

四国地方におけるヒノキ人工林の成長解析

宮 本 倫 仁⁽¹⁾・谷 本 丈 夫⁽²⁾・安 藤 貴⁽³⁾

Michihito MIYAMOTO, Takeo TANIMOTO and Takashi ANDO : Analysis of
the Growth of Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) Artificial
Forests in Shikoku District

要 旨：四国地方の20年生，42年生，48～50年生の施肥林を含む閉鎖したヒノキ人工林の現存量や純生産量を求め，成長解析をおこなうと共に，これまでの報告を加えて，ヒノキ人工林の物質生産について総合的な検討を加えた。

林分葉量は四国地方と他の地方との間に違いは認められない。葉量は施肥によってやや増加する傾向が伺えた。他の地方の資料を加えて検討した結果，葉量は地位の低下と共に減少するが，1等地と2等地の差は小さく，3等地以下では差がやや大きくなった。全資料によるヒノキ人工林の平均葉量は $12.9 \pm 2.9 \text{ t/ha}$ であった。葉量の経年変化は他の樹種と同様の傾向を示し，その最大値は35年前後で認められた。

林分の純生産量を検討すると，施肥は純生産量を増加させるようにみうけられた。他の地方の資料を加えて，地位ごとの純生産量を求めると，当然ながら地位が良いほど純生産量が高い値を示した。全資料による純生産量の平均は $15.0 \pm 3.8 \text{ t/ha} \cdot \text{yr}$ であった。地位ごとの純生産量の経年変化をみると地位がよいほど最多の時期が早まるようであった。

同一地位では，相対成長率と葉面積比は林齢と共に低下したが，純同化率に大きな変化は認められなかった。施肥林の相対成長率，純同化率，葉面積比は無施肥林より高い値を示すようにみうけられた。他の資料も加えて求めた地位ごとの単位葉重量あたりの物質生産量や葉の幹生産能率は地位が悪くなるにしたがって低くなり，施肥によってこれらが高まる傾向が認められた。

目 次

I は じ め に	89
II 調査地と調査区	90
III 調査方法ならびに現存量・純生産量の推定方法	91
1. 調 査 方 法	91
2. 現存量・純生産量の推定方法	92
IV 結 果 と 考 察	92
1. 調査区の林分構成値	92
2. 現 存 量	94
3. 純 生 産 量	97
V 摘 要	102
引 用 文 献	103
Summary	105

I は じ め に

ヒノキは，わが国では古くからスギに次ぐ主要造林樹種として年々の造林面積においても第2位の地位

を占め、全国の樹種別造林面積の推移を見ても、1960年代は針葉樹造林面積のうち、スギは40%、ヒノキは20%程度を示してきたが、1971年には、スギが35%、ヒノキが31%と次第に接近してきている。

四国地方でも従来はスギの植栽面積がヒノキのそれを上まわっていたが、1967年を境として逆転し、以後その差を広げ、1973年度には四国における針葉樹造林面積のうちヒノキは実に74%に達し、スギは24%を占めるに過ぎない。このようにヒノキの造林面積の拡大は、四国において特に著しい。

近年、森林の物質生産に関する研究が著しく進展し、その結果は森林の保育、あるいは環境問題の基礎資料として用いられ、ヒノキ林についても本州や九州について佐藤・扇田²³⁾、只木ほか²⁶⁾、湯浅・伊藤³³⁾、湯浅³⁴⁾、原田ほか⁷⁾、MORIKAWA¹⁸⁾、山倉ほか³²⁾、森・加藤¹⁷⁾、尾方ほか¹⁹⁾²⁰⁾²¹⁾、竹内ほか²⁹⁾、川那辺ほか¹³⁾によってこれまでに報告され、これらの一部によって斎藤²²⁾により集約されている。しかしながら前述のような実態にあるにもかかわらず、四国地方におけるヒノキ人工林の物質生産に関する報告の事例はまったくない。このような状況にあるため、四国地方のヒノキ林の生産構造、純生産量など、物質生産に関する生態的特性を明らかにすることを目的として、窪川営林署管内において48~50年生林分の調査をおこなった。この調査に、ヒノキ間伐試験の際に同様の調査をおこなった香川県民有林の20年生林分⁶⁾と高知営林署管内の42年生林分⁵⁾の例もあわせて四国地方ヒノキ林の現存量や純生産量等を解析すると共に、前述の他の地方の報告も加えて、ヒノキ林の物質生産に関する総括的な検討もおこなったのでその結果を報告する。なお、本報の一部は第86回日本林学会大会(1975)で報告した¹⁶⁾。

この調査を実施するにあたり、多大のご便宜とご協力をいただいた高知、窪川両営林署、香川県林業指導所、同県仲多度郡満濃町炭所西共有林組合の各位に心から謝意を表します。

II 調査地と調査区

調査は香川県仲多度郡満濃町の20年生の民有林、高知営林署寺川国有林(高知県土佐郡本川村)の42年生林分および窪川営林署森ヶ内国有林(高知県高岡郡窪川町)の48~50年生林分でおこなった。

香川県満濃町の20年生の調査地にはK-I~K-IVの4調査区を設けた。この調査地は半海洋性の雨量の少ない瀬戸内海沿岸地区の土器川の上流、阿讃山系の低山地帯、海拔高約450mの山脚部にある。調査地の北西約10kmの善通寺市四国農業試験場の気象観測結果は年平均降水量1,260mmを示し、同上の年平均気温から調査地の年平均気温は13.3°C程度と推定される。

高知営林署寺川国有林の42年生の調査地にはT-I~T-Vの5調査区を設けた。この調査地は吉野川の上流、四国中央山脈の太平洋に面した山地帯のヒノキ植栽の海拔高としては上限に近い1,250mの四国では珍しい傾斜の緩やかな段丘状の山腹斜面にあり、調査地から15km離れた高知県吾川郡池川町では年平均降水量2,989mmを示し、調査地の年平均気温は9.2°C程度と推定される。

窪川営林署森ヶ内国有林の48~50年生の調査地にはM-I~M-VIの6調査区が設けられた。この調査地は四万十川の支流、松葉川に面した不入山系の低山地帯にあり、M-I、M-II、M-IIIはいずれも山脚部に、M-V、M-VIは山腹斜面に、M-IVは小尾根上に位置する。10km離れた窪川町窪川では年平均降水量3,276mmを示し、調査地の年平均気温は13.6°Cと推定される。

これらの調査地および調査区の概況をTable 1に示す。

香川県満濃町の調査区は下層間伐、列状間伐、択伐の間伐、無間伐の各処理がおこなわれ、現在は間伐比較試験地⁶⁾となっている。間伐は調査時までにおこなわれたことはないが、下刈、つる切り等の保育は

Table 1. 調査地の概況

Outlines of each plot

Plots	K-I	K-II	K-III	K-IV	T-I	T-II	T-III	T-IV	T-V	M-I	M-II	M-III	M-IV*	M-V*	M-VI
所 在 地 Area	香川県仲多度郡満濃町 Manno Town, Nakatado District, Kagawa Prefecture				高知営林署寺川国有林 Terakawa National Forest, Kôchi Forest Station					窪川営林署森ヶ内国有林 Morigauchi National Forest, Kubokawa Forest Station					
調 査 時 期 Date	1974. 4				1970. 4					1973. 2	1974. 11	1973. 2	1973.10		1974. 11
海 拔 高 Elevation (m)	150				1,250					450					
斜 面 方 位 Exposure	NW			N	S E					NW	E	NW			N
傾 斜 Inclination	10°			15°	5°					35°			40°	38°	34°
土 壌 型 Soil type	B _D (d)				B _D					B _D (d)			B _c		
地 位 級 Site class	1st				1st					1st			3rd	2nd	

* 施肥林分：1967年6月マルリンスーパー成木特号（20-10-10）をN量で150 kg/ha 地上散布。

Fertilized stand : In June, 1967, Fertilizer (Marurin Super Seiboku Tokugo, N-20%, P₂O₅-10%, K₂O-10%) of N 150 kg per ha was given.

