

ヒノキ林内に樹下植栽されたヒノキの 生長について (Ⅱ)

植栽後5年間の生長

川那辺 三 郎・玉 井 重 信

Studies on the growth of Hinoki (*Chamaecyparis obtusa* Sieb.
et Zucc.) planted under Hinoki stands (II)

Growth during five years after planting

Saburo KAWANABE and Shigenobu TAMAI

要 旨

徳山試験地（山口県徳山市鉢窪）の45年生ヒノキ人工林内で1973年に本数の割合で30～51%を伐採する間伐を行なった3林分と、間伐を行なわない林分および無立木地に合計5区の試験区を設定して1975年春にヒノキの苗木を植栽した。この報告は植栽後5年間の生長と上木の量や林内の相対照度などの関係を検討したものである。

樹下植栽されたヒノキの直径生長量は上木のない区が最大で、間伐の度合が低く上木の胸高断面積合計の大きい区ほど小さくなり、この傾向は各1年間の生長量についても同様である。樹高生長量は強度の間伐を行なった区では上木のない区との差が少なく、弱度の間伐区では胸高断面積合計が大きいほど小さくなる。各1年間の樹高生長量を比較すると強度の間伐を行なった区の値が上木のない区より大きい年があるが、この傾向は直径生長ではみられない。平均個体重は上木のない区が最大で上木の胸高断面積合計が大きいほど小さくなる傾向がみられる。単位葉重あたりの個体重の生長量は胸高断面積合計の大きい区ほど少なくなる。無間伐区には葉量の著しく少ない個体があり、葉の能率の低いこととあわせて生長の差がさらに大きくなる傾向がみられた。

は じ め に

樹下植栽による二段林の育成は皆伐によらない更新の方法の一つとして、同じ樹種や異なった、樹種との組み合わせで行なわれているが、このような二段林の育成の適切な取り扱いを行なうには樹下植栽木の生長と上木との関係について多くの基礎的な資料が必要である。

本報告は、ヒノキ人工林で、間伐の度合を変えた間伐を行ない、その林内にヒノキ苗を樹下植栽して生長を調べたものである。間伐を行なった前後の林分の構造や現存量についてはすでに報告¹⁾され、また樹下植栽後2年間の生長の一部が報告²⁾されている。ここでは樹下植栽後5年間の生長について検討を加えた。

本研究をすすめるにあたり、ご協力をいただいた徳山試験地の諸氏、森林生態学研究室の諸氏ならびに、有益な助言をいただいた堤利夫教授に深く感謝する。

試験地の概況と調査方法

京都大学農学部附属演習林徳山試験地（徳山市鉢塚）内の、およそ45年生のヒノキ人工林内で1973年秋に間伐の度合を変えた間伐が行なわれた¹⁾。試験地の海拔高は約200m、南西向の20～30度の斜面で、比較的浅い褐色森林土である。年降水量は2076mm、年平均気温は15.2℃である（1969～1975年の平均）。

間伐を行なった3林分および無間伐林分とこれらの林分に隣接した無立木地の合計5か所に各25m×25m（625m²）の試験区を設定して1975年春に3年生のヒノキ苗が4000本/haの密度で植栽された。上木のない区をA、間伐区をB、C、D（前報^{1,2)}のプロット6、8、2）および無間伐区をE（プロット3）とした（表-1）。

Table 1. Stand density, diameter, height and basal area of upper storey.

plot	Stand density trees/ha				
	before thinning 1972	(removed in thinning %)	after thinning 1973~1979		
A			—no upper storey—		
B	912	(51)	448		
C	848	(32)	576		
D	848	(30)	592		
E	1152	(0)	1152		

plot	1975	1976	1977	1978	1979
Average DBH (cm)					
A					
B	23.5	23.9	24.7	25.3	26.1
C	23.3	23.7	24.4	25.0	25.8
D	24.4	24.8	25.4	26.1	26.7
E	20.7	21.2	21.7	22.1	22.6
Average Height (m)					
A					
B	15.3	15.6	15.8	16.0	16.2
C	15.3	15.5	15.7	15.8	16.0
D	15.7	15.8	15.9	16.1	16.3
E	14.3	14.6	14.8	14.9	15.1
Basal area (m ² /ha)					
A					
B	19.6	20.0	21.6	22.8	24.2
C	25.1	25.8	27.5	28.9	30.7
D	28.2	29.0	30.5	32.3	33.8
E	40.4	41.6	44.1	45.9	48.3

