

Forestry & Forest Products  
Research Institute  
No.42 2018

# 季刊 森林研究

特集●

## 木材利用の伝統と先端

巻頭対談●

森にお返しをする「しなやかな建築」

建築家 隈 研吾 × 沢田 治雄 国立研究開発法人 森林研究・整備機構 理事長



42



今号の1枚 (写真=神戸 圭子)

Forest for Living (隈研吾建築都市設計事務所) 中国上海 2013 年設計・施工。合板を嵌合のシステムで自在に組みあわせることによって、木々のすきまのようなスペースを生みだし、森のようなくらしの共用空間をつくりだしている。

イラストレーション：飯島 満  
(P.11、13、15)

#### 特集担当◎

原田 寿郎  
桃原 郁夫

#### 編集委員◎

尾崎 研一 (編集委員長)  
桃原 郁夫  
片岡 厚  
星野 大介  
長倉 淳子  
牧野 礼

#### 巻頭◎対談

## 森にお返しをする「しなやかな建築」

建築家 隈 研吾 × 沢田 治雄 森林研究・整備機構 理事長

..... 3

#### 特集◎

## 木材利用の 伝統と先端..... 8

監修：軽部 正彦 構造利用研究領域

#### 研究の森から◎

### 木造でビルが建つ！..... 14

宮武 敦 複合材料研究領域

### 木材の生理的リラックス効果

### 香り・手触り・足触りから..... 16

池井 晴美 構造利用研究領域

#### 森林講座瓦版◎

### 木材とプラスチックを融合させてつくる 新しい材料 (木材・プラスチック複合材) ..... 18

小林 正彦 木材改質研究領域

#### インフォメーション◎..... 19

平成 30 年度森林総合研究所公開講演会 森林総合研究所研究報告 次号の特集

#### 自然探訪◎

### 紅葉にみる進化の物語..... 20

阿部 真 森林植生研究領域

季刊「森林総研」 2018 (平成 30) 年 9 月 14 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 光和印刷



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

▲既刊号は、上記サイトにて PDF でお読み頂けます。  
二次元バーコードまたは、アドレスにてアクセスください。

©本誌掲載記事及び写真の無断転載を禁じます。



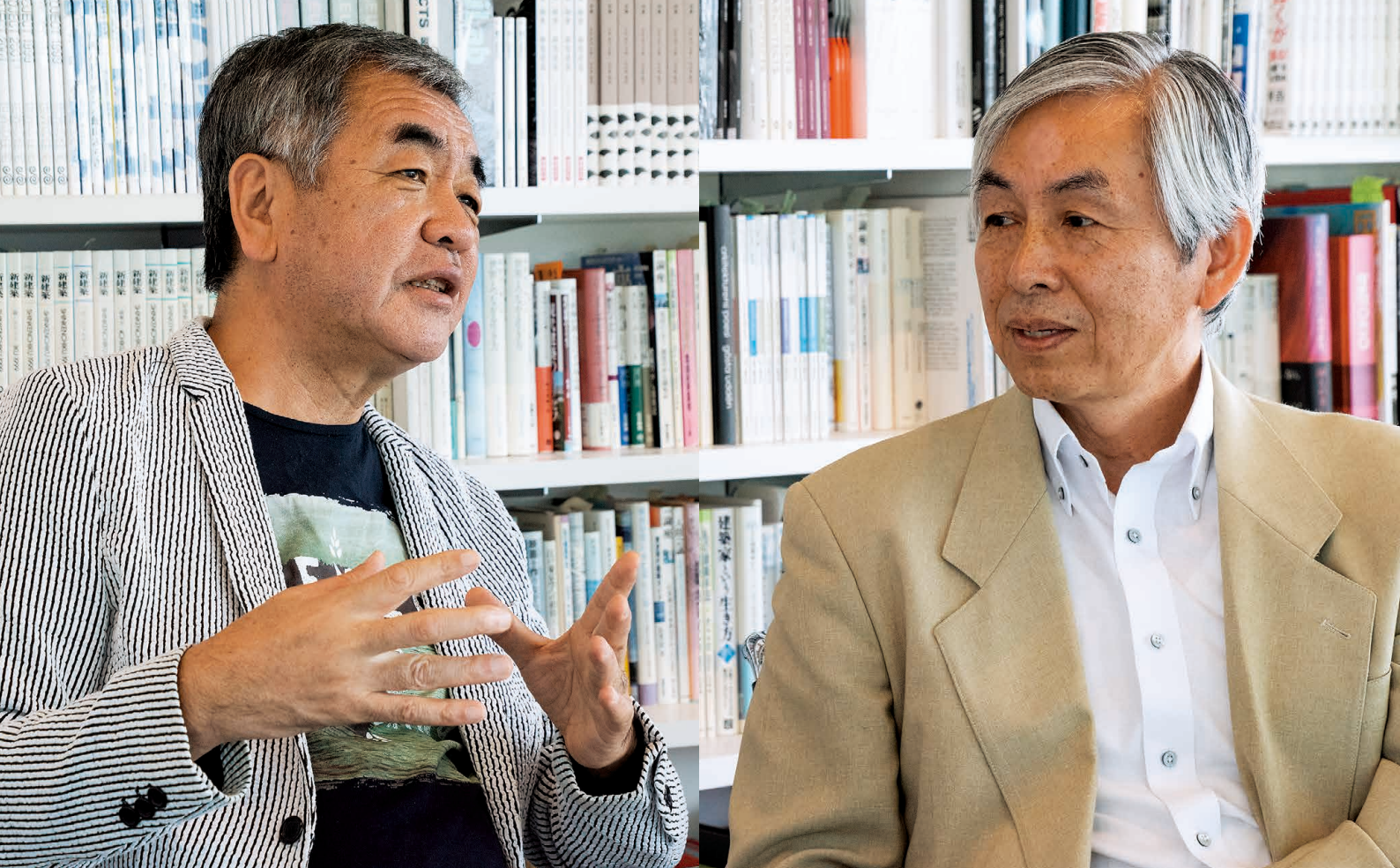


Photo by Keiko Godo

## 巻頭●対談

# 森にお返しをする「しなやかな建築」

建築家 隈 研吾 × 沢田 治雄 国立研究開発法人 森林研究・整備機構 理事長

素材を探求しつつ、環境と調和した建築を設計してきた隈研吾氏と  
リモートセンシングで、人工衛星から自然の変化や人の営みを探ってきた  
当機構理事長の沢田治雄氏に、森林環境と木材と建築をめぐるお話をうかがいました。

**沢田●**私はリモート・センシングが専門ですが、当初は人工衛星から地球をみても、分解能が低くて一軒一軒の家まではみえなかったのです。それで自然の季節変化など、グローバルな部分から人の営みを探るということを研究してきました。隈さんは、建築と自然の調和を考えておられるようですが、その発想の原点は、どのあたりにあるのでしょうか。

**隈●**生まれ育ったのが戦前の木造の家だったんです。むかしの木造の家の気持ちよさというのは、家単体で存在しているわけではなくて、まわりの環境を含めての気持ちよさなのだ、と、しだいに気づきました。これまでの建築教育では、単体の家の形をどうするかということばかりを考えて、まわりの環境のことまではあまり考えてこなかったように思います。形の美しさを追求するのが建築家の仕事であって、建築家は巨大な彫刻家みたいな扱いだったと思うんですね。

そうした建築というものから、もう少し外の環境の世界へと思考のフレームを拡張できないものだろうかと思えたわけです。最近のリモートセンシングも非常に精細な精度でものがみえるようになって、すごく大きいところから小さいところへと向かってきた世界かと思いますが、ぼくの場合は、逆に小さいところから大きい方向に向かって世界を広げてきたのかなという気がします。

**沢田●**原点は、子ども時代を過ごされたご自宅にあったのですか。

**隈●**夏になると風のおいがちがってきたりとかですね、そうしたことをすごく覚えてま



### \*Key Words 新国立競技場

2020年に開催される東京オリンピック・パラリンピックのメイン会場として、国立霞ヶ丘陸上競技場跡地に大成建設・梓設計・隈研吾建築都市設計事務所共同企業体の設計によって建設が進められている競技場。明治神宮外苑に隣接することから「杜のスタジアム」がコンセプトとして謳われている。

図版＝©大成建設・梓設計・隈研吾建築都市設計事務所共同企業体。  
注）図は完成予想イメージであり、実際のものとは異なる場合があります。  
植栽は完成後、約10年の姿を想定しております。



す。建築の体験というのは、じつは形がどう美しいという以上に、環境をどういうふうに感じることができるのかということが、いちばん大きいのかなと、生まれ育った家を思いだすたびに、気づかされます。

沢田●隈さんは、環境に対して「呼吸するようにしなやかに反応するデザイン\*」ということを言われておられますね。私たちは森林環境を研究対象として、これまではCO<sub>2</sub>を吸収して地球温暖化を緩和するといった研究もしてきました。しかし、環境の悪化が進行する中で、人類はさらなる対応が求められています。「しなやかさ」というのは、環境の変化に応じることができるような建築というふうに受け取りました。

