

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の生長について

赤井 龍男・吉村健次郎・真鍋 逸平
上田晋之助・石原 成樹

On Growth of Sugi Direct Cuttings, Hinoki Natural
Regenerated Seedlings and Undergrowths in Hinoki Stands.

Tatsuo AKAI, Kenjiro YOSHIMURA, Ippei MANABE,
Shinnosuke UEDA and Shigeki ISHIHARA

要 旨

前更作業としての二段林の施業体系を確立し、林地保全に与える効果を明らかにする目的で、63年生のヒノキ林内に直挿しされたスギ苗と、天然更新したヒノキ稚樹および下層植生の生長状態と土壌環境を生態学的に解析した(林分Ⅰ, Ⅱ)。また比較対照として26年生スギ林内のスギ直挿苗についても調べた(林分Ⅲ)。調査は1981年10月、岐阜県石原林材山林で行なった。

林分Ⅰ(スギ直挿し): 上木のヒノキは1970年以降5年おきに間伐が行なわれ、現在本数230本/ha, 平均胸高直径35cmでかなり疎開し、林内平均相対照度は約31%である。1971年にスギの直挿しが行なわれたが、相対照度約5.6%のスギ林内のもの(林分Ⅲ)より生長がよく、年平均樹高生長量は約25cmとなっている。1981年冬雪害を被り残存本数は約3,600本/haである。林内には下層植生が多少繁茂するが、間伐後天然更新したヒノキ稚樹も多い。これらを本数調整することによって直挿したスギとの混交仕立てを行なうことは有望である。

林分Ⅱ(ヒノキ天然更新): 林分Ⅰに隣接し上木の年齢も同じであるが、1965年以降ほぼ5年おきに間伐が繰返されたため、現在本数は林分Ⅰより30%も少なく、林冠は疎開し平均相対照度は50%と著しく明るい。したがって下層植生もよく繁茂しているが、5~19年生、高さ50~300cmの天然生のヒノキ稚樹が70,000本/haも密生し、枯死木もみられる。そのため相対的に葉量の少ないものが多いので、下層植生とともに本数調整のための除伐を行なう必要がある。

各調査林分のA₀層量はスギ林(林分Ⅲ)より少ないが、表層土中に混入したりター量量は反対に多く、雨水による流亡はほとんどないようである。また土壌の理化学性もPの含有率が少ない以外は良好である。したがって土砂の流亡を引起こしやすい石英斑岩を母材とするヒノキ林の取扱いとして、このような二段林施業は極めて適切であると判断された。

はじめに

保育のための間伐や枝打ちあるいは収穫を目的としたぬき伐りなどによって林分の構造や樹冠量を調節し、樹下植栽や天然更新によって後継樹を育成する前更作業としての複層林施業は、国

土保全、水源かん養等の公益的機能の向上あるいは地力維持等に対し有効な手段として最近各地で試みられるようになり、これについての報告^{1,2)}も多くなってきた。しかし二段林、多段林あるいは択伐林など実行されている複層林施業のほとんどは経験的技術にもとづくもので、普遍的な技術体系として確立されたものは極めて少ない。これは上木の取扱い方とそれにとまなう林内環境の変化によって進入、繁茂する下層植生との関係や、目的樹種とそれらとの競合などについてまだ充分明らかにされていないからであろう。

一方ヒノキ林については、その樹種のもつ特性から、林分が閉鎖し下層植生等がなくなると、落葉、土砂が流亡しやすくなるため著しい地力減退を起こすおそれのあることが次第に明らかになってきた^{3,4,5,6)}。その対策としてはぬき伐りによって林床に適当な陽光を入れ、下層に植生を導入するとか、さらに積極的には樹下植栽や天然更新によって複層林に導くことも有効であると思われる。このうち特にヒノキの天然更新のしくみや技術についてはこれまで多くの報告がなされた^{1,8,9,10,11,12,13)}。

本報告は上述のようなヒノキ林の林地保全に対して、樹下植栽とか天然更新による複層林施業がどの程度効果があるのか、またその技術体系を明らかにする目的で、実際各種の非皆伐施業を行なっている岐阜県石原林材株式会社の山林において、下層木の生長状態と土壌環境を調査した資料を1つの事例としてとりまとめ検討したものである。

なお、本研究は文部省科学研究費（一般研究）の助成により行なわれたが、調査にあたり石原猛志社長の全面的な御協力を戴いた。深く感謝の意を表したい。

1. 調査地の概況

調査は1981年10月、岐阜県郡上郡明方村の小川の原流に940 haの一団地をなす石原林材株式会社山林のほぼ中央部に存在する63年生のヒノキ林（林分Ⅰ、Ⅱ）と、比較対照として選んだそれに隣接する26年生のスギ林（林分Ⅲ）において行なった。調査地の標高は約800 m、斜面の方位は東ないしは東南東で、傾斜は10～17°の緩斜地である。調査地近くの事務所における年平均気温は約12°C、暖かさの指数は約80、年降水量は3,500mm前後で、最深積雪深は2 mにおよぶという。

調査地の母岩は石英斑岩で、土壌は後でもふれるがB_D型であり構造的にも肥沃な土壌といえる。

2. 林分の施業経過と上層木の構造

石原山林における約80haにおよぶ壮齡のヒノキ林は1947年山林取得時にすでに人工造林されていたもので、林業経営の母体をなす貴重な資産として皆伐は一さい行なわず、もっぱら利用間伐によって収益をあげながら、できるだけながく維持するように努めているという。したがっていずれの林分も立木本数は比較的少なく、林冠は疎開しているため林床には下層植生が多く繁茂している。そして大部分の林内にはスギの直挿しが行なわれている。

調査は上木ヒノキースギ直挿し（林分Ⅰ）、上木ヒノキーヒノキ天然更新（林分Ⅱ）と、比較林分として上木スギースギ直挿し（林分Ⅲ）の3林分で行なったが、これまでの主な施業経過はつぎのようである。