測定は毎年1回秋～冬に上木はプロット内の全木の胸高直径と一部の樹高の測定を行ない、樹下植栽木は各プロットの中心部の30本の地際直径と樹高の測定を行なった。この測定木の一部の列間に同時に植栽された苗木を1976年および1979年の秋に、各プロットから約10本を掘取って各部分の重量を測定した。林内の明るさは上記の測定を行なった樹下植栽木の上部で各区50点づつ照度計を用いて測定した。

結果および考察

上 木

1974年から1979年までのヒノキ林分の状況を表-1で示した。胸高断面積合計の年増加量は変動が大きい、5年間の全般的な傾向としては増加している(図-1)。胸高断面積合計の増加の割合は間伐度合の高い林分ほど大きい。幹の現存量は、新しい資料を加えて相対生長関係を検討

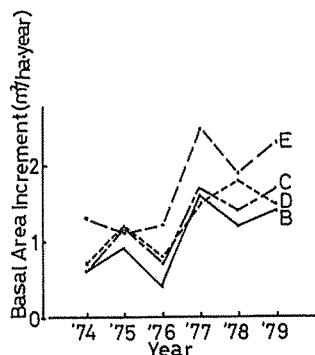


Fig. 1. Annual increment of basal area of upper storey.

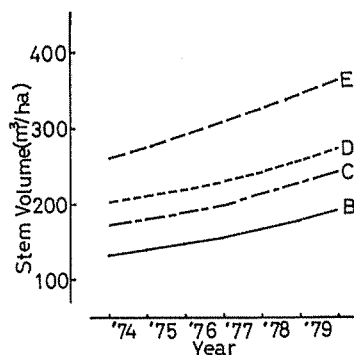


Fig. 2. Stem volume of upper storey.

することが出来なかった。間伐を行なった時に用いた相対生長関係¹⁾より推定し、各区間の比較を行なうために図-2でしめた。同様に間伐を行なった時に用いた相対生長関係を用いて無間伐区(E)の1979年の葉量を推定したところ16.1 t/haで、ヒノキ林の葉量 14.0 ± 2.5 t/ha³⁾に比べて差は少ないが、間伐を行なった時(1973年)の林分の葉量の最大値が11.4 t/ha¹⁾であったことから今回の推定値は過大であると考えられるので、葉量の推定や比較を行なうことは出来なかった。

ヒノキ林内の相対照度の季節変化は、玉井ら⁴⁾の実測値と、林分葉量の季節的な変化の推定からその関係が示されており⁶⁾、夏から秋の葉量の多い時期の林内の相対照度は低い安定した値を示している。本調査の測定値はおもに夏と秋に求めたものが多いのでこのような安定した時期の値として用いた。この林分の相対照度の対数値と胸高断面積合計との関係は、間伐後の林分の構造の変化や測定間の時間的経過などから解析が困難であった。図-3は間伐試験区で測定した1975年から5年間の林内の相対照度と胸高断面積合計の関係を示したもので、胸高断面積合計が35 m²/ha附近までは相対照度が急激に減少するが、それ以上では変化が少なく、Jackson⁶⁾の報告と比較すると、この結果では相対照度の低い部分での適合が困難であるため、樹下植栽木の生長の比較には図-3より、胸高断面積合計に対応する相対照度を求めて用いた。

樹下植栽されたヒノキ

植栽後5年間に枯死した本数の割合は、上木のない区(A)3%、間伐区のB、Cは枯死がなく、Dが7%、無間伐区(E)が27%でこの区では毎年枯死がみられた。各区を比較すると上木による適度な庇陰が植栽木の生存に有利であるといえる。他にAで2本、Bで3本が植栽後2年目までにノウサギに下部の枝葉の一部を食害されたが生育上大きな影響を受けない程度であった。

各区の地際直径および樹高の平均値が表-2である。植栽後5年目の無間伐区(E)の直径は上木のない区(A)の約1/3、樹高は約1/2である。年生長量は図-4で、上木のない区(A)の直径生長量は年々増加しており、B、C、D区は前年より減少している年もあるが5年間についてみると増加の傾向がある。無間伐区(E)は植栽翌年の生長量が最大で以後はわずかに減少している。樹

