

コナラ萌芽林の生産力

長谷川幹夫*¹

Productivity of the Oak Coppice Forests

HASEGAWA, Mikio*¹

Phytomasses and growth of three Konara (*Quercus serrata* Thunb.) coppice stands at Himi, Yosimine and Totizu, in Toyama prefecture, were investigated by using the allometry method. The phytomasses for stem volume were 146.77m³/ha at Himi, 192.95m³/ha at Yosimine, 240.12m³/ha at Totizu. The phytomasses for stem dry weight were 94.42t/ha at Himi, 126.56t/ha at Yosimine, 160.13t/ha at Totizu. The phytomasses for branch were 16.73t/ha at Himi, 25.62t/ha at Yosimine, 41.86t/ha at Totizu. The phytomass for leaf were 3.68t/ha at Himi, 5.66t/ha at Yosimine, 4.77t/ha at Totizu. Although the stand age covered 33 to 35 years, there were great difference of the phytomasses among the 3 stands. Those depended on the soil conditions of the stands.

The annual phytomass increments for stem volume were 4.78m³/ha·yr at Himi, 7.95m³/ha·yr at Yosimine, 9.94m³/ha·yr at Totizu. The annual phytomass increments for stem dry weight were 3.08t/ha·yr at Himi, 5.22t/ha·yr at Yosimine, 6.69t/ha·yr at Totizu. The annual phytomass increments for branch were 0.77t/ha·yr at Himi, 1.25t/ha·yr at Yosimine, 2.69t/ha·yr at Totizu. Sum of annual phytomass increments on upper ground was 14.15t/ha·yr at Totizu, this was as much as that of Sugi (*Cryptomeria japonica*). The annual phytomass increment for stem dry weights per unit dry weight of leaves were 0.84t/t·yr at Himi, 0.92t/t·yr at Yosimine, 1.40t/t·yr at Totizu.

富山県氷見市上寺尾, 中新川郡立山町吉峰, 及び栃津に生育するコナラ萌芽林3林分の現存量と成長量を相対成長法を用いて推定した。その結果, 幹材積現存量は氷見で146.77m³/ha, 吉峰で192.95m³/ha, 栃津で240.12m³/ha, 幹の現存量(乾重, 以下同じ)は氷見で94.42t/ha, 吉峰で126.56t/ha, 栃津で160.13t/haであった。枝のそれは氷見で16.73t/ha, 吉峰で25.62t/ha, 栃津で41.86t/ha, 葉のそれは氷見で3.68t/ha, 吉峰で5.66t/ha, 栃津で4.77t/haであった。調査林分の林齢はいずれも33~35年であったが, 現存量がこのように大きく異なったのは, 地位によるところが大きいと考えられた。1年間の林分成長量についてみると, 幹の材積成長量は氷見で4.78m³/ha·yr, 吉峰で7.95m³/ha·yr, 栃津で9.94m³/ha·yr, 幹の重量成長量は氷見で3.08t/ha·yr, 吉峰で5.22t/ha·yr, 栃津で6.69t/ha·yrであった。枝のそれは氷見で0.77t/ha·yr, 吉峰で1.25t/ha·yr, 栃津で2.69t/ha·yrであった。栃津の重量成長量(地上部計)は14.15t/ha·yrとスギのそれに匹敵する値であった。葉1tあたりの幹重生産効率率は氷見で0.84t/t·yr, 吉峰で0.92t/t·yr, 栃津で1.40t/t·yrであった。

* 1 林業試験場

1. はじめに

現在、森林に対して、経済性ととも公益性が強く求められており、この傾向は、今後より強まっていくと思われる。限られた林地を有効かつ、適正に利用するためには、それぞれの林分や構成種の、生態的特性を明らかにしていく必要がある。特に生産力は、保育や、機能の評価のための基礎資料として重要である。

