



平成 30 年度 森林総合研究所関西支所

公開講演会要旨集

広葉樹林はお宝になるか？

～有効活用の可能性を探る～

日 時：平成 30 年 10 月 19 日（金） 13：00～16：30

会 場：龍谷大学響都ホール校友会館

ロビーにて、広葉樹の有効活用に向けた様々な研究や取り組みを紹介しています。併せて（国研）森林研究・整備機構の研究・事業の一部を紹介しておりますので是非ご覧ください。
また、各種パンフレットや広報誌を設置していますのでご自由にお取りください。



主催：国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所関西支所
共催：近畿中国森林管理局



【挨拶】

私たちの周りには様々なタイプの森林が存在します。スギやヒノキなどの針葉樹、コナラやブナなどの広葉樹、実に多種多彩です。それらの一部は私たちの生活においていろいろな用途に使われています。

スギ、ヒノキなどの針葉樹は主に建材等として利用されていますが、一方でコナラ等の広葉樹は資源量は決して少なくありませんが、現状の用途はチップ材、薪炭材等としての小規模なものに限られており、資源を有効に利用しているとは言い難い状況にあります。

“なぜ、広葉樹の利用は小規模で、有効には利用されていないのだろうか？”

資源のない日本にとって「広葉樹林」は貴重です。現状のような低い利用率の状態は宝の持ち腐れになってはいないでしょうか。

本公演会では、これらの疑問に答えるために、効果的な広葉樹利用を見据えた様々な視点での研究並びに各種事業に焦点をあて、その現状を紹介させていただくことにしました。これを機会に「広葉樹林」の効果的な利用がさらに促進されるよい機会となれば幸いです。

最後までごゆっくりお楽しみください。

国立研究開発法人 森林研究・整備機構
森林総合研究所関西支所長 大平辰朗

基調講演



広葉樹の遺伝資源としての重要性と保全

筑波大学生命環境系 教授 津村義彦

1. 広葉樹の地域資源の重要性

広葉樹林の多くは自然林として存在しています。人工的なものとしては公園や街路樹の植栽などがあり、癒しとかレクリエーションとしての機能を持っています。日本全体でみると広葉樹は用材目的で積極的な植林や育林活動は行われていません。これらの資源はこれまでに薪炭林、シイタケのほだ木、家具材などに活用されてきました。しかしながら、積極的な広葉樹の植林や育林が行われていないために、広葉樹材の自給率は1割程度だと言われています。そのため、現在の各地の広葉樹林の遺伝資源を保全し、今後の積極的な活用が期待されます。

同じ広葉樹の樹種でも地域によって持っている遺伝的特性が異なることが分かっています。樹種ごとに見てみると、ミズナラやコナラは中部山岳あたりで大きく北系統と南系統の2つの遺伝的系統が存在します(図1)。またオオモミジは北、中部、南部の3つの遺伝的系統があることが分かっています。ブナは日本海側、太平洋側と西日本系統の3つの遺伝的系統が存在します。また遺伝子だけでなく葉や堅果の大きさなどの形質にも地域的な違いが見られます(図2)。これらの違いは数十万年から数万年という長い時間をかけて形成されたもので、非常に貴重な地域資源となります。

2. 広葉樹自然林の保全と持続的な利用

このように長い時間をかけて形成された地域の広葉樹林を保全することは非常に重要なことです。地域の広葉樹林に植林をしてよりよい森林に育成する試みも行われています。この際に植栽する苗木の由来を確認する必要があります。なぜならばブナの事例で日本海側と太平洋側に生育するブナの自然林から採取した種子で育成した苗木を日本海側に植栽した場合、明らかに在来の日本海側の苗の生育が良く、太平洋側の苗は健全に生育しないことが分かっているからです。これは遠隔地や気候が異なる地域の苗は在来の苗と比べると生育している環境条件が異なるため、遺伝子や形質が植栽地に合わないことがあります。そのため、植林の際には在来のものと遺伝的に類似した苗木を用いることが重要です。日本で良く植林などに用いられる43樹種については遺伝的地域性が調査され公表されています(津村・陶山 2015)。これによると樹種ごとに遺伝的な地域性は異なりますが、ほとんどの樹種が日本列島の分布域に2~3区分程度の遺伝的地域が存在することが分かっています。広葉樹林の持続的利用のためには、少なくともこれらの遺伝的地域性を乱さないような植林活動を行っていくべきでしょう。

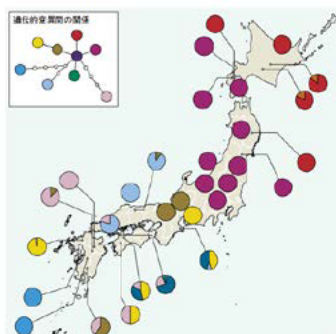


図1 ミズナラの葉緑体 DNA の遺伝的地域。
中部地域を境に北系統と南系統が存在する。



図2 ブナの葉の大きさと地理的変異



広葉樹林の持続的な利用のために

岐阜県立森林文化アカデミー 教授 横井秀一

1. 広葉樹材の利用と流通

日本における国産広葉樹材の素材供給量は、1975 年には 3,416 万 m³であったものが、2016 年には 219万 m³となっており、往事と比べると近年の供給量はかなり少ないです。その少ない供給量の内訳は、製材用4.3%、合板用 0.7%、チップ用 95.1% (2016 年) と、大半がチップとして利用されています。このことからわかるように、一般に、広葉樹林の伐採はチップ用材の収穫を主目的に行われています。価格が安いチップ材が主であるため、伐採方法は皆伐です。伐採された広葉樹のうちから、市場価値の高い樹種で、かつ径級が大きく素性がよいものが製材用材として流通します (図)。

現在の日本では、広葉樹が有効に利用されているとは言い難いです。広葉樹は、十把一絡げで「広葉樹」と呼ばれることが多く、また山仕事に従事する人は「雑」と呼ぶことも多いです。広葉樹をもっと有効に利用するには、利用したい人に、利用したい樹種を、利用しやすい形で届けることが必要になります。そのためには、樹種や形質を含めた資源状態の把握と資源管理が必要で、かつ、有効利用のための仕組みが必要です。

2. 広葉樹林の管理と利用

広葉樹を持続的に利用するなら、同時に、広葉樹の育成を考えなければなりません。利用と育成のパターンは、1) 利用しながら育成する／育成しながら利用する、2) 育成してから利用する、3) 利用してから再生させる、のどれかになります。現在の利用のしかたは、残念ながらほとんどが、利用するだけ(収奪)です。

どのパターンにするかは、現存する広葉樹林の状態と利用方法によって決めることになりますが、重要なのは広葉樹林を管理する人の能力です。樹種が同定できることはもちろんのこと、各樹種の生態的特性に応じた育成方法が提案できなければなりません。したがって、広葉樹林の管理ができる技術者の育成が、広葉樹林の持続的利用のカギを握っています。

