中国根河地方落葉松の幹曲線と材積との関係

高田和彦・高 熙 栄

I. はじめに

高田[3] らは，中国産落葉松の多項式幹曲線について検討した．その結果，最も適合のよい次数の平均は 3 ～ 4 であるが，その分布はほぼ一様であり，2 ～ 6 の範囲にあった．また，式のパラメータの変異は，次数が大になると大になり，各樹木の幹曲線式のパラメータを胸高直径から推定する時は，4 次式以上になると誤差率は急に大になることがわかった．

しかし，林学においては，幹曲線よりもそれから導かれた材積の方が重要な情報であると思われるので，本稿では，既に検討した幹曲線を幹軸を軸として回転させて材積に積分し，それらの材積と幹曲線との関係を検討する．

II. 資料

資料は，中国内蒙古自治区根河地方で調査した 22 本の落葉松である．これらの樹木について，地際より，0，1，1.3，3 mの位置と，3 m以上は梢端までの長さが 2 m以下になるまで 2 m間隔の位置で直径を mm 単位で測定した．0 mの位置の直径は，根張りのために 1 m以上の幹曲線を乱す恐れがあったので，区分求積式として SMALIAN 式を用いる場合以外は除き，1 m以上の直径を用いることにした．0 mの位置の直径は，それぞれ 1 m以上の位置の直径を用いる幹曲線式により推定した．資料木の胸高直径，樹高，樹齢の範囲は，それぞれ，11－25 cm，14－22 m，55－65 年である．

III. 方法および結果

幹曲線式として用いた式は

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \cdots + a_ix^i + \cdots + a_kx^k \quad (1)$$

$$y = a_1x + a_2x^2 + \cdots + a_ix^i + \cdots + a_kx^k \quad (2)$$

$$y = x^a \quad (3)$$

$$y = x/(1 - a + ax) \quad (4)$$

ここで，Dを胸高直径，Hを胸高以上の樹高，dを梢端よりhの位置の直径とした時，$x = h/H$，

---

*Relationship between stem curve and volume for Larix in Genhe district, China.

**Kazuhiko TAKATA & GAO Xi Rong, Fac. of Agr., Niigata Univ., Niigata 950-21 新潟大学農学部

$y = d/D$ である

である．(3) 式は KUNZE 式，(4) 式は BEHRE 式に相当する．

単木の材積は，各樹木の幹曲線に $k = 2$，3，～6 の多項式 (1)，(2) 式をあてはめ，赤池の情報量基準 AIC が最小を示した次数の多項式を最適の幹曲線式とし，その式より回転体の体積として求める場合と，各樹木に (3)，(4) 式をあてはめ，その式より，回転体の体積として求める場合の 4 つの方法により求めた．それらの材積をそれぞれ，V (1)，V (2)，V (3)，V (4) とした．また，参考までに，HUBER 式と SMALIAN 式による区分求積法によっても材積を求め，それらの材積を V (H)，V (S) とした．これらの材積の 22 本の合計を表－1に示す．

表－1　各方法による単木材積推定値の合計（m^3）

V(1)	V(2)	V(3)	V(4)	V(H)	V(S)
4.043	4.040	3.600	3.934	3.822	3.967

表－1より，V (1)，V (2)，V (4)，V (S) はほぼ同じ値を示し，差は 0.1 m^3，3％以下しかないが，V (3)，V (H) は，これらに比べて過小である．V (H) が V (S) よりも過小であるのは，HUBER 式では 0 mの位置の直径は用いていないためであるが，幹曲線式を用いる場合は，0 mの位置の直径は用いていないにもかかわらず，(1)，(2)，(4) 式ではその影響はあらわれていない．この場合には，真値は不明であるので，真値との比較は出来ないが，ほぼ同じ値を示したものが 3 分の 2 もあるので，最適次数の (1)，(2) 式と (4) 式は，材積を求めるためには好ましい幹曲線式とみることが出来る．

