



シリーズ “森林資源利用と地球環境”

地球環境保全と木材利用

大熊 幹章

1. 私と地球環境問題

私の専門は木質材料学、木材利用である(であった?)。学校はずっと昔に林産学科を卒業した。その後、工場廃材や間伐材など低質木材資源から材料を製造し、これらを住宅資材として適切に利用する課題に取り組んで来た。その私が、1990年頃から地球環境問題と木材利用の関心に深い関心を持つようになった。もとより私は環境問題の専門家ではないし、理解も十分ではない。しかし、木材利用を推進する上で、地球環境保全と木材利用の整合性を明らかにすることを避けては通れないことと思う。

私がこの問題に関心を持ったのは、確か1989年の夏に神戸市で開催された建築学会年次大会で行われたシンポジウム「地球環境と建築」に参加したことがきっかけであった。

このシンポジウムでは、建築物・建設事業が環境を汚染することについての議論が行われたが、論が進められる中で木造、鉄筋コンクリート造(RC造)、鉄骨造(S造)が比較され、木造建築では木材が伐採されることが強調され、森林破壊につながることからRC造、S造に比べて環境への負荷が大きい(マーク方式でマイナス2点、RC造、S造はマイナス1点)とされた。私はこの議論の展開に憤まんやるかたなく、環境保全と木造住宅建設の整合性を強く主張したい気持を抑えるのにかなり努力したように思う。当時、このような思考を押し返すだけのデータを我々木材サイドは準備していなかったわけである。

次の年、木質構造に関する国際会議、1990 ITEC 東京大会が杉山英男先生を中心とする組織委員会の元で成功裏に開催されたが、この会議で報告され

たNew Zealand Canterbury大学のA.H.Buchanan教授の論文『Timber Engineering and the Green House Effect』に私は強く感銘を受けた。この論文は、製材品を始め種々の材料が製造されるときに消費するエネルギー量を求め、これを大気中に放出されるCO₂(炭素)量に換算して木材製品、ひいては木造建築の環境への低負荷性を指摘したものであった。私はこれこそ我々が今必要としているデータであると考えると同時に、このような研究の方向を木材サイドではなく、土木建築のプロフェッサーが手掛けられていることに驚き、これに比べて我々の学術的創造性の貧弱さに深く反省させられたものである。

翌年、私は木材加工技術協会の機関紙「木材工業」にこの論文を私の考えを入れて『地球温暖化防止行動としての木材利用の促進』という題目をもって紹介するとともに、木材の良さを社会に訴えることの重要性、データの大切さ、木材需要喚起の方策として環境問題を持ち出すことの有効性を訴えた。このことは当時も(現在でも)国民的理解の逆を行くものであるが、それだからこそかえって意味があると考えた。この文章は、多分、環境問題と木材利用の整合性に関する我が国最初のものであり、その後の木材界の環境問題への取組みの元になったものと思う。

その後、このテーマが平成10年度日本農学賞、読売農学賞の受賞につながったのは私にとって幸運であった。なお、当時の林野庁長官小沢普昭氏に、この問題について林野庁としての取り組みを促す手紙を書いたことを思い出すが、今考えるとまさに若気の至りであった。

さて、環境問題は資源問題とともに21世紀の人類生存に関わるきわめて重大な課題になってきている。この問題は世界的、国際的広がりをもつと同時に我々の日常生活、日常の行動に直接関係することから、多くの利害関係と微妙な問題を含むことになる。環境がビジネスになりうることは、大変好ましいことであるが、誤った考え、誤った方向が社会に広がらないよう十分に注意し、慎重にことを運ばねばならないと思う。

ここでは、環境問題、資源問題が人類生存のために解明すべき基本的課題となってくる21世紀、この

環境の世紀の社会を、木材生産と木材利用によって形成される循環型の仕組みに置き換えることについての自分の考えの一部を述べ、皆様からご意見とご批判を得たい。

2. 木材による循環型社会形成への期待

化石資源、鉱物資源の枯渇が加速度的に進行していることが指摘されるとともに、廃棄物の処理問題が絶望的状況にあることがつよく認識されるようになってきた。20世紀における工業化社会の展開は、地球に存在する資源と地球が保持している浄化力が無限であることを前提にして成立していたと言えよう。今このような地球の力が有限なものであり、資源の生産と利用の仕組みを新しい方向にシフトさせなければ、人類の生存が危ない状況に追い込まれるのではないかと考えられている。ここに社会の持続的発展とか循環型社会の構築という課題が大きな期待を持たれて登場してきた。まさにこれからの資源の生産と利用の方向を示すキーワードになってきている。

このような中で、自らの生命力と太陽エネルギーによって再生産されてくる生物資源、生分解や熱分解によって環境への負荷が少なく、解体・廃棄出来る生物資源からの製品作りの重要性がクローズアップされてきている。現在のところ、生物資源の中心は木材であり、古くて新しい木材資源を基盤におく持続的発展、循環型社会の実現が熱望されている。

ところが現実には、林業が業として成り立たず、木材関連産業も時代の流れに対処することが出来ず、きわめて厳しい状況に追い込まれている。木材による持続的発展の基本となる人工林の再造林が進まず、まさに山は崩壊に向かう徴候すら示している。持続的発展、循環型社会というものは、木材の生産と利用のシステムが、効率よく回転することそのものであると考えるのだが、現実にははるかに遠い。

木材の生産と利用のシステムが炭素循環という観点から、持続的発展と循環型社会の形成に密接な関係を持つことは明らかである。その実現をどのように計るかが我々に課せられた課題である。

3. 木材の生産と利用のサイクル

今までに私は木材の育成と利用を炭素ストック、

炭素の吸収と放出の観点から考察し、その結果をいくつかの文章や講演において述べてきた。その中で木材資源を製品に変換させるにはエネルギーの投入が必要であり、このエネルギー確保には、CO₂放出がともなうことを数字で示した。また製品作り、リサイクル利用の際には製品にならないで捨てられたり、燃焼される部分がありこの場合もCO₂の放出につながる。

さて、この放出されるCO₂が再び森林に吸収されて樹木が生長して行くと考えれば、図1に見るような循環図が描かれる。生物資源である木材の生産と利用は、この図に見るような理想的な循環系を作っている。このサイクルの中には、解体材のリサイクル・リユースというサブルートが含まれており、それ自体で小さな循環を形成している。

