

研究資料 (Research record)

国産材由来セルロースナノファイバーに求められるもの - 市場調査報告 -

下川 知子^{1)2)*}、真柄 謙吾²⁾、野尻 昌信²⁾、久保 智史¹⁾²⁾、
戸川 英二¹⁾²⁾、木口 実³⁾、林 徳子¹⁾

要旨

森林資源の有効活用を図り、中山間地域の活性化を推進する方向性の一つとして、新素材であるセルロースナノファイバー (CNF) の活用が挙げられる。国産材を利用した CNF の用途開発を展開していくため、CNF 全般及び国産材由来の CNF の問題点や課題などを把握し、実用化のための資料とする市場動向調査を実施した。CNF 全般に対して、コストダウン、分散化技術の確立、特性評価、品質の安定化、安全性といった項目が挙げられ、課題を解決するために事業推進体制を整備し、CNF の生産・制御技術等の確立による生産性の向上、製品化を通じた CNF の生産規模拡大による低価格での安定供給が求められていることが示された。「中山間地域で生産される国産材由来の CNF」を使用するユーザーメリットについては、環境配慮、天然由来の姿勢が企業イメージの向上に寄与する点に賛同意見があったことから、持続可能な森林資源を使用し、環境に優しい資源であるといった具体的な情報や付加価値を、製造者と消費者の両方へしっかりと伝えていくことが、将来的な国産材由来 CNF の取り組みに必要であることが示唆された。

キーワード：セルロースナノファイバー、市場調査、国産材

1. はじめに

森林資源の有効活用を図り、中山間地域の活性化を推進する方向性の一つとして、新素材であるセルロースナノファイバー (CNF) の活用が挙げられる。CNF は軽量・高強度を特徴とするバイオマス由来の素材であり、様々な分野で社会実装のための用途開発が進められている。森林総合研究所では、ソーダアントラキノン蒸解により国産材から調製したパルプを原料とし、酵素処理と機械処理を併用した湿式粉碎によって無修飾の CNF を製造するプロセスを構築し、国産材利用に資するための用途開発を行っている (林ら 2015、下川ら 2015)。

新素材である CNF の有する潜在的可能性は広範に知られるようになってきたところであるが、中山間地域の活性化に資する国産材を利用した CNF の用途開発を展開していくためには、現状の問題点・課題の整理が欠かせないと考えられた。そのため、CNF を扱う可能性のある、化学工業、木材工業、食品関係を中心とした企業を対象としてマーケティング調査を行い、中山間地で生産される国産材 (スギ、ヒノキ、タケ等) 由来の CNF に対して求めるもの、問題点、改良すべき点などを抽出、把握し、実用化のための資料とするための市場動向調査を実施した。

2. 聞き取り調査方法

CNF を扱う可能性のある、化学工業、木材工業、食品関係を中心とした企業を中心として市場調査を行った。企業の地域は限定せず、詳細な意見を求めるため、直接企業の関係者に話を聞くこととし、聞き取り調査に応じる企業の数として、30 社を目標とした。調査を行った項目を Table 1 に示す。回答可能性のある企業数社に文書で依頼を実施し、回答に賛同を得られた 30 社から聞き取り調査を行う以上の調査は、矢野経済研究所への委託により実施した。回答の中には、公開不可の情報が含まれたため、本資料では、公開不可の情報は省いており、得られた結果は 2016 年 1 月 29 日時点で取りまとめたものである。

Table 1. 市場調査項目

1. CNF に関する認知状況
2. CNF に対する取り組みの現状
3. CNF の応用分野・用途
4. CNF の採用条件
5. 現使用品からの切り替え可能性有無
6. CNF の許容価格
7. CNF の問題点・課題に関する調査
8. 中山間地域で生産される国産材由来の CNF に対するニーズ
9. 中山間地域で生産される国産材由来の CNF に関する問題点・課題

