

カワイダニスギ若齢林の成長と生産力

相浦 英春

Growth and Productivity of Young Kawaidani-Sugi Stands

Hideharu AIURA

カワイダニスギ若齢林 6 林分 (21~28年生) を対象に、現存量、成長量、樹高成長および葉の垂直分布について調査を行った。林分現存量は乾重で、幹が84.65~140.19ton/ha (材積で218.42~458.93 m³/ha)、枝が12.20~19.72ton/ha、葉が24.04~44.74ton/ha と推定され、枝葉の割合が大きく、カワイダニスギの特徴と考えられた。最近一年間の乾重成長量は、幹が5.04~14.30ton/ha・yr (13.95~41.71 m³/ha・yr)、枝が0.78~3.61ton/ha・yr、葉が3.91~12.03 ton/ha・yr となった。樹高成長は林分によって大きく異なり、地位指数の推定値は15.5~24.8 の範囲であった。葉の垂直分布は、タテヤマスギとは異なる特徴を示し、林分高に対する最大葉量層の高さや葉層の深さに一定の傾向は認められなかった。

1. はじめに

カワイダニスギは、石川県河合谷の地スギから選抜されたサシキ品種で、富山県内には昭和24~25年ころにはじめて移入された(平, 1979)。その後、氷見市から小矢部市にかけてのボカスギ地帯を中心に、これに代わるスギ品種として多く植栽されるようになり、近年ではこれらの地域における造林品種の大半を占めるようになってきている。こうしたことから現在では、県西部を中心に造林地面積に占めるカワイダニスギの割合は高くなっている。また、県内におけるカワイダニスギの造林の歴史が浅いことから、そのほとんどは幼齢ないしは若齢の林分で、今後、間伐や枝打ちといった保育が必要になってくる。しかしながら、カワイダニスギを対象とした保育基準は今のところ確立されていない。

本報告は、こうした基準を確立していくための基礎資料を得るために、カワイダニスギ若齢林分を対象に現存量、生産力および樹高成長などについて、既報の氷見市針木における調査結果(相浦, 1997)に5林分の結果を加えてまとめたものである。

2. 調査地および調査方法

調査地は高岡市西広谷地内および氷見市の針木地内、戸津宮地内、一芻地内、角間地内の2林分で、合計6林分である。各調査地の概況は表-1に示したとおりである。

調査は西広谷では1987年10月、針木では1994年4月、戸津宮では1997年10月、一芻では1998年10月、角間1では1999年10月、角間2では2000年10月にそれぞれ行った。調査時点では西広谷、針木、戸津宮の林分は22年生、一芻の林分は28年生、角間1は21年生、角間2は23年生であった。これらの林分内にそれぞれ調査区を設け、胸高直径の毎木調査を行うとともに、針木では28本、戸津宮では25本、その他の調査区では全木について樹高を測定した。さらに、各調査区から選ばれた調査木(針木と戸津宮では9本、その他の調査区では8本)を地際から伐倒し、枝下高と当年伸長量を測定後、層厚1mとして層別刈取法に準じた方法で、幹・枝・葉に分け生重量を測定した。葉は新葉と旧葉に区別した。なお、葉は緑色部としたので緑枝を含んでいる。全調査木につ

表-1 調査地の概況

調査地		西広谷	針木	戸津宮	一 芻	角間 1	角間 2
標高	(m)	20	200	230	360	340	450
土壌型		B _D	B _E	B _D	B _D	B _D	B _D
年平均気温	(℃)	13.0	13.2	11.8	11.1	11.4	10.8
平均年降水量	(mm)	2616	2793	2853	2921	2907	2916
平均年最大積雪深	(cm)	61	108	105	97	100	95
調査年月		1987/10	1994/4	1997/10	1998/10	1999/10	2000/10
調査区面積	(m ²)	400	1000	400	400	400	625

表-2 調査林分の概況 (調査時点)

調査林分		西広谷	針木	戸津宮	一 芻	角間 1	角間 2
林齢	(年)	22	22	22	28	21	23
立木密度	(本/ha)	1400	920	1700	1025	1550	1248
平均樹高	(m)	13.43	16.72	11.79	15.87	13.27	11.59
平均胸高直径	(cm)	21.41	27.35	17.68	23.86	19.96	19.33

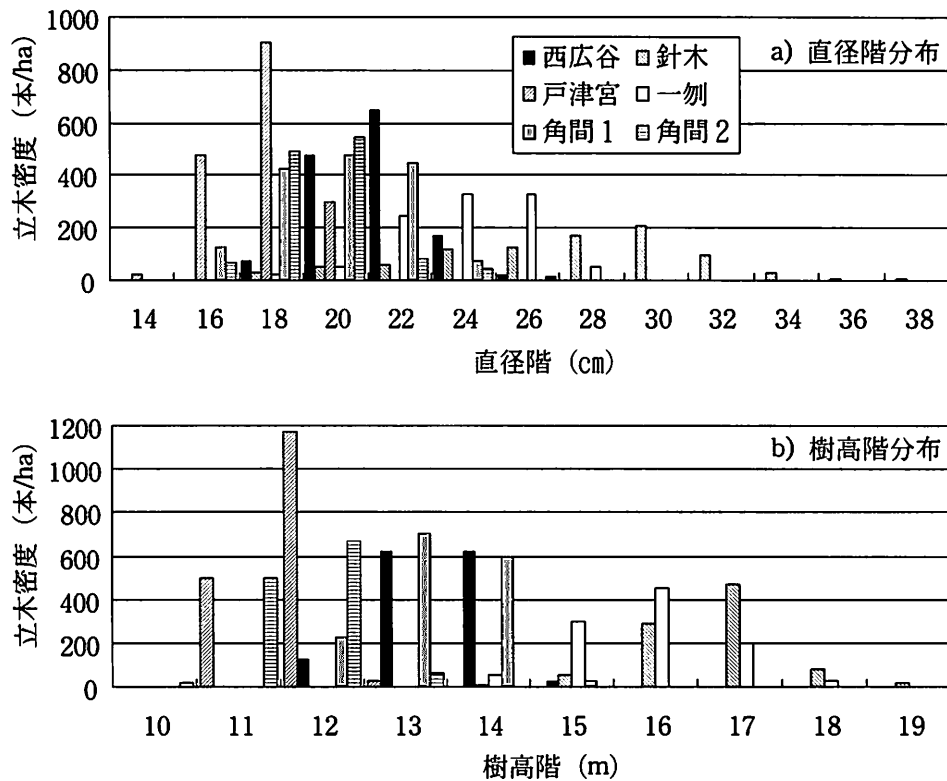


図-1 調査林分の胸高直径および樹高の分布

いて層ごとに幹・枝・葉のサンプルを採り、研究室に持ち帰って絶乾し含水率を求め、生重量を絶乾重量に換算した。また、樹幹解析用に各層の幹の下部から円板を採取した。なお、本報告では重量データはすべて絶乾重量で表記してある。

3. 調査結果および考察

3.1 林分の概況

毎木調査によって得られた各林分の概況を表-2に示す。また、各調査林分の胸高直径および樹高の分布を図-1に示す。なお、測定を行わなかった個体の樹高は、各調査林分で測定を行った個体の樹高

