

# 山陰地方における天然スギの直径分布

安井 鈞<sup>※1</sup>・沖村義人<sup>※1</sup>・三宅 登<sup>※2</sup>・石井 弘<sup>※2</sup>・藤江 勲<sup>※3</sup>

Hitosi YASUI, Yosito OKIMURA, Noboru MIYAKE,  
Hirosi ISII and Isao FUJIE

On the Diameter Distribution for Natural Regenerated“ SUGI”  
(*Cryptomeria japonica* D. DON) in San-in District.

## 緒 言

択伐作業林や天然生林のような異令林において、林分の内部構造的構成は収穫保続の程度を図る尺度の1つとして重要視されるべきものである。その場合に、測定の容易な直径の分布によって解析されるのが普通で、正常蓄積の究明など種々の立場から研究されてきた。

一般に異令林の直径分布は小径階の林木ほど多く出現し、直径階が進むにつれて漸減する頻度分布を示し、L字型の度数曲線を適用できるとされている。主として伐根からの萌芽更新による広葉樹林でも、これに類似の構造型を形成することがすでに明らかとなった。

筆者らは他の調査に関連して、天然生林内に生育するスギを測定する機会があったが、その資料に基づいて天然スギの直径分布につき考察した。それは直径分布の型の想定を狙いとしているものであるが、PEARSON 系の度数分布を適用して検討した。

## 資 料

山陰におけるスギの天然分布はわずかで、島根県下では美濃郡匹見町・邑智郡瑞穂町・大田市北三瓶、鳥取県で八頭郡智頭町の極く一部の地区に限定されているといわれている。この研究では沖村が匹見町にある本学の旧演習林において立木評価のために行なった調査資料および三宅が形質と発根性の研究のために三瓶山麓において測定した調査資料を基礎としている。

先ず三瓶および匹見の天然スギが生育する林分の概況と天然スギの直径分布資料について述べる。いずれの林分も更新は殆どが伐条によるものとみられる。

### 1. 三瓶天然生林

※1 付属演習林  
※2 育林学研究室  
※3 森林計画学研究室

松江営林署管内三瓶国有林における天然スギは三瓶山北東斜面（海拔高600~800m）に群状或は点状をなして生育しているが、約4haの調査区を設けて天然スギの測定を行なった。

この調査区内において比較的スギの多い個所に30m×50mの標準地を設定し、全林毎本調査を実施したが、主な樹種ごとの直径階別本数を示すと第1表のとおりである。この際、立木位置図も作成したが、別途報告してあるので省略する。その他の広葉樹のうち主なものは、ミズキ・オニグルミ・クリが最も多く、イヌブナ・トネリコ・イタヤカエデ・エゴノキ・シロダモ・ヤマボウシ・ミヤマハハソなどであり、下層にはハイヌガヤ、ハクウンボク・ウリノキ・イロハカエデ・サンショウ・クロウメモドキ・ツリバナ・クロモジ・ハナイカダ・ヤブムラサキなどがあつた。また直径2cm以下のスギの稚樹は25本みられた。

第1表からha当りの本数・断面積をスギと広葉樹に区分して示すと第2表のようで、天然スギは本数において全体の54.5%、断面積で40.3%を占めている。次に天然スギの直径分布をみると最大117cmのものまでであるが、概ね60cm直径階まで連続して分布しており、これを4cmの級間隔にまとめると第3表のとおりである。なおha当り換算本数は142本で、広葉樹類が圧倒的に多く混交しているといえる。

### 2. 匹見天然生林

美濃郡匹見町赤谷の元島根農科大学演習林（海拔高約600~1,100m）に生育する直径10cm以上の天然スギについて調査した。天然林の面積は約230haであり、一部大径木を伐採した林分も含むが、ha当りスギの本数は150本と計算され、三瓶スギと同様に生育本数は少ない。天然スギの分布状態をみると、稜線に密生する一方、谷筋には比較的に少ない傾向がみられる。

Table 1. Diameter distribution in sample plot. (Sanbe)

