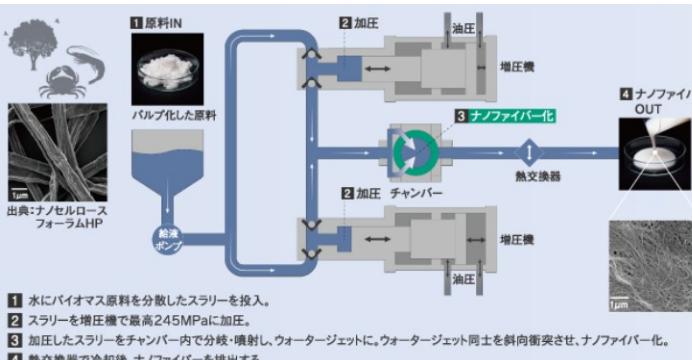
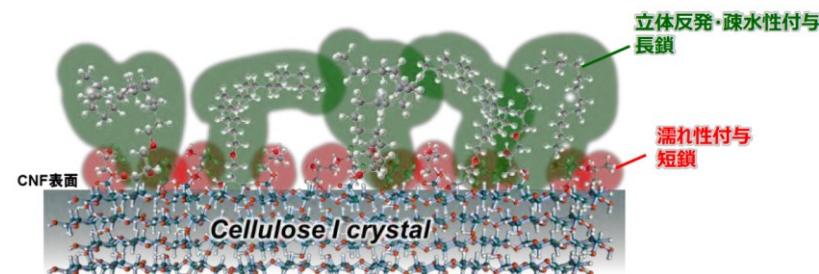
- 【助成】 企業の事業化に向けた研究開発は企業の積極的な関与により推進されるべきものとして、自己負担を伴う「助成」事業として実施
- 【委託】 国立大学法人、国立研究開発法人 に関しては、共通基盤技術（安全性、LCA）開発を担う事業者のため、「委託」事業として実施

NEDO負担額（単位：百万円）

研究開発項目	位置づけ	委託/助成	年度						合計
			2020	2021	2022	2023	2024	2025	
① 革新的CNF製造技術の開発	事業化に向けて必要となる実用化技術	【助成】 大企業 1/2 中小ベンチャー 2/3	121	559	438	156	274		1,548
②-1 革新的CNF製造技術の開発			170	192	187	22	19		590
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	共通基盤となる要素技術の開発	【委託】 100%	150	150	350	202	186		1,038
②-3 セルロースナノファイバー材料のLCA評価手法の検討と評価						120	143	26	289
合計			441	901	975	500	622	26	3,465

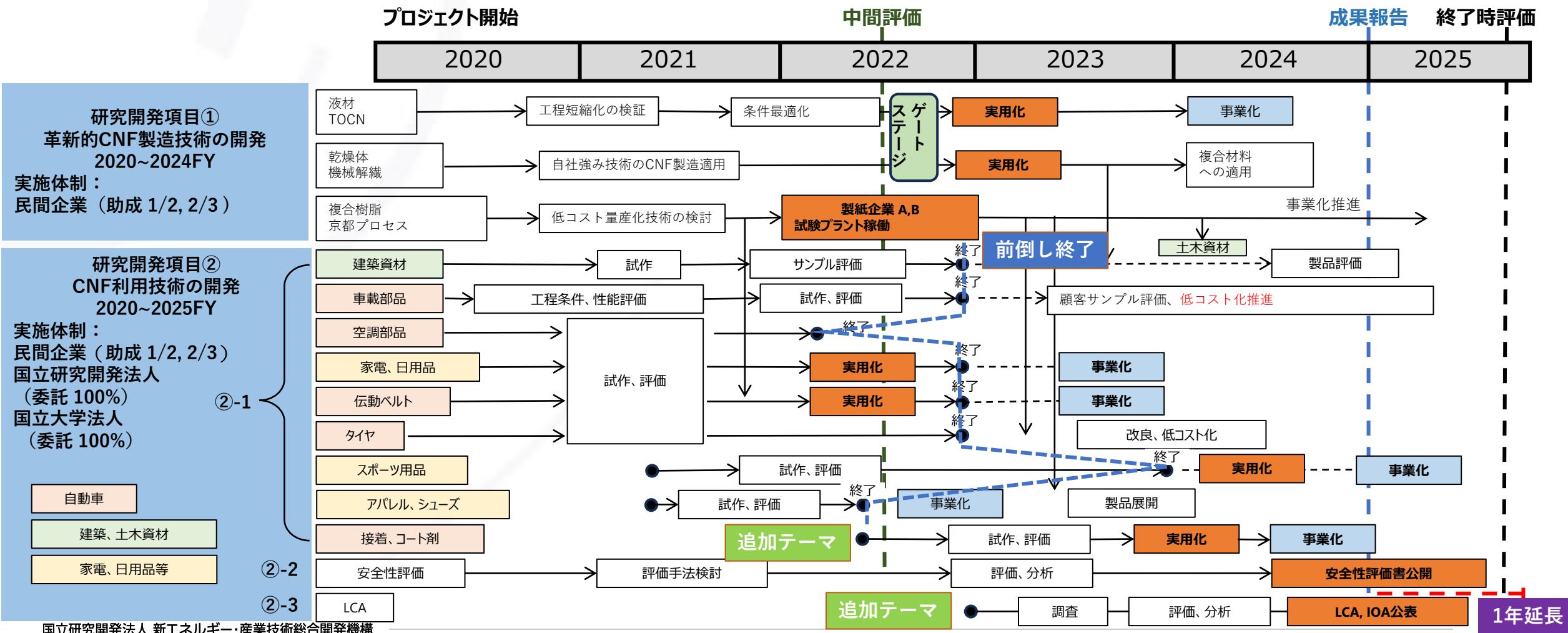
# 目標達成に必要な要素技術 - 各種CNF製造法 -

- 利用製品に応じたCNF(複合樹脂、乾燥体、液材)に製造法の要素技術のブラッシュアップ(低コスト化、物性向上)が必要
- 原材料選定、変性技術、スケールアップによる均一分散維持(製造条件)、工程自動化・簡素化を検討

複合樹脂	乾燥体	液材
<p>京都プロセス技術 (一貫製造プロセス)</p> <p>パルプ利用 (予備解纖)</p>  <p>混練時に変性・解纖</p>	<p>機械解纖技術 (ウォータージェット法、リファイナー)</p>  <p>自動化 (供給・次工程搬送) 製造条件 (圧力、流量、冷却)</p>	<p>TEMP酸化完全ナノ分散技術</p> <p>短鎖と長鎖のデュアルグラフトCNF</p>  <p>化学変性、表面修飾、相溶化技術</p>

# 研究開発スケジュール

- 2020~2024年の5カ年計画。一部の研究は、21、22、23年度開始。また、前倒しで終了の事業もあり。LCAは1年延長
- 各テーマはWBSを構築し、定例会議、技術推進会議にて、進捗確認、対策、開発促進投資をプロアクティブに推進



# 進捗管理：開発促進財源投入実績

件名	年度	金額 (百万円)	目的	成果・効果
開発項目②-1【助成】 量産効果が期待されるCNF利用技術の開発公募・追加公募	2020年度	195	プロジェクト立ち上げ段階から予算を拡充することで、より多くの用途に向けた開発テーマを採択するため	より多くの用途に向けた開発テーマを、複数年度に渡って追加採択することで、幅広い分野で早期の実用化、事業化に向けた支援を実施。スピンガルカンパニーなど早期に実用化した事業者を生み出した。
	2021年度	95	新規公募分が不足しており、各製品用途に応じたCNFの利用拡大への加速のため	
	2022年度	95	新規公募分が不足しており、各製品用途に応じたCNFの利用拡大への加速のため	
開発項目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【委託】	2023年度	52	中間評価の指摘と医食研のアドバイスを受け、ラットによる90days吸入暴露動物試験等、肺への継続的な影響評価を強化するため。	・持続的な炎症の継続が大きな問題であり、CNTと同様にOECD TG412、TG413に沿った評価を実施。 ・福井大学で吸入暴露試験装置を増強、事業後の評価にも対応。
開発項目②-3 CNF材料のLCA評価手法の検討と評価	2023年度	24	中間評価での指摘と2023年11月9日開催の技術推進委員会の議論を踏まえ、調査・解析人員の増強、再委託先機関での研究環境の整備を通じて、研究内容の深化を図るとともに、早期の成果公表を実現するため。	英論文投稿3件以上、対外活動（学会発表、プレスリースなど）として10件以上を目標に変更。各種展示会、学会等と連携した成果の普及活動を行い、目標達成の見込み。
開発項目②-3 CNF材料のLCA評価手法の検討と評価	2025年度	26	得られた成果を広く海外にも情報発信し、先制的なLCA思考に基づく評価や、CNFの国際的な認知度向上につなげるため。	昨年度予算を繰り越し、1年延長契約し、隔年開催の国際学会（ISIES@6月シンガポール3件、LCM2025@9月パリ6件）にて発表。

# 進捗管理：定例の管理

- 毎月の進捗確認で得られる情報、実施者からの相談事項、定期的な進捗確認から予見される個別リスクに応じて、問題解決のための打ち合わせや技術指導を行い、アウトプット目標達成に向けて研究の加速や遅れの挽回を対策

会議名等	概要	頻度	備考
研究開発目標の見える化 (達成指標の作成)	中間目標、最終目標について各研究開発テーマごとに具体的な達成指標を作成。	都度	研究開発15テーマについて2020年まで(追加2テーマは2021年まで)に達成指標を作成し、NEDOと事業者で共有。
実務者会議 (サイトビジット) (個別テーマ／チーム単位)	PM/PLによるテーマ/チーム単位での研究進捗確認、研究計画の軌道修正指示等。	1-2回／年度	毎年、各テーマについて進捗確認と軌道修正を実施。
個別ヒアリング	個々の検討課題に応じて、PM/PLによる個別ヒアリングを実施。研究現場確認、課題解決に向けた協議・指導等。	随時	2021年度までに全委託と助成の23機関とTeams会議を2~4回実施。うち、1回以上はPLミーティング。 (コロナ禍により現地訪問は自粛)
技術推進委員会	外部有識者による研究進捗確認及び委員コメントを受けて次年度計画に反映。	1回／年度	技術推進委員 4名がプロセスPJ、利用PJ、安全性PJの各委員会に参加 (複合材料設計および成形技術、バイオマス素材、高分子化学、バイオマス変換工学などに知見がある企業・アカデミアの外部有識者で構成)

# 進捗管理：中間評価結果への対応

指摘事項	課題解決状況（技術内容など+a）
PJ全体に共通する課題として、弾性率は概ね目標達成見込みだが、衝撃強度は目標達成に苦労している。	<ul style="list-style-type: none"> <li>ゴム添加、分散性UP、相溶剤変更など各テーマ検討するも、改善効果が僅かで決定打に欠けている状況。</li> <li>ユーザー企業とのコミュニケーションを積極的にすすめ、社会実装の加速のため、素材改良だけでなく、構造改良も組み合わせ、目標値クリアへ。</li> <li>早期に社会に受け入れられる製品化を行う（星光PMC、大洋塩ビ等）</li> <li>2025年度先導研究にて課題設定し、構造材適用基盤技術開発を実施。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>「CNF安全性評価手法」は、中間評価分科会で以下の指摘を受けています</li> <li>専門家のさらなるサポートが必要である</li> <li>ガイドライン等に準拠して取り組む必要がある</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ナノマテリアルの専門家として、炭素繊維（CNT）の安全性評価の経験豊富な国立安全衛生研究所の高橋先生をアドバイザリに加え、外部評価に耐えられる安全性データの取得を加速する。産総研・福井大を含めた定例進捗会議を行い、タイムリーにご助言を研究に活かす環境を整えた。</li> <li>安全性評価にあたっては、OECDをはじめとする国際的ガイドラインに準拠したプロトコールを採用し、国内CNFのデータの蓄積を予算を加速増額して実施。</li> </ul>
PJ全体に共通する課題として、成果の要と考え得る事業化支援のため、NEDOとしてCNF市場を盛り上げていきたい	<ul style="list-style-type: none"> <li>広報活動の強化           <ul style="list-style-type: none"> <li>NEDO共同プレスリリースの積極活用。記者ブリーフィングの採用、SNS（Facebook, twitter）配信強化（12/5 産総研安全性評価書公開時）</li> <li>LCA広報動画、パネルディスカッション動画の公開</li> </ul> </li> <li>SASUMA展、nanotech展では、パネルディスカッション実施（2023年、2024年）100名以上</li> <li>2/9おかやまCNFフォーラムにてNEDO事業紹介（PM）、地方のCNF展示会にもNEDO成果を出展</li> </ul>

# 進捗管理：動向・情勢変化への対応

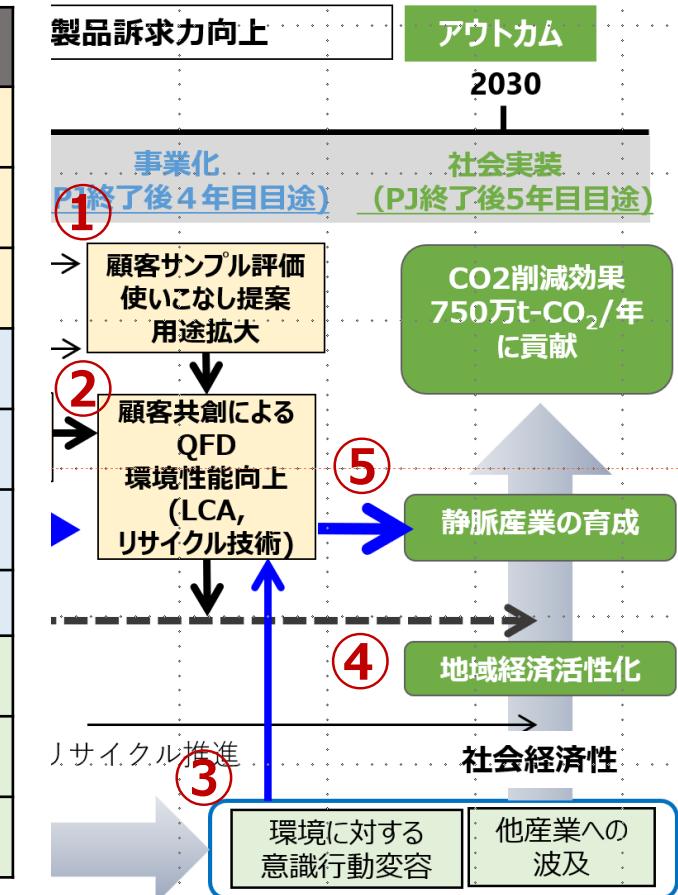
- 外部の動向の変更や、役割に応じた研究開発体制の見直しを実施。助成テーマに関してもステージゲートを設け、延長可否を判断している。また調査事業等で社会動向の変化も捉えつつ、政策の変化に応じて技術開発のマネジメントを適切に実施

動向・情勢の把握	対応
<b>政策動向の把握 :</b> PJ開始当初（2020年度）は利用用途について市場の比較的大きい自動車、建築資材、家電等分野での用途を中心に開発をしていたが、2020年10月に日本で表明された「2050年カーボンニュートラル」をはじめ、世界的な脱炭素の機運が強まり、日本としてCNFを早期に普及させ、市場を創出する必要性が増した。	2021年度、2022年度に(2)-②利用用途拡大 の追加公募を実施する際、早期に幅広い分野で国内でのCNFのプレーヤーを増やすため、それまで採択されていない業種、分野を優先することを公募要領に明記。スポーツ用品、アパレル等のテーマを追加採択。
<b>NEDO調査事業により、国外政策動向・技術動向などを把握 :</b>  2019年度にNEDO「セルロースナノファイバーの市場及び技術動向調査」を実施している	2022年度後半にも調査事業を実施
<b>コロナ禍の対応 :</b>  コロナ禍における外出制限への対応、納期等執行状況の早期の把握	<ul style="list-style-type: none"> <li>制限期間中は、進捗会議や技術推進会議など原則オンラインで実施、期間中以外は対面・オンラインのハイブリッド開催とした。全体会議は対面で実施できるよう開催時期を対面可能な日時を優先して決定した。</li> <li>執行調査を行い、早期に設備導入時期を把握し、必要に応じ、目標達成時期に影響が出ないように後倒しの計画変更を行うことで対応した。</li> </ul>

# 成果普及への取組

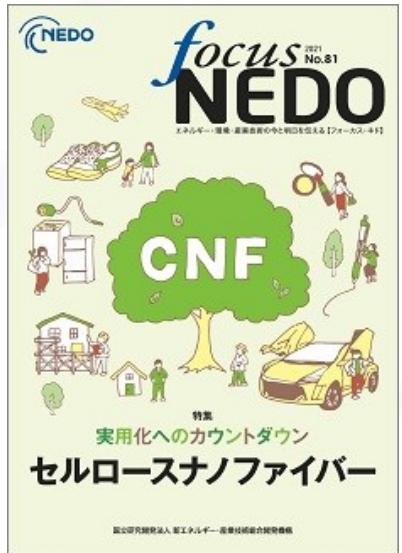
- アウトカムに向け、ニュースリリース、動画コンテンツ、広報誌、安全評価書などを作成し、広報活動を推進
- 展示会でNEDOブースを出展し、成果をPR。また、NEDO特別講座などを通じて、開発技術を広くユーザに普及

項目	媒体	対象	目的
安全性評価書（国内版）	冊子、電子媒体	関連企業、アカデミア	①②
安全性評価書（英語版）	電子出版	関連企業、アカデミア（海外）	①②
NEDO講座	実習（4拠点）	一般企業（募集）	①
サステナブルマテリアル展	展示会	関連企業	①②③
ナノテク展	展示会	アカデミア、企業開発担当者	①②③
CNF最前線	展示会	関連企業、地方自治体	①④
ふじのくにセルロース循環経済国際展示会	展示会	関連企業、地方自治体	①④⑤
ニュースリリース	WEB	一般、関連企業、アカデミア	③
動画コンテンツ	WEB（YouTube）	一般、関連企業、アカデミア	③
広報誌	紙冊子、電子媒体	一般、関連企業、アカデミア	③



# 成果普及への取組

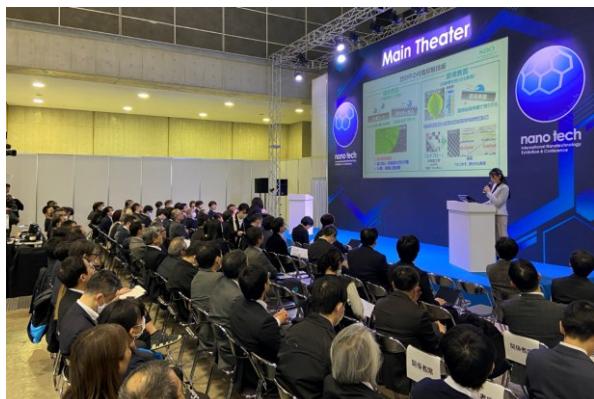
- ニュースリリース、広報誌、動画コンテンツなどを作成し広報活動を推進している。毎年度サステナブルマテリアル展等の展示会でNEDOブースを出展し、成果をPR。また、NEDO特別講座などを通じて、開発技術を広くユーザに普及



動画コンテンツ NEDO チャネル



サステナブル マテリアル展



2025年ナノテク展 成果報告会



NEDO特別講座

# 成果普及への取組 - NEDO特別講座 -

- NEDO・リグノCNF参画事業者4機関（3拠点）が共同でCNFの社会実装を拡大・促進するための「場」（拠点）を構築
  - 2024年度以降は、民間（NCJ：ナノセルロースジャパン 実習講座）に移管



## CNF研究主要拠点（東京、京都、広島の3拠点）



## 実習の様子

NCJに移管（2024年度～）

2020年度 ～ 2023年度	(共同研究は有償契約 他は無償)	東京大学	京都大学	京都市 産技研	産総研 中国センター	合計	
		技術相談	49件	29件	104件	84件	266件
		相互評価	0件	5件	0件	0件	5件
		共同研究	7契約	6契約	4契約	30契約	47契約

# 成果普及への取組 - プレスリリース等-

パナソニックHD株式会社：2023年3月16日

70%高濃度セルロースファイバー成形材料『kinari』のサンプル販売開始

持続可能な社会へ向けた材料ソリューションを市場実証へ

<https://news.panasonic.com/jp/press/jn230316-1>



kinari 70のペレット



成形プロセス技術による  
木質感デザイン



kinari70を用いた食器

天然由来の纖維を高濃度に複合した環境配慮型の成形材料

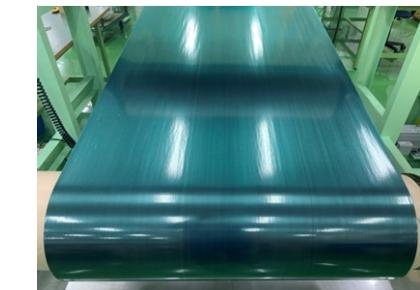
株式会社スギノマシン：2023年9月29日 (NEDO同日リリース)

少量のCNFを添加した炭素纖維強化プラスチックの中間材料 (プリプレグ) を開発

—プリプレグを成形材料として曲げや衝撃強度の約20%向上を実現—

<https://www.sugino.com/news/news0929/>

[少量のCNFを添加した炭素纖維強化プラスチックの中間材料\(プリプレグ\)を開発 | ニュース | NEDO](#)



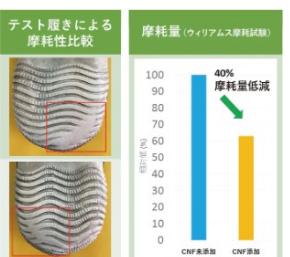
CNFを添加したCFRP (CNF添加一方向CFRP※1) プリプレグ

株式会社スピングルカンパニー：2023年10月25日

セルロースナノファイバー混ゴムシートを販売 摩擦軽減で靴底のリペアに

<https://senken.co.jp/posts/spingle-231025>

<https://www.spingle.jp/pages/rubear-cnf>



高耐久の「ルベアCNFソール」

# 成果普及への取組 - プレスリリース等-

日本製紙株式会社：2022年11月16日

CNF強化樹脂がヤマハ発動機の水上オートバイ部材に採用  
～輸送機器部品での量産品として世界初の採用事例～

<https://www.nipponpapergroup.com/news/year/2023/news230825005524.html>



ウェーブランナー 2024年モデル「FX CRUISER HO」



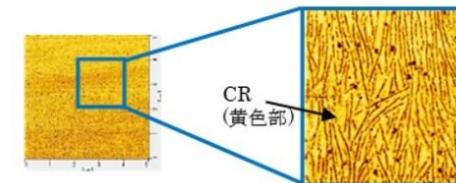
CNF強化樹脂採用の新エンジンカバー

東ソー株式会社／バンドー化学株式会社：2024年3月29日

スカイプレン®CNF複合化新規グレードの販売開始  
世界初※！セルロースナノファイバー複合化ゴムを適用した  
高負荷対応ダブルコグベルトを販売開始

<https://www.tosoh.co.jp/news/release/2024/20240329.html>

[https://www.bandogrp.com/news/date/20240329\\_01.html](https://www.bandogrp.com/news/date/20240329_01.html)



AFM観察画像による分散の状態

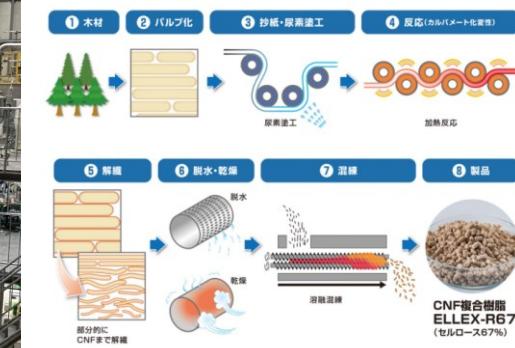


製品

大王製紙株式会社：2025年7月29日 (NEDO同日リリース)