ここでは、富山県の標高約600mまで広く分布し、主に萌芽更新で成立してきたコナラを主とする林分の生産力について、調査を行ったので報告する。

2. 調査地の概要

調査地は、富山県氷見市上寺尾(以下氷見とする)、中新川郡立山町吉峰(以下吉峰とする)、同町栃津(以下栃津とする)地内の3林分である。これらの林分の林齢は、33~35年で、いずれもコナラが優占しており、そのコナラは、株立ち状のものが、多いため萌芽更新によって成立したものと思われる。

表-1に調査林分の環境の概要を示す。

3. 調査方法

調査は、氷見では1982年9月27~29日、吉峰では1984年9月10~13日、栃津では1985年9月9~13日に行った。それぞれの林分内に、氷見、吉峰では10×10m²、栃津では20×20m²の方形区を設け、胸高直径5cm以上の林木に対して、胸高直径と樹高を測定した。その後氷見、吉峰で10本、栃津で8本のコナラの供試木を選び、層厚1mとして層別刈取り法に準じ

て、各部分(幹、枝、葉)ごとに生重量を測定した。さらに各層から、サンプルを採り、幹については、樹幹解析を行った後、105℃で充分乾燥して、含水率を求めて生重量を絶乾重量に換算した。なお、この報告の重量データは全て絶乾重量で示した。

4. 結果と考察

4.1 種構成

吉峰、栃津ではコナラの胸高断面積合計が全林分に対して90%以上で、コナラ純林に近いが、氷見ではコナラのそれは58%に過ぎず、カスミザクラ、アオハダ、クリなどが混交していた(表-2)。

林分全体の平均直径は氷見で8cm、吉峰で14cm、栃津で16cm、またヘクタールあたりの密度は、氷見で3,300本、吉峰で2,600本、栃津で1,125本である。このように、ほとんど同齢にもかかわらず、構造が大きく異なっていた。

4.2 林分現存量

樹体の各部分量間に成立する相対成長関係式と毎木調査の結果を用いて林分現存量を推定した。

そこでまず各部分間の相対成長関係を検討してみる。胸高直径の2乗×樹高(以下 $D^2 \cdot H$: cm³・mとする)と幹材積(V_s : dm³)および幹重(W_s : kg)との関係(図-1, 図-2)は

$$\text{氷見 } V_s = 7.0624 \times 10^{-2} \cdot D^2 \cdot H^{0.9336} \quad (1)$$

$$\text{吉峰 } V_s = 7.2069 \times 10^{-2} \cdot D^2 \cdot H^{0.9306} \quad (2)$$

$$\text{栃津 } V_s = 6.0445 \times 10^{-2} \cdot D^2 \cdot H^{0.9398} \quad (3)$$

$$\text{氷見 } W_s = 4.4755 \times 10^{-2} \cdot D^2 \cdot H^{0.9357} \quad (4)$$

$$\text{吉峰 } W_s = 4.3953 \times 10^{-2} \cdot D^2 \cdot H^{0.9401} \quad (5)$$

表-1 調査地の主な環境要因

林分	氷見	吉峰	栃津
標高(m)	280	320	310
地形	尾根凸型	斜面上部平衡	斜面下部凹型
堆積様式	残積	歩行	崩積
土壤型	B ₀ (d)	B ₀ (d)	B ₀
方位	南東	北西	北西
傾斜(°)	15	20	5
年平均気温(°C)	14.5	13.8	13.9
暖かさの指数(°C・月)	120	117	117
最大積雪深(cm)	100	130	130

$W_s = 2.1398 \times 10^{-2} \cdot D^2 \cdot H^{1.0108}$ (6)
 であり、その傾きは幹材積で0.93~0.94、幹重で0.93~1.01で林分による分離はほとんど見られなかった。ここで幹重と幹材積との関係から、幹比重をみると氷見で0.6511kg/dm³、吉峰で0.6532kg/dm³、栃津で0.6526kg/dm³とこれも林分によってほとんど差がなかった。したがって、コナラの幹比重は0.65kg/dm³とすると、スギの平均値²⁾0.35kg/dm³よりかなり重い。