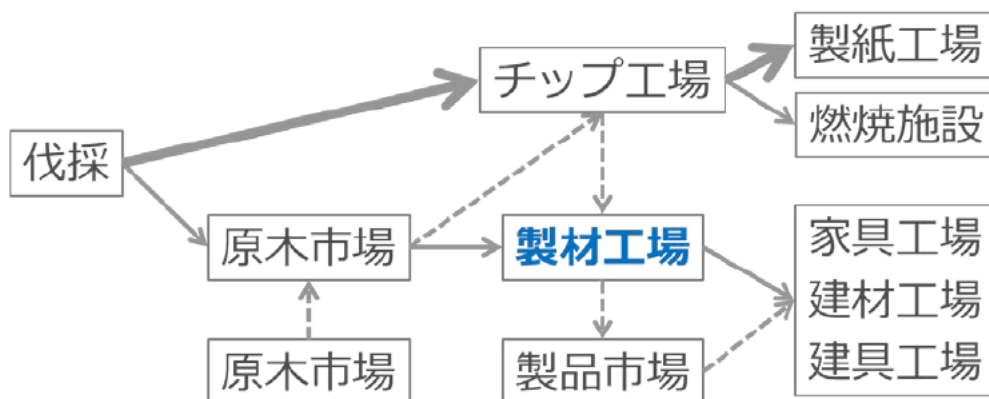


図 広葉樹材の主要な流通経路

研究報告





趣旨説明

関西支所森林生態研究グループ長 奥田史郎

1.はじめに

関西地域の自然林は土地利用の履歴が古く、脆弱な立地基盤に成立する森林も多いことから多様な形態の二次林が各地で優占しています。主に里の周囲に配置されていた広葉樹を主体とした二次林は、かつて燃料材の供給源であったばかりでなく飼料や日用製品を生み出す生活の場だったと考えられます。このような中山間地の二次林は資源需要の減退から放置されることが多くなり、ナラ類を中心に大径化してきて利用しにくくなってきているだけでなく、ナラ枯れなどによる樹木枯損も進行し森林の衰退も各地で目立つようになっていきます。

一方で海外からの広葉樹材の輸入減少、東日本大震災以降のきのこ栽培のための原木不足が東日本を中心に生じていること、薪ストーブの普及による薪材利用の増加など、広葉樹材の需要が増大している面があるものの、現実には広範な特定の広葉樹材のみが流通し、地域内での需要を賄うような地域消費の広葉樹資源の利用・流通が進む状況は実現していません。背景は色々ありますが、資源偏在や価格等からくる採算性の低さから資源として認識されていないため関心が低いこともネックになっていると考えられます。その解決策として、資源としての有効性を示すことが有効と考え、木質製品用、薪・ペレット用、原木利用などの多様な用途を提示し材の有効利用を図ることを目的としつつ、地域での広葉樹資源の持続的供給が可能な森林に再生させる手法について、他地域への応用も可能となる方策を提案する研究を実施することになりました。

2. プロジェクト概要

関西支所を中心としたメンバーで「広葉樹も多い中山間地で未利用資源をむだなく循環利用する方策の提案」を立ち上げました。研究内容としては、近畿圏（大阪府、京都府、滋賀県）の中山間地における木質資源の有効利用を目的として3つの実施課題の構成で「近畿圏における未利用木質資源の定量化」、「用途に応じた木質資源の潜在的供給力の評価」、「近畿圏における広葉樹資源利用の有用な需給事例の提示」です。一つ目は未利用木質資源の定量化を主目的としました。地域で資源利用を進める前段として、域内での資源がどの範囲にどの程度賦存しているのかその概観が重要であり、航空レーザ測量データや現地踏査による林分調査などのデータから資源量の推計を進めました。二つ目は、用途に応じた木質資源の潜在的供給力の評価であり、広葉樹材の利用が多様な用途に支えられるのを前提に用途別に林分単位での資源量を簡便に推定できるようにするために、樹種別の樹形解析等による径級別材積の推定や樹種別地域資源量統計値などから用途別の資源量の推定を行いました。三つ目は近畿圏における広葉樹資源利用の有用な需給事例の提示です。近畿圏ではかつては薪炭林として循環的に利用されてきた二次林が放置されるようになった中で、域内での薪やホダ木等の広葉樹資源の需給実態を明らかにすることで、生産者と需要者をつなぐ具体的事例等を提示し、安定的な流通の再構築に繋げることを目指しました。



広葉樹材の搬出も増えてきている



用途別に仕分けして利用



広葉樹はどのくらいある？

地上調査とリモートセンシングによる資源量評価

森林資源管理研究グループ 田中真哉

1. はじめに

戦後の燃料革命の後、用途の乏しくなった薪炭林は低質広葉樹林とみなされ放置されてきました。しかし、持続性の観点から、このように森林をただ自然に任せておくだけではなく、人の関与が必要であることが指摘されつつあります。また、放置された樹木が大径化して資源として充実しつつあることを背景に、今ある広葉樹を活用できないか模索する動きが出てきています。

利用されなくなった広葉樹林の活用を進めるには様々な課題がありますが、施業する場所を絞り込むため、どのあたりの山にどのくらいの資源があるのか事前に把握しておくことも重要です。今回の発表では、樹木や林分の高さを計測可能なリモートセンシング技術であり、近年活用の進みつつある航空レーザ測量のデータを用いた広葉樹資源量評価の研究についてご紹介します。

2. 「林分の高さ」を用いた広葉樹の資源評価

航空レーザ測量による資源評価は、様々な針葉樹人工林でその有用性が明らかにされてきました。しかし、広葉樹林の、特に国内山地での研究は限られています。そこでまず、現地の林分調査データを使って、林分の高さ（平均樹高）から広葉樹の材積を推定可能か分析しました。平均樹高には、最も一般的な算術平均樹高と Lorey の平均樹高（胸高断面積による加重平均樹高）を用いました。ふたつの変量を比較したところ、算術平均樹高は材積にはあまり影響しない下層木の多寡によって値が大きく変動するため、推定変量として適していませんでした。Lorey の平均樹高でもばらつきは認められましたが、加重平均樹高のため下層木の影響が小さく、算術平均樹高に比べると材積の推定に適していました。下層木の影響が小さいという特徴は、主に森林上層で反射された情報を得られる航空レーザ測量データとも親和的です。



広葉樹林での現地調査

Lorey の平均樹高に相当する情報を航空レーザ測量データから得られれば林分の材積推定に結び付くことが判明したことから、Lorey の平均樹高と航空レーザ測量データの統計量との対応関係を分析しました。その結果、対象とした広葉樹林では、針葉樹人工林でよく用いられる航空レーザ測量の点群データの平均値などでは、平均樹高を過大に推定することが明らかとなりました。そこで、現地での観察や既存の広葉樹林での研究成果を基に、偏りを補正するための方法を考案し、一定の成果が得られましたので紹介します。

今回の研究結果は、航空レーザ測量が広葉樹の資源量評価に有用であることの一例です。今後、様々な林分を対象に、考案した方法の妥当性などについて、さらに研究を進める必要があります。

謝辞：本研究を進めるにあたり、京丹波町から航空レーザ測量データの貸与を受けました。また、現地調査では、京丹波町、京丹波森林組合、永源寺森林組合の皆様にご便宜を図っていただきました。記して御礼申し上げます。



資源をむだなく使うには？

用途に応じた材積の推定

関西支所森林生態研究グループ 山下直子

1. 用途によって必要な幹のサイズが異なる

広葉樹は、家具、フローリング、木工品、薪、チップ等、様々な用途に使われていますが、それぞれの用途に応じて必要な材の大きさが違います。樹木は、一番太い主幹と複数の枝から成り立っていますが、通常では主幹部分のみが搬出され、枝は現場に置き去りにされてしまうことが多い状況です。現在、近畿圏の中山間地では、以前薪炭林であったところが放置され、大径化した樹木が目立ち、幹だけではなく枝もかなり太くなっています。これらの有効利用によって、林地残材を減らすことが期待されます。

