

道南地方のスギ精英樹クローン の材質検定 (第3報) - 採種園産クローンの材質 -

安久津 久

Wood Characteristics in Plus-Tree Clones of Sugi Planted in Southern Hokkaido () - Plus-Tree clones in seed orchard -

Hisashi AKUTSU

Studies of various wood characteristics, i.e. ring analysis by soft X-ray densitometry, tracheid length, the slope of grain, and color of the heartwood of 10 plus-tree clones of sugi (*Cryptomeria japonica* D. don) were carried out. Materials were obtained from a seed orchard in Matsumae. The results of the studies are summarized as follows.

- 1) Analysis of variance demonstrated that these characteristics were significantly different except for latewood density, width and the slope of grain.
- 2) Low density was found in four clones.
- 3) Large tracheid length was recognized in Oshima 1 and Oshima 31.
- 4) The slope of grain was smaller than that in other kinds of planted conifers. There is no need for the selection of this characteristic.
- 5) The color of the heartwood was light red or reddish-brown.

Key words : *Cryptomeria japonica* D. don, clone, density, slope of grain, color of heartwood
スギ, クローン, 密度, 繊維傾斜度, 心材色

松前町の大沢採種園植栽のスギ精英樹10クローンについて, X線年輪解析, 繊維傾斜度, 仮道管長, 心材色の測定を行った。結果を要約すると以下のとおりである。

- 1) 分散分析の結果, 晩材密度, 晩材幅, 繊維傾斜度を除き, クローン間に有意な差が認められた。
- 2) 密度の小さい4クローンが検出された。
- 3) 仮道管長の大きなクローンは渡島1号と渡島31号であった。
- 4) 繊維傾斜度は他の針葉樹よりも小さく, 選抜の不要な形質であった。
- 5) 心材色は淡赤色や赤褐色であった。

1. はじめに

スギの造林木を建築材料として用いる場合、含水率、ヤング率、材色等の材質の変異が大きいことから、品質管理型の木材生産への誘導が必要とされている¹⁾。近年、北海道でも民有林の造林スギのほぼ100%が育種種苗で賄われており、その大半に渡島西部森づくりセンター管内の大沢採種園の種が使用されている。この現状から、北海道のスギの将来がこの採種園に託されているといっても過言ではなく、採種園を管理する責任は大きい。この採種園ではスギクローンの材質調査を2001年から本格的に実施している。その目的は、採種園の母樹の全体的な把握を行い、不良クローンの除去等による採種園の体質改善を行い、優良な育種種苗の生産を目指すものである。この調査に先立ち、1997年に同採種園の精英樹10クローンの材質検定を行っている。本報ではその結果について報告する。なお、本研究の一部は第51回日本木材学会大会(東京都)で発表した²⁾。

2. 採種園および試験木の概要

大沢採種園は北海道で選抜された精英樹63クローン(接ぎ木クローン)を用い、1963年に25型植栽植で造成されたものである。所在地は松前町字大沢である。採種園は平坦で、土壌母材は火山灰、総面積は3.03haで植栽本数は約1,900本であった。この採種園は4つのブロック(A~D)に分かれており、A、B、Cの3つのブロックでは採種のためのジベレリン処理を3年ごとに行っている。採種園であるため、枝打ちを行わず、地上高4mの部位で断幹を行っている。

供試木は1997年の10月(林齢34年)に試験用として10クローン(供試本数は30本)をBおよびDブロックから採取した。伐採した、供試クローンの概要を第1表に示した。胸高直径はクローン平均で18~24cmである。なお、供試した10クローンの内、前報^{3,4)}と共通のクローンは渡島21,22,37号および松前9号の4クローンで、6クローンは新たに調査した。

第1表 供試クローンの概要
Table 1. Description of tested clones.

クローン名 Name of clones	試験本数 Number of sample trees	胸高直径 ^{a)} D.B.H. ^{a)} (cm)
渡島1号 Oshima 1	3	19 (18~20)
渡島18号 Oshima 18	3	24 (21~26)
渡島21号 Oshima 21	4	19 (17~22)
渡島22号 Oshima 22	2	22 (19~25)
渡島30号 Oshima 30	3	18 (15~21)
渡島31号 Oshima 31	3	24 (22~26)
渡島32号 Oshima 32	3	19 (17~20)
渡島37号 Oshima 37	3	21 (19~22)
松山1号 Hiyama 1	3	18 (17~19)
松前9号 Matsumae 9	3	18 (18~19)

注：a)：上段は平均値で下段は範囲である。

Note : a) : The values in the first line are mean values, and those in the second line are minimum and maximum values.

