

## タテヤマスギ林分密度管理図と 収獲予想について

中 川 亮 一\*

Density Control Diagram and Yield Estimation of Tateyamasugi  
(*Cryptomeria japonica* D. DON)

Ryoichi NAKAGAWA

要旨：現行「スギ一般林分密度管理図」は、全国の平均的なものとして広く活用されているがより地域適合性のある密度管理図を作るため、昭和52～54年の3カ年で調査及びとりまとめを進めてきた。今回使用した資料は、現地調査、過去に実施した収獲予想表調整資料など、最終的に306箇所の資料を使って密度管理図を作成した。あわせて、タテヤマスギの密度管理を検討したところ、収量比数 $R_y$  0.75以下に本数管理を行えばよいことがわかった。

また、収量比数と相対幹距比は、比例関係が成り立つので、相対幹距比で密度管理できることがわかった。

### 目 次

I	はじめに	37
II	資料の調整	37
III	計算内容	38
	1. 林分構成因子間の間係による異常資料の吟味	38
	2. 収量密度効果の逆数式計算	38
	3. その他曲線の計算	39
	(1) 等平均直径曲線	39
	(2) 競争比数と限界競争比数	39
	(3) 等収量比数曲線と間伐率	39
	(4) 自然枯死線	40
	(5) 誤差率の分布	40
	4. 収量比数と相対幹距比の関係	41
IV	樹高成長曲線	42
V	保育形式と収量比数	43
	1. 収量比数と現実林の諸量の関係	43
	2. 収量比数と雪害	43
	3. 収量比数を違えた密度管理	44
	4. 植栽本数	44
	5. 地位と収量比数	45
VI	タテヤマスギの保育形式	45
VII	摘 要	46
	引用文献	46

## I はじめに

本県の造林は戦後、急速に伸び、若令林分が造林面積の65%に達し、その大部分がタテヤマスギで<sup>5)7)</sup>90%を占めている。これらの林分を健全に生育させるために、本県の地域性にあった、タテヤマスギの林分密度管理図を作り、保育形式を考えねばならない。このことから、昭和52年度より、国補の一般課題として調査を進め、タテヤマスギの林分密度管理図を作成し、タテヤマスギの保育形式について検討を行ったので報告する。

この調査とりまとめにあたり、御指導いただいた、農林水産省林業試験場、藤森造林第2研究室長、粟屋測定研究室長に厚くお礼申し上げます。また、現地調査に協力をいただいた関係者に対し深く感謝します。

## II 資料の調整

資料の調整には、今回調査した資料、収獲予想表調整資料、林政課調査資料等、プロット調査法によるものを使用した。このなかから、上層木、下層木の振分けが不

十分と考えられる高密度林分の資料について、平均胸高直径以上の立木を上層木として再調整した。これは、高密度林分ほど下層木の割合が多いと考えたため、全体の資料からみて下層木の割合を修正するためである。資料の採取箇所は、標高100m～500mまでの林分で、タテヤマスギの人工林面積の多い朝日町64箇所、立山町47箇所、大山町44箇所、魚津市35箇所、上市町26箇所、黒部市25箇所、八尾町17箇所等、主に県東部地域のタテヤマスギ造林地帯で調査した。収集した資料数は、328箇所となり、これを上層木については2m、ha当たり本数については、200本単位の階級で調査地を分類し、各階級に含まれる調査地数を検討した。

その結果、表一1で、( )書きは、その階級の調査地が多かったので除外したものである。この理由として、計算式は最小二乗法又はそれに近い方法を用いて求められているので、特定の階級に資料が多いと偏った結果を生ずる恐れがあるためである。この結果、328箇所のうち17箇所を除外した311箇所の資料を用いて計算した。

表一1 上層樹高、ha当たり本数別調査地一覧表

ha当たり本数	樹高	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	計
200～400														1	1
401～600								1		2		3	2	2	10
601～800							3	5	7	4	6	8	1	2	36
801～1000	1				3		6	3	9	5	6	1	2	1	37
1001～1200					2	4	5	9	<sup>(-1)</sup> 9	8	5	1	3		<sup>(-1)</sup> 46
1201～1400				6	7	9	5	8	6	4	3	1			49
1401～1600	1	3	1	<sup>(-15)</sup> 9	6	<sup>(-1)</sup> 9	2	4	2	1			1		<sup>(-16)</sup> 39
1601～1800		6	8	3	2	3	2	1	1						26
1801～2000	2	1	4	3	4	1			1	2					18
2001～2200	1	6	3	2	2	2									16
2201～2400	2	3	5	1	1			1							13
2401～2600			1		1			2							4
2601～2800		3	1				1								5
2801～3000		1			2										3
3001～3200					2										2
3201～3400	2	1			1										4
3401～3600															0
3601～3800			1												1
3801～4000			1												1
計		9	26	29	<sup>(-15)</sup> 35	29	<sup>(-1)</sup> 35	33	<sup>(-1)</sup> 37	28	21	14	9	6	<sup>(-17)</sup> 311