CNF複合樹脂「ELLEX-R67」商用生産開始  
～日本最大※のCNF商用プラント稼働により社会実装を加速～

<https://www.daio-paper.co.jp/news/cnf%e8%a4%87%e5%90%88%e6%a8%b9%e8%84%82%e3%80%8cellex-r67%e3%80%8d-%e5%95%86%e7%94%a8%e7%94%9f%e7%94%a3%e9%96%8b%e5%a7%8b/>



# 「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」(終了時評価)

2020年度～2025年度 6年間

## プロジェクトの詳細説明 (公開版)

2025年12月3日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

バイオ・材料部

## 2. 目標及び達成状況（詳細）

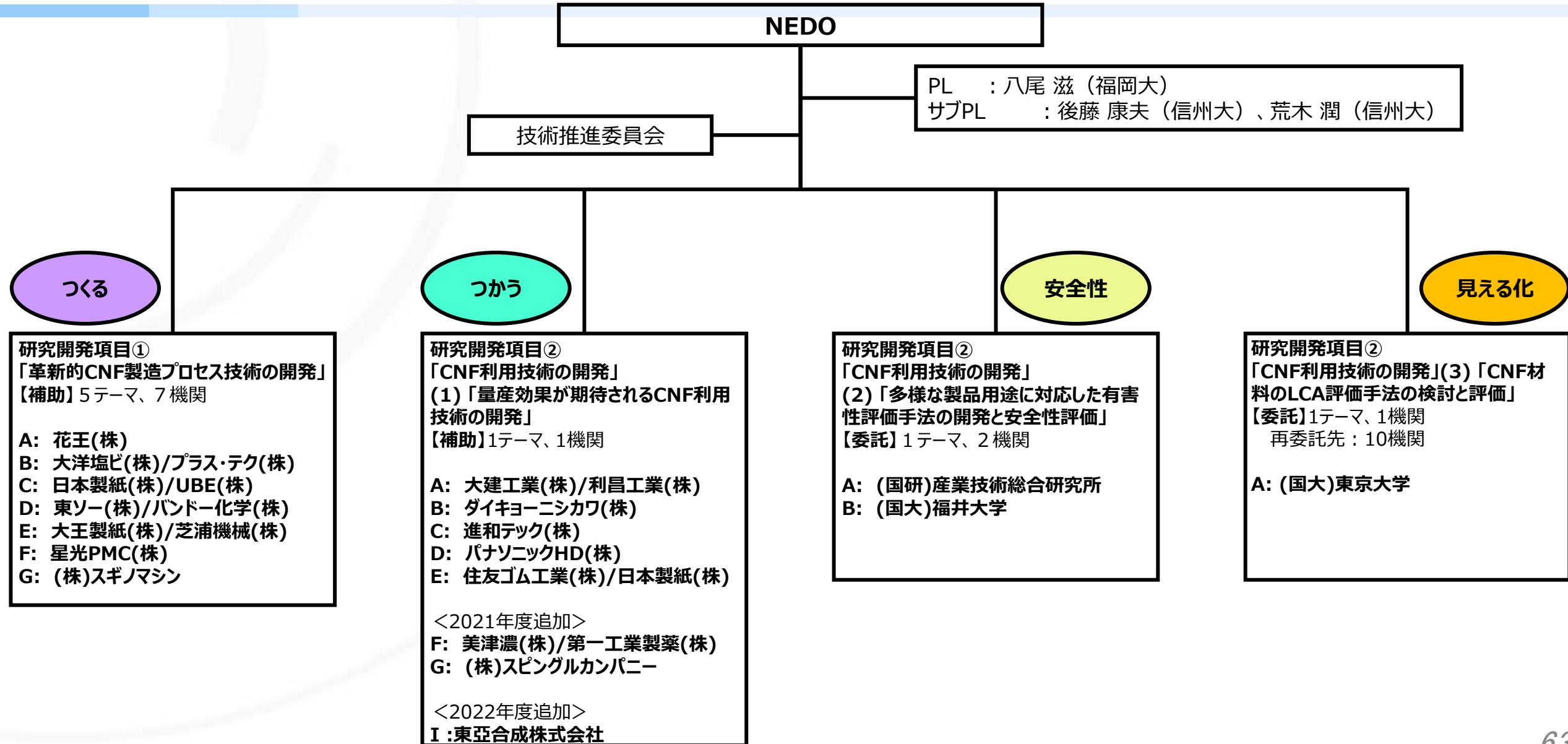
### 研究開発項目●

- (1)アウトカム目標及び達成見込み
- (2)アウトプット目標及び達成状況

### ページ構成

- ・アウトカム達成に向けた戦略・具体的な取組
- ・アウトカム目標達成の見込み
- ・個別事業ごとの目標と根拠
- ・個別事業ごとの目標達成状況
- ・個別事業の成果（アウトプット目標達成度）と意義

# 体制図 (1)



## 体制図（2）

	<p>八尾 滋：プロジェクトリーダー（PL）      広島大学客員教授・福岡大学名誉教授 工学博士      京都大学大学院工学研究科高分子科学専攻      宇部興産株式会社、三菱総合研究所を経て現職      NEDO革新的プラスチック資源循環プロジェクト材料再生TL      研究テーマ：マテリアルリサイクル、成形加工</p>
	<p>後藤康夫：サブプロジェクトリーダー（サブPL）      信州大学纖維学部化学・材料学科教授 博士（工学）      神戸大学大学院工学研究科工業化学専攻      研究テーマ：纖維・高分子材料の高機能化、高性能化      溶液紡糸による高性能纖維の創成</p>
	<p>荒木 潤：サブプロジェクトリーダー（サブPL）      信州大学纖維学部化学・材料学科教授 博士（農学）      東京大学大学院農学生命科学研究科生物材料科学専攻      研究テーマ：セルロース／キチンナノクリスタル粒子の表面修飾による物性制御と機能性材料の創成</p>

# プロジェクトの概要・目的 <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」【助成事業】

CNF複合樹脂の製造コストを300円～500円／kg程度まで低減させるためには、

つくる

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。

## 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」【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の開発、成形・加工技術の開発等を行う。

つかう

## 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」【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。

安全性

## 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」【委託事業】

多様な用途への拡大が見込まれることから、LCA解析手法の検討と評価、CO<sub>2</sub>削減効果、産業連関影響の解析等を実施し、CNF市場の拡大につなげる。

見える化

# 2022年～2024年ナノテク展でのパネルテーマ

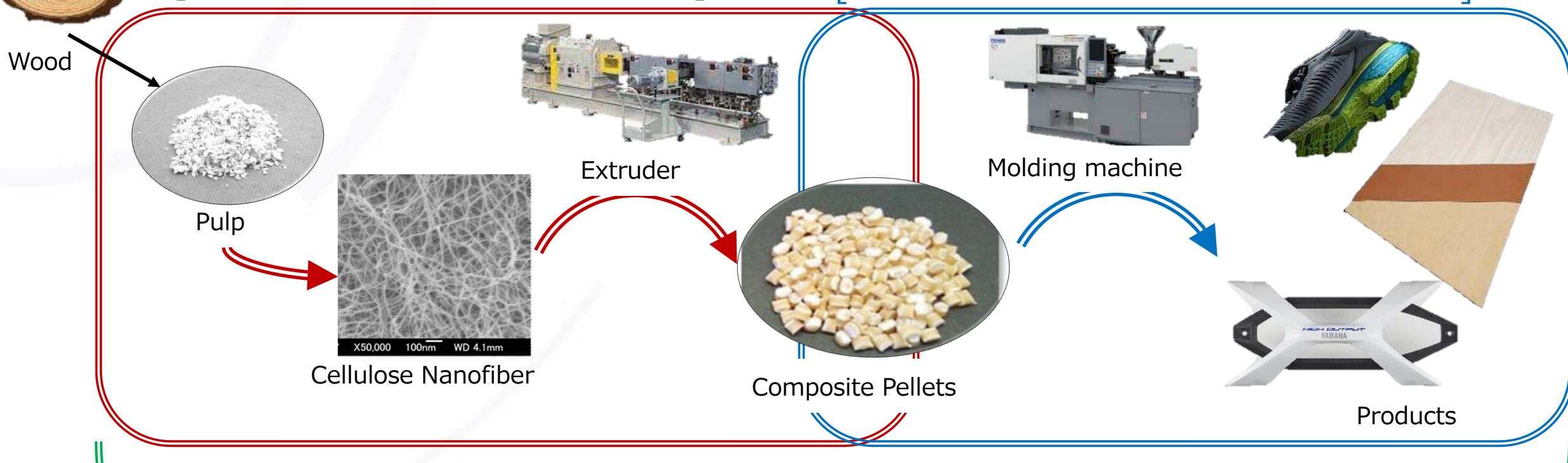


2022年パネルテーマ  
CNFで変える社会

～2050カーボンニュートラル実現に向けて～  
[革新的CNF製造プロセス技術の開発]

2023年パネルテーマ  
発展・拡張する“CN”Fの世界

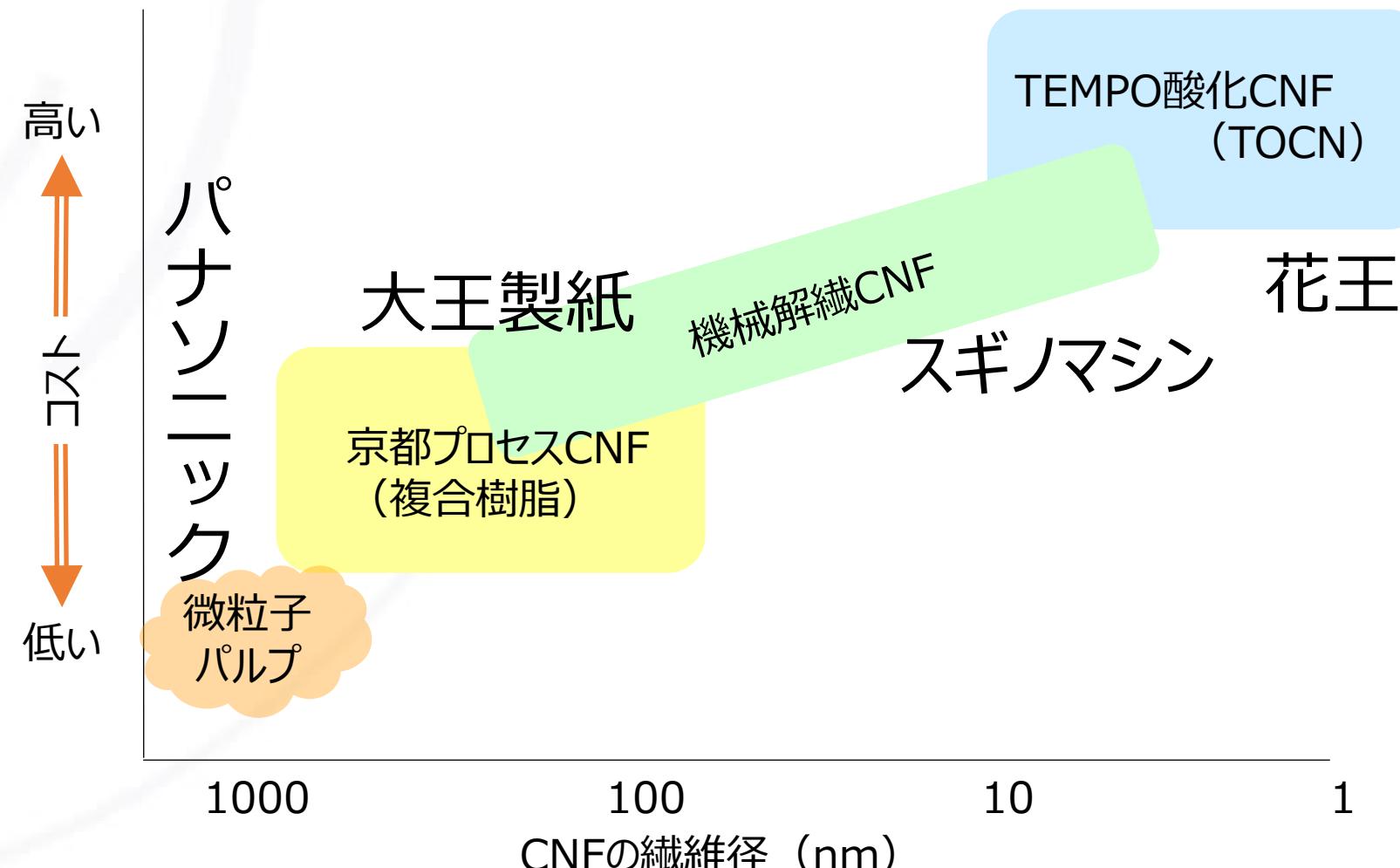
～セルロースナノファイバーの社会実装を進める先駆者たちの戦略～  
[量産効果が期待されるCNF利用技術の開発]



[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、LCA評価]

2024年パネルテーマ  
私たちがCNFを使うワケ

# CNFのサイズとコストの関係



# 2022年～2024年ナノテク展でのパネルテーマ



2022年パネルテーマ

**CNFで変える社会**

～2050カーボンニュートラル実現に向けて～

[革新的CNF製造プロセス技術の開発]

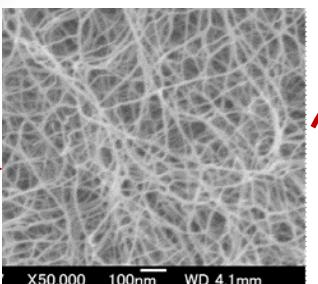
Wood

Pulp



Extruder

→



Cellulose Nanofiber

→



Composite Pellets

Molding machine

→



Products

2023年パネルテーマ

**発展・拡張する“CN”Fの世界**

→

[セルロースナノファイバーの社会実装を進める先駆者たちの戦略～

[量産効果が期待されるCNF利用技術の開発]

[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、LCA評価]

2024年パネルテーマ

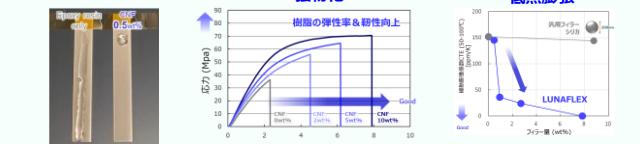
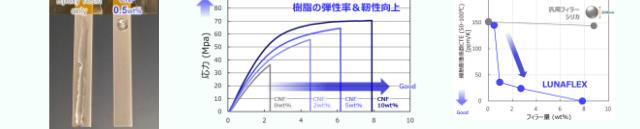
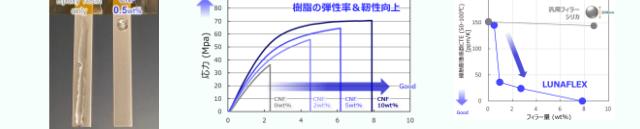
私たちがCNFを使うワケ

# PLミーティング 一覧表

開催日時	テーマ名	場所	対象事業者（再委託先）
2022/4/21	自動車部品実装に向けたC N F 複合材料開発、成形・加工技術開発	東広島市 本社工場	ダイキヨーニシカワ(株)
2022/6/3	C N F 技術を利用した住宅・非住宅用内装建材の開発	岡山市 R&Dセンター	DAIKEN(株) (秋田県立大学) / 利昌工業(株) (筑波大学)
2022/6/20	疎水化 T O C N 及び樹脂複合化の製造プロセス技術の開発	和歌山事業所	花王(株) (東大)
2022/9/8	全体会議&見学ツアー&マテリサ講演 (翌日事業者交流会)	福岡県 福岡大学	全者対象 (全24機間中22機関参加)
2022/10/3	塩化ビニル系樹脂複合体の低コスト化技術の確立	東ソーア四日市事業所	大洋塩ビ(株) / プラス・テク(株) (京大、京都市産技研)
2022/10/12	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	茨城県 龍ヶ崎工場	CHEMIPAZ(株) (京大、京都市産技研)
2022/11/25	ウォータージェット技術を用いた革新的C N F 製造プロセス技術の開発および乾燥技術の開発	富山県 滑川工場	(株)スギノマシン (富山県立大学)
2023/2/24	水性樹脂を用いた環境適合型C N F 複合樹脂の製法開発とC F R Pへの適用	和泉市 大阪産技研	美津濃(株) / 第一工業(株) (大阪産技研、広島大)
2023/3/30	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	茨城県 つくば	産総研、福井大学
2023/4/27	疎水化 T O C N 及び樹脂複合化の製造プロセス技術の開発	Teams	花王(株) (東大)
2023/5/25	水性樹脂を用いた環境適合型C N F 複合樹脂の製法開発とC F R Pへの適用	Teams	美津濃(株) (大阪産技研、広島大) / 第一工業(株)
2023/8/1	C N F 強化樹脂 (P A 6、P P) の低コスト製造プロセス技術の開発	静岡県 富士工場	日本製紙(株) (三井化学(株)、京大、京都市産技研) / (株)UBE
2023/8/29	ウォータージェット技術を用いた革新的C N F 製造プロセス技術の開発および乾燥技術の開発	富山県 滑川工場	(株)スギノマシン (富山県立大学)
2023/8/30	疎水化 T O C N 及び樹脂複合化の製造プロセス技術の開発	和歌山事業所	花王(株) (東大)
2023/10/3	全体会議 & ミニ展示会 & 事業者交流会	幕張	全者対象 (全25機間中19機関参加)
2023/10/20	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	茨城県 龍ヶ崎工場	CHEMIPAZ(株) (京大、京都市産技研)
2023/10/31	C N F を使用した接着剤・アクリル樹脂製品の実用化技術開発	名古屋市 R&Dセンター	東亞合成(株)
2023/11/13	塩化ビニル系樹脂複合体の低コスト化技術の確立	茨城県 筑波工場	大洋塩ビ(株) / プラス・テク(株) (京大、京都市産技研)
2023/12/8	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	福井大学	産総研、福井大学
2024/3/6	疎水化 T O C N 及び樹脂複合化の製造プロセス技術の開発	Teams	花王(株) (東大)
2024/5/29	C N F のLife Cycle Assessment (L C A) 等評価手法の検討及び評価	東京駒場キャンパスII	東大UTLCA (福島大、立命館大、福岡女子大、電中研他)
2024/7/5	塩化ビニル系樹脂複合体の低コスト化技術の確立	京都市産技研	大洋塩ビ(株) / プラス・テク(株) (京大、京都市産技研)
2024/7/19	疎水化 T O C N 及び樹脂複合化の製造プロセス技術の開発	和歌山事業所	花王(株) (東大)
2024/9/5	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	千葉研究所	CHEMIPAZ(株) (京大、京都市産技研)
2024/9/17	C N F 強化樹脂 (P A 6、P P) の低コスト製造プロセス技術の開発	UBE大阪開発センター	日本製紙(株) (三井化学(株)、京大、京都市産技研) / (株)UBE
2024/9/24	ウォータージェット技術を用いた革新的C N F 製造プロセス技術の開発および乾燥技術の開発	早月事業所	(株)スギノマシン (富山県立大学)
2024/10/1	C N F を使用した接着剤・アクリル樹脂製品の実用化技術開発	川崎市 R&Dセンター	東亞合成(株)
2025/3/17	疎水化 T O C N 及び樹脂複合化の製造プロセス技術の開発	Teams	花王(株) (東大)

# アウトカム目標の達成見込み (CNF製造技術の例)

- 各事業者、低コスト化と特性向上を両立した技術開発の製品化により、利用技術普及寄与
- CNF複合樹脂の利用拡大や、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t-CO<sub>2</sub>/年の削減\*

複合樹脂	乾燥体	液材
<ul style="list-style-type: none"> <li>独自の変性処理、機械メーカーとの共同開発により、低コスト、高品質化を実現</li> <li>商用プラントを稼働、量産効果に寄与</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>強み技術(WJ)のカスタマイズにより、高品質のCNFの生産性向上による低コスト化。</li> <li>顧客共創により、複合材料への展開</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>シングルナノサイズレベルCNFを低コストで生産</li> <li>離型剤・滑液材、複合樹脂への応用展開</li> <li>国内外の顧客評価により、用途拡大を推進</li> </ul>
	 	<p><b>新シリーズ CNF配合高機能性樹脂 2025.1上市 "LUNAFLEX®"</b></p> <p><b>CNF/有機溶剤・樹脂の界面制御</b> 10 wt% CNF / アクリル樹脂</p>  <p><b>レオロジーコントロール</b></p>  <p><b>強靭化</b></p>  <p><b>低熱膨張</b></p> 
大王製紙株式会社殿、芝浦機械株式会社殿	株式会社スギノマシン殿	花王株式会社殿

\* <https://www.rish.kyoto-u.ac.jp/bionanomat/wp-content/uploads/2021/05/chousa2018.pdf>

# アウトカム目標の達成見込み (CNF利用技術の例)

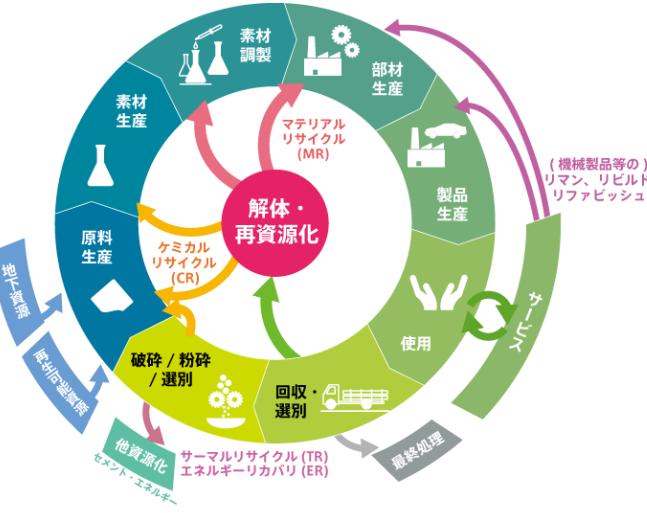
- 自動車、建築土木資材、家電等の利用技術を製品化、CNF低コスト化の相乗効果により、事業化推進中
- CNFの自動車タイヤ使用の効果：Aグレード→AAAになることによる、軽量化、転がり性能の改善、燃費向上により、国内377万t以上の排出量削減効果が期待できる(自動車タイヤ工業会データより)\*

自動車 (タイヤ、内装部品等)	建築土木材 (押縁、床材等)	家電等(子家電、靴底、スポーツ品等)
<p><b>タイヤ</b></p>  <p><b>エナセーブ NEXT III</b></p> <p>①CNF原料コスト (製造費 + 輸送コスト) と②WMB製造コスト (脱水 + 乾燥工程) での低コスト化が必須</p> <p>CNFの特性を維持しながら、大幅なコストダウン可能なCNFエラストマー配合を目標に開発</p> <p><b>内装部品</b></p>  <p>CeF55%-PP    CeF55%-BioPE    CeF70%-PP</p>	<p><b>樹脂サッシ押縁</b></p>  <p><b>床材</b></p> 	<p><b>冷蔵庫部品</b></p>  <p><b>シューズ</b></p> 

