

合自然的な森林造成の技術体系

—ヒノキの天然更新法を中心に—

赤 井 龍 男

目 次

はじめに	1
1. 自然の再生力と更新技術のあり方	4
2. ヒノキの天然更新の基本的条件	6
1) タネの散布と発芽の条件	6
2) 稚樹の発生, 成立の条件	7
3) 稚樹の成長の条件	11
4) 林分の構造とヒノキ稚樹の成立の関係	12
3. ヒノキ天然更新のシステム	15
1) 天然更新の種類 — 森林作業法	15
2) 傘伐天然下種更新法	17
(1) 全面(大面積)傘伐天然更新法	17
(2) 帯状傘伐天然更新法	23
(3) 画伐(群状傘伐)天然更新法	24
3) 帯状皆伐天然更新法	26
4) 群状母樹法(残伐)天然更新法	28
5) ヒノキ, アカマツ混交天然更新法	30
4. 人工林における合自然的な育林技術体系の確立の方向	32
おわりに	35
引用文献	36

はじめに

森林, 今日ほど地球環境上その重要性が叫ばれることはかつてなかったことである。確かに商業伐採, 燃材利用, 焼畑などによる熱帯多雨林地域の森林消失は, 資料¹⁾でみる限り現在も猛烈な勢いで進んでいるようである。勿論, 無謀な森林破壊を防ぐことは重要な課題である。しかしながら, 人々の暮らし方は時代によりまた国々によって異なるはずである。森林を生活の糧としている人々に対してどのような森林とのかかわり方を提示すればよいのか, さらに, 保続を前提と

Tatsuo AKAI

Technical Systems of Extensive Afforestation

— Laying Key Subject on Natural Regeneration of Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*)

した適切な森林の利用と再生の技術的援助ができるのかどうか、その方向さえ霧の中にあるように思える。

一方、燃料革命によって薪炭材をほとんど使わなくなったヨーロッパ、アメリカ、オセアニアの先進諸国も、かつては大規模な森林破壊を行ない、現在いわゆる原生状態の天然林はほとんど姿を消しつつある。北米で天然林 (natural forest) と呼ばれている森林は皆伐後天然更新した天然生林 (natural regenerated forest) いわゆる二次林 (secondary forest, second growth) で、一般に old growth (老齢林) といわれる原生林 (virgin forest) は西海岸の山地に残されているに過ぎない。すなわち、数百年以上の年月を経た森林資源は世界的に近年急速に失われつつあるということである。このような old growth の天然林資源は次世代の人々には不要なのであろうか。もし人間生活に好ましく、経済活動にも価値があるならば、そのような森林の保護は勿論、再生を行なう責務が現代の人々に架せられているのではなかろうか。アメリカのヨセミテ国立公園内では、林業目的ではないが、減少しつつあるジャイアントセコイヤ (*Sequoia gigantea*) を、この巨木の成立過程を忠実に再現すべく火入れ (burning) を行ない、天然更新で再生させ、数世紀以降の人々に贈ろうとしている。

16世紀から17世紀にかけて森林破壊の激しかったヨーロッパ特にドイツでは、200年ほど前から人工造林によって森林の回復に努力した結果、一応森の復活に成功したものの、トウヒを主とした針葉樹一斉林の風害等の弊害が顕在化するとともに、自然回帰への願望が高まり、画伐、択伐等の天然更新法による森林造成が各地で根強く続けられるようになった²⁾。確かに一般の私有林ではまだ皆伐人工林指向が多いものの、森林官の天然林造成への熱意はスイスと同様きわめて高いと思う。

アメリカ、カナダではもともと略奪的な林業から出発したため、多くの樹種については粗放な天然更新による森林造成が主体であったが、商品価値の高い林木については人工造林も盛んに行なわれるようになった³⁾。しかし、その育林法は疎植、少保育で著しく粗放である⁴⁾。ところが、最近の自然保護に対する関心の高まりとともに、北米の森林造成も国有林、州有林を中心に環境保全を重視した各種の天然更新法を取り入れるようになってきた。

日本の天然林資源は統計上⁵⁾からは国土面積の36%の約1,370万ha、蓄積約15億m³となっているが、これには二次林も含まれているので、いわゆる老齢の天然林はどれほどあるのか明らかでない。しかし、最近各地の原生林保護の活発な運動からみても急速に減少していることは間違いあるまい。特に社寺等の建築に多用された大径長丈の天然木は、針葉樹、広葉樹とも枯渇に近い状態にあると思われる。アメリカ西海岸に成立するローソンヒノキ (*Chamaecyparis lawsoniana*) と同様、建築材として質的にもっとも秀れた木曾ヒノキのようなヒノキ天然木は、国有林財政上の問題と地元木材産業への持続的供給という経営方針から減少の一途をたどり、長野、名古屋両営林局管内の保存林を除く生産対象天然林は現在すでに1万ha 台の半ばに落ち込んでいよう^{6,7)}。そしてこれまでの伐採、収穫量で推移するとあと20年ほどで木曾ヒノキの資源はなくなる恐れがあるので、1997年以降は伐採量を半減させ、60年ほど食い伸ばそうと計画しているようである。しかしながら、この木曾ヒノキの再生を目的とした天然林施業は、過去の失敗と技術体系が確立されていない理由から、近年までほとんど実行されていなかったため、いずれ貴重な木曾ヒノキの供給はとだえることになる。

1966年、当時の長野営林局伊藤清三局長の英断によって、王滝営林署管内に約420haに及ぶ三浦実験林が設定され、各種の森林造成試験が行なわれている⁸⁾が、筆者が担当したヒノキの天然更新については技術的に可能である見通しを得るまでになった⁹⁾。この成果をふまえ、ようやく木曾周辺の営林署は木曾ヒノキ天然更新施業を試みるようになってきた。また、同時に木曾ヒノ

キの代替材として人工林からの天然更新による天然木生産にも取り組むようになった¹⁰⁾。

以上のように、世界的に、あるいはわが国でも、人々の生活にきわめて有用な天然林資源は減少を早め、将来の天然木供給に暗い影を落しているが、一方、その再生のための試みはようやく始まり、皆伐人工造林から脱却した天然更新法による森林造成が林業先進国において鋭意進められている。しかし、わが国における有用樹種についての天然更新技術は残念ながらまだ未成熟であるといわざるをえない。

このような現状から、本論文の主目的は前述の三浦実験林における20余年の研究成果¹¹⁻¹⁴⁾と、愛知県新城営林署管内段戸山^{15,16,17)}、三重県亀山営林署管内登奈井尾¹⁸⁾、奈良県奈良営林署管内忍辱山¹⁹⁾、和歌山県高野営林署管内高野山及び田辺営林署管内笠塔山¹⁸⁾、広島県元西条営林署管内野路山^{18,21)}及び姥ヶ原²²⁾の各国有林のほか、愛媛県別子村住友林業山林²³⁻²⁶⁾、岐阜県明方村石原林業山林²⁷⁾、三重県尾鷲市土井山林^{28,29,30)}の各民有林、さらに京都大学上賀茂試験地^{31,32,33)}等において調査解析した天然更新に関する諸情報を総合し、その理論と実際から、他の樹種に対する一つの範例として、ヒノキ天然更新の技術体系を組立てようとしたものである。

さらに、天然更新に関する多面的、長期的な調査の結果は、自然の再生のしくみについて多くの知見を与えた^{34,35)}。もともと天然更新法は自然の再生力に依存した技術である。換言すれば自然の運動法則すなわち極相に至る遷移の進行を、目的とする樹種の性質に沿ってとどめるか、あるいはあと返りさせる仕事ともいえる。したがって“合自然的”な林業といえよう。また、農業では集約農業に対比して資本、労力の投下量の少ない、より自然力に依存した経営の粗放農業を合自然的農業とも呼んでいるので、天然更新法は粗放林業の範疇に入れられよう（なお合自然的 *Naturgemäss* の英術語がみあたらないので、英表題は粗放的 *extensive* としておく）。

確かに、日本の標準化された皆伐一斉造林法は著しく集約である。そして、無節材、磨丸太材等高品质材生産ばかりか一般用材生産でも、画一的な技術体系によって施業が行なわれている。もともとわが国の育林体系は皆伐（収穫）後、地ごしらえ（潔癖な整地）、斉一な植付け、下刈り（除草）、除間伐（間引き）という一連の作業からなり、まさに農作物の栽培技術そのものであるといえよう^{36,37)}。これは零細経営での篤農家の集約農法であり、それがそのまま山に持ち込まれて日本中に広がったものであろう。この画一的で集約な皆伐一斉造林は拡大造林の奥地化とともに不成績造林地を多く発生させることとなった。不成績造林地の要因解析とその取り扱い方についての研究はまだ始まったばかりである^{38,39,40)}。

日本の自然環境における自然の再生力は熱帯多雨地域と同様著しく大きい。したがって、植栽木が造林地に再生あるいは進入する植生との競争に負けないよう、繰返し下刈りを行なうのが普通である。育林費に占めるこの下刈り経費は普通40%近くにもなる。ちなみに、下刈りを省略できるアメリカ、カナダの育林費は日本の10~15%である⁴⁾。国際自由市場での価格競争を考えると、育林コストの低減の可能な育林法を取り入れなければ、長期化している林業不況から脱却することは困難であり、さらに再造林の放棄さえ拡大するであろう。したがって、低コスト育林としての粗放的な森林造成法⁴¹⁻⁴⁵⁾の技術開発は重要な課題のはずである。

一方、ヒノキ林は枝葉が水平方向に拡がるので林床が暗くなりやすく、一般に下層植生が乏しい上、落葉は鱗片葉であるため解離して容易に流亡するなど、地力の減退を引起す性質をもっている^{34,46,47,48)}。このことに関し、筆者らは人工降雨によって落葉、表土移動の実態を調べたが、下層植生を欠くヒノキ一斉林の場合の流亡量は著しく多いことがわかった⁴⁹⁻⁵⁹⁾。したがって、このような地力低下を防ぐためには、他樹種との混交や除間伐の励行によって下層植生を成立させ、階層的な混交林に仕立てる必要がある。

これらの現状をふまえ、さらに本論文は天然更新や育林作業及び林地保全にかかわる上記の研

究から得られた情報から、現今の集約な皆伐一斉林のあり方を再検討し、特に技術体系の確立していない“合自然的”で低コストな人工造林技術の可能性についても論じようとするものである。したがって、一般用材生産や環境保全を目標にした合自然的林業と、高品質材生産指向の集約林業を二極とした多様な林業が、それぞれの社会条件と自然環境に適応して取り入れられる姿こそ、好ましい日本林業であろうと考えている。

本論文は恩師、四手井綱英京都大学名誉教授の林業に対する理念³⁹⁾を足で実証した記録であるともいえる。天然更新技術にしても、人工造林における粗放とか合自然的育林技術についても、まだ未熟な部分があるが、本論文が今後の森林造成のあり方にいくらかでも役立てば幸いである。

本研究には長野営林局、名古屋営林局、大阪営林局と各関係営林署、土井林学振興会、住友林業、石原林材及び三重県尾鷲市、紀伊長島町、京都府京北町、大阪府高槻市檜田の民有林の方々ならびに森林総合研究所、東京農工大学、東京農業大学、信州大学、三重大学、京都府立大学、高知大学、島根大学、九州大学、鹿児島大学等各大学関係の共同研究者及び京都大学演習林教官、職員の方々に多大の御協力を戴いた。さらに、浅田節夫信州大学名誉教授には三浦実験林研究グループの代表として、また、森林総合研究所加茂皓一博士と岡山大学山本進一博士にはヒノキ天然更新に関する基礎的研究の仲間として一方ならぬ御助力を戴いた。御支援を戴いた方々が多数にのぼるので、氏名は割愛させて戴くが、四手井名誉教授を始め上記関係各位に対し、ここに改めて深く感謝の意を表したい。

1. 自然の再生力と更新技術のあり方

生態学においてよく知られている遷移の法則⁴⁰⁾は、森林の再生特に天然更新技術にとって重要な意味をもっている。すなわち、伐採によって現在ある森林が破壊され放置されると、自然の運動法則にしたがって新たな生態系が再生し、いわゆる二次遷移が始まる。その場合、森林の破壊の程度によって最初に出現する森林の姿はさまざまである。そして、与えられた自然環境のもとで新たな生態系が連続的に形成されながら、定まった極相に向けて遷移していくといわれる。したがって、極相に近い森林でそれを構成する陰性樹種の後継樹を育てようとするなら、生態系の環境や生産構造をあまり変えないよう伐採すればよい。反対に遷移を逆行させ、陽性樹種で構成する森林をつくろうとするなら、皆伐によって裸地化させればよい。天然更新というのは目的とする樹種の性質に適するような環境を、伐採の方法によってつくろうとすることであり、自然の運動法則からみれば、遷移の進行を止めるか、逆行させる行為であるといえる。

このことは、その場所の自然環境に適応して自生する現存の森林、あるいは遷移過程に出現する森林を対象にした場合、天然更新であれ人工造林であれ森林の再生は比較的容易であるということである。しかし、自生種でない樹種を対象とした新林を造成しようとする場合は、天然更新はきわめて困難であり、人工造林も容易でなく多くの労力を必要とする。すなわち、自然の運動法則にしたがった森林の復元力はきわめて大きいので、自生種の再生力に打ち勝つための下刈りを頻繁に行なわなければならないことになる。林種転換、特に樹種の更改が行なわれる拡大造林の場合、造林樹種の不適地は勿論、通常の下刈りや除伐では自生種の競争に負け、いわゆる不成績造林地になることが多い^{38, 39, 40)}。

自生種を造林した場合、下刈り等の保育を怠っても全滅することはめったになく、むしろ混交林として成林する事例がある。例えば、スギが天然分布する多雪地帯の滋賀県大津営林署管内原山国有林の拡大造林によるスギ造林地において、通常行なわれる6回の下刈りを省略した結果、10年目の現在、広葉樹の再生、繁茂も著しいが、植栽したスギの約30%の樹高成長には下刈り地

と大きな差がない⁶²⁾。また、ヒノキの自生する少雪地帯の和歌山県高野山国有林の再造林によるヒノキ造林地の場合も、植栽後6年目の現在、下刈り省略地の造林の平均樹高は全木で約20cm、大きい造林木1,000本/haの平均では10cmほど下刈り地のそれぞれより小さいのみであった⁶³⁾。

すなわち、拡大造林や再造林のいずれでも、スギ、ヒノキの自生する箇所での人工造林の場合には、野生の広葉樹が進入し、よく繁茂するが、スギ、ヒノキの再生力も強いので、広葉樹との競争にすべて負けるということはなさそうである。したがってこのような条件のところでは下刈り、除伐等の保育を省略しても、造林木は広葉樹と混交しながら成林する可能性が高い。これは後述の低コスト育林または粗放林業の技術的方法に示唆を与えるものである。

一方、目的とする樹種以外の再生力が著しく優る場合は、特に天然更新による新林の再生がおくれることになる。例えばヒノキの自生する地域でも、不適切な伐採によってつくられた更新面であれば、陽性の下層植生が繁茂し、ヒノキ稚樹の成立は困難となることが多い^{12,30,34)}。これが林業的に判断される天然更新の失敗ということである。

天然更新の技術的方法は後述するが、大正から昭和の初めにかけて、国有林を中心に日本の各地で択伐を主とした各種の天然更新施業が実行されたが、そのほとんどは失敗したといわれている^{35,64)}。その主な理由は、競合植物の少ないドイツで発達した光の制御方式である伐採作業法をそのまま取り入れた結果、雨が多く各種植生のよく繁茂する日本では、稚樹の成立さえうまくいかなかったということである。ヒノキに関しても数多くの天然更新の試みがなされた^{35,65-68)}が、稚樹の発生、成立まではみとどけられたものの、成林に至った事例報告はほとんどみられない。

ただ、択伐、傘伐、皆伐等による施業の概要が明らかな天然生林としては、木曾谷周辺の上松、福島、王滝、坂下各営林署管内のササの少ない一部の国有林^{66,69)}、熊本県金峰山国有林⁶⁷⁾、高知県西の川山国有林⁷⁰⁾あるいは愛媛県別子村住友林業山林³⁴⁾（写真-1参照）等の実例が報告されている。しかし、これらも明確な意図をもった天然更新の技術体系によって施業されたものとはいえない。特に木曾谷の各御料林では昭和10年代に入り MÖLLER の恒続林思想に刺激されて、単木択伐作業が全面的に取り入れられたが、天然更新が芳しくなかったため、群状択伐へと伐採面積を広げ、しかもそこに人工植栽が行なわれるようになった。さらに林政統一後の1954年からは、択伐跡地の天然更新の不成績及び補植木の成長不良の実態から、ほぼ全面的に皆伐人工造林に移行した⁶⁾。したがって、ヒノキの択伐天然更新作業の中心であった木曾谷でさえ、戦時特例伐採等不幸な時代があったものの、その成果をみることなく更新技術は未完のまま歴史のかなたへ消えていった。

これらの結果から、現状ではヒノキの天然更新は、下層植生の少ない特別な立地等を除き、きわめて困難であるとされている³⁵⁾。すなわち、ヒノキばかりかスギについても他植生との激しい競争に抗しきれないということであろう。しかし前述の遷移の法則から考えれば、ヒノキ等も含めた自然の復元力を人為によってある程度コントロールする方法があるはずである。例えば下層植生の繁茂が激しいところでは、その再生、成長を抑制しながらヒノキ稚樹の成立を促すとか、あるいは反対に下層植生を保護植生として利用するとか、上木と下層植生との組み合わせで多様な条件をつくることは技術的に可能であろう。そのためには、それぞれの地域における天然更新に関係する多くの情報が必要である。

一般に天然更新を行なうには広範な知識と長い経験をもち、高度な技術が必要である³⁵⁾と考えられているが、現状ではその通りであろう。しかし、それは上述のように自然の再生のしくみについての知識があまりにも少なく、また、天然更新法の技術開発のための広範な施業試験が継続して行なわれなかったためではなかろうか。したがって、単なる伐採法だけでなく、目的樹種の再生にかかわるすべての要因の解析が進み、情報量が豊富になれば、天然更新の困難性は少なく

なるはずである。

現今の人工造林技術の大部分は農作物の栽培技術の模倣であり、長い経験の積み重ねによって得られたもので、客観的な法則性を意識的に適用した近代的技術とはいえない。一方、天然更新技術に関しては多様な森林生態系の中で行なわれている自然の再生のしくみをできるだけ多面的に解析し、得られた多くの知識を統合すれば、客観的な法則性を見出すことは可能であり、それを意識的に適用することもできよう。

しかし、森林自然の動態はきわめて複雑で、その運動法則のすべてを短期間に明らかにすることは困難である。また、天然更新は少なくともヒノキに関しては天然下種が主体であるが、稚樹の発生、成立をもって完結するものではない。更新完了後放置し、自然の推移にゆだねれば目的樹種を主とした天然生林に育つであろうし、より積極的に人為を加えて保育をすれば、後述のようにその生産材は人工林と変わらないものになろう。したがって、一般にみられる天然林と同様、混交状態の天然生林を造成するのか、より人工林に近い単純一斉林型の森林に誘導するのか、天然更新による森林造成にはさまざまな技術的方法があろう。それ故、図-1に示した天然更新の

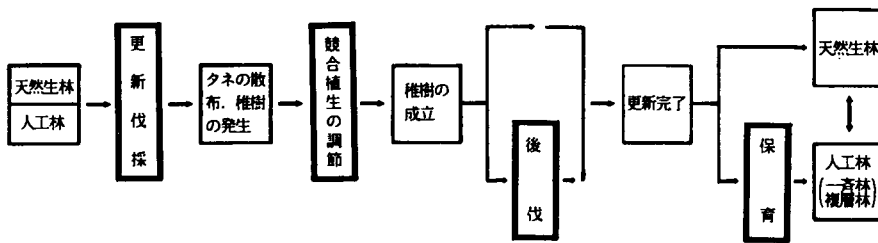


図-1 天然更新の基本的作業の流れ（二重の囲いは作業形態）

基本的な作業の流れ図のように、天然更新法によってつくられる目標林型、あるいは林業経営からの生産目標にそって、それぞれの技術体系を組立てなければならない。したがって、これまでに得られた客観的な法則性を実証し、再現性をもつ各種の天然更新技術の体系を確立するためには、自然環境の異なる各地域に先導的な指標林をつくる必要がある。後述する三浦実験林、段戸国有林、住友林業別子山林等はその教科書となろう。以下まず天然更新の基本的条件を論ずることとする。

