
論文

**砂丘地におけるクロマツ林の胸高直径と
樹高の度数分布および順位の変動**

小笠原 隆 三*

**On the Transition of the Frequency Distribution and the Order
of Diameter Breast Height and Tree Height of Pine
Forest (*Pinus Thunbergii*) on the Sand Dune**

Ryuzo OGASAWARA*

Summary

The frequency distributions of diameter, diameter increment, height and height increment of 20 years old pine forest at the early stage show nearly normal type, but those of diameter and diameter increment tend to change toward L-type with increasing forest age. The order-fluctuations of diameter and diameter increment tend to decrease with increasing forest age. The strongest order-correlation is observed between stem volume and diameter, and the minimum lies between diameter and height. With increasing forest age, the order-correlation between diameter and diameter increment tends to increase, but it does not increase in that between height and height increment.

The frequency distributions of diameter growth rate and height growth rate at the early stage show L-type, but these tend to change toward nearly normal type with increasing forest age. The relationship between height and height growth rate and that between diameter and diameter growth rate change from the negative correlation to the positive correlation with increasing forest age.

The transitions of the frequency distribution and the order of diameter are different from those of height.

It may be considered that this difference is related to the fact that diameter is very strongly influenced by the density while height is very weakly influenced.

*鳥取大学農学部森林計画学研究室：Laboratory of Forest Planning, Faculty of Agriculture, Tottori University.

I 緒 言

一般に、植栽された林木は、はじめ大きさにそれほどちがいがみられないが、生育につれ内的、外的条件のちがいにより、生長に差を生じ、大きさの順位や度数分布に変化がみられるようになる。

こうした変化の状態を知ることは、間伐等により、施業目的に合った林分構造を維持していくうえからも必要なことである。

既報⁴⁾において、砂丘地に植栽されているクロマツ林の幹材積の度数分布と順位の変動について報告したが、今回は、同じ林分を対象にして、胸高直径および樹高に関して調べた結果を報告する。

II 材料および方法

鳥取市の湖山砂丘地に植栽されているクロマツ林を対象とした。調査した林分および方法は幹材積の場合⁴⁾と同様である。

20年生クロマツ林の中で、植栽当初の本数をほぼ維持しているとみられるところに6m×6mのプロットを2ヶ所もうけた。プロット内の全立木を伐倒し、樹幹析解により3年ごとの胸高直径および樹高を測定した。