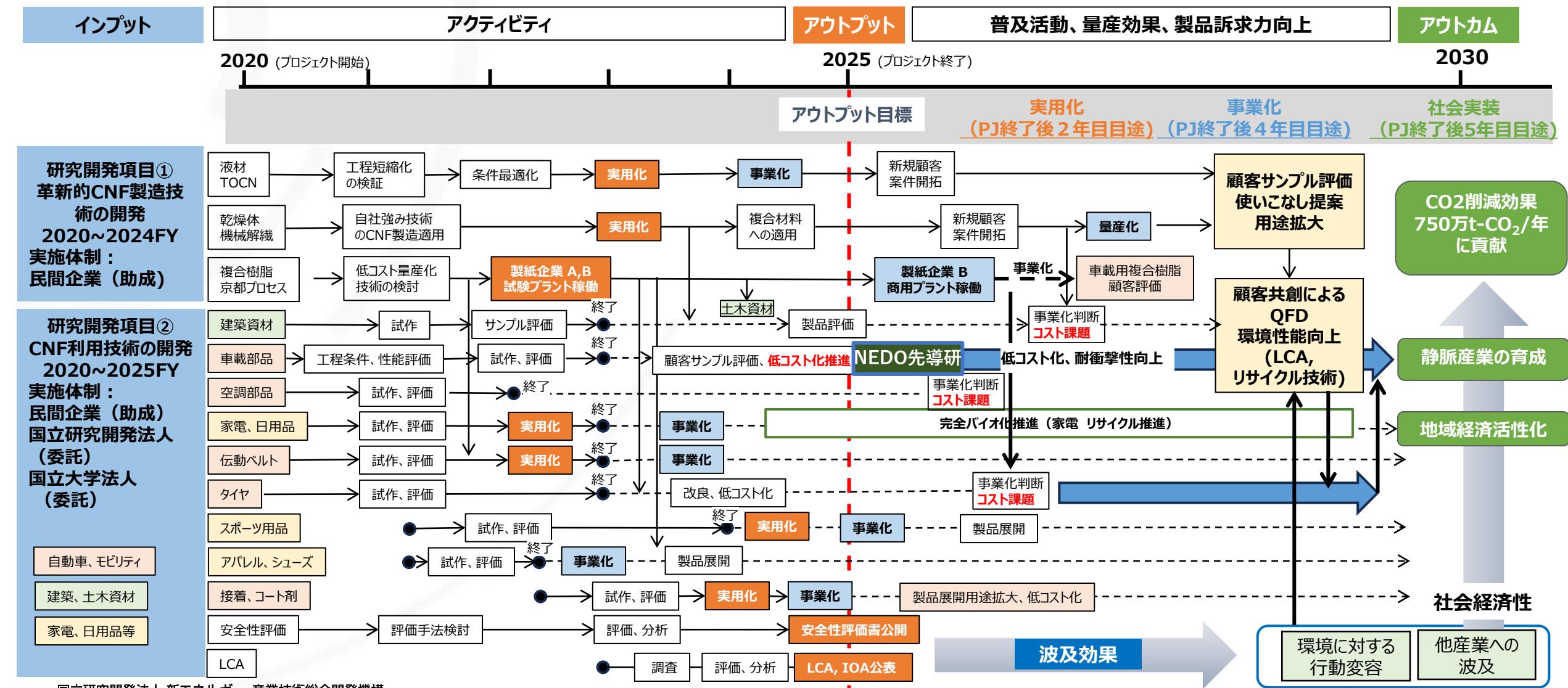
\* [https://www.jatma.or.jp/environment\\_recycle/aboutlabelingsystem.html](https://www.jatma.or.jp/environment_recycle/aboutlabelingsystem.html)

# アウトカム目標の達成見込み（安全性、LCAの例）

- CNFの安全評価書（日本語版、英語版）を公開、CNFを対象とした先制的LCAの国内外で学会、論文発表
- 安全性評価、LCAの公開、公表により、本事業外の企業にも開発、事業化の障壁を下げ、普及拡大を促進

安全性評価書（産総研、福井大）	環境評価 LCA（東京大学）
 <p>安全性に関する情報を集約し、 関連事業者に情報提供 ↓ CNFの開発や普及を支援</p>	 <p>論文投稿7件 国内外の学会発表35件 広報活動13件</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>簡易迅速な吸入影響評価手法の開発と評価</li> <li>中皮腫発生の検証</li> <li>生体安全性（動物実験）評価</li> <li>排出・暴露評価</li> <li>生態影響の評価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ライフサイクル思考に基づく評価要件の設定</li> <li>CNFを対象としたLCAの実施</li> <li>経済影響評価のための産業連関分析の実施</li> <li>社会への評価手法ならびに結果の普及</li> <li>学会・論文等における公表</li> </ul>

# アウトカム達成までの道筋 -ロジックモデル（本事業詳細）-



# アウトプット目標の達成状況

研究開発項目	目標 (2025年3月)	成果	達成度	達成の根拠／解決方針
研究開発項目① 革新的CNF製造プロセス技術の開発	1. CNF複合樹脂の製造コストを、プロジェクト終了時(2024年)に <b>700円/kg程度</b> (樹脂により500円～900円)まで低減。 2. 高機能性CNF材料として、 <b>従来コストの1/4以下</b> で、かつ、サンプル提供可能なコストまで低減。	<b>1. 700円/kgまで低減</b> (但し、原料価格の上昇の影響有)  <b>2. 高機能性CNF材料として、従来コストの1/10で</b> 、かつ、サンプル提供可能なコストまで低減	○	工程短縮化、条件最適化、量産プラントの立ち上げによる 低コスト化推進
研究開発項目②-1 CNF利用技術の開発	実用化の目途 <b>5件</b>	建築資材(押縁、床材)、土木資材(パイプ)、家電分野、化学製品(接着剤、コート剤)で <b>6件以上</b> の実用化に目途 (一部事業化)	○	自動車、建材、家電、日用品等 利用拡大を実証、一部事業化を前倒しで推進
研究開発項目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	<b>安全性評価書</b> の作成、公開	安全性評価書の作成、 <b>国内外での公開</b>	○	安全評価書の国内外公開

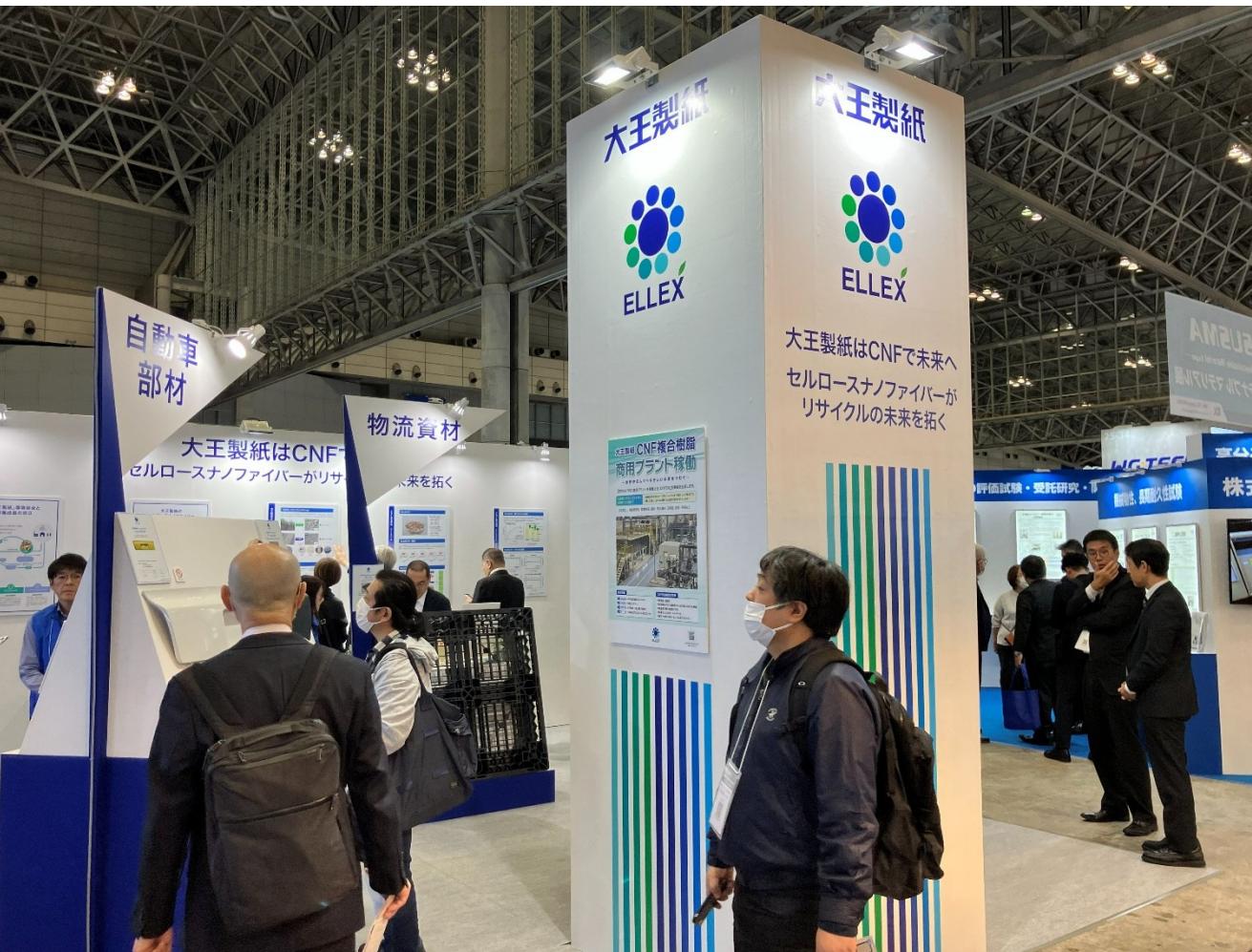
研究開発項目	目標 (2026年3月)	成果	達成度	達成の根拠／解決方針
研究開発項目②-3 多様な製品用途に対応した有害性評価手法の開発と安全性評価	<b>先制的LCA評価</b> を開発し、これを元に、 他事業との関連、原材料等の国内循環等 を考慮した <b>産業連関分析 (IOA)</b> を行う。	CNF導入による環境・経済評価手法 の体系化、可視化 政策立案や地域展開の基盤整備 LCA、IOAの <b>国内外での公表</b>	○	先制的LCAの国内外での学会、論文発表 副次的効果として、 <b>製品使用、リサイクルにおけるCO<sub>2</sub>削減効果を提言</b>

○ 大きく上回って達成、○達成、△一部未達、×未達

# アウトプット目標の達成状況



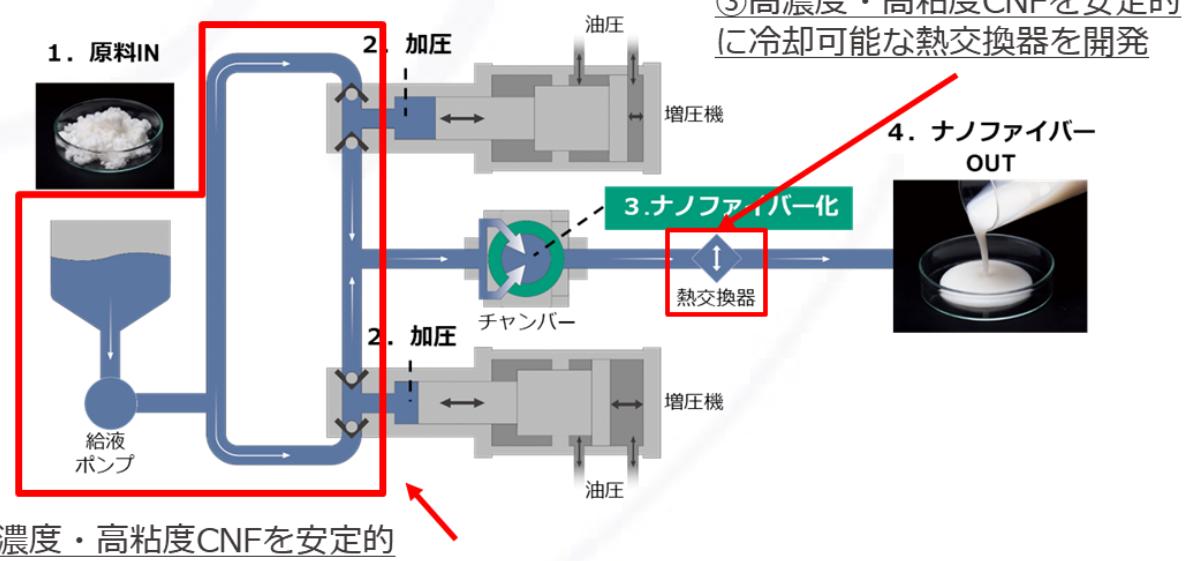
11月12日～14日幕張メッセで開催された展示会の様子



## 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の成果と意義

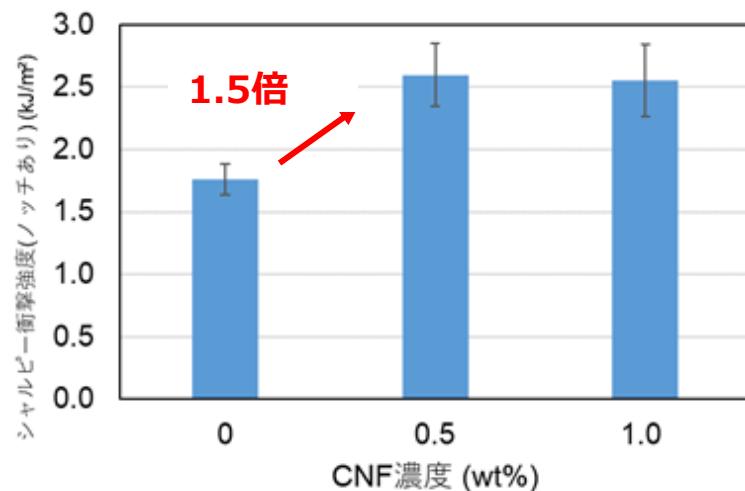
実施者名	株式会社スギノマシン	達成状況	○
達成状況の根拠	<p>高濃度CNFを安定的に製造可能なシステムを構築した（自動化については、費用対効果を鑑みて一部のみ）  CNF乾燥粉末については、研究開発前から約12倍の生産量を達成し、大幅なコストダウンも可能となった。  CNF乾燥粉末とポリ乳酸（PLA）の複合体の開発、CNF乾燥粉末添加炭素繊維強化プラスチック（CFRP）の開発などより具体的で製品に近い材料の開発を行った。</p>		

## ①投入から回収までの自動化



高付加価値CNF水分散液の製造コストを約60 %にし、  
乾燥粉末の製造コストを約10 %にするという当初目標をほぼ達成

## 開発したマシンでのCNFを用いたPLAコンポジットの物性



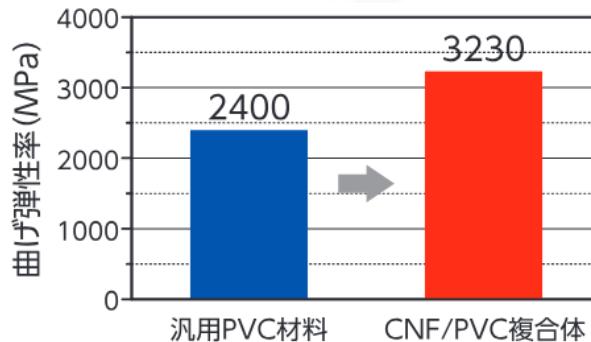
- ・ ゴルフシャフトの試作など、実用化を展開中
- ・ マインメーカーとしての設備の販売も検討

# 塩化ビニル系樹脂複合体の低成本化技術の確立の成果と意義

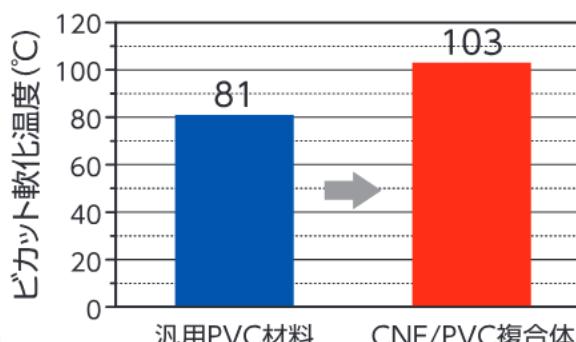


実施者名	大洋塩ビ株式会社、プラス・テク株式会社	達成状況	○
達成状況の根拠	<p>①押縁をターゲットとして、未変性パルプを押出混練でCNFに解纖することで、目標値（ビカット軟化温度100°C以上、線膨張係数50ppm/K以下、塩素化PVCコンパウンドと同等以下の価格）をすべて達成</p> <p>②実機スケール押出機を使い、当初目標のコンパウンド生産速度500kg/hを達成し、上記の目標物性を満たすコンパウンド量産化技術を確立</p> <p>③樹脂サッシ部材（押縁）の実機成形テストでは、加工性や製品外観に問題がなく、合格が得られた。</p>		

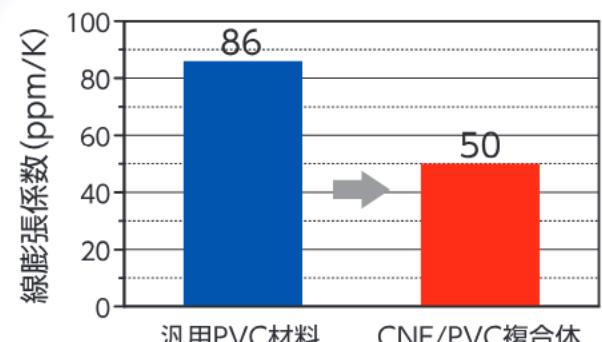
曲げ弾性率1.3倍



軟化温度22°C上昇



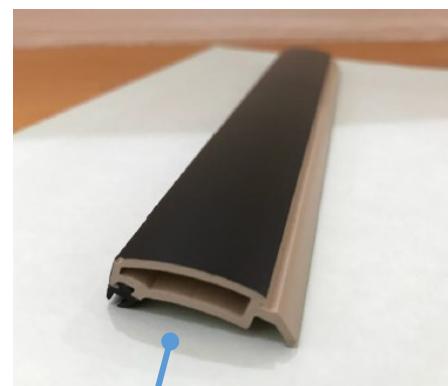
線膨張係数40%低減



&lt;物性向上を確認&gt;

引き続き、押縁、雨どい、パイプなどへの実用化を目指しユーザーワークを実施中

YKK AP(株)の押縁成形テストをクリア



CNF/PVC使用

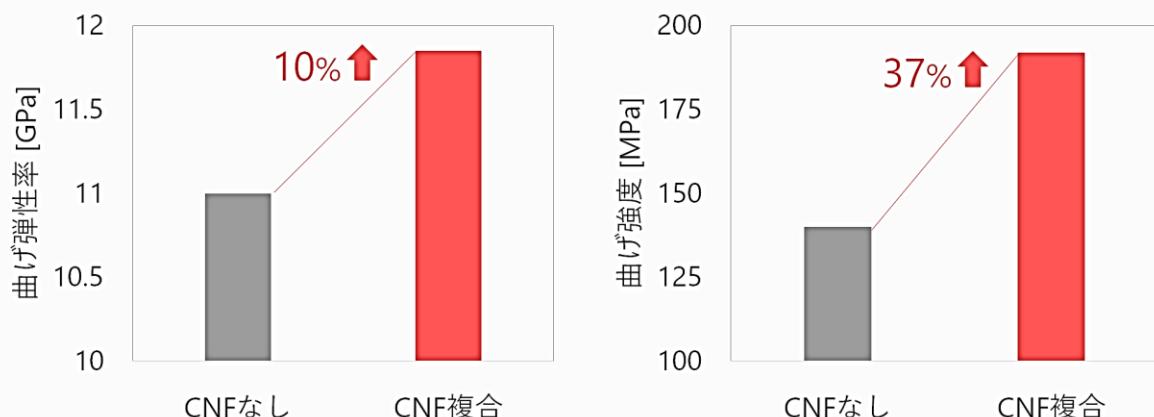
樹脂窓の作製



# 水性樹脂を用いた環境適合型CNF複合樹脂の製法開発とCFRTPへの適用の成果と意義

実施者名	ミズノ株式会社、第一工業製薬株式会社	達成状況	○
達成状況の根拠	<p>CNFを均一に分散させた熱可塑性樹脂（TPU）を用いたCFRTP（炭素繊維強化熱可塑プラスチック）の開発を行い、以下の目標を達成した。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CNF分散技術の確立</li> <li>• 脱水・シート化プロセスの確立</li> <li>• CNF分散CFRTPにおいて強度10%アップ</li> <li>• スポーツシューズ部品への適用と現行品に対する優位性の確認</li> </ul>		

## 炭素繊維不織布×ウレタン×CNF複合材の物性



CNFとの複合化によって、曲げ弾性率と曲げ強度が向上

軽くて薄く、剛性、ばね性  
が高い特性が求められる  
インソールプレートへ応用



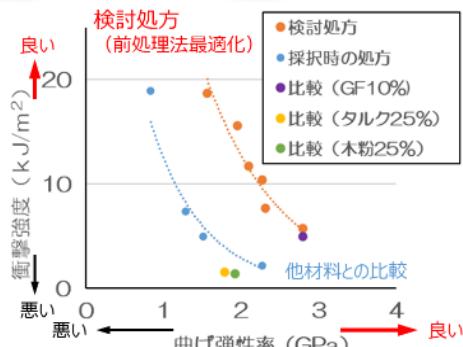
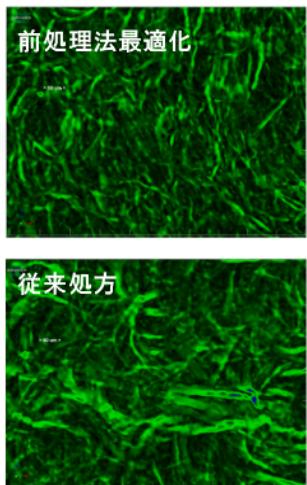
CFRTPインソールプレート

再生炭素繊維を利用したCNF複合TPU樹脂シートによる  
CFRTP部品の自動車・航空機分野へ展開を構想中

## CNF強化樹脂（PA6、PP）の低成本製造プロセス技術の開発の成果と意義

実施者名	日本製紙株式会社、UBE株式会社	達成状況	○
達成状況の根拠	CNF強化樹脂の目標とする物性およびコスト達成を確認 (PA樹脂) 助剤・添加剤の検討により物性目標を達成。実機試作により目標コストでの実施可能を確認した。 (PP樹脂) パルプの検討を中心に物性目標達成を確認。導入機を用いて事業用の生産性があることを確認した。		

## 前処理法の検討



パルプ前処理法の最適化により、衝撃強度のレベルが変化することを見出す

- パルプの前処理法の検討により強度バランス（弾性率と衝撃強度）が向上
- 疎水化パルプが不要により、従来の製造工程から大きな簡略化が可能（コストダウン）
- シミュレーション技術を活用し、本結果の妥当性を確認。
- 混練機中に、パルプに疎水性の付与、解纏、分散を一括で実施することで工程を大きく省略可能

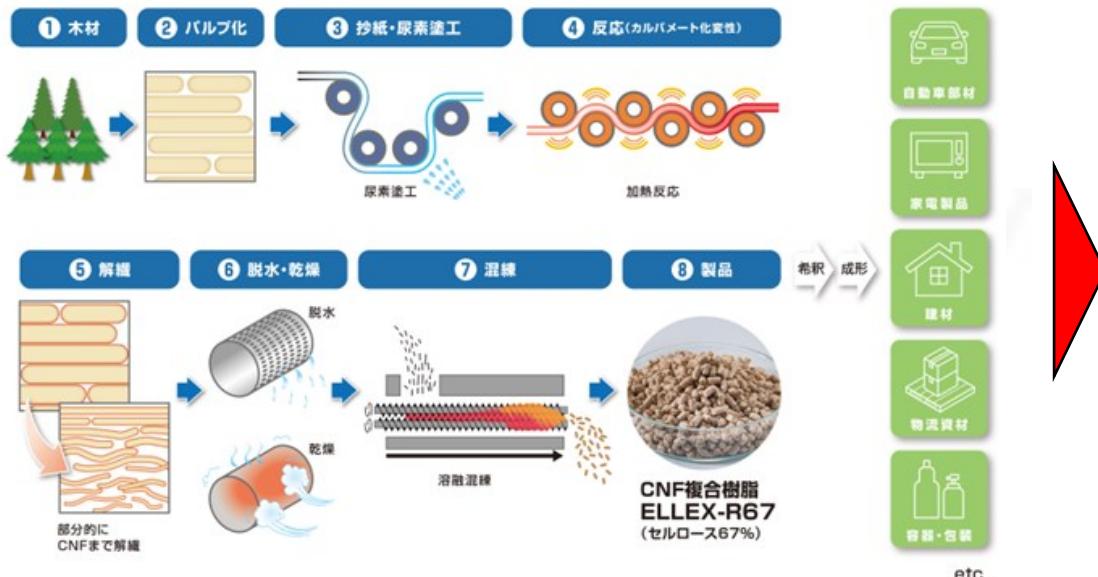
		2020年度		2024年度
PA6 (CNF 10%)	曲げ弾性率 (Gpa)	3.5	➡	4.0
	衝撃強度(kJ/m <sup>2</sup> )	2.0	➡	4.0
	コスト (円/kg)	>30,000	➡	1,000
PP (CNF 10%)	曲げ弾性率 (Gpa)	3.0	➡	1.0~2.0
	衝撃強度(kJ/m <sup>2</sup> )	2.0	➡	10~15
	コスト (円/kg)	>20,000	➡	500

