



## シリーズ“21世紀の木材資源—その利用から研究まで—”

### 熊本県における木材需要拡大の取り組みについて

坂下 一則

はじめに

熊本県は森林面積が県土面積の63%にあたる466千haで、国有林が65千ha、民有林が401千haの全国でも有数の林業県である。

民有林のうち61%を占めるスギ、ヒノキ等の人工林は成熟しつつある。

このような中、本県では、森林・林業を活性化し、時代にあった「木のある暮らし」の創造を目指すため、次の3つの基本方針に基づいて県産材の需要拡大を県民運動として実施している。

- 身近に木と親しむ
- 品質の確かな木材を供給する
- さまざまに木を活かす

以下、取り組んでいる主な事業等について紹介したい。

#### ● 身近に木と親しむ

身近に気と親しむためには木材の優れた特質と木材利用の意義について理解を深めてもらうことが必要であることから、大型木造施設コンクール等の事業をとおして県産材の利用を推進している。

#### (1) 熊本県木造利用大型施設コンクール

県産材の需要拡大の一環として、県産材をアピールするため、木造利用大型施設コンクールを実施している。この事業は平成7年度から始

め、平成 15 年度で 9 年目を迎えている。

### 1) 主催者と対象施設

このコンクールの主催は、熊本県、熊本県森林組合連合会、社団法人熊本県木材協会連合会、熊本県木材事業協同組合連合会及びくまもと県産材振興会の 5 者である。

コンクールの対象施設は、県産材を利用し、過去 3 年の間に竣工した県内の次に掲げる木材利用大型施設とし、国及び県の建築又は所有のものは除いている。

- ① 延べ床面積おおむね 300 m<sup>2</sup>以上の建築物で、不特定多数の人の利用がある施設。
- ② ①に該当する施設以外で、先駆的な工法の採用等により木材の利用分野の拡大に貢献した施設。

応募作品に対しては、熊本県賞を筆頭に各団体が優秀作品を表彰している。

### 2) 応募の状況

過去 9 回の応募総件数は 130 件ほどであり、うち公共施設が 9 割、民間施設が 1 割となって



熊本県賞を受賞した（平成 15 年度）  
特別養護老人ホーム「桜の里」

いる。

回を重ねるごとに意欲的な建築物が現れてきており、これまで木造は無理だと思われていた大型施設も燃えしろ設計などにより意欲的に木造に取り組みられている。

こういったコンクールをとおして、設計者、施工者、設置者の皆さんが木材についての知識を高め、木造建築に対する理解がますます深まることを期待したい。

### (2) くまもと県産材総合展示 PR 事業

県産材に対する認識を深めてもらうため、木材団体等が主体となって、建築士・工務店及び木材流通業者等を対象に、県産材の展示及び一般消費者への普及啓発活動を「くまもと県民木材ふれあい祭り」という総合展示会として、平成 12 年度から行っている。

#### 1) 平成 15 年度実施状況

組織：実行委員会（木材関係団体、森林組合等）  
内容：県産木材製品の展示、商談会及び一般消費者への普及啓発

時期：平成 15 年度 10 月 4 日（土）～ 5 日（日）

場所：熊本木材団地（熊本市平山町）

出展者：木材・製材業者、木材流通関係者、森林組合等 24 社

入場者数：10,000 人

入 場 料：無料

#### (3) 木とのふれあい環境整備推進事業

木製机・椅子や書架等の木製家具等、教育の中に自然素材を導入する事で、無機質材料主体の教育環境の見直しを図り、教師の職場環境の改善、児童生徒の健全育成に努めるとともに、木材の需要拡大を図るため、県産木材を使用した机・椅子の導入に対する補助を平成 11 年度から実施している。

#### 1) 事業の内容

市町村が県産木材を使用した児童・生徒用木

製机・椅子セット又は木製家具を購入する費用を補助対象経費としている。補助率は2分の1以内、補助額は机・椅子1セット当たり8千円を上限とし、木製家具については百万円を上限としている。

## 2) 導入実績

平成15年度までの導入実績は、木製の机・椅子において15市町村34校で24,425セットである。

また、木製家具においては書架や工作台等が導入されている。

なお、木製机・椅子の導入校で、木製机・椅子に対してどのような感じを持ち、どのような欠点があるかと思っているかを把握するため、平成11から13年度に導入した小・中学校22校を対象にアンケート調査を実施した。その結果、木製机・椅子の導入が無機質材料主体の教育環境の見直しを図り、教師の職場環境の改善、児童生徒の健全育成に効果があることが示



八代郡坂本村八竜小学校

された反面、こわれやすい、重さ、機能性等の問題があることも分かった。

今後は、このアンケート結果を踏まえて、児童・生徒の嗜好に合い、機能性、耐久性に優れ、軽量で持ち運びがしやすく、低コストな木製机・椅子の開発が求められる。

## (4) くまもと木の住まいづくり推進事業

品質の確かな県産柱材を提供することにより、県産材の普及促進を図るため、平成15年度から3カ年間の予定で、県内に木造住宅を新築する建築主に1棟分(90本を上限)のスギ柱材を無償提供する事業を実施している。

### 1) 提供する柱材

10.5cm角又は12cm角、長さ3mのスギ柱材を実際の使用本数に基づき90本を上限として提供する。

### 2) 建築の条件

県内に建設される申請者の居住用新築住宅で、土台、柱、梁・桁などの構造材のうち、材積の50%以上に県産材を用いること。

### 3) 応募状況

平成15年度においては、募集戸数150戸に対して174戸の応募があった。

### 4) その他

県が推進しているユニバーサルデザイン(UD)による住宅モデル団地における枠を設けるなど、県産材を活用したUD住宅の普及にもつなげることとしている。



本事業で提供している、くまもと県産材共同集出荷センターが生産する乾燥モルダーク仕上げスギ柱材

### ● 品質の確かな木材を供給する

本県では、乾燥や強度等品質の確かな木材を必要なときに、必要な量、供給できるような体

制の整備づくりを行っている。

#### (1) くまもと県産材共同集出荷体制整備事業

新築住宅に対する10年間の瑕疵保証や住宅性能表示制度が導入されたこと等により、住宅部材である木材へのニーズが大きく変化し、寸法精度だけでなく、含水率や強度などの性能を明示した製品を求める動きが急速に高まってきたことを踏まえ、平成13年度から県産材共同集出荷体制の整備を行っている。

##### 1) 組織

木材流通に携わる森林組合や製材加工業者、流通業者など18社が大同団結し、「くまもと県産材共同集出荷センター」(任意団体)を作っている。

##### 2) 事業内容

規格統一された品質の確かな乾燥材を主体とした製品の共同生産加工と大ロット共同販売や、リアルタイムでの在庫管理、販路開拓など共同集出荷の取り組みを行っている。なお、製品には含水率や強度といった品質が印字されている。

#### ● さまざまに木を活かす

熊本県公共施設・公共工事木材利用推進基本方針に基づき、知事を筆頭に県の各部局が連携して木材の利用推進を行っている。

また、環境や情報化、高齢化など時代に即した新たな製品の開発を進めている。

#### (1) 「熊本県公共施設・公共工事木材利用推進基本方針」に基づく木材の利用の推進

県の関係部局が連携して公共施設、公共工事への木材利用推進を図っている。平成14年度は、実績量が14,564m<sup>3</sup>となった。平成15年度の利用計画量を15,000m<sup>3</sup>としており、着実に推進を図っていききたい。