(H : m) と胸高直径 (D : cm) の関係から求めた。

3.2 林分現存量

林分現存量は、相対成長関係と毎木調査の結果などから推定した。なお、各成長関係については、共分散分析を行い林分間で比較した。

3.2.1 相対成長関係

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

$$\log V_s = 0.771 \log D^2H - 0.538 \quad (\text{西広谷})$$

$$\log V_s = 0.911 \log D^2H - 1.050 \quad (\text{針木})$$

$$\log V_s = 1.023 \log D^2H - 1.478 \quad (\text{戸津宮})$$

$$\log V_s = 0.936 \log D^2H - 1.154 \quad (\text{一芻})$$

$$\log V_s = 0.952 \log D^2H - 1.198 \quad (\text{角間1})$$

$$\log V_s = 0.966 \log D^2H - 1.275 \quad (\text{角間2})$$

で示され、それぞれ両対数上で直線回帰する (図-2)。また、各林分の回帰を比較したところ、いずれの場合も1%水準で有意な差は認められなかった。そこで、すべての林分の相対成長関係を同一の式で表すと

$$\log V_s = 0.948 \log D^2H - 1.203$$

となり、カワイダニスギ若齢木については、この式を用いて胸高直径と樹高から材積を推定することができる。なお、氷見市内のボカスギ林分での調査結果 (相浦, 1988) では、式の傾きと切片の値はそれぞれ0.982, -1.338であったが、品種間においても相対成長関係の分離は認められなかった。

また、 D^2H と V_s との関係は個体の大小に影響される (四大学, 1966) ことから、幹形を比較するために、個体の大小に影響されない直径である1割直径 ($D_{0.1}$) を用いて $D_{0.1}^2H$ ($\text{cm}^2 \cdot \text{m}$) と幹材積 (V_s) との関係で示すと、

$$V_s = 0.039 D_{0.1}^2H \quad (\text{西広谷})$$

$$V_s = 0.040 D_{0.1}^2H \quad (\text{針木})$$

$$V_s = 0.040 D_{0.1}^2H \quad (\text{戸津宮})$$

$$V_s = 0.040 D_{0.1}^2H \quad (\text{一芻})$$

$$V_s = 0.042 D_{0.1}^2H \quad (\text{角間1})$$

$$V_s = 0.038 D_{0.1}^2H \quad (\text{角間2})$$

となる (図-3)。式の傾きは0.038~0.042であり、一般のスギ林での値0.042 (菅, 1967; 齊藤ら, 1972; 四大学, 1966) と比較すると角間2を除いてやや小さく、カワイダニスギが若干梢殺であることを示す。

D^2H と幹乾重 (W_s : kg) との相対成長関係は、

$$\log W_s = 0.581 \log D^2H - 0.253 \quad (\text{西広谷})$$

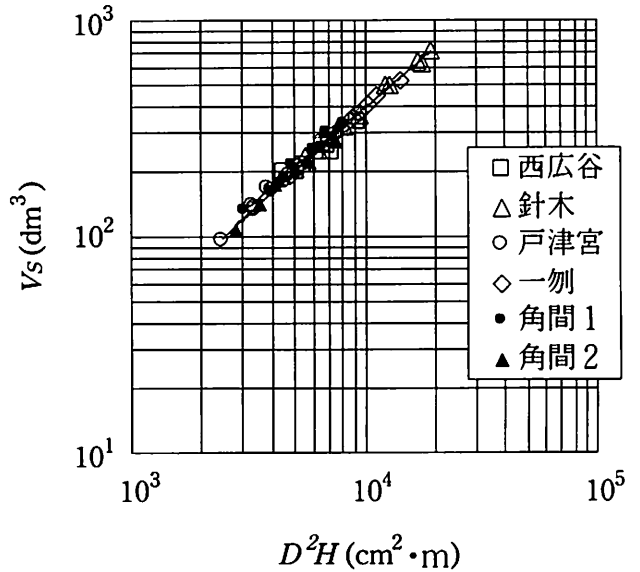


図-2 胸高直径の2乗×樹高 (D^2H : $\text{cm}^2 \cdot \text{m}$) と幹材積 (V_s : dm^3) との相対成長関係

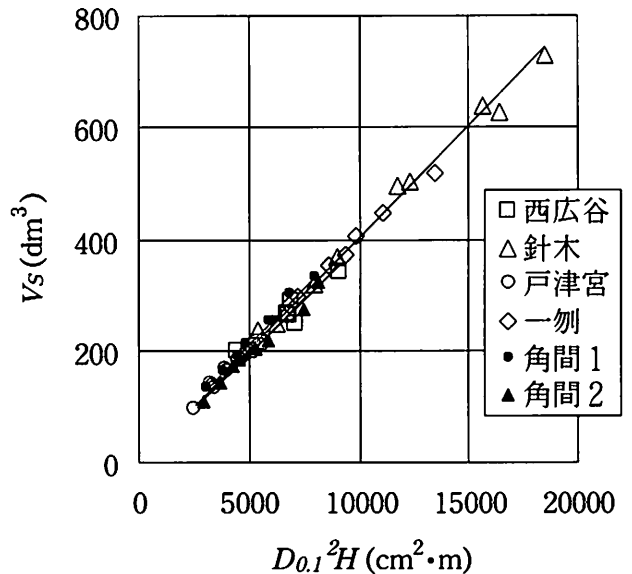


図-3 一割直径の2乗×樹高 ($D_{0.1}^2H$: $\text{cm}^2 \cdot \text{m}$) と幹材積 (V_s : dm^3) との関係

$$\log W_s = 0.795 \log D^2H - 1.082 \quad (\text{針木})$$

$$\log W_s = 0.978 \log D^2H - 1.760 \quad (\text{戸津宮})$$

$$\log W_s = 0.872 \log D^2H - 1.354 \quad (\text{一芻})$$

$$\log W_s = 0.904 \log D^2H - 1.465 \quad (\text{角間1})$$

$$\log W_s = 0.837 \log D^2H - 1.215 \quad (\text{角間2})$$

で示され、 D^2H と V_s との相対成長関係と同様に、両対数上で直線回帰する (図-4)。ただし、 D^2H と V_s との関係とは異なり、式の傾きと切片の値は、調査林分間で必ずしも一致しない。これは、 D^2H と W_s の相対成長関係が、おもに成長の良し悪しにとともなう幹比重の差によって分離するためと考えられ

