

FORESTRY AND FOREST PRODUCTS RESEARCH INSTITUTE

No. 28

森林総合研究所

季刊

特集

地球温暖化
研究の今

温暖化の影響をモニタリングしている白神山地のブナ林



温暖化によって生育域が狭まる高山帯のハイマツ林

季刊
森林総合研究所
No. 28

独立行政法人 森林総合研究所
Forestry and Forest Products Research Institute

〒305-8687 茨城県つくば市松の里1番地
TEL.029-829-8135
FAX.029-873-0844
URL <http://www.ffpri.affrc.go.jp/>

2015(平成27)年3月3日発行
編集：独立行政法人 森林総合研究所 広報誌編集委員会
発行：独立行政法人 森林総合研究所 企画部研究情報科
※本誌掲載記事及び写真の無断転載を禁じます。



独立行政法人
森林総合研究所



1 特集 地球温暖化研究の今

- ◆ 地球温暖化研究の今
- ◆ 将来予測からみたわが国の森林分野の緩和策
- ◆ 温暖化への自然林の適応策
- ◆ 気候変動に適応した強靱な森林をめざして
- ◆ 森林と大気の間で吸収・放出されるCO₂を直接測る
- ◆ 観測ネットワークによる東アジアの森林炭素量を把握する取り組み
- ◆ 森林分野の緩和策と適応策のベストミックスを探る

14 研究の森から

- ◆ DNAからわかったサクラの栽培品種の素顔
- ◆ 狭い小笠原に3つのウグイス。どうすればいいの？

18 地方の研究紹介

- ◆ 東北支所
- ◆ 東北育種場

20 森林・林業の解説

降ってきた雪の量を測る方法

22 私たちのくらしと

森林・木材の放射能

ササに含まれる放射性セシウムの動態

24 森林（もり）を創り活かす

複層林誘導伐の取組

26 森林講座のお知らせ

27 何でも報告コーナー

- ◆ 農林水産大臣賞受賞
- ◆ きのこをテーマに出展
- ◆ つくば科学フェスティバル
- ◆ アグリビジネス創出フェア
- ◆ ビジネスに結びつく研究成果を展示
- ◆ 研究成果発表会を開催
- ◆ 「地球温暖化の中で森林を活かす」
- ◆ 「森林と放射能について」
- ◆ サイト立ち上げとシンポジウム
- ◆ お知らせ
- ◆ 国際森林デーにシンポジウムを開催します
- ◆ フェローのつぶやき
- ◆ 森林総合研究所研究報告

特集

地球温暖化研究の今

研究コーディネータ 松本 光朗

最新のIPCC（気候変動に関する政府間パネル）第5次評価報告書は、2100年の気温上昇を2℃未満に抑制するには、今世紀中に温室効果ガスの排出をゼロにすることを要すると報告しました。また、気候変動枠組条約では、全ての国が参加する2020年以降の新たな枠組みについて、2015年末のCOP21（第21回締約国会合）での合意を目指しています。今、地球温暖化の問題は、科学面からも社会面からも、新たな局面に向かっていきます。

このような中で森林分野の対策にも大きな期待がかかっています。森林分野の緩和策には、森林によるCO₂吸収・蓄積と、木材利用による排出削減といった2つのアプローチがあり、それぞれの国に適した緩和策を考える必要があります。また、温暖化による悪影響を回避する適応策も併せて進めていく必要があります。森林は気温、降水量といった気候条件のもとに成立しており、地球温暖化により様々な影響を受けます。まず、その影響を観測することが適応策の第一歩になります。

このような背景から、本特集では森林分野の温暖化研究について、緩和策と適応策に関わる最新の温暖化研究を紹介しましょう。



第5次報告書について議論するIPCC総会の様子

将来予測から見たわが国の森林分野の緩和策

研究コーディネータ 松本 光朗

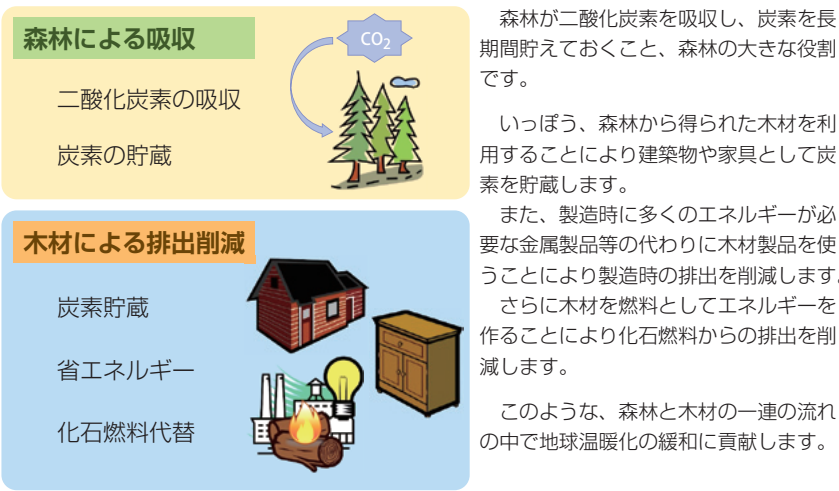


図1 森林と木材による地球温暖化緩和への役割

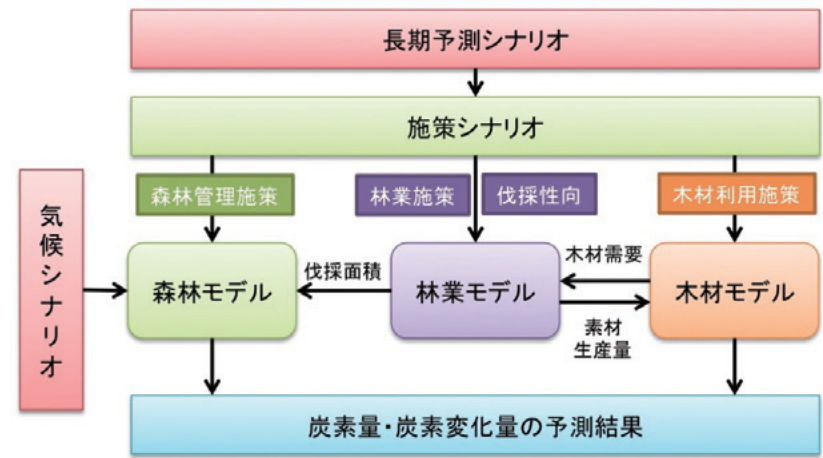


図2 森林・林業・木材利用を通じた森林炭素統合モデルの全体構造

統合モデルは、環境要因や立地要因から森林の生産量を推定する森林モデル、伐採面積や伐採量を予測する林業モデル、そして製品別に木材利用量を予測する木材モデルから成っています。

空気中の二酸化炭素を減らし、温暖化を緩和するには、森林に二酸化炭素を吸収してもらうことと、木材を住宅などに利用し、その中に固定されている炭素を長期間空気中に放出しないようにするという、2つのアプローチがあります（図1）。我が国では、この2つのアプローチを使った緩和策はどうあるべきでしょうか。これに答えるため、日本を対象とし、2つのアプローチを同時に評価し、将来を予測できる森林炭素統合モデル（以下、統合モデルと呼びます）を開発しました（図2）。

将来を予測するにあたって、代表的な3つの政策に基づくシナリオを用いました。まず、現在の施策を延長する「現状シナリオ」、そして緩やかに伐採量を増やしていく「緩伐採増加シナリオ」、さらに林業生産を促進する「新基本計画シナリオ」です（図3）。

これまでは森林を伐採した場合、林木に含

シナリオ名	林業の指標			木材利用の指標	
	主伐面積	再造林率	新品種利用	建築・家具	土木
現状	現状面積	現状造林面積	無	現状木造・木製率（35%）	現状利用率100万m ³
緩伐採増加	2050年までに2倍以上	現状率	無	2050年までに木造・木製率50%	2050年までに利用率300万m ³
新基本計画	素材生産量大幅増 2020年3900万m ³ 2030年5000万m ³	上昇	2050年までに70%に増加	2050年までに木造・木製率70%	2050年までに利用率600万m ³

図3 施策シナリオと具体的な指標

将来予測のためのシナリオとその具体的な指標を示しました。「現状シナリオ」は現状の施策を延長するもの、「緩伐採増加シナリオ」は緩やかに林業生産と木材利用を進めるもの、「新基本計画シナリオ」は新森林林業基本計画に沿った積極的な林業生産と木材利用を行うものです。具体的な指標としては、主伐面積と再造林率、木材利用率の大小が将来予測に大きく影響します。

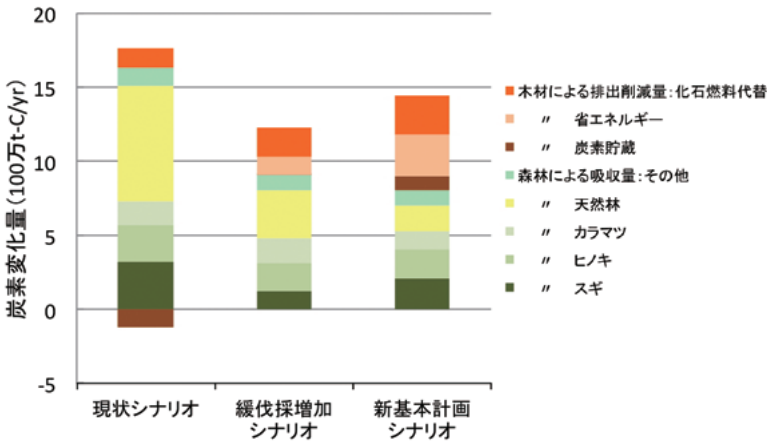


図5 2050年の炭素変化量の将来予測の内訳

総量に大きな差はありませんが、その内訳を見ると、現状シナリオでは森林の吸収量がほとんどを占めているのに対し、あと2つのシナリオでは木材利用による量が増え、吸収量の低下をカバーするなど、大きな差があります。

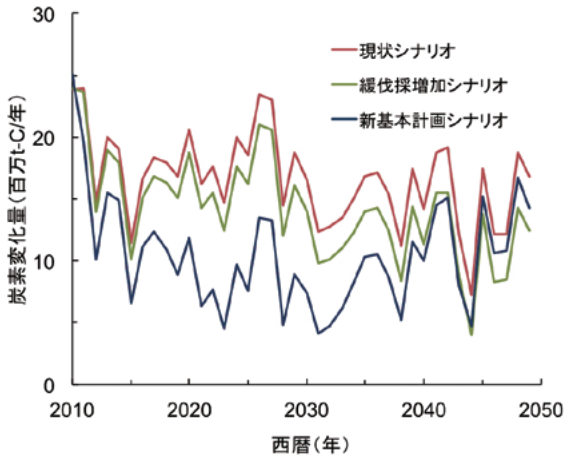


図4 予測された森林と木材利用による炭素変化量

森林による吸収量と、木材利用による排出削減量を合算した炭素変化量を示しました。予測されている気候（MIROC3.2-hires, A1Bシナリオ）により、毎年の炭素変化量は大きく上下します。また、シナリオ間の差は時間の経過に従い少なくなってきました。

また炭素がすぐに二酸化炭素として空気中に排出されるとして計算されました。しかし、実際には切り出された木材を使って木材製品やエネルギーに利用すれば、木材製品による炭素貯蔵や排出削減をもたらします。そこで、新しい統合的なアプローチとして、森林による吸収と木材利用による排出削減量を足し上げた炭素変化量を緩和策の効果として評価しました。

