

研究成果

森林総合研究所の

その1

森林内の放射性セシウムの
分布と影響、
および除染等への取り組み

研究グループを作り現地調査や研究を進めるとともに、放射性物質影響調査監を設け、体制を強化しました。

ここでは、森林総合研究所の取り組みをいくつか紹介します。

植物生態研究領域
森林植生研究領域
立地環境研究領域
水土保持研究領域
氣象環境研究領域
木材特性研究領域

○ 分布調査
● 渓流水調査

カマツ林を比較しま
木を伐採し、葉や枝
け、土壌や落ち葉も
析の結果、部位によ
ム濃度は大きく異な
汚染レベルは調査地
の空間線量率から推
定できることなどを
明らかにしました。
また、樹種による違
いが見られ、コナラ
は林床の落ち葉に放
射性セシウムが最も
多く蓄積し、スギは
林床だけでなく樹冠
の葉にも放射性セシ
ウムが多く蓄積して
いることがわかりま

スギ

成分	割合 (%)
葉	37%
落葉層	33%
土壌	18%
枝	11%
樹皮	1%
幹材	0%

コナラ

成分	割合 (%)
落葉層	54%
土壌	24%
葉	12%
枝	8%
樹皮	2%
幹材	0%

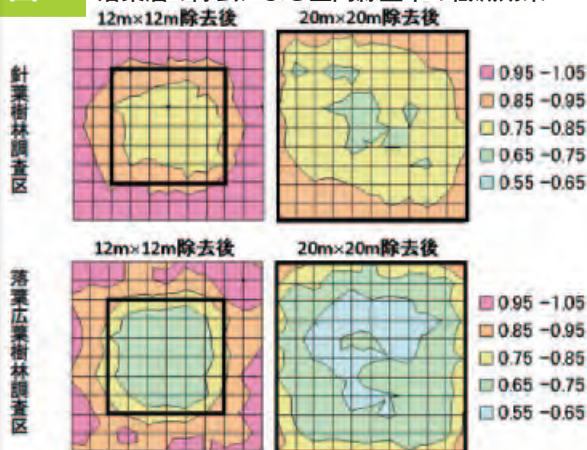
業が進む中、農村部では都市部や学校の除染作
周辺の森林からの影響が
心配されました。森林か
らの影響を低減させるた
め、福島県とともに森林
除染試験を行いました。
除染に当たっては最も多
く蓄積している部分を除
去するのが効率的です。

放射性セシウムの分布調査から予測できるように、コナラなどの落葉広葉樹では、落葉層の除去が比較的簡便で有効であることを確認しました(図3)。一方、針葉樹の場合は樹冠の放射性セシウムも影響すること、樹冠の葉が落葉するので継続した落葉除去が必要であることなどを示しました。このような除染作業で取り除いた落ち葉や枝葉は、かさばるので広い保管場所が必要です。少しでも容積を減らせるよう、ペレット形成による減容化に向けた技術開発も進めています。

この他、比較的早くから心配されたのはきのこ類です。きのこ類には食品の放射能汚染に対する暫定基準があります。また、きのこは放射性セシウム

図3

落葉層の除去による空間線量率の低減効果

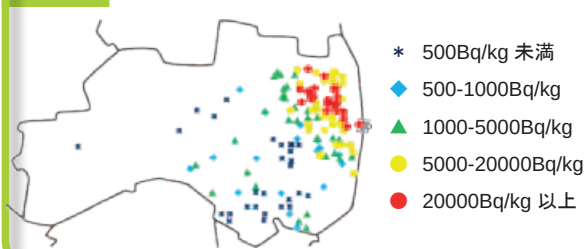


針葉樹林調査区(上)と落葉広葉樹林調査区(下)における下草・落葉除去による空間線量率(高さ1m)の低下割合の分布(除去前の空間線量率に対する比)