モビリティ用途では世界初となるCNF強化樹脂の製品販売に至り、複数の有望メーカーと共同研究を進展中→ 成果の企業化、さらには輸出となるよう検討を行う

## 革新的CNF複合樹脂ペレットの製造プロセスの開発の成果と意義

実施者名	大王製紙株式会社、芝浦機械株式会社	達成状況	○
達成状況の根拠	<p>下記研究開発を実施し、予定通り2022年度に事業を修了し、2025年度から量産を開始</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・大王製紙が有する抄紙塗工技術を活かして、連続的かつ一貫的に製造可能な原料調製技術を確立。</li> <li>・芝浦機械が得意とする二軸混練押出機を用いた樹脂複合化技術と、そのフィードバックを受けた大王製紙（株）の原料調製プロセスの改良。</li> </ul>		

### NEDO助成事業 CNF複合樹脂一貫製造プロセスの開発



### CNF複合樹脂「ELLEX-R67」商用プラント



- 設備概要
- ・生産能力  
年産 2,000 トン 国内最大※
  - ・設置工場  
大王製紙(株)三島工場
  - ・設備投資額 約 40 億円
  - ・営業運転開始 2025 年 7 月

マテリアルリサイクル性にも優れており、自動車部材、家電製品、建材、物流資材、日用品、容器・包装等の分野での用途展開を積極的に進める。

# 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の成果と意義

実施者名	国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人福井大学	達成状況	○
達成状況の根拠	多用なCNFについて各種の安全性評価を実施し、その成果を「セルロースナノファイバーの安全性評価書」にまとめ公開した。		

## 簡易迅速な吸入影響評価手法の開発と評価

気管内投与試験と培養細胞試験を組み合わせてCNFの吸入影響を評価



## 中皮腫発生の検証

腹腔内投与試験および培養細胞試験により、CNFによる中皮腫誘発の可能性を評価



## 生体安全性（動物実験）評価

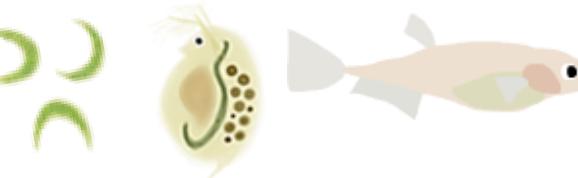
経口投与試験、遺伝毒性試験、吸入曝露試験を実施

## 排出・暴露評価

作業環境測定や模擬排出試験により、CNFの排出・暴露の実態や可能性を評価

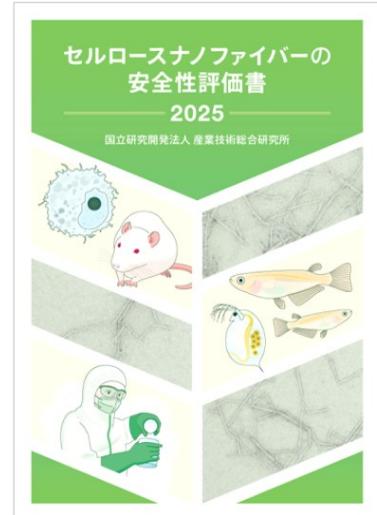


## 生態影響の評価



藻類、ミジンコ、メダカなどの水生生物に対するCNFの急性影響や慢性影響を評価

## 安全性評価書



安全性に関する情報を集約  
(本事業の成果 + 国内外の論文)

包括的な安全性情報を関連事業者に提供し、CNFの開発や普及を後押し

# 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の成果と意義

実施者名	国立大学法人東京大学	達成状況	◎
達成状況の根拠	技術成熟度に応じたCNFのLCA・産業連関分析（IOA）評価を実施し、CNF強化樹脂等の事例分析により、社会実装に向けた環境・経済的優位性を定量的に示した。これら成果は、目標を大きく超える英語論文10報（採択済：3件 投稿済：4件 年度内投稿予定：3件）、加えて学会、展示会、Web等各媒体を通じた活発な広報活動51件により普及に努めた。		

## ①ライフサイクル思考に基づく評価要件の設定

リグノセルロース資源のライフサイクルに固有の特徴に対処できるよう農林業プロセスの不確実性を考慮した評価範囲、機能単位、指標を特定し、CNFが他素材と比較して優位性をもつる要件を解析できるようにした。産業連関分析では原料の国産/輸入の違いや、地域性、CNF添加率、リサイクル率を考慮することが社会経済性の解析に重要であることなどを特定できた。

## ②CNFを対象としたLCAの実施

複合樹脂や添加剤などに関する7団体・10件以上の事例（技術成熟度TRL3～7）を対象に、将来の技術開発と規模拡大を想定した将来性LCAケーススタディを実施した。

## ③経済影響評価のための産業連関分析の実施

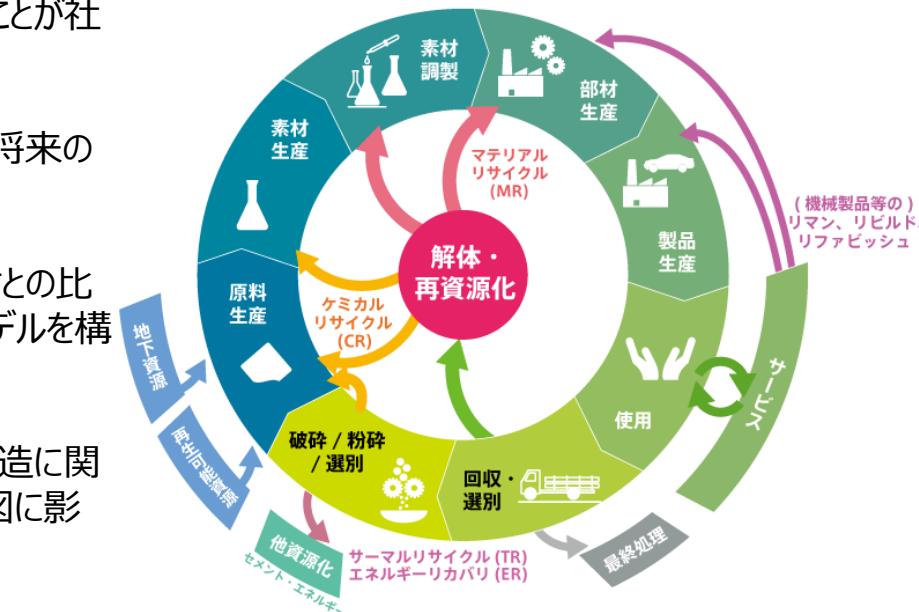
林業・パルプ・紙部門における経済波及効果の偏在性を可視化とともに、CNFが代替する素材との比較を通じて導入効果を分析した。また製品寿命やストックフローを考慮した導入量・排出量の推計モデルを構築した。

## ④社会への評価手法ならびに結果の普及

消費者選好性のWeb調査を実施し、拡張規範活性化理論を用いて分析した。バイオマス由来製造に関する認知度が依然として低い一方、環境情報の提供が消費者の心理的過程を活性化し、行動意図に影響を与えることを示した。

## ⑤学会・論文等における公表

論文投稿10件（うち採択済みは3件、年度内投稿予定3件を含む）、日本LCA学会やInternational Conference on Life Cycle Managementなど国内外の学会における研究発表37件、学会企画セッション・展示会・Web等を通じた広報活動14件を実施し、広く成果を公表した。（2025年9月時点。予定を含む）



### 3. 目標及び達成状況の詳細

#### 3.1. 研究開発項目①：革新的 CNF 製造技術の開発

##### 3.1.1. ①-1 疎水化 TOCN 及び樹脂複合化の製造プロセス技術の開発

テーマ名	疎水化 TOCN 及び樹脂複合化の製造プロセス技術の開発	達成状況	○
実施者名	花王株式会社		
達成状況の根拠	<p>本テーマの主目的である新規疎水化 TOCN の社会実装へ向けた製造プロセスおよび設備の確立を計画通り達成できた。また、プロセスの最適化によって低コスト化の目途も経ち、CO<sub>2</sub> 排出量は従来プロセスに対し 80%以上削減見込みである。現在は展開へ向けて顧客ワークを推進している。</p> <p>一部物性面での最終目標未達の項目もあったが、東京大学と協働し各種メカニズム解析を行うことにより、その物性発現因子がわかりつつある。得られたメカニズムに基づいた更なる処方改良を行い、2027 年までにはこれも達成する見込みである。</p> <p>●背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係 これまで花王は、コア技術である界面制御技術を利用した TEMPO 酸化 CNF (TOCN) 表面の疎水化および樹脂への複合化技術を開発し、業界唯一のシングルナノサイズレベル (3 nm~) での疎水性媒体への分散を達成した。本プロジェクトでは従来よりも熱的・化学的安定性に優れ、より高物性を発現可能な新規疎水化技術を用いた TOCN 複合材料の社会実装/展開をアウトカム目標とし、それを目指すための低コスト化製造プロセスの確立をプロジェクト目標とした。</p> <p>●アウトプット目標 新規疎水化 TOCN の社会実装へ向けた製造プロセス最適化と製造設備の確立を主目的とし、付随して低コスト化の目標値や、得られた TOCN の分散性/樹脂複合化時の各種物性の目標値を定めた。 また、共同研究先である東京大学においては、得られた TOCN の構造解析や、複合材料における物性発現のメカニズム解析を実施した。</p> <p>●実施体制 花王（助成先）と、東京大学 磯貝研究室（委託先）の二者間で実施した。</p> <p>●成果とその意義 樹脂をはじめとする疎水性媒体にシングルナノサイズレベルで CNF を複合化できる技術は国内外含め、花王が唯一である。また、その中でも今回確立した熱的・化学的安定性の高い TOCN の高効率な疎水化技術は極めて独自性の高い高度な知見であり、今後の事業開発/展開において重要なコア技術となった。今回、安定性に優れた疎水化 TOCN を安価に製造するプロセスを確立できたことにより、構造材料をはじめとする様々な用途への TOCN 複合材料の展開が期待できる。 また、プロジェクトを通して得られた疎水化技術の副次的成果として、TOCN 溶媒分散体の標準品である LUNAFLEX ST0-100 や、TOCN 配合離型剤である LUNAFLOW RA-200 の上市が達成された。</p>		

### ●実用化・事業化への道筋と課題

本プロジェクトのメインターゲットである構造材料用途における実用化・事業化へ向けては、現在、東京理科大と共同研究体制を構築し CFRP への複合化技術の開発および価値確認を推進している。また、構造接着に関しても各大学の著名な先生方と研究指導体制を構築し、技術確立やメカニズム解析を進めている。そして、それら基礎的検討と並行して顧客ワークも開始しており、国内外問わず様々な企業/用途に対して TOCN 複合サンプルを提供し、製品化を進めている。

顧客確保のためのマーケティングの一環としては、今年パリにて開催された JEC 2025 にも出展し、本成果をはじめ花王の技術・製品についてアピールを行った。また、名古屋大学が主催するナノコンポジットセンター (NCC) の会合にも本年度より加盟し、これらの活動を通して構造材料用途をはじめ、電子材料や離型・滑液用途など様々な用途において新規顧客案件を集めている。

また、本プロジェクトで扱った新規疎水化 TOCN 複合材の事業化の目標時期としては 2030 年を見越しており、更なる低コスト化や顧客採用の獲得などを課題とし、今後さらに検討を進めていく予定である。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
助成対象 : 3. 636 百万円	助成対象 : 24. 636 百万円	助成対象 : 60. 636 百万円	助成対象 : 19. 936 百万円	助成対象 : 12. 906 百万円	
助成金額 : 3. 636 百万円	助成金額 : 14. 136 百万円	助成金額 : 32. 136 百万円	助成金額 : 11. 786 百万円	助成金額 : 8. 271 百万円	

### ●特許出願及び論文発表

特許出願	論文発表	発表・講演	雑誌掲載	その他
2 件	3 件	34 件	4 件	4 件 *HP ニュースリリース

### 3.1.2. ①-2 塩化ビニル系樹脂複合体の低成本化技術の確立

テーマ名	塩化ビニル系樹脂複合体の低成本化技術の確立	達成状況	○
実施者名	大洋塩ビ株式会社 プラス・テク株式会社		
達成状況の根拠	①押縁をターゲットとして、未変性パルプを押出混練でCNFに解纖することで、目標値(ビカット軟化温度 100°C以上、線膨張係数 50ppm/K以下、塩素化PVCコンパウンドと同等以下の価格)をすべて達成。 ②実機スケール押出機を使い、当初目標のコンパウンド生産速度 500kg/hを達成し、上記の目標物性を満たすコンパウンド量産化技術を確立できた。 ③樹脂サッシ部材(押縁)の実機成形テストでは、加工性や製品外観に問題がなく、合格が得られた。		

#### ●背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係

近年、環境に配慮した住宅用建材として注目されている樹脂サッシには、優れた難燃性と断熱性、異形押出加工性を有するPVCが主に使用されているものの、PVCは耐熱性(熱変形温度)が低い点、さらに従来のアルミ材と比べ、線膨張係数が大きいといった欠点を有することから、樹脂サッシ用途での更なる普及には課題がみられている。

PVCの耐熱性改良のため、塩素化PVCが使用されているが、PVCと比べ2倍以上高価であり、また熱分解しやすく加工しづらいといった欠点がある。さらに、サッシの密閉性に重要な線膨張係数についても特段の優位性を有していない。

そこで、CNF/PVCコンパウンドを塩素化PVCコンパウンド以下のコストまで低減できれば、高い耐熱性・低い線膨張性の特性から、建材分野での活用、特に樹脂サッシ部材(押縁)への活用が見込まれる。

当事業では、「配合設計技術」と「低成本量産化技術」をキーテクノロジーとして、押縁向けCNF/PVCコンパウンドの低成本量産化技術を確立し、CNF材の樹脂サッシ部材への実用化を目指した。

#### ●アウトプット目標

表. 樹脂サッシ部材(押縁)の市場規模とシェア見込み

年度	プラス・テク株式会社 (CNF/PVCコンパウンド)		大洋塩ビ株式会社 (PVC)	
	市場規模[百万円]	シェア見込み	市場規模[百万円]	シェア見込み
1年目(2025年度)	700.0	0%	162.0	0%
2年目(2026年度)	700.0	0%	162.0	0%
3年目(2027年度)	700.0	10%	162.0	10%
4年目(2028年度)	700.0	20%	162.0	20%
5年目(2029年度)	700.0	40%	162.0	40%

#### ●実施体制

##### 【助成先】

大洋塩ビ株式会社

プラス・テク株式会社

##### 【共同研究先】

YKK AP株式会社

地方独立行政法人 京都市産業技術研究所

国立大学法人 京都大学

#### ●成果とその意義

- ①押縁をターゲットとして、未変性パルプを押出混練でCNFに解纖することで、目標値(ビカット軟化温度 100°C以上、線膨張係数 50ppm/K以下、塩素化PVCコンパウンドと同等以下の価格)をすべて達成。成形性においても既存の塩素化PVCコンパウンドより優位性がある。
- ②実機スケール押出機を使い、当初目標のコンパウンド生産速度 500kg/hを達成し、上記の目標物性を満たすコンパウンド量産化技術を確立できた。
- ③窓枠部材の実機押出テストの結果、押出成形性、成形品外観、切断加工性問題なし。また、成形品物性でビ

カット軟化点温度は JIS 基準値をクリア、線膨張係数も良好な値であった。ただし、押縁成形品の窓枠への挿入テストにて、低温条件下で割れが発生。実用化に向けて必要な条件として「シャルピー衝撃強度=45kJ/m<sup>2</sup>以上」を設定した。

④押縁以外の用途展開も進めたところ、パイプ、雨樋をはじめとする硬質製品や電線などの軟質製品メーカーも CNF の複合化による物性向上に興味を示していることも明らかとなった。これらのメーカーで評価を受けつつ、今後も用途展開を進めていく。

#### ●実用化・事業化への道筋と課題

現在、実用化・事業化に向けてサンプルワークを進めており、複数の企業が興味を示している。サンプルワークの過程で新たに発生した技術課題については、京都市産技研との共同研究により検討を継続している。最短で 2026 年度から CNF/PVC コンパウンドの実生産・販売を開始する予定。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	48	120	111	45	187
●特許出願及び論文発表					
特許出願	論文発表	発表・講演	雑誌掲載	その他	
2 件	0 件	1 件	0 件	1 件	

### 3.1.3. ①-3 CNF強化樹脂（PA6、PP）の低成本製造プロセス技術の開発

テーマ名	CNF強化樹脂（PA6、PP）の低成本製造プロセス技術の開発	達成状況	○
実施者名	日本製紙株式会社 UBE株式会社		
達成状況の根拠	2024年度末時点で、CNF強化樹脂の目標とする物性およびコスト達成を確認 (PA樹脂) 助剤・添加剤の検討により物性目標を達成。実機試作により目標コストでの実施可能を確認した。 (PP樹脂) パルプの検討を中心に物性目標達成を確認。導入機を用いて事業用の生産性があることを確認した。		

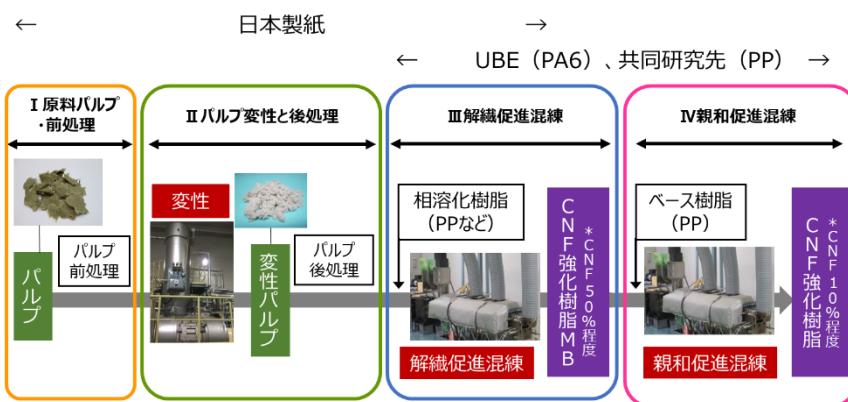
#### ●背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係

再生可能な天然素材を強化材として用いるCNF強化樹脂について、先行して開発した京都プロセスをベースに改良・進化させながら、低成本製造プロセス技術を開発することであり、異業種であるCNFの最大供給メーカーである日本製紙と大手樹脂メーカーであるUBEの協業および日本製紙の共同研究先とこれを実施する。またパルプ・CNFに関する要素技術の検討成果、混練・装置に関する要素技術の検討成果を取り入れ、低成本製造プロセスにおける課題解決を図る。さらにはPA6についてはUBEの、PPや相溶化樹脂については共同研究先の技術や経験と組み合わせることで、早期事業化に向けての精度を高め、検討を加速させる。

#### ●アウトプット目標：研究開発目標

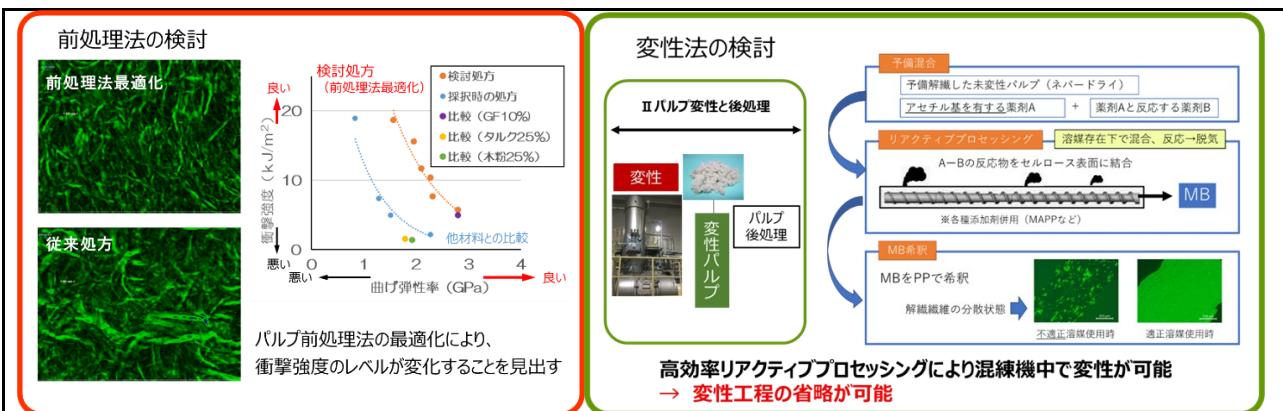
項目	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度
目標	曲げ弾性率 (GPa) PA6	3.5	3.7	4.0	4.0
	衝撃強度 (kJ/m <sup>2</sup> ) (CNF 10%)	2.0	3.0	4.0	4.0
	コスト (円/kg) >30,000	>30,000	15,000	5,000	1,000
	曲げ弾性率 (GPa) PP	3.0	1.5	1.0~2.0	1.0~2.0
	衝撃強度 (kJ/m <sup>2</sup> ) (CNF 10%)	2.0	6.0	10~15	10~15
	コスト (円/kg) >20,000	>20,000	20,000	5,000	500

#### ●実施体制



- ・研究項目①CNF強化樹脂用MBの低成本製造プロセス技術の開発
- ・研究項目②CNF強化PA6の低成本製造プロセス技術の開発
- ・研究項目③CNF強化PPの低成本製造プロセス技術の開発
- ・研究項目④京都プロセス用変性パルプの改良
- ・研究項目⑤CNF解纖混練技術の改良
- ・研究項目⑥纖維と樹脂の状態確認とメカニズム構築

#### ●成果とその意義

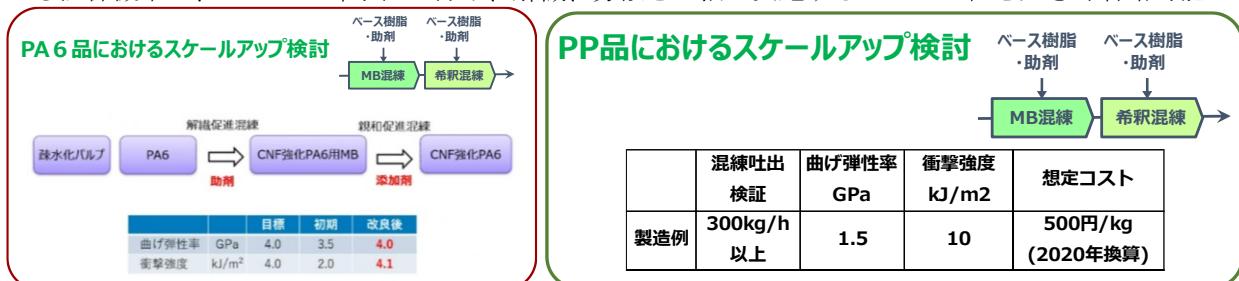


## パルプ前処理、変性、後処理工程の見直し（研究項目①⑤⑥）

- パルプの前処理法の検討により強度バランス（弾性率と衝撃強度）が向上
  - 疎水化パルプが不要により、従来の製造工程から大きな簡略化が可能（コストダウン）
  - シミュレーション技術を活用し、本結果の妥当性を確認。

## パルプ疎水化法の検討 (研究項目①④)

- 混練機中に、パルプに疎水性の付与、解纖、分散を一括で実施することで工程を大きく省略可能



PA6 における親和促進混練の最適化、各種材料開発（研究項目①②⑤）

- 助剤・添加剤の検討により、目標物性達成を確認
  - 実機試作を実施し、数 100t/年 の効率 (1000 円/kg) での実施可能を確認

### PPにおける親和促進混練の最適化 各種材料開発 (研究項目①③⑤⑥)

- 中型混練機の検討で 300kg/h 以上の吐出を確認。事業用大型機では 1t/h を製造可能を確認
  - 事業用大型機の想定コストは、500 円/kg 未満（PJ 初日の原材料価格）となり、目標コストを達成ただし原材料高騰により 2024 年度価格では 600 円/kg 程度となった。