Table 2. Diameter and height of underplanting Hinoki (planted in Spr. 1975)

Plot	1975 (Spr.)	1975	1976	1977	1978	1979
Average stem diameter at base (mm)						
A	6.5	8.4	11.8	16.2	21.4	29.1
B	7.0	7.7	9.8	11.8	14.6	17.7
C	7.1	7.8	10.2	12.3	15.6	18.4
D	6.7	7.5	8.9	10.2	12.6	14.5
E	6.6	7.1	8.1	8.8	9.6	10.2
Average height (cm)						
A	51	66	85	124	145	173
B	50	62	87	109	132	154
C	63	76	102	130	153	176
D	56	67	82	106	125	141
E	54	58	67	72	80	88

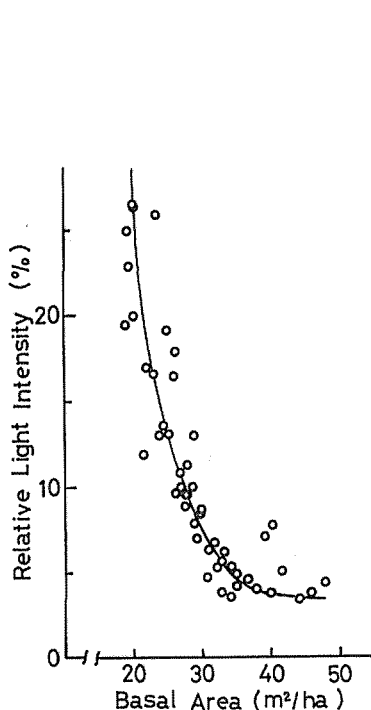


Fig. 3. Relation of relative light intensity under the canopy of upper storey to basal area.

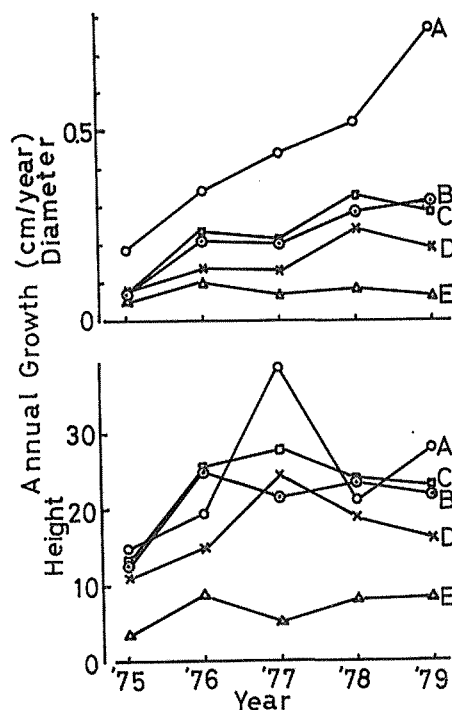


Fig. 4. Annual diameter and height growth of underplanting Hinoki (Planted in Spring 1975).

高生長量はAでは植栽後3年目に大きな値があるが5年間の傾向としては増加している。間伐区のB, Cは植栽後2年目からは変化が少ない。Dは植栽後3年目の値が最も大きく後は減少の傾向がみられ、無間伐区(E)の値は小さく変化も少ない。幹の形をあらわすH/D(D: 地際直径, H: 樹高)は、Aでは植栽3年目以後は樹高生長よりも直径生長の増加の割合が大きくなるため減少の傾向がみられる。B, C, Dも3年目以後に少し減少の傾向がみられるが、Eは変化が少ない(図-5)。

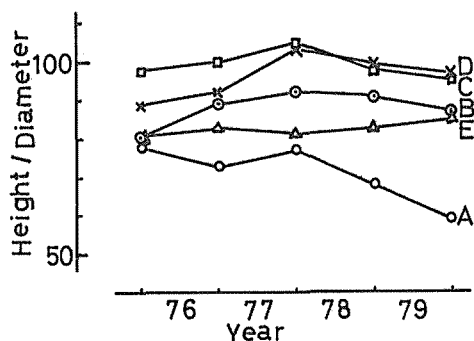


Fig. 5. Annual variations in height diameter ratio of stem of underplanting Hinoki.