胸高直径は、すべて皮なしで示した。生長量は3年間の定期平均生長量で示し、生長率はライブニッツ法で求めた。

度数分布の階級巾はKoyama等³⁾と同じ方法で、非対象度はPearson法で、順位相関係数はSpearman法で、順位変動指数は只木等⁶⁾と同じ方法で求めた。

III 結 果

1. 胸高直径および樹高

直径および樹高の度数分布の林齢にともなう推移をみるとFig. 1～2のようである。

直径、樹高ともはじめ正規に近い分布をしているが、林齢がすすむにつれ直径では次第にL型化していき、樹高では正規型に近い分布を維持している。

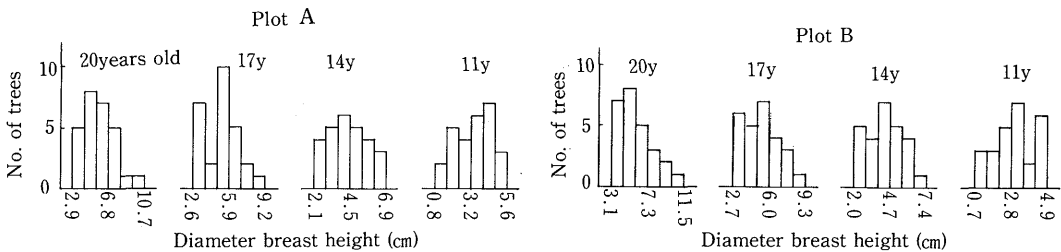


Fig. 1 Frequency distribution of diameter breast height

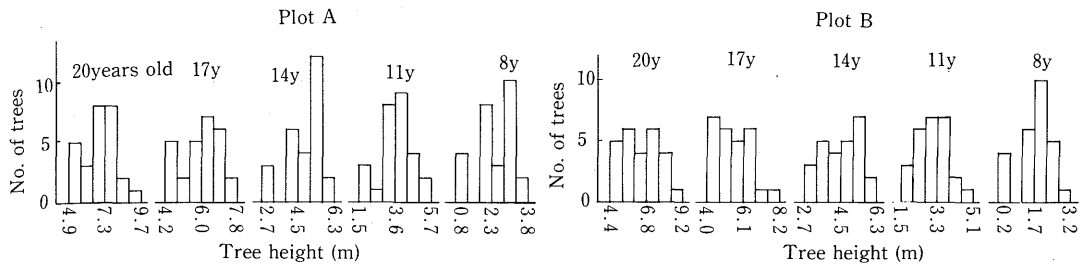


Fig. 2 Frequency distribution of tree height

Table 1 Mean value (\bar{x}), standard deviation (s) and asymmetry (Sk) concerning breast height diameter

Plot	Forest age	\bar{x} (cm)	s (cm)	Sk
Plot A	20	5.71	1.82	0.568
	17	5.06	1.55	0.182
	14	4.30	1.30	0.136
	11	3.33	1.19	-0.234
Plot B	20	5.97	1.99	0.774
	17	5.23	1.57	0.349
	14	4.26	1.36	0.098
	11	2.91	1.19	-0.109

Table 2 Mean value (\bar{x}), standard deviation (s) and asymmetry (Sk) concerning tree height

Plot	Forest age	\bar{x} (m)	s (m)	Sk
Plot A	20	6.97	1.10	-0.042
	17	6.02	0.95	-0.294
	14	4.83	0.94	-0.875
	11	3.67	0.93	-0.300
	8	2.47	0.80	-0.542
Plot B	20	6.52	1.26	0.147
	17	5.56	0.97	0.461
	14	4.46	0.93	-0.171
	11	3.08	0.81	0.195
	8	1.85	0.63	-1.000

直径、樹高の平均値 (\bar{x})、標準偏差 (s)、非対称度 (Sk) についてみると Table 1~2 のように、 \bar{x} 、s では直径、樹高とも林齢とともに増加し、Sk では直径ははじめ 0 に近い負の値であったものが、正の値に転じ増加していくに対し、樹高の場合は 0 に近い負の値を示し、林齢による増加はみとめにくい。

このことから、直径の度数分布は正規型から L 型へ変化し、樹高では正規型を維持していると

Table 3 Rank correlation coefficient (Rs) and order-fluctuation index (In) concerning diameter

Forest age	Rs		In	
	Plot A	Plot B	Plot A	Plot B
20-17	0.995	0.982	14	26
17-14	0.954	0.973	36	34
14-11	0.976	0.964	47	42

Table 4 Rank correlation coefficient (Rs) and order-fluctuation index (In) concerning height

Forest age	Rs		In	
	Plot A	Plot B	Plot A	Plot B
20-17	0.923	0.938	64	50
17-14	0.921	0.935	61	57
14-11	0.892	0.932	68	52
11-8	0.912	0.934	64	56

Table 5 Rank correlation coefficient (Rs) among stem volume (V), diameter (D) and height (H)

Plot	Forest age	V-D	V-H	D-H
Plot A	20	0.992	0.924	0.910
	17	0.987	0.895	0.856
	14	0.987	0.851	0.826
	11	0.983	0.840	0.780
Plot B	20	0.985	0.949	0.936
	17	0.989	0.938	0.928
	14	0.995	0.918	0.909
	11	0.979	0.931	0.934

