

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

赤井 龍男・吉村健次郎・真鍋 逸平
上田晋之助・本城 尚正*

Structure and Silvicultural System of Multi-Storied Mixture Forests (2)

On Stratified Mixture of Planted Sugi (*Cryptomeria japonica*)
and Natural Sugi, Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*), Akamatsu
(*Pinus densiflora*) and Broad Leaved Trees

Tatsuo AKAI, Kenjiro YOSHIMURA, Ippei MANABE,
Shinnosuke UEDA and Takaaki HONJO

要 旨

高槻市北部に位置する樫田地区付近には、ヒノキ、スギ、アカマツあるいは広葉樹の階層的に異種混交した複層林が広く存在する。本報告は混交複層林に関する一連の研究として、その中の3つの特徴ある林型をもつ林分の構造を解析し、その造成法について論議したものである。

人工スギ・天然生ヒノキ・アカマツ・広葉樹混交複層林 (Stand I) : 本林分は人工植栽された約80年生のスギが天然生のヒノキ、アカマツの閉鎖林冠上に突出し、中、下層に広葉樹が階層混交する複層林である。林分材積は $540 \text{ m}^3/\text{ha}$ 、断面積合計は $72 \text{ m}^2/\text{ha}$ を超えるので林床は暗く、針葉樹の後継樹はほとんどみられない。本林分はあまり手入れをしなかったスギの造林地であったが、約40年前、生長のおくれたスギと天然生のヒノキを残して伐採した後、アカマツや広葉樹が天然に更新し混交した林分のように、典型的な“立て木”による施業といえよう。したがって本複層林の作業法はスギの疎植と粗放な保育、収穫が基本である。

天然生ヒノキ・アカマツ・広葉樹混交複層林 (Stand II) : 本林分はアカマツを上層木とし、ヒノキは全層にわたり、中、下層に広葉樹の異種混交する択伐林型を示し、近畿地方に多くみられる混交複層林である。針葉樹の林分材積は $470 \text{ m}^3/\text{ha}$ 、断面積合計は約 $66 \text{ m}^2/\text{ha}$ で林分量が多く密状態にあるが、アカマツの混交率が著しく大きく、広葉樹が少ないので林内は比較的明るく、ヒノキ稚樹がよく更新している。本林分は約55年前、現状のような林分が皆伐された後、林内に成立していたヒノキと、新たに更新したアカマツ、広葉樹が階層混交して生長したものと思われるが、この成立過程と同様な粗放施業により本林型の混交複層林を造成できよう。

天然生スギ・ヒノキ・アカマツ・広葉樹混交複層林 (Stand III) : 本林分は天然生のスギが最上層に突出し、上層下部にヒノキとアカマツが、中、下層に広葉樹が、さらに下層にスギ、ヒノ

* 京都府立大学農学部

キの幼樹、稚樹が異種混交する複層林で特にスギ、ヒノキについては二段林型を示している。現在の林分材積は少なく、断面積合計も約36m³/haで閉鎖状態になく林内は明るい。最上層のスギは約60年生で、本林分は約30年前、当時径級の大きかったスギ、ヒノキと大部分のアカマツ、広葉樹が伐採収穫された後、伐り残された小径級のスギ、ヒノキと、新たに更新した各樹種が生長した比較的若い天然生林である。本林分の成林過程と同様、強度の“なすび伐り”を行なうことによってこのような混交複層林を保続させることはできるが、本林分のスギはその更新状態からみて高い耐陰性をもっていると思われる。

本地域の混交複層林はA₀層、A層の状態から判断して、いずれも地力の維持増進に役立っているようである。

は じ め に

京都や大阪の近郊には、それら都市への燃料供給のため、古くからアカマツ林や薪炭林の施業を行なってきた林分が残されているが、また人工林化が進む中で著しく粗放に取扱われるヒノキあるいはスギとアカマツ、広葉樹の混交した複層林も広く存在し、小規模ながら林業生産が続けられている。現在近畿地方に普遍的にみられる混交複層林は、ヒノキの人工林に混生した天然生アカマツを上木とした二段林もしくはヒノキ、アカマツとも天然更新によって成林した択伐林型の複層林であるが、その構造とか造成法の二、三の事例についてはすでに京大演習林報告49号¹⁾、55号²⁾、57号³⁾で論議した。

本課題の(1)報において述べたように、複層林は単層林に、また混交林は単純林に比較し国土保全あるいは保健休養等の公益的機能が強く、また地力維持、生産量増大等に対しても有効適切な施業法であるとしてこれらに関する研究報告⁴⁻⁸⁾も多くなってきた。さらに国の施策として森林整備の目標の一つに樹高、樹齢の異なる樹木により構成される複層林の造成が提示されるようになった⁹⁾。しかし複層林特にスギとかヒノキの二段林施業は、下木の生長に対して光環境を適切に保持させるために収穫伐採を頻繁に繰り返す必要があり、安藤氏¹⁰⁾の指摘のように単層林施業よりかなり集約となる。したがって皆伐一斉林施業でさえ不採算林分の増加している現在、このような複層林の造成は主として地利条件に恵まれ労働力等施業の自由度の高い場合に可能な施業であって、これを普遍化させることはむしろ難しいと考えられる。また現在二、三林業地において実行されているスギまたはヒノキの複層林施業も、そのほとんどは経験的技術にもとづくもので、林内更新技術は一応確立したものの、一般的な作業体系としてはまだ未完成の段階であるといえよう¹⁰⁾。

一方、前述のようなアカマツや広葉樹の混交したヒノキまたはスギ林は、もともと混交型の複層林経営を目的とした技術体系によって造成されたものではなく、造林初期からの保育遅れに起因したものや、天然生のスギやヒノキを“立て木”として残したものがほとんどである。しかもこのような林分は施業上あるいは生産性の問題から、最近人工一斉林に改植される傾向にある²⁾。しかしやせ山の多い地域とか、単純一斉林によって地力減退を引き起こしやすいヒノキ¹¹⁻¹⁶⁾に対する混交型の複層林施業は林地保全上きわめて望ましい方法であると思われる。したがって最近ようやく各地域におけるヒノキとアカマツとの混交複層林に関する研究が掛けにされるようになった^{4,5,17-30)}が、確たる作業法として体系付けるにはまだ情報が不充分である。

本研究は上述のようなスギまたはヒノキとアカマツ、広葉樹の混交した複層林の構造を解析し、それぞれの環境に適した混交複層林の造成技術を体系付けようとするものであり、今回の報告は高槻市郊外樫田地区の民有林における一部スギを混交した特徴ある三つの林型の林分について調

査、解析したものである。いずれも「立て木」による粗放な施業が行なわれているので、今後の複層林経営の一つのモデルとなろう。

なお(1)報で述べたように、本研究の対象林分はすべて単層型の混交林や同種単純林型の複層林とは異なることから混交複層林として取扱うことにする。

本研究のうち地域内の山林経営の実態、林分調査は1983年水利科学研究所の助力により、また林分内の環境調査や林分量の解析は1985、'86年に関文部省科学研究費（総合研究 A）の助成により行なわれた。また調査の企画にあたっては京都大学農学部半田良一教授の助言と、現地調査では森林組合長古畑貞司氏の協力があった。本報告をとりまとめるにあたり上記関係各位に感謝の意を表したい。

1. 調査地の自然的、社会的環境と森林の特徴

調査の対象とした檜田地区（旧檜田村）は高槻市の北方約16kmの位置にあるが、流域は三つに分かれ、調査林分の所在する中、東部は淀川支流の芥川上流域、北西部は亀岡市から保津川に流下する年谷川流域、南西部は茨木市から淀川にそそぐ安威川の上流域となっている。いずれの流域も京阪地区大都市圏に近く、水源涵養、国土保全上重要な位置にあり、また近い将来、森林に対するレクリエーション機能の評価も高まる可能性がある。

標高は250～500m、緩い傾斜の起伏に富んだ山容をもつおだやかな地形である。平均気温は14℃前後、年間降水量は1,600～1,800mm程度である。地質は丹波地方を広く覆っている秩父古生層の西南部の一端となっている。基岩は主として粘板岩、砂岩、チャート、珪岩よりなっているが、一部出灰（ゆずりは）と呼ばれるような石灰岩のあらわれるところもある。

