

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

赤井 龍男・古野 東洲・真鍋 逸平・上田晋之助

Management and Structure of Sugi (*Cryptomeria japonica*) Poor
Plantation Stratified-Mixed with Native Tree

Tatsuo AKAI, Tooshu FURUNO, Ippei MANABE
and Shinnosuke UEDA

要 旨

林種転換にもとづく不成績造林地は日本の各地に多くみられるが、その林分の実態はあまり明らかでない。本報告は1988年11月、兵庫県中央部の山崎営林署赤西国有林に存在するスギ不成績林分の構造を解析し、その取り扱い方について論議したものである。

本林分はブナを主体とした広葉樹に一部スギの混交した天然林を約82ha皆伐した後、スギを約3,000本/ha植栽し通常の下刈り、除伐を行なって30年を経過した林分である。

斜面下部の調査林分は平均樹高が約13.2mのスギ上層木でほぼ単層状に閉鎖し、一般の平均的なスギ林分と同様の成長をしている。これに反し斜面上部においては、植栽木のスギはほとんど生存しているが、雪圧によって根曲がりしたり傾斜した成長の不良な被圧木が多い。また、樹高5m以上の上層木は全本数の30%ほどで、主として群状に成立し、その平均樹高は下部調査地の1/2程度の6.8mである。さらにこの造林地には下刈り終了後再生した樹高3m以上の広葉樹が10,000本/ha以上も全層にわたって混交している。

上部調査地のスギの樹高および胸高直径の本数分布はL型で、ほぼ正規分布を示す下部とは明らかに異なり連続的な複層構造となっている。広葉樹もほぼL型分布で、大きい樹高階ほど有用広葉樹の占める割合が大きい。樹幹析解による樹高および胸高直径の成長経過から判断すると、下部調査地のスギは継続的に良好な成長をしているに反し、上部調査地においては植栽直後から成長の悪いスギが多いようである。

このような成長不良は土壌層が浅く石礫が多い貧弱な土壌に起因するようである。したがってこの不成績造林地は適地の判断の誤りによって発生した造林失敗地であるといえる。しかし上層木のスギや有用広葉樹はこの土壌環境に応じた成長をしているので、このままの状態でも若干の人工スギと天然広葉樹との混交複層林になる可能性は高く、また有用木以外の広葉樹を適宜除伐することは林業上一つの有効な方法と考えられた。

はじめに

森林が暴風等の自然力や伐採によって破壊された後放置されると、普通はそこに新林を再生す

る。この場合破壊の程度に応じて多様な二次遷移があらわれるが、ある自然環境の中では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^{1,2)}。一般にわが国のような温暖で湿潤な地域では、気候、地形、土壌等の特殊な条件のところを除き、この自然の運動法則に従った森林の復元力はきわめて大きい。したがって林種転換による人工造林においては、自然の復元力にさからうための地ごしらえ、下刈り等の作業に多くの労力が必要である。

わが国の人工林面積は現在すでに1,000万haを超え、全森林面積の40%に達したが、拡大造林の奥地化にともない不成績造林地もまた増加したようである。このような不成績造林地の多くは成長の悪いスギ、ヒノキの造林地へ自生の他樹種が侵入し、混交林の状態になっているようであるが、各成長段階における不成績林分の構造や成長の推移については、スギ、ヒノキ人工林に天然生のアカマツが混交した林分^{3,4,5)}以外はほとんど解析されていない。

一方、国有林では保育投資の効率化という面から、このような不成績造林地を天然林に編入換えしている事例がある。ただ最近、広葉樹の侵入したスギ、ヒノキの不成績造林地を針広混交林として施業の見直しをしようとの提言が報告⁶⁾されている。これも施業の失敗の後始末としては一つの考え方であろうが、所定の保育作業を実行したにもかかわらず、目的樹種の適地の判断を誤ったことから成長不良をもたらしたものであれば、その造成過程に技術的問題があったことを忘れてはならないであろう。したがって前述のように自然の運動法則にそった森林を造成するのであれば比較的容易であろうが、中途半端な施業で自生種以外の林木との混交林に誘導することは、労多く困難な場合が多かろう。

本研究は国有林における不成績造林地の一事例として、施業計画の編成に際し、天然林に編入換えされた約30年生のスギ不成績林分の構造と成長状態を解析し、今後の適切な取り扱いについて検討したものである。本報告が今後の拡大造林や一般造林地における樹種更改についての一指針になれば幸いである。

なお本研究は昭和63年度文部省科学研究費一般研究(B)の助成により行なわれた。また現地調査にあたっては兵庫県山崎町、山崎営林署の倉木良人署長、福島重忠経営課長はじ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く感謝の意を表したい。

1. 調査地の概況と林分の成立経過

調査地は兵庫県宍粟郡波賀町、山崎営林署管内赤西国有林130林班で、林分の全面積は約82ha、標高は600～1,170mである。方位は全体にほぼ北北東、傾斜は28°～40°程度で数条の小尾根、沢谷が皺曲をなしている。気候は兵庫県北部山岳地帯に位置することから裏日本型で、冬季の降水量が多く積雪は2m前後、年降水量は2,000～2,500mmと推定される。母岩は花崗閃緑岩よりなっている。調査地内の土壌については後述するが、全般に斜面上部の土壌型はB₀型であり、土壌層が浅く、しかも礫含量がすこぶる多いことからスギの造林地としては不適であり、反対に斜面下部はB₀型で土壌層も厚いことから林木の成長の良好な肥沃地であると思われた。

調査林分の施業の経過は、兵庫施業計画区第4次地域施業計画検討資料によれば次のとおりである。本地域の森林はその標高からも冷温帯に属し、多雪地帯という環境からブナを主体とした落葉広葉樹林で特徴付けられるが、前生樹は残存する伐根から判断してスギをいくらか混交させたブナの多い天然林であったようである。皆伐後いわゆる拡大造林によって昭和31年は27.6ha、翌32年は54.4haにスギ(トミスギ系統)をhaあたり3,000本植栽したが、今回の調査プロッ

