

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

赤井 龍男・中井 勇・岡本 憲和・渡辺 政俊

Amenity Management and Structure of Natural Regenerated
Mixture Forests of Akamatsu (*Pinus densiflora*) and Hinoki
(*Chamaecyparis obtusa*) at the Urban Fringe of Kyoto

Tatsuo AKAI, Isamu NAKAI, Norikazu OKAMOTO
and Masatoshi WATANABE

要 旨

京都大学農学部附属演習林上賀茂試験地の森林は京都市街地周辺の風致林としてきわめて重要であり、風致地区に指定され皆伐を制限されている。本研究は、1984年3月、この林分の成立過程や現在の林分構造を解析し、今後の風致的施業について検討したものである。

資料木の年輪解析の結果から、現存林分は前の林分内にすでに更新していた天然生ヒノキ稚樹と、約60年前に皆伐された後天然に更新したアカマツが混交して生長した二次林であり、さらに下層のヒノキ劣勢木は皆伐後か、約40年前の間伐後に天然更新し生長したもののからなりたっていることがわかった。

劣勢木の H/D は優勢木より著しく大きい。また一般に、アカマツの単木あたりの葉量は少ない傾向がみられた。調査林分におけるアカマツの材積混交率は、北斜面のプロット24、25では17～29%、南東斜面のプロット27では約34%であった。なお下層植生は調査前年の1983年に除伐されていた。林分の幹量および葉量は林分構造の同様な他の調査地の値と類似していたが、樹高生長は全般的に悪かった。

森下の I_h 法によって各林木やヒノキ稚樹の分布様式を解析した結果、ヒノキについては平均直径以上の優勢木もそれ以下の劣勢木もほぼランダム分布を示すことがわかった。しかしアカマツや枯死木の分布様式はランダムか集中性がみられた。これに反しヒノキ稚樹は明らかに集中分布で、集団的に更新しているようであった。

直径分布および階層構造からみて、ヒノキとアカマツの種境界は重なりあって不明瞭であり、また優勢木と劣勢木の階層も連続した状態であるといえる。さらにヒノキ稚樹や下層植生も含めると、本林分は異種混交の択伐林型であるといえよう。しかしアカマツは下層に成立できない。本調査の終了後残存木の生長とヒノキ稚樹を更新させるため、地床上の相対照度が10～15%になるよう間伐が行なわれた。

休養の評価から判断して、天然性アカマツを混交した天然生ヒノキの複層林は、ヒノキ純林の単層林より都市近郊の風致林としてより価値が高いと思われるので、各調査林分が成熟するであろう10～20年後、ヒノキとともにアカマツも天然更新させるため、群状もしくは帯状択伐法によ

り樹高幅ほどの広さの伐採を行なうことは適切であろう。

は じ め に

もともと都市の郊外地としてあるいは都市近在の林地地として比較的有利な木材生産を行ってきた森林も、近年の急速な都市化の進展にともない次第に都市林もしくは都市近郊林として都市域に組入れられるようになり、環境保全上の重要性を高めつつある。しかしこのような森林の適切な取扱い方については、森林の成立状態、自然環境あるいはそれをとりまく都市的性格がそれぞれ異なるため、概念的な論議は行なわれているものの具体的な指針を提示した事例はそれほど多くない¹⁻⁶⁾。

一方、森林をめぐる自然保護と林業の対立は今なお深刻であり、また森林の経済的、公益的な両機能の調和をめぐる論議も盛んである⁷⁻⁹⁾。筆者の一人赤井は最近大阪営林局管内の主な都市近郊国有林の森林施業のあり方¹⁰⁾について、特に箕面国有林については国定公園としての休養の利用面から調査解析し報告¹¹⁾したが、いわゆる森林の公益性といってもその中身は国土保全機能やレクリエーション機能等多岐にわたるため、それぞれの目的を充たすための具体的な森林施業も多様であることがわかった。しかも都市の公園、緑地の造成とは異なり、木材生産機能も合せた施業技術はまだほとんど確立されていないといえよう。最近、環境保全上有効な林型として複層林施業がとりあげられ、各方面で研究解析が進められつつあるが¹²⁻¹⁶⁾、確たる技術体系となっているものは少ない。

本研究の対象とした京都大学農学部附属演習林上賀茂試験地は、京都市北部市街地に隣接し都市周辺林の一部を形成するが、試験地周辺の住宅開発は急速に進みつつあり早晚都市林の性格を強めるようになると思われる。現在 50.8 ha の全域が風致地区に指定され、各種の施業が法的に制限されているが、その半ばは内外産樹木の見本林、実験林である。他は国有林であったときに皆伐された後、天然更新によって再生したヒノキ、アカマツを主とした二次林である。その成立経過や遷移過程についてはすでに報告¹⁷⁾したが、これに類似した林分は京都周辺に多くみられる。

本研究は大都市近郊に存在する森林の都市環境保全や休養の利用上好ましい施業のあり方について、特に風致的に重要性の高い本試験地の二次林を対象に現在の林分構造を解析し、今後の指針をもとめようとしたものである。

この研究は上賀茂試験地の主要研究の一つとして、上田晋之助氏ほか全職員の協力のもとに調査し、中井、岡本、渡辺が資料をとりまとめ、赤井が執筆したものである。また本試験の施業にあたり演習林本部教職員の助力があった。本報告をとりまとめるにあたり、上記関係各位に深く感謝の意を表したい。

1. 調査地および調査方法

調査は1984年3月、京都大学農学部附属演習林上賀茂試験地の24, 25, 27林班で行なった。この中、24, 25林班は傾斜 24~28° の北向斜面で、27林班は 17° 前後の南東斜面である。地質は主として古生層、母材は砂岩、粘板岩よりなっている。土壌型は尾根筋が Bc 型、中腹以下は B_b 型で、全般に理化学性の劣る瘠悪な未熟土といえる。本試験地の年平均気温は 15°C、年間降水量は約 1,700 mm、平均積雪深は 10 cm 前後である。

調査林分は1958年に国有林から移管されたもので、その成立の経過や概況は後述する。各調査地ともヒノキ稚樹更新を促進させるため1年前に下層に成立していた広葉樹を除伐し、また本調査の終了後ただちにぬき伐りを行なった。

各林班とも固定調査地として、25林班には凸形斜面の上部(A)およびそれに接続した下部(B)に20×25 mのプロットを、同林班の凹斜面および24、27林班には20×20 mのプロットを設け、全立木の位置と胸高直径(D)および樹高(H)を測定した。また各プロットから大きき別にヒノキ(*Chamaecyparis obtusa*) 19本、アカマツ(*Pinus densiflora*) 9本の資料木を伐倒し0、0.3 m、1.3 m およびそれ以上は1 m ごとの階層別に幹、枝、葉重の測定と樹幹解析を行なった。

