

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

川那辺三郎・玉井重信・堤 利夫

Effects of thinning on the biomass and the light climate
in *Chamaecyparis obtusa* Sieb. et Zucc. stand

Saburo KAWANABE, Shigenobu TAMAI and Toshio TSUTSUMI

目	次
要 旨……………26	現存量と生産構造……………28
はじめに……………26	林内の光環境……………30
試験地の概況と調査方法……………27	引用文献……………33
結果および考察……………28	Résumé ……………33

要 旨

京都大学農学部附属演習林徳山試験地（山口県徳山市鉢窪）の45年生ヒノキ人工林内に8試験区を設定し、2区は無間伐とし他は立木本数で30～55%、胸高断面積合計で20～49%の度合の異なる間伐を1973年におこなった。間伐によって主に庇圧された小径木と形質不良木を取り除いた。

現存量は相対生長関係を用いて推定した。間伐前年(1972年)の地上部現存量は、113～147ton/ha、葉量は8.6～11.4 ton/haで他のヒノキ林の値に比べ低い方に属している。単位葉重量当りの幹材積生長量や幹量の増加割合は、他のヒノキ林に比べ妥当な値であった。間伐後1年目のこれらの値と間伐強度との間には明らかな傾向はみられなかった。

林内の相対照度と林分葉量は指数関数的関係があるが、吸光係数(K')は無間伐区と間伐区では異なる値を示した。全天空写真から林冠の空隙率をしらべた結果、間伐区では無間伐区と異なり60度と90度付近が最も大きかった。

はじめに

間伐は、林木を健全に育て、同時に間伐木を有効に利用するための保育作業の一つであるが、広義の間伐には、除伐や受光伐も含まれる。この報告はヒノキ人工林で、庇圧木と形質不良木を取り除くことと同時に樹下植栽による更新を行なうために異なる強度で間伐を行ない、樹下植栽木の生育に最も大きな影響を与える要因の一つであると考えられる林内の陽光の強さと間伐の度合との関係をしらべることが目的としている。したがって、ここで用いる間伐は、保育と更新を目的としている、いわゆる広義の間伐である。樹下植栽による更新は、皆伐によらない更新の一つの有効な方法であると考えられ、強度の間伐による方法や、また強度の枝打ちにより林内の相

対照度を高め、下木の育成を容易にすることなどがあげられる。³⁾

本試験地には、1975年春にヒノキ苗木が樹下植栽され、この生長については今後調査が続けられる予定である。

本研究をすすめるにあたり、ご協力をいただいた京都大学徳山試験地と森林生態学研究室の諸氏に深く感謝する。

試験地の概況と調査方法

試験地は、京都大学演習林徳山試験地（山口県徳山市鉢窪）内のおおよそ45年生のヒノキ人工林内に設定された。海拔高は約200m、傾斜角20~30度程度の南西向斜面、土壌は褐色森林土で比較的浅い。年降水量はおおよそ1900mm（1969, 1970年の平均）である。試験地付近の地況や植生は堤ら¹⁴⁾によって報告されている。

1972年12月にヒノキ人工林内に25m×25m（625m²）の試験区を8箇設定して毎木調査を行ない間伐木を選定した。プロット3, 4（P-3, 4）は無間伐区とし、他の6箇は、それぞれ間伐の強度を変えた。間伐は主に小径木と幹の形質の悪いものから行ない、それれに林木の配置を考慮して行なった（表-1, 2 図-1）。間伐木の伐採は1973年秋に行なわれ、その直後に現存量推定のための資料木を伐倒して測定を行なった。

Table. 1 Stand density and basal area at before thinning and after thinning

Plot	Stand density No/ha				Basal area m ² /ha			
	before thinning 1972	(removed in thinning%)	after thinning 1973	1974	before thinning 1972	(removed in thinning%)	after thinning 1973	1974
1	928	(41)	544	544	36.4	(33)	25.1	25.8
2	848	(30)	592	592	32.6	(21)	26.3	27.0
3	1152	(0)	1152	1152	36.8	(0)	38.0	39.3
4	1040	(0)	1040	1040	31.1	(0)	32.4	33.2
5	1008	(30)	704	704	33.0	(20)	27.0	27.8
6	912	(51)	448	448	30.8	(43)	18.1	18.7
7	1040	(55)	464	464	35.1	(49)	18.4	19.1
8	848	(32)	576	576	29.9	(23)	23.3	23.9

