

2004. 2 No. 1

四国の森を知る

森林総合研究所四国支所

特集 森林の再生メカニズムを探る

—人間と自然との共生を目指して—

流域森林保全研究グループ長 平田 泰雅

日本では、河川流域を単位として生活が営まれ都市が発達してきました。流域圏においては、上流域を森林が占め、中流から下流域にかけて農地が見られるようになり、沿岸域付近に都市が広がるという景観構造をとっています。戦後から高度成長期において、経済の発展と共に、水需要の増大、汚染物質の排出量増加など、多大な環境負荷が流域圏にもたらされてきました。また、国土の3分の2を占める森林においては、戦後の拡大造林による天然林の分断化、木材価格の低迷による人工林伐採後の再植林の放棄、都市の拡大による里山地域での開発により、森林の有する諸機能（生物多様性保全、土砂流出防止、水源涵養など）の低下が懸念されています。現在、流域圏レベルでの劣化した生態系の修復・保全技術の開発と総合管理手法の確立が求められています。

今回の特集では、森林の再生に注目して、人工衛星から見た森林の配置と構造、鳥、ネズミ、風による種子の散布、種子供給源としての天然林の構造、伐採跡地における植生という4つの角度からそのメカニズムを探ってみました。

戦後の拡大造林期を中心に植栽された人工林は、現在我が国の森林面積の44%を占めており、その多くが伐期を迎えています。しかし、国産材の価格の低迷に加え、木材需要の低下により、森林所有者、とりわけ小規模林家の林業に対する意欲が減退しています。その結果、伐採は行

うものの、再度植林を行わずにそのまま放置されるケースが多く見受けられるようになりました。このような伐採跡地において、森林が自然に再生することが期待されていますが、樹木の種子がどこからか供給されないと森林に戻ることはありません。周囲を人工林に囲まれた場所と種子をたくさん生産している成熟した天然林に隣接した場所ではその再生の仕方が異なるでしょうし、標高や斜面傾斜の違い、種子供給源となる天然林の面積の違いによっても差があると考えられます。

私たちは、このような森林の再生メカニズムを解明するため、四国で標高帯別に多数の試験地を設けて、種子を運搬する動物の調査や天然林、人工林、伐採跡地における植生調査を行っています。今号では、これらの調査で得られた成果を紹介します。



写真1 我が国ではモザイク状に天然林、人工林、伐採跡地が見られる

高分解能衛星データから 森林の構造をとらえる

流域森林保全研究グループ長 平田泰雅

森林が伐採された後に再植林が行われない場合、そこで森林が再生するためにはどこからか種子が供給されなければなりません。種子を供給する天然林と伐採地との位置関係や天然林の面的な広がり（森林の配置）と、天然林が種子をたくさん生産する大きなサイズの樹木で構成されているのか、あるいは、まだ種子を生産しない小さなサイズの樹木で構成されているのかといった森林の構造が重要になってきます。

現在、商業用高分解能衛星と呼ばれる人工衛星が、地球を周回しながら詳細な地表の観測を行っています。これらの衛星から送られてくるデータは1m四方を一つの単位としており、道路を走行している自動車や街路樹も確認できるほど鮮明なものです。私たちは、この衛星データを利用して、森林の配置や構造をとらえる研究を行っています。

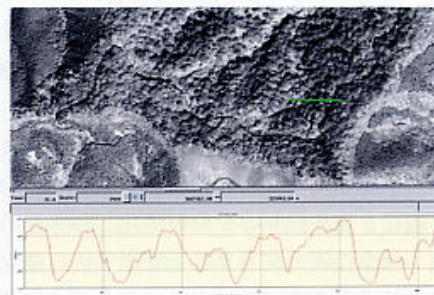
人工衛星では、太陽光の地表での反射を観測しています。太陽光の反射は、森林のタイプによってその反射特性が異なり、この違いを利用して広葉樹林と針葉樹林の区分が可能です。また、樹木の樹冠の先端付近が最も光を強く反射する特性を利用して、樹木の先端部分を抜き出し、抜き出された先端部分の数から立木本数を推定することが可能です（図1）。



