

アガティスの森



文と写真● 宮本 和樹 Miyamoto Kazuki

森林植生研究領域

ボルネオ島の山小屋の
裏のアガティス
(*Agathis* sp.)

マツやモミなど松ぼっくり（球果）をつける樹木を球果類といいます。私たちが調査・研究しているボルネオ島（マレーシア、サバ州）にも数種の球果類が生育しています。なかでもナンヨウスギ科のアガティス（ナギモドキ属）は樹高40メートルにも達する高木で、東南アジアからオーストラリア、ニュージーランドなどに分布しています。

松ぼっくりというと、松葉などの針葉がすぐに思い浮かびますが、球果類の葉の形は必ずしも針葉ばかりではありません。アガティスの葉はへん平で、葉脈が平行にはしり、球果はピンポン玉よりやや大きいボール状をしています。アガティスの木材は家具材などとして日本でも利用されています。

ボルネオ島で球果類がみられるのは、おもに標高の高い山地や、低地でも土壌養分の乏しい場所です。アガティスは広葉樹が優占できないこうした厳しい環境でたくましく生育しています。私たちの調査したアガティスの森では、周辺の森とくらべて生育する球果類の種数が多い傾向にありました。アガティスの森は近縁の球果類にとっても生育に適した環境なのかもしれません。

私たちがボルネオ島の現地調査で滞在する山小屋のすぐ裏には、巨大なアガティスが屹立し、ハシゴで登ることができました。樹上からみるアガティスの森の眺めは壮観でした。現地スタッフは時折「君たちは外国人だから霊がみえなくていいね」といいます。同僚は「科学者は霊を信じないよ」と返していました。アガティスの精霊に見守られていると思うと、調査に臨むときも自然と森への畏敬の念が生まれるのが不思議です。 ♣



アガティスの葉と球果

Forestry & Forest Products
Research Institute
No.46 2019

季刊 森林 総研

特集●

気候変動と世界の森林

巻頭対談●

宇宙から考える地球の未来

宇宙飛行士・東京理科大学特任副学長

向井 千秋×平田 泰雅

気候変動研究担当・研究ディレクター

46

宇宙から考える地球の未来

宇宙飛行士・東京理科大学特任副学長 向井 千秋

×

平田 泰雅 気候変動研究担当・研究ディレクター



東京理科大学会議室にて
Photo by Godo Keiko

日本人初の女性宇宙飛行士としてスペースシャトル・コロンビア号に搭乗し、ディスカバリー号で日本人として初めて2回目の宇宙飛行を成し遂げた向井千秋さんと、リモートセンシング技術を駆使して森林減少による気候変動への影響を研究している平田泰雅研究ディレクターに、地球の未来について、お話いただきました。

平田 ●向井さんは、国連の仕事もされていたね？
向井 ●宇宙空間平和利用委員会の科学技術小委員会議長をされました。宇宙へ行くだけでなく、その技術でいかに地球に貢献できるかを検討していたのですが、たとえば人工衛星を使って感染症を予防するとか……。
平田 ●人工衛星で感染症ですか？
向井 ●いまの人工衛星は、地表の高低差がわかるので、たとえば川の水位が高くなるとマラリアの蚊が発生しやすいとか、アフリカのビクトリア湖の藻の発生が多いとコレラが発生しやすいとか、人工衛星の観測データを疫学と連携させることで、住民の病氣予防に貢献できないか検討しました。
平田 ●それは、すごいアイデアですね。私はリモートセンシング*で森林の減少を予測する研究をしています。アメリカの観測衛星「ランドサット」が長年たくさんの観測データを蓄積しているので、複雑な要因から地球環境の変化を予測できるようになってきました。
向井 ●立体構造がわかる日本の衛星「だいち」を使って、雨が降った時に雨水が山の背のどっち側に流れるかを調べると、現場では水域のいくつかの箇所を調査するだけで、どの水がボリオに汚染されているかわかるので、その水を飲んじゃいけないとか、そうしたことに人工衛星が役立ってきています。熱射病など、環境が原因となる病氣も多いので、環境条件から予測できるわけです。
平田 ●いま、気候変動でいろんなところで予測しなかった病氣が発生する可能性があります。

CONTENTS

Forestry & Forest Products Research Institute

No.46 2019



表紙写真

(写真提供 = NASA)

「ザ・ブルー・マーブル」の名で知られる地球の写真画像。月へ向かうアポロ17号の搭乗員が、1972年12月7日に45,000kmの距離から撮影した。

編集協力：
東京理科大学
木村 繭子
JAXA 広報部
肥後 尚之

特集担当●

平田 泰雅

編集委員●

尾崎 研一 (編集委員長)
桃原 郁夫
片岡 厚
田原 恒
井道 裕史
高梨 琢磨

巻頭●対談

宇宙から考える地球の未来

向井 千秋 宇宙飛行士・東京理科大学特任副学長

×

平田 泰雅 気候変動研究担当・研究ディレクター……………3

特集●

気候変動と世界の森林……………8

研究の森から●

南米アマゾン熱帯雨林の択伐と
バイオマスの回復……………14

大谷 達也 (四国支所)

永久凍土の「酔っ払いの森」と
温暖化の影響……………16

藤井 一至 (立地環境研究領域)

森林講座瓦版●

森林は、二酸化炭素を吸っている？
吐いている？……………18

安田 幸生 (森林防災研究領域)

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●

アガティスの森……………20

宮本 和樹 (森林植生研究領域)



<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。

季刊「森林総研」 2019 (令和元) 年9月13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

◎本誌掲載記事及び写真の無断転載を禁じます。



向井 千秋 (むかい ちあき)

1952年群馬県館林市生まれ。1977年慶應義塾大学医学部卒業後、心臓外科医として勤務。1985年宇宙開発事業団(現JAXA)入社。1994年スペースシャトル・コロンビア号、1998年ディスカバリー号に搭乗。2004年国際宇宙大学(フランス)客員教授。2012年JAXA宇宙医学研究センター長。2015年東京理科大学特任副学長。2017年国連宇宙空間平和利用委員会科学技術小委員会議長。東京理科大学スペース・コロニー研究センター長。

「おすすめのリフレッシュ法は、ウォーキング、入浴、楽しい会話と食事、そして、睡眠です」

巻頭●対談

アマゾンの上あたりは雷の光がまるで なにか生きものが蠢^{うごめ}いているように見えるんです。

向井 ● アメリカ北部のネイティブ・アメリカンを紹介する集落での展示をみたとき、「人の多くの病気は人間が動物を食べ始めたところから始まった」と解説されてたんです。彼らは自然の一部としての自分、自分たちは自然に生かされているという感覚で生活して。自然の一部だから、自然を壊したら絶対

向井 ● 難しい問題ですね。
平田 ● 貧困と環境問題を同時に解決するのはむずかしいどこかで折り合いをつけないといけない問題です。

よく、「共生」と言いますが、共に生きるというのはお互いどこかで我慢する部分が出てきます。でも、みんな自分は美味しいものが食べたいし、いい生活をしたい。そうした中で、人類はこの21世紀をどうやって折り合いをつけて生きていくのが非常に重要になってくると思います。

お金を稼いで生活している人たちの生活の場を取り上げるわけにもいかない。地球全体の問題だけれど、そこに暮らす人たちも生きていかないとけない。どうやって折り合いをつければいいのかと、現地に行くといろんな感情がこみ上げてきます。

技術が切り開く明るい未来がある一方で、たとえば、技術開発で食糧生産が増えると土地が必要となり、畑のために森林を伐ると二酸化炭素が放出され、温暖化が進むと食料生産ができなくなる地域が出てきてしまう。そうした非常に複雑なシステムの中で、人類が持続可能な社会を作るには、どうしたらいいのかと……。

平田 ● 普通の人には見られない貴重な体験ですね。

向井 ● 私たちは宇宙から高みの見物です(笑)。その雷の光をみたときは、『ああ、すごいなあ』って、行灯の中で光がアメーバみたいに蠢く。アマゾンは地球の肺と言われますが、その光の蠢きを見るとやはり地球は生きてるなって、すごく実感します。

平田 ● それはすごいなあ。たぶん私はそのアマゾンの雨雲の下で雷を恐れながらボートで移動して森林の調査をしました(笑)。

向井 ● 私たちは宇宙から高みの見物です(笑)。その雷の光をみたときは、『ああ、すごいなあ』って、行灯の中で光がアメーバみたいに蠢く。アマゾンは地球の肺と言われますが、その光の蠢きを見るとやはり地球は生きてるなって、すごく実感します。