Table. 2 DBH and height

Plot	Average DBH cm			Average stem height m		
	1972	1973	1974	1972	1973	1974
1	21.9	23.9	24.3	14.8	15.3	15.5
2	21.8	23.5	23.9	14.9	15.4	15.6
3	19.8	20.2	20.5	13.5	13.7	13.9
4	19.5	19.7	20.0	13.7	13.8	14.0
5	20.1	21.8	22.2	13.6	14.3	14.5
6	20.5	22.6	23.0	13.8	14.7	14.9
7	19.3	22.3	22.6	13.5	14.7	14.9
8	20.9	22.5	22.8	14.2	14.8	15.0

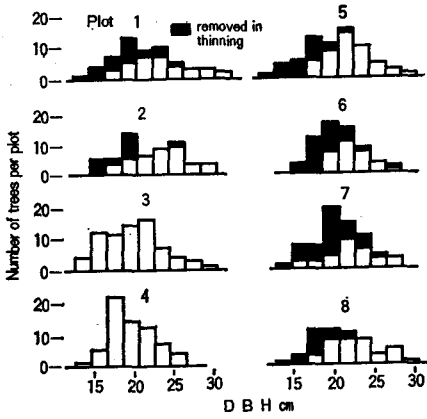


Fig. 1 Stand structure histogram by diameter at breast height(DBH)

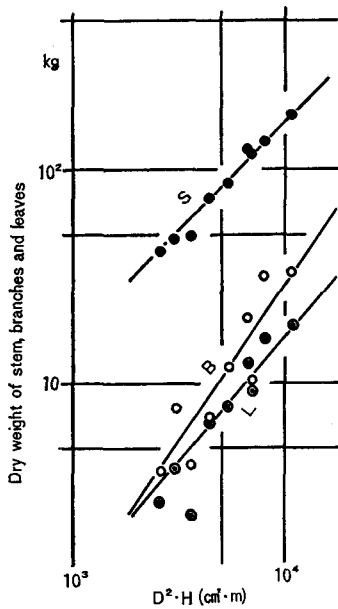


Fig. 2 Allometric relations of dry weight of stem (W_s) branches (W_b) and leaves (W_l) to D^2H ($DBH^2 \times \text{height}$)

$$\log W_b = 1.435 \log D^2H - 4.284 \dots\dots\dots(2)$$

$$\log W_l = 1.155 \log D^2H - 3.397 \dots\dots\dots(3)$$

$$W_b, W_l \text{ (kg), } D \text{ (cm), } H \text{ (m)}$$

以上の(1)(2)(3)が伐倒調査を行なった1973年の前年と1年後にもなりたつものとし、各プロットの現存量を推定した(表-3)。

間伐前年の幹量の最大値は P-1 の 117 ton/ha で平均樹高当りの幹量は 7.9 ton/ha, m⁶⁾である。ヒノキ林の平均樹高当りの幹量の最大値の 14.9 ton/ha, m⁶⁾の53%にあたり、この林分は十

林内の相対照度の測定は、試験区の周囲の影響を少なくするため各プロットの中心部に 8m×8mの小区を設定して、その小区内の林床植物の上部で50点づつ測定した。

全天空写真は各プロット内に9測点固定し70cm高で撮影した。露出は晴天時 F16, 1/60秒, 曇天時F11, 1/30秒である。全天空写真の解析方法については Anderson, 玉井らの報告を参照されたい。

結果および考察

現存量と生産構造

各部分の現存量を推定するために相対生長関係をしらべた。まず幹乾重 (W_s) と D^2H (D : 胸高直径, H : 樹高) の関係は図-2に示すように、ほぼ比例するようである。

$$\log W_s = \log D^2H - 1.778 \dots\dots(1)$$

$$W_s \text{ (Kg), } D \text{ (cm), } H \text{ (m)}$$

幹材積 (V_s ; dm³) と幹乾重 (W_s ; kg) の間にも比例関係がみられ $V_s = 2.32W_s$ であらわされた。この関係は山倉らと同じ幹比重を示した。他のヒノキ林の W_s や V_s と D^2H の相対生長関係から求められた回帰式の勾配は、1よりわずかに小さい場合が多い。^{6,9,15,16)} $W_s \sim D^2H$ の回帰式の勾配がより大きくなると、直径の大きい個体の幹重が過大に推定される場合があり、林分の幹現存量に対する影響が大きくなるので、今後この林分の幹量を推定する場合、生長にともない、更に資料を加えて回帰式を検討する必要があると考えられた。