3. 試験項目および試験方法

試験項目は、X線年輪解析(軟X線デンシトメトリ法)、繊維傾斜度、仮道管長、心材色の4項目である。上記の試験を行うに当たり、地上高2.0mの上部から材長45cmの丸太を採取した。その丸太から、髄を含む厚さ30mmの柁目板を相対する任意の2方向から製材し、その板からX線年輪解析、繊維傾斜度、仮道管長用試料を得た。また、柁目板の隣から厚さ3cmで幅10cmの板目板を採取し、心材色測定用試料を得た。

X線年輪解析と繊維傾斜度の測定方法は前報³⁾と同じである。仮道管長の測定は、短径方向の2,5,7,10,15,20,25年輪目の晩材部から採取し、前報⁴⁾と同じ試験方法で行った。

心材色試験は、板目板を天然乾燥し、含水率12%に調整した後、かな仕上げをした試料で行った。測定機器はトプコン社製のRD-10Dを用いた。光学条件を8°照明拡散受光方式で、測定径を7mmとし、木表面で心材部の3点の平均値を代表値とした。なお、表色には、L*a*b*系を用いた。

第2表 各形質の分散分析結果

Table 2. Results of analysis of variance of observed values among clones.

形質 Character	平均平方 Mean squares			
	クローン間 ^{a)} Among clones ^{a)}	クローン内 ^{a)} Within clones ^{a)}	分散比 F -values	
X線デンストメトリによる 密度と年輪幅 Density and ring width by X-ray densitometry	年輪幅 Ring width	0.70718	0.19282	3.667**)
	晩材幅 Latewood width	0.00615	0.00356	1.727 ^{ns)}
	年輪内密度 Density within ring	0.00112	0.00032	3.498**)
	早材密度 Earlywood density	0.00067	0.00026	2.574*)
	晩材密度 Latewood density	0.00029	0.00055	0.530 ^{ns)}
仮道管長 Tracheid length	2年輪 2nd rings	0.0744	0.0278	2.682*)
	5年輪 5th rings	0.1252	0.0225	5.565**)
	7年輪 7th rings	0.2435	0.0395	6.171**)
	10年輪 10th rings	0.1907	0.0332	5.749**)
	15年輪 15th rings	0.2654	0.0272	9.753**)
	20年輪 20th rings	0.2988	0.0304	9.841**)
	25年輪 25th rings	0.2559	0.0388	6.593**)
仮道管の伸長係数 ^{b)} Coefficient of elongation of tracheid ^{b)}		0.0973	0.0275	3.540**)
繊維傾斜度 Slope of grain	平均 av.	0.922	0.856	1.077 ^{ns)}
	最大 Max.	4.467	1.866	2.393*)
心材色 Color of heartwood	L *	16.323	3.062	5.331**)
	a *	9.895	1.258	7.868**)
	b *	3.865	0.520	7.426**)

注：a):クローン間とクローン内の自由度は9と20である。b):仮道管長と年輪数の対数との回帰式の傾きを示す。

Note : a) : Degree of freedom of among clones and within clones is 9 and 20, respectively. ; b) : The slope of regression line between tracheid length and logarithm of annual rings.

4. 結果と考察

4.1 分散分析結果

各形質におけるクローンを要因とした分散分析の結果を第2表に示した。X線年輪解析の晩材幅と晩材密度および平均繊維傾斜度の3形質を除きクローン間に有意差が認められた。分散比の大きい形質は遺伝的な寄与の高い形質であり、形質の改良の余地が大きいといわれている⁵⁾。分散比の比較的大きな形質は仮道管長と心材色であった。

4.2 X線年輪解析

スギの密度は髄に近い程高く、密度がほぼ一定に達するまで10年程度を要するといわれている⁶⁾。本報の結果でも同様な傾向が認められたことから、10年輪以内(以下、内側)と11年輪以降(以下、外側)に分け、クローンごとに第3表に示した。

