

イヌマキの樹幹形状に関する研究*1

加治佐涼子*2 · 鈴木崇弘*3 · 安里練雄*3 · 呂 勇*4

加治佐涼子・鈴木崇弘・安里練雄・呂 勇：イヌマキの樹幹形状に関する研究 九州森林研究 58：46-49, 2005 一年を通して温度や湿度が高く、虫害の発生しやすい沖縄の気候下で、イヌマキはその耐湿性、耐蟻性から、古来建築材等として貴ばれてきた。実際に立木を利用する際、目的とする大きさの柱材が取れるかどうかを見極める手段として、幹の細り具合を表し、末口直径の推測が可能な細り表の作成が求められているのが実状である。本研究ではイヌマキの立木幹材積表調製を目的に収集した資料を用いて正常・非正常相対幹形式を調製し、樹幹形状の特徴を明らかにした。実測値による幹材積と正常相対幹形式から推定した幹材積、非正常相対幹形式から推定した幹材積、二変数材積式から推定した幹材積をそれぞれ比較した。適合度の高かった正常相対幹形式を用いて細り表を作成した。

キーワード：イヌマキ、幹形、細り表

I. はじめに

イヌマキは、沖縄で古来建築材または器具材として、最も貴ばれている樹種の一つである。特に耐蟻性があるため一級建築材になっている (1)。従来は ha 当たり 12,000~15,000 本の高密度で植栽され、施業の過程で利用径級に達し次第タルキや雨端柱などを伐出していた。近年、住宅建築様式の変化に伴い、角柱材となる中・大径木を生産するための生産技術の改善が求められてきた (2, 3)。本研究は、イヌマキ林分施業技術体系化の研究の一環として、実際に立木を利用する際に有効な細り表を作成することを目的とする。そのためには樹幹の特徴を知る必要があり、主に石垣市での一般的な施業法によるイヌマキの樹幹形状を検討することとした。

幹形は胸高直径を基準とした非正常相対幹曲線でも表すことができるが、この方法は樹高の等しい樹木を比較するには適当であるものの、樹高の異なる幹形をあらわすには不向きであることが知られている (6)。また、幹曲線は Y 軸に相対半径をとるのが定義である (6)。しかし、今回は細り表の作成を目的としているため、地上高ごとの直径を直接的に知ることが求められる。そこで本研究では、あえて Y 軸を相対直径表示とし、胸高直径を基準とした非正常相対幹形式と、梢端から幹長の 90% の位置の直径を基準とした正常相対幹形式を誘導し、適合度を検討したのでその結果を報告する。

II. 資料と研究方法

供試資料は沖縄県林業試験場がイヌマキの立木幹材積表調製を

目的に収集した久米島 10 本、与那国島 8 本、石垣島 23 本の計 41 本を使用した。これは、立木の地上高が 0.2m, 1.2m, 以上 1 m おきに直径が計測されているものである。この資料をもとに胸高直径を基準とした非正常相対幹形式を導き出した。また、2次から 6 次の多項式を供試式とし、それぞれの式について最小自乗法組織解計算を行い、AIC (赤池情報量基準) により最も適合度のよいものを採用した。

正常相対幹形式の検討に際しては、梢端から幹長の 90% の位置の直径 (以下、基準直径 $d_{0.9}$ と記す) が必要である。そこで石垣市平得大俣で 30 本、石垣市大浜で 10 本、二箇所計 40 本のイヌマキ立木について樹高、胸高直径、基準直径 $d_{0.9}$ 、地上高 0.2m の位置の直径を測定し、基準直径 $d_{0.9}$ を推定するための資料とした。平得大俣の林分は山腹凹地形、南西向きの斜面に位置していた。大浜の林分は宮良川の河川敷で、傾斜のないところに位置していた。

新たに得た資料 40 本の地上高 0.2m における直径と胸高直径を用いて基準直径 $d_{0.9}$ の計算値を求めた。そしてこの計算値と基準直径 $d_{0.9}$ の実測値との回帰式を導き、沖縄県林業試験場が収集した資料 41 本に基準直径 $d_{0.9}$ の推定値を加え、正常相対幹形式を検討した。

