

平成16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16年度調査報告)

平成17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・筑波大学教授、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カ年調査の第二年度である今年度は、国外ではドイツにおける天然更新試験地事例について北村昌美委員、アメリカの国有林における森林管理の変遷について伊藤太一委員、また、国内では、北海道におけるトドマツの天然更新について小鹿勝利委員、東北地方におけるヒバ・スギの天然更新について野堀嘉裕委員、広島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を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ます。

平成17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

I	調査の趣旨と調査内容.....	1
1	調査の趣旨.....	1
2	調査の内容.....	1
II	調査委員会の構成と内容.....	1
1	調査委員会の構成.....	2
2	平成16年度の委員会の開催.....	2
1)	第1回委員会.....	2
2)	第2回委員会.....	4
III	平成16年度における調査結果.....	6
1	外国における調査結果	6
1)	北村昌美：バイエルン州の山岳混交林における更新.....	7
2)	伊藤太一：アメリカの国有林における森林管理の変遷.....	13
2	国内における調査結果.....	17
1)	小鹿勝利：人工林における天然更新技術に関する調査 - 北海道におけるトドマツ人工林の事例 -	17
2)	野堀嘉裕：東北地方の人工林における天然更新技術について.....	21
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 - 特にマツを混交したヒノキ人工林から成林した天然生林 -	27
IV	平成16年度の調査結果の総括検討.....	36

資料 1

外国における調査結果.....	41
・北村昌美：バイエルン州の山岳混交林における更新.....	41
・伊藤太一：アメリカ国有林における森林管理の変遷.....	68

資料 2

国内における調査結果.....	77
・ 小鹿勝利：人工林における天然更新技術に関する調査	
- 北海道におけるトドマツ人工林の事例 -	77
・ 野堀嘉裕：東北地方の人工林における天然更新技術について	97
・ 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	
- 特にマツを混交したヒノキ人工林から成林した天然生林 -	113

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場所である。

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	筑波大学大学院生命環境科学研究科 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	筑波大学大学院生命環境科学研究科 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	
オブザーバー	林野庁整備課経営対策官	

2 平成16年度の委員会の開催

平成16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16年7月15日に開催されたが、北村委員はドイツに出張中のため、日程調整ができなくて欠席された旨事務局から報告があった。

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、初年度報告書の取りまとめへの各委員の協力に謝意を述べられるとともに、最終年度における人工林の天然更新のマニュアルの作成には、人工林内容や自然環境が異なる幅広い中での取りまとめだけに期待が述べられた。特に今年度から発足した森林整備保全事業計画では、これまでの事業目標に変えて成果目標を導入し、手入れの行き届いた健全な森林の割合を50%から60%に引き上げ、針広混交林などの多様な森林を31%から35%に増やすなどの目標を設定しているが、この事業計画達成には技術的な取り組みが重要であり、この点でもこの事業の成果である技術指針に期待されると述べられた。

続いて、林野庁整備課の新島俊哉課長補佐から挨拶があり、本年はCO₂対策の第2ステップに向けて、森林整備予算のコスト削減が厳しく求められている。この場合人工林を単純に皆伐して再造林することは費用的に問題であり、天然更新など多様な選択肢が求められるが、その意味で人工林における天然更新技術を確立しようという本調査事業への期待がかかっているとされ、その取りまとめの結果を公共事業の推進に寄与させたいと述べられた。

続いて議事に入り、まず平成15年度の実施結果について、各委員からの補足説明が行われた。まず小鹿委員から、初年度はカラマツの天然更新を調査したが、更新は確実であるが今後はその本数調整が問題であるが、継続的な調査がなされていないためにデータが取れない

ことが述べられた。これについてカラマツも自然間引きが生じ、樹齢が高くなれば経済的な価値が高くなり、またカラマツにカンバが入ったらそれでもよい。また信州ではガリーや崩壊地など、他の樹種の入らないところに生えてくるが、60年生を過ぎると芯腐れが出るが、120～150年生になれば天カラに近くなる。人工林カラマツの芯腐れや擦れと樹齢の関係は研究課題であり、天然更新によるカラマツ材の生産方法は研究されるべきで、ドイツやアメリカ東海岸でも事例があるなどの意見が出された。

次いで野堀委員からブナを対象にした天然更新の経過を調べるため、文献検索、地図情報システムによる北日本のブナの分布、多雪地と寡雪地の生育状況の違い、樹高成長の状況などを把握したが、文献検索については、ブナ種子の豊凶については前年に確実に予測できることが判り、漸伐の計画樹立に役に立つことが補足された。またブナの分布については分布の下限面は人為の影響はそれほど大きくなく、またこの下限面と上限面による分布は実際の分布より北上しており、植物地誌として興味深いこと、さらに肥大成長では多雪地ではコンスタントであるのに寡雪地ではばらつきが大きいことが述べられた。これらのうち特に上限面と下限面からの天然更新の容易さのゾーニングについて質疑が行われ、その中間あたりはブナ占有率が80%を超えていて天然更新が容易であり、このゾーニングの手法は大掴みなアプローチの仕方として有意義であり興味深いとの指摘があった。

次に伊藤委員から、アメリカの中で日本と気候や植生の似通っている東部から北東部を対象に文献調査をしたが、更新はまったく心配がない。西部でも伐採に関してのルールだけであり、更新については更新しなければ植えるしかないが、これは本年度引き続き調べてみたいとされ、更新の良いのはササがないからではとされた。アメリカの東海岸は広葉樹林地帯、西海岸は針葉樹林地帯であり、それぞれの自然植生を林業の対象にしており、伐採して放っておいても育つ。日本でも自然植生が50～60%あれば天然更新は可能であり、母樹さえ残っていれば可能であることが、木曽のヒノキ林でも認められていることが指摘された。さらにこれに関連して、人工造林地の伐採後3年以上経過し再造林がなされていない造林未済地が民有林で25千haもあり、これらは自然に生えた植生でカバーされているが、その評価が求められるとの話題もあった。これに対し1ha以上の伐採面積になると母樹が遠くなり、スギ・ヒノキの天然更新は困難であるが、植栽さえすれば、自生地である限り下刈りをしなくても成林する例があり、広葉樹が自然植生の日本では、針葉樹を植栽したあとを放って置けば低コストで単木混交は無理であるけれど針広混交林に育っていくことから、樹種を問わず混交に育て、一定時期で適宜除伐することが肝要との指摘があり、それには場所ごとに自然植生や樹種についてのゾーニングの問題があるとされた。アメリカではいろんな木が生えていけば、生物多様性の面でもバイオマスの面でも良しとされていると紹介された。

最後に赤井委員の補足説明に入ったが、出張で欠席されている北村委員の報告について重要な箇所があるとして、その紹介があった。それはバイエルン州では皆伐を禁止して伐採は帯状か群状の画伐や択伐であり、従来から天然更新の割合が高かったが、その針広混交林の

天然更新の割合が3分の2に達していることで、これは日本でも参考になるのではないかと紹介があった。国有林には間伐試験地、収穫試験地、天然更新試験地、さらに植生や土壌などの調査など全国的調査の多くのデータが埋もれており、さらに実施された天然更新技術の経緯など、これらのデータの発掘活用が必要である。アメリカでも人工林の5割くらいは放置されて天然更新しているのではないかと思うが、これは伊藤委員に調査をお願いしたいとされた。

天然更新は択伐によるのは技術的に難しくコストもかかるので殆ど行われていなく、皆伐、傘伐、母樹法などが一番行われているが、これらの更新の基本的な条件は光のコントロールである。次いで天然更新のもっとも恵まれた条件にある段戸国有林の事例を紹介し、そのような場所では放っておいても更新し、自然淘汰され、優勢木が育つことが実証されたとし、基本的には前生樹を広葉樹が入らない程度の30～50%抜き切りすればヒノキが更新し、7・8年か10年程度で上木を伐採すれば立派な林に誘導できるとされた。段戸国有林のヒノキの天然更新が良好なのは、火山灰土壌で表土が流亡しないのが最大の要因であり、土壌の流亡が天然更新の最大の支障であることが強調された。最後に先に上げた林野庁の収穫試験地なども、長年月を要する林業であるから、5～10年位に一度のフォローが必要ではないかと要望された。

続いて平成16年度の各委員の調査予定について協議された。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を中心に、北村委員はドイツの前年度報告の州以外の若干の州について、またドイツの隣接国の事例について調査し、伊藤委員はアメリカの天然更新の資料を探し、その事例について取りまとめることとされた。さらに国内について、小鹿委員からは今年はトドマツを対象にし、北見と興部の道有林の事例などを調査することが提案され、また野掘委員からは山形県に限定したブナの標高別のゾーニングを試みることに、ヒバ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初期の更新だけでなく30～40年経過した状態を押さえないとして、広島の西条・福山のヒノキ造林地の調査を行うことが提案された。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。最後に林野側から、3年間という限られた調査期間なので、理解と実行可能について現時点での知見を纏めて頂きたいと要望された。

最後に、事務局より中間報告の第2回委員会の予定説明と、報告書をできれば半分ないし3分の2程度のコンパクトなものとしたいので協力をお願いしたいとの要請があった。

2) 第2回委員会

第2回委員会は平成17年1月18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、本年度第2回委員会への出席に謝意を述べられた。現在森林資源の状況から、人工林の天然更新は重要で各方面から注目されており、また環境税との関連から、地域レベルでの森林整備、特にわが国の社会資

本としての人工林を整備することへの関心が高まっている。本年度は現地あるいは文献での調査の結果の報告をお願いすることになっているが、来年度は整備指針の取りまとめの予定であるので、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、林野庁整備課の新島俊哉課長補佐から挨拶があり、本調査事業はいろんな意味で注目を浴びており、平成12年度から緊急間伐5か年計画の間伐対策では、それまでの年間20万haから30万haへと目標を達成したが、さらに平成17年度より地球温暖化防止対策の一環として間伐等推進対策が進められることになっており、長伐期林または複層林への橋渡しとしての間伐の実施が重要であり、特に現在の人工林の半分を循環型の複層林へと誘導することを考えており、これには人工林下の天然更新による複層林化が大きな意味をもつことになる。この点で本事業の成果である指針について、現場に適應できる技術の確立ということでご協力をお願いしたいと述べられた。

続いて議事に入ったが、まず国外の文献調査の結果について、まず北村昌美委員から、ニーダーザクセン州のトウヒ・ブナ混交林の天然更新、バイエルン州山地混交林の更新、里山的景観を持つオーストリア（ニーダーエステルライヒ）における天然更新施業等の紹介があり、特にバイエルン州の傘伐や孔状伐による更新で、伐採の有無や間伐の度合いなどの比較が行っているので参考になるとし、オーストリアでは広葉樹の問題が参考になるとしている。これに対し傘伐や孔状伐での伐採の割合を明確にする必要があり、さらに広葉樹の重要性の点で、報告が期待されるとの意見があった。

次いで、伊藤太一委員からアメリカの国有林における森林管理の変遷の報告があり、アメリカでは木材生産中心から生態系中心へと展開しているが、現在採用されているエコシステム・マネジメントは未完成であり、生態学に関係する様々な用語が登場しており、その中で一番具体的な管理案を提示している、ワシントン大学森林資源学部のフランクリンによって提唱されているニュー・フォレストリーについて説明があった。一方、ブリテイシュ・コロンビア大学のキミンズによる現場を踏まえたニュー・フォレストリー批判を紹介し、皆伐の利点を挙げ、苗の耐陰性からの視点で判断されるべきで、皆伐の方が非皆伐より更新確実の場合があり、地域によって皆伐、非皆伐の採用を考慮すべきであるとしている。いずれにしても、伐採の仕方には現場での判断が必要で、今後の具体的なエコシステム・マネジメント手法の確立には興味があるとしている。

国内での現地調査については、まず小鹿勝利委員から北海道の網走周辺の北見市と興部町の道有林と滝上町の私有林の前田山林の3箇所のトドマツ人工林の、集約な保育や間伐を実施した結果見事に更新した事例が報告され、これらの調査地の施業実態からトドマツ人工林における天然更新の活用可能な適地とその実態および技術課題を取りまとめて述べられた。しかし、これらの事例はいずれも集約な取り扱いがなされており、現在の材価では実用化は難しく、ギャップ状に伐って広葉樹と混じったトドマツ林に更新すればなど、伐採の仕方について検討が必要などの意見が出された。

次いで野堀嘉裕委員から、東北地方の人工林における天然更新技術として、青森県のヒバ林と山形県の土地利用に関する調査について報告された。ヒバ林についてはスギ人工林における天然更新技術の可能性について、大畑、増川の施業実験林と、平蔵沢のヒバ人工林について調査し、スギ人工林におけるヒバの天然更新は一般的に良好と判断されるが、その条件は光環境によると示唆され、この点の実態把握と伐採法の検討が必要とされた。山形県の土地利用形態の分析では、地域別ごとに標高区分を行い、地域別・標高階別の植生自然度、植林地面積、樹種別面積などを分析し、標高500m以上の場所に植栽されている人工林が天然更新技術の対象になるとし、山形県での面積は45,222haに達し、そのうちスギと針葉樹を合計すると37,029haになることが分かり、伐採跡地群落を含む二次草原を加えるとさらにその対象は多くなることが分かった。天然更新を考える場合、自然環境のゾーニングが必要であることが強調された。

最後に赤井龍夫委員から、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 - 特にアカマツの混交したヒノキ人工林から成林した天然生林 - について、野呂山国有林の3箇所、姥ヶ原山国有林とヒナ山国有林各1箇所のヒノキ天然生林について、スライドによる報告が行われた。いずれもアカマツが混生してその針葉が林床を覆って表土が流れないためヒノキが天然更新したもので、自然力の働いた天然更新地である。これらについて天然更新には自然力の見直しが必要で、自然力が働かないと更新ができないことの認識が必要との意見が出された。このためには自然植生や環境のゾーニングが必要であり、施業計画を画一的に考えず、山に教えて貰いながら手入れをしていく必要性が強調された。また、持続可能な林業の基本としてのデータや技術力もある国有林として、自然公園的ということだけでなく、例えば水土保持にしても木材生産を基本にして、収入の確保を図りながら林業活動を行うことが必要と強調された。

以上の各委員の報告について、事務局側から2月16日までの原稿提出が求められ、さらに原稿の容量は前年度の2/3～1/2程度にして頂きたいとの要望が出され、これらを了承して委員会を終了した。

Ⅲ 平成16年度における調査結果

平成16年度は、本調査の第2年目にあたり、前年度に引き続き、本年度の第1回委員会で協議された方針に基づき、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るが、ここではそれらの報告書の内容の概要を述べることとする。なお各委員の報告は、豊富な写真、図、表などに基づいているが、ここでは省略してあるので、詳しくはそれらを参照していただきたい。

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「バイエルン州の山岳混交林における更新」が、伊藤太一委員からは「アメリカの国有林における森林管理の変遷」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していただきたい。

1) 北村昌美：バイエルン州の山岳混交林における更新

本報告はミュンヘン大学の造林学講座ならびに森林経理学講座の方々の共著で発表された、東バイエルンの石灰岩質アルプス地域における研究成果を要約したもので、この地域は急峻な山岳が多いことで、緩斜地の多いドイツの他の地域の事例よりもわが国の参考になる点が少ないと考えられる。

研究方法

山岳地域では天然の森林を維持することが困難で、これを解明するためには山岳地帯の更新問題を含めて総合的に考察できる広大な研究地が必要である。このためにオーバーバイエルンのアルプス地域に、土壌や標高の異なる11の試験地を選定した。このうち9試験地はルーポルディング営林署館内の石灰岩質アルプスに、2試験地はジークスドルフ営林署管内のフリシュ（砂岩、頁岩、泥灰岩等からなる岩層）にある。

試験地はすべてトウヒ、モミ、多くの場合ブナが成立しているが混交割合はさまざまであり、時にはカラマツやカエデも混じっている。試験地には0.5haの研究単位のプロットが設けられ、無伐採、弱度の傘伐、強度の傘伐、皆伐、孔状伐などの取り扱いがなされたが、多くの場合は無伐採放置のプロットに対応するように設置された強度の傘伐のプロットである。傘伐を実施したプロットは70x70mの大きさで、その中央部の33x33m、すなわち0.1haを研究対象地とし、その3分の2を柵で囲んだ。

各プロットに対する研究計画は、30個の種子採集設備と、柵内に地表掻き起しと無処理を置いた64の円形調査地、柵外に無処理の32の円形調査地を置いた、種子の落下と天然更新のための調査単位、プロットごとに160本のモミ、トウヒ、カラマツ、ブナ、カエデの植栽を行った人工更新のための調査単位、さらに気象観測装置の設定を行った。

石灰岩質アルプスの試験地は1976年および1977年（植栽）に、フリシュの試験地は1979～80年にかけて設定された。ここに報告する結果は4～8年にわたるもので、最初の10年間の成果は1986年に発表の予定とした。

山岳林における天然更新

種子の生産

老齢林分での十分な種子の生産は天然更新の前提条件であり、その推定は研究上の主要目的である。調査の結果から、結実頻度は樹種によって異なり、8年間の観察期間でブナは1

度のみであるのに、モミとトウヒは4度も得られており、カエデも同様であった。また種子の地面への落下量は、樹種や年度、さらにプロットによって大きく異なり、フリシュの林分では石灰岩質の林分よりは更新能力の高い種子が得られ、標高との関係では明らかでなく、これらを総括すると山地混交林の老齢林木はすでに更新準備の状態にあり、林分を構成している樹種のどれかが毎年種子を生産しているが、トウヒ、モミ、カエデの結実年の間隔は短く、ブナの間隔は長い。

天然更新の経過

稚樹の密度については、天然更新の前提条件として、稚樹本数は後継林分創出に十分であり、林地が偏らずに覆われ、新しい林分を構成するすべての樹種が適当に入り混じっていることが必要である。

稚樹の密度と造林上から見た林分の状況は、閉鎖した林分でもかなりの量の更新稚樹が見られ、ヘクタールあたり15,000～500,000本が基本密度として数えられ、樹種はすべてにわたっているが、トウヒは閉鎖林分での更新が難しい。これらを総括すると山岳林はいつでも更新の準備できており、閉鎖林分でもすべての構成樹種が更新のための稚樹を高い密度で保有している。

このためには地面の受光状態をよくすることが重要で、傘伐が適用されたプロットはそうようになっており、種子の供給を順調にし、稚樹が生き延びる確率を高めている。さらに更新過程において種子密度が重要であり、地面にどれだけの種子が到達するかということが何より大切で、それに生態学的ならびに造林学的条件が加わって更新過程を左右するのである。もちろん更新過程には、豊作年のブナの種子がネズミに食害される例など他の要因も関連してくる。いずれにしても、ひとたび発生した稚樹の生存と成長の可能性は、老齢木の傘のもとで造林学に基づいた取り扱いをすることによって目覚しく改良されるものである。

稚樹密度と樹種構成については、山地混交林を構成する樹種はすべて更新されるが、更新中の階層の構成樹種は老齢林分のそれとは異なっている。老齢木の傘がまだ閉鎖状態にある限り、トウヒが優勢木になることは難しいが、伐採された傘伐面ではモミより密度が高くなることもある。ブナは結実の機会が少ないため必ずしも更新は保障されないが、結実が確保されれば、更新は困難とはいえない。これらを総括すると、山岳地混交林のすべての樹種は更新できる状態にあり、モミとブナの更新は困難ではないが、トウヒはむしろ困難であった。カエデの場合、老齢林分での割合が少なくても、更新する力に恵まれているので容易に更新階層で優勢になれる。問題になるのは下層の植生ではなくて、上層における個々の樹種の密度と不均質さであるという。

稚樹密度と立地との関係では、標高、方位、土壌について示されたが、主要な立地条件と更新密度の間には目立った関係はなさそうであり、さらに土壌の表層処理は、更新の結果にそう大きく影響していなく、総括として、研究対象地域の立地は、天然更新を制約するものではなく、土壌の状態は稚樹の発生にも定着にも適していて、地表処理という手法により改

良されるものではないとしている。

稚樹密度と柵による保護は、生育したトウヒとブナの稚樹には食害がなく、カエデにも際立った食害が見られなかったが、モミの場合は更新の初期にすでに脱落したものがみられ、これらを総括すると、トウヒ、ブナ、カエデの稚樹密度を見ると、更新の進行過程ではあまり広範囲に野生動物の食害を受けていないが、モミに稚樹密度はこの段階ですでに顕著に減少していることがあるという。

稚樹の幹長の成長は光と関連しており、閉鎖した老林木の下では、8年生以上になっても幹長は13~14cmを超えなく、トウヒは特に悪いが、傘伐の形で蓄積の50%が取り除かれるなら成長は明らかに良くなる。もし更新に際して完全に光が与えられるなら、稚樹の成長は劇的に大きくなり、皆伐という条件の下ではすべての樹種が速やかに成長することを実験は示している。その際カエデが陽樹で先駆樹種としてふさわしいことが実証されており、成長の緩やかな同齡の他の樹種、トウヒ、モミ、ブナはカエデとの競争のもとにおかれるが、光線に対する要求の少ないこれらの樹種はカエデが初期の成長を始める前に十分光線を受けて安定した状態に達している。これらを総括すると、植物の上長成長は受光量と密接に関連しており、強度の傘伐を行った後、成長はきわめて緩やかに続けられるので、比較的長い更新期間を必要とするが、これは山岳地ではむしろ有利だといえるだろう。一方、稚樹の密度が十分であっても、更新にとって光線の量が十分でなければ激しい競争が展開され、カエデが他の樹種に先がけて成長するとしている。

更新と柵による保護の関係が調査されたが、植物が10~50cmの大きさである限り野生動物の食害を受けないらしいと推測される。一方ひどく食害されているプロットもあり、これは柵の中の稚樹が人間の背丈を越えるところに極端になっている。またモミは食害の影響を受けやすく、主軸の被害を受けた稚樹は側枝が変わって樹高成長を始めるが、ふたたび食害を受け、以後それらの樹高は変わっていない。これらを総括すると、すべての樹種の上長成長は、到達した樹高がまだ小さければ、野生動物の食害によって損なわれることはないが、20~30cmの大きさを超えると激しい食害を受けるようになる。そうなればカエデとモミの例のようにその後の成長は完全に低下してしまう。

地床植生と更新に対するその影響

受光量と地床植生の関係は、皆伐による3生長期間経過の後には、被覆度は0から90%にまで上がり、その後は変化していない。強度傘伐の後では、約50%に被覆度である最大値に達するのに4生長期間を要している。柵の有無、すなわち野生動物や家畜の侵入との関係は、かなり荒っぽいが無関係であったことを示している。更新稚樹の密度の対する地床植生の影響では、更新樹の生育が最も阻害されるのは閉鎖した老齡林で、この老齡林の材積の約50%を除去して林冠を疎開させると地床植生の密度は急速に増大する。また閉鎖林分に広く存在している樹木の密度も、疎開することによって大きくなり、結果として高い生存率を保つ。

皆伐の場合は、伐採の時点ですでに定着していた更新稚樹に生存の機会を急速に与えるこ

とになるが、地床植生がすでに発達していて競争要因となっているような場合は適用できない。更新稚樹の上長成長への地床植生の影響も同様な関係が見られ、地床植生との競争によって起こる。これらを総括すると、老齢林の林冠を疎開させることによって地床植生は速やかに侵入してき、その密度は疎開の程度に左右され、同時に天然更新稚樹の密度、生存率、上長成長も増加する。更新過程における林冠の疎開のプラスの効果は、地床植生の増加というマイナスの効果よりも明らかに大きい。もし伐採の時点ですでに更新が確保されているとすれば、その場合にのみ皆伐に対しても同じことが言える。

更新と新種の森林被害

新種の森林被害（大気汚染による森林被害）が進入する前から、この実験計画は実施されてきたもので、その間に老齢林における被害兆候が顕在化し、とりわけフリシュの試験地ではっきりしてきた。石灰岩質アルプスでは、モミの被害が研究開始当時から現れていたが、トウヒとブナの被害の兆候は少なかった。いずれにしても老齢林の被害が更新過程に何らかの影響を与えるなどは、これまで誰も触れていなかった。

山岳地混交林の人工更新

予備的考察

山岳地混交林の人工更新は伝統的なもので、バイエルンのアルプス地帯で集約な森林経営が開始された当時から適用されてきた。18世紀中庸から播種によって更新期間を縮めようとする集約経営が推進され、19世紀後半まで、バイエルンの前山地帯ではあらかじめ地表処理を行った後に播種された。現在山岳混交林では人工更新でなくて天然更新が推奨されているが、繁茂した地床植生、やせ地化など立地上の理由や、野生獣被害や牧草地経営などの外的条件で天然更新が実行できない場合や、天然更新に不適な立地、特にトウヒの後継樹に適していない場合や、老齢林内に必要な混交樹種が欠如している場合などには人工更新が適している。ここでは石灰岩性アルプスとフリシュの立地別と、モミ、トウヒ、カラマツ、ブナ、カエデの樹種別に検討された。

活着率

石灰岩質アルプス試験地での研究開始後5年後と8年後（1977年春 - 1984年秋）と、フリシュ試験地における5生長期間後（1980年春 - 1984年）の生存率は、石灰岩質アルプスではモミ、トウヒ、カエデは当初同等の大きさであったが、密な林間の下では脱落するものが多かったが、弱度、強度の傘伐ならびに開放地の間では有意差が見られなかった。またブナは他樹種と比べていくらか低かった。カエデは年齢が高くなると他の樹種と違って高い耐陰性を示すようになった。一方、フリシュの場合はブナの活着率はトウヒ、カエデとかなり一致しており、石灰岩質アルプスと全く異なっている。

樹幹の上長成長

立地別、樹種別の5および8生長期間経過後の平均幹長をみると、石灰岩質アルプスでは

研究開始にあたっての全樹種の平均幹長の差はかなり小さく、フリッシュでもトウヒとモミについて同様であった。これに対しカエデととりわけブナの場合は著しく大きくて活力に富んでいた。

乾燥重量収穫

測定したバイオマス収穫は、石灰岩アルプスで、5年の観察期間を経た場合のみで、林木の成長にとって光線に恵まれることの意義が、バイオマス量に印象的に示された。

山岳地混交林における孔状地（孔状伐採、群状皆伐）の更新生態学的特質

前文

山岳地では、閉鎖した老齢林に天然更新を導入するに際し、地表における熱の放出と天然更新の促進のために、平地林分と比較して老齢林の林冠を大きく疎開させねばならなかった。これは孔状伐あるいはそれと同程度の不規則な傘伐によって満たされ、いずれも山岳地画伐と名づけられる林孔を作ることになる。この孔状伐と形は森林施業の実際においてよく用いられ、また穴そのものは暴風や雪による被害の際にも偶然出来るものであるからである。こうした孔状伐採の際の更新過程の研究のため、30mの直径を持つ4つの孔状伐のプロットが閉鎖した更新林分内に設けられた。

微気象に及ぼす孔状伐の影響

孔状伐に微気象への影響についてはよく研究されており、更新にとっての意義は次のようである。すなわち、光線の面では、伐採前に成立あるいは伐採後の最初の年に発生した更新稚樹のみ孔状面の光線を活用でき、5年も経つと侵入した地床植生中の成長の早い植物が光線を活用するようになり、密な地床植生に埋没している森林樹木の受光量は著しく減り、その成長量は極端に減少する。温度の面では、孔状伐によって日中の気温は老齢林より高くなり夜間の気温は低くなり、森林樹木の物質生産にとって好都合となり、隣接する老齢林分との空気の循環や、斜面に沿って冷気が流去するなど霜をもたらず低温の発生はなく、また過熱による被害も生じない。降雨量では樹木の成長を制約する因子ではないが、強い陽光の注ぐ老齢林分の南側の林縁で、乾燥のため稚樹が死滅することがある。雪は独特の状態で孔状プロットに積もるので、消雪の遅い場所での植物の生育期間は、早い場所に比べて6週間も短くなることもあり、樹幹の通直な樹木は生育期間が狭められる。雪圧の被害は滑落面が長くても、樹木の高さが80cmまでなら確認されていない。

孔状面における地床植生の発達

閉鎖した老齢林分と違って、孔状面の急激に発達した地床植生の密生は、森林樹木にとって天然更新の導入を困難にし、未定着の既存樹木稚樹を困難な状態に陥れるなど重要な意味を持っている。

孔状伐後の天然更新の経過

種子生産：結実はすべての樹種で行われ、その供給は広範囲にわたったが、地上に均等に

散布されるものではなく、その密度は老齡林の林縁から遠ざかるにしたがって規則的に減少するが、発芽力は減退しない。

更新稚樹：実験開始後発生した植物の密度と分布は、まず1976年から1981年に至る孔状伐プロットではきわめて密な天然更新が達成されたが、1981年秋までにかかなりの数が消滅したがこれらは1983年の秋でも形をとどめていた。この天然更新稚樹の密度と分布は、まず種子の供給に左右されるとともに他の要因も作用する。すなわち、1978年には通常の分布様式がネズミの激しい食害によって妨害され、さらに地床植生も次のような2要因によって稚樹の発生や分布様式に影響した。ひとつは孔状面の中心部での長期間の積雪と地床植生による被覆のために雪腐れ病が生育を妨げ、さらに老齡木の密な閉鎖の下では老齡木間の競争のため天然更新に適していなく、結果として孔状伐では、最高の稚樹密度は孔の周辺部で期待でき、孔の中央部は最低となる。さらに林縁の最適範囲は相対照度が約40% - 閉鎖率も同様に40% - が確かめられており、強度傘伐の5年後の相対照度は約40%で、そこでは最高の稚樹密度を示した。1977~81年に発生した稚樹はその分布が偏っており、伐採後最初の2年間に発生し、地床植生と闘わなくてよかった稚樹は、孔の中央の相対照度70%の場所で、平均幹長13cmより大きくなっていない。研究期間内に発生した稚樹のうち、1981年までに単独で密な地床植生から抜け出した稚樹は1本も見られなかった。穴の中央の地床植生は1.5mの高さに達しており、天然更新に由来する幼齡林は観察期間中見ることができなかった。

すでに研究開始前にあった稚樹は、 m^2 あたり0.2~1.2本と極めて少ないが、4年後の1981年秋にはこれらの少数の残存木のほとんどが残っており、新しく発生した稚樹よりも明らかに高い生存率を示し、かつ均等に分布し上長成長も良好である。したがって、孔状伐プロットの天然更新の状況は研究開始前に多数の前生稚樹が保有されているなら、その更新はうまくいったであろうと思わせる。

孔状伐プロットに植栽された樹木の成長

1977年に植栽された稚樹は1981年までよく成長し、すでに存在していた前生稚樹と同様に高い生存率を示した。1981年秋の直径と樹高は、場所によって違うが前生稚樹の値に達し、既存の前生稚樹とりわけカエデが植栽された樹木と同等の大きさになることができた。

孔状伐の評価

孔状伐（孔状伐採、群状伐採）は、集材上の根拠からも、水文学的な見地からも、また施業技術という観点からも、たいがい無条件に推奨されてきたが、造林学的な視点からは評価が分かれている。すなわち、閉鎖した老齡林に孔状伐を導入しても、まず地床植生が繁茂し始め、天然更新稚樹はそれに圧倒されながら成長しなければならず、更新として不確実であり長時間かかるので、天然更新を導入する孔状伐は目的にふさわしいとはいえない。これに対しすでに存在している豊富な前生稚樹に、受光伐によって陽光が注がれるようにするなら、森林樹木は短い期間のうちに高い生存率を確保し急速な成長と遂げ、更新を確実なものにするに違いない。植栽された樹木は前生稚樹と同様に受光伐後も残され、大型稚樹を採用し孔

状伐の直後に植栽されるなら山岳地混交林の更新という目的は達成される確実性はきわめて高くなる。強度の傘伐に対立するはずの人工更新の方に、孔状伐は孔状伐採面で森林樹木の成長と発達に必要な光線の供給が十分となり、台風被害の危険が少なく、伐採や集材の際に稚樹の被害を軽減し、適用しやすいだけでなく、収穫と運材を効率的に行うなどの利点をもたらすとしている。

結局、孔状伐の更新論的な特質を纏めると、孔状伐は天然更新の導入という目的にはふさわしくなく、人工更新の基礎として推奨され、天然更新の困難な山岳混交林では植栽という手段をもっと用いるべきで、その際柵による保護は避けられないが、林業上正常でない、風倒被害や大気汚染による新種の被害などの場合は適用できないとしている。

紹介者の所見

ドイツでは研究の対象になる樹種数が比較的限られ、上掲の論文でもトウヒ、モミ、ブナカエデ、カラマツにすぎなく、その他は地床植物としてまとめられている。わが国でも、かつては更新が期待される林業樹種と、更新阻害樹種という区別がなされてきたが、現在の森林観の下ではそういう区分は好ましくないであろう。この論文もそのままわが国に森林に適用することは困難であるが、随所に見られる示唆に富んだ考察結果は十分に参考にすべきで、中でも孔状伐に関する考察と、得られた結論は強い説得力があり、天然更新を観念的にとらえがちなわが国の林業人にとっては、きわめてありがたい指摘というべきであろうとしている。

2) 伊藤太一：アメリカの国有林における森林管理の変遷

はじめに

第二次大戦前は日米とも国有林は保全が優先されていたが、戦後はアメリカの国有林でも、日本ほどではないが、木材生産が重視された。しかし近年では多様な森林づくりが課題となり、特にフクロウ生息環境保全に端を発した1990年代の森林サミット以降、国有林ではエコシステム・マネジメントが正式に導入された。すでにこのエコシステム・マネジメントは日本でも紹介されているが、政策レベルの論議に終始し、現場でどのように森林を管理するのかという点に触れていないので、ここではエコシステム・マネジメント導入までのアメリカの森林管理手法の大きな流れを振り返ってから、エコシステム・マネジメントに関わる具体的森林管理手法について触れることとする。

アメリカの森林管理の展開：木材生産中心から生態系中心へ

アメリカの森林管理は、1890年代の国有林関連法制定から第二次世界大戦に至る保全中心の時代、第二次世界大戦から1980年代までの木材優先時代、さらに1990年代からの生態系を

重視した時代の3つに分けられる。

国有林の始まりと保全を担った森林局

アメリカで森林保全の動きが見られるのは、各地で森林の荒廃が問題になってきた19世紀後半からである。1876年に農務省に森林担当者が採用され、保留林法が制定されたが、その目的は水と木材が上げられはしたが、第二次世界大戦まで国有林に対する要求は放牧地としての利用であった。1900年前後からいくつかの大学で林学が教えられるようになり、1905年には農務省に森林局が設置され、それまでの保留林を国有林として森林局が管理することになり、フォレスターに優秀な人材が集まった。国有林としての研究体制は1928年に林業試験場が各地に設置され、特に1930年代の大恐慌対策により林業の各種データの蓄積と理論実践の機会に恵まれた。戦前は木材生産よりも環境保全が国有林の主目的であり、国内木材生産量での国有林の割合はわずかで、民有林側も国有林が木材をあまり生産しない方を望んだという。

第2次大戦時以降の木材需要の増大とシルビカルチュアの体系化

戦時体制になると国有林材の需要が高まり、戦後は住宅ブームで国有林の伐採は一層拡大した1960年の多目的利用収穫法制定の頃には、国有林での木材生産は急速に増大し、林産物産業と森林局の関係が深まっただけでなく、収益の25%が地域に還元されるため地域経済との関わりも強まり、結果として森林局の予算もスタッフも増大し、多目的を謳いながらも木材が中心になった。しかし1964年にウイルダネス法や1970年の国家環境政策法に代表される市民参加による環境保全の動きが見られるようになり、さらに70年代に伐区の大きさや形態を考慮する森林景観マニュアル作りが開始された。

このような状況下で、80年代にはシルビカルチュアが体系化され、各種出版物やマニュアルが発刊され、伐採と造林という現場の活発な動きに支えられてアメリカの造林技術がほぼ確立したといえよう。一方、生態学での理論の展開から、一般に景観や野生動物というシンボリックな対象の変化のため、森林施業に対する批判が高まると同時に生態学に対する期待が高まった。

エコシステム・マネジメントの導入

1988年に北西部でフクロウ生息地の保全が問題になり、これが森林計画を大きく動かし、クリントン大統領が介入した森林会議を経て、1992年に国有林管理においてエコシステム・マネジメントが採用されるようになった。これは長期的生態系の健康、多様性、生産性を維持し、管理に対等のパートナーとしての市民参加、科学と管理の融合、すべての天然資源保全を関係者との共同で統合するという4つの原理で森林を管理していくものである。具体的には木材生産でなく、生態系保全が一番優先される課題となり、エコノミック中心の木材管理からエコロジ中心の森林管理になり、換言すると収穫維持管理から生態系持続管理へと変わった。しかし、エコシステム・マネジメントは未完成で、上から特定の施業法を処方するのではなく、市民参加を行いながら現場での臨機応変な判断で管理していくもので、それぞれ

の置かれた自然および社会環境等に応じて最適な森林管理が可能となる積極的な見方と、森林局が理念だけで具体的な処方箋を示せない状況にあるという消極的な見方のどちらにも捉えられる。このエコシステム・マネジメントの導入は、市民参加ということが特徴であり、生態学の深い知識と地域とのコミュニケーション能力の高い人材が現場に必要となり、この条件を満たせなければ実現不可能である。これは設立当初から中央集権体制を避けてきた森林局が、地方分権を飛び越えてそれぞれの現場での決断と市民参加というボトムアップを迫られたといえよう。

エコシステム・マネジメントとシルビカルチャ

生態系に関わる様々な森林管理用語

1980年代から生態学に関係するニュー・フォレストリー、エコフォレストリー、サステイナブル・フォレストリー、ホーリスティック・フォレストリー、アンコモン・フォレストリー、エンバイロメンタル・フォレストリーなど様々な用語が登場するが、それぞれ微妙に意味が異なる。たとえば、エコフォレストリーはカナダの保全団体を中心とする概念的考え方で、多くの特色を持っているが、概念的な部分が多く、現場でどのように手入れするかという点で曖昧であることが多い。ここでは一番具体的管理案を提示しているニュー・フォレストリーについて説明する。

ニュー・フォレストリー

ニュー・フォレストリーはワシントン大学森林資源学部のフランクリンらによって提唱され、単なる生態系保全だけでなく、林業との妥協策を科学的に探る点に特色があり、管理されない原生林に生み出だされる環境や野生動物の価値を管理された森林で維持し、自然保護と集約的木材生産との対立の代替案を提示しようとしている。換言すれば自然の模倣であるが、基本概念は林分単位とランドスケープ単位の管理への新しいアプローチと枯損木の保存の2点である。これはまず長伐期重視であり、次に生態的に合致すれば皆伐より部分伐、皆伐面積の多様性、野生動物のために老木や枯損木などの保存であり、また単位面積あたりの伐出率の削減である。

このような考え方の提示された経緯として、1950～60年代にオレゴン・ワシントンで行われた連続皆伐による環境影響問題、1960～70年代の伐採跡のデブリ撤去問題、さらに景観、野生動物、水源への影響を減らす目的で進められた小面積分散皆伐が森林のフラグメンテーションをもたらし、原生林依存種が生存できなかつたという問題の3点があげられ、こうした北西部の皆伐による原生林問題からニュー・フォレストリーの考え方が生まれた。

ニュー・フォレストリー批判

ブリティッシュ・コロンビア大学のキミンズのニュー・フォレストリー批判は現場を踏まえている点で傾聴に値するが、その指摘は次のようであらう。

まず北西部にはニュー・フォレストリーの概念は当てはまっても、他ではどうかかわらないこと、ニュー・フォレストリーの提案は理論中心で実証されていない弱点があり、場所ごとの具体的な処方箋がないこと、伐採量の減少と伐採・アセスメントの費用の上昇などの経済的問題があること、伐採・搬出が皆伐に比べて困難かつ危険で労働者の労働環境問題があること、などからキミンズは、造林の歴史を見直しつつ更新、雑草、病虫害、風倒などの問題の解決や、歴史を見直しつつ市民参加による実験が必要であり、かつ適した場所だけに適応すべきであると考えた。

一方、キミンズは皆伐について、対象範囲の樹木をすべて伐採、その範囲の微気象が変化することと定義し、皆伐状態は森林状態が喪失した状態であり、樹高以下の伐採幅の帯状伐採など森林の影響が維持されれば皆伐ではなく、稚樹の生育によって樹冠が閉鎖した時点で皆伐状態は終わったと定義している。

また皆伐の理由として、機械の導入が可能でコストが低下できて経済的であり、伐採による道路の土壌への影響が皆伐の方が少なくすみ環境的によく、択伐とは違い風倒木の影響がなくて防災上よく、労働環境として安全性に優れているなどを挙げている。さらに皆伐は、造林上では苗の耐陰性からの視点で判断されるべきとし、管理上では草刈や地拵えおよび種転換の容易さが特色であり、非皆伐は高度な技術と現場でのモニタリングが可能な場合、景観重視の場合に限定し、それがない場合は皆伐の方が更新確実であると述べている。皆伐の問題点として生態学的要求は満たしても景観問題は残るとし、ヨーロッパアルプスの急斜面や積雪地、熱帯林のような野生動物の生息地では皆伐は不相当と考える一方、北方林では火災や病虫害、風倒、伐採による攪乱が必要であり、皆伐による活性化で生態系のプロセスが回復する例を指摘している。

おわりに

エコシステム・マネジメントの導入にかかわる根本的課題は、単なる生態学を中心として環境を考慮した科学的管理でなく、市民参加というボトムアップ手法による管理決定を重視している点である。そのため科学的成果だけで解決策は提示できなく、コミュニケーション能力が重視される。

従来の森林施業は木材の質と量を経済の視点で判断し、森林の持続性も生産基盤の維持であり、市民が関わる機会がなかった。これに対しエコシステム・マネジメントは森林の質と量を生態系の視点から判断し、市民が関わりながらその保全を考えるようになり、これまでとは管理目的も管理方針決定も全く異なるようになった。

しかし全く異なるシルビカルチュアの手法があるとは考えられなく、皆伐から単木択伐にいたる多様な従来の手法を、木材の価値でなく森林の価値を第一に考えて選択し、皆伐が否定されたわけではないが択伐が優先される傾向がある。この場合、まず労働集約にならざるを得ないが、地域の雇用促進効果は見込まれるが、林産物に高価格が期待されない以上、誰

がその人件費を負担するかの問題が残る。次に従来より多くの方が現場の作業に従事することになれば、一層現場の安全確保が課題となる。さらに作業の確実性が一層重要になり、現場に立ち会うフォレスターの専門的知識や能力が求められる。

いずれにしてもクリントン大統領が主催した森林会議から10年以上を経て、具体的なエコシステム・マネジメント手法が確立しているかどうか興味のあるところであるとしている。

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 - 北海道におけるトドマツ人工林の事例 -」、野堀委員による「東北地方の人工林における天然更新技術について」、赤井委員による「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 - 特にマツの混交したヒノキ人工林から成林した天然生林 -」が報告された。その概要は次のとおりであるが、ここでは報告内容の基盤になる豊富な写真、図、表などを省略してあるので、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 - 北海道におけるトドマツ人工林の事例 -

はじめに

北海道の人工林面積は約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。

本調査では北海道の2大造林樹種であるカラマツ、トドマツ人工林における天然更新技術を検討することとし、本年度はトドマツ人工林の天然更新状況の実態を調査した。調査地は、北海道有林の網走東部森づくりセンター、網走西部森づくりセンターと、紋別郡滝上町にある前田樹一郎氏所有山林の3事例である。

トドマツ人工林の天然更新の実態調査結果

網走東部森づくりセンターの事例

調査地の概況：網走東部森づくりセンター管内は、北海道の北東部で、丘陵地形が多く、大陸性の気候で、全般的に褐色森林土壌の分布域であり、歴史的にも豊富な森林に支えられ、林業・林産業の活動の盛んな地域である。当センターの現在の人工林率は35%で、トドマツがその半数を占めている。調査地はセンターの96林班54小班で、1937年植栽の68年生のトドマツ人工林である。植栽後に下刈、蔓きり・除伐が行われた後、1974年以降1990年まで4回

の間伐が行われ、1998年には択伐が実施され、さらに2004年に択伐予定であったが、伐採方針の再検討のため伐採は延期されている。

調査は林分内に方形調査区を設定して毎木調査を実施、さらに調査区内にベルトを設定して更新木の樹種と樹高を測定した。

調査結果：調査林分の林床は高さ30～50cmの密度の低いクマイザサであり、造林木のトドマツは平均胸高直径30.7cm、平均樹高20.9mで、混交広葉樹は7樹種で本数は比較的多く、トドマツが上層、広葉樹が下層を占める2段林になっているが、比較的大きな広葉樹が混交している部分もある。調査プロット内の天然更新の状況は、トドマツが9.6本/m²と圧倒的に多く、また広葉樹の9樹種が天然更新しているが、イタヤカエデ、イヌエンジュ、ミズナラなどの本数が多く、トドマツに比べて本数的には少ないが樹高の大きなものが多い。小区画ごとの更新状況は、10本/m²以上更新している区画が半数以上あり、トドマツ樹冠下に群状に更新しているものも多く、更新木の平均樹高はほぼ30cm前後を越えており、次代の後継樹としては十分な大きさといえよう。

また、これまで択伐（受光伐）では天然更新の見られる部分の造林木は単木択伐、見られない部分は群状択伐で補助造林という取り扱いが多かったが、集材作業での保残木や更新木の損傷、伐採後の更新木の枯損発生などが多いため、保残する上木は更新木成立地周辺で群状に保残するよう変化してきている。

網走西部森づくりセンターの事例

調査地の概況：調査地は北海道北東部の山岳、丘陵地帯にあるセンターの29林班51小班の1939年植栽の65年生トドマツ人工林であり、この人工林は1925年の山火跡地に植栽されたものである。植栽後に根踏み、下刈、蔓きり・除伐、野鼠防除などの保育が行われ、1973年以降1989年までに5回にわたる間伐が実施されている。

調査は方形調査区を設けて毎木調査を行い、さらに区内にベルトを設定し、その小区画で樹高20cm以上は樹種と樹高、20cm以下はトドマツ更新木の本数の調査を行い、またトドマツ更新木9本の地際年輪数と最近10年間の樹高伸長量を測定した。

調査結果：調査林分状況は、造林木トドマツの平均胸高直径35.8cm、平均樹高22.1m、混交する広葉樹は290本/haとトドマツと大差ない本数が成立し、平均胸高直径8.6cm、平均樹高8.2mであり、極相種からギャップ種まで含むと10樹種で多様な構成となっている。また間伐が既に5回行われ、林内は林冠ギャップがみられ、その部分は広葉樹の集中的な更新や、樹高の高いトドマツ更新木の集中が見られる。なお林床は高さ1.5m前後のクマイザサが密生している。林分はトドマツが上層、広葉樹が下層のほぼ2段林的な分布となっているが、トドマツの胸高直径の分布の幅は、小径木に天然更新木も含まれているためその幅は広い。

調査プロット内の更新状況は、m²あたり2.4本（トドマツ2.3本）で、樹種ではトドマツが最も多く、広葉樹は6樹種で樹高の高いものが多い。更新状況を小区画別に見ると、その変動は大きく、天然更新木の分布は群状に集中し、トドマツ天然更新木の小区画別の平均樹高

は、更新本数の比較的少ない区画の方が大きい傾向が見られた。天然更新トドマツの地際年輪数は最小11から最大26、平均20.2となり、樹高クラス中以上は1983年の4回目の間伐前後に、樹高クラス小は1989年の5回目間伐前後に更新したものであり、樹高クラス別の最近10年間の平均伸長量は、樹高の大きいクラスほど大きくなっている。また、樹高に占める最近10年間の成長の比率は変動幅が大きいですが、平均すると樹高の65%は最近10年間の成長が占めている。以上のように、ここの調査地の天然更新状況は、トドマツ、広葉樹とも部分的に集中する傾向にあり、林冠ギャップなどでは樹高の大きいものが多く見られた。

なお、当センターには明治期末の山火跡地の再生二次林が約8,100haあり、多くはウダイカンバ、ミズナラなどの広葉樹林であるが、一部にトドマツ主体の再生林も存在している。昭和38年以降、保育伐等積極的な管理を始め、人工林に順ずる取り扱いを行っており、その成果から高齢級人工林で更新木がある場合、これらに掻き起しなどの更新補助手段を組み合わせ、更新後に適正な保育を行うなら、植栽によらずに主伐後の次代更新を図ることが可能と予測している。

前田氏山林の事例

調査地の概況：調査地は紋別郡滝上町に所在する前田樹一郎氏所有山林であり、山林面積約70haで人工林は62ha、その70%前後がトドマツで、その林齢は幅広いが40～45年生が主体であり、これらの人工林の多くは現所有者の先代が造林したものである。

調査対象林分は1959年に農地跡にトドマツを植栽した0.56haの林分で、地域で模範的林分内容を呈し、平成12年度に北海道選定の「林業技術伝承の森」に指定されている。

植栽後下刈終了後も、野鼠防除と天然更新の期待および農業用の堆肥生産のために、2～3年おきに下草（クマイザサ）の全刈りを実施している。植栽後8年目より除伐を開始、18年生頃より枝打ちを最低4mの目標に実施、20年生前後より天然更新したトドマツ更新木の密度調整を開始し成長のよいものを残すなどしている。最近の施業経過では、1993、1996、1999、2000年に天然更新木の密度調整を兼ねた下刈、1993、1999、2003年には間伐を実施している。この林分の生産目標は建築用構造材向けの大径材としている。

調査対象地は平坦な地利条件のよい林分である。調査は方形調査区による毎木調査を行い、さらに調査区内にベルトを設け、その小区画について樹高20cm以上の更新木の樹種と樹高、20cm未満は樹種と本数を測定した。またトドマツ更新木9本について地際年輪数と最近10年間の樹高伸長量を測定した。

調査結果：調査地の林分状況は広葉樹の混交のない林齢45年のトドマツ純林状態で、胸高直径、樹高の平均は30.7cm、21.1mで、形状比は68.7と、林分の健全度は適正といえよう。また間伐が繰り返し実施されているため、適正な立木密度でその配置も均一に近い状態である。林床は大部分がトドマツを主として天然更新木が占めている。しかし、地表より深くないところに粘土層が介在していて地下水位が高く、造林木は凍裂被害の発生が17%と比較的多い。

調査プロット内の更新木の更新状況は、トドマツのほか広葉樹が16樹種と多様な樹種の更新が見られるが、トドマツが圧倒的に多数を占め、広葉樹はカツラ、ハリギリ、イタヤカエデなどが多い。これを調査区画別に見ると、樹高20cm以上の更新木は1区画当り2～24本とバラツキはあるが全区画に存在しており、間伐木の枝条の集積場所のためトドマツの更新木が見られない区画が1区画ある。また樹高20cm未満の更新木は、トドマツは全区画に存在しているのに対し、広葉樹は1区画のみであった。