枝乾重 (W_b)、葉乾重 (W_l) と D^2H の関係は図-2のとおりで、いずれも直線で近似され、次の回帰式が得られた。

分な蓄積をもった林分であるとは云えない。

間伐前年の断面積合計 (B. A.) は $40\text{m}^2/\text{ha}$ に達していないことや、立木密度が比較的低いことなどが蓄積の少ないことにつながると考えられるが、この林分の過去の取扱いが明らかでないため立木密度がどのような経過を経て現在に至ったかを知ることは出来なかった。なおこの林分には、樹幹の曲ったものや、つる類の被害を受けたと思われるものが比較的多いことから、保育作業がほとんど行なわれなかったと推察される。

間伐前年の葉量は $8.6\sim 11.4\text{ ton}/\text{ha}$ で、他のヒノキ林分の葉量が $10\sim 18\text{ ton}/\text{ha}$ ⁶⁾ であるのに比べて低い方に属している。単位葉重当りの枝重は $1.5\sim 1.6\text{ ton}/\text{ton}$ ^{8,9,15,16)} で、他のヒノキ人工林が $1.1\sim 1.3\text{ ton}/\text{ton}$ であるのに比べて大きい。この割合が大きいことは、この林分が他に比べて立木密度が低いことが原因の一つであると考えられた。

単位葉量当りの幹材積生長量は葉の幹生産の能率をあらわすめやすにされるが、無間伐区 (P3, 4) のこの値は $0.9\sim 1.2\text{ m}^3/\text{ton}\cdot\text{yr}$ ^{6,7,8,9,15,16)} で、その範囲は広いが、その大部分は $0.8\sim 1.3\text{ m}^3/\text{ton}\cdot\text{yr}$ ^{8,9,15,16)} で、この林分の値はこれらの値に比べて妥当である。間伐後1年目 (1974年) のこれらの値は $0.9\sim 1.1$ で、プロット間の差は少なく、間伐強度との一定の関係はみられなかった。

無間伐区 (P-3, 4) ⁷⁾ の単位幹量当りの幹生長量は $0.035\sim 0.047\text{ ton}/\text{ton}\cdot\text{yr}$ ¹⁵⁾ で只木らの45年生では 0.029 ⁹⁾、山倉らの30年生は 0.078 、40年生は 0.036 、竹内らの 0.049 などに比べて、山倉らの30年生を除けば、これらに近い値を示している。1974年の各プロットの値は $0.037\sim 0.047$ で間伐区と無間伐区とに一定の関係はみられなかった。

これらの比較から、この調査林分は、林齢に比べて、蓄積は少ないが、葉の幹生産の能率や、幹量の増加の割合は低い値ではなかった。

無間伐の P-3 の生産構造図は図3に示すように、最大の葉量をもつ層は地上 $11.3\sim 13.3\text{m}$ で、その量は約 $2\text{ ton}/\text{ha}\cdot\text{m}$ ^{8,9,15)} である。他のヒノキ林ではこの値は $4\sim 5\text{ ton}/\text{ha}\cdot\text{m}$ ^{8,9,15)} で、これらの調査は 1m 層別に求められているが、この調査では 2m 層別に調べたので、多少数値が異なる可能性があるが、これらの林分に比べて最大値がかなり低いといえよう。また、この林分の生産構造図における生枝下高は樹高の約 $1/3$ ^{8,9,15)} であるのに比べ、他のヒノキ林では $1/2\sim 1/3$ 程度である。このように、葉の垂直分布には他の林分との差がみられた。

Table. 3 Estimated biomass per hectare (ton/ha)