林分（Stand）Ⅰ：1981年現在林齡63年で、最近では1970年、1974年、1980年の3回間伐が行なわれた。間伐率は明らかでないが、直材で元玉6 mの末口16～18cmを基準に選木し、かなり強度の間伐を行なったようである。1971年スギ直挿しを行なっているが、1981年冬、雪による折損

Table 1 Composition of investigated stands 1981)

Stand	Upper tree	Age	Mean diameter at breast height (cm)	Mean height (m)	Number of tree (no./ha)	Basal area (m ² /ha)	Stem volume (m ³ /ha)
I	Hinoki	63	35.1	19.5	230	22.3	204
II	Hinoki	63	31.7	19.1	188	14.9	136
III	Sugi	26	14.7	11.7	2,025	35.5	212

被害が多く発生し、現在、挿木スギの残存本数はhaあたり3,600本前後となっている。

林分 (Stand) II : 林分 I に隣接し同林齢の林分であるが、およそ1965, 1970, 1975, 1980年と5年おきに4回の間伐が行なわれた。その結果後述のように現存の立木本数は著しく少なくなったが、スギの直挿しは斜面上部に一部実行されているだけで、林内によく更新した天然生ヒノキ稚樹を育成するための天然更新施業地としている。

林分 (Stand) III : 林分 I の下部に隣接した26年生のスギ林であるが、その更新法や保育方法に著しい特徴がある。すなわち現在の上木のスギは1955年に広葉樹林下に直挿し、翌年広葉樹を伐倒除去した後生長したもので、現在まで磨丸太生産を目標とした枝打ちや間伐が比較的ていねいに行なわれてきた。そして1977年再び林内に新しいスギの直挿しを行なった。

以上3林分の800~1,000m²内の毎木調査からもとめた林分の概況は Table 1 のようである。林分 I, II のヒノキ林については平均胸高直径に違いがみられるが、成立条件がほとんど同じであるため平均樹高に差はなく、個体の生長はいずれも極めて良好である。しかし両林分とも強度の

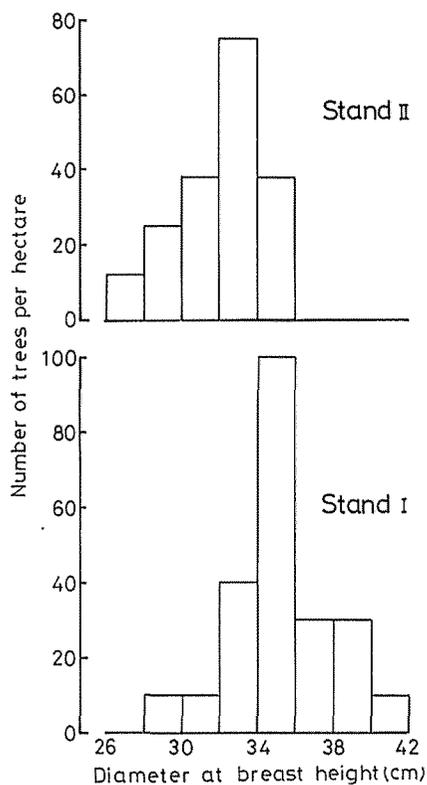


Fig.1 Diameter distribution of upper tree at Stand I, II

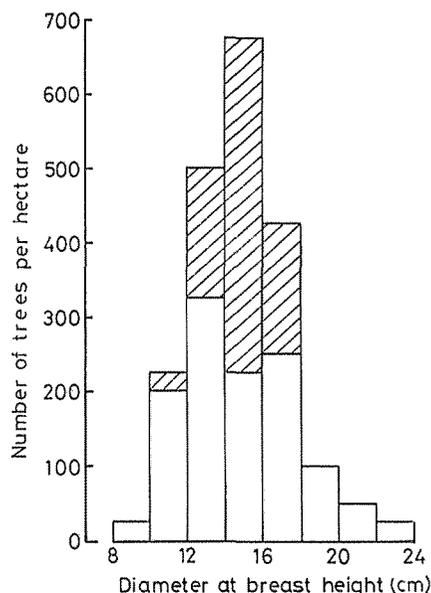


Fig.2 Diameter distribution of upper tree at Stand III. oblique line; the tree will be cut for use of alceve pillar log

間伐が比較的短期間に繰返されたため、立木本数、胸高断面積合計および林分材積はいずれも明らかに少なく同齢の閉鎖林分の半分以下になっている。特に最近の10数年間に5年ごとに間伐を行なった林分Ⅱの林分量は、林分Ⅰに比較しさらに30%以上も少ない。したがって林冠は著しく疎開し、後述のように林内は極めて明るい。

一方、Fig. 1に示したように、胸高直径の分散は間伐によって小径木が除かれたため比較的小さく、よくそろった大径木の集団となっている。特に林分Ⅱは最近の間伐で大径のものが除かれたため、林分Ⅰより平均直径も分散巾も小さい。

林分Ⅲの上木のスギの生長は、肥沃な広葉樹林跡とか集約な保育の影響もあって、Table 1から認められるように、極めて良好である。現在立木本数はhaあたり約2,000本で、断面積合計は約36m²/haであるが、ほぼ閉鎖状態にある。一方 Fig. 2の直径分布から認められるように、除間伐がうまく行なわれているため直径の分散巾は比較的小さい。また直径12~18cmの大きさの本数の半分は人工絞丸太として売却済みで、間もなく伐倒される予定である。

3. 林内の光環境

林内外の明るさは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測定した。林冠下(下層植生上)の照度は400m²、地床土は50m²の広さを2分間定速移動してもとめた。各林分の相対照度はTable 2のようであった。測定時刻は快晴の11:00~13:00であったが、10月中

Table 2 Light conditions in stand

Stand	Illumination of open stand (lux)	Relative light intensity (%)	
		Under canopy	On ground floor
I	70,000	30.7	1.0
II	72,000	49.2	1.9
III	70,000	5.6	0.6

