

四国の森を知る

No.23 Feb 2015

四国における天然更新過程を利用した森林の 取扱いについて考える

産学官連携推進調整監 杉田 久志



昨年10月に四国支所に赴任してまいりました。これまで東北支所、本所に勤務し、どちらかといえば北国での生活が長いです。四国には時々調査で訪れておりましたが、西南日本に住むのは初めてです。私の専門は森林生態学で、樹種の分布とその成立要因、天然林の動態、とくに近年は天然更新過程を利用した森林の取扱いについて研究してきました。まだ四国の森林について十分に理解できていませんが、私の目から見て重要で魅力的な四国の研究テーマについて、天然更新過程を利用した森林の取扱いに関するものを中心に述べてみたいと思います。

四国の森林の特徴として、まず人工林率が非常に高いことがあげられます。拡大造林で造成されたスギ、ヒノキ人工林は収穫期を迎え、木材需要も増加して、今後伐採量の増加が見込まれています。四国支所でも、豪雨・急傾斜地帯の人工林管理の研究、低コストな苗木生産・植栽・下刈り方法、シカの食害を避けながら再造林する方法について研究を進めています。

一方、天然林はわずかに残されているにすぎません。四国の天然林は、照葉樹林からモミ・ツガ林、ブナ林、亜高山帯針葉樹林までの植生垂直分布がみられ、部分的に天然のスギ、ヒノキが混生するところもあり、日本の植生帯を論ずる上で重要な存在です。しかし、小面積に分断化され、希少種の保全、生物多様性の維持に危機が迫ることが危惧されます。とくに近年シカの密度が増加し、三嶺・剣山系などでは食害により貴重な自然が荒廃して深刻な状況となっています。その対応策の検討には、保全対象となる樹種の個体群構造や被害状況、繁殖様式、更新特性など基礎的な知見の蓄積が必要です。

上記の樹種特性を解明するためには、短期間の調査では不十分で、大面積の調査地で長期にわたってモニタリングを継続することが望まれます。四国支所は1994年に四万十町市ノ又のヒノキ、ツガ、モミ、アカ

ガシ、ウラジロガシなどが混交した天然林に1haの調査地を設置し、以来20年以上調査を継続しています。また、1925年に設定された魚梁瀬の千本山スギ天然更新試験地のように、長期にわたる施業試験のデータも更新特性を解明するのに有効です。

天然更新過程を利用した森林管理手法の研究は、今後人工林においても重要になると考えられます。人工林を皆伐した後に植栽せずに天然更新に期待する場合がありますが、高木性広葉樹が更新しない事例もみうけられます。スギ、ヒノキの人工林において天然更新ができないかという期待もあり、実際うまくいっている事例もないわけではないが、技術的には未完成です。また、人工林のなかには高標高で成長が悪かったり、林道から遠いなど地利に恵まれない林分も含まれるので、すべてを経済林として維持するのは得策ではなく、天然更新過程に委ねて針広混交林へと誘導し、最終的には広葉樹林に戻したほうが良い林分も多いと考えられます。どの人工林を経済林として維持するかを選定するゾーニング手法、そうでない人工林を天然更新過程の利用により広葉樹林へと誘導する手法、そのような施業が森林生態系に及ぼす影響の解明は、今後の重要な研究テーマになるでしょう。県、国有林、大学など関係機関と連携しながら研究を進めていければ幸いです。

目次

四国における天然更新過程を利用した森林の取扱いについて考える	1
急傾斜地におけるヒノキ人工林の表土保全について考える	2
地域林業を持続可能にするための人工林施業を考える	4
欧州製タワヤーダを使った集材作業	6
四国の森林・林業解説シリーズ (9) 高知&愛媛の土壌が全国トップクラスに！ —メタン吸収力— お知らせ	8



林（5 t/ha 未満は 4 林分）と比べても明らかに多く、ヒノキ林では表土移動の起こりやすい条件になっている場所が多いと考えられました。

急傾斜が表層土壌に及ぼす影響について

一般に、安定した場所では、森林の表層土壌は微生物の力を借りて落葉落枝と混ざりあうことで、ゆっくりと時間をかけて多くの有機物を含むようになります。しかし、傾斜が急で、しかもその場所が表土流亡の影響が加わっている場所だとすると、土壌有機物の貯まる速度や量にも明確な負の影響があると考えられます。そこで、ここでは土壌有機物量（炭素量）を指標にして、斜面の傾斜度が表層土壌（0-30 cm）に及ぼす影響について考えたいと思います。

