

# コウヨウザン人工林の容積密度に及ぼす植栽密度及び立地 条件の影響

誌名	高知大学農学部演習林報告
ISSN	03894622
著者	中山, 義雄 劉, 元
巻/号	24号
掲載ページ	p. 29-37
発行年月	1997年4月

# コウヨウザン人工林の容積密度に及ぼす植栽密度 及び立地条件の影響\*

劉 元<sup>1</sup>・中山義雄<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> 愛媛大学大学院連合農学研究科資源科学連合講座・<sup>2</sup> 森林資源利用学講座)

## Effect of Plantation Density and Site Condition on Wood Basic Density for Chinese Fir (*Cunninghamia lanceolata*).

Yuan LIU<sup>1</sup> and Yoshio NAKAYAMA<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> Major Chair of Bioresource Science for Manufacturing,

The United Graduate School of Agricultural Sciences, Ehime University ;

<sup>2</sup> Chair of Forests Products)

### 1. はじめに

コウヨウザン (*Cunninghamia lanceolata*) は中国で最も代表的な樹種の一つであり、中国南方のほぼ全域に植栽され、中国商品用材の1/4～1/5を占め、その人工林の面積は湖南省だけでも288万 ha に至っているとのことである<sup>1)</sup>。しかし、木材の性質は同一樹種でも、遺伝的要因、植栽地域及び保育技術によって、変異が大きくなり、木材利用上、幾つかの問題が生じている。木材の性質による用途選択、または特定の利用目的に適合した用材を生産するためには、その性質に及ぼす環境条件及び保育技術の影響を把握する必要がある。また、容積密度数は木材の基本的な性質であり、強度的な性質等との相関性が高い。それに影響を及ぼす保育技術としては植栽密度、枝打ち、間伐、施肥、灌水などがあげられる。これまでに、木材の性質に及ぼす植栽密度の影響について、多くの研究がなされ、一般的に植栽密度が低ければ、間伐の程度が高ければ、成長率は高くなるが<sup>2-11)</sup>、容積密度は低くなる場合<sup>3, 12-15)</sup>、あまり変わらないとする数々の報告がある<sup>2, 7, 8, 11, 16)</sup>。つまり、材質に及ぼす植栽密度の影響は、樹種や立地条件などの違いによって異なるものと考えられる。

本研究では、コウヨウザンの平均容積密度 (MBD) に対する植栽密度と立地条件の影響について重点的に検討した。さらに、これまでに、材質のバラツキに関する研究は少ないので<sup>17)</sup>、そのバラツキに対する植栽密度と立地条件の影響についても詳細に検討した。

### 2. 供試林と実験方法

供試林は中国で広葉杉の主要産地の一つである江西省のコウヨウザン人工林 (1980年春植栽) である。江西省は中国の揚子江の中下流域に位置し、山地がその面積の64%を占め、亜熱帯気候

\* 本研究の内容の一部は第46回日本木材学会大会 (1996年4月, 熊本) で発表した。

Keywords : Chinese fir, basic density, plantation density, site condition.

で、供試林の地域の年平均気温は16.8℃、2月の平均気温は5～8℃（最低温度-2～-4℃）、7月の平均気温は27～30℃（最高温度は40℃）である。年平均降水量は1,656mmであるが、年間降水量の半数は4月～6月の間に集中し、逆に7～9月の間はほとんど降水しない。供試林の植栽密度はA(2×3m)、B(2×1.5m)、C(2×1m)、D(1×1.5m)及びE(1×1m)の5種類であったが、立地条件が異なると、木材容積密度への影響が異なると思われるので、平均樹高、土壌の種類及びその厚さ、地形等の地位の相違によって、良、中、悪の三つのタイプの立地条件を選んだ。つまり、三つのタイプ(1, 2, 3)毎に同じ植栽密度のプロットを一つのグループとして(A, B, C, D, E)計15のプロットを設定した。立地条件の概要は次の通りである。

立地条件1(良)：平均樹高10.9m、黄褐色の土壌、厚さ約1m、腐植質層の厚さ20～25cm、林分傾斜角度25度、崩壊土、湿型、山の下部に位置。

立地条件2(中)：平均樹高10.1m、赤色土壌、厚さ60～80cm、腐植質層の厚さ17～20cm、林分傾斜角度25～28度、崩壊土、潤型、山の中部に位置。

立地条件3(悪)：平均樹高9.1m、赤色土壌、厚さ40～50cm、腐植質層の厚さ15cm以下、林分傾斜角度18～20度、残積土、乾型、山の上部に位置。

Table 1. Data on plots and trees for China-fir samples.