Plot	Stems (volume m^3/ha)			Branches			Leaves			Above ground		
	1972	1973	1974	1972	1973	1974	1972	1973	1974	1972	1973	1974
1	117.1(271.7)	83.0(192.6)	86.5(200.7)	18.8	14.2	15.1	11.4	8.3	8.7	147.3	105.5	110.3
2	105.6(245.0)	87.5(203.0)	91.2(211.6)	16.7	14.7	15.6	10.2	8.7	9.1	132.5	110.9	115.9
3	107.8(250.1)	113.1(262.4)	118.5(274.9)	15.1	16.2	17.3	10.0	10.6	11.2	132.9	139.9	147.0
4	93.5(216.9)	96.8(224.6)	100.7(233.6)	12.6	13.3	14.1	8.6	8.9	9.4	114.7	119.0	124.2
5	97.9(227.1)	83.1(192.8)	87.1(202.1)	14.0	12.7	13.6	9.1	8.0	8.3	121.0	103.8	109.0
6	91.7(212.7)	56.8(131.8)	59.6(138.3)	13.0	8.8	9.4	8.6	5.5	5.8	113.3	71.1	74.8
7	106.5(247.1)	58.8(136.4)	61.7(143.1)	15.4	9.3	9.9	10.0	5.7	6.0	131.9	73.8	77.6
8	92.4(214.4)	74.3(172.4)	77.2(179.1)	13.8	11.7	12.4	8.8	7.2	7.5	115.0	93.2	97.1

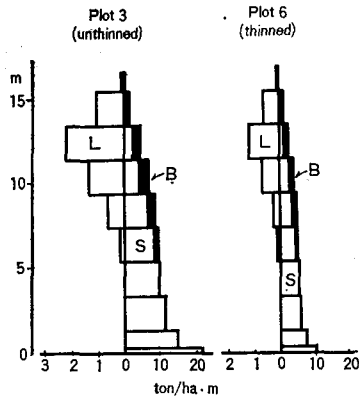


Fig. 3 Stand structure

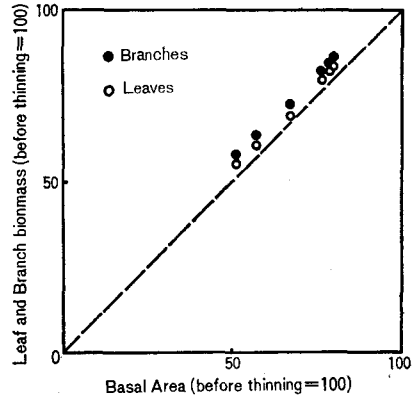


Fig. 4 Relation of leaf and branch biomass to basal area after thinning

間伐によって取除かれた間伐木の B. A. と葉量や枝量の林分現存量にしめる割合を比較すると、B. A. の取除かれる割合よりも、葉量では全林分量の 2~4%、枝量は 5~6% 取除かれる量が少なかった (図-4)。また幹量は 2~3% 少ない。

林内の光環境

下層植生との関連については、以後の報告であつかうことにし、今回はまず林冠の変化とそれにともなって生じた林内照度の変化について検討した。

林内の平面方向の照度分布について調べてみよう。各プロット内にもうけた 8 × 8 m の小区内で、50 点ずつ照度計で測定した結果を林内の相対照度 (RLI; %) の度数分布にしてあらわした

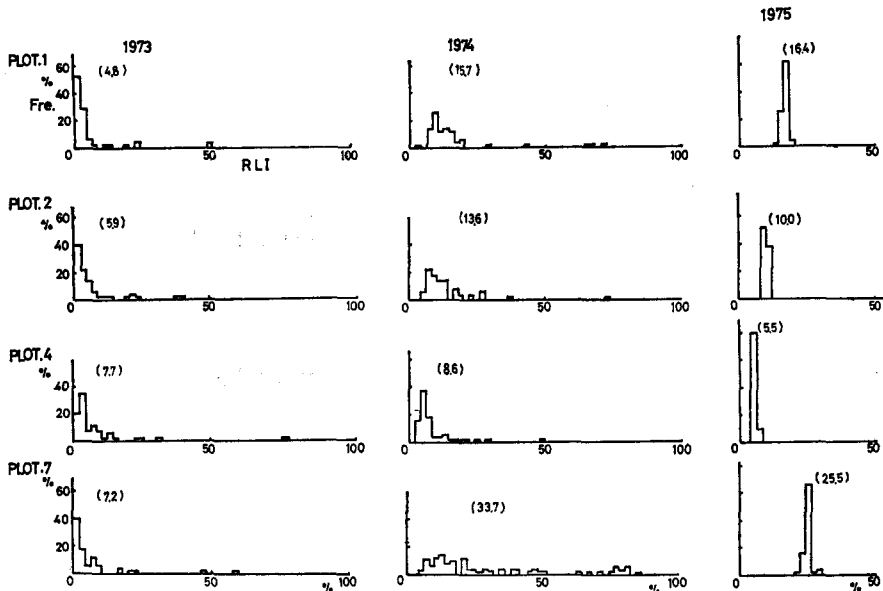


Fig. 5 Frequency of relative light intensity under the canopy. (): mean value of relative light intensity.

