

## 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 林崎 泰

### 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、主伐一再生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を行い、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、現場への普及を目前としているのと同様、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として、2020 年度から普及開始を予定している。

しかしながら、次世代スギ精英樹は、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

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、再生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、スギ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) を迎えた第 2 世代精英樹( 次世代スギ精英樹を含む) 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かめる。

## 小課題1：低コスト 初期保育技術の開発

### 1-1 小課題の目的

造林初期の次世代スギ精英樹の成長特性を明らかにする。その際、樹高と樹冠幅の関係を明らかにし、植栽密度の検討や林冠閉鎖時期の検討用のデータとして整理する。また、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。

### 1-2 材料と方法

次世代スギ精英樹の樹高と樹冠幅の関係を把握するため、2017-2018 年にかけて実施した樹形データをもとに、各クローン別に、樹高と樹冠幅の関係を統計モデル(線形モデル)によりモデル化した。モデル化した式と樹高をもとに、成長特性を3次元のコンピュータグラフィック(3DCG: 森林調査 3D アプリ Forest windows により作成)により模式化した。その際、1 成長期及び2 成長期の樹高成長量については、別課題(低コスト造林に向けたコンテナ苗等の造林技術の開発)により得られたデータを用い、苗木の植栽時の高さを50cmと設定した。また、毎木調査による樹木位置図及び樹高調査結果をもとに植栽後2 成長期経過した造林試験地(七山次世代スギ造林試験地 2018、試験地 CD: 202) の状況を再現した。

競合雑草の調査については、表-1-1 で示すように、3 造林試験地に計 10 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 参照)により、100 m<sup>2</sup>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、図 1-3 の基準により C1~C4 の状態を調査個体 1 本ずつ記録した。

表-1-1 調査個体の競合状態と平均樹高と競合雑草木の平均高さ

調査地CD	植栽年度	林齢	競合状態 C1~C4				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	割合 (%)	植栽木 (m)	競合雑草 (m)	個体数	割合 (%)	植栽木 (m)
20101	2016年3月	4年目	8	67%	2.4	0.8	4	33%	2.2	1.3	0%											12	2.4	0.9	
20102	2016年3月	4年目	1	8%	1.4	0.3	7	58%	1.2	1.0	1	8%	1.1	1.1	3	25%	0.9	1.2				12	1.1	1.0	
20201	2018年3月	2年目	21	100%	1.4	0.5	0%				0%										21	1.4	0.5		
20202	2018年3月	2年目	21	100%	1.5	0.5	0%				0%										21	1.5	0.5		
20203	2018年3月	2年目	16	76%	1.4	0.3	5	24%	1.1	0.8	0%										21	1.3	0.5		
20204	2018年3月	2年目	13	65%	1.5	0.6	7	35%	1.3	0.8	0%										20	1.4	0.7		
20205	2018年3月	2年目	5	22%	0.6	0.3	9	39%	0.6	0.5	7	30%	0.6	0.5	2	9%	0.5	0.5				23	0.6	0.5	
20301	2019年3月	1年目	36	100%	0.6	0.2	0%				0%										36	0.6	0.2		
20302	2019年3月	1年目	36	100%	0.6	0.1	0%				0%										36	0.6	0.1		
20303	2019年3月	1年目	37	95%	0.6	0.2	1	3%	0.5	0.3	1	3%	0.6	0.3	0%						39	0.6	0.2		
総計			194	80%	1.0	0.3	33	14%	1.2	0.8	9	4%	0.6	0.6	5	2%	0.7	1.0				241	1.0	0.4	

### 1-3 結果

植栽から 1 年後及び 2 年後の樹高と樹冠幅の関係を図-1-1 に示す。脊振 F1 01-15 と大町 F1 20-04 は、他 4 クローンよりも、やや幅広な樹形であった。立地条件により、成長差が大きいことが既に明らかになっているため、立地別に成長特性を模式化した(図-1-2)。次に、樹高と樹冠幅の関係及び現地の樹木配置、毎木調査結果をもとに、造林試験地の状況を模式化したところ、次世代スギ精英樹と従来精英樹の生育状況を 3 次元で明確に表現できた。

次に、競合雑草の調査については、表-1-1 のとおり 10 箇所 194 個体を対象とし実施したところ、全体的にスギの樹冠が半分以上露出している C1 の状態が多く、被圧を受けている個体が少なかった。各調査地の競合雑草の種名、出現数及び競合状態は表-1-2 のとおりであり、今回の調査で最も草丈が高かったのは、ススキであった。最後に、植栽木の品種別の競合状態について表-1-3 に示す。表中の当年春季成長量は、期首となる 2019 年 4 月の成長開始から 2019 年 6 月末の調査時点までの樹高成長量であり成長率は、樹高成長量を期首樹高で割った数値である。雑草からの影響を最も受けている調査地は調査地: 202-05 であり、従来の精英樹(唐津 6 号)を植栽した箇所に調査地を設定した場所であった。

### 1-4 考察

今回、研究初年度の取り組みとして、樹高と樹冠幅の関係について統計モデルを用いて数値化し、3DCG を用いて表現したところ、次世代スギ精英樹の初期成長特性の概要を視覚化することができた。今後、共同研究機関である森林総合研究所においても、国レベルで開発したエリートツリーのデータを用いて成長過程についてモデル化される計画であるため、モデル化の手法等について参考にしつつ、追加でデータを取得することにより精度を上げていきたい。

競合雑草の調査については、森林総合研究所及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、下刈り完了時期を予測することになっている。また、今回の調査結果からも明らかであるが、植栽木の成長が遅ければ雑草木に被圧され、成長への影響を受ける期間も長くなることが想定されるため、成長の早い次世代スギ精英樹を用いることで、どの程度下刈り期間を短くできるかという視点で引き続き調査を継続していく。