Plot numbers	Plantation spacings	Site condition	Trees (n)	D. B. H of average (cm)	Tree height of average (m)
A1	2×3m	Type 1	5	17.5	12.8
B1	2×1.5m	〃	5	14.7	11.8
C1	2×1m	〃	6	12.6	10.6
D1	1×1.5m	〃	7	10.9	9.8
E1	1×1m	〃	8	9.9	9.5
A2	2×3m	Type 2	5	15.8	11.6
B2	2×1.5m	〃	5	12.6	10.5
C2	2×1m	〃	6	11.1	10.2
D2	1×1.5m	〃	7	9.7	9.2
E2	1×1m	〃	8	9.1	9.2
A3	2×3m	Type 3	5	13.7	10.3
B3	2×1.5m	〃	5	11.7	9.1
C3	2×1m	〃	6	10.5	9.2
D3	1×1.5m	〃	7	9.2	8.6
E3	1×1m	〃	8	9.0	8.5

Note : D. B. H = Diameter of breast height.

伐採時の樹齢は13年生であった。供試木は1プロットからそのプロットの平均胸高直径に近い樹木を5～8本採集し、計93本採集した(Table 1参照)。中国においては、コウヨウザンの人工植栽が始まって、年数が経たないため、若令林分が多く、現在小径木の利用がほとんどである。建築用材として利用される場合、丸太のまま利用されることが多く、ついで柱材として利用されている。つまり、横架材あるいは座屈を伴う中間柱として使用されておる。そこで、材外周部の強度が材質に影響する実用的な見地から、中国で一般に採用された材周辺部から試験体を採用している。本研究でもその部分を研究対象にし、供試木の胸高部にある厚さ5cmの円盤の樹皮からの1cmの部位から、寸法2×2×2cm試験体を原則として10個ずつ採取することとしたが、円盤の大きさなどによって、10個以下となった円盤も少なくなかった。この場合、供試木の本数を増やし、1プロット当たりの試験体数を約50個とした。採取した直後の試験体をただちに密封し、

重量と寸法を測り、50℃で約8時間乾燥させた後、103±2℃で全乾まで乾燥させた。その後、その重量を再度測り、容積密度を求め、分散分析を加え検討した。

### 3. 結果と考察

#### 3.1 植栽密度の差による木材平均容積密度の差異

立地条件を問わず三つのタイプともにプロットの樹木の平均胸高直径は植栽密度の増大に伴って小さくなるが、植栽密度の差によるMBDの変化パターンはFig. 1に示したように、立地条件が異なるとそのパターンが異なることが明らかになった。立地条件が良い場合、MBDは植栽密度の1×1.5mまでは、その増大に伴って高くなるが、植栽密度がさらに増大し、1×1mになると、逆に低くなる。これに対して、立地条件が中と悪の場合、MBDの変化パターンはほぼ逆になった。中の場合、MBDは2×1mまではわずかに減少傾向で推移するが、それがさらに増大すると著しく増大した。また、悪い場合、MBDは2×1mまでは最大値から最小値まで減少し、その後、また上がった。したがって、MBDと植栽密度の間には一定の関係が認められなかった。Kucera氏<sup>2)</sup>がNorway spruce (*Picea abies*)の研究において、ほぼ一致した結果が得られており、これと類似した結果も得られた<sup>7,8,11,16)</sup>。

