

新潟県内のブナ二次林における林分材積表の作成

田中樹己¹

要旨：新潟県内のブナ二次林の資源量や成長量を把握するために、新潟県内のブナ二次林における毎木調査データと東北地方ブナ林分密度管理図を用いて、新潟県内のブナ二次林を対象とした林分材積表を作成した。適用範囲は20年生から105年生までであり、推定された樹高は中位（地位級Ⅱ）の40年生で16.3 m、80年生で23.3 mであった。推定されたha当たり材積は中位（地位級Ⅱ）の40年生で255.07 m³、80年生で366.60 m³であり、現行のざつ林分材積表（地位級Ⅱ）の2倍程度、新潟県のスギ地位級Ⅲの半分程度であった。同様の方法で作成された秋田地方のブナを主とする広葉樹林の材積表と比較すると、全体的に材積が大きかった一方で、高齢級側での材積成長量は小さい傾向がみられた。

キーワード：広葉樹、収穫予測、林分密度管理図、地位指数曲線

I. はじめに

ブナ(*Fagus crenata*)は新潟県の主要な広葉樹であり、県内には人為的な攪乱を受けたことがないと考えられる原生林（前田 1991）、薪炭林施業等の人為攪乱後に天然更新した二次林（紙谷 1986；箕口 1991；塚原 1999）、そして人工林（阿部 1964）まで、様々な由来のブナ林が広く分布している。その中でも二次林は古くから人の手により利用され、現在でも一部地域では利用間伐等による積極的な利用がなされている（紙谷 2025）。こうしたブナ二次林において資源を計画的に利用するためには、資源量の把握および収穫予測が重要である。そのため手段のひとつとして、林分材積表（林分収穫表）の利用がある。林分材積表とは、ある樹種に対して、施業上同一の取り扱いを受けた同齢単純林より生産される1 ha当たりの本数、材積、成長量などの諸要素の標準的な値を、一定年齢（本県では5年）ごとに表示した図表である（山田・村松 1963）。

林分材積表は新潟県でも作成され、利用されている（新潟県農林水産部治山課 2010）。しかし、キリ(*Paulownia tomentosa*)を除く広葉樹については対応する表が「ざつ林分材積表」のみであるため、ブナ二次林の材積を推定する場合、精度に課題があると考えられる。

また、2013年より実施されているカーボンクレジット制度「J-クレジット制度」では、省エネ設備の導入や再

生可能エネルギーの利用によるCO₂等の排出量削減量、適切な森林管理によるCO₂の吸収量を「クレジット」として国が認証している（J-クレジット制度事務局 2025）。中でも、森林を対象とした活動は「森林管理プロジェクト」といい（林野庁 2025）、その効果的な活用により、林業経営基盤の強化等が期待されている（林野庁 2023）。また、同様の制度として、クレジットを新潟県が認証する「新潟県版J-クレジット制度」もあり、発行されたクレジットは国の制度と同列に取り扱われる（新潟県環境局環境政策課 2024）。これらの制度には、新潟県内のブナ二次林を対象としたものもすでに登録されているが、その事例はまだ少ないため、さらなる普及により林業経営基盤の強化や森林整備意欲の増進が期待できると考えられる。

これら森林管理プロジェクトにおけるCO₂吸収量の算出には、ha当たりの年間幹材積成長量が必要となるが、林分材積表に記載された材積は、その根拠として活用できる（林野庁 2023）。そのため、新潟県内のブナ二次林におけるJ-クレジット制度の推進にあたっては、より現実に即した吸収量算出のためにも、新潟県内のブナ二次林を対象とした材積表があることが望ましい。

これらの理由から、ブナ二次林に対応した林分材積表の作成により、ブナ二次林の資源量の把握、およびJ-クレジット制度活用時のCO₂吸収量の把握が可能となることが考えられる。そこで本報告では、新潟県内のブナ二

本報告の内容の一部は、第137回日本森林学会大会でポスター発表した。

¹新潟県森林研究所（〒958-0264 新潟県村上市鵜渡路2249-5）

（2025年12月25日受付、2026年2月24日受理）

次林の資源量把握を目的として、ブナ二次林に対応した林分材積表を作成した。

II. 方 法

1. 使用したデータ

使用したデータの概要は表-1のとおりである。調査対象は新潟県内のブナ二次林とし、現地調査および文献調査を実施した。現地調査では25林分、文献調査では51林分、計76林分の毎木調査データを収集した。