調査区画別のトドマツの平均樹高と相対照度の関係は、変動の幅が大きく、一部の区画でのみ相関が見られる。また、トドマツ稚樹の生長が良好といわれる相対照度30%以上の地点も多く（平均相対照度26%）、今後の成長は継続できそうである。

天然更新木トドマツの樹高クラス別の地際年輪数と、最近10年間の樹高伸長量を見ると、年輪数は平均16.7と比較的小さく、伸長量は樹高が高いほど年伸長量も大きくなる傾向が見られ、さらに最近10年間の伸長量の樹高に対する比率は、いずれも70%以上と大きな状態となっている。

以上のように前田山林における天然更新の状態は、トドマツを主体としつつも多様な樹種が林床にほぼ均一に更新し成長も旺盛であり、このような更新が実現したのは集約な保育作業の実施が大きく影響したものと考えられる。

小括

今年度調査した3林分の天然更新は良好な状態であり、特に前田山林は天然更新の理想的な状態を示している。ここでは、林床植生のササの刈払いによる更新面の確保、上木トドマツの間伐および更新木の密度調整の繰り返しによる光環境の改善と更新木の競争緩和など、徹底した人為的な作業により作り上げられ、かつこれを可能にしたのは小面積で地理条件に恵まれていたこともあるだろう。

北海道有林の2事例は比較的集約な育林体系に基づいて施業が実施され、たとえば網走東部森づくりセンターでは、間伐や受光伐（択伐）が多数回実施され、更新状況に応じて刈だし、かき起こし、補助造林などを適宜組み合わせ後継樹の確保と成長促進を図ろうとしている。なお刈だし作業は、更新したトドマツの保育のためのササ等の刈払えと、同時に地表面を裸出させて更新を図る2つの作業目的があり、現地の状況に応じて実施しており、2つの森づくりセンターでは、それぞれ刈だしやかき起こしがかなりの面積実施されている。

トドマツ人工林の天然更新

昨年度調査した（株）マテリアル山林の42年生トドマツ人工林で相対照度3%前後の林床一面に天然更新が見られたが、このようなトドマツ人工林での更新は北海道各地で観察され、早い時期から国有林や道有林の現場でその実態や取り扱いについて調査、研究され、数多くの報告が行われている。

それらの成果を見ると、トドマツの天然更新の可能な適地は、①植質なBc型土壌や埴質で礫を交えたB_{D(d)}型土壌、②林床の堆積腐植層が薄くて、発生した稚苗の根系が鉱物質土壌に定着しやすい林地、③比較的土壌の理学性がよく腐植の含有量が少ない林地などとされている。

さらに、トドマツの天然更新は、①水分と温度条件がよければ暗くても発芽、②更新木の発生や樹高成長のバラツキが大きく、確実な天然更新を期待するためにはかき起し作業などの更新補助作業が必要な場合が多く、③更新木の安定した成長にはササや草本類との競合を緩和するための下刈りや刈だし作業などの保育作業の必要性、④乾燥や陽光不足による更新木の消失や成長停滞の防止には光環境調節のための間伐作業の実施の必要性等々が指摘されている。また網走西部森づくりセンターでの更新稚樹の生育状況は、上木密度の変化が稚樹の消長に大きく影響し、苗高が20cm程度になれば通常の間伐でも優勢な個体は定着し枯れることが少なく、後継樹として取り扱いが可能としている。

終わりに

以上のように、トドマツ高齡人工林では不確実な点もあるが、天然更新は比較的多く見られる。しかし更新木は群状での成立や本数密度の粗密などの変動も大きく、また光環境の変化や他植生との競合などである大きさまで生育しなければ消失の可能性が高く、確実な後継樹として期待できるまでには人為的な補助作業などを必要とする場合も多いなど、まだ未解明な点や課題がある。しかし林分状況的確な把握により、トドマツの天然更新木だけでなく、広葉樹天然更新木を含めた自然力の活用と、これまで確立された造林技術との組み合わせで、より健全で持続的な森林造成は可能であろう。

2) 野堀嘉裕：東北地方の人工林における天然更新技術について

はじめに

昨年度は多雪地におけるブナ林の成長や天然更新について検討した。東北にはブナとともにスギやヒバが東北を代表する樹種として存在していることから、本年度は北東北のヒバ生育地について人工林の天然更新技術の可能性を探るための調査を行った。また、昨年調査をフォローアップするために、ブナ林地帯の中心である山形県の標高別の土地利用を分析し、人工林における天然更新技術が必要な箇所のゾーニングについて検討することとした。この際造林未済地の主な植林樹種を、東北を代表する造林樹種であるスギとして調査分析を行った。

材料と方法

青森県のヒバの調査について：ヒバ林の施業方法について松川恭佐氏により設定された津

軽半島の増川施業実験林と下北半島の大畑施業実験林がある。この調査ではこれら両実験林および、大鱈天然スギ・ヒバ保護林、岩手県内の平蔵沢ヒバ人工林施業展示林を対象とした。これら4箇所については資料収集と踏査を行い、大畑実験林については設定してある固定調査区の全立木を再調査して林分構造を把握した。また、ヒバ林の分布について環境庁自然保護局編（1998）の自然環境GISによる現存植生ベクトルデータを使用して机上調査を行った。

山形県の土地利用に関する調査について：山形県の植生図を行政境界線により区分し、各市町村毎に55メートルのグリッドを生成した後、両者をオーバーレイ解析により、市町村毎に標高100mごと、各集約群落のグリッド数をカウントした。使用した地理情報は環境庁自然保護局編（1998）の自然環境情報GISの現存植生ベクトルデータと、国土地理院（1997）の数値地図50mメッシュである。解析にはESRI社製ArcView3.2を用いた。解析結果は市町村別に集計し、その後、庄内、最上、村山、置賜の4地方に再集計して考察に用いた。

北東北地方の人工林におけるヒバの天然更新について

青森のヒノキアスナロ（通称ヒバ）は日本を代表する針葉樹天然林である木曽ヒノキ、秋田スギと並んだ3大美林のひとつである。ヒバ林の施業方法は松川恭佐氏により森林構成群を基礎とするヒバ天然林の施業法としてまとめられ、その考え方は現在にまで継承されている。一方、東北地方における人工林造成はスギ林への林種転換という歴史的経過があり、青森県でも同様であるが、その成果は完全でなく一部には造林未済地が存在すると考えられる。この報告ではスギ人工林におけるヒバの天然更新技術の可能性を探るため青森県内のヒバ林などを調査した。

ヒバ林の分布：青森県の森林資源統計書（2004）に基づく樹種別面積は、針葉樹はスギが200,382ha、ヒバ林は52,856haとなっている。しかし、環境情報GISを基に作成した青森県のヒノキアスナロ群落（ヒバ林）の分布は、下北半島の中央部恐山山地と津軽半島中央部の中標高部分にまとまって分布し、その他に白神山地と八甲田山の北東、下北半島の下北丘陵南部に分布域があるが、前者に比べてその面積は小さい。GISデータによる、植生自然度9の天然林であるヒノキアスナロ群落の分布面積の総計は48,861haが計上され、これは天然林に相当し、森林資源統計書のヒバ林面積が4,000ha多いのは人工林によるものと考えられる。

次に、民有林における樹種別面積によれば、ヒバ林の面積は2,008haで青森県内のヒバ林面積はほとんど国有林であることがわかる。また民有林の更新困難地は266haであり、本調査の主な目標である造林未済地に対するヒバの天然更新を考えると、その対象地として266haは計上され、さらにGIS分析による植生自然度4の伐採跡地群落の面積は5,339haとなり、更新可能な面積または造林未済地と解釈できる面積は最大値5,300ha程度と考えられるとしている。

人工林の齢級別面積では、7～8齢級にピークがあり、造林樹種としてはスギが顕著であり、その他の樹種でも5齢級以上が多いのに対し、ヒバの人工林は1～3齢級に集中してい

る。なお、青森県の森林蓄積では総計100,23,00m³となり、40%が民有林、60%が国有林であり、haあたりの蓄積は民有林では168m³、国有林では151m³となっている。森林の齡級ごとの構成状況は、民有林は6～9齡級の針葉樹人工林が多いのに対し、国有林では対照的に広葉樹天然林が多い。

天然林の林分構造：大畑施業実験林を再調査したデータを基に、Forest Windowで3次元鳥瞰図を作成した。松川恭佐氏はヒバ林に対し森林構成群を提唱したが、当時の群構成は多くの場合広葉樹がその中心になっていることが指摘されている。今回の調査でも中央部に樹幹の大きな広葉樹があり、ha当りの本数は432本、蓄積は843m³/haの高蓄積であることがわかった。

直径分布は30cm付近にピークがある一山型の分布を示し、これは後継樹が漸減し択伐林型が崩れ始めた状態を意味している。ヒバの占める割合は80%で広葉樹の占める比率が低いが、大径級の樹種はミズナラが多く、ブナおよび他の樹種は各直径級にある。この実験林は10年ごとに択伐が行われ、実際に伐跡も見られたが、林内は小径木が目立ち、風倒木や立ち枯れ木などの被害木も目立ち、適度な伐採が行われたとはいえない状況にあった。

林内における天然更新は良好であり、後継樹の確保には支障がない状態と思われるが、最小径級のヒバの本数が少ないことから、伐採が停滞するようなことがあれば階層構造が貧弱になることも予想され、択伐林型を維持するような施業が必要と思われた。

増川施業実験林は傾斜地にあり、大畑実験林に比べると多くの樹種が混交し、特にヒバ以外にスギの天然木や実生更新も見られ、植生群落の地理的特徴があらわれている。ヒバの更新は実生、伏条とも良好であり、特に根株上の実生更新は極めて良好と考えられた。樹群の構成は大畑実験林と異なり、広葉樹が中心となっているとは限らず、ヒバやスギの優勢木が樹冠群の中央に位置する場合も少なからずみられ、この違いは気象環境、特に冬季の積雪の状況が異なることによると思われた。

また、増川施業実験林周辺のスギ人工林内に、ヒバ実生の天然更新が多数確認でき、特に切り株周辺など樹幹の疎開部分の下では光環境が良好となり、多数にヒバ実生更新が見られ、このことからヒバの実生更新は上層木樹種の如何に関わらず、光条件が整いさえすれば懸念がないことがわかった。

平蔵沢ヒバ人工林について：岩手県岩手郡滝沢村影添国有林に設定されている平蔵沢ヒバ林(0.44ha)は、1841年頃以降篤農家によって造林されたヒバ林で、現在165年生以上の個体があると推定され、東北地方でもっとも高齢のヒバ人工林とされており、平成3年度に展示林として取り扱うことになった。過去の取り扱いの記録はなく、過去に3度の2～5本の試験木が伐採された以外、過去の50年間の主間伐等の収穫の記録はないが、平成14年に展示林とその周辺にごく弱い間伐(47本を伐採)を実施し、今後の生育状態の変化を注視しているという。

現在の樹高階別樹種分布では典型的な二段林構造を呈し、上層林冠を構成しているのはほ

とんどがヒバで、下層木ではヒバと広葉樹が混交しており、その中間は広葉樹が多い。中層木より小さな個体は天然更新により進入してきたもので、林内の天然更新は林床に達する光条件によって異なり、比較的明るい場合には更新が良好となっている。森林蓄積は漸増状態にあり1999年時点で741m³/haとされ、最大蓄積に近づきつつある状態と考えられている。

林内の天然更新は良好であるが、樹高での最小クラスの個体の数が多いとはいえ、今後の後継樹確保には僅かの不安が残るとしている。

天然更新樹種としてのヒバについて：本調査の結果スギ人工林におけるヒバの天然更新は一般的には良好と判断されたが、その条件は光環境によることが示唆された。また、ヒバ生育地として、下北半島と津軽半島では気象条件、特に積雪環境が大きく異なり植生帯も違うことから、両地域ごとに実生更新の実態や生育に必要な光環境の把握を進めていく必要がある。施業方法としては漸伐もしくは群状択伐が適していると考えられ、樹冠の階層構造が一斉林もしくは二段林となっている場合には漸伐が、階層構造が複層状態の場合には群状択伐が適しているといえる。上層林冠構成種にヒバがない場合は樹下植栽や播種が考えられるが、その成果については未解決な点が多い。また植栽されたヒバ林の成林状況は把握されているとはいえず、今後光環境や積雪環境をはじめ、ヒバの植栽や生育可能な条件のゾーニングについて多面的な解析が必要と思われるとしている。

山形県における森林を中心とした土地利用形態の分析

山形県の森林統計によれば、平成12年度の県内の森林面積は約67万haで県の面積の72%を占め、天然林は44万ha、人工林は18万haとされている。山形県は山岳地形が多く、森林域の多くはこれら山地周辺に分布しているが、標高別に見た場合、どのような状況で分布しているかは必ずしも明確でなく、標高別の森林の実態を把握することは大きな意味がある。本研究は自然環境情報GISデータと数値標高データをもとにGISにより標高別の植生分布状況を調べ、森林を中心とした土地利用の実態を明らかにすることとした。

標高区分：山形県の行政区分に準じて、庄内、最上、村山、置賜の4区分で集計して、その標高階ごとの面積を示した。庄内地方の総面積は240,659haで、標高1～100mの範囲が極端に広く、約100,000haを占め、100～400mではそれぞれ約30,000haで、それ以上の高標高になるに従って面積は減少している。最上地方の総面積は217,482haで、標高0～100m、100～200mの範囲ではそれぞれ40,000haで、高標高になるに従って面積は減少している。村山地方の総面積は224,820haで、標高100～200mの範囲にピークがあり、200～500mではそれぞれ約20,000ha以上の面積を占め、500～800mの高標高域では他の地方に比べて面積が広い。置賜地方の総面積は249,707haで、標高200～300mの範囲にピークがあり高標高になるに従って面積は減少している。標高ごとの面積加重による平均標高は庄内で348.6m、最上で320.1m、村山で427.8m、置賜で439.2mと算出された。また県内4地方の合計から算出された山形県の面積は932,668haであり、標高ごとの面積加重による平均標高は401.4mと算出さ

れた。

植生自然度別面積構成：使用した植生図には最小単位である多角形ごとに植生自然度という数値が割り振られているが、地方別に植生自然度を見ると、自然度1の市街地面積が最も広いのは村山地方で4,102haであり、最上地方が804haで最小である。自然度2の水田・畑、住宅地面積は庄内地方が63,197haで最大で、最上地方が37,440haで最小である。自然度3の果樹園等は村山地方が17,517haで最大、最上地方が1,688haで最小である。自然度4の背の低い二次草原は各地方5,000～6,000ha程度となっている。自然度5の背の高い二次草原はいずれの地方でも2,000ha以下となっている。自然度6の植林地は庄内と最上が約50,000ha、村山と置賜が30,000ha前後となっており、合計で160,000haを越える面積があるが詳細は後述する。植生自然度区分の中で最も面積の大きな面積を占める分類は植生自然度7の二次林であり、置賜地方で84,654ha、次いで村山地方で66,447haとなり、合計でも221,011haとなっている。自然度8の自然林に近い二次林は庄内地方の21,472haが最大で、村山地方の10,521haが最小となっている。自然度9の自然林は庄内、最上、置賜の各地方で55,000ha以上の面積があるが、村山地方は約35,000haと若干少ない。自然度10の自然草原は合計13,222haで県土面積の1.4%となっているが、標高0～100mと1,600m付近の2つのピークがあり、低標高は海岸域、高標高は山頂付近の草原であり、地方別では庄内地方の5,721haが最大で、最上の1,463haが最小である。このほかに不明区分が52ha、自然裸地が1,059haと開放水域が8,055ha、合計で9,114haで、県土面積の1.0%となっている。

標高階別植林地面積：山形県における植生自然度6の植林地面積は160,312ha存在し、その標高階別面積を地方別に見ると、庄内地方は0～100m範囲で最も広く、低標高で多い傾向があり、最上では100～200m、村山と置賜地方では300～400mにピークがある。各地方とも標高1,000mを越えるところにも植林地があるが、特に置賜地方では1,400m以上の標高域に植林地が存在している。植生図の集約群落名を検索すると、山形県では「落葉針葉樹」、「スギ・ヒノキ・サワラ」、「クロマツ」、「アカマツ」、「常緑針葉樹」の5タイプが区分されている。この区分をそのまま利用して標高ごとの植林地樹種を見ると、「落葉針葉樹」は800m以下の標高域で1,000haを越える面積があるが、合計面積は11,000ha以下で他の針葉樹より少ない。「スギ・ヒノキ・サワラ」では100～300mの範囲にそれぞれ20,000haを越える面積があり、合計でも109,068haと最大の面積を占めている。「クロマツ」は庄内地方のみで3,195haで低標高域に集中して折り、海岸域に防災林として植栽されたものである。「アカマツ」は200～300mの標高域に4,000haほどのピークがあり、600mを越える標高域にも植林地があり、合計面積は11,935haで落葉針葉樹よりわずかに広い。「常緑針葉樹」は200～300mの標高域で5,000haほどの面積を占めている。分布の形は「スギ・ヒノキ・サワラ」に類似し、合計面積24,817haで「スギ・ヒノキ・サワラ」の面積の22%を占める程度である。

次に、山形県の土地利用の実態を把握するために、植生自然度と植生タイプを人為的土地利用の程度に応じて、人為利用、植林地、里山の二次林、自然林に近い奥山の二次林、自然

林他に再区分し、この区分に応じて山形県の土地利用状況を標高階別にみた。

人為利用の合計面積は262,805haで低標高ほど面積が広く、特に300m以下の標高に集中して分布している。植林地は160,312haで200～300mの標高域にピークがある。里山の二次林は植林地と同様に200～300mの標高域にピークがあり、合計221,012haで植林地の1.3倍の面積がある。自然林に近い奥山の二次林の面積は69,615haで里山の二次林の約3分の1の面積で、その分布はそれより高標高の400～500mにピークがある。自然林他は218,925haで里山の二次林とほぼ同面積で、700～800mにピークがある。標高ごとの面積加重による平均標高は、人為利用区分で183.1m、植林地で309.0m、里山の二次林で355.6m、奥山の二次林で532.2m、自然林他で735.6mと算出された。

植生図からみた山形県の森林面積：植生自然度の植林地、二次林、自然に近い二次林および自然林を合計すると山形県の森林面積が集計できるが、その値は656,641haとなり県面積の70.4%になる。それに伐採跡群落22,176haを加えると県面積の72.8%となり山形県の林業統計の値より1%ほど大きい値である。さらに森林の取り扱い上で除地の指定がなされる自然草原を加えると県土面積の74.2%となるが、これには河川敷など林業統計に含まれない地域が含まれている。

山形県の人工造林の経過を見ると、植林樹種はスギ、アカマツ、クロマツ、カラマツで占められ、「落葉針葉樹」ではカラマツ以外は皆無であり、常緑針葉樹の成林している植林地は、スギ以外にはヨーロッパトウヒが僅かに見られる程度である。一方、植生図作成時に「常緑針葉樹」と区分された植林地は、樹冠の不明確な弱齢もしくは成績不良の植林地と考えられ、そのほとんどはスギと推定できる。山形県の針葉樹人工林は概ね500m以下の植栽が推奨されているが、実際は標高1,000mに至るまで広がっており、これらの標高域では良好な成長を期待すること難しいと考えられる。標高500m以上の場所に植栽されている人工林の面積は45,224haで、スギと常緑針葉樹を合計すると37,029haであることがわかったが、これら植林限界標高より上部に植栽された植林地は、本調査の目標である「人工林における天然更新」の対象になると考えられる。

一方、背の低い二次草原に区分される植生の中で、伐採跡地群落があり、これらの面積は、庄内で5,905ha、最上で5,532ha、村山で4,753ha、置賜で5,986ha、合計22,176haとなり、植林地面積との合計の比率で10～17%を占めている。これら伐採跡地の中には植林が行われたが成林していない箇所もあると考えられ、この面積は標高500m以上の箇所ですら高確率になると考えられ、今後これらの植林地に対する追跡調査が必要であろう。

おわりに

本調査では、北東北における人工林内のヒバ更新の可能性の調査、山形県のスギ人工林内の造林未済地についての調査を行った。ヒバの更新については生育限界の解明が必要であること、スギ人工林では造林不適地への造林経過の把握が必要であることが指摘された。これ

らの情報を把握することにより造林未済地の確定が可能となり、対策を講じる条件整備が可能となろうとしている。一方、両者の共通点としてGISを活用したゾーニングの必要性があげられ、そのためには精度の高い森林情報が必要不可欠であり、これまで蓄積された貴重なデータのデジタル化は急務といえようとしている。

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

- 特にマツの混交したヒノキ人工林から成林した天然生林 -

はじめに - 針葉樹の天然更新技術の評価と情報量

日本における針葉樹の天然更新施業の流れについては昨年度の報告書の冒頭で述べたが、その史的経過はその時代の社会的、経済的情勢に応じて、天然更新施業は盛衰を繰り返してきた。現在また林業の置かれた条件や森林に対する要望から、自然再生技術としての天然更新に期待が寄せられるようになったが、日本では針葉樹の天然更新施業の成功例は各地に存在しているにも拘らず、外国の林業先進国でかなりの比重で取り入れられている天然更新施業が、なぜ日本で普及しないかを検討しておく必要がある。

これには多くの要因が考えられるが、日本では明治以来農業の栽培技術が人工造林の基礎になったこと、林業政策面では、国の助成策が人工造林一辺倒であったこと、さらに、薪炭林施業のような萌芽更新以外では、針葉樹天然更新施業の成功事例が少なく、その技術体系に信頼性が置けない等が上げられる。

特に技術の信頼性に関し、針葉樹の天然更新は施業開始の初期に稚樹が発生しても、いつしか消滅してしまうとの見方が少なくなく、更新終了後、成林状態の天然生林になるまでの事例に基づく技術体系が示されない限り、信頼性は高められないであろう。その意味で昨年度報告した段戸国有林の事業規模で成林したヒノキ天然生林は貴重な天然更新技術体系のモデルになろうが、この成功例は特有の立地条件での特例との見方もある。それで本年度は他の地域の事例を多く集める必要から、野路山、姥ヶ原山、ヒナ山の3国有林のヒノキ天然生林を調査し、更新初期状態と成林にいたる経過から更新技術の体系を検討することにした。さらに広島県内には混交林からの更新技術について、アカマツ、クロマツ等の混交したヒノキ人工林から天然更新した事例が多く、今後の天然更新技術として有望と判断されたので、天然生林となった経緯を解析し、新たな天然更新技術体系の組み立てを検討した。

野路山国有林におけるヒノキ天然生林

野路山国有林は広島県呉市の東にあり、標高700～840mで山頂付近は広大な草原となっている。明治の末期の特別経営時代に植栽された一大ヒノキ人工林であったが、第2次大戦後多くの部分が農地として開放され、中心部は蚕食状態になっている。最近野路山国有林1,600haのうち、高原の中心部は空間利用タイプの森林と人との共生林として風景林に指定

されている。

今回の調査は543,539,544林班に所在する3林分で行ったが、いずれも昭和50年代に更新状態の調査解析を行っているので、20数年後の現状と比較検討することができた。野路山国有林のうち、山頂付近は強風による風倒被害が多く、2004年の台風でも多くの風倒被害を発生し、この20数年間における各調査地の林分構造はかなり変動があったと思われるが、経過の詳細については今後の解析にゆだねたい。

543林班ろ小班における更新の経過と成林状態

ヒノキ人工林の69年生時（1976年）における更新状態：本林分の最初の調査は昭和49年度から行われ、それぞれの結果はすでに大阪営林局発刊報告書および京都大学付属演習林報告で公開されているが、ここではそれらの資料に基づき一部紹介することにする。

543林班ろ小班的中央部にはドライブウェイが横切り、調査は道路の上部のろ₂小班と下部のろ₃小班で行った。ろ₂小班でベルト調査によって69年生ヒノキ上木（1本だけアカマツ混交）の垂直構造と小区画によるヒノキ稚樹の高さ別本数を調査した。なお、土壌はB_D型で、土壌層は比較的深かった。

本林分は立木本数がhaあたり2,000本を越え、胸高断面積合計が60m²/haもあり、平均胸高直径は70年生にもかかわらず20cmに達していない密状態であることから、下層植生は成立しないはずであるが、風の強い稜線であるため各林木の樹冠の間に明瞭な隙間があり、陽斑点が比較的多く射入するため、林内は比較的明るく、下層植生とともにヒノキ稚樹も成立している。また調査ベルト内では光条件のよい林縁から10mほどまでの間に成立するヒノキ稚樹は大きく1mを越すものが多いが、林内に入るにしたがって稚樹高は小さくなり中央付近ではほとんど10cm以下の1～2年生稚樹だけ成立している。しかしm²あたり10本以上も成立しているので、間伐により林冠調整（傘伐天然更新体系でいう下種伐）をすれば、これらの稚樹が成長促進すると当時提言し、20%前後の伐採率で間伐されたようである。

道路下側の543林班ろ₃小班は、道路際の林縁から40mほど下がった地点に樹高幅程度の孔状地があり、大きく育った天然生のヒノキ更新樹が多く成立していたので、これを中心に調査ベルトを設けた。局所的な風倒地と思われる孔状地を除いた林分構造はろ₂小班とほとんど同じである。斜面上部の林縁付近には30cm前後の比較的大きい稚樹が成立しているのに対し、林内に入るに従い10cm以下の小さい稚樹のみとなる。しかし林内に孔状地があると、その周辺の更新は際だって大きくなり、孔状地の中心部では樹高5m以上にも成長した更新樹が見られた。しかし孔状地の林縁から離れるに従い、更新条件は悪く小さい稚樹のみとなる。これらのヒノキ稚樹や、やや大きくなった更新樹の年齢はほとんど10年以下であった。

この孔状地を中心にした更新の態様は、群状（孔状）択伐あるいは画伐天然更新法の典型的なモデルになると提言し、特に群状択伐を採用するなら、群の大きさ（幅あるいは径）は樹高の1～1.5倍（15～25m）とし、伐期齢80～100年、回帰年20年とすれば、1回の収穫量は20～25%になり、風景林としての価値も高まろうとした。

ヒノキ人工林の97年生時（2004年）における天然性ヒノキの成林状態：前回の調査から28年を経過した2004年秋の現状は、風害を受けたやや広い群状地は、林内に成立していたヒノキ稚樹が成長し、天然生ヒノキ林として成林していた。しかし道路下側のろ₃小班では28年経過しているには意外に小さく、また、かつての孔状地の更新樹は風倒被害を受けたよう
で確認できなかった。

今回は調査ベルトを設定して行い、3次元の立体構造図で検証してみた。現在97年生になった上木のヒノキ造林木は、風倒被害で減少し散生するようになり、かつて上木が成立していたのが無くなり、天然生のヒノキや主として落葉の広葉樹とアカマツが成立するようになり、それらの更新樹はほとんど樹高が4～8mで、ほぼ閉鎖状態の天然生林となっている。調査ベルト内のヒノキ更新樹の年齢はほとんどが14～15年生であり、このことから上木の人工林のヒノキは1991年の19号台風で群状に風倒被害を受け、樹高幅ほどの孔状地ができた結果、当時成立していたヒノキの林内稚樹やその後更新した稚樹が落葉広葉樹やアカマツとともに成長し成林したと考えられる。

一方、上木の成立している箇所は、ヒノキ稚樹や数m以上に成長したヒノキ更新樹が多く成立するが、広葉樹やアカマツは少なく、ヒノキの更新状態は28年前の調査結果と同様である。孔状地に成立する広葉樹はウリハダカエデ、クリ、コナラ、イヌザンショウなどが主であるが、数10年後にはヒノキとアカマツを上木とした階層混交型の天然生林になるであろう。したがって、野路山国有林のような立地条件では、単木状に抜き切りする傘（漸）伐法でも、樹高の1～1.5倍程度の広さに伐採する群状択伐法あるいは孔状法でも、天然更新によってヒノキを主として天然生林を造成することは比較的容易であるといえる。

539林班ろ小班における更新と成林の経過

アカマツの混交したヒノキ人工林の69年生時（1976年）における更新状態：本調査地は、543林班の北方に位置し、平坦もしくは緩斜の地形を持ち、林齢や林分構造は543林班とほぼ同様であるが、アカマツが30%ほど混交している老齢のヒノキ人工林である。土壌はB_D型で比較的肥沃である。調査は543林班と同様にヒノキとアカマツ上木の垂直構造と、ヒノキ稚樹の成立状態を調べた。

ヒノキ稚樹は調査ベルトの両端の林縁で多数成立し、南側林縁では1mを越すヒノキ稚樹が密生し、更新樹間の競争が始まっており、すでに自然間引きによる枯死木も見られた。一方、林内も50cm前後から1m近いヒノキ稚樹が比較的多く成立しており、このように50cm以上のヒノキ稚樹がm²あたり数本以上も成立するようになれば、上木を伐採しても十分成林する可能性があり、更新が完了した林分であるといえようと当時指摘した。

このように更新完了の状態になった最大の原因は、胸高断面積で30%という比較的高い混交率でアカマツが成立していたことであるとした。69年生のヒノキ上木が約1,350本もある相対的に密な林分にもかかわらず、陽性樹種のアカマツが混交するため林内は比較的明るく、その相対照度は5～8%と推測され、このようなアカマツの混交は他地域の例などからもヒ

ノキ天然更新に好ましい条件を与えると判断された。

なお、成立しているヒノキ稚樹は543林班の稚樹がほとんど10年生以下であるのに対し、539林班の稚樹は10年以上のものが多く、特に林縁付近の大きな稚樹は15～17年生であり、これは林縁の形成、間伐など林分構造の移り変わりが異なるため、更新開始の時期にずれが生じたものと思われた。一方、稚樹の成長は林縁付近がよく、2mを越す更新樹は年平均成長15～20cmに達するものもみられた。

この林分は間伐が計画されたが、更新完了という理想的な状態で成立していたヒノキ稚樹の28年後の変化を次に取り上げることとする。

ヒノキ人工林の97年生時における天然生ヒノキの成長と成林の状態：本林分は予定通り間伐されたが、その際伐出作業の妨げになるとして多数成立していた天然生ヒノキは除伐され、現地検討会で大きな問題となった。しかし、幸い伐り株に残されていた枝葉が成長し始め、20数年後の現在、見事な天然生林に育った。林縁付近の大きな更新樹は、28年を経過し樹高が10m前後にまで成長した。林内稚樹は当時の稚樹と新たな更新した稚樹が混生しており、またアカマツ上木も残存していた。しかし、風害が発生し群状に風倒したところが多く、こうした孔状地は若い新生のヒノキ稚樹とかつての林内稚樹が大きく成長し、これらの混生樹が天然生林を形成した。

調査ベルトによる3次元の立体構造図によると、現在97年生の人工ヒノキは風倒被害により成立本数が著しく少なくなり、30%ほど混交していたアカマツも局所的にしか残っていない。しかし、アカマツの混交する69年生時の人工ヒノキ林内に多数成立していたヒノキ稚樹は間伐時に除伐されたものの再生して成長し、孔状地を中心に天然生ヒノキとして成林した。この孔状地内の天然生ヒノキは樹高8～12m、平均樹高約9m、haあたりの本数は約1,500本で、ほぼ同じ大きさの落葉広葉樹を多少混交した天然生林を形成している。また樹高6m以下の新生ヒノキ更新樹は、この天然生ヒノキの成立している箇所には少なく、広葉樹や人工ヒノキの成立しているところに多い。

天然生ヒノキのうち、2本の資料木を伐倒して肥大成長の経過を見ると、いずれも28年を経過し天然生ヒノキとして成長したが、ある時期に急に肥大成長が増加しており、これは1991年の19号台風による風倒被害が発生し、群状または孔状の風倒地が生じ、そこに成立していた更新樹が上木の被圧から解放され、急速に成長を始めたことは間違いない。また樹高3m前後以下のヒノキ稚樹はほとんど20年生以下で風倒後に更新、成立したものが多いためである。

いずれにしても、全体的に人工ヒノキを上木とし、天然生ヒノキを中層、新天然生ヒノキを下層の稚樹群とした多層構造の天然生林を形成しているが、さらに成長段階が進むと、現在中層を占める天然生ヒノキが主体の天然生林になるであろう。

544林班は小班における更新の経過と成林状態

調査対象地のは小班は、ヒノキ人工林から択伐による天然更新技術を確立させるため、

1981年度に大阪営林局が設定した試験地であるが、基本的には択伐による天然更新を目標に掲げているが、回帰年等が設定されていなく、単なる更新伐採法の試験と理解した方がよい。伐採は単木、群状、列状（一般には帯状という）の3区分で、それぞれ0.3ha余の広さがある。伐採は1982年3月に行ったが、当時74年生の人工ヒノキ林の林床には多くにヒノキ稚樹が成立していた。

本試験地の設定後の経過については、多くの報告書が出ているのでそれにゆだねることにし、ここでは単木伐採と群状伐採の初期と現在の成林状態について紹介することにする。

試験地設定前の林分材積は280～300m³/ha、立木本数は1,000～1,200本/haで、それぞれ材積率で21～27%ほどの伐採が行われた。その後1985年に平均20%ほどの雪害を受け、さらに1987年には平均26%ほどの間伐が行われた。引き続き1991年には19号台風により、残存木の半ば以上に風倒被害が発生した。そのため単木、群状、列状等の伐採区分の形状が失われ、試験地の目的を果たせない状態になったので、1997年残存木を終伐ということですべて伐採することになったが、それまでの間伐によって更新していたヒノキ稚樹は、各試験区の伐採とともに成長し始め、終伐時にはほとんど成林状態になっていた。

群状伐採地では設定当時成立していた稚樹が急激に成長し始め、更新樹間で密度競争が始まっており、平成13年には実施施業計画図に6齢級の針葉樹天然林と記入されるようになった。単木伐採試験地では25%ほどのぬき伐りが行われたので、林内は比較的明るく、更新樹は5年間に1m前後にまで成長した。その後すでに述べたように雪害、間伐、台風害等により上木は疎林状態になり、その結果ヒノキ更新樹は大きく成長し、二段林状態になり、風倒被害の大きいところではヒノキの天然生林として完全に成林するようになった。

以上のように、間伐やアカマツの混交によってヒノキの更新に適した光条件が与えられると、ヒノキ稚樹はよく成立するが、さらに色々な形状の伐採によって林内への陽光射入量を多くすると、稚樹が急速に成長を促進し、10年後には成林することが明らかになり、本試験地はヒノキ天然更新施業の技術体系の組立てに貴重な資料を与えたといえよう。

姥ヶ原山国有林1027林班におけるヒノキ天然生林

本林分は当初から天然更新を目的として施業したのではなく、ヒノキ人工林を伐採した後クロマツを植栽したが、すでに林内に成立していたヒノキ稚樹が成長し、結果的にヒノキを主として天然生林に育った林分である。したがって人工林から各種伐採法によって更新を進める技術体系とは異なるが、日本における天然更新法として、低コストでかつ比較的容易に取り組むことが可能な技術と思われるので、成林に至る経過と現状を紹介する。

調査地の概況と林分初期の成立経過

調査地は広島森林管理署管内姥ヶ原山国有林1027林班い小班で、山脚の短い細長い小丘陵地で、気候は温暖、少雨の瀬戸内型で、地質は沿岸部の花崗岩類、土壌は全般にBc型、土性は砂質壤土あるいは埴質壤土で肥沃度は比較的低い。

調査林分の前生林分は1913年植栽のヒノキ人工林で、1965年の皆伐時の林齢は52年生であり、造林後進入したと思われる天然性のアカマツが本数比で40%ほど混交した林分で、平均樹高13mと低く合計材積も90m³/haに達していない著しく成長の悪い林分であったようである。そのため主伐開始6年前にアカマツを主体に間伐を行い、1965～66年に皆伐された。伐採当年の秋に地拵えをし、翌年春にクロマツを4,000本/ha植栽し、4～5回の下刈りを行った。その後クロマツ植栽木と皆伐前から林内に成立していたヒノキ稚樹および造林後天然更新したアカマツや広葉樹が混交して成林するようになり、最近ヒノキの保育を目的に植栽したクロマツの除伐が実行された。

皆伐後22年目（1987年）における林分状態

皆伐後19年目の林分について大阪営林局で「クロマツ造林地に成林した天然ヒノキ林の生育状況について」報告され、その3年後さらに詳細な調査が筆者によって行われ、京都大学演習林報告に報告されている。ここではその論文から皆伐後22年目の林分の成立状態を紹介することにする。

調査地は、山脚の短い林分で、上部（プロット1）、中部（プロット2）および下部（プロット3）に分け、ベルトトランセクトやコードラートを設けて2m以上の全樹種の樹高と位置を測定するとともに、ヒノキ資料木5本を伐倒して樹幹解析を行って樹高と直径の成長経過を調べた。

プロット1は、クロマツ、アカマツ、ヒノキを主として階層混交型の複層林であった林分を、1984年4月に天然生ヒノキの保育を目的に、クロマツ植栽木と天然生アカマツを適宜除伐したので、現存の上層木はほとんど天然生のヒノキとアカマツとなり、中、下層はヒノキとともに広葉樹が成立するようになった。

一方、プロット2は除伐されていないので、主として植栽木のクロマツが上層を占め、アカマツが少なく、中、下層に天然生のヒノキや広葉樹が階層的に比較的多く混交している。混交広葉樹は高木性の落葉広葉樹と常緑広葉樹であり、有用広葉樹といわれるものは少ない。

プロット3は天然生のヒノキの成長が著しく良好であったため、1977年にヒノキの優勢木を残して他はすべて除伐された箇所で、調査時には樹高7m以上で、林冠はほぼ閉鎖し単層構造となっている。

各プロットのベルト内の針葉樹と広葉樹の樹高分布を見ると、各調査林分の階層構造にそれぞれ特徴がある。除伐前のプロット1の針葉樹の樹高分布は、アカマツの混交率が高いこともあって正規型を示し、各樹種が全階層に混交するが、除伐後はヒノキの混交率が高くなり、ややL型分布のほうにひずむが、これは小さい個体のヒノキが除伐されなかったためで、これらが成長を始めると再び正規型に戻るものと思われる。なお小さな個体の多い広葉樹と合わせると明らかなL型分布となる。

プロット2の針葉樹の樹高分布は、除伐が行われていないので、植栽木のクロマツが大部分上層を占め、中、下層に多く成立するヒノキと分離し、二山型の二段林型のようになって

いるが、クロマツのみではほぼ正規型であり、落葉広葉樹が多いため全広葉樹の樹高分布はL型を示し、針葉樹と合わせるとプロット1と同様L型分布となる。

プロット3は10年前に天然生ヒノキ優勢木以外を除伐した林分であるので、林冠はほぼ単層状態となっているが、調査した樹高分布では樹高10mを境に二段林型であるように見える。しかし、樹高成長のよいヒノキが局所的、集中的に分布しているだけで、林分全体としては林冠も樹高も連続しているとみてよいだろう。

各調査地の樹種ごとの胸高直径、樹高の平均値、立木本数、胸高断面積などでは、各プロットの平均値や林分量に明らかに違いが認められた。

植栽木のクロマツは除伐されたプロット3にはまったく成立せず、プロット1には僅かしか残っていないが、プロット2には植栽当時の本数がほぼそのまま生存している。しかし、クロマツの平均胸高直径は5cm前後、平均樹高は6mほどで、プロット1、2の間にはそれほど大きな差は見られない。またアカマツはプロット2には少ないが、プロット1の平均直径や平均樹高はクロマツとほぼ同様である。

天然生ヒノキについては、成立本数の比較的少ないプロット1でも樹高2m以上のものが3,000本/ha近くあり、平均樹高ではクロマツより多少小さいが平均直径ではほとんど変わらない。プロット3は斜面下部で、成長のよい箇所である上、10年前ヒノキ優勢木を残して本数調整された林分であり、本数は3,500本/haと比較的多いが、平均直径は9.4cm、平均樹高8.8mと、この地方のヒノキ人工林の地位1～2等地に該当するようである。これに対し、プロット2ではヒノキの成立本数は5,000本/haを越えかなり多く、平均直径は2cm台、平均樹高は3m台で比較的小さい。これは上層のクロマツに被圧の影響とみえるが、樹幹解析による樹高の成長経過からみて被圧による成長抑制が激しいとは思えなく、樹高や直径の分布からみて小さい個体が多いために平均値として小さくなったということだろう。したがって将来優勢木として育つと思われる樹高3m、胸高直径2cm以上のもので平均すると、プロット1と変わらない。

広葉樹はすべて除伐されたプロット3を除き、本数が多く、特にプロット2は20,000本/haに近いが、平均樹高は比較的小さく、現状では針葉樹の樹高成長をあまり阻害していないようである。これら各樹種の胸高断面積合計は小さく、閉鎖状態のプロット3でも24m²/ha程度であり、今後期待される。

以上のようにクロマツを造林してから20年を経過した本林分は、生産目標のクロマツに天然生の比較的成長のよいヒノキやアカマツが混交し、プロット3のように除伐等の人為を加えなくてもヒノキの混交率の高い複層林に育っていくものと思われる。ただ、木材生産上の価値はクロマツよりヒノキが高いので、両者がともに上層林間を形成するようになったとき、クロマツを除伐して人工林同様の施業をしてヒノキ林に誘導することも考えられる。

自然の運動法則として森林は遷移を進め極相に至るが、拡大造林などの林種転換を行う場合、多くの労働投下を強いられ、それでも自然の回復力が勝って不成績造林地になることも

少なくない。このような不成績地には、西日本の場合、成長の悪いスギやヒノキの皆伐造林地にアカマツや広葉樹が侵入するのが普通である。今回の調査林分はヒノキ人工林をクロマツに転換したものの、天然更新したヒノキ、アカマツ、広葉樹が階層混交した特異な事例である。

本調査地のような立地環境では、陽性樹種は勿論、ヒノキ等の陰性樹種を造林しなくても、天然更新により価値の高いヒノキ天然木を生産できる可能性が高く、他の地域でも見られるように、ヒノキにマツ等を20～30%ほど階層混交させた複層林仕立てが好ましいであろう。もし人工林類似の生産目標を取るなら、除伐等適当な保育を加えることも一つの方法であるが、地力回復の面からたとえ天然生であってもヒノキの純林に誘導することは戒めるべきで、異種混交の複層林すなわち階層混交林作業が望ましい。また、このような遷移の方向に沿った育成であるならば、粗放的すなわち合自然的な施業が可能であると当時結言した。

皆伐後39年目（2004年）における成林したヒノキ天然生林

前回の調査から17年を経過した皆伐後39年目の現在、アカマツ、広葉樹との混交複層林を形成していた天然生のヒノキはどのように変化したかを見るため17年調査したプロット1の下方に隣接して調査ベルトを設けて調査した。調査ベルト内の立体構造は、上層の大部分は天然生のヒノキが占め、中、下層にアカマツや広葉樹が成立している。17年前はアカマツが上層を占め本数も1,900本/haと多かったが、現在は320本/haほどで、中層を占めるのみで、平均樹高は7.4mであり前回に比べ1.5mほどしか成長していない。天然生のヒノキは17年前は平均樹高が5mほどで、大部分中、下層に成立し、本数も2,800本/haであったが、現在は上層を占め、その平均樹高は約10mになり、成立本数は僅か890本/haほどであり、広葉樹も同様に成立本数は著しく少なくなっている。

この林分構造の変化は17年前に人為的に除間伐が行われたためであるが、その後はあまり行われていないようである。勿論、17年前のプロット1、2のように上層をクロマツ、アカマツ等が占めるヒノキの混交複層林であれば、人工林と同様に商品価値の高いヒノキの保育のため除伐することも一つの選択肢であるが、人工林からの天然更新技術といっても、初期の更新は天然の再生力で、更新完了後は本数調整を含め除間伐等の保育を行えば人工林（施業）となる。

しかし、アカマツを混交したヒノキ人工林内に更新していたヒノキ稚樹が、上木の伐採とともに成長し始め、クロマツ植栽木やアカマツと階層混交した複層林になった林分は、除伐等の人手を加えなくても、ヒノキの混交率の高い複層林状の天然生林に育つと17年前に予言したが、その推測は間違いないと信じるので、い小班のどこかに除伐されていない箇所があれば、せめて数haでも木曾ヒノキに匹敵する天然物のヒノキを生産する天然生林に設定されるよう提言したいとしている。

ヒナ山国有林124林班に小班におけるヒノキ天然生林

ヒナ山国有林は広島県庄原市の東南15kmにあり、標高約500～600mである。調査対象は124林班に1-3小班は約13haで、1969年に当時55年生のヒノキ人工林を皆伐したが、前生林が成長不良であったため、特にB_{A-C}型土壌の分布する斜面上部について、アカマツ天然更新施業地として細かく小班区分されたものである。福山営林署の調査によると、1971年当時のに小班は伐採前から多くのヒノキ稚樹が成立していたようで、アカマツ天然更新のための地拵え後、急速にヒノキ稚樹が成長し始め、伐採後35年目の2004年現在、ヒノキを主とした天然生林として成林した林分である。

この事例も姥ヶ原山国有林と同様、定まった天然更新技術体系によって人工林から天然更新を進めたものではないが、日本の森林環境に適した天然更新法になる可能性が高いと思われるので、林分の成立経緯と現状を紹介することにする。

伐採時1970年頃と伐採後12年目（1982年）における更新状態

伐採前の55年生ヒノキ人工林の林分構造は不明であるが、姥ヶ原山国有林と同様、アカマツの混交した成長の良くないヒノキ林であったので、皆伐後の更新は斜面下部は人工林施業地としてい小班に、上部についてはアカマツ天然更新施業地としてに小班に区分されたようである。

1971年当時の天然生ヒノキ稚樹の成立状態は、大阪営林局の報告によれば、特に斜面上部にヒノキ稚樹が多く、また方位によって稚樹の成立本数が異なり、北、東斜面が良好で、その成立本数は7,200～9,100本/ha、平均高20～13cmであったという。さらに稚樹は伐根の周辺に、またヒノキ上木の少ない箇所によく成立することを報告しているが、前生林の林分構造や皆伐後の更新施業については記述がない。

さらに、12年後の1982年に更新状態の調査が福山営林署で行われ、その結果の報告によれば、アカマツ天然更新施業地として小班区分したに小班全域の1～4mほど成長した天然生ヒノキの保育のため、手入れが必要であることを述べているが、ヒノキ人工林を伐採してから12年目の1982年現在の更新良好な箇所では、3m以上に成長したヒノキがhaあたり4,000本以上も成立していた。アカマツとの混交状態については記されていないが、おそらくアカマツを上木として、天然生ヒノキが中、下層を占めていたものと思われる。

伐採後35年目（2004年）におけるヒノキを主とした天然生林

124林班に小班の調査地は、35年前の1969年に伐採した後、アカマツ天然林施業地として天Ⅰ地拵えを行った林地であるので、アカマツが主体のはずであるのに、多くはアカマツが混交したヒノキ人工林と見間違えるほどの天然生林に育っており、林内は除間伐後のように比較的明るい。

調査ベルト内の生立木の立体構造図や樹高分布を見ると、調査ベルトの上部には12～14m高のアカマツが集中分布的に上層林冠を形成し、斜面中央より下方には、中層にアカマツが集中分布しているが、調査ベルト内のほとんどは天然生のヒノキが上層を占め、その樹高は8～12mで、35年生のヒノキ人工林と比較すると少し小さいようであるが、天然生ヒノキと

してはそこそこの成長をしているように思える。広葉樹の混交は少なく、また調査ベルト内のヒノキの成立本数はhaあたり約1,800本で、天然更新によって成林した無保育の天然生林としてはあまりにも少なすぎ、現在人工林と見間違えるほど整然として林分は、最近、少なくとも10年ほど前までに除伐された可能性が高い。

林班沿革簿によると、124林班に小班は、現在もすべて樹種はアカマツで、施業実施計画図にも7 齢級の針葉樹天然林と明記されているが、伐倒調査した資料木のヒノキの年齢は28～33年、アカマツは30年前後で人工林ではなく、おそらくに₂小班に隣接しているい₂小班の6 齢級のヒノキ人工林の除伐時に、何らかの事情で同時に除伐されたのではないかと考えられる。

このように除伐されたと思われる林分が林道下に多く存在し、このような林分はアカマツの混交が少なく、ヒノキの成立本数も少ないが、除伐されていない林道上の林分ではアカマツ、ヒノキとも成立本数が多く、多少雑然としているが、除伐しなくても、現状から判断するといずれもヒノキを主として天然生林として成長していく可能性が高い。

以上のように、に小班13haのうち、1/3ほどは保育施業が行われた可能性があり、この林分は姥ヶ原山国有林1027林班と同様、人工林として取り扱うか、育成天然林とするかの方向を定める必要があるが、残りの林分は天然もののヒノキを生産目標として150～300年の超長伐期施業を目指して欲しいものである。

アカマツが比較的多く成林するヒノキ林内は、多くのヒノキ稚樹が更新しており、すでに述べた野呂山国有林539林班や姥ヶ原山国有林1027林班の事例と同様、ヒノキ林にアカマツ等陽性の樹種を少なくとも20～40%混交させる方法は、ヒノキの天然更新を促す確実な施業技術になるであろう。

次年度は、姥ヶ原山国有林の約23haやヒナ山国有林の約13haに及ぶ天然生林の全域の実態を把握する一方、他地域のヒノキ、スギの天然生林の情報を収集し、日本の地域環境に適応した針葉樹人工林からの天然更新技術体系について検討してみたい。

IV 平成16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、前年度分と併せて本年度分の実施内容の総括検討をしておくこととする。なお3か年の調査内容と段階目標については、前年度に取り上げているのでここでは省略する。

1 本年度の実施内容の総括検討

外国における事例として、北村昌美委員によるバイエルン州の山岳混交林における更新と、

伊藤太一委員によるアメリカの国有林における森林管理の変遷が報告された。

北村昌美委員は、初年度には人工林における天然更新技術のドイツにおける事例として、バイエルン州、バーデン・ビュルテンベルク州およびノルトライン・ベストファーレン州での自然近似の天然更新施業を紹介し、自然近似は単に放置することではなく、きわめてきめ細かい注意と学問的な裏づけが必要であることが述べられ、天然更新に頼れない場合には、ためらうことなく人工植栽を採用しており、目的は優れた時代の森林を造成することで、更新はそのための手段という考えに徹していることを紹介された。

本年度は緩斜地の多いドイツの他の地域の事例より、わが国の参考になるとして急峻な山岳地が多いオーバーバイエルンのアルプス地域の、土壌や標高の異なる場所に設けられた主として強度の傘伐を中心にした試験地の成果を紹介している。

