

巻末資料 4 : CNF サプライチェーン構築及び拡大に向けた課題

I. CNF サプライチェーン構築及び拡大に向けた課題の検討

以下に文献・ヒアリング調査の結果を示す。

表 I-1 文献・ヒアリング調査の結果

No.	分野	製品・部材	性質	素材分類	課題の概要	重要度
1	分野横断	—	親水性・疎水性	素材	ミリストイルなど分岐のない脂肪酸変性の CNF や、大きな炭化水素基を持ったフェノキシ酢酸変性 CNF などが無処理 CNF を上回る耐熱性を示したが、その機構などについては、まだまだ明らかになっていない	大
2	分野横断	—	親水性・疎水性	素材	CNF 製造のための解繊プロセスの低エネルギー化、高効率化、ナノ繊維の損傷低減のための技術開発が必要である	大
3	分野横断	—	親水性・疎水性	素材	粘土鉱物をあらかじめ溶媒中で剥離する等の前処理をしない（例：成形機中で溶解したポリマーと混合してナノコンポジット化する方法（直接混合法））プロセス技術の開発も求められている（化学的処理）	大
4	分野横断	—	親水性・疎水性	素材	木質チップから分離したヘミセルロース、リグニンといった成分を高分子材料や燃料、機能化学品、機能性食品などに有効利用するための技術開発が必要である	大
5	分野横断	—	親水性・疎水性	素材	木質チップからセルロース、ヘミセルロース、リグニンといった成分を効率的に取り出し、工業原料として使用するための最適な成分を分離する技術の開発が必要となる	大
6	分野横断	—	疎水性	複合材	高性能な成形材料として、金属等を代替するためには、耐摩耗性、引張強度、耐衝撃性、曲げ強度、耐熱性などをさらに向上させる必要がある	大
7	分野横断	—	疎水性	複合材	ガスバリア性、難燃性、導電性などナノコンポジットならではの機能をさらに向上させ、競争力の高い材料としていく必要がある	大
8	分野横断	—	疎水性	複合材	複合用途での技術開発としては、耐熱性や加工性、樹脂との親和性などの性能発現のためのナノファイバー表面修飾技術、ナノ分散性の評価技術、母材の改質（母材の改質による親和性の向上）が鍵となる	大
9	分野横断	—	疎水性	複合材	CNF で補強した PP はそれぞれ性能が異なっており、多くは PP にタルクを入れたものより性能が低いと、利用者は CNF の補強性を実感できない（有識者）	大
10	分野横断	—	疎水性	複合材	製紙会社が CNF を製造しているが、それを熱可塑性樹脂に混練しても性能が出ていない。生産側が安定した材料を川中・川下に提供するという文化や、プラスチックに混ぜる知見が、製紙会社にないことが要因と考えられる（有識者）	大

No.	分野	製品・部材	性質	素材分類	課題の概要	重要度
11	分野横断	—	疎水性	複合材	サンプルが乾燥品である場合、未乾燥品（乾燥履歴のないもの）に比べ、デンプン等、粗繊維以外の成分の除去効率が低下し、CNFの製造が困難となる	大
12	分野横断	—	疎水性	複合材	CNFを樹脂に混合した際に、分散性が悪く欠陥になってしまう（化学・素材系事業者）	大
13	自動車	内装：内ドア部品	疎水性	複合材	プラスチック材料にナノセルロースを適切に分散させることが課題である（パルプ直接混練法、湿式法）	大
14	分野横断	—	疎水性	複合材	母材への欠陥・凝集のない均一ナノ分散技術の開発が必要となる	大
15	分野横断	—	疎水性	複合材	市場に出回っているCNFはメーカーごとに性能のばらつきが大きく、同一メーカーの製品でもロットによって差異がある（化学・素材系事業者）	大
16	分野横断	—	親水性・疎水性	複合材	素材メーカーは、樹脂との混合等に関して複合材メーカーの知見が必要なこともある。複合材料メーカーが素材メーカーと部品メーカーの間に入って一緒に考え、言葉を合わせていくことが大切である（化学・素材系事業者）	大
17	分野横断	—	CNFの受入	—	マッチングの際には、性能の説明をしっかりとしながら、ユーザーのニーズに応じた樹脂を提供することが重要である。川下にとっては、性能以外にもコストも納得できるものでなければいけない（有識者）	大
18	住宅建材	水性屋外木部用塗料	親水性	複合材	機械的な解繊（斜向衝突法、ボール衝突法、酵素・湿式法）のCNFは製造条件や管理方法により品質にばらつきが生じ、塗料性能が安定しない。	中
19	エレクトロニクス	蓄電池：セパレータ	疎水性	複合材	蓄電池セパレータやエアフィルターへ応用が期待されるCNF繊維集合体形成時におけるコスト面や気泡が含まれたことが原因と思われる繊維径のばらつき等の製造（攪拌・脱泡）技術に課題がある	中
20	その他	エアフィルター	親水性・疎水性	素材	実用化に向けてCNF自体の低コスト化が求められており、使用量と性能とのバランスをどのようにとるかが、今後の課題である	大
21	住宅建材	水性屋外木部用塗料	親水性	素材	TEMPO酸化のCNFはコストに見合った性能が得られない	大
22	分野横断	—	—	—	CNF自体のコストダウンについては、製紙メーカーに期待している。1,000円/kgを切ることを目指し、さらに500円/kg程度となると有難い（化学・素材系事業者）	大
23	分野横断	—	親水性・疎水性	素材	パルプが綿の形状であるため、物流コストが高い（≒輸送効率が悪い）と認識しており、圧縮しての輸送やパルプ製造拠点に近いところでの樹脂との複合化が有効となる（化学・素材系事業者）	大

No.	分野	製品・部材	性質	素材分類	課題の概要	重要度
24	分野横断	-	親水性・疎水性	素材	製紙会社としても、生産量が増えない限り事業として取組む意味がないと感じる可能性がある。CNFの使用量が現状のままであれば、環境省の提唱するスピード感でCNFを実装するのは難しい（化学・素材系事業者）	大
25	分野横断	-	親水性・疎水性	素材	解繊効率やその後の脱水プロセスに起因してコストが高止まりしている（機械的処理）	大
26	自動車	共通	親水性・疎水性	素材	微粉碎工程が生産量のボトルネックとなっており、このことがCNFの製造コストの押し上げ原因の一つと考えられる（化学的処理）	大
27	分野横断	-	親水性・疎水性	素材	安価なパルプから如何に簡易な手法で低価格な高性能製品を作り出せるかが重要な点となる	大
28	分野横断	-	親水性・疎水性	素材	コンパウンドする際に乾燥が必要な場合、さらにコストアップしてしまう（化学・素材系事業者）	大
29	家電	空調：フィルター	疎水性	複合材	蓄電池セパレータやエアフィルターへ応用が期待されるCNF繊維集合体形成時におけるコスト面や気泡が含まれたことが原因と思われる繊維径のばらつき等の製造（攪拌・脱泡）技術に課題がある	中
30	自動車	共通	親水性・疎水性	素材	原料パルプを解繊し、CNFのレベルまでナノ化するためにはビーズミルやグラインダー、高圧ホモジナイザーといった特殊な装置が必要であり、ナノ化処理には多大な時間を要する（機械的処理）	中
31	その他	増粘剤	親水性・疎水性	素材	セルロースに固有の物理化学的特性には限界もあること、ナノ物質としての安全性に対する懸念が完全には払拭されていない	大
32	分野横断	-	親水性・疎水性	素材	カラマツ材チップから、主酸化剤を従来と同等の量でCNF収率90%以上を達成。工業化に向けて更に高効率化を図り、活用に向けては木材調達の一貫したシステム構築が必須である	大
33	自動車	外装：車体	性能・品質の向上	-	車体の強度を保ちながら如何に軽量化するかが課題である	大
34	自動車	ゴム部材	疎水性	複合材	カーボンブラック減配でゴム部材の硬度が低下し、製品として使用できないため、硬度を調整した配合に見直す必要がある	大
35	住宅建材	キッチン	用途開発・実用化技術の開発	-	キッチン部材へ使用するWPCにおいては、耐水処理が必要な点や、流動性が低いため複雑形状の成形が困難である点が課題である	中
36	自動車	樹脂材料	性能・品質の向上	-	①CNFの化学修飾技術開発、②CNF表面での高分子精密重合技術開発、③界面制御用の添加剤開発を進める必要がある	大
37	自動車	-	性能・品質の向上	-	自動車や航空機等のモビリティ用途では、安全性や環境負荷など様々な性能基準を満たす必要があるため、CNF単体を主材として消費量を増やし製品化することにこだわっている、実用化は難しいのではないかと（化学・素材系事業者）	大

No.	分野	製品・部材	性質	素材分類	課題の概要	重要度
38	分野横断	—	性能・品質の向上	—	機能が求められる製品なのか、コストが求められる製品なのかを顧客ニーズに合わせて、競合する各々の素材と比較しながら製品化が行われる必要がある（化学・素材系事業者）	大
39	蓄電池	—	性能・品質の向上	—	セパレーターの主材としては難しいかもしれないが、セパレーターに求められる特性やモルフォロジーを示すための助材としては期待できるのではないかと（素材・化学企業）	大
40	分野横断	—	用途開発・実用化技術の開発	—	性能発現のための表面修飾、均一解繊、樹脂中への均一分散に加えて、他の材料では代替できない用途を開発していくことが必要である	大
41	自動車	外装	用途開発・実用化技術の開発	—	自動車用ドアノブ部品等の複数形所の部品でも確実にメッキ膜を形成できるか、また、大型部品への添加も可能か今後検討が必要である	中
42	自動車	ゴム部材	疎水性	複合材	自動車用タイヤのウェットグリップ性能の低下を防ぐために、水素添加ポリマー等の複合物の添加が必要である	中
43	住宅建材	断熱材	用途開発・実用化技術の開発	—	中間膜をして使用できる CNF フィルムは曇りのない透明さが要求されるものの、現状ではこうしたフィルムのサイズはまだ小さく、重量軽減効果の高い大きなサイズのガラスを作ることができない	中
44	自動車	ゴム部材	疎水性	複合材	気泡が目立つなど CNF 分散に関するゴム製造時の混練手法に課題がある（機械的処理）	大
45	住宅建材	接着剤（化粧合板用）	性能・品質の向上	—	CNF を混合すると接着剤粘度が上がり、作業性が悪くなるのが欠点である。また、品質の不安定さが見受けられる場合がある	大
46	分野横断	—	CNF の受入	—	CNF の品質を担保するための基準、項目が不明瞭でその測定方法が確立できていない（化学・素材系事業者）	大
47	分野横断	—	CNF の受入	—	炭素繊維比較やガラス繊維比較のような受入基準の考え方の範囲で比較はできない。性能の幅を見て製品化を検討する必要がある（化学・素材系事業者）	大
48	分野横断	—	CNF の受入	—	必要な量と質の CNF 入手が容易ではなく、性能評価できない。初期評価の段階であり情報漏洩等の心配はないが、特許を出願されるのでは等の素材メーカーの懸念は理解できるため、対話が必要である（化学・素材系事業者）	大
49	分野横断	—	CNF の受入	—	品質評価や機能発現メカニズムの解明のための計測・評価・シミュレーション技術、安全性評価技術、国際標準化への取組が重要となる	大
50	分野横断	—	CNF の受入	—	メーカーから利用を制限される契約を求められることも多く、受け入れの難しさを感じている（化学・素材系事業者）	大

No.	分野	製品・部材	性質	素材分類	課題の概要	重要度
51	自動車	外装：Bピラー	性能・品質の向上	—	(ウェルドラインの抑制にあたって) 射出タイミングに差異を与えたことで温度分布や保圧力分布に変化が起こるため、他の成形課題とのバランスを取った条件設定が必要である	中
52	自動車	内装：シート	コストの低減	—	PETのような高温処理を有する樹脂とのナノコンポジット化を行い試作したものの、実用化に向けては生産コストの低減が課題である	大
53	自動車	樹脂材料	コストの低減	—	化学修飾パルプを用いた CNF 強化自動車用樹脂材料部材化プロセスにおけるコストの高止まり、原料となる CNF の製造工程および CNF と樹脂とのコンパウンディング工程にコストがかかることがあげられる	大
54	自動車	金属部品	コストの低減	—	自動車用金属部品の樹脂代替を狙い、高強度かつ低比重な強化樹脂 (CNFRP) を用いて、自動車部品の試作と性能評価を行ったが、(生産時の) コストが高いことが課題である	大
55	住宅建材	断熱材：外皮(天井)	コストの低減	—	従来の製品と比べてコストが高く、あえて CNF 利用のグラスウールを使用しなくても、安価な断熱材の使用を増やすことの方が合理的である (LCA 観点でのコストメリットはある)	大
56	住宅建材	木材部材	コストの低減	—	キッチン部材へ使用する場合、材料自体のコストが木質ボードに比べて 4~8 倍程度増加することが課題である	大
57	その他	インク(ボールペン)	用途開発・実用化技術の開発	—	幅広い分野、商品群に展開していくためには、現特性を生かせる新たな用途提案、または、更なるコストダウンが課題である	大
58	自動車	外装：板ガラス	コストの低減	—	透明性および強度の向上に加え、CNF 樹脂やその複合材料の経済性が重要視される	大
59	分野横断	—	コストの低減	—	生産コストについても重要な課題であるが、用途開発に伴う市場および生産規模の拡大によってコスト低減が促進されることが期待される(現時点では国内外の市場は限定的である)	大
60	分野横断	—	生産量の見通し	—	CNF を主材として利用することにこだわりすぎると、逆に組み込みが進みにくく、トータルの環境負荷やライフサイクルの観点から、CNF を既存のマテリアルと複合化して利用することを考えた方がよい(化学・素材系事業者)	大
61	分野横断	—	親水性・疎水性	素材	原材料費レベルの価格(400 円/kg) と、事業化の際の初期投資(プラント費、排水処理施設)やランニングコストを含めた場合の費用を含めた単価(4 万円/kg 程度)や、量産時の単価とは大きな乖離が存在する(有識者)	大
62	分野横断	—	コストの低減	—	事業者は今まで未使用の材料への不安感とコスト面の課題があるため、商業化に 5 年以上かかる(モデル事業者)	大