(1)，(2)，(4) 式を用いて材積を求めるためには，各樹木について d/D と h/H の測定を要するので，区分求積に代わるものとしては用いることが出来るが，材積式の代わりには用いることは出来ない．材積式に代わるものとしては，幹曲線式のパラメータを胸高直径や樹高の関数としてあらわし，胸高直径や樹高から推定しなければならない．(1)，(2) 式において，一律に，$k = 2$，3，4 とした時のパラメータ a_i ((1) 式では，$i = 0$，1，2，-，k，(2) 式では $i = 1$，2，-，k) と胸高直径との間には 1 次関係

$$a_i = \alpha + \beta D \qquad (5)$$

が認められる．(5) 式より推定したパラメータをもつ幹曲線式 (1)，(2) 式から材積を推定した (この材積を推定材積とする) 結果を表－2 に示す．なお，参考までに，(4) 式のパラメータ a を (5) 式の a_i の代わりに用いて BEHRE 式を求め，これから求めた材積をも表－2 に示した．

高田[2] は，スギについて，(4) 式の a を胸高直径 D と樹高 H_T の関数

$$a = \alpha + \beta D + \gamma H_T \qquad (6)$$

としてあらわしたが，本資料では，D と H_T の間には相関係数 0.8205 が認められ，H_T の導入の価値が全く認められなかったために (5) 式を用いたのである．

表－2 の第 3 列は，推定材積の 22 本の合計であり，表－1 の材積 (実材積とする) に対応するも

表－2　(5)式を用いてパラメータを推定した幹曲線式から導いた推定材積の性質

式	K	推定材積合計m³	平均偏差率%	偏差率が50%以上の樹木数	偏差率が20%以上の樹木数
	2	4.004	−0.03	0	0
1	3	3.530	13.2	3	5
	4	4.629	−10.7	6	12
	2	4.275	−5.7	1	1
2	3	3.835	5.4	4	7
	4	4.906	−10.6	7	11
4		3.852	0.5	0	1

のである．推定材積の合計と実材積の合計の差が小さいものは，(1)式の$k=2$，(4)式，(2)式の$k=3$，$k=2$の4つであり，他はかなり大きな差を示している．各樹木について，推定材積と実材積との差を実材積で割った商(偏差率とする)を求め，これらを平均し，第4列に示す．平均偏差率も推定材積の合計の場合と同様に，(1)式の$k=2$，(4)式，(2)式の$k=3$，$k=2$は小さいが，他の場合は大である．各樹木の偏差率が50%以上と20%以上を示した樹木数を第5列と第6列に示す．50%以上の偏差率を示した樹木が1本もないのは(4)式と(1)式の$k=2$であり，(2)式の$k=2$は1本あるが，kが3以上になると3本以上を示している．20%以上の偏差率を示す樹木が1本もないのは(1)式の$k=2$であり，(4)式と(2)式の$k=2$は1本である．

以上の結果をまとめると次のようになる．単木についてd/Dとh/Hを測定し，これらの値を用いて多項式幹曲線をあてはめる時は，最小のAICの次数の幹曲線式を求め，これから回転体として求めた材積が，BEHRE式を用いた場合や，SMALIAN式による区分求積法と同様な値を示す．胸高直径や樹高を測定し，2変数材積式の代わりに，既に求めておいた胸高直径と予め決定しておいた次数の多項式のパラメータとの関係式より導いた多項式幹曲線を用いて求めた材積は，次数が2の場合のみ使用しうる．これは，多項式の最適次数は，樹木により異なり，これを予め1つの次数に統一することが困難であるためと，次数が大になると，個々のパラメータの変異が大になるためである．前述のように，幹曲線式としての最適次数の平均は3－4であったが，材積に変換すると，最適の次数は2となる．そして，この次数でも，(2)式はBEHRE式を用いた場合よりも単木の偏差率は悪い．したがって，本資料については，多項式幹曲線は，BEHRE式と比べて(1)式はよいが，(2)式は劣るものと結論される．高田は，一般論として単木についての，幹曲線式としては条件付きながら高次の多項式が好ましいと述べたが，本資料からは林分として求積のために用いる幹曲線式としては，このことは否定され，2次の多項式が好ましいことになった．

IV．おわりに

2変数材積式の代わりに胸高直径から推定した幹曲線式を用いて材積を推定する場合に，幹曲線式としてどのような式が好ましいかを検討した1事例について述べたが，樹種や樹齢によるパラメータの変異については未検討である．これらについても，検討を行う予定である．

引用文献

1) 高田和彦：材積式再考．林統研誌 12：1-4.1987

2) 高田和彦：可変利用直径と丸太長に対するスギの利用材積推定システム．日林誌 69：232-235.1987

3) 高田和彦・高煕栄：中国根河地方落葉松の幹曲線式．39回日林関東支論（投稿中）1987