

# 富山県産スギを対象とした若齢期における成長の系統間差と順位変動

松浦 崇遠

## Differences and ranking variations of growth in young stage among sugi strains from Toyama prefecture

Takatoh MATSUURA

富山県産スギの主要な系統を対象に、20～30年生の成長特性を比較した。ボカスギや実生は上位、ミオスギや上市2号は下位のグループに属していた。20・25・30年生時の樹高や直径の順位に関する、期首と期末の相関は高かった。しかし、期首の樹高・直径とその後5年間の成長量との相関は、3箇所中2箇所の調査地では認められなかった。このような調査地では、系統間の順位は今後変動する可能性が高いことが示唆された。

### 1. はじめに

遺伝的形質にしたがって決定される成長特性を把握することは、木材生産を目的とする造林樹種に育種的な改良を施し、収量の増大や収穫期の調整によって生産性の向上を図るために重要な意義をもつ。

スギ (*Cryptomeria japonica* D. Don) の成長は系統によって異なることが知られている。富山県産の系統に関しては、平 (1980a) や松浦 (1998)、相浦 (2004) の報告がある。しかしながら、このような調査は主に幼齢期を対象としたものであり、若齢期の成長を比較した事例 (松浦ら, 2004) は少ない。

また、スギの成長特性は成長のステージによって異なることが知られており、各地に早生・晩生品種が存在する (坂口, 1969)。前田ら (1991) や小山ら (2001) は幼若齢期の成長を比較し、系統間の順位に変動があることを示した。松浦ら (2004) は幼齢期と若齢期の樹高について、系統間の順位に相関があまり見られないことを示した。外山 (1992) は実生家系を対象とした調査から、成長の経過を早晩生によって類型化するとともに、50年生までの成長が上位であった個体には、幼齢期に上位であった個体が少数しか含まれていないことを示した。これらの知見は幼齢期の優劣が若齢期以降の優劣を反映し

ないとの考えを支持しているが、若齢期間中の成長に関しては十分に検証されていない。

本稿では、富山県産の系統を対象に、若齢期の樹高・直径および成長量を比較した。また、それぞれを変数として、系統間の優劣や順位の変動を解析した。その結果を基にして、系統の成長特性に応じた伐期の設定にも言及した。

### 2. 材料及び方法

調査は富山県内に位置する3箇所の林分 (調査地A～C) において実施した (表-1)。調査地の標高は45～280mであり、調査地の最大積雪深は46～193cmと推定された (石田, 1991)。

調査地に植栽された系統には県内の在来品種とタテヤマスギの林分から選抜された精英樹が含まれており、タテヤマスギの実生 (以下、実生と表記) を除く全ての系統は単一クローンである (表-2)。なお、カワイダニスギは他の在来品種と同様県内に普及しているが、その産地は石川県である。また、16系統中7系統は全ての調査地に植栽されているが、その他の系統は共通していない。

調査地の植栽年は1974～1976年、調査地の植栽密度は2,500本/haである。植栽木の配置形式は調査地A・Cが列状・方形状 (各120m<sup>2</sup>)、調査地Bが単

表-1 調査地の概況

調査地名	所在地	標高	平均気温	年降水量	最大積雪深	斜面傾斜	斜面方位
調査地A	氷見市矢田部	45m	12.9℃	2,675mm	46cm	17°	N
調査地B	富山市八尾町東坂下	185m	12.7℃	2,614mm	115cm	32°	NE・SSW
調査地C	黒部市宇奈月町内山	280m	12.4℃	3,724mm	193cm	27°	ENE

