

森林技術



《論壇》バイオエコノミー理念をベースにした
木質資源フル活用の時代へ／高田克彦

《特集》木質資源利用の多様化と持続可能性
山田竜彦／下川知子／栗本康司／足立幸司

●報告／長瀬雅彦

●第31回『学生森林技術研究論文コンテスト』受賞論文の紹介

2021

9

No. 953

JAFEE

森林分野CPD（技術者継続教育）

森林技術者の継続教育を支援、評価・証明します

専門分野に応じた継続学習の支援

次のような業務に携わる技術者の継続教育を支援

- ①市町村森林整備計画等の策定
- ②森林経営
- ③造林・素材生産の事業実行
- ④森林土木事業の設計・施工・管理
- ⑤木材の加工・利用

迅速な証明書の発行（無料）

- ・証明は、林業技士等の各種資格の更新、林野公共事業の総合評価落札方式の技術者評価等に活用可能

詳しくは、
HPをご覧くださいか、
CPD管理室まで
お問い合わせください。

森林分野CPDの実績

- ・CPD 会員数 5,000 名
- ・通信研修受講者 1,500 名
- ・証明書発行 1,700 件（令和2年度）

豊富かつ質の高いCPDの提供

- ・講演会、研修会等を全国的に展開
- ・通信教育を実施
- ・建設系CPD協議会との連携

公益社団法人 森林・自然環境技術教育研究センター（JAFEE）

[URL] <http://www.jafee.or.jp/>

【CPD管理室】 TEL 03-5212-8022 FAX 03-5212-8021 E-mail : cpd@jafee.or.jp
〒102-0074 東京都千代田区九段南4-8-30 アルス市ヶ谷103号

コロナ禍の下での継続学習の取組について

～林業技士および森林情報士の皆さまへのお願い～

林業技士や森林情報士の制度は、皆さまの継続学習のうえで、その実績を踏まえて5年ごとに登録更新をする仕組みとなっております。

登録更新には継続学習の実績が必要になりますが、多くの方が日々林業の現場で活躍されており、都市部等で行われる研修や講習の機会になかなか恵まれないこと等を勘案して、従前から通信教材による自己学習も重視しております。

例えば林業技士の場合、通信教育として『森林技術』誌と『現代林業』誌または『林業技士会ニュース』誌といった森林・林業系の雑誌2誌を5年間継続して購読・学習することで、必要な「30ポイント」を確保することも可能です。

林業技士や森林情報士の皆さまにおかれましては、日頃からこうした通信教材を活用した自己学習に取り組まれ、コロナ禍の下での登録更新に備えていただくよう、お願い申し上げます。

一般社団法人日本森林技術協会 森林系技術者養成事務局

【お問い合わせ】

林業技士担当 TEL 03-3261-6692（荒井透） E-mail : jfe@jafta.or.jp

森林情報士担当 TEL 03-3261-6968（いち） E-mail : mmb@jafta.or.jp

- 論 壇 バイオエコノミー理念をベースにした
木質資源フル活用の時代へ 高田克彦 2
- 特 集 木質資源利用の多様化と持続可能性
- 改質リグニンの開発による地域森林資源の活用 山田竜彦 8
- 身近な木質資源からのセルロースナノファイバー製造と
利用技術の開発 下川知子 12
- メカノケミカル処理によるアセチル化木粉の製造と利用 栗本康司 16
- 木質 LVP による森林資源の活用 足立幸司 20

●統計に見る日本の林業

- 23 木材供給量と木材自給率の推移
林野庁

●報 告

- 28 一般社団法人名古屋林業土木協会の SDGs 宣言
長瀬雅彦
- 36 第 31 回『学生森林技術研究論文コンテスト』
受賞論文の紹介
- 36 関東地方におけるツヤヒラタゴミムシ属の
多様性と遺伝的分化
清水隆史
- 37 近世多摩川上流域における
木材生産システムの解明と労働者の賃金水準
若狭夏海
- 37 X 線 CT スキャン法による
樹木根系の解析手法の開発に関する基礎的研究
源光寺 美季
- 38 地球温暖化を想定したダケカンバ産地試験を
用いた樹木の形態形質への影響評価について
荒木響子

●ご案内等

協会からのお知らせ 39 /
鳥獣被害対策コーディネーター等育成研修（裏表紙裏）

●本の紹介

- 34 森林・林業実務必携（第 2 版）
横井秀一
- 34 山村に住む、ある森林学者が考えたこと
高橋卓也

●連 載

- 7 新・誌上教材研究 その 61
子どもにすすめたい「森」の話
カナダの人々と森林
山下宏文
- 24 研修そして人材育成
第 38 回 手間隙をかせずに人が育つか！
水野雅夫
- 26 チェンブレ！ ②③
労災事故「ゼロ」の仕組みづくりに向けて
佐藤行弘
- 32 産業界とともにめざす森林再生の未来Ⅲ 第 17 話
4. 国産材の需要拡大への取り組み
②木質バイオマス利用における地域熱利用
③木質バイオマス利用における木質燃料の
品質評価普及
山田昌宏
- 35 東日本大震災と植物 ⑪
震災を生き延びた石巻のアサザ
郷原匡史

〈表紙写真〉

『秋田県立大学木材高度加工研究所の木質 LVP の展示ブース』（秋田県能代市） 足立幸司氏 撮影
木材高度加工研究所展示ブースにある木質 LVP の成果物です。単板を中空に巻き上げた円筒 LVL（写真左下）、メカノケミカル処理木粉を用いたウッドプラスチックのルーバー（中央）、ゼリー状の樹脂と木材を複合したやわらかい木（左上）、合板を板バネ状に積層した木質バネのスツール（右下）など、木製品の多彩さが体感できます。（撮影者記）

バイオエコノミー理念をベースにした 木質資源フル活用の時代へ

秋田県立大学木材高度加工研究所 所長／教授
森林資源バイオエコノミー推進機構株式会社 代表取締役 CEO
〒016-0876 秋田県能代市海詠坂 11-1
Tel 0185-52-6900 Fax 0185-52-6924
E-mail : katsu@iwt.akita-pu.ac.jp

兵庫県生まれ。1992年北海道大学大学院農学研究科博士課程修了後、旧科学技術庁・科学技術特別研究員を経て、1994年より九州大学農学部助手。2001年秋田県立大学木材高度加工研究所助教授、2007年より同教授、2020年より同所長。2018年に森林資源バイオエコノミー推進機構株式会社を設立、代表取締役 CEO に就任。専門は森林資源遺伝学。著書に『コンサイス木材百科』（分担執筆、秋田文化出版）、『森林科学シリーズ4：フォレスト・プロダクツ』（編著、共立出版）など。

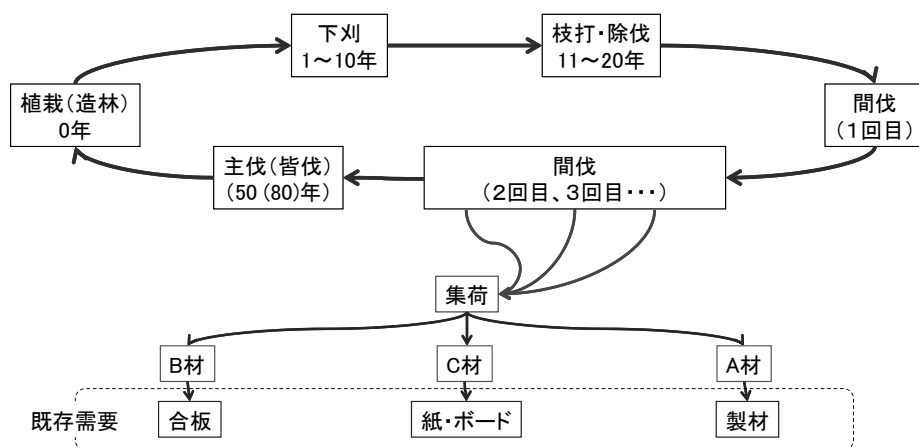


たか た かつ ひこ
高田 克彦

●地球温暖化と木質資源

2021年8月9日、気候変動に関する政府間パネル（IPCC：Intergovernmental Panel on Climate Change）の第1作業部会から第6次評価報告書と政策決定者向けの要約¹⁾が公表されました。IPCCは3つの作業部会に分かれており、第1作業部会は「温暖化の科学（自然科学的根拠）」を担当する作業部会です。今回の報告書において特筆すべき点は、(1) 温暖化の現状について、8年前の第5次評価報告書における「温暖化の主な要因は人間の影響の可能性が極めて高い」という表現から、「人間の影響が大气、海洋及び陸域を温暖化させてきたことには疑う余地がない」という踏み込んだ表現に変わったこと、(2) 将来の気候について、気温上昇を1.5℃に抑えなければならない必要性がより切実に指摘され、炭素予測の観点から、CO₂は人間活動によって既に約2兆4,000億トン排出されており、気温上昇を1.5℃に抑えるためには残りあと4,000億トンの枠しか残っていないことを示す等、パリ協定の遵守の必要性が改めて確認されたことです。

一方、適正に管理された森林から搬出される木質資源は、カーボンニュートラルな資源として評価されています。これは木質資源が樹木の光合成によって固定した有機物からなっており、炭素を蓄積しているとともに、燃やしても大気中の二酸化炭素濃度に影響を与えないからです。温暖化の進行に代表される地球環境の劣悪化がもはや疑いようのない真実と認識されるに至った現在、森林の適正な保全や管理および森林資源の効率的な利活用への国内的な「期待」は、それらを確実に実行する国際的な「義



▲図① 20世紀型の木材利用のネットワーク
出典：『フォレスト・プロダクツ』（共立出版，2020），図14.4（p.239）を改変

務」へと変化してきていると言えます。

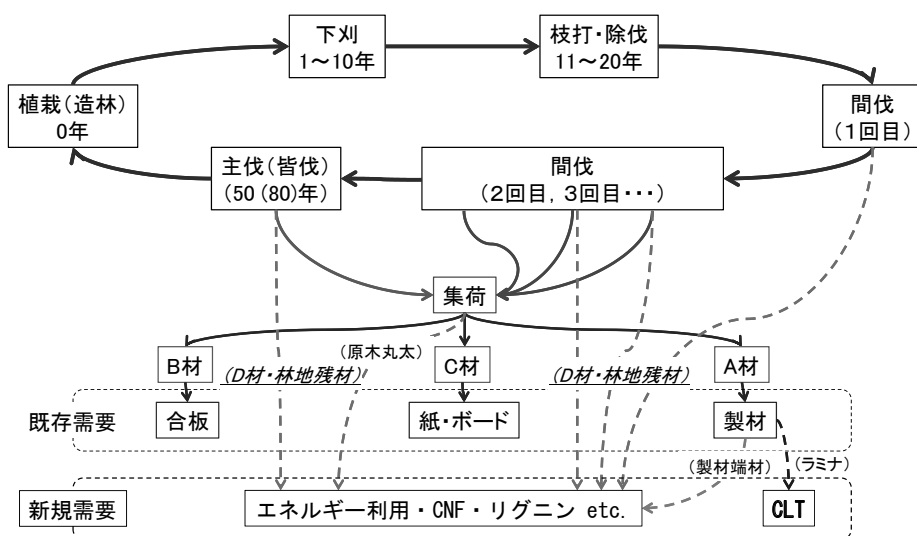
このような背景のもと、本稿では代表的な循環型資源である木質資源のフル活用について、化石資源を基礎とした経済から再生可能な循環型の経済に転換を目指すバイオエコノミー理念との関連から考えてみたいと思います。

●木質資源利用を取り巻く状況の変化

世界は「持続可能な発展と二酸化炭素の削減」に向けて大きく舵^{かじ}を切っており、それに呼応するかたちで国内では林業の成長産業化に向けたさまざまな施策が講じられています。本稿では林業の成長産業化に向けた施策が講じられている背景を、森林資源、特にスギを代表とする「人工林の成熟（量的変化）」と「木質資源利用と質的变化」の2つの観点から考えてみたいと思います。

日本の森林面積は国土全体の約3分の2にあたる約2,500万haで、その約6割が天然林、約4割が人工林となっています。また、森林蓄積では人工林が約6割を占めており、その蓄積量はこの半世紀で約5.4倍に増加しています。人工林の植栽面積の年齢構成では、現在、11年齢（林齢51～55年）以上の人工林が半数を超えており、本格的な利用期とみなされる10年齢（林齢46～50年）以上の人工林が約7割を占めるに至っています。このような森林構成の特徴を考慮すると、林業の成長産業化を達成するためには人工林を対象とした取組の強化が必然であることが理解できます。

図①に20世紀型の木材利用のネットワークを、次頁図②に21世紀型の木材利用のネットワークをそれぞれ単純化して示します。図①では、人工林の多くが未だに伐期^{いま}に達していないため、施業の中心は間伐とそこからの搬出であり、基本的に端材や枝葉等の搬出は想定されていません。一方、図②では、伐期に到達していない人工林からの間伐や搬出と並行して、伐期に達した人工林における皆伐と新規植栽、さらには伐期延長に伴う高樹齢人工林の間伐が施業として加わり、求められる品質に応じてそれらを木材産業に供給することが必要とされています。また、図①では実施してい



▲図② 21 世紀型の木材利用のネットワーク
出典：『フォレスト・プロダクツ』（共立出版，2020），図 14.5（p.239）を改変

なかった端材や枝葉等の搬出も求められています。今まさに「伐^きって、使^きって、植^きえる」という森林資源の循環型利用の時代が到来していると言えます。さらに、図②で示したように、木質資源の利用は多様化してきています。すなわち、製材、合板、紙・パルプ、ボードといった既存の利用に加え、新たなマテリアル利用として、CLT²⁾ やセルロースナノファイバー（CNF）³⁾、リグニン⁴⁾ 由来の木質系材料などが注目されるとともに、固定価格買取制度（feed-in tariff：FIT）を利用した発電や熱供給（熱電併給を含む）といったエネルギー利用⁵⁾ が全国で爆発的に展開される状況になっています。

先に述べた多くの木質系材料の市場は日本国内の市場原理だけでなく、むしろ世界的な需給バランスの上に成り立っているということは理解すべき重要なポイントです。最近のいわゆる“ウッドショック”は、木質系材料の市場が国際的であることの証左と考えることができます。ウッドショックの原因については、既にさまざまな検討がなされてきていますが、いずれにしてもコロナ禍における海外の経済状況の変化に関連した要因が指摘されています。一方、ウッドショックの根本的な原因として、特に建築資材において輸入材に頼りすぎている現状を指摘する声もあります。事実、2019 年の時点で製材用材の自給率は約 51%，合板用材の自給率は約 45% となっており⁶⁾、特にその不足が顕著化している梁材（横架材）の国産材での供給は、強度的な問題もあり、もとより十分ではありませんでした。このように考えると、木材の成長産業化は木質資源の自給率向上と読みかえることが可能です。次節からは日本の木材自給率向上に向けた課題を考察します。

●既存産業の強靱化と新規産業の創出による 木質資源フル活用

図②を参照しながら、21 世紀型の木材利用のネットワークにおける課題を考えま

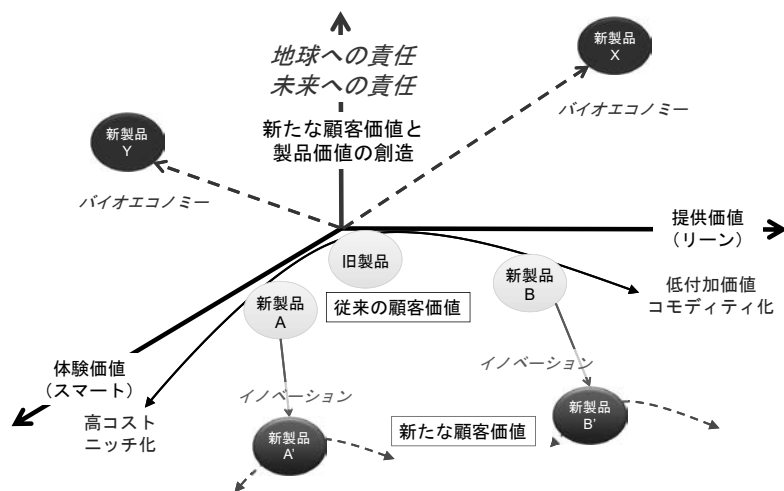
す。まず、林業における課題は、経済合理性に基づいた柔軟な森林管理の実施、木質資源の長期的安定供給を担保するための皆伐と新規植栽の徹底、多様化する木材利用に対する効率的な原木仕分け機能を有するサプライチェーンの確立が挙げられます。また、木材産業における課題は、大径材の積極的な利活用とともに既存産業の強^{じん}靱化と新規需要の積極的な開拓を挙げることができると思います。特に、既存産業の強靱化と新規需要の開拓は木質資源の自給率の拡大には欠かせない重要な課題と考えられます。そのためには、産官学がそれぞれの立場で既存産業の強靱化と新規需要の開拓をバランス良く促進するとともに、各地域ではそれらの組み合わせの最適化とそれに合わせた原木のサプライチェーンの効率化を進め、木質資源を無駄なく活用（木質資源フル活用）する仕組みを構築することが肝要です。一方、木質資源のフル活用を押し進めるためには、推進のエンジンとなる理念が必要不可欠です。次節では木質資源フル活用のエンジンとなる理念について考察します。

