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

赤井　龍男・吉村健次郎・古野　東洲・上田晋之助

Structure of Multi-Storied Stand of Planted Kuromatsu (*Pinus thunbergii*) Stratified-Mixed with Natural Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*), Akamatsu (*Pinus densiflora*) and Broad Leaved Trees

Tatsuo AKAI, Kenjiro YOSHIMURA, Tooshiu FURUNO and Shinnosuke UEDA

要　　旨

ヒノキの人工林に天然生のアカマツ等が混交した複層林は西日本の各地に多くみられるが，その反対の事例はきわめて珍しい。本研究は，昭和62年11月，広島県西部の西条営林署蛯ケ原国有林に成立している20年生の植栽クロマツに，天然生のヒノキ，アカマツ，広葉樹が階層混交した複層林の構造を解析したものである。

本林分は生長の著しく不良であった50年生のヒノキ前生林分を皆伐した後，クロマツを約4,000本/haを植栽し，通常の下刈りを行なって20年を経過し，成林したものである。階層構造や直径分布をみると，斜面中腹の林分（Plot 2）は階層の分離が明らかで，主として植栽木のクロマツを上層木とし，天然生のヒノキ，広葉樹を中層木とする二段林型の混交複層林であり，調査対象林分の代表的な林型である。斜面上部は（Plot 1），アカマツの混交率が高く，一部の箇所については3年前に除伐が行なわれたが，樹高分布がほぼ正規型で連続的に階層混交した択伐林型となっている。斜面の下部については（Plot 3）天然生のヒノキの生長がきわめて良好であったので，10年前，ヒノキの優勢木以外はすべて除伐された結果，樹高は7～13 mに達し，林冠はほぼ閉鎖した単層構造となっている。

アカマツや広葉樹のほとんどは皆伐後天然更新したものであるが，ヒノキはその生長経過から判断して，前生林分内に天然更新していた稚樹が生長したものである。そして大きい個体の生長は著しく大きく，年平均樹高生長量は40 cm以上に達している。本林分は若齢であるため多くはまだ充分閉鎖せず，胸高断面積合計も小さい。しかしかつて瘠悪であった林地も，中腹以下では徐々に肥沃性を高めつつあるようである。これらのことから，林種転換によるクロマツの造林は失敗であったといえようが，今後，階層混交林作業が粗放的に行なわれるならば，天然生ヒノキの生産性はむしろ高まると思われる。

は　じ　め　に

拡大造林によるわが国の人工林面積は，現在1,000万haを超え，全森林面積の40%におよぶ

が，造林地の奥地化にともない不成績造林地もまた増加しているようである。特に広葉樹林の林種転換にともなうスギやヒノキ造林地への他樹種の進入は，単に除間伐の遅れだけではなく，自然の復元力の強さを物語っていると考えられる。このような不成績造林地のほとんどは，生長の悪い造林木と他樹種との混交林になっているようで，国有林では保育投資の面から天然林に編入換えすることが少なくない。しかし各生長段階における不成績林分の構造や生長の推移については，スギ，ヒノキ人工林に進入したアカマツ等との混交林以外[1,2,3]ほとんど明らかにされていない。ただ最近広葉樹の進入したスギ，ヒノキの不成績造林地を針広混交人工林と見直し，後始末しようとの提言[4]が見られるようになった。

一方，林政審議会の提言に基づく62年度林業白書では，林政の基本方向の一つに複層林がとりあげられ，その造成を政策的に推進しようとしているが，複層林施業の技術体系はまだ未成熟であり，また複層林型の多様さからみて実際の作業法等に様々な混乱を引き起こす恐れがあると思われる[5,6]。すなわち複層林はある生長段階における林冠の空間的な重なり方の区別，いわゆる林型区分として単層林に対比した言葉であり，二段林，三段林のような階層構造の明らかなものと，連続層林ともいわれる択伐林型をも合せ呼ばれている上に，異種混交の複層林も加えるとその林分構造はきわめて多種，多様である。さらに同種の複層林特に二段林，択伐林等は下木の生長維持のため集約な施業が要求される[7]など，その普遍化にはまだ多くの問題が残されているといえよう。

これに対して“立て木”方式のような光要求度の異なる異種混交型の複層林については，比較的粗放な作業が可能である[3,8]。しかし前述のような不成績造林地あるいは保育の手抜きによる混交複層林はその造成過程に技術的問題があろう。このような混交複層林のうち，中部以西の近畿，中国地方には，ヒノキ等の人工造林地にアカマツ等が天然に進入し，それぞれの生長差からアカマツを上木とした二段林型を示す林分が多くみられるようになり，最近ではこれを複層林施業として取り組む試みがなされようとしている[1,9]。今後新たな発想に基づいた皆伐一斉造林の粗放技術の開発に役立つ可能性はあろう。しかしこれらの混交複層林とは全く反対に，マツ等の陽性樹種の人工植栽地にヒノキ等の陰性樹種が天然に更新し，混交林を形成した事例はきわめて珍しい。

本研究は人工造林されたクロマツ林に，天然生のヒノキやアカマツ，広葉樹が混交した特異な林分の階層構造を解析したものである。したがって施業の目的からすれば造林の失敗例ということになろう。一方本事例はヒノキ天然更新技術の開発の一環としてその生育概況が報告[10]されているが，むしろ森林の遷移，自然の運動法則にそった施業がいかに適切であるかを示唆しているという視点に立つ必要があると思われる。それ故本報告が今後の拡大造林ばかりか一般造林地における樹種更改について，一つの貴重な教材になれば幸いである。

なお本研究は62年度文部省科学研究費一般研究(B)の助成のもとに行なわれた。また現地の調査にあたっては東広島市西条営林署の竹本君男署長始め署員の方々の全面的な協力を戴いた。本報告をとりまとめるにあたり関係各位に深謝の意を表したい。

