

若齢ブナ人工林の現存量と生産力の推定

小谷二郎

要旨 : 16年生のブナ人工林の現存量と生産力を調査した。D²H (胸高直径の2乗×樹高) と幹や枝など各部位との間に高い相関関係が認められ推定式が得られた。幹・枝・葉の重量は、それぞれ 40.3t/ha、16.6t/ha、2.8t/ha で、葉面積は 1.4ha/ha であった。地上部および地下部の現存量はこれまでに調べられた林齢の高い人工林や成熟した天然生林に比べて低い値であった。しかしながら、純生産量 (地上部 : 10.6t/ha・年) や材積成長量 (9.2m³/ha・年) は天然生林よりも高い場合があり、今後さらに高い生産力が期待された。

キーワード : ブナ、16年生人工林、現存量、生産力、地上部、地下部

I はじめに

温室効果ガスの増加に伴う地球温暖化防止に向けて、我が国では 2007 年から 2012 年まで毎年 20 万 ha の追加的森林整備が必要とされている (森林・林業白書、2007)。炭素吸収は、光合成によって行われることから、生産力の高い森林ほどその寄与率が高く、間伐や新植などによる新しい葉を着ける機会を増やすことで生産力高め、吸収量を増加することが期待される。

近年、広葉樹造林地も増加傾向にあり、中には下刈り時期を脱し枝打ちや除間伐が必要な段階の林分も多く見受けられるようになった。しかしながら、広葉樹人工林では事例が少なく、間伐等保育スケジュールの参考になる成長データが乏しい状況にある。これまでに、針葉樹人工林においては現存量や生産力調査が盛んに行われ、データの蓄積量も多い (斎藤、1989)。広葉樹においてもぼつぼつ集められてはいるが、大半は天然生林を対象としたものであり、人工林でのデータは乏しい (斎藤、1989) のが現状である。人工林は苗を植栽するため、初期成長が早くその後の成長も持続すると考えられることから、天然生林に比べ高い生産力が期待される。

そこで、16年生のブナ人工林において現存量と生産力を調査し、これまでの天然生林でのデータと比較しながら現状について考察した。

II 調査地および調査方法

1 調査地

調査地は、石川県白山市中宮の 1.2ha の 16 年

生のブナ人工林である。標高 650m、方位南東向きの平衡斜面に位置している。表層地質はジュラ期以前の飛騨変成岩類 (片麻岩類) (石川県、1993) で、土壌型は B_D 型である。人工林の造成前は低木の疎生地で、さらに急傾斜地 (平均 35°) であることから雪崩の常襲地であった。林分内のブナの根元曲がり大きく、雪害によって倒れているものもみられる (小谷、2007)。

2 調査方法

2006 年 8 月、1.2ha の人工林内に 15×15m の標準地を 1 つ設定し、樹高・胸高直径・生枝下高を測定したのち、標準地内からランダムに 12 本のサンプル木を選定し、伐倒して生重量を測定した。また、12 本のうち 6 本について根を掘り取り、細根を含めた根の重量を測定した。地上部の測定は、層別刈り取り法 (Monji und Saeki, 1953) に基づき、伐倒後根元から 1 m ごとに幹・枝・葉に分けて行った。各層の各部位から 100g 程度のサンプルを採取し、持ち帰り研究室内で 105° で 24 時間乾燥して絶乾重量を求めた。根は、掘り取り後林業試験場に持ち帰り水圧機で土壌を取り除いてから、細根 (2mm 未満)・小径根 (2~7mm 未満)・中径根 (7~15mm 未満)・大径根 (15~30mm 未満)・特大径根 (30mm 以上)・根株に分けて生重量を測定後、地上部と同様サンプルを取って絶乾重量を算出した。樹冠の葉面積を把握するため、地上部の各層からサンプルを採取し、パソコンを使ってスキャナーで読み取ったのち LIA32 (山本、2005) を用いて計算した。幹は、1 m 毎 (0.2・1.2・2.2m・・・) に円板を採取し樹幹解析に供

Estimation of standing crop and productivity of an even-aged young Buna (*Fagus crenata*) plantation

表－1 調査林分の概略

本数 (本/ha)	樹高 (m)	胸高直径 (cm)	枝下高 (m)	BA (m ² /ha)
6,474	5.0	6.5	1.3	23.8
	7.1~2.3	12.2~1.3	2.9~0.3	