No.	分野	製品・部材	性質	素材分類	課題の概要	重要度
63	分野横断	—	コストの低減	—	コストを下げる方法が見つからなければ普及せず、プレイヤーが撤退するという懸念がある（化学・素材系事業者）	大
64	分野横断	—	コストの低減	—	CNF生産量年間10万トンでやっとコスト削減繋がるが、自動車が大きなターゲットになる。（化学・素材系事業者）	大
65	自動車	—	コストの低減	—	小型モビリティは有望と考えるが、コスト面がCNF適用の課題となる（モデル事業者）	大
66	自動車	共通	支援体制・技術の確立（調達リスクの低減）	—	高機能ナノセルローズ材料を安価に安定して供給するサプライチェーンの構築を目指して、自動車メーカーへのサンプル供給システムを強化し、質、量共に現実に即した評価が行える体制を整える必要がある	大
67	住宅建材	断熱材	市場規模の拡大	—	住宅用断熱材のうち約8～9割近くが新築住宅向けと言われており、新築での需要確保が断熱材メーカーでの課題である	中
68	自動車	共通	支援体制・技術の確立（調達リスクの低減）	—	自動車メーカーにとって、素材は基本的に複数社購買となるため、特定の1社が、全てのニーズに対応できる製品を確立しても、自動車メーカーによる本格採用には至らない	中
69	自動車	共通	支援体制・技術の確立（実績の拡充）	—	実績が少ない分野であるため、公的な技術サポートがない場合、自動車・成形メーカーへの開発リスクが大きい	中
70	自動車	ドアパネル	性能・品質の向上	—	使用においては問題ないが、初期強度の評価のみのため、長期的な使用を考慮すると、耐久性、耐候性などについて確認を進める必要がある	大
71	住宅建材	水性屋外木部用塗料	性能・品質の向上	—	使用実績が少なく実際に長期に使用した際の不具合が想定できない	大
72	自動車	ドアパネル	性能・品質の向上	—	塗装について細かい気泡の存在率はCNFの方が多く、美観のさらなる向上に向けて改良の余地がある	中
73	自動車	—	性能・品質の向上	—	バイオプラスチックとCNFの複合材料の活用は企業PRになるが、購入するユーザー目線で考えると、故障や品質の低下が懸念され、分解制御技術が伴わない限り、自然由来という訴求効果のみでは普及しないのではないかと（化学・素材系事業者）	大
74	分野横断	—	リサイクル	—	何度も熱がかかるとダメージを受けるため耐熱性への対処や、混練時に繊維が断裂する点に留意が必要（化学・素材系事業者）	大
75	分野横断	—	リサイクル	—	同じ製品としてのリサイクルは難しいが、バージンで薄めたり、他の素材と組み合わせるマテリアルリサイクルは可能であると考えている（化学・素材系事業者）	中

No.	分野	製品・部材	性質	素材分類	課題の概要	重要度
76	自動車	—	リサイクル	—	(主に自動車に関して) どのようにリサイクル規格を設定するのが関心事である(化学・素材系事業者)	中
77	分野横断	—	親水性	複合材	CNF は大きく親水性と疎水性のものに分けられ、CO2 削減効果を考えると、構造用途(疎水性)が中心となるが、現在の市場に出回っている CNF は親水性のものであるため、構造用途としての利用は難しい(有識者)	大
78	分野横断	—	親水性	素材	PP と混合可能な疎水性の CNF は、量を捌くことができ、CO2 削減にも繋がる(≒親水性 CNF は繋がりにくい)ことを打ち出していく必要がある(化学・素材系事業者)	大
79	分野横断	—	CO2 削減	—	CNF の製造にエネルギーが必要であり、樹脂と複合しているため、あまり CO2 削減のインセンティブにはならないのではないかと(化学・素材系事業者)	大
80	分野横断	—	CO2 削減	—	CNF リサイクルにおいては、CNF 作製時の CO2 削減が重要(モデル事業者)	大
81	住宅建材	断熱材：外皮(外壁)	疎水性	複合材	CNF を添加した量産品試作の性能評価において、CNF 種別による熱伝導率の差が僅かに認められる(機械的処理)	小
82	住宅建材	断熱材：外皮(外壁)	用途開発・実用化技術の開発	—	CNF 添加によりスポンジ状のマットがやや堅くなるため、高断熱セルローズ系断熱材を壁体内に納める際の柔軟性がやや損なわれる短所が発生する	小
83	住宅建材		疎水性	素材	世界の潮流はより無毒な安定剤の使用に向かっており、CNF を硬質 PVC へ分散させる前提として、微結晶が溶融する 220℃で安定に PVC を加工できる無毒安定剤の開発が必要である	小
84		半導体	疎水性	素材	一応の光電変換機能は認められたが、これは p-型半導体機能 CNF の最初の例である。これについては、CNF ポリマー系ナノコンポジットの構築の観点から更に検討を進める必要がある	小
85	その他	構造材用 CNF 強化樹脂	親水性	複合材	多くの樹脂が疎水性であるため、基本的に樹脂補強用の CNF は表面が疎水化されていないと、樹脂中への均一分散、樹脂との相互作用が得られず、CNF による樹脂補強は容易ではない	小
86	分野横断	—	支援体制・技術の確立(実績の拡充)	—	必要な物性の予測、設計、新機能の創出、開発期間の短縮に繋げていく必要がある	小
87	分野横断	—	親水性	複合材	水溶液でそのまま利用する場合(水系用途)には、均一性や分散性に優れた CNC、CNF の製造のためのパルプ開発、水溶液中の粘弾性特性の制御技術が必要である	小

No.	分野	製品・部材	性質	素材分類	課題の概要	重要度
88	分野横断	-	疎水性	素材	水難溶性でほとんどの溶媒に溶けない（他方、近年の研究でイオン液体がセルロースの溶媒になることが示されている）	小
89	分野横断	-	支援体制・技術の確立（実績の拡充）	-	DOE や EERE には、CNF に特化した助成プログラムは用意されていない	小
90	自動車	-	リサイクル	-	CNF はマテリアルリサイクルしても性能が落ちないため、自動車のバンパー材をマテリアルリサイクル可能としたいが、バンパー材は塗装をしているのでうまく剥がす技術が必要である（有識者）	小
91	自動車	-	リサイクル	-	バンパー材リサイクルの際、耐衝撃性と流動性に特化した低コストのバンパー材に再利用するのではなく、より付加価値の高い製品（フェンダー等）に再利用しなければ、CNF のコストを回収できない。同じ部品への再利用でも、薄肉化による軽量化といったメリットが必要となる（有識者）	大
92	-	-	親水性・疎水性	素材	CNF 製造コストの低減に向けては、製造プロセスを簡素化が必要	大
93	-	-	親水性・疎水性	素材	CNF 製造コストの低減に向けては、できる限り一か所で一貫したプロセスで製造することが必要。水分散液をつくるコストは低くしてきたが、実際に製品に使うことになると、物流コストや次の工程で水を濃縮・乾燥させるコストがかかるからである。	大
94	-	-	親水性・疎水性	素材	CNF 製造コストの低減に向けては、大量生産により固定費を下げるボリュームディスカウントが必要	大
95	-	-	親水性・疎水性	素材	（各国の施策が異なっている。北欧と北米では基礎技術の研究段階で国から数百億円の補助金で共同研究がなされた。基礎研究は国が負担し、そこからの開発はそれぞれの BtoB、BtoC の開発がされているのが現状である。一方、）日本の場合は最初の補助金がなかったため、各社各様で進めていく中で、大学教授が基礎研究を行い、国が気付いてから補助が入ってきている。したがって基礎技術の協議ができない状態が日本の中にある。	大
96	-	-	疎水性	素材・複合材	疎水性を追求する場合、化学メーカーと協働する必要がある。最終目的を共有できる会社と一緒に手を組んで開発をするスタンスである。ただし、CNF は特殊な素材であり、製紙会社ごとに全く違う製造方法であるため、どう絞り込んでいくかは各社の戦略による	大
97	-	-	-	-	（性能評価について）補助をそれぞれ受けながら進められるという環境があれば一番良いと考えている。一か所集中の場合情報管理ができない。	大

No.	分野	製品・部材	性質	素材分類	課題の概要	重要度
98	—	—	—	—	製品単品でリサイクルすることは非常に有益である。分別回収など回収フローの構築とCNF製品を分離する技術の確立が重要である。近赤外線を使用した分離技術がある。しかしまだ課題があるため、サポートしていただけたらより回収率そのものが上がると考えている。	大
99	—	—	—	—	分別回収をしてマテリアルリサイクルのために分離をする過程で利用できないものが排出されたときに、単に燃やすのではなくサーマルリサイクルができるような仕組みを作ることが重要である。マテリアルリサイクルとサーマルリサイクルがセットになったような考え方が必要	大
100	—	—	—	—	展示会でサンプル提供しているが、施策としてマッチングしてもらいたい。5年10年先のビジネス技術として提供できるような場を作ってもらえると、アピールがしやすいと考えている。(≒現状アピールできる場がない)	大

II. 各製品における評価結果

以下に文献・ヒアリング調査を通じて、CNFの今後の活用が有望視され製品の検討結果を示す。まず、CNF製品のロングリストを以下に示す。

表Ⅱ-1 CNF製品のロングリスト（医療・ヘルスケア・食品）

製品	詳細	開発企業/組織	出所
おむつ・生理用品等	CNFに銀粒子を担持させることで消臭効果を持たせた女性用吸水ケア専用品	日本製紙クレシア株式会社	各社HP等
化粧品	CNFを配合した人間用の化粧品（化粧水・クリーム等）の製品化	株式会社マリナノファイバー	各社HP等
化粧品	CNFを配合したペット用の化粧品（化粧水・クリーム等）の製品化	株式会社マリナノファイバー	各社HP等
化粧品	CNFを配合した保湿液を製品化	増幸産業株式会社	各社HP等
化粧品	CNFを利用した化粧品原料向け素材の製品化	日光ケミカルズ株式会社、王子ホールディングス株式会社	各社HP等
化粧品	静岡県のバラとCNFを使用した高保湿化粧品を製品化	株式会社コーヨー化成	各社HP等
化粧品	CNFを化粧水に配合しセルロース・ナノ・コスメ、オールインワンマウスジェルを製品化	株式会社RBP、日本製紙株式会社	各社HP等
食品関連	CNFを使用したパンへの添加物・グルテン代替品（ノルウェー）	HOFF SA	各社HP等
食品関連	食品添加物として開発されたCNFを生どら焼き・桜クレープに使用し製品化	有限会社坂根屋	各社HP等
食品関連	食品添加物として開発されたCNFをどら焼きに使用し製品化	田子の月	各社HP等
食品包装材・容器	CNFコーティング加工した原紙を利用し紙コップを開発	凸版印刷株式会社	各社HP等
食品包装材・容器	CNFを50%配合したコーヒーカップ（スウェーデン）	Innventia ほか	各社HP等
清掃用品	CNFを配合したトイレ用クリーンペーパーの製品化	大王製紙株式会社	各社HP等
清掃用品	トイレトペーパーにCNFを配合させることで芯が不要な製品を開発	丸富製紙株式会社	各社HP等
医療用材	3Dプリンターを使用したCNFが原料のインプラント骨造成（ノルウェー）	UNIVERSITETET I BERGEN	各社HP等
医療用材	人工骨補填材原料をCNF配合し開発	大王製紙株式会社ほか	各社HP等
医療用材	CNFを50%配合した手首サポーター（スウェーデン）	Innventia ほか	各社HP等

表Ⅱ-2 CNF製品のロングリスト（エレクトロニクス）

製品	詳細	開発企業/組織	出所
センサ	CNFを使用したウェアラブルセンサー部材を開発	王子ホールディングス株式会社ほか	各社HP等
太陽光パネル	有機ELや有機太陽電池などのフレキシブル基板への利用	みずほ情報総研ほか	平成27年度～平成28年度成果報告書「戦略策定調査事業 ナノテクノロジー・材料技術分野の技術ロードマップ2016の策定に関する調査」
太陽光パネル	太陽光電池のpin接合部分にCNFを使用した製品を開発	三菱化学・Heliatek（ドイツ）	各社HP等
有機EL	有機ELや有機太陽電池などのフレキシブル基板への利用	浜松ホトニクス株式会社、株式会社日立製作所	平成27年度～平成28年度成果報告書「戦略策定調査事業 ナノテクノロジー・材料技術分野の技術ロードマップ2016の策定に関する調査」
蓄電池	蓄電池セパレーター、及びエアフィルターをCNF繊維から開発検討	三重県産業支援センターほか	平成27年度 地域における低炭素なセルロースナノファイバー用途開発FS委託業務報告書（三重県）

表Ⅱ-3 CNF製品のロングリスト（家電・電子機器）

製品	詳細	開発企業/組織	出所
空調機器（フィルター）	蓄電池セパレーター、及びエアフィルターをCNF繊維から開発検討	三重県産業支援センターほか	平成27年度 地域における低炭素なセルロースナノファイバー用途開発FS委託業務報告書（三重県）
ステレオヘッドフォン	振動板にCNFを使用したステレオヘッドフォンを製品化	オンキヨー&パイオニアマーケティングジャパン株式会社	各社HP等
スピーカー	スピーカー振動板部分にCNFを世界で初めて使用したスピーカースタンドを製品化	オンキヨー株式会社	各社HP等
掃除機	CNFを掃除機本体部品の代替素材として使用し製品化	パナソニック株式会社	各社HP等

表Ⅱ-4 CNF 製品のロングリスト（住宅・建材）

製品	詳細	開発企業/組織	出所
住宅用塗料	CNF を配合したインテリア用塗料を開発	日本ペイントホールディングス株式会社	各社 HP 等
セメント・コンクリート	CNF を使用しひび割れの起こらないコンクリート材を開発	三井住友建設株式会社、王子製紙株式会社	各社 HP 等
キッチン用建材	WPC を使用したキッチン用建材の開発	静岡大学ほか	平成 27 年度 地域における低炭素なセルロースナノファイバー用途開発 F S 委託業務 報告書（静岡県）
建材	CNF を他樹脂と複合することで強度向上を実現したペランダタイルの試作品を開発	ワタナベ工業株式会社	各社 HP 等
サッシ	CNF を使用した樹脂サッシを試作	株式会社日建ハウジングシステムほか	平成 30 年度 セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務（竹 CNF を活用した建材の開発と、既築集合住宅への実装による CO2 削減効果の実証）成果報告書
サッシ	窓ガラス部の樹脂サッシ	株式会社日建ハウジングシステムほか	平成 30 年度 セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務（竹 CNF を活用した建材の開発と、既築集合住宅への実装による CO2 削減効果の実証）成果報告書
遮熱ガラス	CNF を使用した遮熱ガラスを試作	株式会社日建ハウジングシステムほか	平成 30 年度 セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務（竹 CNF を活用した建材の開発と、既築集合住宅への実装による CO2 削減効果の実証）成果報告書
遮熱ガラス	窓ガラス部の遮熱ガラス	株式会社日建ハウジングシステムほか	平成 30 年度 セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務（竹 CNF を活用した建材の開発と、既築集合住宅への実装による CO2 削減効果の実証）成果報告書