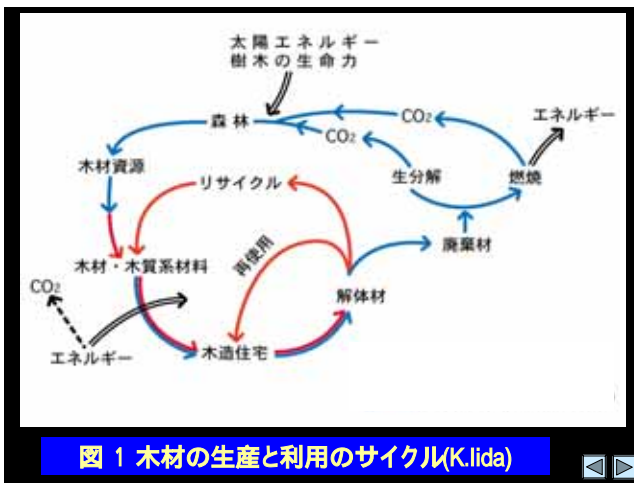


図 1 木材の生産と利用のサイクル(K.lida)

鉄やプラスチックでは、リサイクルに関わる小さな循環サイクルは描けるが、資源の持続的生産で完成する大きな循環サイクル図は描けない。これらの資源は生命力を持たないため、資源の再生産を行わず、廃棄材と資源が繋がらないためである。ここに生物資源である木材と鉱物資源・化石資源との間に資源の持続性、再生産性の面で決定的な違いが存在する。

世間では、リサイクルと循環という言葉が混同されて使われるケースが多々あるようである。アルミ缶やペットボトルで強調されているリサイクルは、資源の再生産とは全く関係のないものであり、単に資源の枯渇をスローダウンさせるだけである。一方、木材は自己の生命力と太陽エネルギーにより、資源そのもの

の再生産が可能であり、伐ったら植えるという基本原則を守れば、人類が持続的に確保出来る唯一の資源であり、そのシステムは理想的な循環系を形成している。資源の持続性がキープされる循環型社会の実現が切望される 21 世紀においては、生活の基盤をかなりの分野で化石資源から生物資源に移すことが必要である。生物資源を基本におかなければ真の意味の循環型社会は実現出来ないのであるから当然である。このように生物資源である木材の生産と利用が支障なく、効率よく回転を始め、そして我々人類の生活の基盤が、かなりの部分でこのシステムによって支えられるようになること、このことはとりもなおさず人類の持続的発展が保証され、循環型社会の構築が実現されることを意味する。

4. 木材学会の宣言

地球環境保全と木材利用の整合性について述べてきたが、ここで我々の学会、日本木材学会が平成7年4月に開催した創立 40 周年記念大会で行った「大会宣言」をあげておく。

〔前文〕 材学会は、創立 40 周年を迎え、40 周年記念大会を平成7年4月6日より9日まで東京大学教養学部キャンパス(東京、駒場)に於いて開催した。

大会第3日目に「化石資源から木質資源へ」と題するパネルディスカッションを行った。本テーマが 21 世紀へ向けて重大な内容を持つとの認識に立って、討議結果を大会宣言として内外に発表する。

『大会宣言』

我々は、21 世紀への人類文明の発展を図るために、資源とエネルギーを大量に消費し、処理の困難な廃棄物を大量に生み出している現在の資源利用システムを、地球環境保全、持続的な資源確保が保証される人類生存の基本に合致したシステムに変換しなければならないと考える。

このような観点から木質資源の生産と利用を考察した結果、資源の再生産性、資源生産時の環境保全性、そして建築資材、化学原料への加工・解体・廃棄・再利用過程における省エネルギー性、低公害性において、この木質資源利用システムは他資源のそれに比べてはるかに優位であることを確認した。ここ

に、化石資源に依存した現在の生活方式を、木質資源を中心とする生物資源を基盤にしたシステムへ変換することの必要性を強く訴えるものである。

なお、この変換を実現するためには、技術開発を進めることはもちろん、各人が強い決意を持って日常の生活を点検し、環境への負荷が少ない生活スタイルを受け入れるなど、新しい価値観を創成しなければならない。

平成7年4月9日
日本木材学会

今、この文章を読むと、この宣言が木材利用促進の原点を示しているように思えてならない。6年以上も前に、学会としてこのような宣言を世の中に発した先見性は大きなものがあったと考えるが、その後、この観点に立つ運動が学会として展開されていないことは残念である。

5. 地球環境時代における木材利用の新しい動き

以上、木材の生産と利用のシステムが、資源の持続性、そして資源の建築資材等への加工・解体・再利用・廃棄過程における省エネルギー性・低公害性において他資源のそれに比べてはるかに優位であることを述べてきた。まさに木材は、21世紀の人間生活を支える基盤的資源・材料となるであろう。

ところが、この生物資源である木材を基盤において、持続的発展と循環型社会を実現するという我々の大きな期待は、林業と林産業の現状を見ると夢とかならないようにも思える。確かに、外材の攻勢、他資源の進展によって材価が低落し、林業は業として成り立たないし、また木材関連産業も住宅需要の減退、性能重視のうねりに適切に対応出来ず、厳しい状況に追い込まれている。

しかし、このような情勢の中で、木材の生産と利用に関わる新しい動きがかい間見えることも事実である。いくつかの動きを挙げてみる。

環境保全に役立つなら、多少高くても容認するという国民の気持ちが生じてきた。国民に木材と木材製品を使うことが、鉄やプラスチックなどのいわゆる工業材料を使うよりも環境への負荷がはるかに小さいということ、これは厳然とした事実ではあるが、こ

のことはなかなか理解してもらえない。この理解が進めば、高くつく木材も使われるようになるのではないか。

ヨーロッパに Fair price 運動というものがあるそうである。かかっている経費は正しく支払う、これが公正な取引となるというのである。これらの動きは、需要と供給のバランスが価格を形成するという資本主義の原則に反するものとも考えられるが、環境を守る、森林を適正に管理育成するという行為に対する代価を支払っているとも考えられる。

このような動きが木材利用を促進することにつながることを期待する。

宮崎県の山奥、熊本県との県境に西米良村という村がある。この県で一番小さい村(人口 1,500 人)に、スパン 140mに及ぶ(多分)日本一のスギ木造車道橋が建設されている。私は雨風にさらされる木造橋に基本的には反対であった。それは維持管理が完全に行われるという保証が得られないからである。ところがこの村では地域材を使って造られるこの橋を自分達で守って行こうというのである。自分達の橋に愛着を持って、分担を決めて孫子の代まで清掃、点検、報告、できる範囲での修復作業などを行って行く。黒木村長さんは、これを「過疎力」と呼んでいる。この話を聞いて木材利用は、人間の心があって完成するものだと私は感動を覚えた。

