

## 長伐期化に対応した奈良県スギ人工林地位曲線の作成

和口美明・今治安弥\*・迫田和也

高齢林にも適用できる、長伐期化に対応した奈良県スギ人工林地位曲線を作成した。作成に用いた資料は奈良県内のスギ人工林667林分における林齢と上層木平均樹高の調査結果で、若齢から高齢まで幅広い林齢から収集されたものである。本報告では、地位を上、中、下の3階級に区分した地位級曲線、地位をⅠ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴの5階級に区分した地位級曲線、そして地位指数曲線の3種類の地位曲線を作成した。作成した地位曲線を既存の地位級曲線と比較した結果、作成した地位曲線は既存の地位級曲線に比べて高齢林に対する適合性が高かったことから、長伐期化に対応した地位曲線を作成できたと言える。

### 1. はじめに

地位曲線は人工林における林齢と上層木平均樹高の関係を地位ごとに表現したもので、樹種別および地域別に作成されている。そしてその曲線は、個々の林分における地位の査定や樹高の成長予測<sup>1,2)</sup>に用いられるほか、林分密度管理図を使った林分の成長予測<sup>3)</sup>や収穫表の調整<sup>4)</sup>に利用されるなど、人工林を管理する上で極めて重要な資料である。

現在、奈良県内のスギ・ヒノキ人工林に適用できる地位曲線としては1980年に作成された地位級曲線<sup>5)</sup>がある。しかしながら、その地位級曲線は林齢80年生までを対象に作成されたものであり、それより高齢な林分に適用できる地位曲線は存在しない。木材価格の長期低迷と経営コストの上昇による採算性の悪化により、近年スギ・ヒノキ人工林は皆伐を避けて従来よりも長い伐期へと移行している。奈良県においても伐期の長期化は進行しており、15齢級以上の人工林面積がスギで21%、ヒノキで16%を占めている<sup>6)</sup>現状を勘案すると、林齢80年生を超える高齢林にも適用できる地位曲線の作成は急務である。

そこで筆者らは、奈良県内のスギ人工林を対象として、高齢林にも適用できる、長伐期化に対応した地位曲線を作成した。本報告では、その作成方法と作成した地位曲線を紹介するとともに、作成した地位曲線を既存の地位級曲線と比較しながらその優位性を示す。

### 2. 資料

地位曲線の作成には、奈良県内のスギ人工林667林分における林齢と上層木平均樹高の調査結果を用いた。ここで、上層木平均樹高は被圧木や枯損木を除いた立木の平均樹高<sup>7)</sup>と定義した。これらの資料には筆者らが調査した結果のほかに、「奈良県吉野地方のスギ林成長予測<sup>8)</sup>」、「密度管理図および収穫予想表作成調査結果（昭和54年度～昭和56年度）」、「森林施業体系作成調査（昭和61年度～平成2年度）」など、過去に奈良県森林技術センターで行われた調査・研究の中で収集された資料が含まれている。齢級ごとの資料数は図1のとおりであり、用いた資料が若齢から高齢まで幅広い林齢から収集されていることがわかる。

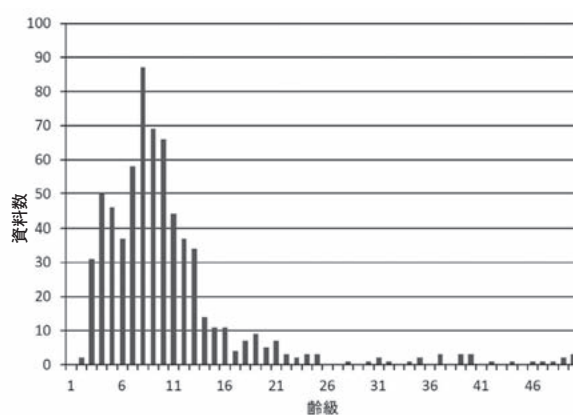


図1 地位曲線の作成に用いた資料（667林分）の年齢分布

### 3. 地位曲線の作成

地位曲線には、相対的な地位区分に基づいて作成される地位級曲線と、絶対的な地位区分に基づいて作成され

\* 奈良県林業振興課

る地位指数曲線がある。今回は地位を上、中、下の3階級に区分した地位級曲線、地位をI、II、III、IV、Vの5階級に区分した地位級曲線、そして基準林齢における上層木平均樹高ごとに示された地位指数曲線の3種類の地位曲線を作成した。以下に、その作成方法と作成した地位曲線を示す。