製品	詳細	開発企業/組織	出所
遮熱ガラス	遮熱ガラス中央膜フィルム（住宅開口部）	静岡大学ほか	平成 30 年度セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務 セルロースナノファイバーを利用した住宅部品高断熱化による CO2削減 成果報告書
遮熱ガラス	窓フレーム部（住宅開口部）	静岡大学ほか	平成 30 年度セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務 セルロースナノファイバーを利用した住宅部品高断熱化による CO2削減 成果報告書
断熱材	CNF を使用した住宅断熱材の開発	三重県産業支援センターほか	平成 27 年度 地域における低炭素なセルロースナノファイバー用途開発 F S 委託業務 報告書（三重県）
断熱材	高断熱セルロース系断熱材（住宅外壁部）	静岡大学ほか	平成 30 年度セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務 セルロースナノファイバーを利用した住宅部品高断熱化による CO2削減 成果報告書
断熱材	高断熱木質ボード（住宅外壁部）	静岡大学ほか	平成 30 年度セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務 セルロースナノファイバーを利用した住宅部品高断熱化による CO2削減 成果報告書
断熱材	高断熱無機ボード（住宅外壁部）	静岡大学ほか	平成 30 年度セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務 セルロースナノファイバーを利用した住宅部品高断熱化による CO2削減 成果報告書

製品	詳細	開発企業/組織	出所
断熱材	高剛性化粧合板（住宅天井部）	静岡大学ほか	平成 30 年度セル ロースナノファイ バー活用製品の性 能評価事業委託業 務 セルロースナ ノファイバーを利 用した住宅部品高 断熱化による CO2 削減 成果報告書
断熱材	高断熱グラスウール（住宅天井部）	静岡大学ほか	平成 30 年度セル ロースナノファイ バー活用製品の性 能評価事業委託業 務 セルロースナ ノファイバーを利 用した住宅部品高 断熱化による CO2 削減 成果報告書
断熱材	高断熱ウレタンボード（住宅床部分）	静岡大学ほか	平成 30 年度セル ロースナノファイ バー活用製品の性 能評価事業委託業 務 セルロースナ ノファイバーを利 用した住宅部品高 断熱化による CO2 削減 成果報告書

表 II-5 CNF 製品のロングリスト（農業）

製品	詳細	開発企業/組織	出所
農業機器用トラクター	農業機器用トラクターのタイヤ部分、資源開発用シール材、伝動ベルトに CNF を使用	信州大学ほか	各社 HP 等
農業用資材	農業用資材に CNF を活用して開発を検討	信州大学ほか	各社 HP 等

表Ⅱ-6 CNF 製品のロングリスト（分野横断）

製品	詳細	開発企業/組織	出所
該当なし	大きな比表面積・細孔制御などによって高機能フィルターを実現（タンカー事故等の油の回収、環境浄化フィルターなど）	みずほ情報総研ほか	平成27年度～平成28年度成果報告書「戦略策定調査事業 ナノテクノロジー・材料技術分野の技術ロードマップ2016の策定に関する調査」
該当なし	自動車や機械部品、家電、建築用資材の軽量・高強度化、薄肉化	みずほ情報総研ほか	平成27年度～平成28年度成果報告書「戦略策定調査事業 ナノテクノロジー・材料技術分野の技術ロードマップ2016の策定に関する調査」
該当なし	発電時発生するガス内の二酸化炭素と他分子を区別する（CO2 capture）CNFの特性に関する研究（ノルウェー）	Institutt for kjemisk prosessteknologi	各社HP等
該当なし	CNFを使用したガラス・スクリーン部品を開発	セントラル硝子	各社HP等

表Ⅱ-7 CNF 製品のロングリスト（モビリティ）

製品	詳細	開発企業/組織	出所
EV用部品	EV用部品（複数）にCNFを使用し走行実証実験	大王製紙株式会社ほか	各社HP等
インパネ		産業技術総合研究所	各社HP等
ウェザーストリップゴム	CNFを自動車用ウェザーストリップゴム製品等に使用開発	大王製紙株式会社ほか	平成28年度セルロースナノファイバー製品製造工程の低炭素化対策の立案事業報告書（大王製紙・西川ゴム）
エアインテークマニホールド	CNF複合ポリアミドを用いた自動車用エアインテークマニホールドを製品化	宇部興産株式会社	各社HP等
エアフィルター	CNFを自動車用エアフィルターに使用開発	九州大学	平成29年度セルロースナノファイバー活用製品の性能評価業務委託業務成果報告書（九州大学）
タイヤ	自動車用タイヤのゴム部分にCNFを配合し高性能タイヤを製品化	住友ゴム工業株式会社	各社HP等
ドアノブ	CNFを使用した自動車用ドアノブの試作品を開発	日立マクセル（新社名：マクセルホールディングス株式会社）	各社HP等
ドアモジュール	CNFを使用したVolvo XC90用内ドアのモジュール（スウェーデン）	Innventiaほか	各社HP等

製品	詳細	開発企業/組織	出所
ボディー外板	CNF 強化樹脂を自動車内装・電装部分・ボディー外板への使用検討	古河電気工業株式会社	各社 HP 等
ラジエーター枠		産業技術総合研究所	各社 HP 等
リクライニングシート	CNF を自動車リクライニングシート部品に使用開発	九州大学	平成 29 年度 セルロースナノファイバー活用製品の性能評価業務委託業務成果報告書(九州大学)
自動車用部品 (ゴム部材)	CNF のゴム強化材として自動車用ゴム部品への用途展開を検討	岡山県	平成 27 年度 地域における低炭素なセルロースナノファイバー用途開発 F S 委託業務 報告書 (岡山県)
自動車用部品 (電装部品)	CNF 強化樹脂を自動車内装・電装部分・ボディー外板への使用検討	古河電気工業株式会社	各社 HP 等
自動車用部品 (金属部材)	CNF を自動車金属部品に使用開発	トヨタ車体株式会社	平成 29 年度セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務 (セルロースナノファイバーを用いた機能部品の軽量化検討) 成果報告書
自動車用部品 (車体)	CNF を車体部品等として使用した CNF コンセプトカー(NCV)を開発し実走	宇部興産株式会社ほか	各社 HP 等
自動車用部品 (内外装)	化学修飾パルプを用いた CNF 強化自動車用樹脂材料の開発	京都大学ほか	各社 HP 等
自動車用部品 (内外装)	CNF を自動車部品に使用開発	九州大学	平成 29 年度 セルロースナノファイバー活用製品の性能評価業務委託業務成果報告書(九州大学)
自動車用部品 (内外装)	CNF を自動車内装部品に使用開発	トクラス株式会社ほか	平成 29 年度セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務 セルロースナノファイバー添加ウッドプラスチックによる自動車内装部品の軽量化成果報告書
自動車用部品 (内外装)	自動車部品に CNF を使用し軽量化を目指す	株式会社スギノマシンほか	各社 HP 等
自動車用部品 (内外装)	CNF 強化樹脂を自動車内装・電装部分・ボディー外板への使用検討	古河電気工業株式会社	各社 HP 等

表Ⅱ-8 CNF 製品のロングリスト（その他）

製品	詳細	開発企業/組織	出所
油回収用途	油の回収に CNF を使用する研究・開発（ノルウェー）	RISE PFI AS	各社 HP 等
櫛	CNF を他樹脂と複合することで強度向上を実現した櫛の試作品を開発	サンヨー化成工業	各社 HP 等
潤滑剤（グリース剤）	ベアリング用潤滑剤（グリース剤）として CNF を利用し製品化	NTN	各社 HP 等
扇子	CNF を他樹脂と複合することで強度向上を実現した扇子の試作品を開発	ケイズデザインラボ・ミヨシ協力	各社 HP 等
洗濯ばさみ	CNF を他樹脂と複合することで強度向上を実現した洗濯ばさみの試作品を開発	ワタナベ工業	各社 HP 等
文房具	CNF をゲルインクに配合することで世界で初めて実用化したボールペン	三菱ペンシル	各社 HP 等
文房具	CNF をインクに配合した水性ゲルインクボールペンを製品化	三菱鉛筆	各社 HP 等
ペーパーナイフ	CNF を他樹脂と複合することで強度向上を実現したペーパーナイフの試作品を開発	ケイズデザインラボ・ミヨシ協力	各社 HP 等
カトラリー	CNF 複合生分解性プラスチックを使用しカトラリー（スプーン、フォーク等）の試作品を開発	GS アライアンス	各社 HP 等
靴底ゴム	靴底のゴム部分に CNF を使用した林業用特殊安全靴の試作品を開発	丸五ゴム工業・丸五	各社 HP 等
琴柱	CNF を業界で初めて使用した琴柱を製品化	Sara Creations	各社 HP 等
作業用ゴム手袋	手先ゴム部分に CNF を使用した作業用ゴム手袋の試作品を開発	丸五ゴム工業・丸五	各社 HP 等
スポーツ用品・衣類	CNF をミッドソールに配合したランニングシューズの製品化①	星光 PMC 株式会社	各社 HP 等
スポーツ用品・衣類	CNF をミッドソールに配合したランニングシューズの製品化②	星光 PMC 株式会社	各社 HP 等
スポーツ用品・衣類	CNF と複合化させた木材を使用した卓球ラケットの商用化①	ダーカー	各社 HP 等
スポーツ用品・衣類	CNF と複合化させた木材を使用した卓球ラケットの商用化②	ダーカー	各社 HP 等

次に、文献調査及びヒアリング結果を踏まえ、CNFの用途拡大に向けた、今後の注力製品の検討結果を示す。

◎：評価基準と合致、○：概ね合致
△：評価基準と乖離がある

検討事項	評価基準				その他	
	ニーズ	シーズ		その他		
	研究開発・実証・ヒアリング等によりニーズがあるか	SCIにおける課題は現実的に解決可能な範囲か	製品ごとの課題があるか現実的に解決可能か	技術熟度ごとの課題は解決可能な課題か		社会的なインパクトがあるか
評価点	✓ 文献/特許、ヒアリングによるニーズが存在する	✓ 既存技術の延長での解決が可能である	✓ 類似素材含め解決の目途が立っている	✓ 製品の品質基準が明確で、既存の製造方法で基準を満たす目途が立っている	✓ 利便性や性能が向上する	
分野・製品						
モビリティ	A 超小型モビリティ (部品含む)	ヒアリング書あり◎	研究が進む製造方法(例:京都プロセス、TEMPO酸化等)をベースに、原料調達・設備投資コストの低減が可能か検証が必要	自動車部材と概ね課題は概ね同様と認識。バッテリーやモーター部品への適用可能性の検証が必要	品質は自動車部材と概ね同様だが、バッテリーやモーター部品等を含めた基準への適合性の検証が必要	燃費が改善され大幅なCO2削減効果が期待される(NCVにおいても自動車の効果を確認)
	B 電動モビリティ (部品含む)	文献/特許は存在あり◎	研究が進む製造方法(例:京都プロセス、TEMPO酸化等)をベースに、原料調達・設備投資コストの低減が可能か検証が必要	自動車部材と概ね課題は概ね同様と認識。バッテリーやモーター部品への適用可能性の検証が必要	品質は自動車部材と概ね同様だが、バッテリーやモーター部品等を含めた基準への適合性の検証が必要	燃費が改善され大幅なCO2削減効果が期待される
	C プレジャーボート(モーターボート)	文献/特許発見できず(適用可能性大と言及)	研究が進む製造方法(例:京都プロセス、TEMPO酸化等)をベースに、原料調達・設備投資コストの低減が可能か検証が必要	強度は概ね自動車部材と同様と想定されるが、耐水性の検証が必要となる	性能基準が明確にあり、適合可能な製法を検証する必要がある(ISO12215-1)	燃費が改善され大幅なCO2削減効果が期待される
	ドアモジュール	文献/特許は存在あり◎	研究が進む製造方法(例:京都プロセス、TEMPO酸化等)をベースに、原料調達・設備投資コストの低減が可能か検証が必要	NCVの実証も進んでおり、課題は概ね同様で解決可能と認識	品質は自動車部材と概ね同様だが、量産化の際の品質の安定化が可能か検証が必要	燃費が改善されCO2削減効果が期待される
	ボディ外板	文献/特許は存在あり◎	研究が進む製造方法(例:京都プロセス、TEMPO酸化等)をベースに、原料調達・設備投資コストの低減が可能か検証が必要	NCVの実証も進んでおり、課題は概ね同様で解決可能と認識	品質は自動車部材と概ね同様だが、量産化の際の品質の安定化が可能か検証が必要	燃費が改善されCO2削減効果が期待される
	リクライニングシート	文献/特許は存在あり◎	研究が進む製造方法(例:京都プロセス、TEMPO酸化等)をベースに、原料調達・設備投資コストの低減が可能か検証が必要	NCVの実証も進んでおり、課題は概ね同様で解決可能と認識	品質は自動車部材と概ね同様だが、量産化の際の品質の安定化が可能か検証が必要	燃費が改善されCO2削減効果が期待される
	ドアノブ	文献/特許は存在あり◎	研究が進む製造方法(例:京都プロセス、TEMPO酸化等)をベースに、原料調達・設備投資コストの低減が可能か検証が必要	NCVの実証も進んでおり、課題は概ね同様で解決可能と認識	品質は自動車部材と概ね同様だが、量産化の際の品質の安定化が可能か検証が必要	燃費が改善されCO2削減効果が期待される

図 II-1 評価結果のロングリスト (1/5)

◎: 評価基準と合致、○: 概ね合致
 △: 評価基準と乖離がある

検討事項		評価基準				
		ニーズ	SCにおける課題は現実的に解決可能な範囲か	製品ごとの課題があるか現実的に解決可能か	技術熟度ごとの課題は解決可能な課題か	その他
評価点	✓ 文献/特許、ヒアリング等によりニーズがあるか	✓ 既存技術の延長での解決が可能である	✓ 類似素材含め解決の目的が立っている	✓ 製品の品質基準が明確で、既存の製造方法で基準を満たす目的が立っている	✓ 利便性や性能が向上する	
分野・製品						
モビリティ	インパネ	文献/特許は存在あり◎	研究が進む製造方法(例: 京都プロセス、TEMPO酸化等)をベースに、原料調達・設備投資コストの低減が可能か検証が必要	NCVの実証も進んでおり、課題は概ね同様で解決可能と認識	品質は自動車部材と概ね同様だが、量産化の際の品質の安定化が可能か検証が必要	燃費が改善されCO2削減効果が期待される
	自動車用部品(各部材)	文献/特許は存在あり◎	研究が進む製造方法(例: 京都プロセス、TEMPO酸化等)をベースに、原料調達・設備投資コストの低減が可能か検証が必要	NCVの実証も進んでおり、課題は概ね同様で解決可能と認識	品質は自動車部材と概ね同様だが、量産化の際の品質の安定化が可能か検証が必要	燃費が改善されCO2削減効果が期待される
	ウェザーストリップゴム	文献/特許は存在あり◎	研究が進む製造方法(例: 京都プロセス、TEMPO酸化等)をベースに、原料調達・設備投資コストの低減が可能か検証が必要	NCVの実証も進んでおり、課題は概ね同様で解決可能と認識	品質は自動車部材と概ね同様だが、量産化の際の品質の安定化が可能か検証が必要	燃費が改善されCO2削減効果が期待される
	エアフィルタ	文献/特許は存在あり◎	研究が進む製造方法(例: 京都プロセス、TEMPO酸化等)をベースに、原料調達・設備投資コストの低減が可能か検証が必要	NCVの実証も進んでおり、課題は概ね同様で解決可能と認識	品質は自動車部材と概ね同様だが、量産化の際の品質の安定化が可能か検証が必要	燃費が改善されCO2削減効果が期待される
	タイヤ	文献/特許は存在あり◎	研究が進む製造方法(例: 京都プロセス、TEMPO酸化等)をベースに、原料調達・設備投資コストの低減が可能か検証が必要	NCVの実証も進んでおり、課題は概ね同様で解決可能と認識	品質は自動車部材と概ね同様だが、量産化の際の品質の安定化が可能か検証が必要	燃費が改善されCO2削減効果が期待される
*モビリティ	ラジエーター枠	文献/特許は存在あり◎	研究が進む製造方法(例: 京都プロセス、TEMPO酸化等)をベースに、原料調達・設備投資コストの低減が可能か検証が必要	NCVの実証も進んでおり、課題は概ね同様で解決可能と認識	品質は自動車部材と概ね同様だが、量産化の際の品質の安定化が可能か検証が必要	燃費が改善されCO2削減効果が期待される
	エアインタークマニホールド	文献/特許は存在あり◎	研究が進む製造方法(例: 京都プロセス、TEMPO酸化等)をベースに、原料調達・設備投資コストの低減が可能か検証が必要	NCVの実証も進んでおり、課題は概ね同様で解決可能と認識	品質は自動車部材と概ね同様だが、量産化の際の品質の安定化が可能か検証が必要	燃費が改善されCO2削減効果が期待される