鉄とコンクリート、プラスチックで作られた 20 世紀の工業化社会では考えられなかった動きが、今はじまっている。そこには人間が中心にあって、従来とは異なった価値観のもと、異なったライフスタイルが容認される。木材の生産と利用のシステムが効率よく回転することが、我々が目指す持続的発展を可能にする循環型社会の実現そのものであるとの考えを持つと、上記のような新しい動きがまさに循環型社会を作り上げる根源となるのであろう。

いずれにせよ、木材利用の推進そして国産材時代の幕あけは、このような新しい価値観のもとでなければ実現しないものかもしれない。

(おおくま もとあき:宮崎県木材利用技術センター)

日本木材学会九州支部大会を終えて(続)

第9回日本木材学会九州支部大会シンポジウム報告

大会運営委員長 井上 正文

平成14年8月22日、日本木材学会九州支部大会の付随行事として開催されたシンポジウム『木材のリサイクルを考える』の概要報告を行う。

本シンポジウムには3人の講演者を招き、異なった立場から、木材のリサイクル(リユースを含む)問題にスポットを当てた。時間の都合から十分なディスカッションができないまま、シンポジウムを終了したが、<木材のリサイクル>を考える上での大きな示唆が得られた。以下、3名の講演者からの情報提供を要約し、今回のシンポジウムから指摘された課題を私見を交え、報告する。

【羽野忠(大分大学教授・工学部長)「ゼロエミッションの現状と課題」】

木材に限らずすべての産業廃棄物を対象とした、社会の持続的発展をめざす立場からのゼロエミッション化の現状と課題について話して頂いた。

ゼロエミッション化には、各種プロセス・産業エミッションのデータベース化、産業間のネットワーク構築及び再利用率可能なエミッションを排出する生産工程構築が必要である。ゼロエミッションに求められる技術としては、各種要素技術の開発、個別生産プロセスのエミッションを減少(reduce)させる技術、再利用率(recycle)可能とする技術及びエミッションから有価物を回収(recovery)技術、他のプロセスで原料化できるような変換(conversion)技術が挙げられる。各プロセスでのマスフローデータを使用しやすい形のデータベース化や各プロセス間及び産業間にデータベースを用いてゼロエミッションネットワークを形成が不可欠である。

【宮崎博文(大分県衛生環境研究センター・主幹研究員)「木造住宅解体の現状と課題」】

木造住宅の解体に伴う、廃木材の有効利用についての講演であった。廃木材のカスケードの有効利用の促進するための実証的研究の一端が紹介された。解体現場での詳細な調査研究から、手壊し解体法は、コスト面からは、分別機械解体法と遜色なく、乾燥材としての品質面においても、古材としての流通が可能としている。また、手壊し解体法は、人力による作業手間数が多く、骨組部分の解体には、大工

技能者の熟練した技術も必要であり、これら技能者の雇用の場の提供にもつながることが指摘された。

今後は、古材の流通を促進するためのネットワーク構築が強く望まれる。ネットワーク構築には、古材情報データベースやインターネット上で仮想市場など構築などが強く望まれるところである。

【佐々木昭正(臼杵伝統建築研究会会長)「民家再生と古材バンクの現状と課題」】

古材を利用した<木造民家の再生工事>の事例をはじめ、臼杵地域での<臼杵伝統建築研究会>の古材バンク情報や空屋情報バンクへの取組についての報告があった。この中で、集荷方法、保管場所、バンクの管理運営方法が今後の問題点として指摘された。<空屋情報バンク>活動では、空屋となった木造住宅がいたずらに廃棄物とならないための取組であり、この活動も社会インフラとしての住宅を廃棄物化させないという意味での建設廃材のゼロエミッション化を考える上で極めて重要と考えられる。廃木材の再利用(reuse)を考える場合、その流通・利用技術の普及や継承が重要である。

【まとめ】

木材のリユース・リサイクルを考える場合、産業間の枠を超えた、エミッションの流通の構築と情報の共有化、製品製造・建築物建設において、エミッション(廃木材・古材)のリユース・リサイクルを含めた生産過程・建設手法におけるゼロエミッション化への取組及び廃木材のカスケード型利用に関する技術開発と原材料としての廃木材調達と最終製品の流通経路の確保が必要である。言い換えると、解体が容易な建築構法に関する技術開発、古材・廃木材の存在情報やその流通システムの構築及びバイオマスとしての廃木材利用を含めた一貫したカスケード型の木材利用技術・システムの構築が強く求められる。これらの技術及び社会システムには、過去使われていた技術・システムもあり、既存技術・システムの再評価すなわち<温故知新>的取組も今後必要となる。

(いのうえ まさふみ:大分大学工学部)

高温低湿乾燥されたスギ心持ち柱材の品質*1

豆田俊治*2・三ヶ田雅敏*3

スギ心持ち柱材を効率的に乾燥できる高温低湿乾燥スケジュールは、現在、多くの乾燥材生産現場で使用されているが、生産される乾燥材の品質については不明な点が多い。そこで、いくつかの異なる条件で高温低湿乾燥されたスギ心持ち柱材を比較し、その品質を明らかにすることを試みた。これによって生産される高温乾燥材の品質向上が図れるものと期待される。

1. はじめに

乾燥後の表面割れが少なく比較的短時間で乾燥が可能な高温低湿乾燥法は、蒸気式の人工乾燥を導入している多くの製材業者で利用されている。

しかしながら、このような方法により生産された乾燥材は、高周波含水率計による含水率や見た目の表面割れの有無といった限られた指標で評価されているのが現状である。このように、流通する人工乾燥材の品質は、十分明らかにされておらず、不明な部分が多い。また、乾燥現場ではスケジュール改変などを行う場合に必要な、適切な乾燥材の品質評価方法を望む声もある。

そこで、今後の乾燥材品質の向上を図ることを目的として、高温低湿乾燥処理されたスギ心持ち柱材の含水率、表面割れ割れ、内部割れ、材色等の品質を評価した。

2. 試験方法

供試材は、大分県産のスギ心持ち柱材(115mm×115mm×3m)を用い、これを表-1に示す条件で乾燥を行った後、寸法、含水率、表面割れ、内部割れ、材色を測定した。同様の測定を低温乾燥材または天然乾燥材についても行った。なお、試験材の一部は乾燥後、屋内にて一定時間経過後、改めて測定した。