統合モデルと3つの施策シナリオを用い、2050年までの将来予測を行った結果、いずれのシナリオでも森林が排出源になることはなく、シナリオ間の差が少なくなっていくことが分かりました（図4）。また、2050年の時点の炭素変化量の内訳（図5）を見ると、現状シナリオでは森林による吸収量が多くを占めますが、伐採量が多い緩伐採増加シナリオと新基本計画シナリオでは、森林による吸収量は減るものの、木材利用による排出削減量の割合が大きくなることになりました。特に、木材利用による排出削減量は森林による吸収量に匹敵しており、これは統合的なアプローチを用いれば、より正確で総合的な緩和策を考えることができることを示します。

このように、森林・林業・木材を通じた森林炭素統合モデルを用いることで、森林の吸収量だけではなく、木材利用による排出削減量も含めた、総合的な地球温暖化緩和策を検討することができるようになりました。

温暖化への自然林の適応策

北海道支所 地域研究監 田中 信行

地球表面の温度は、過去132年間に0.85℃の上昇が観測され、今後100年間でさらに0.3〜4.8℃の上昇が予測されており、動植物の分布など自然の様々な面に大きな影響を与えると考えられています。そのため、生態系や生物多様性を保全する適応策を考えねばなりません。温暖化で、分布南限域の生物は温度が上がり過ぎて生息できなくなる一方、分布北限域では生息に適した温度に上昇するため分布域が広がります。そのため、分布域の変化を分布予測モデルを用いて推定するとともに、現地の変化をモニタリングで把握し、その結果に基づき適応策を考える必要があります(図1)。

日本の代表的自然林の優占種であるブナ(図2)の場合を考えてみましょう。気候要因からブナの分布を予測するモデルをつくり、これにIPCC第4次報告書で使われている2081〜2100年の将来気候シナリオのデータを組み込み、将来のブナの生育可能な地域(潜在生育域)を予測しました(図3)。潜在生育域からはずれても直ちにブナが枯れるわけではありません。ただ、ブナの稚樹が育たず、親木が寿命で枯れるとブナ林でなく

なってしまう。この潜在生育域は、現在の気候条件下で6万3千km²ですが、将来の気候条件下では約4割に縮小すると予測されました。本州の日本海側から東北地方・北海道南部では縮小するものの各地に残存しますが、西日本や本州太平洋側ではほとんど消失すると予測されました(図4)。

温暖化のブナへの悪影響をどうしたら少なくできるでしょうか。ブナは遷移後期樹種の

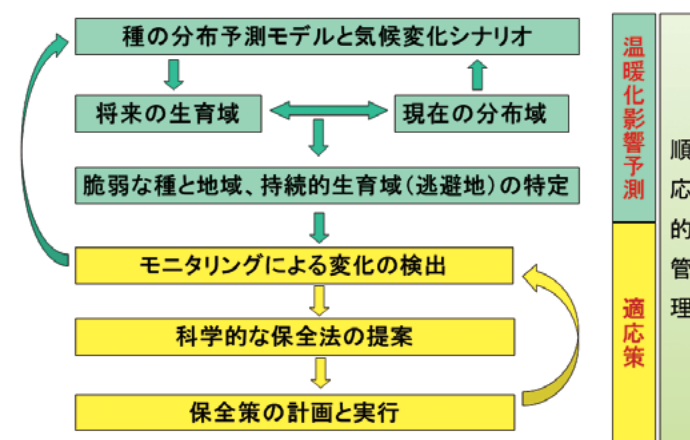


図1 自然生態系における温暖化の影響予測と適応策の関係



図2 ブナ林(白神山地世界遺産地域)

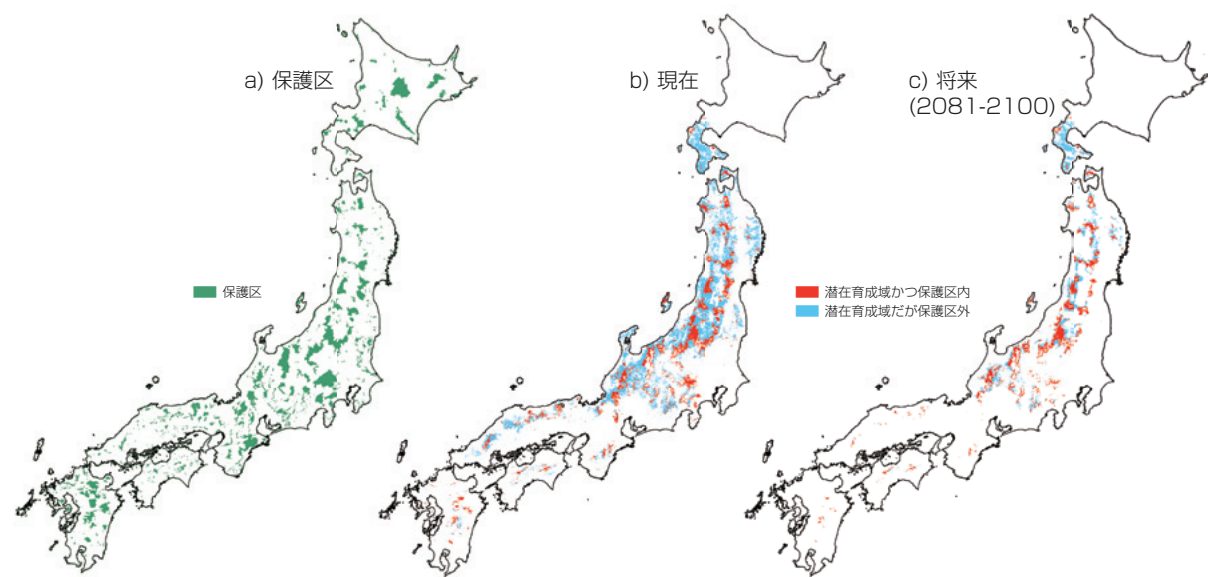


図3 現在および将来のブナの潜在生育域と自然保護区の比較。a) 保護区、b) 現在気候下における潜在生育域、c) 2081〜2100年の気候下における潜在生育域(Nakao et al. 2013)。

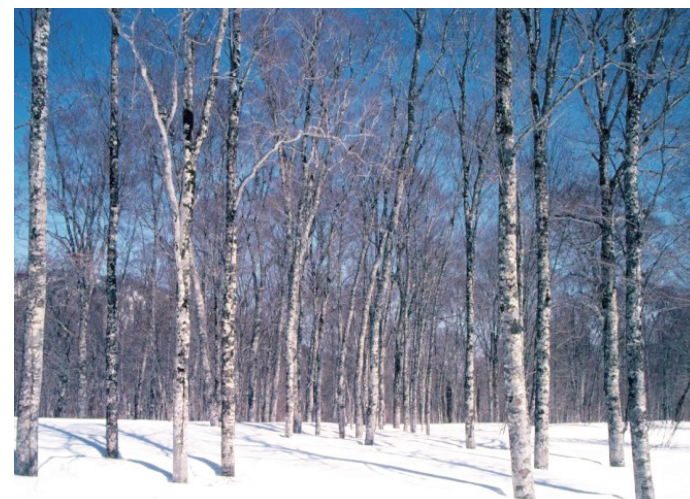


図4 稚樹・若木があり世代交代(更新)が順調な日本海側のブナ林(上)、潜在生育域の辺縁部に位置し稚樹・若木が少なく更新が難しい太平洋側低山のブナ林(下)。どちらも冬の状態で、日本海側に多い積雪はブナにとって好適な環境条件である。

ブナ林を守るために、潜在生育域外ではあっても植栽など積極的な保護策によってブナの再生を促進することが適応策になると考えられます。

参考文献
田中充・白井信雄(2013) 気候変動に適應する社会。技報堂出版。pp.188。
S-8 温暖化影響・適応策プロジェクト(2014) 地球温暖化「日本への影響」―新たなシナリオに基づく総合的影響予測と適応策―。pp.42。http://www.nies.go.jp/whatsnew/2014/20140317/20140317.html
Nakao, K., Higa, M., Tsuyama, I., Matsui, T. and Tanaka, N. (2013) Spatial conservation planning under climate change: using species distribution modeling to assess priority for adaptive management of *Fagus crenata* in Japan. *Journal for Nature Conservation* 21, 406-413.

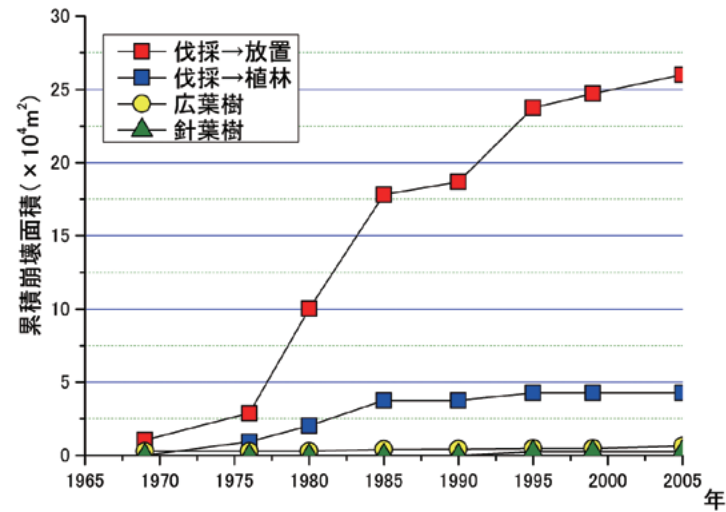


図2 熊本と宮崎の県境の市房山における森林管理と崩壊発生面積の推移。花崗岩の崩壊しやすい地質地帯では植林による崩壊防止効果が顕著に現れる。一方、森林でおおわれている山地では広葉樹でも針葉樹でも崩壊発生面積は非常に狭い。