●バイオエコノミーによる 木質資源、木質系材料および木質系製品の価値の共有

前節までに持続可能な開発や二酸化炭素削減に向けた動き、日本の林業・木材産業をめぐる状況の変化と問題点を概観しました。森林資源は代表的な再生可能資源であり、その適正な管理とバランスのとれた利活用（マテリアル利用・エネルギー利用）が地球環境保全に果たす役割が大きいことは認識されてきているものの、現実には化石資源依存の産業構造からの脱却は依然として十分に進んでいません。これは地球環境への負のインパクトを大幅に減少させる「化石資源から再生可能資源（バイオマス資源）への転換」を正当化し、推進するための経済理念が社会全体に十分に浸透していないことが原因だと考えられます。

現在、欧米を中心に注目を集めつつある「バイオエコノミー」⁷⁾は、地球環境との親和性が高い「ゲームチェンジ（ビジネスにおける技術的変革）」を伴う新たな経済理念であり、SDGs やパリ協定といった国際的なアジェンダ・協定とも密接に関連しています⁸⁾。バイオエコノミーは単なるバイオテクノロジーを利用したモノづくりを推進する考えではなく、モノづくり全体を包括する上位概念と考えることができます。したがって、バイオエコノミーにおけるモノづくりでは原材料の調達、加工・製造、流通、マーケット・販売戦略等のすべての段階で、持続可能性、循環性、地球環境への負荷の低減を達成することで製品の競争力を強化することが求められます。

次頁図③にバイオエコノミーにおけるモノづくりのイメージを示します。これまでのモノづくりでは、イノベーションにより市場における価値の高い製品（新たな顧客価値を持つ製品）の開発が追求されてきましたが、そこでは持続可能性、循環性、地球環境への負荷の低減はほとんど考慮されず、高コストニッチ化と低付加価値コモディティ化（一般化）の面上で常にコスト競争にさらされる環境にあったと言えます。



▲図③ バイオエコノミーで変わるモノづくり

出典：『フォレスト・プロダクツ』（共立出版，2020），図 14.7（p.248）を改変

一方、バイオエコノミーにおけるモノづくりでは、新たな軸として地球や未来への責任が加わることで、持続可能性、循環性、地球環境への負荷の低減を達成した新たな顧客価値を持った製品が生み出されます。このように、バイオエコノミーにおけるモノづくりでは、これまでのビジネスモデルの延長線上にはない、新たなビジネスモデルの構築が必要となります。加えて、製品製造を担う企業のみならず最終実需者である一般消費者の意識改革とその気運醸成が必要不可欠です。経済性や付加価値の向上だけに目を向けず、地球環境や次世代への責任といった思考が経済活動の基本理念として社会全体に広く受け入れられ、林業関係者、木材産業関係者および一般消費者が木質資源、木質系材料および木質系製品の持つ新たな価値を共有することが非常に重要だと考えます。

バイオエコノミー理念をベースにした木質資源フル活用の時代に向けて、日本の風土、自然、生態系、伝統技術等を活かした日本独自のバイオエコノミー理念の早期の策定とすべてのステークホルダーによるバイオエコノミーの推進を期待して本稿の最後としたいと思います。

[完]

《参考文献》

- 1) 気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第6次評価報告書 第1作業部会報告書（自然科学的根拠）政策決定者向け要約（SPM）の概要（ヘッドライン・ステートメント）。<https://www.meti.go.jp/press/2021/08/20210809001/20210809001-1.pdf>
- 2) 林 知行，“CLT等の構造用木質材料”。フォレスト・プロダクツ。高田克彦，林 知行。共立出版，2020，p.21-36。
- 3) 矢野浩之，“セルロースナノファイバー”。フォレスト・プロダクツ。高田克彦，林 知行。共立出版，2020，p.137-148。
- 4) 山田竜彦，“リグニンの利用”。フォレスト・プロダクツ。高田克彦，林 知行。共立出版，2020，p.167-180。
- 5) 久保山裕史，“エネルギーとしての利用”。フォレスト・プロダクツ。高田克彦，林 知行。共立出版，2020，p.203-224。
- 6) 農林水産省林野庁。令和元年（2019年）木材需給表。2020。
- 7) European Commission. “Knowledge Centre for Bioeconomy”. the European Union. https://knowledge4policy.ec.europa.eu/bioeconomy/bioeconomy-policy_en
- 8) 高田克彦，“新たな経済理念：バイオエコノミー”。フォレスト・プロダクツ。高田克彦，林 知行。共立出版，2020，p.227-252。

子どもにすすめたい「森」の話
— 1冊の本を通して

カナダの人々と森林

やま した ひろ ぶみ
京都教育大学教授 山下宏文



『カロリーヌ カナダへ行く』

●ピエール・プロブスト・作・絵
●山下明生・訳
●発行 B.L出版 一九九九年
●対象 幼稚園から

本絵本は、一九五五年からフランスで出版が開始され、同時期に日本でも翻訳出版された「カロリーヌの物語」シリーズのひとつで、近年に復刊された絵本である。

カロリーヌという女の子が八匹の動物たちとさまざまな体験や冒険をしたり、いろいろな場所や時代に行ったりするシリーズの中で、本絵本は古い一枚の写真を手がかりに、曾祖父のいとこが暮らしたカナダの丸太小屋を探しに行くという設定である。原書は一九六七

年の出版なのでその頃のカナダの様子が描かれていることになる。

春が近いころ、モントリオールの空港にいたカロリーヌたちは、おまわりさんからケベックの歴史図書館で調べるとよいとアドバイスされる。ウィンター・カーニバル真っ最中のケベックの図書館では、北に住む先住民のミクマク族に聞くとよいと言われる。ミクマク族からカヌーを手に入れ、大酋長からの示唆で西に向って川を下っていく。途中、カヌーが水漏れで沈みかけたところをヘラジカに救ってもらう。岸で体を乾

かしていると、川を下って筏乗りがやってきた。

「このカナダのきこりたちは、水に浮かんだ丸太の上で上手にフランスをとりながら、製材所まで材木を運ぶのです。」（本文はひらがな）

カナダは、古くから木材供給の地であり、すでに一七世紀からイギリス海軍がマストにするホワイトパインの巨木をカナダ東部の森林に求めている。伐採されたマスト材は、筏にして周辺の川からセント・ローレンス川を下り、ケベックの港で大型帆船に積み込まれてイギリスへ向かった。

現在でもカナダは、森林面積、素材生産、木材輸出など世界有数の森林大国であり、森林認証制度等を積極的に取り入れ、持続可能な森林経営に努めている国である。なお、カナダ全体の森林を構成する主要樹種は二〇〇六年において、スプルースが四七％、ポプラが一三％、パインが一二％となっている。

次の日、カロリーヌたちは、カエデの林を見つける。カエデの幹

には小さなバケツが取り付けられ、メープルシロップとなる樹液が集められていた。そこへ男の子がやって来て、それを雪にこぼして固め、メープルキャンデーにする方法を教えてくれた。

メープルシロップは、春にカエデ（シユガーメープル）の幹から抽出したメープルウォーターを糖度が六六％になるまで煮詰め、濾過して不純物を取り除いてできる。メープルウォーターが採れるのは春の一〇～二〇日間の昼間のみであるうえ、煮詰めてメープルシロップになる量はその四〇分の一程度になってしまう。現在、世界中のメープルシロップのうち、約七割がカナダのケベック州で生産されている。

メープルキャンデーを食べた後、男の子について行くと、農場の納屋の中に保存されていたお目当ての丸太小屋を見つけたことができたのだった。

本絵本を通して、森林と密接に関わりながら暮らしてきたカナダの人々の生活の一端が読み取れるのではないだろうか。

改質リグニンの開発による 地域森林資源の活用

山田 竜彦

(国研) 森林研究・整備機構 森林総合研究所 新素材研究拠点 拠点長
リグニンネットワーク代表

〒305-8687 茨城県つくば市松の里1 E-mail: yamadat@affrc.go.jp



はじめに

林業から産する木質材料には、柱や板などの製材品、製紙用や燃料用チップなどがあり、加えて、おが粉、^{かんなくす} 鉋屑などもある。ここでは、木材の成分利用技術について紹介するが、その対象は基本的にはチップサイズ以下の端材や木粉である。そのため、この種の事業は追加型ビジネスであり、新たな売上を加えるものとして期待される。さて、ここで紹介するのは「リグニン」と総称される木材成分に関連する最新技術である。木材において成分利用の産業化が達成されているのは、繊維を利用する紙パルプ製造業であるが、リグニンは紙パルプ製造時には除去される成分で、本格的な利用がなされていない。紙パルプ製造の副産物としては変質が激しく利用価値の低いものであるが、本質的には高機能成分であるため、林業関係者が恩恵を受ける道もあるはずと考えた。そこで筆者は、各リグニンの特徴を整理するところから研究を開始した。その結果、「日本のリグニン資源」であるからこその独自性^{みいだ}を見出し、有用素材化に成功するとともに、一つの新しいコンセプトの発案に至った。そして、多くの賛同者を得て、新しい地域産業を目指した取組として進んでいる。その鍵となる新素材が「改質リグニン」である（写真①）。

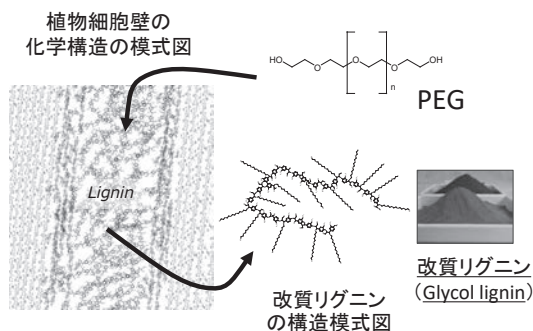


▲写真① 改質リグニン

日本独自のリグニン資源

林業サイドから見た「改質リグニン」の最大の特徴は、国産資源の担保、すなわち地域資源の自給である。その工業用素材としての生産は、現時点では日本のスギのリグニンからしか達成されない。そのため、中山間地域の活性化、地方創生へ直接貢献することが可能となる。これは効率など技術的な理由によるとの誤解もあるようだが、現実には、植物そのものの独自性によるものであり、スギリグニンは日本の固有種であるスギからしか取得できないためである。リグニンは植物の細胞壁を構成する成分の中で、ベンゼン環で構成されるある種の高分子の「総称」である。植物はそれぞれ異なるタイプのリグニンを持っており、その一つひとつが別物質で多様である。木材の主要3成分は、「セルロース」「ヘミセルロース」「リグニン」と表現される。このうちセルロースが素材名としても使われ

る化合物名のため、リグニンも同じであると誤解されることも多いが、リグニンは「総称」で素材名ではない。ここで言う「総称」とはどのレベルの意味合いかという点、よく知られるところの「タンパク質」や「炭水化物」と全く同レベルである。コラーゲンというタンパク質が美容に良いらしいが、それをすべてのタンパク質の機能と思う人はいない。それと同じで、後述する改質リグニンは素晴らしい新素材であるが、それはスギから作られる改質リグニンのみの特徴であり、他のリグニンにはあてはまらない。リグニンは陸上植物を、強く、しっかりした体にするために生まれた成分であるが、そもそも植物はそれぞれ異なるタイプのリグニンを作り、それを高度にコントロールすることで、自らの体を実に効率良く支えている。広葉樹などの被子植物のリグニンは特段に多様で、一本の木の中でも構造を多様化させている。これでは工業材料の原料としては適さないとも考えられる。一方、幸運なことに、日本のスギのリグニンはバラツキが少なく、工業材料の原料に不可欠な安定性に富んでいることがわかっている。これがスギリグニンの長所であり、これによって日本の山はリグニン資源において「宝の山」となっている。

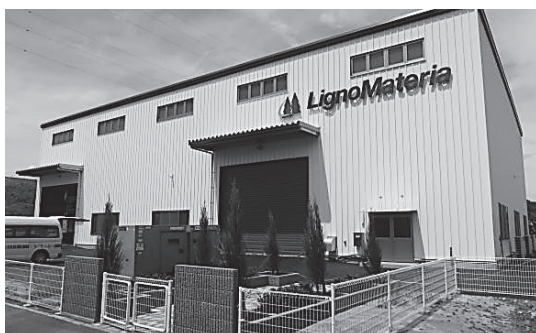


▲図① PEG中の分解による改質リグニンの調製

改質リグニンの開発

工業材料として管理できるレベルの安定したリグニン源の確保がなされても、使えるかどうかは、取り出す技術に依存する。リグニンは分解しないと取り出すことはできないが、分解する処理で激しく変質するため、リグニンを天然の状態に取り出すことはできない。これをもって、「人類はリグニンを取り出すことに成功していない」と説明する学者もいる。後述する改質リグニンやクラフトリグニンなども分解されたリグニン由来の変質物であり、リグニンそのものではない。リグニン分解において、変質や機能性の付与を気にせず効率性のみを求めれば、紙パルプ製造で多用される、強いアルカリの中で処理する方法が最適である。ただし、そこから取り出されたクラフトリグニンとよばれるリグニン由来物は、変質が著しく加工性を示さないため、高度利用することは困難である。そこで、新しい方法が模索された。理想としては、リグニンを分解しながら利用しやすい形に誘導していく手法が望ましい。そこで採用されたのがポリエチレングリコール（PEG）中での酸加溶媒分解である。

PEGは化粧品や家庭用の洗浄剤などにも多用されており、身近に使われている安全性の高い親水性の高分子である。木材との関係では、リグニンやセルロースとの相互作用が高く、木材中の水に置き換わってどんどん吸収されるため、保存剤として活用されている。PEG中での分解の場合、PEGに少量の酸触媒を溶かしたものに木材を浸漬して加熱すると、リグニンを分解すると同時にPEGで改質できることを見出した（図①）。分解されたリグニン由来部分はPEGと結合して物理特性が改質されているため、PEG改質リグニンとか、グリコールリグニンと呼べるが、略して「改質リグニン」と呼ばれ、広く知られるようになった。



▲写真② 改質リグニン製造実証プラント外観
(株式会社リグノマテリア)

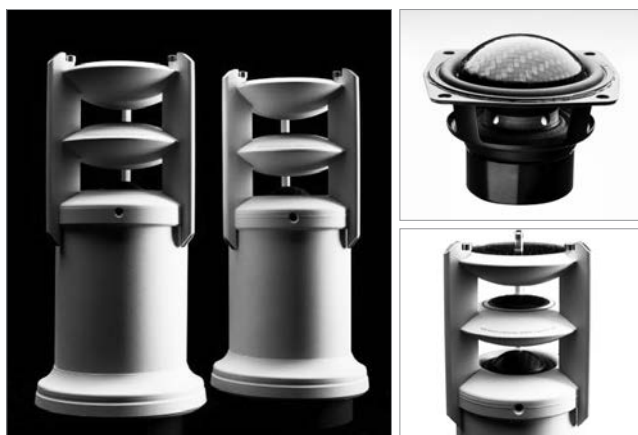


▲写真③ 内外装材に改質リグニンを導入した自動車
(Viewt, Mitsuoka Motor, 部材製造: 株式会社宮城化成)

改質リグニンの製造システムは、ラボレベルでの開発の後、森林総合研究所内にベンチプラントを設置して工業プロセス化への開発が進んだ。ベンチプラントではあるが、1バッチで50kgの木粉を処理できるスケールで、まとまった量の改質リグニンのサンプル生産も可能であり、後述のような改質リグニンを導入した製品開発も進んだ。プロセスを商用化するためには、ベンチプラントから実証プラントへのスケールアップにより連続生産などを達成する必要があり、林野庁の補助により実証プラント化が進められた。実証事業は株式会社リグノマテリアを中心に森林総研などが協力し、茨城県常陸太田市と常陸大宮市にまたがる宮の郷工業団地内に実証設備が設置された(写真②)。宮の郷工業団地は、木材関係の施設が集まる地域で、木材の集積される場所でもあり、プラントは日立造船が運営する木質バイオマス発電所に隣接した場所に建設された。この6月30日に竣工式が執り行われ、注目されたところである。今後ここでは、リグノマテリア社の事業として改質リグニンの実証生産が行われる予定である。

改質リグニンをを用いた製品開発

改質リグニンは、PEGの作用でこの種の天然の芳香族素材の中では世界最高レベルの加工性を持っている。それに加え、芳香族素材の特徴である高強度、高耐熱分野の材料の素材になり得る機能を持つので、実にさまざまな製品開発が進んだ。大きなマーケットとして注目されているのが、繊維強化材(FRP)のマトリックス樹脂としての利用である。FRPは、ガラス繊維や炭素繊維などの強化繊維をマトリックス樹脂と呼ばれるプラスチックで固めた高強度材料である。世間でいうところの「炭素繊維」は、炭素繊維強化材料(CFRP)を略した呼び方で、実際の炭素繊維は文字どおり炭素の糸のことであり、一般的なCFRP中の炭素繊維の量は約50%で、残りの半量はマトリックス樹脂である。改質リグニンは、このマトリックス樹脂の成分として優れた機能を発揮する。改質リグニンをマトリックス樹脂として導入したガラス繊維強化材料(GFRP)を用いて、自動車のボンネットなどの外装材とドアトリムなどの内装材に導入した自動車が、産業技術総合研究所、森林総研、(株)宮城化成、(株)光岡自動車の共同開発で制作された(写真③)。これは、リグニン系材料が自動車の外装材として導入された世界初のケースとして大いに注目された。FRPのマトリックス樹脂としての改質リグニンは、強化繊維と樹脂との相互作用を高め、強度を向上させる働きをすることが確認された。これにより同強度のFRPにおいて約20%程度の軽量化が達成できることがわかり、多くの材料業界から注目されている。