2. 樹木のパイプモデル

未利用資源を有効利用するためには、実際に一本の木からそれぞれの用途に応じたサイズの幹や枝が、どれくらい採れるのかを把握する必要があります。樹木の幹は、小さなパイプの集まりで、植物の葉量と枝や幹の太さの間に一定の法則があれば、太さ別の材積推定が可能であることが報告されています (Shinozaki et al., 1964, Oohata and Shinozaki 1979)。これは、一定量の葉を支えるにはそれに対応した幹の断面積が必要であることを示しており、このような関係から、葉がついたパイプを束ねたものが一本の植物であるという「パイプモデル理論」が提唱されています。

3. 太さ別の材積推定

滋賀県大津市の龍谷大学瀬田キャンパス内の実験林「龍谷の森」において、近畿圏の広葉樹二次林で個体数が多く、様々な用途に利用可能なコナラを対象として、調査をおこないました。後藤ら(2003)によると、コナラの葉量と胸高直径との間には有意な相関関係があることから、パイプモデル理論を基に材積推定が可能であると仮定しました。本講演では、コナラの枝の太さ別に推定した個体の材積と、地域ごとの利用可能資源量について紹介します。

参考文献：Oohata, S. and Shinozaki, S. (1979) A statistical model of plant form -further analysis of the pipe model theory. Jap. J. Ecol., Jap. J. Ecol., 29:323-335.
Shinozaki, K., Yoda, K., Hozumi, L. and Kira, T. (1964) A quantitative analysis of plant form -The pipe model theory. 1 Basic analysis. Jap. J. Ecol., 14:97-105.
後藤義明・小南裕志・深山貴文・玉井幸治・金澤洋一 (2003) 京都府南部地方における広葉樹二次林の地上部現存量及び純生産量 森林総合研究所研究報告 387:115-147.



謝辞： 本研究は龍谷大学 宮浦富保教授はじめ同研究室メンバーとの共同で行いました。また、地域の資源量調査では、東近江市役所、東近江市永源寺森林組合の皆様にご便宜をいただきました。御礼申し上げます。



どう使う？近畿の広葉樹

関西支所チーム長（山村振興担当） 垂水亜紀

1. 広葉樹を取り巻く状況

かつて広葉樹は、薪炭としての燃料利用やシイタケ原木としての利用により、短い周期で伐採と更新が繰り返されていました。また、各地に多様な樹種の販路があり、伐採された木は山で仕分けされ、用材として最適な売り先へ販売されていたのです。しかし、木質燃料は石油燃料に替わり、シイタケも菌床による栽培が増加し、住民による山の利用は激減しました。また用材も、優良な大径材が大量に伐採され資源も乏しくなるとともに、石油製品による代替、外材の輸入により販路は減少し、その結果、近畿地方での広葉樹素材生産量の98%がチップ用原木として取引されるに至っています。ところが近年、その状況に少しずつ変化が起こっています。

2. 近畿の広葉樹（コナラ）の使い道

東日本大震災を契機に、シイタケ原木（コナラ）の一大供給地であった福島県からの出材ができなくなり、主にコナラを利用していたシイタケ生産者が多い東日本を中心に、原木価格が高騰しています。そのため、シイタケ原木を増産する事業者も出てきています。同じく震災以降、エネルギーに対する安心感を求める消費者の増加から薪ストーブの設置台数が伸びており、各地で広葉樹薪の需要が高まっています。近畿でも薪業者が増加し、今後も薪の生産は拡大傾向が見込まれます。また、伐採されなくなった広葉樹は大径化してきており、用材としての利用も十分可能です。これまでのような安定した外材の確保が困難になりつつある家具や内装材メーカーからも、国内の広葉樹を求める動きが出てきています。

3. 広葉樹の循環的な利用ネットワークをどう作り直すか

広葉樹が流通するためには①資源量把握の困難性、②広葉樹の伐採・搬出技術の特殊性、③広葉樹の樹種や使い道と最適な造材の仕方がわかる山側の人材の不足、④広葉樹を大量に取り扱う原木市場の不足、⑤広葉樹の製材・乾燥技術を持つ工場の不足など、各段階で大きな課題があります。しかしながら、個別に資源や人材を探しあて、ニーズのある事業者とのコンタクトを取りながら、マッチングを始めている地域も出てきています。近畿地方は北海道や東日本のように恵まれた広葉樹資源ではありませんが、近隣に多くのユーザーがいることが強みであり、多様なニーズに合わせて細やかな対応をすることで差別化を図るチャンスがあります。



写真1 市に出品されたコナラ材
(左から4枚目)



写真2 乾燥中の広葉樹薪

ポスター発表





毎木調査による広葉樹林のバイオマスの計算

森林管理研究領域 資源解析研究室長 細田和男

1. バイオマスを計算する3つの方法

毎木調査から地上部バイオマスを計算する方法には大きく分けて2つあります。1つはいったん林分の幹材積合計を算出してから、幹材積合計にバイオマス拡大係数（幹に対する地上部全体の比）と容積密度（ ton/m^3 ）を掛け算してバイオマスに換算する方法（方法①）、もう1つは、まずは樹木1本1本の胸高直径と樹高から地上部バイオマスを推定し、林分全体で合計する方法です。後者の方法をさらに細かく分けると、胸高直径と樹高の両方から推定する方法（方法②）と、胸高直径だけから推定する方法（方法③）があります。このような推定方法の違いにより、地上部バイオマスの推定値にどの程度の差が出るのでしょうか。近畿・中国地方で行われたコナラ、クヌギなど18か所の広葉樹林の調査データを用いて比較してみました。

2. 3つの計算結果の比較から分かること

真値に対する方法①～③の誤差の絶対値の平均は、それぞれ21.3、22.6、21.2 ton/ha でほとんど変わりませんでした。また、方法②と③による計算値はほぼ同じでした。単木ごとにバイオマスを計算してから合算する方法は、幹材積合計から換算する方法と大差がなかったことから、対象とする広葉樹林の幹材積合計が既知であれば、これにバイオマス拡大係数と容積密度を掛け算するだけでよいことが分かりました。また、単木のバイオマスの計算で、胸高直径と樹高の両方を用いた結果と、胸高直径だけを用いた結果はほとんど同じだったことから、新規に毎木調査を実施しようとする際は、胸高直径だけの測定でも構わないことも分かりました。

広葉樹は針葉樹に比べて樹頂が判別しにくかったり、斜立していることが多かったりと、樹高の測定がなかなか難しいことが少なくありません。さらに広葉樹林は、針葉樹の植林地に比べて立木の大きさや配置が不均一ですので、狭い標準地ではヘクタール当たりに換算したときの誤差が大きくなります。バイオマスの計算だけを目的とするならば、手間のかかる樹高測定は省略し、標準地の面積を広くするほうに労力をかけるのが合理的と考えられました。