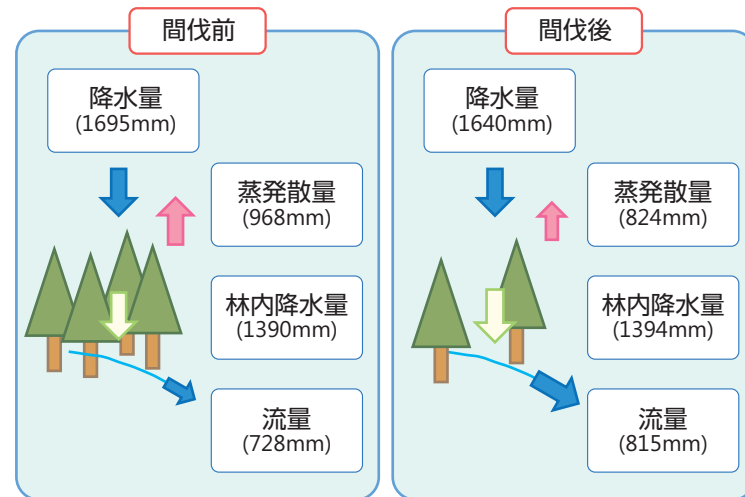


図3 間伐による水収支の変化。スギ・ヒノキ人工林を間伐すると、毎年の流出量が平均87mm増加した。

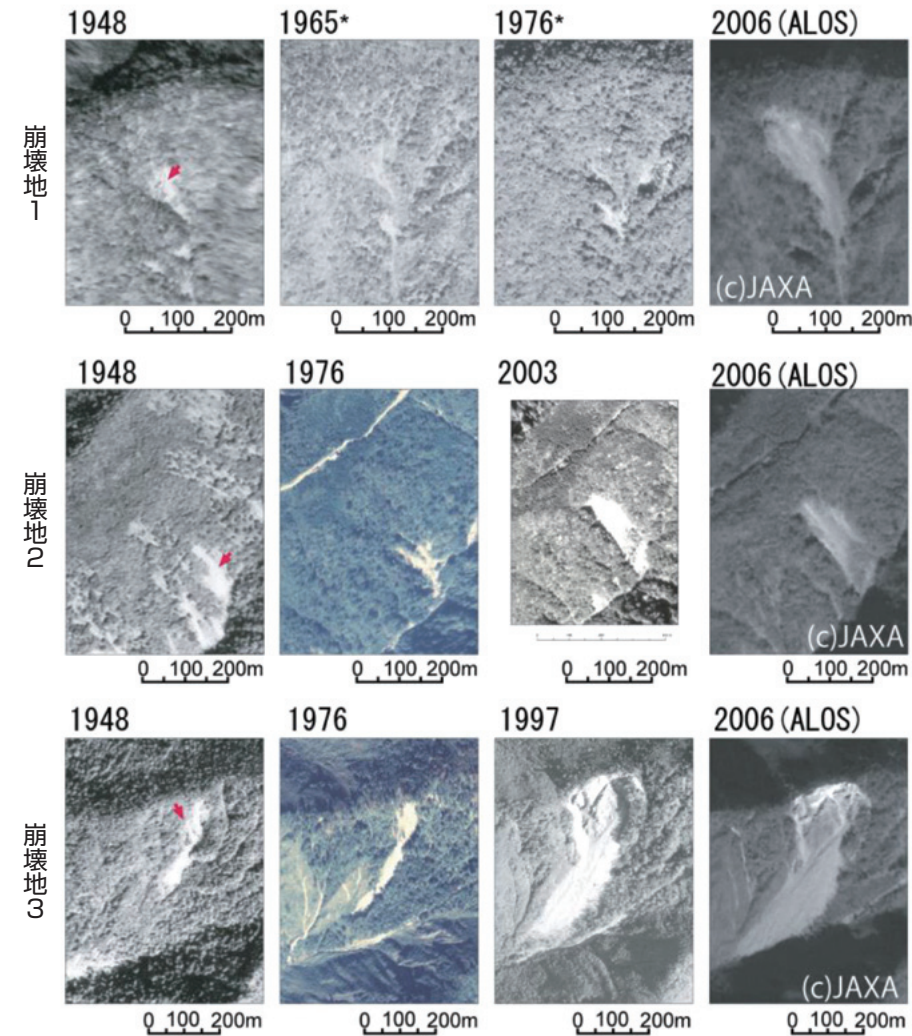


図1 静岡県大井川上流における崩壊地の拡大の様子。過去の空中写真や衛星写真を利用すると崩壊の危険箇所を判別できる。

気候変動に適応した 強靱な森林をめざして

研究コーディネータ 高橋 正通

地球温暖化による集中豪雨や強い台風の襲来で山地災害が増えるのではないかと懸念されています。昨年は、長野県南木曾や広島市で集中豪雨による土砂流出が発生し、多くの人命が失われる事態となりました。温暖化の将来予測では、豪雨の一方で雨が少ない渇水年もふえると予想されています。温暖化後の環境に適応した山地の保全や水源涵養機能について考えてみましょう。

山地災害は繰り返されることが多いものです。過去の災害の履歴を調べたり、災害のあった地形や森林を調べて危険性を察知できると、優先的な対策につながります。例えば、過去の空中写真を活用して、静岡県の大井川上流の地形の変化を観察すると、崩壊地が拡大する様子が確認できました(図1)。このような崩壊危険箇所重点的に堰堤などの治山施設を入れると、経済的かつ効果的な対策につながります。

日本全体を考えると、治山施設だけでなく、

森林のもつ土壌保全機能を活用することが重要と考えています。樹木は地中深くまで根を張り土壌をつかみ、山地を崩れにくくしています。樹木の伐採後、根が腐ると土壌保全の機能は低下します。林業が活発になっても斜面が不安定になってしまつては、温暖化に適応した森づくりとはいえません。花崗岩の崩れやすい地質では、森林の伐採後に植林を放棄すると崩壊面積は拡大しましたが、植林地では崩壊は拡大していません(図2)。伐採後速やかに植林し、植生を回復させることが崩壊防止につながっています。

一方、渇水の年には水源林としての貯水機能が特に期待されます。長期の流量観測から、間伐を行うと、流域の水流が増えることが確認できました。茨城県の人工林では間伐後、樹冠による雨の遮断や蒸発散が減り、流域からの流量が増加しました(図3)。同様の間伐の効果は雪のある秋田県でも確認できました。森林の適切な管理は、水源涵養機能の向上にもつながっています。

地球温暖化に適応するためには、間伐や主伐後に弱くなりやすい山地の脆弱性を森林管理の工夫によって回避する対策と、地質や地形条件から抽出される危険箇所の監視や治山施設の設置による対策を併用することがこれまで以上に重要といえるでしょう。また降雨パターンや分布の変化も予測されていますので、これまで災害の少なかった地域も注意が必要です。

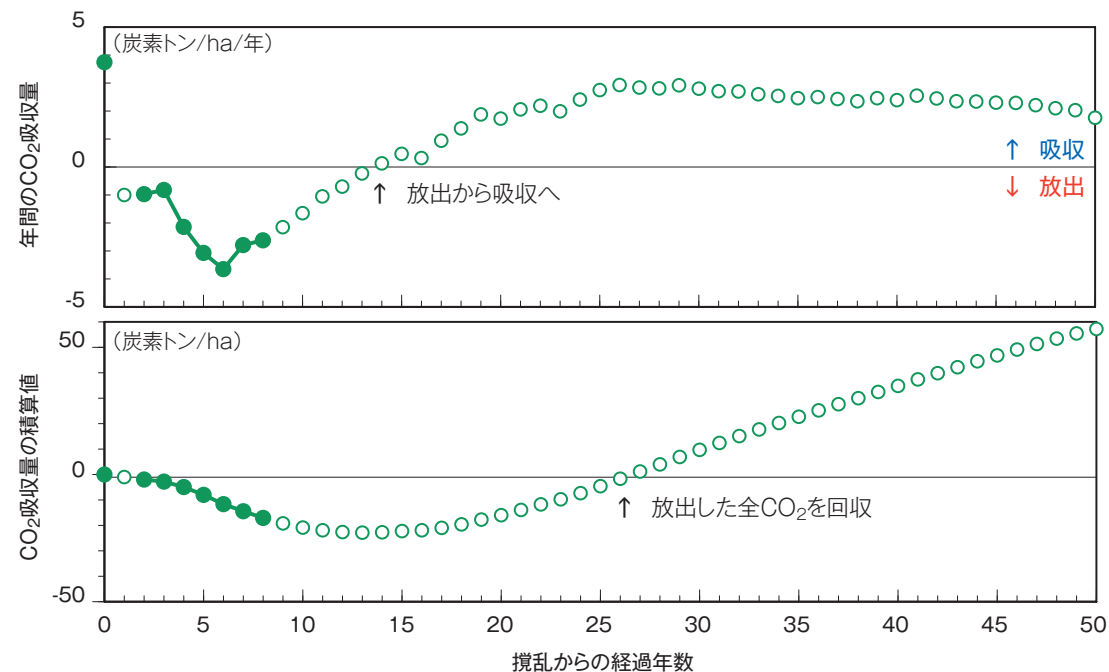


図3 台風被害を受けた森林のCO₂吸収量の実測値（●）と予測値（○）



虫害により葉がなくなったブナ林（岩手県安比高原）



台風により被害を受けた落葉広葉樹林（北海道札幌）

ha／年など）や北方に広がる針葉樹林（アラスカで0.7炭素トン／ha／年など）に比べて多く、日本のように降水量の多い温帯にある森林は世界的にもCO₂吸収量が多いことがわかってきました。

この長期モニタリングデータをもとに温暖化の影響を予測するモデルを作成しました。寒冷な北海道では温暖化の影響で吸収量が増加する一方、温暖な九州などでは高温の影響で吸収量が減少することがわかりました。このように温暖化の影響は、地域により異なります。

温暖化で増加が予想される山火事、病虫害、風害などの自然撓乱や、森林伐採などの人為撓乱は、森林のCO₂吸収量に大きな影響を及ぼします。例えば、アメリカ合衆国ではハリケーンカトリナにより、同国の森林による年間吸収量に匹敵する森林が破壊されました。日本でも台風被害を受けた落葉広葉樹林では（図3）、台風被害の後15年間は、森林からCO₂が放出されました。その後、森林の再生とともに吸収量は次第に増加しますが、それでも放出したCO₂を再び吸収するには更に10年以上の年を要すると予想されます（図3）。森林生態系の吸収量を評価するときには、大きな撓乱の影響は数十年にわたることも考慮する必要があります。



図1 森林に設置された観測タワー

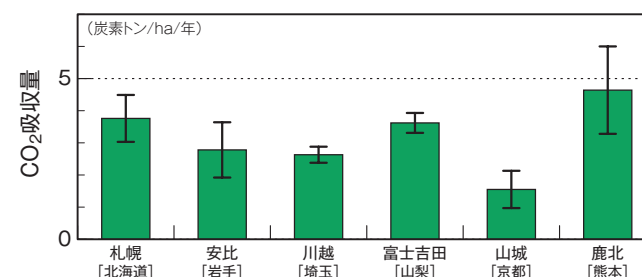


図2 日本各地の森林のCO₂吸収量

地球温暖化に対する取り組みを進める上で、森林のCO₂動態を高い精度で、長期的に観測することが不可欠です。そのために、樹木より高い観測用タワーを森林内に建設し（図1）、CO₂濃度、風速、気温、日射の計測を行い、森林のCO₂吸収・放出量を直接測定しています。これは、「フラックス観測」と呼ばれ、森林生態系と大気の間で出入りするCO₂動態を解明する上で重要な方法です。

森林総合研究所では、北海道から九州にかけて6ヶ所の森林で、CO₂吸収量の長期モニタリングを継続しています。その結果、人工林と天然林、樹種、樹齢などによって違いはありますが、日本の森林では1年間におよそ1.6～4.6炭素トン／haのCO₂を吸収していることがわかりました（図2）。この吸収量は、熱帯林（マレーシアで1.2炭素トン／

北海道支所 寒地環境保全研究グループ長 山野井 克己

森林と大気の間で吸収・放出されるCO₂を直接測る

観測ネットワークによる東アジアの 森林炭素量を把握する取り組み

森林植生研究領域 チーム長 佐藤保



図1 ロシア・トゥラ（クラスノヤルスク地方）の北方カラマツ林



図2 タイ・メクロン（カンチャナブリ県）の熱帯季節林



図3 マレーシア・セマンコック（セランゴール州）の熱帯降雨林（丘陵フタバガキ林）



図4 マレーシア・パン（ネグリシンプラン州）の熱帯降雨林（低地フタバガキ林）

森林総合研究所では、森林動態および炭素収支に関する相互比較研究を通じて東アジアの森林の現状を正しく把握し、今後の温暖化対策に貢献できる科学的なデータを整備することを目的として、観測試験地のネットワーク化を進めています。経度100度付近を中心とした観測試験地のネットワークは、シベリアの北方林（図1）から熱帯域の森林（熱帯季節林（図2）、熱帯降雨林（図3～5）、熱帯湿地林（図6）で構成されています。

地球温暖化による生態系への影響が報告される中で、森林が炭素を蓄積・吸収する能力に注目が集まっています。幹や枝の重量である地上部現存量は、森林の炭素蓄積量を表しています。図7はネットワークを構成する試験地の地上部現存量の年々変動を示しています。

