平成15年度 林野庁委託調査

人工林における天然更新技術に関する調査

(平成15年度調査報告)

平成16年3月

林野庁整備課

まえがき

本調査は、林野庁整備課の「人工林における天然更新技術に関する調査委託費」により、 財団法人国際緑化推進センターが行いました。

調査期間は平成15年度から17年度の3年間で、調査の目的は、林齢の高い人工林が急激に増加しつつあるなかで、林業採算性の悪化等の状況を踏まえ、天然更新の活用により、森林造成コストの縮減を図りつつ、諸害に対する抵抗力が強く、景観面でもすぐれた多様な樹種・林齢の樹木からなる森林へと誘導していくことが期待されていることから、天然更新による稚樹の発生・生育に必要な条件を検討し、森林造成コストの縮減に資する人工林における天然更新技術のマニュアルを作成することとされています。

調査の実施にあたっては、赤井龍男・ハイトカルチャー研究会会長、伊藤太一・筑波大学 助教授、加藤亮助・前国際緑化推進センター顧問、北村昌美・山形大学名誉教授、小鹿勝 利・北海道大学助教授、野堀嘉裕・山形大学教授を委員とする調査委員会を設けました。

3ヵ年調査の初年度である今年度は、国外ではドイツにおける天然更新技術事例について 北村昌美委員、アメリカの公園における森林管理事例について伊藤太一委員、また、国内で は、北海道におけるカラマツの天然更新について小鹿勝利委員、東北地方におけるブナの天 然更新について野堀嘉裕委員、我が国の天然更新施業の歴史と愛知県におけるヒノキの天然 更新について赤井龍男委員によりそれぞれ調査報告がなされ、全体取りまとめについては加 藤亮助委員にお願いして行いました。諸先生方にはお忙しい中を精力的にご調査いただき、 心から感謝申し上げます。

最後になりましたが、この調査を当センターに委託され、調査にあたっても懇切なるご指導を賜った林野庁整備課の各位並びに、現地調査において、ご案内・ご協力いただきました関係機関、森林所有者等の方々にも厚く御礼申し上げる次第です。

平成16年3月 財団法人国際緑化推進センター 理事長 塚本 隆久

目 次

Ι	調査の趣旨と調査内容
	1 調査の趣旨
2	2 調査の内容
П	調査委員会の構成と内容
	1 調査委員会の構成
•	2 平成15年度の委員会の開催······ 2
•	1) 第1回委員会····································
	2) 第2回委員会
	4) 界在四安县云
\prod	平成15年度における調査結果
1	1 外国における調査結果
	1) 北村昌美:人工林における天然更新技術 - ドイツの事例 7
	2) 伊藤太一:ニューヨーク州アディロンダック公園における森林管理14
4	2 国内における調査結果
	1) 小鹿勝利:人工林における天然更新技術に関する調査
	- 北海道におけるカラマツ人工林の事例18
	2) 野堀嘉裕:多雪地における天然更新の経過調査22
	3) 赤井龍男:針葉樹人工林における天然更新の基本的条件と施術体系
	- 主としてヒノキの天然更新について - ······ 30
IV	平成15年度の調査結果の総括検討42
Ž	資料 1
	<u>^^ </u>
ク	外国における調査指来 ・北村昌美:人工林における天然更新技術―ドイツの事例 - · · · · · · · 4
	・北州
	- ・4.4 暖 7 一 - 4.4 暖 7 一

資料 2

•	・小鹿勝利:人工林における天然更新技術に関する調査
	- 北海道におけるカラマツ人工林の事例77
•	・野堀嘉裕:多雪地における天然更新の経過調査104
•	・赤井龍男:針葉樹人工林における天然更新の基本的条件と施業体系
	- 主としてヒノキの天然更新について - ······140

I 調査の趣旨と事業内容

1 調査の趣旨

林齢の高い人工林が急激に増加しつつあるが、林業採算性の悪化等の状況を踏まえ、天然 更新(自然に散布された種子から発芽した樹木等による世代交代)の活用により、森林造成 コストの縮減を図りつつ、諸害に対する抵抗力が強く、景観面でも優れた多様な樹種・林齢 の樹木からなる森林へと誘導していくことが期待されるところである。

しかしながら、天然更新は、土壌、地形、植生等の条件に大きく左右され確実な更新の判断が難しいこと等から、人工林の更新技術としては一般に採用されていない。

このため、天然更新による稚樹の発生・生育に必要な条件を検討し、森林造成コストの縮減に資する人工林における天然更新技術のマニュアルを作成することとする。

2 調査の内容

「人工林における天然更新技術に関する調査」をテーマに、平成15年度から平成17年度までの3か年で行うこととし、国内各地域において下記のような調査を実施する。

(1) 人工林における天然更新の実態

天然更新が見られる人工林の伐採跡地、林内に植栽木を母樹(種子を供給する樹木)とする天然更新が見られる人工林や、広葉樹が成育している人工林等について、更新木の樹種や成育状況のほか、母樹の賦存状況、土壌、過去の施業履歴等について調査する。

- (2) 天然更新の条件
 - (1) 及び海外における天然更新の実態を踏まえ、人工林の伐採跡地または人工林において天然更新を可能とする条件について検討する。
- (3) 人工林における天然更新に関するマニュアルの作成

天然更新が可能な人工林の立地条件、天然更新を促進する施業のあり方等を検討し、森 林造成のコスト縮減に資する人工林における天然更新に関する技術指針を作成する。

Ⅱ 調査委員会の構成と開催

本調査事業を実行するに当たって、下記のような委員会を組織し、調査内容や調査の方法 および調査の結果を検討する委員会を開催し、調査の円滑な進行と取り纏めを協議すること とした。

1 調査委員会の構成

委員会の構成は次のとおりである。

委員 赤井龍男 ハイトカルチャー研究会 会長

委員 伊藤太一 筑波大学農林工学系 助教授

委員 加藤亮助 前 国際緑化推進センター 顧問

委員 北村昌美 山形大学 名誉教授

委員 小鹿勝利 北海道大学 助教授

委員 野堀嘉裕 山形大学 教授

オブザーバー 林野庁整備課造林間伐企画班担当課長補佐

オブザーバー 林野庁整備課経営対策官

2 平成15年度の委員会の開催

平成15年度においては、次のような2回の委員会が開催された。

1)第1回委員会

第1回委員会は平成15年6月24日に開催された。

まず、国際緑化推進センターの塚本隆久理事長からの挨拶があり、本年度から開始される「人工林における天然更新技術」に関する新しい調査事業の目的を果たすために、前年度まで続いてきた多様化森林造成調査や多様な機能発揮のための整備調査に従事された委員の経験と知見が必要であり、再度お願いして承知していただいたことに感謝の意が述べられ、さらに昨今森林の多様化とコスト面での配慮が求められていることから、この調査事業での展開を期待することが述べられた。続いて、林野庁整備課造林間伐対策室造林間伐企画班の柱本修課長補佐から挨拶があり、この調査事業の背景には公共事業のコスト削減が求められていることもあり、人工林を適切に整備していく場合に施業のやり方でコストを下げる方策を検討し、特に人工林での天然更新の利用によりその可能性があるのかどうかについて、技術的な可能性を模索し明確にしていきたいことが述べられた。

続いて議事に入り、まず事務局から委員会の各委員には、これまでの調査事業に引き続いて、本調査事業のこれからの3年間よろしくお願いするとの要請があった。

続いて、林野庁の高嶋伸二経営対策官から本調査事業の概要について説明があった。特に今回の人工林における天然更新技術に関する調査の背景について説明が述べられた。すなわち、わが国の森林整備は、二酸化炭素の吸収量の確保に向け森林の手入れが重要であり、水源涵養、木材の供給など多面的機能の発揮のためにも森林整備が必要であり、このためには持続可能な森林経営の推進が重要である。一方、最近林齢の高い人工林が増えているが、木

材価格の低迷のため林業活動は停滞し、手入れが十分実施されない状況がある。こうした管理水準の低下は、多面的機能の発揮にも支障をきたす恐れがある。さらに、林野庁では「地球温暖化対策森林吸収源10か年対策」を展開しており、健全な森林の育成や保安林等の適切な管理・保全、木材及び木質バイオマス利用、国民の参加による森林作りなどの推進、吸収源の報告・検証体制の強化などを図る必要がある。これらに加えて、生物多様性の保全や多面的機能の発揮に向けた適切な森林整備の推進などが必要となっている。

一方、公共事業のコスト削減に各省庁とも目標値を定め、林野公共事業コストの構造改革でも、平成15~19年の5か年で15%削減を目標に、効率性の向上、調達の最適化、資源循環の促進、透明性の向上など具体的な施策を実施することになっている。また平成15年度の林野公共事業予算においては、健全な森林の整備、長伐期施業の推進と広葉樹林の適切な整備を推進し、また造林事業においても、植栽本数の見直しや施業の実施内容の見直しによるコスト縮減を進めていくことが必要としていることが説明された。このコスト縮減には、人工林における天然力の活用による森林整備も有効で、その経済的効果や公益的機能への効果などの事例を整理して、人工林における天然力活用による広葉樹の進入条件、活用条件、林相の変化など、天然更新の必要条件を提示する必要があることが述べられた。

これらの説明の後、委員からの質疑に入った。コスト縮減しながら多面的機能や公益的機能を推進している事例は可能性があり、また人工林の取り扱いの中に、長伐期によって天然林に近い形に持っていき、天然更新を行うことは不可能ではなく、うまくいけばコストは零に近い。一方、育林コストの低減については、造林コストはアメリカやドイツでは日本の1/5位、カナダでは1/20位で日本は高い。しかし、日本でも植栽本数を減らしたり、一般並材の生産なら枝打ちも不要であり、さらに伐採だけで母樹法や択伐法で更新をやれる可能性はあり、コスト縮減の選択肢は多くある。一方、更新伐については複層林造成に対しては補助金が出ているが、なすび切りなども間伐や除伐と考えることができないか、問題は受光伐や誘導伐など民有林での天然更新であり、これらに補助金を考える必要があるとの意見が出された。

ドイツをはじめ西ヨーロッパ全体では、Plantationという言葉は使っていなく、人工林か天然更新か判らない Planted Forest という言葉を使用しており、人工造林という言葉は統計上でてこなく、政策として広葉樹、針広混交、長伐期などの天然林施業をやっていることが紹介された。日本でも高齢化した人工林をどうするのか、これは合自然という理念の下、天然力を活用し、自然を大切にした林業という意味で、天然更新に持っていくことが重要とされた。ヒノキ人工林では、標高500~800m以上ではササを処理するなど一寸投資すれば天然更新は可能であり、またスギでは母樹の間隔をあけることによって可能性が出てくる。したがって、立地条件によっては可能性があり、一定の立地条件下での技術体系の確立が重要であることが述べられた。

最後に今年度の各委員の調査予定について協議された。国内について、小鹿委員からは北

海道のトドマツ、エゾマツの事例については恵庭の国有林や十条製紙の山林での事例を調査することが提案され、また野掘委員からは東北のスギ人工林でのブナの更新について調査することが提案され、さらに赤井委員からはヒノキについては木曽におけるこれまでの調査事例を中心に纏め、またスギについては、愛媛県の段戸や住友の山林および広島県などの調査を行うことが提案された。また国外については実際の調査は実施されないが、これまでの報告されたものから、北村委員はドイツの事例について、また伊藤委員はアメリカのワシントン州の事例について取りまとめることとされた。さらに外国の事例として、フランスの事例も重要であることから、北村委員から富沢周平氏に依頼し、取りまとめることとされた。また最終年度には段戸国有林で現地検討会を開催することが提案された。また各委員の調査の詳しい日程については事務局と協議することとされた。

2) 第2回委員会

第2回委員会は平成15年12月2日に開催された。

まず、国際緑化推進センターの塚本隆久理事長から挨拶があり、現在平成16年度予算の真最中であるが、近年持続可能な森林の取り扱いのもとで、二酸化炭素問題など新しい政策が実施されつつあるが、この意味で人工林の天然更新を技術的にどう取り扱うかの本委員会の成果が期待される。初年度の中間報告をこれからお願いするのであるが、よろしく指導と協力をお願いしたいと述べられた。続いて、林野庁整備課造林間伐対策室造林間伐企画班の柱本修課長補佐から挨拶があり、平成16年度の予算の最後の詰めに追われているが、公共事業費は政府全体で今後5年間に15%を切り下げることで検討されており、平成16年度の造林の公共事業もある程度削減となる可能性がある。造林事業は人件費が中心であることから、間伐の推進、保安林整備の恒久化、NPOの位置付けと活動の明確化などを検討している。この中で里山でも植林だけでなく、天然力を利用する方向を検討しており、その点で本事業の成果が期待されるとされた。

続いて議事に入ったが、冒頭に赤井委員から本プロジェクトの方向や共通認識について提案して相談し協議したいという意向があったことから、まず、赤井委員から本年度の調査結果である、針葉樹人工林における天然更新の仕組みと技術体系 - 主としてヒノキ天然更新について-が報告されると共に、本実施項目について纏めの方向を検討するための話題が提供された。まず用語の整理が必要とされ、森林や施業体系(森林作業法)の名称の整理が行われた。また、ヒノキの天然更新の基本的な条件として、タネの結実周期と散布量、稚樹の発生、成立の条件、稚樹の生長の条件などが述べられた。さらに、平成15年度の調査地における天然更新の実態として、愛知県段戸国有林の天然更新施業地のいくつかの実態、さらに愛媛県住友林業別子山林での傘伐天然更新施業地の経過などが紹介され、天然更新は天然自然力による森林の再生であるだけに、表土の安定や多様性が高いなど、水土保全機能や、レクリエーション利用などに役立つ、評価の高い技術であり、最終的には天然更新の可能な条件

の掘り起こし整理が必要であるとされた。最後に各委員の分担の方向として、欧米での作業 法の機能評価については、北村委員、伊藤委員の両委員にお願いし、日本の主要樹種には北 海道のエゾ、トドについては小鹿委員、本州のスギ、ヒノキについては赤井委員が分担し、 さらに環境区分けのゾーニングについては野堀委員に膨大な資料をコンピューターで整理し て提示してもらったらと提案された。

次いで、伊藤太一委員から、ニューヨーク州立アディロンダック公園における森林管理について報告され、森林施業とレクリエーション利用を両立させている、公園の私有林のあり方が参考になるとしている。この地域は広葉樹林の割合が高いので、森林の施業法は択伐が主になっており、ニューヨークの水源地域であることから、水辺との関係で伐採、特に皆伐には細かい規制がある反面、全体に育林については規制が無い。これはこの地域の天然更新が容易であると共に、低質材でも多様なマーケットがあることと関係しており、これが生物多様性保全だけでなく、レクリエーションの観点でも不可欠なモザイク状の森林を形成させていることが述べられた。

次いで、北村昌美委員から、林冠下の天然更新 - ドイツの例として、バイエルン州及びバーデン・ビュルテンベルク州を調査対象にした報告がなされた。バイエルン州では針葉樹の純林は混交林への転換が行われ、トウヒの純林を多様な保護機能とレクリエーション機能を備えた安定しトウヒ・広葉樹(特にブナ)・モミの混交林に導くこととしている。自然に近似した施業への転換により、天然更新を採用する割合が増加し、さらに最近の台風被害が天然更新の採用を促しており、天然更新のうまくいかないアカマツの純林では、立地条件に適した広葉樹種を選択しながら、下木植栽による複層林の造成を行い、多様な機能を考慮しながら、生物学的に健全で安定した生態学的に価値の高い森林を造成することとしていることが述べられた。また、バーデン・ビュルテンベルク州でも現在は自然近似の施業法が主流となっていると見てよく、その結果、目標とする林型も針葉樹重視から広葉樹重視へと変わってきている。また、新しい造林体系の基礎となっている観点は、台風に対する処置、樹種の光要求度、伐採・収穫・運材・集材の円滑な実行及び各種被害の危険への配慮とされており、その実例としてトウヒーモミーブナ山岳林とブナと広葉樹または針葉樹の混交林を挙げている。

次いで、小鹿勝利委員からは北海道における調査の中間報告として、民有林の主要造林樹種であるカラマツ人工林の天然更新について報告された。カラマツ天然更新の事例の見られる立地は、カラマツ生育適地といわれる道南、胆振日高、道東など、火山性放出物起源の土壌分布地である。これらの中、網走森づくりセンターのアカエゾマツ造林地と複層林造成地への天然更新の事例、渡島管内森町の三菱マテリアル山林のカラマツ天然更新木とスギ造林木の混交林の事例が報告され、カラマツ人工林における天然更新技術の現状と課題として、地表処理、母樹の結実、凍上の抑制、大型草本類や他の樹種との競合に勝る条件などをあげ、課題として、結実の予測、重機による掻起こし作業の地形・傾斜・面積規模等の制約などを

あげ、まだ更新技術としての確実性は低いとしている。さらに、カラマツ更新木が他樹種人工林に侵入した場合として、単木または群状の混交林への誘導の可能性があり、この場合、本数調整、除間伐など保育作業の実行方法や目標林型の検討が課題となる。さらに、広葉樹更新木の利用の場合には、複層林や帯状、群状などモザイク的配置の混交林への誘導、広葉樹主体の天然林への誘導などが考えられ、この場合除間伐など保育作業の実行方法、時期の検討が課題になるとしている。

最後に、野堀嘉裕委員から多雪地の人工林における天然更新の経過調査(中間報告)の報告が行われた。まず、人工林におけるブナの天然更新について、造林と天然更新、人工林と天然更新、人工林と雪をキーワードとして文献調査を行った結果が述べられ、ブナの天然更新が良好であり、その成長も良好であることが判ったとされた。また、ブナ林分布域の地理的特徴に関するGISによる分析が述べられ、チシマザサーブナ群団の夫々の地域での分布と、経緯度の移行による傾向を分析した。さらに、ブナ二次林で樹幹解析による肥大生長と伸長生長の経過を述べ、ともに連続的に素直に生長しており、積雪環境による影響も受けないことを示した。最後に他の樹種に比べてブナが有利となる時期やサイズを多雪地帯の湯殿山と少雪の高館山のブナ林の林分構造を解析し、湯殿山では下層のみで、高館山ではどの層でも多様性が高く、多雪環境下では下層から中層に移行する段階でブナが優勢になることが判ったと報告された。

以上の報告について、1月末までの原稿提出が事務局側から要望され決められ、委員会を 終了した。

Ⅲ 平成15年度における調査結果

平成15年度は、本調査の初年度であるので、第1回委員会で示された林野庁の調査事業の概要で示された調査方針に基づいて各委員による事例調査が行われた。調査の結果は各委員から提出のあった報告書の通りであり、詳しくはそれらを参照していただくことにして、ここではそれらの報告書の概要を述べることとする。

1 外国における調査結果

外国における具体的な調査は実施されなかったが、過去における多様化森林造成技術開発調査で調査された際に収集された調査資料を基に取り纏められ、下記のように北村昌美委員からは「人工林における天然更新技術 – ドイツの事例 – 」が、伊藤太一委員からは「ニューヨーク州アディロンダック公園における森林管理」が報告された。その概要は次の通りであるが、詳しくは報告書を参照されたい。

1) 北村昌美:人工林における天然更新技術-ドイツの事例-

はじめに

ドイツ各地では最近「合自然的施業」あるいは「合自然近似の施業」が採用されるようになったが、その内容を一言で述べるなら、従来の伐区式施業、特に皆伐を避け、複層の混交林に導くことにほかならない。その採用を急速に推進させたのは、最近10年間あまりの間に頻発した台風被害であり、被災後の森林再造成にとって天然更新が技術的な基本原則であることが強調されている。

したがって、ドイツでは基本的に皆伐が行われず、母樹を林地に残した天然更新が採用されていると見てよいが、立地条件や社会条件等の事情により基本原則から外れることがあるのもやむをえない。これらの実情をドイツ南部の隣接する、バイエルン州とバーデン・ビュルテンベルク州について、天然更新施業の実態の一部を最近の資料を参照して紹介することとし、さらにドイツ中西部の、ノルトライン・ベストファーレン州を対象として、針葉樹の純林から複層混交林への転換の実態を報告することとしている。

(1) バイエルン州における天然更新施業の動向

- i)概説:バイエルンの国有林(州有林)は州にとって、きわめて大切な基本財産として位置づけられているが、この25年間に木材価格が急速度に下がり続けると同時に、森林の公益的機能やレクリエーション機能に対する住民の要求が高まり、自然に近似した森林施業が推奨され、2003年には国有林を対象とする指針が「明日の森林」として公表されるに至った。本報告では、その中から更新施業に関する記述を参考にして、高度の施業技術そのものと共に現在ドイツの林業思想ともいうべきものに重点を置いて紹介することとした。
- ii)従来の更新経過:1970年代の中ごろ以降、小面積で更新期間の長い森林が重視されるようになり、帯状伐採や植栽を伴う小面積皆伐が画伐作業や傘伐作業にとって替わられた。すなわち、天然更新をし易くなるように、まず林分内に帯状の伐開線を入れるように伐採される。傘伐作業の場合は均等に陽光が入るように、画伐作業の場合は残存立木の密度が不均質になるように伐採が行われ、天然更新、人工更新を問わず、稚樹が定着した後は、成長を促すためにしだいに陽光を当てていき、新しい世代の森林が老齢林木の保護のもとで生長を始め、林地が被覆なしで置かれる期間が短縮される。森林の更新は今では比較的大面積で、しかも長い期間をかけて実行されており、その結果、過去10年の間に、森林はあらゆる年齢層のそろった更新面を保有するようになり、同時に単位面積あたりの人間の干渉の程度は減少し、更新期間は約40年にまで延びるようになった。皆伐は原則として実行されなく、各種被害の起こらぬように森林の安定性を高めることを重視しなければならないとしている。
- iii **) 天然更新面積の増加**:自然に近似した森林施業の主要な目的は、天然更新の割合をできるだけ高めることにあるが、トウヒの純林からトウヒ、ブナ、モミの混交林に転換する場

合には、混交させる樹種の植栽が必要になる。バイエルンでは、天然更新の割合は国有林面積の3分の2に達しているが、この辺がバランスのとれた割合であろう。

iv **) 林冠下の天然更新**:老齢林木の林冠の保護の下で行われる前更作業は、最近10年間に倍増し、更新面積の45%に及んでいる。前更作業の面積はあらゆる樹種で増加し、特にブナの割合が増加している。老齢木と幼齢木が混じることによって森林の多様性が増し、同時に天然更新の割合を増加させ、著しい経費の節減をもたらす。

この実行例として、ツスマルスハウゼン営林署の混交林への困難な道を紹介している。

この営林署の老齢林分の大部分は混交樹種の少ないトウヒの森林である。深層の粘土質土壌はトウヒの成長には適しているものの、台風に耐える根を発達させることができないため、過去10年間に生産された木材の約半分は台風被害のための計画外伐採によるものであった。そこで、最終的な目標は、トウヒの純林を生産力が高く、多様な各種機能を備えた、安定したトウヒ、モミ、広葉樹からなる混交林に導くことであり、その達成には不屈の作業、忍耐、持続性、高度の研究が必要であるとしている。

バイエルン州の新森林計画によれば、この10年間に約1,000haのトウヒ林を、他樹種が約40%混交した森林に更新させることになっている。この目標を達成するためには、年間約20万本のブナを主とする苗木が必要とされ、幼齢樹が老齢木の保護の下で成長が確実になるまで、少なくとも10年は続けられるべきであるので、これには多額の投資が必要であり、かつ大量の作業を覚悟しなければならない。

- v)天然更新の生態的ならびに経済的合理性:生態的ならびに経済的合理性からみれば、できるだけ人間の介入程度の小さい自然近似の施業法が検討されるべきで、これには天然更新の可能性や自然の持つ回復力の活用によって、植栽本数や保育の必要性を低下させることであり、このような林業経営は経営経済的視点と生態的視点が共に重要である。森林経営で集中的は経費の投入が必要なのは、林分の創出と、それに続く幼齢林の保育の段階であり、人間の介入の程度が低ければ著しい経費の節約ができる。バイエルン州国有林のha当たりの稚樹本数は、1970年以降急速に減少して4,000本程度になっており、わが国と比べてかなり多いが、これは植栽時の稚樹本数が含まれているためと考えられる。
- vi **) 林分の造成**:かつて森林は皆伐や帯状伐によって更新され、植栽や播種によって次 代の林分が造成された。また良質の木材を得るために植栽本数を多くし、早めに間伐をする など、多大の作業量と費用を伴った。

自然近似の施業法への転換によって、自然の保有する力が活用されるようになり、長い期間を費やして小面積単位の更新を行うことにより、天然更新の割合を増加させ、単位面積あたりの林木本数を減らすことが可能になった。また、台風被害の再造林のため多数の苗木を必要とし、一時1億5千万本を超えたが、現在はわずか500万本に過ぎなくなっている。この水準は施業の合理化の可能性を改めて示すものと考えられる。なお、更新を要する針葉樹の純林はまだ数多くあるので、立地に適合した生産力の高い混交林を造成するためには、か

なりの期間は植栽に頼ることが必要であるとしている。

vii **) 幼齢林の保育**:混交樹種を林分内に導入した場合は、ほの暗い状態が生まれ、保育の必要性は著しく減少する。州の森林経営計画によれば、幼齢林の保育作業は当初17,000haが徐々に減少し、最近では6,000haにまでなっている。

この**実行例**として、**台風被害地の再造林 - 再造林への自然の貢献**を示している。バイエルンの森林は、1990年の台風によって激甚な被害を生じ、国有林だけでも14,000haに達する皆伐面ができた。しかし、あまり年数を経ないうちに植栽され、大部分は広葉樹の混交率が高く立地に適合した混交林として再生した。その成果は大きかったが、同時に多額な経費を必要とした。

わずか10年たらずの後の台風ロータによる被害は激甚であったが、再造林の前提となる条件は、前の台風の場合よりも恵まれていた。それは過去10年間で前更作業の行われた林分が増加していたことと、それまでの経験から天然更新をもっと行われるべきであることを知らされていたことである。特に生態的に重要な先駆樹種であるカンバ、ヤナギ、ヤマナラシ、ナナカマドを広範に自然発生させるべきであり、それらは急速に上層林冠を構成し、その下で多くの樹種の更新が可能になった。総括すると、皆伐の場合に比べその半分以下の植栽で間に合ったはずで、これは1990年の台風被害のときの作業量の半分に近く、自然の潜在力を計算に入れるなら、被害克服のための経費を著しく節約できたことになる。

(2) バーデン・ビュルテンベルク州における天然更新施業の動向

i)概説:ドイツ林学は天然更新を主体とした森林作業法を生み出したが、現在では古典的と位置づけられ、その主流は自然に近似した施業法に移行したとみてよく、その経緯と内容はすでに「多様化森林造成技術開発調査」の報告書で述べてある。また、1999年の台風ローターの被害は激甚で、決定的な施業法の変革をもたらしたが、それらは「多様な機能を発揮するための森林整備に関する調査」の報告書で述べた。したがって本報告では、若干の実行例を示すことで今後の森林整備の参考に供することとしたが、その内容の大部分はDr.H.Pabstの天然更新に関する著作によった。

自然近似という新しい施業体系の下では、天然更新による林分の再生や収穫の増加に関する報告が多く見られるが、こうした成果をもたらす施業上の着眼点のうち主要なものを列挙しておく。すなわち、台風の主方向に配慮すること、陽光に対する樹種ごとの要求度を充分考慮すること、更新の妨げにならぬように伐採・収穫及び集材・運材が滞りなく実行できること、野生動物害や気象害に対して配慮すること、などである。

ii) 実行例として次の 3 例を述べている。

まず、トウヒ - モミ - ブナ山岳林 海抜400m以上に位置するシュヴァルツヴァルトの一般的森林タイプで、これは強度の間伐から始まって、画伐状(群状)あるいは択伐状(単木的)の林冠の伐開に移行し、 $10\sim20$ 年を経過するごとに立木蓄積の $1/10\sim3/10$ を伐採利用す

る。この処置によって陰樹であるモミやブナの発生が容易になるが、ブナが欠如している地域や台風やキクイムシの害によって大きな林孔が生じた場合にはブナが補植される。モミ、ブナなどの陰樹類が十分に確保されたら、必要によっては急速な伐開も可能になる。生じた林孔にはトウヒが発生するが、場合によっては補植も可能である。この手順はダグラスファー、カラマツ、アカマツにも適用される。それゆえ新しく造成された森林は前更作業による陰樹の稚樹と補植された苗木の組み合わせで成立する。

前更作業の際、「更新蓄積(更新期間中すでに計上可能な幼齢木の蓄積)」なるものが計上されることがあり、これが林分で多く計上されるようになれば、更新は成功したと考えてよく伐採も可能になる。1990年と1999年の台風の後にはこの更新蓄積が森林の再造成にとってきわめて好都合であったといえる。

次に、ブナと他の広葉樹の混交林、ならびにブナと針葉樹の混交林 - 海抜400m以下に位置する一般的森林タイプで、立木蓄積の2~3/10を伐採して林冠を疎開し、ブナの天然更新が可能であれば、老齢林分を疎開させる。稚樹を欠いている場合には、カエデ、トネリコ、ナラ等の広葉樹やカラマツ、トウヒ、ダグラスファーなどの針葉樹を植栽する。

さらに、1999年の台風以後のノイエンビュルク営林署の実践例は、台風による営林署館内に面積0.5ha以上の林地の合計500haにのぼる皆伐面への実践で、0.5ha以下の被害面は自然の推移に委ねるが、その他の500haのうち、77%はかなりの更新蓄積を保有していることで、森林再造成の対象地とし、13%はダグラスファーかカラマツなどの針葉樹を植栽、10%は条件により異なるがブナやナラなどの広葉樹を植栽した。雑草類の繁茂する土壌では速やかに植栽し、その他の林地は天然更新が行われた。台風後3年以上たったが、森林の再造成は良好に進行しているが、自然は先駆樹種からなる森林を造るので、保育の第1段階でこれらを処理する必要があるかもしれないとしている。

iii **) 結語**: これらの実施例を通じて、自然は人間よりも多くの作業ができるが、更新の成否には多くの例があり、例えば、フランスのフォンテーヌブローの森で300年生のナラが保護されており、森林官も手を加えることが禁止されていたが、ナラは腐り始め、雑広葉樹の天然更新には成功したが、ナラが更新されることはなかったことから、森林官の仕事は「自然の助けによって、自然の変化を穏やかに早めること」と表現しているという。

(3) ノルトライン・ヴェストファーレン州における天然更新施業の動向

- i)概説:ドイツ中西部にある州の人工林における天然更新の実態を、針葉樹の純林から「恒続的な森林」と表現されている多様性に富む複層混交林への転換について述べたB.Lederの論文を参照して報告する。針葉樹の純林から広葉樹の率の高い森林への転換はドイツ各州の森林管理にとって主要課題となっているが、この州では特にブナの増加に重点が置かれている。
 - ii) 樹種構成:州の潜在的な自然の樹種構成である広葉樹が優勢であった森林から、現在

の針葉樹優勢の森林に移行し、現在の針葉樹の割合はトウヒを主に47.3%に達している。この変化には森林自体に原因があると共に社会的な要請も大きな要因となっており、大戦によって破壊された森林の回復は、大面積の針葉樹の一斉林という形で成し遂げられ、トウヒの造林は最大の森林面積を持つとともに、一斉林の欠点が知られトウヒの造林に対する議論が繰り返されるようになったが、それでも針葉樹の林分は増加し続けた。

- iii) 造林上の戦略:最近の台風による森林破滅は、針葉樹一辺倒の森林の危険と、立地に適していない森林施業の困難さを見せつけた。しかし、徐々に自由な発想で森林を取り扱う余地を広げ、多様な樹種と多様な構造を持つ安定した森林を造成するように努めた結果、不安定であった針葉樹の森林が、安定した自然に近似した混交林へと変わっていった。また、広葉樹の割合の増加は、生態的に高く評価されるばかりでなく、森林の安定性を増し、林地を改造していく作用も十分認識されるようになり、これらは長期的には天然更新へとつながっていく。
- iv)「恒続的な森林」の特性: 州の森林は、立地に適合し、自然に近似し、安定した、健全な、しかも生産力の高い森林へと転換されるべきで、これは長期的にみれば「恒続的な森林」の性格を持った森林の成立を意味している。その目標は単に自然の森林を再構成することではなく、経済的ならびに生態的な必要に応じて、林地に針葉樹を残すことも認められるのである。トウヒの純林の将来の施業も、浅根性で高い風倒の危険性、成長の不良や病虫害の危険などを十分考慮して行われねばならない。

また、アカマツが南面乾燥斜面に侵入して生長しているが、養分や水分の極端な欠乏は成長を低下させ、過度の養分に富んだ土壌や雪折れの危険のある立地は適していない。

v)森林の転換(Waldumbau)に関係のある諸課題:森林の転換はわが国の「林種転換」とは一致しなく、意味する内容が異なる。伐区式施業から択伐林型の森林への転換を図るには、立地に適合した安定した素性のよい樹種を選んで、自然に近似した施業をしなくてはならず、結果として広葉樹の割合が増えることになる。

森林の転換とは別に、森林の転移という概念がある。この転移というのは立地に適合しないトウヒの純林を、ブナとトウヒの混交林に変換するためブナの導入を図ることであり、人によっては低林や中林を人為的に高林に導く際にも転移という表現を用いる。

成長のよくない森林を社会的な要請に応じ、本質的に異なった森林に変えることを転換または変換という。この概念は現存森林を天然更新や種々の方法によって改良すること意味しているが、研究者によって用いる意味が異なり、低林の改良を意味することもあるし、伐区式の森林から択伐林へという意味もある。

ノルトライン・ヴェストファーレン州の場合、「針葉樹の純林から広葉樹との混交林へ」という表現ですべて尽くされており、もっと簡略化して「トウヒからブナへ、あるいはブナとの混交林へ」としてもよい。この一見単純に見える樹種構成と施業方法であるが、そこにはきわめて細かい科学的根拠に基づいた配慮がなされていることが読み取られ、森林に向か

い合ったときの技術者の態度は種々の点で参考になる。

vi **) 造林上の手法**:森林の転換が困難な林分では、安定した混交林が成立する移行過程に あることが多いので、転換は夫々の林分の持つ閉鎖度、林齢、健全さ、生産能力などに応じ て実現され、その後は立地に適した多様な構造を持つようになる。

針広混交林とは対照的に、単一樹種からなる広葉樹や針葉樹の純林、多種の広葉樹か多種の針葉樹を含む林分がある。州の森林の構成は、広葉樹林に分類される461,000haは、21%が単一樹種、55%が多樹種からなり、24%が混交林である。一方、針葉樹林に分類される423,400haは、54%が単一樹種、15%が他樹種、残りの31%が混交林であり、針葉樹の単純林が圧倒的に多い。実際どれだけ転換を必要とするかの判定は容易でないが、この場合、森林の転換に多額の経費を要するので、林業経営の経済的能力が大きな役割を果たすとしている。

vii) 人為的な補助作業: 立地に適合した混交状態を造るために、針葉樹の純林に適切な広葉樹を導入することは、造林上ならびに経営上好ましいばかりでなく、自然保護の観点からも重要である。その具体的な森林の転換の方法が前更植栽、すなわち樹下植栽である。ここでの前更植栽と前更播種とは、前更作業に際し天然更新によらずに人工植栽によって後継稚樹を得る作業を前更植栽とし、同様に林冠下に後継稚樹を得るためにあらかじめ播種することを前更播種とした。

トウヒ林の転換には、ブナの前更植栽が大面積にわたって実行されており、後継林に対する老齢林の保護機能のあり方が、群状、小林分状、または大面積というその後の方向を 決める。また前更植栽に際して老林分の伐採の時期によって、積極的前更植栽と消極的前 更植栽の区別が生まれる。以下、Lederの原著から前更植栽に関する記述を参照しておく。

消極的な前更植栽:自然にできた被害跡の林孔に接続する形で行われるが、間伐の後の空隙とか、前更植栽が必要でないカンバやカラマツなどの安定した樹種には行われない。この前更植栽が必要かどうかの判断には、林分の閉鎖度からみて、上層林がさらに発達するかどうかと、現存する地床植生の種類と被覆度によっている。

積極的な前更植栽:州の中級山岳地帯にあるブナとトウヒの混交林は、トウヒ林の林孔に ブナを植栽しての更新によって成立し、また雪折れの被害を受けたトウヒ老齢林分の下木と してブナを植えることを奨励する研究者もいる。多くの陽光が林内にさしこむようであれば 更新はうまくいくことになり、アカマツからブナへの転換の例もある。多くの森林地帯では、 導入された広葉樹が野生動物の食害に対する保護なしで成長している例があるが、ある地域 では森林の転換の成功のために柵の設定や大型の苗木を植栽する方法を採用している。安定 した価値高い木材生産のためには、生態的にも経済的にも細心の注意が必要で、場合によってはブナの前更植栽には多額の経費を必要とすることもある。

前更播種:費用のかからぬ方法として、前更植栽に代わって、林分の土壌状態に応じた方法で、ブナの播種をすることがある。これは重量のある種子に適用できるが、モミの前更播

種に有効な機械が作動するようになった。経費のかからぬ方法が多用されるようになると、 根系の発達に役立つが、諸害に対する危険や天候に左右されやすい性質が、播種の成果を阻 害することがあるかもしれない。

viii)天然更新:植生遷移の考え方は将来の森林経営でもっと重視されるべきである。齢級構成の森林から、恒続的な構造を持つ森林への転換に際しては、天然更新の可能性を高めることを重視すべきである。小面積の天然更新林分を造ることにより、適切な立地条件と高品質の林木を前提にした小空間ができあがる。造林上の重点は天然更新を増加させることに引き継がれ、目標とする林分に至る生育過程、安定性の確保、保育経費の限界などを考慮すると、天然更新は、林冠のない天然更新、林冠下の天然更新、不適切な立地での天然更新に分類される。林冠を欠いた林地でのトウヒの天然更新は、本数に恵まれ、比較的均質であるが、これらの稚樹を自然の優劣分化に委ねるか、本数調整をするかは状況によって判断すべきである。林冠下の天然更新は、明るさによって稚樹の優劣分化が起こることが多いので、保育上の干渉はしないで、その活力を活かすようにすればよい。

森林の転換に際しては、自然の法則に従う植生の遷移という概念を、生物学的に見た造林 方法の合理化という観点から導入することは、森林の多様性を高めるのに大きな意義を持っ ている。

ナナカマドとの関係:中級山岳地帯では、トウヒの純林から混交林への転換を図る際、ナナカマドの天然更新との関係は大きな意味を持つ。トウヒの林分にナナカマドやカンバが侵入することがよくあるが、これはトウヒの更新がしなやかさを増すとされている。森林を再造成しようとする林地に、典型的な先駆樹種を人工植栽によって導入する方法や、風害跡地などで自然に発生した遷移上の先駆樹種の活用は、森林の転換に要請されている方法であり、経費の低減や質的に価値の高い後継林分の育成にも貢献する。例えば、天然に成立したヤマネコヤナギの林冠は、更新したブナに生育空間を提供する。

カケスによるナラの播種:老齢のアカマツの純林は明るくて、地床植生や天然に発生した 稚樹の生育に適しており、その結果、林内の微気象が改良され、地表面の破壊が防止されて、 林分の構造と樹種構成の多様性が高まる。カケスが種子をまいて生えたナラや、自然に播種 された軟質広葉樹の混じるアカマツ林分の増加は、よく見られる現象にもかかわらず顧みら れなかったが、このカケスによるナラの播種は造林学に概念の中に組み込まれるべきであ ろう。

総括

ドイツの研究者が提案した前更作業は、当時は時代の先端を行くものであったが、今や古典的施業とみなされ、「自然近似の施業」に取って代わられるようになった。しかし、かつての理論や方法は「自然近似の施業」の中に色濃く残っており、新しくなったのは、技術ではなくて林業思想なのである。

そのような観点から三つの州の天然更新施業の内容を比較してみると、夫々の森林に、その置かれた社会的背景と、歩んできた歴史が投影していることを痛感させられるとしている。 三つの州の間には共通点と相違点があるが、どの州も過去の経験を速やかに次の実践で活かしていることである。具体例をあげると、台風ヴィープケで得られた教訓は、直ちに台風ローターの際に活かされており、この相次いだ台風の教訓を新たな施業に生かしたドイツ林学に、改めて脱帽する思いであるとしている。

自然近似の施業自体にもわが国は学ぶ点は極めて多いが、自然近似は単に放置するととってはならなく、各州の例にも明らかのように、この施業に払われる注意はきめ細かく、かつ 学問的な裏づけが必要であることが再三述べられている。

もし、わが国で自然近似の名のもとに森林を放置するようなことがあれば、用材として利用できるような林木は激減するであろう。ドイツでは針葉樹の人工林が失われた分、あるいはそれ以上の木材が、主として天然更新によって成立した広葉樹林や針広混交林によって得られるのである。もし天然更新に頼れない場合は、ためらうことなく人工植栽を採用しており、目的は優れた次代の森林を造成することにあり、更新はそのための手段という考えに徹しているとしている。人工植栽による次代の森林の造成については、三つの州とも例が多く、例えば、ニュルンベルクの国有林では、アカマツ林を広葉樹林に転換するために18年間に2千万本の植栽を行ったという事例が報告されており、その計画が完了するまで25年を要するという。これは必ずしも経費の節減が狙いでなく、長い更新期間の後に成立する森林に期待をかけているのである。

すでに述べたように、カケスによるナラの天然更新や、ナナカマドなどのいわゆる雑木の 役割にも触れており、正面きった天然更新技術の解説より、むしろこのような着眼点の方に 学ぶべきことが多いとしており、三つの州を比較した効果は、このようなところにも認めら れるのであるとしている。

2) 伊藤太一: ニューヨーク州アディロンダック公園おける森林管理

(1) はじめに

人工林の天然更新に関するアメリカの文献から、小規模な日本の森林状況に一番近いということで以前調査したアディロンダック地域が注目された。

アディロンダックに関してはすでに「多様化森林造成技術調査報告書」の平成9年度に「アメリカ東部のおける生物多様性に配慮した森林管理の動き」と、平成10年度の「アメリカにおける生物多様性保全のための水辺林保全基準」の中で触れているが、今回は施業を中心に、森林レクリエーションとの関連を考慮しながら分析を進めるとしている。

(2) レクリエーションと森林施業

レクリエーションの視点から森林を評価すると、確かに多様な森林が望ましいが、ここでいう多様性は、皆伐跡地や様々な林齢の一斉造林地、天然林などで構成される多様なモザイク状空間であることであり、それらを連続的に体験できる歩道が提供されることによって、利用者がその多様性を実感できるようなしくみである。

好まれる森林景観であっても、変化があってこそ人間に感動を与えるように、生物多様性保全だけでなく、レクリエーションの観点からも、特定の森林景観保護よりも広域におけるモザイク状の森林保全が不可欠である。

また、広域における環境保全というマクロな視点からは、林地が他の用途に転用されるということが重要な課題であり、林業を地域環境保全に不可欠な持続的地域経済の鍵と評価する政策が重要であろう。

このように考えると森林施業とレクリエーション利用を両立させているアディロンダック 公園における私有林のあり方が参考になり、皆伐の規模や水辺の保全で重視されているのが 天然更新主体であり、所有者が経済的なメリットも得られることが持続的保全には不可決と いう認識に立っているとしている。

(3) アメリカにおける施業の区分

アメリカの北西部における林業施業体系では、更新という再生産手法と伐採がほぼ同一視されており、天然更新が主流であり、天然更新しない場合に植林を行うという考え方が支配的であり、常に人工造林が中心となってきた日本とは根本的に発想の違いが見られる。

施業としては経済的始点のみならず環境的視点からも皆伐が主流であり、皆伐は以下の3種類に分けられている。①連続した40ha(100acre)以上の連続皆伐、②4~20ha(10~50acre)程度の大規模パッチ皆伐、③0.4~4ha(1~10acre)程度の小規模(グループ)パッチ皆伐である。非皆伐施業は、4種類に分かれ、①2本以上0.1ha(1/4acre)までの群状択伐、②単木択伐、③母樹は単木とグループの場合がある母樹法、④3つのプロセスからなる傘伐である。

いずれの手法を採用するかは、生物、技術、経済、社会、法律に影響を受け、特に造林目標、立地環境、景観、経済の4要因から判断される必要があるが、母樹法は利点が少ないとされ、非皆伐施業のほうが高度の技術が必要とされる。

(4) アディロンダックの公園の概要と森林

アディロンダック地域は植生も土地所有形態も日本の状況に類似しており、その森林管理は参考になると考えられる。特に、約240万haの面積を有する州立公園においては、ニューヨーク州アディロンダック公園局が私有地を、州環境保全局が州有地をそれぞれ管轄しており、これは環境省自然環境局が国立公園の管理を行うが、その核として林野庁所管の国有林

がある日本の状況に近い。

アディロンダック地域はニューヨーク州北部にあり、主要河川の水源地域となっており、19世紀初頭より水運確保の視点から保全が重視され、1885年にアディロンダック公園が設置され、その公園面積の42%が州有林、58%が民有林で占められており、その4割は小規模な個人所有私有林である。この56万haの私有林は園内経済の10%、雇用の4.5%を占め、さらにニューヨーク州の経済林の20%を構成しており、その管理が地域環境保全の鍵となり、森林施業に対していくつかのルールが設けられている。

アディロンダックの森林は、その起源から4つに区分されている。その第1は原生林タイプで、氷河の後退により侵入した森林で、地形的特性から低地、傾斜下部、傾斜上部、山稜部の4林相が見られる。第2は、19世紀初頭から人による撹乱を受けた森林で、現在復元している途上で、移行期森林と呼ばれる。第3は保護林で、上記タイプを含む場合もあるが、州有林が相当し、自然林、厳密に言えば熟成した第二世代ウイルダネスとなっている。第4は私有林が多く占める商業林で、皆伐施業などにより種の多様性は一番高い。

以上のように起源も管理目的も異なる私有地と公有地がパッチ状に散在しているのが土地利用の特性であり、これが生物多様性や景観多様性をもたらしていると同時に、多様なレクリエーション機会も提供している。そのため私有地の主要な部分を占める私有林のあり方が重要になっている。

(5) アディロンダック私有林の施業

アディロンダックは広葉樹林の割合が高いので、択伐が主要な施業法であるが、針葉樹林では皆伐も行われている。この地域の主な施業は次の通りである。

- ① 単木択伐:成木を抜いて耐陰性の高い種(ブナ、カエデ、モミ、トウヒ)を育成。
- ② 群状択伐:成木を群状に抜いて、耐陰性の低い種(マツ、カバ)を育成。
- ③ 立地改良伐;低質で不要な樹木をパルプ、燃料、チップ材などとして抜き、望ましい樹林に誘導。
- ④ 傘伐:上層木を残し、同齢林を育成。上層木は2~3回で除去。
- ⑤ 母樹法:傘伐より伐採率が高い。同齢林育成。
- ⑥ 針葉樹対象、その後植林で同齢林。

私有林を管轄する州アディロンダック公園局による皆伐の定義は、「10年間以上の期間において、胸高直径18cm以上の残存樹木の0.4ha当たりのベーサルエリアが2.7m²に満たない場合」である。

皆伐は以下のように規制されている。 a) 1 伐区10ha以上の皆伐はすべて州アディロンダック公園局の許可を要する。 b)湿地以外では、1 伐区が10ha未満であり、もし伐区間に約100m以上のバッファーがる場合、パッチの面積が10haを超えても許可を要しない。 c)湿地では1.2ha以上の皆伐に許可を要する。

また、公園はニューヨークの水源地帯であるという歴史的特性を反映し、水面付近では皆伐が一層規制されている。 1)水辺では水際から1.8mは伐採禁止、さらにそこから10.5mまでは、直径15cmを超える樹木の30%未満、枯損木などは除外、皆伐でなければ許可は不要。9m²を越える構造物は15~30mのセットバックを要する。 2)州の指定した自然・風景・レクリエーション河川では水際から30mまではベーサルエリアの5%以下の伐採量、道路建設は禁止、伐採資材保管も禁止、川に倒木禁止、枝を1.2m以下のパイルにすることなどが規定されている。さらに水際から30m以上400mまでは州環境保全局の規定が適用され、連続して6ha以上の皆伐禁止、12ha以上の林分では10年間で50%以上の皆伐禁止、一斉林間伐は1/3未満という規制がある。さらに湿地では択伐となり、殺虫剤の使用に州アディロンダック公園局の許可を要する。

(6) まとめ

アディロンダックの企業所有経営林や個人所有林では、択伐の割合が多く、皆伐は限定的な施業となっている。伐採、特に皆伐に関しては、水辺との関係で細かく規制されているが、その後の育林に関しては規制がない。これは日本と異なり更新を妨げるササなどが無いため容易に天然更新できるためであろう。また、低質材でもパルプや燃料、チップなどの多様なマーケットが地元にあるので、特定の樹種にこだわる必要が無いことも関係していよう。

水辺の施業規制は強いが、日本のように自然公園法で特別地域ごとに施業が規制されているのと対照的に、ここでは公園を意図した森林規制は無いのは意外である。水辺保全という 具体的な目的からすれば、アディロンダックの規制に合理性があり、住民がworking forest として隣接する森林資源を利用することを重視している点が評価される。

当初ブルーラインで囲まれた公園内私有地は買収する方針であったが、1986年以降、私有地のままで開発を阻止するという方針になっており、公共サービスコストを上昇させ景観を改変する開発の拡大を阻止しつつ伝統的生活に基づくworking forestの状態を維持することが中心になっている。

2 国内における調査結果

本年度の国内における調査は、小鹿委員による「人工林における天然更新技術に関する調査 - 北海道におけるカラマツ人工林の事例 - 」、野堀委員による「多雪地の人工林における 天然更新の経過調査」、赤井委員による「針葉樹人工林における天然更新の仕組みと技術体系 - 主としてヒノキの天然更新いついて - 」が報告された。その概要は次のとおりであるが、 その詳しい内容については資料 2 の各委員の報告を参照していただきたい。

1) 小鹿勝利:人工林における天然更新技術に関する調査 - 北海道におけるカラマツ人工林の事例-

(1) はじめに

北海道の2001年度末現在の人工林面積は約152万 haで、民有林が46%の過半を占めており、樹種別面積はドドマツが52%、次いでカラマツ30%、アカエゾマツ主体のエゾマツ類10%となっている。国有林、道有林ではドドマツが圧倒的に多く、次いでアカエゾマツ、カラマツであるのに対し、民有林ではカラマツが最も多く、次いでトドマツで、両者で82%を占める。しかし最近の造林面積は減少しており、特に国有林、道有林での減少率が著しく、民有林でも半減しているが、最近の人工造林は一般民有林が殆どである。その樹種もカラマツとトドマツが主体であることから、この調査では一般民有林の中心樹種であるカラマツとトドマツを調査対象とし、本年度はカラマツについて検討することとした。

(2) カラマツ人工林の天然更新の実態調査結果

- i **) カラマツ天然更新の事例**は河原、道路の法面、集材路跡地、土場跡地、宅地造成地、 採石跡地などに良く見られ、また北海道各地にカラマツ天然更新の事例が報告されており、 掻き起こしによる天然更新補助作業実行の報告等もあるが、天然更新による二代目人工林造 成や、また面積的に纏まった天然更新による成林事例は必ずしも多くはない。
- ii **)カラマツ天然更新の調査結果**:実態調査は網走東部森づくりセンター(旧北海道道有林北見林務署)のアカエゾマツ造林地へのカラマツ天然更新とカラマツ人工林の複層林造成地へのカラマツ天然更新の2事例について行った。

アカエゾマツ造林地への天然更新:調査地は北海道道有林網走東部森づくりセンター20-50林小班の50年生カラマツ人工林 (21.9ha) で、択伐による主伐後のアカエゾマツ植え込み地 (小面積皆伐地) にカラマツが天然更新した事例である。この林班は50年生カラマツ林分と小面積皆伐跡地の10年生アカエゾマツ林分で構成されている。この林地は、1987年に林内を掻き起した後にトドマツを播種したが、大型草本の繁茂により失敗した。その後、1991年に一部を皆伐し、その跡地に1994年にアカエゾマツを植栽するとともにカラマツ林下にも植え込んだが、その年の前後にカラマツの結実が大豊作であったため天然更新し、その他にシラカンバも更新した。

カラマツの天然更新木は平均胸高直径5.0cm、平均樹高5.6mで、共にアカエゾマツを超えていたが、シラカンバはアカエゾマツ、カラマツより小さかった。Haあたりの更新本数はカラマツ3,280本、シラカンバ500本で、カラマツはやや集中的な更新状況であった。カラマツ更新木の樹齢は、樹高の高いもので8~9年、低いもので7年であり、アカエゾマツの植栽前後に下種更新したものである。

複層林造成地(小面積皆伐地)への天然更新:調査地は北海道道有林網走東部森づくりセ

ンター20-55林小班、53年生のカラマツ人工林(32.9ha)で、複層林造成のため択伐・下木植栽を行ったところ、カラマツが天然更新した事例である。林地はアカエゾマツを下木植栽した53年生カラマツ複層林と、小面積皆伐による孔状複層林で構成されている。1992年に下木植栽により、また1995年には小面積皆伐によるアカエゾマツの植え込みを行った。 4 樹種が更新しているが、 m^2 あたりの更新本数はカラマツが平均16本と最も多く、その樹高は平均117.1cmとなっている。カラマツ更新木の樹齢は5、6年生で、アカエゾマツ植栽後2~3年目に更新している。

以上の事例で共通するのは、地拵えをブルドーザで行った結果、掻き起こし作業と同様に鉱物質土壌が露出するような攪乱があったことと、皆伐跡地のため光要求の高いカラマツの更新に適した環境条件が作られたことに加えて、カラマツの種子の豊作と芽生えの定着段階で草本類との競合がなかったことである。両事例とも成長は順調で将来的にはカラマツが上層林冠を占める林分に推移するものと考えられ、森づくりセンターの担当者の話では天然更新したカラマツの密度調整の作業(刈払い)を実施する予定であるという。その他の例として、カラマツ種子の凶作のために更新に失敗した後を人工播種し、2代目更新完了の日安を20cm高の苗木がm²当たり1本として、播種後3~4年後の達成された例や、表土の掻き起しが浅かったため、草本類の回復が早くて発生した芽生えが被圧され、更新木が皆無になった例などが上げられており、これらの結果から掻き起しはB層が露出するほど深めに行うこと、種子の豊作に合わせること、土壌の流出に配慮することが必要とされている。

また、旧池田林務署(現十勝森づくりセンター管内)でも掻き起しによる天然更新試験を行い、掻き起しによる成林は十分期待でき、事業コストでも再造林の40%程度であり、緩斜地でブルドーザの使用可能な箇所については、掻き起しによる次代更新を検討してもよいとしている。さらに、道有林網走東部管理区の平成14年度整備管理計画書によると、カラマツ人工林は伐期90年とし、複層林への誘導を方針とし、その方法として作業の効率性、下木の生長確保などから孔状伐採型プラス保残木型の複層林造成を目指しており、こうした複層林造成であれば、今後もカラマツ天然更新の可能性があるとしている。

(3) カラマツ天然更新木とスギ植栽林の混交林

調査地は渡島管内森町に所在する三菱マテリアル所有山林の137-3 林小班のスギ人工林で、1970年に113haのカラマツ人工林が台風による風倒被害を受け、被害率70%以上は皆伐、70%以下は被害木のみを伐倒し全幹集材して伐根も林外に搬出、1973年以降復旧造林を行ったが、そのスギ植栽木地に天然更新のカラマツとの混交林が成立したものである。