原稿受付：平成 28 年 10 月 4 日 原稿受理：平成 29 年 1 月 10 日

- 1) 森林総合研究所新素材研究拠点
2) 森林総合研究所森林資源化学研究領域
3) 森林総合研究所研究ディレクター

* 森林総合研究所新素材研究拠点 〒 305-8687 茨城県つくば市松の里 1

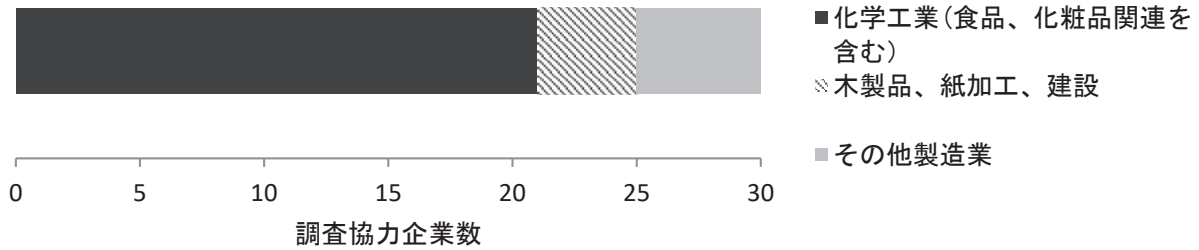


Fig. 1. 市場調査協力会社の業種内訳

3. 結果及び考察

聞き取り調査に応じた企業の業種を Fig. 1 に示す。業種は、「化学工業（樹脂、ゴム、プラスチック製品製造業、食品・化粧品関連を含む）」、「木材・木製品、紙加工品、建材・建設業」、「その他」、に分類した。最も多い業種は化学工業関連であり、CNF が原料として使用されるためと考えられる。

3.1 CNF に関する認知状況

CNF に関する認知状況を、便宜的に 1 億円を境界として資本金額に照らして比較した。資本金額が 1 億円以上の企業は認知状況が「情報収集～実用(化)」に集中し、同未満の企業は「情報収集以前～研究開発」に分布しており、資本金額の多寡が認知に影響している可能性がある。

3.2 CNF に対する取り組みの現状

CNF に対する取り組みの現状を情報収集、研究開発、実用化、その他の 4 タイプに大別したところ、情報収集 7 件、研究開発 17 件、実用化 2 件、その他 4 件と分類され、研究開発が最も多く、情報収集段階がこれに続いた。Table 2 では、取り組みの現状に関して、「その他」の分野に分類された企業の意見も「研究開発中」もしくは「情報収集段階」に分類して、得られた聞き取りの内容を整理した。1 社が複数の意見を述べている場合もあるが、得られた回答を羅列して記載した。本来の情報から特定の団体を示す固有名詞や、具体的すぎると判断した内容を削除しており、以下、同様の扱いとした。

3.3 CNF の応用分野・用途

CNF の応用分野・用途に回答した企業は 25 社であり、木材加工、断熱材、樹脂（特性改善）、フィルム、塗料、粘度調整剤、接着剤、化粧品原料、食品添加物と多岐にわたる検討が行われていることが示された (Table 3)。回答企業のうち、40% が樹脂への混練に注目しており、セルロースナノファイバーの軽量、高強度の特性を活かし、樹脂製品の特性向上に期待が寄せられている傾向が示された。

3.4 CNF の採用条件

CNF の採用条件については 13 社から回答が得られた。

採用条件として、8 社が価格の引き下げについて、6 社が CNF を溶媒中に均一に分散させるための分散化（技術）を挙げている (Table 4)。つぎに、供給体制、品質の安定化の達成が、今後の CNF の採用に重要であることが示された。

3.5 使用品からの切替可能性の有無

現使用品からの切替可能性を否定した回答は無かった。既に CNF を製品として利用している企業もあるが、CNF の取り扱いについて未検討である企業では、可能性有無の明示には至らなかった。

3.6 CNF の許容価格

CNF の現行価格は 1 kg (リットル) あたり 1,000 円～数千円でほぼ一致していた。これに対し競合する現行品の価格（コスト）は、木粉が 100 円で最安価、増粘剤が数百円～4 千円前後、接着剤の添加剤が 500 円以下～1000 円以下（価格はいずれも 1 kg あたり）と、下値は CNF の現行価格を下回っており、価格引き下げを採用条件とする多数見解を支持する格好となった。CNF 利用による効果や性能の向上の度合いが価格の増加分に見合うのであれば、高額での切り替えもあり得る、という意見がほぼ共通した見解として得られた (Table 5)。

3.7 CNF の問題点・課題

回答した 20 社のうち、50% にあたる会社が問題点・課題として分散化技術の確立を指摘した。また、対処すべき問題として 8 社が CNF の高額さについて挙げている。その他、安全性や CNF という事業の推進体制に関する問題提起もなされた (Table 6)。総じて、コストダウン、分散化技術の確立、特性評価、品質の安定化、安全性といった課題を解決するために事業推進体制を整備し、CNF の生産・制御技術等の確立による生産性の向上、製品化を通じた CNF の生産規模拡大による低価格での安定供給が求められていると考えられる。

3.8 中山間地域で生産される国産材由来の CNF に対するニーズ

中山間地域で生産される国産材由来の CNF のニーズについて回答した社は 17 社であり、ニーズは無いと明示したのは 5 社であった。他方、積極的に評価している会社

