

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

平成 28 年 3 月

実施機関：公益財団法人三重県産業支援センター  
共同実施機関：三重県工業研究所



## 要旨

本事業では、植物由来でカーボンニュートラルなエコ素材であるセルロースナノファイバー（CNF）を三重地域で利活用するために、三重県内資源の調査、発掘、三重県内企業の連携ネットワークの構築、低炭素社会に向けた用途開発調査等を実施した。

三重県は、南北に長い地形で、比較的に温暖な気候であるので、農業、林業と水産業のいずれも盛んな地域である。また、工業製造品の出荷額では全国上位に位置し、北部臨海部の石油化学コンビナートを中心とする各種の素材・部材産業、内陸部の自動車や電子機械器具等の最終製品を製造する大企業の量産拠点、そして、それらを支える各種の中小企業群が集積した産業集積地である。

そこで、これらの豊富な農林水産資源を、CNF原料として活用するための方策について検討を行うとともに、CNFの用途開発として、大企業の研究開発力と中小企業のものづくり技術が活かせるような高度部材としての利用可能な用途分野を探索した。

地域資源調査、地域モデルの検討や地域内ネットワークの構築については、樹脂への利用が見込まれる機械的な処理方法によるCNF、高度部材としての利用が見込まれるTEMPO酸化セルロースナノファイバー（TOCN）を問わず、幅広くCNFの地域での利用について検討した。

用途開発調査は、東京大学磯貝グループが開発したTOCN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いる材料であることから、本事業での対象とした。

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・有効利用可能量の推計」等の調査に基づいて行い、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。

評価の項目としては、賦存量、利用可能量、分布、コスト、安定性、総合評価とした。CNFの生産量規模イメージとして、現在が50t、2020年では600t～900tと、予測されているため、賦存量、有効利用可能量は、各バイオマス種のCNF最大年産量(t)の1%が1,000tを越えれば、CNF原料として期待できるものとして、評価した。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。安定性は、CNFメーカーが工業原料として扱うものとして、天然資源としての季節、産地による品質のバラツキ、収量の増減などのバラツキを評価した。

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、ススキ等が良好であった。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。

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。

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、市場は大きいが他の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資料は得られた。

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。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。

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。

今後、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。

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

### Summary

As part of this project, aimed at promoting the utilization of cellulose nanofiber (CNF), which is a plant-derived carbon-neutral eco material, we carried out resource mining in Mie Prefecture and conducted a survey on the development of applications to help shape a low-carbon society.

Mie Prefecture extends over a large distance from north to south, enjoys a relatively warm climate, and has thriving agriculture, forestry, and fisheries industries. The prefecture is also a major industrial center. In terms of the shipment value of industrial products, it ranks as one of Japan's leading prefectures. Along its northern coast, centered around a petrochemical complex, there are industries producing many kinds of parts and materials, while inland areas feature major centers of mass production of finished products such as automobiles and electronic equipment by large companies. There is also a wide variety of small and medium-sized enterprises (SMEs) supporting the bigger industries.

Thus, in addition to examining policies to promote the utilization of this wealth of agricultural, forestry, and fisheries resources as raw materials for CNF, we explored the potential for the development of CNF applications, by investigating fields in which the R&D capabilities of large companies and the manufacturing prowess of SMEs can make use of CNF for technologically advanced parts and materials.

Through the regional resource survey, the study of regional models, and the establishment of a region-wide network, we examined the potential for widespread use of CNF in the Mie region, in the form of mechanically processed CNF, which is suitable for producing resins, or TEMPO-oxidized cellulose nanofiber (TOCN), which is suitable for the manufacture of advanced parts and materials.

The survey on application development focused on applications for the TOCN developed by the Isogai Group at The University of Tokyo. TOCN can be produced by TEMPO-catalyzed oxidization of wood-based cellulose in a high-temperature, high-pressure aqueous medium, which results in a high yield of highly crystalline, high-aspect-ratio nanofibers with a uniform width of approximately 4 nm. It can potentially be used for high-performance films and high-technology parts and materials, e.g., for electronic devices. In light of this, the project focused largely on TOCN.

Pulp from conifers is widely used as a raw material for CNF, but since Mie Prefecture is blessed with a wealth of agriculture, forestry, and fisheries resources, we conducted a survey of the potential of woody biomass such as forestry offcuts, timber from forest thinning, and bamboo; biomass from agricultural residues such as rice straw and rice husks; grassy biomass such as bamboo grass and Japanese pampas grass; and seaweed biomass such as brown algae, as raw materials for CNF and for the establishment of a CNF supply chain in Mie Prefecture.

We conducted the survey based on guidelines such as “Estimating Reserves and Quantities of Effectively Usable Biomass” by the New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO), and on the basis of the results we estimated the potential of these resources as raw materials for CNF.

Specifically, for different resources we evaluated reserves, usable quantity, distribution, cost, and stability, and also made an overall assessment. To get an idea of the scale of CNF production, the current level of production is 50 tons, but this is expected to grow to between 600 and 900 tons by 2020. For reserves and usable quantity, each type of biomass was judged to be a potential CNF raw material if 1% of the maximum annual production of CNF from the biomass exceeded 1,000 tons. The distribution of biomass resources was evaluated from the distribution conditions for each municipality within Mie Prefecture, while the cost was evaluated from the results of a study on the costs of yarding and processing the raw material, as well as other associated costs. Stability was assessed from the viewpoint of industrial raw material use by manufacturers, in terms of variation in quality due to season (as a natural resource) and area of production, and variation in yield.

The survey results showed that bamboo, rice straw, and Japanese pampas grass, all of which are readily available as natural resources in Mie Prefecture, offer good biomass reserves. In terms of usable quantity, Japanese pampas grass is particularly good. However, since these resources require the development of a means of yarding and processing technology, they cannot be considered superior to paper pulp in terms of cost.

On the other hand, for timber offcuts and timber from forest thinning, which are being used increasingly for producing bioethanol, reserves are expected to remain steady, but the effectively usable quantity is low, at just 6% of reserves. The rate for lumber waste, approximately 5%, is similarly low. Although the potential is small in terms of quantity, the systems and technology for yarding, processing, and use are already in place, and this represents an important cost advantage. So in the short term these biomass resources are well suited for use in CNF production.