現地調査は、各林分内に0.06 ha～1 haのプロットを設置し、生育する樹木の樹高および胸高直径を測定した。現地調査を実施した林分のうち3林分(番号53, 66, 70)では、ブナ3個体以上の地際から円板を採取し、その平均値として林齢を推定した。その他の調査林分における林齢は、新潟県農林水産部治山課作成の森林簿によった。文献調査では、書籍「新潟県内のブナ二次林における施業指針」(新潟県林業改良協会 1991)に記載されたブナ二次林の毎木調査データを用いた。このデータは、調査を担当した箕口秀夫新潟大学名誉教授(当時、新潟県林業試験場に在籍)によると、新潟県の事業として新潟県林業試験場が実施した調査によるものである。書籍には58林分のデータが掲載されていたが、林齢データが欠落していた1林分、ブナの本数率が10%以下の2林分、スギ主体の2林分、その他、データに不自然な点が見受けられた2林分を除く、計51林分のデータを用いた。

使用したデータの範囲は、林齢20～105年生、上層木平均樹高7.4～31.2 m、立木密度120～11,100本/ha、ブナの本数率12.0～100.0%であった。なお、本報告における「ブナ二次林」は、上層木(ha当たり樹高上位250本)にブナを含む広葉樹二次林とし、ブナの本数率が100%でない林分も含めた。よって、比較的若齢の林分を中心に、ブナの本数率が50%以下の林分が含まれる(表-1)。また、現地調査林分には同一林分における反復調査データも含まれる(表-1)が、後述する曲線式の調整にあたっては個別のデータとして扱った。

2. 地位指数曲線の作成

上記のデータにおいて、滝谷(2014)にならい、各林分の立木のうち、ha当たり上位250本の平均樹高として上層木平均樹高を算出した(表-1)。これをもとに、林齢(年)から上層木平均樹高(m)を予測する式を作成した。林齢と上層木平均樹高との関係算出には、山本ら(1982)が示した成長関数のGompertz式(1)、Logistic式(2)、

Mitscherlich式(3)、およびこれらを統合したRichards式(4)を用いた。式(1)から(4)にデータを当てはめ、決定係数 R^2 が最大となった式を、最も当てはまりの良い樹高成長曲線とし、地位指数曲線のガイドカーブとした。

$$H_t = a \times \exp(-b \times \exp(-c \times t)) \quad (1)$$

$$H_t = a / (1 + b \times \exp(-c \times t)) \quad (2)$$

$$H_t = a \times (1 - b \times \exp(-c \times t)) \quad (3)$$

$$H_t = a \times (1 - \exp(-b \times t))^c \quad (4)$$

ここで、 t は林齢、 H_t は林齢 t における上層木平均樹高、 a, b, c は推定するパラメータ、 \exp は指数関数をそれぞれ示す。式(4)のRichards式は、林齢0で原点0を通り、その他の式は限定しない。パラメータの推定には、それぞれの式について残差平方和(RSS)(5)が最小となった場合に収束したとみなすよう繰り返し計算を行った。計算には、統計パッケージR4.5.0(R Core team 2025)の関数optim(アルゴリズム:Nelder-Mead法)を用いた。

$$RSS = \sum_{i=1}^n (h_i - f(t_i))^2 \quad (5)$$

ここで、 h_i は、 i 番目の林分の実測された上層木平均樹高、 $f(t_i)$ は林齢 t により予測された上層木平均樹高、 n はサンプルサイズをそれぞれ示す。

地位指数曲線の作成は、山田・村松(1963)の方法によった。すなわち、ガイドカーブを中心として地位の上界・下界線を平均偏差率(δ')を使った式(6)により求め、その範囲を地位級の数で等分(本報告では地位級の数を3としたため3等分)し、各区分の中心線をそれぞれ地位級ごとの地位指数曲線とした。なお、平均偏差率(δ')は、以下の式(7)により求めた。また、平均偏差率の倍数 m は、上界・下界内にデータの95%程度が入るよう設定した(本報告では2.5とした)。

$$y' = (1 \pm m\delta') \hat{y} \quad (6)$$

$$\delta' = \frac{|z'|}{n} \quad \text{ただし } z' = \frac{y - \hat{y}}{\hat{y}} \quad (7)$$