表-1 乾燥条件

	試験体数	最高温度	乾燥期間
高温低湿乾燥	20本	120 (高温一定)	2~3日
高温低湿乾燥	20本	120 ~ 85 (高温 中温)	5~7日
高温低湿乾燥	20本	120 ~ 55 (高温 低温)	12日
低温乾燥 (または天然乾燥)	20本	55	2週間~数ヶ月

3. 結果と考察

1) 仕上がり含水率と収縮率

仕上がり含水率を20%前後に設定して乾燥を行った場合、収縮率には乾燥温度による大きな違いが認められなかった(表-2)。

しかし、温度条件が高温だけの高温低湿乾燥は、短時間で乾燥させるため、過乾燥になりやすい傾向があった(図-1)。この場合、途中から乾燥温度を下げる乾燥方法を採用することで、このような問題が解決できると考えられた。

表-2 含水率と収縮率

	高温乾燥		高温+中温		高温+低温		低温のみ	
含水率(%) (乾燥前 乾燥後)	73.3	19.2	68.6	20.9	76.3	21.2	71.7	24.0
収縮率(%)	2.24		1.97		2.11		2.28	

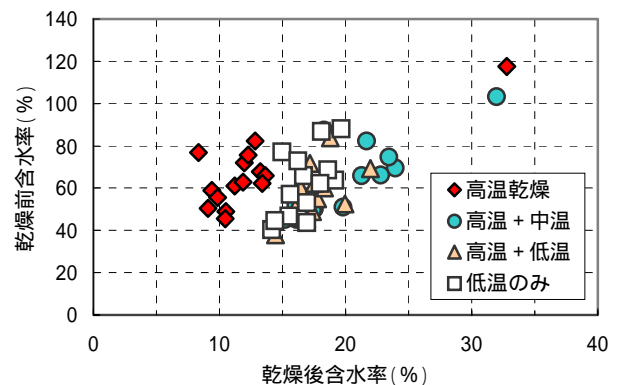


図-1 乾燥材の含水率

2) 乾燥後の経時的寸法変化

高温低湿乾燥材を乾燥後に室温で放置し、その後の変化を測定した結果が図-2である。乾燥直後から2ヶ月後にかけては寸法変化がほとんど認められなかった。さらに、乾燥2ヶ月後に寸法を105mm角にそろえた後、12ヶ月間経過を観察したが、寸法変化はほとんど認められなかった。

*1Toshiharu MAMEDA, Masatoshi MIKEDA: Quality of the sugi boxed heart timber kiln-dried at high temperature-low humidity.

*2大分県林業試験場 Oita Prefectural Forestry Experimental Station, Arita, Hita-city, Oita 877-1363

*3大分県森林保全課 Forest Conservation Division of Oita Prefectural Government, 3-1-1 Otemachi, Oita-city, Oita 870-8501

次に、乾燥材の周囲の湿度を 40～90%の間で変化させたときの含水率と寸法の変動を測定した。結果を図 - 3、および図 - 4 に示す。高温乾燥材は、天然乾燥材と比較して平衡含水率が 7～13%と低く、そのばらつきも小さかった。また収縮率も、変化の幅が天然乾燥材より小さく、寸法安定性が高かった。

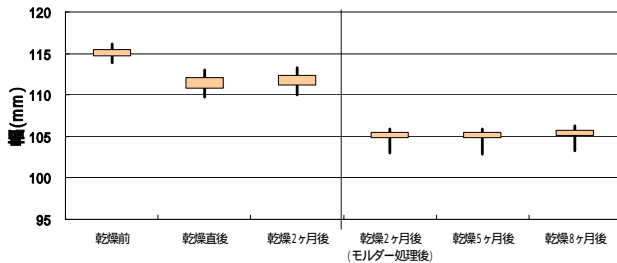


図 - 2 高温乾燥後の寸法変化

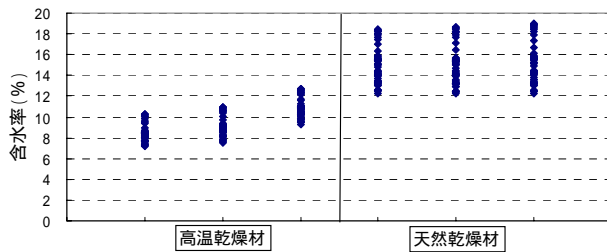


図 - 3 湿度変化による含水率の変化

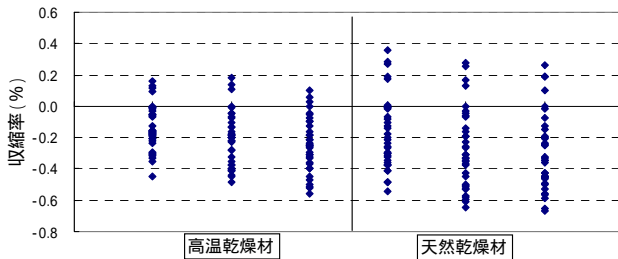


図 - 4 湿度変化による収縮率の変化

3) 表面割れと内部割れ

乾燥で発生した表面割れの経時変化を測定した結果、表面割れの材面長さあたりの割合を示す表面割れ長さ率は、天然乾燥材では平均 83%であった。これに対して高温低湿乾燥材では、最終的に約 10%で安定していた。この結果から、高温低湿乾燥材の表面割れ抑制効果は、長期間にわたり持続されることがわかった。また、高温乾燥特有の内部割れも、乾燥時の温度を下げることでその発生を低減できることもわかった(表 - 2)。

表 - 2 内部割れ長さの合計

	高温乾燥	高温+中温	高温+低温	低温のみ
平均値(mm)	153.7	62.0	29.0	2.3
標準偏差	84.22	33.44	19.16	2.83

4) 乾燥による材色変化

色差計を用いた測定の結果を図 - 5 に示す。高温乾燥材は、明度 L^* と彩度 b^* が低く、暗色化並びに黄色化していた。以前の研究¹⁾で、高温乾燥

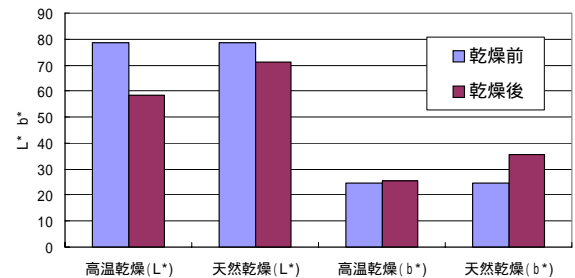


図 - 5 色差計による材色測定結果(辺材)