図7左に示した試験地群は、過去20年の間に自然攪乱（火災や強風など）や伐採などの影響を受けていませんでしたが、地上部現存量は常に一定という訳ではなく、乾燥や大径木の枯死などによって、幅は小さいもののその値は変動していました。

一方、択伐実施後に火災攪乱を受けたブキツトスハルト試験地（図5）では、攪乱の強度によって地上部現存量は大きく異なっています（図7右）。最も強い攪乱を受けた林分（強度攪乱区）では、種組成が大きく変化し、攪乱後15年以上経過しても地上部現存量は攪乱前の数値まで回復していませんでした。

図8は観測ネットワーク内の試験地の地上部純一次生産量を比較したものです。森林の純一次生産量は、森林による炭素吸収量を示す一つの目安となりますが、その量は高緯度ほど低く、赤道域にある熱帯林では高くなる傾向にあります。また、タケが混交する熱帯季節林（図2）の純一次生産量は、熱帯降雨林や熱帯湿地林に比べて低くなっています。純一次生産量は毎年同じ値ではなく、年により変動し、火災や強風などの影響により変動の幅が大きくなっています。

以上の結果が示すように森林の炭素蓄積量や吸収量に関する観測値はばらつきが大きいことから、その正確な把握には長期間の観測が必要となってきます。森林総合研究所では、これら貴重な観測データを国内外の研究者・技術者と共有する取り組みを進めています。

森林分野の緩和策と適応策のベストミックスを探る

研究コーディネータ 松本 光朗

京都議定書は地球温暖化に注目するきっかけとなりました。1990年と比べてマイナス6%という温室効果ガス排出削減目標について、森林経営活動を促進することにより森林の吸収量を最大限に利用し、我が国は目標を達成しました。これにより、地球温暖化問題においては、森林のCO₂吸収に大きな注目が集まり、算定手法や緩和策の研究を進めてきました。

その一方で、地球温暖化は森林の物質循環や適地の移動、山地災害といった影響をもたらすことが、本特集で紹介した研究などにより明らかとなっており、その適応策の研究を進めているところです。

平成27年度には、我が国政府による「適応計画」が策定される予定です。そのために、影響評価研究に関する取り組みが行われていますが、そこでは、森林分野だけではなく、いずれの分野においても影響評価研究や適応研究が十分ではなく、その促進の必要性が強調されています。

地球温暖化は気温上昇とともに降水量の変化をもたらすことが予測されており、それにもない天然林だけではなく、人工林の成長や適地分布についても影響が推察されます。また、強い台風増加による人工林への被害や、高温によるシイタケ生産に対する影響などへの懸念があります。森林総合研究所では、本特集で紹介した緩和と適応に関する研究をベースに、今後、森林分野の緩和策と適応策を組み合わせるベストミックスを探っていきます。



温暖化適応策の1つとしてモニタリングを行っている北限域のブナ林



図6 タイ・ランオン（ランオン県）のマングローブ林（熱帯湿地林）



図5 択伐と火災撓乱の影響を受けたインドネシア・ブキツスハルト（東カリマンタン州）の熱帯降雨林（低地フタバガキ林）

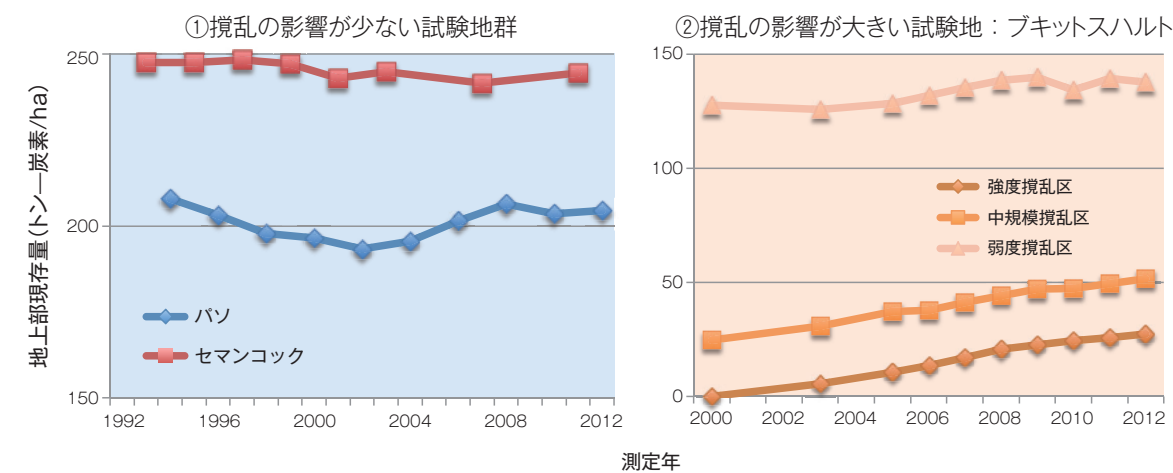


図7 長期モニタリングデータから得られた地上部現存量の年々変動
地上部現存量は測定年によってばらつきが存在します。撓乱の強度が強い場合、回復までに長い時間が必要であろうことが推察されます。

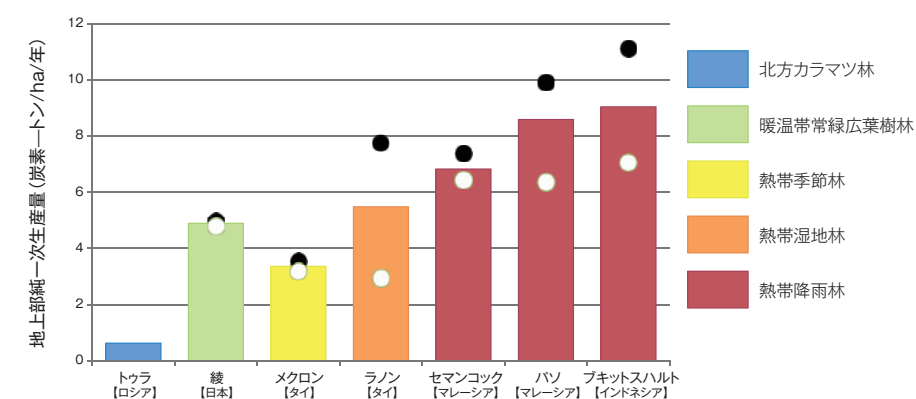


図8 異なる森林タイプの地上部純一次生産量の比較
試験地の緯度は右に行くほど低くなり、赤道に近くなっています。黒丸は最大値、白丸は最小値をそれぞれ表しています。綾試験地（宮崎県）はネットワークには含まれていませんが、参考のために加えています。

DNAからわかった サクラの栽培品種の素顔 そのほとんどは雑種が起源

分類学者泣かせなサクラの栽培品種の成り立ち

サクラは日本の国花として扱われることもあり、日本人にとって馴染み深い花木の一つです。サクラには野生のもの以外に、「染井吉野」に代表される一重のものから、八重や枝垂れ、二季咲きのものなど、多種多様な栽培品種があり、その起源をめぐっては、多くの分類学者が頭を悩ませてきました。

この研究では、形態だけでは解決できなかった疑問を解決すべく、DNA分析によって、サクラの栽培品種の起源を調べました。DNAの「似ている」「似ていない」は、図1のような波形状のデータとして調べることが可能で、一致する波形が多い野生種をその栽培品種の親種と判定できます。実際にはもっと複雑なデータ解析を行います。サクラの栽培品種に、どんな野生種がどれくらいの割合で関わっているのかという「DNA組成」を明らかにしました。

DNAから探るサクラの栽培品種の起源

野生のサクラ13分類群（図2）を親種の候補として、215品種のDNA組成を調べました。ここでは、結果の一部を紹介します（図3）。「枝垂桜」、「八重紅大島」の親種はそれぞれ、エドヒガン、オオシマザクラの一種であることがわかりました。しかし、多くの栽培品種は複数の野生種が基になっていて、その代表例である「染井吉野」には、エドヒガンとオオシマザクラの両方が強く関わっていました。サトザクラの仲間である「二葉」、「朱雀」、「太白」には、オオシマザクラ

とヤマザクラが関わっていました。また、「白雪」のように、マメザクラ・オクチョウジザクラの系統も加えた3種が関わるものも見つかりました。この他、オオヤマザクラ、カスミザクラが関わるものや、「長州緋桜」のように、タカネザクラの影響が見られるものもありました。また、台湾・中国産の野生種であるカンヒザクラ、シナミザクラの影響が見られる「河津桜」、「東海桜」などもありました。

DNA分析の結果は、サクラの栽培品種が多様な野生種から作られたことを物語っていました。こうした情報は、サクラの分類だけでなく、栽培品種の管理や新品種作出のために役立ちます。



図2 親種候補とした野生のサクラ13分類群
マメザクラ、キンキマメザクラ、オクチョウジザクラ以外は、DNA分析で区別できました。写真は多摩森林科学園のホームページより転載

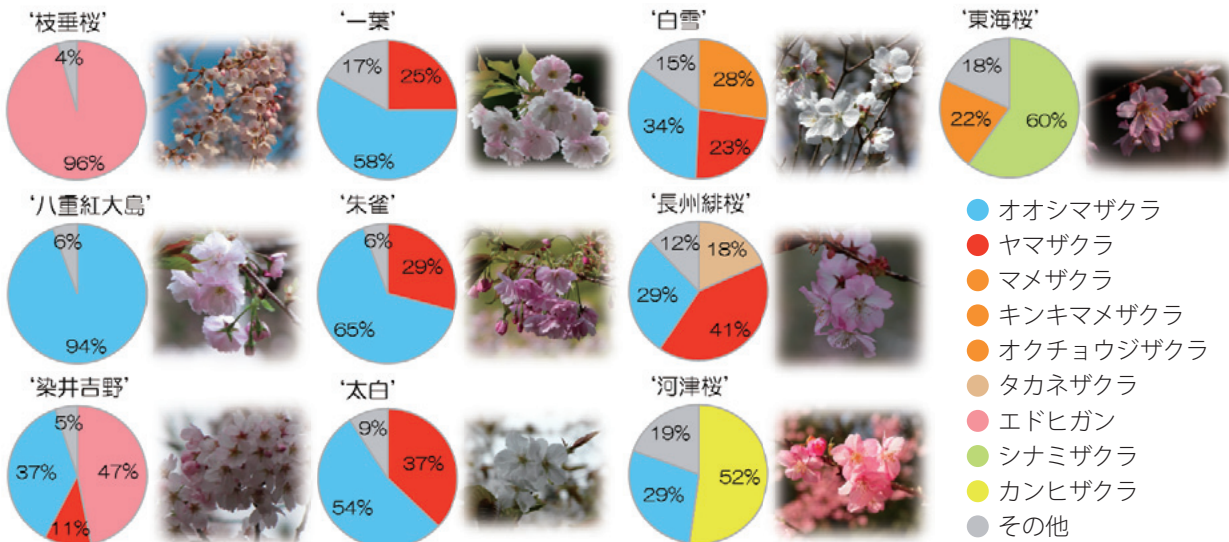


図3 サクラの栽培品種のDNA組成の推定
サクラの栽培品種の成立にどの野生種がどれくらいの割合で関与するかを円グラフで表しました。10%以下で関与していた野生種はその他としてまとめました。写真は多摩森林科学園のホームページより転載

