

品種，林齡，地域の違いがスギ人工林の直径分布におよぼす影響*

柿原道喜・木梨謙吉**

I はじめに

ワイブル分布は，3つのパラメータ，すなわち，最小直径限界を示す位置のパラメータ a ，分布の拡がりを示す尺度のパラメータ b ，分布型を示す形のパラメータ c をもつ確率密度関数であって，人工林の直径分布によく適合する^{1) 4)}。そこで，人工林の直径分布にワイブル分布をあてはめ，ワイブルパラメータ a ， b ， c の値から，直径分布の特徴を明らかにする研究が進められ，その結果，樹種（品種），林齡，間伐により，直径分布がどのように変化するかが明らかにされてきた^{5) 6)}。また，これらの結果にもとづき，新しい間伐法の研究もすすめられている^{2) 4)}。しかし，これまでの研究は，単一因子，例えば，樹種あるいは林齡により，直径分布のワイブルパラメータが，どのように変化するかを明らかにしようとするものであって，2因子あるいは3因子の組合せによる影響が，ワイブルパラメータに現われているかということについては行われていない。そこで，実験計画法にもとづいて設定されたスギ品種試験地の調査資料を用い，人工林の直径分布に影響をおよぼすと考えられる3つの因子，すなわち，品種，林齡，地域（立地因子）をとりあげ，各因子が，ワイブルパラメータ a ， b ， c におよぼす主効果，交互作用効果について検討してみた。資料の収集に御尽力いただいた6演習林共同試験の関係各位に厚くお礼申しあげる。

II 資 料

九州大学が中心になって実施している六演習林地域連絡試験第II試験地⁵⁾のうち，九州大学柏屋地方演習林（以下，九大柏屋と略す），および愛媛大学演習林に設定されている試験地の調査結果を用いた。九大柏屋は，福岡県柏屋郡久山町に，愛媛大学演習林は，愛媛県松山市米野々に所在する。表1に示すように，両試験地の立地因子には差がみられ，直径生長は九大柏屋のほうが良い⁶⁾。

本試験は，品種数6（クモトオシ，ヤイチ，オビアカ，ヤブクグリ，メアサ，アヤスギ），ブロック数5，プロット数30の乱魂法により実施されている。1プロット面積は77m²，1プロット当り植栽本数は30本である。1977年に設定され，林齡が10年，15年のとき調査が行われている。

調査時における成立本数，平均直径は表2のとおりであって，成立本数は，品種間に大きい差はないが，平均直径は，品種間にすでに差が現われている。また，九大柏屋は愛媛大学より良い直径生長

* Michiyoshi Kakihara & Kenkichi Kinashi : Effect of Cultivars, Age and Location on the Diameter Distribution of Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) Artificial Forests.

** 九州大学農学部

表1 スギ品種試験地の立地因子

地域	標高 (m)	平均気温 (°C)	年降水量 (mm)	方位	傾斜	地質 基岩	土壌型	土性	深土
愛媛大学	650	10.8	2,057	N	急	古第三紀角閃黒雲母花崗岩	B _D	砂壤土	深
九大粕屋	430	16.0	1,514	SW	中	古生層角閃岩	B _D	埴壤土	中

表2 品種別本数, 平均直径 (5ブロック平均)

林齢	地域	クモトオシ		ヤイチ		オビアカ		ヤブクグリ		メアサ		アヤスギ	
		n	\bar{d}	n	\bar{d}	n	\bar{d}	n	\bar{d}	n	\bar{d}	n	\bar{d}
10年	愛媛大学	29.4	9.8	28.0	8.9	29.6	10.1	29.4	9.9	28.6	8.4	29.0	6.8
	九大粕屋	29.2	10.9	25.6	11.0	29.6	11.0	29.6	9.1	28.0	6.8	28.8	8.6
15年	愛媛大学	25.0	14.6	22.5	13.4	25.0	13.7	24.4	12.9	25.0	11.8	24.0	11.5
	九大粕屋	24.6	15.6	23.4	13.6	24.5	15.3	24.2	13.4	24.0	13.2	24.4	12.8

