

Forestry & Forest Products
Research Institute
No.59 2022

季刊 森林 総研

特集●

カーボンニュートラルへ向けた 森林の役割

巻頭対談●気候変動と森林を評価する視点

IPCCインベントリータスクフォース共同議長 田邊 清人×橋本 昌司 立地環境研究領域

59



表紙写真

iStock / Brastock Images

撮影:

P.3~7 神戸圭子

写真提供:

P.8~13 iStock /

Brastock Images

Onfokus

honglouwawa

AvigatorPhotographer

P.4 IISD/ENB | Sean Wu

特集担当●

平田 泰雅

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●対談

気候変動と森林を評価する視点

田邊 清人 IPCCインベントリータスクフォース共同議長

×

橋本 昌司 立地環境研究領域

.....3

特集●

カーボンニュートラルへ向けた
森林の役割.....8

研究の森から●

林業生産現場でのイノベーション

車両系自動走行の未来14

有水 賢吾 (林業工学研究領域)

建築への木材利用でのイノベーション

鈴木 賢人 (構造利用研究領域)

.....16

森林講座瓦版●

土砂災害を引き起こす雨の降り方に隠された共通点18

経隆 悠 (森林防災研究領域)

インフォメーション●19

自然探訪●

田んぼにスギを植えたら土壌はどうなる?20

酒井 寿夫 (立地環境研究領域)

◀ アンケートに
ご協力ください

QRコードよりご回答ください。はがきやファクス、メールでもご意見やご要望を受け付けています。連絡先を明記の上、右記の広報普及科までお寄せください。

アンケート回答やご意見・ご要望を【2023年2月末】までにお寄せいただいた方の中から抽選で5名の方に粗品を差し上げます。なお抽選結果は発送をもって代えさせていただきます。



季刊「森林総研」 2022 (令和4) 年 12月 16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●昭栄印刷株式会社

©本誌掲載記事及び写真の無断転載を禁じます。



Tanabe Kiyoto



Hashimoto Shoji

田邊 清人

IPCCインベントリータスクフォース共同議長

橋本 昌司

立地環境研究領域主任研究員

Photo by Godo Keiko

Studio-5th NAKAMEGURO (東京)にて

気候変動と森林を評価する視点

日本における温室効果ガスの排出および吸収についてのインベントリー(目録)づくりに長年たずさわりの、国際機関IPCC(気候変動に関する政府間パネル)でのインベントリータスクフォース(国別温室効果ガスの排出/吸収に関する計算手法等の開発を行う部門)の共同議長を務める田邊清人さんと、森林土壌の温室効果ガスの動態を研究している橋本昌司主任研究員に、気候変動と森林を評価する視点をめぐってお話いただきました。

橋本 ● 森林総合研究所でも、炭素循環を中心に気候変動と森林についてさまざまなアプローチで研究を行っています。その中で、私が主に研究しているのは森林土壌です。森林というどうしてもみなさん木を中心にイメージされるのですが、じつは土壌にもたくさんの炭素が貯まっています。地球規模で見ると、大気や植生の2〜3倍の炭素が地表の土壌にあります。最近、力を入れて調査しているのは、その土壌とメタンの関係です。

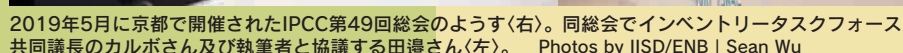
田邊 ● メタンは最近特に注目を集めていますね。昨年のCOP26でも「グローバル・メタン・プレッジ*」が話題になりました。

橋本 ● はい、第2の温室効果ガスであるメタンに全世界で協力して対処していこうという動きが出てきていますが、じつは森林土壌では、微生物が大気中のメタンを吸収しているんです。地球全体で見ると湿地から大量に放出されているのですが、吸収も大切な機能で、いま研究を進めています。

田邊 ● IPCC*でも土壌によるメタンの吸収は、常々話題になっています。計上すべきだという意見があるのですが、基礎データがまだ少なく、各国で使う計算方法には入れられていない状況です。橋本さんの研究が進めば、そのうち入るでしょう。

橋本 ● 田邊さんは、長らくIPCCの温室効果ガス排出に関する計算手法について評価する部門の共同議長を務めていらっしゃいますが、世界各国からの意見を集約・調整するのは、相当に苦勞も多いのではありませんか？

田邊 ● IPCCについては、報道でも意外





田邊 清人 (たなべ きよと)

1968年千葉県生まれ。東京大学理学系大学院にて気象学専攻。IPCCインベントリータスクフォース(TFI)共同議長。日本の温室効果ガスインベントリー作成、IPCCやUNFCCCなどにおける国際的な活動に長年にわたり従事。IPCC第42回総会(2015年10月)でTFI共同議長に選出、現在に至る。公益財団法人 地球環境戦略研究機関(IGES) 上席研究員。

巻頭●対談

次の波が、2007年のIPCCのノーベル平和賞受賞です。あれで世界的に温暖化の話が大きく取り上げられました。

まりました。

そして次の波が、2007年のIPCCのノーベル平和賞受賞です。あれで世界的に温暖化の話が大きく取り上げられました。

橋本 ●ノーベル賞に決まる前から世界的な話題になっていましたね。

田邊 ●京都議定書の最初の目標達成のための第1約束期間が2008年くらいよいよ始まるぞというタイミングで、温暖化問題に世界の耳目を集めようという意図はあったのだろ
うと思います。IPCCは環境問題に積極的
に取り組むアメリカ元副大統領のアル・ゴア
さんと同時受賞でした。

橋本 ●森林総研でも「よし! 算定方法を作るぞ」みたいな勢いがあった、私も関わり
ました。2021年に眞鍋淑郎博士がノーベル
賞を受賞されましたが、それも気候変動に
対するメッセージなのかなと……。

田邊 ●そうですね。地球物理分野の重要性に
光が当てられたというのは、その分野の研究
者にとつて励みになりましたね。眞鍋先生、
一度だけお会いしたことがあります……。

橋本 ●田邊さんの専門も地球物理でしたね。

田邊 ●私は、海が二酸化炭素をどれぐらい吸
収しているかを研究してたんです。そのと
き眞鍋さんがうちの研究室を訪ねてこれま
した。地球物理は当時大きく3つ分野があっ
て、硬派、軟派、超軟派って言ってたので
すが、硬派は固体を扱う地震学とか火山学。軟
派は流体を扱う気象学や海洋学。で、超軟派
が、火星とか金星といった惑星の研究。私は
最初硬派で地震の研究をしていたのですが、

IPCCが誕生して話題になり始めた時期に
気象関係、それも100年スケールの気候変
動問題をやりたいと考えて移りました。その
後、銀行系のシンクタンクに就職したのだ
すが、ちょうど気候変動枠組条約ができて、そ
の条約で義務付けられている報告書を各国政
府が出すことになり、その仕事を会社が受注
して、私が担当になったわけです。私の研究
は海のCO₂吸収でしたが、担当した仕事に
人間が過去どれぐらいCO₂を出してきたの
かという調査も入っていて、そこからインベ
ントリーの排出計算の部分を任せられるよう
になり、いまに至るわけです。

橋本 ●学生時代の研究から運命的に繋がって
きたわけですね。ところで、森林に対する期
待感みたいなものもかなり高まってきてい
ると思うのですが、IPCCに深く関わる立
場から全体を見渡してみたいかがでしょうか。

田邊 ●私が森林に向き合うようになったのは、
京都議定書の頃からです。京都議定書のポイ
ントはいくつかあったのですが、そのうちの
一つが森林のCO₂吸収量をどう目標に入れる
かという話で、その時に「そもそも森林とは
何か」というところから議論が始まって、ちよ
つとびつくりしたんです。森林の吸収量を計算
するためには、森林がはっきり定義されてい
なくてはならないわけで、その上で初めて計
算方法が確立するわけです。「なるほど! 面
白い」と思いました。その後、泥炭地など森
林以外の土地における排出・吸収にも注目が
集まり、土壌の重要性への認識も高まります。
その流れで森林を含めた「土地」はずっと重



