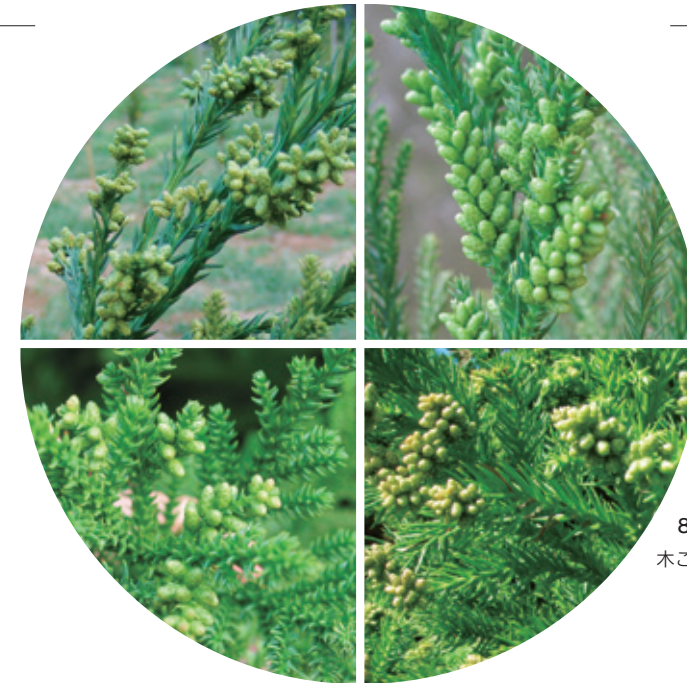


## スギの雄花は夏につく



文と写真●伊原 徳子 Ihara Tokuko

樹木分子遺伝研究領域

8月のスギ雄花  
木ごとに個性がみられる。

スギにも花言葉があることをご存知でしょうか? 「雄大」です。スギは雄花と雌花をつける樹木で、小さいうちは花をつけませんが、樹齢10年を過ぎるころになると、しだいに花をつけるようになります。花粉が飛び始めるのは春先です。しかし、雄花の成長は前年の夏にすでに始まっています。

**雄花**と雌花は同時に成長を始めるのではなく、梅雨があけて暑くなり始めると、まず雄花がつき始め、8月ごろには枝先に雄花が目立つようになります。このころの雄花はきれいな薄い緑色をしています。スギの雄花の量は年によってちがいます。夏の気温が高く、日照時間が長い年は雄花が多い傾向があるといわれています。ただ、花をたくさんつけるには、その分のエネルギーの蓄えが必要なので、2年続けて大量に雄花をつけることはあまりないようです。

**また**、人間の顔が一人ひとりちがうように、スギも別の種子に由来する木は、それぞれちがった個性を持っています。雄花のつき方も木によって大きく異なります。雄花の中では9月下旬ごろから花粉が作られ始め、色もしだいに黄褐色へと変化していきます。そして、冬を越え、暖かくなり始めると花粉を飛ばすようになります。

**風**によって花粉は雌花へと運ばれますが、被子植物とは異なり針葉樹の受精はとてもゆっくりとしています。スギでは受精から受精まで3カ月ほどかかり、成熟した種子ができるのは秋ごろです。雄花が作られ始めて1年以上もかかるのです。「雄大」なスギも、小さな花粉の長い旅を経て生まれた1粒の種子から始まり、その世代を生きて、次の世代を作りだしていくのです。 ♣

7月の球果  
直径3cmほど。未熟な種子が50〜70個ほど詰まっている(写真下)。

「花」の定義には諸説ありますが、わかりやすくするため、ここでは裸子植物のスギにも花という言葉を使いました。

Forestry & Forest Products  
Research Institute  
No.54 2021

特集●

大径木の  
利用を科学する

巻頭鼎談●折箱と構造材。木を使うということ

(公社)日本木材加工技術協会会長

信田 聡

信田 喜代子

× 渋沢 龍也

研究ディレクター

木具定商店第6代





Shida Satoshi

Shida Kiyoko

Shibusawa Tatsuya

## 巻頭●鼎談

# 折箱と構造材。木を使うということ

信田 聡 (公社)日本木材加工技術協会会長  
信田 喜代子 木具定商店 第6代

× 渋沢 龍也 研究ディレクター

木材加工の研究者で(公社)日本木材加工技術協会会長を務める信田 聡さんと江戸時代からつづく木具師職人のお店を守りつづけてきた信田 喜代子さんご夫妻、木材の特性を研究する渋沢龍也ディレクターに木材をめぐる話をさせていただきました。

渋沢 ●先ほど、森林総研の研究施設を見学いただきましたが、ご感想は？  
信田 聡(以下、聡) ●敷地が広いので大きな実験設備を作る余裕があるのがいいですね。実大材を試験できるクリープ(荷重による変形が時間とともに大きくなる性質)試験棟や、この実験住宅も実物の家を建てて居住環境を長期間にわたり調査しつづけておられる。貴重なデータです。  
渋沢 ●木材の研究は、昔の人が経験的に知っていた木の伝統的な使い方にエビデンス(科学的な根拠)を探索の側面が大きいように思います。データできちんと示すことで、経験が裏付けられる世界ですね。  
喜代子さんは、伝統的な木具師\*の家柄のお生まれということで、小さい頃から木に親しんでこられたようですね？  
信田 喜代子(以下、喜代子) ●江戸時代からつづく老舗で、折箱をはじめ、お寺さんで使う木具などをつくって参りました。それこそ身近に端材やおが粉がいっぱいありましたから、それをリアカーにのせて近所のお風呂屋さんに持っていくとタダでお風呂に入れていただいたりとか、そんな子ども時代の記憶があります。ほんとに最後まで木を利用し尽くしていた時代でした。  
渋沢 ●私も子どもの頃は実家のお風呂を薪で炊いていたので、どこかに建築中の現場があると木っ端をもらいにいくのが子どもの仕事でした。いまは建築現場でも廃材が出ない世の中になりましたね。子どもたちの木に触れる機会もだいぶ減っている気がします。

森林総合研究所(つくば)の実験住宅にて  
Photo by Godo Keiko

## CONTENTS

Forestry & Forest Products Research Institute

No.54 2021



### 表紙写真

徳島県内原木市場の良質大径木  
撮影＝伊神裕司

### 特集写真

提供写真以外  
撮影：伊神裕司、渋沢龍也

### 写真提供

P.9  
三内丸山遺跡の掘立柱建物：TOPAZ☆／  
PIXTA  
P.13  
木造の体育館：山形県立酒田特別支援学校  
W350計画：住友林業/日建設計