#### ● 實用化・事業化への道筋と課題

- 実用化・事業化の進捗と課題  
・本事業において、製造プロセスの検討とサンプルワークは並行して実施し、所定の前提の中で製造プロセスの構築を進め、概ね目標を達成できるレベルに到達していることを確認した。
  - ・一方、サンプルワークを実施した用途開発において、要求される品質は多様のため各製品レベルでカスタマイズする必要があり、実製品の製造量やコストレベルは各用途の製品毎に考慮する必要がある。そのため、本プロジェクトの成果を成果通りに発揮するためには、ある程度まとまった需要量がある部材で、本PJの目標物性に近しい設定の場合に限定されることになる。
  - ・幸い日本製紙は2023年8月にモビリティ用途では世界初となるCNF強化樹脂の製品販売に至り、複数の有望メーカーと共同研究を進めている。モビリティ用途では安全性評価等で採用に時間を要するが、まとまった年間需要量が期待できため、本事業の成果をこの用途に展開し、成果の企業化、さらには輸出となるよう検討を進めていく。
  - ・モビリティ用途以外では総じて年間需要量のレンジが小さいが、早期に販売・実用化に至ることから、並行して取り組み、需要喚起のアピールの場として活用していく

並行して取り組み、需要喚起のアピールの場として活用していく。		●期間・予算				
		2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
(単位:百万円)		15.45	243.668	155.362	86.34	113.64
上段:日本製紙	※11.086		19.26	49.28	25.05	27.514
下段:UBE	(※決算4,037)					

### ● 特許出願及び訴訟立案発表

特許出願及び論文発表				
特許出願	論文発表	発表・講演	雑誌掲載	その他
8 件	0 件	30 件	42 件	1 件

### 3.1.4. ①-4 伝動ベルトをターゲットとしたCNF複合化クロロプレンゴムの低成本 製造技術開発

テーマ名	伝動ベルトをターゲットとしたCNF複合化クロロプレンゴムの低成本製造技術開発	達成状況	◎
実施者名	東ソー株式会社 バンドー化学株式会社		
達成状況の根拠	<ul style="list-style-type: none"> <li>当初計画を1年前倒しして2022年で助成事業を終了</li> <li>事業化を推進し、2023年6月より販売を開始</li> <li>N1年度（2023年度）よりNEDOへの納付を開始（詳細は企業化状況報告に記載）</li> </ul>		

#### ●背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係

独自技術によりCNFをクロロプレンゴム(CR)にナノ分散し、複合化し、これを伝動ベルトの高効率化に適用することで従来技術では成し得ない特性を見出し実用化に目途をたてたが、その量産化に課題があった。そこで、本助成事業では、東ソー株式会社では、CNFを複合化したCR(CNF/CR)の量産化技術開発を検討、バンドー化学株式会社では、量産化されたCNF/CRを用いた配合設計とその性能評価を実施し、CNF/CRの実用量産化と高効率伝動ベルトの実用量産化達成を検討した。

CNF/CRが量産化により量産化された高効率化伝動ベルトはエネルギーの伝達効率向上、省燃費化に貢献し、これを実装した車両が増加することで、二酸化炭素排出量の削減が達成できる。

#### ●アウトプット目標

- ①CNF/CRの実用量産化、生産効率向上、他用途展開。
- ②高効率ベルトの実用量産化と適用品種拡大

#### ●実施体制

- ①担当：東ソー株式会社
- ②担当：バンドー化学株式会社

#### ●成果とその意義

##### ①CNF/CRの実用量産化

- CNFの量、分散度の評価法確立により量産時の工程分析による品質安定化、および製品規格として活用
- 量産スケールの試作を実施。期間中に6回の試作を行い生産性の目標を達成し、品質安定化条件の設定を完了。CNFを複合化したCRの実用量産化は世界で初。

##### ②高効率ベルトの実用量産化と適用品種拡大

- 車両負荷(排気量)に応じた伝動能力と耐久性の設計、最適化を実施。既存のCR製伝動ベルトでは達成不可能な優れた伝動効率を達成。
- 量産化されたCNF/CRにてベルトを作製し、品質確認済み。
- 2024年4月から高負荷向けダブルコグベルトを販売開始。CNF/CRを用いた伝動ベルトとしては世界初。

#### ●実用化・事業化への道筋と課題

##### ①CNF/CRの実用量産化

- 設備投資を実施し、生産を自動化。フルスケール(最大生産量)での連続生産実施。
- 各種ゴム製品に展開。物性は概ね良好で、実用化に目途がついたものもあるが、既存製品との差別化、コストアップに対する顧客(ユーザー)メリットに課題。

##### ②高効率ベルトの実用量産化と適用品種拡大

- 生産自動化設備、フルスケール生産品の品質確認
- 顧客へのサンプルワークを通じた適用品種拡大に向けた採用活動の継続

- 既存仕様からのコストアップに対する課題。コストダウン、他用途製品への適用。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	10.86 百万円	28.59 百万円	5.18 百万円	-	-

●特許出願及び論文発表				
特許出願	論文発表	発表・講演	雑誌掲載	その他
13 件	0 件	0 件	2 件	1 件

### 3.1.5. ①-5 革新的CNF複合樹脂ペレットの製造プロセスの開発

テーマ名	革新的CNF複合樹脂ペレットの製造プロセスの開発	達成状況	○
実施者名	大王製紙株式会社 芝浦機械株式会社		
達成状況の根拠	・当初計画通り 2022 年度で事業を終了し、事業終了後の計画に沿って進行しているため(2025 年度より量産開始)。		

#### ●背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係

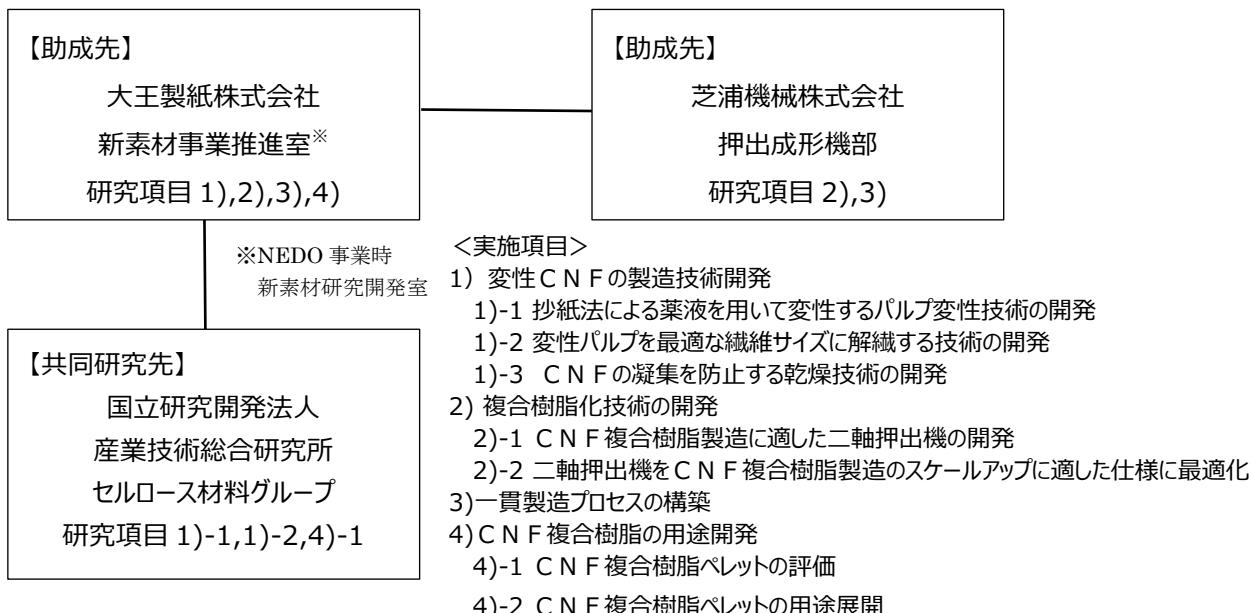
国内においては、CNFの製造プロセス及び用途開発は進められているものの、実用化に達しているものは未だ多くない状況である。CNFの実用化、用途拡大のためには、CNFの製造コスト低減が重要であるとともに、各製品用途に応じたCNFの利用拡大への加速が必要である。そして、製品用途拡大の技術開発を促進し、社会実装・市場拡大を早期に実現することは、二酸化炭素の排出量削減につながり、エネルギー転換・脱炭素化社会を実現するために、重要である。

本事業で実用化したCNF複合樹脂ペレットの普及およびスケールアップの効果により、数年後に原料から複合樹脂ペレットまで一貫製造する商用プラントを立ち上げて量産を開始し、事業拡大により 2030 年度末にCNFを10%配合した時のCNF複合樹脂の製造コスト目標以下の供給を達成する。

#### ●アウトプット目標

本技術開発では、①安価な薬液を用いたパルプを変性する技術(下図1)-1)、②部分的にCNF化する程度にまで解纖する技術(下図1)-2)、③CNFの凝集を防止する乾燥技術の開発(下図1)-3)は大王製紙株式会社が、④二軸押出機によるスケールアップ可能な条件で複合樹脂を製造する技術の開発(下図2) )は、大王製紙株式会社と芝浦機械株式会社が共同で取り組む。原料からCNF複合樹脂ペレットまでを一貫生産することで、従来の方法よりも中間品製造やその移動時に発生するコストとCO<sub>2</sub>を削減できる技術開発を行う(下図3)、4) )。

#### ●実施体制



#### ●成果とその意義

実施の効果の概要は下記の通りである。CNFの社会実装・市場拡大を早期に実現するため、2025 年度に原料から複合樹脂ペレットまで一貫製造する商用プラントを立ち上げて量産を開始した。

- ・薬液を紙に塗工する開発において、次工程の変性を均一に進行させるため、大王製紙は、製紙会社が持つ抄紙技術を応用しつつ、様々な塗工方式を検討し、薬液が均一に浸込む紙設計を過去の知見や様々な紙物性の調査から完成させた。
- ・薬液塗工した紙の変性技術の開発において、これまで変性に長時間要していたため、バッチ方式での検

- 討を進めていたが、大王製紙は、連続的かつ一貫的に製造可能な変性技術を確立するため、数十秒で変性できる条件を見出し、製紙技術を応用したロール to ロール方式による変性技術を確立した。
- ・二軸押出機によるCNF複合樹脂ペレットの生産において、これまで生産性が低いことが課題であったが、大王製紙による原料形態の見直しと、芝浦機械と大王製紙によるスクリュ許容トルクの高い二軸押出機での条件調整により、CNFの凝集、着色を防ぎつつ、高濃度CNFマスターバッチを高い生産性で製造できる技術を見出した（Φ48mm装置でCNF66%マスターバッチを250kg/h生産）。
  - ・大王製紙は産業技術総合研究所の協力を得て、複合樹脂中の纖維形態の確認やCNF化率の確認、ペレット着色度合いの数値化、CNF複合樹脂のリサイクル性評価といった分析を行い、開発を加速させた。

従来のCNF複合樹脂では、CNFの特徴を活かして樹脂を高強度化するための品質改善は各種検討されているが、社会実装するために必要な量産化のための検討は少なく、不十分であるためコスト低減が難しく、CNF複合樹脂の実用化検討が進まない課題となっている。また、CNF複合樹脂の製造では、押出機内での十分な混練が必要で、それによる生産性の低下や着色・臭いが発生する課題がある。本技術開発では、紙の製造プロセスを活用した安価な薬液を用いた変性CNFの量産化と、大王製紙株式会社と芝浦機械株式会社が共同で二軸押出機の最適化を行うことにより、着色・臭いの問題を改善するとともに、CNFを50%以上配合するCNF複合樹脂ペレットを、CNFを10%配合時のCNF複合樹脂の製造コストが目標以下で供給できる、原料からCNF複合樹脂までの一貫製造プロセスを確立する。この一貫製造プロセスにより、CNF複合樹脂の製造コストを大幅に低減できると見込んでいる。

また、競合技術では生産性が混練機の設備能力の10分の1程度とされているのに対し(Φ48mm混練機では50kg/h程度に相当)、この一貫製造プロセスではΦ48mmの二軸押出機で250kg/hと従来の5倍の生産性を達成している。これらの技術開発により日本最大※の年産2,000トンのCNF複合樹脂製造設備の導入に至った。

※当社調べ：(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19版)」掲載の国内CNFメーカーの製造設備の年間生産能力について公表されている範囲で最大(2025年6月末時点)

### ●実用化・事業化への道筋と課題

本技術研究で開発する一貫製造プロセスの生産性の目標は達成できており、従来の5倍程度の生産性を達成できる見込みである。さらに、バイオ素材配合90%以上を目指し、本研究で開発した変性CNFとバイオマス樹脂を組み合わせた複合材料の検討も可能である。

CNF複合化で剛性向上により材料の薄肉化が可能となり、軽量化や減プラスチックへの貢献が可能である。さらに、纖維が破断しにくいことから物性低下が小さく、マテリアルリサイクルが期待でき、特に、現在社会課題となっている再生プラスチックの利用促進に向けて、質の低下を補う素材としての利用拡大も期待できる。これらの特性を活かして、自動車部材、家電製品、建材、物流資材、日用品、容器・包装等の分野での用途展開を積極的に進めていく。

品質課題である①耐衝撃性と②ドライブレンド適性について、処方を見直すことで、①耐衝撃性を両立するグレードや②ドライブレンドに適用するグレードのラインナップを拡充し対応する。

●期間・予算 (単位:百万円) (上段:大王製紙) (下段:芝浦機械)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	22.8	168.2	39.8		
	8.3	23.6	15.0		

### ●特許出願及び論文発表(上段:大王製紙、下段:芝浦機械)

特許出願	論文発表	発表・講演	雑誌掲載	その他
15件	0件	15件	18件	27件
2件	0件	1件	1件	6件



### 3.1.6. ①-6 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

テーマ名	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	達成状況	△			
実施者名	CHEMIPAZ 株式会社（旧星光 PMC 株式会社）					
達成状況の根拠	<p>○：生産性向上目標について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・前処理工程：目標処理速度を達成</li> <li>・変性工程：目標生産速度を大きく上回って達成</li> <li>・複合化工程：目標生産速度に対し高い達成率を実現</li> </ul> <p>×：実用化検討について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・自動車部品での評価では、想定部品単体での要求物性クリアが困難</li> <li>・構造補強で性能達成は可能だが、軽量化効果が小さく実用化メリットが不十分</li> </ul> <p>総合的に、製造プロセスの改善は達成したもの、実用化に向けてはさらなる材料性能の向上が必要な段階である。</p>					
<p>●背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係</p> <p>背景</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・CNF 複合材料は低比重かつ高剛性な材料として、自動車部品の軽量化に期待されている</li> <li>・しかし従来の製造プロセスでは生産性が低くコストが高いため、実用化が進んでいない</li> </ul> <p>目的</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・CNF 複合材料の製造プロセスを 3 つの工程(前処理、変性、複合化)に分け、各工程の抜本的な見直しによる製造コストの大幅低減</li> <li>・高品質・高生産性を両立する CNF 複合材料の開発</li> <li>・自動車部材としての実用物性評価とフィードバック、最適な部品形状・利用法の開発</li> <li>・プロジェクトアウトカム目標との関係</li> <li>・生産性向上による CNF 複合材料の製造コスト低減</li> <li>・自動車部品への実用化検討を通じた市場開拓と CNF 複合材料の社会実装推進</li> <li>・石油由来樹脂の低減や燃費改善等による CO<sub>2</sub> 排出量の削減、及び持続可能な低炭素社会実現への貢献</li> </ul>						
<p>●アウトプット目標</p> <p>研究開発項目 1～3：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・前処理、変性、複合化の各工程で定めた生産速度目標の達成</li> <li>・新規相溶化剤の開発による物性向上</li> </ul> <p>研究開発項目 4・5：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・定めた強度や弾性などの目標値の達成</li> <li>・自動車部品としての実用物性評価と最適形状・利用法の開発</li> </ul>						
<p>●実施体制</p> <p>助成事業者：CHEMIPAZ 株式会社</p> <p>共同研究先：京都大学（研究開発項目 3） トヨタ車体株式会社（研究開発項目 4、5）</p> <p>CHEMIPAZ 株式会社</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・CNF 複合材料の製造プロセス開発全般を担当</li> <li>・前処理工程、変性工程、複合化工程の改善</li> <li>・新規相溶化剤の開発</li> </ul> <p>京都大学</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・CNF 複合材料の評価・解析</li> <li>・最適な相溶化剤の設計・開発を CHEMIPAZ 株式会社と共同実施</li> </ul> <p>トヨタ車体株式会社</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・自動車部材としての実用物性評価</li> </ul>						

- ・評価結果のフィードバック
- ・CNF複合材料を活用した部品形状設計や利用法開発

この3者の連携により、基礎研究から実用化までの一貫した開発体制を構築して進めた。



「STARCEL®」使用シューズの一例  
(株)アシックス GEL-KAYANO 25

### ●成果とその意義

主要な成果 :

- ・各工程で目標とした生産速度をほぼ達成
- ・CNF複合材料の物性目標達成、及び衝撃強度と剛性を両立する新規相溶化剤を開発
- ・自動車部品としての各種実用物性の取得と部品適用時の特性・課題を確認

意義 :

- ・CNF複合材料の製造プロセスの大幅な効率化を実現
- ・生産性向上によるコスト低減の目途付け
- ・自動車部品としての実用化にはさらなる材料性能の向上と構造最適化が必要との課題も明確になった (材料物性と部品評価の序列が逆転する場合もあり)

図1 事業開始前の成果



図2 研究開発体制

### ●実用化・事業化への道筋と課題

実用化への道筋 :

1. 顧客と共同で、自動車部品や各種発泡材料など様々な用途でのCNF複合材料の適用を目指す
2. 変性パルプやCNF複合材料だけではなく、開発した疎水化剤、相溶化剤等の販売を通じ、開発成果の幅広い社会実装を目指す

課題 :

1. 技術面
  - ・さらなる材料性能(剛性、衝撃性、流動性)の向上が必要
  - ・自動車部品構造の最適化検討が必要
  - ・量産時の品質安定性、連続操業性(プロセス全体の効率化)の改善
  - ・新規疎水化剤/相溶化剤のスケールアップ検討と用途開発
2. 事業面
  - ・コスト競争力のさらなる向上
  - ・用途開発の継続
  - ・市場ニーズとのマッチング

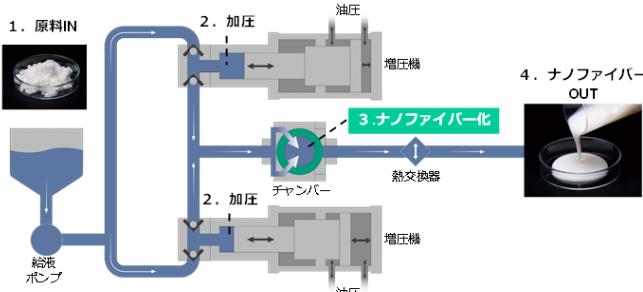
今後は、これらの課題解決を進めながら、自動車部品以外の用途も含めた市場開拓を行う必要がある。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	非公開	非公開	非公開	非公開	非公開

### ●特許出願及び論文発表

特許出願	論文発表	発表・講演	雑誌掲載	その他
非公開	0 件	6 件	3 件	0 件

### 3.1.7. ①-7 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

テーマ名	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	達成状況	○			
実施者名	株式会社スギノマシン					
達成状況の根拠	<p>高濃度CNFを安定的に製造可能なシステムを構築した。予定していた自動化については、費用対効果を鑑みて一部のみ達成した。</p> <p>CNF乾燥粉末については、研究開発前から約12倍の生産量を達成し、大幅なコストダウンも可能となった。</p> <p>CNF乾燥粉末とポリ乳酸(PLA)の複合体の開発、CNF乾燥粉末添加炭素繊維強化プラスチック(CFRP)の開発などより具体的で製品に近い材料の開発も行った。</p>					
<p>●背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係</p> <p>ウォータージェット法は、現在の機械処理によるCNF製造方法の中で最も高効率で低コストな手法の一つである。図1に模式図を示す。しかしながら、経済産業省がロードマップとして示した「2030年に500円/kg」を達成するためにはまだ高コストであり、ブレイクスルーが必要である。</p> <p>そこで、ウォータージェット法を進化させて、高品質で低コストなCNF分散液を製造し、得られたCNF分散液をCNFの特性を損なうことなく乾燥させる当社独自の乾燥方法も進化させる必要がある。</p> <p>また、高品質で低価格なCNFを製造しても使えなければ意味はない。CNFを各種材料の機能性添加剤と位置付けてCNFを少量添加した各種複合材料の開発も目標とした。</p> <p>それらの効果により本プロジェクトのアウトカム目標である「2030年には373万トンCO<sub>2</sub>/年の削減を目指し、その結果、石油資源の枯済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。」の達成に貢献する。</p>						
						
<p>図1 ウォータージェット法の模式図</p>						
<p>●アウトプット目標</p> <p>①高付加価値CNF分散液の製造コストを約60%にする(大量製造時)      ②高付加価値CNF乾燥粉末の製造コストを約10%にする(大量製造時)。      ③高機能CNF/ポリ乳酸複合体の開発、高機能CNF添加CFRPの開発。</p>						
<p>●実施体制</p> <p>実施者：株式会社スギノマシン      共同研究先：公立学校法人 富山県立大学</p>						
<p>●成果とその意義</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>当社の機械解纖CNF分散液は国内外問わず、最も高濃度(乾燥品、濃縮品を除く)でありながら、CNFの繊維径の均一さは高いとの評価を頂いている。また、本プロジェクトの成果により、大量製造時のコストは目標近くまで達成することができた。</li> <li>高付加価値CNF乾燥粉末は研究開発前の約12倍の生産量を達成した。また、本CNF乾燥粉末は化学的に処理されていない未修飾のセルロースにも関わらず、多くの樹脂に均一に分散する。図2にCNF乾燥粉末の写真を示す。</li> <li>富山県立大学のコンピュータシミュレーションにて、CNFの添加量は1wt%以下が望ましいことが分かった。また、実験結果とも一致している。</li> <li>高付加価値CNF乾燥粉末を生分解性樹脂であるPLAに少量添加することでPLAの耐衝撃性は1.5倍にな</li> </ul>						

り、引張や曲げ強度・弾性率も若干向上させることに成功した。図3にCNF/PLAのシャルピー衝撃強度試験結果を示す。

・高付加価値CNFをエポキシ樹脂に分散させた後に、炭素繊維と複合化することでCNF添加CFRPプリプレグも開発した。それを用いてゴルフシャフトやテニスラケットなどの実用化も検討中である。



図2 CNF 乾燥粉末

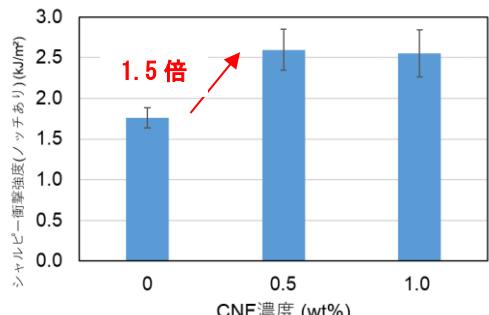


図3 CNF/PLAのシャルピー衝撃強度

#### ●実用化・事業化への道筋と課題

- ・ウォータージェット設備のスペシャリスト企業として、CNF水分散液の製造設備をさらに進化していく。
- ・CNF乾燥粉末については、CNF乾燥粉末のみならず、CNF/PLA複合体やCNF添加CFRPなどのアウトプットも含めて開発を継続し、事業の拡大を目指す。
- ・それに伴い設備投資（2027年度頃を目指す）やCNF人材の雇用・育成も推進していく。
- ・当社は、海外（9か国）に100%子会社を有しており、グローバルな販売ネットワークを構築している。そのネットワークを活用しCNFビジネスも広く海外展開していく。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	15.036	43.487	10.727	14.949	25.405