が2社あり、環境配慮、天然由来の姿勢が企業イメージの向上に寄与する点に肯定性を見出している (Table 7)。国産材由来のCNFに対して期待を寄せる意見としては、中山間地域の活性化、国産材の価値向上、国内木材加工業の活性化につながるなどが挙げられた。ニーズを見出し難いとした回答からは、海外産の方が安価というコスト面の懸念や、事業面からの利点を見出し難いこと、セルロースであればどのような由来であっても問題が無く、国産材に由来するメリットを打ち出すことが出来ない等の現状が示された。国産材に由来することがニーズにつながるか分からない、という意見もあることから、国産材利用拡大のためには、中山間地域由来の国産材を利用する具体的なメリットをしっかりと打ち出していく必要がある。

3.9 中山間地域で生産される国産材由来のCNFに関する問題点・課題

中山間地域で生産される国産材由来のCNFということにどのような価値を置くか (どのような価値を見出すか) という問題意識が指摘の根本にあるように見受けられる。製造工程や手間・労力の違いによって生じるコストパフォーマンスに起因する問題も指摘された (Table 8)。中山間地域で生産される国産材由来のCNFに対する問題の前に、CNFの利用方法、用途、価格といった素材・材料それ自体が抱える問題の解決を指摘する意見もあり、3.7で明らかになったCNF全般に関する指摘と同様に、価格や技術面の課題を解決していくことが重要と考えられる。

4. まとめ

市場調査により、CNFの軽量かつ高強度である特性を活かし、新たな価値を有する製品を作り出すための、様々な取り組みが示された。問題点・課題として、CNFのコストダウン、分散化技術の確立、特性評価、品質の安定化、安全性といった項目が挙げられ、課題を解決するために事業推進体制を整備し、CNFの製造技術や安定的な分散化を実現する技術等の確立による生産性の向上、製品化を通じたCNFの生産規模拡大による低価格での安定供給が求められていることが示された。特に価格については、CNF利用による効果や性能の向上の度合いが価格の増加分に見合うのであれば、高額での使用

もあり得るといふほぼ共通した見解はあるが、現状ではCNFの価格が高すぎるという意見が多数であった。1kg (リットル) あたり1,000円~数千円に対し、応用分野の競合品の価格はそれを下回ることが多く、現行競合品の価格は、木粉が100円程度で最安価、増粘剤が数百円~4千円前後、接着剤の添加剤が500円以下~1000円以下 (価格はいずれも1kgあたり) と、下値はCNFより低く (Table 5)、CNFの現行価格の引下げニーズを裏付ける結果となった。今回の調査で示されたCNFの値段はスラリー状のものであり、濃度が様々に異なっている。そのため、乾燥重量あたりに換算した価格は更に高くなることが予想され、価格削減の努力が必要である。

「中山間地域で生産される国産材由来のCNF」を使用するユーザーメリットについては、環境配慮、天然由来の姿勢が企業イメージの向上に寄与する点に賛同意見があったことから、持続可能な森林資源を使用し、環境に優しい資源であること、さらに、国産材を使用していくことでどのような利点があるのか、といった具体的な情報・付加価値を製造者と消費者の両方へしっかりと伝えていくことが、将来的な国産材由来CNFの取り組みに必要なと考えられる。

謝辞

本調査は、林野庁による「新規木材需要創出事業のうちセルロースナノファイバー製造技術実証事業」の一環として実施されたものであり、関係各位に謝意を表する。

引用文献

- 林 徳子・下川 知子・渋谷 源・野尻 昌信・真柄 謙吾・池田 努・戸川 英二・久保 智史 (2015) 環境にやさしいセルロースナノファイバー製造技術 - 叩き潰さずにほぐします -。森林総合研究所平成27年度研究成果選集, 34-35.
- 下川 知子・池田 努・真柄 謙吾・大塚 祐一郎・中村 雅哉・戸川 英二・菱川 裕香子・林 徳子・小川 睦美・高尾 哲也・中山 榮子 (2015) タケパルプからの酵素反応とビーズミルを用いたセルロースナノファイバー製造。第11回バイオマス科学会議開催概要プログラム, P-41.