Science Based Targets
イニシアティブ(SBTi)
『ネットゼロスタンダード』

世界自然保護基金や世界資
源研究所などの主導で、企
業によるネットゼロの基準
を示している。

★ Key Words カarbonニュートラル、ネットゼロ

カーボンニュートラルやネットゼロという言葉は、さまざまな主体(国、自治体、
企業など)により使われているが、その意味合いは必ずしも同じではなく、場面や
文脈によって異なる。カーボンニュートラルとは、一般的には、人間の活動によ
る二酸化炭素の排出量と吸収量がつりあう状態を意味するが、二酸化炭素だけ
でなく温室効果ガス全体で排出量と吸収量がつりあう状態を指してカーボンニュ
ートラルという言葉が使われることもある。ネットゼロという言葉も、二酸化炭素
の正味排出量がゼロ(=排出量と吸収量がつりあう)という意味で使われる場合と、
温室効果ガス全体の正味排出量がゼロという意味で使われる場合がある。

橋本 昌司 (はしもと しょうじ)

1977年香川県生まれ。東京大学農学部卒、2004年同大学院農学生命科学研究科博士課程修了。博士(農学)。2005年森林総合研究所入所。立地環境研究領域主任研究員、生物多様性・気候変動研究拠点を併任。東京大学大学院農学生命科学研究科准教授。森林土壌の気候変動緩和機能解明や森林放射能汚染を研究。日本森林学会奨励賞、農林水産技術会議会長賞など受賞。共著に「Forest Radioecology in Fukushima」(Springer)など。

巻頭●対談

気候変動の問題は、 科学の在り方を変えたところがあるように思います。

重要な要素であり続けてきています。私が関わっているインベントリーでいうと、どちらかというとエネルギー分野は単純なんです。CO₂は燃料の中に炭素がどれだけ含まれているかわかれば、単純に計算できます。ところが農業、林業、その他土地利用関係は、非常に計算方法が複雑です。土壌は、それらの中でもたぶんまだまだ改善の余地があります。

最近になって森林関係が特に注目されているのは、CO₂の排出量を減らすだけじゃダメで、ネットゼロにしないといけないという議論からです。排出量そのものをゼロにすることは不可能なので、吸収が必要になる。吸収というと、地中に埋めるCCS*もありですが、大きくは森林か海洋しかないわけです。そのうち人間がコントロールできるのは、やはり森林です。それで重要視されてきた。ところが森林を吸収源としてだけ使おうとすると、他に何か副作用みたいなことが出ざるを得なくて、モノカルチャー(単一樹種)で森林をつくってしまうと生物多様性が失われるし、食料安保の話も絡んでくる。それで2019年にIPCCが土地関係の特別報告書を作った、その中でも森林とその他のファクターの関係が重要な論点の一つになりました。

橋本 2015年の科学誌『ネイチャー』に世界の木の本数を約3兆本と推定したという論文が出て、その後立て続けに、理論上では、あとこれだけ木を植えることができるという論文が出たんです。その辺りからまた少し植林ブームというのか、とにかく植えればいような風潮が出たようにも思います。もち

ろん木を植えるのはいいことですが、改めて植林の大きな流れがでてきたところで、IPCC側から、森林でもできることでないことがあるし、森林のことを炭素吸収源としてだけ考えていたらいいわけではない、といったようなメッセージも出されたように思います。食料安保にしても間もなく人口は80億人を超えます。今後100億人を養うための食料をどう確保するのかという議論がある中で森林保全と食糧生産との衝突・調整もありますし、多様性という点では、草地やサバンナ、泥炭地などを破壊してまで木を植えるのはやはり問題があります。そうした広い視野に立った報告も、IPCCから発信されているように思うのですが、いかがでしょう。

田邊 そうですね。IPBESというIPCCを参考にしてできた生物多様性に関して政策決定者に助言するプラットフォームがあります。気候変動と生物多様性は、関連の深い問題です。関連条約も1992年のおなじ国際会議で、気候変動と砂漠化防止と生物多様性という3つの条約ができました。オフィシャルなIPCCとIPBESの共同ワークショップの報告書が、2021年の6月に出て話題になりました。今後は、ますます協力関係が深まっていくと思います。

橋本 これから気候変動と多様性という二つの車輪でぐんぐんいく感じでしょうか。

田邊 気候変動と生物多様性は重要な問題であり続けるでしょう。しかし、他の分野でも、科学者が政策決定者に助言する仕組みを作ろうという流れがだんだん起きてきているよう



著者 橋本昌司研究員の
本

『森林の放射線生態学』(共著 丸善出版)

*Key Words CCS(二酸化炭素回収・貯留技術)

Carbon Dioxide Capture and Storage の略。発電所や化学工場などから排出されたCO₂を分離回収して、地中深くに貯留・圧入する技術。



巻頭●対談

メタンの吸収といった森林土壌の機能についても、研究すべき課題が山積しています。

です。

橋本 ●気候変動の問題は、科学の在り方を変えたところがあるように思います。やはり狭い範囲で論文だけ書いて満足してはいけないというか、気候自体が超学際的に考えないといけないところもありますから、それをどう社会に実装していくのかということが問われます。政府と民間がどう一緒に協働して対応していくのかということですね。森林に限らないのですが、世界からみた日本の取り組みについては、いかがでしょう。

田邊 ●地球温暖化に対する市民的な盛り上がりという点では、長年欧米の方が主流だったように感じます。日本の社会はニュースとしては取り上げるけれど、社会的な盛り上がりやうねりといったものは、近年まであまりなかったように思います。ただ最近、若い世代がグレタさん*に触発されて、日本でもすごく活発に活動するようになってきています。だから今後は変わってくるんじゃないかなって思いますし、期待しているところです。

橋本 ●ネットゼロやカーボンニュートラルが言われ始めたここ数年、企業の本気度もだいぶ違ってきているように感じます。森林総研にも、「自分の森林が、どれくらいの炭素を吸収しているか評価したい」という問い合わせが来たりしています。

田邊 ●ビジネスとしてこのままだと成り立たなくなるという危機感があると思うんです。日本の企業は長らくそうしたところに鈍感のようには言われてきましたが、動きは少しずつ始まっていて、民間の市民意識も企業もどん

どん変わってきているなと思います。

橋本 ●SDGsのゴールに気候変動が入っていますが、その影響もあると感じていますか？

田邊 ●確かにSDGsのゴール13で明確にしたことは、インパクトは大きかったかもしれないですね。それと、17項目のゴールがあつて、そのうちのひとつとして気候変動がある。気候変動の他にもいろいろ問題があつて、それぞれとの関係を考えるきっかけになったことがよかったと思います。

橋本 ●IPCCの報告書からは、もう時間がない、いますぐ行動しないといけないといったメッセージを強く感じます。

田邊 ●確かに、私たちの行動でなるべく早く大変革を起こしていくことが、強く望まれますね。ただ、ひとりひとりの行動には限界もあり、それだけでは難しそうです。一方で、個人の意図を超えて、気がついたら社会が大きく変わっていた、ということがありますよね。たとえばスマホなんて20年前はまったく考えられなかったのに、いまや固定電話を駆逐しています。そうした大きな変化を起こすために、企業が果たす役割は大きいし、政治の力ももちろんとても重要です。

橋本 ●限られた時間の中で、気候変動緩和のための炭素の貯蔵やメタンの吸収といった森林土壌の機能についても、研究すべき課題が山積しています。

田邊 ●土壌については、まだまだわかっていないことも多く、新しい知見が待たれる重要分野の一つだと思います。ぜひ、今後の橋本さんの研究に期待しています。

* Key Words グレタ・トゥーンベリ

2003年生まれのスウェーデンの環境活動家。2018年8月、15歳の時にスウェーデン議会の前で単独ストライキを行って、気候変動対策の強化を訴えた。学校を休んでのその行動に賛否が起きる一方、「おとなが若者の未来を壊している。いますぐ行動を」というメッセージは、世界中の若者の共感を呼んでいる。