の割合の低下をあらわしている。図-7は、各年の上木の胸高断面積合計をもとに図-3から求めた林内の相対照度と樹下植栽木の各1年間の生長量との関係を示したもので、直径生長量は相対照度10~30%で生長量にばらつきがみられるが、全般的には、相対照度の減少にともなって生長量は少なくなり、相対照度10~20%で生長量は上木のない区(A)の約半分であり、さらに無間伐区(E)では1/5以下である。樹高生長量は間伐区BやCでは上木のない区(A)より高い値を示す年があるがAの年生長量の変動がBやCに比べて大きいので5年間の生長量で比較するとBとCはAの約9/10で差が少なく、Eでは約1/3である。各年の樹高生長量と相対照度の関係

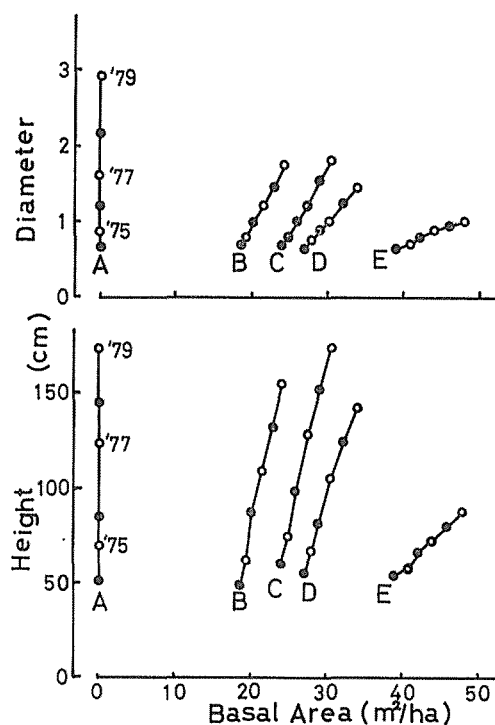


Fig. 6. Relation of average diameter and height growth of underplanting Hinoki to basal area of upper storey.

上木の胸高断面積合計の変化と樹下植栽木の直径と樹高生長の経過を図-6でしめた。関係を示す線の勾配は上木の胸高断面積合計の増加の割合と樹下植栽木の生長の割合の関係を表わしているが、BとCは差が少なく、Eの勾配は他の区に比べ低く、上木の胸高断面積合計が40m²/ha程度以上で樹下植栽木の生長割合が著しく小さくなることを示している。なおこの胸高断面積合計における相対照度はおよそ4%である。また無間伐区(E)の直径生長の線の勾配が小さくなる傾向がみられ、上木の胸高断面積合計の増加による樹下植栽木の直径生長

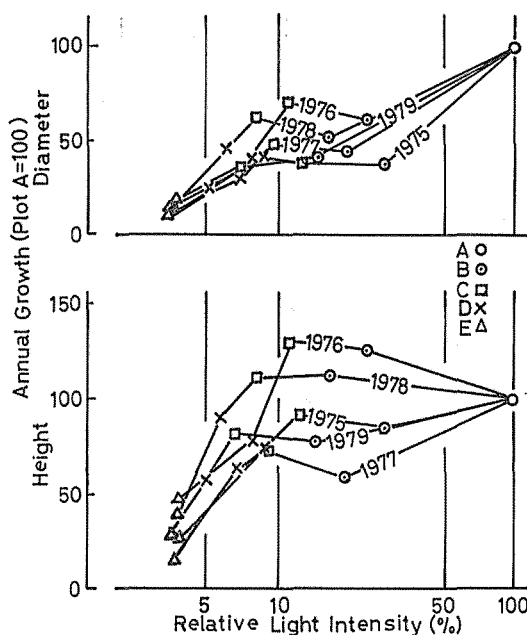


Fig. 7. Relation of annual growth of diameter and height of underplanting Hinoki to relative light intensity under the canopy of upper storey.

