長伐期化に対応した奈良県ヒノキ人工林地位曲線の作成

和口美明・河合昌孝・迫田和也*1・山下俊二

高齢林にも適用できる、長伐期化に対応した奈良県ヒノキ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ヒノキ人工林 448 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。この成果によって、高齢林を含めた奈良県ヒノキ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。

1.　はじめに

除間伐など、人為的な作業法の効果をできるだけ除いた林地そのものが持つ生産力を地位といい[1)]、その区分ごとに上層木平均樹高の成長経過を示した曲線を地位曲線という。地位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[1, 2)]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[3)]や収穫表の調整[4)]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[5)]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、近年奈良県においてもスギ・ヒノキ人工林の長伐期化が進行している現状を勘案すると、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重要である。

前報[6)]では、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地位曲線を作成した。今回は、高齢林に適用できるヒノキ人工林の地位曲線を作成したので、その結果を報告する。

2.　資　料

地位曲線の作成には、奈良県内のヒノキ人工林 448 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[7)]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、「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、奈良県森林技術センターが過去に行った調査・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のとおりである。

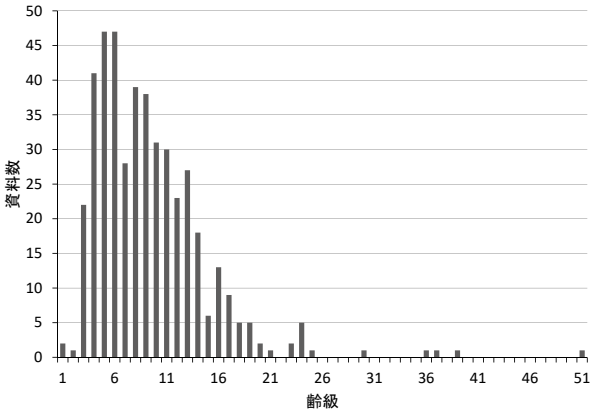

図１　地位曲線の作成に用いた資料（448 林分）の齢級分布

3．地位曲線の作成

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と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。

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

ここで、Ht 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。448 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

*1：現在、奈良県林業振興課

はそれぞれ 48.12825、0.00308 および −0.75309 となった。なお、パラメータの推定にはGauss-Newton法[8]を用いた。

3.2 上限線および下限線の作成

山田・村松[9]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 (δ') を算出した。

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

ここで、N は資料の総数 (＝448)、y は上層木平均樹高の実測値から H_1 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。448 林分の資料から算出された平均偏差率は0.14937であった。

次に、(3) 式によって上限線と下限線を決定した。

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

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[9]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。