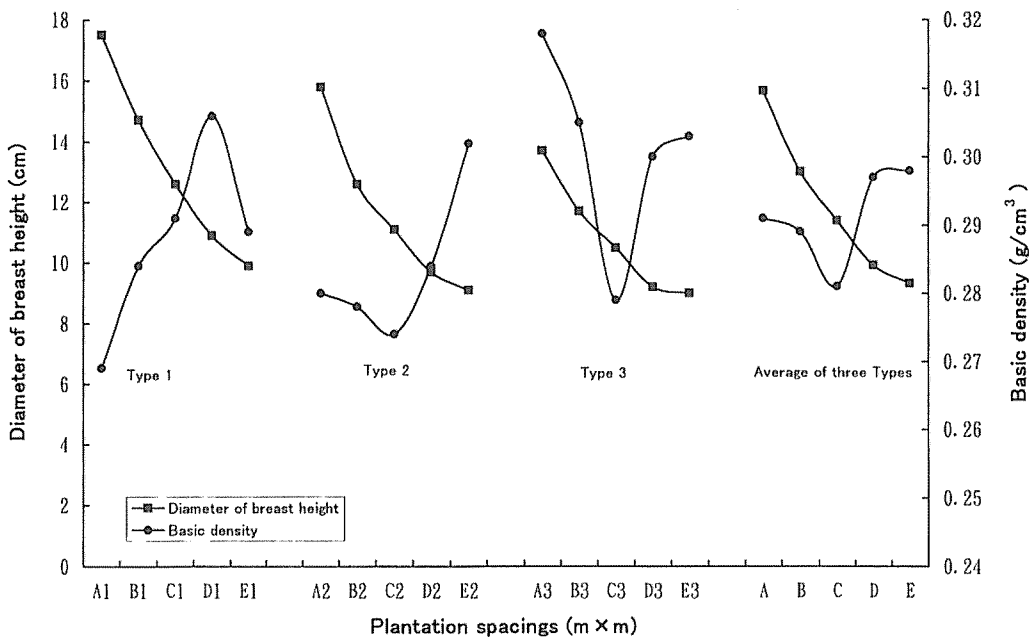


Fig. 1. Relationship between basic density and diameter of breast height with variations of plantation spacing at three site conditions.

平均値の差の検定のため、分散分析を行った結果、Table 2に示したように、立地条件を問わず植栽密度によるMBDの差は、すべて1%水準で有意であったが、さらに同じタイプ内のMBDをプロットごとに相互検定すると、Table 3に示したように、良、悪の場合、B1とC1及びE1、B3とD3及びE3、C1とE1、D3とE3の間を除けば、各プロット間のMBDの差はすべて1%か5%水準で有意であった。これらに対して、中の立地条件では、A2、B2、C2及びD2とE2の間にだけそれぞれ1%水準で有意であったが、他は有意でなかった。つまり、良、悪の立地条件

では、植栽密度の差によるプロット間の MBD の差が 1% 水準で有意であったのは、多数のプロット相互間の有意差によって寄与されたが、中の立地条件では、各プロットと E2 の間だけの有意差によって寄与されたものである。

Table 2. Analyses of variances of basic density and test of variances.

Content		Analyses of variances			Test of variances	
Site condition	Sources	d. f	F. vaule	d. f	$\chi^2$ . vaulez	
Type 1	Among plots	4	18.12**	4	70.83***	
	Within plots	230				
Type 2	Among plots	4	15.69**	4	90.66***	
	Within plots	239				
Type 3	Among plots	4	44.47**	4	83.32***	
	Within plots	246				
Plantation spacings		Sources	d. f	F. vaule		
A	Among plots	2	38.63**	2	0.52 <sup>ns</sup>	
	Within plots	144				
B	Among plots	2	11.94**	2	2.63 <sup>ns</sup>	
	Within plots	128				
C	Among plots	2	46.51**	2	12.03**	
	Within plots	134				
D	Among plots	2	40.53**	2	5.62 <sup>ns</sup>	
	Within plots	158				
E	Among plots	2		2	9.68**	
	Within plots	151	18.71**			

Note: \*\*\*: Significant at 0.1% level, \*\*: Significant at 1% level,  
\*: Significant at 5% level, <sup>ns</sup>: No significant, d. f: Degrees of freedom.

Table 3. Test of significant differences for averages and variances of basic density among plots.