一方、1984年8月20日、ミノルタデジタル照度計(T-1型)を用い照度積分法によって各プロット内の相対照度をもとめた。

2. 林分の成立、生長の経過

調査地の中、24林班と8年前除間伐が実行された26林班の1974、'75年現在の林分構造および遷移の過程については、すでに赤井らが報告している¹⁷⁾。それによると24~27林班付近については、斜面の中腹より上部は1922~1924年に、下部は1946年に伐採された後、もともと林内に成立していたヒノキ稚樹と伐採後更新したアカマツ、広葉樹が生長した二次林であり、これを最上層階から1/3下方までに含まれる本数の混交割合でみると、中腹より上部はヒノキ72%、下部はアカマツ77%で、当時はそれぞれが優占する林相を示していた。

前回の調査からほぼ10年を経過した現在、マツノザイセンチュウ(*Bursaphelenchus xylophilus*)によるマツの枯損が進行したため、全体的にアカマツの残存は後述のようにかなり減少したようである。また今回は下層植生の除伐後であったので、林床の植生量等の量的調査は行なわれなかったが、調査地に多くみられる種は落葉広葉樹でリョウブ(*Clethra barbinervis*)、タカノツメ(*Evodiapanax innovans*)、ネジキ(*Lyonia elliptica*)、ヤマウルシ(*Rhus trichocarpa*)、ゴンゼツ(*Acanthopanax sciadophylloides*)、コバノミツバツツジ(*Rhododendron reticulatum*)、モチツツジ(*Rhododendron macrosepalum*)、コナラ(*Quercus serrata*)、アオハダ(*Ilex macropoda*)、常緑広葉樹でヒサカキ(*Eurya japonica*)、アセビ(*Pieris japonica*)、ソヨゴ(*Ilex pedunculosa*)、クロソヨゴ(*Ilex longipedunculata*)、アラカシ(*Quercus glauca*)、カナメモチ(*Photinia glabra*)、シャシャンボ(*Vaccinium bracteatum*)、サカキ(*Cleyera japonica*)、イヌツゲ(*Ilex crenata*)等であり、高木性の樹種は比較的少ない。またウラジロ(*Hicriopteris glauca*)が局部的に成立し、ヒノキ稚樹の更新をさまたげている。

今回の調査は中腹より上部の林分についてのみ解析の対象としたが、伐倒資料木の根元における直径生長と樹幹析解からもとめた5年ごとの樹高生長の経過を、各生長タイプごとにまとめその代表的なものを示すとFig. 1のようになった。なお本図は現在の大きさから過去の生長経過が理解しやすいよう伐倒年からの年数¹⁷⁾で示してある。

生長タイプA(代表的資料木 No. 1002)は、林分が伐倒疎開された数年後から終始生長が良く、生長率があまり変化しないもので、現在の優勢木の大半はこのタイプに属する。タイプB(No. 23)は、タイプAと同様、約58年前から急速に生長を始めるが、40年前頃より生長率が低下し、30年前頃より再び生長を増進させるもので、本タイプの個体も上層林冠を形成しているものである。一時生長を低下させた原因は隣接木の被圧によるものと考えられるが、前述のように調査林分の下部が1946年に伐採された際、同時に本林分も間伐されたようで、その数年後から生長を回復したと思われる。

タイプC(No. 223)は初期の生長が悪く、約40年前から生長を回復させるが、20年前頃から再び生長を低下させシグモイド曲線型の生長を示すものであり、タイプC'(No. 232)は後半の生長

の特に悪いものである。これらは一般に中層木を形成している。

上記のタイプA～Cは伐採前から林内に更新していた稚樹が生長したもので、現在の年齢はほとんど70年以上である。これに反しタイプD (No. 238) は伐採後更新したもので、ほとんど58年生前後である。したがって1946年の間伐後一時生長が促進されたものの、タイプA, B等のヒノキの生長にともなう被圧をうけ生長はきわめて不良である。このタイプのものはほとんど中、下層木を形成し、また枯死木も多い。

アカマツはその代表例 No. 259 にみられるように、すべて伐採後更新を始めたもので、その生長は比較的良好である。

なおHとDの生長経過はほぼ平行に変化するが、生長タイプA, Bは共に優勢木であるためDの生長も良く、H/Dが小さくなるものの、タイプC, Dの劣勢木は相対的にDの生長が悪く、H/D比が大きくなる傾向がある。

以上のような生長経過から判断すると、すでに報告¹⁷⁾したように、中腹より上部に存在する林分は、今回の調査年からはほぼ60年以前に皆伐された後、当時林内に更新していたヒノキ稚樹が生長したものと、伐採後更新したアカマツによって上層林冠を構成していることに間違いない。しかし伐採前の林分の構成状態については大阪営林局の森林調査等にも記載がなく明らかでないが、前回報告の伐根調査の結果から推定して、ha あたり700～800本のヒノキにアカマツが混交した林分であったと思われる。したがって林内はヒノキの純林よりも比較的明るく、林床には少なくとも30～50 cm 高程度のヒノキ稚樹が成立できたはずである。一方ヒノキの中、下層木の大部分は伐採後あるいは間伐後に発生、成立したものであることから、本調査林分のような環境においては、択伐、傘(漸)伐あるいは面伐のいずれの方法でも、ヒノキの天然更新は比較的容易に行なえると思われる。

3. 単木の形状——相対生長関係

林分を構成する各単木の形状は、樹体各部分相互の相対的大きさ、すなわち相対生長関係を調べることによってあ

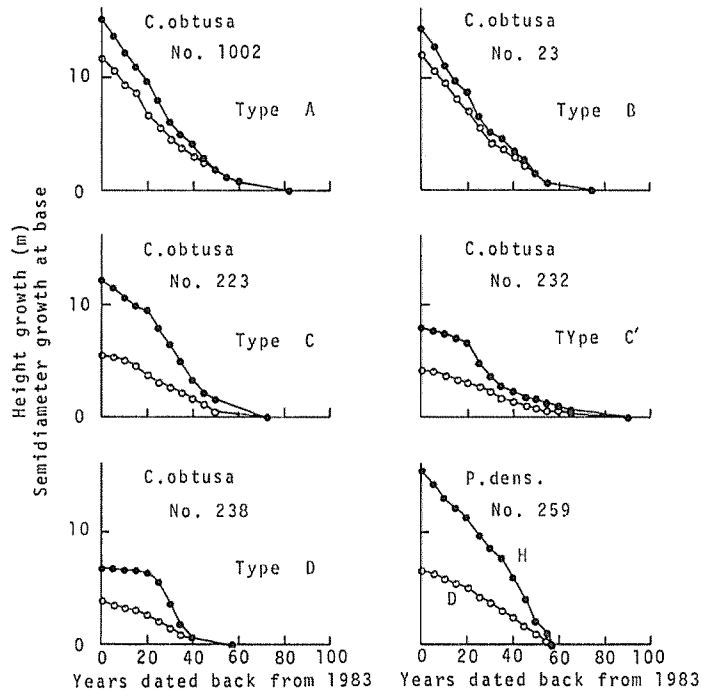


Fig. 1 Process of diameter and height growth at each growing type by stem analysis of sample trees.