ものが図一5である。8プロットすべてについて照度測定したが、ここでは間伐強度により無間伐から強度間伐まで4段階をそれぞれプロット3, 2, 1, 7の例として検討してみる。照度測定は、間伐前の1973年, 間伐後1974年4月と9月, そして翌1975年4月の4回おこなった。測定時期をあわせて比較するために間伐後の値も4月に測定した結果をもちいた。

間伐前の1973年測定時の林外照度は、10~11万ルクスの晴天であったため、全体に RLI の分布はL型をしている。RLI の平均値が6%前後であり、林分葉重量が約 10 ton/ha で他の林分の結果からみてこの林分は林分閉鎖直前と思われる。RLI の分散は完全に閉鎖している林分の結果に比べ大きい、斜面の影響もあると思われるこの点については後で検討する。間伐した翌年の1974年測定時の林外照度は、7~9万ルクスで前年に比べやや低い。そのため無間伐区のプロット4の RLI の平均値は、8.6% で前年に比べ林外照度の変化により高目になっている¹¹⁾、RLI の分布型は同様なL型をしている。これに対し間伐したプロットは大きく変化しており、分布型はL型がくずれ、陽斑点の出現により分散が大きくなっている。この傾向は間伐強度の強いプロットほど顕著にあらわれており、今後樹下植栽木の生長量との関連を検討する際、考慮する必要がある。1975年の結果は間伐後1年半経過した時点の結果であり、表-1, 2, 3をみてもわかるように林分状態は1974年測定時と比べ大きな変化がないにもかかわらず、分布型を全く異にしている。1975年測定時は曇天で林外照度0.6~1.3万ルクスで前二回と全く異なり林外照度が低いため正規分布に近づき、分散は小さくなっている。林分密度、構造の異なったプロット間の光環境を比較する場合、統計的にみてもまた RLI が林外照度により変化する傾向からみても曇天時の値を基準にすることが適当であり例示した。また各プロットの林分葉量(表-3)を考慮し RLI の平均値をみると、葉量の多いプロットで相対的に低い値を示していないものもあるが、これはプロットの地形的要素によるものと考えられる。

林内光環境に最も影響を及ぼす林分内での要素は林分葉量であり、それは林内の明るさを推定するパラメーターとして最適と考えられる。群落内の単位土地面積当りの葉面積と RLI の間には、指数関数関係があるが、これを林分葉重量 (y_L ; ton/ha) との関係におきかえ適用することが可能であり、林内照度を I , 林外照度を I_0 とすると、 $I/I_0 = \exp[-K'y_L]$ となるとされている。このヒノキ林分で $I/I_0 \sim y_L$ 関係をしらべた結果を図一6に示した。間伐前(1973年, ●印)と無間伐区(◎, ▲印)はほぼ吸光係数 (K') が0.27の $I/I_0 \sim y_L$ 関係に近似している。この K' の値は、日野ヒノキ林分での結果(×印)の0.24に比べやや大きい、林外照度、地形、樹種による葉の特性などによる差を考慮すると、この程度の違いは許容範囲内であろう¹¹⁾。間伐した翌春の結果をみると、無間伐区の値と間伐区の値は分離傾する向があり $K' = 0.22$ で、1975年の値(△印)も K' は無間伐区の値に比べ小さい傾向を示している。長期間林冠が破壊されていない林分では、その林分密度において、より有効に光が吸収されるような林冠構造になっている¹⁰⁾。しかし間伐直後ないしその後しばらく林冠は間伐前の状態に近い構造をしているので林分とし

