

1 次世代スギ精英樹を活用した施業モデルの開発

(国庫：R1（2019）～R4（2022）)

国課題名：成長に優れた苗木を活用した施業モデルの開発
 （戦略的プロジェクト研究推進事業）
 参画機関：森林総合研究所、林木育種センター、
 九州大学、宮崎大学、鹿児島大学、岐阜大学、
 福岡、長崎、熊本、大分、宮崎、鹿児島、
 佐賀県ほか9道県、2事業体

江島 淳 森口辰也

目的

現在、県内の人工林の約8割は主伐可能な時期を迎えている。しかし、主伐収入に対して高い育林経費や労働力不足のため、消極的な伐期延長など、主伐～再造林が進まない状況にある。主伐と植栽による更新を確実にいき、資源の循環利用を進めるためには、造林～保育作業全般を省力化・低コスト化するための技術開発が必要である。

林木育種センター（国）が、スギの第2世代精英樹をエリートツリーとして、現場へ普及しているのと同様、佐賀県においても1960年代から開発を始めた第2世代精英樹を次世代スギ精英樹（サガンスギ等）として、2020年度末から苗木生産者へ穂木の供給を開始した。

しかしながら、次世代スギ精英樹（サガンスギ等）は、これまでのスギと成長特性が大きく異なるため、林業現場では、成長の優れた苗木を活用した技術体系の構築が求められている。このため、本研究では、

1. 低コスト初期保育技術の開発

- 1(a). 次世代スギ精英樹（サガンスギ等）植栽試験
- 1(b). 最適な植栽密度・下刈り回数の提示

2. 成長に優れた苗木による施業モデルの構築（木材強度評価を含む）

により、GIS及びリモートセンシング技術による立地評価、次世代スギ精英樹の性能を最大限に活かした下刈り省力化手法を開発するとともに、造林から収穫までを考慮した、育林コストを30%以上削減する低コスト・省力的な施業モデルを構築し、再造林計画時に収支予測が可能なツールを作成することを目標にする。

さらに、佐賀県は、交雑育種の取組の開始時期が早かったことから、伐期（30

年生)を迎えたスギ精英樹 F 1 (次世代スギ精英樹 (サガンスギ等)を含む)の試験林を有しており、これらの材料を活用し、成林した時点での強度特性を明らかにし、成長に優れた苗木を活用した際の収穫時の木材の価値を確認する。

小課題 1(a) : 次世代スギ精英樹 (サガンスギ等) 植栽試験

1(a) - 1 目的

次世代スギ精英樹(B-16、B-61、B-74、脊振 F1-15、大町 F1 20-04、太良 F1 08-02)の造林地での初期成長(苗高)を、クローン別、立地別に明らかにする。

1(a) - 2 材料と方法

これまで次世代スギ精英樹(サガンスギ等)の造林試験地として設定した8つの試験地(表-1)において、継続して毎木調査を実施してきた。今回、2018年3月植栽の七山次世代スギ造林試験地2018(試験地 CD:202)、2019年3月植栽の太良次世代スギ造林試験地2019(試験地 CD:203)、2020年3月植栽の鳥栖次世代スギ造林試験地2020(試験地 CD:204)および2021年3月植栽の佐賀市次世代スギ造林試験地2021(試験地 CD:205)の4つの試験地において、植栽時から2021年の成長期を終えた時期までの各年の毎木調査結果をもとに、クローン別、調査地別に樹高を解析した。また、毎木調査は個体識別して実施しているため、当年度の期末の樹高から前年度の樹高を差し引くことで年間の樹高成長量を算出し、樹高成長量を解析した。

1(a) - 3 結果

表-2に今年度の調査結果、図-1にこれまで継続して実施してきた各年の樹高調査結果を示す。試験地 202 の4成長期後と試験地 203 の3成長期後の結果から、次世代スギ精英樹は、現在の普及品種である藤津14号に対し、明らかに高い樹高を示した。次世代スギ精英樹のクローン間の比較をすると、試験地 202 および試験地 203 の3成長期後の結果では、B-16、B-61、B-74 が他のクローンより樹高の高いグループという傾向を示しており、次に脊振 F1-15 という順であった。2016年の選抜時に、次世代スギ精英樹に選抜されなかった B-54 は、樹高の高いグループと同等の成長を示した。また、3成長期後の結果、樹高の高いグループのなかでも、B-16 が他のクローンよりも、成長に優る傾向が確認された。

図-2の樹高成長量解析結果においても、図-1の樹高解析結果と同様の傾向が確認されたが、試験地 202 の成長の早い3クローンに着目すると、1成長期目に50cm(中央値)程度、2成長期目に80cm(中央値)程度、3成長期目に60~80cm(中央値)程度、4成長期目に60~75cm(中央値)程度となり、2成長期目をピークに、3~4成長期目に成長が鈍化する傾向が多くクローンで確認され

表-1 次世代スギ精英樹造林試験地設定状況及び毎木調査実施内容（2022年3月末時点）

試験地ID	試験地名称	場所	植栽年月	計測本数（本）							計測項目	計測年次	計測対象外 F1個体の概数	備考		
				合計	B-16	B-61	B-74	新選91.03-45	新選91.03-02	天野91.20-04					その他F1	従来品種
201	七山次世代スギ造林試験地2016	七山県有林内	2016.03	443			294					149	樹高、根本径	0-5年生		苗の品質に課題
202	七山次世代スギ造林試験地2018	七山県有林内	2018.03	354	38	39	83	61	37	59	0	37	樹高、根本径	0-4年生		今回の解析対象
203	太良次世代スギ造林試験地2019	太良県有林内	2019.03	400	20	60	80	20	0	80	100	40	樹高、根本径	0-3年生		今回の解析対象
204	鳥栖次世代スギ造林試験地2020	鳥栖県有林内	2020.03	230	46	46	46	46	10	18	18	0	樹高、根本径	0-2年生	1,200	今回の解析対象
205	佐賀市次世代スギ精英樹試験地2021	佐賀市有林内	2021.03	710	128	206	110	113	27	26	28	72	樹高、根本径	0-1年生	400	今回の解析対象
206	佐賀市次世代スギ精英樹試験地2022	佐賀市有林内	2022.03	316	48	48	48	48			96	28	樹高、根本径	0年生	2,700	
207	七山次世代スギ造林試験地2022	唐津市有林内	2022.02	391	80	100	120	63				28	樹高、根本径	0年生	1,600	
208	伊万里次世代スギ造林試験地2022	伊万里市有林内	2022.01	306	54	54	54	54			36	54	樹高、根本径	0年生		伊万里実業高校演習林
合計				3,150	414	553	835	405	74	183	278	408			5,900	



写真-1
試験地 202（植栽後4成長期経過）の現況写真
撮影日：2021.12.06

左個体：B-16
右個体：藤津14号



写真-2
試験地 203（植栽後3成長期経過）の現況写真
撮影日：2021.12.22

個体：B-16

令和3年度 佐賀県林業試験場業務報告書

表-2. 2021年度造林試験地別毎木調査結果(図-1の各試験地の最下段のグラフと対応)