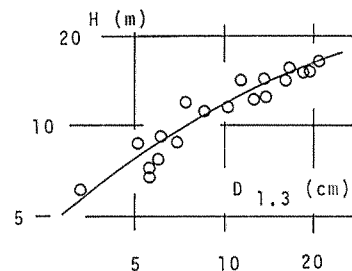


Fig. 2 Allometric relations between height and diameter at breast height of *Chamaecyparis obtusa*.

る程度認識できる。Fig. 2 はヒノキ伐倒資料木のHとDの関係を C-D rule よって画いたものである。前章で述べたように、上層を占める優勢木のH/D(形状比)は間伐の行なわれている一般人工林¹⁸⁾と同様 100 (同単位)より小さいが、劣勢木のH/Dはすべて100を越えている。これは40年近く放置されてきた高密度の天然生林であるため、被圧された中、下層木の肥大生長が著しく抑制されていることを示している。

D²H に対する幹材積 (V_s) の相対生長関係は Fig. 3 のようで、その相対生長式の指数 (勾配)、係数は斎藤の示した値¹⁸⁾とほぼ近似している。しかしアカマツは曲線の勾配が1以上で他の調査例¹⁹⁾と類似するが、他のマツ属と比較するといくらか細長になる傾向がみられる。

V_s に対する幹乾量 (W_s) の関係は容積重を意味するが、Fig. 4 に示したように、ヒノキ、アカマツともほとんど差はなく他の資料とも類似¹⁸⁾する。

W_s に対する葉乾重 (W_L) および枝乾重 (W_B) の関係はそれぞれ Fig. 5, 6 のようであった。これらの相対生長関係が林分の生長段階や林分構造によって分離することはよく知られた事実である。ヒノキの W_s—W_L の相対生長式の指数、係数は人工林において調べられた結果¹⁸⁾とあまり大きな差はないが、本調査の資料は下層木まで含めた相対生長関係であるので、勾配は1より少し大きくなっている。一方、W_s—W_B の相対生長式の勾配は1.03で、斎藤¹⁸⁾が W_L—W_B の関係からもとめた1.33よりかなり小さい。すなわち人工林では上層を形成する優勢木は枝張りが大きくて太枝が多く、単位葉量を支持する枝量が多くなると指摘しているが、本調査地の天然生林では枝葉量はほぼ比例するようである。

アカマツは Fig. 5, 6 で明らかなように、ヒノキよりも相対的に葉量、枝量が少ない。これはヒノキの上層木に

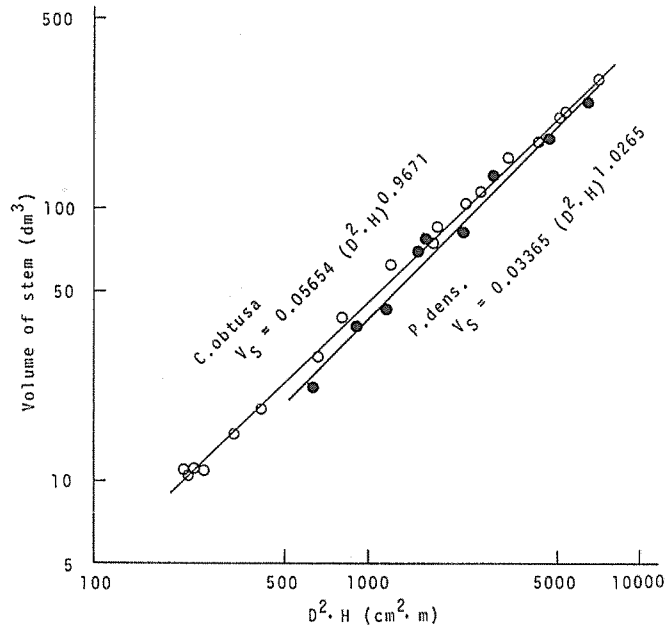


Fig. 3 Allometric relations between stem volume (V_s) and D²H (Diameter at breast height, Height) of *C. obtusa* and *Pinus densiflora*.

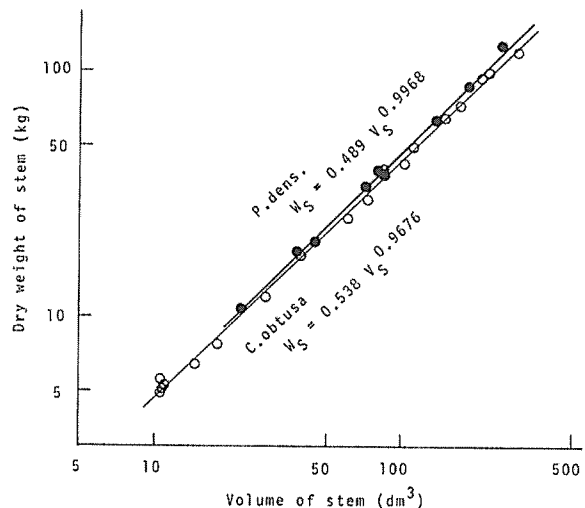


Fig. 4 Allometric relations between stem dry weight (W_s) and stem volume (V_s) of *C. obtusa* and *P. densiflora*.

よりアカマツの樹冠が側圧を受けている関係もあり、風致的あるいは生長促進のために枝葉量を増加させる必要があれば、占有空間を広げるよう施業しなければならないであろう。

以上のように本林分はマックイムシ被害木の伐倒以外、40年近くほとんど人手を加えずに推移してきたので、全般に細長なものが多く、特に残存のアカマツに形態上貧弱なものが多い。したがって風致上活力のある個体を育成しようとするなら、かなり強度のぬき伐りをする必要があろう。

4. 林分の構成状態と現存量

ヒノキ・アカマツ混交林の林分構造や現存量あるいはその林業的取扱いに関する報告は、すでに取上げた文献^{13,14,16,17)}のほか他にもいくらかみられる^{21~29)}が、そのほとんどはヒノキの造林地に侵入、更新した天然生アカマツとの混交林を対象にしたものである。本研究の調査対象林分はすでに述べたように両者とも天然生の混交林であり、その林分構造等には特徴がみられる。

各調査プロット内におけるDとHの平均値および相対生長関係からもとめた ha あたりの各現存量は Table 1 のようであった。北斜面の24, 25林班の各プロット(24, 25-A, B, C)に成立する中層木以上の平均直径、平均樹高は南東斜面の27林班よりいずれも大きく、またヒノキよりアカマツの方がいくらか大きい。またヒノキの成立本数は北斜面のプロットが 2,300 本/ha 以上であるのに、27林班は