調査地の土壌については後述するが、全域にわたり、中腹より尾根にかけては B_A、B_B、B_C型の乾性褐色森林土が分布し、一般に A 層がうすく多くは天然生のヒノキやスギを混交したアカマツ林かクヌギ、コナラ等の落葉広葉樹林となっている。一方山脚部や谷筋付近には B_D 型の褐色森林土が普遍的に分布しているので、人工造林されたスギやヒノキの生長は比較的良好である。しかしこのような条件のところでも広葉樹の成立する林地では意外に A 層の発達が悪く、短伐期（ほぼ10年）の薪炭林施業が繰り返された影響が現われているようである。

本地区ではその標高からみて暖温帯に属し、潜在自然植生はシキミモミ群集にあたると思われるが、地区内の神社の森等を除き著しく異なった植生相となっている。地区住民の記憶にある昔の森林の姿をアンケート調査によって調査した結果、少なくとも数十年前からすでにシイ、カシ等の常緑広葉樹はほとんどなく、現在の林相と同様、アカマツ山かナラ、クヌギ等の落葉樹を主とした雑木山であったようである。すなわちかなり古くから薪炭生産のための伐採が繰り返された結果、クヌギコナラ群集とコバノミツバツツジアカマツ群集の二つの現存植生になったものと思われる。

本地区の総面積は 1,768 ha で、林野率は約90%に及ぶが、この中天然生のヒノキとかスギの混交した林分を含むアカマツ林が約46%、広葉樹林が約22%であり、残りの18%がスギ人工林、11%がヒノキ人工林その他で人工林率は(1)報の京北町に比較しあまり高くない。上記のアカマツ林の中、ヒノキおよびスギとの混交林は、正確な面積は調査されていないが、アンケート調査の結果から推定するとその約70%すなわちほぼ500ha に達するものと思われる。

このようなアカマツとヒノキもしくはスギの混交林には、後者の稚樹、幼樹が成立したりまた広葉樹を混交したりして種々の階層構造が認められる。その成立過程には種々のタイプがあるが、アンケート調査（約50林家）の結果、アカマツ林の中のヒノキが天然生のものであるとの回答は

41例中68%, 残り30%強は植栽したものであると答えている。またスギについては24例中天然生とするものが79%, 植栽したとするものが21%であった。ヒノキ, スギのいずれも天然更新によって成立したのが多いようである。

一方本地区では“立て木”による仕立て方が多く, 現在も上記のような混交複層林中に大径木が点在しているのをよくみかける。スギについてのアンケート調査の結果によると, 天然性のスギについては22例中, 前回の伐採時まだ小さかったので大事に残したとするものが36%, 大きいものも後の楽しみにいくらか伐り残したが41%で, 他は特別の目的はないと答えている。また植栽したスギの混交複層林については16例中, アカマツ林の中に植栽したが生長が遅いので伐り残したとの答えが38%, もともとスギの造林地であったが, 手入れ不足のためアカマツや雑木が入ってきたので, それらと生長の良いスギを伐採し他は残したが31%, 後の楽しみに一部のスギを残して伐採放置したが25%, その他という結果であった。このように目的や取扱い方は多少異なるが, 混交複層林の育て方に共通なのは一種の保残木として一部を伐り残す“立て木”法を行なっていることである。

しかしながらこのような混交複層林の今後の取扱いについてアンケート調査した結果, 40回答中45%はいずれ皆伐しヒノキを植栽しようと考えているようで, “立て木”によって現状のような林分を維持しようとする答えは僅か20%にすぎなかった。したがって本地区においても京北町の場合と同様, ヒノキあるいはスギとアカマツの混交複層林は次第に少なくなっていく傾向にあると思われる。

本報告では上述のような自然的, 社会的環境をふまえ, まず“立て木”として残したスギ人工林に天然更新によって侵入したヒノキ, アカマツと広葉樹がともに生長した林分(人工スギ・天然生ヒノキ・アカマツ・広葉樹混交複層林——Stand I), つぎにヒノキ, アカマツおよび広葉樹とも天然更新して成林した林分(天然生ヒノキ・アカマツ・広葉樹混交複層林——Stand II), そして“立て木”として残された天然生のスギにヒノキ, アカマツ, 広葉樹が天然に更新, 混交して成林した林分(天然生スギ・ヒノキ・アカマツ・広葉樹混交複層林——Stand III)の特徴のある代表的な3つの混交複層林をとりあげ解析を行なった。調査林分はすべて檜田地区中畑に存在し, 古畑貞司氏の所有林である。

2. 調査方法

各調査林分とも10m幅のベルトトラセクト法によって全立木の成立位置と, 樹高および胸高直径(高さ2m以上)を測定し平面的, 垂直的構造を解析した。またA₀層と土壌層の断面調査を行なった。さらに調査ベルト内においてミノルタデジタル照度計(T-1型)を用いた2分間の積分法による林内照度を測定し, 相対照度を求めた。

3. 人工スギ・天然生ヒノキ・アカマツ・広葉樹 混交複層林(Stand I)の構造

1) 林分の成立経過と平面的, 垂直的構造

本林分は平均傾斜30°, 南向の小高い岡状の山腹に存在し, 1区画の面積は約3haである。そのほぼ中央付近の斜面において, 水平方向に幅10m, 斜面長23m(199m²)のベルトランセクトを敷き調査を行なった。高さ20cm以上の稚樹も含めた全立木の平面的位置および垂直的構造(模式図)はFig.1のようであった。本図から認められるように本林分はスギがアカマツやヒノ

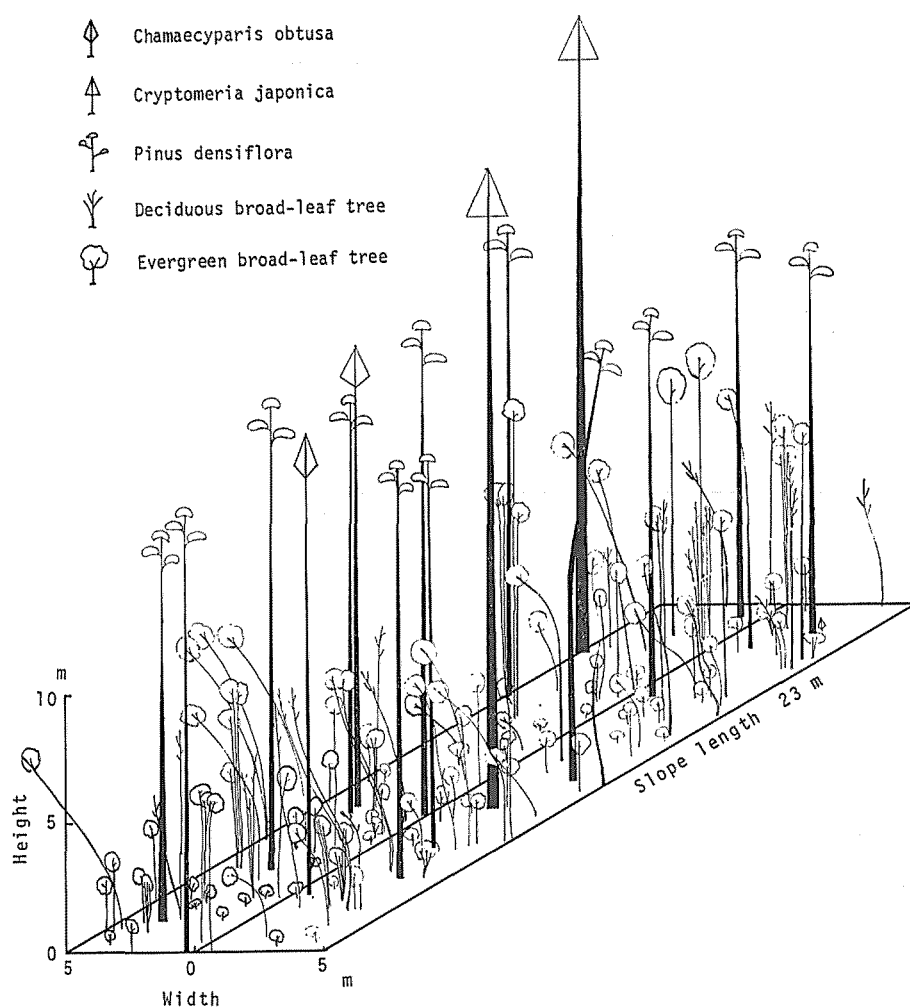


Fig. 1 Stratification of stand and distributional structure of each tree by belt transect method in Stand I (inclination 30°, direction S). The mark applies in Fig. 2, 3