ここで、 \hat{y} は各データの値、 y はそれに対応するガイドカーブ上の値、 n はサンプルサイズを示す。

3. 本数減少曲線の作成

表-1のデータから、上記で求めた上層樹高と、ha当たり立木本数との関係をべき乗式(8)により求めた。

$$N' = ab^H \quad (8)$$

ここで、 N' はha当たり本数、 H は上層木平均樹高、 a, b は推定するパラメータをそれぞれ示す。

パラメータの推定には、それぞれの式の残差平方和

表-1. 林分材積表の作成に使用したデータの概要

通し番号	上層平均樹高 (m)	林齢 (年)	標高 (m)	面積 (ha)	立木密度 (本/ha)	ブナ立木密度 (本/ha)	ブナ本数率 (%)	地名 ¹⁾²⁾	データの 種類	調査年または 発行年
1	17.4	80	300	0.10	660	460	69.7	朝日村猿田 (現村上市)	文献	1991
2	14.9	63	300	0.10	1700	560	32.9	朝日村猿田 (現村上市)	文献	1991
3	15.0	67	540	0.10	1160	740	63.8	朝日村高根 (現村上市)	文献	1991
4	15.1	50	350	0.10	1280	600	46.9	朝日村高根 (現村上市)	文献	1991
5	22.5	60	100	0.10	1370	1220	89.1	朝日村早稲田 (現村上市)	文献	1991
6	22.5	60	100	0.10	1780	1560	87.6	朝日村早稲田 (現村上市)	文献	1991
7	15.3	50	720	0.10	2300	2220	96.5	入広瀬村 (現魚沼市)	文献	1991
8	17.7	53	720	0.10	3490	2860	81.9	入広瀬村 (現魚沼市)	文献	1991
9	7.4	25	700	0.10	5080	1410	27.8	入広瀬村 (現魚沼市)	文献	1991
10	20.8	50	710	0.10	1290	950	73.6	入広瀬村 (現魚沼市)	文献	1991
11	17.5	60	620	0.10	1430	1190	83.2	入広瀬村 (現魚沼市)	文献	1991
12	11.9	35	790	0.10	4320	1480	34.3	入広瀬村 (現魚沼市)	文献	1991
13	15.0	39	570	0.10	3450	3000	87.0	入広瀬村 (現魚沼市)	文献	1991
14	11.2	39	600	0.10	9260	6670	72.0	入広瀬村 (現魚沼市)	文献	1991
15	10.8	39	600	0.10	2000	1500	75.0	入広瀬村 (現魚沼市)	文献	1991
16	19.7	45	700	0.10	640	450	70.3	入広瀬村 (現魚沼市)	文献	1991
17	16.4	45	720	0.10	560	210	37.5	入広瀬村 (現魚沼市)	文献	1991
18	16.4	40	620	0.10	1010	420	41.6	入広瀬村 (現魚沼市)	文献	1991
19	18.0	40	640	0.10	850	670	78.8	入広瀬村 (現魚沼市)	文献	1991
20	10.0	35	670	0.10	5300	5200	98.1	入広瀬村 (現魚沼市)	文献	1991
21	14.3	28	560	0.10	2080	1910	91.8	入広瀬村 (現魚沼市)	文献	1991
22	11.0	28	540	0.10	10900	2400	22.0	入広瀬村 (現魚沼市)	文献	1991
23	10.0	28	560	0.10	11100	4100	36.9	入広瀬村 (現魚沼市)	文献	1991
24	16.2	33	560	0.10	6280	4390	69.9	入広瀬村 (現魚沼市)	文献	1991
25	13.4	33	580	0.10	4950	1580	31.9	入広瀬村 (現魚沼市)	文献	1991
26	16.0	40	560	0.10	1710	690	40.4	青海町 (現糸魚川市)	文献	1991
27	18.7	70	240	0.10	980	720	73.5	小国町 (現長岡市)	文献	1991
28	22.3	64	400	0.10	930	800	86.0	上川村 (現阿賀町)	文献	1991
29	21.9	35	100	0.10	860	560	65.1	上川村 (現阿賀町)	文献	1991
30	14.4	42	550	0.10	2140	1720	80.4	山北町 (現村上市)	文献	1991
31	16.7	40	620	0.10	840	790	94.0	守門村 (現魚沼市)	文献	1991
32	16.4	40	640	0.10	890	770	86.5	守門村 (現魚沼市)	文献	1991
33	22.1	80	380	0.10	640	630	98.4	高柳町 (現柏崎市)	文献	1991
34	18.8	59	500	0.10	1630	1610	98.8	高柳町 (現柏崎市)	文献	1991
35	15.4	59	500	0.10	1590	1490	93.7	高柳町 (現柏崎市)	文献	1991
36	21.2	50	700	0.10	750	750	100.0	津南町	文献	1991
37	16.3	20	840	0.10	1200	1180	98.3	津南町	文献	1991
38	18.6	35	760	0.10	1270	1150	90.6	津南町	文献	1991
39	22.3	50	530	0.10	1530	1310	85.6	津南町	文献	1991
40	17.5	61	790	0.10	2270	2000	88.1	津南町	文献	1991
41	15.2	35	240	0.10	2410	290	12.0	十日町市	文献	1991
42	11.8	20	450	0.10	6410	3140	49.0	十日町市	文献	1991
43	16.1	34	260	0.10	2350	1960	83.4	能生町 (現糸魚川市)	文献	1991
44	19.1	45	280	0.10	2330	2180	93.6	能生町 (現糸魚川市)	文献	1991
45	17.3	40	270	0.10	2290	1950	85.2	能生町 (現糸魚川市)	文献	1991