平均年輪幅は内側で4.8mm(2.8~6.1mm)、外

側で3.0mm(2.2~4.0mm)であった。晩材幅は外側で若干減少していた。年輪内密度(以下、平均密度)と早材密度は内側で大きく、0.37g/cm³(0.32~0.42g/cm³)であり、外側で小さく0.32g/cm³(0.29~0.34g/cm³)であった。晩材密度は、内側で0.69g/cm³であり、外側で若干小さく、0.66g/cm³であった。平均密度の内側と外側での相関係数は個体で0.75**クローンで0.84**となり、密度での早期選抜の可能性が示唆された。

前報³⁾で、九州産のスギの晩材密度が北海道のものより大きく、気候的なものではないかと述べた。著者が新たに関東林木育種場(現:林木育種センター)のクローンスギの密度を調査した結果、勿来^{なごそ}2号や東京2号といったクローンの晩材密度も0.68~0.71g/cm³であり、ほぼ同じ値を持つクローンの存在を確認している²⁾。したがって、スギの晩材密

第3表 軟X線デンストメトリ法による年輪解析結果
Table 3. Results of ring analysis by X-ray densitometry.

クローン名 Name of clones	年輪幅 Ring width (mm)		晩材幅 Latewood width (mm)		年輪内密度 Density within ring (g/cm ³)		早材密度 Earlywood density (g/cm ³)		晩材密度 Latewood density (g/cm ³)	
	内側 Inner part	外側 Outer part	内側 Inner part	外側 Outer part	内側 Inner part	外側 Outer part	内側 Inner part	外側 Outer part	内側 Inner part	外側 Outer part
	渡島1号 Oshima 1	4.4	2.8	0.37	0.32	0.35	0.32	0.32	0.25	0.65
渡島18号 Oshima 18	6.1	2.9	0.46	0.28	0.32	0.30	0.30	0.27	0.69	0.65
渡島21号 Oshima 21	5.2	2.9	0.51	0.33	0.35	0.33	0.30	0.24	0.70	0.67
渡島22号 Oshima 22	5.5	4.0	0.48	0.36	0.36	0.31	0.32	0.26	0.70	0.68
渡島30号 Oshima 30	4.3	2.5	0.45	0.27	0.38	0.31	0.33	0.26	0.70	0.64
渡島31号 Oshima 31	6.0	3.0	0.45	0.29	0.34	0.29	0.30	0.25	0.71	0.63
渡島32号 Oshima 32	5.3	2.2	0.51	0.30	0.37	0.33	0.32	0.26	0.70	0.65
渡島37号 Oshima 37	4.6	3.4	0.59	0.39	0.39	0.34	0.33	0.28	0.69	0.68
桧山1号 Hiyama 1	3.7	2.8	0.53	0.34	0.42	0.34	0.37	0.29	0.72	0.66
松前9号 Matsumae 9	2.8	3.3	0.40	0.48	0.41	0.34	0.35	0.27	0.68	0.68

注：値は10年輪以内と11年輪以降に分けた。試験片の含水率は約12%である。

Note : Values are distinguished inner part (within 10 annual rings from pith) from outer part (over 11 annual rings from pith) ; Moisture content of specimens are about 12%.

度の小さい要因が、冷涼な気候によるものだけではなく、遺伝的要因も含まれるのではないかと推察され、今後、研究の余地が残されている。

クローンごとの密度の大小をより明らかにするため、全年輪の平均値を用いた年輪幅と密度の関係を第1図に示した。この図は、直線回帰式の上部に位置するクローンの密度が大きいことを示す。密度が大きいクローンは渡島37号や渡島22号など4クローンであり、密度が小さいクローンは、渡島1号、渡島31号など4クローンであった。

4.3 繊維傾斜度

スギの繊維傾斜度はZ旋回であり、S旋回のカラマツ、トドマツとは旋回方向が異なる。第4表にクローンごとの平均繊維傾斜度と最大繊維傾斜度を示した。平均繊維傾斜度はクローン平均が2.7%(2.0~3.8%)であり、最大繊維傾斜度は5.7%(4.3~7.6%)であった。第2表の分散分析の結果からも、平均繊維傾斜度にはクローン間に有意差が認められ