トの設置林分は後者の造林地である。植栽当年から6年間下刈り（5年目のみ2回刈り）を、7年目には除草剤の散布を行なったと記録されている。その後9年間、毎年部分的に除伐を行ない、ほぼ2巡したようである。

植栽後約20年を経過した時点で、斜面中腹より上部の小尾根付近の成長が著しく不良であったことから、昭和53年度第3次地域計画において、26.5haを天然林に編入した。しかし5年後の第4次地域施業計画において、更にその見直しを行ない、全造林地の約40%を天然林に編入した。この58年当時の標準地におけるスギ造林木の平均樹高は7.6m（範囲5～10m）で、本地域の26年生の収穫予想表1等地の樹高に対し僅か59%であったが、天然林編入箇所の成長はなお悪く、造林木のスギの樹高が2～6m、その本数が約870本/haで、樹高2～12mのコブシ、ミズメ等を含む広葉樹が約4,600本/haの混交林となっていたようである。

2. 調査方法

調査は130林班の西端付近に位置する斜面上部、標高約950mの不成績造林地内（傾斜36°）と、対照として下部の成長良好な造林地（傾斜32°）で行なった。両調査地とも8m幅、斜面長30mのベルトを設け、スギおよび天然生の針葉樹は全生立木、広葉樹は樹高3m以上の全樹種について、樹高と胸高直径ならびにその成立位置を測定した。

さらにスギは10本、広葉樹は6本の資料木を伐倒し、その樹幹析解から樹高と直径の成長経過の解析を行なった。一方各調査地内に土壌調査孔を掘り、A₀層の堆積状態と土壌断面の構造等を調査した。

なお本調査は昭和63年11月に行なわれた。

3. 各樹種の平均的大きさ と 林分量

不成績造林地の上部調査地および下部調査地における主な樹種の平均樹高、平均胸高直径ならびにhaあたりの成立本数はTable 1のようであった。なお上部調査地については、成長が悪く充分な閉鎖状態に至っていないので、胸高断面積合計や林分材積は表示しなかった。

表から明らかのように、スギ造林木の成長は下部調査地より上部調査地の方が著しく小さく、上層木、下層木とも平均樹高は1/2、平均胸高直径は1/3程度である。下部調査地の31年生

Table 1 Composition of each tree in research stands

Research stand	Specis	Mean height (m)	Mean diameter at breast height (cm)	Number of trees (no./ha)
Upper	スギ上層木 <i>Cryptomeria japonica</i> (5mH<)	6.82	7.90	875
	スギ下層木 <i>Cryptomeria japonica</i> (<5mH)	2.85	2.49	2,420
	ヒノキ <i>Chamaecyparis obtusa</i>	8.00	11.00	51
	ミズナラ <i>Quercus crispula</i>	5.60	3.80	257
	ミズキ <i>Betula grossa</i>	6.57	3.86	360
	アカシデ <i>Carpinus laxiflora</i>	6.00	4.00	103
	ホオノキ <i>Magnolia obovata</i>	6.67	5.27	772
	カエデ類 <i>Acer</i> spp.	5.66	3.91	1,800
	その他 Others	4.34	2.70	8,190
Lower	スギ上層木 <i>Cryptomeria japonica</i> (9mH<)	13.20	22.90	1,920
	スギ下層木 <i>Cryptomeria japonica</i> (<9mH)	6.50	11.30	590

現在の上層木の平均的な大きさは、スギ一般造林地の地位1～2等地にあたるものであるが、上部調査地の大きさは3等地程度である⁷⁾。勿論下層木も含めると地位的に該当するものがないほど成長不良で、いわゆる不成績造林地にあたろう。

スギ造林木の現存の立木本数は、すでに閉鎖状態に達した下部調査地では2,510本/haで、除間伐によって本数が減少しているが、上部調査地では3,300本/haほどで、植栽木のほとんどが生存している。またスギ造林木を林冠層の構成状態から上層木、下層木に分けると、下部調査地では樹高9m以上の上層木が全本数の2/3を占めるが、上部調査地では樹高5m以上の上層木は僅か1/4程度で他は根曲がりや傾きの大きい成長不良木である。

一方、上部調査地における樹高3m以上の広葉樹の本数は約11,500本/haで、そのうちミズナラ、ミズメ、アカシデ、ホオノキ等の有用広葉樹が1,500本/haほど成立している。しかもこれらの平均樹高は6m前後で、他の広葉樹より成長も比較的良い。したがってこのまま自然の推移にゆだねても、成長の見込みのある上層木のスギを10%～20%程度含む針広混交の複層林に育つ可能性が大きい。さらにもしかエデ類を含めた一般広葉樹の本数調整を行えば、スギ上層木1に対して有用広葉樹2という一つの典型的な針広混交林になるであろう。

以下両調査林分内の構造と成長状態を検討してみよう。

4. 調査林分の平面的、垂直的構造

上部および下部調査地の調査ベルト内におけるスギと天然生針葉樹の全生立木ならびに樹高3m以上の広葉樹の平面分布と垂直構造(模式図)はFig. 1, 2のようであった。スギ、広葉樹とも、樹高6m以上のものは2～4m高まで根曲がり大きい、それ以上の高さではほぼ直立している。しかし樹高4～6mの成立木は大半傾斜木であり、また3～4m高さのものは著しく根曲がり大きかった。したがって図中ではそれぞれの大きさに応じて根曲がり傾斜の程度を模式的に表わした。

上部調査地においては、Fig. 1から明らかなように、スギ、広葉樹とも樹高5～6mまでの小さいものは雪圧を受けた根曲がり木や傾斜木が多いが、6m以上のものは根曲がり部分から上は比較的通直で、スギと広葉樹とで上層林冠を形成している。しかしスギ上層木の平面的な分布は明らかに集中性を示している。このようなスギ上層木の集中分布は、侵入した広葉樹との競争の結果と考えられる。すなわち成長の早い広葉樹の成立する箇所では、スギ造林木は被圧され、優勢木となる機会は少なかったものと思われる。