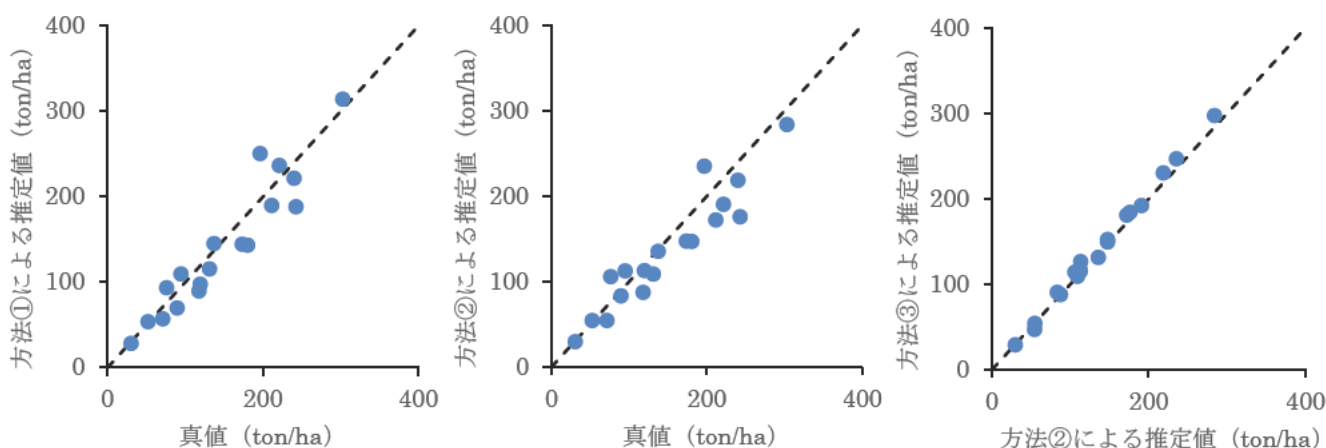


図 さまざまな方法で計算した地上部バイオマスの比較
斜めの破線は1:1を示します。



地域内の森林調査のための手法

ー境界調査における空中写真の活用ー

森林資源管理研究グループ長 齋藤和彦

1. 境界調査への取り組みの進展と空中写真利用の可能性

山林の境界については、以前から、国土調査法による地籍調査が行われてきました。そして、近年、森林経営計画に伴う境界調査や自治体独自の境界調査事業が加わり、その取り組みが強化されています。しかし、山林の境界は明治初期の地租改正まで遡る場合もあり、年々、関係者の不在村化や現地を知る地元住民の減少が進む中、困難さを増しています。

空中写真は境界に関わる土地利用の履歴調査に以前から用いられています。写真の蓄積や判読に関わる地物の明瞭さは地域で異なるため、空中写真の有用性も地域ごとに差があります。本項では、空中写真と滋賀県東近江市君ヶ畑の境界調査の結果および公図、森林計画図（以下、計画図）を照合し、その有用性を検証しました。空中写真の利用については、Agisoft 製 PhotoScan 等、簡易かつ効率的にオルソフォトが作れる SfM (Structure from Motion) ソフトが登場し、注目を集めています¹⁾。ただ、SfM ソフトは歴史が浅く、検証が十分ではありません。そこで本項では、両者を使用し、比較しました。

2. 結果

(1) オルソ化作業

今回は、全て旧 LicaGeo 製 LPS でオルソ化しました。当初、PhotoScan でも作業したのですが、写真が自動で並ばず手作業になりました。点群データも視差差や明度差が大きい領域で生成されず、穴が空きました（図 1）。SfM ソフトへの期待は高いのですが、現状では、ノウハウの蓄積が不足しています。

(2) 境界調査、公図、計画図と空中写真の照合

境界調査、公図、計画図の地番の区画の形や配置はバラバラでした（図 2）。これらの内、境界調査は、林分や境界の情報を所有者から得て行われており、最も信頼すべき情報です。空中写真でも、林相の境界の他、境界木らしい伐り残された広葉樹が判読できました。境界調査の原点となる公図は、地番の区画の形が不正確で、地形図と直に対応させることが困難でした。ここで空中写真を立体視すると、地形に対応している場合が多いことが見て取れました。

空中写真は、所有者からの情報や公図を、現地と結びつける仲立ちとして力を発揮すると考えます。

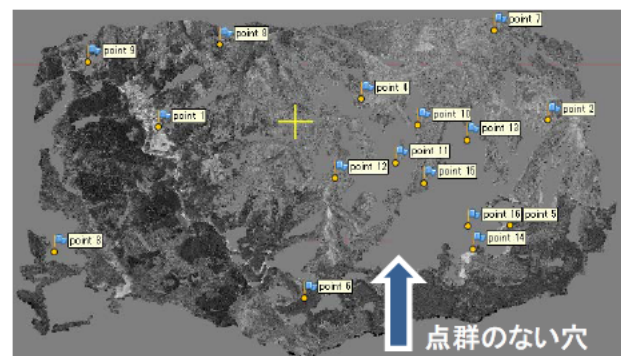


図 1 MKK752X C1-9, 10 の点群データ

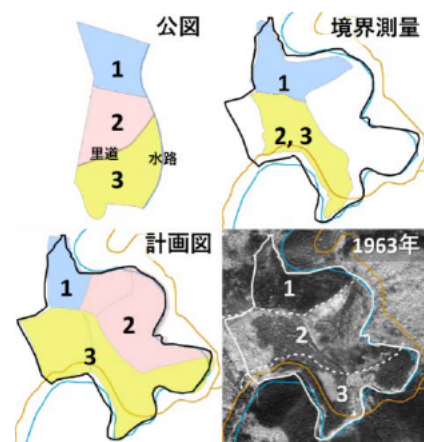


図 2 ある小字の地番の配置（道：茶、川：青）
※1963 年は判読した“歩道”（白点線）で区画

引用文献

1) 小林ら (2017) アナログ空中写真からの広域オルソモザイク画像作成の試み. 森利誌 32 (4) : 197-202.



UAV を活用した里山林の木質資源推定手法の開発

関西支所森林生態研究グループ 中尾勝洋

1. なぜ UAV なのか？

地域内の木質資源の推定は、これまで現地調査、衛星や飛行機等による画像情報が活用されてきました。しかし、前者は広範囲への拡張の難しさ、後者は高いコスト等、現場レベルの実行可能性に課題がありました。そこで、UAV を活用し里山林の木質資源量を広範囲かつ低コストで推定する手法を検討しました。

対象としたのは、滋賀県大津市にある龍谷大学瀬田キャンパスに隣接する約 38ha の森林で、コナラなどの落葉広葉樹、スギ、ヒノキ、アカマツ等が混在する里山林です。UAV (Phantom4/DJI 社) を用いて、2017 年 4 月から 2018 年 1 月にかけて計 18 回の撮影を行いました。撮影日ごとに画像処理により写真合成を行い、オルソ画像や DSM を作成しました(図 1)。複数時期のオルソ画像を用いて機械学習により、4 つの植生タイプ(落葉広葉樹、常緑広葉樹、針葉樹、その他)の分類を行いました。応答変数は現地調査から作成した 4 植生タイプの教師データ、説明変数は各時期のピクセル色情報、樹冠高等です。その結果、落葉樹の開葉期(4 月下旬)と紅葉期(12 月上旬)の画像データの組み合わせで、植生タイプの分類精度が高いことがわかりました。さらに、DSM と 5mDEM を用いて、樹冠高を推定しました(図 2)。UAV による推定値は、実測値と比較すると平均 3.8m の誤差がありました。一方、空撮画像から樹木個体ごとの樹冠推定が難しく、バイオマス推定に必要な本数密度を推定できませんでした。

2. UAV は有効な手段？

UAV を活用することで、里山林の植生タイプと高さを推定できました。推定のポイントは、植物の季節性をうまく活用し撮影を行う事にありました。これは、衛星や航空機とは異なり、任意のタイミングで柔軟に空撮を行うことができる UAV の特性が発揮された結果と言えます。今後は、今回の手法の汎用性について、他地域に適用し検証する必要があります。