1985年調査では天然更新カラマツはha当たり5,000本以上混交し、樹高はスギを大きく上回っていた。1990年調査では、カラマツの本数は大きく減少しているが、胸高直径、樹高はスギを上回り、胸高断面積で59%、材積では67%を占めていた。2003年調査ではカラマツ混交率は本数で18%、材積で44%となったが、胸高直径、樹高ともカラマツが上位にあり、そ

の樹冠も林冠上層に出ていた。このように天然更新したカラマツはスギ植栽木を上回る成長をしているが、カラマツの形質は太い枯れ枝が残っているものが多く、またスギは生長や形質のばらつきが大きい。

以上のように、三菱マテリアル山林では100haを超えるスギ植栽木と天然更新カラマツの混交林が成立しているが、カラマツが天然更新した要因として、当時の社有林担当者は、土壌の保水性が高かったこと、ブルドーザによる全幹集材で表土を反転攪拌したため雑草木の発生が少なかったこと、風倒被害率に応じた被害木処理をしたため適当な母樹が残されたこと、病虫害や動物害などの被害を受けなかったことを指摘しているが、これらの諸要因は網走東部森づくりセンターの事例と共通点が多い。一方、56年生カラマツ林で天然更新を図るため、ブルドーザで掻き起こし作業をしたが、母樹の結実がみられず下種更新に失敗した例もあり、当山林では現在では既述箇所以外にはまとまった天然更新は見られず、また事業的な試みもしていなく、カラマツ林は50年生前後で皆伐し、跡地は火入れ地拵えにより新植している。

(4) 天然更新広葉樹を利用した複層林、混交林、自然林等への誘導

カラマツ人工林における広葉樹の天然更新:北海道のカラマツ林業では侵入広葉樹を伐除してカラマツの純林状態で管理し、広葉樹混交状態は保育不徹底の不成績造林地という見方が多かった。しかし最近は伐期の高齢化に伴い林分の健全性の維持、生物多様性の確保などの観点から、意識的に侵入広葉樹を保残して複層林や混交林に誘導する事例も増えてきた。また、北海道中央部の60年生以上のカラマツ人工林での侵入広葉樹の調査でも、中央部の天然林の組成をほぼ網羅した多様な樹種が存在する林分が多く、カラマツを収穫しつつ将来的には天然林と区別のつかない様相を呈した広葉樹林造成が可能になるとしている。また東北地方のカラマツ人工林の事例でも、初期間伐時の天然更新広葉樹の複層林化で、高木層に広葉樹を含む階層構造の混交複層林の育成が可能という。ここではカラマツ壮齢林での広葉樹の天然更新の実態を調査し、カラマツ人工林の複層林、混交林、自然林等への誘導を検討した。調査地は北海道森林管理局管内石狩森林管理署の58年生林分(5223ほ林小班)と63年生林分(5181-な林小班)の2か所である。

58年生人工林は1945年の植栽で、カラマツの平均胸高直径は38.5cmで、径級はほぼそろい形質も比較的良好である。カラマツの樹高は平均25mを超え、カラマツは本数では33%であるが、材積では91%を占めている。広葉樹は上層カラマツのほぼ枝下高以下に成立しており、7樹種が更新しており、ミズナラ、イタヤカエデ、サワシバなどが多い。また、周辺には天然木と見られるトドマツが点在しており、その稚幼樹も群状に更新している。

63年生人工林は1940年の植栽で、カラマツの平均直径は39cmで径級はほぼそろい、平均 樹高は25.6mで形質は良好である。カラマツは本数で31.1%、材積で87.9%と大部分を占め るが、天然更新広葉樹は6樹種でミズナラが本数の約半分を占めて最も多い。また胸高直径 5 cm未満の広葉樹ではヤマモミジ、コシアブラ、ホオノキ、ハリギリ、キタコブシ、アズキナシ、キハダなどが更新している。

このように壮齢カラマツ林ではカラマツの本数は少ないが、上木カラマツ、下木広葉樹の 複層混交林状態を呈している。広葉樹は高木性の樹種も多く、58年生林分ではトドマツの天 然更新も見られ、将来的にはこれらの地域の自生種の樹種構成を持つ自然林に誘導すること も可能と思われる。このようにカラマツの適地では長伐期施業を目標に、収穫を繰り返しつ つ光環境をコントロールし、多様な樹種の広葉樹類の更新を促進し、複層混交林や自然林に 近い林分に誘導する多様な林分造成が可能となるだろう。また高齢カラマツ人工林の事例と して、北海道東部の阿寒町にある日本製紙社有林の1911年植栽の林齢93年生の事例が述べら れ、高齢級になっても成長量は低下していなく、長伐期施業で成長を持続しつつ、下層に天 然更新広葉樹を育成し複層混交林として管理することは十分可能であることを指摘している。

(5) カラマツ人工林における天然更新技術の現状と課題

以上の諸事例からカラマツ人工林における天然更新技術の現状と課題について総括した。

カラマツ天然更新の条件:カラマツが天然更新、定着するためには次のような諸条件が必要である。①林地のAo層、A層を除去し鉱物質土壌を露出させる程度の深い地表処理が必要である。②地表処理した数年内に母樹の豊作結実があること。③凍上による稚苗の枯死を避けるため寡雪地帯では初冬期の積雪による凍上の抑制が必要である。④芽生えの定着には栄養供給のために地温7℃以上に達する条件が重要である。⑤更新稚樹が大型草本類や他樹種更新木との競合に勝る生長、更新本数が必要である。⑥光要求度が高いので補助作業を実施する場合には周辺母樹の樹高の2倍前後を一辺とする程度の面積が必要である。以上のようにカラマツの天然更新を図る場合、母樹の結実の予測の問題や、重機による地表処理への地形、傾斜、面積規模等の制約などがあり、更新技術の確実性はあまり高くないのが現状であり、これらの諸点への対応策の確立が今後の課題といえよう。

カラマツ更新木と他樹種人工林の混交林造成:台風被害を受けたカラマツ人工林で、ブルドーザを用いて全幹集材をし、伐根も林外搬出した跡地にスギを植栽した後、残存カラマツが結実した結果スギ造林地にカラマツが天然更新し混交林が成立した。天然更新以後は本数調整及び除伐作業が行われ、カラマツを上層木とする混交林への誘導の可能性は高いが、全体として過密状態で推移している。前述のように、カラマツの天然更新の確実性が低いことや土壌条件などさまざまな制約があるが、天然更新の見込まれる林分では、植栽本数と天然更新木の保育と密度管理、母樹の残存本数、配置などの検討が必要であり、他樹種造林地に更新した場合には、将来的に植栽木と更新木の混交状態をどう誘導するかの目標林型を検討し、それに基づいた保育作業の実施が必要である。

カラマツ人工林での広葉樹天然更新木の利用:カラマツ人工林で間伐等の保育を繰り返す ことにより、多様な広葉樹種が更新するが、立地環境により高木性樹種とそうでない場合が ある。高木性の樹種の多い林分では、カラマツの長伐期施業をしつつ高木性広葉樹の育成を 図り、最終的には夫々の立地環境に適した自然林へ誘導することも考えられる。

また高木性樹種の天然更新が見られない場合は、上層カラマツは長伐期の大径材生産を図りつつ、下層の広葉樹は地力の維持など林分の健全性、公益機能の維持・向上をのために複層混交林として育成し、最終的には皆伐・再造林することも考えられる。いずれの場合も林分状況に応じて、除間伐などの保育作業方法、実行時期の検討が必要である。

(6) 終わりに

本年度は人工林における天然更新技術に関してカラマツに焦点を絞り調査をしたが、当初からカラマツ天然更新を意図した事例はなく、二代目更新を図った事例も実験的、小規模のもので、事業規模のものは皆無に近く、既述のようにその技術には多くの課題が存在する。

本調査の目的には人工林造成に関し天然更新を利用してコスト削減を検討することも含まれているので、網走東部森づくりセンターで現在の事業単価で試算してもらったが、掻き起こし作業により天然更新木が成立した場合は、人工植栽の約35%の経費となったが、これは机上の試算であるので林分状況や作業内容によって異なることはいうまでもない。

過去に天然更新汎行期とされた時代でも天然更新は極めて限られた地域、立地でしか成功 しなかった。一般に天然更新を利用して森林造成をする場合には植生制御のために人手と経 費を要するので、どこまで可能か検討することが必要である。本来的には森林造成は自然力 (天然更新)と技術(人工造林)の協調ないし併用しつつ、可能な範囲でコスト削減の方策 を講じることが重要であるとしている。

2) 野堀嘉裕: 多雪地の人工林における天然更新の経過調査

本年度は多雪地の人工林における天然更新の経過調査として、以下に述べるような調査を 行い、これらを総合して人工林におけるブナの天然更新を明らかにしようとした。

(1)人工林におけるブナの天然更新

これまでの人工林におけるブナの天然更新に関する研究成果を探るために、独立行政法人森林総合研究所にある国内文献データベース(FORIS)を対象に、1978~2002年間のキーワード検索を行った。

まず、キーワードを「造林」and「天然更新」または「人工林」and「天然更新」として検索を行ったが、44件がヒットした。この中にはヒノキ人工林に発生する天然更新樹種の活用に関するものが多く含まれているが、東北地方の多雪環境における人工林の天然更新に関する研究は僅かであることがわかった。

次に、東北地方では人工造林を阻害する要素の一つとして「雪」があり、「雪」環境下で

の人工造林の困難性や天然更新樹種の成長状況を知ることは重要な調査課題といえることから、第2段階としてキーワードを「人工林」and「雪」として検索を行った結果、84件がヒットした。これには雪害の状況の報告、造林初期の保育作業への指摘、耐雪性品種の育成に関するものなど多岐にわたるが、森林計画に関するものが意外と少なく、山形大学の「豪雪地帯森林の取り扱いに関する総合的研究」(1979年)が、多雪地帯の造林限界標高の明示、人工造林のゾーニングに関する成果など大きな示唆を与えている。

さらに、多雪地における天然更新樹種として「ブナ」に着目し、キーワードを「ブナ」 and「天然更新」として検索を行った結果、180件がヒットした。調査対象林分が殆どブナ 原生林の伐採跡地で、伐採後の天然更新の経過を示したものである。1990年以降になるとブナ結実予測の報告が多く見られ、豊作年に合わせた天然更新のための地拵え技術が確立されるようになった。また調査対象地が伐採跡地における天然更新であるか人工造林であるかを 問わず、多くの場合ブナの更新は良好であり、その後の成長も否定的な見解は少なく、天然 状態のブナ林が伐採された後に成立する二次林での、ブナの天然更新とその後の成長は良好であると言える。なお、これらの文献書誌は資料2の報告書を参照されたい。

(2) チシマザサーブナ群団分布の地理的特徴

ブナ(Fagus crenata)は日本の冷温帯の代表的な優占種であり、北海道黒松内低地から 鹿児島県高隈山まで広く分布しており、最近の植生図では中部地方以南のブナ林は他の植生 と混生して分布している。また、東北地方のチシマザサーブナ群団は日本海側では白神山地 などの山地帯に、中央部では奥羽脊梁山脈一帯などで面的な広がりをもって分布している。 ブナ林分布域と地形の関係、積雪とブナの成育の関係、温量指数を用いた垂直分布の検討な ど、地球環境の変動を前提とした視点からのブナの分布や分布域の変遷について貴重な示唆 を与える研究が多くある。これらを総括すると、ブナ分布域は気温減率に伴ってその分布標 高帯が下降しているようであるが、太平洋側や日本海側のブナ林については説明しきれない 部分がある。このような分布域の変化は気温の変化によるもので、その影響が日本では経緯 度及び標高による変化として現れると考えた。本調査では、面的な広がりを持つブナ林とし てチシマザサーブナ群団を取り上げ、その分布域の全体を対象として経緯度及び標高の違い による生育地の現況を、分布上限面と下限面から調べることとした。

① 材料と方法

本調査で用いた植生データは、全国都道府県で5年おきに行われる「自然環境保全基礎調査」の結果に属性を加えて、デジタル形式でCD-ROMに収録した環境庁自然保護局による「自然環境情報GIS」の植生図である。今回用いた植生図は、第3回調査の1987年当時の現存植生図で、植生情報は群落ごとにポリゴンで示され、各ポリゴンには属性情報として面積、集約群落名、植生自然度などが入っている。本調査で解析対象としたのは、植生自然度が高くブナが優占していると解釈でき、全国的に統一基準として定められている集約群落名の

「チシマザサーブナ群団」で、本文中のブナ林は特に断らない限りチシマザサーブナ群団を 指す。地形データとして用いたのは、国土地理院発行の「数値地図50mメッシュ(標高)」 である。

解析対象は図葉においてブナ林が多くの面積を占め、経緯度方向の面から見てできるだけ 広範囲に取れるように選んだが、その対象地は、北は北海道南西部の狩場山地周辺から、南 は石川、岐阜両県の県境にある両白山周辺に至る計13か所である。

解析の方法は、解析対象の図葉ごとに、CD-ROMに収録されている植生図から「チシマザサーブナ群団」のみを取り出し、新しいテーマとして作成した。一方、地形情報を得るための数値地図は、植生図データと同じ範囲になるように結合し、シェイプファイルに変換した。さらに、植生図に合わせて座標系をUTM座標系に変化した後、約55mm間隔のグリッド図に変換した。その後、この標高グリッド図と植生図の重ね合わせ解析によってブナ林成育地の地形情報を得ることとした。これらの解析にはESRI社製ArcView3.2を用いた。

② ブナ林の成育範囲

ブナ林成育域の標高:標高を100mごとに区切って1クラスとして標高の解析単位とし、各山地のブナ林の分布面積の最多となる標高クラス及び面積占有率が最多となる標高クラスを見ると、北海道地方では比較的低標高域を中心にブナ林が分布しているが、北海道の森林限界が比較的低く、そのために比較的低標高域を中心にブナ林が分布しており、これとは逆に東北地方では比較的高標高域を中心に分布していることがわかる。また、東北地方以南では山地の標高が高いため相対的に低標高域に分布しているように見ええるが、現実の分布は高標高域にあると理解することができた。

次に、ブナ林分布域の標高範囲を緯度経度との関連で考察してみると、緯度方向では緯度が大きくなるにつれて最多分布標高クラスが低くなり、経度方向では経度が大きくなるにつれて最多分布標高ラスが高くなっていることがわかった。これはブナ林が他の樹種に比べて積雪環境での成育に適応しており、多い積雪量ではブナが優占しやすい環境となることを意味し、低標高から雪の多い東北地方の日本海沿岸ではブナ林分布標高域も低標高から高標高まで広い範囲となることが予想され、また東北地方では緯度方向では北に向かうにつれて、経度方向では西に向かうにつれて積雪量が増えるなど経緯度の差による気象条件の違いがブナ林分布の標高域に差のでる原因と考えられる。

ブナ分布域の限界標高の解析

ここでは新たな試みとして、各地のブナ林生育地の標高と経緯度情報をもとに、経度・緯度方向におけるブナ林分布限界域の上限面・下限面を重回帰分析により求めた。詳細な解析を目指すため1クラスを標高10mとして各標高クラスの面積頻度分布を調べ、ブナ林が50%以上優占している標高の上限と下限の標高クラスを読み取った。次に、上限値と下限地を目的変数とし、経度・緯度の2つの要素を説明変数として重回帰分析を行った。用いたのは統計ソフト「STATISTICAL」で、関係式は次のとおりである。

下限域の関係式:H=-9935.2+134.2*E+(-207.6)*N ($\mathbf{r}^2=0.6791$ 1%有意) 上限域の関係式:H=4924+22.1*E+(-174.6)*N ($\mathbf{r}^2=0.9328$ 1%有意)

H:標高(m) E:東経(度) N:北緯(度)

これら50%以上のブナ林で占められる分布域の上・下限面を 3 次元グラフ化すると、上限面で重相関係数が極めて高いことがわかり、上限面は緯度方向よりも経度方向で傾斜が急になっているのに対し、下限面では緯度方向と経度方向ともに同様の傾斜であることがわかった。ここで得られた結果を見ると、下限面では上限面に比較して気象環境の影響、特に積雪による影響を強く受けていると考えることができ、一方、北進するに従って面が下方に傾斜しているのは気温の低下に対応したものと考えられるが、これらは単位要素として考察するのではなく積雪環境などを含めて多面的に解析していく必要があり、今後の解析が期待される。

③ ブナ林分布可能域の推定

次に、面積的にブナ林が優占している地域について、上限面・下限面の限界域について解析を行った結果、両面とも南東方向から北西方向に下降する傾きがあり、上限面では経度方向での傾きが比較的小さいことがわかった。また、ブナ上限面は100km北進するにつれて約145m下降し、下限面は約170m下降していた。下限面は気温逓減率を垂直方向に換算すると、距離100km北進するにつれて下降する約82mの2倍以上の傾斜があり、分布面が傾く原因は気温だけではないことがわかった。また本研究の対象地よりさらに南西方の山地6箇所について上限面と下限面を算出してみると、富士山、紀伊半島の大峰山、九州地方の久住山でも、高標高域にブナ林が存在して矛盾のない地域が存在することが判った。しかし現実には存在してはいるが他の植生と混在していて多様性が高く、面積率が50%を超える地域は極めて少ない。これは南西日本でのブナ林が、冷涼期に多様な植生の中で混在することで遺伝的な多様性を保持していたものが、その後の温暖化に伴ってブナ林が多様性を保ったまま高標高域に移動したと考えれば理解しやすい。

また本研究の対象地よりも北側で上限面と下限面が地表面と接する位置を見ると、上限面が地表に接する線は宗谷海峡に直交する位置にあり、下限面が地表と接する線はオホーツク海沿岸の雄武と小樽、渡島半島狩場山を結ぶ線上にある。上限面と下限面が空中で交差する線は本州東北部の東部沿岸約120km地点の上空にある。この結果、上限面と下限面の間の空間ではブナ林分布域の延長空間であり、気象条件を度外視すればブナ林が成育可能であることを意味している。同様に上限面と下限面が地表と交差する範囲内にある北海道の北部地域は、平地でブナ林が成育できることを意味し、北海道の山地の標高分布を考慮すれば殆どの山地でブナ林が分布可能と見ることができる。北海道のブナ林の分布はなお北進中といわれ、黒松内低地帯で北進を止めている原因は、低標高域に他の競合する優占種があるためという指摘もあり、この制約要素がなければ本研究の結果推定された分布可能域までブナは分布することが考えられる。

本調査の結果、ブナ林の分布は南進するほど、また東進するほど高標高域となり、東日本のブナの分布域は空間的に上限面と下限面で表すことができることが判った。この上・下限面は高緯度になるに伴って低くなっており、気温の逓減に伴う効果が示されるが、その傾斜面は気温の逓減効果以上に急であり、単に気温だけでは説明できないことが判った。また、下限面では東西の傾斜が急になっており、その主な原因は積雪環境の違いと考えられた。さらにブナ成育地の分布の上・下限面は夫々一つの面で表されるということが判ったが、今後人為的影響なども含めて検討を加える必要があろう。

(3) 樹幹解析による肥大成長と伸長成長の経過

ここでは多雪地と少雪地のブナの成長経過を比較するために調査地を設定して樹幹解析を行った。多雪地の例として、山形大学付属上名川演習林にある、ブナ天然林を伐採して植栽されたヒノキが、雪害で枯死した跡に成立したブナ二次林になった林分で、標高700mの平坦地で、樹幹の閉鎖度82%、林内照度4%で、現在の蓄積は376m²/ha、胸高断面積合計は48m²/haとなっている。樹幹解析は20×20mの毎木調査地の中央部の12個体を対象にして高さ1mごとの断面の年輪幅を調査した。少雪地は山形県鶴岡市大山にある高館山国有林の次章で述べる林分から採取した4個体を用いた。

これらの樹幹縦断面図を見ると、少雪地の年輪幅は樹高方向、半径方向共に不均一でムラがあり、多雪地の試料では幹の中心部分と根張り部を除けば、どの高さでも年輪幅が比較的均一であった。このことは成長に及ぼす種間競争が関連していることが予想されるが、この点は次章で述べることとする。また材積連年成長を見ると、多雪地では少雪地と比較して成長率が大きく、樹高に比較して材積成長が大きいということは直径成長が旺盛であることを意味している。また樹高成長では積雪環境の異なる2地域の樹高成長は成長初期の樹高7~8mに達する時点まで殆ど差がないが、樹高が15m、約60年生時点で少雪地のブナの成長が穏やかになる一方、多雪環境のブナの場合は80年生時点でも成長の衰退は認められない。これらの成長様式の違いは次章で詳しく述べる。

(4) 積雪環境の異なるブナ林における時空間的林分構造の比較

一般に雪が多いことはブナにとって有利であると考えられているが、雪の多いことが植生の構造に対し直接的にどのような役割を果たすのかは、明確にわかっていない。本調査では、多雪地で実際にブナが他樹種に対して有利であるのかを明らかにするために、樹種間の競争関係を林分構造と成長経過の面から解析しようと考えた。そこで、東北地方でも有数の豪雪地である山形県の湯殿山と、日本海沿岸にあって比較的積雪量の少ない高館山に調査区を設け、現在の林分構造を解析すると同時に、年輪解析によって過去の成長経過を推測した。

① 材料と方法

調査対象地:まず、湯殿山の調査地は、山形県東田川郡朝日村大字田麦俣字六十里山国有

林73林班い小班で、冬季は4~5mの積雪がある。調査地周辺は1950年代にブナを中心として伐採が行われ、林冠は殆どブナで、下層にもブナが多く、他樹種は傾斜方向に向かって斜めに生えている。林床のササはあまり密生しておらず、ユキツバキやイヌツゲなどの常緑低木やオオバクロモジなどの落葉小高木も見られる。

高舘山の調査地は、山形県鶴岡市大字大山字城山国有林193林班わ小班にあり、冬季の積雪は1m以下である。林冠はブナ、イヌツゲ、アカシデ、ホオノキが占め、下層の他樹種も全体的に直立している。ササは少なく、湯殿山と同様の常緑低木が見られ、落葉小高木はオオカメノキが目立って多い。両調査地とも25×40mの方形プロットを設定した。

調査方法: 胸高直径 5 cm以上のを調査対象木とし、立木位置、樹種、樹冠層区分、樹高、枝下高、胸高直径、樹冠幅を測定した。樹冠層区分は最上層木、上層木、中層木、下層木に分類した。また、樹種ごとに樹冠階層区分の中から対称木を選出して成長錘の採取を行った。

② 林分構造と樹齢構造

現在の林分構造:湯殿山プロットの林冠部の主要構成樹種はブナであり、他の樹種は僅かであり、各階層別の最も多い直径階級は、最上層木は18cm、上層木は10cmと14cm、中層木は10cm、下層木は6cmであり、上層に向かって分布の幅が広がっており、枯死木は6cm級のものが多い。階層別の構成樹種本数はどの階層でもブナが圧倒的に多く、全体の本数割合は76.4%を占める。ブナ以外の樹種は下層に多く、最も多いのはハウワカエデで12.2%、中層木以上にしかないウダイカンバは2.0%を占めている。胸高断面積合計による相対優占度は、ブナが全体で93.0%を占め、次いでウダイカンバの3.0%で、ハウチワカエデは2.2%に過ぎない。

高館山プロットの林冠を構成する主要樹種はブナ、アカシデ、ホオノキなどであり、多くの樹種が混交している。一方、下層木ではアカシデは少なく、林冠に見られないハウチワカエデが多い。立木本数は上層木が比較的少ないが、どの階層も同じくらいの割合を占めている。胸高直径のばらつきより樹高のばらつきの方が小さいが、階層が下になるにつれてばらつきの違いが小さくなる。また枯死木は下層木レベルの大きさのものが多い。各階層で最も多い直径階級は、最上層木で36cm、上層木で22cm、中層木が12cm、下層木と枯死木は8cmであり、階層が上になるに従って分布の幅が広がる傾向がある。階層別の構成樹種本数は階層によって本数の多い樹種が異なり、ブナは各階層に出現するが、最上層で最も多いのはアカシデ、上層ではアオハダ、中層ではアオハダとハウチワカエデ、下層がブナである。プロット全体では、ブナの本数割合が最も多く23.5%、次いでアオハダ、ハウチワカエデが18.4%である。胸高断面積による相対優占度は、最上層と上層ではアカシデが38.8%と33.8%で最優占種となっており、中層ではアオハダが33.4%、下層ではハウチワカエデが30.2%を占めており、全体では、アカシデが31.3%、ブナが25.5%、ホオノキが16.5%という優占順位となっている。

両プロットの林分概況を比較すると、平均胸高直径や平均樹高では湯殿山プロットが小さ

いが、林分材積では、立木密度が高く下層木の占める割合が大きいことから、胸高断面積合計や林分材積も大きくなっている。最も大きい違いは、上層木の多様性であり、調査木の構成樹種は湯殿山が11種、高舘山が8種であった。Shannon-Wienerの種多様度指数(H')は、全体的に高舘山プロットで多様性が高く、湯殿山プロットでは樹高の階層が低くなるに従って多様性が高くなる傾向が見られ、下層では高館山プロットとの差が小さくなっており、高舘山プロットでは最上層の多様性が最も低く、中層と上層に多様性のピークがあるが、最上層から下層までの多様性の差は大きくない。また、胸高断面積の相対優占度で求めた種多様度指数の方が、両プロット間の多様度の差が大きく現れた。多様度の高さは樹種間の競合を示唆しており、湯殿山では下層でブナと他樹種の競争が盛んで、その後は競合が緩和されて行くことが推察された。また湯殿山プロットで上層になるに従って多様性が低くなっているのは、下層木が上長成長の過程で樹種間の競争に負けて淘汰されてしまうからと考えた。中層木に成長した個体は光環境が改善されるので、上長成長の可能性はさらに高まることが考えられる。高館山プロットでは最上層に至るまで、樹種間の競争が起こっていると推察できた。

齢構成と成長経過:湯殿山プロットでの胸高部の年輪数と樹高の関係を見ると、70~100 年生のブナ個体が見られなく、更新の過程で2つのグループがあると考えられた。この周辺 では1950年代に伐採が行われたが、商品価値の低い暴れ木が伐採の対処となっていなく、現 在は100年生以上の最上層木と、現在70年生以下の当時径級が小さかった個体に分けられ、 70年生より若いブナは同樹齢でも樹高は様々である。若いブナはそれより年数の多いハウチ ワカエデより樹高が高いものが多く、逆に耐陰性がブナより強くないウダイカンバは樹齢が 若くて樹高が高いが、これはギャップの存在など立木位置が関係しているようだ。これ以外 の樹種では樹齢が50年を超える個体は僅かである。年輪数と胸高直径の関係も同様の傾向が 見られ、胸高直径と樹高の相関が高いことから年輪幅の変動は樹高の成長経過に当てはめる ことができると考え、胸高直径成長経過から樹高成長経過を推定した。最も樹高の高い最上 層の個体はブナで、1880年代に胸高に達していたことが判った。上層木以下の個体では樹高 成長の傾きは様々であり、ブナでも成長の良好なもとと不良なものがある。ブナ以外の特徴 的な樹種であるハウチワカエデの成長は遅く、コシアブラの成長は早い傾向があったが、ウ ダイカンバの成長速度を上回る樹種は見られなかった。この急激な上長成長は、林間の疎開 部に生育する陽樹の特性と考えられるが、いずれの樹種も途中で成長速度が変わる傾向は見 られなかった。

高舘山プロットについても同様な解析をしたが、ハウチワカエデは樹齢に対して樹高が低い傾向があり、ホオノキは100年前後の最上層木と28年前後の萌芽した下層木がある。ブナは、どの年代でも分布しており、樹齢と樹高には相関が認められ、アカシデはブナと比較すると同樹齢で樹高が高い傾向がある。風倒木4本の樹幹解析の結果、胸高直径と樹高の相関が高かったので、湯殿山プロットと同様に年輪情報から樹高を推定して解析を進めた。樹種ごとの樹高は20mを超えてもなお競争しており、上層ではアオハダ、アズキナシ、ハウチワ

カエデは同じ成長速度であるのに対し、アカシデの成長が特に早く、約半分の期間で同じ樹高に達している。中層ではアズキナシやカエデ類よりもアカシデ、ブナ、アオハダの成長速度が速い。このことから、上層に移行する段階で樹種間の違いが出てくると考えられ、アオハダは上層にいたるとアズキナシやカエデ類と同様な成長速度になると予想され、下層の段階ではアオハダやブナでカエデ類と同様に成長が遅いものとそうでないものがある。

以上を纏めると、最上層木のブナの成長速度では、湯殿山プロットより高舘山プロットの方が成長がよく、両林分に共通するハウチワカエデは、湯殿山プロットでは中層以下であるのに高舘山プロットでは上層まで達しており、樹高や年輪数で高舘山プロットのものが最大であった。またアズキナシやヤマモミジなども湯殿山プロットでは下層しかないものが、高館山プロットでは上層、中層に達している。これらのことから、湯殿山プロットでは全体的に高舘山プロットよりも成長が劣り、ブナ以外の樹種の成長が特に制限されていることが明らかになった。

③ 林分構造の推移

現在成育している個体について、成長錐片の肥大成長のデータから樹高、樹幹幅などを推 定して、過去からの樹形を再現することによって林分構造の推移を考察した。

湯殿山プロット:成長錐片を採取した個体の1919年から20年毎の林分構造を推定して図示している。この場所は1950年代に伐採される前もブナ林であったが、1919年の図からはこの時伐採の対象とならなかったブナの配置を知ることができ、1939年時点では周囲に若いブナやハウチワカエデが成長してき、1959年時点でウダイカンバの若木が見え、これは 1999年時点でブナを追い越して林冠部に到達している。ウダイカンバは胸高に達してから約25年前まで、他樹種と同様に積雪による倒伏の影響を受けていると考えられ、そのときの樹高は約7mと推定され、積雪の影響から開放されると同時に、上層木の被陰がなかったことから旺盛な成長を開始したことがわかる。早い時期に胸高に達したにもかかわらず、後から更新してきたブナに追い越されたブナやハウチワカエデの樹高はおおむね積雪深に相当しており、これらが積雪による倒伏から免れる樹高に達しうるかどうかはその後の伸長に関係してくるのではないかと考えられる。

高館山プロット:全体的にブナの成長は他の樹種に比較して遅く、アカシデは早い傾向が見られ、アカシデとブナは途中から成長速度が変わるがホオノキはあまり変化が見られない。アオハダは当初成長が早いが途中から停滞し、カエデ類は当初からブナより成長が遅い傾向が見られる。

多くの個体は1965年頃から急成長しているが、それらは中層以上であることから、1965年頃に同時にいくつかの上層木がなくなり、林冠ギャップが形成されたと考えられ、これに敏感に反応したのがブナとアカシデである。アカシデは下層木がなく分布が偏っていることから、林冠ギャップが形成された際に旺盛な成長力を発揮して、いち早く林冠に達する樹種ではないかと考えられた。

④ 積雪環境の違いによる林分構造の違い

両林分の林分構造を比較したところ、最も大きい違いは種の多様性であったが、階層別には湯殿山プロットでは下層で、高館山プロットでは全階層で競争が起こっていることが予想され確認できた。結論として、積雪の多少にかかわらずブナの成長速度は遅いが、林冠の疎開という環境が整えば上層木に成長できると推定できた。多雪地の湯殿山プロットでは下層から中層に移行する段階で、構成樹種が少なくなり、結果として樹種間の競争が緩和されている。この移行段階は雪圧による倒伏から脱する時期と一致している可能性がある。どの樹種も、この経過をたどる中で、ブナだけが林冠に達し優占できるのは、樹種ごとの積雪への耐性やフェノロジーなどが関与している可能性がある。これに対し小雪地の高館山プロットでは、どの階層でも平等な条件で樹種間に競争が起こり、結果として多様性が高い林分になったと考えられた。

3) 赤井龍男: 針葉樹人工林における天然更新の基本的条件と技術体系 -主としてヒノキの天然更新について-

(1) 針葉樹天然更新施業の流れ

日本の画一的で集約な皆伐一斉林施業は各地で、不成績造林地を発生させたり地力の減退や環境保全上の問題を大きくさせたほか、労働多投型の育林体系は、社会、経済の急速な変化と国際自由市場の中で、日本林業の基盤を揺るがせるようになっている。このような情勢下、本年度から新たに「人工林における天然更新技術調査」が課題として取り上げられることになったのは、時宜を得たものと評価できよう。

この調査の最終目的は、天然更新に必要な条件を検討し、森林造成コストの縮減に資する人工林における天然更新技術のマニュアルを作成することになっている。しかし、天然更新法は自然系の中で長期間育成する林業生産の原点であるとの信念で、30数年間主としてヒノキの天然更新技術の開発に携わってきた筆者にとって、森林造成コストの低減を前面に掲げての調査は、日本林業の困難な現状からやむをえないとしても、正直なところなじみにくい。それ故、天然更新の歴史的流れを「針葉樹の天然更新作業法の変遷」として、その要点を採録しておく。

i) 日本における天然更新施業の盛衰

今世紀の天然更新施業の史的経過については、多くの文献に紹介されているので詳細はそれに譲るが、天然更新施業の盛衰には共通した時代の背景がある。すなわち、深刻な不況、造林不成績地と崩壊の多発は天然更新論を台頭させ、未熟な天然更新技術による更新不良は衰退を招くことになる。例えば、大正末から昭和の初頭にかけての国有林は、不成績造林地の増大と緊縮財政による人工造林事業の停滞に加え、ドイツの恒続林思想や自然回帰の潮流に迎合して、各地で択伐天然更新施業が強力に推進され、御料林でも木曽谷の不成績造林地

や崩壊地の多発から、択伐天然更新施業が積極的に取り入れられるようになった。環境の著しく異なるわが国に、主として伐採法のみを導入した結果、スギ、ヒノキの天然更新施業地は期待したほどの成果を上げることができずに第2次大戦を迎え、戦後は一転して大面積皆伐、一斉造林時代へと移行していったのである。そして現在、長引く深刻な林業不況とそれに伴う労務事情の悪化による造林の停滞、再造林の放棄、さらに未曾有の国有林の財政の悪化等、昭和初期と類似の様相となった。歴史は繰り返すというが、せっぱ詰った林業事情の打開のための省力、低コスト化を念頭に、環境保全を重視する森林造成としての天然更新が再び台頭する機が熟してきたといえよう。

ii) 適用されている天然更新施業

天然更新技術の開発と確立には、目的樹種の生育特性に応じた長年月にわたる森林作業法の適用試験と、継続した情報の収集が不可欠である。昭和初期の天然更新の試みは殆ど日の目を見なかったが、その成果が現在林業生産に適用されている事例を2つだけ取り上げておく。

北海道のエゾマツ、トドマツの更新については、東京大学北海道演習林の「林分施業法」に基づく経営実験が、道有林の置戸照査法試験林や、北海道大学の中川地方演習林の照査法試験林として設定され現在も継承されており、中川演習林を除き択伐による天然更新は良好である。この択伐技術は北海道森林管理局内の道東の国有林や、民有林の住友林業紋別山林事業所山林で事業化されている。しかし、北海道における天然更新施業の最大の問題はササの制御であり、更新不良地が各所で見られることから、今後は木曽の三浦実験林で行われた除草剤によるササの抑制法などの技術の導入を検討する必要がある。

昭和の初めから長期にわたる大規模な実験を行って択伐天然更新技術を確立し、経営的に成功した典型的な事例は青森のヒバであろう。松川恭佐氏の提唱した「森林構成群を基礎とするヒバ天然林施業法」に基づくヒバ施業実験林が1931年に設定されて以来、現在も択伐を主として施業実験が続けられており、東北森林管理局青森分局ではその成果から択伐基準を定めて、ヒバの単木択伐施業を行っている。これはヒバという耐陰性が高く伏条更新も容易な樹種の特性をうまく取り入れ、長期にわたる択伐天然更新試験の成果を現場の事業に定着させた貴重な事例として高く評価できよう。

iii)埋もれてしまった天然更新施業

1920年代から1930年代にかけての天然更新論全盛期に実施された天然更新試験地や択伐、漸(傘) 伐等による施業林は全国に数え切れないほどあったが、更新の不良も重なって日の日を見ることもなく忘れ去られた。しかし施業として引き継がれているのは、陰樹の代表例はヒバ択伐施業であり、陽樹の代表ではアカマツ保残木施業(母樹法)である。アカマツの天然更新技術は帯状皆伐法を含めてほぼ確立しているが、マツ枯れの影響もあって施業地は現在著しく減少している。しかし、この技術は衰退傾向のクロマツ海岸防風林への適用も可能であろう。

ここでは埋もれた多くの天然更新施業試験の中から、ヒノキについて2、3紹介しておく。 ヒノキの択伐といえば木曽の御料林がまず挙げられ、1930年中期以降、大規模な単木択伐施 業が実行され、最盛期は施業林面積の85%に達したようである。しかし、全般的に天然更新 が不良であったため、いくつかの成功事例は埋もれたままで、群状択伐から小面積皆伐、さ らに林政統一後は大面積皆伐造林へと移行していった。

1919年に寺崎渡氏の指導された高野山金剛寺山林の択伐作業収穫試験地、熊本の金峰山国 有林のヒノキ傘伐天然更新、高知の梁瀬北亀谷山国有林における択伐施業林、兵庫の書写山 国有林の間伐試験地等の、良好な天然更新の成果はその後の事業に十分活かされなかった。 また、長野の亜高山地帯における施業技術の開発を目的とした帯状皆伐更新試験の成果は、 施業対象地域の変化により適用する場を失った。

このように、諸般の事情で埋もれてしまった天然更新の施業や試験の成果は多々あろうが、 長年月かけて得られた試験の成果は、たとえ失敗の事例でも貴重な教材であるので、これま での施業林や試験地の経過を再調査し、その記録を後世に伝えることが期待される。

(2) 多様化森林造成技術開発調査でとりあげた主な天然更新施業

国際緑化推進センターにおいて平成3年度から9年度まで実施された「多様化森林造成技術開発調査」は、環境を重視した各種森林作業法に基づく多様な森林造成法を内外の資料や現地調査によって提示してきたが、天然更新に関する事例の項目のみを列挙すると以下のとおりである。

- i **) 平成3年度調査報告書**では、ドイツの調査事例として、ヴォルファッハにおける択伐作業、ザンクト・メルゲンにおけるバーデン式画伐作業、ケルハイムのおけるバイエルン式画伐作業、ガイルドルフにおけるワグナーの帯状択伐作業、ランゲンブラントにおける楔型傘伐作業の5事例。スイスの調査事例として、クヴェの照査法実験林、エメンタールにおける択伐作業の2事例。日本の調査事例として、長野県王滝営林署館内三浦実験林における天然更新施業の帯状皆伐天然更新地、群状母樹法天然更新地、漸伐天然更新地の事例と、愛知県新城営林署管内段戸国有林における天然更新施業の事例。
- ii **) 平成4年度調査報告書**では、アメリカ東部の調査事例として、エール大学演習林における傘伐作業、ハーバード(大学)森林における傘伐作業、ウエストバージニア州Fernow 実験林における天然更新施業の単木択伐作業、群状択伐作業、孔状作業、傘伐作業、の事例と、ニューヨーク州Cuyler研究林における天然更新施業の帯状皆伐作業、孔状作業、単木択伐作業、群状択伐作業、傘伐法などの事例。
- iii) 平成5年度調査報告書では、アメリカ東部の調査事例(4年度の続報)として、ニューハンプシャー州White Mt.州有林に天然更新施業の単木択伐作業、群状択伐作業、小面積皆伐作業、傘伐作業と、メーン大学演習林における傘伐天然更新施業の事例。フランスの調査事例として、ブロア州有林における傘伐作業、フォンテンブローの森における傘伐作業、

ナンシー州有林における傘伐作業の3事例。**フィンランドの調査事例**として、ロヴァニエミにおける傘伐作業とコルケアスキ国有林における母樹法作業の2事例。

- iv) 平成 6 年度調査報告書では、アメリカ西部の調査事例として、カリフォルニア州 Jackson Demonstration州有林における天然更新施業の単木択伐作業、傘伐作業、母樹法作業の事例。
- v) 平成7年度調査報告書では、イギリスの調査事例として、Forest of Deanにおける天然更新施業の傘伐作業と群状択伐作業、New Forestにおける群状択伐作業、Kielder Forest における群状択伐作業の事例。
- vi) 平成8年度調査報告書では、愛媛県別子山林「住友の森エコシステム」における傘伐天 然更新施業の事例。
- vii **) 平成 9 年度調査報告書**では、**長野県、三浦実験林における天然更新施業**の帯状皆伐作業と群状母樹法作業の事例。

(3) 天然下種更新法の施業体系-森林作業法

天然更新技術体系としての森林作業法の用語について、改めてここで整理をしておく。

一般に天然下種更新は、母樹の側方にタネを飛散させる、主としてカンバ類やマツ類のような陽樹に適した側方天然更新と、母樹の直下に散布させる、親木の保護がないと育ちにくいヒノキやモミのような陰樹に適した上方天然下種更新に分けられる。

この伐採法とそれに伴う更新の体系を森林作業法 (silvicultural system, Betriebsform)と呼び、普通次の4つに大別されるが、更新面の大きさによって様々に分けられている。

i) 皆伐作業法 (clear cutting system, Kahlschlagbvetrieb)

更新面の周辺に母樹林を残して、小面積に、あるいは群状、帯状に皆伐する方法で、伐採 後に森林を育てるので後更作業と呼んでいる。

ii **) 母樹(作業)法 (**seed tree system, Einschlag unter Belassung von Uberhalter **)** 残伐作業ともいい、少数のタネ木を単木状もしくは群状に残して伐採し、更新が完了したらタネ木を伐採する方法で、わが国では保残木作業と呼んでいる。

iii) 傘伐作業法 (shelterwood cutting system, Schirmschlagbetrieb)

日本の国有林では漸伐作業と呼び、上木をタネ木としての役目と、稚樹の保護樹としての 役割を持つので、更新が完了するまで、予備伐、下種伐、後伐の3回のぬき切りを普通行う。 後伐はさらに何回かに分けて伐採することがあり、その場合、最後の伐採を殿伐という。傘 伐は全立木の伐採前に更新が完了しているので前更作業とも呼ばれる。

傘伐作業は更新面の形から大面積(全面)傘伐と帯状傘伐及び群状(孔状)傘伐などに分けられる。このうち、帯状傘伐法として林縁効果を取り入れたWAGNERの帯状択伐天然更新法が有名であり、また群状傘伐法として林内孔状地を更新に伴って広げていく画伐天然更新法がドイツやスイスで行われている。

iv) 択伐作業法 (selection system, Plenterbetrieb)

更新が常に行われるよう林分成長量に等しい材積だけ継続して伐採する方法で、回帰年を設けて伐採を繰り返すのが普通で、陰樹の更新に適し、環境保全上最も優れているといわれている。スイスで広く実行され、単木択伐では更新が困難な場合が多いので、群状に択伐することがあるが、群の大きさが広くなると前述の画伐や群状皆伐と変わらなくなり、択伐法の特徴が失われる。

∨) その他

樹高幅前後の群状伐採をパッチ状に行い、数10年で全林の更新を完了する方法を孔伐作業 という。また、帯状皆伐作業であるが帯の幅が樹高以下の相対的に狭い帯伐作業や不斉傘伐 作業等も実行されている。

以上の作業法のうち、陰性の樹種であるヒノキ、スギ、エゾマツ、トドマツ、ヒバ等に側 方天然下種更新にあたる皆伐や母樹法を適用する場合は、伐採後進入する植生を稚樹の保護 者としてうまく利用する必要があるが、林地が一時的に裸地になるので、落葉、土壌の流亡 の危険が多いところにはその適用を避けるべきである。

一方、上方天然下種更新にあたる傘伐や択伐作業は陰樹の更新に適した方法であり、遷移の法則から高い耐陰性をうまく活かそうとするものである。しかし、比較的耐陰性の高いヒノキでは技術的に不可能ではないが、かなり集約な施業を必要とするであろう。例えば、木曽ヒノキの天然生林のように、年齢差が大きくとも常に更新が伴わないと一斉林型になってしまうことが多いので、ヒノキの天然更新については一時的に二段林になる傘伐作業が最も適した方法であるといえよう。

(4) ヒノキを例とした天然下種更新の基本的な条件

日本では天然更新は困難であるとされるが、その試みの多くは、植生の単純なドイツ、スイス等の各種森林作業法について森林の伐採法のみを取り入れた結果、更新がうまく進まなかったことによるのではなかろうか。

日本の気候下では各種植生に繁茂が著しいので、目的とする樹種の環境に対する特性と再生の仕組みに関する要因の解析が進み、情報量が多くなれば、更新技術の組み立てはそれほど困難ではないはずである。以下これまで明にされたヒノキの天然更新に関する主要な基本的条件を挙げておくことにする。

i) タネの結実周期と散布量

稚樹の消長調査した結果、通常の結実の周期は豊作で $4\sim5$ 年、並作で $2\sim3$ 年ごとであり、タネの散布量は豊作年で $2,000\sim3,000$ 万粒/ha、並作年で $200\sim800$ 万粒/ha程度であり、更新に有効なタネの飛散距離は母樹の樹高程度であることも明らかになった。

ⅱ)稚樹の発生、成立の条件

表土の安定は、タネの定着、稚樹の発生のための第一条件であるので、適度な疎開状態で

の下層植生の成立や落葉枝の存在は有効で、地表かき起こし等は好ましくない。水分条件では、厚い落葉、粗腐植の堆積は乾燥害を発生させやすく、過湿地は夕ネの腐朽、根腐れを起こすことが多い。雨滴障害では、林内では大粒の雨滴による稚樹の掘り起こし、はねとばしが多いので、適度な下層植生や落葉枝の存在が好ましい。病虫害では、害虫による子葉の食害が特に林内に多く、また、立枯病も発生するが、全滅することはまずない。光条件では林内を明るくし、成葉の形成までの成長を早めるのが極めて有効である。

iii) 稚樹の成長の条件

稚樹の成長には、相対照度5~10%の光条件が最も好ましいので、ヒノキ稚樹の成長を促すためには、このような光条件に誘導するよう、林内では上木と下層植生を、林外では下層植生をコントロールする必要があり、これが天然更新の最も重要な仕事である。

iv) 林分及び下層植生の成立状態と天然更新の関係

対象林分の粗密度と下層植生の成立状態に対応するヒノキ稚樹の発生、成長の関係を、多くの調査事例から模式図を作成した。これらの資料を総合的に判断すると、ヒノキ稚樹の発生は2~30%の相対照度の間に見られ、特に4~8%の相対照度のところに多い。適度の明るさでも下層植生が全く成立しない林分では、表土の流亡が起こるので稚樹の発生はよくない。この稚樹の発生に適した光条件は、林縁を中心にした樹高幅程度の林内、林外に存在するので、模式図に林縁付近の更新状態を重ねあわせて図示し、さらに更新面における光条件が成長に及ぼす影響を縦軸に表した。稚樹の成長は、成立に適した光条件より多少明るい状態の方にずれることが多く、平均的に最も成長のよい明るさは相対照度6~10%前後で、年成長量は8~12cmほどになろう。3%前後では1~2 cm程度で、相対照度2~4%ほどの人工林内では、せいぜい10数年しか生存できないようである。

模式図に示された関係は、平均的なものであるので、地形、土壌及び林分の施業経過によって多少のずれが起きるかもしれないが、ヒノキ林における天然生稚樹の発生、成立及び成長は、上木と下層植生の成立状態に大きく依存しているので、天然更新によってヒノキ林の再生を行う場合は、上木と下層植生の両者を適切にコントロールすることが不可欠なのである。以下、本年度は愛知県の段戸国有林における天然更新の実態と、それから導かれる適切な

(5) 愛知県段戸国有林における天然更新の実態

:)調査対象地及び調査の概況

天然更新法をとりあげることにする。

段戸国有林は、愛知県北設楽郡の三河高原の中北部に位置し、標高600~1,000mで、総面積約5,300haのほぼ90%は、モミ、ツガ、ヒノキなどの前生樹を伐採した後に植林されたヒノキを主とした人工林である。調査地は段戸国有林北西部の各林班で、その土壌型は主として適潤性黒色土(Blo型)、土性は植質壌土で、土壌は一般に深い。今年度は21、28、65林班の更新の経過と現状について取りまとめた。

ii) 65林班における33年間の天然生ヒノキの更新、成長の経過

林内稚樹の成立と上木伐採後の成長 - 傘(漸)伐法のモデル:65林班い小班のヒノキ天然更新調査地は、1916年植栽のヒノキ上木の下に更新したヒノキ稚樹が、1970年ごろに上木が伐採されたあと34年を経過した現在、樹高が10mほどに成長した天然生のヒノキ林である。本調査地は皆伐一斉造林による施業地であり、天然更新を目的とした施業地ではないが、更新と成長の経過を天然更新の森林作業法に当てはめると、1962年ごろの間伐は傘(漸)伐作業法の下種伐であり、1970年の伐採は後伐にあたる。今後、このような更新事例を参照にして検討される人工林からの天然更新技術は、傘(漸)伐法のような森林作業法の技術体系として組み立てていくことにする。

1979年当時、平均樹高で2.5~3 mで、成立本数は8万~21万本/haで、更新樹は超高密と判断され、名古屋営林局は「人工林仕立て木曽ヒノキ林施業」の一環として密度効果試験地を設定し、本数調整を行うと共に試験地内の造林木はすべて除伐された。試験地の本数調整行わなかった対照区の当初の稚樹の成立本数は、ha当たり20万本を越えていたが、21年後には自然間引きによって19,000本/haに減少していた。本数調整区でも、50,000本区は約9,000本/haに、30,000本区は約7,500本/haに、10,000本区は6,500本/haとなり、天然更新した稚樹は密生状態になって自然間引きによって立木密度を調整すること教えており、徐伐等の本数調整は必要ないということである。また、各区の平均樹高では、対照区が多少低いほかは殆ど差がなく、これは被圧木も含めたためで、上層木のみの平均では殆ど差がなく、樹高成長でも本数調整の必要性はないといえよう。なお、20年余で約8mという平均樹高はヒノキ植栽木に比較すれば多少低いが、上層木では10~14mでほぼ同じである。上木伐採(後伐)後の林内は密度競争が激しく、自然間引きによる枯死木が多く見られ、このような過密状態になると一般のヒノキ林では表土の流亡が起こるが、ここでは枯死木や落枝が多く、それらが地表面を覆っているので今のところほとんど見られなく、巧みな自然の仕組みといえよう。

林内孔状地周辺における更新の特徴 - 画伐法及び群状択伐法のモデル: 1972年に調査を開始した当時、65林班の近くに多分10数年前の落雷により上木が枯死した4×9mの広さの林内孔状地があり、その中心付近のヒノキ稚樹は大きく育ち、孔状地から離れるにしたがって小さくなっている。孔状地林縁は相対照度15%程度であるが林内に入るにしたがって次第に低くなり、林縁から10数m以上になると4%ほどの暗さになる。ヒノキ稚樹の成長は相対照度5%以下に光条件になると、著しく阻害されるようになる。光条件の比較的良好な林縁の稚樹は平均70cmで、平均年齢13年であるのに対し、林内に入るに従って平均高、年齢ともに小さくなり、林縁から16.5m離れた地点では平均高12cmほどで、平均年齢は7年であり、相対照度4%前後の林内では成長が抑えられ、生存期間も短いということになる。一方、成立本数は林内の方が多く、16.5m地点では100万本/haに達し、密生状態であるが、3.5~6.5m地点の林縁付近では、大きく成長した稚樹のため下層が暗く、新しい稚樹の生存が不可能で稚樹本数の増加がなく、林内に比べて少ないが40万本/haも成立し密生状態である。

稚樹の年齢分布は、林縁から16.5m地点では正規型を示さず、最高年齢は15年であるのに対し、林縁と6.5m、11m地点では正規分布型を示し最高年齢は20年生であり、3.5m地点の林縁では10~15年生の稚樹が多い。このことは、林内孔状地は調査当時の10数年前にできたと推定され、林内孔状地を中心に光条件が改善され明るくなった結果、孔状地周辺の更新と成長が促進されたものと思われる。また林縁と林内に成立する稚樹の年齢と高さの相関を見ても、同じ年齢でも林縁の稚樹は林内のものより数倍も大きく、光条件が稚樹の成長に大きく影響することは明らかである。

上述のような調査解析を行ってから31年後の現在、孔状地内のかつてのヒノキ稚樹は樹高 8~10mの幼樹に育ち、人工の上層木と天然生の中下層木による二段林を形成するよう になった。このような天然更新の仕組みは、孔状地を更新の進展に伴い広げていく画伐ある いは群状択伐法のモデルになろう。

iii) 28林班における伐採率を変えた林分の更新、成長の経過 - 傘(漸) (伐法及び群状皆伐法のモデル

試験地設定後の9年間の更新、成長の変化:名古屋営林局は1974年、人工林仕立てヒノキ林施業の一連の試験として、28林班わ小班において、20%、30%、60%、100%の伐採区と対照区を設定し、同年伐採を行って天然更新の試験を開始した。

試験地は標高780~880m、方位は南東および南南西で傾斜は10~300、土壌型はBlbもしくはBlDである。試験地設定当初の林分は1916年植栽の61年生のヒノキ林で、立木本数は1,420本/ha、林分材積は約374m³/haであった。

名古屋営林局では試験地設定の1977年以降、1986年までの9年間、成立本数と稚樹高の調査を行った。その資料から、成立本数の変化と、稚樹の平均高の推移を見ると、10数年前の間伐の効果で伐採前はhaあたり70万本に以上成立していたヒノキの稚樹は年ごとに減少し、1986年現在では、皆伐した100%区以外は少なくとも15万本/ha以上成立していた。100%区では伐採の翌年、上木の疎開による乾燥害を受けたためか稚樹は急速に枯死し、3年目以降は僅か2,000本/haほどに減少した。

稚樹の平均高では、100%区の成長は著しく大きく、9年目で4m近くだったのに対し、 他の試験区の成長は遅く、9年目でも1mに達していなく、最も暗い無伐採の対照区から順 次明るくなるに従って平均高が高くなっているのが認められた。

試験地設定後の26年目における更新樹の現状: 伐採後26年を経過した2003年現在の 更新樹の成立状態を試験区ごとに見てみよう。

20%**伐採区の現状**:上層林冠は一般の閉鎖したヒノキ林分と同様で、林内はかなり暗い。 そのため伐採後26年を経過しているのに、殆どのヒノキ稚樹は1m以下である。成立本数の 平面分布はランダムで、大きさの分布にも集団的な片寄りは認められない。

一般に閉鎖の進んだ密な林分では稚樹の成立は困難であるが、20%伐採区は60%伐採区と100%伐採区の間にあるため、隣接林分から陽光が斜入することが、稚樹の成立、生存を助

けていると思われる。

30%が伐採区の現状: ヒノキ更新樹とその枯死木及び広葉樹の平面分布と垂直構造をみると、ヒノキ更新樹と広葉樹はほぼランダムに分布するが、ヒノキ枯死木は調査地の下部に多く、集中分布する傾向が見られる。これは垂直構造から見て、3mを越す更新樹が多く成立するため、2m以下のヒノキが多く枯死した結果である。ヒノキと広葉樹の樹高分布は、ほぼ正規型であり、その大きさも1~4m程度で、20%伐採区よりかなり大きい。伐採後26年を経過した現在はほぼ閉鎖状態であるが、ヒノキ更新樹の成立本数はhaあたり3万本を越えているので、今後、2m以下のものは枯死していく可能性が大きい。

60%**伐採区の現状**: 伐採後26年を経過しているにもかかわらず、上層林冠の一部には空隙が見られ、完全に閉鎖していない。そのため更新樹の樹高はすべて2~4mで20、30%伐採区より大きく、その樹高分布はL型である。一般に、このような分布型は新たな稚樹の加入はなく、自然間引きを繰り返しながら成長促進の段階を示し、2m以下のものは枯死が進行し、その傾向は広葉樹も同様である。更新樹の平面分布はヒノキ、広葉樹ともランダムに成立している。