注) n: 本数, \bar{d} : 平均直径 (cm)

をしている。

立地因子の異なる地域に設定され、しかも、2回の測定値をもつ両試験地の調査結果は、直径分布に影響をあたえると考えられる3因子(品種、林齢、地域)の主効果、交互作用効果の有無を知ることがを目的とした場合、好適の資料ということができる。

各プロットのワイブルパラメータ a, b, c を計算した結果は表3のとおりである。

III 分散分析

表3をくり返し数5, 因子数3, 水準数は、品種6, 林齢2, 地域2の6×2×2要因実験の結果とみなして分散分析を行った。その結果は表4のとおりである。

IV 品種, 林齢, 地域の違いが直径分布におよぼす影響

1. 主効果

1) 品種

a, b, c いずれも1%の危険率で有意差が認められるので、品種が違えばワイブルパラメータは異なるといえる。a, b, c の平均値について、品種間の差の検定を、範囲を用いる多重検定(New multiple range test)により行った結果は図1のとおりである。

表2に示す各品種の平均直径と図1を対比してみると、aは平均直径の大きい品種のほうが大きい、b, cの大きさは、平均直径の大きさととは特に関係のないことが認められる。したがって、生長

表3 スギ品種試験地のワイブルパラメータ

地域	林齢	ブロック	クモトオシ			ヤ イ チ			オ ビ ア カ			ヤブクグリ			メ ア サ			アヤスギ		
			a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
愛媛	10年	1	7	5.0	4.5	5	7.0	2.9	7	5.4	3.2	5	3.3	4.8	5	4.6	5.5	3	5.2	4.0
		2	7	6.3	4.0	5	6.0	3.6	7	6.3	3.3	5	3.0	3.9	5	4.4	4.2	3	5.0	4.0
		3	7	4.9	2.8	5	5.2	3.1	7	4.1	2.0	7	5.0	2.9	5	4.9	3.5	3	4.9	3.6
		4	5	3.8	3.7	3	6.9	3.5	7	4.9	3.3	5	5.9	3.3	3	4.3	4.0	5	5.6	2.0
		5	5	4.5	3.7	5	4.6	3.5	5	4.6	3.3	5	6.5	2.9	3	4.1	4.0	3	4.5	2.6
		平均	6	4.9	3.7	5	5.9	3.3	7	5.1	3.0	5	4.9	3.5	4	4.5	4.2	3	5.0	3.2
大 学	15年	1	11	4.9	3.3	7	7.0	2.4	9	5.4	2.6	9	3.3	4.0	7	4.6	4.0	5	5.3	4.0
		2	11	6.3	3.5	7	6.5	2.7	9	6.3	2.6	9	3.3	3.0	9	4.4	2.2	5	4.9	2.5
		3	11	4.9	2.6	9	5.2	2.8	9	4.0	2.5	9	4.9	2.8	9	4.9	2.4	5	4.9	2.8
		4	9	3.7	2.9	5	6.7	2.4	11	4.9	2.2	7	5.9	4.8	7	4.4	2.5	5	4.3	2.2
		5	9	4.5	2.4	9	4.6	2.3	9	3.4	2.1	7	6.4	3.0	7	4.2	2.5	5	4.3	2.2
		平均	10	4.9	2.9	7	6.0	2.6	9	4.8	2.4	8	4.8	3.5	8	4.5	2.7	5	4.7	2.8
九 大 柏	10年	1	5	5.1	3.1	7	6.0	2.2	7	5.3	2.7	5	6.3	2.9	5	4.9	3.7	5	4.7	3.0
		2	7	4.3	4.8	5	8.7	2.7	7	4.7	2.9	7	6.6	2.9	5	4.3	3.3	5	5.8	3.9
		3	9	4.8	2.2	7	4.2	2.6	7	5.6	3.5	7	7.0	2.7	7	5.6	2.5	3	4.7	3.6
		4	5	2.9	5.0	7	6.2	1.5	7	4.6	2.5	1	7.4	2.9	3	5.4	2.3	3	5.8	3.9
		5	5	4.3	4.8	7	6.6	2.1	9	3.7	2.9	5	5.8	4.0	5	5.8	2.3	5	4.5	2.7
		平均	6	4.3	4.0	7	6.3	2.2	7	4.8	2.9	5	6.6	3.1	5	5.2	2.7	4	5.1	3.2
屋	15年	1	9	5.2	2.7	7	9.0	2.6	9	5.2	3.4	7	6.3	2.6	9	4.8	2.6	9	4.7	2.9
		2	13	4.3	2.6	9	9.7	2.4	11	4.7	2.8	9	6.6	3.3	9	4.4	1.8	7	6.0	2.9
		3	13	4.8	2.5	13	4.3	1.4	11	5.6	2.8	9	7.0	3.1	11	4.5	2.2	9	4.7	2.2
		4	13	2.9	2.4	9	6.2	2.6	11	4.6	2.7	3	7.4	3.2	7	6.4	2.3	7	5.6	3.2
		5	11	4.3	3.0	9	6.6	2.2	13	3.8	3.2	9	5.9	3.1	7	5.8	2.2	9	4.5	2.2
		平均	12	4.3	2.6	9	7.2	2.2	11	4.8	3.0	7	6.6	3.1	9	5.2	2.3	8	5.3	2.7