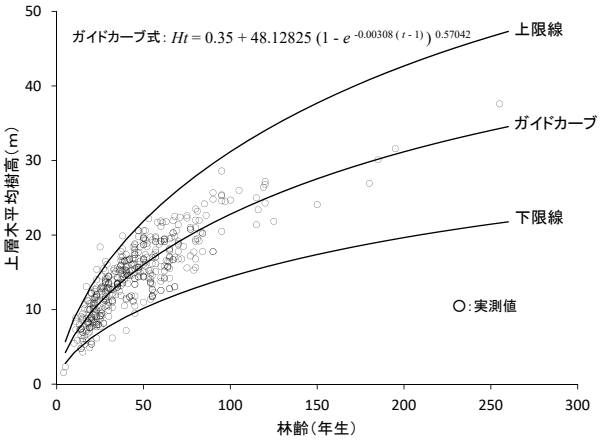

図２ 林齢と上層木平均樹高の実測値と、作成したガイドカーブ、上限線および下限線

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。

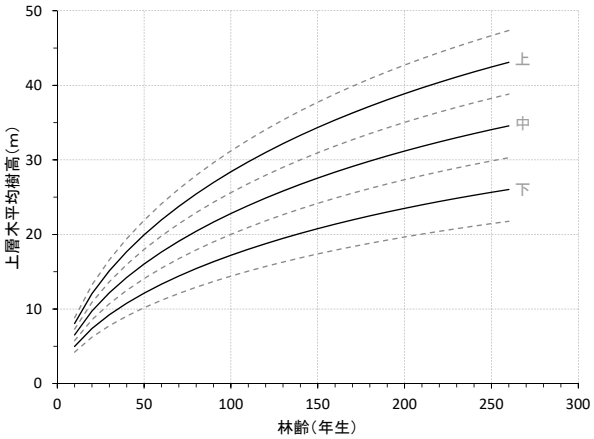

図３ 地位を３階級に区分した地位級曲線

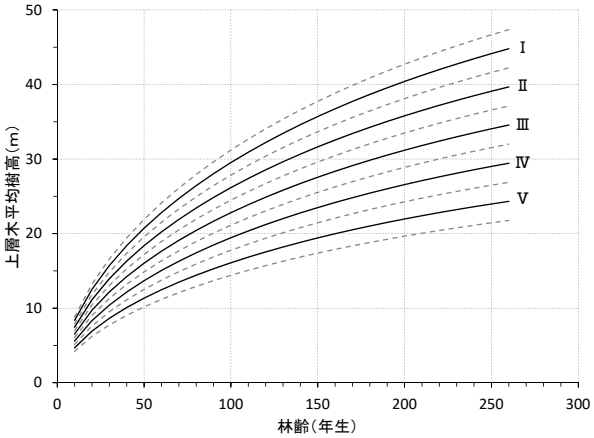

図４ 地位を５階級に区分した地位級曲線

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、基準林齢にはスギ・ヒノキ人工林で多く採用されている 40 年を適用した。作成した地位指数曲線は図５のとおりである。

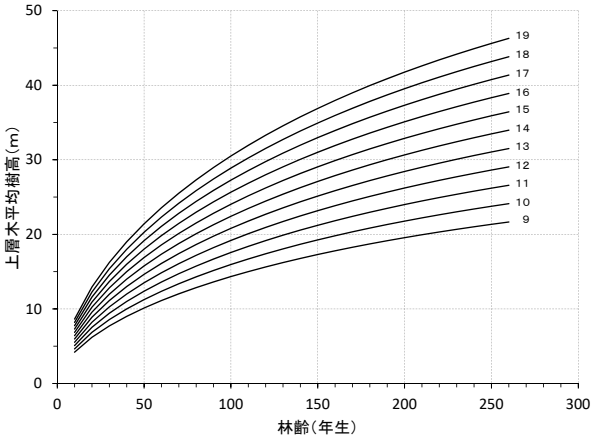

図５ 地位指数曲線

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[5]に示されたヒノキ人工林地位級曲線（以下、既存曲線という）との関係を示す。

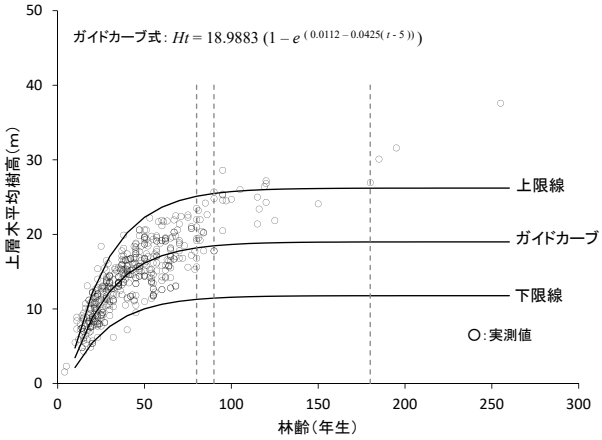

図６　林齢と上層木平均樹高の実測値と、既存曲線におけるガイドカーブ、上限線および下限線[5]

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収まっているが、林齢 90 年生以上では上限線を超える実測値が存在し、林齢 180 年生以上ではすべての実測値が上限線を大きく超えている。加えて、林齢 80 年生から 90 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少なく、林齢 90 年生を超えるとまったくない。これらの結果から、既存の地位級曲線を奈良県内のヒノキ高齢林に適用することは不適当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 448 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、既存曲線よりも高齢林への適合性が向上している。

5．おわりに

本報告では、高齢林を含む 448 林分における林齢と上層木平均樹高の調査結果を用いてヒノキ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く、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ヒノキ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エ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を容易に作成できる。また図５の地位指数曲線については、既に述べたとおり、(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 齢級のものに比べ、１、２齢級および 14 齢級以上の資料が少ない。今後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。

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。

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，佐々木惠彦，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）和口美明，今治安弥，迫田和也：長伐期化に対応した奈良県スギ人工林地位曲線の作成．奈良県森技セ研報．42,5-9（2013）
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ＸＸＶ）
８）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
9）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.

（2019 年 3 月 29 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	66.12727	0.00308	-0.75309
ガイドカーブ	0.35	48.12825	0.00308	-0.75309
下限	0.35	30.12923	0.00308	-0.75309
上	0.35	60.12762	0.00308	-0.75309
境界	0.35	54.12768	0.00308	-0.75309
中	0.35	48.12825	0.00308	-0.75309
境界	0.35	42.12882	0.00308	-0.75309
下	0.35	36.12888	0.00308	-0.75309
Ⅰ	0.35	62.52746	0.00308	-0.75309
境界	0.35	58.92766	0.00308	-0.75309
Ⅱ	0.35	55.32786	0.00308	-0.75309
境界	0.35	51.72805	0.00308	-0.75309
Ⅲ	0.35	48.12825	0.00308	-0.75309
境界	0.35	44.52845	0.00308	-0.75309
Ⅳ	0.35	40.92864	0.00308	-0.75309
境界	0.35	37.32884	0.00308	-0.75309
Ⅴ	0.35	33.72904	0.00308	-0.75309