### 3.1 ガイドカーブの作成

横軸に林齢、縦軸に上層木平均樹高を取って両者の関係を図示した時、その中心を通る曲線（以下、ガイドカーブという）を表す式として（1）式を適用した。

$$H_t = H_1 + A(1 - e^{-k(t-1)})^{\frac{1}{1-m}} \quad (1)$$

ここで、 $H_t$ は林齢 $t$ 年生における上層木平均樹高（m）、 $A$ 、 $k$ および $m$ は林齢と上層木平均樹高の実測値から推定されるパラメータである。また、 $H_1$ は $t=1$ における上層木平均樹高（すなわち、植栽苗木の平均苗高）を示し、ここでは0.35mに固定した。667林分の資料に（1）式を当てはめて推定した $A$ 、 $k$ および $m$ の値はそれぞれ54.71310、0.00592および0.52280となった。なお、パラメータの推定にはGauss-Newton法<sup>9)</sup>を用いた。

### 3.2 上限線および下限線の作成

山田・村松<sup>10)</sup>の方法に倣って、地位曲線の上限線と下限線を次のように求めた。まず、（2）式によって平均偏差率（ $\delta'$ ）を算出した。

$$\delta' = \frac{1}{N} \sum \left| \frac{y - \hat{y}}{\hat{y}} \right| \quad (2)$$

ここで、 $N$ は資料の総数（=667）、 $y$ は上層木平均樹高の実測値から $H_t$ を差し引いた値、そして $\hat{y}$ は（1）式のガイドカーブを使って求めた $y$ の推定値である。667林分の資料から算出された平均偏差率は0.11593であった。

次に、（3）式によって上限線と下限線を決定した。

$$H_t = H_1 + A(1 + n\delta') (1 - e^{-k(t-1)})^{\frac{1}{1-m}} \quad (3)$$

ここで、 $A$ 、 $k$ および $m$ はガイドカーブのそれらと同じ値、 $n$ は平均偏差率の倍数である。統計学上、 $n$ の値が2.5の時に分布の95.5%が含まれる<sup>10)</sup>ことから、ここでは上限線の $n$ を+2.5、下限線の $n$ を-2.5とした。林齢と上層木平均樹高の実測値に、作成したガイドカーブ、上限線および下限線を併せて示したものが図2である。

### 3.3 地位級曲線の作成

地位級曲線は、上限線と下限線の間を3ないし5等分

した時の、各区分の中心を通る曲線として（3）式によって決定した。すなわち、地位上、地位中、地位下における地位級曲線は $n$ の値を+1.66667、0.00000、-1.66667として、地位I、地位II、地位III、地位IV、地位Vにおける地位級曲線は $n$ の値を+2.00000、+1.00000、0.00000、-1.00000、-2.00000として求めた。地位を3階級に区分し