試験地：202 七山次世代スギ造林試験地2018 2018年3月植栽 調査時4 成長期後												
試験地	林齢	世代	クローン名	クローン名 (コード表記)	個体数	樹高(cm)			根元直径(mm)			
						中央値	平均値	標準偏差	中央値	平均値	標準偏差	
202	4	第2世代	B 16	1216_B 16	37	374.0	366.8	± 52.2	68.5	67.7	± 12.4	
202	4	第2世代	B 61	1261_B 61	39	325.0	331.3	± 46.8	57.2	55.5	± 11.6	
202	4	第2世代	B 74	1274_B 74	82	337.5	336.6	± 45.6	64.5	63.7	± 11.3	
202	4	第2世代	大町F1 20-04	1310_oonaa	60	297.5	292.4	± 43.9	64.5	64.1	± 12.7	
202	4	第2世代	太良F1 08-02	1320_tara	35	270.0	271.1	± 49.7	55.6	54.8	± 13.0	
202	4	第2世代	脊振F1 01-15	1354_sefu	61	300.0	294.2	± 43.5	62.9	62.9	± 13.3	
202	4	第1世代	藤津14号	3138_fuji14	37	196.0	199.8	± 40.7	57.5	60.1	± 15.1	
試験地：203 太良次世代スギ造林試験地2019 2019年3月植栽 調査時3 成長期後												
試験地	林齢	世代	クローン名	クローン名 (コード表記)	個体数	樹高(cm)			根元直径(mm)			
						中央値	平均値	標準偏差	中央値	平均値	標準偏差	
203	3	第2世代	B 16	1216_B 16	20	288.5	287.2	± 51.0	50.0	50.0	± 12.6	
203	3	第2世代	B 54	1254_B 54	19	281.0	278.2	± 19.0	47.9	46.6	± 4.6	
203	3	第2世代	B 61	1261_B 61	53	243.0	245.0	± 39.3	34.5	35.0	± 7.7	
203	3	第2世代	B 74	1274_B 74	78	257.0	254.7	± 40.8	40.9	41.7	± 9.0	
203	3	第2世代	大町F1 20-04	1310_oonaa	69	202.0	198.2	± 34.6	36.0	36.4	± 9.1	
203	3	第2世代	脊振F1 01-15	1354_sefu	20	241.0	230.4	± 37.5	42.6	41.6	± 9.2	
203	3	第1世代	藤津14号	3138_fuji14	39	143.0	149.2	± 29.1	37.7	39.2	± 8.4	
203	3	第2世代	B 14	1214_B 14	10	257.5	244.1	± 51.6	40.2	40.8	± 11.2	
203	3	第2世代	B 22	1222_B 22	38	247.0	243.2	± 26.6	50.4	50.6	± 8.2	
203	3	第2世代	B 27	1227_B 27	9	260.0	260.4	± 24.5	39.5	39.1	± 4.6	
203	3	第2世代	B 56	1256_B 56	19	201.0	202.6	± 23.3	36.8	36.9	± 5.1	
試験地：204 鳥栖次世代スギ造林試験地2020 2020年3月植栽 調査時2 成長期後												
試験地	林齢	世代	クローン名	クローン名 (コード表記)	個体数	樹高(cm)			根元直径(mm)			
						中央値	平均値	標準偏差	中央値	平均値	標準偏差	
204	2	第2世代	B 16	1216_B 16	38	153.5	153.3	± 23.1	21.1	22.4	± 6.9	
204	2	第2世代	B 54	1254_B 54	7	163.0	156.6	± 28.5	24.0	23.2	± 4.0	
204	2	第2世代	B 61	1261_B 61	43	148.0	152.1	± 31.8	20.8	21.1	± 4.0	
204	2	第2世代	B 74	1274_B 74	40	147.5	148.1	± 27.6	20.5	21.0	± 4.2	
204	2	第2世代	大町F1 20-04	1310_oonaa	15	135.0	129.9	± 19.5	20.7	20.0	± 3.8	
204	2	第2世代	太良F1 08-02	1320_tara	5	127.0	126.8	± 18.8	18.2	19.1	± 4.2	
204	2	第2世代	脊振F1 01-15	1354_sefu	40	135.0	135.4	± 30.9	21.9	21.8	± 5.3	
204	2	第1世代	B 14	1214_B 14	9	177.0	178.4	± 15.1	26.1	24.7	± 2.4	
試験地：205 佐賀次世代スギ造林試験地2021 2021年3月植栽 調査時1 成長期後												
試験地	林齢	世代	クローン名	クローン名 (コード表記)	個体数	樹高(cm)			根元直径(mm)			
						中央値	平均値	標準偏差	中央値	平均値	標準偏差	
205	1	第2世代	B 16	1216_B 16	120	98.0	99.5	± 20.2	13.6	13.8	± 3.6	
205	1	第2世代	B 54	1254_B 54	14	113.0	112.1	± 14.9	11.6	11.9	± 2.0	
205	1	第2世代	B 61	1261_B 61	201	113.0	112.8	± 23.0	12.9	13.2	± 3.1	
205	1	第2世代	B 74	1274_B 74	101	118.0	117.2	± 19.8	13.2	13.2	± 2.5	
205	1	第2世代	大町F1 20-04	1310_oonaa	25	71.0	69.8	± 13.9	9.5	9.3	± 1.5	
205	1	第2世代	太良F1 08-02	1320_tara	24	76.5	76.0	± 11.2	11.0	11.2	± 1.4	
205	1	第2世代	脊振F1 01-15	1354_sefu	110	105.0	104.9	± 15.0	13.4	13.4	± 2.2	
205	1	第1世代	佐賀3号	3124_saga3	8	110.5	108.4	± 8.1	18.7	17.9	± 3.0	
205	1	第1世代	唐津6号	3167_kara6	61	75.0	75.2	± 8.5	14.7	14.4	± 2.5	

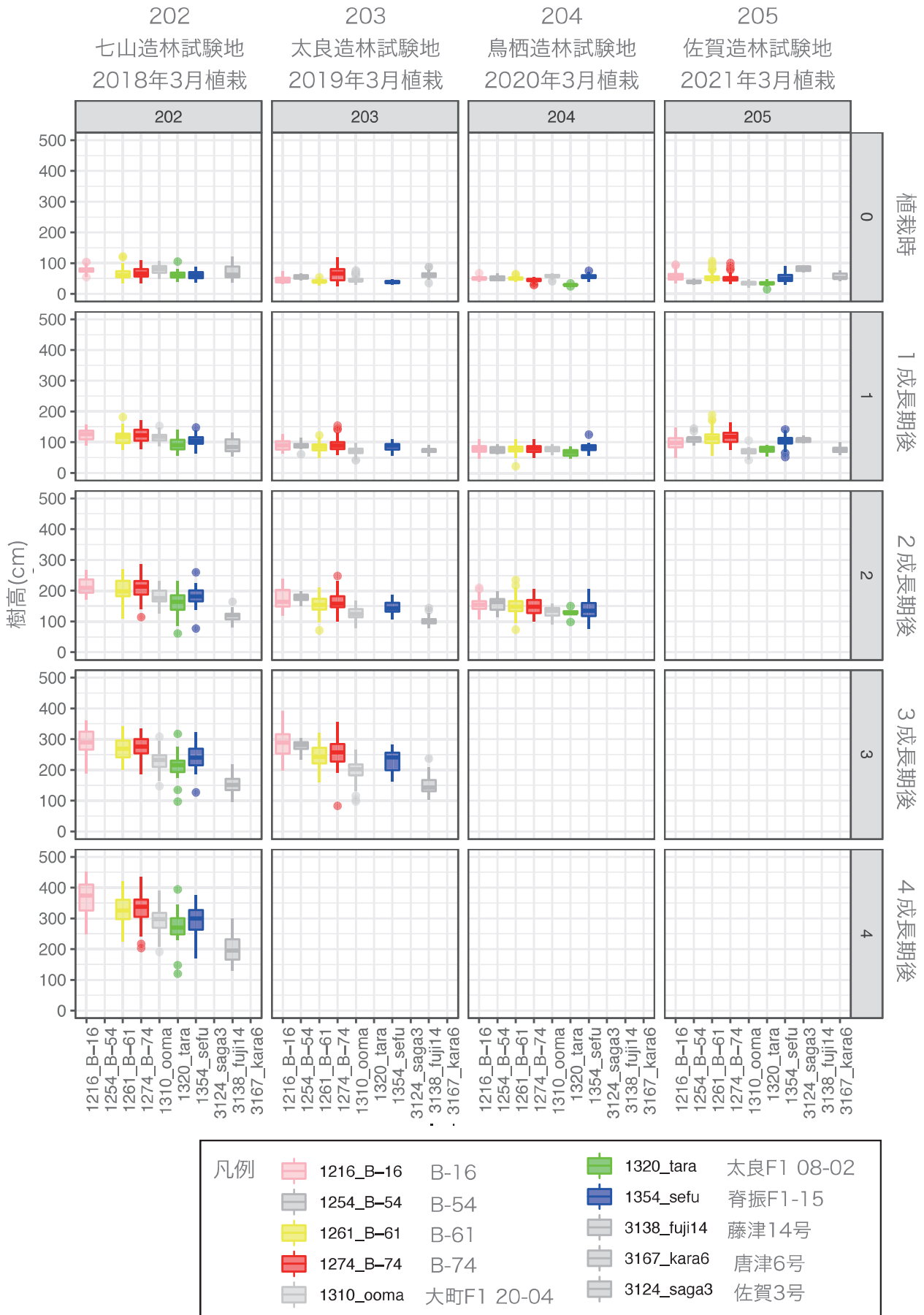


図-1 樹高(試験地別、各年次別)

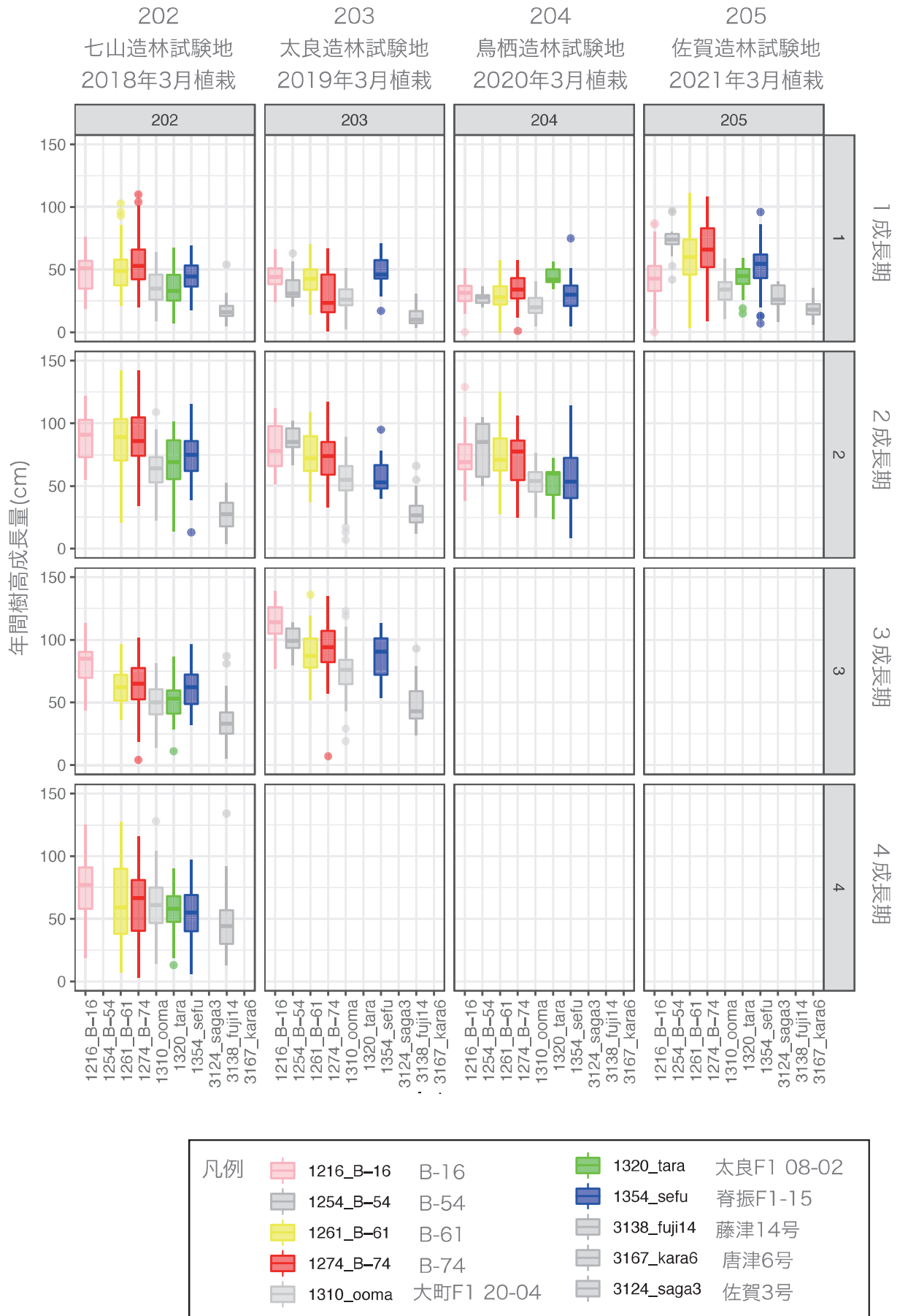


図-2 年間樹高成長量 (試験地別、各成長期別)