2. ヒノキの天然更新の基本的条件

ヒノキの天然更新はタネの散布から始まり、稚樹の発生、成立を経て第一段階の更新が完了する。この間の各種更新条件に関する調査は古くから行なわれ、それらの成果をまとめた書籍^{34, 66, 67, 68)}や研究報告⁷¹⁻⁸¹⁾はかなり多い。しかし稚樹が成立し、成林あるいはそれが見込めるまで追跡、調査した例は意外に少ない。三浦実験林における研究^{9, 11, 12, 14, 34)}は20余年にわたる調査、解析例であるが、これについては後述することにする。

ここではまず、これまで明らかにされたタネの散布からヒノキ稚樹の成立過程における主要な更新の条件を、山本^{82, 83)}、加茂^{15, 16, 84, 85)}及び筆者の研究を主体にまとめておく。

1) タネの散布と発芽の条件

(a) タネの結実と散布

ヒノキのタネの結実には著しい豊凶の差が認められる。阪口⁶⁶⁾によると結実した年の1～3年

後は不作となり、特に大豊作の翌年は必ず大凶作になるという。しかし、一般的には並作以上の結実年はほぼ2～3年ごとにくるようである。後述の木曾三浦実験林の15年間にわたるヒノキ稚樹の発生調査¹³⁾でも、豊作は4～5年、並作程度の結実は2～3年ごとに繰返していることがわかった。したがって、タネの散布量からみた必要更新年数は、少なくとも豊作が一度か二度訪れる5～10年程度見ておく必要がある。タネの落下時期は、緯度の差、海拔高あるいは年度によって異なるが、その最盛期は秋の終りから冬にかけてあらわれ、落葉とほとんど同時に落下するようである^{30,34)}。すなわちこの時期には落下したタネと新しい落葉が混在している。

林内におけるタネの落下量はあまり調べられていないが、筆者らが直接調べた別子³⁴⁾や尾鷲³⁰⁾の事例では、並作年でm²あたり200～800粒、豊作年で2,000～3,000粒程度である。極端に多い例としては1億粒/ha落下したという報告⁷⁹⁾もある。タネの散布様式は、林分の構成状態や地形により異なるが、林内においてはほぼランダムに散布しているようである³⁰⁾。

タネの散布距離は、後述の皆伐あるいは母樹法作業による側方天然下種更新を行なう場合の更新面の広さや、母樹の間隔を決める際の重要な要素である。タネの飛散距離もまた地形や林況あるいは風向、風力等によって異なるが、林外への散布量は母樹から遠ざかるにしたがって急激に減少し、充実種子の飛散距離は一般に樹高の2倍程度までである。しかし、天然更新にとって必要なm²あたり数本以上の当年生稚樹の発生数の見込める散布量の飛散距離は、樹高とほぼ同じ距離までである。したがって天然更新のためのタネの有効な飛散距離は母樹の高さ程度であるといえる^{34,68)}。

(b) タネの発芽と定着

林床に落下したタネは前述のように新しい落葉と混在しているが、雨滴によって飛ばされたり、降雨による表面流の激しいところでは落葉や表土とともに流亡する^{49,50,54,58)}。したがって、そのような林地ではタネの定着は勿論、稚樹の発生も困難であるので、表土の安定は天然更新にとって絶対条件である。

タネの発芽は主として温度⁸⁷⁾や水分条件^{86,88)}に依存するが、林地のような自然環境の中では小動物や微生物も関与し著しく複雑である。ヒノキのタネは沢筋のような湿度の高いところでは発芽力が弱く、同属のサワラは反対によく発芽するという⁸⁶⁾。木曾地方の天然生林で沢筋にサワラが多く、斜面中腹以上にヒノキが多く成立するのはこのことと関係があるようである。

林床での発芽率は更新面の状態によって異なるが、苗畑における得苗率より著しく低い。一般に落葉、粗腐植を除去すると発芽率は高くなるが、自然状態ではもっとも多い場合でも全落下種子に対しせいぜい2～3%程度であり、多くは1%もしくはそれ以下のようなものである^{30,81,84)}。このように林地における発芽率はきわめて低いが、さらに発芽後も以下に述べるような厳しい自然環境の中で稚樹として成立し、長い年月をかけて成木に育つものは全く偶然といえるほどの低い確率であろう。前述のように、もくもくとおびただしい量のタネを播き続けるのはそのため、種属維持のためのしくみと理解できよう。

2) 稚樹の発生、成立の条件

(a) 表土の安定

落下したタネは勿論、発芽したばかりの稚苗すなわち成葉が形成されるまでの子葉、初生葉の生長段階は、林床上できわめて不安定な状態にある。したがって、つぎに述べるような乾燥害、過湿害、雨滴障害、生物害等いろいろな障害が、単独であるいは複合して発生しやすいが、それ以前に重要な稚苗の生存要因は表土の安定である。三重県尾鷲地方を中心に行なった人工降雨による実験の結果⁴⁹⁻⁵⁹⁾から、閉鎖状態にあるヒノキ林で、下層植生に乏しい林地における落葉、土

壤の流失、移動は著しく大きいことがわかったが、このような状態の林床ではとうてい稚苗は定着できない。したがって落葉、粗腐植の堆積がほとんど無く、土砂が裸出している林地では、上木の周辺とか落枝によって表土の移動が止められているところにそのまま稚苗がみられるのみである。しかし落葉、粗腐植が少ないような林地でも、コケ類が適当に存在する林床では表土の移動が少ないため稚苗がよく成立する^{34,84)}。

日本における天然更新については、ヒノキについても更新補助作業と称して地表のかき起し、特にA₀層を取り除き鉦物質土壤にタネを発芽させる方法をすすめている^{64,67,68)}が、三浦実験林でA₀層の除去を行なったところ、稚苗は表土とともにほとんど流亡してしまった¹²⁾。その後上部から落葉、粗腐植等が流入して土壤面を被い、地床が安定した数年後からようやく稚苗が成立するようになった^{34,89,90)}ことから、ヒノキの天然更新については地表かき起し等はむしろ不適であり、林木の大切な栄養源でもある落葉枝によって表土を被覆し、更新面を安定させることの方が有効である⁴⁶⁾と判断された。但し、スギについては枯枝とも落下、堆積するので、落葉枝の除去は稚樹の被覆害を防ぐための適切な手段である¹⁸⁾。

(b) 水分条件

発芽直後の稚苗は勿論、成葉の発達した稚樹の生存にとって水分の不足すなわち乾燥害は致命的である。一般に裸地状態の林外は乾燥害を受けやすく、下層植生の被陰がないとほとんど枯死する^{34,83)}。一方林内でも厚さ7～8cm以上、乾燥重量で50ton/haを超過する厚い落葉、粗腐植の堆積は乾燥害を受けやすい¹¹⁾。それ故このような場合はA₀層を除去すると乾燥害を少なくすることができる⁸³⁾が、後述のように雨滴障害が多くなる。したがって人為的にA₀層を除去するより、林床に適量の陽光を射入させ、地温を高めて粗腐植の分解を促し、A₀層の厚さを減少させる方が天然更新にとっては有効である³⁴⁾。多くの林地では更新に適するA₀層量は、乾重で20～30ton/ha、厚さ2～4cm程度であるが、三浦実験林では60～80ton/haのA₀層量が伐採後5年でほぼ半減し、適当な厚さになることがわかった。また明るい林内では稚樹の成長を促し、根が早く鉦物質土壤に達するので、乾燥害が少なくなるようである¹¹⁾。

水分の過多いわゆる過湿の害についてはむしろタネの腐敗とか発芽力の低下を引起すことが多い⁸⁶⁾ので一般的に、谷筋とか沢筋にはヒノキの稚樹が発生しにくい。しかし、サワラは湿润地によく成立する。

(c) 雨滴障害

林内、林外を問わず強雨時の雨滴衝撃による稚樹のはね飛ばし、根の掘り起し、倒伏の被害は著しく多い^{30,46)}。特にA₀層を除去し、鉦物質土壤を裸出させた場合の被害率は、自然状態の更新面に比較しきわめて大きい⁸³⁾。一般苗畑における播種後の敷藁はこの雨滴障害を防ぐ手段であることから、林地においても落葉枝で発芽床が覆われている方が稚樹の生存率はよい⁴⁶⁾。このことから、地表かき起しのような更新補助作業は、ヒノキの更新にとってむしろ有害であり、実行すべきでないといえる。なお、雨滴による根の掘り起しは結果的に乾燥死をもたらすことが多いので、これらの枯死要因は複合して影響するものである。

雨滴障害を防ぐもう一つの有効なものは下層植生である。特に林内では林冠を通して落下する大粒の雨滴に対し、下層植生はその衝撃を受けとめ、小粒の水滴にして飛散させるので、雨滴障害は著しく少なくなる⁴⁶⁾。しかし、下層植生の成立量が多すぎると、雨滴障害はまぬがれても、後述のように光不足によって枯死することになる。したがって、林内外とも下層植生の適切なコントロールが天然更新の要点といえる。

(d) 生物害

タネの発芽直後から子葉の展開するまでの間は、病害、虫害、動物害等の生物害を受けやすい。

このうち子葉が食害され、下子葉部（胚軸）のみ残されている被害がよく目につくが、特定されていないものの、多分虫害によると思われるこの被害は林内に著しく多く、乾燥害、雨滴障害を合せた枯死より多いことがある⁸³⁾。また、根腐れとか立枯病による枯死もあるようである⁹¹⁾が、林地におけるヒノキの病害の実態については、まだほとんど明らかにされていない。

このように生物害はかなり多いが、それらを防止するための個々の人為的手段を積極的に取り入れることは、自然力を満度に生かそうとする天然更新の主旨から少し離脱するように思う。むしろ乾燥害、雨滴障害とともに生物害も軽減できるよう健全な稚樹を育てる林業的手段を講ずることが本来の天然更新技術であろう。

(e) 光条件

上述のように発芽当年においては、乾燥害、雨滴障害、生物害等いろいろな被害を受け、稚樹が枯死、消失するが、そのいずれの被害も子葉の展開段階までが著しく多い。そして初生葉が発達し、成葉が形成されるようになるにしたがって枯死は少なくなる^{83,84)}。枯死、消失の時期的な経過は林地の標高、林分構造等によって異なるが、一般的には盛夏を過ぎると枯死率は低下するようである。この場合、子葉の展開、初生葉の発達、成葉の形成という発芽後の成長段階が早く進むものほどすべての被害を受けにくい。したがって相対的に密な林分より、除間伐の行なわれた明るい疎林分内の方が稚樹の成長は早く、成長段階の進んだ稚樹が多くなるので、枯死、消失率は低くなる⁸³⁾。

これ故、林内における発芽後の稚樹の生存率は林分の疎密状態によって異なるが、光条件に恵まれた林縁付近や疎林分では30%以上になることもある。しかし、密な林分や林外における生存率は低く、ほとんど10%以下のものである。

上記の結果は下層植生の少ない林分における稚樹の発生、成立の経過であるが、一般林地においては下層植生が成立し、ヒノキ稚樹の成立にさまざまな影響を与えている。前述したように、表土の安定や雨滴障害の防止には下層植生の存在は有効であるが、その成立量が多くなると光を遮断し、林内でも林外でもヒノキ稚樹の成長を阻害するばかりか、光不足によって稚樹を枯死させるようになる。また、下層植生特に大型の葉をもつ広葉樹やササの落葉は小さい当年生稚樹を被覆し、枯死させることも少なくない⁴⁶⁾。

以上のように、ヒノキ稚樹の発生、成立には多くの要因が関係するが、それらのほとんどは複合して働く場合が多い。したがって、稚樹の生存に関与する個々の障害を除去、防止することより、それらの要因に直接または間接に大きく影響する光条件を適切にするよう、上木と下層植生をコントロールすることが天然更新の主題といえよう。

(f) 稚樹の発生、成立の経年変化

各年度における稚樹の成立数は、当年生稚樹の発生数（収入）と、前述した諸要因による枯死数（支出）との差引きによって決まるものである。10年以上もの長期間にわたるこのような稚樹の収支を追跡した事例はほとんどみあたらないので^{15,85)}、三浦実験林における林外と林内稚樹の消長の調査例³⁾で検討してみよう。

図-2は、帯状皆伐更新試験地の伐採帯内（No. 10）に、10m間隔で設けられた2×2mの固定調査プロット内における1971年以降15年間の稚樹本数の変化を示したものである。本図は同一記号（白、斜線、黒、両斜線、黒点）の始まりの年の夏に当年生稚樹が発生、成立し、その後、年度を追って同齢の稚樹が枯死、消失していった経過を示している。各プロットにおける当年生稚樹は、図から認められるように、1972, '74, '75, '77, '79, '80, '83年度に発生しているが、特に多いのは'75, '79及び'83年度で、その前年の秋の結実が豊作であったことがわかる。これに反し'73, '76, '78年度は各プロットとも稚樹が全く発生せず、その前年は凶作であったと判断される。

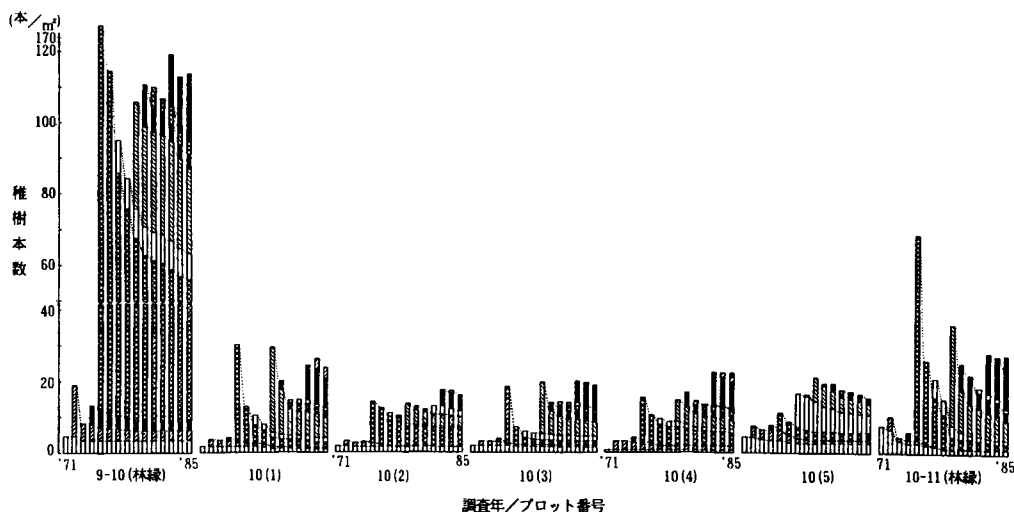


図-2 三浦実験林帯状皆伐天然更新試験地伐採帯 (No. 10) のプロット内における稚樹本数の経年変化

これから豊凶の繰返し年度を推定してみると、豊作はほぼ4年ごと、並作と凶作は2～3年ごとに訪れるようである。

発芽した当年の稚樹は、前述したように乾燥害、雨滴障害、生物害あるいは光不足によって本数を減少させるが、2年生以上の稚樹も被圧害等によって枯死、消失していく。その消失率はプロットにより、また年度により異なるが、一般に発生初期は大きく、年の経過とともにその率は小さくなり、当年生の生存率^{82,84)}と同様、指数函数的に減少する傾向が認められる。いずれにしても、この伐採帯のように粗腐植の分解が早く、ササの再生も少なく、比較的更新条件に恵まれたところでは、発生した稚樹の多くは生き残り、稚樹自体の密度競争が起るまで結実年ごとに本数を増加させることがわかった。

なお、この伐採帯は50mの幅があるが、その中央付近でも2年生以上の稚樹は m^2 あたり10数本以上成立し、後述のように成長も良好である。また林縁付近ほど成立本数が多いが、南向斜面の本調査地の場合には東林縁 (No. 9～10) の方の更新条件が特によいようであった。

図-3は50%のぬき伐り(下種伐)を行なった傘伐更新試験地内のプロットにおける稚樹の成長を示したものである。図から認められるように、15年間の稚樹の発生、成立の経過は前述の伐採帯の傾向とほぼ類似するが、当年生稚樹の発生年度を比較すると、北向斜面である本調査地の1977年度の当年生稚樹は著しく多く、反対に79年度は意外に少なく、帯状皆伐天然更新試験地とは明らかに異なった傾向を示した。これは三浦実験林のように420haほどの広さの地域内でも、結実の周期に違いがあらわれることを教えている。

一方、この調査地ではプロットごとの稚樹の発生、成立数に大きな差がある。すなわち下種伐後風倒被害によって多少疎林になった試験地下部のプロット No. 1～4にはいずれも1985年現在 m^2 あたり30本以上の稚樹が成立し、写真-10のように成長もよいに反し、上木のぬき伐り率が少なく、ササの再生も早かった上部のプロット (No. 5～8) のうち特にNo. 7, 8の成立数は著しく少ない。このように、ヒノキ稚樹の成立本数は、上木と下層植生の成立状態によっていろいろ異なるが、適切な更新条件が与えられれば、さまざまな障害を受けながらも稚樹の成立数は確実に増加し、天然更新による再生は可能になるといえる。

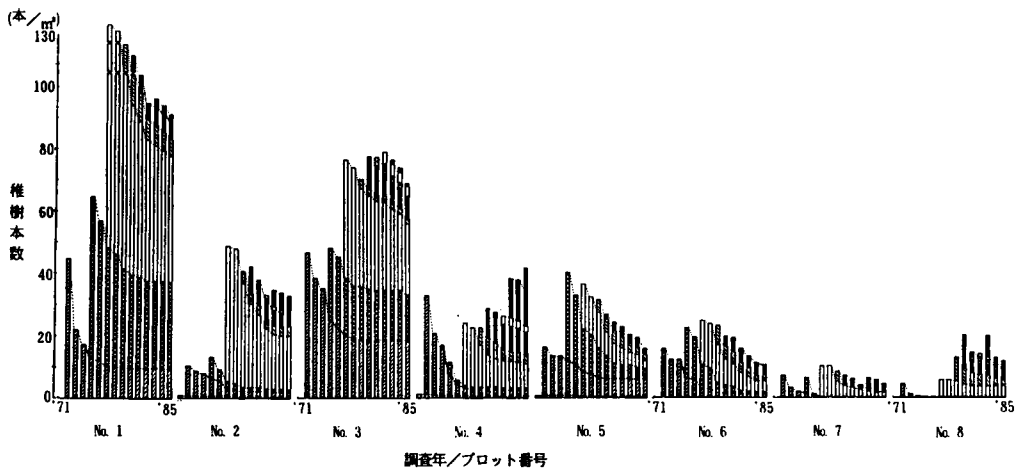


図-3 三浦実験林傘伐天然更新試験地の各プロットにおける稚樹本数の経年変化

3) 稚樹の成長の条件

地床における光の量は、上述のように当年生稚樹の発生、成立に大きな影響を与えるが、光はまた林床の温度や水分条件に直接関与するので、2年生以上の稚樹の成長にも大きな影響を与える要因である。しかし、光条件と稚樹の成長を関連させた研究は、苗畑における報告^{75,80,92,93)}を含めてもそれほど多くない。ただこれまで実際林地において調べられた研究結果を総合すると、相対照度とヒノキ稚樹の成長及び成立状態の間には高い相関関係が認められる。

特に筆者らの調査結果^{11,15,16,18,30,34,46)}から判断すると、後述のように適度に間伐された林分、林内の孔状地、林縁付近あるいはアカマツとの混交林内は、稚樹の成長にもっとも適した光条件になりやすいようである。そして、高さ50cmまでのヒノキ稚樹の平均伸長量のもっとも大きくなる明るさは、林内では相対照度でほぼ5~10%、ササの成立する林外では光を遮る高さが低いため2~6%の範囲にある。それより明るすぎてもまた反対に暗すぎても成長は低下するようである。そして一般の林地では30%以上の明るさになると乾燥害によって、林内では1%以下の暗さになると光不足によって稚樹は成立しなくなることが多い。