隈●建築物は、環境のコントロール機能とか、環境全体を改善する機能を持つてゐるものだと思うんですね。たとえば、どこの向きの風をどう取り入れて、地面からの湿度をどう避けるかといった快適な温湿度環境をつくるコントロール装置という部分も持っていますし、じつはもつと枠組みを広げていうと、建築物に木を使うということは、その木の中にCO<sub>2</sub>を貯めこんで、地球温暖化の緩和に多少なりとも貢献しているでしょう。単体はすごく小さいものですが、そこでは、地球環境に対するインパクトがあることを小さいものを通じてやってるんじゃないかなと思います。

沢田●新国立競技場\*についてお話しをうかがいたいのですが、明治神宮は、鎮座祭が1920年でしたので、ちょうどオリンピックのときに100年を迎えます。当時、あ

神宮の杜\*は、全国の樹が10万本寄進されてつくられました。その杜に連なる形で新国立競技場がつくられるというのが、とても面白いと思います。軒底には全国の木材が使われるとうかがっていますが、そのアイデアは、どこから生まれたのでしょうか？

隈●1960年の東京オリンピックのときは、鉄とコンクリートの時代で、最先端をみせるということが時代のテーマだったと思うんです。でもいまは、そうしたいちばん尖った最先端のものをみせるというよりは、むしろ日本各地にはさまざまな自然が残っていて、それぞれの地方にそれぞれに素敵な森があつて、いろんな職人がいてという、そうしたことをみせる場にするほうが、2020年という時代にはふさわしいんじゃないかと感じたんですね。それをいちばんわかりやすくみせるには、全国の樹を使うことかなと考えたわけです。じつは、47都道府県全部のスギ（沖縄県はリュウキュウマツ）を並べて見てみたんですよ。そしたら、面白いほど色がちがうんですね。おなじスギといっても、日本の多様性というのは、こんなところにも現れていると思いました。それを外装の中でいちばん目立つ部分に使うということになったということなんです。

沢田●神宮の杜は植林された森ですが、林学の先達たちが自然林としての遷移を計画しました。都市の中の自然林として誇れるものだと思います。

ところでヨーロッパの城は、石垣の上にさらに石で建物をつくりますね。日本の城も石

### \*Key Words 明治神宮の杜

明治天皇を祀る明治神宮の鎮守の杜として造林された人工林。荘厳な杉林にすべしとした当時の大隈重信首相を説得して、ドイツの最先端の林学を学んだ川瀬善太郎、本多静六らが自然遷移による100年後の森の姿を予測しつつ設計植林した。360種を超える苗木10万本が全国から寄進され、現在は200数十種が自然の森を形づくっている。

### \*Key Words しなやかに反応するデザイン

「負ける建築」で受動性のデザインを標榜してきた隈研吾さんはいま、その固定されたデザインから、より環境や与条件に反応できる「呼吸するようにしなやかなデザイン」を模索しはじめている。日本デザインコミッティーのHP参照。





## 隈 研吾 (くま けんご)

1954年横浜生まれ。建築家。1979年東京大学建築学科大学院修了。1964年東京オリンピックの時にみた丹下健三の代々木屋内競技場に衝撃を受け、幼少期より建築家をめざす。コロンビア大学客員研究員を経て、1990年隈研吾建築都市設計事務所を設立。2001年より慶應義塾大学教授。2009年より東京大学教授。

「工事現場を訪れるのが、いちばんの息抜きです。オフィスの中で図面ばかり見ていると、無性に現場にいて実物に触れたいくなります」

### 巻頭●対談

## 木と竹というのは、人間の身体と相性がいいんじゃないかと思うんです。

垣はつくりますが、天守閣は木でつくられています。戦う場なんだけれど、木の温もりといったものの中で戦うという、そうした不思議な緊張感が日本の城の独特な世界感をつくりあげていると思います。競技場も、ある意味で戦いの場です。そこが木で囲われるというコンセプトに、日本の城と共通のものを感じました。

隈 ●競技も戦いではあるんですが、同時に自分がリラックスして最大限の能力を発揮しなくてはならない、そういうときには木というものはきつとプラスに働くだらうと。いま城の話がうかがって、確かに似てるなあと思いました。世界に対して日本らしさを発信するいい場になるかもしれないですね。

沢田 ●法隆寺にみられるように長い歴史がある日本の木の文化の中で、新しい国立競技場が何世紀も後の人たちにも、木の競技場として親しまれたならうれしく思います。

ところで、そうした長期的なメンテナンスは可能なんでしょうか？

隈 ●日本の木造の面白さは、構造だけじゃなくて、長期的なメンテナンスのシステムができていて、そこだと思うんですね。サステイナビリティという時代を先駆けた発想で、ちゃんとメンテナンスのことを考えて最初からつくっていた。法隆寺がどうして世界最古の木造建築になったのかというと、細かいところにいるんな工夫がしてあって、屋根を支える垂木は、奥にものすごく長く突っ込んであるんです。そして、先端が腐つてくるとだんだんそれを引っ張り出してきて、使えるよ

うになってるんですね。それで、いよいよ長さが足りなくなったら、それをまた取り替えることが出来る大きなメンテナンスシステムの一部としてのデザインになっている。

今回の新国立競技場も、木は全部規格がユニット化されていて、そのユニットごと取り替えることができるようにデザインしています。そういう意味で法隆寺からも、いろんなことを学ばせて頂きました。木は石と違って永遠じゃないことを前提としたサステイナブルなシステムをつくりあげたところは、現代人が学ぶべきところですね。

沢田 ●素材と技法を中心に東京ステーションギャラリーでやってもらった隈さんの展覧会\*では、入口を入るとまず竹が迎えてくれて、入りやすくインパクトも大きかったのですが、竹や木材はやはり他の素材の中でも特別の思い入れがあるものですか？

隈 ●ぼくの育った家が木できていて、裏が竹林だったという個人的な思い出もあります。調べれば調べるほど、木と竹というのは、人間の身体と相性がいいんじゃないかと思うんです。たとえば石だとかコンクリートの壁というのは、からだに触れると冷たいし、強くぶつかるって怪我をする。やはり人間のからだとの相性はあまりいいとはいえないですね。それにくらべて木や竹は、近くにいただけで人間のからだに安心するような効果があります。また、「におい」が持っている治癒効果というとも言われています。展覧会では、いろいろな素材を並べて、それぞれの実験の結果



◎隈研吾さんの本

『なぜぼくが新国立競技場をつくるのか』  
日経 BP 社

『負ける建築』  
岩波書店

### \*Key Words 「くまのもの 隈研吾と

ささやく物質、かたる物質」展  
30年におよぶ建築プロジェクトの集大成として、2018年3月3日(土)～5月6日(日)に東京ステーションギャラリーで開催された。隈研吾が対話を重ねてきた素材に着目し、〈モノ〉の観点から分類展示された。



## 沢田 治雄 (さわだ はるお)

1952年東京生まれ。(国研) 森林研究・整備機構理事長。1976年東京大学農学部林学科卒業。農学博士。農林水産省林業試験場、森林総合研究所、東京大学生産技術研究所教授、宇宙航空研究開発機構主幹研究員・アジア工科大学院客員教授をへて、現職。リモートセンシングによって宇宙から森を調査する研究者。

「日頃は瞑想と散策、ときに旅行でリフレッシュしています」

巻頭●対談

## 最終的な橋渡し先は、森林だと、わたしは思うのです。

を示しましたが、やはり木や竹は、人間のからだにとって、むかしからのいちばんいい友達だと思うのです。

沢田●ちなみに、事務所の前のお寺の竹\*は隈さんが指示して植えられたのですか？

隈●そうですね。金明孟宗竹という竹で、お寺の住職と金明孟宗竹の林に行ったら、住職がこれはどんなことをしても自分のお寺に欲しいといって……(笑)。

沢田●下を通ったときに、これはもしかしたら隈さんが設計して植えさせたんじゃないかと噂していたんです(笑)。

展示会では、10種類の素材を中心に、編む、積むといったさまざまな技法が紹介されていましたが、素材と技法を組みあわせたら何十もの組み合わせがあつて、これどうやって決めていくんだろうと疑問に思ったのですが？

隈●プロジェクト独特の条件つてあるじゃないですか。たとえば、建てる場所はこの場所に建てるのか、そこで手に入る材料はこれしか手に入らないとか、そのまわりで手配できる職人さんはこういう人たちだとか、必ず固有の条件があるので、その条件にいちばん合ったものを探していくと、自然に同じにならないで、みんなちがっていくんですね。沢田●その場所その場所、あるいはプロジェクト毎に必要とされるものが自ずと決まってくるということですか？

隈●やはり人間の住んでる環境つてすごく多様で、建築物というのはその場所の上に建つので、自ずと多様性を示したものになってきます。ですので、こっちは無理に違ったもの

にしようとしなくても、自然に素直にそこに耳を傾けていけば、違うものが出来てくると言うところが、建築のある意味でいちばん面白いところでもあると思うんですね。

沢田●知識と経験の土台のうえで、感性に耳を傾けているんですね。

隈●いわゆるコンピュータで計算して最適解が得られるという世界とはちがうので、その場所に自分が立つてみて耳を傾けてみるという、そういう感性の場ですね。

沢田●隈さんが使われている木材は、どちらかというと小さい部材が多いようですが、CLT\*にも関心がありますか？

隈●ぼくは小さい部材を使うことが多いのですが、CLTを使うことで木造の可能性がぐんと広がるので、そうした可能性もこれからの社会には必要なことだと思っています。木造の可能性が広がらないと、「木造は小さな数寄屋建築にはいいけどねぇ」みたいに言われるのは、つまらないと思うんです。いまのヨーロッパみたいに木造の集合住宅やオフィスビルが建つという時代になって、はじめて木造の時代と言えるんじゃないかと思うのでCLTのことも積極的に応援しています。

