

「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」 (中間評価)

2020年度～2024年度 5年間

プロジェクトの概要 (公開)

NEDO

材料・ナノテクノロジー部

2022年8月10日

1. 事業の位置付け・必要性

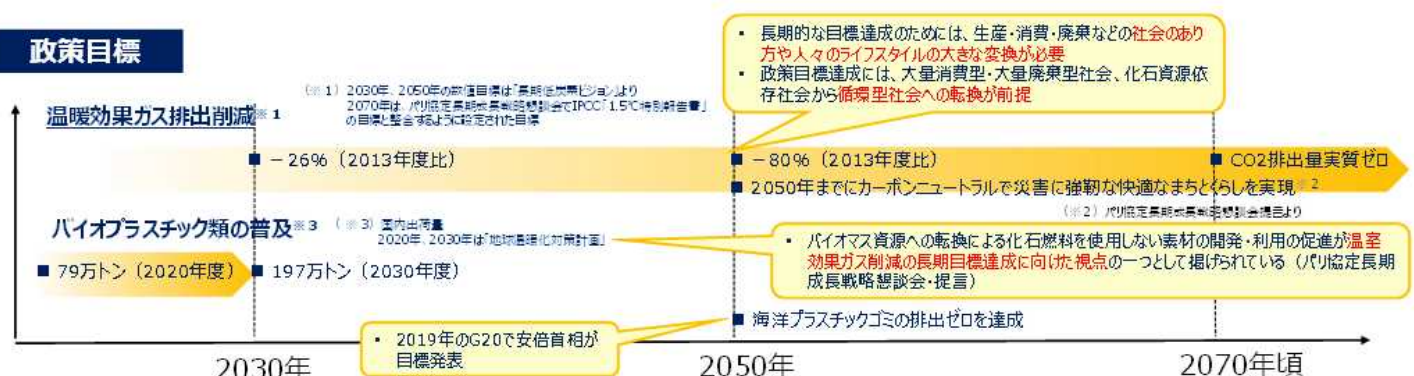
背景

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

社会課題

- 地球温暖化に伴う気候変動や海洋プラスチックごみなどの**地球規模での環境問題**が深刻化
- 持続的可能な発展のためには、経済成長と環境保全とを両立し、人々のニーズを永続的に満たしていくことが必要

政策目標



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。

セルロースナノファイバーの特徴

サステナブルな優れた補強繊維として利用可能

- ・軽くて強い
 - ・大きな比表面積（250m²/g以上）
 - ・低線熱膨張率
 - ・植物由来
- ⇒持続型資源、環境負荷少

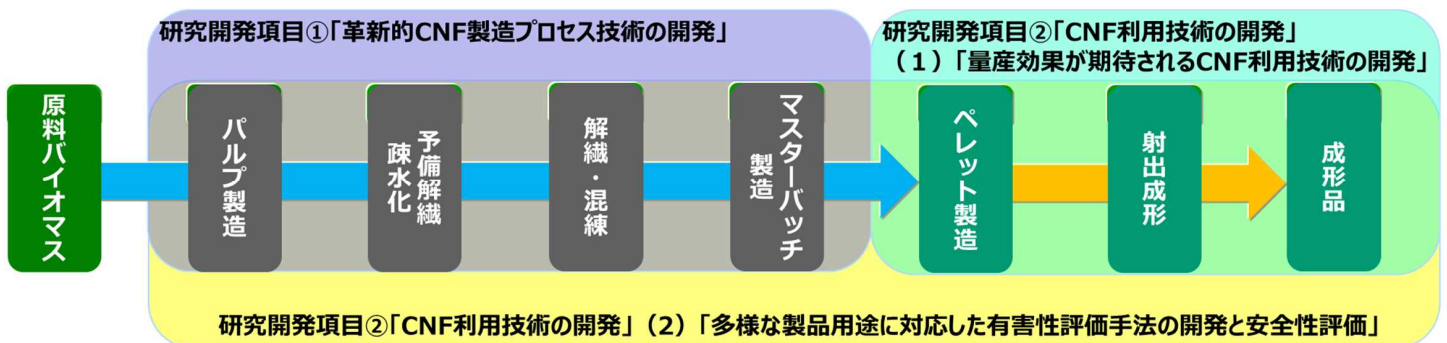
補強用繊維としての比較

補強用繊維	セルロースナノファイバー	炭素繊維 (PAN系)	アラミド繊維 (Kevlar®49)	ガラス繊維
密度(g/cm ³)	1.5	1.82	1.45	2.55
弾性率(GPa)	140	230	112	74
強度(GPa)	3 (推定値)	3.5	3	3.4
持続型資源	◎	—	—	—

出典：京大大学生存圏研究所 生物機能材料分野 資料集
<https://www.rish.kyoto-u.ac.jp/labm/cnf/downloads>

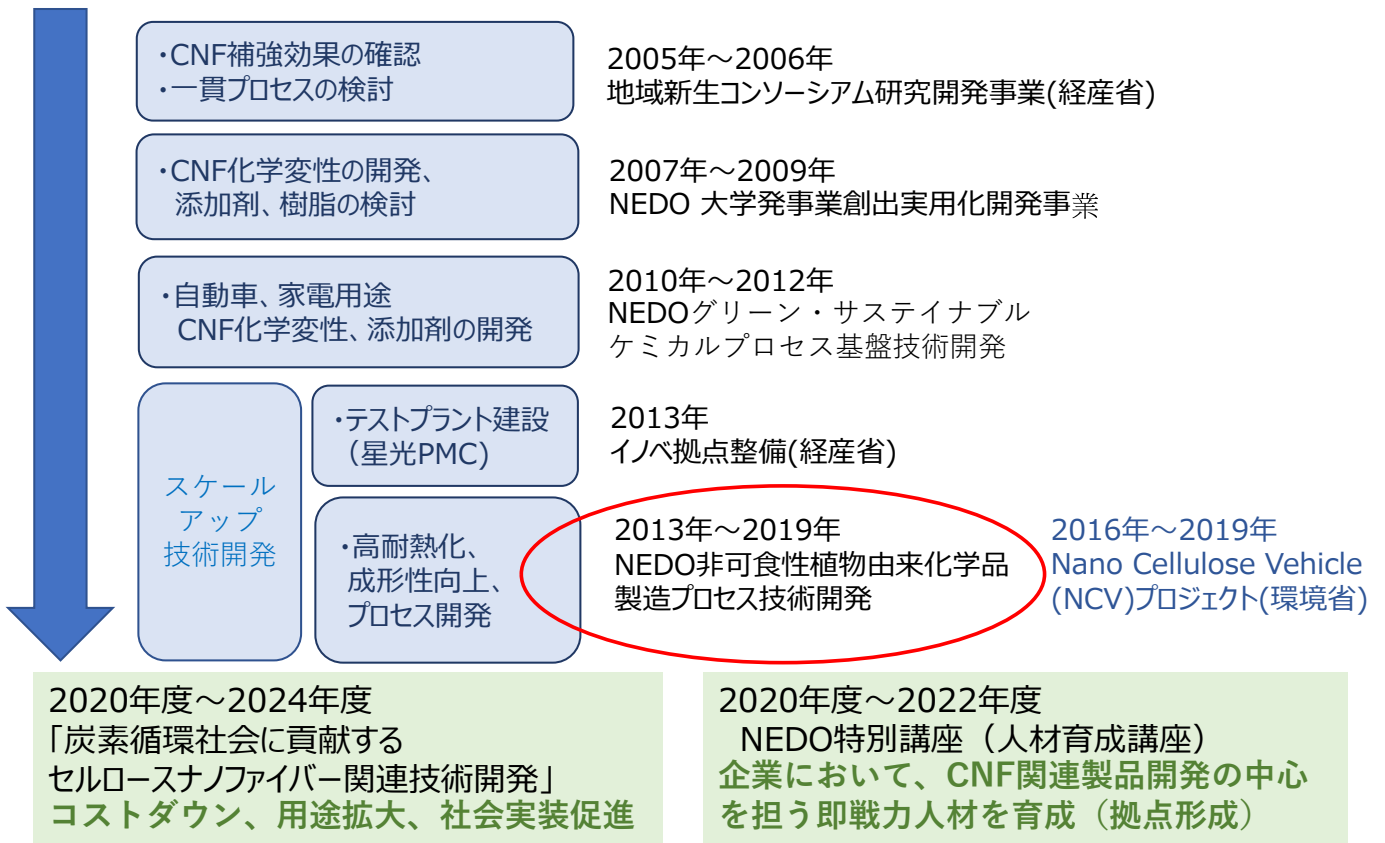
◆事業の目的

- ・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**安全性の確認を強化**する必要があるため、安全性評価も実施する。