山岳林での種子の生産、稚樹密度や稚樹の成長と野生動物の食害への保護などを検討し、さらに地床植生の更新に対する影響から、老齢林の林冠の疎開の効果を強調している。また、現在山岳地混交林では天然更新が推奨されてはいるものの、林床植生、立地、野生獣被害や牧草地経営などの外的条件で天然更新が実行できない場合や、さらに後継樹や混交樹種が欠如している場合には人工更新が適しているとしている。また山岳地混交林における孔状地（孔状伐採、群状皆伐）の更新生態学的特質に触れ、最高の稚樹密度確保には相対照度約40%が最適であることが確かめられているが、それは林縁のみで、他は地床植生に圧倒されてしまうとされ、したがって前生稚樹の保有が必要とされる。しかし、孔状伐は天然更新の導入目的にはふさわしいとはいわれず、大型稚樹を孔状伐直後に植栽するなら、山岳地混交林の更新目的は達成されることから、人工更新の基礎として推奨されるとしている。

伊藤太一委員は、初年度はアメリカにおけるアデイロンダック公園における森林管理の事例が報告され、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、水保全という具体的目的からすれば、水辺の施業規制は強く多岐にわたって合理性があり、さらに住民がworking forestとして隣接森林資源を利用している点が評価されるとした。

本年度はアメリカの国有林における森林管理の変遷を報告しており、現在木材生産から生態学中心へと展開しており、エコシステム・マネジメントが正式に導入されている。しかし、このエコシステム・マネジメントは未完成で、現場での臨機応変な判断で森林を管理していくもので、市民参加による管理決定を重視していることもあり、生態学の深い知識と地域とのコミュニケーション能力の高い人材が現場に必要となる。ここでは長伐期重視の、生態系保全だけでなく林業との妥協策を科学的に探っている、ワシントン大学のフランクリンらによって提唱されているによるニュー・フォレストリーを解説するだけでなく、プリティッシュ・コロンビア大学のキミンズによる現場を踏まえたニュー・フォレストリー批判を紹介し、皆伐の利点を挙げ、それは苗の耐陰性の視点で判断されるべきで、管理上でも容易であり、非皆伐は高度な技術と現場でのモニタリングが可能な、景観重視の場合に限定し、そうでない

場合は皆伐の方が非皆伐より更新確実の場合があるので、地域によって更新法の採用を考慮すべきで、現場での判断が重要としている。

エコシステム・マネジメントの導入は、単なる生態学を中心として環境を考慮した科学的管理でなく、市民参加というボトムアップ手法による管理決定を重視している点で、これまでの管理目的や管理方針の決定とは異なる。また森林の価値を第一に選択し、択伐が優先され、そのため労働集約になり、現場の安全確保が課題になり、作業の確実性が重要になるなど、現場のフォレスターの専門知識や能力が求められるが、具体的なエコシステム・マネジメント手法が確立しているのかどうか興味があるとしている。

国内における事例としては、小鹿勝利委員による北海道における人工林の天然更新に関する調査が、野堀嘉裕委員による東北地方における天然更新技術の調査が、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、ヒノキ人工林から成林した天然生林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、初年度はカラマツ人工林の天然更新が検討された。カラマツ天然更新が見られる立地は火山性放出物起源の土壌分布地である道南、胆振日高、道東などで、これらの地域の3事例が調査され、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、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し、その可能性を検討する必要がある、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ずることが重要としている。

本年度はトドマツ人工林の3事例を調査し、集約な保育や間伐を実施した結果、見事に更新したことが報告され、これらの施業実態からトドマツ人工林における天然更新の活用可能な適地としての土壌型や堆積腐植層の動態などが示され、更新の成功のために必要な掻き起しなどの更新補助作業、植生との競合緩和のための下刈りや刈だしなどの保育作業、さらに更新木の消失や成長停滞の防止のための間伐作業の必要性を指摘している。また更新稚樹の消長は上木密度の変化が影響するが、苗高が20cm程度になれば枯れることが少なく、後継樹としての取り扱いが可能になるとしている。いずれにしても、天然更新は比較的多く見られるが、確実な後継樹として期待できるまでには人為的な補助作業が必要とする場合が多いなど、未解明の点や課題がある。しかし林分状況の的確な把握により、トドマツの天然更新木だけでなく、広葉樹の天然更新木を含めた自然力の活用と、これまで確立された造林技術との組み合わせで、より健全で持続的な森林造成は可能であろうとしている。

野堀委員は、初年度においては、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、文献検索を行い、天然更新や人工更新でブナの更新は良好であり、またブナ天然林が伐採された跡に成立する二次林の更新と成長も良好であることが解った。またチシマザサ - ブナ群団の分布域をその上限面と下限面から調べ、東北地方のブナ林分布の違いは積雪量などの気象条件の違いとされた。また多雪地と少雪地でのブナ林の成長を比較して、多雪地では少雪

地より成長率が大きく、80年生時点でも成長の衰退が認められなかった。また林分構造の比較から、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、ブナだけが林冠に達するのは、積雪への耐性やフェノロジーが関与していると考えられ、少雪地ではどの階層でも平等な条件で競争が起こり、結果として多様性の高い林分になったとしている。

本年度は、東北地方の人工林における天然更新技術について、青森県のヒバ林と山形県の土地利用に関する調査が実施された。ヒバ林については、大畑、増川両実験林と平蔵沢の人工林が調査されたが、スギ人工林における天然更新の可能性については、一般的には良好と判断され、その条件は光環境によることが示唆された。これには気象条件、特に積雪条件が異なる地域の実生更新の実態や光環境の把握をすすめる必要がある。また施業方法としては階層構造が一斉林もしくは二段林の場合は漸伐が、複層状態の場合には群状択伐が適しているといえる。また樹下植栽や播種による更新については未解決な点が多く、さらに植栽されたヒバ林の成林状況の把握が必要で、そのためには光環境や積雪環境など植栽や生育可能な条件のゾーニングなど多面的な解析が必要と思われるとしている。

山形県の森林を中心とした土地利用形態の分析では、自然環境情報GISデータと数値標高データのGISにより土地利用の実態を明らかにしている。その結果、本調査の目標である人工林における天然更新の対象となる植林地は、植林限界域である500mを越える地域に植栽された植林地で、その面積は45,224haで、スギと常緑針葉樹を合計すると37,029haになることが分かり、伐採跡地群落を含む二次草原を加えるとその対象地はさらに多くなることが分かった。このようにGISを活用したゾーニングにより造林未済地の確定と、対策を講じる条件整備が可能になるとしており、天然更新を考える場合、自然環境のゾーニングの必要性があり、そのためには精度の高い森林情報が必要不可欠で、これまで蓄積された貴重なデータのデジタル化は急務であるとしている。

赤井委員は、初年度において、まず日本における針葉樹天然更新の施業の流れを簡潔にたどり、これらの成果はたとえ失敗であっても貴重な教材であるので、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。また天然更新法、特に森林作業法の用語の整理を行い、さらに長年調査されてきたヒノキを例にして、天然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、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などを簡潔に整理された。そして段戸国有林のヒノキ人工林で、傘（漸）伐法、画伐法あるいは群状択伐法、さらに群状皆伐法などのモデルになる天然更新施業地の実態を調査し、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。これらの実態調査から、ヒノキ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示し、また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、低コストな施業で天然林に誘導できることが判った。

本年度は、野路山、姥ヶ原山、ヒナ山の3国有林のヒノキ天然生林を調査し、更新初期状

態と成林に至る経過から更新技術の体系を検討し、特に広島県では、アカマツ、クロマツ等の混交したヒノキ人工林から天然更新した事例が多く、今後の天然更新技術として有望と判断されるので、天然生林となった経緯を解析し、天然更新技術体系の組み立てを検討した。野呂山国有林では3林分の調査が行われ、台風被害による生じた孔状地を中心にした更新の動態や、単木、群状、列状による更新伐採法の試験の結果から、間伐やアカマツの混交によってヒノキの更新に適した光条件が与えられると、ヒノキ稚樹がよく成立し、その後の伐採により林内への陽光射入量を多くすると、稚樹は急速に成長し、成林することが明らかになった。姥ヶ原山国有林の調査地は、アカマツを混交したヒノキ人工林を皆伐してクロマツ人工林に転換したもので、現在は天然更新したヒノキ、アカマツ、広葉樹が階層混交しており、こうした林分は除伐等の人手を加えなくてもヒノキの混交率の高い複層林状の天然生林に育つと思われる。ヒナ山国有林の調査地は、成長のよくないヒノキ人工林を皆伐して斜面上部をアカマツ天然更新施業地に区分したところで、伐採前から多くのヒノキ稚樹が成立していたようで、現在はアカマツ天然更新のための地拵え後急速に稚樹が成長し始め、ヒノキを主として天然生林として成林した林分である。このようにアカマツが比較的多く成林するヒノキ林内は、多くの稚樹が更新しており、これらの事例からヒノキ林にアカマツ等陽性の樹種を少なくとも20～40%混交させる方法は、ヒノキの天然更新を促す確実な施行技術となるであろうとしている。

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、今までの調査結果とあわせて最終年度の補足調査を行うとともに、これらを総括検討して本事業の最終の目的である、人工林における天然更新に関するマニュアルとしての施業技術指針を作成する予定である。

2 次年度の調査検討

すでに述べたように、次年度は本事業の最終年度であるので、本事業の最終目標である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になるが、その具体的内容については、今までの2か年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、最終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：バイエルン州の山岳混交林における更新

1 研究方法.....	41
2 山岳林における天然更新.....	44
3 山岳地混交林の人工更新.....	55
4 山岳地混交林における孔状伐（孔状伐採、群状皆伐）の更新生態学的特質総括	58

伊藤太一：アメリカの国有林における森林管理の変遷

1 はじめに.....	68
2 アメリカの森林管理の展開：木材生産中心から生態系中心へ.....	68
3 エコシステム・マネジメントとシルビカルチュア.....	71
4 おわりに.....	74

バイエルン州の山岳地混交林における更新

北村 昌美

本報は東バイエルンの石灰岩質アルプス地域における研究成果を要約したものである。原論文はミュンヘン大学の造林学講座ならびに森林経理学講座のP.Burschel, H.el Kateb, J.Huss, R.Mosandl の共著で、Forstw. Cbl.104 (1985) 65-100に発表された。

この地域は急峻な山岳が多いことで知られているが、わが国にとっては、むしろ緩斜地の多いドイツの他の地域の事例よりも参考になる点が少ないと考えられる。

1. 研究方法

山岳地域で、トウヒ、モミ、ブナ、カエデなどが茂る天然の森林を維持することは困難である。したがって、この課題に対する研究例も多い。

この問題を解明するにあたってまず必要なのは、山岳地域での更新問題を含めて総合的に考察できる広大な研究地である。



図 - 1 試験地の位置図

オーバーバイエルンのアルプス地域に、土壌や標高などの異なる11の試験地を選定した。このうち9試験地はルーポルディング (Ruhpolding) 営林署管内の石灰岩質アルプスに、残り2試験地はジークスドルフ (Siegsdorf) 営林署管内のフリシュ (砂岩、頁岩、泥灰岩等からなる岩層) にある。それらの位置と立地条件は図1と表1に示した通りである。

表 - 1 試験地の立地条件

試験地	地質	海拔高(m)	傾斜方位	傾斜角(°)	土壌型
1 + 2		910-950	NW	20-25	褐色土壌
3		800	NW	12-19	壤土
4		1250	NW	26-28	壤土ないし褐色土壌
5	石灰岩	900	N	31	壤土ないし粘度質土壌
6		900	S	22-27	壤土ないし粘土質土壌
7		900	NW	12	壤土
8		1250	W	24	粘土質土壌
9		1200	S	22	比較的新しい粘土質土壌
10	フリッシュ	810	N	3-8	フリッシュ砂岩からの褐色土壌
11		980	N	2	フリッシュ砂岩からのポドソル

注：土壌型についての詳細の説明は省略

選ばれた試験地にはすべてトウヒとモミ、それにたいいていの場合ブナが生立しており、それらの混交割合はさまざまである。また時にはカラマツやカエデも交じっている。

試験地のそれぞれに、細かく分割された研究単位（以下プロットと記載）を設け、それらを総合した研究林分が設定された。それぞれのプロットは帯状地で囲まれていて0.5haの広さがあり、次のような造林上の取り扱いがなされている。

- (0) 無伐採 老齢林分の林冠には手をつけない
- (1) 弱度の傘伐 材積の約 30% を除去
- (2) 強度の傘伐 材積の約 50% を除去
- (3) 皆伐 0.5 ~ 1.0ha の伐採面を創出
- (4) 孔状伐 直径約 30m の円形に伐採

たいいていの場合、伐採されずに放置されたプロットと対応するように設定されたのは強度の傘伐を施したプロットである（表 2）。

傘伐を施したプロット（孔状伐を除く）のそれぞれは70m × 70m（0.5ha）の大きさに設定された。そのうち0.4haが周辺の帯状部分で、本来の研究対象は中央部に33 × 33m、すなわち0.1haが残されるだけである。そのうちの3分の2を柵で囲んだ。

プロットのそれぞれに対して次のような研究計画をたてた（設計図は省略）。

- (1) 種子の落下と天然更新のための調査単位
 - 30個の種子採集設備
 - 柵内に64の円形調査地、そのうち32は地表かき起こし
 - 柵外に地表処理をしない32の円形調査地

- (2) 人工更新のための調査単位

プロットごとに160本のモミ、トウヒ、カラマツ、ブナ、カエデの植栽

(3) 気象観測装置の設定場所

孔状伐に対する計画はこれと異なっている(設計図は省略)。

石灰岩質アルプスの試験地は1976年および1977年(植栽)に、フリシュの試験地は1979年から80年にかけて設定された。ここに報告する結果は4ないし8年にわたるものである。最初の10年間の成果は1986年発表の予定とした。

表 - 2 1976年の伐採方法による研究林分の分類

Nr. 伐採の方法	林齢 年	上層木の樹高 トウヒ	閉鎖度 %	胸高断 面積 m ²	胸高断面積による混交率 %				
					Fi	Ta	Bu	Ah	La
1.0 無伐採	120	27.5	68	42.0	33	32	19	11	5
1.1 弱度の傘伐		30.6	56	30.6	44	34	14	8	0
1.2 強度の傘伐		30.6	49	24.5	32	35	23	10	0
1.4 孔状伐 I		27.1	-	25.0	34	17	45	4	0
2.0 無伐採	120	21.8	76	34.8	43	16	40	1	0
2.1 弱度の傘伐		23.9	60	26.0	49	30	14	6	1
2.2 強度の傘伐		27.7	39	19.6	13	67	15	5	0
2.4 孔状伐 II		23.4	-	29.6	44	20	35	0	1
3.0 無伐採	115	27.9	80	50.7	81	11	8	0	0
3.2 強度の傘伐		27.1	42	27.1	55	30	11	4	0
4.0 無伐採	120-	30.0	80	40.3	24	15	33	1	27
4.2 強度の傘伐	280	24.8	43	16.2	56	20	16	2	6
5.0 無伐採	115	25.9	80	48.4	80	6	14	0	0
5.2 強度の傘伐		27.6	45	22.7	58	11	13	8	10
6.0 無伐採	180	26.5	86	44.0	22	30	35	13	0
6.2 強度の傘伐		23.4	51	19.7	43	33	17	7	0
7.2 草地の疎林	145	28.2	51	25.4	58	37	2	0	3
8.4 孔状伐 IV	120	35.6	-	37.2	96	3	1	0	0
9.4 孔状伐 III	135	29.9	-	30.6	94	3	3	0	0
10.0 無伐採	140	すぐれた	83	46.5	77	17	6	0	0
10.2 強度の傘伐			54	27.5	73	19	2	0	6
11.0 無伐採	150	地位	86	62.4	56	44	0	0	0
11.2 強度の傘伐			58	32.4	43	56	1	0	0

注: Fi:トウヒ、Ta:モミ、Bu:ブナ、Ah:カエデ、La:カラマツ

2. 山岳林における天然更新

2.1 種子の生産

天然更新の前提条件は老齢林分で種子が充分生産されることである。したがって種子生産状態の推定は研究上の主要目的である。プロット上で長期の観測を行った結果は表3および表4に示した通り。

調査結果から重要な知見が引き出せる。

- 結実の頻度は樹種によって異なっている。8年のこの観察期間の場合は、ブナがただ1度発芽力のある種子をつけ、同じ期間にモミとトウヒは4度も相当量の結実が得られている。カエデは結実間隔が短く両針葉樹と同様の行動をしている。
- 地面に落下した種子の量は、樹種によって、年によって、さらにプロットによって大きく異なっている。その際、フリシュにある林分では、石灰岩質の奥地にある林分より明らかに更新能力の高い種子が得られた。ただし研究林分の標高と種子生産能力との関係は、海拔高800mと1200mの間では明らかでない。

表 - 3 種子採集装置の定期測定によるプロット内種子（発芽力のある）密度（1）
（0.25m²の種子採集装置30個の平均値）

樹種	プロット 番号	m ² あたり種子数							合計
		76/77	77/78	78/79	79/80	80/81	81/82	82/83	
トウヒ	1.0	9	83	0	0	18	<1	17	127
	1.1	45	76	<1	0	27	測定値		-
	1.2	26	52	0	0	42			-
	1.3	5	6	0	0	3	なし		-
	2.2	13	43	<1	0	15	<1	13	84
	10.0				<1	436	1	82	519
	10.2	測定開始			0	308	1	218	527
	11.0	1979年			0	89	測定値		-
	11.2				0	35	なし		-
	モミ	1.0	24	<1	0	7	33	0	3
1.1		6	0	0	8	10	測定値		-
1.2		16	<1	0	7	31			-
1.3		1	0	0	1	1	なし		-
2.2		9	0	0	6	14	0	4	33
10.0					71	11	0	13	95
10.2		測定開始			33	4	0	3	40
11.0		1979年			182	129	測定値		-
11.2					110	88	なし		-

注：0=閉鎖林分 1=弱度の傘伐 2=強度の傘伐 3=皆伐

表 - 4 種子採集装置の定期測定によるプロット内種子（発芽力のある）密度（2）
（0.25m²の種子採集装置30個の平均値）

樹種	プロット 番号	m ² あたり種子数							合計	
		76/77	77/78	78/79	79/80	80/81	81/82	82/83		
ブナ	1.0	0	22	0	0	0	0	0	22	
	1.1	0	14	0	0	0	測定値		-	
	1.2	0	16	0	0	0			-	
	1.3	0	<1	0	0	0	なし		-	
	2.2	0	6	0	0	0	0	<1	6	
	6.0	0	72	測定値			0	0	72	
	6.2	0	25	なし			1	0	25	
	10.0				0	0	0	<1	<1	
	10.2	測定開始			0	0	0	0	0	
	11.0	1979年			0	0	測定値		-	
	11.2				0	0	なし		-	
	カエデ	1.0	<1	16	<1	2	<1	22	0	40
		1.1	<1	7	<1	13	0	測定値		-
		1.2	0	3	1	9	<1			-
1.3		<1	1	0	2	0	なし		-	
2.2		1	10	<1	15	<1	20	0	46	
6.0		<1	26	測定値			32	0	-	
6.2		0	8	なし			25	0	-	
10.0					<1	0	0	0	<1	
10.2		測定開始			<1	0	0	0	<1	
11.0		1979年			0	0	測定値		-	
11.2					0	0	なし		-	

注：0=閉鎖林分 1=弱度の傘伐 2=強度の傘伐 3=皆伐

ここで総括すると、山岳地混交林の老齢林木はすでに更新準備の状態にあり、林分を構成している樹種のどれかがほとんど毎年種子を生産していることになる。その場合、トウヒ、モミ、カエデの結実年は間隔が短く、ブナの結実年の間隔は長い。

2.2 天然更新の経過

2.2.1 稚樹の密度

天然更新の前提条件として次の点があげられる。

- 単位面積あたりの稚樹本数は後継林分創出に充分でなければならない。
- 更新によって林地が偏らずに被われねばならない。
- 新しい林分を構成するすべての樹種が適当に入り混じっていないなければならない。

2.2.1.1 稚樹密度ならびに造林上からみた林分の状況

表5と6に、それぞれのプロットにおける天然更新稚樹の密度を樹種ごとに示した。

表 - 5 6年の研究期間後の稚樹密度、ヘクタールあたり千本

地質	期間	プロット	トウヒ	モミ	ブナ	カエデ	合計
石灰岩	1976 ~1981	1.0	30	42	28	47	147
		1.1	55	41	2	73	171
		1.2	65	86	3	179	333
		1.3	2	6	2	66	76
		2.0	6	6	<1	6	18
		2.1	52	32	0	47	131
		2.2	43	60	1	74	178
		2.3	7	6	0	96	109
		3.0	44	5	0	1	50
		3.2	191	16	0	6	213
		4.0	2	9	<1	8	19
		4.2	11	13	7	31	62
		5.0	15	10	1	10	36
		5.2	118	21	2	360	501
		6.0	3	37	56	84	180
		6.2	18	42	21	102	183
7.2	16	81	1	12	110		
フリシュ	1979 ~1983	10.0	215	106	-	-	321
		10.2	376	103	-	-	479
		11.0	25	194	-	-	219
		11.2	54	267	-	-	321

表 - 6 8年の観察期間後、プロット1.0、2.2、1.3における更新密度
ヘクタールあたり千本

	石灰岩質アルプス		
	閉鎖林分 1.0	強度の傘伐 2.2	皆伐 1.3
トウヒ	12	59	2
モミ	38	94	5
ブナ	27	3	2
カエデ	95	312	66
合計	172	468	75

閉鎖した老齢林分でもかなりの量の更新稚樹が見られる。観察期間の間には、おそらく基本密度としてヘクタールあたり15,000から500,000本が数えられるであろう。樹種はすべてにわたっているが、トウヒは他の樹種に比べて閉鎖林分での更新が難しいようである。山岳林の植生は、地面に到達する光線が例えば伐採などによって絶えず強められ、その結果既存の稚樹の成長がうながされるという状態ではないかと思われる。

第2の総括。山岳林はいつでも更新の準備ができています。閉鎖した林分であっても、すべての構成樹種が更新のための稚樹を高い密度で保有している。

このことから、地面の受光状態をよくすることが更新稚樹にとって決定的に重要であるといえる。傘伐が適用されたあるプロットの更新稚樹密度観察結果では見事にそのようになっている。そのために老齢木からの種子の供給がますます順調になるし（表3と4参照）発生した稚樹が生き延びる確率をも高くするのである。なお稚樹密度については表5と6を参照されたい。もし表7と8を参照するなら、トウヒとモミの稚樹の生存確率についてもっと明らかになるであろう。

稚樹の百分率は、発芽力のある種子の数と、それから発生した稚樹の関係を総括的に反映したものであるといえる。このことについては表9に示した通り。これらの考察を総覧して

表 - 7 発生年と観察期間終了時におけるトウヒの稚樹本数と生存率
ヘクタールあたり千本

取り扱い方法 (プロット番号)	1977年		1978年		1981年	
	1.0	2.2	1.0	2.2	1.0	2.2
発生年の本数	6.9	11.6	25.3	30.3	24.1	38.1
1983年秋の本数	1.6	7.8	2.2	16.6	6.9	26.9
生存率(%)	23	68	9	55	29	71

表 - 8 発生年と観察期間終了時におけるモミの稚樹本数と生存率
ヘクタールあたり千本

取り扱い方法 (プロット番号)	1976年以前		1977年		1980年		1981年	
	1.0	2.2	1.0	2.2	1.0	2.2	1.0	2.2
発生年の本数	7.8	5.9	17.8	23.8	29.4	45.6	13.8	21.6
1983年秋の本数	5.0	5.3	5.9	19.1	14.1	37.2	8.1	19.1
生存率(%)	64	90	33	80	48	82	59	88

みると、更新過程において種子密度がいかに重要であるかがわかるであろう。地面にどれだけの種子が到達するかということが何より大切で、それに生態学的ならびに造林学的条件が加わって更新過程を左右するのである。

更新過程にはもちろん他の要因も関連するし、それらがすべて認識できるとは限らない。ここにブナの例をあげよう。ある豊作年に、ブナの種子がネズミによって著しく食害されたので、稚樹密度の推定値と造林学的な推論の間には何の関連も見いだせなかった。

第3の総括。ひとたび発生した稚樹の生存と成長の可能性は、老齢木の傘のもとで造林学に基づいた取り扱いをすることによって目覚ましく改良されるものである。

表 - 9 長期にわたる落下種子数に対する稚樹百分率、1976～1983年

プロット	トウヒ			モミ			ブナ			カエデ		
	種子 千/ha	稚樹	%	種子 千/ha	稚樹	%	種子 千/ha	稚樹	%	種子 千/ha	稚樹	%
1.0	1270	11.6	0.9	670	32.8	5	220	26.6	12	400	84.4	21
2.2	840	58.8	7.0	330	89.1	27	60	1.6	3	460	286.9	62
6.0	測定値なし			測定値なし			720	62.8	9	測定値なし		
6.2	測定値なし			測定値なし			250	21.6	9	測定値なし		

2.2.1.2 稚樹密度と樹種構成

すでに報告された資料(表5、6、9)から、山岳地混交林を構成する樹種はすべて更新されるという重要な事実を引き出すことができる。もちろん更新中の階層の樹種構成は、たいてい老齢林分のそれとは異なっている。老齢木の傘がまだ閉鎖状態にある限り、一般にトウヒが優勢木になることは難しい。しかし伐採された傘伐面ではたまたまモミよりも密度が高くなる。ブナは結実の機会が少ないために必ずしも更新は保証されない。ただし結実が確保されさえすれば更新は困難とはいえない。

老齢林分の樹種構成割合とはまったく関係なしにカエデの更新が頻繁に行われる。たまたまトウヒやモミに負けないほど不釣り合いに大量にカエデは結実するものである。その結果、多数が発芽し生存して著しく稚樹の密度を高めるのである。

第4の総括。山岳地混交林のすべての樹種は更新できる状態にある。モミとブナの更新は困難ではないが、一方トウヒはむしろ困難であった。カエデの場合、老齢林分での割合が少なくても、更新する力に恵まれているので容易に更新階層で優勢になれる。問題になるのは下層の植生ではなくて、上層における個々の樹種の密度と不均質さである。

2.2.1.3 稚樹密度と立地

表10に多数の立地要因のうち、標高、方位、土壌について示した。バイエルンアルプスの前山地帯で特に重要な土壌がそこに含まれている。それらは適度の酸性から中性の範囲に属

している。pH5以下の土壌は点在するだけで、ほとんどが表層の腐植層で測定されている。

表 - 10 立地要因と更新密度

立地要因	試験地番号	観察期間 年	更新密度 千本/ha	
			伐採せず	強度の傘伐
標高 海拔 800m 1250m	3	6	50	213
	4	6	19	62
方位 S N NW	6	6	180	183
	5	6	36	501
	1,2	8	172	468
土壌 褐色土壌 壤土 壤土 フリッシュ砂岩 からの褐色土壌	1,2	8	172	468
	3	6	50	213
	7	6		110
	10	5	321	479

表 - 11 プロット上の更新稚樹密度 (千/ha) と生存百分率
土壌の表層処理の有無を (+) と (-) で示す (観察期間終了: 10 = 1983, 2.2 = 1980)

プロット	10.2		10.0		10.2		10.0		2.2					
	トウヒ		トウヒ		モミ		モミ		トウヒ		モミ		カエデ	
発生年	1981		1981		1980		1980		1978		1977		1978	
地表処理	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
発生年の 稚樹本数	598	697	1035	503	68	163	124	242	45	30	18	24	29	32
観察期間 終了時の 稚樹本数	361	273	498	176	48	92	32	91	28	19	16	19	27	28
生存率	60	39	48	35	71	56	26	38	63	55	85	80	93	81

表10を見ると、主要な立地条件と更新密度の間には、目立った関係はなさそうである。

立地条件の違いが更新過程にとってそう重要なものでないとわかってみれば、研究開始にあたってそれぞれのプロットに施した土壌の表層処理は、更新の結果にそう大きく影響しないといえそうである。その他の所見は表11に示した通り。そこにはある時期の稚樹密度とその生存率に関する特徴的な例が示してある。かりにそれらの数値の散らばり方が大きく、統計的な解析が必要であるとしても、これだけは言えそうである。すなわち、機械的な処理に

よる地表の状態の変化は、試験地にとってあまり大きな意味はない。

第5の総括。研究対象地域の立地は、天然更新を制約するものではない。土壌の状態は稚樹の発生にも定着にも適していて、地表処理という手法により改良されるというものではない。

2.2.1.4 稚樹密度と柵による保護

それぞれのプロットのうち一部を柵の保護なしにしておくという研究方法によって、どの程度の稚樹が野生動物の被害を受けるかを推定することができる。柵を施した結果、生育したトウヒとブナの稚樹には食害がなく、カエデにも際立った食害が見られなかった。ただモミの場合は更新の初期にすでに脱落したのが見られ、そのために幼齡林分の構成が損なわれるようなこともあった(表12)。

第6の総括。トウヒ、ブナ、カエデの稚樹密度を見ると、更新の進行過程ではあまり広範囲に野生動物の食害の影響を受けない。一方、モミの稚樹密度はこの段階ですでに顕著に減少していることがある。

表 - 12 柵の内側(+)と外側(-)におけるモミの稚樹密度
(N = 円形調査地での稚樹の実数、1981年秋までの観察、ただし1.3は1983年秋まで)

プロット	発生年	本数		密度 千本/ha				生存率	
				開始時		終了時			
		+	-	+	-	+	-	+	-
1.2	77	94	84	29.4	26.3	20.0	11.6	68	44
1.3	≥76	13	22	4.1	6.9	3.1	2.5	80	36
2.2	≥76	19	26	5.9	8.1	5.3	3.8	90	46
	77	76	46	23.8	14.4	19.4	8.8	82	61
3.2	77	18	23	5.6	7.2	4.1	3.1	72	44
6.2	77	15	14	4.7	4.4	4.1	2.2	87	50
7.2	≥76	67	20	20.9	12.5	17.5	4.4	84	35
	77	74	25	23.1	15.6	17.5	8.8	76	56

注：2＝強度の傘伐、3＝皆伐

2.2.2 稚樹の幹長

更新稚樹の樹幹長成長は光と関連している。表13はそのことを鮮明に示すものである。閉鎖した老林木の下では、8年生ならびにそれ以上になっても幹長は13から14cmを超えない。中でもトウヒの成長が最も悪い。もし傘伐の形で老齡木蓄積の50%が取り除かれるなら成長は明らかによくなる。それでも樹幹長の成長はなおミリメートルの範囲にとどまっている。一方、8年の観察期間の間に、樹齡の最も高い幼齡樹の中には10cm(トウヒ、1978年)から17cm(カエデ、1976年)もの成長をするものもある。もし更新に際して完全に光が与えられるなら、稚樹の上長成長は劇的に大きくなる(図2)。われわれの実験では、皆伐とい

う条件のもとですべての樹種が速やかに成長する。その際カエデが陽樹でしかも先駆樹種としてふさわしいことが実証されている。表13では明らかでないが、1984年の終にカエデの皆伐の2つのプロットで密度が著しく大きくなり、密生状態に達した。この場合大切なのは、カエデが急斜面にあって冬季の雪圧の作用の激しさを示す数少ない樹種だということである。

表 - 13 更新稚樹の1983年における平均梢端高、単位mm
(カッコ内の数値は少数の本数からの推定値)

樹種	発生年	伐採の程度		
		閉鎖 1.0	強度の傘伐 2.2	皆伐 1.3
トウヒ	78	64	95	(321)
モミ	≥76	112	162	420
	77	78	112	(201)
ブナ	≥76	(257)	(306)	929
	78	135	(188)	-
カエデ	≥76	128	171	1597
	78	100	127	416
	80	91	106	142
	82	78	78	113

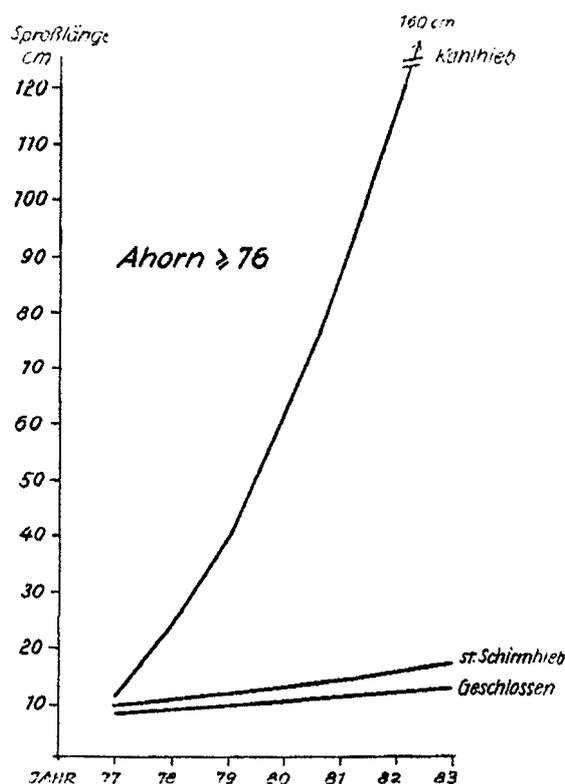


図 - 2 種々の明るさのもとでのカエデの幹長成長 (発生年 1976)

もちろん皆伐プロットの、成長がゆるやかな同齢の他の樹種、トウヒ、モミ、ブナはカエデとの競争のもとにおかれる。とはいえそれらの樹種はカエデに比べて光線に対する要求が少なく、最初の年にカエデが初期の成長を始める前に十分に光線を受け、安定した状態に達しているものである。それらは現在カエデの下で健康で、しかも活力にも恵まれているように見える。しかしながら、モミ、トウヒ、ブナの割合を、カエデの圧迫にもかかわらず次の年もなお保てるかどうかの問題である。

第7の総括。植物の上長成長は受光量と密接に関連している。強度の傘伐を行った後、成長はきわめてゆるやかに続けられるので、比較的長い更新期間を必要とするのである。このことは山岳地においてはむしろ有利だといえるであろう。それに対し、稚樹の密度が充分であっても、更新にとって光線の量が充分でなければ激しい競争が展開され、カエデが他の樹種に先がけて成長する。

2.2.3 更新と柵による保護

更新と柵の関係は表14と表15に示してある。まず表14から、植物が10-50cmの大きさである限り野生動物の食害を受けないらしいと推測される。上木に被覆されたプロットでは、従来この高さまでは食害を受けないとされてきたものである。表14によれば、少なくとも1981年秋までの幹長ならあまり気にすることはないらしい。

表 - 14 更新稚樹の平均梢端高 (mm), 1981年秋、柵の保護あり (+) なし (-)
(プロット1.0、1.1、2.2、1.3: トウヒ、モミ、カエデ、6.0、6.2: ブナ)

樹種 発生年	閉鎖林分		弱度の傘伐		強度の傘伐		皆伐	
	+	-	+	-	+	-	+	-
トウヒ 1978	53	-	60	63	68	75	117	99
モミ ≥1976	105	96	94	-	141	123	285	217
ブナ 1978	131	129	測定値なし		182	190	測定値なし	
カエデ ≥1976	115	121	156	131	138	142	851	271

表 - 15 柵の保護のない「皆伐」面に発生したモミの運命 (単位: 本)

1977年春の本数	22
1983年までの脱落本数	14
脱落の原因	生存力の欠如 3
	病虫害 1
	野生動物による食害 10
1983年の本数	8
うち	食害あり 5
	食害なし 3

明らかに高い稚樹のある皆伐面では状況が違って来る。1981年秋、すなわち研究開始後5年ですでに稚樹がプロット全体を被覆している場合があり、その一方でひどく食害されているプロットもある。こういう状態は、柵の中の稚樹が人間の背丈を超える1983年にはもっと極端なものになっている。それに対し柵の外の稚樹は地床植生の中からはお抜け出せない。

食害に対するモミの鋭敏さは表14からも推測できる。しかしモミの運命は表15の示す数値から明らかである。柵を設けない32の円形プロットの中にもともと22本の稚樹があり、そのうち10本が食害の犠牲になっている。なお残っていた若いモミのうちの5本もまた食害を受けている。それらの稚樹は、側枝が主軸に代わって新たな樹高成長を始めたが、その間にこれら5本のうち4本はまたもや食害を受けている。以後それらの樹高はそのまま変わっていない。

第8の総括。すべての樹種の更新稚樹の上長成長は、到達した樹高がまだ小さければ、野生動物の食害によって損なわれることはない。ところが20cmから30cmの大きさを超えると、激しい食害を受けるようになる。そうなればその後の成長は完全に低下してしまう。本研究の場合は、カエデとモミでこのような例が見られる。

2.3 地床植生と更新に対するその影響

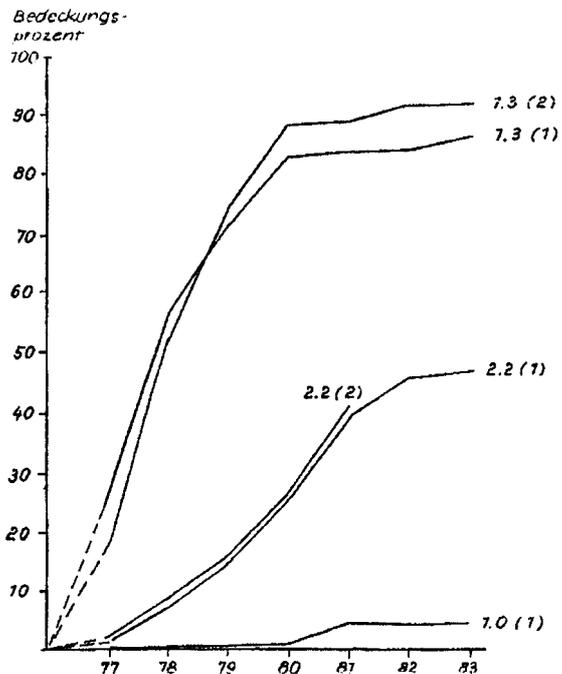
受光量と地床植生の関係は図3に示した通りである。皆伐によって、3成長期間経過の後被覆度は0から約90%にまで上がり、その後は変化していない。強度傘伐の後には、最大値に達するまでに4成長期間を要している。この光線の量の場合は約50%の被覆度となっている。図3はまた野生動物や家畜が侵入していたかどうかと被覆度が無関係であったことも示している。ただしこの研究は柵の有無を比較するためのもので、判断はかなり荒っぽいものといわねばならない。

更新稚樹の密度に対する地床植生の影響という重大な疑問に対しては、表16の数値が答えてくれるであろう。

表 - 16 8年の観察期間終了時の被覆度、稚樹密度、生存率
(隣接する3プロット)

プロット	地床植生の被覆度		稚樹密度(千本/ha)				生存百分率			
	1983年		1983年				1983年			
	%		Fi	Ta	Bu	Ah	Fi	Ta	Bu	Ah
閉鎖林分 1.0	5		12	38	27	95	20	52	38	69
強度の傘伐 2.2	47		59	94	3	312	67	85	63	92
皆伐 1.3	86		2	5	2	66	43	68	83	84

図 - 3 研究期間内における地床植生の生育
 1.0 (1) 柵で囲まれた閉鎖林分
 2.2 (1) 柵で囲まれた強度傘伐林分
 2.2 (2) 柵のない強度傘伐林分
 1.3 (1) 柵で囲まれた皆伐林分
 1.3 (2) 柵のない皆伐林分



地床植生がほとんど侵入しないとしても、更新樹の生育が最も阻害されるのは閉鎖した老齢林であることが改めて認められる。老齢林材積の約50%を除去して林冠を疎開させることによって、地床植生の密度は急速に増大する。ところが、閉鎖した林分に広く存在していた樹木の密度もやはり疎開することによって大きくなり、結果としてそれらもまた高い生存率を保つことになる。

皆伐の場合は、伐採の時点ですでに定着していた更新稚樹に、生存の機会を急速に与えることになる。ただし地床植生がすでに発達し、それが重要な競争要因となっているような場合は、初めて登場する天然更新樹種にこの説明は適用できない。

更新密度に対するのと全く同様な関係が、更新稚樹の上長成長に対する地床植生の影響にも見られる。これは地床植生との競争によって起こるものと思われる。ただし受光状態の改良は、地床植生だけでなく更新にとっても同じように必要なので、これまで示した数値だけでは競争作用について充分説明ができない。むしろ、伐採の後に侵入した地床植生は更新樹の上長成長にこれといった影響を与えないとすら言えそうである。

第9の総括。老齢林の林冠を疎開させることによって地床植生は速やかに侵入してくる。その密度は疎開の程度に左右される。同時に天然更新稚樹の密度、生存率、上長成長も増加する。更新過程における林冠の疎開のプラスの効果は、地床植生の増加というマイナスの効果よりも後に明らかに大きくなるものである。もし伐採の時点ですでに更新が確保されていたとすれば、その場合にのみ皆伐に対しても同じことが言える。

2.4 更新と新種の森林被害

この実験の計画は、新種の森林被害（注：大気汚染による森林被害）が侵入する何年も前

から実施されてきたものである。その間に老齢林における被害の兆候が顕在化し、とりわけフリシュの試験地ではっきりしてきた。石灰岩質アルプスでは、モミの被害が研究開始当時から現れていたが、トウヒとブナの被害の兆候は少なかった。しかし、老齢林の被害が更新過程になんらかの方法で影響を与えるなどとは、これまでだれも触れていなかった。

3．山岳地混交林の人工更新

3.1 予備的考察

山岳地混交林における人工更新はまったく伝統的なもので、バイエルンのアルプス地帯で集約な森林経営が始められた当時から適用されてきたものである。18世紀中葉から19世紀初頭にかけて、播種による長い更新期間を縮めようとする集約経営が推進された。19世紀の後半まで、バイエルンの前山地帯では、あらかじめ地表処理を行った後に播種された。

その後の経過は省略するが、現在山岳地混交林では人工更新ではなくて天然更新が推奨されている。とはいえ、天然更新に代わって人工更新が適している次のような場合もある。

- 繁茂した地床植生や、やせ地化などの立地上の制約で天然更新が適用できない場合
- 外的な要因、例えば野生獣被害や牧草地経営のために天然更新が適用できない場合
- 天然更新に不適の立地の場合、とりわけトウヒの後継樹に適していない場合
- 老齢林内に必要な混交樹種が欠如している場合。

3.2 活着率

図4には、石灰岩質アルプス試験地での研究開始5年後と8年後（1977年春 - 1984年秋）と、フリシュ試験地における5成長期間後（1980年春 - 1984年）の生存率が示してある。研究は成長を妨げる何の支障もなく経過した。1980年に発生しフリシュに植えられた稚樹は活力に富んでいて、1977年に石灰岩質アルプスに植えられた稚樹よりも年齢が高いように見えた。カラマツは光線に対する要求のきわめて高い樹種として両方の立地で植栽された。

モミ、トウヒ、カエデは、最初の年には同等の大きさであった。しかし、密な林冠の下では、いかなる疎開の程度の林冠の下よりも脱落するものが多かった。なお、弱度の傘伐、強度の傘伐、ならびに開放地の間では、活着率に有意な差が見られなかった。カエデは年齢が高くなると他の樹種とまったく違って驚くほどの耐陰性を示すようになる。

フリシュの場合、ブナの活着率はモミ、トウヒ、カエデの活着率とかなりよく一致しているが、石灰岩質アルプスの場合はまったく異なっている。

以下、結果が図4に示されているので説明を省略する。

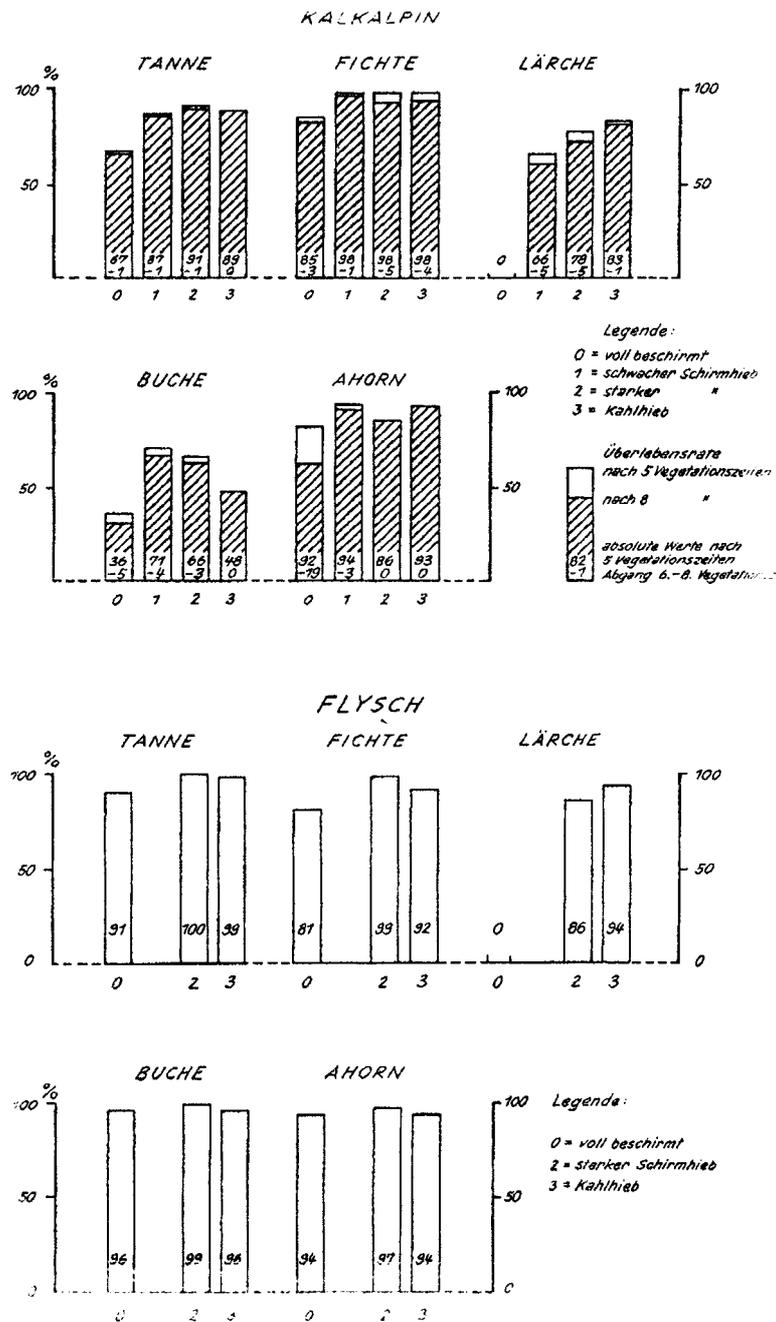


図 - 4 石灰岩質アルプスとフリシュにおける閉鎖度と生存率の関係
 石灰岩質アルプスでは5および8生育期間後
 フリシュでは5生育期間後
 0 = 閉鎖、1 = 弱度傘伐、2 = 強度傘伐、3 = 皆伐

3.3 樹幹の上長成長

図5に立地別、5種類の樹種別に、研究開始時と5および8成長期間経過後の平均幹長を示した。

石灰岩質アルプスでは、研究開始にあたっての全樹種の稚樹の平均幹長の差はかなり小さ

かった。フレッシュで3年後に植栽されたトウヒとモミについても同様なことが言える。それに対し、カエデととりわけブナの場合は著しく大きくて力強く、そして活力に富んでいた。いずれにしても人工更新の実験結果であるから、とくに説明を必要としないであろう。そこで以下の記述は省略し図を示しておくにとどめる。

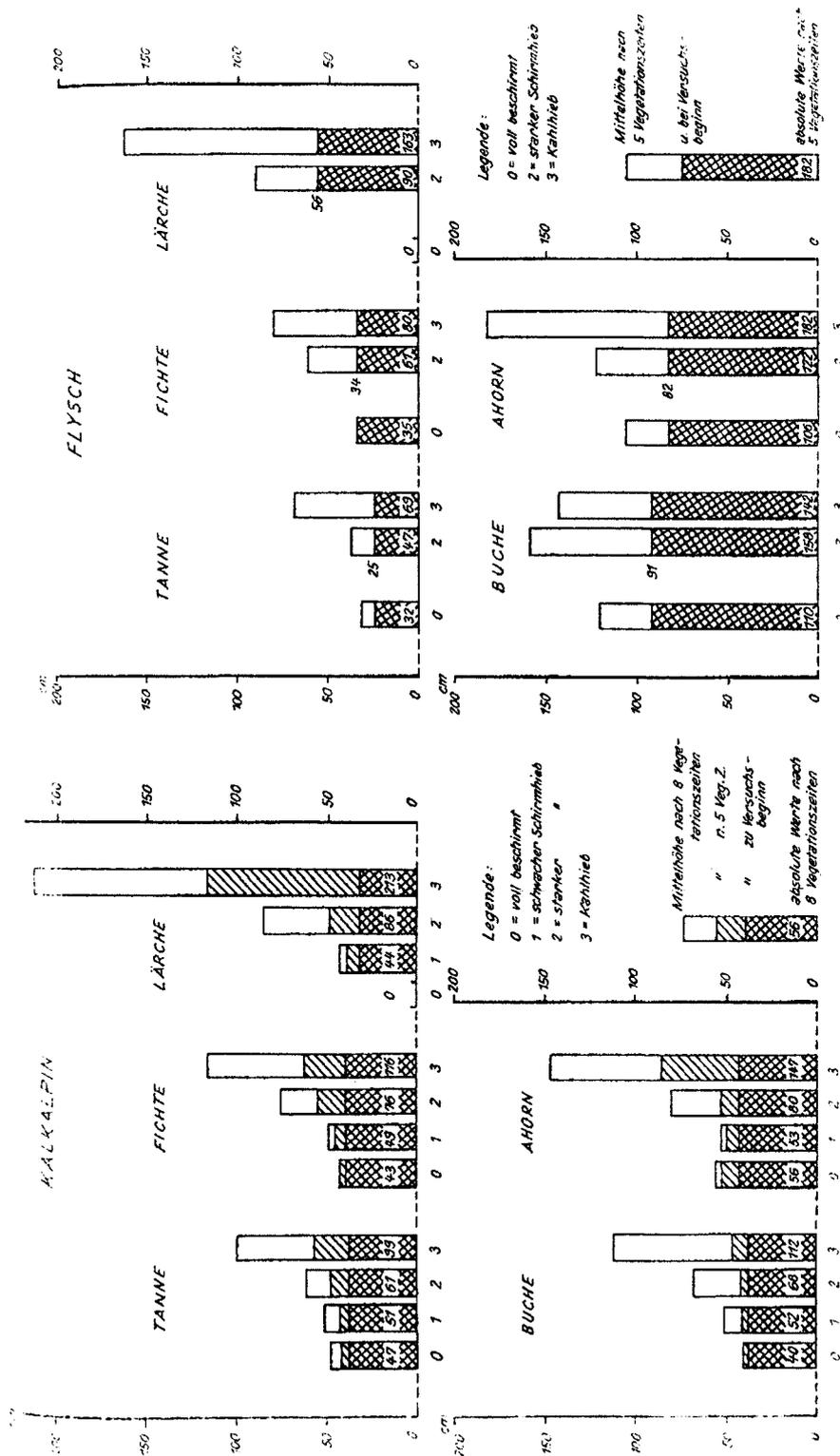


図 - 5 石灰岩質アルプスとフレッシュにおける間伐度と稚樹の幹長の関係
 研究開始期と8および5生育期間経過後
 0 = 閉鎖、1 = 弱度間伐、2 = 強度間伐、3 = 皆伐