旬の測定であるので林外裸地の照度は70,000~72,000で夏季より低く、相対照度は多少大きい値になっているものと思われる。

林分Ⅰ、Ⅱのヒノキ林は前述のようにかなり疎開しているので極めて明るく、特に林分Ⅱの相対照度は50%近くもある。このような林内の光条件はスギ直挿苗やヒノキ稚樹の生長を促し、また下層植生も繁茂させるので、地床土は著しく暗くなり1~2%の相対照度となっている。一方スギ林はほぼ閉鎖状態にあるのでかなり暗く、スギがやっと生きられる程度の明るさ^{1,14)}となっている。

4. スギ直挿苗、ヒノキ稚樹および下層植生の生長と現存量

1) 調査方法

天然更新したヒノキ稚樹および下層植生の成立状態については、各林分とも2×2mの調査枠を2箇所設け、形質のよいヒノキ稚樹のみ数本残し、他はすべて総刈りして根元直径(D_0)、高さ(H)および葉重(W_L)、幹枝重(W_S)を調べた。なおヒノキ稚樹については本数が多かったため、資料木の相対生長関係から各部分量を推定した。スギ直挿苗については刈取ることができなかったため、5×5m内の D_0 あるいは胸高直径と H を測定し、他の資料から幹、枝、葉重を推定した。

2) スギ直挿苗の生長

林分Ⅰのヒノキ林内におけるスギの直挿しは1971年に行なわれたが、1981年10月現在の平均高は約280cmで、高さの分布は Fig. 3 のようであった。スギの挿穂は60cm前後で、約 $\frac{1}{2}$ ほど案内棒によって挿付けるので、挿穂の地上部高をほぼ40cmとすると、年平均樹高生長量は25cm前後になろう。

一方、林分Ⅲのスギ林内におけるスギ挿木苗は ha あたりの本数8,750本、平均高約86cmで、4年間の平均伸長量は11cm前後と推定される。これと比較すると、前述のようにより明るいヒノキ林内における挿木スギの生長は大きいといえる。しかし1981年冬、このうちより大きい個体が雪害をうけ、 $\frac{1}{4}$ ほどが折損、倒伏し、現在の残存本数は3,600本/haとなっている。樹下植栽木はある程度の大きさになると雪害に弱いともいわれているが、その実態についてはさらに調査する必要がある。

なお、林分Ⅲのスギ林は、Fig. 2 に示したように、全本数の約40%が間もなく伐倒されるので、挿木苗の生長はかなりよくなるものと思われる。

3) 天然生ヒノキ稚樹の更新状態と生長

林分Ⅰ、Ⅱにおける天然更新したヒノキ稚樹の高さ別の本数はTable 3 に示したようで、両林分には著しい違いがみられる。

林分Ⅰ (Plot 1, 2) には当年生稚樹が著しく多く、また成立した稚樹は高さ150cm 以下で、しかも小さい個体が多く、更新が継続している状態を示している。本林分については1970年の間伐の翌年、スギの直挿しを行なったが、その際、いくらか刈り払いが行なわれた結果、ヒノキ稚樹が成立し始め生長したものと思われる。

これに対して林分Ⅱ (Plot 3, 4) には、Table 3 から明らかなように、当年生稚樹は少なく、高さ100~200 cmのものをもっとも多くて50cm以下のものは全くみられない。また100 cm以下の大きさのものに枯死した個体が多く、特に50cmより小さい稚樹はすべて枯死しているようであるので、当年生の稚樹も生長は困難で更新は一応完了しているといえよう。本林分は1956年頃、林内に更新し始めたヒノキ稚樹の育成と収入を目的とした間伐を行なったが、その後も間伐が短期間に繰返されたため、稚樹はよく生長し現在3 m前後の大きさに達したのもみられるようにな

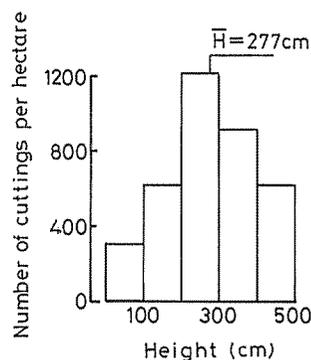


Fig. 3 Height distribution of Sugi direct cuttings at Stand I

Table 3 Number of Hinoki seedlings in several height class per hectare

Height (cm)	Stand I	Stand II	
		living seedlings	dead seedlings
~ 50	23,750	0	12,500
~100	11,250	20,000	20,000
~150	7,500	25,000	2,500
~200	0	16,250	0
200~	0	8,750	0
Total	42,500	70,000	35,000
Current year seedlings	162,500	10,000	—

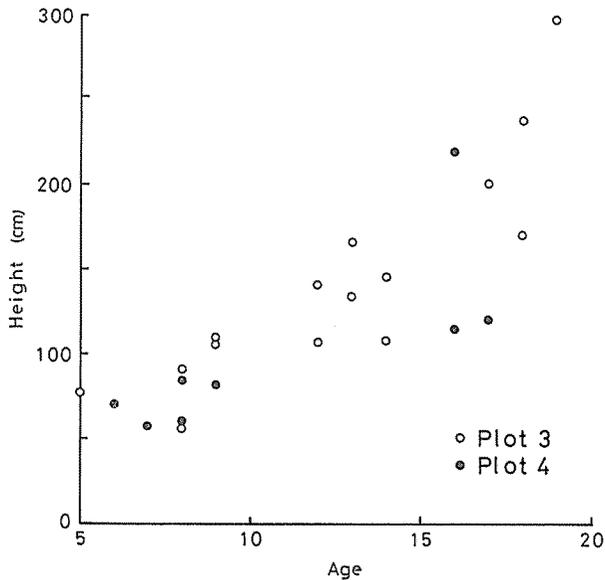


Fig.4 Relations between height and age of Hinoki seedlings

った。したがって稚樹というより幼樹にあたる大きさの100 cm以上のもの（本論文では繁雑であるので一括して稚樹と表現しておく）だけでhaあたり50,000本も生存し、また他の下層植生も後述のようにかなり混生しているので、地床の相対照度は1%程度と暗く、小さい稚樹は光不足で自然枯死するようになったと判断できる。