$D^2 \cdot H$ と枝重 (W_b : kg) との関係 (図-3) は、
 $W_b = 5.5340 \times 10^{-4} \cdot D^2 \cdot H^{1.3008}$ (7)
 $W_b = 2.5988 \times 10^{-3} \cdot D^2 \cdot H^{1.0988}$ (8)
 $W_b = 4.2111 \times 10^{-5} \cdot D^2 \cdot H^{1.5543}$ (9)
 であり、林分によって、分離が見られた。3林分のうちで最も蓄積の大きい栃津が他の2林分と異なっており、個体の大小に対する枝重の差が大きかった。これは大径木ほど枝の発達が著しかった、宮崎県¹⁾の結果と同じであった。

葉重 (W_L : kg) と $D^2 \cdot H$ の関係 (図-4) は、
 $W_L = 3.0633 \times 10^{-4} \cdot D^2 \cdot H^{1.1751}$ (10)
 $W_L = 1.2601 \times 10^{-3} \cdot D^2 \cdot H^{0.9978}$ (11)
 $W_L = 8.5570 \times 10^{-5} \cdot D^2 \cdot H^{1.2352}$ (12)
 であり、これらも枝と同様であるが、枝の場合ほど林分分離は著しくなかった。スギ²⁾については、大径木ほど単位葉量を支えるのに要する枝量が次第に大きくなるといわれているが、コナラの場合も同様であろう。

調査した3林分の幹材積は146.77~240.12m³/haと林分間で差が大きかった。また地上部重のうち幹重量は94.42~160.13t/ha、枝重は16.73~41.86t/ha、葉重は3.68~5.66t/ha、その合計は114.83~206.76t/haであった (表-3)。
 コナラ林の生産力については、これまで岩手県³⁾、宮崎県¹⁾、神奈川県⁴⁾、岡山県⁵⁾で行われている。宮崎県¹⁾、岡山県⁵⁾においては、複数の林分のデータがある。そのうち地上部現存量が最大の林分について

表-2 調査林分の種組成

調査林分	樹種	胸高断面積合計 m ² /ha	本数 No/ha	平均胸高直径 cm
氷見	コナラ <i>Quercus serrata</i>	15.44	1,300	15.5
	カスミザクラ <i>Prunus verecunda</i>	2.94	300	10.9
	アオハダ <i>Irex macropoda</i>	2.86	500	8.2
	クリ <i>Castanea crenata</i>	2.50	300	10.3
	ウラジロノキ <i>Sorbus japonica</i>	1.00	400	5.6
	キンキマメザクラ <i>Prunus insica</i> var. <i>kinkiensis</i>	0.99	400	5.6
	ソヨゴ <i>Irex pedunculosa</i>	0.86	100	10.5
全体		26.61	3,300	9.5
吉峰	コナラ <i>Quercus serrata</i>	25.91	2,300	11.5
	ミズナラ <i>Q. mongolica grosseserrata</i>	0.95	100	11.0
	マルバマンサク <i>Hamamelis japonica</i> var. <i>obutysata</i>	0.58	200	6.1
全体		27.44	2,600	11.1
栃津	コナラ <i>Quercus serrata</i>	27.17	975	18.3
	ホオノキ <i>Magnolia obovata</i>	1.46	50	19.1
	エゴノキ <i>Styrax japonica</i>	0.30	50	8.8
	ウワミズザクラ <i>Prunus grayana</i>	0.11	25	7.6
	ヤマモミジ <i>Acer palmatum</i> var. <i>matsumurae</i>	0.09	25	6.7
全体		29.13	1,125	17.4

のみ引用して表-4に示した。

地上部現存量についてみると、氷見が114.83t/haと岩手(36年生)³⁾、宮崎(25年生)¹⁾の124.67~131.10t/haといった、これまでの最大級より若干少なく、吉峰は157.84t/haでその約1.2倍、栃津に至って