IPBES-IPCC合同ワークショップ報告書
IGES による翻訳と解説『生物多様性と気候変動』



森林の炭素の蓄積量は海洋にはおよばないが、その吸収量は海洋を上回る。樹体はもちろん土壌にも多くの炭素が蓄積されている。

文責＝編集部 監修＝平田 泰雅

特集 ●

カーボンニュートラルへ向けた 森林の役割

気候変動・地球温暖化は、人類の未来を左右するとても大きな問題です。

世界中の科学者による研究論文を詳細に検討した

IPCCの第6次評価報告書では、人為による地球温暖化は

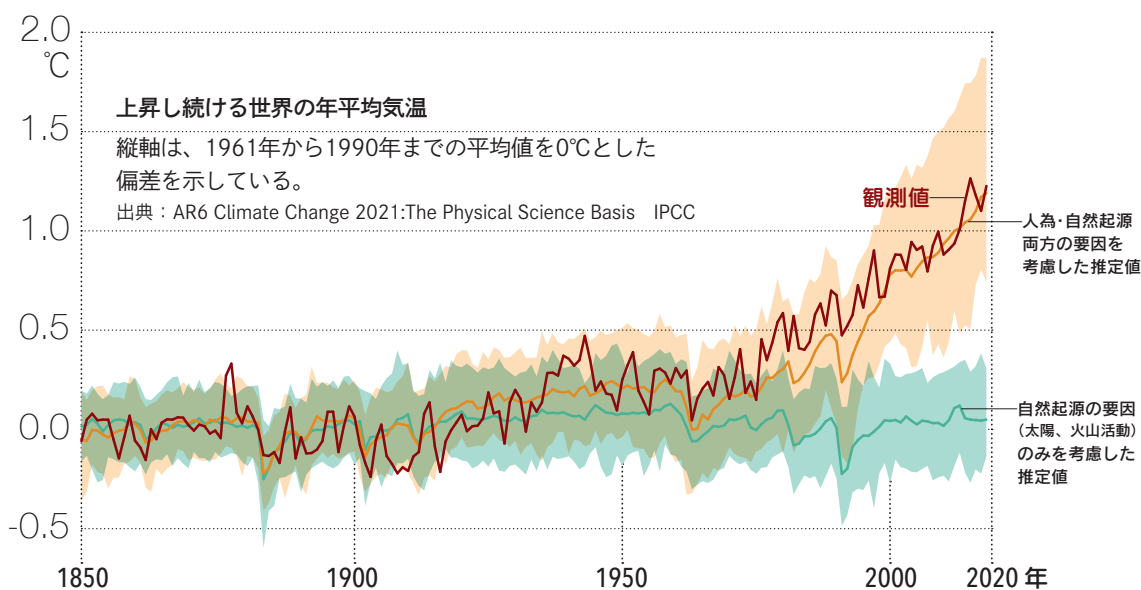
もはや「疑う余地のない」と報告されています。

さらに今後10年が気候変動対策の正念場ともいわれます。

こうしたなか、森林がカーボンニュートラルに果たす役割がますます注目されてきています。そうした森林の役割について、改めてみてみることにしましょう。



特集◎ カーボンニュートラルへ向けた 森林の役割



気候変動・地球温暖化の現状

いま世界は、人類の経済活動によって排出される温室効果ガスがもたらす気候変動・地球温暖化の脅威にさらされています。世界各地で起きている熱波や洪水、森林火災など、その脅威を身近に感じることも増えてきました。

2021年8月に発表されたIPCC（P4欄外参照）の第6次評価報告書によると、少なくとも今世紀半ばまでは年平均気温が上昇を続けると予測されています。今後十数年のうちに二酸化炭素やメタンといった温室効果ガスの排出抑制のための抜本的な対策をとらないと、世界の年平均気温の上昇は、今世紀中に1.5℃～2℃を超えてしまうにちがいません。

年平均気温の上昇は、先にあげた災害に加え、植生の変化、陸域・海洋生態系の変化、北極域における海氷、積雪、永久凍土の縮小、海水面の上昇、そして、さらなる平均気温の上昇といった悪循環をもたらし、熱波や洪水などの直接的な被害に加えて、ライフラインである農林水産業や水循環に長期的な影響を及ぼすと考えられています。

気候変動がもたらすこれらの影響は、いまを生きる私たちのみならず、未来を生きる将来世代への大きな負債となり続けないことになります。

ネットゼロ Net Zero

ネットは、「正味」という意味で、二酸化炭素の正味排出量がゼロ(=排出量と吸収量がつりあう)という意味で使われる場合と、温室効果ガス全体の正味排出量がゼロという意味で使われる場合がある。

カーボンニュートラル Carbon Neutral

カーボンとは、炭素のこと。ニュートラルは中立状態にあることを意味するので、一般的には、人間の活動による二酸化炭素の排出量と吸収量がつりあうことで、炭素循環を自然状態の均衡に近づけることを意味している。

カーボンゼロ Carbon Zero

人間の活動による二酸化炭素の排出量を実質ゼロにすることをめざして使われることが多い。

どれも温室効果ガスの抑制を意味する言葉だが……
使われる主体や場面によって、それぞれ定義が異なって用いられることがあるので、注意が必要だ(5ページ欄外参照)。

※この図は、イメージです。

カーボンニュートラルとネットゼロ

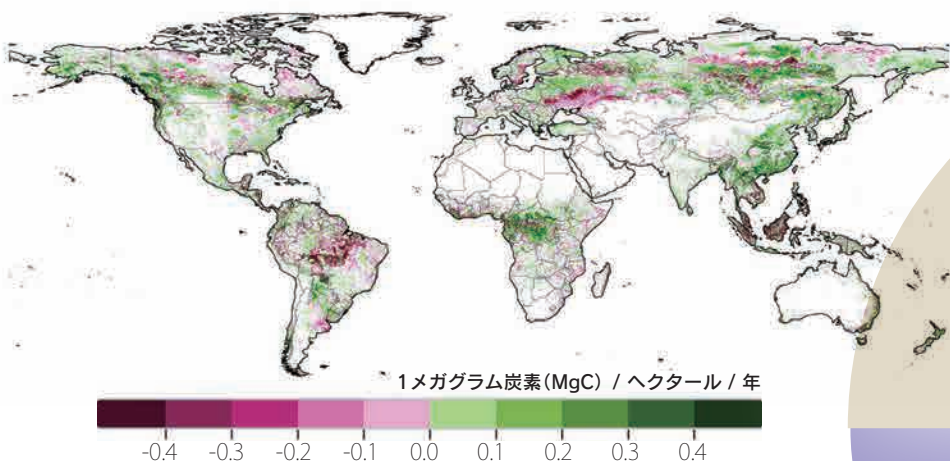
「カーボンニュートラル」や「ネットゼロ」は、人間の経済活動による温室効果ガス、なかでも二酸化炭素の排出を抑制するとともに、抑制しきれずに排出される量を、森林管理などによる吸収によって相殺することで、全体としての温室効果ガスの排出量を実質ゼロにするという考え方です。

どちらも基本的にはおなじ事を意味していますが、近年では、温室効果ガスをトータルにゼロにするためにより厳密な科学的基準のもとに、排出をゼロにすることをめざしています。すなわち、原料の調達から、製造、そして消費者へ手渡すまでのすべての商品の流れにおいて、各段階で着実に温室効果ガスの排出と吸収の収支をゼロにすることの重要性が指摘されています。