46	17.2	40	260	0.10	2730	2590	94.9	能生町 (現糸魚川市)	文献	1991
47	22.5	60	430	0.10	1850	1470	79.5	松之山町 (現十日町市)	文献	1991
48	20.1	60	1500	0.10	1770	1190	67.2	妙高高原町 (現妙高市)	文献	1991
49	20.4	50	550	0.10	360	360	100.0	吉川町 (現上越市)	文献	1991
50	15.8	50	600	0.10	780	700	89.7	吉川町 (現上越市)	文献	1991
51	20.6	46	450	0.08	308	208	67.4	阿賀町七名	現地	2006
52	30.7	60	450	0.06	573	315	55.0	阿賀町七名	現地	2020
53	22.6	73	420	0.07	462	448	97.0	糸魚川市大谷内	現地	2023
54	31.2	104	770	0.09	775	747	96.4	糸魚川市御前山	現地	2020
55	22.1	60	260	0.10	650	590	90.8	糸魚川市横a	現地	2004
56	23.5	60	260	0.10	1030	1030	100.0	糸魚川市横b	現地	2004
57	23.7	63	260	0.10	1560	1230	78.8	糸魚川市横c	現地	2007
58	24.8	72	260	0.10	620	580	93.5	糸魚川市横a	現地	2016
59	25.2	72	260	0.10	960	960	100.0	糸魚川市横b	現地	2016
60	25.2	72	260	0.10	1290	1190	92.2	糸魚川市横c	現地	2016
61	26.1	76	260	0.10	560	520	92.9	糸魚川市横a	現地	2020
62	27.1	76	260	0.10	860	860	100.0	糸魚川市横b	現地	2020
63	27.1	76	260	0.10	1120	1090	97.3	糸魚川市横c	現地	2020
64	23.8	70	680	0.08	425	412	97.0	魚沼市大白川d	現地	2006
65	28.5	84	680	0.08	424	401	94.4	魚沼市大白川d	現地	2020
66	25.9	87	570	0.06	396	396	100.0	魚沼市大白川	現地	2024
67	21.4	97	560	0.92	519	490	94.5	魚沼市大白川	現地	2024
68	21.0	97	530	0.91	757	523	69.1	魚沼市大白川	現地	2024
69	22.5	62	1000	0.08	274	274	100.0	佐渡市金井新保	現地	2006
70	22.2	95	790	0.06	120	120	100.0	上越市名立区東飛山	現地	2024
71	27.4	85	720	0.06	202	202	100.0	津南町上郷上田e	現地	2006
72	29.2	99	720	0.08	291	282	97.1	津南町上郷上田e	現地	2020
73	17.7	105	230	0.10	288	278	96.5	十日町市中屋敷	現地	2006
74	19.4	98	800	0.06	240	228	95.0	十日町市天水島	現地	2024
75	17.7	64	630	0.09	688	680	98.9	長岡市来伝f	現地	2006
76	22.2	78	630	0.08	801	741	92.5	長岡市来伝f	現地	2020

1) 合併等で市町村名が変わった場合は2025年4月現在の市町村名 (新潟県総務部市町村課 2025) を併記した。

2) 地名にアルファベットが付されている地点は、同じ調査地で反復調査を実施したことを示す。

(RSS) (5) が最小となった場合に収束したとみなすよう繰り返し計算を行った。計算には、統計パッケージ R4.5.0 (R Core team 2025) の関数optim (アルゴリズム: Nelder-Mead法) を用いた。

4. 林分材積表の作成

地位指数曲線および本数減少曲線で求めた林齢ごとの上層木平均樹高, および立木本数を東北地方ブナ林分密度管理図 (林業試験場 1985) の等平均樹高曲線式 (9) に代入し, 林齢とha当たり材積の関係を求めた。

$$V = (0.08108071H^{-1.196604} + \frac{15589.6H^{-3.409811}}{N})^{-1} \quad (9)$$

ここで, V はha当たり幹材積 (m^3), N はha当たり立木本数, H は上層平均樹高 (m) をそれぞれ示す。

上記により求めたha当たり材積を5年毎にまとめ, 地位級ごとに林分材積表へ記載した。また, 連年成長量, 平均成長量を山田・村松 (1963) の方法により求め, そ