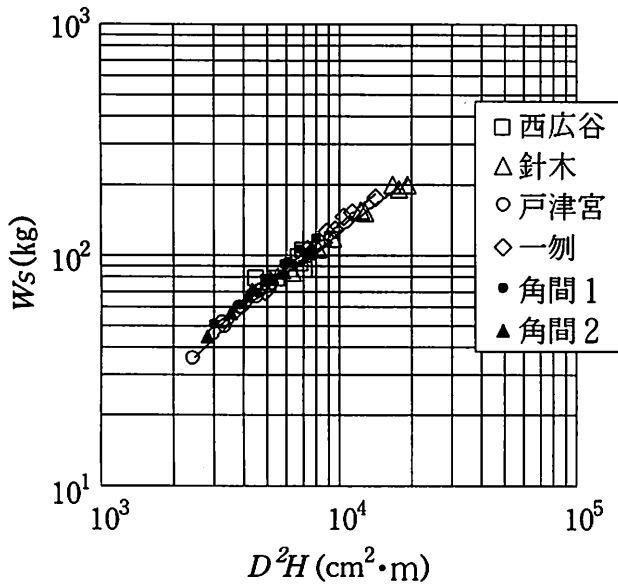


図-4 胸高直径の2乗×樹高 (D^2H : $\text{cm}^2 \cdot \text{m}$) と幹乾重 (W_s : kg) との相対成長関係

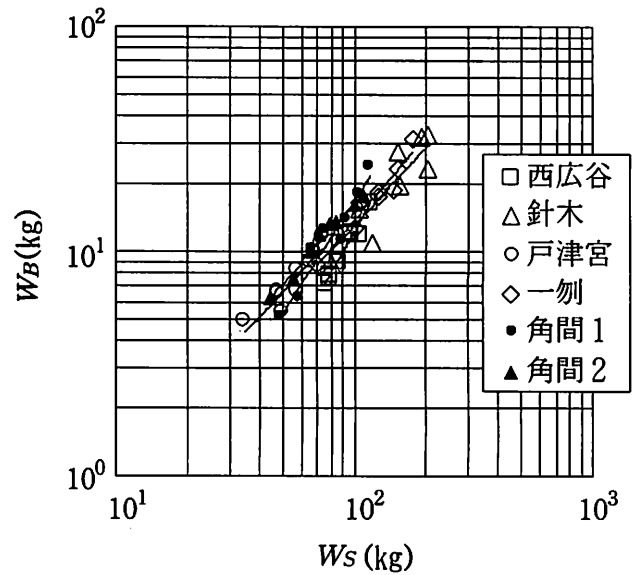


図-6 幹乾重 (W_s : kg) と枝乾重 (W_b : kg) との相対成長関係

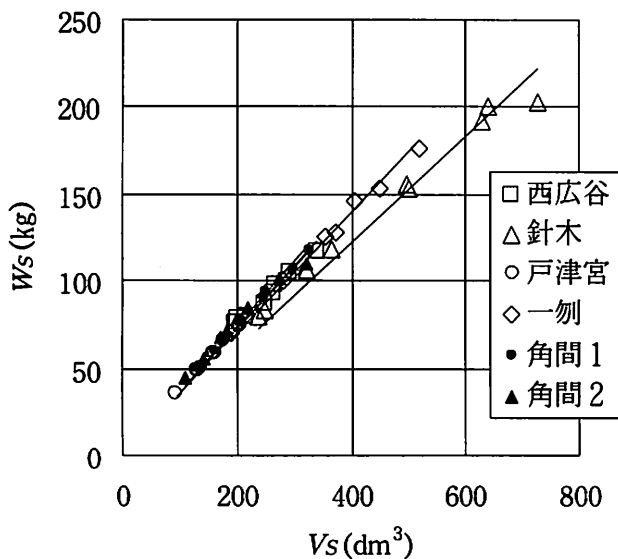


図-5 幹材積 (V_s : dm^3) と幹乾重 (W_s : kg) との関係

る (四大学, 1966)。

そこで、幹材積 (V_s) と幹乾重 (W_s) との関係を原点を通る直線で回帰すると、

$$W_s = 0.360 V_s \quad (\text{西広谷})$$

$$W_s = 0.306 V_s \quad (\text{針木})$$

$$W_s = 0.360 V_s \quad (\text{戸津宮})$$

$$W_s = 0.349 V_s \quad (\text{一芻})$$

$$W_s = 0.358 V_s \quad (\text{角間 1})$$

$$W_s = 0.373 V_s \quad (\text{角間 2})$$

で示される (図-5)。幹比重を表す式の傾きは、全国のスギの平均値が0.35 (四大学, 1966)、富山県内

におけるタテヤマスギの値が0.34~0.38 (阪上, 1982a, 1986)、良好な成長をしているボカスギ若齢林の値が0.30~0.31 (相浦, 1988) である。これらと比較すると針木では、良好な成長をしているボカスギ若齢林の値に相当し、その他の林分と比べても明らかに小さい。また、幹比重は成長のよい林分では小さい値をとる (四大学, 1966) ことから、良好な成長をしている針木で小さな値を示したと考えられる。一方、その他の林分の値は富山県内におけるタテヤマスギの値に相当し、ほぼ平均的な値である。

幹乾重 (W_s) と枝乾重 (W_b : kg) との相対成長関係は、

$$\log W_b = 1.876 \log W_s - 2.665 \quad (\text{西広谷})$$

$$\log W_b = 1.169 \log W_s - 1.224 \quad (\text{針木})$$

$$\log W_b = 1.158 \log W_s - 1.151 \quad (\text{戸津宮})$$

$$\log W_b = 1.271 \log W_s - 1.408 \quad (\text{一芻})$$

$$\log W_b = 1.686 \log W_s - 2.149 \quad (\text{角間 1})$$

$$\log W_b = 1.205 \log W_s - 1.194 \quad (\text{角間 2})$$

で示される (図-6)。式の傾きは各林分とも1より大きく、優勢木ほど幹に対する枝量が大きくなることを示している。西広谷では個体の大小の差は小さいもののその傾向が強い。

幹乾重 (W_s) と葉乾重 (W_L : kg) との相対成長関係は、

$$\log W_L = 1.262 \log W_s - 1.226 \quad (\text{西広谷})$$

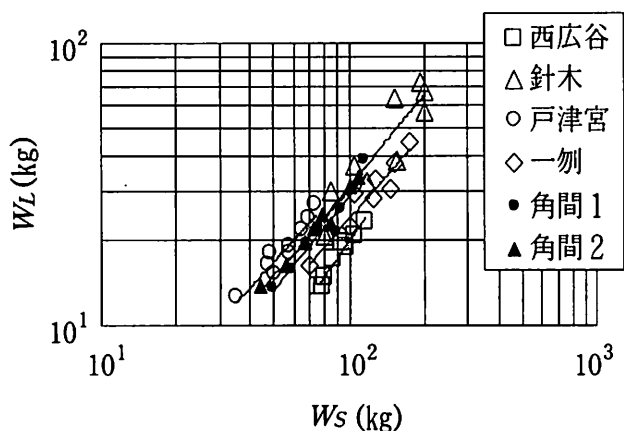


図-7 幹乾重 (Ws : kg) と葉乾重 (W_L : kg) との相対成長関係

$$\begin{aligned} \log W_L &= 1.061 \log W_s - 0.630 && \text{(針木)} \\ \log W_L &= 0.969 \log W_s - 0.417 && \text{(戸津宮)} \\ \log W_L &= 0.997 \log W_s - 0.617 && \text{(一芻)} \\ \log W_L &= 1.100 \log W_s - 0.744 && \text{(角間 1)} \\ \log W_L &= 0.986 \log W_s - 0.495 && \text{(角間 2)} \end{aligned}$$

で示される(図-7)。回帰直線の傾きには調査林分間で有意な違いは認められなかったが、回帰直線の高さは西広谷と一芻で他の調査林分と比べて明らかに小さい。すなわち、他の調査林分と比較して同じ幹乾重の個体の葉乾重は小さい。

3.2.2 林分現存量

毎木調査から得られた胸高直径および樹高と、相対成長関係を使って林分現存量を算出した。その結果は、表-3に示したとおりである。

幹現存量 (Y_s) は西広谷で124.69ton/ha、針木で140.19ton/ha、戸津宮で91.71ton/ha、一芻で129.24ton/ha、角間1で125.48ton/ha、角間2で84.65ton/ha、材積にすると西広谷で341.01m³/ha、針木で458.93m³/ha、戸津宮で254.06m³/ha、一芻で367.74m³/ha、

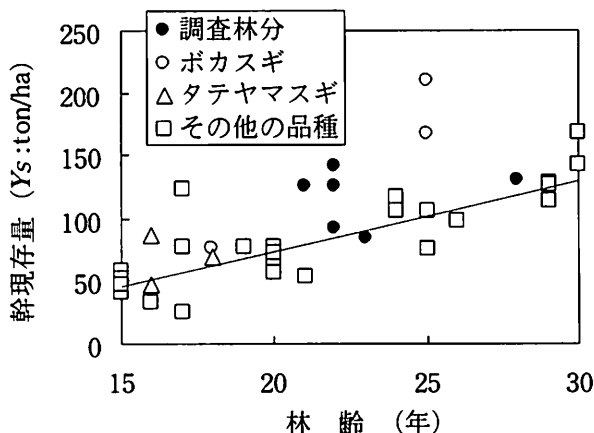


図-8 スギ若齢林分の幹現存量 (Y_s : ton/ha)