註) ( )内数値は、計算から除外した調査地数

### Ⅲ 計算内容

#### 1. 林分構成因子の関係による異常資料の吟味

311個の資料を用いて次の4種類の回帰を計算し、一般的傾向からフレの大きいデータを異常資料として棄却した<sup>3)</sup>。

$$(1) HF = \frac{B_0 + B_1 H_{TOP} + B_2 \sqrt{N} \cdot H_{TOP}}{100} \dots\dots\dots ①$$

$$(2) \bar{D} = \frac{B_0 + B_1 dg + B_2 \sqrt{N} \cdot H_{TOP}}{100} \dots\dots\dots ②$$

$$(3) H_m = \frac{B_0 + B_1 H_{TOP} + B_2 \sqrt{N} \cdot H_{TOP}}{100} \dots\dots\dots ③$$

$$(4) \log V = \log B_0 + B_1 \log H_{TOP} + B_2 \log N \dots\dots\dots ④$$

HF: 林分形状高  $H_{TOP}$ : 上層樹高  
 N: ha当たり本数  $\bar{D}$ : 算術平均直径  
 Hm: 平均樹高  $V$ : 単木当たり平均幹材積  
 $B_0, B_1, B_2$  はデータから計算する定数

①～④の回帰式ごとに実測値の推定値からの偏差を、残差の標準誤差で除した値がt分布表の1%値以内のものを+2, 1%～5%値の間にあるものを+1とし、4つの回帰式で計算した結果、+4以上の資料を異常資料として棄却した。棄却した資料は、いずれも①, ②, ③式によるもので、特に②式の胸高断面積と直径, ①式の材積と胸高断面積の関係から棄却することとなった。棄却した5箇所の資料は、直径のパラツキの多い択伐林、複層林的な直径階を保有する林分であった。

異常資料を除外した306箇所の資料で①, ②式を計算した結果, ⑤, ⑥式の係数が得られた。⑤, ⑥式は後述する林分密度管理図の等平均直径曲線の作成に用いる。

$$HF = \frac{1.38128 + 0.40718H - 0.049677\sqrt{N} \cdot H}{100} \dots\dots\dots ⑤$$

重相関係数 0.9871

$$\bar{D} = \frac{0.66928 + 0.9803dg - 0.13738\sqrt{N} \cdot H}{100} \dots\dots\dots ⑥$$

重相関係数 0.9968

#### 2. 収量密度効果の逆数式計算

林分密度管理図の等平均樹高曲線は、ha当たりの本数と幹材積の関係式, ⑦で示され、収量密度効果の逆数式とよばれる。上層木の平均樹高を2m区分ごとにクラス分けし、クラス分けした各上層樹高ごとに、密度効果の逆数式⑦で係数A, Bの値を求めた。A, Bの値は最少二乗法で求められるが、その式は⑧, ⑨で示される。<sup>1)</sup>

$$1/V = A + \frac{B}{N} \dots\dots\dots ⑦$$

$$A = \frac{\sum V \sum V^2 - \sum V \sum V \cdot V}{\sum V^2 \sum V^2 - (\sum V \cdot V)^2} \dots\dots\dots ⑧$$

$$B = \frac{\sum V^2 \sum V - \sum V \sum V \cdot V}{\sum V^2 \sum V^2 - (\sum V \cdot V)^2} \dots\dots\dots ⑨$$

$V$ : ha当たり材積  $V^2$ : 平均材積 A, B: 係数

A, Bの値は、2mごとにクラス分けした樹高階ごとに求められ、樹高と比例関係があるから、ベキ関数⑩式で表わすことができる。

$$A = b_1 H^{b_2} \quad B = b_3 H^{b_4} \dots\dots\dots ⑩$$

$b_1, b_2, b_3, b_4$ : 係数

⑧, ⑨式で求めた樹高階ごとのA, Bの値を表-2, 図-1に示す。表-2の数値を⑩式に使用して、最少二乗

表-2 タテヤマスギ逆数式の係数

樹 高	A	B
6m	0.0069782	16.2995
8	0.044505	7.0704
10	0.0030214	3.2645
12	0.0024629	2.2835
14	0.0019551	1.6377
16	0.0015492	1.1018
18	0.0010902	1.0693
20	0.0011046	0.5724
22	0.0006850	0.8371
24	0.0007544	0.5043
26	0.0008625	0.2626
28	0.0005501	0.3960
30	0.0005821	0.2236

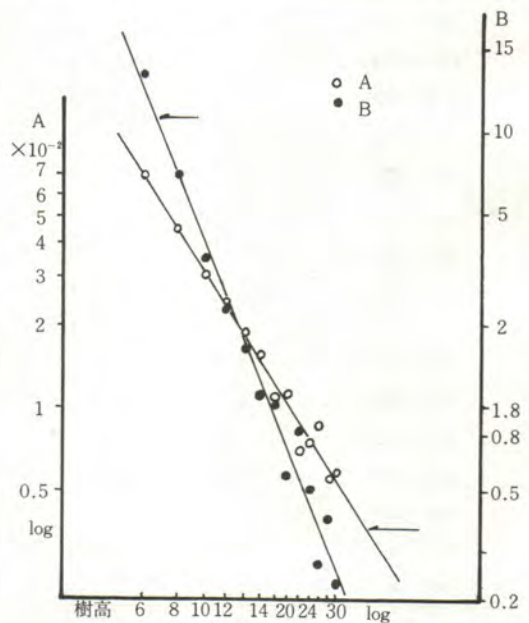


図-1 タテヤマスギ逆数式のA, Bの値

法で係数  $b_1, b_2, b_3, b_4$  の計算をしたところ、

$$b_1 = 0.1108089, \quad b_2 = -1.588613, \quad b_3 = 1205.6321$$

$b_4 = -2.485028$  の値を算出することができた。

最多密度曲線の傾きの式は  $b_4/b_2 - b_4$  で示されている。ここでは安藤<sup>1)</sup>が全国の資料の分析結果得られた数値、 $b_4/b_2 - b_4 = -1.9184$  を用いることとした。その理由は、同一樹種では、最多密度線の傾きに差がないものと考えられるからである。したがって、⑩式で求めた  $b_2$  の値を⑪式で修正することとした。