3.4 乾燥重量収穫

これまで測定したバイオマス収穫は、石灰岩質アルプスで、5年の観察期間を経た場合のみであった。結果は省略するが、林木の成長にとって光線に恵まれることの意義が、樹幹長よりもっと印象的にバイオマス量に示されている。

4．山岳地混交林における孔状伐（孔状伐採、群状皆伐）の更新生態学的特質

4.1 前文

山岳地では、閉鎖した老齢林に天然更新を導入するに際し、平地の林分と比較してしばしばより強く疎開させることがある。このことは、山岳林では天然更新にとって温度が制限因子になるはずという根拠に基づいている。それゆえ、地表における熱の放出と天然更新の促進のために老齢林の林冠を大きく疎開させねばならなかった。この要求は孔状伐あるいはそれと同程度の不規則な傘伐によって満たされる。どちらの場合も古典的なバイエルン式画伐とは異なるが、山岳地画伐と名付けられる林孔を作ることになる。このような孔状伐採の際の更新経過の研究は、ここに提示した研究計画の一部を構成している。なぜなら孔状伐という形は森林施業の実際においてよく用いられるものであるし、孔そのものは暴風や雪による被害の際にも偶然できるものだからである。そこで30mの直径を持つ4つの孔状伐のプロットが閉鎖した更新林分内に設けられた（表2参照）。

4.2 微気象に及ぼす孔状伐の影響

孔状伐の微気象への影響についてはすでによく研究されている。それらの知見から、更新にとっての意義を次のようにまとめることができる。

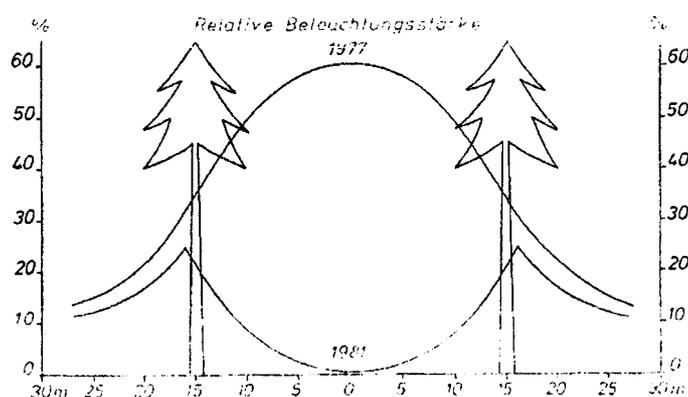


図 - 6 1977年と1981年における孔状伐試験地地床の相対照度（4プロットの平均値）
1977年：地床植生なし、1981年：孔状面の中心部に密な地床植生

光線（図6参照）

- 伐採前にすでに生立していたか、伐採後の最初の年に発生した更新稚樹のみが孔状面の光線を都合よく活用することができる。
- 5年も経つと、孔状面に速やかに侵入した地床植生の中で成長の速い植物が光線を活用するようになる。
- 密な地床植生に埋没している森林樹木の受ける受光量は著しく減らされる。そのために森林樹木の成長量は極端に減少する。

温度（図7参照）

- 孔状伐によって日中の気温は老齢林より高く、夜間の気温は低くなる。森林樹木の物質生産にとってこのことは好都合なように思われる。
- 森林樹木に対する霜害をおそれることはない。隣接する老齢林分との空気の循環と、斜面に沿って冷たい空気が流れ去ることによって、孔状面で森林樹木に危険をもたらすような低温はなかなか発生しないものである。
- 一般に過熱による被害は生じない。

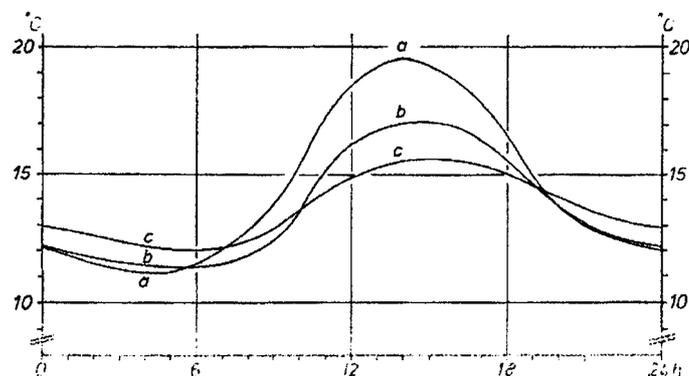


図 - 7 1981年6月から9月までの気温平均日変化
地表面より50cmの高さ
a: 皆伐、b: 孔状伐、c: 未伐採

降水量（図8 a、b参照）

降雨量は、山岳林の孔伐面で樹木の成長を制約する要因ではない。場合によっては、強い陽光の注ぐ老齢林分の南側の林縁で、期間も短く地表面だけの問題ではあるが、乾燥のために稚樹が死滅することもある。

雪は独特の状態で孔伐プロットに積もる。変化に富む堆雪と日光の照射は、孔状伐プロットの内部に、絶えず似たような形の消雪過程を繰り返させる（図9）。

その結果、消雪の遅い場所での植物の生育期間は、消雪の早い場所に比べて6週間も短くなることもある。とくに樹幹の通直な樹木は生育期間が狭められることにきわめて敏感である。

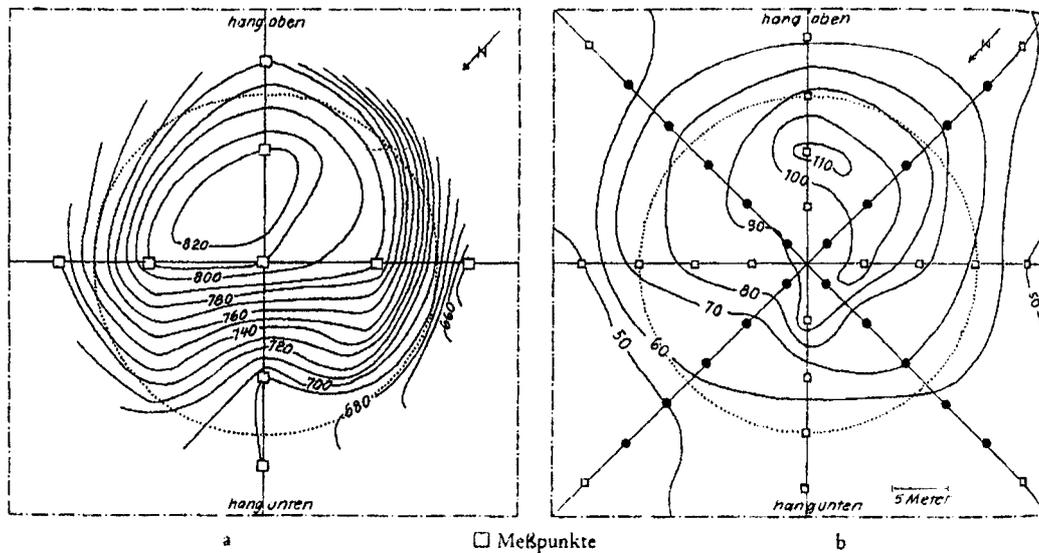


図 - 8 孔状伐プロットIIにおける降水量分布
 a : 1981年6月から9月までの降雨量合計 (mm)
 b : 1981/82年冬期の平均積雪深 (cm)

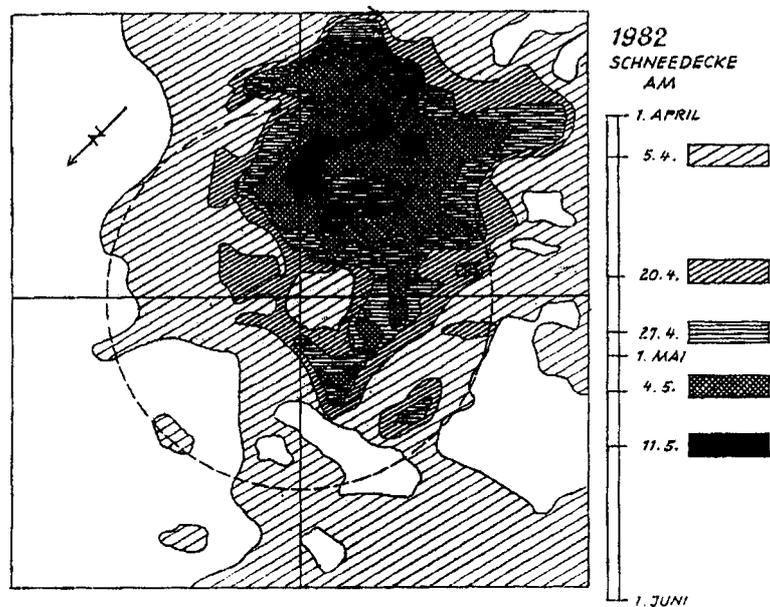


図 - 9 孔状伐プロットにおける1982年の消雪日

森林樹木に対する雪圧の害作用は、滑落面がかなり長くても、80cmまでならまだ確認されていない。

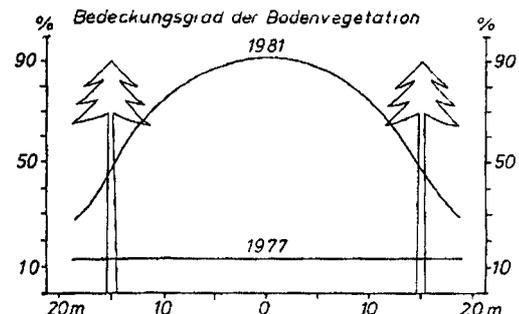
4.3 孔伐面における地床植生の発達

閉鎖した老齡林分とは違ってよくなった光、熱、水分の供給によって、地床植生は側面と上方へ急激に成長する。伐採後始まる地床植生の発達と、その孔状面での分布は図10に示されている。このような地床植生の密生は、次のように森林樹木にとってきわめて重要な意味

を持っている。

- 天然更新の導入が困難になり、
- まだ定着していない既存の森林樹木の稚樹はきわめて困難な状態に陥らされる。

図 - 10 1977年と1981年における地床植生の被覆度
4孔状伐プロットの平均値(図6と比較せよ)



4.4 孔状伐後の天然更新の経過

4.4.1 種子生産

研究期間中にすべての樹種が結実し、広範囲に種子を供給した(表17)。

種子は地上に均等に散布されるものではない。その密度は老齢林の林縁から遠ざかるにしたがってむしろ規則的に減少する(図11)。けれどもそのために発芽力が減退するという訳ではない。

表 - 17 種々の結実年におけるトウヒ、モミ、ブナ、カエデの種子密度と
発芽力ならびに生存力の関係(孔状伐プロットⅡ)

結実年	トウヒ		モミ		ブナ		カエデ	
	種子数 N/m ²	発芽率 %						
1976/77	87	32	6	19	<1	0	1	13
1977/78	177	44	2	0	39	28	9	32
1978/79	5	3	0	0	0	0	<1	0
1979/80	<1	0	4	27	<1	0	11	68
1980/81	63	30	13	30	<1	0	<1	0
1976-1981	333	37	25	25	39	19	21	50

4.4.2 更新稚樹

4.4.2.1 実験開始後に発生した植物

4.4.2.1.1 密度と分布

1976年から1981年に至る期間に供給された種子によって、孔状伐プロットではきわめて密な天然更新が達成された。すべての樹種を合計すると、m²あたり4から14本となる(表18参照)。しかしながら1981年秋までにそのうちかなりの数が消滅した(表19参照)。一般に稚

樹の増え方は種子密度の増加と同様な分布状態を示した。すなわち老齡林分から遠ざかるにつれて減少する（図12上）。1983年の秋になってもこの状態はなお形をとどめていた（図12下）

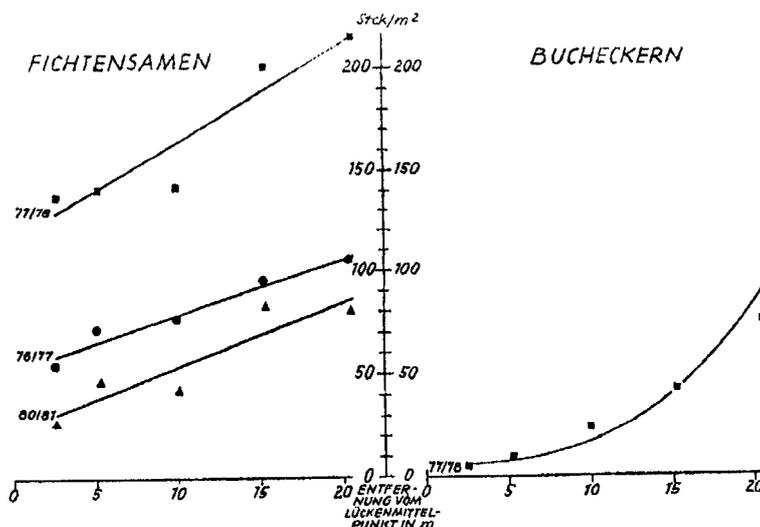


図 - 11 孔状伐の中心からの距離と、トウヒおよびブナ種子密度の関係（孔状伐プロットⅡ）

表 - 18 1977年から1981年に至る期間の天然更新稚樹本数（N/m²）の経過（孔状伐の4プロット）

孔状伐プロット	トウヒ	モミ	ブナ	カエデ	合計
I	0.7	0.4	0.5	5.3	7.9
II	7.2	0.9	0.3	5.3	13.7
III	2.7	0.7	0	0.3	3.6
IV	9.8	0.2	0	0.3	10.3

表 - 19 孔状伐の4プロットにおける1981年秋の更新稚樹密度（N/m²）（1977年から1981年に至る期間に発生した稚樹）

孔状伐プロット	トウヒ	モミ	ブナ	カエデ	合計
I	0.3	0.9	0.3	3.5	5.0
II	3.2	0.5	0.1	4.0	7.8
III	0.3	0.2	0	0.3	0.8
IV	0.9	0.1	0	0.2	1.2

天然更新稚樹の密度および分布は第一に種子の供給に左右される。しかしそれと共に他の要因も作用して分布構造を決めているのである。

- 1978年には、林縁からの距離に伴う稚樹の減少は、いかなる樹種でもいかなるプロット

でも確認できなかった。この年は種子と稚樹に対するネズミの激しい食害が通常の分布様式を妨げたのである。

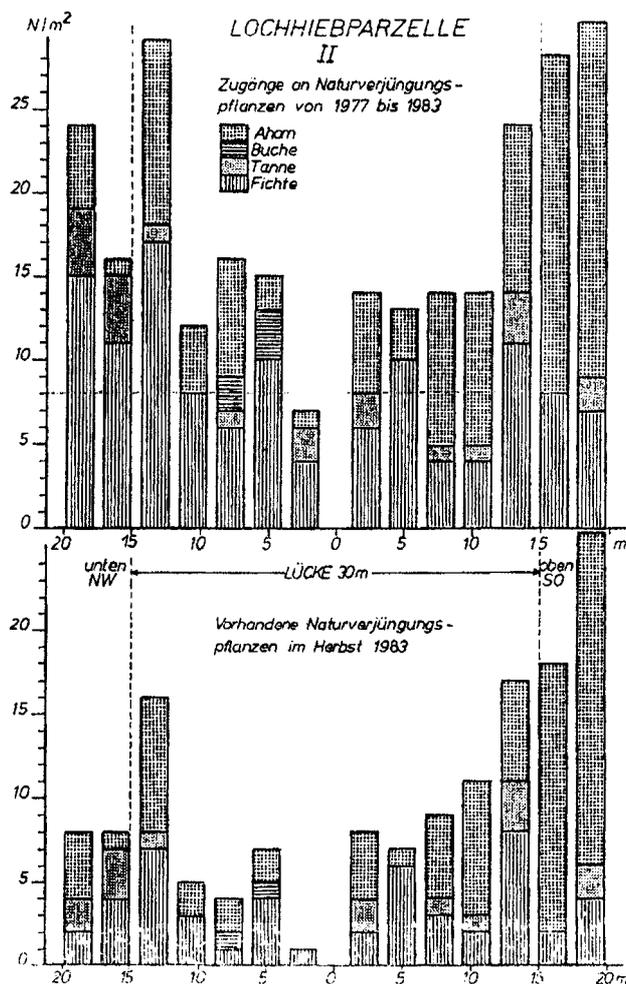


図 - 12 孔状伐プロットIIにおける更新稚樹の分布
上：1977年から1983年までの経過
下：1983年秋現在

- 地床植生もまた稚樹の発生に影響した。この現象は特に孔状伐プロットIVで顕著であった。ここではトウヒが1976/77年と1981/82年にほぼ同じように結実した。伐採面上の種子の分布は両方の年で似たものだったといってよい。ところが、1977年のトウヒの稚樹の状況は、1982年に比べてまったく違っていたのである。これは1977年にはまだ植物の侵入できる空間を広く保有していたプロットの中央部が、1982年までに稚樹の発生を妨げるほど密な地床植生で占められるようになったためである(図13)。

そこで、発生してくる稚樹の分布様式は、とりわけ次に示す2要因に左右されるようになった。

- 孔状面の中心部、特に高い位置にあるプロットでは、長期間の積雪と地床植生による被覆のために雪腐れ病が生育を妨げることがある。1977年に発生したトウヒの稚樹が生存していないのは、それによって説明できるであろう。ただ雪腐れ病にとって都合の悪かった

老齡林の林縁では、20%のトウヒが生存できた。

- 老齡林の密な閉鎖の下では、積雪期間がきわめて短いにもかかわらず、天然更新に適していないこともあった。その原因は密な老齡木間の競争にあった。

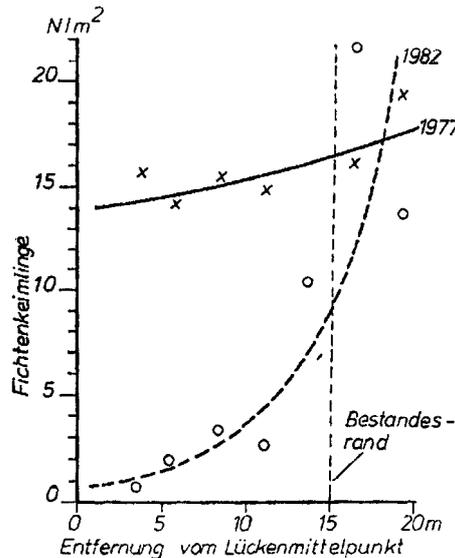


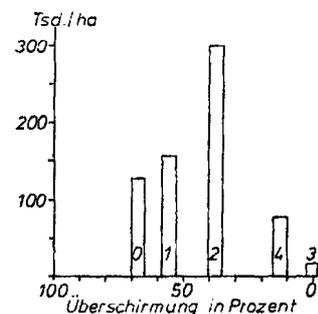
図 - 13 1977年と1982年に生育しているトウヒ稚樹の分布 (孔状伐プロットⅣ)

結果として、最高の稚樹密度は一般に孔の周辺部で期待できる。ここでは種子の供給も多いし、生存の確率も高いからである。最低の稚樹密度となるのは孔の中央部である。そこでは種子の供給も少なく、稚樹の生存率が低いことも多い。老齡木の傘の下では種子も多く供給され、稚樹の発生も多い。しかしながら稚樹の生存期間は老齡木間の競争のために制約される。

相対照度が約40% - 閉鎖率も同様に40% - という林縁の最適範囲は、本研究の他の研究プロットによって確かめられている (2.2.1.1 参照)。強度傘伐の5年後の相対照度は約40%に相当し、そこでは最高の稚樹密度を示している (図14)。

図 - 14 林冠の閉鎖状態と稚樹密度の関係
1977年から1981年までの間に発生し、1981年秋になお残存する稚樹

- 0 対照プロット (1.0)
- 1 弱度傘伐プロット (1.1)
- 2 強度傘伐プロット (2.2)
- 4 孔状伐プロットⅡ
- 3 皆伐プロット (1.3)



孔状伐プロットでは、相対的に小面積の部分のみが高い稚樹密度の期待できる最適範囲に属している。残りの大面積の部分、特に孔の中央部では、更新稚樹が少ないかまたはまったく見られない。1981年秋には部分的に中程度の稚樹密度が見られるが (表19)、これも上述

の記述をくつがえすほどのものではない。

4.4.2.1.2 樹幹長

発生年1977 - 81年の稚樹は、ただその分布が偏っているばかりでなく、まあまあの上長成長とはどの程度のものかを明らかにしている。伐採後最初の2年間に発生し、まだ強力な地床植生と闘わなくてよかった稚樹は、孔の中央の相対照度70%の場所で、平均幹長は13cmより大きくはなっていない。

研究期間内に発生した稚樹のうち、1981年秋までに単独で密な地床植生から抜け出した稚樹は1本も見られなかった。それに対して、孔の中央の地床植生は約1.5mの高さに達していた。結局孔状伐プロットで天然更新に由来する幼齡林は、観察期間中に見ることができなかったのである。

4.4.2.2 すでに研究開始前にあった稚樹

研究開始前にすでに孔状伐プロットに存在していた稚樹 - かりにどんなに小さくても - もある(表20)。もちろんそれらはm²あたり0.2から1.2本というようにきわめて少ないが、更新に際して残しておくこととした。

表 - 20 孔状伐プロットの更新稚樹密度 (N/m²)
研究開始時既存の稚樹の1977年初夏、および1981年秋の密度

孔状伐プロット	年	トウヒ	モミ	ブナ	カエデ	合計
I	1977	0	0.2	0.1	0.9	1.2
	1981	0	0.2	0.1	0.6	0.9
II	1977	0	0	0	0.2	0.2
	1981	0	0	0	<0.1	<0.1
III	1977	<0.1	0.1	0	<0.1	0.2
	1981	<0.1	0.1	0	<0.1	0.2
IV	1977	0	<0.1	0	0.2	0.2
	1981	0	<0.1	0	0.2	0.2

注目すべきは、1981年秋にこれら少数の残存木のほとんどが、孔状伐プロットになお残っていたことである(表20)。それらは研究期間中に新しく発生した稚樹よりも明らかに高い生存率を示した。またそれらは孔状伐後に発生した稚樹よりも均等に面上に分布していた。これらの古い稚樹は、相対照度によって明らかに上長成長に差のあることをはっきりさせた。1981年秋にカエデの1本は1.40m近くの高さに達した。その数値は皆伐プロットに侵入したカエデの測定値と同じである。

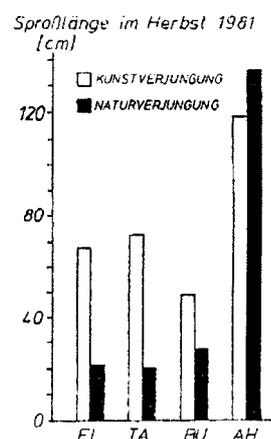
孔状伐プロットでの天然更新の状況は、もし研究開始当時すでに多数の前生稚樹を林地に保有していたとすれば、おそらく評価に充分耐えるほどうまく行っただろうと思わせるのである。

4.5 孔状伐プロットに植栽された樹木の成長

孔状伐プロットに、前章で述べたのと同じ種類と大きさの稚樹を1977年春植栽した。それらは驚いたことに1981年秋までよく成長し、研究開始時にすでに存在していた前生更新稚樹と同様に高い生存率を示したのである。

それらは、1981年秋の直径と樹高が、陰の部分から遠く離れた場所の前生稚樹の値に達した。ただ研究開始時にすでに存在していた前生稚樹のうち若干 - とりわけカエデ - が、植栽された樹木と同等の大きさになることができた (図15)。

図 - 15 人工更新と天然更新の比較
孔状伐プロット内書く樹種最高の樹幹長



4.6 孔状伐の評価

孔状伐 (孔状伐採、群状皆伐) は、集材上の根拠からも、水文学的な見地からも、また施業技術という観点からも、たいいてい無条件に推奨されてきた。ただし造林学的な視点からは次のように評価が分かれている。

密に閉鎖した老齡林分に孔状伐を導入したとしても、伐採の時点ではこれといった天然更新が地床で行われている訳ではない。その結果、まず第一に地床植生が繁茂し始める。偏って林地に分布する天然更新稚樹は、速やかに広がる地床植生に圧倒されながら成長しなければならない。これでは更新としてはきわめて不確実であり、常に長時間かかることを覚悟せねばならない。それゆえ、天然更新を導入するのに孔状伐は不適切、または少なくとも見通しの立つ期間内に更新を確認することはできない。したがって孔状伐は目的にふさわしいとはいえない。

それに対して、すでに存在している豊富な前生稚樹に陽光が注がれるようにするなら - この場合問題になるのは孔状伐ではなくて受光伐 - 森林樹木は地床植生に対して優位に立てるであろう。森林樹木は短い期間のうちに高い生存率を確保し、急速な成長をとげて、更新を確実なものにするにちがいない。

植栽された樹木は、前生稚樹と同様に受光伐後も残されるであろう。大形の稚樹が採用され、孔状伐の後速やかに植栽されるなら、山岳地混交林の更新という目的が達成される確実性はきわめて高くなる。このことを考えに入れるなら孔状伐も推奨してよいであろう。強度の傘伐と対立するはずの人工更新の方に、孔状伐は次のような多くの利点をもたらすのである。

- 孔状伐採面では、森林樹木の成長と発達に必要な光線の供給が充分となる。
- 孔状伐採面は - われわれの観察によれば - 強度の傘伐に比べて老齢林分の台風被害の危険が少ない。
- 孔状伐は伐採や集材の際稚樹に生じる被害を軽減できる。
- 孔状伐はわかりやすく適用しやすい。
- 樹木がまとめて伐採されるので、木材の収穫と運材を効率的に行うことができる。

結局、孔状伐の更新論的な特質をまとめてみると次の4項目となるであろう。

- 1、孔状伐は天然更新の導入という目的にはふさわしくない。それゆえ実施は思いとどまるべきである。
- 2、人工更新の基礎としての孔状伐は何の制約もなく推奨してよい。
- 3、山岳地混交林の天然更新で困難に出くわした場合は、植栽という手段をもっと用いるべきであろう。その際、現在は柵による保護を避けることができない。
- 4、この研究結果に関する記述は、林業上正常でない状態、例えば風倒被害や大気汚染による新種の被害などの場合には適用できない。

紹介者の所見

ドイツでは研究の対象となる樹種の数が比較的限られている。上掲の論文でも、取り扱っているのはトウヒ、モミ、ブナ、カエデ、カラマツにすぎない。その他の多くの樹種は地床植物としてまとめられている。

わが国でも、かつては更新が期待される林業樹種と、更新阻害樹種という区別がなされてきた。しかし現在の森林観のもとではそういう区分は好ましくないであろう。したがって、上掲論文の内容をそのままわが国の森林に適用することは困難である。

ただし、研究の内容は大規模、しかも多岐にわたっていて、個々の記述からは学ぶことが多い。随所にみられる示唆に富んだ考察結果を充分参考にすべきであろう。

中でも孔状伐に関する考察と、そこから得られた結論には強い説得力がある。天然更新をややもすれば観念的にとらえがちなわが国の林業人にとっては、きわめてありがたい指摘というべきであろう。

アメリカの国有林における森林管理の変遷

筑波大学大学院生命環境科学研究科 伊藤 太一

1. はじめに

日本でもアメリカでも第二次大戦前は国有林では保全が優先されていた。だが、日本ほど人工造林化を進めたわけではないが、アメリカの国有林においても戦後木材生産が重視された。しかし、近年では多様な森林づくりが課題となっている。特にワシントン州やオレゴン州など北西部の原生林におけるフクロウ生息環境保全に端を発した1990年代の森林サミット以降、国有林でエコシステム・マネジメントが正式に導入されている。

柿沢はそれに関して書籍(2000)を著したが、エコシステム・マネジメントの2つの柱の内、市民参加による流域管理という方向に収斂するという政策レベルの議論に終始し、もう一つの柱である実際に現場でどのように森林を管理するのかという部分にふれていない。だが、森林をどのように取り扱うのかという現場の視点がなければエコシステム・マネジメントは砂上の楼閣となる。そこで、ここではまずエコシステム・マネジメント導入までのアメリカの森林管理手法の大きな流れを振り返ってから、エコシステム・マネジメントに関わる具体的森林管理手法についてふれることにする。

2. アメリカの森林管理の展開：木材生産中心から生態系中心へ(伊藤, 1993 ; 大田, 2000 ; Russel and Theresa, 2004)

アメリカの国有林における森林管理は3つに分けられる(Knight and Bates, 1995)。1890年代の国有林設置関連法制定から第二次大戦に至る保全中心の時代、第二次大戦から1980年代までの木材生産優先時代、さらに1990年代からの生態系を重視した時代である。

1) 国有林の始まりとその保全を担った森林局

アメリカで森林保全の動きが見られるのは19世紀後半である。1873年のTimber Culture Act、1878年のTimber Stone Actで森林づくりが奨励されたのは、“cut and run”という表現に見られるように各地で森林の荒廃が問題になってきたからである。

1876年に農務省に森林担当者が採用され、1891年には保留林法が制定される。これは議会の承認を経ることなく大統領が公有地から保留林を指定できるというもので、会期末のどさくさに紛れた包括法案の1条項として成立した。1897年にはその目的として水と木材が挙げられたが、第二次大戦前まで国有林に対する要求は放牧地として利用、すなわち、木材では

なく牧草であった。

1898年にはニューヨーク州立大学で、1900年にはイエール大学で林学が教えられるようになる。1902年にはシルビカルチュアが arboriculture の広範な応用技術と定義される。

T. ローズベルト大統領の強い支援を受け、1905年ピンショは農務省に森林局を設置し、それまで内務省が管理していた保留林を1907年から国有林として森林局が管理することになった。森林局の設置や林学教育が国有林や森林の保全を目的としたので、この新しいフォレスタラーという職業に対して優秀な人材が集まった。

国有林としての研究体制は1928年の全国各地での林業試験場設置に始まる。特に1930年代の大恐慌復興対策のCCCによる植林、草刈り、間伐、病虫害・火災対策によってデータの蓄積および理論実践の機会に恵まれた。

戦前は木材生産よりも環境保全が国有林の主目的であり、1920年代の国内木材生産量300億ボードフィートの内国有林割合は20億ボードフィートに過ぎず、私有林側も国有林があまり木材を生産しないことを望んだ (Yaffee, 1994)。

2) 第二次大戦時以降の木材需要の増大とシルビカルチュアの体系化

戦時体制になると国有林材の需要が高まり、戦後は住宅ブームとなり私有林ではまかないきれず国有林の伐採は一層拡大した。1960年の多目的利用収穫持続法制定の頃には国有林における木材生産が急速に増大し、60年代半ばには年120億ボードフィートに達する。これによって林産物産業と森林局の関係が深まっただけでなく、収益の25%が地域に還元されるので地域経済との関わりも強まった。結果として、森林局の予算もスタッフも増大し、多目的を謳いながらも木材が中心になる。

この頃も火災は消火、病虫害は駆除という方針に変化はなかった。だが、1964年のウィルダネス法や1970年の国家環境政策法に代表されるように市民参加による環境保全の動きが見られるようになる。また、航空機を利用した旅行の大衆化によって伐採地の景観が議論されるようになり、70年代には伐区の大きさや形態を考慮する森林景観マニュアル作りが始まる。

このような状況で、80年代にはシルビカルチュアが体系化される。1981年には“ Choices in Silviculture for American Forests ”、1983年には“ Silvicultural Systems for the Major Forest Types of the United States ” というマニュアル (Burns, 1983) が全国の林業試験場の成果として発刊される。さらに、1986年にはイエール大学教授のスミス (1986) も造林学の決定版というべき“ The Practice of Silviculture (8th edition) ” を出す。すなわち、伐採と造林という現場の活発な動きに支えられて1980年代にアメリカの造林技術はほぼ確立したといえよう。一方で、ランドスケープ・エコロジー (Foreman & Godron, 1986) を中心とする生態学からは攪乱やギャップ、フラグメンテーション、エッジなどの理論が展開し、中には皆伐の合理性を裏付ける部分もあった。一般には景観や野生動物というシンボリックな対象の変化から森林施業に対する批判が高まり、同時に生態学に対する期待が高まった。

3) エコシステム・マネジメントの導入

ところが、1988年から北西部でフクロウ生息地保全が問題になり、クリントン大統領が介入した森林会議を経て1993年に森林エコシステム管評価チームによる10の代替案提示、94年の新森林計画による決着という動きで大きく変わった。その中で、森林局は木材生産から生態学的原理と多様な価値と利用の維持、社会的ニーズの反映ということを中心としたニュー・パースペクティブという考え方を1990年に表明し、1992年に国有林管理においてエコシステム・マネジメントが採用された。

これは以下の4つの原理で森林を管理していくものである（Knight and Bates, 1995）。

- ①長期的生態系の健康、多様性、生産性維持
- ②管理における対等のパートナーとしての市民参加
- ③科学と管理の融合
- ④すべての天然資源保全を関係者との共働で統合

すなわち、生態学という科学と市民からのボトムアップという2つの原理で森林を管理するというものである。具体的には木材生産ではなく生態系保全が一番優先される課題となった。すなわち、人間が森林の攪乱者ではなく順応者になり、ランドスケープ・レベルでの森林管理が進められることになる。シルビカルチュアの目的も取り出した物（林産物）から残されたもの（デブリ、腐朽木、落葉落枝）へ変わり、エコノミクス中心の木材管理（timber management）からとエコロジー中心の森林管理（forest management）になっていく。換言すると、収穫持続管理（sustained yield management）から生態系持続管理（sustained ecosystem management）へとなった（Noss and Cooperrider, 1994）。

だが、エコシステム・マネジメントは未完成である。それは適応管理（adaptive management）というキーワードに示されるように、上から特定の施業法を処方するのではなく、市民参加をおこないながら現場での臨機応変な判断で管理していくというものである。理念中心で具体的な処方箋を示さないということは、現場の自由度が高まりそれぞれの置かれた自然及び社会環境に応じて最適な森林管理が可能となる積極的な見方と、森林局が理念だけで具体的な処方箋を示せない状況にあるという消極的な見方のどちらにも捉えられる。

このエコシステム・マネジメント導入による第3の時代は、1930年代のドイツにおけるDauerwaldによる広葉樹林見直しと似ている（Alverson, 1994）が、市民参加というところは大きく異なる。そこで、生態学の深い知識と地域とのコミュニケーション能力の高い人材が現場で必要となっていると言える。この2つの条件を満たせなければエコシステム・マネジメントは実現不可能である。ある意味で1905年の設立当初から中央集権的体制を避けてきた森林局が、地方分権を飛び越えてそれぞれの現場での決断と市民参加というボトムアップを迫られていると言えよう。

3. エコシステム・マネジメントとシルビカルチュア

1) 生態系に関わる様々な森林管理用語

特に1980年代から生態学と関係する様々な用語が登場する。たとえば、ニュー・フォレストリー (new forestry), エコフォレストリー (ecoforestry) (Drengson and Taylor, 1997), サステイナブル・フォレストリー (sustainable forestry) (Maser, 1994), ホーリスティック・フォレストリー (holistic forestry) (Raphael, 1994), アンコモン・フォレストリー (uncommon forestry), エンバイロメンタル・フォレストリー (environmental forestry) などである。これは丁度エコツーリズムの類似名称のようなもので、それぞれ微妙に意味が異なるようである。たとえば、エコフォレストリーはカナダの保全団体を中心とする概念的考え方で、表-1のような特色が挙げられている。だが、概念的な部分が多く、現場でどのように手入れするのかという点が曖昧であることが多い。

これらの中で、一番具体的管理案を提示しているニュー・フォレストリーについて以下説明する。

表 - 1 産業的林業とエコフォレストリー (Drengson and Taylor, 1997)

Industrial forestry	Ecoforestry
1 樹木は産物	森林は生態的コミュニティ
2 短期的生産目標	長期的持続性
3 農業生産モデル	森林生態系モデル
4 樹木は単なる商品	多様な林産物とサービス
5 樹木の生存は人間に依存	自足的自己更新
6 化学薬品利用	化学薬品不要
7 皆伐	余剰の伐採と択伐
8 同齡林	多齡林
9 1 から数種のモノカルチュア	全種
10 単純生態系	生物多様性が高く複雑
11 資本集約企業型	労働集約型地域依存
12 自然の再編	自然に委ねる
13 60-100 年周期	恒久的
14 神聖さの欠如	神聖さと不思議に満ちる
15 伝統や先住民の知識無視	知識は知恵の源

2) ニュー・フォレストリー (図-1、2) (Kohm and Franklin, 1997)

ニュー・フォレストリーはワシントン大学森林資源学部のフランクリンらによって提唱され、単なる生態系保全だけではなく、林業との妥協策を科学的に探る点に特色がある。すなわち、管理されない原生林に見いだされる環境や野生動物の価値を管理された森林で維持し、

自然保護と集約的木材生産との対立の代替案を提示しようとしている。一言で言えば、自然の模倣である。基本概念は①林分単位とランドスケープ単位の管理への新しいアプローチ②枯損木の保存の2点である。

①とは、まず長伐期重視であり、次に生態的に合致すれば皆伐より部分伐、皆伐面積の多様性、野生生物のために老木や枯損木（レフュージア）などの保存などである。②とは、単位面積当たりの伐出率の削減（最大25%、オレゴンでは30-35%）である。

このような考え方の提示された経緯としては、①オレゴン・ワシントンで1950-60年代におこなわれた連続皆伐（ヨーロッパの漸進的帯状皆伐に類似）による環境影響問題、②1960-70年代の伐採跡のデブリ撤去（火入れをしないで火災防止）問題、③景観、野生動物、水源への影響を減らす目的で小面積分散皆伐が進められたが、結果として森林のフラグメンテーションをもたらし、小さすぎて原生林依存種が生存できなかったという3点があげられる。このように北西部皆伐による原生林問題からニュー・フォレストリーの考え方が生まれた。

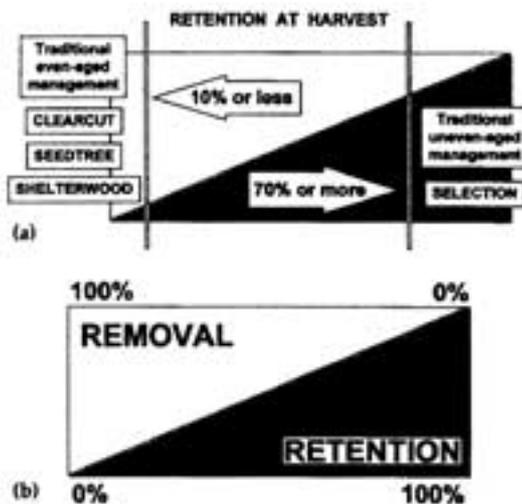


Figure 7.1 (a) The variable retention harvest system utilizes the full spectrum of structural retention or, conversely, removal that is available to silviculturists to achieve the complex and varied objectives typical of modern forestry. (b) Traditional regeneration harvest systems utilize a limited portion of this spectrum.

図 - 1 残存物からとらえた伐採法 (Kohm and Franklin, 1997)

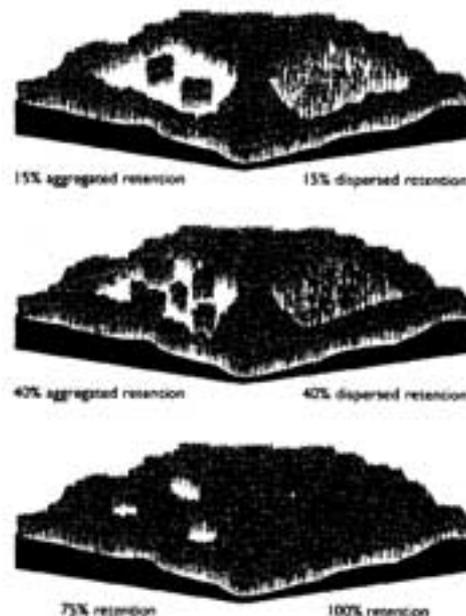


Figure 7.7 The primary focus of the DEMO (Demonstration of Ecosystem Management Options) experiment underway in Oregon and Washington is comparison of ecological and silvicultural responses to three different retention levels (15, 40, and 75 percent) and two retention patterns (dispersed and aggregated) replicated in eight locations. The six treatments are illustrated here.

図 - 2 エコシステム・マネジメントの施業 (Kohm and Franklin, 1997)

3) ニュー・フォレストリー批判

ブリティッシュ・コロンビア大学のキミンズ (Kimmins, 1992) のニュー・フォレストリー

批判は現場をふまえている点で傾聴に値する。その指摘を以下に箇条書きする。

①北西部以外では当てはまらない：温帯雨林ではデブリ保存は栄養分リサイクルを滞らせる。健全さは風倒によって維持され、皆伐がそれを模倣する。ヨーロッパでもデブリの欠如より酸性雨が問題である。アメリカではむしろ、酸性雨よりもデブリが土壌を酸性化する。また、デブリがないと森林の健康が損なわれるというデータがない。すなわち、北西部にニュー・フォレストリー概念が当てはまっても他ではどうか分からない。景観も残されたデブリで一層悪くなる。

②場所ごとの具体的処方箋がない：どのような環境目標で伐採、管理するのか。伐採法は樹種、気候条件、立地、病虫害、種子分散問題、風倒、雑草との競合などを配慮して決まる。現場フォレスターは、ニュー・フォレストリー提案は風倒で失敗したかつてのダグラスファ施業に似ていると批判する。50年前に漸伐を実施しうまくいかなかったという失敗を繰り返すのではと心配している。一言で表現すればでは、理論中心で実証されていないというのが弱点である。

③経済的問題：25%の伐採量の減少と伐採・アセスメント費用の上昇。

④労働環境問題：落下物などによる危険性が高く、伐採・搬出が皆伐に比べて困難であり、労働者の安全性を確保できない。経験豊かな現場フォレスターがいないと施業困難。

以上の点からキミンズは、造林の歴史を見直しつつ更新、雑草、病虫害、風倒などの問題の解決や、市民参加による実験が必要であり、かつ、適した場所だけに適応すべきと考える。

他方で、彼はまず皆伐について①対象範囲の樹木をすべて切り、その範囲の微気象が変化することと定義する。次に、皆伐状態は森林状態が喪失した状態であり、樹高以下の伐採幅の帯状伐採など森林影響が維持されていれば皆伐ではなく、稚樹の生育によって樹冠が閉鎖した時点で皆伐状態は終わったと定義する。

皆伐の理由として、以下のような点を挙げている。

①経済的：機械の導入可能性が高いので伐採と育林コストが低下。

②環境的：苗の生長条件が、特に火災などの攪乱と同じ。また、気球やヘリコプタを利用する場合を除き、道路インパクトが皆伐の方が少なく架線利用の場合も皆伐が効率よい。伐採の環境問題は道路による土壌影響が一番大きい、皆伐の方が少なく済む。

③防災上：択伐などと異なり風倒木の影響がない。

④安全性：労働環境として、風倒木の伐出など危険。技術要求度がそれほど高度ではないので確実。

また、皆伐は造林上も表-2のような苗の耐陰性からの視点で判断されるべきだとする。管理上は草刈りなどの容易さ、地ごしらえの容易さ、種転換の容易さが特色である。非皆伐は高度な技術と現場でのモニタリングが可能な場合、景観重視の場合に限定し、それが無い場合、皆伐の方が更新確実と述べる。

表 - 2 耐陰性と耐攪乱影響からとらえた森林施業法 (Kimmins, 1992)

攪乱影響	耐陰性			
	高い	少し高い	少し低い	低い
低い		皆伐 母樹法 小孔伐	皆伐 母樹法 小孔伐	皆伐 母樹法 小孔伐
中	漸伐 群状択伐 単木択伐	漸伐 群状択伐 単木択伐	漸伐	
高い		保護林として木材生産しない		

一方で皆伐の問題点として生態学的要求は満たしても景観問題は残り、急斜面や積雪地、野生動物の生息地には不相当と考える。たとえば、急傾斜のヨーロッパアルプスの森林やタイなどの熱帯林での皆伐禁止となっている。一方で、スエーデンでは皆伐が不可欠と認識され、択伐の結果で森林の健康度が低下したという。北方林では火災や病虫害、風倒、伐採による攪乱が必要であり、ないと酸性化による沼地化が進む。すなわち、皆伐による活性化で生態系のプロセスが回復する。

4. おわりに

エコシステム・マネジメントの導入にかかわる根本的な課題は、単なる生態学を中心とする環境を考慮した科学的管理ではなく、市民参加というボトムアップ手法による管理決定を重視している点である。そのため、単に科学的成果を示しても根本的な解決策は提示できないように思われる。コミュニケーション能力が重視されるゆえんである。

従来の森林施業が木材を主体とする取り出すものの質と量を経済の視点から判断し、森林の持続性も「保続生産」という言葉で示されるように、生産基盤の維持であり、市民が関わる機会はなかった。これに対して、エコシステム・マネジメントは枯損木など残すものの質と量を生態系の視点から判断し、「森林の健康」という形で表現されるように市民が関わりながらその保全を考えるようになった。すなわち、これまでとは全く管理目的も管理方針決定も異なるようになった。

だが、全く異なるシルビカルチュアの手法があるとは考えられない。皆伐から単木択伐に至る多様な従来の手法を、木材の価値ではなく森林の価値を第一に考えて選択していくのであろう。皆伐が否定されたわけではないが、択伐が優先される傾向がある。その場合、まず、労働集約的にならざるを得ない。地域の雇用促進効果が見込まれるが、林産物に高価格が期待されない以上、だれがその人件費を負担するのかという問題が残る。次に、従来より多くの人が現場で作業に従事することになれば、キミンズが指摘したように、現場の安全性確保

が課題となる。第3に作業の确实性の確保が一層重要になり、現場に立ち会えるフォレスターの専門的知識や能力が求められる。

クリントン大統領が主催した森林会議から10年以上を経て具体的なエコシステム・マネジメント手法が確立してきているのかどうか興味あるところである。

引用文献

Alverson, W.S. et al. (1994) Wild forests: conservation biology and public policy. Island Press, 300 pp.

Burns, R. M. (1883) Silvicultural systems for the major forest types of the United States (Agriculture Handbook No. 445) USDA Forest Service, 191 pp.

Drengson, A. and Taylor, D.M. (1997) Ecoforestry. New Society Publishers, 312 pp.

Foreman, R.T.T. and Godron, M. (1986) Landscape Ecology. John Wiley & Sons.

伊藤太一 (1993) アメリカの森林環境保全の黎明, 京都大学農学部, 117 pp.

柿澤宏昭 (2000) エコシステムマネジメント. 築地書館, 206 pp.

Knight, L and Bates, S.F. (1995) A new century for natural resources management. 396 pp.

Kimmins, H. (1992) Balancing act, environmental issues in forestry. UBC Press, 245 pp.

Kohm, K. A. and Franklin, J. F. eds. (1997) Creating a forestry for the 21st Century. Island Press, 475 pp.

Maser, C. (1994) Sustainable forestry: philosophy, science, and economics. St. Lucie Press, 377 pp.

大田伊久雄 (2000) アメリカ国有林管理の史的展開. 京都大学学術出版会, 362 pp.

Raphael, R. (1994) More tree talk: the people, politics, and economics of timber. Island Press, 330 pp.

Noss, R.F. and Cooperrider, A. Y. (1994) Saving Nature's Legacy, protecting and restoring biodiversity. Island Press, 416 pp.

Russell, T. G. and Theresa, B. J. (2004) Past, present, and future role of silviculture in forest management In: Shepperd, W. D.; Eskew, L. G., (2004) Silviculture in special places: Proceedings of the National Silviculture Workshop; 2003 September 8-11; Granby, CO. Proceedings RMRS-P-34. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. p. 1-14.

Smith, D. (1986) The practice of silviculture, eighth edition. John Wiley and Sons, 527 pp.

Yaffee, S. L. (1994) The wisdom of the spotted owl. Island Press, 430 pp.