以上のようなヒノキ稚樹の発生及び成長と光条件の関係を、上木と下層植生の成立状態を関連させて図示すると、概念的には図-4のようにならう。林床の明るさは陽光を遮る図の横軸に示した上木の成立状態すなわち疎密度と、斜め横軸の下層植生の成立量により決められる。すなわち、下層植生が少なくても林分が密であれば林床は暗くなり、反対に林分が疎であれば明るくなるが、その場合でも下層植生が多くなると暗くなる。これまでの筆者らの調査した多くの資料から総合的に判断すると、ヒノキ稚樹の発生は2~30%の相対照度の間にみられ、特に図中の大きい黒点の条件のところが多いが、その明るさは成長のよい条件より少し暗い3~6%の相対照度とならう。しかし、このような適度な明るさでも、めったにないことではあるが、下層植生が成立していない林分では、表土の流亡が起ることが多いので、稚樹の発生はよくない。

このような稚樹の発生に適した条件は、林縁を中心にした樹高(H)幅程度の林内、林外にも存在するので、図-4の横軸の下に林縁付近の更新状態を重ね合わせて図示してみた。さらに更新面における光条件が成長に及ぼす影響を縦軸にあらわしたが、稚樹の成長は発生にもっとも適した条件より多少明るい状態の方にずれることが多いようである。平均的にもっとも成長のよい明るさは相対照度6%前後で、年伸長量は8~12cmほどにならう。これに対し2%前後では1~

～2 cm程度である。そして相対照度2～4%ほどの人工林内では、せいぜい10数年しか生存できないようである^{15,34)}。

図-4 はあくまでこれまでの調査例の平均的な更新と上木及び下層植生の成立状態との関係を示したものであるので、地形、土壌及び林分の施業経過によって多少のずれが起るかもしれない。しかし天然林、人工林のいずれでも、ヒノキ林における天然生稚樹の発生、成立及び成長は、上木と下層植生の成立状態に大きく依存しているの、天然更新によってヒノキ林の再生を行なう場合は、上木と下層植生の両者を適切にコントロールすることが不可欠となろう。

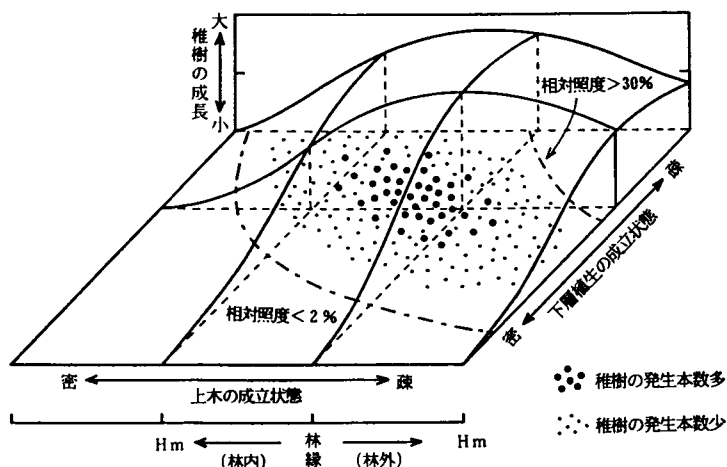


図-4 ヒノキ稚樹の発生、成長と上木、下層植生の成立状態の関係

しかし、ヒノキ稚樹の成長に最適の光条件に誘導するための上木と下層植生の具体的なコントロールはどのようにしたらよいのか、特にその的確な基準を普遍的に示すことは、自然環境や林分の成立状態が異なるので現状では困難である。ただ筆者のこれまでの調査例から総合すると、40年生以上の林分では、上木の胸高断面積合計は30～40m²/ha、下層植生は林内で地上部生重1 ton/ha、葉面積指数0.5程度、林外では一般広葉植生の場合、地上部生重5～10ton/ha、葉面積指数1～2程度、ササ植生の場合は高さ80cm以下で、地上部生重6～15ton/ha、葉面積指数2～3程度が一応の目安になろう^{9,12,18,27,30,96,97)}。この場合、上木の成立状態を幹材積で、下層植生量を物質密度(一定面積あたりの重量を高さで除した単位空間あたりの重量のことで、下層植物現存量容積密度⁹⁵⁾とも呼ばれる)で、あるいは重量を乾重(一般に幹、枝、葉の含水量はそれぞれ異なるが、多くの場合地上部の平均含水量は50～60%であるので、生重の1/2としても大きな誤りはない)であらわす方法もあるが、現場における測定の難易を考えると、上述のように上木は胸高断面積合計で、下層植生は刈り取ったままの生重でその成立量の多少を判断する方が適切であろう。一方物質密度は普通1 m²あたりの現存量を示すので、光条件との関係では下層植生の総現存量を用いる方が相関が高い。いずれにしても天然更新のための更新面の整備の目標としては、林分の構造と下層植生の成立状態の関係をさらに明確にしておく必要がある。

4) 林分の構造とヒノキ稚樹の成立の関係

前述のように、ヒノキ稚樹の発生と成長は上木及び下層植生の成立状態によって決定されるが、筆者らがこれまで調査した資料をもとに、各種の林分構造のもたらすヒノキ稚樹の成立状態を、下層植生の成立量と関連させてまとめてみる。

(a) 下層植生の少ない林分

本論で取り扱う下層植生 (undergrowth) は、ヒノキ等目的樹種を除く下生えのことで、地衣類、コケ類のような高さの低い林床植生は除外することにしておく。そして、下層植生の多い少ないの基準は明確にあるわけではないが、一応常識的な判断として、背丈の低い植生が散生する状態、例えば歩行が容易で地表を覆う葉層にかなりの空隙がみられる状態から、ほとんど下層植生が存在しないような状態までを、下層植生の少ない林分として取り扱うことにする。定量的にはこれまでの調査資料からみて、地上部生重で1~3 ton/ha以下の植生量ということになる。このような林分は中部以西では、常緑広葉樹から落葉広葉樹林帯に移行する標高500~800m付近に多くあらわれる。

図-5はこのような下層植生の少ない林地におけるヒノキ稚樹の発生状態と成長状態を、各調査地の資料をもとに、それぞれ林分の構造ごとに模式図としてあらわしたものである。まず図の左上Aのような密林分、例えば胸高断面積合計で50m²/haを超えるような林分内は、相対照度1%以下になるので、ヒノキ稚樹は勿論一般の下層植生もほとんど成立しない^{21,30)}。また、このような林分の土壌は表土の移動、流亡が激しい^{21,47-58)}。

このような林分が小面積あるいは帯状に皆伐された場合は、下層植生の進入とともに、後述の側方天然下種によって図のBのように更新が可能となる。その場合、林縁の方向によって光条件や水分条件が異なるので、北東林縁(伐採帯の左側)からは樹高幅程度、南西林縁からは樹高の2倍近くまで稚樹が成立する可能性がある。しかしながら、この更新の態様は後述のササを枯殺した三浦実験林の帯状皆伐の事例^{9,12,34)}から推測したものであり、実際の林地において下層植生が少ないままの状態、例えば前述したように、稚樹の発生、成立の可能な広葉植物の地上部生重が10ton/ha、葉面積指数3程度までの成立量を持続することはまずなかろう。大抵の場合、一般造林地における下刈りの状態からも想像できるように、比較的下層植生の少ない林地でも速やか

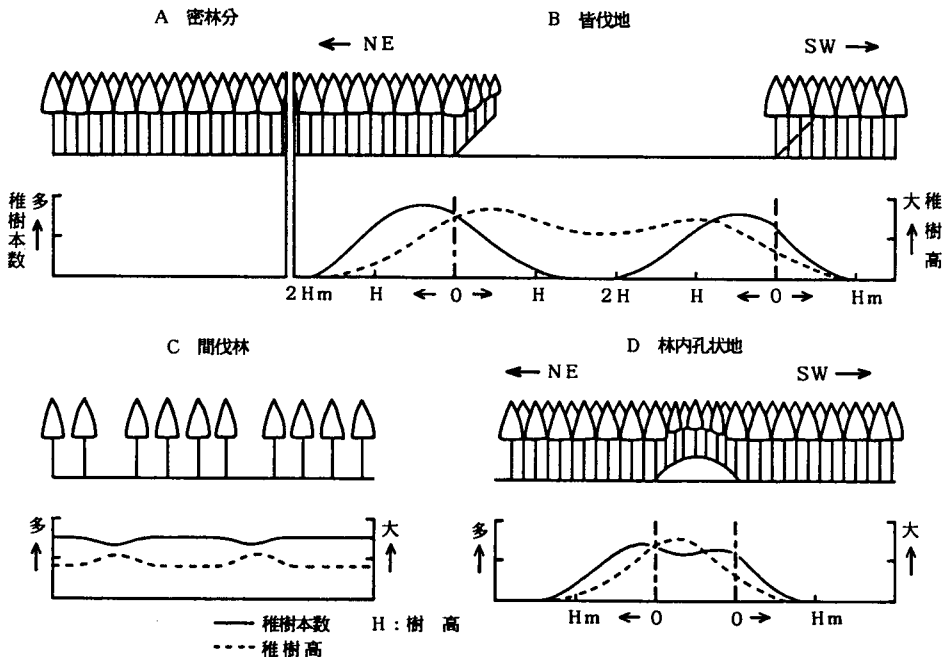


図-5 下層植生の少ない各種林分におけるヒノキ稚樹の発生、成立状態 (模式図)

に下層植生が進入し、繁茂するであろう。しかし、皆伐後数年間地上部生重で20ton/ha前後までの下層植生量であれば更新の可能性はある¹⁸⁾。

さらに、下層植生の少ない林分においては、林縁からある一定距離までの林内には、図のようになりよく稚樹が成立する事例は多い^{15, 18, 30, 34)}。この場合、特に北向斜面の住友林業別子山林の例^{25, 34)}では、東側林縁の林内の更新が著しくよい。この更新の様子は後述の帯状傘伐天然下種更新法に貴重な根拠を与えることになった。

つぎに下層植生が少なく、密な林分を間伐（傘伐天然更新法でいう予備伐，下種伐）したCのような林分内においては、稚樹の更新は全面的に著しく良好で、その事例は各地に多く存在する^{24, 27, 34)}。段戸山^{15, 17, 34)}、高野山^{18, 82, 97)}、野路山^{18, 21)}の各国有林の事例はその典型であろう。この更新の様子は傘伐天然下種更新法の教本である。

図-5の右下Dは下層植生が少なく密な林分内に樹高幅からその1/2程度の孔状地ができた場合の更新状態を示したもので、段戸国有林^{15, 34)}及び野路山国有林¹⁸⁾により事例がある。林内孔状地内に射入する陽光量の差によって、孔状地林縁から林内への更新状態に違いが生ずるが、樹高の1~1/2程度までは比較的良好に更新するので、この更新の実態は後述の群状傘伐法すなわち画伐天然更新法に実現性の高い技術的根拠を与えた。

(b) 下層植生の多い林分

下層植生の多いという状態は、常識的には、林地を歩行することが困難なほど下生えが繁茂していることを意味しよう。定量的には林内では地上部生重で10~20ton/ha以上ということになる。図-6はこのような下層植生の多い林地において、林分や下層植生の成立状態を変えた場合のヒノキ稚樹の更新状態を、これまでの資料から示した模式図である。

下層植生の成立量が多い場合は、図-4でも分かるように、比較的疎な普通林分でもヒノキ稚樹の発生は全くみられない^{12, 18)}。このような林分を皆伐すると植生の繁茂はさらに著しくなる。そして、広葉植生でもササ植生でも地上部生重が50ton/ha以上になると、地床上の相対照度は1%以下になるので、図-6のEのようにヒノキ稚樹は全く更新できない^{12, 18, 96)}。しかしササの密生地でも、伐根周辺のようなところにはよく更新する^{34, 89)}ので、長い年月を経過すれば、全面にわたりゆっくり更新が進むようである。根上り状態の木曾ヒノキは根株更新の証拠である。したがって、風衝地のような特殊の条件のところを除き、ササは極相種にはならない。

下層植生が多い場合でも、下刈りとか除草剤で下層植生を適切に除去、抑制した小面積あるいは帯状の皆伐地には、図-6のFのように、林縁から樹高幅もしくはその2倍程度まで更新する事例が少なくない。例えば、一般の広葉植生では和歌山県笠塔山国有林や山口県城山国有林、ササ植生では三重県登奈井尾国有林の事例^{18, 97)}は下刈りによって、三浦実験林の場合は塩素酸塩系除草剤によるササの枯殺^{9, 14)}でヒノキ稚樹がよく更新している。この場合、下層植生量はいずれも地上部生重で10~15ton/ha以下にコントロールする必要がある。

林内の場合でも、下層植生を下刈りもしくは除草剤でコントロールし、適度な間伐（予備伐，下種伐）を行えば、図-4のGのように全面に更新する可能性がある。これに関しては、京都大学上賀茂試験地^{31, 33)}及び住友林業別子山林²⁶⁾において広葉植生の刈払いを、三浦実験林の傘伐（漸伐）更新試験地^{9, 14)}において除草剤によるササの枯殺を行なった結果、いずれもよく更新した事例がある。この更新の様子は、これまで何度も述べてきたように、上木と下層植生を適切にコントロールすれば、ヒノキ稚樹の更新を促すことのできる見本である。

(c) ヒノキとアカマツの混交林

陰性のヒノキと陽性のアカマツはきわめて相性がよく、中部から近畿、中国地方には天然生林は勿論のこと、ヒノキの人工林に進入したアカマツが上層木となったいわゆる混交複層林が多く

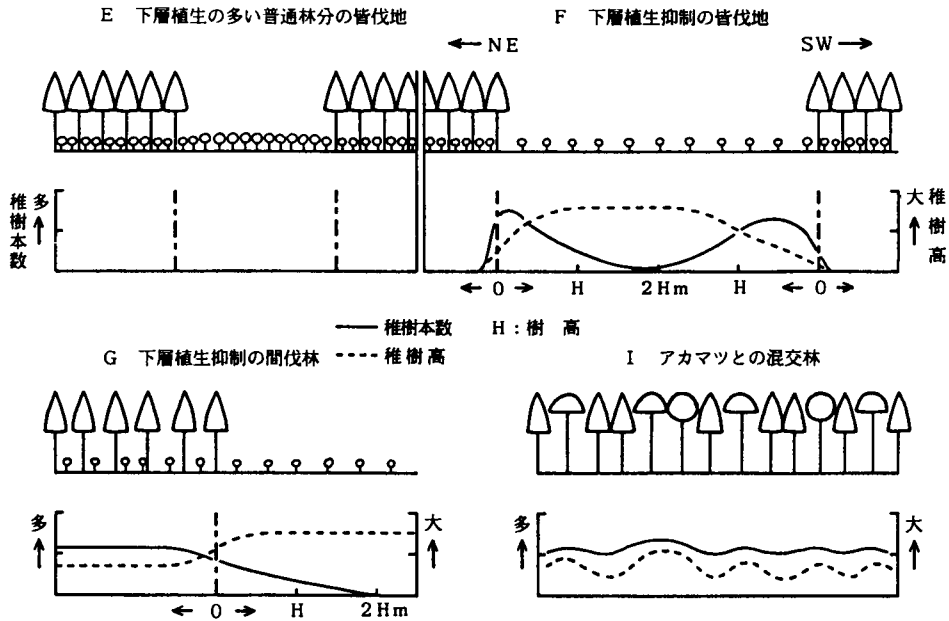


図-6 下層植生の多い各種林分及びヒノキ、アカマツ混交林におけるヒノキ稚樹の発生、成立状態（模式図）

成立している。このようなヒノキ、アカマツ混交林の林内には、図-6のIに示したように、ほとんど例外なくヒノキ稚樹がよく更新する。これまで調査した事例では、野路山国有林における約70年生のヒノキ造林木に天然生のアカマツが約30%混生した林内には、高さ50cmから2mほどのヒノキが面に成立していた^{18,21)}。そのほかアカマツの混交率の異なる京都府京北町⁴¹⁾及び天然生林では高槻市榎田地区⁴²⁾の民有林あるいは京都大学上賀茂試験地^{31,32)}にもみられた。このようなアカマツの混交によるヒノキの更新は、後述の各種天然更新法のいずれの範疇にも入らない。

アカマツの混交率とヒノキ稚樹の成立本数の関係はまだ明らかにされていないが、アカマツの混交率が高くなると林床がより明るくなるので、下層植生が繁茂しやすく、結果的にヒノキ稚樹の更新を妨げることがある⁴¹⁾。したがって、ヒノキ、アカマツ混交林仕立てによって天然更新を進めようとするなら、野路山の例から、アカマツの混交率は材積で10~40%の範囲が適切であると思われる。

3. ヒノキ天然更新のシステム

1) 天然更新の種類—森林作業法

気候、地形、土壌など森林の成立する環境はさまざまであり、また樹種の性質もまちまちであるので、それぞれに適した各種の天然更新法がある。大きくは繁殖の方法によって無性繁殖にあたる萌芽更新と、タネからの有性繁殖すなわち天然下種更新に分けられるが、萌芽力に欠けるヒノキなど多くの針葉樹については後者の更新法が主体である。

一般の天然下種更新はタネの散布形態から、母樹（タネ木）の側方にタネを飛散させる側方天然下種更新（natural seeding from side, Seitenbesamung）と、母樹の直下に散布させる上方天然下種更新（natural seeding from overhead tree, Schirmbesamung）とに分けられる。前者は主としてカンバ類やマツ類のような陽樹に、後者はタネが重いか、親木の保護がないと育ちにくいヒノ

キヤモミのような陰樹に適した方法である。

いずれの天然更新法でもまず母樹を適当に残して伐採し、更新面をつくらなければならない。この伐採法とそれともなう更新の体系を森林作業法^{98,99)} (silvicultural system, Betriebsform) と呼び、普通次の4つに大別されるが、さらに更新面の形、大きさなどによってさまざまに分けられているので⁹⁸⁻¹⁰⁵⁾、本論に関係する作業法を整理しておく。

a. 皆伐作業法 (clear cutting system, Kahlschlagbetrieb)

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

b. 母樹(作業)法 (seed tree system, Einschlag unter Belassung von Überhälter)

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

c. 傘伐作業法 (shelterwood cutting system, Schirmschlagbetrieb)

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

傘伐作業法はさらに更新面の形から大面積(全面)傘伐(shelterwood uniform system, Grossschirmschlag)と帯状傘伐(shelterwood strip system, Schirmsaumschlag)及び群状(孔状)傘伐(shelterwood group system, Gruppen od. Horstweiser Schirmschlag)などに分けられる。このうち帯状傘伐作業法として、特に林縁効果を取り入れたWAGNERの帯状択伐天然更新法(Blendersaumschlag Verjüngung)が有名であり、群状傘伐法としては林内孔状地を更新にともなって抜げていく画伐天然更新法(Femelschlag Verjüngung)がドイツやスイスで行なわれている。

d. 択伐作業(selection system, Plenterbetrieb)

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

以上の作業法のうち、皆伐と母樹法(残伐)は側方天然下種更新法に、傘伐と択伐は上方天然下種更新法にあたるが、ヒノキの天然更新法としてはいずれの作業法も前章で述べた稚樹の発生、成立条件からみて、下層植生の成立量のコントロールを組合わせれば技術的に可能であることがわかってきた。しかし後継樹の保護の面から考えると、それぞれの方法には明らかな違いがある。例えばタネ木を残して皆伐する母樹法は、強度の傘伐法に形の上では類似するが、前者はタネの散布が主目的で母樹による更新稚樹の保護は考慮しないに反し、後者は傘という名のとおりに、上

木による稚樹の保護を重要視することである。また、択伐は常に親木と後継樹が混生、競合するが、他は上木が完伐されるので、後継樹は独自の成長を行ない新林を形成することなどである。このように各作業法は、それぞれ特性をもつ樹種の更新に適するよう伐採を進める主旨で名付けられているので、1伐、2伐、3伐、多伐のように、単なる伐採回数のみで作業法を分類¹⁰⁾するのは、少なくとも天然更新に関してはなじみにくいと思う。