◀写真④ 改質リグニンCFRPをウーファークの素材として導入したスピーカー（左）、ウーファークユニット（右上）
（Egretta TS-A200, オオアサ電子株式会社）

その中で、コンパクトスピーカーのウーファーク（低音再生ユニット）に採用されたものは、オオアサ電子（株）により商用販売に至った（写真④）。コンパクトスピーカーのウーファークは激しく歯切れのよい振動により重低音を奏でることが可能で、できるだけ薄く、極めて高強度である必要があり、最適材料として改質リグニンCFRPが採用された。製品は、「“超”モノづくり部品大賞」で入賞したほか、東京オリンピックにあわせて東京スカイツリーで開催された「Society5.0 科学博」での各ブースの公式スピーカーシステムにも採用されるなど、極めて高い評価を得ている。

改質リグニンのコンセプト

改質リグニンの製造は、原料としてリグニンが安定しているスギ材が必要であることもあり、国内の林業ビジネスとの組み合わせが最適となる。製造工程のうち主反応が沸点の高いPEG中の反応であるため、耐圧反応容器を要しないなど、工場の基本プロセスは安全性に配慮したものにデザインされ、中山間地域への導入も可能となっている。モデルとしては、製材工場へ併設し、鉋屑やおが粉などの端材を用いる追加型ビジネスである。この製材工場隣接モデルでは、基本的に既存の製材ビジネスはそのまま、端材から有価物を得ることとなり、収益増加が期待される。一方、木質バイオマス発電所に併設するモデルも想定されている。発電の場合、現状の発電ボイラーに投入して熱を回収できる原料形状はチップに最適化されており、木粉を投入しても熱生産としての効果が少ない。そこで、燃焼用チップ製造の際に副産してしまう大量の木粉の有効利用法として改質リグニン生産は有効となる。

改質リグニンに関する新たな産業創出には需要と供給を同時に確立することが重要である。そこで、改質リグニンのビジネスに関心のあるすべての人々を結びつけるため、「地域リグニン資源開発ネットワーク（通称：リグニンネットワーク）」が組織された。リグニンネットワークの“ネットワーク”とは、“人と人との生の結びつき”のことである。会員用のセミナーや公開シンポジウム、動画コンテンツの発信などの活動を行っている。産業界からの関心は高く、既に法人会員は150社を超えている。リグニンネットワークの正式名に「地域」が入っているのは、地域産業創出を示唆するものである。筆者はリグニンネットワークの代表として、少しでも多くの人々がプレーヤーとして改質リグニンに関する実ビジネスの創出に携わっていただきたいと願っている。（やまだ たつひこ）

身近な木質資源からの セルロースナノファイバー製造と 利用技術の開発

下川知子

(国研) 森林研究・整備機構 森林総合研究所 森林資源化学研究領域 多糖類化学研究室長
〒305-8687 茨城県つくば市松の里1
Tel 029-829-8271 E-mail: tshimo@ffpri.affrc.go.jp



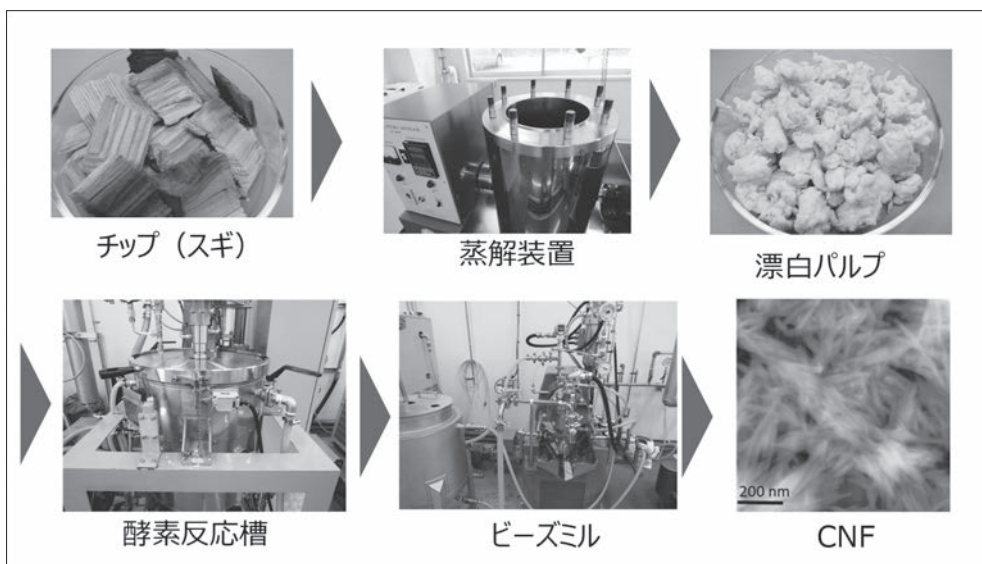
環境にやさしいセルロースナノファイバー

森林から生産される木材は、有限な化石資源と違って再生産可能であり、世界的な環境危機克服に向けたゼロエミッションの達成やSDGsへの貢献が求められる社会において、そのさらなる利活用が求められています。木材を構成する成分の中で、セルロースは最も多い40～45%程度を占めており、木材が示す軽くて丈夫な性質に深く関与しています。この、地上で最も多く存在する再生可能資源であるセルロースは、製紙原料のパルプとして多量に使用されているほか、再生セルロースやセルロース誘導体などとしても幅広い産業分野で利用されています。近年、紙の需要量が低下しており、パルプの新しい用途としてセルロースナノファイバー(CNF)が着目されています。CNFは木材由来のため環境にやさしく、さまざまな産業素材に配合させて物性を飛躍的に向上できる魅力的な特徴を有していることから、産官学が連携して研究開発を推進し、車のタイヤ、靴のソール、ボールペンのインクなどで社会実装され、身近な素材となってきました。

CNFによる素材の物性向上

セルロースの繊維をナノレベルにまでほぐしたものがCNFで、その中で最も細いものはセルロースマイクロフィブリルという幅が3～4nmの繊維です。極細の、長い繊維であるため表面積が増大し、繊維の表面に露出した水酸基が水分子との相互作用を示すことで低濃度でも高粘度な懸濁液となります。CNFには軽量、高強度、低い熱膨張性などの特徴があり、ポリプロピレン(PP)をはじめとする樹脂へ数%配合することで強度が向上するなど、複合化物の物性を改善する効果が明らかとなっています。特に、CNFの表面にカルボキシ基やリン酸基などを導入した化学改質CNFでは多くの応用例があり、すでに製紙会社による年間製造500t規模の工場が立ち上がっています。

CNFは製造方法によって多くの種類があり、それぞれに性質が異なります。化学改質されたパルプを原料としたCNFと未処理のパルプをナノ化(超微細化)したCNFでは繊維幅の分布に違いが生じます。また、ナノ化の方法も多様でそれぞれに特徴があり、さらに同じナノ化方法を実施したとしても、使用したパルプの製法および原材料の違いによって、厳密に言えば全く同じCNFとはならないことが明らかになっています。化学改質されたCNF懸濁液は、高い透明性を示します。一方、機械による物理的な解繊方法でナノ



▲図① 一貫製造による地域材からのセルロースナノファイバー（CNF）

化した CNF の懸濁液は、白濁していることが多いです。物理的解砕処理による CNF は、化学処理をすることで繊維同士の凝集を防いでいる化学改質 CNF より繊維幅の分布が広く、一部に太めの繊維を含むために透明性が低くなる傾向がありますが、均一な混合が可能です。近年、ナノ化よりも繊維の解繊程度が低い、ミクロンサイズのセルロースファイバーを用いて樹脂とうまく混練させ、製品の軽量化を達成した製品も出てきています。CNF それぞれの特徴を理解し、最終製品に適した選択が重要です。



▲写真① CNF製造技術実証施設
（森林総合研究所内ベンチプラント）

一貫製造プロセスによる、スギやタケからの CNF 製造

地域で得られる森林資源を持続的に活用する資源循環型社会を目指す考え方として、2017年に農林水産省および経済産業省より「地域内エコシステム」の考え方が示されました。同システムの目指す方向性として、地域住民が受益できるコンパクトな地域循環型のシステムとすることや、山村の振興、地域経済の発展のために木材のマテリアル利用とエネルギー利用の両方を進めていくことなどが整理されました。木材の新しいマテリアル利用として期待される CNF を用いて新しい製品を検討しようとする場合、大量生産されている CNF を利用することが多いですが、身近に得られる国産材を原料に、CNF を中小規模で製造し、利用する技術開発も必要でした。森林総合研究所では、2014年度より林野庁補助事業によって一貫製造（図①）を可能とするベンチプラントを設置し（写真①）、スギを中心とした地域材からの CNF 製造と利用技術の開発に取り組みました。

一貫製造プロセスで CNF を製造するには、まず木質資源からセルロースをパルプとして取り出すことが必要です。硫黄等の強い臭気を発生させず、大掛かりな設備を必要としない方法として苛性ソーダ（水酸化ナトリウム）を用い、蒸解補助剤として芳香族に属す

る有機化合物であるアントラキノンを使用して木材をパルプ化（蒸解）する、ソーダ・アントラキノン蒸解法を採用しました。スギの切削チップを原材料とする場合、対チップあたりアルカリ濃度を 24%、アントラキノンを 0.1% 添加して 170℃ で 150 分間の蒸解を行いました。一方、広葉樹の場合にはアルカリ濃度が 18 ～ 23%、アントラキノン添加量は 0.05%、150℃ で 90 ～ 120 分間の蒸解を行います。蒸解後のパルプは薄茶色であるため、次の漂白工程で最終製品に適合する白色度へ調整します。漂白にもさまざまな選択肢があり、酸素ガス、過酢酸、過酸化水素を用いた漂白を実施しました。この一貫製造プロセスの製造コスト試算では、設備費が大きな割合を占めたため、設備費の低減と、工程の簡略化に向けて漂白工程を見直し、過酢酸のみで漂白を行う方法を検討しました。簡略化したパルプ製造条件では、上述した蒸解条件よりもアルカリ濃度を上昇させて、簡略化前と同等の品質を担保しました。



ナノ化には、酵素処理を併用した湿式解砕を採用しました。丈夫なセルロース繊維をほぐすには大きなエネルギーが必要ですが、自然界ではさまざまな生物がセルロースを分解してエネルギー源に利用しています。セルロースを分解する酵素のひとつにエンドグルカナーゼがあり、セルロースの全体構造を緩める役割を担っています。エンドグルカナーゼは、この働きを利用して衣類用洗剤にも使用される酵素です。この酵素製剤を用いてパルプを前処理した後、直径 1mm のジルコニア製ビーズを使用した循環型ビーズミルによる湿式解砕を実施しました。得られた CNF 懸濁液は、白濁で粘性を有したものとなりました（写真②）。

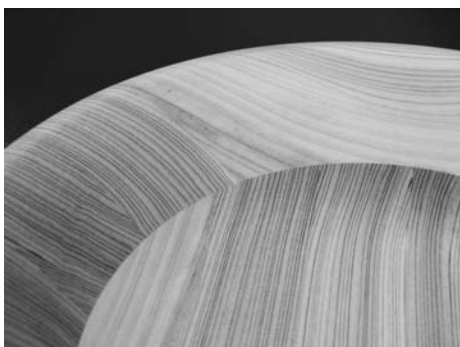
これまでにスギだけでなく、ヒノキ、ヒバ、タケ、サクラ、ナラ材等よりパルプを調製してナノ化を行い、スギとタケから製造した CNF では、各種の安全性試験を実施して問題のないことを確認しました。製造された CNF の応用として、増粘多糖類としての利用、繊維用ポリプロピレンとの混合による繊維性能の改質、木材用塗料の性能向上、地盤改良材での高強度化などの可能性を見出しています。

木材用塗料への展開

一貫製造プロセスで簡便に製造した CNF は、水懸濁状態で製造されます。この CNF 懸濁液の用途として、木材用水性塗料への配合を検討しました。近年、揮発性有機化合物の使用量を低減させる目的などから水性塗料の使用が増加しており、水懸濁状態の CNF と水性塗料は相性が良いと考えました。木材塗装では、一般的に基材となる木材へ下塗り、中塗り、上塗りを行います。そこで、下塗り用塗料と上塗り用塗料へ CNF の配合を検討しました。

まず、CNF 懸濁液と水性樹脂を均一に混合する必要がありますが、原料であるパルプの粘度を銅エチレンジアミン法で測定した場合に、製紙用の一般的なクラフトパルプと比較してソーダ・アントラキノン蒸解法で製造したパルプのほうが低粘度であり、そのパルプから製造した CNF を用いたほうが、容易に均一な混合状態となりました。そのため、スギチップを原料として、粘度が低めとなるパルプの製造条件を選択しました。

次に、調製された試験用の CNF 配合塗料を試験板に塗装し、人工太陽光と人工降雨を暴露させる促進耐候性試験を実施しました。その結果、CNF を配合した上塗り用塗料の塗膜は、



▲写真③ CNF配合下塗り用塗料を使用した
木製食器の表面



▲写真④ CNF配合下塗り用塗料を使用した
木製フェンス

微細な割れなどの表面欠損が少ない傾向が認められました。また、下塗り用の塗料へ CNF を配合させることで、塗膜の変色を大幅に抑制する効果が明らかとなり、透明から半透明の上塗り塗装を行った場合には基材が持つ木目の風合いを長期間維持できることがわかりました。CNF 配合により紫外線や酸素といった環境劣化要因を防ぐことができ、結果として塗膜全体の安定化につながったと考えています。この特性に着目し、CNF 配合の下塗り用塗料を使用したベンチや木製の食器（写真③）、フェンス（写真④）などへの試験塗装を行いました。写真に示した例では、木目を覆い隠さず、木の持つ美しさが活かされています。実際に屋外に設置した塗装木製フェンスなどでは、経年変化の観察も行っています。

木造建築、木製品の普及は今後、さらに進むと考えられます。CNF 配合塗料を利用することで木製品の耐久性を高めて製品寿命を延ばすとともに、とくに屋外に設置するベンチやウッドデッキのような製品の塗り替えが必要となる期間を延ばすことで、メンテナンスの負担軽減が可能となります。このことは、木製品がさらに普及し、CNF および木材の需要を増加させる一助になると思われます。民間企業と共同で開発した、この CNF を配合した下塗り用塗料（CNF シーラー）は、現在市販されており入手することが可能です。

CNF への期待

今後、セルロースを中心とした木材の繊維をほぐして利用するための研究開発は続いていくと考えられます。2020 年に決定された「革新的環境イノベーション戦略」では、多種多様な素材を再生可能なバイオマスへ原料転換する目標が示されており、CNF は引き続き注目される素材です。大量製造される CNF と比較して、中小規模で製造する CNF は価格上不利との意見もありましたが、用途ごとに必要とされる CNF の特性が異なっており、特定の製品に特化した CNF に需要があることや、多様性に富む天然資源を原材料として特定の CNF を得るためには製造条件の最適化が必要であり、地域資源がまとまった量で得られない場合もあることから、中小規模での製造に対応し、カスタマイズ性に優れた一貫製造プロセスに利点のあることが示されました。さらに、CNF はごくわずかな量の添加で効果を発揮できるため、その特性を活かした用途に用いる場合にはコストアップを吸収できる可能性がわかってきました。地域で搬出される樹種や資源量に合わせたパルプ化と、目的に合わせたナノ化条件で製造した CNF は、さまざまな用途への展開が可能な環境に配慮した素材です。バイオエコノミーの達成が強く意識されている社会的背景からも、今後さらに CNF の持つポテンシャルが、中山間地域の活性化と循環型社会の構築に貢献することを期待します。

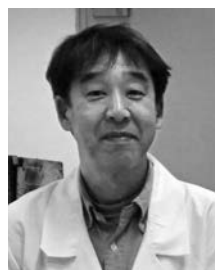
（しもかわ ともこ）

メカノケミカル処理による アセチル化木粉の製造と利用

栗本康司

秋田県立大学木材高度加工研究所 教授
〒016-0876 秋田県能代市海詠坂 11-1

Tel 0185-52-6900 Fax 0185-52-6924 E-mail: kuri@iwt.akita-pu.ac.jp



木材の化学修飾とは

大気中の二酸化炭素を固定した木材を長期にわたって利用することが、地球温暖化の進行抑制に寄与します（炭素貯蔵効果）。このことから、建築や家具などの従来用途に加え、建物の外構部材や土木用資材などへの木材利用を更に広げることが求められています。しかしながら、屋外の使用環境では、干割れや腐朽、シロアリによる虫害などにより「耐久性」が低下することがいちばんの課題であり、これを克服する研究開発がさまざまに進められています。