Table 2. CNF への取り組みの現状に対して得られた回答

情報収集段階	<ul style="list-style-type: none"> ・ 具体的な取り組みはまだ見られない ・ CNF について関心をもっているが、製品応用に向けた調査など積極的に動いているというわけでない ・ 自社製品への応用の検討経験なし ・ 化成品にはすべて関心があるが、特に、CNF は、最近注目の材料であり、今後の取扱量が増えることが見込めることから、積極的に取り組む方針 ・ 情報収集段階（6 件）
研究開発中	<ul style="list-style-type: none"> ・ CNF に対してはユーザーの立場、CNF の取り扱い経験あり ・ 大学との協力関係の下、CNF の製作から解繊装置の開発、用途開発に至るまで従事してきた ・ 複合材料の開発を研究所と共同で実施 ・ 使用経験は既にある。応用研究として共同研究している ・ CNF については情報収集およびトライアルを行っている ・ 環境配慮型部材の多様な展開を目指して研究を進めているが、その一環として CNF を用いた高いガスバリア性を有するフィルム包装材料の開発を目指している ・ 断熱材として、従来のウレタンやグラスウールではなく、木材由来の CNF に魅力を感じて、取り組みを始めている ・ 現在、数社と共に樹脂への混練など実用化に向けた技術を共同開発・コンサルティング ・ CNF をプラスチックの強化剤として活用する方法を開発 ・ 数年後をめどに商品化を目指す ・ 竹由来の CNF を用いてポレオレフィンの特性を改善することを目指している ・ 樹脂への CNF の使用を試みた ・ プラスチックリサイクル技術の活用を検討 ・ CNF を用いて、いくつかの知見を得ており、一部特許化している ・ 開発を一時中断していたが再度取り組む予定 ・ フェノール樹脂複合体の開発 ・ 部品適用化などについて開発中 ・ 塗料の特性改善 ・ CNF の使用経験がある。ゴムは、そのままでは工業製品として使えず、カーボンブラックなどを添加して硬さをまし製品化されている。カーボンブラックを CNF で代替する試みを実施している。ただし、カーボンブラックの全部を CNF に置き換えることは不可能なので、一部を置き換えることを検

Table 2. CNF への取り組みの現状に対して得られた回答 (つづき)

	<p>討している</p> <ul style="list-style-type: none"> ・化粧品原料として活用すべく、その新しい用途・機能開発に向けた共同開発を進めている ・課題を解決しながら、CNF の実用化を図ることを目指している ・食物繊維は、食事の中で重要な要素であり、食物繊維の一つとして CNF には大いに興味を持っており、CNF を食品に添加する研究を進めている ・今までのノウハウを活かして、CNF の機械的解繊に応用展開
実用化	<ul style="list-style-type: none"> ・商品化 (2 件)

Table 3. CNF の応用分野・用途に対して得られた回答

木材加工	<ul style="list-style-type: none"> ・ CNF の特徴として特に樹脂への適用において謳われているように、木材の強度アップが打ち出されるのではないか ・ CNF を木材加工に使用して強度向上や寸法安定に結び付けられないか
断熱剤	<ul style="list-style-type: none"> ・ 住宅用断熱材
樹脂	<ul style="list-style-type: none"> ・ プラスチックに添加して特性改善するための強化剤としての応用。軽量で自然に優しいという特性を活かして、幅広いアプリケーションが考えられる ・ ポリオレフィンを利用する業界すべてが対象となる。特に、自動車業界においては、需要が多く、軽量化ニーズの高まりなどポリマー特性に対する要求も厳しいことから、象徴的なターゲットになりえる ・ 薄い強度は向上した加工品を作ることが可能ではないか ・ CNF と樹脂（主として PP, PE）の複合材 ・ 樹脂に添加して、樹脂の特性を改善。機械的強度、摩擦特性、耐熱性など ・ プラスチックリサイクル製造時の添加剤 ・ CNF の取り扱いはまだ始まったばかりで不透明なところが多いが、現状では、樹脂の特性改善のために添加といった用途が一番有望ではないかという意見が多い。 ・ 自動車用樹脂の特性改善 ・ 樹脂の耐熱性アップへの寄与を期待する ・ 生分解性樹脂材料の開発に成功 ・ 自動車の軽量化、金属部品の代替として CNF 複合樹脂による自動車部品の試作および性能評価を行い、燃費向上及び二酸化炭素削減効果の検証
ゴム	<ul style="list-style-type: none"> ・ ゴム硬化剤として添加されているカーボンブラックの一部を代替。環境に優しい製品を推進すると同時に、特性改善を図る ・ 樹脂の次の流れとして、ゴムへの利用が検討されてきており、既に開発に着手している企業も数社ある。剛性・高度が出て、かつ植物由来で環境負荷の低減に寄与する点で評価されている
フィルム	<ul style="list-style-type: none"> ・ 透明性を損なわずに高いガスバリア性をもった包装材料への適用が考えられる
塗料	<ul style="list-style-type: none"> ・ セルロースであるので、増粘剤として水性塗料に添加してはどうか ・ CNF には補強材というイメージがある。塗装面の硬度が上がるといのであれば興味深い ・ 粒子が細かいのであれば透明性が上がることも期待できるのではないだろうか ・ 塗料での新しい機能
粘度調整	<ul style="list-style-type: none"> ・ 繊維添加物という点で見れば粘度調製剤に用いるのが適している