1. 調査地の概況と林分の成立経過

調査地は広島県西条営林署管内蛯ケ原国有林1027林班い小班で，三原市に近く，標高は200～380 m，林分の全面積は約22.5 haである。また方位はほぼ東北東，傾斜は10～28°程度で，山脚の短い小丘陵である。気候は温暖少雨の瀬戸内型で，地質は沿岸部に広くみられる花崗岩類よりなっている。調査地内の土壌については後述するが，全般に土壌型はB_c型，土性は砂質壌土あ

Table 1 Composition of planted Hinoki stand before final cutting

Species	Mean diameter (cm)	Mean height (m)	Number of tree (no./ha)	Stem volume (m^3)
Chamaecyparis obtusa	10	13	774	45
Pinus densiflora	14	13	453	43
Total	—	—	1,227	88

るいは埴質壌土で肥沃度は低い。

本調査林分の成立経過は次のようである。前生林分は大正2年植栽のヒノキ人工林で，主伐時における林分の諸量は Table 1 のようであった。表から認められるように，造林後進入したと思われる天然生のアカマツが40%ほど混交した林分であるが，樹高は低く合計材積も 90 m^3 / ha に達していない著しく生長の悪い林分であったようである。この林分は主伐開始の6年前にアカマツを主体にした間伐を行なった後，昭和40，41年に皆伐された。現在の林分は伐採当年の秋，地ごしらえをし，その翌年の春にクロマツを ha あたり 4,000本程度植栽し，通常の下刈りを4～5回行なった後，このクロマツ植栽木と主伐前から林内に成立していたヒノキ稚樹および造林後天然更新したアカマツや広葉樹が混交して成林したものである。なお一部ヒノキの生長の良い箇所について最近保育を目的とした除伐が実行された。

2. 調 査 方 法

調査は山脚の短い林分であったので同一の斜面ではないが，上部 (Plot 1)，中腹 (Plot 2) および下部 (Plot 3) に分け，Plot 1, 2 は4m幅でそれぞれ斜面長30mと25mのベルトトランセクトを，Plot 3 は 7×7m のコドラート調査地を設け，樹高2m以上の全樹種の樹高とその成立位置を測定して行なった。なお針葉樹については胸高直径も測定した。また Plot 2, 3 付近のヒノキの資料木5本を伐倒し，樹幹析解を行なって樹高と直径の生長経過を調べた。

一方各 Plot に接して土壌調査孔を掘り，A_0 層の堆積状態と土壌断面の構造等を調査した。

3. 調査林分の平面的，垂直的構造

Plot 1, 2 の調査ベルト内および，Plot 3 のコドラート内に成立している樹高2m以上の全樹種の平面分布と垂直構造（模式図）は Fig. 1, 2, 3 のようであった。斜面上部の Plot 1 については，昭和59年4月，天然生ヒノキ (*Chamaecyparis obtusa*) の保育を目的として，図中点線で示したようにクロマツ (*Pinus thunbergii*) 植栽木と天然生アカマツ (*Pinus densiflora*) を適宜除伐したので，現存の上層木のほとんどはヒノキとアカマツであり，中，下層にはヒノキが多く成立しているが，広葉樹は比較的少ない。

なお除伐木の樹高は後述のアカマツ，クロマツ生立木の根元直径と胸高直径および胸高直径と樹高の相対生長関係を伐根の根元直径にあてはめ推定したものであるので，多少正確さを欠くものと思われるが，除伐前の垂直構造はクロマツ，アカマツ，ヒノキを主とした階層混交型の複層林であったようである。

Plot 2 は除伐されていないので，Fig. 2 から認められるように，主として植栽木のクロマツが上層を占め，中，下層に天然生のヒノキや広葉樹が階層的に比較的多く混交している。しかしアカマツは少ない。いずれの樹種もその平面分布はほぼランダムである。

Plot 3 は天然生のヒノキの生長が著しく良好であったため，昭和52年にヒノキの優勢木を残して他はすべて除伐された箇所である。現在の林分は樹高7m以上で，林冠はほぼ閉鎖し，単層構造となっているが，一般植栽林とは異なり多少集中分布的に成立している所もある。

Plot 1, 2 にみられる高木性広葉樹の主なものは，アオダモ (*Fraxinus lanuginosa*)，コナラ (*Quercus serrata*)，コシアブラ (*Acanthopanax sciadophylloides*)，カマツカ (*Pourthiaea villosa var. laevis*)，ヤマウルシ (*Rhus trichocarpa*)，アオハダ (*Ilex macropoda*)，リョウブ (*Clethra barvinervis*)，ナツツバキ (*Stewartia pseudo-camellia*)，カナクギノキ (*Lindera erythrocarpa*)

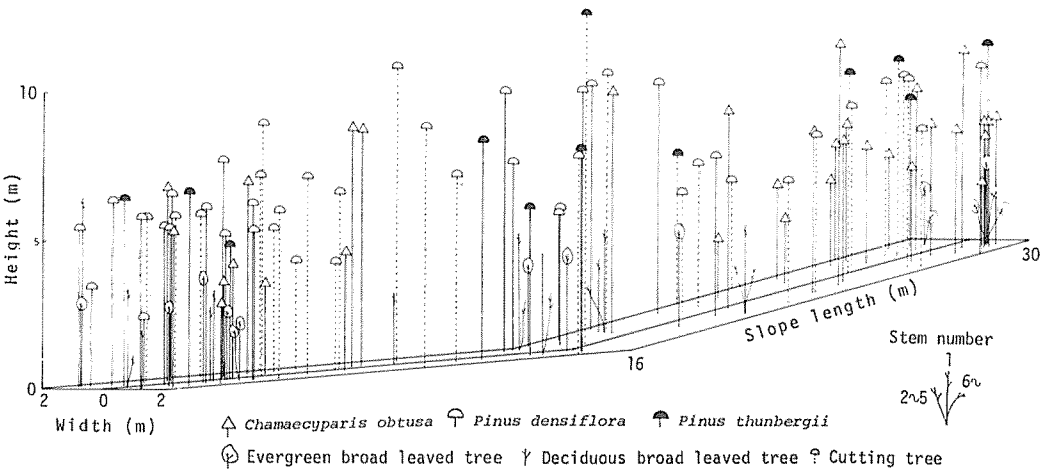

Fig. 1 Stratification of research stand and distributional structure of each tree by belt transect method in Plot 1
The mark applies in Fig. 2, 3