の時間が長いほどこの傾向が顕著であったことから、高温条件の乾燥時間を短くすることで、材色変化をある程度抑えることができると思われる。

5) 乾燥時の曲がり抑制

一般に乾燥時に重しを載荷することで、乾燥曲がりの抑制が期待できるとされている。しかし、図 - 6 に示すとおり、高温乾燥においては、桧木圧の増大に伴って、材へのめりこみ量が増加するので、適切な桧木圧で載荷することが重要である。

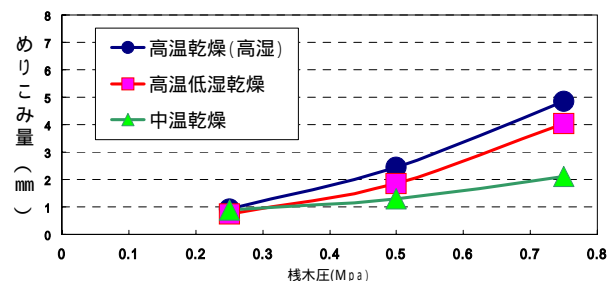


図 - 6 めりこみと桧木圧の関係(実大材)

4. まとめ

高温低湿乾燥法は、スギ心持ち柱材の乾燥に適した効率的な乾燥技術であり、この方法による生産量は、今後ますます増大すると思われる。これからは、乾燥材の品質をさらに高めていく必要があり、より適切な乾燥スケジュールが求められるであろう。今後さらに様々な角度から、乾燥材の品質およびその評価方法について検討が必要になると考えられる。

引用文献

- 1) 豆田俊治：第 8 回日本木材学会九州支部大会講演集 p51～52 (2001.8)

スギとホワイトウッド及びアカマツ素材の屋外杭による耐蟻性比較^{*1}

岩崎 新二^{*2}・藤本 英人^{*2}・落合 克紀^{*2}

宮崎県産スギ材、ホワイトウッド及びアカマツの屋外杭による耐蟻性試験を県内3試験地で、3ヶ月間行った。その結果、ヤマトシロアリの食害は、ホワイトウッドが最も激しく被害度5に達していた。耐蟻性が大きいのは、スギ天然乾燥材>スギ人工乾燥材>アカマツ>ホワイトウッドの順で、スギ天然乾燥材が有意に最も高い耐蟻性を示した。

1 はじめに

ヤマトシロアリは、北海道北部を除き全国的に生息し、食害を起している。特に、宮崎県は、シロアリ対策に万全を期す必要があることから新建築物しるあり予防処理標準仕様書において種別は 種地域に指定されている¹⁾。スギ心材は、耐蟻性を有するという経験則があるが、実証されたものではない。そこで、宮崎県産スギ材、ホワイトウッド及びアカマツの素材(薬剤未処理材)のシロアリに対する耐蟻性を比較するため、シロアリ生息林内で屋外杭による試験を行った。

2 試験方法

実験に供した樹種は、スギ(*Cryptomeria japonica* D. DON)、ホワイトウッド(*Picea abies* KARSTEN、オウシュウトウヒ)、アカマツ(*Pinus densiflora* SIEBOLD et ZUCCARINID)の3樹種である。スギは、天然乾燥材と高温乾燥材の2水準とし、合計4水準を用いた。天然乾燥材は 11×11×300 cmに製材後、室内に2年間放置し、気乾状態にした。高温乾燥は、当センターの蒸気式乾燥機(九州オリンピック工業株製 4.5m³収容)で乾球温度 90~120、湿球温度 85~95 の条件で7日間行った。



写真1 シロアリ試験杭の設置状況
(宮崎市一ツ葉試験地)

ホワイトウッドは中温乾燥材として入手したものを、アカマツは生材をそのまま用いた。試験体は、すべて心材部を用い、約3×3×60 cmの杭とし、各水準56本ずつとした。

試験地は宮崎市の一ツ葉海岸の県有林で食害を受けた松伐根(巣又は分巣、以下巣という3ヶ所)、串間市の福島港付近の県有林(同3ヶ所)、新富町の河口付近の県有林(同2ヶ所)の3地区を選定し、それぞれ平成14年7月24日、7月30日、8月2日に埋め込みを行った。この場合、杭の埋め込みは、スギ高温乾燥材(略号H)、スギ天然乾燥材(略号L)、ホワイトウッド(略号W)、アカマツ(略号A)計4本を1セットとした。杭の埋め込み場所は、巣の周辺とし、杭の長さの半分を土中に埋め込んだ(写真1)。

食害度の評価は、3ヶ月後に雨宮²⁾の方法により行った。また、平均食害度、食害発生率、食害指数は、(社)日本木材保存協会³⁾の方法により算出した。

3 結果と考察

表1に3試験地を合計した平均食害度、食害発生率、食害指数の結果を示す。また、写真2に食害判定時の杭の様子を示す。

食害したシロアリは、イエシロアリの巣の近傍のものを含めすべてヤマトシロアリであり、食害を受けている部位はどの樹種にも共通して地際が多かった。試験期間は3ヶ月と短期間であったが食害度に樹種間の差がみられた。

スギ材は、食害を受けたものもあったが健全な状態のものが多かった。平均食害度は、天然乾燥材が0.11、高温乾燥材は、0.42であり、ともに1未満で非常に小さい値を示した。

食害発生率は、それぞれ9%と27%であり、高温乾燥材の食害が天然乾燥材より大きかった。スギ乾

^{*1} Shinji IWASAKI, Hideto FUJIMOTO and Katsunori OCHIAI : Termite Resistance of Sugi, Whitewood and Japanese Red Pine in Outdoor Stake Test

^{*2} 宮崎県木材利用技術センター Miyazaki Prefectural Wood Utilization Research Center, Miyakonojo, Miyazaki 885-0037 Japan

燥は、過酷な高温状態と穏和な自然状態との両極端の条件を採用した。一般的に流通しているスギ材は、この2水準内に収まるものと推察される。スギ材は高温乾燥により耐蟻性が低下することが報告されているが⁴⁾、この原因は、加熱による木材の耐蟻成分の変質や揮発等によるものと推察される。詳細は今後の検討課題としたい。