表-2 系統の名称と試料数

系統名	品種名	増殖形態	試料数					
			調査地A		調査地B		調査地C	
			ブロック別	計	ブロック別	計	ブロック別	計
ボカ	ボカスギ	挿し木	13/11/12	36	18/18/20	56	19/17/17	53
カワイダニ	カワイダニスギ	〃	10/13/12	35	11/12/11	34	14/17/12	43
ミオ	ミオスギ	〃	15/7/7	29	19/11/14	44	6/8/9	23
砺波2号	マサヤマスギ	〃	10/4/5	19			4/9/9	22
増山A	〃	〃	9/7/6	22				
石動2号	リョウワスギ	〃	10/12/6	28	18/11/7	36	15/11/11	37
了輪A	〃	〃					9/15/12	36
タカセ	〃	〃	15/9/7	31	18/9/11	38		
ブナ坂	タテヤマスギ	〃			10/6/11	27		
城端1号	〃	〃	16/7/5	28	9/5/13	27		
上市2号	〃	〃	10/5/12	27	6/7/4	17	14/7/8	29
上市3号	〃	〃	7/9/5	21	14/9/19	42	14/11/10	35
大山1号	〃	〃	6/6/4	16				
高岡1号	〃	〃			9/5/6	20	11/10/12	33
立山1号	〃	〃			14/6/10	30	17/3/9	29
タテヤマ 実生	〃	実生	9/10/3	22	15/19/15	49	15/18/15	48

ブロック別の試料数は左から順に、それぞれブロック a～c に対応する。

木混交であり、それぞれブロック a～c の3反復が設定されている。

調査地Aでは25年生時と30年生時に、調査地B・Cでは20・25・30年生時に、植栽木の樹高と胸高直径(地上高1.3m)を測定した。樹高の測定には検測桿と測高器を併用し、直径には輪尺を使用した。

成長量を比較するため、調査地の植栽木から、全ての調査年に測定値が得られた個体のみを抽出した。本稿では、ブロック当たりの平均値の算出に必要な試料数を3個体以上とし、これに満たない場合は解析から除外した(表-2)。試料数の差は、主として被陰下の成長不良や風雪による樹幹の損傷、間伐に起因する。抽出した個体の測定値から、系統とブロックの処理間における多重比較(Tukey法,  $\alpha = 0.05$ )を行い、系統間の差の有意性を検出した。要因間の交互作用は考慮していない。また、各ブロックの平均値(調査地A・B)ないしは最小二乗推定値(調査地C)、全体の最小二乗推定値から、期首

と期末の値および期間の成長量における Pearson の積率相関係数( $\gamma$ )と Spearman の順位相関係数( $\rho$ )を求め、相関の有意性を検出した。統計解析プログラムには SPSS 15.0 (SPSS Inc.,2006)を使用した。

### 3. 結果

#### 3.1 系統間の成長

調査地A～Cにおける各系統の樹高を図-1に示す。樹高は調査地によってばらつきがあり、3箇所の調査地に共通するボカスギなど7系統の30年生時の平均値は、調査地Aが19.2m、調査地Bが12.4m、調査地Cが15.1mであった。全ての調査地においてボカスギの成長はその他の系統を上回り、実生とともに上位のグループに属していた。また、ミオスギや上市2号は下位のグループに属していた。30年生時の順位は20・25年生時と必ずしも一致していなかった。

