

## スギ精英樹等に関する研究

## — 材質特性の把握 —

(県単課題 平成8年～平成11年度)

壽 田 智 久\*

川 上 鉄 也

## 目 次

要 旨 .....	81
I はじめに .....	82
II 調査地及び調査方法 .....	82
1. 各種材質の個体内変異 .....	82
2. 心材生材含水率・気乾材心材明度の変異 .....	83
(1) 心材生材含水率と気乾材心材明度のクローン間変異 .....	83
(2) 心材生材含水率・気乾材心材明度と材内のカリウム含有量 .....	84
III 結果と考察 .....	85
1. 各種材質の個体内変異 .....	85
2. 心材生材含水率・気乾材心材明度の変異 .....	86
(1) 心材生材含水率と気乾材心材明度のクローン間変異 .....	86
(2) 心材生材含水率・気乾材心材明度と材内のカリウム含有量 .....	88
IV 総合考察 .....	90
V おわりに .....	91
VI 引用文献 .....	91

## 要 旨

次代検定林「関福4号」に植栽されているスギ精英樹クロンの各種材質特性について個体内、反復区間、クローン間変異を調べた結果、地上高に心材率、晩材率、心材含水率、心材明度で著しく有意な差が認められ、真円率と偏心度では有意差は認められなかった。また、反復間で有意差が認められたのは晩材率のみであり、わずか2クロンの結果であるが、心材率と偏心度ではクローン間に有意差が認められた。

また、次代検定林「関福7号」及び「関福8号」から採取したスギ精英樹クロンについて、心材含水率と心材明度及び心材部のカリウム含有量を調べた結果、いずれの形質もクローン間に著しい差

が認められ、胸高直径や植栽場所等よりも遺伝的な要因による影響が遙かに高いことが分かった。従って、これらの形質はクローンを選択して使用することで、かなり制御できるものと思われた。

## I はじめに

本県には70個体の福島県選抜のスギ精英樹がある。その挿し木クローンが県内各地の次代検定林に植栽され、5年毎の定期調査によって各クローンの成長特性や幹曲がり・根元曲がりなどの外形的な特性が徐々に明らかになってきている。

しかし、これまでは次代検定林に植栽された精英樹クローンが幼齢であったこともあり、実際の利用面で重視される材質特性の調査はほとんどなされておらず、採種園台木による調査例がわずかにあるだけである。

そこで、この研究では次代検定林に植栽されている精英樹クローンを対象として、様々な材質の個体内、個体間の変異を調査し、さらにスギ材の利用上、特に問題となる心材色及び心材生材含水率に着目してクローンの区分を試みた。

## II 調査地及び調査方法

### 1. 各種材質の個体内変異

調査地は次代検定林「関福4号」(東白川郡塙町大字東河内)で、調査時の林齢は25年生である。調査はスギ精英樹「石城1号」、「南会津8号」の2クローンを対象に、各反復区から各クローン6個体ずつ合計36個体を選び、樹高、胸高直径、根元曲がり、幹曲がりを計測後、伐倒して細り(地際から0.2m、1.2m、それ以上は2mおき)を測定した。伐採時の供試木の概要を表-1に示す。その後、伐採した材を持ち帰って、各個体について以下の調査を行った。

**晩材率**；地際から0.2m、1.2m、2.2m、3.2m、4.2mの部位を含む厚さ10cmの円盤を採取して、読み取り顕微鏡で長径方向と短径方向の髓から一方の各年輪の幅と晩材の幅をそれぞれ計測後、各方向の晩材幅の合計を年輪幅の合計で除して百分率で算出し、長径方向と短径方向の平均値をもって晩材率とした。

**心材率**；地際から1m、2m、3.3mの部位から厚さ10cmの円盤を採取し、木口面の4方向の半径と同一方向の心材部の長さを測定し、半径4方向の平均値を心材部の長さ4方向の平均値で除して算出した。

**偏心度**；心材率の測定に用いた円盤の長径の髓から2方向の半径の比と短径の髓から2方向の半径の比を測定し、その比を百分率で算出して長径方向(偏心度1)と短径方向(偏心度2)のそれぞれの平均値を算出した。

**気乾材**；地際から0.5m、1.5m、3.5m、5.5mの部位を含むように長さ30cmの丸太を採取して、**心材明度** 髓を通るように縦に半割にして気乾状態になるまで日光が当たらないように保存し、その後、柁目面心材部のL\*値(明度)を測色色差計(ミノルタ社製 COLOR READER CR

-10)によって1試料当たり5箇所測定して、その平均値を各試料の明度とした。

心材生材；地際から0.2m、1.2m、2.2m、3.2m、4.2m、5.2mの部位から厚さ10cmの円盤を採取後、含水率 直ちに採取した円盤から幅3cm、厚さ1cmの髓を含む試片を採取し、さらに欠点のある髓から片側一方を除いてからノミを使って心材部を割り取り、全乾法によって測定した。