For seaweed resources, Mie is blessed with a long marine coastline, and seaweed is distributed over a wide area. There is also a flourishing seaweed cultivation industry. Green algae, which is easy to harvest, is particularly abundant, so it could be used as a resource. As a characteristic resource of the region, it would be a desirable option. Seaweed-derived cellulose tends to have a large crystal width, but if applications that can make use of it are developed, along with suitable industrial production technology, seaweed has the potential to become a high value-added resource.

The survey of application development focused on high-technology parts and materials made of TOCN. More specifically, the survey targeted the fields of thermal-insulation materials, fuel cells, air filters, and high-performance films.

In the field of thermal insulation materials, aerogels made from TOCN were studied as a possible substitute for the porous materials that are currently used as highly insulating materials. The results

verified that TOCN aerogels are better insulators than current urethane foam and styrofoam products. However, while the market for insulating materials for housing and other uses is very large, cost competition with other materials is severe. Thus, before aerogels can be used for this kind of industrial application, it will be necessary to reduce their cost, by simplifying the aerogel production process.

In the field of fuel cells, we examined the application of TOCN to hydrogen permeable membranes for high-efficiency hydrogen production systems to promote a low-carbon society. The results showed that hydrogen permeable films do not offer a performance superior to conventional noble metal films. However, since gas permeability has been identified as one of TOCN's key features, TOCN can potentially be used as a material for the development of various new applications.

In the field of air filters, we examined the use of TOCN in high-performance filters made of fiber assemblies such as nonwoven fabrics and yarns. The results confirmed that TOCN can be used to produce electrospun nonwoven fabrics and filament yarns. We also discovered that it can be combined with a substrate to make high-performance products such as high-efficiency particulate air (HEPA) filters.

In the field of high-performance films, we examined the use of CNF for transparent films and films for catalyst support of nanoparticles (metal oxides) and rare earth elements. We found that CNF can potentially be used for transparent, flexible wavelength-conversion films, to serve as catalyst supports for metal oxides in promising applications such as in vegetable factories.

As a network for collaboration between industries in Mie Prefecture, we established the Mie Cellulose Nanofiber Council. A total of 71 organizations, both inside and outside of Mie Prefecture, have joined the group, thereby forming a wide-area network. The group will also pursue collaborations with universities, and with the participation of 11 institutions, a platform has been established for industry-academia-government joint projects.

This ongoing effort to promote the implementation and commercialization of CNF in the Mie region is set to continue.





## 目次

### 要旨

1. 三重県の産業と高度部材開発への取り組み .....	1
2. 三重県の地域資源に関する調査.....	4
2.1 三重県における地域資源調査の概要.....	4
2.2 三重県のバイオマス資源とその賦存量について .....	6
2.3 木質系のバイオマス資源（林地残材、切捨間伐材、製材廃材）について.....	9
2.4 木質系の未利用バイオマス資源（タケ、果樹剪定枝）について.....	13
2.5 農業残渣系のバイオマス資源（稲わら、もみ殻、麦わら、農業残渣）について.....	15
2.6 草本系のバイオマス .....	20
2.7 廃棄物系のバイオマス .....	22
2.8 海藻資源について .....	23
2.9 三重県内地域資源の CNF 原料としての可能性 .....	30
3. 短期的に実現可能と考えられる CNF 用途開発分野の選定と CO2 削減ポテンシャルの推計	33
3.1 断熱材分野に関する調査.....	33
3.2 水素透過膜分野に関する調査.....	39
3.3 不織布・繊維集合体分野に関する調査.....	46
3.4 透明フィルム分野に関する調査.....	53
4. モデル事業の設定と FS 調査の実施.....	62
4.1 地域資源の利用とサプライチェーン構築に関する FS 調査.....	62
4.2 断熱材分野に関する FS 調査.....	79
4.3 水素透過膜分野に関する FS 調査.....	83
4.4 不織布・繊維集合体分野に関する FS 調査.....	87
4.5 透明フィルム分野に関する FS 調査 .....	91
5. CNF 地域モデル事業構築に向けた協議会の設置・運営等.....	96
5.1 みえ CNF 協議会 .....	96
5.2 FS 委託業務に伴う技術推進委員会等の設置・運営等.....	99
6. CNF の普及啓発 .....	104
6.1 「みえリーディング産業展 2015」への出展 .....	104
6.2 セミナー開催.....	106
6.3 「みえセルロースナノファイバー協議会」の AMIC ロビー展示による普及啓発.....	110
6.4 「みえセルロースナノファイバー協議会」のホームページによる普及啓発.....	113
7. 三重県におけるセルロースナノファイバー事業化の可能性と今後の方策.....	114
7.1 三重県における今後の取り組みの方向性.....	114
7.2 三重県における地域資源の利活用から用途開発までのモデル.....	115
7.3 三重県における用途開発の可能性 .....	116



## 1. 三重県の産業と高度部材開発への取り組み

三重県における平成 25 年の製造品出荷額は、10 兆 4100 億円で全国 9 位であり、生産年齢人口 1 人あたりの出荷額は、939 万円で全国 1 位となっている（経済産業省工業統計調査より）。三重県の主な産業は、戦前（昭和初期）は繊維工業であったが、戦後は化学工業、昭和 40 年代以降では輸送用機械器具製造業、同 60 年代以降では電子部品・デバイス・電子回路製造業と変遷している。この変遷の中での大きな出来事として、2001 年の三菱化学株式会社のエチレンセンター停止がある。これは、汎用品生産の海外移転に伴うものであったが、四日市コンビナートの中心的役割を担ってきた三菱化学株式会社のプラント停止ということで、産業の空洞化が一気に強まるのではとの懸念が高まったものであった。

そこで、三重県と四日市市が連携して、有識者、民間企業などからなる検討会・研究会を設置し、議論を重ね、四日市コンビナートが高付加化価値型素材産業へと転換を図るべく取り組みが始まっている。