こうした中、日本は2030年度へ向けて、温室効果ガスを2013年度比で46パーセント削減することを喫緊の目標としつつ、2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする「2050年カーボンニュートラル」の実現に取り組んでいます。2050年までに9割方の脱炭素化を行うとともに、削減できない大気中の炭素については、強制的に除去したり、森林の成長を促進す

東南アジアや南米アマゾンの熱帯林は、かつての強力な二酸化炭素の吸収源から、無計画な開発の影響などによって、いよいよ排出源へと変わりつつある。

生体バイオマスの炭素蓄積量変化(2000-2019)



世界の森林の二酸化炭素の吸収と排出の収支

この地図は、2000年から2019年の間に、植生地域がどれだけ炭素を貯蔵または排出したかの变化を示している。緑の多い地域は排出量よりも吸収量が多く、ピンクや紫の多い地域は貯蔵量よりも排出量が多い。 出典: NASA/JPL-Caltech

1年間の 大気中の温室効果ガスの増加量 およそ40億炭素トン

炭素トンとは、二酸化炭素と炭素の分子量比(44/12)から換算した炭素量。

出典: IPCC第5次報告書をもとに気象庁が作成した図および環境省のデータによる

海洋による吸収
およそ23億炭素トン

森林等陸域
における吸収
およそ26億炭素トン

特集◎

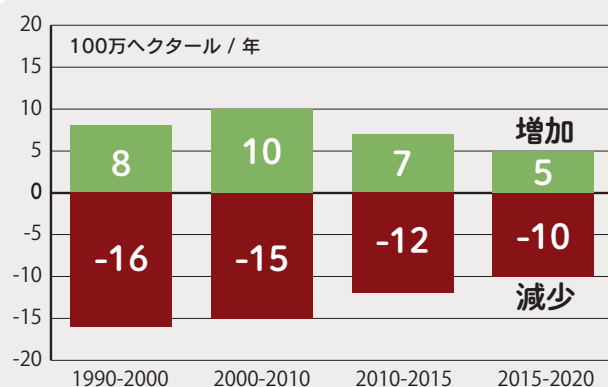
カーボンニュートラルへ向けた

森林の役割

世界の森林面積の増減

1990年以降、世界の森林面積は推定4億2000万ヘクタールが失われたが、森林面積の減少速度は低下してきている。

出典: FAO「state of the world's forests 2020」



ることで樹体内への固定を図っていくことが求められています。

森林が果たす役割

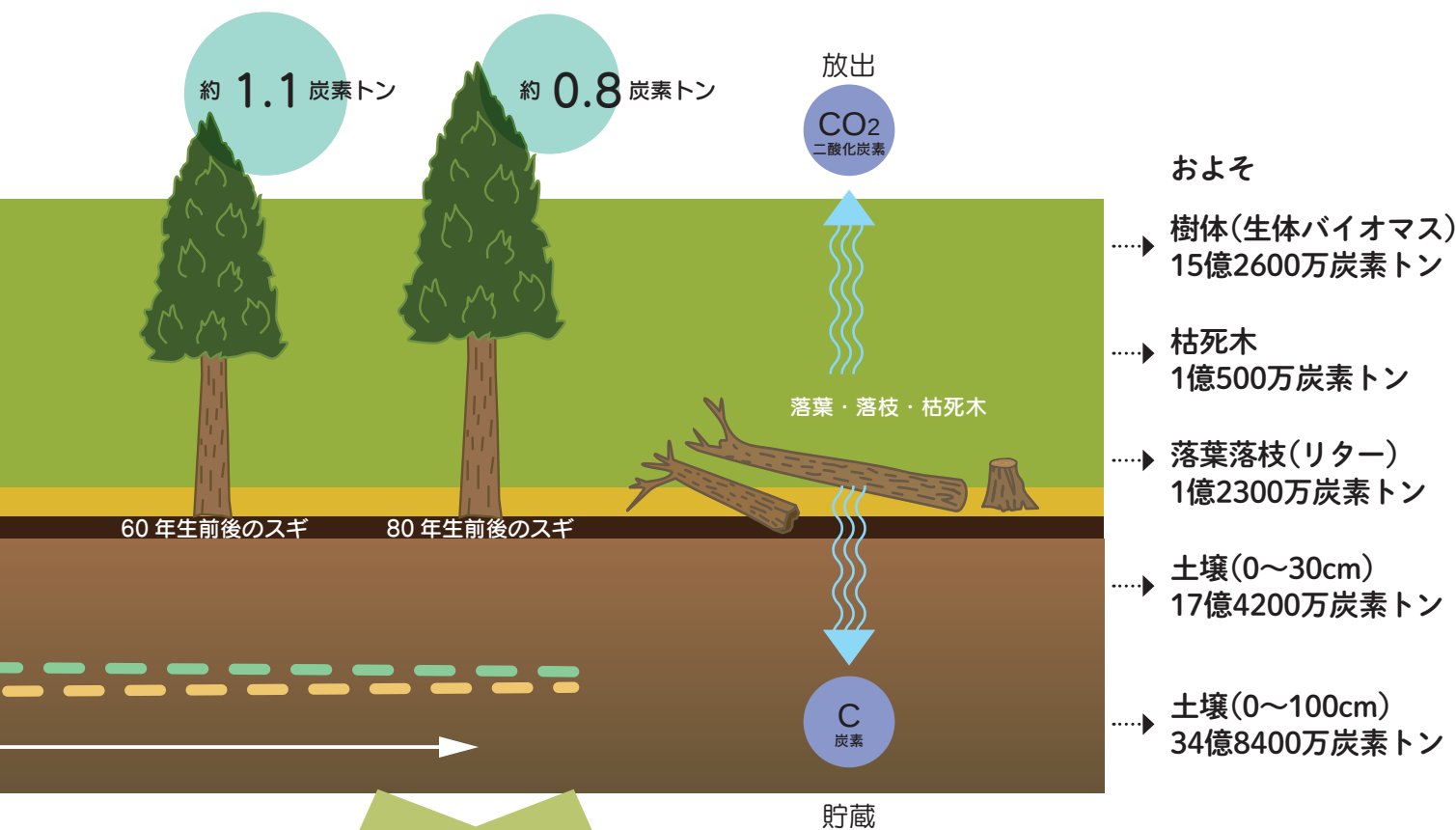
2050年のカーボンニュートラルに向けて、化石燃料への依存を減らし、持続可能エネルギーへの転換を図ることで温室効果ガスの排出を抑制すると同時に、大気中の温室効果ガスを減らすための方策が試みられています。ひとつは、二酸化炭素を回収して地下に貯留するCCS(▼P.6欄外参照)などの直接的な対策があります。

もうひとつが、森林などの植生を利用した二酸化炭素の吸収と炭素の貯蔵です。

森林は、呼吸や枯死して腐朽することなどで二酸化炭素を排出しますが、それらの排出量のおよそ2倍の二酸化炭素を光合成によって吸収していることが報告されています。(世界資源研究所(WRI)による2001~2019年の調査)。

現在、世界の森林は年間26億炭素トンの二酸化炭素を吸収していると考えられています。海洋と併せて49億炭素トンが吸収されていますが、それでも40億炭素トンあまりの温室効果ガスが毎年大気中に増加し続けています。

世界の森林面積の減少速度は1990~2000年に年平均780万ヘクタールだったものが、2010~2020年に



樹体と 森林土壌が 炭素を貯蔵

日本の森林では、どこにどれくらいの炭素が蓄積されているのか？
樹体と土壌の上層部にかけて、多くの炭素が蓄積されていることがわかる。枯死木と落枝落葉(リター)と深さ30cmまでの土壌に蓄積されている炭素の量は、樹体(生体バイオマス)の約1.3倍、1mまでには2倍以上の炭素を含んでいる。