上部調査地の林分の垂直的構造は明らかに連続的な複層構造であるが、林分の成長、発達とともに下層木は減少し、いわゆる下層植生を除けば上層に片寄った階層構造の林分になるであろう。しかも前述のスギ上層木の平面的な分布の特徴から、大小さまざまな群状に混交した針広混交林を形成するようになると思われる。

なお本林分には僅かではあるが天然生のスギとヒノキが成立している。ヒノキは隣接する約60年生のヒノキ人工林からの下種によって天然更新したものであるが、スギは造林地内の植栽木が母樹となったようである。また前生の天然林にはスギ天然木が混生していたようであるので、スギの更新は比較的容易であるかもしれない。

一方、下部調査地はFig. 2のように9～17mの樹高階で上層林冠を形成し、ほぼ閉鎖状態になっている。したがって、中、下層の劣勢木は本数調整の結果とあいまって比較的少ない。なお、下層に広葉樹が僅かに成立しているが、林分の構成上ほとんど関係がないので以下無視することにする。上層木は高さ1～2m程度まで根曲がりしているものが多いが、それから上部について

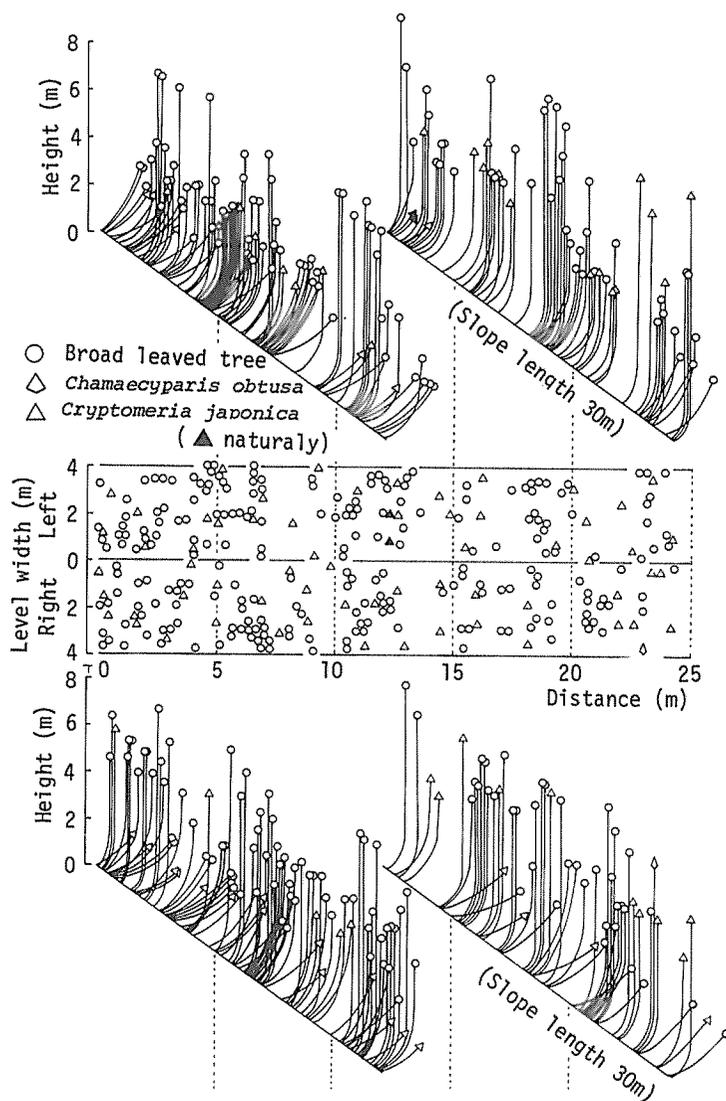


Fig.1 Stratification of stand and distributional structure of each tree in upper research stand

は比較的通直で、成長も良好である。

したがって前述のように同一の植栽方法と保育作業を行なったにもかかわらず、上部調査地付近は下部に比較しスギ造林木の成長が悪かったため、広葉樹を混交した平面的、垂直的構造の複雑な複層林を形成するようになったのである。一般には下部調査地のように造林木が正常な成長を行なっている林分に対比して、成長が悪く他樹種の混交率の高い上部調査地のような林分を不成績造林地と判断しているものと思われる。

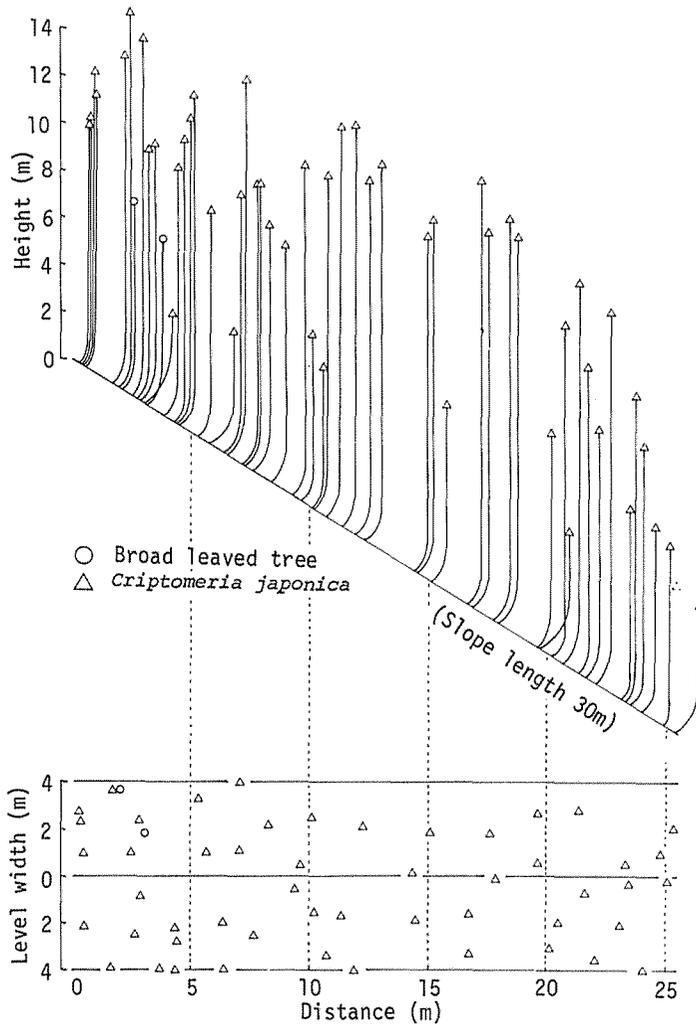


Fig. 2 Stratification of stand and distributional structure of each tree in lower research stand