は、直径生長に比べて値のばらつきが大きい相対照度10%附近から相対照度の減少にともない生長量が急激に減少する傾向がみられる。ヒノキの樹下植栽木の樹高生長が皆伐地のものより大きいこと^{7,8)}や相対照度が比較的低い林分に最大値があること⁹⁾など、また相対照度7~8%で樹高生長が著しく悪くなること¹⁰⁾や間伐されたヒノキ林内の樹下植栽ヒノキの生長が年々減少すること¹¹⁾などが報告されている。ここで得た結果によれば、5年間の樹高生長量で比較すれば上木のない区と強度間伐区との差は少ないが、ある程度以上の強い庇陰で生長量が著しく少なくなることや、生長の経過の一部は似た傾向をしめしている。ヒノキの人工庇陰試験^{12,13,14,15,16)}によれば、庇陰下で樹高生長が最大になる報告が多いが、その樹高生長に最適な相対照度は各報告によって異なっている。直径生長はこれらの報告のほとんどは相対照度の減少にともない少なくなる傾向を示している。人工被陰下と林内とは植栽木の生長と相対照度の関係に差があること¹⁷⁾や、上壤条件¹⁸⁾や施肥¹⁹⁾によって庇陰の影響に差があることなど、また下木の生長と林内照度の測定時期との関係²⁰⁾などを考慮すれば、庇陰の度合と生長の関係を陽光の条件だけで比較することは困難であろう。間伐によって比較的高い林内相対照度を得るためには疎林になり、林内の陽光の分布が著しく不均質になるものと考えられる。ここで得た結果は、相対照度50%附近やそれ以上の明るさの条件を含んでいないこともこれらの報告との比較を困難にしている。このような比較的高い相対照度での関係を除けば直径生長、樹高生長とも多くの点でこれらの報告と似た傾向を示している。

植栽後5年目の直径や樹高と上木との関係をそれぞれ最近1, 2年間の生長量との関係をもとに比較すると、直径では庇陰の強さと生長との関係に大きな差はないが、樹高生長では差が著しい(図-7表-2)。ヒノキ樹下植栽木の生長と庇陰の度合との関係が植栽後の年数とともに強

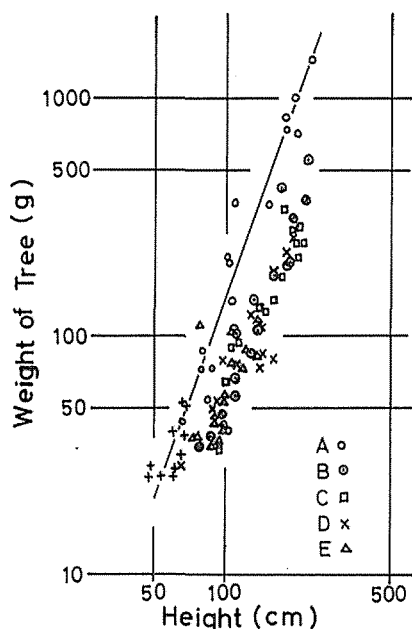


Fig. 8. Relation between dryweight of tree to stem height of underplanting Hinoki in 1976 and 1979 (+Spr. 1975).

くあらわれること²¹⁾や、少なくとも植栽から3, 4年間の生長経過に基いて生長の違いを判断しなければならない⁸⁾など生長の経過と庇陰の関係は、植栽後の上木による庇陰の強さが変化することでさらに複雑になる。ここでは上木のない区の生長量をもとに比較したが、この年生長量の変化と庇陰の強さの変化の影響との比較が困難で、樹高生長については5年間の結果でもその関係を検討するのに十分ではなかった。各区の樹高と個体重の関係を比較すると樹下植栽木は同じ樹高の上木のない区(A)の個体重のおよそ1/3である(図-8)。このような差が今後の生長にどのように関連するかについて調査を続ける必要があろう。

植栽後2年目と5年目の D^2H (D : 地際直径, H : 樹高)と個体重の関係を図-9で比較すると、2年目では樹下植栽区は上木のない区(A)にくらべて、同じ D^2H に対して個体重が少ない関係で示され間伐区のBやCの差が大きい。5年目もこの傾向に似ているが、BやCはAの関係に少し近づく傾向がみられる。この差は植栽後1~2年の樹下植栽木の直径や樹高など幹の大きさの生長に対する個体重の増加の割合が上木のない区に比べて少ないことを