この取組の中で、産学官連携による研究開発の促進、中小企業の課題解決支援、人材育成を一ヶ所で行なう「場」として、2008 年に「高度部材イノベーションセンター（AMIC : Advanced Materials Innovation Center）」が四日市市に設置された。

AMIC が設置された四日市市は、三重県の北部（北勢地域）に位置するが、この地域は、臨海部の石油化学コンビナートを中心とする各種の素材・部材産業、そこから半径 30km 内外に立地する自動車や電子機械器具等の最終製品を製造する大企業の量産拠点、そして、それらを支える各種の中小企業群が集積するという特徴がある（図 1-1）。



図 1-1 三重県北勢地域の産業ポテンシャル

すなわち、大企業の高度部材産業群と地域の中小企業が連携できる立地であるので、そのきっかけ作り、研究開発拠点の集積を目指し、AMICが設置されている。

図1-2に三重県内の市町村別事業所数の分布を、図1-3に市町村別の製造品出荷額を示す。また、表1-1には、それらの実数と地域ごとの構成比を示す。事業所数の分布と製造品出荷額の分布は大きく異なる。事業所は北勢地域が半数を占めるが、中南勢地域やその他の地域にも分布している。製造品出荷額は、北勢地域が70%以上を占め、大企業を中心に産業が集積していることが分かる。

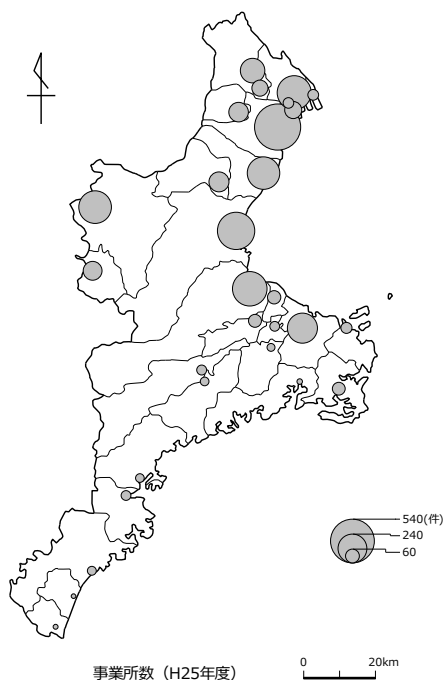


図1-2 県内の市町村別事業所分布

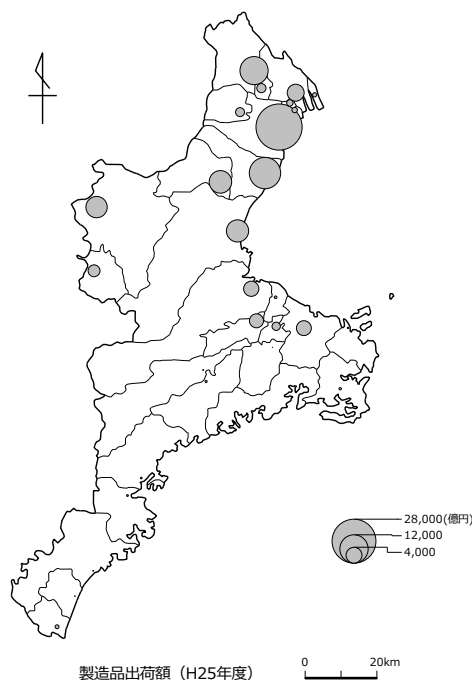


図1-3 県内の市町村別製造品出荷額

表1-1 三重県内の事業所数、製造品出荷額等の地域ごとの集計とその構成比

	事業所数		製造品出荷額等	
	実数	構成比(%)	実数	構成比(%)
北勢	1,887	50.6	741,852,730	71.2
中南勢	878	23.6	146,487,888	14.1
伊勢志摩	444	11.9	52,672,548	5.1
伊賀	413	11.1	92,946,486	8.9
東紀州	104	2.8	6,965,229	0.7
合計	3,726	100.0	1,040,924,881	100.0

### 事業実施概要

本事業では、植物由来でカーボンニュートラルなエコ素材であるセルロースナノファイバー（CNF）を三重地域で利活用するために、三重県内資源の調査、発掘、三重県内企業

の連携ネットワークの構築、低炭素社会に向けた用途開発調査等を実施した。

セルロースナノファイバーを製造する方法として、東京大学磯貝グループの TEMPO 酸化触媒で化学的処理する方法や京都大学矢野グループの機械的な処理方法などが、確立されている。

三重県は、伊勢湾、熊野灘といった海に面しながら、鈴鹿山脈、紀伊山地といった山々も有し、また、比較的、温暖な気候であるので、農業、林業と水産業のいずれも盛んな地域である。これらの豊富な農林水産資源を、セルロースナノファイバー原料として活用するための方策について検討を行った。

これらの地域資源調査、地域モデルの検討や地域内ネットワークの構築については、樹脂への利用が見込まれる機械的な処理方法による CNF、高度部材としての利用が見込まれる TEMPO 酸化セルロースナノファイバー (TOCN) を問わず、幅広く CNF の地域での利用について検討した。

一方で、化学的処理により製造された CNF と機械的な処理により製造された CNF では、用途が異なると考えられ、本事業における用途開発調査は、東京大学磯貝グループが開発した TOCN を対象としてその用途を調査した。TOCN は、高度部材イノベーションセンターに入居している第一工業製薬株式会社が、2013 年からパイロット生産を開始して「レオクリスタ」という製品名で実用化しており、高度部材としての活用、高度部材への応用が期待されている材料である (図 1-4)。



図 1-4 TOCN 製品、レオクリスタの概要

三重県が行った「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」の概要を図 1-5 に示す。

三重県では、「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が代表事業者として受託し、三重県工業研究所が共同実施者として参画して、事業を実施した。

