

長伐期施業に対応した鹿児島県スギ人工林収穫予測

長濱孝行^{*1}・近藤洋史²

長濱孝行・近藤洋史：長伐期施業に対応した鹿児島県スギ人工林収穫予測 日林誌 88：71~78, 2006 鹿児島県民有林を対象として長伐期施業に対応したスギ人工林の収穫予測を行うために、林分密度管理図、地位に関する曲線、収穫表を調製した。林分密度管理図では、最多密度曲線の傾きを含めた各種曲線式を調製し、その精度は向上したと考えられる。地位に関する曲線には Mitscherlich 関数を適用し、地位を3区分した。地位別に決定した主林木平均樹高と林分密度管理図を構成する関数式を用いて収穫表の林分構成因子を算出した。これにより、林分密度管理図、地位に関する曲線、収穫表の相互関係が確立された。本研究による収穫予測結果から、少なくとも、現実林分の林分構成因子の数値は、既存資料と比較して大きくなると考えられた。本県のスギ人工林管理において、これら収穫予測資料等の見直しは長伐期化傾向も踏まえて重要課題になっている。本研究で得られた成果は本県林業技術関係者が長伐期施業を推進していく上で、有効な資料になると考えられる。

キーワード：収穫表、スギ人工林、地位に関する曲線、長伐期施業、林分密度管理図

Nagahama, T. and Kondoh, H.: Improved Yield Prediction Information for Sugi (*Cryptomeria japonica*) Plantations Applied to Long-rotation Management in Kagoshima Prefecture. J. Jpn. For. Soc. 88: 71~78, 2006 To predict the yield of sugi (*Cryptomeria japonica*) plantations on a long rotation in private forests in Kagoshima Prefecture, the stand-density control diagram, site quality curve, and yield table were improved. The curvilinear equations required for the stand-density control diagram, including the full density curve equation, were also improved. Consequently, the new diagram may be more accurate than the existing diagram. The Mitscherlich function was applied as the site quality curve. Using the function, site quality was divided into three ranks. Using the average height of the dominant trees to decide site quality and the functions in the stand-density control diagram, the numerical values for the stand composition factor in the yield table were computed. Consequently, the stand-density control diagram, site quality curve, and yield table were shown to be correlated. The estimated numerical values of the stand composition factor in the yield table in this study were better than the values derived using the existing method. During long-rotation management of sugi plantations in our prefecture, improvement of the yield prediction information has been an important problem. The stand-density control diagram and yield table produced in this study should improve the efficiency with which the forestry engineers of our prefecture manage forest stands on long rotation.

Key words: long-rotation management, site quality curve, stand-density control diagram, sugi (*Cryptomeria japonica*) plantations, yield table

I. はじめに

鹿児島県（以下「本県」）における民有林人工林面積は約222千haで森林面積の約51%を占めている（鹿児島県林務水産部，2004）。2002年12月の林政改革大綱をうけて森林計画制度の計画事項が見直され、本県においても重視すべき機能に応じた森林区分により効率的・効果的な森林整備を推進している。これらの施策に対応するためには、本県の地域性を考慮したスギ人工林管理基準の確立が重要な課題となっている。

この一助としては林分密度管理図（以下、「密度管理図」）、地位に関する曲線および収穫表を用いた間伐等保育技術指針や育林体系等の検討が考えられる。これまで、本県におけるスギ人工林育林管理基準は、既存の九州地方スギ林分密度管理図（林野庁，1980g）や鹿児島地方スギ林分収穫表（林野庁熊本管林局，1965）を適用してきた。

これらの代表的な利用状況を例示すると、造林事業等の間伐設計や治山事業等に用いられる本数調整伐設計では、林分密度管理図に示される収量比数が用いられる。また、森林計画における森林簿のデータ更新には、吉田（1998）が指摘しているように、収穫表に示されるha当たり幹材積の数値が用いられている。さらに、林業技術者向けの一般的な育林技術に関するマニュアルとしては、既存の密度管理図や収穫表の数値を用いて作成した育林技術体系化指針（鹿児島県林務水産部・鹿児島県造林推進協会，1974）を適用している。このように、本県スギ人工林管理については、既存資料に大きく依存していることが窺える。

しかしながら、九州という広範囲な地域を対象にスギに対して一つの密度管理図を適用することについて、地域によっては不適合が生じること（安藤，1968，1982）、地位によって適切な密度管理を考慮した施業が必要であること（宮島，1989）、最多密度曲線を超える林分の存在が認めら

* 連絡・別刷請求先 (Corresponding author) E-mail: nagahama@kpfes.ecnet.jp

¹ 鹿児島県林業試験場 (899-5302 鹿児島県始良郡蒲生町上久徳182-1)

Kagoshima Prefectural Forest Experiment Station, 182-1 Kamigyutoku, Kamou, Aira-gun, Kagoshima 899-5302, Japan.