十分におこなわれ、また18年生の時に背丈程度に弱度の枝打ちがおこなわれた。

高知営林署寺川国有林のT-I～T-Vも列状間伐の試験地⁹⁾として設定されたもので、この試験がおこなわれるまで、間伐は実施されていない。

窪川営林署森ヶ内国有林の48～50年生林分はいずれも大正13年（1925年）植栽の林分で、林齢の違いは調査の年が異なるためである。1952年に一度間伐のおこなわれた記録があるが、この間伐はきわめて弱度であったものと考えられる。この調査では、当初土佐地方ヒノキ林分収穫表の1等地、2等地、3等地に相当するところでそれぞれで立木密度の違う林分を調査する予定であったが、密度の幅がきわめて小さく、1等地のM-I、M-II、M-IIIの調査結果から十分に目的を達成することは困難と判断した。他方、1973年の調査結果を解析したところ、同年に調査をおこなった3等地M-IVの純生産量が著しく高い値を示し、検討の結果、この区と2等地のM-Vの区域には1967年に施肥（マルリンスーパー成木特号、22-10-10をN量で150 kg/ha 地上散布）されていたことが明らかになった。このために施肥林分と無施肥林分の対比がおこなえるよう調査区の選定を試みたが、2等地だけでしか該当地が得られず、1等地の施肥区と3等地の無施肥区の調査はできなかった。

なお、寺川国有林と森ヶ内国有林は高知営林局管内でも代表的なヒノキの造林地が見られるところである。

Ⅲ 調査方法ならびに現存量・純生産量の推定方法

1. 調査方法

調査区は立木の配置やその構成状態がなるべく一様なところに設けた。調査区の大きさは、香川県の調

査区で K-Ⅲ が $15 \times 15 \text{ m}$ 、ほかは $20 \times 20 \text{ m}$ 、高知営林署寺川国有林の調査区で T-I が $20 \times 20 \text{ m}$ 、ほかは $20 \times 40 \text{ m}$ 、窪川営林署森ヶ内国有林は生立木が 50 本以上含まれるように調査区を設けたため、面積はさまざまであるがいずれも 400 m^2 より大きい。

調査にあたって、まず調査区内に含まれる全立木の樹高、枝下高および胸高直径について毎木測定をおこなった。

また、香川県満濃町の民有林と高知営林署寺川国有林では、各調査区間の立木構成に大きな差がないことから、全調査区の胸高直径の分布全体にわたるように、窪川営林署森ヶ内国有林では、各調査区の胸高直径の分布全体にわたるように標本木を選んで伐倒調査をおこなった。標本木の本数は、香川県の調査区では全調査区を通じて 14 本、寺川国有林では同じく 10 本、森ヶ内国有林では各調査区ごとに 8 本である。

標本木は伐倒後、地上高 0.0, 0.2, 1.2, 3.2, 5.2, 7.2 m, …… で樹幹解析用の円盤を採取し、2 m ごとの層別刈取法に準じて、各層に含まれる枝と葉の生重量を測定した。各層の枝と葉の試料を研究室に持ち帰り、葉は面積の測定をおこなった後、枝と共に熱風乾燥機 (80°C) で十分に乾燥し、葉面積ならびに乾燥重量を算出する資料とした。幹材積は樹幹解析によって求め、幹重量は樹幹解析用の円盤で容積密度を求め、幹材積をこれに乗じて算出した。本報では重量はすべて乾燥重量で示す。

2. 現存量・純生産量の推定方法

現存量と純生産量は、さきに述べた香川県満濃町の民有林では 14 本、寺川国有林では 10 本の標本木の中心から各調査区の胸高直径の分布範囲内にある標本木によって、森ヶ内国有林においては、各調査区の標本木によって求めた。

地上部各器官の現存量の推定は 胸高断面積比推定法¹⁾ によった。地下部の現存量は T/R 率を $3.5^{11)12)}$ として地上部現存量から求めた。

純生産量の推定は KIRA et al.¹⁴⁾ の第 2 法、すなわち、各器官の新生部分量の合計によって求めたが、新生部分のリター量と被食量は無視した。各器官の新生部分の量は、幹については樹幹解析から 1 年前の現存量を推定し、現在の現存量との差により求め、枝については、枝の最近 1 年間の重量成長率は樹冠内の幹の最近 1 年間の成長率に等しいものとして求め¹⁰⁾、葉は現存量の 25% を最近 1 年間の成長量とし²⁷⁾、根は最近 1 年間の幹の成長率を根の現存量に乗じて求めた⁹⁾。

IV 結果と考察

1. 調査区の林分構成値

各調査区の林分構成値を Table 2 に示す。香川県満濃町の 20 年生の調査区は K-IV の密度が 2,600 本/ha、収量比数⁴⁾ (R_y) は 0.72 とほかになしやや低い値を示しているが、ほかは 0.8 かそれに近い値をもち、いずれも十分に閉鎖していた。寺川国有林 42 年生の調査区の R_y は大部分が 0.85 以上を示し、森ヶ内国有林の調査区の R_y は 0.87 から 0.98 の範囲内にあり、密あるいは過密な状態にある。

Table 2 の平均樹高欄に優勢木 (寺崎式樹型級区分による 1・2 級木) の樹高をあわせて示したが、土佐地方ヒノキ林分収穫表から 1 等地、2 等地、3 等地の主林木樹高の各年齢の範囲を求め、各区の優勢木平均樹高を主林木樹高とみなしてプロットし、Fig. 1 に示す。満濃町の 20 年生の K-I ~ K-IV、寺川国有林 42 年生の T-I ~ T-V、森ヶ内国有林の M-I、M-II、M-Ⅲ はいずれも 1 等地の範囲内にあり、森ヶ内国有林の M-V、M-VI は 2 等地の、同じく M-IV は 3 等地の範囲内にあることがわかる。

Table 2. 調査区の林分構成値
Some quantitative characters of each plot

Plots	林 齢 Age (yrs)	平 均 Means			ha あたり Per ha		Ry
		樹 高 Height (m)	枝下高 Clear length (m)	胸高直径 D.B.H. (cm)	密 度 Density (no.)	胸高断面積 Basal area (m ²)	
K-I	20	9.0 (9.7)	4.3	11.2	3,025	30.77	0.77
K-II	20	9.2 (10.0)	4.3	11.0	3,125	31.06	0.80
K-III	20	9.4 (10.0)	4.8	11.3	3,244	34.05	0.80
K-IV	20	8.9 (9.5)	4.2	11.9	2,600	30.10	0.72
T-I	42	16.6 (17.0)	9.7	22.9	1,375	57.57	0.87
T-II	42	15.8 (15.9)	9.2	23.7	1,338	60.73	0.83
T-III	42	14.6 (15.1)	8.7	22.2	1,613	63.97	0.85
T-IV	42	16.0 (16.4)	9.7	22.8	1,463	61.02	0.86
T-V	42	15.9 (16.3)	9.7	23.2	1,488	64.43	0.87
M-I	48	17.2 (18.2)	9.1	22.7	1,325	56.52	0.89
M-II	50	17.8 (18.9)	11.6	22.2	1,434	58.28	0.93
M-III	48	17.6 (18.8)	9.5	21.4	1,600	59.36	0.95
M-IV*	49	11.3 (12.0)	6.0	14.2	2,854	47.57	0.87
M-V*	49	13.3 (14.1)	8.0	16.0	2,470	50.75	0.91
M-VI	50	13.7 (14.7)	9.4	14.9	3,192	59.46	0.98

樹高の（ ）内は優勢木平均樹高を示す。Figures in parentheses indicate mean height of dominant trees.

*: 施肥林分, Fertilized plot.

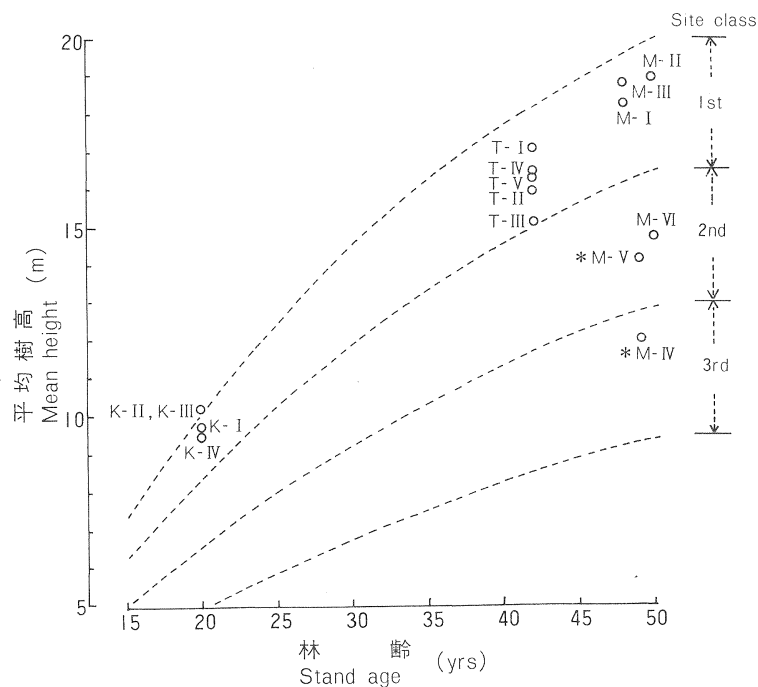


Fig. 1 地位級と調査区の優勢木平均樹高
Site classes and mean height of dominant trees in each plot.

*: 施肥林分, Fertilized plot.