角間1で348.58m³/ha、角間2で218.42m³/haとなった。全国で調査された若齢のスギ人工林(15~30年生)での結果(安藤ら, 1968; 四大学, 1966)では25~167ton/haである。また、県内のタテヤマスギ若齢林(16~18年生)(阪上, 1982a, 1982b; 安田・阪上, 1986)で48~87ton/ha、氷見市内のボカスギ人工林(18~25年生)(相浦, 1988)では75~209ton/haである。林齢を考慮してこれらの値と比較すると(図-8)、西広谷、針木、角間1の調査林分では大きな値を示し、条件の良い場所に植栽されたボカスギに匹敵する。戸津宮、一芻、角間2ではほぼ平均的な値である。

幹現存量を平均樹高で除した値である幹現存量密度 (Y_s/H) は西広谷で9.28 ton/ha・m、針木で8.38ton/ha・m、戸津宮で7.78ton/ha・m、一芻で8.15ton/ha・m、角間1で9.46ton/ha・m、角間2で7.30ton/ha・m(材積にすると西広谷で25.39m³/ha・m、針木で27.45m³/ha・m、戸津宮で21.55m³/ha・m、一芻で23.18m³/ha・m、角間1で26.27m³/ha・m、

表-3 林分現存量

調査林分	西広谷	針木	戸津宮	一芻	角間1	角間2
幹材積 (m ³ /ha)	341.01	458.93	254.06	367.74	348.58	218.42
重量現存量 (ton/ha)						
幹	124.69	140.19	91.71	129.24	125.48	84.65
枝	13.88	19.72	12.20	18.87	18.74	12.88
葉	24.04	44.74	30.93	30.82	35.27	25.51
地上部合計	162.61	204.66	134.84	178.96	179.49	123.04
胸高断面積合計 (m ² /ha)	50.68	55.24	42.00	46.24	49.07	36.91
幹現存量密度 (m ³ /ha・m)	25.39	27.45	21.55	23.18	26.27	18.84
(ton/ha・m)	9.28	8.38	7.78	8.15	9.46	7.30

m, 角間 2 で $18.84 \text{ m}^3 / \text{ha} \cdot \text{m}$) となる。スギ人工林の幹現存量密度は、最大胸高断面積合計から求めた最大値で $14 \text{ ton} / \text{ha} \cdot \text{m}$ ($40 \text{ m}^3 / \text{ha} \cdot \text{m}$) といわれている。また、その値の 70~80% があれば十分に林分は閉鎖していると考えられている (菅, 1967; 四手井ら, 1974)。したがって、幹現存量密度から判断すると各調査林分は一般のスギ林分としては、多少低密度に管理されていることになる。

調査時点での収量比数 (R_y) は、県内のタテヤマスギ林分密度管理図 (中川, 1982) を使って求めると、西広谷で 0.72, 針木で 0.69, 戸津宮で 0.69, 一芻で 0.66, 角間 1 で 0.74, 角間 2 で 0.59 である。また、富山県内のタテヤマスギとボカスギの成長パラメータを基に作成された、富山県システム収穫表「シルブの森」(田中・嘉戸, 2001) を使って求めると、収量比数は西広谷で 0.75, 針木で 0.74, 戸津宮で 0.67, 一芻で 0.65, 角間 1 で 0.74, 角間 2 で 0.58 である。また、相対幹距は西広谷で 19.9, 針木で 19.7, 戸津宮で 20.5, 一芻で 19.6, 角間 1 で 19.2, 角間 2 で 24.4 である。これらの値からすると、いまのところ過密状態とはなっていない。

胸高断面積合計は西広谷で $50.68 \text{ m}^3 / \text{ha}$, 針木で $55.24 \text{ m}^3 / \text{ha}$, 戸津宮で $42.00 \text{ m}^3 / \text{ha}$, 一芻で $46.24 \text{ m}^3 / \text{ha}$, 角間 1 で $49.07 \text{ m}^3 / \text{ha}$, 角間 2 で $36.91 \text{ m}^3 / \text{ha}$ となった。安藤 (1968) が示した各地のスギの胸高断面積等平均樹高線に関する逆数式の常数を用い、各調査林分の立木密度と平均樹高の樹高階から計算で求めた値と比較すると、西広谷, 針木, 角間 1 の胸高断面積合計は比較的大きい値であると考えられる。その他の 3 林分はほぼ平均的な値である。

枝現存量 (Y_B) は西広谷で $13.88 \text{ ton} / \text{ha}$, 針木で $19.72 \text{ ton} / \text{ha}$, 戸津宮で $12.20 \text{ ton} / \text{ha}$, 一芻で $18.87 \text{ ton} / \text{ha}$, 角間 1 で $18.74 \text{ ton} / \text{ha}$, 角間 2 で $12.88 \text{ ton} / \text{ha}$ となった。枝現存量は林分によってバラツキが大きく、立木密度が高くなるにつれて減少し、林分の発達にともなってある程度増加していく傾向にあるといわれている (四大学, 1966) が、ボカスギを含めたスギの若齢人工林の値 (相浦, 1988; 安藤ら, 1968; 阪上, 1982a; 安田・阪上, 1986; 四大学, 1966) が $6 \sim 17 \text{ ton} / \text{ha}$ であることから、針木, 一芻, 角間 1 の枝現存量は大きな値であると考えられる。その他の 3 林分はほぼ平均的な値の範囲内である。

葉現存量 (Y_L) は西広谷で $24.04 \text{ ton} / \text{ha}$, 針木で $44.74 \text{ ton} / \text{ha}$, 戸津宮で $30.93 \text{ ton} / \text{ha}$, 一芻で $30.82 \text{ ton} / \text{ha}$, 角間 1 で $35.27 \text{ ton} / \text{ha}$, 角間 2 で $25.51 \text{ ton} / \text{ha}$ となった。スギ林の葉量は一般に $20 \text{ ton} / \text{ha}$ 前後である (TADAKI, 1977; 四大学, 1966) から、各調査林分の値は平均より大きい。とくに針木での値はこれまでに全国で行われた同様の調査結果の中でも、最も大きい値であり際だった特徴といえる。また、戸津宮, 一芻, 角間 1 の値も、一般のスギ林分比べて葉量は大きく良好なボカスギ林分の値 (相浦, 1988) に匹敵する。

地上部現存量 (Y_T) は西広谷で $162.61 \text{ ton} / \text{ha}$, 針木で $204.66 \text{ ton} / \text{ha}$, 戸津宮で $134.84 \text{ ton} / \text{ha}$, 一芻で $178.96 \text{ ton} / \text{ha}$, 角間 1 で $179.49 \text{ ton} / \text{ha}$, 角間 2 で $123.04 \text{ ton} / \text{ha}$ となった。地上部各部現存量の割合は幹が西広谷で 76.7%, 針木で 68.5%, 戸津宮で 68.0%, 一芻で 72.2%, 角間 1 で 69.9%, 角間 2 で 68.8%, 枝が西広谷で 8.5%, 針木で 9.6%, 戸津宮で 9.0%, 一芻で 10.5%, 角間 1 で 10.4%, 角間 2 で 10.5%, 葉が西広谷で 14.8%, 針木で 21.9%, 戸津宮で 22.9%, 一芻で 17.2%, 角間 1 で 19.7%, 角間 2 で 20.7% となる。一般に、枝・葉の割合は地上部現存量の増大とともに減少する (安藤ら, 1968; 四大学, 1966)。地上部現存量 $200 \text{ ton} / \text{ha}$ 程度の林分における枝・葉の割合は、これまでの全国各地でのスギ林分における調査結果 (安藤ら, 1968; 四大学, 1966) では、最大でそれぞれ 10%・14% である。また、県内のタテヤマスギ (阪上, 1986) ではそれぞれ 5.8%・10.6%, ボカスギ (相浦, 1988) ではそれぞれ 6.1%・15.2% である。したがって、地上部現存量や立木密度を考慮しても、いずれの林分とも枝・葉の割合が大きい傾向にあり、カワイダニスギの特徴と考えられる。