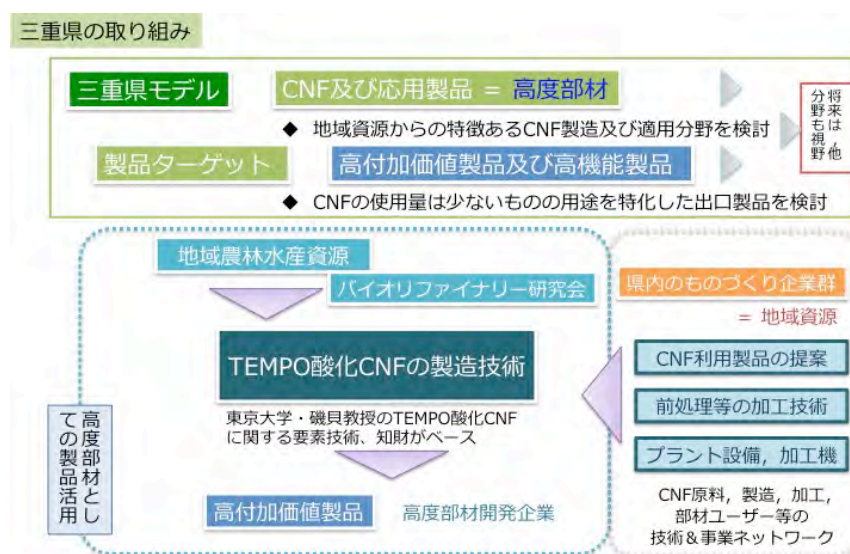


図 1-5 FS 委託業務における三重県の実施概要

## 2. 三重県の地域資源に関する調査

### 2.1 三重県における地域資源調査の概要

セルロースナノファイバーの原料として、針葉樹等のパルプが多く用いられているが、そのパルプの主な原料となる森林資源は、持続可能な国産資源であり、CNFの普及拡大、地域サプライチェーンの構築のためには重要である。

パルプとは、木材や草などから抽出した繊維のことであるが、木材パルプ、非木材パルプ、古紙パルプ、合成繊維パルプなど、原料別に大別される。木材パルプの原料は、針葉樹、広葉樹等であり、非木材パルプの原料は、コットンリンター、ケナフ、タケ、サトウキビなどである。

このうち、CNFの普及に最も貢献が期待できるのは、木材パルプであることは明らかであり、その原料である森林資源、樹木類は、国内にも豊富に存在している。また、野菜を含む草本類もセルロースで構成されている。草本類は樹木に比べ、生育期間も短く、栽培可能地、生育地も広範であり、資源量は豊富である。さらには、海洋資源である藻類もセルロースを含み、生育も早く、未利用海藻も多いため、資源量は豊富である。

そこで、三重県におけるCNFサプライチェーンの構築の可能性を検討するために、森林資源、農林資源、海藻資源を三重の地域資源と捉え、その分布や利用状況、賦存量を調査した。

セルロースの基本構造(文献2-1、2-2)は、生物種によってマイクロフィブリルの大きさ、形が異なることが知られている。セルロースの合成は、セルロースの末端に存在する「セルロース合成酵素複合体」または「末端複合体(terminal complex, TC)」と呼ばれるたんぱく質顆粒の集合体によって行われることが明らかにされている。また、生物種によりこのTCの配列の仕方、大きさが異なることも同時に明らかにされており、すなわち、生物中に存在するセルロースマイクロフィブリルの形態が異なることが説明されている。

TCの顆粒配列の仕方には、いくつかの種類が知られ、進化的に近縁にある生物種では同じ類型に属する。例えば、シャジク藻綱の緑藻は、陸上植物と進化的に近縁であり、ほとんどすべての陸上植物と同様のTCの顆粒配列である。

シャジク藻綱以上の高等植物細胞壁から単離できるセルロースマイクロフィブリルは、横断面が約4nm角の正方形で、セルロース分子が当該マイクロフィブリルの横および縦方向にそれぞれ6~7列配列し、約40本のセルロース分子が束になって構成されている。紅藻、褐藻や黄緑藻は、セルロース分子が縦よりも横方向に多数配列するため、扁平なリボン状のセルロースマイクロフィブリルを合成する。緑藻綱やアオサ藻綱に属する数種の緑藻(アオサ藻綱のシオグサ属やバロニア属)は、厚さと幅が10nm~30nmの太いセルロースマイクロフィブリルを合成する。さらに、より原始的な酢酸菌や、唯一のセルロース産生動物である腔腸動物のホヤなどでも、1000本以上のセルロース分子鎖が結晶化して、幅10nm~50nm程度の太いマイクロフィブリルを形成する。

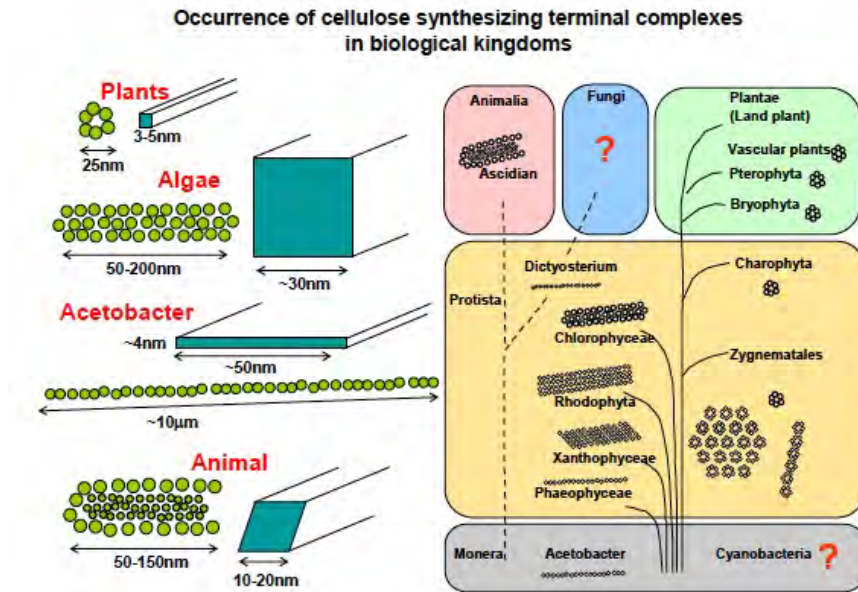


図 2-1 既知の生物の進化系統と彼らの形作るセルロースフィブリルの形態との相関関係 (文献 2-1, p2 より引用)