を蓄積する傾向があることは研究者にはよく知られていますが、シイタケ原木の汚染状況や原木やおが粉からの移行係数を調べました。また、きのこのへの移行を低減させる技術として、おが粉にセシウムの吸着剤を混ぜる試験にも取り組み、プルシアンブルーやゼオライトなどの低減効果を見いだしました。

秋になると、翌春のスギ花粉に放射性セシウムが含まれるのではないかとという心配が寄せられました。花粉発生前に予想できれば、予防する研究に取り組みました。花粉が雄花の中にできはじめる11月頃から、福島県を中心に日本の多くの県から雄花を集め、測定した結果、福島県内の雄花の放射性セシウム濃度は空間線量率マップと同じような分布をしました(図4)。

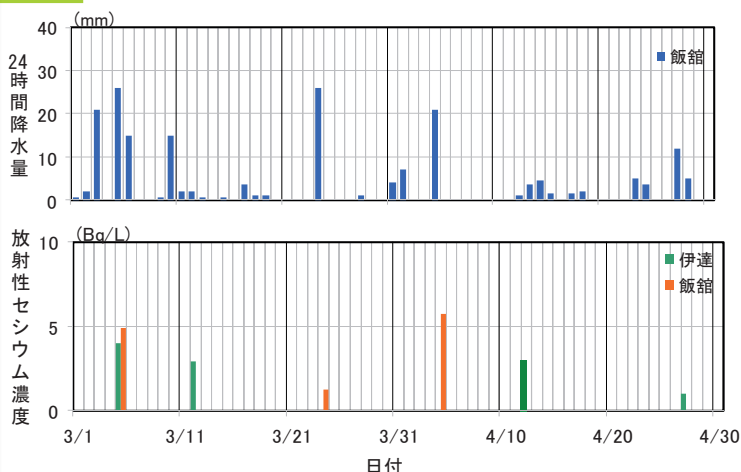
図4 スギ雄花の放射性セシウム濃度とその分布



また、全採水回数のうち97%は1リットル当たりの検出限界以下でしたので、雪解け水による影響はほとんどないと考えられました。検出された場合も、降雨後の濁った渓流水の一部のみで、最大濃度は5.9ベクレル/リットルでした(図5)。さらに、懸濁物を濾過して除くと検

出されませんでしたので、イネなどの植物が吸収しやすい水溶性のセシウムは含まれないことがわかりました。落葉が分解したり、樹木がセシウムを吸収したりして、森林生態系内を放射性セシウムは循環していますので、その分布は毎年変化していくでしょう。放射性セシウム137の半減期は30年と長いので、放射線の影響は長期間続くものと予想されます。放射性セシウムの分布調査や生物影響については今後も継続して観測し、対応を検討していく予定です。

図5 渓流水の放射性セシウム濃度と日降水量



伊達と飯館の渓流水の放射性セシウム濃度(下図)と近傍のアメダス観測地の降水量(上図)

地盤改良杭としての間伐材の利用

―間伐材の土木利用拡大を目指して―

木材改質研究領域、
構造利用研究領域

軟弱地盤上に工作物（建築物や橋、盛土など）を造る際、工作物が沈下しないように地盤へ木杭を打設することが、かつては当たり前のように行われていました。昭和三十年に木材資源の保全を目的に、「杭、柱等は、鉄鋼、軽金属、コンクリート等の耐久製品につとめて切替えるよう必要な措置を講ず

る」という方策が出され、木杭を用いた地盤改良の技術は失われることとなってしまいました。研究グループでは、このような、近年間伐材を利用していない地中や海岸を間伐材利用のフロンティアと位置づけ、技術開発・研究を行っています。

地盤改良のために木杭が用いられなくなつてから五十年以上が経過し、その当時植林した森林は十分成熟しました。当時とは状況が全く変化した今日、コンクリート等の資材を間伐材に変えていくことが国土の保全に必要となつていきます。その際重要となるのが、間伐材供給先の確保です。我々の研究グループでは、近年間伐材を利用していない地中や海洋を間伐材利用のフロン