木材が水や湿気により「狂う」、あるいは、腐朽菌により「腐る」といったことを改善するために、木材が本来持つ性質を化学的手法を用いて改良することが一つの解決策として行われます。これは、木材の主成分であるセルロース、ヘミセルロース、リグニンに何らかの化学的变化を生じさせることで、親水性サイトを削減して吸湿を抑制するとともに、腐朽菌やシロアリが分解・資化することができなくなり、結果として「防腐・防蟻^{ぼうぎ}」性能が付与されます。

通常、主成分を化学的に変化させるには、木材中の水酸基を「化学修飾」します。親水性の水酸基を多様な官能基に置き換えることで（置換）、その種類や置換される割合（置換度）に応じて木材の吸水・吸湿性能や防腐・防蟻性能が著しく変化します。

本報では、木材と無水酢酸を反応させることにより、木材中の水酸基を疎水性のアセチル基に置換する手法（アセチル化）、ならびに得られたアセチル化木粉を用いた複合材料について紹介します。さらに、アセチル化木粉の熱特性に注目した材料開発についても紹介します。

メカノケミカル処理によるアセチル化木粉の調製

木材をアセチル化するには無水酢酸を用います。反応では水酸基（Wood-OH）の水素がアセチル基（CH₃CO-）に置換され（Wood-O-C(=O)-CH₃）、反応後に酢酸が遊離します。反応促進に触媒を用いることもあります。副生する酢酸とともに洗浄等で取り除きます。また、従来のアセチル化では、処理した木材を壁面材や床材などにソリッド（無垢）で使用することを目的としていたため、無処理の板材を無水酢酸溶液に浸漬して処理する方法（液相法）と、耐圧容器内で無水酢酸の蒸気で処理する方法（気相法）に大別されます。



▲写真① アセチル化に用いた高速振動粉碎機と処理容器の外観

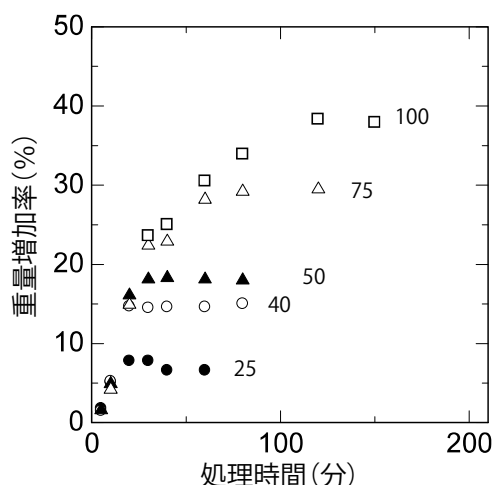
一方、我々はアセチル化処理した木材をポリプロピレン等の汎用プラスチックと複合材料化（木材-プラスチック複合材，WPC）することを目的としたため、上述とは全く異なるアセチル化方法を検討しました。

新しく開発した手法では、木材を粉碎機で微粉碎すると同時にアセチル化を行います（メカノケミカル処理¹⁾）。この処理法では、ソリッドの木材とは異なり粉末状のアセチル化木粉が得られ、これをプラスチックと混練するWPC化において多くのメリットが見出されています。

それでは、メカノケミカル処理によるアセチル化の基本的な流れを見てみます。写真①は、高速振動粉碎機と処理容器です。アセチル化は、この処理容器に木粉（全乾）、無水酢酸、触媒を入れることから始まります。そのあとは装置に容器をセットし所定時間粉碎を行うだけです。反応後、得られた微粉碎物を取り出して水洗浄し、乾燥重量を測定します。ここで、アセチル化が進行すると水酸基の水素原子がアセチル基に置き換わることで分子量が増します。従って、処理後の「重量増加率」は木粉のアセチル化度を知る目安となり重要な管理指標となります。

図①に処理時間と重量増加率の関係を無水酢酸添加量別に示します。いずれの無水酢酸添加量においても短時間で効率よくアセチル化が進むとともに、試薬添加量に応じて得られる最大の重量増加率が異なっていることが読みとれます。ここで、反応試薬の添加量が少ないほど得られる重量増加率が低く、かつ処理時間が長くなっても一定の値を維持していることは、添加した試薬のほとんどがアセチル化により消費されたことを意味します。つまり、必要とする重量増加率を得るための薬剤量および処理時間が管理できるということは、工業化において重要なポイントとなります。

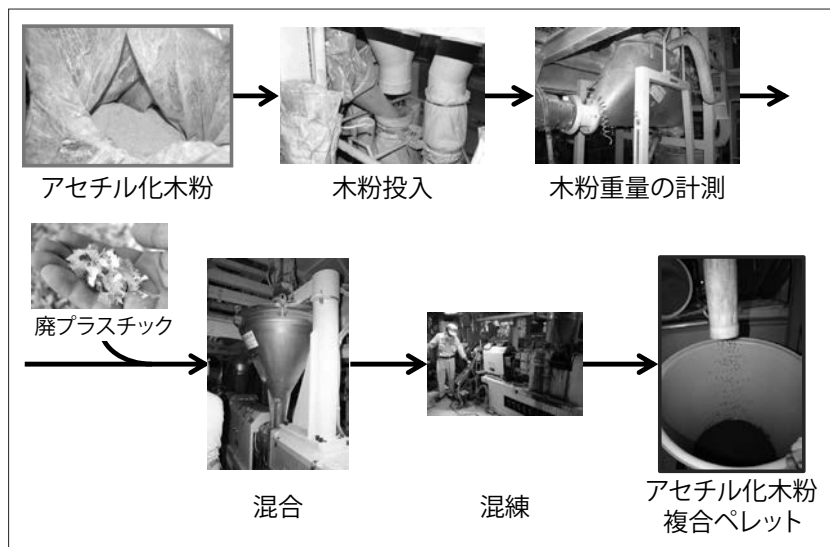
さらに、メカノケミカル処理の可能性を見出すことを目的に、導入する官能基の分子量依存性や、カルボキシル基、ベンジル基など異なった官能基の導入を検討しました。一方、アセチル化木粉の量産に関しては、100リットル容量のボールミル装置でも高速振動粉碎機と同等の重量増加率を持つアセチル化木粉が調製できました（1バッチの処理木粉重量：5kg²⁾）。しかしながら、粉碎効率の面では、処理に要する時間が十数時間と長くなる結果となりました。こうしたことから、ボールミルと比較して効率のかつ低コストに微粉碎物が製造できるリング媒体粉碎機（タンデムリングミル³⁾）を用いたアセチル化木粉の量産化を現在検討しています。



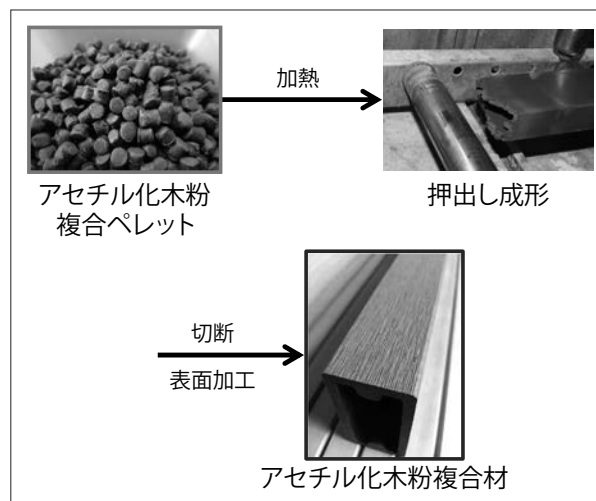
▲図① 処理時間と重量増加率の関係
図中の数値はスギ木粉100重量部に対する無水酢酸の比率を表す。

アセチル化木粉を用いた複合材料

廃ポリプロピレン樹脂と木粉から WPC を製造する工場において、ボールミル装置で量産したアセチル化木粉を原料にアセチル化木粉複合材を実機製造しました（図②，③）。試験では、木粉の流路にアセチル化木粉を手投入することで原料の切り替えを行ったのち、通常の生産設備をそのまま用いてアセチル化木粉複合ペレットが製造されました。さらに、アセチル化木粉複合ペレットは、押出し機で成形されたあとに切断・表面加工されました。特に、アセチル化木粉の使用によりに混練中の熔融粘度が従来品と異なりましたが、十分に制御可能な範囲であり、不良品を出すこともありませんでした。



▲図② アセチル化木粉を用いたペレット製造



▲図③ アセチル化木粉複合材の押出し成形と表面加工

得られたアセチル化木粉複合材（木粉率 55%）の曲げ性能は、アセチル化の程度に影響を受け、重量増加率が 31% のアセチル化木粉の場合に従来品（コントロール）よりも有意に低下しました。しかしながら、これより小さい場合（重量増加率が 29% と 20%）には同等、もしくは上回る性能を示しました。また、耐久性に影響を与える吸水試験（煮沸試験）では、アセチル化の程度が増すに従い大きく向上し、重量増加率が 29% 以上では、吸水率がコントロールの 44% に、膨潤率が 33% にまで抑制され、実機製造した WPC に優れた寸法安定性の発現が実証されました。

アセチル化木粉の熱特性を活かした複合材料

有機物である木材は熱に晒されると分解（熱分解）を始めます。酸素が十分にある状態では煙とともに炎を出して燃えることは皆さんご存じのことと思います。酸素が制限された状態においても熱分解は進行し、180℃程度から重量減少を始めます。こうしたことから、ポリプロピレン樹脂と木粉から製造する WPC では、熱分解が小さい温度域で、なおかつ短時間に混練や押し出し成形が行われます。一方、アセチル化木粉は、吸水・吸湿抑制効果に加えて熱特性が向上し、熱分解が始まる温度域を無処理木粉よりも高くすることができます。このことは重要で、高い混練温度と成形温度を必要とする樹脂に木材を複合できることを意味し、多様な製品への展開が期待できます。

現在、我々の研究グループでは、アセチル化木粉を原料とした複合材料を自動車部品へ適用することを最終目的に研究開発を進めています⁴⁾。その開発のターゲットは、自動車のエンジンルーム内において熱や薬品に晒される部位に使用可能な材料であり、加工温度が高いポリアミド樹脂（約 230℃）などとの複合材料化にあります。これまでに混練および射出成形を行ったところ、アセチル化木材の熱分解による焦げや揮発成分の発泡による表面汚損などは発生せずに加工することができました。また、物性評価では耐衝撃性が低下するものの、引張り強度や曲げ強度などの機械的特性の向上が認められました。こうした検討をとおして、エンジンカバーといった部品への適用の可能性が明らかになっています。

現状の課題や展望

アセチル化は木材の化学修飾において代表的な処理であり、古くから継続的に研究が行われてきました。多くの知見の蓄積から、気相法でアセチル化したラジアータパイン材は、「アコヤ（ACCOYA®）」として市販されています。一方、メカノケミカル処理によるアセチル化木粉は、樹脂との複合材料化において優れた加工性と物性を示すことが認められつつあります。今後、材料性能をさらに高めていくことはもちろんのこと、量産化に関する装置やシステムの開発が望まれます。

（くりもと やすじ）

《引用文献》

- 1) Kurimoto Y., Sasaki S. Preparation of acetylated wood meal and polypropylene composites I: acetylation of wood meal by mechanochemical processing and its characteristics. Journal of Wood Science. 2013, 59 : 209-215.
- 2) Kusumoto N., Takata K., Kurimoto Y. Mechanical properties and dimensional stabilities of wood-polypropylene composites prepared using mechanochemically acetylated Japanese Cedar (*Cryptomeria japonica*) wood meal. BioResources. 2016, 11 (2) : 3825-3839.
- 3) <https://www.bepa.jp/trm/>
- 4) <https://www.rinya.maff.go.jp/j/kaihatu/newb/attach/pdf/material-23.pdf>

木質 LVP による森林資源の活用

足立幸司

秋田県立大学木材高度加工研究所 准教授

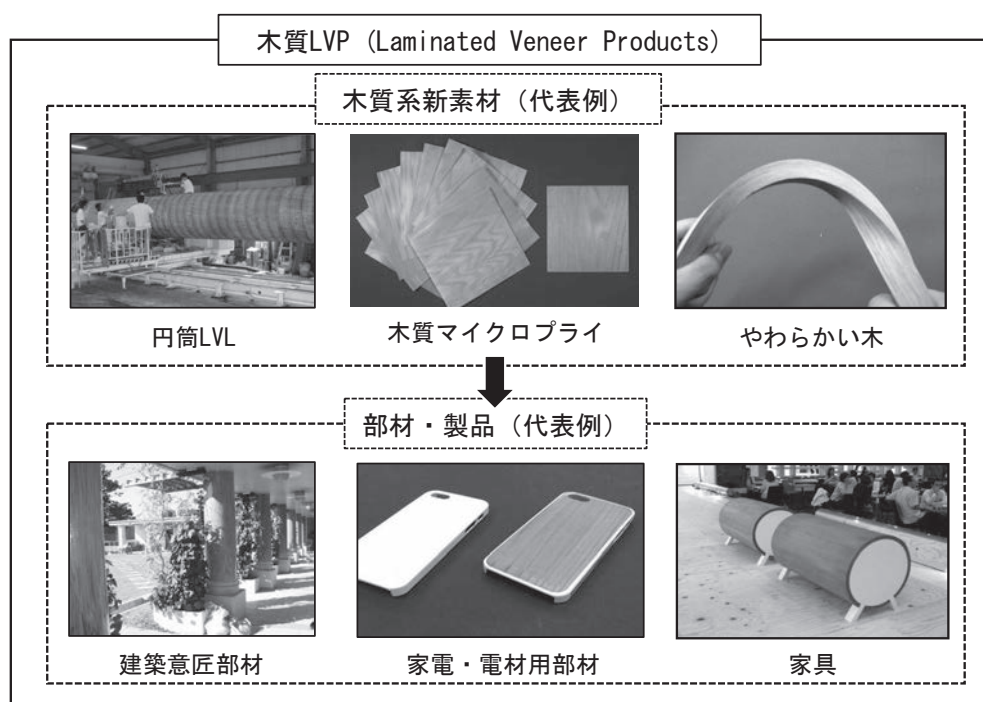
〒016-0876 秋田県能代市海詠坂 11-1

Tel 0185-52-6900 Fax 0185-52-6924 E-mail: kadachi@iwt.akita-pu.ac.jp



木質 LVP とは

LVP は Laminated Veneer Products の略号で、単板を積層接着して作られる工業生産物を指します。学術論文では散見される用語ですが定義は曖昧で、国内では浸透していません。秋田県立大学木材高度加工研究所（木高研）は開所以来、円筒 LVL（Laminated Veneer Lumber, 単板積層材）、木質マイクロプライ（薄単板積層材料）、やわらかい木など、単板を活用したさまざまな木質系新素材を開発し、多様な用途に合わせた部材開発も進めてきました。そこで、図①のように、これら一群の単板積層系素材と部材・製品の総称を木質 LVP と定義し、森林資源のフル活用に向けた新たな取組のキーワードに掲げています。



▲図① 木質LVPの概要

単板活用の意義

単板には、丸太や製材をノコギリや丸ノコで切削して得られる「挽き板」と、丸太を回転させながら“かつら剥き”と同じ要領で帯状に切削して得られる「レース単板」、製材を削ぐようにスライスして得られる「突き板」の3種類があります。一般的な厚さは、挽き板>レース単板>突き板で、突き板になると厚さ0.15mmの単板が得られ、これは葉書や名刺用の紙よりも薄い素材になります。

単板の利点としては、主に次のようなものがあります。

- ①縦継ぎや幅^{はば}はぎ加工することで原料となる丸太（原木）よりも長大な面が作れること
- ②薄いほど曲げやすくなり、平面部材だけでなく湾曲部材としても使えること
- ③木目や色味が良質な原木は薄くスライスして製造枚数を稼ぐことで、表面化粧材として有効に使えること
- ④薄い単板ほど乾燥や染色等の調色あるいは防腐薬剤や難燃薬剤などの含浸処理などの木材加工が容易であること

木高研ではこれら単板の利点に着目し、図①で示したようなさまざまな木質系新素材を開発してきました。開発の原点には、「単板は私たちの暮らしにもっと役立てられるのではないか？」という問いがあります。

木質 LVP に関する具体的な取組

木質 LVP の主要な取組の一つとして、プラスチック部材から木質部材への転換といった単板の活用分野の再評価や、同じ単板でも輸入材から国産材への転換による原料調達の安定性の確保、あるいは未活用な森林資源の単板としての利用可能性評価があります。

私たちは日々、シート系素材で作られた製品の恩恵を受けながら生活しています。書類、カード類、衣類、包装類、さらに、薄肉形状の成形容器や曲げ加工された部品など次々に列挙できます。これらに使用されている素材は紙や木綿といった天然資源系、プラスチックに代表される化石資源系、金属などの無機系などさまざまで、プラスチックフィルムをラミネートした紙など、異素材の複合積層材も広く使われています。しかし、資源の枯渇や環境負荷の増大が懸念される社会で、私たちは現状のシート系素材を真にスマートに使いこなせているのでしょうか？ こうした疑問は、「もしかしたら、単板でも使用には十分だったたり、むしろ単板のほうが機能や環境配慮の点で優れていたりする部材・製品が、右肩上がりの経済成長時代に成立した生産システムに適合せず、その可能性を十分発揮できないままになっているのでは？」という可能性が否定できないために生じるものだと考えます。