沢田●それは、大変ありがたいことです。森林総研としてはCLTが使われることで木材の利用量がふえ、森林と都市との間で大きな循環がまわることを期待しています。

最後にこれからの森林研究に対して、ご意見を頂けませんでしょうか。

隈●2000年あたりから、世界中で木材が時代の最先端になって、主役に躍り出てきた



◎既刊特集も参考に

季刊 森林総研 No.27 (2014.12.8)

特集：CLT 開発の現状 地方創生の切り札「シーエルティ」

### \*Key Words 新しい木質材料 CLT

CLTとはCross Laminated Timberの略称で、1995年頃からヨーロッパで研究・開発された新しい木質材料。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み重ねて接着し、一体化させた厚くて広いパネル。ビルの建材としても使うことができる。12、15ページ参照。





★ ばいそういん きんめいもうそうちく  
Key Words 梅窓院の金明孟宗竹

東京都南青山にある隈研吾建築都市設計事務所の建物の前には、隣りにある梅窓院の参道に植えられた金明孟宗竹が心地よい空間をつくりだしている。

ように感じるんです。そこでの新しい技術開発が世の中を変えていくというふうな時代の流れの中で、日本は木材に関して長く深い蓄積があった国にもかかわらず、最近ヨーロッパがむしろ先端的な面白いことをやっている。CLTも先行しているので、ぜひもういちど木だったら日本、森林だったら日本と言われるような研究に期待しています。

日本人の木に対する愛情とか関わり方ってすごく深いと思うんですね。だれの心の中にも木に対する愛情だけでなく好奇心もあるもので、そうしたことをぜひ研究につなげて頂いて、さすが日本だなということをやって頂いたら最高だと思っんですよ。

沢田●ありがとうございます。建築の世界でも最近木造が見直されてきたということ、一時は木造で大きなものをつくっちゃいけないという法律や規制もありましたが、最近CLTなどの木質材料も開発が進み、期待感は高まっていると感じます。

隈●ものすごく変わってきていますね。20世紀は鉄とコンクリートの時代だったと一言で要約できるのですが、建築雑誌をめくると誌面にグレーの建物しかでてこない。グレーと白しかないみたいなイメージだったんですが、最近の日本の建築雑誌をみて、海外の友人が木の色がふえた、茶色がふえたというんです。日本語を読めない人がページをめくってはつきり時代が変わったとわかるほどに、木というものが主役になってきたのかなあと 생각합니다。これは、とても大きい変化で、単にデザインの変化というのではなく、木の中

心として社会システムの全体を見直す、経済のシステム全体を見直すという、経済や文化全体の大革命が木を通して起こりつつあるんじゃないかといってもいいんじゃないかと思っています。

沢田●大革命というのは、すごいですね。

隈●ここがオリンピックのメイン会場になったというのも、日本にとって発信の絶好のチャンスだと思うんです。ウオーターフロントは世界中いろいろありますが、人工林でありながら自然遷移をめざすという個性的な森があるということは、ヨーロッパの人々もあまり知らない。すごい森だなあ、太古の森かなと思われているような森と今回の競技場がひとつにつながっているということをぜひ、わかっていただけたらいいなあと思います。

沢田●最近、研究成果の橋渡しということがよく言われております。「研究成果はなんなのか、成果を渡せ」ということですが、それは木材産業だけがよくなるのではなくて、最終的な橋渡し先は森林だと私は思うのです。

産業的にももちろん儲からないといけないのですけれど、その結果が現実に森林をよくしていくと、そこに研究成果というものが渡されていって、はじめて研究は結実するんだということをもっと話しております。

隈さんの建築哲学と新しい木材の利用が、日本の森林をも息づかせることになるのではないかと私は大変に期待しています。

隈●ぼくも、ぜひそういうふうになりたいと思っていて、最終的には森にお返しができればなあ、思っています。



『建築家、走る』  
新潮社文庫



『自然な建築』  
岩波新書



隈研吾さんの本





# 木材利用の伝統と先端

監修● 軽部 正彦 Masahiko Karube (構造利用研究領域)

わたしたちの暮らしに木材は欠かせません。しかし、その利用は、コンクリートや合成樹脂などをはじめとする資材の登場によってしだいに減りつづけてきました。

とはいえ、木材の重要性が、失われたわけではありません。

日本の森林ではいま、林木がすくすくと育っています。

これらの木材を適度に利用していくことは、

環境保全や水源涵養といった多面的な役割をもつ森を

未来へ向けて育てることにもつながります。

森林資源利用の大黒柱ともいえる

「木材利用」の伝統と先端を

探ってみましょう。



■ 国有林  
■ 民有林

出典：国土交通省  
「国有林・民有林の分布図」  
2006

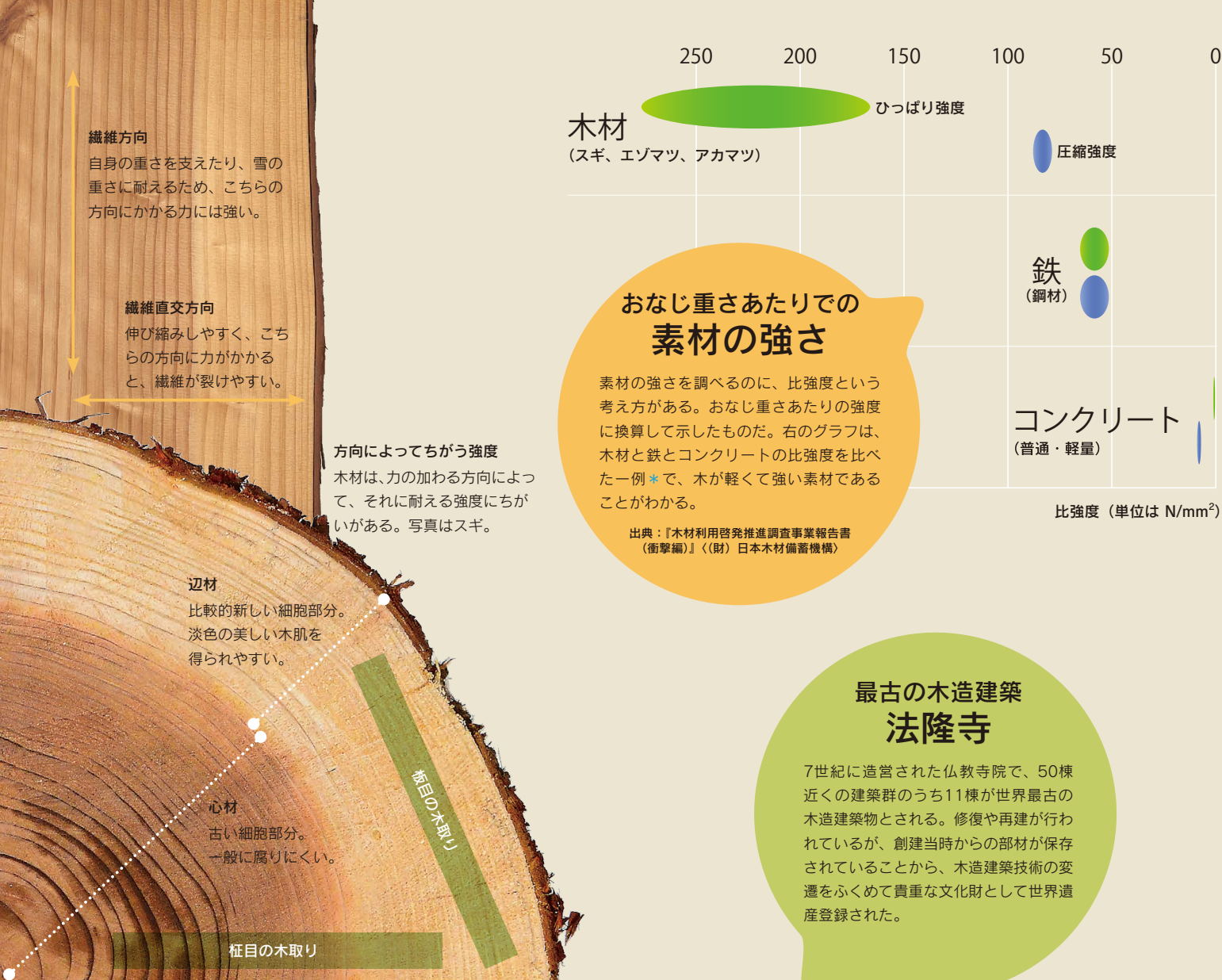
国土面積の67%が森林

国有林面積は、約 764 万 ha で国土面積の約 2 割、森林面積の約 3 割を占める。民有林は 1728 万 ha で国土面積の約 5 割を占め、あわせて国土面積の 67%が森林におおわれている。