### 特集担当●

渋沢 龍也  
伊神 裕司

### 編集委員●

片岡 厚 (編集委員長)  
松本 麻子  
中澤 昌彦  
杉山 真樹  
川上 和人

## 巻頭●鼎談

# 折箱と構造材。木を使うということ

信田 聡 (公社)日本木材加工技術協会会長

信田 喜代子 木具定商店 第6代

×

渋沢 龍也 研究ディレクター

.....3

## 特集●

# 大径木の利用を科学する.....8

### 研究の森から●

樹木の心材形成機構の解明に向けて .....14

黒田 克史 (木材加工・特性研究領域)

マイクロフィンガージョイントの開発 .....16

低コスト、低環境負荷な木材のたて継ぎ方法

藤本 清彦 (木材加工・特性研究領域) 平松 靖 (複合材料研究領域)

### 森林講座瓦版●

気候変動でスギの成長は増える？ 減る？ .....18

齊藤 哲 (関西支所)

インフォメーション● .....19

公開講演会のお知らせ 森林総合研究所研究報告

### 自然探訪●

スギの雄花は夏につく .....20

伊原 徳子 (樹木分子遺伝研究領域)

季刊「森林総研」 2021 (令和3) 年9月17日発行



編集●国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 広報誌編集委員会

発行●国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 企画部広報普及科

〒305-8687 茨城県つくば市松の里1番地 TEL.029-829-8373 FAX.029-873-0844

URL <https://www.ffpri.affrc.go.jp/ffpri.html>

企画制作・デザイン●栗山淳編集室

印刷●株式会社 横山印刷

©本誌掲載記事及び写真の無断転載を禁じます。



<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/kikan/index.html>

▲既刊号は、上記サイトにてPDFでお読みいただけます。

QRコードまたは、アドレスにてアクセスください。





## 信田 聡 (しだ さとし)

1953年東京生まれ。公益社団法人日本木材加工技術協会 会長。  
1976年東京農工大学農学部林産学科卒業。1982年東京大学大学院農学系研究科林産学専門課程修了。農学博士。1982年～1987年北海道立林産試験場研究職員、1987年東京大学農学部林産学科助手、その後准教授を経て、2015年東京大学大学院農学生命科学研究科生物材料科学専攻教授。2019年に東京大学を定年退職。2020年に(株)木具定商店に入社。同社代表取締役社長。1992年第33回日本木材学会賞受賞。

「いまは Thinking globally, acting locally の立ち位置にあって、木材利用について考え、行動しつつあります。」

### 巻頭●鼎談

## 木を使うメリットは何なのか？ そのエビデンスを提示しないと利用は広まらない。

**聡** ●産地によって確かに特徴はあります。たとえば年輪が15、20年輪くらいの間伐材や小径木の時代には、強度的に弱い、あるいはヤング係数\*が低いものもどうしても出たとは思っています。15年輪くらいまでは材質が不安定ですが、大径化してくると材質が安定してきます。ですので地域差は少なくなってくる可能性があります。これは推測ですが、大径化して使いづらいということは材質的にはないと思うんです。枝打ちをきちんとやれば、無節の材も得やすくなる。大径の丸太を製材できる機械がないなど課題はありますが、それは作ればいいわけです。これから大径木の材がたくさん出るとはわかっていて、ですから、先行投資しても大丈夫でしょう。**渋沢** ●そもそも日本に、梁材の断面を取れる大きな木がなかったんで設備投資が必要ということですね。需要はあるでしょうから、大径化した材をいかにうまく供給させられるかにかかっているのですね。製材や乾燥方法の問題でしょうか。

**聡** ●心持ち\*の柱を乾かすよりは、心去り\*の梁を乾かす方が楽だと思えます。確かに大径木で心去りの大断面の木材は曲がりが出やすくなる可能性はあるんです。変形抑制という課題は乾燥の工程の中で必要ですが、森林総研が最近行った梁の乾燥の研究では、これまでベイマツを使っていたような梁などの無垢の製材に、国産のスギ、ヒノキ、カラマツ、トドマツほかの大径材を供給していく可能性は、心持ちのスギの柱を加工するより課題は少ないんじゃないかと思えます。国産の樹木から建築の構造材が供給できれば、ベイマツや、ホワイトウッド(オウシュウトウヒ)などを外国から輸入しなくても、地産地消が進む期待があります。国産材が使えるようになれば、環境的にも素晴らしいことです。**渋沢** ●いま新型コロナウイルス感染症の影響で外材価格が高騰して、梁にできる材が入らない、「ウッドショック」と騒がれています。そうした状況でいかに国産材を供給していくことができるのか、さらに将来にわたって供給を確保するには「伐つて、使つて、植える」という循環の流れをつくる、そのいい機会と捉えるべきなのかもしれないですね。

**聡** ●いま大径化してきた人工林材、スギ、ヒノキ、カラマツ、トドマツ、エゾマツほかは、結局戦後の拡大造林の結果です。50年先を考えるとどういう樹種がいいのか、今後の造林木は何がいいのかということを実際に考えておく必要があります。成長がいい木を選ぶわけですが、ただ成長がいいからといって使いやすさとは限らない。**渋沢** ●用材として使うときの適切な樹種と、バイオマスに使うのであれば早く二酸化炭素を固定して育ってくれるものがないということ、森林総研でも早生樹に関する研究を進めています。



お寿司やうなぎ、天ぷらなどを入れる伝統的なエゾマツの折箱



軽木のモビール工作キット(▶P.6本文参照)

**喜代子** ●ある時代まで寿司折や、お店のお弁当箱はどこも木の折箱でした。現代の厚さ2ミリほどの板でつくる折箱が出回るようになったのは明治以降なんです。江戸時代はおそらく2分(6ミリ)とか、それくらい厚みのあるスギの箱が多かったと思います。**渋沢** ●そうすると江戸時代は使いきりではなくて、使い回すこともあったのでしょうか。**喜代子** ●それは、やはり掛け流しなんです。ね。温泉のお湯と一緒に一度っきりの使いきり。だから高価ではないんです。安くなくてはいけません。折箱はそうした使命をいつも背負っています。**渋沢** ●コストを考えると他の材料が優位なところも出てきてしまいますね。**聡** ●おっしゃるとおりで、折箱のほとんどが、いまは紙や発泡プラスチックに置き換わりました。有名な割烹やお惣菜屋さんでもそうです。最近では、プラスチックは環境汚染につながるということで問題提起もされていますが、それでもコストのハードルを超えて木を使うまでにはなかなかいかないんです。**渋沢** ●木の折箱ですと、ごはんが冷めても美味しいなど、木の機能性といったところでの評価はいかがでしょうか？