平田 ● それはすごいなあ。たぶん私はそのアマゾンの雨雲の下で雷を恐れながらボートで移動して森林の調査をしました(笑)。

向井 ● 私たちは宇宙から高みの見物です(笑)。その雷の光をみたときは、『ああ、すごいなあ』って、行灯の中で光がアメーバみたいに蠢く。アマゾンは地球の肺と言われますが、その光の蠢きを見るとやはり地球は生きてるなって、すごく実感します。

平田 ● それはすごいなあ。たぶん私はそのアマゾンの雨雲の下で雷を恐れながらボートで移動して森林の調査をしました(笑)。

向井 ● アメリカ北部のネイティブ・アメリカンを紹介する集落での展示をみたとき、「人の多くの病気は人間が動物を食べ始めたところから始まった」と解説されてたんです。彼らは自然の一部としての自分、自分たちは自然に生かされているという感覚で生活して。自然の一部だから、自然を壊したら絶対

向井 ● 難しい問題ですね。
平田 ● 貧困と環境問題を同時に解決するのはむずかしいどこかで折り合いをつけないといけない問題です。

よく、「共生」と言いますが、共に生きるというのはお互いどこかで我慢する部分が出てきます。でも、みんな自分は美味しいものが食べたいし、いい生活をしたい。そうした中で、人類はこの21世紀をどうやって折り合いをつけて生きていくのが非常に重要になってくると思います。

お金を稼いで生活している人たちの生活の場を取り上げるわけにもいかない。地球全体の問題だけれど、そこに暮らす人たちも生きていかないとけない。どうやって折り合いをつければいいのかと、現地に行くといろんな感情がこみ上げてきます。

技術が切り開く明るい未来がある一方で、たとえば、技術開発で食糧生産が増えると土地が必要となり、畑のために森林を伐ると二酸化炭素が放出され、温暖化が進むと食料生産ができなくなる地域が出てきてしまう。そうした非常に複雑なシステムの中で、人類が持続可能な社会を作るには、どうしたらいいのかと……。

平田 ● 普通の人には見られない貴重な体験ですね。

向井 ● 私たちは宇宙から高みの見物です(笑)。その雷の光をみたときは、『ああ、すごいなあ』って、行灯の中で光がアメーバみたいに蠢く。アマゾンは地球の肺と言われますが、その光の蠢きを見るとやはり地球は生きてるなって、すごく実感します。

平田 ● それはすごいなあ。たぶん私はそのアマゾンの雨雲の下で雷を恐れながらボートで移動して森林の調査をしました(笑)。

向井 ● 私たちは宇宙から高みの見物です(笑)。その雷の光をみたときは、『ああ、すごいなあ』って、行灯の中で光がアメーバみたいに蠢く。アマゾンは地球の肺と言われますが、その光の蠢きを見るとやはり地球は生きてるなって、すごく実感します。

平田 ● それはすごいなあ。たぶん私はそのアマゾンの雨雲の下で雷を恐れながらボートで移動して森林の調査をしました(笑)。

向井 ● 私たちは宇宙から高みの見物です(笑)。その雷の光をみたときは、『ああ、すごいなあ』って、行灯の中で光がアメーバみたいに蠢く。アマゾンは地球の肺と言われますが、その光の蠢きを見るとやはり地球は生きてるなって、すごく実感します。

平田 ● それはすごいなあ。たぶん私はそのアマゾンの雨雲の下で雷を恐れながらボートで移動して森林の調査をしました(笑)。



コロンビア号の打ち上げ

向井さんが乗ったコロンビア号は1994年7月8日にアメリカのフロリダ州ケネディ宇宙センターから打ち上げられた。©JAXA/NASA



*Key Words スペースシャトル

アメリカ航空宇宙局 (NASA) の再利用型宇宙輸送システム (Space Transportation System)。高度400～550キロメートルの地球周回軌道を時速およそ2万8000キロで飛行する。向井さんは2回目の搭乗では最高高度550キロの周回軌道で飛行した。1981年のコロンビア号による初飛行から2011年のアトランティス号まで、5機体で135回の打ち上げが行われた。

*Key Words リモートセンシング

人工衛星や飛行機などから、地上表面を観測・測定する技術。森林総研では、長期観測を行っているランドサット衛星、航空機LiDAR(レーザー光を用いた測定)や高分解能衛星を使って、森林の面積変化や熱帯林のバイオマス量の測定を行っている。





スペーススラブ(宇宙実験室)と地球

スペーススラブはスペースシャトル後方に固定され、機首にあるキャビンのデッキとトンネルでつながれている。写真は、向井さんの搭乗したコロンビア号の機首側から撮影したスペーススラブ。この実験室で、第2次国際微小重力実験(IML-2)が行われた。©JAXA/NASA

平田 泰雅 (ひらた やすまさ)

1962年東京生まれ。東京大学大学院博士課程中退。農学博士。1992年森林総合研究所林業経営部遠隔探査研究室、四国支所流域森林保全研究グループ長、森林管理研究領域チーム長、温暖化対応推進拠点長を経て、現在、研究ディレクター(気候変動研究担当)。森林総合研究所 REDD研究開発センター長。日本森林計画学会理事、森林GISフォーラム会長。IPCC2019改良ガイドライン執筆者。



「標高4000メートルのアンデスでの森林調査のときに
見上げる空の青さは格別です」



巻頭●対談

人類はこの21世紀をどうやって折り合いをつけて生きていくのかが非常に重要になってくると思います。

最近、大都市でも海岸線が上がってきたり、自然災害の被害の影響がではじめている。気候変動は、人類が真剣に考えて取り組まないと、取り返しのつかないことになります。

平田 自然災害がこれだけ頻発して、アメリカのハリケーンも北のほうまで行くようになって、多発しています。

人類が本気で持続可能な社会を作るには、まさに自分たちがスペースシャトルのような限られた空間に生きているんだと、地球といつてもそんなに広くない宇宙船のようなものだと想像力を働かせないといけない。

向井 地球って、宇宙空間からみるとほんとうに小さいんですよ。

平田 限られた中で生きていることをもって強く認識しなくてはいけないのじゃないかな。

向井 空間もですが、テクノロジーの進み方があまりにも早く、自然を破壊してしまう。地球規模で破壊できてしまうくらいのテクノロジーを人類は持っているという自覚を持つ必要があるのだろうと思います。

平田 人間は、いちど壊してしまった自然を蘇らせるテクノロジーはまだ手にしていませんね。自然は一度壊れると回復がとても難しいんです。たとえ一部を蘇らせたとしても、全体を復元することはできないかもしれない。生態系は非常に繊細な均衡の中で多様な種が生きていますから。

向井 患者さんを薬漬けにしても治療できないのと同じですね。そのひとの治療力、体力を高めることが大事で、薬はいわばその補助です。破壊された森に植林はできるけれど、

平田 なるほど！ 面白いですね。

向井 もちろん長い時間がかかるでしょう。でも、その開拓のための技術を考えることが、いま人間が弱らせつつある地球の生態系の治療力を高める技術、たとえばゴミを資源とする技術につながる。人口は爆発的に増加しているのに、地球の持つリソース、キャパシティは変わりませんから。

平田 そうした技術開発、イノベーションが、いまの地球を見直す契機になるわけですね。

向井 そう、未来の宇宙へ向けての技術開発が、いまの地球を救う技術になる。

平田 ほかの星で生きるためには、食物だけあればいいわけではなくて、地球の文明をそのまま持つていけばいいわけでもなくて、やはり現代文明の悪い部分、問題点を修正していかないと、向こうに行つてからここは悪いと言っても、間に合いませんね。

向井 国を超えた枠組み、「地球人」「宇宙人」という意識や構想を持たない限り無理だと思ふんです。「地球人」の意識でいまの地球をみれば、戦争なんかやってる暇はないわけで、破壊の力を創造する力に変えたら、お金は10分の1でもっと実り豊かなことができる。

スペース・コロニー研究センターでルナシティ(月面都市構想)を考えてますが、都市もたとえば古代ギリシャのアクロポリスみたいな、そこに住む人は、自分の国から来たことを誇りに思ふけれど、月世界人としては一つになる。国という束縛を超えた人間社会を作れないものかと。地球で学んだことを反面教師に理想社会ができないかなあと思つて

