

トドマツの林分密度管理指針

猪瀬 光雄・佐野 真
小木 和彦・眞邊 昭

はじめに

トドマツ人工林は今後、間伐及び主伐を迎える林分が急激に増加していくが、そのための本数管理指針として林分密度管理図が重視され、実務に利用されている。しかし、次の理由からトドマツの林分密度管理図の改訂を行った。

旧管理図¹⁾では、幹材積に天然木の資料から得られた幹材積式をもとに計算された値²⁾を利用している。しかし、造林木の調査資料が蓄積されるに従い、天然木と造林木の完満度が異なっていることが分かってきた^{3)、4)}。また、収穫試験地の定期測定回数の増加に伴い、林齢の高い測定資料が追加されて、データが集積されてきている。

このように人工林に対して、より適合性の高い密度管理図を作成する必要性が生じている。このため、林分材積の計算に、新たに作成した幹材積表⁴⁾を使用するとともに、固定試験地の繰り返し調査記録を追加し、林齢の高い部分の資料の充実を図って、新しい林分密度管理図⁽⁵⁾、付図)を作成した。

また、地位指数曲線についても、リチャーズ関数をもとにした同一タイプの樹高曲線群による新しい地位指数曲線を作成した。

資料と方法

新しい密度管理図の作成に使用した資料は、

収穫試験地⁶⁾33箇所と旧野幌試験地6箇所の固定成長量試験地を合わせた延べ168回の定期測定データ及び滝川、雄武、枝幸、北見、幾寅の各営林(林務)署管内の108林分のデータを使用した。

調査項目はプロット面積、林齢、上層樹高(樹高の上位のものから250本/haをとったときの平均樹高)、ha当たりの本数、幹材積、胸高断面積、平均胸高直径、平均樹高である。データの林齢は15年から61年の間にあって、上層樹高とha当たり本数階による分布は表1のようである。このうち、二つのデータは異常値として本計算から除外した。

表1 上層樹高、ha当たり本数階別データ数の分布

ha本数/上層樹高	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	計
401-600								1		2	1	4
601-800					1	2	1	2	6	7	3	22
801-1000				1	1	2	5	5	8	1	1	24
1001-1200					2	9	8	5	5			29
1201-1400				1	2	6	10	11	3			33
1401-1600		1	1	1	1	10	11	2	3			30
1601-1800		1	1	2	6	8	15	2				35
1801-2000		1	1	2	4	8	1	2				19
2001-2200				2	5	1	6					14
2201-2400		1	2	1 ⁽¹⁾	4	3	1	1				13 ⁽¹⁾
2401-2600				2	8	4	7 ⁽¹⁾					21 ⁽¹⁾
2601-2800				1	3	2	2			1		9
2801-3000				2	1	3	1	2				9
3001-3200		1			2	4	1					8
3201-3400				1		1	1					3
3401-3600						1						1
3601-3800												
3801-4000					1							1
4001-4200				1								1
計	1	4	5	17 ⁽¹⁾	41	64	70 ⁽¹⁾	33	25	11	5	276 ⁽²⁾

密度管理図作成に使用した計算式

主要な計算式は次のとおりである。ha当たり幹材積 V は、次に示す収量密度効果の逆数式に、上層樹高 H_T 、ha当たり本数 N を与えて求められる。

$$V = (0.215578 H_T^{-1.617855} + 30941.2 H_T^{-3.511734} / N)^{-1} \quad (1)$$

また、平均胸高直径 d は以下の手順で求められる。ha当たり胸高断面積 G は、まず、林分形状高 HF を次式で求める。

$$HF = -0.2785 + 0.4877 H_T - 0.04143 \sqrt{N} H_T / 100 \quad (2)$$

次いで、 $G = V / HF$ で計算できる。次に、断面積平均直径 dg を次式で求める。

$$dg = 200 \sqrt{G / (\pi \cdot N)} \quad (3)$$

そして、 dg を(4)式に代入して d を求める。

$$d = -0.1287 + 0.9935 dg - 0.05676 \sqrt{N} H_T / 100 \quad (4)$$

最多密度曲線は、 K_1 、 K_2 を定数として、

$$V_{\max} = K_2 N^{K_1+1} \quad (5)$$

(5)式で表わされる。ここで、 K_1 については、旧管理図と同じ、 -1.854255 を採用した。 K_2 は限界競争比数 0.1167 から 587163.4 がえられた。