図 2 には調査林分における斜面傾斜と表層土壌の炭素量（t/ha）の関係を示しましたが、ヒノキ林、スギ林ともに斜面の傾斜度が30°を超えるあたりから表層土壌の炭素量の低い林分が数多く見られるようになることがわかります（図 2A）。またヒノキ林の方がスギ林に比べて斜面傾斜と土壌炭素量の負の関係がより鮮明に見られました。その一方で、たとえ傾斜が急であっても、土壌炭素が普通に存在している場所も数多くあることがわかりました（図 2B）。

こうした結果から見えてくることは、ヒノキ林、スギ林のどちらも表層土壌の動きを傾斜度だけでは説明できないということです。物理学的に考えると、ある斜面上の一地点における表層物質（堆積有機物と土壌）の状態は、斜面下方に移動していく物質(a)と、斜面上方から移動してくる物質(b)の影響を受けて決まります。この量の割合が 1) $a = b$ の場合、表層の物質量は見かけ上、全く増減はありませんが、2) $a < b$ の場合は増加し、3) $a > b$ の場合に減少となり、これが土壌流亡の状態といえます。また 4) a と b の絶対量が小さいほど土壌は安定し、大きいほど土壌が不安定な場所といえます。今回のように同程度の急傾斜でも表層土壌の炭素量が低い場所から高い場所までであるということは、斜面の表層物質の動きが非常に複雑であることを意味していると思われます。

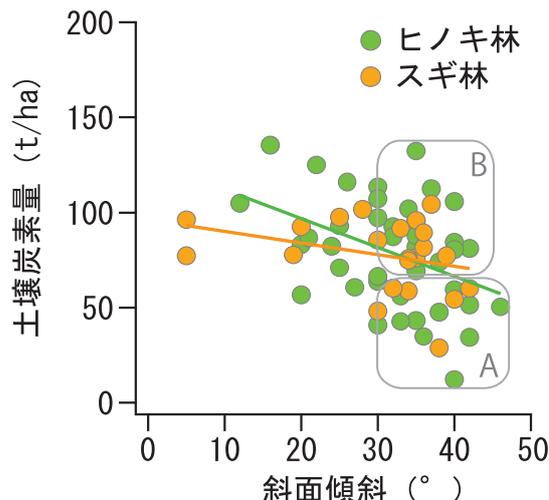
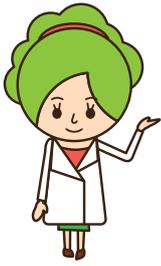


図 2. 斜面傾斜と土壌炭素量（0-30cm）の関係

今回の調査からいえる最も重要なことは、やはり30°を超えるような斜面では緩斜面に比べて土壌炭素量の低い（<50 t/ha）林分が多く見られるようになるということです。しかもスギ林に比べてヒノキ林の方が斜面傾斜と土壌炭素量の関係（負の関係）がより鮮明なのは、ヒノキ林では堆積有機物量が少なく表土移動が起きやすくなっていることに起因していると考えられます。逆に、スギ林ではほとんどの調査地で堆積有機物量が5 t/ha を明らかに上回っており、堆積有機物による表土保全効果が、ある程度、発揮された可能性があると考えられました。

まとめ

本研究の結果から、傾斜30°以上の斜面ではヒノキ林、スギ林ともに表層土壌の有機物量が少なくなっている場所が多く出現していることがわかりました。特にヒノキ林の堆積有機物が少なくなりやすい特性を考えれば、表土保全の観点から、急傾斜地をヒノキ人工林として利用することはなるべく避けるか、利用するにしても適切な（やや強めの）間伐を入れて林床植生を増やすなど表土保全に配慮した施業を行うことが望ましいといえるでしょう。また、ヒノキ林ほどではないもののスギ林においても急傾斜地では表土が大きく動いている可能性のある場所があり、こちらもヒノキ林の場合と同様、適切に間伐を入れていくことが重要だと考えます。



地域林業を持続可能にするための 人工林施業を考える

森林生態系変動研究グループ 宮本 和樹



はじめに

日本の人工林では確実に高齢化が進んでいます。植栽から約50年以上が経過したいわゆる高齢級人工林の面積は全体の半分以上を占めるまでになりました。費用やシカの問題から多くの地域では主伐（皆伐）による収穫と再生林の実施が依然困難な状況にあり仕方なく主伐と再生林の時期（伐期）を先送りしているという、いわば消極的な長伐期化となっています。このような背景から、将来へ向けて人工林を健全かつ持続的に管理してゆくための手法が求められています。