図 1 UAV から撮影した写真を合成し、1枚の画像(オルソ画像)にした事例(4/20 撮影)
灰緑色が落葉樹が展葉している様子を捉えています。

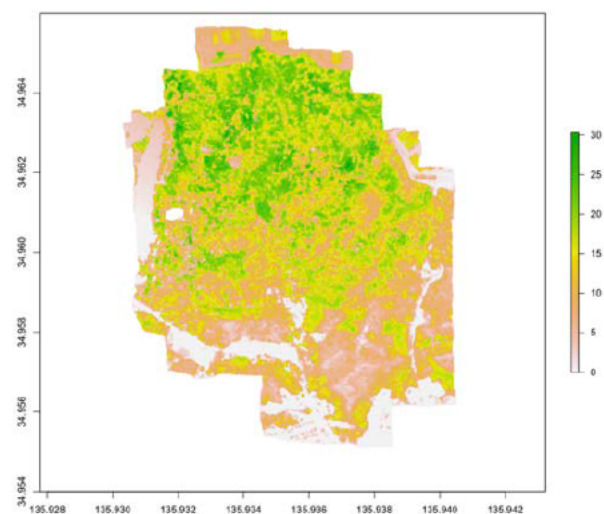


図 2 UAV から推定された樹冠高
実測との誤差は平均 3.8m でした。

広葉樹バイオマスの推定式の開発

国際農林水産業研究センター林業領域 諏訪鍊平

・田中真哉・奥田史郎・家原敏郎（森林総合研究所関西支所）・藤原健・細田和男（森林総合研究所）

森林のバイオマスを推定するためのアロメトリ式については、種や地域を跨ぐ汎用モデル (eg., Chave et al. 2005; Ishihara et al. 2015) が提唱されていますが、種や地域によっては十分な精度が得られないことも知られています (eg., Ngomada et al. 2014, Lima et al. 2012)。アロメトリの地域差を生ずる要因として、気候特性に対する樹木の形態変化が考えられています (eg., Chave et al. 2014)。本課題では、亜熱帯から亜寒帯までほぼ連続的に分布する特徴を有する日本の広葉樹林の構成種についてバイオマス推定のためのアロメトリ式を構築し、気候因子との関係を探ることを目的としました。

2003 年から 2006 年にかけて、北海道から沖縄までを含む 89 地点において、66 種を含む合計 893 個体について、胸高直径 D 、樹高 H および地上部の各器官（葉、枝、幹）の乾燥重量が測定されました。本課題では、65 種について、材比重 BD （含水率 0%）の平均値を算出しました。 BD の値が欠損していたドロノキ ($n = 1$) に関しては、65 種の平均値である 535 kg m^{-3} を用いました。1981 年～2010 年の国土数値情報より、各調査地の暖かさの指数 WI 、寒さの指数 CI 、年間雨量 $Anrain$ および月間雨量の標準偏差 $Sdrain$ を求めました。各器官のバイオマスの対数値を独立変数とし、 D^2H の対数値、 BD の対数値、 CI 、 $Anrain$ 、 $Sdrain$ および緯度経度情報 Lat Lon を説明変数とする Generalized Additive model (GAM) を構築し、 AIC による変数選択によって最適モデルを決定しました。この際、 Lat と Lon を平滑化スプライン関数として組み込むことで、空間自己相関の影響を考慮しました。 WI は CI と高い相関を示したことから、全般的に説明力が比較的に低かった WI を事前に説明変数の候補から外しました。

結果として、幹バイオマスを推定する最適モデルでは、 D 、 H および BD が説明変数に含まれましたが、気候因子は有意な効果を示しませんでした。一方で、枝および葉バイオマスを推定するモデルでは、 D 、 H および BD に加えて、 CI が説明変数に含まれました。 CI の係数は負の値を示したことから、同様の D 、 H および BD をもっている場合、寒くなるにつれて枝および葉バイオマスが減少することを意味しています。しかしながら、サンプル数が多かったコナラとクヌギのデータについて、同一樹種内でモデルを構築した際には、 CI の効果はコナラでは統計的に有意でなかったのに対して、クヌギでは有意な負の効果が検出されました。このことから、樹種によって CI に対する枝と葉バイオマスの振る舞いは異なり、全樹種を含めて構築された汎用モデルにおいて、 CI が負の係数値をもって選択されたことは、樹種間差を含めた一般的な傾向として解釈されました。





シカが多い地域でのナラ枯れ後の森林の変化

北海道支所チーム長（北方林更新動態担当） 伊東宏樹

1. はじめに

ナラ枯れの被害は依然として続いています。被害を受けた森林には、シカによる影響を受けるところもあります。両方の影響を受けた森林はどのように変化するのでしょうか。京都市内の森林で実際に調べた結果を報告します。

2. 調査地および調査方法

京都市左京区の銀閣寺山国有林の広葉樹二次林に 0.5ha の調査区を設定し、1993 年から 2005 年まで 3 年おきに、また、ナラ枯れ・シカ増加後の 2014 年に胸高直径 3cm 以上の幹を対象として毎木調査を実施しました。このほか、調査区を 5m×5m の方形区 200 個に分割し、1992 年と 2014 年に各方形区に出現した下層木（胸高直径 3cm 未満または樹高 1.3m 未満）の樹種を記録しました。

さらに、ナラ枯れ発生後の 2012 年に近隣に設置されたシカ柵の内外に 15m×15m の調査区を設定し、ナラ枯れ発生後に樹高 1.3m 以上にまで成長したと考えられる幹を対象に毎木調査を実施しました。

3. 結果および考察

ナラ枯れ発生前の 2005 年と、後の 2014 年の胸高断面積合計を比較すると、コナラが大幅に減少していました（図 1）。下層木についてみると、全体ではアラカシが依然として高い出現率を維持していた一方、シカが好む低木であるアオキとイヌツゲが激減していました。ナラ枯れによってできたギャップの方形区に限ってみると、クロバイやカラスザンショウ、アカメガシワ、ナンキンハゼといった樹種の出現率が増加していました。

シカ柵の内外の更新状況を比較すると、シカ柵外では全体として本数が少なく、樹種もナンキンハゼとクロバイだけだったのに対し、シカ柵内では、本数・樹種とも多く、3m 以上にまで成長しているものもかなりありました（図 2）。

これらの結果から、(1)シカの多い地域でナラ枯れが発生した場合には、シカが好まない樹種が増加し、シカが少なかったところとは違う森林となる可能性のあること、また、(2)ナラ枯れ発生後にすみやかにシカ柵を設置することで、多様な樹種からなる森林が更新する可能性があること、が示唆されました。

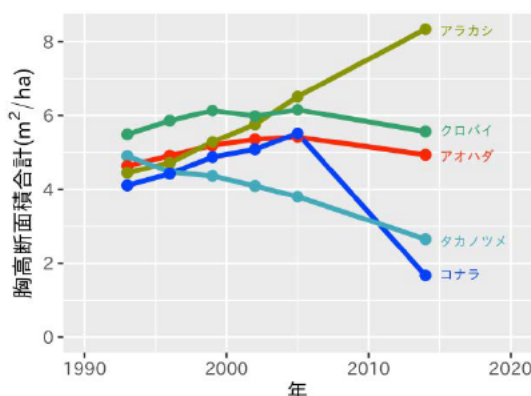


図 1 胸高断面積合計の変化

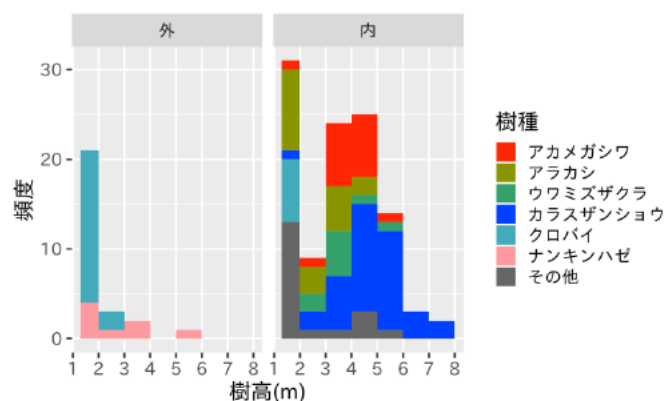


図 2 シカ柵の外側と内側とでの新規更新木の樹高階分布

広葉樹の高伐りによるシカ食害回避の可能性

東北支所チーム長（野生鳥獣類管理担当） 高橋裕史

1. はじめに

ヨーロッパには、草食獣による萌芽への食害を回避するため、伐採高を高くして萌芽枝の発生位置を高めるポラード（pollard）とよばれる更新方法があります。北摂地域の台場クヌギも、高い位置で伐採して萌芽更新させた結果、シカによる萌芽食害を免れてきたようです。そこで、防護柵によらないシカ食害防止手法として、高伐りによる萌芽食害の軽減効果について検討しました。