5. 樹高と直径の本数分布

両調査ベルト内におけるスギの樹高分布は Fig. 3 のようで、両林分にはそれぞれ著しい特徴がみられる。すなわち下部調査地の樹高分布は最高樹高 18 m、最低 5 m で右にひずんだ正規型というよりむしろ J 型を示している。そして Table 1 に示したように樹高 9 m 以上の上層木が約 1,900 本/ha 成立し、成長は良好である。これに反し、上部調査地の樹高分布は明らかな L 型を示し、樹高の範囲も 2 ~ 10 m である。また樹高 5 m 以上の上層木は僅か 880 本/ha ほどで下部の造林地に比し成長は著しく劣っている。

この傾向は Fig. 4 に示した胸高直径の分布でも類似しているが、ただ下部調査地の直径分布

は約 31 cm を最大に分布幅が比較的広く、ほぼ正規型のようなものである。

一方上部調査地における広葉樹の樹高と胸高直径の本数分布は Fig. 5 のようであった。樹高分布は L 型が少しくずれた形に見えるが、広葉樹は樹高 3 m 以上のものを測定し、丁度 3 m の大きさのものは作図上 1~3 m の樹高階に入れているので、これを 3~5 m 樹高階として取り扱えば明らかな L 型分布となる。そして分布の上限値もスギとほぼ同様であるので、樹高 3 m 以上のスギと広葉樹の本数分布を重ねると、より L 型分布が強調されるようになる。しかし各樹高階ともスギより広葉樹の本数の方が 3~4 倍ほど多い。そして、すべての樹高階にミズナラ、ミズメ、アカシデ、ホオノキ等の有用広葉樹が出現するが、大きい樹高階ほどその本数に占める割合は大きい。

胸高直径の本数分布もほぼ L 型で、上部調査地のスギ造林木の傾向と類似している。

以上のような樹高と胸高直径の本数分布から判断して、成長良好な下部調査地の林分は若干下層木を成立させているもののほぼ単層の一斉林型といえるが、上部調査地は異種混交の連続層林もしくは択伐林型といえよう。あるいは現在政策的に推進されている複層林^{8,9)}にもあたらう。しかし筆者がこれまで解析してきた人工のスギあるいはヒノキと天然生のマツ、広葉樹との混交複層林^{5,10,11,12)}とは林分構造においてかなり異なるものである。すなわち、その一つは上層林冠を形成する優勢木のうち施業の目的であった造林木のしめる割合が 15.7% と著しく少ないこと、もう一つは上層におけるスギと広葉樹の

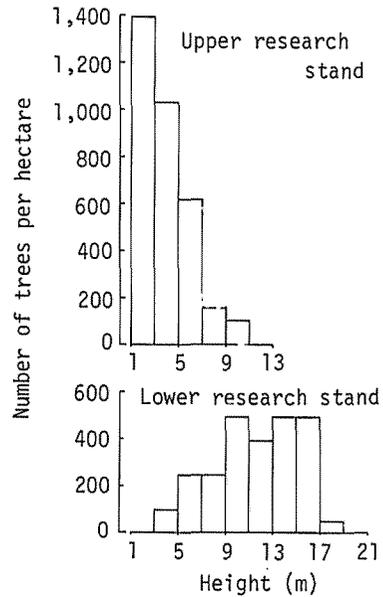


Fig. 3 Distribution of height of *Cryptomeria japonica* in each stand

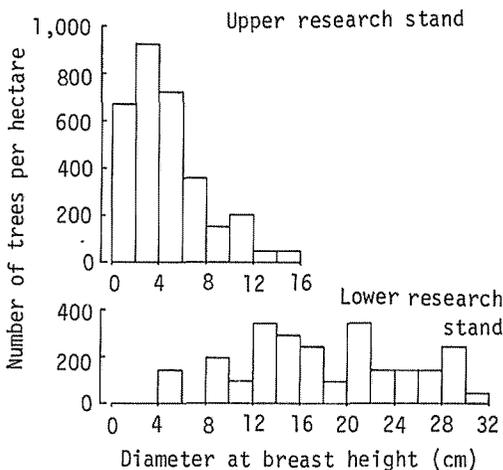


Fig. 4 Distribution of diameter at breast height of *Cryptomeria japonica* in each stand

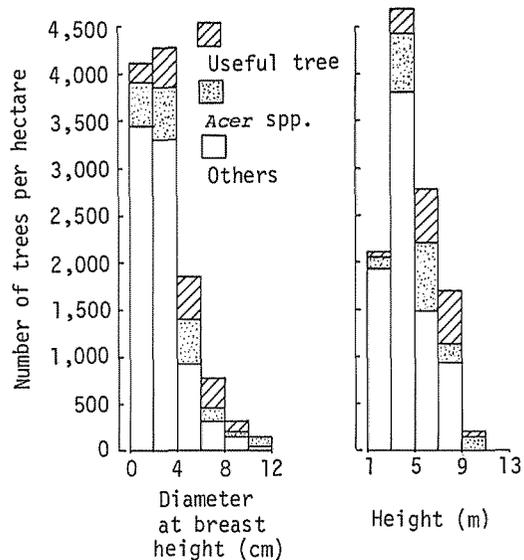


Fig. 5 Distribution of height and diameter at breast height of broad leaved tree in upper research stand