また、「木材利用推進設計マニュアル」を平

成14年6月に作成し、市町村、設計事務所、林業・木材団体等に配布した。

このような取り組みの中から、公共施設への木造化、木質化を図っている。

#### (2) 新製品の開発

熊本県加工木材協同組合は、0Aフローパネル、遮音壁等を開発し(21世紀型木材利用推進事業という補助事業を利用)、普及を図っている。

また、熊本県森林組合連合会等が組織している「土木資材としての木材供給確保協議会」では、土木資材としての商品開発やコストダウンについて協議するとともに、「土木資材木材活用ガイドブック」による普及活動を実施している。

おわりに

今後とも、このような施策をとおして、県民一人一人が地域の木材を利用する「地産地消」を進め、県産材の需要を拡大し、「木のある暮らし」の創造を目指していききたい。

(さかしたかずのり 熊本県林業振興課)

## シリーズ“産学官連携研究紹介”

### 九州大学大学院農学研究院森林圏環境資源科学講座における産学官連携研究

近藤 隆一郎・清水 邦義

いよいよ平成16年4月より現国立大学は、国立大学法人へと移行します。法人化への移行は、一言で言えば、自由度の増加と引き換えに社会から厳格な評価を受けると言うことでしょう。大学教官は、これから次の四分野での評価を受けることとなります。教育・研究・社会貢献・国際貢献の四分野です。教育・研究に関しては当然であろうと受け止められますが、社会貢献に関しては、かなり意識しながら産学連携・社会貢献を目に見える形で示すことが要求されるでしょう。日本の大学の最も弱い点は、地域、社会と連携していないことです。これまでは、せいぜいシンポジウムを行うぐらいのことでした。社会に対して、いかに大学の知恵や教育を提供するかが課題です。知恵では、産学連携、教育では、社会人教育です。「知」と時代と言われる新世紀を迎えて、産学連携による社会貢献が求められています。

我々は、どのような観点から社会貢献が可能でしょうか。「学問的進歩への貢献」「経済的価値の創出」「快適・安全な社会の構築」など、様々な視点から述べることができます。目に見える形での社会貢献を考えた場合の一つとして、「大学の基礎研究をシーズ（知的財産）とした民間企業による実用化ならびに新たな経済的価値の創出」が挙げられます。大学のシーズ（知的財産）をいかに実用化に結びつけ、その成果を社会に還元するか。国立大学法人化が目前に迫り、社会的な要求が高まりつつあり、大学人には、ますます産業につながる知的財産を生み出すことが望まれています。中国に追い上げられている日本の現在の状況は、1980年代に日本に追い上げられていた時代の米国に似ているようです。その当時、米国は産業構造を変革し、知的財産権によって日本が製造すればするほど米国が豊かになる仕組みを考えました。その知的財産の蓄積が、今、日本の大学の研究者に求められています。

我々の研究室では、基礎研究シーズの実用化への可能性を模索するために、いくつかの産学官連携研

究を行っています。本稿では、そのうちの一つについてご紹介いたします。今後ともご助言、ご協力を頂ければ幸いです。

#### 「高齢化社会に対応した男性ホルモン調節機能を有するキノコ（霊芝）の開発」

我が国では、高齢化社会の到来ならびに食事の欧米化が進み、高齢性のホルモン性疾患が増加している。特に、男性の場合、男性ホルモンバランスの乱れから、「おしっこが出が悪い」症状に代表される「前立腺肥大症」が挙げられる。この症状を緩和するのに有効な抗男性ホルモン効果を霊芝（マンネンタケ）というキノコが有していることを我々の研究室で見出し、特許を取得した。これまでに、霊芝抽出物が男性ホルモン活性化酵素である $5\alpha$ -リダクターゼの阻害活性を有することを見出し（図1）、前立腺肥大モデルラットを用いた動物実験において、前立腺肥大改善効果が観察されている（表1）。当研究室においては、現在その作用機構や活性成分について

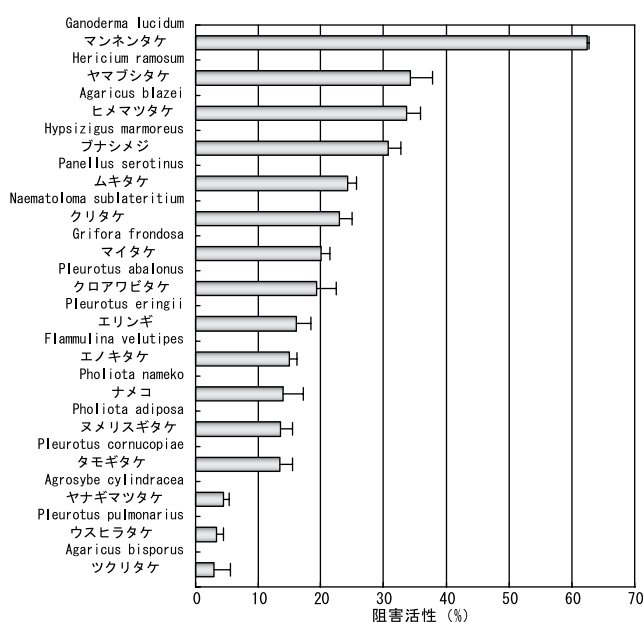


図1 食用・薬用キノコ抽出物の $5\alpha$ リダクターゼ阻害活性  
(抽出物最終濃度:200ppm, n=2)

て研究を進めている。なお、本研究は、平成 14～15 年度「福岡県バイオベンチャー等育成事業」にて採択された課題である。

この知見を世の中に役立たせるためには、実用化する必要がある、「安全性・効能に関する動物試験ならびに臨床試験」「製品形態」「有効成分を多く含む霊芝の栽培技術の開発」などを効率的に遂行するチームの形成が必要である。さらに、類似商品との差別化を行うためには、「特定保健用食品」への認可申請が望ましく、産官学を含む、強力なコンソーシアムの形成が不可欠である。そこで図 2 に示した研究チームを結成した。つまり、福岡県森林林業技

術センターにより「霊芝優良株の開発」、霊芝生産企業である微創研により「実用化を志向した効率的栽培技術の開発」、クロレラ工業株式会社により「商品形態の決定・動物実験による効能・安全性評価」を行っている。現在、それらの知見をもとに、久留米大学医学部の協力を得ながら臨床試験へと研究を進展させている。

(こんどうりゅういちろう・しみずくによし 九州大学大学院農学研究院)

表 1 マンネンタケの EtOH 抽出物を投与した場合の前立腺肥大モデルラットにおける前立腺重量と肥大抑制率

	EtOH 抽出物投与量 (mg/kg of body weight /day)	前立腺重量 (mg/100g of body weight)	肥大抑制率 (%)
コントロール (去勢+テストステロン投与)	0	49.47±4.93	-
EtOH 抽出物投与群 1	1.5	33.29±3.12**	32.7
EtOH 抽出物投与群 2	15.0	37.43±6.46**	24.3

