

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

松岡敏生*, 庄山昌志**, 井上幸司*, 橋本典嗣**,

舟木淳夫*, 藤原基芳*, 谷澤之彦*

2015 Commissioned Feasibility Study of Low-Carbon Cellulose Nanofiber Application Development in Regional Japan

Toshio MATSUOKA, Masashi SHOYAMA, Koji INOUE, Noritsugu HASHIMOTO,
Atsuo FUNAKI, Motoyoshi FUJIWARA and Yukihiko TANIZAWA

1. はじめに

セルロースナノファイバー（以下、CNF）は、国内にも豊富に存在する木材などの植物資源等から化学的・機械的処理により取り出した直径数～数十ナノメートルの繊維状物質であり、鋼鉄の 1/5 の軽さで 5 倍以上の強度を有し、熱による膨張・収縮も少なく、新材料として大きく期待されている。

CNF は地域に存在するバイオマス資源等も原料となることから、例えば三重県の場合、県土の 2/3 を占める豊富な森林資源や伊勢湾など豊かな海洋資源等を供給する一次産業（資源供給）を起点に、加えて、四日市コンビナートを中心とする化学産業・ものづくり産業などの二次産業（CNF 加工、製造）や、内陸部に立地する輸送機器や建築資材などの三次産業（製品販売）を融合することができれば、地域における低炭素な社会の実現に向けた取り組みとして有望である。

そこで、地域資源を活用した原料供給とその CNF の製造及び供給、高度部材産業の集積というアドバンテージを活かした製品開発、用途開発について、公益財団法人三重県産業支援センターが事業

実施者、工業研究所が共同実施者となり、環境省からの委託事業として、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 委託業務を実施した。

本事業では、三重県の地域資源として、森林資源に加え、海藻、柑橘類などの農林水産物、もみ殻、竹などの未利用資源について、CNF 原料としての可能性を調査し、一方で、CNF の用途開発として高度部材としての「製品活用」について調査研究を行った。さらには、三重県内外の企業や事業者、大学・研究機関、行政機関等からなる「みえセルロースナノファイバー協議会」を設立し、地域での低炭素な CNF 用途開発の可能性を検討した。

2. 三重県の地域資源調査

CNF の原料として、針葉樹等のパルプが多く用いられているが、三重県内には豊富な農林水産資源があるため、林地残材、間伐材、タケ等の木質系バイオマス、稲わら、籾殻等の農業残渣系バイオマス、ササ、ススキ等の草本系バイオマス、緑藻、褐藻等の海藻バイオマス等を対象に、三重県における CNF サプライチェーン構築のための原料としての可能性を調査した。

調査は、NEDO による「バイオマス賦存量・有

* プロジェクト研究課

** 窯業研究室

効利用可能量の推計」等の調査²⁾に基づいて行い、その結果をもとに、CNF原料としての可能性について、評価を行った。

CNFの生産量規模イメージとして、現在が50t、2020年では600tから900t、2030年では150,000tから225,000tと予測されている。調査した資源について、全てのバイオマス資源がCNFになるものと仮定して、有効利用可能量とセルロース成分の割合から、10%CNFの年産量を試算した。その結果を表1に示す。ここでは、製造コストは考えずに、有効利用賦存量から生産できる量を算出したのみであるが、2020年の生産規模イメージでは、全てのバイオマス種でCNF原料として十分な量が供給されると評価された。

CNF原料としてのバイオマス資源の評価として、賦存量、利用可能量、分布、コストを評価とした。バイオマス資源の分布は、県内の市町村別の分布状態から評価し、コストについては、原材料の集材や加工、その他の周辺コストなどを検討した結果から、評価した。その結果、三重県内の資源で、バイオマスの賦存量では、タケ、稲わら、ススキが良好であった。有効利用可能量では、ススキが良好であった。しかしながら、これらの資源は、集材の仕組み、加工の技術開発が必要となり、コスト的には紙パルプに対して優位とは言い難い。また、CNFメーカーが工業原料として扱う場合、これらの資源は季節、産地による品質のバラツキ、収量の

増減なども検討する必要がある。

一方で、バイオエタノール等、既に未利用バイオマスとして利用が進んでいる林地残材、切捨間伐材では、賦存量は一定量見込めるが、利用可能率は6%と低く、製材廃材も5%程度と非常に低い。量的な期待はできないが、集材から加工を経て、利用までの仕組みと技術があり、コスト的には非常に有利で、短期的なCNF利用には、適していることがわかった。

海藻資源については、三重県は海洋環境に恵まれているため、広い範囲で藻場の分布があることが分かった。海藻類の養殖も盛んに行われており、藻類の中でも緑藻類は収穫も容易なものが多いため資源として期待でき、地域の特徴的な資源として期待したい。海藻由来のセルロースは結晶幅が大きいという特徴があるが、それを生かしたアプリケーションの開発と、工業的な生産技術の開発が進めば、より高付加価値な資源として期待できる。