寺川国有林の T-I ~ T-V と森ヶ内国有林の 1 等地の M-I, M-II, M-III を比べてみると、林齢、樹高は明らかに M-I, M-II, M-III が高いが、密度範囲はほぼ等しいにもかかわらず平均胸高直径や胸高断面積は、ほぼ等しいか T-I ~ T-V がやや大きな値を示すが、この理由は明らかでない。これらの林分を構成する個体についてみると T-I ~ T-V は M-I, M-II, M-III に比べ優劣の差がきわめて小さかった。このことは、平均樹高と優勢木平均樹高の差が M-I, M-II, M-III が T-I ~ T-V より大きいことからわかる。なお、本調査においては無施肥林分と施肥林分が調査されているが、これ以降、特にことわらない場合は無施肥林分であることを示し、施肥林分についてのみその旨ことわりを付けることとする。

2. 現 存 量

各調査区の現存量を Table 3 に示す。

光合成をつかさどる林分の葉量を 1 等地についてみると、満濃町 20 年生林分の K-I ~ K-IV では平均 14.9 t/ha、寺川国有林 42 年生の T-I ~ T-V では同じく 16.3 t/ha、森ヶ内国有林 48~50 年生の M-I ~ M-III では同じく 12.7 t/ha を示した。また森ヶ内国有林の 2 等地の M-VI では 11.4 t/ha、同施肥林の M-V では 11.7 t/ha と施肥林がわずかに多く、3 等地の施肥林 M-IV では 14.7 t/ha とこの地域で最も多い葉量を示した。これらの葉量は、いずれも他の地方のヒノキ林で報告^{7)13)17)18)20)~23)26)29)32)~34)}されている葉量の範囲内にある。

密度と葉量の関係を 48~50 年生の M-I, M-II, M-III についてみると、密度の幅は小さいが密度が高くなるに従ってやや葉量が多い。しかし、同程度の密度幅の 42 年生の調査区や 20 年生の調査区では、

Table 3. 調 査 区 の 現 存 量
Biomass of each plot

調査区 Plot	林 齢 Stand age (yrs)	地 位 Site class	乾 重 Dry weight (t/ha)						幹材積 Stem volume (m ³ /ha)	葉面積指数 Leaf area index (One side) (ha/ha)
			幹 Stem	枝 Branch	葉 Leaf	地上部 Above-ground part	根 Root	全 体 Total		
K-I	20	1st	55.6	7.5	14.4	77.5	22.1	99.6	139.0	6.3
K-II	20	1st	55.7	7.3	14.3	77.3	22.1	99.4	138.8	6.3
K-III	20	1st	62.2	8.7	16.3	87.2	24.9	112.1	156.5	7.1
K-IV	20	1st	55.2	7.9	14.5	77.6	22.2	99.8	139.2	6.4
T-I	42	1st	178.3	17.2	15.4	210.9	60.3	271.2	481.8	5.4
T-II	42	1st	188.3	18.0	16.2	222.5	63.6	286.1	468.0	5.6
T-III	42	1st	199.2	18.3	16.8	234.3	66.9	301.2	464.1	5.9
T-IV	42	1st	189.5	17.9	16.2	223.6	63.9	287.5	486.0	5.8
T-V	42	1st	200.0	18.9	17.1	236.0	67.4	303.4	506.1	6.0
M-I	48	1st	190.9	32.9	12.1	235.9	67.4	303.3	454.9	4.7
M-II	50	1st	179.6	20.4	12.8	212.8	60.8	273.6	472.2	5.9
M-III	48	1st	208.2	25.7	13.3	247.2	70.6	317.8	503.2	5.4
M-IV*	49	3rd	114.2	26.4	14.7	155.3	44.4	199.7	263.8	6.6
M-V*	49	2nd	140.8	20.9	11.7	173.4	49.5	222.9	331.4	5.7
M-VI	50	2nd	171.6	22.2	11.4	205.2	58.6	263.8	412.0	6.2

*: 施肥林分, Fertilized plot.

はっきりした傾向が認められない。相対立木密度が十分に高い林分の間では、葉の現存量にあまり影響はないといわれており²⁴⁾、ヒノキも同様な傾向をもつものと考えられる。

地位と葉量の関係について蜂屋ほか⁸⁾はアカマツ林で、ある程度まで葉量は地位に比例するが地位のよいところではあまり地位に関係がないことを示し、佐藤²⁴⁾は、これまでの多くの葉量に関する報告を検討し、いろいろと問題は残るが、森林の葉の現存量は地位がよいほど多いと考えてよさそうだ、と述べており、斎藤²²⁾は、ヒノキについて、閉鎖した林分の葉量の最低限は地位による差がなく一定といえるとしている。本報の調査結果では1等地が大部分であるため、地位と葉量との関係についてはなんともいえない。

しかし、これまでのヒノキ林の葉量に関する報告^{7)13)17)~23)26)29)32)~34)}を加えて、調査地ごとにその地方の収穫表によって(調査地に該当する収穫表がない場合には最寄りの収穫表により、また、樹高の記載のない報告³³⁾については立木密度と幹材積を考慮して判定した)地位区分をおこない、林齢を無視して、施肥林分を除いた各地位の平均葉量とその標準偏差を求めてみると、1等地では 14.5 ± 1.8 t/ha、2等地では 13.7 ± 3.2 t/ha、3等地では 10.7 ± 2.3 t/ha、3等地未満では 10.3 ± 1.6 t/haを示し、平均値についてみると地位が悪くなるに従って葉量が少なくなる傾向を示す。全調査資料53例の平均葉量は 12.9 ± 2.9 t/haとなった。この値は只木²⁸⁾が26例から求めた 14.0 ± 2.5 t/haより、やや低い。地位が悪くなるに従って林分葉量は低くなるとしても、1等地と2等地の差はそれほど大きくはない。ヒノキ林の場合、3等地以下では立木密度が十分に高くとも、一見して葉量が少なく、十分に閉鎖されない場合がみら

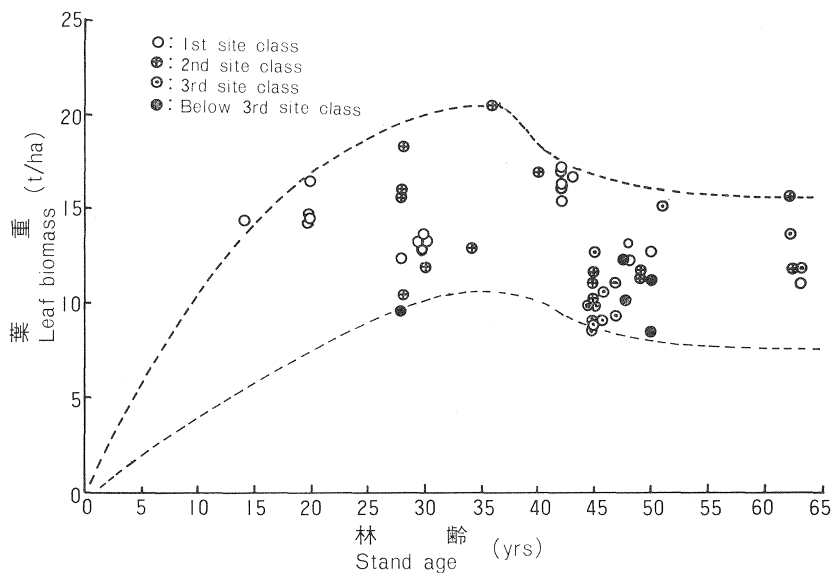


Fig. 2 ヒノキ人工林の林齢にともなう葉量の変化
Change in leaf biomass with stand age of Hinoki plantation.

原田ほか⁷⁾、川那辺ほか¹³⁾、森・加藤¹⁷⁾、MORIKAWA¹⁸⁾、尾方ほか^{19)~21)}、四手井ほか(斎藤²²⁾による)、蒲谷ほか(斎藤²²⁾による)、佐藤・扇田²³⁾、只木ほか²⁶⁾、竹内ほか²⁹⁾、山倉ほか³²⁾、湯浅・伊藤³³⁾、湯浅³⁴⁾ および Table 3 による。
By HARADA et al.⁷⁾, KAWANABE et al.¹³⁾, MORI and KATO¹⁷⁾, MORIKAWA¹⁸⁾, OGATA et al.^{19)~21)}, SHIDEI et al. (from SAITO²²⁾), KABAYA et al. (from SAITO²²⁾), SATOO and SENDA²³⁾, TADAKI et al.²⁶⁾, TAKEUCHI et al.²⁹⁾, YAMAKURA et al.³²⁾, YUASA and ITO³³⁾, YUASA³⁴⁾ and Table 3.