\*\* : コントロール群に対し、有意差あり (p<0.01)、n=6

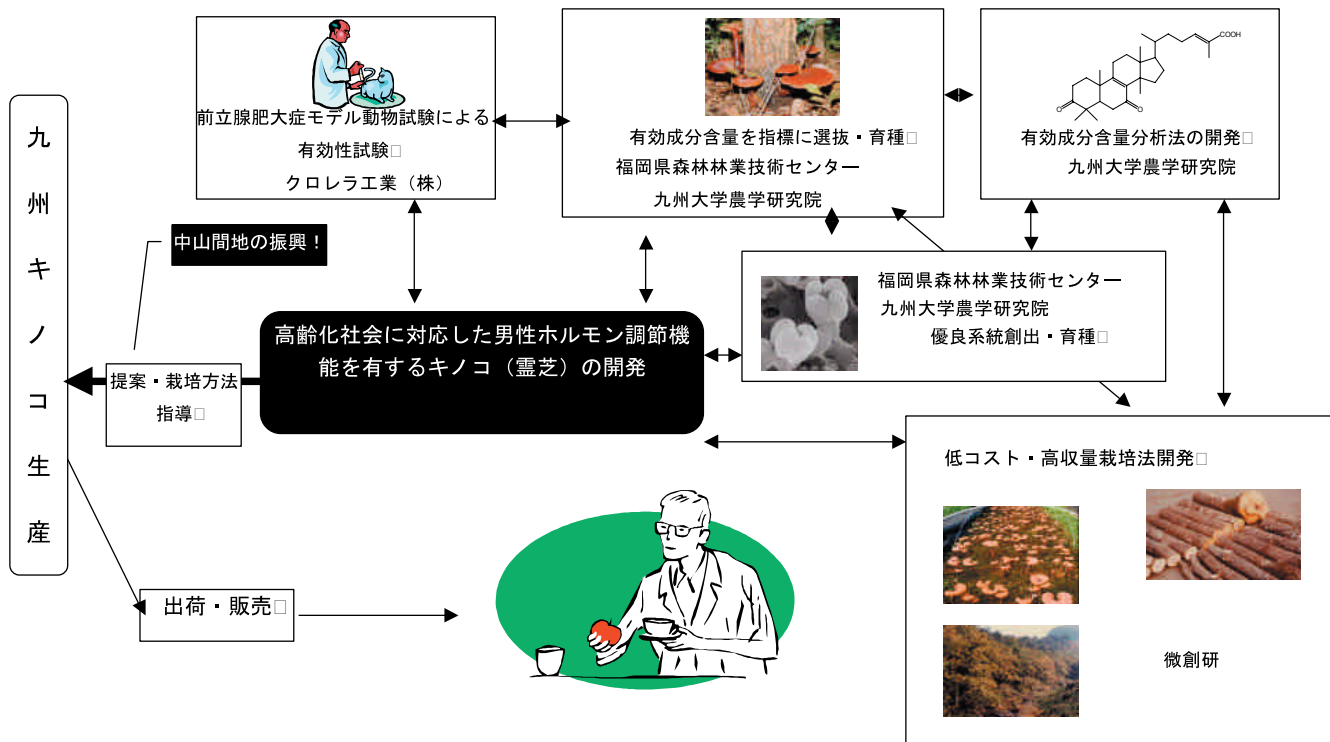


図 2 「高齡化社会に対応した男性ホルモン調節機能を有するキノコ（霊芝）の開発」研究における産学官連携

# 実用乾燥機による高温低湿処理連係乾燥システムの検討\*<sup>1</sup>

片桐幸彦\*<sup>2</sup>・占部達也\*<sup>2</sup>・村上英人\*<sup>2</sup>

スギ心持ち柱材の高温低湿処理連係乾燥システムについて、実用乾燥機を用いて処理を行い、その後人工乾燥を行って生産された乾燥材の表面割れ発生状況を調査した。その結果、高温低湿処理による乾燥材の表面割れ抑制効果には、処理時間による影響や、処理前の材の含水率と乾燥温度との影響が大きいことがわかった。また、材の動的ヤング係数も、表面割れの大きさに影響を及ぼすことがわかった。実用乾燥機を用いた連係乾燥システムを行う場合、各乾燥機に応じた処理時間と乾燥温度の設定とともに、原木丸太の供給体制まで含めた生産システムとして捉えることが必要である。

## 1. はじめに

スギの心持ち柱材の有効な乾燥方法として、高温低湿乾燥法が各生産工場で行われるようになってきている。福岡県においても建築基準法の改正や住宅品確法の創設により、品質の安定した乾燥材としてのスギ製材品の供給が強く求められており、これまでの乾燥スケジュールに比べてわかりやすい高温低湿乾燥法への期待が高まっている。しかし、高温低湿処理を行うのに必要な高温型蒸気式乾燥機の設置台数は福岡県内ではまだ少ないのが現状である。こうした状況の中、福岡県では平成13年度から、「福岡県県産材乾燥システム開発促進事業」として、各製材工場から高温型蒸気式乾燥機を保有する工場に材を搬入して高温低湿処理を短時間行い、その後処理材を各乾燥工場に搬送し、各種人工乾燥機を用いて本乾燥を行う乾燥システム（図-1）の検討に取り組んでおり、このような連係乾燥を試験的に行った際、一定の条件の下で経費の一部補助を行っている。ここでは、これまでに行われた連係乾燥システム開発事業の結果について、とくに心持ち柱材で問題となる表面割れの発生状況に関わる点を報告する。

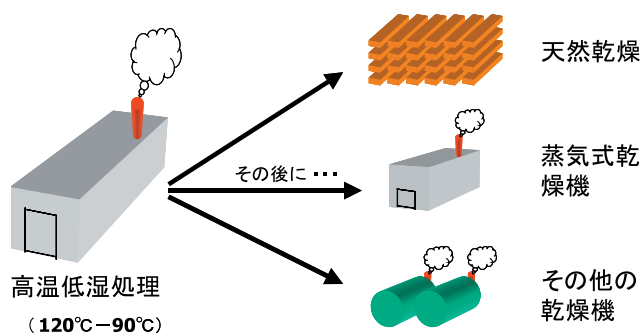


図-1 高温低湿処理連係乾燥システムの流れ

## 2. 試験方法

### (1) 処理、乾燥の実施方法

高温低湿処理は、蒸煮により材温を98℃に上昇させた直後に、乾球温度120℃、乾湿球温度差

30℃の条件を15あるいは18時間継続するスケジュールで行った。その後、処理材を各乾燥工場に搬送し、含水率が20%以下になるまで人工乾燥させた。使用された人工乾燥機は中温型の蒸気式乾燥機が多かったが、湿度制御を行えない簡易乾燥機などが使用された場合もあったため、乾燥条件は、乾燥温度を50℃、70℃、80℃とし、設定可能な場合には乾湿球温度差を20℃程度に設定して、その影響を調べた。

### (2) 試験体及び測定方法

試験体には、事業において実際に生産されている製材品全量の約1%の材である150本を供試し、それぞれの材について製材時点から乾燥終了時点まで、含水率計による含水率や表面割れの発生状況等の追跡調査を行った。さらにそれらの約1/3の材については、乾燥終了後に材を切断して内部割れの発生状況を調べるとともに、全乾法による含水率を求めた。また一部の材については動的ヤング係数も測定した。