◆政策的位置付け

これまでのCNF複合樹脂開発と、本プロジェクトの位置づけ

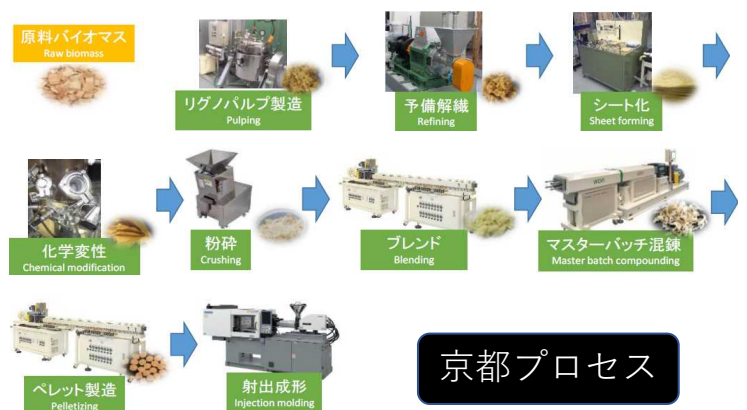
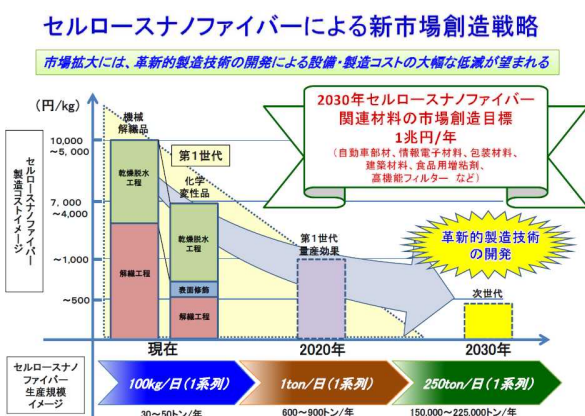


◆政策的位置付け

前プロジェクト：2013年～2019年

NEDO非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発：

「高機能な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」において、自動車、建築資材、土木資材、家電分野等への利用を実現するリグノCNF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。同時にCNFの安全性評価基盤技術及びCNF製造を高効率化する原材料の高度利用技術を開発。これにより、製造コストを一定程度に抑えた上でのCNF樹脂複合材の一貫製造プロセス、安全性評価手法及び原料評価手法の確立に至ったものの、**製造コストや実用化・普及の点において課題が残された。**

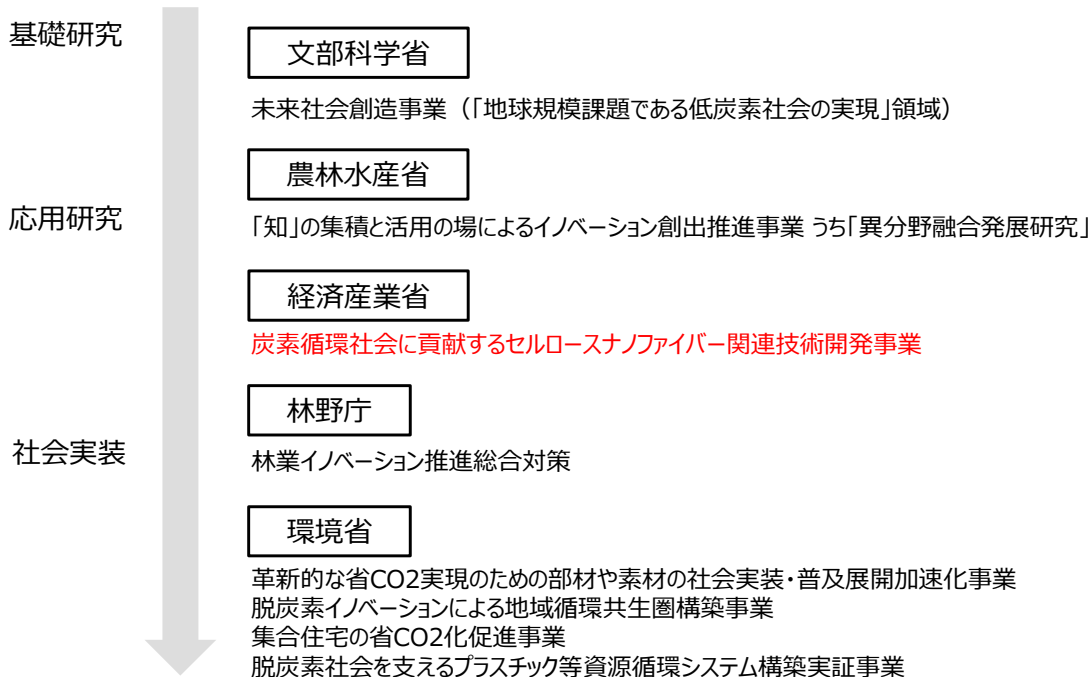


◆技術戦略上の位置付け



出典：内閣府「バイオ戦略2019説明資料」(https://www8.cao.go.jp/cstp/bio/bio2019_setumei.pdf)

◆他事業との関係



文科省は高付加価値材料開発、**農水省**は高付加価値食品の輸出拡大や未利用農林水産資源の有効活用、**林野庁**は山間部の新産業進出支援、**環境省**は実用化に至った製品の導入補助、**経産省（本事業）**は民間企業からの新規市場参入を促進するための実用化、事業化支援。

◆事業の目標

＜アウトプット目標＞

- ・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**開発項目①「革新的CNF製造プロセス技術の開発」**を行ない、ベンチスケールでの**コスト削減効果の検証を3件実施**する。
- ・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建築、家電等の分野での用途拡大に向けて**開発項目②-1「量産効果が期待されるCNF利用技術の開発」**を行い、**5件の実用化**の目途をつける。
- ・実用化や普及を加速するとともに、長期的な利用における信頼性向上のため、**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」**を実施し、**安全性評価書を作成**する。