根治するには何百年もかけて、森自体が持っている治療力や体力を高めないといけないですね。

ところでいま、もしも地球がダメになった時のことを想定して、月面で生きるための技術開発をするスペースコロニー研究センターを立ち上げたんです。人が生きるために必要な水、空気、食料、そしてエネルギー。これらを確保するために、理科大は光触媒や電池などの技術分野で先進の研究をしているので、それらの研究をどう組み合わせると、月で生きることが可能か研究しています。月だとドームを建設して森を育てることになると思うんですが、火星ならテラフォーミング*で森をつくることも可能かもしれません。

平田 月面の森から地球を見ながらお酒を飲むことも将来はできそうですね(笑)。

向井 月見酒ならぬ「テラ見酒」(笑)。で、月などに人が住めるようにする最低限のことを考えていくと、技術開発が大切なわけですね。その技術は当然、資源を有効に使い、便やゴミを有価物にする、そういう技術にならざるを得ない。

月なら地球から物資を運んで地球に依存しながら生きることができませんが、火星は100パーセント自給自足で生きるしかない。通信だけでも「みなさん元気？」という声が地球から届くのに20分かかりますから。遠隔医療もできないし、すべて自分たちで賄うしかない。そのかわり月より重力はあるし、テラフォーミングで植物が生存できる可能性もある。すると、酸素もできてくるだろうし。

平田 持続可能な共同体？

向井 いまの技術をうまく使えば、客観的、多角的に自分の住んでる小っちゃい地球が見える。だれもがそう感じれば、資源の使い方も、森林の大切さもわかってくるでしょう。

平田 「人より豊かな暮らしがしたい」という心の問題の解決がないとなかなか難しいかもしれませんが、それでもおそらく、豊かさが物質的、環境的なものだけでなく……

向井 心が豊かにならないと。

平田 ですね。その3つが揃ったときに持続可能な社会が達成できるのかもしれませんが。

向井 ところで、テラフォーミングでは、植物も地球とはちがう形態に育つかもしれません。たとえば月では6分の1の重力で世代を重ねていくので、それに適したものだけが生き残っていくことになる。

平田 月の森林は、地球とはちがった形に育った樹木で構成されるというわけですね。

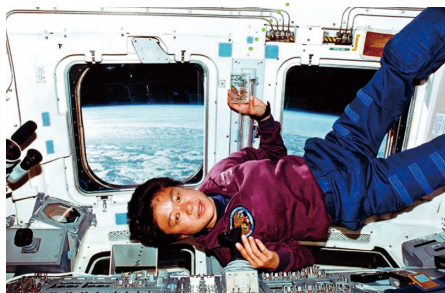
向井 地球は重力文化圏なんです。ちょうどいい重力で太陽からいい具合に距離が離れてるから、それでこれだけの生命体が多様化することができた。環境のちがいは、ちがった多様性を生むかもしれませんね。

平田 ヒョイツと宇宙に行つて、宇宙人に会えたら楽しそうですね。(笑)。

向井 あ、でも、これも宇宙なの。私たちが暮らす地球が宇宙の中の1丁目1番地。

平田 そうでした！ まずは、地球人、宇宙人という自覚が必要ですね。

貴重なお話をありがとうございました。



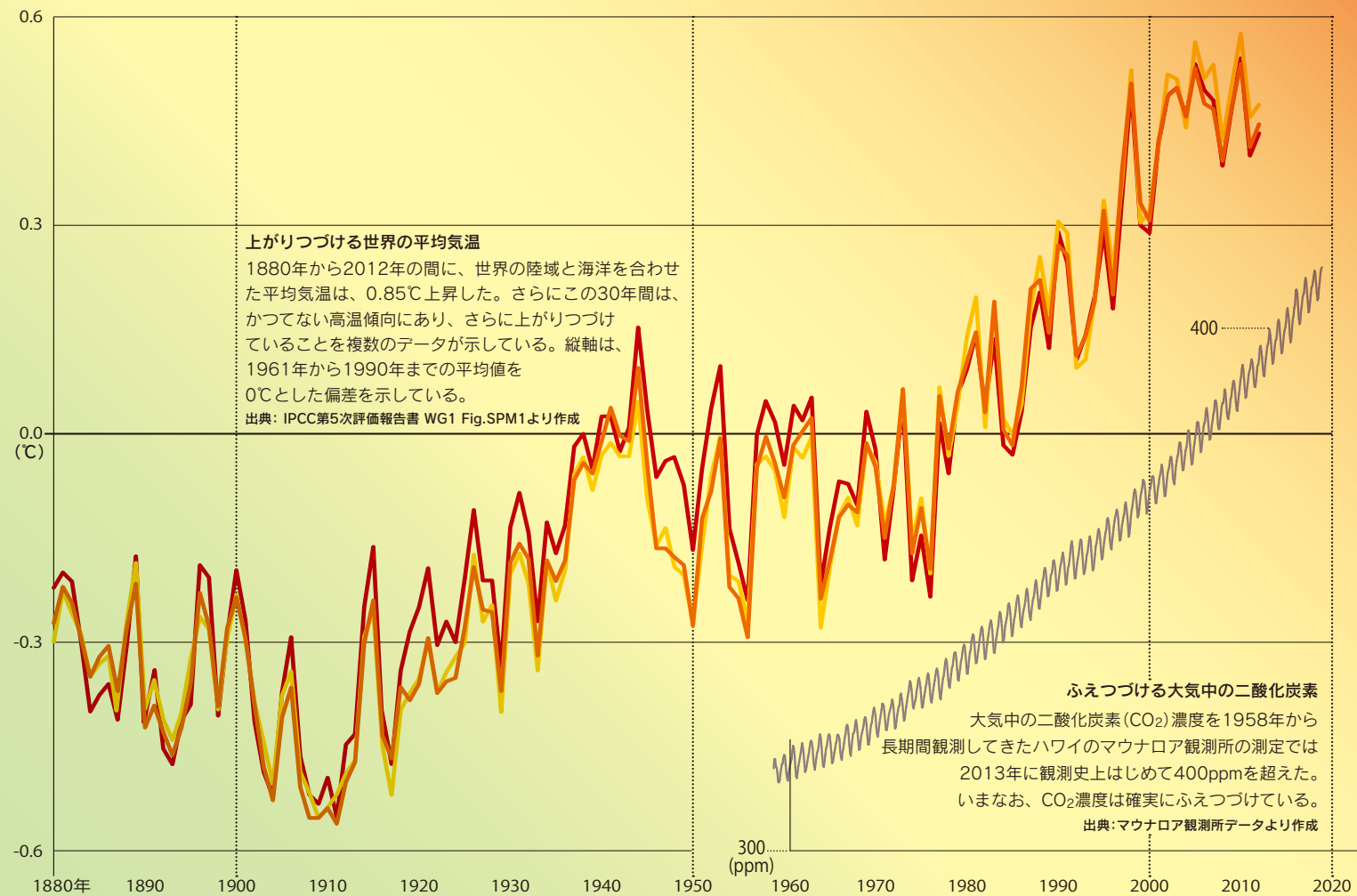
発芽したカイワレダイコンを左手にもつ向井さん
宇宙飛行士は、プライベートに3点の品を宇宙に持って行くことができる。向井さんは、そのうちのひとつとしてカセットテープのケースに入れたカイワレダイコンの種子を持ち込み、ティッシュで給水して宇宙で発芽させたところ、微小重力下では四方八方へ向かって成長をはじめた。© JAXA/NASA

*Key Words テラフォーミング

ほかの惑星の環境を人間が暮らすことができるような、地球環境に近づけること。温室効果ガスをコントロールして気温を安定させたり、酸素濃度を高めるための森林を育てるなどの技術開発が求められるが、そうした研究が、現在直面している地球環境問題を解決へ導くための技術開発にもつながる。



泥炭湿地の乱開発による温室効果ガスの大量放出
 東南アジアに多く分布する泥炭湿地は、動植物の遺骸が低湿地の水の中で分解せずに数千年かけて堆積することで、泥炭とよばれる炭素量の多い有機物層をつくっている。大規模農園への開発で森林が喪失するとともに、火入れなどによって泥炭内から温室効果ガスが排出されることで、温暖化の加速に寄与してしまう。そこで REDD プラス（▶ P.13）などの取り組みが行われている。（写真は、2010 年インドネシアの泥炭湿地）



特集●

気候変動と世界の森林

「気候変動」はいま、一刻の猶予も許されない克服すべき人類共通の課題として、国際社会における速やかな行動と積極的な取り組みが強く求められています。わたしたちの暮らしにおいても、猛烈なハリケーンやスコールのような雨、真夏日・猛暑日の増加や、積雪の減少といった異常気象が身近なものとなり、地球温暖化が、切実な現象として感じられるようになってきました。