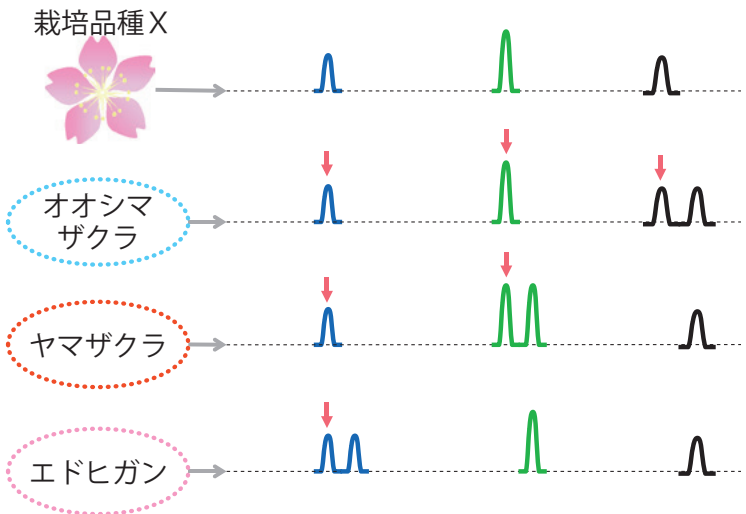


図1 DNA分析による親種の推定方法
栽培品種XのDNA分析データ（波形パターン）からは、一致する波形が多いオオシマザクラが親種であると判定できます。

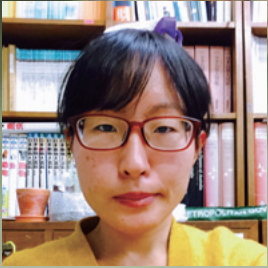


加藤 珠理
多摩森林科学園 主任研究員

狭い小笠原に3つのウグイス。

どうすればいいの？

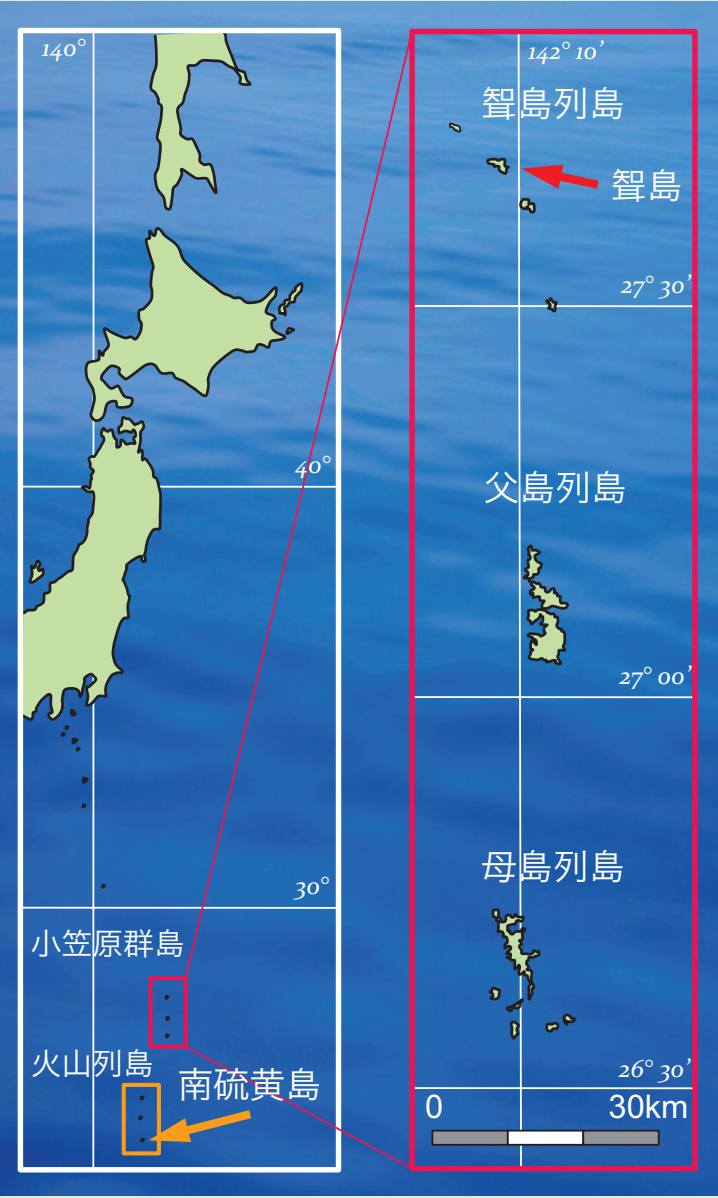
小笠原に在来ハシナガウグイス



栄村 奈緒子
立教大学大学院理学研究科



川上 和人
野生動物研究領域 主任研究員



小笠原諸島は、多くの島で成り立っている

ウグイスのDNAを調べたところ、これは絶滅したハシナガウグイスの生き残りではなく、本州周辺のウグイスだとわかりました。北方のウグイスは秋になると南に渡ります。その一部が新たに小笠原に渡り来てきたようです。

智島でハシナガウグイスが絶滅したのは、ノヤギによる森林破壊やネズミによる捕食などが原因と考えられますが、現在ノヤギとネズミは生態系の保全のため根絶され、智島の環境は改善されてきています。

智島では、まだウグイスの繁殖は確認されていませんが、調査が難しい無人島であるため、生息の実態はよくわかっていません。ただし、今後この島で繁殖し、定着する可能性があります。そして

て智島でウグイスが増えて他の島へ分布が拡大すれば、小笠原に固有のハシナガウグイスとの間に雑種や競争が起きる可能性もあります。場合によっては、影響が生じる前に捕獲する決断も必要かもしれません。一方で、これも人間を含む生態系の一部と考え、そのままにするという選択肢もあります。

現在の小笠原には、「南硫黄島」、「智島」、「その他の島」の3タイプのウグイスがいます。今後それぞれの集団をどう管理するかは、進化の舞台として登録された世界自然遺産の管理の根本に関わる大きな課題です。

小笠原の2つの固有ウグイス

ウグイスは全国に分布し、ホーホケキョと親しまれています。本州から千km南の小笠原諸島にもウグイスがいます。本州のものに比べ体が小さくくちばし（くちばし）が長いことから、ハシナガウグイスと呼ばれています。DNA分析では、約4万〜20万年前に本州周辺から来たと推定されています。

小笠原諸島は、小笠原群島（智島、父島、母島など）と火山列島（硫黄島など）からなり、両者は約150km離れています。翼のある鳥には、150kmはそう遠くない距離です。祖先は千kmの海を越えてきたはず。今回、小笠原群島と火山列島のハシナガウグイスのDNAを比較したところ、遺伝的に異なる集団であることがわかりました。島に定着した後移動性が低下し、それぞれ別の集団に分化したと考えられます。つまり2タイプの固有ウグイスがいるということです。

このうち火山列島では、以前は3つの島にハシナガウグイスがいましたが、今は南硫黄島という外来種の少ない小さな無人島にしか生き残っており、絶滅するリスクがあります。

第3のウグイスの正体

小笠原群島では、全域にハシナガウグイスがいましたが、そのうち智島ではハシナガウグイスは絶滅したと考えられていました。しかし、最近少数のウグイスが再発見されました。そこで、この



智島で捕獲されたウグイス



南硫黄島で捕獲されたハシナガウグイス

東北育種場

東北支所

東北支所は盛岡市に所在しており、森林・林業研究の成果を通じて東日本大震災で被災した東北地域の復興に貢献することを重要な使命としています。

現在、私たちが取り組んでいる研究の中から3つの研究をご紹介します。

第1は、津波によって壊滅的な被害を受けた海岸林の早期再生に関する研究です。東北森林管理局や仙台森林管理署等との連携協力により、土壌断面調査や理化学分析調査に基づく植栽基盤盛土の適性評価を通じて改善策の提言を目指しています。また、海岸林造成に使用されている松くい虫抵抗性クロマツコンテナ苗の活着や成長に関する調査を進めています。

第2は、持続的な木材生産を通じて地域経済に貢献するための低コスト造林技術に関する研究です。伐採跡地に現状の半分程度のコストで再造林するため、コンテナ苗の利用、低密度植栽、伐採と植付を同時に進める一貫作業、下刈りの省力の4つの技術を組み合わせた造林技術の開発を行っています。

第3は、松くい虫・ナラ枯れ等の病虫害の防除に関する研究です。中でも松くい虫（マツ材線虫病）の被害は長年の防除事業の実施にもかかわらず、じりじりと北上を続けており、各県の研究機関や行政機関と連携を図りながら効果的な防除技術の開発に向けた研究に取り組んでいます。

岩手県内には多数の合板工場、集成材工場が稼働し、県産のカラマツを大量に利用しています。材価も堅調で、造林意欲も旺盛で、新植面積の約8割をカラマツが占めています。

このため、苗木生産に必要な種子を十分に確保するため、種子生産量の年変動が大きいカラマツの着花促進技術の開発に取り組んでいます。

また、東日本大震災の津波で被災した海岸防災林の復旧に使用する抵抗性クロマツ苗木を供給する必要があります。

このため、東北地方で唯一抵抗性クロマツ採種園を有する宮城県や関係機関と協力して、研究プロジェクトにより人工交配、薬品処理による種子増産や挿し木苗木の生産技術開発、不定胚による苗木の増殖等種子・苗木の確保に取り組んでいます。

26年度は、カラマツ種子で25年度の約4倍の60kg、抵抗性クロマツ種子についても昨年より多い約6kgを生産確保しました。

エリートツリーについては、25年度スギ9個体を初めて開発しました。

平成30年度までに100個体程度を開発し、林業の低コスト化に貢献できるように取り組んでいます。



仙台若林区荒浜国有林に植栽されたクロマツ抵抗性苗木
(26年6月)



ジベレリン処理によるカラマツ着花促進
カラマツの雄花、雌花



植栽基盤盛土に植えられたクロマツ



漂流物を受け止めている海岸林



樹高3mに成長したスギエリートツリー候補木
(24年春植付、26年10月)



コンテナによるクロマツ抵抗性苗木生産
(26年6月、26年3月播種)



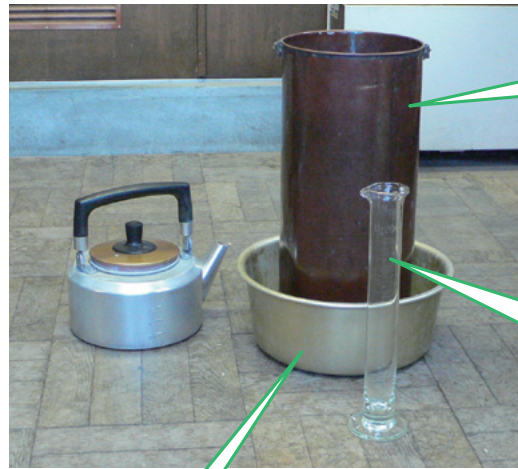
マツ材線虫病の迅速な診断を可能にする診断キットの開発



コンテナによる育苗

図2

たらいに張った湯で雪を融かして降水量を測った頃の測定器具



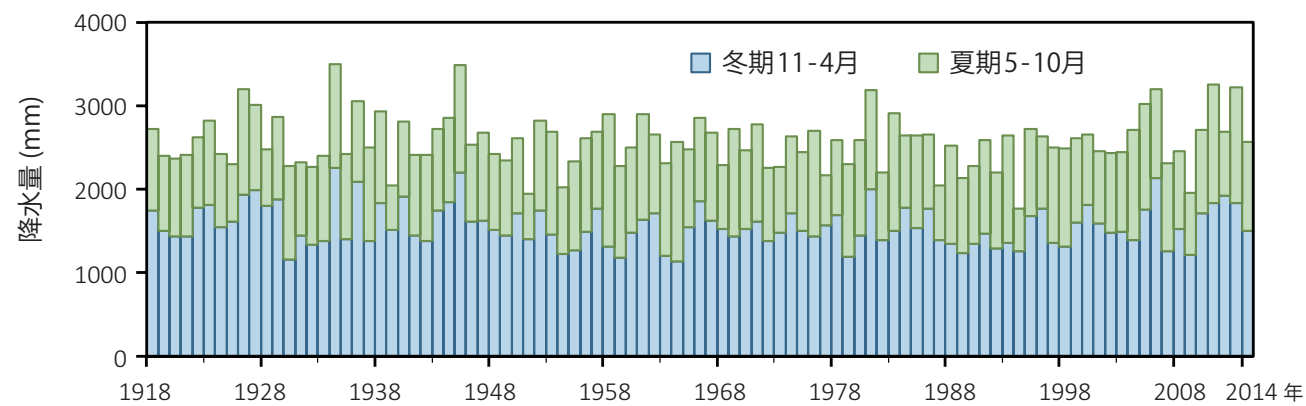
前日からの24時間に降った雪が入った円筒容器(降雪量計)。熱が伝わりやすいように銅で作られた。口径は20cm。