なかった。従来、スギ材は繊維傾斜に伴うねじれが小さく、材の利用に支障のないことは経験上分かっている。本研究の結果からも繊維傾斜度による選抜は不要であると考えられる。

4.4 仮道管長

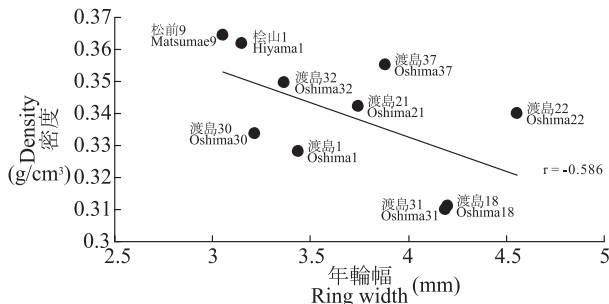
髄からの年輪数に伴うクローンごとの仮道管長の推移を第2図に示した。測定した仮道管長の変動係数は2年輪目で平均12.8%であり、25年輪目では9.2%で年輪数の増加で漸減した。クローンごとに仮道管長の推移をみると、仮道管長の大きいクローンは渡島18号と渡島31号であり、25年輪目での値はともに3.5mm以上であった。仮道管長が小さいクローンは渡島30号と渡島37号で、25年輪目での値は3.0mm以下であった。

次に、仮道管長の変動を直接比較するために個々の供試木の測定値を以下の対数式にあてはめて回帰式を得た。

第4表 クローンごとの繊維傾斜度
Table 4. Slope of grain in each clone.

クローン名 Name of clones	平均繊維傾斜度 Average slope of grain (%)	最大繊維傾斜度 ^{a)} Maximum slope of grain ^{a)} (%)
渡島1号 Oshima 1	2.8 (2.4 ~ 3.7)	5.9 (4.5 ~ 8.7)
渡島18号 Oshima 18	2.0 (1.6 ~ 2.3)	4.3 (4.0 ~ 4.8)
渡島21号 Oshima 21	2.3 (0.8 ~ 4.6)	4.3 (2.1 ~ 7.3)
渡島22号 Oshima 22	2.4 (1.5 ~ 3.4)	5.0 (4.3 ~ 5.8)
渡島30号 Oshima 30	2.1 (2 ~ 2.3)	5.1 (5.0 ~ 5.4)
渡島31号 Oshima 31	2.5 (1.8 ~ 2.9)	5.6 (4.85 ~ 6.1)
渡島32号 Oshima 32	3.8 (2.9 ~ 4.5)	7.2 (6.6 ~ 8.0)
渡島37号 Oshima 37	3.3 (2.9 ~ 3.9)	7.6 (6.8 ~ 8.4)
桧山1号 Hiyama 1	3.1 (1.7 ~ 4.1)	7.1 (6.1 ~ 90)
松前9号 Matsumae 9	2.5 (2.0 ~ 3.0)	5.1 (4.2 ~ 57)

注：a)：第1表参照
Note：a)：See Table 1.



第1図 密度と年輪幅の関係
Fig. 1. Relationship between ring density and ring.

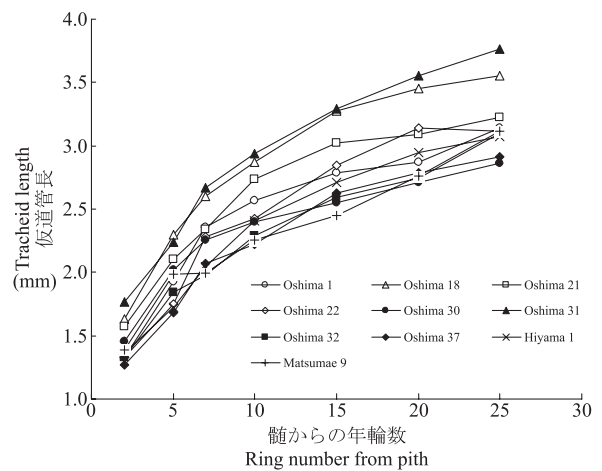
$$Y = A \cdot \text{Log}X + B$$

ここで、Y：仮道管長

X：髄からの年輪数

A, B：係数

個々の対数回帰式は省略するが、いずれの供試木も $r=0.91 \sim 1.00^{**}$ の高い相関係数であった。この対数回帰式の係数 A は伸長係数^{7,8)}と呼ばれ、仮道管長の伸びの大きさを示す指標である。著者らもカラマツ類品種で伸長係数の値が品種間で異なることを確認している⁹⁾。



第2図 クローンごとの仮道管長の変動
Fig. 2. Variation of tracheid length of each clone.

