

四国の森を知る

森林総合研究所四国支所

林業生産活動を活性化していくために —新3K労働への転換—

支所長 今富 裕樹

森林は、国土保全、水源かん養、地球温暖化防止等、私たちの生活に欠かせない重要な機能を有しています。それらの機能を十分に発揮させるためには、間伐等の森林整備が適切に行われることが不可欠です。しかしながら、近年、わが国の造林、間伐、素材生産等の林業生産活動は、木材価格の低迷、経営コストの増大、林業労働力の減少・高齢化等の理由より停滞しており、その結果、間伐等の森林の手入れは四国地域を含め、全国的に著しく不足している現状です。

こうした森林の手入れ不足は、森林の持つ諸機能の低下をもたらしかねず、ひいては、京都議定書に基づく地球温暖化防止に向けた森林吸収源対策目標の達成が不可能になることも危惧されます。

このような状況にある我が国の林業において、今日の大きな課題は、間伐等の森林整備を推進しつつ、健全な森林を育成し、森林資源を有効に利活用していくことです。この課題を解決するためには、林業の再生すなわち、これまで低迷状態にあった林業生産活動を活性化させることが、決定的に重要なポイントとなります。林業の活性化を実現するためには、山村で働く林業就業者を増やすことが必要不可欠です。

林業就業者を増やしていくためには、山林の現場で働く労働者にとって、林業労働が快適で

あり、かつ労働災害の少ない安全な仕事であることが、最も重要な基本要件ではないでしょうか。

林業就業者は、1960年には44万人存在していましたが、その後、急速に減少し、2005年には4万6千人余りとなりました。林業就業者全体の中で、65歳以上の人の割合を示す高齢化指数は、近年、急速に増加しており、2005年では26.2%にも達しています。全産業の平均値(8.8%)と比較すれば、林業の高齢化指数が他産業に比べて著しく高く、高齢化が進んでおり、今日の林業の特徴は、就業者の減少と高齢化といえます。しかし、緑の雇用事業の実施等により、林業への新規参入が活発化してきているのも事実です。

これまでの林業労働は、「きつい」、「汚い」、「きけん」の3K労働であるという認識を持たれた労働であったことは否めません。しかし、林業生産活動を活性化していくためには、林業就業者が安心して生き甲斐を持って活発に働けるようにする必要があります。そのためには、今後、林業組織は、林業が「きれい」で「快適」で「かけがえのない」、創造的な仕事として表現されるような、新3Kの作業環境を速やかに構築していくことが、必須案件ではないでしょうか。

スギ再造林の低コスト化を目的とした育林コスト予測手法及び適地診断システムの開発

支所長 今富 裕樹

はじめに

農林水産省では、農林水産業・食品産業の現場の技術的課題の解決に向けた実用技術の早急な開発を推進するため、提案公募型の「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」を実施しています。上記課題は、森林総合研究所を中核機関、九州大学、宮崎大学、徳島県農林水産総合技術支援センター森林林業研究所および高知県立森林技術センターを共同機関として、「平成21年度新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」に提案し、採択されました。九州支所を中心として、四国支所も本研究プロジェクトに参画します（中課題1及び中課題3）。ここでは本研究の概要、取り組みについて紹介します。

本研究の背景と目的

1980年以降の木材価格の低迷によって林業経営収支は急激に悪化しており、持続的な林業経営を行うためには育林コストの大幅な削減が不可欠となっています。しかし、伐採作業コスト削減の取り組みに比べて造林コスト削減技術の開発は大きく遅れています。そこで、本研究では、従来型の地拵え・植栽・下刈り方法を抜本的に見直し、植栽後4～5年までの育林コストを従来型の50%程度まで削減するために必要な技術開発を行うことを目的とします。

本研究の課題構成と内容

本研究プロジェクトは次の3つの中課題から構成されています。

【中課題1：コンテナ苗・大苗等を利用した省力的育林作業システムの開発】

担当：徳島県農林水産総合技術支援センター森林林業研究所・高知県立森林技術センター・森林総合研究所

省力的な再造林を実施するための有効な植栽素材としてのコンテナ苗、大苗等を効率的に育苗・生産する育苗技術を開発します。植栽と省力的な下刈りを組み合わせたスギ林育成技術による苗木や成林過程への影響解明、初期保育コストの低減効果を通して低コスト育林技術を開発します。また、効率的な苗木の運搬から地拵え、植栽、下刈りまでの機械化による省力で低コストな育林作業システムを考案し、それらのコスト分析を通じ、最適育林施業選択のための育林コストシミュレーション手法の開発につなげます。