林分Ⅱに更新した代表的な稚樹の年齢と高さの関係はFig.4のようであった。年齢は5, 6年生から18, 19年生の間にちらばっているので、1~2年間の不作年を除きほぼ連続的に更新してきたようである。年平均伸長量はFig.4から計算されるようになりかなりのバラツキがあるが、調査枠(Plot 3, 4)間に大きな差はなく、平均12cm程度となっている。この伸長量は他地域の調査例^{10,12,15,16,17)}と比較して著しく大きい。

林分Ⅰ, Ⅱにおけるヒノキ稚樹の形質はつぎのようであった。Fig.5は稚樹の高さ(H)と根元直径(D_0)の関係を示したものである。各林分、Plot間に差はみられないが、各Plot内では相対的に高さの小さい個体は鎖線で示した $H/D=100$ (同単位)より大きく、大きいものは小さくなる傾向が認められる。すなわち優勢な個体は肥大生長を促しながらどんどん個体量を大きくするに反し、被圧された個体は相対的に細長になり、極端な場合は枯死するようになる。

よく天然更新した林分Ⅱの2つのPlotにおける代表的な稚樹の D_0^2H に対する幹枝量(W_s)と葉量(W_L)(ともに乾重)の相対生長関係はそれぞれFig.6, 7のようであった。成立本数が多く密状態にあるため、相対的に太枝が少なく D_0^2H に対する W_s の関係にあまり大きなバラツキはみられない。一方小さい個体の W_L は一般に被圧状態にあるため D_0^2H に対して相対的に少ない傾向がある。また大きい個体も競争状態にあるので、他地域の生長のよいものと比較すると勾配(指数0.887)が小さく、葉量は少ないようである。したがって施業的には本数調整を行なって個体あたりの葉量を増加させてやる必要がある。その基準はこれまでの試験例^{19,20)}から形質のよい優勢木の平均高の数値の面積に1本程度、例えば本林分では $H=2$ mとして 2 m^2 に1本すなわちhaあたり5,000程度に除伐すればよからう。勿論本林分のように100cm以上のものが数万本も密生

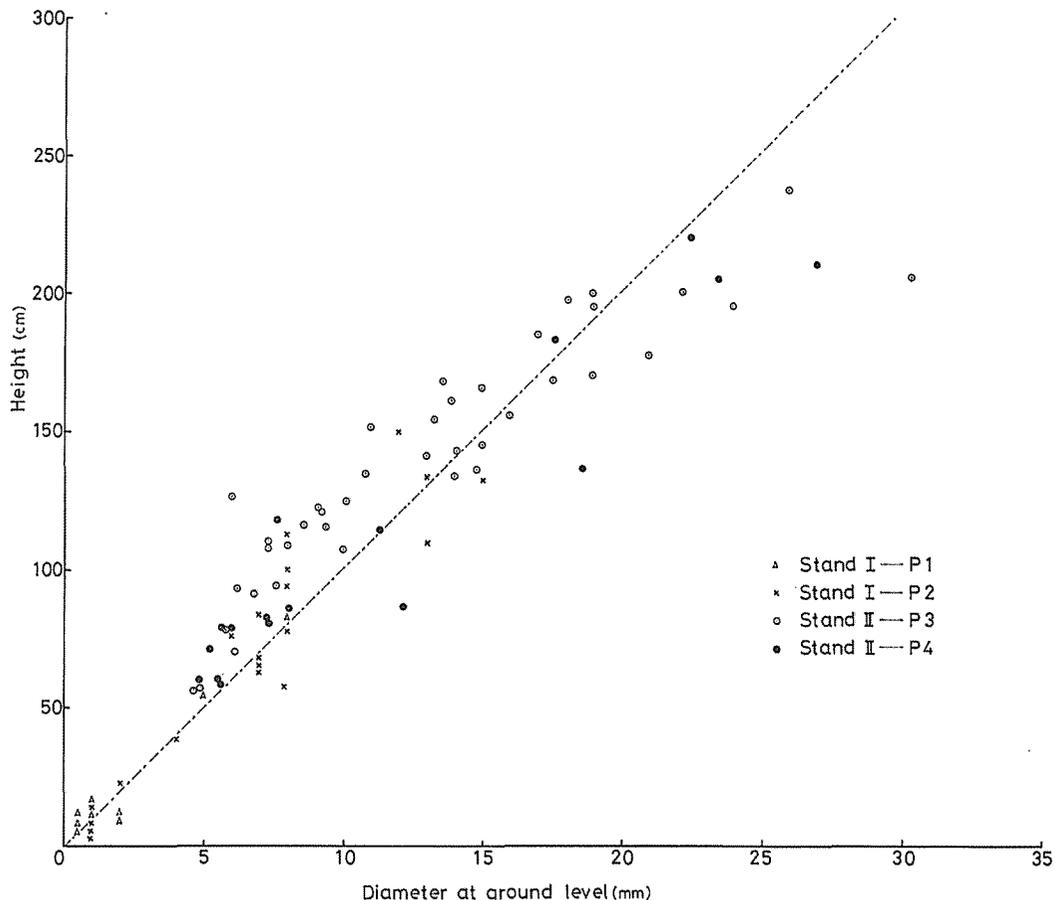


Fig.5 Allometric relations between height and basal diameter of Hinoki seedlings

している場合は、一度に除伐するより何回かに分けて目標本数に調整する方が諸害に対して安全である。このような本数調整を早めに行なうことによって、天然更新樹に多い曲りを少なくすることも可能である。

4) 下層植生の成立状態

各林分とも下層植生は下刈りを行なっていないにもかかわらず一般皆伐造林地に比較し、種数も成立量もそれほど多いとは思われない。各林分の Plot 内にみられた種類はつぎのようなものであった。

林分 I

木本——ヤマウルシ、ノリウツギ、シロモジ、アブラチャン、ミズナラ、ミズメ、ガマズミ、オトコヨウゾメ、サワフタギ、エゴノキ、コミネカエデ、ゴンゼツ、サルトリイバラ、サンカクヅル、ツルアジサイなど