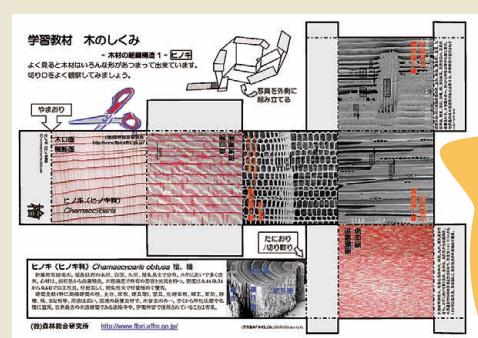
さなどの短所は使い方を工夫する一方で、自然の曲がりを逆手にとってその形を活かすような「逆らわない技術」が、当時の建築技術者つまり大工職人たちの技の真骨頂だったといえるかもしれません。

世界遺産として登録された法隆寺建物を維持してきた高い技術力に、そうした日本の木造文化の源流をみることでできます。

法隆寺は、最古の木造建築とされていますが、1000年前に造られたそのままでの状態で現存しているわけではありません。そこには、木の性質を知り尽くした宮大工たちによる交換可能な木材の利用技術や、長期間にわたっての維持の知恵があります。部材は常に保守管理され、必要に応じて補修され、数十年ごとに解体されて傷んだ材は新しいものに交換され、使えるものは再利用されて、元通り組み立て直されて、使い続けられてきました。こうした技術は、木造ならではの制約の中で発達した技術でした。

**木材の素材としての特徴**

鉄やコンクリート、合成樹脂などが大変便利に使われている現代においても、木材は、すぐれた素材です。素材としての木材の個性を一言でいうと、「スーパースターになれない、そこそこの素材」ということができるかもしれません。



**学習教材  
「木のしくみ」**

樹木の種類によって組織構造がちがっていて、その構造のちがいが、重さや強度のちがいが、耐久性のちがいなどと密接にかかわっている。下記にアクセスすると、木の組織構造を学ぶための教材をダウンロードできます。ご活用ください。

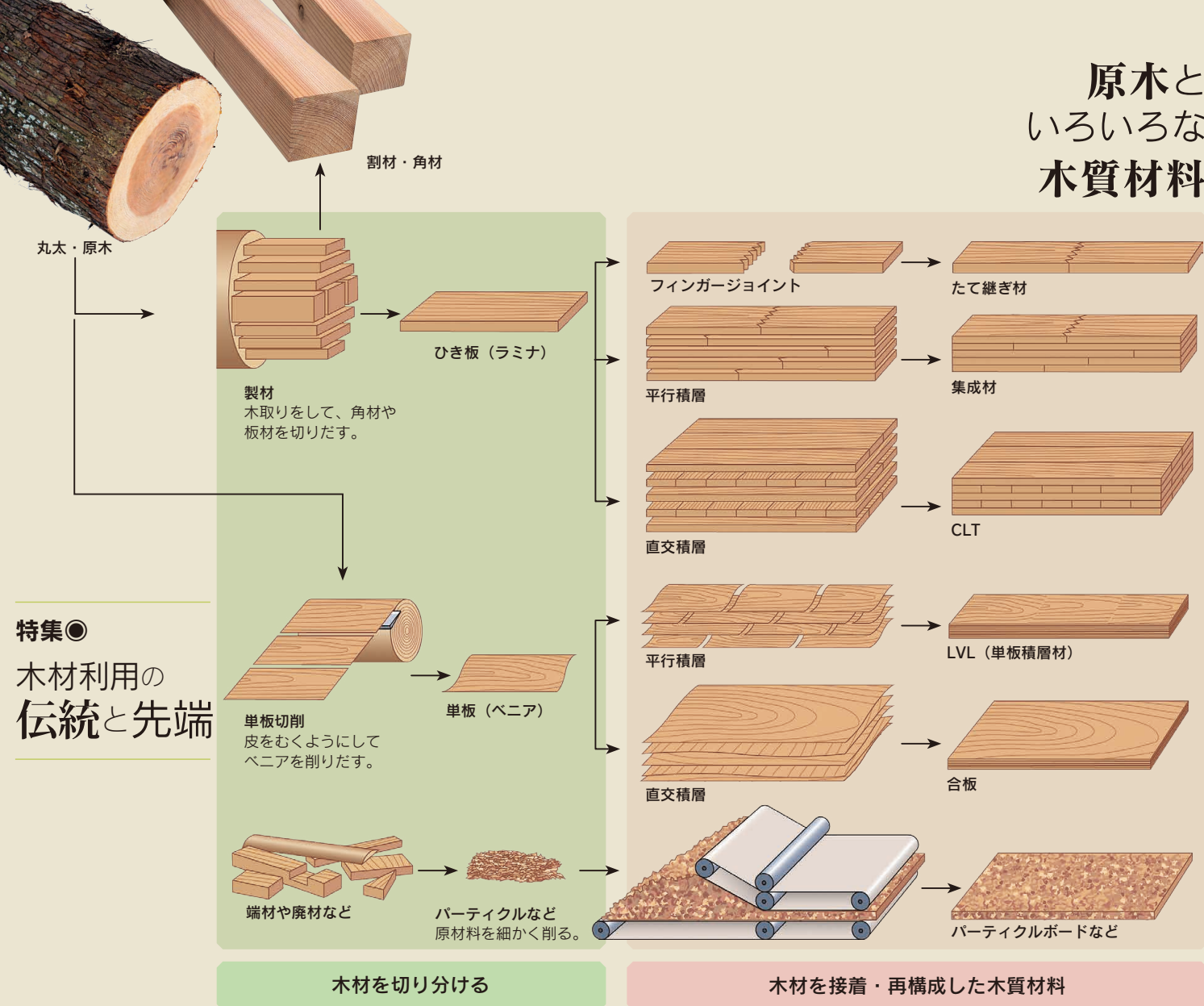
<http://www.ffpri.affrc.go.jp/labs/etj/Covers/20071003/>

\* 右上のグラフについて

グラフは出典のデータに基づき作成した。実際の比強度の値は、木材では樹種、生育環境、試験体の切り出し方などによって、一方鉄・コンクリートでは製造方法などによって、大きく異なる。



# 原木と いろいろな 木質材料



## 特集◎ 木材利用の 伝統と先端

繊維方向の荷重や曲げなどに耐える強さを同じ重さあたりで比べてみると、圧倒的に木が強い素材であることがわかります。木材はもともと自然循環しているものですから、湿気に伴う菌の繁殖で腐りやすいという短所ももっていますが、管理の技術、たとえば乾燥した状態を保ったり、完全に水没していると長期間にわたって腐りません。つまり菌の働きをコントロールさえできれば木材は長期間強度を維持することができるのです。また、逆にいうとこのことは、不必要ときにはすぐに腐って自然に還ってくれて、再生できる素材であるともいえます。

耐久性の面でくらべてみると、コンクリートや鉄\*は、300年持たないともいわれています。しかし、木を使った構造体は法隆寺の例にみるように保守管理を組みあわせることによって1000年を超えてもたせることもできます。

木材のちがった良さのひとつは、大きな部材の傷んだところをとりぞいで、ひとまわり小さな材としてリユースができるということです。古い木造建築に使われていた柱や板も、削り直すことで新たな部材として利用したり、家具などの材として生まれ変わることが出来ます。また、端材や廃材からパーティクルボードを製造したり、紙パルプの原料にしたり、最後は燃料や堆肥として利用し、自

### \*インドの錆びない鉄柱

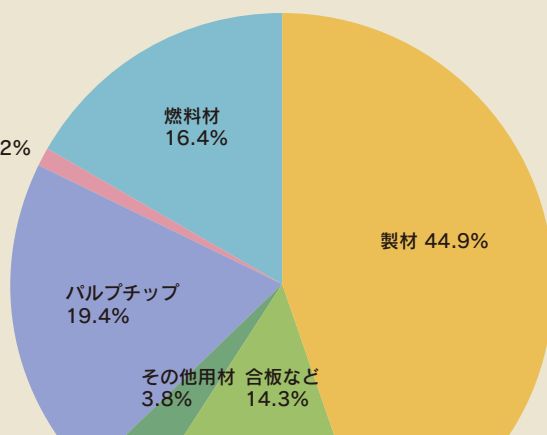
デリーにある古代に建てられた鉄柱は建設から1600年以上経つが、例外的にほとんど錆びていない。錆びない理由はまだ科学的には解明されていない。1993年クトゥブ・ミナールとその建造物群として世界遺産に認定された。

### 森林資源の用途

2016（平成28）年の国内生産量は2714万1000m<sup>3</sup>で、森林資源の63パーセントが用材として利用されている。

出典：林野庁「木材需給表」2017より作図

しいたけ原木 1.2%





海外でのCLT建築物の事例（写真提供：（一社）日本CLT協会）

オーストリア・ウィーンで建設された4階建て共同住宅。いまヨーロッパでは、中層住宅にCLTが多く取り入れられ始めている。鉄筋コンクリートに比べて重量が約5分の1と軽いことから、輸送も施工も経費をおさえることができる。設計に沿って工場で生産されたパネルを現地で組み立てるだけなので、施工期間も短くてすむ。



集成材を使った新しいデザイン  
わん曲した集成材をつくることで、曲面を生かしたデザインをつくりだすこともできる。左は北見信用金庫紋別支店（北海道）、右は大分県立美術館。