3.3 成長量

林分成長量は相対成長関係と毎木調査および樹幹解析の結果から推定した。

3.3.1 林分成長量の推定

幹乾重成長量 (ΔW_s : kg/yr) は、調査木の樹幹解析によって求めた最近 1 年間の幹材積成長量 (ΔV_s : dm^3 / yr) から、

$$\Delta W_s = W_s \times (\Delta V_s / V_s')$$

で算出した (阪上, 1986; 四大学, 1966)。ただし、 V_s' (dm^3) は皮なしの幹材積である。幹乾重 (W_s) と幹乾重成長量 (ΔW_s) との相対成長関係は、

$$\begin{aligned} \log \Delta W_s &= 1.625 \log W_s - 2.421 && \text{(西広谷)} \\ \log \Delta W_s &= 1.144 \log W_s - 1.354 && \text{(針木)} \\ \log \Delta W_s &= 0.973 \log W_s - 1.214 && \text{(戸津宮)} \\ \log \Delta W_s &= 1.081 \log W_s - 1.339 && \text{(一刎)} \\ \log \Delta W_s &= 1.110 \log W_s - 1.155 && \text{(角間 1)} \\ \log \Delta W_s &= 0.823 \log W_s - 0.718 && \text{(角間 2)} \end{aligned}$$

で示される(図-9)。戸津宮と角間2では式の傾きが1より小さく、大きい個体ほど若干成長の割合が小さい傾向を示している。

D^2H と幹材積成長量 (ΔV_s) との相対成長関係は、

$$\begin{aligned} \log \Delta V_s &= 1.326 \log D^2H - 3.877 && \text{(西広谷)} \\ \log \Delta V_s &= 1.021 \log D^2H - 2.542 && \text{(針木)} \\ \log \Delta V_s &= 1.005 \log D^2H - 2.677 && \text{(戸津宮)} \\ \log \Delta V_s &= 1.007 \log D^2H - 2.638 && \text{(一刎)} \\ \log \Delta V_s &= 1.054 \log D^2H - 2.556 && \text{(角間 1)} \\ \log \Delta V_s &= 0.833 \log D^2H - 1.870 && \text{(角間 2)} \end{aligned}$$

で示される(図-10)。角間2では式の傾きが1より小さく、大きい個体ほど若干成長の割合が小さい傾向を示している。

また、 W_s と ΔW_s 、 D^2H と ΔV_s の関係とも、回帰式の高さが角間1 > 針木・角間2 > 西広谷・戸津宮・一刎の順で有意に大きく、同じ大きさの個体ではこの順で幹成長量が大きくなる。

枝乾重成長量 (ΔW_B : kg/yr) については、調査木の成長量を直接測定しなかったため、最近1年間で幹と枝の比率は変わらなかったと仮定して、幹乾重 (W_s) と枝乾重 (W_B : kg) との相対成長関係式を時間 t で微分した式、

$$\begin{aligned} \Delta W_B &= 4.127 \times 10^{-3} W_s^{0.876} \Delta W_s && \text{(西広谷)} \\ \Delta W_B &= 6.990 \times 10^{-2} W_s^{0.169} \Delta W_s && \text{(針木)} \\ \Delta W_B &= 8.176 \times 10^{-2} W_s^{0.158} \Delta W_s && \text{(戸津宮)} \\ \Delta W_B &= 4.969 \times 10^{-2} W_s^{0.271} \Delta W_s && \text{(一刎)} \\ \Delta W_B &= 1.197 \times 10^{-2} W_s^{0.686} \Delta W_s && \text{(角間 1)} \\ \Delta W_B &= 7.699 \times 10^{-2} W_s^{0.205} \Delta W_s && \text{(角間 2)} \end{aligned}$$

から算出した(OGAWA, 1978)。

葉乾重成長量 (ΔW_L : kg/yr) は新葉乾重 (W_{NL} : kg) と等しいとし、調査木の全葉乾重 (W_L) と新葉乾重が比例するものとしてその関係、

$$\begin{aligned} W_{NL} &= 0.282 W_L && \text{(西広谷)} \\ W_{NL} &= 0.270 W_L && \text{(針木)} \\ W_{NL} &= 0.127 W_L && \text{(戸津宮)} \\ W_{NL} &= 0.182 W_L && \text{(一刎)} \end{aligned}$$

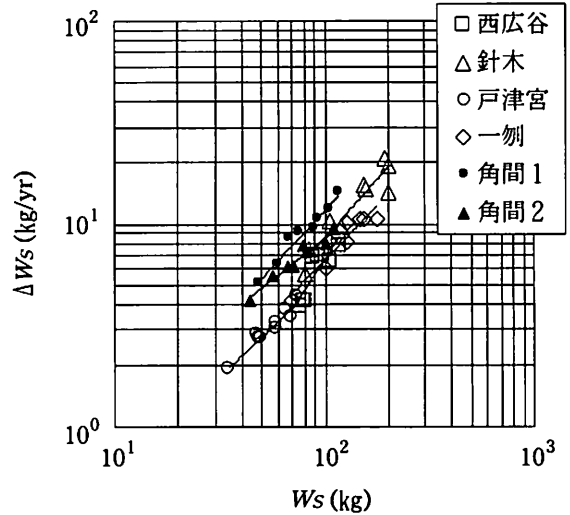


図-9 幹乾重 (W_s : kg) と幹乾重成長量 (ΔW_s : kg/yr) との相対成長関係

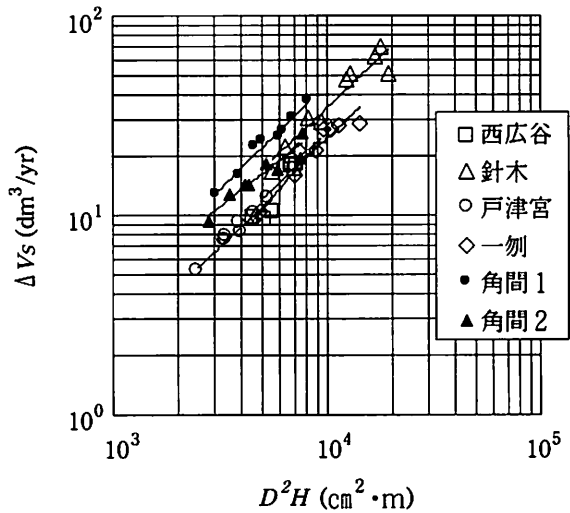


図-10 胸高直径の2乗×樹高 (D^2H : $\text{cm}^2 \cdot \text{m}$) と幹材積成長量 (ΔV_s : dm^3/yr) との相対成長関係

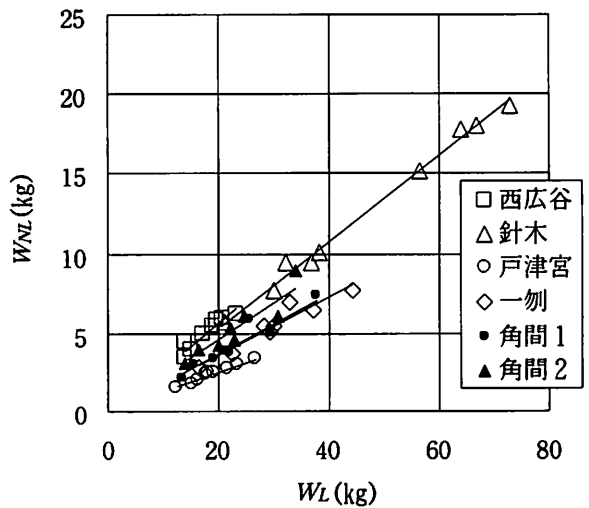


図-11 葉乾重 (W_L : kg) と新葉乾重 (W_{NL} : kg) との関係

表-4 林分成長量

調査林分		西広谷	針木	戸津宮	一 芻	角間 1	角間 2
幹材積成長量	($\text{m}^3/\text{ha}\cdot\text{yr}$)	20.06	41.71	13.95	23.03	37.05	18.16
重量成長量	($\text{ton}/\text{ha}\cdot\text{yr}$)						
幹		7.31	13.88	5.04	8.75	14.30	7.68
枝		1.54	2.29	0.78	1.62	3.61	1.41
葉		6.79	12.03	3.91	5.60	6.60	5.88
地上部合計		15.64	28.20	9.72	15.98	24.51	14.96
純生産量		18.36	33.99	11.84	19.44	30.35	18.15
葉の純同化率	($\text{ton}/\text{ton}\cdot\text{yr}$)	0.76	0.76	0.38	0.63	0.87	0.71
葉の幹生産能率	($\text{m}^3/\text{ton}\cdot\text{yr}$)	0.83	0.93	0.45	0.75	1.05	0.71
	($\text{ton}/\text{ton}\cdot\text{yr}$)	0.30	0.31	0.16	0.28	0.41	0.30