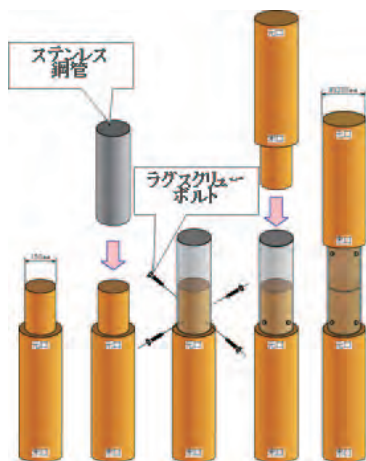
ティアと位置づけ、農林水産省新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「フロンティア環境における間伐材利用技術の開発」として、飛鳥建設（株）、早稲田大学、（独）港湾空港技術研究所、（地独）北海道立総合研究機構林産試験場と共同で実施しました。本稿では、その中から地中における間伐材利用に関する研究について説明します。

また、木杭を用いた設計法も失われていたため、木杭による液状化および地盤流動化抑止効果を実験によつて検証し、その結果に基づいた設計法を整備する必要がありました。以下、それぞれについて説明していきます。

森林総合研究所では、木杭の保存処理や接合間伐杭の製造に関する研究や、丸太として利用した際の強度性能に関する研究を担当・実施しました。

木杭を地下水面以深で使用するれば腐朽や蟻害によつて劣化することなく長期間使用することが可能ですが、使用箇所を限定することになるため木杭を活用できる地域が制限されてしまいます。そこで、木杭の活用範囲を広げるために地下水面で浅部を木材保存剤で

短くて安い丸太を繋げ、
長くして地中に打設する技術を開発



エネルギーを使わず、丸太が乾く際の水分移動
だけで必要な部分に薬剤を入れる技術を開発



処理する技術を検討し、生材が乾燥する際の水分移動を薬剤処理の駆動力とすることで、高価な装置を使用せずに、処理したい材末端から所定の高さまで薬剤で保存処理する方法や、丸太表



実験に使用した遠心載荷装置
(写真提供：(株)大林組)



接合間伐杭の打設試験の様子

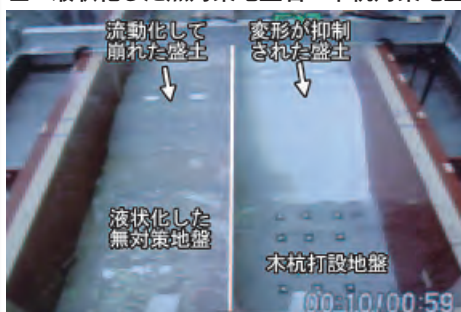


接合間伐杭の曲げ試験

面に傷を付けた後、処理したい部分を木材保存剤に浸漬する処理法を開発しました。

加振後のモデル地盤

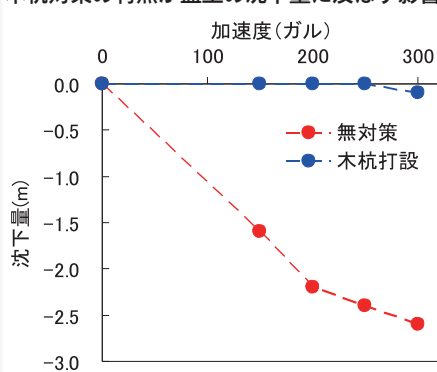
左：液状化した無対策地盤 右：木杭対策地盤



木杭より液状化が抑えられています

木杭の加工に関しては、間伐杭の接合方法についても検討しました。現在流通している間伐材は一般的には長さ四メートル以下のものが標準となっています。しかし、場合によっては地盤対策を必要とする深さが八メートルを超えることもあります。このような深い範囲を一本の長尺杭で処理しようとする、杭の調達が困難でコストの増加につながってしまいます。そこで深い範囲を安価に処理するための接合技法は、二本の間伐材の端部を鋼管や塩ビ管に通し、間伐材と管とをラグスクリューで固定するというものです。この接合間伐杭の曲げ試験により、被せる鋼管等の長さや使用するラグスクリューの本数と強度特性との関係が把握できたため、接合間伐杭を打設する