みることができる。

直径、樹高の順位相関係数 (Rs), 順位変動指数 (In) は Table 3 ~ 4 のようである。林齢がすすむにつれ、直径では Rs が増加し、In が減少していく傾向のみられるのに対し、樹高では Rs, In とともに大きな変化はなく、全般に直径にくらべて Rs は小さく、In は大きい値を示した。このことは直径の順位変動は林齢とともに小さくなっていくのに対し、樹高では変動は直径の場合より大きく、林齢がすすんでも変動が少なくなっていくことを示している。これは、林齢とともに高まっていく相対密度の影響を樹高の場合にはうけにくいこととも関係していよう。

次に、幹材積、直径、樹高の相互の順位相関係数 (Rs) をみると Table 5 のようである。Rs は直径と幹材積で最も大きく、次いで樹高と幹材積、直径と樹高の順である。直径と幹材積との Rs は、つねに高い値を示しているが、樹高と幹材積、直径と樹高の場合は林齢とともに大きくなっていく。こ

のことは、直径と幹材積との順位相関はつねに高く、それより相関の低い樹高と幹材積、直径と樹高の場合でも、林齢が高まっていくにつれ順位相関が高くなっていくことを示している。

2. 直径生長量および樹高生長量

直径生長量および樹高生長量の林齢にともなう推移をみるとFig. 3～4のようである。

直径生長量、樹高生長量の平均値 (\bar{x})、標準偏差 (s)、非対象度 (Sk) の林齢にともなう推移をみるとTable 6～7のようである。

直径生長量、樹高生長量とも、はじめ正規型に近い分布をしているが、林齢とともに直径生長量

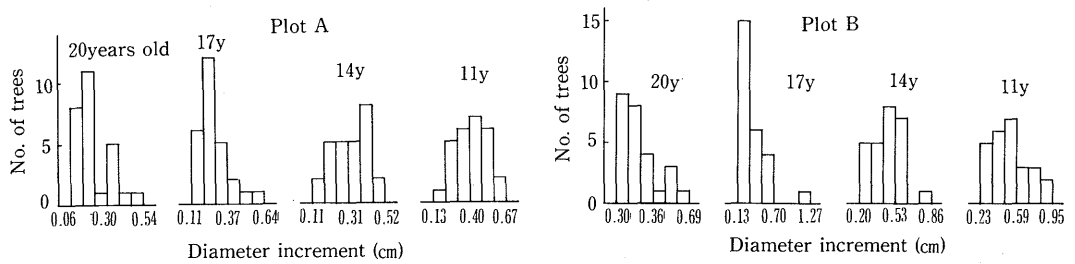


Fig. 3 Frequency distribution of diameter increment

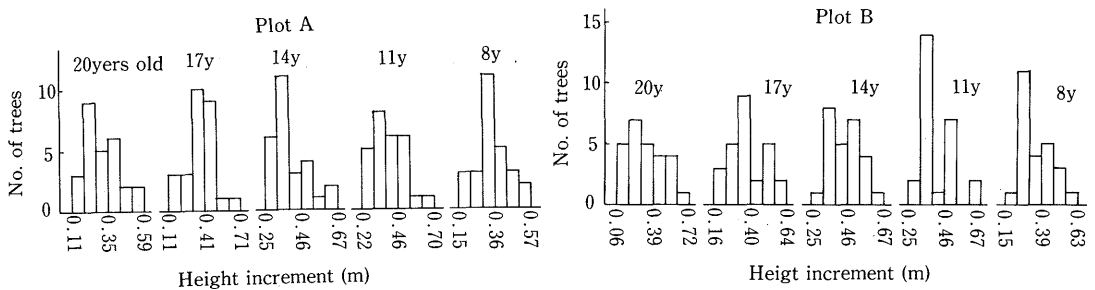


Fig. 4 Frequency distribution of height increment

Table 6 Mean value (\bar{x}), standard deviation (s) and asymmetry (Sk) concerning diameter increment

Plot	Forest age	\bar{x} (cm)	s (cm)	Sk
Plot A	20	0.22	0.12	0.972
	17	0.25	0.12	1.216
	14	0.32	0.11	-0.223
	11	0.41	0.12	-0.067
Plot B	20	0.24	0.18	0.985
	17	0.35	0.22	1.873
	14	0.44	0.14	0.247
	11	0.53	0.18	0.472