れるが、このような林分の葉量は、かなり低い値を示すものと考えられる。ついでに述べれば、ここで用いた資料は、密度が明記されているものについては各地の収穫表と比べて著るしく密度が低い事例は含まれていない。

林分葉量は植栽後林齢の経過と共に増加し、ある林齢で最大値をとり、それからやや減って長期間ほぼ一定の値を保つといわれている²⁴⁾。ヒノキ林の林齢と葉量の関係を Fig. 2 に示す。この図には、それぞれの点の地位がわかるように記号をかえて作図したが、地位ごとの林齢と葉量の関係を図示することは困難なことから、上限と下限をそれぞれ結んで経年変化を示した。この図からヒノキ林の葉量は 35 年前後で最大値をとり、40～45 年以降ではほぼ一定の値を保つものと考えられる。葉量が最大になる時期は、幹材積連年成長量最大の時期とほぼ一致する²⁸⁾といわれているが、ヒノキでも同様なことがいえる。

施肥が葉量に与える影響を調査した報告は少ない。佐藤²⁴⁾は、多量に肥料を与えた場合、クロマツ林の葉量がふえた例を示している。また、尾方ほか¹⁹⁾は、ヒノキの 51 年生 3 等地の施肥林分（施肥後 4 年経過）と無施肥林分の葉量を調査し、それぞれ 15.7 t/ha、15.2 t/ha と施肥林分がわずかに多い例を報告している。すでに述べたように、本報の森ヶ内国有林の 2 等地の施肥林と無施肥林では、施肥林がわずかであるが多く、3 等地の施肥林 M-IV の葉量はほぼ同齢の他の調査区のいずれよりも多く、無施肥林 1 等地の葉量の平均より 2 t/ha 多い。これらの事例から考えると、施肥によって葉量は増加する傾向があるといえる。

Table 3 には、片面葉面積を掲げたが、これは葉重量にほぼ比例している。

枝の現存量は、平均すると 1 等地では 20 年生林分で 7.9 t/ha、42 年生林分で 18.1 t/ha、48～50 年生林分で 24.8 t/ha と林齢の経過と共に多くなっている。枝の量は同齢ならば地位と密度の影響をうける²⁴⁾といわれているが密度との関係は、密度の幅が小さいので今回の調査では、はっきりした傾向がみられない。地位との関係は 48～50 年生林分では 1 等地より 2 等地が低い。施肥をした 3 等地の枝量は無施肥の 1 等地や 2 等地よりも多い値を示した。これは R_y が 1 等地や 2 等地に比べると 3 等地の施肥林が低いことが施肥と共に影響したためかもしれない。2 等地では施肥林より無施肥林の量が多いが、この場合には無施肥林の R_y が高いため施肥の影響があらわれにくかったのかもしれない。今回の調査で施肥が枝量に及ぼす影響は明らかでないが、尾方ほか¹⁸⁾の 51 年生林分の調査では施肥林の枝量が無施肥林より多い。

幹の現存量、特に幹材積については収穫表や林分密度管理図⁴⁾によって林齢、地位、密度等の関係が明らかにされているので詳しくは述べない。

Table 3 の 1 等地の 42 年生の幹現存量は、178～200 t/ha、464～506 m³/ha、平均 191 t/ha、481 m³/ha、48～50 年生の 1 等地は 180～208 t/ha、455～503 m³/ha、平均 193 t/ha、477 m³/ha を示し、差は小さいが幹重量では 48～50 年生が多く、幹材積では 42 年生が多い。これは、林分構成のところで述べたように、理由は明らかでないが 42 年生林分の平均胸高直径や胸高断面積が 48～50 年生林分よりも大きいため、幹材積もわずかに大きくなったが、年輪幅が広いために容積密度数が小さく、このために幹重量は逆になったものと思われる。

地下部も含めた全現存量は、1 等地では林齢が高くなるほど多い。48～50 年生の林分についてみると地位が悪いほど低い。施肥が現存量に及ぼす影響は今回の調査では認められないが、尾方ほか¹⁹⁾の調査では施肥林分の現存量がやや高い値を示している。

地上部現存量に対する各器官の現存量の百分率を Table 4 に示す。これらの傾向については、これまでの他の樹種で報告²⁾³⁾⁹⁾されている傾向と変ったところは認められない。

1 等地における幹、枝、葉の現存量の垂直的な配置の林齢にともなう変化を Fig. 3 に示す。また、森ヶ内国有林の 2 等地の施肥区 M-V と無施肥区 M-VI について同様に Fig. 4 に示す。施肥が現存量の垂直的な配置に与える影響は、今回の調査では明らかでない。

3. 純生産量

各調査区における各器官の最近 1 年間の成長量とこれらの合計値を Table 5 に示す。すでに述べたように本報では各器官の最近 1 年間の成長量の合計を純生産量とみなす。

純生産量を 1 等地についてみると、20 年生では平均して 16.2 t/ha·yr、42 年生では同じく 20.6 t/ha·yr、48~50 年生では同じく 13.3 t/ha·yr を示した。

斎藤²²⁾は、ヒノキ林の純生産量の最大値を 22~23 t/ha·yr 程度としているが、T 系列ではこの値にかなり近い値がえられた。50 年生の 2 等地無施肥林 M-VI の純生産量は 11.0 t/ha·yr を示したが、同地位では同齢の 49 年生施肥林 M-V では 12.7 t/ha·yr を示し、施肥林の純生産量が 15% ほど大きな値を示した。また、49 年生 3 等地施肥林 M-IV の純生産量は 16.4 t/ha·yr で 1 等地のそれより大きな値を示した。

Table 4. 各器官の地上部重に対する百分率
Percentage of each organ to above-ground parts

Plots	幹 Stem (%)	枝 Branch (%)	葉 Leaf (%)
K-I	71.7	9.7	18.6
K-II	72.1	9.4	18.5
K-III	71.3	10.0	18.7
K-IV	71.1	10.2	18.7
T-I	84.5	8.2	7.3
T-II	84.6	8.1	7.3
T-III	85.0	7.8	7.2
T-IV	84.7	8.0	7.3
T-V	84.7	8.0	7.3
M-I	80.9	13.9	5.1
M-II	84.4	9.6	6.0
M-III	84.2	10.4	5.3
M-IV*	73.5	17.0	9.5
M-V*	81.1	12.1	6.7
M-VI	83.6	10.8	5.6

*: 施肥林分, Fertilized plot.

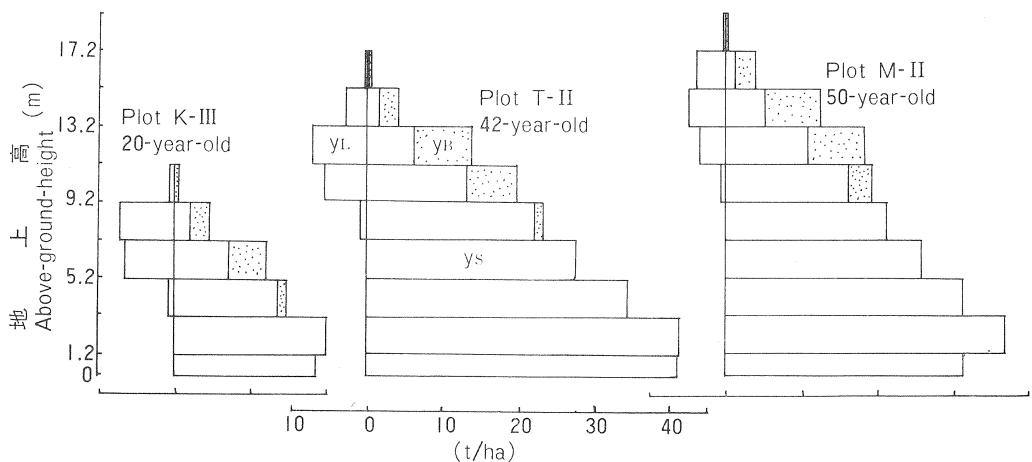


Fig. 3 1 等地における幹 (y_s), 枝 (y_B) および葉 (y_L) の量の垂直的配置の林齢にともなう変化

Vertical distribution of the amount of stems (y_s), branches (y_B) and leaves (y_L) per plot of various ages in the 1st site class.

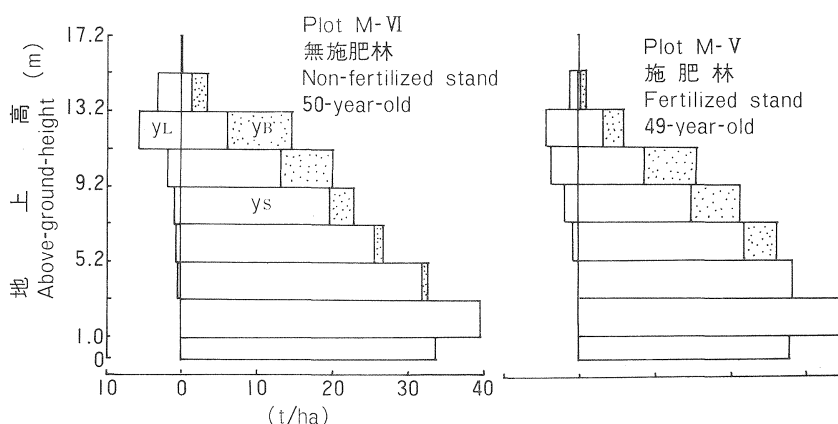


Fig. 4 2等地の施肥林と無施肥林の幹 (y_s), 枝 (y_B) および葉 (y_L) の垂直的配置

Vertical distribution of the amount of stems (y_s), branches (y_B) and leaves (y_L) per plot of fertilized and non-fertilized stand in 2nd site class.