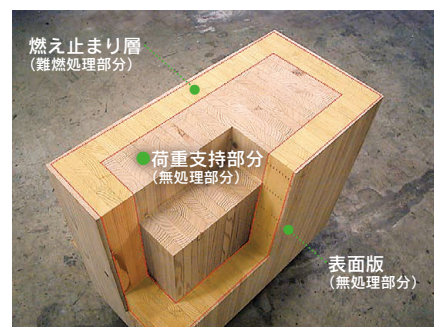
木材をもっとも簡単に使う方法は、丸太として使うことです。日本では丸太小屋、西欧ではログハウスがそうした例で、木材自体への加工が少ない手法です。さらに丸太を割ったり、板や柱に製材することで、より洗練された建築物をつくることができるようになります。しかし、木材を板にひくのは、けっして容易な技術とはいえません。そこには、鋸のこぎりなどの道具の発明と製材技術の発展が必要でした。それにしても、丸太の外形よりも大きな板や柱を製材で得ることはできません。また、一本一本の樹木の個性から材質

### 短所を補う新しい木質材料

然に還すこともできます。このように、多段階的にさまざまな用途に有効活用していくような利用の仕方のことをカスケード利用といいます。こうしたリユースやカスケード利用、物質循環による再生産などは、自然素材の重要な特質として捉えていく必要があるでしょう。

そしてなによりも、木には忘れてはならない大切な魅力があります。それが、木のもつにおいや肌触りなどです。人の心に安らぎをもたらす、そうした特質への科学的な解明ははじまっています（P.16 研究の森から参照）。木材は、生きものの身体と相性がいい、自然の理にかなった素材といえるでしょう。

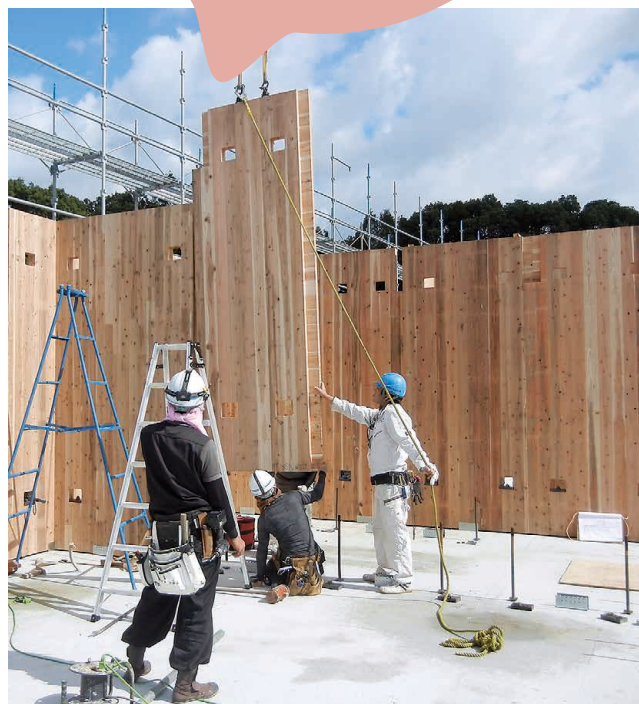
木材の弱点を補うための耐火性能を高めるくふう  
荷重を支える中心部まで燃えずに燃焼が途中で止まるよう、難燃薬剤を注入した木材で集成材を被覆（写真）したり、集成材の中にセメントモルタルのバーを挿入すると、木製の柱や梁の表面は燃えても内側は燃え残る。1時間以上の耐火性能をもつことで、中層建造物を木材でつくることが可能になった。



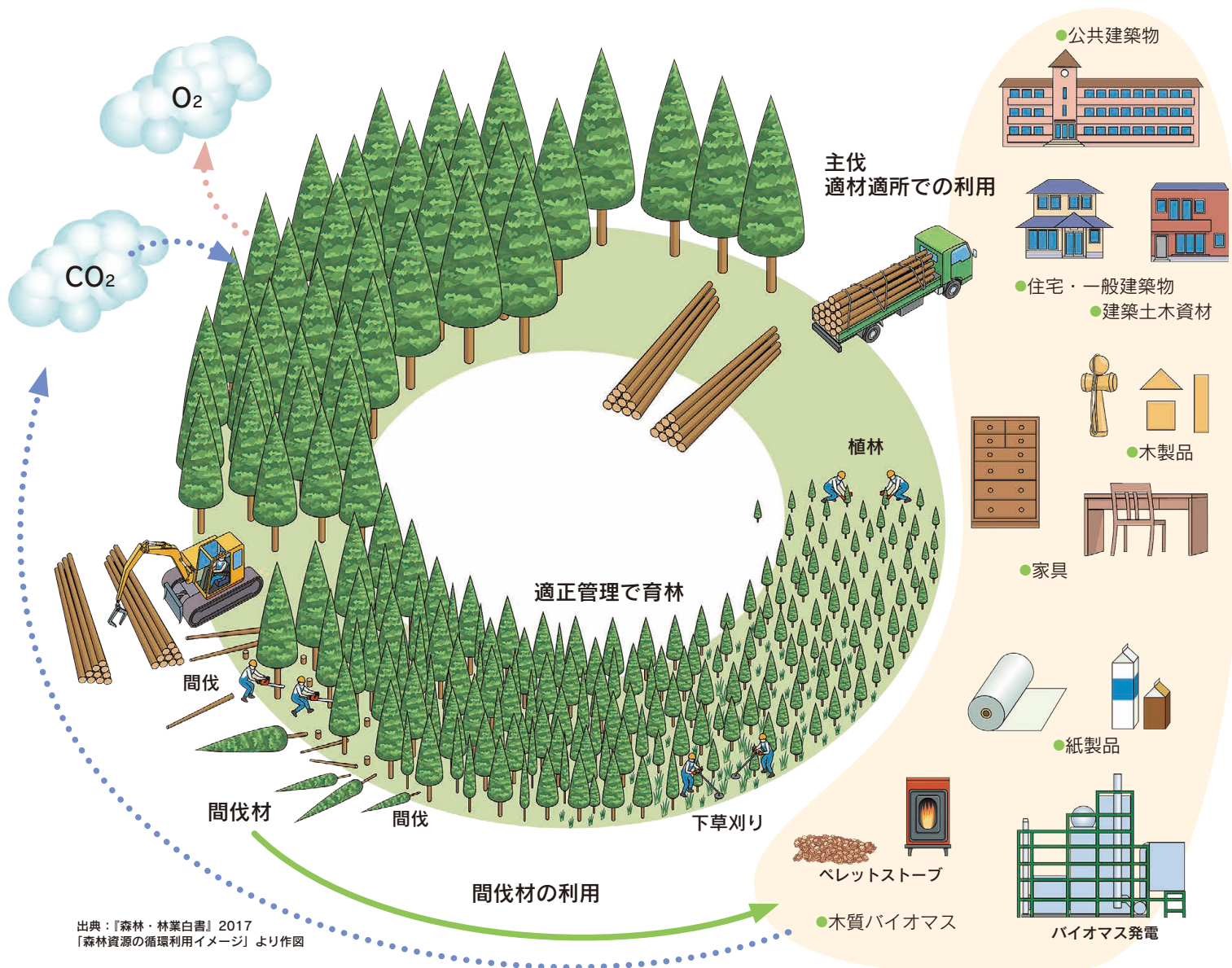
## CLT (Cross Laminated Timber) 直交集成板とは？

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大きな板で、木材を大量に活用することができる。層の貼りあわせ方によって、強度が変わる。ビルを建てることもできる新しい木質材料として注目を集めている。▶ P.11、15 参照。

写真は、森林総合研究所九州支所共同実験棟（熊本県）の建設現場







### 大型建造物にも使うことができる

近年さらに注目されているのがCLTです。ひき板（ラミナ）を木材の繊維方向を直交させながら貼りあわせることで、強度を持つ厚く大きな板が使われるようになってきました。鉄やコンクリートに比べて軽くて扱いやすく、そのまま壁や床に使うことができる大きな板材のCLTが開発されたことで、木造ビル建設など、木材の新たな可能性が開かれています。

### 木材の長所を生かした循環を

いま、日本の森林蓄積量はふえつづけています。自給可能な森林資源の蓄えをもつなか、カーボンニュートラルなど地球環境問題への貢献や生態系サービスといった総合的な視野の中で木材をじょうずに使い、循環の輪を回していくことが未来世代への橋渡しとなるでしょう。公共建築物に木材の利用を促進する法律も整備されるなか、木材を適材適所に使うことで林業がまわり、くらしと生態系のいい関係をつくりたいものです。

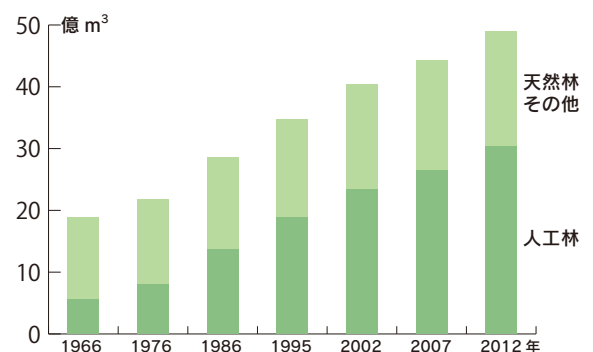
### 特集●

## 木材利用の 伝統と先端

### 森林資源の蓄積

日本の人工林では、多くの林木が10齢級（植林から46～50年目）を超え、木材として利用可能な時期となっている。森林の成長量（木材生産量）が、国産木材の使用量を大きく上まわっていることから、森林資源の蓄積量は年々ふえつづけている。