世界に目を向けると、氷河の融解などによる海水面の上昇やそれに伴う臨海地区・島などの水没、集中豪雨や干ばつといった異常気象によって暮らしを奪われる災害難民がふえることが予想されます。人びとの暮らしと密接に関わる農業や産業にも、すでに影響が現れてきています。

人間の営みによって排出された温室効果ガスが原因であるとほぼ確実視されている「気候変動」について、世界の森林との関係から、みてみることにしましょう。

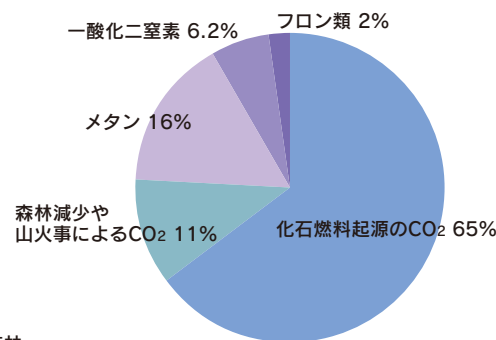
「気候変動」とは何か？

人類の産業構造に大きな変革をもたらした、現代文明の繁栄の基礎となる工業化を成し遂げたのが18世紀後半から19世紀にかけて起きた「産業革命」でした。この「産業革命」を支えたのが、石炭や石油などの化石燃料によるエネルギーです。現代文明は、いまでも石炭や石油によって成り立っています。

反面、地下から掘り出した化石燃料を燃やすことで、大気中に二酸化炭素(CO₂)が排出されます。また、急激な進歩によって人口を増やした人類は、その暮らしを支えるための新たな開発地を求めつづけてきました。無計画な開発によって森林面積が減ることで、森林が担っている二酸化炭素の吸収力も徐々に低下します。集約的な畜産業や農業によって、メタンなどの温室効果ガスも大気中に放出されるようになっています。

こうしたエネルギー革命や人口増加によって活発化した人間活動の結果、大気中の温室効果ガス*の濃度が年々高まってきています。温室効果ガスは、大気中に熱を閉じ込める役割を果たします。そのため、地球全体の平均気温がしだいに上昇してきています。これが地球温暖化です。

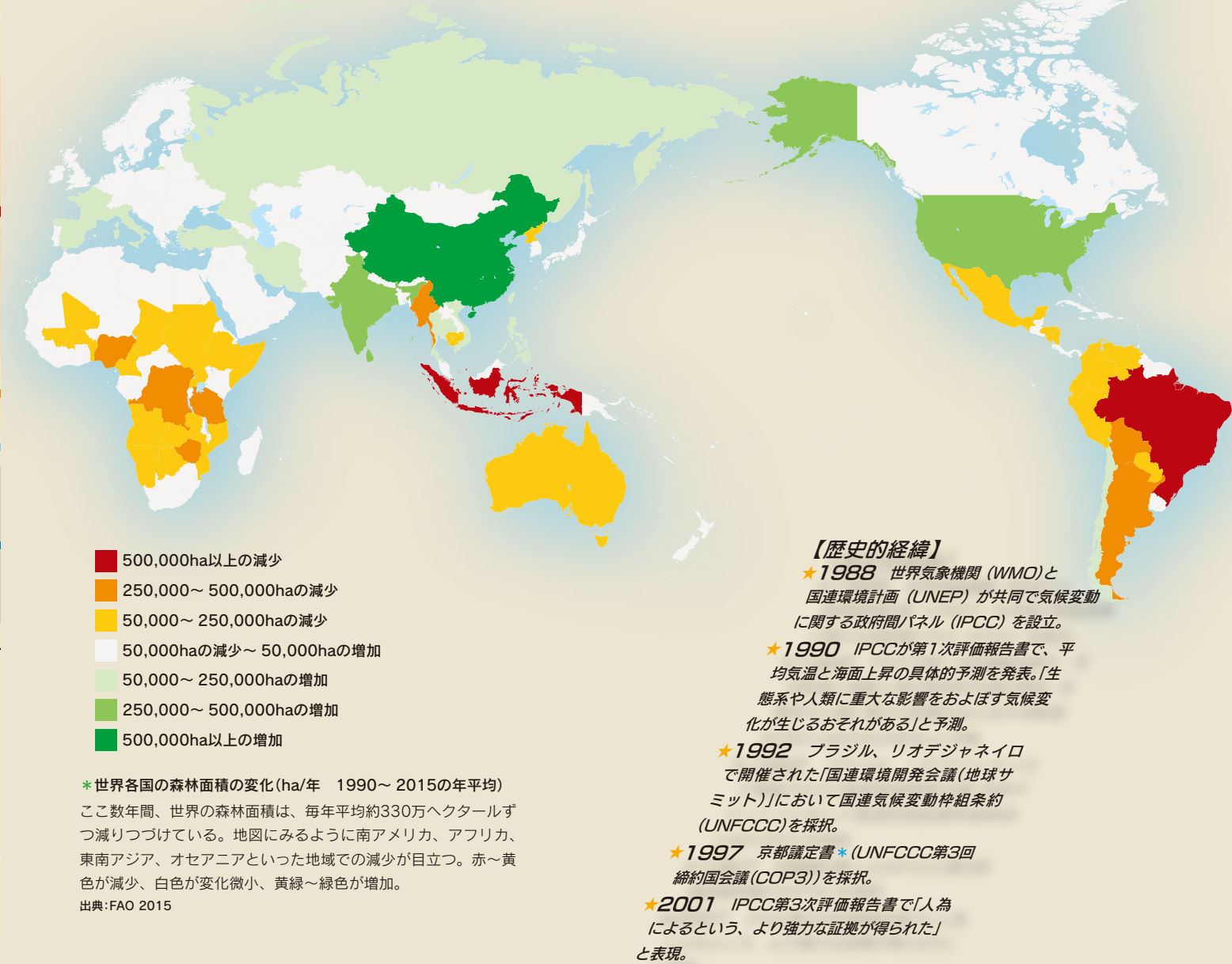
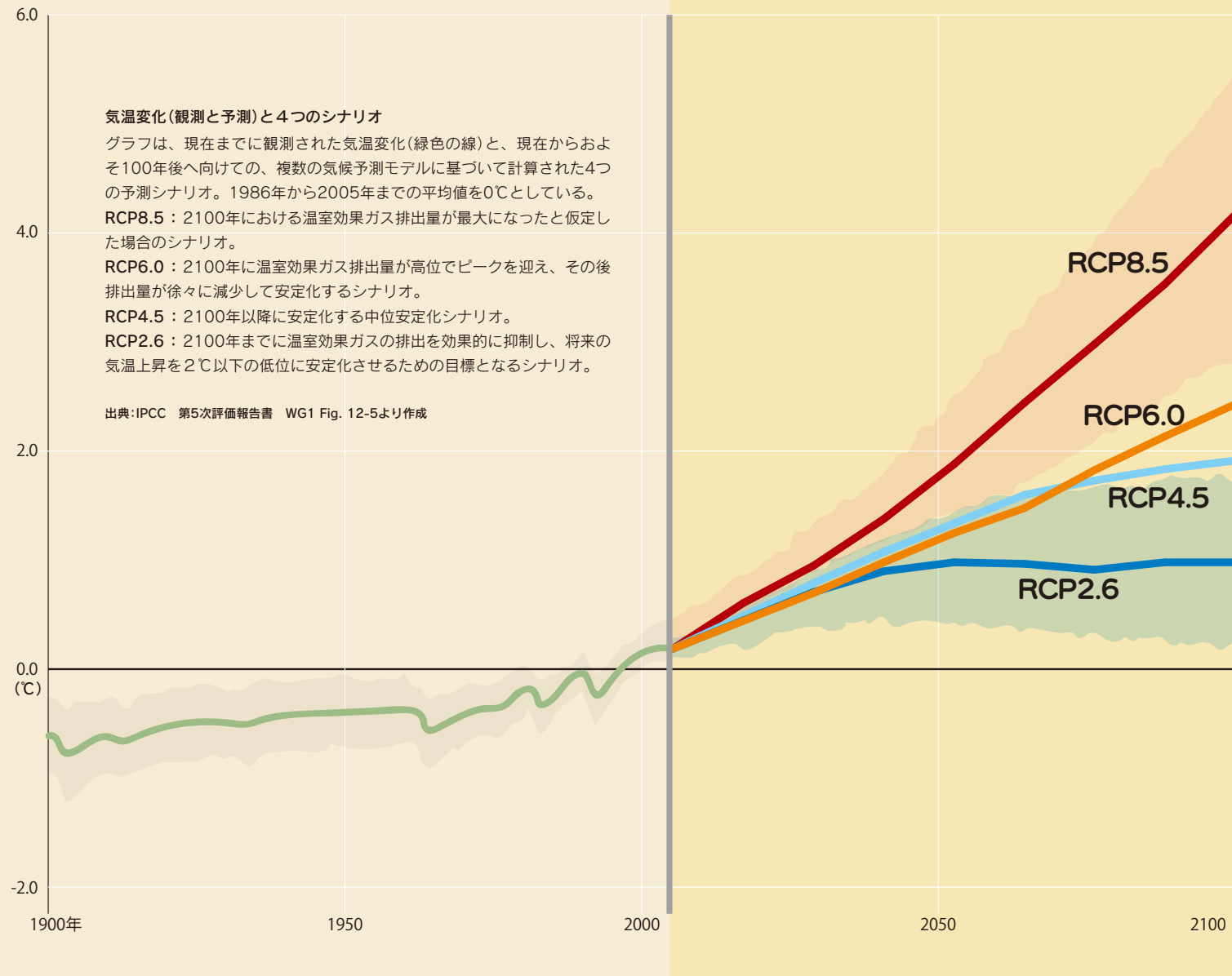
地球が温暖化することで、海水温の上