Diameter (cm)	Sugi	Inuside	Kuma-side	Else	Total
4	37			3	40
6	27	4	1	6	38
8	21	3	2	5	31
10	17	4	7	7	35
12	18	4	5	8	35
14	2	4	3	4	13
16	4	2		3	9
18	4	2		4	10
20	3	1		7	11
22	2	2	1	6	11
24	6	3		3	12
26	2	1		7	10
28	1	1		2	4
30	4			4	8
32		1		2	3
34	1	1		1	3
36	1				1
38				2	2
40	1			1	2
42	2				2
44			1		1
50				1	1
56	1				1
<b>total</b>	<b>154</b>	<b>35</b>	<b>20</b>	<b>76</b>	<b>285</b>

Table 2. Number of tree and basal area per ha. (Sanbe)

	Number of tree	Basal area (m <sup>2</sup> )
Sugi	1,027	16.7
Hard wood	860	24.9
<b>Total</b>	<b>1,887</b>	<b>41.6</b>

天然林の林分構成状態をみるため、天然スギが比較的多く分布する稜線において 30m×50m の標準地を設けて毎木調査を行なったが、混交する広葉樹のうち過半はイヌブナであった。直径階別にその本数を示すと、第4表のとおりであり、広葉樹の主な樹種を挙げるとミズナラ・ミズメ・リョウブ・クリ・マンサク・ゴンゼツ・トネリコ・ネジキ・ソヨゴ・クマシデなどであり、その他センノキ・ホウノキ・マユミ・ヤマボウシ・ナツツバキ・トチノキ・アサガラ・クロモジ・ハシバミ・イタヤカエデ・サワフタギ・オオバガマズミなどが下木として

Table 3. Diameter distribution of SUGI (Sanbe)

Diameter class (cm)	Number	Diameter class (cm)	Number
2.5~ 6.4	34	34.5~38.4	16
6.5~10.4	121	38.5~42.4	18
10.5~14.4	106	42.5~46.4	14
14.5~18.4	75	46.5~50.4	8
18.5~22.4	66	50.5~54.5	3
22.5~26.4	53	54.5~58.4	1
26.5~30.4	39	58.5~	4
30.5~34.4	27	<b>tota</b>	<b>585</b>

Table 4. Diameter distribution in sample plot. (Hikimi)

Diameter (cm)	Sugi	Inubuna	Else	Total
4	22	5	12	39
6	27	10	16	53
8	11	15	15	41
10	10	15	15	40
12	4	13	8	25
14	5	12	3	20
16	4	4	3	11
18	2	6	2	10
20	7	2	3	12
22	6	7	3	16
24	3	2	4	9
26	3	3		6
28	2			2
30	2	2		4
32	1		1	2
34	1	1		2
36	2			2
38	1	1		2
40	1			1
42	1			1
44	2	1		3
46	3			3
48	1			1
52	1	1		2
60		1		1
<b>total</b>	<b>122</b>	<b>101</b>	<b>85</b>	<b>308</b>