正常相対幹形式と非正常相対幹形式、そして立木幹材積式により幹材積を推定し、実測値と推定値との差について t 検定を行った。立木幹材積式は安里ら (5) の二変数材積式を採用した。

細り表は正常相対幹形式を用いて調整することとし、沖縄県における一般的なイヌマキについての細り表を作成した。

*1 Kajisa, R., Suzuki, T., Asato, I. and Lu, Y. : Studies on the trunk form of *Podocarpus macrophyllus* D. Don

*2 琉球大学大学院農学研究科 Grad. Sch. Agric., Ryukyu Univ., Okinawa 903-0213

*3 琉球大学農学部 Fac. Agric., Ryukyu Univ., Okinawa 903-0213

*4 中南林学院 Central-South Forestry Univ., China

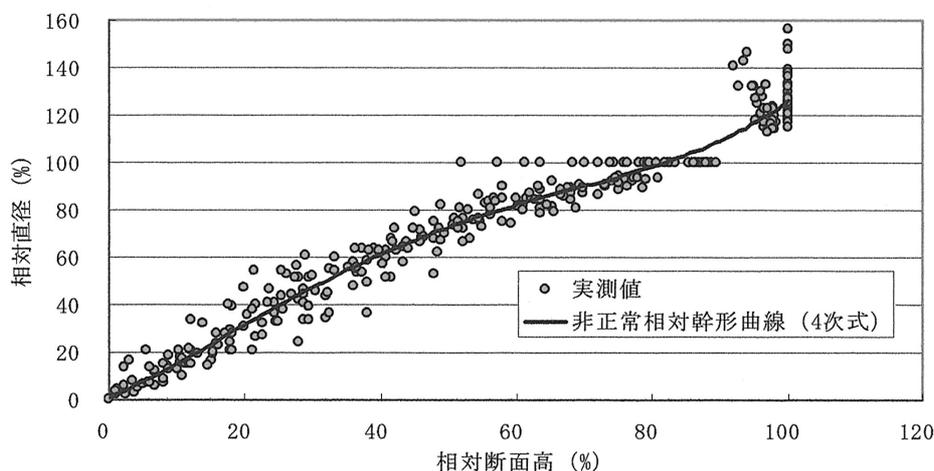


図-1. 相対断面高と胸高直径を基準とする相対直径との関係

Ⅲ. 結果及び考察

1. 非正常相対幹形式

相対直径の基準を胸高直径とした非正常相対幹形式を検討した。ここでは幹形式として2次式, 3次式, 4次式, 5次式を供試式とし, それぞれの式について最小自乗法組織解計算を行った。供試式のうち AIC の値が最小となった4次式を幹形式と決定した。多項式モデルと AIC を表-1 に示す。非正常相対幹形曲線と実測値との適合性を図-1 に示す。非正常相対幹形式は次の通りである。

$$y = 0.000002978x^4 - 0.0005039x^3 + 0.01955x^2 + 1.3669x$$

$$y: \text{相対直径 (\%)}$$

$$x: \text{相対断面高 (\%)}$$

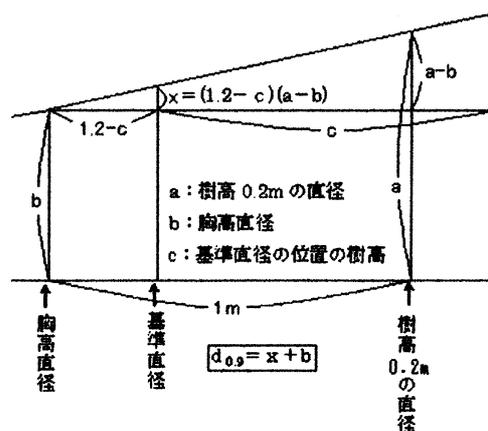


図-2. 計算値の算出法

表-1. 非正常相対幹形式における多項式モデルとその AIC

次数	多項式	AIC
2	$y = -0.00384x^2 + 1.606x$	2872.73
3	$y = 7.81E-05x^3 - 0.015x^2 + 1.963x$	2842.92
4	$y = 2.98E-06x^4 - 0.0005x^3 + 0.0195x^2 + 1.367x$	2819.57
5	$y = 3.3E-08x^5 - 5.2E-06x^4 + 0.00019x^3 - 0.00429x^2 + 1.629x$	2819.78