*** 温室効果ガス**
 地球の大気組成の中で、太陽からの光で温められた地球表面の熱を温室のように蓄積する役割をするガスのこと。温室効果ガスのおかげで地球の平均気温は約14℃ほどに保たれ、豊かな生物相を育んできたが、近代産業の発達とともに温室効果ガスの濃度が上昇をつづけ、地球の温暖化が進んでいる。左の円グラフは、各種温室効果ガスの排出割合（CO₂換算ベース 2010年）
 出典：IPCC第5次評価報告書 WG3 Fig.SPM1より作成

特集●

気候変動と世界の森林



昇や、極地の氷河・雪氷の融解が起き、異常気象が多発するようになってきています。これを気候変動といいます。

「気候変動」の検証

20世紀の後半になって、こうした地球規模での「気候変動」に対しての検証と、国際的な対応が求められ、各国が協調して行動するための話し合いが行われるようになりました。それがIPCC「気候変動に関する政府間パネル」です。IPCCでは世界中の研究機関・研究者が協力して、「気候変動」についてさまざまな角度から科学的な提言をつづけています。

かつては、地球温暖化について懐疑的な意見もありましたが、2013年から2014年にかけて発表されたIPCCの「第5次評価報告書(気候変動2013自然科学的根拠 気象庁訳)」では、「気候システムの温暖化には疑う余地がなく…(中略)：大気と海洋は温暖化し、雪氷の量は減少し、海面水位は上昇し、温室効果ガス濃度は増加している」と報告され、温暖化が人為によるものである可能性が「極めて高い(95%以上)」との結論に至っています。

そのうえで、今世紀末までの世界の平均気温の変化は0.3～4.8℃の範囲で、海面水位は26～82センチメートルの範囲で上昇する可能性があるとし唆しています。

将来予測のシナリオ

IPCCの第5次評価報告書では、将来の世界平均気温について温室効果ガスの緩和策を考慮したRCP(代表的濃度経路)とよばれる4つのシナリオを想定しています(上のグラフ)。これによると、国際社会が協調してもっとも効果的な緩和策をとることとで温室効果ガスの排出を最小限に抑えた場合(RCP2.6)でも、0.3～1.7℃の気温上昇は避けられず、温室効果ガスの排出が最大になった場合(RCP8.5)においては、2.6～4.8℃の気温上昇が予測されています。

温暖化が進行すると何が起きるのでしょうか？

異常気象によって、台風や水害、干ばつなどの災害が多発したり、イネ、コムギ、トウモロコシ、ダイズなど主要農産物の生育不全や病害虫の多発、マラリアなど熱帯病の蔓延、海洋酸性化による海洋生態系の変化に伴う漁獲量の減少、海面上昇によって国土が失われる可能性も指摘されています。国連によると、この20年間の気候変動による経済的な損失額は、2兆2245億ドル(およそ252兆円)にのぼると試算されています。

わたしたちの暮らしのさまざまな面に影響がでることが予測され、これらの影響を抑えるためには、一刻も早い温室効果ガスの排出を抑制する抜本的かつ

★2005 REDDプラスの検討がCOP7におけるバブアニューギニアとコスタリカの共同提案によって開始。

★2010 メキシコで開催されたCOP16でREDDプラスの方向性を確認。

★2013 COP19でREDDプラスの基本的枠組みに合意。IPCC第5次評価報告書は「人為による影響が支配的な要因であった可能性が極めて高い」と表現。

★2015 COP21が全ての国が参加する新たな国際枠組みとなる「パリ協定★」を採択。

★京都議定書とパリ協定

京都議定書は、2020年までの温室効果ガス排出削減の目標を定めた枠組みで、1997年に京都で開催されたCOP3で採択された。これをさらに推しすすめるため、2015年には、より実効性のあるパリ協定を採択した。

地球の肺ともされる熱帯林の消失

開発による熱帯林の消失によっても、温室効果ガスが排出される。熱帯林は「地球の肺」ともいわれ、二酸化炭素を吸収して炭素を固定し、酸素をだして気候を安定させる一定の働きがある。森林の無計画な開発による温室効果ガスの排出を抑制することで、気候変動の緩和に大きく貢献する。写真左は、アマゾンの森林伐採(ピンク色の部分)、右はカンボジアの森林減少(REDD研究開発センター2014)



特集●

気候変動と世界の森林

リモートセンシングによる
森林のモニタリング
地球観測衛星ランドサットや、
高分解能衛星、航空機LiDARな
どを利用した観測
(▶P.4参照)。



森林総研が気候変動との関係で調査・研究をしている世界の森林での取り組み

世界の森林の状況を観測し、森林の減少や劣化をくい止めることは、気候変動を緩和するための重要な対策となる。世界の森林を健全に保ち、持続可能な利用と保全のシステムをつくりだすことが急務の課題となっている。

地球というかけがえのない人類のふるさとを、持続可能な環境システムとして未来世代に残し伝えていくことは、いまを生きるわたしたちに課せられた最大の義務といつてよいかもしれません。

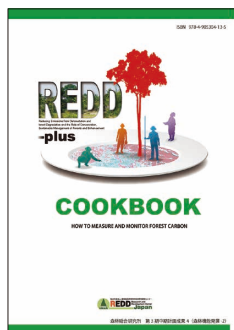
REDDプラスに実効性を持たせるためには、各国の森林の炭素蓄積がどのように変化しているのかを正しく計測することが重要です。森林総研ではランドサット衛星画像や航空機計測などリモートセンシングと呼ばれる技術を用いて、森林の分布や状態を広域に観測しています。

また、亜寒帯から熱帯にわたる炭素動態の長期モニタリングや、熱帯林での低インパクト型択伐施業の検証、永久凍土への影響の解明(▶P.14～17の「研究の森から」を参照)といった調査も行っています。

国連では、気候変動を緩和するために、開発途上国での森林の減少や劣化を抑制するREDDプラス*という枠組みをつくってきました。

REDDプラスと森林総研の取り組み

かつてない実効的な気候変動対策のための協定となりましたが、対策を実現化するには、多くの課題が残されています。なかでも重要なのが、温室効果ガス排出削減目標を達成するための身を切る覚悟と、もうひとつが、開発途上国での森林の減少や劣化の抑制を援助することです。