データ出典:「全国調査により枯死木・リター・土壌の炭素蓄積の状況を探る」金子真司ほか 森林総合研究所研究成果選集 2013

伐って使って植える森林の循環

には、470万ヘクタールと低下しています。森林面積の減少速度は鈍ってきたとはいえ、現在でも熱帯林を中心に減少が続いており、東南アジアの熱帯林ではすでに二酸化炭素の排出量が吸収量を上まわり、アマゾンの熱帯林も2021年に、排出量が上まわったことが指摘されています(ブラジル国立宇宙研究所)。

森林による二酸化炭素の吸収・貯蔵の役割を減退させないために、違法伐採の取り締まりや、違法木材を使わないといった国際的な取り組みが求められています。

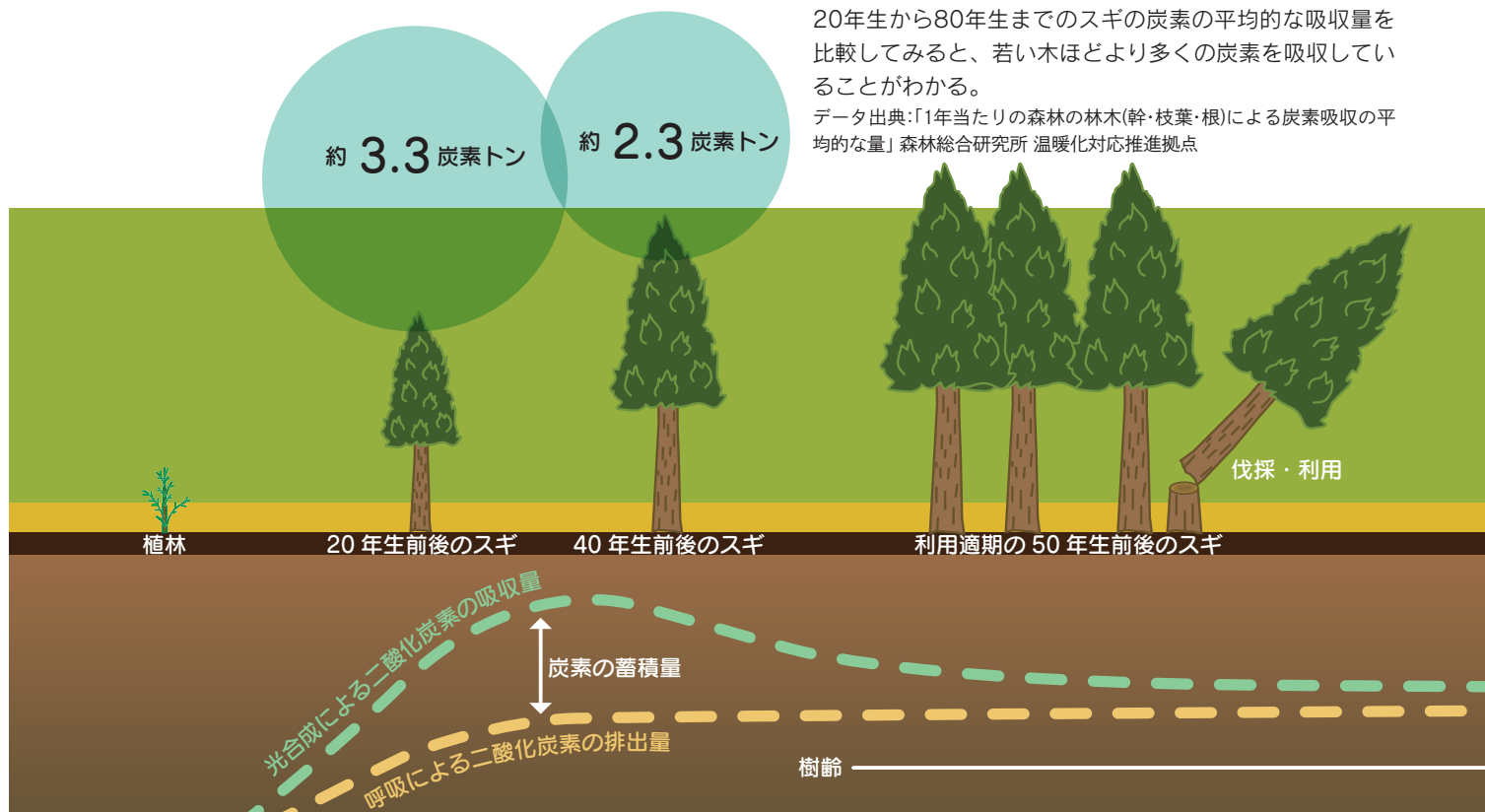
ふり返って、国内の状況をみてみましょう。日本の森林率はおおよそ7割で、森林面積はこの数十年間ほとんど変化はありません。しかし、木は年々成長をしていますから、幹の材積量、すなわち、樹体内に貯蔵されている炭素の量は、この30年間で倍以上に増えています。人工林では、すでに伐採に適した時期を迎えている山も数多くあります。樹木は光合成でとりこんだ大気中の二酸化炭素で樹体をつくり、成長していきます。樹体のおよそ半分は炭素でできています。樹木を木材として活用することは、いわばその炭素を貯蔵することでもあります。

また、樹木は若い木ほどより多くの二酸化炭素を吸収することがわかっています。



1ヘクタールのスギ林が1年に吸収する炭素のおよその量
20年生から80年生までのスギの炭素の平均的な吸収量を比較してみると、若い木ほどより多くの炭素を吸収していることがわかる。

データ出典:「1年当たりの森林の林木(幹・枝葉・根)による炭素吸収の平均的な量」森林総合研究所 温暖化対応推進拠点

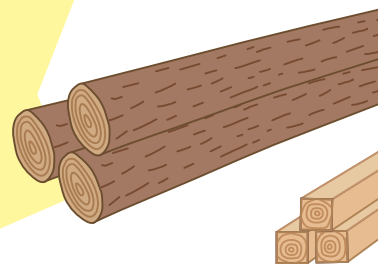


特集◎ カーボンニュートラルへ向けた 森林の役割



木材での 利用で 炭素を貯蔵

木材利用



す。成木として伐採可能な木を伐って使
い、炭素を暮らしの中に貯蔵するととも
に、新たに植林をして適切な森林管理を
行っていくことで、カーボンニュートラ
ルへのより効果的な対策となります。

適正な伐採と植林、カーボンニュート
ラルにのっとった健全な森林経営、そし
て木材のカスケード利用を積極的に行う
ことで、温室効果ガスの吸収、貯蔵をよ
り効果的に高めていくことができます。

森林総研の取り組み

森林総研では早くから気候変動に関す
る研究に取り組んできました。国内のみ
ならず世界各地の森林で調査を行い、森
林における炭素の動態・循環と蓄積量の
解明、気候変動から受ける影響評価など
を継続的に研究し続けています。

一本一本の木の大きさや数を測る毎木
調査に加え、ドローンや衛星を使った広
範な調査も行っています。また、森林内
に設置したタワーに計測機器を設け、森
林に出入りする炭素量の計測も長年続け
てきています。

いま気候変動・地球温暖化には、待つ
たなしの対策が求められています。森林
の持つ気候変動抑制の機能を最大限に活
用できるように、森林総研は、気候変動
の調査・研究に、これからも全力で取り
組んでいきます。

林業生産現場での イノベーション 車両系自動走行の未来

未来の山で誰が木を伐るのか？

2050年のカーボンニュートラルの達成に向けて、CO₂の吸収源としての森林に注目が集まっています。

森林をCO₂の吸収源として利用するためには、木材の利用を促進するとともに、持続的な維持・管理体制と、安定した木材の供給が重要です。すなわち、「伐つて、使って、植える」という森林の循環的な利用が求められています。

この「伐つて」に相当する木材の伐出には林業機械が必要不可欠です。しかし、木材の伐出が行われる林業は労働者1000人あたりの死傷者数を示す死傷年千人率が全産業の中でも最も高く、また林業従事者数も長期的に減少傾向にある