² (独)森林総合研究所関西支所 (612-0855 京都市伏見区桃山町永井久太郎68)

Kansai Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute, 68 Nagai Kyutaro, Momoyama, Fushimi, Kyoto 612-0855, Japan. (2005年3月9日受付; 2005年10月5日受理)

れたこと(近藤, 2000)等の見解がある。これらつまり、地域性を考慮した密度管理図調製の必要性を示している。

さらに、松下(1997)は、鹿児島地方の国有林のために調製された収穫表を本県民有林に準用していることに対して検討の必要性を示している。この鹿児島地方スギ林林分収穫表(林野庁熊本営林局, 1965)は、おもに国有林に存在する60年生以下のデータで調製が進められた。その結果、60年生までの収穫予測となっている。このため、本県では、それ以降のha当たり幹材積については、60年生時の数値を用いている。実際に現場から林分構成因子の数値が小さく算出される等、既存資料が現状にあわないという指摘を受けている。また、その適用地域も鹿児島県および宮崎県南部に存在する営林署管内となっており、民有林は含まれていない。

これらに加えて、密度管理図と収穫表には、異なる林分構成因子を用いた手法で調製されていることに起因する問題点が挙げられる。前者は林分の主林木平均樹高とha当たり本数の2因子を用いて諸関係式を導いているが(安藤, 1968, 1982; 只木, 1969)、後者は昭和27年8月改正の「同齢単純林の林分収穫表調製要綱」に基づき、林齢に対する各林分構成因子等の相互関係式にフリーハンドを適用し地位別に数値を決定している(林野庁熊本営林局, 1965)。このことから、両者の林分構成因子の数値は相互関係が欠如し、各種計画樹立や普及指導の際に矛盾が生じている。

この不都合を解消するべく、稲田(1991)は密度管理図上で主林木平均樹高とha当たり本数から収穫表に必要なその他の林分構成因子を計算している。ha当たり本数は自然枯死線に関する式から、主林木平均樹高は地位別に示された主林木平均樹高曲線から算出しており、密度管理図に基づく収穫表を作成している。しかし、これは既存資料を利用して調製されているため、標準的な伐期齢を超える林分に対して適応するには問題があると考えられる。

そこで、本研究は、長伐期施業に対応可能でかつ、地域性を考慮した鹿児島県スギ人工林管理基準の構築を目的と

した。すなわち、本県独自のスギ人工林林分密度管理図の調製および地位に関する曲線式を導出するとともに、その結果をもとに、本県の現実林分に対応した収穫表を調製するものである。

II. 材料と方法

解析に供試した林分データは、本県林業試験場(以下「当場」)において1972年から2003年までに蓄積してきた、離島を除く本土4流域における合計653点の各種林分調査結果を集計したものである。流域区分と調査点数を図-1に示した。当場が存在する始良流域の調査点数が295点と全体の45.2%を占めている。以下、鹿児島市を含む南薩流域が106点、北薩流域が120点、大隅流域が102点、調査地点の不明なデータが30点含まれており、概ね本土全域から収集している。図-2には齢級別の調査点数を示した。9齢級と13齢級をピークに1~22齢級まで幅広い分布で、本県スギ人工林の標準伐期齢35年生を超えるものが全体の67.9%を占めており、長伐期指向を十分に反映したデータであると思われる。これらはすべて標準地調査であり、調査面積については林齢により差はあるが概ね

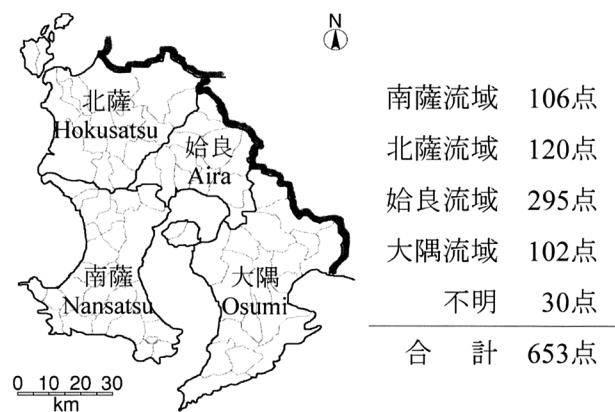


図-1. 調査地点の流域別内訳

The number of investigation points in every basin.

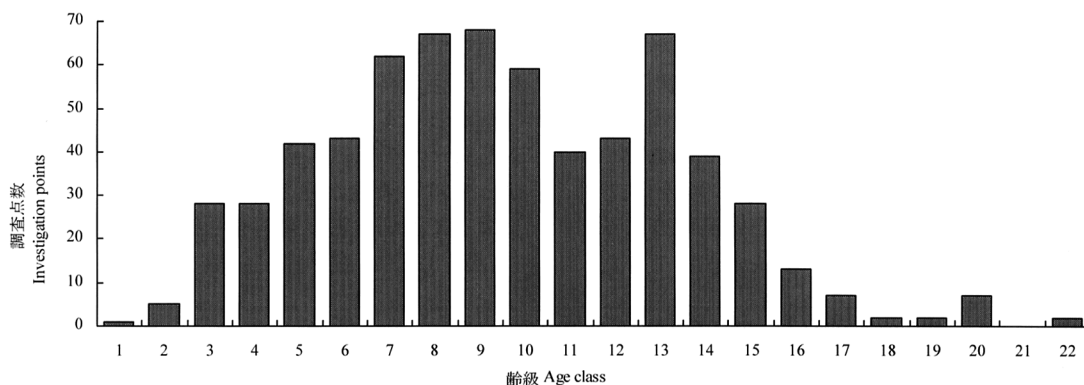


図-2. 齢級別調査点数

Investigation points of each age class.