$$-1.9184 = \frac{b_4}{b_2 - b_4} \dots\dots\dots ⑪$$

$$b_2 = -1.189663$$

修正した  $b_2$  の値と⑩式で求めた  $b_1, b_3, b_4$  の値を初期値として、逆数式の係数の改良を行った。

真辺<sup>6)</sup>は逆数式の改良方法について、安藤<sup>1)</sup>の方法に改良を加えている。その方法は、Marquardtの逐次近似法で⑫式から求める方法である。

計算の結果8ステップで  $b_1, b_2, b_3, b_4$  の係数を求めることができた。⑫式に求めた  $b_1 \cdot b_2 \cdot b_3 \cdot b_4$  の値を入れれば、林分密度管理図の等平均樹高曲線⑬式となり、 $ha$  当たり本数と樹高で計算することができる。

$$\frac{1}{V} = A + \frac{B}{N} \quad A = b_1 H^{b_2} \quad B = b_3 H^{b_4}$$

$$\frac{1}{V} = b_1 H^{b_2} + \frac{b_3 H^{b_4}}{N} \dots\dots\dots ⑫$$

$$\frac{1}{V} = 0.054307H^{-1.328097} + \frac{2944.9H^{-2.774195}}{N} \dots\dots ⑬$$

### 3. その他曲線の計算

#### (1) 等平均直径曲線

上層樹高、 $ha$  当たり本数から⑬式で  $ha$  当たり材積を求め、⑤式で求められる形状高で材積を除すると  $ha$  当たり断面積が計算できる。

$ha$  当たり断面積から⑭式で平均断面積を求め、⑥式から平均胸高直径を計算した。

$$G = \frac{V}{HF} \quad V = G \cdot H \cdot F \dots\dots\dots ⑭$$

$$\bar{d}_g = 200\sqrt{\frac{G}{\pi \cdot N}} \dots\dots\dots ⑮$$

$G$ :  $ha$  当たり断面積,  $\bar{d}_g$ : 平均断面積

このように、樹高、 $ha$  当たり本数から求めた等しい値の平均直径を曲線で結んで、密度管理図の等平均直径曲線とした。

#### (2) 競争比数と限界競争比数

調査地ごとの競争比数は、安藤<sup>1)</sup>の示した⑯式から推定値が計算できる。すなわち、調査地ごとの推定材積から競争比数  $R_c$  を求め、その最少値を限界競争比数  $R_f$  の値

とすることもできるが、ここでは、安藤<sup>1)</sup>の示した等収量比数曲線、⑰式から求めることとした。

$$R_c = V \cdot B \quad V = \frac{V}{N}$$

$$R_c = B \cdot \frac{V}{N} = 2944.9H^{-2.774195} \dots\dots\dots ⑯$$

$$5.9637 = \frac{(1-R_f)R_y}{b_1} \left[ \frac{b_1}{b_3} \cdot \frac{1 - (1-R_f)R_y}{(1-R_f)R_y} \right]^{-0.9184} \dots ⑰$$

⑰式で  $R_y$  が1のとき、 $R_f$  の値を求めることができ、その時の常数を5.9637として、 $R_f$  を計算した。

⑰式から値を求めたところ、 $R_f$  の値は、0.236355となった。また、306カ所の調査地について計算しは  $R_c$  の最少値  $R_f$  は、0.2373である。

#### (3) 等収量比数曲線と間伐率

収量比数は、最多密度曲線上の幹材積に対する材積比率で、最多密度曲線からのへだたりを示し、同じ収量比数のときの密度と単位面積当たり幹材積の関係を表わすものである。また、幹材積と同様に、 $ha$  当たり本数と樹高の関係を表わすこともできる。

安藤<sup>1)</sup>の示した式⑱、⑲から  $K_1, K_2$  を求め表-3に示す。

$$N_{R_y} = K_1 \cdot H^{b_2 - b_4} \dots\dots\dots ⑱$$

$$N_{R_y} = \frac{(1-R_f)R_y}{1-(1-R_f)R_y} \cdot \frac{b_3}{b_1} \cdot H^{b_2 - b_4}$$

$$K_1 = \frac{(1-R_f)R_y}{1-(1-R_f)R_y} \cdot \frac{b_3}{b_1}$$

$$\log N_{R_y} = K - 1.4461 \log H$$

$N_{R_y}$ : ある収量比数における  $ha$  当たり本数

$$V_{R_y} = K_2 \cdot N_{R_y}^{b_2 - b_4} \cdot \frac{b_2}{b_2 - b_4} = -0.9184 \dots\dots\dots ⑲$$

$$K_2 = \frac{(1-R_f)R_y}{b_1} \left[ \frac{b_1}{b_3} \cdot \frac{1 - (1-R_f)R_y}{(1-R_f)R_y} \right]$$