生育していた。なお天然スギの稚樹は三瓶標準地よりも多く 267 本みられた。測定と同時に作成した立木位置図を示すと第1図のようである。

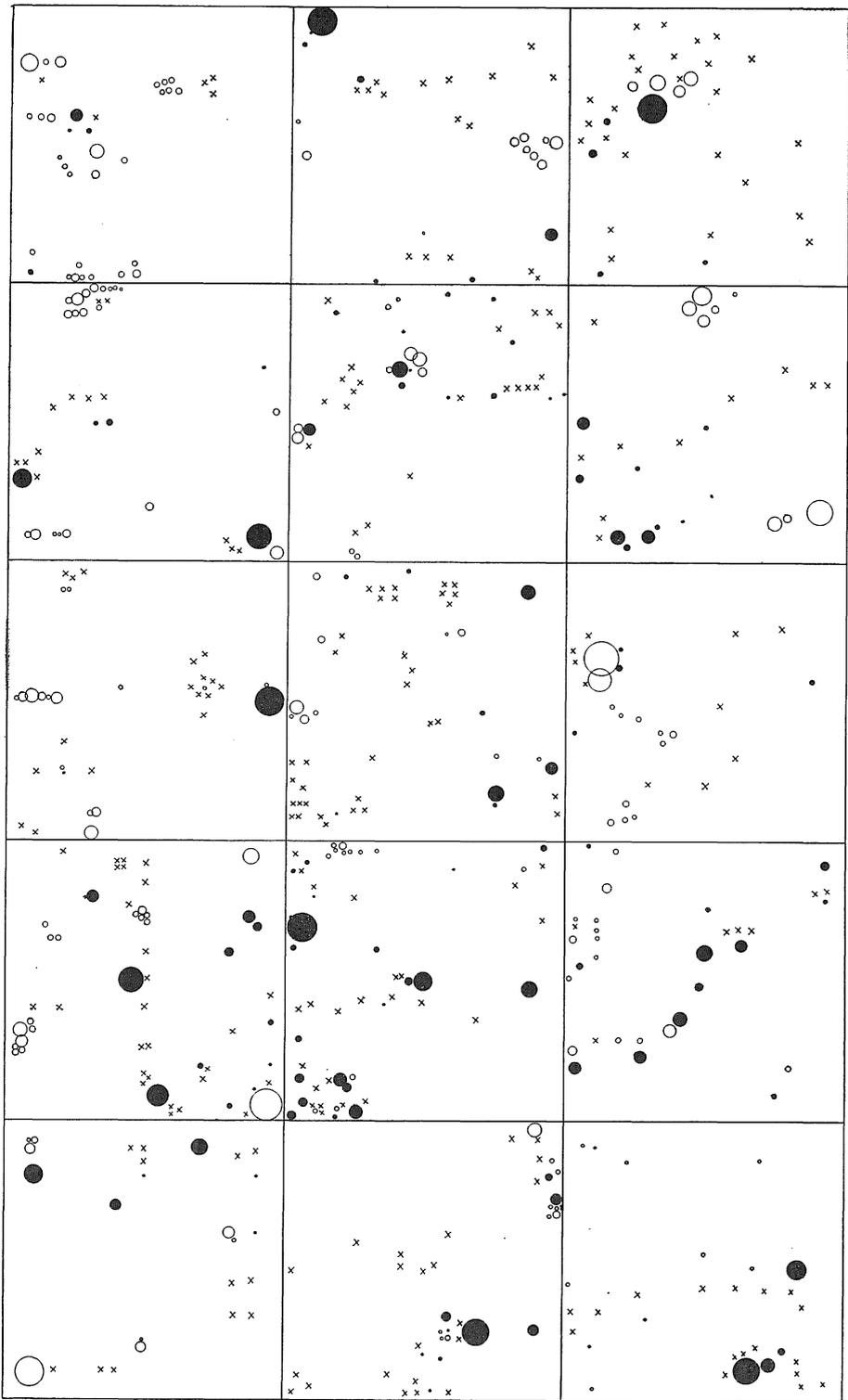


Fig.1 . Stem location-map at a sample plot (30m×50m) in HIKIMI uneven-aged forest.  
(●×○ show each natural SUGI, seedling of SUGI and hardwood)

Table 5. Number of tree and basal area per ha. (Hikimi)

	Number of tree	Basal area (m <sup>2</sup> )
Sugi	813	23.0
Inubuna	673	15.7
Else	567	6.5
Total	2,053	45.2

Table 6. Diameter distribution of SUGI. (Hikimi)

Diameter class (cm)	Number	Diameter class (cm)	Number
9.1~13.0	9,906	49.1~53.0	362
13.1~17.0	6,335	53.1~57.0	161
17.1~21.0	5,030	57.1~61.0	112
21.1~25.0	3,392	61.1~65.0	43
25.1~29.0	2,646	65.1~69.0	16
29.1~33.0	2,138	69.1~73.0	11
33.1~37.0	1,836	73.1~77.0	6
37.1~41.0	1,396	77.1~81.0	4
41.1~45.0	914	81.1~85.0	1
45.1~49.0	622	total	34,893