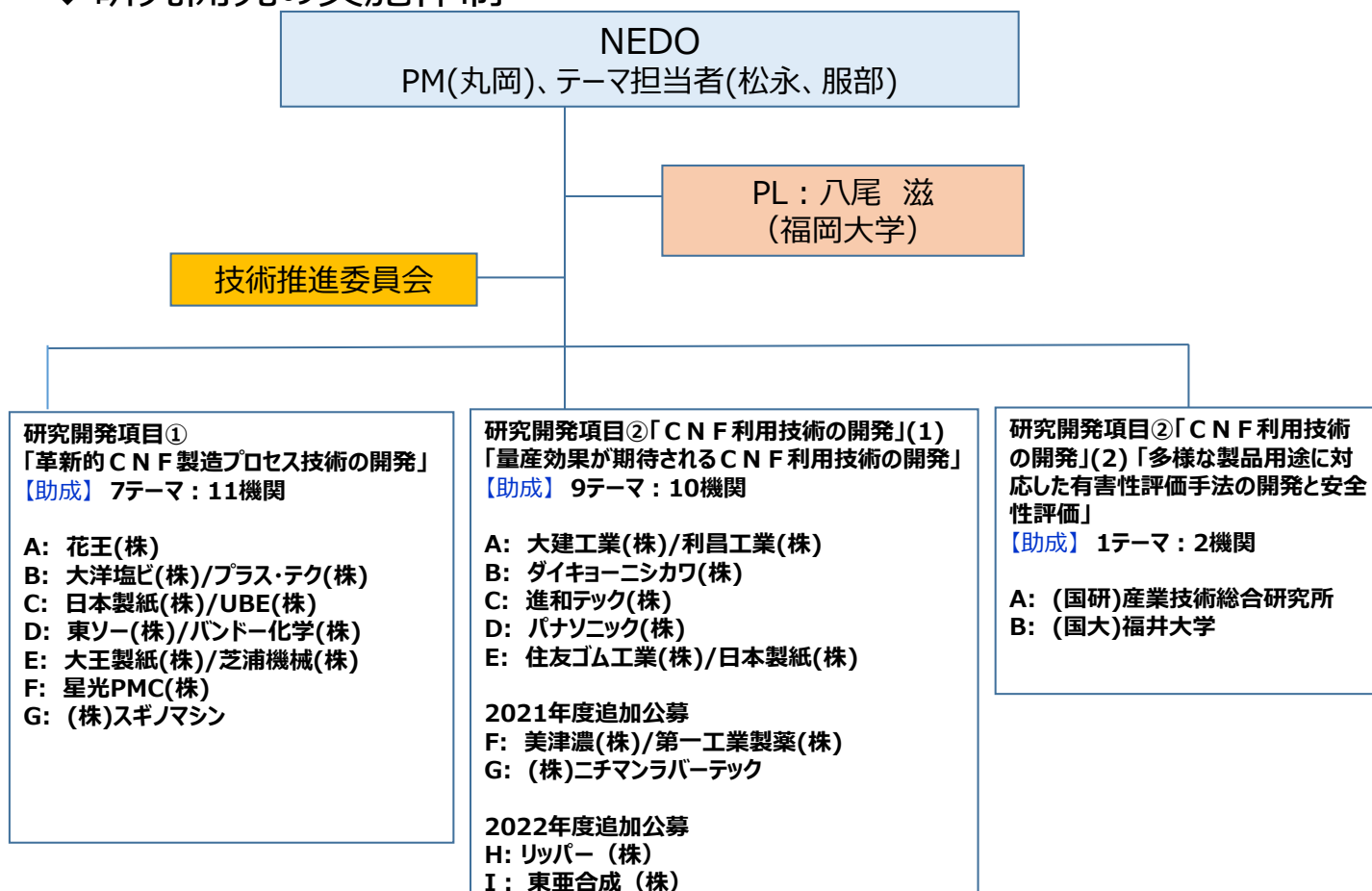
＜アウトカム目標＞

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

◆研究開発目標と根拠

	中間目標（2022年度）	最終目標（2024年度）	根拠
	【研究開発項目】(1)「革新的 CNF 製造プロセス技術の開発」【助成】		
	1.-1汎用エンブラ製造プロセスの抜本的見直し、及び生産性の向上、及び薬品コスト低減により、 CNF複合樹脂の製造コスト（ペレット価格）を1,000円/kgまで低減 する 1.-2最終目標を達成する技術見通しを得る。 2.-1高機能性CNF材料として、 従来コストの1/2以下まで低減 する 2.-2最終目標を達成する技術見通しを得る。	1.汎用エンブラ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、 700円/kg程度（樹脂により500円～900円）まで低減 する。 2.高機能性CNF材料として、従来コストの 1/4以下 で、かつ、事業化が可能なコストまで低減する。	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。
	【研究開発項目】(2)「CNF利用技術の開発」【助成】【委託】		
①量産効果が期待されるCNF利用技術の開発【助成】	※3年間の事業を年度を分けて実施	<ul style="list-style-type: none"> 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。 	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。
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】	<ul style="list-style-type: none"> 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。 	<ul style="list-style-type: none"> 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。 	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安全性の確認を強化する必要がある

◆研究開発の実施体制



◆プロジェクト費用

(単位：百万円)

研究開発項目	2020年度	2021年度	2022年度(予定)	2023年度	2024年度	合計
開発項目① 革新的CNF 製造プロセス技術の開発 【助成】	121	559	456	-	-	1,062
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】	171	192	194	-	-	543
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】	150	150	150	-	-	450
合計	442	935	800	-	-	2,055

※加速含む

◆ 開発促進財源投入実績

年度	金額 (百万円)	目的	成果
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ができています。
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	

◆ 研究開発のスケジュール

	2020	2021	2022	2023	2024	2025
開発項目① 革新的CNF 製造プロセス技術の開発 【助成】	[開発期間]		中間評価 ゲート	[開発期間]		等
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】	[開発期間]		中間評価	[開発期間]		等
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】	[開発期間]		中間評価	[開発期間]		等
評価時期			中間評価/ステージ ゲート			事後 評価
予算 (億円)	6.55	6.32	6.42	6.42	6.42	-

3. 研究開発成果

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目①「革新的CNF製造プロセス技術開発」【助成事業】			
助成先	アピールポイント	成果	達成度
花王株式会社	TEMPO酸化CNFを独自の疎水化変性技術により、樹脂モノマー中に完全ナノ分散させ、超高信頼性が要求される半導体封止樹脂等のエレクトロニクス分野や自動車用構造接着剤、CFRP材料等のモビリティ分野へ適用する。	<ul style="list-style-type: none"> 開発法の適用により、大幅な工程短縮と反応率・収率の向上を達成。 樹脂塗膜の靱性はBlankに対して約4倍向上し、目標 (> 3倍) を達成。 TOCNの樹脂中分散状態の観察に成功。(物性ととの紐づけを検討中) 	○
大洋塩ビ株式会社	変性パルプのCNFへの解繊性が期待されるPVC (極性樹脂) へ適用。大洋塩ビとプラス・テクの配合技術を活用しCNF強化PVCコンパウンドの配合を設計する。上記2社に加えて樹脂サツシメーカーのYKKAP、京都大学、京都市産技研が共同で取り組むことで原料・加工メーカーまで一丸となって低コスト量産化技術を確認し事業化を目指す。	<ul style="list-style-type: none"> ターゲットとする建材分野で求められる2021年度目標物性 (難燃性、曲げ弾性率、軟化点温度、線熱膨張係数) は達成。 CNF/PVCコンパウンド成形加工性評価と低コスト量産化技術を検討中。 	○
日本製紙株式会社	再生可能な天然素材を強化材として用いるCNF強化PA6について、京都プロセスをベースに、それを改良・進化させながら、低コスト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、ナイロン分野の大手樹脂メーカーであるUBEが協業し、これを実施する。	<ul style="list-style-type: none"> 製造プロセスの条件最適化を図り、強度品質向上と工程最適化が可能。 CNFへ解繊促進する手法を探索し、強度物性・解繊性が向上する手法を見出した。 ベース樹脂の選定等により、2021年度目標物性を達成。 	○
東ソー株式会社	東ソーは本技術を量産スケールに拡大し事業として継続可能な価格となる量産化プロセスを開発する。バンドー化学は、東ソーが提供するCNF複合化CR を伝動ベルトの原料に適用するため、保有するCR製伝動ベルト製造技術に応用し、高効率伝動ベルトの製品化を達成する。更に、完成したCNF複合化CRIは、伝動ベルト以外にも適用する事で、さらなる使用数量増を目指す。	<ul style="list-style-type: none"> CNF複合化CRの実用量産化について、ラボ品同等品質を確認。 CNF複合化CRを用いた高効率ベルトの実用量産化について、CNF量許容範囲を確認。 伝動ベルト以外の用途への適用検討について、候補を選定。 	○
宇部興産株式会社			
株式会社スギノマシン			

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み (中間) / 一部達成 (事後)、×未達

3. 研究開発成果

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目①「革新的CNF製造プロセス技術開発」【助成事業】			
助成先	アピールポイント	成果	達成度
大王製紙株式会社	省エネルギー型でコスト優位性のあるCNF水分散液製造プロセスと、大きなマーケットである樹脂用途への展開を目指すためのCNF複合樹脂製造プロセスを、製紙会社の工場内に併設してCNF複合樹脂レレットを一貫製造することにより、CNFメーカーとしての優位性を確保して、事業化を進めていくことができる。	<ul style="list-style-type: none"> 一貫製造プロセスで製造した変性パルプの導入量は目標値の71%を達成。 CNF複合樹脂(10%濃度)CO₂排出源単位が計画通りできる技術を確認。 導入したΦ48mmの二軸押出機で、運転条件や原料条件を最適化し、CNF複合樹脂生産量250kg/hと曲げ弾性率1.6倍を達成。 	○
芝浦機械株式会社			
星光PMC株式会社	CNF研究の世界的トップランナーの京都大学と星光PMCが連携することで京都プロセスのさらなる生産性向上、複合材料の物性向上に取り組む。植物由来材料を自動車に搭載した実績を有し、自動車部材に求められる性能を熟知しているトヨタ車体株式会社との連携により、CNF複合材料の特性が活かせる自動車部品設計や利活用方法の開発が実現できる。	<ul style="list-style-type: none"> 従来の疎水変性よりも物性向上効果に優れる新規疎水化剤を選定し、変性プロセスの生産速度を向上させられる新規疎水化パルプを開発。 自動車材料に必要な基礎物性評価を実施し、目標をクリア。 	○
株式会社スギノマシン	独自のウォータージェット技術を進化させ、均一な機械解繊高濃度CNF水分散液を高効率で製造し、低価格化を実現する。独自技術によりCNF水分散液を乾燥させ、樹脂へ少量添加で他にはないユニークな特性を発現する高付加価値CNFドライパウダーの商業化と低価格化を実現する。	<ul style="list-style-type: none"> 原料を最適化することで、細くて長いCNFの製造に成功し、衝突回数削減の目標は達成済み。 中型機レベルの乾燥設備も導入し、乾燥条件を最適化により、生産量は従来の約12倍(乾燥初期濃度2倍、処理量6倍)、従来同等の品質を達成。 	○