また、収量比数 R_y に応じた成育段階ごとの本数 N_{Ry} は(6)式で求められる。

$$N_{Ry} = \frac{126777.1384 R_y}{1 - 0.8833 R_y} H_T^{-1.893879} \quad (6)$$

同時に、収量比数 R_y に応じた幹材積 V_{Ry} は(7)式によって求められる。

$$V_{Ry} = (0.215578 H_T^{-1.617855} + 30941.2 H_T^{-3.511734} / N_{Ry})^{-1} \quad (7)$$

なお、最多密度におけるha当たりの幹材積 V_{Rf} 及び最多密度におけるha当たりの本数 N_{Rf} は(6)式の R_y を 1 として、(6)式及び(7)式によって計算できる。

新旧管理図の比較

前節の関係式を利用して作成した新しいトドマツの林分密度管理図と旧管理図の等平均樹高曲線と等収量比数曲線を重ねると図1のようになる。実線で示した新しい管理図の等平均樹高曲線は、旧管理図のものよりかなり下方にシフトし、かつ、勾配が急である。これは、従来使用してきた幹材積表が天然木から作られているため、造林木には過大な幹材積を与えることに起因する。上層樹高の高い方で新旧の差が大きくなっているのは、高齢林分のデータが追加されたため若い林の傾向から外挿されていた曲線の位置が実際のデータによって是正されたものと考えられる。

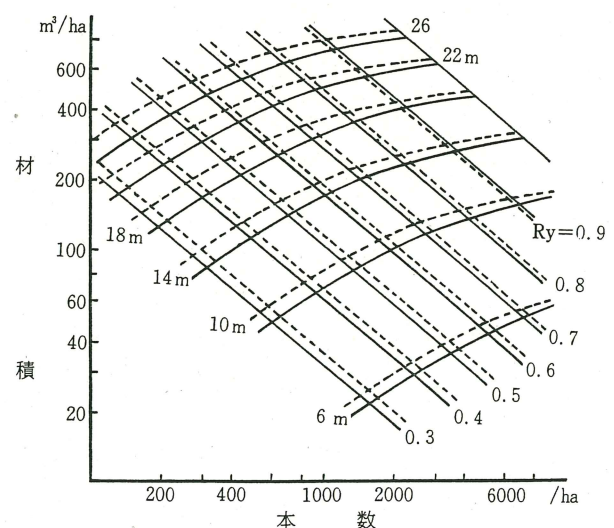


図1 新旧管理図の比較

新しい密度管理図の精度

密度管理図の作成に用いた274個の林分データについての幹材積と平均直径の推定誤差率は次のようである。

幹材積の推定誤差率の平均は-0.03%、誤差率の範囲は-40%~50%であるが、プロットの83%が誤差率±20%の範囲に入る。また、直径の推定誤差率の平均は-0.26%、誤差率の範囲は-20%~30%であるが、プロットの約82%が誤差率±10%の範囲に入る。

新しい密度管理図の幹材積推定における誤差の標準偏差は47.2m³/haであるが、林分の平均胸高直径が既知の場合にはこの誤差を大幅に縮小できる。いま、密度管理図の推定胸高直径に対する実測胸高直径の比をRdとし、幹材積についても同様な比Rvを考えると次式が成立つ。

$$Rv = -0.9083 + 1.9138 Rd \quad (8)$$

このようにして、与えられた平均直径からRdを計算し、上式で求めたRvを密度管理図の幹材積の補正係数として材積を計算すると、推定材積の誤差の標準偏差は10.0m³/haと5分の1程度になる。(8)式の代わりに、 $Rv = Rd^2$ とする簡略法によっても同程度の精度の向上がみられる。