2. 正常相対幹形式

正常相対幹形式を検討するに先立ち, 供試資料には相対直径の基準となる基準直径 $d_{0.9}$ の実測値が測定されていないため, 新たに収集した資料木40本の地上高0.2mにおける直径と胸高直径を用いて基準直径 $d_{0.9}$ の計算値を求めた (図-2)。

次に, この計算値と実測値との回帰式を求めた。結果を次に示す。

$$y = 1.011320674x - 0.39846792$$

$$y: \text{実測値 (cm)}$$

$$x: \text{計算値 (cm)}$$

$$\text{相関係数 } r = 0.999$$

相関係数が1に非常に近いという結果を得たので, 計算値と回帰式を使用して, これまでの供試資料41本に計算値から推定される基準直径 $d_{0.9}$ の推定値を適用できると判断した。

供試資料41本に基準直径 $d_{0.9}$ の推定値を加え, 相対直径の基準を基準直径 $d_{0.9}$ とした場合の正常相対幹形式について検討した。幹形式は2次式, 3次式, 4次式, 5次式, 6次式を供試式とし, それぞれの式について最小自乗法組織解計算を行った。供試式のうち AIC の値が最小となった5次式を採用した。多項式モデルと AIC を表-2 に示す。正常相対幹形曲線と実測値との適合性を図-3 に示す。正常相対幹形式は次の通りである。

$$y = 3.701E-08x^5 - 6.484E-06x^4 + 0.0003257x^3 -$$

$$0.008765x^2 + 1.564x$$

$$y: \text{相対直径 (\%)}$$

$$x: \text{相対断面高 (\%)}$$

イヌマキの樹幹形状の特徴は幹基部付近でナイロイドの形態を示し, 樹幹の中央部で放物線ないし直線に近い形をとり, 梢端に近くなると細り具合が強くなるのがわかる。

非正常相対幹形式と正常相対幹形式とで度数に差が出る結果となったが, 資料の平均樹高が7.0mであったので胸高直径を相対基準とした場合の相対断面高が83%付近に偏り, その結果として梢端部にナイロイドの傾向が強くあらわれ, 非正常相対幹形式は4次式という結果になったと考えられる。