100%伐採区の現状:ヒノキと広葉樹の平面分布は多少集中的な傾向が見られ、更新樹は密生状態でヒノキ枯死木は下層に残存している。これはヒノキと広葉樹は厳しい種間競争をしながら群状に成立するようになったと思われるが、上層を占める広葉樹の成立本数はヒノキより相対的に少ない。ヒノキの成立本数は伐採後9年目の1986年当時は僅か2,000本/haであったのが、現在本数は6,800本に増加しており、これは林縁からの側方天然下種によって成立した可能性がある。樹高分布は正規型に近いが広葉樹はL型分布であり、樹高は6~12mに達し、60%区伐採区に比較して3倍ほどに成長している。また、8 m以上の上層にはヒノキが多く、広葉樹は下層に多く、ヒノキ枯死木は6 m以下の下層にのみ見られる。この林分状態から、100%伐採区は徐伐等を行わず自然の推移に任せても、自然間引きを繰り返しながら、ヒノキ更新樹を主体にした天然生林に成長していく可能性は高い。

対照区の現状:試験地設定の1977年当時には、それ以前の間伐によって80万本/ha程度のヒノキが成立していたが、9年後の1986年には1/4に減少した。また林内が暗いため、ヒノキの稚樹はほとんど成長していなく、広葉樹の成立も少なかった。この対照区は周辺の林分の間伐時に25%程度の伐採が行われたようで、2003年現在、広葉樹が急速に成長を始め、残存していたヒノキ稚樹を被圧するようになり、対照区の意味がなくなった。

本試験地は1986年までの10年間の技術開発期間が終了したが、天然更新施業は人工造林施業よりも長い期間を必要とするので、人工林からの天然更新施業技術の教科書として、再度適切な次の伐採法を検討した上、恒久的な試験地に格上げし、継続的な調査を行うよう切望しておきたい。

各伐採法から判断される適切な天然更新法:前述のように、20%、30%、60%の伐採区は伐採後26年未の現在、夫々の伐採率に応じたヒノキ更新樹が多数成立しており、更新完

了の状態であるので、現状で上木を伐採すれば急速に成長し始めるであろう。これを森林作業法に当てはめると、試験地設定の10数年前の間伐は傘(漸)伐作業法の予備伐であり、1977年の伐採が下種伐であり、現状で上木を伐採すれば後伐にあたり、傘(漸)伐法の一連の施業体系を完了することになる。

一方、更新条件に恵まれた本試験地のような林分では、試験地設定の伐採、すなわち下種 伐後、稚樹の大きさが40cm以上になる時点、例えば20%区では9年目、30%区では5年目、 60%区では4年目頃に成立本数が10万本/ha以上であるので、後伐として上木を伐採してよ く、予備伐からすると15~20年ほどで更新完了ということになる。

これに対し、100%伐採区は皆伐の10数年前の間伐で80万本/ha成立していたヒノキ更新樹が、伐採後急激に枯死し数年のうちに2,000本/haまで減少してしまうが、他の区のように下種伐で枯死しない40cmの大きさに育ってから後伐した方が安全であることを教えている。ただ、100%区の区画の大きさが50×50mであるので、上下左右の林縁からの有効種子の散布は十分可能であり、皆伐後9年経過して適度に下層植生が成立するようになると、側方天然下種によってヒノキ稚樹が成立するようになる。稚樹が成立していなくても、種子の散布可能(樹高と同じ距離)な範囲で群状に伐採し、側方天然下種による天然更新を進める後更作業も可能であることを100%伐採区の事例が示唆している。この作業法を群状皆伐法といえよう。いずれにしても、28林班の伐採率を変えた天然更新試験地は、傘(漸)伐法と群状皆伐法が有効な作業法であることを教えたといえる。

iv) 21林班における伐採率を変えた林分の更新、成長の経過 - 傘伐法のモデル

各伐採区のヒノキ稚樹の成立本数と成長の変化:21林班は段戸国有林の北西部に位置するが、そのほぼ中心部に1983年に名古屋営林局が「人工林仕立て木曽ヒノキ生産林」施業の一つとして3種の伐採率による天然更新試験地を設定した。各試験地の面積は30%区3.91ha、100%区1.56ha、100%区1.56haである。このうち、100%伐採区については中央部に0.53haを除いた両側の1.03haが本数調整された。

21林班は1916年植栽で、試験地設定時は67年生のヒノキ人工林であった。100%伐採区の前生林分の平均胸高直径は22cm、平均樹高は約16m、haあたりの本数は約1,030本、林分材積は約313m³/haであった。各試験区とも1983年に伐採された。なお、試験地設定の8年前(1975年)に間伐が行われたので、そのときから多くのヒノキ稚樹が成立し始めたようである。

各試験区に調査プロットを設定し、1989年まで毎年、その後は1994年にヒノキ稚樹の成立本数と平均高を調査した。試験地設定時のヒノキの成立本数は、30%と100%区は50万本/haほどであったが、60%区は16万本/haと比較的少なかった。これは60%区の大部分は沢沿い地形で、湿性の土壌のため、ヒノキの発生、成立には不利な環境条件であり、かつ広葉樹の成立が多く、当時林床はかなり暗かったためと思われる。伐採後、30%区の稚樹はその翌年から多少増加したが、林分の再閉鎖とともに本数は多少減少した。それでも伐採後10年目で45万本/haも成立している。60%区は10年目で1/5ほどになった。これは急速な疎開に

よる乾燥害によるものである。それでも10年目当時には25,000本/haほど生存していた。

伐採後平均樹高は、当初40cmほどの稚樹がいずれの伐採区でも大きくなったが、100%区の成長増加は特に著しく、伐採後10年目で360cmほどになったが、30%区と60%区は10年目でも130cmしか成長していない。100%区は後で詳述するので、ここでは30%区と60%区の現状を見てみる。30%区の稚樹高は尾根付近に成立した稚樹は伐採後20年を経過した現在でも殆ど30cm前後であるが、成立本数は20万本/haを越えている。斜面中腹では100cmを越える稚樹が多少群状であるがほぼ全面に成立している。このように30%区はヒノキの更新状態はきわめて良好であり、その大きさもすべて数10cm以上になっているので、傘(漸)伐法の後伐として上木を伐採する段階にあるといえる。

これに対し、60%区は湿性土壌の沢沿いの地形が多く、ヒノキの更新は不良であり、特に、広葉樹の成立が多くヒノキ稚樹の成立は全般的に著しく少ない。それ故、ヒノキの更新に不適な林分については、むしろ下種伐として伐採率は20%程度とし、下層植生の繁茂を抑制するのが好ましいと考える。なお、過湿気味の沢付近あるいは平坦状の緩斜面は、もともとヒノキの更新は困難であるので、ヒノキの天然更新施業はさけるべきである。

100%伐採 孔伐 区における更新樹の成立状態と成長の経過:100%伐採区は、試験地設定の1983年当時、haあたり47万本ものヒノキ稚樹が成立していたが、1983年に、後伐として上木が皆伐されたが、その4年後、試験地中央の0.537ha(対照区)を除き両側の1.03haは3,000本/haになるようヒノキ更新樹の本数調整(本数調整区)が行われた。対照区内の斜面上部と下部の調査ベルトでは、50cm以上の更新樹がいずれも多く、特に上部ベルト内は著しく多く、かつ集中分布をして密生しているが、自然間引きによって本数を減少させ、いずれ全体的にランダム分布になると推定された。一方、下部ベルト内の成立本数は相対的少ないので、ほぼランダムに分布している。

ヒノキ以外では本数調整をしていないので、有用広葉樹を含む多種の落葉広葉樹や低木類が多く成立していた。その結果、伐採後20年目の現在は上層に広葉樹、中下層にヒノキを成立させた二段林構造になっている。

伐採後4年目の更新樹等の高さ別本数分布を見ると、広葉樹の樹高分布はほぼ正規型で、有用広葉樹は高さ2mを越すものが多いのに対し、ヒノキはL型で、50cm以下の小さい稚樹を加えると、そのヒズミはますます大きくなると思われた。これは更新が継続している状態を示していることになるが、母樹がなくなった今後は自然間引きにより小さい更新樹から枯死が進行し、やがて正規分布型になると考えられる。なお、50cm以上のヒノキ稚樹は1983年当時より明らかに増加し、下部ベルトでは16,000本/ha、上部ベルトで67,000本/haとなっているほか、高さ1m以上でも8,000本を越えていることから 成林の可能性は十分あると当時推論された。

ヒノキ更新樹の成長を資料木21本の解析の結果から見ると、根元直径と高さの相関関係は 比較的高いが、年齢と高さの関係は著しく低かった。これはすでに密度競争によって優劣が つき始めた結果と考えられた。

根元直径の成長経過を見ると、高さ80cm以下のヒノキは年齢が若く、上木伐採後もほとんど成長していないが、80cmから120cmの高さの更新樹は多少の成長促進が見られた。これに反し、高さ120cm以上のヒノキ更新樹の直径成長は明らかに上木伐採の影響が認められ、上木伐採後の2年目から急速に直径成長を促進させたことがわかり、ヒノキ稚樹は陽光にすばやく反応し、直径とともに樹高成長を促進させるので、他樹種との競争にも比較的有利であると思われた。

上木伐採後16年目の2m以上の更新樹の調査では、ヒノキの成立本数は約18,500本/haで密生状態になっている。上層木はほとんど5m以上で、その平面分布はランダムで、下層には自然間引きによる枯死木が多く見られる。広葉樹は本数比率で10~15%ほど単木状に混交しているが、100%伐採区の中央部付近は、上木伐採後放置されていたところであり、ヒノキ以外の樹種が混交するのは当然で、全般的にヒノキと広葉樹が群状のモザイク状に混交し、環境保全上好ましい状態で成林している。この程度の混交はむしろ天然更新林として健全であり、種多様性の確保と林地保全上からも好ましい成林状態であるといえよう。したがって、このまま200年以上自然の推移に委ねれば、木曽ヒノキに匹敵するヒノキの天然物が得られるであろう。半面、もし人工林同様な純林状の林分に誘導しようとするならば、この段階で除伐すればよかろう。

上木伐採後20年目の2003年現在の100%区の対照区を中心にした林分状態を見ると、広葉 樹が群状あるいは単木状に混交し、広葉樹が多く二次林のように見えるところもあるが、下 層にヒノキ更新樹が中層に密生しており、そのまま自然の推移に委ねても、10~20年後には ヒノキが上層を占める可能性がある。できるだけ早くヒノキ更新樹の成長を早めようとする なら、広葉樹の除伐は有効な手段となろう。そ場合、「人工仕立ての木曽ヒノキ生産林」の 造成目的に設置された試験地であるので、有用広葉樹は残存させ、多様性のある針広混交林 に誘導するのが好ましいと思う。

各伐採区から導かれる天然更新法:伐採8年前の間伐の効果によって多数のヒノキ稚樹が成立している林分を、30%、60%、100%の伐採率で伐採した結果、20年後の現在夫々の更新状態に大きな違いが見られた。

30%区は1mを越す更新樹が多く、その平均高が60cmを越し成立本数が減少し始める1986年の状態であることから、1975年の間伐を予備伐とし、1983年の30%伐採を下種伐とすれば、予備伐から10~12年で更新完了の時点で後伐するのがむしろ好ましい。

60%区はヒノキ更新に不適な沢沿いの湿性土壌の林地であり、また、伐採率が高いため広 葉樹が繁茂しており、ヒノキの更新はきわめて不良である。このような湿潤状態に林地では 天然更新施業を避けるか、20~30%程度の伐採率で施業するのが安全であろう。

100%伐採区は、上木伐採の8年前が傘(漸)伐法の下種伐に当たり、ヒノキ稚樹の成立がほぼ更新完了の状態で後伐が行われた結果、部分的には上層に広葉樹が成立するものの、

ほぼ全面的に天然生林として成林するようになった。本来の天然生林の造成を指向するなら、 本数調整のような保育作業は不要であり、この針広混交の天然生林は環境保全ばかりか多様 な機能を発揮する望ましい天然生林であるといえよう。

以上のように、今年度調査した段戸国有林における天然更新の実態は、人工林における天 然更新が、主として傘伐作業法によって可能であることを教えた。かつ、恵まれた条件下で は技術的に容易な間伐によって更新を促すことができることのほか、低コストな施業で天然 生林に誘導できることもわかった。

次年度には、段戸国有林におけるスギの天然更新の実態と帯状皆伐法による天然更新の実態と帯状皆伐法による天然更新の現況のほか、他地域の人工林における天然更新の事例を調査し、最終年には、これらの資料を基に、施業実行の可能な立地条件と技術体系について取りまとめたいと考えている。

Ⅳ 平成15年度の調査結果の総括検討

本調査事業の総括検討は、3か年の調査事業の終了時に検討されるべきであるが、ここでは今年度の各委員の報告を基に、委員会で討議されたことを参考にして、初年度分として検討しておくこととする。

1 3ヵ年の調査内容と段階目標

1)調査目的

現在、わが国の社会、経済の変化と国際自由市場の中で、生物多様性の保全や、二酸化炭素の吸収量の確保、水源涵養、木材の供給など、森林の多面的機能の発揮のために適切な森林整備が必要であり、このためには持続可能な森林経営の推進が重要であるといわれている。

一方、最近林齢の高い人工林が増えているが、木材価格の低迷のため林業活動は停滞し、 手入れが実施できない厳しい条件の中で森林施業が進められている状況を踏まえ、天然更新 の活用により、森林造成コストの縮減を図りつつ、諸害に対する抵抗力が強く、景観面でも 優れた多様な樹種、林齢の樹木からなる森林へと誘導していくことが期待されている。

しかしながら、天然更新は、土壌、地形、植生等の条件に大きく左右され確実な更新の判断 が難しいこと等から、人工林の更新技術としては一般に採用されていない。

このため、天然更新による稚樹の発生・生育に必要な条件を検討し、森林造成コストの縮減に資する人工林における天然更新技術のマニュアルを作成することとしている。

2)調査内容

こうした目的のために、「人工林における天然更新技術に関する調査」をテーマに、平成 15年度から平成17年度までの3か年で調査を実施することとし、国内各地域において下記の ような調査を実施することとしている。

(1) 人工林における天然更新の実態

天然更新が見られる人工林の伐採跡地、林内に植栽木を母樹とする天然更新が見られる人工林や、広葉樹が生育している人工林等について、更新木の樹種や生育状況のほか、母樹の賦存状況、土壌、過去の施業履歴等について調査する。

(2) 天然更新の条件

国内および海外の天然更新の実態を踏まえ、人工林の伐採跡地または人工林において天然 更新を可能とする条件について検討する。

(3) 人工林における天然更新に関するマニュアルの作成

天然更新が可能な人工林の立地条件、天然更新を促進する施業のあり方等を検討し、森林 造成のコスト縮減に資する人工林における天然更新に関する技術指針を作成する。

3)段階目標

以上のような観点から、まず初年度と2年度は天然更新の実態や条件について、調査する こととした。

国外についての実態調査は、主としてこれまでの「多様化森林造営技術開発調査」や「多様な機能を発揮するための森林整備に関する調査」で収集された資料を基に、ヨーロッパの主としてドイツにおける資料については北村昌美委員が、アメリカにおける資料については伊藤太一委員が取り纏められることとなった。

国内における実態調査は、北海道のカラマツ、トドマツ人工林の天然更新については小鹿勝利委員が調査し、東北のスギ人工林におけるブナの更新については野堀嘉裕委員が調査し、さらに木曽のヒノキ人工林や日本西部のスギ人工林の天然更新については赤井龍男委員が調査されることとなった。

これらの調査事例を基に、最終年度において人工林における天然更新に関するマニュアル を作成することとした。

2 本年度の実施内容の総括検討

平成15年度における調査結果の概要はすでに述べたとおりであるが、ここでは本年度の調査結果について簡単に総括検討しておく。

外国における事例として、北村昌美委員による人工林における天然更新技術のドイツにおける事例と、伊藤太一委員によるアメリカにおけるアディロンダック公園における森林管理

の事例が報告されている。これらはいずれも前年度まで実施された諸調査で得られた資料を 基にしている。

北村委員からはドイツの事例として、バイエルン州、バーデン・ビュルテンベルク州及び ノルトライン・ベストファーレン州の3州を調査対象とした報告がなされている。

バイエルン州では自然に近似した森林施業が推奨されており、国有林を対象にした「明日 の森|が公表されている。自然に近似した森林施業では、天然更新の割合を高め、純林から 多様な機能を備えた、立地に適合した生産力の高い混交林に転換する必要があるが、この目 的を達成するためには、混交樹種、特にブナの植栽がかなりの期間に渡って必要の場合があ る。その実行例として、ツスマルスハウゼン営林署の事例と、台風被害地の再造林への自然 の貢献としての混交林を再生した事例が述べられている。バーデン・ビュルテンベルク州の 実行例としては、トウヒーモミーブナ山岳林とブナと広葉樹や針葉樹との混交林、さらに台 風以後のノイエンビュルク営林署の事例を挙げ、自然は人間が取り扱うよりも多くの作業が でき、森林官の仕事はその自然の助けによって自然を穏やかに早めることとしている。ノル トライン・ベストファーレン州では、「恒続的な森林」の性格を持つ森林に転換されるべき として、その場合、先駆樹種としての雑広葉樹の役割やアカマツ林でのカケスによるナラの 天然更新など、多様な着眼点が林分の構造や樹種構成の多様性を高めるのに役立っているこ とを指摘している。これら3つの州の間には共通点と相違点があるが、過去の経験をどの州 でも次の実践に生かしており、自然近似の施業は単なる放置ではなく、払われる注意はきめ 細かく、かつ学問的な裏づけが必要であることを再三述べている。ドイツでは針葉樹の人工 林で失われた木材を、主として天然更新によって成立した広葉樹林や針広混交林によって得 ようとしており、天然更新に頼れない場合は、ためらうことなく人工植栽を採用しており、 目的は優れた次代の森林を造成することにあり、更新はそのための手段という考えに徹して いるとしている。

伊藤委員からは、ニューヨーク州アディロンダック公園の事例が報告され、公園面積の58%が民有林でありながら、森林施業とレクリエーション利用を両立させており、公園の私有林のあり方が参考になるとしている。この地域は広葉樹林の割合が高いので、森林の施業法は択伐が主になっており、ニューヨークの水源地帯であることから、水辺との関係で伐採、特に皆伐には細かい規制がある反面、育林についての規制がない。これはこの地域に天然更新を妨げるササなどがなく、更新が容易であると共に、低質材でも多様なマーケットがあることと関係しており、これが生物多様性保全だけでなく、レクリエーションの観点でも不可欠なモザイク状の森林を生成させているという。水辺の施業規制は強く、その内容は多岐にわたるが、日本の自然公園法での特別地域ごとの施業規制とは対照的に、公園を意図した森林規制がないのは意外である。しかし、水保全という具体的な目的からすれば、アディロンダックの規制には合理性があり、住民がworking forestとして隣接する森林資源を利用することを重視している点が評価されるとしている。

国内における事例としては、小鹿勝利委員による北海道のカラマツ人工林の天然更新に関する調査が、野堀嘉裕委員による多雪地の人工林における天然更新の経過調査が、さらに赤井龍男委員による針葉樹人工林における天然更新の仕組みと技術体系として主としてヒノキの天然更新について報告された。

小鹿委員は、北海道の民有林の中心樹種であるカラマツとトドマツを調査対象とし、本年 度はカラマツについての事例が検討された。カラマツ人工林の実態調査は、まず網走東部森 づくりセンターのアカエゾマツ造林地へのカラマツ天然更新とカラマツ人工林の複層林造成 地へのカラマツ天然更新の2事例と、カラマツ天然更新木とスギ植栽林の混交林については 森町の三菱マテリアル所有山林の事例について述べ、ブルドーザなどの使用で、掻き起こし は鉱物質土壌が露出するような撹乱が必要なこと、種子の豊作に合わせること、土壌の流出 に配慮することで複層林に誘導できるとし、道有林網走東部管理区ではカラマツ人工林は伐 期90年とし、複層林への誘導の方針で、作業の効率性、下木の成長の確保などから孔状伐採 法プラス保残木下の複層林造成を目指している。さらに、天然更新広葉樹を利用した複層林、 混交林、自然林への誘導について石狩森林管理署のカラマツ壮齢林の2事例や、阿寒町の日 本製紙所有林の高齢カラマツ林について報告し、いずれも上木カラマツ、下木が広葉樹の複 層林状態を呈しており、広葉樹は高木性の樹種も多く、トドマツの天然更新も見られる場合 があり、地域の自生種の樹種構成を持つ自然林に誘導することも可能であり、高齢級カラマ ツ林では下層に天然更新広葉樹を育成して複層混交林として管理することも十分可能である としている。これらを基に、カラマツ人工林における天然更新技術の現状と課題を整理して いるが、いずれの事例の事業規模のものはなく、多くの課題があり、特に天然更新を利用し て森林造成をする場合には植生制御に人手と経費を必要とするので、その可能性を検討する 必要があり、自然力(天然更新)と技術(人工造林)の協調ないし併用を図りつつ、可能な 範囲でコスト削減の方策を講じることが重要としている。

野堀委員の報告は、まず、多雪地の人工林における天然更新の研究成果を探るため、いくつかのキーワードを基に検索し、天然更新や人工更新で、ブナの更新は良好であり、その後の成長も否定的な見解は少なく、ブナ天然林が伐採された跡に成立する二次林での更新と成長は良好であるとされた。次いで、チシマザサーブナ群団分布の地理的特徴を、その分布域の全体を対象として経緯度および標高の違いによる生育地の現況について、分布の上限面と下限面から調べた。東北地方のブナ林の標高域に差の出る原因は、積雪量の違いによる気象条件の違いのためと考えられ、ブナ分布域の限界標高では下限面は上限面と比較して気象、特に積雪の影響を強く受けていると考えられ、ブナ分布可能域の推定は上限面と下限面の間の空間が分布域の延長空間であり、気象条件を度外視すればブナ林が成育可能であることを意味している。また、樹幹解析による肥大成長と伸長成長の経過を多雪地と少雪地で比較し、少雪地は年輪幅が樹高方向、半径方向共に不均一であるのに対し、多雪地ではどの高さでも年輪幅が比較的均一であり、多雪地では少雪地と比較して成長率が大きく、また樹高成長で

も少雪地では成長が穏やかになるが、多雪地では80年生時点でも成長の衰退は認められなかった。さらに、ブナが他の樹種に比べて有利になる時期やサイズを、多雪地の湯殿山と少雪地の高館山のブナ林の林分構造を比べて解析し、積雪環境における最も大きい違いは種の多様性であり、湯殿山では下層で、高館山では全階層で競争が起こっていることが確認でき、多雪地では下層から中層に移行する段階で、構成樹種が少なくなり、結果として樹種間の競争が緩和されるが、この移行段階は雪圧による倒伏から脱する時期と一致している可能性があるとしている。そして、どの樹種もこの経過をたどる中で、ブナだけが林冠に達し優占できるのは、積雪への耐性やフェノロジーなどが関与している可能性があるとしている。これに対し少雪地では、どの階層でも平等な条件で樹種間に競争が起こり、結果として多様性が高い林分になったと考えられたとしている。

赤井委員は、まず針葉樹天然更新の施業の流れを、日本の天然更新施業の盛衰、適用され ている天然更新施業、埋もれてしまった天然更新施業と簡潔にたどり、長年月かけて得られ た成果は、例え失敗の事例でも貴重な教材であるので、これまでの施業林や試験地の経過を 再調査することが望ましいとされた。次いで、「多様化森林造成技術開発調査」で取り上げ た内外の天然更新施業の項目を紹介すると共に、天然更新法、特に森林作業法の用語の整理 を行っている。さらに、長年調査されたヒノキを例にして天然下種更新の基本的な条件を、 タネの結実周期と散布量、稚樹の発生、成立の条件、稚樹の成長の条件、林分及び下層植生 の成立状態と天然更新の関係等の項目で簡潔に整理された。そして本年度の調査地として、 愛知県段戸国有林の65、28、21林班の天然更新施業地のいくつかの実態を紹介している。ま ず、65林班における33年間の天然生ヒノキの更新と成長の経過を紹介し、その内65林班い小 班では、1916年植栽のヒノキ林を1962年に間伐を行ったが、これは傘(漸)伐作業法の下種 伐に当たり、1970年の伐採は後伐に当たることから、傘(全)伐法のモデルとして、林内稚 樹の成立と上木伐採後の成長を示した。また、この更新地には稚樹の本数を調整した密度効 果試験地を1979年に設定しているが、天然更新した稚樹は密生状態でも自然間引きによって 密度を調整しているだけでなく、枯死木や落枝により表土の流亡を防いでいたことが判った。 さらに、近くの10数年前の落雷によってできた林内孔状地周辺における各種光条件下の更新 の特徴を紹介し、孔状地を更新の進展に伴い広げていく画伐法あるいは群状択伐法のモデル になるとしている。次いで、28林班では、傘(漸)伐法および群状皆伐法のモデルとして、 61年生のヒノキ林に伐採率を20、30、60、100%と変えた伐採区と対照区を設定した林分の 更新、成長の経過を紹介し、試験地設定の10数年前の間伐を予備伐とし、試験地設定時の 1977年の伐採を下種伐とすれば、上木伐採後、稚樹の大きさが40cm以上になる時点で、 20%区では9年目、30%区では5年目、60%区では4年目ころに、成立本数が10万本/ha以上 あるので、後伐として上木を伐採してよいとしている。さらに、21林班の1916年植栽のヒノ キ林で、伐採前の間伐の効果により多数の稚樹が成立した林分を、1983年に30、60、100% の伐採率で伐採した、20年後の林分の更新、成長の経過を紹介し、この林分は傘伐法のモデ ルになるが、立地条件や稚樹の成立や成長の現状を踏まえて施業を進める必要があるとされた。以上の段戸国有林の天然更新の実態は、人工林からの天然更新が、主として傘伐法によって可能であることを教え、かつ恵まれた条件下では技術的に容易な間伐によって更新を促すことができるほか、低コストな施業で天然生林に誘導できることが判ったとしている。

以上、本年度の調査について、各委員の報告を総括して取り纏めたが、これらの問題点や 提案は、次年度の調査結果とあわせて最終年度におけるマニュアルとしての施術指針を作成 する中で整理される予定である。

3 次年度以降の調査検討

次年度以降については、「3か年の調査内容と段階目標」に述べた調査事業に沿って調査を進めることとし、その具体的内容については、本年度の調査結果を踏まえて、最終的には 天然更新が可能な人工林の立地条件、天然更新を促進する施業のあり方を検討し、森林造成 のコスト縮減に資する人工林における天然更新に関する技術指針を作成することができるよう、次年度当初の調査委員会において十分討議する中で取り決めていく予定である。

外国における調査結果

北村昌	美:人工林における天然更新技術
	はじめに
1	バエイルン州における天然更新施業の動向50
2	バーデン・ビュルテンベルク州における天然更新施業の動向56
3	ノルトライン・ヴェストファーレン州天然更新 施業58
	総括65
伊藤太	:一:ニューヨーク州アディロンダック公園における森林管理
1	はじめに
2	レクリエーションと森林施業72
3	アメリカにおける施業の区分73
4	アディロンダック公園の概要と森林73
5	アディロンダック私有林の施業74
6	まとめ75

人工林における天然更新技術 ―ドイツの事例―

北村 昌美

はじめに

ドイツ各地では、最近、長い伝統と実績を持つ旧来の森林施業法から脱して、「合自然的施業」あるいは「自然近似の施業」が採用されるようになった。施業法の詳細については、南西部のバーデン・ビュルテンベルク州や旧東ドイツのチューリンゲン州を例として、平成10年度の「多様化森林造成技術開発調査」に述べたところである。

施業法の内容を一言で述べるなら、従来の伐区式作業、とくに皆伐を避け、複層の混交林に導くことにほかならない。またその施業法の採用を急速に推進させたのは、最近10年あまりの間に頻発した台風被害である。これら台風被害とその後の施業法の変化についても、平成14年度の「多様な機能を発揮するための森林整備に関する調査」に記述した。その中で、被災後の森林再造成にとって天然更新が技術的な基本原則であることが強調されている。

したがって、ドイツのどの州でも基本的には皆伐が行われず、母樹を林地に残した天然更新が採用されているものとみてよい。しかしながら、立地条件や社会的条件の違い、その他の事情が介在して、基本原則から外れることがあるのもまたやむをえないのである。それらの実情をあまねく把握することは困難なので、本報告では、まずドイツの南部で隣接する二つの州、すなわちバイエルン州とバーデン・ビュルテンベルク州について、天然更新施業の実態の一部を最近の資料を参照して紹介することとした。

次いで、これまで取り上げることのなかったドイツ中西部のノルトライン・ヴェストファーレン州を対象として、針葉樹の純林から複層混交林への転換の実態を報告することとした。南ドイツの二つの州が、それぞれバイエルンの森やシュヴァルツヴァルトという著名な森林地帯に恵まれて、林学の先進地域として知られているのに対し、ノルトライン・ヴェストファーレン州は逆に人口集中地帯で、ヨーロッパ中央のエネルギー供給地域として知られている。したがって森林や林業の分野では他の二つの州に比べて遅れをとっていたことは否定できない。しかしながら、こういった対照的な各州の性格のゆえに、これら三つの州を調査の対象とした意義が大きいと考えられるのである。



ドイツの調査地(州)

1 バイエルン州(Bayern)における天然更新施業の動向

1) 概説

バイエルンの国有林(州有林)は州森林面積の約3分の1、州面積の約10分の1を占めて おり、年間約500万m3の木材を生産している。その上多様な公益的機能を発揮し、レクリエ ーション空間をも提供しているのである。したがって、バイエルン州にとって森林はきわめ て大切な基本財産として位置付けられる。

ところがこの25年間木材価格は急速度で下がり続け、貨幣価値の変動を考慮すれば、1980 年代に比べて素材価格が40%も低下したのである。それとほぼ同じ時期に、森林の公益的機 能やレクリエーション機能に対する住民の要求が高まり、「自然に近似した森林施業」が推 奨されて、必ずしも最大の木材収穫が意図されなくなった。

その結果、森林の将来に対する新たな指針ともいうべきものが必要になったのは当然であ る。そこで2003年には、とくにバイエルンの国有林を対象とする指針が、州農林業試験場に よって『明日の森林』として公表されるに至った。本報告は主としてその内容を参照したも のである。ただし内容がバイエルン国有林の全般にわたっているため、ここではそのうち更 新施業に関する記述のみを参照することとした。ところで、ここに紹介したのは高度の施業 技術に限ってはおらず、今日の林業の分野では基礎的・常識的と思われる技術もあえて取り 上げてある。技術そのものはもちろん大切であるが、それよりもむしろ現在ドイツの林業思 想ともいうべきものに重点をおいたからである。

2) 従来の更新経過

国有林では可能な限り長期間を要する天然更新が適用されるべきである。そうすれば突然 の森林破壊などの危険を軽減し、皆伐作業などの齢級式施業とも決別できる。

更新は現在全森林の3分の1以上で計画され、その場合の更新期間は平均して約40年にまで伸びている。その結果、次世代の森林への移行はかなり大面積で実行され、しかも長期間を要することになる。その場合、シカ類による被害をうまく避けることができれば、天然更新の割合は約65%増加し、同時に老齢林木の保護のもとでの更新面積はおよそ90,000ha増えるであろう。現在すでに老齢林分の45%で稚樹が育っているのである。

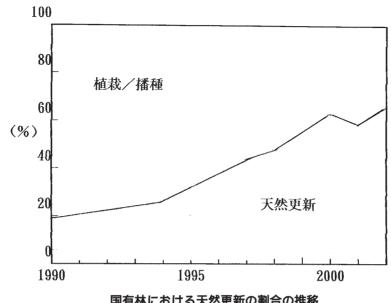
1970年代の中ごろ以降、次世代の森林に移行するために、小面積で更新期間の長い森林が重視されるようになった。これまでしばしば採用されていた帯状伐採や植栽を伴う小面積皆伐は、画伐作業や傘伐作業にとって替わられた。両作業とも、天然更新が行われやすくなるように、林分内にまず帯状の伐開線を入れる。傘伐作業の場合は均等に陽光が入るように、画伐作業の場合は残存立木の密度が不均質になるように伐採が行われる。天然更新にせよ人工更新にせよ、稚樹が定着した後は、生長をうながすためにしだいに陽光を当てていくのである。新しい世代の森林は、すでに老齢林木の保護のもとで生長を始めており、林地が被覆なしでおかれる期間が短縮される。

長い期間の必要な更新施業が重視されるという傾向は、明らかに森林経理の成果を反映している。森林の更新は今では比較的大面積で、しかも長い期間をかけて実行されているのである(すなわち森林に対する干渉の度合いが少ない)。その結果、過去10年の間に、森林は一例としてまるで択伐林のようにあらゆる年齢層のそろった更新面を保有するようになった。同時に単位面積あたりの人間の干渉の程度は減少したのである。更新期間が約40年にまで伸びたのはこういった施業の成果である。

立地に適合したナラ林の中で、トウヒの更新を図ろうとする場合などを除き、皆伐は原則として実行されない。それでも各種の被害の後などには、望みもしないのに、比較的大面積の皆伐をしなければならぬことがよくある。したがって、そういうことが起こらぬように、森林の安定性を高めることを何はおいても重視しなければならない。

3) 天然更新面積の増加

自然に近似した森林施業の主要な目標は、天然更新の割合をできるだけ高めることにある。 しかしながら、針葉樹の純林から出発したような場合は、一般に混交させる樹種の植栽が必要となる。例としては、トウヒの純林から、トウヒ、ブナ、モミの混交林への転換の場合があげられる。バイエルンにおける天然更新の割合は最近たえず上昇を続け、現在すでに国有林面積の3分の2に達している。将来もまた針葉樹の純林に他の樹種を大幅に混交させる必要があるものと思われるので、この辺がほぼバランスのとれた天然更新の割合であろう。

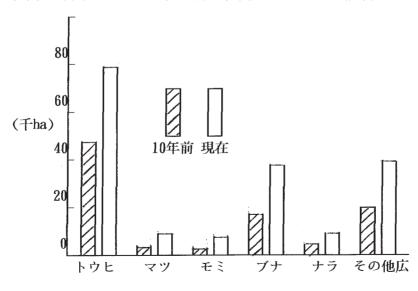


国有林における天然更新の割合の推移

4) 林冠下の天然更新

長い更新期間の間に、老齢林木の林冠の下では一般に次世代の森林が育つ。これが老齢林 木の保護のもとに行われる前更作業である。この前更作業の全森林に対する面積割合は、最 近10年間にほぼ倍増している。バイエルンの国有林では、平均して現在更新面積の45%で老 齢林木の保護のもとに幼齢木が育っている。また前更作業の面積はあらゆる樹種で増加して いる。とくに喜ばしいのはブナの割合が増加していることである。ここ10年間における前更 作業の増大率は、すべての樹種の中で最も高い。一方、トウヒの後継樹不足がいろいろな場 所で聞かれるが、調査結果によればあまりたしかな根拠はない。ここ10年間のトウヒの前更 作業の著しい増加実績をみても、天然更新による稚樹が将来必要なトウヒの割合を保証して いるとみてよい。

老齢木と幼齢木が混じることによって森林の多様性が増し、同時に天然更新の割合を増加 させ、著しい経費の節減をももたらす。高い経費のかかる人工植栽をしないからである。

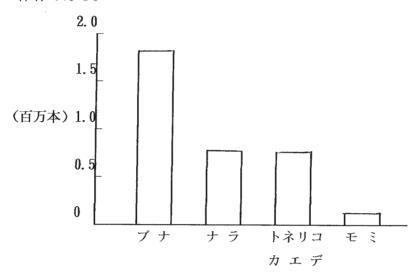


前更作業面積の増大

〔実行例〕ツスマルスハウゼン(Zusmarshausen)営林署

混交林への困難な道

中央シュヴァーベンの状態を典型的に表していると思われるツスマルスハウゼンは、アウグスブルク(Augsuburg)の西方約20kmに位置している。老齢林分の大部分は混交樹種の少ないトウヒの森林である。



ツスマルスハウゼン営林署における混交樹種植栽本数(最近10年間)

深層の粘土質土壌はトウヒの生長に適してはいるが、厚い層をなす傾向があるので、台風に耐えるような強固な根を発達させることができない。それゆえ、過去10年間に生産された木材の約半分が台風被害のための計画外伐採によるものであった。

最終的な目標は、トウヒの純林を安定したトウヒ、モミ、広葉樹からなる混交林に導くことである。この混交林は、生産力が高く、同時に多様な公益的機能とレクリエーション機能を具えたものでなければならない。このような目標を達成するには、不屈の作業、忍耐、持続性、高度の研究が必要である。

バイエルン州の新森林計画によれば、この10年間に約1,000haのトウヒ林を、平均してほかの樹種が約40%混交した森林になるよう更新させることになっている。ただし、この目標に到達するために、ツスマルスハウゼンの森林では、年間約20万本の苗木(圧倒的にブナ)が必要とされる。更新の対象となる林分でトウヒが圧倒的に多い場合には、約5万本のブナが導入されるのである。これには多額の投資を必要とするであろう。1本の苗木を育てるのに、運搬、植栽、保育などを含めて約0.80ユーロもかかるからである。同時に、営林署では大量の作業が必要なことを覚悟しなければならない。いうまでもなく、樹木はまず植栽され、そしてたえず見守られねばならぬというのがその理由である。そのための基本的な条件として、幼齢樹の生長を阻害しないよう森林の状態を保つことも必要なのである。そういった状態は、老齢林木の保護のもとでブナの生長が確実になるまで、少なくとも10年は続けられるべきであろう。

5) 天然更新の生態的ならびに経済的合理性

生態的ならびに経済的合理性からみれば、人間の介入の程度ができるだけ小さい自然近似の施業法が検討されるべきである。天然更新の可能性をたくみに活用し、樹木間の間隔を広げることによって、第二次大戦以降植栽本数は減り続けてきた。同時に、自然の持つ回復力を活用することによって、保育の必要性は1980年当時の半分に低下している。

できるだけ人間の介入を少なくするような森林経営においては、経営経済的な視点も生態的な視点も共に重要である。一般に人間の介入の程度が低ければ著しい経費の節約ができるものである。ただし、森林経営に際して集中的な経費の投入が必要なのは、林分の創出と、それに続く幼齢林の保育の段階である。

バイエルン州国有林のヘクタールあたり稚樹本数の、1950年以降2000年までの推移をみると、当初の10,000本強から1960年ごろにはいったん15,000本前後になり、その後1970年まで急速に減少して7,000本前後になっている。以後漸減して4,000本程度に達しているが、それでもわが国の人工植栽本数の平均に比べればまだかなり多い。ただし激減するまでのバイエルンの数値には、かつての人工植栽当時の稚樹本数も含まれていたものと思われる。

6) 林分の造成

かつて森林は皆伐や帯状伐によって更新されてきた。裸地となった林地では、植栽や播種によって次代の林分が造成されたものである。また良質の木材を得るためには、樹間距離を狭くして比較的多数の稚樹が植栽された。狭い樹間距離で樹木が育つと、太い枝の形成が妨げられ、均質で狭い年輪が保証される。林木の本数が多く、その結果として林冠下での互いの競争が始まると、一般に早めに間伐をはじめねばならない。個々の樹木の生育をうながすためである。こういう方法には多大の作業量と費用を伴うものである。

ところで、自然近似の施業方法への転換によって、自然の保有する力がより活用されるようになった。ここで大切なのは、長い期間を費やして小面積単位の更新を行うことにより、 天然更新の割合を約65%に増加させ得たことである。同時に単位面積あたりの林木本数を減らすことが可能になった。稚樹の大部分は、現在老齢林分の林冠の下で生育している。陽光の供給が不充分な半ば陰ともいうべき状態、すなわちほの暗い状態は、太すぎる枝の形成を抑止し、植物相互の間隔が広がって、質的に価値が高く枝の細い幼齢木を育てるのである。

結果として、更新に要する稚樹の数は第二次大戦以来著しく減少し、現在は戦後最少の状態である。ただし、これまでの間にヴィヴィアンやヴィープケといった台風被害が生じ、広大な被害地の再造林のために多数の苗木を必要としたという事情もあった。ここで更新に要した苗木本数の1950年以後の推移をみると、当初1億5千万本を超えていたのが、その後急速に減少して1980年ごろには1千万本余りとなり、台風ヴィープケによって一時7千万本程度にまで回復したが、その後またもや急落して現在はわずか500万本ばかりにすぎなくなった。このようにして現在到達した水準は、施業の合理化の可能性を改めて示すものと考えら

れるのである。なお、更新を要する針葉樹の純林がまだ数多くあるので、立地に適合した生産力の高い混交林を造成するためには、かなりの期間植栽に頼ることも必要であろう。

7) 幼齢林の保育

混交樹種を集中的に林分内に導入した場合のように、ほの暗い状態が生まれると、保育の必要性は著しく減少するものである。バイエルン州の森林経営計画によれば、幼齢林における保育作業は、最近20年の間に約半分になっている。すなわち、バイエルン州国有林における1980年から2000年までの幼齢林分保育の経過をみると、当初17,000ha程度だったのが徐々に減少して、2000年には6,000haにまでなっているのである。その間の減少の仕方はおおむね単調であるが、ただ台風ヴィープケの発生した1990年だけが前後の年の実績から外れて異常に少なく、1,000haあまりにすぎない。

〔実行例〕台風被害地の再造林

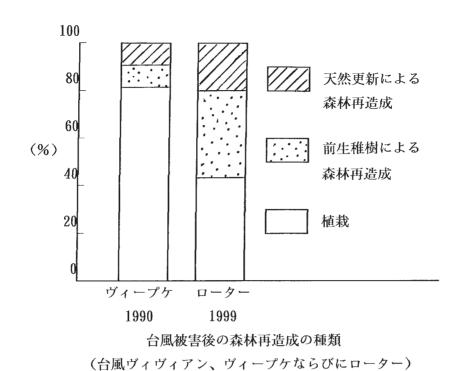
再造林への自然の貢献

バイエルンの森林は、1990年に台風ヴィヴィアンとヴィープケによって激甚な被害を生じた。国有林だけでもほぼ14,000haに達する皆伐面ができてしまったのである。しかしあまり年数を経ないうちに皆伐面は再び植栽され、そのうちの大部分が広葉樹の混交率が高く立地に適合した混交林として再生した。危険にさらされないよう、かつては全林地のほぼ80%に植栽されていた。この植栽の成果は大きかったが、同時に多額の経費も必要とした。

わずか10年たらずの後に台風ローターが新たな大荒廃地を生じた。被害の重点地域はフランスとバーデン・ビュルテンベルク州ではあったが、台風はバイエルン州でも発生しており、とりわけシュヴァーベン(Schwaben)地方の被害が激甚であった。しかしながら再造林の前提となる条件は、1990年の台風の場合よりも明らかに恵まれていた。ローターによる被害当時前更作業の行われていた林分は、過ぎ去った10年の間に際立って増加していた。同時に、それまでの経験からもっともっと天然更新が行われるべきであったことを知らされたのである。とくにカンバ、ヤナギ、ヤマナラシ、ナナカマドのように生態的に重要な先駆樹種を広範囲に自然発生させるべきであった。それらは急速に傘となる上層林冠を構成し、その下で多くの樹種の更新が可能になったはずである。

総括すると、皆伐の場合に比べその半分以下の植栽で間に合ったはずということになる。これは、台風ローターの場合、1990年の台風害の時の作業量の半分に近かったことを示している。自然の潜在能力を計算に入れるなら、1990年の場合に比べて台風害克服のための経費が著しく節約できたことになるのである。

平成14年度の報告書には、バーデン・ビュルテンベルク州における森林造成計画の、1990年と1999年の比較について述べたが、ここでもバイエルン州の場合を図示しておくこととしたい。



2 バーデン・ビュルテンベルク州 (Baden-Wurttemberg) における天然更新施業の動向

1) 概説

これまで100余年の間に、ドイツ林学は天然更新を主体とした数々の作業法、具体的には 帯状作業、傘伐作業、画伐作業、楔形作業などを生み出してきた。しかしこれら整然とした 作業法の体系も、現在はすでにその内容が古典的と位置づけられ、ドイツ林学の主流は自然 に近似した施業法に移行したとみてよい。その経緯と具体的な施業の内容については、すで に平成10年度ならびに平成11年度の「多様化森林造成技術開発調査」に述べたところである。

とくに1999年末に通過した台風ローターの被害は激甚で、決定的な施業法の変革はこれによってもたらされたといってもよい。バーデン・ビュルテンベルク州におけるその実態については、平成13年度ならびに平成14年度の「多様な機能を発揮するための森林整備に関する調査」に記述した。

したがって本報告ではあらためて天然更新の理念を述べることは避け、若干の実行例を示すことで今後の森林整備の参考に供することとした。内容の大部分はDr.H.Pabstの天然更新に関する最近の著作によったものである。

自然近似という新しい施業体系のもとでは、天然更新によって林分が再生されるばかりでなく、収穫もまたしだいに増加する傾向にあるという報告も数多く見られる。そこで、このような成果をもたらすための施業上の着眼点のうち主要なものをとりあえず列挙しておくこととする。

- ・台風の主方向に対して配慮すること
- ・陽光に対する樹種ごとの要求渡を充分考慮に入れること
- ・更新の妨げにならぬような伐採・収穫、ならびに集材・運材がとどこおりなく実行できること
- ・ネズミその他の野生動物による害、霜などの気象害に対して配慮すること

2) 実行例

(1)トウヒーモミーブナ山岳林(雑色砂岩と珪酸質土壌)

-海抜400m以上に位置するシュヴァルツヴァルトの一般的森林タイプ

強度の間伐から始まって、画伐状(群状)あるいは択抜状(単木的)の林冠の伐開へとしだいに移行させる。10年か20年経過するごとに立木蓄積の1/10ないし3/10が伐採利用される。このような措置によって、陰樹であるモミやブナの発生が容易になるものである。台風やキクイムシの害によって大きな林孔が生じた場合、そこにはブナが補植される(こういった地域では、かつてあまりに強く伐採利用されたために、たいていブナが欠如している)。

陰樹類(モミ、ブナ)が充分に確保されたら、やむをえない場合に急速に伐開することも可能になる(帯状、楔状の伐開、あるいは小面積皆伐)。生じた林孔にはトウヒが発生するが、場合によっては補植も可能である。なお、この手順はダグラスファー、カラマツ、アカマツにも適用される。

それゆえ新しく造成された森林は、前更作業による陰樹の稚樹と補植された苗木の組み合わせによって成り立つことになる。

前更作業の際、「更新蓄積(更新期間中にすでに計上可能な幼齢木の蓄積)」なるものが計 上されることがある。もし更新蓄積が圧倒的に多くの林分で計上されるようになれば、更新 は成功したものと考えてよい。その場合は緩急いずれの伐採も可能である。

1990年と1999年の台風の後には、この更新蓄積が森林の再造成にとってきわめて好都合な状態だったといえる。

(2) ブナと他の広葉樹の混交林、ならびにブナと針葉樹の混交林

-海抜400m以下に位置する一般的森林タイプ

立木蓄積の2-3/10を伐採して林冠を疎開させる。もし耐陰性に富むブナの天然更新が可能であれば、速やかに、あるいは緩やかに老齢林分を伐採していく。稚樹を欠いているような場合(天然更新がうまくいかないか、林木を伐採利用する場合に既存の稚樹が失われてしまったような場合)、貴重広葉樹(ヤマカエデ、トネリコ、ナラ等)、あるいは針葉樹(カラマツ、トウヒ、ダグラスファー)を植栽する。

注意:貴重広葉樹は一般にブナと共に発生するが、たいてい野生動物の犠牲になるであろう。

(3) 1999年の台風以後のノイエンビュルク営林署の実践例

台風によってノイエンビュルク営林署管内には総計500haにのぼる皆伐面が生まれた(面積0.5ha以上の林地の合計)。0.5haより小さい被害面は自然の推移に委ねることとした。500ha(100%)の内訳は次の通りである。

- ・被害地の77%を森林再造成の対象地とした。その中には、ある程度の更新蓄積を保有していた林分がかなり見受けられた。
- ・13%には針葉樹を植栽した(ダグラスファーあるいはカラマツ)。
- ・10%には広葉樹を植栽した(シュヴァルツヴァルトではモミ・トウヒの更新を補うため にブナを、天然更新が期待できない粘土質の土壌ではナラを)。

雑草類 (例えばセイヨウヤブイチゴ) がひどく繁茂するだろうと思われる土壌では、すみ やかに植栽するというのが通則であった。その他の林地では天然更新が行われた。

総面積500haの被害地への植栽は、それぞれ時間と経費にふさわしい積極さで行われるべきであった。なにしろ植栽によって1haの更新を確実なものにするには、少なくとも現在5,000ユーロかかるのである。

台風後すでに3年以上経ったが、森林の再造成は自然のおかげできわめて良好に進行している。とはいえ、自然はしばしばネコヤナギ、カンバ、ポプラ、ナナカマドその他からなる森林を造るものである。したがって、保育の第一段階として、これらの「先駆樹種」を処理する必要に迫られるかもしれない。

3) 結語

これらの実施例を通じて言えるのは、自然は人間が取り扱うよりももっと大きな多くの作業ができるということである。そうはいっても、どういう場合に自然が更新に力を尽したかという例も、またどういう場合に失敗したかという例ももちろんある。例えばフォンテーヌブロー(パリ近郊)の森で300年生のナラが保護されていた。その自然保護地域には森林官も手を加えることが禁止されていた。結果として価値高いナラの木は腐り始め、ついに見捨てられてしまったのである。そこではセイヨウヤブイチゴやシデの天然更新に成功したが、ふたたびナラが更新されることはなかった。そこで、森林官の仕事についてフランスの同僚の一人は次のように表現している。

「自然の助けによって、自然の変化をおだやかに速めること」。

3 ノルトライン・ヴェストファーレン州(Nordrhein-Westfalen)における天然更新施業の動向

1) 概説

ノルトライン・ヴェストファーレン州はライン川が貫流するドイツ中西部の州で、州都は

デュッセルドルフ(Dusseldorf)である。本報告書のシリーズではこれまで一度も取り上げたことがなかった。今回は、針葉樹の純林から多様性に富んだ複層混交林(これを「恒続的な森林」と表現している。Möllerがかつて提唱した「恒続林思想」という術語がすでにあるので、重複を避けてこの表現を用いることとした)への転換について述べたB.Lederの論文を参照して、初めてこの州の人工林における天然更新の実態を報告する。

針葉樹の純林から広葉樹の率の高い森林への転換は、現在はドイツ各州の森林管理にとって主要課題となった。ノルトクライン・ヴェストファーレン州ではとくにブナの増加に力点が置かれており、やがてトウヒに代わる樹種としてブナが大幅に増えることになるであろう。

2) 樹種構成

まずノルトライン・ヴェストファーレン州の潜在的な自然の樹種構成と、現存する森林の 樹種構成を比較してみよう。そこにはかつて広葉樹が優勢であった森林から、現在の針葉樹 優勢の森林に移行したことが明らかに認められる。現在の針葉樹の割合は47.3%(そのうち トウヒ35.3%、アカマツが8.0%)に達している。

このような変化は、森林自体に原因があると共に社会的な要請もまた大きな要因となっているはずである。大戦によって破壊された森林の回復は、地方ごとに大面積の針葉樹一斉林という形でなしとげられた。そもそも最初のトウヒの造林は、すでに18世紀の後半に行われている。その後、トウヒは最大の森林面積を持つようになった(310,500ha)。その多くが100年以上の年齢に達しているので、一斉林の欠点もまたよく知られ、トウヒの造林を対象とする議論がしばしば繰り返されるようになった。それでもなお針葉樹の林分は増加し続け、それらは一般に齢級で構成される林分構造を持つようになったのである。

3) 造林上の戦略

最近10年ばかりの間に発生した台風による破滅は、あらためて針葉樹一辺倒の森林の危険と、立地に適していない森林の施業の困難さを見せつけた。その困難さは無機的な理由からも有機的な理由からも生まれるものである(台風、湿雪、環境汚染、害虫等)。しかしながら、それぞれの森林は徐々にではあるが造林上の戦略を駆使して、それら諸害に抵抗できる力をつけていった。まず伐区式施業という思想を捨てて、自由な発想で森林を取り扱う余地を広げ、多様な樹種と多様な構造を持つ安定した森林を造成するように努めたのである。環境に対する知識の進展と結びついて、いきおい森林は広葉樹に富んだ、多機能な構造へと傾いていった。立地に適合した樹種がこうして歓迎されるようになった結果、不安定であった針葉樹の森林が、長い期間をかけて、安定した、自然に近似した混交林へと変わっていったのである。

広葉樹の割合の増加は、今日ただ生態的な視点から高く評価されるばかりでなく、森林の 安定性を増し、林地を改造していく作用についても充分認識されるようになった。そういっ た作用がまた長期的にみれば天然更新へとつながっていくのである。

4)「恒続的な森林」の特性

ノルトライン・ヴェストファーレン州では、立地に適合した造林上の戦略により、自然に近似し、安定した、健全な、しかも生産力の高い森林へと転換されるべきである。長期的にみれば、これは「恒続的な森林」の性格を持った森林の成立を意味している。その目標は単に自然の森林を再構成するという点にあるのではない。経済的ならびに生態的な必要に応じて、林地には針葉樹を残すことも認められるのである。ただしトウヒの純林の将来の施業は、浅根性の林木や風倒の危険性の高い林木、生長のよくない林木、病虫害の危険なども充分に考慮に入れて行わねばならない。

ノルトライン・ヴェストファーレン州では、養分や水分の欠乏の結果として、アカマツが 風にさらされた南側の乾燥斜面に侵入し生長している。とはいえ極端に養分や水分が欠乏し た場合には生長は著しく低下した。一方、過度に養分に富んだ土壌もアカマツには不適であ る。とくに雪折れの危険のある立地もアカマツには適していない。

5) 森林の転換(Waldumbau) に関係のある諸課題

ここで「転換」と表現している内容は、必ずしもわが国の術語「林種転換」とは一致しない。そこでこの「林種転換」を統一して用いることは避け、それぞれの意味する内容がわかるようにして、「転換」と表現することとした。

まず人工更新の場合を含めて、更新に向けての森林の育成という課題がある。生態学的にも造林学的にも更新にふさわしい立木密度を持つよう、森林を誘導していくことがその前提となる。また民有林が伐区式施業の森林から択抜林型の森林への転換を図るには、立地に適合して安定した素性のよい樹種をまず選んで、自然に近似した施業をしなければならない。その結果、広葉樹の割合が増えることになるであろう。

森林の転換とは別に、森林の転移(Wald-Umwandlung)という概念がある。これは生長のよくない現存の林分を、皆伐や傘伐(皆伐に近いが母樹を保残する)によって短期間に伐採し、伐採面に人工植栽するか、あるいは林冠下で更新させることを意味している(前更作業)。すなわち転移というのは、立地に適合していないトウヒの純林を、ブナとトウヒの混交林に変換するためブナの導入を図ることなどがその例である。人によっては、低林や中林を人為的に高林に導く際にも転移という表現を用いている。

生長のよくない森林を、社会的な要請に応じ、時の経つうちに本質的に異なった森林に変えてしまうことをやはり転換または変換(Überführung)という。すなわち、現存する森林を天然更新、または種々の方法での林分の手入れ(混交率や立木本数の規制など)によって改良することを意味している。この概念を、現存する低林の改良という意味に用いている研究者もある一方、「伐区式の森林から択抜林へ」という意味に用いている研究者もある。