木杭対策の有無が盛土の沈下量に及ぼす影響



現場に応じて鋼管等の長さやボルト本数を変更し、打設現場に適した仕様とすることが可能です。その他、木杭に用いる丸太の強度性能についても検討しました。従来、間伐材の強度性能に関する研究は、住宅部材を想定し製材した乾燥材を用いて実施されています。これに対し木杭の場合は、打ち込んだ地盤が湿った状態となることが想定されるため、湿潤状態における強度性能の把握が重要となります。また、形状も、角材ではなく円柱状でしかも場合によっては上下異なる径での使用となります。そこで、湿潤状態の丸太について強度試験を実施し、その結果から木杭用丸太の設計強度を設定しました。また、木杭打設が液状化や地盤流動化に及ぼす効果について、打設間隔を

浦安市で試験施工を実施(飛鳥建設他)



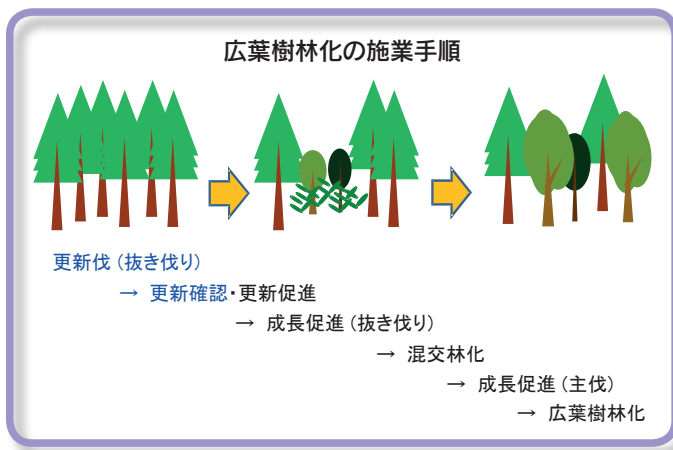
変えた場合や打設深さを変えた場合の効果も、小型・中型の振動台実験や重力加速度の五十倍の遠心力をかけた遠心載荷場での振動実験によって、飛鳥建設及び早稲田大学が検証しました。これらの実験は、杭を打設する条件とその効果とを各種装置を用いた実験により科学的に実証することを意図して実施したものです。今回の検証により、木杭を打設した地盤では木杭を打設しない地盤に比べ、工作物の沈下が抑えられること、木杭の打設間隔を狭めるほど激しい揺れに対しても液状化しにくい地盤とすることができるとなどが分かりました。現在、これらのデータに基づき、木杭を用いた地盤対策の試験施工や実施工が始まっています。

広葉樹林化のための更新予測 および誘導技術の開発

森林植生研究領域、
森林遺伝研究領域、
森林微生物研究領域、
東北支所、四国支所、
九州支所

我が国の森林は、50年生以上の人工林の割合が急増する中で、国土保全、水源のかん養、生物多様性の保全など森林の持つ多面的機能のさらなる発揮が期待されています。森林・林業基本計画において、広葉樹林化や長伐期化等の多様な森林整備の推進が掲げられましたが、人工林の広葉樹林化は全く新しい試みですから、新たな技術開発が求め

られていました。森林総合研究所は、4つの大学（東北大学、三重大学、東京農業大学、静岡大学）、林政総合研究所および北海道立総合研究機構林業試験場他10都道府県の試験研究機関と共同で、広葉樹林化のための更新予測および誘導技術の開発に取り組みました。