真円率；心材率の測定に用いた円盤の長径と短径を測定し、その比を百分率で算出した。

表-1 関福4号の供試木の概要

クローン	反復区 個体NO	1						2						3							
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6		
石 城1号	樹高 (m)	15.12	15.11	11.90	8.56	9.64	10.97	14.66	14.62	14.46	12.76	10.20	9.75	16.06	16.30	13.80	11.47	9.56	8.17		
	胸高直径 (cm)	19.2	21.5	16.7	11.3	13.2	14.7	17.7	20.1	20.7	17.4	12.8	13.3	17.0	22.2	18.9	14.9	12.2	12.0		
	細り (cm)	0.2m	22.2	25.3	17.5	12.8	14.7	16.7	19.8	24.3	23.6	19.6	15.0	15.3	18.4	24.5	20.5	15.3	13.5	13.6	
		1.2m	19.2	21.5	16.7	11.3	13.2	14.7	17.7	20.1	20.7	17.4	12.8	13.3	17.0	22.2	18.9	14.9	12.2	12.0	
		3.2m	18.3	19.2	13.3	9.5	11.0	13.9	17.1	18.6	19.1	15.8	10.4	11.6	14.9	18.2	16.3	13.7	10.1	10.4	
		5.2m	15.9	16.8	11.7	6.3	8.6	10.7	14.8	16.4	17.4	13.5	8.6	9.2	13.7	17.8	15.9	11.5	7.7	6.9	
		7.2m	14.6	14.9	9.1	2.9	5.4	8.5	12.4	14.2	15.1	11.8	6.2	5.0	12.6	15.7	12.4	8.7	5.3	2.7	
		9.2m	11.3	11.6	5.7		0.9	3.8	10.8	10.9	12.5	7.8	1.9	1.1	10.4	12.4	10.2	5.2	0.8		
		11.2m	8.4	8.2	1.3						7.5	7.1	9.5	3.9		8.0	9.9	6.0	0.9		
		13.2m	4.2	4.1						3.4	3.4	5.7				4.6	5.1	1.4			
		15.2m														1.0					
		雨金津3号	樹高 (m)	12.90	14.45	10.51	11.40	12.58	11.12	12.52	13.06	12.45	9.80	9.78	9.68	13.87	13.12	14.76	13.55	12.96	11.20
			胸高直径 (cm)	15.6	19.5	12.5	15.4	16.0	13.4	16.0	20.1	19.3	14.4	16.4	13.2	17.8	14.7	20.5	18.5	22.1	12.9
細り (cm)	0.2m		16.8	19.7	14.7	16.8	17.6	16.0	17.5	23.3	23.7	15.8	21.0	16.5	19.6	15.3	22.9	20.1	25.3	14.3	
	1.2m		15.6	18.5	12.5	15.4	16.0	13.4	16.0	20.1	19.3	14.4	16.4	13.2	17.8	14.7	20.5	18.5	22.1	12.9	
	3.2m		13.9	16.7	10.5	13.6	14.2	11.6	14.9	17.8	16.4	11.8	13.6	11.5	15.8	12.3	18.1	16.4	19.9	11.2	
	5.2m		13.1	15.2	9.1	11.6	11.8	10.1	12.9	15.0	14.7	9.0	10.5	9.0	13.8	11.4	16.8	15.4	17.1	10.4	
	7.2m		11.0	12.6	8.6	8.4	9.8	7.7	10.7	12.7	11.4	5.9	6.2	5.5	12.6	9.5	14.8	12.6	13.0	7.2	
	9.2m		8.4	9.9	2.5	4.5	7.0	3.9	7.8	9.6	7.7	1.7	1.4	1.6	9.6	7.2	12.5	10.1	9.4	4.1	
	11.2m		3.6	6.6		0.5	3.0		2.6	4.4	2.6				5.5	4.1	8.8	5.2	3.7		
	13.2m			3.2											1.2		3.3	0.7			
	15.2m																				

2. 心材生材含水率・気乾材心材明度の変異

(1) 心材生材含水率と気乾材心材明度のクローン間変異

調査地は次代検定林「関福7号」(伊達郡川俣町大字小綱木)と「関福8号」(郡山市湖南町)で、調査時の林齢は「関福7号」が26年生、「関福8号」が25年生である。

調査は各検定林の2つの反復区から4クローンを選び、各クローン各反復区4個体ずつ合計64個体について胸高部の気乾材心材明度(以下、心材明度)と心材生材含水率(以下、心材含水率)の調査を行った。調査個体の選木に当たっては、各クローン各反復区とも斜面下部と斜面上部から原則として、それぞれ胸高直径が比較的大きい個体(胸高直径18cm前後)と胸高直径が比較的小さい個体(胸高直径12cm前後)を1個体ずつ選ぶようにした。適当な胸高直径の個体が無い場合には、できるだけ胸高直径18cm若しくは12cmに近い胸高直径の個体を選び、胸高直径の大小による心材明度と心材含水率の違いが比較できるようにした。表-2に供試木の概要を示す。

心材明度は胸高部から厚さ3cmの円盤を採取して、気乾状態になるまで日光の当たらない室内に保存した。その後、木口面の心材部を1試料につき6箇所、測色色差計によってL\*値を測定して、その平均値をもって各個体の心材明度とした。なお、測定した木口面はサンダーによる研磨等は行わず、円盤採取時に丸鋸で切断したままにした。