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み (中間) / 一部達成 (事後)、×未達

3. 研究開発成果

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

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】			
助成先	アピールポイント	成果	達成度
大建工業株式会社	CNF大量需要創出のための内装建材開発において、建材・素材メーカーである大建工業の様々な素材に関する知見、建材への二次加工技術によりCNFに最適な用途と要求品質を見出すと共に、利昌工業のCNF成形技術と電子材料で培った樹脂設計技術により要求品質を満たすCNF成形板の組成を短期間で見出すことができた。	<ul style="list-style-type: none"> ・内製フェノール樹脂をCNF成形体に含浸、吸水性が著しく低減し寸法安定性が向上。樹脂含浸条件を制御し、内装建材として使える等級達成。 ・建材アイテム抽出、小片試作を実施。フェノール含浸CNFを表面材とした基材は表面硬度が非常に高い特性を活かし「土足用床材」の開発に着手。 	○
利昌工業株式会社			
ダイキョーニシカワ株式会社	京都プロセスをベースに、ダイキョーニシカワ独自の材料設計、コンパウンド技術を適用し、 自動車の内外装製品 に必要な性能を実現する。	<ul style="list-style-type: none"> ・材料の基礎物性向上を狙い、CNFと樹脂の界面強度向上、CNFの均一分散について取組みを実施し材料改良により衝撃性が向上する傾向を確認 ・自動車部品向け環境性能評価として、耐湿後の物性評価で課題抽出中。 	○
進和テック株式会社	進和テックがこれまでに持つフィルタ製作のノウハウと、共同研究先の産総研・東工大の持つCNF選定・評価のノウハウを融合させ、従来の除湿材料よりも低温再生・長期間使用可能で、省エネを実現できる EV車載用デシカントフィルタ を開発する。	<ul style="list-style-type: none"> ・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である水分吸着量50g/hを達成。 ・400時間連続使用に問題がないこと、性能バラつきが10%以内を確認。 	○
パナソニック株式会社	パナソニック独自の乾式プロセス により、セルロースファイバーの高濃度複合化が可能であり、高強度、高意匠、高バイオ度の樹脂成型品の提供が可能である。	<ul style="list-style-type: none"> ・高濃度（PP＋セルロース70％材料）にて、強度と成形性を確保。 ・完全バイオ化（バイオ比率95％以上、バイオPEベースおよびPLAベース（セルロース55％））材料にて、強度と成形性を確保。 ・天井扇ブレード製品評価を実施して、耐候性を除き、製品評価をクリア。 	○

◎ 大きく上回って達成、○ 達成、△ 達成見込み（中間）／一部達成（事後）、× 未達

3. 研究開発成果

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

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】			
助成先	アピールポイント	成果	達成度
住友ゴム工業株式会社	エナセーブNEXTⅢで開発したエラストマーとCNFとの複合化技術の乾燥工程を大幅短縮し、コスト半減化した CNF配合エラストマー を一般タイヤへ展開する。	<ul style="list-style-type: none"> ・大径化CNFを共同で開発、表面積減少により脱水性を改良、高濃度（低水分率）CNFを希釈せず使用するMB製法を開発し乾燥時間を改良し、2021年度目標コスト達成。 ・製品検証は、22年度の計画。検証に向けた必要生産能力確保と試作準備は完了。スポーツ用品など他部材への拡大検討を開始。 	○
日本製紙株式会社			
美津濃株式会社	第一工業製薬のTEMPO酸化法によりCNFを均一に分散させる技術を用いて、 水性樹脂とCNFを均一に分散 させて、ミズノと共同でCNF複合樹脂をシート化する技術を確立する。ミズノが蓄積したCFRP成形技術を応用し、CNF複合樹脂を用いたCFRP構造体を成形し、スポーツ製品への応用を進めていく。	<ul style="list-style-type: none"> ・PU樹脂エマルジョンで、CFRPの製造が可能であることを確認。CNFを付着させないCFRTPに比べ、曲げ弾性率は約7%向上。 ・TPU樹脂エマルジョンを炭素繊維シートに含浸させることにより、CFRTPを作製できることを確認。 	△ ○
第一工業製薬株式会社			
株式会社 二チマンラバーテック	CNFをゴムに分散する技術を確立し、 靴底の耐摩耗性40%アップが可能 となった。スニーカーのブランド「スピンブルームーヴ」を活用し、「ルベアソール」として靴底をブランド化し展開する予定。また、靴底で得た知見をゴムタイلに適用し、 耐摩耗性、防滑性の高い床材「アストロフェース」 としてブランド化し展開する予定。	<ul style="list-style-type: none"> ・ゴム製靴底（ソリッド・軽量化）およびゴムタイルの耐摩耗性は目標値を達成。ゴム製靴底（軽量化）フィールドテストでは現行の靴底よりも摩耗が悪いことを確認。 	○

◎ 大きく上回って達成、○ 達成、△ 達成見込み（中間）／一部達成（事後）、× 未達

3. 研究開発成果

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

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】			
分野	アピールポイント	成果	達成度
国立研究開発法人 産業技術総合研究所	これまでCNFの安全性情報が少ない中、 多様な種類のCNFを対象 にした有害性試験や排出暴露の手法開発と評価を行い、安全性評価書にとりまとめて事業者のCNF材料および応用製品の開発と普及を支援することがポイントである。	<ul style="list-style-type: none"> ・4種類のCNFに対して培養細胞試験、3種類のCNFの遺伝毒性試験、肺疾患モデル動物を使ったCNFの気管内投与試験を実施。 ・中皮腫発生の検証として、2種類のCNFについて腹腔内投与試験を実施し、短期影響(1ヶ月、3ヶ月および6ヶ月)を評価。 ・生態影響の評価として、1種類のCNF(TEMPO酸化CNF)について、試験方法を確立。 ・8種類のCNF等について乾燥粉体の取り扱いを模擬した移し替え試験を実施し、飛散量、粒径分布、形態などの情報を取得。 ・生体安全性（動物実験）評価として、CNF粉じん発生法を確立し、肺および細気管支内のCNFの取り込みを可視化する検出法を開発。 ・研究は順調に進捗しており、安全性評価書暫定版の作成を行い、2023年3月までに達成できる見込み。 	○
国立大学法人福井大学			

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み（中間）／一部達成（事後）、×未達

3. 研究開発成果

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

	最終目標（2024年度）	達成見通し
【研究開発項目】(1)「革新的 CNF 製造プロセス技術の開発」【助成】		
	1.汎用エンブラ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、700円/kg程度（樹脂により500円～900円）まで低減する。 2.高機能性CNF材料として、 従来コストの1/4以下で、かつ、事業化が可能なコストまで低減する。	製造プロセスにおいては、目標どおりの量産化の際の品質向上、コストダウン、またはユーザーサイドのコストと性能要求を満たす研究開発成果を見込む。
【研究開発項目】(2)「CNF利用技術の開発」【助成】【委託】		
①量産効果が期待されるCNF利用技術の開発【助成】	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。	利用用途の拡大においては、実用化に向けたユーザーのスペック評価が進み、実用化に向けた研究開発目標を達成する見込み。 安全性評価においては、順調な開発スケジュールで今後も進め、最終目標を達成する見込み。
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】	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。	

◆成果の普及

	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	計
論文	0	7	1			8
研究発表・講演	19	28	2			49
新聞・雑誌等への掲載	49	157	2			208
展示会への出展	5	29	7			41

※2022年5月17日現在

◆知的財産権の確保に向けた取組

	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	計
特許出願（うち外国出願）	9	17	11			37件

※例）新しい特徴を有したCNFの生産方法、物質および製造方法 等
 その他戦略に沿った具体的取組は各社非公開資料参照

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



- 参加者 : 58名
 (内訳)
 事業者 44名 (内、オンライン参加 4名)
 講演者 2名 (外部)
 経産省 3名 (ミニ展示会のみ)
 NEDO 9名 (うち講演者1名)
- 京都プロセス見学参加者 : 8名
- ミニ展示会展示数 : 23機関/全25機関