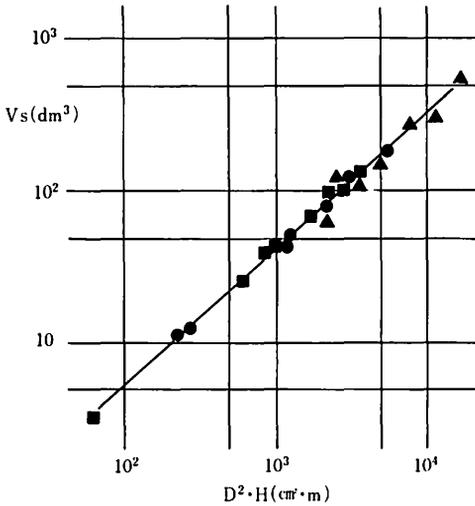


図-1 胸高直径の2乗×樹高 ($D^2 \cdot H$: $\text{cm}^2 \cdot \text{m}$) と幹材積 (V_s : dm^3) との相対成長関係

- : 氷見 $V_s = 7.0624 \times 10^{-2} \cdot D^2 \cdot H^{0.9336}$ (1)
- : 吉峰 $V_s = 7.2069 \times 10^{-2} \cdot D^2 \cdot H^{0.9306}$ (2)
- ▲: 栃津 $V_s = 6.0445 \times 10^{-2} \cdot D^2 \cdot H^{0.9398}$ (3)

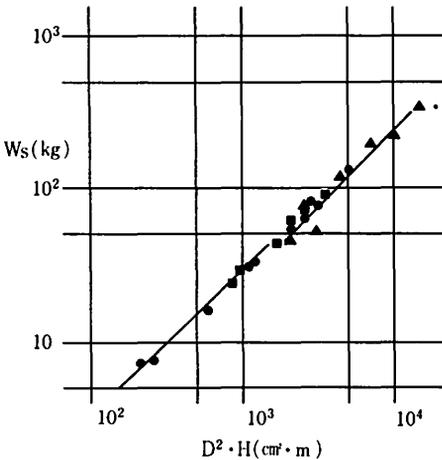


図-2 胸高直径の2乗×樹高 ($D^2 \cdot H$: $\text{cm}^2 \cdot \text{m}$) と幹重量 (W_s : kg) との相対成長関係

- : 氷見 $W_s = 4.4755 \times 10^{-2} \cdot D^2 \cdot H^{0.9357}$ (4)
- : 吉峰 $W_s = 4.3953 \times 10^{-2} \cdot D^2 \cdot H^{0.9401}$ (5)
- ▲: 栃津 $W_s = 2.1398 \times 10^{-2} \cdot D^2 \cdot H^{1.0108}$ (6)

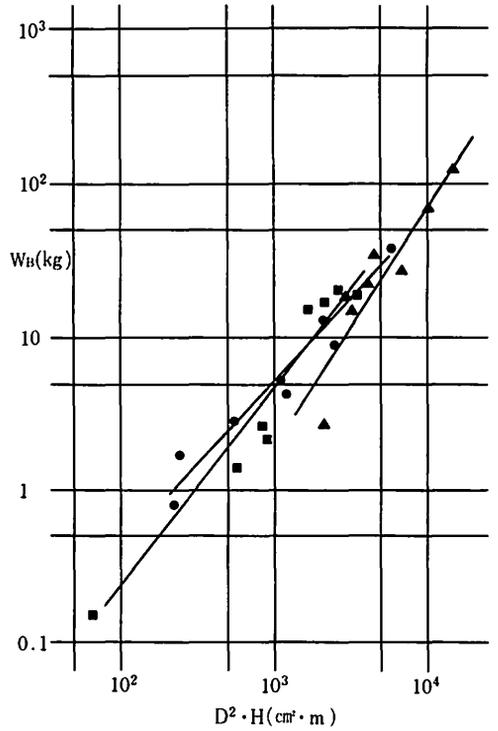


図-3 胸高直径の2乗×樹高 ($D^2 \cdot H$: $\text{cm}^2 \cdot \text{m}$) と枝重量 (W_b : kg) との相対成長関係