Table 5. 最近1年間のhaあたり成長量
Annual increment per ha in the latest one year

調査区 Plot	林齢 Stand age (yrs)	地位 Site class	成長量 Increment (t/t·yr)						幹材積 Stem volume (m ³ /ha·yr)
			幹 Stem	枝 Branch	葉 Leaf	地上部 above-ground part	根 Root	全体 Total	
K-I	20	1st	7.1	2.1	3.6	12.8	2.8	15.6	17.7
K-II	20	1st	7.0	2.0	3.6	12.6	2.8	15.4	17.4
K-III	20	1st	8.1	2.4	4.1	14.6	3.2	17.8	20.5
K-IV	20	1st	7.3	2.2	3.6	13.1	2.9	16.0	18.4
T-I	42	1st	9.7	2.5	3.9	16.1	3.3	19.4	26.2
T-II	42	1st	10.2	2.7	4.1	17.0	3.4	20.4	25.3
T-III	42	1st	10.7	2.7	4.2	17.6	3.6	21.2	24.8
T-IV	42	1st	10.2	2.6	4.1	16.9	3.4	20.3	26.1
T-V	42	1st	10.8	2.8	4.3	17.9	3.6	21.5	27.3
M-I	48	1st	4.8	1.8	3.0	9.6	1.7	11.3	11.6
M-II	50	1st	6.4	2.0	3.2	11.6	2.2	13.8	16.9
M-III	48	1st	7.1	1.6	3.3	12.0	2.4	14.4	17.2
M-IV*	49	3rd	7.2	2.7	3.7	13.6	2.8	16.4	16.7
M-V*	49	2nd	6.0	1.7	2.9	10.6	2.1	12.7	14.1
M-VI	50	2nd	5.2	1.2	2.8	9.2	1.8	11.0	12.5

*: 施肥林分, Fertilized plot.

純生産量は密度が高くなるほど大きくなることが報告²⁷⁾⁸⁾⁹⁾²⁴⁾されている。今回の調査では M-I ~ M-III ではこれまでの報告と同じ傾向を示したが、同じ程度の密度幅をもつ K-I ~ K-IV や T-I ~ T-V では、はっきりした傾向が認められなかった。

地位と純生産量については、地位が悪くなるほど純生産量も小さくなる⁸⁾²³⁾が、森ヶ内国有林の調査地の無施肥林では、1等地の純生産量が2等地のそれより多く、同様の結果を示した。

これまでのヒノキ林の純生産量に関する報告^{17)18)20)~22)26)29)32)33)}を加えて、葉の現存量のところでおこなった地位区分にしたがって、林齢を無視し、施肥林分を除いて地位ごとの純生産量の平均と標準偏差を求めたところ、1等地 $16.5 \pm 3.5 \text{ t/ha} \cdot \text{yr}$ 、2等地 $13.5 \pm 3.0 \text{ t/ha} \cdot \text{yr}$ 、3等地 $10.8 \pm 1.9 \text{ t/ha} \cdot \text{yr}$ 、3等地未満 $10.4 \pm 1.0 \text{ t/ha} \cdot \text{yr}$ と、純生産量は地位が悪くなると低くなる傾向を示し、全平均として $15.0 \pm 3.8 \text{ t/ha} \cdot \text{yr}$ が得られた。この場合、地上部純生産量のための報告については、地下部を含んだ純生産量の報告から全純生産量と地上部純生産量の比率を求めたところ、比率の幅は比較的小さく、平均して 1.2 と得られたので、地上部純生産量に 1.2 を乗じて全純生産量とした。ヒノキ林の純生産量 $15.0 \pm 3.8 \text{ t/ha} \cdot \text{yr}$ を只木・蜂屋²⁷⁾が求めたわが国の主要針葉樹林の純生産量の平均と比較すると、スギの $18.1 \pm 5.6 \text{ t/ha} \cdot \text{yr}$ より低く、マツ林の $14.8 \pm 4.1 \text{ t/ha} \cdot \text{yr}$ とほぼ同じで、カラマツ林の $10.1 \pm 4.4 \text{ t/ha} \cdot \text{yr}$ より高い値である。

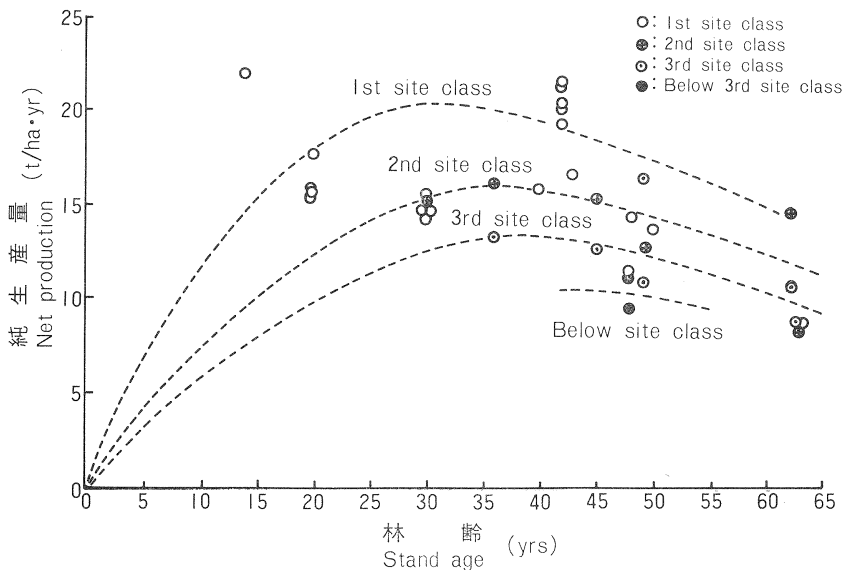


Fig. 5 ヒノキ人工林の林齢にともなう純生産量の地位ごとの変化
Changes in net production with stand age in each site class of Hinoki plantation.

森・加藤¹⁷⁾, MORIKAWA¹⁸⁾, 尾方ほか²⁰⁾²¹⁾, 蒲谷ほか(斎藤²²⁾による), 只木ほか²⁶⁾, 竹内ほか²⁹⁾, 山倉ほか³²⁾, 湯浅・伊藤³³⁾ および Table 5 による。地上部純生産量のための報告については、その 1.2 倍を純生産量とみなした。

By MORI and KATO¹⁷⁾, MORIKAWA¹⁸⁾, OGATA et al.²⁰⁾²¹⁾, KABAYA et al. (from SAITO²²⁾), TADAKI et al.²⁶⁾, TAKEUCHI et al.²⁹⁾, YAMAKURA et al.³²⁾, YUASA and ITO³³⁾ and Table 5.

On the data which show only above-ground net production in the reports, net production was assumed to be 1.2 times as much as the amount of above-ground.

今回の四国地方の施肥林を除いた純生産量の平均は $16.8 \pm 3.6 \text{ t/ha} \cdot \text{yr}$ である。この値は全国平均の純生産量に比べるとやや多い。しかし、四国地方の調査の大部分が 1 等地の高密度の林分でおこなわれていることを考慮に入れると、ほかの地方に比べて多いとは考えられない。参考のために掲げれば、1 等地の四国地方の純生産量の平均は $17.3 \pm 3.3 \text{ t/ha} \cdot \text{yr}$ 、ほかの地方では $15.3 \pm 3.5 \text{ t/ha} \cdot \text{yr}$ 、2 等地では、四国地方では 1 例しかないが $11.0 \text{ t/ha} \cdot \text{yr}$ 、ほかの地方では $14.0 \pm 3.0 \text{ t/ha} \cdot \text{yr}$ であった。

林齢と純生産量の関係を Fig. 5 に示す。幹材積連年成長量は林齢と共に増加し、ある林齢で最多の値に達しその後漸減し、また連年成長量最多の時期は地位が悪くなるほどおそくなることが知られているが、純生産量の経年変化も図中に地位ごとに点線で示したようにこの傾向と似ている。

施肥と純生産量については、佐藤²⁴⁾が海岸砂地のクロマツ林で施肥をおこなった場合に地上部純生産量が 62% ふえた例を示している。森ヶ内国有林の 2 等地では、やや施肥林の純生産量が多く、3 等地の施肥林の純生産量は 1 等地の値より大きい。施肥が純生産量を増加させることは明らかとしても、どの程度増加させるかについては施肥量との関係もありまだ十分に論議するだけの資料がない。

枝、根、葉の生産量については推定方法がかなり粗いので本報では深い論議はさける。

幹の生産量を 1 等地についてみると、20 年生林分で平均 $7.4 \text{ t/ha} \cdot \text{yr}$ 、 $18.5 \text{ m}^3/\text{ha} \cdot \text{yr}$ 、42 年生で平均 $10.3 \text{ t/ha} \cdot \text{yr}$ 、 $25.9 \text{ m}^3/\text{ha} \cdot \text{yr}$ 、48~50 年生で平均 $6.1 \text{ t/ha} \cdot \text{yr}$ 、 $15.2 \text{ m}^3/\text{ha} \cdot \text{yr}$ を示した。42 年生の調査林分の材積成長量 $24.8 \sim 27.3 \text{ m}^3/\text{ha} \cdot \text{yr}$ は、ヒノキ林としてはかなり高い値である。49 年生の 2 等地

Table 6. 相対成長率、純同化率、葉面積比および葉の幹生産能率
Relative growth rate (RGR), net assimilation rate (NAR), leaf area ratio (LAR) and stem production per unit amount of leaves