0.01~0.10 ha の範囲にある。現地調査の結果を用いて、各林分構成因子の平均値計算等を行い、胸高断面面積合計については、各単木の胸高直径から算出したものを ha 当りに換算した。幹材積合計については、樹高と胸高直径から立木幹材積表（林野庁，1970）に記載される材積式により単木材積を求めて ha 当りに換算した。

本研究では、前述したように、密度管理図を構成する関数式や地位に関する曲線式をもとに収穫表の調製を行うのである。このためには、密度管理図を構成する関数式が必要となる。筆者は、本研究と同じデータを用いて、本県独自のスギ人工林分密度管理図を調製している（長濱，2003）。概略すると、異常資料の棄却後、収量密度効果の逆数式や等平均樹高曲線等の密度管理図に描写される各種曲線式を算出した。これらの関数式を以下に示す。

$$V = \frac{1}{1.0287H_t^{-1.56004} + 4292.93263H_t^{-2.92906}/N} \quad (1)$$

$$HF = 1.35652 + 0.31701H_t + \frac{0.23197\sqrt{N} \cdot H_t}{100} \quad (2)$$

$$G = \frac{V}{HF} \quad (3)$$

$$\bar{d}_g = 200\sqrt{\frac{G}{\pi \cdot N}} \quad (4)$$

$$\bar{d} = 0.03084 + 0.98849\bar{d}_g - \frac{0.04487\sqrt{N} \cdot H_t}{100} \quad (5)$$

$$R_y = \frac{V}{V_{Rf}} \quad (6)$$

$$V_{Rf} = \frac{1}{1.0287H_t^{-1.56004} + 4292.93263H_t^{-2.92906}/N_{Rf}} \quad (7)$$

$$\log N_{Rf} = 5.1362 - 1.36902 \log H_t \quad (8)$$

ここで、 V ：ha 当たり材積， H_t ：主林木平均樹高， N ：ha 当たり本数， HF ：林分形状高， G ：ha 当たり断面面積， \bar{d}_g ：断面面積平均直径， \bar{d} ：平均胸高直径， R_y ：収量比数， V_{Rf} ：最多密度における ha 当たり材積， N_{Rf} ：最多密度における ha 当たり本数

収穫表の作成方法として、異常資料棄却後のデータを成長モデルに適用させて地位区分を行った。その後、密度管理図を構成する関数式を用いて、主林木、副林木および主副林木合計の各林分構成因子の数値を決定した。これらを取りまとめて、密度管理図および地位に関する曲線と互換を保ち、かつ長伐期施業に対応した収穫表を調製した。

III. 結果と考察

1. 林分密度管理図の調製

筆者らは、その管理図において地域性を考慮するために、樹種ごとに一律とされていた最多密度曲線の傾きも調製の対象とした。たとえば、既存の密度管理図（林野庁，1980a, b, c, d, e, f, g）において、最多密度曲線の傾きを示す係数は、すべて 5.9637 となっている。本研究による資料解析の結果、図-3 に示すとおり、従来までの最

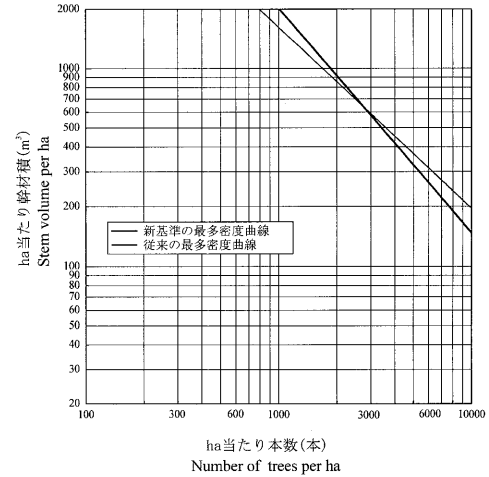


図-3. 最多密度曲線の比較
Comparison of full density curves.

多密度曲線の傾きとは異なり、図中の座標 (2800, 630) 付近を支点とした右回転方向の変化がみられた。このことから低密度時の ha 当たり材積の増加が確認された。

安藤 (1968) は、調製した林分密度管理図に対して、推定精度の検討を加えている。そこで、本研究で調製した密度管理図に対しても、推定精度の検定を行った。これは、各調査資料の ha 当たり幹材積の実測値 V と、本密度管理図により推定される ha 当たり幹材積の推定値 ((1) 式から計算される \hat{V}) との誤差率を求め、その値が許容誤差率内にあるかどうか統計的に検定するものである（林野庁，1980g）。具体的には、(9) 式により許容誤差率 E の χ^2 値を求め、危険率 5% の χ^2 の値 $\chi_{(0.05)}^2$ を (10) 式で計算し（Sokal and Rohlf, 1973）、両者の有意差を検定した。

$$\chi^2 = \frac{1}{E^2} \sum \left[\frac{\hat{V} - V}{V} \right]^2 \quad (9)$$

$$\chi_{0.05[\nu]}^2 = \frac{1}{2} (t_{0.10[\nu]} + \sqrt{2N-1})^2 \quad (10)$$

ここで、 N は資料数， ν は自由度， E は許容誤差率 20%， $t_{0.10[\nu]}$ は Student の t 分布の棄却値を示す。

この結果、それぞれの値は、

$$\chi^2 = 462.18$$

$$\chi_{(0.05)}^2 = 706.24$$

であり、5%危険率で両者には有意な差はみられず、許容誤差率内にあることが示された。

また、ha 当たり幹材積および平均直径について、標準偏差、変動係数等の各種精度指標を求めたものを表-1 に示した。推定精度の各項目をみると、既存の密度管理図（以下、従来版）に比べ、本報告で調製された密度管理図（以下、改訂版）において、その精度が向上していることが明らかになった。

次に、ha 当たり幹材積および平均直径の誤差率を全資料について計算し、どのような範囲に分布しているか表-2 に示した。この表で改訂版についてみると、誤差率 $\pm 20\%$

表-1. ha 当たり幹材積, 平均直径の推定精度
Accuracy of estimated value of volume per ha and average diameter.