このように、生物種によってセルロースマイクロフィブリルの形態が異なるため、機械的解繊や化学処理によって得られるセルロースナノファイバーも、生物種によって異なり、特に、東京大学・磯貝教授らの TEMPO 酸化セルロースナノファイバーではシングルナノファイバーが得られるため、生物種の違いによる特徴の発現が期待できる。すなわち、使用する原料によって異なった太さ、性質のものが得られる可能性があり、セルロースナノファイバーの用途によって使用する原料を選択するなどの可能性を秘めている。セルロースナノファイバーの応用範囲を広げるための資料となることも期待しながら、三重県の地域資源の調査を実施した。

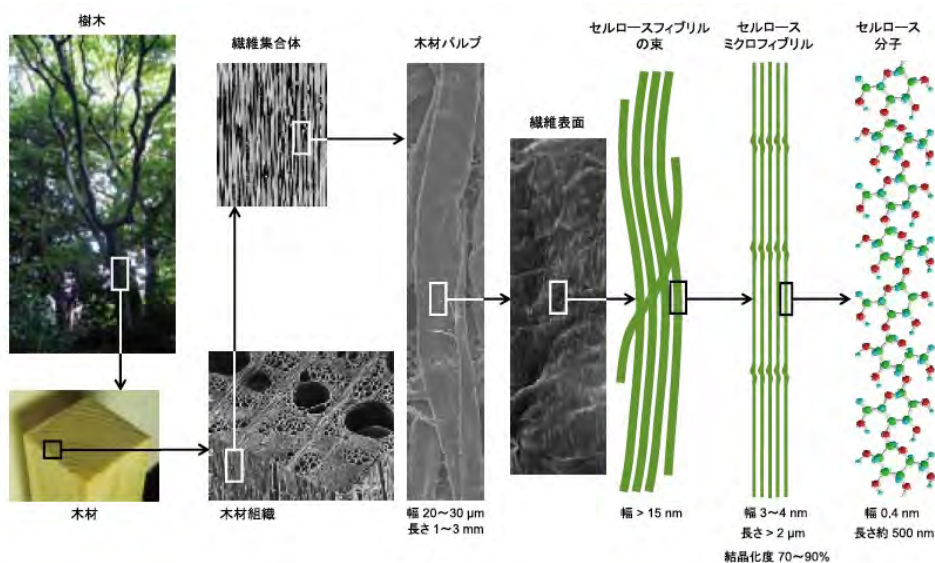


図 2-2 木材セルロースの樹木中での階層構造 (文献 2-2, p2 より引用)

三重県の地理的な特徴として、三重県は日本のほぼ中央に位置しており、紀伊半島の東部、伊勢湾の西部に位置している。南北の長さは約 180 km であり、東西の幅は 10~80 km と、非常に縦長の地形であり、また、伊勢平野の平野部、伊賀地域の盆地部、鈴鹿山脈、紀伊山地などの山地部、伊勢湾、熊野灘に面した沿岸部と、地形も複雑である。そして、その複雑さから、気候特性も複雑で、気候に影響を受ける農林水産業は多様であり、すなわち、地域の農林水産資源が多種多様である。

そこで、セルロースに関わる資源として森林資源、農林資源、海藻資源について、その分布や利用状況、賦存量、利用の可能性等を調査した。

## 2.2 三重県のバイオマス資源とその賦存量について

三重県内の森林資源の調査にあたって、バイオマス賦存量、および有効利用可能量は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)による「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>) の統計データを元に、分析を行った。

NEDO の調査は、「バイオマスエネルギー利活用を促進することを目的に」取りまとめられたものである。本調査では、セルロースナノファイバー原料 (CNF 原料) としてのバイオマス資源の調査であるので、まず、NEDO の調査結果から、CNF 原料となりうるバイオマス種について抽出した。すなわち、廃棄物系資源のうち、「家畜ふん尿・汚泥」である乳用牛、肉用牛、豚、ブロイラーのふん尿、下水汚泥 (濃縮汚泥)、し尿・浄化槽余剰汚泥、集落排水汚泥、「食品系バイオマス」である食品加工廃棄物、家庭系厨芥類、事業系厨芥類を除き、未利用系資源の 10 種、廃棄物系資源の 5 種、合計 15 種を抽出して調査を行った。

林業系のバイオマス種としては、林地残材、切捨間伐材、製材廃材が該当し、農業系では、稲作残渣の稲わらともみ殻、麦わら、その他の農業残渣 (園芸農業由来の茎、葉など)、果樹剪定枝が該当する。他に未利用系として、タケ、ササ、ススキ、廃棄物系として、建築廃材、新・増築廃材、公園剪定枝である。なお、県内のバイオマス資源の一つである海藻資源については、別途、調査を行った。これらの調査にあたっては、みえバイオリファイナリー研究会の協力を得て、進めた。

これらの抽出されたバイオマス種について、賦存量、有効利用可能量、三重県内の分布状況を分析した。ここで、NEDO による「バイオマス賦存量・有効利用可能量の推計」に従い、用語並びに推計単位は以下の通り、定義した。

賦存量：賦存量は、バイオマスの利用の可否に関わらず理論上 1 年間に発生、排出される量とした。



有効利用可能量：有効利用可能量とは、賦存量よりエネルギー利用、堆肥、農地還元利用等、既に利用されている量を除き、さらに収集等に関する経済性を考慮した量を利用可能量とした。

バイオマス推計単位：賦存量、有効利用可能量の推計値は、原則として乾燥重量(DW-t/年)とした。

三重県内のCNF原料の可能性がある上記の15種のバイオマス種について、その賦存量、有効利用可能量、および利用可能率を表2-1、図2-3に示した。

表2-1 三重県内のバイオマス賦存量と有効利用可能量

バイオマス種	賦存量(DW-t/年)	有効利用可能量(DW-t/年)
森林バイオマス 林地残材	20,667	1,242
森林バイオマス 切捨間伐材	101,594	6,267
果樹剪定枝	6,776	5,177
タケ	13,099	12,376
稲作残渣・稲わら	143,849	21,577
稲作残渣・もみ殻	19,300	2,895
麦わら	14,624	2,194
その他の農業残渣	8,598	3,341
ササ	435	435
ススキ	33,701	33,701
国産材製材廃材	62,832	3,287
外材製材廃材	18,845	800
建築廃材	40,167	16,187
新・増築廃材	11,674	1,418
公園剪定枝	1,776	1,266