このような論議の経過や内容をみると、いかにもドイツ林学の性格がにじみ出ているように思える。しかし日本のように樹種構成の複雑な森林と違って、ノルトライン・ヴェストファーレン州の場合は「針葉樹の純林から広葉樹との混交林へ」という表現ですべてが尽くされているようでさえある。もっと簡略化して、「トウヒからブナへ、あるいはブナとの混交林へ」としてもよいかもしれない。しかしながら、単純に見える樹種構成と施業方法ではあるが、そこにはきわめてきめ細かい配慮、しかも科学的根拠に基づいた配慮がなされていることを読み取ることができる。その技術を細部にわたって学び取る必要は必ずしもないが、森林に向かい合ったときの技術者の態度は種々の点で参考になるはずである。

6) 造林上の手法

問題となる林分が風害の危険にさらされていたり、天然更新の計画が立地に適合していないか、目的に合致していないといった理由のために、森林の転換が困難なことも珍しくない。そのような林分では、導入された混交樹種 – ブナであることが多い – がそこに定着した後、次の世代になってようやく安定した混交林が成立するという移行過程にあることもしばしばである。転換はそれぞれの林分の閉鎖渡、林齢、健全さ、生産能力などに応じて実現されるのである。その後林分は立地に適した多様な構造を持つようになる。

針広混交林とは対照的に、1種類の樹種からなる広葉樹や針葉樹の純林、あるいは複数の 広葉樹か複数の針葉樹を含む林分というものがある。そういう林分では、大面積にわたって 樹種の交替、あるいは純林と混交林の交替などが起こるものである。

具体的にノルトライン・ヴェストファーレン州における森林の構成を見ると、広葉樹林として分類されている461,000haのうち21%が単一樹種から、55%が多樹種からなっており、24%が針広混交林である。それに対し、針葉樹林として分類されている423,400haのうち54%が単一樹種から、15%が多樹種からなり、残り31%が針広混交林である。針葉樹の単純林が圧倒的に多いことがこれらの数値から読みとれる。樹種の多くはトウヒであろう。これらのうち実際にどれだけが転換を必要としているか、それを判定するのは簡単ではない。ただしその場合、林業経営の経済的能力がきわめて大きな役割を果たす。なにしろ場合によっては森林の転換に多額の経費を必要とするからである。

7) 人為的な補助作業

立地に適合した混交状態を造りあげるために、なお残っている針葉樹の純林の中に適切な 広葉樹を導入することは、造林上ならびに経営上好ましいばかりでなく、自然保護の観点か らも重要である。前更植栽、すなわち樹下植栽は、森林の転換を実現させる具体的な方法な のである。

ここに示した前更植栽と後に示す前更播種という言葉は、少なくともわが国では用いられることがなかった。前更作業に際し、天然更新によらずに人工植栽によって後継稚樹を得る

作業をここでは前更植栽と称することとした。従来の樹下植栽ではあるが、ここでは明らか に前更作業の一環として行うという意味で前更植栽としたものである。同様に、後継稚樹を 得るため、林冠下にあらかじめ播種することを前更播種とした。

とくにトウヒ林の転換にあたって、混交樹種として重要なブナの前更植栽が大面積にわたって実行されている。後継林分に対する老齢林の保護機能が活かされており、造林学的にみればこの保護機能のあり方が、群状になるか、小林分状になるか、大面積の更新面になるかというその後の方向を決めるのである。また前更植栽に際して老林分をすみやかに伐採するか、あるいはゆるやかに伐採するかによって、積極的前更植栽と消極的前更植栽の区別が生まれる。

今回の報告書の課題は「人工林における天然更新技術」であるが、わが国の場合は、必ずしも天然更新にとらわれず、むしろ人工林の改良法として広葉樹林への転換、あるいは針広混交林への転換を課題として取り上げる方が適切であったかもしれない。天然更新は手段であって、目的はすぐれた林分の創出にあるはずだからである。その場合、できるだけ経費のかからぬように転換が実行できればそれに越したことはない。そこで、Lederの原著に記載された前更植栽に関する記述をもう少し参照しておくこととしたい。

(1) 消極的な前更植栽

消極的な前更植栽は自然にできた被害跡の林孔に接続する形で行われる。しかし間伐によって生じた空隙とか、前更植栽が必要でないほど安定した樹種(カンバ、カラマツ)に対しては行われない。消極的な前更植栽が必要かどうかの判断には次のような点が参考になる:

○ 林分の閉鎖度からみて、上層林分がさらに発達するかどうか

〔適用例〕ブナの前更植栽に対する条件がよく、それに比べてトウヒの天然更新の利点が明らかに認められない場合。また、雪折れの害を受けた35年生のトウヒの林分では、すでに20年生あたりからしばしば植栽が行われねばならなかった。そうしておけば、これまでの間に林冠の閉鎖は回復していたと思われるのである。

○ 現存する地床植生の種類と被覆度

〔適用例〕すでにセイヨウヤブイチゴなどで被われている土地への広葉樹の植栽はきわめて困難なことが多い。こういう土地への植栽は、適切な大きさのセットとして行うか、1本ごとに保護する形で行うか、いずれかを選ぶことになる。

(2) 積極的な前更植栽

ノルトライン・ヴェストファーレン州の中級山岳地帯にあるブナとトウヒの混交林は、トウヒ林の林孔にブナを植栽して更新させたことによって成り立っている。また雪折れの害を受けたトウヒ林の下木として、ブナを植えることを推奨している研究者もいる。この方法については、前述の消極的な前更植栽にも例を示してあるが、被害老齢林分の林孔(雪折れ、

その他によって生じた)の中に帯状画伐の場合のようにブナを植栽するのである。中級山岳 地帯の上部は、ブナの勢いがないためにトウヒとブナの混交林には適していない。ここでは ブナに対してトウヒが明らかに優位にある。

もし老林分が目的の大きさまで生長しておらず、多くの陽光が林内にさしこむようであれば、更新はうまくいくことになる。これについてはミュンスターラント(Münsterland)におけるアカマツからブナへの転換の例がある。

多くの森林地帯で、人工的に導入された広葉樹が、野生動物の食害に対する保護なしで生長している例がある。しかしながらある地域では森林の転換を成功させるために柵を必要としている。柵を設けない代わりに大形の苗木を植栽するという方法もあるのでそのどちらを採用してもよい。最高度に安定し、しかも価値の高い木材が生産されるよう林分を育てるには、生態的にも経済的にも細心の注意をはらわねばならない。ただしある場合にはブナの前更植栽にきわめて多額の経費を必要とすることもある。

(3) 前更播種

過去10年間における大面積の森林の転換には経済的な不安が伴っていた。そういう場合には、積極的なブナの前更植栽に代わって、ブナの播種をすることが費用のかからぬ方法として考えられる。ブナの前更播種の最初の成果は1996年と1998年に報告されている。報告によれば、林分と土壌の状態に応じて、塊状に、うね状の溝に、あるいは細い帯状に播く方法が提唱された。ただこの方法は重量のある種子に対して適用できるだけである。しかしながらその間に、幸いにもモミの前更播種に有効な機械が作動するようになった。こういう経費のかからぬ方法が多用されるようになると、とりわけ植物の根系の発達に役立つ。ただし、諸害に対する種子と苗木の危険性、ならびに天候に左右されやすい性質が、播種の成果を阻害することがあるかもしれない。

8) 天然更新

植生遷移の考え方は、将来の森林経営でもっとも重視されるべきである。齢級で構成された森林から、恒続的な構造を持った森林への転換に際しては、個々の林木が目的とする径級に達したかどうかということより、天然更新の可能性をできるだけ高めることを重視すべきである。小面積の天然更新林分を造ることにより、年齢も、樹高も、直径も異なった小空間ができあがる。その場合前提になるのは、適切な立地条件と目的に合致した高品質の林木である。

造林上の重点は、トウヒの天然更新をどう取り扱うかという点に置かれるであろう。大径材の蓄積を増やすという現在の重要課題は、天然更新を増加させるという課題に引き継がれるべきである。目標とする林分、そこに至るまでの生育過程、安定性の確保、保育経費の限界などを考慮すると、天然更新は次のように分類されるであろう。

- 林冠のない天然更新
- 林冠下の天然更新
- 不適切な立地での天然更新

林冠を欠いた林地、すなわち裸地(>0.2ha)におけるトウヒの天然更新は、たいてい本数に恵まれていて、しかも比較的均質である。これらの稚樹をどう取り扱うかが現在問題になっている。自然の優劣分化に委ねるか、ヘクタールあたり200本までの精英樹候補を選ぶか、あるいはヘクタールあたり約2,000本になるまで稚樹を減少させるか、状況によって判断すべきである。

林冠の下では明るさによって優劣分化の起こることが多い。だから保育上の干渉はよけいなことである。その結果円錐状に稚樹が生育していくので、その活力を活かすようにすればよい。

樹種、年齢、ならびに空間構造の異なった森林は多層の異齢林を構成する。年齢構成と空間構造は、一方では短命、中命(中間の寿命)、長命それぞれの樹種の組み合わせによって、他方では小、中、大、それぞれの大きさに育つ樹種の組み合わせによって特徴づけられることになる。森林の転換に際し、同時に自然の均衡を完全に保つためには、それが自然の法則に従ったものでなければならない。植生の遷移という概念を、生物学的にみた造林方法の合理化という観点から導入することは、とくに森林の多様性を高めるのに大きな意義を持っている。トウヒ林の中に自然に混在しているナナカマドや、林縁か林孔内のヤナギやカンバなどを受け入れることによって、樹種の混交も、同時に林分の安定性も達成されることになる。そういった造林概念の転換には、地方の事情や立地条件に応じた配慮がなされるべきものである。

トウヒあるいはアカマツの純林では、将来森林を構成できる他の樹種の更新がうまくいく こともしばしばある。そのための前提条件はもちろん近くに母樹があり、そのような更新を 可能にする植生があって、しかも更新に貢献する動物相が備わっていることである。

(1)ナナカマドとの関係

中級山岳地帯で、トウヒの純林から混交林への転換を図る際に、ナナカマドの天然更新との関係はとくに大きな意味を持っている。まずトウヒの林分の中へナナカマドー一部はカンバーが侵入することがよくあることを、ここでは指摘しておきたい。ある研究者によれば、これらの樹種によってトウヒの更新がいわばしなやかさを増すのだという。

森林を再造成しようとする林地に、典型的な先駆的樹種を人工植栽によって導入する方法は、生態的な造林法の範ちゅうに属していて、現在はますます多く用いられるようになっている。それに対し、とくに被災地(例えば風害跡地)で自然に発生した遷移上の先駆樹種の活用は、森林の転換の望ましい方法、いやそれどころか要請されている方法であって、森林造成の際の経費の低減、ならびに質的に価値の高い後継林分の育成にも貢献する。一例とし

て、天然に成立したヤマネコヤナギの林冠は、その下で更新したブナに、水平的にも垂直的 にも空間を提供するのである。

(2) カケスによるナラの播種

老齢のアカマツの純林は明るくて、立地条件が適切な場合には、地床植生ならびに天然に発生した稚樹の生育に適している。その結果、例えば林内気象が改良されること、あるいは地表面の破壊が防止されることによって、林分の構造と樹種構成の多様性が高まるのである。カケスが種子を播いて生えたナラや、自然に播種された軟質の広葉樹が混じるアカマツの林分の増加は、よく見られる現象であるにもかかわらずこれまでたいてい顧みられることがなかった。その根拠とみられるのは、ナラの後継樹が量的にも質的にも充分ではなく、他方、ナラ(カケスが播種した)の生長とアカマツの生態系に及ぼす軟質広葉樹の影響に、人々が無関心であるか、ないしは無視してきたためである。

天然更新の特殊な形としてのカケスによるナラの播種は、林学の専門書の中からほとんど 抜け落ちている。もし近くによく知られたナラの老齢林があって、その価値を認めるなら、 カケスによるテラの播種はたちどころに造林学の概念の中に組み込まれるべきであろう。

総括

ドイツの研究者がかつて相次いで提案した前更作業は、当時は時代の先端を行くものであったし、またそれにふさわしい権威も重厚さも備えていた。しかし今やそれらは古典的施業とみなされ、いわゆる「自然近似の施業」にとって代わられるようになった。とはいえ、今回参照した報告書や論文を見るかぎり、かつての理論や方法は「自然近似の施業」の中に色濃く残されている。新しくなったのは、技術ではなくてむしろ林業思想なのである。

そのような観点から三つの州の天然更新施業の内容を比較してみると何ともいえず興味深い。それぞれの州の森林に、自らの置かれた社会的背景と、歩んで来た歴史が投影していることを痛感させられるのである。

なおつぶさに見れば、三つの州の間には実に多くの共通点もあり、同時に相違点もある。 その中で最も印象に残ったのは、過去の経験をどの州でもすみやかに次の実践に活かしてい ることである。具体例をあげると、台風ヴィープケによって得られた教訓は、直ちに台風ロ ーターの際に活かされているのである。もし台風ヴィープケの教訓がなかったとすれば、台 風ローターからの回復には途方もない歳月を要したであろう。そればかりでなく、長年月を かけて築き上げてきたドイツ林学は、再起不能とまでいえなくても、それに近い状態に陥っ ていたかもしれない。そういう危機を脱した上に、相次いだ台風の教訓を新たな施業に活か したドイツ林学に、あらためて脱帽する思いである。

自然近似の施業自体にもわが国は学ぶべき点がきわめて多い。しかし、自然近似を単に放

置するととってはならないのである。自然近似の施業に際してはらわれる注意がいかにきめ 細かいものであるかは、上述の各州の例を見れば明らかであろう。しかもその注意には学問 的な裏付けが必要であることも再三述べられている。

もしわが国で自然近似の名のもとに森林を放置するようなことがあれば、おそらく用材として利用できるような林木は激減するであろう。上述のドイツの施業体系からも明らかなように、針葉樹の人工林が失われた分、あるいはそれ以上の木材が、ドイツでは主として天然更新によって成立した広葉樹林や針広混交林によって得られるのである。またもし天然更新に頼れなくても、その場合はためらうことなく人工植栽を採用している。目的はすぐれた次代の森林を造成することにあり、更新はそのための手段という考えに徹しているからであろう。

人工植栽による次代の森林の造成については、上述のノルトライン・ヴェストファーレン州の例にとどまらず、他の二つの州でも例が多い。例えばニュルンベルク(Nürnberg)の国有林で、アカマツ林を広葉樹林に転換するために18年間に2千万本の植栽を行ったという事例が報告されている。計画が完了するまでになお25年を要するという。こうした長い更新期間の後に成立する次代の森林に期待をかけているのであって、必ずしも経費の節減がねらいではない。

ノルトライン・ヴェストファーレン州の報告書では、カケスによるナラの天然更新や、ナナカマドその他、わが国であればつい見過ごされがちな、いわゆる雑木の役割にも触れている。正面きった天然更新技術の解説より、むしろこのような着眼点の方に学ぶべきものが多いかもしれない。三つ州のを比較対照した効果は、このようなところにも認められるのである。

参考文献

Bayern

Bayerische Staatsforstverwaltung: Der Wald für morgen - Eine Naturalbilanz über 25 Jahre naturnahe Forstwirtschaft im Bayerischen Staatswald. 2003

Carl Schmöller und Jacques Andreas Volland: Bayerns Wälder - 250 Jahre Bayerische Staatsforstverwaltung. 2002

Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten: 20 Millionen Laubbäume in 18 Jahren - Miller zog Bilanz zum Umbau des Nürnberger Reichswald. 2003

Bayerische Oberforstdirektion Ansbach: Laubholzunterbau als waldbauliche Vorsorge und Beitrag zu einer besseren Umwelt. 1987

Baden-Württemberg

Landeszentrale für polotische Bildung Baden-Württemberg: Der deutsche Wald. 2001 Heiner Pabst: Naturverjüngung - Die erbetene Ausarbeitung über Naturvejüngung. 2003

Nordrhein-Westfalen

Bertram Leder: Strukturreiche Dauerwälder lösen Nadelbaum-Reinbestände ab -Waldumbau in Tief- und Mittelgebirgslagen. 2002



トウヒ人工林の林孔に植栽されたトウヒ (シュヴァルツヴァルト)



風害跡の皆伐面に隣接した林分の、林縁部に発生したブナの稚樹 (シュヴァルツヴァルト)



帯状伐採によるプナ稚樹の発生、陽光に明るく照らし出されている部分 (ハルツ山地)



ブナ林の傘伐作業、発生しているのはブナとモミの稚樹 (シュヴァルツヴァルト)



楔形傘伐作業、遠景にある色の濃い部分、楔の先端は画面の左方(シュヴァルツヴァルト)



バーデン式画伐作業、伐採は手前から画面の奥へ進行(シュヴァルツヴァルト)



バーデン式画伐作業における稚樹の発生状況 (シュヴァルツヴァルト)



バイエルン式画伐作業、発生した稚樹が円錐状をなしている (ケルハイム)



ワグナーの帯状択伐作業、画面右方は更新済み、中央は更新中(ガイルドルフ)



初期のころの合自然的作業、トウヒ人工林内のトウヒ天然更新 (シュヴァルツヴァルト)

ニューヨーク州アディロンダック公園における森林管理

伊藤 太一

1 はじめに

人工林の天然更新に関するアメリカ合衆国の文献を調べたところ、小規模な日本の森林状況に一番近いと言うことで以前調査したアディロンダック地域が注目された。

アディロンダックに関しては平成9年度報告書「アメリカ東部における生物性に配慮した森林管理の動き」としてノザンフォレストについて報告した際に、その核をなす森林地域の一つとしてふれている。さらに、平成10年度の「アメリカにおける生物多様性保全のための水辺林保全基準」についての報告でも、アディロンダック公園における水辺林の保全手法について調査結果を述べている。そこで、今回は施業を中心に、森林レクリエーションとの関連を考慮しながら分析をすすめる。

2 レクリエーションと森林施業

レクリエーションの視点から森林を評価すると、樹種に強く影響される花見や紅葉狩り、 キノコ狩りなどを除けば、特定の林相に依存する活動はほとんどない。確かに多様な森林が 望ましいが、ここで言う多様性とは「人工林よりも天然林」というような評価ではなく、皆 伐跡地や様々な林齢の一斉造林地、天然林などで構成される多様なモザイク状空間があるこ とである。すなわち、それらを連続的に体験できる歩道が提供されることによって、利用者 がその多様性を実感できるようなしくみである。

従来、日本人は絵画のように森林景観をとらえ、林学では「森林美学」や「森林風致」なる分野もできた。しかし、アンケート調査において好まれる森林景観として広葉樹林が評価されたからと言って、そのような森林ばかり育成しても飽きるのが人間の特性である。逆に、真夏に強い日差しが注ぐ田畑からうっぺいしたスギ・ヒノキの人工造林地に入れば利用者はほっとし、さらに伐採跡地に出れば開けた眺望に感動もしよう。このように、生物多様性保全だけでなくレクリエーションの観点からも、特定の森林景観保護よりも広域におけるモザイク状の森林保全が不可欠である。

また、広域における環境保全というマクロの視点からは、一斉造林かどうかという林相よりも、林地が他の用途、たとえば宅地などに転用されることが重要な問題であり、むしろ林業を地域環境保全に不可欠な持続的地域経済の鍵と評価する政策が重要であろう。

このように考えると森林施業とレクリエーション利用を両立させているアディロンダック

公園における私有林のあり方が参考になろう。皆伐の規模や水辺の保全が重視されているが 天然更新主体であり、所有者が経済的なメリットも得られることが持続的保全には不可欠と いう認識に立っている。

3 アメリカにおける施業の区分

アメリカ、特に林業が盛んな北西部における施業体系では、更新という再生産手法と伐採がほぼ同一視されている。すなわち、天然更新が主流であり、皆伐後天然更新しない場合には植林をおこなうという考え方が支配的であり、常に人工造林をおこなうことが中心となってきた日本とは根本的な発想の違いが見られる。

施業としては経済的視点のみならず環境的視点からも皆伐が主流である。すなわち、皆伐では1回の伐採行為で済み道路延長も少ないので他の伐採法よりも環境インパクトが少ない上、病虫害のコントロールが容易であるという。一方で、更新するまでの5年間ほどの期間において景観インパクトが大きな点や、天然更新において種子分散が不十分な場合がある点は認められている。皆伐は以下の3種類に分けられている。

- 1) 連続皆伐:連続した40ha (100acre) 以上
- 2) 大規模パッチ皆伐:4-20ha (10-50acre) 程度
- 3) 小規模 (グループ) パッチ皆伐:0.44ha (1-10acre) 程度 非皆抜施業は以下の4種類である。
- 1) 群状択伐:2本以上0.1ha (1/4acre) まで
- 2) 単木択伐:
- 3) 母樹法:母樹は単木とグループの場合
- 4) 傘伐(shelter wood):3つのプロセスからなる

いずれの手法を採用するかは、生物、技術、経済、社会、法律に影響を受け、特に造林目標、立地環境、景観、経済の4要因から判断される必要があるが、母樹法は利点が少ないと述べられている。また、非皆伐施業の方が高度が技術が必要とされる。

4 アディロンダック公園の概要と森林

アディロンダック地域は植生も土地所有形態も日本の状況に類似しており、その森林管理は参考になると考えられる。特に、四国の2倍以上の面積(約240万ha)を有する州立公園においてはニューヨーク州アディロンダック公園局(Adirondack Park Agency,以下APA)が私有地(公園面積の58%)を、州環境保全局(Department of Environmental Conservation, DEC)が州有地(42%)をそれぞれ管轄する。これは環境省自然環境局が国立公園の管理をおこなうが、その核として林野庁所管の国有林があるという日本の状況に近い。

アディロンダック地域はニューヨーク州北部のカナダ国境近くに位置し、ハドソン川など主要河川の水源地域ともなっている。19世紀初頭より入植され伐採の手が入ったが、19世紀後半には水運確保の視点から保全が重視されるようになった。まず、1883年から州有地売却が禁止され、1885年に四国より大きな面積のニューヨーク州立アディロンダック公園が設置され、1891年に公園境界を「ブルーライン」で定めた。さらに、1894年の州憲法で公園内州有林を"for ever wild"として手をつけない状態で維持することを決めている。その後ブルーライン内の私有地の買い取りが進められたが、州有林の割合は42%で、公園面積の58%が民有地であり、そのうち、4割は小規模な個人所有私有林となっている。この56万ha(140万エーカー)の私有林管理が地域環境保全の鍵となり、森林施業に対していくつかのルールが設けられている。また、これらの公園内私有林が園内経済の10%、雇用の4.5%(1万人)を占める。さらに、ニューヨーク州の経済林の20%を構成している。

アディロンダックの森林はその起源から4つに区分される。まず原生林タイプは、氷河の後退によって侵入した森林で形成され、地形的特性から低地、傾斜下部、傾斜上部、山稜部の4つの林相が見られる。一方で、19世紀初頭からの100年あまり人による攪乱を受けた森林は、現在復元している途上にあり、移行期森林(transitional forest)と呼ばれる。実際、特殊な地形地質の場所を除き復元できない破壊はなく、失われた樹種もない。第3に保護林は上記のタイプを含む場合もあるが、公園の42%を占める州有林が相当し、自然林、厳密に言えば熟成した第二世代ウィルダネス(mature second generation wilderness)となっている。第4には、私有林が多くを占める商業林があげられる。皆伐施業などにより種の多様性が一番高い。

以上のように根本には起源も管理目的も異なる私有地と公有地がパッチ上に混在しているのがアディロンダックの土地利用の特性であり、これが、生物多様性や景観多様性をもたらしている。同時に、多様なレクリエーション機会も提供している。そのため、私有地の主要な部分を占める私有林のあり方が重要になっている。

5 アディロンダック私有林の施業

アディロンダックでは広葉樹林の割合が高いので、択伐が主要な施業法となっているが、 針葉樹林では皆伐も行われている。この地域での主たる施業法は以下の通りである。

- 1) 単木択伐:成木を抜いて耐陰性の高い種(ブナ、カエデ、モミ、トウヒ)を育成
- 2) 群状択伐:成木の群状に抜いて、耐陰性の低い種(マツ、カバ)を育成
- 3) 立地改良伐:低質で不要な樹木をパルプ・燃料、チップ材などとして抜き、望ましい樹林に誘導
- 4) 傘伐:上層木を残し、同齢林を育成。上層木は2-3回で除去
- 5) 母樹法:傘伐より伐採率が高い。同齢林育成

6) 皆伐:針葉樹対象、その後植林で同齢林

帯状皆伐は環境影響が少ない。アディロンダックの私有林を管轄するAPAによる皆伐の定義は、「10年間以上の期間において、胸高直径18cm(6インチ)以上の残存樹木の0.4ha(1エーカー)当たりのベーサルエリアが2.7平方メーター(30平方フィート)に満たない場合」である。

皆伐は以下のように規制されている。

- a) 1 伐区10ha (25エーカー) 以上の皆伐はすべてAPAの許可を要する。
- b) 湿地以外では、1伐区が10ha未満であり、もし伐区間に約100m(300フィート)以上の バッファーがある場合、パッチの合計面積が10haを越えても許可を要しない。
- c) 湿地では1.2ha(3エーカー)以上の皆伐に許可を要する。

この施業の規制に加えて、アディロンダック公園はニューヨークの水源地域であるという 歴史的特性を反映し、水面付近では皆伐が一層規制されている。

- 1) 水辺では水際から1.8m (6フィート) は伐採禁止、そこから10.5m (35フィート) までは直径15cm (6インチ) を超える樹木の30%未満、枯損木などは除外、皆伐でなければ許可不要。9平方メートル (100平方フィート) を超える構造物は15-30m (50-100フィート) のセットバックを要する。
- 2) 州の指定した自然・風景・レクリエーション河川では水際から30m(100フィート)まではベーサルエリアの5%以下の伐採量、道路建設は禁止、伐採資材保管も禁止、川に倒木禁止、枝を1.2m(4フィート)以下のパイルにすることなどが規定されている。さらに、水際から30m(100フィート)以上400m(1/4マイル)まではDECの規制が適用され、連続して6ha(15エーカー)以上の皆伐禁止、12ha(30エーカー)以上の林分で10年間で50%以上の皆伐禁止、一斉林間伐は1/3未満という規制がある。さらに、湿地では択伐となり、殺虫剤の使用にAPAの許可を要する。

6 まとめ

アディロンダックの企業所有経営林で72%が択伐面積で、皆伐は5%にすぎない。一方で、個人所有林では択伐面積割合は18%に留まるが、それでも皆伐は7%以下にすぎない。すなわち、この地域では、北西部とは異なり、皆伐は限定的な施業となっている。また、伐採、特に皆伐に関しては、水辺との関係で細かく規制されているが、その後の育林に関しては規制がない。これは、日本と異なり、更新を妨げるササなどがないため容易に天然更新できるということが主たる理由であろう。また、低質材でもパルプや燃料、チップなどとして多様なマーケットが地元にあるので、特定の樹種にこだわる必要がないことも関係していよう。

水辺の施業規制は強いが、公園というレクリエーション利用や景観が重視される地域でありながら、それを意図した森林管理規制がないのは意外かもしれない。日本では自然公園法

で特別地域ごとにそれぞれの施業が規制されているのとは対照的である。だが、森林施業はそれほど利用者とその利用に影響を及ぼさず、むしろ水辺保全という具体的な目的からすればアディロンダックにおける規制に合理性があると考えられる。すなわち、住民が、working forestとして隣接する森林資源を利用することを重視している点が評価される。

当初ブルーラインで囲まれた公園内私有地は買収する方針であったが、1986年以降所有権ではなく開発権のような地役権になり。私有地のままで開発を阻止するという方針となっている。すなわち、公共サービスコストを上昇させ景観を改変する開発の拡大は阻止しつつ伝統的生活に基づくworking forest の状態を維持することが中心となっている。

猫文

- 1) Herman, R.K. (1978) Reproduction System. Regenerating Oregon's Forsts, 27-38. Oregon State University Extension Service.
- 2) The Joint Government-industry Steering Committee (1981) Clearcutting in the Adirondack Park.
- 3) Adirondack Park Agency (1985) Citizen's Guide to Adirondack Forestry. 23pp.
- 4) Ketchlege, E.H. (1992) Adirondack forests: past and present. The Conservationist, 46 (6): 54-59.
- 5) Jorling, T.C. (1992) A vision of what should be: the future of the Adirondack park. Conservationist, 46 (6): 60-64.

国内にける調査結果

小鹿勝	利:人工林における天然更新技術に関する調査
	- 北海道におけるカラマツ人工林の事例 -
I	はじめに
${ m II}$	カラマツ人工林の天然更新の実態調査結果78
${ m I\hspace{1em}I}$	カラマツ天然更新木とスギ植栽木の混交林88
IV	天然更新広葉樹を利用した複層林、混交林、自然林等への誘導93
V	カラマツ人工林における天然更新技術の現状と課題100
VI	終わりに101
野堀嘉	裕:多雪地の人工林における天然更新の経過調査
	はじめに104
1	人工林におけるブナの天然更新104
2	チシマザサ - ブナ群団分布の地理的特徴115
3	樹幹解析による肥大成長と伸長成長の経過124
4	積雪環境の異なるブナ林における時空間的林分構造の比較126
赤井龍	男:針葉樹人工林における天然更新の基本的条件と技術体系
	- 主としてヒノキの天然更新について -
1	針葉樹天然更新の流れ140
2	多様化森林造成技術開発調査でとりあげた主な天然更新施業143
3	天然下種更新法の施業体系145
4	ヒノキを例として天然下種更新の基本的条件147
5	愛知県段戸国有林における天然更新の実態149

人工林における天然更新技術に関する調査 -北海道におけるカラマツ人工林の事例-

北海道大学大学院 小鹿 勝利

I はじめに

北海道の人工林は2001年度末現在、表 - 1に示すように面積約152万haで森林面積の27%、そのうち一般民有林が約46%とほぼ過半近くを占めている。樹種別面積ではトドマツが最も多く52%を占め、次いでカラマツ30%、エゾマツ類(アカエゾマツ主体)10%であり、これら三樹種でほとんどを占めている。また、これらの樹種構成を所管別に見ると、国有林、道有林の公的所有体ではトドマツが圧倒的に多く次いでエゾマツ類、カラマツとなっている。これに対し一般民有林ではカラマツが最も多く人工林総面積の47%を占め、次いでトドマツ36%、エゾマツ類 7%などであり、カラマツとトドマツの2樹種で82%を占めている。

北海道の人工造林面積は1980年度29,229haから2001年度6,517haと20年間で1/5近くまで減少した。この大幅な造林面積の減少は国有林(減少率99%)、道有林(同78%)で大きく、一般民有林も1980年度12,490haから2001年度5,853haになっているが、その減少率(54%)は他よりも低く2001年度の造林面積は北海道全体の90%を占めており、最近の人工造林は一般民有林がほとんどである。

表 - 1 北海道の樹種別人工林面積

	総面和	 責	一般民有林		
	(ha)構	成比(%)	(ha)	構成比(%)	
トドマツ	782,980	51.6	240,537	35.5	
カラマツ	451,976	29.8	323,396	46.3	
エゾマツ類	155,009	10.2	45,573	6.5	
スギ゛	32,169	2.1	25,084	3.6	
針その他	45,048	3.0	31,718	4.5	
小計	1,467,182	96.8	666,308	95.5	
広葉樹	48,810	3.2	31,682	4.5	
合計	1,515,991	100.0	697,990	100.0	

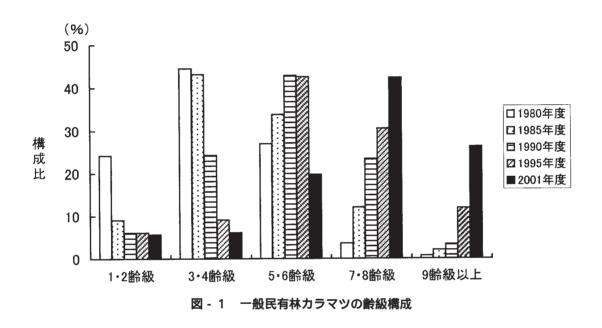
注)平成13年度北海道林業統計

2001年度の一般民有林の造林樹種はカラマツ40%、エゾマツ類25%、トドマツ11%となっているが、以前の状況をみると1980年代はトドマツが優勢であり、1990年代以降は総体的な造林面積減少のなかでカラマツが優勢となっている。さらに、カラマツの齢級別面積をみる

と (図-1)、1980年代は3・4齢級にピークがあったが、1990年代は5・6齢級、2001年度には7・8齢級へと順次高齢級に移行し、2001年度には9齢級以上が26%以上となった。

以上のように北海道における一般民有林の造林樹種はカラマツとトドマツが主体であり、 面積の集積も一定程度進んでいる。この両樹種ともその利用・需要には様々な課題を抱えて いるが、今後とも民有林における造林の中心樹種として推移するものと思われる。

今回の「人工林における天然更新技術に関する調査」では、一般民有林の中心樹種カラマッとトドマッに調査対象をしぼり、本年度はカラマッについて検討することにした。調査地は網走東部森づくりセンター(旧北海道有林北見林務署)のカラマッ天然更新の事例、(株) 三菱マテリアル所有山林のスギ人工林へのカラマッ天然更新による混交林造成事例、国有林石狩森林管理署カラマッ高齢級人工林の広葉樹天然更新の各事例について調査した。



Ⅱ カラマツ人工林の天然更新の実態調査結果

1 カラマツ天然更新の事例

カラマツの天然更新は河原、道路法面、集材路跡地、土場跡地、宅地造成地、採石跡地などの裸地などによく見られる(写真 - 1、2)。また、人工造林ではないと推定されるカラマツ林分の存在は1950年代に北海道南部、駒ヶ岳付近の森町周辺で確認されており、その経験をもとに天然下種更新試験も行われていた(1)。さらに、森町以外では道東地方の北見、池田、興部、道北地方の旭川、道央地方の札幌、胆振地方など北海道の各地でカラマツ天然更新の事例が報告されており(2、3)、かき起しによる天然更新補助作業実行の報告(4、5、6)もみられる。

しかし、天然更新による二代目人工林造成や、ある程度まとまった面積での天然更新木定着による成林事例は必ずしも多くはない。



写真 - 1 国道法面の天然更新 (R234号沿線、王子製紙社有林)



写真 - 2 林道法面の天然更新 (網走東部森づくりセンター)

2 カラマツ天然更新の調査結果

カラマツ人工林の天然更新の実態調査は網走東部森づくりセンター (旧北海道道有林北見林務署) のアカエゾマツ造林地へのカラマツ天然更新、カラマツ人工林の複層林造成地へのカラマツ天然更新の2事例について行った。

1)アカエゾマツ造林地への天然更新

(1)調査地の概況

調査地は北海道道有林網走東部森づくりセンター20-51林小班の50年生カラマツ人工林(21.9ha)で、択伐による主伐後のアカエゾマツ植込み地(小面積皆伐地)にカラマツが天然更新した事例である。調査地の施業経過は以下の通りである。

1952年 準備地拵 (火入れ地拵、39.3ha)

1953年 カラマツ植栽(ha当り3,000本)

1953~58年 下刈 (計9回)

1957年 殺鼠剤散布

1966、70、75、84、86年 間伐

1972年 枝打ち

1985年 皆伐 (9.78ha)

1986年 再造林 (9.78haは50小班に分班、51小班は面積21.9haに変更)

1987年 かき起し (区域面積9.4ha、実面積4.48ha トドマツ種子播種)

1991年 択伐 (21.9ha 小面積皆伐7.04ha)

1993年 準備地拵 (ブルドーザ地拵、1.4m刈、1.4m措)

1994年 植込み (アカエゾマツ、ha当り730本)

1994~96年 下刈 (5回、皆伐地は植列間のみ刈払い、措き幅は放置)

森林調査簿によると51小班は標高350~520m、斜面方位北、平均傾斜12°、BD型土壌であり、50年生カラマツ林分と小面積皆伐跡地の10年生アカエゾマツ林分で構成されている(写真-3、4)。調査は小面積皆伐跡地のアカエゾマツ植栽地に20×25mの区画を設定し、樹高1.3m以上の全林木の胸高直径、樹高、立木位置を測定し、さらに調査区画外で天然更新カラマツの樹高の大・中・小各2本を伐倒し樹齢を測定した。



写真 - 3 50年生カラマツ林分



写真 - 4 皆伐地 (アカエゾマツ10年生)

(2)調査結果

調査対象林班では施業経過に見るように1987年林内でブルドーザによるかき起し作業を行い(写真-5)、トドマツを播種し後継林木の更新を試みたが、大型草本類の繁茂により失敗している。その後1991年の択伐時に一部を皆伐し、1994年カラマツ林下にアカエゾマツの植込み、および皆伐地の植栽をしたが、植栽地周辺のカラマツの結実が植栽年前後に大豊作であったといわれている。



写真 - 5 1987年かき起し作業 (原画:網走東部森づくりセンター)

調査プロット内の植栽木と天然更新木の概況は表 -2、写真 -6、7に示すように、植栽木のアカエゾマツは平均胸高直径3.7cm、平均樹高3.6mに対し、天然更新カラマツは平均胸高直径、平均樹高ともアカエゾマツを超えており、胸高直径、樹高のモードはそれぞれ5.0cm(アカエゾマツ4.0cm)、5.6m(同3.5m)となっている。また、カラマツ以外の天然更

表 - 2 プロット内の植栽木・天然更新木の概況

(単位:cm. m. 本)

		(+ 	111, 111, 247
	アカエゾマツ	カラマツ	シラカンバ
胸高直径(Min-Max)	3.7(1-6)	4.1(1-8)	1.3(1-2)
樹高(Min-Max)	3.6(2-4.6)	4.9(1.3-7.5)	2.6(1.3-4)
本数(ha当り)	730	3280	500

注)プロット区画: 20×25m

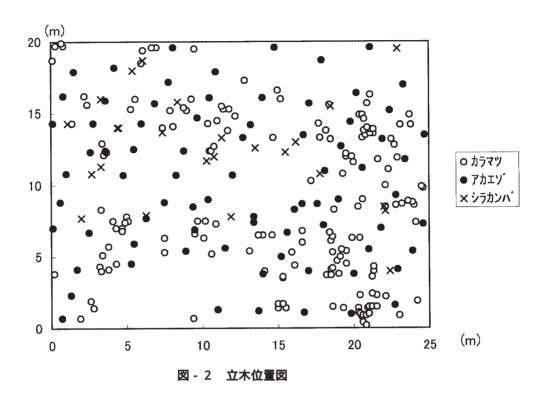


写真 - 6 アカエゾマツ植栽地の林分状況



写真 - 7 カラマツ天然更新の状況 (20-51林小班)

新木はシラカンバのみで、平均胸高直径、平均樹高ともアカエゾマツ、カラマツより小さい。 ha当りの更新本数はカラマツ3280本、シラカンバ500本で、プロット内の植栽木、天然更新木の分布は図-2のようになり、図上で見る限りカラマツはやや集中的な更新状況となっている。



カラマツ天然更新木の樹齢は表 - 3のように樹高の高いもので8~9年、低いもので7年となっており、先に述べたようにアカエゾマツ植栽前後に下種更新したものである。

供試木.No 2 5 6 3 4 樹高(cm) 632 709 543 592 432 256 胸高直径(cm) 6.8 10.9 5.5 6.2 1.9 1.2 樹齢(年) 8 8 7 7

表 - 3 カラマツ更新木の概況 (20 - 51林小班)

2) 複層林造成地(小面積皆伐地)への天然更新

(1)調査地の概況

調査地は北海道道有林網走東部森づくりセンター20-55林小班、53年生カラマツ人工林(32.9ha)で、複層林造成のため択伐・下木植栽を行い、そのうち一部を小面積皆伐(孔状伐採)して下木植栽したところ、カラマツが天然更新した事例である。調査地の施業経過は以下の通りである。

1950年 準備地拵(全刈地拵、26.0ha)

1951年 カラマツ植栽 (ha当り3.000本)

1951~58年 下刈 (8回)

1951、57年 殺鼠剤散布

1952、53年 補植(合計42,200本)

1960、61、64年 つる切・除伐

1968~71、80、85、86、90年 間伐

1963年 面積変更 (3296ha)

1988年 かき起し (10.88ha)

1989、1991年 殺鼠剤散布 (32.96ha)

1991年 準備地拵 (4.0ha、条刈 1.4m刈、1.4m措き)

1992年 植込み (4.0ha、アカエゾマツ ha当り750本 列間2.8m、苗間1.7m)

1992、93、94年 下刈 (5回)

1993年 択伐 (9.6ha、小面積皆伐6ヶ所合計3.2ha:0.32ha-3ヶ所、0.48ha、0.80ha、0.96ha)

1994年 準備地拵 (28.96ha)

1995年 アカエゾマツ植込み (ha当り750本、列間苗間2.0×2.0m)

1995、96年 下刈 (3回、小面積皆伐地は植列間のみ刈払い、措き幅は放置)

1995年 択伐(6.4ha)

1998年 殺鼠剤散布 (32.96ha)

2001年 間伐(17.44ha)

森林調査簿によると55小班は標高290~460m、斜面方位北、平均傾斜17、 BD型土壌であり、アカエゾマツを下木植栽した53年生カラマツ複層林と小面積皆伐による孔状複層林で構成されている(写真 - 8、9)。調査は小面積皆伐跡地のアカエゾマツ植栽地にアカエゾマツの植列と植列間が含まれるよう5×7mの区画を設定し、その内部を1×1m区画ごとに天然更新樹種の樹高および樹高1.3m以上の林木の胸高直径を測定した。

(2)調査結果

調査地は写真 -10に見るようにアカエゾマツ植栽後、周囲のカラマツから種子が散布し、植栽面に全面的に更新したものと思われる。調査プロット内の天然更新木の概況は表 -4に示すが、4 樹種の更新が見られカラマツはha当り73,000本成立している(写真 -11)。 1 m^2 当りの更新本数をみると植列間は下刈しているため植栽木以外無い部分があるが、カラマツは平均7.3本、最大16本、全更新樹種では平均12.3本成立している。またカラマツの樹高は平均117.1cm、最大403cmでアカエゾマツの最大樹高294cmを超えている。カラマツ以外の更新樹種ではヤナギ類が多く、 1 m^2 当り3.8本更新している。



写真 - 8 53年生カラマツ林分(下木:アカエゾマツ複層林)



写真 - 9 孔状植栽地



写真 - 10 孔状複層林造成後のカラマツ天然更新状況 (原画:網走東部森づくりセンター)

表 - 4 天然更新木の樹高、本数 (20 - 55林小班)

樹種	カラマツ	シラカンバ	ナナカマド	ヤナギ類
樹高(Min-Max,cm)	117.1(10-403)	76.3(21-218)	29.4(10-601)	47.9(7-341)
本数(×10000/ha)	7.3	0.49	0.77	3.8
m ² 当り本数(Min-Max)	0~16	0~2	0~3	0~13

注)プロット区画:5×7m



写真 - 11 カラマツ天然更新の状況 (50-55林小班)

なおカラマツ更新木の樹齢を見ると表 - 5のように樹高、胸高直径の大小にかかわらず 5、6年生でありアカエゾマツ植栽後 2~3年目に更新している。

表 - 5 カラマツ更新木の概況 (20 - 55林小班)

供試木.No	1	2	3	4	5	6
樹高(cm)	438	453	279	231	151	135
胸高直径(cm)	3.5	3.4	1.4	1.1	0.4	1.0
樹齢(年)	6	6	5	5	5	6

3) 小括

これまで見てきた事例は初めからカラマツの天然更新を意図したものではない。両者に共通するのは地拵をブルドーザで行った結果、かき起し作業と同様に土壌のAo層、A層が除去され鉱物質土壌が露出するようなかく乱があったこと、さらには皆伐地跡地で光環境が良いことなど、光要求の大きな樹種であるカラマツの更新に適した環境条件が作られたことに加えて、カラマツ種子の豊作、芽生えの定着段階で草本類との競合が無かったことなどである。現在のところ両事例ともカラマツの成長は順調であり、将来的にはカラマツが上層林冠を占める林分に推移するものと考えられる。森づくりセンターの担当者によると、今後は天然更新したカラマツの密度調整のための作業(刈払い)実施を予定している。

また、網走東部森づくりセンターでは「カラマツ人工林の二代目更新試験」として1980年に試験地(16×20 m)を設定している。1960年植栽カラマツ人工林(ha当り3,000本)で1伐1残の列条間伐を実施し、間伐跡地をブルドーザでB層を露出させる程度のかき起しを行い、天然更新を期待した。しかし、その年は凶作のため人工下種した(播種量3kg、 m^2 当り10、15 g)。その結果、更新本数は1981年 m^2 当り平均190本($100\sim340$ 本)発生したが、その後は漸減し1988年には45本($30\sim60$ 本)となった。苗長は1981年6cm($3\sim10$ cm)、1988年65cm($3\sim210$ cm)と増加した。この試験では二代目更新完了の日安を20cmの苗木が m^2 当り1本成立した時として、播種後 $3\sim4$ 年後に目標が達成されたとしている。当試験地の更新カラマツは現在樹高約 $6\sim8$ mに成長しているが上木カラマツの影響や広葉樹更新木などと混交し肥大成長は小さい(写真 -12)。

なお、同時に別の林班に設定した試験地(かき起し、播種)では当初カラマツ芽生えが m^2 当り176本(93~253本)発生したが、表土のかき起し程度が浅かったため草本類の回復が早く被圧され、1988年にはカラマツ更新木は皆無となった。

以上のような結果からカラマツ天然更新を図るかき起しは、B層が露出するほど深めに行うこと、種子の豊作年に合わせること、土壌流出に配慮することが必要と指摘しているで。

さらに、道有林では旧池田林務署(現十勝森づくりセンター管内)でもかき起しによるカラマツ人工林の天然更新試験を行っている。試験地は1957年植栽地(ha当り3,000本)で1982年台風被害を受け裸地が生じた林分である。1985年かき起し作業を行い、1987年かき起し地全面に更新木が成立した。1991年更新木の刈だし作業、1992年殺鼠剤散布、過密個所の除伐を実施している。1998年時点でカラマツ更新木はha当り約4,400本、そのうち胸高直径5cm以上が約2,200本をしめている。この結果、かき起しによる成林は十分期待でき、事業コストも再造林の約40%程度であり、緩斜地でブルドーザの使用可能な個所については、かき起しによる次代更新を検討してもよいとしている 🖏 。



写真 - 12 カラマツ二代目更新試験地

道有林網走東部管理区の平成14年整備管理計画書によると、カラマツ人工林は伐期90年とし、複層林への誘導を方針としている。また、カラマツ高齢林の複層林造成方法としては作業の効率性、下木の成長確保などから孔状伐採型プラス保残木型の複層林造成を目指すとしている ⁶⁰。このような形態の複層林造成であれば今後もカラマツ天然更新の可能性はあるものと思われる。

Ⅲ カラマツ天然更新木とスギ植栽木の混交林

1 調査地の概況

調査地は渡島管内森町に所在する(株)三菱マテリアル所有山林である。調査箇所は同山林137林班 3 小班のスギ人工林(林齢29年、8.8ha)で、調査個所を含む林班の施業経過は以下の通りである ⁽¹⁰⁾。

1970年 カラマツ人工林113ha (4~6齢級主体) が台風による風倒被害

1971、72年 被害木処理(被害率70%以上は皆伐、70%未満は被害木のみ伐倒、全幹集材し伐根も林外に搬出)

1971~77年 復旧造林(スギ82ha、カラマツ31ha:ha当り2,500本) このうち被害率70%未満30haは上木カラマツ、下木スギ(ha当り1,500本) の複層林造成

1973年以降 被害率70%以上の復旧造林地(スギ植栽地)にカラマツが天然更新し、順次 植栽木と天然更新木の競合が激しくなり、列条にカラマツを刈払い

1988年 複層林造成地の受光伐と下層木(植栽木、天然更新木)の除伐

1990年 スギ植栽地の除・間伐 (スギ、天然更新木、ha当り2,000本保残予定)、スギ の裾枝払い (主林木見込木500本/ha)

なお、調査地の137林班 3 小班は方位北東の緩斜面で標高約150m、土壌は火山灰性未熟土で深さは約2 mである (11)。調査は20m×25mの区画を設定し、区画内の胸高直径 5 cm以上の林木について胸高直径、樹高、枝下高、立木位置を測定した。

2 調査結果

調査地は上記のように風倒被害木処理後、スギ植栽木と天然更新カラマツの混交林が成立 したもので(写真 - 13)、調査プロットの位置は同一でないが林分状況の推移を示すと表 - 6 のようになる。

1985年調査では天然更新カラマツはha当り5,000本以上混交し、樹高はスギを大きく上回っている。1990年調査ではカラマツの本数は大きく減少しているが、胸高直径、樹高はスギ

を上回り、胸高断面積では59%、材積では67%をしめている。なお、同時に調査された137 林班の他小班(8箇所)の結果ではカラマツの本数混交率は $6.3\%\sim57.6\%$ 、平均28.3%(ha 当り798本)となっている。また、1991年に林業指導事務所が行った137林班 3 小班 6 箇所の調査結果では 8%、カラマツ(林齢15年)の混交率は本数で平均16%($5\sim28\%$)、材積で平均 34%($14\sim51\%$)、平均胸高直径11.4cm(スギ17年生7.9cm)、平均樹高10.0m(スギ6.3m)となっている。



写真 - 13 1991年当時のカラマツ更新状況

表 - 6 スギ・カラマツ混交林の推移 (137林班3小班)

調査年	樹種	林齢(年)	年) ha当り本数 平均胸高直径(cm) 平均樹高(m) 胸高断	胸高断面積	ha当り材積		
			(比率)	(Min-Max)	(Min-Max)	(m ²)	(m^3)
1985	スキ゛	11	2600(33.1)		1.99(?-5.05)		
	カラマツ	10前後	5250(66.9)		3.71(1.06-7.80)		
	計		7850				
1990	スキ゛	16	2040(63.9)	8.1(2-16)	7.6(2-12)	10.51	51
	カラマツ	14(13-15)	1120(35.1)	13.3(6-20)	11.9(7-15)	15.2	102
	計		3190			25.71	153
2003	スキ゛	29	1860(82.3)	13.1(6-22)	12.3(5.5-20)	27.58	216.6
	カラマツ	27(26-28)	400(17.7)	23.8(18-28)	19.5(12-21.5)	18.05	168
	計		2260			45.63	384.6

注 1)1985年の数値は五十嵐ら(北大演研報 Vol.44, No.3)

2)1990年の数値は(株)三菱マテリアル資料

3)2003年数値は2003年10月調査

4)プロット区画:1985年10×20m, 1990, 2003年20×25m

2003年調査ではカラマツ混交率は本数で18%、材積で44%となっているが、図-3、4のように胸高直径、樹高ともカラマツが上位に分布し、カラマツの樹冠が林冠上層に出ている(写真-14)。また、平均樹冠長はカラマツ9.0mに対しスギは4.4mと半分に過ぎず、胸高直径の変動係数もカラマツ12.4%に対しスギ32.9%とバラツキが大きい。以上のように天然更新したカラマツが植栽木のスギを上回る成長をしているが、カラマツの形質は太い枯枝が残っているものが多く、スギは前述のように成長のバラツキ同様、形質もバラツキが大きい(写真-15)。なお、プロット内の立木の配置は図-5のようになり、カラマツは分散した混交状態となっているが、立木本数密度を表す相対幹距は15%と林分全体はやや込み過ぎの状態である(写真-16)。

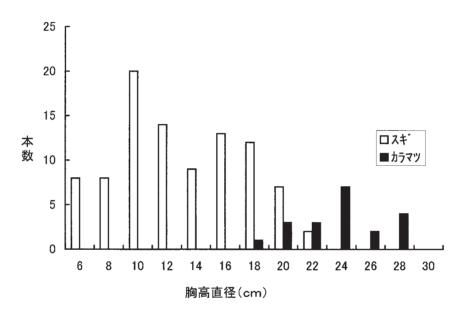


図-3 胸高直径頻度分布

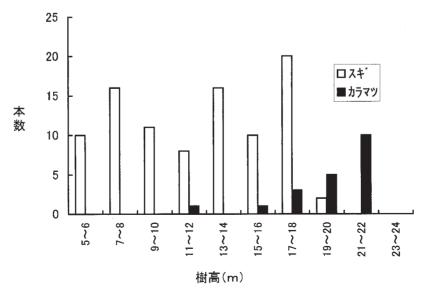


図 - 4 樹高頻度分布



写真 - 14 スギーカラマツ混交林の外観



写真 - 15 **林分内の状況 (1)**

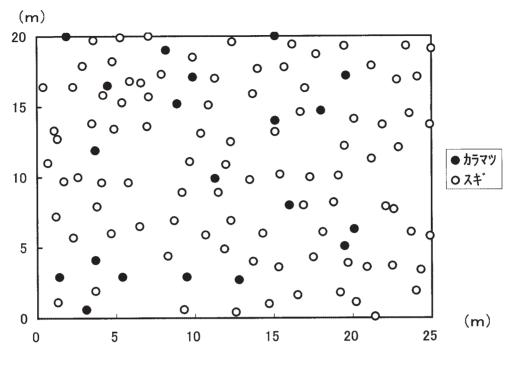


図 - 5 立木位置図



写真 - 16 林分内の状況 (2)

林床は立木密度が高いため照度は低く、植生は林縁ではヤマグワ、ミズナラ、アサダ、オオバクロモジなどの稚幼樹が見られるが、林内ではイタヤカエデ、ヤマモミジ、ヤマグワなどが散生しているほか、トクサ、クマイザサが疎らに生育している。

3 小括

以上のように三菱マテリアル山林では100haを超えるスギ植栽木と天然更新カラマツの混交林が成立しているが、カラマツが天然更新した要因として当時の社有林担当者は次の諸点を指摘している ⁽⁷⁾。

- ① 2mの浮石礫に富む粗粒質火山性土に覆われ、保水性の高い土壌。
- ② 風倒被害木の処理をブルドーザで全幹集材し、伐根も林外に搬出した結果、表土を反 転攪拌して「かき起し地拵」の状態になり、以後3~4年間は雑草類の発生が少なかっ た。
- ③ 風倒被害率に応じて被害木処理をしたため、林内および周辺に適当な母樹が残された。
- ④ 天然更新した稚苗は4~5年間、消長が認められたが、病虫害、野兎その他の被害を受けなかった。

これらの諸要因は先に見た網走東部森づくりセンターの事例と共通点が多い。しかし、調査地とは別の個所で1987年56年生カラマツ林分(ha当り約100本成立)で天然更新を図るため、ブルドーザでかき起し作業をしたが(排土板とレーキを用い、かき起しの強度を変えて実行)、母樹の結実が見られず下種更新は失敗し、2年後にスギを植栽した事例もある。現在、当山林では林道沿いや土場跡地などでカラマツの天然更新は散見されるが、カラマツ林は50年生前後で皆伐し、跡地は火入れ地拵えにより新植しており、既述個所以外にはまとまった天然更新は見られず、また事業的な試みもしていない。

IV 天然更新広葉樹を利用した複層林、混交林、自然林等への誘導

1 カラマツ人工林における広葉樹の天然更新

北海道のカラマツ林業の中心地では、従来下刈、除伐などを丁寧に行うことにより、侵入広葉樹は伐除しカラマツ純林状態で管理する事例が多く(写真17、18)、広葉樹混交状態は保育不徹底の不成績造林地との見方も多かった。しかし、最近は伐期の高齢化にともない林分の健全性の維持、生物多様性の確保などの観点から、意識的に侵入広葉樹の保残による複層林や混交林への誘導する事例も増えてきた(12 13、14)。さらに、北海道中央部の林齢60年生以上のカラマツ人工林14林分における侵入広葉樹の調査結果では(15)、すべての林分に広葉樹が侵入しているわけではないが、北海道中央部の天然林の組成をほぼ網羅した多様な樹種が存在する林分が多く、カラマツを収穫しつつ将来的には天然林と区別のつかない様相を呈した広葉樹林造成が可能としている。