雪融け水の量を測る特製メスシリンダー。水の体積を降雪量計の断面積で割って降水量に換算した目盛りがつけられた。読み取り値がそのままmmの単位の降水量になった。

たらいに湯を張って降雪量計に入った雪を融かす。

図3

十日町試験地で観測した降水量の年々変動 1918～2014年



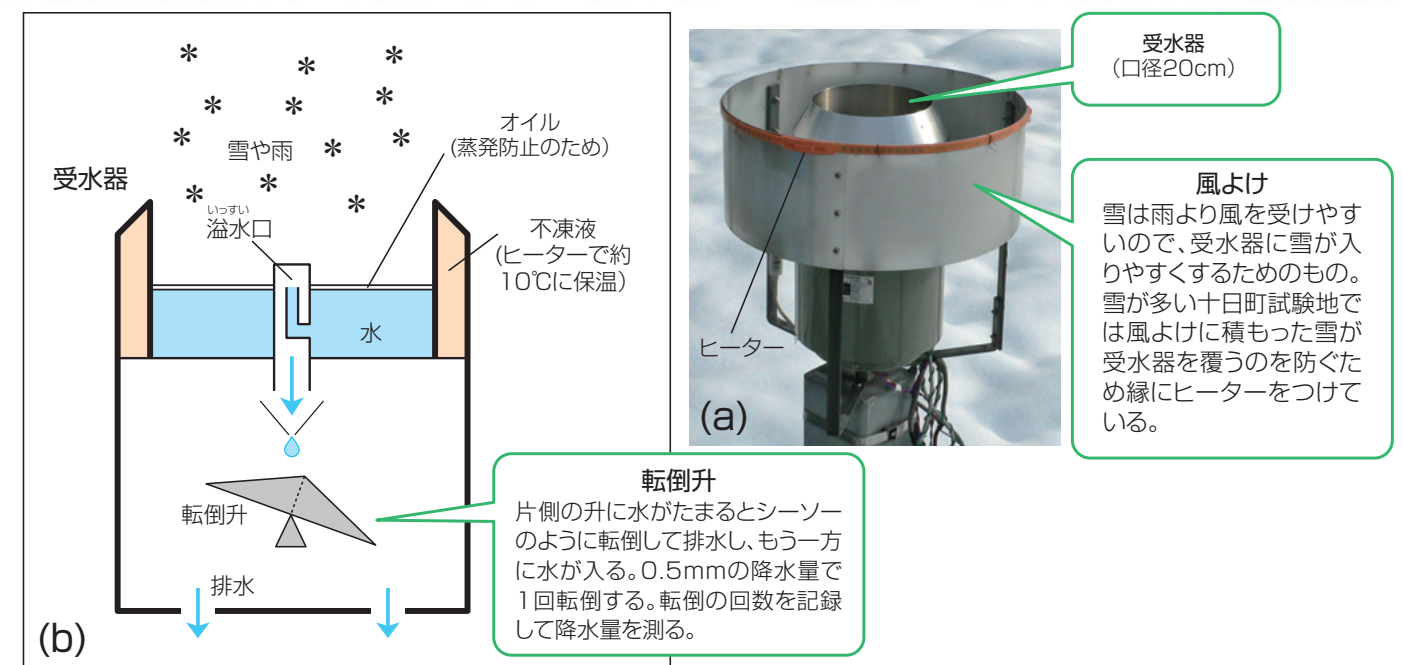
降ってきた雪の量を測る方法

気象環境研究領域 チーム長 竹内由香里

降ってきた雨や雪の量を降水量といいます。雨は液体なのでそのまま量を測れますが、雪の量はどのように測るのでしょうか？雪は融かして水になった量を測ります。図1は雪の量を測るために工夫された溢水式降水量計です。雨や雪を受ける器(受水器)には中央の穴(溢水口)の高さまで水が満たされていて、雨や雪が降って水かさが増えたと増えた分だけあふれて下へ流れます。その水の量を転倒升で測るしくみになっています。受水器は保温されているので水は凍りませんし、雪をすばやく融かすことができます。このように今では雪が降る冬でも自動的に短かい時間間隔で降水量を測れますが、十日町試験地では30年ほど前までは、職員が毎朝やかんで沸かした湯で雪を融かし、その水をメスシリンダーに移して量を測っていました(図2)。十日町試験地は1917年の設立から100年近くにわたって、夏も冬も降水量の観測を続けていて、そのデータは広く活用されています(図3)。

図1

雪を測るために工夫された溢水式降水量計(a)と内部のしくみ(b)



私たちの暮らしと 森林・木材の放射能

ササに含まれる放射性セシウムの動態

齋藤 智之（東北支所 主任研究員）

東日本に広く分布するササは、筍が山菜として好まれることから、放射性物質の影響が懸念されているところです。このため、ササに含まれる放射性物質について実態を調査しました。

福島第一原子力発電所から距離約40kmの川俣町に分布するクマイザサ、約70kmのいわき市に分布するミヤコザサ、スズタケの三種について、放射性セシウム（ ^{134}Cs と ^{137}Cs の合計）濃度を毎年測定し、植物体内の動態を調べました。二種は葉の寿命が異なり、また、枝のわかれ方から葉の発生年が分かるため、時間を追って放射性物質の動きを調べることができます。

図1は葉に含まれる放射性セシウム濃度を平成24年秋と平成25年春で比較したものです。平成24年秋に調べたところ、川俣町のクマイザサでは、事故前の平成22年に発生した葉には平均で9万2千Bq/kg（ベクレルキログラム）含まれていました。これらの葉は平成25年春までにセシウムを保持したまま寿命を迎えて脱落しました。平成23年の事故直後に発生した葉は平成24から25年にかけて、平均で1万6千Bq/kg～6万8千Bq/kgでした。平成23年の発生葉は採取する場所によって濃度が

大きくバラつくようです。平成24年発生葉はさらに濃度が低く、平成25年になっても濃度はほとんど変化しませんでした。クマイザサの葉の寿命は2年と三種のうちの中間の長さです。放射性物質はまだ残っているものの、新しい葉ほど低濃度になる傾向があるため、ササ全体の濃度もしだいに減少すると考えられます。

ミヤコザサは葉の寿命が1年と最も短いため、平成23年の事故発生時に放射性物質が付着した葉は、翌24年には脱落していた可能性があります。平成23、24年発生葉は時間が経過しても濃度は余り変化せず、500Bq/kg～1500Bq/kgのまま推移しました。一方、葉の寿命が3年と最も長いスズタケは、平成25年になっても事故前に発生した葉は放射性セシウム濃度が4000Bq/kg以上でした。ササ全体としても1000Bq/kg以上と放射性物質の影響が続いていることがわかりました（図2）。

三種のササに共通した傾向として、古い葉は高濃度のまま寿命を迎え枯れて脱落し、新しい葉は年々低濃度になっていくことがわかりました。また、葉の寿命が長い場合は、濃度の低下が遅いようです。しかし、ササの地

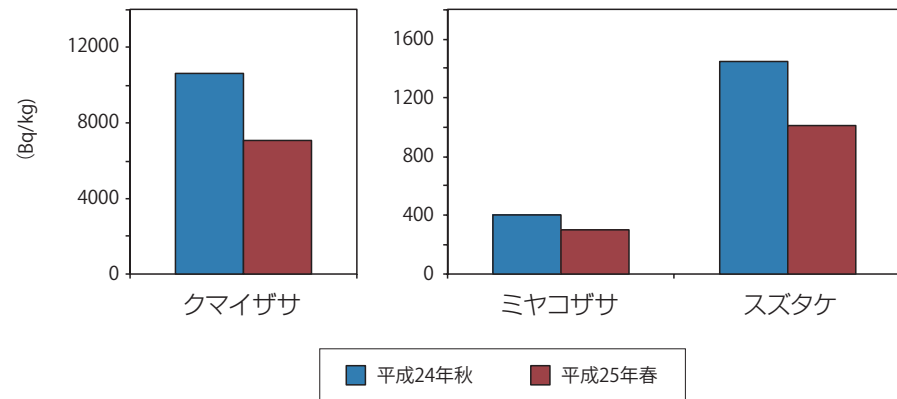


図2 三種のササにおける地上部・地下部全体の放射性セシウム濃度の変化



福島県いわき市のミヤコザサ群落による林床植生



福島県川俣町のクマイザサ群落による林床植生



福島県いわき市のスズタケ群落による林床植生

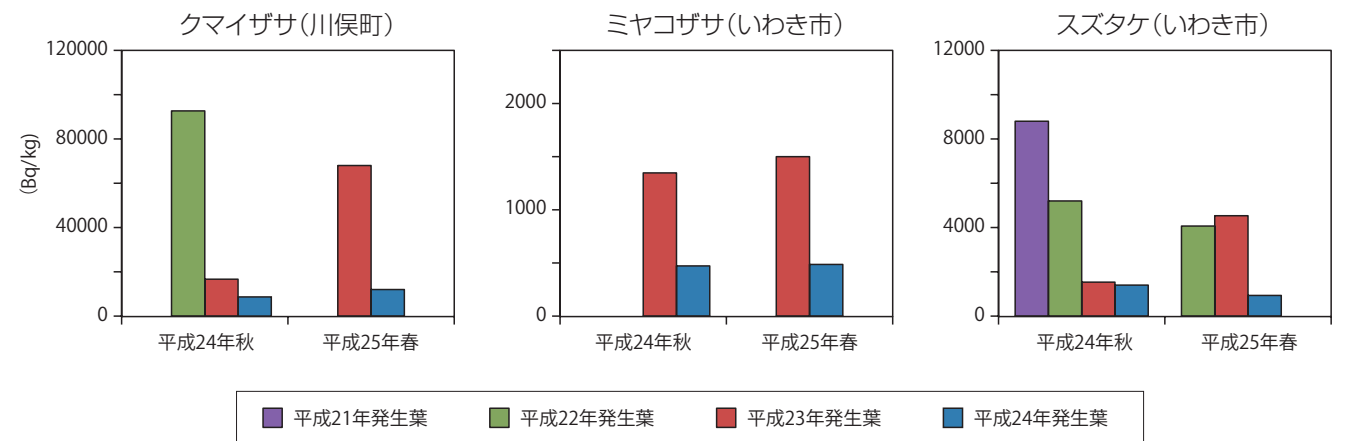


図1 三種のササにおける発生年別葉の放射性セシウム濃度の変化

森林（もり）を創り活かす

複層林誘導伐の取組

森林農地整備センター 中国四国整備局 高知水源林整備事務所

はじめに

森林総合研究所森林農地整備センターが実施する水源林造成事業では、森林の有する水源涵養等の公益的機能をより持続的に高度に発揮するため、所内の研究者からの助言のもと、契約相手方^{※1}の意向を確認しつつ、針葉樹単層林から複層林への誘導（複層林施業^{※2}）に取り組んでいます。これは、地形等に合わせて帯状若しくは群状に小面積に分散して伐採（複層林誘導伐^{※3}）し、下層木を植栽（下木植栽）をしなから二段林や三段林^{※4}に誘導し、林齢の異なる複層状態の森林とするものです。複層林は、上層木の一部を計画的に伐採する一方で、下層木を安定的に残すことが可能となるため、森林の持つ公益的機能を持続的かつ高度に発揮させる森林施業といえます。