トドマツの地位指数曲線

初期成長の遅いトドマツの樹高成長はS状曲線が適合するので、地位指数曲線は樹種の特徴をよく表わす同一タイプの曲線群で構成されることが、望ましい。このため、今回、12地域のトドマツ人工林からえられた90本の樹幹解析木の資料をもとに、樹高の時系列データにリチャーズ関数（伊藤⁷⁾の開発したSSFITR/86)をあてはめて、同一タイプの曲線群によって地位指数曲線を作成した⁸⁾。

基準林齢を50年とした場合の地位指数及び年齢ごとの上層樹高の値を表2に示した。

また、任意の地位指数あるいは上層樹高を与えた時の計算プログラムを図2に示した。主プログラムでは、関数FNEHを定義し、年齢(AX)と上層樹高(X)から地位指数(HGHT)を求めるときにはK=1、地位指数(X)と年齢(AX)を与えて上層樹高(HGHT)を求める場合にはK=2として計算できる。

林分密度管理図のみかた

付図に示した新しいトドマツの林分密度管理図の構成は次のとおりである。

縦軸は林分幹材積(m³/ha)を示し、横軸は立木本数(本/ha)で、両軸とも対数目盛で示してある。

表2 地位指数ごとの年齢別上層樹高

年齢	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
地位指数													
13	0.52	1.42	2.73	4.33	6.09	7.91	9.70	11.41	13.00	14.45	15.76	16.92	17.95
14	0.64	1.70	3.18	4.94	6.84	8.77	10.63	12.39	14.00	15.45	16.75	17.89	18.88
15	0.79	2.01	3.67	5.60	7.63	9.65	11.58	13.37	15.00	16.45	17.73	18.84	19.80
16	0.95	2.35	4.20	6.28	8.44	10.56	12.55	14.37	16.00	17.44	18.69	19.78	20.70
17	1.14	2.73	4.76	7.00	9.28	11.48	13.52	15.37	17.00	18.43	19.65	20.71	21.60
18	1.35	3.13	5.35	7.75	10.15	12.43	14.51	16.37	18.00	19.41	20.61	21.63	22.49
19	1.58	3.57	5.98	8.54	11.05	13.39	15.51	17.38	19.00	20.39	21.56	22.54	23.37
20	1.84	4.04	6.65	9.35	11.96	14.37	16.52	18.39	20.00	21.36	22.50	23.46	24.24
21	2.12	4.55	7.34	10.19	12.90	15.36	17.53	19.41	21.00	22.34	23.45	24.36	25.12
22	2.43	5.08	8.07	11.06	13.86	16.37	18.56	20.43	22.00	23.31	24.39	25.27	25.99
23	2.76	5.64	8.82	11.95	14.83	17.39	19.59	21.45	23.00	24.28	25.32	26.17	26.86
24	3.12	6.24	9.60	12.86	15.82	18.42	20.63	22.47	24.00	25.25	26.26	27.08	27.73
25	3.50	6.87	10.42	13.80	16.83	19.45	21.67	23.50	25.00	26.22	27.19	27.98	28.60
26	3.92	7.52	11.25	14.75	17.85	20.50	22.71	24.53	26.00	27.18	28.13	28.88	29.47
27	4.35	8.21	12.12	15.73	18.89	21.56	23.76	25.56	27.00	28.15	29.06	29.78	30.35
28	4.82	8.92	13.00	16.72	19.93	22.62	24.82	26.59	28.00	29.12	30.00	30.69	31.22
29	5.31	9.66	13.91	17.73	20.99	23.69	25.87	27.62	29.00	30.09	30.93	31.59	32.10
30	5.83	10.42	14.84	18.76	22.06	24.76	26.93	28.65	30.00	31.05	31.87	32.50	32.98

```

10 DEF FNEH(X, Y)=(1!-EXP(-(0.018915+.001168*X)*Y))
20 PRINT: INPUT "地位指数を計算しますか(Yes/No)",X$: A$=LEFT$(X$,1)
30 IF A$="N" OR A$="n" THEN 80
40 K=1: PRINT
50 INPUT "年齢は"; AX: INPUT "上層樹高は"; X
60 GOSUB *HGHT
70 PRINT: PRINT USING "地位指数=#.#.#"; HGHT: PRINT: GOTO 120
80 K=2: PRINT
90 INPUT "地位指数は"; X: INPUT "年齢は"; AX
100 GOSUB *HGHT
110 PRINT: PRINT USING "上層樹高=#.#.#"; HGHT
120 END
1000 *HGHT
1010 IF K=1 THEN 1040
1020 EST=LOG(X)+LOG(FNEH(X, AX)/FNEH(X, 50!))/(.194436+.009893*X)
1030 HGHT=EXP(EST): RETURN
1040 W=10!: ADD=1!
1050 EST=LOG(W)+LOG(FNEH(W, AX)/FNEH(W, 50!))/(.194436+.009893*W)
1060 EST=EXP(EST)
1070 IF ABS(EST-X)<.1 THEN 1110
1080 IF EST<X THEN 1100
1090 W=W-ADD: ADD=ADD*.1: W=W+ADD: GOTO 1050
1100 W=W+ADD: GOTO 1050
1110 HGHT=W: RETURN