また、安藤によると東北地方の事例調査よりカラマツ人工林を天然更新広葉樹との混交複層林化する時期としては初回間伐時が好ましく、高木層に広葉樹を含む階層構造の混交複層林の育成が可能と指摘している (16)。

ここではカラマツの天然更新ではなく、カラマツ壮齢林における広葉樹の天然更新の実態を調査し、カラマツ人工林の複層林、混交林、自然林等への誘導について検討する。調査地は北海道森林管理局管内石狩森林管理署の58年生林分(5223-ほ林小班)と63年生林分(5181-な林小班)の2ヶ所である。各林分に20×25mの区画を設定し、区画内の胸高直径5cm以上の林木について胸高直径、樹高、枝下高を測定した。



写真 - 17 若齢カラマツ林 (留辺蘂町民有林)



写真 - 18 壮齢カラマツ林 (王子製紙社有林)

2 調査結果

1) 58年生人工林(5223-ほ林小班)

調査林分は傾斜約20度の南向き斜面で土壌は火山灰性未熟土、面積2.96ha、1945年の植栽である。施業経過の詳細は不明であるが間伐が1989年(伐採量111m3)、1995年(同83m³)に実施されている。現在の施業実施計画では「森林と人との共生林」に機能類型区分されているが、従前はカラマツ大径材生産群に区分されていた。

林分状況および胸高直径と樹高の関係を示すと、表 - 7、図 - 6のようになる。カラマツの平均胸高直径は38.5cmで区画内のものは全て30cm以上、変動係数も13.3%と小さく径級はほぼそろい形質も比較的良好である。樹高は平均25mを超え、上層カラマツのほぼ枝下高以下に広葉樹が成立している(写真 - 19)。カラマツは本数では33%であるが、胸高断面積合計の84%、材積では91%を占め、また平均樹冠長率は39%で、枝張りも全体に大きく現在の

表 - 7 58年生人工林の林分構成 (5223 - ほ林小班)

		平均			ha当り	
	胸高直径	樹高	枝下高	本数	胸高断面積	幹材積
	(cm)	(m)	(m)	(本)	(m^2)	(m^3)
カラマツ	38.5(30.6-49.5)	25.1(22-28)	15.2(12-20)	260	30.25	360.01
エゾマツ	28	10	14	20	1.23	6.45
<u>広葉樹</u>	10.8(5.6-20.3)	9.4(5-18)	5.8(3-14)	540	4.66	30.1
ミス゛ナラ	9.9(6.5-18)	9.2(6-15)	5.7(3-10)	160	1.23	8.29
イタヤカエテ゛	11.3(5.6-17.5)	8.6(5-14)	5.4(3.5-7)	160	1.60	8.25
サワシハ゛	10.3(6.8-18.2)	9.2(7-13)	5.3(4-8)	120	1.00	4.92
ヤマサ・クラ	11.3(9-13.5)	11(8-14)	7.5(6-9)	40	0.40	2.43
ウダイカンバ	20.3	18	14	10	0.32	5.41
ヤマモミシ゛	7	6	3	10	0.04	0.26
アス・キナシ	9	8	5	10	0.06	0.52
合計				790	36.14	396.54

注)()はMin-Max

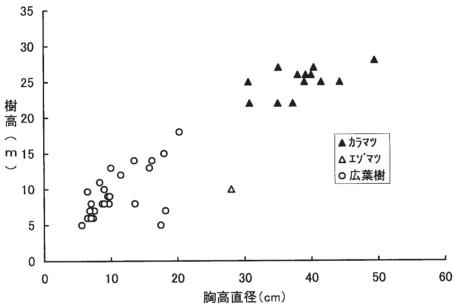


図-6 胸高直径と樹高の相関(5223林班)



写真 - 19 58年生カラマツ林の林分状況

ところ成長衰退の様子は見られない。広葉樹は7樹種更新しているが、ミズナラ、イタヤカエデ、サワシバなどが多い。

この小班は緩傾斜地および尾根上に位置し、周辺には天然木と思われる胸高直径40~50cmのトドマツが点在し、トドマツ稚幼樹も群状に更新している(写真 - 20)。なお、このほか胸高直径5cm未満の天然更新樹種はイタヤカエデ、ヤマモミジ、ハクウンボク、キタコブシなどである。林床植生はシダ類、フッキソウ、イワガラミ、アキノキリンソウなどが散生している。



写真 - 20 トドマツの天然更新

2) 63年生人工林(5181-な林小班)

調査小班の大部分は方位南の斜面にあり一部沢筋の平坦地を含んでいる。土壌は火山灰性未熟土、面積5.87ha、1940年の植栽である。施業経過の詳細は不明であるが1990年に間伐(伐採量94m³)が実施されている。現在の施業実施計画では「水土保全林」に機能類型区分され、水源保安林に指定されている(写真-21)。

調査区画は斜面下部のほぼ平坦地に設定し、その林分状況および胸高直径と樹高の関係を示すと表-8、図-7のようになる。カラマツの平均胸高直径は39cmで最大47cmと大きく、モードは40.4cm、変動係数12.5%と径級はほぼそろい、平均樹高25.6m、平均枝下高16.6mと前述の5223-ほ林小班同様、形質は良好である。カラマツの本数は全体の31.1%であるが、胸高断面積、材積では夫々81.9%、87.9%と大部分を占めている。また、平均樹冠長率は35%で、枝張りも全体に大きくこの小班も現在のところ成長衰退の様子は見られない(写真-22)。

天然更新広葉樹は6樹種であるがミズナラが最も多く、本数では広葉樹の70.9%、区画内全体では48.8%とほぼ半数を占め、胸高断面積、材積は夫々広葉樹の80.5%、80.7%を占めている。なお、ミズナラの胸高直径の変動係数は44.5%とバラツキは大きい(写真 -23)。



写真 - 21 63年生カラマツ林の外観

表 - 8 63年生人工林の林分構成 (5181 - な林小班)

		平均			ha当り	
	胸高直径	樹高	枝下高	本数	胸高断面積	幹材積
	(cm)	(m)	(m)	(本)	(m²)	(m ³)
カラマツ	39.0(30-47)	25.6(25-27)	16.6(13-18)	280	33.43	403.99
広葉樹	12.3(6.2-31.2)	10.6(4-17)	5.7(2-11)	620	7.36	55.42
ミス・ナラ	13.1(6.5-31.2)	11(5-17)	6.1(2-10)	440	5.93	44.71
コシアブラ	10.9(7.5-16)	12(7-15)	3.5(3-4)	60	0.56	4.1
ヤマザ・クラ	7.8(6.2-9.3)	6(4-8)	3.5(3-4)	40	0.19	0.73
ヤマモミジ゛	7.6(6.9-8.3)	6(5-7)	3.5(2-5)	40	0.18	0.64
シラカンバ	17.1	16	11	20	0.46	3.44
ハルニレ	14.2	12	8	20	0.32	1.82
合計				900	40.80	459.41

注) ()はMin-Max

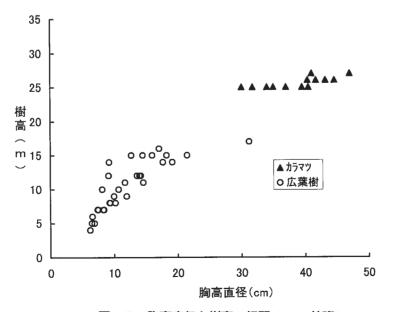


図-7 胸高直径と樹高の相関 (5181林班)



写真 - 22 63年生カラマツ林の林分状況 (1)



写真 - 23 63年生カラマツ林の林分状況 (2)

また、胸高直径5cm未満の広葉樹ではヤマモミジ、コシアブラ、ホオノキ、ハリギリ、キタコブシ、アズキナシ、キハダなどが更新している。

林床はクマイザサ(高さ60~80cm)がほぼ密生しているが、上層木のカラマツ群生箇所ではササは散生しているが更新木は見られず、フッキソウ、イワカガミ、ヌスビトハギなどの植生が散生している。

3 小括

これまで述べた壮齢カラマツ林はその詳細な施業経過は不明であるが、ha当りの成立本数は260本、280本と少なく、前出図-6、7に見るように上木カラマツ、下木広葉樹の複層混交林状態を呈している。また更新している広葉樹は高木性の樹種も多く、さらに5223ほ林小班ではトドマツの天然更新が見られ、将来的にはこれらの地域の自生種による樹種構成の自然林に誘導することも可能と思われる。

このようにカラマツの適地においては長伐期施業を目標に、収穫を繰り返しつつ林分内の 光環境をコントロールすることにより多様な樹種の広葉樹類の更新を促進し複層混交林へ、 場合によっては自然林に近い林分に誘導するなど、自然条件に対応した取り扱いにより多様 な林分造成が可能となるであろう。

例えば、高齢カラマツ人工林として北海道東部の阿寒町に所在する(株)日本製紙社有林の事例がある(写真 - 24)。この林分は1911年植栽の林齢93年生、面積は0.59haである。この林分は阿寒湖湖畔近くの国道240号線を挟み2林分に分かれている。2002年12月の調査によると (17)、調査プロット I (0.32ha) ではha当り本数228本、平均胸高直径32.2cm、平均樹高32.2m、ha当り材積684m³、年平均成長量7.4m³、調査プロット II (0.27ha) ではha当り本数307本、平均胸高直径49.2cm、平均樹高34.3m、ha当り材積961m³、年平均成長量10.4m³である。このように高齢級になっても成長量は低下していないが、この理由として枝下高は約17mであるが樹冠長率が大きく大きな樹冠を有する個体が多いことが指摘されている。このようにカラマツ人工林の場合、長伐期施業で成長を持続しつつ、下層に天然更新広葉樹を育成し複層混交林として管理することは十分可能である。



写真 - 24 93年生カラマツ林(日本製紙社有林)

V カラマツ人工林における天然更新技術の現状と課題

これまで述べたようにカラマツ壮齢林での天然更新の状況、カラマツ天然更新木とスギ植 栽木の混交林成立状況、さらにはカラマツ人工林の天然更新広葉樹との複層混交林や自然林 への誘導の可能性について検討してきた。以上の諸事例からカラマツ人工林における天然更 新技術の現状と課題について総括してみる。

1 カラマツ天然更新の条件

カラマツが天然更新、定着するためには以下のような諸条件が必要である。

- ① ラマツの更新を図るためには、林地のAo層、A層を除去し、B層を完全に露出させる 程度の深い地表処理(鉱物質土壌の露出)が必要である。
- ② 地表処理をした数年以内に母樹の結実があること。カラマツの結実の豊作年は一般的 に $4\sim5$ 年間隔と言われており、凶作年には種子総量だけでなく充実種子量が極めて 少ない。
- ③ 土壌の凍上による稚苗の枯死の可能性が高いため、寡雪地帯では初冬期の積雪による 凍上の抑制が必要である⁽³⁾。
- ④ カラマツの芽生えの定着には、常に一定量の栄養が供給され、地温は7℃以上に達する条件が重要である(18)。
- ⑤ 更新稚樹が大型草本類や他樹種更新木との競合に勝る成長、更新本数が必要である。 例えばかき起し作業(1985年施工)により天然更新した後、3年経過後までは順調な 成長を示していたが (19)、現地の聞き取りによると2003年現在ではカラマツは消失し、 ヤナギ類やハンノキの林分になっている事例もある。
- ⑥ カラマツは光要求の大きな樹種であり、かき起し作業などの更新補助作業を実施する 場合には周辺母樹の樹高の2倍前後を一辺とする程度の面積が必要である。

以上のようにカラマツの天然更新を図る場合、母樹の結実の予測、重機による地表処理(かき起し作業)のため地形、傾斜、面積規模等の制約があり、現在のところ更新技術としての確実性はあまり高くないのが現状であり、これらの諸点への対応策の確立が今後の課題といえよう。

2 カラマツ更新木と他樹種人工林の混交林造成

今回の調査地はカラマツ人工林が台風被害を受け、被害の激しい林地は皆伐、それ以下は被害木のみを整理しているが、いずれもブルドーザを用いて全幹集材し、併せて伐根も林外に搬出している。その結果、林地はブルドーザによる「かき起し作業」実施と同様の状態となり、そこにスギを植栽したものである。

さらに、スギ植栽後、周辺に残存したカラマツが結実下種し、スギ造林地にカラマツが天

然更新、成長した結果混交林が成立したものであるが、カラマツの種子の侵入・定着はスギ 植栽後2、3年に集中している。これは前述した網走東部森づくりセンターの調査結果と同 様の経緯である。

カラマツの天然更新以後の保育作業は記録ではカラマツの列条の刈払いによる本数調整、および除伐作業のみであるが、カラマツの本数は更新当初から見ると大きく減少している。また、カラマツは初期成長が早く、数年で植栽木の樹高を超えているものが多く、カラマツを上層木とする混交林への誘導の可能性は高いが、カラマツの天然更新を前提に植栽したわけでないため、全体として過密状態で推移してきている。

先に見たようにカラマツの天然更新は確実性が低いことや土壌条件など様々な制約があるが、天然更新が見込まれる林分では植栽本数および天然更新木の保育と密度管理、母樹の残存本数、配置などの検討が必要であり、他樹種造林地にカラマツが更新した場合には将来的に植栽木と更新木をどのように混交状態に誘導するか目標林型を検討し、それに基づいた保育作業等の実施が必要である。

3 カラマツ人工林での広葉樹天然更新木の利用

カラマツ人工林で間伐等の保育を繰り返すことにより、特に更新のための作業を実行しないでも多様な広葉樹類が更新するが、更新樹種は立地環境により様々で高木性の樹種が更新する場合もあれば、そのような樹種がほとんど見られない場合もある。それゆえ天然更新広葉樹も活用した林分管理の場合には、例えば高木性樹種が多い林分ではカラマツの長伐期施業をしつつ、高木性広葉樹の育成を図り、最終的にはそれぞれの立地環境に適した自然林へ誘導することも考えられる。

また、高木性樹種の天然更新が見られない場合には上層カラマツは長伐期の大径材生産を 図りつつ、下層の広葉樹類は地力の維持など林分の健全性、公益的機能の維持・向上のため に複層混交林として育成し、最終的には皆伐・再造林することも考えられる。

いづれの場合も個々の林分状況に対応して、除間伐などの保育作業方法、実行時期の検討が 必要である。

Ⅵ 終わりに

本年度は人工林における天然更新技術に関しカラマツに焦点を絞り、数事例を調査したが、 いずれも当初からカラマツの天然更新を意図した事例ではなかった。

また、過去にカラマツ人工林の二代目更新を図った事例としては実験的、小規模のものはあったが (5、6)、事業規模で試みられたものは皆無に近い。それゆえこれまで述べて来たようにカラマツ人工林の天然更新技術には多くの課題が存在する。

なお、本調査の目的には人工林造成に関し天然更新を利用してコスト削減を検討すること

も含まれている。そのため参考文献 © での事例をもとに、網走東部森づくりセンターに 2003年現在の事業単価により試算をしていただいた結果を示すと表 – 9のようになり、かき起し作業により天然更新木が成立した場合は人工植栽の約35%の経費となった。ただし、これはあくまで机上の試算で、実際には林分状況により作業内容が異なることは言うまでもない。

表 - 9 植栽と掻起しのha当り事業費試算(7年間)

		(単位:円)
	植栽	掻起し
地拵え(筋刈)	119,331	123,537
苗木代(2000本)	195,552	
植付費(2000本)	106,560	
下刈り(3年3回)	104,634	26,517
蔓きり除伐(1回)	18,144	38,103
合計	544,221	188,157

注 1) 地拵え: 植栽は手刈, 刈払機併用(刈巾1.5措巾2.0m) : 掻起しは施行率62.5%

- 2) 蔓切除伐: 植栽は蔓切主体, 掻起しは除伐主体
- 3)網走東部森つくりセンターの請負費ベースの試算

過去、1920年代から30年代の経済不況期において造林コスト削減を意図した天然更新汎行期と称される時期があったが、天然更新はきわめて限られた地域、立地でしか成功はしなかった⁽²⁰⁾。一般的に天然更新を利用して森林造成をする場合、植生制御のため人手と経費を要する。その上で知識を生かしてどこまで省力が可能か検討することが必要である⁽²¹⁾。本来的には森林造成は自然力(天然更新)と技術(人工造林)の協調ないし併用しつつ、可能な範囲でコスト削減の方策を講じることが重要であろう。

引用・参考文献

- (1) 三菱鉱業北海道事務所:カラマツ側方天然下種、北方林業、Vol.8、No.6、12-15、1956
- (2) 五十嵐恒夫、矢島 崇、松田 彊、夏目俊二、滝川貞夫:カラマツ人工林の天然下種 更新、北海道大学農学部演習林研究報告、Vol.44、No.3、1019-1040、1987
- (3) 伊藤晶子、菊地 健、清水 一:カラマツ天然更新地における稚樹の定着要因と成長 条件、日林北支論、44、140-142、1996
- (4) 北海道林務部:カラマツ人工林の二代目更新試験、林業経営試験Ⅴ、383-386、1989
- (5) 北海道林務部:かき起こしによるカラマツ造林地の天然更新試験、林業経営試験VI、 318-324、1994
- (6) 石坂浩史:かき起こしによるカラマツ人工林の更新、北方林業、Vol.46、No.5、7-10、 1994

- (7) 北海道林務部:カラマツ人工林の二代日更新試験-北見林務署-、林業経営試験(V)、 383-386、1989
- (8) 北海道林務部:かき起しによるカラマツ造林地の天然更新試験-池田林務署-、林業経営試験(W)、246-248、1999
- (9) 北海道水産林務部: 道有林技術情報、No.29、3-6、2003
- (10) 高橋隆吉:カラマツ天然下種更新施業の回顧、山つくり (渡島、檜山地域版)、12-13、1992
- (11) 黒澤博康、川口 進、谷村健次:森町におけるカラマツ天然下種更新林分について、 平成3年度北海道林業技術研究発表大会論文集、70-72、1992
- (12) 林野庁造林保全課:多様化森林造成技術開発調査 (平成9年度調査報告書)、1998
- (13) 林野庁造林保全課:多様化森林造成技術開発調査(平成10年度調査報告書)、1999
- (14) 林野庁造林保全課:多様化森林造成技術開発調查(平成11年度調查報告書)、2000
- (15) 小山浩正:近自然型森林造成方法の提案 (1) 人工レフュージアとしてのカラマツ林の価値 、北方林業、Vol.54、No.9、1-5、2002
- (16) 安藤 貴:カラマツ人工林の生物多様性の確保に配慮した森林造成基礎調査、林野庁 造林保全課:多様化森林造成技術開発調査(平成10年度調査報告書)、101-150、1999
- (17) 上田 悟:カラマツ人工林における成長経過 阿寒町日本製紙社有林の例 、普及情報 (平成15年3月号)、4-5、2003
- (18) 曲 来葉:カラマツ林における天然更新と土壌環境に関する生理生態学的研究、北海 道大学環境資源学専攻学位論文要旨、2004
- (19) 興部 林務署:カラマツ人工林の天然更新、北方林業、Vol.38 No.5、23-24、1986
- (20) 秋山智英: 国有林野経営史論、日本林業調査会、410pp、1960
- (21) 藤森隆郎:新たな森林管理-持続可能な社会に向けて-、全国林業改良普及協会、 428pp、2003

多雪地の人工林における天然更新の経過調査

山形大学農学部 野堀嘉裕

はじめに

2003年度の「人工林における天然更新技術に関する調査事業」では多雪環境下の人工林における天然更新のなかでも特に地域性の顕著なブナに着目し「1.人工林におけるブナの天然更新」についてこれまでの研究成果を文献検索による調査で行った。これと同時に、中部地方以北に広く分布するブナの地理的な特徴を探るために「2.ブナ林分布域の地理的特徴」に関してGISによる分析を行った。これらは何れも机上調査で行った。一方、ブナの成長の実態を把握するために「3. 樹幹解析による肥大成長と伸長成長の経過」について農学部附属演習林内二次林ほかで伐採したブナを用いて解析を行った。また、これらのデータをもとにして「4.他の樹種に比べてブナが有利となる時期やサイズ」について、山形県内の多雪地と小雪地の現地調査を行い、両者の林分構造や成長経過に関して比較解析を行った。これらを総合して人工林におけるブナの天然更新の特性について明らかにしようとするものである。

1. 人工林におけるブナの天然更新

これまでの人工林におけるブナの天然更新に関する研究成果を探るため独立行政法人森林総合研究所にある森林科学関連の国内文献データベース(FOLIS)を対象としてキーワード検索を行った。検索対象年はいずれも1978年から2002年までである。

本調査の主な課題は「人工林における植栽樹種以外の樹種による天然更新と成長経過の把握、および天然更新樹種活用の可能性」について調査することにある。そこではじめにキーワードを「造林」」and「天然更新」又は「人工林」and「天然更新」として検索を行った。その結果、表 -1.1に示すように44件がヒットした。これらの中にはヒノキ人工林内に発生する天然更新樹種の活用に関するものが多く含まれているが、東北地方の多雪環境における人工林の天然更新に関する研究は僅かであることがわかった。

表 - 1.1 [「造林」or「人工林」] and「天然更新」による検索結果

北原清, 赤坂義朝, 青木伝吉:ヒノキ人工林の天然更新について. 長野営林局技術開発研究会技術集録 昭和 54年:115-120, 1980-8

堀江勝司:ヒノキ人工林における天然更新. 大阪営林局林業技術研究発表集録, 昭和55年: 213-218, 1981-1 原田丈夫, 徳繁, 八田, 山崎:ヒノキ人工林の天然更新施業の実験-非皆伐, 二段林施業-. 長野営林局業務 研究発表集, 昭和55年: 110-122, 1981-3

- 橋本啓, 林, 長谷川, 本永, 川上, 小森: トドマツ人工林における天然更新について. 帯広営林支局業務研究 発表集, 昭和55年: 33-36, 1981-4
- 倉田益二郎:造林技術の原点天然更新が避けて通れぬ第一関門。現代林業,190:66-69,1982-4
- 川口利次,小野茂夫:雪崩地への階段造林及び天然更新の経過-釜渕森林理水試験地2号沢の例-. 日本林学会東北支部会誌,35:230-231,1983-12
- 川口利次,小野茂夫:雪崩地への階段造林及び天然更新がピーク流量に及ぼす影響.日本林学会東北支部会誌,35:232-233,1983-12
- 早坂賢一:トドマツ人工林の主・間伐と天然更新 [1]. 林業技術研究発表大会論文集/北海道林業普及協会, 昭和57年度:92-93,1983-12
- 金澤博文, 高崎広, 岸本淳三, 中元慧: 豪湿雪地帯での間伐とトドマツ人工林の天然更新について. 北海道営 林局業務研究発表集録, 昭和59年度:57-61, 1985-2
- 前田禎三,宮川清,谷本丈夫:新潟県五味沢におけるブナ林の植生と跡地更新-スギ造林地の成績とブナの天然更新の提案-、林業試験場研究報告,333:123-171,1985-3
- 藤井博司:人工林内の広葉樹天然更新について. 林業技術研究発表大会論文集/北海道林業普及協会, 昭和59 年度:48-49, 1985-7
- 故見正孝:蛇紋岩地帯における造林方法と天然更新の検討.大阪営林局業務研究発表集録,昭和60年度:51-54 1986-1
- 山田豊太:トドマツ人工林の天然更新について-火山性未熟土とシダ型植生の事例から-. 北海道営林局業務研究発表集録、昭和60年度:105-109,1986-2
- 花村健治,小林左門:造林地内における有用広葉樹の天然更新施業について. 長野営林局業務研究発表集,昭 和60年度:80-82,1986-3
- 相沢肇: 天然更新地における造林作業の導入について. 青森営林局業務研究発表集録, 38:40-43, 1986-3 興部林務署: カラマツ人工林の天然更新. 北方林業, 446:23-24, 1986-5
- 岩崎誠:トドマツ人工林の天然更新について. 林業技術研究発表大会論文集/北海道林業普及協会, 昭和60年度:86-87, 1986-7
- 増地孝幸:カラマツ人工林におけるトドマツの天然更新について、林業技術研究発表大会論文集/北海道林業普及協会、昭和60年度:80-81、1986-7
- 伊藤哲明:カラマツ人工林の天然更新について. 林業技術研究発表大会論文集/北海道林業普及協会,昭和60 年度:92-93,1986-7
- 雄武林務署:トドマツ人工林の天然更新. 北方林業, 449:19-20, 1986-8
- 浜田革,和孝雄,大金永治:北海道御料林施業における天然更新補助作業の分析 補助造林地の林分構成と生長について-.日本林学会大会発表論文集,97:115-116,1986-10
- 渡辺義雄, 土屋文男, 亀谷福治:トドマツ人工林の天然更新による複層林化について. 北海道営林局業務研究 発表集録, 昭和61年度: 79-82, 1987-2
- 久末勝:トドマツ人工林における刈出しによる天然更新について. 林業技術研究発表大会論文集/北海道林業普及協会,昭和61年度:83-85,1987-6
- 渋沢重雄、村山博:生産と造林事業の連携による皆伐箇所の天然更新施業について. 長野営林局業務研究発表 集,昭和61年度:14-18,1987-10
- 吉田繁喜:非皆伐施業法 (ヒノキ人工林における天然更新). 大阪営林局業務研究発表集録, 昭和62年度: 23-27, 1988-1
- 吉田繁喜:非皆伐施業法 (ヒノキ人工林における天然更新). 日本林学会関西支部大会講演集, 39:67-70, 1988-9
- 桜井尚武, 森麻須夫, 大住克博:柳沢スギ天然更新試験地の後継樹の直径成長 造林スギとの比較 . 日本林学会大会発表論文集, 99:435-436, 1988-10
- 長田昌幸,仲井宗孝:ヒノキ人工林における天然更新について.名古屋営林支局業務研究発表集,昭和62年度:107-110,1988
- 中原朝一, 高島松次郎: 高齢人工林における天然更新について. 北海道営林局業務研究発表集録, 昭和63年度: 28-31, 1989-2
- 高橋徹:高齢級人工林内における天然更新の可能性について. 林業技術研究発表大会論文集/北海道林業普及協会,昭和63年度:100-101,1989-7
- 星野勇三, 畠山勇治, 大西昭市: 土場跡地における造林木の成績と天然更新状況. 旭川営林支局業務研究発表集録, 36:79-82, 1990-3
- 石川哲弥,岩本斉:トドマツ高齢人工林における天然更新について.青森営林局業務研究発表集録,43:26-29,1990-9
- 真鍋逸平:ヨーロッパアカマツ造林不成績地に天然更新した落葉広葉樹について. 京都大学農学部演習林集報, 21:55-64, 1991-2
- 青木伸夫:トドマツ人工林における天然更新.帯広営林支局業務研究発表集,平成4年度:52-57, 1993-3
- 坂田政広,石川哲弥:トドマツ高齢人工林における天然更新について(第2報). 函館営林支局業務研究発表集, 38:15日,1993-8
- 飛田博順, 榎木勉, 川口英之:田上山クロマツ砂防造林地における樹木の天然更新とその制限要因. 京都大学農学部演習林報告, 65:50-62, 1993-12

- 岡村行治,高橋康夫,太田重之,河原漠,島強之,平田雅和,山本博一:1981-風害跡地の復旧状況-人工造林と天然更新11-後の結果-.日本林学会北海道支部講演集,43:189-191,1995-2
- 浅間雅子,高橋康夫,岡村行治,山本博一:1981-風害跡地の復旧造林-地はぎ地におけるトドマツ植栽木の成長と天然更新-.日本林学会北海道支部講演集,44:61-63,1996-2
- 谷口慎吾,木村真:前生樹(人工林内の下木)を活用した天然更新について.森林の流域管理システム推進発表収録/熊本営林局,平成7年度:68-70,1996-3
- 松浦博史,八木田忠信,五十嵐学:人工林内の広葉樹天然更新について (第2報). 林業技術研究発表大会論文 集/北海道林業普及協会,平成8年度:100-102,1997-8
- 中村彰男,後藤新喜:ヒノキ人工林における天然更新(非皆伐施業法).大阪営林局業務研究発表集録,平成9 年度:63-70,1998-10
- 柿本一広,山本輝雄:ヒノキ人工林天然更新施業についての一考察. 長野林業技術交流発表集,11年度:17-23,2000-3
- 谷本丈夫:特集:20世紀の森林・林業 (IV) 造林 (2) 天然更新施業の流れ-ブナを中心として-. 林業技術, 697:18-21, 2000-4
- 赤井龍男: 特集: 20世紀の森林・林業 (IV) 造林 (2) 針葉樹の天然更新作業法の変遷 特にヒノキの更新技術を中心として . 林業技術, 697: 13-17, 2000-4

上述のにように東北地方では人工造林を恒常的に阻害する最も大きな要素のひとつとして「雪」があり、この「雪」環境における人工造林の困難性を把握することと、天然更新樹種の成長状況を知ることは重要な調査課題といえる。そこで、第2段階として多雪地における人工造林の問題点を把握するためにキーワードを「人工林」and「雪」として検索を行った。その結果は表-1.2に示すように84件がヒットした。これらの中には雪害の状況を報告するもの、造林初期の保育作業に関する指摘、耐雪性品種の育成に関するものなど多岐にわたるが、森林計画に関連するものは意外と少ない。その中で、山形大学(1979年)の「豪雪地帯森林の取り扱いに関する総合的研究」と題する一連の研究成果は森林計画に関して大きな示唆を与えている。特に、多雪地における造林限界標高の明示など、人工林造成のゾーニングに関してはほぼ結論的な成果が得られているといえるであろう。

表 - 1.2 「人工林」and「雪」による検索結果

- 広田文憲・水谷・杉本・三好: 寒冷多雪地帯におけるトドマツ人工林の気象害に関する調査について. 林業技術研究発表大会論文集/北海道林業普及協会, 昭和51年:117-120, 1977-10
- 今永正明・北村昌美:豪雪地スギ人工林の林分構造と地形要因との関係について. 日本林学会大会発表論文集, 89回:107-108,1978-10
- 斉藤満:道有林美染経営区71林班におけるトドマツ幼令人工林の雪害,林業技術研究発表大会論文集/北海道林業普及協会,昭和52年:85-86,1978-12
- 塚原初男・大谷博彌・須藤昭二:豪雪地帯森林の取り扱いに関する総合的研究-スギ人工林の雪害発生機構-スギの根元曲りと根株の引抜抵抗力による斜面雪圧の推定.山形大学紀要:農学,Y-4-30:33-39,1979-03
- 塚原初男・大谷博彌・須藤昭二:豪雪地帯森林の取り扱いに関する総合的研究-スギ人工林の雪害発生機構-豪雪急傾斜地におけるスギ、ヒノキ カラマツ トドマツ ブナ ミズナラの根元曲り、山形大学紀要: 農学、Y-4-30:41-46, 1979-03
- 須藤昭二・大谷博彌・塚原初男:豪雪地帯森林の取り扱いに関する総合的研究-スギ人工林の雪害発生機構-平坦地におけるスギ幼齢林木の埋雪時倒伏の規則性が樹形に及ぼす影響。山形大学紀要:農学、Y-4-30:43-46、1979-03
- 大谷博爾・塚原初男・須藤昭二:豪雪地帯森林の取り扱いに関する総合的研究-スギ人工林の雪害発生機構-豪雪緩・急斜地におけるスギ人工林雪害木の最多発期について、山形大学紀要:農学、Y-4-30:47-52, 1979-03
- 北村昌美・今永正明:豪雪地帯森林の取り扱いに関する総合的研究-スギ人工林の雪害発生機構-豪雪地スギ 幼齢林の雪害と微地形の関係. 山形大学紀要:農学、Y-4-30:53-60, 1979-03

- 北村昌美・今永正明:豪雪地帯森林の取り扱いに関する総合的研究-スギ人工林の雪害発生機構-豪雪地スギ 幼齢林の雪害発生経過に関する-考察.山形大学紀要:農学、Y-4-30:61-72、1979-03
- 和田茂彦・吉村健次郎・山本俊明・酒井徹朗・柴田信明:豪雪地帯森林の取り扱いに関する総合的研究-スギ 人工林の育林・施業技術-スギ林における雪起しの効果について、山形大学紀要:農学、Y-4-30: 85-96、1979-03
- 大谷博彌・塚原初男・須藤昭二:豪雪地帯森林の取り扱いに関する総合的研究-スギ人工林の育林・施業技術-スギの斜植・帯状保 植栽 階段植栽について、山形大学紀要:農学、Y-4-30:97-100、1979-03
- 須藤昭二・塚原初男・大谷博彌:豪雪地帯森林の取り扱いに関する総合的研究-スギ人工林の育林・施業技術-保残木下に植栽されたスギ造林木の初期生長。山形大学紀要:農学,Y-4-30:107-114,1979-03
- 塚原初男・須藤昭二・大谷博彌:豪雪地帯森林の取り扱いに関する総合的研究-スギ人工林の育林・施業技術-積雪コンデイショニングについて、山形大学紀要:農学、Y-4-30:115-120,1979-03
- 今永正明・北村昌美・保坂良悦:豪雪地帯森林の取り扱いに関する総合的研究-スギ人工林の育林・施業技術-月山周辺におけるスギ人工林の成林成果。山形大学紀要:農学、Y-4-30:121-140,1979-03
- 遠藤保治:カラマツ人工林の列状間伐と雪害.北方林業,31(12):314-317,1979-12
- 吹浦忠充・花田真:豪雪地帯における若齢スギ人工林の雪害状況等について、秋田営林局研究発表会論文集,昭和54年:100-105,1980
- 松原欣寿:人工林豪湿雪被害地からのレポート—豪湿雪災害 阿武隈山地を襲う—. 林政, 25:25-29, 1981-04
- 石井弘・片桐成夫・三宅登:昭和53年1月異常降雪によって冠雪害をうけたスギ人工林の解析 II. 列状植栽林での連鎖状被害. 島根大学農学部研究報告, 15:47-50, 1981-12
- 石井弘・片桐・三宅・赤塚:小地域内のスギ人工林における冠雪被害分布. 日本林学会誌, 63(12):451-457, 1981-12
- 上野直之:56豪雪によって冠雪害をうけたスギ肥培人工林の解析.日本林学会中部支部大会講演集,30:217-226,1982-03
- 大坂洋二:56豪雪によるスギ人工林の雪害について、函館営林支局業務研究論文集,27:39-53,1982-08
- 斉藤政秀: 幼令カラマッ人工林雪害の復元についての一考察. 北見営林支局業務研究発表集録, 27:97-102, 1982-10
- 石井弘・片桐成夫・三宅登:昭和53年1月異常降雪によって冠雪害をうけたスギ人工林の解析Ⅲ. 林分内被害の特徴-. 島根大学農学部研究報告, 16:65-72, 1982-12
- 野表昌夫: '56豪雪によるスギ人工林の被害の特徴.新潟県林業試験場研究報告,25:1-23,1982-12
- 佐藤啓祐:鶴岡市のスギ人工林に発生した冠雪害に関する二、三の考察. 山形県立林業試験場研究報告, 13: 1-18, 1983-03
- 石井弘・片桐成夫・三宅登:最も軽度な冠雪害をうけたスギ人工林における被害の特徴.日本林学会誌,65(8):288-293,1983-08
- 松田正宏:スギ人工林の冠雪害. 森林と肥培, 117:5-11, 1983-09
- 今永正明・保坂良悦:豪雪地スギ人工林の成林にかかわる地形要因の解析。日本林学会大会発表論文集,94:711-712,1983-10
- 石井弘・片桐成夫・三宅登:冠雪害をうけたスギ人工林の直径分布,形状比分布と被害の関係. 日本林学会誌, 65 (10) : 366 371, 1983 10
- 田中誠・今野清:カラマツ人工林の湿雪害についての一考察.北見営林支局業務研究発表集録,28:50-56,1983-12
- 中島勇二・新井田利光:アカエゾマツ人工林の雪害について、林業技術研究発表大会論文集/北海道林業普及協会、昭和57年度:172-173、1983-12
- 中尾嘉治:森林生産力の維持向上に関する研究-人工林雪害の育林的防除技術の確立に関する基礎調査 ① - . 京都府林業試験場業務年報,昭和58年度:14,不明
- 山口・・中垣・:人工林雪害の育林的防除技術の確立に関する基礎調査. 岐阜県寒冷地林業試験場業務報告, 昭和58年度: 21-22, 1984-07
- 平川・・滝田・:人工林雪害の育林的防除技術の確立に関する基礎調査- (1) 積雪環境調査-. 林業試験場報告/福島県林業試験場,16:44-45,1984-09
- 浅利和栄:人工林雪害の育林的防除技術の確立に関する基礎調査. 秋田県林業センター業務報告, 昭和58年度:57-67, 1984-09
- 植谷俊治:人工林雪害の育林的防除技術の確立に関する基礎的調査. 滋賀県森林センター業務報告書,17:10-30,1984-11
- 保坂良悦・遠藤文子・北村昌美:豪雪地帯におけるスギ人工林の成林成果に関する研究-山形大学演習林の成果について-. 日本林学会東北支部会誌,36:26-28,1984-12
- 松田正宏:人工林雪害の育林的防除技術の確立に関する基礎調査(I). 福井県総合グリーンセンター林業試験 部報告, 22:11, 1984-12
- 矢野進治:兵庫県下における人工林の雪害防除に関する研究(I)-降積雪地帯における育林作業についてのアンケート調査結果-. 兵庫県立林業試験場研究報告,28:11-29,1985-02

- 金澤博文・高崎広・岸本淳三・中元慧: 豪湿雪地帯での間伐とトドマツ人工林の天然更新について. 北海道営 林局業務研究発表集録. 昭和59年度:57-61,1985-02
- 浅利和栄:人工林雪害の育林的防除技術の確立に関する基礎調査. 秋田県林業センター業務報告, 昭和59年度:75-95, 1985-05
- 水谷・中垣:人工林雪害の育林的防除技術の確立に関する基礎調査. 岐阜県寒冷地林業試験場業務報告, 昭和59年度:21,1985-07
- 橋場一行:寡雪地帯(厚岸町) におけるトドマツ人工林の成績. 林業技術研究発表大会論文集/北海道林業普及協会, 昭和59年度:60-61, 1985-07
- 中尾嘉治:森林生産力の維持向上に関する研究-人工林雪害の育林的防除技術の確立に関する基礎調査 [II] -. 京都府林業試験場業務年報,昭和59年度:12-13,1985-08
- 平川・富樫・渡辺:人工林雪害の育林的防除技術の確立に関する基礎調査. 林業 試験場報告/福島県林業 試験場、17:31-37, 1985-09
- 植谷俊治:人工林雪害の育林的防除技術の確立に関する基礎調査 (2). 滋賀県森林センター業務報告書, 18: 10-15, 1985-11
- 函館営林支局:スギ人工林の雪害と野ねずみの害. 北方林業, 442:18-22, 1986-01
- 野表昌夫:豪多雪地帯の造林技術 (VIII) スギ人工林の林分密度と雪害 . 新潟県林業試験場研究報告, 28:25-34.1986-02
- 松田正宏・福井県総合グリーンセンター林務課普及係:人工林雪害の育林的防除技術の確立に関する基礎調査 (Ⅱ). 福井県総合グリーンセンター林業試験部報告,23:13-19,1986-02
- 松田正宏:昭和59年12月末異常降雪によるスギ人工林の冠雪害. 日本林学会中部支部大会講演集, 34:33-36, 1986-03
- 大石康彦: スギ人工林における野ネズミの害-積雪期間の林木の状態と被害発生-. 森林保護, 193: 22-24, 1986-06
- 水谷和人・中垣勇三:人工林雪害の育林的防除技術の確立に関する基礎調査. 岐阜県寒冷地林業試験場業務報告,昭和60年度:7-15,1986-07
- 平川昇・富樫誠・滝田利満:人工林雪害の育林的防除技術の確立に関する基礎調査. 福島県林業試験場研究報告, 19:131-184, 1986-11
- 堀田庸・真下育久・中尾辰雄・新谷安則・長友忠行:1984年1月に熊本県下で発生した冠雪害について. 森林立地, 28(2):19-28, 1986-12
- 青柳幹夫:東京都における人工林冠雪害の実態と復旧計画、日本林学会関東支部大会発表論文集,38:314-316,1986-12
- 勝又敏彦・柳原昊・梅田久男:積雪寒冷地方におけるヒノキ人工林育成技術に関する研究. 宮城県林業試験場業務報告,20:22-23,1987-08
- 石田清・杉浦孝蔵・清水正明:多雪地帯におけるヒノキ人工林の造成に関する研究(Ⅱ) 小松市森林組合管内のヒノキ人工林の生育状況-. 日本林学会大会発表論文集,98:329-331,1987-10
- 杉浦孝蔵・石田清・清水正明:多雪地帯におけるヒノキ人工林の造成に関する研究(I) 小松市森林組合管内のヒノキ人工林の現況 . 日本林学会大会発表論文集,98:325-327,1987-10
- 小野寺弘道・大原偉樹・栗田稔美・片岡健次郎・森麻須夫:異常降雪によって冠雪害を受けたアカマツ人工林の解析(Ⅱ)-個体の大きさと被害-. 日本林学会東北支部会誌,39:103-105,1987-12
- 小野寺弘道・大原偉樹・栗田稔美・片岡健次郎・森麻須夫:異常降雪によって冠雪害を受けたアカマツ人工林の解析 (I) 林分構造と被害 -. 日本林学会東北支部会誌,39:100-102,1987-12
- 矢田豊・石田清・杉浦孝蔵・清水正明:多雪地帯におけるヒノキ人工林の造成に関する研究(IV) 漏脂症激 害木の樹幹解析 . 日本林学会大会発表論文集,99:535-536,1988-10
- 矢田豊・石田清・杉浦孝蔵・清水正明:多雪地帯におけるヒノキ人工林の造成に関する研究(Ⅲ) -漏脂症の発生状況-、日本林学会大会発表論文集,99:533-534,1988-10
- 杉浦孝蔵・清水正明・石田清・矢田豊:多雪地帯におけるヒノキ人工林の造成に関する研究(V)-ヒノキ林の施業と経済性-.日本林学会大会発表論文集,99:87-88,1988-10
- 小野寺弘道・大原偉樹・栗田稔美・森麻須夫: 異常降雪によって冠雪害を受けたアカマツ人工林の解析 (Ⅲ) -立木配置および降雪条件と被害-. 日本林学会東北支部会誌, 40:143-144, 1988-12
- 山田 巳弘:岩見沢営林署管内におけるアカエゾマツ人工林の現況と考察. 北海道営林局業務研究発表集録,昭和63年度:65-70,1989-02
- 石橋秀弘:強風下のスギ人工林の冠雪害. 雪氷, 51 (2) :91-99, 1989-06
- 佐藤啓祐・小野瀬浩司:スギ人工林内外の積雪 (I) 林内と林外の積雪深-. 日本林学会東北支部会誌, 41:96-99, 1989-12
- 保坂良悦・塚原初男・上野清隆・佐藤八重治・阿部新一・上野斉:豪雪急傾斜地に植栽された5年生ブナノキの成長. 日本林学会東北支部会誌,41:100-102,1989-12
- 小谷二郎・矢田豊:多雪地帯におけるミズメ人工林の林分構造. 日本林学会中部支部大会講演集, 39:89-92, 1991-03
- 鈴木雄大・野堀嘉裕・高橋教夫:山形大学演習林スギ人工林における雪害について 樹幹解析による成長経過の検討 . 日本林学会東北支部会誌, 47:123-124, 1995-12
- 今田秀樹:多雪地帯におけるアカエゾマツ人工林の雪害状況。北方林業, 561:275-278, 1995-12

- 猪瀬光雄:人工林施業の現状と今後の展望 (3) ヨーロッパトウヒの高齢人工林の取扱い-. 北方林業, 576:57-60, 1997-03
- 高原尚人・斎藤寛・橋本正伸:冷温帯地域における広葉樹林施業技術の確立 (1) 広葉樹林の成林要因および成林阻害要因の解明 (2) 被害実態の把握(ブナ・トチノキ人工林) 福島林業試験場報告,29: 12-13,1997-10
- 川上誠一・三浦恒雄・後長正行・森山勲・寺田和雄・山下多聞:スギおよびヒノキ人工林における雪害に関する研究(Ⅲ) -林木のサイズおよび成立位置が雪圧害に及ぼす影響-.島根大学生物資源科学部研究報告, 2:41-46,1997-12
- 横井秀一・水谷嘉宏・横谷祐治・山口清:多雪地域に植栽された広葉樹8種が植栽後7年間に受けた諸被害. 岐阜県森林科学研究所研究報告,28:1-8,1999-03
- 小谷二郎:冠雪害を受けたスギ人工林内での9種落葉広葉樹の侵入様式 (英文). 森林立地, 41 (1) :1-6, 1999-06
- 前田雄一:鳥取県における最深積雪深分布とスギ人工林の成績について.鳥取県林業試験場研究報告,37:9-24,1999-06
- 横井秀一・山口清:積雪地帯におけるスギ人工林の成林に影響する立地要因. 日本林学会誌,82(1):15-19,2000-02
- 川村かの子・國崎貴嗣:岩手大学御明神演習林におけるスギ人工林の林地生産力と地形因子との関係. 岩手大学農学部演習林報告, 31:111-119, 2000-03
- 渡辺聡: 特集: 20世紀の森林・林業 (V) 保育 地域における保育事業 岐阜県における保育に対するこれまで の取り組み、林業技術、699: 18-19、2000-06
- 小谷二郎:ケヤキ人工林の林分材積表の作成. 石川県林業試験場研究報告, 2(1):8-13, 2001-03
- 嘉戸昭夫:スギ人工林における冠雪害抵抗性の推定とその応用に関する研究. 富山県林業技術センター研究報告, 14:1-77, 2001-03
- 藤嶋文博・安江清文:豪湿雪地帯のスギ人工林漸伐箇所における伐採と更新の問題点.中部森林管理局名古屋 分局業務研究発表集,10:8-10,不明
- 松田正宏:スギ人工林の冠雪害発生機構に関する研究.福井県総合グリーンセンター林業試験部報告,8:1-78,不明

次に、多雪地における天然更新樹種として「ブナ」に着目し、キーワードを「ブナ」and 「天然更新」として検索を行った。その結果は表 - 1.3に示すように180件がヒットした。これらの文献で調査対象となった林分はほとんどの箇所でブナ原生林の伐採跡地であり、伐採後の天然更新の経過を示したものである。1990年代以降になるとブナ結実予測の報告が多くみられるようになり、豊作年に併せた天然更新のための地拵え技術が確立されるようになってきた点が注目される。

表 - 1.3 「ブナ」and「天然更新」による検索結果

森本城生:ブナの天然更新技術の現状. 林業技術, 432:12-17, 1978-3

小野木良朗:ブナ天然更新を考える. みどり, 32(3) :19-20, 1980-3

戸田清佐・山口清: ブナ天然更新試験(県単)(昭和45--54-, 最終-) 岐阜県寒冷地林業試験場業務報告, 昭和54年: 1-3, 1980-6

倉田益二郎・山寺喜成:ブナ林天然更新技術の共同研究を-特にブナの発芽,生育に関する実験に関して-林業技術,461:40-42,1980-8

伊藤由美: 渋黒沢ブナ林50%伐採実験林の天然更新. 蒼林, 31(4) : 4-8, 1980-9

大西満信・高橋政治:天然林施業法(上部ブナ帯の天然更新法) 前橋営林局業務研究発表集,25:54-61,1981-8

野口光紀・嶌田康之: ブナの天然更新について―ブナ種子の落下量と「かき起し」施業地の状況―. 林業技術研究発表大会論文集/北海道林業普及協会,昭和56年:83-84,1982-10

高橋政昭・袖口功・松原稔:ブナ林の天然更新、(種子の飛散と落下量) 前橋営林局業務研究発表集,26: 123-129,1982-12

古井繁男・新家孝之:ブナ天然更新試験(中間報告)名古屋営林支局業務研究発表集,昭和57年度:111-119,1983-3

- 山口清・中垣勇三:万波山林におけるブナ天然更新に関する試験. 岐阜県寒冷地林業試験場研究報告, 6:1-24, 1983-3
- 山田和夫:養成研修専攻科第22期 課題研究成果報告書要旨集 ブナ林施業のあり方 天然更新を成功させるために . 林野庁林業講習所, R 4 445: 340 355, 1984 1
- 角田行雄:ブナ天然更新施業の考察について. 兩館営林支局業務研究論文集, 29:42-54, 1984-3
- 菊地捷治郎: きわめて密なブナ天然林の弱度林冠伐りすかしに関する天然更新論的研究(I) 精密調査区における稚樹の発生 生存の経過 . 山形大学紀要: 農学, 9(4) : 1-36, 1985-1
- 前田禎三・宮川清・谷本丈夫:新潟県五味沢におけるブナ林の植生と跡地更新-スギ造林地の成績とブナの天然更新の提案-. 林業試験場研究報告,333:123-171,1985-3
- 市村一男・三澤和人・岩屋政昭・関谷弘光・大塚一郎:ブナ天然更新に関する一考察(中間報告) 種子豊作年に関連して-. 長野営林局業務研究発表集,昭和59年度:55-58,1985-3
- 柳谷新一・金豊太郎: ブナの天然更新地における林床植生の繁茂とブナ稚樹の成長 落葉低木植相ブナ林について-. 日本林学会大会発表論文集,96:355-358,1985-10
- 佐藤 雅男・五十嵐哲郎・田中正治:ブナ天然更新地の保育、業務研究発表集/秋田営林局,昭和59年度:136-141、1985-12
- 橋詰義治・北川秀治:スギの天然更新の可能性と実態調査. 大阪営林局業務研究発表集録, 昭和60年度:38-43, 1986-1
- 田中信行:ブナ・アオモリトドマツ混交林の構造と更新. 東京大学農学部演習林報告,75:141-197,1986-
- 鈴木和次郎:ブナ林における天然更新施業の検討-奥只見地域の事例調査から-. 林業試験場研究報告, 337:157-174,1986-3
- 酒井孝喜・坪谷三佳・岡村起一: ブナ皆伐天然更新の刈払方法別稚樹の消長及び伸長調査. 前橋営林局業務研究発表集,30:10-13,1986-3
- 坪谷三佳・岡村起一: 伐採前地 拵(ササの薬剤処理) による天然更新箇所の現況調査について. 前橋営林局業務研究発表集,30:14-19,1986-3
- 本郷浩二: ブナ林の構造と択伐天然更新について、青森営林局業務研究発表集録、38:10-17、1986-3
- 前田禎三: ブナの天然更新について、林業試験場場報、264:2-4、1986-7
- 中垣勇三: 広葉樹林の育成 天然林施業の試験例と施業技術 . 山林, 1228: 38-45, 1986-9
- 蜂屋欣二・大角泰夫・谷本丈夫・林敬太・尾方信夫: 広葉樹林の育成法. わかりやすい林業研究解説シリーズ, 82:1-87, 1986-9
- 鈴木和次郎:上部ブナ帯における天然更新施業とその成績 奥鬼怒地域の事例調査から . 日本林学会大会発表論文集,97:309-311,1986-10
- 紙谷智彦:豪雪地帯におけるブナ二次林の再生過程に関する研究(Ⅲ) 平均胸高直径の異なるブナ二次林6 林福舜おける種子生産-. 日本林学会誌,68(11):447-453,1986-11
- 大住克博・桜井尚武: 帯状皆伐地に成立したブナ幼齢林の構造. 日本林学会東北支部会誌, 38:123-125, 1986-12
- 前田禎三:ブナの天然更新について(I) 林経協報,305:20-26,1987-2
- 田中信行:ブナ・アオモリトドマツ混交林の更新に関与する環境要因.東京大学農学部演習林報告,76:197-212,1987-2
- 村木義昭・石川洵:わが署におけるブナ天然更新の定着について-除伐試験地設定から12-後の経過報告-青森営林局業務研究発表集録,39:20-22,1987-3
- 猪内正雄:ブナ天然下種更新におけるトラクタ集材の地表かく乱効果。岩手大学農学部演習林報告,18:1-7, 1987-3
- 前田禎三:ブナの天然更新について(Ⅱ) 林経協報,306:16-25,1987-3
- 田坂仁志・大濱光雄・菊地敏男:我が署の天然更新について. 前橋営林局業務研究発表集, 31:16-19, 1987-3
- 奥津七郎・太田正敏・鈴木博:奥羽山系におけるブナ天然下種更新について.青森営林局業務研究発表集録,39:30-34,1987-3
- 杣沢満浩・奈良豊・中谷忠造:三戸署における天然林施業の実行結果について. 青森営林局業務研究発表集録, 39:1-5, 1987-3
- 大津正史・斉藤常栄:二岐山国有林の天然更新について、前橋営林局業務研究発表集,31:10-15,1987-3
- 前田禎三:ブナの天然更新について(III) ブナの天然更新を成功させるために . 林経協報, 307:18–25, 1987–4
- 山本勝則・山口和久・菊地健: ブナ林施業について 施業別更新状況と今後の取扱い . 林業技術研究発表大会論文集/北海道林業普及協会, 昭和61年度: 16-17, 1987-6
- 小倉勝弘: ブナ林施業について-ブナ林における火入れ実施と更新状況-. 林業技術研究発表大会論文集/北海道林業普及協会,昭和61年度:15,1987-6
- 山口和久: ブナ林施業について-林内における和種馬の放牧と天然更新-. 林業技術研究発表大会論文集/北海道林業普及協会,昭和61年度:14,1987-6
- 法島直人: ブナ天然更新試験地の調査結果について. 林業技術研究発表大会論文集/北海道林業普及協会, 昭和61年度: 76-77, 1987-6