心材含水率は胸高部から厚さ10cmの円盤を採取後、直ちに採取した円盤から幅3cm、厚さ1cmの髓を含む試片を採取し、さらに欠点のある髓から片側一方を除いてからノミを使って心材部を割り取り、全乾法によって測定した。

(2) 心材生材含水率・気乾材心材明度と材内のカリウム含有量

(1)で心材含水率の測定に用いた試料中のカリウム含有量を蛍光X線分析器(SIMAZU xrf1500)で測定した。前処理は(1)に用いた試料を硬質ステンレス製の刃が付いた粉砕機で4分間粉砕後、さらにタンダステンカーバイト製の粉砕機で10分間粉砕して微粉末にし、五酸化二燐を入れたデシケーター内に1週間以上保存した。なお、蛍光X線分析器の測定モードは定性定量モードで、検量線法によってカリウム含有量を測定した。

表-2 関福7号・関福8号の供試木の概要

検定林名	クローン	反復区	位置	胸高	径 (mm)												樹高 (m)	枝下高 (m)							
					0.2m	1.2m	3.2m	5.2m	7.2m	9.2m	11.2m	13.2m	15.2m	17.2m											
関福7号	東白川1号	A区	上部	大	17.8	16.0	14.0	13.3	10.0	7.0	2.3					12.6	6.1								
				小	13.8	11.5	10.1	8.0	4.6							9.6	4.1								
		下部	大	18.6	16.5	13.8	11.8	5.0	1.8							10.3	5.2								
			小	13.0	10.2	9.0	7.4	5.1	2.4							10.3	5.5								
		B区	上部	大	20.0	18.2	16.2	14.2	11.2	7.6	3.0						13.0	5.6							
				小	15.5	13.0	11.8	10.2	7.1	3.8							11.2	5.1							
	下部	大	18.1	16.2	14.8	14.0	11.2	10.0	7.5	3.2						15.2	9.6								
		小	14.2	12.5	11.0	9.8	7.8	4.5								11.7	7.9								
	東白川2号	A区	上部	大	19.4	17.0	15.2	13.3	11.2	9.8	5.4	1.4					14.1	8.1							
				小	13.5	11.8	11.4	10.0	8.1	5.5	1.6						12.0	6.5							
		下部	大	25.8	23.8	21.8	18.5	15.5	12.5	9.9	7.0	3.2					17.0	4.0							
			小	14.0	13.0	10.0	14.0	2.8									9.1	4.0							
		B区	上部	大	19.2	16.8	16.1	13.2	12.0	7.0	3.1							13.1	6.6						
				小	14.5	13.8	11.8	10.5	7.8	5.3	2.1							12.6	5.1						
	下部	大	19.5	16.1	15.1	13.3	11.5	9.0	6.0	3.0							14.9	8.5							
		小	12.3	12.0	9.5	3.6											7.1	3.2							
	東白川8号	A区	上部	大	19.5	17.3	14.5	12.5	10.0	6.0	1.4						12.1	4.0							
				小	15.0	12.7	11.0	9.2	7.2	4.0								11.2	5.7						
		下部	大	25.0	21.8	19.0	14.3	10.5	7.3	3.2							13.1	3.3							
			小	15.5	14.0	11.0	2.3										6.6	4.2							
		B区	上部	大	20.0	17.0	15.2	13.3	11.8	9.0	5.3							13.9	6.8						
				小	14.8	13.3	11.0	8.8	5.8	2.7								10.8	4.6						
	下部	大	20.2	18.5	17.0	15.5	14.0	12.2	11.0	7.2	3.0						16.8	10.5							
		小	15.2	11.3	9.6	8.1	6.0	3.6									11.2	7.0							
南会津8号	A区	上部	大	19.0	16.0	14.5	13.5	11.8	10.0	6.0							13.9	8.5							
			小	13.0	11.4	10.5	9.8	8.0	6.0	2.4							12.7	8.2							
	下部	大	20.3	19.0	16.5	15.4	13.2	11.9	9.8	5.5	1.2						15.9	10.5							
		小	14.5	12.5	11.0	8.5	7.0	5.6	4.0								13.4	9.5							