【中課題2：再造林初期における下刈り軽減オプションの提示とシカ食害軽減手法の開発】

担当：九州大学・宮崎大学・森林総合研究所

再造林地における再生植生の回復ポテンシャルを広域的に評価し類型化を行い、それぞれの類型を決める要因を明らかにします。さらに、森林管理で試行されている実際の下刈軽減施業事例の収集に基づき、再生植生のポテンシャルと施業オプションの組み合わせによる下刈り労力軽減の可能性の分析を行うとともに、再造林地での植栽木と再生植生の競合メカニズムを実験的に解析することで、実験的・実証的な根拠に基づき、成林可能な下刈り軽減施業オプションを提示します。また、シカ食害の影響下での大苗植栽および再生植生、無下刈り適合品種の利用による低コスト再造林手法の開発を試みます。

【中課題3：低コスト再造林支援システムの開発】

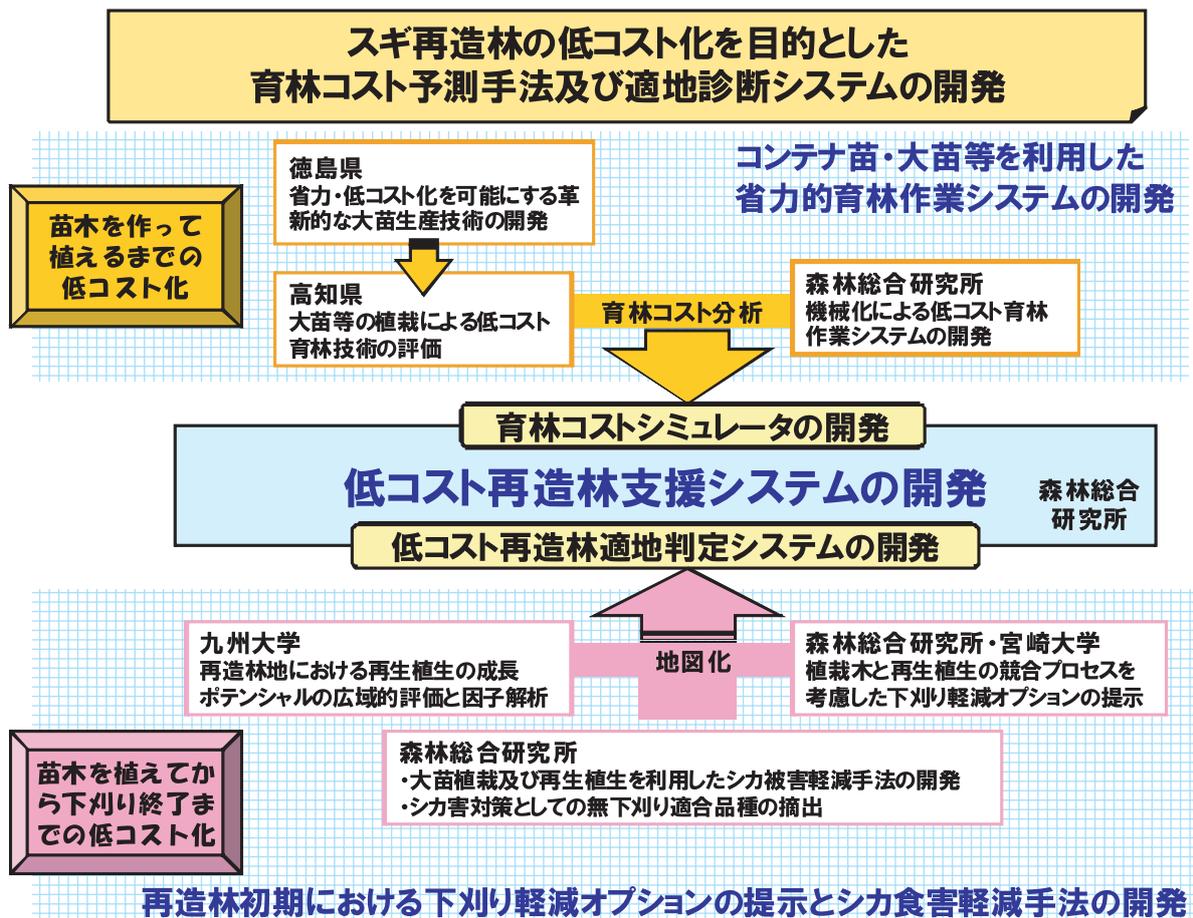
担当：森林総合研究所

中課題1、2の成果から再造林のための育林コストと立地条件等のパラメータを決定し、育林コストシミュレータとGISを利用した再造林適地判定システムを開発し、林業現場の状況に適合した植林初期過程での低コスト造林支援システムの構築を行います。