Table 7 Mean value (\bar{x}), standard deviation (s) and asymmetry (Sk) concerning height increment

Plot	Forest age	\bar{x} (m)	s (m)	Sk
Plot A	20	0.32	0.12	-0.077
	17	0.39	0.12	0.953
	14	0.39	0.11	0.490
	11	0.40	0.11	0.136
	8	0.35	0.10	0.791
Plot B	20	0.32	0.16	0.353
	17	0.38	0.12	0.274
	14	0.45	0.10	0.943
	11	0.41	0.11	0.871
	8	0.35	0.10	0.432

Table 8 Rank correlation coefficient (Rs) and order-fluctuation index (In) concerning diameter increment

Forest age	Rs		In	
	Plot A	Plot B	Plot A	Plot B
20-17	0.891	0.784	74	95
17-14	0.811	0.608	101	128
14-11	0.339	0.347	170	160

Table 9 Rank correlation coefficient (Rs) and order-fluctuation index (In) concerning height increment

Forest age	Rs		In	
	Plot A	Plot B	Plot A	Plot B
20-17	0.526	0.468	157	157
17-14	0.123	0.057	213	227
14-11	0.071	0.282	227	180
11-8	0.238	0.085	188	221

Table 10 Rank correlation coefficient (Rs) between diameter and diameter increment

Forest age	Plot A	Plot B
20	0.737	0.802
17	0.714	0.618
14	0.422	0.507

Table 11 Rank correlation coefficient (Rs) between height and height increment

Forest age	Plot A	Plot B
20	0.697	0.753
17	0.207	0.344
14	0.223	0.432
11	0.544	0.582

でL型化し、樹高生長量ではL型化はみられず、正規型に近い分布を維持している。直径とその生長量および樹高とその生長量は、それぞれ類似した傾向を示している。直径生長量、樹高生長量の順位相関係数 (Rs), 順位変動係数 (ln) をみるとTable 8～9 のようである。

直径生長量のRsは林齢とともに増加し、その値は直径のそれより小さい。樹高生長量のRsは、直径生長量のそれよりさらに小さく、林齢にともなう増減がはっきりしない。

直径生長量のlnは直径のその数倍大きく林齢とともに減少していくが、樹高生長量のlnはさらに大きく、林齢にともなう増減がはっきりしない。

これらのことは、直径生長量の順位変動は直径のそれよりかなり大きい、林齢とともに減少していき、樹高生長量の場合は、直径生長量より順位変動が大きく、林齢がすすんでもとくに減少することはないことを示している。