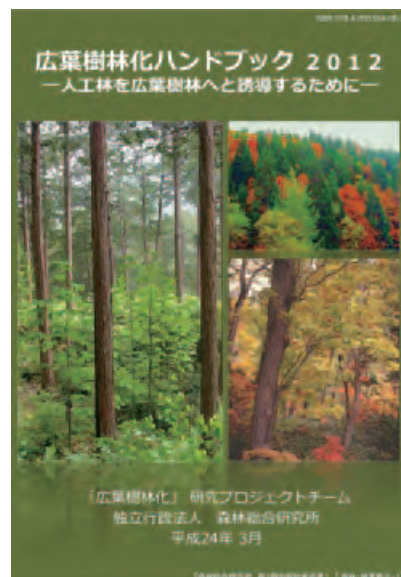


この研究は、農林水産省新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「広葉樹林化のための更新予測および誘導技術の開発」として平成19～23年度の5年間にわたって実施されたもので

す。得られた成果は、「広葉樹林化ハンドブック2010」「広葉樹林化ハンドブック2012」の二つの冊子にまとめて公開されています（http://www2.fpri.affrc.go.jp/labs/bl_pro_1/top.html）。2010年版（「広葉樹林化ハンドブック2010」）では、天然更新の可能性を判定する方法や、広葉樹林化の適地の判定法について解説しています。2012年版では、①天然更新を促進し、更新を確実にする方法、②植栽による更新の新しい手法や考え方、③公益的機能を維持向上させるための施業／評価方法、④更新作業の妥当性を検証し、確実な更新に導くための方法、⑤更新を完了させるまでの施業の流れ図と作業例、の5つについて、広葉樹

林化の考え方や施業法を解説しています。

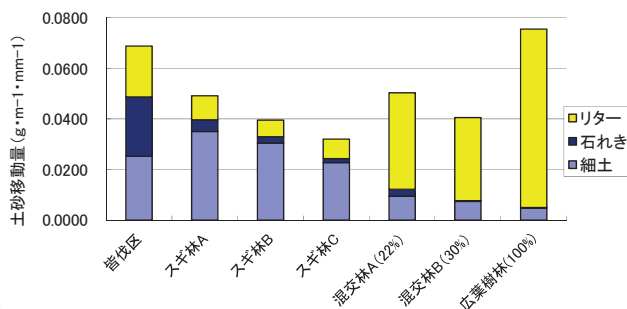
天然更新の可能性を判定する方法としては、現場での前生稚樹の存在の確認の重要性がまず強調され、人工林成立前の土地履歴や隣接する広葉樹林からの距離、前回の間伐からの経過年数、尾根や谷といった地形など、種々の要因を考慮した前生稚樹の侵入予測モデルが各地の人工林について作成されました。このモデルの中で重要な要因として抽出された隣接広葉樹林からの距離、過去の土地利用履歴などをもとに、ランドスケープレベルでの広葉樹林化適地判定手法を開発し、愛媛県や宮崎県



広葉樹林化ハンドブック2012

の人工林地域について、モデルの判定結果に対する検証を行い、有効性を確認しました（「広葉樹林化ハンドブック2010」）。スギやヒノキの人工林を抜き伐りして林冠ギャップをあげれば、林床の光環境が好転し、定着した広葉樹の稚樹が成長しやすい環境になります。しかし、その具体的な効果や持続時間につ

スギ人工林と混交林、広葉樹林内の土砂移動量



いては明らかにされてきませんでした。そこで林冠デザインモデルを開発して更新の成否を予測したところ、①環境の好転は一時的である、②一定以上に明るいと低木や高茎草本との競争に負ける場合がある、ことが予想されました。抜き切り方法や繰り返しスケジュールは、更新させたい樹種の特性に合わせ調整し、慎重に施業計画をたてる必要があることが示唆されました。

様性を確保するためには、各地域ごとに多くの林分で種子を収集する必要があることが分かりました。

外生菌根菌※¹と共生しないスギ・ヒノキの人工林内では、外生菌根性のブナ科などの広葉樹稚樹が順調に育つために必要な土壌中の菌が少なすぎるという問題があります。広葉樹稚樹が見られない一斉林や積悪地などでは特に共生菌の利用が有効で、あらかじめ共生菌を接種した苗を使うことで成長の促進が期待できます。新たに開発した簡易接種法を使ってツチグリやニセシヨウロ※²を接種したシイ・カシの苗木は、実験室で人工林伐採跡地のよう