## 3. 結果と考察

### (1) 高温低湿処理の時間と表面割れの発生状況

表面割れの最大幅には、5%の危険率で有意な処理時間の効果が認められ、高温低湿処理の時間を長くすると、表面割れが少なくなることがわかった（図-2）。また、高温低湿処理後の表層含水率と表面割れとの関係は図-3のようになり、処理後の含水率が高ければ表面割れが大きくなる傾向が見られた。処理後も表層含水率が高い材では、本乾燥の経過中に新たな表面割れが発生する場合もあった。つまり、表面割れ抑制のためには、処

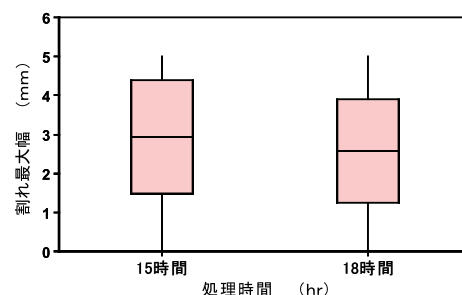


図-2 処理時間と割れ幅

理時間を長くすると、表面割れが少なくなることがわかった（図-2）。また、高温低湿処理後の表層含水率と表面割れとの関係は図-3のようになり、処理後の含水率が高ければ表面割れが大きくなる傾向が見られた。処理後も表層含水率が高い材では、本乾燥の経過中に新たな表面割れが発生する場合もあった。つまり、表面割れ抑制のためには、処

\*<sup>1</sup> Y ukihiko KATAGIRI, Tatsuya URABE and Hideto MURAKAMI : Study on the drying system of lumber linking with a kiln-dry treatment at high temperature-low humidity.

\*<sup>2</sup> 福岡県森林林業技術センター Fukuoka Pref. Forest Res. & Exten. Center, 1438-2 Yamamoto, Kurume 839-0827

理後に材表層部の含水率が十分に低下しているような処理時間を設定する必要があることがわかった。なお、今回設定した範囲内の処理時間では、顕著な内部割れは生じていなかった。内部割れの発生状況を見ながら、さらに処理時間を長くすることで、表面割れ抑制効果の向上が期待できるものと考えられる。

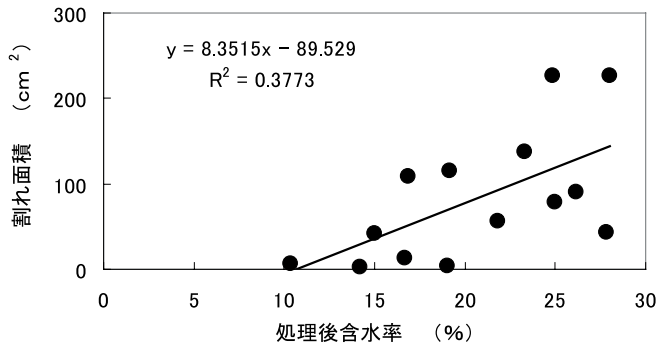


図-3 割れ面積と処理後の含水率計含水率

## (2) 製材時の含水率と表面割れの発生状況

製材時の含水率が高いほど、乾燥後の表面割れ幅が小さくなる傾向が見られた(図-4)。製材時の含水率よりも処理直前の含水率が高くなっており、これは製材後に散水したためと考えられるが、このような材でも、製材時の含水率が低かったものには表面割れが多く発生した。葉枯らし材等、製材の時点で含水率が低下している材では、高温低湿処理による表面割れの抑制効果が得られにくいことがわかった。

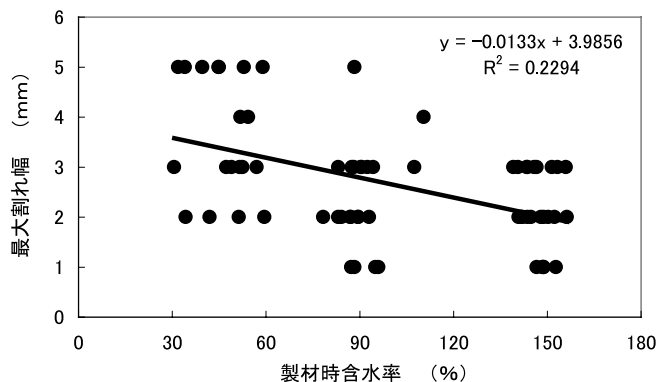


図-4 製材時含水率と表面割れ

## (3) 人工乾燥の条件と乾燥材の状態

人工乾燥の温度条件の違いが材の表面割れや内部割れの発生に及ぼす影響は、明確には認められなかったが、統計的には、乾燥温度と製材時の材の含水率との交互作用として5%の危険率で有意な影響が認められたことから、乾燥温度の設定は、製材時の材の含水率を考慮しながら行う必要があることがわかった(図-5)。また、乾燥終了時点で全乾法による含水率は、処理時間が長いほど、乾燥温度が高いほど低くなる傾向が見られた。今回設定した範囲内の温度域であれば、乾燥温度が高いほど効率的に含水率を低下できると考えられる。

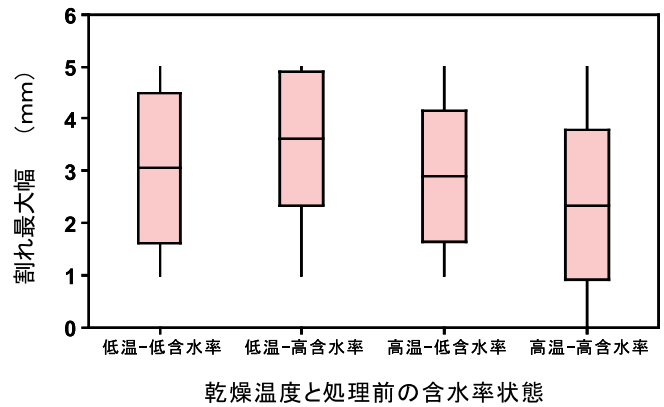


図-5 乾燥温度・処理前含水率と表面割れ

(4) 製材品の動的ヤング係数と表面割れの発生状況  
動的ヤング係数と表面割れの大きさとの関係を図-6に示す。動的ヤング係数の高いものには、大きな表面割れが発生しやすい傾向が見られた。

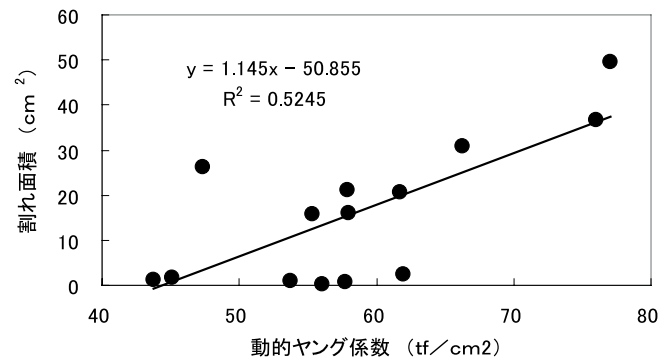


図-6 動的ヤング係数と割れ面積

## 4 まとめ～実施上の問題点～

### (1) 材の供給及び生産上の問題点

高温低湿処理による連係乾燥システムでは、できるだけ含水率の高い材を用いた方が効果的だと考えられるため、伐採してからの日数等が明確な材を購入できるような原木供給システムを構築することが重要である。また、乾燥させる材について、高温低湿処理による効果が期待できる材かどうか(そうでなければ通常の乾燥スケジュールで乾燥させるなど)を判断するシステムの構築が必要である。高温低湿処理では、特に材表層部の含水率がその効果に影響を及ぼすため、含水率計なども有効に活用できる可能性があり、今後調査する必要がある。