項目 Item	ha 当たり幹材積 Volume per ha		平均直径 Average diameter	
	改訂版	従来版	改訂版	従来版
	Revised edition	Conventional type	Revised edition	Conventional type
標準偏差* ¹ Standard deviation	89.81 m ³	105.12 m ³	2.76 cm	3.24 cm
許容誤差の最小値* ² The minimum value of a permissible error	85.83 m ³	100.46 m ³	2.63 cm	3.09 cm
許容誤差率の最小値* ³ The minimum value of the rate of a permissible error	16.18%	16.51%	9.21%	9.76%
百分率標準誤差* ⁴ Standard error of percentage	16.96%	17.30%	9.65%	10.23%
変動係数* ⁵ Coefficient of variation	17.90%	20.95%	10.15%	11.92%

*¹ 標準偏差, $\sqrt{\sum(\hat{y}-y)^2/(N-1)}$; *² 許容誤差の最小値, $\sqrt{\sum(\hat{y}-y)^2/\chi_{(0.05)}^2}$; *³ 許容誤差率の最小値, $\sqrt{\sum(\hat{y}/y-1)^2/\chi_{(0.05)}^2} \times 100$; *⁴ 百分率標準誤差, $\sqrt{\sum(\hat{y}/y-1)^2/(N-3)} \times 100$; *⁵ 変動係数, $\sqrt{\sum(\hat{y}-y)^2/(N-1)} \times N/\sum y$; 注): \hat{y} , 推定値; y , 実測値; N , 調査地数。

表-2. ha 当たり幹材積, 平均直径の誤差率の分布
The distribution of the rate of an error of volume per ha and average diameter.

誤差率範囲 (%) Range of the rate of an error (%)	ha 当たり幹材積 Volume per ha				平均直径 Average diameter			
	改訂版		従来版		改訂版		従来版	
	調査地数	百分比	調査地数	百分比	調査地数	百分比	調査地数	百分比
	<i>n</i>	percentage	<i>n</i>	percentage	<i>n</i>	percentage	<i>n</i>	percentage
~-50	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
-50~-40	1	0.15%	3	0.46%	0	0.00%	1	0.15%
-40~-30	7	1.08%	14	2.17%	0	0.00%	13	2.01%
-30~-20	41	6.35%	73	11.30%	8	1.24%	119	18.42%
-20~-10	93	14.40%	119	18.42%	65	10.06%	257	39.78%
-10~0	149	23.07%	173	26.78%	222	34.37%	187	28.95%
0~10	162	25.08%	135	20.90%	231	35.76%	61	9.44%
10~20	101	15.63%	77	11.92%	104	16.10%	3	0.46%
20~30	63	9.75%	30	4.64%	14	2.17%	3	0.46%
30~40	15	2.32%	12	1.86%	2	0.31%	2	0.31%
40~50	8	1.24%	3	0.46%	0	0.00%	0	0.00%
50~	6	0.93%	7	1.08%	0	0.00%	0	0.00%
計 Total	646	100%	646	100%	646	100%	646	100%

以内では, 幹材積で 78.17%, 平均直径では 96.28%の調査地が含まれ, ともに従来版よりも誤差率が小さくなっている。

2. 地位の決定

異常資料棄却後のデータを用いて, 林齢 (t) と主林木平均樹高 (H_t) との関係から曲線式を導き, これを地位区分のための中心線とした。その中心をもとに地位を 3 区分した。分布の中心線を決定するために, 山本ら (1982) が示した成長関数の Mitscherlich (11) 式, Logistic (12) 式, Gompertz (13) 式の 3 式と, これらを統合した Richards 成長関数 (14) 式にデータを当てはめ, 赤池情報量規準 (Akaike's Information Criterion (以下 AIC) (鈴木, 1995)) が最小値をとるものを採用することとした。各パラメータの当てはめには, Origin Version 7.0J (ライトストーン) の Levenberg-Marquardt 法を利用した (ライトストーン, 2002)。また, 分布範囲については中心線を決

定した後, その式で示される理論値から実測データのばらつきを階級別に算出し, (15) 式のような林齢に対するべき乗式で導出した。以下に示した各パラメータの定義については大隅 (2001) による。

$$H_t = A(1 - B \cdot \exp(-k \cdot t)) \quad (11)$$

$$H_t = \frac{A}{1 + B \cdot \exp(-k \cdot t)} \quad (12)$$

$$H_t = A \cdot \exp(-B \cdot \exp(-k \cdot t)) \quad (13)$$

$$H_t = A(1 - B \cdot \exp(-k \cdot t))^{1/(1-m)} \quad (14)$$

$$\sigma t = a \cdot t^b \quad (15)$$

ここで, H_t : 林齢 t における主林木平均樹高理論値, A : H_t の最終到達量を示すパラメータ, B : H_t の初期値に関するパラメータ, k : H_t の成長速度に関するパラメータ