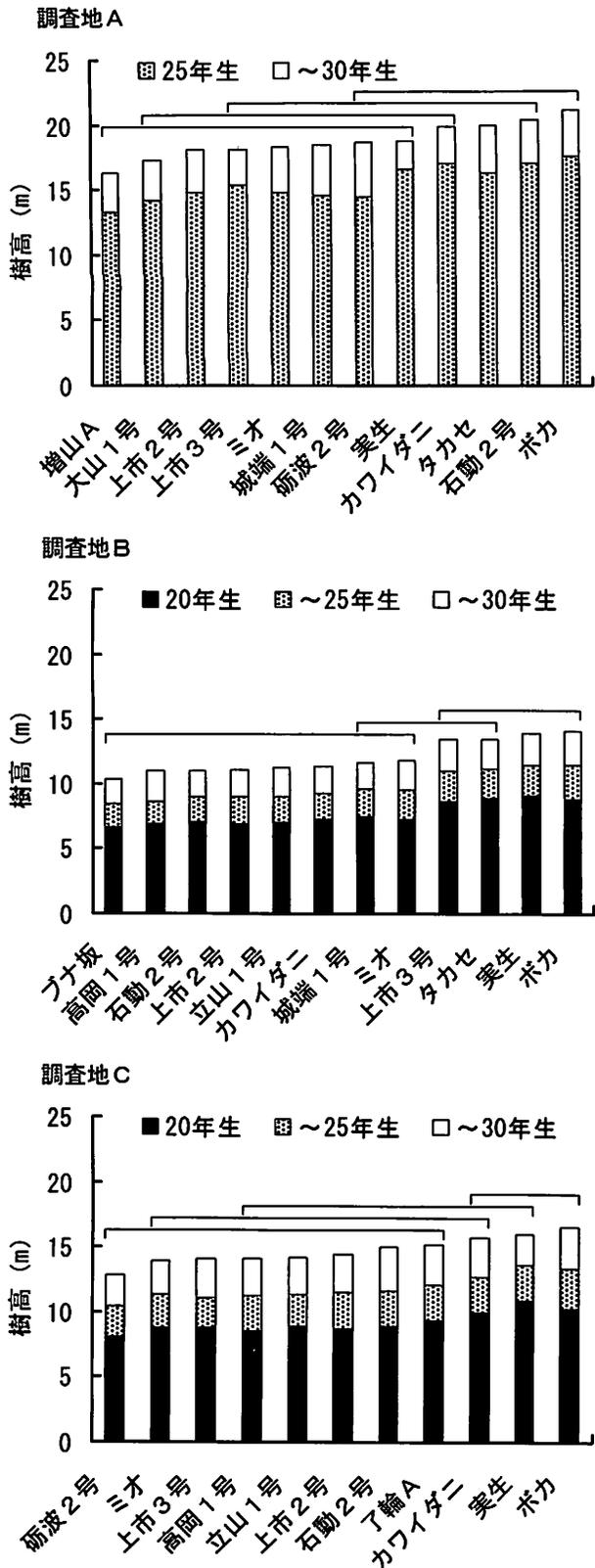


図-1 各系統の樹高

各系統は30年生時を基準にして昇順に配列されている。バーはそれぞれの範囲内において、30年生時に有意な差が検出されないことを示す ( $p < 0.05$ )。

調査地A~Cにおける各系統の、25~30年生 (5

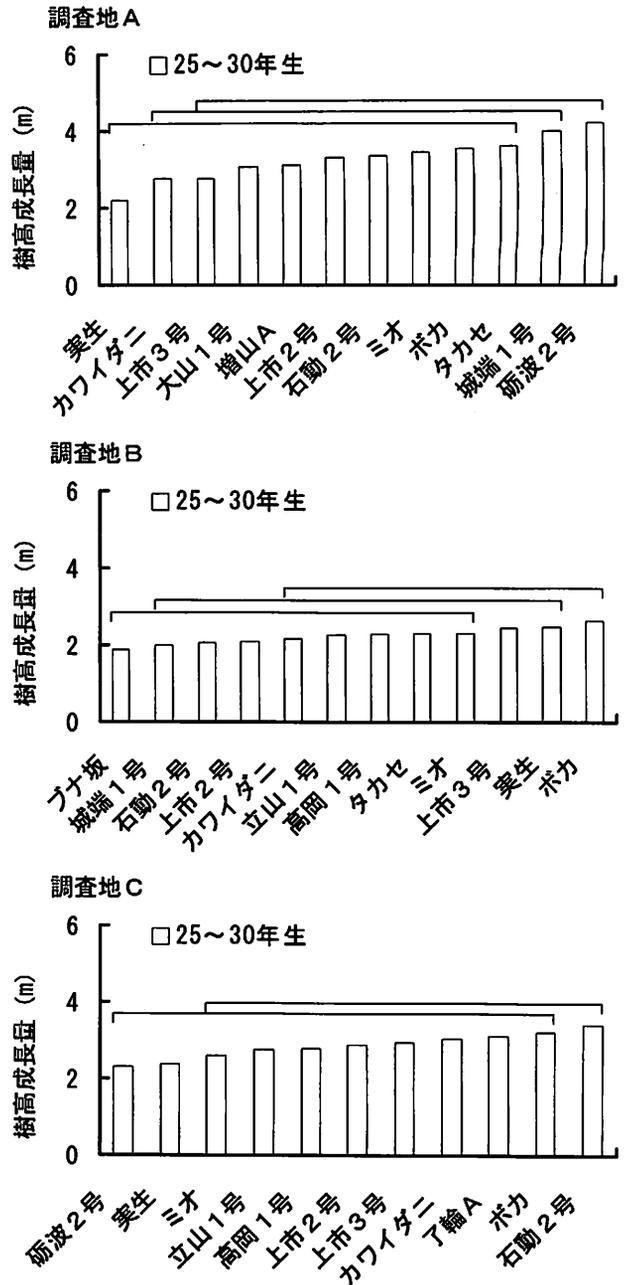


図-2 各系統の樹高成長量

各系統は昇順に配列されている。バーはそれぞれの範囲内において、有意な差が検出されないことを示す ( $p < 0.05$ )。

年間)の樹高成長量を図-2に示す。系統間の差はあまり明瞭ではないものの、調査地A・Cでは樹高に見られた傾向とは異なり、砺波2号(調査地A)や石動2号(調査地C)といった、樹高では中下位の系統が上位を占めていた。調査地Bでは樹高の優劣と類似した傾向が認められた。