表1 耐蟻性比較試験結果

	平均食害度	食害発生率(%)	食害指数
A	1.19	49	0.58
L	0.11	9	0.01
H	0.42	27	0.11
W	2.08	59	1.23

A:アカマツ、L:スギ天然乾燥材、H:スギ高温乾燥材、W:ホワイトウッド

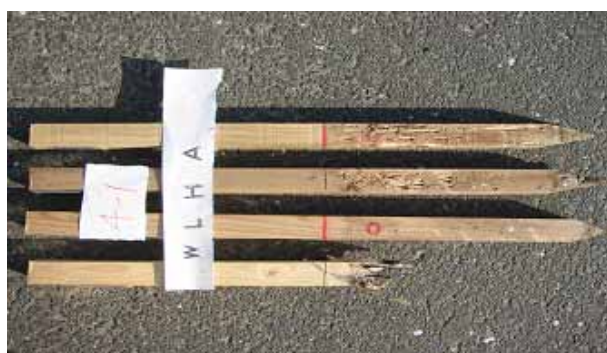


写真2 シロアリ食害判定時の杭の様子

アカマツは、シロアリの飼育や各種試験に用いられるほど食害を受けることが知られている。今回の試験でも、その食害は各試験地で大きく、平均食害度は1.19、食害発生率は49%であり、スギ材より大きな値を示した。

ホワイトウッドの食害は各試験地で最も大きく、平均食害度は2.08、食害発生率は59%であり、スギ材と比較すると極めて大きな値を示した。また、食害度5に達したものもあり、それらは撤去した。撤去した本数は、宮崎市試験地1本、串間市試験地8本であった。

食害度の3樹種4水準間の有意差検定をMann-WhitneyのU検定により行った。その結果を表2に示す。6種の組み合わせのうち、アカマツとホワイトウッド間を除いて、危険率5%以下で有意差が認められた。3樹種4水準の耐蟻性は、高い順にスギ天然乾燥材>スギ高温乾燥材>アカマツ>ホワイト

ウッドであった。ホワイトウッドの耐蟻性は、危険率5%以下での有意差は認められなかったものの、シロアリに弱いとされるアカマツより低い傾向が認められた。スギ心材の耐蟻性は、乾燥条件にかかわらず、ホワイトウッドやアカマツより高いことが明らかになった。また、これらの結果は、鈴木⁵⁾の屋内のイエシロアリによる耐蟻性評価試験の結果と一致する。

シロアリ対策が必要な地域内において、宮崎県産スギ材の利用が、木質構造物の耐蟻性向上のための選択肢の一つになると考える。

表2 Mann-Whitney のU検定結果

群	U	判定
A vs L	5.065	**
A vs H	3.165	**
A vs W	1.737	#
L vs H	2.365	*
L vs W	4.972	**
H vs W	3.837	**

注: **、*、#:それぞれ1%、5%、10%の危険率で有意差あり

4 まとめ

スギとホワイトウッド及びアカマツ素材3樹種4水準の屋外杭による耐蟻試験を行った。その結果、スギ心材の耐蟻性は、乾燥条件にかかわらず、ホワイトウッドやアカマツより明らかに高いことが明らかになった。

引用文献

- 1) “しろあり及び腐朽防除施工の基礎知識”、(社)日本しろあり対策協会編、2002、pp.142-143.
- 2) 雨宮昭二: 林業試験場研究報告、第150号 143-156 (1963).
- 3) “(社)日本木材保存協会規格集”、(社)日本木材保存協会編 2000 p.50.
- 4) 狩野仁実、林和夫、土居修一、山内繁、栗本康司: 第52回日本木材学会要旨集、岐阜、2002、p.535.
- 5) 鈴木憲太郎: 森林総合研究所所報、通巻452号、5、2002.

“トピックス”

樹木抽出成分の多機能性生理活性

～熱帯産樹木パンノキの心材に含まれる多機能性分子アルトカルピンに着目して～

清水 邦義

1. はじめに

筆者は、これまで、樹木の抽出成分の生理(薬理)活性成分について研究を進めてきた。研究開始当初は、ある抽出物の特徴的な生理活性は、特異的な生理活性を有する単一もしくは構造類似の一連の化合物に起因するはずであり、それで全てを説明できると考えていた。したがって、ある生理活性検定法を指標に、抽出物を各種クロマトグラフィーにより分画することにより、強力及び選択的な活性を有する天然物を見出すことを目的としてきた。このアプローチでは、見出された生理活性物質をリードとし新規医薬品等へ発展させることができる。例えば西洋イチイの樹皮から単離されたタキソールのような抗ガン剤になり得る化合物は、それに該当する。しかしながら、天然抽出物になんらかの生理活性を見出した場合、多くの弱い活性を示す含有成分の相加/相乗効果だけでなく、一つの分子が、様々の異なる生理活性(多機能性分子)を有し、それらが複合的に生体へ影響を及ぼす場合に直面する。そのような場合、生理活性天然抽出物の生理活性発現メカニズムの本質は理解し難い。また、安価な合成法が確立された化学合成薬品が極めて強力で選択的な活性を示す場合に、不明な点の多い生理活性を有する樹木抽出物を利用する優位性を見出すのは難しい。

ここでは、熱帯産樹木パンノキ(*Artocarpus incisus*)心材抽出物に含まれる主要成分であるアルトカルピン[6-(3-methyl-1-butenyl)-5,2,4-trihydroxy-3-isoprenyl-7-methoxyflavone](図1)の多機能性生理活性について、その生体分子へ及ぼす影響を分子レベルで考察し、その活性発現機構を提案する。また、樹木抽出物の生理活性について筆者の考えを述べる。

2. アルトカルピンの生理活性

2-1 5-リダクターゼ阻害活性¹⁾

5-リダクターゼとは、男性ホルモン活性化酵素であり、テストステロンを強力な男性ホルモンであるジヒドロテストステロンへ変換する酵素である。過剰

な男性ホルモンにより引き起こされる男性型脱毛症・前立腺肥大症・前立腺ガンなどの疾患の治療・予防に、同酵素の阻害剤は有用である。筆者は、アルトカルピンが強力な阻害活性を有すること(IC₅₀=85 μM)を発見し、構造-活性相関検討から、阻害活性発現には疎水性側鎖(図1)が重要であることを見出した。