木質 LVP のもう一つの主要な取組として、単板でしかできないユニークな製品や体験の提案があります。冒頭に述べたように、円筒 LVL や木質マイクロプライ、やわらかい木などの木高研究のオリジナル素材です。

以下、各素材の特徴や実用化事例を紹介します。

円筒 LVL は、厚さ数ミリ（主に3～5mm）のレース単板を、金属の円筒芯に接着剤を塗布しながら何層も巻いて作ります。単板をテープ化する技術と、連続的に巻き付ける技術を確立することで、大径・長尺の円筒を製造できます。単板は、小径木や曲がり木を原料にできるので、森林資源の有効活用にも貢献します。また、割裂強さや寸法安定性を良



(a) 単板の交差積層



(b) 時代劇のセット



(c) 公共施設の内装

▲図② 円筒LVLと実用化事例

くするために、図② (a) のように、単板は一層ごとに繊維方向をクロスさせて巻いています。円筒 LVL は、化粧柱等の内装によく使われ、本物の木材の質感と運搬のしやすさが評価されて時代劇のセットに使われたり、輪切りにして使われたりといったユニークな使用事例が出てきています。

木質マイクロプライは、厚さ 1mm 以下の薄い突き板を多層積層した素材です。最大の特徴は、接着剤使用量の少なさにあります。合板や集成材で使われる接着剤の 1/10 ～ 1/20 に相当する微量な接着剤を安定塗布する技術確立し、多層積層でありながら、木材の軽量性や強度特性を損なうことのない新しい素材になっています。p.20 図①で示すように家電・電材用部材で一般的に使用されるプラスチックの射出成形部品の一部に木質マイクロプライを採用することで、プラスチックの減量と木材独特の質感が同時に得られます。

やわらかい木は、常温で曲げたり捻^{ねじ}ったりできる新素材です。やわらかさのひみつは、薄い単板をゼリーのような軟らかい接着剤で貼り合わせた構造にあります。積層した単板がお互いにズレても、バラバラにならずにくっついている特殊な樹脂材料を使っています。単板の樹種や厚さ、接着剤の組み合わせでしなやかさを変えることができ、家具のクッション材や衝撃吸収材などの応用開発が進んでいます。

今後の展開

単に LVP ではなく木質 LVP とした理由は、今後、木材以外の異種材料との複合化が積極的に進んでも、“木材の活用を通じた暮らしの豊かさの追求を掲げた製品群”であることを示すためです。また、木高研の所在する秋田を含む東北地方はブナやミズナラに代表される広葉樹資源が豊富であり、針葉樹材を含めた地域産原木の付加価値向上に向けた単板利用を産学連携で進めるべき課題としています。木材の便利な利用形態として、単板が広く認知され、多彩な製品が世に出てくることを願いつつ、今後も研究に邁進^{まいしん}したいと思っています。

(あだち こうじ)

統計に見る 日本の林業

森林・林業白書キャラクター
「きぐりー」



令和2年度 森林・林業白書より

木材供給量と 木材自給率の推移

(要旨) 国産材供給量は、平成14(2002)年を底として増加傾向にあり、令和元(2019)年は前年比2.6%増の3,099万 m^3 であった。

木材自給率は37.8%(用材部門では33.4%)となり、9年連続で上昇した。用途別にみると、製材用材は51.0%、合板用材は45.3%、パルプ・チップ用材は15.0%、燃料材は66.7%となっている。

我が国における国産材供給量は、森林資源の充実や合板原料としてのスギ等の国産材利用の増加、木質バイオマス発電施設での利用の増加等を背景に、平成14(2002)年の1,692万 m^3 を底として増加傾向にある。令和元(2019)年の国産材供給量は、前年比2.6%増の3,099万 m^3 であった(図①)。用材部門では、前年比0.5%増の2,381万 m^3 となっており、その内訳を用途別にみると、製材用材は1,288万 m^3 、合板用材は475万 m^3 、パルプ・チップ用材は465万 m^3 となっている。

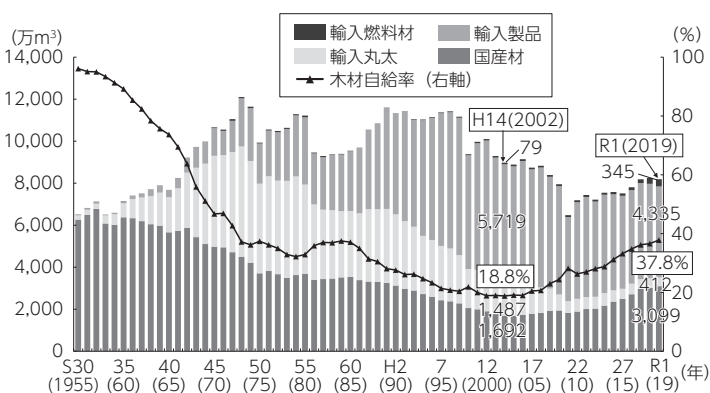
樹種別にみると、製材用材の約8割がスギ又はヒノキ、合板用材の約8割がスギ又はカラマツ、木材チップ用材の約4割が広葉樹、約3割がスギとなっている。

我が国の木材自給率は、昭和30年代以降、国産材供給の減少と木材輸入の増加により低下を続け、平成7(1995)年以降は20%前後で推移し、平成14(2002)年には過去最低の18.8%(用材部門では18.2%)となった。その後、人工林資源の充実や、技術革新に

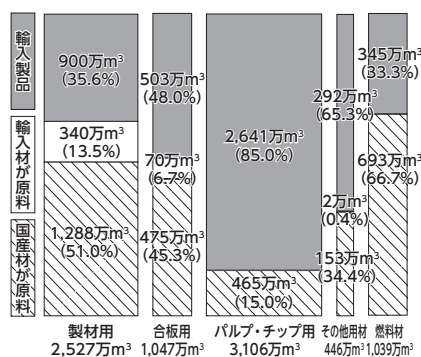
よる合板原料としての国産材利用の増加等を背景に、国産材の供給量が増加傾向で推移したのに対して、木材の輸入量は大きく減少したことから、木材自給率は上昇傾向で推移している。令和元(2019)年は、丸太輸入量が減少するとともに、燃料材の需要及び国産材供給量が増加した結果、木材自給率

は前年より1.2ポイント上昇して37.8%(用材部門では33.4%)となり、9年連続で上昇した(図①)。

木材自給率を用途別にみると、製材用材は51.0%、合板用材は45.3%、パルプ・チップ用材は15.0%、燃料材は66.7%となっている(図②)。



▲図① 木材供給量と木材自給率の推移
資料：林野庁「木材需給表」



▲図② 令和元(2019)年の木材需給の構成

- 注1：しいたけ原木については省略している。
 注2：いずれも丸太換算値。
 注3：計の不一致は四捨五入による。
 注4：「パルプ・チップ用」のチップ及び「燃料材」として使用されるチップは、丸太を原料として製造されたチップに限る。

資料：林野庁「令和元(2019)年木材需給表」

研修そして人材育成

第38回 手間隙をかけずに 人が育つか！

何度も書いてきたので「くどい！」と思われるだろうが、基礎技術すら修得させず、伐倒業務に従事させることが常態化しているので、今の林業に必要な研修について整理してみた。

新人を伐倒に従事させる前には、“伐倒が多くの危険を孕む作業であることの【学習】”と、“伐倒基礎技術の【修得】”が欠かせない。それらは、従来行われてきた研修内容を踏襲するのではなく“人命第一”の観点から抜本的に見直した内容であることが望ましい。その理由は二つある。一つは過去20年間ほど死亡災害の発生率に安定した減少傾向が見られない、つまり安全対策の成果が思わしくないということ。もう一つは、死亡災害の3分の2が伐倒作業に起因していること、つまり伐倒に失敗して多くの命が失われていること、すなわち、伐倒技術を修得する訓練が行われていないか、訓練が適切でないことの証とも考えられることだ。その根拠は、私が研修会で行う「できてないじゃん！体験」の結果だ。10m先の目標点を狙って作った受け口の精度をレーザーで示し、目標点からのズレを1cm刻みで測定する。これまでに十数県約200名の林業従事者（大半が林業歴5年以上）が試みたが、助言なしでズレ幅ゼロを狙えたのは2名である。1m程度ズレることは当たり前で、2～3mズレる受講者も珍しくはない。「出鱈目を言うな！」と拒みたい気持ちはわかるが、不都合でも不愉快でも現実を受け入れなければ次の一步は踏み出せないのだ、「なんとなんとなん、はず？ だろ？」という思い込みは捨て、林業事業体の経営者以下管理職、林政、厚労省および外郭団体の各位には、残念な事実を直視し、技術修得のこれまでと今を省み、同じ轍を踏み続けぬよう、“人命第一”の観点で施策や事業を組み立て直す勇気を持っていただきたい。

私が知る限り、必要十分な伐倒基礎技術を修得させる職業訓練は存在しない。「特別教育」を受講させて良しとする勘違いが蔓延しているが、冗談ではない。特別教育は危険な業務に就かせる前に経営者が雇用者に大まかな知識を学ばせる場なので、特別教育受講後すぐに林内で立木を伐らせるのではなく、基礎技術を修得（仮免許）した後に立木の伐倒訓練（路上教習）をさせる手順が欠かせないはずである。しかし、そのような手順を踏んだ学びの場は稀有である。

本号が発行される頃は、次年度の計画案を組み終えた研修担当者が、予算獲得の折衝で奮闘しているのだろうか。しかし、苦労して獲得していただく予算は、研修内容ごとに見ると大半は日数が圧倒的に不足しており、技術を修得するには至らない。ましてや業務に必要な技術を修得させることは各事業体の責務なので、税金を投じること自体が筋違いなのだと思う。しかし、前述の伐倒であれば「できてないじゃん！体験」の結果が示すとおり、事業体には伐倒技術を修得させることができていない。したがって、事業体にOJTを実施する力が備わるまでは、“人命第一”の技術修得のために税金にすぎるしかない。



◀ 8月に宮城県で開催された「伐倒基礎技術のCheck & Clinic研修」
宮城県では、いきなりコーチング(指導者養成)研修を行わず、この研修の受講者たちが次回の指導者養成研修を受講する予定である。研修の効率と効果の点から理想的な構成である。

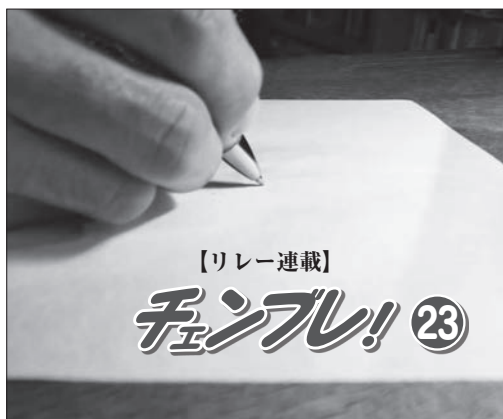
では、どんな研修をどの程度の規模で実施すればよいのか？ 必要と思われる研修と所要日数の理想形を以下に示す（優先度が高い順に並べている）。

研修名	①対象者／②参加人数／③日数	内容
1 伐倒基礎技術のCheck & Clinic研修	① 伐倒従事者 ② 3～4名 ③ 受講者1名につき2日間以上	伐倒基礎技術を点検し、正確な「折れ曲がり線」と「蝶番」を作れるようにし（『チェーンソーで木を伐る』P.44～参照）、最終日には実技審査を行い、不合格者は後日再審査に臨む
2 コーチング（指導者養成）研修	① 新規就業者等へのコーチングを行う者 ② 4～6名 ③ 9日間	基本的にCheck & Clinic研修の修了者を対象とし、コーチングに必要な言語化、指導マニュアル作成、コーチング実習等を行う
3 コーチング研修成果発表会	① コーチング研修修了者 ② 4～6名 ③ 2日間（準備1.5日、発表会0.5日）	コーチング研修とセットで実施し、コーチング研修を通して気づき、感じたこと、今後に向けた思いを県内事業体の管理職、行政職員、外郭団体職員等に向けて発表する
4 コーチング・ステップアップ研修	① コーチング研修および成果発表会修了者 ② 3～4名 ③ 受講者1名につき2日間	トレーニングメニューおよび研修プログラムの作成と実践
5 目立て研修	① 新規就業者および伐倒従事者 ② 3～4名 ③ 受講者1名につき2日間以上	チェーンソーの目立ておよび日常メンテナンス
6 伐倒基礎研修	① 目立て研修を修了した新規就業者 ② 3～4名 ③ 受講者1名につき3日間以上	伐倒基礎技術の修得
7 伐倒のための牽引研修	① 伐倒基礎研修を修了した新規就業者および伐倒従事者 ② 3～4名 ③ 受講者1名につき2日間以上	繊維ロープを用いた人力による牽引の設計から架設、伐倒までを修得する
8 玉切りおよび枝払い研修	① 目立て研修を修了した新規就業者 ② 3～4名 ③ 受講者1名につき2日間	林内で安全に行う伐倒木の枝払いと玉切りの基礎技術を学ぶ
9 人材育成を進めるための管理職セミナー	① 事業体の経営者、管理職および行政職員 ② 数名～ ③ 3日間程度	現場の安全は何よりも優先されなければならないこと、安全が担保されない経営には長期的に安定した利益がもたらされないことを改めて考える
10 行政職員等研修企画実施者のためのプログラム作りおよび運営基礎講座	① 行政職員等 ② 数名～ ③ 3～4日間程度	受講者の意欲を高め、講師のポテンシャルを最大限に発揮させ、研修の目的を満たすための手法を考える

「こんなに日数をかけられるか！」「こんな内容が要るのか？」と嘲ける林業関係者は多いだろう。だから林業はいつまで経っても労災が多発し、効率が悪く、就業者が減り続けるのだと思うのだが、いかがだろうか？

●水野 雅夫（みずの まさお） Woodsman Workshop LLC. 代表／Forestry Safety Research LLP. 代表

〒501-4202 岐阜県郡上市八幡町市島2210 Tel 090-2138-5261 E-mail : mizuno@yamaiki.com
<https://bakkenxx.wixsite.com/mysite> <https://www.facebook.com/masao.mizuno.9> <https://www.facebook.com/woodsman2015>



【リレー連載】

チェンブレ! ②③

労災事故「ゼロ」の 仕組みづくりに向けて

公益財団法人みやぎ林業活性化基金
宮城県林業労働力確保支援センター
事務局長

佐藤行弘*



* Tel 022-217-4307 Fax 022-226-8767 E-mail : fm-kikin@miyarin.or.jp

●はじまり

「佐藤さん、今日の日曜日に栃木に行きませんか?」。当時の県の担い手対策担当職員からの一声が始まりでした。

当財団では、新規の林業就業希望者を対象とした就業前研修である「林業就業支援講習」を実施していましたが、ある時、研修に参加した受講生の親御さんから、「跡取り息子を危険な林業の仕事に就かせたくない。辞めるように言ってくれ」と懇願されたことがありました。林業という職業は「危険な職業、命がけの仕事」であると、一般の人はそう認識しているのだと改めて思い知らされた出来事でした。

とやかく言われる林業就業者の給与面等の待遇改善は、一朝一夕にできるものではありません。しかし、林業が安定した就業先として認知されるには、まず、最悪の状態である労働災害の現状を改善することが最優先事項であると考えていました。その対応策について県側とさまざまに模索している中で、当時の県担当者は、水野雅夫氏の実践的取組に注目していたのでした。「百聞は一見に如かず」、水野氏によるデモンストレーションが栃木県で行われるとの情報から、冒頭の「栃木に行きませんか」となったわけです。

●研修方法

宮城県では令和2年度に伐倒練習機「Felling Trainer MTW-01」の導入を図り、同年度から水野氏による「伐倒技能指導者養成研修」が開始されました。研修は5名の指導者候補生を募り、事前研修である「Check & Clinic 研修」(以下「C & C 研修」)を5日間実施後、翌年度に指導者となるための9日間の「指導者養成研修」を行います。全過程を終了した後に、知事の認定を受け、指導者として活躍してもらうという宮城県独自の取組です。

この研修を進めることにより、一定数の指導者を養成をすることを目的としていますが、たとえC & C 研修のみを受講した者であっても、正しい伐倒の技能を身に着けた技能者として、現場で若手現場作業員の手本となるものと考えています。

●悪戦苦闘

各事業体から募った指導員候補生5名は、いずれも現場経験10年以上の“ベテラン”の方で、チェーンソーの扱いには自信があったはずですが、C & C 研修1日目に行った10m先の伐倒目標点を目指す受け口づくりでは、ことごとく目標点がズレ、中には2m

本連載について：現場での安全対策や人材育成、自身の技術向上や林業に向かう姿勢など、研修への参加をきっかけに“得られた気づき”“触発されて膨らんだ思い”を全国の仲間とも共有してほしいと願い、寄稿していただいています。連載タイトル「チェンブレ!」は、安全のために「切る時以外は常にチェーンブレイキをかけておこう!」という呼びかけのコトバです。