国内における調査結果

小鹿勝利：人工林における天然更新技術に関する調査 - 北海道におけるトドマツ人工林の事例 -

I はじめに.....	77
II トドマツ人工林の天然更新の実態調査結果.....	77
III トドマツ人工林の天然更新.....	94
IV 終わりに.....	95

野堀嘉裕：東北地方の人工林における天然更新技術について

1 はじめに.....	97
2 材料と方法.....	97
3 北東北地方の人工林におけるヒバの天然更新について.....	98
4 山形県における森林を中心とした土地利用形態の分析	105
5 おわりに	111

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 - 特にマツの混交したヒノキ人工林から成林した天然生林 -

1 はじめに - 針葉樹の天然更新技術の評価と情報量	113
2 野路山国有林におけるヒノキ天然生林	114
3 姥ヶ原山国有林1027林班におけるヒノキ天然生林	135
4 ヒナ山国有林124林班に小班おけるヒノキ天然生林.....	147

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

筑波大学大学院生命環境科学研究科 小鹿 勝利

I はじめに

北海道の人工林約152万haの樹種構成はトドマツ52%、カラマツ類（グイマツ、グイマツF1を含む）30%、エゾマツ（アカエゾマツを含む）10%と三樹種でほとんどを占めている。また、昨年度報告書で指摘したように所管別に主要な造林樹種が異なり、国有林、道有林の公的所有体ではトドマツが圧倒的に多いのに対し、一般民有林ではカラマツ46%、トドマツ36%の2樹種で82%を占めている。

本調査では北海道の2大造林樹種のカラマツ、トドマツ人工林における天然更新技術を検討することにして、昨年度はカラマツ人工林、本年度はトドマツ人工林の天然更新状況の実態を調査した。

本年度実施したトドマツ人工林の天然更新調査は網走東部森づくりセンター（旧北海道有林北見林務署）、網走西部森づくりセンター（同興部林務署）と前田氏山林（紋別郡滝上町所在の私有林）の3事例である。

II トドマツ人工林の天然更新の実態調査結果

1) 網走東部森づくりセンターの事例

(1) 調査地の概況

網走東部森づくりセンター管内は北海道の北東部、オホーツク海から約40km内陸部に位置し、比較的なだらかな丘陵地形が多い。気象条件は夏期は少雨・温暖、冬期は寡雪・寒冷の大陸性の気候を示す。森林土壌は全域的に林木の生育に好適な褐色森林土が分布している。また、歴史的にも豊富な森林資源に支えられ林業・林産業の活動の盛んな地域でもある。現在、当センターの人工林率は約35%、樹種ではトドマツが半数を占め、他はカラマツ類、エゾマツ類である。調査地は北海道有林網走東部森づくりセンターの96林班54小班・68年生トドマツ人工林（14.56ha）で、その施業経過は以下の通りである。

1937年 新植（ha2000本植栽）

1937～1937年 下刈

1941、49、62年 蔓きり・除伐

1974年	間伐 (7.8ha、 163m ³)
1979年	間伐 (14.6ha、 511m ³)
1984年	間伐 (14.6ha、 622m ³)
1990年	間伐 (14.4ha、 701m ³)
1998年	択伐 (8.3ha、 339m ³)

なお、2004年に択伐予定 (8.3ha、 1100m³) で伐採予定木の選木が行われたが、択伐 (受光伐) 時の伐採方針の再検討のため伐採は延期されている。

森林調査簿によると標高110～170m、平均傾斜7度、斜面方位は北、土壌型BD型である。調査は林分内に20m×25mの方形調査区を設定し、胸高直径5cm以上の林木の毎木調査 (樹種、胸高直径、樹高、枝下高、位置、樹冠幅) 及び伐根位置を測定した。さらに調査区内に5m×25mのベルトを設け、その内部を5m×2mの小区画 (1区画のみ5m×1m) に分け樹高20cm以上の更新木の樹種と樹高を測定した。

(2) 調査結果

調査林分の状況は、表 - 1 に示すが (写真 - 1)、林床はクマイザサであるが幹高30～50cm程度で密度も低い。造林木トドマツは平均胸高直径30.7cm、平均樹高20.9mで、混交する広葉樹は7樹種で本数は比較的多い。調査林分の胸高直径、樹高の頻度分布を見ると図 - 1、2のようにトドマツが上層、広葉樹が下層を占める2段林となっているが、比較的大きな広葉樹が混交している部分 (写真 - 2) も見られる。

当林分では既に間伐が4回のほか、主伐的な択伐 (受光伐) も開始されて、林木の配置は図 - 3 のようになっている。調査プロット内の天然更新の状況は表 - 2 のようにトドマツが圧倒的に多く、1m²当たり9.6本成立している。一方、広葉樹は9樹種が天然更新している

表 - 1 調査林分概況 (網走東部森づくりセンター)

	平均			ha当り		
	胸高直径 (cm)	樹高 (m)	枝下高 (m)	本数 (本)	胸高断面積 (m ²)	材積 (m ³)
トドマツ	30.7(8-40)	20.9(5-25)	11.1(4-16)	400	31.45	361.22
広葉樹	9.4(6-20)	9.9(2-16)	5.2(1-9)	360	2.65	16.06
アスキナン	7(6-8)	5(2-8)	4.5(1-9)	40	0.16	0.67
イタヤカエデ	8.3(6-12)	11.1(6-16)	4.3(2-8)	140	0.82	5.39
オニグルミ	15(14-16)	14	9	40	0.71	4.71
カシワ	6	8	5	20	0.06	2.05
ハリギリ	10	10	9	20	0.16	0.78
ミスナラ	13(6-20)	9.5(6-13)	5(4-6)	40	0.68	4.06
ヤマモシジ	6	6	2	20	0.06	0.20
合計				760	34.10	377.28

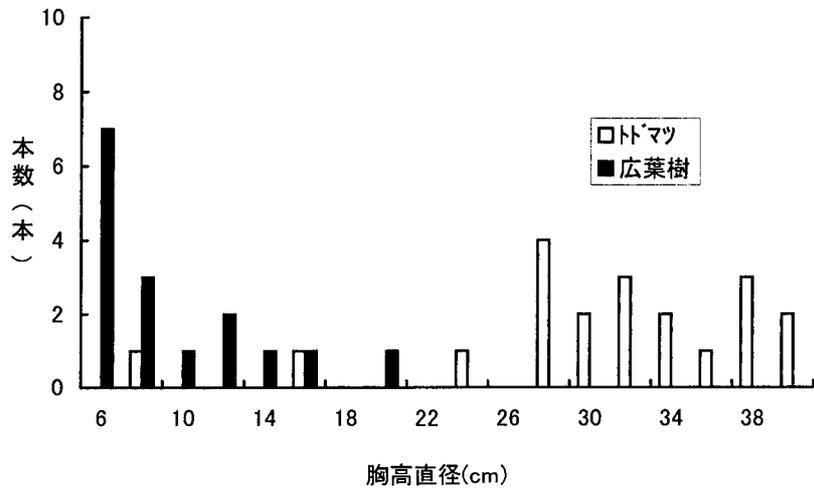


図 - 1 胸高直径別本数 (網走東部)

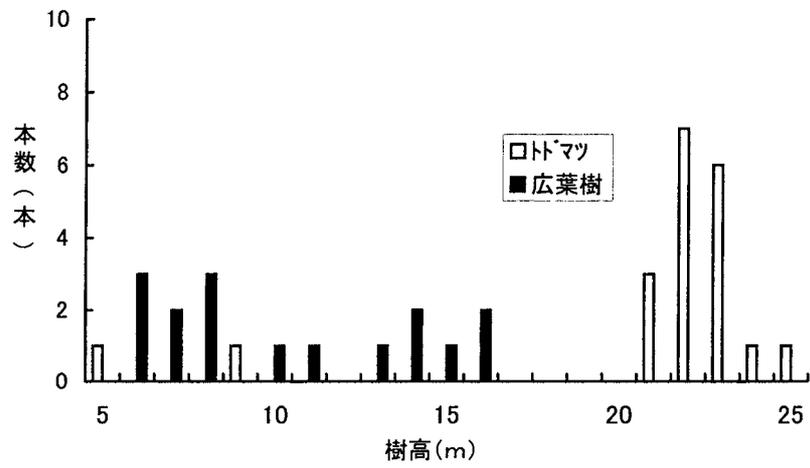


図 - 2 樹高別本数 (網走東部)



写真 - 1 林分状況 - 1 (網走東部森づくりセンター)



写真 - 2 林分状況 - 2 (網走東部森づくりセンター)

が、樹種ではイタヤカエデ、イヌエンジュ、ミズナラなどの本数が多く、本数的には少ないもののトドマツに比較すると樹高の大きなものが多い。また、これらの更新状況を小区画毎に見ると、図 - 4 のように一部の区画で極端に少ないが 1 m^2 当たり10本以上更新している区画が半数以上あり、写真 - 3 のようにトドマツ樹冠下に群状に更新しているものが多い。なお、トドマツ更新木の平均樹高は図 - 5 のように各区画ともほぼ30cm前後を越えており、次代の後継樹としては十分な大きさといえよう。

また、これまで択伐（受光伐）では天然更新が見られる部分の造林木は単木択伐、天然更新の見られない部分は群状択伐で補助造林という取扱いが多かったが、集材作業での保残木や更新木の損傷、伐採後の更新木の枯損発生などが多いため、保残する上木は更新木成立地周辺で群状に保残するように変化してきている。

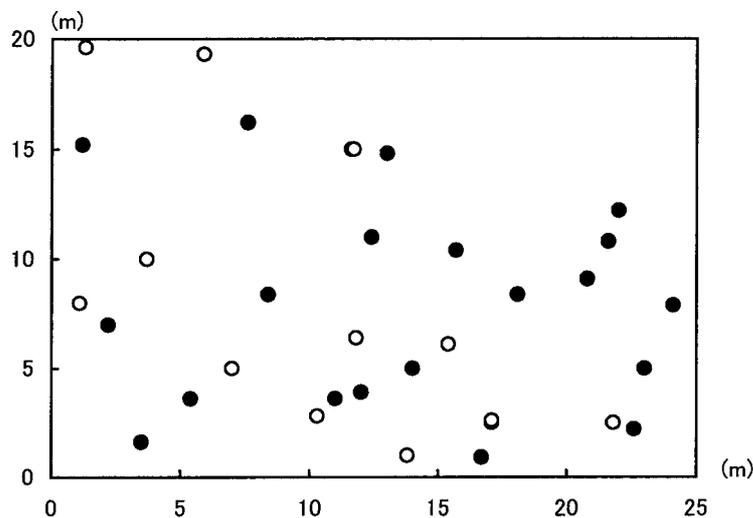


図 - 3 立木位置図 (網走東部)

表 - 2 更新木の樹種別本数・平均樹高

樹種	本数(本)	平均樹高 (cm)
トマツ	1197	37.3(20-190)
アカゾ	1	60
イタヤカエデ	33	130(30-380)
ハウチワカエデ	1	100
イヌエンジュ	19	103(35-160)
ミスナラ	9	133.9(60-240)
ミヤマサクラ	3	120(90-140)
オニグルミ	1	130
キハダ	1	50
コマユミ	1	100
10樹種	1266	
1m ² 平均	10.1(トマツ9.6)	

注: 面積125m², ()はMin-Max

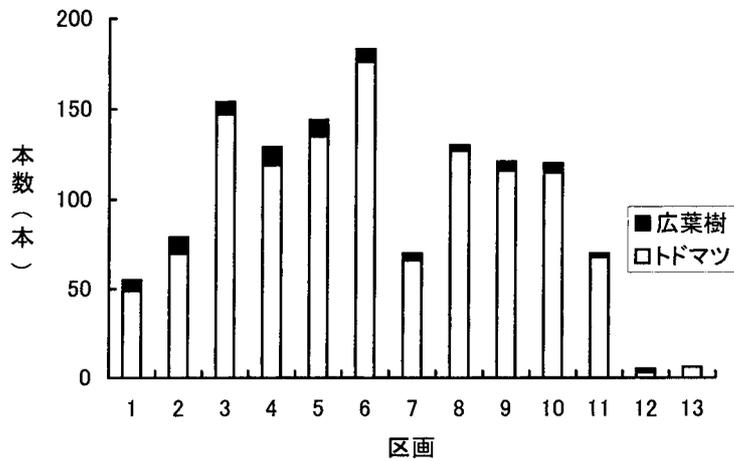


図 - 4 区画別更新本数 (樹高20cm以上)
注: 1~12区画は10m²、13区画は5m²



写真 - 3 トマツ天然更新状況

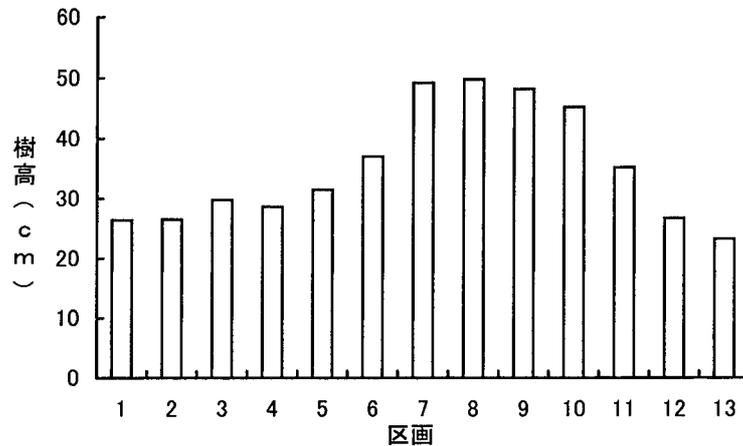


図 - 5 区画別トドマツ更新木の平均樹高

2) 網走西部森づくりセンターの事例

(1) 調査地の概況

調査地はオホーツクに面する北海道北東部（網走支庁管内北部）の山岳、丘陵地地帯に位置する北海道有林網走西部森づくりセンターの20林班51小班・65年生トドマツ人工林（8.8ha）である。この人工林は1925年の山火事跡地に植栽されたもので、その施業経過は以下の通りである。

- 1939年 地拵（1.5m × 1.3mの条刈り、11.2ha）
トドマツ植栽（23,500本、ha当り2098本）
- 1940年 根踏み（5月 山火事により2.4ha消失）
- 1940～41年 下刈（年2回）
- 1942～44年 下刈（年1回）
- 1948、51、53、54、59、62、64年 蔓きり除伐
- 1959年 野鼠防除
- 1973年 間伐（林齢34年、7.7ha、1,075本 219m³）
道路支障木等伐採（537本、112m³）
- 1977年 間伐（林齢39年、8.3ha、1,080本、238m³）
- 1980年 間伐（林齢42年、8.3ha、1,347本、482m³）
- 1983年 間伐（林齢45年、8.3ha、742本、474m³）
- 1989年 間伐（林齢51年、6.7ha、683本、644m³）

森林調査簿によると標高180～240m、平均傾斜7度、斜面方位は北、土壌型BD型である。調査は林分内に20m × 50mの方形調査区を設定し、胸高直径5cm以上の林木の毎木調査

(樹種、胸高直径、樹高、枝下高、位置、樹冠幅)及び伐根位置を測定した。さらに調査区内に2m×50mのベルトを設け、その内部を2m×2mの小区画に分け樹高20cm以上の更新木は樹種と樹高、20cm未満の更新木はトドマツの本数を測定した。またトドマツ更新木9本(樹高の大・中・小各3本)の地際年輪数と最近10年間の樹高伸長量を測定した。

(2) 調査結果

調査林分状況は表-3のようになり(写真-4)造林木トドマツの平均胸高直径35.8cm、平均樹高22.1m、混交する広葉樹はhaあたり290本とトドマツと大差ない本数が成立し、平均胸高直径8.6cm、平均樹高8.2mであるが、最大のものはハルニレで胸高直径32cm、樹高26mである。広葉樹の樹種は10樹種でシナノキ、ミズキ、キハダ、ミズナラ、ハリギリなどの本数が多いが、極相種からギャップ種など多様な樹種構成となっている。またこの林分は

表-3 調査林分概況(網走西部森づくりセンター)

	平均			ha当り		
	胸高直径 (cm)	樹高 (m)	枝下高 (m)	本数 (本)	胸高断面積 (m ²)	材積 (m ³)
トドマツ	35.8(10-52)	22.1(11-28)	9.5(6-15)	310	34.62	394.2
広葉樹	8.6(6-32)	8.2(3-26)	3.2(1-6)	290	2.23	15.5
イタヤ	7(6-8)	9(8-10)	3.5(2-5)	20	0.08	0.4
オニグルミ	8	3	2	10	0.05	0.1
キハダ	6(6-24)	7.3(6-8)	4.3(4-5)	40	0.11	0.4
シナノキ	9.1(8-12)	7(3-10)	2.7(2-3)	70	0.48	1.9
ナカマツ	8	9.2	4	10	0.03	0.1
ハリギリ	9.3(6-12)	10.3(8-12)	4	30	0.22	1.2
ハルニレ	32	26	6	10	0.80	9.3
ハンノキ	6	8	2	10	0.03	10.1
ミズキ	8(6-12)	7.8(7-10)	3(2-4)	60	0.33	1.4
ミズナラ	6.7(6-8)	6(5-7)	2.7(3-8)	30	0.11	0.4
合計				600	36.85	409.7



写真-4 林分状況(網走西部森づくりセンター)

施業経過にみるように間伐はすでに4回行われ、その伐根も含めた立木位置図は図-6のようになるが、林内には写真-5のような林冠ギャップが見られ、その部分には広葉樹の集中的な更新や、樹高の高いトドマツ更新木の集中が見られる(写真-6、7)。なお、林床はクマイザサが密生し、棹高は約1.5m前後である。

林分内の立木の胸高直径分布、樹高分布は図-7、図-8に示すが、トドマツが上層、広葉樹が下層のほぼ2段林的な分布となっている。なおトドマツの胸高直径は分布の幅が広い(変動係数33.7)、小径木には天然更新木なども含まれていると思われる。

調査プロット内の更新状況(樹高20cm以上)を見ると表-4のようになり、更新本数は1m²当り2.4本(トドマツ2.3本)、樹種ではトドマツが最も多く、広葉樹は6樹種であるがオヒョウニレとイタヤ以外はいずれも樹高の高いものが多く、最大樹高はハリギリの635cmとなっている。

この更新状況を調査区画別(1区画4m²、25区画)にみると図-9のようになり、最大46本(1m²当り11.5本)からゼロと変動が大きく、天然更新木の分布は群状に集中している。

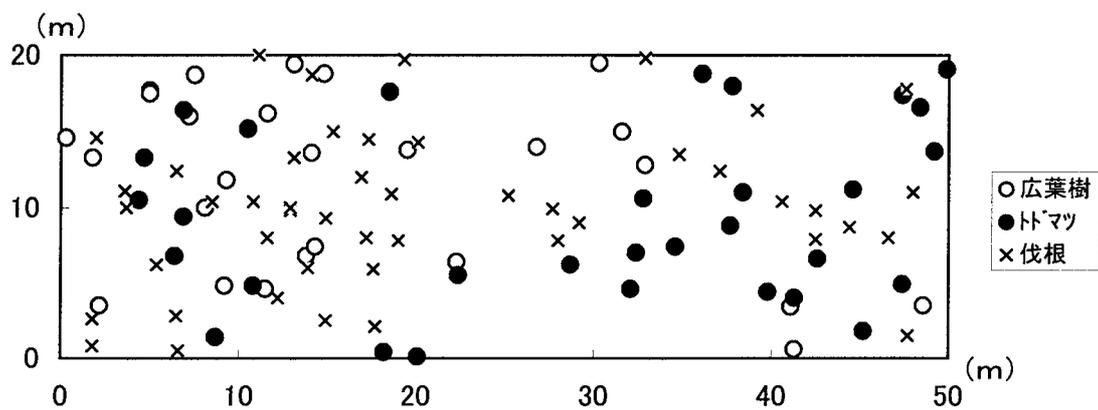


図-6 立木・伐根位置図(網走西部)

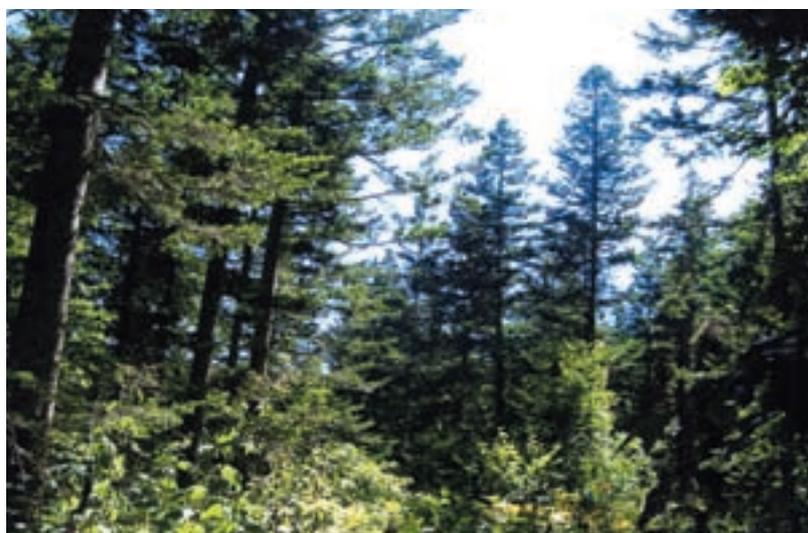


写真-5 林冠ギャップ



写真 - 6 林冠ギャップ下の広葉樹天然更新



写真 - 7 林冠ギャップ下のトドマツ天然更新

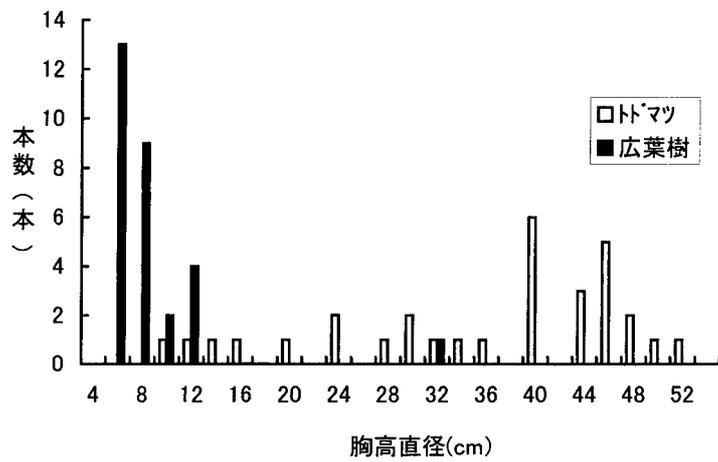


図 - 7 胸高直径別本数 (網走西部)

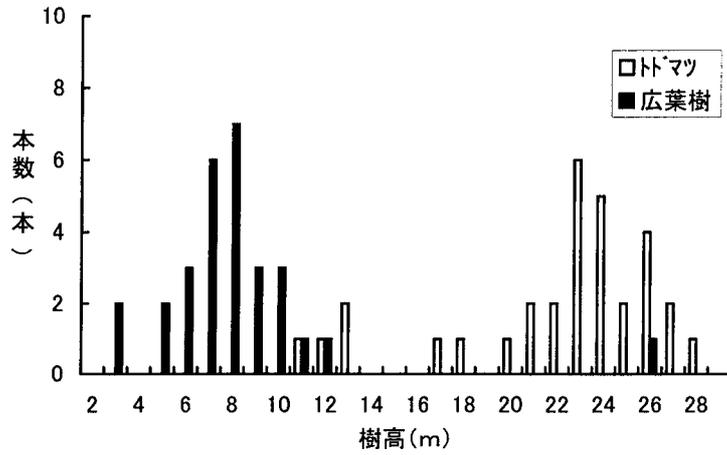


図 - 8 樹高別本数 (網走西部)

表 - 4 更新木の樹種別本数・平均樹高

樹種	本数	平均樹高 (cm)
トマツ	227	77(21-411)
カツラ	1	563
イヤ	2	316(21-422)
オヨウ	1	80
シノキ	2	180.5(175-186)
ハリギリ	3	447.7(325-635)
ミスナラ	2	395.5(214-577)
7樹種	238	
1m ² 当り	2.4(トマツ2.3)	

注:面積100m², ()はMin-Max

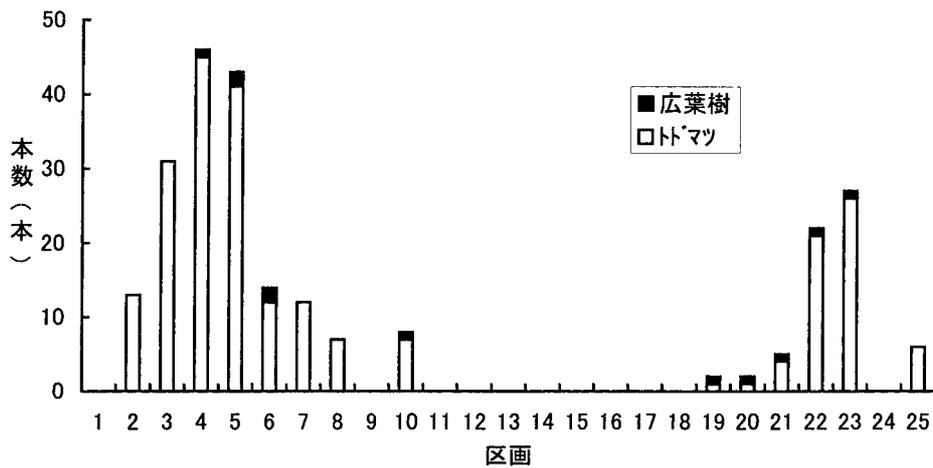


図 - 9 区画別更新木本数 (樹高20cm以上)

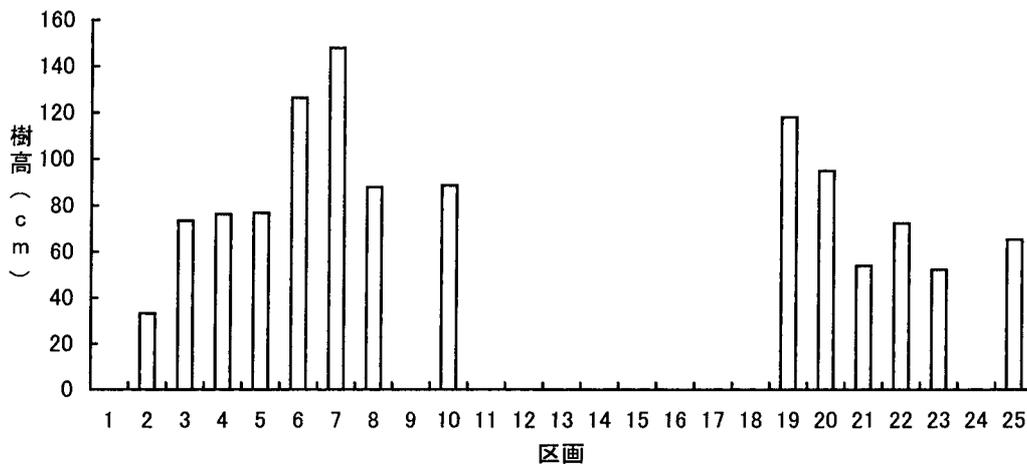


図 - 10 区画別トドマツ更新木の平均樹高

表 - 5 トドマツ更新木年輪数・伸長量

樹高クラス	no	樹高(cm):A	年輪数	10年間伸長量(cm):B	B/A	年平均伸長量
小	s1	72	14	47.2	65.6%	小・平均:7.1cm
	s2	79.5	11	67	84.3%	
	s3	105	16	98.3	93.6%	
中	m1	182	22	87	47.8%	中・平均:12.7cm
	m2	219	20	158.2	72.2%	
	m3	236	26	135.5	57.4%	
大	L1	272	25	120.5	44.3%	大・平均:19.5cm
	L2	384	23	231.5	60.3%	
	L3	430	25	232.8	54.1%	
平均		219.9	20.2	130.9	64.4%	

また、トドマツ天然更新木の区画別の平均樹高は図 - 10のようになり、更新本数の比較的小さい区画のほうが平均樹高は大きい傾向が見られた。

天然更新トドマツの樹高クラス別（大・中・小、72～430cm）各3本の地際年輪数と最近10年間の樹高伸長量をみると表 - 5のようになる。年輪数は最小11から最大26、平均20.2となり、樹高クラス中以上では1983年の4回目の間伐前後に、樹高小クラスは1989年の5回目間伐前後に更新したものである。樹高クラス別の最近10年の年平均伸長量を見ると小7.1cm、中12.7cm、大19.5cmと樹高の大きなクラスほど伸長量が大きくなっている。また、樹高に占める最近10年間の伸長量の比率を見ると44.3～93.6%と変動幅が大きいですが、平均すると樹高の65%は最近10年間の成長が占めている。以上のようにこの調査地の天然更新状況は、トドマツ、広葉樹とも部分的に集中する傾向にあり、林冠ギャップなどでは樹高の大きなものが多く見られた。

なお、当森づくりセンターには約8100haの明治期末の山火事跡地の再生二次林があり、

その多くはウダイカンバ、ミズナラなどの広葉樹林となっているが、一部にはトドマツ主体の再生林も存在する。これらの林分では昭和初期に焼け残りの広葉樹の整理が行われ、さらに昭和38年以降、保育伐等の積極的な管理を始め、人工林に順ずる取扱いを行ってきたがその成果から、高齢級人工林で更新木がある場合これらとかき起こしなどの更新補助手段を組合せ、更新後に適正な保育を行うと植栽によらずに主伐後の次代更新をはかることが可能と予測している。

3) 前田氏山林の事例

(1) 調査地の概要

調査地は紋別郡滝上町に所在する私有林、前田樹一郎氏所有山林である。所有山林面積は約70haで、人工林は62haでトドマツが70%前後、残りはカラマツ、アカエゾマツである。人工林の林齢は1~45年と幅広いが40~45年生の林分が主体となっている。これらの人工林の多くは現所有者の先代が造林したものである。

調査対象林分は1959年農地跡に植栽した0.56ha(滝上町21林班145小班)の林分であるが、これまでの施業の結果、地域でも模範的な林分内容を呈し平成12年度に北海道が選定した「林業技術伝承の森」に指定されている。調査林分の施業経過の概略は以下の通りである。

1959年 トドマツ植栽(農地跡)

5~6年間の下刈終了後も2~3年おきに下草(クマイササ)の全刈りを実施。これは野鼠防除の狙いと天然更新を期待し、さらには刈払った下草で農業用の堆肥生産を行うために実施したといわれている。

植栽後8年目頃より除伐を開始、18年生頃より枝打ちを最低4m目標に実施。

20年生前後よりトドマツがほぼ林分全面に天然更新したが3年ほど放置後、更新木の密度調整を開始し成長のよいものを残すなどを随時実行する。

最近の施業経過を見ると1993、1996、1999、2000年に下刈(侵入したササ類の刈払い、天然更新木の密度調整など)、1993、1999、2003年に間伐が行われている。なお、間伐はこれ以前もしばしば弱度に繰返し実施していた。またこの造林地の植栽した先代所有者は農閑期には山の見回り、不良木の除伐などを随時実行するなど、山林経営に熱心であった。なお、この林分の生産目標は建築用構造材向けの大径材としている。

調査対象地は標高200m前後の山裾の平坦な土地で、林道、作業道も整備された地利条件のよい林分である。調査は林分内に20m×50mの方形調査区を設定し、胸高直径5cm以上の林木の毎木調査(樹種、胸高直径、樹高、枝下高、位置、樹冠幅)及び伐根位置を測定した。さらに調査区内に2m×50mのベルトを設け、その内部を2m×2mの小区画に分け樹高20cm以上の更新木は樹種と樹高、20cm未満の更新木は樹種と本数を測定した。またトド

マツ更新木 9 本（樹高の大・中・小各 3 本）の地際年輪数と最近10年間の樹高伸長量を測定した。

（2）調査結果

調査地の林分状況は表 - 6 のように広葉樹類の混交はない林齢45年のトドマツ純林状態である（写真 - 8）。造林木トドマツの胸高直径、樹高の平均はそれぞれ30.7cm、21.1mで、その頻度分布は図 - 11、12に示すようにほぼ正規分布に近い。また形状比も68.7と林分の健全度は適正といえよう。調査林分は先に述べたように間伐が繰返し実施されており、立木、伐根の位置図は図 - 13に示すが、相対幹距21.9とほぼ適正な立木本数密度となっており、立木配置も均一に近い状態である。林床にはごく一部にクマイザサが散見されるが、大部分はトドマツを主とした天然更新木が占めている（写真 - 9）

なお、この林分は地表よりあまり深くないところに粘土層が介在しているため地下水位が高く、造林木に凍裂被害発生が比較的多く（写真 - 10）、調査地内では造林木47本中 8 本、17%の発生率であった。

調査プロット内の更新状況（樹高20cm以上）を見ると表 - 7 のように、トドマツのほか

表 - 6 調査林分概況（前田山林）

	トドマツ
胸高直径(cm)	30.7(18-40)
樹高(m)	21.1(16-23)
枝下高(m)	11.7(10-14)
本数(本/ha)	470
断面積合計(m ² /ha)	35.6
材積(m ³ /ha)	370.7

注：()はMin-Max,測定区画20×50m



写真 - 8 林分状況（前田氏山林）



写真 - 9 林内の更新状況

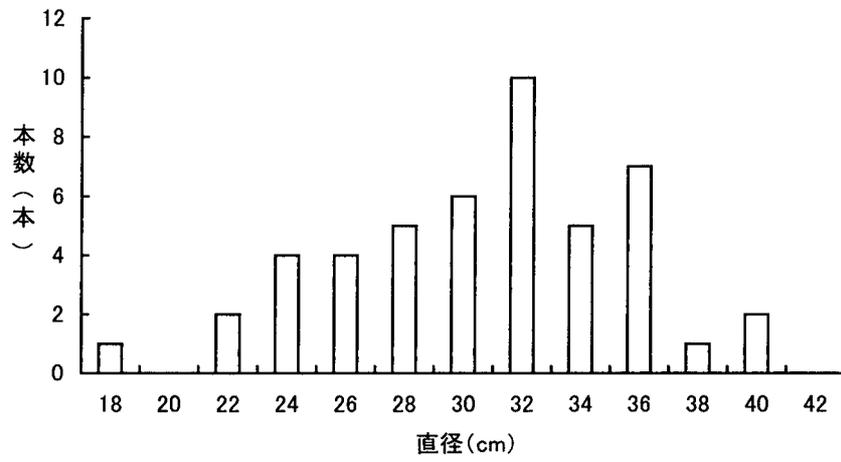


図 - 11 胸高直径別本数

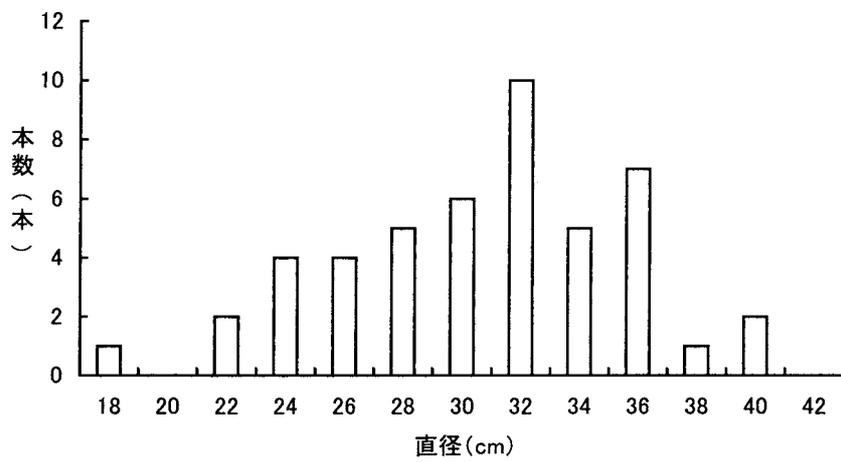


図 - 12 樹高別本数

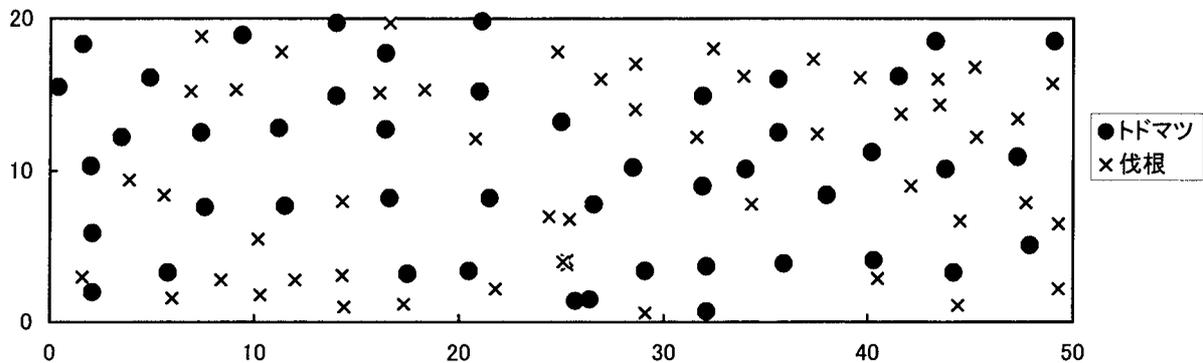


図 - 13 立木・伐根位置図

広葉樹が16樹種と多様な樹種の更新が見られ、 1 m^2 当り更新本数は2.6本、うちトドマツが1.7本となっている。更新本数はトドマツが圧倒的に多数を占め、樹高は平均78.6cm、最大値は290cmに達している。広葉樹ではカツラ、ハリギリ、イタヤカエデなどの更新が多いが、樹高の高いものはハリギリ（最大208cm）、ミズナラ（最大141cm）、ヤチダモ（最大110cm）、ナナカマド（最大138cm）などである。

これらの天然更新を調査区画別（1区画 4 m^2 、25区画）にみると図 - 14のようになり、1区画当り2～24本とバラツキがあるが全区画に更新木が存在する。ただし、トドマツの更新



写真 - 10 造林木の凍裂被害

表 - 7 更新木の樹種別本数・平均樹高

樹種	本数	平均樹高(cm)
トドマツ	172	78.6(20-290)
ナナカマド	5	91.8(68-138)
カツラ	28	40.6(23-68)
シラカバ	2	63(52-74)
マカバ	1	64
イタヤ	13	49.2(20-79)
ハウチワカエデ	1	20
オガラバナ	1	30
ハリギリ	20	98.1(24-208)
ミスナラ	8	82.3(40-141)
キハダ	1	96
シナノキ	1	63
ヤチダモ	6	50(24-110)
オヒヨウ	1	49
サワシバ	1	75
ミスギ	1	110
ヤマグルマ	2	55(35-75)
17樹種	264	
1m ² 当り	2.6(トドマツ1.7)	

注:面積100m², ()はMin-Max

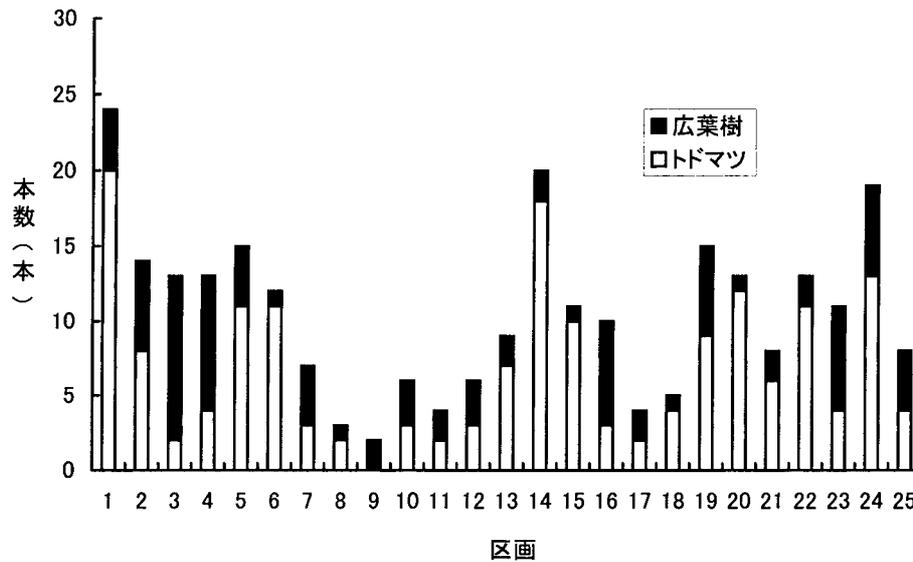


図 - 14 区画別更新木本数 (樹高20cm以上)

木の見られない区画が1区画あるが、これは間伐木の枝条等を集積した場所である。また、樹高20cm未満更新木の分布は図 - 15のようになり、広葉樹は1区画にのみ30本見られるが、トドマツは全25区画に存在し合計525本、1区画平均21本 (最小7本、最大160本) となっている。

調査区画別のトドマツの平均樹高と相対照度を図示すると図 - 16のようになる。各区画の

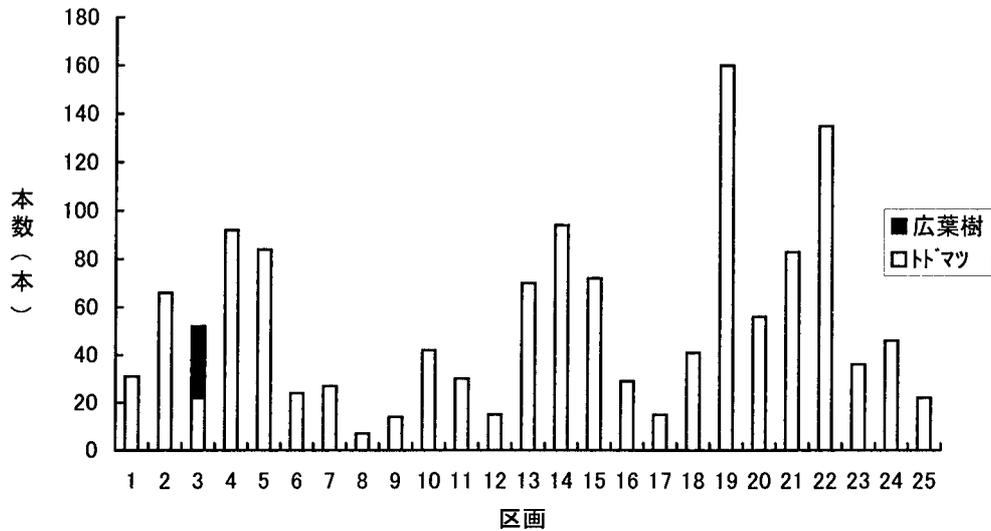


図 - 15 区画別更新本数 (樹高20cm未満)

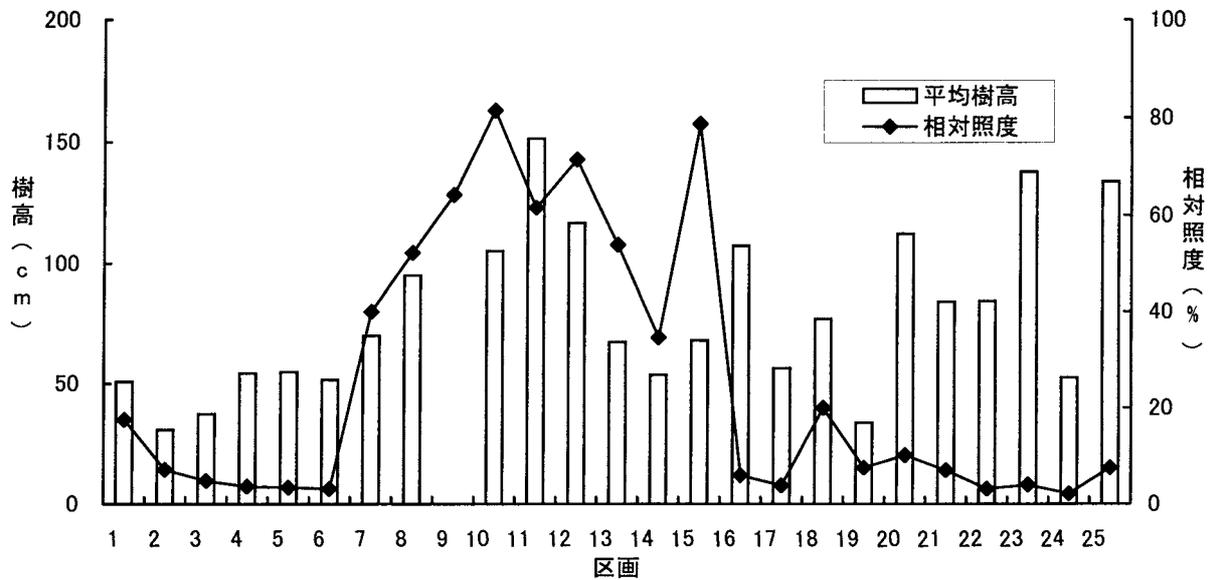


図 - 16 区画別トドマツ更新木平均樹高と相対照度

相対照度は2.1%から81.5%、平均26%と変動の幅が大きく、一部の区画でのみ平均樹高と相対照度の相関が見られる。また、トドマツ稚樹の成長が良好といわれる相対照度30%以上の地点も多く（平均相対照度26%）、今後の成長は継続できそうである。

天然更新トドマツの樹高クラス別（小・中・大、80～270cm）各3本の地際年輪数と、最近10年間の樹高伸長量をみると表 - 8 のようになる。年輪数は最小14から最大19、平均16.7で更新年の違いは樹高の大小に関わらず、比較的小さい。なお最近10年間の伸長量についてみると、樹高クラスによる年平均伸長量は大クラスは小クラスの約3倍となり、樹高の高いほど年伸長量も多くなる傾向が見られる。さらに最近10年間の伸長量の樹高に対する比率を見るといずれの樹高クラスも70%以上と大きな状態となっている。

表 - 8 トドマツ更新木年輪数・伸長量

樹高クラス	no	樹高(cm):A	年輪数	10年間伸長量(cm):B	B/A	年平均伸長量
小	s1	80	17	53	66.3%	小・平均 6.7cm
	s2	99	16	71	71.7%	
	s3	100	14	78	78.0%	
中	m1	151	14	139	92.1%	中・平均 12.9cm
	m2	154	16	132.5	86.0%	
	m3	164	17	115	70.1%	
大	L1	242	18	194	80.2%	大・平均 19.3cm
	L2	256	19	196	76.6%	
	L3	270	19	190	70.4%	
平均		168.4	16.7	129.8	76.8%	

以上のように前田山林における天然更新の状態は、トドマツを主体としつつも多様な樹種が林床にほぼ均一に更新し成長も旺盛であり、このような更新が実現したのは集約な保育作業の実施が大きく影響したものと考えられる。

4) 小括

今年度調査した3林分の天然更新は更新本数の粗密の差が大きいが良好な状態といえよう。特に前田山林では林地全体に樹高約80cmのトドマツがほぼ均一に更新するなど、天然更新としては理想的な状態を呈している。ここでは林床植生(ササ)の刈払いによる更新面の確保、さらには上木トドマツの間伐および更新木の密度調整の繰返しにより光環境の改善、更新木の競争緩和など、徹底した人為的な補助作業により更新状況を作り上げたといえる。このような事が可能であったのは小面積で地利条件に恵まれていたこともあるだろう。

北海道有林の2事例は比較的集約な育林体系に基づき施業実施され、例えば網走東部森づくりセンターでは間伐は林齢25~50年に4回、60年以降受光伐(択伐)を15年間隔で3回行う間に、天然更新の状況に応じて刈だし、かき起し、補助造林を適宜組み合わせ後継樹の確保、成長促進を図るとしている。なお、刈だし作業は更新したトドマツの保育のためのササ等の刈払いと、ササを刈払って地表面を裸出させトドマツ等の更新を図るものの2つの作業目的があり、現地の状況に応じて実施している。道有林の資料によるとトドマツ人工林で人為的な更新手段の実行量は網走東部森づくりセンターでは刈だしが1987~2002年で292ha、網走西部森づくりセンターではかき起しが1982~1996年で267haがそれぞれ実施されている。

Ⅲ トドマツ人工林の天然更新

昨年度調査した(株)マテリアル山林の42年生トドマツ人工林で相対照度3%前後の林床一面に写真-11のように天然更新が見られた。1m²当りの更新本数は少ない箇所では239本、多い箇所では925本、樹高も0.8~51cmとバラツキが大きい。また苗齢は樹高15.4cm~



写真 - 11 トドマツの天然更新状況（三菱マテリアル山林）

67.1cm（平均37.5cm）で8～13年（平均10.9年）である。このような人工林での更新は北海道内各地で観察され、早い時期より国有林や北海道有林の現場でその実態や取扱いについて調査、研究が行われ、林業技術研究発表大会論文集、国有林業務研究発表集録などに数多くの報告が行われている。

それらの成果を見るとトドマツの天然下種更新は可能な適地は①埴質なBc型土壌や埴質で礫を交えたBD(d)型土壌、②林床の堆積腐食層が薄くて、発生した稚苗の根系が鉱物質土壌に定着しやすい林地、③比較的土壌の理化学性がよく腐食の含有量が少ない林地などとされている。

さらにトドマツの天然下種更新は①水分と温度条件がよければ暗くても発芽、②更新木の発生や樹高成長のバラツキが大きく、確実な天然更新を期待するためにはかき起し作業などの更新補助作業が必要な場合が多い、③更新木の安定した成長にはササや草本類との競合を緩和するための下刈や刈だし作業などの保育作業の必要性、④乾燥や陽光不足による更新木の消失や成長停滞のためには光環境調節のため間伐作業の実施の必要性等々が指摘されている。また、網走西部森づくりセンターでのトドマツ人工林内に天然更新した稚樹の生育状況調査では、上木密度の変化が更新稚樹の消長に大きく影響すること、苗高が20cm程度になれば通常の間伐でも優勢な個体は定着し枯れることは少なく、後継樹として取扱いが可能としている。

IV 終わりに

以上のようにトドマツ高齡人工林では不確実な点もあるが、天然下種更新は比較的多く見られる。これら天然更新木は群状での成立や本数密度の粗密などの変動も大きい。また光環境の変化や他植生との競合などによりある大きさまで生育しなければ消失の可能性があることなど、確実な後継樹として期待できるまでには人為的な補助作業などを必要とする場合も多

くトドマツ天然更新技術に関してはまだ未解明な点や課題がある。しかし林分状況の的確な把握によりトドマツの天然更新木だけでなく広葉樹天然更新木も含めた自然力の活用と、これまでに確立された造林技術との組合せでより健全で持続的な森林造成は可能であろう。

参考文献

川嶋幸弘、三好英勝、石倉信介：トドマツ天然更新林分の施業と成長経過、昭和61年度林業技術研究発表大会論文集

原田 泰：森林と環境 - 森林立地論 - 北海道造林振興協会、1954年

下間洋司、新田紀敏、石川秀人：トドマツ人工林内に天然更新した稚樹の生育状況、平成7年度試験林業技術研究発表大会論文集

柳沢聰雄：北海道人工造林今昔あれこれ、北方林業、No.296、1973

北海道：人工林の天然下種更新について、道有林技術情報、No.15、1986

菊沢喜八郎：トドマツ人工林の天然下種更新、光珠内季報、No.52、1982

東北地方の人工林における天然更新技術について

山形大学農学部 野堀嘉裕

1. 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」報告書では「多雪地における天然更新の経過調査」と題し主としてブナ林の成長や天然更新について検討した。ブナは東北地方を代表する樹種のひとつであるが、このほかにもスギやヒバなど東北地方を代表する樹種が存在する。そこで、2004年度は日本の三大美林にも数えられるヒバに着目し、北東北のヒバ生育地について人工林の天然更新技術の可能性を探るための調査を行った。また、昨年の調査をフォローアップするために、ブナ林地帯の中心に当たる山形県において標高別の土地利用を分析し、人工林における天然更新技術が必要な箇所ゾーニングについて検討することとした。この際、分析対象としての「造林未済地」の主な植林樹種を、東北地方を代表する造林樹種の雄である「スギ」として調査分析を行なった。

2. 材料と方法

2.1 青森県のヒバ林の調査について

ヒバ林の施業方法については旧青森営林局技士の松川恭佐氏により昭和6年に設定された津軽半島の増川施業実験林(196ha)と下北半島の大畑施業実験林がある。本調査ではこれら両実験林および、大鰐天然スギ・ヒバ保護林、岩手県内の平蔵沢ヒバ人工林施業展示林を対象とした。これら4箇所の調査地では現地での写真撮影と資料収集を行なった。大畑施業実験林では松川恭佐氏が「森林構成群を基礎とするヒバ天然林の施業法」の研究で設定した50×50mの固定調査区に樹冠が含まれる全立木を再調査し林分構造を把握した。また、ヒバ林の分布について調べるために環境庁自然保護局編(1998)CD-ROM版の自然環境情報GIS-現存植生ベクトルデータを使用して机上調査を行なった。

2.2 山形県の土地利用に関する調査について

解析方法としてはコンピュータの処理能力を考慮し、はじめに山形県の植生図を44市町村の行政境界線により区分し、次に市町村毎に数値地図より55メートルのグリッドを生成した。その後、両者のオーバーレイ解析により、市町村毎に標高100m毎、各集約群落のグリッド数をカウントした。使用した地理情報は環境庁自然保護局編(1998)CD-ROM版の自然環境情報GIS-現存植生ベクトルデータ(第3回、1987年調査)および国土地理院(1997)