表4 a, b, cの分散分析表

要因	自由度	a		b		c	
		平方平均	F	平方平均	F	平方平均	F
品種 (C)	5	35.82	18.09**	9.14	9.14**	1.62	4.63**
林齢 (A)	1	326.70	165.00**	0.03	0.03	8.75	25.00**
地域 (R)	1	32.03	16.18**	6.72	6.72**	3.41	9.74**
C x A	5	3.28	1.66	0.21	0.21	0.86	2.46*
C x R	5	4.76	2.40*	3.40	3.40**	1.03	2.94*
A x R	1	4.03	2.04	0.62	0.61	0.73	2.09
C x A x R	5	1.53	0.77	0.11	0.11	0.47	1.34
誤差	96	1.98		1.00		0.35	
全体	119						

*は5%, **は1%の危険率で有意

a	クモトオシ	オビアカ	ヤイチ	ヤブクグリ	メアサ	アヤスギ
	8.6	8.6	7.0	6.5	6.4	5.2
b	ヤイチ	ヤブクグリ	アヤスギ	オビアカ	メアサ	クモトオシ
	6.4	5.7	5.1	4.9	4.8	4.6
c	クモトオシ	ヤブクグリ	メアサ	アヤスギ	オビアカ	ヤイチ
	3.3	3.3	3.0	3.0	2.8	2.6

図1 ワイブルパラメータの品種間の差の検定

—— 5%の危険率で差の無いことを示す

の速い品種は、平均直径ばかりでなく最小直径も大きい、分布の拡がりも形は、品種のもつ生長特性（生長の速さ）とは関係ないといえる。

2) 林齢

a, cは1%の危険率で有意差が認められるが、bは有意差は認められない。表2から明らかなように、aは15年のほうが大きく、cは10年のほうが大きい。したがって、林齢が増すと、最小直径は大きくなり、分布の形は左偏化してくるといえる。これに対し、分布の拡がりも、5年の期間では、特に変化はないといえることができる。

3) 地域

a, b, cとも1%の危険率で有意差が認められる。表2に示すように、a, bは九大粕屋、cは愛媛大学のほうが大きい。先に述べたように、九大粕屋は愛媛大学より、良い生長をしている。したがって、生長の良い地域は悪い地域に比べ、最小直径が大きく分布の拡がりも大きい、分布の山は左側（直径の小さいほう）にあるといえる。

2 交互作用効果

1) 品種と地域

a, cは5%, bは1%の危険率で有意差が認められる。このことは、生長の良い地域（九大粕屋）は悪い地域（愛媛大学）にくらべ、a, bは大きくcは小さいが、品種によっては、必ずしもそのようにならないことを示している。このことは、表5をみれば、よく理解できる。