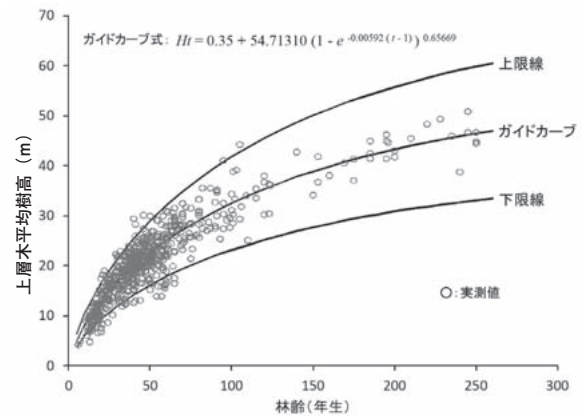


図2 上層木平均樹高の実測値と作成したガイドカーブ、上限線および下限線

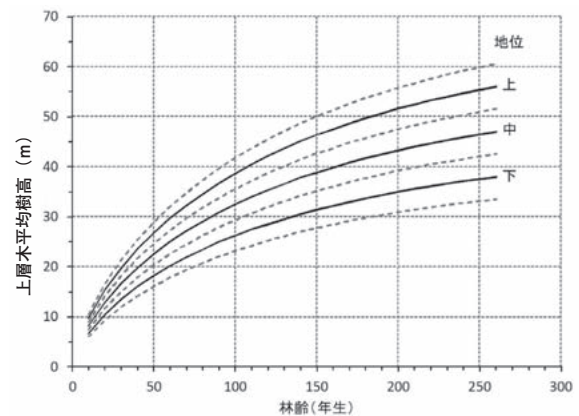


図3 地位を3階級に区分した地位級曲線

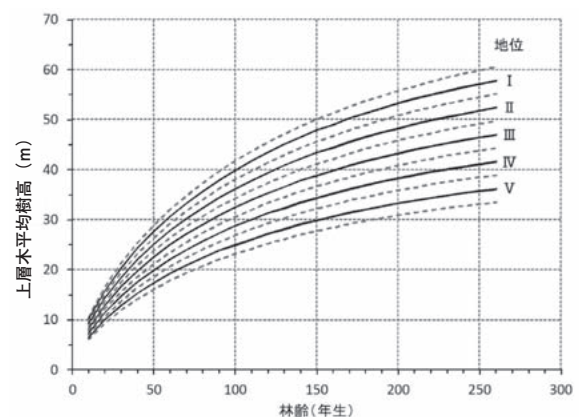


図4 地位を5階級に区分した地位級曲線

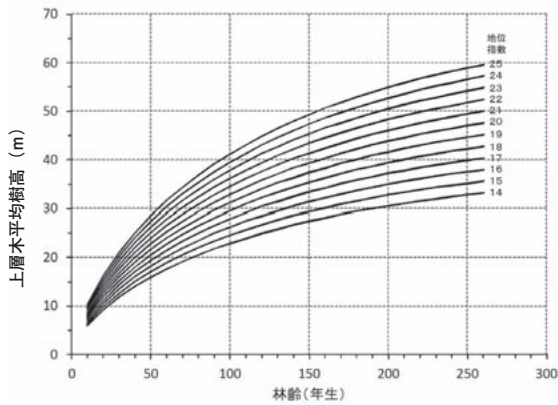


図5 地位指数曲線

た地位級曲線は図3の、5階級に区分した地位級曲線は図4のとおりである。

3.4 地位指数曲線の作成

地位指数曲線は(1)式中のパラメータAの値を地位指数ごとに求めて作成した。地位指数ごとのパラメータAの値は、(1)式のtに基準林齢を、Htに地位指数を、そしてkおよびmにガイドカーブのそれらと同じ値をそれぞれ代入して算出した。なお、ここでは基準林齢を40年生とした。作成した地位指数曲線は図5のとおりである。

4. 作成した地位曲線の優位性

図6に林齢と上層木平均樹高の実測値と、奈良県スギ・ヒノキ人工林林分材積表及び収穫予想表<sup>5)</sup>に示されたスギ人工林地位級曲線(以下、既存曲線という)との関係を示す。既存曲線は林齢80年生までを対象に作成されていることから、それよりも高齢な部分については描かれていない。そこで、ここでは同文献中に付記されているガイドカーブ式を外挿して林齢80年生以上の部分を描いた。図より、既存曲線は林齢80年生以上ではほとんど増加しないことがわかる。また、林齢80年生以下では実測値のほとんどが既存曲線の上限線と下限線の間に乗っているものの、林齢80年生から120年生の間ではガイドカーブと下限線の間に含まれる実測値はほとんどなく、上限線を超える実測値がいくつも出現している。さらに林齢140年生以上ではほとんどの実測値が上限線を大きく超えている。これらの結果から、既存の地位級曲線を奈良県内のスギ高齢林に適用することは不可能であることがわかる。図2に示されたように、今回作成した地位曲線では高齢林を含めた667林分の実測値を使って上限線と下限線が決定されていることから、既存曲線における高齢林への不適合性が改良されている。