欧州フォレスターが紹介した将来木施業

こうしたなか、2010年に森林・林業再生プラン実践事業の一環でドイツ・オーストリアのフォレスターが来日し、日本各地の林業現場で助言を行いました。その際、彼らは将来木施業とよばれる長伐期の施業方法を紹介しました。これは、目標とする幹の大きさとその時の本数を明確に決め、その本数が均等に配置されるように幹や枝葉の部分が大きな木を将来木（残す木）として選ぶというものでした。また、将来木の周囲にあって成長を妨げる大きな木から優先的に間伐し間伐材積を増やす一方、それ以外の木は基本的に間伐しないことなどを特徴としています。日本の人工林に対する将来木施業の適用については、気候や樹種の違いのほか天然更新を前提としている点などさまざまな議論がありますが、今後の人工林管理を考える上でひとつのきっかけとなったと考えています。

長伐期施業における個体の配置

長伐期施業では一般に、植栽木が気象害や病虫害など自然災害のリスクに長くさらされることとなります。このことから1本1本の木の形質に着

目し、どの木を残すかを判断するという個体管理の考え方が重要になります。先述の将来木施業でも同様ですが、吉野地方など日本で従来からみられる長伐期施業でも残す木を選ぶために必要な基準のひとつとして、植栽木どうしの間隔（配置）が挙げられています。植栽木の間隔については長年の経験による基準であることが多く、植栽木の成長がどの範囲の他の個体にまで影響を受けているのかについてデータに基づく検証は十分に行われていませんでした。秋田スギ高齢人工林の研究事例では、植栽木どうしで光や水、養分などの資源をめぐる競争が及ぶ範囲は、およそ植栽木を中心とする半径8mの円で示される範囲であった報告されています。この秋田スギ高齢人工林の試験地は平坦で植栽木の樹高は40m以上にも達しているため、土地条件の良い場所（地位が高い）と考えられます。しかし、四国地方のような急傾斜地で土地条件も様々なスギ・ヒノキの人工林でも秋田スギと同じような競争状態となっているのかは不明でした。そこで今回は、四国地方のスギ・ヒノキ人工林を対象に残す木の成長が競争の影響を受ける範囲を示し、人工林施業を考える上でのヒントにしてみたいと思います。



写真1. 魚梁瀬千本山の人工林間伐試験地

スギ・ヒノキ人工林の直径成長と個体間競争の影響

調査対象としたのは四国地方の高齢級スギ（林齢47～91年生）およびヒノキ人工林（林齢50～91年生）です（写真1）。これらの人工林の年平均直径成長量は0.30～0.39 cm/年でした。これらの人工林では過去にある程度の頻度で間伐が実施されており、比較的良好な成長が維持されていました。

ある期間における個体ごとの直径成長は期首の直径サイズが大きいほど大きくなるという関係がみられることが多いのですが、今回対象とした人工林では、特にヒノキ林でこの関係があまり明瞭ではない場合が多くみられました。そこで、期首直径に加えて、これらの人工林における個々の植栽木の成長に周辺の他個体がどのような影響を及ぼしているのかを調べました。ここで資源をめぐる樹木個体間の競争関係を2種類考えます（図1）。ひとつは大きな個体が小さな個体に一方的に影響をおよぼす関係（一方向的競争）で、光をめぐる競争関係を想定しています。もうひとつは大きな個体も小さな個体も同じ資源をめぐる互いに影響を及ぼす関係（双方向的競争）で、こちらは光以外にも水分や養分をめぐる競争関係を想定しています。競争効果を表す指標として、対象木からの距離を1 mずつ拡大していき12 mまでの範囲にある他個体の胸高断面積（地上1.3 m）の合計を求め、これと対象木の直径成長との関係を調べました。一方向的競争では対象木よりも直径が大き

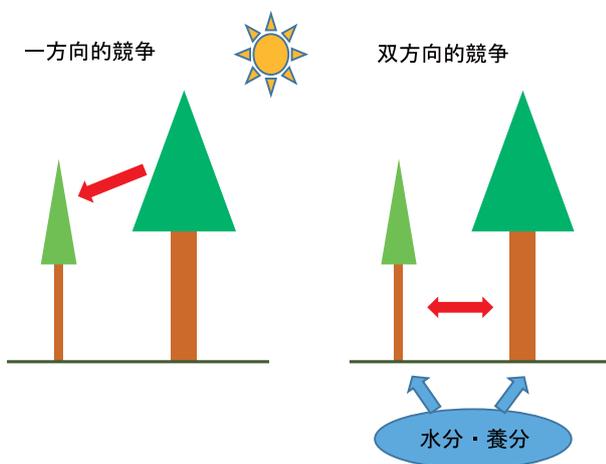


図1. 資源をめぐる個体間競争の様式

い周辺他個体のみを、双方向的競争ではすべての他個体の胸高断面積を求めました。

これらの競争効果が個体の直径成長に及ぼす影響を調べたところ、50年生までの人工林では自身よりも大きい個体からの影響を受ける一方向的競争の効果が顕著でした。これに対して65～75年生では、個体サイズに関わらず周辺他個体からの影響を受ける双方向的競争の効果が顕著となりました（図2）。また、主伐まで残す木についてみると、個体の成長に顕著な影響を及ぼす範囲は対象木から8～10 mの距離にある他個体であることが示唆されました。