Table 3. CNF の応用分野・用途に対して得られた回答 (つづき)

	<ul style="list-style-type: none"> ・水性ボールペンインキの増粘剤
接着剤	<ul style="list-style-type: none"> ・接着剤でも環境負荷の低減が謳われており、従来の化学由来の製品（添加剤）を置き換えていけるのであれば時代の流れにはマッチしている
化粧品	<ul style="list-style-type: none"> ・化粧品原料
食品関連	<ul style="list-style-type: none"> ・食品添加物
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・スピーカー振動版への適用。紙の振動版に比べて高音域の再生が良好となる。高音域の再生だけなら、金属を用いた振動版も存在するが、CNF を用いるなら軽量で実現できるメリットがある。音の感じも、金属よりソフトになる

Table 4. CNF の採用条件に対して得られた回答

価格引下げ	<ul style="list-style-type: none"> ・価格引下げ（現状より 1 桁以上） ・価格引下げ（同じ回答 6 件）
分散性	<ul style="list-style-type: none"> ・分散にかかわる生産技術の確立 ・分散性の改善 ・分散化ノウハウ（同じ回答 4 件）
供給体制の安定化	<ul style="list-style-type: none"> ・供給体制の安定化 ・流通体制の整備
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・品質の安定化 ・量産レベルでの安定的かつ安価な特性改善 ・現使用材料への適用 ・各中山間地域での生産体制の構築による事業化の推進

Table 5. CNF の許容価格に対して得られた回答

価格の現状	<ul style="list-style-type: none"> ・ CNF の価格はやや高い（現在の購入価格は非開示）。使用量・生産量の増加により将来の価格低下を期待 ・ 購入形態はスラリー状で価格は 1000 円／リットル ・ CNF の購入価格は非開示。価格自体は相当に高いというイメージ ・ 現在流通している CNF は 1kg あたり 1,000 円～数千円（スラリー状）。自動車部品向けでは、ユーザーのコストレベルは非常に厳しく、実ビジネスベースで考えたとき上記価格では見合わないのが現状 ・ 量産規模にもよるが CNF の仕入価格を現行の半額以下にしなければ事業として成り立たず、採用は考えにくい ・ 現状の価格は高いが、現状の価格が製品価格にそのまま反映するわけではなく、量産化すれば劇的に下がるはずである ・ CNF の販売価格（ユーザー購入価格）は 1 kg あたり約 1,000 円～数千円(5,000 円前後)
競合品との比較	<ul style="list-style-type: none"> ・ CNF 入りボールペンは、欧米では 1 本 2 ドルで販売している。一般市販品と比べて、若干割高 ・ 具体的購入価格は非開示だが、価格的には代替品よりもやや高い ・ CNF の購入価格は非開示だが、価格的には使用している木質材料の原材料費をはるかにしのぐレベル ・ 従来品（増粘剤）の価格幅は 1 kg あたり数百円から数千円(3,4 千円前後)と広い ・ エクステリアや土台用木材のコストは 1 m³あたり数万円（前半）。木材への使用方法／加工方法は不明だが、エクステリアや土台材よりも高価なものが対象とすればコスト面で見合うのではないか ・ 厳密な価格算定には至っていないが、既存のグラスイールやウレタンに比べると格段に高額 ・ 想定する用途がスギ材の木粉の代替品ないし添加物であるため、価格的には木粉と対比することになる。木粉は非常に安価（1 kg あたり 100 円程度）であり、現時点において、CNF の価格はこの 10 倍あるいはそれ以上と聞いている ・ 価格は非開示だが、従来使用している木質材料の原材料費をはるかにしのぐレベル ・ 増粘剤や硬化剤など従来品の用途での切り替えということであれば、数百円～1,2 千円といった従来のコストレベルに収まらないと使ってもらえないのは厳しい ・ 従来品（増粘剤）の価格幅は 1 kg あたり数百円から数千円(3,4 千円前後)と

Table 5. CNF の許容価格に対して得られた回答(つづき)