れぞれの表に記載した。連年成長量は, 後期の幹材積と前期の幹材積との差を期間年数 (5年) で除した値, 平均成長量はその齢階における幹材積を齢階の年数で除した値である。さらに, 成長率をPressler式 (10) により求め, 記載した。

$$Pv = \frac{Va - Va - n}{Va + Va - n} \times \frac{200}{n} \quad (10)$$

ここで, Pv は成長率, Va は現在の幹材積, $Va - n$ は n 年前の幹材積を示す。

Ⅲ. 結果と考察

1. 地位指数曲線の作成

各成長曲線におけるパラメータ推定結果と決定係数は表-2のとおりである。Logistic式で最も決定係数が大きかった ($R^2=0.5337556$) ことから, Logistic式を地位指

表-2. 各成長曲線におけるパラメータ推定結果と決定係数

	推定されたパラメータ			決定係数
	a	b	c	R ²
Gompertz式	26.25926736	1.85084296	0.03416051	0.5302169
Logistic式	25.43142578	3.54769162	0.04603788	0.5337556
Mitscherlich式	27.96665090	0.98753039	0.02195982	0.5250891
Richards式	27.27150060	0.02466569	1.07852427	0.5252272

数曲線のガイドカーブに決定した。

ガイドカーブを用いて、山田・村松 (1963) の方法により作成した地位指数曲線 (図-1) は以下の (11) ~ (13) 式のとおりである。

$$Ht = 31.8829141 / (1 + 3.54769162 \times \exp(-0.04603788 \times t)) \quad (11, \text{地位級 I})$$

$$Ht = 25.43142578 / (1 + 3.54769162 \times \exp(-0.04603788 \times t)) \quad (12, \text{地位級 II})$$

$$Ht = 18.97993746 / (1 + 3.54769162 \times \exp(-0.04603788 \times t)) \quad (13, \text{地位級 III})$$

ここで、 Ht は林齢 t における上層木平均樹高、 t は林齢を示す。

地位級IIの曲線式 (12) で推定された樹高は、40年生で16.3 m、60年生で20.8 m、80年生で23.3 mであった。新潟県内で実施されたブナの樹幹解析の結果では、45年生前後で16.6 ~ 17.7 m (箕口 1991)、63年生前後で19.7 ~ 23.2 m (塚原 1999) であったことが報告されており、推定された樹高はこれらと同程度であると考えられる。

また、秋田地方では、本報告と同様の方法により、ブ

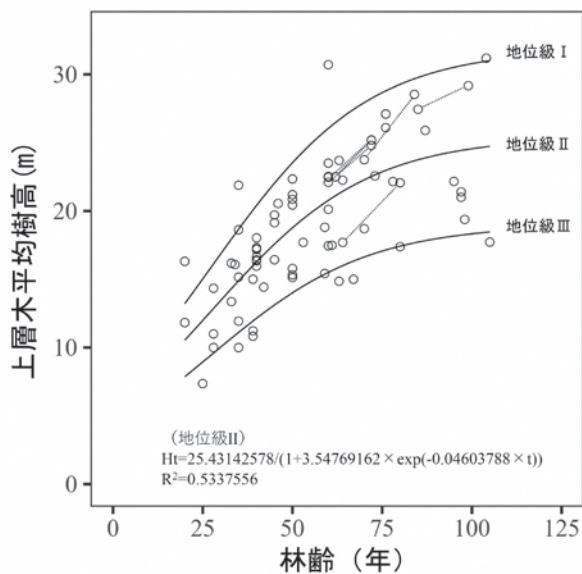


図-1. 作成した地位指数曲線

○は各林分のデータを示す。
点線で結ばれているデータは、反復調査データを示す。
上層木は、各プロットのha当たり樹高上位250本とした。

ナを中心とした広葉樹林を対象に地位指数曲線が作成されている (日本林業技術協会 1990)。その値と比較すると、今回推定された樹高は地位IIで秋田地方の地位Iと同程度であり、全体的に高い傾向がみられた (図-2)。また、高齢級側での樹高成長が緩やかな傾向がみられた (図-2)。

2. 本数減少曲線の作成

作成した本数減少曲線 (図-3) は以下の (14) 式のとおりである。

$$N' = 30264.94 \times 0.8518981^H \quad (R^2=0.5449023) \quad (14)$$

ここで、 N' はha当たり本数、 H は上層木平均樹高を示す。

上記の曲線式では、樹高低位側の立木密度が9,000本/ha程度と、高い値が推定された。ただ、その値も東北地方ブナ林分密度管理図 (林業試験場 1985) 上での収量比数は0.9程度であり、最多密度に達しなかったこと、