賦存量については、稲作残渣の稲わら(14.4万DW-t/年)、切捨間伐材(10.2万DW-t/年)、製材廃材(国産、外材を合わせて8.1万DW-t/年)、ススキ(3.4万DW-t/年)、林地残材(2.1万DW-t/年)、もみ殻(1.9万DW-t/年)となっている。一方で、有効可能利用量では、未利用資源系では、ススキ(3.4万DW-t/年)、稲わら(2.2万DW-t/年)、タケ(1.2万DW-t/年)、廃棄物系では建築廃材(1.6万DW-t/年)となっている。利用可能率を算出したところ、草本系バイオマスのササ、ススキは100%と未利用であり、木質系バイオマスでは、タケが94%、果樹剪定枝が76%、公園剪定枝が71%と高くなっているが、ササ、公園剪定枝は賦存量が少ない。

これらのバイオマス種を CNF 原料としての利用を考えた場合、有効利用可能量が十分であるものが有望であり、ススキ (3.4 万 DW-t/年)、稲わら (2.2 万 DW-t/年)、タケ (1.2 万 DW-t/年)、林地残材、切捨間伐材を合わせた森林バイオマス (0.8 万 DW-t/年) が候補となる。建築廃材は、他の建材と分別された状態での収集は困難であると思われ、工業用原料としての利用は見込まれないので除外した。

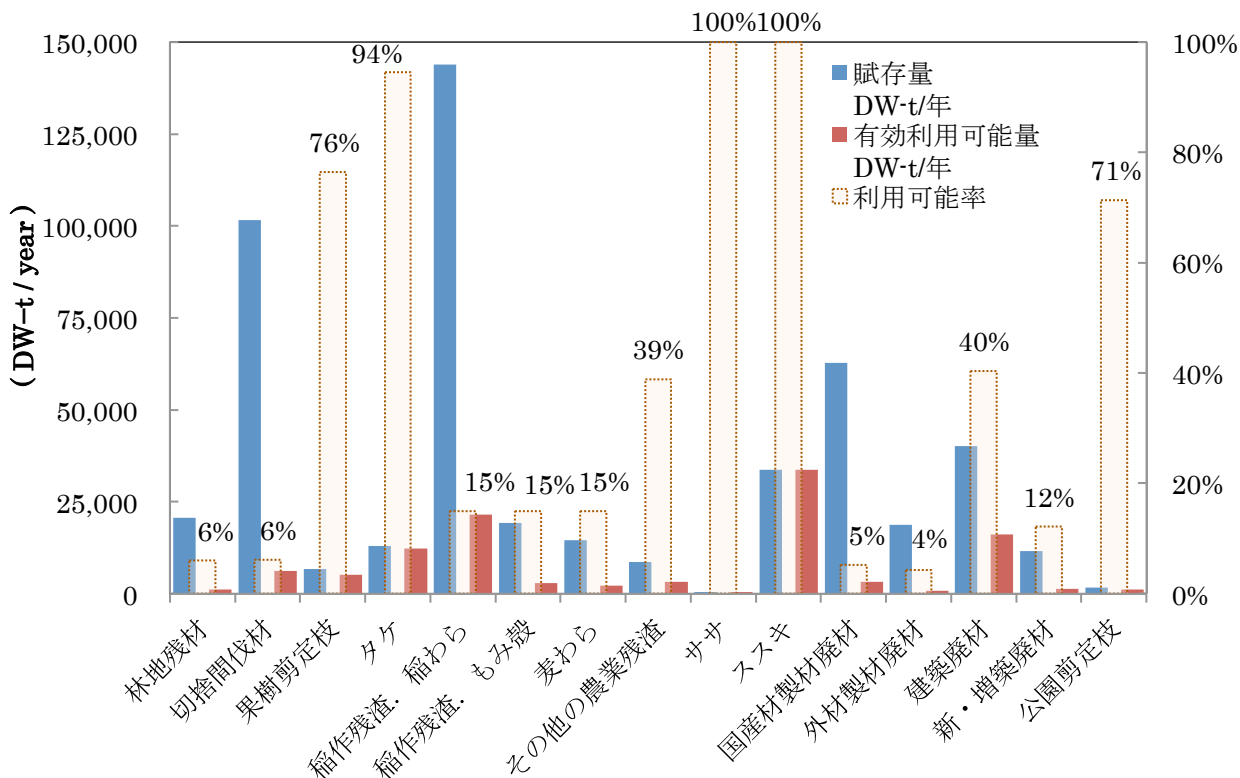


図 2-3 三重県内のバイオマス賦存量と有効利用可能量、利用可能率

ここで、製材廃材（国産、外材）は利用可能率が 5%程度と非常に低く、すなわち、すでに利用されている材料である。森林バイオマス（林地残材、切捨間伐材）の利用可能率も 6%と非常に低いが、既利用量が多いのか、または収集等に関する経済性から有効利用可能量に計上されていないのかという点は注意が必要である。従来より、森林バイオマスは賦存する地域、地形による理由で、未利用となっていると言われており、三重県内の地域的な分布を含めて、ススキ、タケ、稲わら、森林バイオマス（林地残材、切捨間伐材）について、CNF 原料としての利用の可能性を検討する必要がある。

次に、バイオマス種を、木質系、農業系、草本系に分け、三重県内の年間賦存量とその地域ごとの賦存密度、利用の可能性、コスト等について、調査、分析した。

また、各バイオマス種について、有効利用可能量と組成（セルロース成分）から、樹脂への強化剤として添加が見込まれる 10%セルロースナノファイバーの生産可能量を算出した。

## 2.3 木質系のバイオマス資源（林地残材、切捨間伐材、製材廃材）について

### 2.3.1 林地残材

林地残材は、丸太を切り出した残りの根元部分および枝葉部分であり、伐採した木全体に対して、根元部分は約5%、枝葉部分は約15%を占める。林地残材の県内の賦存量は、2.1万DW-tであるが、有効利用可能量は0.1万DW-t(利用可能率6%)と非常に少ない。