達成目標と期待される効果

植栽後5年程度までの再造林コスト（直接経費）を従来の50%（50～60万円/ha）に削減する

ため、コンテナ苗や大苗を用いた植林作業の機械化技術の開発、低コストな下刈り技術の開発、最適な低コスト作業方法の選択を可能とする支援システムの開発を行います。本技術開発は西日本地域のスギ人工林を対象に行いますが、研究により開発したシステムに作業コストや立地条件等に関わる各種パラメータを入れ込むことによって、他地域での利用も可能となるシステムです。また、国の「森林・林業基本計画」、「美しい森林づくり推進国民運動」および「温暖化対策10カ年計画」の目標達成のための森林整備の着実な推進と中山間地域の経済活性化に対して、重要な役割を果たすものと考えます。



森林における土壌炭素量推定の精度向上を目指して —森ヶ内における土壌調査から—

森林生態系変動グループ長 酒井 寿夫
研究調整監 鳥居 厚志
本所・立地環境研究領域 吉永秀一郎

本所立地環境研究領域と四国支所では、平成18年から、農林水産省プロジェクト研究「地球温暖化が農林水産業に及ぼす影響評価と緩和及び適応技術の開発」の中で、“流域スケールにおける数値地形情報を用いた森林土壌炭素蓄積量推定法の開発”という課題に取り組んでいます。

最近では、人々の地球温暖化防止への関心の高まりにより、森林が炭素を貯める働きにも関心が寄せられるようになりました。気候変動に関する情報を集めている国際機関のIPCCは、2007年に温暖化予測を発表しましたが、この根拠となっている大気中のCO₂濃度の予測については、まだ多くの“不確かさ”があることを認めています。この原因の一つとしては森林の炭素吸収量の見積もり精度の不十分さがあげられています。つまり、森林のもつ炭素貯留量を推定する方法の精度を上げることは、IPCCの温暖化予測

に大きく貢献することになるのです。

“日本の森林土壌がどれくらい炭素を貯めているのか？”ということについては、林野庁が1947年から約25年余にわたって、造林地の適地判定をするために全国の土壌調査事業を進めてきたおかげで、私たちはそのおおよその量を知ることができます。日本の森林の8割を占める褐色森林土の土壌炭素量の平均値（±標準偏差）は、乾性型のもので $7.9 \pm 3.8 \text{ kg C m}^{-2}$ 、適潤性のもので $9.2 \pm 3.6 \text{ kg C m}^{-2}$ です（Morisada et al., 2004）。しかし問題は、この標準偏差からもわかるように、土壌炭素量の測定値がとても大きな範囲をもっていることです。この大きなバラツキを生み出した原因がわかれば、それを考慮して土壌炭素量を計算できるので、現在のように単純に掛け算をする（土壌炭素量の平均値×森林面積と計算する）よりは、精度よく広域の土壌炭素量を知ることができるようになります。

現在、私たちが目にしている土壌の姿は、岩石・気候・生物・地形・時間という自然条件のもとで形づくられてきたものですが、これらの条件は土壌炭素量にも影響しています。これら5つの自然条件のうち、高知県四万十町の森ヶ内では、地形と土壌炭素貯留量の関係を明らかにすることを目指して調査の設計を行いました。調査地点は、総務省が緯度と経度によって定めている3次メッシュと呼ばれる格子の交点とその中心点としました（図1）。この理由は今後さらなる広域評価へとつなぐことを念頭に置いて、この調査で得られる土壌のデータと3次メッシュで提供されている全国の数値情報（国土数値情報など）との関係を調べやすくするためです。

2008年12月に予定していた27地点の土壌調査が終わって、2009年2月には分析が完了しました。一番の目的である地形との関係は現在解析中ですので、ここでは調査地に出てくる土壌型やその土壌炭素量について紹介します。調査地の地質は中生層の堆積岩で、海拔高の平均値（範囲）は564m（342-774m）、平均傾斜度（範囲）は35.6°（16-48°）で、急斜面が多いのが特徴となっています。出現した土壌はほとんど褐色森