**聡** ●ごはんがベチャベチャにならずにお弁当を美味しく食べられるということはあると思います。そうした木の持つ吸湿性や保湿性の良さは、もっと宣伝したい長所ですが、やはりコストがいちばんのハードルです。**渋沢** ●子どもの頃に木の匂いや肌合いを体験していると、木のお弁当箱は「香りもいいし、美味しいよね」という感覚もありますね。**喜代子** ●それが最近では、「木が臭い」って言われることもあります。ある年齢以上の世代は「木のいい香り」と言ってくださるのですが、ある年代からは、どうやらそう感じない方もおられるようで……悩みどころです。**渋沢** ●そうですね。長所だったはずのところに体験による差が生じているのですね。**聡** ●折箱は身近な一例ですが、より大きなレベルで建物など構造材料として木を使う場合も、やはり同じ問題があると思います。要するにコストです。それから品質や強度の安定。その課題は競争する材料間で常にあると思うんです。では、木を使うメリットは何なのか？そのエビデンスを提示しないと利用は広まらない。もちろん建物に関しては材質だけでなく、設計・施工のしやすさの観点も必要ですが。**渋沢** ●木質材料の研究は、木は「燃えやすい」とか「腐りやすい」、それから水分の影響で「変形しやすい」といった性質を欠点と捉えて、そこをどうにかしようとしてきた歴史なわけです。ところが、現代のプラスチック問題などをみると、木はもともと腐ってくれる。腐ることはメリットなわけです。「燃えやすい」と考えるとデメリットですが、カーボンニュートラル\*の燃料になると考えると優れたエネルギー資源です。そうした発想の転換が必要ですね。

### 東京都檜原村のスギ材を使った折箱

**Key Words** カーボンニュートラル  
二酸化炭素の吸収量と排出量が差し引きゼロとなること。樹木は成長の段階で二酸化炭素を吸収し、バイオマスとして燃やされるときには同量の二酸化炭素を排出する。



### \*Key Words 木具と木具師

木を使った四角い箱ものを木具という。木具を作る職人が木具師。「木具定」は、江戸時代の天保年間からつく、いまは数少ない木具製造会社で、初代・定吉が創業したので屋号を「木具定」と名づけた。江戸の日本橋にあった魚河岸を得意先とし、三越デパートの向かいに店舗兼工場を建てて弁当箱などをつくってきた。明治2年に浅草に移転。寺で使うご神札や三方などもつくる。





## 渋沢 龍也 (しぶさわ たつや)

1964年東京生まれ。1989年東京大学林産学科卒業。1994年東京大学大学院 林産学専攻修了。農学博士。同年森林総合研究所採用。2017年に複合材料研究領域長を経て、2021年4月より研究ディレクター(木質資源利用研究担当)。合板、構造用パネル、フローリングのJAS規格原案作成委員会委員長。ISO/TC89木質パネル国内審議委員会委員長。2019年米国林産学会の「木材工業業績賞」受賞。

**いこと** 「森林を育てないと木材は生まれませんし、木材を使わないと森林は生まれ変われません。その大きな循環にどのように寄与できるかを考えつづけています。」

## 信田 喜代子 (した きよこ)

1952年東京生まれ。1974年青山学院大学文学部卒業。2003年より、(株)木具定商店6代目を継いだ。2020年まで代表取締役社長。いまは、代表取締役会長として、経木を使った商品開発や普及啓発、教育活動などに取り組んでいる。経木モビール工作キットは、第5回キッズデザイン賞、第4回TASKものづくり大賞、東京多摩杉のストローは第14回同賞などを受賞。

**いこと** 「伝統的な木材を使った折箱の製造・販売を続けてゆきたいと思いますが、そのためには、並行して木材の新しい利用方法の提案もしてゆかないと経営は難しいです。」



### 巻頭●鼎談

伐ったら植えて育てられるように、そのコストが出せるような利用の仕方を考えるのが、いまの研究に求められていること。

**聡** ●大学1年生にアンケートをとると「もうこれ以上木を伐って使うな」という回答が結構ある。雄大な大自然の中にそうした光景があることに衝撃を受けました。

2つめは、20年くらい前にお得意さんに呼ばれたとき、割り箸を使う日本は世界中の木材を伐採してそれで木がなくなっている、だから「木箱を使うのは環境に悪いことだ」と言われたんです。これもショックでした。

さいごが、区の施設に環境のことを考える子どもたちのスケッチがいっぱい飾ってあって、そのひとつに大きな木が描かれていて「木をきらないでね」と書いてありました。

それをみたときに、木を利用することについて、若い人たちに伝えることをしなくてはいけない、と強く思ったんです。木にも寿命があって、その寿命を超える前に適齢期に伐って木材として加工している有効利用して、それでまた若木を植えて循環再生をすることの大切さを伝えたいという強い気持ちですね。

**渋沢** ●わたしたちも「木を伐るから環境に良くない」という意見にはよく出会うのですが、伐つてはいけない木、伐つて循環利用したほうがいい木についての正しい知識を伝えることはとても大切なことです。

信田先生が大学で教えておられたとき、林産学科に進む学生たちは、木材利用が環境に良いという認識をみなさん持ってらっしゃったのでしょうか。それとも、いまでもやはり「木は伐らない方がいい」という意見の学生も多いのでしょうか。

**聡** ●大学1年生にアンケートをとると「もうこれ以上木を伐って使うな」という回答が結構ある。雄大な大自然の中にそうした光景があることに衝撃を受けました。

2つめは、20年くらい前にお得意さんに呼ばれたとき、割り箸を使う日本は世界中の木材を伐採してそれで木がなくなっている、だから「木箱を使うのは環境に悪いことだ」と言われたんです。これもショックでした。

さいごが、区の施設に環境のことを考える子どもたちのスケッチがいっぱい飾ってあって、そのひとつに大きな木が描かれていて「木をきらないでね」と書いてありました。

それをみたときに、木を利用することについて、若い人たちに伝えることをしなくてはいけない、と強く思ったんです。木にも寿命があって、その寿命を超える前に適齢期に伐って木材として加工している有効利用して、それでまた若木を植えて循環再生をすることの大切さを伝えたいという強い気持ちですね。

**渋沢** ●わたしたちも「木を伐るから環境に良くない」という意見にはよく出会うのですが、伐つてはいけない木、伐つて循環利用したほうがいい木についての正しい知識を伝えることはとても大切なことです。

信田先生が大学で教えておられたとき、林産学科に進む学生たちは、木材利用が環境に良いという認識をみなさん持ってらっしゃったのでしょうか。それとも、いまでもやはり「木は伐らない方がいい」という意見の学生も多いのでしょうか。



### 折箱入りの木のストロー

薄いスギ経木を2〜3回巻いて糊でとめてある。開発に1年を要し、いまはすべて職人の手づくりで製作している。一般のストローより、やや太めで吸いやすい。ほのかに木の香りがする。