出典：『森林・林業白書』2017



# 木造で ビルが建つ！

## 研究の森から

**CLTとは、どのようなものか？**

日本の森林資源のおよそ半分は、おもに用材（土木・建築・家具などの材料）として利用されています（特集▼P.11）。建築では戸建て住宅や低層の共同住宅などが中心で、その構造材料には製材や合板、集成材などが使われています。

ところが最近、マンションやオフィスビルなどの中層建物（写真1）を建てることのできる木質材料が注目されてきました。名前を英語でクロス・ラミネイティド・ティンバー（Cross Laminated Timber）、日本語で直交集成板（以下CLT）といいます。CLTの開発が始まったのはおよそ四半世紀前のオーストリアでした。

丸太から製材した板材に接着剤を塗布して、まず幅方向に並べ、つぎにその幅の長さの板材を直交させて積み重ねます。これをくり返しながら積層接着して一体化させ、幅が広くて長く厚いパネル状の木質材料としたものがCLTです（図1）。



写真1 オーストリアの7階建て木造マンション

### 自前の技術を開発するための研究

情報化の進んだ現代ですから、開発当初からCLT製造のようすを撮影した動画がYouTubeにアップされ、また、製品がどの程度の性能をもつのかといった情報も容易に入手することができました。とはいえ、日本の木材を用いる場合に、どのように製造するのが最良か、地震や台風に耐えるための構造設計はどのようにしたらよいのか、といった詳細な技術は自前で考えなくてはなりません。そこで、わたしたちはプロジェクトを立ち上げ、日本の樹種を用いて構造用材料として適正な性能をもつCLTを製造するための技術開発に取り組みはじめました。

適切な接着条件、長大な材料ゆえの寸法変化やねじれの量、構造用材料として必要とされる強度性能などについて、様々な製造条件との関係を明らかにしてきました。わたしは主として強度性能に関する研究に取り組みました。その結果、図2に示すように、層構成、ひき板の材質を変えたときの強度性能をCLTを製造する前の段階で精度良く推定することが可能となりました。

### 木造ビルの実現へ向けて

わたしたちがCLTの研究に取り組み始めた平成23年当時、製造メーカーでも1×4mの製品を人海戦術で製造したも



大勢の方々とともに研究に取り組めたのは、とても楽しい経験でした！

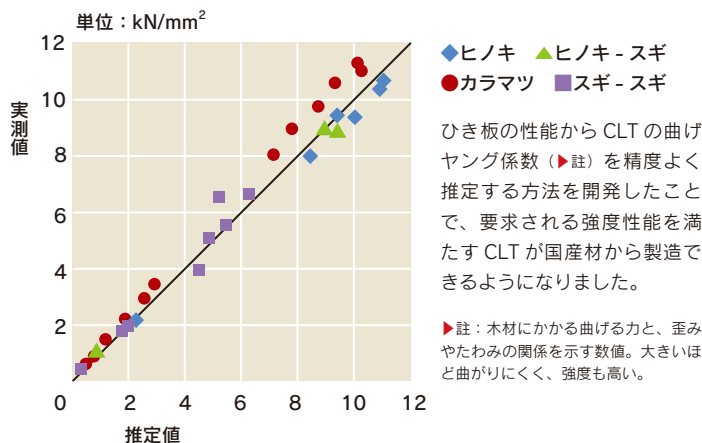


図2 CLTの強度性能（面外曲げヤング係数）を推定する



# 研究者の横顔

## Q1. なぜ研究者に？

大学の先生をしていた父親の朝の出勤時間が、ご近所のお父さんとちがって少しゆっくりだったのをみて。

## Q2. 影響を受けた本など

『法隆寺を支えた木』（西岡常一、小原二郎 NHK 出版 1978）。30 年前には数少ない木材の科学的な情報をわかりやすく解説した本でした。興味を持って学生時代に取り組んだのは現在の自分のテーマとはまったく異なる木材の一面でしたが……。

## Q3. 研究の魅力とは？

新しい材料 CLT をどのような形で世の中に普及させるのか。いろいろな立場の方々といっしょに考える現場に立ち会えたのは楽しい経験です。

## Q4. 若い人へ

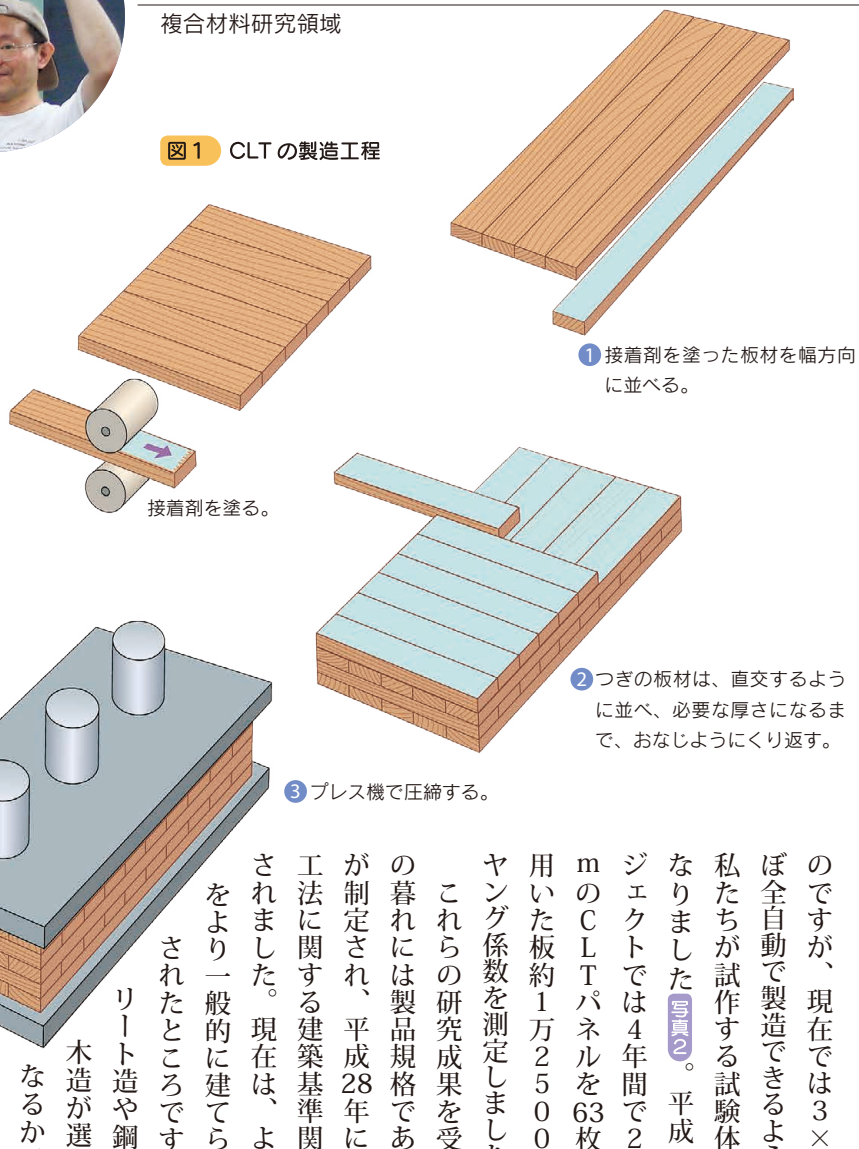
欧州で CLT が開発されていたちょうど同じころ、わたしも同じような材料の開発に取り組んだことがありましたが、木造ビルを建てることまでには考えが及びませんでした。柔軟な発想とやり抜く意思が大切ですね。



宮武 敦 Miyatake Atsushi

複合材料研究領域

図1 CLT の製造工程



います。

をより一般的に建てられる環境が整備されたところです。今後、コンクリート造や鋼構造との競争で木造が選択されるようになるかどうかはこれらの研究開発にかかっています。

のですが、現在では  $3 \times 12$  m の製品をほぼ全自動で製造できるようになりました。私たちが試作する試験体も徐々に大きくなりました（写真2）。平成25年からのプロジェクトでは4年間で  $2 \times 4$  m や  $2 \times 6$  m の CLT パネルを63枚製造し、それに用いた板約1万2500枚の密度や曲げヤング係数を測定しました。

これらの研究成果を受けて、平成25年の暮れには製品規格である日本農林規格が制定され、平成28年には CLT パネル工法に関する建築基準関連の法律が整備されました。現在は、ようやく木造ビル

写真2 進化する試験体

研究を重ねるごとに試験体も、①  $40 \times 40$  cm (平成23年)、②  $1 \times 1$  m (平成23年)、③  $2 \times 4$  m (平成27年) としだいに大きくなっていきました。



# 木材の 生理的リラックス効果

## 香り・手触り・足触りから

木材は、古くから住宅や家具等の材料として用いられ、その香りや手触り、足触りは人に「心地よさ」をもたらすことが経験的に知られています。

では、なぜ木材の香りや触感、人を心地よくしてくれるのでしょうか？ じつは、まだ科学的な答えはみつかっていません。本稿では、木材のもたらす生理的リラックス効果についての最新の研究をご紹介します。