た。一方、試験地 203 の成長の早いグループのクローンは、3 成長期まで、毎年成長量が増加する傾向が確認された。

1(a)－4 考察

次世代スギ精英樹 6 クローンのうち、サガンスギとして普及を開始した B-16、B 61、B 74 および脊振 Fl- 15 は、現在の普及品種である藤津 14 号や唐津 6 号を比較すると、植栽初期の成長差は顕著であり、サガンスギの初期成長の良さが再確認できた。

一方、調査地間で成長量を比較すると、年間成長量は 3 成長期目で調査地 202 と調査地 203 で異なった傾向を示したことから、斜面上部に位置する調査地 202 と斜面下部に位置する調査地 203 の立地条件の違いが、3 成長期頃から成長に影響している可能性が示唆された。

以上のように、同一クローンであっても、試験地や成長期によって樹高成長量が異なる傾向が確認されたため、苗木サイズや立地条件など、成長に影響を与える要因と合わせて調査を継続していく必要がある。

小課題 1(b) : 最適な植栽密度・下刈り回数の提示

1(b)－1 小課題の目的

造林初期の次世代スギ精英樹（サガンスギ等）の成長特性を明らかにする。その際、植栽木の成長に影響を与える立地条件や競合する雑草の種類やサイズを計測し、競争関係を解析することで、下刈り回数や植栽密度を提示する。

1(b)－2 材料と方法

競合雑草の調査は、表－3 で示すように、2 造林試験地に計 7 箇所の試験地を設定し、森林総合研究所で作成した、共通フォーマット（参考資料 1 参照）により、100 m² の調査地内の植栽木の苗高、植栽木と競合する雑草の種類、草丈について植栽木 1 本ずつ調査した。競合状態については、参考資料 1 の基準により C1～C4 の状態を植栽木 1 本ずつ記録した。

また、競合雑草の成長を抑制する林冠閉鎖時期を推定するため、植栽木の樹冠幅を 2 方向計測し、平均を算出することで各個体の樹高と樹冠幅の関係を算出した。

1(b)－3 結果

競合雑草の調査は、表－3 のとおり 7 箇所 129 個体を対象としたところ、2018 年 3 月に植栽した試験地 202 はスギの樹冠が半分以上露出している C1 の状態のみであった、一方、試験地 201 は、試験地 202 より 2 年早い 2016 年 3 月に植栽したにもかかわらず、樹冠の梢端部分のみが露出している C2 の状態

令和3年度 佐賀県林業試験場業務報告書

表-3 各調査地における競合評価別(C1~C4)の調査個体数、平均樹高、競合雑草の平均高さ

調査地(CD)	植栽年月	林齢	C1				C2				C3				C4				全体		
			個体数	割合 (%)	植栽木 (m)	競合雑草 (m)	個体数	割合 (%)	植栽木 (m)	競合雑草 (m)	個体数	割合 (%)	植栽木 (m)	競合雑草 (m)	個体数	割合 (%)	植栽木 (m)	競合雑草 (m)	個体数	植栽木 (m)	競合雑草 (m)
試験地：201 七山																					
20101	2016年3月	6年目	12	100%	4.64	1.64													12	4.64	1.64
20103	2016年3月	6年目	2	17%	4.14	2.10	8	67%	4.11	2.73	2	17%	4.07	2.76					12	4.11	2.63
20104	2016年3月	6年目	4	33%	4.93	1.98	8	67%	4.76	2.29								12	4.82	2.19	
試験地：202 七山																					
20201	2018年3月	4年目	24	100%	3.13	0.64												24	3.13	0.64	
20202	2018年3月	4年目	24	100%	3.61	0.72												24	3.61	0.72	
20203	2018年3月	4年目	23	100%	2.72	0.60												23	2.72	0.60	
20204	2018年3月	4年目	22	100%	2.81	0.68												22	2.81	0.68	
総計			111	86%			16	12%			2	2%			0	0%			129		

表-4 種別、競合評価別(C1~C4)の競合雑草木の平均草丈

競合状態 C1~C4	競合種	分類	C1		C2		C3		C4		全体	
			出現数	草丈(m)	出現数	草丈(m)	出現数	草丈(m)	出現数	草丈(m)	出現数	草丈(m)
試験地：201 七山次世代スギ造林試験地2016 2016年3月植栽 調査時6成長期												
調査地：20101			12	1.56							12	1.56
	アカメガシワ	落葉高木	3	1.06							3	1.06
	ススキ	草本	3	1.57							3	1.57
	セイタカアワダチソウ	落葉小高木	4	2.27							4	2.27
	ヤマウルシ	落葉低木	2	1.35							2	1.35
調査地：20103			2	2.10	8	2.78	2	2.76			12	2.79
	アカメガシワ	落葉高木					1	2.70			1	2.70
	ウド	草本			4	2.55					4	2.55
	ススキ	草本	2	2.10	2	1.93					4	2.01
	ノリウツギ	落葉低木					1	2.81			1	2.81
	ヤマザクラ	落葉高木			2	3.88					2	3.88
調査地：20104			4	2.02	8	2.32					12	2.33
	アカメガシワ	落葉低木	3	1.94	3	2.20					6	2.07
	エゴノキ	落葉小高木			1	3.35					1	3.35
	ススキ	草本	1	2.10	1	1.72					2	1.91
	タラノキ	落葉低木			1	2.23					1	2.23
	ミズキ	落葉高木			1	2.36					1	2.36
	ムラサキシキブ	落葉低木			1	2.08					1	2.08
試験地：202 七山次世代スギ造林試験地2018 2018年3月植栽 調査時4成長期												
調査地：20201			24	0.59							24	0.87
	アカメガシワ	落葉高木	4	0.42							4	0.42
	オカトラノオ	草本	1	0.26							1	0.26
	クマイチゴ	落葉低木	1	0.50							1	0.50
	ススキ	草本	3	0.96							3	0.96
	ナガバモミジイチゴ	落葉低木	2	0.63							2	0.63
	ヌルデ	落葉高木	1	0.20							1	0.20
	ヒサカキ	常緑低木	1	0.40							1	0.40
	ヒノキ	常緑高木	3	0.51							3	0.51
	ヒメジョオン	草本	1	0.74							1	0.74
	ムラサキシキブ	落葉低木	6	0.80							6	0.80
	ヤマウルシ	落葉低木	1	1.07							1	1.07
調査地：20202			24	0.61							24	0.65
	アオモジ	落葉小高木	6	0.88							6	0.88
	アカメガシワ	落葉高木	3	0.39							3	0.39
	イヌツゲ	草本	1	0.27							1	0.27
	エゴノキ	落葉小高木	1	0.67							1	0.67
	オカトラノオ	草本	1	0.17							1	0.17
	クサギ	落葉小高木	1	0.76							1	0.76
	クマイチゴ	落葉低木	1	0.75							1	0.75
	サンショウ	草本	1	1.08							1	1.08
	ススキ	草本	7	0.90							7	0.90
	ヒサカキ	落葉低木	1	0.30							1	0.30
	ヒヨドリバナ	草本	1	0.57							1	0.57
調査地：20203			23	0.59							23	0.59
	アオモジ	落葉小高木	1	0.40							1	0.40
	アカメガシワ	落葉高木	3	0.54							3	0.54
	オカトラノオ	草本	1	0.45							1	0.45
	カヤ	草本	3	0.70							3	0.70
	クマイチゴ	落葉低木	1	0.79							1	0.79
	サンショウ	草本	1	0.38							1	0.38
	ススキ	草本	2	0.94							2	0.94
	ナガバモミジイチゴ	落葉低木	2	0.63							2	0.63
	ヒサカキ	落葉低木	3	0.42							3	0.42
	ムラサキシキブ	落葉低木	4	0.60							4	0.60
	ヤマニスワラビ	草本	1	0.76							1	0.76
	ヤマハギ	落葉低木	1	0.48							1	0.48
調査地：20204			22	0.64							22	0.64
	アオモジ	落葉低木	1	0.72							1	0.72
	アカメガシワ	落葉高木	2	0.42							2	0.42
	カヤ	草本	4	0.93							4	0.93
	クマイチゴ	落葉低木	2	0.80							2	0.80
	コバノガマズミ	草本	1	0.47							1	0.47
	ススキ	草本	1	1.03							1	1.03
	ヌルデ	落葉高木	1	0.32							1	0.32
	ムラサキシキブ	落葉低木	9	0.66							9	0.66
	ヤマウルシ	落葉低木	1	0.42							1	0.42

■植栽木用記入票（多点調査フォーマット（植栽木））

・調査プロット内のすべての植栽木について調査を行う。

	樹高(m)			樹冠幅(m)		競合状態	競合植生		蔓の巻付		備考
	調査時	調査時の期首	前年の期首	長径	長径と垂直方向		種名	樹高(m)	種名	被害形態	
1	1.53	1.21	0.85	0.98	0.75	C3	アカメガシワ	1.48	ヘクソカズラ	1	
2											
3											