Averages									Variances									
	A1	B1	C1	D1	E1	A1	A2	A3		A1	B1	C1	D1	E1	A1	A2	A3	
A1	**	**	**	**	**	A1		ns	**	A1	ns	**	**	*	A1		ns	ns
B1			ns	**	ns	A2		**	**	B1		**	**	**	A2			ns
C1				**	**	A3				C1			*	**	A3			
D1					**		B1	B2	B3	D1				ns		B1	B2	B3
E1						B1	ns	**	**	E1					B1	ns	ns	ns
						B2		**	**						B2			ns
	A2	B2	C2	D2	E2	B3					A2	B2	C2	D2	E2	B3		
A2		ns	ns	ns	**		C1	C2	C3	A2	ns	**	**	**		C1	C2	C3
B2			ns	ns	**	C1	**	**	**	B2		**	**	**	C1	ns	*	*
C2				**	**	C2			ns	C2			*	**	C2			**
D2					**	C3				D2				ns	C3			
E2							D1	D2	D3	E2						D1	D2	D3
						D1	**	*	*						D1	ns	*	*
	A3	B3	C3	D3	E3	D2			**		A3	B3	C3	D3	E3	D2		ns
A3		*	**	**	**	D3				A3	ns	**	**	**	D3			
B3			**	ns	ns		E1	E2	E3	B3		**	**	**		E1	E2	E3
C3				**	**	E1	**	**	**	C3			*	**	E1	ns	**	**
D3					ns	E2		ns	ns	D3				ns	E2			**
E3						E3				E3					E3			

一般的に容積密度は晩材率と早材及び晩材の密度などによって決まると考えられる。植栽密度が低ければ、樹木生長における必要な土壌の肥力、水分及び光エネルギーなどが十分あり、樹冠が旺盛に生長し、オーキシンの合成が活発になり、細胞分裂を促進する結果、年輪幅が広がる。一方、年輪幅の増加に伴って、一定の段階までは晩材の幅は比例的に増加する結果<sup>18)</sup>、晩材率はほとんど樹木間の距離に影響されないか<sup>7,8)</sup>、または樹木間の距離の増大に伴って増加する<sup>19)</sup>。また、樹木間の距離の増大に伴って、平均早材密度が低くなると同時に平均晩材密度が高くなるか<sup>7)</sup>、または平均早材密度が高くなると同時に平均晩材密度が低くなる<sup>20)</sup>。つまり、樹木間の距離の変化に伴う早、晩材平均密度の増減傾向が異なり、晩材率がほとんどそれに影響されないか、または樹木間の距離の増大に伴って増加する結果によって、MBDと植栽密度との間に一定の関係が認められなかったものと考えられる。

3.2 植栽密度の差による木材容積密度のバラツキの変異

Table 4にみられるように、植栽距離が2×1 mまでは三つのグループともに変動係数(C. V)は小さく、3.30~5.38%の範囲であったが、植栽距離がさらに増大すると、それは急に大きくなり、7.87~11.52%範囲に至った。分散検定の結果、Table 2に示したように、三つのタイプともに、プロット間のバラツキの差は全て0.1%水準で有意であった。更にタイプ別にその差をプロットごとに相互に検定すると、三つのタイプともに、植栽距離2×3 mと2×1.5 m、1×1.5 mと1×1 mのプロット間にだけその差が有意でなかったが、他は全て5%か1%水準で有意であった (Table 3参照)。このことは林分の閉鎖と関連づけられるであろう。つまり、立地条件と植栽密度によって決まる樹冠径が植栽距離を超えた時点を経過し、各条件別の林分閉鎖に至る年数を示すと Table 5の通りである。植栽密度の効果は林分閉鎖状態にあるか否かによって決まるとみられる<sup>2)</sup>。植栽距離は2×1 mまで、植栽密度の高いものは4年目か7年目の早い時期に閉鎖し、樹木個体間の競争が激しくなり、互いに肥大生長は抑制され、同じプロット内の樹木間の肥大成長のバラツキが小さくなるので、容積密度のバラツキも小さくなると考えられる。従って、変動係数は5.5%以下という結果となった。これに対して、植栽距離が2×3 mの場合、立地条件を問わず供試木を伐採する時点で、林分が閉鎖していなかった。林分閉鎖状態になるまでは

Table 4. Average and C. V (%) for basic density in different plots.