### どこに着目したか

「心地よさ」を、どう評価したらよいと思いますか？ 「心地よさ」を数値化するために、つぎの点に着目してみました。

脳の活動のようすを知る手法のひとつに、近赤外分光法を用いて前頭前野（前額部）の酸素化ヘモグロビン濃度を計測する手法があります。酸素化ヘモグロビンとは、血液に乗って酸素を運搬するヘモグロビンで、脳が活動するとその部位の濃度が上昇し、リラックスすると低下することがわかっています。

また、自律神経活動について心拍変動性に着目しました。心臓は規則正しく心拍を打っているように思われていますが、実際には1拍ごとの心拍間隔は揺らいでおり、その揺らぎに交感神経活動・副交感神経活動が関わっています。その揺らぎを周波数解析することで、リラックス

時に高まる副交感神経活動とストレス時・覚醒時に高まる交感神経活動に分けて計測できるのです。

### 木の香りを嗅ぐと

日本の代表的な樹木であるヒノキの葉の香りは、人にどのような効果をもたらすのでしょうか。

温湿度および照度を一定に調整した人工気候室において、20代女子大学生にヒノキの葉から抽出した精油の香りを90秒間嗅いでもらいました。その結果、ヒノキの葉の香りは、脳前頭前野活動の鎮静化をもたらし（図1）、リラックス時に高まる副交感神経活動を亢進（高めること）させ（図2）、生体を生理的にリラックスさせることがわかりました。

さらに、天然乾燥したヒノキ材チップの香りも、脳前頭前野活動を鎮静化させること（図3）、木材由来のにおい成分であるα-ピネンやD-リモネンの香りは、リラックス時に高まる副交感神経活動を亢進させることも明らかとなりました。

### 木を手や足で触ると

無塗装ホワイトオーク材を手で触ったときのリラックス効果について、大理石、タイル、ステンレス板などの建築素材と比べてみました。香りの実験と同様に人工気候室内において20代女子大学生に、

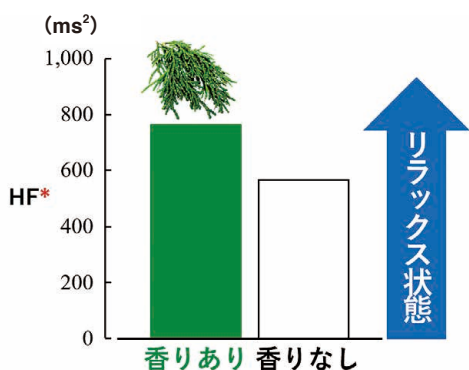


図2 ヒノキの葉の精油による副交感神経活動の亢進  
(11名の平均値)

\* HF は、High Frequency（高周波成分）の略で、副交感神経の活動を表す。

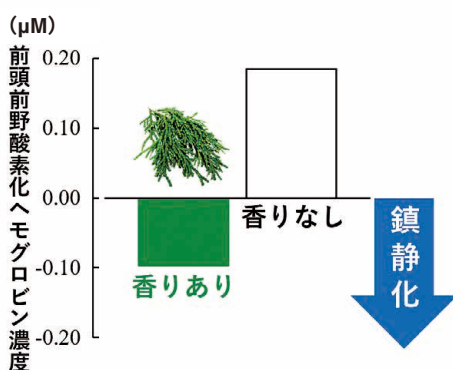


図1 ヒノキの葉の精油による脳前頭前野活動の鎮静化  
(12名の平均値)

図1と図2は、Ikei H et al. J. Physiol. Anthropol. 34 44, 2015 を改変



# 研究者の横顔

## Q1. なぜ研究者に？

私は、長野県木曽町という山に囲まれた自然豊かな場所で育ちました。幼い頃から、森や木などの自然に触れたときに「ほっ」とするのを感じていました。そのリラックス効果を明らかにしたいと考え、研究者を志しました。



池井 晴美 Ikei Harumi

構造利用研究領域

## Q2. 影響を受けた本など

『森林浴はなぜ体にいいか』（宮崎良文 文春新書 2003）。著者である千葉大学・宮崎良文教授（元森林総合研究所研究員）は、私の学部・大学院時代における指導教員です。

## Q3. 研究の魅力とは？

本研究分野は、「木材」と「人」を対象とした研究が融合されて成り立ちます。しかし、世界的にも、この両分野の融合はなされていないのが現状です。我々の研究チームでは両方の視点から研究を進めているため、「Only one」としての強みがあり、そこに醍醐味があります。

## Q4. これからの抱負

研究成果を世界に発信することによって、木材が持つリラックス効果の普及に貢献したいと思っています。

## 結果と今後の展望

今回の実験では、すべての木材由来の刺激で、脳前頭前野活動が鎮静化し、リラックス時に高まる副交感神経活動が亢進することがわかりました。これまで経験的に知られてきた木材によるリラックス

目を閉じた状態で90秒間触ってもらいました。その結果、ホワイトオーク材の手触りは、他素材と比べ脳前頭前野活動の鎮静化（図4）と副交感神経活動の亢進（図5）をもたらす、生体を生理的にリラックスさせることがわかりました。さらに、無塗装ヒノキ材を足の裏で触ったときのリラックス効果について大理石と比べてみた結果、ヒノキ材の足触りもまた、脳前頭前野活動の鎮静化と副交感神経活動の亢進をもたらしました。さらに、ストレス時に高まる交感神経活動も抑制されることがわかりました。

入効果に、ひとつの科学的なデータを提示できたのではないのでしょうか。現代のストレス社会においては、木材のリラックス効果の活用が期待が高まっています。しかし、生理指標を用いた科学的データはまだ少ないのが現状です。今後は、木材がもたらす様々な生理的リラックス効果に関するデータを蓄積することにより、木材の利用促進に繋げ、さらには、ストレス社会に生きる現代人の「生活の質」の向上に寄与したいと考えています。

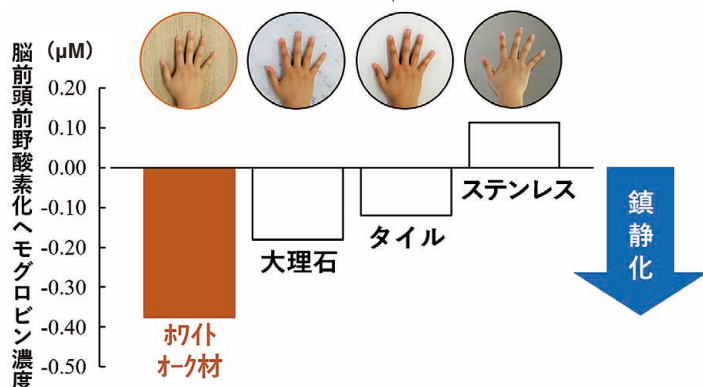


図4 手触りによる脳前頭前野活動のちがい  
(18名の平均値)

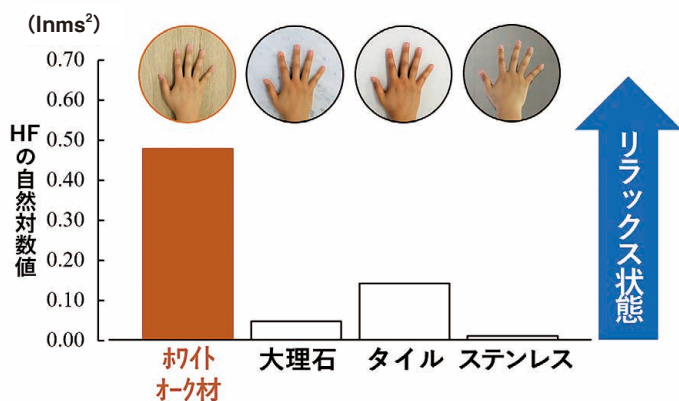


図5 手触りによる副交感神経活動のちがい  
(18名の平均値)

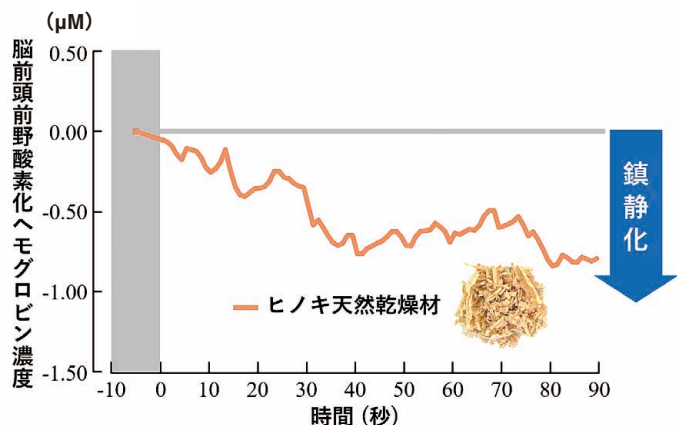


図3 ヒノキの天然乾燥材による脳前頭前野活動の鎮静化  
(19名の平均値)

図4と図5は、Ikei H et al. Int. J. Environ. Res. Public Health. 14(7) 801, 2017 を改変

Ikei H et al. J. Wood Sci. 61 537-540, 2015 を改変



小林 正彦 Kobayashi Masahiko  
木材改質研究領域

木材・プラスチック複合材 (Wood Plastic Composites 以下: WPC) は、木粉とポリエチレンやポリプロピレン、塩化ビニルなどの熱可塑性プラスチックを加熱しながら練り合わせ成形・製造する新しい木質系材料です。間伐材、林地残材などの未利用木材やプラスチック廃棄物を原料にできることから、環境負荷の小さい材料として注目されています。