	B区	上部	大	23.5	20.5	18.6	17.0	16.0	13.3	11.8	7.8	2.5						16.5	10.1						
			小	15.0	15.0	11.8	10.8	9.5	8.0	5.4	1.7							14.3	10.7						
下部	大	27.0	24.0	21.8	20.0	18.0	16.0	13.1	9.0	5.5							15.9	7.6							
	小	17.6	16.8	13.9	12.9	11.6	9.5	9.3	4.6								15.7	11.3							
関福8号	石城1号	B区	上部	大	29.0	24.8	17.3	16.0	13.0	9.0	5.2							13.8	3.9						
				小	12.5	10.2	10.5	8.0	4.5										8.6	5.8					
		下部	大	21.2	19.0	17.0	16.0	12.8	9.8	6.0									13.9	5.6					
			小	15.0	13.3	11.5	9.9	8.4	5.6	2.3									12.3	9.9					
		C区	上部	大	19.8	16.0	14.3	12.0	9.3	5.9										11.5	5.9				
				小	18.2	12.3	10.8	9.5	6.9	3.3										10.7	6.9				
	下部	大	21.5	19.0	16.5	12.7	10.3	7.2	3.2										12.8	5.6					
		小	16.5	16.0	11.8	10.3	8.2	4.3											11.6	6.5					
	岩瀬1号	B区	上部	大	18.6	17.3	15.6	12.5	10.0	5.1										11.7	6.2				
				小	14.5	12.5	10.6	9.0	6.5	3.3											10.9	7.6			
		下部	大	27.0	21.6	16.3	14.1	11.0	8.2	3.8											12.9	5.7			
			小	16.9	12.1	10.1	8.9	6.0	2.8												11.0	7.1			
C区		上部	大	22.8	19.0	17.4	14.8	11.3	7.0	2.0											12.5	7.6			
			小	14.0	12.2	10.3	8.8	6.2	3.0												10.7	7.7			
下部	大	22.2	18.0	15.7	14.2	12.1	9.9	6.8	2.0											14.1	6.3				
	小	20.0	15.0	12.0	10.4	8.4	6.3	3.0												12.7	8.1				
南会津8号	B区	上部	大	21.0	18.5	16.4	14.5	12.0	7.0	1.5											12.0	8.3			
			小	15.2	12.5	11.0	9.0	6.2	2.6													10.3	7.0		
	下部	大	21.0	19.0	15.5	13.4	11.8	9.1	4.8													13.1	9.3		
		小	14.0	13.2	11.0	9.0	7.6	4.7														11.4	7.1		
	C区	上部	大	22.8	19.5	17.5	14.0	11.4	6.9	1.3													11.8	7.7	
			小	20.5	12.8	11.5	9.0	7.0	2.0														10.1	7.1	
下部	大	28.5	21.2	17.1	15.1	13.0	9.4	4.5														14.0	7.9		
	小	16.5	13.6	11.3	10.0	8.2	5.2	2.1														12.1	7.1		
西白河2号	B区	上部	大	27.1	20.5	17.9	16.8	14.2	11.3	9.1	4.7												15.2	7.6	
			小	19.0	17.5	17.2	8.0	5.0	2.0														10.3	3.2	
	下部	大	23.0	17.9	16.0	14.0	12.0																7.7	6.3	
		小	23.4	16.0	13.5	12.4	11.0	9.3	7.3	3.8													15.1	8.3	
	C区	上部	大	31.0	22.3	20.0	16.6	14.0	11.6	8.3	3.3													14.8	7.8
			小	16.1	15.0	12.0	11.0	9.7	7.4	4.6														13.3	9.4
下部	大	27.7	22.2	19.0	18.0	16.0	12.0	8.5	3.0														14.9	5.6	
	小	12.0	10.9	9.2	7.9	6.0	3.2																10.8	5.0	