1. 樹高

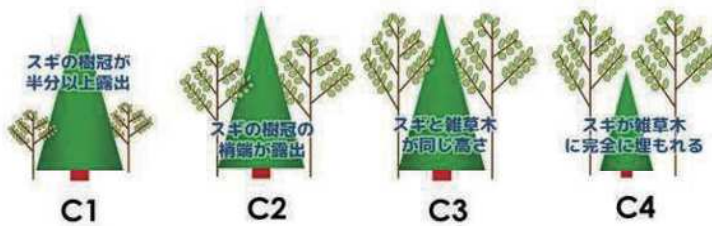
- ① 調査時 → 地面から主軸先端まで高さを測定
- ② 調査時の期首 → 節間の観察から生育期開始前の高さを測定
- ③ 前年の 期首 → 節間の観察から昨年の生育期開始前の高さを測定

2. 樹冠幅

- ① 一番広い部分の幅と直行する方向の幅の2方向を測定する

3. 競合状態

・植栽木と雑草木の競合関係を以下から選択する。



4. 競合植生

・植栽木に接触するか、または最も影響を及ぼしている雑草木（木本、草本の区別は問わない）を1個体選び、種名と高さを測定する。

5. 蔓の巻付

・各植栽木に巻きついているツル植物について、種名及び被害形態（1～）を記入する。

<被害形態>

- 0：ツルの巻き付きなし
- 1：ツルの着生高が植栽木の樹高の $\frac{1}{2}$ 以下
- 2：ツルの着生高が植栽木の樹高の $\frac{1}{2}$ 以上であるが、植栽木に被害はない
- 3：植栽木の枝葉に障害（曲がり）があるか、幹にツルが巻き付き食い込みつつある
- 4：植栽木の梢端部に障害（曲がりなど）があるか、幹に完全に食い込んでいる
- 5：植栽木の 梢 端部がツルによって枯損しているか、幹が折損している

参考資料1：競合雑草調査の共通フォーマット

が多い調査地もあった。

各調査地の競合雑草の種名、出現数及び競合状態は表-4のとおりであり、今回の調査で特に丈が高かったのは、草本ではススキ、高木性の木本ではヤマザクラやエゴノキであり、試験地 201 で確認された。

2019 年から 2021 にかけて計測した個体の樹高と平均樹冠幅の関係をクローン別に図-3 に示す。B 16、B 61、B 74 は、従来品種の藤津 14 号と比較して近似直線の傾きが低い、つまり樹高に対して樹冠幅が狭い傾向が確認された。一方、脊振 F1-15 は、藤津 14 号と同等の樹冠幅が確認された。

1 (b) - 4 考察

競合雑草の調査については、森林総合研究所および九州各県と連携して調査を実施しており、造林試験地の雑草木の種類をタイプ化（ススキ型、落葉広葉樹型、ササ型、キイチゴ型など）し、植栽木の樹高と合わせて、下刈り完了時期を提案することになっている。雑草木の種類をタイプ化することは、今回の調査結果で、植栽後の経過年数が多い試験地 201 の方が試験地 202 に比べ競合状態にある個体が多いことが示すように、下刈り完了時期を検討する上で重要な観点であり、造林地の状況に応じた下刈り完了時期の適切な判断が初期保育の低コスト化につながるということが明らかになりつつある。

樹高と平均樹冠幅の関係については、サンプル数の多い B 74 を例に、植栽間隔 2.2m（植栽密度 2,000 本/ha）の造林地を想定すると、図-3 で示すように植栽木の樹高が 6m 程度になれば、樹冠幅が 2m 程度となり、隣の個体と枝が接触する。そのため、植栽密度 2,000 本/ha の樹冠閉鎖時期は、樹高 6m になる林齢と想定される。

現在、下刈り完了の判断基準は、競合する雑草木の種類によって異なるが、2.0~3.0mの間と予測されつつある。そのため、下刈り完了時期と樹冠閉鎖時期は、異なることになり、下刈り完了から樹冠閉鎖までの間に、林地で植栽木と雑草木の間で、どのような競合が起こるか、引き続き注意深く調査していく必要がある。

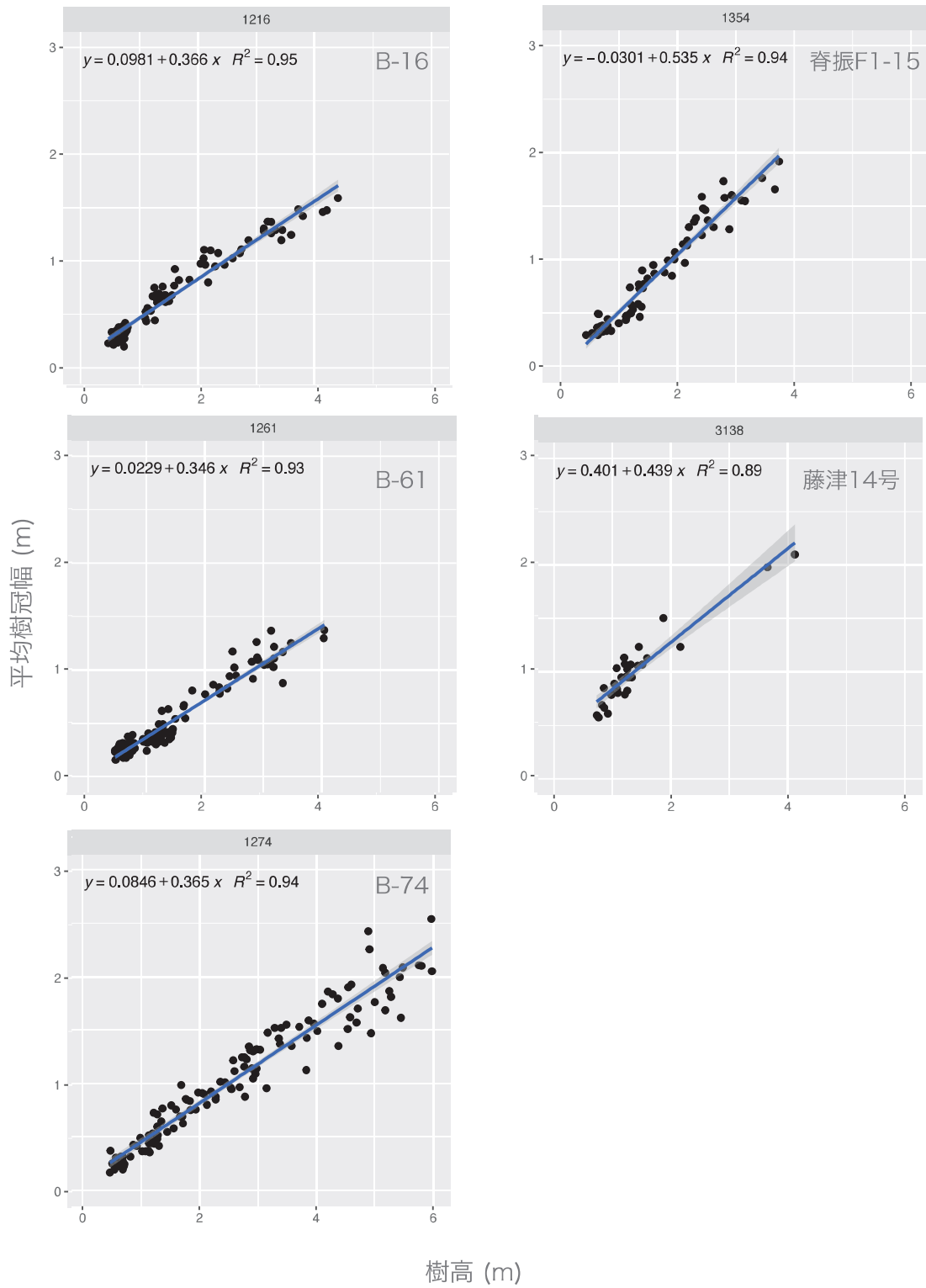


図-3 クローン別の樹高と樹冠幅の関係

小課題2：成長に優れた苗木による施業モデルの構築（木材強度評価を含む）

2-1 目的（木材強度評価）

次世代スギ精英樹（サガンスギ等）の6クローンについては選抜の過程で、概ね20年生時にFAKOPPによる立木状態での強度評価がなされているが、丸太及び製材品の強度特性との関係は明らかになっていない。

そこで、県内に設定しているF1選抜クローン試験林7箇所のうち4箇所（九佐10号検定林、九佐13号検定林、九佐15号検定林、九佐16号検定林）から次世代スギ精英樹（サガンスギ）4クローン（B-16, B-61, B-74, 脊振F1-15）を令和元年度から令和3年度にかけて伐採・搬出し、立木・丸太・製材の各段階における強度特性を調査することとした。また、次世代スギ精英樹（サガンスギ）以外のF1クローン及び従来のスギ精英樹についても、併せて調査を実施した。

前年度は九佐10号及び九佐13号検定林の結果について報告したところであるが、今年度は九佐16号検定林の試験結果を報告する。

2-2 試験の概要

F1選抜クローン試験林から、次世代スギ精英樹（サガンスギ等）及び従来のスギ精英樹について、立木段階で胸高直径及び応力波伝播速度測定後、地上高30cmの位置で伐倒し、長さ2mに玉切りした丸太を本試験場内に運搬した。

場内で丸太段階での調査後、1番玉について県内製材所にて髓を対称とし、50mm×104mmの角材を採取可能な限り製材した。製材後、蒸気式乾燥機を用いて人工乾燥を実施した。その後、38mm×89mmに修正挽きを行い、曲げ破壊試験を実施することとした。

なお、各段階の調査項目は次のとおりとした。

立木段階：胸高直径、応力波伝播速度

丸太段階：長さ、重量、末口、中央、元口径、固有振動周波数

製材段階（乾燥前）：長さ、重量、材中央の厚み・幅、固有振動周波数、年輪数、年輪幅、個体コード貼り付け

製材段階（乾燥後）：長さ、重量、材中央の厚み・幅、固有振動周波数

製材段階（修正挽き後の曲げ破壊試験直前）：長さ、重量、材中央の厚み・幅、固有振動周波数、曲がり、反り、節・材面割れ等の欠点調査、年輪幅（末口・元口）、全乾法による含水率測定