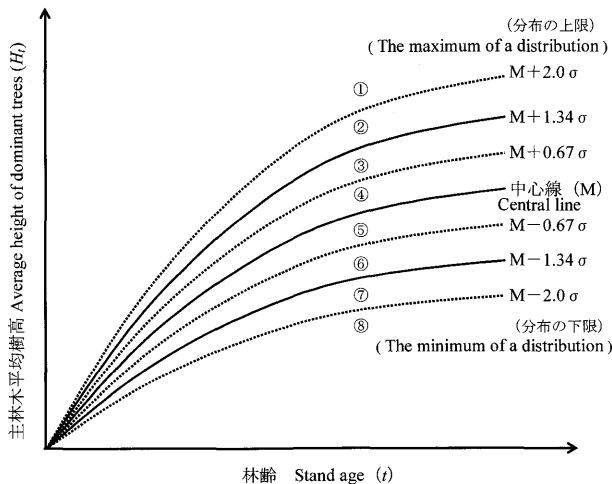


図-4. 地位区分の概略
The outline of site classification.

表-3. 各成長関数の当てはめ結果
The result applied each growth function.

成長関数 Growth function	赤池情報量規準 AIC	決定係数 R^2	標準誤差 SE	サンプル数 n
Mitscherlich	470.037	0.74447	0.10784	567
Logistic	473.524	0.74083	0.10861	567
Gompertz	471.264	0.74320	0.10811	567
Richards	471.996	0.74451	0.10783	567

タ, m : 成長曲線の型を示すパラメータ, σ_t : 林齢 t における H_t の標準偏差, a, b : それぞれ算出されるパラメータ

地位区分の概略を図-4 に示す。分布の上下限は、「収穫表の調製について (林野庁研究普及課, 1968)」を参考に (15) 式より, (12)~(14) 式のうち採用される式から $\pm 2.0 \times$ 標準偏差, すなわち図中の $M \pm 2.0\sigma$ とした。そして, その範囲内で3区分したものを, 地位 I, II, III とし, その曲線式はそれぞれ, $M + 1.34\sigma$, M (中心線), $M - 1.34\sigma$ とした。

林齢 (t) に対する主林木平均樹高 (H_t) の分布図からの中心線を決定するために, 成長関数である Mitscherlich, Logistic, Gompertz および Richards を当てはめた結果, 表-3 のような結果を得た。これにより, 本研究では, AIC が最小値であった Mitscherlich 成長関数を採用し, 以下の (16) 式を分布の中心線として決定した。また, 分布範囲を示す関数式として (17) 式を得ることができた。

$$H_t = 33.34923(1 - 0.914452 \exp(-0.01614 t)) \quad (16)$$

$$\sigma_t = 0.538158 t^{0.403685} \quad (17)$$

3. 主林木に関する林分構成因子の決定

1) 主林木平均樹高

地位区分によって任意の林齢に対する主林木平均樹高が決定される。これにより, 地位に関する曲線と収穫表の相互関係が確立される。図-5 は (16), (17) 式を用いた主

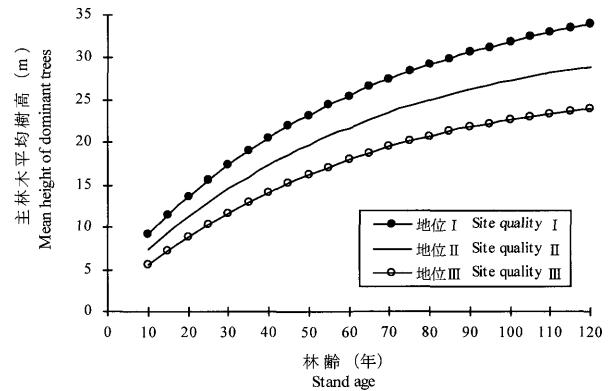


図-5. 地位に関する曲線 (主林木平均樹高)
Site quality curve (mean height growth curve).

木平均樹高による地位区分である。基準林齢を 40 年生とした場合の地位 I, II, III における主林木平均樹高はそれぞれ, 20.6, 17.4, 14.2 m である。参考までに, 従来まで使用していた収穫表 (林野庁熊本営林局, 1965) に示される数値 (以下「旧基準」) の主林木平均樹高はそれぞれ, 18.1, 14.9, 11.6 m である。この数値に対し, いずれにおいても 2.5 m 程度増加し, 旧基準の最大林齢 60 年生時では 3.5 m の差がみられた。

2) 主林木本数

地位別に林齢に対する ha 当たり主林木本数は, 諸関係式から導き出すことが可能である。しかし, 本数密度については個々の林分における施業の影響を受けやすいので, 密度管理図の密度指標である収量比数 (R_y) を用いた。林齢別に主林木平均樹高が求まることから, 収量比数を決定し, ha 当たり主林木本数を算出した。収量比数線には長濱 (2003) が本県独自のデータを用いて得たものを使用した。これにより, 林分密度管理図と収穫表の相互関係が確立される。具体的には, 任意の樹高に対する主林木本数は, (8') 式右辺定数項 K を設定した収量比数に応じた数値に変換することで求まる。

$$\log N_{R_y} = K - 1.36902 \log H_t \quad (8')$$

本県のガイドラインとしては, 間伐の中庸仕立ての目安として用いられる収量比数 0.70 を基準値とした。このときの K の値は 4.6838 である。

3) 主林木の平均胸高直径, 主林木幹材積

これらの因子の算出には, 密度管理図を構成する (1)~(5) 式を用いた。諸式に必要な主林木の平均樹高と本数を代入すれば, 地位別・林齢別にそれぞれの数値が決定される。図-6 に地位別の主林木平均胸高直径を, 図-7 には同様に ha 当たり主林木幹材積を示した。いずれにおいても, 地位に関する曲線で示される主林木平均樹高と同様の傾向がみられ, 120 年生に至るまで頭打ちの傾向はみられず, それぞれ地位に応じた成長傾向を示している。