Plot numbers	Basic density (g/cm <sup>3</sup> )		
	Average	S. D	C. V (%)
A1	0.269	0.031	11.52
B1	0.284	0.029	10.21
C1	0.291	0.011	3.78
D1	0.306	0.015	4.90
E1	0.289	0.015	5.19
A2	0.280	0.029	10.36
B2	0.278	0.027	9.71
C2	0.274	0.009	3.28
D2	0.284	0.012	4.23
E2	0.302	0.015	4.97
A3	0.318	0.028	8.80
B3	0.305	0.024	7.87
C3	0.279	0.015	5.38
D3	0.300	0.011	3.67
E3	0.303	0.010	3.30

Note : S. D = Standard deviation,

C. V = Coefficients of variations.

Table 5. Closed stands age at different plantation spacings and site conditions.

Plantation spacings	Site conditions		
	1	2	3
2×3m	no	no	no
2×1.5m	9	9	10-11
2×1m	6	6	7
1×1.5m	4	4-5	5
1×1m	4	4	5

Note : no = The stands did not closed.

樹木個体間の競争がほとんど存在していないため、樹木が自由に生長し、肥大生長の経過は同じ林分でも樹木個体によって変わることもあり得るので、胸高直径にあまり差がなくても、容積密度は等しいとは限らない。その結果、容積密度のバラツキが大きくなり、変動係数は10%を超えたプロットもあった。2×1.5mの場合、9年目か11年目から林分閉鎖が起こるが、それまでは樹木の肥大生長経過は2×3mの場合と同様であろうと思われ、しかも容積密度に対する植栽密度の影響は、林分閉鎖以前にすでに現れたとされている<sup>2)</sup>から、プロット内の容積密度のバラツキも大きくなったものと考えられる。しかし、プロット内のバラツキが大きければ、プロット間のその差が有意であるとか、または逆にプロット内にそれが小さければ、プロット間のその差が有意でないとは限らない。たとえば、2×3mと2×1.5mともに、プロット内のバラツキが大きくても、プロット間の差が有意でなかったが、2×1mと1×1.5mともに、プロット内のバラツキが小さくても、プロット間の差が1%水準で有意であった。また、タイプ1とタイプ2ともに、2×1mの場合、プロット内のバラツキが一番小さかったのは、植栽密度が高いほど自然に淘汰されるものが多くなるので、1×1.5m及び1×1mの場合を2×1mと比べると、その自然淘汰がより多くなった結果、かえって樹木間の肥大成長の変異が大きくなるのが原因ではないかと考えられる。