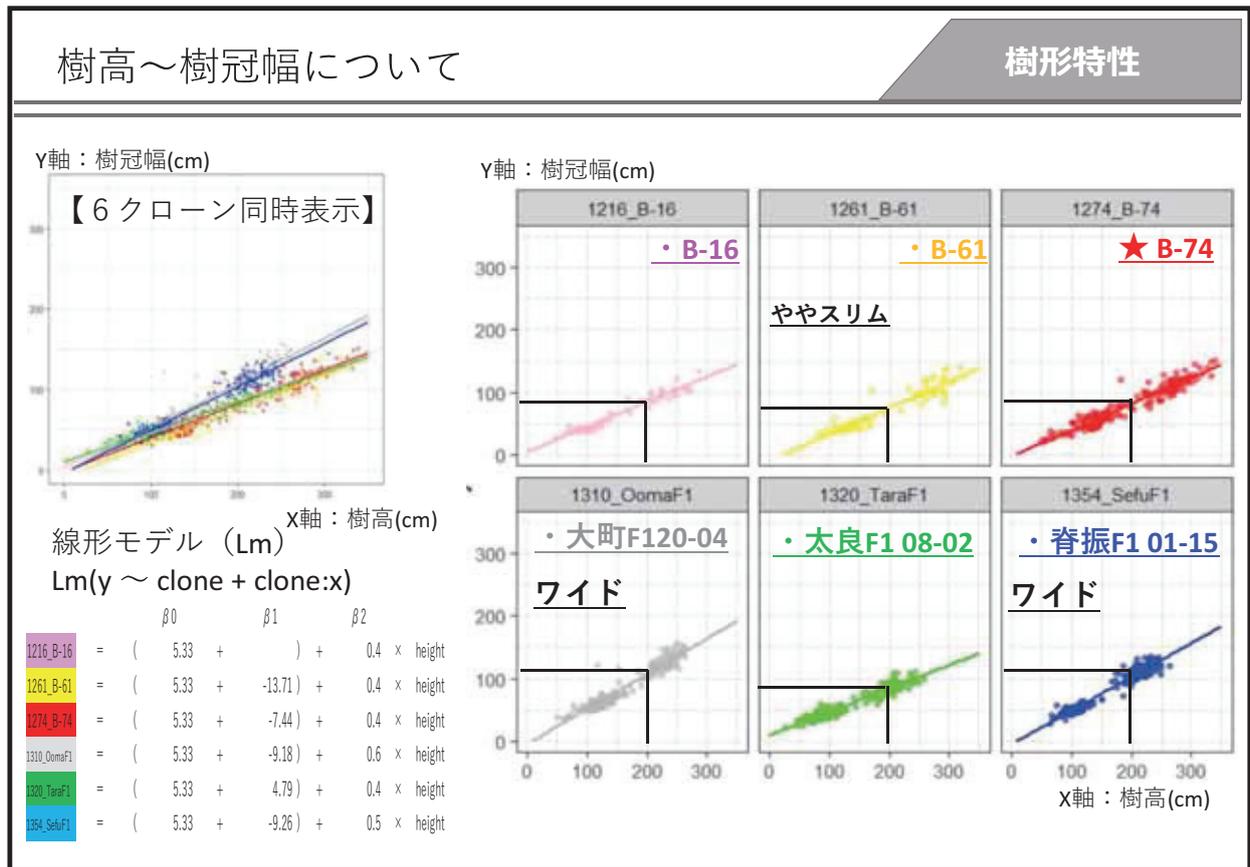


図-1-1. 樹高と 樹冠幅の関係式(線形モデル)

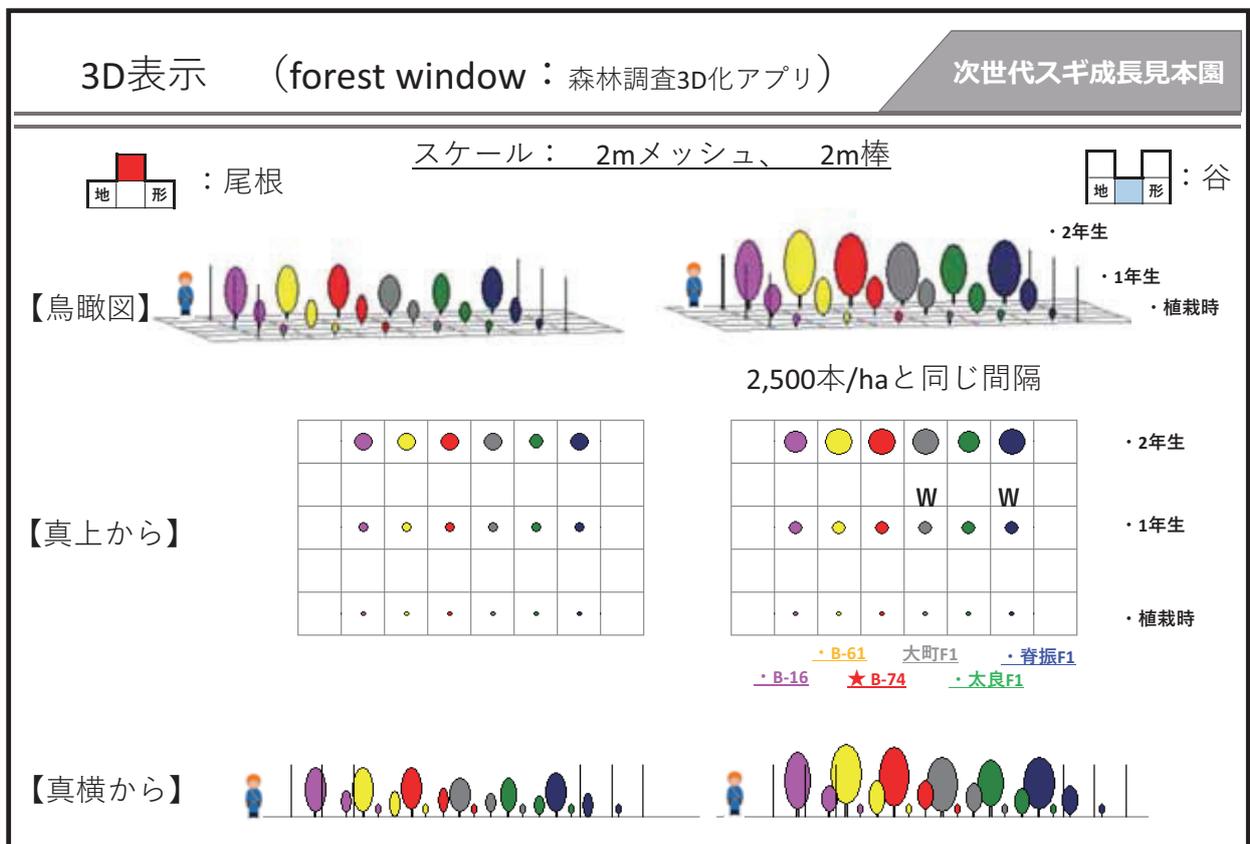
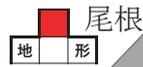


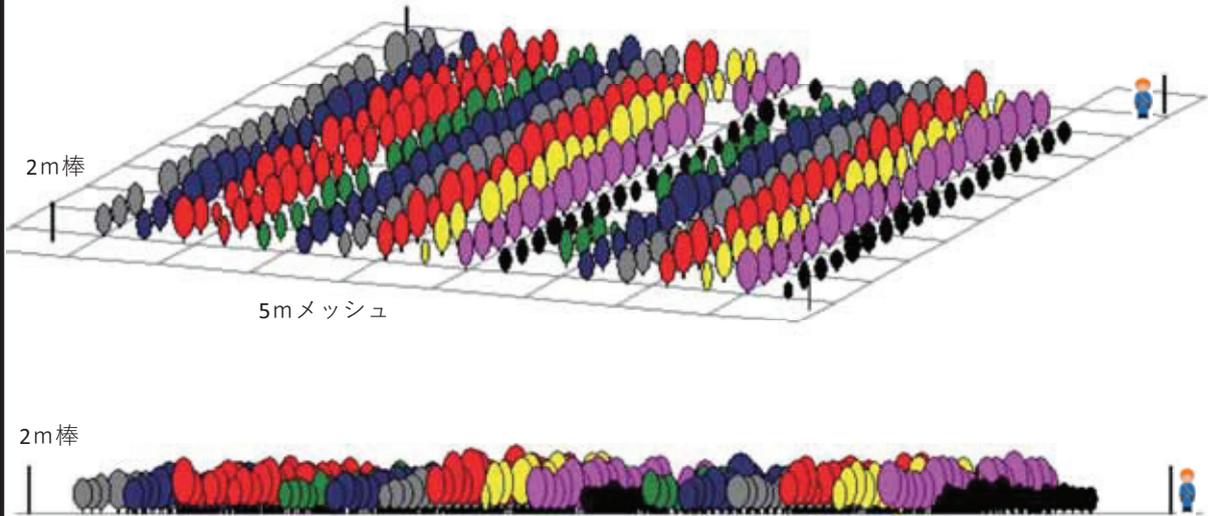
図-1-2. 次世代スギ精英樹の初期成長特性(立地別、植栽時苗高: 50cm)  
 ※2019年度時点の取得データを元に試作した。今後追加データにより修正・更新の予定。