WPCはプラスチックにはない木質感をもつ材料であり、ウリン、イペ、ジャラなどの高密度の南洋材と同等かそれ以上の耐朽性、耐水性を持つことから、主にデッキやルーバーなどのエクステリア資材として利用されています (写真1)。

日本国内でWPCがエクステリア資材として使用され始めた当初には、高い耐朽性、耐水性をもつWPCは、メンテナンスフリーの材料と考えられていました。しかし、長期にわたって屋外で使用される間に、変色やチョーキング (太陽光と雨水の影響によ

## 木材とプラスチックを融合させてつくる 新しい材料 (木材・プラスチック複合材)

りWPC表面が劣化し、粉をふいた状態になる現象) の発生といった耐候性に関する問題が散見されるようになりました。変色はWPCの美観を損ない、チョーキングが発生するとWPCデッキなどに座ったり接触したりする際に衣類などが汚れる原因となります。

変色やチョーキングは主として太陽光からの紫外線によるWPC表面の劣化が原因で起こります。森林総研では、WPCに紫外線によるプラスチックの劣化を低減する効果のある紫外線吸収剤や光安定化剤といった薬剤を添加することで、WPCの耐候性を向上させる技術を開発しました。この技術を用いて製造されたWPCデッキ材は、現在、戸建ての住宅や公共施設等で使用されています。

(2017年11月17日開催講座より)



写真1 WPCの施工事例。  
デッキ(左)と、ルーバー(右)

### 森林講座のお知らせ

10月6日 (土曜日)  
「木材が人にもたらすリラックス効果」  
池井 晴美 (構造利用研究領域)

11月10日 (土曜日)  
「スギやヒノキの幹の形は葉の量で決まる」  
荒木 眞岳 (植物生態研究領域)

12月8日 (土曜日)  
「森林は二酸化炭素を吸っている? 吐いている?」  
安田 幸生 (森林防災研究領域)

2月15日 (金曜日)  
「樹木もストレスを受ける! ?」  
横田 智 (樹木分子遺伝研究領域)

3月16日 (土曜日)  
「災害調査に使われる最新技術」  
村上 亘 (森林防災研究領域)

会場●多摩森林科学園 森の科学館  
時間●13時15分~15時  
受講料●無料 (ただし、入園料として大人300円、子供50円必要となります。) 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。なお、それぞれのお申込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。

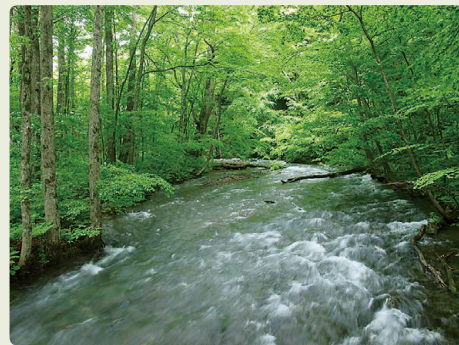
#### ◆お問い合わせ

〒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  
Email: shinrinkouza@ffpri.affrc.go.jp



◀電子メール送付先  
二次元バーコード





▼講演会

平成30年度

森林総合研究所公開講演会

「水を育む森林」

日時 平成30年10月16日(火)

13時20分～16時40分

会場 ヤクルトホール

(東京都港区東新橋 1-1-19)

ヤクルト本社ビル

入場無料・予約不要

森林総合研究所では、「水を育む森林」をテーマに公開講演会を開催します。

今回は、サントリーから、民間企業としての水資源研究や水源涵養活動への取り組みを紹介頂くとともに、雪と森林、水質と森林、森林内の水移動など森林と水に関する最新の研究成果について解説します。酷暑の今年だからこそ、水源としての森林の役割について、皆様と一緒に考えてみたいと思います。多くの方々の参加をお待ちしています。

〈講演プログラム〉

●開会挨拶

●招待講演

水と生きる

持続可能な水資源を目指して

サントリーグループバルイノベーションセンター株式会社 水科学研究所

近藤 平人民

●講演

森林流域からの水流出

「わかったこと、これから課題」

森林防災研究領域 領域長

玉井 幸治

森林が積雪・融雪に及ぼす影響

「水資源の確保に向けて」

森林防災研究領域 水保全研究室長

野口 正二

●ポスター発表



●講演

森林のきれいな水を齎らす大気からの多量の窒素流入

立地環境研究領域 土壌特性研究室長

小林 政広

森林に降る雨の旅路を科学する

森林防災研究領域 主任研究員

南光 一樹

●全体質疑

●閉会挨拶

森林総合研究所研究報告

▼論文

台風攪乱から43年が経過した編枯れ林における地上部及び地下部現存量の変化(英文)

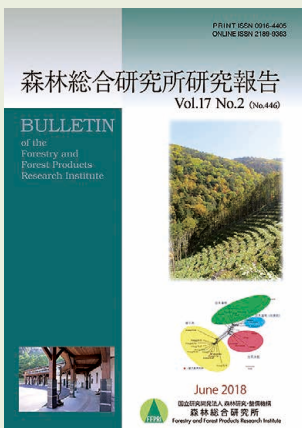
岩本 宏二郎、鵜川 信、荒木 眞岳、壁谷 大介、石塚 森吉、梶本 卓也

木材腐朽菌30株による4色素レマゾールブリリアントフルーロ Polyr478

Poly S-119、Azure Bの脱色試験

高野 麻理子、服部 力、根田 仁

スギの遺伝的地域性識別のためのS



▲森林総合研究所研究報告

Vol.17 No.2 (通巻 446号)

2018年6月

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

NPパネルの開発と利用

内山 憲太郎、松本 麻子

▼短報

札幌市街地周辺におけるエゾシカのスポットライトカウント調査

松浦 友紀子

▼研究資料

次代検定林の成績によるトドマツ精英樹集団からの優良系統の選抜

中田 了五、坂本 庄生、西岡 直樹、花岡 創、来田 和人、今博計、石塚 航、黒丸 亮

カンボジアにおける森林土壌炭素蓄積に関するデータセット(英文)

鳥山 淳平、今矢 明宏、平井 敬三

インドネシア共和国東カリマンタン州の昆虫相ならびにその生態に関する文献目録

榎原 寛、スギアルト、藤岡 剛、ウオ

口・ヌルジト、松本 和馬、前藤 薫、上田 明良、滝 久智

事務所内装写真を用いた聞き取り調査に対する対応分析の有用性について

末吉 修三

次号の特集

次号43号の特集は、「震災7年目の森」と題して、東日本大震災で引き起こされた福島第一原子力発電所の事故による森林の汚染とその後の経過、林業者たちの現状、研究の現在をお届けします。

対談は、チェルノブイリ原発事故の

被災地域で、ふるさとにとどまって暮らしつづけた人びとを描いたドキュメンタリー映画『ナージャの村』『アレクセイと泉』を撮った映画監督・本橋成一さんと、当研究所 震災復興・放射性物質研究拠点長の三浦寛です。乞うご期待。

公開講演会等の最新情報は  
こちらから→

<https://www.ffpri.affrc.go.jp/event/index.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)



## 紅葉にみる進化の物語



赤く色づいたカエデ  
小川群落保護林（北茨城市）にて

文と写真◎ 阿部 真 Abe Shin

森林植生研究領域

**北** 海道ではもう紅葉が始まりました。赤や黄

の前線は大雪山の峰々を下り、日本列島を南へ西へと向かいます。つかのま彩られた葉が落ちると、まもなくモノトーンの冬が訪れます。

葉は植物の生産工場ですが、生産効率の悪い季節も養い続けるのは負担です。そこで、厳しい季節を乗り越えるために、多くの樹木は一時的に葉を落とすことを選びました。では落葉する直前に葉が色づくのは、なぜでしょう？

**紅** 葉は、葉で合成された糖やアミノ酸を材料

として、赤い色素（アントシアニン）がつくれることで発色します。いっぽう黄色い色素（カロテノイド）は常に葉にあります。光合成を担う緑の色素（クロロフィル）にかくされていて、ふだんはみえていません。落葉前になると、クロロフィルが分解されて枝に回収されるので、後に残った黄色がみえるようになります。

ではなぜ樹木は、赤い色素をわざわざ作ってから落葉するのでしょうか？

**理** 由は、まだよくわかっていません。何かの働きの副産物か、かつての意味が失われたのか。しかし、紅葉が生存に有利な戦略でないのなら、同じ種の中でもっと色や濃さにバラツキがでて良さそうです。実際は、イロハモミジやナナカマドは鮮やかな赤、ミズキやウワミズクラはくすんだ赤、イタヤカエデやヤナギは黄、ブナやトチノキは褐色といった具合に、樹種ごとに色あいがおおよそ決まっています。

**色** が鮮やかな樹種ほどアブラムシの寄生が多いことから、つぎのような仮説も提案されています。植物には、虫など動物の食害に対抗して防御物質を作る性質があります。このため動物の側は、防御の弱い木を選ぶように進化することが考えられます。すると樹木は、「おれは生産力に余裕があるから守りが堅いぞ」という食害者へのアピールとして、紅葉が進化したというのです。木々の彩りが動物にどうみえてい

るかはおき、秋の紅葉に、進化の物語を想うのも一興かもしれません。

- ①ブナ ②イタヤカエデ ③イロハモミジ  
④サクラ ⑤コナラ