◀指導者養成研修での「教えられ役」に対しての指導の様子



◀成果発表会での発表風景

近く外れた方もいました。今までの自信が完全に崩れ落ちた瞬間でした。

C&C研修は、ステップ1から10までの過程を5日間で実施するプログラムでしたが、最初の「ステップ1：水平伐り」から受講生の悪戦苦闘が続き、中にはできないことへの嫌気なのか、「今さら何でこんなことをさせられるのか」といった研修への不満か、不機嫌になる者がいたのも事実でした。しかし、途中でリタイアする者もなく無事5日間の研修が終了し、次年度はこの5名の受講生が指導者養成研修へ進むことになりました。

●指導者養成研修と成果発表会

残念ながら実際には、さまざまな理由により2名が参加できず、第1期生となる令和3年度の指導者養成研修は3名でのスタートとなりました。

研修では、就業経験の浅い「教えられ役」を相手に、自分の指導（言葉）が通じるかといった実践的な研修も行われました。研修期間中には、一つの動作に対して異なる意見で議論が白熱する場面もあり、一時研修の進行が停滞することもありましたが、全体を通じて比較的和やかな雰囲気の中で研修は進んでいきました。

研修の総仕上げである「成果発表会」は、指導者養成研修終了の約1か月後に開催され、各自それぞれ1テーマの発表と、3名による共同テーマでの発表が行われました。日ごろは、森林の中で木を相手に寡黙に作業をしている3名にとって、観衆の前で発表する経験は稀有なことで、逃げ出したくなるような極度のプレッシャーを感じていたはずですが、当日は非常に堂々とした態度で見事にやり抜きました。発表前日は、原稿作成のために深夜まで作業した者がいたこともあり、「現場で働いていたほうが楽だ」との声も聞こえましたが、3名にとっては大変貴重な経験になったと思います。

●最後に

最近ある林業従事者から、「先輩が伐った木が自分に向かって倒れてきて、間一髪で逃れた」との話を聞きました。笛の音は聞こえなかったようで、もしトランシーバーなどで常時通話できる状態であったならば、起こりえない事態です。「道具」の装備によって「安全」を買えるのであれば、積極的に検討すべきです。

事故で亡くなった方からは、事故に至った正確な経緯を聞くことはできません。しかし、死亡事故に至らなくても、伐採作業では多くの事故が発生しています。これらの事例をもっと詳細に調べれば、「なぜそのような事故が起きたのか、その原因は何なのか、どうすれば事故を未然に防ぐことができたのか」といった次の事故を防ぐヒントが見つかるのではないのでしょうか。林業労働災害の事例や事故原因の分析等の資料が公開されていますが、より詳細で積極的な事故事例の調査・分析こそが、林業における労災事故削減への早道だと考えます。そして、それらの情報が現場で働く一人ひとりにもっと伝わるような情報提供の工夫も必要だと考えますが、皆さんはどう思われますか。（さとう いくひろ）

一般社団法人名古屋林業土木協会のSDGs 宣言

株式会社長瀬土建 代表取締役
〒509-3205 岐阜県高山市久々野町久々野 1559 番地
Tel 0577-52-2233 Fax 0577-52-2153 E-mail: nmasa@nagase-const.com

長瀬雅彦

はじめに

私が代表を務める(株)長瀬土建も会員として活動に参加している、一般社団法人名古屋林業土木協会(会長は付知土建(株)三尾秀和代表)は、岐阜、愛知、富山管内における国有林内の林業土木に携わる会員の技術の向上、経営基盤の強化等に関する事業を行い、国土の保全および地球環境の保全ならびに林業土木事業の発展に寄与することを目的として活動している団体です。建設業としての林業土木は森林保全やインフラ整備、防災、さらには環境、エネルギーといった人々の暮らしに深く関わるさまざまな事業を担っている業界です。これらの事業は、2015年の国連サミットで採択された「持続可能な開発目標(SDGs)」のあらゆる目標(ゴール)にも関与しています(図①、表①)。

また、協会ではフォレスト・サポーターズ活動にも積極的に参加し、日々技術の研鑽に励み、地域に必要とされる林業土木業界として活動することを目指しています。

SDGsの考え方である、精神的な豊かさを求め、それぞれの価値観に合う生き方をし、そのうえでお互いが共感できる社会になっていくという動きを理解して、我々協会員一人ひとりが本気でSDGsに向けた行動につなげていくことで、お客様や地域からの信頼を得て、持続可能な地域社会の創造に貢献できるように尽力していきたいと考えています。

今回は、そうした考えのもとで進めている当協会の活動の一端をご紹介しますと思います。



▲図① SDGs に貢献する土木・森林業

▼表① SDGs と林業土木事業との関係

SDGs の目標	国内の関係する森林・林業施策例	県の進める森林・林業施策例
1 貧困をなくそう	国土強靱化	森林の保全、山地災害の予防・復旧
2 飢餓をゼロに	持続的な形の食糧生産	キノコ等特用林産物の生産体制、販路拡大の強化、森林保全、山地災害の予防・復旧
3 すべての人に健康と福祉を	健康増進	森林空間を活用した健康増進、樹木系のアロマオイル
4 質の高い教育をみんなに	森林環境教育・木育	ぎふ木育の推進（ぎふ木遊館、森林総合教育センター）
5 ジェンダー平等を実現しよう	女性参画の促進	女性林業技術者の確保・育成、林業女子会の活動
6 安全な水とトイレを世界中に	水を育む	水源林の指定・保全・整備、森林の整備による水源涵養機能の増進
7 エネルギーをみんなにそしてクリーンに	再生可能エネルギー	木質バイオマスエネルギーの利用促進
8 働きがいも経済成長も	山村での雇用創出、人にやさしい木質空間	森林技術者の確保・育成、林業事業体の労働環境の改善、県産材住宅
9 産業と技術革新の基盤をつくろう	イノベーション	低コスト林業・スマート林業等の技術革新、木材の新たな用途開発
10 人や国の不平等をなくそう	外国人労働者の受入れ、イノベーション	林業事業体の労働環境の改善、スマート林業等の技術革新
11 住み続けられるまちづくりを	都市と農村の交流による地域の活性化	山村地域の活性化、サテライトオフィス、持続可能な森林経営の推進
12 つくる責任 つかう責任	持続可能な生産・消費形態、新産業の創出	県産材の利用促進、森林サービス産業の創出・育成
13 気候変動に具体的な対策を	気候変動の緩和	炭素の塊である木材の利用促進、木質バイオマスエネルギーの利用促進
14 海の豊かさを守ろう	豊かな海づくり	森林の保全、持続可能な森林経営
15 陸の豊かさを守ろう	生物多様性	持続可能な森林経営
16 平和と公正をすべての人に	合法木材の使用	森林認証（FSC）、岐阜証明材推進制度
17 パートナリシップで目標を達成しよう	パートナーシップによる森林の持続可能性の確保	県民、企業との協働による森林づくり

※ほかにも関連するさまざまな森林・林業施策があるが主なものを例示

林業土木技術講習会の開催

林業土木事業に関する技術の向上を目的に、名古屋林業土木協会では「林業土木技術講習会」を実施しています。新型コロナウイルス感染症防止対策の一環で今年度・昨年度は開催できませんでした。令和元年度は5月23日（木）～24日（金）の日程で開催しました。

講習の内容としては、①改正労働基準法、改正労働安全衛生法の概要、働き方改革への対応等について、②林野庁予算の概要、中部森林管理局の取組内容・林道事業

の概要、造林および分収事業などについて、③2019年の7月豪雨等による山地災害を踏まえた国土強靱化緊急森林対策、九州北部豪雨による流木災害等を踏まえた治山対策の取組、中部局における流木捕捉工の技術開発、などがありました。

また、講習会の冒頭の環境・社会貢献委員会委員長の挨拶では、「当協会のフォレスト・サポーターズ活動は、他の協会にない取組であり、今年度も引き続き取り組み、森林環境税により森林整備予



算が増える林業土木協会としても、林道新設など山を守ることも踏まえた対応が必要である」というお話があり、今後も協会独自の取組に力を入れていきたいと考えています。

令和2年度 安全・技術対策委員会現地研修会の開催

令和2年10月14日（水）～15日（木）に開催した現地研修会では、中部森林管理局伊那総合合治山事業所管内の小沢川地区民有林直轄治山事業地を見学しました。本事業地は、中央構造線の東側の外帯に位置し、蛇紋岩と緑色岩類を基盤とするpH9以上の強アルカリ土壌であり、ニホンジカによる緑化植生の食害も見られることから、緑化工法等試験を実施

しながら施工しています。カチオンフレームを使用した「もたれ式コンクリート土留工」（残存型枠平割材使用）は、今回見学した現場で試行された工法です。

施工結果は、部材が軽量で扱いやすく、組み立てが簡単で、作業の安全性、効率性を確保でき、木材利用の観点からも有効なため、今後の普及に向けて取り組みたいと思います。



▲中部森林管理局伊那総合合治山事業所管内小沢川地区民有林直轄治山事業地 鷹ヶ巣大崩壊地（幅：300m、斜面長：700m、高低差 400m）

各地区および支部のフォレスト・サポーターズ活動

名古屋林業土木協会は、「フォレスト・サポーターズ」※に登録し、林業にたずさわる人や山村に住む人だけでなく、都市に住む人々や企業等にも参加を呼びかけ、森のためにできるアクションを起こし、みんなが手を取り合って元気な森のチカラを取りもどすことを目指す活動を進めています。これまで、各地区や支部ごとに多くの活動を行っていますので、いくつかご紹介します。

※「美しい森林づくり推進国民運動」の一環として、国民の一人ひとりが、森の現状を見つめ、森のために行動し、それぞれの活動をつないでいくことで、森を支える大きなチカラとなって、元気な森を取りもどすために、平成20年度にスタートした仕組みです。



2020.12.05 古城山「やすらぎの森遊歩道」整備

～名古屋林業土木協会 岐阜支部～
岐阜県美濃市 古城山国有林

岐阜県美濃市は、“和紙とうだつのまち”として知られています。美濃市には清流長良川と、それに合流する板取川が流れており、市街地には美濃市民の憩いの場として古城山「やすらぎの森遊歩道」などがあり、うだつが上がる町並みとともに自然豊かな町です。当日は岐阜支部から12名が参加し、遊歩道の清掃、側溝に堆積した土砂と落葉の除去、刈払機による除草作業を行いました。

2020.10.21 落合榎谷林道舗装箇所の補修作業

～名古屋林業土木協会小坂支部～
岐阜県下呂市小坂町
厳立公園周辺 併用林道

落合国有林へ通じる落合榎谷林道（併用）の厳立公園駐車場から、滝見遊歩道の出口付近までの約500mにわたって舗装路面の補修を行いました。当日は林野庁中部森林管理局岐阜森林管理署より宮崎英伸署長ほか4名、下呂市小坂振興事務所より倉田誠所長にご参加いただき、支部会員企業9社からは20名が参加しました。林道を通行止めにし、長年の使用にて舗装路盤の剥がれた箇所や、穴の空いた箇所をレミファルトと補足材の砕石を使用して補修を行いました。

2020.10.06 中部山岳国立公園・剣岳山麓で歩道整備

～名古屋林業土木協会富山支部～
富山県中新川郡上市町 馬場島園地内

富山県中新川郡上市町馬場島園地内には、中部山岳国立公園に含まれる剣岳をはじめとする北アルプスへの登山口やキャンプ場があり、行楽シーズンには多くの観光客が訪れることから、森林浴を楽しむ人の安全確保を目的として歩道等の整備を実施しました。当日は、歩道の草刈りおよび枝打ちを行い、歩道幅を広げ、歩きやすくなるよう整備しました。今まで整備がされてこなかった歩道ゆえに、大変な作業が予想されましたが、草刈り機も使用して18名で実施したことで、想定よりも効率よく整備することができました。

2020.10.08 定光寺自然休養林の整備活動

～名古屋造林素材生産事業協会愛知支部、名古屋林業土木協会愛知支部～
愛知県瀬戸市 定光寺自然休養林

定光寺自然休養林内の遊歩道および園地内にある星の広場の除草作業を、会員15名で刈払機を使用して取り組みました。定光寺自然休養林は名古屋市からも近く、入込客が多い休養林となっており、自然観察、登山、景観を楽しむなどの多様なレクリエーションの場となっています。この整備活動によって、多くの皆さんに気持ちよく森林浴を楽しんでいただけることと思います。

2020.09.05 高層湿原の木道整備のための資材運搬

～名古屋林業土木協会古川支部～
岐阜県飛騨市 天生国有林
(天生県立自然公園)

天生湿原は増加する登山者の影響でオオバコが登山道を覆い、湿原は乾燥化が進みイヌツゲの侵入も見られるなど、湿原環境が大きく変化してきましたが、天生県立自然公園協議会をはじめ関係者や地域住民の努力により、地域の貴重な財産を守ろうとオオバコ除去などの活動を進めています。当協会も飛騨森林管理署とともに木道整備に取り組んでおり、今回は会員5社12名と天生県立自然公園協議会の皆さんで散策歩道整備のための資材運搬を実施しました。

2020.08.07 「山の日」記念 日本三大山城「岩村城跡」整備

～名古屋林業土木協会付知、中津川、坂下支部～
岐阜県恵那市岩村町 岩村国有林
および岩村城跡周辺

8月の祝日「山の日」の前に名古屋造林素材生産事業協会東濃支部と連携し、岩村国有林に囲まれた日本三大山城の一つである「岩村城跡」と「薪能」の会場整備に取り組みました。当日は、3支部11企業から18名と造素協から11名が参加し、岩村城跡周辺の草刈り、駐車場からの雨水対策、国道から城跡までの市道刈り払い、薪能舞台周辺の草刈りなどを分担して実施しました。作業中、たくさんの観光客の方々にねぎらいの声をかけていただきました。

2020.07.21

**森の巨人たち百選「宮の大イチイ」
で遊歩道など整備**

～名古屋林業土木協会
久々野高山支部～
岐阜県高山市一之宮町 宮国有林

国有林では、次世代への財産として健全な形で残していくべき代表的な巨樹・巨木を「森の巨人たち百選」として選定しています。その中の「宮の大イチイ」（幹周り 690cm、樹高 25m）付近の遊歩道整備、ベンチ補修などを実施しました。当日は、会員企業 7 社から 16 名が参加し、総勢 18 名により実施しました。森林官からの要望により、遊歩道で大イチイを周回できるよう一部未整備の箇所丸太杭を利用し階段を設置するとともに、破損したベンチの補修等を行いました。この活動は今回で 13 年目となります。

2020.06.15 ～ 07.29

**コロナ禍・新たな活動に
取り組んでいます**

～森林・林業社会貢献活動～
岐阜県中津川市
加子母裏木曽国有林ほか

付知峡自然休養林など市民の方々が森林とふれあう国有林が多くあり、東濃森林管理署の管内にて毎年ゴミゼロ運動に取り組んできましたが、昨年は実施を見合わせていたことから、フォレスト・サポーターズ活動に取り組む名古屋林業土木協会の付知、中津川および坂下の 3 支部と名古屋造林素材生産事業協会東濃支部が協働し、同署にも相談したうえで、6 月中旬から 7 月いっぱいを目安に、一堂に会さない形でそれぞれの分担を決め林道沿いの表示看板や施設の看板、ガードレールの清掃活動などに取り組みました。

2020.06.29

**森の巨人たち百選「平湯の大ネズコ」
で遊歩道の除草作業**

～名古屋林業土木協会神岡支部～
岐阜県高山市奥飛騨温泉郷
平湯国有林

神岡支部では、毎年「平湯の大ネズコ」へ通じる遊歩道の整備に取り組んでいます。昨年は、コロナ禍で県境をまたいでの移動や各種行事が自粛され観光地を訪れる人はまばらな状態でしたが、緊急事態宣言が解除となり、夏を迎える北アルプスの麓・平湯温泉郷にも観光客や登山客が徐々に増えることを願って、地元平湯町内会の清掃活動とも連携しての実施となりました。当日は、平湯町内会から 33 名が参加して平湯地区内の主要観光施設等の周辺の草刈り等を実施しました。

2020.06.06

「山中山ミズバショウ植物群落保護林」で保全活動

～名古屋林業土木協会荘川支部～
岐阜県高山市荘川町 山中山国有林

「山中山ミズバショウ植物群落保護林」でニホンジカ等の侵入防止のための電気柵設置作業に協力しました。同地区は、岐阜県の天然記念物「山中峠ミズバショウ群落」にも指定される見事な群落でしたが、2006 年以降、野生動物の被害を受け群落は衰退してしまいました。2010 年に自動撮影装置を用いた調査により、ニホンジカとイノシシが湿原に侵入することが確認されたことから、6 月上旬から 11 月上旬に電気柵を設置し、ニホンジカ等による被害を防ぎ、ミズバショウ群落の回復を目指すため、2011 年から毎年、地元の寺河町内会、飛騨森林管理署、岐阜大学、高山市が連携して保全活動を続けています。2020 年は、新型コロナウイルス感染症拡大の影響で、岐阜大学からの参加が危ぶまれたため、森林・林業社会貢献活動に毎年取り組んでいる荘川支部が参加しました。