## III 結果と考察

## 1. 各種材質の個体内変異

各形質の高さ方向における差を見るため、地際からの高さ(地上高)と反復区及びクローンを要因として三元配置の分散分析を行った(表-3)。その結果、地上高に心材率、晩材率、心材含水率、心材色明度で著しく有意な差が認められ、真円率と偏心度では有意差は認められなかった。また、反復間で有意差が認められたのは晩材率のみであり、わずかにクローンの結果であるが、心材率と偏心度ではクローン間に有意差が認められた。

地上高に有意差の認められた形質について、それぞれの高さ間に差があるのかを最小有意差法によって調べた。その結果、心材率では3.3mの部位が1m及び2mの部位よりも有意に低く、晩材率では0.2m及び1.2mの部位が他の部位よりも有意に高くなっており、心材含水率では0.2mの部位が他の部位よりも有意に高い値を示し、1.2mの部位も2.2m及び3.2mの部位よりも有意に高い値を示した。また、心材色明度では5.5mの部位が他の部位よりも有意に低かった。

スギの心材率は円盤の断面直径が約30cm位までは断面直径に比例してほぼ直線的に増大し、また

表-3 各形質の分散分析結果

形質	要因	自由度	平均平方	F値	形質	要因	自由度	平均平方	F値
晩材率	地上高	5	158.60	13.385 **	心材色明度	地上高	3	45.46	4.210 **
	反復区	2	207.49	17.510 **		反復区	2	13.04	1.208
	クローン	1	24.61	2.077		クローン	1	32.37	2.998
	地上高×反復区	10	7.56	0.638		地上高×反復区	6	7.42	0.687
	地上高×クローン	5	3.49	0.295		地上高×クローン	3	6.75	0.625
	反復区×クローン	2	186.24	15.717 **		反復区×クローン	2	16.10	1.491
	地上高×反復区×クローン	10	10.05	0.848		地上高×反復区×クローン	6	5.06	0.468
	誤差	171	11.85			誤差	120	10.80	
心材率	地上高	2	245.54	8.523 **	心材含水率	地上高	5	18747.20	36.345 **
	反復区	2	39.85	1.383		反復区	2	556.50	1.079
	クローン	1	912.40	31.669 **		クローン	1	838.79	1.626
	地上高×反復区	4	0.68	0.024		地上高×反復区	10	425.73	0.825
	地上高×クローン	2	2.75	0.096		地上高×クローン	5	1261.53	2.446 *
	反復区×クローン	2	173.41	6.019 **		反復区×クローン	2	847.61	1.643
	地上高×反復区×クローン	4	6.18	0.215		地上高×反復区×クローン	10	1191.58	2.310 *
	誤差	90	28.81			誤差	164	515.81	
偏心度1	地上高	3	259.87	1.841	真円率	地上高	2	9.14	0.487
	反復区	2	269.60	1.910		反復区	2	49.25	2.624
	クローン	1	3312.00	23.468 **		クローン	1	49.21	2.621
	地上高×反復区	6	55.04	0.390		地上高×反復区	4	6.07	0.323
	地上高×クローン	3	114.65	0.812		地上高×クローン	2	89.85	4.787 *
	反復区×クローン	2	209.39	1.484		反復区×クローン	2	8.93	0.476
	地上高×反復区×クローン	6	18.27	0.129		地上高×反復区×クローン	4	7.93	0.423
	誤差	120	141.13			誤差	90	18.77	
偏心度2	地上高	3	74.16	1.596					
	反復区	2	5.24	0.113					
	クローン	1	407.37	8.766 **					
	地上高×反復区	6	18.81	0.405					
	地上高×クローン	3	57.95	1.247					
	反復区×クローン	2	40.09	0.863					
	地上高×反復区×クローン	6	57.60	1.239					
	誤差	120	46.47						

\*\* : 1%水準で有意

\* : 5%水準で有意

幹の直径が約7 cm位で心材の形成が始まるのが藤原<sup>3)</sup>らによって報告されているが、今回の場合は3.3mの部位では小径であるため心材化があまり進んでおらず、低い値になったと考えられる。晩材率は、心材含水率はほとんどの個体で地際付近が極端に高く、次いで胸高部付近が高くなっており、地上高2.2mよりも高い樹幹部では比較的变化は少なかった。また、クローン毎にみると南会津8号よりも石城1号で、樹幹上部の心材含水率の変化も個体変異も少なかった。中田ら<sup>3)</sup>は樹幹の高さ方向における心材含水率の変化のパターンは概ね7つのパターンに区分でき、また品種内の個体間では心材の平均含水率の樹高方向での変化が類似し、品種によって違いが認められたことを報告しており、本研究の結果を照らし合わせると、石城1号、南会津8号ともに樹幹方向での心材含水率の変化は、ほぼ同様のパターンであり、両クローンとも樹冠下部で含水率が高く、樹冠上部で含水率が低くなるタイプであったと思われる。

つぎに、個体の大きさ、すなわち成長状態と各形質の関係を検討するため、それぞれの測定位置毎にクローンと反復区を要因とし、成長状態を示す胸高直径を共変量として、共分散分析を行った。その結果、心材率のクローン間差はいずれの高さにおいても有意であり、真円率では地上高1 m部位にのみ、心材含水率では3.2m及び4.2m部位のみ有意であった。晩材率と心材色では、いずれの高さにもクローン間差は認められなかった。また、反復区間の差は心材含水率の3.2m部位と晩材率の2.2m部位で有意であったが、それ以外は全て有意ではなかった。胸高直径に対する回帰は、心材率ではいずれの高さにおいても有意であり、地上高1 m部位の偏心度及び地上高0.2m部位の心材含水率においても、胸高直径に対する回帰は有意であった。しかし、他の形質では一部の高さで回帰の有意性は認められたものの、明らかな関係は認められなかった。

以上のことから、心材率は成長状態の違い等により検定林間で異なることがあるが、他の調査形質では25年生程度の樹齢で、胸高部位付近の比較であれば、クローン間の比較は十分に可能と思われた。しかし、胸高部位よりも高い樹幹部では心材含水率のように、心材化の程度が影響すると思われる形質は、林分によって成長の程度が異なることから、クローン間の比較は難しいと思われた。

## 2. 心材生材含水率・気乾材心材明度の変異

### (1) 心材生材含水率と気乾材心材明度のクローン間変異

心材含水率と心材明度について検定林毎にクローンと斜面上の位置(上部、下部)及び胸高直径の大小を要因として3元配置の分散分析を行った(表-4)。その結果、心材含水率では関福7号でクローンと胸高直径に、関福8号でクローンにのみ有意差が認められ、心材明度(L\*値)では関福7号でクローンに、関福8号でクローンと胸高直径に有意差が認められた。しかし、いずれの場合も斜面上の位置には有意差が認められなかった。

クローンの分散への寄与率は、心材含水率では関福7号で57.7%、関福8号で41.4%であり、心材明度では関福7号で42.6%、関福8号で38.5%といずれも非常に高い値を示した。これに対して、両形質において一方の検定林では有意差の認められた胸高直径の大小の分散への寄与率は、心材含水率では関福7号で5.6%、心材明度では関福8号で10.2%とクローンの寄与率に比べてかなり低い値であった。しかし、心材含水率、心材明度で胸高直径の大小に有意差の認められなかった検定