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

一方、上方天然下種更新にあたる傘伐や択伐作業は陰樹の更新に適した方法で、遷移の法則から高い耐陰性をうまく生かそうとするものである。しかし、光要求度の等しい同一種で、大小、老幼の混生する連続層林を持続させる択伐作業は、比較的耐陰性の高いヒノキであっても、技術的に不可能ではないが、ドイツ、スイスで行なわれている更新の容易なトウヒ、モミの択伐作業とは異なり、かなり集約な施業を必要とするであろう。例えば木曾ヒノキの天然生林のように、100年から400年生という年齢差があっても、常に更新がともなわないとほぼ同一林型の一斉林型になってしまうことが多い。したがって、ヒノキの天然更新については一時的に二段林になる傘伐作業がもっとも適した方法であるといえよう。以下ヒノキ天然林資源の育成と、林業経営に適切と考えられる天然更新の標準的なシステムを提示し、これまでの実行例と合せて検討してみよう。

2) 傘伐天然下種更新法

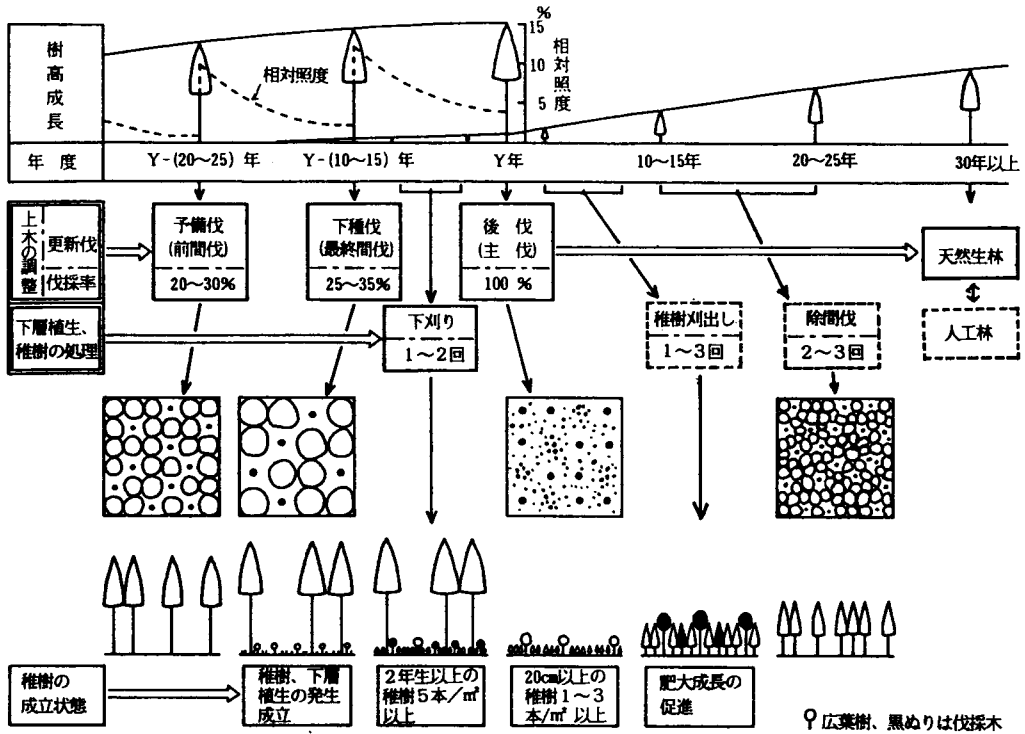
天然更新によって森林を再生しようとする場合、まず地形、局所的気候、土壌などの自然環境のほか、林分構造、下層植生の成立状態の特性と、生産目標あるいは資本、労力の投入許容量などによって、どのような作業法をとるのが最適かの判断をする必要がある。そこでまずこれまで論じてきた多くの知見をもとに、標準的な施業が行なわれている40~50年生の一般ヒノキ人工林を主対象にした3つの傘伐天然更新法の施業体系のモデルを示した上、それぞれ個別作業の流れを天然生林を対象にした場合も合せて論ずることにする。そして、さらにそれぞれの傘伐天然更新法の施業実行例を紹介し、今後の問題点にもふれてみたい。

(1) 全面(大面積)傘伐天然更新法

面積の大小にかかわらず、林分全体を対象に一様に傘伐を行なう方法で、標準的な施業システムは図-7のようである。本図は上から樹高成長曲線、上木調整法としての伐採の進め方、それにとまなう相対照度の変化、下層植生の処理と稚樹の成立状態などを経年的に示したものである。以下主要な更新作業の要点について説明しておく。

a) 予備伐(前間伐)

予備伐はすでに述べたように、タネの結実を促し、粗腐植の分解を速め発芽床としての更新面を整えるために行なうものである。一般のヒノキ林では40年を過ぎるとたいていは結実するようになるので、結実を促す目的の予備伐はそれほど必要としない。しかし普通施業林では、一般に何回かの間伐が行なわれるので、主伐(Y年)の20~25年前の間伐を予備伐(前間伐)と名付けておく。この際の伐採率は下層植生を繁茂させないでむしろ散生状態にさせるために、胸高断面積合計あるいは材積率で20~30%程度の弱度でよい。林内の相対照度は4~6%程度が望ましい。予備伐後林分は再開鎖を始めるが、平均相対照度が2~3%まで下がったら下層植生も少なくなるので、つぎに下種伐として最終間伐を行なう。この状態でのヒノキ稚樹の存在は絶対必要では



図一七 ヒノキの全面傘伐天然更新の標準的な施業システム（図中の破線の囲みは主として人工林に誘導する作業）

ないが、わずかでも成立すれば好ましい。

b) 下種伐（最終間伐）

Y年で示した後伐（主伐）の伐採率は施業の目的によって決定すればよいが、少なくともその10年～15年前に、傘伐天然更新でもっとも大切な下種伐を行なう。これは間伐からいえば最終間伐になるが、その目的は稚樹を発生、成立させることにあるので、稚樹の成長の条件で述べたような林床の明るさになるよう林冠量を調整しなければならない。一般の林分では25～35%の間伐率で5～10%の相対照度、あるいはそれを少し超えた明るさになるであろう。このように林床の明るさを最重要視するのは、下層植生の繁茂を抑え、一方ではヒノキ稚樹の発生、成立を促そうという耐陰性を考慮した生物学的にきわめて巧みな技術を適用しようとするからである。したがって、予備伐は弱度に、下種伐は比較的強度にぬき伐りをしようとするわけで、残存木の生長を期待する間伐とは本質的に異なっている。

下種伐の伐採率はヒノキばかりか一般の天然更新にとっても、その成否のカギをにぎるもっとも重要な仕事である。下種伐は稚樹の発生、成立に適した明るさにみちびくための林冠調整であるので、地形、方位、傾斜などの地況や、林分の構成によってその伐採率は決められるべきものである。現在まだ調査資料が十分ではないが、成長の条件で述べたように、林内稚樹の比較的成長のよい林内照度4～8%を一応の目安として林冠調整することも適切であろう。その一つの方法として林分断面積を基準にしたぬき伐り法を紹介しておく。

林冠の葉層を通過し林内に射入する光の強さは、積算葉面積の増加にしたがって指数函数的に減少するとした門司一佐伯の理論¹⁰⁶⁾は有名である。また林内照度と林分構造特に葉量との関係を解析した報告¹⁰⁷⁾もある。しかし林業の現場で葉量や葉面積を測定し、適切な明るさになるぬき伐

り量を決めることは不可能である。そこで、ぬき伐りにともなう葉量の減少率は胸高断面積のそれと相関が高いことから、いくつかの林分で小径木からぬき伐りした場合の断面積合計の減少と、林床上における平均相対照度（夏期正午前後の晴天時）の変化を調べたところ、緩くふくらんだ曲線を描きながら平均相対照度は指数函数的に増加するが、平均相対照度が20%程度までなら、胸高断面積合計が10m²/haで100%の明るさになる指数函数線で近似することがわかった^{35,108)}。

その函数式は林分間の平均相対照度を I (%)、胸高断面積を G (m²/ha) とすると

$$\log 100 - \log I = k(G - 10)$$

となる。k は吸光係数と呼ばれる定数であるが、林分の構造によって著しい差がある。したがって、下種伐の対象となる林分の胸高断面積合計と林床上の平均相対照度をあらかじめ測定し、次式によってkをもとめておく。

$$k = \frac{2 - \log I}{(G - 10)}$$

もし再開鎖の進み方も考慮した上で、稚樹の成立や成長に適切な4～8%の平均相対照度より少し明るい10%前後の相対照度になるぬき伐り後の胸高断面積合計 (G') をもとめようとするな

$$G' = \frac{1}{k} + 10$$

らという簡単な式で計算でき、G'/G で伐採率をもとめられる。本式は平均相対照度20%程度までの小径木からぬき伐りする伐採率をもとめる場合に、暫定的に適用できるもので、これまでの実行例では平均相対照度5～10%の明るさになる伐採率は、比較的疎な林分で20～25%、密な林分で35～40%、普通の立木密度の林分では25～35%になることが多い^{35,108)}。

このように適切なぬき伐りを行なっても、林分は年の経過とともに再開鎖するようになるが、その速度はぬき伐りの強度、林齢、立地条件などによって異なる。林齢が若く成長の旺盛な林分の再開鎖は速いが、50～70年生のヒノキ林では間伐後5～6年で平均相対照度は1/2程度に減少するようである¹⁰⁹⁾。したがって、相対照度が4%以下になり更新の完了がおくれるようなら、再度ぬき伐りを行なう必要がある。下種伐は結実年の前年に行なうのがもっともよい。伐採、搬出にともなって表土が攪乱され、タネの定着がよくなる可能性がある。しかし、すでに述べたように2～3年ごとに結実年があるので、必ずしもタネの結実に合せる必要はない。天然更新というのはただ一回のタネの散布で稚樹を成立させるというのはむしろ困難で、少なくとも10～15年の更新期間が必要である。

予備伐でも下種伐でも搬出後残された枝条のうち、太枝あるいは梢端材はできるだけ細かくして林地に散在させる方がよい。これは稚樹の雨滴衝撃を緩和させるのに役立つからである。

下種伐後数年以内に2～3年生の稚樹がm²あたり5本程度以上みられるようになれば、更新の可能性はきわめて高いと判断してよい。しかし、下層植生も繁茂し始め、稚樹の発生、成長を阻害するようになったら、腰高程度の雑な下刈りでよいので、稚樹の成長の条件で述べたように、早めに下層植生を適宜除去することが大切である。特に常緑広葉樹の多い林分では、更新が完了するまで数年ごとに下刈りを繰返すよう心掛けなければならない。以上は主として人工林における作業の基準であるが、天然生林特に木曾地方のササの成立する湿性ポドゾル地帯では、厚い粗腐植の分解を促進させる必要から、下種伐の伐採率は40～60%程度にし、ササ植生を除草剤でコントロールすることが好ましい。このことは後述の実行例でふれることにする。

c) 後伐（主伐）

下種伐後、一定の更新期間が経過し、高さ20cm以上の稚樹がm²あたり1～3本以上成立するようになれば、親木の保護も不要になるので後伐すなわち残存木を全部伐採する。これは天然生林

でも同様である。20cm程度の大きさになるには適切な明るさの林内であれば6～8年、遅い場合は15年ほどかかるので、更新完了期間を10～15年としたが、再開鎖が早く、上述の条件が満たされないようなら弱度の後伐を繰返せばよい。稚樹の大きさが20cm以上、60～80cm以下であれば、伐倒、搬出にともなう稚樹の枯損はきわめて少ないので、普通施業林の場合と同様の収穫作業をすればよい。ただし、搬出はできるだけつり上げ方式をとることが望ましい。更新期間が長く、林内の更新樹が2mを超えるようになると、伐倒時折損木がかなり出るので、更新完了時の稚樹の大きさは1mかせいぜい1.5mまでが好ましい。

d) 後伐後の保育と生産目標

後伐した後の保育は図-1で解説したように、生産目標によって異なる。すなわち天然更新の本来の目的とされる天然生林の造成であれば、人為的な働きかけは排除し、自然の推移にゆだねればよい。しかし植栽林と同様の単純一斉林の造成を目的とするなら、人工林における下刈り、除伐等標準的な保育が必要である。勿論その中間的な保育によって人工林に近い天然生林に誘導する方法もあるので、後述の天然更新の実行例を参考に好ましい最小限の手入れについて述べておく。

後伐後の2～3年間は、よほど植生が繁茂しないかぎり乾燥害を防ぐためにそのままの状態に放置する。相対的に葉量の少なかった林内稚樹も、陽光を充分受けるようになるのでまず葉量を増加させ(写真-4, 5参照)、後伐後2年目頃から伸長を開始するようになる。この頃になると植生もよく成立するようになるので、稚樹を被圧する勢力の強いものを主体に雑な下刈りをする。この作業は稚樹の刈り出しといわれている。その後は図-7に示したように、肥大成長を促すため、稚樹の成長状態に合わせて下刈り、除伐をしてもよいが、人工造林のように潔癖な保育をする必要はない。樹高数mに成長するまでは、むしろ自然の淘汰にまかせる方がよい。その後図-7の破線で示したように、普通施業林と同様、除伐、間伐を行えば単純一斉の人工林に誘導することができる。

以上のように、ヒノキの傘伐天然更新には地表かき起しとか、ていねいな稚樹刈り出しなどの更新補助作業と呼ばれるものは、不必要なばかりかかえって不都合なことがある。したがって、現在現場において実行している間伐(予備伐、下種伐)、下刈り、除伐、皆伐(後伐)など一般施業林における作業技術だけで充分であり、それらの作業を経年的に組合わせ実行することによって傘伐天然下種更新は可能になる。しかし、林木の収穫をも含めすべての技術は後継樹の再生という目的のために体系付けられていることを認識する必要がある。

以上概説した全面傘伐天然更新法と同様のシステムで更新の完了した実行例を紹介しておく。図-8は段戸国有林21林班において、67年生(伐採年)のヒノキ人工林約1.7haを後伐(皆伐)した後、そのまま放置した4年目の、高さ30cm以上の更新樹の成立状態の一部を示したものである¹⁷⁾。後伐の8年前に下種伐として適切な間伐が行なわれたため、林内下刈り等下層植生の除去もしなかったのに多数の稚樹が発生、成立し、後伐直前の稚樹数は平均470,000本/haにもなっていた。後伐翌年は約100,000本/ha、2年目は約70,000本と減少したが、4年目(1987年現在)は50cm以上の稚樹だけで16,000～67,000本/haとなり、図からも認められるように、一部密生状態のところもあるが、ほぼランダムに成立するようになった。また、落葉広葉樹やススキも成立し、外見的には若い雑木林のようにみえるが、稚樹の生長を著しく阻害することはなく、高さ1m以上のヒノキだけで8,000本/haを超えているので、成林の可能性は充分あるといえる。この大きく育った稚樹の直径生長の経過をみると、図-9のように、林内でゆっくり生長していた稚樹が1983年の後伐の翌年から直ちに成長し始めることがわかる。これは葉量の増加にともなって肥大成長が促進したものであるが、直径成長の特に大きいものは樹高成長も旺盛になるようである。

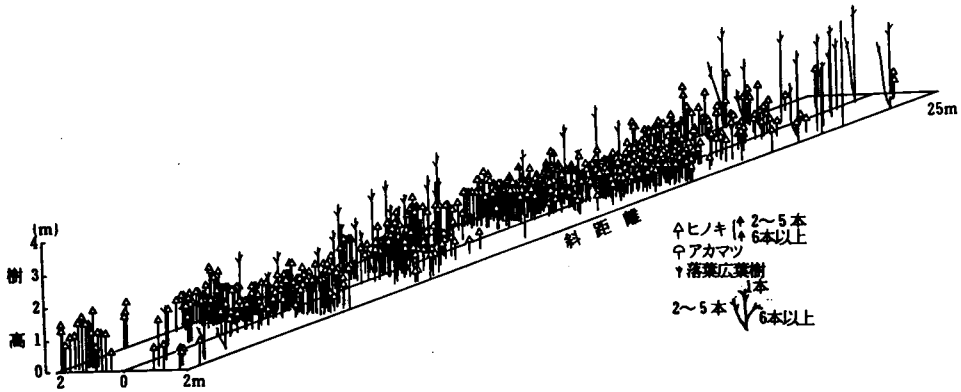


図-8 段戸国有林におけるヒノキ人工林の傘伐天然更新における後伐後4年目の稚樹の成立状態

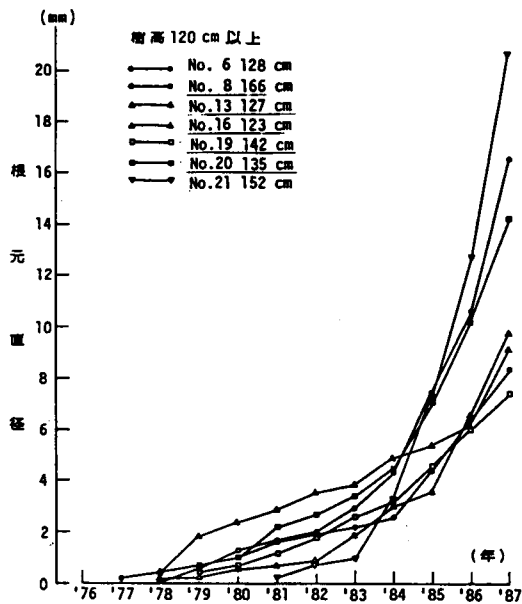


図-9 大きいヒノキ稚樹の後伐前後における直径成長の経過

このように下種伐として間伐を行なった後、多数更新したヒノキ稚樹が、後伐後もよく生存し、広葉樹と競合しながらも成長の良好なものが多いことから、このまま推移させれば広葉樹の混交したヒノキ天然生林として成林するものと思われる。しかし、人工林と同様なヒノキを生産しようとするなら、後伐後4年目に約1haにわたって実行されたような、下刈りと稚樹の本数調整を行なえばよい(写真-6参照)。その場合、人工造林地における下刈り、除伐と同様、再生する競合植物を継続して除去する集約な作業が要求されるであろう。写真-7, 8は、おなじ段戸国有林の65林班における後伐前の林内稚樹と、後伐後放置された8年目の現況であるが、下層植生の成立が少ないと、このような純林状態になる。

図-10は、天然生林を対象にした事例として、三浦実験林傘伐天然更新試験地における除草剤を散布した後、比較的ササの再生の少なかった林内の下種伐後17年目の更新状態の一部を、平面