2019.10.18 ～ 19

令和元年度 青年部研修会を開催

～名古屋林業土木青年部～
岐阜市金華山国有林

青年部は、令和元年度研修会を部員 34 名と事務局の総勢 39 名の皆さんの参加により、岐阜市金華山国有林で開催しました。今回の研修会は、国の史跡でもある金華山を保全するため、岐阜森林管理署が 2018 年より取り組んでいるゴミ回収作業に協力し、森林・林業社会貢献活動の一環として森林の保全・回復に取り組むこと、また、内閣府、防災推進協議会、防災推進国民会議等が主催する国内最大級の防災イベント「ぼうさいこくたい 2019」を見学し、大規模災害に備えた防災知識のレベルアップを図ることも目的として開催しました。

おわりに

ここまで紹介してきたように、名古屋林業土木協会は、SDGs の考え方をもとにさまざまな活動を展開しています。当協会では、SDGs を社会貢献の一つとして考えるのではなく「一致団結し確実な協会活動を行うこと＝SDGs の目標達成」と考えています。

企業の経済的価値の追求と社会的課題の解決を両立させることにより、個人の幸せ、企業の幸せ、業界、社会の幸せの実現に貢献することを目指して、今後も活動が続けていきたいと思います。

（ながせ まさひこ）

4. 国産材の需要拡大への取り組み

②木質バイオマス利用における地域熱利用

③木質バイオマス利用における木質燃料の品質評価普及

山田昌宏

矢崎エナジーシステム株式会社 環境システム事業部 営業開発部

JAPIC 森林再生事業化委員会*「JAPIC 政策提言」をご紹介します！

はじめに

本稿では、日本プロジェクト産業協議会（JAPIC）森林再生事業化委員会の令和２年度重点政策提言の中での、「4.国産材の需要拡大への取り組み」の要素として、「②木質バイオマス利用における地域熱利用」および「③木質バイオマス利用における木質燃料の品質評価普及」について、提言の背景や内容について説明します。

木質バイオマス利用における地域熱利用
(図①)

(1) 背景

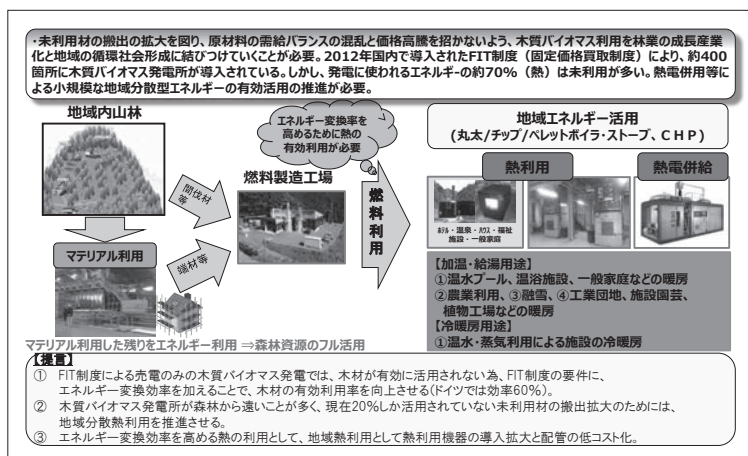
木質バイオマスエネルギーの利用には、①化石燃料の代替により、温室効果ガス発生量を削減する、②未利用材の利用を通じて、循環型社会の構築に寄与する、③地域経済の活性化を促進する、という大きく分けて3つの意義があります。そのため、木質バイオマス利

用を進める場合、林業関係者の他、地域の関係者とその意義を共有し、合意形成を図りながら進めることが望ましいと考えます。また、木質バイオマス利用において、未利用材の搬出を図り、原材料の需給バランスの混乱と価格高騰を招かないように、木質バイオマス利用を林業の成長産業化と地域循環型社会の形成に結びつけていくことが必要です。

2012 年に国内で導入された FIT 制度（固定価格買取制度）により、現在約 400 か所に木質バイオマス発電所が導入されていますが、発電に使われるエネルギーの約 70%（熱）は未利用な状況です。バイオマス発電の問題は、発電効率が 30% 台以下と低く、温室効果ガスの削減効果が限られることです。この問題は、利用効率がより高い、熱電併給や熱利用であれば回避できます。また、価格的にも、灯油や重油と比較して価格競争力があるため、木質バイオマスは熱利用中心に使っていくことが有効な活用方法です。

国内では、主要なエネルギーは電力と捉えられるこ

とが多いですが、実際には最終エネルギー需要の約半分は熱利用になります。温暖化対策の点からも、熱分野の木質バイオマス化は重要な位置づけになります。国内の熱需要の用途は、空調、給湯、厨房施設等での利用であり、その約60%が産業用として利用されています。2011年の東日本大震災以降、国内の原発依存度の低下に伴い、エネルギー政策として再生可能エネルギー拡大と省エネの強調が進み、産業用の木質バイオマス熱利用機器の導入数は年々増加傾向にありましたが、ここ数年は足踏み状態にあります。その理由としては、①熱利用機器の導入費が化石燃料機器に比べ著しく高い、②化石燃料機器と運用維持管理の



▲図① 提言 4. 国産材の需要拡大への取り組み
②木質バイオマス利用における地域熱利用

方法が異なり手間がかかる、③補助金によって導入された木質バイオマス熱利用機器が故障等によりそのまま使用されずにいる、④化石燃料の価格変動によって木質バイオマスの経済性が確保できない、⑤木質バイオマス燃料の安定的な供給体制が整っていない、などが考えられます。

地域経済活性化を推進する観点で木質バイオマスの熱利用を地域に取り入れる場合、施設等で利用する燃料を化石燃料から木質燃料に転換するだけでなく、燃料の需要から供給まで一体となった設計と体制構築が必要となります。そのためには、地域との連携が重要です。具体的に地域での熱需要先として、庁舎や福祉施設、学校等の公共施設、温浴施設や集合住宅などが考えられます。暖房利用が主の場合、夏季の需要が減少しますが、吸収式冷凍機を併用することにより、バイオマス機器で作られた温水や蒸気を利用して10度以下の冷水に変換し、冷房に利用することもできます。また、熱需要のある施設等が複数近接する場合、効率化のため木質バイオマス熱利用機器を集約し、熱を導管にて分岐して供給する方法があります。欧州では「地域熱供給」として普及しており、国内でもいくつかの導入事例があります。

(2) 提言内容

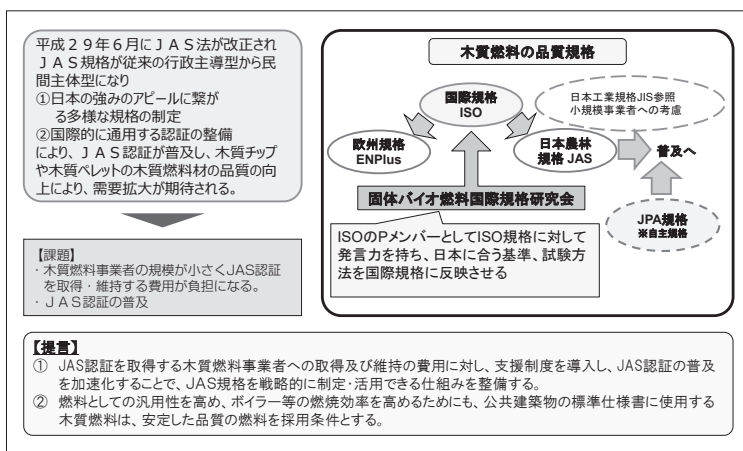
以上の背景を踏まえ、国産材の需要拡大への取り組みについて、令和2年度重点政策提言の要素項目の1つとして「木質バイオマス利用における地域熱利用」を掲げ、図①の3点を提言しました。

木質バイオマス利用における木質燃料の品質評価普及 (図②)

(1) 背景

木質バイオマス発電を有効的に利用するためには、利用効率がより高い熱電併給や熱利用での活用が重要であることを前述しました。さらに、バイオマス発電の効率化やバイオマス熱利用機器の安定稼働のために、木質燃料の品質（水分、形状、性状、異物混入等）の確保も重要となります。木質燃料は、燃焼後に燃焼灰が残る、これらの有効利用促進のためには、燃焼灰への重金属等の混入割合についても制御が必要となります。また、燃料品質を維持するために、品質認証し保証する制度の構築が必要となります。

2017(平成29)年6月にJAS法が改正され、JAS規



▲図② 提言 4. 国産材の需要拡大への取り組み
③木質バイオマス利用における木質燃料の品質評価普及

格が従来の行政主導型から民間主体型になり、①多様な規格の制定、②国際的に通用する認証の整備による木質チップや木質ペレットの木質燃料の品質向上により、木質バイオマスの需要拡大を狙いとした国内の木質燃料の統一規格が制定されようとしています。しかし、課題として、国内の木質燃料事業者の規模が小さくJAS認証を取得・維持する費用が大きな負担となる状況は、JAS認証普及を阻害する要因になることが想定されます。

(2) 提言内容

以上の背景を踏まえ、国産材の需要拡大への取り組みについて、令和2年度重点政策提言の要素項目の1つとして「木質バイオマス利用における木質燃料の品質評価普及」を掲げ、図②の2点を提言しました。

今後に向けて

さまざまな企業において、SDGs（持続可能な開発目標）やRE100（使用する電力の100%を再生エネルギーにより発電された電力にする）などの取組が積極的に行われている反面、木質バイオマス熱利用機器の導入にかかる技術が、まだ普及段階に至っていない、燃料供給システムが整っていないといった課題があります。そのため、工場などの熱利用施設にバイオマスの熱利用を提案・設置するエネルギーサービス会社やバイオマスによる熱供給会社を育てていくことが、バイオマスの熱利用拡大に役立つと考えています。国内には、膨大な森林資源が存在していますが、経済的に持続可能な価格で利用可能な木質バイオマスの量には限りがあります。私たち木質バイオマス事業者は、この貴重で持続可能な木質バイオマスをコストパフォーマンスよく、経済的に利用する戦略提案の検討をしています。

(やまだ まさひろ)

BOOKの紹介

東京農工大学農学部 森林・林業実務必携
編集委員会 編

森林・林業実務必携 (第2版)

発行所：株式会社朝倉書店
〒162-8707 東京都新宿区新小川町 6-29
TEL 03-3260-7631 FAX 03-3260-0180
2021年4月発行 B6版 504頁
定価 8,800円(税込) ISBN 978-4-254-47057-4

1962年刊行の『林業実務必携』が2回の改訂を経て、2007年に『森林・林業実務必携』に生まれ変わった。本書はその改訂版である。

初版と比べると、章立てはほぼ変わらず、各章の節も概ね同じである。その中で、節構成や見出しが大きく変わったのが、第7章「野生生物の保全と管理」(初版では「野生鳥獣管理」)と第9章「山

地防災と流域保全」(初版も同じ)である。両分野とも、森林をとりまく今日的な課題であり、本書がそれにしっかり対応したことがうかがえる。また、節構成や見出しが変わらなくても、中身はアップデートされている。変わらない基礎的な知見に、新しい知見が上乘せられていると言えばいいだろう。それもあってか、総ページ数

は40ページ(8.6%)ほど増えた。

ちなみに本書の執筆者32人のうち、初版からの引き継ぎは16人(ちょうど半数)で、執筆者の半数は新規である。初版では『林業実務必携(第3版)』の執筆者3人が残っていたが、本書にはその名が見られない。60年近くにわたり改訂を続けている本書のありようには、敬意を表する。

前身を含め『森林・林業実務必携』は、林業系の公務員や技術士の試験対策として、あるいは林業・林産業に関する基本的事項を確認するため、多くの関係者の手元や職場に備わっていることだろう。その存在意義は今さら説明する必要はないが、一点だけ強調しておきたい。大学から林学科・林産学科がなくなり、林業大学校では現

BOOKの紹介

岩井吉彌 著

山村に住む、
ある森林学者が考えたこと

発行所：株式会社大垣書店
〒603-8148 京都市北区小山西花池町 1-1
TEL 075-468-1411
2021年5月発行 四六判 184頁
定価 1,650円(税込) ISBN 978-4-903954-40-0

磨き丸太を産する整然としたスギ林で有名な京都北山の林業経営者として、また林業経済分野の大学教員として、長年、森林・林業に関わってきた著者が、退官後に思いを率直につづったエッセイである。

林業家の聞き書きや著書は他にもあるが、本書には、大学教員としての経験が加わり、国内はもと

より、北米、ロシア、北欧、ドイツ、オーストリア、ニュージーランド、インドネシアといった海外での現地調査のエピソードが盛り込まれている。とりわけ印象的なのは、海外林業における森づくり費用が具体的に示されていて、いづれも相当に安いことである。日本林業の収支と改善の可能性についても述べており、今後の議論の

出発点となるだろう。

著者が日本で可能性があると考える「家族林業」、「天然更新林業」、「高齢木林業」、「葉っぱ林業」、「クリスマスツリー林業」などは、現在、政策的に推奨される林業の主流とは異なる。しかし、自身でいわば「身銭を切って」林業をしてきた著者の言葉には重みがある。不確実性やリスクへの対処について論じた『ブラック・スワン』で著名なタレブによれば、現代社会の問題の多くは、身銭を切らない意思決定によるといふ。身銭を切らない意思決定では、どうしても目が行き届かず甘くなる。しょせん「他人事」だからである。著者が自身の経営方針で「多様化」を旨としているのは、不確実性への対処でもあるだろう。



場作業の実習が多い。今、就業前に林業や林産業にどんな分野があり、そこにどんな知見が集積されているかを知る機会はほとんどない。そこで育った人材が、社会人として各分野で活躍している。学生・社会人とも、自分の専門分野の情報は本書ではもの足りないだろう。一方で、業界の全体像を理解し、各所に存在する知見を新たに知る、あるいは確認するのに、本書ほど適したものはない。

(造林技術研究所／横井秀一)



最終章では、森づくりの新しい方向性として、「趣味」の森づくりや「若者」の関心の活用、「都市住民」の参加などが紹介されている。また、著者の持ち山の中でも「よく足が向く森」の様子を詩的に描写し、「森づくりのキーワードは、美しい、楽しい、心地よい、幸せかもしれない」とまとめている。日本の林業を取り巻く厳しい現実を指摘しつつも、希望へのヒントを与えてくれる一冊である。(滋賀県立大学／高橋卓也)



東日本大震災と植物①

震災を生き延びた石巻のアサザ



東日本大震災では、津波と地盤沈下により、特に海岸部の低地に生育する植物が大きな影響を受けました。攪乱後、湿地環境が生じた場所では埋土種子に由来する希少な湿生・水生植物が現れましたが、その後の地盤上昇に伴う乾燥化と植生回復による被圧・被陰で、それらの多くは急速に姿を消しています。

一方、震災前から生育が見られ、震災後も生き残ったものもあります。宮城県石巻市の北上川河口部に注ぐ、皿貝川・大沢川の河口部の池に生えていた浮葉植物のアサザがその例です。池と北上川との間には堤防道路があり、これが防波堤となり津波直撃を免れ、アサザは生き残れたと考えられます。しかし、この池は震災後3年経った2014年6月に、付近の復旧事業が本格化するにあたり、工事用土砂の仮置場の造成で埋立てられ、消失してしまいました。

幸いなことに、工事前年に消失の危険を感じた自然愛好家により生育個体の一部が採取され、細々と維持管理されていました。これをもとに2017年から仙台市野草園、東北大学植物園等で増殖が試みられ、復旧工事が完了した2019年には現地植え戻し作業が行われました。危険分散のため皿貝川と大沢川の複数箇所に移植されましたが、残念ながら1年ほどで姿を消してしまいました。その後、大沢川の移植地より少し上流側でアサザの自生地が見つかり、ひとまず胸をなで下ろしました。



▲埋立て前のアサザ生育地
(2013年7月3日)



▲埋立て後(2014年7月8日)

移植自体は失敗に終わりましたが、この事例は水生植物の生息地を復元する難しさを教えてくれました。また、工事前に十分な環境調査が行われなかったことは悔やまれます。埋立てられた箇所は結果的には仮置場としてはほぼ活用されなかったように思いますし、埋立て工事に緊急性があったのか疑問が残ります。

近年、自然災害が頻発化していると感じますが、災害後の復旧工事により不必要な自然破壊が起らないよう、祈るばかりです。

(東北植物研究会 郷原匡史)

第31回

学生森林技術研究論文コンテスト

受賞論文の紹介

日本森林技術協会では、森林技術の研究推進と若い森林技術者育成のため、大学学部学生を対象として、森林・林業に関する論文（政策提言を含む）を募集し、優秀と認められる方々を表彰しています。2021年5月に行われた厳正な選考の結果、各賞を受賞された4名の方の論文を、推薦文をもとに紹介します。なお、受賞者の皆さんの所属は、コンテストにご応募いただいた時点のものです。