キの閉鎖林冠上にまばらではあるが突出し、中、下層を広葉樹が占める階層混交型の複層林である。

檜田地区にはこのような相観を示す森林があちこちにみられるが、スギのほとんどは後述のように天然生のものである。しかし本林分のスギは人工造林されたもので、約80年生である。他のヒノキ、アカマツ等はすべて天然更新によって成立したものである。

このように本林分はもともとスギの造林地であったが、所有者の話によるとあまり手入れをされないまま約40年前、生長の遅れたスギと天然生のヒノキを残し、他はアカマツ、広葉樹ともども伐採収穫し、その後放置されたものであるようで、いわゆる“なすび伐り、もしくは“立て木”による施業といえよう。したがって成立本数の多いアカマツや広葉樹はランダムに分布しているが、スギやヒノキは著しく集中分布している。

2) 林分の諸量と平均値

調査ベルト内に成立する胸高直径 6 cm 以上の樹種別の平均直径、平均樹高および ha あたりの

Table 1 Composition of dominant trees ($D > 6$ cm) and light condition in Stand I

Species	Mean diameter (cm)	Mean height (m)	Number of tree (no./ha)	Basal area (m ² /ha)	Stem volume (m ³ /ha)	Relative light intensity (%)
Conifer						
<i>Chamaecyparis obtusa</i>	28.0	18.0	100	6.2	54.5	2.2
<i>Cryptomeria japonica</i>	51.5	25.0	100	20.9	206.5	
<i>Pinus densiflora</i>	26.0	16.3	600	33.3	234.5	
Deciduous broad-leaf tree	6.7	7.5	550	2.1	7.5	
Evergreen broad-leaf tree	7.0	8.2	1,600	9.7	41.5	
Total	—	—	2,950	72.2	544.5	

Table 2 Height distribution of each species in Stand I (number/199m²)

Species	Height class (~ m)															
	~0.5	~1	~2	~3	~4	~5	~6	~7	~8	~9	~10	~12	~14	~16	~18	~20
Conifer																
<i>Chamaecyparis obtusa</i> ヒノキ	1														2	
<i>Cryptomeria japonica</i> スギ																2
<i>Pinus densiflora</i> アカマツ														7	4	1
Deciduous broad-leaf tree																
<i>Clethra barbinervis</i> リョウブ								1	2	2						
<i>Lyonia elliptica</i> ネジキ					1	8	10	3	1							
<i>Rhododendron reticulatum</i> コバノミツバツツジ				1	4	1										
Others 他種								1	1							
Evergreen broad-leaf tree																
<i>Ilex pedunculosa</i> ソヨゴ						1	2	7	11	7	3	2	1			
<i>Pieris japonica</i> アセビ			3	11	8	10	5	2								
<i>Eurya japonica</i> ヒサカキ	11	17	38	5	3											
<i>Cleyera japonica</i> サカキ	6	7	12	2												
Others 他種	4		2				6									

立木本数、胸高断面積合計、幹材積は Table 1 に示したようであった。伐り残された造林木の80年生のスギの直径はヒノキやアカマツのそれよりはるかに大きく、いわゆる大径木となっている。しかし広葉樹の平均直径は落葉、常緑のいずれも7 cm以下で針葉樹に比較し著しく小さい。

断面積合計は針葉樹では立木本数の多いアカマツが、広葉樹では常緑樹が多いが、全立木の合計では約72m³/haにもなり、他の地域の調査地における40年生以上の類似の混交複層林の値^{2,3}、

5,6,24)と比較し著しく多いといえよう。

一方林分材積はスギのみで200m³/haを超え、全立木の合計では約540m³/haに達している。林分の成立過程や構造が異なるので他地域の混交複層林との直接の比較は問題であるが、この林分材積量は断面積合計同様きわだって大きいようである。

3) 林内の光環境

調査ベルト内の地床土上1.3mにおける6月下旬の平均相対照度(林外照度80,000 lux)はTable 1のようであった。前述のように断面積合計が70m³/haを超え、ほぼ閉鎖状態にあると思われるのに、閉鎖状態のスギ、ヒノキの一斉林³¹⁻³⁴⁾より明るい。これはヒノキにアカマツの混交した他地域の調査例^{2,30,35)}と同様、陽性のアカマツが混生するためである。したがって後述のように中、下層に広葉樹はよく繁茂するが、常緑広葉樹が特に多いのでヒノキ稚樹は比較的少ない。

4) 樹種別の樹高分布

調査ベルト、199 m²内における主要な樹種の高さ別の本数分布はTable 2のようであった。表およびFig.1からもうかがわれるように、haあたり600本程度のアカマツと若干のヒノキが15~20m樹高階を占めて一応閉鎖林冠を形成し、その林冠層の数m上にスギが単木状に突出する一方、ほぼ13m以下の中、下層には種々の広葉樹が成立している。したがってスギを高木、アカマツ、ヒノキを亜高木、広葉樹を中、下層木とする比較的階層構造の明らかな三段林型を示しているといえよう。

さらに広葉樹の中、落葉広葉樹は表中の樹種のほかヤマウルシ、タカノツメを含むが、いずれも3~9mの樹高階にのみ成立する。これに反し他種としてシャシャンボ、アオキ、シキミを含む常緑広葉樹は、13m以下のすべての樹高階を占めている。そして特に1~2mの階層にヒサカキ、サカキが多く、ソヨゴは中層階の優占種となっている。このように常緑広葉樹の本数が多く、またTable 1に示したようにその現存量も少なくないが、シイ、カシ等高木になる樹種がほとんどみられないことから、森林遷移からみると初期段階の状態といえよう。

一方、前述のように林床の平均相対照度は2%を超えているが、常緑広葉樹の多い林分構造であるので、他地域の調査例^{2,35)}と同様、耐陰性の高いヒノキ稚樹も僅かしか更新していない。したがってヒノキの稚樹を林内に天然更新させようとするなら、中、下層の広葉樹特に常緑広葉樹の除去が必要である。

4. 天然生ヒノキ・アカマツ・広葉樹混交複層林(Stand II)の構造

1) 林分の成立経過と平面的、垂直的構造

本林分は山脚部のスギ、ヒノキ造林地に接続し、平均傾斜37°、方位西南西の斜面中腹に存在し、林分面積はほぼ2 haである。調査ベルトはそのほぼ中央付近に設けたが、幅10m、斜面長24m内における高さ20cm以上の全立木の平面的位置および垂直的構造はFig.2のようであった。本林分は遠望すると一見アカマツ林のようにみえるが、Fig.2から明らかなように、アカマツを上層木とし、ヒノキが上、中層から下層まで連続し、中、下層に広葉樹の階層混交する複層林で、近畿地方にもっとも普遍的にみられる林型^{1,2)}である。

本林分は今からはほぼ55年前、現状のような林分が皆伐された後、林内に成立していたヒノキ稚樹と、伐採直後新しく天然更新したアカマツおよび広葉樹が混交して生長したものと思われるが、30年程以前まで薪生産のため広葉樹が多少伐採されていたようである。なお上層木のアカマツ、ヒノキは図から認められるように、ほぼランダムに分布している。