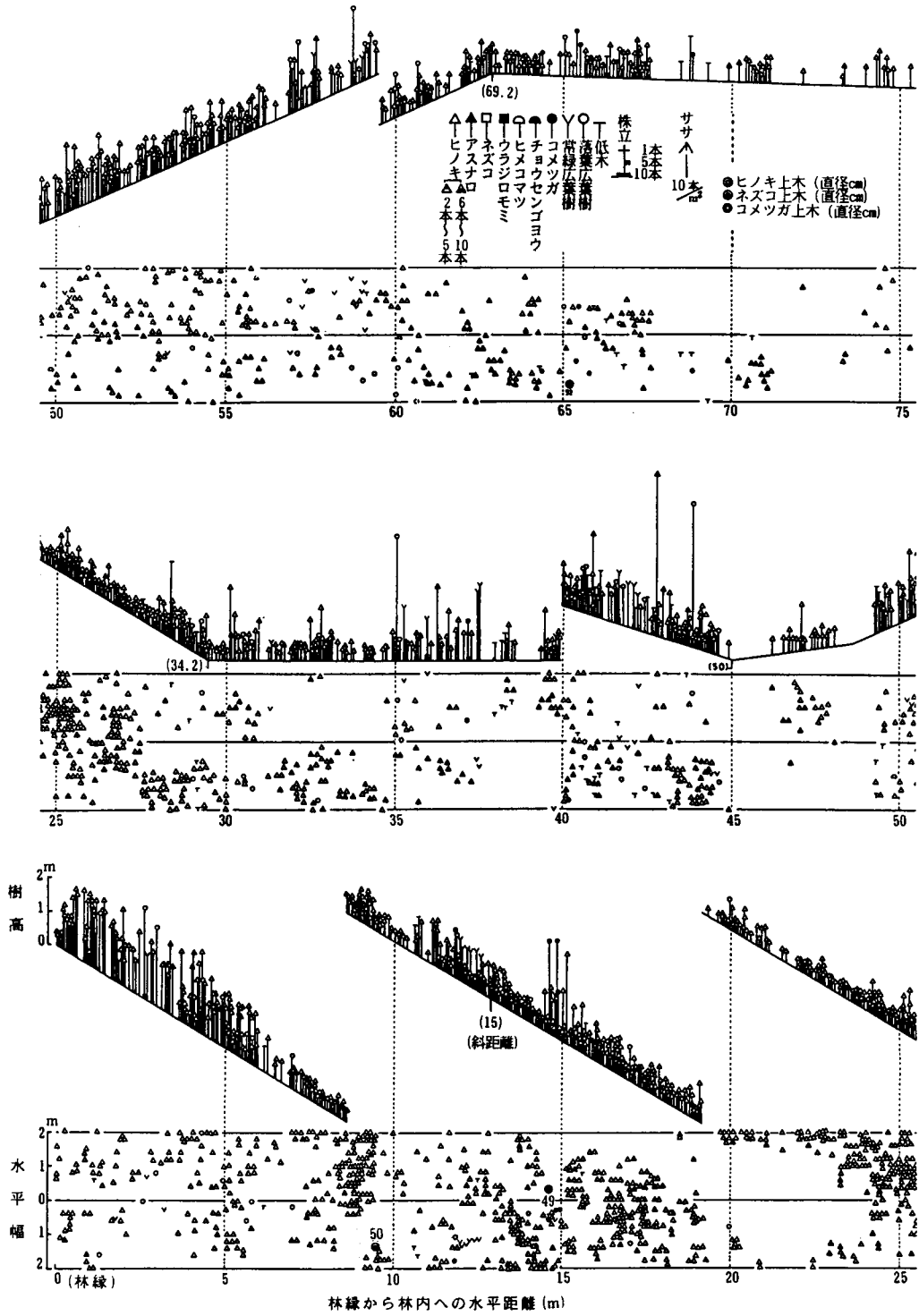


図-10 三浦実験林傘伐天然更新試験地の調査ベルト内における更新樹の平面分布と垂直構造 (1986年現在)

分布と垂直構造として示したものである¹⁴⁾。本試験地は約5haにわたり1969年に材積率50%の下種伐を行ない、その直前に塩素酸塩剤を散布し、ササを枯殺したところであるが(写真-9参照)、部分的に伐採率が低く、ササが充分枯れなかった試験地上部付近は、図-3で論議したように稚樹の成立は少ないものの、大部分は図-10のように多数の稚樹(高さ30cm以上)が成立するようになった。

図から認められるように、林縁(0m)付近には2m前後の大きい稚樹が多く成立するが、林内に入ると小さくなる。それでも50cm以上の稚樹はほとんどの個所でhaあたり10,000本以上成立するようになったので、更新は完了し、後伐の条件は整ったといえよう。したがって本試験地は間もなく後伐される予定である。

以上のように、全面傘伐天然更新法は人工林、天然林のいずれにも適用できるが、個々の作業内容については、更新面における粗腐植の堆積量と下層植生の成立状態の差にもとづく下種伐の伐採率と、下層植生の除去量に違いがあるだけであり、基本的なシステムは同じである。

(2) 帯状傘伐天然更新法

この方法はドイツのWAGNERが考案した帯状択伐天然更新法と同じで、稚樹の成長条件(図-4)及び林分の構造と稚樹の成立の関係(図-5, 6)の所でふれたように、林縁効果を応用した更新法としてヒノキには有望である。図-11は標準的な帯状傘伐のシステムを、年度別と同時にその平面配置のモデルとして示したものである。まず狭い幅、ヒノキの場合は20~40mの帯状に上木を皆伐し、そこは側方天然下種により(あるいはあらかじめ傘伐法により更新を進めておき後伐する)、また林内は林縁から入る光も考慮して一定幅、一般には20~40mの更新面だけ下種伐し、稚樹の発生、成立を促した後、更新の見通しがついたら後伐(主伐)してつぎつぎと更新を進めていくシステムである。

図には10年ごとの上木の調整や、下層植生の処理法を示したが、個々の作業は前述の全面傘伐更新に準じて行なえばよい。ただ天然更新の基本的条件で述べたように、ヒノキ林の林縁効果は樹高幅程度あるので、帯状幅を樹高幅程度にするなら下種伐は必要でない場合が多い。したがって、このような場合は林縁更新法と名付けた方が適切である。しかし、普通施業林と同様、隣接帯状地の後伐(主伐)を行なう際間伐すれば集運材上有利であり、しかもぬき伐りすることによって雨滴障害を少なくすることができるなど、下種伐は有効な場合も多からう。更新に安全な上木の伐採すなわち後伐の時期は、全面傘伐天然更新法で示したように、高さ20~40cm程度の稚樹が

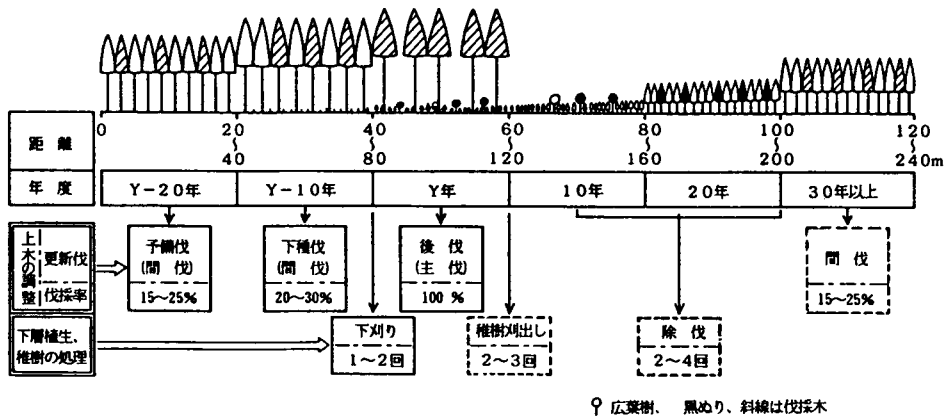


図-11 帯状傘伐天然更新の標準的な施業システム(破線の囲みは主として人工林に誘導する作業)

少なくとも m^2 あたり数本以上存在することを目安とすべきであろう。その更新期間は林縁付近の稚樹の生長の速さからしてほぼ8~12年位と思われる。

後伐後の保育については、下層植生の繁茂状態によって一概にいえないが、図に示したモデルのように、全面傘伐天然更新法と同様、生産目標に応じて行なえばよからう。

当初から帯状傘伐天然更新法を目的とした実行例ではないが、成長の条件等で述べたように、住友林業別子山林において、林縁付近の更新が良好であった66年生の林分を後伐した1971年当時と、1990年現在の更新状態を写真-2, 3に示しておく。本更新地は後伐前、東側林縁付近(10m地点まで)50~100cmの高さの稚樹が約60,000本/ha程度、林内中央(30m地点)に平均20cmほどの稚樹が150,000本/ha前後成立していたところである³⁴⁾。後伐後20cm以下の小さい稚樹はほとんど枯死したが(写真-4, 5参照)^{25, 35)}、それ以上のものは生存し、成長して現在上層木の本数6,000本/ha、平均樹高8m前後の人工林に劣らない天然生林になった。この間、雑な下刈りを2回行ったのみである。なお、林縁付近と林内との樹高差はもうほとんどみられなくなった。このように、林縁効果を応用した帯状傘伐天然更新法が連続して実行できる林分については、更新ばかりか伐出面からもきわめて有効な方法といえよう。

(3) 画伐(群状傘伐)天然更新法

林分内に適当な広さの群状の更新面をつくり、下種伐とか林縁効果によって稚樹を更新させ、順次更新面を広げていく方法である。段戸国有林¹⁵⁾、野路山国有林¹⁸⁾の調査例はその可能性の高いことを示唆している。最初の群の広さがせまいと林縁効果の及ぶ範囲もせまいので、更新面は樹高幅かその1/2程度の広さから始めるのが適切であろう。

図-12に画伐天然更新法の標準的な施業システムを示した。まず目標とする伐期に達したら、画伐回数を考慮して適宜の間隔に、樹高(H)かその半分(H/2)の広さに伐採する。もし樹高の1/2の整数倍の広さで画伐し、4回で全林を伐採しようとするなら、最初の画伐の間隔は樹高の2倍の距離でよい。したがって収穫量は後ほど多くなる。なお、各回の画伐時に周辺の間伐を行なうのも一つの方法である。

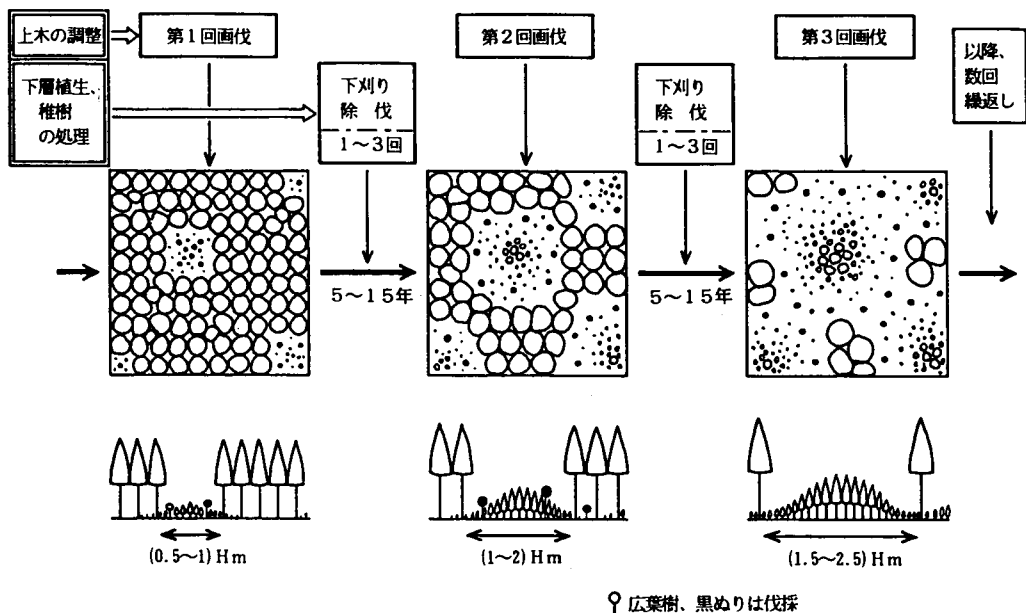


図-12 画伐(群状傘伐)天然更新の標準的な施業システム

一方、各回の伐採年度すなわち画伐年の間隔は稚樹の成立状態をみながら決定する必要があるが、更新の容易なヒノキ林の場合は、5～15年程度の更新期を見込めばよからう。この更新期間中下層植生の繁茂が著しいような場合は、適宜雑な下刈り及び除伐を行なう。最後の画伐が終ると、画伐開始からの年数の異齡林が形成されることになる。

画伐天然更新法は前述の带状傘伐天然更新法と伐区の形が異なるだけで、更新の基本はほとんど同じであるが、更新が進むにつれて霜穴になりやすい。したがって凍霜害のおそれのある所では注意して実行しなければならない。また、上方天然下種更新に共通の問題であるが、特に本法については伐採木の搬出が困難な面がある。

画伐天然更新法を適用した事例は、人工林では野路山国有林にあるが、詳細な調査資料がないので、写真-7に樹高程度の広さに伐採された5年後の更新状態を示しておく。写真から認められるように、周辺の上木もぬき伐りされているので、稚樹の成長は著しくよい。一方、天然生林で実行した例として、三浦実験林画伐天然更新試験地の画伐後18年目の更新状態を図-13に示した。本試験地は1971年、ササの枯殺のため塩素酸塩剤を空中散布し、試験地面積約12haのほぼ

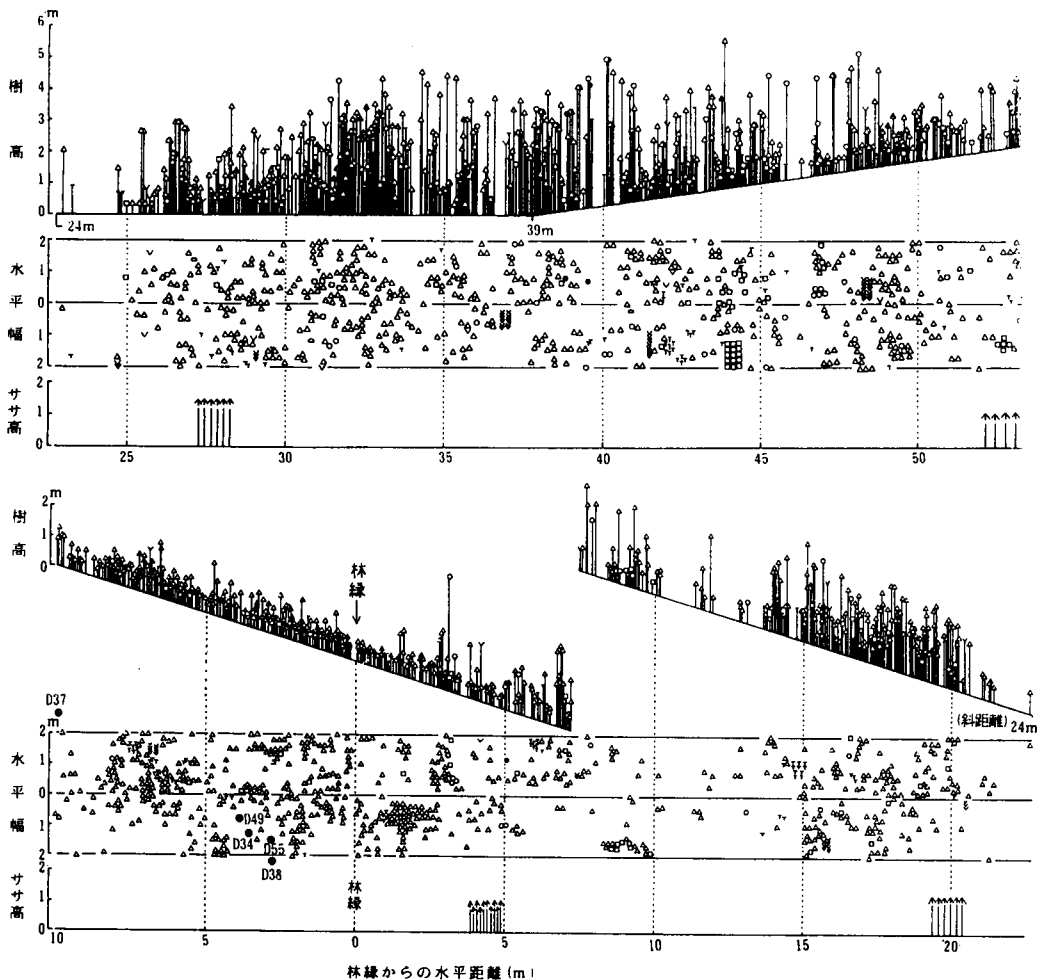


図-13 三浦実験林画伐(群状傘伐)天然更新試験地の調査ベルト内における更新樹の平面分布と垂直構造及びササの成立状態(1989年現在)

1/3を50m幅の円形群状に伐採した所である。群状伐採地が集材線に沿って約100m間隔に並べられているので、串団子式伐採法とも呼ばれている。本試験地については、第1回目の画伐面の広さが図-12のモデルより大きく、また風倒被害も発生したので、むしろ群状皆伐法に近い形になっているが、図から認められるように全面によく更新している。特に画伐地の中央部（林縁から30m付近）付近は、ササも少なく2mを超す更新樹が10,000本/haも成立し、3m以上の大きさのものも著しく多い。このようにヒノキの更新は著しく良好であるが、広葉樹の再生の少ないことはヒノキの天然生林として地力減退等の問題が残ろう。

一方、林縁付近から林内に入るにしたがって稚樹は小さくなる（写真-16参照）が、その成立本数は50cm以上のものだけで30,000本/haを超えている。しかし、林縁から20mほどより先の林内には、ほとんど稚樹が成立しなくなる。したがって第2回目の画伐は、更新が完了状態にある約20m幅で行なえばよからう。ただ稚樹の少ない林内にはササが密生し始めているので、除草剤によるササのコントロールが必要である。

3) 帯状皆伐天然更新法

ヒノキは本来陰樹であるので、稚樹の発生、成立の条件で論じたように、裸地状態のところには更新しにくい。したがって、皆伐やつぎに取り上る母樹法（残伐）のように林地が一時的に裸地になる状態の天然更新は不適であるばかりか、土壌の流亡など地力維持上も問題が多い。また陽性樹種の進入しやすい条件からも遷移に逆行しかねない。しかしながら、林分の構造とヒノキ稚樹の成立の関係で述べたように、伐採地に進入する下層植生を保護植生として適当にコントロールすれば、天然更新の可能性はある。事実、笠塔山、登奈井尾、高野山、城山の各国有林の適切な下刈りが行なわれている造林地内には、樹高幅程度まで稚樹がよく成立する事例^{18,97)}がみられた。しかし、一般造林地のように草本、木本類の進入、繁茂するところでは、更新面の整備すなわち下層植生のコントロールに多くの労力を必要としよう。

それ故、木曽地方のササの成立する湿性ポドゾル地帯のように、一度厚く堆積している粗腐植の分解を促進させた後でないと更新が困難なところには、皆伐天然更新法も有効な手段となる。この場合も、稚樹の発生、成立の条件で述べたように、表土の安定をはかり、乾燥害、雨滴障害等の諸害を防ぐため、ササ等下層植生を成立させる必要があるが、稚樹の成長を阻害し、その生存をおびやかすほど繁茂しないよう下層植生をコントロールすることの方がより重要である。

以上のように、帯状皆伐天然更新法としての伐採法は、タネの有効散布距離に配慮して帯状に皆伐すればよいだけであるが、むしろ下層植生量のコントロールが主要な作業となる。

図-14は三浦実験林の帯状皆伐天然更新試験地（632林班）の伐採帯（No.6）における皆伐後19年目の更新状態（30cm以上）を示したものである⁹⁾。帯状皆伐天然更新試験地は伊勢湾台風時の被害の少なかったほぼ南面斜面の中腹から下部に、50m幅の保残帯と伐採帯を交互に15帯設け、伐採翌年の1969年に塩素酸塩剤を散布（1966年にも散布していたが散布量が少なく効果が少なかった）してササを枯殺した帯と、そのままササを成立させた帯によって比較試験をしているところである（写真-11参照）。

ササの成立地には伐採帯であっても20年近く経過した現在、ほとんど稚樹が成立していないに反し、ササ枯殺地の更新は図-14のように著しく良好である（写真-12参照）。すなわち図から認められるように、伐採帯のほぼ中央を流れる沢筋を除き、2mを超すヒノキが西側林縁に近い更新面（0~20m）で約4,000本/ha、東側でその半分程度成立している。また、ミズナラやダケカンバのような広葉樹も適度に成立しているので、手入れをしないでそのまま推移させてもそれらを混交したヒノキ天然生林に育つ可能性は高いであろう。このようなササを枯殺した伐採帯