$V_{R_y}$ : ある収量比数における  $ha$  当たり材積

$$\log V_{R_y} = K_2 - 0.9184H$$

⑱、⑲式に示すように、取りまとめ地域ごとに係数  $b_1 \sim b_4, R_f$  が異なるので、表-3の  $K_1, K_2$  の値に地域ごとの差が生じることとなる。

安藤<sup>1)</sup>の示した全国平均の  $R_y$  0.8の常数は、タテヤマスギでは  $R_y$  0.75の値に相当するが、林野庁編、裏東北北陸地方<sup>8)</sup>の数値とは、 $R_y$  ごととの値はほぼ同じで似ているといえよう。また、⑱、⑲式と表-3の  $K_1, K_2$  の  $R_y$  の値から、任意の  $R_y$  間の間伐率を計算することが可能である。

すなわち、本数間伐率は、⑱式の  $K_1$  の値を  $R_y$  ごとに表-3から求め、 $R_y$  間の本数差から間伐率を計算する。また、材積間伐率は、⑲式で求めた本数を⑲式の本

表-3 収量比数と K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub> の値

収量比数	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub> の値		
		タテヤマスギ	全国平均	裏東北・北陸地方
最多密度曲線	5.2435	5.9637	5.9637	5.9637
0.95	5.1562	5.8612		5.8625
0.90	5.0762	5.7643	5.6969	5.7665
0.80	5.0013	5.6707		5.6738
0.80	4.9302	5.5790	5.4756	5.5827
0.75	4.8615	5.4879		5.4921
0.70	4.7943	5.3962	5.2704	5.4009
0.65	4.7279	5.3031		5.3081
0.60	4.6614	5.2072	5.0661	5.2125
0.55	4.5940	5.1076		5.1132
0.50	4.5250	5.0027	4.8503	5.0086
0.45	4.4532	4.8910		4.8971
0.40	4.3775	4.7704		4.7766

※ 林野庁編

数に入れて材積を計算すれば、Ry間の材積差が出るので間伐率を求めることができる。すなわち、同じ収量比数間では、樹高が異なっても、同じ本数間伐率、材積間伐率となるのがわかる。

このように、⑬⑭式と表-3のRyごとのK<sub>1</sub>, K<sub>2</sub>の値を使って求めたRy間の間伐率を表-4に示す。表-4に示す本数、材積の間伐率は、下層木から順に間伐した場合、よく適合するといわれるが、上層木の割合が多い場合、本数間伐率は少なくなり、材積間伐率は多くなる傾向がある。しかし、よほど極端な上層間伐以外は、適合性がよいものとする。

表-4 収量比数間の間伐率

Ry の 値	本数間伐率	材積間伐率
0.80→0.70	26.9	12.5
0.75→0.65	26.5	13.3
0.70→0.60	26.4	14.3

(4) 自然枯死線

植栽本数N<sub>0</sub>に対する自然枯死線は、⑳式で求められる平均材積の関数として、㉑式で計算できる。<sup>1)</sup>

$$V = (0.054307H^{-1.328097} \cdot N + 2944.9H^{-2.774195}) - 1 \quad \dots\dots\text{㉑}$$

$$\frac{1}{N} - \frac{1}{N_0} = \frac{V}{-3.4709 \times 10^6 \cdot N^{-0.9184}} \quad \dots\dots\text{㉒}$$

N: ある上層樹高におけるha当たり本数

N<sub>0</sub>: 植栽本数      V: 平均材積

自然枯死線は生育が進むに従い、密度の減少を表わす線である。当密度管理図の作図データから推定すると、植栽本数を100とした場合、最多密度線Ry 1.0に接する時48となる。高密度すなわちRyの値が大きいほど、減少割合が大きい。Ry 0.60からRy 0.70まで生長した時の本数減少は約3%となる。次にRy間の減少率の推定値を表-5に示す。このように収量比数Ry間の関係数値がわかれば、密度管理図の利用がしやすいといえよう。

(5) 誤差率の分布

当密度管理図が等平均樹高曲線から推定したha当たり材積と、等平均直径曲線から推定した平均直径の値を、作成に使用した調査地ごとの実測値と比較して誤差率(推定値-実測値/実測値×100)の分布を調べた。

表-6に示すように誤差率±10%以内では、直径で86.3%、材積で62.4%が、また、±20%以内では、直径で99.1%、材積で91.5%の調査地が適合する。表-7に平均直径と材積についての、各統計値を示した。表の相関係数、変動係数の数値からみて、精度的に満足できるものと云える。

昭和54年3月調整の裏東北北陸地方<sup>6)</sup>のスギ林分密度管理図との比較では、表-6の誤差率の分布、および表-7の各統計値から、タテヤマスギ林分密度管理図の方が、推定精度は高いと云える。