現地調査に際して、日吉町森林組合様、小林耕二郎様にお世話になりました。記して深謝します。

2. 調査方法

京都府南丹市の日吉町森林組合により、2014 年に更新伐として様々な高さで伐採されたクヌギおよびアベマキからなる林分を対象としました。2016 年 8 月時点で生きている萌芽枝（伐採前に生じていた側枝を含む）をもつ 51 株について、伐採高（切り株の根際から伐採面までの高さ）、萌芽枝ごとの地上から梢端までの高さ、シカによると判断された食痕の有無を記録しました。また 2017 年には、シカが届く高さを確かめるため、自動撮影カメラを設置して枝葉採食の様子を観察しました。

3. 結果と考察

高さ 200cm 未満の萌芽枝の 80%（432/540）には梢端に食痕がみとめられ（図 1）、200cm 未満の萌芽枝は食われやすいか、または食われた結果として 200cm 未満に抑えられていることがわかりました。また伐採高が高い株ほど萌芽枝は高くなる傾向がみとめられ、高さ 200cm を越えた萌芽枝は伐採高 80cm 以上の株に多くみられました（図 2）。食痕の高さは最大で約 270cm に達しており、自動撮影によって得られた画像からは、シカが切り株を踏み台にしたり、下垂した枝を咥えて揺さぶることによって高い位置で枝が折れたりして、直接届く高さよりも高い位置で食痕や折損が生じることがわかりました。

以上から、クヌギ・アラカシの萌芽更新に必要な萌芽枝の生残と成長にとって、伐採高 80cm 以上の高伐りが一定の効果をもつ可能性が期待されました。ただし地形やシカの生息密度なども影響すると思われる、高伐りだけでシカの影響を完全に排除できるわけではないことにも注意が必要です。

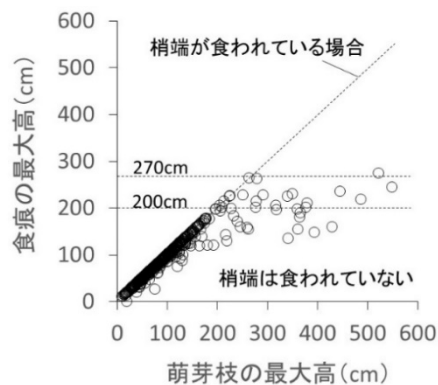


図 1 萌芽枝と食痕の高さの関係

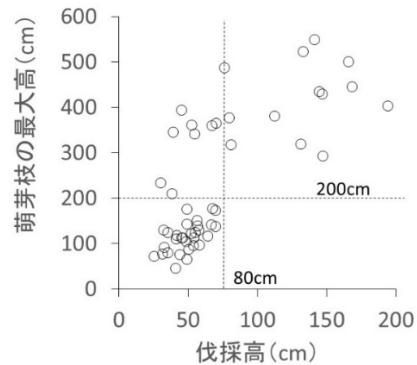


図 2 伐採高と萌芽枝の高さの関係





日本における燃材利用の歴史的推移と最近の動向

林業経営・政策研究領域林業動向解析研究室長 山本伸幸

1. 日本における燃材利用の歴史的推移

薪や木炭などの燃材利用の歴史は古く、里山の広葉樹も多く用いられてきました。その近代以降の量的推移を知るために、複数の統計資料を接続して、1880年（明治13年）から現代までの燃材利用量の変化を、用材利用量の変化とともにグラフに表しました（図）。

このグラフの分析から、1) 第二次大戦前から1950年代の燃料革命まで、用材を凌ぐ燃材利用量があったこと、2) 1960年代前半から1970年代前半のわずか10年間に燃材利用量は激減したこと、3) 近年の新たな木質バイオマス利用となどの動きを受け、燃材利用量の増加が見られること、が分りました。

2. 北欧フィンランドとの比較から分かること

フィンランドの国土面積、森林面積は34万平方キロメートル、26万平方キロメートルと日本と近く、また林業、林政の近代化に取りかかった時期も日本同様に19世紀後半で、両国の比較は様々な知見を与えてくれます。燃材利用の長期的推移について比較した結果、1) 第二次大戦前から1950年代の燃料革命までの用材、燃材利用量の傾向は同様だが、フィンランドの人口規模が日本より寡少なため、燃材利用量は相対的に少なかったこと、2) 1973年の第一次石油危機以降も、一定の燃材利用があったこと、が分かりました。

3. 燃材利用の最近の動向

最近の燃材利用の大きな変化は、木質バイオマスエネルギーと呼ばれる木材の新たな熱・発電源としての利用です。背景には、石油危機以降、欧州を中心に培われてきた技術革新がありますが、近年、日本でも同様の動きが拡大しつつあります。一方、伝統的な薪炭利用についても、長らく凋落傾向であった薪生産量が下げ止まり、ここ十年ほど新たな伸びを示す動きが見られます。日本の燃材利用は、新旧利用の両面で新たな時代を迎えています。

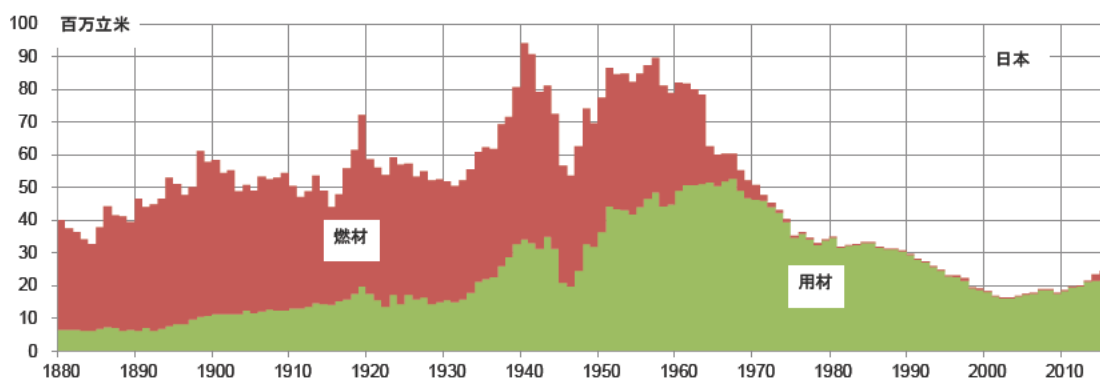


図 日本における燃材利用量の長期的推移（1880-2015）

資料：熊崎（1967）、『森林・林業統計要覧』各年版、FAOSTAT-Forestry database



広葉樹資源の利用～コナラの乾燥と利用技術について～

四国支所長 小林功

1. 緒言

コナラは薪やシイタケ原木として有効に利用されていましたが、燃料革命によって薪の使用量が減り、シイタケの生産量も減少したため、現在ではあまり使われなくなりました。里山の整備を経済活動によって支えるため、コナラの新しい利用法の開発は急務と考えられます。ここではコナラの用材としての利用を念頭におき、その材質的特徴と乾燥特性、これまでに行われた利用技術開発について情報提供します。