表-4 心材生材含水率と心材色明度の検定林別分散分析の結果

検定林	要因	自由度	平均平方		F 値	
			心材生材含水率	心材色明度	心材生材含水率	心材色明度
関福 7号	斜面上の位置	1	810.031	1.813	1.303	0.218
	胸高直径	1	4826.531	10.257	7.762 *	1.236
	クローン	3	14981.360	87.068	24.094 **	10.492 **
	斜面上の位置×胸高直径	1	2538.281	4.488	4.082	0.541
	斜面上の位置×クローン	3	1101.031	16.822	1.771	2.027
	胸高直径×クローン	3	1768.531	18.768	2.844	2.262
	斜面上の位置×胸高直径×クローン	3	993.615	12.586	1.598	1.517
	誤差	16	621.781	8.298		
関福 8号	斜面上の位置	1	157.531	1.169	0.224	0.161
	胸高直径	1	427.781	48.306	0.610	6.651 *
	クローン	3	4800.531	58.984	6.845 **	8.121 **
	斜面上の位置×胸高直径	1	101.531	8.388	0.145	1.155
	斜面上の位置×クローン	3	812.365	4.899	1.158	0.675
	胸高直径×クローン	3	133.781	7.861	0.191	1.082
	斜面上の位置×胸高直径×クローン	3	179.031	4.569	0.255	0.629
	誤差	16	701.281	7.263		

注) \*: 5%水準で有意。\*\*: 1%水準で有意。

った検定林においても、心材含水率や心材色明度と胸高直径の大きさの大小関係は、平均値では胸高直径の大小に有意差の認められた検定林と同様の傾向を示した。藤澤<sup>4)</sup>らは九州地方の3箇所のスギ次代検定林における調査で、心材含水率のクローン間の変異幅が検定林間の変異幅の2~3倍に達し、また常に高い広義の遺伝率を示したと報告しており、さらに複数クローンの検討をした結果、心材含水率と胸高直径の間に有意な相関関係は認められなかったことと併せて、スギの心材含水率の変異が遺伝的に強く支配されているとしている。

また、丹原<sup>2)</sup>はスギの心材色は土壤の水分環境によって、乾燥状態ほどやや赤みが強くなる傾向にあるが、環境条件が変わってもアカジン系とクロジン系のクローンは明確に区分できたと報告しており、さらに植田<sup>1)</sup>も標高差約100mの長い斜面上におけるスギの心材色の調査で、斜面上の位置によって変動する要因が明度であることや、主に土壤水分条件の違いによる環境変動が認められると同時に、土壤水分に関係なく固有の心材色を保持する個体の存在を認めたことを報告している。

以上のことから、心材含水率や心材色明度はかなり大きな土壤水分の条件の違いがない限り、植栽する斜面上の位置に係わらず、クローンの選定をするだけでかなり効果的に制御が可能であり、密度管理などによる胸高直径の制御も同時に行えばより均一化を図ることが可能と思われる。また、関福7号、関福8号の両検定林に共通して植栽されていた南会津8号の心材含水率と心材色明度をみると、心材含水率では関福7号の平均値が103.0%、関福8号の平均値が95.6%であり、心材色明度では関福7号の平均値が48.8、関福8号の平均値が47.9と心材含水率、心材色明度ともに非常に近い値を示していることから、植栽地が異なっても同様の成長状態になるよう管理すれば、同一クローンの心材含水率と心材色明度はかなりの再現性を持たせることができると予想される。さらに、心材含水率と心材色明度の間には高い正の相関が認められ、心材含水率が高い個体ほど心材色

明度が低くなる傾向にあったことから、一方の形質に着目して選抜を行えばもう一方の形質も同時に選抜することになるため、効率よく心材含水率と心材色明度に優れた個体を選抜できる。

(2) 心材生材含水率・気乾材心材色明度と材内のカリウム含有量

心材部のカリウム含有量と心材色明度・心材含水率の相関関係をみた。その結果、心材部のカリウム含有量と心材色明度の間には関福7号、関福8号とも著しく高い負の相関が認められ、心材部のカリウム含有量と心材含水率の間には関福7号で著しく高い正の相関が、関福8号でも高い正の相関が認められた。従って、カリウムが直接的・間接的に作用しているのか、あるいは見かけ上関係があるように見えるだけなのかは分からないが、心材色明度は心材部のカリウム含有量が少ないほど高い値を示し、心材含水率は心材部のカリウム含有量が少ないほど低い値を示すと言える。

つぎに心材部のカリウム含有量について(1)と同様に検定林毎にクローンと斜面上の位置(上部、下部)及び胸高直径の大小を要因として3元配置の分散分析を行った結果(表-5)、関福7号でクローン、胸高直径の大小、斜面上の位置と胸高直径の大小の交互作用、胸高直径の大小とクローンの交互作用で有意差が認められ、関福8号でクローン、胸高直径の大小で有意差が認められた。しかし、心材含水率や心材色明度と同様、いずれの場合も斜面上の位置には有意差が認められなかった。

クローンの分散への寄与率は関福7号で37.3%、関福8号で33.7%であり、胸高直径の大小の寄与率は関福7号で23.3%、関福8号で35.8%と、心材含水率や心材色明度よりも胸高直径の影響が大きかった。

そこで、より多くのクローンの花材部のカリウム含有量を胸高直径(肥大成長)の影響を考慮して比較検討するため、関福7号第2反復区で採取した精英樹13クローン(各クローン3個体ずつ)の心