調査地A~Cにおける各系統の胸高直径を図-3に示す。胸高直径も調査地によってばらつきがあり、

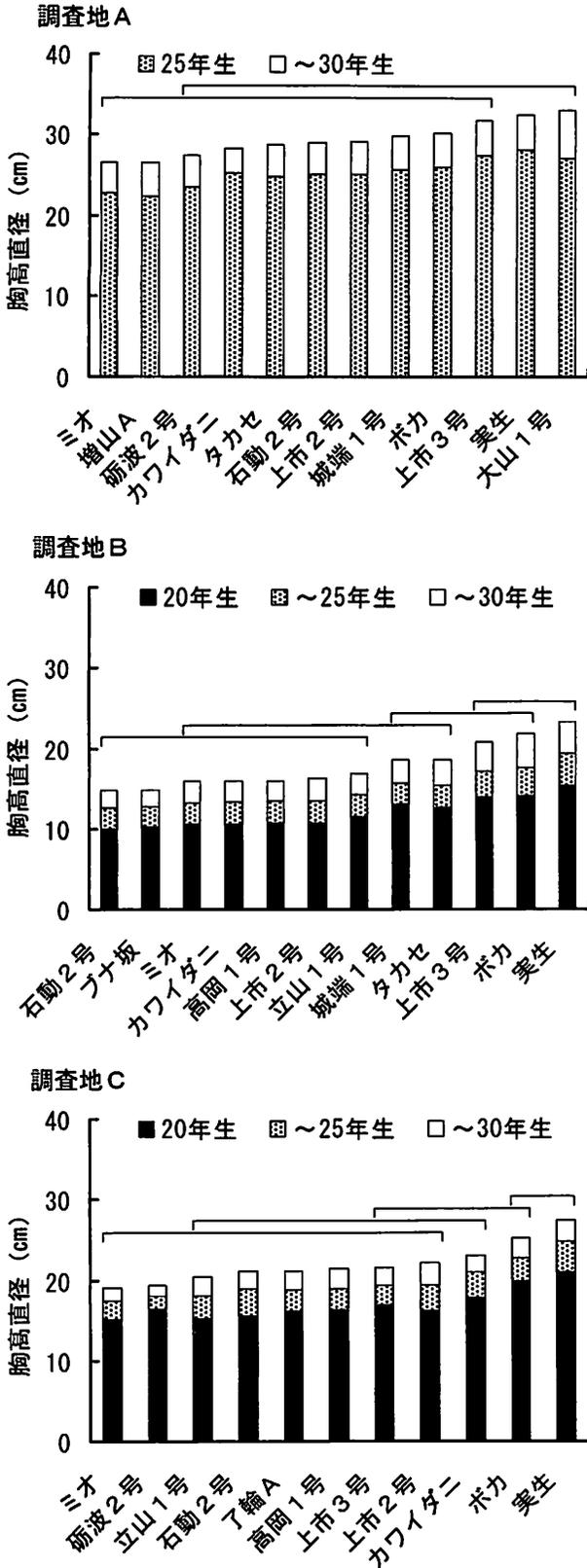


図-3 各系統の胸高直径

各系統は30年生時を基準にして昇順に配列されている。バーはそれぞれの範囲内において、30年生時に有意な差が検出されないことを示す ( $p < 0.05$ )。

3箇所の調査地に共通する7系統の30年生時の平均

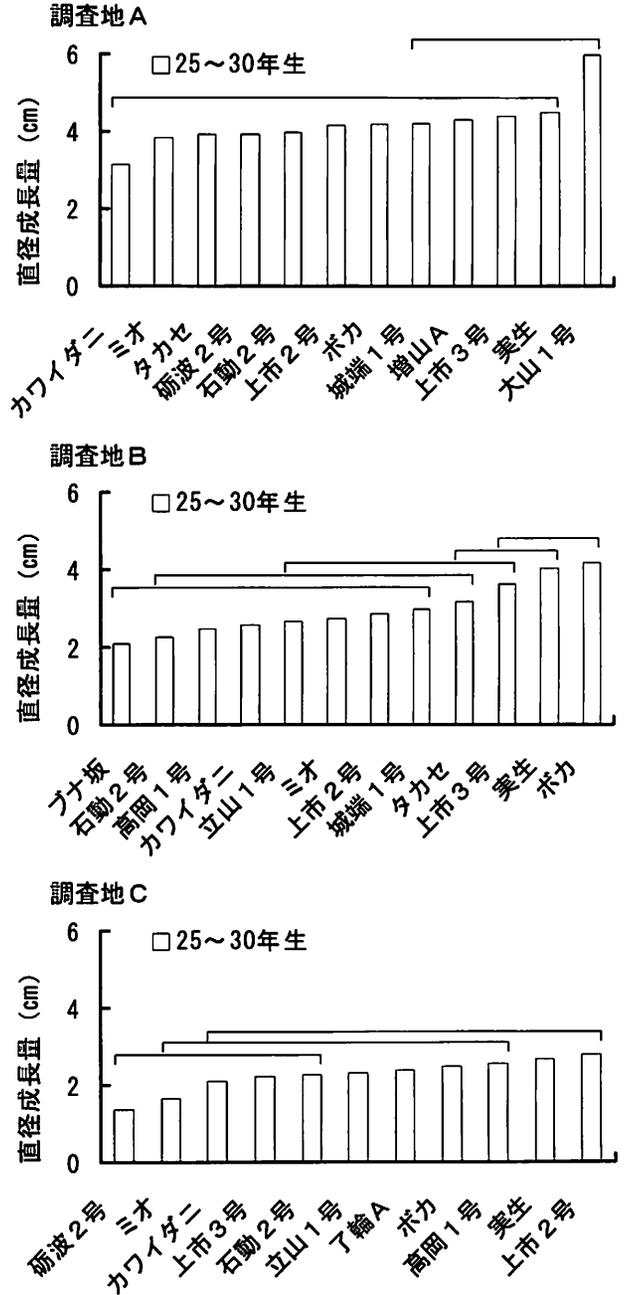


図-4 各系統の直径成長量

各系統は昇順に配列されている。バーはそれぞれの範囲内において、有意な差が検出されないことを示す ( $p < 0.05$ )。

値は、調査地Aが29.7cm、調査地Bが18.4cm、調査地Cが22.8cmであった。全ての調査地において、実生は上位のグループに、ミオスギや石動2号、上市2号は下位のグループに属していた。また、胸高直径に関しても樹高と同様、30年生時の順位は20・25年生時と必ずしも一致していなかった。