次に、直径と直径生長量および樹高と樹高生長量との順位相関係数 (Rs)はTable10～11のようである。

直径とその生長量との順位相関は林齢とともに高まっていくが、樹高とその生長量では直径の場合より相関が低く林齢による増減がはっきりしない。

幹材積、直径、樹高とそれぞれの生長量との順位相関を比較すると幹材積⁴⁾で最も高く、次いで直径である。

3. 直径生長率および樹高生長率

直径生長率、樹高生長率の度数分布の林齢にともなう推移をみるとFig. 5～6 のようである。

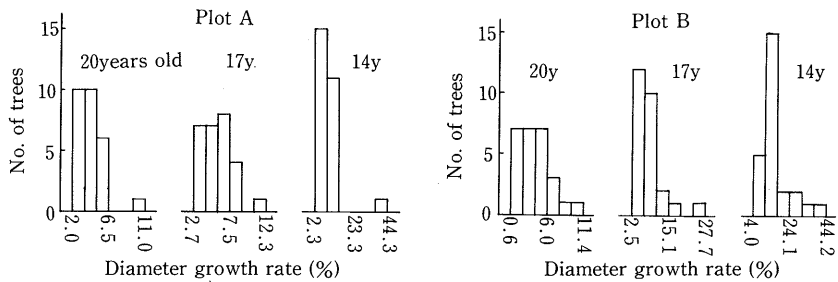


Fig. 5 Frequency distribution of diameter growth rate

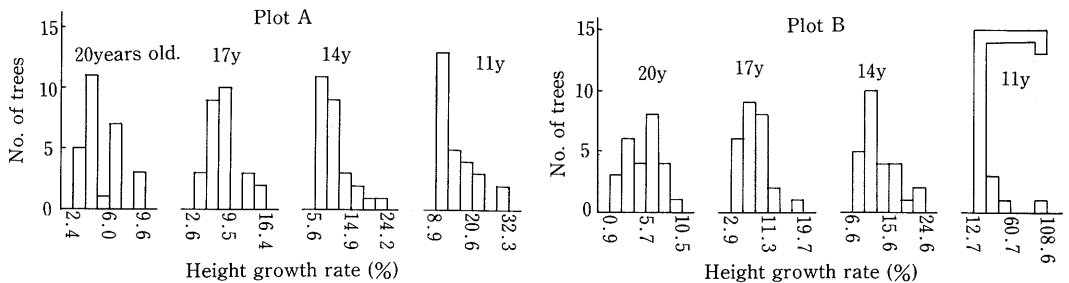


Fig. 6 Frequency distribution of height growth rate

Table 12 Mean value (\bar{x}), standard deviation (s) and asymmetry (Sk) concerning diameter growth rate

Plot	Forest age	\bar{x} (%)	s (%)	Sk	CV (%)
Plot A	20	4.03	1.69	-0.932	41.94
	17	5.65	2.02	0.702	35.85
	14	10.17	7.07	3.167	69.52
Plot B	20	4.21	2.37	0.773	56.29
	17	8.19	4.97	2.049	60.68
	14	15.61	8.43	1.521	54.00

Table 13 Mean value (\bar{x}), standard deviation (s) and asymmetry (Sk) concerning height growth rate

Plot	Forest age	\bar{x} (%)	s (%)	Sk	CV (%)
Plot A	20	5.06	1.84	0.737	36.36
	17	7.26	3.47	0.892	47.80
	14	10.31	4.67	1.360	45.30
	11	15.38	5.98	1.221	38.88
Plot B	20	5.36	2.24	0.773	41.79
	17	8.00	3.22	2.049	40.25
	14	13.47	4.33	1.521	32.15
	11	23.01	18.85	1.713	81.92

直径生長率、樹高生長率とも、はじめシャープなL型分布をしているが、林齢がすすむにつれ、次第に正規型化していく傾向がみられる。

直径生長率および樹高生長率の平均値 (\bar{x})、標準偏差 (s)、変動係数 (cv)、非対称度 (Sk) をみるとTable13~14のようである。

直径生長率とも、 \bar{x} 、s、Skは林齢とともに減少していく傾向がみられるが、CVについてははっきりしない。樹高生長率のCVは直径生長率のCVより小さい値を示している。

これらのことは、直径生長率、樹高生長率とも、林齢とともに、その値が小さくなり、また、個体間の差も小さくなり、その度数分布はL型から正規型へ変っていくことを示している。

次に、直径生長率、樹高生長率の順位相関係数 (Rs)、順位変動指数 (ln) をみると Table 15 のようである。

直径生長率のRsは、直径や直径生長量のそれより小さく、lnは大きい値を示し、林齢にともなう変化ははっきりしない。樹高生長率の場合も同様な傾向を示している。

直径生長率の順位変動は、直径や直径生長量のそれより大きく、林齢がすすんでも減少していかない。樹高生長率の順位変動は直径生長率のそれより大きい、他は同様な傾向をもっている。

Table 14 Rank correlation coefficient (Rs) and order-fluctuation index (In) concerning diameter growth rate

Forest age	Rs		In	
	Plot A	Plot B	Plot A	Plot B
20-17	0.754	0.522	113	147
17-14	0.579	0.436	152	156
14-11	0.867	0.674	93	117

Table 15 Rank correlation coefficient (Rs) and order-fluctuation index (In) concerning height growth rate