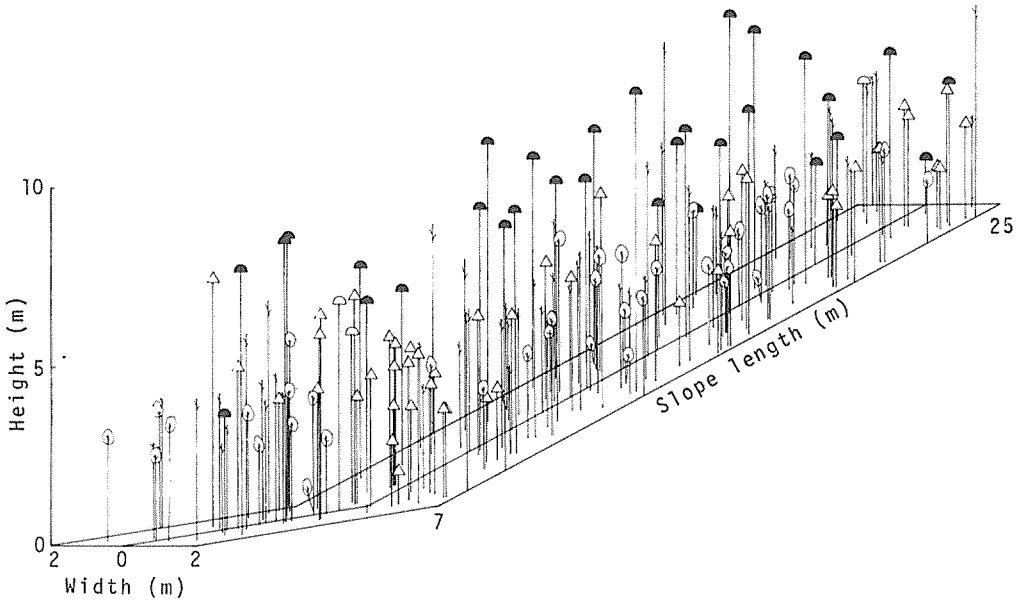

Fig. 2 Stratification of research stand and distributional structure of each tree by belt transect method in Plot 2

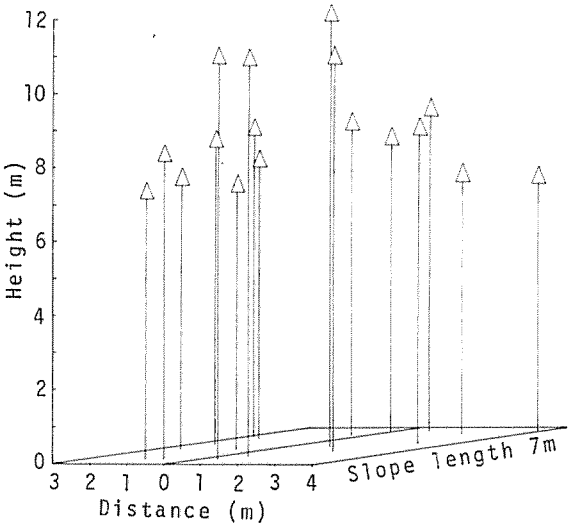

Fig. 3 Stratification of research stand and distributional structure of each tree by quadrat method in Plot 3

等の落葉広葉樹と，ヤブツバキ (*Camellia japonica*)，ソヨゴ (*Ilex pedunculosa*)，イヌツゲ (*Ilex crenata*)，ネズミモチ (*Ligustrum japonicum*) 等の常緑広葉樹である。これら広葉樹の大部分はクロマツの植栽後更新したものと思われるが，いわゆる有用広葉樹は，樹種，本数とも少ない傾向が認められる。

4. 樹高と直径の本数分布

各 Plot 内における針葉樹と広葉樹の樹高分布は Fig. 4 のようであった。図から認められるように各調査林分の階層構造にはそれぞれ特徴がある。除伐前の Plot 1 の針葉樹の樹高分布は，アカマツの混交率の高いこともあって正規型を示し，各樹種がほぼ全階層に混交するが，除伐後は相対的にヒノキの混交率が高くなり，ややL型分布の方にひずむようになった。これは小さい個体の多いヒノキが除伐されなかったためで，これらが生長を始めると再び正規型に戻るものと思われる。なお小さい個体の多い広葉樹も合せると明らかなL型分布となる。

Plot 2 の針葉樹の樹高分布は，除伐が行なわれていないので一部天然生のヒノキを混交するものの，植栽木のクロマツが大部分上層を占め，中，下層に多く成立するヒノキと分離し，二山型すなわち二段林型のようになっている。しかしクロマツのみの樹高分布はほぼ正規型である。また Plot 2 には落葉広葉樹が多く，全広葉樹の樹高分布はL型を示しているので，針葉樹と合せると Plot 1 と同様L型分布となる。

一方 Plot 3 は前述のように，天然生のヒノキ優勢木以外を除伐した後10年を経過した林分であるので，林冠はほぼ単層状態となっているが，Fig. 4 では樹高 10 cm を境に二段林型であるようにみえる。しかし Fig. 3 から認められるように，樹高生長の良いヒノキが局所的，集中的に分布するだけで，林分全体としては林冠も樹高も連続しているとみてよかろう。