タイムスケジュール (概要)
 9:45 開会 (開場 9:15)
 10:00~ 講演① 金沢工業大学 大学院工学研究科 教授 影山和史 氏
 講演② 京都大学 生存圏研究所 生物機能材料分野 教授 矢野浩之氏
 実施者プレゼン
 13:45~ 講演③ NEDO技術戦略研究センター バイオエコノミーユニット長 水無澤氏
 14:30~ ミニ展示会 (事業者交流会)
 17:00 閉会 ※詳細は裏面へ

【ご案内チラシ、プログラム】

同時 (前日) 開催! 【京都プロセス】見学会!
 12月23日 (木) 15時~17時 @京都大学 宇治キャンパス内
 自動車や家電などへの利用を実現するリグロCNFの一貫製造プロセスのご見学。
 当日のご案内は京都大学 生存圏研究所矢野教授が対応いたします。
 ※定員: 先着10名様
 お申込方法は別途ご案内



【ミニ展示会 (交流会)】



【講演】

**NEDO
人材育成講座**

NEDO・リグノCNFプロジェクトに参画していた事業者、下記の4機関(3拠点)が共同で参画し、**CNFの社会実装を拡大・促進するための「場」(拠点)を構築する。**

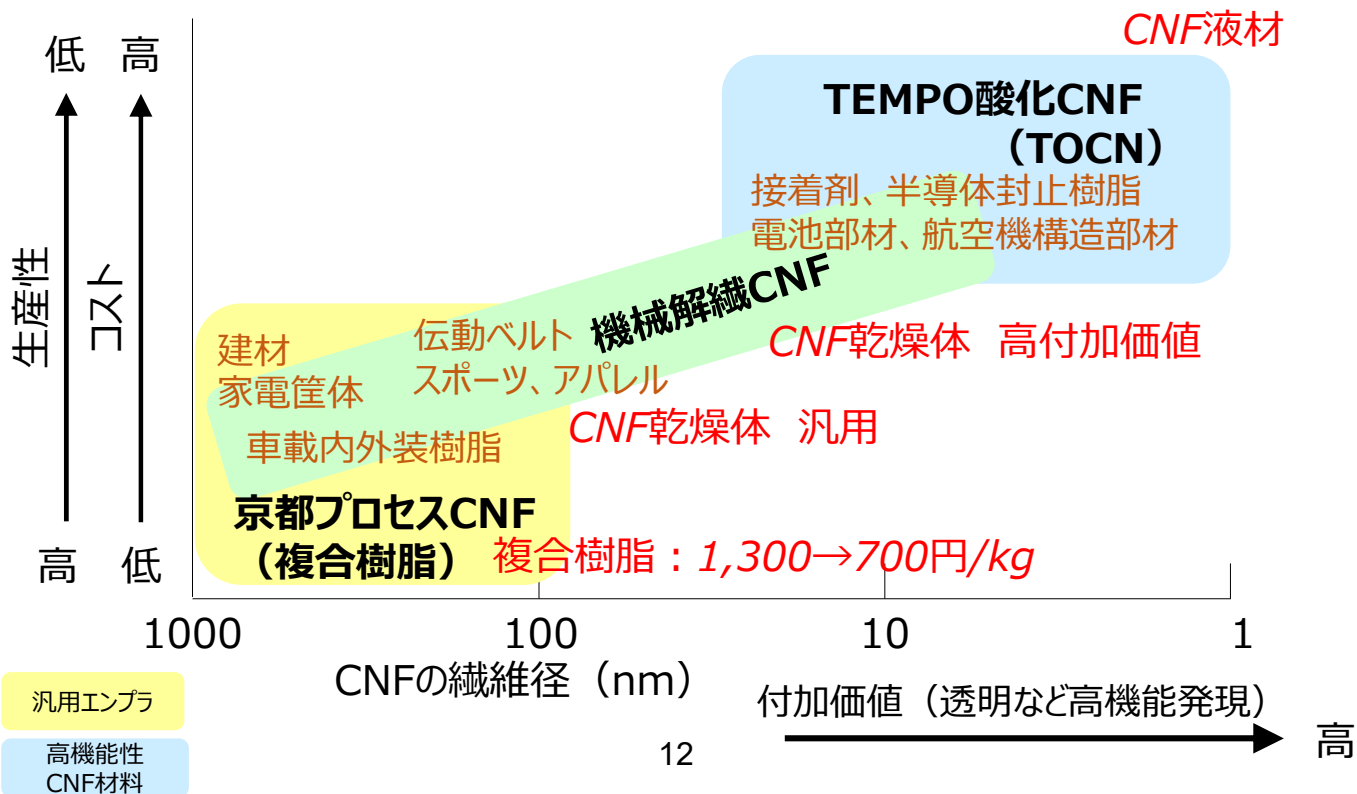
- ・リグノCNFのコアとなる京都プロセスによる樹脂複合化技術を持つ①京大、②京都市産技研
- ・特性評価のTEMPO酸化CNFや特性評価技術を持つ③東大、④産総研中国センター



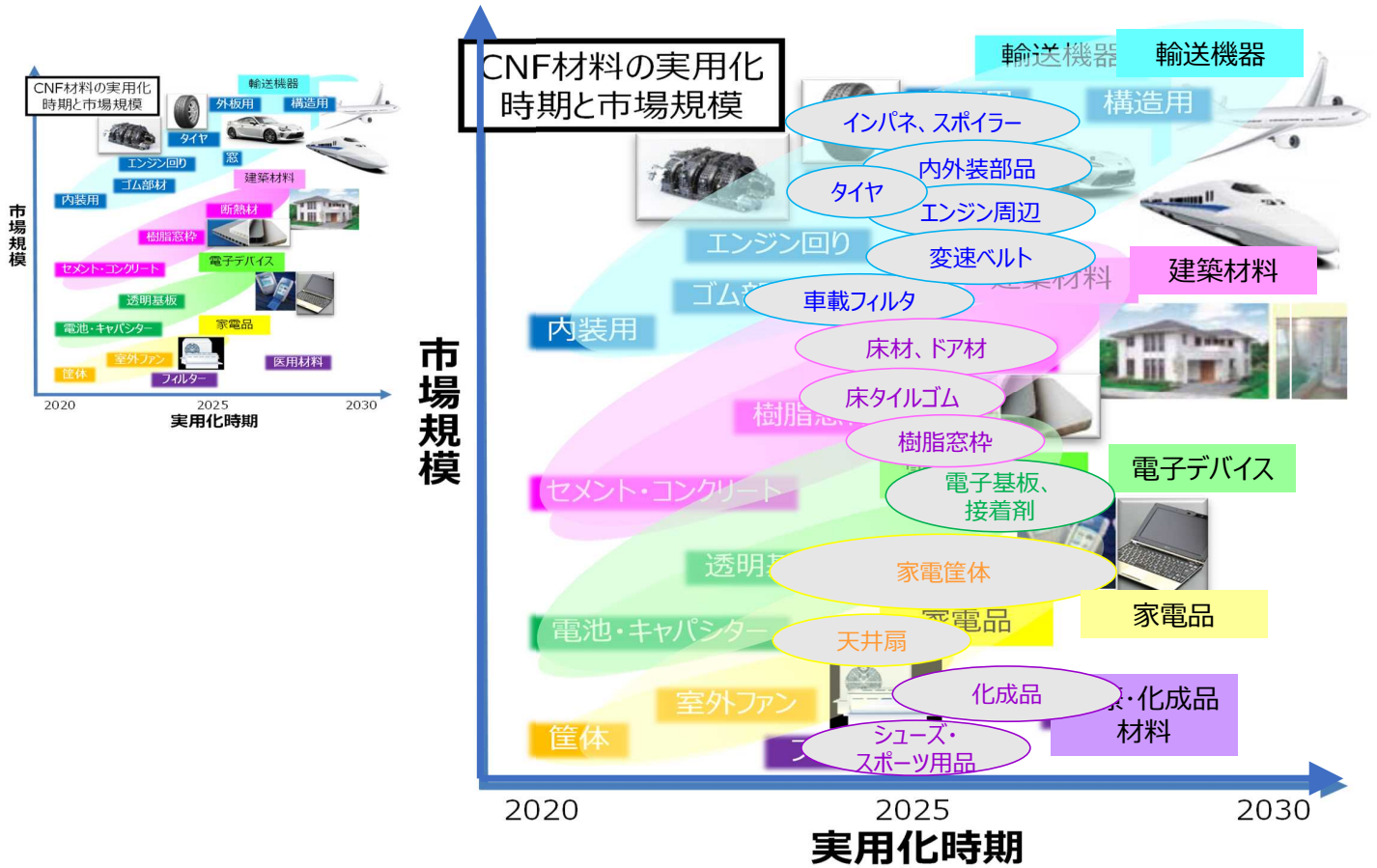
4. 成果の実用化に向けた取組

◆本事業で扱っている「CNF」

- ・CNF製造プロセスとして、3つの手法があり、特長が異なり用途により適した製造方法が選択されている。
- ・いずれの手法においてもプロセス改善による大幅なコストダウンが事業化に必須である。