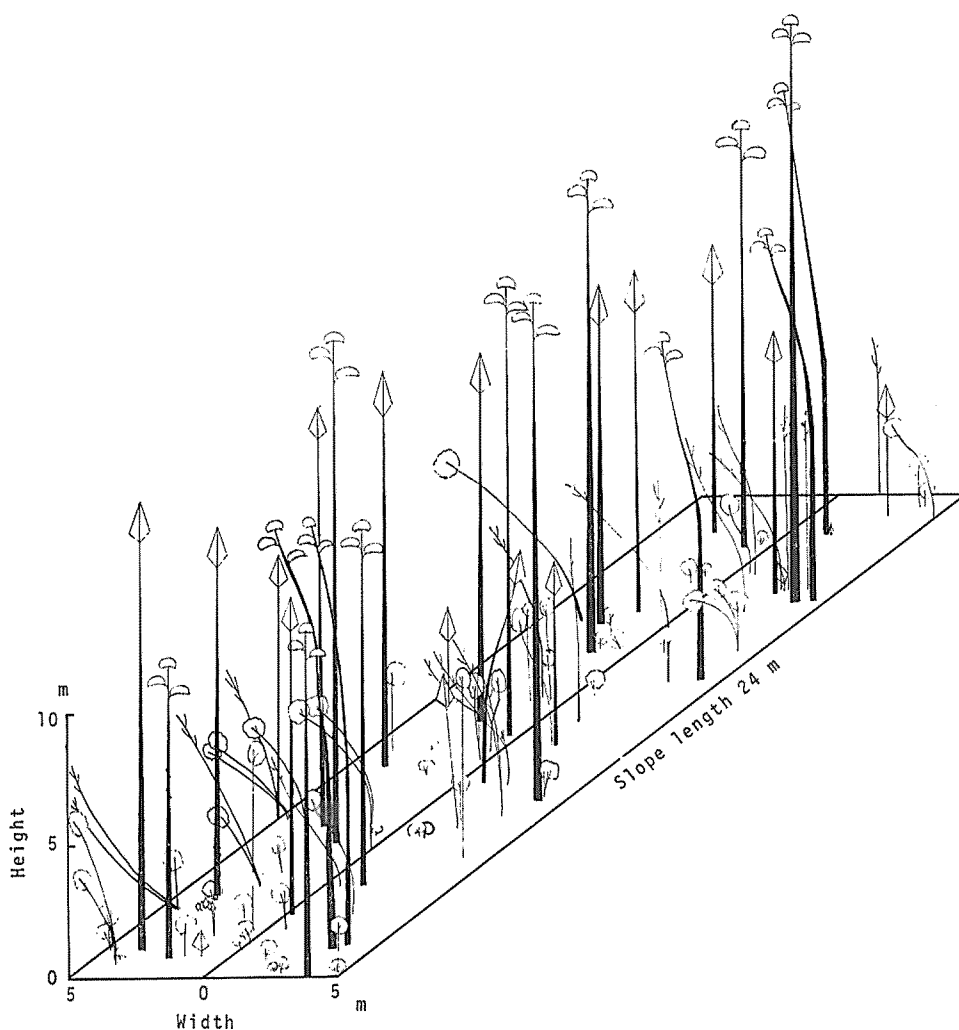


Fig. 2 Stratification of stand and distributional structure of each tree by belt transect method in Stand II (inclination 37° , direction $W\ 20^\circ S$)

2) 林分の諸量と平均値

調査ベルト内の胸高直径 6 cm 以上の平均値および林分の諸量は Table 3 のようであった。アカマツの平均直径、平均樹高は Stand I と差がないが、断面積合計および林分材積は著しく多く、同様のアカマツ単純林と比較³⁶⁾しても地位中程度の蓄積量であった。

一方 ヒノキについては平均直径や平均樹高は Stand I より著しく小さいが、立木本数の多いことから断面積合計、林分材積は多く、傾斜地に人工造林された京北町の 70 年生のヒノキとアカマツとの混交林の値²⁾とほぼ類似している。しかし本林分と同様の経過で成立した京北町の天然生ヒノキ、アカマツ、広葉樹混交複層林に比較し、本林分の林分量はヒノキ、アカマツとも明らかに大きく、本地域周辺における天然生の混交複層林としては比較的成熟した林分であるといえよう。

3) 林内の光環境

調査ベルト内における地床上 1.3 m 高の平均相対照度（林外照度 80,000 lux）は Table 3 に示

Table 3 Composition of dominant trees ($D > 6\text{ cm}$) and light condition in Stand II

Species	Mean diameter (cm)	Mean height (m)	Number of tree (no./ha)	Basal area (m ² /ha)	Stem volume (m ³ /ha)	Relative light intensity (%)
Conifer						
<i>Chamaecyparis obtusa</i>	15.1	10.2	1,094	19.9	132.9	3.4
<i>Pinus densiflora</i>	25.8	16.2	834	45.9	333.4	
Deciduous broad-leaf tree	8.9	6.9	729	3.3	10.9	
Evergreen broad-leaf tree	8.9	5.7	469	2.5	7.5	
Total	—	—	3,126	71.6	484.7	

Table 4 Height distribution of each species in Stand II (number/192m²)

Species	Height class (～ m)																	
	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	22	
Conifer																		
<i>Chamaecyparis obtusa</i> ヒノキ	7	1	1		1	3	3	1	1	5	4	2	4	2	1			
<i>Pinus densiflora</i> アカマツ												1	4	4	4	2	1	
Deciduous broad-leaf tree																		
<i>Clethra barbinervis</i> リョウブ								2										
<i>Lyonia elliptica</i> ネジキ			1		2	2	8	8		1								
<i>Quercus serrata</i> コナラ								1										
Others 他種	1							1										
Evergreen broad-leaf tree																		
<i>Ilex pedunculosa</i> ソヨゴ								1	1									
<i>Pieris japonica</i> アセビ			1	6	7	5	5											
<i>Eurya japonica</i> ヒサカキ	10	12	13	5	1													
<i>Cleyera japonica</i> サカキ	1	3	9	3														
Others 他種	6																	

したように3.4%で、Stand Iの林内よりいづらか明るかった。これは全立木の断面積合計では差はないもののアカマツの混交率が断面積合計で64.1%、材積で68.8%と2/3を超える反面、常緑広葉樹が著しく少ないことによるものであろう。このため後述のようにヒノキの稚樹がかなり多く成立していた。

4) 樹種別の樹高分布

調査ベルト192 m²内に成立する主な樹種の樹高分布はTable 4に示したようで、アカマツは12 mから20 mの上層階を占めるに過ぎないが、ヒノキは上層階の中程16 m高以下から中、下層にわたって全階層に成立し、垂直的構造からみるといわゆる択伐林型になっている。ヒノキの年齢構

成は明らかでないが、中層以上のものはほとんど60年生以上と思われる。また樹高12m以上のヒノキはほとんど胸高直径20cm前後の大きさで、細枝は多いが曲がり方が少なく通直であり柱材として優れているものが多い。

広葉樹はすべて中層以下に成立し、その中、落葉広葉樹はStand Iと大きさおよび成立本数にほとんど違いがないが、常緑広葉樹は表中の樹種のほかにシキミ、ヒイラギ、ヤブツバキ、ヤブコウジを混生するもののStand Iより樹高は低く本数も少ない。また高木種が少ないことから本林分は人為の加わった森林遷移の初期段階の姿と考えられる。

一方、ヒノキの稚樹(20~50cm高)は広葉樹の少ないアカマツの下に集中分布的に成立するが、前述のように平均相対照度が3.4%あるので、これらの稚樹は生長は遅いものの後継樹として育つ可能性がある。しかし成立本数はhaあたり400本足らずであるので、次代にヒノキの更新を期待するなら今の中にくらか広葉樹を除伐整理する必要があるだろう。

5. 天然生スギ・ヒノキ・アカマツ・広葉樹混交複層林(Stand III)の構造

1) 林分の成立経過と平面的、垂直的構造

本林分はなだらかな起伏の尾根から斜面中腹にかけて存在し、林分の面積は4 haほどである。調査ベルトは傾斜24°、方位西北西の斜面に設けた。幅10m、斜距離16mのベルト内に成立する高さ20cm以上の全立木の平面的位置、垂直的構造はFig.3に示したようであった。本林分は図から認められるように、天然生のスギが最上層に突出し、上層下部にアカマツが、中、下層にヒノキや広葉樹が、さらにスギの稚樹、幼樹が下層に多数混生する複層林で、天然生のスギとヒノキの階層混交するような林型は、全国的にみて極めてめずらしいタイプの森林であろう。しかし檜田地区付近には比較的多くみられる。