いま、a, b, cの増減が、地域の主効果の場合と一致するか否かを基準にして、6品種を分類すると次のようになる。

(1) a, b, cいずれも主効果の場合と一致する……ヤイチ, メアサ

(2) a, b, cのうち二つが一致する……ヤブクグリ, アヤスギ

(3) a, b, cのうち一つが一致する……クモトオシ, オビアカ

(1)の例としてヤイチ, (2)の例としてヤブクグリ, (3)の例としてクモトオシをとりあげ、表5のa, b, cの値を参考にして直径分布の地域差を示すと図2となる。この例から明らかなように、直径分布の地域差は、品種が違えばかなり異なることが認められる。

表5 品種と地域の2元表

地 域	クモトオシ			ヤ イ チ			オビアカ			ヤブクグリ			メ ア サ			アヤスギ		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
愛媛大学	8	4.9	3.3	6	6.0	2.9	8	4.9	2.7	7	4.9	3.5	6	4.5	3.0	4	4.9	3.0
九大粕屋	9	4.3	3.3	8	6.8	2.2	9	4.8	2.9	6	6.6	3.1	7	5.2	2.5	6	5.2	3.0

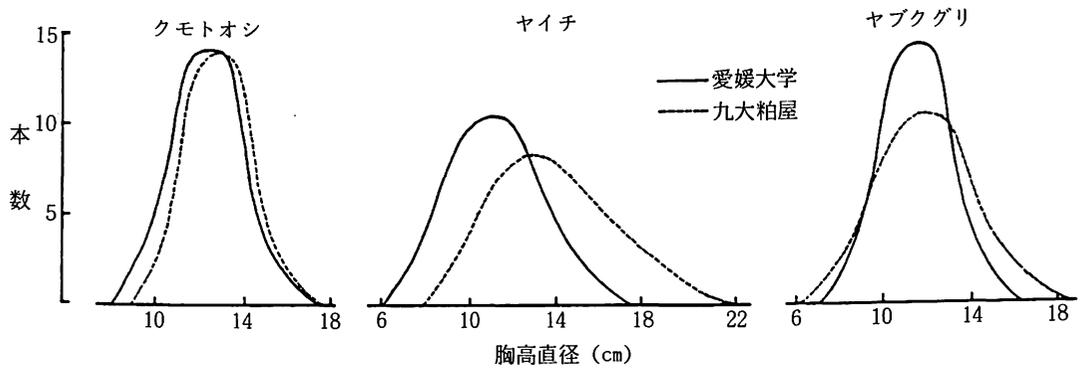


図2 直径分布の地域差
(ワイブルパラメータの値は表5参照、総本数は30本)

2) 品種と林齢

cのみ5%の危険率で有意差が認められる。林齢が増加するとcは小さくなるが、品種別にみると、表6に示すように、クモトオシ、メアサはその度合いが大きいのにに対し、ヤイチ、オビアカ、アヤスギは少し減少する程度であり、ヤブクグリは変わらない。一例として、クモトオシとヤブクグリをとりあげ、表6のパラメータを用いて、直径分布の林齢差を示すと図3となる。林齢の増加にともなう直径分布の変化が、品種が違えば異なることが認められる。a, bに有意差が認められなかったのは、林齢差が5年であることが原因でないかと考えられる。

3) 林齢と地域

a, b, cとも有意差は認められない。表7に示すように、両地域とも、林齢が増加すると、a, bは増加しcは減少する。この理由としては、林齢差が5年であるということが考えられる。

4) 品種と林齢と地域

a, b, cとも有意差は認められない。3因子の交互作用効果は一般に無視できるほど小さいが、今回の分析でも同じ結果になった。

表6 品種と林齢の2元表

林齢 (年)	クモトオシ			ヤイチ			オビアカ			ヤブクグリ			メアサ			アヤスギ		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
10	6	4.6	3.9	6	6.2	2.8	7	4.9	3.0	5	5.8	3.3	5	4.8	3.5	4	5.1	3.2
15	11	4.6	2.8	8	6.6	2.4	10	4.8	2.7	8	5.7	3.3	8	4.8	2.5	7	5.0	2.8