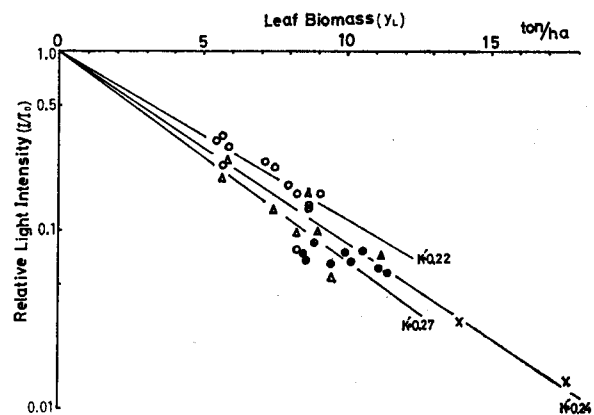


Fig. 6 Relation between relative light intensity (I/I_0) and leaf biomass (y_L). ● : 1973, ○ : 1974 thinned, ◎ : 1974 unthinned, △ : 1975 thinned, ▲ : 1975 unthinned, × : Hino(1971)

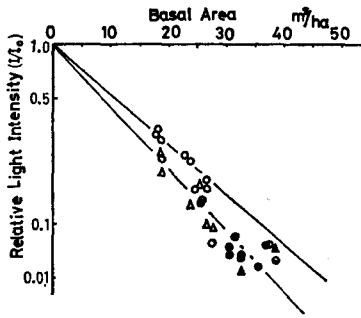


Fig. 7 Relation between relative light intensity and basal area. ●: 1973, ○: 1974 thinned, ⊙: 1974 unthinned, △: 1975 thinned, ▲: 1975 unthinned

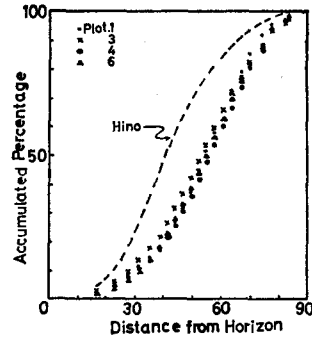


Fig. 8 The accumulated percentage light distribution from horizon to zenith.

での吸光率は同一葉量をもった無間伐林分より小さくなる¹⁰⁾。このため $I/I_0 \sim Y_L$ 関係において、 K' は無間伐区と間伐区に差が生じたと考えられ今後時間因子を含めこの点についてしらべてゆくつもりである。

実用的には林内照度と林分密度の関係をしらべるとき、しばしば Y_L のかわりに胸高断面積合計を用いるが図-7は徳山ヒノキ林分でこの関係を示したものである。傾向は図-6におけるものと同様である。しかし $W_L \sim D^2H$ 関係が林令、林分間で分離することを考慮すると、今回のような同一林分内で測定値間の時間的経過が短い場合はよいが、異なった林分や長期間の調査結果に適用することは問題があろう。この点についても今後調べてゆきたい。

最後に全天空写真を用いて林冠構造と林内の相対照度を調べた結果を述べよう。

全天空写真から RLI を算出し、角高度0度から天頂まで累積した光の入射光量を示したものが図-8である。8プロット中、無間伐区2プロット、間伐区2プロット合計4プロットについて検討してみた。いずれも累積照度はプロット間に明確な差はあらわれておらず、角高度55度付近までで林分に入射する照度の50%を占めている。この値は日野ヒノキ林分の結果(破線)の42度に比べ高角度である。日野ヒノキ林の林分葉量は 15 ton/ha で徳山ヒノキ林分の約 10 ton/ha に比べ多く、すでに林冠が閉鎖している。そのため高角度からの入射量が相対的に少なくなると思われる。さらに角高度による入射量、すなわち林冠の空隙量についてしらべてみた。図-9は全天空写真から求めた角高度とその角高度における林冠空隙率(G ; %)の関連を示したものである。

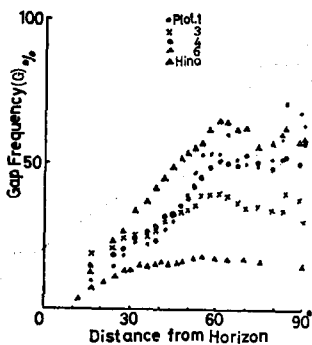


Fig. 9 Gap frequency of the canopy.