三重県内の市町村別の賦存量(DW-t/年)、およびその密度(DW-t/km<sup>2</sup>)を図2-4に示す。賦存量の多い市町村は、中南勢地域の津市、松阪市、大紀町で、伊賀市、熊野市がこれに続く。これを密度で見ると、熊野市や紀宝町も密度では津市や松阪市と遜色のないことがわかる。林地残材に関しては、利用可能量こそ少ないが、集材、搬出の方法は確立されており、木材チップへの加工設備もあるため、コスト面では有利である。

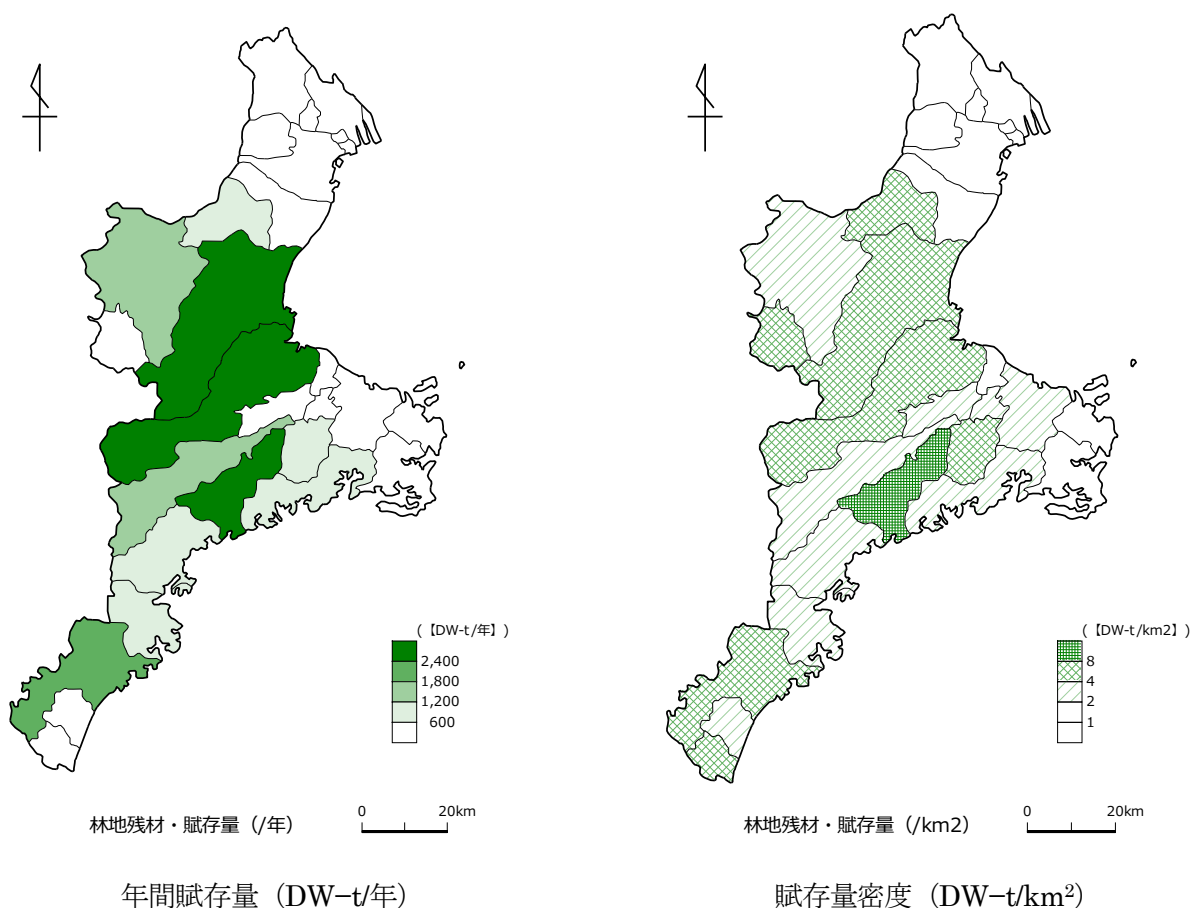


図 2-4 三重県内の市町村別林地残材の賦存量

### 2.3.2 切捨間伐材

森林バイオマスとしては、切捨間伐材が数量的に最も多いとされており、三重県内でも切捨間伐材は、10.2万DW-tの賦存量があり、林地残材の5倍程度の賦存量である。

しかしながら、林地残材と同様に利用可能率は6%程度で、0.6万DW-tである。森林バイオマス2種を合わせても、12万DW-tの賦存量に対して、0.8万DW-tの有効利用可能量と非常に少ない。これらの森林バイオマスは、山地の奥深くであったり、急峻な地形にであったりと、集材等に関する経済性も悪く、利用不可能となっている。また、収集が容易な地域にある資源は、エネルギー利用などにすでに利用されていると思われ、集材、搬出、木材チップへの加工までの過程が確立されているため、コスト面では有利である。エネルギー利用との競合を避け、新たに利用するには、伐採集材法の改良、林道の整備が必要であると思われる。

三重県内の市町村別の賦存量 (DW-t/年)、およびその密度 (DW-t/km<sup>2</sup>) を図2-5に示す。中南勢地域の松阪市、津市、大台町の賦存量が多く、密度では、大台町に次いで、大紀町、尾鷲市、紀北町も高い。これらの地域は、林業が盛んであるので、需要が高まれば、課題の解決に臨み、CNF原料としての供給も検討されると思われる。