調査区 Plot	林 齢 Stand age (yrs)	地 位 Site class	相 対 成長率 RGR (%)	純同化率 NAR ($\text{t/ha} \cdot \text{yr}$)	葉面積比 LAR (ha/t)	葉 の 幹 生 産 能 率 Stem production per unit amount of leaves			
						単位葉重量あたり Per unit leaf weight		単位葉面積あたり Per unit leaf area	
						重 量 Weight ($\text{t/t} \cdot \text{yr}$)	材 積 Volume ($\text{m}^3/\text{t} \cdot \text{yr}$)	重 量 Weight ($\text{t/t} \cdot \text{yr}$)	材 積 Volume ($\text{m}^3/\text{t} \cdot \text{yr}$)
K-I	20	1st	15.7	2.5	0.063	0.49	1.23	1.13	2.81
K-II	20	1st	15.5	2.4	0.063	0.49	1.22	1.11	2.76
K-III	20	1st	15.9	2.5	0.063	0.50	1.26	1.14	2.89
K-IV	20	1st	16.1	2.5	0.064	0.50	1.27	1.14	2.88
T-I	42	1st	7.2	3.6	0.020	0.63	1.70	1.20	4.85
T-II	42	1st	7.2	3.6	0.020	0.63	1.56	1.82	4.51
T-III	42	1st	7.0	3.6	0.020	0.64	1.48	1.81	4.20
T-IV	42	1st	7.1	3.5	0.020	0.63	1.61	1.76	4.50
T-V	42	1st	7.1	3.6	0.020	0.63	1.61	1.80	4.55
M-I	48	1st	3.7	2.4	0.015	0.40	0.96	1.02	2.49
M-II	50	1st	5.0	2.3	0.022	0.50	1.32	1.08	2.86
M-III	48	1st	4.5	2.7	0.017	0.53	1.29	1.31	3.19
M-IV*	49	3rd	8.2	2.5	0.033	0.49	1.13	1.09	2.53
M-V*	49	2nd	5.7	2.2	0.026	0.51	1.21	1.05	2.47
M-VI	50	2nd	4.1	1.7	0.024	0.46	1.10	0.84	2.02

*: 施肥林分, Fertilized plot.

無施肥林 M-VI の幹の生産量は $5.2 \text{ t/ha} \cdot \text{yr}$, $12.5 \text{ m}^3/\text{ha} \cdot \text{yr}$, ほぼ同齢の 50 年生施肥林 M-V のそれは $6.0 \text{ t/ha} \cdot \text{yr}$, $14.1 \text{ m}^3/\text{ha} \cdot \text{yr}$ を示し、施肥林が重量で 15%, 材積で 13% 多い。49 年生 3 等地施肥林 M-IV の幹の生産量は $7.2 \text{ t/ha} \cdot \text{yr}$, $16.7 \text{ m}^3/\text{ha} \cdot \text{yr}$ と 2 等地的の施肥林よりも大きな値を示した。3 等地では無施肥林の調査ができなかったので、樹幹解析の結果から施肥前 5 か年間の直径成長が無施肥の場合にはそのまま続いたものと仮定して求めた最近 1 年間の幹材積成長量は $4.7 \text{ t/ha} \cdot \text{yr}$, $10.7 \text{ m}^3/\text{ha} \cdot \text{yr}$ となった。この値を M-IV の無施肥の値とすると、施肥後 6 年目の幹の生産量は、重量で 53%, 材積で 56% 多いことになる。同様の方法で M-V について無施肥の値を推定してみると $5.1 \text{ t/ha} \cdot \text{yr}$, $12.2 \text{ m}^3/\text{ha} \cdot \text{yr}$ となり、M-VI とほぼ同じ値が得られた。尾方ほか¹⁸⁾ は 51 年生の施肥後 4 年経過した林分で最近 1 年間の幹材積成長量が無施肥林より 36% 多いことを示した。桑原¹⁴⁾ は 43 年生のヒノキ林で肥培試験をおこなった年間の幹材積成長量が施肥区で無施肥区の 2.3 倍になったことを報告している。これらの例からみると今回の施肥林の値はいちじるしく大きいとはいえない。施肥が幹材積成長におよぼす効果についてはこれまでも集約された報告²⁸⁾²⁹⁾があるので、ここではこれ以上はふれない。

いま、ha あたりの全現存量を Y , 純生産量を ΔY , 葉面積を LA とすると相対成長率 (Relative growth rate, RGR) $\Delta Y/Y$ は次のように書きあらわされる。

$$\Delta Y/Y = \Delta Y/LA \times LA/Y$$

$\Delta Y/LA$ は純同化率 (Net assimilation rate, NAR) と呼ばれ、葉の物質生産の能率をあらわし、 LA/Y は全現存量に対する葉量の比で葉面積比 (Leaf area ratio, LAR) と呼ばれる。

これらの値を求めて Table 6 に示す。Table 6 には、葉の幹生産能率もあわせて示した。

1 等地についてみると、相対成長率は林齢の増加と共に低下し、葉面積比も同様の傾向を示した。純同化率は T-I ~ T-V が他より高い値を示したが、林齢によってあまり変わらないといってよいであろう。

48~50 年生の調査地 M-I ~ M-VI で、2 等地的の無施肥林 M-VI の相対成長率と純同化率は、1 等地より低い値を示したが、葉面積比はわずかに高い値を示した。他方、2 等地施肥林の相対成長率、純同化率、葉面積比は 2 等地無施肥林 M-VI のそれらより高い値を示した。また、3 等地的の施肥林 M-IV の相対成長率と葉面積比は、ほぼ同齢の 1 等地や 2 等地的の各区のそれらより高い値を示した。事例が少ないので断定はできないが、施肥による相対成長率の増加は、純同化率と葉面積比の増大によっておこるものとも考えられる。

NAR は単位葉面積あたりの葉の物質生産の能率をあらわすが、葉面積の測定がおこなわれていない時には純生産量を葉重量で除して単位重量あたりの葉の物質生産能率 (単に葉の能率²⁴⁾ といわれる) を示す。数字は示さないが、本調査の葉の能率は NAR と同じ傾向を示した。ヒノキ林の葉の能率をこれまでの報告^{17)18)20)~22)26)27)32)33)}を加えて、施肥林分を除き、地位ごとに求めると、1 等地 $1.12 \pm 0.17 \text{ t/t} \cdot \text{yr}$, 2 等地 $0.99 \pm 0.24 \text{ t/t} \cdot \text{yr}$, 3 等地 $0.81 \pm 0.14 \text{ t/t} \cdot \text{yr}$ と地位が悪くなるに従って低くなるが、3 等地未満は $0.82 \pm 0.06 \text{ t/t} \cdot \text{yr}$ と 3 等地とほぼ同じ値を示し、全平均は $1.04 \pm 0.21 \text{ t/t} \cdot \text{yr}$ であった。

葉の幹材の生産能率を Table 6 には単位葉重量あたりに単位葉面積あたりについて示したが、傾向はかわらないので単位葉重量あたりについてみる。年齢ごとの平均は 1 等地的の 20 年生で $0.5 \text{ t/t} \cdot \text{yr}$, $1.25 \text{ m}^3/\text{t} \cdot \text{yr}$, 42 年生で $0.63 \text{ t/t} \cdot \text{yr}$, $1.60 \text{ m}^3/\text{t} \cdot \text{yr}$, 48~50 年生で $0.48 \text{ t/t} \cdot \text{yr}$, $1.19 \text{ m}^3/\text{t} \cdot \text{yr}$ となった。50 年生 2 等地無施肥林 M-VI では $0.46 \text{ t/t} \cdot \text{yr}$, $1.10 \text{ m}^3/\text{t} \cdot \text{yr}$ で、ほぼ同齢の 1 等地的の平均や 49 年生 2 等地的の施肥林 M-V の $0.51 \text{ t/t} \cdot \text{yr}$, $1.21 \text{ m}^3/\text{t} \cdot \text{yr}$ より低い値を示した。また、3 等地 49 年生の施肥林 M-IV

では $0.49 \text{ t/t} \cdot \text{yr}$, $1.13 \text{ m}^3/\text{t} \cdot \text{yr}$ とほぼ同齢の 1 等地の平均に ほぼ近い値を示した。施肥が葉の幹生産能率を高くする例については、ヒノキについて尾方ほか¹⁹⁾、桑原¹⁵⁾などの報告があり、ほかの樹種についても多くの報告例⁸⁰⁾⁸¹⁾がある。

ヒノキ林の葉の幹材生産能率をこれまでの報告^{17)~21)23)26)29)32)~34)}から、幹成長量が重量または材積のいずれか一方しか示していない報告については幹材積と幹重量を用いて換算し、施肥林分を除いた地位ごとの平均値と標準偏差を求めてみると、1 等地 $0.52 \pm 0.08 \text{ t/t} \cdot \text{yr}$, $1.24 \pm 0.25 \text{ m}^3/\text{t} \cdot \text{yr}$, 2 等地 $0.46 \pm 0.12 \text{ t/t} \cdot \text{yr}$, $1.06 \pm 0.33 \text{ m}^3/\text{t} \cdot \text{yr}$, 3 等地 $0.33 \pm 0.08 \text{ t/t} \cdot \text{yr}$, $0.71 \pm 0.21 \text{ m}^3/\text{t} \cdot \text{yr}$, 3 等地未滿 $0.22 \pm 0.06 \text{ t/t} \cdot \text{yr}$, $0.45 \pm 0.17 \text{ m}^3/\text{t} \cdot \text{yr}$ と地位が悪くなるに従って葉の幹生産能率は低下した。全平均は $0.46 \pm 0.13 \text{ t/t} \cdot \text{yr}$, $1.06 \pm 0.37 \text{ m}^3/\text{t} \cdot \text{yr}$ であった。