調査地A～Cにおける各系統の、25～30年生（5年間）の直径成長量を図-4に示す。調査地Aの大

表-3 期首と期末の樹高および期間の樹高成長量との相関係数

調査地A	変数	相関係数	ブロック	30年生時	25~30年生			
調査地A	25年生時	$\gamma$	a	0.951 **	-0.060			
			b	0.952 **	-0.486			
			c	0.854 **	-0.262			
			全体	0.917 **	-0.241			
		$\rho$	a	0.965 **	-0.140			
			b	0.944 **	-0.594 *			
			c	0.818 **	-0.105			
			全体	0.855 **	-0.119			
	調査地B	変数	相関係数	ブロック	25年生時	30年生時	20~25年生	25~30年生
	調査地B	20年生時	$\gamma$	a	0.982 **	0.971 **	0.724 **	
b				0.969 **	0.961 **	0.237		
c				0.987 **	0.964 **	0.735 **		
全体				0.992 **	0.984 **	0.812 **		
		$\rho$	a	0.972 **	1.000 **	0.846 **		
			b	0.972 **	0.951 **	0.308		
			c	0.972 **	0.923 **	0.622 *		
			全体	0.965 **	0.937 **	0.839 **		
25年生時		$\gamma$	a		0.988 **		0.614 *	
			b		0.986 **		0.642 *	
	c			0.992 **		0.619 *		
	全体			0.995 **		0.806 **		
	$\rho$	a		0.972 **		0.657 *		
		b		0.972 **		0.636 *		
		c		0.972 **		0.636 *		
		全体		0.986 **		0.741 **		
調査地C	変数	相関係数	ブロック	25年生時	30年生時	20~25年生	25~30年生	
調査地C	20年生時	$\gamma$	a	0.945 **	0.823 **	0.085		
			b	0.934 **	0.898 **	0.107		
			c	0.966 **	0.924 **	0.340		
			全体	0.978 **	0.902 **	0.424		
		$\rho$	a	0.864 **	0.673 *	0.027		
			b	0.891 **	0.918 **	0.055		
			c	0.918 **	0.964 **	0.282		
			全体	0.891 **	0.873 **	0.218		
	25年生時	$\gamma$	a		0.900 **		0.311	
			b		0.958 **		0.173	
c				0.952 **		0.121		
全体				0.955 **		0.221		
$\rho$		a		0.900 **		0.345		
		b		0.964 **		0.291		
		c		0.927 **		0.318		
		全体		0.964 **		0.409		

\* は5%水準, \*\* は1%水準で有意であることを示す。

山1号や調査地Cの上市2号は上位を占めており、樹高成長量における優劣とは異なっていた。調査地

Bでは胸高直径の優劣と類似した傾向が認められた。カワイダニスギ、ミオスギ、石動2号は下位を占め

表-4 期首と期末の胸高直径および期間の直径成長量との相関係数

調査地A	変数	相関係数	ブロック	30年生時	25~30年生			
調査地A	25年生時	$\gamma$	a	0.972 **	0.217			
			b	0.838 **	-0.135			
			c	0.980 **	0.522			
			全体	**				
			$\rho$	a	0.979 **	0.119		
				b	0.825 **	-0.123		
	c	0.979 **		0.371				
	全体	**						
	調査地B							
	変数	相関係数		ブロック	25年生時	30年生時	20~25年生	25~30年生
	調査地B	20年生時	$\gamma$	a	0.989 **	0.976 **	0.774 **	
				b	0.984 **	0.961 **	0.649 *	
c				0.992 **	0.981 **	0.738 **		
全体				0.995 **	0.990 **	0.856 **		
$\rho$				a	0.958 **	0.916 **	0.664 *	
				b	0.965 **	0.965 **	0.608 *	
		c	0.965 **	0.874 **	0.629 *			
		全体	0.993 **	0.986 **	0.844 **			
		25年生時	$\gamma$	a		0.993 **		0.900 *
				b			0.992 **	
c						0.990 **		0.718 *
全体						0.997 **		0.948 **
$\rho$	a					0.979 **		0.902 *
	b					1.000 **		0.727 **
	c			0.951 **		0.664 *		
	全体			0.993 **		0.916 **		
	調査地C							
	変数	相関係数	ブロック	25年生時	30年生時	20~25年生	25~30年生	
調査地C	20年生時	$\gamma$	a	0.939 **	0.913 **	0.205		
			b	0.931 **	0.865 **	0.164		
			c	0.982 **	0.956 **	0.596		
			全体	0.970 **	0.936 **	0.461		
			$\rho$	a	0.925 **	0.902 **	0.228	
				b	0.873 **	0.736 **	0.082	
	c	0.855 **		0.818 **	0.318			
	全体	0.782 **		0.800 **	0.182			
	25年生時	$\gamma$		a		0.988 **		0.628 *
				b			0.982 **	
			c			0.990 **		0.528
			全体			0.989 **		0.508
$\rho$			a			0.945 **		0.482
			b			0.955 **		0.264
	c			0.982 **		0.618 *		
	全体			0.991 **		0.600		