クローンごとの伸長係数を第5表に示した。伸長係数のクローン平均は1.61であり、前報⁴⁾とほぼ同じ値であった。クローンごとに伸長係数を見ると、渡島18、22、31号の3クローンの伸長係数は1.76 ~ 1.87で、比較的大きかった。このようなクローンは仮道管長の大きなクローンに位置付けさ

第5表 クローンごとの仮道管の伸長係数
Table 5. Coefficient of elongation of tracheid length in each clone.

クローン名 Name of clones	伸長係数 ^{a)} Coefficient of elongation ^{a)}
渡島1号 Oshima 1	1.68 (1.63 ~ 1.75)
渡島18号 Oshima 18	1.78 (1.64 ~ 1.96)
渡島21号 Oshima 21	1.60 (1.44 ~ 1.82)
渡島22号 Oshima 22	1.76 (1.72 ~ 1.80)
渡島30号 Oshima 30	1.25 (1.19 ~ 1.36)
渡島31号 Oshima 31	1.87 (1.73 ~ 1.96)
渡島32号 Oshima 32	1.58 (1.36 ~ 1.93)
渡島37号 Oshima 37	1.55 (1.42 ~ 1.64)
桧山1号 Hiyama 1	1.66 (1.48 ~ 1.87)
松前9号 Matsumae 9	1.45 (1.24 ~ 1.79)

注：a)：第1表参照
Note : a) : See Table 1.

れる。前報⁴⁾で、伸長係数の大きいクローンは、青森県産の2クローンで、その値は1.76と1.87であると報告したが、上記の3クローンはほぼ同じ値であり、渡島18号と31号の仮道管長は特に大きかった。伸長係数の小さいクローンは渡島30号の1.25であり、仮道管長も20、25年輪目では最も小さいクローンであった。

4.5 心材色

心材色の各形質は、第2表の分散分析結果からも、分散比が大きく比較的、育種効果の高い属性であると推測される。クローンごとの材色の結果を第6表に示した。L*a*b*値の総平均はそれぞれ68.8、10.1、22.1であった。平川らがスギ品種の材質特性の評価¹⁰⁾で示した全国の造林木の標準的な値は、それぞれ65.4、11.8、22.2であった。この値と比べ、本試験での値はL*値が大きくa*値が小さかった。

L*値は明るさを表し、この値が小さければ黒心に近い。本試験でL*値の最も小さいクローンは渡島30号の64.3であるが、材色は赤褐色であった。供試した10クローンにも黒心は存在しなかった。

前報³⁾と同様、クローンの測定値からクローン間の色差を求め、アメリカ国際基準局による規格表¹¹⁾に従い、色差が1.5未満(視感的な色差の程度が「わずかに異なる」まで)のものを同じグループとし、1.5以上を異なるグループとした。その結果、便宜上、L*値の大きいものからA~Dの4つに区分けされた。

最も明るいAは渡島1号と渡島37号で、a*値が小さくb*値が大きかった。Bには4クローンが含まれ、L*a*b*値はいずれも中庸な値であった。Cは渡島31号と松前9号で、Bに比べa*値が小さかった。最も暗い材色であるDは、渡島22号と渡島30号の2クローンが該当した。色差はAの渡島37号とDの渡島30号で最も大きく9.7であった。今回試験したクローンの色差は、最大が9.7、平均4.0であり、前報³⁾よりも大きくなった。