V 摘 要

四国地方の十分に閉鎖したヒノキ人工林の無施肥 1 等地 20 年生で 4 林分, 42 年生で 5 林分, 48~50 年生で 3 林分, 2 等地の 50 年生で 1 林分, 施肥をおこなった 49 年生の 2 等地と 3 等地でそれぞれ 1 林分ずつ現存量と純生産量を調査・解析した。あわせてこれまで各地で調査された同様なヒノキ人工林の報告結果を加え、ヒノキ林の物質生産に関する総括的な検討をおこなった。

1. 光合成をつかさどる葉量は無施肥の 1 等地についてみると 20 年生で 14.9 t/ha , 42 年生で 16.3 t/ha , 48~50 年生林分で 12.7 t/ha を, 50 年生 2 等地では 11.4 t/ha を示し, 他の地方の林分葉量と同範囲の値を示した。他の地方で報告されたヒノキ林の資料を加えて求めた地位ごとの平均葉量は 1 等地で 14.5 t/ha , 2 等地で 13.7 t/ha , 3 等地で 10.7 t/ha , 3 等地未滿で 10.3 t/ha を示した。

葉量の経年変化は, これまで他の樹種について知られている傾向と同様で, 葉量が最大値をとる林齢は 35 年前後で, ほぼ幹材積連年成長量最多の時期と一致した。施肥が葉量に及ぼす影響について, 十分に明らかにできなかったが, 葉量を増加させるものと思われる。

2. 幹・枝・葉の現存量の垂直的な配置は林齢の経過と共に変化した, ほぼ同齢の施肥林分と無施肥林分の間には違いが認められなかった。

3. 純生産量を無施肥林についてみると 1 等地では 20 年生で $16.2 \text{ t/ha} \cdot \text{yr}$, 42 年生で $20.6 \text{ t/ha} \cdot \text{yr}$, 48~50 年生で $13.3 \text{ t/ha} \cdot \text{yr}$ を, 50 年生 2 等地では $11.0 \text{ t/ha} \cdot \text{yr}$ を示した。

他の地方で調査されたヒノキ林の純生産量の資料を加えて求めた無施肥林の地位ごとの純生産量は 1 等地で $16.5 \text{ t/ha} \cdot \text{yr}$, 2 等地で $13.5 \text{ t/ha} \cdot \text{yr}$, 3 等地で $10.8 \text{ t/ha} \cdot \text{yr}$, 3 等地未滿では $10.4 \text{ t/ha} \cdot \text{yr}$, 平均として $15.0 \text{ t/ha} \cdot \text{yr}$ を示した。ヒノキ林の純生産量はスギ林より低く, マツ林とほぼ同じでカラマツ林よりは高い。

純生産量の経年変化を地位ごとに求めたが, 純生産量が最大になる林齢は, 収穫表の幹材積連年成長量最多の時期とほぼ一致し, 地位が悪くなるとおそくなるようにみうけられた。

施肥林分の純生産量は無施肥林分より多くなるものと思われる。

4. 相対成長率・純同化率・葉面積比による成長解析を 1 等地の調査結果についてみると, 純同化率の林齢にともなう変化は小さいが葉面積比は林齢がすすむに従って低下した。相対成長率の林齢にともなう低下は葉面積比が大きく働いたものと考えられる。

施肥林分の相対成長率は無施肥林分より高い値を示した。事例が少ないのではっきりしたことはいえない。

いが、これは純同化率と葉面積比の両者の増大によってもたらされたものとも考えられる。

単位葉重量あたりの物質生産量——葉の能率——は純同化率と同じ傾向を示した。他の地方で調査された資料を加えて求めた無施肥林の葉の能率は1等地で $1.12 \text{ t/t} \cdot \text{yr}$ 、2等地で $0.99 \text{ t/t} \cdot \text{yr}$ 、3等地で $0.81 \text{ t/t} \cdot \text{yr}$ 、3等地未満で $0.82 \text{ t/t} \cdot \text{yr}$ と地位が悪いほど低い値をとり、全平均は $1.03 \text{ t/t} \cdot \text{yr}$ であった。

5. 葉の幹材生産能率は無施肥1等地の20年生では $1.25 \text{ m}^3/\text{t} \cdot \text{yr}$ 、42年生で $1.60 \text{ m}^3/\text{t} \cdot \text{yr}$ 、48～50年生で $1.19 \text{ m}^3/\text{t} \cdot \text{yr}$ を、50年生2等地では $1.10 \text{ m}^3/\text{t} \cdot \text{yr}$ を示し、施肥林は49年生2等地の $1.21 \text{ m}^3/\text{t} \cdot \text{yr}$ で、49年生3等地でも $1.13 \text{ m}^3/\text{t} \cdot \text{yr}$ と、ほぼ同齢の1等地にやや近い値を示した。

ヒノキ林の葉の幹材生産能率を他の地方で調査された資料を加えて求めた無施肥林の値は1等地 $1.24 \text{ m}^3/\text{t} \cdot \text{yr}$ 、2等地 $1.06 \text{ m}^3/\text{t} \cdot \text{yr}$ 、3等地 $0.71 \text{ m}^3/\text{t} \cdot \text{yr}$ 、3等地未満 $0.45 \text{ m}^3/\text{t} \cdot \text{yr}$ 、全平均で $1.06 \text{ m}^3/\text{t} \cdot \text{yr}$ を示した。

引用文献

- 1) 安藤 貴・蜂屋欣二・土井恭次・福田英比古：標本調査によるスギ単木および林分枝葉量の推定，日林誌，41，117～124，(1959)
- 2) ———・坂口勝美・成田忠範・佐藤昭敏：アカマツ天然生除伐試験林の解析 (2)，本数密度を中心とした解析，林試研報，147，45～77，(1962)
- 3) ———・蜂屋欣二・土井恭次・片岡寛純，加藤善忠・坂口勝美：スギ林の保育形式に関する研究，林試研報，209，26～30，(1968)
- 4) ———：同齢単純林の密度管理に関する生態学的研究，林試研報，210，1～153，(1968)
- 5) ———・谷本丈夫・宮本倫仁：高知営林局管内ヒノキ列状間伐試験，機械化を前提とした間伐法，48年度国有林野事業特別会計技術開発試験成績報告書，林試，108～111，(1974)
- 6) ———・———・———：間伐方法比較試験，同上，同上，111～115，(1974)
- 7) 原田 洸・佐藤久男・堀田 庸・只木良也：28年生スギ林およびヒノキ林の養分含有量，日林誌，51(5)，125～133，(1969)
- 8) 蜂屋欣二・棚秋一延・成田忠範：アカマツ天然生林の林分生長の解析——地位のちがいと生長との関係——，76回日林講，161～162，(1965)
- 9) ———・土井恭次・小林玲爾：アカマツ林の林分成長の解析，岩手地方壮齢人工林の一例，林試研報，176，75～88，(1965)
- 10) ———・棚秋一延：アカマツ林の枝の生長について，77回日林講，209～211，(1966)
- 11) 荻住 昇：林木の根の働きと成長，林業研究解説シリーズ (3)，(1963)
- 12) ———：本数密度と根の成長，山林，936，10～21，(1963)
- 13) 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)
- 14) KIRA, T., OGAWA, H., YODA, K. and OGINO, K. : Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand. IV. Dry matter production, with special reference to the Khao Chong rain-forest. Nature & Life in S E Asia %, 149～174, (1967)
- 15) 桑原武男：壮齢林肥培に関する研究，広島県林試研報，No. 4，2～9，(1969)
- 16) 宮本倫仁・谷本丈夫・安藤 貴：四国地方におけるヒノキ人工林の一次生産量測定例，86回日林講，255～256，(1975)
- 17) 森 麻須夫・加藤亮助：岩手県北部におけるヒノキ人工林の生長と物質生産，林試東北支年報13，93～100，(1972)
- 18) MORIKAWA, Y. : Daily transpiration of a 14-year-old *Chamaecyparis obtusa* stand, J. Jap.