表-1-1 試験体概要

実施年度	検定林	場所	林齢	伐倒本数	丸太数	製材数	次世代スギ精英樹	他F1クローン	従来精英樹	人工乾燥方法
R1	九佐15号検定林	佐賀市富士町	31	80	240	298	B-74	13クローン	8クローン	中温乾燥（※1）
R1~R2	九佐10号検定林	唐津市七山	37	81	243	344	脊振F1-15	7クローン	14クローン	中温乾燥（※2）
R2	九佐13号検定林	伊万里市二里町	31・33	88	264	244	B-74	12クローン	10クローン	中温乾燥（※2）
R2-R3	九佐16号検定林	佐賀市三瀬村	31	70	209	246	B-16B-61B-74	6クローン	9クローン	中温乾燥（※2）

（※1）乾球温度90℃、湿球温度65℃で5日間 （※2）乾球温度90℃、湿球温度65℃で3日間

2-3 調査結果

【立木段階】

伐倒する立木について、ツリーソニック（TS）により応力波伝播速度を測定した。結果については図-1に示す。

全体の平均値は3,453m/sであり、B-14, B-16, B-22, 藤津25号, 唐津1号については、概ねそれ以上の値であった。サガンスギであるB16, B61, B74については、他のF1クローンや従来スギ精英樹に比べて顕著に高い値は示さない結果となった。

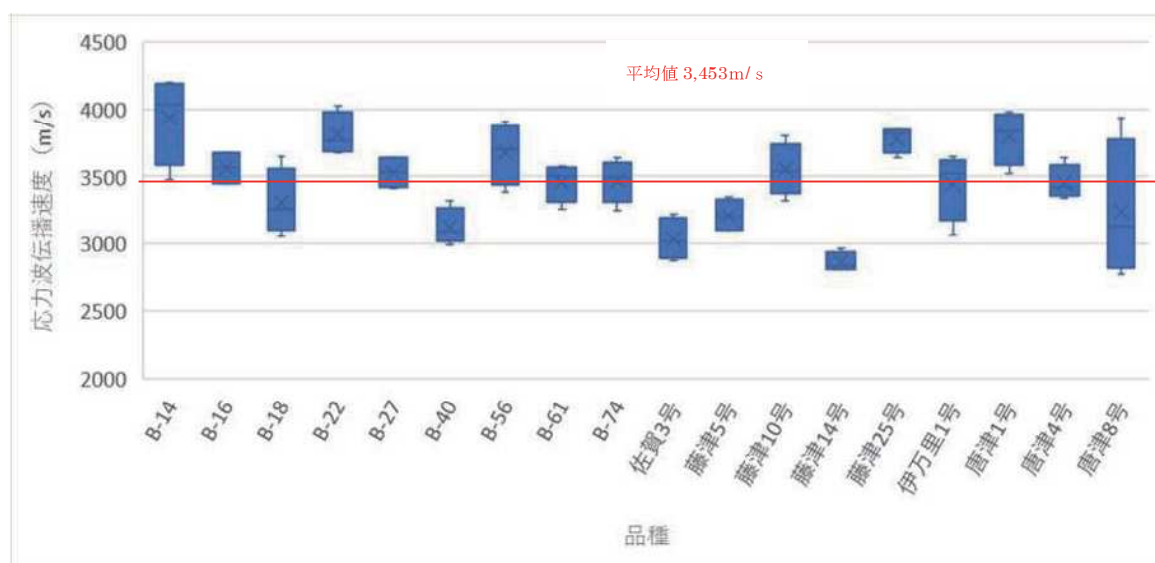


図-1 クローン品種別応力派伝播速度

【丸太段階】

根元（山側）から地上高30cmの位置で伐倒後、地上高0.4~2.4mの丸太を1番玉、地上高4.4~6.4mの丸太を2番玉、地上高8.4~10.4mの丸太を3番玉として玉切りし、本試験場内に運搬後、各種調査を実施した。各クローンの番玉別の縦振動ヤング係数の調査結果について、図-2に示す。

調査の結果、全体的な傾向として、昨年の試験結果と同じく、樹幹内の未成熟材部の占める割合が多いとされる1番玉の値が低く、1番玉より未成熟材部の占める割合の少ない2番玉、3番玉と樹高方向に上がるにつれてヤング係数が高くなるという一般的な傾向が概ねみられた。

B14及び藤津25号、唐津1号については1番玉と2、3番玉の間にもヤング係数に大きな差はみられず、いずれの番玉においても高い値となった。

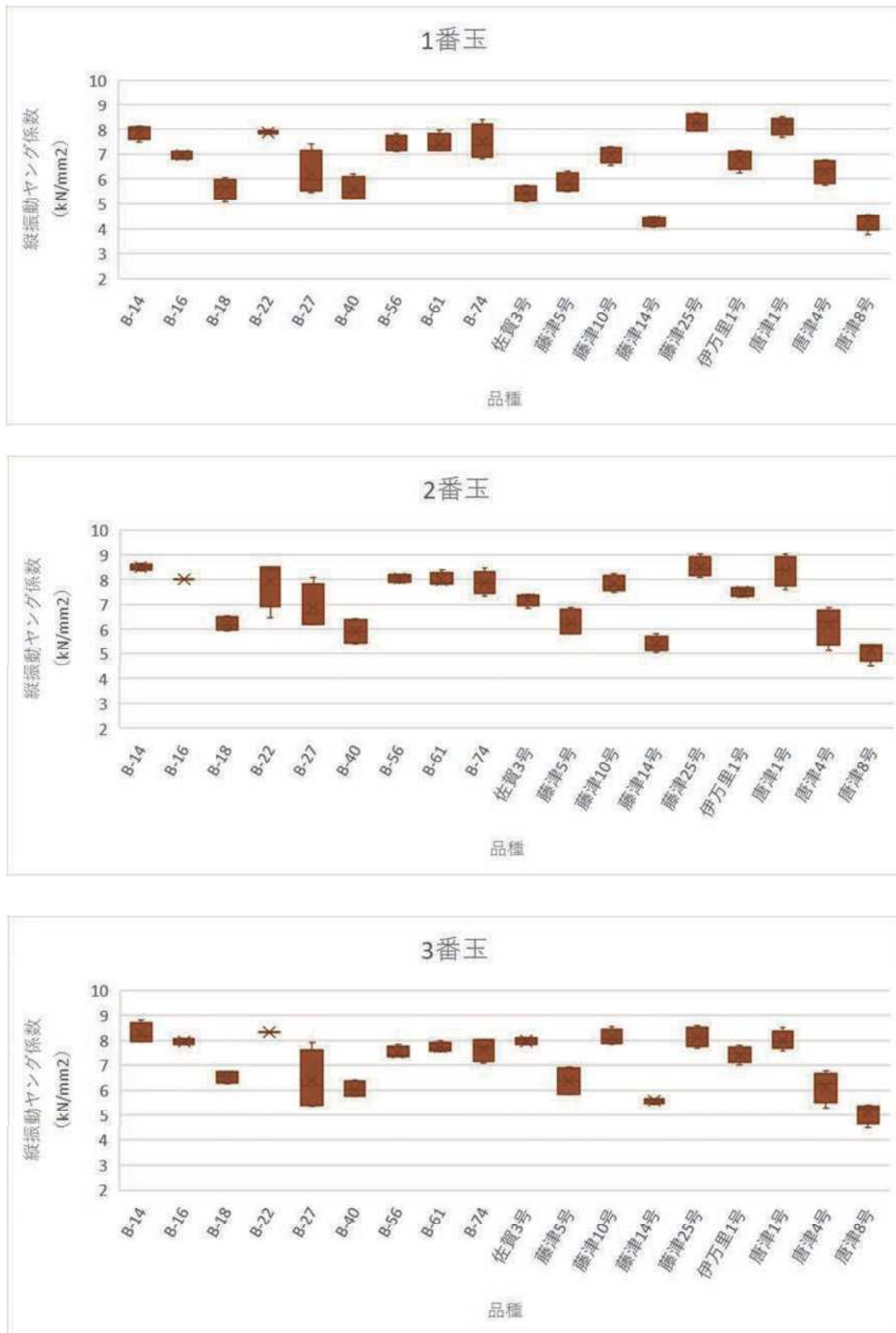


図-2 クローン品種の番玉別縦振動ヤング係数

【製材段階】

調査した丸太のうち、各クローンで最も強度特性が低いと考えられる1番玉から髓を対称として、図-3のような木取りで採取可能な限り試験体を作製した。

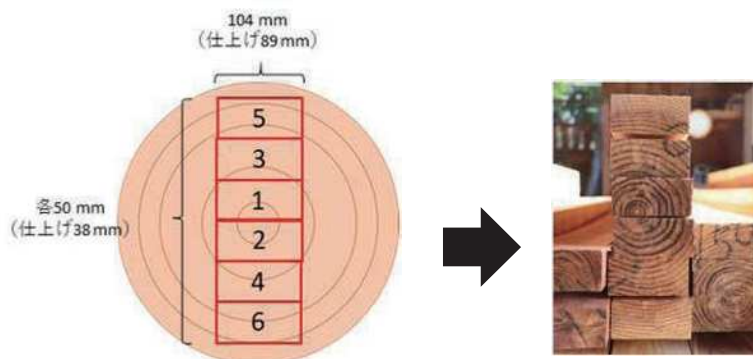


図-3 試験体製材木取り

全試験体の強度試験及び直前の各種測定結果について、図-4から図-15に示す。

立木の応力波伝播速度や丸太の縦振動ヤング係数、製材の縦振動ヤング係数、曲げ強度は曲げヤング係数との間にそれぞれ正の相関が見られ、特に製材の縦振動ヤング係数と曲げヤング係数には高い相関がみられた(図7)。平均年輪幅と曲げヤング係数及び曲げ強度には負の相関がみられた。