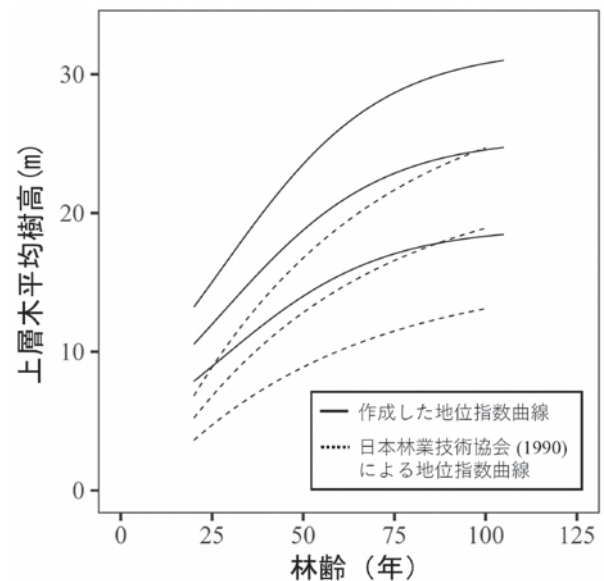


図-2. 作成した地位指数曲線と日本林業技術協会 (1990) による秋田地方のブナを中心とした広葉樹林を対象とした地位指数曲線の比較

それぞれ上から地位級 I, II, IIIを示す。
上層木は、各プロットのha当たり樹高上位250本とした。

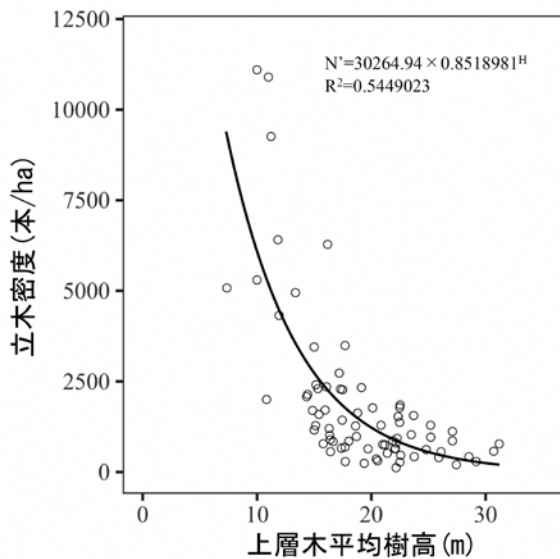


図-3. 作成した本数減少曲線
○は各林分のデータを示す。

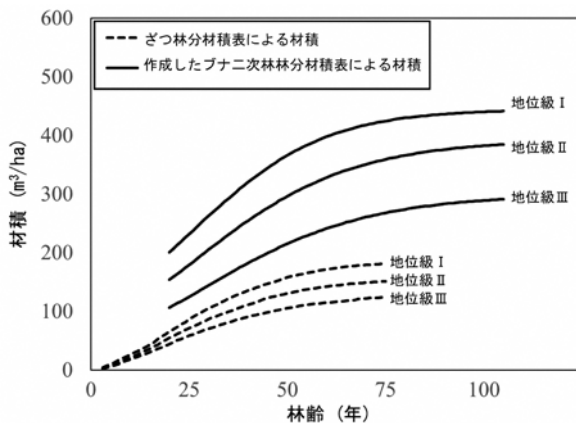


図-4. 作成したブナ二次林林分材積表と既存の材積表 (ざつ林分材積表) による材積の比較

新潟県内のブナ二次林において、立木密度が9,282本/ha、ブナの本数率71.4%、平均樹高6.9 mである条件の近い林分の存在が報告されている(箕口・中沢 1987) ことなどから、現実的な範囲であると考えられる。

3. 林分材積表の作成

作成した林分材積表は付表-1～付表-3のとおりである。使用したデータ(表-1)の範囲から、適用範囲は20年生から105年生までとした。また、計算された材積と林齢の関係を図-4に示す。全体として現行のざつ林分材積表(新潟県農林水産部治山課 1990)を大きく上回った。40年生時点で推定された材積は地位級Ⅱで255.07 m³/haと、現行のざつ林分材積表(新潟県農林水産部治山課 1990)の地位Ⅱ(112 m³/ha)より大きかった。地位級Ⅰでは40年生時で323.01 m³/ha、80年生時で433.31 m³/haと、現行の材積表を大きく上回ったが、富山県では