混交は単木状のところもあるが、Fig. 1から認められるように、スギ上層木が群状に混交することである。すなわちスギ上層木は広葉樹の成立の少ないところあるいは成長の良くない箇所に集中的に分布するということである。しかし全林的にみればこの群の大きさはまちまちで、明確な集中班は認め難いが、群の分散様式はほゞランダムのものである。このような平面的分布構造や階層構造はいわゆる不成績造林地の特徴であるかも知れない。また現在の林分構造が今後どのように推移するのか、確かなことは言えないが、最初にも述べたように、スギをいくらか混交させた形で自然の復元力に従った方向に遷移するものと考えられる。

6. 樹高と胸高直径の相対成長関係

樹幹の形質は樹高(H)と胸高直径(D)の相対成長関係を解析することによってある程度認識できる。Fig. 6は上部と下部調査地に成立するスギのD-H関係を示したものである。上部調査地のスギは成長不良のため大きい個体が少なく、反対に下部調査地は上層を占める大きい個体が多いので、重なる部分は少ないが、下部調査地の小さい個体との間でも分離する傾向は認められない。したがって相対成長式から両者とも、樹高5m前後までのH/D(形状比)はほぼ85以上を示し一般のスギの単層林あるいは択伐林における中、下層木の値と類似している。しかし下部調査地の樹高10~15mのH/Dは72~60で、間伐されたスギ一斉林や択伐林の上層木よりやや小さく、うらごけ的な形状を示している^{13,14)}。このような形状比は上部調査地のような不成績造林地であっても、上層を占めるスギ優勢木が隣接木の側圧によって肥大成長を抑制されることは少ないようであることから、むしろ雪圧による根曲がりの影響によってもたらされたものと思われる。なお下部調査地の上層のスギはH/Dが60~55で比較的小さいのも根曲がりによる樹幹下部の肥大が関係しているようである。

広葉樹のD-H関係はFig. 7のようであった。かなりバラツキがあるが、主な有用樹種および他の一般広葉樹の間に分離する傾向はみられない。しかし相対成長式からも理解されるように、広葉樹のH/D値は上層の樹高8m前後のもので約100、下層の5m前後で170となり著しく大きい。これはスギと広葉樹の多雪地における形質上の特性とも考えられるが、成長段階が進むと広葉樹優勢木は次第に枝を拡張し、肥大成長をより促進させ、H/D比を小さくしていくものと思われる¹⁵⁾。

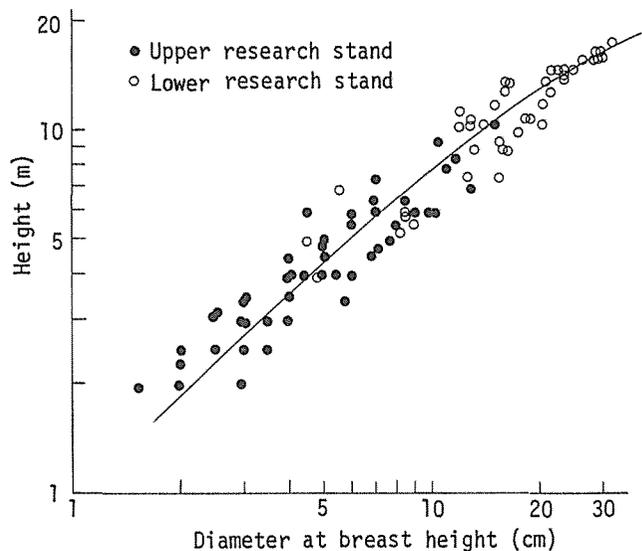


Fig. 6 Relation between height and diameter at breast height of *Cryptomeria japonica*
 $H = D / (1.026 + (0.026 \times D))$

7. 成長の経過

上部調査地におけるスギの資料木 8 本 (No. 1~8) と下部調査地の資料木 2 本 (No. 10, 11) の樹幹析解からもとめた樹高の成長経過は Fig. 8 のようであった。本図から明らかなように、下部調査地の伐倒資料木はほぼ標準的な大きさのスギであるが、下刈りを終了した 7 年生前後からの樹高成長は年 40 cm ほどできわめて良好である。

これに対し、上部調査地においては植栽直後から成長の不良なスギが多く、初期成長の良かったものも下刈り終了頃から著しく成長を減退している。これら造林木のほとんどは資料木 No. 2 を除き、植栽後 15 年頃までは成長の優劣が明らかでなかったが、その後、より成長を減退したもの (No. 1, 6, 7) は下層木に、成長を持続したものは上層木になったようである。なおこれらスギ上層木は最近になって成長速度がいくらか鈍化する傾向のあるものもみられるが、上部調査地の環境に応じた年 20~25 cm 程度の成長を持続するものと思われる。しかし下層木の成長は現状のままでは期待できない。

Fig. 9 は同じ資料木の胸高直径の成長経過を示したものである。樹高成長とほぼ同様の傾向を示すが、下部調査地では密度効果による側圧の影響が表われ始め、直径の成長率は低下しつつある。しかし上部調査地の資料木には肥大成長の減退の傾向はあまりみられない。これは広葉樹との競争による成長抑制の影響はほとんどなく、むしろ雪圧に抵抗す

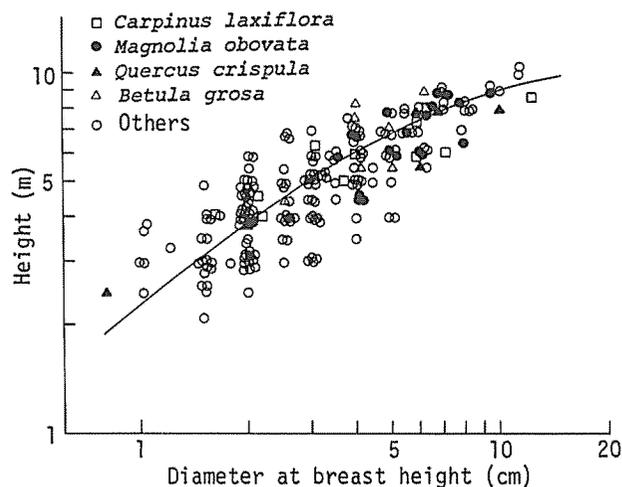


Fig. 7 Relation between height and diameter at breast height of broad leaved trees
 $H = D / (0.354 + (0.0769 \times D))$