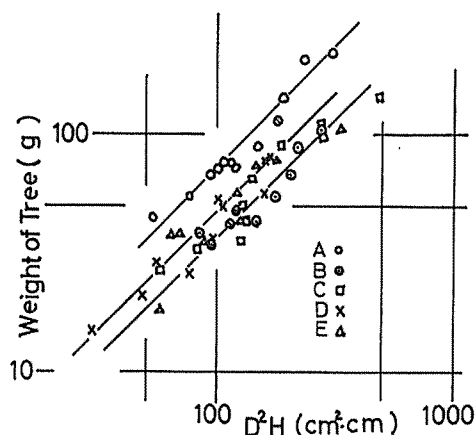


Fig. 9.-(1) Relation between D^2H and dry weight of underplanting Hinoki (1976).

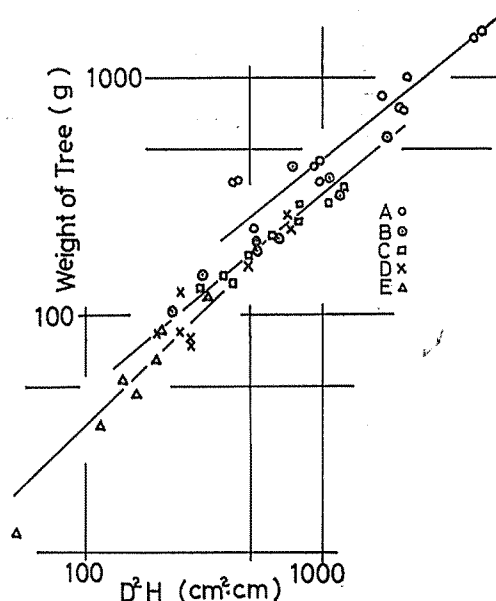


Fig. 9.-(2) 葉 (1979).

あらわしている。同様な関係を各部分の量で比較すると幹重では差が少なく、根重や葉重の差が大きい。

図-10は葉重と個体重の関係で樹下植栽区の間の差は少なく、平均個体重における葉重の占める割合は29~31%であり上木の無い区(A)の葉重の割合は33%で樹下植栽区に比べてわずかに大きい。また無間伐区(E)の小さな個体で、葉量がこの関係から分離して著しく少ない個体がある。林縁や林内などの生育の条件^{22,23)}によって葉重の割合が異なることが報告されているが、樹下植栽の強い庇陰下で葉量の割合が少ないこと¹⁰⁾や、密なヒノキ林内のヒノキ植栽木の枝葉の枯れ上がり率の大きいこと¹⁵⁾などにみられるように、強い被陰によって葉量の割合が著しく少なくなるものがあると考えられる。

植栽後5年目の樹下植栽木の D^2H と各部分量の相対生長関係から求めた最近1年間の個体重の生長量と葉量の関係が図-11で、単位葉重当りの生長量は上木の胸高断面積合計が大きいほど低くなる。林内の相対照度5~8%程度のCやDは上木の無い区(A)の約3/4、相対照度3.7%の無間伐区(E)は約2/5である。安藤ら²⁴⁾のスギ林内のヒノキ下木と比べて、相対照度や樹齡が異なり量的な差は大きい、比率としては近いものである。無間伐区(E)のなかにみられる葉量の著しく少ない個体は、このような葉の能率の低いことと

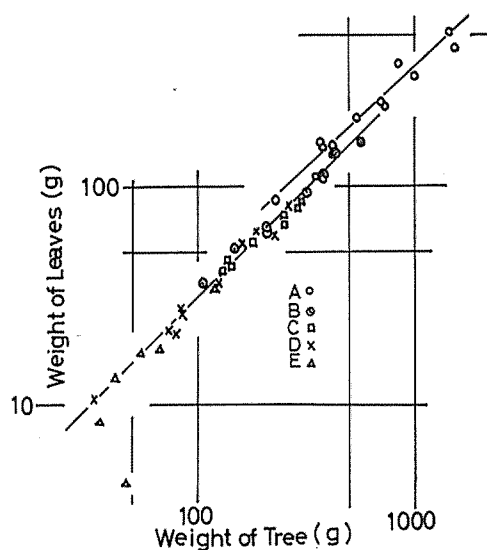


Fig. 10. Relation between dry weight of leaves to weight of tree (underplanting Hinoki 1979).