- For. Soc. 53, 337~339, (1969)
- 19) 尾方信夫・上中作次郎・塘 隆男: BI(m) 林地におけるヒノキ成木施肥林の現存量など, 日林九支研論, 25, 113~115, (1971)
 - 20) ———・長友安男・上中作次郎・塘 隆男: 地位が違った場合のヒノキ壮齡林における生産構造の解析例, 同上, 26, 51~52, (1973)
 - 21) ———・—————・—————・竹下慶子: スギ林とヒノキ林の物質生産比較の一例, 同上, 27, 95~96, (1974)
 - 22) 斎藤秀樹: ヒノキ人工林の物質生産, 一次生産のプロセス, 四手井綱英・赤井竜男・斎藤秀樹・河原輝彦共著, ヒノキ林・その生態と天然更新, 地球社, 150~205, (1974)
 - 23) 佐藤大七郎・扇田正二: 林分生長論資料 4, わかいヒノキ人工林における葉の量と生長量の関係, 東大演報, 54, 71~100, (1958)
 - 24) ———: 陸上植物群落の物質生産 I_a —森林一, 生態学講座 5-a, 共立出版, 95 pp., (1973)
 - 25) TADAKI, Y.: Some discussion on the leaf biomass of forest stands and trees, Bull. Gov. For. Exp. Sta. Tokyo, 184, 135~161, (1966)
 - 26) 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)
 - 27) ———・蜂屋欣二: 森林生態系とその物質生産, わかりやすい林業研究解説シリーズ, 29, 林業科学技術振興所, 64 pp., (1968)
 - 28) ———: 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)
 - 29) 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 一列状間伐を中心として—, 林試研報, 272, 141~155, (1975)
 - 30) 塘 隆男: 成林木肥培, 林学新技術 33 選, 全国改良普及協会, 147~162, (1970)
 - 31) ———: 苗畑施肥と林地肥培, 地球出版, 199 pp., (1971)
 - 32) 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)
 - 33) 湯浅保雄・伊藤悦夫: 天龍地方ヒノキ林の生産力, 77 回日林講, 220~222, (1966)
 - 34) ———: ヒノキ林の現存量, 佐藤大七郎編, 人工林における一次生産の研究, 中間報告, JIBP-PT-F, 43~45, (1968)

Analysis of the Growth of Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) Plantations in Shikoku District

Michihito MIYAMOTO⁽¹⁾, Takeo TANIMOTO⁽²⁾ and Takashi ANDO⁽³⁾

Summary

This study was made to obtain the biomass and the net production for the analysis of the growth in fully closed plantations of Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) in Shikoku District. Besides, we discussed the biomass and the net production of Hinoki plantations in Japan using the data which have been reported in other districts.

Observed stands in Shikoku district were as follows :

- 1st site class
 - 20-year-old stand (non-fertilized)
 - 4 plots (K-I, K-II, K-III, K-IV)
 - 42-year-old stand (non-fertilized)
 - 5 plots (T-I, T-II, T-III, T-IV, T-V)
 - 48~50-year-old stand (non-fertilized)
 - 3 plots (M-I, M-II, M-III)
- 2nd site class
 - 50-year-old stand (non-fertilized)
 - 1 plot (M-VI)
 - 49-year-old stand (fertilized)
 - 1 plot (M-V)
- 3rd site class
 - 49-year-old stand (fertilized)
 - 1 plot (M-IV)

The area, elevation and exposure, etc. of the sample plots are shown in Table 1, and the ages, mean D. B. H., mean height and stand density, etc. in Table 2.

Biomass

The 14 sample trees of various dimensions were taken from K-I~K-IV, 10 sample trees from T-I~T-V and 8 sample trees from each of M-I~M-VI.

The biomass of above-ground part was estimated by the method of basal area ratio estimate, and root biomass was calculated on the assumption that the T/R ratio is 3.5. The results are shown in Table 3.

In the 1st site class, the mean leaf biomass was 14.9 t/ha in the 20-year-old stands, 16.3 t/ha in the 42-year and 12.7 t/ha in the 48~50-year. The leaf biomass of the 2nd site class was 11.4 t/ha in the non-fertilized 50-year-old stand and 11.7 t/ha in the fertilized 49-year, the difference of both stands was very small, and these leaf biomass were a little less than those of the 48~50-year-old stands in the 1st site class. The leaf biomass of the 3rd site class, 14.7 t/ha in the fertilized 49-year-old stand was the largest among the 48~50-year-old stands.

Received July 9, 1979

(1) (3) Shikoku Branch Station

(2) Silviculture Division

It is well known that the leaf biomass increases as stand age increases and reaches a maximum value at early stage, then decreases somewhat until it reaches a constant level, which seems to last for a long period. The change in leaf biomass with stand age of Hinoki plantation was shown in Fig. 2, which was figured using the reported data in other districts and the data for this report (Table 3). It was so difficult to draw the curve for each site class that only the curves of upper and under limits were figured. The change of leaf biomass in this study was almost the same as well known tendency, and the maximum leaf biomass occurs when stand age is about 35 years old. The mean leaf biomass in each site class of Hinoki plantation was 14.5 t/ha in the 1st site class, 13.7 t/ha in the 2nd site class, 10.7 t/ha in the 3rd site class and 10.3 t/ha in below the 3rd site class. The mean leaf biomass in each site class was larger in good site class. But, the difference of mean leaf biomass between the 1st site class and the 2nd site class was comparatively small, and the mean biomass in the 3rd site class and below the 3rd site class were considerably lower than that in the 1st site class and the 2nd site class.

The mean branch biomass of the 1st site class was 7.9 t/ha in 20-year-old stand, 18.1 t/ha in 42-year, and 24.8 t/ha in 48~50-year. The branch biomass increased as stand age increased in the same site class.

The mean total biomass of the 1st site class was estimated at 103 t/ha in 20-year-old stand, 290 t/ha in 42-year, and 298 t/ha in 48~50-year; in the 2nd site class, 223 (49-year) and 264 (50-year) t/ha; and in the 3rd site class, 200 (49-year) t/ha. The total biomass increased as stand age increased in the same site class, and when the stand age is approximately same, the total biomass was larger in good site class. The influence of fertilization on the branch biomass or the total biomass was not clear from Table 3.

The percentage of stem, branch and leaf biomass to above-ground biomass was shown in Table 4.

The vertical distribution of stem, branch and leaf biomass per plot of various aged stands of the 1st site class were shown in Fig. 3, and those of non-fertilized and fertilized stands of the 2nd site class in Fig. 4.

Net production

Net production was estimated by summing up the biomass of each component which was newly produced during the latest one year. The results are shown in Table 5.

The mean net production of the 1st site class was 16.2 t/ha·yr in 20-year-old stands, 20.6 t/ha·yr in 42-year, and 13.3 t/ha·yr in 48~50-year. In the 2nd site class, the net production of fertilized 49-year-old stand (12.7 t/ha·yr) was larger than that of non-fertilized 50-year-old stand (11.0 t/ha·yr). In the 3rd site class, the net production of fertilized 49-year-old stand was 16.4 t/ha·yr, which was larger than the values of the stands on any site class so long as the stand age is approximately same.

The changes in net production with stand age on each site class were shown in Fig. 5, which was figured using the reported data in other districts and the data for this report (Table 5). The mean net production except the fertilized stand in each site class of Hinoki plantation was 16.5 t/ha·yr in the 1st site class, 13.5 t/ha·yr in the 2nd site class, 10.8 t/ha·yr in the 3rd site class and 10.4 t/ha·yr in the site class of lower than the 3rd. And the mean net production of all data was 15.0 t/ha·yr. This amount was smaller than that of *Cryptomeria japonica* plantation, almost the same as those of *Pinus densiflora* and *Pinus thunbergii* forest (including natural stand), and larger than that of *Larix leptolepis* plantation; these species

are the most important as well as *Chamaecyparis obtusa* for the forestry in Japan.

The relation among the biomass of whole plants (y), the net production (Δy), and the leaf area (LA) is shown as follows :

$$\Delta y/y = \Delta y/LA \times LA/y$$

where $\Delta y/y$ represents the relative growth rate (RGR), $\Delta y/LA$ the net assimilation rate (NAR), and LA/y the leaf area ratio (LAR). These values and the stem production per unit amount of leaves are shown in Table 6. In the 1st site class, RGR and LAR decreased as stand age increased, and NAR of 42-year-old stands was slightly larger than that of other aged stands, but the differences of NAR between 42-year-old stand and other aged stands were small. In 48~50-year-old stands, RGR, NAR of the fertilized stands showed larger values than those of the non-fertilized stands.

The stem production per unit leaf weight, in the 1st site class, was 0.5 t/t·yr or 1.25 m³/t·yr in 20-year-old stands, 0.63 t/t·yr or 1.60 m³/t·yr in 42-year, and 0.48 t/t·yr or 1.19 m³/t·yr in 48~50-year. In the 2nd site class, it was 0.46 t/t·yr or 1.10 m³/t·yr in the non-fertilized 49-year-old stand which was smaller than those of the non-fertilized stands on the 1st site class, and 0.51 t/t·yr or 1.12 m³/t·yr in the fertilized stand on the 2nd site class whose age is approximately same. And in the fertilized stand on the 3rd site class it was 0.49 t/t·ha or 1.13 m³/t·yr. The stem production per unit leaf area showed a similar tendency to that per unit leaf weight.

The mean stem production per unit leaf weight except the fertilized stand in each site class of Hinoki plantation was 1.24 m³/t·yr in the 1st site class, 1.06 m³/t·yr in the 2nd site class, 0.71 m³/t·yr in the 3rd site class and 0.45 m³/t·yr in the site class of lower than the 3rd which were calculated using the reported data in other districts and the data in Table 6.