この結果から人工林における個体の配置について考えると、主伐まで残す木同士の間隔は8～10 m程度の間隔を保って選んでおけば、互いの競争による影響を緩和できることとなります。また、双方向的競争が顕著となる65～75年生では、すべての周辺他個体から影響を受けるため、小さい個体でも積極的に間伐しておくことが望ましいということになります。ドイツ・オーストリアの将来木施業では、将来木の成長に影響を及ぼす個体以外は基本的に間伐しないのですが、本研究の結果は後々の競争効果を考え、あらかじめ劣勢木も積極的に間伐しておく必要性を示唆しているといえます。

今後も高齢級人工林のモニタリング調査に基づき、望ましい施業の在り方について科学的根拠に基づく提案をしていきたいと考えています。

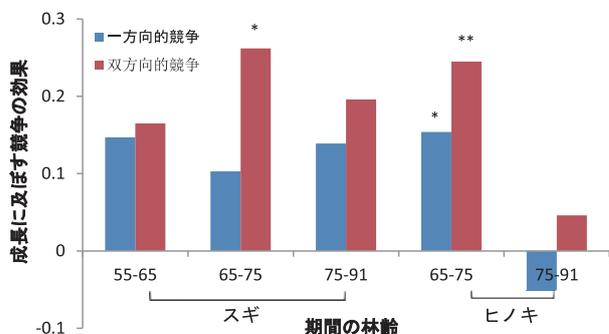


図2. 成長に及ぼす競争の効果の比較
アスタリスクは統計的に有意な効果がみられたもの
(* 有意水準 5%, ** 有意水準 1%)。



欧州製タワーヤードを使った集材作業

林業工学研究領域 田中 良明



はじめに

森林にある立木を伐採して、丸太を生産するには、枝を切り払い、木材を一定の長さに切りそろえることが必要です。主にチェーンソーによって行われてきたこの作業が、平成元年頃から普及しはじめたプロセッサという機械によって行われるようになりました。林業の機械化が新たな段階を迎えたのです。同じ頃、森林から木材を運搬する機械として大きく期待されたのがタワーヤードです（図1）。



図1. タワーヤード

タワーヤードはワイヤロープの上を走行する搬器（写真矢印）を使って木材を運搬します。ロープを使って木材を運搬する技術（架線集材）は昔から日本にあったのですが、それは立木と立木の間にもロープを張る方法でした。タワーヤードは、その一方の立木を鋼鉄製のタワーに置き換えたものです。これにより作業システムを組立てる時間が短縮され、架線集材が低コストで行えると期待されたのです。

ところが、150台程度導入されたタワーヤードは平成12年ごろを境に台数が増えなくなりました。小型な機械が多くて、パワー不足であったのと、

複雑な地形に十分に対応できなかったのが原因だと考えられています。

平成23年2月に林野庁の補助事業により、高知県の香美森林組合にオーストリア製のタワーヤードが導入されました。この最新のタワーヤードはこれまでのタワーヤードとどこが違うのか、検証のための調査研究を実施しました。

