

## 釜石・大槌をモデル地域とした

## セルロースナノファイバーを地域で製造・活用するシステムの課題

下川知子・眞柄謙吾

森林総合研究所

**要旨**：国産材の持続可能な利用システムを構築していくためには、端材等低質な木質バイオマス資源に新たな用途を見出し、木材生産地域が利益を確保する必要がある。木材から得られる新素材であるセルロースナノファイバー(CNF)へ着目し、CNFを地域で一貫製造して利用するシステムを、既存の「地域内エコシステム」へ組み込む場合の課題について調査した。針葉樹材の生産量が多い岩手県釜石・大槌地域をモデル地域とし、年間乾燥重量で52tのCNF製造を想定した。該当地域では、生産される木質バイオマスの大半が木質バイオマス発電へ使用されていることから、この既存システムと協業した資源確保が必要と考えられた。また、CNFを利用した新しい素材産業を創出していくために、地域の企業と連携し、事業推進へ向けた産官学協力体制を確立する重要性が示された。

**キーワード**：セルロースナノファイバー、国産材、地域内エコシステム、木材チップ、スギ

**Manufacturing and utilization of cellulose nanofibers using the Kamaishi/Otuchi region model**

Tomoko SHIMOKAWA, Kengo MAGARA

Forestry and Forest Products Research Institute

**Abstract**: Utilization of low-quality woody resources, such as timber offcuts, and secure profits for timber-producing areas is important for the sustainable use of domestic wood resources. Cellulose nanofibers (CNFs) are considered attractive new materials and can deliver additional value to these low-quality woody resources. We developed a manufacturing system for CNFs from domestic wood chips and investigated the challenges that may arise when incorporating such systems into a “regional ecosystem,” which is an advocated sustainable system in local areas. As a model region, we studied the Kamaishi/Otuchi area in the Iwate prefecture because of its large softwood production and researched the compatibility of a CNF manufacturing system with its annual production scale of 52 tons. Most of the woody biomass produced in the region was used for existing woody biomass power generation, demonstrating the importance of securing woody resources in collaboration with biomass power generation. In addition, we showed the importance of collaboration with local industries and industry–government–academia cooperation to create new, added value using CNFs.

**Key-word**: Cellulose nanofiber, Domestic wood resources, Regional ecosystem, Wood chips, Sugi

**I はじめに**

国内森林資源の蓄積に伴い、国産材利用の需要拡大が求められている。国産材を伐採して利用し、得られた利益で新たな造林を達成することによって形成される、国産材の持続的な利用システムを構築していくためには、木材を建築用材として利用していただくだけでなく、エネルギー及びマテリアルとしても活用していくことが重要である。木材利用の過程では、利用しやすいA材・B材以外に小径材や曲がり材、端材等の低質材が生じる。低質材は主に燃料用材として利用されるために取引単価

が低く、これら低質材に価値を付与して新たな用途を開発していくことが必要である。

木質資源から得られる新たな付加価値素材として、木材繊維をナノレベルにまで解したセルロースナノファイバー(CNF)が注目されている。CNFの有する、軽量高強度かつ高粘度等の特徴的な性質を利用した製品開発が、製紙企業を中心として広範な産業分野で進められている。森林総合研究所では、中小規模で集積されるために大手製紙企業が取り扱わない、身近な森林資源を原料として、中山間地域でもCNFを一貫製造可能とするプロセスを

開発した(4,6)。この一貫製造プロセスでは、水性塗料や樹脂への混合など、それぞれの用途に適した物性の CNF を製造可能である。このプロセスによりスギチップから調製した CNF を用いて、耐候性の向上した木材塗料などの利用方法を提案してきた(1,4)。CNF の一貫製造を中山間地域で実施し、最終目的である国産材の持続可能な利用システムの構築と地域産業の活性化につなげるためには、解決すべき課題が多いと考えられた(2)。そのため、この課題をより明らかとするために、モデル地域を設定して課題抽出を行うこととした。モデル地域には、原材料として取り扱ってきたスギを多く産出し、地域の産業育成センター等の取り纏めによる産官学連携体制の構築が可能と考えられたことから、岩手県釜石・大槌地域を選定した。このモデル地域における森林資源利用の現状を明らかにし、そこへ CNF を地域で製造・活用するシステムを組み入れて、事業として成立させるための課題の抽出と整理を行った。