である。林冠閉鎖した平地林では、図-9の日野ヒノキ林の結果(▲印)のように、 G は1つのピークをもった曲線¹³⁾で変化する。無間伐プロット3、4もほぼ同様な傾向を示しているが、間伐したプロット1、6では60度と90度付近にピークのある型をしている。すなわち間伐した林分の林冠は70~80度付近に比べ、60、90度付近の方がより空隙率が高くなることになる。したがって太陽高度と軌跡を考えると、無間伐区と間伐区では直射光の入り易い時間が異なり下層植生に対する影響を考えると直射光の入射のしかたと林冠空隙率の関連は重要と思われる。斜面効果は、プロット間で明確な傾向はあらわれていないが、急斜面のプロットほど低角度からの入射

光量多くなっておりプロット3にその傾向がみられる。

引用文献

- 1) Anderson, M. C. : Studies of the Woodland climate. I. The photographic computation of light conditions. *J. Ecol.* **52** 27-41 1964b.
- 2) Anderson, M. C. : Radiation and crop structure. *Plant photosynthetic production. Manual of methods.* 412-466 (Z. Šesták, J. Čatský and P. G. Jarvis edi.) 1970
- 3) 安藤貴, 竹内郁雄, 斎藤明, 渡辺秀彦 : 人工二段林における物質生産量の測定例, *日林誌*, **51**(4), 102—107 1969
- 4) Monsi M. und T. Saeki : Über den Lichtfaktor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. *Jap. J. Bot.* **14** 22-52 1953.
- 5) 中村賢太郎 : 育林学原論 407 産業図書 1945
- 6) 斎藤秀樹 : ヒノキ人工林生態系の物質生産機構。四手井綱英他著「ヒノキ林」 375 地球社 1974
- 7) 佐藤太七郎, 扇田正二 : 林分生産論資料6。わかいスギ林における物質の現存量, 生産量および葉の量と生長の関係。東大演報, **62**, 71—100, 1959
- 8) 只木良也, 尾方信夫, 長友安男, 吉田武彦 : 森林の生産構造に関する研究 (X) 無間伐の45年生ヒノキ林の生産力, *日林誌*, **48**, 387—393, 1966
- 9) 竹内郁雄, 只木良也, 蜂屋欣二, 河原輝彦, 佐藤明 : ヒノキ30年生林分の間伐試験——列状間伐を中心として——林試研報, No. **272** 141—155 1975
- 10) 玉井重信, 四手井綱英 : 小径木間伐に関する研究 (IV), 第1回間伐4年後の林況の変化について, *京大演報*, **42**, 163—173, 1971
- 11) 玉井重信, 四手井綱英 : 林内照度 (I), *京大演報*, **43**, 53—62, 1972
- 12) 玉井重信, 四手井綱英 : 林内照度 (II), 全天空写真による解析 (I) *京大演報*, **44**, 100—109, 1974b
- 13) 玉井重信 : 林内光環境と林分構造に関する研究, 学位論文, 1974
- 14) 堤利夫, 稲森幸雄, 岡本憲和, 光枝和夫 : 京都大学徳山試験地の植生一樹木誌を中心として——京大演集報, No. **10**, 119—126, 1972
- 15) 山倉拓夫, 斎藤秀樹, 四手井綱英 : ヒノキ人工林の物質生産の検討, *京大演報*, **43**, 106—123, 1972
- 16) 湯浅保雄, 伊藤悦夫 : 天竜地方のヒノキ林の生産力。第77回日林講, 220—222, 1966

Résumé

Eight sample plots, each 25m×25m, were established 45 years aged *Chamaecyparis obtusa* Sieb. et. Zucc. stand. Two of the plots, No. 3 and No. 4, are left unthinned. In 1973 the other six plots were thinned at a different rate. From 30 to 55 per cent of the trees and from 20 to 49 per cent of the basal area was removed. In thinning, most of the suppressed and low quality trees were removed.

1) The biomass in the plots was established by using an allometric relationship. The above ground biomass, before thinning (1972), was 113-147 tons per hectare.

2) In the control plots, No. 3 and No. 4, the leaf biomass is 8.6-11.4 tons per hectare and the stem volume increment per ton of leaves is 0.9-1.2 (ton / ha. yr).

3) In relation between the relative light intensity and the leaf biomass, the extinction coefficient (K') in thinned plots was different from the unthinned.

4) Estimated gap frequency of the canopy by using hemispherical photographs, gap frequency had two maximum values in the thinned plots.