林野庁長官賞

東京大学農学部応用生命科学課程森林生物科学専修

しみずたかし
清水隆史

関東地方におけるツヤヒラタゴミムシ属の 多様性と遺伝的分化

本研究の対象であるツヤヒラタゴミムシ属は、日本をはじめとした東アジア地域の森林林床に普遍的に分布し、高密度で生息する優占種も少なくない。上位捕食者と考えられているが、生態的特性はほとんど不明である。一方で外部形態の特徴に乏しく、似通った種も多いことから種同定の問題や隠蔽種が存在する可能性も指摘されている。しかし、属内の種分化や遺伝的分化といった多様性に関する研究はほとんど行われていない。本属の多様性解明は森林林床の生態学的研究にとって重要な課題の1つだと言えよう。この課題に取り組んだ本研究成果は以下のようにまとめることができる。

1. ツヤヒラタゴミムシ属の分子系統を初めて示し、遺伝子解析によって本属は500～300万年前から種分化し、標高ニッチや従来識別形質とされてきた形態が別の系統で平行進化していることを明らかにした。
2. 本属の^{しけい}翅型変異を初めて包括的に解析し、山地性の種はすべて短翅型であるのに対し、平地性・広域性の種は長翅型が多数を占めることを明らかにした。

これらの成果は本属だけでなく林床の昆虫の多様性研究の発展に貢献するという応用的価値も高く、卒業論文発表会でも非常に高い評価を受けた。

近世多摩川上流域における 木材生産システムの解明と労働者の賃金水準

本研究は多摩川上流域の白丸村（現奥多摩町）の名主であった大沢家の村政・家業を記録した『大沢家文書』に注目し、文書中の林業関連の記述をデータベース化し、江戸時代後期の多摩川上流域における木材生産について、その作業工程の構成、木材生産費用、生産性（労働生産性）、労務単価を明らかにし、作業システムとしての評価を試みたものである。さらに、この「労務単価＝林業従事者の賃金」を同時代の他の職業と比較することにより林業従事者の賃金水準の評価も試みている。

近世の木材生産についての知見は多くあるが、多摩川上流域は近世における木材の大消費地である江戸近郊に位置するにもかかわらず、木材生産や運材・流通についての知見は少なく、これらの実態については未解明な部分が多く残されている。また、当時の木材生産の費用面を取り上げた研究例は多いものの、作業工程、生産性（労働生産性）、コストから作業システムとして評価をする林業工学的な視点での研究は見当たらなかった。特に、コストについては、現在の貨幣価値への換算手法がさまざまであるため、時代を通じた比較・評価が難しいが、生産性は時代を通じた比較が可能な指標であり、本研究で近世における林業労働生産性が明らかにできたことは非常に意義深いと評価できる。

また、木材生産の各工程に従事する労働者の賃金を明らかにし、同時代の他の職業の賃金との比較により、伐倒・造材、運材については専門職・技能職として高い賃金水準であったことを明らかにする等、産業史研究としての価値も高いと判断される。

X線CTスキャン法による 樹木根系の解析手法の開発に関する基礎的研究

本論文では、既存の樹木の根系構造の測定・観察方法とは異なる新たな方法として、X線CTスキャンを用いた解析に関する基礎的な研究を行い、X線CTスキャンが土壌中に存在する樹木根系の非破壊的な測定・観察に適用可能であることを見出した。また、その測定条件や解析手法の開発を行い、具体的に以下のような研究成果を得た。

1. 測定条件によるX線CTスキャン測定への影響の解明

X線CTスキャンの測定条件として、ボクセルサイズ、FOV（field of view）、画素数、

管電圧管電流からなる条件のうち、ボクセルサイズ、FOV、画素数の条件が土壌中の樹木根系をスキャンしたCT画像の見え方に影響を与えることを明らかにした。また、X線CTスキャンは解析目的に応じてボクセルサイズ、FOV、画素数を変えて適切な測定を行うことができることを見出した。

2. CT画像に対する解析方法の提案

CT画像から主根の3次元座標モデルを取得する方法を開発し、得られたモデルを用いることで主根の空間的な構造の把握が定量的に可能となることを見出した。また、数値によって定義されていなかった垂下根、斜出根、水平根を数値によって分類できる手法を開発した。

以上のように、本論文は樹木の根系構造に関する研究に関して新たな領域を切り拓く知見を含んでおり、学術的な貢献度は高い。さらに本研究成果は、樹木根系による山地斜面における土砂崩壊防止機能に関する研究の一助となる重要な知見であり、防災の側面からもその意義は大きいと考えられる。

日本森林技術協会
理事長賞

筑波大学生命環境学群生物資源学類
あらききょうこ
荒木響子

地球温暖化を想定した ダケカンバ産地試験を用いた 樹木の形態形質への影響評価について

山岳域は、局所的環境に適応した独特の生物群集が存在し、固有種や希少種の割合が極めて高い生物多様性のホットスポットであるため、近年の温暖化の影響を顕著に受ける山岳域の高標高に分布する樹木がどのように応答するかについては知見が必要である。

本研究は、気温の上昇に敏感だと考えられる亜高山帯の樹木であるダケカンバを用いて産地試験林（つくば、^{やつがたけ}ハケ岳）を設定し、形態形質の表現型への産地間変異（遺伝的変異）、試験地間変異（環境変異）から温暖化の影響を明らかにすること、また、表現型における環境変異の寄与率から温暖化の影響の大きさを明らかにすることを目的とした。

その結果、試験地間の比較からダケカンバは温度上昇に対して必ずしも負の成長反応を示すわけではないことが示唆された。また、種子産地の影響による地理的変異がつくば試験地で確認され、葉フェノロジーと葉の形態において高緯度の種子産地ほど開芽が早く、葉の形態が大きいという地理的勾配を示した。さらに、試験地の影響と種子産地の影響の大きさについては、測定した形態形質の多くで試験地の環境の影響が強く、ダケカンバは温度上昇に対し柔軟な可塑性を示すことが分かった。その中で葉フェノロジーは環境の影響を最も強く受けることが明らかになり、温暖化の影響を受けやすいことが示唆された。

分布樹種を用いて高標高に産地試験林を設定し、初期成長での影響評価を行った本研究は、今後の温暖化への影響予測を行ううえで貴重な成果として評価できる。

01 代議員選挙のお知らせ

- 現在の代議員の任期が令和4年2月末で満了となるため、令和3年度において代議員選挙を行います。代議員選挙は、選挙管理委員会を設置して執り行いますが、詳しくは準備が整い次第、当協会Webサイト等でお知らせします。

02 林業技士（養成研修）について

- 通信研修
現在、「通信研修」（研修期間8月1日～9月30日）を実施中です。研修レポートの提出期限にご注意ください。
- スクーリング研修
研修の実施可否については、各部門開講1か月前を目途に判断して、当協会Webサイトでお知らせします。ただし、判断後であっても、状況の変化等により、やむを得ず中止・中断する場合があります。また、安全を確保するため、受講人数に応じて、スクーリング研修の形態等を変更する場合があります。

03 日林協のメールマガジン・会員登録情報変更について

- メールマガジン 当協会では、会員の方を対象としたメールマガジンを毎月配信しています。ぜひご参加ください。配信をご希望の方は、メールアドレスを当協会Webサイト《入会のご案内》→《入会の手続き》→《情報変更フォーム》にてご登録ください。
※メールアドレスが変更になった方もこちらから変更願います。
- 異動・転居に伴う会誌配布先等の変更 これについても、上記《情報変更フォーム》にて行えます。なお、情報変更に必要な会員番号は会誌をお届けしている封筒の表面・右下に記載しています。
お問い合わせはこちら → mmb@jafta.or.jp (担当：一^{いち})

お問い合わせ

- 会員／森林情報士^{いち}
担当：一
Tel 03-3261-6968
✉：mmb@jafta.or.jp
- 林業技士
担当：荒井(透)
Tel 03-3261-6692
✉：jfe@jafta.or.jp
- 本誌編集
担当：馬場
Tel 03-3261-5518
✉：edt@jafta.or.jp
- デジタル図書館^{いち}
担当：一
Tel 03-3261-6952
✉：dlib@jafta.or.jp
- 総務（協会行事等）
担当：林田、関口、佐藤(葉)
Tel 03-3261-5281
✉：so-mu@jafta.or.jp
- 上記共通 Fax 03-3261-5393

会員募集中です

- 年会費 個人の方は3,500円、団体は一口6,000円です。なお、学生の方は2,500円です。
- 会員特典 森林・林業の技術情報等をお伝えする『森林技術』を毎月お届けします。また、森林・林業関係の情報付き『森林ノート』を毎年1冊配布、その他、協会販売の物品・図書等が、本体価格10%offで購入できます。

編集後記

mtnt

今号は、川上から川下、さらに流れ下って(?)、木材のマテリアル利用技術の話題です。大きなボリュームでの木材利用のみならず、「無駄なく持続可能な方法で活用する」「地域内で循環する仕組みをつくる」、そうしたことが今後ますます重要になります。そして、川下に位置すると思っていたことは、循環の輪をたどってまた川上へ。さまざまにつながっているのを感じます。

森 林 技 術 第953号 令和3年9月10日 発行

編集発行人 福田隆政 印刷所 株式会社 太平社

発行所 一般社団法人 日本森林技術協会 © <http://www.jafta.or.jp>

〒102-0085

東京都千代田区六番町7番地

三菱UFJ銀行 麹町中央支店 普通預金 0067442

TEL 03 (3261) 5 2 8 1(代)

FAX 03 (3261) 5 3 9 3

郵便振替 00130-8-60448 番

SHINRIN GIJUTSU published by
JAPAN FOREST TECHNOLOGY ASSOCIATION
TOKYO JAPAN

〔普通会費 3,500円・学生会費 2,500円・団体会費 6,000円／口 ※非課税〕

松枯れ予防
樹幹注入剤

マツケンジー

農林水産省登録 第 22571 号

有効成分：塩酸レバミゾール…50.0%
その他成分：水等…50.0%

好評!!



専用注入器でこんなに便利!!

- 作業が簡単!
- 注入容器をマツに装着しない!
- 作業現場への運搬が便利で
廃棄物の発生も少ない!
- 水溶解度が高く、分散が早い!

■適用病害虫名および使用方法

作物名	適用病害虫名	希釈倍数	使用液量	使用時期	本剤の 使用回数	使用方法	農薬の 総使用回数
まつ (生立木)	マツノザイ センチュウ	原液	1孔当り 1mℓ	マツノマダラ カミキリ成虫 発生前まで	1回	樹幹部に8~10cm間隔で注入孔 をあけ、注入器の先端を押し込み 樹幹注入する	1回
			1孔当り 2mℓ			樹幹部に10~15cm間隔で注入孔 をあけ、注入器の先端を押し込み 樹幹注入する	



保土谷アグロテック株式会社

東京都中央区八重洲二丁目4番1号
TEL:03-5299-8225 FAX:03-5299-8285

お知らせ

「新たな森林づくりコンクール 2021」 募集のお知らせ

- 主 催：一般社団法人全国林業改良普及協会
- 募集内容：先導的な森林整備の取組について、①技術部門、②経営部門、の2部門を募集します。
- 募集期間：令和3年7月26日(月)～10月29日(金)※必着
- 応募方法：所定の様式に必要事項をご記入のうえ、資料を添えてメールまたは郵送にて、
以下の応募先までお送りください。
※様式については、全国林業改良普及協会ホームページ (http://www.ringyou.or.jp/hukyu/detail_1501.html) よりダウンロードしてご利用ください。
※それぞれの部門ごとに様式が異なりますのでご注意ください。
- 表 彰：各部門それぞれ、林野庁長官賞1点、全国林業改良普及協会会長賞2点
令和4年1～2月ごろ、東京都内で表彰式を開催予定です。
- 事例集およびホームページ等での公表
応募いただいた取組のうち、日本の森林づくりの発展のために普及すべきと認められた取組については、受賞の有無にかかわらず、事例集およびホームページ等で公表します。
- 応募先：一般社団法人全国林業改良普及協会 新たな森林づくりコンクール担当
〒107-0052 東京都港区赤坂1-9-13 三會堂ビル2階
Tel 03-3584-6639 Fax 03-3583-8465 E-mail: okamoto@ringyou.or.jp

地域リーダー（森林）及び鳥獣被害対策コーディネーター育成研修

（農林水産省令和3年度鳥獣被害対策基盤支援事業）

造林や森林経営のための二ホンジカの被害対策についての技術向上を目的として、「地域リーダー（森林）育成研修」と「鳥獣被害対策コーディネーター育成研修」を以下の通り全国9か所で開催します。本研修では、受講者の方が現地の被害状況に応じた対策の技術や考え方を習得し、事前調査から事業の実施及び評価検討までの一連の流れに携わるための技術向上を目指します。

●研修の種類と内容

【地域リーダー（森林）育成研修】（2泊3日）・・・①

二ホンジカ対策のために必要な、シカの被害状況や生息状況の現状把握のための調査手法や、防護の手法、わなによる捕獲の手法などの技術を中心に研修します。野外実習では、防護や捕獲の手法や必要な手順を実際に体験することで理解を深め、シカ被害対策事業の管理監督を適切に行えるようになることを目指します。

【鳥獣被害対策コーディネーター育成研修】

地域リーダー（森林）研修の内容に加え、事業発注者としてシカ対策の計画策定や事後評価をするための以下のような手法を研修します。

- ・シカの被害の動向や防護柵の効果、捕獲の成果などについて、事前に入手可能な情報から結果の見込みを立て、事業計画を検討する手法
- ・結果の見込みと実際の成果の比較により実施した事業結果を検証し、次回に向けて改善する手法

※本研修は前半と後半に分けて実施します。

＜前半（技術編） 3泊4日＞・・・②

野外実習も交えて必要な調査手法や防護手法、防除計画策定について学びます。特に今年度は参加者の実務に応用ができることを目指し、野外実習はシカ被害の進行度の低い地域と高い地域で開催し、それぞれの状況に応じた実習を行います。

＜後半（計画・検証編） 2泊3日＞・・・③

前半で学んだ手法や調査結果をもとにコストや効率などを具体的に想定しながら対策方法を選択し、さらにその結果の評価を行い、森林防護とシカ捕獲事業の計画策定や事業の成果の検証をするための室内演習を行います。

●会場・日程 ※①～③の番号は研修の種類と対応しています。

- ①埼玉県（10/5～10/7）、北海道（10/25～10/27）
- ②静岡県（10/19～10/22）、鹿児島県（11/9～11/12）、広島県（11/16～11/19）
- ③埼玉県（12/13～12/15）、広島県（12/22～12/24）、愛知県（1/12～1/14）、熊本県（1/19～1/21）

●参加費用：無料（テキスト代含む）

※研修会場までの交通費および研修会中の宿泊費は参加者の負担となります。

●募集定員：20名（各研修会ごと）

●研修内容の詳細・参加申込：（株）野生鳥獣対策連携センター Web サイト（<https://www.cho-jyu.jp/kensyu2021/index.html>）にてご確認ください。

※申込先は研修会開催地によって異なりますので、ご注意ください。

※新型コロナウイルス感染症への対策、感染拡大時の対応について Web サイトにてお知らせいたしますので、ご確認ください。

●主 催：株式会社野生鳥獣対策連携センター

〒669-3811 兵庫県丹波市青垣町佐治 94 番地 -2 TEL：0795-78-9799

一般社団法人日本森林技術協会からのご提案

森林環境譲与税の有効活用を 考えてみませんか？

■林業振興

現況把握、境界明確化、
意向調査、集積計画、
森林クラウド、人材育成



- 意向調査準備
GIS解析による
意向調査優先順位



- フリーソフトQGISや
ドローンの操作研修

もう所有森林を
管理しきれない。
林業を地域の
産業として
発展させたい。



■木材・林産物利用

エネルギー利用、和ハーブ林床栽培
地域内エコシステム
サプライチェーンマネジメント



- 時代にあった林産物利用
クロモジなど和ハーブアロマ

エネルギー
資源など新たな
木材利用で
需要を
広げたい。



- 地域住民が主体となる
木質バイオマス利用

■森林の総合利用

里山林の保全・整備
体験施設整備
多様な森林づくり



- 交流の場となる美しい
森林づくり

森林を森林レク・
体験活動等の
交流の場として
活用したい。

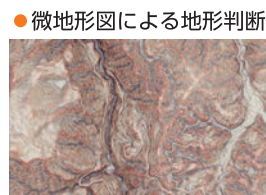


最近は
豪雨が多いので、
災害が心配。



■環境・防災

地形解析、放置林整備
地域住民ワークショップ
防災計画



- 微地形図による地形判断

私たち森林・林業のスペシャリストが一環サポート！

- 森林所有者の森林の取り扱いに関する**意向の確認**
- 今後の**森林整備の方針・計画の作成と実行**
- 地域の資源を活かした新たな**森林サービス産業の創造**
- 森林・林業に携わる**人材の確保・育成の推進**

例えば

お問い合わせは、森林創生支援室まで！

☎ 03-3261-9112 (担当：飯田) または E-mail: sousei@jafta.or.jp



令和三年九月十日発行
昭和二十六年九月四日第三種郵便物認可
行 (毎月一回十日発行)

森林技術 第九五三号

定価 五五五円
(本体価格五〇五円) (会員の購読料は会費に含まれています) 送料七二円