各 Plot における針葉樹の胸高直径の分布は Fig. 5 のようで，Plot 1, 2 はいずれもL型を示し，本数の少ない Plot 2 のアカマツを除き各樹種とも全直径階に混交している。また Plot 3 では樹高分布と異なり，直径階の幅がせまくほぼ正規型のようである。

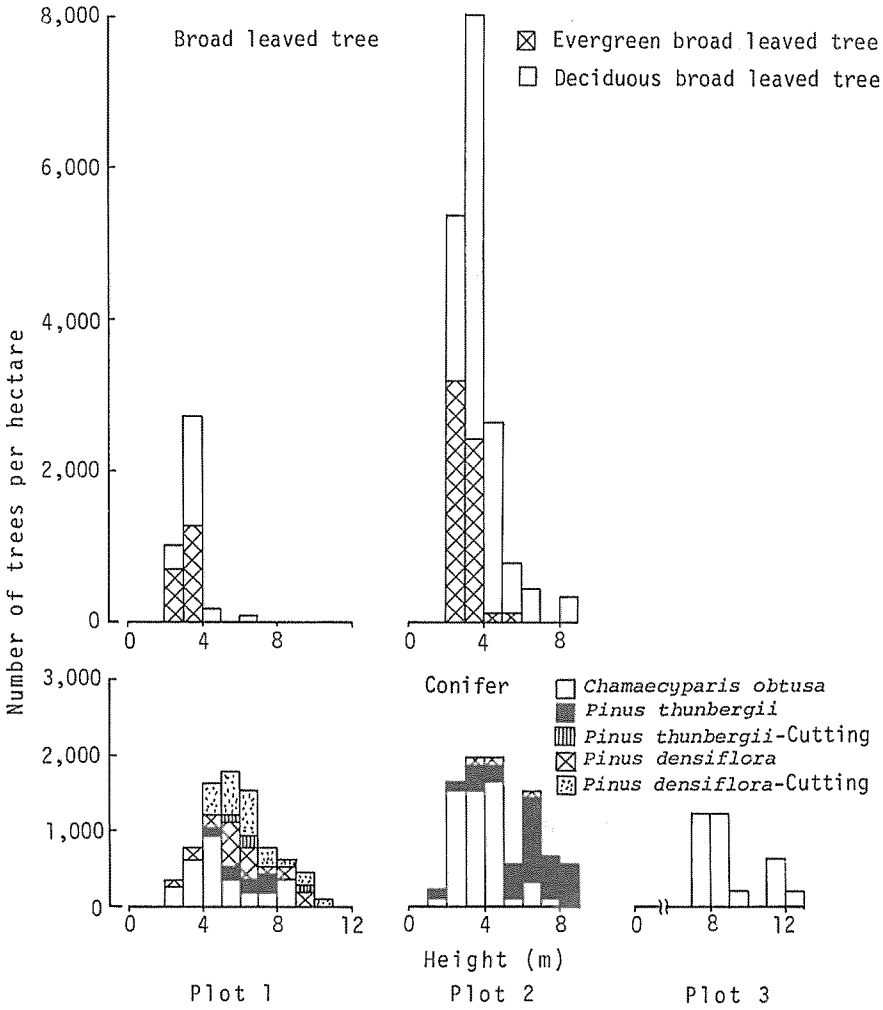

Fig. 4 Distribution of height of each tree in research stand

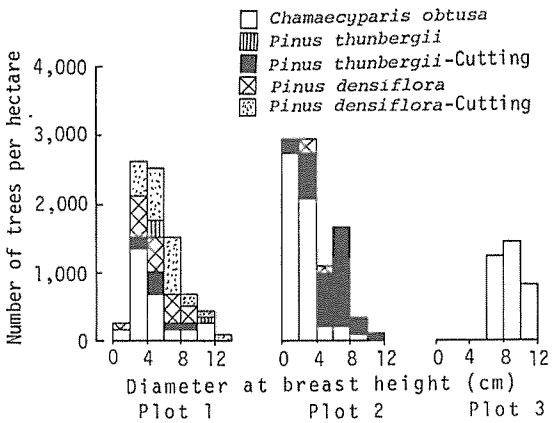

Fig. 5 Distribution of diameter at breast height of conifer in each stand

以上のように，各 Plot の現在の林分構造はそれぞれ異なるが，林分の成立経過から判断しても，大部分は Plot 2 のような植栽クロマツを上層木とし，下層にマツ類とヒノキを成立させた二段林型の混交複層林である。しかしクロマツの生長の悪い Plot 1 のような斜面上部にはアカマツが多く進入し，クロマツとアカマツ，ヒノキ及び広葉樹が各階層に連続して混交する複層林もみられる。いずれにしても陽性樹種であるクロマツ，アカマツが下層にまで成立するのは本林分の一つの特徴であろう。

一般に陽性樹種のアカマツと耐陰性の高いヒノキ等との混交型の複層林はほとんどヒノキ等の造林地に進入した天然生アカマツとの二段林であり，下層にまで陽性樹種の成立する事例は少ない[1,2,3,8,11-15]。これは林分の生長にともなって中，下層のアカマツ等陽性樹種が順次枯死していくためである。これに反し本林分の場合は造林後20年余で，生長の良い斜面下部の一部を除きまだ充分な閉鎖状態になっていないため，下層にまでマツ等の陽性樹種が生存できるものと考えられる。したがって生長段階が進み Plot 3 のように上層林冠が閉鎖するようになると，中，下層のクロマツ，アカマツは消滅し，形の上では上述のアカマツ—ヒノキ混交複層林のような林型になるであろう。