表-5 自然枯死線上のRy間ごとの減少率

Ryの範囲	0.4→0.5	0.5→0.6	0.6→0.7	0.7→0.8	0.8→0.9	0.9→1.0
減少率(%)	1	2	3	5	9	40

表-6 推定誤差率の分布

区分	直径誤差率				材積誤差率			
	タテヤマスギ		裏東北北陸		タテヤマスギ		裏東北北陸	
	プロット数	パーセント	プロット数	パーセント	プロット数	パーセント	プロット数	パーセント
-40~-30	0	0	0	0	0	0	3	1.0
-30~-20	0	0	7	2.3	7	2.3	21	6.9
-20~-10	22	7.2	81	26.5	43	14.1	101	33.0
-10~ 0	146	47.7	166	54.2	117	38.2	90	29.4
0~ 10	118	38.6	48	15.7	74	24.2	60	21.6
10~ 20	17	5.6	3	1.0	46	15.0	20	6.5
20~ 30	2	0.7	0	0	15	4.9	3	1.0
30~ 40	0	0	0	0	3	1.0	1	0.3
40~ 50	0	0	0	0	0	0	1	0.3
50.1以上	1	0	1	0.3	1	0.3	0	0

表-7 ha 当たり材積平均直径の推定精度

	材 積		平均直径	
	タテヤマスギ	裏東北北陸	タテヤマスギ	裏東北北陸
標準偏差	57.60 m <sup>3</sup>	26.56 m <sup>3</sup>	1.97 cm	2.2cm
許容誤差の最少値	53.97 m <sup>3</sup>	72.17 m <sup>3</sup>	1.84 cm	2.0cm
許容誤差率の最少値	11.47 %	16.64 %	8.6	8.8
百分率標準誤差	12.24 %	17.66 %	9.1	9.3
変動係数	12.67 %	17.73 %	8.6	9.2
相関係数	0.9796	—	0.9759	—

## 4. 収量比数と相対幹距比の関係

収量比数は、最多密度曲線上の幹材積に対する材積比率で、最多密度曲線上からのへだたりを示すことができ、林分の密度管理にあたって、そのこみぐあいを比較する便利な指標といえる。

一方、相対幹距比は、樹高と密度から次のように求められる。

$$S = \frac{1}{N} \dots\dots\dots(23)$$

S: 1本当たりの占有面積 N: 単位密度

正方形植栽を仮定して、平均距離 =  $\sqrt{S}$ , 相対幹距比は、平均樹高 / 樹高から

$$\text{相対幹距比}(R_s) = \sqrt{\frac{10,000}{N}} \dots\dots\dots(24)$$

となる。

相対幹距比は、密度が同じ場合、樹高が大きくなるほどその値は小さくなる。

栗屋ら<sup>2)</sup>は、収量比数1の場合、相対幹距比の値が林分高10~30mに対して0.111~0.116になることを推定し

ており、さらに、密度の指標として、収量比数及び相対幹距比を用いた場合、林分密度の指標として利用できる」と述べている。

一方、収量比数 $R_y$ は、

$$R_y = \frac{V_{Rc}}{V_{Rf}} \dots\dots\dots(25)$$

で示される。 $R_y$ と $R_c$ の関係は、

$$R_y = \frac{1 - R_c}{1 - R_f} \dots\dots\dots(26)$$

である。ここで $R_c$ は⑬式、 $R_f$ は⑰式で求めることができるから、個々の調査地 $R_y$ の推定値が計算できる。

次に収量比数と相対幹距比の関係を調べるため、⑳式で2つの相関を調べた。

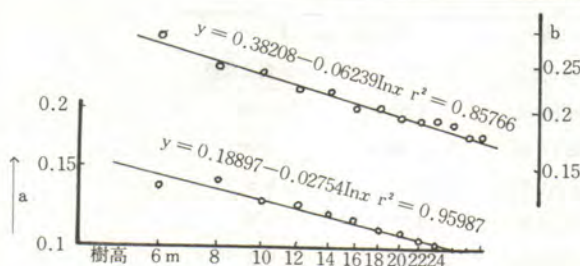
$$Y = a + b \ln X \dots\dots\dots(27)$$

Y: 相対幹距比 X: 収量比数

調査ごとの収量比数の推定値と、相対幹距比の実測値の値から、樹高階ごとに最小二乗法で㉑式からa, bの値を求めたところ、相関係数もよく、両対数グラフ上で直線関係が成立することがわかった。(表-8 図-2)

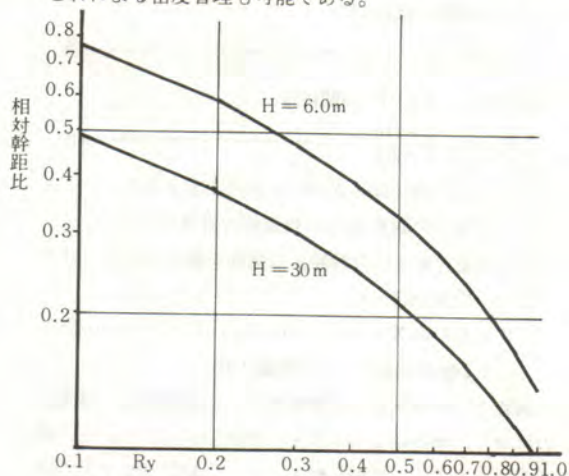
表一 樹高ごとの相関関係

上層木 樹高階	係数の値		相関係数 $r^2$	修正したもの		プロット 数
	a	b		a	b	
6 m	0.13295	-0.2849	0.9942	0.13962	-0.27031	5
8	0.13818	-0.24587	0.9597	0.131698	-0.25236	9
10	0.12446	-0.23819	0.9884	0.12555	-0.23844	14
12	0.1230	-0.21998	0.9910	0.12053	-0.22708	21
14	0.11698	-0.2149	0.9906	0.11628	-0.21746	26
16	0.11415	-0.20067	0.9941	0.11261	-0.20913	37
18	0.10969	-0.20002	0.9972	0.10936	-0.20178	34
20	0.10647	-0.1909	0.9961	0.10646	-0.19521	33
22	0.1037	-0.1885	0.9975	0.10384	-0.18926	28
24	0.10044	-0.18938	0.9982	0.10144	-0.18385	35
24	0.0973	-0.1845	0.9984	0.09923	-0.17884	28
28	0.0969	-0.1754	0.9980	0.09719	-0.17422	27
30	0.0949	-0.1748	0.99978	0.09529	-0.16991	9