また、立木の応力波伝播速度と採材位置別の曲げヤング係数については、いずれの採材位置においても正の相関がみられたが、相関の程度には大きな差はみられなかった。丸太の縦振動ヤング係数と採材位置別の曲げヤング係数についても、すべての採材位置において正の相関がみられた。

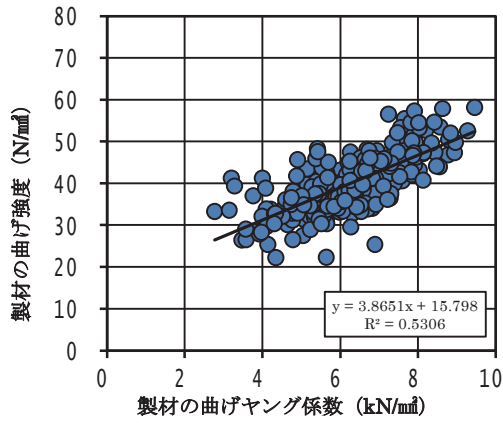


図-4 製材の曲げヤング係数と曲げ強度の関係

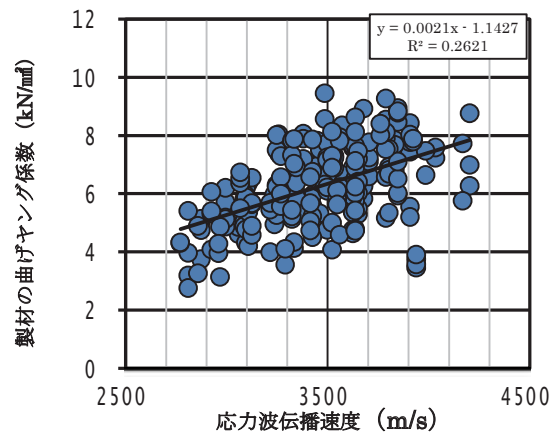


図-5 立木の応力波伝播速度と製材の曲げヤング係数の関係

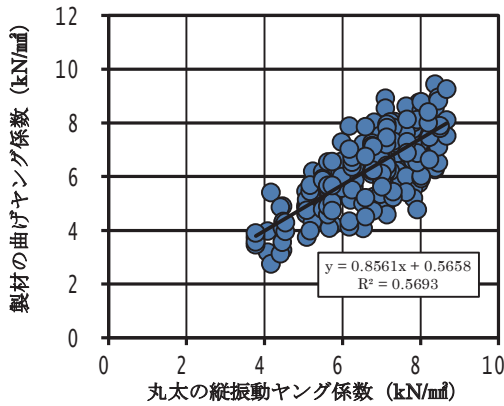


図-6 丸太の縦振動ヤング係数と製材の曲げヤング係数の関係

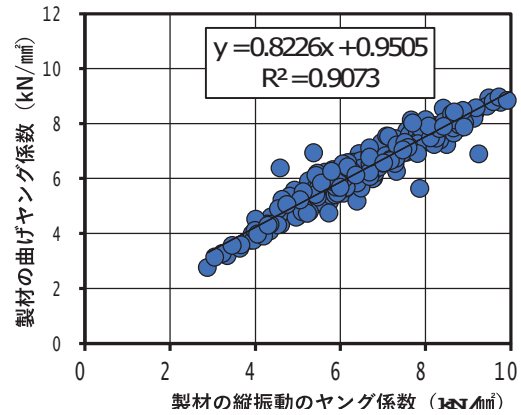


図-7 製材の縦振動ヤング係数と曲げヤング係数の関係

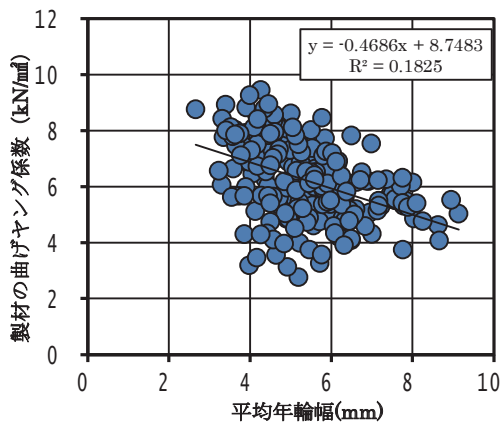


図-8 製材の年輪幅と曲げヤング係数の関係

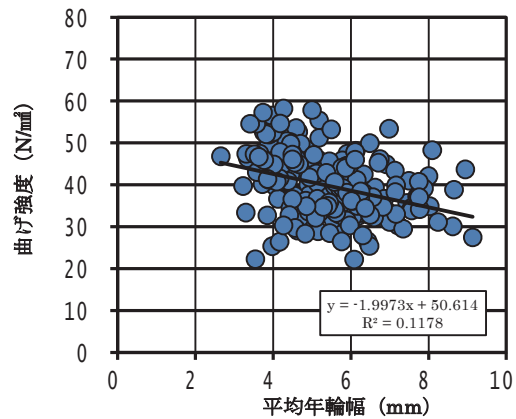


図-9 製材の年輪幅と曲げ強度の関係

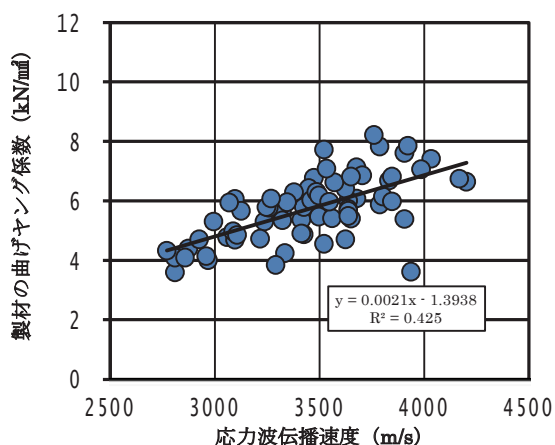


図-10 立木の応力波伝搬速度と曲げヤング係数（採材位置 1～2）の関係

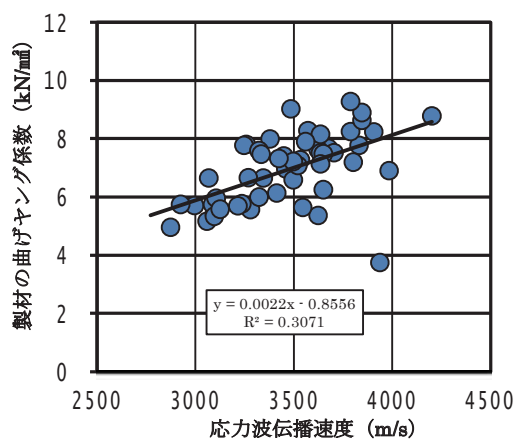


図-11 立木の応力波伝搬速度と曲げヤング係数（採材位置 3～4）の関係

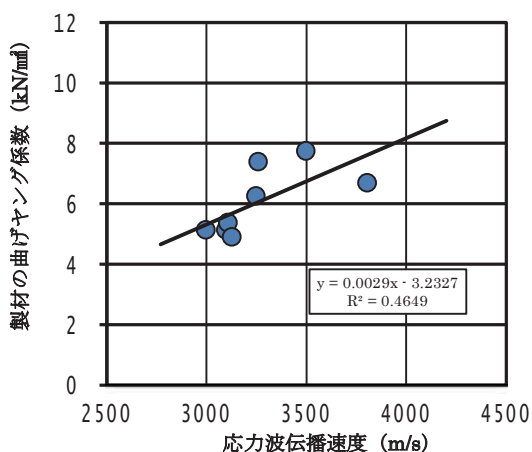


図-12 立木の応力波伝搬速度と曲げヤング係数（採材位置 5～6）の関係

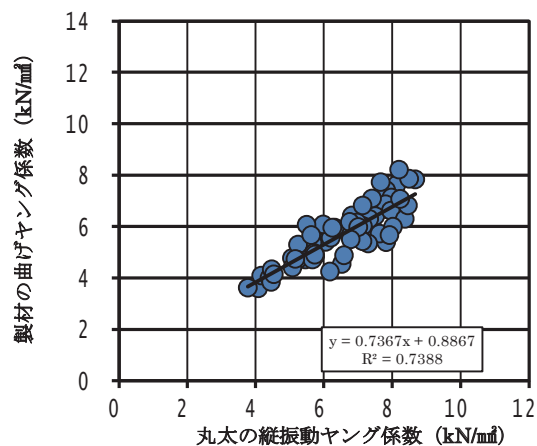


図-13 丸太の縦振動ヤング係数と曲げヤング係数（採材位置 1～2）の関係

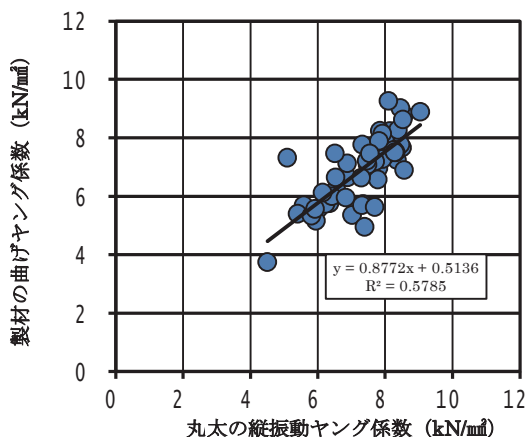


図-14 丸太の縦振動ヤング係数と曲げヤング係数（採材位置 3～4）の関係

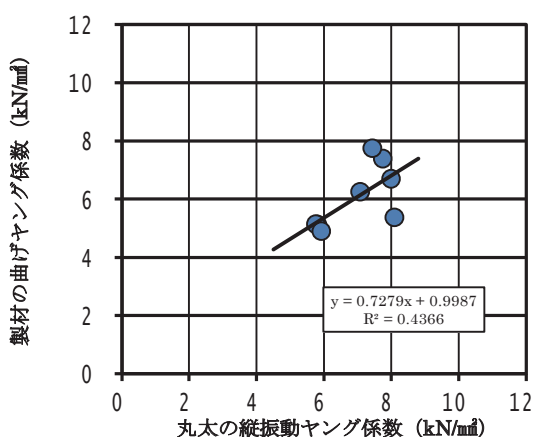


図-15 丸太の縦振動ヤング係数と曲げヤング係数（採材位置 5～6）の関係

クローン別の採取位置別の曲げヤング係数測定結果について図-16、クローン別の年輪幅と曲げヤング係数の関係について図-17に示す。

全体的な傾向として、前年の結果と同じく採取位置1～2よりも採取位置3～4の方が高い値となった。採取位置3～4よりも採取位置5～6が低い値となっているものが見られた点については、採取位置3～4から採取位置5～6への辺材方向への曲げヤング係数が高止まりしている可能性も考えられるほか、採取丸太の径級の違いによる試験体の採取数や採取位置等が影響している可能性も考えられる。また、採取丸太の径級により採取位置5～6のサンプル採取数が少なかったことも踏まえ、今後精査していきたい。