2. 材質的特徴

コナラ（学名 *Quercus serrata*） 辺材が淡黄褐色、心材は淡灰褐色で1～3個の大きめの道管が並ぶ環孔材（写真1）。収縮率が比較的大きく（表1）、製造時や使用中の変形が懸念されますが、密度が高く、曲げ強度、表面硬さに優れ、フローリングや家具などの用途が期待されます。

3. 乾燥スケジュールの例

表2は乾燥時の欠点の抑制を重視した乾燥スケジュール例です。利用にあたっては、既存のスケジュール例を参考にしつつ、用いる材の特性に合ったスケジュールを作る必要があります。

4. コナラ利用技術開発のための実証試験の例

- フローリング：コナラは製材時、乾燥時の変形が大きく短尺材利用に向くとされ⁵⁾、短尺材による単層フローリング⁶⁾、コナラ集成材を用いたフローリング⁷⁾などが試作されています。
- 合板、単板積層材（LVL）：スギをそえ板、コナラを表板・心板・裏板とした5プライの複合合板が試作され、JAS規格に適合する強度性能が確認されています⁸⁾。また、積層数9層のスギとコナラ複合LVLの強度性能がカラマツやラジアータパインと同等以上と確認されています⁹⁾。



写真1 コナラの材面と木口顕微鏡写真¹⁾

表1 コナラの材質的特徴

	全乾密度 ²⁾ g/cm ³	曲げヤング係数 ²⁾ kg/cm ²	全収縮率 ³⁾ %
範囲	0.65～0.82	47～113	接線方向 11.46
平均	0.74	81	放射方向 4.68 繊維方向 0.67



写真2 コナラ単層フローリングの施工例⁶⁾

写真提供：島根県中山間地域研究センター

後藤崇志氏

表2 乾燥スケジュール例⁴⁾

含水率 %	乾球温度 ℃	乾湿球 温度差 ℃	含水率 %	乾球温度 ℃	乾湿球 温度差 ℃
生～50	40	2	35～30	43	5.2
50～45	40	2.5	30～25	45	7
45～40	40	2.8	25～20	50	9.5
40～35	40	3.7	20～15	55	13
			15以下	60	18

【引用文献】

- 1) 森林総合研究所 木材データベース
<https://www.ffpri.affrc.go.jp/ffpri.html>
- 2) 島地謙ら（1982）図説木材組織。地球社
- 3) 林業試験場木材部資料（1986） 61-6
- 4) 寺澤真（1994）木材乾燥のすべて。海青社。232
- 5) 山口健太ら（2018）長野県林業センター研究報告 32:29-52
- 6) 中山茂生ら（2011）島根県中山間地域研究センター研究報告 7:115-120
- 7) 中山茂生ら（2000）島根県林業技術センター業務報告 31:53
- 8) 島根県林業技術センター・島根県産業技術センター（2003）平成12年度～平成14年度県立試験研究機関関連推進事業 研究報告書
- 9) 後藤崇志ら（2004）木材工業 59(2):61-66



里山広葉樹林活用・再生プロジェクト

近畿中国森林管理局 森林整備部長 善行 宏

1. 経緯

かつては長くて20～30年間隔で伐採されていた旧薪炭林は、利用されなくなり、高林齢化しています。そのことが、大径木を好むカシノナガキクイムシによるナラ枯れ被害を増長しています。一方で、資源利用の観点では、薪やバイオマス発電用のチップといった燃料、しいたけ原木としての利用だけではなく、製材として利用できるサイズに育ってきているといえます。

木材資源の動向としては、家具や建物の内装に用いられている広葉樹材は、これまで多く用いられてきた外国産広葉樹材が、生産国における違法伐採対策による伐採量の制限や資源的制約、価格高騰によって入手が困難な状況になってきており、代替する木材の確保が急務となっています。

コナラなどの里山広葉樹材の活用、特に、広葉樹材の製材としての利用が進めば、これらの課題に効果的に対応することができます。しかし、現在は、里山広葉樹材の製材利用はほとんど行われておらず、流通もほとんどないことから、採算性に関する情報がありません。また、森林の多面的な機能の発揮や持続可能な利用のためには、伐採後に森林を確実に再生させる必要がありますが、高齢のコナラ等のナラ類の萌芽更新には未知の部分があり、効果的・効率的な森林の再生方法の検討も必要です。

そこで、近畿中国森林管理局では、平成29年度より、岡山大学と連携し、「里山広葉樹林活用・再生プロジェクト」に取り組んでいます。



里山広葉樹林（岡山県新見市）

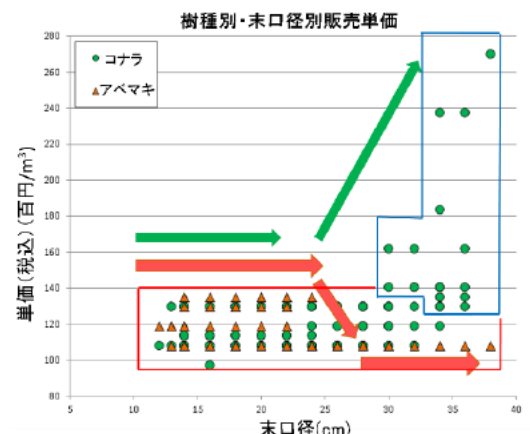
2. プロジェクトの概要

平成29年度は、岡山森林管理署管内の釜谷国有林（岡山県新見市）のアカマツ、コナラ及びアベマキが多くを占める林齢76年生の森林約5haにおいて、アカマツと直径38cm以上の広葉樹の抜き伐り（材積伐採50%の択伐）を行い、生産した丸太を市場で販売するとともに、販売した丸太について用途等の追跡調査を行いました。

販売したコナラ及びアベマキの丸太のうち、5%は、フリー板や建具などの製材用として購入され、その平均単価は約1万6千円/㎥でした。残り95%は、薪や製紙用チップ等用として購入され、その平均単価は約1万2千円/㎥でした。コナラについては、概ね末口径が30cmを超えると製材用として利用されるものが増える傾向にありました。アベマキについては、逆に、末口径が30cmを超えると単価が下がる傾向にありました。

販売価格はスギ中丸太と比べても遜色のない価格でしたが、抜き伐りの作業効率が悪く、木の伐採や搬出の経費が高くついたこともあり、事業収支（丸太生産・販売経費－丸太売上）は、赤字となりました。

現在、この現場において、萌芽更新やドングリから発芽した稚樹による更新など天然力を活用した森林再生の方法等の検討を行う技術開発試験を実施しています。また、隣接する森林において小面積の伐採を継続し、伐採方法や販売方法の工夫により、経費を削減し、売上単価や売上総額を伸ばすための検討を行っていく予定です。



詳しくはこちらを→





「鈴鹿の森おこし」に向けた取組の推進

「鈴鹿の森おこし」推進ワーキンググループ・東近江市審議員 水田有夏志

1. 取組の経緯

戦後の拡大造林政策により国土緑化が図られ、スギ・ヒノキ等の人工林資源が充実し、林業の成長産業化に向けた取組が全国各地で展開されています。その一方で、地域においては単一樹種、同一年齢の森林の増加による生物多様性の劣化、大規模工場への木材の一方的な流れにより地域に資金が十分に還元されないこと、森林・林業と人や暮らし・文化との関係の希薄化などの課題が顕在化しています。