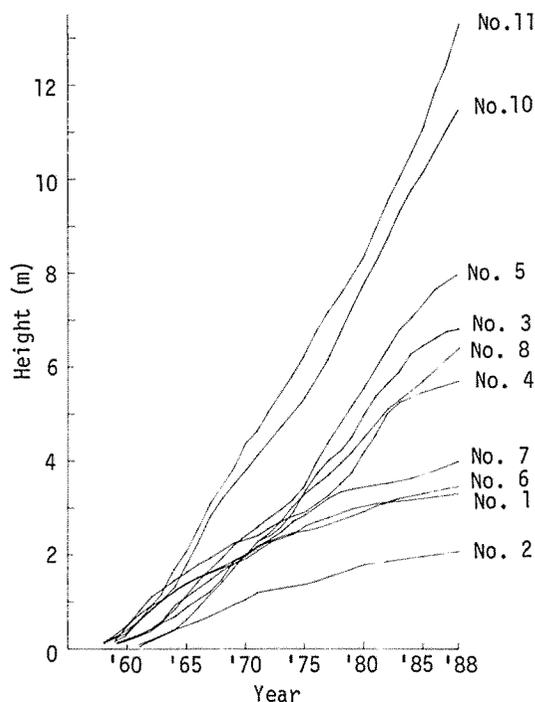


Fig. 8 Annual height growth of *Cryptomeria japonica* by stem analysis. No. 1~8: Sample trees in upper research stand, No. 10, 11: Sample trees in lower research stand

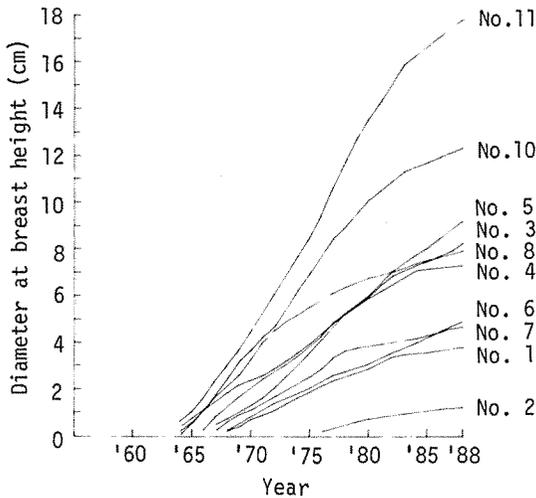


Fig. 9 Annual diameter growth of *Cryptomeria japonica* by stem analysis. Sample trees is the same number in Fig. 7

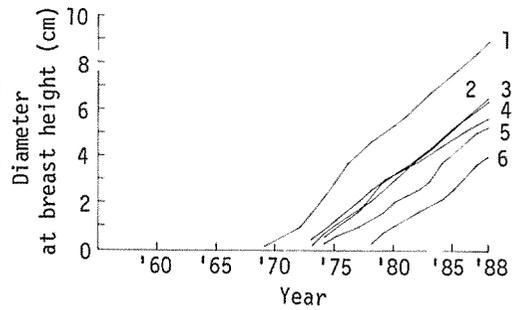


Fig. 10 Annual diameter growth of broad leaved tree species by stem analysis
 1: *Acer rufinerve* (26 year-old),
 2: *Prunus donarium* v. *spontanea* (18)
 3: *Magnolia obovata* (18),
 4: *Betula grossa* (28),
 5: *Quercus crispula* (19),
 6: *Acer rufinerve* (16)

るための肥大成長の促進であると考えられる。

広葉樹については上部調査地における主要樹種6本の根元と胸高における年輪解析をただけであるが、胸高直径の成長経過および樹齢は Fig. 10 のようであった。樹齢から判断してミズメや大きい方のウリハダカエデ等は植栽後間もなく更新したものであるが、ミズナラ、ヤマザクラ、ホオノキ等は下刈り終了後数年して天然更新したようである。なお年齢の高い広葉樹には前生樹の切株から萌芽更新したものが多く、20年生より若いものでも、せつかく天然下種により更新しながら下刈りによって毎年刈りとられ、萌芽更新しながらさらに雪圧による根曲がりによって根系化したものもあるようである。したがって真の年齢については不確かなものが少なくない。

胸高における肥大成長の経過については図から認められるように、現在の太さは上部調査地におけるスギと同程度であるが、更新初期からの成長が良く、年平均成長量は3~5mmとなっている。これら上層の広葉樹はそのH/D比が Fig. 7 から明らかなように100を超え、著しく細長であるので、これら成長段階がある程度進むまでは、さらに肥大成長を促進するものと思われる。

8. 土壌断面の諸性質

土壌断面によって調査した上部、下部調査地のA₀層の厚さ、土性、土壌構造、堅密度等の諸性質は Table 2 のようであった。不成績造林地の上部調査地における土壌については比較的風化の程度も進み、土性は埴質壤土で粘性が高く、腐植の含量も比較的多い。また土壌の構造はA層が団粒状、B、C層は粒状で、堅密度も一般に粗鬆あるいは軟であることから通気、透水性は良好であると思われる。しかし表から認められるように、A₀層はいくらか厚いもののA層は10cm程度で、全土壌層は著しく浅く、B_B型土壌の特徴を示している。しかも土壌断面に占める石礫の面積割合は50%以上で、崩積した石礫の間に土壌が僅かに混在する状態のむしろ礫土といえる土壌である。したがって土壌の量はきわめて少なく、スギの造林には不適地であると判断