### (2) 販売上の問題点

実際の販売上の問題点として、販売先が求めている乾燥材が、この連係乾燥システムによって生産できるのかを確認する必要がある。特に表面割れを嫌う販売先に対しては、処理時間をより長くして表面割れをさらに抑制する必要がある、内部割れや材色等を重視する販売先に対しては、より短時間の処理とその後の緩やかな乾燥スケジュールが必要だとも考えられ、取引先に応じた処理時間や乾燥条件等の検討が必要である。



# 熊本県産スギ原木の強度性能について\*1

小崎 ジュン\*2・池田 元吉\*3・園田 太志\*3

県産スギ材を梁や桁材へ利用することを念頭に、県内の原木市場でスギ中目材の縦振動ヤング係数を調査した結果、以下のことが明らかになった。1) 原木の縦振動ヤング係数は、原木を生育地域別に区分すると、その平均値や変動係数に差はみられたが、5%下限値には差がみられなかった。2) 原木を玉番数で区分した場合、縦振動ヤング係数の平均値と5%下限値は、1番玉よりも2番玉の方が大きな値を示したが、それぞれの変動係数には差がみられなかった。3) 強度性能の高い原木の選別法として、根張りの有無や原木の細りを考慮した選別後、縦振動ヤング係数を測定することが有効と考えられた。

## 1. はじめに

建築基準法改正など法律の整備に伴い、性能規定化がすすみ、木材の性能表示への要求が高まっている。

一方、スギ材の生産量は増えており、資源の有効利用を考えるうえで、梁や桁に利用することは、一つの有望な手法と考えられる。

そこで、梁や桁材生産に適したスギ原木の生産状況を把握することを目的に、原木市場で原木の縦振動法によるヤング係数（以下 Ef）を調査した。

## 2. 調査方法

調査は県内の原木市場の協力で、出材されたスギ原木のうち、熊本県内での生育が確認された中目直材の中から、無作為に抽出し調査した。調査は13市場で、延べ21回、2852本の原木について行った。1回の調査本数は、38～251本である。材長は41本が3m材で、残りはすべて4m材であった。なお、林齢、品種については把握していない。

原木の材長、末口周囲長、元口周囲長、重量、末口年輪数、固有振動数を測定し、縦振動ヤング

表1 原木の調査結果

	末口年輪数	平均年輪幅(mm)	元口直径(cm)	末口直径(cm)	密度(g/cm <sup>3</sup> )	細り(%)	Ef(GPa)
平均値	37	4.1	33.9	27.6	0.71	1.52	6.65
標準偏差	10.4	1.48	6.28	4.32	0.08	0.72	1.48
変動係数(%)	28.1	36	18.6	15.7	12.2	47	22.2
最小値	14	1.3	20.1	17.9	0.40	0	2.49
最大値	115	16.5	71	57.3	0.95	6.28	11.73

細り: (元口直径-末口直径)/材長×100

係数を算出した。固有振動数の測定には、ポータブルFFTアナライザーAD3527（株式会社エー・アンド・デイ）を用いた。

## 3. 結果と考察

調査結果を表1に示す。Efの平均値は6.65GPaであった。

表2にEfと他の調査項目との相関を表す。Efと平均年輪幅の間には負の相関、密度との間には正の相関がみられたが、最も高い相関がみられたのは細りで、細りが大きくなるとEfが小さくなる傾向を示した（図1）。

表2 調査項目とEfの相関関係

	末口年輪数	平均年輪幅(mm)	元口直径(cm)	末口直径(cm)	細り(%)	密度(g/cm <sup>3</sup> )
相関係数	0.209	-0.312	-0.412	-0.253	-0.504	0.348

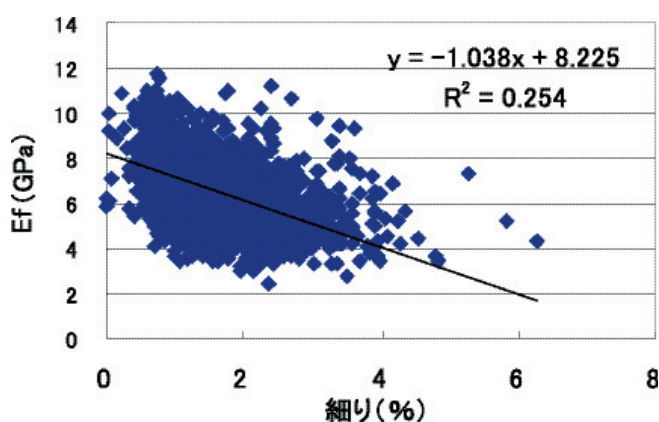


図1 原木の細りとEfの関係

Efを算出する際に必要な密度の値は、元・末口周囲長と材長から求めた材積で、重量を除いて求

\*1 Jun KOZAKI, Motoyoshi IKEDA, Taishi SONODA : The Mechanical Properties of Sugi Logs Grown in Kumamoto.

\*2 熊本県林業研究指導所 Forestry Research and Instruction Station of Kumamoto Prefecture, 8-222-2 Kurokami Kumamoto 860-0862.

\*3 熊本県阿蘇地域振興局 Kumamoto Prefecture Aso Regional Promotion Bureau, 2402 Miyaji Ichinomiya, Kumamoto 860-2612.

めた。よって、根張りが大きな1番玉の場合、元口周囲長の測定位置によっては材積を過剰に評価し、その結果、Efを本来より過小に評価する可能性も考えられる。また、同様に1番玉の細りを過大に評価する可能性も考えられる。

以上のことから、元口周囲長の測定は元口側の幹形状をよく観察して行っており、今回のEf測定精度は高いと考える。よって、図1に示した細りとEfとの間に負の相関があると推察された。

Efを調査地域別に区分し、各平均値、信頼度75%の5%下限値(以下5%下限値)などを表3に、地域毎の分布状況を図2に示す。

表3 地域毎の調査結果

地域	調査回数	調査本数	Ef(GPa)					5%下限値
			平均値	標準偏差	変動係数(%)	最小値	最大値	
A	3	358	7.43	1.87	25.2	2.74	11.01	4.47
B	2	240	7.16	0.97	13.6	4.74	11.56	5.49
C	5	617	6.47	1.40	21.6	2.49	11.27	4.11
D	3	339	6.28	1.30	20.7	3.41	10.98	4.32
E	2	300	6.70	1.04	15.5	3.20	10.27	4.93
F	1	220	7.61	1.58	20.8	3.43	11.73	4.32
G	5	778	6.12	1.30	21.3	3.28	10.23	3.93
全体	21	2852	6.65	1.48	22.2	2.49	11.56	4.21