これらの課題の背景として、森林・林業政策が歴史的に国・県主導のもとに推進され、地域が「自分ごと」として課題解決に取り組めていなかったことがあげられます。

こうした中、平成 29 年 12 月に第 10 回ローカルサミットが東近江市で開催され、第 5 分科会「鈴鹿の森おこし」では、林業関係者だけではなく登山関係者も含めた幅広い参加のもとに、地域の特色を活かした今後 100 年の森づくりの方策について、地域（ローカル）主導の観点から議論が行われました。

この議論を一過性のものにするのではなく、引き続き東近江市の森づくりについて議論するため、平成 30 年 1 月に「鈴鹿の森おこし」推進ワーキンググループを設置しました。



「鈴鹿の森おこし」ワーキンググループ

2. 「鈴鹿の森おこし」推進ワーキンググループの取組

(1) 「(仮称) 東近江市・100 年の森づくりビジョン」の策定

現在策定中の「(仮称) 東近江市・100 年の森づくりビジョン」の基本的な考え方は次のとおりです。

①地域（ローカル）の視点で森林・林業を考える……国・県主導の森林・林業施策だけではなく、地域の森林の課題を実感している人々が自らビジョンを作り、森林づくりに参画する。

※ 「(仮称) 東近江 100 年の森づくりフォーラム」……森林・林業の課題を実感できるエリアで、将来に向けた森づくりや資源の利用について地域住民や関係者が話し合う場

②100 年先の未来を見据えたビジョンづくり……地域の森林に関わる人々がその夢や思いを語り合い、次の世代にも引き継いでいけるような仕組みを作りあげていく。

③プロセスの重視と柔軟な対応……ビジョンの策定作業や実践活動のプロセスを重視し、「自分ごと」として捉えて参画するとともに、地域の実情を踏まえた柔軟な進め方をしていく。

④森・里・川・湖のつながりを活かした森づくりの取組……東近江市の森・里・川・湖のつながりを活かしたエコツーリズム等の取組を発展させ、水の流れのつながり、モノの移動のつながり、人と人とのつながりの復活を目指した森づくりを展開する。

⑤森林・林業＋X（エックス）……木材生産など森林・林業の枠だけではなく、エコツーリズム、観光、健康福祉、教育など新たな価値（X エックス）を付加し、新ビジネスとして成長・発展させる。



エコツーリズム

(2) 「鈴鹿の森おこし」を推進する活動

①あらゆる場面に木を使うプロジェクト……公共施設、住宅、家具、玩具など様々な場面で木を使う可能性を検討し、こうした木製品の生産から加工、流通、販売に至る体制や仕組みを構築する。

②東近江市らしい新たな森づくりプロジェクト……スギ・ヒノキを中心とする木材生産だけではなく、広葉樹の積極的な活用、自然環境や歴史・文化資源を活用したエコツーリズム等の価値を高める森林づくりを展開する。



あらゆる場面での木の使用



東近江地域における広葉樹林整備と広葉樹材を活かす取り組み

東近江市永源寺森林組合 落部弘紀・松尾扶美

1. 東近江市の森林

東近江市の市域は鈴鹿山脈を源流として愛知川を下り琵琶湖にいたるまでの流域です。

標高 1000m 程までの奥山地域と標高 300m 程の里山地域を有しており、それぞれ植生に特徴があります。



2. 広葉樹林整備

広葉樹林整備は、平成 24 年に里山地域で山から田畑に侵入する獣害対策として、林縁部の伐開と竹林整備の要望から始まりました。森林経営計画制度に則り、集落単位で人工林・広葉樹林を団地化し、集約化施策を実施しています。現在では、人工林の齢級平準化のため、将来的に搬出が容易な区域については、積極的に広葉樹を伐採し、スギ、ヒノキ人工林を造っています。実践してみて伐採後の維持管理の課題が見えてきました。竹の再生、パイオニア種の優占、風倒木の発生、現行補助金事業活用の限界等です。これらを解決するために、現場に応じた細やかな対応を行いたいと思います。そのために、東近江地域では将来的にどのような森づくりを行っていくのか、鈴鹿の森おこしワーキンググループで議論を行っています。また、柔軟に使える補助金として森林環境税に期待しています。

3. 地域産遺伝子を持つ苗木の生産

今後、林道から遠い奥地では人工林を伐採した後、広葉樹苗木を植栽し広葉樹林を育成する必要があると考えます。遺伝子の攪乱を防ぐため、地域の遺伝子を持つ苗木を生産、植栽したいと考えています。現在 14 種を育成中です。

4. 広葉樹材の活用

4-1. 太陽熱による乾燥実験

乾燥条件を変えて含水率の推移と材の状態を観察しました。樹種にもよりますが、屋外である程度まで含水率を下げてから夏場のビニールハウス高温下におくと、木材の劣化が少なく早く乾燥するように思われます。

4-2. 特別市で直接販売

地域での広葉樹材の需要に応え、かつ付加価値を付けて販売する取組みとして特別市を試みしました。参加者からは好評であり、継続的な実施を求める声をいただきました。

4-3. クミノ広葉樹 Ver. & 広葉樹標本板の試作

広葉樹を使った製品の試作を行いました。試作品は会場内の展示をご覧ください。

5. おわりに

スギ、ヒノキ人工林だけでなく広葉樹林についても積極的に手を入れ、生産される広葉樹材の有意義な利用を試行錯誤しながら模索しています。地域の森づくり方針についても、現場の意見を反映してもらえるよう、幅広い分野の方々と連携しながら協議を重ねています。

専門家の助言を頂きながら、これからも健全な森づくり、有意義な木材利用に挑戦していきます。

【メ モ】

プログラム

司会・進行：森林総合研究所関西支所地域研究監 齊藤 哲

開会挨拶：森林総合研究所関西支所長 大平 辰朗

【テーマ】 広葉樹林はお宝になるか？～有効活用の可能性を探る～

【第1部 基調講演】

- 広葉樹の遺伝資源としての重要性と保全（筑波大学生命環境系 教授 津村義彦）
- 広葉樹林の持続的な利用のために（岐阜県立森林文化アカデミー 教授 横井秀一）

【第2部 森林総合研究所交付金プロジェクト「広葉樹も多い中山間地で未利用資源を むだなく循環利用する方策の提案」の成果】

- プロジェクト概要（関西支所 森林生態研究グループ長 奥田史郎）
- 広葉樹はどれだけある？地上調査とリモートセンシングによる資源量評価（関西支所 森林資源管理研究グループ 田中真哉）
- 資源をむだなく使うには？用途に応じた材積の推定（関西支所 森林生態研究グループ 山下直子）
- どう使う？近畿の広葉樹（関西支所 チーム長（山村振興担当） 垂水亜紀）

休 憩

【第3部 パネルディスカッション「広葉樹林の有効活用にむけて」】

司会：山本伸幸（森林総合研究所 林業経営・政策研究領域）

パネリスト：落部弘紀（東近江市永源寺森林組合）

善行 宏（近畿中国森林管理局森林整備部長）

津村義彦（筑波大学生命環境系 教授）

横井秀一（岐阜県立森林文化アカデミー 教授）

山下直子（関西支所 森林生態研究グループ）

閉会挨拶

問い合わせ先

国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所関西支所 地域連携推進室
〒612-0855 京都府京都市伏見区桃山町永井久太郎 68 番地
TEL 075-611-1201（代表） FAX 075-611-1207
URL [http://www. ffpri. affrc. go. jp/ fsm/](http://www.ffpri.affrc.go.jp/fsm/)
電子メール fsm-ren@ffpri.affrc.go.jp

【びわ湖の森の小径木や間伐材をムダなく有効利用】

本冊子は、森林整備と資源の循環利用を目的とし、間伐材や小径木などを有効利用してつくられた「びわ湖の森」を元気にする紙を使用して印刷しています。