BA: 胸高断面積合計、上段/下段: 平均/範囲

した。さらに、生産構造図を作成するために標準地内で林内照度を測定し、散光相対照度を求めた。照度計は、ミノルタのデジタル照度計 T-1H を用いた。

III 結果

1 林分状況

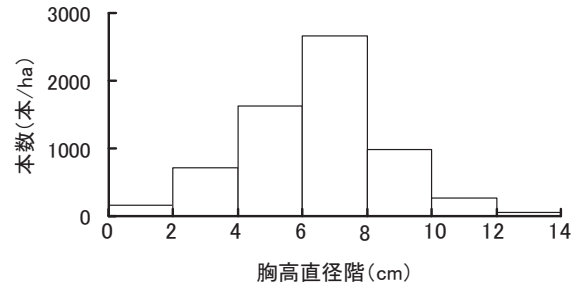
表－1は、標準地の概要を示している。本数密度は 6,400 本/ha でかなり密度が高いが、胸高直径階別の本数分布（図－1）のとおり、平均胸高直径 6.5cm をピークに一山型を示していた。

2 地上部現存量および生産構造

伐倒木の樹高・胸高直径・枝下高および地上部の各重量は表－2のとおりである。概ね標準地内の大きさの範囲でランダムに選定された。

伐倒木の D²H と幹・枝・葉の各絶乾重量および葉面積の関係を図－2、3に示す。それぞれの関係式は表－3のとおりであった。D²H と枝重量の関係以外は、相関係数 0.9 以上であった。

この式を使って、地上部の現存量と葉面積の合計を計算した（表－4）。幹・枝・葉の現存量のおよび配分率は、それぞれ 40.3t/ha（67.5%）、



図－1 胸高直径階別本数分布図

16.6t/ha（27.8%）、2.8t/ha（4.7%）で、合計 59.7t/ha であった。葉面積合計は、1.4ha/ha であった。

林内の平均相対照度は、3.1%であったので、Beer-Lambert の式 ($I=I_0e^{-KF}$) を使って推定される単位面積当たりの光の吸光係数 K の値は、0.84 と推定された（ただし、 I : 林内の相対照度、 I_0 : 林外の相対照度、 F : 積算葉面積）。これを基に、林分での幹・枝・葉の現存量の垂直分布を生産構造図として相対照度と対比した（図－4）。葉重量は 2～3 m で最大（32%）を示したが、1～5 m の範囲では大きな差がなかった。枝重量は、1～4 m で全体の 86% を占め、1～3 m で最大（31～32%）を示した。枯れ枝も、1～2 m で最大であった。

3 地下部の現存量

伐倒木の D²H と根の太さ別の絶乾重量の関係を図－5に示す。また、それぞれの関係式は表－3のとおりであった。大径根と特大径根以外は相

表－2 伐倒木の測定結果

No	H (m)	DBH (cm)	BH (m)	地上部重量(kg)				地下部重量(kg)					
				W _S	W _B	W _{Bd}	W _L	W _{R1}	W _{R2}	W _{R3}	W _{R4}	W _{R5}	W _{R6}
1	5.4	6.4	0.8	6.23	2.17	0.00	0.36	0.08	0.26	0.34	0.72	0.79	2.51
2	4.2	4.3	0.7	2.52	1.27	0.07	0.12	—	—	—	—	—	—
3	7.2	13.2	1.3	20.40	10.22	0.00	2.45	—	—	—	—	—	—
4	5.6	5.1	2.5	3.76	0.99	0.18	0.20	0.06	0.13	0.20	0.22	0.15	1.23
5	3.4	3.5	0.6	1.56	1.51	0.00	0.21	—	—	—	—	—	—
6	6.0	7.4	1.0	5.47	1.59	0.19	0.41	0.15	0.39	0.41	0.71	0.98	2.77
7	6.3	5.7	3.1	5.75	4.61	0.00	0.20	0.11	0.24	0.28	0.47	0.18	1.61
8	5.7	5.7	2.9	4.98	1.07	0.11	0.17	0.13	0.29	0.45	0.47	0.11	1.98
9	8.0	10.0	1.8	16.51	8.15	0.01	1.55	—	—	—	—	—	—
10	6.7	10.0	1.7	15.17	10.48	0.25	1.22	0.29	0.75	1.23	1.26	1.61	5.76
11	6.4	7.7	1.8	8.91	3.36	0.01	0.65	—	—	—	—	—	—
12	6.7	8.0	1.7	8.27	1.65	0.03	0.60	—	—	—	—	—	—