\* は5%水準, \*\* は1%水準で有意であることを示す。

ていた。

### 3.2 系統間の順位相関

表-3は、調査地A~Cにおける20・25年生時の

樹高と25・30年生時の樹高もしくは20～25・25～30年生の各5年間の樹高成長量との相関を表している。全ての調査地および全てのブロックにおいて、樹高どうしの相関は高く、その関係は全て有意であった。調査地A・Cでは樹高とその後5年間の成長量に対する相関は低かった。一方、調査地Bではブロックごとにばらつきはあるものの、成長量に関しても相関は比較的高かった。

表-4は、調査地A～Cにおける20・25年生時の胸高直径と25・30年生時の胸高直径もしくは20～25・25～30年生の各5年間の直径成長量との相関を表している。胸高直径に関しても樹高と類似した傾向が認められたが、相関係数は樹高よりもやや高い値が得られた。

#### 4. 考察

本稿では30年生時の樹高・胸高直径を示し、短伐期を想定して系統間の優劣を評価することができた。

ボカスギは早生品種、マヤマスギは晩生品種と言われている（富山県農地林務部・富山県緑化推進委員会、1966）。カワイダニスギは早生品種と見なされている（石川県山林種苗協同組合、1981）。平（1980b）は、カワイダニスギは早生、ミオスギは晩生、リョウワスギ（石動2号）はその中間型であると述べている。相浦（2004）は、リョウワスギ（石動2号）が10年生を越えて旺盛な成長を示すことを報告した。草葉（1980）は、岩手県産の系統を対象に、幼齢期は挿し木よりも実生の方が成長に優れるが、若齢期になるとその差は消失することを報告した。本稿の結果から、カワイダニスギは樹高・直径の順位と比較して期間の成長量が下位に転じており、短伐期での利用に適した早生品種であると考えられた。既報（相浦、2004）において順位の上昇が指摘された石動2号は、調査地A・Cでは依然として良好な成長を維持しており、より長い伐期に適していると考えられた。ミオスギは中下位にとどまっており、晩生品種か否かは現時点では判断できなかった。また、ボカスギの成長は引き続き旺盛であるものの、冠雪害を被るリスクが高いことを考慮して伐期を設定する必要がある。実生の樹高成長量は調査地A・Cでは下位に転じており、増殖形態による差は消失したことがうかがえた。なお、調査地Bではこれらの系統の成長は幼齢期と類似した傾向（相浦、1998）を示していた。

本稿では測定値とその順位に基づく2種類の相関係数を求めた。Pearsonの積率相関係数では変数間における比例関係の適用に対して、Spearmanの順位相関係数では順位を用いた評価の妥当性に対して問題点が指摘される。しかし、両者の傾向は概ね一致しており、解釈に大きな違いはないと判断された。

調査を実施した20～30年生の系統間の優劣にはあまり違いはなく、順位の変動も小さかった。しかし、期間中の5年間ごとの成長量からは、調査地によって異なる傾向が得られた。調査地A～Cを含む5箇所の調査地において、5・6年生時と25年生時の樹高の順位を比較した結果、調査地Bでは唯一有意な相関があり（相浦ら、2004）、30年生に達しても依然として、成長が良い系統ほどその後の成長も良い傾向が認められる。調査地A・Cでは5年間の成長量にこのような傾向は認められず、順位の変動は大きかった。調査地A・Cでは成長量の変化を受けて、将来には幼齢期から若齢期にかけてと同様に、樹高や胸高直径の順位がさらに変動する可能性がある。

期首の樹高とその後5年間の成長量との相関係数は、調査地B、調査地C、調査地Aの順に低下しており（表-3、表-4）、この順位は成長のそれと逆になっている。本稿の結果は、成長特性の発現には成長のステージのみならずサイズも関与することが示唆された。また、成長に劣る調査地Bは、アカマツが混交する乾燥しがちな斜面上部を含むことから、地形や土壌の水分条件との交互作用が検出される可能性がある。