$$W_{NL} = 0.187 W_L \quad (\text{角間 1})$$

$$W_{NL} = 0.231 W_L \quad (\text{角間 2})$$

から算出した(図-11)。全葉乾重に対する新葉乾重の割合を表す式の傾きは、戸津宮、一芻、角間 1 で小さく、とくに戸津宮では極端に小さい値となっている。

3.3.2 林分成長量

成長量に関する式および胸高直径と樹高の値から林分成長量を算出し、その結果を表-4に示した。ただし、これらの成長量の値は最近1年間の増分で、落葉枝、枯死体量および動物などによる被食量は含んでいない。

幹乾重成長量は、西広谷で7.31ton/ha・yr、針木で13.88ton/ha・yr、戸津宮で5.04ton/ha・yr、一芻で8.75ton/ha・yr、角間 1 で14.30ton/ha・yr、角間 2 で7.68ton/ha・yr(材積では西広谷で20.06 $\text{m}^3/\text{ha}\cdot\text{yr}$ 、針木で41.71 $\text{m}^3/\text{ha}\cdot\text{yr}$ 、戸津宮で13.95 $\text{m}^3/\text{ha}\cdot\text{yr}$ 、一芻で23.03 $\text{m}^3/\text{ha}\cdot\text{yr}$ 、角間 1 で37.05 $\text{m}^3/\text{ha}\cdot\text{yr}$ 、角間 2 で18.16 $\text{m}^3/\text{ha}\cdot\text{yr}$)となった。一般に、幹乾重成長量は密度に関わらず一定になる傾向がみられ、スギ林分の場合8~10ton/ha・yr程度の値を示すが、林分葉量が多いほど、また林齢が若いほど大きい傾向があるといわれている。ところが、いずれの調査林分とも林齢が若く葉量が多いにも関わらず、戸津宮では幹乾重成長量はかなり小さい。また、西広谷と角間 2 での値もやや小さい傾向にある。一方、針木と角間 1 ではかなり大きな値を示した。

枝乾重成長量は、西広谷で1.54ton/ha・yr、針木で2.29ton/ha・yr、戸津宮で0.78ton/ha・yr、一芻で1.62

ton/ha・yr、角間 1 で3.61ton/ha・yr、角間 2 で1.41ton/ha・yrとなった。枝の成長量は立木密度や地位によってかなり異なる(四大学, 1966)が、一般に若齢(15~25年生)のスギ林(安藤ら, 1968; 阪上, 1982a, 1982b; 安田・阪上, 1986)での値が0.9~3.2ton/ha・yrの範囲にあることから戸津宮での値は小さく、一方、角間 1 での値は大きい。また、若齢のボカスギ林分(相浦, 1988)での値は0.80~1.80ton/ha・yrであることから、これに比べると針木、角間 1 では大きく、その他の林分ではほぼ同程度の値となっている。

葉乾重成長量は、西広谷で6.79ton/ha・yr、針木で12.03ton/ha・yr、戸津宮で3.91ton/ha・yr、一芻で5.60ton/ha・yr、角間 1 で6.60ton/ha・yr、角間 2 で5.88ton/ha・yrとなった。葉の成長量は枝の成長量に比べてバラツキが小さく、一般の若齢(15~25年生)のスギ林での値(安藤ら, 1968; 阪上, 1982a, 1982b; 安田・阪上, 1986; 四大学, 1966)が3.3~7.7ton/ha・yr、若齢のボカスギ林分(相浦, 1988)での値で5.2~9.4ton/ha・yrの範囲にあることから、針木の葉乾重成長量は、葉乾重現存量と同様に非常に大きい。一方、戸津宮では葉乾重現存量は大きい値を示したものの、葉乾重成長量は現存量の12.7%とかなり小さく、今後林分葉量の減少が懸念される。その他の林分ではほぼ平均的な値である。

以上の結果から純生産量を概算すると、西広谷で18.36ton/ha・yr、針木で33.99ton/ha・yr、戸津宮で11.84ton/ha・yr、一芻で19.44ton/ha・yr、角間 1 で30.35ton/ha・yr、角間 2 で18.15ton/ha・yrとなった。

なお、根の生産量は T / R 率が 3.5 で根の成長率が幹のそれと等しいものとして求めた。安藤らが全国の 20 年生前後のスギ林で調べた値が 16.9~20.9 ton/ha・yr, 只木, 蜂屋 (1968) がスギ人工林 92 林分で求めた値が 18.1 ± 5.9 ton/ha・yr, 若齢のボカスギ林分 (相浦, 1988) での値が 18.5~27.0 ton/ha・yr であり, これらと比較して針木と角間 1 での値は大きい。一方, 戸津宮では現存量は平均的な値を示していたものの, 純生産量は明らかに小さい値となった。その他の林分では平均的な値である。

純生産量中に占める幹生産量の割合は, 西広谷で 39.8%, 針木で 40.8%, 戸津宮で 42.5%, 一芻で 45.0%, 角間 1 で 47.1%, 角間 2 で 42.3% となった。安藤ら (1968) が全国の 20 年生前後のスギ林で調べた値が 36~45%, 若齢のボカスギ林分 (相浦, 1988) での値が 41.8~52.1% であり, 各調査林分の値はこれらの中間的な値である。

葉の純同化率 (純生産量を葉乾重現存量で除した値) は, 西広谷で 0.76 ton/ton・yr, 針木で 0.76 ton/ton・yr, 戸津宮で 0.38 ton/ton・yr, 一芻で 0.63 ton/ton・yr, 角間 1 で 0.87 ton/ton・yr, 角間 2 で 0.71 ton/ton・yr となった。安藤ら (1968) が全国の 20 年生前後のスギ林で調べた値が 0.69~0.87 ton/ton・yr, 若齢のボカスギ林分 (相浦, 1988) での値が 0.64~0.86 ton/ton・yr であることから, 一芻ではやや小さく, 戸津宮では平均の半分程度ときわめて小さい。その他の林分では平均的な値である。幹成長量を葉乾重現存量で除して葉の幹生産能率を求めると, 西広谷で 0.30 ton/ton・yr, 針木で 0.31 ton/ton・yr, 戸津宮で 0.16 ton/ton・yr, 一芻で 0.28 ton/ton・yr, 角間 1 で 0.41 ton/ton・yr, 角間 2 で 0.30 ton/ton・yr (材積では西広谷で 0.83 m³/ton・yr, 針木で 0.93 m³/ton・yr, 戸津宮で 0.45 m³/ton・yr, 一芻で 0.75 m³/ton・yr, 角間 1 で 1.05 m³/ton・yr, 角間 2 で 0.71 m³/ton・yr) となった。全国のスギ林 (安藤ら, 1968) で調べられた値 0.3~0.4 ton/ton・yr (0.8~1.2 m³/ton・yr), 富山県内のタテヤマスギ (阪上, 1982a, 1982b, 1986) での値 0.36~0.47 ton/ton・yr, 若齢のボカスギ林分 (相浦, 1988) での値 0.30~0.45 ton/ton・yr (0.83~1.35 m³/ton・yr) と比較して角間 1 を除いて各調査林分とも小さい方に属する。とくに戸津宮では平均的な値の半分にも満たない。このため葉現存量がかなり大きいにも関わらず幹の