### 3.3 立地条件の差による平均容積密度及びそのバラツキの変異

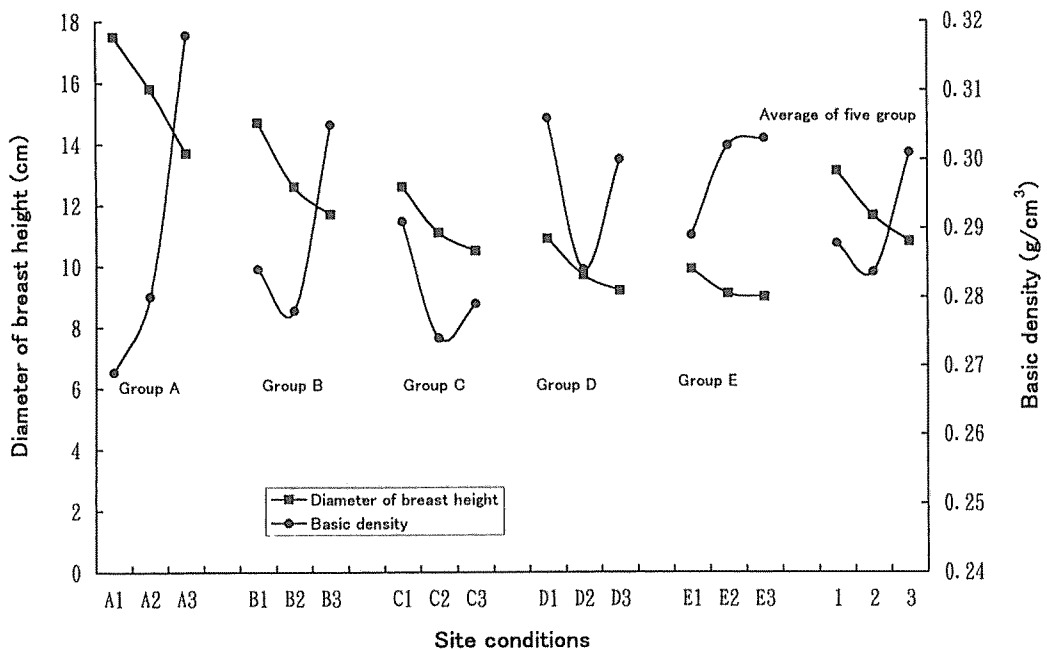


Fig. 2. Relationship between basic density and diameter of breast height with variations of site condition at five plantation spacings.

Table 1 と Fig. 2 に示したように、各グループともに、立地条件が悪いと肥大成長が遅くなるが、植栽密度の増大に伴って、立地条件の差によるグループ内のプロット間の肥大成長の速さの差が小さくなると同時に、グループ内のプロット間の MBD の差も小さくなることが明らかになった。そして、植栽密度が異なると、立地条件の差による MBD の変化パターンは Fig. 2 に示すように異なる。植栽距離 2×3 m の場合、MBD は立地条件が悪いほど高くなる傾向を明白に示してい

るが、そのほかのグループでは様々である。

また、変動係数を見ると、Cグループを除けば、立地条件の悪さに伴って、小さくなるという結果が得られたが、立地条件によるプロット間の変動係数の差は植栽密度によるそれより小さい。分散分析の結果、Table 2に見られるように、A, B, C, D, Eグループともに、グループ内のプロット間のMBDの差は全て1%水準で有意であった。しかし、プロット間のバラツキの差を見ると、A, B, Dグループでは有意ではなかったが、C, Eグループでは、1%水準で有意であった。さらに各グループ内のプロット間のMBD及びそのバラツキの差をプロットごとに相互に検定すると、Table 3にみられるように、A, B, C, Eグループでは、植栽密度が高ければ(2×1m, 1×1m)、立地条件中と悪の間のプロット間のMBDの差が有意でないのに対して、立地条件良と中の間の差が有意である。植栽密度がより低ければ(2×3m, 2×1.5m)、立地条件良と中の間のプロット間の差が有意でなく、立地条件中と悪の間の差が有意であった。Dグループ(1×1.5m)では、プロット間は全て5%か1%水準で有意であった。そのバラツキの差はA, Bグループでは有意でなく、D林分ではD1とD3の間にだけ5%水準で有意であったが、C, EグループではC3とC1及びC2, E3とE1及びE2の間に5%か1%水準で有意であった。こうしたことから、立地条件の差によるMBDの変異は、植栽密度の差による変異とほぼ同程度であるが、バラツキの変異は主に植栽密度に支配され、植栽密度が林分閉鎖の時期と強く関連するからであると考えられる。

立地条件の影響は、主として土壌にある水分含有量及びその肥力によって決まると考えられ、良の立地条件では腐植質層が20~25cmと、肥沃地であり、しかも湿型の土壌であるので、土壌の中に肥力と水分含有量が高いはずである。それらが高ければ、形成層の活動は活発であり、分裂直後の未成熟細胞より炭水化物とオーキシンを取得する能力が高いので、その未成熟細胞の2次壁の形成過程は早く終了し、薄壁の早材になるが、これに対して、土壌の水分含有量と肥力が低ければ(立地条件が悪い場合)、形成層の活性が低下し、その未成熟細胞は炭水化物及びオーキシンに対する競争力が形成層より高くなるので、厚壁細胞ができて晩材になるのである<sup>21)</sup>。従って、植栽密度が2×3mの場合、樹木の成長は遺伝力の影響の他に立地条件に影響されるだけで、立地条件の悪さに伴って容積密度が高くなり、しかもプロット間のMBDの差も大きくなるものと考えられる。しかし、植栽密度の増大によって、樹木の成長は立地条件と植栽密度及びそれらの交互作用によって影響されるので、立地条件の差によるプロット間の容積密度の差が存在しても、立地条件と容積密度の間に一定の関係が認められなくなり、プロット間のMBDの差も小さくなるものと考えられる。