## II 地域内エコシステムの定義と調査

1. 地域内エコシステム 森林資源をエネルギーやマテリアルとして地域内で持続的に活用するためのシステムとして、農林水産省及び経済産業省による「地域内エコシステム」が提示されており、2017年(平成29年)7月に報告書「地域内エコシステム」の構築に向けて」が取り纏められた(7)。「地域内エコシステム」は、森林資源をエネルギーやマテリアルとして地域内で持続的に活用するため、その担い手確保から発電・熱利用に至るまでを網羅したシステムであり、地産地消型の持続可能なシステムが成り立つ規模の集落において地域関係者の協体制を構築し、地域へ還元される利益を最大限に確保すること等が同システムのあるべき方向として示されている。この、「地域内エコシステム」の考え方に沿って CNF を出口とするマテリアル利用を推進していくために、モデル地域の森林組合や地域産業育成センターから聞き取り調査を行った。CNF 製造を含めた地域内エコシステムの構築に向けた最終的な課題の取り纏めは、日本エヌ・ユー・エス株式会社に委託した。

2. 釜石・大槌地域での森林資源調達の現状と課題 最初に、モデル地域へ導入を検討する CNF 製造プロセスとして、CNF を乾燥物重量で年間 52t 製造する規模を想定した(3)。この製造規模は、水性塗料を例にすると、平成 29 年度における水性塗料の国内生産量である 43 万 t(5)のうち、約 1.5%に現在開発中の CNF 配合木材用下塗り塗料が採用された場合に必要とされる CNF の推定量である。52t の CNF を製造するために必要な木材の量は、

切削チップから CNF への収率を 40%、スギチップの容積重を 0.35 t/m<sup>3</sup> と仮定した場合、約 371 m<sup>3</sup>/年となった。

次に、岩手県釜石・大槌地域における木材の既存量や木材利用の現状を調査した。同地域は平成 28 年度のデータで、区域面積約 64,000 ha のうち 89%を森林が占めた。森林資源量の目安となる立木の材積である蓄積量は、約 9,800,000 m<sup>3</sup> (民有林)、その約 75%がスギ、アカマツ、カラマツ等の針葉樹であり(図1)、聞き取り調査ではスギ材の取扱いが主とのことであった。

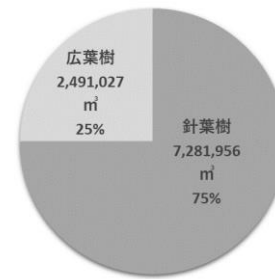


図-1. 釜石・大槌地域における民有林蓄積量 (m<sup>3</sup>)  
Fig.1 Stock of privately owned forests in the Kamaishi/Otuchi region.

釜石・大槌地域における森林の整備・伐採・運搬を実施しているのが釜石地方森林組合であり、年間を通して伐採を行っている。同森林組合の一般材及びバイオマス取扱量は増加傾向にあり、令和元年度は販売取扱量 31,000 m<sup>3</sup>が目標であった。この数値に示されるように、蓄積量に比べて取扱量はそれほど多くなく、新たな利益につながる需要の創出によって、取扱量のさらなる増加が期待できた。CNF 製造の原材料には端材が考えられ、その平成 30 年度取扱い数量は、生重量で 11,265 t であり、現状では大部分がバイオマス発電へ利用されていた。生産されたすべての端材は、そのつど各事業者へ納品されており、余剰分の保管はしていないとのことであった。従って、原料調達におけるバイオマス発電との競合が想定されたが、聞き取り調査の結果、今回想定する CNF 製造規模で必要とされる端材の量は、全体取扱数量と比較して少量であるために、安定供給は可能との見込みが得られた。

モデル地域にはバイオマス石炭混焼発電所があり、端材利用量の今後の増加が見込まれた。この大型のチップ需要用に加工される既存のチップ流通システムとの連携を考える場合、チップの種類が CNF 製造で使用してきた切削チップに限らないこと、また、製造されるチップに該当地域以外の木材が混入する可能性のあることが留意