- : 氷見 $W_b = 5.5340 \times 10^{-4} \cdot D^2 \cdot H^{1.3008}$ (7)
- : 吉峰 $W_b = 2.5988 \times 10^{-3} \cdot D^2 \cdot H^{1.0998}$ (8)
- ▲: 栃津 $W_b = 4.2111 \times 10^{-5} \cdot D^2 \cdot H^{1.5543}$ (9)

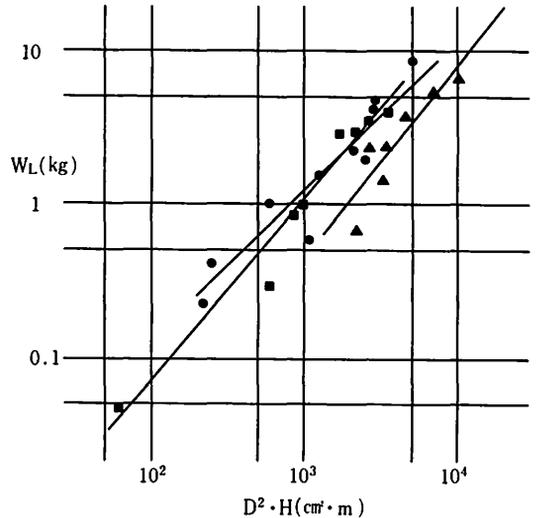


図-4 胸高直径の2乗×樹高 ($D^2 \cdot H$: $\text{cm}^2 \cdot \text{m}$) と葉重量 (W_l : kg) との相対成長関係

- : 氷見 $W_l = 3.0633 \times 10^{-4} \cdot D^2 \cdot H^{1.1751}$ (10)
- : 吉峰 $W_l = 1.2601 \times 10^{-3} \cdot D^2 \cdot H^{0.9978}$ (11)
- ▲: 栃津 $W_l = 8.5570 \times 10^{-5} \cdot D^2 \cdot H^{1.2352}$ (12)

は、206.76t/haと約1.7倍の現存量を有した。

森林の現存量は、林齢、立木密度、地位によって異なるといわれている⁶⁾。この3林分の林齢については、33~35年とほぼ同齢であった。

そこで立木密度を比較するため、富山県におけるコナラを主とする60林分の平均胸高直径と立木密度(胸高直径5 cm以上)の関係を示した散布図(図-5)⁷⁾での各林分の相対的位置を検討してみた。すると氷見、吉峰は最多密度線(最小2乗法による回帰式の傾きをそのままにして、散布図の最も外側の点を通る暫定的な線)：

$$\rho_{MAX} = 54447D^{-1.1492} \quad (13)$$

ただし ρ_{MAX} : 最多密度; 本/ha

D : 平均胸高直径; cm)に近い方であったが、栃津の密度は、最多密度には近いとはいえなかった。

林分の位置する地形、堆積状態および土壌型をみると、氷見は尾根緩斜面、残積、B₀(d)型、吉峰は斜面上部、歩行、B₀(d)型、栃津は斜面下部、崩積B₀型であった。

現存量が氷見<吉峰<栃津という関係を示したのは、立地条件の違いによるものであろう。また氷見、吉峰の現存量が決して少なくないのは、立木密度が高いことによることも大きいと思われた。

葉量は閉鎖した林分では、ほぼ一定となり、落葉広葉樹林では、約3 t/ha⁸⁾といわれている。本報告の3林分はいずれもそれより多く、吉峰では、5.66t/haを有した。他の地方でも、3.9~5.2t/haの林分があり^{1,3,5)} コナラは落葉広葉樹の中では、葉量が比較的多い樹種といえるようである。