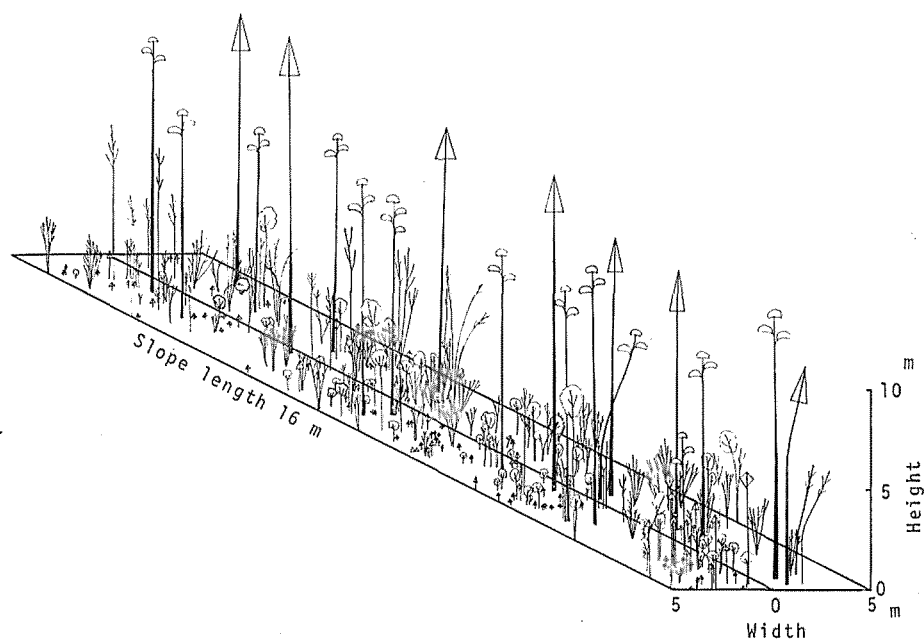


Fig. 3 Stratification of stand and distributional structure of each tree by belt transect method in Stand III (inclination 24°, direction W 30°N)

Table 5 Composition of dominant trees (D > 6 cm) and light condition in Stand III

Species	Mean diameter (cm)	Mean height (m)	Number of tree (no./ha)	Basal area (m ² /ha)	Stem volume (m ³ /ha)	Relative light intensity (%)
Conifer						
<i>Chamaecyparis obtusa</i>	12.8	8.5	137	2.0	11.0	4.0
<i>Cryptomeria japonica</i>	19.2	14.1	548	16.2	111.0	
<i>Pinus densiflora</i>	13.7	10.7	1,096	17.0	93.2	
Deciduous broad-leaf tree	6.0	7.0	137	0.4	1.4	
Total	—	—	1,918	35.6	216.6	

最上層のスギは稚樹時代の更新期を除くと、60年生前後である。本林分は約30年前に、当時径級の比較的大きかった天然生のスギやヒノキと、大部分のアカマツおよび広葉樹が伐採収穫された後、残された小径級のスギ、ヒノキと新たに天然更新したアカマツ等が生長し成林した比較的若い混交複層林といえる。

本地区に存在する混交複層林中のスギは、1章で述べたようにアンケート調査の結果80%近くが天然生で、Stand I のように人工造林されたものはむしろ少ないが、天然生のスギの伐り残し方については、前回の伐採時小さいものを残したとの答えと、後の楽しみに大きいものを残したとするものがそれぞれ40%前後であった。したがって本林分は前者にあたるが、後者のような“立て木”によるスギ、ヒノキ、アカマツの混交複層林もかなり存在するものと思われる。

本林分の上層階を形成する本数の多いスギやアカマツおよび下層に成立するスギやヒノキはほぼランダムに分布している。

2) 林分の諸量と平均値

Table 5 に示したように、胸高直径 6 cm 以上の調査ベルト内における平均直径、平均樹高は各樹種とも Stand I, II より著しく小さい。また断面積合計、林分材積も Stand I, II の半分以下である。また他地域の混交複層林の林分量^{2,3,5,6,24)}と比較しても著しく少なく、発達途中の林分といえよう。しかしスギの林分材積は 100 m³/ha を超え、上層木の大部分は胸高直径 20 cm 前後に達しているため、近い将来“なすび伐り”等の施業は可能である。

本林分における広葉樹の成立量は著しく少なく、特に胸高直径 6 cm に達した常緑広葉樹は全くみられなかった。

3) 林内の光環境

上述のように本林分の断面積合計は、約 36 m²/ha でまだ閉鎖状態になく、Table 5 に示したように平均相対照度（林外照度 85,000 lux）は 4.0 % で、林内は Stand I, II より明るかった。そのため後述のようにヒノキは勿論スギの稚樹も著しく多く天然更新している。しかし陽性のアカマツの後継樹は全くみられない。

4) 樹種別の樹高分布

本林分の調査ベルト 146 m 内に成立する主な樹種の樹高分布は Table 6 のようであった。表および Fig. 3 から認められるように、本林分は樹高 12~18 m の最上層階にスギが閉鎖することなく点々と成立し、上層階の中間から下部 8~14 m の樹高階にアカマツが僅かのヒノキとともに成立する一方、主として 5 m 以下の下層にスギ、ヒノキが成立する階層構造を示すが、針葉樹特にスギ、ヒノキについてみると、二段林型の複層林に類似している。

広葉樹は樹高 8 m 以下の中、下層階を占めるが、常緑広葉樹は表中の樹種のほかイヌツゲ、サ

Table 6 Height distribution of each species in Stand III (number/146m²)

Species	Height class (~ m)														
	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18
Conifer															
<i>Chamaecyparis obtusa</i> ヒノキ	9	4	4	2		2	1					1			
<i>Cryptomeria japonica</i> スギ	64	15	7		2							1	4	2	1
<i>Pinus densiflora</i> アカマツ								1		3	2	7	3		
Deciduous broad-leaf tree															
<i>Evodiopanax innovans</i> タカノツメ			2	2		5	3	8	2						
<i>Magnolia obovata</i> ホオノキ					1	1	1								
<i>Magnolia salicifolia</i> タムシバ					1	3	1	1							
<i>Rhus trichocarpa</i> ヤマウルシ				2	3	1	1								
<i>Rhododendron reticulatum</i> コバノミツバツツジ		9	77	69	28	2									
Others 他種		1	1	11	3										
Evergreen broad-leaf tree															
<i>Ilex pedunculosa</i> ソヨゴ		1	4	4	5	3	2	1							
<i>Pieris japonica</i> アセビ			5	1											
<i>Eurya japonica</i> ヒサカキ	5	16	17	2	3										
Others 他種	6	6	6	1											

カキ、ヒイラギ、ネズミサシを含むものの本数は少なくまた大きさも小さい。したがって Stand I, II より人為が加えられてからの年月が短い林分であるといえる。

一方本林分に関し特筆すべきことは、Table 6 に示したように、20~50cmのスギ稚樹が ha あたりにして約 4,400 本、高さ 2 m 以下では 6,000 本近くも更新していることである。これは前述のように閉鎖状態になく林内がかなり明るいことも要因の一つであると考えられるが、成立本数がヒノキよりも著しく多いことから、本林分の天然性スギはかなり耐陰性の大きい系統のものではないかと思われる。もしそうであればスギの複層林施業のための系統、品種として検討する価値があろう。

6. 単木の形状 (D-H 関係)

樹幹の通直性等単木の形質は樹体各部分相互の相対的な大きさを調べることによってある程度認識できるが、ここでは胸高直径(D)と樹高(H)の相対生長関係を樹種別に検討してみる。Fig.4 は胸高直径 6 cm 以上のヒノキとスギの D-H 関係を各調査林分別に示したものである。成立本数の少ない調査林分があるので、林分間の差は明らかでないが、スギ、ヒノキとも D-H 関係に大きな違いはないようである。ヒノキについてはその H/D (形状比) は他地域のヒノキ一斉単純林