表-5 カリウム含有量の検定林別分散分析の結果

検定林	要因	偏差平方和	自由度	平均平方	F値	寄与率(%)
関福7号	斜面上の位置	996377.9	1	996377.9	3.762	
	胸高直径	8825250.8	1	8825250.8	33.318	** 23.3
	クローン	14474906.4	3	4824968.8	18.216	** 37.3
	斜面上の位置×胸高直径	1196063.1	1	1196063.1	4.516	* 2.5
	斜面上の位置×クローン	1241750.3	3	413916.8	1.563	
	胸高直径×クローン	4456684.2	3	1485561.4	5.608	** 10.0
	斜面上の位置×胸高直径×クローン	1270089.8	3	423363.3	1.598	
	誤差	4238049.1	16	264878.1		
関福8号	斜面上の位置	29939.0	1	29939.0	0.161	
	胸高直径	6699264.1	1	6699264.1	36.083	** 35.8
	クローン	6690767.7	3	2230255.9	12.012	** 33.7
	斜面上の位置×胸高直径	583524.0	1	583524.0	3.143	
	斜面上の位置×クローン	860379.4	3	286793.1	1.545	
	胸高直径×クローン	246388.6	3	82129.5	0.442	
	斜面上の位置×胸高直径×クローン	97481.2	3	32493.7	0.175	
	誤差	2970635.4	16	185664.7		

注) \*: 5%水準で有意。 \*\*: 1%水準で有意。



材部カリウム含有量について、クローンを要因に、胸高直径を共変量として1元配置の共分散分析を行った(表-6)。その結果、やはりカリウム含有量の胸高直径への回帰には有意性が認められ、またクローン間にも著しく有意な差が認められた。

次に各クローンの母平均の区間推定をした結果を表-7に示す。全供試木の平均胸高直径15.24cmのときのカリウム含有量の母平均の95%信頼区間は、南会津8号は約306 $\mu\text{g/g}$ から約145 $\mu\text{g/g}$ となっており、西白河2号は約3709 $\mu\text{g/g}$ から約4867 $\mu\text{g/g}$ となっている。つまり、胸高直径が15.24cmのとき、心材中のカリウム含有量は南会津8号は約306~1455 $\mu\text{g/g}$ 、西白河2号は約3709~4867 $\mu\text{g/g}$ の間と推定できるといことであり、クローンによって非常に異なっていることが分かる。前述のカリウム含有量の心材明度への回帰式をそれぞれのカリウム含有量推定値に当てはめてみると、南会津8号の心材明度は約48.9~52.4、西白河2号の心材明度は約38.3~41.9となり、仮にL\*値が50以上のものを赤心、40以下のものを黒心とすれば、南会津8号は赤心もしくは赤心に極めて近い個体が多く、逆に西白河2号は黒心もしくは黒心に近い個体が多いと推定できる。また、同様に前述のカリウム含有量の心材含水率への回帰式をそれぞれのカリウム含有量推定値に当てはめてみると、南会津8号の心材含水率は約67.6~100.7%、西白河2号の心材含水率は約165.6~198.9%となり、心材含水率150%以上のものを高含水率材とすれば、南会津8号が高含水率材であることは少ないが、西白河2号はかなり高い確率で高含水率材となる場合が多いと推定できる。供試した13クローンのカリウム含有量の母平均の差の検定をしたところ、最もカリウム含有量の少なかった南会津8号とは全クローンで有意差が認められ、最もカリウム含有量の多かった西白河2号とは信夫1号以外の全クローンで有意差が認められた。

以上のことから、南会津8号は赤心(または赤心に近い心材色)で心材含水率の低いクローンであり、西白河2号と信夫1号は黒心(または黒心に近い心材色)で心材含水率の高いクローンであると考えられる。

表-6 関福7号第2反復区におけるカリウム含有量の共分散分析表

	平方和	自由度	平均平方	F値
クローン間変動	24633681.98	12	2052806.83	9.386 **
クローン内変動	5467455.27	25	218698.21	

表-7 関福7号第2反復区におけるクローン別カリウム含有量母平均の95%信頼区間

クローン名	カリウム含有量 ( $\mu\text{g/g}$ )		
石城1号	2177.7	~	3319.3
石城2号	2188.0	~	3312.7
東白川1号	2283.5	~	3396.4
東白川2号	1318.0	~	2475.3
東白川5号	2378.1	~	3495.7
東白川8号	2761.7	~	3874.2
東白川10号	2405.4	~	3523.8
西白河2号	3708.6	~	4866.9
西白河3号	1766.3	~	3160.1
岩瀬1号	2002.7	~	3128.7
南会津8号	306.1	~	1455.1
南会津11号	2736.5	~	3889.6
信夫1号	3194.3	~	4327.2