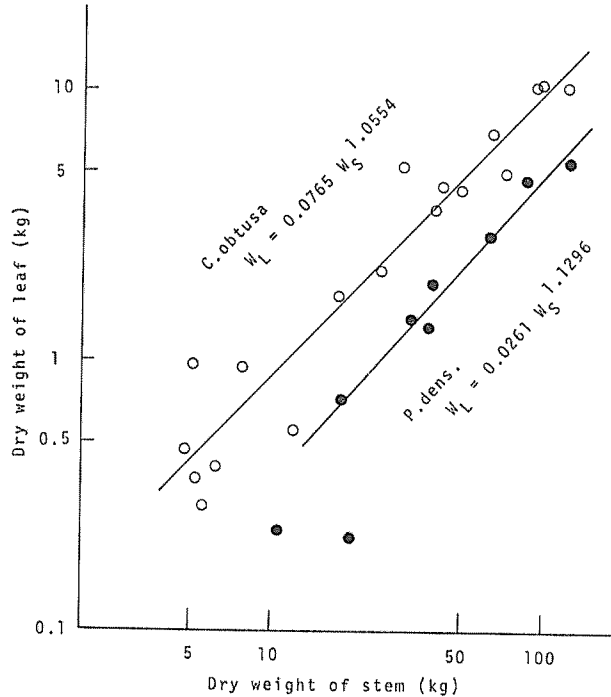


Fig. 5 Allometric relations between leaf dry weight (W_L) and stem dry weight (W_S) of *C. obtusa* and *P. densiflora*.

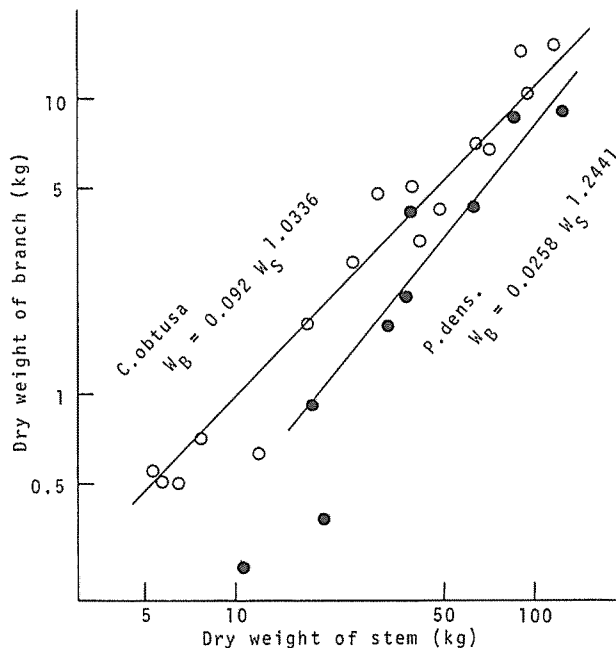


Fig. 6 Allometric relations between branch dry weight (W_B) and stem dry weight (W_S) of *C. obtusa* and *P. densiflora*.

Table 1 Composition and biomass of forest stand in each plot

Plot	Species	Mean diameter (cm)	Mean height (m)	Density (no./ha)	Basal area (m ² /ha)	Stem volume (m ³ /ha)	Stem dry weight (ton/ha)	Branch dry weight (ton/ha)	Leaf dry weight (ton/ha)
24	<i>C. obtusa</i>	11.4	12.2	2950	35.4	274.9	126.2	13.8	12.1
	<i>P. dens.</i>	14.7	13.8	700	12.6	97.9	47.1	3.6	2.2
25-A	<i>C. obtusa</i>	11.3	12.0	2500	29.3	227.3	104.4	11.0	10.0
	<i>P. dens.</i>	13.3	13.1	840	12.6	94.3	45.4	3.3	2.1
25-B	<i>C. obtusa</i>	11.5	12.2	2880	35.1	275.0	125.9	13.3	12.2
	<i>P. dens.</i>	16.0	14.1	280	6.5	56.6	27.2	2.4	1.4
25-C	<i>C. obtusa</i>	12.5	12.8	2300	32.8	262.8	119.8	12.7	11.7
	<i>P. dens.</i>	19.3	15.7	325	10.1	90.8	43.6	3.9	2.2
27	<i>C. obtusa</i>	10.9	11.3	1800	22.7	185.9	84.3	9.0	8.3
	<i>P. dens.</i>	13.0	12.9	900	12.9	96.3	46.3	3.4	2.1

C. obtusa: *Chamaecyparis obtusa* (Hinoki), *P. dens.*: *Pinus densiflora* (Akamatsu)

2,000本/ha に充たない。しかしアカマツの本数は反対に多い。

ヒノキの胸高断面積合計は27林班を除き 30~35 m²/ha の範囲にあるが、これにアカマツを加えると 41~48 m²/ha となり、他の調査地における40年生以上のヒノキ・アカマツ混交林の値^{13,14,16,20)}と類似している。

林分材積は両者を合せてほぼ 320~370 m³/ha であるが、27林班は約20%ほど少ない。本調査林分におけるアカマツの材積混交率は、27林班が約34%であるに対し、他のプロットは17~30%とやや少ない。林分の成立過程や混交率が異なるので他の林分との直接の比較は問題であるが、幹材積量はいくらか少ないようである。幹乾重も材積量と同じ傾向を示している。

一方、ヒノキ、アカマツを合せた葉乾重は 11~13 ton/ha で、27林班を除くと林分間の差は少なく、他の混交林の測定値^{13,16,20)}とほぼ近似している。またこの葉量は閉鎖したヒノキ人工林の値¹⁸⁾とも大きな差はない。しかし枝乾重はアカマツの混交率の大きい鈴木¹³⁾や加藤²⁰⁾の測定値に比較するとかなり少ないようである。

以上のようにヒノキ、アカマツとも天然更新によって成立した本調査林分は、前生樹の伐採後約60年を経過した現在、一般のヒノキ人工林や他の混交林に比較し、樹高生長は劣るものの幹、枝、葉の現存量はいくらか小さいかほぼ平均的な量に達している。しかし南東斜面に位置する27林班の現存量はいずれも少ない。これはヒノキの混交率が比較的小さく、また他の調査地より土壌が瘠悪で生長が良くないことに原因があるようである。いずれにしても伐採後約20年目に一度間伐したのみで、その後はほとんど人手を加えず Table 1 のような林分量に生長した本林分は、都市近郊林の造成上からばかりか天然更新という林業技術面からも多くの示唆を与える貴重な森林といえよう。

5. 林分の直径分布、分散構造および階層構造

1) 直径分布

各プロットにおけるヒノキとアカマツの胸高直径 (D) の分布は Fig. 7 のようであった。一般のヒノキ人工林に侵入した天然生アカマツとの混交林では、ほぼ50年生以上になると直径階に明らかな分離が起り、後述の階層構造はアカマツを上層階としたいわゆる二段林になることが多

い^{13,14,16)}が、本調査林分ではそのような分離はほとんどみられない。これは天然生林の特徴というより、大径のアカマツがマツクイムシ被害によってこの数年の間はかなり枯死したこと、アカマツの生長が比較的悪かったためと思われる。

ヒノキのみのD分布は一般の間伐された人工林と異なり、天然生林の特徴であるL型分布を示している^{16,18,30)}。今回の調査後、本林分は材積率で30~40%ぬき伐りされたが、残存ヒノキのD分布は図から認められるようにほぼ正規型となった。