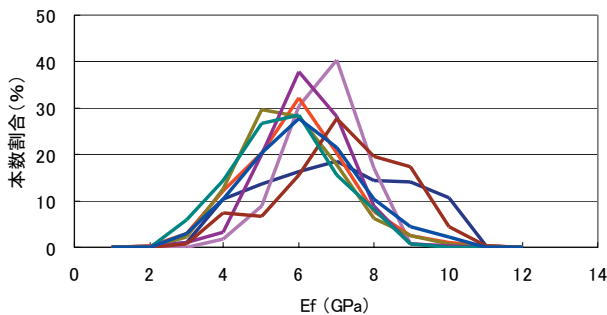


表2 地域毎のEfの分布状況

Efの平均値は、最大値がF地域の7.61GPa、最小値がG地域の6.12GPaであった。各地域の平均値の差に関してt検定を行ったところ、AとF、CとD、CとG地域では有意差は見られなかったが、他の地域間では危険率1%または5%で差がみられた。

次に、地域毎のEfの変動係数を比較してみると、B、E地域の変動係数は、地域全体(2852本)の値(22.56%)に比べ、小さい値となった。その理由として、B地域は、2回の調査が同一市場で行われたことと、地域の特性として調査した原木は単一品種の割合が高いことがあげられる。ただし、E地域に

ついては、その理由は明らかでない。この2地域の5%下限値は、他の地域よりも高めとなっている。逆に変動係数の大きなA地域は、3市場で調査しており、調査した品種数が多いことも影響していると考えられる。また、F地域は1市場での調査であったが、この市場は地域外からも集荷しており、その影響も受けていると考えられる。なお、5%下限値は3.93GPa以上で、大きな差は見られなかった。

次に、根張りの有無で原木を1番玉と2番玉とに仕分け、各Efの分布について、本数割合、平均値、5%下限値を図3に示す。Efの平均値、5%

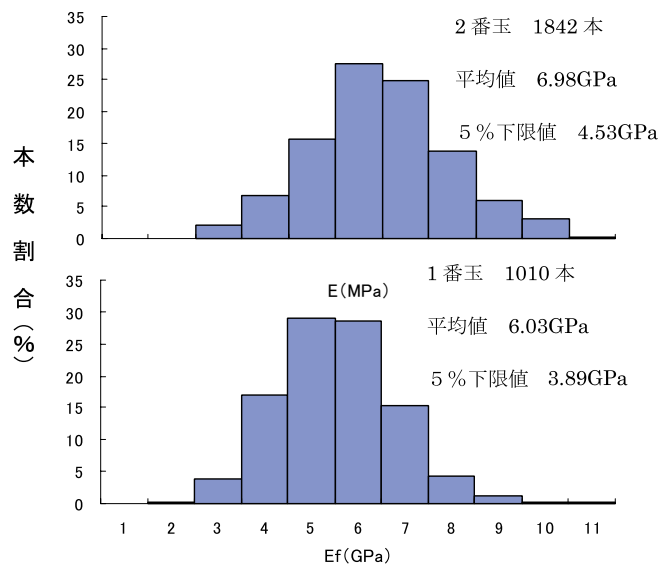


表3 1番玉と2番玉のEfの分布状況

下限値ともに、2番玉が大きい値を示した。また、区分したときの変動係数は、1番玉、2番玉ともに21.1%となり、差がみられなかった。

これらから、強度性能の高い原木の選別法として、Efの測定と根張りの有無や細りを考慮することで精度が増すと考えられる。

今後は、強度性能に加えて、密度や心材色などから乾燥性も検討していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 木質構造研究所(1997) 木材強度データの確率・統計手法.
- 2) 池田元吉ほか: 横架材に適したスギ丸太の選別方法. 木科学情報 Vol.5, No.2, p.34-35(1998)

## ”トピックス”

## 木材の音弾性効果とその応用に関する研究

長谷川 益己

## 1. はじめに

木材は多くが構造物の構成部材（例えば梁や桁）として使用されていますが、木質構造物に組み込まれた木材の力学的状態を知ることは困難です。従って、構成部材の力学的状態を把握し、構造安全性を評価することは非常に重要となります。さらに、非破壊的に評価ができるとなれば、非常に有効な手段となります。本研究では木材の音弾性現象を把握し、その現象を木材の応力測定に応用することを目的としています。

## 2. 音弾性とは？

音弾性は応力を受けた状態にある材料に超音波を伝播させると、応力により伝播速度が僅かに変化する現象です。この現象を利用した音弾性応力測定は構造物や部材に外力が負荷して生じる負荷応力のみならず、何らかの原因で部材内部に発生した残留応力も非破壊で測定できる有力な手法です。音弾性応力測定には、まだ解決すべき問題点は残されていますが、金属材料の分野では信頼性の高い測定法であると評価が高まり、音弾性応力測定の実用化が近いと期待されています。

## 3. 木材の音弾性特性

3.1 木材の音弾性現象<sup>1)</sup>

手始めとして応力軸に対して直交する方向に超音波を伝播させ、超音波音速に及ぼす応力の影響について検討しました。具体的には木材の繊維方向に圧縮および引張力を負荷させ、応力軸に対して直交す

る方向（木材の半径方向）に超音波を伝播させました。これは実際に構造物の梁や桁などの構成部材の内部応力を音弾性法により測定するとき、応力軸に対して直交する方向に超音波を伝播させるのが測定操作上合理的であると考えられるからです。図1に圧縮応力下の音弾性実験の様子を示します。

超音波音速の計測は、縦波・横波を用いてシングア라운드法により測定しました。超音波センサーは周波数0.5MHz、直径1 in. の圧電型素子によるものを用いました。シングア라운드法は超音波の送受信を繰り返して伝播時間を積算し、平均値を求める方法です。シングア-roundの回数を増やすことで、測定精度が上がることになります。本研究では繰り返し回数を10000回としました。