## 2成長期後の林分の発達状況①



現地再現3DCG

樹高調査（2019.12）と樹高-樹冠幅の関係式をもとに林分を3Dで再現



- 結果1：品種別に成長差がでてきている
- 結果2：2成長期後に2m超えの個体が多い

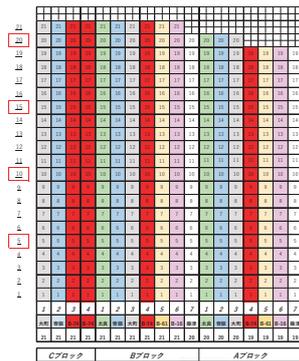
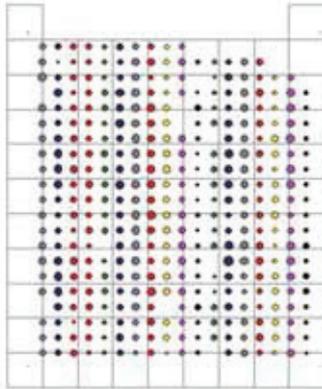
中苗（約70cm）植栽、日当たりの良さ、競合雑草の少なさも好成長の要因か？

## 2成長期後の林分の発達状況②



現地再現3DCG

【3DCG：真上から 5mメッシュ】【植栽配置図】



植栽密度 2,000 本/ha

- B-16
- B-61
- B-74
- 大町F1
- 太良F1
- 脊振F1
- 藤津14



次世代スギ 従来品種

【撮影日：2020.7.1】

- 結果1：成長は良好だが、2成長期での林冠の閉鎖は半分以下
- 競合雑草の種類と繁茂状況と合わせて下刈の要否を検討すべき**

図-1-3. 現地再現3DCG( 樹高は2成長期後の実測値、樹形はモデル式より 算出)

■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

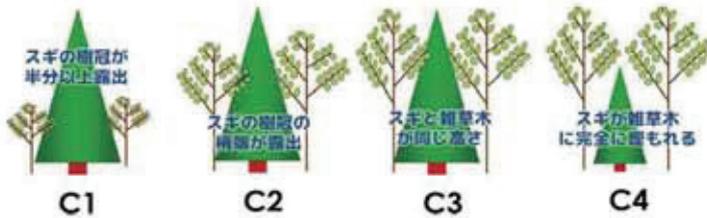
- ① 調査時 → 地面から主軸先端まで高さを測定
- ② 調査時の期首 → 節間の観察から生育期開始前の高さを測定
- ③ 前年の機種 → 節間の観察から昨年の生育期開始前の高さを測定

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 1/2以下
- 2：ツルの着生高が植栽木の樹高の 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：植栽木の周夫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

表-1-2. 競合評価別 (C1~C4)の競合雑草木の平均草丈

競合状態 C1~C4		C1		C2		C3		C4		全体	
調査地：20101		出現数	草丈(m)								
ウド	落葉高木	8	0.77	4	1.28					12	0.94
オカトラノオ	草本	3	0.50	1	1.00					1	1.00
ススキ	草本	3	1.27	3	1.37					3	0.50
フユイチゴ	落葉低木	1	0.20							6	1.32
ヤマハゼ	落葉高木	1	0.68							1	0.20
調査地：20102		1	0.30	7	0.96	1	1.10	3	1.23	12	0.98
カラスザンショ	落葉高木			1	0.60					1	0.60
クマイチゴ	落葉低木					1	1.10			1	1.10
ススキ	草本			6	1.02			2	1.25	8	1.08
フユイチゴ	落葉低木	1	0.30							1	0.30
ヤマハゼ	落葉高木							1	1.20	1	1.20
調査地：20201		19	0.51							19	0.51
アオモジ	落葉小高木	1	0.50							1	0.50
アカメガシワ	落葉高木	7	0.50							7	0.50
イヌツゲ	常緑小高木	1	0.20							1	0.20
ウツギ	落葉低木	1	0.70							1	0.70
オカトラノオ	草本	1	0.50							1	0.50
クマイチゴ	落葉低木	1	0.40							1	0.40
ゴンズイ	落葉低木	1	0.70							1	0.70
サルトリイバラ	常緑ツル	2	0.25							2	0.25
ススキ	草本	1	0.40							1	0.40
ヌルデ	落葉小高木	2	0.70							2	0.70
ムラサキシキブ	落葉低木	1	0.80							1	0.80
調査地：20202		17	0.49							17	0.49
アオモジ	落葉小高木	3	0.60							3	0.60
アカメガシワ	落葉高木	4	0.48							4	0.48
ウラジロノキ	落葉高木	1	0.80							1	0.80
エゴノキ	落葉小高木	1	0.40							1	0.40
オカトラノオ	草本	1	0.10							1	0.10
クマイチゴ	落葉低木	2	0.70							2	0.70
ススキ	草本	3	0.50							3	0.50
チヂミザサ	草本	2	0.20							2	0.20
調査地：20203		15	0.35	5	0.82					20	0.47
アカメガシワ	落葉高木	3	0.27	1	0.80					4	0.40
クマイチゴ	落葉低木	3	0.23	2	0.95					5	0.52
コガクウツギ	落葉低木	3	0.60							3	0.60
ササsp	ササ類			2	0.70					2	0.70
ススキ	草本	1	0.40							1	0.40
チヂミザサ	草本	2	0.20							2	0.20
ネムノキ	落葉高木	1	0.30							1	0.30
フユイチゴ	落葉低木	1	0.20							1	0.20
ヤマザクラ	落葉高木	1	0.60							1	0.60
調査地：20204		13	0.57	7	0.80					20	0.65
アオモジ	落葉小高木	2	0.55	1	0.80					3	0.63
アカメガシワ	落葉高木	4	0.58							4	0.58
ウラジロノキ	落葉高木			1	0.70					1	0.70
オカトラノオ	草本	1	0.80							1	0.80
クマイチゴ	落葉低木	1	0.20	2	0.75					3	0.57
コガクウツギ	落葉低木	2	0.60							2	0.60
ヌルデ	落葉小高木	1	0.80							1	0.80
フユイチゴ	落葉低木	1	0.30							1	0.30
モミジイチゴ	落葉低木	1	0.70							1	0.70
ヤブムラサキ	落葉低木			2	0.70					2	0.70
ヤマハゼ	落葉高木			1	1.20					1	1.20
調査地：20205		5	0.28	9	0.51	7	0.54	2	0.55	23	0.47
アカメガシワ	落葉高木	1	0.30	1	0.40					2	0.35
エゴノキ	落葉小高木					1	0.50			1	0.50
オカトラノオ	草本			2	0.50	1	0.50			3	0.50
クマイチゴ	落葉低木	2	0.35	2	0.50			2	0.55	6	0.47
コガクウツギ	落葉低木					1	0.70			1	0.70
チヂミザサ	草本	1	0.20							1	0.20
チヂミザサ	草本	1	0.20							1	0.20
ヌルデ	落葉小高木					1	0.60			1	0.60
ネムノキ	落葉高木					1	0.50			1	0.50
ヒサカキ	常緑低木					1	0.50			1	0.50
ヤブムラサキ	落葉低木			3	0.53					3	0.53
ヤマザクラ	落葉高木					1	0.50			1	0.50
ヤマハゼ	落葉高木			1	0.60					1	0.60
調査地：20301		36	0.19							36	0.19
アオツツラフジ	ツル植物	1	0.30							1	0.30
オカトラノオ	草本	1	0.20							1	0.20
オトコエシ	草本	11	0.19							11	0.19
クマイチゴ	落葉低木	1	0.20							1	0.20
コニシキソウSP	草本	1	0.20							1	0.20
シソ科SP	草本	1	0.20							1	0.20
シダsp	草本	1	0.40							1	0.40
ススキ	草本	2	0.30							2	0.30
タブノキ	常緑高木	1	0.30							1	0.30
チヂミザサ	草本	5	0.12							5	0.12
フユイチゴ	落葉低木	8	0.15							8	0.15
ヤマザクラ	落葉高木	2	0.20							2	0.20
ヤマハゼ	落葉高木	1	0.20							1	0.20
調査地：20302		36	0.14							36	0.14
アカメガシワ	落葉高木	2	0.15							2	0.15
オカトラノオ	草本	3	0.20							3	0.20
オトコエシ	草本	5	0.14							5	0.14
クサギ	落葉高木	1	0.20							1	0.20
チヂミザサ	草本	12	0.12							12	0.12
ツクサ	草本	2	0.15							2	0.15
フユイチゴ	落葉低木	11	0.13							11	0.13
調査地：20303		37	0.15	1	0.30	1	0.30			39	0.16
アカメガシワ	落葉高木	1	0.10							1	0.10
エノキ	落葉高木	1	0.10							1	0.10
オトコエシ	草本	2	0.15							2	0.15
シダsp	草本	1	0.30							1	0.30
タブノキ	常緑高木	1	0.30							1	0.30
チヂミザサ	草本	11	0.14							11	0.14
ナガバモミジイチゴ	落葉低木	1	0.20							1	0.20
フユイチゴ	落葉低木	19	0.15							19	0.15
ミヤマクマワラビ	シダ			1	0.30	1	0.30			2	0.30