### 3.4 同じプロット内の樹木間の平均容積密度の変異

プロットは15あるが、ここにA1, A3及びC3を代表として、そのプロット内の樹木間のMBDの差について検討すると、Table 6に示したように、A1, A3ともに多くの樹木間に5%か1%水準での有意差が認められ、プロット内の変動係数の8.89以上と一致し、しかもある樹木だけによる変異ではなく、ほとんどの樹木間の相互の誤差によることが明らかになった。これらに対して、C1については、C<sub>15</sub>樹木と他の樹木との間に有意差が認められたものがあるが、他の樹木間においては有意差が認められず、プロット内の容積密度の変動係数が小さい(3.78%)ことと一致していると考えられる。つまり、植栽密度がより低い場合(2×3m)は樹木個体間の変異が大きくなることによって、プロット内の容積密度のバラツキも大きくなり、植栽密度が高い場合(2×1m, 1×1.5m, 1×1m)には林分が早期に閉鎖されることから、樹木の肥大成長が相互に抑制される結果、樹木間の変異が小さくなり、プロット内のそのバラツキも小さくなるものと考えられる。



Table 6. Test of significant differences for average basic density among trees.

Tree No :	A1					Tree No :	A3					Tree No :	C1				
	A <sub>11</sub>	A <sub>12</sub>	A <sub>13</sub>	A <sub>14</sub>	A <sub>15</sub>		A <sub>31</sub>	A <sub>32</sub>	A <sub>33</sub>	A <sub>34</sub>	A <sub>35</sub>		C <sub>11</sub>	C <sub>12</sub>	C <sub>13</sub>	C <sub>14</sub>	C <sub>15</sub>
A <sub>11</sub>	*	ns	**	*		A <sub>31</sub>	**	*	ns	**	C <sub>11</sub>	ns	ns	ns	*		
A <sub>12</sub>			*	**	**	A <sub>32</sub>		**	*	*	C <sub>12</sub>		ns	ns	**		
A <sub>13</sub>				*	**	A <sub>33</sub>			**	*	C <sub>13</sub>			ns	ns		
A <sub>14</sub>					*	A <sub>34</sub>				ns	C <sub>14</sub>				**		
A <sub>15</sub>						A <sub>35</sub>					C <sub>15</sub>						

#### 4. ま と め

植栽密度による容積密度の変異について、多くの研究がなされている。それらの結論としては、植栽密度の増大に伴って容積密度が高くなるものがあり<sup>3,12-15)</sup>、また、ほとんど影響されないものもある<sup>8)</sup>。しかし、これまで容積密度のバラツキの変異についての報告<sup>12)</sup>は少ない。従って、本研究では、これらに関連させて検討し、次の結果が得られた。

1) 植栽密度の差による MBD の変化パターンは立地条件の差によって異なり、立地条件が良い林分では、MBD は植栽密度の増大に伴って高くなる傾向を示しているが、立地条件が中と悪い林分では、この傾向が見られず、MBD と植栽密度の間に一定の関係が認められなかった。

2) 植栽密度が異なると、立地条件の差による MBD の変化パターンは様々であり、2 × 3 m の場合、MBD は立地条件の悪さに伴って明らかに増加するが、他の場合、それが見られず、容積密度と立地条件との間にも一定の関係が認められなかった。

3) 植栽密度が低ければ (2 × 3 m, 2 × 1.5 m)、容積密度のバラツキは大きく、植栽密度が高ければ、それは小さい。また、立地条件が良いほど、そのバラツキも大きくなるが、植栽密度の差によるものほどではなかった。つまり、コウヨウザンにとっては、その容積密度のバラツキに及ぼす影響は、植栽密度の方が立地条件より大きいことが明らかになった。