Forest age	Rs		In	
	Plot A	Plot B	Plot A	Plot B
20-17	0.631	0.318	142	176
17-14	0.351	0.072	185	229
14-11	0.341	0.399	180	173

Table 16 Rank correlation coefficient (Rs) between diameter and diameter growth rate

Forest age	Plot A	Plot B
20	0.369	0.491
17	0.074	-0.129
14	-0.474	-0.525

Table 17 Rank correlation coefficient (Rs) between height and height growth rate

Forest age	Plot A	Plot B
20	0.286	0.494
17	-0.144	-0.035
14	-0.296	-0.331
11	-0.426	-0.221

直径と直径生長率、樹高と樹高生長率との順位相関係数 (Rs) をみると Table 16, 17 のようである。両者とも, Rs ははじめ負の値を示しているが, 林齢がすすむにつれ増加し, 正の値を示すようになる。このことは, 直径, 樹高とも, 相関は低い, はじめ大きいもので小さい生長率をもっていたのが, 林齢とともに大きいものが大きい生長率をもつ傾向に変わっていくことを示している。

IV 考 察

林分における直径, 樹高の度数分布や順位の変動状態を知ることは, 施業目的に合った林分構造を人為的に調整していくうえからも必要なことである。

一般に, 生育がすすみ相対密度が高まってくにつれ林木の直径, 幹重量の分布は L 型に, 樹高は J 型または正規型になりやすいとされている⁵⁾

安藤等¹⁾は, 天然林アカマツ幼令林の高密度林分での直径分布は L 型を示すとし, Koyama 等³⁾は, 9 年生アカマツの樹高分布は正規型を示すとしている。

砂丘地に植栽されている 20 年生クロマツ林の場合, 直径, 樹高ともはじめ正規型に近い分布をし

ているが、林齢がすすむにつれ直径ではL型化していくに対し、樹高では正規型に近い分布を維持している。

直径や樹高の順位変動は生育がすすむにつれ、小さくなっていくとする報告がある。

只木等⁶⁾は、スギ苗とアカマツ苗の苗長およびスギの間伐木の地上30cmの直径の順位変動量は、生育がすすむと減少していくとし、高田⁷⁾は、トウヒの直径の順位変化は初期で大であるが漸次安定していくとしている。

砂丘地のクロマツ林の場合、林齢がすすむにつれ、直径では明らかに順位変動が小さくなっていくが、樹高ではとくに小さくなることはない。

何故、直径と樹高とでは、度数分布や順位の変化にこのようなちがいがおこるのだろうか。

林木の場合、単位面積当りの断面積合計に上限があるため、水平方向の競争があるが、垂直方向ではそれがない。従って、一般に直径は密度の影響をうけやすいが、樹高はうけにくいとされている。このような密度の影響のちがいも度数分布や順位の変動のちがいにかかわりをもっていると思われる。

吉良等²⁾は、生長モデルN-N型において、見かけ上正規分布を維持していくための条件として、(A) 生長率の平均値が小さいこと、(B) 生長率に対して、生長率の標準偏差が小さいこと、(C) 個体重と生長率との組合せが、たえずrandomizeされていること、をあげている。

クロマツ林の場合、樹高の生長率の平均値が、直径のそれより小さいことはなく、また、組合せが樹高の方がとくにrandomizeされていることはない。ただ、生長率の変動係数が、樹高の方が小さい値を示しており、このことが正規分布を維持することと関連があるのかもしれない。しかし、また、クロマツ林の生長モデルが同じとかぎらないため、この考え方があてはまるかどうかかわからない。

クロマツ林では、林齢がすすみ相対密度がたかまっていくにつれ、大きい直径のもので大きい生長量をもつ傾向がつよくなり、その結果、大きいものと小さいものとの差が益々ひろき、順位の逆転はおこりにくくなり、度数分布はL型化していく。

それに対し、樹高の場合は、生長率の変動係数は小さく、また、大きいもので大きい生長量をもつ傾向がつよくない。こうしたことが、直径の場合のように大きい個体と小さい個体との差が益々大きくなっていくことを少なくしているものとみられる。従って、分布は正規型から大きくはずれることなくまた、順位の変動も直径の場合にくらべ多いと思われる。