## IV 総合考察

心材色明度や心材含水率はクローンと胸高直径(肥大成長)によって、かなり決定される形質であると考えられるが、その原因の一つとして心材部に含まれるカリウム含有量がある。阿部らはスギの心材内に含まれる炭酸水素カリウムが心材の黒変現象の原因物質の一つであることを実験的に証明し、森川ら<sup>6)</sup>は心材色明度は心材からの温水抽出物に含まれるカリウム量が約1800ppm以下ではほぼ一定値を示したが、カリウム量がこの値より増加するにつれて低下し、約2500ppm以上に達すると再び一定値を示したと報告している。また、カリウムの含有量はクローンによってある程度決まっており、肥大成長に伴ってカリウム含有量は増加するものの、遺伝的にカリウム含有量のもともと少ないクローンは黒心化するほどのカリウム含有量にはいたらず、逆にカリウム含有量のもともと多いクローンは肥大成長が旺盛でなくても黒心化することを示唆している。本研究においても心材色明度と心材中のカリウム含有量には著しく高い相関が認められ、またカリウム含有量のクローン間差も著しく有意であり、さらにカリウム含有量の胸高直径への回帰も有意であったことは、前述の報告を裏付ける結果であると考えられる。

この結果を受け、データ数は少ないものの関福7号第2反復区のカリウム含有量の測定結果から、調査クローンのカリウム含有量の個々のデータの存在範囲を推定し、さらにカリウム含有量と心材色明度及び心材含水率の回帰式から、それぞれのクローンが示すと思われる心材色明度及び心材含水率の範囲を推定した(表-8)。この推定結果と調査3における関福7号と関福8号の各調査個体の心材色明度及び心材含水率を照らし合わせると、心材色明度では関福7号で32個体中23個体が、関福8号で32個体中21個体が推定値の範囲内の値であり、心材含水率では関福7号で32個体中19個体が、関福8号で32個体中24個体が推定値の範囲内の値であった。心材色明度、心材含水率とも両検定林で6割から7割程度が推定値の範囲内に収まったが、東白川8号のようにクローンによっては大部分が推定

表-8 カリウム含有量の個々のデータの存在範囲から推定した各クローンの心材色明度と心材含水率

クローン名	カリウム含有量の個々のデータの存在範囲 (μg/g)	心材色明度(L*)	心材含水率(%)
東白川8号	2089.3 ~ 4523.3	39.4 ~ 46.9	118.9 ~ 189.0
南金津8号	0 ~ 2294.7	46.3 ~ 53.4	58.8 ~ 124.8
備夫1号	2659.2 ~ 5093.3	37.6 ~ 45.1	135.3 ~ 205.4
東白川5号	1793.3 ~ 4227.4	40.3 ~ 47.8	110.4 ~ 180.5
西白河2号	2850.0 ~ 5284.1	37.0 ~ 44.6	140.8 ~ 210.9
西白河3号	672.1 ~ 3106.1	43.8 ~ 51.3	78.1 ~ 148.2
西白河4号	2208.7 ~ 4642.7	39.0 ~ 46.5	122.4 ~ 192.5
東白川10号	1826.9 ~ 4261.0	40.2 ~ 47.7	111.4 ~ 181.5
東白川2号	898.2 ~ 3332.3	43.1 ~ 50.6	84.6 ~ 154.7
東白川1号	1600.7 ~ 4034.7	40.9 ~ 48.4	104.9 ~ 175.0
石城1号	1707.1 ~ 4141.2	40.5 ~ 48.1	107.9 ~ 178.0
南金津11号	2303.7 ~ 4737.8	38.7 ~ 46.2	125.1 ~ 195.2
石城2号	1419.4 ~ 3853.5	41.4 ~ 49.0	99.6 ~ 169.7
岩瀬1号	1229.6 ~ 3663.7	42.0 ~ 49.6	94.2 ~ 164.3

くはずれるものもあった。従って、心材中のカリウム含有量から心材明度や心材含水率をより精度良く推定するには、さらに多くの検定林で多くの個体の調査が必要と思われるが、本調査で得たような調査データを積み重ねていくことで、どのクローンをどのような所に植栽し、どのような密度管理(肥大成長の制御)を行えば、心材色や心材含水率がどの程度の木材が得られるのかが推定できるものと思われる。

## V お わ り に

本研究では調査検定林数、クローン数が少ないことは否めないが、スギの材質が形質毎に個体内、クローン間でどのように異なるのか、また心材含水率・心材明度・心材部のカリウム含有量の遺伝要因・環境要因にどのように左右されているのか、といったことをある程度示すことができた。

しかしながら、調査数を増やすことはもとより、土壌条件の調査や心材色などでは経時変化を見る必要があるなど、まだ課題は多く残されている。従って、今後も引き続き多くの次代検定林における調査が望まれる。

## VI 引 用 文 献

- 1) 植田幸秀：鳥取県林試研報23, 24-33(1980)
- 2) 丹原哲夫：岡山県林試研報 NO.11, 20-30(1994)
- 3) 中田了五, 藤澤義武, 平川泰彦, 山下香菜：木材学会誌 Vol.44, No. 6, 395-402(1998)
- 4) 藤澤義武, 太田貞明, 西村慶二, 戸田忠雄, 田島正啓：木材学会誌 Vol.41, No. 3, 249-255(1995)
- 5) 藤原新二, 岩上正朗：高知大学農演報15, 17-27(1988)
- 6) 森川 岳, 小田一幸, 松村順司, 堤 壽一：九大演報74, 41-49(1996)