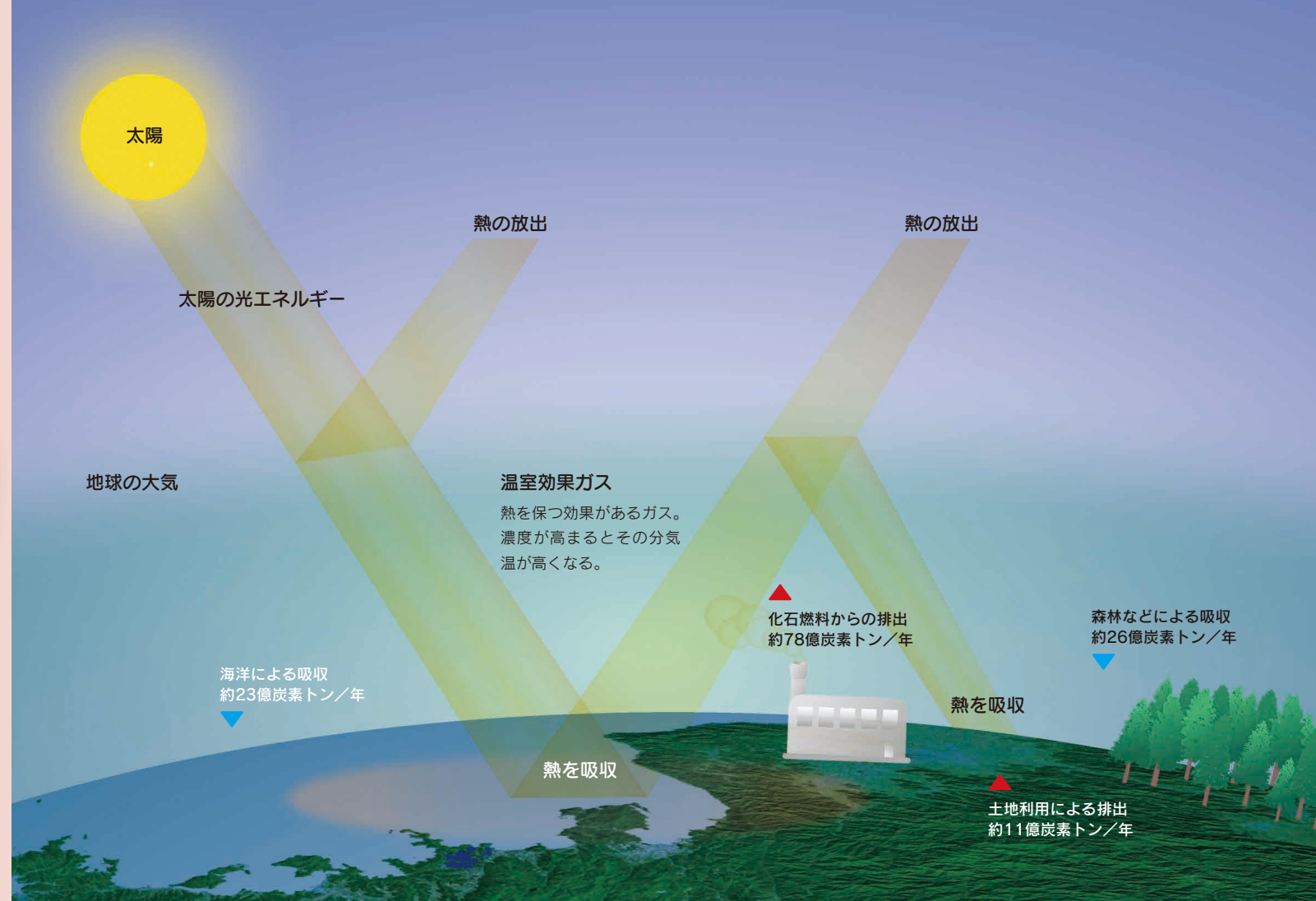


* REDD-plus COOKBOOK

REDD プラスは、開発途上国で森林減少・劣化の抑制や森林蓄積の増加などによって温室効果ガス排出量を削減する努力を行った場合、それを評価しインセンティブ(資金提供など)を与える気候変動対策。COOKBOOK は、REDD プラスの基礎知識や技術について、森林炭素モニタリングに注目してやさしく説明した技術解説書で「導入編」「計画編」「技術編」「参照編」の4部で構成されている。下記よりダウンロードすることができる。REDD 研究開発センター: <http://redd.ffpri.affrc.go.jp>

特集●

気候変動と世界の森林



地球温暖化を引き起こすメカニズム

地球の気温が現在の生物・生態系にとってほどよい気候を保っているのは、大気にくまられる二酸化炭素などの温室効果ガスのおかげでもある。太陽からの光エネルギーは、地表面で熱に変わり、海や大地と大気をあたためる。地球の大気組成は生命の誕生・進化とともに、変化をとげてきた。生命が生み出す

酸素によってオゾン層が形成され、海が二酸化炭素を吸収し、生命にとってほどよい安定した気候が維持されてきた。しかし、18世紀後半からはじまる急激な工業化によってバランスが崩れ、人為的な活動による温室効果ガスの放出と自然生態系の縮小によって急速に温室効果ガスの濃度が上がりつづけ、地球温暖化が進行している。

排出を削減し、気候変動に適応する

気候変動へのもっとも抜本的な対策として「排出削減による緩和」があります。省エネルギーの推進や、再生可能エネルギーの普及で温室効果ガスの排出を削減するとともに、森林を整備して吸収力を高めることで気候変動の影響を緩和する対策です。それに対して「適応」は、気候変動の影響を前提とした災害抑止対策を講じたり、新しい気候条件に適した樹木を利用することなどで気候変動に対応していくという考え方です。緩和策と適応策の両輪で対策を進めることで、気候変動のリスクを最大限コントロールしようというわけです。

2015年の暮れにフランスで開催されたCOP21では、「パリ協定」が採択され、先進国・開発途上国の区別なく気候変動対策の行動をとることを義務づけることに合意しました。世界各国が足並みを揃える



乾燥林の調査

パラグアイで乾燥林の調査をする森林総研とアスンシオン国立大学のスタッフ。2013年。

研究者の横顔

Q1. なぜ研究者に？

もう少し勉強したいと思って決めた大学院進学を指導教官に告げたときに、「じゃあ君は研究者になるということやな」と言われ、気持ちが固まったように思います。

Q2. 影響を受けた本や人など

研究をすすめるにあたって「リラックス、リラックス」と恩師からよく言われました。ゆっくりじっくり観察しろという意味だったように思います。

Q3. 研究の魅力とは？

いままで分らなかったことが分かるようになるというのが醍醐味でしょう。

Q4. 若い人へ

やはり、発想の柔軟かなうちに統計の素養を身につけた方がよいと思います。



大谷 達也 Otani Tatsuya

四国支所

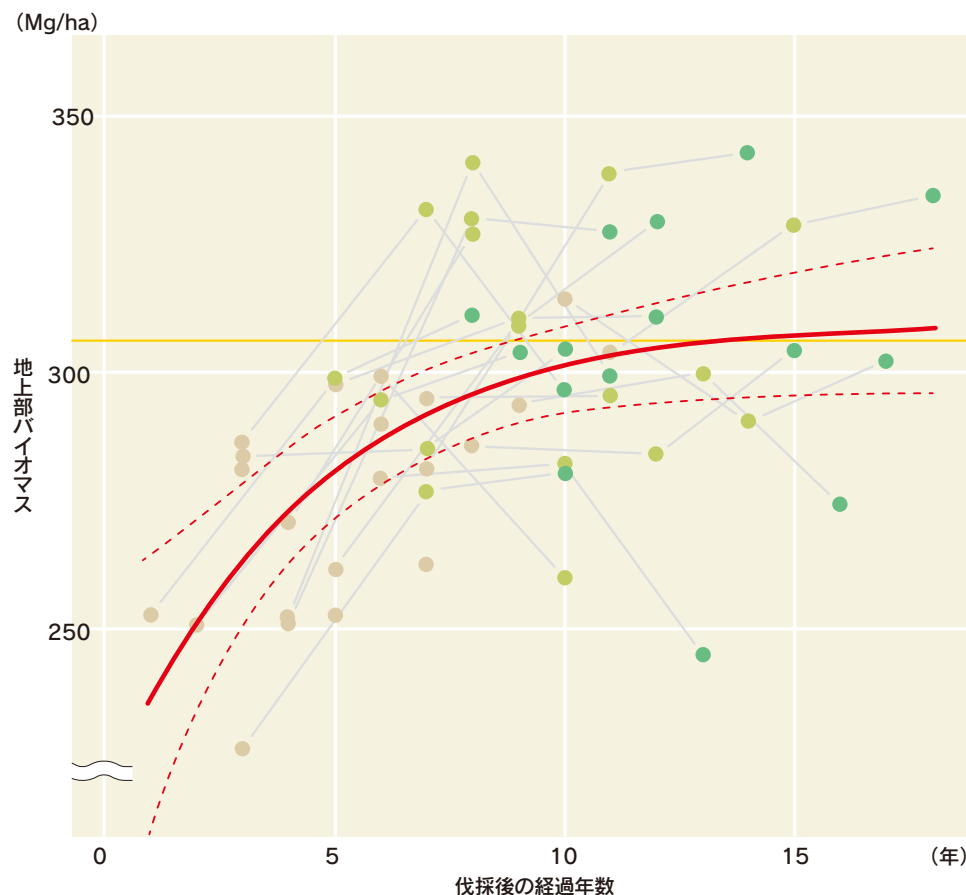


図1 森林の樹木が蓄積しているバイオマス（註1）が択伐後に回復するようす

アマゾン中央部にある森林で、択伐された年の異なる複数の地点に調査プロットを設置し、3回にわたって繰り返し樹木の本数と直径を記録し、各調査プロットの値をグラフ化した。赤い曲線は推定された成長曲線（破線は信用区間）。水平の黄色い実線は択伐されていない保護林のバイオマスで、この地域の択伐前の平均的な値を示す。この値と比べると、択伐後およそ14年でバイオマスが回復すると推定された。●＝2006年、●＝2010年、●＝2012～2013年。

出典：Otani et al. (2018) Recovery of above-ground tree biomass after moderate selective logging in a central Amazonian forest. iForest. 11, 352-359.