	<p>広い。高い性能や新規の効果など従来より優れた結果が得られるのであれば、価格はある程度許容可能</p> <ul style="list-style-type: none"> ・現製品の価格帯でいえば、1 kg あたり 500 円以下から高くても 1,000 円以下 (非エポキシ・ウレタン系=主として建築用)
<p>高機能である場合</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・価格は安い方がよいというのはその通りであるが、機能や性能との兼ね合いといえる。従来より少ない添加量で同じ化それ以上の効果が得られるなど、高い性能や新規の効果など従来より優れた結果が得られるのであれば、価格はある程度許容可能である ・CNF により開発された製品の価格については、品質や性能が現状より顕著に向上するのであれば、従来価格を上回ることに必ずしも否定的にはならない ・CNF を使うことで、製品価格は多少割高になるが、それに伴う付加価値アップの方が大きければ、費用対効果を勘案すると価格アップは問題にならない ・分野や用途、効果によっては高額の場合 (たとえば 1 kg あたり数万円の化粧品向け塗料) もある ・機能性向上につながるのであれば、従来品からの切り替えによるコストアップを一概に否定するものではない。たとえば従来の添加量を大幅に下回りつつ、より高い効果が得られる、といったメリットもその一つ
<p>検討中・その他</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・CNF 自体の価格も問題であるが、量産のためには新たに設備を導入する必要があり、その投資も考えると事業化は殆ど考えられない状態 ・まだ価格を論じる段階ではない。いずれ量産化されればもっと安くなるのは必然 ・研究段階であり、価格を議論する時期ではない ・研究段階であり、価格など詳細条件は未定 ・CNF の価格水準について具体的な要望ないし見解を打ち出すには至っていない ・性能や用途が不明なので価格の想定は難しい

Table 6. CNF の問題点・課題に対して得られた回答

価格	<ul style="list-style-type: none"> ・最大のネックは価格が高いことで、これを解消しないと流通に乗らない。現状より 1 桁以上上げる必要がある ・樹脂との複合材の場合、樹脂や用途にもよるが、従来の PP や PE との複合、自動車部品としての複合材であれば、現在のコストレベルではクライアントから受け入れてもらうのは困難 ・コストなど従来から引き続いている問題の解決が（短期～中期的に）見られない場合、従来のバイオマスプラスチックで需要が埋められてしまう可能性はある ・木粉との比較では圧倒的に高額であり、また樹脂の添加材としても汎用的なものであれば 100 円台の前半くらいから利用可能であって、現時点において CNF の価格競争力を期待するのは相当難しい情勢 ・材料費として 1/2 以下でなければ事業として成り立たない ・CNF の費用（購入価格）は、将来的には現状の半分程度に落ち着くことを希望する ・価格ダウン ・価格：1,000 円/kg を切ること。広く普及させるには現行の価格は高すぎる
技術	<ul style="list-style-type: none"> ・CNF の分散状態の制御方法を工業的に確立すること ・プラスチックとの混合方法について、ある程度の目途がたったが、さらに、この点での知見を深め、様々な相手(材料)や状況で混合する方法を確立するのが課題 ・ポリオレフィンに CNF を添加する際、CNF の分散状態がポリオレフィンの性状のカギを握っている。もちろん、限りなく分散性を追求することには意味がないが、工業材料として一定の性能を発揮するために必要な分散性を安定的に確保することが求められている ・包装材として、印刷やコーティングなどの後加工をする際に、CNF の性状が変化しないことを確認する必要がある ・トライアルで用いた CNF の元々の形態はスラリー状であった。これをメラミン等の樹脂と混練しようとした場合、均一な含有状態・分散状態にならない。CNF の親水性が要因であるため疎水化して試みたが、従来のパルプと同じ性質が示され、複合物の中で凝集してしまい上手く分散出来ない、という問題がある ・分散性。樹脂との複合化には独特の技術、ノウハウが必要（自社にはない） ・CNF の混合比率をいろいろと変えているが、CNF の量を多くしていった場合に、ゲル状になった CNF から水を抜くのに、かなりの時間を要する点が、製造上の課題となっている

Table 6. CNF の問題点・課題に対して得られた回答 (つづき)