経木モビール キットの中の1枚

「木をきらないでね」って書いてありました。それをみたとき何かしなきゃいけないって強く思ったんです。

**聡** ●大径化しているいままさに、研究のターゲットもこれまでの小径間伐材の利用から大径材の利用へと、移りつつあるわけですね。私は、大径材の利用の方が開発しやすいという楽観論を持つてはいるのですが。

**渋沢** ●私が学生の頃は、間伐材利用が研究の大きなテーマで、それから少し経つと中目材なかめざいになり、最近は大径材ですから\*、確実に樹木だけは育っているんですね。そして、毎回「それをどう使うか」という議論になるわけで、その点では確かに大径材のほうが広がりがある気はしますね。機械的に等級を区分するとか、強度を指標にするような使い方がメインになっていけば、状況は変わると思うんです。なかなか日本は目視等級など見た目で判断されることがあるので、そこがもう少し変わって、JASの規格でしっかり認証された「見た目は悪いけれど強いんだ」という材が流通してくれるといいのですが。

**聡** ●国産材ということで木具定商店の話に戻りますが、東京都の木で何か作ろうというので、木のストローを折箱に入れたものを開発したんです。もちろん、コストでは勝負できない製品ですが、木の環境優位性というのかな、それがどこまで浸透してくれるのかというところが気になっていて、いわば普及啓発の気持ちでこめてつくりました。持続的な利用ができる資源は「木材だけですよ」ということが広く浸透してくれるといいなあと思っていますよね。

**喜代子** ●若い人たちに木材の良さを知ってほしいという願いをこめて、経木でつくるモビール(▼P4写真)の工作キットも開発したんです。海と空と陸に生きる野生生物をテーマにして、木に触りながら環境のことも学べるようなテキストも入れて、楽しんでもらう、そういうものにも取り組んでいます。

**渋沢** ●面白いですね。素材になっているものはやはり木具を作るときの技術で作られているのですか。

**喜代子** ●キットになっていまして、手で押していたくどいところと抜けるようになっていきます。木を丸く切るのって難しいし、ケガすることもあるので、安全を考えて押せば抜けるような形で立体的なモビールにしました。これをつくらうと思っただけは3つありまして、ひとつは、アフリカのケニアに行ったときに、集落の近くの赤土の草原にレジ袋やプラスチックの容器がいっぱい分解されずに、ゴミのようにたまっているのをみたんです。

**聡** ●国産材ということで木具定商店の話に戻りますが、東京都の木で何か作ろうというので、木のストローを折箱に入れたものを開発したんです。もちろん、コストでは勝負できない製品ですが、木の環境優位性というのかな、それがどこまで浸透してくれるのかというところが気になっていて、いわば普及啓発の気持ちでこめてつくりました。持続的な利用ができる資源は「木材だけですよ」ということが広く浸透してくれるといいなあと思っていますよね。

**喜代子** ●若い人たちに木材の良さを知ってほしいという願いをこめて、経木でつくるモビール(▼P4写真)の工作キットも開発したんです。海と空と陸に生きる野生生物をテーマにして、木に触りながら環境のことも学べるようなテキストも入れて、楽しんでもらう、そういうものにも取り組んでいます。

**渋沢** ●面白いですね。素材になっているものはやはり木具を作るときの技術で作られているのですか。

**喜代子** ●キットになっていまして、手で押していたくどいところと抜けるようになっていきます。木を丸く切るのって難しいし、ケガすることもあるので、安全を考えて押せば抜けるような形で立体的なモビールにしました。これをつくらうと思っただけは3つありまして、ひとつは、アフリカのケニアに行ったときに、集落の近くの赤土の草原にレジ袋やプラスチックの容器がいっぱい分解されずに、ゴミのようにたまっているのをみたんです。

### 経木

木材を紙のように薄く削ったもの。厚さ1ミリくらいの板を厚経木という。肉屋さんのコロツケなどを包むものが薄経木。

\*Key Words 小径材、中目材、大径材

日本では丸太の利用は柱材を基本にしてきた。柱材をとるのに適した末口直径(細い側の直径)が14cm以上20cm未満の丸太を柱適寸材と呼ぶ。それより細いものを小径材、20cm以上30cm未満までの丸太を中目材いかみまると、30cm以上の丸太を大径材もしくは尺上丸太と呼んでいる。



## 特集



# 大径木の 利用を科学する

かつて、日本列島に豊富に存在した大径木は、  
古代から中・近世にかけて、木造建築をはじめ、  
人びとの暮らしの中でさまざまに利用されてきました。

日本の森林は、過剰な伐採による荒廃と  
森林整備による回復をいく度くり返してきました。  
現代では、戦後に植林されたスギをはじめとする人工林が成長し、  
大径木の供給も、しだいに増えてきています。  
しかし、大径木の需要が少なく、価格も低迷しているのが現状です。  
いったい何が起きているのでしょうか？  
過去からの大径木の利用の歴史を振り返りつつ、  
現在の大径木を取り巻く状況を分析し、未来を展望してみましょう。

文責＝編集部  
監修＝渋沢龍也・伊神裕司

写真：良質の大径木

質のいい大径木は、節が少なく、年輪の目がつまっている。

### 長命で、長大となる樹木

樹木は一般的に寿命が長く、大きく成長する生命体として知られています。

樹木がなぜ長命で、長大になるのか？  
その理由はまだはっきりとはわかっていませんが、日本国内でも鹿児島県屋久島の屋久杉のように推定樹齢が2000（3000年とされる）樹木が現存し、京都府左京区に生育する高さ日本一の「花脊（はなせ）の三本杉」の樹高は、62・3メートルにもなります。

また、近年発掘された遺跡からは、過去に使用された大きな木材が多数見つかっています。出雲大社の遺跡からは、直径1メートルを超えるスギ3本を束ねた「宇豆柱（棟を支えるための棟持柱）」が発見されており、三内丸山遺跡からは、掘立柱建物に使用された直径約1メートルのクリの柱が出土しています。

かつての日本国内には、こうした巨木ともいべき大径の樹木が豊富に存在していた証でしょう。

### 大径木の利用と木造建築

地震が多い日本では、豊かな森林資源と多湿な気候風土を背景に、調湿作用とねばりのある木材の特性を活かした木造建築が発達してきました。

現存する木造建築で世界最古とされる

#### 三内丸山遺跡の掘立柱建物

青森県青森市三内にある、いまからおよそ5900～4200年前の縄文時代の集落跡の遺跡。写真は、大型掘立柱建物跡から当時の建物を復元したもので、地面に穴を掘り、柱を建てて造ったと考えられている。遺跡の柱の穴は直径約2メートル、深さ約2メートル、間隔4.2メートルで、中に直径約1メートルのクリの木柱が遺っていた。