図7に、既存曲線および今回作成した地位曲線から求めた上層木平均樹高の年間成長量と、奈良県吉野郡川上村に位置する林齢101年生から228年生のスギ人工林8林分で調査された間伐木58本における伐倒前1ないし4年間の年平均樹高成長量の測定結果<sup>11)</sup>を示す。測定木58本の年平均樹高成長量は既存曲線の上限線を大きく上回っており、既存曲線の上限線と下限線の間に含まれる測定木は1本もなかった。それに対し、今回作成した地位曲線の上限線と下限線の間には多くの測定木が含まれている。この結果は、今回作成した地位曲線の高齢級における成長経過が、既存曲線のそれよりも現実に近い形であることを示しており、今回作成した地位曲線は既存曲線よりも高齢林に対する適合性が高いといえる。

5. おわりに

本報告では、高齢林を含む667林分における林齢と上

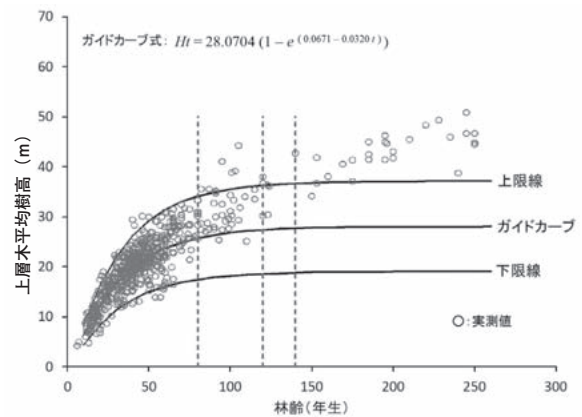


図6 上層木平均樹高の実測値と、既存曲線におけるガイドカーブ、上限線および下限線<sup>5)</sup>

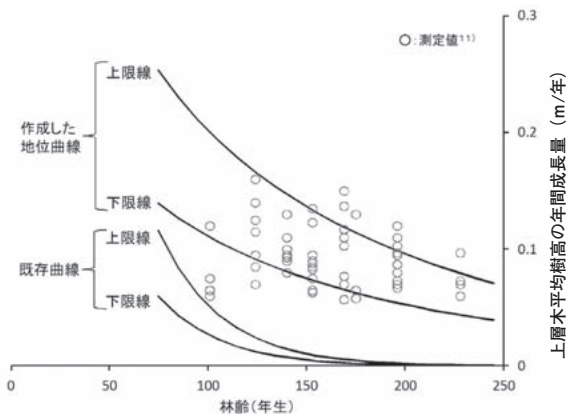


図7 既存曲線<sup>5)</sup>および作成した地位曲線から求めた上層木平均樹高の年間成長量と、川上村スギ人工林における年平均樹高成長量の測定結果<sup>11)</sup>



層木平均樹高の調査結果を用いてスギ人工林の地位級曲線と地位指数曲線を作成した。作成した地位曲線は既存の地位級曲線に比べて高齢林に対する適合性が高かったことから、長伐期化に対応した地位曲線を作成できたといえる。そしてこの成果によって、高齢林を含めた奈良県スギ人工林における地位の査定や林分の成長予測が可能になった。

これらの地位曲線を利用するには図3、図4、図5をそのまま用いればよいが、より使いやすくするためにそれぞれの曲線式におけるパラメータの値を一括して表1に掲載した。これらの値を(1)式に代入し、市販の表計算ソフトウェアなどで林齢ごとに上層木平均樹高を算出すれば、図3や図4を簡単に作成できる。また、図5の地位指数曲線については、上述したように、(1)式の $t$ に基準林齢(40年生)を、 $Ht$ に求めたい曲線の地位指数を、そして $k$ および $m$ に表1中の値をそれぞれ代入してパラメータ $A$ の値を求めればよい。