表-1-3. 品種別、競合評価別 (C1~C4)の調査時の平均樹高と春季の平均成長量

競合状態 C1~C4	C1				C2				C3				C4			
	品種	調査時	当年春季	成長率	調査時	当年春季	成長率	調査時	当年春季	成長率	調査時	当年春季	成長率	調査時	当年春季	成長率
		個体数	樹高(m)	成長量(m) <small>(ALL30/30/60)</small>		個体数	樹高(m)		成長量(m) <small>(ALL30/30/60)</small>	個体数		樹高(m)	成長量(m) <small>(ALL30/30/60)</small>		個体数	樹高(m)
調査地：20101	8	2.44	0.60	37%	4	2.20	0.58	37%								
B-74	7	2.48	0.59	37%	3	2.30	0.64	40%								
藤津14号	1	2.16	0.63	41%	1	1.87	0.40	27%								
調査地：20102	1	1.35	0.56	71%	7	1.23	0.32	39%	1	1.08	0.39	57%	3	0.86	0.31	58%
B-74	1	1.35	0.56	71%	7	1.23	0.32	39%					2	0.83	0.30	59%
藤津14号									1	1.08	0.39	57%	1	0.92	0.33	56%
調査地：20201	21	1.42	0.28	26%												
B-16	3	1.47	0.23	19%												
B-61	3	1.56	0.37	33%												
B-74	3	1.54	0.24	20%												
大町F1 20-04	3	1.54	0.33	28%												
太良F1 08-02	3	1.27	0.32	35%												
脊振F1 01-15	3	1.54	0.35	31%												
藤津14号	3	1.04	0.12	14%												
調査地：20202	21	1.45	0.34	33%												
B-16	3	1.43	0.31	27%												
B-61	3	1.57	0.39	34%												
B-74	3	1.97	0.41	28%												
大町F1 20-04	3	1.59	0.32	26%												
太良F1 08-02	3	1.34	0.39	43%												
脊振F1 01-15	3	1.47	0.33	30%												
藤津14号	3	0.78	0.22	42%												
調査地：20203	16	1.41	0.27	24%	5	1.13	0.23	26%								
B-16	3	1.32	0.24	23%												
B-61	3	1.39	0.36	35%												
B-74	3	1.55	0.33	26%												
大町F1 20-04	3	1.37	0.24	21%												
太良F1 08-02	2	1.49	0.22	17%	1	1.32	0.36	38%								
脊振F1 01-15	1	1.49	0.31	26%	2	1.26	0.28	28%								
藤津14号	1	1.21	0.09	8%	2	0.90	0.13	19%								
調査地：20204	13	1.48	0.26	22%	7	1.26	0.32	35%								
B-16	3	1.54	0.29	24%												
B-61	2	1.64	0.29	21%												
B-74	2	1.83	0.24	15%	1	1.37	0.20	17%								
大町F1 20-04	1	1.34	0.30	29%	2	1.40	0.33	31%								
太良F1 08-02					3	1.11	0.29	36%								
脊振F1 01-15	2	1.37	0.34	33%	1	1.35	0.50	59%								
藤津14号	3	1.22	0.18	18%												
調査地：20205	5	0.62	0.17	39%	9	0.63	0.16	35%	7	0.57	0.14	33%	2	0.46	0.08	21%
唐津6号	5	0.62	0.17	39%	9	0.63	0.16	35%	7	0.57	0.14	33%	2	0.46	0.08	21%
調査地：20301	36	0.60	0.16	39%												
B-22	24	0.61	0.15	33%												
B-74	12	0.58	0.19	50%												
調査地：20302	36	0.63	0.18	44%												
B-16	12	0.62	0.16	38%												
B-54	12	0.63	0.12	24%												
脊振F1 01-15	12	0.65	0.27	69%												
調査地：20303	37	0.59	0.19	47%	1	0.50	0.17	52%	1	0.55	0.18	49%				
B-61	37	0.59	0.19	47%	1	0.50	0.17	52%	1	0.55	0.18	49%				

## 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)

### 1-1 目的(木材強度評価)

次世代スギ精英樹の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でない。

そこで今回、県内に設定しているF1選抜クローン試験林の次世代スギ精英樹(B-74)を伐採・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、次世代スギ精英樹以外のF1品種及び従来の精英樹品種についても調査を実施したため、あわせて調査結果について報告する。

### 2-2 試験の概要

県内7箇所に設定しているF1選抜クローン試験林(31年生)の一つから、次世代スギ精英樹(B-74)6本、F1品種50本、従来精英樹品種24本の計80本を選定し、立木段階で胸高直径及び応力波伝搬速度測定後、地上高30cmの位置で伐採し、長さ2mに玉切りした丸太(240本)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(中温乾燥:乾球温度90℃、湿球温度65℃で5日間)を実施した。その後、38mm×89mmに修正挽きを行い、曲げ破壊試験(293体)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、応力波伝搬速度

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

### 2-3 調査結果

#### 【立木段階】

試験林内に残存する立木について、ツリーゾニック(TS)により応力波伝搬速度を測定した。結果については表-1、図-1に示す。

全体の平均値は約3,600m/sであり、F1品種の多くはおよそ平均値程度かそれ以上の値であった。しかし、変動係数が10%を超えるようなバラツキの大きい品種もみられた。

B-74についてはバラつきも小さく高い平均値となった。他の F1 品種や従来  
 精英樹にもそれ以上の値を示すものも見られた。

表-1 立木段階のクローン別調査結果

	クローン名	調査本数 (本)	平均DBH (cm)	平均応力波伝搬速度 (m/s)		
				平均値 (m/s)	標準偏差 (m/s)	変動係数 (%)
F1 品種	A-12	24	22.2	3653	125	3.4
	A-20	21	23.6	3750	135	3.6
	A-21	18	19.5	3979	143	3.6
	A-37	8	25.5	3408	99	2.9
	A-48	13	18.7	3682	136	3.7
	A-71	18	24.9	3447	263	7.6
	B-10	10	22.4	3578	136	3.8
	B-20	22	27.4	3464	239	6.9
	B-54	13	24.5	3847	143	3.7
	B-59	24	25.1	3529	143	4
	B-65	16	25.5	3583	361	10.1
	<b>B-74</b>	<b>23</b>	<b>23.2</b>	<b>3817</b>	<b>118</b>	<b>3.1</b>
B-93	28	21.4	3931	119	3	
B-94	25	22	3719	137	3.7	
従来 精英樹	伊万里1号	14	26.3	3598	204	5.7
	杵島1号	10	24.6	3019	126	4.2
	佐賀3号	16	26.1	3156	150	4.8
	神埼1号	19	24.8	3664	161	4.4
	神埼4号	7	24.5	3533	152	4.3
	唐津6号	5	16.5	3116	83	2.7
	藤津14号	5	16.5	2889	45	1.6
	藤津28号	12	21.3	3946	191	4.8
計	351					