図一 係数a, bと樹高との関係 (両対数)

また、図一 3に示すように、収量比と相対幹距比の関係は、一定の関係があることがわかる。このことから、相対幹距比の数値は、林分密度の指標として利用でき、これによる密度管理も可能である。



図一 3 相対幹距比と収量比数の関係 (両対数)

実用上は、樹高と林木間の平均距離から、林分のこみぐあいを推定し、間伐時期を知ることができる。例えば、収量比数 $R_y$  0.75で間伐し、 $R_y$  0.65まで行う場合の、樹高階ごとの相対幹距比と林木間の平均距離の値は、表一 9に示すとおりとなる。

表一 9 樹高ごとの相対幹距比と平均樹間距離

区分 樹高(m)	相 対 幹 距 比		平均樹間距離(m)	
	$R_y$ 0.75	$R_y$ 0.65	$R_y$ 0.75	$R_y$ 0.65
6	0.217	0.256	1.30	1.54
8	0.204	0.240	1.63	1.92
10	0.194	0.228	1.94	2.28
12	0.186	0.218	2.23	2.62
14	0.179	0.210	2.50	2.94
16	0.173	0.203	2.76	3.24
18	0.167	0.196	3.01	3.53
20	0.163	0.191	3.25	3.81

以上説明した各式の係数及び作図データの計算は、真辺昭の「林分密度管理図の作成プログラム<sup>6)</sup>」及び安藤貴<sup>1)</sup>の式を用いた。

#### IV 樹高成長曲線

密度管理図を使って、収穫予想をするため、収集した資料から地位曲線の令級別上層樹高の計算を行った。<sup>3)</sup> 実測値の材積、断面積直径の値が、⑬式、⑭式、⑯式で求めた推定値と±50%以上の誤差があるもの、及び、林令不明な資料を除外した、226個を使って中心線を算出し

た。除外した資料は、林令不明の資料がほとんどである。

地位曲線中心線の令級別上層樹高の推定は、6つの式をあてはめて、その中で一番相関の高い Näslund 式を採用することとした。

その結果、㉔式の係数を得たので令級別の上層樹高を算出した。

$$HT = \frac{T^2}{(0.1598 + 0.285T)^2} \dots\dots\dots \text{㉔}$$

相関係数 0.9173

HT：上層樹高 T：林令

算出した令級別の上層樹高の値を理論生長曲線にあてはめた結果、一分子反応式が最もよく適合した。一分子反応式で算出した中心線の±30%以上の値を、推定値の上限および下限として資料を棄却したところ、資料数の5%が除外された。棄却後の資料数216個を使用して、一分子反応式で中心を求め、上下に中心線から各々±12%、±24%の値を林令80年まで求め、地位ごとの樹高成長曲線とした。

標本数のうち、地位3等地に属するものは、資料数の33%が、地位2、4等地では42%が、地位1、5等地では20%が、各々分布する結果となった。

算出した一分子反応式を用いて計算した結果を表-10、図-4に示す。

表-10 令階別地位級別樹高成長曲線

地位 林令	1	2	3	4	5
10	6.3	5.7	5.2	4.4	3.8
15	10.1	9.1	8.3	7.2	6.2
20	13.5	12.2	10.9	9.6	8.3
25	16.4	14.8	13.2	11.7	10.1
30	19.0	17.2	15.3	13.5	11.6
35	21.3	19.2	17.2	15.1	13.0
40	23.2	21.0	18.7	16.5	14.2
45	25.0	22.6	20.1	17.7	15.3
50	26.5	23.9	21.4	18.8	16.2
55	27.8	25.1	22.4	19.8	17.1
60	29.0	26.2	23.4	20.6	17.8
65	30.0	27.1	24.2	21.3	18.4
70	30.9	27.9	24.9	21.9	18.9
75	31.7	28.6	25.6	22.5	19.4
80	32.4	29.3	26.1	23.0	19.8

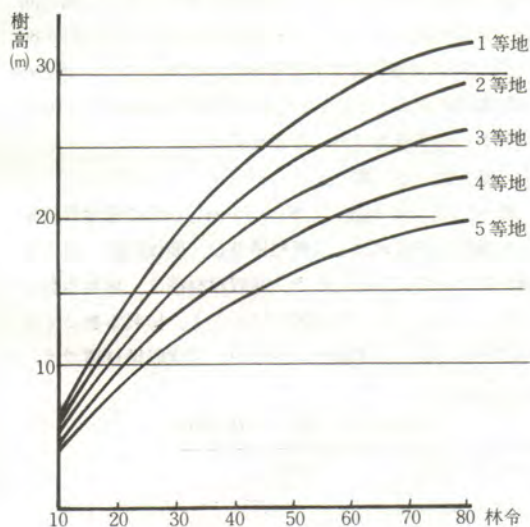


図-4 樹高成長曲線

## V 保育形式と収量比数

### 1. 収量比数と現実林の諸量の関係

収量比数を使って密度管理を行う場合、収量比数と林分内における各諸量の関係を知る必要がある。安藤<sup>1)</sup>は、収量比数と各諸量の関係について次のように述べている。