- 佐野真・中塚智之: ブナ天I施業地における更新状況について. 函館営林支局業務研究論文集, 32:10-20, 1987-8
- 佐々木規矩郎・橋本裕彰: 根曲竹採取跡地の天I施業. 兩館営林支局業務研究論文集, 32:60-63, 1987-8 山越隆: ブナ地帯天然林施業指標林の現在と今後. スリーエム・マガジン, 317:13-16, 1987-8
- 秋田営林局技術開発室:ブナ施業指標林の経過と現況. スリーエム・マガジン, 319:9-13, 1987-10
- 柳谷新一・金豊太郎・高木勇吉:ブナの天然更新地における林床植生の繁茂とブナ稚樹の成長-ササ植相ブナ 林について-. 日本林学会東北支部会誌,39:106-108,1987-12
- 大金永治・菅野高穂・氏家雅男・工藤弘・佐藤卓也: ブナ林の施業に関する基礎的研究-松前地方におけるブナ林の分析-、北海道大学農学部演習林研究報告,45(1):1-59,1988-1
- 加藤宏之:ブナを主体とする天然更新について. 大阪営林局業務研究発表集録,昭和62年度:46-50,1988-
- 高島賢二郎・奈良喜夫・鈴木博:わが署のブナ天然更新について.青森営林局業務研究発表集録、40:13-16, 1988-3
- 加賀美和美・中村幹男: ブナ天然更新の追跡調査について. 前橋営林局業務研究発表集, 32:34-40, 1988-3
- 角田高信・阿部弐夫・宮川正文:水上管内におけるブナ天然林施業の追跡調査について. 前橋営林局業務研究 発表集,32:1-5,1988-3
- 小椋正波・穴沢千里:ブナ天然更新地の概況.前橋営林局業務研究発表集,32:25-26,1988-3
- 大倉弘二・昆慶一:トラクタによる天然更新地のササ処理について. 青森営林局業務研究発表集録, 40:33-35, 1988-3
- 前田禎三:ブナの更新特性と天然更新技術に関する研究. 宇都宮大学農学部学術報告特集, 46:1-79, 1988-3
- 伊藤 彊・越田一明・菊池義弘・晴山澄男・藤原寛・和山二三吉: 天然林施業の現地 定着について。 青森営林局業務研究発表集録、40:9-12 1988-3
- 山本進一:森の世代交代-森林の更新をみる-. 自然保護, 311:17-19, 1988-4
- Nakashizuka · Tohru : Regeneration of Beech (Fagus crenata) after the Simultaneous Death of Undergrowing Dwarf Bamboo (Sasa Kurilensis) Ecological research, 3(1) : 21-35, 1988-4
- 眞田公一: 「荘川広葉樹総合試験林」研究会. みどり, 321:68-73, 1988-7
- 市村一男・関谷弘光・古畑輝雄: ブナの天然更新について. 長野営林局業務研究発表集, 昭和62年度:1-5, 1988-7
- 鎌田直人: ブナアオシャチホコとブナ林の昆虫. 林業試験場東北支場たより, 319:1-4, 1988-7
- 吉沢由雄・田上泰:ブナ天然更新に関する考察. 長野営林局業務研究発表集, 昭和62年度:6-11, 1988-7
- Ohkubo·Tatsuhiro·Kaji·Mikio·Hamaya·Toshio:Structure of Primary Japanese Beech (Fagus japonica Maxim.) Forests in the Chichibu Mountains, Central (以下略) Ecological research, 3(2): 101-116, 1988-8
- 佐々木貞栄: ブナ天然林の施業方法について(天I 母樹保残施業) 函館営林支局業務研究論文集, 33:19-22, 1988-9
- 高橋教夫・小関秀章・北村昌美:ブナ林の樹冠投影図作成について、日本林学会大会発表論文集,99:117 118,1988-10
- 保坂良悦・塚原初男・森下直樹・小山浩之: ブナノキの株立ち. 日本林学会東北支部会誌, 40:130-131, 1988-12
- 丸山幸平・塚原雅美・紙谷智彦: ブナ林の生態学的研究 (37) -鳴海と日尊の倉ブナ天然林のギャップ更新について-. 新潟大学農学部演習林研究報告,22:13-33,1989-2
- 芝野伸策・渡邊定元:大平山地域におけるブナ林の階層構造. 日本林学会北海道支部講演集, 37:64-66, 1989-2
- 山田和夫:ブナ育成天然林施業について、日本林学会北海道支部講演集、37:61-63、1989-2
- 高島賢二郎:わが署のブナ天然更新について、青森営林局業務研究発表集録、41:27-30、1989-3
- 井上純:ブナ天I施業地の生育調査について. 函館営林支局業務研究発表集,34:6-9,1989-3
- 笠: ブナ林の択伐施業について. 函館営林支局業務研究発表集, 34:101-104, 1989-3
- 一谷清人・佐々木規矩郎・松本勝美:ブナ天然林施業指標林の設定について、 函館営林支局業務研究発表集, 34:72-76, 1989-3
- 水川正雄:原山本谷における天然林施業の現況について、名古屋営林支局業務研究発表集,昭和63年度:87-94,1989-3
- 津内口雄士・伊藤豪・石川孜: ブナ稚樹の発生・消長調査について、青森営林局業務研究発表集録、41:12-17, 1989-3
- 小林浩・森田隆浩・大和田達也・伊藤 伸一: ブナの天然更新について. 前橋営林局業務研究発表集, 33:5-7, 1989-3
- Yamamoto · Shinichi : Gap Dynamics in Climax Fagus crenata Forests. The Botanical magazine, Tokyo, 1065 : 93-114, 1989-3
- 片岡寛純: 広葉樹林の取扱い どこまでわかってきたか, これからの検討課題は その3 ブナ林. 林業技術, 565: 24-27, 1989-4

- 大久保達弘・丹羽玲・梶幹男・濱谷稔夫:秩父山地イヌブナ (Fagus japonica Maxim.) 天然林における堅果 落下量と実生の消長. 日本生態学会誌, 39(1) : 17-26, 1989-4
- 山田直文:ブナの天然更新について、青森営林局業務研究発表集録、42:1-4、1989-6
- 佐藤直治・伊藤喜悦・伊藤春光・田村光治:ブナ天然林の漸伐作業について.青森営林局業務研究発表集録, 42:22-28,1989-6
- 志田信一郎・中島和仁・板東恒雄: ブナ結実,天然更新 ブナ天然更新の実態例. 業務研究発表集/秋田営林局,昭和63年度:34-41,1989-8
- 結城淳一・金晃弘・芦野睦朗:スギ人工林跡地からブナ林への誘導、業務研究発表集/秋田営林局、昭和63年度:95-101、1989-8
- 谷屋武紀・鈴木義春:ブナ天然更新地の保育.業務研究発表集/秋田営林局,昭和63年度:50-56,1989-8
- 野呂忠幸・片桐智夫・高橋教夫:ブナノキ二次林の成長経過(II)-保残帯隣接地に成立した幼齢林について-. 日本林学会大会発表論文集,100:127-128,1989-10
- 鈴木和次郎・中静透・前田禎三:茨城県南部地域における残存ブナ林の構造と更新、日本林学会大会発表論文 集、100:365-367、1989-10
- 谷本丈夫・前田雄一・横井秀一・樋口洋一:人工林内のブナ二次林の構造と成長経過, 日本林学会大会発表論 文集, 100:369-372, 1989-10
- 竹生脩二: ブナ林の施業, 北海道の林木育種, 32(1) :29-33, 1989-11
- 柳谷新一・金豊太郎: ブナ天然更新地における林床植生の刈払い回数とブナ稚樹の樹高成長 ササ植相ブナ林について-. 日本林学会東北支部会誌,41:128-130,1989-12
- 高橋教夫: ブナノキ二次林における稚樹の消失と成長について. 日本林学会東北支部会誌, 41:47-48, 1989-12
- 青森営林局技術開発室:八甲田ブナ施業指標林から、青森林友、378:35-43、1990-1
- Takik awa·Sadao: Studies on the Methods of Managing Natural Forests in Hokkaido. 北海道大学農学部紀要,64(2): 116-151,1990-1
- 加藤清・松井弘之・須田一:道有林松前経営区のブナ林施業(Ⅱ) 北方林業, 492:63-68, 1990-3
- 前田禎三:ブナの天然更新と生態遺伝. 北海道の林木育種, 32(2) :16-20, 1990-3
- 山越辰世・和田博之:原山本谷国有林における天然林施業の現況について、日本林学会中部支部大会講演集, 38:27-29,1990-3
- 日浦勉:ブナ林の林分構造の発達と生長量。日本林学会北海道支部講演集、38:82-84、1990-3
- 大久保達弘:イヌブナの萌芽特性と天然林の更新. 生物の科学:遺伝, 44(4) :66-72, 1990-4
- 水永博己:有用広葉樹の育成技術(Ⅱ)岡山県林業試験場業務-報,30:4-5,1990-5
- 横井秀一・山口清・清水匡:広葉樹林施業試験. 岐阜県寒冷地林業試験場業務報告, 平成元年度:4-7, 1990-5
- 山本進一: 生態学的に見たブナ林の更新機構 ギャップダイナミクス理論から . 林業技術, 579:7-10, 1990-6
- 小国敬篤・斉藤晃・深沢勲:「祭畤地区」のブナ二次林について、青森営林局業務研究発表集録,43:111-117,1990-6
- 鈴木和次郎・大住克博:花巻市毒ケ森地区のブナ林の植生と更新.森林立地,32(1):6-13,1990-6
- 岩渕敏人・尾野譲・岩井國彦・越田一明・櫻井和春:ブナ天然林施業の一考察. 青森営林局業務研究発表集録, 43:104-110, 1990-6
- 高橋正人・柳館恵一・石川洵: ブナ中小径木のぼう芽力について. 青森営林局業務研究発表集録, 43:91-99, 1990-6
- 岡村博史・馬場弘道:天然更新状況調査結果の分析について. 前橋営林局業務研究発表集,34:53-59,1990-6
- 鈴木博・中村林之輔:ブナ天然下種更新地における施業経過と成育調査について、青森営林局業務研究発表集録、43:100-103, 1990-6
- 原田光基・佐々木克芳: ブナ漸伐跡地の更新状況について. 長野営林局業務研究発表集, 平成元年度: 19-25, 1990-8
- 柳谷新一: ブナ天然更新補助作業の導入方法について. 森林総合研究所東北支所たより,346:1-3,1990-10
- 海老原満・鍛代邦夫・垂水秀樹・片岡寛純: 母樹保残法によって20-経過したブナ母樹の状況. 日本林学会大会発表論文集, 101: 415-416, 1990-10
- 前田禎三:ブナの更新特性と天然更新技術に関する研究. 日本林学会大会発表論文集, 101:5-8, 1990-10 柳谷新一・金豊太郎・高木勇吉:ブナ天然更新地における林床植生の刈払回数とブナ稚樹の樹高成長-落葉低木植相ブナ林について-. 日本林学会東北支部会誌, 42:101-103, 1990-12
- 小西明・高橋和規・鈴木和次郎: ブナ林の林床型と稚樹の消長について、日本林学会東北支部会誌,42:97-100,1990-12
- 田口弥吉:荘川署管内の天然林施業. みどり, 325:6-9, 1991-1
- 紙谷智彦・吉田俊也:林冠伐採に対するブナ稚樹の成長反応(英文)日本林学会誌,73(2):154-157, 1991-3
- 佐橋憲生:ブナの稚樹はどのようにして消えてしまうのか?.森林総合研究所東北支所たより,351:1-3,

1991 - 3

- 片岡保章・田村稔: ブナを主体とした広葉樹林の天然林施業について (第2報) 函館営林支局業務研究発表集, 36:107-114, 1991-5
- 高橋和己・山口辰郎: 大倉川流域におけるブナ天然林の施業について. 青森営林局業務研究発表集録, 44: 147-155, 1991-6
- 越田一明・土谷傳・小原和正:天然更新,バックホウ造林機械,ブナ,地表処理,かき起こし,林業機械 トラクタによる天然更新地のササ処理について(III) 青森営林局業務研究発表集録,44:135-138,1991-6
- 斎藤晃・小国敬篤:林地除草剤使用の天然林施業について、青森営林局業務研究発表集録,44:156-161,1991-6
- 伊東弘至・高橋和幸:スギ人工林跡地からブナ林への誘導。業務研究発表集/秋田営林局,平成3年度:9-13, 1991-7
- 高嶋正明・永瀬庄栄: ブナ天然更新について(種子豊作年に関連して)長野営林局業務研究発表集,平成2年度:15-21,1991-7
- 森山昌人・高橋守:ブナ天然林施業の概要について.業務研究発表集/秋田営林局,平成2年度:30-34, 1991-8
- 伊藤実信・斎藤修三・斎藤強: ブナを主とする天然林の保育作業法.業務研究発表集/秋田営林局,平成2年度: 35-39,1991-8
- 垂水秀樹・海老原満・鍛代邦夫・本江一郎・片岡寛純:ブナ,天然更新,天然下種 ブナ林の更新に関する研究 (XIII) - 胸高直径成長と結実開始の関係について - . 日本林学会大会発表論文集, 102:441 - 442, 1991-10
- 工藤弘・門松昌彦:高密度に発生したブナ稚苗の9-間の消長と成長の推移. 日本林学会大会発表論文集, 102:447-448, 1991-10
- 谷本丈夫: 広葉樹の社会経済学 (II) -8 ブナ林施業の変遷とその将来性-. 林業経済, 518:24-30, 1991-12
- 五十嵐毅:あの山はどうなった-10-苗場山ブナ天然更新試験地の今-. 林業技術,597:18-21,1991-12 筒井康司:ブナ,天然更新,種子,稚樹 ブナ稚樹の発生と消長(第1報)名古屋営林支局業務研究発表集,平成3年度:107-113,1992-1
- 藤井正好・鈴木正春:スギの天然更新について(第2報)大阪営林局業務研究発表集録,平成3年度:26-30, 1992-2
- 梶幹男・沢田晴雄・佐々木潔州・大村和也・大久保達弘: 秩父山地天然林の更新に関する基礎的研究I イヌブナ (Fagus japonica MAXIM.) 天然林における堅果落下量と実生の消長 . 東京大学農学部演習林報告, 87:129-157, 1992-6
- 松浦敏明・天井武雪・小野寺弘・佐々木智義:草本緑化した集材路に発生したブナの消長調査について. 青森 営林局業務研究発表集録,45:76-80,1992-6
- 高島賢二郎・天井武雪・小野寺弘・佐々木智義:わが署のブナの天然更新について.青森営林局業務研究発表 集録,45:54-59,1992-6
- 清水野輝夫・田村光男・木立孝司:ブナ二次林の生い立ち.青森営林局業務研究発表集録,45:41-46, 1992-6
- 石田仁: ブナ林内土捨て場に更新した高木性樹種の分布と伸長成長. 日本林学会誌, 74(4): 337-341, 1992-7
- 富樫仁栄・柴田規:笹生地におけるブナ天I施業更新補助作業試験について、前橋営林局業務研究発表集,36:25-34,1992-8
- 三村和男・山田健・鈴木晧史・佐々木尚三・花村健治・五十嵐毅・佐藤正男・山本忠司:天然下種更新とバックホウ造林機械(Ⅲ) 森総研式ササ掻起しリッパ1形,2形及びササ掻起し方法と作業性能 . 日本林学会大会発表論文集,103:709-712,1992-10
- 山田健・三村和男: 天然下種更新とバックホウ造林機械 (Ⅱ) 樹冠分布と稚樹の更新状況-. 日本林学会大会発表論文集,103:707-708,1992-10
- 谷本丈夫: 広葉樹施業の生態学. 日本林学会大会発表論文集, 103:1-4, 1992-10
- 工藤弘・門松昌彦:北限地帯のブナ二次林の成長と林分構造の変化. 日本林学会大会発表論文集, 103:367 369, 1992-10
- 紙谷智彦:豪雪ブナ林地帯における薪炭林再生過程に関する生態学的研究.新潟大学農学部紀要,30:1-108,1993-3
- 島野 光司・沖津進:東京郊外奥多摩,三頭山に分布するブナ・イヌブナ林の更新.日本生態学会誌,43(1): 13-19,1993-4
- 寺沢和彦: ブナにおける受粉と種子の稔性 母樹保残法による天然更新の成功率の向上に向けて . 北海道の 林木育種,36(1):11-15,1993-5
- 谷本丈夫: 萌芽によるブナの個体維持機構と立地環境. 森林立地, 35(1) : 42-49, 1993-6
- 小野 恭嗣・小倉勝弘: ブナ 材施業について (Ⅱ) 施業別の更新および生育状況について-. 林業技術研究発表大会論文集/北海道 林業普及協会,平成4年度: 92-93, 1993-7
- 弘田潤・紙谷智彦:天然下種更新施業後のブナ林における結実と堅果散布に与える母樹密度の影響. 日本林学会誌,75(4):313-320,1993-7

- 石川キョ子・渡辺登: 生保内ブナ天然林施業指標林の更新状態について. 業務研究発表集/秋田営林局, 平成4年度: 14-18, 1993-8
- 玉井重信・植木寿朗・久保田あゆみ・橋詰隼人:トラクタ,天然更新,ササ,稚樹,地拵え,地表処理,ブナ 大山地域 ブナ林におけるブナの堅果落下量と実生の消長の林分特性。日本林学会論文集,104:561-564,1993-10
- 林満・渡邉清: ブナ天然更新の一考察. 名古屋営林支局業務研究発表集. 平成5年度: 29-32, 1994-1
- 北本秀一:ブナの天然更新地における実態調査について、大阪営林局業務研究発表集録、平成5年度:28-35、1994-2
- 渡澤徹・林英樹・滝沢久壽:ブナ天然更新に関する一考察 豊作年における取組みと反省 . 長野営林局業務研究発表集,平成5年度:13-19,1994-7
- 五十嵐豊: ブナ種子の害虫ナナスジナミシャクの生態と加害. 森林防疫, 43(9) :172-176, 1994-9
- 酒井敦・櫻井尚武・飯田滋生・斎藤昌宏・中静透・柴田銃江:苗場山におけるブナの天然更新の状況 母樹除 去区と母樹保残区との比較 . 日本林学会論文集, 105:377-378, 1994-10
- 原田昌弘・山田昭仁:ブナ天然更新の推移からの考察.名古屋営林支局業務研究発表集,平成7年度:22-24, 1996-1
- 上倉眞一: 放牧牛によるブナ林の再生-カヤノ平における林業と畜産の共存-. 長野営林局業務研究発表集, 平成7年度: 125-132, 1996-7
- 八坂通泰・寺澤和彦:ブナの結実予測、光珠内季報、105:6-10, 1996-11
- 橋詰隼人・李廷鎬・山本福寿:大山・蒜山地域のブナ林における種子の落下数と実生の発生率について. 森林 応用研究, 6:63-66, 1997-3
- 寺澤和彦:ブナの種子生産特性とその天然林施業への応用に関する研究. 北海道林業試験場研究報告,34:1-58,1997-3
- 小山泰弘・岡田充弘・古川仁: 冷温帯地域における広葉樹林施業技術の確立. 長野県林業総合センター業務報告, 平成8年度: 24-25, 1997-3
- 泉光博・大畠栄・工藤正剛: ブナ天I施業地の生育状況調査について. 兩館営林支局業務研究発表集, 42:1-6, 1997-3
- 大住克博:林業技術という憂鬱. 森林総合研究所東北支所たより, 426:1-4, 1997-7
- Akashi·Nobuhiro: Dispersion pattern and mortality of seeds and seedlings of Fagus crenata Blume in a cool temperate forest in western Japan. 日本生態学会誌, 12(2) : 159-165, 1997-8
- 斎藤寛・今井辰雄・高原尚人:森林環境からみた広葉樹資源の保全に関する研究-(1)-(1) 広葉樹林伐採跡地の実態把握(ブナ天然下種-駒止調査地)-.福島林業試験場報告,29:6-7,1997-10
- 小山泰弘・古川仁:ブナ天然性稚樹の消長経過とその要因について、中部森林研究、46:117-118、1998-1
- 小山浩正・八坂通泰・今博計: ブナの豊凶予測は天然更新の成功に貢献したか?. 日本林学会北海道支部論文集,47:39-41,1999-2
- 小山浩正:ブナの天然更新方法について-豊凶予測と適正な母樹保残本数から考える-. 光珠内季報, 114:5-8, 1999-3
- 小山浩正: ブナの豊凶予測は天然更新の成功に貢献したか?. 林業技術研究発表論文集/北海道林業改良普及協会, 10:118-119, 1999-4
- 田中信行:森林の再生機構の解明による植生制御・更新技術の向上. 森林総合研究所 報, 10ネンド:82-83, 2000-1
- 小山浩正・八坂通泰・寺澤和彦・今博計:かき起こしのタイミングがブナ天然更新の成否に与える影響 豊凶 予測手法の導入の有効性 - . 日本林学会誌,82(1):39-43,2000-2
- 齋藤剛・末永薫: 天然林施業指標林の林況推移について. 業務研究発表集録/東北森林管理局青森分局, 11ネンド: 139-142, 2000-2
- 小山浩正・今博計・紀藤典夫: シーズナルギャップに対応したブナの更新について. 日本林学会北海道支部論文集, 48:48-50,2000-2
- 佐々木圭司・小山浩正: ブナの更新を狙ったかき起こし作業の実践について. 北海道森林管理局函館分局業務研究発表集,45:59-61,2000-3
- 谷本丈夫:特集:20世紀の森林・林業 (IV) 造林(2) 天然更新施業の流れ-ブナを中心として-. 林業技術, 697:18-21, 2000-4
- 澤田智志・正木隆:スギの長伐期施業林とブナ等広葉樹の天然更新地での議論から.森林科学/日本林学会会報,29:65-68,2000-6
- 寺澤和彦: ブナの更新技術の高度化に関する研究とその普及. 林業技術, 700: 46-47, 2000-7
- 佐々木圭司・小山浩正:ブナの豊凶を狙ったかき起こし作業の実践について、北方林業,53(7):7-9,2001-7
- 小山浩正・寺澤和彦・八坂 通泰: ブナの新しい更新技術(II) 2年後の凶作を予測する . 北方林業, 53(8): 8-12, 2001-8
- 小山浩正・八坂通泰・寺澤和彦・今博計: ブナの新しい更新技術(III) 豊凶予測は更新の成功に貢献したのか? . 北方林業, 53(9) : 9-13, 2001-9
- 今博計・小山浩正・寺澤和彦・八坂通泰・長坂有:ブナの新しい更新技術(V) 開花量を気象データで予測する-. 北方林業,53(12):11-14,2001-12

書誌事項をみる限り、伐採跡地が植林の対象となったものであることが類推できるものは極めて僅かであるが、植栽木の成長を上回るブナの成長に着目し、これを分析したものは少なくないと考えられる。調査対象地が伐採跡地における天然更新であるか人工林造成後であるかを問わず、多くの場合ブナの天然更新は良好であり、その後の成長についても否定的な見解は少ない。天然状態のブナ林が伐採された後に成立する二次林に関して、ブナの天然更新とその後の成長は良好であるとみることができる。

2. チシマザサーブナ群団分布の地理的特徴

現在ブナ(Fagus crenata)は日本の冷温帯の代表的な優占種であり、北海道黒松内低地から鹿児島県高隈山まで広く分布している(山中,1983)。最近の植生図(環境庁,1984,1986)でブナ林の分布域を見ると、中部地方以南ではブナ林は面的な広がりを有することはなく、他の植生と混生して分布していることがわかる。一方、東北地方に日を転ずると、チシマザサーブナ群団は主に日本海側では白神山地などの山地帯に、また中央部では奥羽脊梁山脈一帯などで面的な広がりをもって分布している(環境庁自然保護局編,1998:宮脇,1987)。

これまでにブナ林分布域と地形との関係を調べた研究としては、杉田(1988)による浅草 岳周辺の地形の異なる箇所での積雪とブナの成育の関係を調べたもの、松本(1988)による 温量指数を用いたブナを含む広葉樹 3 種の垂直分布を検討したものなどがある。これらの報告は現在のブナ林の分布や分布域の変遷について貴重な示唆を与える研究として特筆に価する。しかし、水平分布と垂直分布を一括して扱った研究は加藤ら(1976)などを指摘できるのみであり、特に地球環境の変動を前提とした視点からブナ林の分布をとらえた研究は戸丸(1996)を除けば例が少ない。最終氷期以後の地球温暖化に伴い、わが国のブナ林は約6000年前には現在とほぼ同じ分布域を確立し、さらに北上過程にあるといわれている(五十嵐、1994:戸丸、1996)。日本での標高に伴う気温の減率は、標高100m当り約0.6℃で、水平方向では距離100km当り0.5℃と言われており(太田ほか、1996)、この気温減率との関係で植物の水平分布と垂直分布が論じられている。詳しくは後述するが、緯度方向に約100kmの距離がある奥羽山脈の十和田湖周辺、和賀岳、船形山のブナ林分布域を植生図で概観すると、気温減率に伴ってその分布標高帯が下降しているようである。しかし太平洋側や日本海側のブナ林については説明しきれない部分がある。

このような分布域の変化は主に気温の変化によるもので、その影響が日本においては経緯 度および標高による変化として現れると考えた。そこで本調査では面的な広がりをもったブ ナ林としてチシマザサーブナ群団を取り上げ、その分布域の全体を対象として経緯度及び標 高の違いによる成育地の現況について、分布上限面と下限面から調べることを目的とした。

2.1. 材料と方法

本調査で用いた植生データは、環境庁自然保護局による「自然環境情報GIS」の植生図である。このデータは、動物の分布、河川、湖沼、植生、海岸などについて全国都道府県ごとにおおむね5年おきに行われる「自然環境保全基礎調査」の結果に属性を加えてデジタル形式でCD-ROMに収録したものである。今回用いた植生図は、第3回調査のもので、1987年当時の現存植生図である。植生情報は群落ごとにポリゴンで示され、各ポリゴンには属性情報として面積、集約群落名、植生自然度などが入っている。本調査で解析対象としたのは、ブナを含む群落分類の中で最も植生自然度が高く、ブナが優占していると解釈できる集約群落名でいう「チシマザサーブナ群団」である。なお、集約群落名を解析対象としたのは、群落の定義が県ごとの調査者によって見解が異なっていることを考慮し、全国的に統一基準と

して定められたものだからである。また、特に断らない限り本文中のブナ林はチシマザサーブナ群団を指す。地形データとして用いたのは、国土地理院発行の「数値地図50mメッシュ(標高)」である。1/25000地形図から、縦横50mごとに標高を読みとったものであり、1ファイル当たり(1/25000地形図と同じ範囲)200×200データ点があり、CD-ROMで市販されている。

解析対象は植生図が経緯度線で区切られていることを考慮し、経度15分、緯度10分で区切られた図葉においてブナ林が多くの面積を占め、経緯度方向の面からみてできるだけ広範囲にとれるように選んだ。以上の基準から、今回解析対象地として選んだのは、北から、狩場山地周辺・横津岳周辺・大千軒岳周辺・白神山地周辺・十和田湖周辺・和賀岳周辺・青松葉山周辺・朝日山地周辺・船形山周辺・飯豊山地周辺・桧枝岐周辺・妙高山周辺・両白山地周辺の計13ヶ所である(図-2.1)。

解析の方法として、はじめに解析対

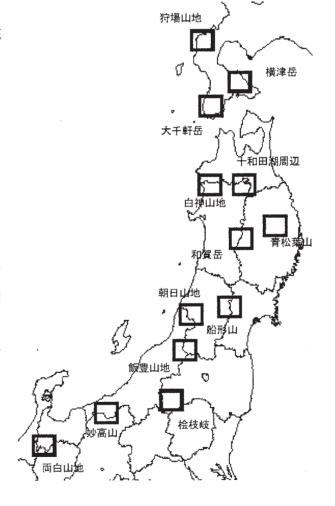


図 - 2.1 対象地位置図

象の図葉ごとにCD-ROMに収録されている植生図から「チシマザサーブナ群団」のみを取り出し新たなテーマとして作成した。一方、地形情報を得るための数値地図は、植生図データと同じ範囲になるように結合し、シェイプファイルに変換した。さらに、植生図に合わせて座標系をUTM座標系に変換した後、約55m間隔のグリッド図に変換した。その後、この標高グリッド図と植生図の重ね合わせ解析によってブナ林成育地の地形情報を得ることとした。これらの解析にはESRI社製ArcView3.2を用いた。

2.2. ブナ林の成育範囲

1)ブナ林成育域の標高

図-2.2に各山地を含む図葉の標高範囲とブナ林が出現する標高の範囲を示す。また、表 1に各山地におけるブナ林の分布面積が最多となる標高クラスおよび面積占有率が最多とな る標高クラスを示す。なお、解析するにあたって、標高を100mごとに区切って1クラスと し、標高の解析単位とした。この表から、北海道地方(狩場山地、横津岳、大千軒岳)では、 山地の地形に対して比較的低標高域を中心にブナ林が分布していることがわかった。渡邊 (1994) によれば、北海道では森林限界が比較的低く、そのため低標高にブナ林の分布域が 偏っていると指摘されているが、本研究の結果でも同様の解釈が考えられた。

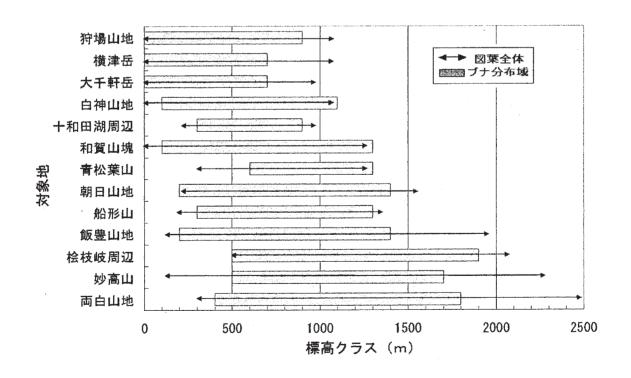


図 - 2.2 各地のブナ分布標高帯

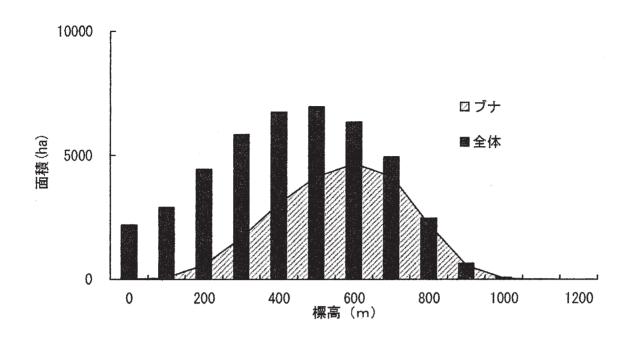


図 - 2.3 白神山地標高分布

これとは逆に、東北地方では、山地の地形に対して比較的高標高域を中心にブナ林が分布していることがわかった。東北地方でもブナ林分布域の典型といえる白神山地の標高別ブナ林分布域を図-2.3に示す。この図では横軸が標高クラスで縦軸が各標高クラスの面積を示しているが、ブナ林は標高100mから1100mに分布しており、図葉の中で高標高地に偏って分布していることがわかった。この傾向は杉田(1988)の報告に類似するものと考えられる。一方、東北地方以南では図葉の範囲内では山地の地形に対して比較的低標高域にブナ林が分布していることがわかった。これは山地の標高が高いため相対的に低標高域に分布しているようにみえるのであり、現実の分布は高標高域にあると理解することができた。

次に、ブナ林分布域の標高範囲を緯度経度との関連で考察してみよう。図 - 2.2および表 - 2.1より、緯度方向では、緯度が大きくなるにつれて最多分布標高クラスが低くなっていること、経度方向では、経度が大きくなるにつれて最多分布標高クラスが高くなっていることがわかった。一般的に、多雪環境では植物の成育は困難だが、ブナ林は他の植物に比べて積雪環境での成育に適応しているといわれている。このことは冬季の積雪量が多いとブナ以外の樹種には不利であり、ブナが優占しやすい環境となることを意味するが、低標高から雪が多い東北地方の日本海沿岸ではブナ林分布標高域も低標高から高標高まで広い範囲となることが予想される。また、東北地方では、緯度方向では北に向かうにつれて、経度方向では西に向かうにつれて積雪量が増えるなど経緯度の差による気象条件の違いがブナ林分布の標高域に差の出る原因と考えられる。

表 - 2.1 各地の標高と面積占有率の最多分布標高クラス (m)

対象山地	北緯	東経	標高分布ピーク	面積占有率ピーク
狩場山地	42. 58	140. 13	500	600
横津岳周辺	41.92	140.88	300	400
大千軒岳周辺	41.58	140.09	300	300
白神山地	40.42	140.06	600	800
十和田湖周辺	40.42	140.88	600	800
和賀岳	39. 58	140.75	700	800
青松葉山	39. 75	141.50	1000	1200
朝日山地	38. 42	139.88	900	1000
船形山	38. 42	140, 63	900	1100
飯豊山地	37. 92	139: 63	400	400
桧枝岐周辺	37.08	139. 38	1100	1300
妙高山	36.92	138. 13	1400	1400
両白山地	36. 25	136. 88	1000	1100

表 - 2.2 各地の面積占有率50%以上の下限・上限標高クラス(m)

対象山地	東経	北緯	下限	上限
 狩場	140. 13	42. 58	10	720
渡島	140.09	41.58	120	650
横津	140.88	41.92	370	600
白神山地	140.06	40.42	480	1060
十和田湖周辺	140.88	40.42	680	950
和賀山塊	140. 75	39. 58	570	1120
青松葉山	141. 50	39. 75	1195	1195
朝日山地	139.88	38. 42	610	1170
船形山	140.63	38. 42	800	1290
飯豊山地	139.63	37.92		
桧枝岐周辺	139, 38	37.08	890	1600
妙高山周辺	138. 13	36. 92	1430	1590
両白山地	136. 88	36, 25	830	1570

注; 飯豊山地では占有率50%を越えるところはなかった

2) ブナ林分布域の限界標高の解析

ここまでの解析の結果より、北海道を除けばどの地域でもブナ林は概ね高標高地に偏って成育していること、緯度の違いについては南になるにつれてブナ林の分布標高が高いこと、また経度の違いについては、日本海から東進するにつれてブナ林の分布標高が高いことがわかった。ここでは新たな試みとして、これら各地のブナ林成育地の標高と経緯度情報をもと

に、緯度・経度方向におけるブナ林の分布限界域の上限面・下限面を重回帰分析により求めた。方法は、詳細な解析を目指すため1クラスを標高10mとして各標高クラスの面積頻度分布を調べ、ブナ林が50%以上を占める標高クラス、すなわちブナ林が優占している標高の上限と下限の標高クラスを読み取った(表 - 2.2)。次に、ブナ林が50%以上を占める標高の上限値と下限値を目的変数とし、経度・緯度の2つの要素を説明変数として重回帰分析を行った。用いたのは統計ソフト「STATISTICA」である。その結果、上限下限とも、統計的に有意(1%または5%レベル)の判定で重回帰式へのあてはまりが良いことがわかった。以下にその関係式を示す。

下限域の関係式:H=-9935.2+134.2*E+(-207.6)*N(r 2 = 0.6791 1%有意) 上限域の関係式:H=4924+22.1*E+(-174.6)*N (r 2 = 0.9328 1%有意)

H:標高 (m) E: 東経 (度) N: 北緯 (度)

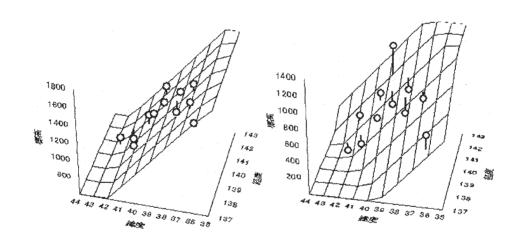


図 - 2.4 面積占有率50%での分布上限面(左)と下限面(右)

このことは、ブナ林成育地に関して分布の上限・下限標高それぞれがひとつの傾斜面にあてはまっており、高い確率でこの面に近似できることを意味している。50%以上がブナ林で占められる分布域の上・下限面を3次元グラフ化したのが図-2.4である。図中の小丸印が各対象図葉の中心経緯度で、そこから伸びる線が実際の限界標高と重回帰面までの乖離を表しており、ほとんどの箇所で小さく、特に上限面で重相関係数が極めて高いことがわかった。さらに、上限面は経度方向よりも緯度方向で傾斜が急となっているのに対して、下限面では緯度方向と経度方向ともに同様の傾斜があることがわかった。ブナ林成育域が積雪条件など気象環境に依存していることは先に述べたが、ここで得られた結果をみると、下限面では上限面に比較して気象環境の影響、特に積雪による影響を強く受けていると考えることができ

るであろう。一方、北進するにしたがって面が下方に傾斜している状況は気温の低下に対応 したものと考えられるが、これらは単一要素として考察するのではなく積雪環境などを含め て多面的に解析していく必要があり、今後の解析が期待される。

2.3. ブナ林分布可能域の推定

次に、ブナ林が50%以上を占める地域、換言すれば面積的にみてブナ林が優占している地域について、上限面・下限面の限界域について解析を行った。表 - 2.3にその結果を示す。両面とも南東方向から北西方向に下降する傾きがあり、上限面では経度方向での傾きが比較的小さいことがわかった。

経度方向の傾き 緯度方向の傾き (東進するにつれて) (北進するにつれて) 角度(度) 0.016 -0.083ブナ分布 経度・緯度1度ごとに(m) 22.1 -174.6上限面 100km ごとに(m) 27.6 -145.5角度(度) -0.0990.096 ブナ分布 経度・緯度1度ごとに(m) 134. 2 -207.6下限面 100km ごとに(m) -173167.8

表 - 2.3 上限面・下限面の経緯度方向の傾き

注;地球を平面と仮定し、+を上空方向とする

気温の逓減率は水平方向では距離100km当り0.5 $^{\circ}$ といわれていることは先に述べたが、これを垂直方向で換算すると距離100km北進するにつれて約83m下降することになる。ブナ分布上限面は100km北進するにつれて約145m下降し、下限面は約170m下降していた。下限面は気温逓減率の2倍以上の傾斜があり、分布面が傾く原因は気温だけではないことがわかった。

本研究の対象地の最も西側にある両白山地よりもさらに南西方の山地については、標高100mクラスでブナ林の占める割合が50%以上となるような山地は極めて僅かである。これらの山地の中から6箇所を選び表-2.3の上限面と下限面がどのような標高域にあるのかを算出した(表-2.4)。この表をみると、富士山では標高1350mから1821mにかけて、紀伊半島の大峰山では同じく1183~1946m、九州地方の久住山では同じく804~2036mの範囲でブナ林が分布して矛盾のない地域が存在することがわかった。現実にこれらの山地にはブナ林が存在しているが、他の植生と混在している場合が多く、標高100mクラスで面積率が50%を超える地域は極めて少ない。最終氷期の冷涼期にはブナ林の分布が現在より南方に移動し

ていたといわれている(五十嵐,1994)。また、戸丸(1996)によれば南西日本のブナ林の遺伝的多様性が高いことを指摘している。仮に、冷涼期に南西日本のブナ林が純林を形成していたのではなく多様な植生の中に混在することで遺伝的な多様性を保持していたとすれば、その後の温暖化に伴ってブナ林が多様性を保ったまま高標高域に移動したとの考えが現在の南西日本のブナ林分布様式として理解しやすいことがわかる。

標高 東経 北緯 下限の 上限の 山地 (度) (度) (m) 標高(m) 標高(m) 138.75 35.33 1350 1821 富士山 3776 南アルプス・北岳 3192 138, 25 35.67 1214 1752 紀伊半島·大峰山 135.83 34.25 1183 1946 1915 中国山地・大山 1713 133. 5 35.33 645 1705 923 1962 四国・石鎚山 133.25 33.83 1981 804 九州・久住山 1788 131.33 33. 17 2036

表 - 2.4 中部山岳地帯以南におけるブナ分布可能域の推定

一方、本研究の対象地の最も北側にある狩場山地以北に目を転ずると、次のようなことがいえる。表 - 2.3の上限面と下限面が地表面と接する位置を示したのが図 - 2.5である。実線で示した線は分布の上限面が南東方向から北西方向に下降して地表面(標高0m)と接する位置を示しており、1点鎖線は同じく下限面である。図中の破線は上限面と下限面が空中で交差する位置を投影したものである。この線は緯度方向に北上するにつれて約0.08度の傾きで水面方向に下降しており、経度方向では緯度線から東方に約11.09度の傾きがある。上限面が地表に接する線は宗谷海峡に直交する位置にあり、下限面が地表に接する線はオホーツク海沿岸の雄武と小樽、渡島半島狩場山地を結ぶ線上にある。上限面と下限面が空中で交差する線は本州東北部の東部沿岸約120km地点の上空にある。

この結果より、地図上で上限面と下限面の間の空間ではブナ林分布域の延長空間上にあり、 気象条件等を度外視すればブナ林が成育可能であることを意味している。同様に、上限面と 下限面が地表と交差する範囲内にある北海道の北部地域は平地でブナ林が成育できることを 意味している。また、北海道内の山地の標高分布を考慮すればほとんどの山地でブナ林が分 布可能とみることができる。北海道におけるブナ林分布の証拠は蓬揃山の約6000年前が最古 で、現在もなお北上していると五十嵐(1994)は述べている。渡邊(1994)によればブナ林 が北海道の黒松内低地帯で北進を止めている原因は低標高域に他の競合する優占種があるこ とを指摘しているが、これらの抑制要素がなければ本研究の結果推定された分布可能域まで ブナは分布することが考えられる。

本調査の結果より、ブナ林の分布は南進 するほど、また東進するほど高標高域とな ることがわかった。さらに東日本各地のブ ナの分布域が空間的に上限面と下限面で表 すことができることがわかった。この上・ 下限面は、高緯度になるに伴って低くなっ ており、気温の逓減に伴う効果が示される が、その傾斜面は気温の逓減効果以上に急 であり、単に気温だけでは説明できないこ とがわかった。また、下限面においては東 西の傾斜が急となっており、その主な原因 は積雪環境の違いと考えられた。一方、ブ ナ成育地の分布の上・下限面それぞれがほ とんど一つの面で表されるということがわ かったが、今後人為的影響なども含めて検 討を加えていく必要があろう。

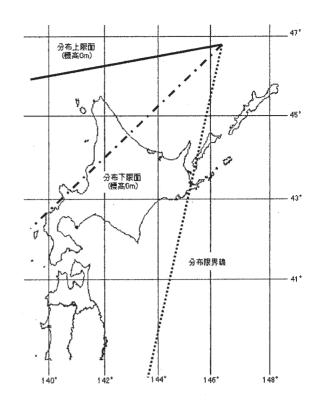


図 - 2.5 50%上限面・下限面の限界域 (地球を平面と仮定する)

参考文献

五十嵐八枝子(1994)記念講演 北上するブナ.「北海道の林木育種」、37(1)、1-7. 太田猛彦ほか編(1996)『森林の百科事典』、丸善株式会社.

加藤泰安・中尾佐助・梅棹忠夫編(1976)『山岳・森林・生態学』、中央公論社.

環境庁(1984、1986)現存植生図-第3回自然環境保全基礎調査(植生調査)、環境庁.

環境庁自然保護局編 (1998) 自然環境情報GIS - 現存植生ベクトルデーター CD-ROM 環境庁生物多様性センター.

杉田久志 (1988) 多雪山地浅草岳における群落分布に関わる環境要因とその作用機構―ブナの生育状態に着目して―.「日本生態学会誌」、38、217-227.

戸丸信弘(1996) ブナの遺伝的変異:最終氷期以降の分布変遷の影響.「林木の育種」、181、 1-6.

松本光朗(1988) コナラ・ミズナラ・ブナ林の垂直分布および林分構造に関する地域間の比較、「日本林学会大会発表論文集」、99、781-784.

宮脇 昭(1987)『日本植生誌-東北-』、至文堂。

村井宏・山谷孝一・片岡寛純・由井正敏(1991)『ブナ林の自然環境と保全』、ソフトサイエンス社.

山中二男(1983)『日本の森林植生』、 築地書館.

渡邊定元(1994)『樹木社会学』、東京大学出版会.

3. 樹幹解析による肥大成長と伸長成長の経過

ここでは多雪地と小雪地のブナの成長経過を比較するために樹幹解析を行った。多雪地の例として、はじめに山形大学農学部附属上名川演習林 2 林班い小班のブナ二次林に40×40mの調査区を設定して立木位置の測量を含む毎木調査を行った。調査地周辺は1920~30年代にブナ天然林伐採後にヒノキが植栽されたが雪害などによりほとんどのヒノキが枯死し、その後成立したブナにより二次林となった林分である。周囲は台地上の標高700m付近の平坦地となっており、樹冠の閉鎖度は調査地平均で82%、林内相対照度は4%であった。現在の蓄積は376/ha、胸高断面積合計は48㎡/haとなっている。図-3.1は毎木調査データをもとにして作成した3次元観察図である。

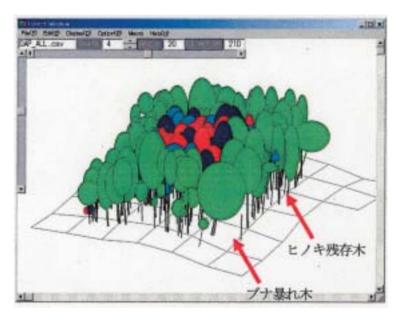


図 - 3.1 調査地の3次元観察図

調査対象木の上層樹冠は最も手前の1個体を除きほぼ同様であり、一斉林の状況を呈していることがわかる。中央部の20×20mの範囲の個体は全てブナであり、樹高階級で色分けして示している。樹幹解析は図-3.1の中央部の12個体を対象としており、高さ方向1m毎の断面の年輪幅を調査した。小雪地の試料は山形県鶴岡市大山の高館山国有林で採取した4個体を用いた。同林の林分構造などは次章で詳述する。

図-3.2には小雪地と多雪地から得られた代表的な試料の樹幹縦断面図である。小雪地の縦断面をみると年輪幅は高方向、半径方向ともに不均一でムラがあることがわかる。一方、多雪地の試料(図-3.3)では幹の中心部分と根張り部を除けばどの高さでも年輪幅が比較的均一であることがわかる。このことは伸長成長に及ぼす種間競争が関連していることが予想されるが、この点については次章で述べることとする。

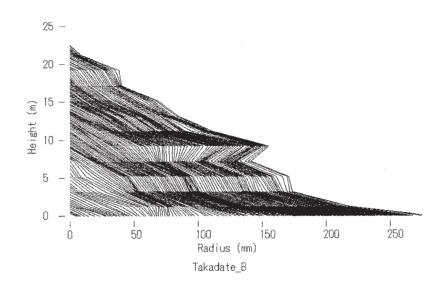


図 - 3.2 小雪地に成育するブナ樹幹の縦断面図

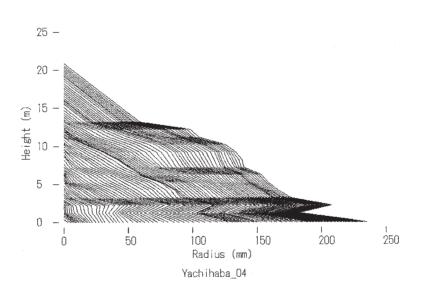


図 - 3.3 多雪地に成育するブナ樹幹の縦断面図

両者の材積連年成長は図-3.5に示すが、多雪地では小雪地の試料に比較して成長率が大きいことがわかる。樹高に比較して材積成長が大きいということは直径成長が旺盛であることを意味しているが、このことは樹幹の縦断面図からも把握できる。

図-3.5には小雪地と多雪地に成育するブナの樹高成長の比較図を示す。図中の細線の個体は多雪環境である演習林から得られた試料、太線は次章で述べる小雪環境の高館山から得られた試料である。積雪環境の異なる2地域のブナ試料の樹高成長をみると成長の初期で樹高が約7~8mに達する時点までは両者ともほとんど差が無い。樹高が15m、約60年生時点で小雪地のブナの成長が穏やかになることがわかる。一方、多雪環境のブナの場合、多くの個

体で80年生の時点でも成長の衰退は認められない。これらの成長様式の違いは、次章で詳しく述べることにしよう。

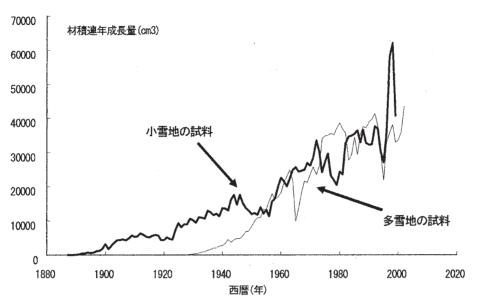


図-3.4 材積連年成長量の比較

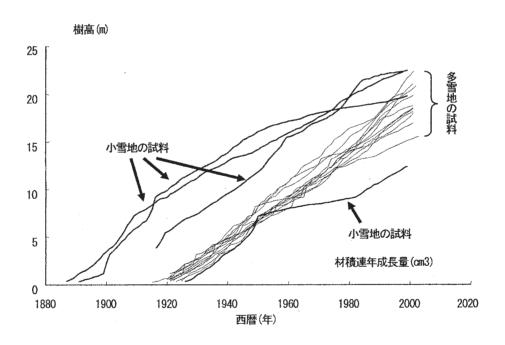


図 - 3.5 樹高成長の比較

4. 積雪環境の異なるブナ林における時空間的林分構造の比較

ブナ林は日本海側の多雪地帯に広く分布しており、その特徴はブナの優占度が高く種多様度が低いこと、垂直分布の分布域が広いことなどがあげられる(杉田, 1988)。積雪とブナ

の関係に関する研究は数多く、ブナは少雪地域なら種間競争に負け、ブナ林は成立できなかったはずが、多雪地域では積雪で他種との競争を回避でき、耐雪性の強いブナだけが優占し得たという見方がある(紙谷他、1987:村井他、1991)。ここ庄内地方でも純林状のブナ林が見受けられ、保坂ら(1985)による林分構造の解析や高橋ら(1987)による林木の競合経過の研究が進められている。つまり、雪が多いことがブナにとって結果的に有利であると考えられている(高橋他、1989)。ところが、雪が多いことが植生の構造に対して直接的にどのような役割を果たすのか、明確にはわかっていない。本調査では、多雪地で実際にブナが他樹種に対して有利であるのかを明らかにするために、樹種間の競争関係を林分構造と成長経過の面から解析しようと考えた。そこで、東北地方でも有数の豪雪地である山形県の湯殿山と、日本海沿岸にあり比較的積雪量の少ない高舘山にコドラート調査区を設け、現在の林分構造を解析すると同時に、年輪解析によって過去の成長経過を推測した。

なお、本調査を行うに当たり、湯殿山と高舘山の林分調査および成長錐片採取を許可していただいた庄内森林管理署に、また調査に多くの便宜を図っていただいた湯殿山神社に謹んで感謝申し上げる。

4.1. 材料と方法

1)調査対象地

湯殿山の調査地は、山形県東田川郡朝日村大字田麦俣字六十里山国有林73林班い小班にあ り、標高約800m、斜面方位は南向きであり、緩傾斜であるが凹凸の多い地形になっている。 冬季には4m~5mの積雪がみられる。調査地の北側には昭和37年に舗装道路が建設され、東 側は沢になっている。南側には、湯殿山神社の旧参拝道が遊歩道として残っており、さらに その南側の斜面の下は沢になっている。この調査地周辺では1950年代にブナを中心とした伐 採が行われている。林冠はほとんどブナが占めているが、遊歩道沿いに少数のウダイカンバ があり林冠まで達している。下層にもブナが多く、他樹種は傾斜方向に向かって斜めに生え ている。林床には、ササはあまり密生しておらず、ユキツバキやハイイヌツゲなどの常緑低 木やオオバクロモジなどの落葉小高木もみられる。高舘山の調査地は、山形県鶴岡市大字大 山字城山国有林193林班わ小班にあり、標高約160m、斜面方位は北東であり、傾斜角約15度 の均一な緩傾斜である。冬季の積雪は1m以下である。高舘山は自然休養林に指定されてお り、調査地の南側から西側にかけて遊歩道になっている。林冠はブナ、アカシデ、ホオノキ が占め、下層の他樹種も全体的に直立している。湯殿山に比べ、明らかに多様な植生で、大 径木が多く、立木密度は低い。ササは湯殿山の調査地よりも少ないが、湯殿山と同様の常緑 低木がみられ、落葉小高木ではオオカメノキが目立って多い。両調査地ともに25×40mの方 形プロットを設定した。プロット内に5×5mのメッシュを設定し、レベルおよびポケットコ ンパスで地形を測量した。なお、斜面の方位は考慮に入れていない。

2)調査方法

両プロットで胸高直径5cm以上を調査対象木として、立木位置のX、Y、Z座標、樹種、樹冠層区分、樹高、枝下高、胸高直径、樹冠幅を測定した。樹冠層区分は林冠を形成している立木のうち最も上方にあるものを最上層木、次を上層木とし、最上層木の樹冠より下方に樹冠があるものを中層木、それより下のものを下層木として分類した。樹高、枝下高は樹高測定器Forester Vertexを用いて0.1m単位で、胸高直径は輪尺を用いて0.1cm単位で測定した。座標軸はプロットの短辺(25m)をX軸、長辺(40m)をY軸として立木位置の座標を求め、樹冠幅は座標軸にあわせて樹幹から4方向の距離を測定した。

成長錐の採取は樹種ごとに、異なる樹冠階層区分から1本以上の対象木を選出した。成長錐片は斜面の上方から胸高の高さで採取し、採取孔を木質系接着剤で後処理をした。森林構造の3次元解析にはForest Window Version 2.04 (Nobori 1998) を用いた。

4.2. 林分構造と樹齢構造

1)現在の林分構造

図-4.1に湯殿山プロットの林冠部の樹種構成の3次元的状況を示す。林冠部の主要構成 樹種はブナであり、他の樹種の樹冠はわずかにみえる程度である。図の左側に樹冠の大きな ブナがあるがこれは枝張が大きないわゆる"暴れ木"と呼ばれる個体である。このような個 体はプロット中に数個体みられた。図の右側には樹冠の小さな個体が集中して分布している ことがわかる。このプロットにおける胸高直径階別本数分布で、それぞれの階層で最も多い 直径階級は、最上層木は18cm、上層木は10cmと14cm、中層木は10cm、下層木は6cmであ り、上層に向かうにしたがって分布の幅が広がっている。枯死木は、6cm級のものが多い。 階層別の構成樹種本数はどの階層もブナが圧倒的に多く全体の本数割合は76.4%を占める。

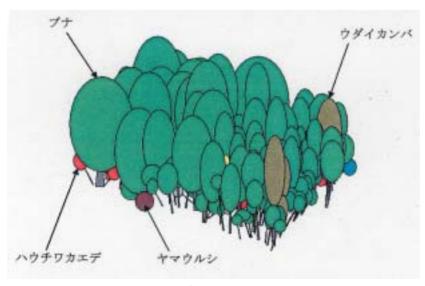


図 - 4.1 湯殿山プロットの樹冠の樹種構成

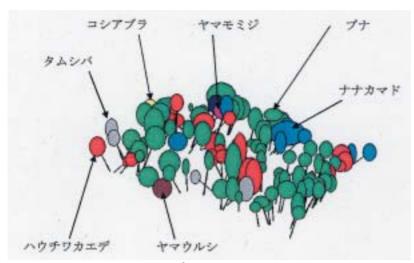


図 - 4.2 湯殿山プロットの下層木の樹種構成

図 -4.2に下層木だけを抜き出して示す。この図から、ブナ以外の樹種は下層に多いことがわかる。中でも最も多いのはハウチワカエデであり、12.2%を占めている。ウダイカンバは2.0%で、中層以上にしかない。胸高断面積合計による相対優占度をみると、さらにブナの優占度が増し、全体で93.0%を占め、次はウダイカンバの3.0%でハウチワカエデは2.2%に過ぎない(表-4.1)。