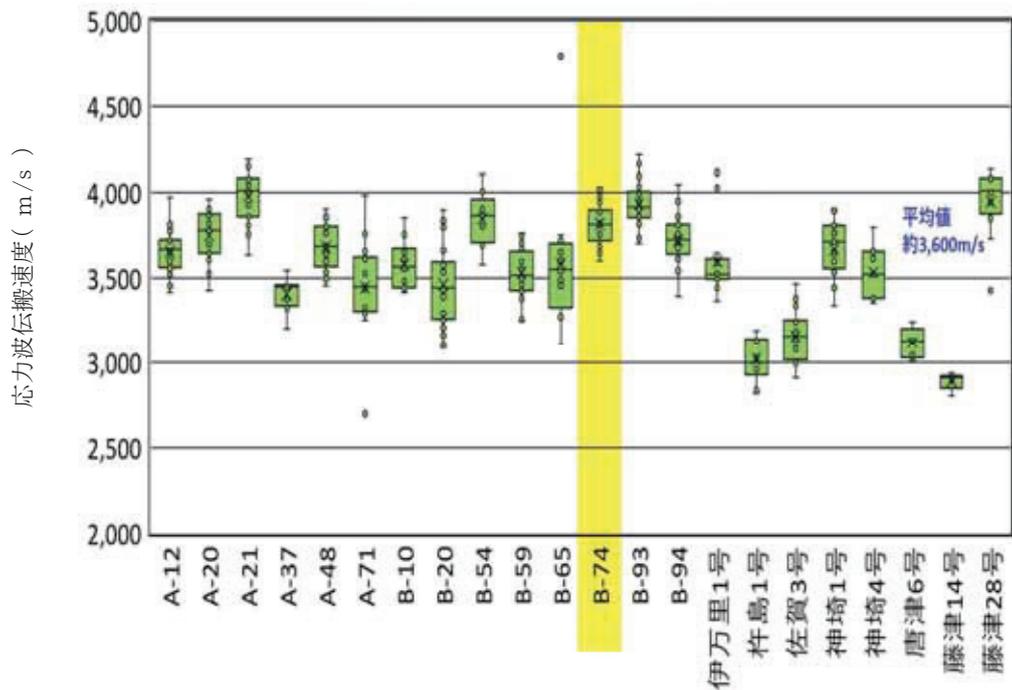


図-1 クローン品種別応力波伝搬速度

【丸太段階】

応力波伝搬速度及び胸高直径、試験林内の残存数を考慮し、各クローン3～5本程度の計80本を選抜し、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、林業試験場内に運搬後、各種調査を実施した。各クローン毎の番玉別の動的ヤング係数の調査結果について、図-2、3に示す。

調査の結果、全体として、樹幹内の未成熟材部の占める割合が多い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みられた。

また、2番玉と3番玉の相関は高く、今回の測定結果では、樹高方向のヤング係数に大きな差はみられなかった。

B-74については1番玉と2、3番玉の間にも大きな差はみられず、どの番玉においても高い値となった。

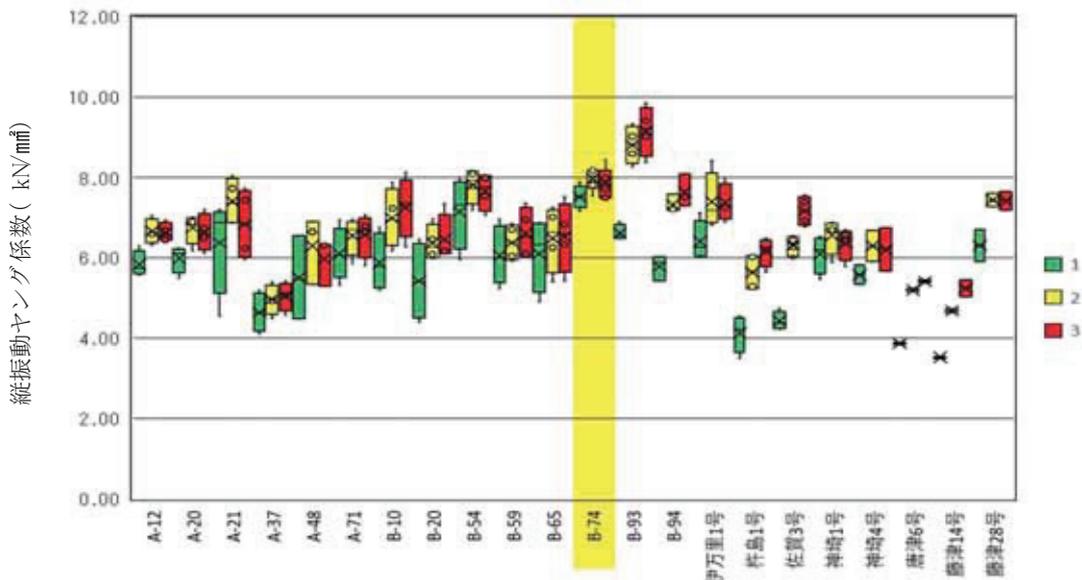


図-2 クローン品種の番玉別縦振動ヤング係数

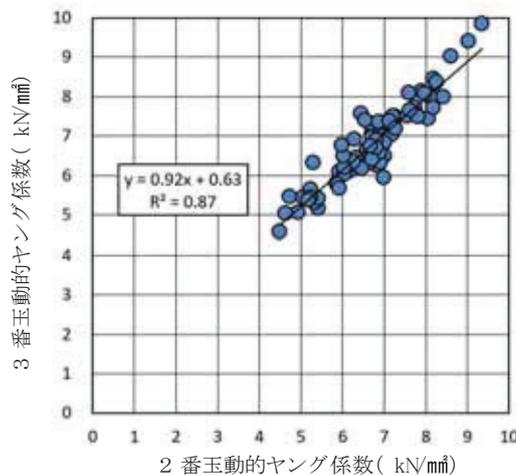


図-3 2・3番玉縦振動ヤング係数相関図

【 製材段階】

調査した丸太のうち、最も強度特性の低いと考えられる各クローンの1番玉から髓を対照として、図-4のような木取りで採取可能な限り試験体を作製した。なお、便宜的に採取箇所①②については心材側、採取箇所③④⑤⑥については辺材側と位置付けることとした。

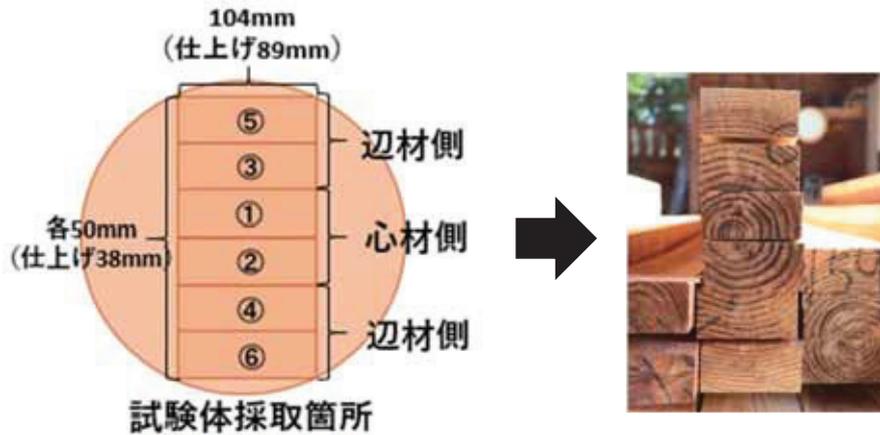


図-4 試験体製材木取り

全試験体( 293 体) の強度試験及び直前の各種測定結果について、表-2 及び図-5 に示す。

曲げヤング係数と曲げ強度の間に正の相関が見られたが、ヤング係数に対し極端に強度の劣るものも見られた。今回、平均含水率が8%程度と低かったことから、人工乾燥の過程で、過乾燥となった試験体が発生したことが考えられる。