主林木平均胸高直径においては, 120 年生時点で地位 I,

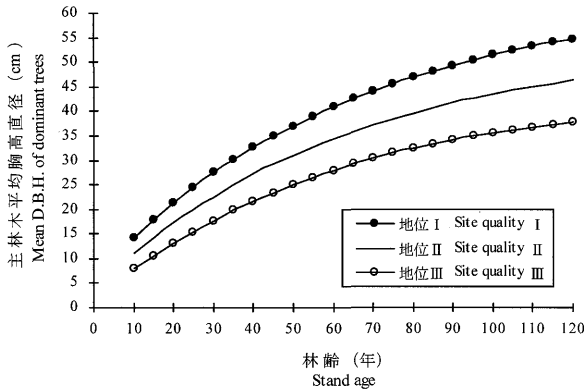


図-6. 地位別の主林木胸高直径
Mean D.B.H. of dominant trees in every site quality.

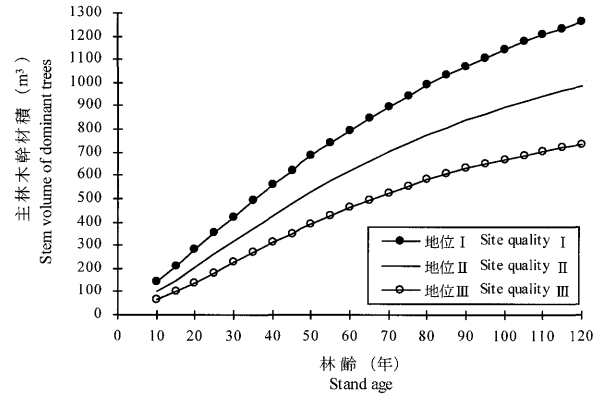


図-7. 地位別の主林木幹材積
Stem volume of dominant trees in every site quality.

II, IIIそれぞれ, 57.7, 46.2, 37.7 cmであった。参考までに旧基準の最大林齢60年生は同様に37.2, 31.8, 24.7 cmである。今回の調製結果の同林齢では40.9, 34.4, 28.0 cmとなり, それぞれ, 3.7, 2.6, 3.3 cmの差がみられた。一方, ha当たり主林木幹材積については, 120年生時点で地位別にそれぞれ, 1,264, 987, 736 m³であった。参考までに旧基準の最大林齢60年生は同様に621, 487, 331 m³である。今回の調製結果の同林齢では797, 621, 461 m³となり, それぞれ, 176, 134, 131 m³の差がみられた。

4. 副林木に関する林分構成因子の決定

収穫表における副林木の定義は, 当該林齢, あるいは齢階において間伐されるべき林木の総称である(山田・村松, 1976)。しかしながら, 解析に用いた資料は, 施業方法の異なる県内各地で収集された林分情報であり, 林分における副林木の構成は過去の施業履歴等に大きく影響される。したがって, 本研究における副林木の林分構成因子については, 家原(1990)が報告しているように, ある林齢で関係式から算出される本数を総立木本数(主副林木合計), 5年後に関係式から得られる本数を主林木本数, その差を副林木本数とした。同様の手法で副林木の幹材積も算出した。樹高や胸高直径については, 収穫表の適用上必要性に乏しいことから省略した。

5. 主副林木合計に関する林分構成因子の決定

胸高直径, 断面積合計, 幹材積については, 各齢階に記された樹高(主林木樹高), ha当たり本数(主副林木合計)から上述の計算式により導くことができる。

連年成長量は定期平均成長量を利用した。すなわち, その齢階における主副林木合計幹材積と前期の主林木幹材積との差を期間年数(5年)で除した値である。平均成長量はその齢階における主副林木合計幹材積を齢階で除した値である。総収穫量は各齢階ごとにその年度までの副林木幹材積累計に主林木幹材積を加えたものであり, 成長率 P_V は(18)式で示すPressler式を採用した。

$$P_V = \frac{V_a - V_{a-n}}{V_a + V_{a-n}} \cdot \frac{200}{n} \quad (18)$$

ここで, P_V :材積成長率, V_a :現在材積, V_{a-n} : n 年前の材積

6. 収穫表の調製

国有林の林分収穫表は, 地方, 樹種, 地位別(通常I等, II等およびIII等の3地位)によって区分されており, 民有林もそれに準じて独自のものを作成している(吉田, 1998)。今回作成した収穫表については, 本県民有林のスギ人工林データで調製していることから, 適用範囲は本県民有林に限定される。また, 地位を3区分で作成したことから, 国有林で用いている収穫表と同様に三つの地位別に作成した。表-4には, その一例として, 今回調製した本県スギ人工林林分収穫表の地位II等地を示した。120年生時の主林木においては平均樹高29.2 m, 平均胸高直径46.7 cm, ha当たり幹材積987 m³を予測している。これまでの収穫表が60年生までの構成となっていることから, それ以降の林齢について明示したものが存在しない。つまり, 旧基準使用の際には60年生で頭打ちであったが, 今回の調製結果から120年生までを提示することができた。いずれの地位においても最大林齢120年生に至るまで, 頭打ちの傾向はみられず, その時点での地位I, II, IIIの主林木平均樹高はそれぞれ, 34.2, 29.2, 24.2 mとなった。今回の調製の前提である収量比数0.70という中庸仕立て間伐の管理条件下では, その地位に応じた樹高成長が期待される。