中間サポート

タワーヤードの普及が進まなくなった理由として地形をあげました。それは、ワイヤロープが垂れ下がることに理由があります（図2）。

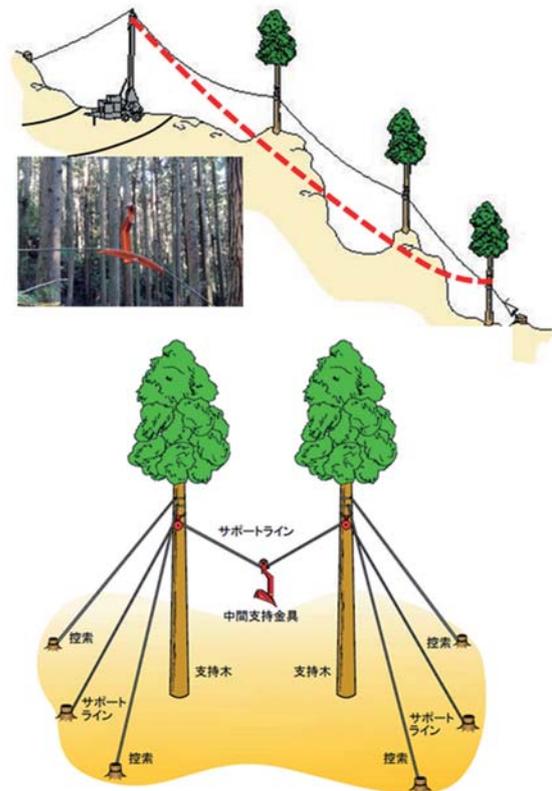


図2. 中間サポート

電柱の間に張られた電線のように、空中に張られたロープは、ロープ自身の重さによって垂れ下が

ります。斜面の地形によっては、ロープが地面に接触してしまいます。これでは木材を運ぶことができません。このタワーヤーダは、その問題を中間サポートという仕組みによって解決します。

中間サポートとは、ロープが垂れ下がらないようにする中間支持金具をロープ、丸太、立木等を組み合わせて作る支柱です（図2）。

木材を運搬する際、搬器がこの金具を通過する時に、ロープから外れてしまわないように減速する必要があります。このタワーヤーダには、中間サポートの位置を事前に記憶させることができ、中間サポートの位置に搬器が近づくと自動的に減速、通過後に加速します。このようにロープと地形の間隔を確保しながら、搬器の速度を高く保つことができます。

タワーヤーダの性能

香美森林組合の協力を得て、タワーヤーダの集材作業の現地調査を実施しました。木材を集める作業を、ビデオカメラを使って分析しました。図3は、木材を運搬した距離と運搬するのにかかった時間の関係を示したものです。

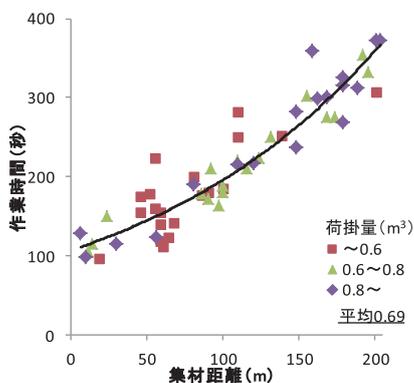


図3. 集材距離と作業時間

当然のことながら、距離が長くなると時間がかかる関係があることがわかります。また運搬した木材の量を0.6m³以下、0.6～0.8m³、0.8m³以上に区分してみたのですが、運搬する量と作業時間に特に傾向がみられないことがわかります。つまり運ぶ木材の量と運搬速度に関係がみられないということです。最大で1m³程度の木材を一度に運んでも速度の低下はみられませんでした。このこ

とから、このタワーヤーダには木材の運搬に必要な十分なパワーが備わっていることが明らかになりました。

以前に海外から輸入されたタワーヤーダと搬器の走行速度を比較したのが図4です。地形条件により調査現場では中間サポートを3基使用したのですが、前述の自動制御によって、既存機に比べ、空走で2倍、実走で1.2倍の速度を実現していることがわかりました。集材作業の全体の能率を求めると、新機種が1.5倍程度高い能率であることが明らかになりました。

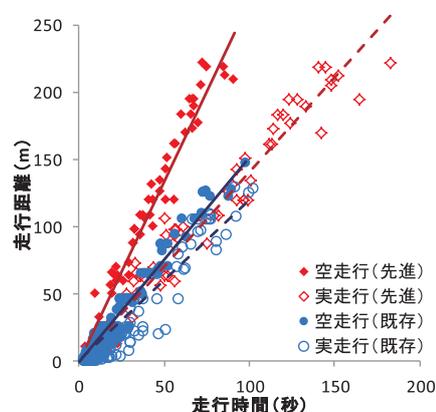


図4. 搬器の走行速度

普及にむけて

この研究では最新のタワーヤーダが木材の運搬に十分なパワーを備え、また中間サポートによって地形の問題をある程度解決しつつ、従来の機種に比べて高い生産性を持っていることを明らかにしました。生産性が向上した結果、より低コストで木材を運搬することができるようになります。

今後、タワーヤーダのさらなる普及にむけて必要なことは、これまでわが国では十分に活用されてこなかった中間サポートを普及させることでしょうか。調査時に作業員から教わったノウハウを「中間サポート架設の手引き」としてとりまとめました。森林総合研究所のホームページからダウンロードすることができます。

(<http://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/documents/3rd-chuukiseika20.pdf>)

最後に、調査に際して、多大な協力をいただいた香美森林組合の皆さまに感謝申し上げます。