胸高直径を変数とする相関係数が樹高よりも高かった理由として、直径の成長は密度という環境因子に依存しやすいため、優勢な個体ほど成長量が増加したことが影響を及ぼしたと考えられる。実際に、直径成長量が大きかった調査地Aの大山1号や調査地Cの上市2号は、他の系統に比べて試料数が少なく密度は低かった（表-2）。

明石ら（1972）は57年生のスギを対象とした調査から、約20年生の時点で成長の優劣をほぼ推定できると述べた。岡田（1976）はカラマツを対象とした調査から、幼齢期の成長に基づく早期検定は不可能であり、成長の優劣を評価するには20年生以下の年齢では危険であると指摘した。また、外山（1992）は伐期を50年生とした場合、検定には少なくとも40年生までの調査が必要であると指摘した。本稿の結

果は調査地によるばらつきを含むものの、若齢期における期首の成長からその後の成長量を推定するには困難があることを明示しており、5～10年間はそれまでのアドバンテージがあるため順位の変動は小さかったが、年齢が増加すれば変動はさらに拡大することを示唆している。したがって、伐期を若齢期に設定した場合、成長の優劣を過たず評価するには、その年齢に対して10年前程度まで調査を継続することが望ましいと考えられた。

### 5. 謝辞

当時の魚津農地林務事務所、林業技術センター林業試験場の各位には調査に数々の御支援をいただき、ここに厚く御礼申し上げます。

### 引用文献

- 1) 相浦英春：スギ挿し木6品種の幼齢期における生育特性，富山県林技セ研報 17, 40-49 (2004)
- 2) 明石孝輝・戸田忠雄・西村慶二：スギ林分内個体の競争と生長の年次経過，日林誌 54, 17-20 (1972)
- 3) 石田 仁：富山県における気候値メッシュファイル（気温，降水，積雪深）の特性，雪氷 53, 45-51 (1991)
- 4) 石川県山林種苗協同組合：カワイダニスギ，6pp. (1981)
- 5) 小山泰弘・片倉正行・武井富喜雄：長野県中部に導入した在来スギ品種試験地の成績，林木の育種 198, 25-28 (2001)
- 6) 草葉敏郎：スギ実生，さしき系統20年間の生長と2, 3の形質，岩手林試成報 13, 9-18 (1980)
- 7) 前田雅量・矢野進治・上山泰代・榎谷金治：兵庫県におけるスギ在来品種の生育（I）－南但地方31年生品種試験地の生育状況－，兵庫県林試研報 38, 54-65 (1991)
- 8) 松浦崇遠：富山県における主要なスギ挿し木品種の成長特性と耐雪性，富山県林技セ研報 11, 7-19 (1998)
- 9) 松浦崇遠・斎藤真己：富山県産スギ品種における幼若齢期の成長特性，林木の育種 210, 21-25 (2004)
- 10) 岡田幸郎：林木における生長の早期検定，育種学最近の進歩 13, 27-34 (1973)
- 11) 坂口勝美（監修）：スギのすべて，全国林業改良普及協会，449pp (1969)
- 12) 平 英彰：精英樹さし木苗の初期生長について，富山県林試研報 6, 1-25 (1980a)
- 13) 平 英彰：リョウワスギ，ミオスギ，カワイダニスギの樹幹析解について，富山県林試研報 6, 26-59 (1980b)
- 14) 富山県農地林務部・富山県緑化推進委員会：富山のスギ林業，22pp. (1966)
- 15) 外山三郎：「スギ101家系」50年間の成長分析（I），日林論 103, 283-284 (1992)

### Summary

In this study, growth characteristics of sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) strains from Toyama prefecture were compared from 20 to 30 years old stands. Boka-sugi and seedling of Tateyama-sugi were ranked higher, on the other hand Mio-sugi and Kamiichi 2 (a cutting of Tateyama-sugi) were ranked lower in all survey areas. Correlation coefficients of product moment and rank between heights or diameters were high and significant at the beginning and end of the term: 20, 25, 30 years old. However, in two of the survey areas, the ones between heights or diameters and their increments of 5 years later were not significant. In these areas, the results indicated that it will be possible to vary ranks among strains soon.