註1：バイオマス

面積あたりの生物の量。ここでは1ヘクタールあたりの樹木の乾燥重量のこと。そのおよそ半分が炭素の量になる。

南米アマゾン 熱帯雨林の択伐と バイオマスの回復

研究の森から



写真1 アマゾンの天然林から伐り出される木材

日本にも南米の木材がやってくる
近年では日本近海にやってくる台風が増えたりゲリラ豪雨が頻発したりと、気候変動が実感されるようになってきました。地球温暖化の緩和には樹木が大気中の二酸化炭素を取り込み、森林が炭素を閉じ込める（蓄積する）ことが大切といわれています。森林が大切な伐らずに守ればいいのですが、豊かな木材資源は経済的にも魅力的です。森林の豊富な熱帯諸国では多くの木材が生産され、南米から日本へもイペやマサランドゥーバ、イタウバといった木材が盛んに輸出されています。

熱帯での択伐

このような木材は天然林の択伐で生産されます（写真1 写真2）。ここでの択伐とは、森林から必要な樹木だけを伐りとり、他の樹木を残すことです。熱帯諸国での木材生産は植林で行われることもあります。が、いまだ天然林の択伐が主たるものです。森林保全と木材生産とのバランスをとるため、どの国でも伐採業者に報告の義務を課したり、伐採量に上限を設けたりといった法制度を定めています。ただし、森林の状態や択伐後の回復は場所ごとに異なります。森林の保全策を実効性のあるものにするためには、地域ごとにきめ細かなモニタリングが必要です。

アマゾンの森での調査

そこで、これまでに調査事例のあまりないアマゾン中央部において、プレシヤスウッドアマゾン社の協力を得て実際に択伐が行われた森林でその後の回復過程を調査しました。
この会社では社有林をブロックに分割し、毎年ブロックを変えて択伐を行ってきました。つまりブロックごとに調査区を設置していくと、伐採から経過した年数が異なる森林を一度にみるができます。このように択伐後の年数が異なる森林を調べるとともに、設置した調査区を継続的に観察しました。その結果、森



写真3 アマゾンの天然林につくられた択伐のための林道



写真2 調査地に残る切り株

林の樹木が蓄積している炭素量は、図1のような曲線を描いて回復していくことがわかりました。社有林内にある保護林と比べることによって、択伐林がこの地域の平均的な炭素量に戻るまでに14年かかるかと推定されました。
この会社では入念な計画を立てて1ヘクタールあたり2本程度の穏やかな択伐を行っているので、比較的短期間で炭素量が回復するようです。

確実に続く森林開発

しかし、14年で森林が元に戻るわけでは決してありません。大きく立派な樹が失われて林道が開設されるので、森林の構造が変化します（写真3）。着生植物やツル植物、ほ乳類や昆虫などへの影響も不明です。

また、木材生産以外にも開発の波は確実にアマゾン地域に押し寄せています。たとえば、調査した森林のいくつかは送電線鉄塔のために失われました。

地球の肺ともいわれるアマゾンの広大な森林をいかに保全し利用するのか、今後さまざまな面から検証をつづけ、実社会で効果的な森林保全の方策をつくらなければなりません。

研究者の横顔

Q1. なぜ研究者に？

やりたいことが学生のあいだに終わらなかったからです。高校生のころは御用学者にはならないと言っていたらしいですが、いまはもう少し現実的に生きています。

Q2. 影響を受けた本や人など

『栽培植物と農耕の起源』（中尾佐助著 岩波新書）は1960年代のベストセラーですが、私には新しく、常に意識しています。

Q3. いまホットなマイテーマは？

土壌学の理論と家庭菜園の野菜作りの経験的知恵のギャップを埋めることです。つまり、我が家のトマトを今年こそちゃんと育てたいです。

Q4. 若い人へ

研究は「研究者」だけのものではなく、好きなら誰でも有資格者です。自分なりの興味を見つけて、継続してほしいです。私もその途中です。



藤井 一至 Fujii Kazumichi

立地環境研究領域



写真2 永久凍土の上に生育したクロトウヒ林
木が直立していないようすから、「酔っ払いの森」と呼ばれる。

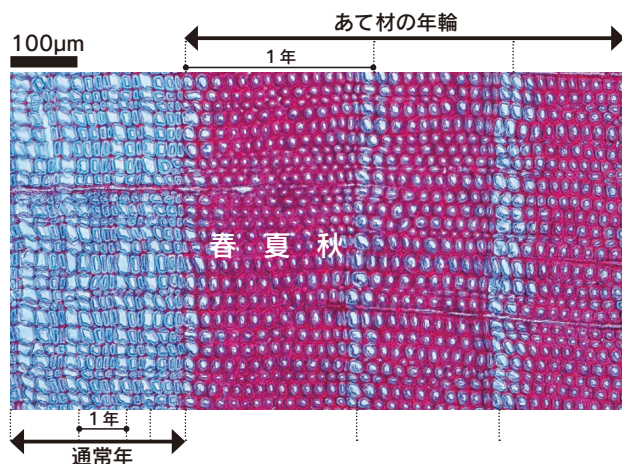
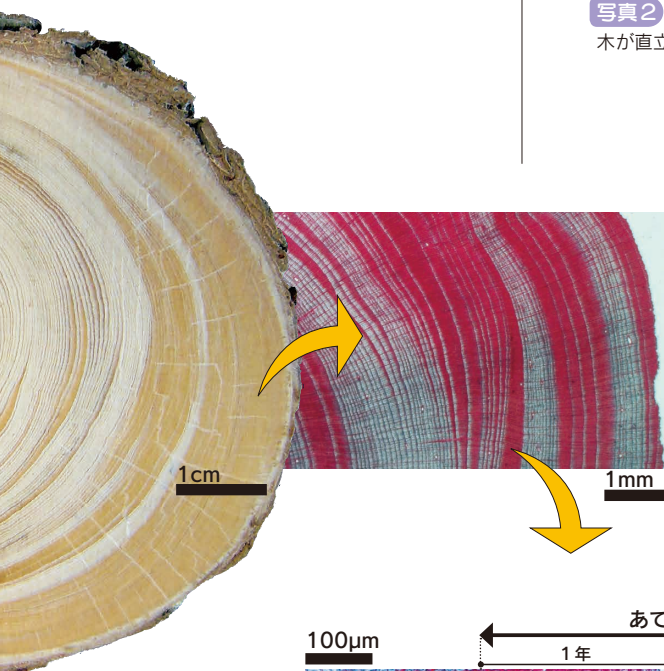


図1 酔っ払いの森に育つクロトウヒの年輪
樹齢は200歳。木材細胞のリグニンを赤く染色すると、あて材がどの季節に形成されたのかわかる。

温暖化の影響はないわけではなく、近年の温暖化によってマウンドの発達と木の傾きはむしろ強まっていることがわかりました。ただし、温暖化によるマウンドの成長にも限界があります。マウンドの発達を支える浅い凍土面（写真4）がなくなれば、マウンドは崩壊する運命にあるためです。デコボコのマウンド面にはトナカイの餌となる地衣類、溝にはミズゴケが生え、植物遺体は泥炭となって堆積します。マウンドがなくなると泥炭の炭素貯留機能が低下し、大気中の二酸化炭素を高めて地球全体の温暖化を加速するリスクもあります。一般に変化しにくいとされる土さえも、急速に変化しているのです。「酔っ払いの森」に、現地の人々が「ありのまま」暮らせるように、土の変化を発信していきたいと思っています。