4.6 道南支場と共通のクローンとの比較

材質検定を行った10クローンのうち、前報^{3,4)}と共通のクローンは4クローンである。林齢は道南支場産が19年生で、本試験では34年生であり、断幹もされて、施業方法も異なっている。クローンは遺伝的には同一であるが、あえて比較すると、X線年輪解析では、本試験での晩材幅が若干小さかった。繊維傾斜度と仮道管の伸長係数はおおむね同じ値であった。心材色は本試験でL*値が大きく、a*値は小さかった。b*値はほぼ同じ値であった。これらの結果を総括すると、晩材幅は断幹による年輪幅の減少に伴い若干減少し、心材色は、樹齢のちがいで心材化が異なることから生じたものと推察される。また、繊維傾斜度や仮道管長は若齢でも材質検定が可能な形質であると考えられる。

5. まとめ

育種母樹10クローンを用いて年輪解析、繊維傾斜度、繊維長、心材色の試験を行った。

- (1) 分散分析の結果、繊維傾斜度と年輪解析の一部の形質をのぞき、クローン間差が認められた。
- (2) 年輪幅と平均密度の関係から密度の小さい4クローンが検出された。
- (3) 仮道管長の大きなクローンは渡島1号と渡島31号であった。

第6表 クローンごとの心材色
Table 6. Color of heart wood of each clone.

クローン名 Name of clones	心材色 Color date		
	L*	a*	b*
渡島1号 Oshima 1	71.2	8.9	23.4
渡島18号 Oshima 18	69.4	10.4	23.2
渡島21号 Oshima 21	69.8	10.5	21.9
渡島22号 Oshima 22	65.1	12.0	19.4
渡島30号 Oshima 30	64.3	13.0	21.0
渡島31号 Oshima 31	69.8	8.0	22.9
渡島32号 Oshima 32	68.1	11.0	21.5
渡島37号 Oshima 37	72.0	7.5	23.3
桧山1号 Hiyama 1	68.8	11.3	21.8
松前9号 Matsumae 9	69.7	8.1	22.5

注：値は測定径7mmで、各試験体3点を測定し、クローンごとに平均した。

Note: Color values are averages of three measuring points (7mm) on each specimen.

(4) 繊維傾斜度はクローン間に有意差がなく、値も小さいことから選抜の不要である形質と考える。

(5) 心材色は淡赤色や赤褐色であった。

6. おわりに

現在一般民有林で植栽されている実生苗はほぼ100%が大沢採種園の種子を用いている。しかし、この採種園では育種母樹の成長に伴い、樹形誘導、間伐などの維持管理費が嵩むこと^{かさ}から、新たな採種園造成への動きもある。本研究でのクローン数は全体の12%にすぎないが、残りの育種母樹の材質検定は、現在実施しており、本試験の結果も付加して排除木を選抜し、スギの良質材生産に寄与したいと考える。

謝 辞

本試験を遂行するにあたり、元道立林業試験場の道南支場長の高橋幸男氏ならびに、渡島西部森づくりセンターの職員の方々には、試料採取にともなう選木、伐採等に過大なるご協力、ご指導をいただいた。ここに深く感謝の意を表する。

文 献

- 1) 平川泰彦 ほか9名：品質管理型林業のためのスギ黒心対策技術の開発、農林水産技術会議事務局編，316, 1-5(1997).
- 2) 安久津久 ほか1名：第51回日本木材学会大会発表要旨集，34 (2001).
- 3) 安久津久：林産試験場報，13(1), 6-15(1999).
- 4) 安久津久：林産試験場報，14(2), 1-9(2000).
- 5) 飯塚和也 ほか2名：木材学会誌，46, 397-405 (2000).
- 6) 木材の科学と利用技術，5 . スギ：p.12- 24, 日本木材学会研究分会報告書 (1991).
- 7) 藤崎謙二郎：愛媛大農研報，No.23, 47-58 (1985).
- 8) 塩倉高義：針葉樹の未成熟材に関する知見補遺ならびにカラマツ樹幹内における材質の変動に関する研究，東京農業大学木材工学研究会，7-16(1981).
- 9) 安久津久 ほか3名：林産試験場報4(1), 12-18(1990).
- 10) 平川泰彦 ほか6名：スギ品種の材質特性評価，林業普及情報活動システム化事業報告書，87-89 (1997).
- 11) BINGHAM, R.T. *et al* : Breeding blister rust resistant western white pine. First results of progeny tests including preliminary estimates of heritability and rate of improvement. *Silv. Genet.*, 9, 33~41 (1960).

- 利用部 材質科 -
(原稿受理 02.6.18)