表 - 4.1 両プロットにおける樹種ごとの胸高断面積と相対優占度

樹種	湯殿山					高館山					
1切1里	樹冠層	最上	Ŀ	中	下	全	最上	上	中	下	全
ウダイカンバ	断面積(m²) 本数(%)	0, 116 3, 8	0.009	0.007 1.7		0, 131					
アカシデ	断面積(m²) 本数(%)		North to send Oils (IRMA) o Marie	anga minind daga saya keli pagan daga kelikan daga kelikan daga kelikan daga kelikan daga kelikan daga kelikan		and the second	0, 879 38, 8	0. 180 33. 8	0. 013 2. 7	AT THE REAL PROPERTY AND ADDRESS OF THE PARTY.	1, 072 31, 3
ブナ	断面積(m²)	2, 947	0.515	0, 361	0.312	4. 135	0.709	0.051	0.075	0. 038	0.872
	本数(%)	96. 2	98.3	92.8	66.4	93.0	31.3	9.5	15.7	25. 2	25, 5
ミズナラ	断面積(m²) 本数(%)	or page to page change before The page of the Tar The page of		0.009 2.4		0.009 0.2	0. 114 5. 0				0. 114 3. 3
ホオノキ	断面積(m²) 本数(%)	a complete a provide from the command to collect	lekoka mastro-tamena		ganghand Panghy, Oga yak kilomoran a mayan Ja Vi	gung faranda kandiga ing gginda dalik nagara t	0, 561 24, 8	MALL OUR TET PROPER AMERICA META PA	anneren andre a comunication of the	0.003 2.0	0, 564 16, 5
タムシバ	断面積(m²) 本数(%)	manum 1995 od a ljene u te keledid om kort ennil e ekter	er rande germanist en en en et de le en elsek	in Lathurus ya kencada afinishina attarifasiri	0. 017 3. 6	0. 017 0. 4	and the state of t	THE RESIDENCE OF THE PERSON CO.		THE RELEASE OF SECURITY SECURITY	
ナナカマド	断面積(m²) 本数(%)	NICE AND THE PARTY MANAGEMENT OF THE PARTY AND THE PARTY A			0. 025 5. 3	0, 025 0, 6					and desired a subsession of a subsession for
アズキナシ	断面積(m²) 本数(%)	an nga ayan mananana mga sata ayan s	DANISH STATE OF THE O		0. 004 0. 9	0.004	er-al - 4- at recentlescor.	0. 049 9, 1	0. 080 16. 7		0. 129 3. 8
ヤマウルシ	断面積(m²) 本数(%)			,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	0.009 1.9	0,009					
アオハダ	断面積(m²) 本数(%)			THE RESERVE AND ADDRESS OF THE PERSON		weath unvelo-ent-		0. 167 31. 4	0. 160 33. 4	0. 032 21. 7	0, 360 10, 5
ハウチワカエデ	断面積(m²) 本数(%)			0.005 1.5	0, 090 19, 2	0.096 2.2	4-94-1	0. 086 16. 1	0.066 13.8	0. 045 30. 2	0. 197 5. 8
ヤマモミジ	断面積(m²) 本数(%)				0,003	0.003		alam in recent repression con-	0.086	0. 031 20. 9	0.117
ウリハダカエデ	断面積(m²) 本数(%)	and a second			0, 005	0.005	ng challadad or and Md-pháget Mill de			**************************************	The state of the second st
コシアブラ	斯面積(m²) 本数(%)	and Automotive State Sta	ne et armeterrome i mont fram i	0.006 1.5	0.003	0.009	try alone (trap company of phonorbide	maganistipa era ya Marinada ipishina y Negeribi	.amadu u muru ana uu	nden in en entreatur even d'air e	
胸高断面積合計(m ²)	3, 063	0. 524	0.390	0.470	4. 445	2. 263	0. 533	0.480	0. 150	3. 425

図-4.3に高舘山プロットにおける林冠の状況を示す。林冠を構成する主要樹種はブナ、アカシデ、ホオノキなどであり、多樹種が混交していることがわかる。一方、下層木のみを抽出した図-4.4をみると林冠を構成するアカシデが少なく、林冠にみられないハウチワカエデが多いことがわかる。このプロットでは立木本数は上層木が比較的少ないが、どの階層も同じくらいの割合を占めている。胸高直径のばらつきより樹高のばらつきの方が小さいが、階層が下になるにしたがって胸高直径と樹高のばらつきの違いが小さくなっていた。ここでも、枯死木は下層木レベルの大きさのものが多い。階層ごとの胸高直径階別本数分布で、それぞれの階層で最も多い直径階級は、最上層木が36cm、上層木が22cm、中層木が12cm、下層木と枯死木が8cmであった。上層木と中層木の分布の幅は似ているが、階層が上になるにしたがって分布の幅が広がる傾向がある。階層別の構成樹種本数は階層によって本数の多い樹種が異なる。

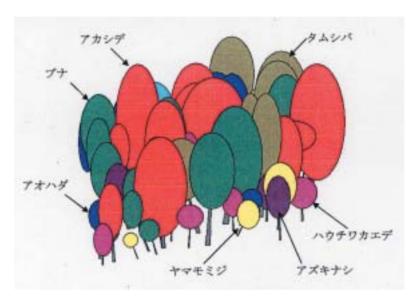


図 - 4.3 高舘山プロットの樹冠の樹種構成

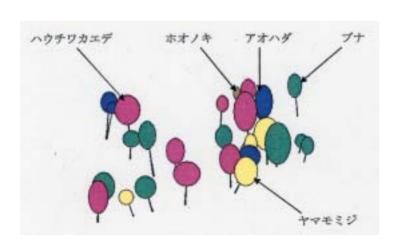


図 - 4.4 高舘山プロット査地の下層木の樹種構成

ブナだけは全ての階層に出現する。ハウチワカエデとアオハダは下層から中層に、アカシデは中層から上層に、ヤマモミジは中層以下に存在する。アオハダは株立ちが多かった。ホオノキは最上層と下層にあり、下層のホオノキは萌芽であった。アズキナシは中層と上層のみ、ミズナラは上層に1本のみであった。最上層で最も多いのはアカシデ、上層ではアオハダ、中層ではアオハダとハウチワカエデ、下層がブナである。プロット全体では、ブナの本数割合が最も多く23.5%で、ついでアオハダ、ハウチワカエデが18.4%である。ところが、胸高断面積による相対優占度をみると、ブナは各階層で最大面積を占めているわけではなく、最上層と上層ではアカシデがそれぞれ38.8%、33.8%を占めており、最優占種となっている(表-4.1)。中層ではアオハダが33.4%を占め、下層ではハウチワカエデが30.2%を占めている。全体では、アカシデが31.3%、ブナが25.5%、ホオノキが16.5%という優占順位になっている。

両プロットの林分概況を表 - 4.2に示す。平均胸高直径も平均樹高も湯殿山プロットの方が高舘山プロットより小さいが、胸高断面積合計や林分材積は湯殿山プロットの方が大きくなっている。これは、湯殿山プロットの方が立木密度が高いことと、下層木の占める割合が大きいことが理由である。この二つの林分構造の最も大きな違いは、上層木の樹種構成と種の多様性である。構成樹種数は、胸高直径5cm以上の調査対象木で、湯殿山プロットが11種、高舘山プロットが8種であった。構成樹種の数からみると湯殿山の方が多い。そこで、「種の豊かさ」を示すShannon-Wienerの種多様度指(H')を計算した。ここで、相対優占度は個体数に基づくものと胸高断面積に基づくものを用い、2通りの種多様度指数を求めた。

表 - 4.2 両プロットの林分概況

項目	湯殿山	高館山
本数	264	106
密度(本/ha)	2640	1060
平均胸高直径(cm)	11. 9 (9. 0)	17.4 (10.9)
平均樹高(m)	9. 1 (4. 9)	14. 1 (6. 1)
胸高断面積(m²/ha)	44, 454	34. 255
蓄積(m³/ha)	368. 367	347. 580

注:()は標準偏差

表 - 4.3 階層ごとの種多様度指数(H ')

樹冠層	区分	最上層	上層	中層	下層	全層
湯殿山	本数	0. 332	0, 229	0. 940	1. 761	1. 357
	断面積	0.053	0. 123	0. 513	1. 595	0. 524
高館山	本数	1.736	2. 190	2. 404	2. 102	2.716
	断面積	1.770	2.117	2, 356	2.086	2. 542

表-4.3は両林分の種多様度指数を階層別に示している。H'の値が大きいほど多様性が 高いことを意味している。全体的に、高舘山プロットで多様性が高くなっている。また、湯 殿山プロットでは樹高の階層が低くなるにしたがって多様性が高くなる傾向がみられ、下層 では高舘山プロットとの差が小さくなっている。高舘山プロットでは最上層の多様性が最も低く、中層と上層に多様性のピークがあるが、最上層から下層までの多様性の差は大きくない。個体数に基づく種多様度指数より、胸高断面積の相対優占度で求めた種多様度指数の方が、湯殿山プロットと高舘山プロットの多様度の差が大きくあらわれる結果となった。一般的に、多様度の高さは樹種間の競合を示唆している(武田,1984)。この点を考慮すれば湯殿山プロットでは下層でブナと他樹種の競争が盛んで、その後は競合が緩和されていくことが推察された。湯殿山プロットで上層になるにしたがって多様性が低くなっているのは、下層木が上長成長の過程で樹種間の競争に負け、淘汰されてしまうからではないかと考えた。中層木に成長した個体は光環境が改善されるので、上長成長の可能性はさらに高まることが考えられる。高舘山プロットでは最上層に至るまで、樹種間の競争が起こっていると推察できた。

2) 齢構成と成長経過

湯殿山プロットにおける胸高部の年輪数と樹高の関係を図-4.5に示す。この図をみると70~100年生のブナ個体がみられない。このことから、更新の過程が異なる二つのグループがあると考えられた。聞き取り調査の結果から、このプロット周辺では1950年代に伐採が行われており、この時商品価値の低い暴れ木が伐採の対象とならなかったことがわかっている。これらの個体は現在100年生以上の最上層木と現在70年生以下で当時径級が小さかった固体であると推定された。このなかの70年より若いブナは同樹齢でも樹高が様々である。図中の破線はブナについて年輪数と樹高の回帰直線を示したものである。この線を基準にすると、若いブナはそれより年数の多いハウチワカエデより樹高が高いものが多いことがわかる。逆に、ウダイカンバでは樹齢が若くて樹高が高い個体があることがわかる。耐陰性がブナより強くないウダイカンバがこのような成長をしているのは、ギャップの存在など立木位置が関係していると思われた。

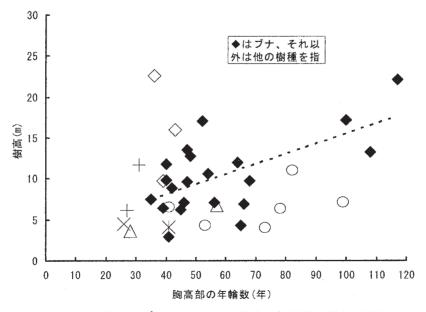


図 - 4.5 湯殿山プロットにおける胸高部年輪数と樹高の関係

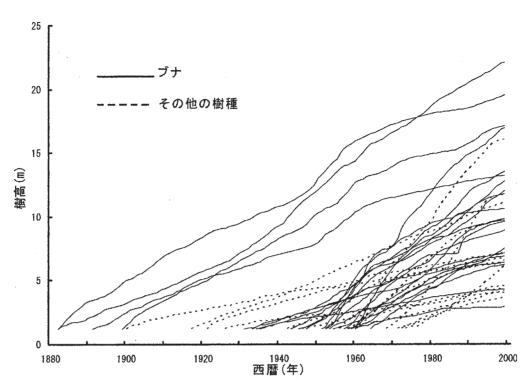


図 - 4.6 湯殿山プロットにおけるブナとブナ以外の樹種の樹高成長経過

これ以外の樹種の下層木ではタムシバとヤマウルシがブナと同様の樹齢、樹高の関係にあるが、樹齢が50年を超える個体は僅かであった。年輪数と胸高直径の関係についてもこの図と同様の傾向が認められた。胸高直径と樹高の相関をみたところ有意水準0.1%で関係が認められた。そこで、年輪幅の変動は樹高の成長経過に当てはめることができると考え、胸高直径成長経過から樹高成長経過を推定した(図-4.6)。この図をみると、最も樹高の高い個体(最上層木)はブナであり、これらは1880年代に胸高に達していたことがわかった。上層木(樹高17m)以下の個体では樹高成長の傾きが様々であり、成長の良好なブナと不良なブナのあることがわかる。ブナ以外の樹種も同様であり樹高成長の傾きは個体ごとに異なっていることがわかる。特徴的な種として、ハウチワカエデの成長は遅く、コシアブラの成長が速い傾向があり、ウダイカンバの成長速度を上回る樹種はみられなかった。このウダイカンバの急激な上長成長は、林冠の疎開部に生育する陽樹の特性と考えられた。いずれの樹種も途中で成長速度が変わる傾向はみられなかった。

高舘山プロットにおける胸高部の年輪数と樹高の関係を図-4.7に示す。プロット全体では、樹齢の分布が比較的連続しているが、樹種別にみると若干違いがある。図中の破線はブナについて年輪数と樹高の回帰直線を示したものである。この線を基準にすると、特にハウチワカエデは樹齢に対して樹高が低い傾向のあることがわかる。ホオノキでは100年前後の最上層木と28年前後の萌芽した下層木がある。ブナは、ほぼどの年代にも分布しており、樹齢と樹高には相関が認められる。アカシデはブナと比較すると同樹齢で樹高が高い傾向がある。成長錐採取木の樹高と胸高直径の関係は有意水準0.1%で相関が認められた。また、プ

ロット周辺で発生した風倒木4本の樹幹解析の結果からも胸高直径と樹高の相関が極めて高かったので、湯殿山プロットと同様に年輪情報から樹高を推定して解析を進めていくこととした。

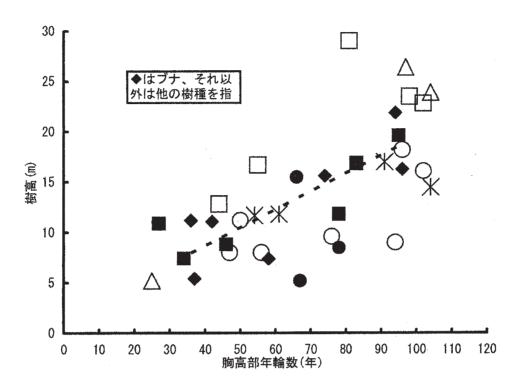


図 - 4.7 高舘山プロットにおける胸高部年輪数と樹高の関係

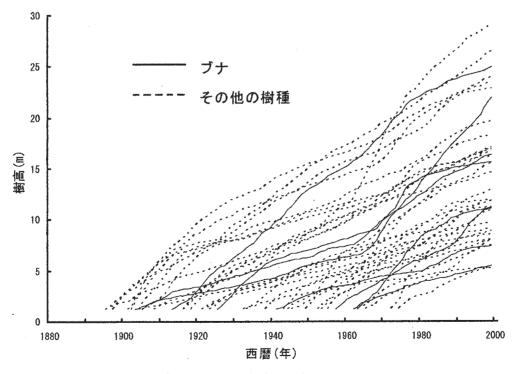


図 - 4.8 高舘山プロットにおけるブナとブナ以外の樹種の樹高成長経過

図-4.8に示すように樹種ごとの樹高競争をみると、樹高20mを超えてもなお競争している状態がわかる。上層では、アオハダ、アズキナシ、ハウチワカエデが同じような成長速度であるがアカシデの成長速度が特に速い。1945年頃から伸びてくるアカシデとブナを比べると、約半分の期間で同じ樹高に達している。中層ではアズキナシやカエデ類よりも、アカシデ、ブナ、アオハダの成長速度が速い。このことから、上層に移行する段階でこれらの樹種間に違いが出てくると考えられた。そして、上層木の予想樹高成長経過と合わせて考えると、アオハダが上層に至るとアズキナシやカエデ類と同じ様な成長速度になることが予想される。下層の段階ではアオハダやブナのなかで、カエデ類と同様に成長が遅いものとそうでないものがある。

以上をまとめると次のようなことがいえる。成長錐片を採取した両林分のブナ最上層木で、 樹高が最大のものの年輪数を比較すると、湯殿山プロットで樹高22.1mのものが117年、高 舘山プロットでは樹高24.9mのものが86年以上であった。成長速度の面からみると、高舘山 の方が成長がよいと言える。両林分に共通しているハウチワカエデは、湯殿山プロットでは 中層以下であるのに対し、高舘山プロットでは上層まで達しているものもある。湯殿山プロ ットのハウチワカエデは樹高が最大のものでも11.0mであり年輪数が82であったが、高舘山 プロットでは樹高18.2mで年輪数が96のものが最大であった。また、年輪情報のないアズキ ナシやヤマモミジなども、湯殿山プロットでは下層にしかないものが、高舘山プロットでは 上層、中層に達している。これらのことから、湯殿山プロットでは全体的に高舘山プロット より成長が劣るが、ブナ以外の樹種の成長が特に制限されていることが明らかとなった。

4.3. 林分構造の推移

ここでは、現在生育している個体について過去からの樹形を再現することによって林分構造の推移を考察する。時間的な情報は成長錐片から肥大成長のデータが得られるが、このデータから樹高、樹幹幅などを推定して樹形を復元した。なお、復元した個体は現在成育しているものに限り、枯死したものについては考慮していない。

1)湯殿山プロット

図-4.9は湯殿山プロットで成長錐片を採取した個体について1919年から20年ごとの林分構造を推定した図を上から順に示している。聞き取り調査によると、湯殿山プロットのある場所は、1950年代に伐採される前もブナ林であったことがわかっている。1919年時点の図をみると、この時伐採の対象とならなかったブナの配置を知ることができ、その後1939年時点では周囲に若いブナやハウチワカエデが成長してくることがわかる。1959年時点の図をみるとウダイカンバの若木がみえるが、これらは1999年時点ではブナを追い越して林冠部に到達していることがわかる。

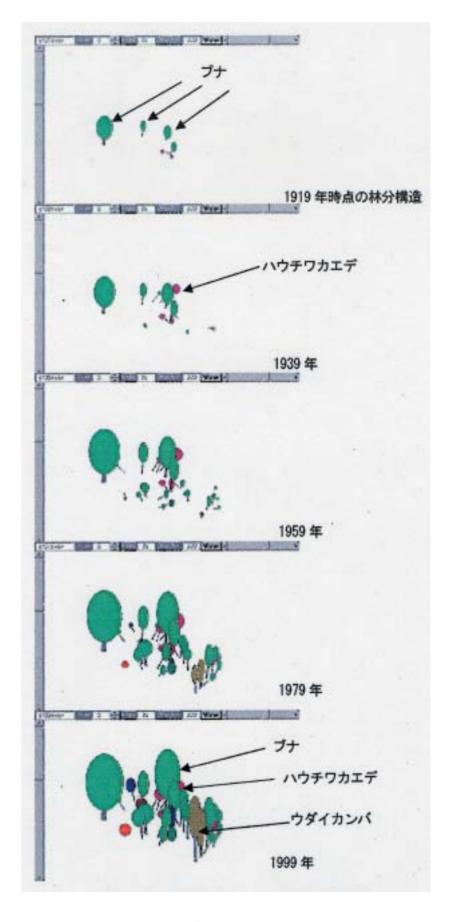


図 - 4.9 湯殿山プロットに林分構造の推移

136

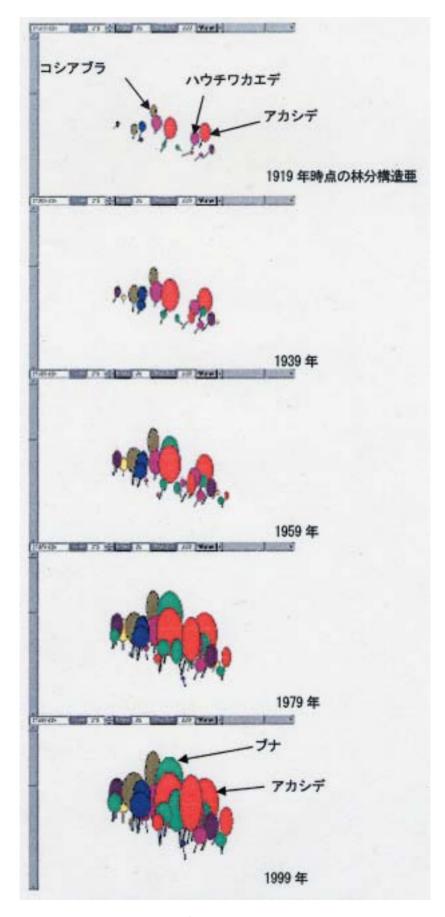


図 - 4.10 高館山プロットに林分構造の推移

ウダイカンバの成長錐片をみると、胸高に達してから約25年前までは、アテ材と思われる 材の変色部がみられたことから、他樹種と同様に積雪による倒伏の影響を受けたと考えられ る。このときの樹高は約7mと推定されることから、積雪による影響は十分考えられる。そ の後、ウダイカンバは積雪の影響から開放されると同時に、上層木の被陰もなかったことか ら旺盛な伸長成長を開始したことがわかる。

早い時期に胸高に達したにもかかわらず、後から更新してきたブナに追い越されたブナやハウチワカエデがある。これらは、1999年時点で下層から中層の樹高にしか達していない。このブナとハウチワカエデの樹高は概ね積雪深に相当している。これらの個体は積雪による倒伏から免れる樹高に達することができるかどうかが、その先の伸長に関係してくるのではないかと考えられた。

2) 高館山プロット

図-4.10は高館山プロットにおいて成長錐片を採取した個体について、1919年以降の成長経過を示したものである。全体的にみてブナの樹高成長は他の樹種に比較して遅く、逆にアカシデは速い傾向がみられる。アカシデとブナは途中から成長速度が変わるものがあるが、ホオノキはあまり変化がみられない。アオハダは当初成長が速いが途中から成長が停滞する傾向がある。カエデ類は当初からブナより成長が遅い傾向がみられる。

多くの個体は1965年頃から急成長をしている。急成長をした個体は中層以上であったことから、1965年頃に同時にいくつかの上層木がなくなり、林冠ギャップが形成されたと考えられた。この林冠ギャップに敏感に反応しているのが、ブナとアカシデだと思われた。このプロット内でアカシデは下層木がなく、分布が偏っていることから、林冠ギャップが形成された際に旺盛な成長力を発揮して、いち早く林冠に達する樹種なのではないかと考えられた。

4.4. 積雪環境の違いによる林分構造の違い

両林分の林分構造を比較したところ、最も大きな違いは種の多様性であったが、それを階層別にみることによって、湯殿山プロットでは下層で、高舘山プロットでは全ての階層で、競争が起こっていることが予想された。そして、過去からの成長経過をみることによって、その競争が起こっていたことを確認できた。結論として言えることは、積雪の多少に関わらずブナの成長速度は遅いが、樹冠の疎開という環境が整えば上層木に成長することができると推定できた。

この過程でカエデ類などの成長が遅いものや樹高が高くならないものは追い越していくということがいえる。つまり、多雪地でブナが特別に良好な成長をしているわけではないということがわかった。多雪地タイプである湯殿山プロットでは下層から中層に移行する段階で、構成樹種が少なくなり、結果として樹種間の競争が緩和されている。この移行段階を個体サイズからみると、雪圧による倒伏から脱する時期と一致している可能性がある。どの樹種も、

この経過をたどる中で、ブナだけが林冠に達し優占することができるのは、樹種ごとの積雪への耐性やフェノロジーなどが関与している可能性があると考えられる。これに対し高舘山プロットでは、どの階層でも平等な条件で樹種間の競争が起こり、結果として多様性が高い林分になったと考えられた。

引用文献

- 保坂良悦・千田雅一・高橋和規・北村昌美 (1985) 豪雪地におけるブナノキ 2 次林の林分構造について、日本林学会東北支部会誌、37:4042.
- 紙谷智彦・長江良明 (1987) 豪雪 地帯におけるブナーミズナラ二次林主要構成樹種の生長パターン、日本林学会誌、69(5): 184-187.
- 村井宏他編(1991) ブナ林の自然環境と保全. ソフトサイエンス社, 東京.
- Nobori, Y. (998) Development of a Three-dimensional Computer Graphics System for Forest Stand Structures. Journal of Forest Planning 4: 83-87.
- Nobori, Y. (2000) Forest Window.100pp, Journal of Forest Planning Press, Tokyo.
- 杉田久志 (1988) 多雪山地浅草岳における群落分布に関わる環境要因とその作用機構 ブナの生育状態に着目して I 積雪深と群落分布の関係 積雪深と群落分布の関係, 日本生態学会誌. 38(3): 217-227.
- 武田明正 (1984) 森林の種多様性に関する研究. 日本林学会大会発表論文集, 第95回: 397 ~400.
- 高橋啓二・玉田克志・増井克司・沖津進(1989)豪雪地帯におけるブナの日本海側から内陸 にかけての生育形態の変化、日本林学会大会発表論文集、100:199-201.
- 高橋教夫・北村昌美・保坂良悦 (1987) 豪雪地ブナ二次林における林木の競合経過について, 日本林学会大会発表論文集,98:143-144.
- 木元新作・武田博清(1992)群集生態学入門. 198pp, 共立出版, 東京.

針葉樹人工林における天然更新の基本的条件と技術体系 —主としてヒノキの天然更新について—

赤井 龍男

1 針葉樹天然更新施業の流れ

日本の画一的で集約な皆伐一斉林施業は、各地で、不成績造林地を発生させたり地力の減退や環境保全上の問題を大きくさせたほか、労働多投型の育林体系は、社会、経済の急速な変化と国際自由市場の中で、日本林業の基盤を揺るがせるようになっている。このような情勢下、本年度から新たに「人工林における天然更新技術調査」が課題として取り上げられることになったが、時宜を得たものと評価できよう。

その調査の目的は"林業採算性の悪化等の状況を踏まえ、天然(下種)更新の活用により、森林造成コストの縮減を図りつつ、諸害に対する抵抗力が強く、景観面でもすぐれた多様な樹種・林齢からなる森林を造成することが期待されている。それ故、天然更新に必要な条件を検討し、森林造成コストの縮減に資する人工林における天然更新技術のマニュアルを作成する"となっている。

しかし、天然更新法は自然系の中で長期間育成する林業生産の原点であるとの信念で、30数年間、主としてヒノキの天然更新技術の開発に携わってきた筆者にとって、森林造成コストの低減を前面に掲げての調査は、日本林業の困難な現状からやむをえないとしても、正直なところなじみにくいものである。

それ故、まず、日本における天然更新の歴史的流れを「針葉樹の天然更新作業法の変遷」 (林業技術No.697、2000)から、その要点を再録しておくことにする。

1)日本における天然更新施業の盛衰

今世紀における天然更新施業の史的経過については参考文献に挙げた書籍¹⁻¹のほか、多くの文献に紹介されているので、詳細はそれらの記述に譲るが、天然更新施業の盛衰には共通した時代の背景がある。すなわち、深刻な不況、造林不成績地と崩壊地の多発は天然更新論を台頭させ、未熟な天然更新技術による更新不良は衰退を招くことになる。

例えば大正末から昭和の初期にかけての国有林は、不成績造林地の増大と緊縮財政による 人工造林事業の停滞に加え、時あたかもドイツの恒続林思想や自然回帰の潮流に迎合して、 特に、青森、秋田、大阪、高知営林局で択伐天然更新施業が強力に推進された。一方、御料 林においても、特に木曽谷における不成績造林地や崩壊地の多発から、択伐天然更新施業が 積極的に取り入れられるようになった。

しかし、主としてドイツで確立された択伐、漸(傘伐)伐、画伐等の森林作業法を,気候、地形、植生等自然環境の著しく異なるわが国に、主として伐採法のみを導入した結果、特にスギ、ヒノキの天然更新施業地は期待したほどの成果をあげることができず、第2次大戦を迎えることになった。そして戦後は一転し、大面積皆伐、一斉造林時代へ移行していったのである。

20世紀末から現在は、長引く深刻な林業不況、それに伴う労務事情の悪化による造林の停滞、再造林の放棄、さらに加えて国有林の未曾有の財政悪化等、昭和初期と類似の様相となった。一方、林業の外側からは環境保全、生物多様性の確保等を要望する世論がトーンを高めつつあり、かつてのドイツにおける自然回帰の流れに似てきた。

歴史は繰り返すという。「金がないから」は本質を外れることであるが、せっぱ詰まった林 業事情の打開のための省力、低コスト化を念頭に、環境保全を重視する森林造成を錦の御旗 とした天然更新が再び台頭する機が熟してきたといえよう。

2) 適用されている天然更新施業

天然更新技術の開発、確立には、目的樹種の成育特性に応じた長年月にわたる森林作業法の適用試験と、継続した情報の収集が不可欠である。前述のように昭和初期までの天然更新の試みはほとんど日の目を見なかったが、主として天然更新を目的とした長期にわたる施業実験の成果が、現在、林業生産の現場に適用されている事例を2つだけ取り上げておく。

北海道のエゾマツ、トドマツの更新については、東京大学北海道演習林における「林分施業法」に基づく経営実験が1958年に、北海道道有林北見経営区における置戸照査法試験林が1955年に、北海道大学中川地方演習林の照査法試験林が1967年に設定され現在も継承されている。詳細は諸文献³⁻⁵⁾に譲るが、中川演習林を除き、択伐による天然更新は良好である。

この択伐技術は、北海道森林管理局内、特に十勝東部森林管理署(元足寄営林署)はじめ 道東の国有林で、あるいは民有林では住友林業紋別山林事業所山林等で事業化されている。

しかし、北海道における天然更新施業の最大の問題はササの制御であろう。更新を伴わない択伐はありえない。上にあげた試験林や択伐施業林には更新不良地が各所に見られる。それ故、今後は木曽の三浦実験林で行われた除草剤によるササのコントロール法等の技術の導入を検討する必要がある。

昭和の初めから長期にわたる大規模な実験施業を行って択伐天然更新技術を確立し、経営的に成功した典型的な事例は青森のヒバであろう。松川恭佐氏の提唱した「森林構成群を基礎とするヒバ天然林施業法」(*)に基づくヒバ施業実験林が、1931年東北森林管理局青森分局管内の元増川営林署に196ha、元大畑営林署に222ha設けられ、現在も択伐を主とした実験施業が続けられている。青森分局ではその成果から択伐基準を定め、1999年現在、水源かん

養施業群では約14,900ha、資源循環利用生産群では約13,000haを対象に、ヒバの単木択伐施業を行っている。ちなみにヒバの年伐量は約100,000m³となっている。ヒバという耐陰性が高く伏条更新も容易な樹種の特性をうまく取り入れ、長期にわたる択伐天然更新試験の成果を現場の事業に定着させた貴重な事例として高く評価できよう。

3) 埋もれてしまった天然更新施業

1920年代から1930年代にかけての天然更新論全盛期に実施された天然更新試験地や択伐、漸(傘)伐等による施業林は全国に数えきれないほどあったようである。しかし、それらのほとんどは、更新の不良も重なって日の目を見ることもなく忘れ去られた。ただ、施業として引き継がれている陰樹の代表例は前述のヒバ択伐施業であり、陽樹の代表はアカマツの保残木施業(母樹法)である。アカマツの天然更新技術は帯状皆伐法も含め、ほぼ確立しているがが、マツ枯れ等の影響もあって施業地は現在著しく減少している。しかし、この技術は衰退傾向にあるクロマツ海岸防風林への適用も可能であろう。

ここでは埋もれた多くの天然更新施業試験をすべて取り上げることはできないが、ヒノキについて2、3紹介しておく。ヒノキの択伐といえば木曽の御料林がまず挙げられる³⁾。1930年代中期以降、大規模な単木択伐施業が実行され、最盛期には施業林面積の85%にも達したようである。しかし、全般的に天然更新が不良であったため、三殿、瀬戸川等の成功事例は埋もれたままで、群状択伐から小面積皆伐へ、さらには林政統一後の大面積皆伐造林へと移行していった。

旧高野山国有林14林班(現在金剛峰寺山林)には、寺崎渡氏の指導で設定された択伐作業収穫試験地が今も残されている。面積は約0.3haであるが、1919年、ヒノキ、コウヤマキ等の混交した天然林を50%択伐し、2×2mの調査プロットを93個設け、更新の進行状態が調べられた。択伐後60数年を経てヒノキ、コウヤマキとも見事に成林している*)。択伐といえば20%台の伐採率が普通であるが、強度の択伐を行い更新を成功させた寺崎氏の卓見に温故知新の重みを学んだものである。しかし、この成果も活かされることなく高野山国有林の収穫対象の天然林は人工林に姿を変えてしまった。

このほか、古くは熊本の金峰山国有林におけるヒノキ傘伐天然更新林(現在2.25haを保護林に編入)、高知の魚梁瀬北亀谷山国有林における択伐施業林、兵庫の書写山国有林の間伐試験地等があるが^{4)、9)}、良好な天然更新の成果は、その後の事業には十分生かされなかった。

国有林の施業対象地域の変更により、天然更新施業の成果が埋もれてしまったものもある。例えば、亜高山地帯における施業技術の開発を目的として、1960年代に始められた長野の八ケ岳国有林緑ケ池と、川上国有林における帯状皆伐更新試験の成果は、1,800m以下に施業対象地が引き下げられた結果、適用する場を失ったのである。

上述のように、諸般の事情で埋もれてしまった天然更新施業や試験の成果は多々あろう。 しかし、長い年月をかけて得られた試験の結果は、たとえ失敗の事例であっても、それは貴 重な教材である。これまでの施業林や試験地の経過を再調査し、その記録を後世に伝えることが望まれる。

2 多様化森林造成技術開発調査でとりあげた主な天然更新施業

国際緑化推進センターにおいて平成3年度から9年度まで実施された「多様化森林造成技術開発調査」は、環境を重視した各種森林作業法に基づく多様な森林造成法を内外の資料や現地調査によって提示してきたが、天然更新に関する主な記述は以下のとおりである。

1) 平成3年度調査報告書

- (1)ドイツの調査事例
- ① ヴォルファッハにおける択伐作業
- ② ザンクト・メルゲンにおけるバーデン式画伐作業
- ③ ケルハイムにおけるバイエルン式画伐作業
- ④ ガイルドルフにおけるワグナーの帯状択伐作業
- ⑤ ランゲンブラントにおける楔型傘伐作業

(2) スイスの調査事例

- ① クヴェの照査法実験林
- ② エメンタールにおける択伐作業

(3) 日本の調査事例

- ① 長野県王滝営林署管内三浦実験林における天然更新施業 帯状皆伐天然更新地、群状母樹法天然更新地、漸伐天然更新地
- ② 愛知県新城営林署管内段戸国有林における天然更新施業

2) 平成4年度調査報告書

アメリカ東部の調査事例

- ① エール大学演習林における傘伐作業
- ② ハーバード (大学) 森林における傘伐作業
- ③ ウエストバージニア州Fernow実験林における天然更新施業 単木択伐作業、群状択伐作業、孔伐作業、傘伐作業
- ④ ニューヨーク州Cuyler研究林における天然更新施業 帯状皆伐作業、孔伐作業、単木択伐作業、群状択伐作業、傘伐法

3) 平成5年度調査報告書

(1)アメリカ東部の調査事例(4年度の続報)

- ① ニューハンプシャー州White Mt.州有林における天然更新施業 単木択伐作業、群状択伐作業、小面積皆伐作業、傘伐作業
- ② メーン大学演習林における傘伐天然更新施業

(2) フランスの調査事例

- ① ブロア州有林における傘伐作業
- ② フォンテンブローの森における傘伐作業
- ③ ナンシー州有林における傘伐作業
- (3) フィンランドの調査事例
- ① ロヴァニエミにおける傘伐作業
- ② コルケアスキ国有林における母樹法作業

4) 平成6年度調査報告書

アメリカ西部の調査事例

- ① カリフォルニア州Jackson Demonstration州有林における天然更新施業 単木択伐作業、群状択伐作業、傘伐作業、母樹法作業
- ② オレゴン州立大学演習林における孔伐作業法
- ③ ワシントン州Wenatchee国有林Swauk森林における天然更新施業 母樹法作業、傘伐作業、群状択伐作業
- ④ モンタナ州Flathead国有林における傘伐作業

5) 平成7年度調査報告書

イギリスの調査事例

- ① Forest of Deanにおける天然更新施業 傘伐作業、群状択伐作業
- ② New Forestにおける群状択伐作業
- ③ Kielder Forestにおける群状保残木施業

6) 平成8年度調査報告書

愛媛県別子山林「住友の森エコシステム」における傘伐天然更新施業

7) 平成9年度調査報告書

長野県、三浦実験林における天然更新施業 帯状皆伐作業、群状母樹法作業

3 天然下種更新法の施業体系-森林作業法

天然更新技術体系としての森林作業法の用語について、改めてここで内外の文献^{1)、1)、7)、}10⁻²⁰⁾ を参考に整理をしておく。

一般の天然下種更新は夕ネの散布形態から母樹(夕ネ木)の側方に夕ネを飛散させる側方 天然下種更新(natural seeding from side, Seitenbesamung)と、母樹の直下に散布させる 上方天然下種更新(natural seeding from overhead tree, Schirmbesamung)とに分けられ る。前者は主としてカンバ類やマツ類のような陽樹に、後者は夕ネが重いか、親木の保護が ないと育ちにくいヒノキやモミのような陰樹に適した方法である。

いずれの天然更新法でもまず母樹を適当に残して伐採し、更新面をつくらなければならない。この伐採法とそれにともなう更新の体系を森林作業法(silvicultural system, Betriebsform)と呼び、普通次の4つに大別されるが、さらに更新面の形、大きさなどによって様々に分けられている。

(1) 皆伐作業法 (clear cutting system, Kahlschlagbetrieb)

更新面の周辺に母樹林を残して小面積に、あるいは群状、帯状に皆伐する方法で、伐採後 に新林を育てるので後更作業とも呼ばれている。

(2) 母樹(作業)法(seed tree system, Einschlag unter Belassung von Uberhalter)

残伐作業ともいい、少数のタネ木を単木状もしくは群状に残して伐採し、更新が完了した らタネ木も伐採する方法で、北米で多く用いられている。わが国では、タネ木を次代の伐期 まで残す方法を特に保残木作業と呼んでいる。

(3) 傘伐作業法 (shelterwood cutting system, Schirmschlagbetrieb)

稚樹の発生、成立に適するよう順次伐採を進める方法で、日本の国有林では漸伐作業と呼んでいる。すなわち上木(親木)はタネ木としての役目と、稚樹の保護樹としての役割を持つので、更新が完了するまで普通3回のぬき伐りを行う。まずタネの結実を促し、地温を高めて粗腐植の分解を促進させるための予備伐(preparatory cutting, Vorhieb, Verbereitungsschläge)を行う。つぎに、下種伐(seed cutting, Besamungshieb)を行って林内をさらに明るくし、稚樹の発生、成立を促す。やがて稚樹が上木の保護がなくても厳しい自然環境に耐えられるような大きさに成長したら、後伐(removal cutting, Nachhieb, Lichtungsschläge)によって上木をすべて伐採し、更新が完了する。後伐は受光伐として何回かに分けて伐採することがあり、その場合、最後の伐採を殿伐(final cutting, Endhieb)という。傘伐は全立木の伐採前に更新が完了しているので前更作業とも呼ばれる。

傘伐作業法はさらに更新面の形から大面積(全面)傘伐(shelterwood uniform system, Grossschirmschlag)と帯状傘伐(shelterwood strip system, Schirmsaumschlag)及び群状(孔状)傘伐(shelterwood group system, Gruppen od. Horstweiser Schirmschlag)などに分けられる。このうち帯状傘伐作業法として、特に林縁効果を取り入れたWAGNERの帯

状択伐天然更新法(Blendersaumschlag Verjungung)が有名であり、群状傘伐法としては 林内孔状地を更新にともなって拡げていく画伐天然更新法(Femelschlag Verjungung)が ドイツやスイスで行われている。

(4) 択伐作業 (selection system, Plenterbetrib)

更新が常に行われるよう林分成長量に等しい材積だけ継続して伐採する方法で、閉鎖を破ることがないので陰樹の更新に適し、環境保全上もっとも優れているといわれている。この 択伐は回帰年を設けて伐採を繰り返すのが普通であり、スイスで広く実行されている。また 単木択伐では更新の困難な場合が多いので、群状に択伐することがあるが、群の大きさが広 くなると前述の画伐あるいは群状皆伐と変わらなくなり、択伐法の特長が失われることに なる。

(5) その他

樹高幅前後の群状伐採をパッチ状に行い、数10年で全林の更新を完了する方法を孔伐作業 (patch cutting method) という。更新期のない群状択伐作業や孔状の伐採面を順次広げる clear cutting group system (孔状伐作業) とは異なるので、一応孔伐と訳しておく。

また、帯状皆伐作業法であるが帯の幅が樹高以下で相対的に狭い帯伐作業(strip cutting method)や不斉傘伐作業(irregular shelterwood cutting system)等も実行されている。

以上のその他を除く作業法のうち皆伐と母樹法(残伐)は側方天然下種更新法に、傘伐と 択伐は上方天然下種更新法にあたるが、ヒノキ等の天然更新法としてはいずれの作業法も次 章で述べる稚樹の発生、成立条件からみて、下層植生の成立量のコントロールを組み合わせ れば技術的に可能であることがわかってきた。しかし、後継樹の保護の面から考えると、そ れぞれの方法には明らかな違いがある。例えばタネ木を残して皆伐する母樹法は、強度の傘 伐法に形の上では類似するが、前者はタネの散布が主目的で母樹による更新稚樹の保護は考 慮しないに反し、後者は傘という名のとおり、上木による稚樹の保護を重要視することであ る。また、択伐は常に親木と後継樹が混生、競合するが、他は上木が完伐されるので、後継 樹は独自の成長を行い、新林を形成することなどである。このように各作業法は、それぞれ 特性を持つ樹種の更新に適するよう伐採を進める主旨で名づけられているので、1伐、2伐、 3伐、多伐のように、単なる伐採回数のみで作業法を分類10 するのは少なくとも天然更新に 関してはなじみにくいと思う。

陰性の樹種であるヒノキ、スギ、エゾマツ、トドマツ、ヒバ等について側方天然下種更新にあたる皆伐や母樹法を適用する場合は、伐採後進入する植生を稚樹の保護者としてうまく利用する必要がある。しかし、皆伐や母樹法作業は後更作業の特徴として、皆伐人工造林と同様、林地が一時的に裸地状態になるので、落葉、土壌の流亡の危険が多いところにはその適用を避けるべきである。

一方、上方天然下種更新にあたる傘伐や択伐作業は陰樹の更新に適した方法で、遷移の法 則から高い耐陰性をうまく生かそうとするものである。しかし、光要求度の等しい同一種で、 大小、老幼の混生する連続層林を持続させる択伐作業は、比較的耐陰性の高いヒノキであっても技術的に不可能ではないが、ドイツ、スイスで行われている更新の容易なトウヒ、モミの択伐作業とは異なり、かなり集約な施業を必要とするであろう。例えば木曽ヒノキの天然生林のように、100年から400年という年齢差があっても、常に更新がともなわないと一斉林型になってしまうことが多い。したがってヒノキ等の天然更新については一時的に二段林になる傘伐作業がもっとも適した方法であるといえよう。

4 ヒノキを例とした天然下種更新の基本的な条件11)

もともと天然更新法は自然の再生力に依存した技術である。にもかかわらず、一般に日本では天然更新は困難であるとされている。しかし、その試みの多くは、植生の単純なドイツ、スイス等の各種森林作業法について森林の伐採方法のみを取り入れた結果、更新がうまく進まなかったことによるのではないかと考えられる。

日本の気候下では自然の運動法則から各種植生の繁茂が著しい。したがって、目的とする 樹種の環境に対する特性と再生のしくみに関する要因の解析が進み、情報量が多くなれば、 更新技術の組み立てはそれほど困難ではない。以下これまでに明らかにされたヒノキの天然 更新に関する主要な基本的条件を挙げておくことにする。

1) タネの結実周期と散布量

15年間にわたる稚樹の消長を調査した結果、通常の結実の周期は豊作 $4\sim5$ 年、並作 $2\sim3$ 年ごとであることがわかった。また、タネの散布量は豊作年で2,000~3,000万粒/ha、並作年で200~800万粒/ha程度である。さらに、更新に有効なタネの散布距離は母樹の樹高程度であることも明らかになった。

2) 稚樹の発生、成立の条件

a) 表土の安定について

閉鎖状態のヒノキ林における落葉、表土の移動は激しい^{21、22)}が、タネの定着、稚樹の発生のためには表土の安定が第一条件である。したがって適度な疎開状態での下層植生の成立や落葉枝の存在は有効で、地表かき起し等は好ましくない。

b) 水分条件について

厚い落葉、粗腐植の堆積は乾燥害を発生させやすい。また、過湿地は夕ネの腐朽、根腐れを起こすことが多い。

c)雨滴障害について

林内では大粒の雨滴による稚樹の掘り起こし、はねとばしが多いので、適度な下層植生や 落葉枝の存在が好ましい。

d) 病害虫について

害虫による子葉の食害が林内に特に多く、また、立枯病も発生するが、全滅することはまずない。

e) 光条件について

前述の乾燥害、雨滴障害、病虫害を防ぎ、稚樹の成立を安定させるためには、林内を明る くし、成葉の形成までの成長を早めるのが極めて有効である^{23,24)}。

3) 稚樹の成長の条件

当年生の稚樹ばかりか2年生以上の稚樹の成長には相対照度5~10%の光条件が最も好ましい。したがってヒノキ稚樹の成立を促すためには、このような光条件に誘導するよう、林内では上木と下層植生を、林外では下層植生をコントロールする必要があり、これが天然更新の最も重要な仕事である。

4) 林分及び下層植生の成立状態と天然更新の関係

対象林分の林分構造特に疎密度と下層植生の成立状態に対応するヒノキ稚樹の発生、成立の関係は、これまでの多くの調査事例から図-1の模式図のようになろう。

林床の明るさは陽光をさえぎる図の横軸に示した上木の成立状態すなわち疎密度と、斜め横軸の下層植生の成立量により決められる。すなわち、下層植生が少なくても林分が密であれば林床は暗くなり、反対に林分が疎であれば明るくなるが、その場合でも下層植生が多くなると暗くなる。これまでの筆者らの調査した多くの資料から総合的に判断すると、ヒノキ稚樹の発生は2~30%の相対照度の間にみられ、特に図中の大きい黒点の光条件のところに多いが、その明るさは4~8%の相対照度となろう。しかし、このような適度な明るさでも下層植生が全く成立していない林分では、表土の流亡が起きることが多いので、稚樹の発生はよくない。

このような稚樹の発生に適した光条件は、林縁を中心にした樹高(H)幅程度の林内、林外にも存在するので、図-1の横軸の下に林縁付近の更新状態を重ね合わせて図示した。さらに更新面における光条件が成長に及ぼす影響を縦軸にあらわしたが、稚樹の成長は発生、成立に適した光条件より多少明るい状態の方にずれることが多いようである。平均的に最も成長のよい明るさは相対照度 $6\sim10\%$ 前後で、年伸長量は $8\sim12$ cmほどになろう。これに対し3%前後では1~2 cm程度である。そして相対照度 $2\sim4\%$ ほどの人工林内では、せいぜい10数年しか生存できないようである。

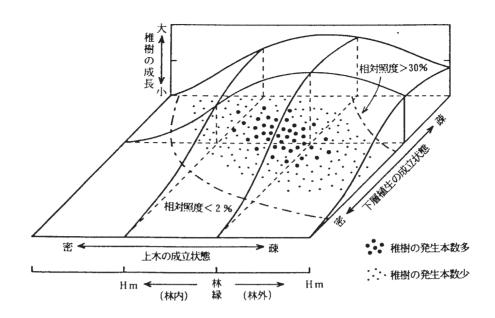


図 1 上木と下層植生の成立状態とヒノキ稚樹の発生、成長の関係

図-1はあくまでこれまでの調査例の平均的な更新と上木及び下層植生の成立状態との関係を示したものであるので、地形、土壌及び林分の施業経過によって多少のずれが起きるかもしれない。しかし、天然林、人工林のいずれでも、ヒノキ林における天然生稚樹の発生、成立及び成長は、上木と下層植生の成立状態に大きく依存しているので、天然更新によってヒノキ林の再生を行う場合は、上木と下層植生の両者を適切にコントロールすることが不可欠なのである。

以下、本年度は愛知県の東部、段戸国有林における天然更新の実態と、それから導かれる 適切な天然更新法をとりあげることにする。

5 愛知県段戸国有林における天然更新の実態

1)調査対象地及び調査の概況

中部森林管理局名古屋分局愛知森林管理事務所(元新城営林署)管内の段戸国有林は、愛知県北設楽郡の三河高原の中北部に位置し、標高600~1,000mで、総面積約5,300haのほぼ90%は、モミ、ツガ、ヒノキなどの前生樹を伐採した後に植林されたヒノキを主とした人工林である。

本年度の調査地は段戸国有林北西部の図 - 2 に示した21、28林班と、南西部に位置する図 - 3 に示した65、68、69林班である。いずれの調査地も土壌型は主として適潤性黒色土(Blo型)、土性は埴質壌土で、一般に土壌深は深い。

段戸国有林における天然更新に関する筆者らの調査は1972年以降から始められ、上述の調査対象地以外の、25、70林班等も調査を行ってきたが、今年度は21、28、65林班の更新の経過と現状について、これまでの各報告書^{100、110、25~290}と現地調査の資料を合わせ、とりまとめることにした。

一方、名古屋分局及び愛知森林管理署では、名古屋営林局、新城営林署時代に始められた 「人工仕立て木曽ヒノキ生産林」という課題での調査報告書を公けにしているので、その一 部も参照させて戴いた。

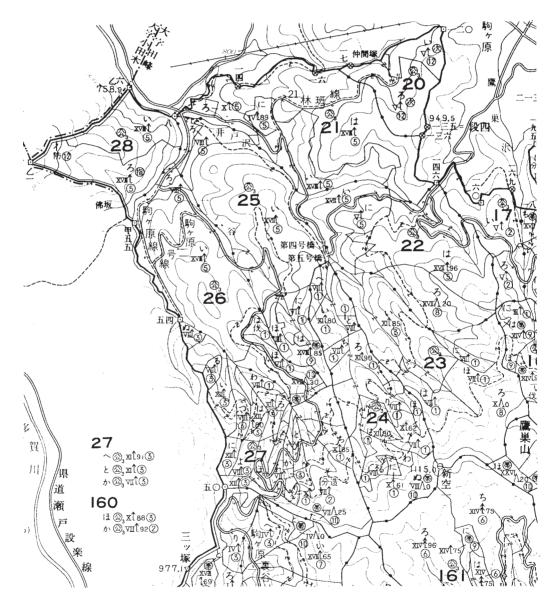


図 - 2 段戸国有林北西部の調査地21,28林班の位置

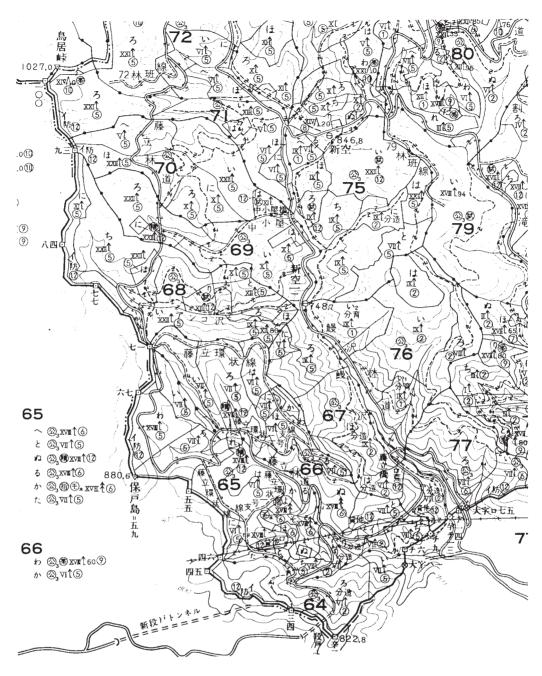


図-3 段戸国有林南西部の調査地65,68,69林班の位置

2) 65林班における33年間の天然生ヒノキの更新、成長の経過

(1) 林内稚樹の成立と上木伐採後の成長―傘(漸) 伐法のモデル

写真 - 1は65林班い小班のヒノキ天然更新調査地における2003年11月現在のヒノキ天然生林である。写真の左右は1916年(大正5年)植栽のヒノキ上木で、樹高は20m前後である。写真の中央、林道の両側は、林内に更新していたヒノキ稚樹が、1969年に上木が伐採された後34年を経過し、現在樹高が10mほどに成長した天然生のヒノキ林である。

時間をさかのぼり、更新初期からの経過を写真によってたどってみよう。写真 - 2 は天然



写真 - 1 段戸国有林65林班の77年生人工ヒノキ(写真の左、右)と上木伐採後33年目のヒノキ天然生林(林道両側)(2003)



写真 - 2 同.間伐後、10年目の林内に更新したヒノキ稚樹の成立状態(1972)

更新の調査を開始した1972年当時における林内の更新状態である。10年ほど前多少強度の間伐(間伐率30%程度と思われる)を行った当時56年生(1916年植栽)の林分であるが、間伐前後から更新し始めたヒノキ稚樹が密生しているのが認められる。

写真 - 3 は隣接するこのような林分を皆伐した 2 年後の林道上側における状況である。天 然更新したヒノキ稚樹が写真のように多く成立していたのでほとんど地拵えを行わないで、 同年、名古屋営林局の施業計画に従いヒノキを植栽した。 写真 - 4 は伐採後 9 年目 (1979年)の林道上側の成長状態、写真 - 5 は10年目の林道下側の成長状態であるが、天然更新したヒノキはヒノキ植栽木と見分けがつかないほどよく成長している。

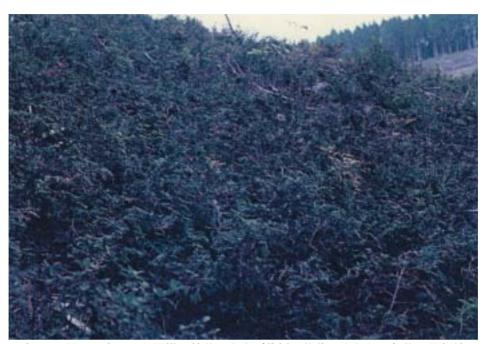


写真 - 3 同、写真 - 2と同様の林分の上木が伐採(後伐)された2年後の更新地の 状態、ヒノキ稚樹の成立が多かったので、地拵えをしないでヒノキが植栽 された(1972)



写真 - 4 同.上木伐採(後伐)後9年目の成長状態(林道の上側).ヒノキの植栽木と天然生ヒノキが混在するが成長差はみられない(1979)



写真 - 5 同.上木伐採(後伐)後10年目における林道下側の成長状態(1980)

本調査地はもともと皆伐一斉造林による施業地であり、当初から天然更新を目的とした施業ではないが、上述のような伐採と更新の経過を天然更新の技術体系すなわち森林作業法にあてはめると、1962年ごろの間伐は傘(漸)伐作業法の下種伐であり、1970年の皆伐は後伐にあたる。今後、このような更新事例を参照にして検討される人工林からの天然更新技術は、上述の傘(漸)伐法のような森林作業法を施業体系として組み立てていくことにする。

1979年当時、林道上側の更新樹は平均高約2.5m、成立本数約81,000本/ha、林道下側は平均高約3 m、成立本数約210,000本/haで、一般造林の常識とはかけ離れた超高密と判断したため、名古屋営林局は「人工仕立て木曽ヒノキ林施業」の一環として同年、写真 - 6 に示したような密度効果試験地を設定し、本数調整を行った。また、同時に試験地内の造林木は全て除伐された。

三浦実験林等の調査結果から、木曽ヒノキ同様の天然生ヒノキを生産目標にする場合には、除伐等の本数調整は必要ないが、人工仕立て木曽ヒノキ林施業の試験ということで、本数調整が行われた。しかし、その翌年、降雪により10,000本区と30,000本区にかなりの倒伏被害が発生したが、幸い数年後にはほぼ正常に回復した。

試験地設定後、継続した調査は行われていないが、愛知森林管理事務所の調査した1981年と2000年の資料を改変して図化してみた。図-4は林道下の各密度調整区(II)内における試験地設定前(1978年)と本数調整後2年目(1981年)及び21年目(2000年)の成立本数である。

本数調整を行わなかった対象区の当初の稚樹の成立本数はhaあたり20万本を越えていたが、21年後には自然間引きによって19,000本/haに減少していた。一方、本数調整区でも、50,000本区は約9,000本/haに、30,000本区は約7,500本/haに、10,000本区は6,500本/haとなった。