点として挙げられた。

**3. 一貫製造プロセスによる CNF の課題** CNF の開発検討を実施している企業は、そのほとんどが製紙会社のパルプを原料とした CNF を使用している。製紙企業が自社事業所に CNF 製造ラインを設置し、関連会社や社外メーカーとの共同開発により商品化を行っているため、CNF または CNF 製品の販売は、製紙企業を中心に実施されている。現状では、木材チップを原料としてパルプ化工程を含む CNF 製造を独自に行っている例は、見当たらない。このような状況下、CNF を材料として活用できる地域企業が少ないことから、CNF を地域で製造したとしても、安定的な CNF 供給先を地域外に見つける必要がある。モデル地域の釜石・大槌地域では、新産業創出に対して地域連携を実施した実績から、新規事業の地域連携は可能と思われた。しかしながら、現時点で主体的に CNF 製造及び開発に取り組む企業が存在しないため、今後、CNF に関与できる企業と確実な出口創出を行う必要性が示された。

**4. CNF を地域振興に用いる取り組み事例** 地域内エコシステムの定義の一つである規模については、「地産地消型の持続可能なシステムが成り立つ規模の集落」とされている。また、「行政（市町村）が主体となって、地域産業、地域住民など、地域の全ての関係者の協力体制を構築する必要がある。」と示されている。この記載にあるように、持続性のあるシステムを構築するためには、行政（市町村）の協力体制が必須である。そこで、行政が主体となって CNF に対する取り組みを行っている事例として、静岡県富士市、岡山県真庭市の情報を収集した。これら事例にみられる共通の特徴として、産官学連携促進に向けた、CNF 関連の研究会やプラットフォームの設立、県内外を含む実証事業の採択、独自予算等を活用した補助制度の運営があり、CNF 関連情報の普及を目的とした技術セミナーや展示会等の開催、さらに、専門コーディネータの配置等がなされていた。地域行政や企業、大学等の連携が密であり、多彩な取組が行われており、産官学の強固な連携の重要性が確認された。

### III CNF 製造を含む地域内エコシステム構築に向けた課題

以上の調査から、CNF 製造を含む地域内エコシステムの成立に向けて整理した課題を表 1 に示す。その結果、主に三つの課題が明らかになった。一つ目は、地域で得られるチップへの対応である。既存システムで破砕チップが主に使用されている場合、CNF 製造技術を破砕チップ原料に対応させるか、切削チップを CNF 製造システム

に導入する必要がある。これは、中心となる CNF 事業者の意向により判断し、場合によっては破砕チップに対応した CNF 製造技術の開発が求められる。二つ目は、主体的に CNF 事業に関わる団体の不在である。想定した地域では、CNF 製造事業を主体的に請け負う事業者や、CNF の出口戦略などを先導する団体が存在しない。そのため、CNF 事業者候補の決定が必須である。三つ目の課題として、技術開発元の森林総研との連携が挙げられる。現在、地域材より得られる木材チップからパルプ化を経て CNF を製造している団体が存在しないことから、技術を有する森林総研が CNF 製造事業のイメージについて正確な情報を伝える必要がある。加えて、地域行政が主体的に CNF 事業に関与する際、技術開発元からの情報提供や地域との対話が必要になると考えられるので、その場合、地域行政内に CNF や事業化支援に特化したコーディネータが必要と考えられる。

### IV まとめ

本調査研究より、釜石・大槌地域に限らず、スギチップが調達可能な地域であれば、CNF 製造を組み込んだ地域内エコシステムは成立するポテンシャルを有していることが示された。しかしながら、国内のどの地域で検討する場合でも、表 1 に示す課題はつきものであると考えられ、特に CNF 事業の請負先および販売先の開拓は必須といえる。CNF 自体がこれからも市場拡大を期待される素材であることから、用途開拓は既存各社との競争環境にある。その中で、相応のスピード感で社会実装を進めていくためには、コンソーシアムを設立するなどの取り組みを通して、参画事業者に具体的な役割、スケジュールの設定を行い、事業開発を行うことが望ましい。また、これまではプロダクトアウト型の開発がメインであったと考えられるが、エンドユーザーとの対話に力を入れるマーケットイン型の開発にシフトすることで、CNF 販売先の確保を行っていくことが重要である。そのため、事業の構築にあたっては、技術開発元と事業実施団体が密接な情報交換を行い、事業実施地域の既存企業と連携しながら進めていく必要がある。当該技術は、地域のスギ材から CNF を一貫製造可能であるため、経済性や実施体制面がより改善された場合には、地域材を用いた新産業創出の機運が高まっている地域において実施が期待できる。