標準地資料から ha 当りの本数・断面積を計算して第 5 表に示すが、天然スギはそれぞれ 39.1%、51.0% を占める。

次に天然スギの調査資料から直径分布をみると、直径 85cm 程度まで連続的に分布しており、前と同様に 4 cm の級間隔で分布をまとめて示すと第 6 表のようになる。

### 度数曲線式の適合

異令林の直径分布を統計的に解析するため、和田式・寺崎式・吉田式・KORSUN 式・MEYER 式など多くの実験式が提案されている。異令林は一連の同令林が入り組んだものと見做し、これを層化して令級ごとの直径分布の組合せとみる見解もあるが、その内部構造は非常に錯綜した様相を示すのが普通であり、これを面積により分離することは困難であるから、全体の林木構成をそのまま解析するのが妥当であろう。

さて、資料は第 3 表・第 6 表を用いるわけであるが、これを相対度数に変換してみると、三瓶スギでは 58.5 cm 以上、匹見スギでは 65.1cm 以上の直径階における頻度が非常に小さくなるので切り捨て、それぞれ 2.5~58.4cm、9.1~65.0cm の直径範囲に限定して相対度数をまとめ直した結果、第 7 表のようになった。

Table 7. Relative frequency distribution of diameter.

Sanbe		Hihimi	
Dbh class (cm)	Relative frequency	Dbn class (cm)	Relative frequency
4.5	59	11	284
8.5	208	15	182
12.5	182	19	144
16.5	129	23	97
20.5	113	27	76
24.5	91	31	61
28.5	67	35	53
32.5	47	39	40
36.5	28	43	26
40.5	31	47	18
44.5	24	51	10
48.5	14	55	5
52.5	5	59	3
56.5	2	63	1
total	1,000	total	1,000

### 1. MEYER 型分布

H. A. MEYER<sup>(3)(4)</sup> は De Liocurt の方法に数学的な基礎を与え、漸減等比級数をなす直径分布に対して次の指数曲線式を誘導し、異令林の構造についての研究を進展させた。

$$y = k \cdot e^{-a \cdot x}$$

これは隣接する直径階の本数間の比(分布係数)<sup>(6)</sup>が一定であることを前提としたもので、これがまた MEYER 型に対する鑑別基準となる<sup>(7)(8)</sup>。

第 7 表資料より簡単に MEYER 式の適合性をみるため、片対数グラフに直径分布を画いてみると、第 2 図・第 3 図のようになる。両者とも中径級の本数が小・大径級のそれに比較して相対的に多く、直線的に分布しないから MEYER 型分布は適合しないといってよいだろう。

異令林には種々の調和構造があることは他の研究<sup>(2)</sup>でも指摘されており、MEYER 型曲線は規則的な取扱いによるある特定の均衡した構造をもつ、しかも大面積の択伐林において認められるものようである。

### 2. PEARSON I 型分布

次にやや計算は煩雑であるが、連続分布に対する一般的な PEARSON 系度数曲線<sup>(1)</sup>によって天然スギの直径分布を考察することにした。第 7 表資料により判定規準 K を計算すると、両者とも PEARSON I 型

$$y = y_0 \left(1 + \frac{x}{A_1}\right)^{m_1} \left(1 - \frac{x}{A_2}\right)^{m_2}$$

と判定された。但し原点は平均値であり、各係数は次のようにして計算される。

$$\begin{aligned} (m_1 + 1)/A_1 &= (m_2 + 1)/A_2 \\ \gamma &= 6(\beta_2 - \beta_1 - 1)/3(\beta_1 - 2\beta_2 + 6) \end{aligned}$$

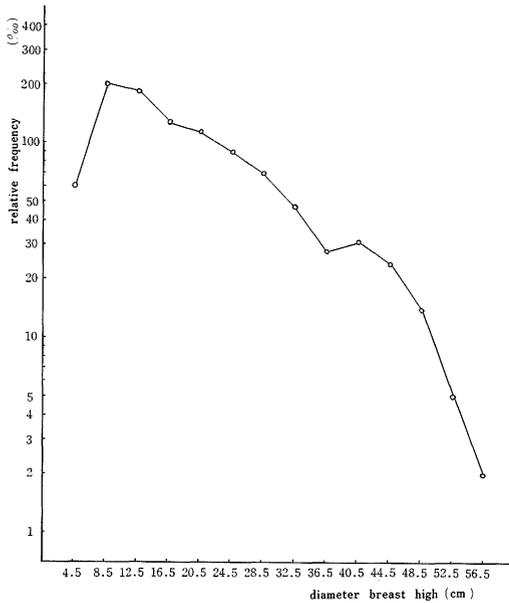


Fig. 2. Diameter distribution of SUGI (Sanbe)