#### ●特許出願及び論文発表

特許出願	論文発表	発表・講演	雑誌掲載	その他
8件	0件	37件	13件	2件

## 3.2. 研究開発項目②：CNF 利用技術の開発

### 3.2.1. ②-1-1 CNF技術を利用した住宅・非住宅用内装建材の開発

テーマ名	CNF技術を利用した住宅・非住宅用内装建材の開発	達成状況	○			
実施者名	DAIKEN 株式会社 利昌工業株式会社					
達成状況の根拠	CNFの原料価格という課題に対して、利昌工業で製造した積層板を DAIKEN にて床板用の無機纖維板や木質纖維板と練り合わせていたが、利昌工業で木質纖維板に樹脂含浸基材を積層して加熱加圧成形することで、続く練り合わせ工程を省くことができ、製造工程の簡略化に伴う低コスト化が見込めるようになった。					
<p>●背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係</p> <p>CNFはバイオマス由来の持続・循環可能な低環境負荷素材として知られており、それを成形体として用いることで従来の木質系材料では実現できなかった高い剛性、強度を占めるようになるため、建築資材としても新しい付加価値を創出する可能性を秘めた素材として着目した。</p> <p>本事業では、CNFを主成分とするCNFの高強度成形板を用い、内装建材分野での新規用途の開拓とともに従来材の置換により新しい付加価値を創出し、社会実装することでCNFの大量需要の創出を目的とした。さらに、資材の軽量化により建材製造時や資材運搬並びに施工時に起因するCO<sub>2</sub>排出量の総合的な削減にも寄与できると期待できる。</p>						
<p>●アウトプット目標</p> <p>本事業では、CNFの成形板の強度や高度を活かし、木質材料が主体の建材の補強材や化粧面材の置換、薄肉化などを目指し、付加価値の大きな内・外装の建材の創出と社会実装を目標とした。</p>						
<p>●実施体制</p> <p>代表申請者：DAIKEN 株式会社 共同研究機関：公立大学法人秋田県立大学</p>						
<p>共同申請者：利昌工業株式会社 共同研究機関：国立大学法人筑波大学</p>						
<p>●成果とその意義</p> <p>①CNF板材の寸法安定性の向上</p> <p>CNFの成形板は、セルロースの吸水性が高いため容易に膨潤して強度の著しい低下と寸法が大きく変化する。CNF成形板への耐水性を付与するため、セルロースと相性の良いフェノール樹脂の含浸を試みた結果、前処理をすることでレゾール系フェノール樹脂がCNF成形板に均一に含浸することを見出し、その硬化物は、未含浸材と比べて吸水性やそれに伴う水膨潤率が98%以上低減した。また、弾性率や強度も未含浸品よりも向上した。</p>						
<p>②ドア面材への適用検討</p> <p>小片での試作検証では、強度面の要求品質は満たすことが分かった。しかしながら、住宅用木質ドアの軽量化効果は現状と同程度であり、優位性は見られなかった。一方で、非住宅用の鋼板ドアと比較すれば軽量化の優位性はあったが、不燃性能、強度の不足などが課題として見出された。</p>						
<p>③半屋外用耐傷性床材の開発と実装</p> <p>木質ボードの表面にCNF板を張り合わせることで、耐傷性床材としての品質を満たすことが確認でき、木質系フロアの非住宅用床材に適用できることが判明した。そこで、樹脂含浸CNF板材を用いた耐傷性床材の実大試作および実装による実証評価を実施した。</p>						
<p>●実用化・事業化への道筋と課題</p> <p>事業終了後である2023年4月から3年間を企業化検討期間として設け、2025年度末にそれまでの検討結果をもとに企業化を判断する。</p> <p>本事業ではCNFの原料価格が現実的でないことが大きな課題であり、経済産業省の予測に基づき2030</p>						

年ごろには CNF 価格が一般化することを想定していた。しかしながら、CNF の価格は横ばいのままであり、本事業には現状の CNF 価格では適応が困難であることが明らかであった。価格面での課題解決のため、市販の紙を選定し、既存設備による樹脂含浸工程を適用することで、樹脂含浸 CNF 板材と同等以上の寸法安定性と強度の樹脂含浸積層板を開発することができたが、既存の建材に対しての価格優位性が十分に見いだされず、工程で有利になるような製法の開発を進めることとなった。

これまで、利昌工業で製造した積層板を DAIKEN にて床板用の無機纖維板や木質纖維板と練り合わせていたが、利昌工業で木質纖維板に樹脂含浸基材を積層して加熱加圧成形することで、続く練り合わせ工程を省くことができ、製造工程の簡略化に伴う低コスト化が見込めるようになった。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	41	177	51	-	-
●特許出願及び論文発表					
特許出願	論文発表	発表・講演	雑誌掲載	その他	
1 件	1 件	15 件	15 件	0 件	

### 3.2.2. ②-1-2 自動車部品実装に向けたCNF複合材料開発、成形・加工技術開発

テーマ名	自動車部品実装に向けたCNF複合材料開発、成形・加工技術開発	達成状況	△
実施者名	ダイキヨーニシカワ株式会社		
達成状況の根拠	外観の未達		

#### ●背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係

世界的に地球環境保護が大きく呼ばれている中、自動車を含む運輸部門からのCO2排出量は、全排出量の約20%を占め、自動車業界にとってCO2削減は非常に大きな課題となっている。

そのため、燃費向上や電動化が進んでおり、ダイキヨーニシカワも双方に共通するニーズとして部品の軽量化開発を進めている。CNFは木材などから採れる天然由来のグリーン材料であり、軽くて強い（鋼鉄の1/5の軽さで5倍の強度）特徴を有している事で、以前より有効的な素材として着目していたが、耐熱性と樹脂との相溶性に優れた材料、高効率で連続的に製造する安価な革新技術が開発された事をきっかけに、セルロースナノファイバー活用に関する研究開発を実施した。

自動車業界では車両重量▲10%軽量化を目指した環境省主導のNCV（Nano Cellulose Vehicle）プロジェクトが発足し（ダイキヨーニシカワも所属）、各社、部品毎への検討も加速している。

但し、車両搭載を実現するには、大幅物性向上、寸法や外観品質安定性、安全性、生産性の改良が必要な状況で、各社、実装に向けて、利用技術の開発を実施している状況である。

ダイキヨーニシカワとしては、競合他社に対して一早く実装に向けた技術確立を目指し、今まで培ってきた、エンジン部品（オイルストレーナー、インテークマニホールド）やボディ部品（フェンダー、バックドア）の樹脂化開発、内製複合材料設計、コンパウンド技術、成形技術を基に、部品や自動車としての性能評価を実施し、自動車部品への課題解決、早期実装と採用拡大を実現させる。

#### ●アウトプット目標

自動車のCO2削減に向けて、電気自動車・燃料電池自動車の開発が加速してきているが、低コスト化や充電装置インフラ整備などの課題は多く、当面、内燃機関の燃費向上が急務となっており、強くて軽い特徴を兼ね備えたセルロースナノファイバーによる軽量化効果に期待が出来る。

CO2削減に向けた自動車部品の軽量化を狙い、従来複合材料（タルク・ガラス繊維）、エンプラに代わる樹脂補強材として、軽くて高強度なCNF複合材の材料設計、成形・加工技術の開発を実施し、自動車部品への課題解決、早期実装と採用拡大を実現させる。

#### 1. 軽量化目標

自社製造の自動車部品全てに対し、軽量化▲20%を目標として設定。

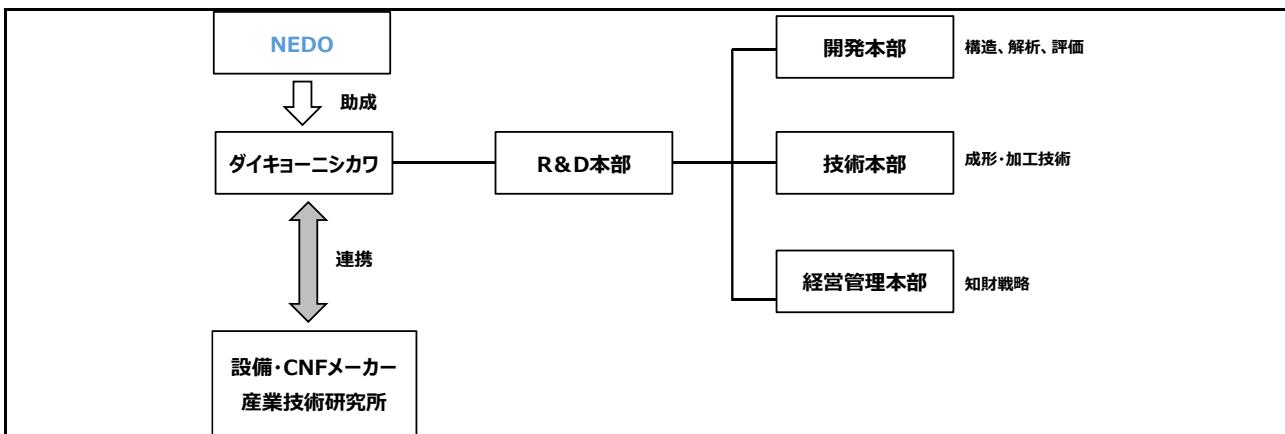
目標物性、製品スペックの難易度毎に実装し、走行時のCO2削減は、2030年：10%低減の効果が得られる

と推定。

#### 2. 目標物性

PP/CNF材の実装を狙い、内洞部品、外装部品に適用可能な物性設定。

#### ●実施体制



### ●成果とその意義

基礎物性向上については、CNF の均一分散を狙った CNF の疎水変性、分散助剤、膨潤剤の検討、コンパウント工程の条件、材料投入位置、スクリュ形状などの検証を行った。又、衝撃性向上として、PP 樹脂へのゴム分散、CNF とゴムの界面結合、相溶化材、ゴム添加方法などを検証した。開発の当初より、繊維の分散、基礎物性は向上しつつあるが、曲げ弾性率と衝撃の両立することは困難であった。

自動車部品への実装を加速させるため、基礎開発と並行して、新たに部品選定を追加し製品開発を進めた。以上で得られた結果をもとに、実用化・事業化を実現することで、カーボンニュートラル推進、SDGs への貢献を通して、当初目標としていた 2030 年時点での内装、外装部品市場の 10% のシェア獲得を目指す。また、CNF 複合材を自動車部品へ順次採用することで、部品の軽量化による走行時の CO<sub>2</sub> 削減は、10% 低減が期待できる。

### ●実用化・事業化への道筋と課題

CNF 技術の確立及び社会実装を他社に先行して実現する為、これまでに培った内製複合材料設計技術、コンパウンド技術、成形技術（事例：エンジン部品の樹脂化→オイルストレーナー／インテークマニホールド、ボディ部品の樹脂化→フェンダー／バックドア）をもとに、部品や自動車としての性能評価を実施し、自動車部品へ展開する上での課題解決、早期実装と採用拡大を実現させる。目標物性、製品スペックの難易度毎に、内装部品（インパネコア、コンソールパネル、グローブ BOX）、外装部品（サイドステップ、Re/スポイラー）、ボディ（フェンダー、バックドア）、エンジン部品（バッテリーケース）と開発ステップを設定し、順次、従来材から CNF 複合材への材料置換を展開していく。主たる取引先であるマツダ・ダイハツ工業を筆頭に、国内全自動車メーカー（トヨタ、日産、ホンダ）各社への提案を行う。又、当初の計画から追加した活動内容である PP/CNF 複合材の自動車製品への実用化については、対象部品をインストルメントパネル、スポイラーに設定しており、量産型を用いて成形性検証、客先のスペック評価を実施し、課題抽出と対策に取り組む。

実用化に向けた課題としては、樹脂との相溶性、均一分散、吸水・吸湿による物性低下や寸法変化、成形性、熱安定性（200°C以上で熱分解）などがあるが、最大の課題は材料コストである。

CNF 製造コストは下がりつつあるが、自動車部品の多くは、安価の PP/タルク材や PP/GF 材であり、採用拡大を実現するためには、更にコスト低減が必須である。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	15	20	20	15	15

### ●特許出願及び論文発表

特許出願	論文発表	発表・講演	雑誌掲載	その他
1 件	0 件	0 件	3 件	件

### 3.2.3. ②-1-3 革新的ガス吸着再生CNF複合フィルタを用いたデシカントフィルタシステムの開発

テーマ名	革新的ガス吸着再生CNF複合フィルタを用いたデシカントフィルタシステムの開発	達成状況	◎
実施者名	進和テック株式会社		
達成状況の根拠	CNF 基材での H <sub>2</sub> O 絶対吸着量で 250mg/g (30min) ⇒ 307.7mg/g フィルタエレメントでの通気抵抗 100Pa 以下 ⇒ 92Pa 400 時間の連続使用後に 50gH <sub>2</sub> O/h の吸水機能を維持 ⇒ 66.3gH <sub>2</sub> O/h 400 時間の実寸大連続実働運転試験後に 50gH <sub>2</sub> O/h の吸水機能を維持 ⇒ 50gH <sub>2</sub> O/h 100 台分のエレメントの水分吸着能力が 50gH <sub>2</sub> O/h の 10% 以内 ⇒ 10% 以内		

#### ●背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係

本研究開発では、CNF の高い比表面積と吸湿性の特性を湿度管理に活用する、車載用デシカントフィルタシステムの製品化を目指す。現状、フロントガラスの曇り防止方法としては、車内への外気の導入、カーエアコン（デフロスター）によるフロントガラスへの熱風の吹き付け等が行われている。しかしながら、いずれの方法もエネルギーのロスが大きく、密閉された車内で長時間運転する際は不向きである。

そこで、CNF を活用したデシカントフィルタを車に搭載し、車内で当該フィルタを経由しての空気循環を行うことで湿度管理を行える空調システムを提供する。

#### ●アウトプット目標

車内空間をおよそ 4 m<sup>3</sup>、温度 23°C、相対湿度 50%、車外温度を 0°C とした場合、フロントガラスの曇り防止のためには室内の水分を 50gH<sub>2</sub>O/h 削減する必要がある。

それを達成するため、研究開発の第一段階として、CNF 素材ベースで 250mg/g(30min) の除湿効果の達成を目標とする。第二段階として、得られた CNF 素材をもとに形状等を検討し、フィルタエレメントを成型して評価する。その後、フィルタエレメントを組み込んだデシカントフィルタシステムを設計試作し、400 時間の連続使用後に 50gH<sub>2</sub>O/h の吸水機能を満たすことを目指す。第三段階として、量産化を想定して除湿性能の均一性が 10% の範囲内であるデシカントフィルタエレメントの製造工程を確立する。

#### ●実施体制

【助成先】進和テック株式会社

【共同研究先】国立大学法人東京工業大学（現・東京科学大学）松本英俊教授

国立研究開発法人産業技術総合研究所 遠藤貴士博士、榎原圭太博士

#### ●成果とその意義

##### 〔1〕CNF 素材、各種基材の選定と性能評価

CNF 材料は、産総研が参画していた NEDO 委託事業「木質系バイオマスの効果的利用に向けた特性評価」での評価結果、および産総研の遠藤博士が持つノウハウより選定した。これを、産総研においてグラインダー法にて CNF 化した。このスラリー状の CNF サンプルを東工大に送付し、フィルタ用素材として用いるために凍結乾燥処理を施した。サンプルを遠心分離にかけ、t-BuOH 置換を行い凍結乾燥処理した。また、サンプルの比表面積測定を実施した。凍結乾燥したサンプルを進和テックに送付し、CNF 単体での水分吸着量を測定した。種々の条件で選定を行い、目標値を達成した。

##### 〔2〕フィルタエレメントの形状検討、加工評価

CNF を活用するにあたり、積層密度、あるいは纖維量が過剰である場合、通風時の抵抗が増えて車載用送風機の消費エネルギーも増すこととなる。逆に、CNF の量が少なすぎる場合、十分な除湿機能を発揮することができないだけでなく、エレメントの破損の原因にもなりうる。これらの課題を解決するために、進和テックが長年商材として扱っているフィルタのノウハウをもとに、フィルタエレメントの加工試作を行った。CNF 素材性能測定用のワンパス性能測定装置を用いることとし、装置に取り付け可能なサイズのサンプルを製作した。フィルタ性能を確認し、目標値を達成した。

##### 〔3〕デシカントフィルタシステムとしての性能評価

製品として長期的な使用を可能にするためには、フィルタエレメント自体の吸着性能の向上と合わせて、一度吸着した水分を加熱再生により脱離させ連続的に機能を回復させることが必須である。進和テックにて性能評価用に模擬したデシカントフィルタシステムを設計製作し、項目②にて開発したフィルタエレメントを組み込んでシステムとしての除湿機能、加熱条件の検討、加熱時の再生機能を行った。ハニカム型・充填型・プリーツ型の各々について加熱再生試験を行い、車載を想定したユニット寸法でフィルタ質

量を換算し、ハニカム型において目標値を達成した。

#### 〔4〕実寸大デモ機での実働評価

長期的に連続使用するには、デシカントフィルタシステムを2系統準備し、流路を切り替えながら除湿と加熱再生を同時に実行する必要がある。項目③で確立したデシカントフィルタシステムの諸条件を用い、進和テックにて再生が可能となる加熱条件を設定して、流路切替弁を備えた実車への搭載を想定した実寸大でのデモ機の設計・製作を行った。実際に車載使用した際に2~3年分の使用期間として想定した400時間の連続試験を実施した。一時的な水分吸着量の増減は見られたものの、目標値である50gH2O/hの吸着量を維持しており、連続使用に問題がないことが確認できた。

#### 〔5〕本空調システムの量産化検討

製品化を目指した量産化検討にあたり、フィルタエレメントの効率的な生産と性能の均一性の制御が課題となってくる。まず、各フィルタエレメント形状について、原材料及び製造コストの評価を行った。その結果、凍結乾燥工程が不要で最もコストが安価であり、かつ製造のしやすさにおいても工数をかけずに製造可能である、ハニカム型にて量産化の検討を行うこととした。フィルタユニットを100台分製作し、それらの性能のバラつきを確認した。材料ロット各々で水分吸着量を測定し、性能のバラつきが10%以内に入っていることを確認した。

競合技術である活性炭、シリカゲルは水分吸着量がCNFの1/4~1/2程度であり、CNFと同等の性能を得るには2~4倍の量が必要となる。車載用としてコンパクト化が必要であり、コストと性能のトータルバランスはCNFが最も優れている。

#### ●実用化・事業化への道筋と課題

事業化にあたっては、CNFの製造コストが最大の制約となる。車載用デシカントフィルタの商流としては、CNF及び各種基材を進和テックが購入して自社にてフィルタエレメントの製作、加工を行い、デシカントフィルタシステムに組み込む形で納入することを想定しているが、現時点でのコスト的ネックとなるCNFグラインダー工程について、より最適化・省略化ができないか産総研・東工大と今後も討議検討していく。

本事業の実施当時、進和テックと某自動車メーカーと共同で基礎研究に取り組んでおり、仮に量産化が実現した場合は2024年度において年間3.5万台、関連機種すべてに派生した場合は年間400万台に対して、開発品であるデシカントフィルタの販売が見込めていた。しかし、某自動車メーカーの体制の変更があり車載用デシカントフィルタの採用が頓挫してしまい、量産効果を見越した他分野への横展開もコストがネックとなり進んでいないのが現状である。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	130	150			

#### ●特許出願及び論文発表

特許出願	論文発表	発表・講演	雑誌掲載	その他
1件	0件	1件	0件	0件

### 3.2.4. ②-1-4 炭素循環社会に貢献するセルロースエコマテリアル開発および適用検証

テーマ名	炭素循環社会に貢献するセルロースエコマテリアル開発および適用検証	達成状況	○
実施者名	パナソニックホールディングス株式会社		
達成状況の根拠	開発目標として設定した数値目標を全て達成した。 <1> セルロース濃度の高濃度化：セルロース 70%、歩留まり、強度等目標達成 <2> 完全バイオ化：バイオ比率 95%以上、歩留まり、強度等目標達成 <3> パイロットモデル検証：天井扇充填、外観評価、強度試験等目標達成		
<p>●背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係</p> <p>近年、世界的に石油消費量が拡大する中、非石油由来原料への転換が急務となっている。しかし、従来のバイオマス樹脂は強度、耐久性の面で課題があり、長期使用が前提となる家電等の部材へは適用が限定されている。</p> <p>セルロースファイバーを樹脂に高濃度に複合化することで、高性能の樹脂でありながら、石油使用量を削減することができる。本事業において、高性能かつ石油使用量削減可能な複合材料を開発し、家電等へ適用することで、炭素循環社会実現に貢献することを目的とする。</p>			
<p>●アウトプット目標</p> <p>開発課題として、下記の3項目を挙げ、それぞれに製品適用に必要な目標を設定した。</p> <p>&lt;1&gt;セルロース濃度の高濃度化：セルロース 70%において歩留まり、強度等を達成すること &lt;2&gt;完全バイオ化：バイオ比率 95%以上において歩留まり、強度等を達成すること &lt;3&gt;パイロットモデル検証：天井扇ブレードをターゲットとして、強度試験等を達成すること。</p>			
<p>●実施体制</p> <p>パナソニックホールディングス(株) 単独実施</p>			
<p>●成果とその意義</p> <p>&lt;1&gt;セルロース濃度の高濃度化</p> <p>セルロースファイバー(CeF)高濃度材として、CeF70%-PP 材料の複合化開発を行い、流動性改善手段と、改善した場合の物性の変化について、把握することができた。流動性改善手段としては、可塑剤等の添加剤の添加、高流動タイプの樹脂種への変更、プロセス面(温度)での対応があることを確認した。</p> <p>連続生産 CeF70%-PP_8H以上の目標を達成し、歩留まりは目標の 95%を上回る 95.2%を達成。曲げ弾性率も目標の 3,400MPa を上回る 5,464MPa を達成した。</p> <p>また、CeF70%-PP 材料の成形開発を行い、難流動性材料の成形手法として部分圧縮成形工法の検証を実施した。圧縮位置と樹脂だまりの形状による流動性向上効果を明らかにした。</p> <p>天井扇ブレード体積 100%充填の目標を達成し、木質感実現のための色差<math>\Delta E</math> : 5 以上の目標を上回る<math>\Delta E</math> : 15.7 を達成、纖維浮き限度見本内を達成した。</p> <p>以上により、高濃度セルロース 70%の材料において、生産性、強度物性、成形性を確保できる技術を確立した。一般な複合材料においてセルロース濃度は 10%程度が多く、高くても 50%前後であるため、より石油使用量削減が可能なエコマテリアルの実用化に目途が立った。</p> <p>&lt;2&gt;完全バイオ化</p> <p>一般に広く流通している PP などの石油由来樹脂に替えて、完全バイオ化として植物由来の BioPE、PLA との複合化開発を行った。材料の選定と溶融粘度の検証により、最適な材料レシピを見極めた。</p> <p>セルロース 70%以上の目標を達成し、材料歩留まり 95%以上 (BioPE ベース 95%、PLA ベース 98.5%) を達成した。曲げ弾性率目標の 3,400MPa を上回り ( BioPE ベース 6,239MPa、PLA ベース 8,155MPa ) 、バイオ比率目標の 95%以上を達成 ( BioPE ベース 97%、PLA ベース 99.9% ) することができた。</p> <p>また、完全バイオ化の成形開発を行い、新規材料の流動性向上手法として、流動解析精度の向上に取り組んだ。バーフロー成形型での流動特性、圧力分布実測により、完全バイオ化材料の流動解析モデルをチューニングし、流動長などの解析精度を向上した。これにより、製品形状に対してあらかじめ充填可否判定や成形条件の改善が可能となり、適用検討を高速化できるようになった。</p> <p>この結果、製品形状 100%充填の目標を達成 (BioPE ベース : 天井扇ブレード、PLA ベース : カップ) し、BioPE ベースの天井扇ブレードにおいて、木質感実現のための色差<math>\Delta E</math> : 5 以上の目標を上回る<math>\Delta E</math> : 5.8 を達成、纖維浮き限度見本内を達成した。</p> <p>以上により、完全バイオ化材料は石油由来材料をほとんど使用せずに、実製品に適用可能な物性を実現</p>			