2) 分散構造

混交林においては各樹種の垂直的な階層構造のほか、それぞれの個体のちらばりの状態が重要であり、ここでは平面的な分布様式を分散構造³¹⁾として検討することにする。

Fig. 8, 9 の下図は調査林分のうちプロット24と25-Bの20×20m内における各立木の平面的分布状態を、Dに対応した樹冠の大きさで示したものである。また上図はそれに対応した各立木の側面図である。そしてヒノキについては平均直径以上のものを優勢木、以下を劣勢木として図示した。

樹冠の大きさは赤井らの24林班における各階層別樹冠面積の資料¹⁷⁾をもとに、被陰樹冠面積と無被陰樹冠面積の合計をもとめるとほぼ100%になり、平均断面積合計 ha あたり 40 m² (0.4%) とすると、単位断面積あたりの樹冠面積の倍率は250倍となることから、樹冠幅はDの16倍として計算、図示したものである。したがって一般に用いられる樹冠投影図とは異なるが、各個体の大きさ別の分散構造が比較的良好に認識できる。例えば両林分ともヒノキは大きさの違いにかかわらずほぼランダムに分布しているが、プロット25-Bのアカマツは分布に片寄りのあることがわかるであろう。

このような分布様式を森下の I_s (分散指数)³²⁾を用いて計算してみた。Table 2 は各調査プロット 20×20 m 内において最小幹サイズを1辺 1.25 m とし、ヒノキはDの平均値以上のものを優勢木、以下を劣勢木に分け、その他アカマツと枯死木および 2 m 高以下のヒノキ稚樹(幼樹も含む)についてそれぞれ幹サイズごとに計算した I_s 値である。なお最小幹の 1.56 m² に少なくとも数本以上成立することの可能なヒノキ稚樹以外は、個体の占有面積とか成立本数の問題から、 I_s 値は少なくとも 6.25 m² 以上の幹サイズで検討する必要がある。

表から認められるように、ヒノキ優勢木は一様分布ないしランダム分布、劣勢木はほぼランダム分布を示している。アカマツはプロットにより異なり 25 m² 幹でみると、プロット24, 25-A, 27はランダム分布であるが、25-B, Cは集中性が高い。また枯死木もばらつきがあり、プロット24, 25-Aはほぼランダムに分布するが、他は集中的にあらわれる。

ヒノキの稚樹はプロット24にはほとんどみられないが、他のプロットでは集中性が著しく高い。

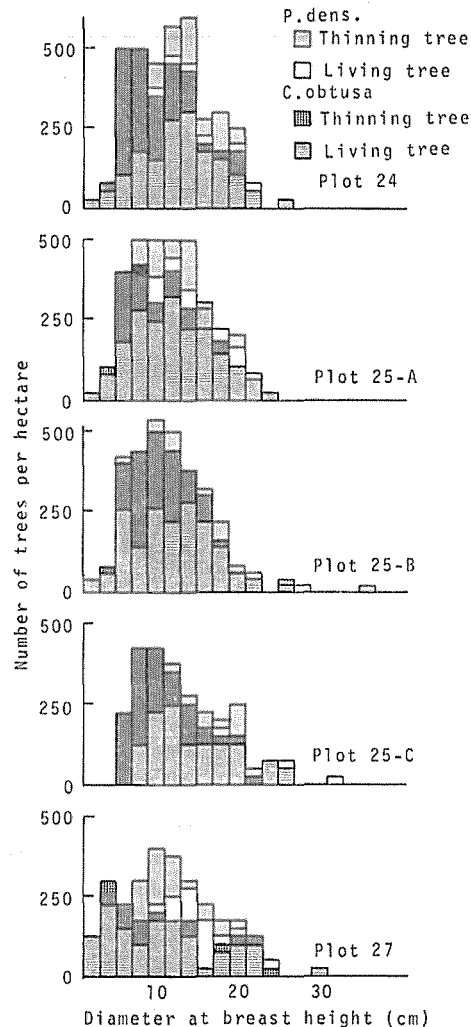


Fig. 7 Diameter distribution of living and thinning trees in each plot.

Table 2 I_d (index of dispersion)- quadrat size relations in the populations of each plot

Plot	Species	Items	Quadrat size (m ²)			
			1.56	6.25	25	100
24	<i>C. obtusa</i>	Dominant tree ($D > \bar{D}$)	0.54	0.58	0.85	0.97
		Dominated tree ($D < \bar{D}$)	1.00	1.06	1.06	1.15
		Seedlings	—	—	—	—
	<i>P. dens.</i>		2.19	1.28	0.96	0.97
	Dead tree		0	0.82	0.82	1.23
All tree		1.23	1.06	1.02	1.02	
25-A	<i>C. obtusa</i>	Dominant tree ($D > \bar{D}$)	0.44	0.65	0.88	0.90
		Dominated tree ($D < \bar{D}$)	0.69	1.21	1.38	1.21
		Seedlings	5.00	2.42	2.19	1.66
	<i>P. dens.</i>		0.52	0.90	1.19	1.17
	Dead tree		0	1.22	0.91	0.91
All tree		0.42	0.94	0.99	1.06	
25-B	<i>C. obtusa</i>	Dominant tree ($D > \bar{D}$)	0.97	1.21	0.99	1.06
		Dominated tree ($D < \bar{D}$)	0.86	1.34	1.01	1.04
		Seedlings	0	3.05	2.13	1.22
	<i>P. dens.</i>		0	0	1.42	1.16
	Dead tree		0	1.26	1.62	1.20
All tree		0.81	1.05	0.98	1.00	
25-C	<i>C. obtusa</i>	Dominant tree ($D > \bar{D}$)	0.77	0.77	0.84	0.96
		Dominated tree ($D < \bar{D}$)	0.86	0.95	1.05	1.11
		Seedlings	7.76	5.82	2.18	1.03
	<i>P. dens.</i>		0	3.28	2.26	1.59
	Dead tree		0	4.27	3.20	2.67
All tree		0.67	0.85	0.98	1.03	
27	<i>C. obtusa</i>	Dominant tree ($D > \bar{D}$)	0	0.65	1.06	1.05
		Dominated tree ($D < \bar{D}$)	1.64	1.89	1.58	0.82
		Seedlings	3.19	2.05	1.34	1.06
	<i>P. dens.</i>		1.29	1.18	1.05	1.04
	Dead tree		0	0	2.67	0.67
All tree		1.36	1.14	1.16	1.03	

このことは赤井ら¹⁷⁾が報告したように、ヒノキ優勢木の少ない空間あるいはアカマツの樹冠下のように比較的林床の明るい所に稚樹が集中して更新するためである。

以上のすべてを合計した全個体の分布様式は、Table 2 から認められるように、ほとんどがランダム分布である。したがってヒノキの中、上層木を除く他の個体の分散構造は、林分により差があるものの、それらの空間を埋めるような集中性の高い分布をする傾向があると思われる。