#### 特集

## 大径木の 利用を科学する

### \*「大径木」とは？

日本農林規格（JAS）では、末口直径（細い側の直径）が30センチ以上の丸太を「大の素材（＝大径木）」と定義している。









### W350計画

2041年を目標に、木造超高層建築物を含めた「環境木化都市」の実現を目指す研究技術開発構想。



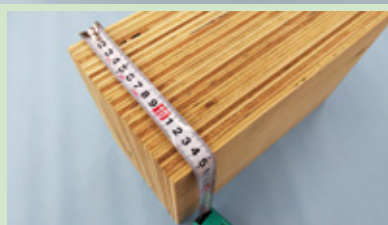
### 木造の体育館（山形県立酒田特別支援学校）

部材を三角形に組み合わせて強度を持たせるトラス架構と、壁を支えるバットレス（控え壁）構造で、高い天井と広い空間を確保している。



### 超厚合板

丸太を薄く柱むきした板の繊維方向を直交させながら積層接着した材料。積層数が多く、向きによる性能差が少ない。



### CLT（直交集成板）

Cross Laminated Timber  
おなじ向きに並べたひき板（ラミナ）の層をその繊維方向を直交させながら積層接着した厚くて大きな板。



### 特集

## 大径木の 利用を科学する

都市部において中大規模建築の木造化を推進することは、都市に森を作るのと同様の効果があるといえます。大径木が林立した太古の集落を彷彿とさせるような緑の都市を、近い未来に木造建築で実現することも夢ではないでしょう。

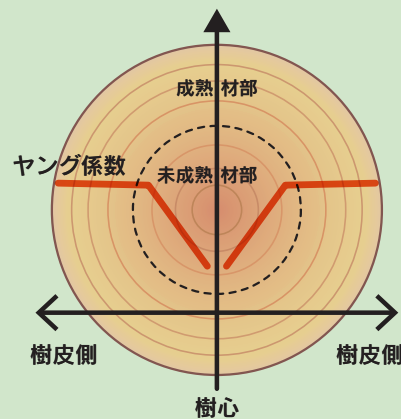
日本は、国土の約3分の2が森林に覆われた世界有数の森林大国です。森林に多面的機能や地球温暖化防止効果を最大限に発揮してもらうためにも、大径木を利用して「伐って、使って、植える」という資源の循環利用を進め、先人から受け継いだ森林を守り育てていくことが大切です。

近ごろでは、小・中学校の校舎など中大規模建築の木造化が推進されています。そこで森林総合研究所では、大径木からとれる大断面の製材品に加え、CLTや超厚合板といった新しい木質材料を国産材から製造するための技術を開発し、それらの中大規模木造建築に活用するための研究を進めています。

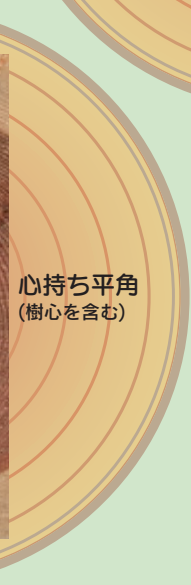
樹木は、伐採することで二酸化炭素の吸収源としての役割は終えますが、植林をすることで二酸化炭素吸収の旺盛な若齢木の多い森林として再生します。また、木材を建築材料として利用することで、炭素を長期間固定できます。

### 大径木利用が拓く未来

丸太内部でのヤング係数の分布  
赤い線がヤング係数を表す。数値が高いほど材が曲がりにくい。



### 心持ち平角 (樹心を含まない)



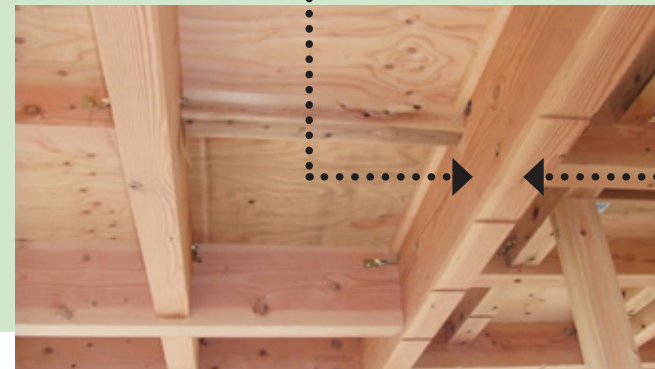
### 心持ち平角 (樹心を含む)



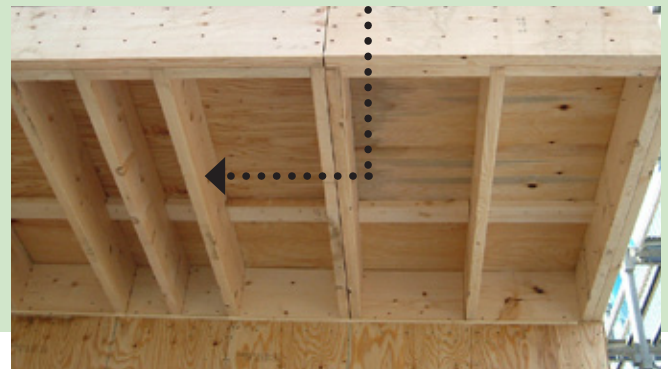
### 幅広板



### 梁・桁材



### 枠組壁工法（ツーバイフォー）用部材



まな木取りをすることができると大径木の特長を活かし、心持ち平角、心持ち平角、幅広板といった断面の大きな製材品を大径木から生産し、それらを国産材の利用割合の少ない住宅の梁・桁材や、枠組壁工法（ツーバイフォー工法）用部材として利用するための技術開発を行いました。

技術開発のポイントには、製材品の強度性能に関連する密度およびヤング係数（P5欄外参照）、乾燥効率に影響する含水率について、それらの丸太内部での分布を、製材前の丸太段階で評価するところにあります。これにより、製材前に丸太を選別し、それぞれの丸太に応じた最適な木取りを設定することが可能になります。

また、一般材の大径木の製材では、従来の良質な大径木のときのような手間と時間をかけた製材方式では採算が取れません。プロジェクトでは、丸太の自動計測技術や心持ち平角の製材時に発生する反りの抑制技術など、大径木製材の効率化を図るための技術開発も行いました。

さらに、「弱減圧乾燥」「高周波加熱乾燥」といった新しい乾燥技術と、従来の蒸気式乾燥などの組み合わせにより、品質と効率のバランスのとれた大断面製材品の効率的な乾燥技術を開発しました。

現在は、これらの開発技術を実際に使ってもらうための研究を進めています。



# 研究者の横顔

## Q1. なぜ研究者に？

学部時代に勉強しなかった反省から大学院に進学したのが最初のきっかけです。実験を進めるうちに研究が楽しくなりました。(もちろん、困難や反省もたくさん)



黒田 克史 Kuroda Katsushi

木材加工・特性研究領域

## Q2. 影響を受けた人など

学部からポストドク時代までご指導いただいた研究室の先生方。とくに歴代三人の教授の三様の考え方に強く刺激を受けました。また、その頃の大学院生仲間との日々の生活も研究者人生に大きく影響しています。

## Q3. 研究の魅力とは？

仮説を立てこれだと思った実験がうまく行くところ。うまく行かなくても次に挽回できるところ。ということは、うまく行ったり行かなかったりする不安定さが醍醐味なのかも。

## Q4. 若い人へ

いろいろな人とのコミュニケーションから得るものがたくさんあります。学会やシンポジウムに積極的に参加して、多くの先生方とおしゃべりしてみましょう。どこかで私を見かけたらぜひ声をかけてください。