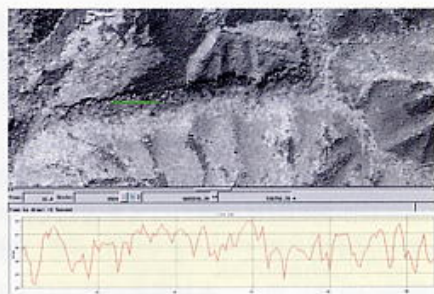
図1 衛星データによる立木本数の推定
（黄色い点が樹木の先端部付近を表す）

種子を供給する天然林は、それを構成する樹木のサイズ構造の違いによって種子供給能力が異なります。そこで衛星データから、森林がどのようなサイズの樹木で構成されているかを推定しました。樹木の樹冠は先端付近で太陽光の反射が最も強く、その周囲に向かうにつれて隣接する樹木が作り出す陰の影響などを受けて反射が弱まります。そこで衛星データ上に線を引き、その線に沿って反射光の強さを調べました。これをグラフに表すと、大きなサイズの樹木で構成されている森林では大きな波形が、また、小さなサイズの樹木で構成されている森林では小さな波形が見られます（図2）。この波形から森林のサイズ構造を推定することが可能となります。

このようにして衛星データから得られた森林の配置、構造に関する情報は、森林の再生メカニズムの解明に役立ちます。また、実際の森林を適正に管理するためには、広域での森林の現状を一元的に把握する必要があり、このような情報取得の手段としても有効です。



大きなサイズの樹木で構成される森林



小さなサイズの樹木で構成される森林

図2 反射光の強さによる森林のサイズ構造の推定

残された天然林の働きを探る

森林生態系変動研究グループ 倉本恵生

天然林は多くの動植物を育みます。さらに種子が風や鳥や獣によって周りの人工林にも運ばれることで、周りの人工林やその伐採後の植生にも影響を及ぼしています。こうした働きは、樹種構成や木の大きさ、すなわち林分構造により変わると考えられますが、林分構造は天然林の面積や形状によって異なると予想されます。実際に、天然林の面積や形状は様々です。大面積の林は少なく、人工林や伐採地の間に10mから数百mの幅で残る保残帯が大半なのです。

面積が小さいと、明るくなり乾燥が進むなど外側の環境の影響を受けやすくなり、特定の樹種の増減が予想されます。ある樹種が減ると、周りに同種の木が少ないので受粉が制限され、種子の量が減るといったことも考えられるでしょう。これらは、天然林自体の生物多様性の変化とともに、人工林への種子供給源としての働きの変化でもあるのです。「自然共生」プロジェクトでは、四国各地において天然林の面積や形状による林分構造や種子生産の変化を調べています。ここでは大面積林と保残帯の樹種構成の違いについて紹介します。

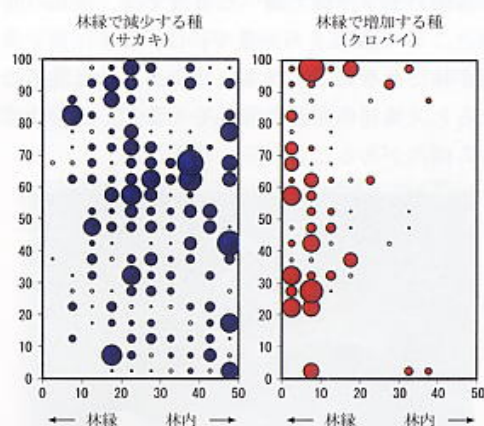


図1 大面積林の林縁から林内の樹種分布
○の大きさが、胸高直径5cm以上の木の本数を示す。

いについて紹介します。

大面積林(54ha)とそこから派生する保残帯(幅20m)で、林分構造を比較しました。両者は一続きの天然林であったことから、同じ構造の林であったと考えられます。大面積林では人工林との境界から50m内部まで詳しく調べました。この結果、大面積林の境界から10mまでの部分(林縁)では、内部に比べ明らかに増加する樹種(クロバイ・スダジイなど)と、逆に減少する樹種(サカキ・ヒサカキなど)が見られました(図1)。前者は林内では林冠ギャップに集中する樹種、後者は林内で普遍的に見られる樹種です。林縁では、林内に普通に見られる種類が減る一方、あまり見られなかった樹種が増えています。さらに保残帯では、大面積林の林縁とも違った樹種組成になり、天然林内に多い樹種が著しく少なくなりました。保残帯はもとの天然林とは隔たった姿になっているのです。天然林内に普通に見られる樹種が林縁や保残帯では少なくなることは、大面積の天然林でなければ本来の生息状況が保たれない樹種があることを示しています。しかもこうした樹種は、必ずしも珍しい種類ではなく、大面積の天然林では普通に見られる種類なのです。