図2に圧縮応力-ひずみ-横波音速の関係（ベイヒバ）を示します。横波音速は負荷初期から圧縮応力・

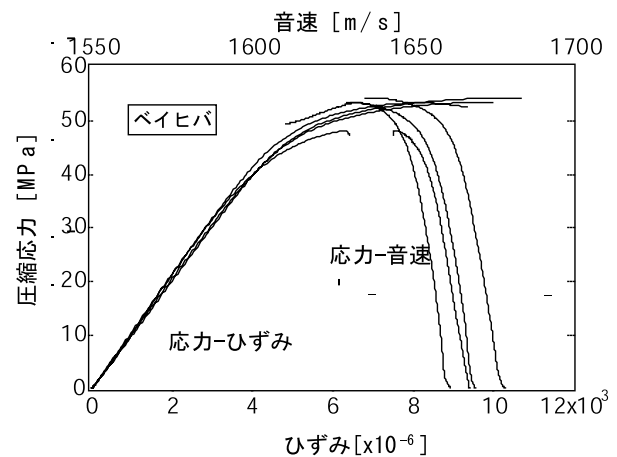


図2 圧縮応力-ひずみ-音速の関係

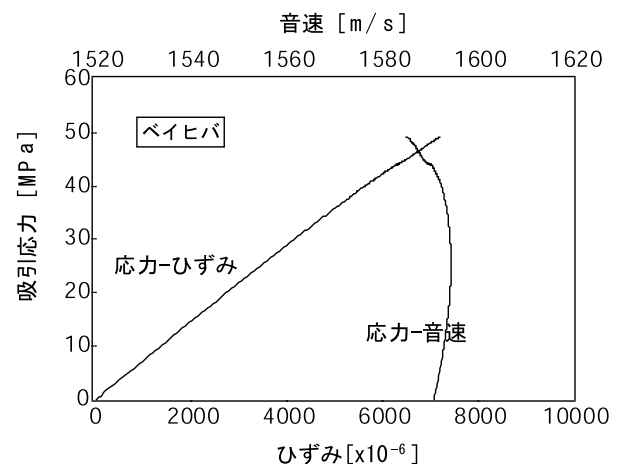


図3 引張応力-ひずみ-音速の関係



図1 音弾性実験図

ひずみの増大とともに、直線的に減少していくことが分かります。また、弾性限度を越えるあたりから、音速は応力の増加とともに大きく減少しています。

図3に引張応力-ひずみ-横波音速の関係(ベイヒバ)を示します。横波音速は、圧縮応力下の場合とは異なり、引張応力に対して負荷初期から応力の増加とともに増加し、30MPa付近で最大となり、その後減少していく傾向が見られました。金属材料では一般的に応力と音速の関係は直線関係を示します。木材では音速が応力下で増加から減少に転じるという金属材料では見られない木材特有の現象が得られました。

音弾性法では音速変化率  $((V - V_0) / V_0)$  と応力  $(\sigma)$  は比例関係にあり、式(1)のように表されます。このとき、比例定数  $(K)$  は音弾性定数と呼ばれ、音弾性現象を応力測定に应用する際に非常に重要になります。

ここで、 $V$ はある応力レベルでの音速、 $V_0$ は初期音速(無応力状態での音速)を表しています。

$$(V - V_0) / V_0 = K\sigma \quad (1)$$

音弾性定数  $(K)$  は、ひずみゲージ法による応力測定におけるヤング率に相当する木材固有の値です。音弾性定数が定数として決定できれば、音速を測定することにより、木材中の応力状態を推定することが可能になります。式(1)を用いて音弾性定数を決定しました(表1)。音弾性定数は金属材料よりも1~2桁ほど大きく、木材中を伝播する超音波の音速は応力に対して、敏感に反応することが示されました。

表1 音弾性定数

ベイヒバ	(圧縮)	$1.36 \times 10^{-4}$	$\text{MPa}^{-1}$
	(引張)	$0.49 \times 10^{-4}$	$\text{MPa}^{-1}$
ヒノキ	(圧縮)	$0.95 \times 10^{-4}$	$\text{MPa}^{-1}$
アルミニウム <sup>2)</sup>	(引張)	$1.56 \times 10^{-5}$	$\text{MPa}^{-1}$
軟鋼 <sup>2)</sup>	(引張)	$3.00 \times 10^{-6}$	$\text{MPa}^{-1}$

### 3.2 繰り返し荷重下における木材の音弾性現象<sup>3)</sup>

木材は構造材料として使用中に静的・動的を含めて様々な力を受けると考えられ、負荷履歴をもった状態で構造物を構成しているのが一般的です。そこで、木材の音弾性現象に対する繰り返し荷重の影響について検討しました。

弾性範囲内の静的繰り返し圧縮荷重を作用させた

ときの応力-ひずみ-横波音速の関係の一例(ホオ)を図4に示します。音速は応力の増大とともに直線的に減少し、応力を減少させると図中の矢印に示すように同じ経路を折り返して音速は増加しました。また、両者は直線関係を保ちながら繰り返し回数を重ねるごとに徐々に図中の右方に移動し、その増加幅は繰り返しを重ねるにつれ僅かに小さくなっていく傾向が見られました。これについては木材の粘弾性的性質にも一因があると考えられますが、現在のところ不明であり、検討中です。以上のように、繰り返し荷重下における応力と音速の関係は同一の現象を繰り返し、再現性が認められました。

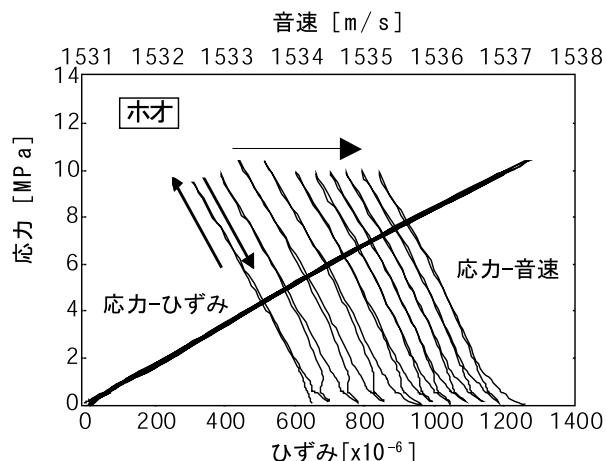


図4 繰り返し荷重下の応力-ひずみ-音速の関係

### 3.3 音弾性法とひずみゲージ法との比較

木材に音弾性法による応力測定の利用を考慮する際に、音弾性法の感度を把握しておくことが必要です。現在、応力測定に一般的に利用されているひずみゲージ法との比較を試みました。ひずみゲージは抵抗体材料が、ひずみを受けるとその電気抵抗  $(R)$  が変化するという性質を利用しており、式(2)が成立します。

$$\Delta R / R = K_g \Delta L / L (= K_g \epsilon) \quad (2)$$

ここで、比例定数  $K_g$  はゲージ率で、抵抗線の材料によって異なりますが、一般的に2~4です。一方、音弾性法においては式(3)が成り立ちます。

$$\Delta V / V = K \sigma (= K E \epsilon) \quad (3)$$

式(2)と式(3)を比較すると、音弾性定数  $(K)$  にヤング率  $(E)$  を乗じた  $KE$  は、ひずみゲージ法の場合のゲージ率  $(K_g)$  に相当すると考えることができます。例えば、 $KE$  値はベイヒバでは0.87、ヒノキでは0.93となりました。ちなみにアルミニウム、

軟鋼 2) ではそれぞれ 1.10, 0.63 となります。以上のことから、応力測定における音弾性効果の程度というものは、ひずみゲージによる効果と同程度のものであることが分かりました。

#### 4. 木材の複屈折音弾性特性

前章で述べましたように、音弾性法は木材の応力測定法として適用できる可能性が示されました。しかし、この方法では、いくつかの問題点がありました。具体的には、式 (1) からは応力の種類 (圧縮か引張) の判別が困難であること、初期音速 ( $V_0$ ) が必要であることがあげられます。そこで、新たに複屈折音弾性法という手法の導入を検討しました。

##### 4.1. 複屈折音弾性とは？

超音波横波が応力状態にある弾性体中を伝播するとき、互いに直交する 2 つの主応力方向に偏向した横波は音速差を生じます (図 5)。この現象を複屈折音弾性効果と呼び、相対音速差が主応力差に比例することを利用した応力測定法が複屈折音弾性法です。この方法は初期音速 ( $V_0$ ) を知ることなく、互いに直交する 2 つの横波音速 ( $V_1, V_2$ ) を測定するだけで、材料内の応力状態、特に主応力差 ( $\sigma_1 - \sigma_2$ ) を推定できる有用な手法です。ここでは、複屈折音弾性法による応力解析において重要となる組織異方性と複屈折音弾性定数を求めました。