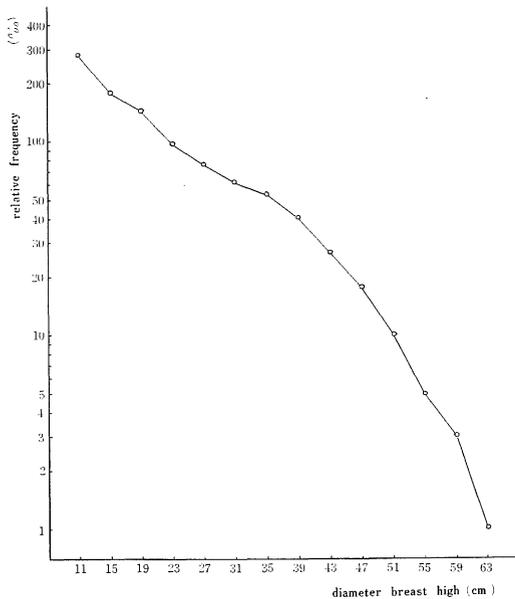


Fig. 3. Diameter distribution of SUGI (Hikimi)

$$A_1 + A_2 = \frac{1}{2} \sqrt{\mu_2} \sqrt{\beta_1(\gamma + 2)^2 + 16(\gamma + 1)}$$

$$m = \frac{1}{2} \left\{ \gamma - 2 \mp \gamma(\gamma + 2) \sqrt{\frac{\beta_1}{\beta_1(\gamma + 2)^2 + 16(\gamma + 1)}} \right\}$$

$$y_0 = \frac{N}{A_1 + A_2} \cdot \frac{(m_1 + 1)^{m_1} (m_2 + 1)^{m_2}}{(m_1 + m_2 + 2)^{m_1 + m_2 + 2}}$$

$$\frac{\Gamma(m_1 + m_2 + 2)}{\Gamma(m_1 + 1)\Gamma(m_2 + 1)}$$

a) 三瓶スギの度数曲線

先ず三瓶スギの直径分布資料から累積法によって2次・3次・4次のモーメントを計算し、さらに修正値を求めると次のようになる。

$$\mu_2 = 7.45163 \quad \mu_3 = 20.1564 \quad \mu_4 = 186.947$$

さらに積率法により統計量

$$\beta_1 = 0.9819109 \quad \beta_2 = 3.366789$$

を得た。従って、 $K = -0.427$  となり、I型の曲線式の係数は

$$A_1 + A_2 = 14.22577$$

$$m_1 = -0.1497015$$

$$m_2 = 1.9058885$$

となる。ここで  $m_1$  が負数であることは、J字型であることを意味し、実際の分布と矛盾するから、初めの直径階 4.5cm の度数を省いて再び相対度数を算出した。

同じ様にして、新度数に対し累積法で各モーメントを計算して、次のような値となった。すなわち SHEPPARD の修正をしたモーメントは、

$$\mu_2 = 7.04187$$

$$\mu_3 = 19.4181$$

$$\mu_4 = 168.116$$

となり、平均値は 19.692、標準偏差は 10.614、従って変動係数は 0.539 となった。さらにこれらモーメントによって計算をすすめて

$$\beta_1 = 1.07981525$$

$$\beta_2 = 3.39026254$$

を得、I型度数曲線式として(1)式のようなになった。

$$y = 118.36 \left(1 + \frac{x}{2.8595}\right)^{-0.29101} \left(1 - \frac{x}{10.0212}\right)^{1.48863} \quad (1)$$