写真1 木材を搬出するフォワーダ

り、担い手が減っていくという切実な課題を抱えています。今後、人手不足が見込まれる中で森林を持続的に維持・管理していくには、これまで以上に安全性を高めることと、作業者が少なくても効率よく(生産性の高い)作業を行うことが必要です。この課題に対して、無人で動き、生産性を高める林業機械の自動化に関する研究が進められています。

機械に道を判断させる

私たちは、現在運用されている林業機械の自動化に取り組んでいます。木材を搬出するためには様々な手法が用いられていますが、そのひとつが森林内に道を整備し、機械に木材を積載して搬出を行う手法(車

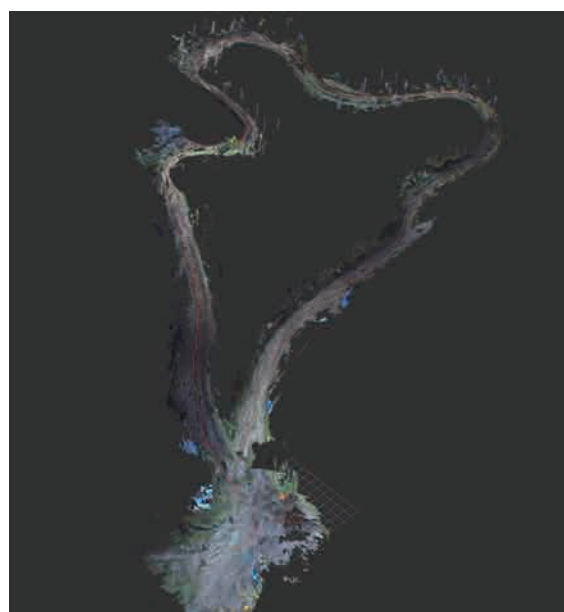


図1 カメラを利用した森林内位置情報の推定
画面内赤色の線が走行経路を示す。

両系作業システム)です。このシステムでは、木材を積載したフォワーダと呼ばれる機械(写真1)が、森林内の未舗装路(作業道)を走行します。フォワーダを自動走行させる上で重要なのが、「道から逸脱しない」ということです。「道から逸脱しない」ための技術のひとつとして、機械が自分の位置(自己位置)を正確に把握し、地図と照合しながら走行する方法があります。

一般的に、屋外での正確な自己位置の把握には全球測位衛星システム(GNSS)が利用されますが、森林内ではGNSSを用いてリアルタイムで正確な位置情報を安定して得ることが難しく、カメラやレーザ等を利用した位置情報の取得が試みられています(図1)。しかし、これらの手法もまだ開発段階で実用上の課題があることや、複数のシステムを併用して安全性を高める必要があることから、機械がその場で道を判断しつつ走行することも必要です。

私たちは、近年利用が進む深層学習(註1)を使って、林業機械に搭載したカメラから森林内の道を判別するシステムを開発しました。深層学習で道を検出する技術は既に他の分野で開発されています

研究者の横顔

Q1. なぜ研究者に？

一言で言えば、一日中研究をしていて楽しかったから、でしょうか。もともと周りに自然が多くある環境で育ち、その中で自然と調和し、時に立ち向かう仕事があったいとほんやりと思うようになりました。

Q2. 影響を受けた人など

大学の指導教官です。研究者とは研究するだけの人ではなく、研究成果やコンセプトを社会に還元する人であるということを学びました。

Q3. 研究の醍醐味は？

アイデア次第で自分の仕事の積み重ねが何十年と残る可能性があり、場合によっては社会を一変させる可能性があることが魅力だと思います。

Q4. 若い人へ

研究者とは勉強ができる人ではなく、研究ができる人です。トップランナーが鎬^{しのび}を削る研究分野もありますが、地味で誰もやっていないことや、他の分野のアイデアを組み合わせることで、競争を避けつつ研究することもできます。とりあえず興味を持ったことに対して、様々なことを試してみるのもよいかもしれません。予想外のことが思わぬ結果につながることもあるのが研究です。

▶ 註1：深層学習

人間の神経細胞を模した多層的なネットワークによって、データの特徴をよりきめ細かく判断して機械学習を行う。音声や画像の認識などに利用されている。



有水 賢吾 Usui Kengo

林業工学研究領域



図2 深層学習による作業道の検出結果
Road classに相当する作業道がほぼ正解となる教師データ通りに検出できている。
左上：実際の作業道。
右上：正解となる教師データ。
左下：検出された作業道。



図3 画像生成手法を利用した作業道の画像 左：入力した道の輪郭。 右：生成された作業道画像。

深層学習による作業道の検出

が、林業にこれを適用するためには森林内の環境に合わせた学習が必要となることから、データの取得・整備を進めています。

実際の作業道の画像と正解教師データの画像のペアを作成し、学習を行いました。学習後のモデルを用いて作業道を検出した結果、90%以上の精度で作業道を検出することができました^{図2}。また、最近では画像生成AIの利用も盛んに行われています。林業分野においてもこれらの画像生成手法を利用するために、道の輪郭から作業道の画像を生成する手法も検討しています^{図3}。生成した画像は、深層学習による作業道検出のための学習データとして利用することが可能です。通常、深層学習による作業道の検出には多くのデータが必要ですが、林業分野では利用可能なデータが少ないことが課題となっています。この課題に対し、生成した作業道の画像と実際の作業道の画像を組み合わせて学習を行いデータ数の不足を補うことで、作業道の検出精度を向上させることが可能でした。

今回、学習と検出に用いた作業道は1路線だけで、どの作業道にもこのまま適用できるわけではありませんが、学習データを増やすことで、今後、様々な作業道に対応可能な手法であると考えています。

建築への 木材利用での イノベーション

現状と木材利用の必要性

近年、木造または木材を多用した中高層建築や中大規模建築、非住宅建築（以下、中高層等建築）が建設されはじめました。従来、これらの建築は鉄骨（S）造や鉄筋コンクリート（RC）造で建てられることがほとんどでした。これは、環境面を除けば、これらの材料が中高層等建築で求められる空間をつくりやすい特性をもつこと、設計・施工のノウハウやデータの蓄積があること、耐火性・経済性の点から施主やユーザーの要求を十分に満たせることが要因でしょう。それに対し、木材は性能のばらつきが大きく、SやRCに比べ設計が難しいこと、多くの材料を必要とする中高層等建築用としての材料調達がSやRCと比較し



写真1 CLT床試験

地震を模した力を与えて、強度性能を調べる。

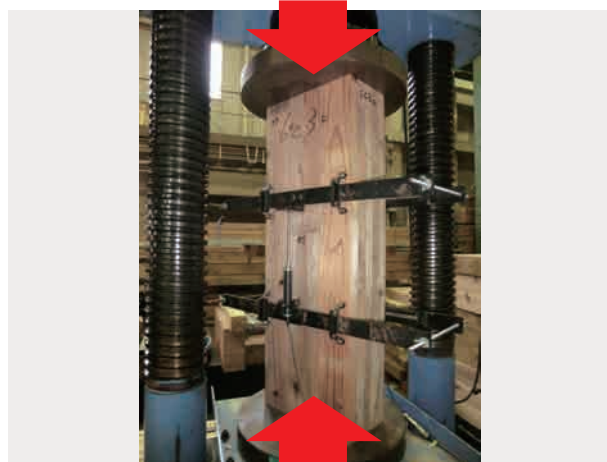


写真2 CLTの材料強度試験

CLT自体の強度性能を調べる。中高層等建築への利用が期待される。

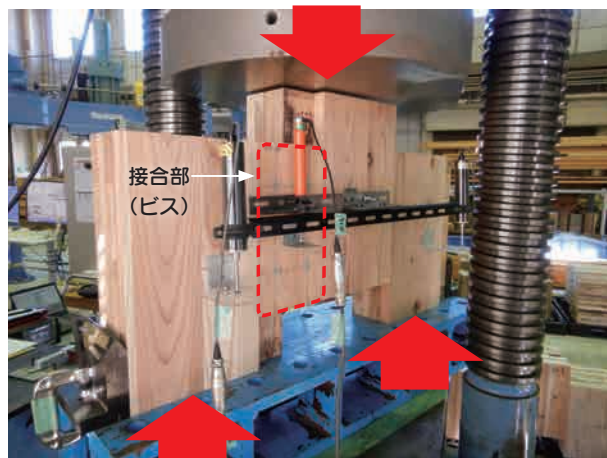


写真3 CLTをつなぐ接合部試験

ビス1本で500kg以上の力に耐える。

て難しいことから木造が選択される機会が多くありませんでした。しかし、地球環境に向き合わなければいけない時代である今、持続可能でカーボンニュートラルの実現に貢献する材料である木材を中高層等建築に用いる必要性が出てきました。