*自動車分野は完成品(NCV)の実証が進んでいるため、本調査では「電動モビリティ(EV)」を重点製品と選定し、EVには用いられない部品

図 II-2 評価結果のロングリスト (2/5)

◎: 評価基準と合致、○: 概ね合致
 △: 評価基準と乖離がある

		評価基準				
		ニーズ	シーズ		その他	
検討事項	評価点	研究開発・実証・ヒアリング等によりニーズがあるか	SCにおける課題は現実的に解決可能な範囲か	製品ごとの課題があるか現実的に解決可能か	技術熟度ごとの課題は解決可能な課題か	社会的なインパクトがあるか
分野・製品		✓ 文献/特許、ヒアリングによるニーズが存在する	✓ 既存技術の延長での解決が可能である	✓ 類似素材含め解決の目途が立っている	✓ 製品の品質基準が明確で、既存の製造方法で基準を満たす目途が立っている	✓ 利便性や性能が向上する
エネルギー	D 風力・小型風力ブレード	文献/特許発見できず △	研究が進む製造方法(例:京都プロセス、TEMPO酸化等)をベースに、原料調達・設備投資コストの低減が可能か検証が必要	対候性について検証する必要がある	品質基準は概ね自動車部材より低いと想定され、クリア可能か(同様の製法で)検証する必要がある	軽量化による落下リスク軽減や施工が簡易になる等のメリットがあると認識
	潮力ブレード	文献/特許発見できず △	研究が進む製造方法(例:京都プロセス、TEMPO酸化等)をベースに、原料調達・設備投資コストの低減が可能か検証が必要	対候性・耐水性について検証する必要がある	品質基準は概ね自動車部材より低いと想定され、クリア可能か(同様の製法で)検証する必要がある	軽量化による設置工事が容易となる(耐久性等は要検証)
	小水力の水車	文献/特許発見できず △	研究が進む製造方法(例:京都プロセス、TEMPO酸化等)をベースに、原料調達・設備投資コストの低減が可能か検証が必要	対候性・耐水性について検証する必要がある	品質基準は概ね自動車部材より低いと想定され、クリア可能か(同様の製法で)検証する必要がある	軽量化による設置工事が容易となる(耐久性等は要検証)
エレクトロニクス	E 蓄電池	文献/特許は存在あり ◎	研究が進む製造方法(例:京都プロセス、TEMPO酸化等)をベースに、原料調達・設備投資コストの低減が可能か検証が必要	CNFの適用による耐久性や不燃性、蓄電性能の向上について検証する必要がある	品質基準は概ね自動車部材より低いと想定され、クリア可能か(同様の製法で)検証する必要がある	CNFを活用することで、蓄電性能が大幅に向上すると報告されている
	太陽光パネル	文献/特許は存在あり ◎	研究が進む製造方法(例:京都プロセス、TEMPO酸化等)をベースに、原料調達・設備投資コストの低減が可能か検証が必要	新素材の適用による発電効率等の向上可能性は不明瞭であり、対候性についての検証も必要	品質基準は概ね自動車部材より低いと想定され、クリア可能か(同様の製法で)検証する必要がある	各部材の軽量化は期待される。他方、発電効率等の向上可能性は不明瞭と報告されているため、検証が必要
	F コンデンサ	文献/特許は存在あり ◎	研究が進む製造方法(例:京都プロセス、TEMPO酸化等)をベースに、原料調達・設備投資コストの低減が可能か検証が必要	CNFの適用による耐久性や不燃性、蓄電性能の向上について検証する必要がある	品質基準は概ね自動車部材より低いと想定され、クリア可能か(同様の製法で)検証する必要がある	CNFを活用することで、蓄電性能が大幅に向上すると報告されている
	有機EL	文献/特許は存在あり ◎	研究が進む製造方法(例:京都プロセス、TEMPO酸化等)をベースに、原料調達・設備投資コストの低減が可能か検証が必要	CNFの適用による耐久性や性能の向上について検証する必要がある	品質は自動車部材と概ね同様だが、量産化の際の品質の安定化が可能か検証が必要	基盤への適用が可能となれば製造コストの低減が見込まれると報告されている

図 II-3 評価結果のロングリスト (3/5)

◎: 評価基準と合致、○: 概ね合致
 △: 評価基準と乖離がある

		← 評価基準 →				
		ニーズ	シーズ	シーズ	その他	
検討事項		研究開発・実証・ヒアリング等によりニーズがあるか	SCにおける課題は現実的に解決可能な範囲か	製品ごとの課題があるか現実的に解決可能か	技術熟度ごとの課題は解決可能な課題か	社会的なインパクトがあるか
評価点		✓ 文献/特許、ヒアリングによるニーズが存在する	✓ 既存技術の延長での解決が可能である	✓ 類似素材含め解決の目途が立っている	✓ 製品の品質基準が明確で、既存の製造方法で基準を満たす目途が立っている	✓ 利便性や性能が向上する
分野・製品						
住宅建材*	セメント・コンクリート補強筋	文献/特許は存在あり ◎	研究が進む製造方法(例:京都プロセス、TEMPO酸化等)をベースに、原料調達・設備投資コストの低減が可能か検証が必要	ゼネコンは開発の目途はたっていると言及(詳細不明なため要検証)	既にCNFを活用した製品の開発の目途がたっていると報告されており、残るは量産化の課題と認識	特定の条件下でコンクリートのひび割れを低減できることが報告されている
	住宅用塗料	文献/特許は存在あり ◎	研究が進む製造方法(例:京都プロセス、TEMPO酸化等)をベースに、原料調達・設備投資コストの低減が可能か検証が必要	実証が進んでおり、課題は概ね同様でクリア可能と認識	品質基準は自動車部材より低いと想定され、実証も進んでいるため、残るは量産化の際の品質の安定化が可能か検証が必要	断熱性能向上が期待される ◎
	壁紙	文献/特許は存在あり ◎	研究が進む製造方法(例:京都プロセス、TEMPO酸化等)をベースに、原料調達・設備投資コストの低減が可能か検証が必要	実証が進んでおり、課題は概ね同様でクリア可能と認識	品質基準は自動車部材より低いと想定され、実証も進んでいるため、残るは量産化の際の品質の安定化が可能か検証が必要	断熱性能向上が期待される ◎
	建材	文献/特許は存在あり ◎	研究が進む製造方法(例:京都プロセス、TEMPO酸化等)をベースに、原料調達・設備投資コストの低減が可能か検証が必要	実証が進んでおり、課題は概ね同様でクリア可能と認識	品質基準は自動車部材より低いと想定され、実証も進んでいるため、残るは量産化の際の品質の安定化が可能か検証が必要	断熱性能向上が期待される ◎
	サッシ	文献/特許は存在あり ◎	研究が進む製造方法(例:京都プロセス、TEMPO酸化等)をベースに、原料調達・設備投資コストの低減が可能か検証が必要	実証が進んでおり、課題は概ね同様でクリア可能と認識	品質基準は自動車部材より低いと想定され、実証も進んでいるため、残るは量産化の際の品質の安定化が可能か検証が必要	断熱性能向上が期待される ◎
運輸	包装材(段ボール等)	文献/特許は存在あり ◎	研究が進む製造方法(例:京都プロセス、TEMPO酸化等)をベースに、原料調達・設備投資コストの低減が可能か検証が必要	既存製品と物性が大きく変わらないため、課題は概ね同様でクリア可能と認識	品質基準は自動車部材より低いと想定され、残るは量産化の際の品質の安定化の検証が必要	従来品から大幅な軽量化等の効果は少ないと認識
	コンテナ	文献/特許は存在あり ◎	研究が進む製造方法(例:京都プロセス、TEMPO酸化等)をベースに、原料調達・設備投資コストの低減が可能か検証が必要	強度は概ね問題ないと想定されるが、対候性・耐水性について検証する必要がある	品質基準は概ね自動車部材より低いと想定され、クリア可能か(同様の製法で)検証する必要がある	軽量化により輸送効率が向上し大幅なCO2削減効果が期待される

* 10製品の選定にあたり、既にモデル事業で開発・実証を推進し、実用化の可能性が高い、住宅・建材分野は対象外とした

図 II-4 評価結果のロングリスト (4/5)

◎: 評価基準と合致、○: 概ね合致
 ▲: 評価基準と乖離がある

検討事項		評価基準				
		ニーズ	シーズ	シーズ	その他	
研究開発・実証・ヒアリング等によりニーズがあるか		SCにおける課題は現実的に解決可能な範囲か	製品ごとの課題があるか現実的に解決可能か	技術熟度ごとの課題は解決可能な課題か	社会的なインパクトがあるか	
評価点		✓ 文献/特許、ヒアリングによるニーズが存在する	✓ 既存技術の延長での解決が可能である	✓ 類似素材含め解決の目途が立っている	✓ 製品の品質基準が明確で、既存の製造方法で基準を満たす目途が立っている	✓ 利便性や性能が向上する
分野・製品						
農業	ビニールハウス用材料	文献/特許は存在あり	研究が進む製造方法(例:京都プロセス、TEMPO酸化等)をベースに、原料調達・設備投資コストの低減が可能か検証が必要	強度は概ね問題ないと想定されるが、対候性・耐水性について検証する必要がある	品質基準は概ね自動車部材より低いと想定され、クリア可能か(同様の製法で)検証する必要がある	CNFを用いることで、作物の成長を促進させる研究は行われている
	H 農業用トラクター	文献/特許は存在あり	研究が進む製造方法(例:京都プロセス、TEMPO酸化等)をベースに、原料調達・設備投資コストの低減が可能か検証が必要	課題は概ね自動車部材と同様でクリア可能と認識	品質は自動車部材と概ね同様と想定されるため、自動車の実証を参考にクリアが可能か検証する必要がある	軽量化による農機のEV化への貢献が期待される
産機	ボイラー用コーティング剤	文献/特許は存在あり	研究が進む製造方法(例:京都プロセス、TEMPO酸化等)をベースに、原料調達・設備投資コストの低減が可能か検証が必要	課題は自動車用途等のコーティング剤と同様でクリア可能と認識	品質基準は概ね自動車部材より低いと想定され、クリア可能か(同様の製法で)検証する必要がある	耐久性が向上するかは要検証 CO2削減効果が期待されない
家電	I 空調機器(換気扇やファン)	文献/特許発見できず	研究が進む製造方法(例:京都プロセス、TEMPO酸化等)をベースに、原料調達・設備投資コストの低減が可能か検証が必要	強度は概ね問題ないと想定されるが、対候性・耐水性について検証する必要がある	品質基準は概ね自動車部材より低いと想定され、クリア可能か(同様の製法で)検証する必要がある	軽量化により、空調機器の小型化等が可能となると認識
	J 空調機器(フィルタまたは吸湿剤)	文献/特許は存在あり	研究が進む製造方法(例:京都プロセス、TEMPO酸化等)をベースに、原料調達・設備投資コストの低減が可能か検証が必要	強度は概ね問題ないと想定されるが、対候性・耐水性について検証する必要がある	品質基準は概ね自動車部材より低いと想定され、クリア可能か(同様の製法で)検証する必要がある	CNFの吸着性により性能が向上すると認識

図 II-5 評価結果のロングリスト (5/5)

III. 課題解決策の検討・提案

次に、各サプライチェーンにおける CNF の課題を整理したマップを示す。サプライチェーンについては、①CNF 素材製造、②CNF 製品製造、③製品利用、④廃棄（リサイクル）、⑤その他とした。また、課題は内容から、性能、品質、コスト、その他、共通とした。