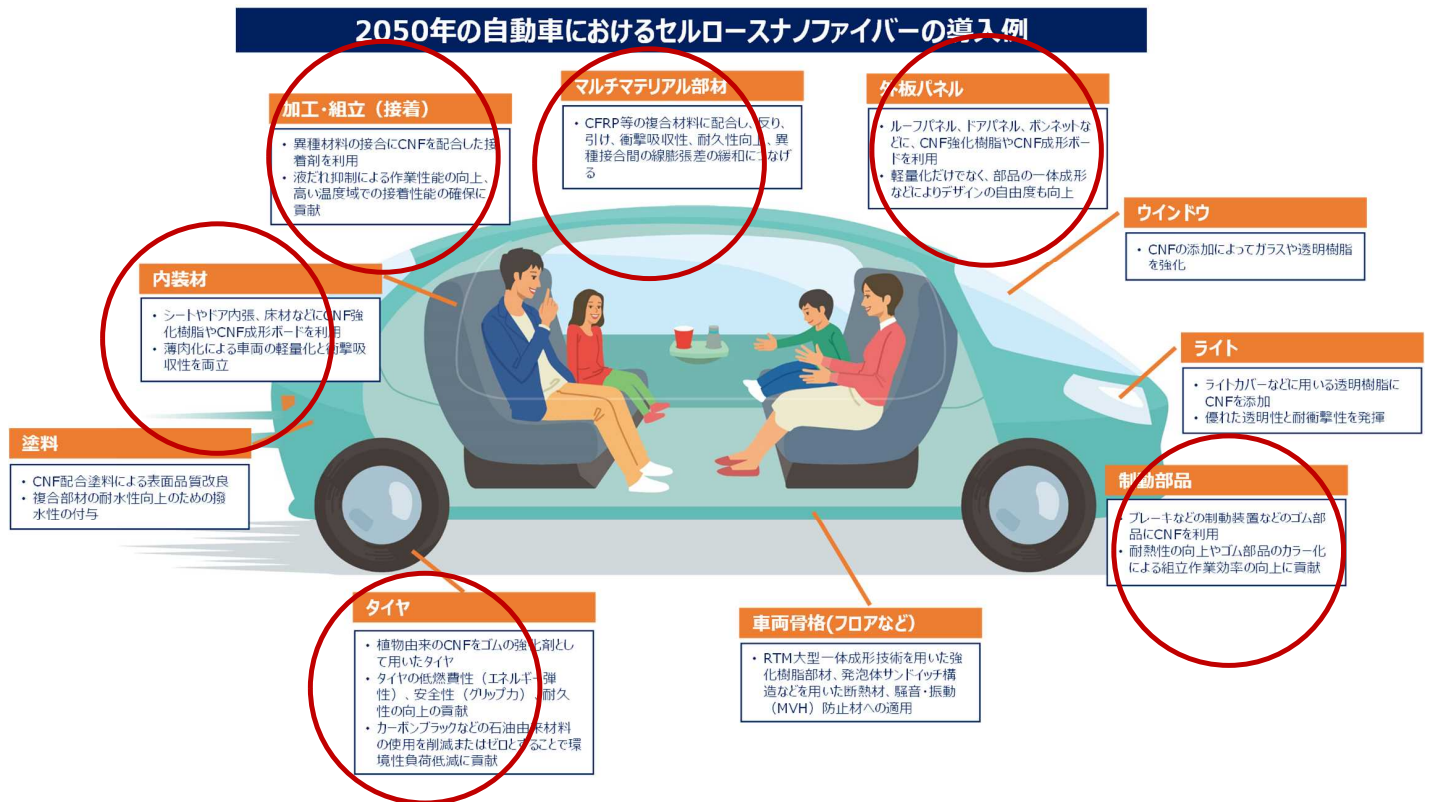
(参考) CNF実用化時期と市場規模、現事業のテーマの関係



(参考) CNFの市場・普及拡大によって実現する社会像 (全体)