写真 - 6 同.写真 - 4,5の更新地に名古屋営林局が設定した密度効果(本数調整) 試験地の看板

このことは天然更新した稚樹は密生状態になっても自然間引きによって立木密度を調整することを教えている。すなわち除伐等の本数調節は必要ないということである。

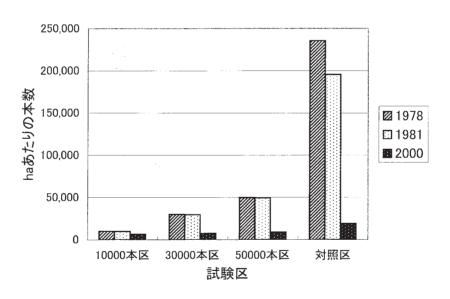


図 - 4 65林班い小班のヒノキ天然更新地における密度調整試験地内の本数変化

つぎに図-5は各試験区における平均高の推移を示したものである。本数調整をした各区の平均樹高は各年度ともほとんど差はない。これに対し対照区の平均樹高は本数調整区より多少低くなっているが、これは本数の多い被圧木も含めた平均値であるからである。本数調整区と同じ本数の上層木のみを平均すれば、ほとんど差はないであろう。したがって樹高成長からみても、本数調整の必要性はないといえよう。なお、20年生余で約8mという平均樹

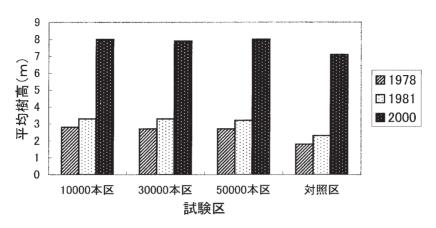


図 - 5 同.密度調整試験地内における平均樹高の推移

高は同じ65林班内のヒノキ植栽木に比較すると多少低いが、上層木は10~14mでほぼ同じである。

写真 - 7 は林道上側における対照区の、写真 - 8 は林道下側における10,000本区の上木伐採(後伐)後33年目における林内の現状である。いずれも密度競争が激しく、自然間引きによる枯死木が多くみられる。

このような過密状態になると一般のヒノキ林では表土の流亡が起こるが、倒伏した枯死木や落枝が多く、それらが地表面を覆っているので、写真―9のように、表土の流亡は今のところほとんど認められない。これも巧みな自然の仕組みといえよう。

(2) 林内孔状地周辺における 更新の特徴 - 画伐法及び群状択 伐法のモデル

1972年調査を開始した当時、 前述の65林班い小班に隣接した わ小班の林道上側に、多分10数 年前の落雷により数本の上木が 枯死した4×9m広さの林内孔 状地があった。その孔状地中心 付近のヒノキ稚樹は写真-10の ように大きく育ち、孔状地から



写真 - 7 同.上木伐採(後伐)後33年目の林道上側における対照区内の現状.自然間引による枯死木が多いが上層木は10~14mである(2003)



写真 - 8 同・林道下側の10,000本区における林内の現状・ 自然間引が進行し枯死木が多くなりつつある (2003)

離れるに従い小さくなっているの が観察された。

1972年時における孔状地林縁か ら林内にかけての光条件と稚樹の 大きさ、年齢等の関係をみてみよ う。図-6は孔状地林縁(4m地 点)から林内22.5mまでの平均相 対照度を示したものである。孔状 地は40m2ほどの小さい空地である ので、その林縁付近は相対照度 15%程度であり、それほど明るく はない。一方、林内に入るに従い 相対照度は次第に低くなり、林縁 から10数m以上になると 4%ほど の暗さになる。そして、相対照度 5%以下の光条件になると、ヒノ キ稚樹の成長は著しく阻害される ようになる。



写真 - 9 同 . ずれの試験区内も林内は暗く、下層植生は全く成立していないが、倒れた枯死木や落枝が多いため表土の流亡は発生していない



写真 - 10 段戸国有林65林班わ小班における林内孔状地とその付近における更新状態(1972)

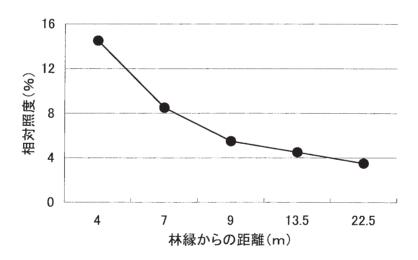


図 - 6 段戸国有林65林班わ小班における孔状地林縁から林内方向への 相対照度の変化 (1972)

図-7は林縁から林内に成立する稚樹の成立本数と平均高及び平均年齢を示したものである。光条件の比較的良好な林縁(3.5m地点)の稚樹の平均高は70cm余で、また平均年齢は13年である。これに対し、林内に入るに従い平均高、年齢はともに小さくなる。林縁から16.5m離れた地点では平均高は12cmほどで、平均年齢は7年である。すなわち、相対照度4%前後の林内では成長が抑えられ、また生存期間も短いということである。

一方、成立本数は林内の方が多く、16.5m地点ではhaあたりに換算すると100万本にも達し、密生状態である。これに対し、3.5~6.5m地点の林縁付近は、大きく成長した稚樹の下

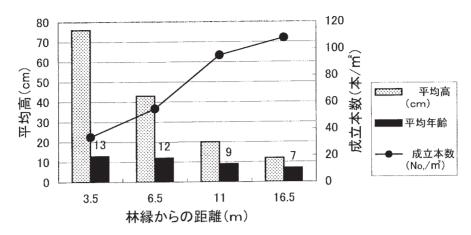


図 - 7 同. 孔状地林縁から林内の各地点における稚樹の成立本数、平均 高及び平均年齢の変化(1972)

層が暗いため、新しい稚樹の生存が不可能で稚樹本数の増加がなく、林内に比較すると成立 本数は少ない。といってもhaあたり40万本前後も成立し、密生状態となっている。

各地点における稚樹の年齢分布を図-8に示した。孔状地林縁から16.5m地点の年齢分布は明らかな正規型を示さず、最高年齢は15年である。これに対し林縁と6.5m、11m地点では正規分布型を示し、最高年齢は20年生である。特に3.5m地点の林縁では10~15年生の稚樹が多い。このことから、林内孔状地は調査当時の10数年前にできたと推定される。そして、林内孔状地を中心に光条件が改善され明るくなった結果、孔状地周辺の更新と成長が促進されたものと思われる。

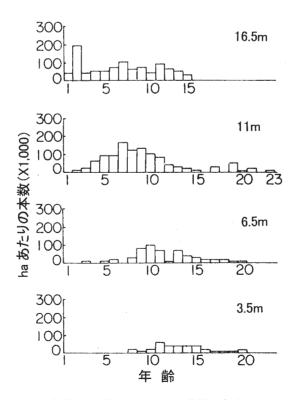


図 - 8 同. 各地点に成立するヒノキ稚樹の年齢分布 (1972)

図-9は3.5m地点の林縁と16.5m地点の林内に成立する稚樹の年齢と高さの相関を示したものである。図から認められるように、同じ年齢でも林縁の稚樹は林内のものより数倍も大きく、光条件が稚樹の成長に大きく影響することは明らかである。

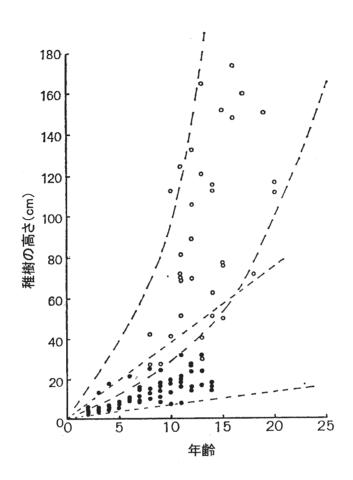


図 - 9 同.孔状地林緑(白丸)と林内(黒丸)に成立する稚樹の年齢と 大きさの関係(1972)

上述のような調査解析を行ってから31年後の現在、孔状地内のかつてのヒノキ稚樹は、写真 -11のように樹高8~10mの幼樹に育ち、人工の上層木と天然生の中下層木による二段林を形成するようになった。

このような天然更新のしくみは、孔状地を更新の進行にともない拡げていく画伐あるいは 群状択伐法のモデルになろう。

3) 28林班における伐採率を変えた林分の更新、成長の経過

-傘(漸)伐法及び群状皆伐法のモデル

(1)試験地設定後9年間の更新、成長の変化

名古屋営林局は1974年、人工仕立て木曽ヒノキ林施業の一連の試験として、28林班わ小班において、1区画50×50mの広さで、20%(A),30%(B),60%(C),100%(D) 伐採区と対



写真 - 11.写真 - 10の現状から31年を経過した現在の林内孔状地の状態(2003)

照区 (E) を 2 ブロック設け、同年伐採を行い、天然更新の試験を開始した。試験区の配置 は図 -10に示したとおりである。

試験地は標高780~880m、方位南東及び南南西、傾斜は10~30°、土壌型はBlbもしくはBloである。試験地設定当初の林分は1916年(大正5年)植栽の61年生のヒノキ林で、立木本数1,420本/ha、林分材積約374m³/haであった。

名古屋営林局では試験地設定の1977年以降、1986年までの9年間、各試験区内に設けた 2×2 mの調査プロット(合計34プロット)において、成立本数と稚樹高の調査を行った。その資料を改変し、試験区No.6~10におけるhaあたりの成立本数の変化を図-11に、稚樹の平均高の推移を図-12に示した。なお、図では1980年以降は隔年の調査結果のみを示した。

図-11で認められるように、10数年前の間伐の効果で伐採前haあたり70万本以上成立していたヒノキの稚樹は年ごとに減少している。それでも試験地設定後9年目の1986年現在、皆伐した100%区以外は少なくとも15万本/ha以上成立していた。しかし、100%区では伐採の翌年、稚樹は急速に枯死し、3年目以降は僅か2,000本/haほどに減少(図では10倍ほどの本数にして示してある)した。これは上木の急激な疎開によって乾燥害を受けたためと思われる。

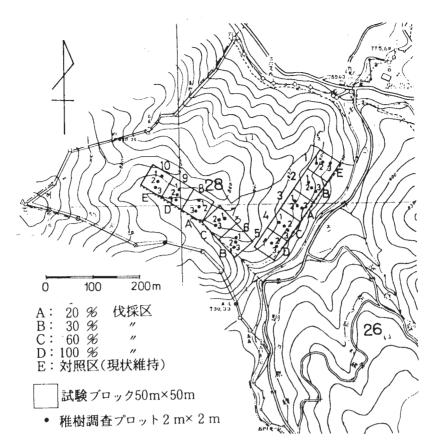


図 - 10 段戸国有林28林班における伐採率に変えた天然更新試験地の配置

一方、図-12に示した稚樹の平均高では、100%区の成長は著しく大きく、9年目で4m近くになっているに対し、他の試験区の成長は遅く、9年目でも1mに達していない。この稚樹高の成長は林内の光条件との相関が高く、最も暗い無伐採の対照区から順次明るい60%区になるに従い、平均高が大きくなっているのが認められる。

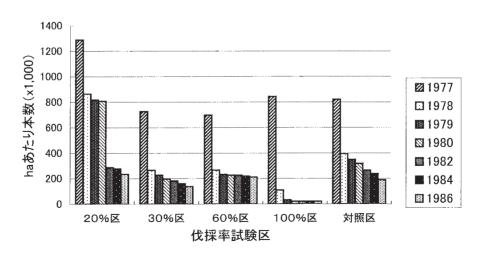


図 - 11 同.試験区 6~10における試験地設定後9年間のヒノキ稚樹の本数変化

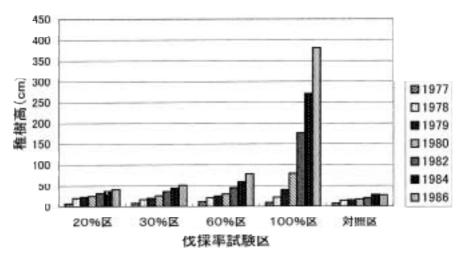


図 - 12 同. 試験区 6~10における9年間の平均高の推移

伐採後9年目の調査の終了した1986年時における20%、30%、60%、100%伐採区 (No.6 \sim 9)及び対照区 (No.10)の稚樹の成立状態はそれぞれ写真12 \sim 16のようであった。図-11、12に示した1986年時の稚樹の成立本数及び平均高と対比すれば、その推移が理解できよう。



写真 - 12 段戸国有林28林班の20%伐採区における1986年時の稚樹の成立状態



写真 - 13 同.30%伐採区における1986年時の稚樹の成立状態



写真 - 14 同.60%伐採区における1986年時の稚樹の成立状態

(2) 試験地設定後26年目における更新樹の現状

さて、伐採後26年を経過した2003年現在の更新樹の成立状態を、写真と本年度の調査資料から試験区ごとに明らかにしてみよう。なお、試験区は図-10に示したように、N0.1~10ま

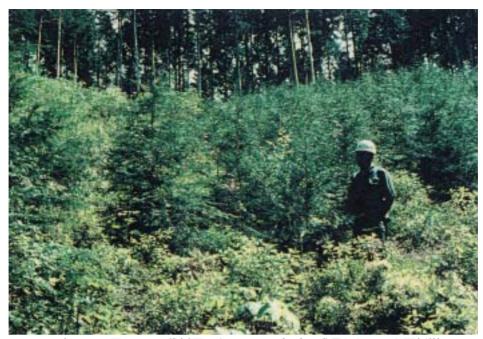


写真 - 15 同.100%伐採区における1986年時の成長したヒノキ更新樹



写真 - 16 同.対象区における1986年時の更新状態

で設けられているが、ここでは前述の資料、図-11、12と同様、 $N0.5 \sim 10$ の試験区を解析の対象とした。また、沢の下方から30%、60%、20%、100%伐採区と連続し、最上部に対照区が設けられているが、伐採率の小さい区からみていくことにする。

① 20%伐採区の現状

写真-17は20%伐採区における稚樹の成立状態(写真手前)、写真-18は上層林冠の現状である。また、図-13は20%伐採区の調査ベルト内(1×6m、傾斜28°)におけるヒノキ稚樹とその枯死木及び広葉樹の成立位置(平面分布)と垂直構造(立体構造としての3次元



写真 - 17 同、2003年現在の20%伐採区における稚樹の成立状態(写真手前)。写真 奥は60%伐採区

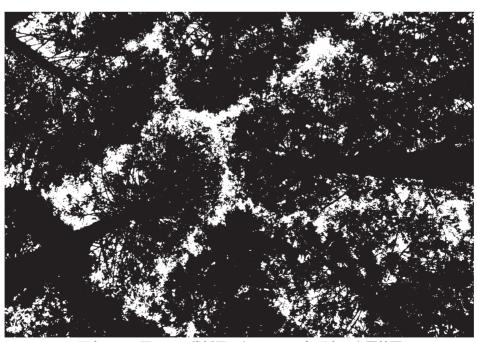


写真 - 18 同.20%伐採区における2003年現在の上層林冠

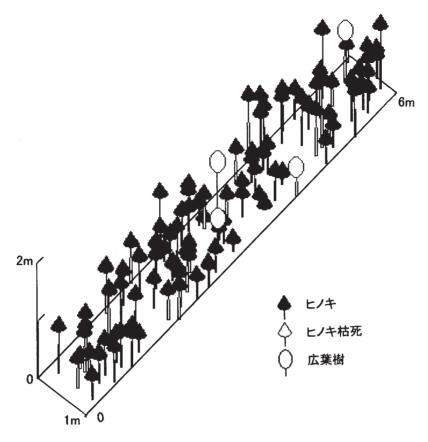


図 - 13 同.20%伐採区の2003年現在における稚樹の立体構造(成立位置と垂直構造)

の図化に関しては山形大学野堀嘉裕氏のソフトFWを使用させて戴いた)を示したものである。さらに図-14はヒノキ稚樹と広葉樹の高さの分布である。

上層林冠は写真 - 18のように一般の閉鎖したヒノキ林分と同様で、林内はかなり暗い。そのため、伐採後26年を経過しているのに、ほとんどのヒノキ稚樹は図 - 14で認められるよう

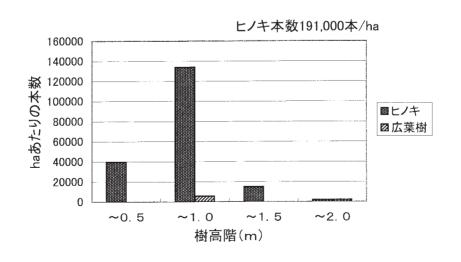


図 - 14 同.20%伐採区における稚樹高の分布

に1m以下である。しかし、ヒノキ稚樹の成立本数は約19万本/haで著しく多い。年齢の解析はしていないが、前記した65林班の事例から判断すると、枯死と新生を繰り返していると考えられる。

一方、調査ベルト内におけるヒノキ稚樹の平面分布は図-13に示したように、ほぼランダムであり、また垂直構造からみて大きさの分布にも集団的な片寄りは認められない。

一般に閉鎖の進んだ密な林分では稚樹の成立は困難であるが、この20%伐採区はその区画が50×50mで、60%伐採区と100%伐採区の間にあるので、写真 - 17のように、隣接林分から陽光が斜入することが、稚樹の成立、生存を助けていると思われる。

② 30%伐採区の現状

写真 -19は30%伐採区における成長した稚樹(大半が $2\sim3$ mになっているので、むしろ幼樹といえる)の成立状態、写真 -20は上層林冠の現状である。また、図 -15は30%伐採区



写真 - 19 同.2003年現在の30%伐採区における更新樹の成立状態

の調査ベルト(2×6m、傾斜26°)内におけるヒノキ更新樹とその枯死木及び広葉樹の立体構造(平面分布と垂直構造)を示したものである。さらに図-16はそれらの樹高分布である。

図-15から認められるように、ヒノキの更新樹と広葉樹はほぼランダムに分布するが、ヒノキ枯死木は調査ベルトの下部に多く、集中分布する傾向がみられる。これは垂直構造からみて斜面下部には3mを越す更新樹が多く成立するため、2m以下のヒノキが多く枯死した結果である。

ヒノキと広葉樹の樹高分布は図 -16から認められるように、ほぼ正規型である。また、その大きさも $1 \sim 4$ m程度で、前記した20%伐採区のそれよりかなり大きい。これは写真 -20

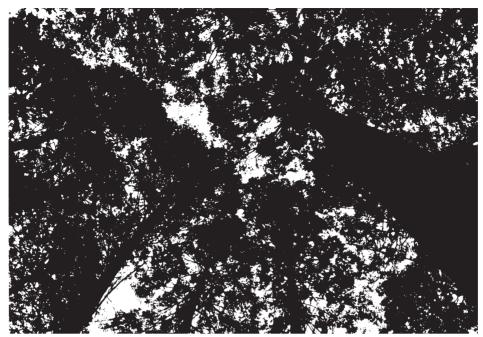


写真 - 20 同、30%伐採区における2003年現在の上層林冠

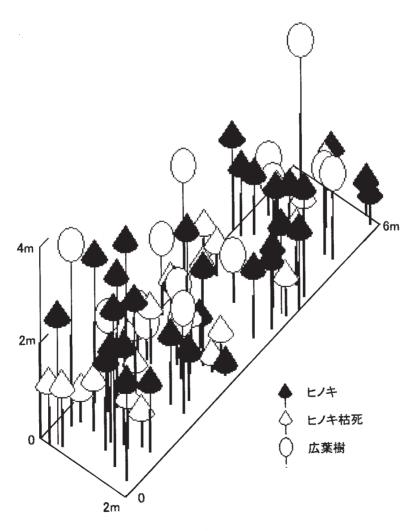


図 - 15 同.30%伐採区の2003年現在における更新樹の立体構造

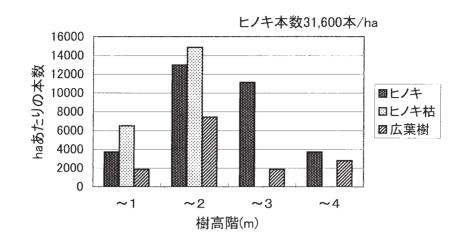


図 - 16 同.30%伐採区における更新樹の高さの分布

のように、伐採後26年を経過した現在はほぼ閉鎖状態にあるが、10数年前までは20%伐採区 に比較し、林内が明るかったためと思われる。

一方、ヒノキ枯死木はすべて2m以下であり、前述のように、そのほとんどは調査ベルトの下部に集中しているが、現在のヒノキ更新樹の成立本数はhaあたり3万本を越えているので、今後、2m以下のものは枯死していく可能性が大きい。

③ 60%伐採区の現状

写真 -21は60%伐採区における更新樹の成立状態、写真 -22は上層林冠の現状である。また、図 -17は60%伐採区の調査ベルト(4×6 m、傾斜28°)内におけるヒノキ更新樹とその枯死木及び広葉樹の立体構造を示したものである。さらに図 -18はそれらの樹高分布である。

写真 -22で認められるように、伐採後26年を経過しているにもかかわらず、上層林冠には一部空隙がみられ、完全には閉鎖していない。そのため、図-18にみられるように、ヒノキ更新樹は全て $2\sim4$ mで20、30%伐採区より大きく、また、その樹高分布はL型である。一般にこのような分布型は新たな稚樹の加入はなく、自然間引を繰り返しながら成長促進の段階に至ったものといえる。したがって 2 m以下のものは枯死が進行し、ヒノキ更新樹の成立本数も現在haあたり7,600本ほどであるが、次第に減少していくであろう。この傾向は広葉樹も同様である。

更新樹の平面分布は図-17にみられるようにヒノキ、広葉樹とも多少集中分布のようにみえるが、これは調査ベルトの面積が更新樹の大きさに比較して小さいためで、60%伐採区全体ではいずれもランダムに成立している。その一部は写真-17の奥に成立する60%伐採区の更新樹の成立状態で理解できよう。



写真 - 21 同.2003年現在の60%伐採区における更新樹の成立状態

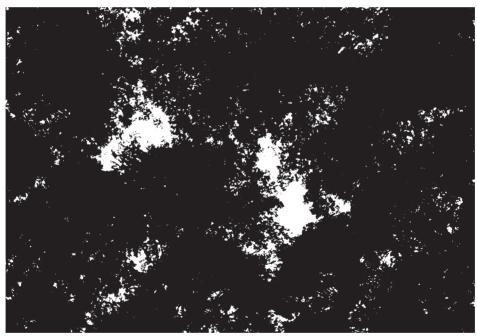


写真 - 22 同 . 60%伐採区における2003年現在の上層林冠 . 伐採後2年を経過してもなお林冠にすき間がみられる

④ 100%伐採区の現状

写真 -23は 50×50 mの区画を皆伐した100%伐採区における更新樹を、隣接する20%伐採区からみた成立状態である。また、写真 -24はその林内である。また、図 -19は100%伐採区の調査ベルト(4×6 m、傾斜 23°)内におけるヒノキ更新樹とその枯死木及び広葉樹の平面分布と垂直構造を示したものである。さらに図 -20はそれらの樹高分布である。

図-19から認められるように、ヒノキと広葉樹の平面分布はそれぞれに多少集中的に分布する傾向がみられる。これは写真-24で理解されるように、更新樹は密生状態で、ヒノキ枯

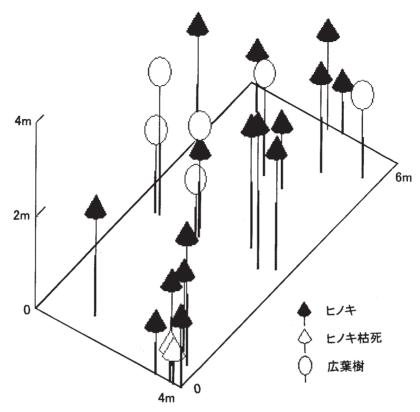


図 - 17 同.60%伐採区の2003年現在における更新樹の立体構造

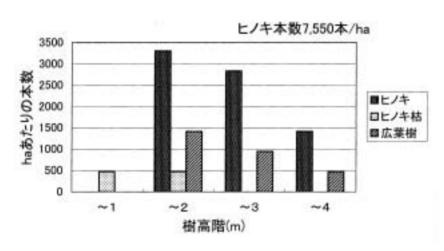


図 - 18 同.60%伐採区における更新樹の高さの分布

死木も上層木の樹種とは関係なく下層に散在することから、ヒノキと広葉樹はそれぞれ平面に垂直的に厳しい種間競争をしながら群状に成立するようになったと思われる。しかし、たとえ集中分布するといっても上層を占める広葉樹の成立本数はヒノキより相対的に少ない。ヒノキ成立本数は伐採後9年目の1986年当時は、図-11のように僅か2,000本/haであったのが、現在本数は図-20に示したように6,800本に増加している。 これは調査プロットの位置にも問題があったかもしれないが、4m以下に著しく枯死木が多いことから、林縁からの



写真 - 23 同.接する20%伐採区からみた2003年現在の100%伐採区の状態



写真 - 24 同.100%伐採区における2003年現在の成長した更新樹の林内

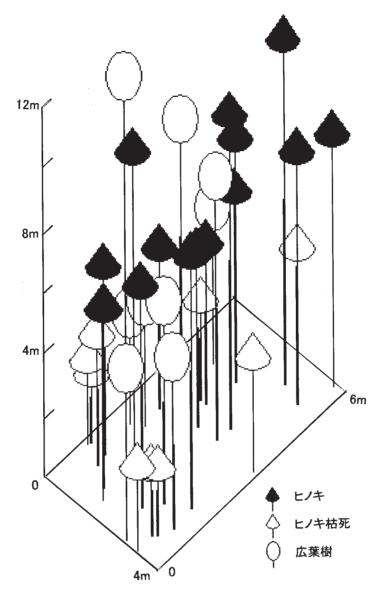


図 - 19 同.100%伐採区の2003年現在における更新樹の立体構造

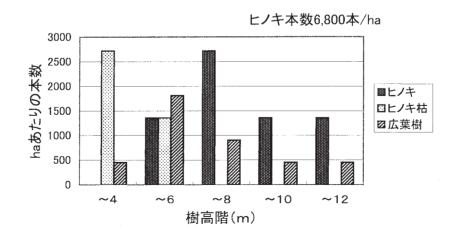


図 - 20 同.100%伐採区における更新樹の樹高分布

側方天然下種によって稚樹が成立した可能性があると思われる。樹高分布は図-20に認められるように、正規型に近いが、広葉樹はL型分布である。また、樹高は6~12mに達し、60%伐採区に比較して3倍ほどに成長している。そして、8 m以上の上層にはヒノキが多く、広葉樹は下層に多い。また、ヒノキの枯死木は6 m以下の下層にのみみられる。これらの林分状態から判断すると、100%伐採区は除伐等を行わず自然の推移にゆだねても、自然間引を繰り返しながら、今後ヒノキ更新樹を主体にした天然生林として成長していく可能性が高い。

⑤ 対照区の現状

写真 -25は対照区における林内の更新状態である。試験地設定の1977年当時には図 -11に示したようにそれ以前の間伐によって80万本/ha程度のヒノキ稚樹が成立していたが、その9年後の1986年には1/4に減少した。また、写真 -16及び図 -12にみられるように、林内が暗いためヒノキ稚樹はほとんど成長していなかった。一方、写真 -16のように広葉樹の成立も少なかった。

この対照区は10数年前周辺の林分の間伐時に25%程度の伐採が行われたようで、2003年現



写真 - 25 同.2003年現在の対照区における更新状態.10 数年前25%程度の間伐が行われたため広葉樹が 繁茂し、ヒノキ稚樹を被圧し始めている

在、写真-25のように、広葉樹が急速に成長し始め、残存していたヒノキ稚樹(写真手前) を被圧するようになった。したがって各伐採区に対する対照区としての意味はなくなったことになる。

本試験地は人工仕立て木曽ヒノキ林施業の指標林として始められたのであるが、当時の名古屋営林局の技術開発期間が1977~1986年の10年間と定められていたので、その後は試験地としての使命を終えたことになっているのである。しかし、人工仕立て木曽ヒノキ林の造成にしても、天然更新施業は人工造林施業より長い期間を必要とするので、この試験地が現在まで残されたことは幸いであり、人工林からの天然更新施業技術の貴重な教材として再度、適切な次の伐採法を検討した上、恒久的な試験地に格上げし、継続的な調査を行うよう切望しておきたい。

(3) 各伐採法から判断される適切な天然更新法

前述のように、20%、30%及び60%伐採区では、伐採後26年目の現在、それぞれの伐採率に応じた大きさのヒノキ更新樹が多数成立している。いずれも更新完了の状態であるので、現状で上木を伐採すれば急速に成長を始めるであろう。

これを天然更新の技術体系すなわち森林作業法にあてはめると、試験地設定の10数年前の間伐は傘(漸)伐作業法の予備伐であり、1977年の伐採が下種伐であるといえる。そして現状で上木を伐採すれば後伐にあたろう。すなわち傘(漸)伐法の一連の施業体系を完了することになる。したがって、前節に記したように、本試験地の20%、30%、60%伐採区は傘(漸)伐法の貴重な手本として、新たな試験施業を実施されるよう望みたい。

一方、更新条件に恵まれたこの試験地のような林分では、試験地設定の伐採、すなわち下種伐後、図-12で判断できるように、稚樹の大きさが40cm以上になる時点、例えば20%区では9年目、30%区では5年目、60%区では4年目頃、いずれも成立本数は10万本/ha以上であるので、後伐として上木を伐採してよかろう。すなわち、予備伐からすると15~20年ほどで更新完了という傘(漸)伐作業が完結することになる。

これに対し、100%伐採区では皆伐の10数年前の間伐で80万本/haも成立していたヒノキ 更新樹が、伐採後急激に枯死し、数年のうちに2,000本/haにまで減少してしまうが、このこ とは20%、30%、60%区のように、下種伐を行って上木の伐採除去によって枯死しない 40cmほどの大きさにまで育ってから後伐した方が安全であることを教えている。

ただ、100%区の区画の大きさが50×50mであるので、上下左右の林縁からの有効種子の散布は充分可能である。それ故、皆伐後9年経過した写真-15にみられるように、適度に下層植生が成立するようになると、側方天然下種によってヒノキ稚樹が成立するようになる。上方天然下種の傘(漸)伐法によって、あらかじめ林床に稚樹を成立させる方法を前更作業というが、稚樹が成立していなくても種子の散布可能(樹高と同じ距離)な範囲で群状に伐採し、側方天然下種により、天然更新を進める後更作業も可能であることを100%伐採区の

事例は示唆している。この作業法は群状皆伐法といえよう。

いずれにしても、28林班の伐採率を変えた天然更新試験地は、設定後26年を経過して、傘 (漸) 伐法と群状皆伐法が有効な作業法であることを教えたといえる。

4) 21 林班における伐採率を変えた林分の更新、成長の経過一傘伐法のモデル

(1) 各伐採区のヒノキ稚樹の成立本数と成長の変化

21林班は図-2に示したように、段戸国有林の北西部に位置するが、そのほぼ中心部に1983年、名古屋営林局が「人工仕立て木曽ヒノキ生産林」施業の一つとして3種の伐採率による天然更新試験地を設定した。各伐採区の配置は図―21のとおりである。

各試験区の面積は30%区3.91ha、60%区3.18ha、100%区1.56haである。このうち、100% 伐採区については中央部の0.53haを除いた両側の1.03haは下刈りと同時にヒノキ稚樹が本数 調整された。本数調整を行わなかった対照区におけるヒノキ更新樹の成長経過と構造につい ては次節に述べることにする。

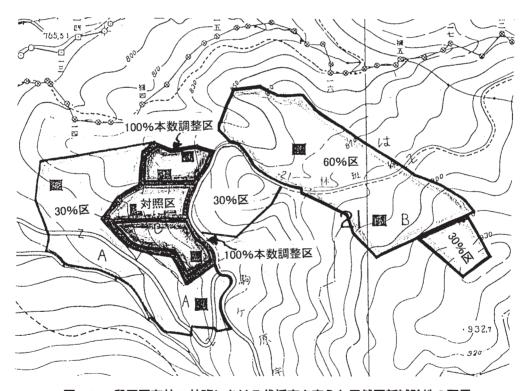


図 - 21 段戸国有林21林班における伐採率を変えた天然更新試験地の配置

21林班は1916年(大正 5 年)の植栽で、試験地設定時は67年生のヒノキ人工林であった。 当時の記録によると、100%伐採区の前生林分の平均胸高直径は約22cm、平均樹高は約16m、 haあたりの本数は約1,030本、林分材積は約313/haであった。各試験区とも1983年に伐採さ れた。なお、試験地設定の8年前(1975年)に間伐が行われたので、その時から多くのヒノ キ稚樹が成立し始めたようである。 新城営林署では試験地設定後、2×2mの調査プロットを各試験区に2個ずつ設け、1989年までは毎年、その後は1994年にヒノキ稚樹の成立本数と平均高を調査した。ここではその記録を改変し、ヒノキ稚樹の本数変化を図-22に、平均高の成長経過を図-23に示した。

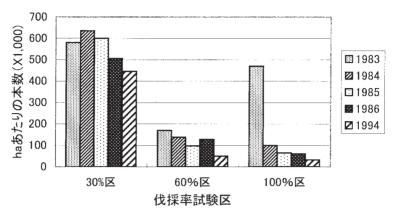


図 - 22 同. 各伐採試験区におけるヒノキ稚樹の本数変化

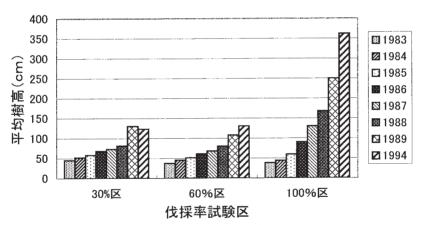


図 - 23 同.各伐採試験区における稚樹の平均高の推移

試験地設定時(伐採前)のヒノキ稚樹の成立本数は、図-22に示したように、30%と100%区はhaあたり50万本ほどであったが、60%区は16万本/haほどで比較的少なかった。これは図-21にみられるように、60%区の大部分は沢沿いの地形で、湿性の土壌のため、ヒノキ稚樹の発生、成立には不利な環境条件であったと思われる。さらに、この沢筋は広葉樹の成立が多く、当時、林床はかなり暗かったと考えられる。

伐採後、30%区の稚樹はその翌年から多少増加したが、その後、林分の再閉鎖とともに、本数は多少減少した。といっても伐採後10年目でhaあたり45万本も成立している。

これに対し、60%区の成立本数は10年目には1/3ほどに減少した。一方、100%区の稚樹は 伐採の翌年には急速に枯死し、1/5ほどに減少した。これは急激な疎開による乾燥害による ものであろう。それでも10年目当時には25,000本/haほど生存していた。

平均樹高は図-23に示したように、当初40cmほどの稚樹がいずれの伐採区も伐採後大きくなったが、100%区の成長増加は特に著しく、伐採後10年目で360cmほどになった。特に後半の成長率は著しく大きい。しかし、30%区と60%区は10年目でも130cm前後にしか成長していない。

このような更新、成長を経過した各伐採区の中、100%区は次節で詳述するので、ここでは30%区と60%区の現状をみてみよう。写真 -26、27は図 -21に示した100%区と60%区にはさまれた小さいピークのある30%区におけるヒノキ稚樹の成立状態である。



写真 - 26 段戸国有林21林班の30%伐採区における2003年現在のヒノキ稚樹の成立 状態、尾根付近であるので成立本数は多いが稚樹高は30cmほどで低い

写真-26のヒノキ稚樹はピークに近い尾根付近に成立するので、稚樹高は伐採後20年を経過した2003年現在でもほとんど30cm前後である。しかし、成立本数はhaあたり20万本を越えている。一方、斜面中腹には写真-27のように、100cmを越える稚樹が多少群状ではあるがほぼ全面に成立している。

このように30%伐採区はヒノキの更新状態はきわめて良好でありその大きさもすべて数10cm以上になっているので、傘(漸)伐法の後伐として上木を伐採する段階にあるといえる。

これに対し、60%区は前述のように湿性土壌の分布する沢沿いの地形が多く、ヒノキの更新は不良である。特に写真 - 28のように、広葉樹の成立が多くヒノキ稚樹の成立は全般的に



写真 - 27 同.30%区の斜面中腹部におけるヒノキ稚樹の成立状態.100cm以上の 稚樹がほぼ全面に成立し、広葉樹も多少混在している

著しく少ない。それ故このようなヒノキの更新に不適な林分については、むしろ下種伐としての伐採率は20%程度とし、下層植生の繁茂を抑制するのが好ましいと考える。なお、過湿気味の沢付近あるいは平坦状の緩斜地は、もともとヒノキの更新は困難であるので、ヒノキの天然更新施業はさけるべきである。



写真 - 28 同、100%伐採区における2003年現在の更新状態、沢沿いであるのでヒノ キ稚樹の更新は不良で、広葉樹の成立が多い

(2) 100%伐採(後伐)区における更新樹の成立状態と成長の経過

21林班は試験地設定の8年前に、傘(漸)伐法の予備伐、下種伐にあたる間伐が行われたので、ヒノキの更新に適した光条件が与えられ、多くのヒノキ稚樹が成立するようになったと思われる。特に100%伐採区は図-22に示したように、試験地設定の1983年当時、haあたり47万本ものヒノキ稚樹が成立していた。写真-29は当時と類似した林内稚樹の成立状態である。



写真 - 29 同、100%区における伐採前と類似の林内の更新状態

1983年、後伐として上木が皆伐されたが、その 4 年後、試験地中央の0.537haを除き図 - 21 のように両側の1.03haはhaあたり3,000本になるよう、下刈りと同時にヒノキ更新樹の本数調整が行われた。写真 - 30は本数調整区(写真手前)と対照区(右上方)の、写真 - 31は本数調整をしていない対照区上部の1987年時における更新地の状態である。

以下、対照区における当時の更新樹の成立状態を調査した筆者の報告 を再録してみよう。図 -24は対照区内の斜面上部と下部に設けた調査ベルト(4×25 m、上部傾斜18°、下部10°)内における高さ50cm以上の更新樹の位置と高さを示したものである。図から認められるように、ヒノキ更新樹の成立本数はいずれも多いが、特に上部ベルト内は著しく多く、しかも集中分布して密生している。しかし、ほとんどの箇所にヒノキが成立していることから、密生地も自然間引によって本数を減少させ、いずれ全体的にはランダム分布になるものと推定された。一方、下部ベルト内については成立本数は相対的に少ないものの、ほぼランダムに分布していた。



写真 - 30 同.伐採後4年目における本数調整区(手前)と対照区(右上方)の状態 (1987)



写真 - 31 同.対照区上部における更新樹の成立状態.調査員の多くいるところから 下方に上部調査ベルトを設けた(1987)

対照区では本数調整や下刈りを行っていないので、ヤマザクラ、ウワミズザクラ、コナラ、クリ、クヌギ、ホオノキ、ゴンゼツ、エゴノキ、リョウブ、ネジキ、ヤマウルシ、アオハダ等の落葉広葉樹と、ヤマツツジ、モチツツジ、ノリウツギ等の低木類が多く成立していたほか、僅かではあるがアカマツも成立し、また、ススキの繁茂が全面的にみられた。特に図-24で認められるように、斜面下部には広葉樹の成立が多かった。その結果、後述のように伐

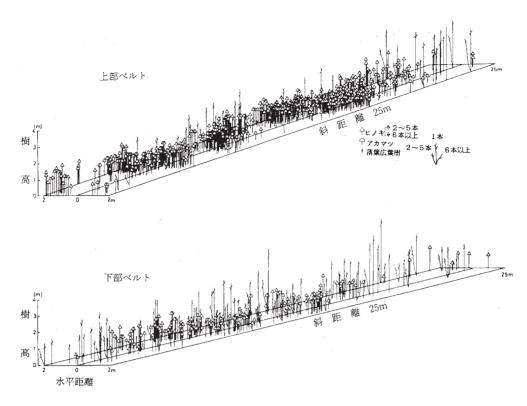


図 - 24 同 . 100%伐採区内対照区の上部、下部調査ベルト内における 1987年時(伐採後4年目)の更新樹の成立状態

採後20年目の現在、下部は上層に広葉樹を、中、下層にヒノキを成立させた二段林構造になっている。

伐採後4年目における更新樹の高さ別の本数分布は図-25に示したようである。広葉樹の樹高分布はほぼ正規型で、ヤマザクラ、ホオノキ等の有用広葉樹は高さ2mを越すものが相対的に多い。これに反しヒノキはL型で、50cm以下の小さい稚樹を加えるとこのヒズミはますます大きくなるものと思われた。これは他の更新地同様、更新が継続している状態を示していることになるが、母樹がなくなった今後は自然間引により小さい更新樹から枯死が進行し、やがて正規分布型になると考えられた。なお、50cm以上のヒノキ稚樹は1983年当時より明らかに増加し、下部ベルトで16,000本/ha、上部ベルトで67,000本/haとなっているほか、高さ1m以上でも8,000本を越えていることから、本調査地は成林の可能性が充分あると当時推論した。

ヒノキ更新樹の成長の関係について資料木21本の解析を行った結果、根元直径と高さの相 関関係は比較的高いが、年齢と高さの関係は著しく低かった。これはすでに密度競争によっ て優劣がつき始めた結果と考えられた。

また、根元直径の成長経過を解析したところ、高さ80cm以下のヒノキは年齢が若く、上木伐採後もほとんど成長していないが、80cmから120cm高さの更新樹は多少の成長促進がみられた。

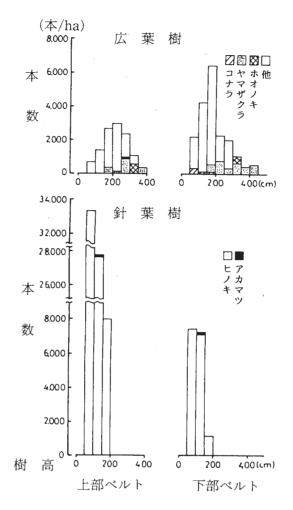


図 - 25 同.調査ベルト内における高さの本数分布

これに反し、高さ120cm以上のヒノキ更新樹の直径成長は図-26に示したように、明らかに上木伐採の影響が認められた。図から明らかなように、1975年の間伐後2年目に更新したものがほとんどで、林内での成長も比較的良好であった。そして、1983年の上木伐採後の2年日から急速に直径成長を促進させたことがわかった。

このことは、陰葉の多い林内稚樹が、光条件が改善され陽光を満度に受けるようになって も、陽葉化が進むまで成長できないというこれまでの常識をくつがえす結果となった。すな わち、ヒノキ稚樹に関しては陽光にすばやく反応し、直径とともに樹高成長を促進させるの で、他樹種のとの競争にも比較的有利であると思われた。

前述の調査後、12年目すなわち伐採(後伐)後16年目の更新樹の成立状態について、1999年10月末調査を行った。図-27は前回の調査地、図-24の上部調査ベルトとほぼ同じ箇所の調査ベルト内における更新樹の成立状態を平面分布及び垂直構造図として示したものである。

調査はすべて2 m高以上の更新樹を対象としたが、ヒノキの成立本数は約18,500本/haで、写真-32のように、密生状態になっている。上層木はほとんど5 m以上で、その平面分布は

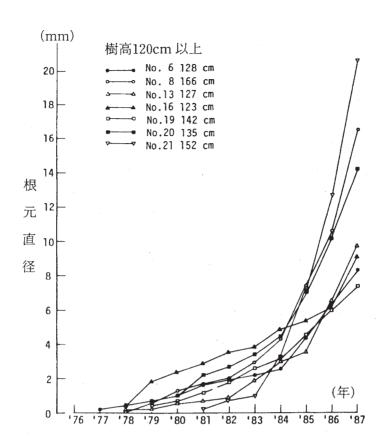


図 - 26 同.ヒノキ更新樹の根元直径の成長経過

ほぼランダムである。また、図に示していないが、下層には自然間引による枯死木が多くみられる。

一方、クヌギ、コナラ、ネジキ等の広葉樹が本数比率で10~15%ほど単木状に混交しているが、アカマツも僅かではあるが成立している。100%伐採区の中央部付近は、前述のように上木伐採後、下刈りや本数調整を行わず放置されていた所であるので、ヒノキ以外の樹種が混交するのは当然であるが、この程度の混交はむしろ天然更新林として健全であり、種多様性の確保と林地保全上からもきわめて好ましい成林状態であるといえよう。

写真-33は上木伐採後16年目の1999年10月現在における100%伐採区の成林状態である。 前述のように更新樹が大きくなり、施業地全域が見渡せなくなったので、3 kmほど離れた 地点からの斜め遠望であるため、試験地の2/3ほどしか見えない。今回の調査ベルトは写真 右方の広葉樹が単木状に混交しているヒノキの成立の多い箇所に設けられた。写真の中央か ら左方は本数調整の行われた箇所で、左方はヒノキが多く広葉樹の混交が比較的少ないが、 中央付近には広葉樹が群状に混交している。

また、右端の沢沿いにも広葉樹が多く成立するが、全域的にはヒノキと広葉樹が群状のモザイク状に混交し、環境保全上好ましい状態で成林している。したがって、このまま200年以上自然の推移にゆだねれば、木曽ヒノキに匹敵するヒノキの天然ものが得られるであろう。

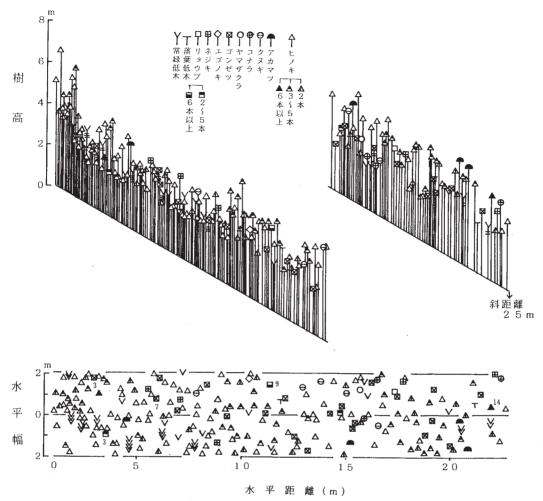


図 - 27 同.上木伐採後16年目における調査ベルト内の更新樹の平面分布と垂直構造

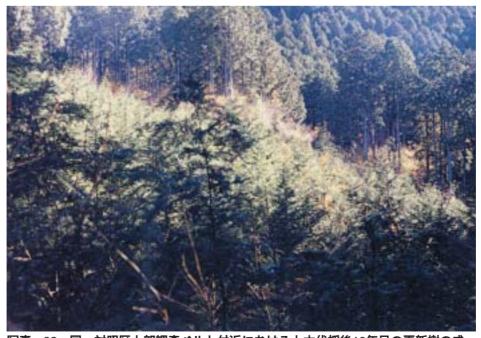


写真 - 32 同.対照区上部調査ベルト付近における上木伐採後16年目の更新樹の成立状態 (1999)



写真 - 33 同.上木伐採後16年目における100%伐採区の成林状態、3km地点から の斜め遠望であるので全域の2/3ほどしか見えない(1999)

一方、もし人工林と同様な純林状の林分に誘導しようとするなら、この段階で除伐すればよ かろう。

さて本節の締めくくりに、上木伐採後20年目の2003年現在における100%区の対照区を中心にした林分状態を写真によって紹介しておこう。

写真-34、35、37、38は対照区の下部に接する30%伐採区の林縁から見た対照区の右方から左方への連続写真である。写真-34のヒノキ更新樹の成立する箇所は、ほとんど対照区で

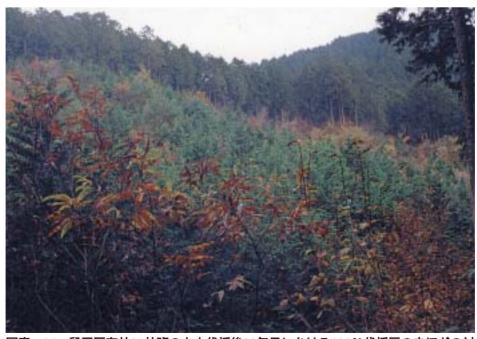


写真 - 34 段戸国有林21林班の上木伐採後20年目における100%伐採区の中ほどの対 照区から右方の成林状態 (2003)

あるが、その右方奥に見える広葉樹林は本数調整区である。写真 - 35は対照区の中央、上部調査ベルト付近の現況であるが、図 - 27の垂直構造に示されている調査ベルト下部の2本のアカマツが、丁度写真中央のアカマツである。したがって1999年の調査ベルトはほぼアカマツの成立地点から上方に設けられたことになる。また、写真 - 36はこの調査ベルトの林内の状況である。樹高4~6mほどのヒノキの更新樹が密生し、クヌギ、コナラ、リョウブ、ネジキ等の広葉樹も混交するが、上層に達しているのは僅かである。なお、写真の左方の林分には上層に広葉樹が多い。



写真 - 35 対照区中央の上部調査ベルト付近の現状 (2003)



写真 - 36 同.上部調査ベルト内の林内の状態.更新樹が密生し、自然間引による枯死木も多い(2003)

写真-37は対照区の斜面中腹部における更新樹の成立状態である。広葉樹が群状にあるいは単木状に混交するが、ヒノキ更新樹も数多く成立している。つぎに写真-38は対照区左方下部の1987年時に設けた下部調査ベルト(図-24参照)付近の現況である。



写真 - 37 対照区の斜面中腹部の現況 (2003)



写真 - 38 同、対照区の斜面下部、下部調査ベルト付近の現状、上層木には広葉樹が 多い(2003)

上層に広葉樹が多く、外見的には広葉樹二次林のように見える。しかし、その林内には写真-39のようにヒノキ更新樹が中層に密生して成立している。現在、上層の広葉樹と中層のヒノキ更新樹で二段林状になっているが、広葉樹はすべて落葉広葉樹で、ヒノキ更新樹をそ



写真 - 39 同.下部調査ベルト付近の林内の状況.上層に広葉樹が、中下層にヒノキ 更新樹が成立し、混交二段林を形成している(2003)

れほど被圧していないようであるので、このまま自然の推移にゆだねても、10~20年後には ヒノキが上層を占めるようになる可能性はある。

しかし、できるだけ早くヒノキ更新樹の成長を早めようとするなら、広葉樹の除伐は有効な手段となろう。その場合「人工仕立て木曽ヒノキ生産林」の造成を目的に設置された試験地であるので、クヌギ、コナラ、ヤマザクラ等の有用広葉樹は残存させ、多様性のある針広混交林に誘導するのが好ましい。

(3) 各伐採区から導かれる天然更新法

前述のように、伐採8年前の間伐の効果によって多数のヒノキ稚樹が成立していた林分を、30%、60%、100%の伐採率で伐採した結果、20年後の現在、それぞれの更新状態に大きな違いがみられた。

30%区は1mを越すヒノキ更新樹が多く成立しているので、傘(漸)伐法の後伐として上木の伐採を行う段階にあるといえる。しかし、図-22及び図-23の調査記録から判断すると、ヒノキ稚樹の平均高が60cmを越し、成立本数が減少し始める1986年時の状態、すなわち1975年の間伐を予備伐とし、1983年の30%伐採を下種伐とすれば、予備伐から数えて10~12年で更新完了の状態になっているこの時点で後伐するのがむしろ好ましい。

一方、60%区はヒノキの更新に不適な沢沿いの湿性土壌の多い条件の林地であり、また、 伐採率が高いため広葉樹が繁茂しているため、ヒノキの更新はきわめて不良である。28林班 の60%伐採区は50×50mと区画面積が小さいため、ヒノキの更新は比較的良好であったが、 21林班の60%伐採区は3haを越えているので、全体的に明るくなりすぎたことが、広葉樹 の成立を促進させたものと思う。したがって、このような湿潤状態の林地では天然更新施業をさけるか、20~30%程度の伐採率で施業するのが安全であろう。

100%伐採区は、上木伐採の8年前の間伐が傘(漸)伐法の下種伐にあたり、ヒノキ稚樹の成立がほぼ更新完了の状態で後伐が行われた結果、部分的には上層に広葉樹が成立するものの、ほぼ全面的に天然生林として成林するようになった。一時期、100%伐採区の2/3ほどが本数調整されたが、本来の天然生林の造成を指向するなら、前述した対照区の成長経過から判断すると、このような保育作業は不要である。この100%伐採区の針広混交の天然生林は65林班の純林状のヒノキ天然生林に比較し、環境保全ばかりか多様な機能を発揮する望ましい天然生林であるといえよう。

以上のように、今年度調査した段戸国有林における天然更新の実態は、人工林における天然更新が、主として傘伐作業法によって可能であることを教えた。しかも、めぐまれた条件下では技術的に容易な間伐によって更新を促すことができることのほか、低コストな施業で天然生林に誘導できることも判った。

次年度には、段戸国有林におけるスギの天然更新の実態と帯状皆伐法による天然更新の現 況のほか、他地域の人工林における天然更新の事例を調査し、最終年度には、これらの資料 を基に、天然更新施業の可能な立地条件と技術体系についてとりまとめたいと考えている。

参考文献

- 1)中村賢太郎:森林作業法. 1950
- 2) 中村賢太郎:随想造林学. 1971
- 3) 大金永治編:日本の択伐. 1981
- 4) 坂口勝美監:これからの森林施業. 1975
- 5) 大金永治編:森林施業.技術研究, 1991
- 6) 日本林業技術協会:森林構成群を基礎とするヒバ天然林の施業法. 1981
- 7) 柳沢聰雄ほか:新しい天然更新技術. 1971
- 8)大阪営林局:高野山国有林学術参考保護林の成立過程と植生遷移. 1983
- 9) 佐藤敬二:日本のヒノキ (上巻). 1971
- 10) 四手井綱英・赤井龍男・斎藤秀樹・河原輝彦:ヒノキ林 その生態と天然更新。1974
- 11) 赤井龍男:合自然的な森林造成の技術体系-ヒノキの天然更新法を中心に. 京大演集報. 21. 1991
- 12) 坂口勝美:ヒノキ育林学. 1952
- 13) 赤井龍男:低コストな合自然的林業. 1998
- 14) 藤島信太郎:実践造林学講義. 1950

- 15) 佐藤敬二・佐藤大七郎・四手井綱英・斉藤雄一・陣内巌・高原末基・千葉宗男・ 浅田節夫・川名明:造林学、1965
- 16) 佐藤敬二教授退官記念事業会編:新造林学.造林の理論と実際. 1971
- 17) Dengler, A.: Waldbau auf Okologischer. Grundlage. 1935
- 18) Baker, F.S.: Principles of Silviculture.1950
- 19) Smith, D.M: The practice of Silvicalture. 1986
- 20) Troup,R.S.: Silvicultural System.1966
- 21) 赤井龍男・吉村健次郎・真鍋逸平・有光一登・相場芳憲・杉浦孝蔵:人工降雨によるヒノキ林内の落葉、土壌等の流失移動について(II)下層植生の成立状態の異なる若齢林分のリター、表層土の移動量。日林論. 92. 1981
- 22) 赤井龍男・吉村健次郎・真鍋逸平・本城尚正・有光一登・杉浦孝蔵・相場芳憲:人工降雨によるヒノキ林内の落葉、土壌等の流失移動 (WI) 下層植生の成立状態の異なる若いヒノキ林分のリター、表層土の移動量、日林論、93.1982
- 23) 山本進一・堤利夫:ヒノキ人工林における天然生ヒノキ稚樹の個体群動態.Ⅱ. 林内における当年生稚樹の死亡要因. 日林誌. 62. 1980
- 24) 加茂晧一・赤井龍男:ヒノキ人工林における再生産過程の検討.Ⅲ. 大枝ヒノキ人工林 における天然生ヒノキ稚樹の動態と分散構造. 京大演報. 48. 1976
- 25) 加茂晧一・赤井龍男:ヒノキ人工林における再生産過程の検討(I) 京大演報. 45. 1973
- 26) 加茂晧一・赤井龍男:ヒノキ人工林における再生産過程の検討(Ⅱ) 京大演報. 46. 1974
- 27) 加茂晧一・赤井龍男:段戸国有林内ヒノキ人工林の稚樹の成立状態 (Ⅲ). 日林論. 87. 1976
- 28) 赤井龍男・吉村健次郎・古野東洲・真鍋逸平・上田晋之助・登田三男:ヒノキ傘伐作業の後伐後4年目における更新樹の生長と構造.日林論.99.1988
- 29) 中部森林管理局:三浦・助六実験林に関する調査報告書. 1999