5. 天然生ヒノキの生長経過

斜面下部に近い Plot 2 と 3 付近に成立していたヒノキの資料木5本の樹幹析解からもとめた樹高および根元直径の生長経過は，それぞれ Fig. 6, 7 のようであった。年齢はいずれも22年で，前生林分の伐採前にすでに林内に成立していたヒノキ稚樹が生長したものである。またこの稚樹は，主伐の数年前（昭和34年）に実行された間伐後に更新したものである。

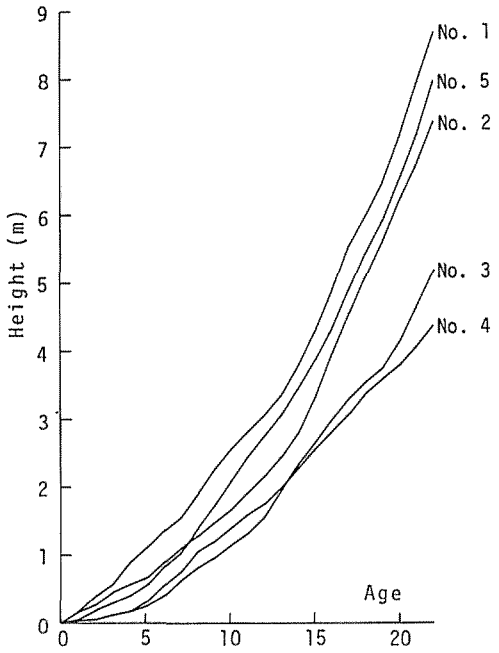

Fig. 6 Process of height growth by stem analysis of Hinoki sample trees

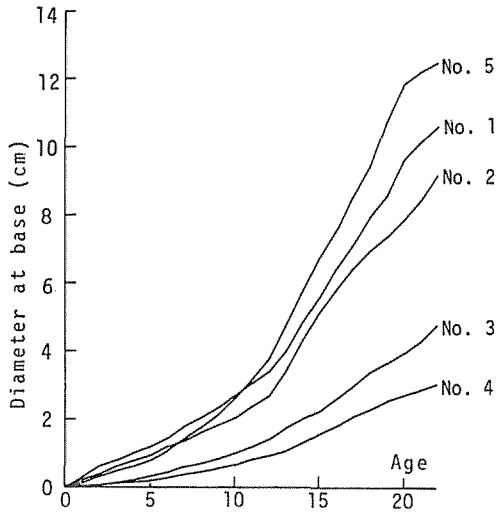

Fig. 7 Process of diameter growth at base by stem analysis of *Chamaecyparis obtusa* sample trees

樹高7m以上のもの（No. 1, 2, 5）は前生林分の皆伐直後からの生長も良く，特に最近10年ほどの樹高生長は著しく大きい。Fig. 4 の樹高分布のうち生長の良いグループは樹高6m以上になっているので，年平均樹高生長量は30～40 cm以上で，一般人工造林地におけるヒノキ林の生長に比し，それほど低くはないようである。特に Plot 3 のヒノキは当地方の収穫予想表の地位2等地程度の生長を示している。また樹高5m前後のヒノキ（No. 3, 4）も，最近徐々に生長を促進しているようであるので，現在クロマツが上層を占める Plot 2 でも，ヒノキが優勢木に育っていく可能性は大きいように思われる。

根元直径の生長経過は Fig. 7 で明らかなように，樹高の生長とほぼ同様の傾向を示すが，もっとも生長の良い資料木 No. 5 および No. 1 の最近の生長率はやや低下しつつあるようである。これはこれまで年平均5～6 mmもの生長を継続してきたものの，各個体の生長とともに密度効果が表われ始めた結果であると思われる。

一方小さい個体の資料木 No. 3, 4 の直径生長には，最近の樹高生長ほどに生長促進がみられず，大きい個体の被圧がかなり影響しているようである。したがって上層木の一角を占める程度に上長生長をしなければ，肥大生長は回復しないように思われる。

以上のように，樹高と直径の生長経過から判断すると，クロマツ造林地に成立した天然生ヒノキの生長は予想外に良好であり，このような生長を継続すれば前生ヒノキ人工林の生長量をかなり上まわる林分に育つ可能性がある。

6. 樹高と直径の相対生長関係

樹幹の形質は樹高(H)と直径(D)の相対的な生長関係を調べることによってある程度認識できる。

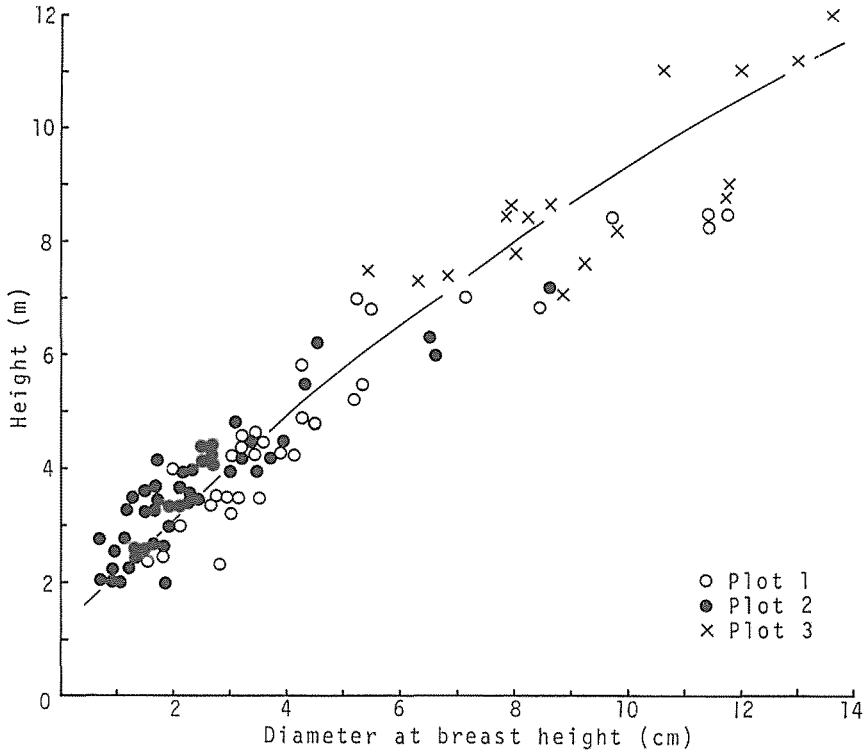

Fig. 8 Allometric relation between height and diameter at breast height of *Chamaecyparis obtusa*