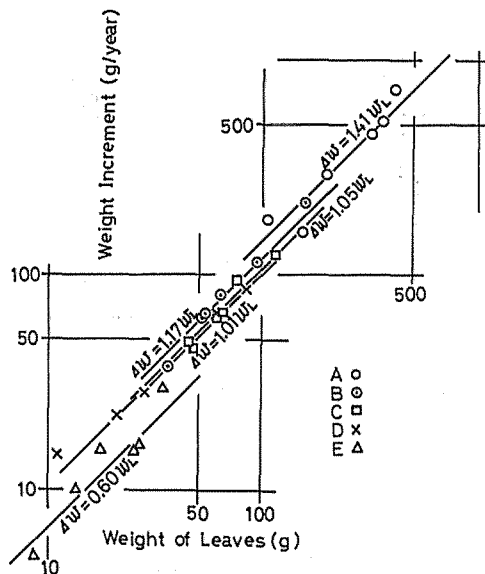


Fig. 11. Relation of annual dry weight increment to leaf weight of underplanting Hinoki (1979)

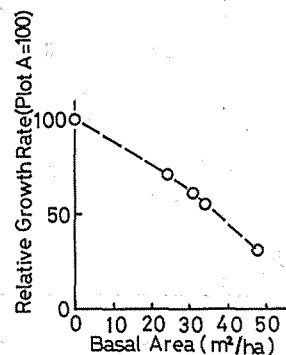


Fig. 12. Relation of relative growth rate of underplanting Hinoki to basal area of upper storey (1979).

Table 3. Average diameter, height and average dry weight of underplanting Hinoki (1979)

Plot	No. of tree/100m ²	Average diameter at base (mm)	Average height (cm)	Average dry weight per tree (g)					
				Root	Stem	Branch	Leaf	Total	Weight increment/yr
A	39	29.1	173	157.2	155.0	86.8	198.0	597.0	278.5
B	40	17.7	154	41.7	56.5	24.8	54.4	177.4	63.9
C	40	18.4	176	50.3	67.5	28.8	63.7	210.3	67.2
D	37	14.5	141	21.5	33.0	14.5	28.0	97.0	28.2
E	29	10.2	88	7.2	12.5	5.5	10.4	35.6	6.2

あわせて枯死率の高いことに関連すると考えられる。図-12は植栽後5年目の個体重の相対生長率と上木の胸高断面積合計の係で、胸高断面積合計が大きいほど生長率が低くなり、生長量の差が大きくなることをしめしている。しかし間伐度合の最も高いBの5年目の胸高断面積合計は24.2 m²/haで、これに相当する林内相対照度は14.6%であり、本結果ではこれ以上相対照度の高い樹下植栽区を含んでいないため林内の相対照度との十分な比較を行なうことは困難であった。個体重に占める葉量の割合は先に述べたようにAがわずかに多く、他の区では差が少ないことから、このような生長率の違いはおもに庇陰による葉の能率の違いによるといえよう。幹重の生長率と上木の胸高断面積合計の関係も個体重の場合と似た傾向をしめた。

平均個体重(表-3)から幹の現存量を推定すると上木のない区(A)が0.60 t/haで樹下植栽区はさらにこの値より低く、上木の現存量に比べると極めて少ない値である。スギやヒノキの二段林の下木の占める割合は現存量よりも生長量で多いことが報告されている²⁵⁾が、5年目の弱度間伐区Dにおける樹下植栽木の最近1年間の幹生長量の割合は0.27 g/g・yrで、BやCの値はこれより高く、上木に比べれば高い値であるので、幹の生長量における樹下植栽木の占める割合が現存量におけるよりも大きいといえる。しかし枯死の多い無間伐区(E)では比較が困難である