今回用いた資料には、図1に示したとおり若齢から高齢まで幅広い林齢での測定結果が含まれている。しかしながら、その割合は3~13齢級のものが圧倒的に多く、1、2齢級の若齢林および14齢級以上の高齢林における資料が少ない。それゆえに、今後引き続き検討しなければならない課題も残されている。例えば、図2から林齢250年生における上層木平均樹高の上限值は60mと読み取れる。それに対して今回用いた資料のうち最大の樹高を有する個体の樹高は54.5m(林齢220年生)であり、奈良県においてスギの樹高が60mに達するか否かは確認できていない。したがって、上限線に近い地位を有する高齢級のスギ人工林を対象に上層木平均樹高の成長経過を予測する場合には、このことに留意しておく必要がある。作成した地位曲線に残された課題を解決するためには、資料数の少ない齢級における資料を追加収集し、さらに現実に即した地位曲線へと改良していくことが肝要である。

## 6. 謝辞

本研究の遂行にあたり、調査地の提供を快諾いただいた森林所有者の皆様に深謝いたします。

## 7. 引用文献

- 1) 西沢正久、真下育久：地位指数による林地生産力の測り方。東京、林業科学技術振興所、1966。
- 2) 田中和博：森林計画学入門。東京、森林計画学出版局、1996。
- 3) 川名 明、片岡寛純、角張嘉孝、岩坪五郎、相場芳憲、大庭喜八郎、橋詰隼人、右田一雄、佐々木恵彦、野上寛五郎、安藤 貴、伊藤忠夫、須藤昭二、吉川 賢、渡辺弘之：造林学。三訂版、東京、朝倉書店、1992。
- 4) 南雲秀次郎、箕輪光博：測樹学。東京、地球社、1990。(現代林学講義10)
- 5) 奈良県林道課：奈良県スギ・ヒノキ人工林林分材積表及び収穫予想表。奈良、奈良県林道課、1980。
- 6) 奈良県農林部林業振興課：平成22年度奈良県林業統計。奈良、奈良県農林部林業振興課、2012。
- 7) 安藤 貴：林分の密度管理。東京、農林出版株式会社、1982。(実践林業大学X X V)
- 8) 杉井教嗣、片山紀一、岩田敬毅：奈良県吉野地方のスギ林成長予測：環境要因群点数表について。奈良県林業指導所試験研究報告。2, 1-80 (1972)
- 9) 伊藤達夫：RICHARDS成長関数のパラメータの推定。林統研誌。14, 74-82 (1989)
- 10) 山田茂夫、村松保男：例解測樹の実務。再訂増補、東京、地球社、1971。
- 11) 竹内郁雄、伊東宏樹：スギ高齢人工林の樹高成長。日林誌。85 (2), 121-126 (2003)

(2013年3月1日受理)

表 1 地位曲線式におけるパラメータの値

	$H_1$	$A$	$k$	$m$
上限	0.35	70.57032	0.00592	-0.52280
ガイドカーブ	0.35	54.71310	0.00592	-0.52280
下限	0.35	38.85588	0.00592	-0.52280
上境界	0.35	65.28460	0.00592	-0.52280
中境界	0.35	59.99885	0.00592	-0.52280
下境界	0.35	49.42736	0.00592	-0.52280
I	0.35	67.39888	0.00592	-0.52280
境界	0.35	64.22744	0.00592	-0.52280
II	0.35	61.05599	0.00592	-0.52280
境界	0.35	57.88455	0.00592	-0.52280
III	0.35	54.71310	0.00592	-0.52280
境界	0.35	51.54166	0.00592	-0.52280
IV	0.35	48.37021	0.00592	-0.52280
境界	0.35	45.19877	0.00592	-0.52280
V	0.35	42.02732	0.00592	-0.52280