3. 高度部材としての用途開発調査

用途開発調査は、東京大学磯貝グループが開発したTOCN²⁾を対象としてその用途を調査した。TOCNは、常温常圧水系媒体での木材セルロースのTEMPO触媒酸化により、高結晶性で約4nmの均一幅、高アスペクト比のセルロースシングルナノファイバーが高収率で得られるため、高機能フィルム、電子材料等の高度部材への応用が期待されて

表1 三重県内のバイオマス資源からの10wt%CNFの年産量試算結果

バイオマス種	分類	分類	有効利用可能量 (DW-t/年)	Cellulose成分	CNF年産量(t)
林地残材	木質系	未利用系	1,242	50%	6,210
切捨間伐材	木質系	未利用系	6,267	50%	31,335
製材廃材	木質系	廃棄物系	4,086	50%	20,430
タケ	木質系	未利用系	12,376	50%	61,880
果樹剪定枝	木質系	未利用系	5,177	45%	23,297
稲わら	農業残渣	未利用系	21,577	35%	75,520
もみ殻	農業残渣	未利用系	2,895	40%	11,580
麦わら	農業残渣	未利用系	2,194	35%	7,679
農業残渣	農業残渣	未利用系	3,341	40%	13,364
ササ	草本系	未利用系	435	40%	1,740
ススキ	草本系	未利用系	33,701	45%	151,665
建築系廃材	木質系	廃棄物系	17,606	50%	88,030
公園剪定枝	木質系	廃棄物系	1,776	45%	7,992

いる材料である。用途開発調査では、TEMPO 酸化 CNF (TOCN) を用いた高度部材用途をターゲットに調査を行った。具体的には、断熱材分野、燃料電池分野、エアフィルター分野、機能性フィルム分野の調査を行った。

断熱材分野では、多孔性材料が高断熱材として利用されているが、TOCN を用いたエアロゲルでその代替を検討した。その結果、TOCN エアロゲルは、現行のウレタンフォームや発泡スチレンと比較して、高い断熱性を有することが検証できた。しかしながら、住宅建材等の断熱材分野は、市場は大きい但他的材料とのコスト競争も厳しいため、工業的な利用に向けては、エアロゲル化において工程の簡略化によるコスト低減が課題となる。

燃料電池分野では、低炭素社会に向けた水素の高効率製造システムでの水素透過膜への応用を検討した。その結果、従来の貴金属膜と比較して、水素透過膜としては、性能的に優位ではなかった。しかしながら、ガスの透過性で TOCN の特徴が明らかとなったので、新たな用途開発に向けた可能性が見出された。

エアフィルター分野では、不織布、糸等の繊維集合体での高機能フィルターへの利用を検討した。その結果、TOCN を含むエレクトロスピンニング不織布、フィラメント糸が形成できることが確認でき、HEPA フィルターなどの基材との組み合わせによる高機能化の可能性が見出された。

機能性フィルム分野では、CNF で透明膜を形成し、ナノ粒子（金属酸化物など）や希土類元素を担持させた高機能フィルムへの利用を検討した。CNF とともに蛍光体粉末（酸化亜鉛系青色蛍光体）を混練して青色発光 CNF シートを試作したところ、紫外線（254nm および 365 nm）を照射すると、蛍光粉末と同様に青色で発光できることを確認できた。金属酸化物等を担持させることで、植物工場等での利用が期待できる透明でフレキシブルな波長変換フィルムの可能性が見出された。

4. 三重の地域ネットワークの構築

三重県内企業の連携ネットワーク構築として、「みえセルロースナノファイバー協議会」を設立した。その結果、三重県内外から 71 機関の参画があり、広域なネットワークが構築できた。大学との連携も進め、11 機関からの参加があり、産学官のプロジェクトに向けた基盤が構築できた。

5. まとめ

環境省からの委託事業として、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 委託業務を公益財団法人三重県産業支援センターと共同で実施した。その結果、三重県における地域資源、バイオマス資源の賦存量、CNF 利用への可能性などをとりまとめることができた。高度部材としての用途開発調査では、すぐに実用化できるような用途は見出せなかったが、高度部材としての利用の可能性が見出せた。本事業で構築した「みえセルロースナノファイバー協議会」のネットワークを活用して、三重地域における CNF の実用化、事業化に向けて、継続的に取り組みを進めていく予定である。

謝辞

本事業は、環境省より委託を受けて実施した。ここに記して、感謝の意を申し上げます。

参考文献

- 1) (国研)新エネルギー・産業技術総合開発機構：“バイオマス賦存量・有効利用可能量の推計”，<http://app1.infoc.nedo.go.jp/biomass/index.html>
- 2) A. Isogai et al.: “TEMPO-oxidized cellulose nanofiber”. *Nanoscale*, 3, p71-85 (2011)