ただし、さらに生育がすすんでくると、樹高の場合は、周囲より低いものは被圧されて枯死しやすい。それに対し、直径の場合は細いものと太いもので同じ樹高をもつものが多く、小さい直径のものが全て被圧され枯死することはない。樹高の場合、被圧され、枯死していくものの多いことも、正規型またはJ型分布をもたらす要因の一つであろう。

砂丘地におけるクロマツ林の直径と幹材積との順位相関はつねに高く、度数分布や生長量、生長率との関係も極めて類似している。

変動の傾向は同じであっても、度合に差があり、この点を十分考慮していくなれば、測定に多くの労力と時間を要する幹材積の度数分布や順位の変動状態を、測定容易な直径のそれをもって推測することも十分可能と考える。

V 要 約

砂丘地に植栽されている20年生クロマツ林の胸高直径および樹高の度数分布と順位の変動について調べた。

林齢がすすむにつれ、直径の度数分布はL型化し、順位変動は小さくなっていくが、樹高の度数分布は正規型を維持し、順位変動はとくに小さくなることはない。

直径、樹高、幹材積の相互の順位相関は、直径と幹材積で最も高く、次いで樹高と幹材積である。

直径とその生長量との順位相関は林齢とともに高まっていくが、樹高とその生長量では高まっていくことはなく、直径の場合より順位相関は低い値を示す。

生長率は、直径、樹高とも、はじめL型分布をしているが、林齢とともに正規型化していく。直径、樹高とそれぞれの生長率の順位相関は、林齢とともに負から正の相関へ変っていく。

直径、樹高とも、はじめ正規型分布していること、生長率の分布がL型から正規型へ変ること、大きいもので大きい生長率をもつ傾向に変ることなど共通したものをもっている。直径では、林齢とともに大きいもので大きい生長量をもつ傾向がよくなり、大きい個体と小さい個体との差が益々大きくなり、順位変動がおこりにくくなり度数分布がL型化していく。それに対し、樹高では、生長率の変動係数が小さく、大きいもので大きい生長量をもつ傾向が直径より小さく、林齢がすすんでも高まることはない。このことが順位変動がおこりやすく、度数分布のL型化をもたらさない要因の一つになっているものと考ええる。また、こうしたことは林齢とともに高まっていく相対密度の影響を直径では大きくうけるが、樹高はうけにくいこととも密接に関連していよう。

砂丘地におけるクロマツ林の直径と幹材積の度数分布や順位の変動はよく類似していることから、幹材積の度数分布や順位の変動を測定容易な直径のそれから推測することも可能と考える。

文 献

- 1) 安藤貴・坂口勝美・成田忠範・佐藤昭敏：アカマツ天然生除伐試験林の解析（第1報）生長経過と相対生長。林試研報 144 1～30 (1962)
- 2) 吉良龍夫・穂積和夫・小川房人・小山博史・依田恭二・篠崎吉郎：同種植物個体間の競争現象生物科学. 8 2～10 (1956)
- 3) Koyama, H. and Kira, T.: Intraspecific Competition among Higher Plants VIII. Frequency Distribution of Individual Plant Weight as Affected by the Interaction between Plants J. Inst. Polytech. Osaka City Univ. Sec. D. 7 pp. 73～94 (1956)
- 4) 小笠原隆三：砂丘地におけるクロマツ林の幹材積の度数分布および順位の変動。

鳥大演報 16 pp. 31~42 (1961)

5) 四手井網英編：アカマツ林の造成. 地球出版 東京 (1963)

6) 只木良也・四手井網英：林木の競争に関する研究 (IV) 生長にともなう林分内の個体順位の変動. 日本誌 44 pp. 203~212 (1962)

7) 高田和彦：西ドイツのトウヒ林分における胸高直径の大きさの順位の変化について. 日本誌 63 pp. 311~314 (1980)