ササ・草本——チマキザサ、ワラビ、チゴユリなど

林分 II

木本——ヤマウルシ、ノリウツギ、シロモジ、ミズナラ、コナラ、キハダ、コハウチワカエデ、リョウブ、サワフタギ、サルトリイバラ、ツルアジサイ、ミヤマフユイチゴなど

ササ・草本——チマキザサ、シシガシラ、チゴユリ、トウゲシバなど

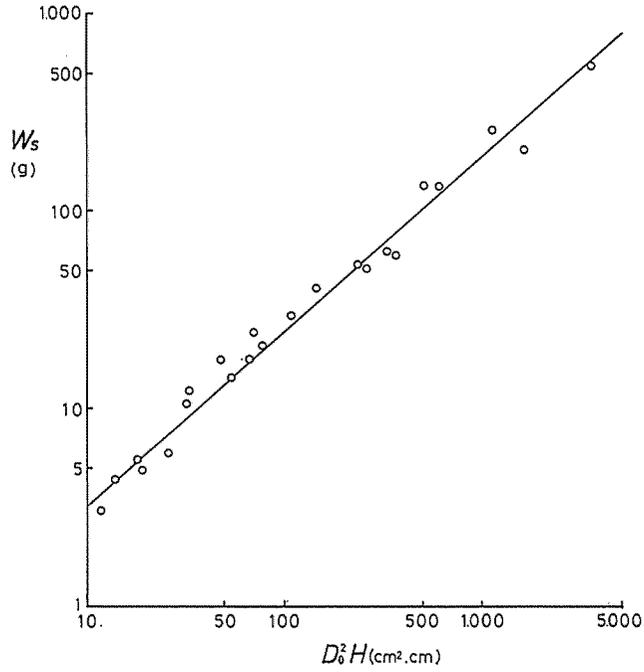


Fig.6 Allometric relation between stem, branch dry weight (W_s) and D_0^2H (diameter at base, height).

$$W_s = 0.4109 (D_0^2H)^{0.886}$$

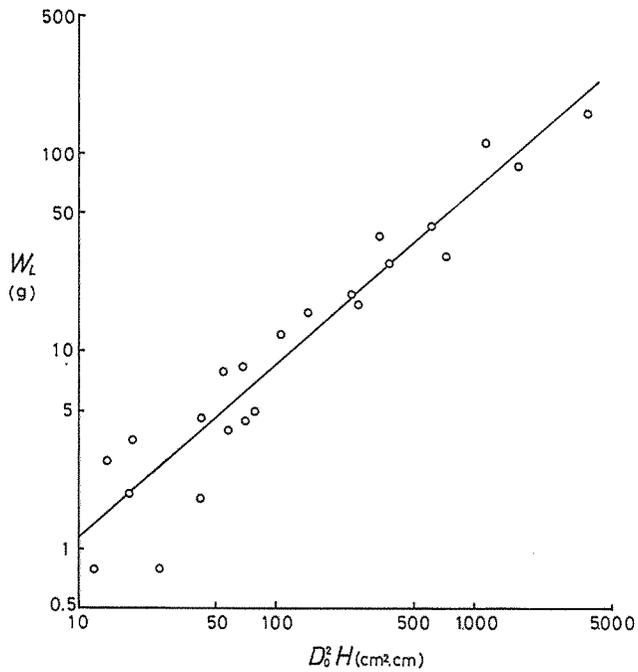


Fig.7 Allometric relation between leaf dry weight (W_L) and D_0^2H

$$W_L = 0.1475 (D_0^2H)^{0.887}$$

林分Ⅲ

木本——ヤマウルシ、ノリウツギ、シロモジ、リョウブ、ムラサキシキブ、クリ、ミズナラ、ソヨゴ、ヤマフジなど

ササ、草本——チマキザサ、ワラビ、チゴユリ、ツルリンドウ、スゲなど

以上のようにヒノキ林内には常緑の広葉樹は全くあらわれず、また高木性の樹種も全体的に少ない。

これらのうち広葉樹とササについて高さ別の本数をまとめると Table 4 のようになった。広葉樹の本数では林分Ⅰがもっとも多いが、50cm以下の大きさのものが大部分であるのに対し、林分Ⅱでは総本数は少ないものの100cm以上のものが比較的多い。ササも林分Ⅰの本数が多いが、一般的に高さは小さい。一方林分Ⅲは広葉の木本もササも少なく、大きさも小さい。

5) スギ直挿苗、ヒノキ稚樹、下層植生の現存量

スギ直挿苗、ヒノキ稚樹、広葉樹、ササおよび草本のhaあたり現存量(乾量)は Table 5 のようであった。

林分Ⅰにおいては直挿したスギの地上部(幹枝葉)現存量が約6 ton/haで、全現存量の約71%を占め、また天然生のヒノキ稚樹も多く、広葉樹とほぼ同一の11%となっている。本林分のスギ直挿苗は現在3,600本/haであるが、前述のように今後も雪害を受けさらに本数が減少する可能性もあるので、むしろ天然更新したヒノキを育て積極的に二段林の下層をスギとヒノキの混交林とし、将来、スギは磨丸太材や小径の柱材に、ヒノキは大径材に生産目標をおいた施業を行なうことも有望であると思われる。そのためには林分Ⅱと同様、早目にヒノキ稚樹の本数調整を行なうと同時に、広葉樹やササの除去を行なって、これらの現存量を少なくとも0.5 ton/ha以下¹²⁾

Total 4 Number of broad-leaf trees and bamboo grass in undergrowth per hectare

Undergrowth	Height (cm)	Stand I	Stand II	Stand III
Broad-leaf trees	~ 50	166,000	27,500	46,250
	~100	45,000	43,750	36,250
	100~	8,800	37,500	0
Bamboo grass	30-120	61,250	12,250	16,880

Table 5 Biomass of Hinoki seedlings, Sugi cuttings and undergrowths in kg on dry weight per hectare

Flora	Organ	Stand I	Stand II	Stand III
Hinoki seedlings	Leaf	516	2,250	—
	Stem, branch	386	5,690	—
Sugi cuttings	Leaf	1,570	—	278
	Stem, branch	4,320	—	532
Broad-leaf trees	Leaf	314	641	168
	Stem, branch	645	1,830	517
Bamboo grass	Leaf	195	298	271
	Culm	221	418	389
Herbaceous plants	Whole	180	41	245
Total		8,347	11,168	2,400