こうした結果から、天然林の保残形状と働きとの関係をさらに理解するには、保残帯の大きさによる違い、標高による樹種構成の違いを考慮する必要があります。

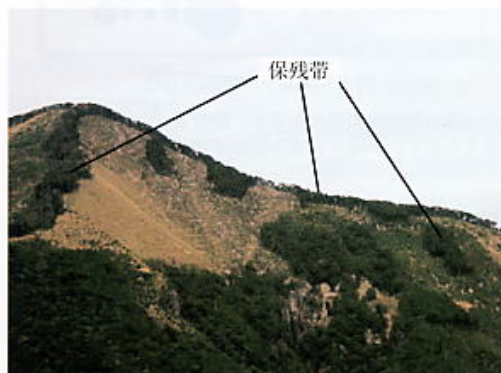


写真1 人工林や伐採地の周囲に残る天然林保残帯

人工林の林床に生える植物、 伐採跡地に生える植物

森林生態系変動研究グループ 酒井 敦

人工林は植栽されたスギ、ヒノキなどの樹木だけでなく、様々な種類の木や草が生えています。今まで林床植生は土地の生産性を示す指標として、また林床を覆い土砂流出を防ぐ存在として捉えられてきました。「自然共生」プロジェクトでは、林床植生を構成するひとつひとつの種に注目し、それぞれの種が人工林へどのように侵入し、定着しているかを調べています。

高知県大正町にある市ノ又国有林では、天然林とヒノキ人工林が接した場所に1.5ヘクタールの試験地を設置し、人工林の稚樹の分布や、天然林の構造、ブナ科樹木の堅果（どんぐり）を運ぶネズミの個体数変化などを調査しています。天然林はモミ、ウラジロガシ、アカガシなどが主な構成種です。人工林の稚樹分布を調べてみると、種によって分布パターンが異なることが分かります。イスノキの種子は特別な散布能力

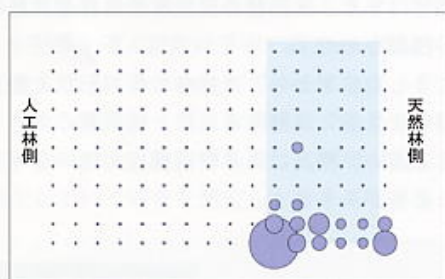


図1 イスノキ稚樹の分布

色つきの領域は天然林をさす。●の大きさは稚樹本数の多さを示す。ドットの間の距離は10m。

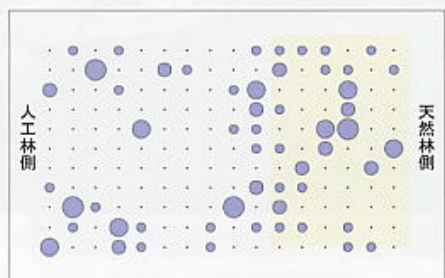


図2 ウラジロガシの稚樹分布

を持っておらず、ほとんど人工林の中に侵入していません（図1）が、サカキやシキミ、常緑カシ類は100m離れたところまで楽に入り込んでいます（図2）。これは種子を運ぶエージェント（運び屋）のおかげだと考えられます。シキミやサカキの実には鳥に食べられ糞とともに散布され、カシ類はネズミの貯食行動によって運ばれることが分かっています。ネズミの行動に関しては、同じ場所で生息範囲や個体数変化を調査しています（6頁参照）。

さて、人工林を伐採すると林床植生だった植物のうち、あるものは急激な環境変化に耐えられず消えていき、あるものは大きく成長します。また、埋土種子から新しい植物相が生まれ、伐採前と伐採後ではまるで違った植物相になることが多いのです。以前だと人工林を伐採した後は必ずスギ、ヒノキを植えていたのですが、最近では経済性の問題から放置するところが出てきています。中には草原化する場所もあり（写真1）、皆伐跡地が将来どんな植生になるかは大きな問題です。私たちは人工林伐採跡地において、どのような環境要因が植生の形成に影響を与えているのか調査しています。特に、成熟した天然林の主要樹種、例えばモミなどの針葉樹やブナ科樹木（シイ、カシ類、ナラ類、ブナ）に注目しています。

四国の太平洋側で調べた事例では、標高の低いところ（600mくらいまで）は、シイ、カシの萌芽林になるところが多いですが、それ以上になると天然林の主要樹種（モミなど）が少なくなる傾向があることが分かりました。