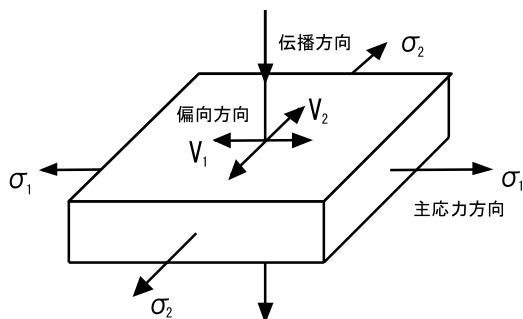


図 5 超音波横波の伝播方向と偏向方向と主応力方向の関係

##### 4.2. 組織異方性と複屈折音弾性定数<sup>4)</sup>

図 6 に相対音速差 ( $(V_1 - V_2) / V_T$ )、すなわち音響異方性と圧縮応力の関係 (ホオ) を示します。ここで、 $V_T$  は  $V_1$  と  $V_2$  の平均音速です。音響異方性は圧縮応力の増加とともに減少し、負の直線関係が見られました。

このとき、直線の傾きは複屈折音弾性定数 ( $Ca$ )、 $y$  切片を組織異方性 ( $\alpha$ ) と呼び、複屈折音弾性則は

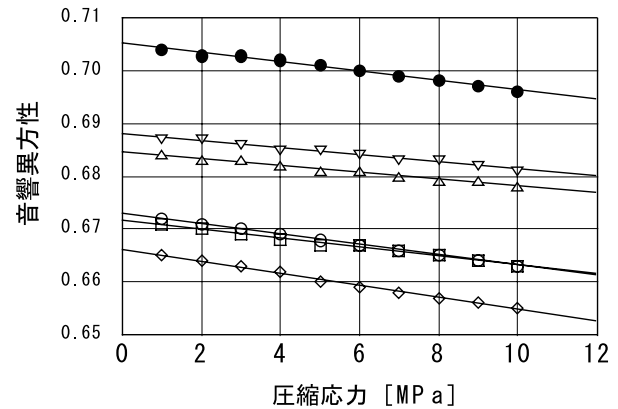


図 6 圧縮応力と音響異方性の関係

式 (4) のように表せます。複屈折音弾性定数と組織異方性が予め分かれば、測定値である音響異方性と組織異方性の差から材料中の応力状態が評価できます。

$$(V_1 - V_2) / V_T = \alpha + Ca\sigma \quad (4)$$

図 6 から決定した組織異方性と複屈折音弾性定数の平均値は表 2 のようになります。組織異方性の値は大きいほど異方性が大きいことを表しており、木材は金属材料よりも大きい異方性を持つことが確認できました。また、複屈折音弾性定数の符号は応力の種類に関係なく同じ符号を示しました。これは、応力の種類 (圧縮か引張) を決定するのに非常に重要となります。すなわち音響異方性と組織異方性の差が正であれば、応力状態は引張、負であれば、圧縮ということになります。応力の種類が決定できることは、木材の応力測定に複屈折音弾性法を適用する際に非常に有利な点となります。

また、これらの複屈折音弾性現象を利用し、モデ

表 2 組織異方性と複屈折音弾性定数

	組織異方性	複屈折音弾性定数 [ $\text{MPa}^{-1}$ ]
ホオ	(圧縮)	$0.686$
	(引張)	$0.807$
アルミニウム	(圧縮)	$0.770 \times 10^{-2}$
		$-3.97 \times 10^{-5}$

ル実験として曲げモーメントを作用させた木材梁の応力分布の推定について検討しました。その結果、複屈折音弾性法により求めた応力値は、比較として求めたひずみゲージ法による測定値や材料力学による理論計算値と概ね一致することも確認しました。

#### 5. まとめ

本研究は木材の応力測定法として、音弾性法適用の可能性を検討しました。木材中を伝播する超音波音速は応力に対して敏感に反応し、応力測定の可能性を見いだしました。その反面、測定操作上の僅

かなことでも誤差が生じてしまう可能性もあり、測定技術の向上と確立が望まれます。繰り返し応力下の音弾性実験では音弾性現象の再現性を確認し、荷重履歴を持つ木材に対しても音弾性法の適用が可能であることが示されました。新たに導入した複屈折音弾性法では、応力の種類の判断ができることが分かりました。これは、従来の音弾性法で困難とされてきた問題点を克服するものであり、木材の応力測定に音弾性法の適用を考える場合に大きな進歩であり、今後の音弾性法の木材の応力測定への適用の道が拓けたと言えます。

## 参考文献

- 1) M. Hasegawa, Y. Sasaki : J Wood Sci. 46, 102-108 (2000)
- 2) 岩清水幸夫 : 超音波テクノ, 2, 19-22 (1990)
- 3) Y. Sasaki, M. Hasegawa: Wood Fib Sci, 35, 110-119 (2003)
- 4) M. Hasegawa, Y. Sasaki : J Wood Sci, 50 (2004) (in press)
- 5) 村上芳則他: 日本機械学会論文集 A 編, 55, 910-916 (1989)

(はせがわ ますみ 九州大学大学院農学研究院)

## 事務局からのお知らせ

## ● 支部に関する問い合わせ先の変更

2004年4月より下記の通り担当者が変わります。

## ・ 支部全般に関わること

総務 堤 祐司 (九州大学大学院農学研究院)

E-mail: y-tsutsu@agr.kyushu-u.ac.jp

Tel: 092-642-4282

・ 会費、入退会・勤務先変更など会員情報に関わる  
こと

会計 小名俊博 (九州大学大学院農学研究院)

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

Tel: 092-642-2989

● 日本木材学会九州支部会員総覧 2003 に関する  
お詫び

前号に同封しました「九州支部会員総覧 2003」について、掲載漏れ、間違い等がございました。ここに深くお詫び申し上げます。

## ・・・掲載漏れ・・・

かわの あきお 河野 昭雄

〒860-0082 熊本市池田 4-22-1

崇城大学 工学部建築学科 教授

TEL: 096-326-3111 内 3230

Fax: 096-325-8321

kawano@arch.sojo-u.ac.jp

## ・・・ふりがなの間違い・・・

(誤) すみもと まさゆき

(正) すみもと まさし

住本 昌之

## 〔編集後記〕

木科学情報 11 巻 1 号をお届けします。“21 世紀の木材資源—その利用から研究まで—”では、熊本県林業振興課の坂下一則氏に寄稿いただきました。また新シリーズ“産学官連携研究紹介”では、九州大学の近藤隆一郎先生の研究室で進められている研究を紹介していただきました。トピックスは、九州大学の長谷川益己先生に執筆していただきました。その他研究論文 2 編を掲載しております。お忙しい中ご執筆頂いた方々に厚くお礼申し上げます。最後にここ数回寄稿数が減っております。皆様のご協力を改めてお願い申し上げます。(古賀信也)

## 〔各種問い合わせ先 ※ 4 月まで 〕

## ● 支部全般に関わること (総務 松村順司)

E-mail: matamura@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: 092-642-2985

## ● 支部ホームページ

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

木科学情報 11 巻 1 号  
2004 年 1 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  
FAX 092-642-3078