に押えてやる必要があろう。

天然更新施業を行なっている林分Ⅱにおいては、更新したヒノキの地上部現存量は約 8 ton/ha で、スギ直挿苗と同様、全現存量の約 71% に達している。しかし本林分では他はすべて下層植生で、特に広葉の木本が占める割合が高く（約 22%）、その地上部現存量は約 2.5 ton/ha とかなり多い。しかも 100 cm 以上の大きさのものが多く、すでに述べたようにヒノキ稚樹の適切な本数調整と同時に、背丈の高い広葉樹の除伐とササの除去はできるだけ早期に行なう必要がある。このような保育を行えば、見事な上層人工ヒノキ—下層天然生ヒノキの二段林となるであろう。これを天然更新作業法で区分すれば前更作業としての傘伐（漸伐）天然更新法にあたるものである。

林分Ⅲのスギ直挿苗は、挿木してからまだ 4 年を経過したのみで小さく、下層植生も含めた全現存量も比較的少ない。本林分については間もなく上木が 40% 程度ぬき伐りされるので、林内が明るくなると、下層植生はよく繁茂するようになるであろう。しかし挿木スギの生長もよくなるので、皆伐造林地のような下刈りはあまり必要でないと思われる。

5. リター、粗腐植と土壌環境

1) 調査方法

A₀ 層はリターと粗腐植あるいは腐植に分けることが困難であったので、それらをまとめることにし、その量は各林分とも 2 つの Plot ごとに 1 × 1 m 内の生重を秤量し、サンプリング資料から乾重を計算してもとめた。また表層土中に混入しているリター⁶⁾は、各 Plot ごとに深さ 5 cm までの表層土を採取円筒で 5 個分（2,000 cc）集め、粒径 2 mm で篩別した細土を水中に入れ、浮遊物を秤量してもとめた。

土壌断面の諸性質については各林分ごとに 1 箇所標準的なところを選んで調査し、さらにそれぞれの深さごとに 400 cc 容の円筒で採取した土壌について、常法に従い物理性と化学性を調べた。なお化学性のうち、C, N は CN コーダー、P は光電比色計、K は炎光光度計、Ca, Mg は原子吸光光度計により分析した。

2) A₀ 層量と表層土中のリター

各林分における A₀ 層の ha あたりの乾重は Table 6 に示したようである。林分Ⅰ,Ⅱのヒノキ林の A₀ 層量はほぼ 8 ~ 11 ton/ha であるが、林分Ⅲのスギ林はその約 2 倍ほどである。一般に閉鎖したヒノキ人工林で下層植生が成立しない場合の A₀ 層量は、流亡しやすいため ha あたり数 ton 前後しかなく、適度な間伐が行なわれ下層植生のよく繁茂するヒノキ林では 10 ~ 20 ton/ha、場合によっては 30 ton/ha を超すこともある^{4,5,6,13)}。これらに比較すると今回調査したヒノキ林の A₀ 層量は、分解の進んだもっとも少ない時期の量であるが、いずれも下層植生が成立するため、雨水による流亡が極めて少なく、適度な値になっていると思われる。

ヒノキの葉は鱗片葉で、落葉すると小葉片に分離するため、流亡しやすいといわれているが、

Table 6 Amount of A₀ layer (raw humus, litter) and litter contained surface fine soil

Stand	I	II	III
Oven dry weight of A ₀ layer (ton/ha)	7.8	11.4	18.3
Air dry weight of surface fine soil (g/1,000cc)	282	257	347
Litter in surface fine soil (%)	18.8	23.6	8.6

かなり土壌中に混入することが最近明らかにされた⁹⁾。Table 6 に深さ 5 cm までの表層の細土中に含まれるヒノキ葉リターを主体にした粗大有機物（リターとしておく）量の比率を%で示した。これからも明らかのように、スギ林では10%以下であるのに、ヒノキ林では20%前後も含まれ、その量は無視できないほど多い。このリター量を ha あたりに換算することは測定面積が少ないので問題はあろうが、参考資料として示すと乾重で10数 ton/ha になる。このような多量のリターの存在も下層植生による流亡阻止の影響が大きいものと思われる。

3) 土壌断面の諸性質

土壌型は Table 7 に示したように各林分とも B_D 型であるが、林分 II は中腹のゆるやかな尾根筋に存在するので、乾性で B_D (d) 型にあたろう。林分 I と III については A 層が厚く、またその土色より判断して腐植がかなりよく浸透し、土壌の構造はよい。これに対し林分 II については、土壌層はむしろ深いがそのうち A 層は比較的薄く、土壌の構造もやや劣るように思われる。した

Table 7 Discription of soil profile in stand

Stand	Horizon	Depth (cm)	Soil color *	Texture	Structure	Hardness	Definition of boundary	Soil type
I	A ₁	0- 35	5 YR 2/2	Clay loam	Crumb	Very soft	Indistinct	B _D
	A ₂	35- 45	5 YR 3/4	Clay loam	Granular	Soft	Distinct	
	B	45- 55	5 YR 3/6	Clay loam	Clod	Soft	Distinct	
	C	55- 70	5 YR 6/8	Clay loam	Clod	Slightly hard	Distinct	
II	A	0- 20	7.5 YR 2/3	Clay loam	Crumb	Soft	Distinct	B _D (d)
	B	20- 60	5 YR 4/6	Clay loam	Clod	Soft	Distinct	
	C	60-100	5 YR 5/8	Clay loam	Clod	Slightly hard	Distinct	
III	A ₁	0- 17	7.5 YR 2/2	Loam	Crumb	Very soft	Indistinct	B _D
	A ₂	17- 25	7.5 YR 3/4	Loam	Crumb	Soft	Indistinct	
	A ₃	25- 33	7.5 YR 4/6	Clay loam	Granular	Soft	Distinct	
	B	33- 52	7.5 YR 5/8	Clay loam	Clod	Soft	Distinct	
	C	52- 80	7.5 YR 7/8	clay loam	Clod	Slightly hard	Distinct	

* by Standard soil color chart of Japanese Agriculture, Foresters & Fishers Research Council (1965).