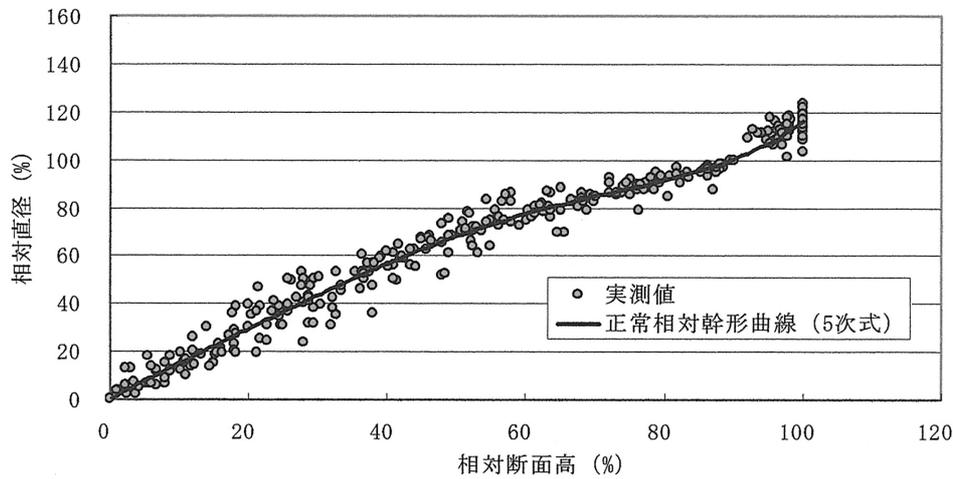


図-3. 相対断面高と基準直径 $d_{0.0}$ を基準とする相対直径との関係

表-2. 正常相対幹形式における多項式モデルとその AIC

次数	多項式	AIC
2	$y = -0.00408x^2 + 1.522x$	2584.37
3	$y = 6.88E-05x^3 - 0.014x^2 + 1.836x$	2534.33
4	$y = 2.82E-06x^4 - 0.0005x^3 + 0.0197x^2 + 1.245x$	2477.52
5	$y = 3.7E-08x^5 - 6.5E-06x^4 + 0.00033x^3 - 0.00877x^2 + 1.564x$	2473.15
6	$y = -8.1E-10x^6 + 2.82E-07x^5 - 3.4E-05x^4 + 0.00176x^3 - 0.0416x^2 + 1.819x$	2473.45

3. 立木幹材積式

安里・安次富 (5) による二変数材積式は下記のように表されている。

$(D^2H) > 300$ のとき

$$V = 0.001695 + 0.000041 (D^2H)$$

$(D^2H) \leq 300$ のとき

$$V = 0.000438 + 0.000045 (D^2H)$$

V : 幹材積 (m³)

D : 胸高直径 (cm)

H : 樹高 (m)

4. 材積比較

沖縄県林業試験場がイヌマキの立木幹材積表調製を目的に収集した、立木の地上高が0.2m, 1.2m, 以上1 m おきに直径が計測されている41本について、実際の幹材積を Smalian 式を用いて算出した。

実材積とそれぞれの式から推定された材積とが等しいと言えるかどうかを検定した。t 検定の結果を表-3に示す。実材積と推定材積が等しければ材積を推定する式としては適当であると言える。

結果は正常相対幹形式と立木幹材積式には有意差が見られず、材積推定の式として適切であると言えるが、非正常相対幹形式の t 値3.751だけが 1%水準で有意差が確認され、実際の材積の推定値とみなすことができないという結果を得た。

供試資料の平均胸高直径は11.3cm, 平均樹高が7.0m であり、イヌマキ立木本数管理基準から、胸高直径に限っていえば ha 当

り6,000本植栽されていた場合にだいたい中期間伐を迎えるところで、ha 当り3,100本程度に本数管理されている状態と想定できる(4)。3,100本に換算したそれぞれの ha 当り材積を表-4に示す。この中で非正常相対幹形式で推定した材積は実際の材積よりも約11.5m³も多く見積もられているという結果となった。したがって、非正常相対幹形式を用いての材積推定は、実際の値よりも大きくなる傾向があり、適当ではないと言える。

表-3. 各式からの材積推定値と実測値との t 値

	実測値	非正常相対 幹形式	正常相対 幹形式	材積式
材積 (m ³)	2.650	2.805	2.657	2.625
t 値		3.776**	0.262	1.129

$t_{0.01}(40) = 2.704, t_{0.05}(40) = 2.021$

表-4. ha 当り材積推定値

	実測値	非正常相対 幹形式	正常相対 幹形式	材積式
材積 (m ³)	200.372	212.078	200.917	198.455
差		11.706	0.545	-1.917

5. 細り表

以上の結果をふまえて、細り表の作成には正常相対幹形式を採用した。イヌマキの一般的な細り表を表-5に示す。細り表は4 cm から25cmの各胸高直径階について示した。イヌマキ角柱材の実用例の多くは4寸(約13cm)角の8尺(約2.4m)材であるが、角柱材として最小のものは3寸(約9 cm)角の8尺材である(2)。細り表から角柱材として利用できる地上高2.4mと末口の直径12.7cm(3寸 $\times\sqrt{2}$)を持ちあわせたイヌマキ立木は、胸高直径16cm以上である必要があるとわかる。また、4寸角の場合では末口直径17.2cm以上が必要であるから、胸高直径は21cm以上のものである必要があるとわかる。