な養分の乏しい積悪土壌に植栽しても成長は良好で、現地に植栽した場合でも感染苗の成長は順調でした。

人工林内に広葉樹が定着することで森林の土壌保全機能は向上するのででしょうか？広葉樹の混交割合が異なるスギ林および周辺の混交林や広葉樹林において、土砂受け箱を用いて1年間の土砂移動量を調査した結果、広葉樹林や混交林はスギ林と比べて落葉（リター）

菌根菌感染苗の作り方とその効果

作り方

菌が増殖した土壌に穴の開いたポットを埋め込む

穴を通じて菌が侵入感染します

ポット苗

菌増殖土壌

成長促進効果



ウラジログシ



コジイ

菌根菌を感染させた苗を人工林皆伐跡地土壌にて6ヶ月栽培。左より、ツチグリ接種、ニセシヨウロ接種、非接種。

穴から内部に菌糸が侵入

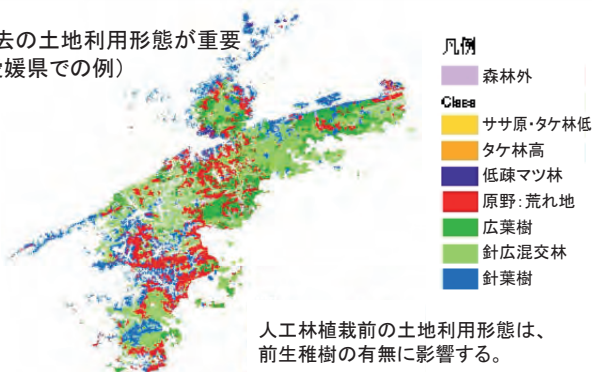
ツチグリ菌の簡易接種法

の移動が多く、土砂（土や石）の移動は少ない事が解りました秋田県大館市、2008年、年間降水量1,476mm。強度の抜き伐りによる広葉樹の導入は、土砂移動を抑える効果を発揮するといえます（「広葉樹林化ハンドブック2012」）。

多様な森林の育成が求められる中で、広葉樹林の育成も一つの選択肢となつてきます。今後フォレストスターなど地域の森林計画を支援する皆さんが、森林所有者や現場技術者に向けて、広葉樹林への誘導について指導する場面において、これらの冊子を、技術的な参考として利用していただければと思います。

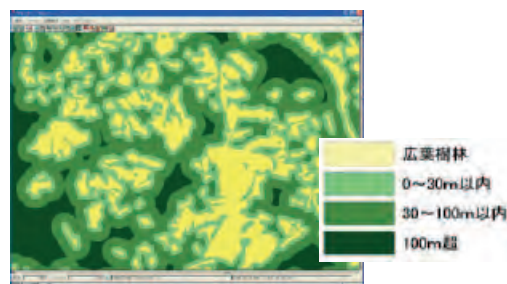
ランドスケープレベルでの広葉樹林化適地判定

過去の土地利用形態が重要（愛媛県での例）



人工林植栽前の土地利用形態は、前生稚樹の有無に影響する。

GISは広葉樹林化適地判定の効率化のための有力なツール



広葉樹林からの距離の計算や、重ね合わせ処理による適地判定が可能である。

※¹ 外生菌根菌：植物細胞内には入らず、細胞間隙に入るタイプの菌根を形成する菌類。植物の根と共生し、植物から光合成産物を得る一方で、水分やリンを吸収するのを助ける。

※² ツチグリ、ニセシヨウロ：いずれも、菌根菌の仲間。ツチグリは、名前（土栗）の通り、イガの開いたクリや柿の実のようなキノコ（子実体）をつくる。ニセシヨウロは、球形のキノコを作る。