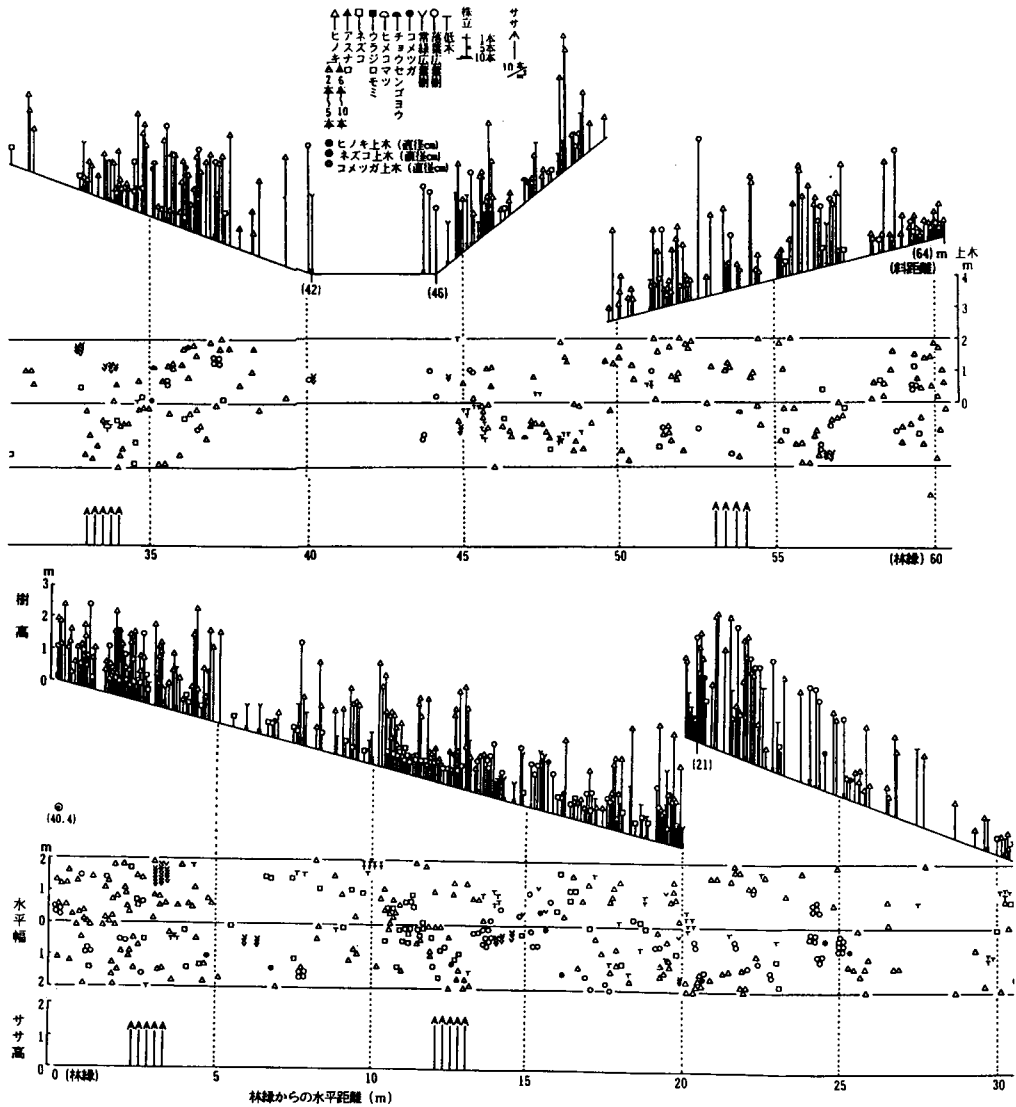


図-14 三浦実験林帯状皆伐天然更新試験地伐採帯 (No. 6) の調査ベルト内における更新樹の平面分布と垂直構造及びササの成立状態 (1987年現在)

のうち、図-2に示したNo. 10の伐採帯はさらに成長もよく、著しく良好な更新地となっている。

ササを枯殺した保残帯における更新状態の一例を図-15に示した。この保残帯 (No. 5) は、前述の伐採帯の西側に隣接し、風倒被害によって多少林内が明るくなったところである。しかも帯の幅が約35mで、側方からの陽光は保残帯中央部まで射入している。それ故図から認められるように西側林縁付近 (0~5 m) を除き、ほぼ全面にわたりよく更新している。そのうち30~100cmの大きさのネズコが比較的多いが、50cm以上のヒノキ、ネズコの成立本数は約10,000本/haほどになっているので、傘伐法における後伐と同様、保残帯の上木を皆伐すれば、伐採帯のように成長よくするであろう。

このような保残帯における天然更新のしくみは、国有林で実施されている保護樹帯あるいは伐採分離帯にも応用できるものと思われる。

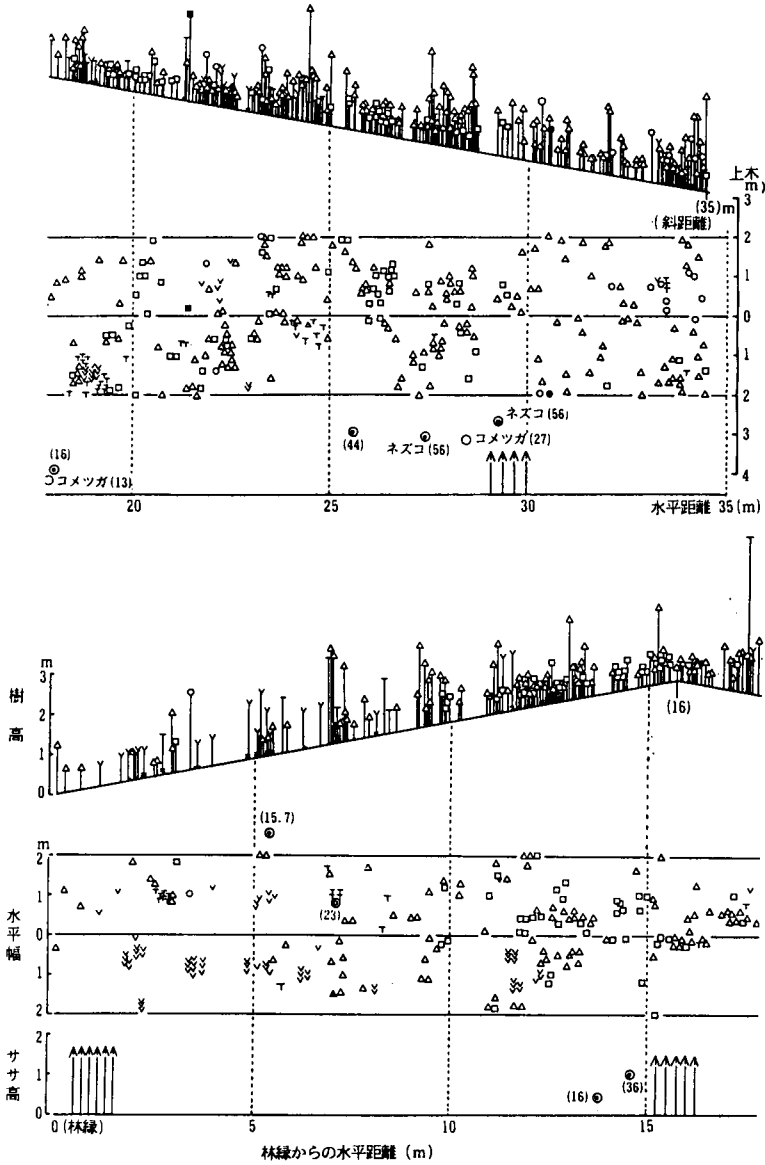


図-15 三浦実験林帯状皆伐天然更新試験地保残帯 (No. 5) の調査ベルト内における更新樹の平面分布と垂直構造及びササの成立状態 (1987年現在)

4) 群状母樹法 (残伐) 天然更新法

タネの散布に必要な間隔に母樹を残して皆伐し、更新が完了したら母樹も伐採、収穫する方法で、特に風害に配慮して母樹を数本ずつ群状に残す方法を、群状母樹法あるいは群状残伐法と呼んでいる。この方法は一般に母樹の残存率が数%程度であり、林地の大部分が一時的に裸地状態になるので、前述の帯状皆伐法と同様多くの問題があり、実行にあたっては各方面からの配慮が必要である。したがって母樹法によるヒノキ天然更新の主要な作業は、下層植生の適切なコントロールになろう。

ササが密生し、粗腐植の堆積量の多い三浦実験林での実行例を紹介しておく。群状母樹法天然

更新試験地（636林班）は伊勢湾台風と第2室戸台風で大きな被害を受けた跡地の残存木を、30～50m間隔に数本から10数本ずつ群状（やむをえず1本のところもあった）に残し、1968年風倒木とともに伐出し、その翌年、塩素酸塩剤を散布してササを枯殺したところである（写真-13参照）⁹⁾。1989年現在、試験地設定以来の強風と落雷被害で残存母樹の約70%は倒伏、枯死したが、ササの再生の早かった一部を除き、試験地面積約20haの約90%には、すでに高さ50cm以上のヒノキ稚樹がhaあたり2,500本以上成立している。しかし、10,000本/ha前後の成立本数のみられるところは30%ほどである¹⁴⁾。

図-16は試験地のほぼ中央付近の南面急斜地、図-17は緩斜地における除草剤散布後20年目の更新状態の一部を示したものである。急斜地では図-16から認められるように、高さ3mを超すヒノキは集中的に分布するが、1m以上のものはほぼランダムで、haあたり4,000本ほど成立している。成林の見込は充分あろう（写真-14参照）。しかし、斜面の下部を除き広葉樹の成立が少ないので、ヒノキの純林に近い天然生林になるかも知れない。

緩斜地の場合は図-17のように、比較的大きい更新樹がランダムに分布し、2m以上のものが平均3,000本近くも成立している。また、すでに自然間引きの状態になっているところもある（写真-15参照）。一方ミズナラやカンバ類等の有用広葉樹もところどころに成立しているので、このようなところはヒノキを主体にした針広混交天然生林に育つであろう。

この両図の資料は母樹法更新試験地のごく一部の更新状態を示したに過ぎないが、一応平均的な状態とみてよからう。また、更新むらの調査を行なった結果、ヒノキ稚樹の成立には傾斜度、方位、母樹との位置関係等の相関は比較的少なく、むしろ前述のようにササの回復、繁茂の状態が大きく影響することがわかった。したがって群状母樹法による天然更新の主作業は、帯状皆伐法と同様、ササ等下層植生のコントロールであるといえる。

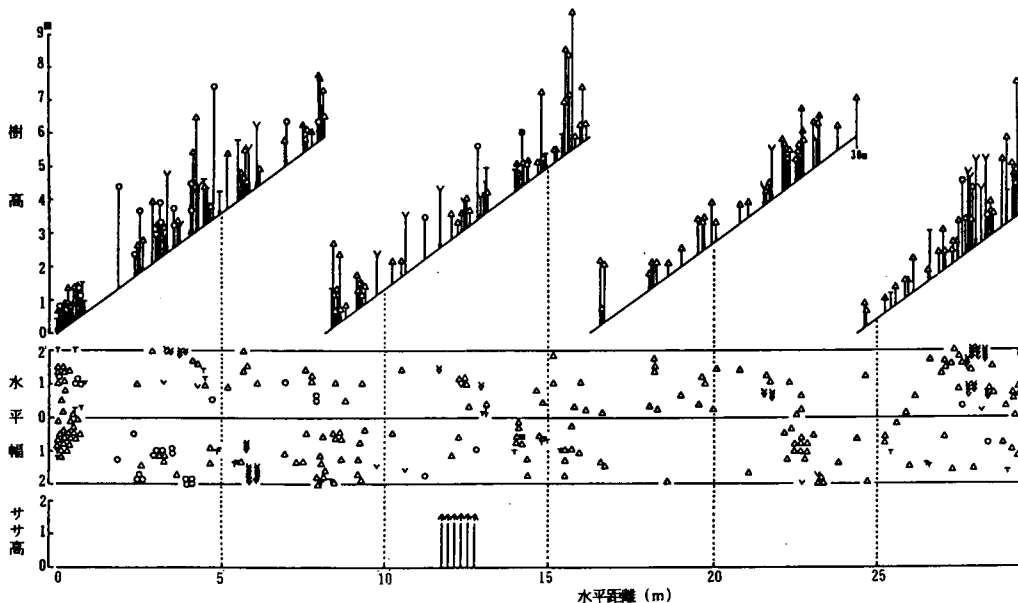


図-16 三浦実験林群状母樹法天然更新試験地の南面斜面の調査ベルト内における更新樹の平面分布と垂直構造及びササの成立状態（1989年現在）

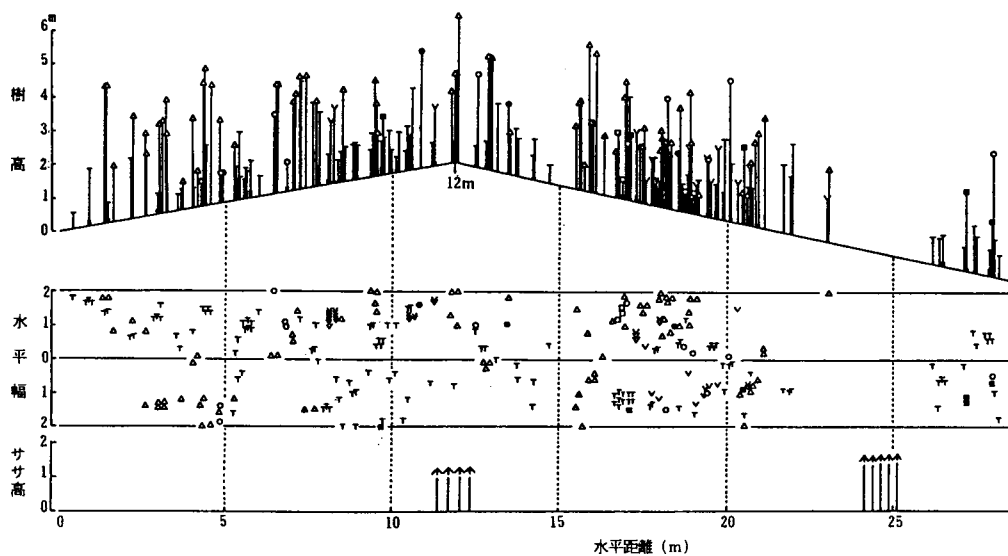


図-17 同，群状母樹法天然更新試験地の緩斜面の調査ベルト内における更新樹の平面分布と垂直構造及びササの成立状態（1989年現在）

5) ヒノキ，アカマツ混交天然更新法

天然更新の基本的条件の中の図-6で解説したように，ヒノキ林にアカマツが混交した林分内には，天然生のヒノキ稚樹がよく成立する。ヒノキ，アカマツの混交林あるいは複層林の構造，生産力及びその施業に関する研究報告は最近多くなった¹¹⁰⁻¹²¹⁾が，ヒノキの天然生稚樹の更新と関係させた調査報告は意外に少ない。

筆者らがヒノキ，アカマツ混交林におけるヒノキ稚樹の成立状態を調査した事例^{18,21,33,41,42)}の一部をまとめると表-1のようであった。人工林，天然生林のいずれでも，野路山1，2，上賀茂の調査地のように，材積率もしくは断面積率10~30%ほどの混交で，平均相対照度が5%以上の

表-1 ヒノキ，アカマツ混交林の構造とヒノキ稚樹の成立本数

調査地	樹種	年齢	平均直径 (cm)	平均樹高 (m)	立木本数 (本/ha)	断面積合計 (m ² /ha)	ヒノキ稚樹 (1,000本/ha)	平均相対照度 (%)	
人工林	野路山1	ヒノキ	69	18.1	16.5	1,350	36.0	10~30	5~8
		アカマツ	-	25.2	22.0	280	15.3		
	野路山2	ヒノキ	72	20.3	14.3	967	31.7	113	13.6
		アカマツ	-	-	-	166	11.0		
京北	京北1	ヒノキ	70	18.3	14.9	400	10.8	10	4.7
		アカマツ	69	30.6	23.5	500	37.8		
京北	京北2	ヒノキ	70	17.9	14.2	600	16.5	44	1.8
		アカマツ	69	26.4	22.1	400	23.6		
天然生林	京北3	ヒノキ	-	8.0	7.3	3,080	20.1	10<	1.7
		アカマツ	63	13.5	14.0	850	14.8		
	高規	ヒノキ	-	15.1	10.2	1,090	19.9	0.5	3.4
		アカマツ	55	25.8	16.2	830	45.9		
上賀茂	上賀茂	ヒノキ	-	13.5	13.2	1,720	28.2	35	6.1
		アカマツ	64	17.6	15.2	140	3.6		

林内には高さ30cm以上のヒノキ稚樹がhaあたり数万本以上も成立する（写真-18参照）。これに対し、京北1や高槻のようにアカマツの混交率が70~80%になると稚樹が少なくなる。これは表には記入していないが、アカマツの多い林分は広葉樹も多く成立し、結果的にヒノキ稚樹の更新を阻害していると考えられる。アカマツの混交率が40~60%程度の京北2, 3の調査地はそれらの中間といえようか。これらの林分は、伐採率はさまざまであろうが、過去に一応間伐が行なわれてきたので、傘伐法における下種伐と同様の効果もあったものと思われる。このように、アカマツの適切な混交は陽性樹種の性質から林内を明るくするので、ヒノキの天然更新にとってきわめて有効である。

ヒノキとアカマツの混交林の階層構造は、ヒノキ造林地に進入したアカマツの場合、初めは単層状態であってもその成長差から、アカマツを上層としたほぼ同齢の二段林になることが多い¹¹⁰⁻¹²⁰。しかしヒノキ、アカマツ天然生林の場合には、ヒノキはむしろ択伐林型のような連続層林になるようである^{41,42}。このような異種混交の階層構造をもつ森林における作業法（silvicultural system）として、SMITH¹⁰⁴は、階層混交育林法（silviculture of stratified mixture of species）を提示しているが、これは主に群状択伐法（group selection system）とか不整傘伐法（irregular shelterwood method）など体系化されたこれまでの作業法を応用した更新法である。

したがって、本節にかかげた陽樹、陰樹の混交による天然更新法は、これまでの基本的な森林作業法のどれにもあたらない。それ故ここでは一応、混交天然更新法と呼んでおく。そのシステムはこれまでの知見から次のように組立てられよう。

一般の人工造林であれば、造林地に進入する天然生のアカマツを、本数率で10~20%ほど残して下刈り、除伐する。成長の初期は単層構造の混交をしているが、壮齢期になるとアカマツを上層とした二段林になり、材積もしくは胸高断面積率でアカマツが10~30%の混交状態になるよう調節すれば、ヒノキの更新に適した条件が生ずる。この場合、それほど強い間伐をする必要はないが、胸高断面積合計がヒノキのみで40m²/ha、ヒノキ、アカマツを合せて50m²/haを超えるようになれば、混交率を大きく変えないでぬき伐りすればよい。このようなヒノキ、アカマツの混交林にすれば、間伐おくれの閉鎖したヒノキ一斉林において引起される表土の流亡^{49,59}もなく、地力維持上の効果も大きい^{40,41,47,48}。

こうして天然生ヒノキがよく成立し、前述の天然更新で述べた更新完了の状態になり、また上木の伐期がきたら、タネ木としてアカマツの一部を残して皆伐すればよい。そうすれば、林床に成立しているヒノキの間にアカマツも更新を始め、新たなヒノキ、アカマツ混交の天然生林に育つであろう。このあとの保育はアカマツの混交率を維持する程度の作業でよからう。

現在、ヒノキ、アカマツ、広葉樹の混交した天然生林で、下層にヒノキの後継樹とか稚樹が多く成立しておれば、タネ木として適切な本数のアカマツを残し、傘伐法の後伐と同様、上木を伐採、収穫する。その際、広葉樹はできるだけ除去するのが好ましい。こうすれば林床にアカマツも更新するようになり、元の天然生林と同じ林分が継続して造成できるであろう。

ヒノキ稚樹の成立が少ない天然生林では、まず傘伐法によって天然更新を進めることから始めなければならない。この作業法は既に述べたので省略する。

以上の作業をまとめるとつぎのようになる。

ヒノキ人工林からの天然更新のシステム

植栽→アカマツ進入→下刈り、本数調節（アカマツ本数率10~20%）→二段林→間伐（アカマツの材積率10~30%）→ヒノキ稚樹成立→アカマツ母樹保残、皆伐→ヒノキ、アカマツ稚樹成立→下刈り、本数調節→混交天然生林

混交二段林が形成され、ヒノキ稚樹が成立しておれば、皆伐から始めることになる。

ヒノキ、アカマツ混交天然生林からの天然更新のシステム

ヒノキ、アカマツ混交天然生林→下層に稚樹、幼樹成立→アカマツ母樹保残、中上層木皆伐→下刈り、本数調節（アカマツ300～600本/ha）→混交天然生林（アカマツの材積率20～40%）

この天然更新法を伐採法から分類すると、陰樹のヒノキは傘伐（下種伐は必ずしも必要でないが）、陽樹のアカマツは母樹法（残伐）により更新させるので、あえて名付けると傘伐母樹法作業ということになろう。

いずれにしても上述のように、ヒノキ、アカマツ混交仕立てによる天然更新はかなり有望と考えているが、現在、この方法を明確に目的とした施業例がないので、早急に各種の指標林をつくり、技術体系が確立されるよう期待したい。