の数値地図50mメッシュである。解析にはESRI社製ArcView3.2を用いた。解析結果は市町村別に集計し、その後庄内、最上、村山、置賜の4地方に再集計して考察に用いた。

3. 北東北地方の人工林におけるヒバの天然更新について

ヒノキアスナロ（通称ヒバ：*Tyujopsis drabrata* Var. *Hondai* Makino）はアスナロの変種であり青森県を中心として東北地方に広く分布している。日本を代表する針葉樹天然林の三大美林（青森ヒバ、秋田スギ、木曾ヒノキ）のひとつであり、材の成分や香りにも特徴があることから一般的にはヒバという名称で親しまれている。ヒバ林の施業方法については旧青森営林局技士の松川恭佐氏により「森林構成群を基礎とするヒバ天然林の施業法」という著明な論文がまとめられており、その考え方は現在に至るまで脈々として継承されている。一方、東北地方における人工林造成はスギ林への林種転換という歴史的経過があり、青森県でもこの例にもれない。ところによってはその成果は完全でなく一部には造林未済地が存在すると考えられる。本報告ではスギ人工林におけるヒバの天然更新技術の可能性について探るため青森県内のヒバ林などを調査した。

3.1 ヒバ林の分布

青森県森林資源統計書（2004）によれば青森県の森林面積は638,099haで県土面積の66.4%、そのうち民有林は240,552haで全森林の37.7%、国有林（官行造林含む）は397,547haで62.3%を占めている。このうち針葉樹林は347,063ha、広葉樹林は265,514haであり、スギ林は200,382ha、ヒバ林は52,856haとなっている（表 - 1）。ところで、環境情報GISを基に作成した青森県におけるヒノキアスナロ群落（ヒバ林）の分布は図 - 1 に示すように下北半島の中央部の恐山山地と津軽半島の中央部の津軽山地の中標高部分にまとまって分布している。この他には白神山地と八甲田山の北東部、そして下北半島の下北丘陵南部に分布域があるが前者に比べてその面積は小さい。スギ人工林は県内各地に広い面積を占めており中から低標高域に分布していることがわかる。GISデータによる分布面積の総計は48,861haが計上された。なお、GIS上のヒノキアスナロ群落は植生自然度9の自然林であり、森林計画の立場からみれば天然林に相当する。森林資源統計書のヒバ林面積が4,000haほど多いのは人工林に

表 - 1 青森県の樹種別面積

区 分	針 葉 樹			広葉樹	未立木地、除地 更新困難地	合 計
	ス ギ	ヒ バ	針葉樹計			
民 有 林	98,103	2,008	151,982	84,522	4,048	240,552
国 有 林	101,285	50,848	192,574	180,911	21,140	394,625
官行造林	994	-	2,507	81	334	2,922
総 数	200,382	52,856	347,063	265,514	25,522	638,099

注：青森県森林資源統計書（2004）をもとに作成した。面積は ha である。

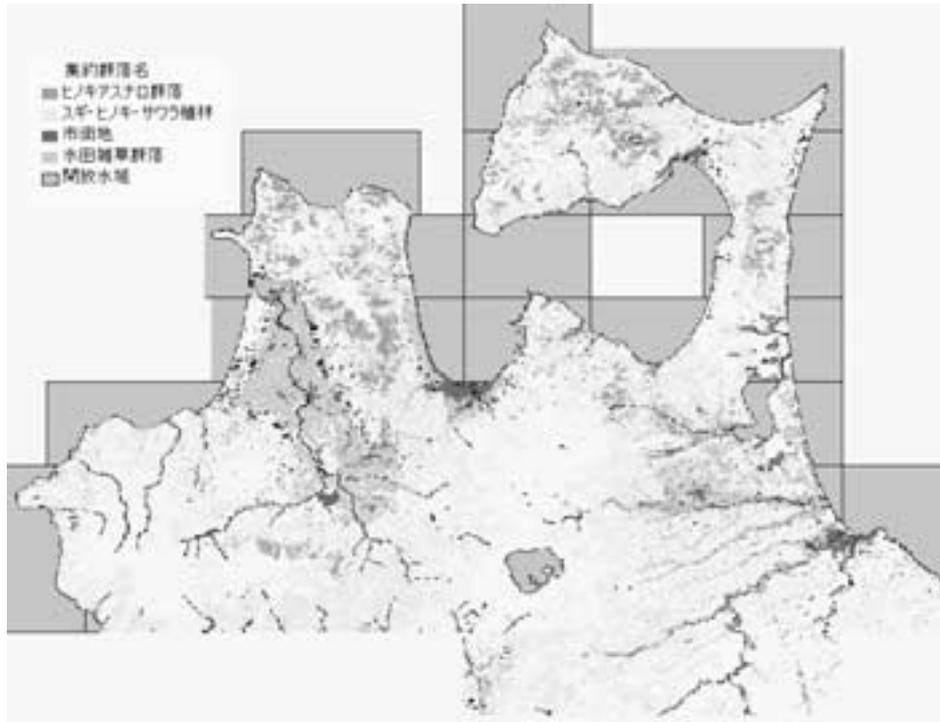


図 - 1 青森県におけるヒバ天然林の分布

よるものと考えられる。

次に、表 - 2 をみると民有林におけるヒバ林の面積は2,008haとなっているが、前述のGIS分析をみると青森県内のヒバ林の面積は森林面積の7.7%であり、そのほとんどは国有林にあることがわかる。また、この表から更新困難地面積は266haとなっているが、本調査の主な目標である造林未済地に対するヒバの天然更新を考えると、その対象地の最小値としては266haが計上される。ところで、GIS分析における植生自然度4の伐採跡地群落の面積は5,339haとなっており、更新可能な面積または造林未済地と解釈できる面積の最大値は5,300ha程度と考えられる。

表 - 2 民有林における樹種別面積

種 別	面積 (ha)	比率 (%)	
針 葉 樹	ス ギ	98103	40.8
	アカマツ	34668	14.4
	クロマツ	9194	3.8
	ヒ バ	2008	0.8
	カラマツ	6337	2.6
	その他針葉樹	1673	0.7
	小計	151982	63.2
広 葉 樹	広葉樹	84522	35.1
無立木地等	無立木地	3782	1.6
	更新困難地	266	0.1
総 数	240552	100	

注：青森県森林資源統計書（2004）をもとに作成した。

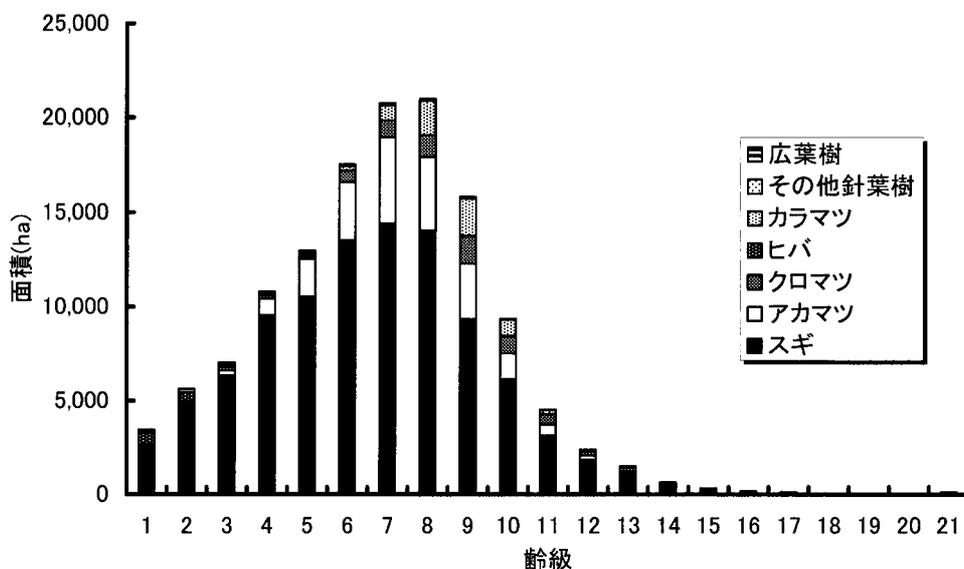


図 - 2 人工林の齢級別面積

図 - 2 に人工林の齢級別面積を示すが、その分布のピークは7～8 齢級にあり、東北地方の人工林の齢級構成と同様の傾向にある。造林樹種の特徴としてはスギが顕著であるが、その他の樹種では5 齢級以上でアカマツ・クロマツ・カラマツが多いのに対して、ヒバの人工林が1～3 齢級に集中していることがわかる。この図から更新困難地の造林樹種を推定するとすれば第一にスギ林が、次いでアカマツ林が指摘できる。

なお、青森県の森林蓄積は表 - 3 に示すように総計で100,223,000m³となっておりそのうち民有林は40,323,000m³、国有林は59,900,000m³である。ha当たりの蓄積は民有林が168m³、国有林が151m³となっている。森林の齢級ごとの構成状況は民有林と国有林では全く対照的で、民有林は6～9 齢級の針葉樹人工林が多く、国有林は広葉樹天然林が多い。

表 - 3 青森県の樹種別蓄積

区 分	針 葉 樹			広葉樹	他を含む合計	ha 当り蓄積 (m ³)
	スギ	ヒバ	針葉樹計			
民有林	21,589	200	30,729	9,595	40,323	168
国有林	14,014	12,509	31,561	27,891	59,460	151
官行造林	203	0	415	25	440	151
総 数	35,806	12,709	62,705	37,511	100,223	157

注：青森県森林資源統計書（2004）をもとに作成した。蓄積は千m³単位である。

3.2 天然林の林分構造

下北半島の中央部に位置する大畑施業実験林を再調査したデータをもとにForest Windowで描画した3次元鳥瞰図を図 - 3 に示す。この図中で樹冠は森林構成群ごとに色分けされて

いる。昭和6年に松川恭佐氏がヒバ林に対して森林構成群を提唱したが、その構成要素は樹冠のグループである。当時の群構成は多くの場合広葉樹がその中心となっていることが指摘されている。

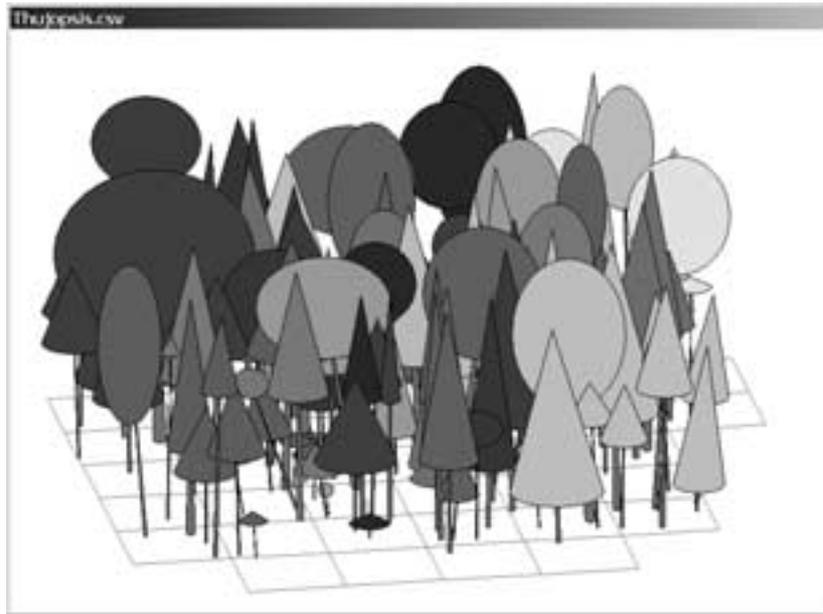


図 - 3 ヒバ林の3D鳥瞰図

今回の調査でも樹冠を構成する樹群は多くの場合中央部に樹冠の大きな広葉樹があることがわかる。50×50mの固定調査地内に成立する胸高直径6cm以上の樹木の本数は108本、幹材積合計は210.8m³であり、ha当たりの本数としては432本、蓄積は843m³/haと高蓄積であることがわかった。

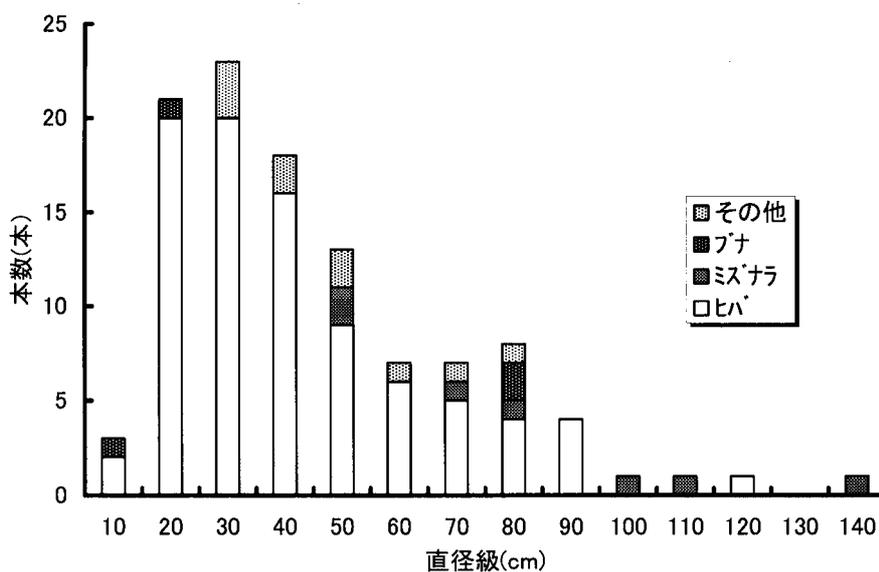


図 - 4 大畑実験林固定調査地の直径階級別の樹種構成

直径分布は図 - 4 のように30cm付近にピークがある一山型の分布を示しており、このような分布型は後継樹が漸減し択伐林型が崩れ始めた状態を意味している。ヒバの占める割合は80%であり広葉樹の占める比率が低い、大径級の樹種はミズナラが多い。ブナおよびその他の樹種は各直径級にある。林内の様子は写真 - 1、2 に示すように小径木が目立つが、所々にヒバ大径木の伐跡がみられた。この実験林は10年ごとに択伐が行なわれることになっており、実際に伐跡もみられたが、林内には風倒木や立ち枯れ木などの被害木も目立つ状態であり、適度な伐採が行なわれているとはいえない状況にあった。



写真 - 1 大畑施業実験林の森林軌道跡



写真 - 2 林内のヒバ大径木の伐跡

林内におけるヒバの天然更新は写真にもみられるとおり極めて良好であり、後継樹の確保は支障がない状態と思われる。ただし、直径分布の図をみてもわかるように、最小径級のヒバは本数が少ないことから、伐採が停滞するようなことがあれば階層構造が貧弱になっていくことも予想される。択伐林形を維持するような施業が必要と思われた。



写真 - 3 増川施業実験林の林況



写真 - 4 林内のスギ天然更新

津軽半島の増川施業実験林は傾斜地にあり大畑実験林に比べると多樹種が混交している。特に、ヒバ以外の針葉樹としてスギの天然木や実生更新（写真 - 3、4）もみられ、植生群

落の地理的特徴があらわれている。ヒバの更新は実生、伏状ともに良好であり、特に根株上の実生更新は極めて良好と考えられた。樹群の構成は大畑施業実験林とは若干異なり広葉樹が中心になっているとは限らず、ヒバやスギの優勢木が樹冠群の中央に位置する場合も少なからずみられた。このような違いは気象環境、特に冬季の積雪の状況が異なることによると思われる。

増川施業実験林周辺のスギ人工林内では写真 - 5、6 に示すようにヒバ実生の天然更新が多数確認できた。特に、切り株周辺など樹冠に疎開部分のある下では光環境が良好となり、多数のヒバ実生更新がみられた。これらのことから、ヒバの実生更新は上層木樹種の如何にかかわらず、光条件が整いさえすれば懸念がないことがわかった。



写真 - 5 スギ樹冠直下のヒバの天然更新



写真 - 6 スギ根株上のヒバ天然更新

3.3 平蔵沢ヒバ人工林について

岩手県岩手郡滝沢村影添国有林に設定されている平蔵沢ヒバ林（0.44ha）は1841年ころ以降篤農家によって造林されたヒバ林である。現在165年生以上の個体があると推定されており、東北地方では最も高齡のヒバ人工林とされている。昭和3年度に「ヒバ壯齡人工林の保存観察」を目的に学術参考保護林に設定され、平成3年度に国有林の保護林制度の見直しに伴い「施業技術の開発とその定着及び普及、教育等の場として活用する」ことを目的とした「展示林」として取扱うこととなった。過去の取り扱いの記録はないが、昭和27年に3本、昭和47年に2本、昭和55年に5本の試験木が伐倒された以外、少なくとも50年間は主間伐等の収穫の記録はない。その後、平成14年に展示林とその周辺にごく弱い間伐（47本を伐採）を実施し、今後の生育状態の変化を注視しているという。

現在の樹高階級別樹種分布は図 - 5 に示すように典型的な2段林構造を呈している。上層林冠を構成しているのはほとんどがヒバである。下層木ではヒバと広葉樹が混交しており、両者の中間は広葉樹が多くなっている。この林の中の中層木より小さな個体は天然更新により進入してきたものである。林内の天然更新は林床に達する光条件によって異なり、比較的

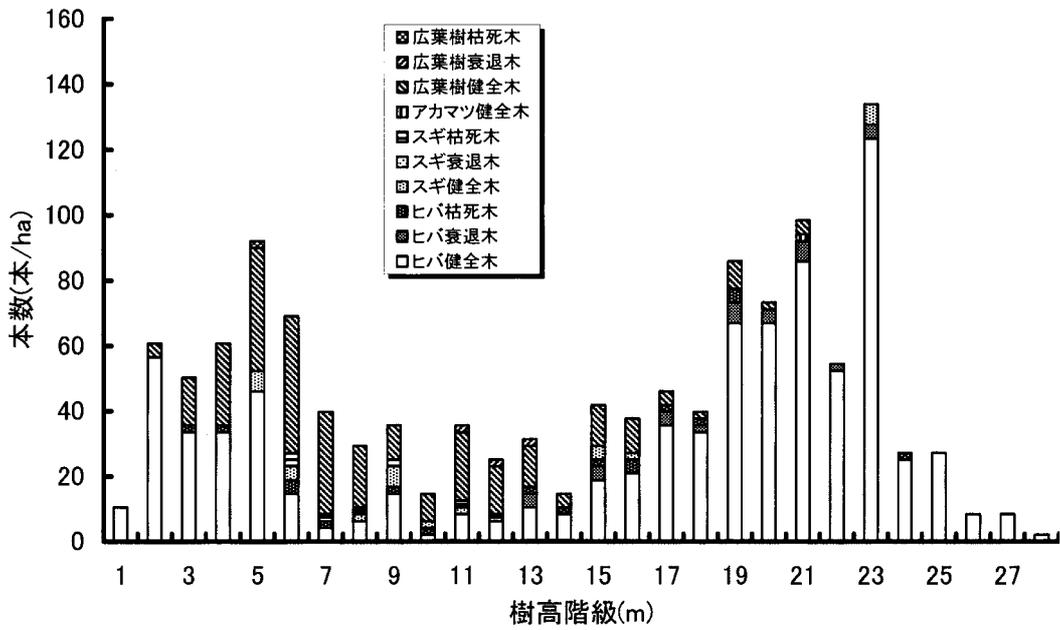


図 - 5 平蔵沢ヒバ人工林の樹高階級別樹種分布

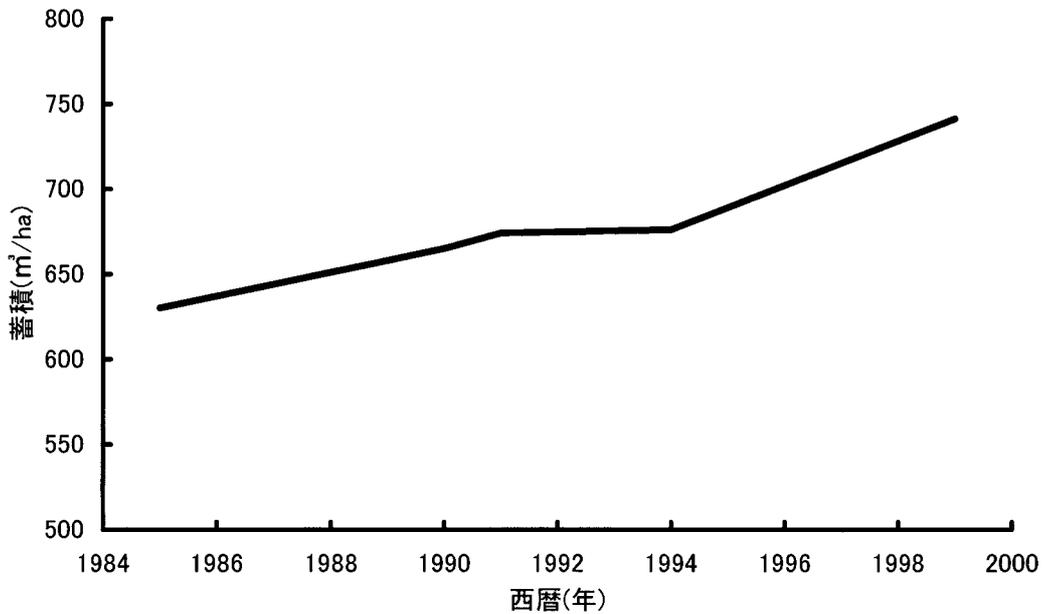


図 - 6 森林蓄積の推移

明るい場合には更新が良好となっている。森林蓄積は漸増状態にあり1999年時点での蓄積は741m³/haとされている(図 - 6)が、概ね最大蓄積に近づきつつある状況と考えられる。

前述のとおり林内の天然更新は良好であり、次世代を担う樹木は順次成長していることがわかるが、樹高が最小クラスの個体の数は多いとはいえ、今後の後継樹確保には僅かな不安が残る。

3.4 天然更新樹種としてのヒバについて

本調査の結果、スギ人工林におけるヒバの天然更新は一般的に良好と判断された。ただし、その条件は光環境によることが示唆された。また、同じヒバが生育しているとはいえ、下北半島側と津軽半島側では気象条件、特に冬季の積雪環境は大きく異なっており植生帯も違うことから、両地域ごとに実生更新の実態や生育に必要な光環境の把握を進めていく必要がある。施業方法としては漸伐もしくは群状択伐が適していると考えられる。樹冠の階層構造が一斉林もしくは二段林となっている場合には漸伐が、階層構造が複層状態の場合には群状択伐が適しているといえる（野堀,1987）。上層林冠構成種にヒバがない場合については樹下植栽や播種が考えられるが、その成果については未解明な点が多い。筆者は東北大学演習林（宮城県鳴子町）在職中の1992年に、スギ伐採跡地の再生林にヒバ植栽を試みたが、2004年時点で成林の見込みが極めて薄いことがわかっている。ヒバの天然分布は東北地方の広範囲に及ぶが、まとまって成立しているのは青森県のみであり、これ以南では点在している。植栽されたヒバ林の成林状況は把握されているとはいえない。今後、光環境や積雪環境をはじめ、ヒバの植栽や生育可能な条件のゾーニングについて多面的な解析が必要と思われる。

4．山形県における森林を中心とした土地利用形態の分析

山形県の森林統計によれば平成12年度の県内の森林面積は約67万ヘクタールで県土面積の72%を占めており、全国平均を9ポイント上回っている（山形県農林水産部森林課、2000）。このうち天然林は44万ヘクタール（66%）、人工林は18万ヘクタール（27%）とされており、人工林率は全国平均を14ポイント下回っている。これらの森林は木材生産の場としての機能ばかりでなく、生物多様性の保全や地球の温暖化を抑える大気中の炭酸ガス固定に大きく貢献している（藤原,2002）。山形県には朝日、吾妻、飯豊山系や月山、鳥海山など山岳地形が多く、森林域の多くはこれら山地周辺に分布している。これらの森林を標高別にみた場合、どのような状況で分布しているのかは必ずしも明確になっているわけではなく、標高別の森林の実態を把握することは大きな意味がある。そこで、本研究は自然環境情報GISデータと数値標高データをもとにGISにより標高別の植生分布状況を調べることで、森林を中心とした土地利用の実態を明らかにすることとした。

4.1 標高区分

山形県を行政区分に準じて庄内、最上、村山、置賜の4区分で集計し、それぞれの標高階ごとの面積を示したものが図 - 7である。庄内地方の総面積は240,659haで、標高0～100mの範囲が極端に広く約100,000haを占めており、100～400mではそれぞれ約30,000haとなっており、これ以上では高標高になるにしたがって面積が減少している。最上地方の総面積は217,482haで、標高0～100m、100～200mの範囲がそれぞれ約40,000haで同程度の面積を占め

ており高標高になるにしたがって面積が減少している。村山地方の総面積は224,820haで、標高100～200mの範囲にピークがある。標高200～500mではそれぞれ約20,000ha以上の面積を占めており、500～800mの標高域では他の地方に比べて面積が広い。置賜地方の総面積は249,707haで、標高200～300mの範囲にピークがあり高標高になるにしたがって面積が減少している。標高ごとの面積加重による平均標高は庄内で348.6m、最上で320.1m、村山で427.8m、置賜で499.2mと算出された。44市町村の中で最も面積が広いのは小国町で73,941.2ha、面積加重による平均標高が高いのは西川町で638.9mとなっている。県内4地方の合計から算出した山形県の面積は932,668haであり、標高ごとの面積加重による平均標高は401.4mと算出された。

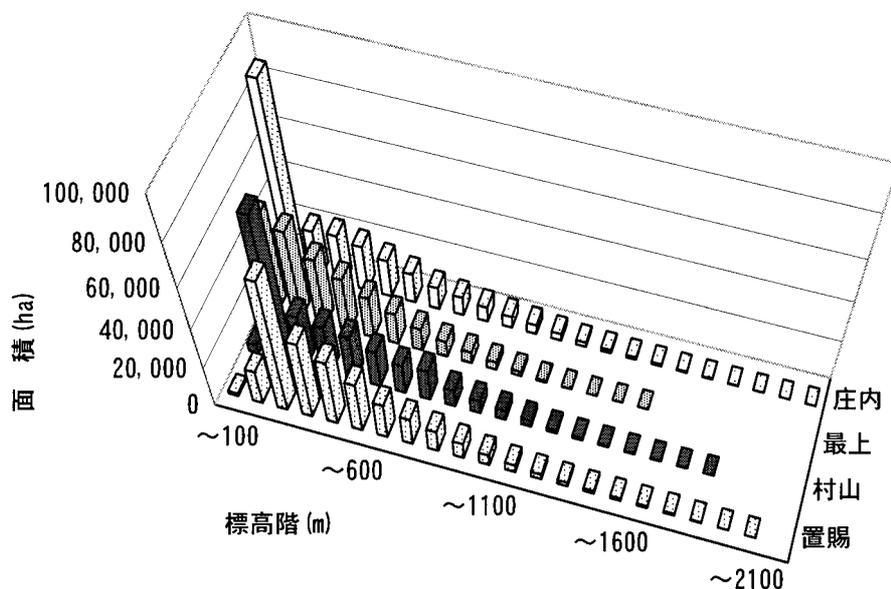


図 - 7 山形県の地方別・標高階別の面積

4.2 植生自然度別面積構成

使用した植生図には最小単位である多角形ごとに植生自然度という数値が割り振られており、これらは表 - 4 に示すとおりである。

図 - 8 に地方別の植生自然度別面積構成を示す。自然度1の市街地面積が最も広いのは村山地方で4,102haであり、最上地方が804haで最小である。自然度2の水田・畑、住宅地面積は庄内地方の63,107haが最大で、最上地方の37,440haが最小となっている。自然度3の果樹園等は村山地方が17,517haで最大、最上地方が1,688haで最小である。

自然度4の背の低い二次草原は各地方5,000～6,000ha程度となっている。自然度5の背の高い二次草原は何れの地方でも2,000ha以下となっている。自然度6の植林地は庄内と最上が約50,000ha、村山と置賜が30,000ha前後となっており、合計で160,000haを越える面積があるが詳細は後述する。植生自然度区分の中で最も面積の大きな面積を占める分類は植生自然

度7の二次林であり、置賜地方で84,654ha、これに次いで村山地方で66,447haとなっており、合計でも221,011haとなっている。自然度8の自然林に近い二次林は庄内地方の21,472haが最大、村山地方の10,521haが最小となっている。自然度9の自然林は庄内、最上、置賜の各地方で55,000ha以上の面積があるが、村山地方では約35,000haと若干少ない。自然度10の自然草原は合計13,222haで県土面積の1.4%となっているが、標高0～100mと1600m付近にふたつのピークがあり、低標高のピークは海岸域、高標高のピークは山頂付近の草原となっている。地方別にみると庄内地方の5,721haが最大で、最上の1,463haが最小である。この他には不明区分が52ha、自然裸地が1,059haと開放水域が8,055ha、合計で9,114ha、県土面積に占める割合は1.0%となっている。

表 - 4 山形県における植生自然度ごとの面積

植生自然度 コード番号	植生自然度の説明	面積 (ha)
0	不明区分他	51.73
1	市街地・造成地等:市街地, 造成地等の植生のほとんど存在しない地区	9,111.30
2	農耕地(水田・畑)・緑の多い住宅地:畑地, 水田等の耕作地, 緑の多い住宅地	190,628.85
3	農耕地(樹園地):果樹園, 桑畑, 茶畑, 苗圃等の樹園地	26,765.81
4	二次草原(背の低い草原):シバ群落等の背丈の低い草原	22,678.43
5	二次草原(背の高い草原):ササ群落, ススキ群落等の背丈の高い草原	4,455.22
6	植林地:常緑針葉樹, 落葉針葉樹, 常緑広葉樹等の植林地	160,311.69
7	二次林:クリーミズナラ群集, クヌギーコナラ群落等, 一般には二次林と呼ばれる代償植生地区	221,011.95
8	二次林(自然林に近いもの):ブナミズナラ再生林等, 代償植生であっても特に自然植生に近い地区	69,614.93
9	自然林:ブナ群集等, 自然植生のうち多層の植物社会を形成する地区	205,702.42
10	自然草原:高山ハイデ, 風衝草原, 自然草原等, 自然植生のうち単層の植物社会を形成する地区	13,222.28
98	自然裸地	1,058.75
99	開放水域	8,054.67
	合計	932,668.03

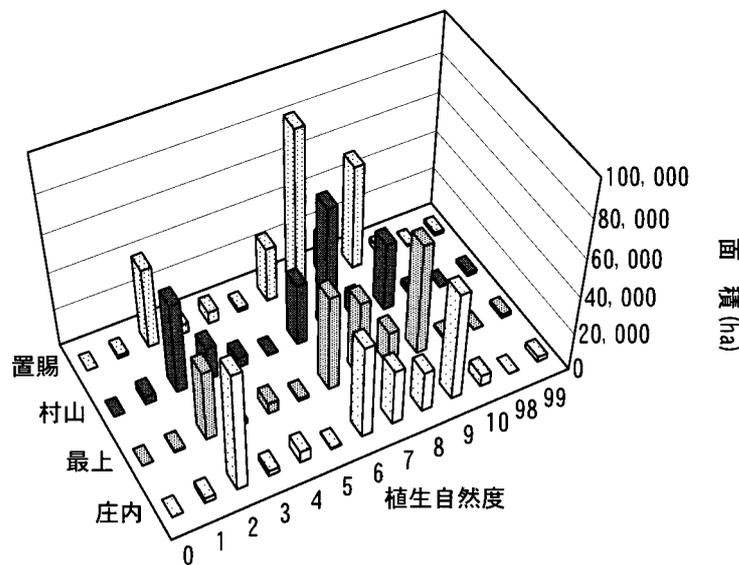


図 - 8 地方別・植生自然度別の面積

4.3 標高階別植林地面積

山形県における植生自然度 6 の植林地面積は160,312ha存在しその標高階別面積は図 - 9 に示すとおりである。

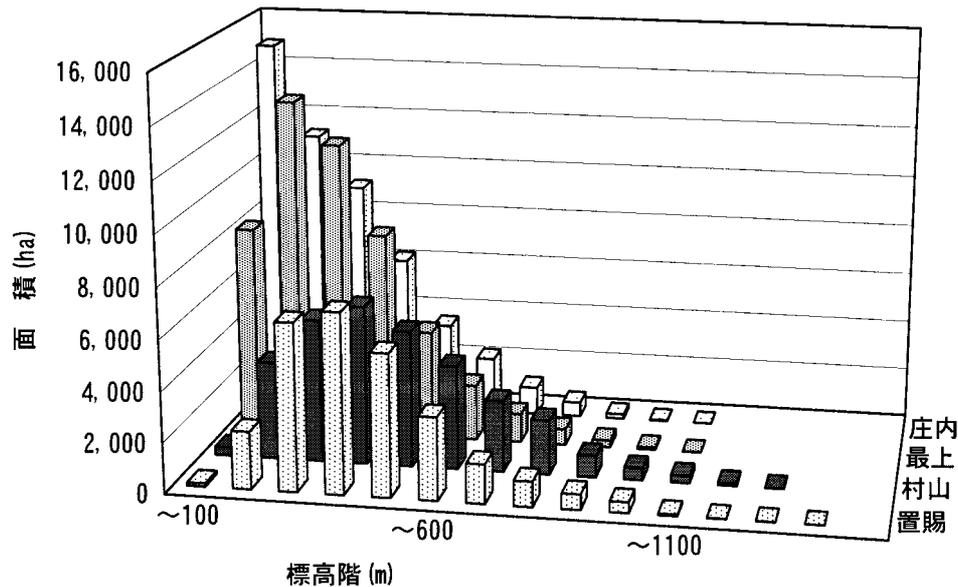


図 - 9 地方別・植生自然度別の面積

地方別にみると庄内地方の植林地は0～100m範囲で最も広く、低標高で多い傾向があるが、最上では100～200に、村山と置賜地方では300～400mでピークのある分布を示している。各地方ともに標高1000mを越えるところにも植林地があるが、特に置賜地方では1400m以上の標高域に植林地が存在している。植生図の集約群落名を検索すると山形県内では「落葉針葉樹」、「スギ・ヒノキ・サワラ」、「クロマツ」、「アカマツ」、「常緑針葉樹」の5タイプが区分されている。ここでは、この区分をそのまま利用して標高ごとの植林地面積をみることとする(図 - 10)。「落葉針葉樹」は800m以下の標高範囲で1,000haを超える面積があるが、合計面積は11,000ha以下で他の樹種に比較して少ない。「スギ・ヒノキ・サワラ」では100～300mの範囲にそれぞれ20,000haを超える面積があり、合計でも109,068haと最大の面積を占めている。「クロマツ」は庄内地方にのみ3,195haあり、低標高域に集中しているが、これらは海岸域に防災林として植栽されたものである。「アカマツ」は200～300mの標高域に4,000haほどのピークがあり、600mを超える標高域にも植林地がある。合計面積は11,935haで落葉針葉樹より僅かに広い。「常緑針葉樹」は200～300mの標高域にピークがありこの標高域で5,000haほどの面積を占めている。分布の形は「スギ・ヒノキ・サワラ」に類似しているが合計面積は24,817haで「スギ・ヒノキ・サワラ」の面積の22%を占める程度である。

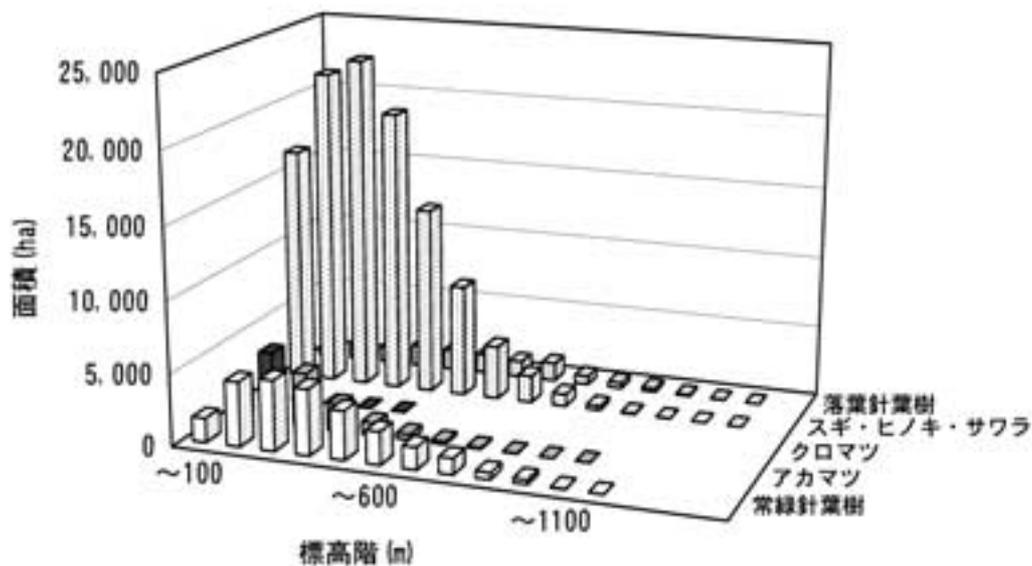


図 - 10 標高階別の植林樹種

表 - 5 植生自然度の大区分

植生自然度	植生自然度の説明	大区分	面積(ha)
0	不明区分他		
1	市街地・造成地等		
2	農耕地(水田・畑)・緑の多い住宅地		
3	農耕地(樹園地)		
4	二次草原(背の低い草原)	人為利用	262,804.76
5	二次草原(背の高い草原)		
98	自然裸地		
99	開放水域		
6	植林地	植林地	160,311.69
7	二次林	二次林A: 里山の二次林	221,011.95
8	二次林(自然林に近いもの)	二次林B: 奥山の二次林	69,614.93
9	自然林	自然林地	218,924.70
10	自然草原		

次に、山形県内の土地利用の実態を把握するために、前述の植生自然度と植生のタイプを人為的土地利用の程度に応じて表 - 5 のように再区分した。なお、その他の植生自然度98の自然裸地と99の開放水域は面積が少ないので人為利用区分に分類した。この区分に応じて山形県内の土地利用状況を標高階別にみたものが図 - 11 である。

人為利用の合計面積は262,805haで低標高ほど面積が広く、特に300m以下の標高に集中して分布している。植林地は160,312haで200～300mの標高域にピークがある。二次林Aはいわゆる里山の二次林を意味しており、植林地と同様のパターンを呈し200～300mの標高域にピークがあり、合計221,012haで植林地の1.3倍程の面積がある。二次林Bは自然林に近い二次林でいわゆる奥山の二次林を意味する。

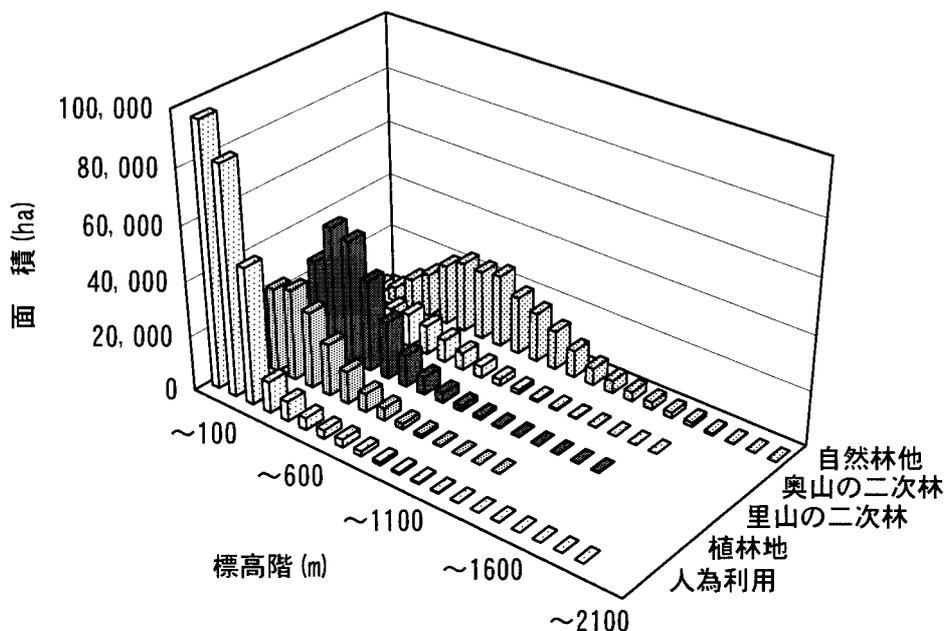


図 - 11 山形県の標高別の土地利用状況

この面積は69,615haで里山の二次林の約3分の1の面積であるが、その分布は里山の二次林より少し高標高の400～500mにピークがある。自然林他は218,925haで里山の二次林とほぼ同面積を占めており、700～800mにピークがある。標高ごとの面積加重による平均標高は人為利用区分で183.1m、植林地で309.0m、里山の二次林で355.6m、奥山の二次林で532.2m、自然林他で735.6mと算出された。

4.4 植生図からみた山形県の森林面積

植生自然度の分類6の植林地、7の二次林、8の自然林に近い二次林および9の自然林を合計すると山形県の森林面積が集計できるがこの値は656,641haとなり、県面積の932,668haに占める比率は70.4%となる。これに植生自然度4のなかの伐採跡地群落22,176haを加えると678,817haで県土面積の72.8%となるが、この値は山形県の林業統計（山形県農林水産部森林課、2000）の値より1%程大きな値である。さらに、森林の取り扱いのうえでは除地の指定がなされる場合の多い植生自然度10の自然草原13,222haを加えると692,039haで県土面積の74.2%となる。なお、この中には河川敷や河畔林など林業統計に含まれない地域があることはいうまでもない。

山形県の人工造林の経過（山形県農林水産部森林課、2000）をみると植林樹種はスギ、アカマツ、クロマツ、カラムツで占められており、これ以外の樹種で成林している箇所は極めて僅かである（三浦、1980）。特に、「落葉針葉樹」ではカラムツ以外に植林された樹種は皆無である。また、常緑針葉樹による植林地で、成林している箇所はスギ以外にはヨーロッパトウヒが僅かに見られる程度である。一方、植生図作成時に「常緑針葉樹」と区分された植林地は樹冠の不明確な若齢若しくは成績不良の植林地と考えられそのほとんどはスギと推定

できる。山形県内の針葉樹人工造林に関しては今永ら（1979）の報告にもあるように概ね標高500m以下の植栽が推奨されているが、実際には標高1000mに至るまで植林地は広がっている。これらの標高域では良好な成長を期待することは難しいと考えられる。標高500m以上の場所に植栽されている人工林の面積は45,224haであり、スギと常緑針葉樹を合計すると37,029haであることがわかった（表 - 6）。本調査の目標である「人工林における天然更新技術」を考えると、植林限界標高より上部に植栽された植林地はその対象になることが考えられる。

表 - 6 標高500m上下の樹種別植林地面積

植林樹種	標高 500m以下	標高 500m以上	合計
スギ・ヒノキ・サワラ	81,741	27,867	109,608
常緑針葉樹	15,655	9,162	24,816
落葉針葉樹	4,183	6,574	10,757
アカマツ	10,324	1,612	11,935
クロマツ	3,186	9	3,195
合 計	115,088	45,224	160,312

表 - 7 標高500m上下の伐採跡地面積

標 高	500m以下	500m以上	合 計
伐採跡地面積 (ha)	11,484	10,693	22,177

一方、自然度4で背の低い二次草原に区分される植生のなかに伐採跡地群落があり、これらの面積は、庄内で5,905ha、最上で5,532ha、村山で4,753、置賜で5,986ha、合計で22,176haとなっており、植林地面積との合計の比率で10%から17%を占めている（表 - 7）。これらの伐採跡地の中には実際に植林が行なわれたが成林していない箇所もることが考えられ、この面積は標高500m以上の箇所では更に高確率となることが考えられる。今後、これらの植林地に対する追跡調査が必要であろう。

5. おわりに

本調査では、北東北における人工林内のヒバ更新の可能性に関する調査、また山形県内でスギ人工林内の造林未済地について調査を行ってきた。前者の、ヒバの更新については生育限界の解明が必要であること、後者のスギ人工林では造林不適地への造林経過の把握が必要であることが指摘された。これらの情報を把握することにより造林未済地の特定が可能となり、対策を講じる条件整備が可能となろう。一方、両者の共通点としてはGISを活用したゾーニングの必要性があげられる。そのためには精度の高い森林情報が必要不可欠であり、これまでに蓄積された貴重なデータのデジタル化は急務といえよう。

引用文献

青森県農林水産部林政課（2004）青森県森林資源統計書

藤森隆郎（2002）森林とCO₂。林業技術 727：8-11.

藤原 敬（2002）地球環境問題と森林の20年 - 森林管理国際化とエコマテリアルとしての木材問題 - 。林業技術 729：2-6.

今永正明,北村昌美,保坂良悦（1979）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.