H: 樹高、DBH: 胸高直径、BH: 生枝下高、W_S: 幹、W_B: 枝、W_{Bd}: 枯れ枝、W_L: 葉、W_{R1}: 細根、W_{R2}: 小径根、W_{R3}: 中径根、W_{R4}: 大径根、W_{R5}: 特大径根、W_{R6}: 根株。“—”は、未調査。

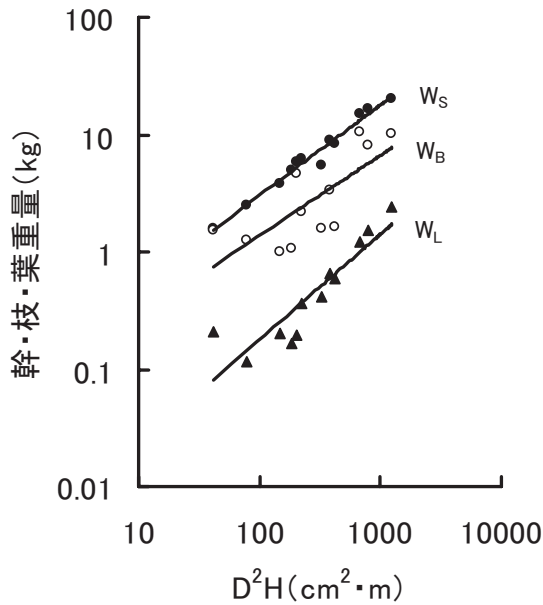


図-2 D²H と地上部の各重量との関係

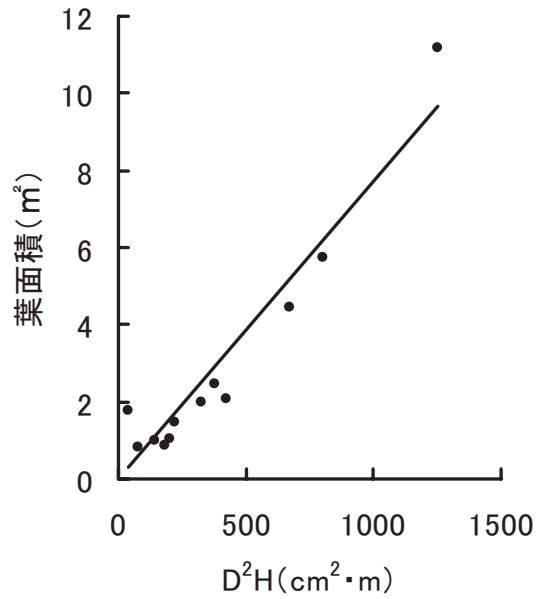


図-3 D²H と葉面積の関係

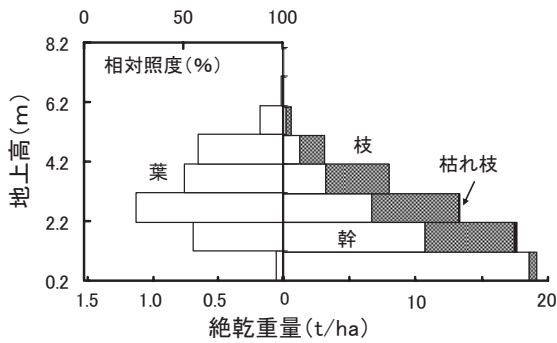


図-4 生産構造図と相対照度

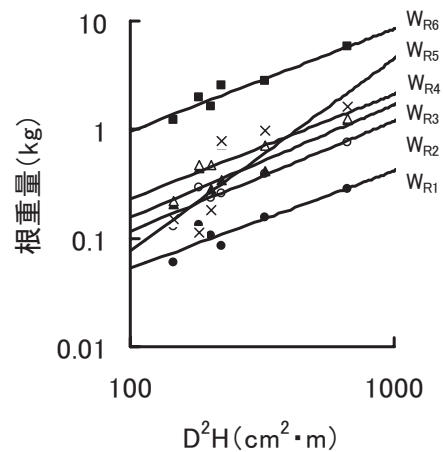


図-5 D²H と根の各部位の重量の関係

関係数 0.9 以上であった。直線の傾きは、特大根以外で各太さほぼ平行な関係にあり、太い根の 카테고리ほど全体の重量に占める割合が高くなる傾向があった。特大根では、小サイズで重量が極端に少なくなる傾向がみられた。この式を使って、地下部の現存量の合計を計算した(表-4)ところ、細根・小径根・中径根・大径根・特大径根・根株の現存量および配分率は、それぞれ 0.8t/ha (2.7%)、2.1t/ha (7.2%)、2.9t/ha (10.0%)、3.9t/ha (13.4%)、3.6t/ha (12.4%)、15.8t/ha (54.3%) で、合計 29.1t/ha であった。地下部重量は、地上部重量の約 2 分の 1 であった。