4. 人工林における合自然的な育林技術体系の確立の方向

天然更新にしても、人工造林においても目的樹種を育成、生産するのが施業技術である。自然の再生力が勝り、目的樹種が育たなければ育林の失敗すなわち不成績地となる。広島県東部の姥ヶ原国有林に樹高6～8mに育ったヒノキ、クロマツ、アカマツの混交林が約22haある。斜面下部はすでに10mを超すヒノキの純林になっている^{22,44)}。普通、このような林分をみればヒノキの造林地に進入した天然生のマツが混交した林分と思われよう。しかし、この林分は1965年に、成長の著しく悪かったヒノキ人工林（53年生、平均樹高13m、平均直径10cm）を皆伐し、翌年クロマツを造林した20年生（1987年調査時）の人工林である。現在国有林では植栽木のクロマツや天然生のアカマツを除伐し、天然生ヒノキを育てる施業を行なっている。

拡大造林にともなう不成績造林地の問題は、1章の自然の再生力のところで論じたが、この事例は、広葉樹の強い再生力に抗しきれず、針葉樹の造林木が被圧された不成績造林地とは反対に、前生のヒノキ人工林内に成立していたヒノキ稚樹が成長、再生したものである。これも施業の目的からすれば不成績造林地ということになろう。国有林の技術不在を批難するつもりはないが、この林分はヒノキの自生する地域であれば、それほどまでにヒノキの再生力が大きいということを教えている。

すでに述べたように、森林の遷移の流れすなわち生態系の運動の法則を利用するのが合自然的林業であり、その一つの典型が天然更新法である。合自然的という言葉には“はじめに”で述べたように、集約に対比した粗放施業の意味もある。ここでは資本、労力の投下量の経営上の問題を考慮しながらも、より自然の法則性に沿う施業に力点をおくことにし、特に天然更新の研究で得られた多くの知見をもとに、人工林における新たな育林技術のあり方を論じてみたい。

技術体系としての森林作業法（silvicultural system）は前章で述べたように、伐採法とそれにとともなう更新法のシステムを意味する。したがって、更新技術には天然更新だけでなく人工造林も含まれる。現在日本の主流となっている皆伐一斉造林法は当然皆伐作業にあたるが、最近政策的に推進されている非皆伐施業³⁵⁾あるいは複層林施業^{119,111)}は多くの作業法を包含している。複層林は林冠の構造すなわち林型区分としての二段林（複層林）にあたるが、最近が多段林（多層林）あるいは択伐林のような連続層林も含め、単層林に対比する語としてよく用いられるようになった。この複層林施業を森林作業法の面から仕分けすると、一時二段林は傘伐（漸伐）作業に、常時二段林は残伐（母樹法）作業に、そして、常時多段林は択伐作業にあたるものである。またこれらはすべて後更作業の範疇に入ろう。したがって、施業技術としては従来からの森林作業法に準じて体系付けした方がわかり易いと思う。

これまでに公けにされた複層林施業に関する多くの報告の中で、ヒノキ造林地に進入したアカマツが不十分な保育のために上層木となった林分を、二段林あるいは複層林施業として取り扱っているもの¹¹⁰⁾があるが、これは作業法としては皆伐作業であり、後更作業に含まれる。しかもこの複層林は前章の終りで述べたように、ほぼ同齢の異種混交林である。耐陰性や成長速度の異なる樹種の混交した林分の階層構造は、同齢でも自然に複層あるいは多層になる。しかし、光要求度の等しい同齢単純林の場合は、一般に単層構造を形成するが、単一種で階層構造の発達した複層林は、上木のぬき伐りなど人為を加え更新（植栽も含め）させた異齢林のはずである。それ故、混交林と単純林の階層構造には多くの面で違いがあるはずであるので、筆者は以前から単純異齢林である複層林と区別して、より階層構造にアクセントをおいた混交複層林という語を用いてきた^{37, 38, 41, 42, 43)}のである。

この両複層林を施業の集約度で比較すると、同種単純林の複層化は下木の成長を維持させるための上木の頻繁な伐採が必要で、単層林（一斉林）施業より集約となるようである¹¹¹⁾。したがって特定材の継続的な生産とか、公益的機能の高揚とかの目標がある場合、あるいは地利条件にめぐまれ労働力等施業の自由度⁶⁴⁾の高い場合に適用可能な施業であるといえる¹¹³⁾。これに対し、光要求度の異なる異種混交の複層林であれば、粗放な施業が容易に行なえる可能性がある^{41, 42, 43)}。また特にアカマツ、ヒノキ混交複層林は生産力が高く、地力維持上の効果も大きいと思われる^{112, 113, 114)}。

以下ここでは、ヒノキ及びスギ植栽木にアカマツや広葉樹の階層混交した林分についての筆者らの調査例から、人工林における合自然的もしくは粗放な育林技術について、森林作業法の立場から検討してみよう。

(a) 残伐作業法—立て木施業

前章の森林作業法の種類で述べたように、天然更新のための残伐作業には母樹法と保残木作業があるが、ここでは特に西日本の大都市周辺の各地で、小規模ながら粗放な人工造林施業で林業生産が行なわれている「立て木」方式による残伐作業を取り上げ、その技術体系について論じることとする。

「立て木」方式による典型的な施業法⁴²⁾は、スギもしくはヒノキを普通植栽し、あまり手入れをしないまま成長させると、天然生のアカマツ、広葉樹との混交林になるが、上層のスギやヒノキが伐期に達したら、「立て木」として成長の遅れた造林木と、天然生のアカマツの一部を残して他は伐採、収穫し、再造林するか、そのまま放置して残存造林木の成長を待つて再び「立て木」を残して伐採、造林するというやり方である。この場合、後の楽しみに優勢木を「立て木」として残す方法もみられる。

「立て木」の保残率は経営者の意志によって決められるのでまちまちであるが、「立て木」方式による施業の繰返しは、伐採率の高い常時二段林型の複層林施業といえよう。また「立て木」は収穫の必要性が生じないかぎり次代まで伐採せず、さらに再造林は「立て木」の下で不整植栽、雑下刈り、少除伐で行なわれるので、粗放施業として評価できよう。しかしながら、このような「立て木」施業を続けようという林家は、京都周辺の京北町や高槻市では次第に少なくなりつつある。すなわちこの「立て木」施業による混交複層林は見た目には荒れ山と映るようで、まだ普遍的な技術体系として林業の中に地位を得ていない。しかし、特にヒノキ単純一斉林の地力減退⁴⁹⁻⁵⁹⁾を考えると、このような「立て木」施業による混交複層林は林地保全上きわめて望ましい方法であり、評価の見直しをすべきである。

以上の「立て木」方式による残伐作業のシステムを簡単にまとめると次のようになろう。

普通造林→少保育→混交複層林→「立て木」保残、皆伐→再造林

この造林木とアカマツ等の「立て木」は次回伐採時に収穫し、新しい「立て木」を残す。この方法の現状での問題点は保残された「立て木」の風雪害と、天然更新と同様、収穫予測の困難さにあると思われるが、これらを解決するためにもわずかに残っている「立て木」施業林のさらに詳細な解析と、それらをモデルにした施業指標林の造成が必要であろう。

(b) 画伐作業法

樹下植栽による二段林施業は、天然更新における全面傘伐（漸伐）法と同様、好ましい多くの特性をもつが、前述のように下木の成長維持のため集約な施業が要求される¹¹¹⁾。これに対し樹高幅かその1.5倍程度の広さの伐採（円形、方形のいずれでもよい）を適当な間隔で行ない、その林内孔状地に造林し、造林木の成長とともに孔状地を広げていく画伐法は、下木の成長を配慮しながら上木の頻繁な伐採を軽減できるとともに、伐採にともなう下木の損傷を少なくできるなどの特長をもつ。ただ最後の残存木の画伐の前には、あらかじめ樹下植栽しておく方がよからう。

しかし本法の場合は画伐回数とその間隔、すなわち画伐期間の長短にしたがって異齢林となる。また、伐期を画伐間隔で除した伐採回数で施業すれば群状択伐となる。林内孔状地のヒノキの天然更新の調査例^{15,18)}からみてヒノキに対するこの画伐法は有効であり、合自然的な人工造林による再生法といえよう。ただ、画伐の場所的配置は、画伐回数や伐出に十分配慮して計画する必要がある。

なお、本法の主旨に類似した方法として、帯状傘伐あるいはより帯の幅の広い帯状皆伐を、水平帯状にして下方に進める方法もあり、林地保全及び風致施業として国有林で実行している^{124,125)}。また各地で行なわれている「なすび伐り」も、更新をとまえば傘伐法もしくは択伐法であり、合自然的な森林造成法として意義があらう。

(c) 粗放育林法

皆伐一斉造林における一連の育林から収穫に至る作業体系を、

雑地ごしらえ→不整疎植→少保育→適木収穫

という粗放施業によって行なうことは可能であろうか。おそらく多くの林学研究者、林業技術者及び林家の方々は山にならないと答えられるであろう。しかし、どのような姿の人工林にするのかによって多様な考え方があるはずである。

標準的な造林、保育を行なっても、すでに述べたように不成績造林地になる^{38,39,40)}。しかし、造林木の自生する地域では悪くても材積率で30%ほどは育つ事例が少なくない。うまく育つと80%を超える場合もある。一般にこのような造林木に混交する広葉樹の中には、いわゆる有用樹もある。むしろこのような混交林ならば、雑な地ごしらえをし、植え付けの可能なところへだけ植栽（全体的には疎植）した後放置するか、1、2回程度の除伐をすれば十分成林する可能性がある。できないとすれば、3章で論じた天然更新による森林の再生は不可能であったはずである。特に下刈りは多雪地帯でも、少雪地帯でも、造林木の分布する地域では省略できそうである^{62,63)}。

このようにみても、粗放な育林法でも造林木をかなり含む混交林に育てることができるといえる。しかし残念ながら、粗放育林法を適用して育てた事例があまり多くないので、きちっとした客観的体系が示せない。少ない事例ではあるが、高槻市に第二次大戦直後に植栽し、そのまま放置されたスギ林分で、上層に天然生のアカマツ、中下層にヒノキ、広葉樹を混交した複層林を調査した結果、スギ、アカマツの材積は40年生（1986年調査時）で310m³/ha、柱適寸（16cm）以上のスギは約300本/haも成立し、一般の集約な保育をしたスギ林分の地位下程度の成長をしていた⁴³⁾。

この事例のように、ともかく自生種を造林さえしておけば、天然更新と同様、そこそこの山になるということである。林業不況の長引くなかで上述のような粗放施業は、現実となりつつある

再造林の手控えや施業放棄の事態を救う一つの手段となるであろう。

ひるがえって、世界各国で行なわれているさまざまな森林作業法を見てみると、国の事情によりまた時代によりゆれ動いているようである¹²⁶⁾。スイスはかたくなに皆伐をさけ、画伐、択伐作業法を主体にしているが、天然更新を目的とした各種森林作業法を確立したドイツでは80%以上が皆伐法である。アメリカ、カナダはかつては粗放な天然更新が中心であったが、経済性を指向した皆伐一斉造林が半ば以上を占めるようになったものの、最近では自然保護運動の高まりとともに、傘伐法、母樹法による天然更新が進められるようになってきた。

同じ皆伐でも経済性を指向するアメリカ、カナダの造林法は、低コストによる大規模、大量生産方式である。ちなみに、火入れ地ごしらえ、haあたり800~2000本の疎植、1日1人あたり1,000本(カナダ東部は1,500本)植栽という高い効率、下刈り不要という条件のため、育林費は日本の1/10程度の20~30万円/ha(1\$=130円換算)である。

日本の場合、この金額で果たして再造林ができるであろうか。前章で紹介した天然更新法により成林の見込のついた事例では、三浦実験林の場合、除草剤とその散布費に10~20万円/ha、住友林業別子山林の場合の下刈り費約10万、段戸国有林の場合は現在まで0である。したがって、管理費や、もし2回程度の除伐をすることで、それを加算しても、アメリカ、カナダの人工造林における育林費程度である。勿論、伐期の長さや市場性が異なるので、この資料をもとに投資効果を直接比較することはできない。

しかしながら、日本の林業は将来ともアメリカ、カナダのいわゆる北米材と自由市場の中で価格と質の競争をしていかなければならない。とすれば、一般材は20~30万円/haという育林費での人工造林に挑戦しなければならないであろう。「立て木」施業や粗放育林法による混交複層林は、その一つのステップになろう。今、日本の林業は一つの転換期にあり、とるべき育林技術にも大きなとまどいがあるように思う¹²⁷⁾。しかし、少なくとも粗放施業によって成林した混交複層林は、林地保全や風致的にも価値が高いと判断される^{124, 125, 128, 129)}。したがって、とりあえずは本論で取り上げてきた事例を参考にするとともに、今後の日本の森林、林業の好ましい施業技術として、合自然的な育林技術の体系を確立させるための施業指標林を各地につくるよう期待したい。

おわりに

最近の林業白書にみられるように、森林に対するニーズは今後ますます多様化するであろう。一方、わが国ばかりか世界的にみても、天然林資源の枯渇は深刻である。また近い将来木材危機が訪れるという説もある。しかし、日本の林業にとって数10年先の木材需要の動向をどうとらえ、さらに北米材を主とする外材のインパクトにどう対処すべきか、現在まさに正念場であり、特に育林法の選択に重要な決断が求められているよう。

このような現状下においてこそ、天然資源の培養のための天然更新とか、人工林における粗放施業による合自然的な再生技術は大きな意味をもち、林業の中に地位を得るであろう。そして、これからの日本の林業はやがて集約林業と粗放林業の二極分化を起し、多様化すると思う。すなわち、無節柱材等の高品質材は集約施業で、奥地は勿論、地利条件がよくても、一般用材や生産期間の長い大径材あるいは天然木材は粗放施業でというように、市場価値の異なる商品材はそれぞれに適した技術体系で生産するのが本来の生産業のはずである。勿論その中間的な施業法も成立するであろう。しかし、人工造林における粗放技術の体系は前章で述べたようにまだ未熟な部分があるので、早急に技術開発の研究を進めるべきであろう。ただ木曾ヒノキを生産するような天然生林は、本論で取り上げた各種の天然更新法をそれぞれの自然環境や社会条件に応じて適用

し、継続的に造成していく必要があると信じている。

天然性の木曾のヒノキは美しく、また、たくましく思える。雑草、雑木に抑圧されながらじっとそれに耐え、共存し、ついには森の主役になる。その生きざまは、人々の目に触れることは少ないが、苦勞の年輪として刻まれ、その材は多くの人々に畏敬の念を抱かせていよう。

わが国では、困難もしくは不可能といわれていた天然更新に挑戦してから20数年、ともかく一応現場において技術的なめどをつけ、基本的な体系をつくることができた。最近、三浦実験林を訪れたある大学の若い優秀な学徒が、よく更新した各試験地の実態をみて、明日から自信をもって天然更新の講義ができると話してくれた。コロンブスの卵でもよい、素直に自然の摂理に学んだ20有余年の歳月は短かったように思う。

今から40年ほど前京都大学に学び、森林の土壤微生物の動態、立枯病を手始めに、信州大学では寒害、林木の日長生理、カラマツの不成績地問題、森林の生産力、亜高山帯の更新の研究に取りくんだ後、1966年木曾に入り、その年京都大学にもどってからも毎年天然生ヒノキ稚樹との対話を続けてきた。それと同時に取りくんだヒノキ人工林における天然更新や林地保全、あるいは不成績造林地や風致施業等多くの研究は、本論文のすべてにかかわりを持ち、かつ役立ったと思う。

しかし、森林の営みについてわれわれのもつ現在の知見は、九牛の一毛にすぎないような気がする。それ故林業、特に育林の新たな技術開発のためには、謙虚に森に教えをこい、自信をもって常識に挑戦することが大切だと思う。

まだ天然更新の完結する終着駅は遠い。木曾の山で、あるいはあちこちの人工林で育った天然生のヒノキ稚樹は、現在人間の背丈を越すようになったものの、200～300年の木曾ヒノキに比べればまだ幼稚園児か小学生である。これから何が起るか、風雪に耐え立派に育ってほしいと思う。この子供たちは自然が育てたものである。天然更新施業を行なったといっても、大切な木を貰うため森に少し手を貸しただけのことである。したがって、本論の大部分は森が育てた子供の記録であるといえるかも知れない。ただ筆者のまいた記録のタネが、人里離れた山の中でのびのびと育ち、それがまた親木となって森を育てている姿を夢に画きながら本論を閉じることにする。

引用文献

- 1) FAO : Interim Report on forest Resources Assesment 1990 Project. Secretariat Note. 1990
- 2) 北村昌美 : 森林と文化. 東洋経済新報社. 1981
- 3) BURNS, R. M. : Silvicultural Systems for the Major Forest Types of the United States. U. S. Department of Agriculture Washington D. C., 1983
- 4) 黒川泰亨 : 収益性, 生産性, 育林費からみた林業経営. 林経協月報. 310. 1987
- 5) 林業統計要覧. 1989
- 6) 長野営林局 : 木曾ヒノキ総合調査 (要約版). 1979
- 7) 名古屋営林局 : 木曾ヒノキに関する総合調査報告. 1985
- 8) 長野営林局 : 三浦実験林のあらまし. 1980
- 9) 長野営林局 : 三浦実験林調査中間報告. 1986
- 10) 名古屋営林局 : 段戸国有林の林業立地調査報告. 1978
- 11) 赤井龍男・浅田節夫 : 天然更新に関する研究 (I) 木曾地方湿性ポドゾル地帯におけるヒノキ属の更新. 京大演報. 39. 1967
- 12) 赤井龍男 : 天然更新に関する研究 (II) 木曾の三浦実験林におけるヒノキの更新. 京大演報. 44.