写真1 シダ類に覆われた人工林伐採跡地

樹木の種子を運ぶ鳥の役割

源流域森林管理担当チーム長 佐藤重穂

スギやヒノキの人工林を伐採した後、何も植えなかったら、どのような植生になるでしょうか。四国の山林で人工林伐採跡地の植生を調べたところ、伐採後の数年間で、パイオニア性樹種と呼ばれるような樹木（カラスザンショウ、アカメガシワ、ヌルデ、クサギ、タラノキ、クマイチゴ、ナガバノモミジイチゴなど）が生えてきていました。これらの植物の種子は、風で運ばれる仕組みを持たないので、遠くから種子が風で飛ばされてきたのではないと考えられます。また、明るい場所を好む陽樹なので、人工林の中の暗い地面の近くで明るくなるチャンスがめぐってくるのを、芽生えが長いこと待っていたわけでもありません。

カラスザンショウやアカメガシワなどの種子は、土の中で埋土種子として発芽しないまま休眠していて、数年から数十年も発芽能力が保たれていることが知られています。人工林の土壌を調べたところ、こうした樹種の埋土種子がたくさんありました。埋土種子は発芽のために条件がよくなるまで、土の中でじっと待っています。森林を伐採すると、それまで太陽の光があまり届かなかった暗い地表に光が当たって土壌の温度が大きく変化します。これをきっかけに埋土種子は休眠から目覚めて発芽します。



写真1 オオルリ（高橋徹氏撮影）

それでは人工林の土の中に埋土種子があるのはなぜでしょう。それは木の実を食べた鳥が糞と一緒に種子を森の中にまいているからなのです。カラスザンショウやアカメガシワなどの木の実には、種子の周りに脂肪分があり、鳥にとっては貴重な栄養になります。このような木の実をどんな鳥が食べるのか調べてみました。すると、ヤマガラ、シジュウカラなどのカラ類、オオルリ（写真1）やエゾビタキなどのヒタキ類、メジロ、ヒヨドリ、コゲラといった種類の鳥たちが木の実を食べていました。鳥の種類によって、どの樹種の実をよく食べるか、好みが違うことも分かりました（図1）。スギやヒノキの人工林には、天然林に比べると種類・個体数とも少ないとはいえ、ここに名前をあげたような種類の鳥類が生息していて、林縁部などに生えているパイオニア性樹種の木の実を食べます。鳥たちは林の中に糞と一緒に種子をまき、人工林の暗い地面に落ちた種子は発芽せずに埋土種子になります。人工林を伐採したらすぐに生えてくるパイオニア性樹種は、このように鳥が種子を運んでいたのです。

森林にすむ鳥は、樹木から餌である木の実を得ていると同時に、種子を運ぶことによって、次の世代の森林が作られるのを助けているのです。こうして明らかになった森林生態系の中の樹木と鳥の関係は、森林を管理する上で役立てられます。

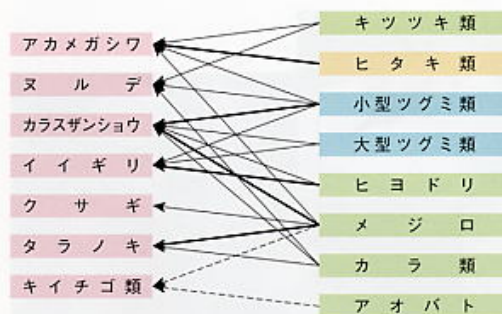


図1 伐採跡地の植生の主要構成樹種と果実食鳥類の関係

実線：果実食者
太い実線：特に主要な果実食者
破線：果実食者（推定）

野ネズミが人工林に ドングリを運搬する可能性を探る

(財)自然環境研究センター 佐藤香織
源流域森林管理担当チーム長 佐藤重穂

近年、国内では手入れされずに放置される人工林が増加しています。四国の低山帯でこのような人工林の植生を調べたところ、林内にシイ・カシといった堅果（ドングリ）をつける樹種の稚樹や幼木が生育していました。シイ・カシ類は四国の広葉樹林でよく見られる樹種で、これらの稚樹や幼木は森林伐採後の再生に大きな役割を果たします。これらシイ・カシ類の堅果はどのようにして人工林に侵入できたのでしょうか。その原因の一つに野ネズミと堅果の深い関係が挙げられます。野ネズミは秋に堅果をよく食べます。その一方で餌の少ない冬に備えて、堅果を果や落葉の下、倒木の脇などに貯蔵します。貯蔵された堅果の一部は、野ネズミに掘り出され食べられてしまいますが、中には食べられずにそのまま放置される堅果もあります。この放置された堅果は翌春に発芽します。野ネズミが堅果を運ぶ距離は平均で約20m、稀に100m近くまで達するといわれています。従って、シイ・カシ類は野ネズミを利用して堅果を分散しているのです。そこで私達は広葉樹が人工林で再生していく場合を想定し、野ネズミとシイ・