	①CNF素材製造				②CNF製品製造				③製品利用				④廃棄（リサイクル）					
	親/疎水	素材	重要度		重要度		重要度		重要度		重要度		重要度					
性能	1	文	ミリストイルなど分岐のない脂肪酸変性のCNFや、大きな炭化水素基を持ったフェノキシ酢酸変性CNFなどが無処理CNFを上回る耐熱性を示したが、その機構などについては、明らかになっていない	親・疎	素材	大	32	文	車体の強度を保ちながらの軽量化が課題	大	69	文	長期的な使用を考慮すると、耐久性、耐候性等について確認を進めることが必要	大	73	ヒ	何度も熱がかかるとダメージを受けるため耐熱性への対処や、選線時に繊維が断裂する点に留意が必要	大
	2	文	CNF製造のための解繊プロセスの低エネルギー化、高効率化、ナノ繊維の損傷低減のための技術開発が必要	親・疎	素材	大	33	文	カーボンブラック減配でゴム部材の硬度が低下し、製品として使用できないため、硬度を調整した配合に見直す必要	大	70	文	使用実績が少なく実際に長期に使用した際の不良率が想定できない	大	74	ヒ	同じ部品への再利用でも、薄肉化による軽量化といったメリットが必要	大
	3	文	粘土鉱物を予め溶媒中で剥離する等の前処理をしない（直接混合法）プロセス技術の開発も求められている（化学的処理）	親・疎	素材	大	34	文	キッチン部材へ使用するWFPCIにおいては、耐水処理が必要な点や、流動性が低いため複雑形状の成形が困難	大	71	文	塗装について細かい気泡の存在率はCNFの方が多く、美観のさらなる向上に向けて改良の余地がある	中	75	ヒ	同じ製品としてのリサイクルは難しいが、バージンで薄めたり、他の素材と組み合わせるマテリアルリサイクルは可能である	中
	4	文	木質チップから分離したヘミセルロース、リグニン等の成分を高分子材料や燃料、機能化学品、機能性食品などに有効利用するための技術開発が必要	親・疎	素材	大	35	文	①CNFの化学修飾技術開発、②CNF表面での高分子精密重合技術開発、③界面制御用の添加剤開発を進める必要	大								
	5	文	木質チップからセルロース、ヘミセルロース、リグニンといった成分を効率的に取り出し、工業原料として使用するための最適な成分を分離する技術の開発が必要	親・疎	素材	大	36	ヒ	自動車や航空機等のモビリティ用途では、安全性や環境負荷等の性能基準を満たす必要があり、CNF単体を主材として消費量を増やし製品化することにこだわると実用性は難しい	大								
	6	文	金属等の代替には、耐摩耗性、引張強度、耐衝撃性、曲げ強度、耐熱性等の向上が必要	疎水	複合材	大	37	ヒ	機能が求められる製品なのか、コストが求められる製品なのかを顧客ニーズに合わせて、競合する各々の素材と比較しながら製品化が必要	大								
	7	文	ガスバリア性、難燃性、導電性等ナノコンポジットならではの機能等の向上が必要	疎水	複合材	大	38	ヒ	セパレーターの主材としては難しいかもしれないが、セパレーターに求められる特性やモルフォロジーを示すための助材としては期待できる	大								
	8	文	複合用途での技術開発として、耐熱性や加工性、樹脂との親和性などの性能発現のためのナノファイバー表面修飾技術、ナノ分散性の評価技術、母材の改質（母材の改質による親和性の向上）が必要	疎水	複合材	大	39	文	性能発現のための表面修飾、均一解繊、樹脂中への均一分散に加えて、他の材料では代替できない用途を開発していくことが必要	大								
	9	ヒ	CNFで補強したPPはそれぞれ性能が異なり、多くはPPにタルクを入れたものより性能が低く補強性が実感できない	疎水	複合材	大	40	文	自動車用ドアノブ部品等の複数形所の部品でも確実にメッキ膜を形成できるか、また、大型部品への添加も可能か今後検討が必要	中								
	10	ヒ	製紙会社がCNFを製造しているが、それを熱可塑性樹脂に混練しても性能が出ていない（生産側が安定した材料を川中・川下に提供するという文化や、プラスチックに混ざる知見がないことが要因と考えられる）	疎水	複合材	大	41	文	自動車用タイヤのウェットグリップ性能の低下を防ぐために、水素添加ポリマー等の複合物の添加が必要	中								
	84	ヒ	最初の基礎研究の補助金がなかったため、各社各様で進めていく中で、大学教授が基礎研究を行い、国が気付いてから補助が入ってきている。したがって基礎技術の協議ができない状態である	親・疎	素材	大	42	文	中間膜として使用できるCNFフィルムは曇りのない透明さが要求されるものの、現状ではフィルムのサイズはまだ小さく、重量軽減効果の高い大きなサイズのガラスを作ることができない	中								
	85	ヒ	疎水性を追求する場合、化学メーカーと協働する必要がある。ただし、CNFは特殊な素材であり、製紙会社ごとに全く違う製造方法であるため、どう絞り込んでいくかは各社の戦略による	疎水性	素・複	大												

図Ⅲ-1 CNF の性能に関する課題のマップ

		①CNF素材製造			②CNF製品製造			③製品利用			④廃棄（リサイクル）			
		親/疎水	素材	重要度				重要度				重要度		
品質	11 文	サンプルが乾燥品である場合、未乾燥品（乾燥履歴のないもの）に比べ、デンプン等、粗繊維以外の成分の除去効率が低下し、CNFの製造が困難	疎水	複合材	大	43 文	気泡が目立つなどCNF分散に関するゴム製造時の混練手法に課題がある（機械的処理）	大	72 ヒ	バイオプラスチックとCNFの複合材料の活用は企業PRになるが、購入するユーザー目線で考えると、故障や品質の低下が懸念され、分解制御技術が伴わない限り、自然由来という訴求効果のみでは普及しない	大	76 ヒ	（主に自動車に関して）どのようにリサイクル規格を設定するのか	中
	12 ヒ	CNFを樹脂に混合した際に、分散性が悪く欠陥になる	疎水	複合材	大	44 文	CNFを混合すると接着剤粘度が上がり、作業性が悪くなり、また、品質の不安定さが見受けられる場合がある	大						
	13 文	プラスチック材料にナノセルロースを適切に分散させることが課題（バルブ直接混練法、湿式法）	疎水	複合材	大	45 ヒ	CNFの品質を担保するための基準、項目が不明瞭でその測定方法が確立できていない	大						
	14 文	母材への欠陥・凝集のない均一ナノ分散技術の開発が必要	疎水	複合材	大	46 ヒ	炭素繊維比較やガラス繊維比較のような受入基準の考え方の範囲で比較はできない。性能の幅を見て製品化を検討することが必要	大						
	15 ヒ	市場に出回っているCNFはメーカーごとに性能のばらつきが大きく、同一メーカーの製品でもロットによって差異がある	疎水	複合材	大	47 ヒ	必要な量と質のCNF入手が容易ではなく、性能評価できない。初期評価の段階であり情報漏洩等の心配はないが、特許を出願されるのでは等の素材メーカーの懸念は理解できるため対話が必要	大						
	16 ヒ	素材メーカーは、樹脂との混合等に関して複合材メーカーの知見が必要なものもあり、複合材メーカーが素材メーカーと部品メーカーの間に入って一緒に考え、言葉を合わせる事が重要	親・疎	複合材	大	48 文	品質評価や機能発現メカニズムの解明のための計測・評価・シミュレーション技術、安全性評価技術、国際標準化への取組が重要となる	大						
	17 文	機械的な解繊（斜向衝突法、ボール衝突法、酵素・湿式法）のCNFは製造条件や管理方法により品質にばらつきが生じ、塗料性能が安定しない	親水	複合材	中	49 ヒ	メーカーから利用を制限される契約を求められることも多く、受け入れが難しい	大						
	18 文	蓄電池セパレータやエアフィルタへ応用が期待されるCNF繊維集合体形成時におけるコスト面や繊維径のばらつき等の製造（攪拌・脱泡）技術に課題	疎水	複合材	中	96 ヒ	（性能評価について）補助をそれぞれ受けながら進められるという環境があれば一番良いと考えている。一が所集の場合情報管理ができない。	大						
					99 ヒ	展示会でサンプル提供しているが、施策としてマッチングしてもらいたい。5年10年先のビジネス技術として提供できるようなアピールできる場がない	大							
					50 文	（ウェルドラインの抑制にあたって）射出タイミングに差異を与えたことで温度分布や保圧力分布に変化が起るため、他の成形課題とのバランスを取った条件設定が必要	中							

図Ⅲ-2 CNFの品質に関する課題のマップ

		① CNF素材製造			② CNF製品製造			③ 製品利用			④ 廃棄（リサイクル）			
		親・疎水	素材	重要度				重要度				重要度		
コスト	19	文	実用化に向けてCNF自体の低コスト化が求められており、使用量と性能とのバランスが課題	親・疎	素材	大	51	文	PETのような高温処理を有する樹脂とのナノコンポジット化を試作したが、実用化に向けては生産コストの低減が課題	大	77	ヒ	バンパー材リサイクルの際、耐衝撃性と流動性に特化した低コストのバンパー材に再利用するのではなく、より付加価値の高い製品（フェンダー等）に再利用しなければ、CNFのコストを回収できない	大
	20	文	TEMPO酸化のCNFはコストに見合った性能が得られない	親水	素材	大	52	文	化学修飾バルブを用いたCNF強化自動車用樹脂材料部材化プロセスにおけるコストの高止まり、原料となるCNFの製造工程およびCNFと樹脂とのコンパウンディング工程にコストがかかる	大				
	21	ヒ	CNF自体のコストダウンについては、製紙メーカーに期待している。1,000円/kgを切ることを目指し、さらに500円/kg程度となるとよい	親・疎	素材	大	53	文	自動車用金属部品の樹脂代替を狙い、高強度かつ低比重な強化樹脂（CNFRP）を用いて、自動車部品の試作と性能評価を行ったが、（生産時の）コストが高い	大				
	22	ヒ	バルブが綿の形状であるため、物流コストが高い（輸送効率が悪い）。圧縮しての輸送やバルブ製造拠点に近いところでの樹脂との複合化が有効	親・疎	素材	大	54	文	従来の製品と比べてコストが高く、あえてCNF利用のグラスウールを使用しなくても、安価な断熱材の使用を増やす方が合理的（LCA観点でのコストメリットはある）	大				
	23	ヒ	製紙会社としても、生産量が増えない限り事業として取組む意味がなく、CNFの使用量が現状のままでは環境省の提唱するスピード感でCNFを実装するのは難しい	親・疎	素材	大	55	文	キッチン部材へ使用する場合、材料自体のコストが木質ボードに比べて4~8倍程度増加	大				
	24	文	解繊効率やその後の脱水プロセスに起因してコストが高止まりしている（機械的処理）	親・疎	素材	大	56	文	幅広い分野、商品群に展開していくためには、現特性を生かせる新たな用途提案、または、更なるコストダウンが課題である	大				
	25	文	微粉砕工程が生産量のボトルネックとなっており、このことがCNFの製造コストの押し上げ原因の一つと考えられる（化学的処理）	親・疎	素材	大	57	文	透明性および強度の向上に加え、CNF樹脂やその複合材料の経済性が重要視される	大				
	26	文	安価なバルブから如何に簡易な手法で低価格な高性能製品を作り出せるかが重要	親・疎	素材	大	58	文	生産コストは重要な課題であるが、用途開発に伴う市場および生産規模の拡大によってコスト低減が促進されることが期待される（現時点では国内外の市場は限定的）	大				
	27	ヒ	コンパウンドする際に乾燥が必要な場合、さらにコストアップする	疎水	複合材	大	59	ヒ	CNFの主材利用にこだわることで逆に普及が進みにくく、トータル環境負荷やライフサイクルの観点から、CNFを既存のマテリアルと複合化した利用を考えた方がよい	大				
	81	ヒ	CNF製造コストの低減に向けては、製造プロセスを簡素化が必要	親・疎	素材	大	60	ヒ	原材料費レベルの価格（400円/kg）と、事業化の際の初期投資（プラント費、排水処理施設）やランニングコストを含めた場合の費用を含めた単価（4万円/kg程度）や、量産時の単価とは大きな乖離が存在	大				
	82	ヒ	CNF製造コストの低減に向けては、できる限り一か所で一貫したプロセスで製造することが必要。水分散液をつくるコストは低くしてきたが、実際に製品に使うことになると、物流コストや次の工程で水を濃縮・乾燥させるコストがかかるからである。	親・疎	素材	大	61	ヒ	事業者は今まで未使用の材料への不安感とコスト面の課題があるため、商業化に5年以上かかる	大				
	83	ヒ	CNF製造コストの低減に向けては、大量生産により固定費を下げるボリュームディスカウントが必要	親・疎	素材	大	62	ヒ	コストを下げる方法が見つからなければ普及せず、プレイヤーが撤退するという懸念がある	大				
	28	文	蓄電池セパレータやエアフィルタへ応用が期待されるCNF繊維集合体形成時における、コスト面や気泡が含まれたことが原因と思われる繊維径のばらつき等の製造（攪拌・脱泡）技術に課題	疎水	複合材	中	63	ヒ	CNF生産年間10万トンでようやくコスト削減が期待されるため、自動車が大きなターゲットになる	大				
	29	文	原料バルブを解繊し、CNFのレベルまでナノ化するためにはビーズミルやグラインダー、高圧ホモジナイザーといった特殊な装置が必要であり、ナノ化処理には多大な時間を要する（機械的処理）	親・疎	素材	中	64	ヒ	小型モビリティは有望だが、コスト面がCNF適用の課題となる	大				

図Ⅲ-3 CNFのコストに関する課題のマップ

		① CNF素材製造			親/疎水	素材	重要性	② CNF製品製造			重要性	③ 製品利用			重要性	④ 廃棄（リサイクル）			重要性
その他	30	文	ナノ物質としての安全性に対する懸念が完全には払拭されていない	親・疎	素材	大	65	文	高性能ナノセルロース材料を安価に安定して供給するサプライチェーンの構築を目指し、自動車メーカーへのサンプル供給システムを強化し、質・量共に現実に即した評価が行える体制を整えることが必要	大					87	ヒ	分別回収など回収フローの構築とCNF製品を分離する技術の確立が重要である。（近赤外線を使用した分離技術がある。）しかしまだ課題があるため、サポートしていただけたらより回収率そのものが上がると考えている。	大	
	31	文	工業化に向けて更に高効率化を図り、活用に向けては木材調達の一貫したシステム構築が必須	親・疎	素材	大	66	文	住宅用断熱材のうち約8～9割近くが新築住宅向けと言われており、新築での需要確保が断熱材メーカーの課題	中					88	ヒ	分別回収をしてマテリアルリサイクルのために分離をする過程で利用できないものが排出されたときに、単に燃やすのではなくサーマルリサイクルができるような仕組みを作ることが重要であり、マテリアルリサイクルとサーマルリサイクルがセットになったような考え方が必要	大	
								67	文	自動車メーカーにとって、素材は基本的に複数社購買となるため、特定の1社が、全てのニーズに対応できる製品を確立しても、自動車メーカーによる本格採用には至らない	中								
								68	文	実績が少ない分野であるため、公的な技術サポートがない場合、自動車・成形メーカーへの開発リスクが大きい	中								
		CNF素材製造～廃棄																	
共通	78	ヒ	CO2削減効果は構造用途（疎水性）が中心となるが、現在の市場に出回っているCNFは親水性のものであるため、構造用途としての利用は難しい	親水性	複合材	大													
	79	ヒ	CO2削減にも繋がる（≠親水性CNFは繋がりにくい）ことを打ち出す必要がある	親水性	素材	大													
	80	ヒ	CNFの製造にエネルギーが必要であり、樹脂と複合しているため、あまりCO2削減のインセンティブにはならない			大													