4 純生産量

純生産量の計算には、伐倒木の樹幹解析の結果を基に、皮の厚さが 1 年前と同じと仮定して、現在の D²H との関係式から 1 年前の D²H (d²h) を算出して推定に用いた(図-6)。D²H との関

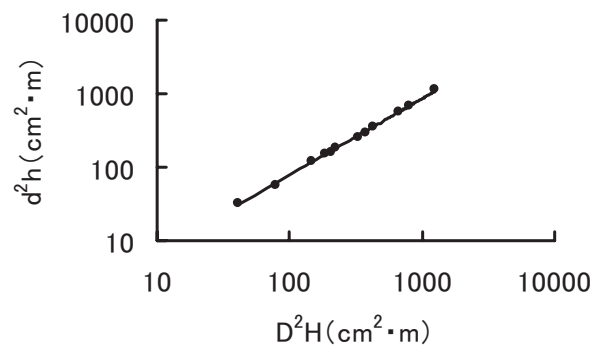


図-6 現在の D²H と 1 年前の D²H (d²h) の関係
 $d^2h=0.651D^2H^{1.04}$, $r=0.9995$

係式から推定された現存量から、d²h との関係式から推定された現存量を差し引いて 1 年間での成長量を算出した結果、純生産量は地上部が 10.6t/ha・年、地下部が 5.4t/ha・年、植物全量が

表-3 推定式の係数と相関係数

	a	b	r
幹重量 (W_S)	0.0870	0.7711	0.9860
枝重量 (W_B)	0.0600	0.6816	0.7560
葉重量 (W_L)	0.0028	0.8994	0.9000
地上部全量	0.1586	0.7392	0.9480
皮付き材積 (V_0)	0.0024	0.3936	0.9730
葉面積 (LA)	0.0077		0.9600
細根重量 (W_{R1})	0.0008	0.9000	0.9110
小径根重量 (W_{R2})	0.0011	1.0140	0.9480
中径根重量 (W_{R3})	0.0013	1.0370	0.9210
大径根重量 (W_{R4})	0.0028	0.9600	0.8910
特大径根重量 (W_{R5})	2.00E-05	1.7649	0.8480
根株重量 (W_{R6})	0.0126	0.9420	0.9630
地下部全量	0.0137	1.0347	0.9590

推定式は $y=ax^b$ 。ただし、葉面積は $y=ax$ 。xは D^2H (胸高直径の2乗×樹高)。rは相関係数。

表-4 推定されたバイオマス・幹材積・葉面積指数・年平均成長量

バイオマス(乾重t/ha)	
幹重量	40.3
枝重量	16.6
葉重量	2.8
地上部全量	59.7
根重量	29.1
植物全量	88.8
幹材積(m^3/ha)	129.4
葉面積指数(ha/ha)	1.4
年平均成長量(乾重t/ha・年)	
地上部同化部(葉)	2.8
地上部非同化部(幹・枝)	7.8
地上部全量	10.6
地下部全量	5.4
植物全量	16.0
材積($m^3/ha・年$)	9.2

16.0t/ha・年と推定された。また、幹材積成長量は $9.2m^3/ha・年$ であった(表-4)。

IV 考察

この調査では、 D^2H と枝重量の関係においてばらつきが大きかった。枝は元々幹や葉との関係よりもばらつきが多いことが指摘されている(依田、1971)。今回、とくに大きなばらつきを示したのは、ブナの耐陰性が比較的高いために、枝の枯れ上がりが起こりにくかったこと(図-4)が関係しているものと考えられる。また、 D^2H と地下部の特大根の関係式の傾きが他の太さの根の関係式と異なった(図-5、表-4)のは、根の発達過程が関係していると考えられる。この調査地では、成長の早い個体は斜面下側に支持根を形成していた(小谷、2007)。これは、調査地が豪雪地でしかも急傾斜地であったことが関係し、成長の遅い個体ほど太い根の発達が妨げられていることを示すものである。葉面積の推定式においては、べき乗式よりも1次回帰で高い相関がみられた(図-3)。これは、生産構造図の1~5mまでの層での葉量変化の少なさが示す(図-4)とおり、耐陰性の高さが小個体での比較的広い面積の維持に貢献しているためと考えられる。これらの関係式以外は、相関係数も高く、極端な傾きの異なっ