	<ul style="list-style-type: none"> ・樹脂材料に単に混合しただけではセルロースナノファイバーは凝集してしまい、強度を確保するための均一な分散は得られない。他方、凝集を防ぐために可塑剤を利用しているが、添加量によっては樹脂の剛性を損なう可能性があり、そのバランスの見極めが難しい (ノウハウになる) ・分散性のさらなる改善が望まれる。CNF をインクに混合した際に、凝集が起きるので、それを回避するために、界面活性剤などを用いている。一定の成果があがっているので製品化にこぎつけたが、分散性をさらに改善することで、工程を簡略化し、生産性を向上させることができる ・水系の CNF は水系塗料には問題なく使用できるが、溶剤系塗料にはそのままでは適用できない。用途展開が限定されてしまうので、溶剤系塗料への適用が最大の課題である ・性状を理解するためのデータ (少なくとも比重、粒度分布、ノンボラ (不揮発分、懸濁液であれば) 等) がなければ正しく評価するのは難しい ・CNF の分散性を改善することが最大の課題 ・ゴムに CNF を添加した場合の最大の問題は CNF の分散である。ゴムという柔らかい素材と CNF という比較的硬い素材の混合は、そもそも難しい上に、CNF の分散性が悪いことから、良好な混合状態を得るのが難しい。様々な機械的解砕処理を施して分散性を改善するようにしているが、現状ではあまりうまくいっていない
供給	<ul style="list-style-type: none"> ・品質の安定性：天然由来品を工業用途で用いる場合、製品 (バッチ) によるバラつきが問題になる ・主事業において新規に CNF を用いると想定した場合、そのための機器や設備が必要になることが懸念される ・CNF 特有の処理特性や処理ニーズが多様化していった場合には、いずれ、CNF 専用機械の開発も検討することになるかもしれない ・供給体制の安定：まだ多くが研究開発段階であり需要が安定しないこともあり、確固たる供給体制を組むに至っていない ・実験室レベルでは、樹脂に CNF を添加して特性改善したかどうかを確認することはできる。問題は、それを量産レベルで、安定かつ安価に実現することである。ここが最大の課題でありネックとなる ・メカニズム、製法、特性評価法など分散にかかわる生産技術を確立する必要がある。そうでないと、安定した製品が供給されない
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・研究の話ばかりで一向に実用例が聞かれない。それではどのような問題、課題があるのか具体的に把握できない ・性能や用途、コストなど CNF そのものについて研究や議論がなされるのは分かるが、CNF を使ってどのような事業を展開していくのか、といった事

Table 6. CNF の問題点・課題に対して得られた回答 (つづき)

	<p>業化、ビジョンに関する議論が聞かれないことに物足りなさを感じる。可能なものから順次実用化を進めることとして、流通体制を整備しつつ各中山間地域に CNF の生産体制を構築しどんどん事業化を進めていけばコストも自ずと下がるであろう。事業化を構想し実現していくエンジン・旗振り役が不在なのではないか</p> <ul style="list-style-type: none"> ・材料の新規採用や変更により装置・設備の変更を伴うことは自然の流れ。そこまで視野に入れると用途もある程度限定的になるのではないか ・量産化の方法は見出したので、次の段階に進んだ場合の課題を抽出中 ・ナノ粒子のように皮膚浸透性のあるようなものの取り扱い方やその規制は業界でも問題になっている。ナノであれば肺に刺さるし、アスベストの問題があつてから繊維状のものに対する規制が厳しい。サンプルでさえ他に出す際に SDS を出さなければならない。扱うときには保護メガネ、マスク、手袋の着用義務付けなど、健康被害防止に向けた管理がたいへん厳しい
--	---

Table 7. 中山間地域で生産される国産材由来の CNF に対するニーズに対して得られた回答

<p>肯定的意見</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ CNF が自然由来のものであるということは、ある程度のアドバンテージになるし、企業イメージにもプラスである ・ 林業や製材業など木材（加工）業の観点から考えれば、国産材から付加価値の高い製品が生み出されることは中山間地域の活性化につながり、各地にそうした取り組みが広がれば国産材の価値向上・国内木材加工業の活性化が期待できるということであれば、そうした取り組みはどんどん進めて欲しい ・ 樹種により生産される CNF に違いが生ずるのであれば、樹種の違いがそのまま製品特徴の違い・差別化につながることを期待出来るのではないかと考える ・ 資源の有効活用が図れる ・ バイオマス材料の活用を全社的に重視しており、環境に配慮した製品をアピールしている。したがって、中山間地域で生産された CNF というのは、社の企業イメージとマッチする ・ 東京都の間伐材利用、バイオマス利用による環境への配慮を旗印としているので、中山間地域の国産材を用いるというコンセプト自体には異論・違和感はない ・ 品質や性能に変わりがなく価格が見合うのであれば中山間地域で生産される国産材由来の CNF を利用することに問題はない ・ 業界も環境保護の観点から天然由来に対する意識が向上してきており、その点木質セルロースであれば、受け入れられる余地があると思う
<p>否定的意見</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ ニーズはない（3件） ・ 環境への配慮、地域の活性化という観点からは、中山間地域で生産される国産材由来の CNF が事業化されることは望ましいことであるが、他方、CNF に対する事業上のニーズについてみれば、現時点において特に必要はなく、開発や導入を具体的に検討する段階にはない ・ セルロースは木材由来であり、木材住宅中心の日本にマッチしている。国産材というこだわりは少ない ・ 樹種の違いが CNF にどのような違い・影響をもたらすかという問題意識はない ・ セルロースなら、どのような由来であっても変わりはないのではないかと考えるので特にニーズは無い ・ 価格的には海外産の CNF の方が国産に比べて安価と聞いたことはある ・ ニーズはあるかもしれないが、現状ではそこまで考慮する余裕がない ・ 国産材由来を使用することについて、社会においてメリットがあるかもしれないが、そこまで関心がない