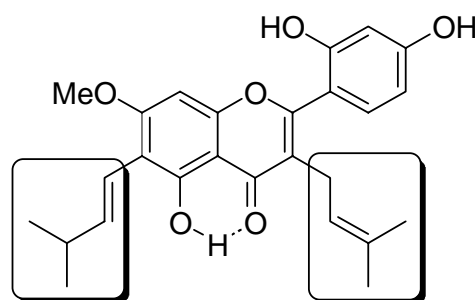


図1 アルトカルピンの化学構造
囲み部分：疎水性側鎖

2-2 抗炎症活性

生体膜のリン脂質に結合しているアラキドン酸は、細胞が刺激を受けるとホスホリパーゼによって加水分解され、プロスタグランジン、トロンボキサン、ロイコトリエンなどの生理活性物質に変換される。これらの脂溶性メディエーターは、種々の細胞機能調節および病態の発症に関与している。この生合成経路の初発反応には、シクロオキシゲナーゼや5-リポキシゲナーゼが関与しており、その阻害剤は、炎症反応やアレルギー反応の緩和・抑制に有効である。

2-2-1 シクロオキシゲナーゼ阻害活性

アルトカルピンは、シクロオキシゲナーゼに対し強力な阻害活性(IC₅₀=1.2 μM)を示し、ポジティブコントロールとして用いたインドメタシン(IC₅₀=2.1 μM)よりも強力であった。

2-2-2 5-リポキシゲナーゼ阻害活性

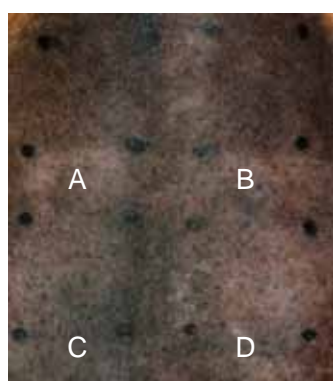
アルトカルピンは、5-リポキシゲナーゼに対してポジティブコントロールとして用いた nordihydroguaretic acid(IC₅₀=0.42 μM)より劣るものの、高い阻害活性

($IC_{50}=2.3\ \mu\text{M}$)を示した。

炎症発症の主要な酵素であるシクロオキシゲナーゼ及び5-リポキシゲナーゼ阻害活性を有することによりアルトカルピンの強力な抗炎症効果が示された。

2-3 UV-B誘導色素沈着抑制活性²⁾

紫外線による皮膚の過度の色素沈着は、シミ・ソバカスなどの色素沈着症を引き起こす。その抑制剤は、美白化粧品原料として有用である。アルトカルピンは、市販の美白化粧品の原料として知られるアルブチンやコウジ酸と比較して優れた色素沈着抑制効果を示した(図2)。



A: アルブチン
B: 溶媒のみ
C: コウジ酸
D: アルトカルピン
(試料濃度: 0.25M)

図2 アルトカルピンの色素沈着抑制効果

2-4 抗ガン活性^{3,4)}

アルトカルピンが、強力な腫瘍細胞増殖抑制効果を示し、かつ、動物実験においても顕著な抗腫瘍効果を有することを見出した³⁾。また、腫瘍細胞増殖抑制効果は、疎水性側鎖が重要であることが示唆された(図3)。また、疎水性側鎖を有するフラボノイドは、全て強力な細胞増殖抑制効果を示した(図3)。構造的

な特徴は、親水性のフェノール性水酸基ならびに、疎水性のイソプレニル側鎖を有している両親媒性分子であることである。即ち、非イオン性界面活性剤様に働き、生体膜に作用し、膜機能を阻害することにより細胞増殖抑制効果を発現している可能性が示唆された。さらに、溶血活性(膜破壊活性)及び膜吸着活性を示したことより、アルトカルピンの作用点は細胞膜であり、非イオン性界面活性剤様に機能し、顕著な膜機能障害、すなわち細胞増殖抑制効果を引き起こしていることが確認された(図4)。

3. アルトカルピンの生理活性発現機構

アルトカルピンは、筆者らが見出した生理活性だけでも、5-リダクターゼ阻害、UV-B誘導色素沈着抑制効果、シクロオキシゲナーゼ阻害、5-リポキシゲナーゼ阻害、抗ガン活性など多岐に渡る。さらに、抗菌活性も報告されている。なぜ、このような多岐に渡る生物活性を単一の低分子化合物であるアルトカルピンは示すのだろうか。現時点では明確な説明はできない。しかしながら、筆者は、アルトカルピンの構造活性相関検討から、疎水性のイソプレノイド側鎖が、全ての活性発現に重要であることならびに、膜破壊活性及び膜吸着効果を示すという実験結果を得ていることから、非イオン性界面活性剤様構造が種々の生理活性発現に大きく関与していると考えている。生物の機能の大半は膜機能が関与しており、その機能に対して、アルトカルピンが「非特異的」に作用しているのではないか。さらに、酵素阻害に関しても、酵素の3次元構造は、厳密な疎水的相互作用ならびに水素結合を含むイオン結合で、構成されて