Table 2 Discription of soil profile in research stand

Stand	Horizon	Depth (cm)	Texture	Structure	Hardness	Definition of boundary
Upper	A ₀	6	—	—	—	
	A ₁	0~7	Clay loam	Grumb	Very soft	Indistinct
	A ₂	7~12	Clay loam	Grumb	Very soft	Indistinct
	B	12~31	Clay loam	Granular	Soft	Indistinct
	C	31~48	Clay loam	Granular	Soft	Distinct
Lower	A ₀	10	—	—	—	
	A ₁	0~10	Clay loam	Grumb	Very soft	Indistinct
	A ₂	10~20	Clay loam	Grumb	Very soft	Indistinct
	B ₁	20~41	Clay loam	Clod	Soft	Indistinct
	B ₂	41~55	Clay loam	Clod	Soft	Indistinct
	C	55~85	Clay loam	Clod	Soft	Indistinct

された。

一方、下部調査地における土壌の諸性質はB、C層の構造が塊状であることを除き、基本的には上部調査地とほぼ同様である。しかしA層は20cmで、それほど明確ではないがB₁層、B₂層の分化がみられ、全土壌層も85cmとかなり深い。さらに土壌断面に占める石礫の割合も30~40%程度で、上部調査地より明らかに少なく、土壌の量はすこぶる多いといえる。したがって土壌面からは一般造林地におけるスギの適地と同様、スギの成長は充分期待できる林地と思われる。

以上のことから前節まで述べてきたように、上部調査地におけるスギ造林の成長不良は、土壌層の浅さと土壌量の少なさが一つの大きな原因になっていると考えられる。そしてこのような条件のところは大部分皺曲をなした小尾根付近にあらわれる。しかし反面、造林地に侵入した広葉樹は、上部調査地の土壌環境に見合った成長をしていることから、スギも相応の成長をしているのであって、下部調査地と同程度の成長を期待するのは無理なことであり、不成績造林地はまさに人間の無知を教えているように思われる。

9. 林種転換と不成績造林地の取り扱い方

本調査地は昭和33年に発足した国有林生産力増強計画いわゆる拡大造林施策の立案中に造林されたところで、その後強力に推進される大面積皆伐一斉造林の典型の一つである。拡大造林は林分生産力の低い天然林を人工造林によってより生産力の高い針葉樹林に転換しようとする方策である。天然林の生産力が低いかどうか、あるいは拡大造林の問題点については当時多くの論議がなされた^{16,17)}。

いずれにしても拡大造林は天然林から人工林へと林種の転換が行なわれる。その多くは広葉樹林を針葉樹林へと樹種の更改が行なわれるが、適地適木の判断を誤るといわゆる不成績造林地となる¹⁸⁾。樹種更改でなくても木曾のような天然生ヒノキ林を皆伐し、ヒノキ人工林に変えた林種転換でも、成長不良な造林地が数多く発生している¹⁹⁾。本調査地における不成績造林地のスギの成長不良は、第8節で述べたように、主として貧弱な土壌に起因するようで、風衝地や積雪量との関係は少ないと思われる。したがってスギの造林には不適地であったということになる。はじめに述べたように、林種転換特に樹種更改の場合は自然の運動法則にさからい、自生種の復元に打ち勝つ必要がある。火入れ等潔癖な地ごしらえ、頻繁な下刈り、除伐等はすべて自生の前生樹の再生を押え込む作業である。したがって造林木の成長が良好で自生種との競争に打ち勝つ

見込みがあれば、一般造林地と同程度の下刈り、除伐で成林するであろう。しかしもし上部調査地のように、造林木の成長が悪かった場合、所定の保育作業だけでは自生樹種の再生によって被圧され、目的樹種の成林は見込めなくなるであろう。一般的にはこのような経過をたどる不成績造林地が多いのではないと思われる。

それ故、林業経営上の投資効果を見捨て、造林木の成林を計ろうとするなら、さらに徹底的に自生樹種の再生を抑制すればよい。たとえば、上部調査地に生存する被圧された造林木をも含めスギの純林に誘導しようとするなら、Fig. 1 および Fig. 3, 5 から判断されるように、上層の広葉樹をなお 10～30 年ほど除伐すればよかろう。またもし 6 年間の下刈りで充分でないような状態であるなら、さらに 10 年以上下刈りを続ければ、成長は悪くても再生した広葉樹に被圧されることもないであろう。すなわち本調査地の不成績造林地のようなところは、通常の数倍の下刈り期間と、さらに成長も遅いので、収穫表の適合範囲外の超長期間の伐期を考えれば、成林し収穫の対象となるであろう。しかしこのような施業は林業として成立しないといえる。

大阪営林局は育林事業の基準となる造林方針書で、不成績造林地を「植栽木の ha あたりの現有本数あるいは樹高が、同林齢の平均的な林分の 2 分の 1 程度以下であって、かつ現在の植栽木の生育状況、立地条件等から判断して、新植後に発生した優良天然幼稚樹を含めても成林が期待できないと見込まれる造林地」と規定し、「改植により成林が期待できる林分」を改植対象地としている。しかし成林の見込みのなくなった原因を明らかにしないで改植することは再度誤りを繰り返すことになる。また改植によっても成林の見込みのない林分はどのようにするのか明示されていない。さらに「天然木の生育が良好で造林木と天然木を合せて成林する見込みのある林分で、今後天然生林として取り扱うことが適当な林分」のような不成績造林地は天然生林へ誘導するとしている。これが第 1 節で述べたように、本調査地の不成績造林地を天然生林へ編入した根拠である。

いずれにしてもこのような林分は造林の失敗地であり、育林投資の損失である。したがって上述のように保育作業の延長は成林の見込みを大きくするが、その限界は投資効率の面から定まるものであろう。