3) 階層構造

伐倒資料木の層別刈取りからとめたプロット24の幹枝乾重(非同化部) (S+B) と葉乾重(L)

の垂直的配分すなわち生産構造図を Fig. 10 に示した。ヒノキノ葉層は Fig. 7 からわかるように、中層木の多い関係からかなり下層まで存在するが、アカマツは 10 m 高以上の上層林冠に分布するにすぎない。しかしヒノキとアカマツの葉層とは分離していない。

このことは Fig. 8, 9 上図の立木の側面図でも認められよう。一方、本図のヒノキについてはDの平均値を基準に優勢木と劣勢木に分けて示したが、Fig. 10 では 7.3 ~ 8.3 m 樹高階に葉量の少し多い層が存在し、林冠が二層に分離しているように思われるものの、実際の林分においては連続した林冠層を示している。

一般にほぼ50年生以上の人工ヒノキ、天然生アカマツ混交林ではアカマツの樹冠が上層を占有し、いわゆる二段林を形成^{13,14,16,24,26,29)}するが、天然更新林分では両樹種の樹冠に分離が起らず択伐林のような連続した層をもつ複層林になる事例が多い¹⁰⁾。上賀茂試験地の二次林は大部分このような混交複層林からなりたっている。

6. 風致施業としての更新と保育

京都大学上賀茂試験地ははじめにも述べたように全域が風致地区に指定され、京都市街地に接した都市近郊林としてきわめて重要な地位にある。

都市近郊林の好ましいあり方は、都市とその森林のおかれている位置関係によって当然異なる。

すなわち森林は経済的効用すなわち木材生産機能と無形的あるいは公益的効用という二つの機能をもつが、都市近郊林として特に重要な後者の公益的機能は都市生活という人間性の立場からみ

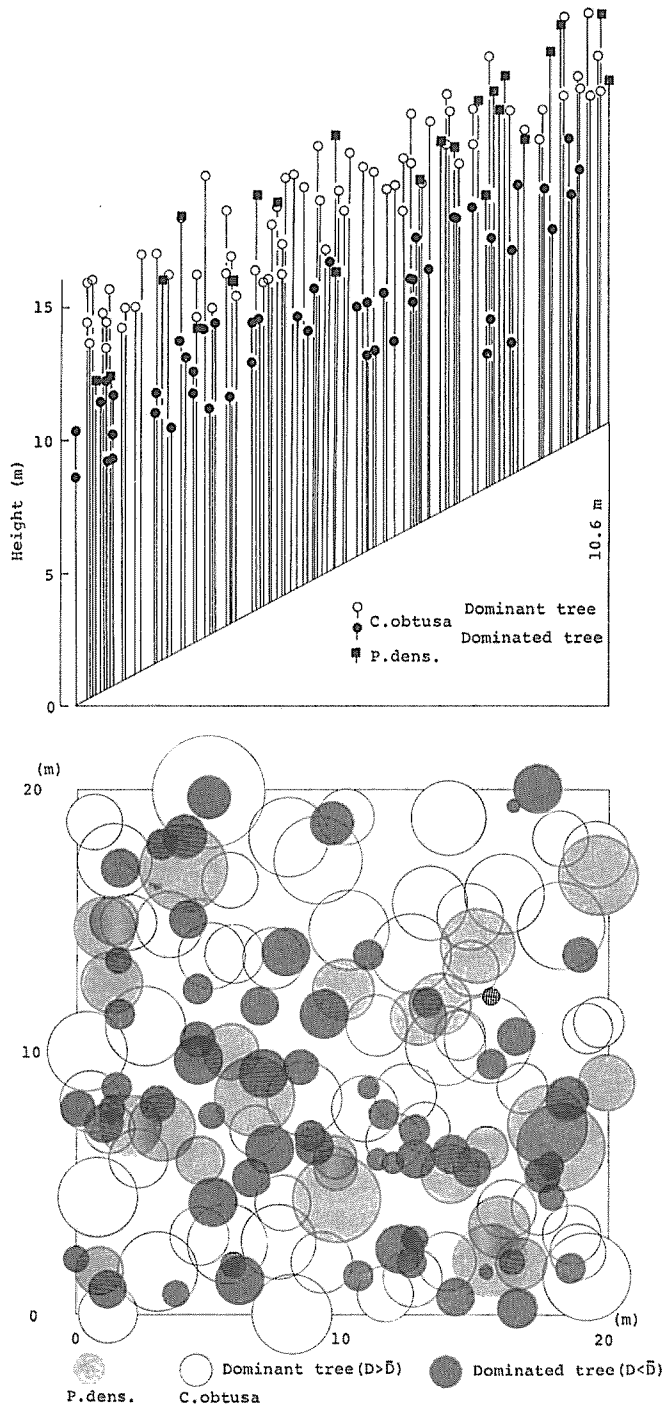


Fig. 8 Stratification of stand and distributional structure of each tree crown in Plot 24.

た“みどり”としての森林の価値すなわち風致、景観、保健衛生という身心的効用と、直接、間接的に都市環境を保全する森林の機能すなわち自然災害の防止、水源かん養、水質保全、気象の緩和等の物理的効用に大きく分けることができる⁸⁾。

筆者の一人赤井は前者を風致的価値、後者を保全的重要性として、さらにこれらの効用とは無関係な生物分布および原生状態から生ずる生物的貴重性を判断の基準に加え、大阪営林局管内の主な都市近郊国有林の価値評価とそれに対応する適切な森林施業の基準を報告した¹⁰⁾。さらに休養の利用からみた箕面国定公園内の国有林施業のあり方についても報告¹¹⁾した。

今回調査の対象とした上賀茂試験地の森林は、上記の国有林と比較し面積的にきわめて小さく、また大学の研究教育施設としての性格もあるので、森林施業の目的、方法も当然異なるが、市街地との位置関係や前述のような森林構成状態からみて、都市近郊林の育成技術を考究する場としての価値は著しく高い。したがってここでは森林施業を法的に制限する国土総合開発法から地域計画法、都市計画法、自然公園法、森林法に定める保安林等の各種公用制限の問題にはふれないことにする。

すでに述べたように上賀茂試験地の二次林はまだ遷移途中で未成熟であり、生物的貴重性は高くない。しかし試験地周辺は住宅開発が進み、周辺住民に対する土砂流失等国土保全上の重要性は高くなりつつあるので、今後の森林の取扱いについては充分の配慮が必要である。