IV. おわりに

材積推定では正常相対幹形式と非正常相対幹形式の差が出る結果となったが、図を見てみるとどちらの幹形も実測値とよく適合しており、非正常相対幹形式を用いて細り表を作成しても、mm単位のごくわずかな差を生ずるとどまり、実用上末口直径を推測する等には利用可能であると思われる。このような結果となるのは、イヌマキ林分が樹高10~12m程度になるような施業をされているため、胸高直径を相対直径としたときに、基準直径 $d_{0.9}$ 辺りになるからである。

しかしながら、今回使用した資料の中には胸高直径が16cm以上のものが81本中15本しかなく、資料木の80%は角柱材としての最低利用径級に達していないものであった。今後、より利用価値の高い幹形式、細り表を作成するには、胸高直径16cm以上の中・大径木の測定が必要であると考えられる。

また、ここで誘導した幹形式について通常の幹曲線式への変換を試み、多面的な活用に供したい。

引用文献

- (1) 天野鉄夫 (1982) 琉球列島有用樹木誌：p3.
 - (2) 安里練雄 (1980) 日林九支研論33：45-46.
 - (3) 安里練雄 (1982) 日林九支研論35：97-98.
 - (4) 安里練雄 (1982) 沖縄県林試研報25：1-9.
 - (5) 安里練雄・安次富長敬 (1976) 沖縄県林試研報19：68-75.
 - (6) 大隅真一 (1981) 森林計測学：23-26.
- (2003年10月18日 受付；2004年5月13日 受理)

表-5. イヌマキの細り表

(単位：cm)

胸高直径 (cm)	樹高 (m)	地上高 (m)												
		0.2	1.2	2.2	3.2	4.2	5.2	6.2	7.2	8.2	9.2	10.2		
4	4.7	4.94	4.00	3.24	2.07	0.68								
5	5.1	6.11	5.00	4.19	2.96	1.43								
6	5.5	7.27	6.00	5.14	3.89	2.27	0.51							
7	5.9	8.42	7.00	6.10	4.84	3.16	1.29							
8	6.2	9.56	8.00	7.05	5.79	4.09	2.13	0.07						
9	6.6	10.69	9.00	8.00	6.75	5.03	3.01	0.88						
10	6.9	11.82	10.00	8.94	7.69	5.98	3.92	1.71						
11	7.3	12.94	11.00	9.89	8.64	6.94	4.84	2.57	0.19					
12	7.6	14.06	12.00	10.83	9.58	7.89	5.78	3.44	1.01					
13	7.9	15.17	13.00	11.77	10.51	8.83	6.71	4.33	1.84					
14	8.2	16.28	14.00	12.71	11.44	9.77	7.65	5.23	2.68	0.01				
15	8.5	17.39	15.00	13.65	12.36	10.70	8.58	6.13	3.52	0.81				
16	8.8	18.49	16.00	14.58	13.28	11.63	9.51	7.03	4.36	1.61				
17	9.0	19.60	17.00	15.52	14.20	12.54	10.43	7.93	5.21	2.40				
18	9.3	20.70	18.00	16.46	15.11	13.45	11.34	8.82	6.06	3.19	0.20			
19	9.5	21.80	19.00	17.39	16.01	14.36	12.24	9.71	6.90	3.97	0.94			
20	9.7	22.90	20.00	18.33	16.92	15.26	13.14	10.58	7.74	4.74	1.67			
21	9.9	24.00	21.00	19.26	17.82	16.15	14.02	11.45	8.56	5.51	2.38			
22	10.1	25.09	22.00	20.19	18.72	17.03	14.90	12.31	9.38	6.27	3.07			
23	10.3	26.19	23.00	21.13	19.62	17.92	15.77	13.16	10.19	7.02	3.76	0.37		
24	10.5	27.29	24.00	22.06	20.52	18.79	16.63	14.00	10.99	7.76	4.43	0.99		
25	10.6	28.39	25.00	23.00	21.41	19.66	17.48	14.82	11.77	8.48	5.08	1.58		