**謝辞：**本論文は、令和元年度木材需要の創出・輸出力強化対策のうち「地域内エコシステム」構築事業のうち木材のマテリアル利用技術開発事業「地域材を活用した

表-1. CNF 製造を含む地域内エコシステム構築に向けた課題

Table 1 Challenges for building a regional ecosystem, including CNF manufacturing

| 項目             | 該当プロセス       | 課題   |
|----------------|--------------|--|
| 既存システム         | バイオマス既存量     | ・CNF 製造を含む地域内エコシステムにおける, 将来的なバイオマス需要量の予測と供給可能性の検討                |
|                | 伐採・運搬        | ・地域内エコシステムによる利益還元方法の検討   |
| CNFシステム        | 地域材チップの調達・利用 | ・既存システムで利用しているチップ, 例えば 5mm 以下の破砕チップへの対応 (製紙用切削チップは 3×3×0.5cm 程度) |
|                | CNF 製造技術     | ・調達可能な原料チップへ対応するための改良・最適化  |
|                |              | ・他の CNF との差別化 (CNF の高付加価値化)                                      |
|                | CNF 製造事業者    | ・中心となる CNF 事業者の意向確認  |
|                |              | ・CNF 製造を行う機器を導入する敷地の確認   |
|                |              | ・CNF 製造事業者の事業計画策定  |
|                | CNF の販売・供給   | ・CNF 販売, 輸送方法の検討   |
|                |              | ・地域外における CNF 販売の販路開拓, 販売先への営業方法の検討                               |
| 協業システム         | 行政           | ・行政を主体とした CNF 用途開発対応の意向確認  |
|                |              | ・幅広い業種を集めた CNF 研究会の開催  |
|                |              | ・地域内エコシステム形成後の, 継続的な支援の実施  |
|                | 地域企業         | ・CNF に関する情報収集, 技術開発元との情報交換                                       |
|                | 大学・研究機関      | ・想定される CNF 用途に関連する研究者等を交えた産官学の意見交換                               |
|                | CNF 製品販売     | ・販路開拓や営業などを担う事業者の検討  |
| 地域内エコシステム (全体) | 技術開発元 (森林総研) | ・CNF 製造事業者, CNF 利用事業者を対象とした情報提供資料などの作製                           |
|                |              | ・既存システムで利用されているチップ等に対応した CNF 製造技術の開発                             |

セルロースナノファイバーの利用技術開発」の一環として実施したものであり, 釜石・大槌地域産業育成センター, 釜石地方森林組合等, 関係各位に謝意を表します。

#### 引用文献

- (1) 石川敦子・片岡厚・大木博成・何昕・伊藤拓美・下川知子・林徳子・眞柄謙吾・小林正彦・神林徹・木口実 (2019) 酵素・湿式粉碎処理により製造されたセルロースナノファイバーを配合した塗料の性質. 木材保存, 45(2): 68-76
- (2) 下川知子・眞柄謙吾・野尻昌信・久保智史・戸川英二・木口実・林徳子 (2017) 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― 森林総合研究所研究報告 16(1): 13-27
- (3) 下川知子 (2019) 地域材を活用したセルロースナ

ノファイバーの利用技術開発. 第 4 回ナノセルロース展セミナー資料集, ナノセルロースフォーラム事務局, 76-82

- (4) 森林総合研究所 第 4 期中長期計画成果 29 (2019) 地域森林資源から製造するセルロースナノファイバー. 森林総合研究所, 17pp
- (5) 日本塗料工業会 (2018) 平成 29 年度 (4 月～3 月) 塗料生産・販売 (出荷)・在庫数量及び平均単価表. [https://www.toryo.or.jp/jp/data/files/h29\\_4-3r.pdf](https://www.toryo.or.jp/jp/data/files/h29_4-3r.pdf), 2020 年 10 月 5 日閲覧
- (6) 眞柄謙吾 (2016) セルロースナノファイバー製造技術実証事業. 生物資源 10(3): 2-13
- (7) 木質バイオマスの利用促進に向けた共同研究会 (2017) 「地域内エコシステム」の構築に向けて～集落を対象とした新たな木質バイオマス利用の推進