また、一般的に心材については、未成熟部の占める割合が多いため、ヤング係数は低く、髓から放射方向に行くに従って強度特性は向上すると考えられており、今回の調査についても採材位置3～4にまでは同様の傾向がみられた。

クローン別では、B14、B22、藤津25号、唐津1号については心材側である採材位置1～2においても比較的高い強度を示していることが分かる。

年輪幅と曲げヤング係数の間にはすべての品種で負の相関がみられたが、クローン毎にその傾きや切片が異なっていた。年輪幅は4mm程度から8mm程度の材が多かったが、クローン間の差は年輪幅が4mm程度の材で顕著に見られた。

クローン別の木材強度は、年輪幅の狭い4mm程度の材のヤング係数と年輪幅が広がっていくにつれてどの程度ヤング係数が下がっていくかという点からの評価が重要である。

令和元年度から開始した本調査は令和4年度に最終年度を迎える。令和4年度はこれまで蓄積したデータを元に上記のような視点から解析を進める計画である。

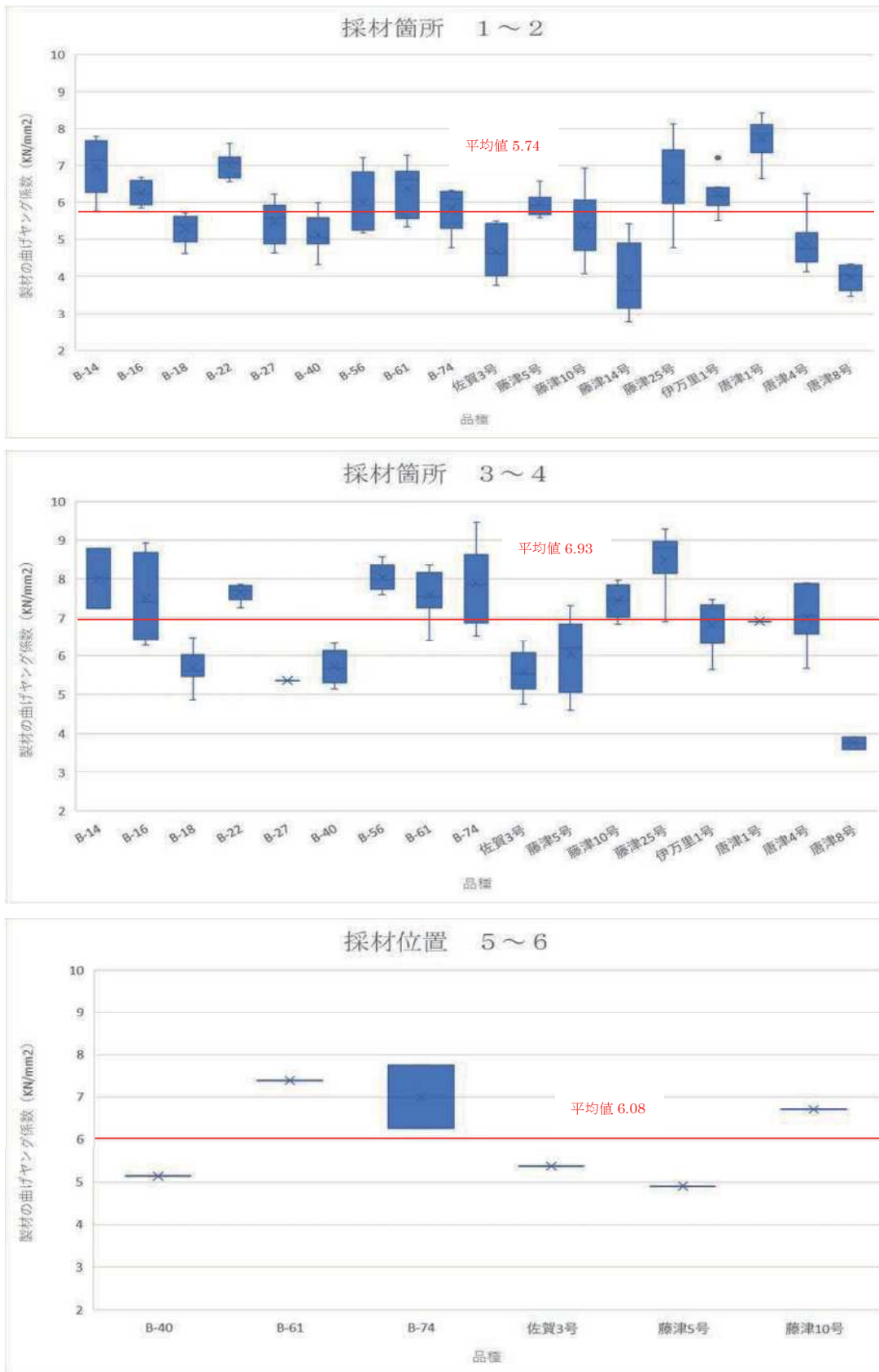
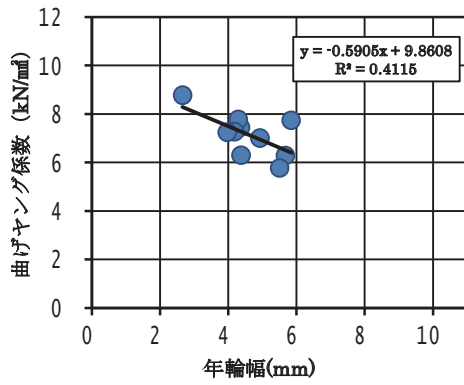
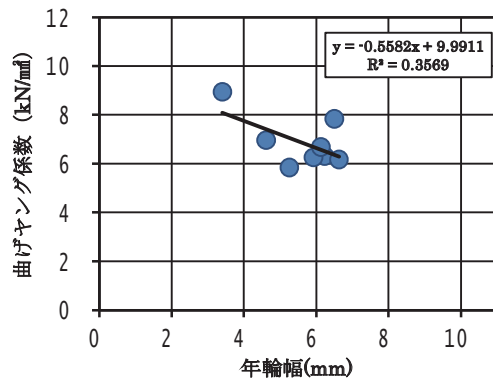