図Ⅲ-4 CNF のその他・共通に関する課題のマップ

次に、CNF 課題の詳細分析のために作成したロジックツリーを示す。

①CNF素材製造課題		抽出された主なポイント		要因			
性能・複合材	6 文 金属等の代替には、耐摩耗性、引張強度、耐衝撃性、曲げ強度、耐熱性等の向上が必要	疎水 複合材	構造材用途として必要となるCNF性能（強度や加工性）の向上が必要	疎水 複合材	CNFの複合化技術自体の開発が進んでおらず、性能が担保されない	複合材メーカー側が、開発段階で活用可能なCNFが限定的である	CNFサンプルの利用には、煩雑な契約や利便性の低い条件があるといったサンプル供給体制が整備されていない
	7 文 ガスバリア性、難燃性、導電性などナノコンポジットの機能等の向上が必要	疎水 複合材	容器や蓄電池等の高機能製品への利用に必要なCNF性能の向上が必要	疎水 複合材	製品化に必要な性能基準が明確化されていない	素材メーカーに複合材化するノウハウがない	開発段階で必要となるプレイヤーと協業できていない
	8 文 複合用途技術開発として、耐熱性や加工性、樹脂との親和性等の性能発現のためのナノファイバー表面修飾技術、ナノ分散性の評価技術、母材の改質による親和性の向上が必要	疎水 複合材	乾燥時の凝集から、複合材への均一分散化できていない	疎水 複合材		最終製品・部材メーカー（・複合材メーカー）において、現状のCNFの性能の限界値を把握できていない	素材メーカーの提示する素材情報が適切ではない
	9 ヒ CNFで補強したPPはそれぞれ性能が異なっており、多くはPPにタルクを入れたものより性能が低く補強性が実感できない	疎水 複合材	（主にPPにおいて）生産側が安定した材料を川中・川下に提供するという文化や、プラスチックに混ぜる知見がない	疎水 複合材	複合材の経験がないメーカーが複合材の生成を行っている	素材メーカーが参照するCNFの性能基準が明確化されていない	製品ごとのCNF性能の現状値と開発・達成状況（ラボレベル、実証、製品化）が体系的に整理されていない
	10 ヒ 製紙会社がCNFを製造しているが、それを熱可塑性樹脂に混練しても性能が出ていない（生産側が安定した材料を川中・川下に提供するという文化や、プラスチックに混ぜる知見がないことが要因と考えられる）	疎水 複合材				複合材メーカーと組めていない	PP等の複合材メーカーが参入していない
	85 ヒ 疎水性を追求する場合、化学メーカーと協働する必要がある。ただし、CNFは特殊な素材であり、製紙会社ごとに全く違う製造方法であるため、どう絞り込んでいくかは各社の戦略による	疎水 複合材					

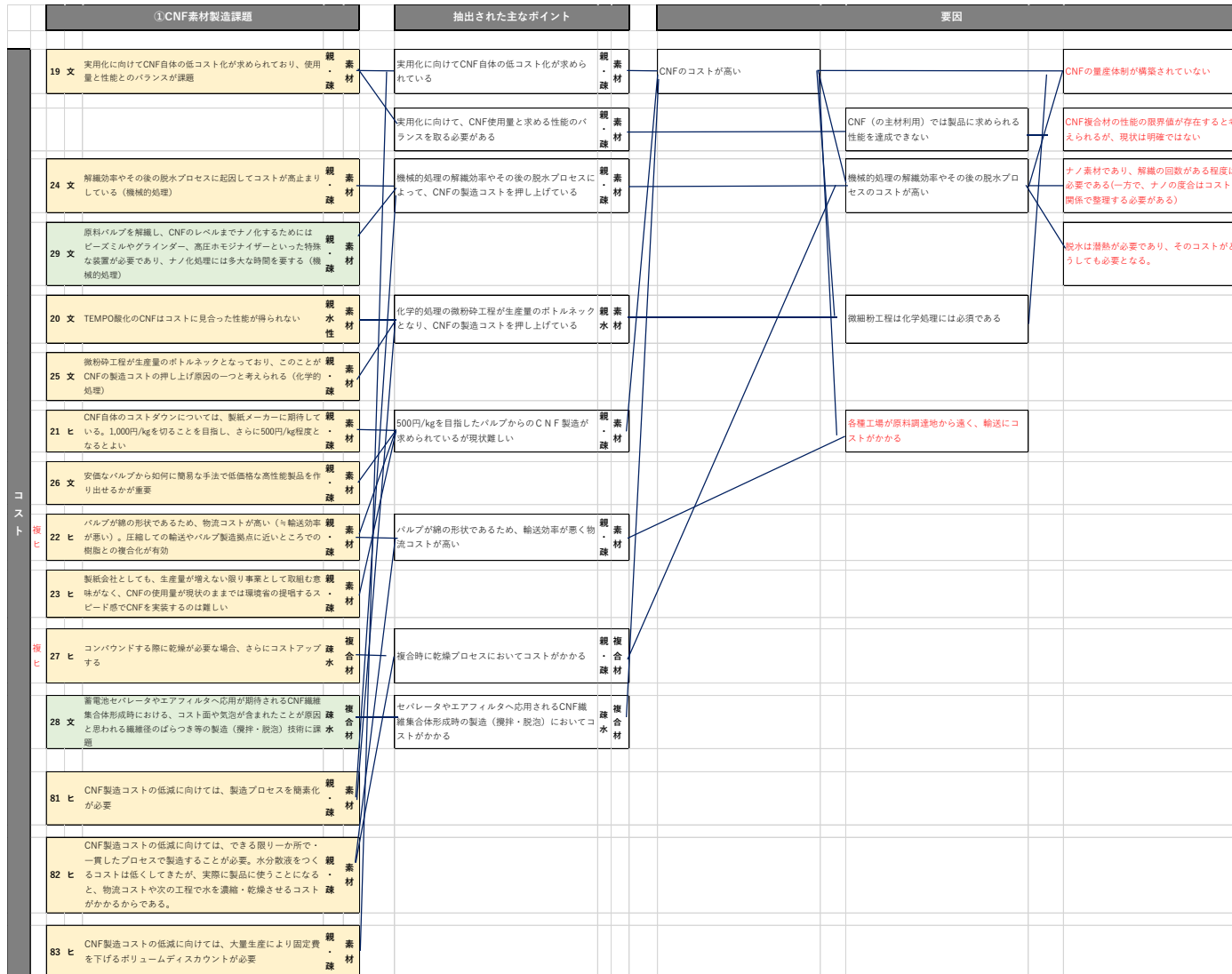
図Ⅲ-5 CNF 課題分析のロジックツリー（①CNF 素材製造、性能・複合材）

①CNF素材製造課題		抽出された主なポイント	要因
性能・素材 対象外	1 文 ミリストイルなど分岐のない脂肪族変性のCNFや、大きな炭化水素基を持ったフェノキシ酢酸変性CNFなどが無処理CNFを上回る耐熱性を示したが、その機構などについては、明らかになっていない	(一部であるが) CNFとしてどのような物性を示すが、また、最適な製造条件等が明らかになっていない	CNF素材の基礎研究が進んでいない 素材メーカーの技術熟度が低い
	2 文 CNF製造のための解繊プロセスの低エネルギー化、高効率化、ナノ繊維の損傷低減のための技術開発が必要	CNF製造のための解繊プロセスの低エネルギー化、高効率化が必要	解繊プロセスには多大なエネルギーがかかる ナノにするためにはグラインダーの回数を多量にする必要がある
	3 文 粘土鉱物を予め溶媒中で剥離する等の前処理をしない(直接混合法)プロセス技術の開発も求められている(化学的処理)	CNF製造のための解繊プロセスのナノ繊維の損傷低減のための技術開発が必要	解繊プロセスで機械解繊やACCの場合には物理的な接触が生じる 物理的接触の際には、損傷はあり得るが周知されていない
	4 文 木質チップから分離したヘミセルロース、リグニン等の成分を高分子材料や燃料、機能化学品、機能性食品などに有効利用するための技術開発が必要	CNF製造プロセスの標準化や規格化が進んでおらず、最適なCNF製造プロセスが明らかになっていない	CNF製造方法が複数あり、各社その手法を明確に示していない 製造方法に各社のノウハウがあり公開が躊躇される状況
	5 文 木質チップからセルロース、ヘミセルロース、リグニンといった成分を効率的に取り出し、工業原料として使用するための最適な成分を分離する技術の開発が必要	CNF製造時の副産物の解明やその用途、有効化技術といった技術開発の余地が多い	木質チップからのセルロース抽出は既存のCNFプレイヤーの得意領域と異なる 企業・有識者間共同の基礎技術研究の補助金が少ない
	84 ヒ 最初の基礎研究の補助金がなかったため、各社各様で進めていく中で、大学教授が基礎研究を行い、国が気付いてから補助が入ってきている。したがって基礎技術の協議ができない状態である	各企業や有識者を含めたCNF基礎技術の協議ができていない	
	85 ヒ 疎水性を追求する場合、化学メーカーと協働する必要がある。ただし、CNFは特殊な素材であり、製紙会社ごとに全く違う製造方法であるため、どう絞っていくかは各社の戦略による		

図Ⅲ-6 CNF 課題分析のロジックツリー (①CNF 素材製造、性能・素材)

		①CNF素材製造課題	抽出された主なポイント	要因			
品質	複合材	11 文 サンプルが乾燥品である場合、未乾燥品（乾燥履歴のないもの）に比べ、デンプン等、粗繊維以外の成分の除去効率が低下し、CNFの製造が困難	乾燥時の凝集から、複合材への均一分散化が難しく、CNFの品質が下がる	複合材 疎水	素材メーカーの製造の技術熟度が低く、品質自体が上がらない	素材メーカーに複合に関する知見がない	素材メーカー内部で複合化の技術知見を有する人材がない
		12 ヒ CNFを樹脂に混合した際に、分散性が悪く欠陥になる	セパレータやエアフィルタへ応用されるCNF繊維集合体形成時に、製造（攪拌・脱泡）技術によりCNFに求められる性能（繊維径）にばらつきが存在	複合材 疎水	購入側（複合材メーカー）がCNFとの複合技術の向上の余地がある	購入側（複合材メーカー）がCNF原材料の入手ができていない（もしくは組めていない）	素材メーカーが外部の複合知見のあるアクターと協働していない
		13 文 プラスチック材料にナノセルロースを適切に分散させることが課題（パルプ直接混練法、湿式法）	CNFの製造方法（機械的な解繊）によって、住宅建材（塗料）製品のCNFに求められる性能にばらつきが存在	複合材 疎水	購入側（複合材メーカー）の求めるCNFの品質と合っていない	素材・複合材メーカーが参照するCNFの品質基準が明確化されていない	サンプル供給ニーズのある素材メーカーとのマッチングができていない（契約制限等が存在）
		14 文 母材への欠陥・凝集のない均一ナノ分散技術の開発が必要	メーカーによってCNFの性能にばらつきが存在（同一メーカーでもロットによって差異が存在）	複合材 疎水	購入側（最終メーカー）がセパレータ・エアフィルタにおいて求めるCNFの品質と合っていない		部品メーカーが求める（製品ごとの）CNFの品質基準の評価体制が確立されていない
	複合材	15 ヒ 市場に出回っているCNFはメーカーごとに性能のばらつきが大きく、同一メーカーの製品でもロットによって差異がある		購入側（最終メーカー）が住宅建材（塗料）において求めるCNFの品質と合っていない	素材メーカーが目指している最終製品が部品メーカーと異なっている	（ガラス繊維や炭素繊維と比較して）CNF素材特性から受入基準の設定が難しい	
		18 文 蓄電池セパレータやエアフィルタへ応用が期待されるCNF繊維集合体形成時におけるコスト面や繊維径のばらつき等の製造（攪拌・脱泡）技術に課題				素材メーカーと部品メーカーの橋渡し役（複合材メーカー）が機能していない	
		17 文 機械的な解繊（斜向衝突法、ボール衝突法、酵素・湿式法）のCNFは製造条件や管理方法により品質にばらつきが生じ、塗料性能が安定しない			CNFの製造方法や、原材料によって出せる品質の違いが標準化されていない	製造方法で原材料の違いはそもそも想定していない（パルプでの品質を想定している）	地域資源を活用したCNF製造時の品質の安定性が担保できていない
		16 ヒ 素材メーカーは、樹脂との混合等に関して複合材メーカーの知見が必要なこともあり、複合材メーカーが素材メーカーと部品メーカーの間に入って一緒に考え、言葉を合わせることが重要	素材メーカーの樹脂との混合等に関する知見が不足しており、部品メーカーの求める品質を満たしていない	親・複合材 疎水			

図Ⅲ-7 CNF 課題分析のロジックツリー（①CNF 素材製造、品質）



図Ⅲ-8 CNF 課題分析のロジックツリー（①CNF 素材製造、コスト）

①CNF素材製造課題		抽出された主なポイント	要因	
その他	30 文 ナノ物質としての安全性に対する懸念が完全には払拭されていない	親・素材 ナノ物質としての安全性が担保されていない	親・素材 ナノ物質の安全性を担保する基礎研究が進んでいない・認知されていない	
	31 文 工業化に向けて更に高効率化を図り、活用に向けては木材調達の一貫したシステム構築が必須	親・素材 木材調達の一環したシステムが構築されていない	親・素材 ナノ素材自体の特性上、多少の安全性の懸念はあり得る	
			複合工場が原料調達地から遠く、輸送にコストがかかる	CNFの地域産業モデルの成立に向けた要件が見えていない。もしくは成功した事例が明確に無い
			現状では海外産の木材が利用されている	国内の山は険しく、山の中に複合工場を設置することが難しい

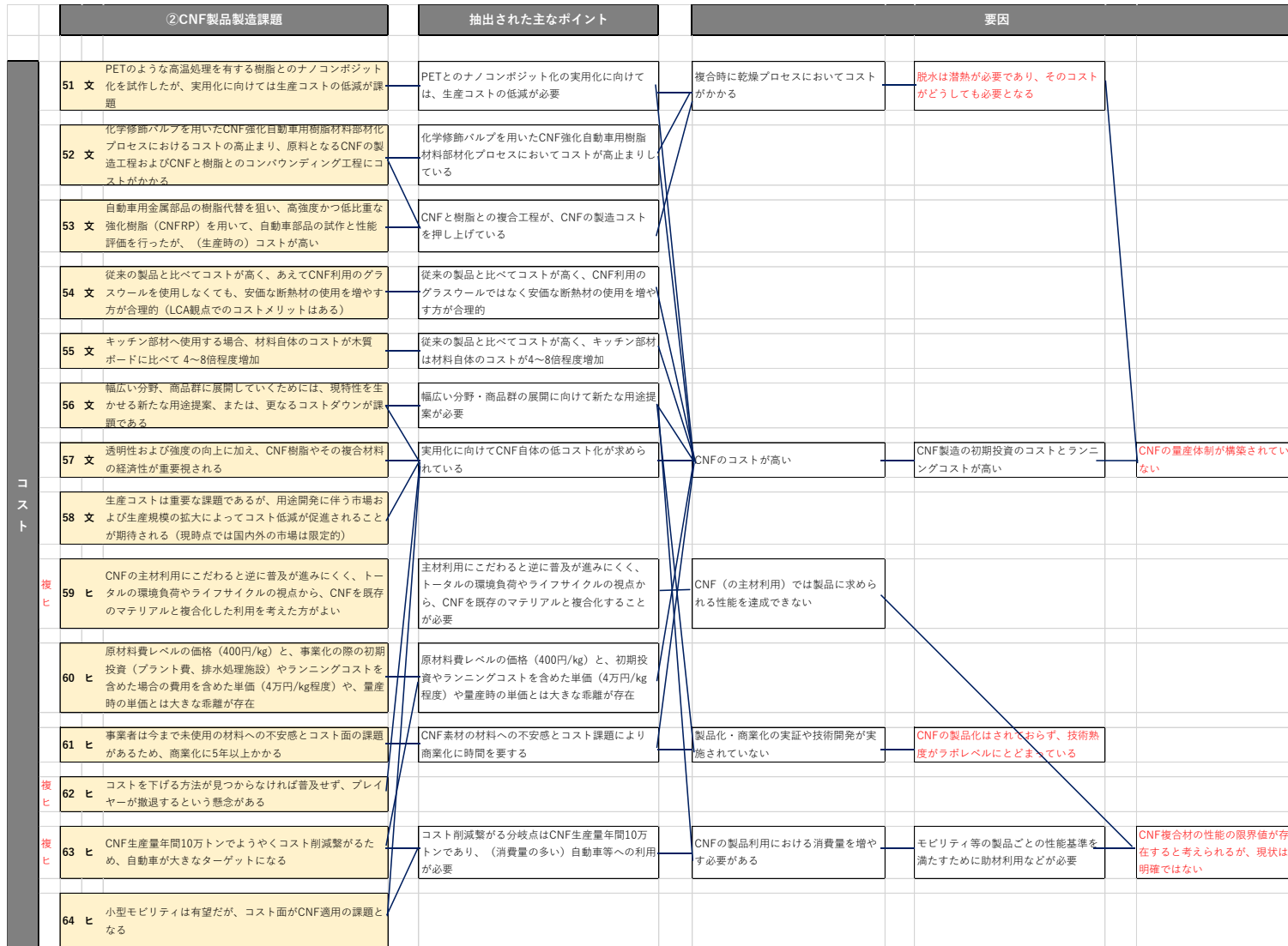
図Ⅲ-9 CNF 課題分析のロジックツリー (①CNF 素材製造、その他)