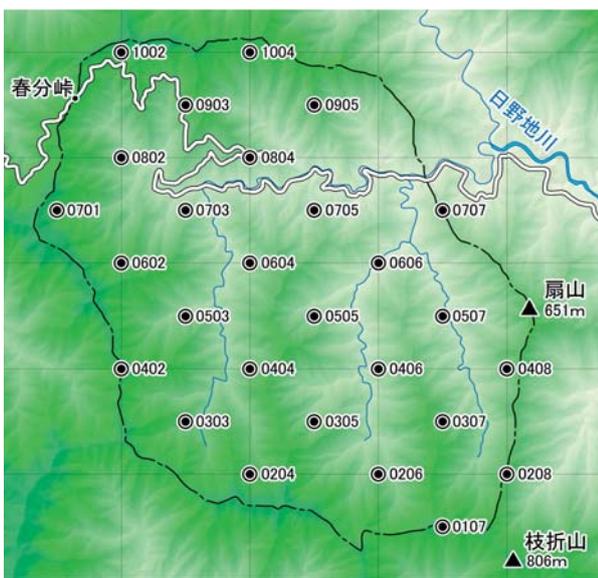


図1 森ヶ内流域における土壌調査地点（国土地理院の基盤地図情報10メッシュをもとにカシミールで作成）

林土に分類できました。その内訳は、乾性のB_B型が3つ、弱乾性のB_C型が7つ、適潤性偏乾亜型のB_{D(d)}型は13個、適潤性のB_D型が3つ、未熟土のI_mが1つでした。土壤炭素量(0-30cm)の平均値とその標準偏差は、乾性型の褐色森林土(B_B, B_C)では $7.3 \pm 2.0 \text{ kg C m}^{-2}$ (10断面)、適潤性(B_{D(d)}, B_D)では $7.0 \pm 3.1 \text{ kg C m}^{-2}$ (16断面)でした。調査地の流域面積は14km²ほどでしたが、ここでの土壤炭素量の測定値は、前述の全国集計ほどではないですが、やはりデータのばらつきが大きいこと、そして森ヶ内の土壤炭素量の平均値は全国よりやや低いことがわかりました。

現地調査は、地形図とGPSを頼りに、予定している調査地点にたどり着くというやりかたで

したが、四国の急峻な山の中を歩いて行くということで、やや大変だったように感じました。

“本当にこんなところを歩いて行くの?”という場面も少なくなかったように記憶しています。しかし、この調査には本所と四国支所から総勢26人の森林および森林土壤の研究者が参加しましたが、大きな事故もなく無事に終わられたことにホッとしています。この“四国の森を知る”は写真がきれいに印刷されますので、苦労した記念に、写りのよい土壤断面の写真をここに掲載しておきたいと思います(写真1)。

最後に、四万十森林管理署および窪川森林事務所のみなさまには、この研究への理解を示していただくとともに、国有林での調査を許可していただきました。ここに感謝の意を表します。



写真1 森ヶ内で見られたさまざまな「土の顔」
各写真の左下に土壤調査地点番号(図1と対応)と土壤型を示した

森林生態系における樹木細根の動態とその調査手法

森林生態系変動研究グループ 野口享太郎

森林における樹木根の多様な役割

樹木の根は数百kg以上にもなる樹木の体を支えており、重量にすると全体の20~40%を占めています。このことは、樹木が光合成により吸収・固定した炭素の多くを地上部だけでなく地下部にも貯蔵していることを意味しています。樹木の根は多くの枝分かれを経て細くなってゆき、先端部では直径1mm以下の根がほとんどになります。樹木の根は水分や養分を土壌から吸収しますが、この吸収機能において中心的な役割を果たすのが、先端部の細い根です。

これらの細い根は、一般に「細根」と呼ばれています。厳密な定義はありませんが、これまでの森林研究では直径2mm以下の根のことを細根とするのが一般的です。前述のように細根は高い養分吸収活性を有し、樹木の生育に欠かせない器官です。一方、最近の観察技術の進歩により、細根の寿命は意外と短く、数ヶ月~数年の間に発生→成長→枯死→脱落のサイクルを繰り返していることが明らかになってきました。つまり、細根は土壌から養分を吸収するだけでなく、落葉と同じように森林土壌に有機物や養分を還元していると言えます。