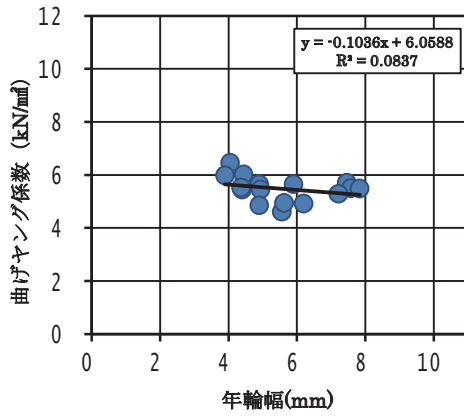
図-16 クローン別採取位置別の曲げヤング係数



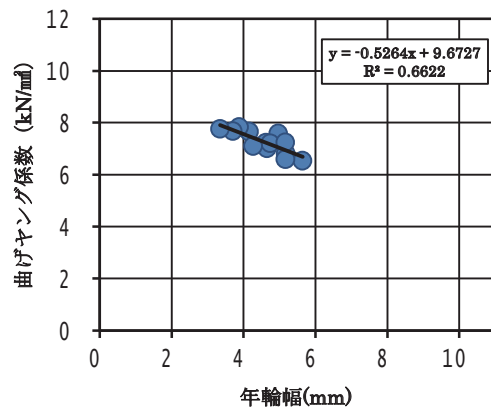
B-14



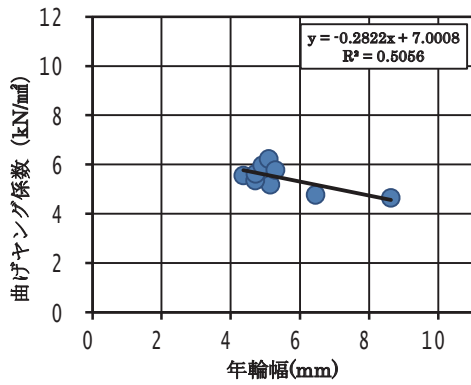
B-16



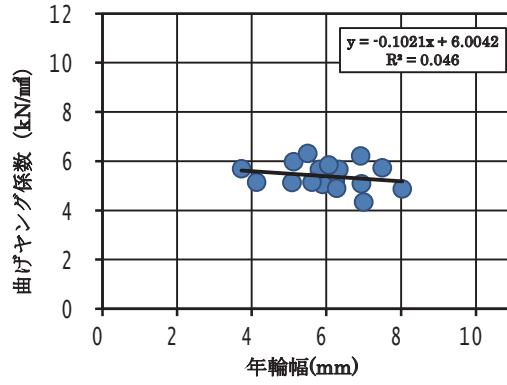
B-18



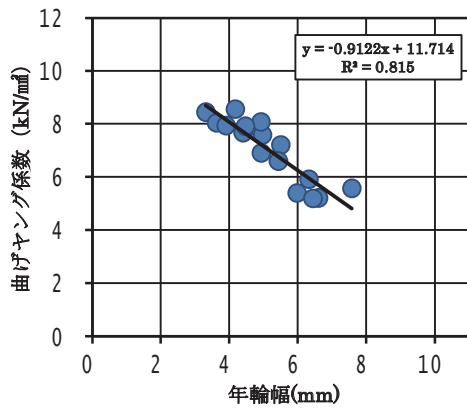
B-22



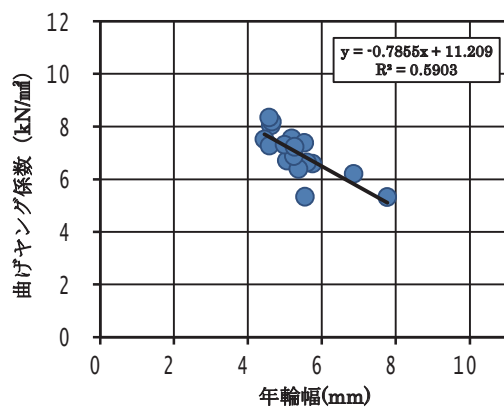
B-27



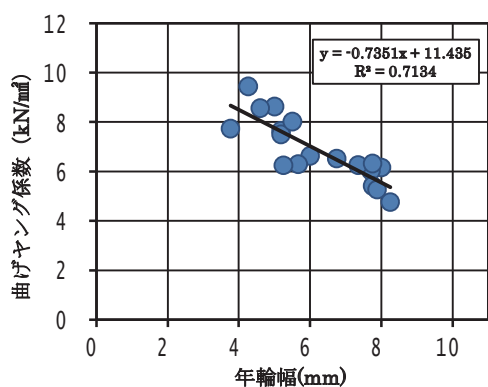
B-40



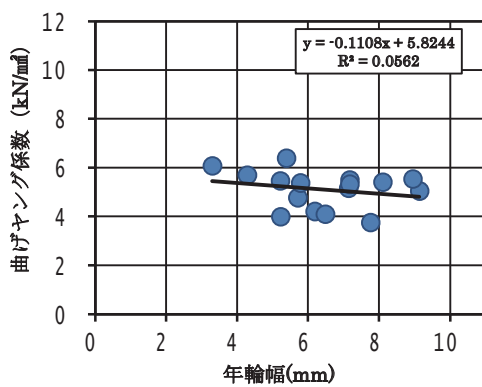
B-56



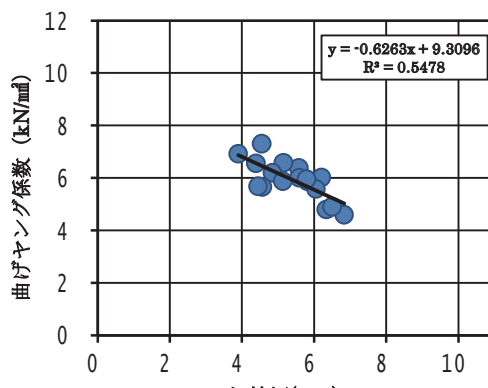
B-61



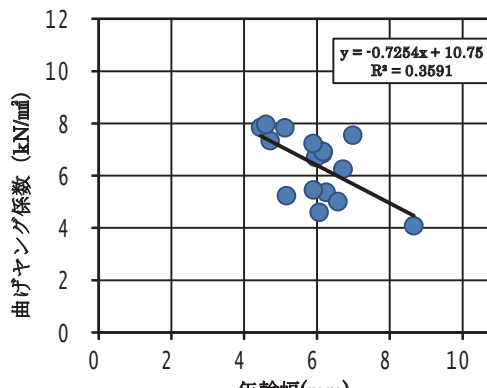
B-74



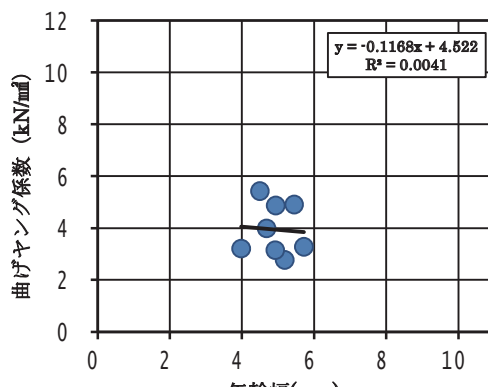
佐賀3号



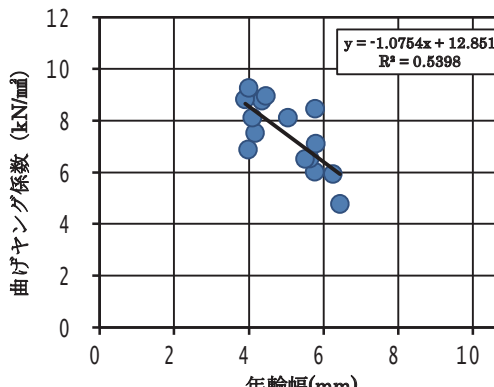
藤津5号



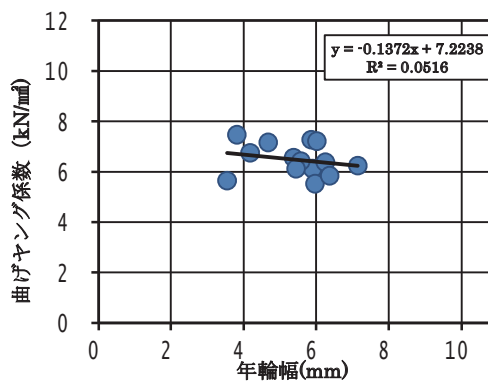
藤津10号



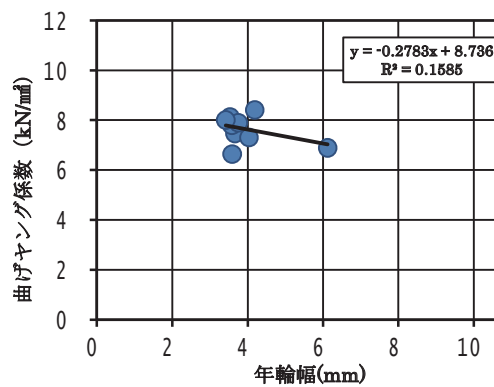
藤津14号



藤津25号



伊万里1号



唐津1号

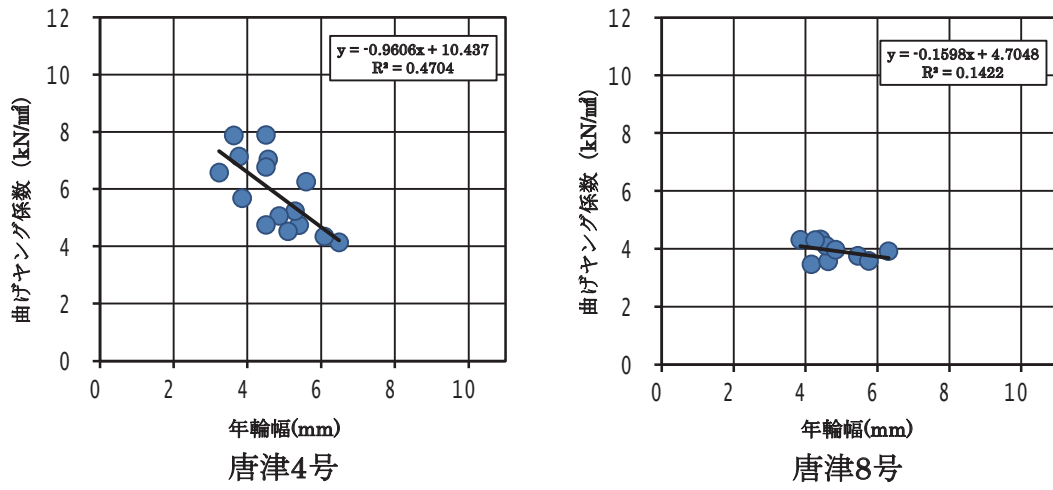


図-17 クローン別の年輪幅と曲げヤング係数

2-4 考察及び今後の計画

立木・丸太・製材の各段階における調査の結果、サガンスギの親である藤津 25号や唐津 1号の親世代の高い強度特性が示され、心材側の年輪幅が大きい部分でも比較的強度が期待できることが示唆された。今後も次世代スギ精英樹（サガンスギ等）やその親世代などの従来 of 精英樹のデータ蓄積を行っていきたい。

採材位置別の木材評価では、採材位置が 1～2 と 3～4 を比較した場合、辺材側である 3～4 の曲げヤング係数が高くなっていたものの、採材位置 3～4 と 5～6 を比較した場合、昨年と同様、辺材側である 5～6 の曲げヤング係数が低くなるものがあり、今年の調査では平均値も低くなる結果となったことから、更に辺材側のデータ蓄積を行う必要がある。特に、丸太の径級により採材位置 5～6 のサンプル数は少なくなる傾向にあるため、試験材料を揃えて精査する必要がある。

今回調査したクローン間では、年輪幅に差はなくとも、強度特性に大きな差が生じていた。そのため、年輪幅以外の要素（例えば、マイクロフィブリル等の組織）が強度特性の決定に関与しているものと考えられる。

成長の優れた苗木（エリートツリーや次世代スギ精英樹）の活用に向けては、年輪幅が大きくなることなどによる強度特性への影響が危惧されていることから、クローン別の成長量や強度特性の下限値を把握するため、木材強度の評価に引き続き取り組んでいきたい。