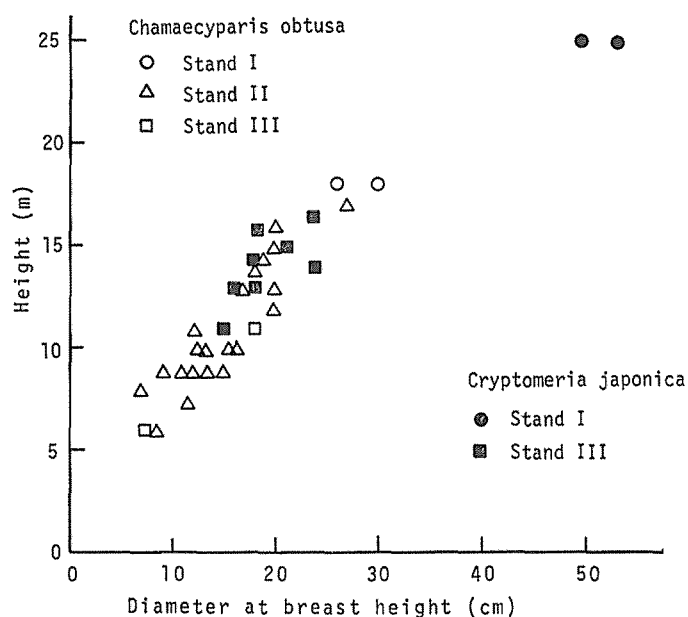


Fig. 4 Allometric relation between height and diameter of Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) and Sugi (*Cryptomeria japonica*) ($D > 6$ cm)

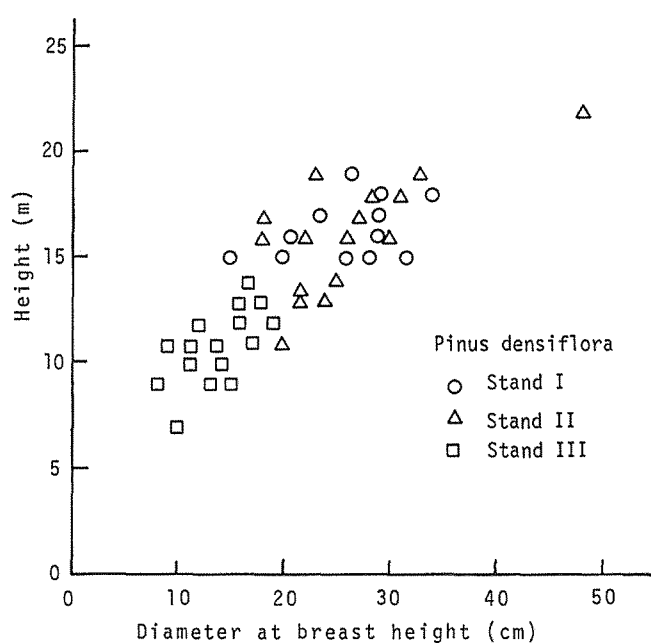


Fig. 5 Allometric relation between height and diameter of Akamatsu (*Pinus densiflora*) ($D > 6$ cm)

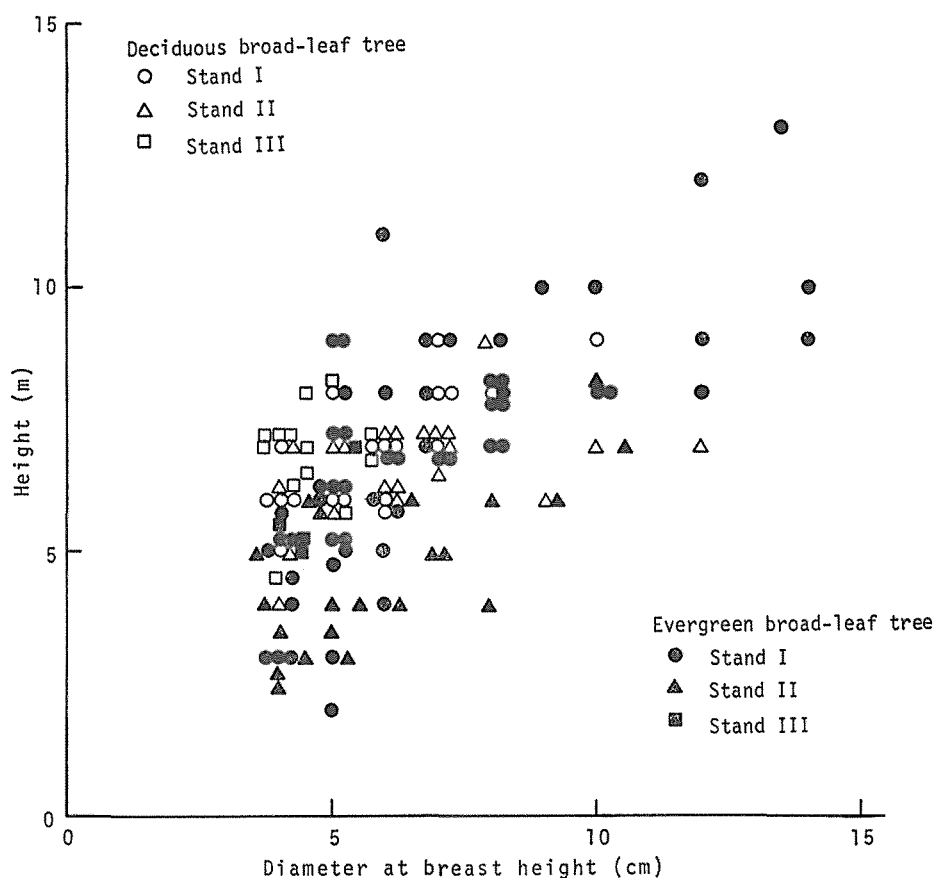


Fig. 6 Allometric relation between height and diameter of broadleaved trees ($D > 4$ cm)

の場合^{6,31)}よりいくらか小さいが、(1)報の混交複層林の値²⁾とほぼ近似し、通直性は比較的高いといえよう。

各調査林分における胸高直径 6 cm 以上のアカマツの D-H 関係は Fig. 5 のようであった。図から認められるように、多少のばらつきはあるが、各林分間の差はほとんどないようである。また上層階にあるアカマツの H/D はほぼ 60~80 で、ヒノキやスギの値とあまり違いがない。しかし肥沃な土壌に成育する京北町のヒノキ人工林に混交したアカマツ²⁾に比較し、 H/D は多少小さくまた曲がりも多いようであった。

Fig. 6 は胸高直径 4 cm 以上の落葉、常緑広葉樹の D-H 関係を示したものである。ばらつきが大きく明らかな傾向は見出せないが、Stand I の中層階に成立する常緑広葉樹には H/D 100 を超えるものが多いようである。

いずれにしてもこのような混交複層林における幹の通直性、曲がり度あるいは枝節率など形質に関する調査、解析は重要な課題であろう。

7. 土壌断面の諸性質

土壌断面によって調査した各調査林分の土壌層の深さ別の組成、構造、堅密度等の諸性質は Table 7 のようであった。それぞれ林分別に土壌の特性を検討してみよう。

Table 7 Discription of soil profile in each stand

Stand	Horizon	Depth (cm)	Texture	Structure	Mardness	Definition of boundary
I	A ₀	11	—	—	—	Distinet Indistinet Indistinet
	A	0~ 6	Loam	Crumb	Very Soft	
	B ₁	6~22	Loam	Granular	Soft	
	B ₂	22~40	Clay Loam	Granular	Soft	
	C	40~60	Clay Loam	Clod	Hard	
II	A ₀	8	—	—	—	Distinet Indistinet Indistinet
	A	0~10	Loam	Granular	Very Soft	
	B ₁	10~30	Loam	Granular	Soft	
	B ₂	30~45	Clay Loam	Granular	Soft	
	C	45~55	Loam	Clod	Soft	
III	A ₀	4	—	—	—	Distinet Indistinet Indistinet
	A	0~ 4	Loam	Granular	Soft	
	B ₁	4~35	Clay Loam	Granular	Soft	
	B ₂	35~45	Clay Loam	Nutty	Soft	
	C	45~68	Clay Loam	Clod	Slightly Hard	

1) Stand I

本林分の土壌は Be 型であり、土壌層（A、B 層）は表に示したように 40cm 程度で肥沃な土壌ではないが、10~12 年間隔で薪あるいはシイタケ原木を生産している付近の広葉樹林に比較し、A₀ 層や A 層はやや厚く林地生産力は増進しつつあるように思われる。

2) Stand II

土壌は B₀ 型、土壌層は約 45cm で Stand I の林分とほぼ同様であるが、A₀ 層中 F、H 層の分化や菌糸網層が認められ、さらに A 層も 10cm 前後あり本地域のアカマツの成育する土壌としてはかなり肥沃になりつつあるように思われる。したがって本林分の施業は表土の流亡も少なく、林地保全上有効な方法であるといえよう。