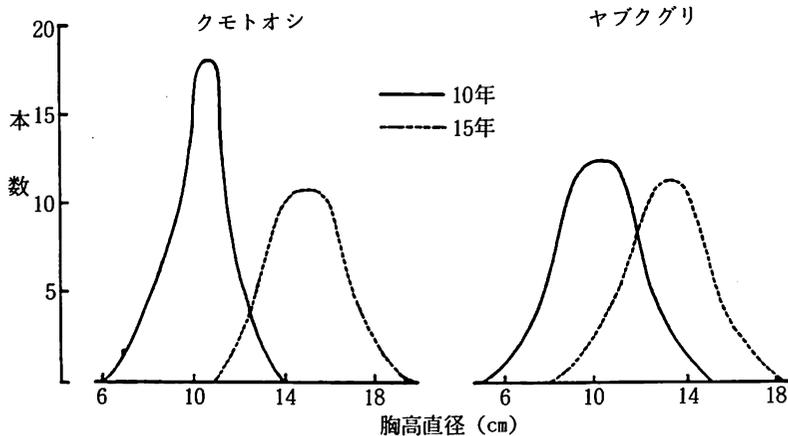


図3 直径分布の林齢差
(ワイブルパラメータの値は表6参照, 総本数は10年:30本, 15年:25本)

表7 地域と林齢の2元表

地 域	10 年			15 年		
	a	b	c	a	b	c
愛媛大学	5	5.1	3.5	8	4.9	2.8
九大柏屋	7	5.4	3.0	9	5.5	2.7

V 考 察

品種により, 林齢によりワイブルパラメータが異なることは, すでに認められている^{3, 4)}ので, 品種, 林齢の主効果の存在は, これまでに得られている結果を再認識したにすぎない。今回得られた新知見は, 地域の主効果および品種と地域, 品種と林齢(cのみ)の交互作用効果の存在が認められたことである。

地域差は, 立地因子の差であるので, 地域の主効果の存在は, 立地因子の違いによる林分生長の差が, 直径分布に現われていることを示すものとみることができる。交互作用効果の存在は, 図2, 3に示すように, 直径分布の地域差, 林齢の増加にともなう直径分布の変化が, 品種によりかなり異なることを示すものである。したがって, スギ品種は, それぞれの品種のもつ特性とそれぞれの地域の立地因子の相乗効果のもとに生長し, 各品種ごとに, 地域, 林齢に応じた直径分布を呈するようになるということができよう。いずれにせよ, 地域(立地因子)の差が直径分布と密接な関係をもっているということは, 興味深い情報とみることができる。

VI おわりに

本報の資料の問題点の一つに, 林齢差が5年という短い年数であったことがあげられる。10年, 15

年という年数であれば、今回、交互作用効果が認められなかった年齢と地域および品種と林齢の a, b についても有意という結果が得られるかも知れない。また、地域差についても、表 2 の平均直径から判断できるように、特に大きいということはない。極端な地域差の資料を用いれば、5 年という短い年数であっても、今回、有意な結果が得られなかった 2 因子交互作用効果の存在を知ることができるとも知れない。今後、これらの点について検討を行う予定である。

引用文献

- 1) 柿原道喜：ワイブル分布とその応用 林統研誌 7 37～43 1982
- 2) ———・木梨謙吉：人工林の直径分布について (X III) クロマツ幼齢林に対する間伐試験 日林九支研論 36 39～40 1985
- 3) ———・—————：————— (X IV) スギ品種の直径分布 96 回日林論 135～136 1985
- 4) Kakiyama M. & Kinashi K. : Distribution of diameters in Japanese artificial forests. IUFRO Proceedings, Tokyo, 554-561
- 5) 木梨謙吉ほか：九州産スギ品種の特性に関する実験統計学的研究 九大演報 47 21～76 1973
- 6) 宮島 寛ほか：六演習林スギ品種試験地の 10 年目の結果について (III) 第 II 試験地の結果のとりまとめ 日林九支研論 33 217～218 1980