することができたため、従来の植物由来樹脂では適用できなかった製品への適用可能性が広がった。

#### <3>パイロットモデル検証

パイロットモデル検証として、天井扇ブレードをターゲットとし、具体設計を実施した。

耐荷重試験で目標 70kgf/2 枚の試験をクリアして目標を達成した。

パイロットモデルの試作評価を行い、開発材料での成形検証と、金型改造による充填性の向上に取り組んだ。最終製品形状においては、3 種の材料 (CeF55%-PP/CeF70%-PP/CeF55%-BioPE) で体積 100% 充填の目標を達成した。また組立後ソリ量バラつき 2mm 以下/5 枚の目標に対し、ソリ量バラつき 1mm 以下で目標を達成した。

材料および物性最適化として、外観および信頼性試験を実施し、課題対策を行った。

最終形状において、木質感実現のための色差  $\Delta E$  : 5 以上の目標を上回る  $\Delta E$  : 19.5 を達成、1H 連続成形における繊維浮き限度見本内を達成した。ただし、耐光性試験では実試験で NG となり、耐光性添加剤と着色剤を用いることで耐光性を改善した。試験片形状で耐光性試験 100H を実施し、 $\Delta E$  : 3 以下の目標に対し、 $\Delta E$  : 1.27 で目標を達成した。

このように材料物性のコントロールと、製品形状、金型構造の最適化により、幅広い製品に必要な特性を確保することが可能となり、適用可能製品群が広がった。

次なる課題として、材料コストがあり、本事業外の取組ではあるが、コストダウンにも取り組んでいる。材料コストの多くを占める混練加工費について、生産性を 3 倍に高める取り組みを行うことで材料コスト半減にも目途を付けた。それでも汎用樹脂に対してはかなりの乖離があるため、引き続きコストダウンに取り組むことで、事業化を加速する。

#### ●実用化・事業化への道筋と課題

研究開発成果の企業化について、自社製品への適用を目指して活動している。

当社のセルロースファイバー（部分的にナノ化するまで解纖したセルロースの繊維）複合樹脂は、原料となるパルプを、水等の溶液を使わない乾式プロセスでベース樹脂（PP、石油由来）に複合化させていく。この乾式プロセスは、完全にセルロースをナノファイバー化させる湿式プロセスに比べ、低エネルギーで実施できるため、比較的低コストであり、セルロース成分の熱劣化を抑制できる。このとき、セルロース成分は部分的にナノレベルまで解纖した、ミクロンオーダーの繊維となっており、樹脂への補強効果は他社のセルロースナノファイバーと同等を実現できている。繊維の解纖が不十分な木粉複合樹脂（ウッドプラスチック）に比べて強度が高い。また、工程数が少なく、一般に入手可能な原材料を用いることができるため、材料コストも競争力のあるレベルに低減できる見込みである。

開発成果の材料ではないが、高濃度化、完全バイオ化の技術進化と、製品適用検証のノウハウ蓄積により、さまざまな製品適用事例を生み出している。製品適用事例として、アパレル向けのボタンでの採用と、ソープディスペンサー、ソープディッシュへの採用が決定し、リリースを実施している。また、福知山市と連携協定を締結し、市内の小中学校に向けて、「人と環境に優しい小中学校の給食食器」として適用を開始している。

今後も適用検証を進め、様々な分野で展開を拡大していくことができる見込みである。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	120	120	120	0	0

#### ●特許出願及び論文発表

特許出願	論文発表	発表・講演	雑誌掲載	その他
3 件	0 件	0 件	0 件	0 件

### 3.2.5. ②-1-5 CNF配合エラストマーの製造プロセス低コスト化による製品実装技術開発

テーマ名	CNF配合エラストマーの製造プロセス低コスト化による製品実装技術開発	達成状況	△
実施者名	住友ゴム工業株式会社 日本製紙株式会社		
達成状況の根拠	<ul style="list-style-type: none"> <li>CNF 製造コスト：目標を超えて達成</li> <li>繊維径測定時間：目標を超えて達成</li> <li>MB 製造時間：WMB は目標未達、OMB はラボ、外注ともに目標達成</li> <li>MB エラストマー材料特性：WMB、OMB ともにラボで目標達成、外注では目標未達</li> <li>エラストマー製品コスト：タイヤ製品では目標未達、産業用製品は目標達成</li> <li>エラストマー製品耐久性：適合性を確認し、目標達成</li> </ul>		

#### ●背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係

住友ゴムは2019年、世界初のCNF使用タイヤ「エナセーブ NEXT III」を発売。タイヤ市場の85%を占める低燃費タイヤにおいて、CNFは高機能だが材料コストが課題。CNF配合部品は従来の2倍以上のコストで、その8割がCNF材料コストとなっており、材料コスト削減は重要課題である。

一方、CNFは従来補強剤のカーボンブラック(CB)のみを配合した場合と比較すると低燃費性に優れ、タイヤ使用時の乗り心地性も良好であり、高機能性材料として有望である。

そこでタイヤ分野で85%以上を占める低燃費タイヤをメインターゲットとして日本製紙製セレンピアTC-01Aよりも低コストでかつ、CBよりも低燃費性に優れたCNFを開発する。目標値は、①CNF材料コスト削減(コスト60%減)、②MB条件検討(製造時間65%減)、③製品への実装検討(製品耐久性、適合)とした。

#### ●アウトプット目標

本事業の最終目標は事業化検討に向け、表記載の目標のコスト目標をはじめ、住友ゴムの製品群に適用可能な材料物性値を満たし且つ、市場耐久規格を満たすCNF配合エラストマーを開発することである。実現に向けた技術課題を図に示す。日本製紙は課題①に、住友ゴムは、課題②、③に取組む。

表 本事業での開発目標一覧

目標値一覧背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係		現行 CNF	2020 年度	2021 年度	2022 年度
1) エラストマー向け CNF 材料コスト削減技術開発					
目標 1.	CNF 材料コスト	100	75	55	40
目標 2.	繊維径測定時間	100	80	75	50
2) 高生産性 WMB 条件検討					
目標 3.	MB 製造時間	100	75	55	35
目標 4.	MB エラストマー材料特性				
	材料強度	100	80	90	90
	低燃費性	100	95	95	95
3) 製品への実装検討					
目標 5.	エラストマー製品コスト				
	タイヤ製品	100	-	100	100
	産業用製品	100	-	-	105
目標 6.	エラストマー製品耐久性	-	-	適合	適合

#### 目標: 所定の材料物性値を満たし市場品質を満たすCNF配合エラストマーを開発する。

##### 【課題①】目標特性を有するCNFの開発と量産時のCNF原材料管理方法を確立する

研究開発項目	概要、目標	担当
1) エラストマー向けCNF材料コスト削減技術開発	目標材料特性を満たすCNFを製造	日本製紙
2) 繊維形状定量的評価法開発	オンラインで繊維形状評価法を開発	日本製紙 東京大学
3) 安定生産条件検討	開発CNFを安定生産する製造法を開発	日本製紙

##### 【課題②】コストで高生産性のウエットMB製造条件を確立する

研究開発項目	概要、目標	担当
1) 高生産性MB条件検討	製造時間と材料特性を両立する条件開発	住友ゴム
2) CMB製造条件開発	製造時間と材料特性を両立する条件開発	住友ゴム

##### 【課題③】製品適用可能な市場品質を有するCNF配合エラストマーを開発する

研究開発項目	概要、目標	担当
1) 製品への実装検討	タイヤ部品での社内品質基準を満たす	住友ゴム
2) 産業用製品開発	産業品での社内品質基準を満たす	住友ゴム

図 技術課題と達成手段一覧

#### ●実施体制

- 住友ゴム工業株式会社：開発責任者。高生産性条件の検討、製品への実装検討
- 日本製紙株式会社：CNF 製造コスト削減。タイヤ/エラストマーに最適な CNF 開発
- 国立大学法人東京大学：繊維形状の定量的評価方法開発

#### ●成果とその意義

##### 目標 1 CNF 材料コスト

- 解繊度合いを適度に粗くすることで脱水加工性の向上を図りつつ、ゴム補強効果を両立する最適な解繊レベルのCNFを開発した。

目標項目	基準 既存CNF	開発目標	実績
1) エラストマー向けCNF材料コスト削減技術開発：研究項目①、②、③			
目標1. CNF材料コスト	100	40	20
目標2. 繊維径測定時間	100	50	10

- ・このCNFは新規開発した簡易な解纖機で製造できるため、新たな現地解纖ビジネスモデルを構築することが可能であり、CNF材料コストは20となり目標を達成した。

## 目標2 繊維径測定時間

- ・動的光散乱法の平均粒子径により繊維形状が分析できることを明らかにした。測定時間は目標100に対して10となり大幅に短縮した。

## 目標3 MB 製造時間

- ・WMBの製造時間は、ラボスケールでは55で未達、外注試作では簡略設備で製造可能なことを確認でき、生産性は量産可能な水準まで改良できる見込みが立った。(詳細未開示)
- ・開発したOMBの製造時間は、ラボスケールで15、外注試作で25となり目標達成できた。

## 目標4 MB エラストマー材料特性

- ・WMBの材料特性はラボスケールで材料強度103、低燃費性77で目標達成できた。外注試作ではCNF減量の組成調整込みで、材料強度100で目標達成。低燃費性は99で目標未達だが既存CNFと同等の低燃費性を確保した。
- ・開発したOMBの材料特性はラボスケールで材料強度97、低燃費性79で目標達成できた。外注試作では材料強度は88で目標未達、低燃費性は75で目標達成だった。

## 目標5 エラストマー製品コスト

- ・開発したOMBをもじいてタイヤ用インナーライナーに採用した場合の製品コストを試算した。
- ・単純に配合した場合、コスト133で目標未達であったが、寸法安定性向上分を軽量化できたと仮定するとコスト89となり目標達成となる可能性がある。

## 目標6 エラストマー製品耐久性

- ・試作した製品で社内耐久規格試験を実施したところ市場性適合を確認した。

### 製品への実装検討(製品耐久性、適合)

- ・当初は、インナーライナー配合への適用を目標としていたが、現状は社内でニーズある部材にて製品耐久性や適合性の検討を実施している。

### ●実用化・事業化への道筋と課題

- ・2025年 タイヤ適用先部材の検討、品質課題の解消、配合設計CNF製造プロセスの仕様検討
- ・2025年 CNFの製造プロセスの仕様決定、および適用可能性検討
- ・2026年 事業性の精査、および事業化判断
- ・2027年 量産設備設置・稼働

現在は製品適用の検討段階であるが、耐久品質悪化やゴムヤケが発生し易くなる方向に物性が変化するなど性能/品質面での課題が出てきており、MBの仕様最適化、配合設計などでの調整を通じて品質課題の解決を目指す。19年当時の仕様と比較してMB価格は低減できたが、タイヤ原材料としての汎用化するには非常に高額な部類となるため、製造プロセスの最適化を目指す。

目標項目	基準 既存CNF	開発目標	ラボ 実績	外注試作 実績
2) 高生産性MB条件検討；研究開発項目④、⑤、⑥、⑦、⑧				
研究開発項目④、⑤；WMB検討 ※ラボ実績は開発CNF①の結果				
目標3.	MB 製造時間	100	35以下	55
目標4.	WMB エラストマー材料強度	100	90以上	103
	WMB エラストマー低燃費性	100	95以下	77
研究開発項目⑥、⑦；OMB検討				
目標3.	MB 製造時間	100	35以下	15
目標4.	OMB エラストマー材料強度	100	90以上	97
	OMB エラストマー低燃費性	100	95以下	79
3) 製品への実装検討 ※目標5はテニスボールでの実績				
目標5.	エラストマー製品コスト			
	タイヤ製品	100	100	-
	産業用製品	100	105	-
目標6. エラストマー製品耐久性				
	タイヤ製品 新品耐久性	-	適合	-
	タイヤ製品 劣化耐久性	-	適合	-

### ●期間・予算 (単位:百万円)

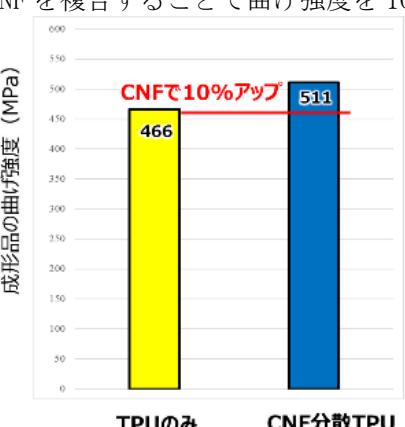
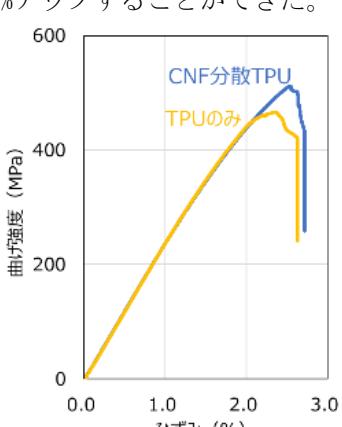
2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
--------	--------	--------	--------	--------

2.4	18.7	9.6	-	-
4.5	3.1	11.4	-	-

### ●特許出願及び論文発表

特許出願	論文発表	発表・講演	雑誌掲載	その他
9件	0件	2件	0件	0件
1件	0件	0件	0件	0件

### 3.2.6. ②-1-6 水性樹脂を用いた環境適合型CNF複合樹脂の製法開発とCFRPへの適用

テーマ名	水性樹脂を用いた環境適合型CNF複合樹脂の製法開発とCFRPへの適用	達成状況	○			
実施者名	ミズノ株式会社 第一工業製薬株式会社					
達成状況の根拠	<p>本事業では、セルロースナノファイバー(CNF)を均一に分散させた熱可塑性樹脂(TPU)を用いたCFRTP(炭素繊維強化熱可塑プラスチック)の開発を行い、以下の目標を達成した。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CNF分散技術の確立</li> <li>• 脱水・シート化プロセスの確立</li> <li>• CNF分散CFRTPにおいて強度10%アップ</li> <li>• スポーツシューズ部品への適用と現行品に対する優位性の確認</li> </ul>					
<p>●背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係</p> <p>近年、軽量・高強度なCFRTPの需要が自動車・航空機・スポーツ用品分野で拡大している。従来の熱硬化性樹脂ではリサイクル性に課題があったため、熱可塑性樹脂(TPU)とCNFを組み合わせることで、環境負荷低減と高性能化を両立する新材料の開発を目的とした。</p> <p>本事業のアウトカム目標は、CNF分散技術の確立、効率的な脱水・シート化プロセスの開発、スポーツ用品への実用化、現行品に対する優位性の実証である。実際にInsole Plate(インソール部品)を試作し、現行品よりも薄く軽量でエネルギー効率に優れることを確認した。</p>						
<p>●アウトプット目標</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CNF分散技術の確立</li> <li>• 脱水・シート化プロセスの確立</li> <li>• CNF分散CFRTPにおいて強度10%アップ</li> <li>• スポーツシューズ部品への適用と現行品に対する優位性の確認</li> <li>• 関連特許2件の出願</li> </ul>						
<p>●実施体制</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ミズノ株式会社 地方独立行政法人大阪産業技術研究所 国立大学法人広島大学</li> <li>• 第一工業製薬株式会社</li> </ul>						
<p>●成果とその意義</p> <p>本事業で開発したCNF分散CFRTPは、従来の熱硬化性CFRPと比較して以下の優位性を有する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 熱硬化樹脂にCNFを分散させるには工程が複雑になるが、熱可塑樹脂であるTPU樹脂エマルジョンを用いるとCNF分散液を容易に混合することができた。</li> <li>• CNF分散TPUエマルジョンは、炭素繊維不織布に簡単に塗工することができ、水分を除去するために70℃で乾燥するだけでシートを作製できた。</li> <li>• CNFを複合することで曲げ強度を10%アップすることができた。</li> </ul>						
 						

- 炭素繊維不織布と CNF 複合 TPU 樹脂でシートを作製し、スポーツシューズのインソールに用いる複雑な形状である Insole Plate を容易に成形できた。現行品に比べて薄く軽量であるにも関わらず、バネの反発性を示すエネルギーが小さかった。インソールに装着したスポーツシューズを実際に着用してもらっても反発性については同等以上の結果が得られ、厚みがあると損なわれるフィット感も問題なかった。
- 熱可塑樹脂を用いることで成形時間の短縮が見込まれ、熱可塑樹脂であるので再利用することも可能になり、炭素繊維不織布を利用することでリサイクル炭素繊維を使用することも可能となり、カーボンニュートラルに貢献できる。

#### ●実用化・事業化への道筋と課題

- スポーツシューズへの展開

まずは、スポーツシューズのインソールで CNF を複合することで 10 % 反発性が向上することをアピールできる Insole Plate で製品化を目指して、CNF 複合 TPU 樹脂シートを連続的に製造する技術を確立する。製造技術が確立して量産化が可能になればコストも下がり、シューズで使用されている他の CFRP 部品への展開を目指すことができる。

- 自動車・航空機分野への応用拡大

炭素繊維の再利用が課題となっており、再生炭素繊維の不織布への再生利用が進んでいる。コスト面のメリットも生じることになれば、再生炭素繊維を利用した CNF 複合 TPU 樹脂シートによる CFRTP 部品が自動車・航空機分野への応用拡大も進むと考えられる。

- 実用化への課題

現在、CNF 複合 TPU エマルジョンを炭素繊維不織布に含侵させたシートは、大きさの決まった容器での製造はできるが、製造コストは非常に高くなっている。製品化を目指すには連続的にシートを製造する技術を確立する必要がある。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	0	15	15	15	0

#### ●特許出願及び論文発表

特許出願	論文発表	発表・講演	雑誌掲載	その他
2 件	0 件	1 件	0 件	0 件

### 3.2.7. ②-1-7 C N F を使用したゴム製靴底及びゴムタイルの量産化技術の開発

テーマ名	C N F を使用したゴム製靴底及びゴムタイルの量産化技術の開発	達成状況	◎
実施者名	株式会社スピンブルカンパニー		
達成状況の根拠	研究項目 (①②③④⑤) について、ゴム製靴底やゴムタイルに設定した機能面・性能面の検討を行い、ほぼすべての目標に到達することができた。		

#### ●背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係

##### 【ゴム製靴底】

革靴は靴自体が高価なため、底材を修理しながら長く履かれるのに対して、スニーカーは安いものを履き潰して、廃棄するというのが一般的であった。しかしながら、自分のお気に入りのスニーカーの靴底を修理しながら長く履きたい（サステナブル）という動きへと変わってきている。そのため、これまで革靴の靴底修理の市場はあったが、スニーカーの靴底修理の市場は、今後大きな成長が見込まれており、実際にスニーカー修理店は増加している。スニーカーの補修用の靴底では、現状では海外製の靴底が国内で流通しているが、今後、ファッショナブルかつ耐久性のあるスニーカー用の靴底のニーズが増加することが予想されるため、これら分野に対応した製品を投入することで新たな市場を確立できる。

##### 【ゴムタイル】

公共の建築物や駅舎、空港などの使用者の多い場所では、頻繁に補修ができないため耐久性の高い床材が望まれている。また、安全面では雨天時などスリップ等による転倒防止のため、防滑性の高い床材が求められている。タイル表面にエンボス（凹凸）を付けることで防滑性は改善できるが、タイル表面のエンボスはメンテナンス性が悪く、躊躇など転倒の心配があり、表面が平滑なタイルで防滑性の高い床材が求められている。特に駅舎や高速道路のサービスエリアのトイレなどの床が濡れるような場所では、管理側から非常に厳格な防滑性能が独自に設定されている。ゴムタイルは基本的には防滑性能が高い床材ではあるが、今後さらに高齢化が進み、公共施設等での人の転倒事故が増えることが予測されるため、タイル表面が平滑でかつ防滑性能の高いゴムタイルが開発できれば、転倒事故の防止ができ、これまでに利用されている建物以外にも展開でき、市場の拡大が見込める。

#### ●アウトプット目標

##### 【ゴム製靴底】

靴底に求められる性能として、耐摩耗性とグリップ性があるが、両者はトレードオフの関係にある。C N F配合によりゴム材料の硬度を向上させれば耐摩耗性も向上するが、この値のみを指標として開発を進めると、反対に防滑性が低下し、靴としての安全性が低下する。そのため、これまでの靴業界の視点から、靴底用ゴムの性能を向上させるC N Fの選択と配合プロセスの最適化により、靴底の摩耗耐久性を弊社の現行の靴底より1.5～2倍を目標とし、摩耗耐久性は、ウイリアムス摩耗試験（JIS K 6264-2）により評価する。具体的な目標値は、ソリッドで摩耗体積V1000 500mm<sup>3</sup>/1000回以下、比重は1.3以下とする。

また、C N F配合靴底の発泡成型などによる軽量化として、摩耗体積V1000 800mm<sup>3</sup>/1000回以下（弊社の現行ゴム靴底と同レベル）、比重は1.0以下を目標とする。また、防滑性（グリップ性）については、耐滑試験 ISO 13287法（床面：ステンレス板 湿潤条件：イオン交換水）により、摩擦係数0.4以上を目標とする。また、製品化時の製造プロセスを効率化する指標として、C N Fの配合比は10phr（ゴム重量100に対する各種配合剤の重量部）以下で、数値目標を達成させる。

##### 【ゴムタイル】

ゴム製靴底に求められる性能は、ゴムタイルに求められる性能と相関性がある。C N F配合によるゴム材料の性能の目標は、ウイリアムス摩耗試験（JIS K 6264-2）による摩耗体積V1000 500mm<sup>3</sup>/1000回以下とする。また、防滑性については、滑り性試験（JIS A 1454）により、表面状態：水+ダストにおいてCSR値の目標値を0.5以上（東京都条例、駅舎など）とする。サービスエリアのトイレの床は現状では、弊社の特殊仕様ゴムタイル1種のみが基準を満たしているが、本提案におけるC N F配合ゴムタイルは、汎用性の高いゴム製靴底の高性能化技術を相互に活用するものであり、量産化できる汎用性のC N F配合ゴムタイルのトイレ床への適応も視野に入る。ゴムタイルは、床に張り合わせて使用されるため、重量への要求は高くないが、施工時の作業性や運搬の負担軽減から、比重1.8以下を目標とする。また、ゴム製靴底と同様に、製品化時の製造プロセスを効率化する指標として、C N Fの配合比は10phr（ゴム重量100に対する各種配合剤の重量部）以下で、数値目標を達成させる。

### ●実施体制

事業を行っていくうえで、試作品の材料物性や生産プロセスにおいて発生した問題・トラブルに関しては、共同研究先である産業技術総合研究所と情報を共有して、新たな評価手法の導入や原料・添加剤の最適化により問題を解決していく。また、必要に応じて有識者からの指導、助言を仰ぐとともに、産学官連携組織「なのセルロース工房」参画機関との意見交換等を通じて、問題を共有し事業を推進していく。

研究項目	担当
① 靴底、ゴムタイルに適したCNFの検討	ニチマンラバーテック* 産業技術総合研究所
② 靴底、ゴムタイルへのCNFの配合プロセスの検討	ニチマンラバーテック*
③ CNF配合ゴムの特性評価1(物性)	ニチマンラバーテック* 産業技術総合研究所
④ CNF配合ゴムの特性評価2(防滑性)	ニチマンラバーテック*
⑤ シューズ試作品の作製及び製品性能評価	ニチマンラバーテック* スピングルカンパニー

\*ニチマンラバーテック・・・スピングルカンパニーに統合され、現在はスピングルカンパニー

### ●成果とその意義

#### 【ゴム製靴底】

事業開始以前より、CNFを配合したゴム製靴底の配合を確立していたが、この配合をベースとして産総研のラボプラスミルを使用することで少量で効率良く試験を行うことができた。耐摩耗性に効果があるCNFの調査とともに、CNFのゴムへの投入のタイミングや一緒に投入する薬品を検討することで、耐摩耗性が向上することが確認でき、設定した目標を比較的短期間で達成することが可能であった。