▶ 註1：飛行時間型二次イオン質量分析装置。名古屋大学大学院生命農学研究科との共同研究。

▶ 註2：研究所ホームページの研究成果「太い幹の内部でミネラルが半径方向に移動する実態を立木の実験で解明」(2021年5月11日)を参照。

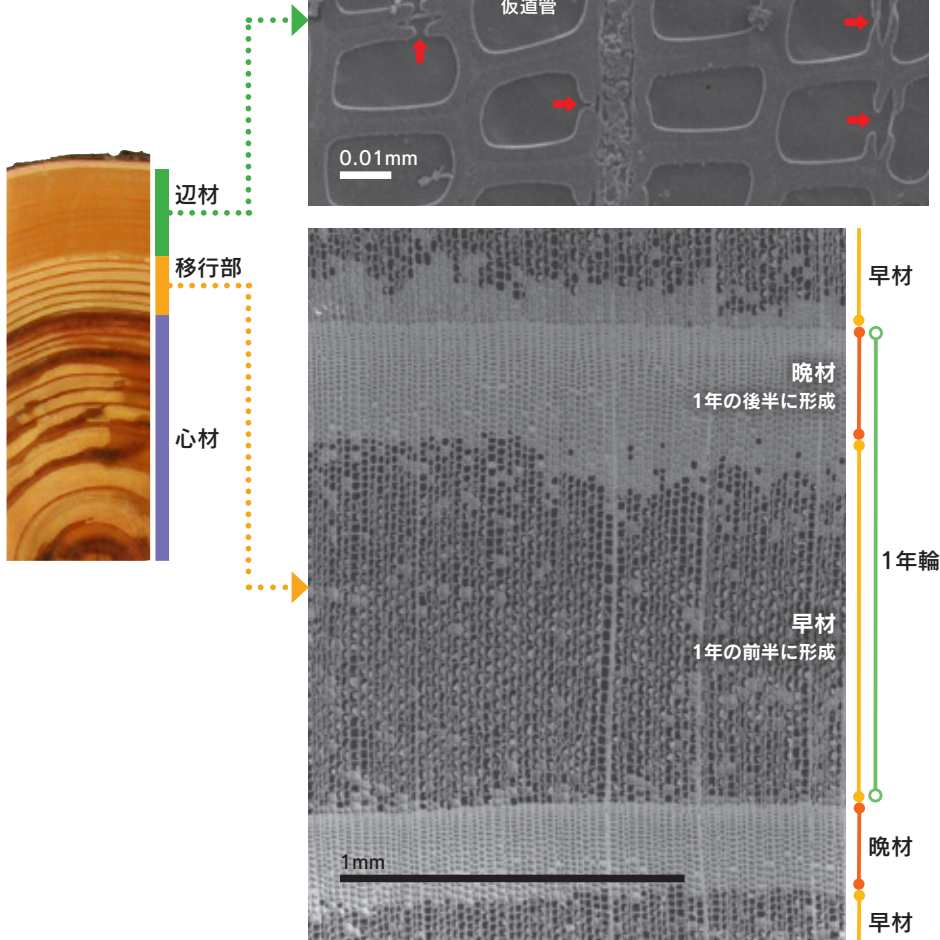


図1 クライオ走査電子顕微鏡でスギ幹の内部を観察(横断面)

(上)辺材。すべての仮道管は水で満たされている。壁孔(➡)内にも水が存在しているようすや、放射線細胞(➡)に細胞質がつまっているようすがわかる。(下)辺材から心材への移行部。晩材の仮道管は水で満たされているが、早材の多くの仮道管には水がない。※写真で、細胞壁と水は灰色に見え、水がない空隙は黒く見える。

### 心材形成機構の解明に向けて

ごく最近、カリウムの蓄積メカニズムを解明するヒントとなりそうな実験結果が得られました(註2)。セシウムという元素を幹の樹皮のすぐ内側の辺材に注入すると心材までセシウムが移動するのに対し、セシウムを心材に注入すると辺材には移動しませんでした。カリウムとセシウムは同じような動きを考えると考えられています。そのため、この結果はカリウムが心材に入りやすいけれど出にくいことを示しています。この一方通行の動きも、辺材と心材の移行部で起る水分布の変化が重要なカギと考えています。

最初に述べたように心材の特徴は樹種によって異なります。スギでの結果を手掛かりに、樹木の心材がどのように形成されるかを解明したいと考えています。



写真3 調査手法のくふう

一連の実験では、立木の状態をできるだけ維持したまま幹内部の様子を調べるために、-196℃の液体窒素で幹を凍結させてから伐採するくふうをしている。

# 樹木の心材形成機構の解明に向けて

## 樹木の心材

丸太や切り株を見ると、樹皮の内側の木材部分(木部)は外側と内側で色が違うことがわかんと思います。この内側の部分を心材と呼びます(写真1)。心材には高い耐腐朽性があり、大径の樹木が腐って倒れるのを防ぐ役割があると考えられています。色、含水量、成分の種類などの心材の特徴は樹種ごとに異なり、昔から人々は違いを活かして木材を利用してきました。

では、このような違いはなぜ生じるのでしょうか？ その謎を解くためには、心材がどのように形成されるかを知る必要があります。

林業で重要なスギでは、心材の含水量

が多い木がたびたび発生し、乾燥コストの面などから長年問題となってきました。そこでまず、スギを材料に、心材含水量の多少が生じる原因の解明研究から取り掛かりました(写真2)。

スギの辺材が心材に代わる移行部では、水で満たされていた早材の仮道管内の水がなくなります(図1)。ところが移行部が心材になる時、含水量が多い心材では仮道管内に水が再充填されるのに、少ない心材では空のままであることが明らかに、心材含水量の違いは再充填される割合によって決まることがわかりました。

なぜ同じスギなのに、このような違いが生じるのでしょうか？ じつは、心材の化学成分やミネラルの量もスギの個体間で違いがみられます。

そこで次に、化学成分が心材にどのように蓄積されるかを調べました。

細胞レベルで成分の分布を可視化できる装置(註1)を用いて、スギ心材に多く含まれるフェルギノールという化学成分の分布を解析すると、フェルギノールはまず水が少ない移行部の早材部分から蓄積し始めることや、心材では水分が少ない部分に多く蓄積するなどの特徴が明らかになりました。

一方で、ミネラルの一つであるカリウムは、逆に含水量の多い心材で高濃度に蓄積します。これらの実験結果から、心材の化学成分やミネラルの量と分布が個体間・部位間で異なるメカニズムには、木部の水の分布が関係すると考えて、さらに研究を進めています。