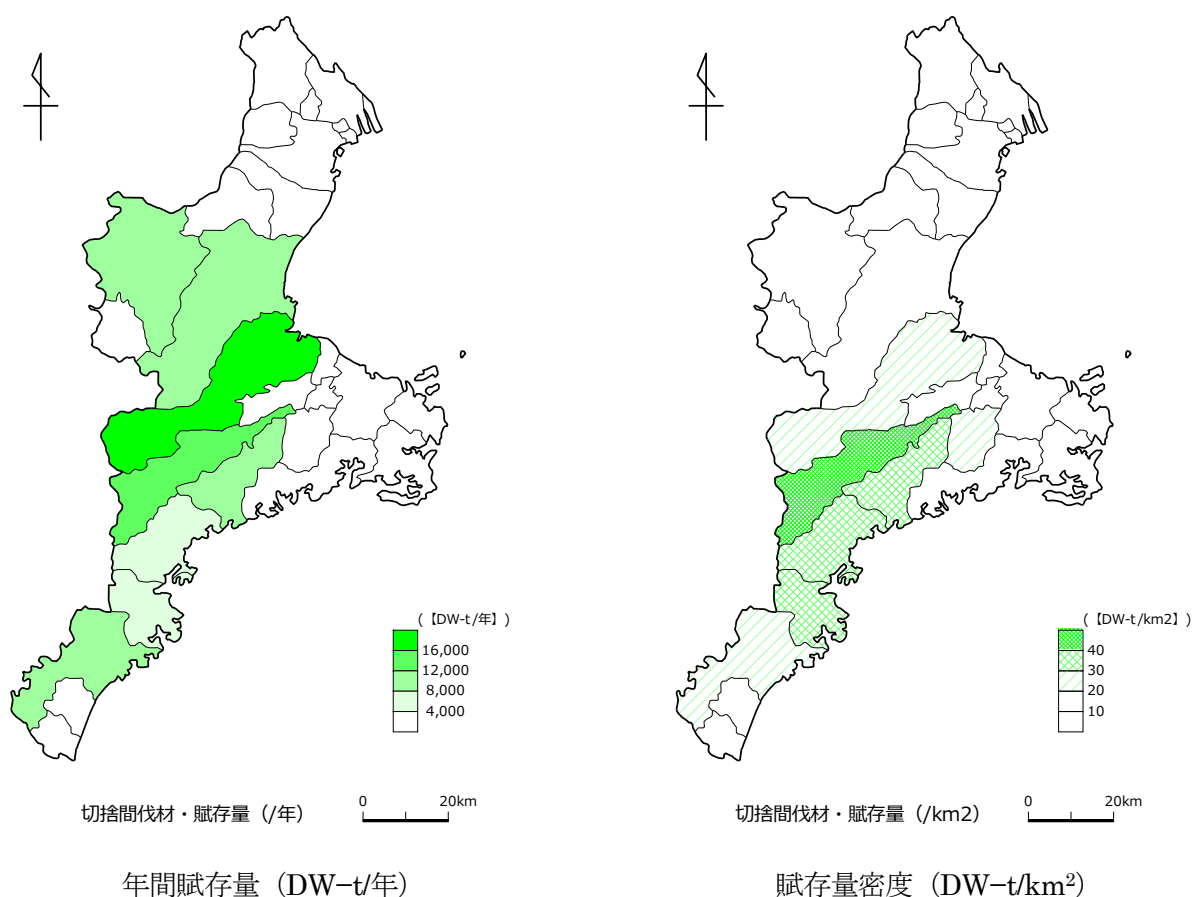


図2-5 三重県内の市町村別切捨間伐材の賦存量

### 2.3.3 製材廃材

製材廃材は、製材原料として既に流通、利用されているものであり、収集等に関する経済性では優位である。また、建築廃材のように他の資源との混在もなく、使用目的が合えば、有用な資源である。製材廃材の発生率（表 2-6、文献 2-3）は、鋸屑、背板、樹皮が多く発生するが、CNF 原料として考えた場合、樹皮は材部に比べセルロース成分が少なく、またリグニン含有量がやや高く、灰分も多いため適しておらず、材部の残廃材である鋸屑、背板、端材など約 50%が利用可能と考えられる。

表 2-2 木質残廃材の発生率（文献 2-3 より引用）

樹種 Species	素材消費量 Log consumption (×1,000m <sup>3</sup> /year)	発生比率 Generation ratio (%)						
		樹皮 Bark	背板 Slab	端材 Listing	べら板 Thin board	鋸屑 Sawdust	プレーナー屑 Planer shaving	チップ屑 Chipperdust
スギ, ヒノキ Sugi, Hinoki	9,462	18.0	19.2	4.8	1.0	21.2	5.3	1.0
カラマツ Karamatsu	883	17.2	21.1	4.1	0.7	19.2	3.6	1.3
エゾマツ, トドマツ Ezomatsu, Todomatsu	766	13.2	29.2	4.7	0.3	20.7	2.5	0.2
アカマツ, クロマツ, その他国産針葉樹 Akamatsu, Kurumatsu and Other Domestic Soft wood	1,229	15.8	20.2	4.7	1.2	20.8	2.0	1.0
国産広葉樹 Domestic Hard wood	458	21.3	28.0	5.1	1.2	21.4	3.8	1.2
南洋材 Southeast Asian Timber	472	—	—	—	—	—	—	—
北米材 North American Timber	8,052	11.2	20.2	4.3	1.1	20.4	4.6	0.9
北洋材 Russian Timber	3,593	11.2	23.0	3.7	0.3	20.8	2.4	0.2
ニュージーランド材, その他外国産材 New Zealand's Timber and Other Foreign Timber	1,611	11.0	21.2	5.0	0.8	20.5	4.0	0.8

製材廃材は、国産製材と外国産製材に分けられているが、三重県内の市町村別の賦存量分布はよく似ているため、両者を合算した賦存量で分析を行った。三重県内の賦存量は、8.2 万 DW-t であるが、有効利用可能量は 0.4 万 DW-t (利用可能率 5%) と非常に少ない。これは、収集等が難しく利用できないということではなく、既に利用されているため、有効利用可能量が少なくなっている。図 2-6 (文献 2-4) に示したように、木材チップ以外にも農業、畜産など、多方面で利用されている。原料のコスト的には、現在の利用分野から考えて、問題はないと思われる。

三重県内の市町村別の賦存量 (DW-t/年)、およびその密度 (DW-t/km<sup>2</sup>) を図 2-7 に示す。賦存量の多い市町村は、中勢地域の津市、松阪市であり、密度でも同様であるが、紀宝町が高い値となっている。