#### 【ゴムタイル】

現段階ではゴムタイルの実用化・企業化には至っていないが、ゴム製靴底の配合をベースに検討し、現行のゴムタイルの摩耗、防滑性よりも良いタイル配合ができた。作業性・生産性に問題があるため、実用化・企業化に向けて引き続き実用化に向け検討していく。

### ●実用化・事業化への道筋と課題

#### 【ゴム製靴底】

第1ステップとして、スピングルカンパニーのスニーカーの靴底として実装し、「ルベアソール」という靴底ブランドを定着していく。第2ステップとして、靴底の補修についてスピングルカンパニーのリペア(修理)部門への底シートの提供だけでなく、靴底の修理業者にもアプローチし販路を開拓していく。

#### 【ゴムタイル】

実用化・企業化に向けて、引き続き生産性・コストダウンについて検討していく。タイル表面が平滑で、防滑性の高い床材の要望は根強くあるため、実用化・企業化に向けて引き続き実用化に向け検討していく。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	—	8	3	—	—

### ●特許出願及び論文発表

特許出願	論文発表	発表・講演	雑誌掲載	その他
0件	0件	0件	0件	0件

### 3.2.8. ②-1-8 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

テーマ名	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	達成状況	○
実施者名	東亞合成株式会社		
達成状況の根拠	<ul style="list-style-type: none"> <li>多官能アクリレートとアセチル化CNFを複合化して硬度と屈曲性を両立したハードコート剤を作ることができた。このサンプルの社外供試を進め顧客候補での性能評価を開始した。また、アセチル化反応の効率化を検討し、使用溶媒を低減できる見通しを得た。</li> <li>ホットメルト接着剤に疎水化CNFを添加し、金属同士の接着力アップを達成した。</li> <li>生産性向上として固液分離に遠心デカンタを適用し、連続処理ができるを見出した。廃水処理では電気透析による脱塩処理検討を完了。新規処理法としてオゾン処理と生物処理を組み合わせた新規方法を検討中である。</li> </ul>		
●背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係	<p>背景：東亞合成が開発した短纖維CNFの特徴を活かせば、従来の長纖維CNFでは難しかった用途にCNFを展開できる可能性がある。</p> <p>目的：東亞CNFを使って効率的な疎水化プロセスを確立する。さらに、この疎水化CNFと東亞製品であるアクリル樹脂・接着剤を複合化して新しい機能を持った製品を創出する。</p> <p>アウトカム目標：これまでの手法では困難な硬度と屈曲性を両立したハードコート剤や金属に対して高い接着力を持つホットメルト接着剤などを顧客に提供する。また、これらの製品を市場に提供することによりバイオマスの産業利用に寄与する。</p>		
●アウトプット目標	<p>CNFとの複合化対象としたホットメルト接着剤では、①接着力の向上（0.1N/mmから0.6N/mm以上）と②固化温度の上昇（10°C上昇）、③線膨張係数の低減（100ppmオーダーから20ppm）をアウトプット目標として設定した。</p> <p>アクリル樹脂製品としてはハードコート剤を選択し、①硬化収縮の低減と②ガスバリア性のアップ（5倍にアップ）の2点をアウトプット目標とした。</p> <p>生産性向上ではホットメルト接着剤およびハードコート剤へ適用した際の增高費用の低減（+100円/kg）を目標とした（CNF添加量は1%と想定）。</p>		
●実施体制	東亞合成株式会社が単独で実施。委託先、再委託先はありません。		
●成果とその意義	<p>まずCNF/接着剤の複合化テーマについて述べる。本テーマでは複合化対象としてポリプロピレン（PP）を主成分とするホットメルト接着剤を選択した。PP系接着剤とCNFを複合化するには無水マレイン酸変性PPによる疎水化が有効であった。この疎水化CNFを接着剤と複合化（CNFが5重量%）することでアルミ板同士の接着力が0.1N/mmから0.7N/mmに上昇することが確認できた。この複合化接着剤の熱分析を行ったところ、結晶化温度が5°C上昇していることが見出された。また、CNF添加によりPPの結晶加速度が早くなっていることも分かった。この結晶加速度の上昇はCNFがPPの結晶核剤として働いたためだと考えられる。ポリオレフィン系接着剤は金属の接着力が弱いという短所があるが、本検討により接着力を約7倍に上げることができた。これによって車体組み立てなどに応用できる可能性が広がった。現在、金属向けホットメルト接着剤としての可能性を社内で検討している状況である。</p> <p>次にCNF/ハードコート剤複合化テーマについて説明する。この検討では東亞合成製品群から多官能アクリレートを複合化対象として選択した。CNF疎水化法は水酸基のアセチル化とし、選択したアクリレートに適したアセチル化度を決定した。このアセチル化CNFをモノマーに5重量%添加して塗工し、UV硬化で得られた塗膜を評価した。その結果、塗膜鉛筆硬度と傷つき耐性が上昇しただけでなく、塗膜の屈曲性も向上するという効果が確認できた。</p> <p>一般的にハードコート塗膜の硬度を上げると屈曲性は低下して簡単に割れるようになるというトレードオフの関係にあったが、適切に疎水化したCNFを複合化することで塗膜の硬度と屈曲性の両立が可能になるという結果が本検討で得られた。「硬くて曲げても割れない塗膜」はフォルダブルディスプレイなどで</p>		

強く求められている材料であり、この結果は大きなインパクトがある。硬化収縮も多官能アクリレートを減らしてアセチル化CNFを添加することで低減できることが分かった。ガスバリア性については5倍アップには至らなかったが、アセチル化CNFの展開先に想定している用途ではあまり求められていないことが顧客候補からの情報聴取によって判明した。

本結果を公開の成果発表会や東亞合成発行の技術年報で報告したところ、多数の顧客候補から問い合わせとサンプル供試の依頼があり、現在は先方で評価を進めている状況である。さらに、初期に選択した多官能アクリレートモノマー以外にも、東亞製品群にある種々のアクリレートモノマーとの複合化も検討しており、これらでもアセチル化CNFの複合化効果を確認できている。

生産性向上における最大の課題は固液分離工程の改善であった。本検討では各種機器・条件の検討により連続的処理ができるかを確認できた。また、発生する廃水に含まれるセルロース由来成分は微生物分解性が低く、その処理法が課題であったが本助成事業の検討により自治体の放流基準を満たすレベルまでCODを低減できることを確認した。ここまで実績を踏まえた、接着剤・ハードコートへ適用した際の增高費用の低減できる実機設備の設計を行う計画である。

### ●実用化・事業化への道筋と課題

接着剤・アクリル樹脂へのCNF複合化は、nanotech（NEDOベース）、接着接合展、サステナブルマテリアル展等で技術発表し、顧客反響は大きく多数の問い合わせがあった。

①接着剤複合化では、当社製品への工業的製造方法について継続検討中。顧客からは異種材料接着要望が大きく、新たな変性CNFの開発に着手（2026年）。

②アクリル樹脂複合化では、コストダウン製法を継続検討中。顧客であるコーティング剤メーカーに対して、当社アクリレートモノマーフィラメントを供試し採用検討中。拡販活動を加速する為、中量試作機を導入しタイムリーな供給体制を構築（2026年）、種々のアクリレートモノマーフィラメントをラインナップし、顧客配合に適合した製品の提案（2026年）を計画。

本技術の早期事業には種々の顧客ニーズを的確に把握する事が必要だが、まずは事業の軸となり得るコーティング剤用途向けアクリレートモノマーフィラメントのコストダウン製法検討に注力する予定。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	—	—	17,960	23,172	38,540

### ●特許出願及び論文発表⇒

特許出願	論文発表	発表・講演	雑誌掲載	その他
7件	0件	5件	1件	0件

以上

### 3.2.9. 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

テーマ名	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	達成状況	○			
実施者名	国立研究開発法人産業技術総合研究所 国立大学法人福井大学					
達成状況の根拠	セルロースナノファイバー (CNF) の開発と普及を後押しするために、多用な CNF について各種の安全性評価を実施し、その結果を「セルロースナノファイバーの安全性評価書」にまとめ公開した。					
<p>●背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係</p> <p>CNF は、植物由来の新素材として幅広い分野への応用が期待されている。一方、新規材料が社会で広く利用されるためには、安全性の確認が不可欠であり、これは国際的な潮流ともなっている。そこで本テーマでは、CNF の産業化と普及を後押しするため、多様な CNF を対象に各種の安全性評価を実施した。</p>						
<p>●アウトプット目標</p> <p>事業者が自主的な安全管理や用途開発に活用できるよう、安全性情報を分かりやすく整理した「セルロースナノファイバーの安全性評価書」を作成・公開することを目標とした。</p>						
<p>●実施体制</p> <p>国立研究開発法人産業技術総合研究所 国立大学法人福井大学 国立大学法人香川大学（再委託）</p>						
<p>●成果とその意義</p> <p>＜簡易迅速な吸入影響評価手法の開発と評価＞</p> <p>工業ナノ材料の安全性評価においては、吸入による肺への影響が主要な懸念事項である。本研究では、TEMPO 酸化 CNF および機械解纖 CNF など複数種類の CNF を対象とし、ラット気管内投与試験と培養細胞を用いた簡易・迅速な吸入影響評価手法を組み合わせることで、多角的な評価を実施した。その結果、CNF は肺に長期残留する可能性があるものの、急性毒性や全身性免疫毒性は認められず、炎症応答もベンチマーク材料である多層カーボンナノチューブと比較して軽度であることが明らかとなった。影響の程度は、纖維径・長さ・表面特性などに依存し、CNF の種類ごとに異なる反応を示すことから、個別評価の必要性が示唆された。従来の研究が短期影響や単一素材に限定されていた中、本研究は世界で初めて、<b>多手法・多素材による体系的な吸入影響評価</b>であり、企業の製品開発や国際的な規制対応に資する科学的基盤情報を提供する成果である。</p>						
<p>＜中皮腫発生の検証＞</p> <p>纖維状ナノ材料にはアスベスト類似の健康影響が懸念されてきたが、CNF について中皮腫発生を直接検証した研究はこれまで存在しなかった。本研究では、3 種類の CNF（機械解纖 CNF、TEMPO 酸化 CNF、リン酸エステル化 CNF）を対象に、マウス腹腔内投与試験（2 年間観察）を実施した。その結果、いずれの CNF においても中皮腫の発生は確認されず、炎症やマーカーの異常上昇も認められなかった。本成果は、CNF の中皮腫発生の有無を実験的に検証した世界初の事例であり、CNF の纖維状物質としてのリスクを評価する上で重要な知見となる。</p>						
<p>＜生態影響の評価＞</p> <p>CNF の実用化にあたり、環境中での安全性評価は不可欠であるが、水生生物への影響に関する知見は限られており、特に慢性影響に関する研究はほとんどなかった。本研究では、CNF の濃度測定法を確立し、分散安定性や分析干渉を考慮したうえで、藻類・甲殻類・魚類を対象とする急性・慢性影響試験を体系的に実施した。CNF の濃度や分散状態を適切に管理したうえでの生態毒性試験は前例がなく、さらにヨコエビ亜慢性試験や魚類慢性試験は世界初である。本研究で得られた包括的なデータは、CNF の生態リスク評価や基準値設定に資する重要な知見となる。また、本研究で確立した試験方法は、今後、各事業者が生態毒性試験を実施する際の有用な指針となる。</p>						
<p>＜排出・暴露評価＞</p> <p>CNF の適切な管理には、排出量や作業者の暴露に関する情報が不可欠である。本研究では特に吸入暴露</p>						

に着目し、排出・暴露の評価を行った。従来の報告は限られ、簡易的なエアロゾル計測にとどまっていたが、本研究では熱分解 GC-MS による CNF 分析手法を新たに確立し、**作業環境での気中濃度を初めて定量的に評価した**。さらに、乾燥 CNF 粉体の飛散性試験（移し替え模擬試験、小型回転ドラム試験）や、CNF 複合材料の切削・摩耗試験を実施し、飛散性や粒子サイズ・形態を明らかにした。これらの知見は、事業者が現場で CNF を適切に管理・計測するための有用な基盤情報となる。

#### ＜生体安全性（動物実験）評価＞

CNF の社会実装を進めるにあたって、生体安全性の評価は不可欠であるが、先行報告は限られており、本研究では OECD テストガイドライン (TG) に基づき、機械解纖 CNF を対象として経口投与試験 (TG407)・遺伝毒性試験 (TG474)・吸入曝露試験 (TG412, TG413) を実施した。まず経口投与・遺伝毒性試験では、いずれも毒性変化は認められなかった。さらに吸入曝露の安全性に関して、亜急性期 (TG412) および慢性期 (TG413) での吸入影響を検証した結果、濃度依存的な免疫応答は認めたが、その程度は軽度の炎症にとどまっており、肺の線維化や腫瘍化は認められなかった。今回の**国際基準に準拠した CNF の吸入曝露試験の検証は世界初の事例**であり、CNF の生体安全性をサポートする重要な基盤情報となる。また今後、形状や特性の異なる CNF の安全性評価を実施する上での有用な指針となる。

#### ＜安全性評価書の作成・公開＞

本事業の成果と国内外の知見を体系的に整理した「セルロースナノファイバーの安全性評価書」を 2022 年に公開し、2025 年には改訂版を公開した。産業技術総合研究所・安全科学研究部門のウェブサイトからのダウンロードや展示会での配布の累計は約 2,000 部に達している。企業はこれを活用して、安全管理対策の立案、顧客説明、安全データシート (SDS) 作成、市場化判断などを円滑に行えるようになった。この包括的な情報を公的機関が発信することにより、事業者の自主安全管理や用途開発を支援し、**CNF 産業の健全な普及に貢献**している。

#### ●実用化・事業化への道筋と課題

本事業で得られた CNF の安全性に関する知見は、今後の CNF の安全設計指針や産業応用に活用されることが期待される。安全性評価書については、事業終了後も展示会や講演等を通じて関連事業者への普及を進めている。これまで公的事業として特定事業者の支援は難しかったが、今後は技術相談やコンサルティング等を通じて、個別の事業者における自主安全管理の取り組みを支援する予定である。本事業で得た安全性評価結果については国際誌での発表を行ってきたが、安全性評価書についても、英文書籍化を計画している。今後も国内外に向けて安全性情報の発信を継続していく。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	産総研 130 福井大 20	産総研 130 福井大 20	産総研 179.4 福井大 170.2	産総研 130 福井大 72	産総研 130 福井大 55.7

#### ●特許出願及び論文発表

特許出願	論文発表	発表・講演	雑誌掲載	その他
0 件	24 件	55 件	0 件	38 件

### 3.2.10. 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

テーマ名	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	達成状況	◎
実施者名	国立大学法人東京大学		
達成状況の根拠	技術成熟度に応じた CNF の LCA・産業連関分析 (IOA) 評価を実施し、CNF 強化樹脂等の事例分析により、社会実装に向けた環境・経済的優位性を定量的に示した。これら成果は、目標を大きく超える英語論文 10 報の投稿、加えて学会、展示会、Web 等各媒体を通じた活発な広報活動 51 件により普及に努めた。		

#### ●背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係

カーボンニュートラルへ向かう社会において今後の普及が期待される国産原料由来の素材となるセルロースナノファイバー (CNF : Cellulose Nanofiber) は、開発段階にあり、社会への導入量は限定的であるため、それらが社会実装されることによる環境・社会・経済に波及する影響が十分に定量されてこなかった。本事業では、CNF に関しライフサイクルアセスメント (LCA : Life cycle assessment) を中心とする技術評価手法を組み合わせて適用し、社会実装の加速を図ることを目的とする。また、特定の CNF 技術に関するケーススタディを実施して得られた LCA 評価手法や分析結果等の成果は公表し、広く活用できるようにする。

#### ●アウトプット目標

- ・2024 年度までに得られてきている CNF 関連技術の開発事業者のデータ・情報を、秘匿性を担保しながら対外発表できるような形に変換する。
- ・各種展示会、学会等と連携した成果の普及活動を行う。
- ・具体的には、各研究開発項目と合わせた 2023 年度～2025 年度通算で、英論文投稿 6 件以上（含 CNF 関連技術の開発事業者における最終原稿の社内稟議へ付議の状態）、対外活動（学会発表、プレスリリースなど）として 20 件以上を目標とする。

#### ●実施体制

実施者名：国立大学法人 東京大学

再委託先：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  
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

#### ●成果とその意義

研究開発項目①では、LCA および IOA に関する評価要件を整理し、CNF 材料の環境影響評価に関する文献調査を実施した。2024 年度には、CNF 以外のバイオマス由来化成品の将来性評価の必要性も明らかとなり、将来性 LCA においては電源構成や燃料などのバックグラウンドプロセスの変化を考慮したインベントリデータの扱いが重要であることが示された。また、GHG 排出量だけでなく、リサイクルによる炭素資源の循環性など新たな指標の検討も進められている。

CNF の適用事例については、製造プロセスや用途、代替可能な素材を含めたライフサイクルモデルを構築し、物性値から複合材料の特性を推計する関係式を用いて機能単位の検討を行った。技術成熟度 (TRL) に応じた LCA 手法の検討では、TRL3 (技術コンセプト段階) と TRL7 (システムレベル実証) を対象とし、企業ヒアリングに基づきこれらの段階での情報ニーズが高いことが確認された。

リサイクル評価では、カットオフ法と負荷回避法を中心に既存 LCA 手法を精査し、CNF への適用可能性を検討。リサイクルには廃棄物処理と原料供給の二面性があり、評価視点に応じて手法が変化する。社会全体の環境負荷削減効果を漏れなく配分する発展的手法の理解も重要であるとされた。

森林資源由来の CNF については、土地利用や生態系保全の観点からの評価が必要であり、IPBES や TNFD

など国際枠組みとの連携も求められる。企業の自然資本への依存や影響を評価する LEAP アプローチなどの実務的ガイドンスも整理された。

IOA では、CNF の社会経済性評価に必要な要件として、域内付加価値創出力と資源リスク低減力を定量化する必要があるとされた。評価期間は複数年度とし、耐久消費財のリサイクルによる影響を考慮。地理範囲は日本国内を基本としつつ、世界規模での資源循環構造の分析も必要であるとされた。これに対応するため、全国・地域・多地域間産業連関表の整備とデータ収集を実施した。

研究開発項目②・③では、CNF 関連技術の開発事業者 11 団体にヒアリングを実施し、うち 7 団体が具体的な LCA・IOA 分析に着手。複合樹脂や添加剤などを対象に 10 件以上のライフサイクル事例を選定。技術成熟度は TRL3~7 であり、既存手法による評価事例も見られた。将来性 LCA の実施に向けて、追加データの収集とインベントリ推定を進めた。

IOA では、地域産業構造の差異を考慮した政策支援のため、基礎自治体レベルの地域産業連関表作成アルゴリズムを開発し、試作表を作成。パルプ・紙部門における経済波及効果の偏在性を可視化し、地域特性指標との関連性を検討。CNF が代替する素材との比較から導入効果を分析し、製品寿命やストックフローを考慮した導入量・排出量推計モデルも構築した。

研究開発項目④では、消費者のバイオプラスチック製品に対する支払い意思 (WTP) と購入意向 (PI) に関する仮説 (H1・H2) を検証するため、2024 年 3 月にインターネット調査を実施。情報提供群 (B 群) と非提供群 (A 群) に分け、n=2152 の有効回答を得た。分析には拡張規範活性化理論を用い、情報提供が消費者の心理的過程を活性化し、行動意図に影響を与えることが示された。

研究開発項目⑤では、LCA や CNF 評価の重要性を普及するための動画・パンフレットを作成し、東京大学未来戦略 LCA 連携研究機構 Web サイトで公開。日本 LCA 学会では「森林と資源のライフサイクル思考」セッションを開催し、研究成果を発表。国際学会への発表や、学術論文の投稿も行った。

CNF は国産バイオマス由来であり、従来の化石資源系素材と比べて環境負荷が低く、地域経済への波及効果も高い。LCA/IOA を組み合わせた評価手法により、社会実装に向けた定量的な優位性が明瞭に示される。

### ●実用化・事業化への道筋と課題

本研究により、CNF 技術の環境・経済評価手法が体系化され、TRL3~7 の技術段階における LCA・IOA の実施が可能となった。地域産業連関表の整備により、導入による経済波及効果の可視化が進み、政策立案や地域展開の基盤が整備された。今後の実用化には、製造プロセスの最適化、リサイクル評価手法の標準化、生態系保全との整合性確保が課題である。また、消費者の受容性向上には情報提供による意識変容が不可欠であり、WTP・PI の向上が市場形成の鍵となる。技術・社会・経済の統合的評価と関係者間の連携強化が、事業化への道筋を支える。

●期間・予算 (単位:百万円)	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY	2025FY
	-	-	119.8	143	26

### ●特許出願及び論文発表

特許出願	論文発表	発表・講演	雑誌掲載	その他
0 件	10 件 (採択済: 3 件 投稿済: 4 件 執筆中: 3 件)	37 件 (うち予定 2 件)	0 件	14 件 (うち予定 1 件)



## ●基本計画

P 2 0 0 0 9

### 「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

バイオ・材料部

#### 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、CO<sub>2</sub>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年にか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ので、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素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ることで、2030年には373万トン-CO<sub>2</sub>/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、オールジャパン体制の产学研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、产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、隨時、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
- (5) 2024年7月 部署名変更に伴う改訂

## (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素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/k g (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/k g 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/k g まで低減するとともに、プロジェクト終了時 (2024 年) に 700 円/k g 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。

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、より環境影響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できるとする。

## 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るところから、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CO<sub>2</sub>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			中間評価 ゲス ト ジ		
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					
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			中間評価		
開発項目②-3【委託】 CNF材料のLCA評価手法の検討と評価					

## ●各種委員会開催リスト

採択審査委員会		
件名	内容	実施日
第1回 「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」採択審査委員会	2020年度新規公募 研究項目① 革新的CNF製造プロセス技術の開発 (研究項目② CNF利用技術の開発) 研究項目②-1 量産効果が期待されるCNF利用技術の開発 研究項目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	2020-6-4 2020-6-5 2020-6-5
第2回 「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」採択審査委員会	2021年度追加公募 研究項目②-1 量産効果が期待されるCNF利用技術の開発	2021-6-8
第3回 「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」採択審査委員会	2022年度追加公募 研究項目②-1 量産効果が期待されるCNF利用技術の開発	2022-4-28
第4回 「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」採択審査委員会	2023年度新規公募 研究項目②-3 Life Cycle Assessment (LCA)評価手法の検討と評価	2023-4-26

ステージゲート委員会		
件名	内容	実施日
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」ステージゲート審査委員会	研究項目①革新的CNF製造プロセス技術の開発	2023-1-17

技術委員会		
件名	内容	実施日
第1回 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技術推進委員会	研究項目① 革新的CNF製造プロセス技術の開発 実施計画変更 (技術的妥当性について)	2021-3-24
第2回 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技術推進委員会	研究項目① 革新的CNF製造プロセス技術の開発 実施計画変更 (設備選定結果の妥当性について)	2021-7-26
2021年度 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技術推進委員会	研究項目① 革新的CNF製造プロセス技術の開発 (7テーマ11者) 研究項目②-1 量産効果が期待されるCNF利用技術の開発 (5テーマ7者、2テーマ3者) 研究項目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 (1テーマ2者)	2021-10-27 2021-11-26 2022-2-1 2022-2-1
2022年度	研究項目① 革新的CNF製造プロセス技術の開発	2022-11-9

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技術推進委員会	(6テーマ9者) 研究項目②-1 量産効果が期待されるCNF利用技術の開発(5テーマ7者) 研究項目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(1テーマ2者)	2022-12-6 2022-12-23
2023年度 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技術推進委員会	研究項目②-3 Life Cycle Assessment(LCA)評価手法の検討と評価	2023-11-9
2024年度 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技術推進委員会	研究項目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(1テーマ2事業者) 研究項目②-3 Life Cycle Assessment(LCA)評価手法の検討と評価	2024-10-8 2024-10-22