Fig. 8 は各 Plot に成立している樹高2m以上のヒノキの樹高と胸高直径の相対生長関係を示したもので，曲線はフリーハンドで画いた。10年前に除伐された斜面下部の Plot 3 のヒノキは樹高，直径とも大きく，またクロマツを上層木とする Plot 2 のヒノキは小さいものが多く，さら

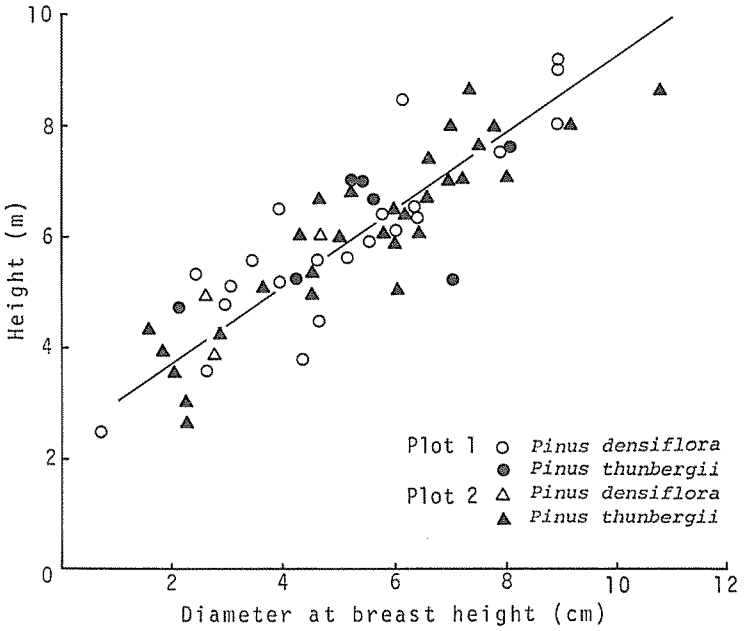

Fig. 9 Allometric relation between height and diameter at breast height of *Piuns densiflora* and *Pinus thunbergii*

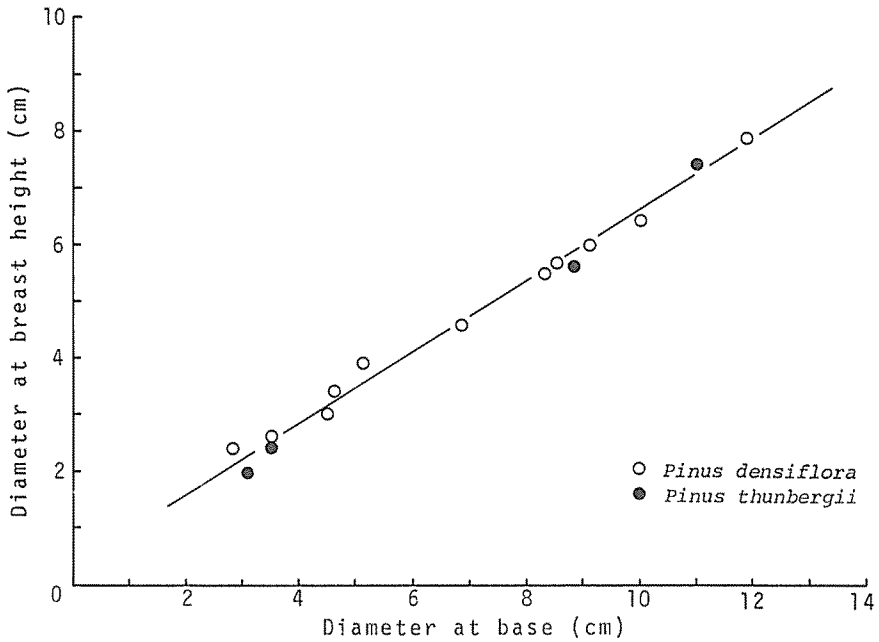

Fig. 10 Relation between diameter at breast heigh and dimeter at base of *Pinus densiflora* and *Pinus thunbergii*

にばらつきも大きいので，Plot 間における相対生長関係の差はあまり明らかでない。

しかし Plot 2 の樹高5mまでのH／D（形状比）は，同単位で大部分110を超え，比較的細長である。これに反し斜面上部に位置する Plot 1 のヒノキのH／Dは相対的に小さい傾向が認められる。これは後述のように土壌条件に大きな差がないので，風による樹高生長の抑制があるのかもしれない。

平均的な本林分のH／Dは，樹高8mまでは100以上で，他地域の混交複層林[3,8]のH／Dよりいくらか大きく，比較的細長な形状を持つように思われる。

クロマツ，アカマツの樹高と直径の関係は Fig. 9 のようであった。ばらつきが大きいが樹種間および Plot 間の差は認められない。樹高6m以上のH／Dは100～80程度で，他地域における混交複層林のアカマツと比較し，多少肥沃な林地の値に類似しているようである。

なお図中の直線は本来樹高と直径の相対生長関係として CD rule にそった曲線であるべきであるが，胸高直径から樹高を推定する際の本調査林分のみに適用した暫定線である。また Fig. 10 は主として Plot 1 におけるクロマツ，アカマツ生立木の根元直径と胸高直径の関係を示したものであり，かなり一次関数として適合性がよい。これと Fig. 9 の相対生長関係を用いて，Plot 1 における伐倒木の根元直径から伐倒前の大きさを推定した。