3) Stand III

本林分の土壌は B₀ 型、土壌層は 45cm 前後で Stand I, II とほとんど違いはない。しかし A 層は浅く A₀ 層も少ないので、地力は前の 2 林分よりいくらか劣っているようである。これは強度に行なわれた伐採後の経過年数が短いことも起因していると思われるが、“立て木、あるいは“なすび伐り、等の方法で混交複層林を維持すれば、Stand I, II の傾向からみて林地生産力は回復するであろう。

8. 混交複層林の造成法

本報告の調査対象とした檜田地区には、1 章に記述したように、“立て木、あるいは“なすび伐り、等の方法で伐り残したスギやヒノキが生長し、アカマツや広葉樹と階層混交した複層林が多く存在するが、いずれも混交林、複層林経営を目標に確たる施業技術もしくは作業体系によって造成されたものではない。すなわち今回解析を行なった Stand I はスギ造林地の手入れ不足に起因して成立した混交林を、立て木を残してなすび伐りにした後放置した林分、Stand II, III は天然生のヒノキあるいはスギの小径木を伐り残して放置した林分であり、いずれも著しく粗放

な取扱い方で成林した混交複層林である。

檜田地区にはこのほか造林方法では皆伐地におけるヒノキの人工造林、アカマツ林内へのスギまたはヒノキの樹下植栽等から出発した混交複層林、伐採法では大径木か小径木か“立て木、としての伐り残し方、あるいは伐採強度の違いによって成林した種々のタイプの森林があるようである。

一方、他地域の調査例にはヒノキ、カラマツの人工造林地に侵入したアカマツとの混交複層林^{5,6,17,19~27,30)}が多く、すべて天然更新によって成林した混交複層林の事例は極めて少ない^{1~3,29)}。特に本地域にみられるような“立て木、による混交複層林の施業例の報告はほとんどみあたらない。これらの森林はいずれも手入れ不足あるいは粗放林業として今までほとんどかえりられなかったためであろう。

しかし本報告の各所で論じたように、環境保全、地力維持あるいは林分生産量の増大等、現今の社会的要請に答えるための新たな森林造成法として、檜田地区周辺に現存する種々の混交複層林は貴重な教材である。そしてあらゆる角度からこれらの森林の解析を行ない、低迷する現今の日本林業に確たる地位を与えるための一つの森林作業法として、低コストの混交複層林造成の技術体系を確立させる必要があろう。本報告では現在まだ充分の情報をもっていないが、今回調査した3つの林型を主体に、それぞれに本地域に最も好ましいと思われる作業法の概略を提示しておく。

1) 人工スギ・天然生ヒノキ・アカマツ混交複層林

Stand I の林分はすでに記述したように、間隔の長い“なすび伐り、にあたるものであるが、現状のような林分構造が維持される限り“立て木、として残すスギがなく、またその後継樹も全く成立していない。したがって本林型によって保続経営しようとするなら、伐採収穫後再びスギの植林から始めなければならない。すなわち(1)報²⁾で論じた人工ヒノキ、天然生アカマツ混交複層林の造成法とほぼ同様、アカマツやヒノキの母樹を点状(haあたり数本から十数本)か林分の周辺(50~60m以内)に残して皆伐し、簡単な地ごしらえを行なってスギを疎植もしくは普通植栽する。下刈りはできるだけ少なく雑に行ない、相前後して天然更新するアカマツやヒノキは刈り払わずに残し、成林するにしたがってアカマツは断面積合計で20~30%を残し、他は広葉樹とともできるだけ除伐する。

このようにして成林した林分はアカマツを上層木とした人工スギと天然生ヒノキとの混交複層林になるであろうが、これが伐期に達した時、Stand I の成立経過で述べたように、スギとかヒノキの小径木を“立て木、としての伐り残し放置すれば現在のような林型になろう。しかしこの方法は複層林型が造林時中断することになり、特に継続したスギの“立て木、による施業が困難である。それ故混交複層林によってスギを保続生産しようとするなら後述の3)の方法に準じた方がよからう。

また現存のスギ人工一斉林を“なすび伐り、し、“立て木、を残しながら類似の複層林に誘導する方法もあろう。

2) 天然生ヒノキ・アカマツ混交複層林

(1)報²⁾で取扱った京北町の類似の混交複層林と同様、一般には伐期に達したStand II のような林分から施業を始めることになる。まず“立て木、としてのヒノキと、アカマツの母樹を点状か林分の周辺(約50m以内)に残して上層木を伐採収穫する。同時に中層の広葉樹や形質の悪いヒノキはできるだけ除伐し、シイタケ原木に適した広葉樹は収穫の対象とする。また下層のヒノキ稚樹が10,000本/ha以上成立すれば本数整理する一方、アカマツが天然更新するまで、相対照度50%程度以上の明るさを維持するよう特に常緑広葉樹の下刈り除去を行なう。更新したアカ

マツが生長して生産の主目的であるヒノキと競合するようになれば、アカマツが20~30%程度になるよう本数調整する。保育間伐は生産目標にしたがって行なえばよいが、大径のヒノキの一般用材（並材）を生産目標にする場合、集約な保育管理は必要でない。

本法は陽性樹種のアカマツは母樹（残伐）法によって、耐陰性の大きいヒノキは一部傘伐法によって更新させようとするもので、天然更新作業法としてはこれらの複合法といえよう。したがって Stand II のような天然生ヒノキ・アカマツ混交複層林からヒノキ単純複層林へ誘導するには、アカマツを皆伐するとともに上層木のヒノキの伐採率を低くし、傘伐（漸伐）作業による天然更新^{7,31,32,35}に転換すればよい。またヒノキの人工林から本林型へ誘導する場合は、周辺にアカマツの母樹さえ存在すれば、強度の“なすび伐り”を繰り返すことによって類似の混交複層林を造成できよう。なお将来有用広葉樹の生産をも目標にするなら、中、下層に成立する有用広葉樹を適宜伐り残すことによって、ヒノキ・アカマツ・広葉樹混交複層林に仕立てることは容易であろう。

3) 天然生スギ・ヒノキ・アカマツ混交複層林

檜田地区には Stand III のような構造のほか多様な林分構造をもった林分が現存するようであるので、本林型の造成を画一的に体系付けることは困難であるが、本林型を維持させるための基本は、スギ、ヒノキおよびアカマツのすべてを天然更新させることである。そのためには更新に適するような林床の光条件になるよう施業を行なう必要がある。ここでは Stand III をモデルに有効な一つの造成法を考えてみよう。

まず上層のスギ、アカマツが利用径級に達したら（Stand III は10~20年後となろう）それぞれ一部“立て木”を残して伐採収穫し、同時に中、下層の形質不良木や広葉樹はできるだけ除伐する。伐採直後の林床の明るさは30~50%の相対照度がスギ、アカマツの更新のための目安であるので、残存立木の断面積合計は10~20m²/ha となろう。

回帰年は生長状態により異なるが、大径木を“立て木”とした場合20~30年、小径木を伐り残した場合30~50年程度となろう。生産目標が大径材の場合一期見送ることもあろう。その間更新と生長を促進させるため除間伐等の保育を行なってもよいが、できるだけ粗放に取扱うことを原則とする。樹種ごとの本数比率は特に定める必要はないが、アカマツはスギ、ヒノキの天然更新を促すための協力者として少なくとも20~30%程度常に混交させる必要がある。スギ、ヒノキの伐期齢は地位や生産目標によって異なるが、稚樹時代を除くと60~90年程度が一般的であろう。

このような混交複層林は Stand I のような林分からも誘導することができ的可能性があるが、Stand III の林分構造の解析でも述べたように、本地域のスギは相対照度4%程度の明るさで天然更新し、かなり耐陰性が高いようであるので、他地域のスギで上述のような施業法により天然生スギ・ヒノキ・アカマツ混交複層林を造成することは困難であるかも知れない。これら更新に関する樹種の特長については今後の研究にまたなければならないが、スギの天然更新の困難な林分については林内植栽を組み入れて混交複層林施業を行なうこともできよう。

お わ り に

以上、檜田地区に現存する針広混交型の複層林のうち、代表的な3つの林型の林分構造とその造成法を論じたが、まだその他のタイプの混交複層林も存在するようであるので、今後も順次調査を継続したいと考えている。しかしこれらの林分もアンケート調査によると次第にスギあるいはヒノキの一斉林に変えられていく傾向がうかがえる。混交複層林は伐採、集材面に多少集約な作業が必要であり、また目的樹種の一般的収穫量が少ない等の問題はあろうが、林分生産量は本