全体に対する幹の現存量の割合は、氷見、吉峰で

表-3 調査林分の現存量

林分	氷見	吉峰	栃津
林齢(yr)	34	33	35
幹材積(m ³ /ha)	146.77	192.95	240.12
幹重(t/ha)	94.42	126.56	160.13
枝重(t/ha)	16.73	25.62	41.86
葉重(t/ha)	3.68	5.66	4.77
地上部合計	114.83	157.84	206.76
幹重の割合(%)	82.2	80.2	77.4
枝重の割合(%)	14.6	16.2	20.2
葉重の割合(%)	3.2	3.6	2.3

表-4 文献による他地域の林分の現存量

林分	岩手	宮崎	神奈川	岡山
文献	3	1	4	5
林齢(yr)	36	25	20	
幹材積(m ³ /ha)	169.20	128.48		
幹重(t/ha)	108.40	103.35	49.70	96.8
枝重(t/ha)	19.40	17.41	11.96	19.5
葉重(t/ha)	3.27	3.91	2.87	5.2
地上部合計	131.10	124.67	64.53	121.50
幹重の割合(%)	82.7	82.9	77.0	79.7
枝重の割合(%)	14.8	14.0	18.5	16.0
葉重の割合(%)	2.5	3.1	4.4	4.3

80~82%であるのに対して、栃津が77%と若干低かった。一般に立木密度が高いほど幹に対する配分率が上がると⁶⁾されているが、図-5における相対的位置と比較した時、本結果は、これとよく一致していた。しかし他地方の結果は73~82%^{1,3,4,5)}であり、本報もこの範囲内であった。枝の割合は14~20%(他地方が14~20%^{1,3,4,5)})と本報告の3林分は他の地方と同様な配分割合になっていた。

4.3 林分の成長量

幹の成長量は、供試木の樹幹解析より得た皮なし材積 ($V'_s : \text{dm}^3$) と5年前の皮なし材積 ($V'_{s-5} : \text{dm}^3$) から、最近5年間の材積成長量を求めて、それから最近1年間の幹の材積成長量 ($\Delta V_s : \text{dm}^3/\text{yr}$, 式(14)) および重量成長量 ($\Delta W_s : \text{kg}/\text{yr}$, 式(15)) を算出した。

$$\Delta V_s = (V'_s - V'_{s-5}) / 5 \tag{14}$$

$$\Delta W_s = \Delta V_s \cdot W_s / V_s \tag{15}$$

ΔV_s と $D^2 \cdot H$ の相対成長関係 (図-6) は

$$\text{氷見 } \Delta V_s = 9.8008 \times 10^{-4} \cdot D^2 \cdot H^{1.0516} \tag{16}$$

$$\text{吉峰 } \Delta V_s = 2.2911 \times 10^{-4} \cdot D^2 \cdot H^{1.2621} \tag{17}$$

$$\text{栃津 } \Delta V_s = 3.5577 \times 10^{-4} \cdot D^2 \cdot H^{1.4141} \tag{18}$$