500～700 m³/ha程度の材積が推定される林分が報告されている(石田 2003)ことから、現実的な範囲であると考えられる。

材積の成長量については、富山県のブナ天然林において、期首の林分材積の大小にかかわらず1年間に平均3.3 m³/ha程度の成長がみられたことが報告されている(石田 2003)。本報告の地位級Ⅱにおいて、105年生までの平均成長量は3.67 m³/haであり、同程度であったと考えられる。一方、連年成長量は林齢が上昇するにつれて減少傾向にあり、地位級Ⅱでは80年生時で1.36 m³/ha、90年生時で0.88 m³/haであった。秋田地方を対象とした材積表(日本林業技術協会 1990)では、80年生時で1.93 m³/ha、100年生時で1.59 m³/haであり、本報告の結果はそれを下回った。本報告の結果が秋田地方の材積表(日本林業技術協会 1990)に比べ、樹高成長が高齢級側で小さかったこと(図-2)によるものと考えられる。

IV. おわりに

本報告では、密度管理図を用いて、新潟県内のブナ二次林を対象とした林分材積表を作成した。これにより、これまでの「ざつ林分材積表」を用いるよりも現実に即した資源量の把握が可能になると考えられる。一方で、本報告では、曲線式の調整に用いるデータを新潟県内のブナ二次林における毎木調査データに限ったことから、データ数が76点と少なく、「林分密度管理図による収穫予想表作成の手順書」に記載された基準(年齢あたり10点、林野庁 2024)は満たせなかった。今後は、追加の調査等によりデータを追加して曲線を再調整することで、さらなる精度の向上が可能であると考えられる。

V. 謝 辞

現地調査の実施にあたり、森林所有者の皆様からは調査地の提供を快諾いただいた。また、秋田県林業研究研修センターの丹羽奎太氏、福沢朋子氏には、文献の提供において多大なるご協力をいただいた。新潟大学の箕口秀夫名誉教授には、文献データに関する調査の経緯について、貴重な情報をご提供いただいた。新潟大学農学部の村上拓彦教授には、論文の構成に関して貴重なご助言をいただいた。ここに記して厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 阿部正博. 1964. ブナ人工植栽地の成長について. 新潟林試研報. 9: 111-130.
- 石田仁. 2003. 富山県におけるブナ林の分布と動態. 統計数理. 51 (1) : 59-72.
- J-クレジット制度事務局. 2025. J-クレジット制度パンフレット; [2025.12.11参照]. https://japancredit.go.jp/data/pdf/credit_003.pdf.
- 紙谷智彦. 1986. 豪雪地帯におけるブナ二次林の再生過程に関する研究 (Ⅱ) 主要構成樹種の伐り株の樹齢と萌芽能力との関係. 日林誌. 68 (4) : 127-134.
- 紙谷智彦. 2025. かつての薪炭ブナ林を新たな地域資源に スノービーチプロジェクト. 季刊地域. No.60. 東京: 農文協. p. 42-47.
- 前田禎三. 1991. 1-2 日本のブナ. 村井宏, 山谷孝一, 片岡寛純, 由井正敏編, ブナ林の自然環境と保全. 東京: ソフトサイエンス社. p. 12-34.
- 日本森林技術協会. 1990. 秋田地方育成天然林資源予測表作成報告書.
- 新潟県環境局環境政策課. 2024. 新潟県版J-クレジット制度; [2026.2.3参照]. <https://www.pref.niigata.lg.jp/sec/kankyoseisaku/1356777037045.html>.
- 新潟県農林水産部治山課. 2010. 現実林分材積(蓄積)表.
- 新潟県林業改良協会. 1991. 新潟県のブナ二次林における施業指針.
- 新潟県総務部市町村課. 2025. 令和6年度新潟県市町村要覧; [2025.12.2参照]. <https://www.pref.niigata.lg.jp/uploaded/attachment/461172.pdf>.
- 箕口秀夫, 中沢迪夫. 1987. 豪雪地帯におけるブナ二次林の改良事例. 新潟林試験報. 29: 77-85.
- 箕口秀夫. 1991. ブナ二次林構成種数種の成長特性. 新潟林試研報. 33: 33-42.
- 滝谷美香. 2014. トドマツ人工林の地位指数曲線の改訂. 北海道林業試験場研究報告. 51: 7-11.
- 塚原雅美. 1999. ブナ二次林の保育と樹幹成長について (Ⅱ). 新潟林試研報. 41: 15-21.
- R Core Team. 2025. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <<https://www.R-project.org/>>.
- 林業試験場. 1985. ブナ再生林の林分密度管理図.
- 林野庁. 2023. 森林由来J-クレジット創出者向けハンドブック; [2025.12.11参照]. https://www.rinya.maff.go.jp/j/sin_riyou/ondanka/attach/pdf/J-credit-51.pdf.
- 林野庁. 2024. 林分密度管理図による収穫予想表作成の手順書; [2026.2.3参照]. https://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/sinrin_keikaku/attach/pdf/con_3-60.pdf.
- 林野庁. 2025. J-クレジット制度; [2025.12.11参照]. https://www.rinya.maff.go.jp/j/sin_riyou/ondanka/J-credit.html.
- 山田茂夫, 村松保男. 1963. 例解測樹の実務. 東京: 地球出版株式会社.
- 山本充男, 安井鈞, 秋山郁男. 1982. 生長曲線の検討 第1報 生長因子と曲線式との関係. 島根大農研報. 16: 48-52.