Table 7. 中山間地域で生産される国産材由来の CNF に対するニーズに対して得られた回答 (つづき)

その他	<ul style="list-style-type: none"> ・ CNF の性能という観点からは素材・原料が中山間地域の国産材由来となることでどのように変化するか (利点があるか) が不明なので、評価・判断はできない ・ 現在使用している CNF は竹由来だが、そのまま放っておけば有効活用されることはないという点で似ている ・ 「中山間地域で生産される国産材由来であるから」得られるメリットが自社のニーズに合えばニーズはある。そこが合致しなければ、ニーズはない ・ 環境負荷低減のため天然由来が好まれているのでイメージとしてはよい。そうしたイメージがニーズにつながるかはわからない ・ 自然素材という点では、社のスタンスとマッチするし、エンドユーザーにも訴えると考えられる。しかし、中山間地域という点まではどうか?そこまでの意識をエンドユーザーがもっているか疑問
-----	---

Table 8. 中山間地域で生産される国産材由来の CNF に対する問題点・課題に対して得られた回答

製造工程	<ul style="list-style-type: none"> ・ 間伐材→チップ→CNF という製造過程とパルプ→CNF という製造過程を比べると後者の方がコスト的には安価という指摘がある ・ 原料 (国産材) を単一樹種で揃えられるかを考えるユーザーがいるのではないか。樹種によって CNF の作り方・作りやすさが変わる。たとえば森林組合で、樹種を揃えて出荷できる地域は少ない (スギであれば富山、京都、熊本、ヒノキであれば岡山くらいではないか)。多数の森林組合からは、スギ、ヒノキ、アカマツ、ベイマツなどがミックスでやってくる。これを樹種ごとにわける人件費を入れると CNF はコスト的に見合わなくなる可能性が高い
付加価値	<ul style="list-style-type: none"> ・ 国産材というところまでの意識は低いだが、環境にやさしいというフレーズはエンドユーザーに対する評判はすこぶるよい。ただ、そのために余分の金は払わないという傾向が強い。つまり、環境にやさしいということは、企業イメージアップに役立つが、だからといって価格の上乗せはできない ・ 「中山間地域で生産される国産材由来」の CNF に限らず、付加価値の高い特性がない限り、既存品の数百円、千円といったレベルでのコスト感・価格レベルにならざるを得ない
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・ 分からない。そこまで厳密に精査・検討していない ・ CNF の場合、中山間地域であることや国産材であることの問題が何かを考える以前に、利用方法や用途、価格といった素材・材料それ自体が抱える問題をまず解決する必要があるのではないか

What is required in cellulose nanofibers from domestic timbers – A market research report –

Tomoko SHIMOKAWA¹⁾²⁾, Kengo MAGARA²⁾, Masanobu NOJIRI²⁾, Satoshi KUBO¹⁾²⁾,
Eiji TOGAWA¹⁾²⁾, Minoru KIGUCHI³⁾ and Noriko HAYASHI¹⁾

Abstract

The utilization of cellulose nanofiber (CNF) has potential as one of the promising ideas to revitalize the hilly and mountainous areas in Japan. To clarify the problems and improvements related to CNFs derived from domestic timbers, a market trend survey was performed. Many respondents pointed out high prices of CNFs, the establishment of technology for dispersing, characteristic evaluation, the stabilization of quality, and confirming the safety of CNFs as problems and challenges. The survey results also suggested the importance of a business promotion system for improving productivity and obtaining a stable supply of inexpensive CNFs by scaling up through commercialization. Regarding user benefits of using "CNFs derived from domestic timbers produced in the hilly and mountainous areas", some respondents agreed with the view that the use of CNFs is environmentally conscious and the attitude of natural origin contributes to the improvement of corporate images. For future efforts of CNFs derived from domestic timbers, it is important to communicate to the manufacturer and consumers specific and value-added information such as environmentally conscious resources using sustainable forest resources.

Key words : Cellulose nanofiber, Market trend survey, Domestic timber

Received 4 October 2016, Accepted 10 January 2017

1) Center for Advanced Materials, Forestry and Forest Products Research Institute(FFPRI)

2) Department for Forest Resource Chemistry, FFPRI

3) Principal Research Director, FFPRI

* Center for Advanced Materials, FFPRI, 1 Matsunosato, Tsukuba, Ibaraki, 305-8687 JAPAN; e-mail: tshimo@ffpri.affrc.go.jp