建築への木材利用に向けた取り組み

では、どうしたら多くの中高層等建築で木材が使われるようになるでしょうか。たとえば、中高層等建築向けの部材開発や、設計に必要な様々なデータの蓄積が必要で、低層非住宅であれば、戸建住宅向けの材料や既存のシステムで対応可能なことも多いのですが、高さや規模が一定以上になると同じようにはいきません。

まずひとつに、中高層等建築では低層住宅に比べ重量や地震時に作用する力が大きくなります。そのため、木材や木材を接合して構成した木質材料、柱や梁等の部材、壁や床等の構造要素がどのくらいの強さや変形性能（強度性能）を持っているか明らかにする必要があります。そこで、中高層等建築での利用が期待されるCLT（写真1）等の材料やそれらを繋ぐための接合部、CLT等で構成した構造要素の強度性能を実験で明らかにしました（写真2、写真3、写真4）。

次に、非住宅建築では柱の間隔を広くすることが求められるので、床はたわみ易くなり、遮音性も下がります。こうしたことへの対応として、CLTとRCを一体

研究者の横顔

Q1. なぜ研究者に？

なぜでしょう…。好きなことを続けていた
らいつの間にか。きっと、何かを調べたり、
新しい発見をしたり、モノをつくるのが好き
だったのだと思います。

Q2. 影響を受けた出来事など

3.11後の現地での建物被害調査。被害調査
は毎回ショッキングです。1日も早く、災害の
ない日が訪れてほしいと思います。

Q3. 研究の魅力とは？

木造の研究対象は、伝統的な建築から中高
層・中大規模建築まで多岐にわたります。す
べてのテーマが楽しくエキサイティングです。

Q4. 若い人へ

月並みですが、色々なことに対して「なぜ？」
「本当かな？」と思うことが大切だと思います。
答えや知識の習得を焦らないって大事かもしれ
ません。



鈴木 賢人 Suzuki Kento

構造利用研究領域

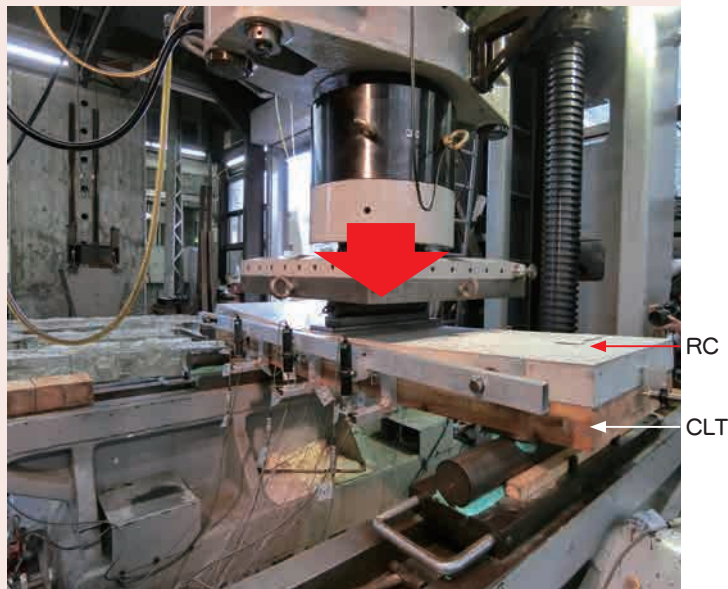


写真4 合成スラブ試験

CLTとRCが一体化することで床がより強固になる。

写真の  は、試験用の木材に力を加える方向を示す。

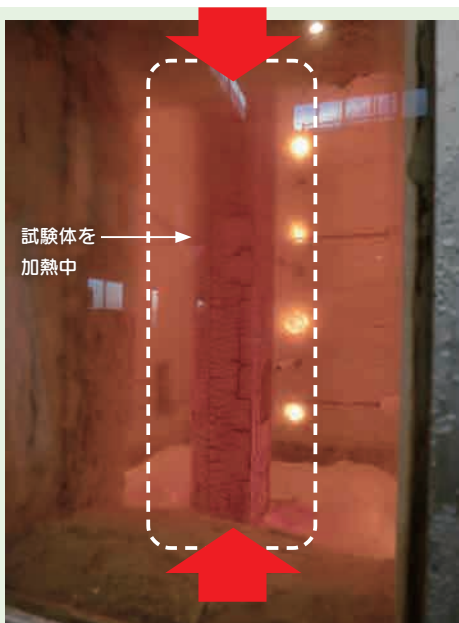


写真5 耐火試験

火災を想定した加熱に耐えられるか調べる。

▶ 註1 : CLT (Cross Laminated Timber)

直交集成板。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。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。

次のイノベーションの種を育てる
冒頭にも書いたように、いま木材が注目
されている理由は、材料としての環境優位
性にあります。一方、RCやSの分野でも、
カーボンニュートラルなコンクリートや鉄
の開発が行われています。これらは社会
全体として大いに期待すべき技術ですが、
将来、木材の環境優位性を相対的に下げ
る要因ともなり得ます。カーボンニュート
ラルを維持し続けるためには森林資源を
循環利用し続けることが重要です。こう
した時代が来た時にも木材を安定的に利
用してもらえよう、次のイノベーション
の種も育てておく必要があります。

化した合成スラブ(床版)の開発に向けた
研究を行いました。合成スラブに力をか
けてみると、一体化したことによって床が
強く、変形しにくくなることが確認でき
ました  写真4。
さらに、一定の階数や規模を超えると、
火災に遭っても壊れない部材が求められ
ます。そこで、難燃処理した木材を利用
することで、木造のメリットである木材の
質感をみせながらも2時間の火災の後も
壊れない部材を開発しました  写真5。
これは森林総研の取り組みの一部で
すが、大学等の他機関でも中高層等建築
の木造化に向けた研究や開発が活発に行
われています。



経隆 悠 Tsunetaka Haruka
森林防災研究領域

近年、台風や線状降水帯によって豪雨が頻発しています。これらの豪雨によって山地斜面が崩れ、日本各地で土砂災害が発生しています。このような災害は広範囲で被害を引き起こすため、事前の対策だけでは全ての危険に対処することは困難です。よって、人命を救うには、予想される雨量から斜面が崩れるかどうかを事前に予知し、住民に避難を促すことが重要です。この危険な雨の判定には、何らかの雨の基準値が必要です。しかし、災害は短期間に強い雨が降る集中豪雨や長時間の弱い雨の継続など、異なる雨の降り方で発生することが多く、危険な雨を判定するための基準値の設定方法には、未だに共通の見解が得られていません。

今回、何年に一度の強さの雨が土砂災害を引き起こすのかに着目しました。すると、災害が発生するまでの雨の降り方は様々ですが、災害発生時の雨の強さは、多くの災害事例で100年に一度程度と

土砂災害を引き起こす 雨の降り方に隠された共通点

共通の特徴があることがわかりました。雨が100年に一度の強さに達するかどうかが、災害の発生危険性を判定する上で重要な情報となるのです。100年に一度の雨の強さは、地域毎に大きく異なります。この地域毎の雨の違いを活用して、みなさまのお住まいの地域に適した、危険な雨の高精度な判定手法の開発を目指しています。