写真4 マウンドの断面
深さおよそ50cmのところに永久凍土層がある。

永久凍土の「酔っ払いの森」と温暖化の影響

森が酔っ払うのは、温暖化が原因か？
ディズニー映画『アナと雪の女王』（クリス・バック監督 2013年）の舞台のモデルはノルウェーといわれます。背景には、「ありのまま」の北方林が忠実に描かれています。
似たような北方林でも、私の調査するカナダ北部のイヌビツクはさらに寒く、年平均気温はマイナス8度です。夏でも地下の水が融けきらない永久凍土地帯（写真1）にクロトウヒがよろよろと生える姿は、「酔っ払いの森」と呼ばれています（写真2）。
温暖化がもつとも急速に進む北極圏は、皮肉にもホットな研究が繰り広げられている舞台「自然の実験室」なのです。
ノーベル平和賞を受賞したゴア元米国副大統領のフィルム『不都合な真実』（デイヴィス・グッゲンハイム監督 2006年）には、温暖化の兆候として「酔っ払いの森」が登場します。温暖化によって凍土が融けたことで地盤が緩み、木が傾いたのだという解釈です。しかし、ここには別の「不都合な真実」が隠されています。凍土地帯の地面はもとも季節の温度変化でマウンド（土の盛り上がり）が発達してデコボコ（写真3）になっていくので、そこに生える木は、温暖化なしでも傾く可能性があります。
どうやら、温暖化によって地盤が緩み、木が傾くというシナリオの妥当性を検証してみる必要がありそうです。

おもな要因は、マウンドの発達だった。
謎を解くヒントは年輪にありました。「酔っ払いの森」には年輪のゆがみ（あて材）が多く見られます。針葉樹は体が傾いたときに、細胞壁のリグニン（木質成分）をふやして「あて材」をつくり、直立に戻ろうとします。あて材はリグニンを染色するとわかるので（図1）、年輪を読み解いて、あて材がいつできたかを調べれば、いつ木が傾いたのかを復元できます。数年かけて50個のマウンドの50本の木を伐り、1ミリに10本も詰まった年輪を調べました。
ゴア氏の説が正しければ、温暖化によって夏に凍土が融けて地面が緩むとともに徐々にあて材をつくるはずですが、しかし、実際には春の成長開始とともにあて材をつくり始めました（図1）。木の傾く原因は冬にあるのです。マウンド表面の土は夏に融けますが、冬になると再び凍ります。水は凍結すると体積を増加させます。土を持ち上げる霜柱をみるとわかるように、土の中の水が凍ることで大きな力を生み、マウンドの土を押し上げます。つまり、冬の間のマウンドの発達が木の傾きの主要因だったのです。あて材はマウンドのサイズと比例して大きくなることもわかりました。
土もまた急速に変化しつづけている
「酔っ払いの森」では、温暖化しなくても木が傾くことがわかりました。しかし、



写真3 凍土地帯の地面はマウンドでデコボコしている
直径1～2mのマウンドが、数10cm幅の溝を挟んでいくつもならぶ。



写真1 永久凍土の露出面
夏でも、地面から数10cm下には凍土面が存在する。

森林は二酸化炭素(CO₂)を吸っていますが、CO₂を吐いてもいます。ここでいう森林とは、樹木などの植物とそれらを取り囲む環境を合わせたものとして考えます。大気中のCO₂は葉の光合成によって森林に吸収されますが、それと同時に葉・枝・幹・根の呼吸や土壌中の微生物による落葉の分解などによってCO₂が大気中へ放出されています。地球温暖化が進むなか、森林によるCO₂吸収が注目されていますが、吸収源としての森林の機能を正しく評価するには、吸収量と放出量の差を調べる必要があります。



冬期の林内積雪深は2メートルを超えます。写真は積雪調査のようすです。

安田 幸生 Yasuda Yukio
森林防災研究領域

森林は、二酸化炭素を吸っている？ 吐いている？

として機能していることが観測より明らかとなりました。しかし同時に、森林はCO₂を大量に吸収して、大量に放出しており、それらの小さな差が正味の吸収量となっていることが分かりました。将来予想される気候変動によって、この吸収と放出のバランスが変化することも考えられます。森林のCO₂吸収機能を正しく評価するために、今後も観測を継続していく必要があります。

(2018年12月8日開催講座より)



▲写真1：安比ブナ林における正味CO₂吸収量の観測のようす

◀写真2：林内に設置された観測タワー

森林講座のお知らせ

10月11日(金曜日)
「放射能に汚染されたシイタケ
原木林の利用再開に向けて」
平出 政和(きのこ・森林微生物研究領域)

11月15日(金曜日)
「樹木のタネの成り年の不思議」
韓 慶民(植物生態研究領域)

12月6日(金曜日)
「森林スポーツの現状と課題」
平野 悠一郎(林業経営・政策研究領域)

1月17日(金曜日)
「木を発酵させて造る、
香り豊かなアルコール
ー世界初の「木のお酒」を目指してー」
大塚 祐一郎(森林資源化学研究領域)

2月14日(金曜日)
「サクラ等を食い荒らす外来昆虫
クビアカツヤカミキリの生態と防除」
加賀谷 悦子(森林昆虫研究領域)

3月6日(金曜日)
「-196℃で樹木を保存する」
遠藤 圭太(林木育種センター)

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、9月30日まで入園料として大人300円、子供50円必要となりますが、10月1日から森の科学館のみ見学の方の入園料は無料となります。)
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。

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 東京都八王子市甘里町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

公開講演会のお知らせ



CLTの利用例(森林総合研究所九州支所)

▼令和元年度
森林総合研究所公開講演会
山づくりのために
木造建築ができること

日時：令和元年10月17日(木)
13時15分から16時45分

会場：学術総合センター 一橋大学
一橋講堂(東京都千代田区一ツ橋2丁目1番2号)学術総合センター2階

入場無料・予約不要

森林総合研究所では、「山づくりのために木造建築ができること」をテーマに公開講演会を開催します。今回は、東京大学生産技術研究所の腰原幹雄教授に講演を頂くとともに、木造建築に資する技術開発の最新の研究成果について解説します。

充実する国内森林資源の利用や地球環境問題への意識の高まりの中、建築材料としての木材を見つめ直し、その可能性を皆様と一緒に考えてみたいと思います。多くの方々のご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
森と都市の共生ー森のための建築
建築のための森ー
東京大学生産技術研究所教授
腰原 幹雄氏
- 講演
国産大径材の利用拡大に向けて
木材加工・特性研究領域 領域長
伊神 裕司



昨年のポスター発表のようす

実用段階を迎えたCLT

複合材料研究領域 積層接着研究室
室長
平松 靖

●ポスター発表

- 講演
木造で集合住宅や店舗を建てるためには
複合材料研究領域 領域長
淡沢 龍也
- 総括・全体質疑
●閉会挨拶

森林総合研究所研究報告

▼論文

2011年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コシアブラ(*Eleutherococcus scialophylloides*、新芽が食べられる野生樹木)への移行
清野 嘉之、赤間 亮夫、岩谷 宗彦、由田 幸雄

▼短報

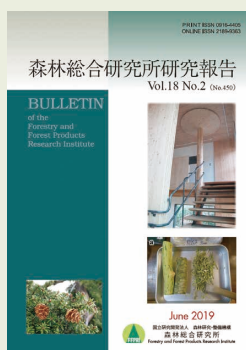
筋状地がき地におけるカンパ類の更新位置
伊藤 江利子、橋本 徹、相澤 州平、古家 直行、石橋 聡

▼研究資料

森林総合研究所多摩森林科学園の直翅類
松本 和馬、佐藤 理絵、井上 大成、大谷 英児

平成23～27年度に調査した収穫試験地等固定試験地の経年成長データ(収穫試験報告第26号)

西園 朋広、細田 和男、家原 敏郎、鷹尾 元、齋藤 英樹、石橋 聡、高橋 正義、古家 直行、小谷 英司、齋藤 和彦、田中 邦宏、田中 真哉、光田 靖、北原文章、近藤 洋史、高橋 明、佐野 真夢



◀森林総合研究所研究報告
Vol. 18 No. 2 (通巻 450 号)
2019年6月
<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/bulletin/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。

1 貧困をなくそう P.8	4 質の高い教育をみんなに P.3	13 気候変動に具体的な対策を P.8, 14, 18
15 陸の豊かさも守ろう P.14, 20	17 パートナリシップで目標を達成しよう P.8	SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS 2030年に向けて 世界が合意した 「持続可能な開発目標」です

イベントの最新情報は
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