曲げヤング係数と縦振動ヤング係数の間には高い正の相関がみられた。

平均年輪幅と曲げヤング係数及び曲げ強度の間に負の相関がみられた。そのため、全体の傾向として、平均年輪幅の大きい個体ほど、材の強度特性が低下すると推測される。

平均年輪幅と密度の間に相関は確認されなかった。

表-2 試験結果まとめ(全体)

	含水率 (%)	密度 (kg/m <sup>3</sup> )	平均年輪幅(mm)		縦振動 ヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	曲げヤング 係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	曲げ強さ (N/mm <sup>2</sup> )
			元	末			
試験体数	293	293	293	293	293	293	293
平均値	8.2	397	6.0	5.8	6.29	6.05	41.4
最小値	7.2	294	2.5	2.1	3.30	2.78	11.7
最大値	9.4	498	11.6	11.3	10.41	9.88	67.2
標準偏差	0.4	39	1.7	2.1	1.45	1.39	9.8
変動係数(%)	4.9	9.8	28.3	36.2	23.1	23.0	23.7

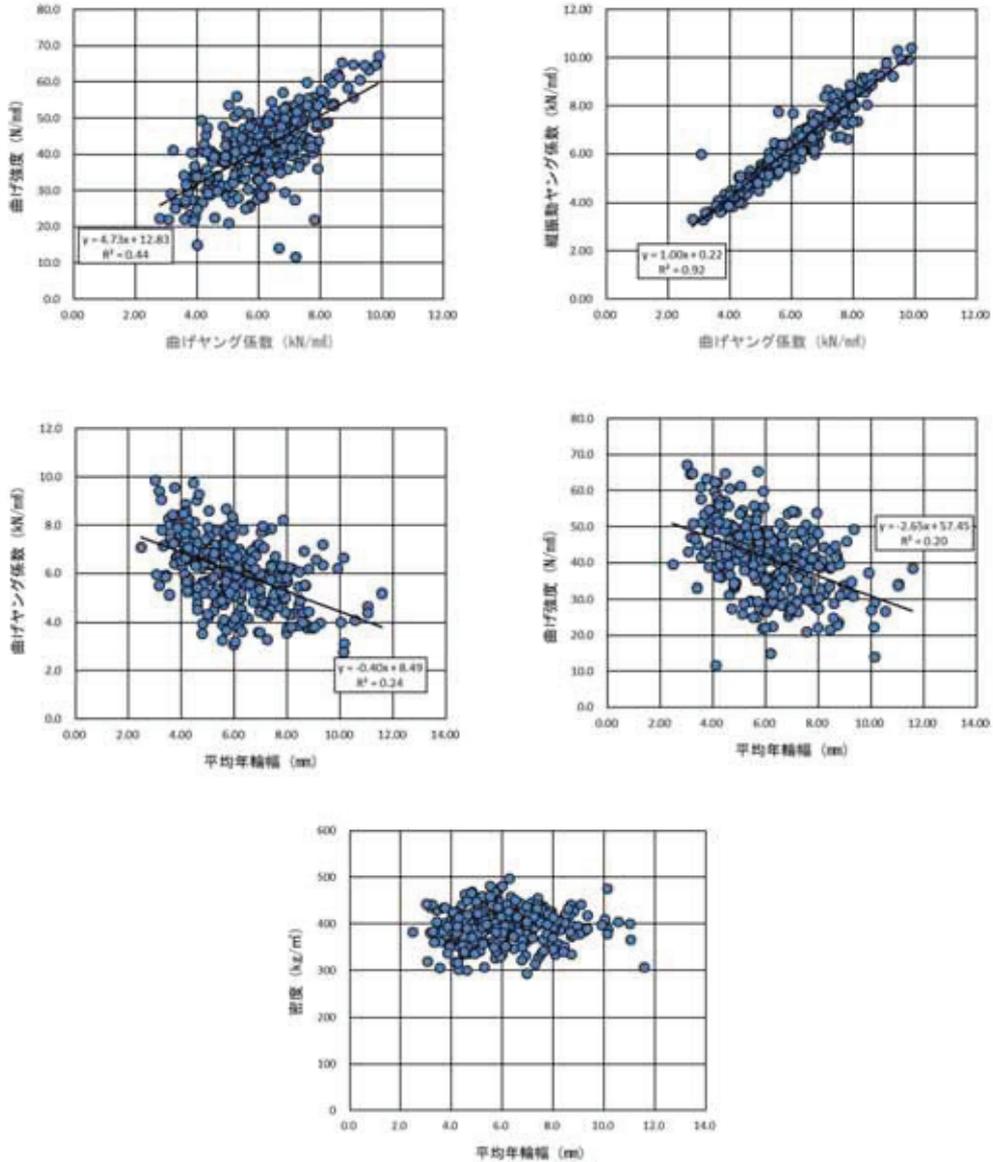


図-5 強度特性値調査結果

続いてクローン品種別の調査結果について表-3 に示す。

B-74 は高い強度特性を示し、曲げヤング係数及び曲げ強度については、調査したクローン品種の中で最も高い値となった。

採取箇所別の曲げヤング係数測定結果について図-6、7、8 に示す。

なお、採取数が少なかった採取箇所⑤⑥については図-2 -6 から除外している。

全体的な傾向として、採取箇所①②(心材側)よりも採取箇所③④(辺材側)の方が高い値となった。

一般的に心材側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、髓から半径方向に行くに従い強度特性は向上すると考えられている。今回の調査についても、同様の傾向がみられたが、B-54、B-59、B-65 のように心材側でも高い値を示すクローン品種もみられている。

B-74 については、心材側の曲げヤング係数は全体平均程度だが、辺材側の値がとびぬけて高いことがうかがえた。また、図-2-7、8 から年輪幅が狭い箇所、曲げヤング係数が高くなっていたため、その相関を確認した。( 図-2-9 )

年輪幅と曲げヤング係数の間には高い負の相関がみられたが、採取箇所別に分けると採取箇所①・②と③・④のまとまりに分けることができ、グラフだけ見ると年輪幅の違いが曲げヤング係数に関係しているようにみえるが、採取箇所①・②については、髓付近の未成熟材部で、最もヤング係数が低いと考えられる箇所である。そのため、今回の調査結果だけでは、年輪幅の違いが曲げヤング係数を決定したとは言い切れないと考える。

表-3 クローン品種別試験結果

クローン名	試験体数 (体)	平均含水率 (%)	平均密度 (kg/m <sup>3</sup> )	平均年輪幅 (mm)	平均動的ヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	平均曲げヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	平均曲げ強さ (N/mm <sup>2</sup> )
A-12	16	8.1	385	5.8	6.60	6.35	39.0
A-20	14	7.9	369	5.9	6.25	5.97	40.7
A-21	13	7.5	398	6.2	6.39	6.26	45.9
A-37	15	8.0	360	6.1	4.83	4.63	34.5
A-48	9	7.7	376	6.1	5.25	5.21	36.9
A-71	16	8.1	419	5.9	6.32	6.14	38.6
B-10	12	8.8	400	5.6	5.91	5.86	41.3
B-20	18	8.0	380	5.9	6.01	5.78	40.6
B-54	15	8.5	428	5.6	8.03	7.40	39.8
B-59	18	8.2	411	5.9	6.92	6.48	46.9
B-65	17	8.5	396	6.1	6.99	6.83	40.8
B-74	19	8.0	434	5.7	7.70	7.73	51.9
B-93	14	7.9	429	5.9	6.62	6.52	45.5
B-94	13	8.1	388	5.5	6.43	6.44	44.2
佐賀3号	16	8.3	391	6.7	5.16	4.90	40.1
藤津14号	4	8.8	451	5.8	3.98	3.90	35.1
藤津28号	7	7.8	326	5.8	5.88	5.61	36.4
伊万里1号	16	8.1	393	6.4	7.07	6.57	42.6
神埼1号	17	8.3	361	5.9	6.54	6.14	40.7
神埼4号	7	8.1	378	5.7	5.29	4.65	38.8
唐津6号	4	8.4	447	5.2	4.16	4.05	39.0
杵島1号	13	8.4	440	5.9	4.69	4.32	38.3
合計	293						