曲線の出発点は 8.276 である。各直径階に於ける理論度数を(1)式によって求めて図示すると、第4図のとおりであるが、第8表のように  $\chi^2$  検定の結果(1)式の適合のよいことが明らかとなった。

b) 匹見スギの度数曲線

前と同様にして第7表より修正モーメントを求めると

$$\mu_2 = 7.02427$$

$$\mu_3 = 21.4261$$

$$\mu_4 = 182.144$$

となり、平均値は 21.16、標準偏差は 10.601、従って変動係数は 0.501 と計算される。またモーメントによる統計量  $\beta_1, \beta_2$  は

$$\beta_1 = 1.329048$$

$$\beta_2 = 3.691581$$

となり、度数曲線式として (2) 式を得た。

Table 8. Test of goodness of fit. (Sanbe)

Dbh(cm) (1)	Actual value (2)	Theoretical value (3)	(3)-(2) (4)	(4) <sup>2</sup> (5)	(5)/(3) (6)
8.5	221	218	-3	9	0.041
12.5	194	202	8	64	0.316
16.5	137	146	9	81	0.554
20.5	121	113	-8	64	0.566
24.5	97	88	-9	81	0.920
28.5	71	69	-2	4	0.057
32.5	49	54	5	25	0.463
36.5	29	41	12	144	3.512
40.5	33	29	-4	16	0.551
44.5	26	20	-6	36	1.800
48.5	15	13	-2	4	0.307
52.5	5 2	6 1	0	0	
total	1,000	1,000			9.087

$$\chi^2 = 9.09 < \chi^2(7.05) = 14.07$$

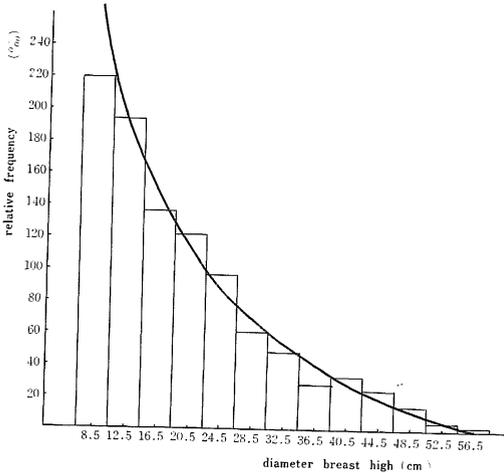


Fig. 4. Fittness of Pearson's function curve. (Sanbe)

$$y = 115.25 \left(1 + \frac{x}{2.7442}\right)^{-0.35417} \left(1 - \frac{x}{10.5958}\right)^{1.49367} \quad (2)$$

同様に原点は平均値で、曲線の出発点は 10.191 である。

(2) 式によって理論度数分布を計算して第 5 図に示すが、適合度の検定を行なった結果は第 9 表のようで、三瓶スギの場合と同じく PEARSON I 型曲線が適合することを示している。

Table 9. Test of goodness of fit. (Hikimi)

Dbh(cm) (1)	Aactual value (2)	Theoreti cal value (3)	(3)-(2) (4)	(4) <sup>2</sup> (5)	(5)/(3) (6)
11	284	284	0		
15	182	189	7	49	0.259
19	144	134	-10	100	0.746
23	97	102	5	25	0.245
27	76	79	-3	9	0.189
31	61	62	1	1	0.016
35	53	48	-5	25	0.521
39	40	36	-4	16	0.444
43	26	27	1	1	0.037
47	18	18	0		
51	10	12	2	4	0.333
55	5	6	1		
59	3	3	0		
63	1	0			
total	1,000	1,000			2.790

$$\chi^2 = 2.79 < \chi^2(7.05) = 14.07$$

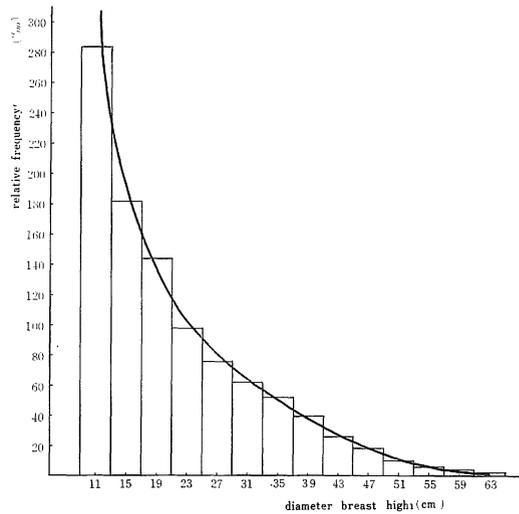


Fig. 5. Fittness of Pearson's function curve. (Hikimi)