高知県での取組

高知水源林整備事務所（高知県高知市）では、平成22年度から契約地の一つで香美市が所有する市有林（谷相山造林地^{※5}）において、複層林への誘導について取組んでいます。この森林の下

流には2つのダムがあり、下流地区の重要な水源となっており、また、香美市から環境や景観に配慮した伐採への要請もあり、これまでの研究成果などを踏まえて、当センターの中でも全国に先駆けて誘導伐の取組を開始したものです。この取組に当たっては、造林木の成長状況や造林地の地理的条件、路網の整備状況を踏まえて、契約相手方と協議し、初回の伐採を帯状で、2回目以降を群状で伐採することにより将来的に二段林を造成する方針の下、伐採区域を設定しました。これに基づき、誘導伐を行い、伐採木の販売、下木植栽に取り組んできたところで

これまでの取組の結果、①伐採する帯状の長い箇所での集材・搬出には多くの手間と労力がかかること、②伐採後の植栽にあたり、シ力防除ネットを必要とする場合、小面積の伐採区画が多いと、将来の維持管理の負担が大きくなること、などの課題を把握することができました。

今後の取組

今後の誘導伐をより効果的に実施するために

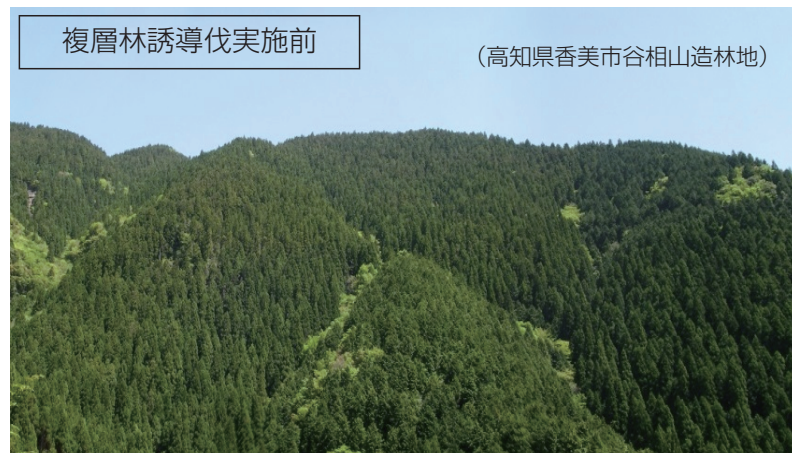
は、路網の整備状況、集材方法及び伐採後の維持管理を考慮して、植栽する苗木や伐採区域の大きさの設定を検討することなどが重要と考えています。今後とも継続して誘導伐の検証を進め、これまでの取組事例を情報発信することともに、複層林施業に関する技術を広く地域に普及していくことが我々に課せられた役割であると考えています。

※1 契約相手方 森林農地整備センターは、造林地所有者や造林者（契約相手方）と分収造林契約を締結し水源林造成事業を実施しています。

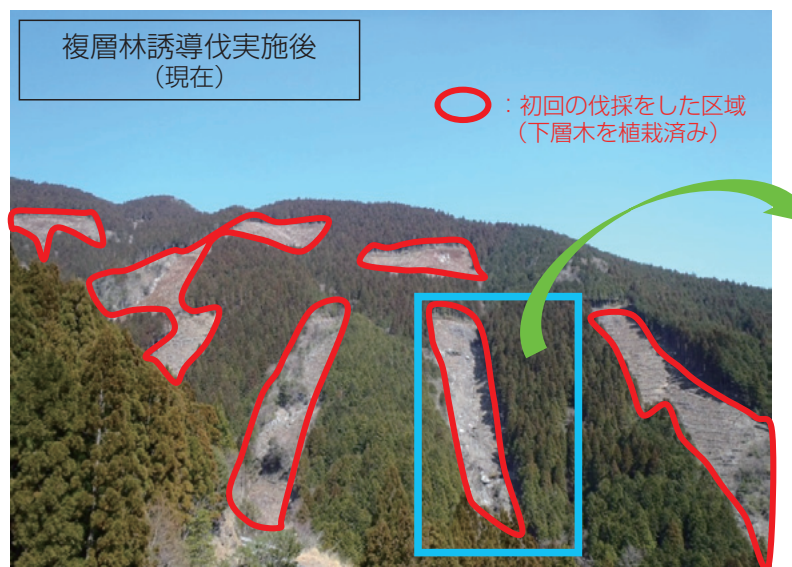
※2 複層林施業 森林の持つ公益的機能を継続的かつ高度に発揮させるため、単層林を複層林に誘導したり、複層林を維持するために森林を取り扱う作業を実施することをいいます。

※3 複層林誘導伐 単層林が複層状態になるまでに地形に合わせて「帯状」や「群状」に上層木（成熟した木）を抜き伐りすることをいいます。（図参照）

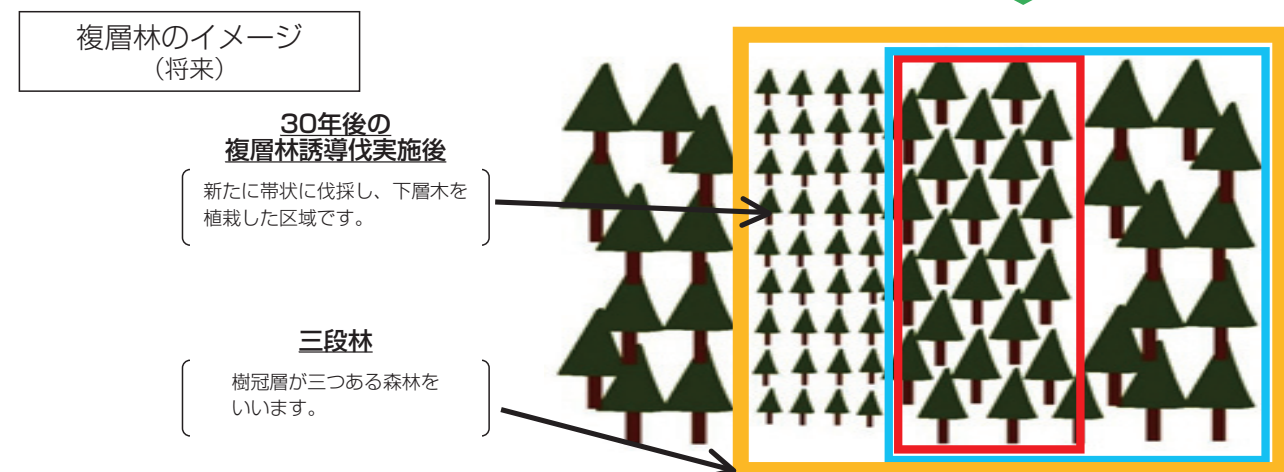
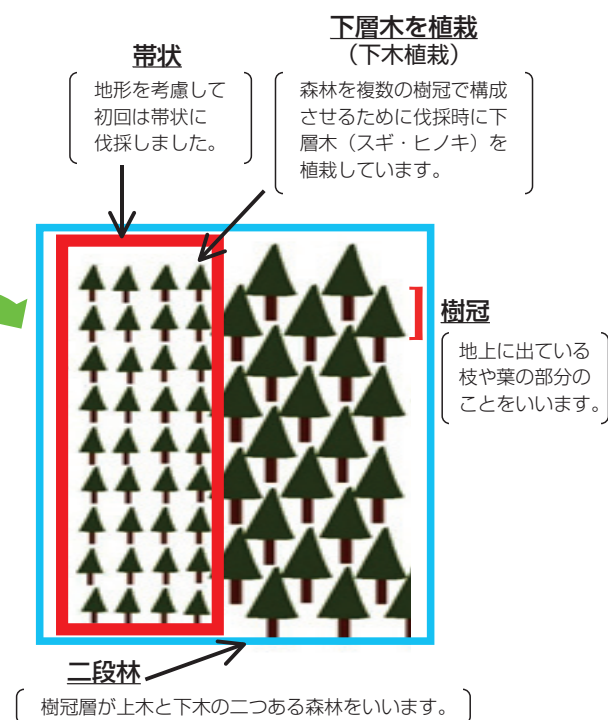
※4 二段林、三段林 複層林のうち、上層木と下層木で異なる樹冠層を2層持つのが「二段林」、3層持つものを「三段林」といいます。（図参照）



複層林誘導伐実施前
（高知県香美市谷相山造林地）
同一樹種（スギ）を同時期に植栽しているため、樹冠（地上部にある枝や葉の部分）が均一な単層林となっています。



複層林誘導伐実施後
（現在）
○：初回の伐採をした区域
（下層木を植栽済み）





表彰者らの記念写真。前列中央が松浦研究員、後列中央が鈴木理事長。

記念講演の様子



授賞式は11月12日、東京ビッグサイトにおいて、森林総合研究所鈴木理事長をはじめとする多くの関係者が臨席する中で行われました。併せて、同日に開催されていたアグリビジネス創出フェアにおいて受賞記念講演を行いました。

当研究所北海道支所の松浦友紀子研究員が、平成26年度若手農林水産研究者表彰（農林水産省主催）を受賞しました。これは同研究員の「ニホンジカの食品資源化に向けた衛生管理手法に関する研究」に与えられたものです。

松浦研究員は、各地で森林に大きな被害を与えているニホンジカへの対策として、有効な狩猟方法ならびに捕獲したシカの有効利用について研究を進めてきました。また、自らもハンターとして活躍し、女性ハンターグループの結成などを通じて研究成果の普及にも取り組んできました。これらの活動が高く評価され、森林総合研究所では初となる本賞の受賞に結び付いたものです。

農林水産大臣賞受賞



顕微鏡でマツタケの菌糸を観察

きのこクイズの様子



11月8（土）、9（日）日の2日にわたりつくばバイオ（つくば市）で行われた第19回つくば科学フェスティバルに「きのこの秘密をさぐってみよう」とのテーマで出展しました。このフェスティバルは、つくば市内の小中学校・高校・大学、研究・教育機関など59団体が科学を楽しむための体験型イベント等を行う催しです。

来場者の目を引くきのこの生態写真や、マツの根についたマツタケの菌糸を見られる顕微鏡などを展示しました。

きのこをテーマに出展 つくば科学フェスティバル

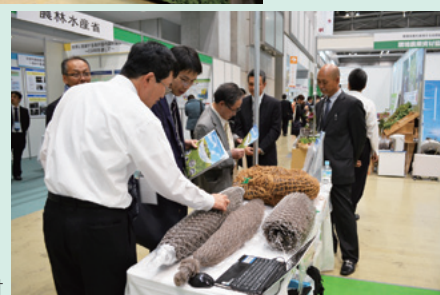
併せて「きのこクイズ」を開催しました。野生きのこの「秘密」の生態から栽培きのこの「常識」まで、クイズを交えたクイズと解説に、来場者からは驚きの声も上がっていました。クイズの成績優秀者にお渡ししたきのことともに、参加者の皆様に多くの知識をお持ち帰りいただきました。