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 - 。CD-ROM版、環境庁生物多様性センター、山梨。

国土地理院（1997）数値地図50mメッシュ標高 - 日本Ⅱ。日本地図センター、東京。

松川恭佐（1931）森林構成群を基礎とするヒバ天然林の施業法

三浦直美（1980）山形県のヒノキ林の実態と造林の可能性について。山形県立林業試験場研究報告、11：49-53。

野堀嘉裕（1987）天然林における林相改良のための施業に関する基礎的研究 - 北海道大学中川地方演習林に設置した施業標準林の分析を中心として - 。北海道大学農学部附属演習林研究報告、第44巻1号、1～122。

野堀嘉裕・林田光祐・中島勇喜（2000）日本海沿岸北部における海岸林の特徴と現況。東北森林科学会誌 5（2）：69-78。

山形県農林水産部森林課（2000）平成13年度山形県森林行政の概要、76pp、山形県。

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 - 特にマツの混交したヒノキ人工林から成林した天然生林 -

赤井 龍男

1 はじめに - 針葉樹の天然更新技術の評価と情報量

日本における針葉樹の天然更新施業の流れについては昨年度の報告書の冒頭で述べたが、その史的経過をたどるとその時代の社会的、経済的情勢に応じ、天然更新施業は盛衰を繰り返してきたことがわかる。すなわち、1920年代（大正、昭和初期）には、当時、不成績造林地や崩壊地の増大と、財政面から人工造林事業の縮小等の事情によって、御料林や国有林各営林局ではスギ、ヒノキ等の択伐天然更新施業が強力に推進された。しかし、その多くは期待されたほどの成果を上げることができず、第2次大戦を境に大面積皆伐、一斉造林へと転換した。

しかし、現在また、長びく林業不況、未造林地の増加、国有林の財政悪化に加え、環境保全等森林の持つ多様な機能に対する要望から、自然再生技術としての天然更新に期待が寄せられるようになった。すなわち、林業不況、不成績造林地の増大は天然更新論を台頭させ、天然更新施業による更新の失敗は衰退させることになる。

いずれにしてもスギ、ヒノキ等針葉樹の天然更新は日本では困難もしくは不可能というのが正直なところ現在の林業界の常識であろう。昨年度報告したようにトドマツやヒバ等も含め針葉樹の天然更新施業の成功例は、日の目を見ないものも含めると各所に存在する。しかし、アメリカ、カナダあるいはドイツ等ヨーロッパの林業先進国でかなりの比重で取り入れられている天然更新施業が何故日本では普及しないのか検討しておく必要がある。

これには多くの要因が考えられるが、育林技術の発展過程からみると、日本では明治以来、農業の栽培技術が人工造林の基礎になったこと、林業政策面からみると、特別経営時代を含め国の助成策が人工造林事業一辺倒であったこと、さらに、薪炭林施業のような萌芽更新以外では、針葉樹天然更新施業の成功事例が少なく、その技術体系に信頼性が置けない等があげられよう。

特に、技術の信頼性に関し、針葉樹の天然更新は施業開始の初期に稚樹が発生しても、いつしか消滅してしまうとの見方が少なくない。すなわち、更新完了後、成林状態の天然生林になるまでの実例に基づく技術体系が示されない限り、信頼性が高められないであろう。そういう意味で、人工林からのヒノキ天然更新技術については、昨年度報告した段戸国有林の傘（漸）伐法と同様の間伐により更新した後、20年以上を経過し、事業的規模で成林したヒノキ天然生林は貴重な天然更新技術体系のモデルになる。

しかし、この天然更新施業の成功例は、段戸地方特有の火山灰質の黒色土壌の多い立地条件から特例との見方もあろう。それ故、人工林からの天然更新技術の開発、普及には他の地域の事例を多く集め、解析した情報を広く発信する必要がある。そこで、今年度は広島県内の離れた位置にある野路山、姥ヶ原山、ヒナ山の3国有林の成林状態となったヒノキ天然生林を調査し、更新の初期状態と成林に至る経過から更新技術の体系を検討することにした。

さらに、これまで紹介してきた国内外の天然更新技術は、主として純林状態の林分から各種の伐採法によって更新させる体系であり、混交林からの更新技術についてはあまり重視されていなかった。しかし、今年度の広島県内の調査対象地にはアカマツ、クロマツ等の混交したヒノキ人工林から天然更新した事例が多く、しかも技術上からも、コスト面からも今後の天然更新技術としてはきわめて有望であると判断されたので、天然生林となった経緯を解析し、新たな天然更新技術体系の組み立てを検討してみたい。

なお、今回3国有林の調査にあたっては、近畿中国森林管理局計画課、広島森林管理署及び広島北部森林管理署のご協力を頂いた。本報告を取りまとめるにあたり深謝したい。

2 野路山国有林におけるヒノキ天然生林

野路山国有林は広島県呉市の東約14kmの地点にあり、標高は700～840mで、山頂付近は広大な高原となっている。もともとは明治40～42年（1907～1909）頃の特別経営時代に植栽された一大ヒノキ人工林であったが、第2次大戦後多くの部分が農地として開放されたため、その中心部は図-1に示したように蚕食状態になっている。

また、1968年（昭和43年）スカイラインの開通とともに、芸予諸島を望む景勝の地として格好のレクリエーションの場となり、四季を通じ訪れる人が多い。野路山国有林の総面積約1,600haのうち、高原の中心部は空間利用タイプの森林と人との共生林として風景林に指定されている。

今回の調査は543、539、544林班の図-1に印で示したA、B、Cの3林分で行った。そのいずれも昭和50年代に更新状態の調査、解析を行なっているので、20数年後の現状と比較検討することができた。しかし、野路山国有林のうち、山頂付近の林分には強風による風倒被害が多いが、保育の経過も含め正確な林分構造の変動は林班沿革簿からも明らかでない。写真-1は1976年当時の542林班の林分で、閉鎖状態であったためヒノキ稚樹は勿論、下層植生は全く成立していなかった。この林分にも写真-2のように、2004年の台風で多くの風倒被害が発生した。それ故、この20数年間における各調査地の林分構造にはかなり変動があったと思われるが、経過の詳細については今後の解析にゆだねたい。

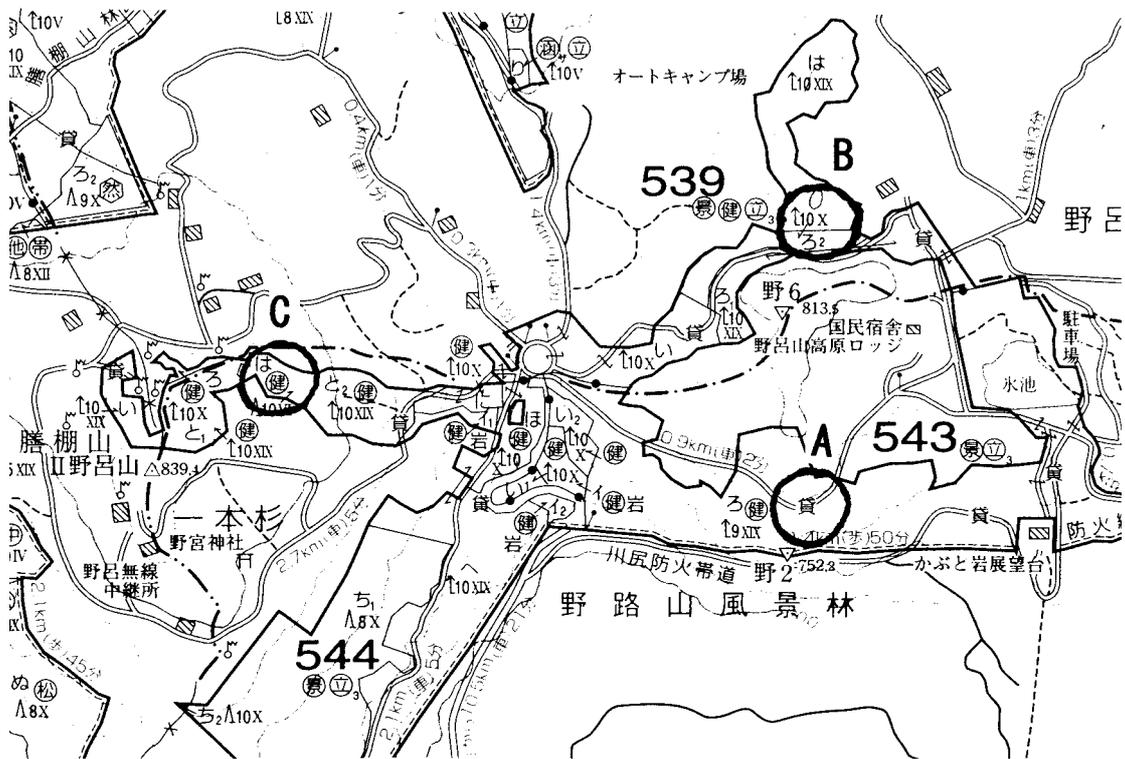


図 - 1 野路山国有林の調査地A.B.C () の位置

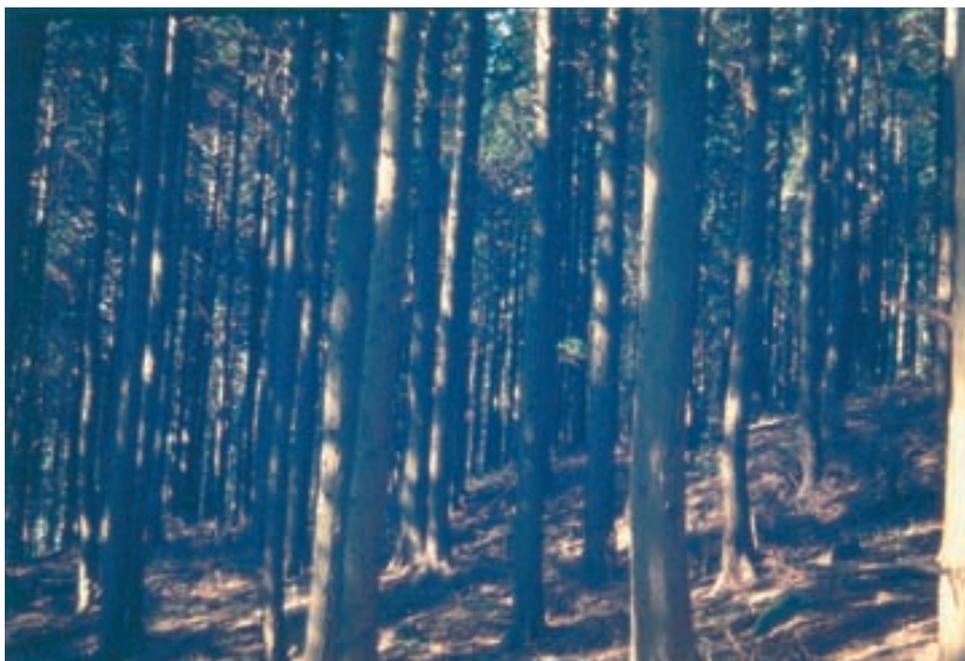


写真 - 1 野路山国有林542林班の閉鎖状態にあった69年生時のヒノキ人工林。ヒノキ稚樹を含む下層植生は全く成立していない(1976)



写真 - 2 同。台風により風倒被害の発生した97年生時の同林分（2004）

A 543林班ろ小班における更新の経過と成林状態

1) ヒノキ人工林の69年生時（1976年）における更新状態

本林分の最初の調査は財団法人森林経営研究所を通じ、当時の大阪営林局から依頼された昭和49年度からの継続調査課題である「都市近郊国有林における森林施業のあり方」の一環として1977年2月に行ったものである。その内容は昭和53年3月と54年11月大阪営林局発刊の同文の報告書にまとめられている。

一方、天然更新に関する学術報告書としては赤井龍男「天然更新に関する研究（Ⅳ）近畿・中国地方における各種ヒノキ林の更新」という課題で、昭和53年11月発刊の京都大学農学部附属演習林報告第50号で公にされた。ここではこれらの報告書の資料に基づきその一部を紹介することにする。

543林班ろ小班的中央には写真 - 3 のように、2車線のドライブウェイが横切っているが、道路の右側上部のろ₂小班と下部のろ₃小班で調査を行った。

まず、ろ₂小班的道路に面した林縁から斜面上部の民地境の林縁まで、水平幅10m、水平距離約90mのベルト内に成立する69年生ヒノキ上木（1本だけアカマツ混交）の垂直構造と、5～10m間隔に設けた2×1m枠内のヒノキ稚樹の高さ別本数を図 - 2 に示した、また、立木の平均胸高直径、林分密度（本数）、胸高断面積合計も図中に示した。なお、土壌はB_D型で、土壌層は比較的深かった。

本林分の特徴は立木本数がhaあたり2,000本を越え、胸高断面積合計が60m²/haもあり、また、平均胸高直径は70年生林分にもかかわらず20cmに達していない密状態ということで



写真 - 3 野路山国有林543林班を横切るドライブウェイ。右側が上部ろ2小班、左方が下部のろ3小班（2004）

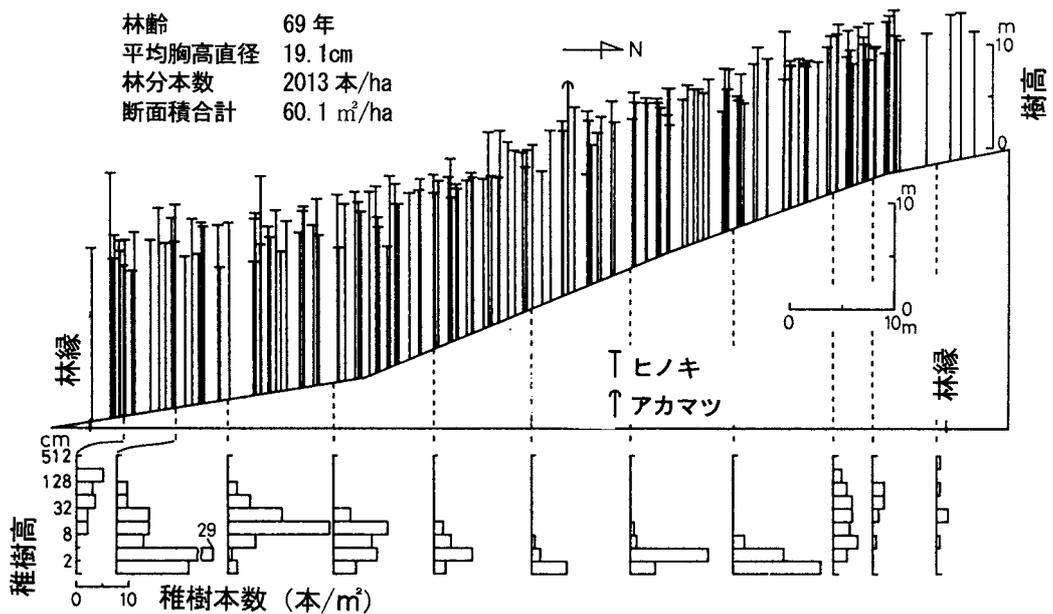


図 - 2 野路山国有林543林班ろ2小班の調査ベルト内における69年生ヒノキ上木の垂直構造とヒノキ稚樹の成立状態（1976）

ある。したがって写真 - 1 と同様下層植生は成立しないはずであるが、写真 - 4 にみられるように林内は比較的明るく、下層植生とともにヒノキ稚樹も成立している。これは風の強い稜線であるので、各林木の樹冠の間に明瞭なすき間があり、陽斑点が比較的多く射入するためであろう。

図 - 2 から明らかなように、本調査ベルト内では光条件のよい林縁から10mほどまでの間に成立するヒノキ稚樹は大きく、1mを越すものも多い。しかし、林内に入るに従い、稚樹高は小さくなり、中央付近ではほとんど10cm以下で、1～2年生の稚樹だけが成立している。しかし、稚樹の本数は m^2 あたり10本以上も成立しているので、間伐により林冠調整（傘伐天然更新体系でいう下種伐）をすれば、これらの稚樹は成長を促進するであろうと当時提言した。それを受け当時の西条営林署では20%前後の伐採率で間伐を行った。

つぎに道路下側の543林班 r_3 小班には、道路際の林縁から40mほど下った地点に樹高幅程度の孔状地があり、大きく育った天然生のヒノキ更新樹が多く成立していたので、これを中心に水平幅10m、水平距離約70mの調査ベルトを設け調査を行った。

調査ベルト内におけるヒノキ上木（1本だけアカマツ混交）の垂直構造とヒノキ稚樹及び更新樹の成立状態は図 - 3 のようであった。孔状地を除いた林分構造は r_2 小班とほとんど同様である。なお、孔状地ができた由来や原因はよくわからないが、多分局所的な風倒地ではないかと思われた。

図 - 3 から認められるように、斜面上部の林縁付近には、30cm前後の比較的大きい稚樹が成立しているに反し、林内に入るに従い、 r_2 小班の事例と同様、10cm以下の小さい稚樹のみとなる。しかし、図のように林内に孔状地があると、その周辺の更新はきわだって大きく



写真 - 4 同。上部 r_2 小班のヒノキ69年生時における林内。密状態にあるが林内は明るく、下層植生のほかヒノキ稚樹も成立している（1976）

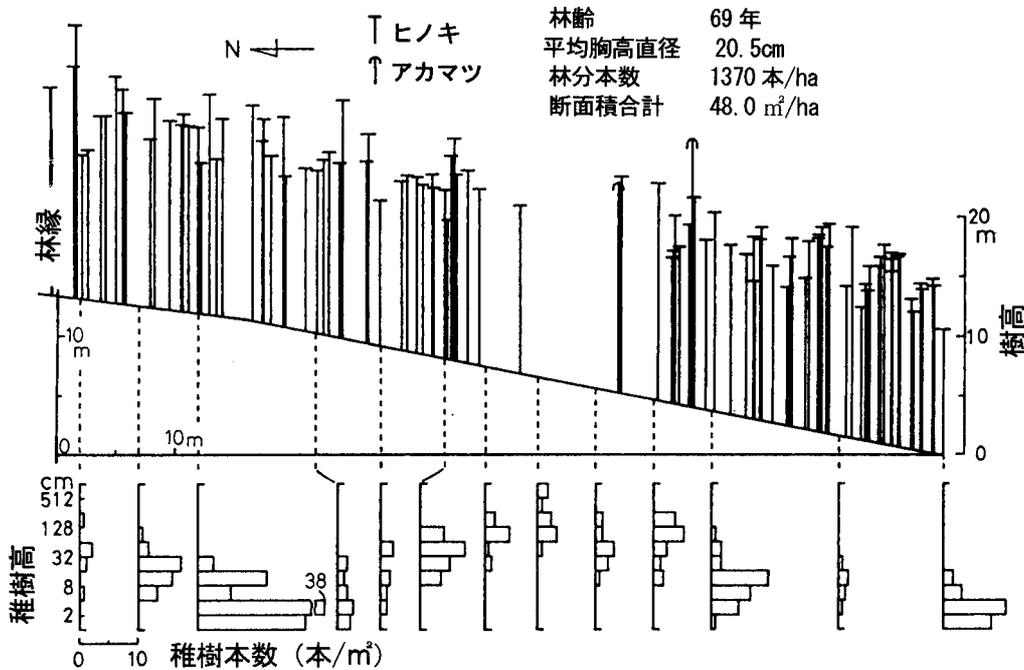


図 - 3 同。543林班ろ3小班の林内孔状地を含む調査ベルト内における69年生ヒノキ上木の垂直構造と天然生ヒノキ更新樹の成立状態 (1976)

となり、孔状地の中心部では樹高 5 m 以上にも成長した更新樹がみられた。しかしまた、孔状地の林縁から離れるに従い、更新条件は悪く、小さい稚樹のみとなる。なお、ヒノキ稚樹や大きくなった更新樹の年齢はほとんど10年生以下であった。

この孔状地を中心にした更新の様子は、昨年度報告書に記した天然更新の施業体系すなわち森林作業法でいう群状（孔状）択伐あるいは画伐天然更新法の典型的なモデルとなると当時提言した。特に群状択伐を採用するならば、群の大きさ（幅あるいは径）は樹高の 1 ~ 1.5 倍（15 ~ 25m）とし、伐期齢80 ~ 100年、回帰年20年とすれば、1回の収穫量は20 ~ 25% になり、風景林としての価値も高まろうと記した。

2) ヒノキ人工林の97年生時（2004年）における天然生ヒノキの成林状態

前回の調査から28年を経過した2004年秋の現状をみてみよう。写真 - 5 は道路上側のろ2小班におけるかつて調査ベルトを設けたところである。しかし、風倒被害を受けたやや広い群状地に若いヒノキ更新樹が成立し、写真 - 4 の林分のような以前の面影は全く無い。ここは多分、10数年前、1991年9月の19号台風によって風倒被害が発生した後、図 - 2 のように、林内に成立していたヒノキ稚樹が成長し、天然生ヒノキとして成林したようである。

写真 - 6 は道路下側のろ3小班に設けたかつての調査ベルトを、斜面上部から見たもので、また、写真 - 7 は少し斜め横から撮影したものである。図 - 3 に示した当時の林内稚樹が大きく成長したものであろうが、28年経過しているには意外に小さく、また、かつての孔状地の更新樹は風倒被害を受けたようで確認できなかった。



写真 - 5 同。543林班ろ2小班の1976年の調査地。10数年前に群状に倒れた風害跡地にはかつての林内稚樹が成長し、成林状態になっている（2004）



写真 - 6 同。543林班ろ3小班の調査ベルト上部からみた現状（2004）



写真 - 7 同。調査ベルトの中ほどを斜め横から撮影したヒノキ更新樹

そこで今回、前回とほぼ同じと思われる地点から斜距離で40m余にわたり8m幅の調査ベルトを設け、上木のヒノキ造林木と高さ1m以上の天然生ヒノキ及びアカマツのほか樹高5m以上の広葉樹について、その位置と樹高あるいは一部胸高直径を測定し、図 - 4 に示した3次元の立体構造図によって検証してみた。なお、立体構造としての3次元図化に関して

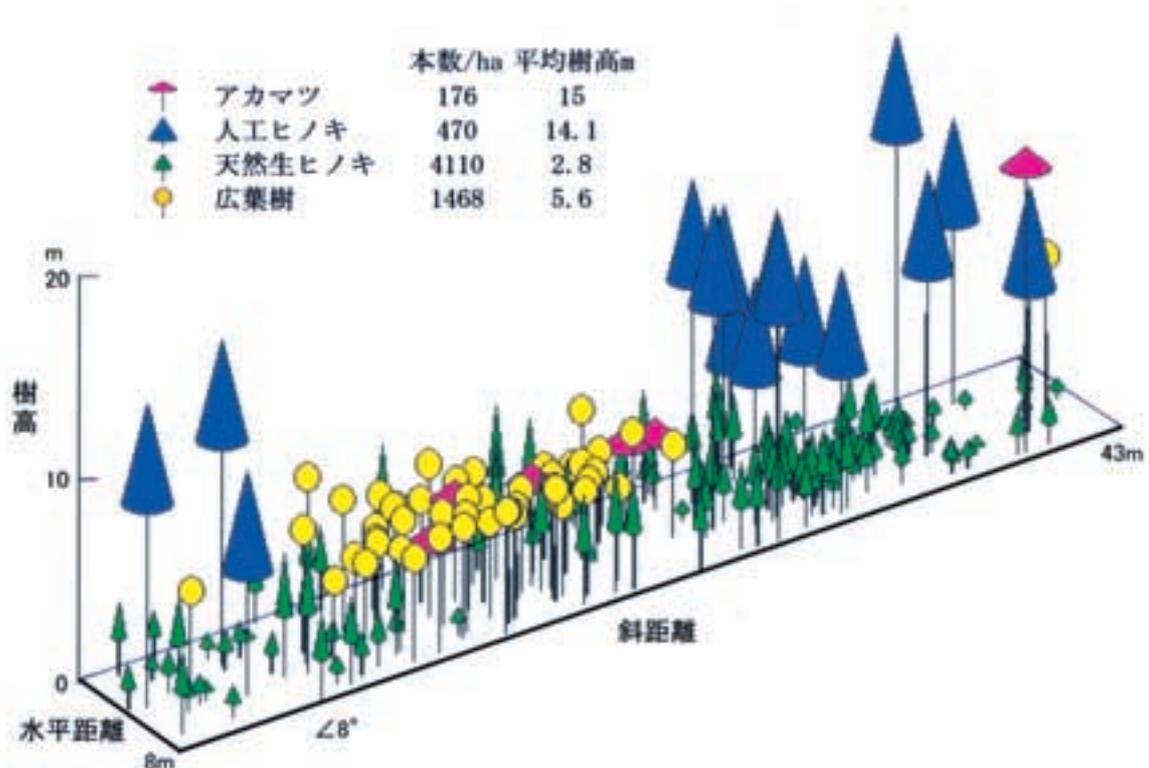


図 - 4 同。543林班ろ3小班の97年生ヒノキ人工林における成林状態になった各樹種の立体構造 (2004)

は、山形大学野堀善裕氏のソフトFWを使用させていただいた。また、調査ベルト内に成立する人工ヒノキ、天然生ヒノキのほか広葉樹、アカマツの樹高分布を図 - 5 に示した。

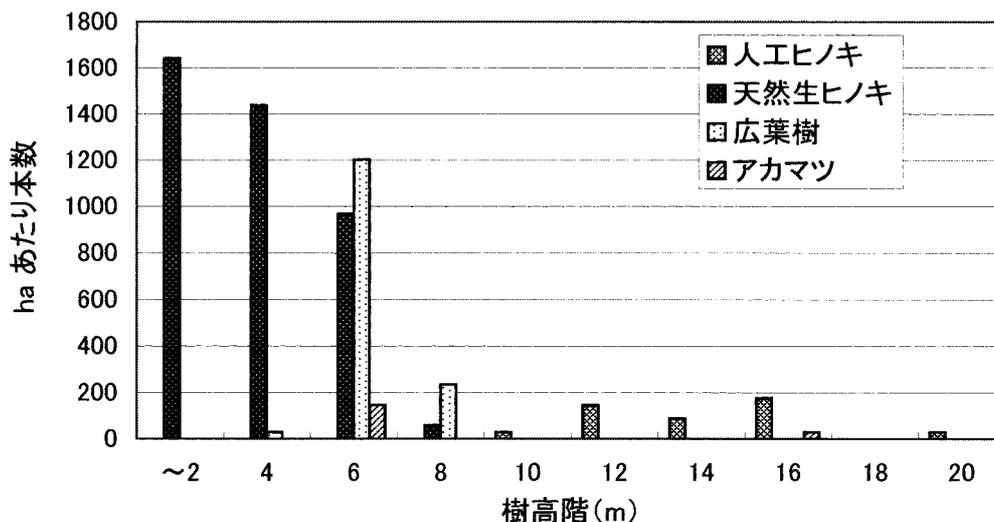


図 - 5 同。543林班の調査ベルト内に成立する各樹種の樹高分布

図 - 4 から認められるように、現在97年生になった上木のヒノキ造林木は、風倒被害によって減少し、散生するようになった。特に28年前調査した時は、図 - 3 のように、少なくとも斜面上部から40mほどの区間は上木が成立していたのに、現在は調査ベルトの上部（43m地点）から下方20～35mの間の上木がなくなり、天然生のヒノキや主として落葉の広葉樹とアカマツが成立するようになった。しかもそれらの更新樹は図 - 4、5 から判断されるように、ほとんどが4～8mで、写真 - 8 のように、ほぼ閉鎖状態の天然生林となっている。

本調査ベルト内に成立するヒノキ更新樹の年齢を調査したところ、ほとんどが14～15年生であった。このことから上木の人工ヒノキは1991年9月の19号台風によって群状に風倒被害を受け、樹高幅ほどの孔状地ができた結果、当時成立していたヒノキの林内稚樹やその後更新した稚樹が落葉広葉樹やアカマツとともに成長し成林したと考えられる。

一方、上木の成立する箇所には、図 - 4 から認められるように、ヒノキ稚樹や数m以上に成長したヒノキ更新樹が多く成立するが、広葉樹やアカマツは少ない。このような林内と孔状地におけるヒノキの更新状態は、図 - 3 に示した28年前の調査結果とほぼ同様である。また、孔状地に成立する広葉樹はウリハダカエデ、クリ、コナラ、イヌザンショウなどが主であるが、数10年後にはヒノキとアカマツを上木とした階層混交型の天然生林になるであろう。したがって野路山国有林のような立地条件では、単木状にぬき伐りをする傘（漸）伐法でも、樹高の1～1.5倍程度の広さに伐採する群状択伐法あるいは孔伐法でも、天然更新によってヒノキを主とした天然生林を造成することは比較的容易であるといえる。



写真 - 8 同。調査ベルト中央部における天然生ヒノキ（写真右方）と広葉樹、アカマツ（写真中央ポールの周辺）が混交し成林した状態の天然生林。遠方のヒノキは上木の人工ヒノキである（2004）

なお、孔状地に成立している天然生アカマツは、次代のヒノキ天然更新に重要な役割を果すことになると考えられるが、その理由は次に述べる。

B 539林班ろ小班における更新と成林の経過

1) アカマツの混交したヒノキ人工林の69年生時（1976年）における更新状態

本調査地は543林班の調査地から数100mほど北方に位置し、地形は平坦状もしくは緩斜地である。林齢や全体の林分構造は543林班とほぼ同様であるが、アカマツが約30%ほど混交していた老齢のヒノキ人工林である。土壌はBD型で物理性もよく、比較的肥沃である。

543林班と同様の方法で調査した10m幅約60m長の調査ベルト内におけるヒノキとアカマツ上木の垂直構造と、ヒノキ稚樹の成立状態は図 - 6 のようであった。図中には平均胸高直径のほか林分本数や断面積合計も示されている。なお、その詳細は「都市近郊林における森林施業のあり方」大阪営林局（1978）と、赤井龍男の「天然更新に関する研究（IV）」京都大学演習林報告50号（1978）に記されている。

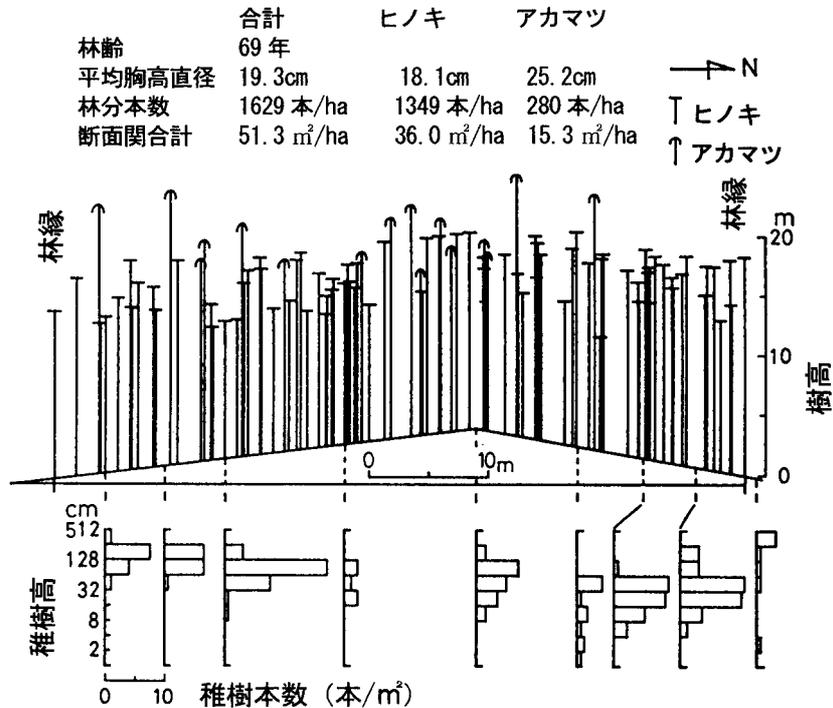


図 - 6 野路山国有林539林班ろ小班の69年生ヒノキ人工林における上木の垂直構造とヒノキ稚樹の成立状態 (1976)

図 - 6 から明らかなように、調査ベルト両端の林縁付近には大きなヒノキ稚樹が多数成立している。写真 - 9 は南側林縁の更新状態であるが、1 mを越すヒノキ稚樹が密生し、更新樹間の競争が始まっているようで、すでに自然間引による枯死木もみられた。

一方、林内も50cm前後から 1 m近いヒノキ稚樹が比較的多く成立し、足を踏み入れる空



写真 - 9 野路山国有林539林班ろ小班の69年生ヒノキ人工林の林縁付近に多数更新し、大きく成長したヒノキ稚樹 (1976)

間もないほどであった。すなわち、このように50cm以上のヒノキ稚樹が m^2 あたり数本以上も成立するようになれば、上木を伐採しても充分成林する可能性があるので、更新が完了した林分であるといえようと、当時指摘した。

さらにこのように更新完了の状態になった最大の要因は、胸高断面積合計（林分材積でもよい）で30%という比較的高い混交率でアカマツが成立していたことであるとした。すなわち69年生のヒノキ上木だけで立木本数がhaあたり約1,350本もある相対的に密な林分であるにもかかわらず、陽性樹種のアカマツが混交するため林内は比較的明るい。調査が冬であったため林内照度は測定していないが、稚樹の成立と成長状態から判断し、林内の平均相対照度は多分5～8%と推測されたが、このようなアカマツの混交は他地域の例などからもヒノキの天然更新に好ましい条件を与えると判断された。

なお、成立しているヒノキ稚樹の年齢から成長状態を解析してみよう。図-7に543、539林班の林内、林縁付近に成立しているヒノキ稚樹の高さと年齢の関係を示した。図から認められるように、543林班の稚樹はほとんど10年生以下であるに対し、539林班の稚樹は10年生以上のものが多く、特に林縁付近の大きい稚樹のほとんどは15～17年生であった。これは林

縁の形成、間伐など林分構造の移り変わりが異なるため、更新開始の時期にずれが生じたものと思われた。

一方、稚樹の成長は明らかに林縁付近の方がよい。特に539林班の林縁付近の2mを越す更新樹には年平均成長量が15～20cmに達するものもみられた。

さて、539林班のアカマツの混交した69年生ヒノキ人工林は間伐が計画されていたが、その林内に更新完了という理想的な状態で成立していたヒノキ稚樹は、28年後どの様に変化したか、つぎにとりあげることにする。

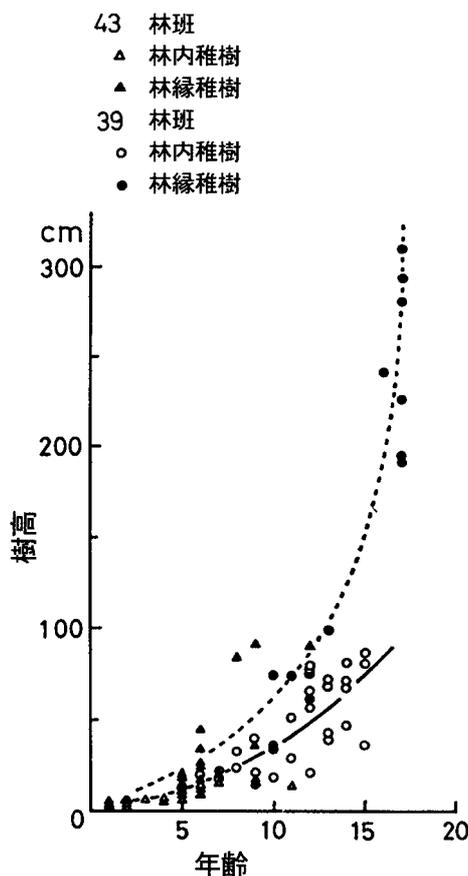


図-7 同。543,539両林班に成立するヒノキ稚樹の年齢と樹高の関係(1976)

2) ヒノキ人工林の97年生時における天然生ヒノキの成長と成林の状態

前述のように、本林分は調査後間もなく予定通り間伐されたが、その際、せっかく多数成立していた天然生のヒノキは、伐出作業の妨げになるとして、そのほとんどが除伐されてしまった。たまたま、大阪営林局経営部が中心になり、ヒノキ天然更新技術の検修目的で、(1980年頃)大阪営林局と周辺営林署の方々の現地検討会が野路山で行われた際、この539林班の無残にもヒノキ更新樹が刈り払われた状態を目のあたりにすることになった。当時、天然更新に対する関心は低かったとはいえ、技術者の心得として局署内で大きな問題になった。

せっかく更新したヒノキ稚樹や大きな更新樹にとっては苦難の時期ではあったが、幸い伐り株に残されていた枝葉が成長し始めた結果、20数年後の現在、見事な天然生林に育った。写真 - 10は写真 - 9と同じ箇所の現状である。1976年当時林縁付近に成立していた大きな更新樹は、28年を経過し、写真中央にみられるように樹高が10m前後にまで成長した。また、写真 - 11は図 - 6に示した林内稚樹の成立していた箇所であるが、当時の稚樹と新たに更新した稚樹が混生している。また、写真 - 11の手前右には当時のアカマツ上木が残存している。

しかし、この539林班も風害が発生し、群状に風倒したところが多い。写真 - 12は今回調査したベルト内の孔状地である。ここは後述するように、若い新生のヒノキ稚樹とかつての林内稚樹が大きく成長し、それらの更新樹が混生して天然生林を形成したものである。

この天然生林の状態を明らかにするため、今回林道に面した図 - 6とほぼ同じ林縁付近から、8m幅で24m長の調査ベルトを設け、97年生の人工ヒノキと天然更新した1m以上のヒ



写真 - 10 同。539林班における写真 - 9とほぼ同じ箇所の28年後の現状。
林縁付近のヒノキ稚樹が成長し幼樹となった(2004)



写真 - 11 同。林内では28年前の稚樹と新しく更新した稚樹が混生している。
右方手前には当時のアカマツが残存している

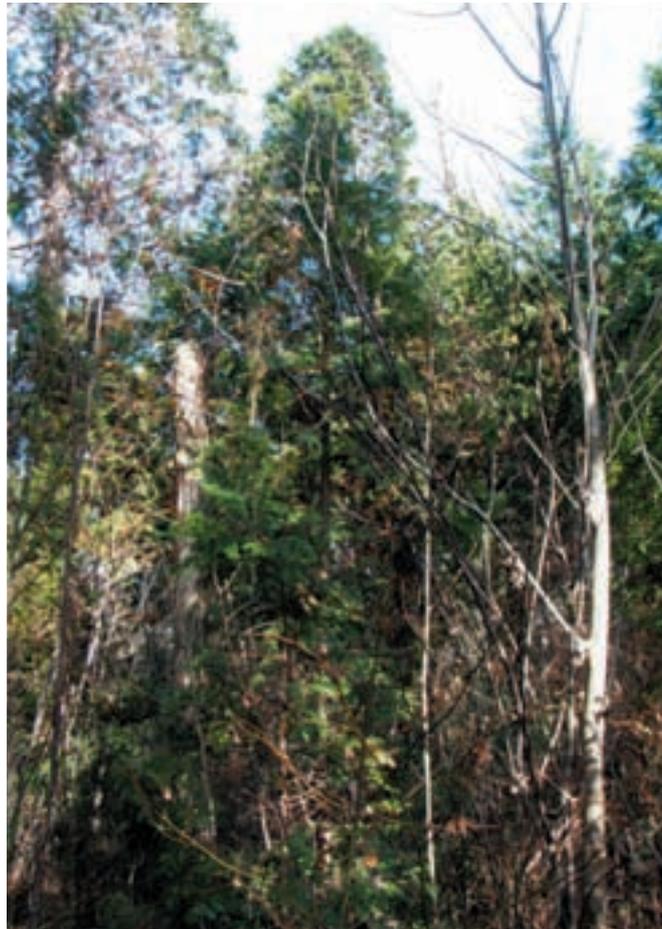


写真 - 12 同。群状に倒れた風害地にはかつての林内稚樹と
新しく更新した稚樹が混生している（2004）

ノキ及び5m以上の広葉樹の位置と大きさを測定し、3次元の立体構造図として図-8に示した。なお、天然生のヒノキに関しては、28年前の調査時、すでに成立していた稚樹が成長したと思われる大きさの更新樹を「天然生ヒノキ」とし、多分1991年9月の台風による風倒後新たに更新したと考えられる稚樹を「新天然生ヒノキ」と区別して図に示した。さらに、調査ベルト内に成立している生立木についてそれぞれの樹高分布を図-9に示した。

図-8から認められるように、現在97年生の人工ヒノキは風倒被害によって成立本数が著しく少なくなった。また、28年前、30%ほど混交していたアカマツも写真-11にみられるように、局所的にしか残っていない。

それに対し、図-6に示したように、アカマツの混交する69年生の人工ヒノキ林内に多数成立していたヒノキ稚樹は、間伐時除伐されたものの下枝葉が再生して成長し、現在、図-8にみられるように風倒によって生じた孔状地を中心に天然生ヒノキとして成林した。この孔状地内の天然生ヒノキは図-9のように樹高8~12m、平均樹高は約9m、haあたりの本

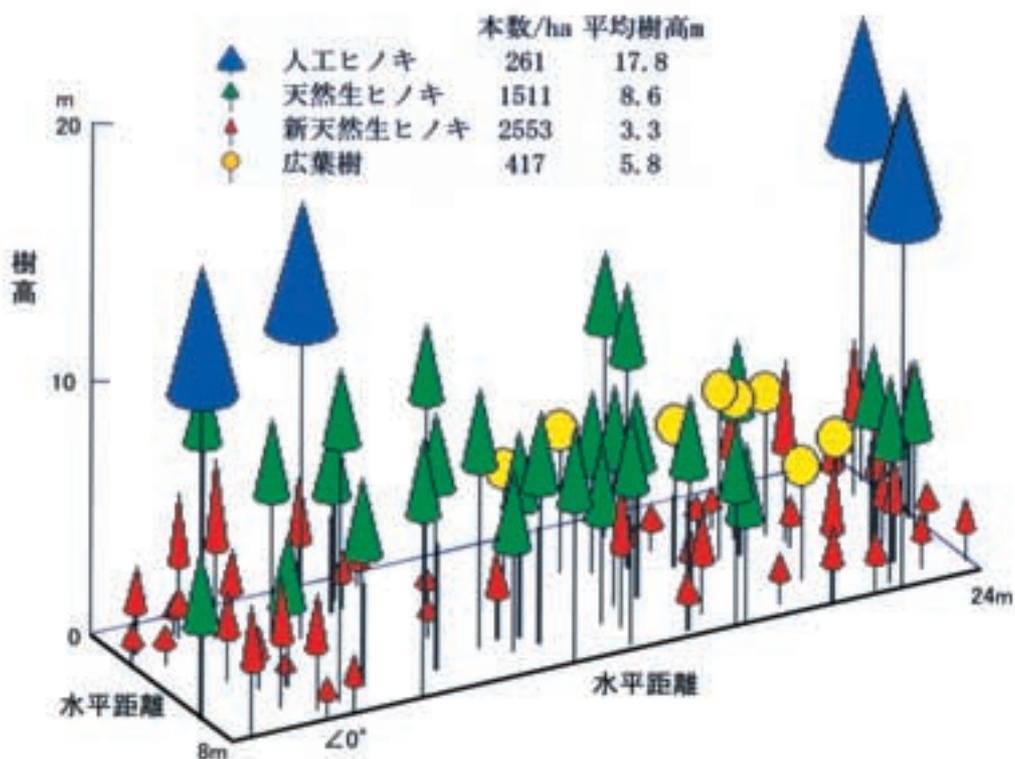


図-8 野路山国有林539林班の残存している97年生人工ヒノキと若い天然生林状態となった更新樹の立体構造(2004)

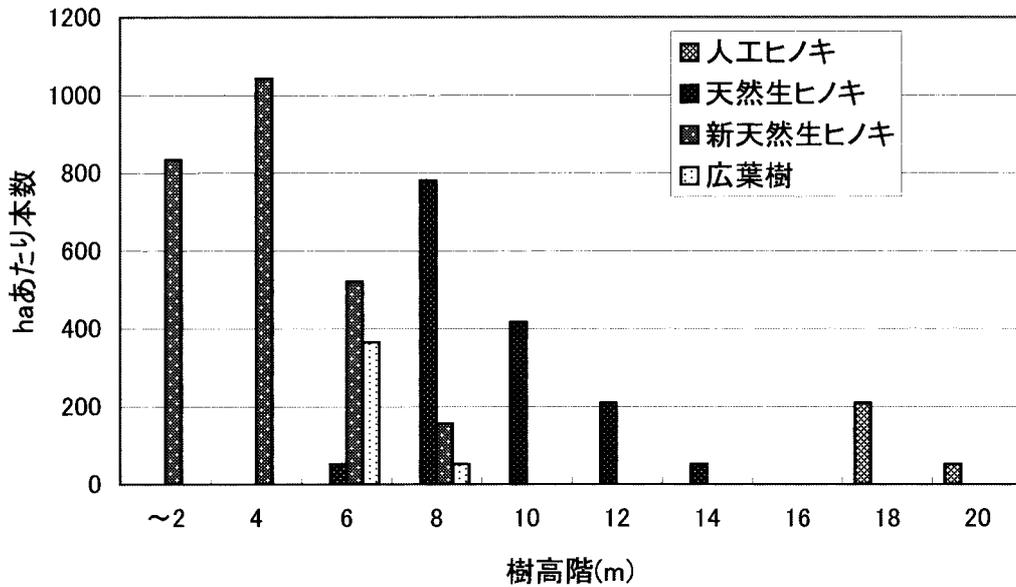


図 - 9 同。539林班の調査ベルト内に成立する各生立木の樹高分布 (2004)

数は約1,500本で、ほぼ同じ大きさの落葉広葉樹を多少混交した天然生林を形成している。

一方、樹高6m以下の新生ヒノキ更新樹は、この天然生ヒノキの成立している箇所には少なく、広葉樹や人工ヒノキの成立しているところに多い。天然生ヒノキのうち、樹高9mのNo.1(資料木)と樹高5mのNo.2(資料木)を伐倒し、5年ごとの年輪すなわち半径を測定し、肥大成長の経過を図-10に示した。No.1は47年、またNo.2は38年生であるので、これら

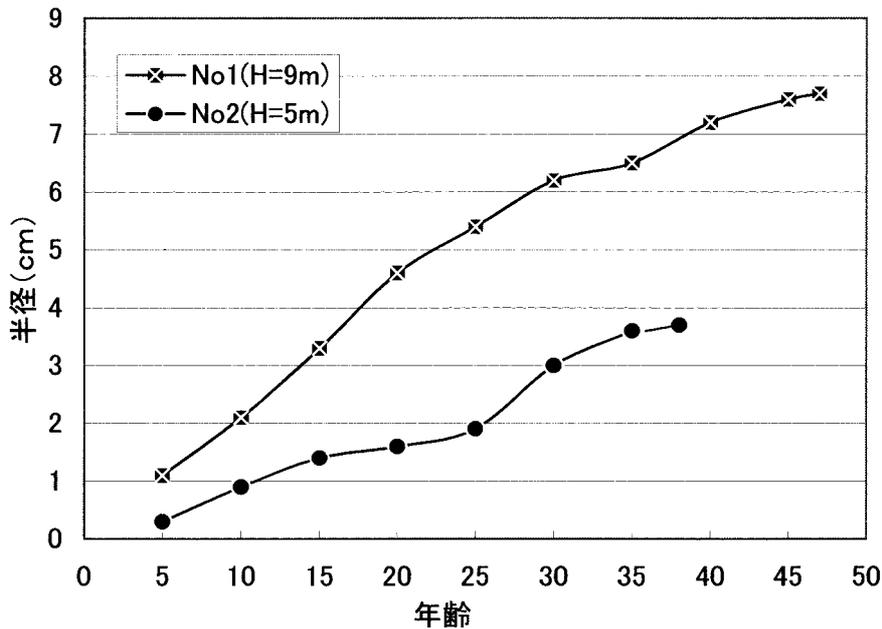


図 - 10 同。伐倒資料木の5年おき年輪の成長。いずれも13年前頃から急速に肥大成長が増加している

の資料木は28年前の前の調査時すでに林内に成立していた稚樹である。図 - 7の資料と重ねると、No.1は当時19年生の更新樹であり、No.2は10年生の稚樹であったが28年を経過し天然生ヒノキとして成長したことになる。

一方、図 - 10をよくみると、No.1の天然生ヒノキは12年前の35年生時頃から、No.2は13年前の25年生時頃から、急に肥大成長が増加している。すなわち、543林班同様、本調査林分も1991年9月の19号台風による風倒被害が発生し、本調査ベルト内のような群状あるいは孔状の風倒地が生じたもので、そこに成立していた更新樹が上木の被圧から開放され、急速に成長を始めたことは間違いなからう。

なお、樹高3m前後以下のヒノキ稚樹は、ほとんど20年生以下で、特に1991年の風倒後に更新、成立したものが多くいようである。

いずれにしても、図 - 8、9で認められるように、全体的には人工ヒノキを上木とし、天然生ヒノキを中層、新天然生ヒノキを下層の稚樹群とした多層構造の天然生林を形成しているが、さらに成長段階が進むと、現在中層を占める天然生ヒノキが主体の天然生林となるであろう。

C 544林班は小班における更新の経過と成林状態

調査対象地の小班は、ヒノキ人工林から択伐による天然更新技術を確立させるため、1981年度、大阪営林局が設定した試験地である。その端緒は1章に記したように、「都市近郊国有林における森林施業のあり方」でとりあげた野路山国有林のヒノキの択伐天然林施業の推進にあった。その内容は前述のA、Bで紹介したが、当時局内の技術開発課題となり、第3次地域施業計画において試験地が設定されたのである。

本試験地の内訳と位置関係は写真 - 13の案内看板に示したようである。基本的には択伐による天然更新施業を目標にかかげてはいるが、回帰年等の設定はされていないので、単なる更新伐採法の試験と理解した方がよからう。伐採は単木、群状、列状（一般には帯状という）の3区分で、それぞれ0.3ha余の広さである。伐採は1982年3月に行ったが、当時74年生の人工ヒノキ林の林床には、前述の543林班同様、多くのヒノキ稚樹が成立していた。

試験地設定当時の稚樹の成立状態については、昭和57年度林業技術研究発表集録56 - 60頁に「野路山国有林におけるヒノキ天然更新（第一報）」と題して西条営林署、斎藤市男氏が紹介している。また、昭和62年度森林・林業交流研究発表集録23 - 27頁には、「非皆伐施業法（ヒノキ人工林における天然更新）」と題し、西条営林署、吉田繁喜氏が試験地設定後5年目までの更新経過を、さらに、平成9年度同研究発表集録63 - 70頁には「ヒノキ人工林における天然更新」として、広島営林署、中村彰男・後藤新喜の両氏が当時89年生人工ヒノキの終伐（傘伐作業では後伐ともいう。なお、択伐にはこの用語はあてはまらない）時の状況を紹介している。

したがって本試験地の設定後の経過等については上記の各報告書にゆだねることにし、こ



写真 - 13 野路山国有林544林班天然更新試験地の案内看板

ここでは単木と群状伐採の初期と現在の成林状態について、写真で紹介することにする。なお、試験地設定後の林分量の変化を表 - 1 に示した。試験地設定前の林分材積は280 ~ 300m³/ha、立木本数は1,000 ~ 1,200本/haで、それぞれ材積率で21 ~ 27%の伐採を行った。その後1985年には平均20%ほど雪害を受け、さらに1987年には平均26%ほどの間伐が行われた。引き続き1991年には19号台風により、残存木の半ば以上に風倒被害が発生した。

それを機会に単木、群状、列状等の伐採区分の形状が失われ、それぞれの試験地の目的が果せない状態になったので、1997年、表 - 1 に示した量の残存木を終伐という施業ですべて伐採されることになった。しかし、試験地設定時、その数年前の間伐によって更新していたヒノキ稚樹は、各試験区の伐採とともに急速に成長し始め、終伐時にはほとんど成林状態になっていた。

表 - 1 野路山国有林544林班の天然更新試験地における林分量の変化 (広島営林署)

試験地	面積ha	1982年伐採前		1982年伐採後		1987年間伐後		1997年終伐時	
		本数	材積	本数	材積	本数	材積	本数	材積
単木伐採	0.34	1,205	293	893	220	371	121	197	112
群状伐採	0.38	1,139	305	918	241	427	146	100	57
列状伐採	0.32	1,039	277	950	203	422	115	128	61

本数(本/ha)、林分材積 (m³/ha)

写真 - 14は試験地設定にともない群状に伐採した1982年から5年後の更新状態である。



写真 - 14 同。試験地設定後5年目における群状伐採地のヒノキ稚樹の成立状態（1987）

群状伐採地内では設定当時すでに成立していた稚樹が急速に成長し始め、特にその中心部では2 m以上になり、ドイツで実行されている画伐法と同様、円錐状の更新状態となっていた。写真 - 15はその内部であるが、すでに更新樹間で密度競争が始まっていた。

つづいて写真 - 16は、試験地設定後20年の群状伐採地であるが、閉鎖状態の天然生林となった。勿論、このような状態にまで成林したので、平成13年度の国有林野施業実施計画図から6 齡級の針葉樹天然林と記入されるようになった。



写真 - 15 同。群状伐採地の内部。1 ~ 2 mのヒノキ更新樹が密生している（1987）



写真 - 16 同。試験地設定後20年目の群状伐採地。写真 - 15の稚樹が大きく成長しヒノキの天然生林として成林した（近畿中国森林管理局提供）（2001）

一方、写真 - 17は試験地設定後5年目における単木伐採試験地の更新状態である。25%ほどのぬき伐りが行われたので、林内は比較的明るく、この5年間に1m前後にまで成長した。写真 - 18はその15年後（設定後20年目）の状態であるが、前述のように雪害、間伐、台風害等により上木は疎林状態となった結果、ヒノキ更新樹は大きく成長し、二段林状態になった。さらに、風倒被害の大きいところでは、写真 - 19の右方にみられるように、ヒノキの天然生林として完全に成林するようになった。



写真 - 17 同。試験地設定後5年目における単木伐採地の更新状態（1987）



写真 - 18 同。試験地設定後20年目の単木伐採地。上木が疎林状態になり、天然生ヒノキとの二段林になっている（近畿中国森林管理局提供）(2001)



写真 - 19 同。風倒被害の大きい単木伐採地は成長した天然生ヒノキの天然生林となっている（近畿中国森林管理局提供）(2004)

以上のように、間伐やアカマツの混交によってヒノキの更新に適した光条件が与えられると、ヒノキ稚樹はよく成立するようになるが、単木であれ、群状、帯（列）状であれ伐採によってさらに林内への陽光射入量を多くすると、稚樹は急速に成長を促進し、10数年後には成林することが明らかになった。したがって本試験地はヒノキ天然更新施業の技術体系の組み立てに貴重な情報を与えたといえよう。

3 姥ヶ原山国有林1027林班におけるヒノキ天然生林

本調査林分は当初から天然更新を目的として施業したのではなく、ヒノキ人工林を伐採した後、クロマツを植栽したが、林内に成立していたヒノキ稚樹が成長し結果的にヒノキを主とした天然生林に育った林分である。したがって人工林から各種の伐採法によって更新を進める技術体系とは異なるが、日本における天然更新法として低コストでしかも比較的容易にとりくむことが可能な技術であると思われるので、成林に至るまでの経過と現状について紹介することにする。

1) 調査地の概況と林分の初期の成立経過

調査地は広島森林管理署（元西条営林署）管内姥ヶ原山国有林1027林班い小班で、三原市の北西約10kmに位置し、標高は200～380m、林分の全面積は約22.6haである。方位はほぼ東北東、傾斜は10～28°程度で、図-11に示したように、道路に沿って細長く、山脚の短い小丘陵地である。気候は温暖、少雨の瀬戸内型で、地質は沿岸部に広くみられる花崗岩類よりなっている。調査地内の土壌型は全般にBc型、土性は砂質壤土あるいは埴質壤土で肥沃度は比較的低い。