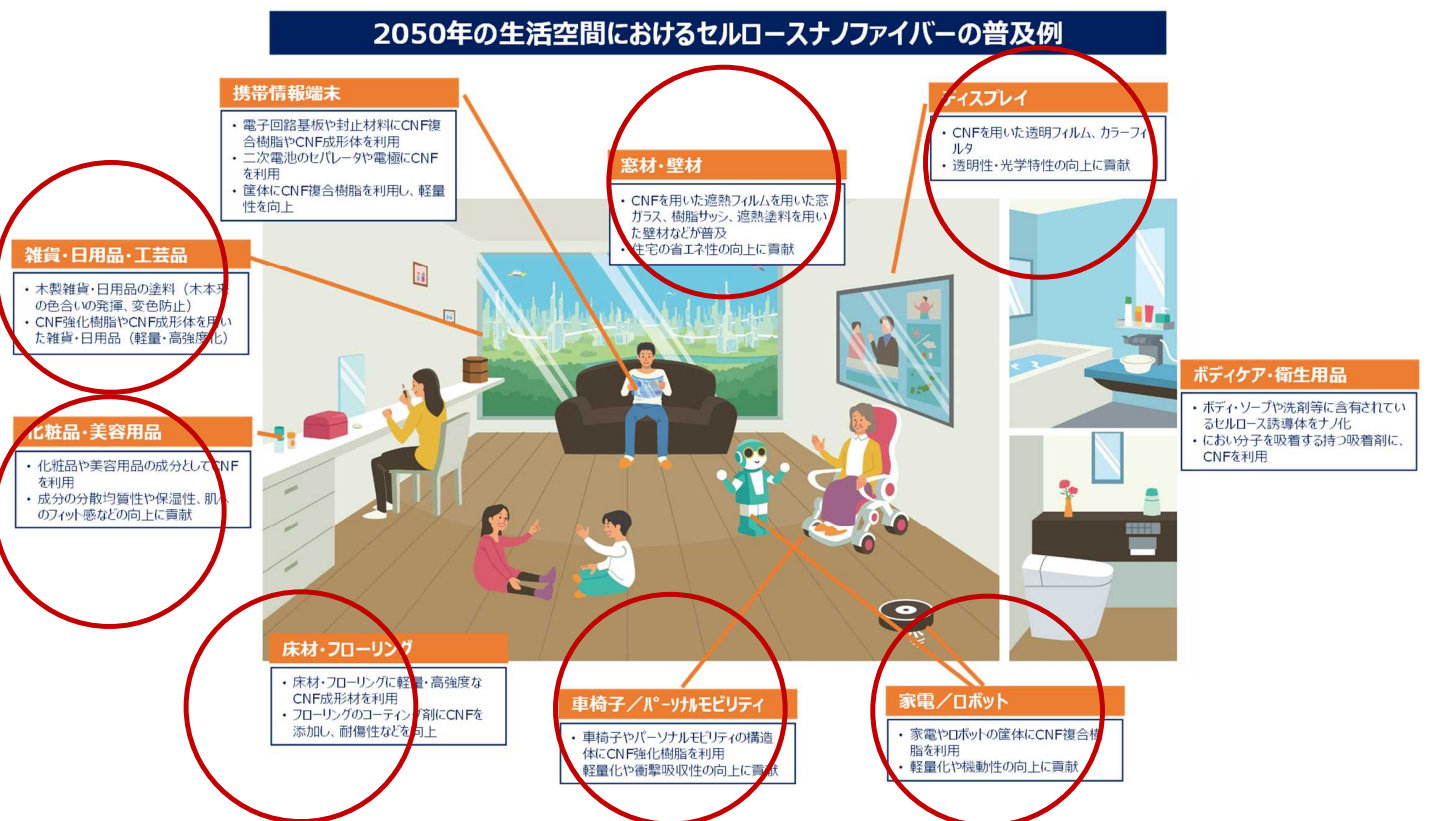


(参考) 自動車におけるCNFの普及例



出典 【NEDO・2019年度成果報告書】セルロースナノファイバーの市場及び技術動向調査

(参考) 生活空間におけるCNFの普及例



概要

		最終更新日	2022年7月4日
プログラム（又は施策）名	科学技術・イノベーション		
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/ PM、担当者	材料・ナノテクノロジー部 PM 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 氏名 丸岡 啓子（2022年4月～現在、 2021年10月～2022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 松永 啓之（2020年4月～現在） 材料・ナノテクノロジー部 担当者 氏名 服部 隼人（2022年4月～現在） 材料・ナノテクノロジー部 担当者 氏名 小野 幸胤（2022年7月～現在）		
0. 事業の概要	<p>研究開発項目①「革新的CNF製造プロセス技術の開発」</p> <p>CNF複合樹脂等の製造コストを2030年度末で300円～500円/kg程度まで低減させるためには、①生産性の大幅な向上による労務費、原動費の削減、②樹脂との相溶性を高めるための化学処理での薬品コストの低減等を含む製造プロセスの大幅な見直しが必要であり、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。</p> <p>研究開発項目②「CNF利用技術の開発」</p> <p>(1)「量産効果が期待されるCNF利用技術の開発」</p> <p>樹脂、ゴム等の基材とCNFの複合化材料を、広く普及出来る可能性のある自動車、建築資材、土木資材、家電分野等に適用させていくため、各種用途に適した製造技術の開発、成形・加工技術の開発等を行う。</p> <p>(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> <p>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う。</p>		
I. 事業の位置付け・必要性について	<p>【背景】</p> <p>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。</p> <p>【目的】</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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安全性の確認を強化する必要があるため、安全性評価も実施する。</p>		
II. 研究開発マネジメントについて			
事業の目標	<p>【アウトプット目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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開発項目①「革新的CNF製造プロセス技術の開発」を行ない、ベンチスケールでのコスト削減効果の検証を3件実施する。 ・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建築、家電等の分野での用途拡大に向けて開発項目②-1「量産効果が期待されるCNF利用技術の開発」を行い、5件の実用化の目途をつける。 ・実用化や普及を加速するとともに、長期的な利用における信頼性向上のため、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」を実施し、安全性評価書を作成する。 <p>【アウトカム目標】</p> <p>CNF複合樹脂の世界的な利用拡大や、CNFと複合化する石油由来の樹脂をバイオマス由来に置き換えも行うことで、2030年には373万トン-CO2/年の削減を目指し、その結果、石油資源の枯渇リスクを大幅に減少させ、持続可能な低炭素社会の実現に大きく貢献する。</p> <p>【2022年度末目標】</p> <p>1-1 汎用エンブラ製造プロセスの抜本的見直し、及び生産性の向上、及び薬品コスト低減により、CNF複合樹脂の製造コスト（ペレット価格）を1,000円/kgまで低減する</p>		

1-2 最終目標を達成する技術見通しを得る。
 2-1 高機能性 CNF 材料として、従来コストの 1/2 以下まで低減する
 2-2 最終目標を達成する技術見通しを得る。
 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。
【最終目標】
 1.汎用エンブラ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、700 円/kg 程度（樹脂により 500 円～900 円）まで低減する。
 2.高機能性 CNF 材料として、従来コストの 1/4 以下で、かつ、事業化が可能なコストまで低減する。
 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。
 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。

	2020	2021	2022	2023	2024	2025
開発項目① 革新的 CNF 製造プロセス技術の開発 【助成】			中間評価 ゲート	・製造プロセスの統合、簡素化のための技術開発 ・用途に合った CNF の原料、触媒等の技術開発		
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】			中間評価	・樹脂、ゴム等の基材と CNF の複合化技術の開発 ・CNF 複合材の成形・加工技術の開発 ・用途に合った CNF 製造技術の研究		
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】			中間評価	・CNF 多様性や特異性に応じた有害性評価 ・CNF の多様性や特異性に応じた排出、暴露評価 ・安全性評価書の作成と公開		
評価時期			中間評価/ステージ ゲート			事後 評価

(単位：百万円)

研究開発項目	2020 年度	2021 年度	2022 年度 (予定)	2023 年度	2024 年度	合計
開発項目① 革新的 CNF 製造プロセス技術の開発 【助成】	121	559	456	-	-	1,062
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】	171	192	194	-	-	543
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】	150	150	150	-	-	450
合計	442	935	800	-	-	2,055

※加速含む

開発体制①	経産省担当原課	製造産業局素材産業課
	プロジェクト リーダー	学校法人福岡大学 教授 八尾 滋
	委託先（*委託 先が管理法人の 場合は参加企業 数及び参加企業	A: 花王(株) B: 大洋塩ビ(株)/プラス・テク(株) C: 日本製紙(株)/宇部興産(株)

	名も記載)	D: 東ソー(株)/バンドー化学(株) E: 大王製紙(株)/芝浦機械(株) F: 星光 PMC(株) G: (株)スギノマシン	
開発体制②(1)	経産省担当原課	製造産業局素材産業課 (旧化学課、旧紙業服飾品課)	
	プロジェクトリーダー	学校法人福岡大学 教授 八尾 滋	
	委託先 (*委託先が管理法人の場合は参加企業数及び参加企業名も記載)	A: 大建工業(株)/利昌工業(株) B: ダイキョーニシカワ(株) C: 進和テック(株) D: パナソニック(株) E: 住友ゴム工業(株)/日本製紙(株) F: 美津濃(株)/第一工業製薬(株) G: (株)ニチマンラバーテック H: (国研)産業技術総合研究所/(国大)福井大学	
情勢変化への対応	産業界の課題検討会合への参加による情報収集。政策動向の把握。 NEDO 調査事業により、国外政策動向・技術動向などを把握 (2022 年度後半に予定)		
中間評価結果への対応	—		
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	【委託/助成】2022 年 08 月実施予定	
	事後評価	【委託/助成】2025 年実施予定	
Ⅲ. 研究開発成果について	研究開発項目①		
	研究開発項目①「革新的CNF製造プロセス技術開発」【助成事業】		
	助成先	アピールポイント	成果
	花王株式会社	TEMPO酸化CNFを独自の疎水化変性技術により、樹脂モノマー中に完全ナノ分散させ、超高信頼性が要求される半導体封止樹脂等のエレクトロニクス分野や自動車用構造接着剤、CFRP材料等のモビリティ分野へ適用する。	・開発法の適用により、大幅な工程短縮と反応率・収率の向上を達成。 ・樹脂塗膜の靱性はBlankiに対して約4倍向上し、目標 (> 3倍) を達成。 ・TOCNの樹脂中分散状態の観察に成功。(物性ととの紐づけを検討中)
	大洋塩ビ株式会社	変性バルブのCNFへの解繊性が期待されるPVC (極性樹脂)へ適用。大洋塩ビとプラス・テックの配合技術を活用しCNF強化PVCコンパウンドの配合を設計する。上記2社に加えて樹脂サッシュメーカーのYKKAP、京都大学、京都市産技研が共同で取り組むことで原料・加工メーカーまで一丸となって低コスト量産化技術確立し事業化を目指す。	・ターゲットとする建材分野で求められる2021年度目標物性 (難燃性、曲げ弾性率、軟化点温度、線熱膨張係数) は達成。 ・CNF/PVCコンパウンド成形加工性評価と低コスト量産化技術を検討中。
	日本製紙株式会社	再生可能な天然素材を強化材として用いるCNF強化PA6について、京都プロセスをベースに、それを改良・進化させながら、低コスト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、ナイロン分野の大手樹脂メーカーであるUBEが協業し、これを実施する。	・製造プロセスの条件最適化を図り、強度品質向上と工程最適化が可能。 ・CNFへ解繊促進する手法を探索し、強度物性・解繊性が向上する手法を見出した。 ・ベース樹脂の選定等により、2021年度目標物性を達成。
	東ソー株式会社	東ソーは本技術を量産スケールに拡大し事業として継続可能な価格となる量産プロセスを開発する。バンドー化学は、東ソーが提供するCNF複合化CRを伝動ベルトの原料に適用するため、保有するCR製伝動ベルト製造技術を応用し、高効率伝動ベルトの製品化を達成する。更に、完成したCNF複合化CRは、伝動ベルト以外にも適用する事で、さらなる使用数量増を目指す。	・CNF複合化CRの実用量産化について、ラポ品同等品質を確認。 ・CNF複合化CRを用いた高効率ベルトの実用量産化について、CNF量許容範囲を確認。 ・伝動ベルト以外の用途への適用検討について、候補を選定。
	バンドー化学株式会社		