		②CNF製品製造課題	抽出された主なポイント	要因		
性能	複ヒ	32 文 車体の強度を保ちながらの軽量化が課題	車体の強度を保ちながらの軽量化が必要	自動車や航空機等のモビリティ用途では、部材によってはCNF複合材で現状の水準では用途が限定的	CNF複合材の技術水準が未成熟	
		36 ヒ 自動車や航空機等のモビリティ用途では、安全性や環境負荷等の性能基準を満たす必要があり、CNF単体を主材として消費量を増やし製品化することにこだわると実用化は難しい	自動車や航空機等のモビリティ用途では、安全性や環境負荷等の性能基準を満たす必要があり、主材として同基準を満たすことが難しい	CNF複合材の技術水準にばらつきがある	最終製品・部材メーカー（・複合材メーカー）において、現状のCNFの性能の限界値を把握できていない	素材メーカーの提示する素材情報が適切ではない
	複ヒ	33 文 カーボンブラック減配でゴム部材の硬度が低下し、製品として使用できないため、硬度を調整した配合に見直す必要	カーボンブラック減配でゴム部材の硬度が低下するため、硬度を調整した配合の設定が必要	(特にゴム用では) CNFの複合化技術が、まだ改善の余地がある	素材メーカーが参照するCNFの性能基準が明確化されていない	製品ごとのCNF性能の現状値と開発・達成状況（ラポレベル、実証、製品化）が体系的に整理
		38 ヒ セパレーターの主材としては難しいかもしれないが、セパレーターに求められる特性やモルフォロジーを示すための助材としては期待できる	セパレーターの主材としては難しい	機能化など付加価値のための助材利用を前提とし、主材利用を想定していない	素材メーカー内部で複合化の技術知見を有する人材がない	開発状況や関連するプレイヤーが可視化されておらず、技術を持ったプレイヤーにとって参入障壁がある
	対象外	40 文 自動車用ドアノブ部品等の複数形所の部品でも確実にメッキ膜を形成できるか、また、大型部品への添加も可能か今後検討が必要	自動車用ドアノブ部品等の複数形所の部品や大型部品へのメッキ膜の形成が可能か検討が必要	自動車用ドアノブ部品等のメッキ加工等の開発が進んでいない		
		41 文 自動車用タイヤのウエットグリップ性能の低下を防ぐために、水素添加ポリマー等の複合物の添加が必要	自動車用タイヤのウエットグリップ性能の低下を防ぐために、水素添加ポリマー等の複合物の添加が必要	自動車用タイヤのウエットグリップ性能向上に関する開発が進んでいない		
	複ヒ	42 文 中間膜をして使用できるCNFフィルムは曇りのない透明さが要求されるものの、現状ではフィルムのサイズはまだ小さく、重量軽減効果の高い大きなサイズのガラスを作るこ	現状では透明さが要求される中間膜を使用したCNFフィルムのサイズはまだ小さく、重量軽減効果の高い大きなサイズのガラスを作ることがで	透明さが要求される中間膜を使用したCNFフィルムの開発が進んでいない		
		34 文 キッチン部材へ使用するWPCにおいては、耐水処理が必要な点や、流動性が低いため複雑形状の成形が困難	キッチン部材へ使用するWPCにおいては、耐水処理が必要なうえ、流動性が低いため成形できる形状が限られる	キッチン部材へ使用するWPCに関して、耐水性や流動性に関する技術開発が進んでいない		
	35 文 ①CNFの化学修飾技術開発、②CNF表面での高分子精密重合技術開発、③界面制御用の添加剤開発を進める必要	①CNFの化学修飾技術開発、②CNF表面での高分子精密重合技術開発、③界面制御用の添加剤開発を進める必要がある				
	39 文 性能発現のための表面修飾、均一解繊、樹脂中への均一分散に加えて、他の材料では代替できない用途を開発していくことが必要	性能発現のための表面修飾、均一解繊、樹脂中への均一分散技術、他の材料では代替できない用途開発が必要				
37 ヒ 機能が求められる製品なのか、コストが求められる製品なのかを顧客ニーズに合わせて、競合する各々の素材と比較しながら製品化が必要	製品へのニーズが機能orコストかを明確化し、競合する各々の素材と比較しながら製品化が必要					

図Ⅲ-10 CNF 課題分析のロジックツリー (②CNF 製品製造、性能)

		② CNF製品製造課題	抽出された主なポイント		要因	
品質	43 文	(自動車) 気泡が目立つなどCNF分散に関するゴム製造時の混練手法に課題がある (機械的処理)	機械的処理のゴム製造時の混練手法において、気泡が目立つ	最終製品・部品メーカーの製造の技術熟度が低く、品質自体が上がらない	最終製品・部品メーカーの技術開発を向上させる機会が不十分	
	44 文	CNFを混合すると接着剤粘度が上がり、作業性が悪くなり、また、品質の不安定さが見受けられる場合がある	CNFから接着剤を製造する際に接着剤粘度があがることで品質の不安定さが見受けられる	製品化に必要な性能基準が明確化されていない	最終製品・部材メーカー (・複合材メーカー) において、現状のCNFの性能の限界値を把握できていない	素材メーカーの提示する素材情報が適切ではない
	45 ヒ	CNFの品質を担保するための基準、項目が不明瞭でその測定方法が確立できていない	CNFの品質を担保するための基準と測定方法が確立できていない	CNFの性能評価体制が整備されていない	素材メーカーが参照するCNFの性能基準が明確化されていない	製品ごとのCNF性能の現状値と開発・達成状況 (ラボレベル、実証、製品化) が体系的に整理されていない
	46 ヒ	炭素繊維比較やガラス繊維比較のような受入基準の考え方の範囲で比較はできない。性能の幅を見て製品化を検討することが必要	炭素繊維比較やガラス繊維比較の考え方に対して、CNFは受入基準の設定が難しい		素材/複合材メーカー間でCNFの性能を担保する線引きができていない	素材/複合材メーカーが協業できていない
	47 ヒ	必要な量と質のCNF入手が容易ではなく、性能評価できない。初期評価の段階であり情報漏洩等の心配はないが、特許を出願されるのでは等の素材メーカーの懸念は理解できるため対話が必要	素材メーカーの契約制限等により、必要な量と質のCNFサンプルが入手が容易できず、性能評価ができない	サンプル供給ニーズのある素材メーカーとのマッチングができていない		
	48 文	品質評価や機能発現メカニズムの解明のための計測・評価・シミュレーション技術、安全性評価技術、国際標準化への取組が重要となる	素材メーカーが複合材メーカーのCNF性能評価にあたり、特許出願を懸念している	CNF製造において素材メーカーと複合材メーカーが競合になる	(従来の素材開発は複合材メーカーが素材・複合材の性能を担保するが) 複合材メーカーにCNF製造の知見がない	
	49 ヒ	メーカーから利用を制限される契約を求められることも多く、受け入れが難しい	品質評価や機能発現メカニズムの解明のための計測・評価・シミュレーション技術、安全性評価技術への取り組みが必要	CNFの性能評価を行う技術がない		
	86 ヒ	(性能評価について) 補助をそれぞれ受けながら進められるという環境があれば一番良いと考えている。一か所集中の場合情報管理ができない。	素材メーカーのCNFサンプル・技術をアピールする場が少ない	CNF製造に関する川下~川上の連携が進んでいない	CNF性能評価の補助金等がない	
	89 ヒ	展示会でサンプル提供しているが、施策としてマッチングしてもらいたい。5年10年先のビジネス技術として提供できるようなアピールできる場がない			CNF製造に関する川下~川上の連携する機会がない	

図Ⅲ-11 CNF 課題分析のロジックツリー (②CNF 製品製造、品質)



図Ⅲ-12 CNF 課題分析のロジックツリー（②CNF 製品製造、コスト）

	②CNF製品製造課題	抽出された主なポイント	要因		
その他	65 文 高機能ナノセルロース材料を安価に安定して供給するサプライチェーンの構築を目指し、自動車メーカーへのサンプル供給システムを強化し、質、量共に現実に即した評価が行える体制を整えることが必要	自動車メーカーへのサンプル供給システムを強化し、質、量共に現実に即した評価が行える体制を整えることが必要	自動車メーカー等の部品メーカーへのサンプル供給システムが構築されていない	サンプル供給ニーズのある素材メーカー（・複合材メーカー）とのマッチングができていない	
	66 文 住宅用断熱材のうち約8～9割近くが新築住宅向けと言われており、新築での需要確保が断熱材メーカーの課題	住宅用断熱材の新築での需要確保が必要	既存住宅では断熱材の適用のために改築が必要	断熱材が既存住宅向けに開発されていない（パナソニック等では既存住宅向けに塗布するタイプの断熱材があり本課題は解決可能と想定）	
	67 文 自動車メーカーにとって、素材は基本的に複数社購買となるため、特定の1社が、全てのニーズに対応できる製品を確立しても、自動車メーカーによる本格採用には至らない	自動車メーカーでは素材は複数社購買のため、特定の1社が、全てのニーズに対応できる製品を確立しても本格採用には至らない	自動車のSCは国内外に広まっており、素材の調達プロセス等を抜本的に変える必要がある		
	68 文 実績が少ない分野であるため、公的な技術サポートがない場合、自動車・成形メーカーへの開発リスクが大きい	実績が少ない分野であるため、公的な技術サポートがない場合、自動車・成形メーカーへの開発リスクが大きい	自動車・成形の実績が少なく、公的な技術サポートが必要	自動車・成形を想定した実証や技術開発が豊富に実施されていない	CNFの製品化はされておらず、技術熟度がラポレベルにとどまっている

図Ⅲ-13 CNF 課題分析のロジックツリー（②CNF 製品製造、その他）

	③製品利用課題	抽出された主なポイント	要因		
性能	69 文 （自動車ドアパネル）長期的な使用を考慮すると、耐久性、耐候性等について確認を進めることが必要	長期間使用時の耐久性、耐候性について明らかになっていない	利用の頻度や期間に対する耐久性、耐候性の検証が不十分である	長期使用を想定した実証や技術開発への支援が少ない	国の補助事業が単年（或いは複数年としても短期的）であり、長期使用を想定した検証が困難
	70 文 （住宅建材）使用実績が少なく実際に長期に使用した際の不具合が想定できない	長期使用に関する実績が乏しい		長期使用を想定した実証や技術開発が実施されていない	CNFの製品化はされておらず、技術熟度がラポレベルにとどまっている
	71 文 塗装について細かい気泡の存在率はCNFの方が多く、美観のさらなる向上に向けて改良の余地がある	CNFから塗料を製造する際の気泡を少なくする必要がある	製品化に必要な性能基準が明確化されていない	最終製品・部材メーカー（・複合材メーカー）において、現状のCNFの性能の限界値を把握できていない	素材メーカーの提示する素材情報が適切ではない
品質	72 ヒ バイオプラスチックとCNFの複合材料の活用は企業PRIになるが、購入するユーザー目線で考えると、故障や品質の低下が懸念され、分解制御技術が伴わない限り、自然由来という訴求効果のみでは普及しない	バイオプラスチックとCNFの複合材料の活用は企業PRIになるが、故障や品質の低下が懸念され、分解制御技術が伴わない限り、自然由来という訴求効果のみでは普及しない	バイオプラスチックとCNFの複合材料については、研究が進んでいない	素材メーカーが参照するCNFの性能基準が明確化されていない	製品ごとのCNF性能の現状値と開発・達成状況（ラポレベル、実証、製品化）が体系的に整理されていない
			自然由来であるが、品質課題に対しては訴求し得ない		

図Ⅲ-14 CNF 課題分析のロジックツリー（③製品利用、性能・品質）

④廃棄（リサイクル）課題		抽出された主なポイント	要因		
性能	複ヒ 73 ヒ	何度も熱がかかるとダメージを受けるため耐熱性への対処や、混練時に繊維が断裂する点に留意が必要	繰り返しの耐熱性への対処が検証されていない	実際に利用する頻度や期間を考慮した耐熱性の評価が進んでいない	長期使用を想定した実証や技術開発への支援が少ない
			繰り返し混練した際の繊維断裂への対処が検証されていない	繰り返し混練した際の繊維断裂の確認が進んでいない	
	74 ヒ	同じ部品への再利用でも、薄肉化による軽量化といったメリットが必要	リサイクル手法の確立に加えて、付加価値や、アップサイクルの確立が必要となる	CNFのリサイクルの付加価値が明確ではない（C O2含め）	
	複ヒ 75 ヒ	同じ製品としてのリサイクルは難しいが、バージンで薄めたり、他の素材と組み合わせるマテリアルリサイクルは可能である	CNFのマテリアルリサイクルに関する手法が確立されていない	CNFのマテリアルリサイクルに関する研究開発が進んでいない	CNFのマテリアルリサイクルの可能性が明確ではない（C O2含め）
88 ヒ		分別回収をしてマテリアルリサイクルのために分離をする過程で利用できないものが排出されたときに、単に燃やすのではなくサーマルリサイクルができるような仕組みを作ることが重要であり、マテリアルリサイクルとサーマルリサイクルがセットになったような考え方が必要	CNFリサイクル時の分離回収技術が確立されていない	CNFリサイクル時の分離回収技術に関する研究開発が進んでいない	CNFリサイクル時の分離回収技術の可能性が明確ではない？
品質	複ヒ 76 ヒ	（主に自動車に関して）どのようにリサイクル規格を設定するのか	自動車においてCNFのリサイクル規格の設定方法や基準が明確化されていない	自動車のCNFのリサイクル規格に関する検討が進んでいない CNFの自動車の製品化が進んでおらず、リサイクルに至る技術熟度に達していない	
コスト	77 ヒ	バンパー材リサイクルの際、耐衝撃性と流動性に特化した低コストのバンパー材に再利用するのではなく、より付加価値の高い製品（フェンダー等）に再利用しなければ、CNFのコストを回収できない	リサイクル手法の確立に加えて、アップサイクルの確立が必要となる	CNFのリサイクルの付加価値が明確ではない（C O2含め）	
その他	87 ヒ	分別回収など回収フローの構築とCNF製品を分離する技術の確立が重要である。（近赤外線を使用した分離技術がある。）しかしまだ課題があるため、サポートしていただけたらより回収率そのものが上がると考えている。	CNFリサイクル時の分離回収技術に関する支援がない	CNFリサイクル時の分離回収技術に関する技術開発・実証事業が整備されていない	
			CNFリサイクル時の分離回収技術が確立されていない	CNFリサイクル時の分離回収技術に関する研究開発が進んでいない	CNFリサイクル時の分離回収技術の可能性が明確ではない？