(1) 収量比数と林分葉量の関係は、 $Ry 0.8 \sim 0.85$ 以上になると一定化する。

(2) 収量比数と幹、枝葉の割合の関係は、収量比数の増加とともに幹の割合が多くなるが、一定化するような飽和曲線形を示す。

(3) 収量比数と枝下率の関係は、収量比数とともに増加し、 $Ry 0.8$ で約50%となる。

(4) 収量比数と生産される材の形質は、高くなるほど完満になり、年輪密度も大きくなる。

このことから、立地条件、生産目標をぬきにして考えれば、収量比数を0.8～0.85前後に密度管理するのが、林地の生産力を有効に利用でき、生産される材の形質からみても適切な密度と考えることができる。

### 2. 収量比数と雪害

調査林分のうち、雪害の被害が認められた34分林につ



いて、本数、材積を密度管理図上にプロットしたのが図-5である。雪害林分が、 $Ry 0.7$ 以上となっており、 $Ry 0.75$ までは被害本数・材積は少なく、 $Ry 0.75$ 以上で被害が多くなっている。なお、雪害の著しく高い林分については調査対象からはずしたので、雪害と収量比数との関係を明確に把握することはできなかったが、図-5から $Ry 0.70$ 以下の場合には、大きな雪害を受ける危険性はきわめて少ないものと考えられる。

雪害木の形質について、34林分の直径階分布を、各林分の平均胸高直径を基準にして図-6に示した。雪害木の大きさは、平均胸高直径以下のものが大部分で約80%であった。また、雪害木のほとんどが林内に点状で分布していた。このことから、単木の形状比の大きなものが被害を受けたと考えられる。

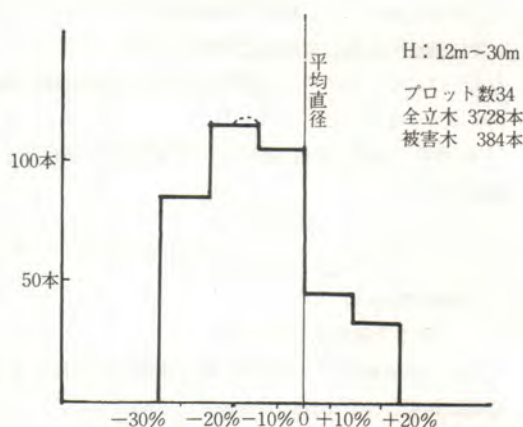


図-6 雪害木の直径階分率

一般に、形状比70以上<sup>10</sup>の林分が雪害の危険性が高いと云われている。この形状比70を密度管理図から計算すると $Ry 0.75$ 前後になる。以上のことから考え、 $Ry 0.75$ を上限にした密度管理をすれば、雪害に強い林分を作ることができると思える。

3. 収量比数を越えた密度管理

表-11は、密度管理図から植栽本数3,000本/ha、地位3等地で、収量比数を越えた密度管理について計算したものである。この表の数値からみて、 $Ry 0.7 \rightarrow Ry 0.6$ で密度管理をすれば、総収獲材積は少なく、間伐回数、間伐材積が多くなり、有利ではない。また、 $Ry 0.80 - Ry 0.70$ で密度管理すれば形状比が大きくなり、雪害の危険性がある。このことから、 $Ry 0.75 - Ry 0.65$ で密度管理するのが適当であると考えられる。

4. 植栽本数

表-12は、同一地位で、 $Ry 0.75 \rightarrow Ry 0.65$ で密度管理をした場合の植栽本数と収獲材積及び、間伐回数、間伐材積の関係を表わしたもので、総収獲材積は、植栽本数に比例して増えるが、数量的には小さく、植栽本数による総収獲量におよぼす影響は少ない。主伐収獲材積では、

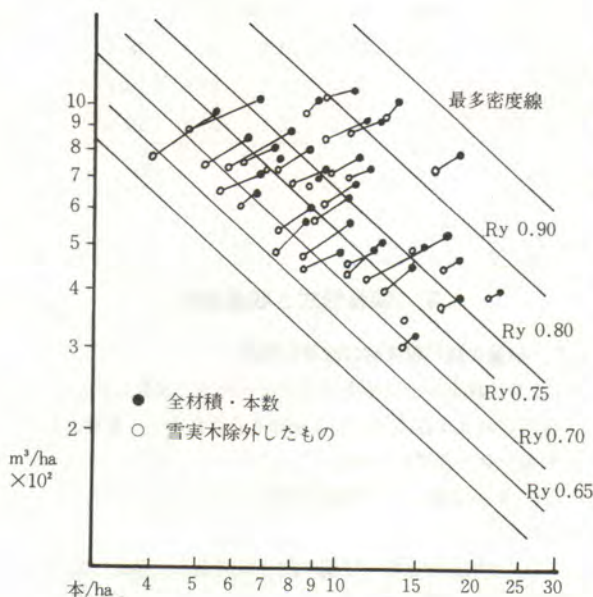


図-5 収量比数と雪害木の関係

表-11 Ry の差と収獲材積

	3000本/ ha 地位3 林令80年		
収量比数 (Ry)	0.70→0.60	0.75→0.65	0.80→0.70
形状比	0.67	0.71	0.75
総収獲材積 (m³)	975.8	1012.3	1039.5
間伐材積 (m³)	281.8	221.1	269.0
主伐材積 (m³)	694.0	791.2	770.5
間伐林令	16, 21, 28, 39, 60	18, 24, 33, 49	21, 29, 42, 70
間伐回数	5	4	4