11月12日（水）から14日（金）まで東京ビッグサイトにおいて開催された「アグリビジネス創出フェア2014（農林水産省主催）」に、当所からも4件のプレゼンテーションと6件のブース展示を行いました。

アグリビジネス創出フェア ビジネスに結びつく研究成果を展示



展示ブースの様子



治山・緑化資材

平成27年度

森林講座のお知らせ

多摩森林科学園において、研究の成果等を分かりやすく解説する森林講座を開催しております。多数のご来場をお待ちしております。

第1回
5月23日
(土)

森林（もり）のタイムカプセル —種子を長期保存するしくみ—

どの樹木も環境に適応するために、芽生えの方法を工夫しています。発芽の仕方とそれに対応した長期保存のしくみについて紹介します。

講師：木村恵

林木育種センター 遺伝資源部 探索収集課



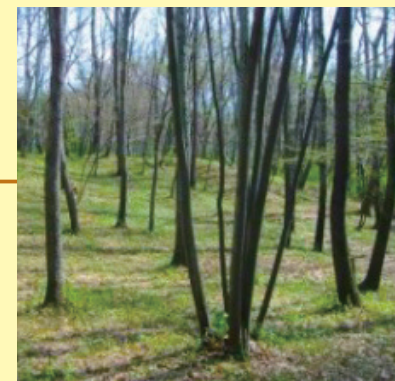
第2回
6月26日
(金)

身近な森のいま —都市近郊林の成り立ちとこれから—

身近にある都市近郊林の成り立ちや現在起きている問題、今後のあり方などについて解説します。

講師：島田和則

多摩森林科学園 教育的資源研究グループ



第3回
7月25日
(土)

火山噴火が森林地域に及ぼす影響 —土砂災害のカラクリ—

火山噴火により周囲の森林が荒廃し、土砂災害を引き起こすことがあります。最近の噴火を例に、土砂災害について解説します。

講師：浅野志穂

水土保持研究領域



開催概要

【時間】 各日午後1時15分～午後3時 【会場】 多摩森林科学園 森の科学館2階 【定員】 40名（要申込、先着順）
【受講料】 無料（要入園料 大人300円 高校生以下50円 ※年間パスポートもご利用できます。）

申込方法

- 電子メールまたは往復はがきでお申込みください。
- 電子メール本文または往復はがき裏面に、下記についてご記入ください。
 - ① 受講ご希望講座名・開催日 ② 郵便番号・住所 ③ 受講者名（3名まで可） ④ 電話番号
- 受け付け期間は、各講座開催日の前月の1日から講座開催日の1週間前までです。
- お申し込みは先着順で受け付け、定員に達した時点で締切ります。
- 受け付けましたお申込みに対し、先着順で順次ご連絡いたします。
- 電子メールの宛先 ▶ shinrinkouza@ffpri.affrc.go.jp
- 往復はがきの宛先 ▶ 〒193-0843 八王子市廿里町1833-81 多摩森林科学園
- お問い合わせ先 ▶ TEL：042-661-1121 FAX：042-661-5241



電子メール送付先
QRコード

研究成果発表会を開催 「地球温暖化の中で森林を活かす」

シンポジウム「地球温暖化の中で森林を活かす」を11月11日に東京大学弥生講堂において、農林水産技術会議事務局と共同で開催し、講演とパネルディスカッションを行いました。

講演は、森林が吸排出するCO₂について松本研究コーディネータが、森林への影響について高橋研究コーディネータが、そして熱帯林の役割について鷹尾資源解析研究室長が講演しました。講演後はパネルディスカッションを行い、今後の研究方向や森林を活用した対策などについて活発に意見が交換されるとともに、会場からも多くの質問が寄せられました。

温暖化対策の一つとして、発展途上国における森林の保護・増進を進めるREDDプラスについても「REDD研究開発センター」を設置して取り組んでいます。ホームページで最新の情報を発信しておりますので、ぜひご覧ください。
<http://www.ffpri.affrc.go.jp/redd-rc/ja/index.html>



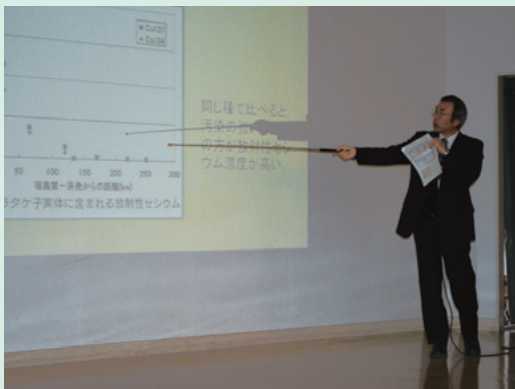
発表者3名（左から松本光明、高橋正通、鷹尾元）

「森林と放射能について」 サイト立ち上げとシンポジウム

東京電力福島第一原子力発電所事故後、森林総合研究所では森林と放射能に関する調査・研究を進めてきました。これにより得られた情報等を伝えるために、研究所ホームページに「森林と放射能」のポータルサイトを開設しました。放射性セシウムについて、森林への拡散や分布状況、渓流水における動態などとともに、関連サイトのリンクを掲示しています。ぜひご利用ください。
(<http://www.ffpri.affrc.go.jp/rad/index.html>)

また、12月6日に福島県青少年会館で開催された「福島県森林・林業再生に向けたシンポジウム（林野庁主催）」において、赤間亮夫放射性物質影響評価監が「森と木の放射能はどうなっているのかーこれまでわかったことの総合的解説ー」として研究成果の概要を報告しました。

森林総合研究所は今後も、森林と放射能についての研究成果を正しくかつ分かりやすくお伝えして参ります。



赤間評価監による報告の様子

お知らせ 国際森林デーにシンポジウムを開催します

「熱帯の森と人々、私たちの暮らし」

3月21日（土）の国際森林デーに、シンポジウムを開催します。

森林総研では、気候変動への適応や持続可能な森林管理に向けて、世界の熱帯林を対象にした研究も進めています。得られた研究成果を、国際森林デーにあわせて開催するシンポジウムでお話しいたします。開催概要は次の通りです。皆様のご来場をお待ちしております。

日時 平成27年3月21日（土）

13時30分～17時（12時30分開場）

場所 早稲田大学 小野記念講堂（東京都新宿区）

基調講演

地域の人々と作る熱帯の森
森川 靖（早稲田大学教授）

講演

梶本卓也（森林総合研究所）
浦口あや（コンサベーション・インターナショナル・ジャパン）

松本義勝（越井木材工業）
清野嘉之（森林総合研究所）

パネルディスカッション
熱帯の森と人々、私たちの暮らしの関係を考える

●参加費は無料です。
参加希望の方は、お名前、所属、連絡先（電子メールのアドレス）を左記までお送りください。

ldt2014@ffpri.affrc.go.jp
詳細は森林総合研究所ホームページ
(www.ffpri.affrc.go.jp)に掲載しております。

メール送信用QRコード



フェローのつぶやき

研究推進会議をより良い会議へ



中村 松三
一般社団法人 日本森林技術協会九州事務所
主任研究員

私は農林水産省実用技術開発事業でスギ再造林の低コスト化に関わるプロジェクトの研究総括を務めました。また現在は同省農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業の専門プログラムオフィサーで、森林総研を中核機関とする3つのプロジェクトを担当しています。これらの経験からプロジェクト運営に重要な研究推進会議（以下、会議）について若干つぶやきたいと思います。

年度末の2月頃に実施される会議では当年度研究成果、次年度研究計画が各課題責任者から報告され、研究総括者や外部有識者等を交えた質疑により、より良い研究推進・成果の創出に向けた議論が為されます。実は、この会議がずばり形式的になっていないかと危惧しています。半日程度の会議で、タイトな時間を気にしながらの議論では、課題間の連携や問題を掘り下げるの議論等ままならず、消化不良的な感じで終わっているように思えます。

私が担当した実用化プロジェクトでは、4年間、会議を9月と2月の年2回、2日に渡って開催しました。初日の夜は懇親会を企画しましたが、これが研究者相互間の自由闊達な意見交換の場として大いに役立ちました。ちなみに、車座になってあちこちで議論できるスペースと時間制限なしの会場を確保するのがポイントです。今振りかえって見れば、この懇親会から課題間の連携や課題相互乗り入れでの共同調査等の話し合いが、また問題をお互いに解決するんだというプロジェクトの連帯感が形成されたと思います。翌日の全体討議では、前夜の車座の議論をより具体的な連携の議論へと展開できたことを覚えています。

予算や時間の制約があるでしょうが、この方法を是非試していただければと思います。

森林総合研究所研究報告



Vol.13-No.4（通巻433号）
2014年12月発行
<http://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/bulletin/>

論文

Google Earthを用いた野生生物観測データの地図化

平川 浩文

都市近郊造林地における人工的ギャップ形成が哺乳類の活動に与える影響
林 典子、井上 大成

研究資料

スギ在来品種の心持ち正角材における高温乾燥で生じた内部割れと木口割れの変動（英文）

山下 香菜、平川 泰彦、齋藤 周逸、池田 元吉、中谷 浩、太田 正光

札幌森林気象試験地の気象（1999～2008年）
溝口 康子、山野井 克己、北村 兼三、中井 裕一郎、鈴木 寛

定山深森林理水試験地観測報告（2008年1月～2012年12月）
阿部 俊夫、山野井 克己、溝口 康子、北村 兼三

平成18～22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25号）

細田 和男、家原 敏郎、鷹尾 元、西園 朋広、高橋 與明、石橋 聡、高橋 正義、古家 直行、小谷 英司、田中 邦宏、平田 泰雅、光田 靖

北原 文章、近藤 洋史、齋藤 英樹、佐野 真琴
森林総合研究所多摩森林科学園の穿孔性甲虫類（鞘翅目ホソカミキリムシ科・カミキリムシ科・タマシロ科・キクイムシ科）

松本 和馬、横原 寛、栗原 隆、後藤 秀章、永野 裕
十日町における冬期の気象および雪質の調査資料（B）（2009／10年～2013／14年5冬季）

竹内 由香里、遠藤 八十一、庭野 昭一、村上 茂樹
東北地方におけるマツ材線虫病とマツノマダラカミキリの分布変遷

2007年度～2011年度の分布変遷
東北林業試験研究機関連絡協議会森林保全部会

編集後記

地球温暖化は、メカニズムが複雑なうえ、即効性が高い対策がほとんどありません。このため、大事なことだけでもよくわからないとの声を耳にします。今回の特集が温暖化の理解に少しでもお役にたてば幸いです。

季節感があるサクラとウグイスの研究をご紹介しました。花見の際や、ウグイスの鳴き声を聞いた時などに、当研究所を思い出していただければ大変うれしく思います。サクラに興味を持たれましたら是非、多摩森林科学園（東京都八王子市）までおいで下さい。多くの品種を展示しており、「百聞は一見にしかず」を御体験いただけます。

（企画部 研究情報科 森澤 猛）

編集委員：小泉透 市田憲（認定NPO法人 才の木） 森澤猛 辻祐司 野畑直城 高梨聡 浦野忠久 高野麻理子 高麗秀昭 田中亘

表紙の写真：温暖化の影響をモニタリングしている白神山地のブナ林 裏表紙の写真：温暖化によって生育域が狭まる高山帯のハイマツ林