さて風致的価値をより高めるための林型とか施業はどのようなものが最適であろうか。このよ

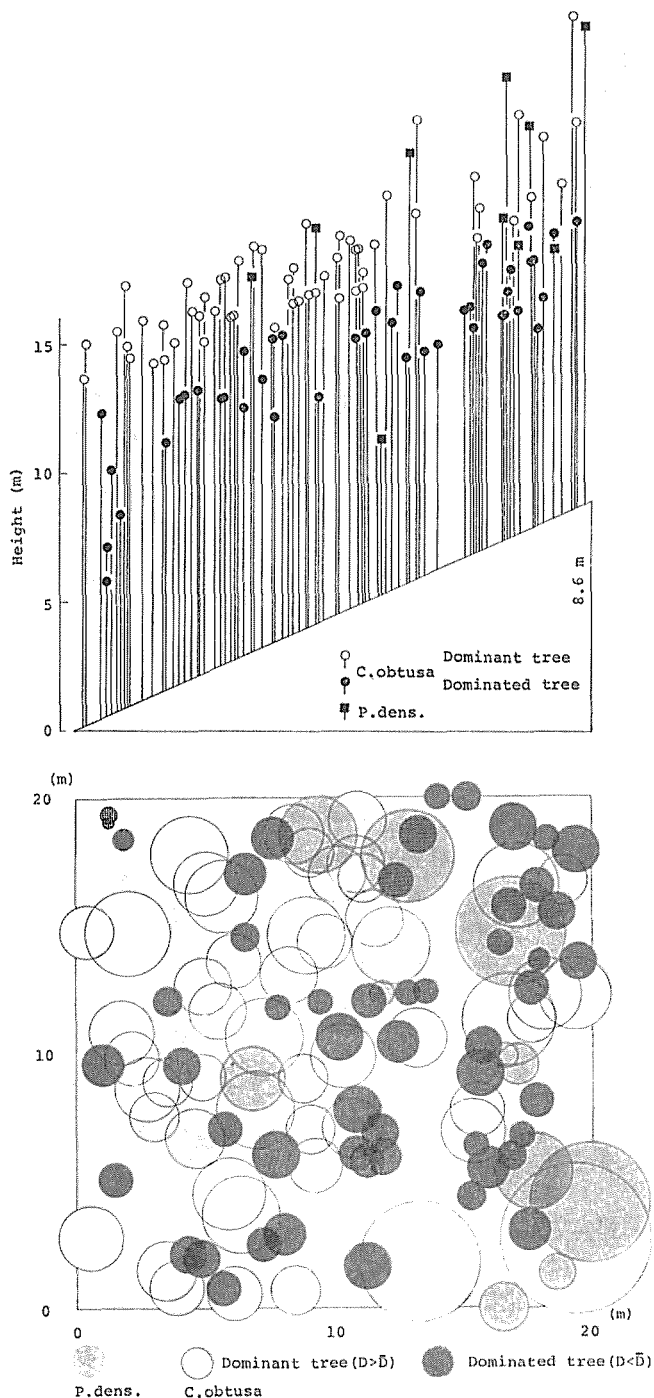


Fig. 9 Stratification of stand and distributional structure of each tree crown in Plot 25-B.

うな風致的評価に関する研究は最近盛んになりつつある¹⁻⁶⁾。しかし風致的価値の評価方法や定量的基準はまだ研究の初步的段階にあると考えられる。

それ故ここでは森林のもつ風致的価値をまず二つの視点からとらえてみたい。一つは対象森林が歴史的、文化財的に貴重であるかどうか、また社寺仏閣その他貴重な建造物の背景、借景あるいは点景として重要であるかどうかという森林あるいはそれを含む景観環境のもつ固有の価値について評価する。またこの固有の価値には秋の紅葉、春の新緑という色彩的、構造的な森林自体の美的価値のほか、河川、溪流、岩石、湖沼、海岸などの地形的要因との組合せで発揮される価値も含まれる。しかし本調査地は上記のいずれにも直接的にはあてはまらない。

他は対象森林にもっとも関係の深い都市の“みどり”としての評価である。これには森林をある観点から眺めて心身的効用を充たそうとする遠景、中景の風致と、林内を散策して自然に親しもうとする近景の風致などがあるが、それぞれに価値判断が異なり、現実の森林状態と休養的利用面からみて風致的価値に濃淡を生ずるものである。本調査地はその位置関係から現在ばかりか将来ともこの両者の価値は高まろう。

また、このような都市近郊林として風致的に期待される森林の姿は、市街地内の公園、緑地とは異なり、まさに森林自然のみどりであると理解^{10,11)}されるので、それに対応した森林施業は“より自然性”を指向したものにしなければならないだろう。

本調査地の森林の構成状態はすでに多面的に解析したように風致的にはまだ未成熟である。しかし森林の成立過程は天然更新したもので、まさに自然林であり、森林の再生法としては貴重な素材となった。このような天然生林は京都市周辺ばかりか近畿、中国地方にはかなり多くみられる¹⁶⁾。

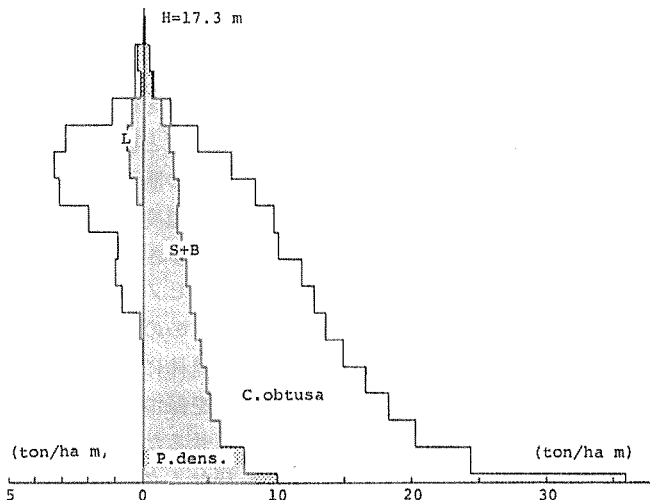


Fig. 10 Production structure diagrams showing the vertical distributions of dry weight of stem (S) + branch (B) and leaf (L) in ton per ha.m.

Table 3 Thinning rate and relative light intensity under canopy in each plot

Plot	Species	Thinning rate (%)		Relative light intensity (%)
		Number	Volume	
24	<i>C. obtusa</i>	46.6	28.8	13.5
	<i>P. dens.</i>	78.6	75.5	
	Total	52.7	41.0	
25-A	<i>C. obtusa</i>	24.1	14.3	7.4
	<i>P. dens.</i>	57.1	44.8	
	Total	32.9	23.3	
25-B	<i>C. obtusa</i>	38.9	27.7	11.3
	<i>P. dens.</i>	92.9	77.1	
	Total	43.7	36.2	
25-C	<i>C. obtusa</i>	46.7	28.6	12.9
	<i>P. dens.</i>	69.2	47.8	
	Total	49.5	33.5	
27	<i>C. obtusa</i>	22.2	22.1	15.3
	<i>P. dens.</i>	63.9	47.8	
	Total	36.1	30.8	
24	Non-thinning	0	0	0.47

本研究においては、漸伐天然更新によってとりあえずヒノキの後継樹を更新させる目的と、風致的価値を高めるためにより個体の生長を促す保育目的で、本調査の終了した1984年3月、Table 3 に示したような伐採率でぬき伐り（下種伐）を行なった。