Table 8 Physical properties of soil

Stand	Depth (cm)	Volume weight (V'w) (g/100cc)	Porosity (P') (%)	Maximum water holding capacity (w'max 2) (%)	Minimum air capacity (A'min 2) (%)	Water content at sampling (%)	Oven dry weight of soil, gravel and root (g/100cc)		
							Soil (<2mm)	Gravel (>2mm)	Root
I	0- 5	36.4	84.4	65.6	18.8	45.9	33.1	3.0	0.3
	20-25	60.0	76.6	64.5	12.1	55.0	56.6	3.3	0.2
	40-45	61.5	76.1	66.3	9.8	61.6	57.4	3.9	0.1
II	0- 5	48.8	79.6	74.7	4.9	64.2	47.0	1.6	0.3
	20-25	53.3	78.5	72.7	5.8	67.2	48.3	4.9	0.2
	40-45	70.3	70.0	64.7	5.4	51.7	65.1	5.1	0.1
III	0- 5	33.0	85.0	66.3	18.7	36.3	27.8	4.5	0.7
	20-25	63.0	75.3	56.0	19.3	44.2	53.8	9.0	0.2
	40-45	64.3	75.9	56.2	19.7	52.3	57.0	7.2	0.1

がって林分Ⅰ，Ⅲはスギの育成に，林分Ⅱはヒノキに適していると考えられるので，林分Ⅰ，Ⅲはスギ直挿し，林分Ⅱはヒノキの天然更新による施業としたのは好判断であったといえよう。

4) 土壌の物理的性質

採取した土壌の物理的性質は Table 8 のようであった。林分Ⅰ，Ⅲにおける表層土の容積重は林分Ⅱより軽く，孔隙量は多い。特に林分Ⅲについては表層が壤土で下層は植壤土 (Table 7) であり，全層的にみて通気透水性が著しくよい土壌であるように思われる。林分Ⅱの土壌はこれらに比較し物理性はやや劣るが，他地域のヒノキ林^{5) 13)}の容積重や他の物理性に比べればむしろ良好であるといえる。そしてこれまでの施業ではほとんど土砂の流亡は起こらず，高い地力が維持されてきているように思われる。

5) 土壌の化学的性質

各林分における土壌の酸度および主な養分要素の含有率は Table 9 に示したようであった。いずれの林分も表層土中の C 含有率が比較的高く，また中層，下層土と C 含有率は小さくなるが，その減少の割合は比較的少ない。これは A₀ 層からの有機物が土壌中によく供給されていることを意味し，土壌断面の観察結果とも一致している。

N 含有率は尾鷲地方のヒノキ林^{5) 6)}などと比較するといくらか高く，特に林分Ⅲのスギ林で多くなっているが，C 含有量に見合うほどは高くない。このため C/N 比はかなり大きい。これは前述したように，未分解有機物としてのリターがかなり多く土壌中に混入しているためと思われる。したがって土壌の熟成度としてはやや低いかも知れないが，潜在的な地力は大きいといえる。

P の含有率は尾鷲地方のヒノキ林^{5) 6)}よりかなり小さく，特に林分Ⅱの表層土は低い。しかし同じ石英斑岩を基岩とする広島県野呂山国有林¹³⁾と同程度であるので，これは母材の性質によるものと思われる。P 含有量の低いことは本林分における土壌上の大きな問題点である。他の K, Ca, Mg の含有率については，ほぼ中庸で問題はないようである。

6) 土壌の諸性質からみた林分の施業法

以上のように，調査した各林分の土壌の構造，理化学的性質は全般的に良好で，特にスギを直挿した林分Ⅰ，Ⅲの土壌は深くまで腐植が浸透し林木の生長に好影響を与えているように思われる。しかし，P の含有率は著しく低く，これは母材の石英斑岩に基因するものと思われるが，注意する必要がある。

この石英斑岩を母材とした土壌は，有機物の供給，環元がうまく行なわれている森林では，通

Table 9 Chemical properties of soil (oven dry basis)

Stand	Depth (cm)	P.H		Exchange acidity (Y ₁)	C (%)	N (%)	C/N	0.2N-HCl soluble P (%)	Exchangeable		
		H ₂ O suspension	1N-KCl suspension						K (%)	Ca (%)	Mg (%)
I	0-5	5.05	4.18	15.7	10.08	0.58	17.4	0.0010	0.020	0.26	0.016
	20-25	5.15	4.25	13.8	5.24	0.26	20.2	0.0002	0.008	0.08	0.011
	40-45	5.15	4.45	13.2	4.30	0.21	20.4	0.0001	0.007	0.05	0.008
II	0-5	4.85	4.15	26.4	9.76	0.51	19.1	0.0003	0.014	0.06	0.012
	20-25	4.85	4.35	17.6	5.96	0.34	17.5	0.0002	0.011	0.05	0.009
	40-45	5.00	4.50	12.0	3.44	0.21	16.4	0.0001	0.007	0.14	0.015
III	0-5	4.40	3.65	41.5	12.60	0.74	17.0	0.0022	0.023	0.13	0.016
	20-25	4.90	4.25	20.1	10.30	0.60	17.2	0.0007	0.011	0.04	0.008
	40-45	5.00	4.50	12.0	3.15	0.18	17.5	0.0002	0.007	0.13	0.009

気透水性がよく林木の生長に好環境を与えるが、裸地状態になると土壌の流失が激しく地力の減退が早いようである。したがってこのようなところでは、ヒノキ林の林地保全のためにも、林分Ⅰ、Ⅱのようにスギの直挿しやヒノキの天然更新を行なって複層林に導き、保育段階から上木の伐採時に至るまで林地を一時的にも裸地化しない施業がもっとも適切であるといえる。その際、表層土の流亡を阻止する下層植生の重要な役割についても認識しておく必要がある。