カシ堅果の分散の関係について調査しました。

まず始めに、堅果が実る広葉樹林とそれに接する人工林で、野ネズミが生息している場所を知る必要があります。そこで野ネズミを捕獲し、どの種類がどれだけ生息しているかを調査しました（写真1）。また上空のヘリコプターからレーザー光を照射して得られた地表物の3次元データから、生息地の環境を詳細に再現しました。これらのデータを重ね合わせて、野ネズミが生息している場所を空間的に把握しました。

その結果、アカネズミは広葉樹林近くの傾斜の緩い場所で多く捕獲されました。一方ヒメネズミはある程度傾斜がきつく、広葉樹林から離れた人工林でも広く捕獲されました。従って、2種類の野ネズミは、地形の影響を受けて生息場所を決めていることが分かりました（図1）。ヒメネズミはアカネズミよりも体重が軽く、後足の指が非常に発達しているため垂直方向の動きに適しています。この指の形態の違いが2種類の野ネズミの生息場所を異ならせた一つの要因なのかも知れません。従って、四国のように地形が複雑で急峻な地域では、ヒメネズミの方が堅果を人工林に運び込む可能性が高いと考えられました。上空から得られた環境データと地上で得られた動植物の生息・生育する場所のデータを重ね合わせて評価する試みは、今後、人工林を管理する上で役に立つ情報を与えてくれます。



写真1 野ネズミの捕獲調査
（左上はヒメネズミ）

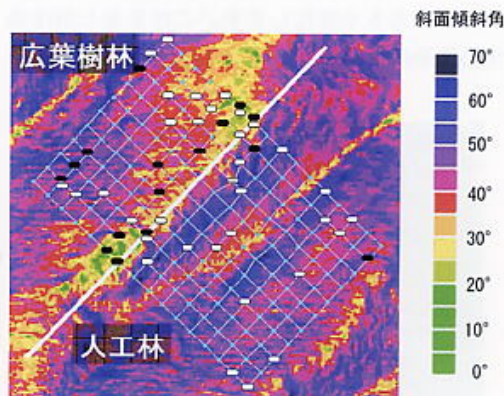


図1 レーザー光を用いた3次元計測によって再現された調査区の地形と野ネズミの捕獲地点
（●はアカネズミ、○はヒメネズミ）

風で種子散布される植物たち

(財)自然環境研究センター 市河三英
森林生態系変動研究グループ 酒井 敦
倉本恵生

地に根を張って生きる植物も、種子が発芽する前に一度だけ空間を動くことができます。植物は子孫を広げる唯一の機会を有効に利用するために、工夫を凝らしています。その方法の一つに、翼や綿毛を使って種子を飛ばす風散布があります。四国の森林を形成する樹種の約3割、中でもモミ・ツガ林や落葉広葉樹林など、少し標高の高い地域の森林ですと、ほぼ半分の樹種が風散布植物です。針葉樹のモミやツガ、落葉広葉樹のシデやカエデの仲間などがその代表です。森林の移り変わりについて考えるとき、風散布植物についての知識は欠かせません。私たちは、風による種子の散布モデルを作成するために、風散布植物の種子散布能力について調査しました。

風で運ばれるのですから、種子が飛ぶ距離は物理的に決まります。簡単に言うと、散布距離は種子の落ちる高さや風速、種子の落ちる速度から計算できるのですが、実際には風の強さが森林の上と下で異なっていたり、落ちる速度がはじめと終わりで異なっていたりするので複雑になります。

種子の落下速度の変化を詳しく知るために、風洞を使った実験を行いました(写真1)。この実験の結果、落下初期段階において種子が落ちる時間は、風があるときに風のない時に比べて1割から2割遅くなることが分かりました。横風を受けた種子が落下直後の早い時点から回転を始めるためのようです。この現象は、種子が飛距離を得るために大きく貢献します。より強い風の吹いている森林の高い位置で、飛距離を稼げるからです。このような動きを種子の散布モデルに反映させることによって、より正確な推定を行うことができます。