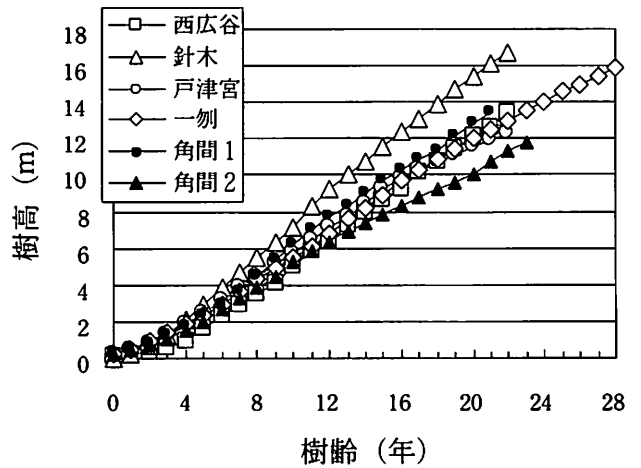


図-12 樹高の成長経過

成長量は小さい。また, 針木の純生産量あるいは幹生産量が大きいのは, 葉量大きいことに起因するものと考えられる。

3.4 樹高成長

3.4.1 樹高成長経過

樹幹解析の結果から各調査林分における, 調査木のこれまでの樹高成長経過を調べた (図-12)。なお, ここでは調査林分ごとに調査木 (8~9 本) の平均値で示す。

一般にスギの樹高成長はシグモイド・カーブを示すが, 各調査林分とも若齢であるため, まだ明らかな頭打ちは示さず, ほぼ直線的な経過をたどっている。ただし, 戸津宮では 16~17 年生頃から樹高成長量の低下が認められる。

3.4.2 樹高成長予測

ここで調査の対象とした林分は, いずれも 21~28 年生と若齢であるため, 成長予測にはかなりの誤差をとまうことが予想される。しかし, 県内に高林齢のカワイダニスギ林分がないことや, 戸津宮の樹高成長経過のように成長の頭打ち傾向がみられるものもあることから, 今後の林分の取扱を検討する参考とするため, あえて樹高成長の予測を試みた。

樹高成長の予測は, 調査林分ごとに調査木 (8~9 本) の樹高成長経過の平均値に, Richards の成長関数 (RICHARDS, 1959)

$$W = A (1 - b \cdot e^{-k \cdot t})^{1/(1-m)}$$

W: 時間 t における大きさ, A: 最終到達量, b · m · k: 定数, をあてはめて求めた。その結果を表-5, 図-13 に示す。

各調査林分における成長を, 40 年生時の樹高で表

表-5 RICHARDSの成長関数のパラメータ

調査林分	樹高 (m)	パラメータ				40年生時の樹高 (m)
		A	m	k	b	
西広谷	13.47	25.311	0.542	0.061	0.969	20.87
針木	16.73	30.331	0.381	0.054	1.000	24.80
戸津宮	12.28	16.163	0.745	0.104	0.645	15.52
一刻	15.89	23.012	0.591	0.063	0.829	19.46
角間1	13.42	19.572	0.663	0.088	0.790	18.26
角間2	11.81	19.701	0.411	0.055	0.958	16.31

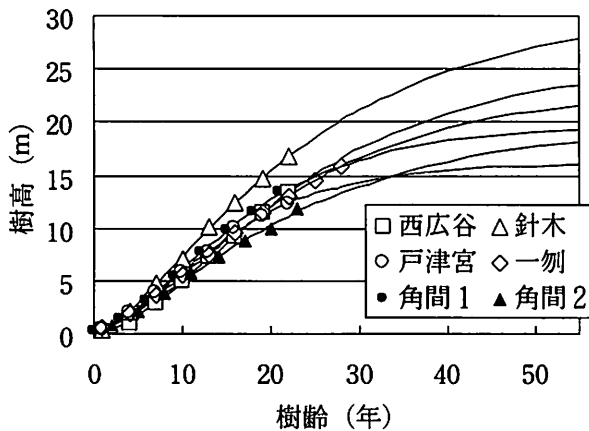


図-13 樹高成長の予測

される地位指数によって比較すると、西広谷で20.9、針木で24.8、戸津宮で15.5、一刻で19.5、角間1で18.3、角間2で16.3となり大きく異なる。また、20年生時から40年生時までの成長量で比較してみると、最も小さい戸津宮では3.9mしか樹高成長しないことになる。一方、最も大きい針木では9.4mの樹高成長が期待される。ただし、先にも述べたようにこれらの予測は、21~28年生時までのデータのみに基づくものであり、また、カワイダニスギは典型的な早生型品種で、25年生頃から成長が衰えはじめるとする調査結果(平, 1980)もあることから、今後の成長経過に注意を払うとともに、継続的な調査を行う必要がある。

3.5 葉の垂直分布

各調査林分における葉の垂直分布について、正規分布のあてはめを試みた(阪上, 1985)。葉の垂直分布を表す式は

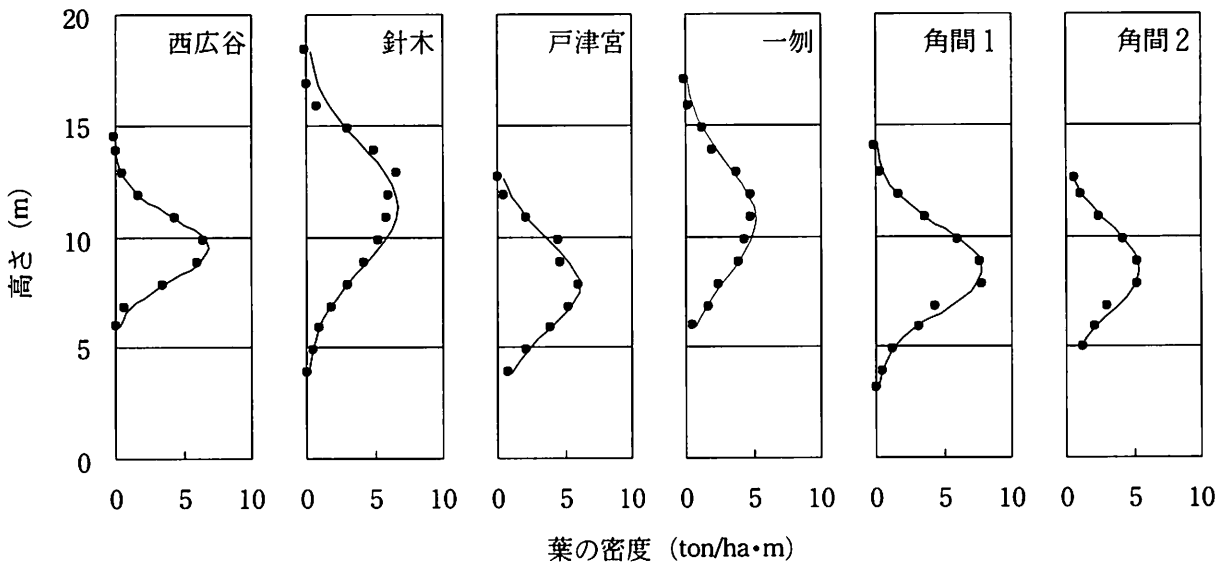
$$f(x) = A \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