また, 本県地域森林計画におけるスギ人工林の標準伐期齢である35年生における主林木についてみると平均樹高16.0 m, 平均胸高直径25.0 cm, ha当たり幹材積374 m³である。旧基準における同林齢では平均樹高13.7 m, 平均胸高直径22.4 cm, ha当たり幹材積340 m³であり, その差はそれぞれ2.3 m, 2.6 cm, 34 m³となった。この収穫表は収量比数0.70を前提条件としている。この収量比数を低めに設定すると平均胸高直径の差は増加, ha当たり幹材積の差は縮小し, 逆に収量比数を高めに設定すると前者が減少, 後者が増加することが試算できている。しかしながら, 前述の設定方針により, 今後も, 収量比数0.70

表-4. 鹿児島県スギ人工林分収穫表 (地位II等地)

The yield table of sugi (*Cryptomeria japonica*) artificial plantation of Kagoshima Prefecture (Site Quality II).

林齡	主林木 Dominant trees				副林木 Thinning trees			主副林木合計 Sum total of dominant trees and thinning trees							
	平均		ha 当たり		ha 当たり			平均		ha 当たり					
	樹高	胸高直径	本数	幹材積	本数	幹材積	幹材積累計	胸高直径	本数	胸高断面積	幹材積	幹材積連年成長量	幹材積平均成長量	総収穫量	成長率
Stand age (年)	Tree height (m)	D.B.H. (cm)	Stem number (本)	Stem volume (m³)	Stem number (本)	Stem volume (m³)	Volume total (m³)	D.B.H. (cm)	Stem number (本)	Basal area (m²)	Stem volume (m³)	Current increment (m³)	Mean increment (m³)	Total yield (m³)	Rate of growth (%)
10	7.4	11.0	2244	100	875	18.1	18	9.9	3119	25.4	118	—	11.8	118	—
15	9.4	14.2	1754	152	490	19.8	38	13.2	2244	32.0	172	14.4	11.5	190	10.57
20	11.3	17.2	1445	207	309	20.6	58	16.2	1754	37.9	228	15.1	11.4	266	7.95
25	13.0	20.0	1235	264	210	20.8	79	19.0	1445	43.0	284	15.4	11.4	343	6.25
30	14.6	22.6	1083	319	151	20.7	100	21.7	1235	47.5	340	15.3	11.3	419	5.07
35	16.0	25.0	970	374	113	20.2	120	24.1	1083	51.6	395	15.0	11.3	495	4.21
40	17.4	27.2	883	428	87	19.7	140	26.4	970	55.2	448	14.6	11.2	568	3.56
45	18.6	29.2	814	480	69	18.9	159	28.5	883	58.4	498	14.1	11.1	638	3.04
50	19.7	31.1	758	529	56	18.1	177	30.4	814	61.3	547	13.5	10.9	706	2.63
55	20.8	32.8	712	576	46	17.3	194	32.2	758	64.0	593	12.9	10.8	770	2.30
60	21.8	34.4	673	621	38	16.4	210	33.8	712	66.3	637	12.2	10.6	831	2.02
65	22.7	35.9	641	663	32	15.5	226	35.3	673	68.5	679	11.6	10.4	889	1.78
70	23.5	37.2	614	703	27	14.6	241	36.7	641	70.5	718	10.9	10.3	944	1.58
75	24.3	38.5	590	741	24	13.7	254	38.0	614	72.3	755	10.3	10.1	995	1.41
80	25.0	39.7	570	776	20	12.9	267	39.2	590	73.9	789	9.6	9.9	1043	1.26
85	25.6	40.7	552	809	18	12.1	279	40.3	570	75.4	821	9.0	9.7	1088	1.13
90	26.2	41.7	536	840	16	11.3	291	41.3	552	76.7	851	8.5	9.5	1131	1.02
95	26.8	42.6	523	869	14	10.6	301	42.3	536	78.0	880	7.9	9.3	1170	0.92
100	27.3	43.5	511	896	12	9.8	311	43.2	523	79.1	906	7.4	9.1	1207	0.83
105	27.7	44.2	500	921	11	9.2	320	43.9	511	80.2	931	6.9	8.9	1241	0.75
110	28.2	44.9	490	945	10	8.5	329	44.7	500	81.1	953	6.4	8.7	1273	0.68
115	28.6	45.6	482	967	9	7.9	337	45.4	490	82.0	975	6.0	8.5	1303	0.62
120	29.0	46.2	474	987	8	7.4	344	46.0	482	82.8	994	5.5	8.3	1331	0.56

を本県のガイドラインとして用いることを検討している。前にも述べたように、既存の密度管理図と収穫表には相互関係がみられなかったため、各種計画樹立や普及指導で矛盾が生じていた。本研究で調製された収穫表は、その調製過程で密度管理図の構成式および地位に関する曲線式が応用されている。そのため、収穫表と密度管理図等とは相互作用のある関係が保たれている。本研究によってこれらの資料の矛盾が解消されるとともに、これら資料は、本県における収穫予測に関する業務に役立つものと考えられる。