研究開発項目①「革新的CNF製造プロセス技術開発」【助成事業】

助成先	アピールポイント	成果	達成度
大王製紙株式会社 芝浦機械株式会社	省エネルギー型でコスト優位性のあるCNF水分散液製造プロセスと、大きなマーケットである樹脂用途への展開を目指すためのCNF複合樹脂製造プロセスを、製紙会社の工場内に併設してCNF複合樹脂ペレットを一貫製造することにより、CNFメーカーとしての優位性を確保して、事業化を進めていくことができる。	<ul style="list-style-type: none"> 一貫製造プロセスで製造した変性バルブの導入量は目標値の71%を達成。 CNF複合樹脂(10%濃度)CO₂排出源単位が計画通りできる技術を確認。 導入したφ48mmの二軸押出機で、運転条件や原料条件を最適化し、CNF複合樹脂生産量250kg/hと曲げ弾性率1.6倍を達成。 	○
星光PMC株式会社	CNF研究の世界的トップランナーの京都大学と星光PMCが連携することで京都プロセスのさらなる生産性向上、複合材料の物性向上に取り組む。植物由来材料を自動車に搭載した実績を有し、自動車部材に求められる性能を熟知しているトヨタ車体株式会社との連携により、CNF複合材料の特性が活かせる自動車部品設計や利活用方法の開発が実現できる。	<ul style="list-style-type: none"> 従来の疎水変性よりも物性向上効果に優れる新規疎水化剤を選定し、変性プロセスの生産速度を向上させられる新規疎水化バルブを開発。 自動車材料に必要な基礎物性評価を実施し、目標をクリア。 	○
株式会社スギノマシン	独自のウォータージェット技術を進化させ、均一な機械解繊高濃度CNF水分散液を高効率で製造し、低価格化を実現する。独自技術によりCNF水分散液を乾燥させ、樹脂へ少量添加で他にはないユニークな特性を発現する高付加価値CNFドライパウダーの商業化と低価格化を実現する。	<ul style="list-style-type: none"> 原料を最適化することで、細くて長いCNFの製造に成功し、衝突回数削減の目標は達成済み。 中型機レベルの乾燥設備も導入し、乾燥条件を最適化により、生産量は従来の約12倍(乾燥初期濃度2倍、処理量6倍)、従来同等の品質を達成。 	○

研究開発項目②

テーマ1)

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】

助成先	アピールポイント	成果	達成度
大建工業株式会社 利昌工業株式会社	CNF大量需要創出のための内装建材開発において、建材・素材メーカーである大建工業の様々な素材に関する知見、建材への二次加工技術によりCNFに最適な用途と要求品質を見出すと共に、利昌工業のCNF成形技術と電子材料で培った樹脂設計技術により要求品質を満たすCNF成形板の組成を短期間で見出すことができた。	<ul style="list-style-type: none"> 内製フェノール樹脂をCNF成形体に含浸、吸水性が著しく低減し寸法定定性が向上。樹脂含浸条件を制御し、内装建材として使える等級達成。 建材アイテム抽出、小片試作を実施。フェノール含浸CNFを表面材とした基材は表面硬度が非常に高い特性を活かした「土足用床材」の開発に着手。 	○
ダイキョーニシカワ株式会社	京都プロセスをベースに、ダイキョーニシカワ独自の材料設計、コンパウンド技術を適用し、自動車の内外装製品に必要な性能を実現する。	<ul style="list-style-type: none"> 材料の基礎物性向上を狙い、CNFと樹脂の界面強度向上、CNFの均一分散について取組みを実施し材料改良により衝撃性が向上する傾向を確認 自動車部品向け環境性能評価として、耐湿後の物性評価で課題抽出中。 	○
進和テック株式会社	進和テックがこれまでに持つフィルタ製作のノウハウと、共同研究先の産総研・東工大の持つCNF選定・評価のノウハウを融合させ、従来の除湿材料よりも低温再生・長期間使用可能で、省エネを実現できるEV車載用デシカントフィルタを開発する。	<ul style="list-style-type: none"> 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である水分吸着量50g/hを達成。 400時間連続使用に問題がないこと、性能バラつきが10%以内を確認。 	○
パナソニック株式会社	パナソニック独自の乾式プロセスにより、セルロースファイバーの高濃度複合化が可能であり、高強度、高意匠、高バイオ度の樹脂成型品の提供が可能である。	<ul style="list-style-type: none"> 高濃度 (PP+セルロース70%材料) にて、強度と成形性を確保。 完全バイオ化 (バイオ比率95%以上、バイオPEベースおよびPLAベース (セルロース55%)) 材料にて、強度と成形性を確保。 天井扇ブレード製品評価を実施して、耐候性を除き、製品評価をクリア。 	○

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】			
助成先	アピールポイント	成果	達成度
住友ゴム工業株式会社 日本製紙株式会社	エナセーブNEXTⅢで開発したエラストマーとCNFとの複合化技術の乾燥工程を大幅短縮し、コスト半減化したCNF配合エラストマーを一般タイヤへ展開する。	・大径化CNFを共同で開発、表面積減少により脱水性を改良、高濃度（低水分率）CNFを希釈せず使用するMB製法を開発し乾燥時間を改良し、2021年度目標コスト達成。 ・製品検証は、22年度の計画。検証に向けた必要生産能力確保と試作準備は完了。スポーツ用品など他部材への拡大検討を開始。	○
美津濃株式会社 第一工業製薬株式会社	第一工業製薬のTEMPO酸化法によりCNFを均一に分散させる技術を用いて、水性樹脂とCNFを均一に分散させて、ミズノと共同でCNF複合樹脂をシート化する技術を確立する。ミズノが蓄積したCFRP成形技術を応用し、CNF複合樹脂を用いたCFRP構造体を成形し、スポーツ製品への応用を進めていく。	・PU樹脂エマルジョンで、CFRPの製造が可能であることを確認。CNFを付着させないCFRTPに比べ、曲げ弾性率は約7%向上。 ・TPU樹脂エマルジョンを炭素繊維シートに含浸させることにより、CFRTPを作製できることを確認。	△ ○
株式会社 ニチマンパーテック	CNFをゴムに分散する技術を確立し、靴底の耐摩耗性40%アップが可能となった。スニーカーのブランド「スピングルムーヴ」を活用し、「ルベアソール」として靴底をブランド化し展開する予定。また、靴底で得た知見をゴムタイヤに応用し、耐摩耗性、防滑性の高い床材「アストロフェース」としてブランド化し展開する予定。	・ゴム製靴底（ソリッド・軽量化）およびゴムタイヤの耐摩耗性は目標値を達成。ゴム製靴底（軽量化）フィールドテストでは現行の靴底よりも摩耗が悪いことを確認。	○
テーマ 2)			
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】			
分野	アピールポイント	成果	達成度
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	これまでCNFの安全性情報が少ない中、多様な種類のCNFを対象にした有害性試験や排出暴露の手法開発と評価を行い、安全性評価書にとりまとめて事業者のCNF材料および応用製品の開発と普及を支援することがポイントである。	・4種類のCNFに対して培養細胞試験、3種類のCNFの遺伝毒性試験、肺疾患モデル動物を使ったCNFの気管内投与試験を実施。 ・中皮腫発生の検証として、2種類のCNFについて腹腔内投与試験を実施し、短期影響（1ヶ月、3ヶ月および6ヶ月）を評価。 ・生態影響の評価として、1種類のCNF（TEMPO酸化CNF）について、試験方法を確立。 ・8種類のCNF等について乾燥粉体の取り扱いを模擬した移し替え試験を実施し、飛散量、粒径分布、形態などの情報を取得。 ・生体安全性（動物実験）評価として、CNF粉じん発生法を確立し、肺および細気管支内のCNFの取り込みを可視化する検出法を開発。 ・研究は順調に進捗しており、安全性評価書暫定版の作成を行い、2023年3月までに達成できる見込み。	○
投稿論文	8 件		
特 許	37 件		
その他の外部発表 （プレス発表等）	「研究発表・講演」49 件 「新聞・雑誌等への掲載」208 件 「展示会への出展」41 件		
IV. 実用化・事業化の見通しについて	非公開版のみの記載とする。		
V. 基本計画に関する事項	作成時期	2020年2月 作成	
	変更履歴		