1972

- 13) 長野営林局：三浦実験林調査報告書. No. 15~18. 1982~1985
- 14) 長野営林局：三浦実験林調査報告書. No. 19~22. 1986~1989
- 15) 加茂皓一・赤井龍男：ヒノキ人工林における再生産過程の検討（Ⅰ）. 京大演報. 45. 1973
- 16) 加茂皓一・赤井龍男：ヒノキ人工林における再生産過程の検討（Ⅱ）. 京大演報. 46. 1974
- 17) 赤井龍男・吉村健次郎・古野東洲・真鍋逸平・上田晋之助・登田三男：ヒノキ傘伐作業の後伐後4年目における更新樹の生長と構造. 日林論. 99. 1988
- 18) 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. 京大演報. 50. 1978
- 19) 赤井龍男・寺崎康正・田中貞雄・竹岡政治・本城尚正：混交したヒノキ択伐林の構造と更新. 日林講. 87. 1976
- 20) 山本進一・赤井龍男・寺崎康正：ヒノキ林内植生の動態に関する研究（Ⅰ）木本種個体群の分布様式の解析. 日林論. 88. 1977
- 21) 赤井龍男・吉村健次郎・真鍋逸平・上田晋之助：ヒノキ林分の構成状態と稚樹，下層植生の成立状態について. 日林論. 92. 1981
- 22) 赤井龍男・吉村健次郎・古野東洲・上田晋之助：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. 京大演報. 60. 1988
- 23) 赤井龍男・西田滋・真下正樹：ヒノキ人工林における天然更新について. 日林関西支講. 22. 1971
- 24) 真下正樹・松江亨・赤井龍男：ヒノキ天然更新の事業化について. 日林論. 89. 1978
- 25) 真下正樹・松江亨・赤井龍男：上木伐採後のヒノキ稚樹の生長経過について. 日林論. 90. 1979
- 26) 真下正樹・松江亨・赤井龍男：下層植生の刈払いによるヒノキ稚樹の生長経過について. 日林論. 92. 1981
- 27) 赤井龍男・吉村健次郎・真鍋逸平・上田晋之助・石原成樹：ヒノキ林内におけるスギ直挿苗とヒノキ天然生稚樹及び下層植生について. 京大演報. 54. 1982
- 28) 赤井龍男：尾鷲地方におけるヒノキ林の天然更新稚樹について. 日林講. 85. 1974
- 29) 赤井龍男：尾鷲地方ヒノキ林の天然更新について. 日林講. 86. 1975
- 30) 赤井龍男：天然更新に関する研究（Ⅲ）尾鷲地方におけるヒノキ林の更新. 京大演報. 47. 1975
- 31) 赤井龍男・坂上俊郎・大野次郎：アカマツ，ヒノキ，広葉樹混交林の構造と二次遷移. 京大演報. 49. 1977
- 32) 赤井龍男・中井勇・岡本憲和・渡辺政俊：京都市近郊における天然生ヒノキ，アカマツ混交林の林分構造と風致施業. 京大演報. 57. 1986
- 33) 赤井龍男・岡本憲和・渡辺政俊・中井勇：京都市近郊における天然生ヒノキ，アカマツ混交林の林分構造と風致施業（続報）. 京大演報. 61. 1989
- 34) 四手井綱英・赤井龍男・斎藤秀樹・河原輝彦：ヒノキ林—その生態と天然更新. 地球社. 1974
- 35) 阪口勝美監修：これからの森林施業. 全国林業改良普及協会. 1975
- 36) 四手井綱英：育林技術の体系について. 林業技術. 299. 1967
- 37) 赤井龍男：森林施業のこれからの課題—山が森が教えているものに学ぶ. 林業技術. 546. 1987
- 38) 赤井龍男・古野東洲・真鍋逸平・上田晋之助・倉木良人：スギ不成績造林地の混交複層林化した林分の構造と成長. 日林論. 100. 1989
- 39) 赤井龍男・古野東洲・真鍋逸平・上田晋之助：階層混交したスギ不成績人工林の構造と取り扱い方について. 京大演報. 61. 1989
- 40) 赤井龍男・古野東洲・真鍋逸平・上田晋之助：小雪地帯における階層混交した不成績人工林の構造と

- 取り扱い方について. 京大演報. 62. 1990
- 41) 赤井龍男・吉村健次郎・真鍋逸平・上田晋之助・本城尚正：混交複層林の構造と造成法（1）ヒノキ，アカマツ，広葉樹の階層混交について. 京大演報. 55. 1983
 - 42) 赤井龍男・吉村健次郎・真鍋逸平・上田晋之助・本城尚正：混交複層林の構造と造成法（2）植栽スギと天然生スギ，ヒノキ，アカマツ，広葉樹の階層混交について. 京大演報. 58. 1986
 - 43) 赤井龍男・吉村健次郎・本城尚正：粗放仕立てのスギ壮齡林分の構造と生長. 京大演報. 59. 1987
 - 44) 赤井龍男・吉村健次郎・古野東洲・上田晋之助・竹本君男：クロマツの造林木と天然生ヒノキ，アカマツ，広葉樹の階層混交と生長について. 日林論. 99. 1988
 - 45) 赤井龍男：日本林業の展望と新育林技術の開発. 林野時報. 31 (10). 1985
 - 46) 赤井龍男：ヒノキ林の林地保全と天然更新. 森林立地. 22(1). 1980
 - 47) 赤井龍男・吉村健次郎・真鍋逸平・相場芳憲・杉浦孝蔵：尾鷲地方ヒノキ林の保育過程における林地保全（I）林内植生の変化. 日林論. 91. 1980
 - 48) 吉村健次郎・真鍋逸平・赤井龍男・有光一登：尾鷲地方ヒノキ林の保育過程における林地保全（II）表層土の変化. 日林論. 91. 1980
 - 49) 赤井龍男・吉村健次郎・真鍋逸平・有光一登，相場芳憲・杉浦孝蔵：人工降雨によるヒノキ林内の落葉，土壤等の流出移動について（II）下層植生の成立状態の異なる若齡林分のリター，表層土の移動量. 日林論. 92. 1981
 - 50) 吉村健次郎・赤井龍男・真鍋逸平・相場芳憲・杉浦孝蔵・有光一登・本城尚正：人工降雨によるヒノキ林内の落葉，土壤等の流出移動について（III）保育の異なる壯齡林のリター，表層土の移動量. 日林論. 92. 1981
 - 51) 上田晋之助・赤井龍男・薬師寺清雄・有光一登・石井弘・片桐成夫：人工降雨によるヒノキ林内の落葉，土壤等の流出移動について（IV）土壤の諸性質と移動物質の化学的性質. 日林論92. 1981
 - 52) 赤井龍男・杉浦孝蔵・相場芳憲・有光一登・本城尚正・石井弘：人工降雨によるヒノキ林内の落葉，土壤等の流出移動（V）実験条件と降水量，表面流出水の分散. 日林論. 93. 1982
 - 53) 吉村健次郎・赤井龍男・真鍋逸平・相場芳憲・杉浦孝蔵・石井弘・本城尚正：人工降雨によるヒノキ林内の落葉，土壤等の流出移動（VI）スギとヒノキ林におけるリター，表層土の移動量の差異. 日林論. 93. 1982
 - 54) 赤井龍男・吉村健次郎・真鍋逸平・本城尚正・有光一登・杉浦孝蔵・相場芳憲：人工降雨によるヒノキ林内の落葉，土壤等の流出移動（VII）下層植生の成立状態の異なる若いヒノキ林分のリター，表層土の移動量. 日林論. 93. 1982
 - 55) 片桐成夫・石井弘・有光一登・上田晋之助・赤井龍男・薬師寺清雄：人工降雨によるヒノキ林内の落葉，土壤等の流出移動（VIII）スギ，ヒノキ林の土壤の諸性質と移動物質の化学的特性. 日林論. 93. 1982
 - 56) 上田晋之助・赤井龍男・薬師寺清雄・片桐成夫・石井弘・有光一登：人工降雨によるヒノキ林内の落葉，土壤等の流出移動（IX）下層植生の成立状態の異なるヒノキ林の土壤と移動物質の化学的特性. 日林論. 93. 1982
 - 57) 赤井龍男・吉村健次郎・真鍋逸平・相場芳憲・杉浦孝蔵・石井弘・本城尚正：人工降雨によるヒノキ林内の落葉，土壤等の流出移動（X）ヒノキ，スギ，実験対象林分の概況と降水量，表面流出水の分散. 日林論. 94. 1983
 - 58) 吉村健次郎・赤井龍男・真鍋逸平・杉浦孝蔵・石井弘・本城尚正・相場芳憲：人工降雨によるヒノキ林内の落葉，土壤等の流出移動（XI）構成状態の異なる若い林分におけるリター，表層土の移動量. 日林論. 94. 1983

- 59) 上田晋之助・赤井龍男・葉師寺清雄・片桐成夫：人工降雨によるヒノキ林内の落葉，土壤等の流出移動（Ⅶ）ヒノキ，スギ対象林地の土壤の諸性質と移動物質の化学的性質．日林論．94．1983
- 60) 四手井綱英：日本の森林．中公新書．362．1974
- 61) 沼田真編：群落の遷移とその機構．植物生態学講座4．朝倉書店．1977
- 62) 赤井龍男・吉村健次郎・青木隆：下刈りを省いた若い造林木の生長について（Ⅰ）多雪地帯の広葉樹繁茂地におけるスギの生長．日林論．98．1987
- 63) 赤井龍男・吉村健次郎・岡田寔：下刈りを省いた若い造林木の生長について（Ⅱ）少雪地帯の広葉樹繁茂地におけるヒノキの生長．日林論．98．1987
- 64) 佐藤大七郎：育林．文永堂．1983
- 65) 造林技術編纂会議（編）：造林技術の実行と成果．1967
- 66) 阪口勝美：ヒノキ育林学．養賢堂．1952
- 67) 佐藤敬二：日本のヒノキ（上巻）．全国林業改良普及協会．1971
- 68) 尾方信夫他：新しい天然更新技術－ヒノキの新しい天然更新技術．創文．1971
- 69) 長野営林局：木曾ヒノキ成因・経過・現況総合調査．1．木曾ヒノキ成因解明調査．1980
- 70) 桜井尚武・大野和人：高知県西の川山ヒノキ天然林の成立過程と一次生産量について．日林論．88．1977
- 71) 中村賢一郎：扁白天然更新に就いて（1）御料林．45．1932
- 72) 中村賢一郎：扁白天然更新に就いて（2）御料林．46．1932
- 73) 植木善一：天然更新択伐跡地の稚樹撫育並に発生消滅関係について．高知林友．239．1942
- 74) 尾形信夫・上中作次郎：ヒノキ天然更新の成立に関する研究（第4報）．皆伐跡地における母樹帯からの種子飛散距離の1例．日林九支論．22．1968
- 75) 尾形信夫・上中作次郎：ヒノキ天然下種更新の成立に関する研究（第5報）．相対照度をちがえた場合の発芽稚樹の消長についての若干の考察．日林九支論．22．1968
- 76) 尾形信夫・上中作次郎・中村実：ヒノキ天然下種更新の成立に関する研究（第8報）．ヒノキ人工壮齡林における林縁からの距離と林内稚樹の成立状態（黒原国有林の例）．日林九支論．23．1969
- 77) 尾形信夫・竹下慶子・上中作次郎：ヒノキ天然下種更新の成立に関する研究．Ⅶ．ヒノキ稚樹の葉面積比と相対照度の関係について若干の考察．日林九支論．28．1975
- 78) 尾形信夫・竹下慶子・上中作次郎：ヒノキ天然下種更新の成立に関する研究．Ⅷ．稚樹の成立に及ぼす光前歴の影響について．日林九支論．29．1976
- 79) 上中作次郎・尾形信夫：ヒノキ天然下種更新の成立に関する研究．Ⅷ．種子落下量の年間変動について．日林九支論．28．1975
- 80) 田中貞雄・竹岡政治：ヒノキ天然更新の基礎試験．Ⅰ．稚樹の発生及び消失．京都府大学報．農学．27．1975
- 81) 大石泰輔・斎藤秀樹・竹岡政治：ヒノキ人工林内における種子生産及び当年生稚樹の消長に関する研究．；京府大演報．24．1980
- 82) 山本進一・堤利夫：ヒノキ人工林における天然生ヒノキ稚樹の個体群動態．Ⅰ．林内における当年生稚樹の死亡過程．日林誌．61．1979
- 83) 山本進一・堤利夫：ヒノキ人工林における天然生ヒノキ稚樹の個体群動態．Ⅱ．林内における当年生稚樹の死亡要因．日林誌．62．1980
- 84) 加茂皓一・赤井龍男：ヒノキ人工林における再生産過程の検討．Ⅲ．大枝ヒノキ人工林における天然生ヒノキ稚樹の動態と分散構造．京大演報．48．1976
- 85) 加茂皓一・赤井龍男：段戸国有林内ヒノキ人工林の稚樹の成立状態（3．）天然生ヒノキ稚樹の動態．

- 日林論. 87. 1976
- 86) 長谷川孝三：林木種子の活力に関する実験的研究. 帝林試報 4 (3). 1943
- 87) 小山光男：林木種子の発芽に要する最適温度. 林試報 8. 1910
- 88) 中村教授還暦記念事業会編：育林学新説. 朝倉書店. 1955
- 89) 長野営林局：三浦実験林調査報告書. No. 8 ~10. 1975~1977
- 90) 長野営林局：三浦実験林調査報告書. No. 11~14. 1978~1981
- 91) 倉田益二郎：菌害回避更新論. 日林誌. 32(12). 1949
- 92) 原田 泰：林学領域における陽光問題とこれに関連する二、三の環境因子に関する研究並に育林上の処置に就いて. 北海道林試報. 1. 1942
- 93) 川那辺三郎・四手井綱英：陽光量と樹木の生育に関する研究(Ⅲ)針葉樹苗木の生育におよぼす被陰の影響. 京大演報. 40. 1968
- 94) 川那辺三郎：林縁付近の天然生ヒノキ稚樹の生長について(Ⅱ). 日林講集. 86. 1975
- 95) 片岡寛純：ブナ林の保続. 農林出版. 1982
- 96) 赤井龍男：ヒノキの天然更新とササ. 林業と薬剤. 林業薬剤協会. No. 66. 10~16, 1978
- 97) 赤井龍男：ヒノキの天然更新技術の確立に関する基礎調査. 大阪営林局. 1979
- 98) 藤島信太郎：実践造林学講義. 養賢堂. 1950
- 99) 中村賢太郎：森林作業法. 朝倉書店. 1950
- 100) 佐藤敬二・佐藤大七郎・四手井綱英・斉藤雄一・陣内 巖・高原未基・千葉宗男・浅田節夫・川名明：造林学. 朝倉書店. 1965
- 101) 佐藤敬二教授退官記念事業会編：新造林学. 造林の理論と実際. 地球出版社. 1971
- 102) DENGLE, A. : Waldbau auf Ökologischer Grundlage. 1935
- 103) BAKER, F. S. : Principles of silviculture. 1950
- 104) SMITH, D. M. : The Practice of Silviculture. 1986
- 105) TROUP, R. S. : Silvicultural system. 1966
- 106) MONSI, M. und T. SAEKI : Über die Licht Factor in den Pflanzen Gesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. Jap. J. Bot. 14. 1953
- 107) 玉井重信・四手井綱英：林内の照度(Ⅰ). 京大演報. 43. 1972
- 108) 赤井龍男・上中幸治・那須孝治・羽谷啓造：ヒノキ林のぬき伐りにともなう林内陽光量の変化. 日林講. 86. 1975
- 109) 真下正樹・松江 亨・赤井龍男：ヒノキ傘伐天然下種更新事業化後の更新稚樹の件について. 日林論. 91. 1980
- 110) 日本林業技術協会：複層林の施業技術. 1982
- 111) 安藤 貴：複層林施業の要点. わかりやすい林業研究解説シリーズ. 79. 1975
- 112) 河原輝彦・山本久仁雄：ヒノキ、アカマツ混交林に関する研究(1) 物質生産と分解速度について. 日林誌. 64(9). 1982
- 113) 加藤亮助・森麻須夫：野辺地営林署におけるアカマツ、ヒノキ2段林の成長と物質生産. 日林講. 85. 1974
- 114) 高橋祐吉：大芝原村有林の森林施業法について、アカマツ単純林とアカマツ、ヒノキ2段林との比較. 信大農紀要. 5(2). 1968
- 115) 大北英太郎：私有林特殊施業形態林の実態について(Ⅲ)アカマツ、ヒノキの2段林形成. 鳥取林試研報. 6. 1963
- 116) 早稲田取也：アカマツ、ヒノキ混交林に関する研究(Ⅱ). 日林関西支講. 27. 1976

- 117) 森田正彦：ヒノキ造林地に侵入したアカマツの取扱いについて。岡山署管内小本宮国有林の場合。林業技術。323。1969
- 118) 白間純雄：森林の取扱いに関する研究(Ⅱ)ヒノキ造林地に侵入したアカマツの取扱いについて。鳥取林試研報。13。1970
- 119) 山本久仁雄・河原輝彦・加茂皓一：アカマツ、ヒノキ混交林の上木伐採後におけるヒノキの生長。日林関西支講。33。1982
- 120) 島崎洋路・河合 宏：アカマツ、ヒノキ2段林における上木伐倒にともなう下木の損傷について。日林中支講。33。1985
- 121) 梶原幹弘：京都府京北町のアカマツ、ヒノキ2段林の林分構造図。京都府大農報。34。1982
- 122) 今田盛生：戦後林業技術の反省。林業経済。474。1988
- 123) 赤井龍男：複層林技術開発の方向を考える。林業技術。528。1986
- 124) 赤井龍男：都市近郊国有林における森林施業のあり方。大阪営林局。1979
- 125) 赤井龍男・丸山 宏：箕面国有林における休養的利用と森林施業。大阪営林局。1985
- 126) 北村昌美編：欧米各国における森林作業法の最近の動向。日本林業技術協会。1978
- 127) 赤井龍男：林業技術の現在的意義と役割－自然法則と経済法則のはざままでとまどう育林技術からみて。林業経済。476。1988
- 128) 松尾兎洋：環境林業 森林の効用研究シリーズ。森林化学調査会。1971
- 129) 畑野健一訳：森林の風致保育と休養対策。日本林業技術協会。1971（原文 ZUNDEL R.und D.KETTLER : Landschaftspflege und Erholungsmassnahmen im Walde. 1970）



写真-1 住友林業別子山林における伐採後45年目のヒノキ天然生林。左上部は前生人工林。



写真-2 別子山林におけるヒノキ人工林傘伐天然更新法の後伐直後の状態。

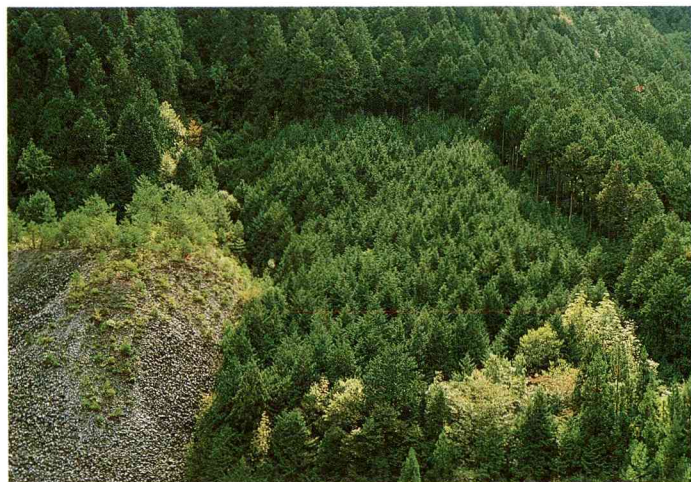


写真-3 同，後伐後20年目の現況。右側半分は除伐作業を行ったが，上層木の樹高にはほとんど差がみられない。



写真-4 別子山林における後伐直後のヒノキ稚樹の成立状態。20cm高さ以下の小さい稚樹は枯死している。



写真-5 同，後伐後2年目の稚樹。よく成長し始めている。



写真-6 段戸国有林22林班ヒノキ人工林における後伐後4年目の状態。左上方は造林地ではなく，下刈と稚樹を本数調整した直後の状態。



写真-7 段戸国有林65林班における間伐(下種伐)後10年目のヒノキ人工林内の稚樹の成立状態。



写真-8 同, 後伐後8年目の成長状態。一部植栽木も混生するが成長差はみられない。また更新樹が密生するため広葉樹はほとんど成立していない。



写真-9 三浦実験林傘伐天然更新試験地における下種伐直後の状態。除草剤散布後でササがよく枯れている。



写真-10 三浦実験林傘伐天然更新試験地における下種伐後18年目の林内の現況，ヒノキ稚樹がよく成立している。



写真-11 三浦実験林帯状皆伐天然更新試験地における伐採，除草剤散布直後の状態。



写真-12 同，伐採後18年目の現況。黒っぽくみえるのが大きくなったヒノキの更新樹。斜面の保残帯より上部はヒノキ等の造林地。

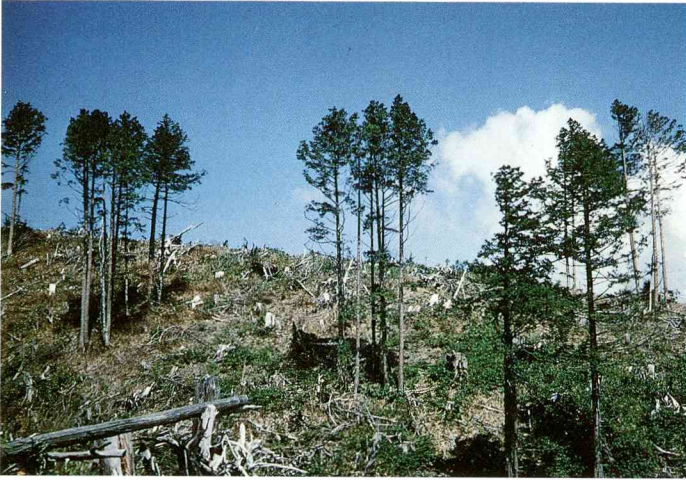


写真-13 三浦実験林母樹法天然更新試験地における伐採，除草剤散布直後の状態。



写真-14 同，伐採後18年目の現況。広葉樹が少ない。



写真-15 同，斜面上部のヒノキの更新樹の成長状態。広葉樹が比較的少ない。



写真-16 三浦実験林画伐天然更新試験地における画伐後18年目の林縁付近の更新状態。



写真-17 野路山国有林ヒノキ人工林における画伐後5年目の更新状態。



写真-18 野路山国有林におけるヒノキ、アカマツ混交林内のヒノキ稚樹の成立状態。