た直線も存在しないことから、ある程度の精度で現存量または生産量が推定可能と考えられる。

葉の現存量の $2.8t/ha$ および葉面積 $1.4ha/ha$ という値は、これまで調べられたブナ林での $3.8 \pm 1.6t/ha$ と $5.7 \pm 1.4ha/ha$ (斎藤、1989)や35~50年生のブナ人工林の $4.7 \sim 4.9t/ha$ で $7.6 \sim 7.8ha/ha$ (只木ら、1969)に比べれば低かった。また、地上部全重量の $59.7t/ha$ で幹材積 $129.4m^3/ha$ という値もこれまで調査された $186 \sim 552t/ha$ (橋詰・大西、1980)で $190 \sim 525m^3/ha$ や $204.2 \sim 246.6t/ha$ で $272.4 \sim 296.5 m^3/ha$ に比べればかなり小さい値である。 $29.7t/ha$ の地下部の根の重量もこれまでの $49.9 \sim 58.2 t/ha$ (只木ら、1969)よりも低い値である。この原因は、これらのデータが本調査地よりも林齢の高い人工林ないしは成熟した天然林であるためである。森林の現存量は林齢の進行に伴って増大する(斎藤、1989)とされていることから、現時点では現存量で比較することはできないと考えられる。そこで、純生産量または成長量で比較してみる。

地上部の純生産量の $10.6t/ha・年$ という値は、これまで調べられた35~50年生の人工林の $14.7 \sim 16.8t/ha・年$ (只木ら、1969)に比べれば低かったが、天然林および欧州での $7.5 \sim 15.3t/ha・年$ (斎藤、1989)の範囲であり、また、

林分材積の成長量が 9.2 m³/ha・年という値は、人工林での 9.7~12.5 m³/ha・年 よりやや低いながらも、天然生林の 3~13 (平均 8.5) m³/ha・年 (橋詰・大西、1980) や 2.5~14.3 m³/ha・年に比べれば高い場合もあった。さらに、地上部と地下部を含めた純生産量の 16.0t/ha・年は、人工林の 17.4~19.3t/ha・年 (只木ら、1969) よりもやや低いだけである。このことから、ブナの人工林では、若齢であっても純生産量や成長量は天然生林に匹敵ないしは上回る場合があることがわかった。

林内の相対照度は 3.1%と低い上、吸光係数が 0.84 とこれまで高いと言われていた 0.5~0.70 (丸山ら、1968) をさらに上回っていた。これは、調査地のブナ人工林が高密度で林内が暗いことが原因と考えられる。以上のことから、この調査地は今後除伐や間伐を入れることによって、成長が促され、成熟に伴ってさらに高い生産力が期待された。

引用文献

- 橋詰隼人・大西良幸 (1980) 蒜山のブナ林の生産構造と生産力. 広葉樹研究 1 : 73-84.
- 石川県 (1993) 鮎野義夫編、石川県地質誌. 321pp.
- 小谷二郎 (2007) 豪雪地帯のブナの人工林の成長と根元曲がり. 雪と造林 15 : 29-31.
- 丸山幸平・小堀 益・山田昌一・中沢迪夫 (1968) ブナ天然林光合成総生産量の試算. 79 回日林講 : 286-288.
- Monji M. und Saeki T. (1953) Uber den Lichtfaktor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung fur die Stoffproduktion. Jap. J. Bot. 14: 22-52.
- 斎藤秀樹 (1989) 森林の葉量、生産構造. (堤 利夫編、森林生態学. 166pp, 朝倉書店, 東京). 56-66.
- 森林・林業白書 (2007) 平成 18 年度森林及び林業の動向. (林野庁編、平成 19 年度版森林・林業白書、165pp、日本林業調査会、東京). 1-132pp.
- 只木良也・蜂屋欣二・榎秋一延 (1969) 森林の生産構造に関する研究 (X V) ブナ人工林の一次生産. 日林誌 51 : 331-339.
- 山本一清 (2005) *LIA for Win 32* (*LIA*

- 32) .<http://www.Nagoya-u.ac.jp~shinkan/LIA32/index.html>. 2006. 12. 12 引用.
- 依田恭二 (1971) 森林生態学. 331pp, 築地書館, 東京.