2022年8月 動画開催より



平成29年7月九州北部豪雨(福岡県朝倉市)〈左〉と、平成30年7月豪雨(広島県東広島市)〈右〉で発生した斜面崩壊を上空から撮影した写真。これらの豪雨は、雨の降り方は大きく異なるが、崩壊発生時の雨は共通して100年に一度程度の強さだった。

令和4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！

動画公開

1月公開予定

「乾燥に強いスギをみきわめる」

高島 有哉(林木育種センター関西育種場)

気候変動により日本でも現在より乾燥が進むと予想される地域があります。乾燥によるスギへの影響と、乾燥に強いスギを選ぶ方法などを紹介します。

2月公開予定

「未利用の森林資源は 見方によっては宝の山！」

松井 直之(森林資源化学研究領域)

樹木の枝葉や竹材など、これまで利用があまりされていない材料にも、役立つはたらかが実は数多くあります。その利用技術をご紹介します。

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^{とどろ}市川町1833-81

多摩森林科学園

電話番号:042-661-1121

▶YouTube「森林総研チャンネル」

<https://www.youtube.com/c/FFPRIchannel>



HP:<https://www.ffpri.affrc.go.jp/tmk/index.html>
E-mail:shinrinkouza@ffpri.affrc.go.jp



▲森林講座申込み

令和4年度理事長賞

令和4年11月1日、森林研究・整備機構創立記念式典（117周年）において表彰式を行いました。

◆目に見えない森林の効用を科学的に見える化し森林の付加価値を産業につなげた
高山 範理

◆気候変動及び生物多様性の国際的取り組みの活動に対する科学的貢献
森田 香菜子、古川 拓哉

◆林業と国土保全を両立するための山地災害リスク評価技術の開発および社会実装への取り組み
多田 泰之、白澤 紘明

◆沖縄・奄美世界自然遺産登録地における森林生態系管理手法の研究開



発

小高 信彦、阿部 真 巨悠哉

◆ケニアにおける乾燥耐性郷土樹種（メリア・アカシア）の育種及びケニア森林研究所への技術移転
宮下 久哉、花岡 創、松下 通也、生方正俊、高濱 美樹

◆AI技術を活用したトドマツの着果評価技術の開発とその技術開発の成果の社会実装化への取組
花岡 創

◆スギにおけるゲノム編集技術の開発とその高度化
七里 吉彦

◆感染症による制約下における業務継続に必要なICT環境の構築
高倉 利仁、遠藤 大士、朝倉 大志、小林 俊大、瀧下 潤

◆グリーンボンドの取得による社会貢献（環境改善に取り組む地方公共団体支援）
森林保険センター 保険経理課

2022年度公開講演会

2022年10月5日に一橋大学一橋講堂において公開講演会を開催しました。

今回は「ネットゼロエミッション達成のための森林の役割」をテーマに、招待講演として近畿大学農学部

業・木材産業は何かができるか？」というタイトルでご講演いただくとともに、森林総合研究所の研究員4名が、川上から川下の流れの中でネットゼロエミッションを達成するための最新の研究成果を発表しました。



当日の講演の様子は、YouTube森林総研チャンネルでオンデマンド配信しております。また、講演会に関する皆様からのご質問及び回答も特設サイトで公開しておりますので、ぜひご覧ください。

【バックナンバー】

▶既刊号は、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。



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

【公式SNSアカウント開設】



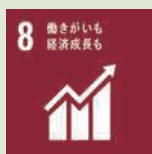
<https://www.facebook.com/ffpri.jp/>



https://twitter.com/FFPRI_JP



P.8



P.14

◀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、国連の持続可能な開発目標(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、つぎの通りです。



P.8, 14, 16



P.16, 18



P.3, 8, 14, 16, 18, 20



P.3, 8, 14, 16, 18, 20



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

田んぼにスギを植えたら土壌はどうなる？



文と写真◎酒井 寿夫

Sakai Hisao

立地環境研究領域

棚田に植えられたスギ(高知県土佐町)
成長は周辺のスギ人工林と比べても大
差なく、立派に育っています。

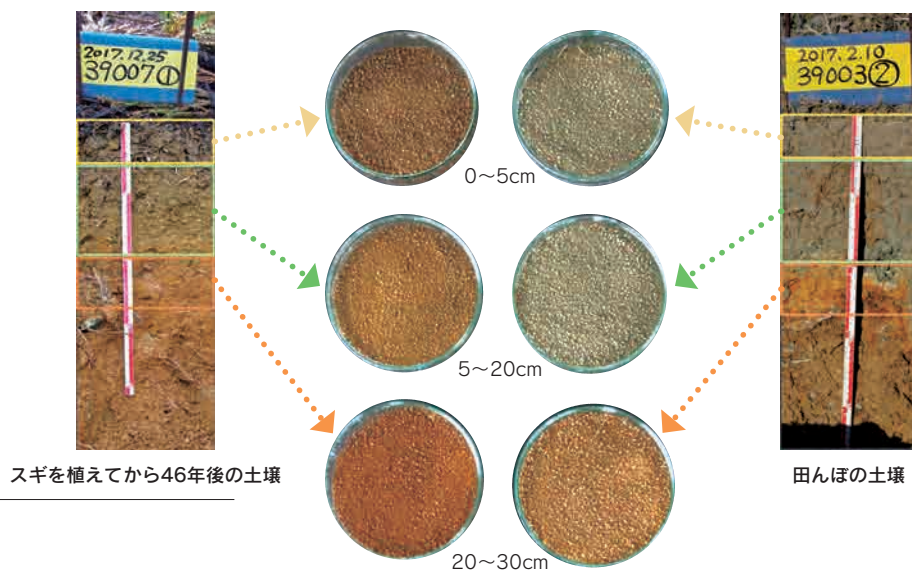
棚田は日本の中山間地域を代表する風景のひとつです。山間地の斜面の等高線に沿っていろいろな形状の水田が集まり、とても美しい景観を作り出しています。40～50年ほど前に行われた減反政策で、その棚田の一部にスギなどが植えられました。棚田に植えられたスギは、いま立派に育っています。

田んぼにスギを植えると、土壌はどのように変化するのでしょうか？稲作を続けている田と、スギを植えて46年が経った田の土壌の色を比べてみました。すると、稲作をしている田の土壌の色は20cmの深さまで灰色だった一方、スギ林の土壌の色は20cmまでが褐色になっていました。しかも、地表に近い方がより色の変化が大きいことがわかりました。スギの植林後、表層に近い部分から少しずつ褐色に染まっていたのでしょうか。

スギは成長とともに、枝葉を毎年落とすようになります。枯れた枝葉は地面に貯まりますが、その一方で、それを食べる土壌動物や微生物が増え、枝葉の分解が進んで、分解された物質の一部が土壌に入っていく、その色に変化をもたらします。

土壌の色の変化をもたらしている物質、それは有機物です。土壌中の有機物は枯れた植物体や生物の死骸に由来しています。森林土壌では、有機物が絶えず植物から供給され、土壌生物により分解されつづけていますが、分解されつくすのに時間がかかるため、森林土壌には有機物が貯まります。そして、この土壌中の有機物には炭素や植物の成長に欠かせない養分が豊富に含まれています。森林土壌が植物を育て、森林土壌に炭素が蓄積されるしくみは、この有機物によって

もたらされているのです。♥



スギを植えてから46年後の土壌

田んぼの土壌

スギを植えてから46年後の褐色になった土壌(左側)と田んぼの土壌(右側)シャレーの土は、土壌を乾かしてから2mmのふるいに通し、色が見やすいように霧吹きで少し湿らせたもの。上から0～5cm、5～20cm、20～30cmの深さの土壌。