本調査地の不成績造林地には Table 1, Fig. 3 に示したように幸い造林本数の約 30%, 880 本/ha が上層木として生存し、しかも Fig. 1 にみられるように群状に成立している上、その成長も Fig. 8, 9 から充分期待できそうである。これは前生樹の中にスギ天然木が混生していたことからその可能性は高い。さらに Fig. 5 に示したように、有用広葉樹が比較的多く、またその成長も Fig. 10 のように貧弱な土壌条件にもかかわらず良好である。したがって人為を加えずこのままの状態で推移させても、ha あたり数百本程度のスギは生存し、自生の広葉樹との混交複層林に育つであろう。そして一般の天然林施業と同様に長伐期にすれば、年輪密度の高い天然スギに匹敵する材がえられる可能性もある。さらに枯渇のおそれのある広葉樹大径材の生産を目標におくなら、Fig. 5 に示したように、形質の良い有用広葉樹とスギ上層木の成長に障害となるような上層の他の広葉樹を適宜除伐することはきわめて有効な手段となろう。この施業は最近林野庁が政策的な重要課題として取り組み始めた育成天然林施業（用語自体に問題があるが⁹⁾）に通ずるものであろうが、その実施にあたっての作業の基準は投資効率の面から判断する必要がある。

以上のように林種転換にもとづく不成績造林地については、本調査地の事例のように若干の造林木と再生した広葉樹とで何とか成林の見込みのある場合でも、適地判断の誤りによって発生した造林失敗地であるという認識に立つ必要がある。したがって基本的には造林不適地に林種転換することは問題であり、もし施業の対象にするなら、皆伐一斉造林によらない天然更新法等自然力を満度に生かした作業法を取り入れるべきであろう。

おわりに

拡大造林計画以降幾多の変遷を経て近年、林野庁は“林業技術のルネッサンスを目指して”という目標をかかげ育成天然林施業や複層林施業等の施策を強力に推し進めようとしている。これらに関する論議は他にゆずることにする^{8,9)}が、一斉単純の人工林施業からの一大転換を計るにはまだ技術的に未熟な部分が多い。したがって全国に多々あると思われる本調査地のような不成績造林地や、除間伐おくれの混交複層林をとりあえずの教科書として、さらに幅広い解析を行ない、混交複層林施業等の的確な技術体系を確立することが望まれよう。

引用文献

- 1) 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，306 pp, 1977
- 2) 佐藤大七郎：育林，文永堂，288 pp, 1983
- 3) 日本林業技術協会：複層林の施業技術，164 pp, 1982
- 4) 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
- 5) 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
- 6) 今田盛生：戦後林業技術の反省，林業経済，474，9～14, 1988
- 7) 阪口勝美監修：スギのすべて，全国林業改良普及協会，629 pp, 1983
- 8) 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
- 9) 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
- 10) 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
- 11) 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
- 12) 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，60，77～90, 1988
- 13) 石井弘：小地域内のスギ人工林における冠雪被害分布，日林誌，63(12)，451～457, 1981
- 14) 内村悦三・鈴木健敬・山本久仁雄・藤森隆郎：山東沢伐林試験地の林分構造と成長，林誌研報，323，207～210, 1983
- 15) 橋爪隼人：広葉樹の生育特性に関する研究(I) 樹種及び立地条件による生育特性の違い，広葉樹研究，鳥取大学農学部，3，15～32, 1985
- 16) 四手井綱英：日本の森林，中公新書，362，184 pp, 1974
- 17) 中村賢太郎：随想造林学，中村先生喜寿記念会，295 pp, 1971
- 18) 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，466 pp, 1971
- 19) 四手井綱英・赤井龍男・斉藤秀樹・河原輝彦：ヒノキ林—その生態と天然更新，地球社，375 pp, 1974

Résumé

Often in Japan, conversion of forest type has not yielded productive plantations, but the composition of that stand has not been analyzed. This paper discusses the growing structure and the management of the unproductive stand of Sugi (*Cryptomeria japonica*) plantation at Akasai National Forest located in the middle part of Hyogo Prefecture, investigated in November, 1988.

This stand was cultivated by ordinary weeding and improvement cutting since the Sugi seedlings were planted at about 3,000 per hectare for about 82 hectares 30 years

ago, after the natural forest of broad leaved tree mixed a few with natural Sugi was clear cut. In the research stand on the lower-slope, the forest crown closes and forms a monostratum of planted Sugi. As the mean height of dominant tree is about 13.2 m, the stem growth tends to be nearly equal in mean value of general Sugi plantation.

On the contrary, the planted trees at the upper research stand are mostly alive, but there are numerous oppressed trees growing poorly such as those with bended stem base or slant stem by snow pressure. The dominant tree is about 30% of the total number and establishes aggregately, and this mean height is about 6.8 m as half that of the lower research stand. In addition, the Sugi poor plantation is mixed in the whole stratum with broad leaved tree naturally regenerated after close of weeding, and the number of the tree over 3 m in height so far is about 10,000 (Table 1, Fig.1, 2).

The distribution of the tree height and the diameter at breast height of Sugi in the upper research stand resembles that of the L type, and the existing stand forms a multistoried structure which is continuous in stratification. On the other hand, that distribution of lower research stand tends to indicate a nearly normal distribution (Fig.3, 4). The distribution of broad leaved tree also resembles that of L type, and the ratio of the useful broad leaved tree as higher height class is larger than the small (Fig. 5). Judging from the process of diameter and height growth by the stem analysis of sample trees (Fig.8, 9), the growth of Sugi at the lower research stand is recognized to be vigorous without interruption, but the growth of most of Sugi at the upper research stand is continuously small after planting.

It seems that the poor growth of the upper research stand is caused by sterile soil such as shallow soil layer and abundant gravel (Table 2). Therefore, this poor plantation by the conversion of forest type can be said to be a failure stand of afforestation to come from a mistake of judgment for the fitting site of planting. However, as the Sugi dominant tree or the useful broad leaved tree in the upper plantation grows depending on the soil environment, the multi-storied forest of few mixed artificial Sugi and natural broad leaved tree may be formed if the existing stand is succeeded on the natural status. Furthermore, the improvement cutting by adequate control of the number of some broad leaved trees excluding useful trees may be an effective means of forest management.