であった。

枝重量成長量 ($\Delta W_B : \text{kg}/\text{yr}$) は、まず枝重 ($W_B :$

kg) と幹重 ($W_s : \text{kg}$) の関係を式(19)~(21)として求め、

$$\text{氷見 } W_B = 0.0419 W_s^{1.3873} \tag{19}$$

$$\text{吉峰 } W_B = 0.1004 W_s^{1.1701} \tag{20}$$

$$\text{栃津 } W_B = 0.0237 W_s^{1.4481} \tag{21}$$

それらの両辺を時間で微分して¹¹⁾

$$\text{氷見 } \Delta W_B / W_B = 1.3873 \cdot \Delta W_s / W_s \tag{22}$$

$$\text{吉峰 } \Delta W_B / W_B = 1.1701 \cdot \Delta W_s / W_s \tag{23}$$

$$\text{栃津 } \Delta W_B / W_B = 1.4481 \cdot \Delta W_s / W_s \tag{24}$$

より求めた。

これらの式で毎木調査の結果より成長量を計算すると (表-5), 幹成長量は重量で3.08~6.69t/ha・yr, 材積で4.78~9.94m³/ha・yr と他の地方の幹重量成長量 (表-6) である3.50~6.01t/ha・yr^{1,3,4,5)} とほぼ同じか、若干大きな値であった。またほぼ同齡のタテヤマスギの幹重量成長量は7.8~8.3t/ha・yr⁹⁾, 幹材積成長量は19.9~23.8m³/ha・yr であり、コナラは材積では大きく劣るものの、栃津の重量成長量はそれに近い値であった。これは、先述のように、スギの幹比重が0.35kg/dm³であるのに対して、コナラのそれが0.65kg/dm³と重いためであろう。

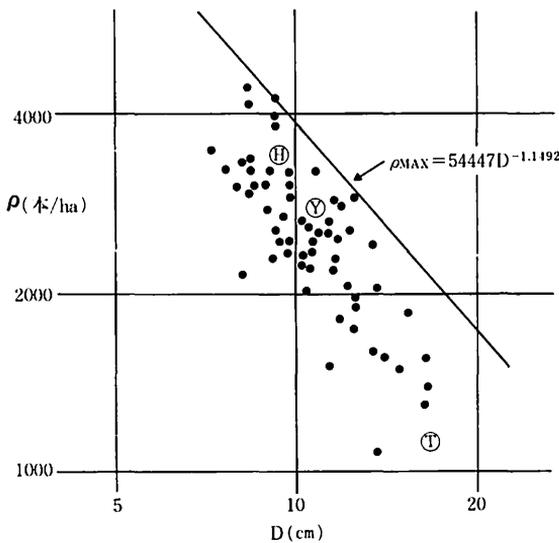


図-5 他の林分資料と比較した調査林分の平均胸高直径 ($D : \text{cm}$) と立木密度 ($\rho : \text{本}/\text{ha}$) との関係 $\rho_{\text{MAX}} = 54447D^{-1.1492}$ (13) ㊸: 氷見 ㊹: 吉峰 ㊺: 栃津

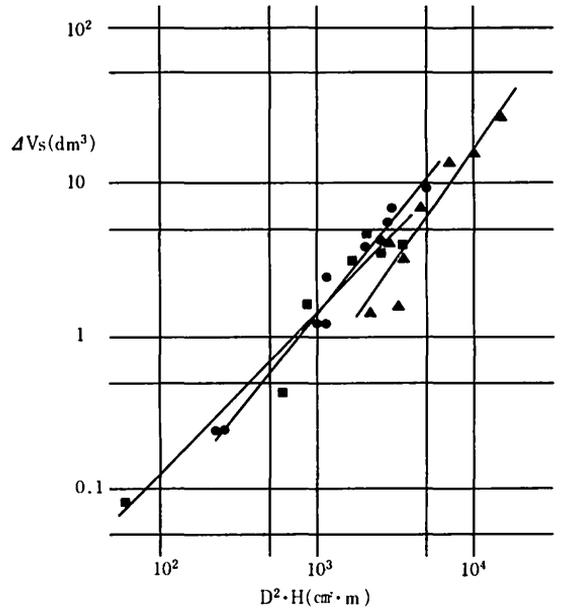


図-6 胸高直径の2乗×樹高 ($D^2 \cdot H : \text{cm}^2 \cdot \text{m}$) と幹材積成長量 ($\Delta V_s : \text{dm}^3$) との相対成長関係 ■: 氷見 $\Delta V_s = 9.8008 \times 10^{-4} \cdot D^2 \cdot H^{1.0516}$ (16) ●: 吉峰 $\Delta V_s = 2.2911 \times 10^{-4} \cdot D^2 \cdot H^{1.2621}$ (17) ▲: 栃津 $\Delta V_s = 3.5577 \times 10^{-4} \cdot D^2 \cdot H^{1.4141}$ (18)