IV. おわりに

これまで用いてきた九州地方スギ人工林分密度管理図(林野庁, 1980 g)は、沖縄県を除く九州地方一円から収集したスギ人工林データ 353 点で調製されている。このうち本県のデータは 30 点と少なく、本県に適用するには十分な資料数とはいえない。本研究では 653 点のデータを用いて調製している。さらに地域性を考慮するために、これまで樹種ごとに一律とされていた最多密度曲線の傾きも調製対象にした。従来の管理図に比べて精度も向上しており、今後の活用が期待されることである。

本研究で導出した地位に関する曲線および収穫表に示される数値について旧基準との比較を行った。同一調査地で収集されたデータに基づく解析ではないため、厳密な意味での比較検討とはいえないと思われる。しかしながら、今

回の解析結果から判断すると、少なくとも、現実林分の林分構成因子の数値は、旧基準に比べ大きくなると考えられる。

全国的にみても、既存の収穫表については、1960 年代から 1970 年代に全国的に調製され、その後の調製等は一部の機関を除いて行われていないのが現状である。森林・林業を取り巻く環境条件等も変化しており、既存の収穫表は、そのような意味からも現実林分の平均的な数値とはいえないと思われる。本県のスギ人工林管理において、これら森林管理の基準資料の見直しは重要課題になっており、本研究で得られた成果は本県林業技術者にとって現実的な資料になると考えられる。

伐期の長期化など、近年の森林管理・森林経営を取り巻く状況の変化により、本県の普及部局などでは、現場で簡単に利用できる収穫予想資料の作成が求められている。そこで、今後、本論で報告した密度管理図および収穫表をもとに、システム収穫表の開発にも取り組みたい。

最後に、本研究は国庫大型プロジェクト研究「長期育成循環施業に対応する森林管理技術の開発 (平成 11~15 年度)」により実施した。当プロジェクトにおいてご指導いただいた林野庁研究普及課の藤村武研究企画官、独立行政法人森林総合研究所植物生態研究領域の石塚森吉領域長(現北海道支所地域研究官)およびご意見・ご要望を寄せ

ていただいた本県林業技術職員に深謝の意を表する。

引用文献

- 安藤 貴 (1968) 同齢単純林の密度管理に関する生態学的研究. 林試研報 210: 29-120.
- 安藤 貴 (1982) 林分の密度管理. 126 pp, 農林出版, 東京, 69-70.
- 家原敏郎 (1990) 大阪営林局管内国有林の高齢級林の収穫予測Ⅱ—収穫予想表の作成—. 日林関西支講 41: 215-216.
- 稲田充男 (1991) 林分密度管理図に基づく人工林収穫予測表等の作成. 森林計画学会誌 16: 71-86.
- 鹿児島県林務水産部・鹿児島県造林推進協会 (1974) 育林技術体系化指針.
- 鹿児島県林務水産部 (2004) 鹿児島県林業統計.
- 近藤洋史 (2000) 九州地方における収穫試験地データと最多密度曲線との関係解析. 日林九支研論 53: 31-32.
- 松下幸司 (1997) 森林統計の現状と課題. (民有林の森林マイクロデータの有効利用に関する研究. 平成8年度科学研究費補助金(重点領域研究) 研究成果報告書. 松下幸司編, 88 pp, 京都大学, 京都). 2-39.
- 宮島 寛 (1989) 九州のスギとヒノキ. 275 pp, 九州大学出版会, 福岡, 150.
- 長濱孝行 (2003) 鹿児島県におけるスギ人工林林分密度管理図の調製. 鹿児島林試研報 8: 1-11.
- 大隅真一編 (2001) 森林計測学講義. 287 pp, 養賢堂, 東京.
- ライトストーン編 (2002) Origin ユーザーマニュアル. 675 pp, (株)ライトストーン, 東京.
- 林野庁 (1970) 立木幹材積表西日本編. 319 pp, 日本林業調査会, 東京.
- 林野庁 (1980a) スギ人工林林分密度管理図説明書 表・東北地方.
- 林野庁 (1980b) スギ人工林林分密度管理図説明書 表・東北・北陸地方.
- 林野庁 (1980c) スギ人工林林分密度管理図説明書 北関東・東山地方.
- 林野庁 (1980d) スギ人工林林分密度管理図説明書 南関東・東海地方.
- 林野庁 (1980e) スギ人工林林分密度管理図説明書 北近畿・中国地方.
- 林野庁 (1980f) スギ人工林林分密度管理図説明書 南近畿・四国地方.
- 林野庁 (1980g) スギ人工林林分密度管理図説明書 九州地方.
- 林野庁熊本営林局 (1965) 鹿児島地方スギ林林分収穫表.
- 林野庁研究普及課 (1968) 収穫表の調製について.
- Sokal, R. R. and Rohlf, F. J. (1973) Introduction to Biostatistics. (生物統計学. 藤井宏一訳, 449 pp, 共立出版, 東京).
- 鈴木義一郎 (1995) 情報量規準による統計解析入門. 170 pp, 講談社, 東京.
- 只木良也 (1969) 林分密度管理の基礎と応用. 126 pp, 日本林業技術協会, 東京.
- 山田茂夫・村松保男 (1976) 例解測樹の実務. 258 pp, 地球社, 東京.
- 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.
- 吉田茂二郎 (1998) 森林情報管理システム, 収穫表. (民有林の森林マイクロデータの有効利用に関する研究. 平成9年度科学研究費補助金(重点領域研究) 研究成果報告書. 松下幸司編, 79 pp, 京都大学, 京都). 2-27.