文中で論議したように必ずしも低いとは限らず、また育林コストの安さ、粗放の施業法からみて現今の厳しい国際的な自由市場の中でこそ成り立つ一つの経営法と考えられる。勿論林地保全等には極めて有効、適切な施業である。

しかし今回提示した混交複層林の造成法は二、三の基本型について論じたのみで、生産材の特性とか、地利条件の差にもとづく経営上の収支あるいは有利性等の解析はほとんど行なわれていない。今後はこのような多方面の情報も集め、また各種の林分解析を通じ、それぞれの地域環境に適した混交複層林を造成するための作業体系を確立したいと考えている。

引用文献

- 1) 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, 64~80, 1977
- 2) 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(Ⅰ) ヒノキ、アカマツ、広葉樹の階層混交について。京大演報。55, 63~79, 1983
- 3) 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, 128~142, 1986
- 4) 坂口勝美監修：これからの森林施業。全林協。444pp. 1975
- 5) 日本林業技術協会：複層林の施業技術。164pp. 1982
- 6) 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(Ⅰ) 物質生産と分解速度について。日林誌。64(9), 331~339, 1982
- 7) 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および下層植生について。京大演報。54, 53~66, 1982
- 8) 安藤 貴・宮本倫仁・竹内郁雄・桜井尚武・谷本文夫：林内の光環境と下木の樹高生長。林試研報。323, 108~110, 1983
- 9) 赤井龍男：複層林の技術開発の方向を考える。林業技術。528, 2~6, 1961
- 10) 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, 80pp. 1975
- 11) 杉浦孝蔵・川名 明・松永栄夫：尾鷲地方におけるヒノキ林の林地保護に関する研究(Ⅱ)。日林講。77, 497~501, 1966
- 12) 赤井龍男・吉村健次郎他：尾鷲地方ヒノキ林の保育過程における林地保全(Ⅰ)(Ⅱ)。日林論。91, 303~306, 1980
- 13) 赤井龍男・吉村健次郎・上田晋之助：人工降雨によるヒノキ林内の落葉、土壌等の流出移動について(Ⅰ~Ⅳ)。日林論。92, 211~219, 1981
- 14) 赤井龍男・吉村健次郎・片桐成夫・上田晋之助他：人工降雨によるヒノキ林内の落葉、土壌等の流出移動について(V~IX)。日林論。93, 345~356, 1982
- 15) 赤井龍男・吉村健次郎・上田晋之助他：人工降雨によるヒノキ林内の落葉、土壌等の流出移動について(X~XII)。日林論。94, 407~413, 1983
- 16) 赤井龍男：ヒノキ林の林地保全と天然更新。森林立地。22(1), 1~7, 1980
- 17) 横山 緑・前田千秋：アカマツ、ヒノキ混交林について(第1報)。アカマツ研論集。225~245, 1954
- 18) 宇佐美広吉：ヒノキ、カラマツ混交林内におけるヒノキ造林木の生態。日林講。65, 219~221, 1956
- 19) 山本久仁雄：ヒノキ造林地に侵入したアカマツの取扱い。日林関西支講。6, 34~35, 1957
- 20) 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, 42~45, 1982
- 21) 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, 1~8, 1970
- 22) 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段林形式。鳥取林試研報。6, 5~8, 1963
- 23) 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, 37~38, 1969
- 24) 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段林の生長と物質生産。日林講。85, 167~169, 1974
- 25) 早稲田収他：アカマツ・ヒノキ混交林に関する研究(Ⅰ, Ⅱ)。日林関西支講。27, 190~197, 1967
- 26) 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), 107~114, 1968

- 27) 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. 33~36, 1985
- 28) 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. 58~67, 1982
- 29) 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分の構造と更新。日林講. 87. 153~154, 1976
- 30) 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. 221~222, 1981
- 31) 四手井綱英・赤井龍男・齊藤秀樹・河原輝彦：ヒノキ林—その生態と天然更新。地球社. 375pp. 1974
- 32) 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. 58~74, 1974
- 33) 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. 255~257, 1978
- 34) 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. 34~47, 1975
- 35) 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. 44~57, 1978
- 36) 坂口勝美・伊藤清三監修：造林ハンドブック。養賢堂. 935pp. 1965
- 37) 大阪営林局：ヒノキ造林地に侵入するアカマツの取扱い。170pp. 1980

Résumé

There are various multi-storied stands in which mixed the dissimilar species of Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) with Sugi (*Cryptomeria japonica*), Akamatsu (*Pinus densiflora*) or broad leaved trees at Kasida region located in the northern part of Takatsuki City. In a series of studies related to multi-storied mixture forests, the growing structure of three characteristic forests (Stand I, II, III) in these stands was analyzed, and the silvicultural system of the storied mixture forest was discussed herein.

Stand I (Multi-storied stand mixed artificial Sugi with natural Hinoki, Akamatsu and broad leaved trees): This stand is the multi-storied forest of stratified mixture type with Sugi planted about 80 years ago jut out above a closed crown of natural Hinoki and Akamatsu occupying the upper stratum and broad leaved trees composing middle or lower stratum (Fig.1, Table 2). The existing stem volume of the research stand is about 540m³/ha and the basal area about 72m²/ha respectively. The relative light intensity on ground vegetation indicates low value such as 2% (Table 1). Therefore, there are few established conifer seedlings.

It seems that the stand is a secondary forest which had grown in the mixed state of reserved artificial Sugi with Akamatsu and broad leaved trees naturally regenerated after intense cutting of the trees except for the small Sugi and natural Hinoki in ill-tended artificial Sugi stand about 40 years ago. This management is known as "Tategi" (reserved tree) method in Kinki district. Therefore, on the silvicultural system of this multi-storied mixture forest, it is basic to have thin planted Sugi and to practice extensive tending and yield system.

Stand II (Multi-storied stand of mixed natural Hinoki, Akamatsu and broad leaved trees): This stand is formed a stratification of selection system type with Hinoki constituting the whole stratum, Akamatsu occupying the upper stratum and broad leaved trees composing the middle or lower stratum (Fig.2, Table 4). Similar multi-storied stands are numerous in the Kinki district. The stem volume of conifer is about 470m³/ha and the basal area about 66 m²/ha (Table 3). Also the stand density is high. However, the mixture rate of Akamatsu is remarkably large and broad leaved trees are few. Therefore, the relative light intensity

indicates a high value and Hinoki seedlings are numerously regenerated there.

It is presumed that this stand is a natural regenerated forest which had grown in the mixed state of Hinoki seedlings already established in the former stand with Akamatsu and broad leaved trees naturally regenerated after clear cutting about 55 years ago. Therefore, it is possible to cultivate similar multi-storied mixture forest by the extensive silvicultural system as established in the process of Stand II.

Stand III (Multi-storied stand of mixed natural Sugi, Hinoki, Akamatsu and broad leaved trees): This stand is formed by a characteristic multi-storied forest with natural Sugi (about 60-year-old) projecting above the upper stratum with Hinoki and Akamatsu occupied at upper stratum, with broad leaved trees composing the middle or lower stratum and in addition seedlings or young trees of Sugi and Hinoki established at lower layer. Especially, stand form (stratification of crown) of Sugi and Hinoki looks like a two-storied forest (Fig.3, Table 6). The existing stem volume and basal area is remarkably smaller than Stand I or II. Therefore, the crown density is very low, and the relative light intensity on ground vegetation indicates high value such as 4% (Table 5).

It seems that the stand is a young secondary forest which had grown in the mixed state of reserved trees of Sugi and Hinoki with Akamatsu and broad leaved trees newly regenerated after intense felling of the large-sized Sugi and Hinoki or other tree species about 30 years ago. Therefore, it is possible to continuously cultivate a similar multi-storied mixture forest by the intense selection cutting system as established in the process of Stand III. However, it is presumed that the natural Sugi growing in this stand have high tolerance.

Judging from the accumulated state of A_0 layer and A layer (Table 7), it is understood that the multi-storied mixture forests in this district are effective for preservation of soil productivity.