おわりに

石原林材において行なわれている複層林施業には、以上のほか広葉樹林内あるいはカラマツ林内へのスギ直挿しがある。そのいずれもが事業の基本として全面的に行なわれているが、このような施業はそれを始めてからの日も浅く、多くは卓越した経験技術にもとづいて行なわれているようである。したがって普遍的な個々の技術体系は現在まだ未完成ではあるが、多くの事例の積重ねによって早晩それは確立されるであろう。

今回対象とした調査林分の解析結果からみても、上木の利用間伐と下木の育成手順は実によくかみ合っているように思われたが、ヒノキの天然更新技術についてはまだ模索の段階である。しかし上木のぬき伐りと林内光環境、それにとまなう下木の育成と目的樹種以外の下層植生のコントロールなどの問題は、本調査のような解析を進めることによってある程度定量的に解明できるはずである。今後さらに多くの情報にもとづいた二段林等複層林施業の一般化された技術体系が確立されることを期待するとともに、このような施業が林地保全に役立つ効果についてさらに詳しい検討を加えてみたいと考えている。

引用文献

- 1) 坂口勝美監修：これからの森林施業，1975
- 2) 日本林業技術協会：複層林の施業技術，1982
- 3) 杉浦孝藏他：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，77，1966
- 4) 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，91，1980
- 5) 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（Ⅰ～Ⅳ），日林論，92，1981
- 6) 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，93，1982
- 7) 赤井龍男：ヒノキ林の林地保全と天然更新，森林立地
- 8) 尾方信夫他：新しい天然更新技術——ヒノキの新しい天然更新技術，1971
- 9) 桜井尚武：西ノ川国有林におけるヒノキ天然生林の解析，林試研報，310，1980
- 10) 四手井綱英・赤井龍男他：ヒノキ林——その生態と天然更新，1974
- 11) 加茂皓一・赤井龍男：ヒノキ人工林における再生産過程の検討（Ⅲ），京大演報，48，1976
- 12) 赤井龍男：天然更新に関する研究（Ⅳ），京大演報，50，1978
- 13) 赤井龍男他：ヒノキ林分の構成状態と稚樹，下層植生の成立状態，日林論，92，1981
- 14) 安藤貴他：久万地方における二段林の林分生長量，日林関支譜，30，1979
- 15) 赤井龍男・浅田節夫：天然更新に関する研究（Ⅰ），京大演報，39，1967
- 16) 赤井龍男：天然更新に関する研究（Ⅱ），京大演報，44，1972
- 17) 加茂皓一・赤井龍男：ヒノキ人工林における再生産過程の検討（Ⅱ），京大演報，46，1974
- 18) 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
- 19) 真下正樹・松江亨・赤井龍男：上木伐採後のヒノキ稚樹の生長経過について，日林論，90，1979
- 20) 松江亨・大田篤：住友別子山林におけるヒノキ天然更新の条件と施業技術，林業技術，481，1982

Résumé

With the purpose of establishing a system of two-storied forest as pre-regeneration,

the growing structure of Sugi (*Cryptomeria japonica*) direct cuttings, Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) natural seedlings and undergrowths was investigated in a 63-year-old Hinoki stand existing at the Ishihara Rinzai (Forest management) Co. which locates in the middle of Gifu Pref., in October 1981 (Stand I, II). In addition, the growth of Sugi direct cuttings in a 26-year-old Sugi stand (Stand III) is measured in order to compare with those in Hinoki stand. Moreover, some effects on forest land conservation by the underlayer vegetation are discussed in this paper.

Stand I (Sugi direct cutting in Hinoki stand): Hinoki trees of upper stratum have been thinned at five years intervals since 1970. At present, the tree number is about 230 per hectare and mean diameter at breast height is about 35cm, therefore the forest canopy is a sparse state and the light intensity under the crown shows about 31% of full daylight (Table 1,2). In this stand, the cuttings of Sugi branch cut at about 60cm length have been directly planted in 1971. These cuttings grow more rapidly than those planted in closed Sugi stand (Stand III) where relative light intensity is only about 5.6%, and the mean height increment of cuttings was estimated at about 25cm so far (Fig.3, Table 1,2,5). In winter 1981, the cuttings of Stand I have suffered from snow damage, and the number of remained cuttings is only about 3,600 per hectare now. On the other hand, the natural Hinoki seedlings are numerously regenerating after thinning, but the undergrowth is established more or less, too (Table 3,4,5). Therefore, it certainly is possible that there are cultivated the mixed forest of Sugi and Hinoki if the number of Hinoki seedlings and undergrowth are adequately controlled by improvement cutting and weeding.

Stand II (Hinoki natural seedlings in Hinoki stand): This stand neighbor with Stand I, and an age of upperlayer Hinoki tree is the same. The stand has been thinned in order to cultivate a naturally regenerated seedlings at intervals of about five years ever since 1965, and at a result, the existing tree number is fewer by about 30% than its Stand I. Therefore, the crown density of Stand II is very low, and the relative light intensity in the stand indicates high value such as about 50% (Table 1,2). At present, although there are overgrown various undergrowths, natural Hinoki seedlings at 50 to 300cm high and regenerated 5 to 19 years ago are densely established so much as 70,000 seedlings per hectare. Furthermore, there are found many dead seedlings in under stratum less than 1 m high (Table 3,4,5, Fig.4). In general, the bigger seedlings grow more rapidly than smaller ones, and it is recognized that the amount of leaf per individual is scanty (Fig. 6,7). Judging from the above regenerating process, it is necessary to be adjusted the number of Hinoki seedlings and undergrowths by improvement cutting or weeding.

The amount of litter and raw humus (Ao layer) in two Hinoki stands are fewer than its in Sugi stands (Stand III), but on the contrary, the litter mingled with the surface soil is abundant in Hinoki stands. As a result, it was presumed that the soil and litter were scarcely drifted down by the runoff from a heavy rainfall (Table 6). On the other hand, the physical and chemical properties of the soil are very good as a whole, except of lacking phosphorus.

Viewing from the results mentioned above, especially, on working of the Hinoki stand consisting of mother rock of quartz-porphry, it was understood that the system of two-storied forest is the most proper method for preservation of soil productivity.