このような細根の性質は、森林全体の物質生産量を知る上でも大変重要です。細根の重量は森林全体の数%以下に過ぎません。しかし、枯死しては新たな細根を生産するというサイクルを繰り返すため、細根生産のために投じられる光合成産物の量は森林全体の10%~60%におよぶと考えられています。

わが国の森林における樹木細根の研究

調査に労力と困難を伴うことも多いため、細根の研究例はそれほど多くありませんが、国内の森林における細根現存量に関する報告を整理

してみると、

- ①データの多くは針葉樹人工林のもので、調査地域が限定されている
- ②報告された細根現存量は、欧米の報告例と同様かそれよりも小さい
- ③細根現存量は斜面上部の乾きやすい立地で大きく、斜面下部の湿潤な立地では小さいことが分かってきました (Noguchi et al. 2007)。特に、③については森林のタイプ(樹種)や地域に関わらず見られる現象であることから、森林の多くが山地に分布するわが国では、樹木細根の動態を理解する上で常に考慮すべき要因と言えます。一方、細根生産量(1年間に生産される細根の量)の報告例は、細根現存量の報告と比べてさらに少なくなります。細根現存量と同様に、斜面位置の影響を強く受けるとする報告も一例ありますが (Tateno et al. 2004)、今後、さらに検証を進める必要があります。

なお、四国では高知県のヒノキ人工林で細根現存量を調査した例があります(酒井・井上1986)。この研究では、斜面位置の異なる3林分を比較していますが、その結果、細根現存量(直径2mm以下)は1ha当たり約2.2~7.3tで、他の国内の森林と同様に、斜面上部の乾きやすい林分ほど大きいことが明らかになりました。一方、細根生産量に関する研究は、四国の森林では、まだほとんど手つかずのようです。

森林の細根生産量を測る方法

細根生産量の測定手法は未だ発展途上にありますが、初期の研究に始まり現在でもよく利用される手法として「連続コアサンプリング法」や「イングロースコア法」があります。

連続コアサンプリング法は、一定体積の土壌中の細根現存量を定期的に(例えば1ヶ月に一度)繰り返し測定し、その経時変化をもとに細根生産量を推定する方法です(図1)。国内の研究例としては森林総研が30年生スギ人工林を調査した例があり、細根現存量や細根生産速度が夏季に最大値を示すことなどを明らかにしてきました (Konôpka et al. 2006)。この手法は、細

根現存量を精度良く推定できるほか、安価に実施できることが長所です。一方、採取した土壌サンプルから細根を分ける作業に多大な労力がかかるほか、サンプリングを繰り返し行うことによる調査地の攪乱が大きいと、長期の調査には不向きと言えます。

イングロースコア法は、根を取り除いた土を円筒形のメッシュバッグに詰めて埋設し、一定期間中（例えば1年）に侵入してきた細根の量を細根生産量として求める方法です。この方法は安価であるほか、土と細根を分ける作業にかかる労力が小さいことも長所です。一方、根を取り除くなどの処理をした土を用いるため、メッシュバッグ中の環境条件が自然条件と大きく異なることが欠点とされています。

また、最近になり普及してきた方法に「ミニライゾトロン法」があります。この方法は、地中に埋設した透明な管の表面に出現した細根を定期的に観察し、その消長から細根生産量を推定する方法です（図2）。この方法の長所は、個々の細根の一生（発生～消失）を非破壊的に観察できることで、短期間に消長を繰り返す細根を解析するのに最適な方法と言えます。また、調査地の攪乱を最小限に抑えることができ、長期観測に向いています。一方、得られる情報が画像データに限られるため、重量としての細根生産量を推定するために、いくつかの仮定を含む計算を行う必要があるのが欠点です。

このように、これまで使われてきた手法にはそれぞれ一長一短があります。したがって、今後、研究をさらに進めるためには、調査地の状況や研究環境に応じて使いやすい手法を導入することが重要です。わが国では森林の多くが山地に分布し、急峻でアクセスの悪い場所も少なくありません。このような条件において研究事例を増やすためには、これまで以上に簡便な手法の開発も必要になると考えられます。

最後に

ここまで、森林生態系における樹木細根の重要性、わが国における細根研究の現状、細根生産量を測る方法について紹介してきました。近年になり、特に地球温暖化問題などの環境問題に関連し、森林の物質動態を高い精度で評価することが求められています。これまでデータの少なかった森林の地下部、特に細根の動態についての知見を増やしてゆくことは、四国をはじめ各地の森林の物質動態について理解を深める上で、重要な課題の一つと言えます。