曲げヤング係数 (kN/mm<sup>2</sup>)

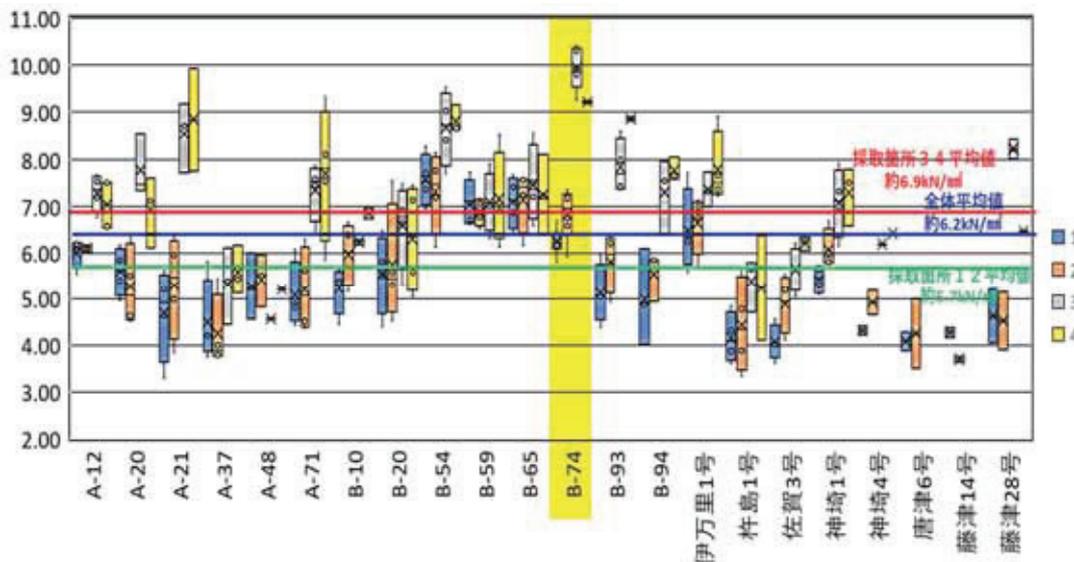
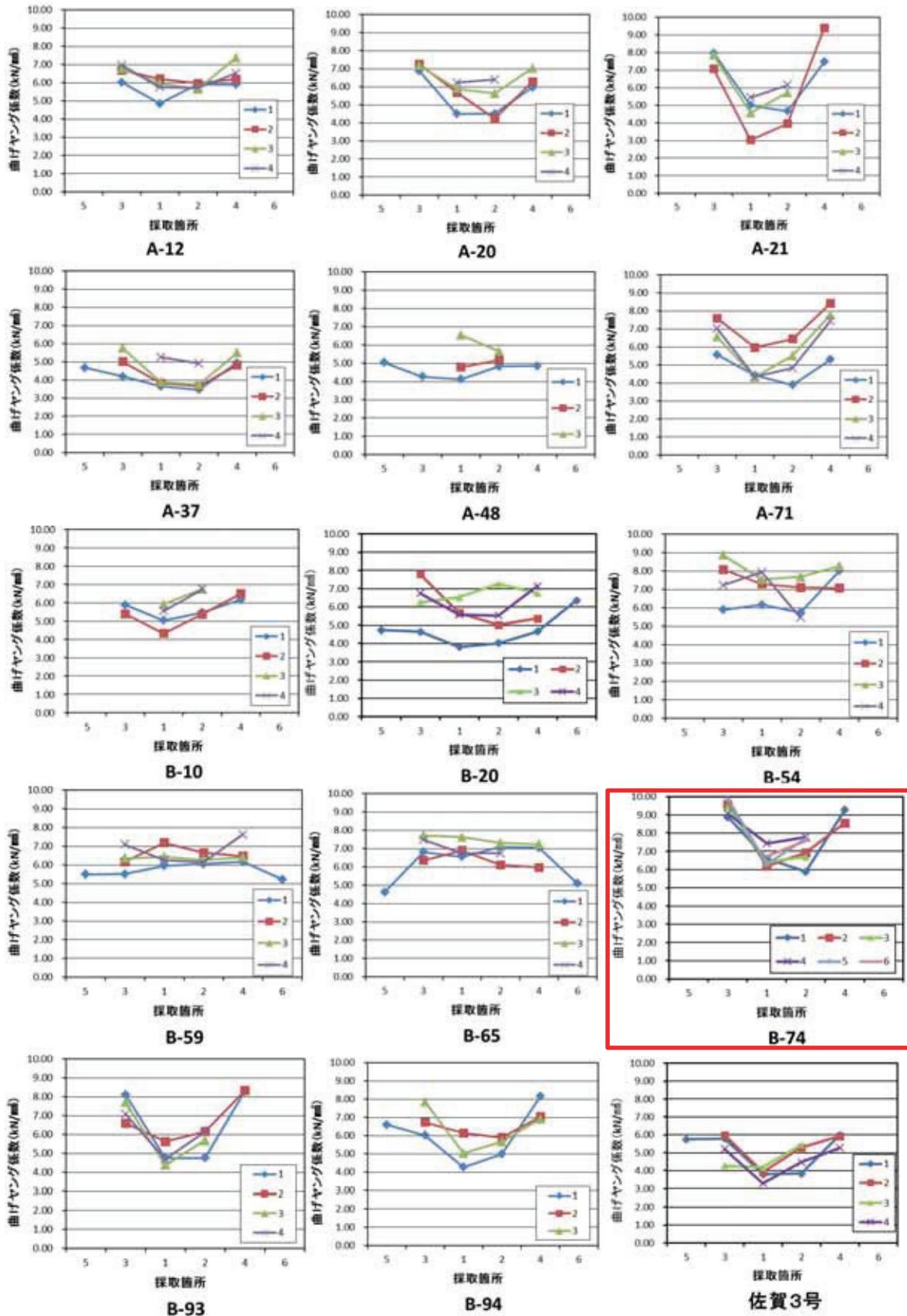