図Ⅲ-15 CNF 課題分析のロジックツリー（④廃棄（リサイクル））

⑤その他		抽出された主なポイント	要因
その他	78 ヒ CO2削減効果は構造用途（疎水性）が中心となるが、現在の市場に出回っているCNFは親水性のものであるため、構造用途としての利用は難しい	親水性のCNFは構造材用途として利用が困難であり、CO2削減には疎水性CNFが必要であることが知られていない	親水／疎水性CNFへのユーザーの理解が乏しい（≒何に使えるかわかってない） 親水／疎水性CNFの用途・利用可能な製品を明確化する必要がある
	79 ヒ PPと混合可能な疎水性のCNFは、量を捌くことができ、CO2削減にも繋がる（≒親水性CNFは繋がりにくい）ことを打ち出す必要がある		
	80 ヒ CNFの製造にエネルギーが必要であり、樹脂と複合しているため、あまりCO2削減のインセンティブにはならない	CNF製造時やコンパウンド時のエネルギーが効率化されていない	解繊プロセスや脱水・乾燥のプロセスには多大なエネルギーがかかる
	CNFのCO2削減効果を評価するためのスキームがない	CNFのCO2削減原単位の設定方法が明確化されていない	製造～廃棄までのLCAを評価し、CNFのCO2削減原単位を設定する必要がある

図Ⅲ-16 CNF 課題分析のロジックツリー（⑤その他、その他）

次に、上記で検討した詳細課題に対する対応方針を示す。

抽出された素材製造段階の課題	対応方針	対応策
性能(複合材) <ul style="list-style-type: none"> ✓ 構造材用途として必要となるCNF性能(強度や加工性)の向上 ✓ 容器や蓄電池等の高機能製品への利用に必要なCNF性能の向上 ✓ 乾燥時の凝集から、複合材への均一分散化技術の向上 ✓ (主にPPにおいて)生産側が安定した材料を川中・川下に提供するという文化や、プラスチックに混ざる知見がない 	サンプル供給体制の整備(煩雑な契約や利便性の低い条件の解消) 1 素材メーカーにおけるCNF開発段階に必要なプレイヤーとの協業 1 素材メーカーによる適切な素材情報の提示 1 製品ごとのCNF性能の現状値と開発状況の整理 3 PP等の複合材メーカーの参入 1	1 企業間マッチング 技術開発・CNFサンプル供給の企業間マッチングの推進
性能(素材) <ul style="list-style-type: none"> ✓ CNFの物性、最適な製造条件等が不明瞭 ✓ CNF解繊時の低エネルギー化、高効率化が必要 ✓ CNF解繊時のナノ繊維の損傷低減のための技術開発 ✓ CNF製造プロセスの標準化や規格化が進んでおらず、最適なCNF製造プロセスが明らかになっていない ✓ 木質チップからセルロース成分の効率的取り出し、工業原料として使用するための最適な成分分離技術開発が必要 ✓ 各企業や有識者を含めたCNF基礎技術の協議ができていない 	素材メーカーのCNFに関する技術熟度の向上 外 CNF製造企業間での最適なCNF製造方法に関する情報共有 3 物理的接触時における損傷の周知 1 ナノ化時に多量のグラインダー回数を要することの周知 3 木質チップからのセルロース抽出が得意なプレイヤーとの連携 1 企業・有識者間共同の基礎技術研究の補助・支援 3 企業・有識者間共同の基礎技術研究のプラットフォームの構築 1	2 性能評価・認証体制 CNFの性能を担保する評価・認証体制の構築
品質 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 乾燥時の凝集から、複合材への均一分散化が難しく、CNFの品質が下がる ✓ セパレーター・エアフィルタへ応用されるCNF繊維集合体形成時、製造(攪拌・脱泡)技術により繊維径にばらつき ✓ CNFの製造方法(機械的な解繊)によって、住宅建材(塗料)製品のCNFに求められる性能にばらつき ✓ メーカーによってCNFの性能にばらつきが存在(同一メーカーでもロットによって差異が存在) ✓ 素材メーカーの樹脂との混合等に関する知見が不足しており、部品メーカーの求める品質を満たしていない 	素材メーカー内部で複合化の技術知見を有する人材の育成 外 素材メーカーと複合化技術の知見のある外部アクターとの協働 1 サンプル供給ニーズのある素材メーカーと複合材メーカーのマッチング 2 部品メーカーが求める(製品ごとの)CNF品質基準の評価体制の整備 2 素材メーカーと部品メーカーの橋渡し役(複合材メーカー)の確立 1 地域資源を活用したCNF製造時の品質の安定性の担保 3 (ガラス・炭素繊維と比較して)CNFの特性を踏まえた受入基準の設定 2	3 実績・支援事業等の体系的整理 CNF性能、製品ごとの開発状況、支援事業等の整理
		4 実証事業の推進 CNF製品化の技術開発・実証事業の組成

図 III-17 CNF の課題に対する対応方針 (素材製造段階の課題) (1/2)

抽出された素材製造段階の課題	対応方針	対応策
コスト <ul style="list-style-type: none"> ✓ 実用化に向けてCNF自体の低コスト化が必要 ✓ 実用化に向けて、CNF使用量と求める性能のバランスを取る必要がある ✓ 機械的処理の解繊効率やその後の脱水プロセスによって、CNFの製造コストを押し上げている ✓ 化学的処理の微粉砕工程が生産量のボトルネックとなり、CNFの製造コストを押し上げている ✓ 500円/kgを目指したバルブからのCNF製造が求められているが現状難しい ✓ バルブが綿の形状であるため、輸送効率が悪く物流コストが高い ✓ 複合時に乾燥プロセスにおいてコストがかかる ✓ セパレーターやエアフィルタへ応用されるCNF繊維集合体形成時、攪拌・脱泡においてコストがかかる 	CNFの用途開発等による量産体制の構築 3 CNF複合材の性能の限界値の周知 4 CNF解繊後の脱水は潜熱が必要となり、一定のコストを要することの周知 3 ナノ度合いとコストの関係性の整理 3 輸送コストの低減に向けた各種工場と原料調達地の最適化 地	1 企業間マッチング 技術開発・CNFサンプル供給の企業間マッチングの推進
その他 <ul style="list-style-type: none"> ✓ ナノ物質としての安全性が担保されていない ✓ 木材調達の一環したシステムが構築されていない 	CNFの地域産業モデルの成立に向けた要件や成功事例の明確化 地 国内の険しい山の中の複合材工場の設営方法の検討 地 ナノ素材自体の特性上の安全性の懸念についての認知 3 ナノ物質の安全性を担保する基礎研究の推進・認知 3	2 性能評価・認証体制 CNFの性能を担保する評価・認証体制の構築
		3 実績・支援事業等の体系的整理 CNF性能、製品ごとの開発状況、支援事業等の整理
		4 実証事業の推進 CNF製品化の技術開発・実証事業の組成

図 III-18 CNF の課題に対する対応方針 (素材製造段階の課題) (2/2)

	抽出された製品製造段階の課題	対応方針	対応策
性能	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 車体の強度を保ちながらの軽量化が必要 ✓ モビリティ用途では、安全性や環境負荷等の性能基準を満たす必要があり、主材として同基準を満たすことが難しい ✓ セパレーターの主材としての利用は難しい 	<ul style="list-style-type: none"> モビリティ用途に向けたCNF複合材の技術水準の向上 1/4 素材メーカーによる適切な素材情報の提示 1 製品の機能化など付加価値付与・助材利用の検討 4 製品ごとのCNF性能の現状値と開発・達成状況(ラポレベル実証、製品化)の体系的な整理 3 素材メーカー内部で複合化の技術知見を有する人材の育成 4 開発状況やプレイヤーの可視化 3 	<ul style="list-style-type: none"> 1 企業間マッチング 技術開発・CNFサンプル供給の企業間マッチングの推進 2 性能評価・認証体制 CNFの性能を担保する評価・認証体制の構築 3 実績・支援事業等の体系的整理 CNF性能、製品ごとの開発状況、支援事業等の整理 4 実証事業の推進 CNF製品化の技術開発・実証事業の組成
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 機械的処理の自動車ゴム製造時の混練手法で気泡が目立つ ✓ CNFから接着剤を製造する際に接着粘度があがることで品質の不安定さが見受けられる ✓ CNFの品質を担保する基準と測定方法が未確立 ✓ 炭素・ガラス繊維と比較しCNFは受入基準設定が困難 ✓ 素材メーカーの契約制限等により、必要な量と質のCNFサンプルが入手ができず、性能評価ができない ✓ 素材メーカーが複合材メーカーのCNF性能評価にあたり、特許出願を懸念している ✓ 品質評価や機能発現メカニズムの解明のための計測・評価・シミュレーション・安全性評価技術への取組が必要 ✓ 素材メーカーがサンプル・技術をアピールする場が少ない ✓ (ウェルトライン抑制時)温度分布・保圧力分布に変化が起るため、他成形課題とバランスを取る条件設定が必要 	<ul style="list-style-type: none"> 素材メーカーによる適切な素材情報の提示 1 製品ごとのCNF性能の現状値と開発・達成状況(ラポレベル実証、製品化)の体系的な整理 3 素材メーカーと複合化技術の知見のあるアクターとの協働 1 最終製品・部品メーカーの技術開発機会の創出 1/4 CNFの性能評価を行う技術の開発・向上 1/4 サンプル供給ニーズのある素材メーカーと複合材メーカーのマッチング 1 CNF性能評価の補助金・支援事業等の組成 4 CNF製造に関する川下～川上の連携する機会の創出 1 	

図Ⅲ-19 CNFの課題に対する対応方針（製品製造段階の課題）（1/2）

	抽出された製品製造段階の課題	対応方針	対応策
コスト	<ul style="list-style-type: none"> ✓ (PETとのナノコンポジットの実用化に向けては、生産コストの低減が必要) ✓ 化学修飾バルブを用いたCNF強化自動車用樹脂材料部材化プロセスにおいてコストが高止まりしている ✓ CNF・樹脂との複合工程によるCNF製造コストの高止まり ✓ 従来の製品と比べてコストが高く、CNF利用のガラスウールではなく安価な断熱材の使用を増やす方が合理的 ✓ 従来の製品と比べてコストが高く、キッチン部材は材料自体のコストが4～8倍程度増加 ✓ 幅広い分野・商品群の展開に向けて新たな用途提案 ✓ 実用化に向けたCNF自体の低コスト化 ✓ 主材利用のみは普及が進みにくく、トル環境負荷やライフサイクルから、CNFの既存のマテリアルとの複合化が必要 ✓ 原料費レベルの価格(400円/kg)と、初期投資・ランニングコストを含む単価(4万円/kg程度)や量産時単価に大きな乖離 ✓ CNF素材の材料への不安感とコスト課題により商業化に時間を要する ✓ コスト削減繋がる分岐点はCNF生産量年間10万トンであり、(消費量の多い)自動車等への利用が必要 	<ul style="list-style-type: none"> CNFの量産体制の構築 3/4 CNF複合材の性能の限界値の周知 1 CNF解繊後の脱水は潜熱が必要となり、一定のコストを要することの周知 3 CNFの製品化に向けた技術開発・実証の推進 4 	<ul style="list-style-type: none"> 1 企業間マッチング 技術開発・CNFサンプル供給の企業間マッチングの推進 2 性能評価・認証体制 CNFの性能を担保する評価・認証体制の構築 3 実績・支援事業等の体系的整理 CNF性能、製品ごとの開発状況、支援事業等の整理 4 実証事業の推進 CNF製品化の技術開発・実証事業の組成
	その他	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 自動車メーカーへのサンプル供給システムを強化し、質、量共に現実に対応できる体制を整えることが必要 ✓ 自動車メーカーは素材は複数社購買のため、1社が全てのニーズに対応できる製品を確立しても本格採用には至らない ✓ 実績が少ない分野であるため、公的な技術サポートがない場合、自動車・成形メーカーへの開発リスクが大きい 	

図Ⅲ-20 CNFの課題に対する対応方針（素材製造段階の課題）（2/2）

抽出された製品利用・リサイクル・その他共通の課題		対応方針	対応策	
製品利用	性能	自動車・住宅建材の製品化に向けた技術開発・実証の推進 4 長期使用を想定した国の補助事業(複数年にまたがる等)の組成 外 素材メーカーによる適切な素材情報の提示 1	1 企業間マッチング 技術開発・CNFサンプル供給の企業間マッチングの推進	
	品質	製品ごとのCNF性能の現状値と開発状況の整理 3 バイオプラスチックとCNFの複合材料について研究の推進 4 CNFに関する自然由来・品質についての訴求推進 3		
リサイクル	性能	長期使用を想定した実証や技術開発への支援事業拡充 4 CNFのリサイクルの付加価値(CO2削減を含め)の検討 4 CNFのマテリアルリサイクルの可能性(CO2削減を含め)の検討 4 CNFリサイクル時の分離回収技術の可能性の検討 4		2 性能評価・認証体制 CNFの性能を担保する評価・認証体制の構築
	品質	自動車においてCNFのリサイクル規格の設定方法や基準が明確化されていない 4 CNFを利用した自動車の製品化とリサイクルに至る技術熟度の向上 4		
	コスト	CNFのリサイクルの付加価値(CO2削減を含め)の検討 4		
	その他	CNFリサイクル時の分離回収技術に関する技術開発・実証の推進 4 CNFリサイクル時の分離回収技術の可能性の検討 4		
その他・共通	その他	親水・疎水性CNFの用途・利用可能な製品の明確化 3 解繊プロセスや脱水・乾燥のプロセスのエネルギー高効率化 4 LCA(製造～廃棄)を評価し、CNFのCO2削減原単位の明確化 3	3 実績・支援事業等の体系的整理 CNF性能、製品ごとの開発状況、支援事業等の整理 4 実証事業の推進 CNF製品化の技術開発・実証事業の組成	
	その他	親水性CNFは構造材用途として利用が困難。CO2削減には疎水性CNFが必要であることが知られていない CNF製造時やコンパウンド時のエネルギーが高効率化が必要 CNFのCO2削減効果を評価するためのスキームがない		

図Ⅲ-21 CNFの課題に対する対応方針(製品利用、リサイクル、その他共通段階の課題)