c) 天然スギの樹高分布

三瓶スギについては、目測ではあるが樹高も測定してある。その樹高分布をみると、直径の場合のように左偏の鐘型であり、同じ PEARSON I 型の分布が予想されるので計算を行ない (3) 式を得た。

$$y = 168.97 \left( 1 + \frac{x}{1.19103} \right)^{0.22096} \left( 1 - \frac{x}{11.54782} \right)^{2.14238} \quad (3)$$

原点は mode (=4.88) であり、歪度は1.98となった。しかし理論度数を算出して検定したところ、適合はよくなかった。

摘 要

異令林における直径分布を把握することは施業の基礎としても重要である。この研究は大田市の三瓶山麓と美濃郡匹見町において調査された資料を材料として、天然スギの直径分布について考察したものである。

1. 天然スギの生育する林分の構成状態を 0.15ha の標準地を設定して調査した。その結果は第1表・第4表のとおりであるが、ha 当り本数は三瓶が約 1,890 本、匹見が 2,050 本であり、断面積はそれぞれ 41.6m<sup>2</sup>、45.2m<sup>2</sup> であった。

2. 三瓶スギの資料は約 4 ha の調査区、匹見スギは約 230ha の天然林から得た資料であり、それは第3表と第6表に示してあるが、度数曲線を考察するために、第

7表に示す相対度数を算出した。

3. 三瓶スギ・匹見スギとも MEYER 型分布は第2図・第3図に示すように適合のよくないことが明らかとなり、PEARSON I 型曲線がよく適合した。原点を曲線の出発点とする場合の度数曲線式は次のようになる。

三瓶スギ

$$y = 5.14 x^{-0.291012} (12.88 - x)^{1.488628}$$

匹見スギ

$$y = 4.85 x^{-0.354172} (13.34 - x)^{1.493666}$$

引用文献

1. Elderton, W. P. : Frequency Curves and Correlation. 1953, Cambridge.
2. Leak, W. B. : Forest Science 10. 1 : 39~50, 1964
3. Meyer, H. A. : Schw. Zeitschr. f. For., 33~46, 88~103, 124~131. 1933
4. Meyer, H. A. et al : Forest Management, 1952, p 140~163, Ronald Press.
5. 三善正市 : 宮大演報 3, 1955
6. 西沢正久 : 森林測定法 1965, P 274~281, 東京
7. 大隅真一 : 京府大演集報 5, 9~18, 1961
8. 谷口信一 : 正常蓄積のもつめ方 1955, P 1~21, 旭川営林局
9. 安井鈞 : 日林講 74 : 72~74, 1963
10. 和田国次郎 : 択伐作業論その他 1930

Summary

This paper describes an expressions of diameter distribution that was reserched for the natural regenerated "SUGI" in uneven-aged stands on the Sanbe and Hikimi forest, Shimane Prefecture.

In an uneven-aged stand, the curve of numbers of trees plotted over dbh approaches an inverse J-shaped form, and this is a essential characteristic of an uneven-aged distribntion. To determine whether a given diameter distribution was balanced or not, H. A. Meyer suggested plotting numbers of trees over dbh on semi-logarithmic paper. But the actual data shown that uncomform to this relationship as Fig. 1 and 2.

Hence, we fitted Pearson's frequency distribution function for the these distribution, and decided that 1 type of the distribution curve. The results of calculated was as follows.

Sanbe  $y = 5.14 x^{-0.29101} (12.88 - x)^{1.48863}$

Hikimi  $y = 4.83 x^{-0.35417} (13.34 - x)^{1.49367}$

The both equations confimed that well-iftting at statistic test.