表-6 正規分布モデルのパラメータ

林分	林分高 (m)	パラメータ		
		A	σ	μ
西広谷	14.60	5.336	0.094	0.655
針木	19.50	6.219	0.130	0.568
戸津宮	12.90	6.135	0.146	0.606
一刻	17.60	4.821	0.127	0.606
角間1	14.61	7.115	0.131	0.575
角間2	12.80	5.277	0.145	0.665

で示される。ここで、 x は樹高に対する根元からの相対的な高さ、 $f(x)$ は x における葉の分布密度 (kg/m)、 μ は葉の垂直分布の平均かつ最大葉量層、 σ は標準偏差を表し、林分高に対して葉層が深いほど大きな値を示す。また、 A は正規分布の確率密度関数を葉の分布密度の値にあてはめるために最小2乗法を用いて求めた定数である。その結果を表-6、図-14に示す。分布の平均 μ は西広谷で0.66、針木で0.57、戸津宮で0.61、一刻で0.61、角間1で0.58、角間2で0.67となり、最大葉量層が西広谷と角間2で相対的にやや高い位置にあった。標準偏差 σ は西広谷で0.09、針木で0.13、戸津宮で0.15、一刻で0.13、角間1で0.13、角間2で0.15となり、西広谷で他の林分と比較して葉層が浅いと判断された。

ところで、タテヤマスギでは林分高が高いほど平均は大きく、標準偏差は小さな値を取る傾向にあるといわれている(阪上, 1985)。しかし、カワイダニスギの場合はそのような傾向は認められず、調査林分のうち最も林分高が高い針木で平均の値が小さく、標準偏差は林分高の低い西広谷より大きな値となり、タテヤマスギの場合と異なる傾向を示した。



図一14 葉の垂直分布

点：実測値 実線：正規分布

4. まとめ

カワイダニスギの成長特性に関する基礎資料を得るために、若齢の6林分を対象に現存量、生産力、樹高成長、葉の垂直分布について調査した。その結果、カワイダニスギには以下のような特徴が認められた。

いずれの林分とも枝・葉の割合が大きい傾向にあり、カワイダニスギの特徴と考えられる。とくに林分葉量が大きく、西広谷の24.0ton/ha、角間2の25.5ton/haのほかはすべて30 ton/ha以上ある。とくに針木での値44.7ton/haは、これまで同様の調査が行われたスギ林分では最大である。

一方、葉の幹生産能率は角間1を除いて成長の良否に関わらず小さい傾向にある。とくに戸津宮では平均的な値の半分にも満たない。このため葉現存量がかなり大きいにも関わらず幹の成長量は小さい。また、針木の純生産量あるいは幹生産量が大きいのは、葉量が大きいことに起因するものと考えられる。

樹高成長には林分間で大きな違いが認められた。地位指数で示すと15.5から24.8の範囲となり、針木ではタテヤマスギの1等地を上回る樹高成長を示したのに対して、戸津宮では16~17年生頃から樹高成長量の明らかな減少が認められた。したがって、成長の良否によって生産目標の選択肢が異なり、それに対応した伐期や施業方法を決定する必要性が示唆された。

葉の垂直分布では、林分高に対する最大葉量層の

高さや葉層の深さの相対値に、一定の傾向は認められず、タテヤマスギとは異なる特徴を示した。

5. おわりに

若齢のカワイダニスギ6林分を対象に調査を行った結果、カワイダニスギ若齢林分の特徴が把握された。同時に、林分間で大きな成長差が認められた。このため、各林分に適した生産目標や施業方法はそれぞれ異なるものになると考えられた。

ただし、本調査は30年生未満の若齢林を対象としたもので、それ以降の成長に関しては推定の域を出ない。また、間伐や枝打ちなどの施業による効果についても不明である。したがって、今後も林齢の増加にあわせてさらに高林齢の林分を対象とした調査を行うとともに、間伐や枝打ちの効果に関する調査を実施する必要がある。

最後に、この調査を行うにあたりご協力いただき、調査地を快くご提供くださった富山県森林公社の皆様、ならびに現地調査の実施に多大なるご協力をいただいた、富山県林政課、各農地林務事務所、林業技術センターの皆様へ厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 相浦英春：ボカスギ人工林の生産力，富山林技セ研報 1，11-19 (1988)。
- 相浦英春：氷見市針木地内に成立するカワイダニスギ若齢林の生産力と育成経過，富山林技セ研報

- 10, 59-68 (1997).
- 安藤貴：同齡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).
- 安藤貴，蜂屋欣二，土井恭次，片岡寛純，加藤善忠，坂口勝美：スギの保育形式に関する研究，林試研報209, 1-76 (1968).
- 菅 誠：人工一斉林の林分密度に関する生態学的研究 (学位論文), 1-117 (1967).
- 中川亮一：タテヤマスギ林分密度管理図と収穫予想について，富山林試研報 8, 36-46 (1982).
- OGAWA, H.: Principles and methods estimating primary production in forest, SHIDEI, T. and KIRA, T. (eds), JIBP Synthesis 16, 29-37, University of Tokyo Press, Tokyo (1977).
- 斉藤秀樹，山田勇，四手井綱英：高立木密度のスギ幼齡林の物質生産量に関する若干の検討，京大演報44, 121-139 (1972).
- 阪上俊郎：タテヤマスギ幼齡林の生産力，富山林試研報 8, 9-16 (1982 a).
- 阪上俊郎：16年生のタテヤマスギ実生林分とサシキ林分の生産力，富山林試研報 8, 17-27 (1982 b).
- 阪上俊郎：スギの葉の垂直分布について - 3つの分布関数の適合性 - , 33回日林中支講, 191-194 (1985).
- 阪上俊郎：タテヤマスギ壯齡林の生産力，富山林試研報11, 18-24 (1986).
- 四手井綱英，赤井龍夫，斉藤秀樹，河原輝彦：ヒノキ林 - その生態と天然更新 - , 375pp, 地球社, 東京 (1974).
- 只木良也，蜂屋欣二：森林生態系とその物質生産，わかりやすい林業解説シリーズ29, 64pp, 林業科学技術振興所, 東京 (1968).
- TADAKI, Y.: Leaf Biomass, SHIDEI, T. and KIRA, T. (eds), JIBP Synthesis 16, 39-44, University of Tokyo Press, Tokyo (1977).
- 平英彰：富山県のさし木品種，富山林試研報 5, 1-66 (1979).
- 平英彰：リョウワスギ・ミオスギ・カワイダニスギの樹幹解析について，富山林試研報 6, 26-60 (1980).
- 田中和博，嘉戸昭夫：富山県システム収穫表 Excel版の開発，第112回日林講, 149 (2001).
- 安田洋，阪上俊郎：タテヤマスギ若齡林の養分現存量，富山林試研報10, 1-15 (1984).
- 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 スギ人工林の生産力について，40pp, 日林協, 東京 (1966).

Summary

Biomass, productivity, height growth and vertical distribution of foliage of six young Kawaidani-sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) stands, 21~28 years old, were investigated. The biomasses were 84.65~140.19ton/ha (218.42~458.93 m³/ha in volume) for stem, 12.20~19.72ton/ha for branch and 24.04~44.74ton/ha for leaf in dry weight. It was considered the characteristics of Kawaidani-sugi that the ratios of branch and leaf were large. The biomass increments of the last year were 5.04~14.30ton/ha·yr (13.95~41.71 m³/ha·yr) for stem, 0.78~3.61ton/ha·yr for branch and 3.91~12.03ton/ha·yr for leaf in dry weight. There was a serious difference of height increment between the stands, and the estimated values of site index were 15.5~24.8. The vertical distribution of foliage showed characteristics which were different from Tateyama-sugi. A fixed tendency wasn't recognized in the height of maximum leaf layer and the depth of leaf layer toward the stand height.