た、本県の多雪地帯では、根元曲り、幹曲り、折損木などの被害が、林分閉鎖後、健全木の支障となるため、林分を整理する必要がある。その時期として、林分が閉鎖する、Ry0.55が目安であり、その量をRy0.05程度が適当であると考えられる。伐期については、無雪地帯と比較し、雪起し、長期間の下刈など、幼令期の投下労働量は、全期間の投下労働量に大きなウエイトを占める。<sup>4)</sup>したがって、短伐期は、経営上有利とは云えない。一方、雪害による根元曲り、幹曲りによる材の損失も大きく、タテヤマシギの特性から考え合せ伐期をできるだけ遅らせた長伐期施業が適している。

このような保有形式による標準的な間伐基準表を表-13に示した。また、間伐期の目安として、本数、樹高、胸高直径、平均樹幹距離を示したものが表-14である。

表-15 間伐時期の直径と樹幹距離

林令	間伐時				間伐後		
	上層樹高	本数(本)	平均直径(cm)	樹間距離(m)	本数(本)	平均直径(cm)	樹間距離(m)
12	6.3	2875	10.4	1.87	2315	10.9	2.08
22	11.9	2136	16.6	2.16	1496	18.3	2.58
30	15.3	1433	21.4	2.64	1032	23.5	3.11
43	19.6	991	27.2	3.17	722	29.7	3.72

間伐は、下層木が主体で、1回目は、林分整理が主な目的であること、また、材も未熟で、欠点も多く切捨となる。2回目の間伐では、小丸太の生産が可能であり、3回目から未口10cmの4m材の生産が可能となる。主伐期は、最終間伐後、林分が閉鎖する林令60年頃が適当であろう。

Ⅶ 摘 要

1. 全国平均密度管理図のRy0.8の常数K<sub>2</sub>の値は、タテヤマシギ密度管理図のRy0.75の値に相当する、裏東北北陸地方密度管理図Ryの常数は僅かに大きい。
2. 誤差率では、裏東北北陸地方密度管理図よりタテヤマシギ密度管理図が、や、推定密度は高い。
3. 収量比数と相対幹距比の関係から、樹高階ごとの樹幹距離により、密度の指標として利用できる。
4. タテヤマシギの密度管理を収量比数Ry0.75→Ry0.65で管理するのが妥当であることを考察した。また、それにもとずいた間伐基準を作成した。
5. 密度管理図の関係数値

(1) 等平均樹高曲線

$$V = \left( \frac{0.054307H^{-1.328097} + 2944.9H^{-2.774195}}{N} \right)^{-1} \dots \textcircled{13}$$

(2) 等平均直径曲線

$$HF = \frac{1.38128 + 0.40718H - 0.049677\sqrt{N} \cdot H}{100} \dots \textcircled{5}$$

$$G = \frac{V}{HF} \dots \textcircled{14}$$

$$\bar{d}g = 200\sqrt{\frac{G}{\pi \cdot N}}$$

$$\bar{D} = \frac{0.66928 + 0.9803\bar{d}g - 0.13738\sqrt{N} \cdot H}{100} \dots \textcircled{6}$$

密度管理図は、植物の生長法則、ロジスチック曲線を利用して、密度、生長時間、樹高から生産量、材種を推定している。また、推定した材積と断面積の関係から直径を推定している。このように林分の各諸量間の関係が統一的に求められているので、密度管理について、いろいろな角度から検討することができる。

引用文献

- 1) 安藤 貴：同令単純林の密度管理に関する生態学的研究 林試研報210号 1～153(1968)
- 2) 粟屋仁志、葉袋次郎：林分収獲予想表の作製方法について(I) 日林講名古屋支部(1972)
- 3) 粟屋仁志：未発表
- 4) 長谷川敬一、久田喜二：造林投資の採算性の比較 林試研報311号(1980)
- 5) 北岡広信：タテヤマシギの生立環境と特性 富山県林試(1972)
- 6) 真辺 昭：林分密度管理図の作製 農林研究計算センターA11(1975)
- 7) 野越恒雄：スギ品種と土壌要因分析 富山県林試究報告3号(1975)
- 8) 林野庁：裏東北北陸地方スギ林分密度管理図(1979)
- 9) 坂口勝美：間伐の本質に関する研究 林試研報131号(1961)
- 10) 杉山利治、佐伯正夫：昭和35年12月末の大雪による北陸地方の森林の冠雪害調査報告 林試研報154号(1963)
- 11) 富山県：富山県における積雪地帯区分と雪害の防除 林業普及資料No.15 (1974)

### タテヤマスギ林分密度管理図