# 研究の森から



写真1 スギの丸太の心材  
中央の濃い色の部分が心材で取り囲んでいる薄い色の部分が辺材。心材の色は木の種類によって様々。



写真2 試料を作成する  
高さおよそ15メートルのスギの幹(赤丸で囲んだ辺り)から、数ミリメートルの小片試料を作り、マイクロメートル(千分の1ミリメートル)サイズの細胞を解析する。



# 研究者の横顔

## Q1. なぜ研究者に？

子どもの頃からとにかく理科が大好きで、理科の教科書や副読本に載っている実験を自宅で片っ端からやっていました。小学校卒業時のサイン帳に書いた将来の夢は学者でしたので、このころから何かを研究するような職業につきたかったのだと思います。

## Q2. 影響を受けた人など

大学の指導教官です。緻密な研究を得意としながら柔軟な発想も持っていました。当時の指導教官に近い年齢に私もなりましたが、まったくかきません。

## Q3. 研究の魅力とは？

やはり実験です。自分が考えていることを証明するために実験装置を自分で考案し組み立てることも研究のひとつですが、自分の作った装置で欲しかったデータが取れた時は最高の気分です。組み立てている途中の作業も楽しいです。

## Q4. 若い人へ

勉強も大切ですが、趣味も十分に楽しんでください。私は子どものころから自動車や鉄道が大好きでした。乗り物や機械が好きだったことが、いまの木工機械を使った研究に役に立っていると感じています。

(藤本)



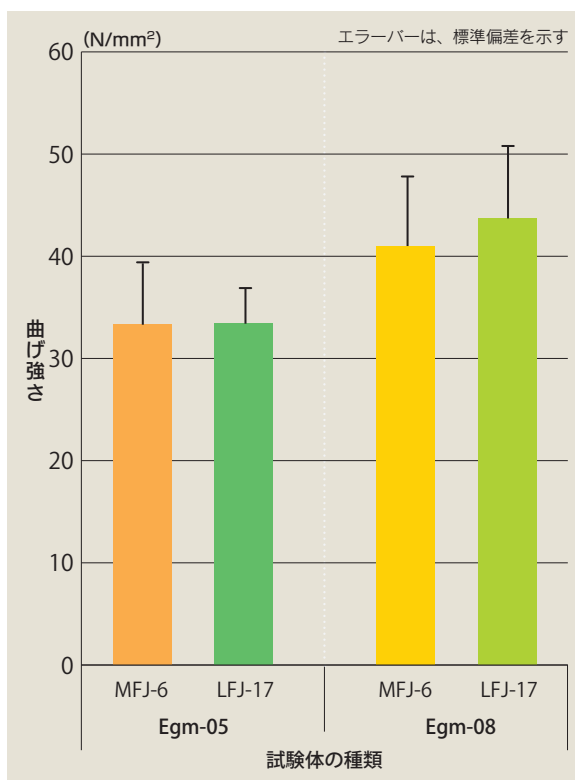
藤本 清彦 Fujimoto Kiyohiko

木材加工・特性研究領域



平松 靖 Hiramatsu Yasushi

複合材料研究領域



MFJ-6:フィンガーの長さ6.3mm  
LFJ-17:フィンガーの長さ17.0mm  
Egm05:曲げヤング係数 5.0~6.0kN/mm²  
Egm08:曲げヤング係数 8.0~9.0kN/mm²  
\*曲げヤング係数の測定には連続式グレーディングマシンを使用。  
出典:日本建築学会大会学術後援梗概集(近畿)構造III、333-334 (2014)をもとに作成。

いマイクロフィンガージョイントの開発に取り組みました。  
十分な強さを発揮  
マイクロフィンガージョイントの開発のポイントは、小さいフィンガーの高精度な加工とジョイントの強度です。フィンガー

を加工するために、共同研究を実施した企業と開発、試作した工具を使用しました。強度については、フィンガーの長さが短い条件で曲げ強度試験を実施しました。一般的に、フィンガーの長さが長いほど強度が高くなると言われていましたが、いくつかの長さで試験した結果、6mm程度の

# マイクロフィンガージョイントの開発

低コスト、低環境負荷な木材のたて継ぎ方法

木と木をつなぐフィンガージョイント  
フィンガージョイントとは、木材と木材を長さ方向(繊維方向)に接着剤を使つてつなぎ合わせる技術です。短い木材を長くしたり、木材に含まれる大きな節などの欠点を除去して強度を安定させたりするために使用します。  
木材を長さ方向につなぐとき、単に切った面を接着しても強度は全くありません。そこで、十分な強度が出るように櫛状に木材を加工して接着接合します。これをフィンガージョイントと呼びます。建築物に使用できる強度があるため、構造用集成材やクロス・ラミネイティッド・ティンバー(Cross Laminated Timber, CLT)を構成する板材(ラミナ)に使用されています。

長さの短いフィンガージョイント  
マイクロフィンガージョイントは、フィンガーの長さが約6mmのフィンガージョイントです。現在、構造用集成材やCLTのラミナに使用されているフィンガージョイントの長さはほとんどが12~25mmの範囲に含まれます。フィンガーの長さが短くなると、切りくずが少なくなりやすくなります。これには、歩留まりがよくなることで、使う木材が減り、切りくずの産廃処理にかかる費用も減少するなどの効果があり、フィンガージョイントのコスト削減につながります。また、加工時に工具が受ける抵抗が減るため、加工時の電力が抑えられ、電力コストや二酸化炭素排出量の削減も期待できます。そこで、私たちは長さの短



写真1 フィンガージョイント  
上:長さ17mmのフィンガージョイント、  
下:マイクロフィンガージョイント(フィンガーの長さ6mm)

図1 スギフィンガージョイント材の曲げ強さ(平均値)

曲げヤング係数(変形しにくさ)が異なる2種類のスギ材(Egm05、Egm08)それぞれについて、フィンガーの長さが6.3ミリのフィンガージョイント材(MFJ-6)と17.0ミリのフィンガージョイント材(LFJ-17)を比較したところ、同等の曲げ強さを有することがわかった。



写真3 マイクロフィンガージョイント用工具  
(写真提供:兼房株式会社)

今後の展開  
マイクロフィンガージョイントの普及を図るために、加工の最適化などに、さらなるコストの削減と工場での安定生産を目指したいと考えています。

長さがあれば、現在よく用いられている長さ17mmのフィンガージョイントと同程度つまり、十分に建築物に使用できる強度があることがわかりました。かつて、構造用集成材に使うことのできるフィンガージョイントの長さは12mm以上と規定されていましたが、研究成果を反映して日本農林規格が改正され、現在では長さ6mmのフィンガージョイント(マイクロフィンガージョイント)を建築物に使用できるようになっています。また、マイクロフィンガージョイント用工具は共同研究を実施した企業により商品化、販売されています。



写真2 曲げ試験の様子 左の写真は、破壊の様子。フィンガージョイントでの破壊(木材の右側)と節での破壊(木材の左側)が生じたことがわかる。右の写真は、試験時の様子。上部の2か所から加力して強度を測定する。フィンガージョイント部を加力点間の中央に配置して実験を行った。