付表-1. ブナ二次林林分材積表 (地位級Ⅰ)

林齢 (年)	樹高 (m)	本数 (本/ha)	幹材積 (m ³ /ha)	連年成長量 (m ³ /ha)	平均成長量 (m ³ /ha)	成長率 (%)
20	13.2	3640	201.73		10.09	
25	15.0	2724	233.45	6.34	9.34	2.92
30	16.9	2030	264.96	6.30	8.83	2.53
35	18.7	1519	295.15	6.04	8.43	2.16
40	20.4	1150	323.01	5.57	8.08	1.80
45	22.0	885	347.80	4.96	7.73	1.48
50	23.5	697	369.10	4.26	7.38	1.19
55	24.9	562	386.84	3.55	7.03	0.94
60	26.0	465	401.19	2.87	6.69	0.73
65	27.1	395	412.55	2.27	6.35	0.56
70	27.9	344	421.38	1.77	6.02	0.42
75	28.7	306	428.15	1.36	5.71	0.32
80	29.3	278	433.31	1.03	5.42	0.24
85	29.8	256	437.22	0.78	5.14	0.18
90	30.2	240	440.19	0.59	4.89	0.14
95	30.5	227	442.43	0.45	4.66	0.10
100	30.8	218	444.14	0.34	4.44	0.08
105	31.0	210	445.45	0.26	4.24	0.06

付表-2. ブナ二次林林分材積表 (地位級Ⅱ)

林齢 (年)	樹高 (m)	本数 (本/ha)	幹材積 (m ³ /ha)	連年成長量 (m ³ /ha)	平均成長量 (m ³ /ha)	成長率 (%)
20	10.5	5587	154.23		7.71	
25	12.0	4434	179.92	5.14	7.20	3.07
30	13.4	3508	205.80	5.18	6.86	2.68
35	14.9	2783	231.10	5.06	6.60	2.32
40	16.3	2228	255.07	4.79	6.38	1.97
45	17.6	1809	277.11	4.41	6.16	1.66
50	18.8	1494	296.84	3.95	5.94	1.38
55	19.8	1259	314.07	3.45	5.71	1.13
60	20.8	1083	328.80	2.95	5.48	0.92
65	21.6	951	341.17	2.47	5.25	0.74
70	22.3	851	351.41	2.05	5.02	0.59
75	22.9	775	359.80	1.68	4.80	0.47
80	23.3	717	366.60	1.36	4.58	0.37
85	23.7	673	372.10	1.10	4.38	0.30
90	24.1	638	376.51	0.88	4.18	0.24
95	24.3	611	380.04	0.71	4.00	0.19
100	24.6	591	382.85	0.56	3.83	0.15
105	24.7	574	385.10	0.45	3.67	0.12

付表-3. ブナ二次林林分材積表 (地位級Ⅲ)

林齢 (年)	樹高 (m)	本数 (本/ha)	幹材積 (m ³ /ha)	連年成長量 (m ³ /ha)	平均成長量 (m ³ /ha)	成長率 (%)
20	7.8	8483	105.09		5.25	
25	8.9	7160	123.78	3.74	4.95	3.27
30	9.9	6029	142.79	3.80	4.76	2.85
35	11.0	5085	161.61	3.76	4.62	2.47
40	12.0	4314	179.73	3.62	4.49	2.12
45	13.0	3695	196.74	3.40	4.37	1.81
50	13.9	3204	212.31	3.11	4.25	1.52
55	14.7	2817	226.25	2.79	4.11	1.27
60	15.4	2514	238.50	2.45	3.97	1.05
65	16.0	2277	249.06	2.11	3.83	0.87
70	16.5	2092	258.04	1.80	3.69	0.71
75	17.0	1947	265.59	1.51	3.54	0.58
80	17.3	1833	271.87	1.26	3.40	0.47
85	17.6	1744	277.05	1.04	3.26	0.38
90	17.9	1673	281.29	0.85	3.13	0.30
95	18.1	1618	284.75	0.69	3.00	0.24
100	18.3	1574	287.56	0.56	2.88	0.20
105	18.4	1539	289.83	0.45	2.76	0.16