葉量1 tあたりの幹生産能率は、本報告の3林分で0.84~1.40 t/t・yrであった。葉の物質生産能率は、見かけ上地位良好なところほど大きくなるといわれているが⁸⁾、ここでも3林分の中で、最も立地条件の良かった栃津で能率が高かった。また他地方のそれは、1.00~1.54t/t・yr^{1,3,4,5)}であり、本報の林分はこれらと近い値であった。

枝の成長量(表-5)は、0.77~2.69t/ha・yrであった。

これらから、葉も含めた地上部成長量は、7.53~14.15t/ha・yrであり、只木ら⁸⁾の求めた落葉

広葉樹林の平均値8.7±3.0t/ha・yrに対して氷見はその範囲内であるが、吉峰、栃津ではそれを上回っていた。

コナラ林は生産力が低いとか、低質林とかいわれてきたが、これは、立地条件の悪い林分や、樹高成長、蓄積といった、外観からの判断によるであろう。しかし単位面積あたりの重量としての物質生産ならばスギに劣らず、立地条件がよければ、大径材生産も可能であろう。ただし材質、用途によって、経済的価値が異なることは、また別の問題である。

表-5 調査林分の成長量

林分	氷見	吉峰	栃津
幹材積(m ³ /ha・yr)	4.78	7.95	9.94
幹重(t/ha・yr)	3.08	5.22	6.69
枝重(t/ha・yr)	0.77	1.25	2.69
葉重(t/ha・yr)	3.68	5.66	4.77
地上部合計(t/ha・yr)	7.53	12.13	14.15
葉の幹重生産効率(t/t・yr)	0.84	0.92	1.40

表-6 文献による他地域の林分の成長量

林分	岩手	宮崎	神奈川	岡山
文献	3	1	4	5
幹材積(m ³ /ha・yr)	6.77	9.04		
幹重(t/ha・yr)	4.75	6.01	3.50	5.2
枝重(t/ha・yr)	0.73	1.70	3.26	1.4
葉重(t/ha・yr)	3.27	3.91	2.87	5.2
地上部合計(t/ha・yr)	8.75	11.62	9.63	11.8
葉の幹重生産効率(t/t・yr)	1.45	1.54	1.22	1.00

文 献

- 1) 甲斐重貴：暖帯性落葉広葉樹林の特性と施業に関する研究, 宮大演報, 10号, 1-124 (1984)
- 2) 四大学 (北大, 東大, 京大, 大阪市大) および信大合同調査班：森林の生産力に関する研究 (第Ⅲ報) スギ人工林の物質生産について, 日林協, 1-40 (1966)
- 3) 瀬川幸三, 加藤亮助：好摩実験林におけるコナラ萌芽林の生長, 昭和44年度林試東北支場年報, 188-198 (1969)
- 4) KIMURA, M. et. al.: Productivity and Mineral Cycling in an Oak Coppice Forest 1. Structure and Phytomass of the Forest, Bot. Mag. Tokyo 95, 19-33 (1982)
- 5) 小笠原隆三, ほか 3 名：コナラ二次林の現存量および生産量, 広葉樹研究, 4 号, 257-262 (1987)
- 6) 佐藤大七郎：“陸上植物群落の物質生産 Ia”, 共立出版, 95pp (1973)
- 7) 長谷川幹夫：未発表
- 8) 只木良也, 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, 64pp (1968)
- 9) 阪上俊郎：タテヤマスギ荘齢林の生産力, 富山林試研報, 11号, 18-24 (1984)
- 10) KIMURA, M.et.al : Productivity and Mineral Cycling in an Oak Coppice Forest 2. Annual Net Production of the Forest, Bot. Mag. Tokyo 95, 359-373 (1982)
- 11) OGAWA, H : “Principales and method of estimating primary reproduction in forest. JIBP Synthesis” 16, Univ. Tokyoun Press, 29-55 (1977)