し、また上木の生長による庇陰の強さの変化がこれらの割合にあたる影響などについて調査を続けることが必要であろう。

引用文献

- 1) 川那辺三郎・玉井重信・堤利夫：ヒノキ人工林の間伐前後の現存量と林内の光環境について，京大演報，**47**，26-33，1975
- 2) 玉井重信・堤利夫：ヒノキ林内に樹下植栽したヒノキの生長について(I)，日林大論集，**88**，223-224，1977
- 3) 只木良也：森林の現存量とくにわが国の森林の葉量について，日林誌，**58**，416-423，1976
- 4) 玉井重信・四手井綱英：林内の照度(II)，京大演報，**44**，100-109，1972
- 5) 齊藤秀樹：林内の照度，ヒノキ林—その生態と天然更新—，地球社，55-71，1974
- 6) Jackson, L. W. R. & R. S. Harper : Relation of light intensity to basal area of short leaf pine stands in Georgia, Ecol., **36**, 158-159, 1955
- 7) 粟野武雄：保護樹下に於けるヒノキ造林に就て，日林誌，**16**，701-716，1934
- 8) 山内俊枝：樹下植栽に就て，日林誌，**18**，81-86，1936
- 9) 明石諫男：林内人工更新法について—照度と下木の成長— 日林九支論集，**32**，117-118，1979
- 10) 藤原俊広・板垣靖彦：落葉広葉樹林内に樹下植栽したスギ，ヒノキの成長について，日林関西支講，**28**，157-160，1977
- 11) 植木秀志・勝毛忠男・森川秀次郎：樹下植栽木の生長比較試験，日林九支論集，**30**，137-138，1977
- 12) 中村賢一郎：扁柏天然更新に就て(1)，御料林，**45**，18-22，1932
- 13) 尾方信夫・上中作次郎：ヒノキ天然下種更新の成立に関する研究(第5報) 相対照度をちがえた場合の発芽稚樹の消長についての若干の考察，日林九支論集，**22**，81-82，1968
- 14) 川那辺三郎・四手井綱英：陽光量と樹木の生育に関する研究(III) 針葉樹苗木の生育におよぼす被陰の影響，京大演報，**40**，111-121，1968
- 15) 尾方信夫・上中作次郎・飯盛巧・竹下慶子：九州支場における研究，非皆伐施業法に関する研究資料，林試，69-89，1975
- 16) 中村基・後藤康次：複層林の造成に関する試験，岐阜県林試報，8-13，1975
- 17) 河原輝彦：非皆伐施業に関する研究—相対照度と植栽木の生長—，日林関西支講，**29**，120-122，1978
- 18) 小早川進：土壌を異にする場合に庇陰が林木稚樹の生育に及ぼす影響について，東大演報，**32**，71-92，1943
- 19) 谷本丈夫：林木の生長に及ぼす人工庇陰の影響(V) 庇陰の強さと肥料濃度が同時に作用したばあいのスギ苗木の生長，森林立地，**21**，16-21，1980
- 20) 池本隆：天然林内における明るさ及びスギの生長，鳥取県林試報，**20**，28-38，1977
- 21) 山本久仁雄：非皆伐施業に関する研究(IV) —ヒノキ林内に樹下植栽したヒノキの生長—，日林関西支講，**31**，127-129，1980
- 22) 加茂皓一・赤井竜男：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
- 23) 赤井竜男：ヒノキの天然更新の機構，ヒノキ林—その生態と天然更新—，地球社，211-354，1974
- 24) 安藤 貴・竹内郁雄・齊藤 明・渡辺秀彦：人工二段林における物質生産測定例，日林誌，**51**，102-107，1969
- 25) 安藤 貴：久万地方における二段林の林分生長量，日林関西支講，**30**，101-103，1979

Résumé

The effects of shading and thinning rate of upper storey on the growth of *Chamaecyparis obtusa* Sieb. et Zucc seedlings were studied. Four plots, each 25m×25m, were established in a artificial stand of 45 years old *Chamaecyparis obtusa*. Three plots were thinned at different thinning rate (B, C, D) and one plot was left unthinned (E) in 1973. In spring 1975, 3 years old *Chamaecyparis obtusa* seedlings were planted in these four plots and no upper storey plot (A) near these plots.

The relative light intensity under the canopy of upper storey rapidly decreases as the basal area increases till about 35 m²/ha. The diameter growth of underplanting Hinoki

decreases as the light intensity decreases. On the height growth, the difference between plot A and underplanting plots is not significant till about 10% of daylight but sharply decreased at lower light intensity. Average dry weight per tree decreases as the light intensity decreases, like as the trend of diameter growth. Some smaller trees grown in unthinned plot have lower proportion of their total dry weight in leaves so that the growth rate of these trees decrease rapidly.