本調査林分の初期の成立経過は次のようである。前生林分は1913年（大正2年）植栽のヒ

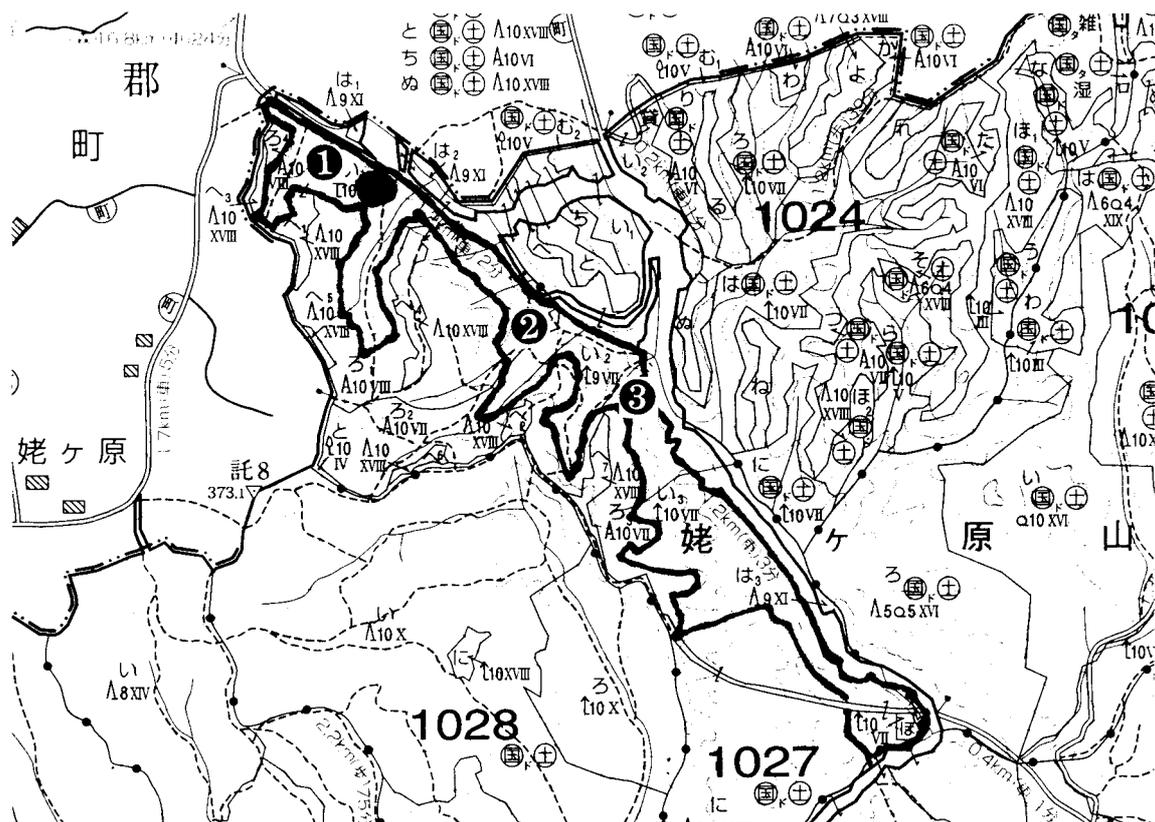


図-11 姥ヶ原山国有林1027林班い小班の位置。①～③は皆伐後22年目、黒丸は今回の調査箇所

ノキ人工林で、1965年（昭和40年）の皆伐時における林齢は52年生、林分の諸量は表 - 2 のようであった。表から認められるように、造林後進入したと思われる天然生のアカマツが本数比で40%ほど混交した林分であるが、樹高は低く合計材積も90m³/haに達していない著しく成長の悪い林分であったようである。そのためこの林分は主伐開始の6年前にアカマツを主体にした間伐を行った後、1965～1966年に皆伐された。そして伐採当年の秋、地ごしらえをし、その翌年の春にクロマツをhaあたり4,000本程度植栽し、通常の下刈りを4～5回行った。しかしその後、このクロマツ植栽木と皆伐前から林内に成立していたヒノキ稚樹及び造林後天然更新したアカマツや広葉樹が混交して成林するようになった。なお、すべての箇所について最近ヒノキの保育を目的とした植栽クロマツの除伐が実行された。

表 - 2 姥ヶ原山国有林1027林班い小班における皆伐前の林分量

樹種	平均胸高直径 (cm)	平均樹高 (m)	立木本数 (本/ha)	林分材積 (m ³ /ha)
ヒノキ	10	13	774	45
アカマツ	14	13	453	43

2) 皆伐後22年目（1987年）における林分状態

前生林分のヒノキ人工林を皆伐する前、林内に更新していたと思われるヒノキ稚樹の成立状態やクロマツ植栽木とヒノキ稚樹との共存関係特に下刈り時におけるヒノキ稚樹の取り扱い方などについては全くわかっていない。しかし、皆伐後19年目の林分について、大阪営林局の昭和59年度森林・林業交流研究発表集録77～84頁に、「クロマツ造林地に成林した天然ヒノキ林の生育状況について」と題し、西条営林署、山村信和・梅田義則の両氏が報告している。

この情報をえて筆者は天然更新に関する大変貴重な資料になると考え、その3年後、立体構造等さらに詳細な調査を行い、学術報告として赤井ほか「クロマツ人工林に天然生ヒノキ、アカマツ、広葉樹の階層混交した複層林の構造」と題し、京都大学演習林報告第60号（1988）にとりまとめた。それ故ここでは皆伐後22年目の林分の成立状態をこの論文から紹介することにする。

調査地は図 - 11のように、山脚の短い林分であったので同一の斜面ではないが、上部（プロット1）、中部（プロット2）及び下部（プロット3）に分け、プロット1、2は幅4m、斜面長30mと25mのベルトトランセクトを、プロット3は7×7mのコドラードを設け、2m以上の全樹種の樹高とその成立位置を測定した。また、ヒノキの資料木5本を伐倒し、樹幹析解を行って樹高と直径の成長経過を調べた。

プロット1、2の調査ベルト内に成立していた樹高2m以上の全樹種の立体構造は図 - 12、13のようであった。斜面上部のプロット1については、1984年4月、天然生ヒノキの保育を目的として、図 - 12内に点線で示したようにクロマツ植栽木と天然生アカマツを適宜除伐し

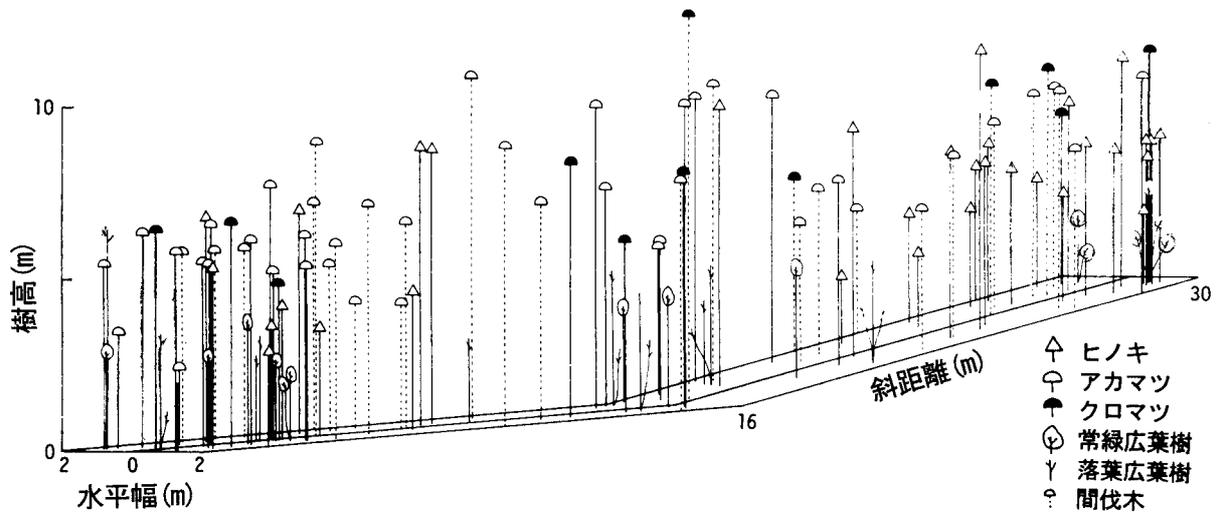


図 - 12 姥ヶ原山国有林調査地プロット1における各樹種の生立木(実線)と間伐木(点線)の立体構造(1987)

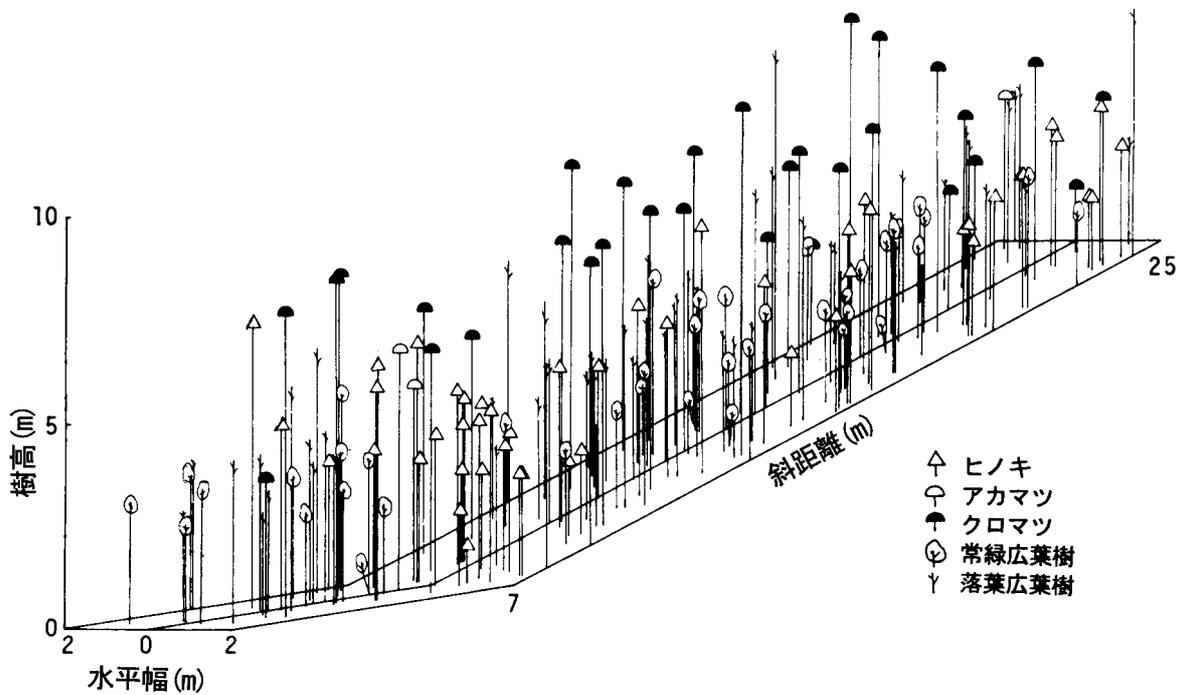


図 - 13 同。調査地プロット2の各樹種の立体構造

たので、現存の上層木のほとんどは天然生のヒノキとアカマツとなり、中、下層にはヒノキとともに広葉樹が成立するようになった。写真 - 20は調査地プロット1の当時の林況でアカマツが上層を占めている(1987)。したがって除伐前の立体構造はクロマツ、アカマツ、ヒノキを主とした階層混交型の複層林であった。

一方、プロット2は除伐されていないので、図 - 13から認められるように、主として植栽木のクロマツが上層を占め、中、下層に天然生のヒノキや広葉樹が階層的に比較的多く混交



写真 - 20 姥ヶ原山国有林1027林班調査地プロット1の皆伐後22年目における林況。
上層にはアカマツを主に天然生ヒノキも成立している(1987)

している。写真 - 21は調査地プロット2の当時の林況で、上層はほとんどクロマツである(1987)。しかし、アカマツは少ない。いずれの樹種もその平面分布はほぼランダムである。

なお、高木性広葉樹の主なものは、コナラ、コシアブラ、アオダモ、カマツカ、アオハダ、ナツツバキ、リョウブ等の落葉広葉樹と、ヤブツバキ、ソヨゴ、ネズミモチ等の常緑広葉樹で有用広葉樹といわれるものは少ない。



写真 21 同。調査地プロット2の林況。上層のほとんどはクロマツ植栽木で
天然生のヒノキは中層に成立している(1987)

プロット3は天然生のヒノキの成長が著しく良好であったため、1977年にヒノキの優勢木を残して他はすべて除伐された箇所である。立体構造図は省略したが、1987年時の林分は樹高7m以上で、林冠はほぼ閉鎖し、写真-22のように単層構造となっている。



写真 - 22 同。クロマツ植栽木が除伐されたためほぼ純林状になった試験地プロット3のヒノキ天然生林（1987）

各プロットのベルト内における針葉樹と広葉樹の樹高分布は図-14のようであった。図から認められるように各調査林分の階層構造にはそれぞれ特徴がある。除伐前のプロット1の針葉樹の樹高分布は、アカマツの混交率の高いこともあって正規型を示し、各樹種がほぼ全階層に混交するが、除伐後は相対的にヒノキの混交率が高くなり、ややL型分布の方にひずむようになった。これは小さい個体の多いヒノキが除伐されなかったため、これらが成長を始めると再び正規型に戻るものと思われた。なお、小さい個体の多い広葉樹も合わせると明らかなL型分布となる。

プロット2の針葉樹の樹高分布は、除伐が行われていないので天然生のヒノキを少し混交するものの、植栽木のクロマツが大部分上層を占め、中、下層に多く成立するヒノキと分離し、二山型すなわち二段林型のようにになっている。しかし、クロマツのみの樹高分布はほぼ正規型である。また、プロット2には落葉広葉樹が多く、全広葉樹の樹高分布はL型を示しているため、針葉樹と合わせるとプロット1と同様L型分布となる。

一方、プロット3は前述のように、天然生のヒノキ優勢木以外を除伐した後、調査時点で10年を経過した林分であるので林冠はほぼ単層状態となっているが、図-14では樹高10mを境に二段林型であるように見える。しかし、樹高成長のよいヒノキが局所的、集中的に分布するだけで、林分全体としては林冠も樹高も連続しているとみてよからう。

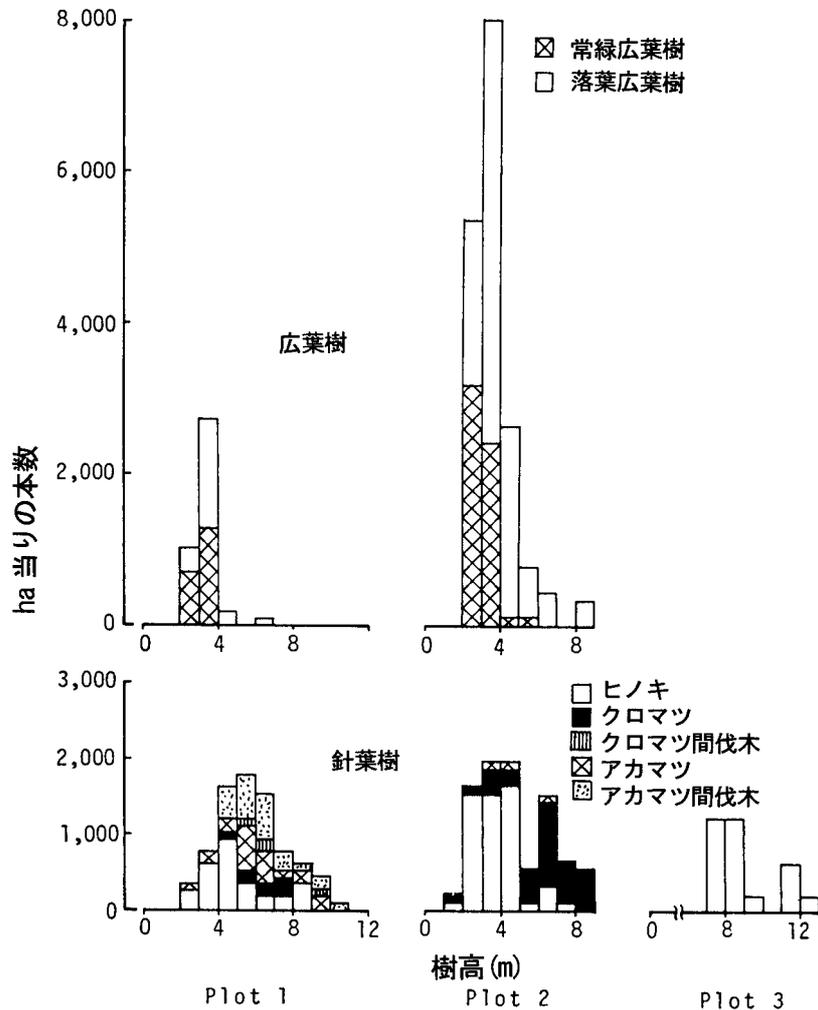


図 - 14 同。各調査プロットにおける各樹種の樹高分布

各調査地における樹種ごとの胸高直径、樹高の平均値と、haあたりの立木本数、胸高断面積合計は表 - 3 のようであった。表から認められるように、各プロットの平均値や林分量に明らかな違いがある。

植栽木のクロマツは、除伐されたプロット3には全く成立せず、また、プロット1には僅かしか残っていないが、プロット2には植栽当時の本数がほぼそのまま生存している。しかし、クロマツの平均胸高直径は5 cm前後、平均樹高は6 mほどでプロット1、2の間にそれほど大きな差はみられない。またアカマツはプロット2には少ないが、プロット1の平均直径や平均樹高はクロマツとほぼ同様である。

天然生のヒノキについては、成立本数の比較的少ないプロット1でも樹高2 m以上のものがhaあたり3,000本近くあり、平均樹高はクロマツより多少小さいものの平均直径はほとんど変わらない。またプロット3は斜面下部で、もともと成長のよい箇所である上、10年前にヒノキ優勢木を残して本数調整された林分であるので、本数は3,500本/haと比較的多いが、

表 - 3 皆伐後22年目における各調査プロットの平均値と林分量

調査地	樹種	平均胸高直径 (cm)	平均樹高 (m)	立木本数 (本/ha)	断面積合計 (m ² /ha)
プロット1	ヒノキ	4.75	4.95	2,810	4.98
	クロマツ	4.99	6.24	680	1.33
	アカマツ	5.10	5.96	1,870	3.82
	広葉樹	—	3.06	4,000	—
	合計	—	—	9,360	(10.10)
プロット2	ヒノキ	2.38	3.65	5,370	2.39
	クロマツ	5.40	5.95	3,400	7.79
	アカマツ	3.27	4.90	330	0.28
	広葉樹	—	3.42	17,500	—
	合計	—	—	26,600	(10.50)
プロット3	ヒノキ	9.39	8.84	3,500	24.20

() : 広葉樹を含む

平均直径や平均樹高は著しく大きい。この値はこの地方のヒノキ人工林の地位1～2等地に該当するようである。

これに反しプロット2では、ヒノキの成立本数は5,000本/haを越えかなり多く、平均直径は2cm台、平均樹高は3m台で比較的小さい。これは上層のクロマツの被圧の影響とみえようが、樹幹析解による樹高の成長経過からみて、それほど被圧による成長抑制が激しいとは思えない。むしろ図-14の樹高、直径の分布から明らかなように、小さい個体が多いので平均値として小さくなったということであろう。したがって将来優勢木として育つと思われる樹高3m、胸高直径2cm以上のもので平均すると、プロット1の値とそれほど変わらない。

広葉樹はすべて除伐されたプロット3を除き、いずれの樹種より本数は多いが、特にプロット2は20,000本/haに近い。しかしその平均樹高は比較的小さく、現状ではあまり針葉樹の樹高成長を阻害していないようである。

これら各樹種の胸高断面積合計はまだ小さく、一応閉鎖状態になったプロット3でもhaあたり24m²程度で、今後成長段階が進むにしたがって次第に大きくなっていくものと思われる。

以上のようにクロマツを造林してからほぼ20年を経過した現在、本林分は生産目標としたクロマツに天然生のヒノキやアカマツ等が混交し、しかも天然生木の成長が比較的よいので、プロット3のように除伐等特に人為を加えなくてもヒノキの混交率の高い複層林に育っていくものと思われる。ただ、木材生産上の価値はクロマツより当然ヒノキの方が高いので、ヒノキがクロマツと共に上層林冠を形成するようになった時、クロマツを除伐してヒノキ林に誘導するなど人工林同様の施業をすれば、それは天然生林ではなく人工林となる。

自然の運動法則として森林は遷移を進め極相に至るが、それに逆らうような拡大造林等の林種転換を行う場合は、多くの労働投下を強いられよう。それでも自然の回復力が勝り不成

績造林地になることも少なくない。このような林種転換による不成績地には、西日本地域の場合、成長の悪いスギやヒノキの皆伐造林地にアカマツや広葉樹等が進入するのが普通である。今回調査した林分はヒノキ人工林をクロマツに転換したものの、天然更新したヒノキやアカマツ、広葉樹が階層混交した特異な事例である。何故クロマツを植栽したか、その理由は明らかでないが、多分前生ヒノキの成長が著しく悪かったためであろう。

しかし本文中で述べた解析結果から明らかなように、本調査地のような立地環境では、陽性樹種は勿論、ヒノキ等の陰性樹種をわざわざ造林しなくても、天然更新によってヒノキやアカマツ等耐陰性の異なる樹種を容易に再生できる。しかも、この事例はより価値の高いヒノキの天然木を生産できる可能性が高い。そのためには他地域の事例にみられるように、ヒノキにマツ等を20～40%ほど階層混交させた複層林仕立てが好ましいであろう。

また、もし人工林と類似の生産目標をとるなら、除伐等適当な保育を加えることも一つの方法である。しかし、地力回復の面からたとえ天然生であってもヒノキの純林に誘導することは戒めるべきで、やはり異種混交の複層林すなわち階層混交林作業が望ましい。また、このような遷移の方向に沿った育成であるならば、粗放的すなわち合自然的な施業が可能であると当時結言した。

3) 皆伐後39年目(2004年)における成林したヒノキ天然生林

前回の調査からさらに17年を経過した皆伐後39年目の現在、1027林班い小班約23haのほぼ全域にわたり更新し、アカマツ、広葉樹との混交複層林を形成していた天然生のヒノキはどのように変化したか、まず、写真をみてみよう。



写真 - 23 姥ヶ原山国有林1027林班い小班におけるプロット1から2にかけての皆伐後39年目現在の林況。黒線の上方は18齢級の天然林で、手前広葉樹林の林冠までの間がる小班である(2004)

写真 - 23は図 - 11に示した上方民地の高台からプロット1 (い₁) からプロット2 (い₂) の方向を撮影したものである。黒線の境界から下方の広葉樹林の樹冠までの間が、い小班で、その上方は図 - 11の計画図に記されているように、アカマツを主とした18齡級前後の天然林である。

その中央部を拡大したのが写真 - 24であるが、黒線の上下を比較すると林況の差は明らか



写真 - 24 同。その拡大写真で、ヒノキ人工林のようにみえる中央が今年度の調査地である



写真 - 25 同。今年度の調査地の現況。写真 - 20にみられたようなアカマツはなくなり、天然生ヒノキが上層を占めている (2004)

であろう。黒線から下のい小班は、まさにヒノキ造林地のようにみえる。図 - 11の計画図の林種には7 齢級の人工林になっているが、これはクロマツを植栽した施業経過がそのまま記録されているのである。

写真 - 25は図 - 11の黒丸地点、写真 - 24の中央の下で、今年度の調査地の林況である。この地点は前回皆伐後22年目に調査したプロット1 のすぐ下方に位置するので、写真 - 20と比



写真 - 26 同。今年度調査地の林内の状況。除伐されているため林内は比較的明るく、下層植生も多々成立している



写真 - 27 同。前回調査したプロット2 の写真 - 21付近の現況。クロマツ植栽木等が除伐され、ヒノキを主体とした天然生林となった(2004)

較してみよう。写真 - 20の林分はアカマツが上層を占めていたので、アカマツ林にみえるが、写真 - 25の現在の林分は純林状のヒノキ人工林にみえる。その林内は写真 - 26のようで、除伐されているため比較的明るく、ヒノキ稚樹も含め下層植生が多く成立する。

写真 - 27は写真 - 21に示した前回の調査地プロット2の付近の林況である。ここも同様、前回調査時残存していたクロマツ植栽木は除伐され、写真 - 27のように、上層は天然生のヒノキのみで、ヒノキ人工林のようにみえる。

い小班全域の詳しい調査は行っていないが、写真 - 23から推測されるように、このクロマツ造林地の大半は、林分構造に違いはあるものの、皆伐前アカマツと混交していたヒノキ人工林内に更新していた天然生ヒノキが成長し、クロマツ植栽木は除伐された後、アカマツや広葉樹と階層混交した天然生林になっているものと思われる。

今年度の調査林分は17年前調査したプロット1の下方に隣接して設け、幅8m、斜面長22mの調査ベルト内における各樹種の大きさと成立位置を調べた。調査ベルト内の立体構造と成立本数、平均樹高は図 - 15のようであった。また、成立樹種の樹高分布を図 - 16に示した。

図 - 15、16から認められるように、上層は大部分天然生ヒノキが占め、中、下層にアカマツや広葉樹が成立している。これを隣接する17年前調査したプロット1の立体構造(図 - 12)、樹高分布(図 - 14)及び表 - 3に示した平均樹高、立木本数と比較してみよう。

図 - 12から認められるように、皆伐後22年目の17年前のプロット1は、アカマツが上層を占め、しかも間伐後ではあったが、その成立本数はhaあたり約1,900本ほどであった。それ

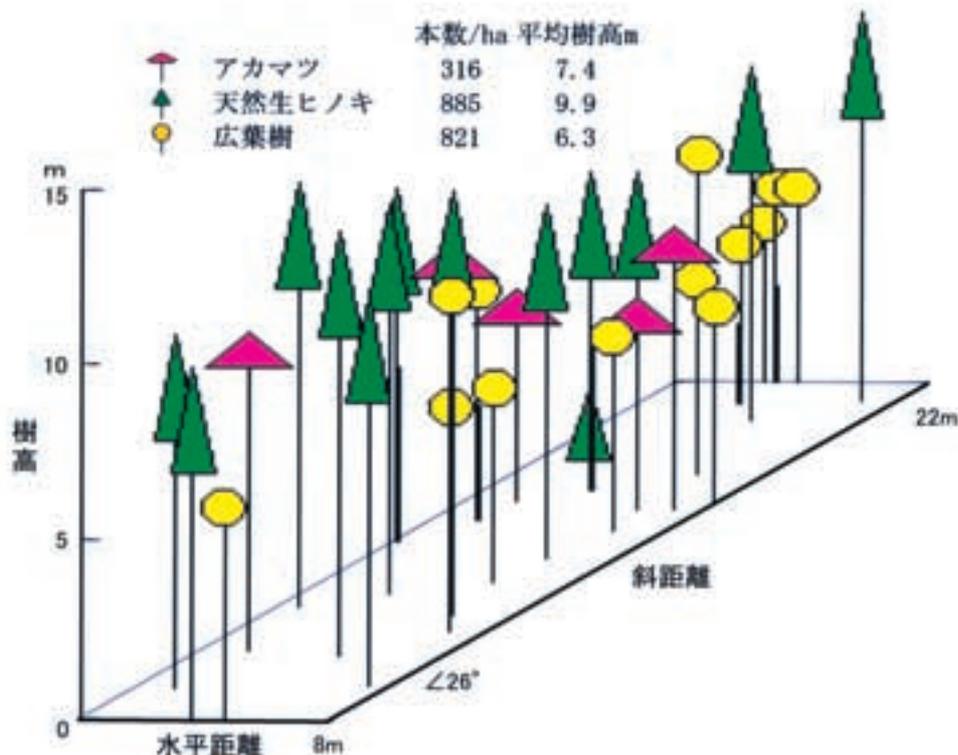


図 - 15 姥ヶ原山国有林1027林班の調査地における皆伐後39年目の天然生林の立体構造(2004)

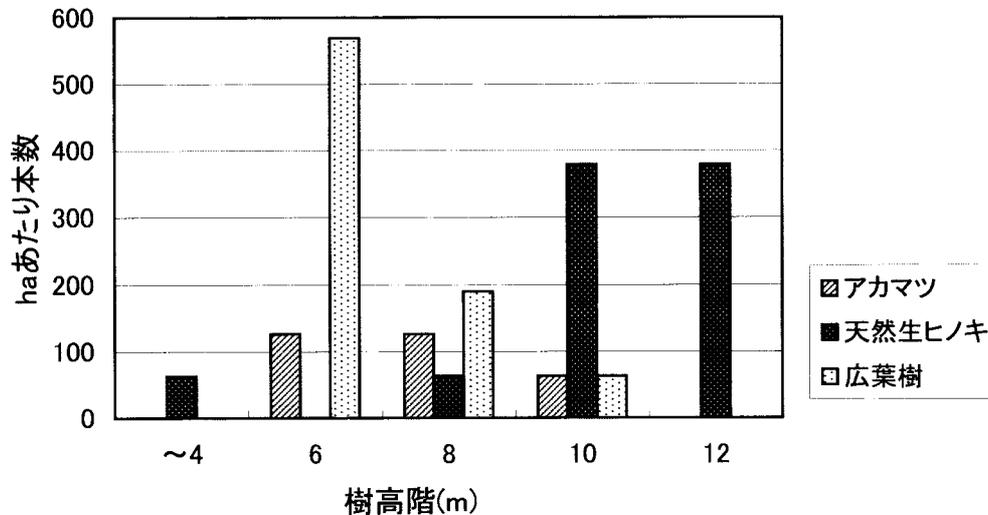


図 - 16 同。調査ベルト内の各樹種の樹高分布

が現在、320本/haほどで、しかもほとんどが中層を占めるのみで、平均樹高は7.4mであり前回調査時に比し1.5mほどしか成長していないことになる。

つぎに天然生ヒノキの成立状態を比較してみよう。17年前は図 - 12、14から明らかなように天然生ヒノキの平均樹高が5mほどで、大部分は中、下層に成立し、しかもその本数は表 - 3のようにhaあたり2,800本であった。現在は天然生ヒノキは上層を占め、その平均樹高は約10mほどになっているが、前述のように成立本数は僅か890本/haほどである。さらに広葉樹も同様、成立本数は著しく少なくなっている。

この林分構造の変化はこの17年間に人為的に除間伐が行われたためである。しかし、近畿中国森林管理局の林班沿革簿には1977年（昭和52年）、1982年、1984年に一部除伐が行われた記録以外、その後の除間伐の記載はない。

しかし、今回の調査地も含め22.6haに及びい小班のかなりの部分には、特に道路に近い斜面下部には最近除伐が行われたと思う。

勿論、17年前の図 - 12、13に示したプロット1、2のように上層をクロマツ、アカマツ等が占めるヒノキの混交複層林であれば、人工林と同様、商品価値の高いヒノキの保育のため除伐することは一つの選択肢である。すなわち、人工林からの天然更新技術といっても、初期の更新は天然の再生力で、更新完了後は本数調整も含め除間伐等の保育を行えば人工林（施業）となる。

しかし、前述したように、もともとアカマツの混交したヒノキ人工林内に更新していたヒノキ稚樹が、上木の伐採とともに成長し始め、クロマツ植栽木やアカマツと階層混交した複層林になったこの林分は、除伐等特に人手を加えなくても、ヒノキの混交率の高い複層林状の天然生林に育つと17年前に予言した。恐らくその推測は間違いなかったと信じるので、い小班のどこかに除伐されていない箇所があれば、せめて数haでも木曾ヒノキに匹敵する天然物のヒノキを生産する天然生林に設定されるよう提言したい。

4 ヒナ山国有林124林班に小班におけるヒノキ天然生林

ヒナ山国有林は広島県庄原市の南東約15kmにあり、標高約500～600mである。今回調査の対象とした124林班に1-3小班は約13haで、1969年（昭和44年）に当時55年生のヒノキ人工林を皆伐したが、前生林が成長不良であったため、特にBA-C型土壌の分布する斜面上部については、アカマツ天然更新施業地として図-17のように細かく小班区分されたものである。福山営林署の調査によると、1971年当時のに小班には伐採前から多くのヒノキ稚樹が成立していたようで、アカマツ天然更新のための地拵え後、急速にヒノキ稚樹が成長し始め、伐採後35年目の2004年（平成16年）現在、ヒノキを主とした天然生林として成林した林分である。

以上のように、本事例も姥ヶ原山国有林と同様、定まった天然更新技術体系によって人工林から天然更新を進めたものでないが、日本の森林環境に適した天然更新法になる可能性が高いと思われるので、以下に林分の成立経緯と現状について紹介することにする。

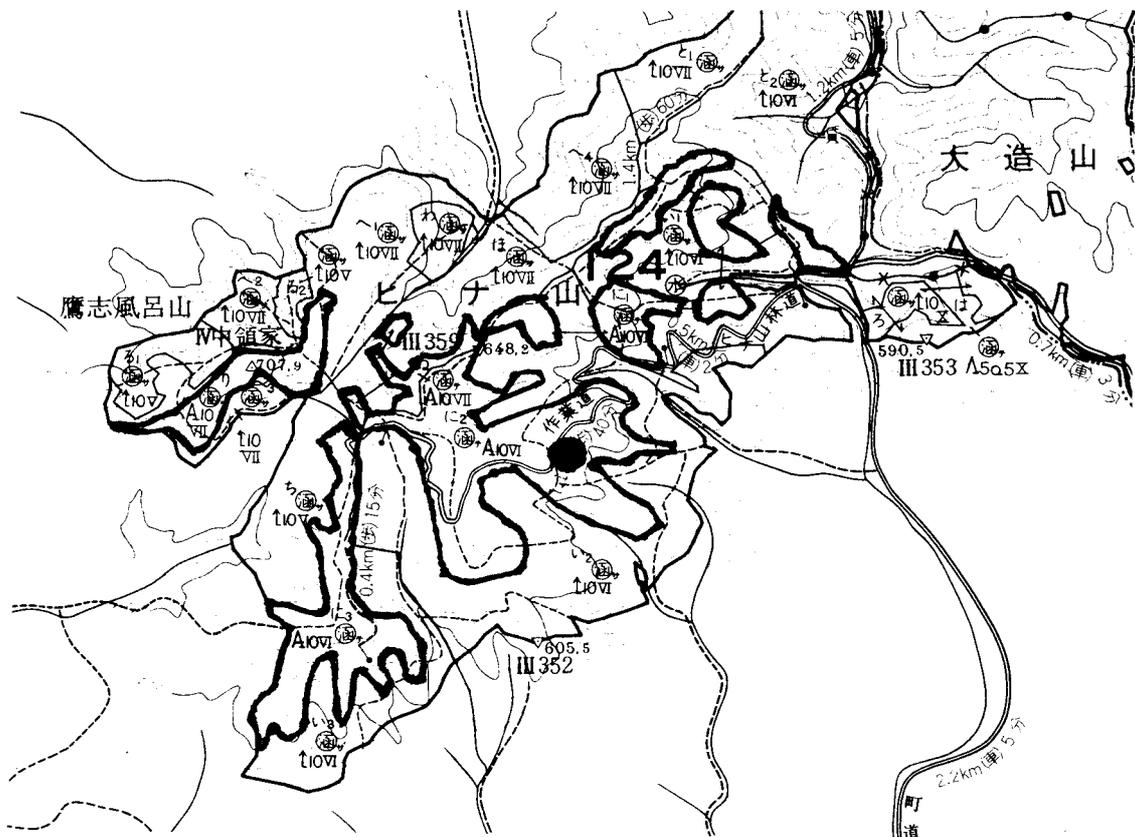


図-17 ヒナ山国有林127林班に小班の位置。黒丸が本年度の調査地

1) 伐採時1970年頃と伐採後12年目（1982年）における更新状態

伐採前、前生の55年生ヒノキ人工林の詳細な林分構造は不明であるが、姥ヶ原山国有林と同様、アカマツの混交した成長の良くないヒノキ林であったので、皆伐後の更新は斜面下部については人工造林施業地としてい小班に、上部についてはアカマツ天然更新施業地としてに小班に区分されたようである。

そして1971年 小班の区域面積約13ha全域にわたり天 I 地拵えを実行した。さらに1972年 3月には10haほどアカマツの人工補正を行ったようである。

この1971年当時の天然生ヒノキ稚樹の成立状態については、大阪営林局の昭和46年度林業技術研究発表集録123 - 133頁に「ヒノキ天然生稚樹の発生状況」と題し、福山営林署、勝田洋一郎氏が報告している。それによると特に斜面上部にヒノキ稚樹が多く、また、方位によっても差があり、南、西方向では稚樹の成立本数は2,500～3,100本/ha、平均高は11～13cmであるに対し、北、東斜面は更新が良好で、7,200～9,100本/ha、平均高20～24cmであったという。

さらに、ヒノキ稚樹は伐根の周辺に、また、ヒノキ上木の少ない箇所によく成立することを報告している。しかし、前生林の林分構造や皆伐後の更新施業については記述がない。

その12年後の1982年、福山営林署において更新状態についての調査が行われた。その結果については、大阪営林局昭和57年度林業技術研究発表集録61 - 64頁に、「ヒノキ天然生幼齡木の生育状況追跡調査」と題し、福山営林署、前原輝三氏が報告している。

この報告によると、アカマツ天然更新施業地として小班区分した13haの 小班全域については1971年の地拵え以降、1982年現在まで全く手を加えていないので、1～4 mほどに成長した天然生ヒノキの保育のため、何らかの手入れが必要であると記述している。当時、1980年頃と思うが、野路山国有林を主とした天然更新施業検討会の一環として、ヒナ山国有林124林班を筆者が視察した際、アカマツ林の中に数mにまで成長した天然生ヒノキが多数混交している状態をみて驚いた記憶がある。

1982年現在における更新の良好な箇所の樹高分布は、前記報告書の表を改変して示すと図 - 18のようであった。図から認められるように、ヒノキ人工林を伐採してから12年目で、

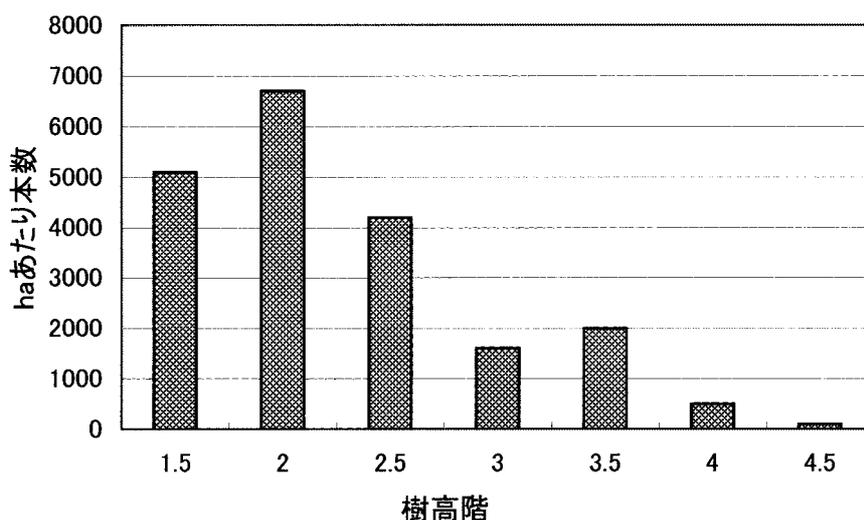


図 - 18 ヒナ山国有林124林班の皆伐後12年目の良好な更新地における天然生ヒノキの樹高分布 (1982) (福山営林署)

すでに3 m以上に成長した天然生ヒノキがhaあたり4,000本以上も成立している。アカマツとの混交状態については記されていないが、筆者の記憶からも恐らくアカマツを上層木として、この天然生ヒノキが中、下層を占めていたものと思う。

時は流れ、それから22年後の2004年現在、この林分はどのように変化したか、次に検討してみよう。

2) 伐採後35年目(2004年)におけるヒノキを主とした天然生林

124林班 に小班のほぼ中央、図 - 17に黒丸で示したところが本年度の調査地である。写真 - 28は、に₂小班西南斜面を本年度調査地近くからみた林況で、手前のアカマツの間から認められるように、アカマツが単木状に多少混交するものの、皆伐後35年目の成林したヒノキ主体の天然生林である。



写真 - 28 ヒナ山国有林124林班に₂小班の林況。伐採後35年目のアカマツを少し混交したヒノキ天然生林(2004)

写真 - 29は本年度調査地周辺の林況で、手前の林分ばかりか遠方の林分もアカマツが多く混交している。といっても、もともと に小班の林分は35年前の1969年に伐採した後、アカマツの天然林施業地として天Ⅰ地拵えを行った林地であるので、アカマツが主体のはずである。しかし、現在は写真で見られるように、に小班の多くはアカマツが混交したヒノキ人工林と見間違えるほどの天然生林に育った。



写真 - 29 同。アカマツの混交の多い7 齢級のヒノキ天然生林。写真の中央付近に調査ベルトを設けた

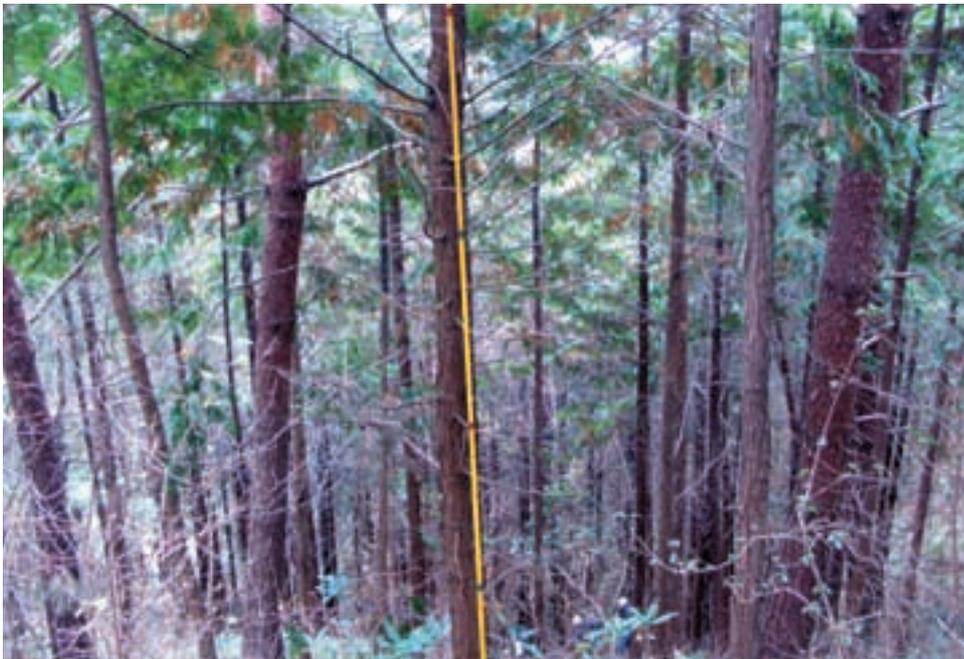


写真 30 同。調査ベルトの上部付近の林内。上、中層にアカマツと天然生ヒノキが混交するが、幹曲り木が多い

写真 - 30は調査ベルト上部付近の林況である。上層を占める太いアカマツが写真の両側にみえるが、林内は除間伐後のように比較的明るい。しかし、写真で認められるように、曲り木が多く成立している。

幅 8 m、斜面長25m（傾斜角 35° ）の調査ベルト内における生立木の立体構造は図 - 19のようであった。また、その成立樹種別の樹高分布を図 - 20に示した。

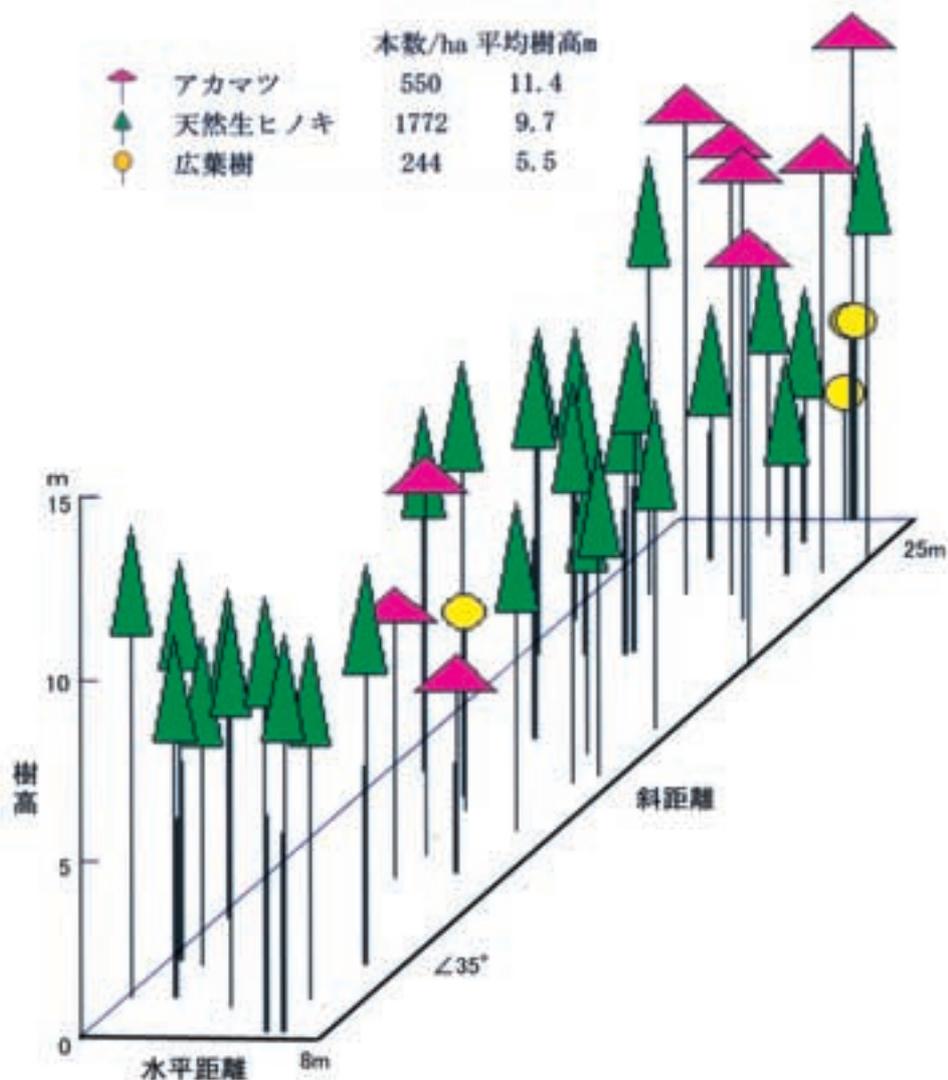


図 19 ヒナ山国有林124林班に2小班の調査ベルト内における皆伐後35年目の天然生林の立体構造 (2004)

図 - 19、20から認められるように、調査ベルトの上部には12～14m高のアカマツが集中分布的に上層林冠を形成している。また、斜面中央よりやや下方には、中層にアカマツが集中分布している。一方、調査ベルト内のほとんどは天然生のヒノキが上層を占めている。また、その樹高は8～12mで、35年生のヒノキ人工林と比較すると少し小さいようであるが、天然生のヒノキとしてはそこそこの成長をしているように思える。

一方、広葉樹の混交は少ない。また、図 - 19中に示したように、本調査ベルト内のヒノキの成立本数はhaあたり約1,800本で、天然更新によって成林した無保育の天然生林としてはあまりにも少なすぎるように思われる。したがって現在人工林と見間違えるほど整然とした林分については、最近、少なくとも10年ほど前までに、除伐された可能性が高い。

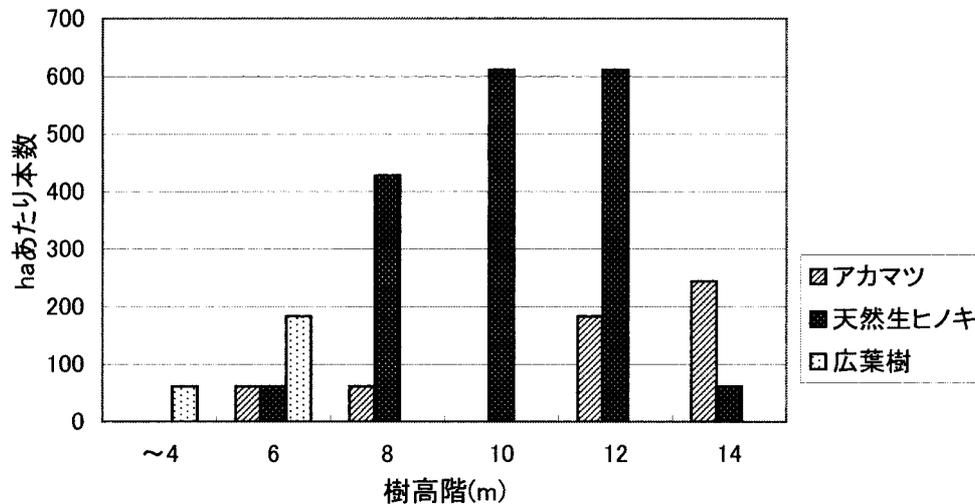


図 - 20 同。調査ベルト内の各樹種の樹高分布

林班沿革簿によると、124林班に₁₋₃小班は、現在もすべて樹種はアカマツであり、江の川上流森林計画区、国有林野施業実施計画図にも7齢級の針葉樹天然林と明記されている。さらに、調査地内で伐倒した資料木のヒノキの年齢は28～33年、アカマツは30年前後であるので人工林ではない。それ故、上述したように林班沿革簿には記録されていないが、₂小班の下方に隣接したい₂小班の6齢級のヒノキ人工林の除伐（平成7、8年）時、誤ってか意図してか何らかの事情で同時に除伐を実行したのではないかと考えられる。

このように、₂小班の内、除伐されたと思われる林分は、現在の林道下に多く存在する。この除伐されたと思われる林分にはアカマツの混交が少なく、またヒノキの成立本数も少ないが、除伐されていない林道上の林分はアカマツ、ヒノキとも成立本数が多く、多少雑然としている。しかし、除伐しなくても、現状から判断するといずれヒノキを主とした天然生林として成長していく可能性が高い。

このように、₁小班13haの中、本年度の調査地を含む1/3ほどは保育施業が行われた可能性があるため、この林分はむしろ姥ヶ原山国有林1027林班と同様、人工林として取り扱うか、育成天然林とするかその方向を定める必要がある。しかし、残りの林分は天然もののヒノキを生産目標とした天然生林として150～300年の超長伐期施業をめざして欲しいものである。

なお、アカマツが比較的多く成林するヒノキ林内には、写真-31のように多くのヒノキ稚樹が更新している。この状態は前生林分が伐採される前の更新状態を示唆しているようで、すでに述べた野路山国有林539林班や姥ヶ原山国有林1027林班の事例と同様、ヒノキ林にアカマツ等陽性の樹種を少なくとも20～40%混交させる方法は、ヒノキの天然更新を促す確実な施業技術になるであろう。



写真 - 31 同。アカマツの混交するヒノキ天然生林の林床にはすでにヒノキ稚樹が成立している

次年度は、姥ヶ原山国有林の約23haやヒナ山国有林の約13haに及ぶ天然生林の全域の実態を把握する一方、他地域の成林状態にあるヒノキ、スギの天然生林の情報を収集し、日本の地域環境に適応した針葉樹人工林からの天然更新技術体系について検討してみたい。