また、モミの種子を模した片翼模型を数千個、林内で散布する実験も行いました。風向、風速を測定しながら散布し、落ちた場所を記録するのです。林冠部の風速が1.7m/秒のときに、13mの高さから毎秒1.3mで落下する模型を1000個散布したときには、0mから最長約20m、横幅最大約7mの長楕円形の範囲にほとんどの模型が落下しました。散布範囲は遠くへ行くほど拡散して横に広がるのではなく、風向に対して縦に長く広がったのです。飛距離だけではなく、このような落下地点の形も重視しなければなりません。種子集団の散布範囲を推定する際に必要になるからです。こうした散布実験の結果が、その条件で推定した結果と一致すれば、このモデルは予測するに足るものであるということです。

さて、風散布植物は子孫の生育する場所を決めるという重大な事を、風に任せきりにしているのでしょうか。どのような翼を作るかで落ちる速度を変えることができます。母樹から離脱するしくみを工夫すれば、強い風がある時にだけ飛ぶこともできます。木の高さも飛距離に大きく影響します。風による種子散布の予測モデルを使った研究により、風散布植物がそれぞれの種に必要な飛距離を出す工夫をしているのかどうか、という命題を解く鍵を得ることができるのです。



写真1 風洞を使った落下試験
(風洞は縦0.9m、横1.2m)

自然共生プロジェクトへの 取り組み

流域森林保全研究グループ長 平田泰雅

森林、農地等への降雨は、土壌に保水されつつ、地表水や地下水となり、河川や沿岸域に流れ込んでいきますが、近年、森林や農地の減少や管理不足により、地下水涵養機能、水質浄化機能が低下し、河川流量の不安定化、生態系の劣化の原因となっています。流域圏において、水・物質の健全な循環を維持するためには、流域圏を構成する森林・農地・河川・沿岸域の一体的な管理手法を確立することが重要です。

これらの課題に対応し、自然と共生した豊かな環境を創造するため、農林水産関係研究機関と大学等が共同して「流域圏における水循環・農林水産生態系の自然共生型管理技術の開発（自然共生プロジェクト）」に取り組んでいます。

私たち森林総合研究所四国支所においても、自然環境研究センターと共同で、森林が本来持っている様々な機能が、人間の活動によってどのように変化するかを予測する研究を行っています。現在日本の森林においては、戦後の拡大造林による天然林の伐採と分断化、木材価格の低迷による人工林伐採後の再植林の放棄、都市の拡大による里山地域での開発などが、森林の持つ諸機能（生物多様性保全、土砂流出防止、水源涵養等）の低下をもたらしています。残り少なくなった原生林の面影をとどめる自然林をいかに保全し、放棄された伐採跡地をいかに森林に再生させるかは、現在の下流域・都市での生活を改善し、次の世代によりよい環境を残す上で重要な課題です。この森林の機能の変動を予測するモデルの開発を通して、森林の機能を最大限に発揮する適正な森林管理方策を提言できるよう研究に取り組んでいます。

お知らせ

★ 国際共同研究ワークショップ開催

国際的基準に基づいた生物多様性に及ぼす森林の組成・構造の評価手法及び森林の健全性の評価手法についての国際ワークショップを、平成15年10月27日～11月1日四国支所にて開催しました。

外国人研究者及び国立環境研究所、森林総合研究所本所・北海道支所・関西支所の研究者等、総勢約50人が参集し、流域管理・生物多様性・森林の健全性に関する発表・討論を行いました。

また、10月30日の高知県梼原町森林組合での現地検討会では、FSC森林認証に関する活発な意見交換を行いました。



★ 誌名の変更について

当支所での研究や成果は、これまで「四国情報」によりお知らせして参りました。おかげさまで発刊数も30号に達したところです。森林総合研究所は、平成13年から独立行政法人として新たに出発しましたので、誌名をこれまでの「四国情報」から「四国の森を知る」に変更し、研究の動きや成果をより充実して掲載することといたしました。

新たに発刊します「四国の森を知る」を、これまでの「四国情報」と同様にご愛読いただきますよう、よろしくお願いいたします。

四国の森を知る No. 1

平成16年2月27日発行

編集・発行 独立行政法人森林総合研究所四国支所
〒780-8077 高知市朝倉西町2丁目915

電話 088-844-1121 FAX 088-844-1130

URL: <http://www.ffpri-skk.affrc.go.jp>

E-mail: koho@ffpri-skk.affrc.go.jp