```

図2 地位指数または上層樹高を求めるためのプログラム

①等平均樹高曲線：赤線で示した上に凸のなめらかな曲線で5 m～33 mまで示してある。

②等平均直径曲線：黒線で示したゆるやかな曲線で4 cm～40 cmまで示してある。

③等収量比数曲線：Ryの値は最多密度の1.0から0.2まで青線で示した。これらの線は最多密度曲線に平行になっている。

④自然枯死線：上部で最多密度曲線に沿った曲線で赤色で描いてある。ha当たり原植本数500本から10,000本まで示した。

収量比数と仕立て方についてみると、Ryが0.6で疎仕立て、0.7で中庸仕立て、0.8が密仕立ての基準とし、間伐後の収量比数の値を目標とする管理コースに導くようにすることが、本数管理の目安にできる。

なお、新しい密度管理図の使い方は旧管理図の場合と同様である。

まとめ

これまで、トドマツ天然木の幹材積をもとにした密度管理図を使用してきたが、今回、高齢のデータを追加して、造林木の幹材積をもとにしたトドマツの林分密度管理図を作成した。その結果、旧管理図と比較すると、全体的に下方にシフトすることが分かった。従って、今後、トドマツ人工林の密度管理を行う場合には、新

しい密度管理図を参考にされたい。また、地位指数曲線についてもリチャーズ関数をもとにした新しい地位指数曲線を作成したので参考にされたい。

【参考文献】

- 1) 眞邊 昭：トドマツ密度管理図、北方林業叢書53、66 pp. (1974. 3)
- 2) 林野庁：札幌管林局トドマツ・エゾマツ立木幹材積表調製説明書、材積調製業務資料第10号 (1960)
- 3) 篠原久夫：天然性トドマツ材積表の人工林に対する適合性について、林試北海道年報、59～66 (1975. 10)
- 4) 小木和彦・猪瀬光雄・佐野 真・眞邊 昭：トドマツ造林木の幹型と立木幹材積表、森林総研北海道研究レポート、24、12 pp. (1990. 6)
- 5) 佐野 真・猪瀬光雄・小木和彦・眞邊 昭：トドマツの林分密度管理図の改訂、日林学会北海道論集、38、183～185 (1990. 2)
- 6) 林業試験場北海道支場・北海道管林局：森林の構造と生長の関係解析に関する研究—北海道における収穫試験の20年の経過—、収穫試験報告第18号、(1984)
- 7) 伊藤 達夫：SSFITR /86 Version1.0 for MS-DOS RICHARDS 生長関数のあてはめのためのコンピュータプログラム、J.pc-For.、3、(1985)
- 8) 小木和彦・猪瀬光雄・佐野 真・眞邊 昭：トドマツの地位指数曲線、日林学会北海道論集、38、180～182 (1990. 2)

研究レポート No. 26

平成3年7月31日発行

編集 森林総合研究所北海道支所

〒062 札幌市豊平区羊ヶ丘1

電話 (011)851-4131