本研究では、コウヨウザンの MBD に及ぼす植栽密度と立地条件の影響について、一定の傾向性が認められなかったが、若い供試林に影響されたかもしれない。しかし、そのバラツキは 2 × 1 m 以下の植栽密度では小さく、2 × 1.5 m 以上のそれでは、急に大きくなり、立地条件の悪さに伴って小さくなるが、容積密度のバラツキが主に植栽密度に影響されることが明らかになった。

#### SUMMARY

The sample trees of Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata*) were collected from five types of plantation density (2m × 3m, 2m × 1.5m, 2m × 1m, 1m × 1.5m and 1m × 1m) coupled with three types of site conditions (good, medium and bad) in a 13-year-old plantation in Jiangxi Province, China. The effects of plantation densities and site conditions on an mean basic density of wood (MBD) as well as its variances were investigated. The results showed that :

① The variation patterns of MBD caused by a difference in plantation density varied with the site conditions. A tendency of increasing MBD with increasing plantation density under good site condition was observed. But the tendency was not found under medium and bad site conditions, namely regular correlations between MBD and plantation density were not observed.

② When the plantation density varied, various variation patterns of MBD resulted from a

difference in site conditions. There was a tendency that the worse site conditions markedly resulted in higher MBD at the plantation density ( $2m \times 3m$ ), but the other site conditions didn't show such tendency, viz, fixed correlation between MBD and site condition was not also observed.

③ In the case of lower plantation density ( $2m \times 3m$ ,  $2m \times 1.5m$ ), the variance of basic density was large, and in the case of high plantation density, that was small. The better the site conditions were, the larger the variance of basic density became, but their difference was not so large as those observed in different plantation density.

## 文 献

- 1) 湖南省林業統計年鑑, 1994.
- 2) Kucera, B. : *Wood and Fiber Sci.*, 26(1), 152-167(1994).
- 3) 藤澤義武, 太田貞明, 明石孝輝 : 木材学会誌, 41(7), 631-639(1995).
- 4) Clark, A ; Saucier, J. R. : *Forest Prod. J.*, 39(7/8), 42-48(1989).
- 5) Yang, K. C. : *Wood and Fiber Sci.*, 26(4), 479-488(1994).
- 6) Wang, S. Y. ; Chen, K. N. : *Mokuzai Gakkaishi*, 38(7), 645-656(1992).
- 7) Moschler, W. W. ; Dougal, E. F. ; Mcrae, D. D. : *Wood and Fiber Sci.*, 21(3), 313-319(1989).
- 8) Taylor, F. W. ; Burton, J. D. : *Wood Fiber*, 14(3), 204-210(1982).
- 9) Erickson, H. D ; Harrison, A. T. : *Wood Sic. Technol.*, 8(3), 207-226(1974).
- 10) Williston, H. L. : Proc. Symp. Effect of growth acceleration on the properties of wood, USDA. *For. Serv. Note*, SO-61(1967).
- 11) Jackson, L. W. R. : *Res. Pap. Ga. For. Res. Council* No. 50, 6(1968).
- 12) Burley, J. : *Wood Sci. Technol.*, 4, 255-266(1970).
- 13) 伊東隆夫, 山口和穂, 黒田宏之, 島地 謙, 角谷和男 : 木材研究資料, 15, 45-60(1980).
- 14) 角谷和男, 島地 謙, 伊東隆夫, 黒田宏之 : 木材学会誌, 28(4), 255-259(1982).
- 15) Harvald, C ; Olsen, P. O. : *Scand. J. For. Res.*, 2, 525-537(1987).
- 16) Burton, J. D. ; Shoulder, E. : *A reality. J. For.*, 72(10), 637-641(1974).
- 17) 古賀信也, 小田一幸, 堤 壽一 : 九大演報, 62, 101-113(1990).
- 18) 伏谷賢美等 : 木材の物理, 文永堂出版, 1985, p.18.
- 19) Smith, D. M. : USDA. *FOR. Prod. Lab. Res. Pap.*, FPL-89, 10-15(1968).
- 20) Megraw, R. A. ; Nearn, W. T. : USDA. *For. Serv., Madison, WI, USA*, 20-26(1972).
- 21) Zahner, R. : *Forest Prod. J.*, 13(6), 240-247(1963).

(1997年2月21日受理)