7. 林分の平均的大きさと諸量

各 Plot 内の毎木調査結果からもとめた樹種ごとの胸高直径，樹高の平均値と，ha あたりの成立本数，胸高断面積合計は Table 2 のようであった。なお林内材積は林分が若く，まだ充分の閉鎖に至っていないので表示しなかった。Table 2 から認められるように，各 Ploto の平均値や林分量に明らかな違いがある。

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

天然生のヒノキについては，成立本数の比較的少ない Plot 1 でも樹高2m以上のものが ha あたり3,000本近くあり，平均樹高はクロマツより多少小さいものの平均直径はほとんど変わら

Table 2 Composition of each tree in research stand

Plot	Species	Mean diameter (cm)	Mean height (m)	Number of tree (no./ha)	Basal area (m^2/ha)
1	*Chamaecyparis obtusa*	4.75	4.95	2,810	4.98
	Pinus thunbergii	4.99	6.24	680	1.33
	Pinus densiflora	5.10	5.96	1,870	3.82
	Broad leaved tree	—	3.06	4,000	—
	Total	—	—	9,360	(10.10)
2	*Chamaecyparis obtusa*	2.38	3.65	5,370	2.39
	Pinus thunbergii	5.40	5.95	3,400	7.79
	Pinus densiflora	3.27	4.90	330	0.28
	Broad leaved tree	—	3.42	17,500	—
	Total	—	—	26,600	(10.50)
3	*Chamaecyparis obtusa*	9.39	8.84	3,500	24.20

( ): Exclude broad leaved tree

ない。また Plot 3 は斜面下部でもともと生長の良い箇所である上，10年前にヒノキ優勢木を残して本数調整された林分であるので，本数は3,500本／ha と比較的多いが，平均直径や平均樹高は著しく大きい。この値は当地方のヒノキ人工林の地位１～２等地に該当するようである。

これに反し Plot 2 では，ヒノキの成立本数は5,000本／ha を超えかなり多く，平均直径は2 cm 台，平均樹高は3 m 台で比較的小さい。これは上層のクロマツの被圧の影響と思われようが，Fig. 6 における最近の樹高の生長経過からみても，それほど被圧による生長抑制が激しいとは考えられない。むしろ Fig. 4, 5 の樹高，直径の分布から明らかなように，小さい個体が多いので平均値としては小さくなったということであろう。したがって将来優勢木として育つと思われる樹高3 m，胸高直径2 cm 以上のもので平均すると，Plot 1 の値とそれほど変わらない。

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

これら各樹種の胸高断面積合計はまだ小さく，一応閉鎖状態になった Plot 3 でも ha あたり24 m^2 程度で，今後生長段階が進むに従って次第に大きくなっていくものと思われる。

以上のようにクロマツ造林後ほぼ20年を経過した現在，本林分は生産目標としたクロマツに天然生のヒノキやアカマツ等が混交し，しかも天然生木の生長が比較的良いので，除伐等特に人為を加えなくてもヒノキの混交率の高い複層林に育っていくものと思われる。しかし木材生産上の価値はクロマツより当然ヒノキの方が高いので，ヒノキがクロマツと共に上層林冠を形成するようになった時，Plot 3 もしくは Plot 1 のようにクロマツを除伐してヒノキ林に誘導するかどうかは施業上の大きな問題になろう。

8. 土壌断面の諸性質

土壌断面によって調査した各 Plot の土壌層別の土性，構造，堅密度等の諸性質は Table 3 に示したようであった。

Plot 1 については A_0 層が著しく少なく，また土壌層は60 cm 以上で斜面上部としては比較的深いが，A層が薄く，B層が厚い傾向がみられる。土性は全層にわたって砂質壌土となり腐植含量は比較的少ない。また土壌の構造はA層については団粒状か粒状となっているが，B，C層は発達した堅果状構造を示している。菌糸網層は認められなく，全体に通気性，透水性は良好のようである。

Plot 2 の土壌層の状態は Plot 1 とほとんど変わらないが，A_0 層はやや多く，また斜面上部から風化の進んだ粘土の流入があったためかA層は微砂質壌土となっている。腐植の含量は全般に乏しいが，Plot 1 よりはやや多い傾向がみられる。

Plot 3 の土壌層の状態も他の Plot とほぼ同様であるが，斜面上部から流入した粘土が堆積した影響からか，A層，B層は埴質壌土，C層は壌土となり，腐植含量もいくらか多いようである。

以上のことから土壌層の基本的な性質は 3 Plot 共あまり違いはないが，全般に腐植の含量が少なくかなり瘠悪な土壌であるといえよう。また有機物の分解が妨げられるほど極端な乾燥ではないが，B，C層に堅果状の構造が発達することから，季節的に乾燥する期間が土壌層の内部にあるように思われる。したがって土壌型はいずれも B_C 型であるといえる。

しかし斜面の下部になるほど粘土の含量が増加し，Plot 3 のように生産力の高い林地もみられる。これらのことを総合すると，瘠地であったため前述のように前生林の生長はきわめて不良

Table 3 Discription of soil profile in each plot

Plot	Horizon	Depth (cm)	Texture	Structure	Hardness	Definition of boundary
1	A_0	1.5	—	—	—	Distinct
	A_1	0～ 5	Sandy loam	Crumb	Very soft	Indistinct
	A_2	5～13	Sandy loam	Granular	Soft	Distinct
	B	13～50	Sandy loam	Clod	Soft	Distinct
	C	50～67	Sandy loam	Clod	Hard	
2	A_0	4.0	—	—	—	Distinct
	A_1	0～ 3	Silty loam	Crumb	Very soft	Distinct
	A_2	3～ 9	Silty loam	Granular	Soft	Distinct
	B	9～45	Loam	Clod	Soft	Indistinct
	C	45～66	Loam	Clod	Hard	
3	A_0	4.0	—	—	—	Distinct
	A_1	0～ 2	Clay loam	Crumb	Very soft	Distinct
	A_2	2～12	Clay loam	Crumb	Soft	Distinct
	B	12～40	Clay loam	Clod	Soft	Indistinct
	C	40～60	Loam	Clod	Hard	