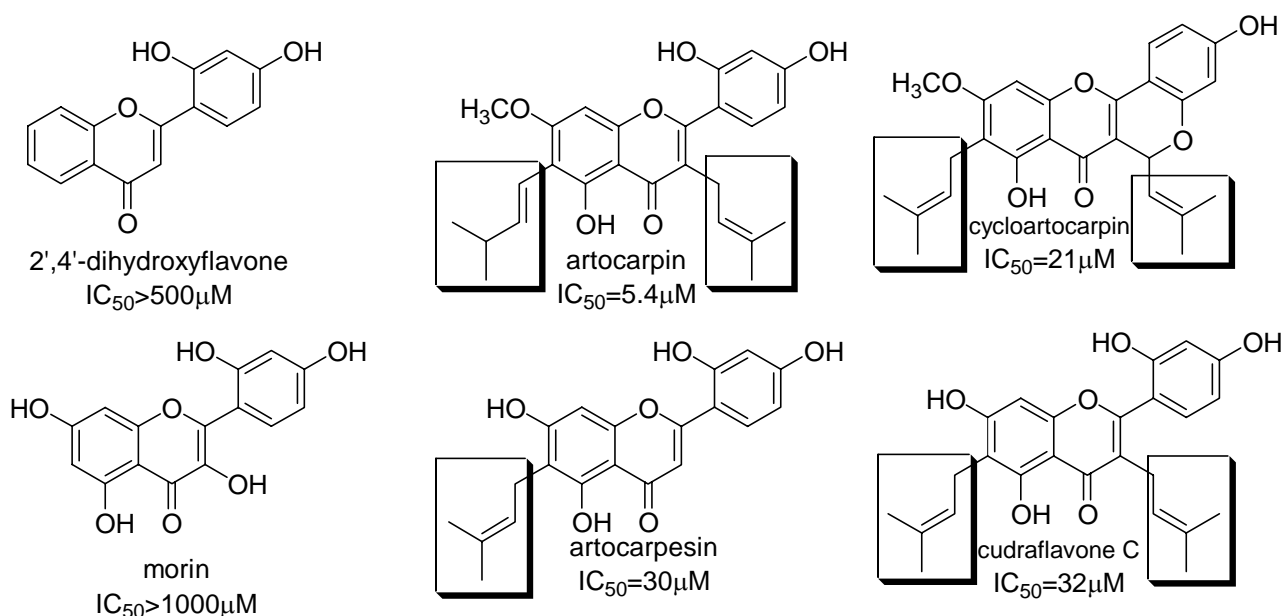


図3 化学構造と腫瘍細胞増殖抑制効果の比較 (囲み部分: 疎水性側鎖)

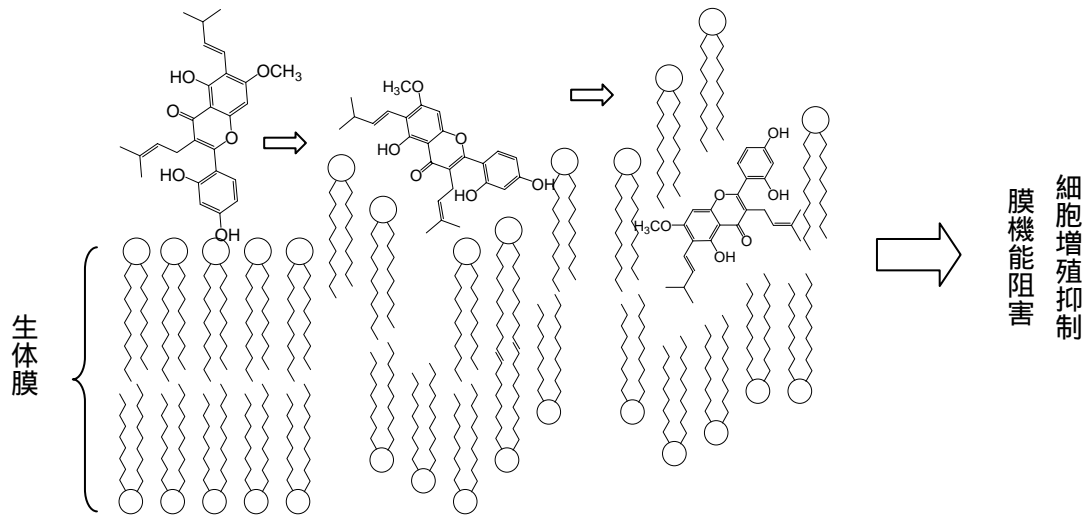


図4 アルトカルピンの生体膜に対する非イオン性界面活性剤様作用

いることを考慮しても非イオン性界面活性剤様作用が関与しているはずである。アルトカルピンの3次元構造に由来した「選択的」な生物活性発現機構も少なからず関与しているはずであるが、それだけでは、このような様々な生物活性を示す多機能性を説明できない。現在、さらに生理活性発現の本質に迫るべく研究進行中である。

4. 生理活性を有する樹木抽出物をどうとらえるか

これまでに様々な生理活性が樹木抽出物に対して報告されている。タキソールなどのような、抗ガン剤として確固とした地位を築いた化合物も過去見出されているが、大部分は、緩和な生理活性を示すに過ぎず、厳密に分子設計された合成医薬品には及ばない。しかしながら、天然抽出物は、選択的な作用を示す合成医薬品と異なり、一般的に作用スペクトルが広く、耐性や副作用などの望ましくない作用が少ないといった特徴がある。そのような特徴を考慮して使用用途を検討する必要がある。例えば、抗菌精油として皮膚疾患の万能薬として知られるティートリー

油は、そのような特徴を有効に活用した一例であろう。

樹木抽出物などの天然生理活性抽出物は、多機能性である場合が多く、さらに、様々な相加・相乗効果が観察されている。しかし、理論化されておらず、現象が実験的に知られているに過ぎない。今後、生理活性樹木抽出物の理論的根拠に基づいた適切で有効な利用法を見出すには、分子レベルでの多機能性生理活性発現機構及び相加・相乗作用発現機構を明らかにする必要がある。本質に迫らねばならない。

参考文献

- 1) K. Shimizu et al., *Planta Med.* 66, 16-19 (2000)
- 2) K. Shimizu et al., *Planta Med.* 68, 79-81 (2002)
- 3) 吉川他: 日本薬学会大会要旨集 4, p14 (2002.3)
- 4) 清水他: 日本木材学会九州支部大会要旨集, p 15-16 (2002.8)

(しみず くによし:九州大学大学院農学研究院)

[編集後記]

木科学情報 10 巻1号をお届けします。シリーズ“森林資源と地球環境”では、宮崎県木材利用技術センターの大熊幹章所長に寄稿いただきました。また、昨年8月に開催された第9回支部大会のシンポジウム報告を大分大学の井上正文先生にお願いしました。トピックスは、九州大学の清水邦義先生に執筆いただきました。その他、研究論文2編を掲載しております。お忙しいなかご執筆頂いた方々に厚くお礼申し上げます。(古賀信也)

[各種問い合わせ先]

支部全般に関わること(総務 松村順司)

E-mail: matumura@agr.kyushu-u.ac.jp

Tel: 092-642-2980

会費、入退会に関わること(会計 藤本登留)

E-mail: fujipon@agr.kyushu-u.ac.jp

Tel: 092-642-2997

支部ホームページ

<http://rinsan.wood.agr.kyushu-u.ac.jp/>

木科学情報 10巻 1号

2003年 2月10日発行

編集人 村瀬安英

発行人 藤田晋輔

発行所 日本木材学会九州支部

〒812-8581

福岡市東区箱崎 6-10-1

九州大学大学院農学研究院

森林資源科学部門内

電話 092-642-3001

FAX 092-642-3078