図1 コアサンプリングにより採取された土壌サンプル

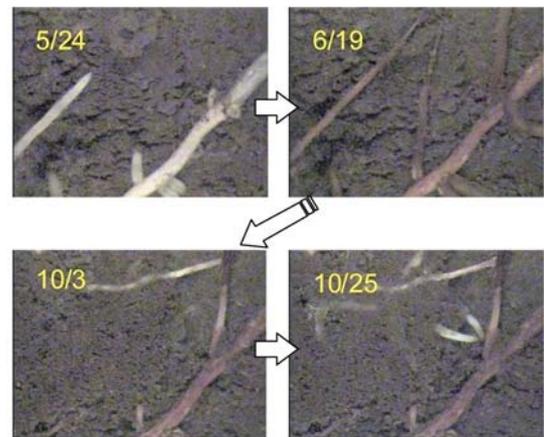


図2 ミニライゾトロン法により撮影されたスギの細根
6月19日～10月3日の間に一部の根が消失し、新たな根が伸長している。（野口ら2003を改変）

四国の森林・林業解説シリーズ（3）

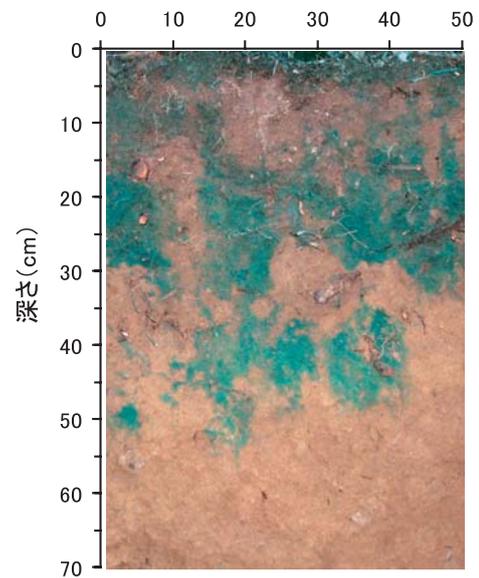
土の中の巨大穴 —Macropore の役割—

森林生態系変動研究グループ 篠宮 佳樹

写真は高知県の天然林で土壌の地表面に食品用の色素を混ぜた水を多量（雨量で約200mm相当）に散布した翌日の土壌の断面です。深さ0～5cmの最表層部はほとんどが着色していますが、深さ10～50cmの範囲では色がついた部分とそうでない部分が混在しています。色がついたのは水が通った証拠と考えられますので、水が浸透する時は上から下へと徐々に浸透するのではなく、浸透しやすい部分とそうでない部分があることがわかります。

このような現象が起きるのは、水を保持する効果のある小さな穴に全ての水が吸いこまれずに、腐朽した根、土壌動物の活動、土の割れ目などによってできた大きな穴（以降、Macroporeと記します→大きな孔の意）を素早く通るためと考えられています。そのため、豪雨時には土壌で保水できなかった雨水をMacroporeの移動の速さとそのネットワークを通じて基岩や斜面下方へと短時間に排水させることができます。このことは表土流亡の原因となる地表流や、土壌が水浸しになって山崩れが起こるのを防いでくれています。さらには土壌中の水に溶けている養分が流失してしま

うのも抑えてくれるようです。四国地方のように豪雨の回数の多い地域では、Macroporeの役割はとても大切といえます。森林土壌の研究分野では、以前は土の保水機能に注目する研究が主でしたが、排水能力が高いという特徴を持つMacroporeに対する関心が高まりつつあります。



色水散布後の土壌断面（撮影：篠宮佳樹）

お知らせ

【一般公開日程が決定しました！】

恒例の四国支所一般公開を下記の日程で開催します。今年も楽しい企画がいっぱいです。

親子で参加すると、もっと楽しいかも！？

日時：11月7日（土）9:30～15:30

場所：森林総合研究所四国支所

<主な催し>

飾り炭を作る体験コーナー、科学の体験コーナー、公開講座etc….

* 来所者にはもれなくお土産を差し上げます。

四国の森を知る No. 12

平成21年 8月発行

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>

* 本誌からの転載・複製する場合は、森林総合研究所四国支所の許可を得てください。