その間伐基準は間伐前の林内の平均相対照度と胸高断面積合計から、ヒノキ稚樹の発生、成立に適する10%前後の明るさになるよう残存木の断面積合計をもとめ¹²⁾、ほぼ 30 m²/ha を目標にぬき伐りした。その結果、1984年8月の林外照度が10万 Lx の晴天時に測定した林内の平均相対照度は、Table 3 に示したようにほぼその明るさになった。

しかし今回のぬき伐りは Fig. 7 のようにヒノキ、アカマツとも形質不良木と劣勢木を対象にしたので、林分そのものはきれいになったものの混交率の少ないアカマツもかなり伐採され、またマツ枯れの続く現状から次第にヒノキの純林に進む心配がある。

都市近郊林として風致的にはより自然性を保つアカマツや広葉樹の混交した森林に価値があるとすれば、アカマツ等の陽性樹種も更新させるための施業として林分の成熟する10~20年後、樹高幅程度の群状択伐（もしくは皆伐）を行なう必要があろう。遠景、中景としてもまた林内散策のための近景としても、大径林を成立させる長期の回帰年をもった群状もしくは等高線帯状択伐は風致的な価値を高めこそすれ低下させることはなかろう。

したがって将来上賀茂試験地の24~27林班に、全く自然の遷移にゆだねる保存林から、単木、群状等の択伐施業が行なわれ多様な混交複層林が形成されるようになれば、木材生産機能と国土保全や風致的な機能との調整を解明するにかっこうの場を提供することになるであろう。

お わ り に

本研究は京都市街地の都市近郊林として風致的に重要性を高めつつある上賀茂試験地の二次林の成立経過と現在の林分構造を解析し、風致施業のあり方について検討を加えたものであるが、まだ更新と保育のためにぬき伐りという施業を加えたばかりであるので、森林の生長およびそれにもとまう環境変化と更新の状態については、今後固定調査地における調査を継続させ、その結果にもとづき適切な風致施業の技術体系を確立させる必要がある。

引 用 文 献

- 1) 岡崎文彬：森林風致とレクリエーション。日本林業調査会。1970
- 2) 畑野健一訳：森林の風景保育と休養対策。日本林業技術協会。1971（原文。ZUNDEL R. und D. KETTLER: Landschaftspflege und Erholungsmassnahmen im Walde. 1970）
- 3) 松尾兎洋：環境林業。（森林の効用研究シリーズ・4）。森林科学調査会。1971
- 4) 林業経営研究所：都市林。農林出版。1972
- 5) 片岡秀夫：森林の景観施業。日本林業調査会。1974
- 6) HOCKENJOS F.: Unser Wald. 1967
- 7) 熊崎実：森林の利用と環境保全。日林協。1977
- 8) 赤井龍男：森林の未来像。日林誌。63(1):1981
- 9) 小瀧武夫：森林の公共的利用をどう考えるか。林業技術。475. 1981
- 10) 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
- 11) 赤井龍男：箕面国有林における休養の利用と森林施業。大阪営林局。1985
- 12) 坂口勝美監修：これからの森林施業。1975
- 13) 日本林業技術協会：複層林の施業技術。1982
- 14) 河原柳彦・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
- 15) 赤井龍男他：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. 1982

- 16) 赤井龍男他：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
- 17) 赤井龍男・阪上俊郎・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
- 18) 四手井綱英・赤井龍男・斎藤秀樹・河原輝彦：ヒノキ林—その生態と天然更新。1974
- 19) 四手井綱英編：アカマツ林の造成。地球出版。1963
- 20) 赤井龍男・上田晋之助・古野東洲・斎藤秀樹：テダマツ壮令林の物質生産機構。京大演報. 43. 1972
- 21) 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。1954
- 22) 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. 1957
- 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. 1969
- 24) 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
- 25) 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
- 26) 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. 1974
- 27) 早稲田収也：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
- 28) 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
- 29) 大阪営林局：ヒノキ造林地に侵入するアカマツの取扱い。1980
- 30) 赤井龍男他：混交したヒノキ択伐林分の構造と更新。日林論. 87. 1976
- 31) 伊藤秀三編：群落の組成と構造。植物生態学講座2。朝倉書店。1977
- 32) MORISITA, M.: Composition of the I_s -index. Res. Pop. Ecol. 13. 1971

Résumé

The forest of Kamigamo Experimental Forest Station affiliated with Kyoto University is a very important amenity forest situated at the urban fringe of Kyoto where the extent of clear cutting is limited by municipal ordinance. In this forest, the regeneration process and the growing structure of several stands were analyzed in March, 1984 and the management system of amenity forests was discussed herein.

Judging from the analysis of annual rings of the sample trees, the existing stands were secondary forests, which had grown in the mixed state of Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) natural seedlings already established in the former stand with Akamatsu (*Pinus densiflora*) naturally regenerated after clear cutting about 60 years ago. Furthermore, the dominated trees of the lower stratum consisted of Hinoki which had regenerated naturally on the stand floor after clear cutting and after thinning about 40 years ago (Fig. 1).

The ratio of height to diameter (H/D) of the dominated trees was larger than that of the dominant trees (Fig. 2). In general, it was recognized that amount of leaf per individual of Akamatsu was scanty (Fig. 5). The existing volume ratio of Akamatsu was about 17–29% in Plot 24 and 25 on north slope and about 34% in Plot 27 on the southeast slope. Moreover, the undergrowth was weeded in 1983. The biomass of stems and foliage tended to be nearly equal in value to those other mixed forests having similar stand composition. However, they seemed to have generally slow height growth (Table 1).

The analysis of the distributional pattern of Hinoki seedlings and trees by means of Morisita's I_s (Index of dispersion) (Table 2) and the distribution of tree crown (Fig. 8, 9), showed that both the dominant trees ($D > \bar{D}$) and dominated trees ($D < \bar{D}$) of Hinoki were distributed

generally at random. However, the distributional pattern of Akamatsu and dead trees showed a contagious or random distribution in each plot. On the other hand, the seedlings of Hinoki ($H < 2$ m) were apparently distributed contagiously and seemed to be regenerated aggregatively.

In the DBH distribution (Fig. 7) and stratification (Fig. 8, 9, 10), the border of two species of Hinoki and Akamatsu overlapped and was not clear, and the story of dominant and dominated trees was continuous. In addition, including the natural Hinoki seedlings and the undergrowth, the stand formed a selection forest type with mixed dissimilar species. However, Akamatsu can not grow at a lower layer. After this investigation, the forest was thinned to make about 10–15% of relative light intensity on ground flora (Fig. 7, Table 3), to regenerate Hinoki seedlings naturally and to promote remaining tree growth.

Judging from the recreational evaluation, it seems that the multi-storied stand mixed natural Hinoki with natural Akamatsu is more effective than the mono-storied pure stand of Hinoki for amenity forest of urban fringe. Therefore, when each stand has developed and matured 10–20 years later, they should be cut at the width as tree height by strip or group selection system, to regenerate Hinoki with Akamatsu naturally.