であったが，天然生ヒノキの良好な生長経過から判断しても，次第に土壌の肥沃性は高まりつつあるようである。したがって今後の林分の取扱いとしては，たとえ天然生のものであってもヒノキの純林に誘導し，誤って表層土の流亡を引き起こす[16-18]ことのないよう混交複層林として育成するのが賢明であると思う。

おわりに——林種転換のあり方

自然の運動法則として森林は遷移を進め極相に至るが，それに逆らうような拡大造林等の林種転換を行なう場合は，多くの労働投下を強いられよう。それでも自然の回復力が勝り不成績造林地になることも少なくない。このような林種転換による不成績地には，西日本地域の場合，生長の悪いスギやヒノキの皆伐造林地にアカマツや広葉樹等が進入するのが普通である。今回調査した林分はヒノキ人工林をクロマツに林種転換したものの，天然更新したヒノキやアカマツ，広葉樹が階層混交した特異な事例である。何故クロマツを植栽したか，その理由は明らかでないが，多分前生ヒノキの生長が著しく悪かったためであろう。

しかし本文中で述べた解析結果から明らかなように，本調査地のような立地環境では，陽性樹種は勿論ヒノキ等の陰性樹種をわざわざ造林しなくても，天然更新によってヒノキやアカマツ等耐陰性の異なる樹種を容易に再生できる。しかも，この事例ではより価値の高いヒノキの天然木を生産できる可能性が高い。そのためには他地域の事例[3,8]のように，ヒノキにマツ等を20～40%ほど階層混交させた複層林仕立てが好ましいであろう。

また，もし人工林と類似の生産目標をとるなら，除伐等適当な保育を加えることも一つの方法である。しかし地力回復の面からたとえ天然生であってもヒノキの純林に誘導することは戒めるべきで，やはり異種混交の複層林すなわち階層混交林作業[19]が望ましい。またこのような遷移の方向に沿った育成であるならば，粗放的すなわち合自然的な施業が可能である。

本調査林分の林種転換は，すでに植栽木を一部除伐していることからも，その経営目的からす

れば明らかに失敗である。しかし植栽木のクロマツより価値の高いヒノキが天然力によって代替するようになったことは幸いであった。この事例を一つの貴重な範として，今後の林種転換は自然の運動の方向に沿ったすなわち合自然的施業を基本に取り組む必要があると思う。

引 用 文 献

1) 日本林業技術協会：演習林の施業技術．164pp，1982
2) 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)．331～339，1982
3) 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**．63～79，1983
4) 今田盛生：戦後林業技術の反省．林業経済．**474**．9～14，1988
5) 赤井龍男：複層林の技術開発の方向を考える．林業技術．**528**．2～6，1986
6) 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**．2～6，1987
7) 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
8) 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**．105～124，1986
9) 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
10) 山村信和・梅田義則：クロマツ造林地に成林した天然ヒノキ林の生育状況について．大阪営林局業務研究発表集録．77～84，1984
11) 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
12) 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
13) 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
14) 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
15) 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
16) 赤井龍男・吉村健次郎：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
17) 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
18) 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
19) SMITH, D. M. : The Practice of Silviculter. 527pp, 1986

Résumé

In westan Japan, there are numerous multi-storied forests in which artificial Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) is mixed with Akamatsu (*Pinus densiflora*) or other species, but the rèverse case is very rare. This paper discusses the growing structure of the multi-storied stand of artificial Kuromatsu (*Pinus thunbergii*) mixed with natural Hinoki, Akamatsu and broad leaved trees at Ubagahara national forest located in the eastern part of Hiroshima Prefecture, investigated in January, 1987.

This stand was cultivated by less improvement cutting and ordinary weeding since the Kuromatsu seedling was planted at a density of about 4,000 per hectare about 20 years ago, after clear cutting a 50-year-old Hinoki stand growing poorly (Table 1). Viewing the stratification and the diameter distribution (Fig. 1-5), the story of the middle-slope stand (Plot 2) is clearly separated as a two-storied stand ; artificial Kuromatsu occupied

the upper stratum and natural Hinoki, broad leaved tree composed the middle stratum. This forest type is a representative of this research stand. However, the mixture rate of Akamatsu in the upper place (Plot 1) is remarkably large and the distribution of the tree height resembles that of the normal type. Therefore, in spite of improvement cutting 3 years ago, the existing stand has formed a selection forest type which is continuous in story with dissimilar species. As the stand at the lower-slope place (Plot 3) grew more rapidly than the others, many trees except dominant Hinoki were cut for improvement 10 years ago. At present, the tree height is 7-13m, and the forest crown is relatively dense and forms a mono-stratum.

Most of the Akamatsu and broad leaved trees naturally regenerated from seeds of neighboring trees after planting. However, judging from the stem analysis of the annual rings of sample trees (Fig. 6, 7), it seems that Hinoki trees grew from the seedlings which had naturally regenerated in the former Hinoki stand. Furthermore, the height growth of large trees was recently recognized to be vigorous, and its mean height increment so far was estimated to be about 40 cm/year. The existing basal area is remarkably small. Therefore, the stand density is relatively low (Table 2), because the ferest age is young. However, viewing from the accumulated state of A_0 layer and soil structure, the soil fertility is improving, compared to the former sterile land (Table 3).

As mentioned above, the afforestation of Kuromatsu by the conversion of forest type was not successful. However, the productivity of natural Hinoki may be high if the silviculture system of stratified mixture is used extensively.