気候変動はさまざまな面において私たちの生活に影響します。家などに使っている木材の生産にも影響が出てくると考えられます。そこで、日本の主な林業樹種であるスギの成長に気候変動が及ぼす影響を、実験やシミュレーションモデルを使って予測してみました。

まず、様々な気象条件で森林の生産力を推定するシミュレーションモデルをスギに適した形に改良しました。そのモデルを使って、現在と将来(2100年)の気象条件でスギの生産力を比較したところ、全国的に温暖な地域で生産力が減少し、寒冷な地域で生産力が増加する傾向が見えてきました。

一方、スギ林の地面に雨が届かないように屋根をつけた大規模な降雨遮断実験で、土壌を乾燥させた時のスギの光合成を調べたところ(写真)、スギは少々の乾燥でも水をたくさん使って光合成を続ける「水消費型」であることがわかりました。



齊藤 哲 Saito Satoshi  
関西支所

## 気候変動で スギの成長は増える？ 減る？



スギ林で行った降雨遮断実験。この施設の上層でスギの葉の光合成を測定。(荒木眞岳氏撮影)

水消費型のスギが地域によって将来成長が増えたり減ったりすることは、気温や二酸化炭素濃度など水分以外の条件も複雑に絡みあって成長に影響しているためと考えられます。

スギ林への影響がどれだけ大きくなるかは、今後の人間の活動次第で大きく変わります。私たちも気候変動を少しでも抑えるような生活を心がけることが大切です。

2021年7月動画公開  
QRコードでアクセス下さい



### 公開講演会のお知らせ

▼令和3年度 森林総合研究所公開講演会「伝えたい！ 森の中の放射性セシウム——10年で明らかになったこと」

事故発生から10年が経過しましたが、福島第一原子力発電所事故により、福島の森林や林業も多大な影響を受けました。森林総合研究所では、事故直後より、さまざまな角度から森林の放射性セシウムに関する調査・研究を続けてきました。ただし、事故によって放出された放射性物質のうちセシウム137の半減期はおよそ30年と長いので、事故の影響はこれからも続くと考えられます。

今回、放射性セシウムの農業への影響と比較しながら森林の放射性汚染に関する森林総研の10年間の取り組みで明らかになったことを紹介するとともに、残された課題の解決のための対策・技術について探ってみたいと思います。

開催日時：2021年10月16日(土)  
13時15分～16時20分



葉と枝の切り分け作業の様子



原木から生えるしいたけ



きのこ原森林



ヒノキの植栽地でカリウム施肥

### 開催方法：オンライン開催

YouTube「森林総研チャンネル」  
(<https://www.youtube.com/c/FFPRIchannel>)

### 招待講演

「農林水産業・環境への影響」  
中西友子(星薬科大学学長・東京大学大学院農学生命科学研究科附属食の安全研究センター 特任教授)

### 一般講演

「森林における初期の活動と成果」  
金子真司(関西支所研究専門員)  
「事故から10年、森林の放射性セシウムはどうなった？」  
篠宮佳樹(震災復興・放射性物質研

### 究拠点長)

「ホダ木からシイタケへの放射性セシウムの移行」  
平出政和(きのこ・森林微生物研究領域長)

「樹木のセシウム吸収—土壌のカリウムの影響—」  
長倉淳子(立地環境研究領域 主任研究員)

### 総合討論

★シヨートムービーも配信予定  
森林の放射性セシウムの動きの詳しい解説や、木材、きのこ、山菜、水生生物、野ねずみ等に関する最新の研究成果を紹介する動画を特設ウェブサイトで事前公開予定です。

### 森林総合研究所研究報告

### 論文

2011年の福島第一原子力発電所事故で放出された放射性セシウムのフナジ(*Pteridium aquilinum* subsp. japonicum)への移行  
清野嘉之、赤間亮夫、松浦俊也、岩谷宗彦、由田幸雄、志間俊弘

フナジ(*Pteridium aquilinum* subsp. japonicum)の生育と、2011年の福島第一原子力発電所事故で放出された放射性セシウムのフナジ中の動態  
清野嘉之、赤間亮夫、岩谷宗彦、由田幸雄、志間俊弘

四万十川流域の渓流水質の特徴  
——1999年から2000年にか

## 令和3年度 森林講座のお知らせ

多摩森林科学園での実開催とYouTube「森林総研チャンネル」での動画公開を予定しております。動画公開分は遠方の方でもご覧になれますのでお楽しみに！

### 開催

9月17日(金曜日)  
「知っているけど木造建築が  
おもしろくなる集成材とCLT」  
平松 靖(複合材料研究領域)

11月5日(金曜日)  
「大気からの窒素流入が多い  
森林の渓流水」  
小林 政広(立地環境研究領域)

### 動画公開

12月公開  
「針葉樹が明かす光合成の進化」  
宮澤 真一(樹木分子遺伝研究領域)

1月公開  
「長生きのこ「サルノコシカケ」の秘密」  
服部 力(研究ディレクター)

2月公開  
「ナノのちからで木材を長く美しく」  
石川 敦子(木材改質研究領域)

会場●多摩森林科学園 森の科学館  
時間●13時15分～15時

お申込の受付は各講座開催日の前月の1日から。受付は先着順で、講座開催日の1週間前が締切となります。ご希望の講座名・郵便番号・住所・氏名・電話番号・参加希望者数をご記入の上、往復はがき、または電子メールでお申し込みください。お申込1通に対し、1講座3名までの受付とさせていただきます。

なお、新型コロナウイルス感染症の感染拡大の状況によっては、講座を中止する場合があります。最新情報はホームページをご確認ください。

◆お問い合わせ  
〒193-0843 東京都八王子市廿里町1833-81  
多摩森林科学園  
電話番号:042-661-1121  
HP:<https://www.ffpri.affrc.go.jp/tmk/index.html>  
E-mail:shinrinkouza@ffpri.affrc.go.jp



▲森林講座申込み

▼YouTube「森林総研チャンネル」  
<https://www.youtube.com/c/FFPRIchannel>



▲森林総合研究所研究報告  
Vol.20 No.2 (通巻458号)  
2021年8月  
<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/bulletin/458/index.html>

### ▲持続可能な開発目標 (SDGs)

森林総合研究所は、森林・林業・木材産業等の幅広い研究を通して、国連の持続的な開発目標 (SDGs) の達成に積極的に貢献しています。該当する目標と記事のページ数は、左記の通りです。



プレスリリース等の最新情報はこちらから→

<https://www.ffpri.affrc.go.jp/index-r.html>

お問い合わせ  
森林総合研究所  
企画部 広報普及科 広報係  
TEL 029-829-8372  
Email [kouho@ffpri.affrc.go.jp](mailto:kouho@ffpri.affrc.go.jp)