図-6 クローン品種の採取箇所別曲げヤング係数



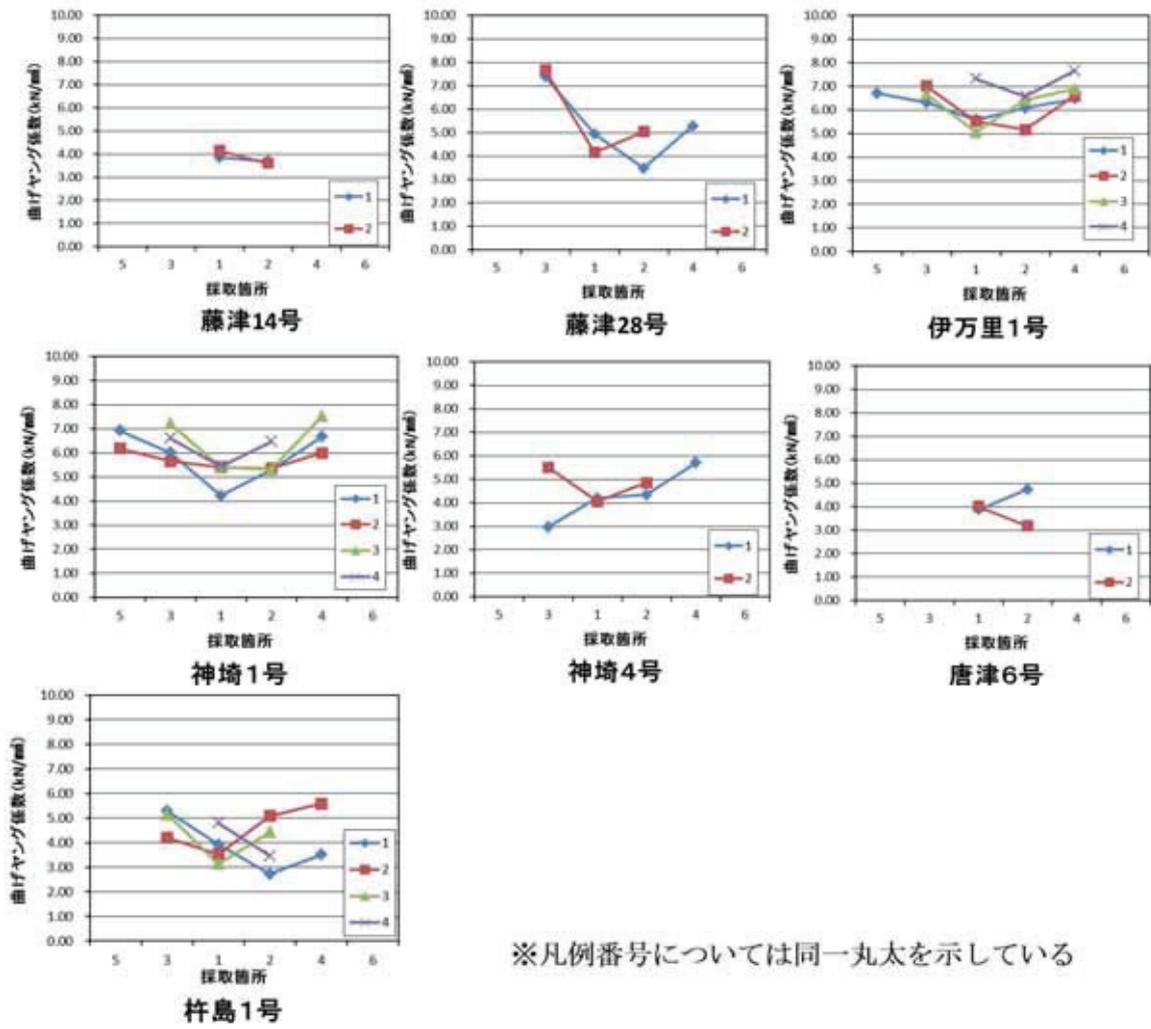
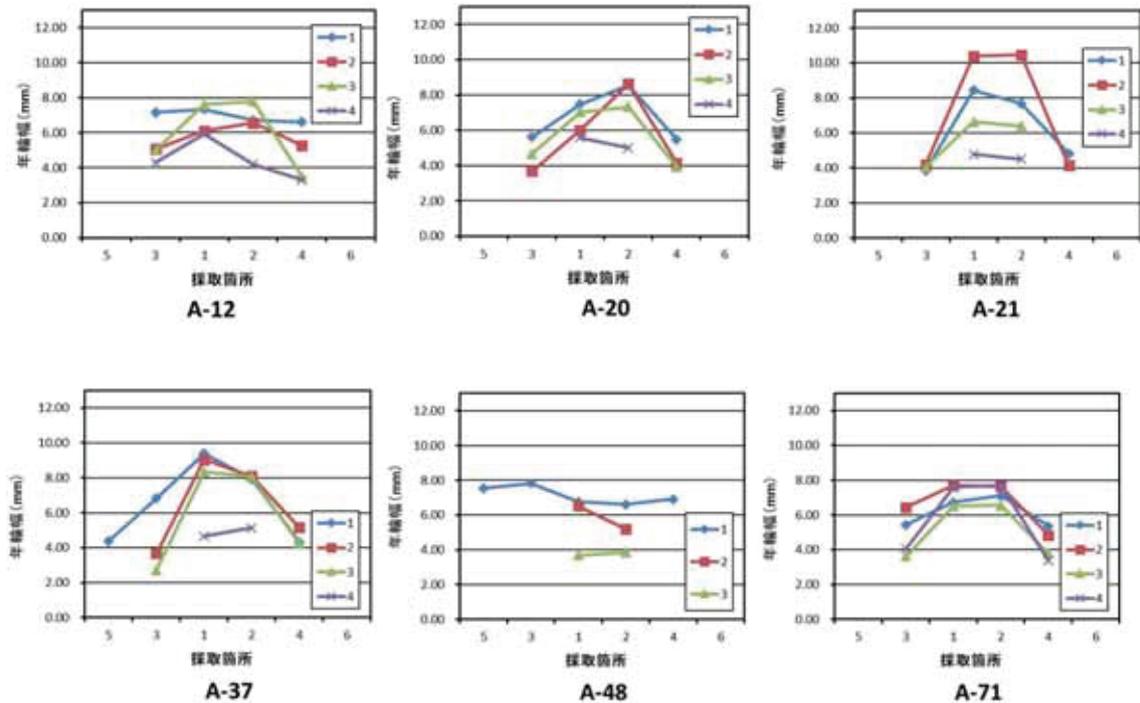
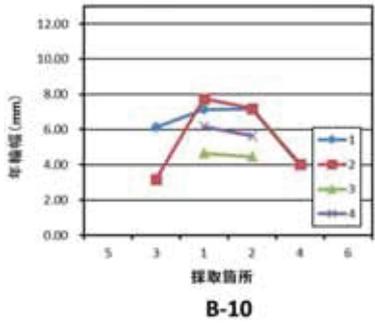
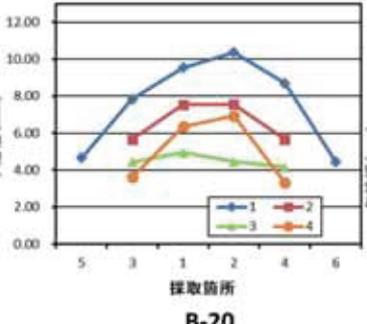


図-7 品種毎の丸太別採取箇所の曲げヤング係数

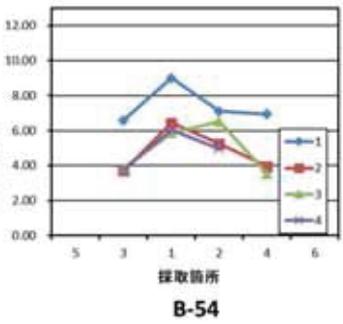




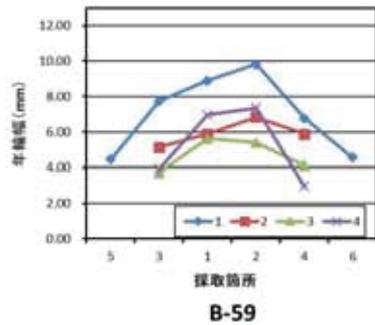
B-10



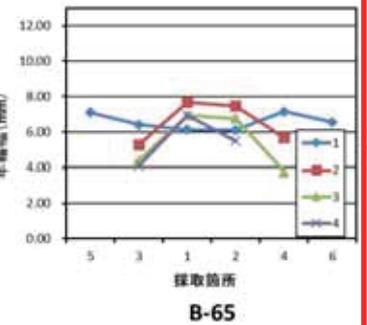
B-20



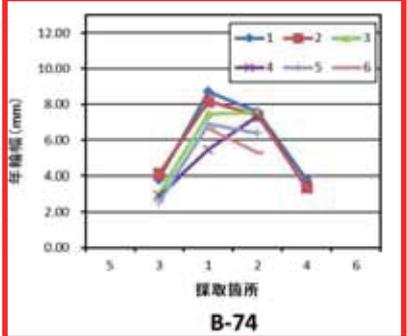
B-54



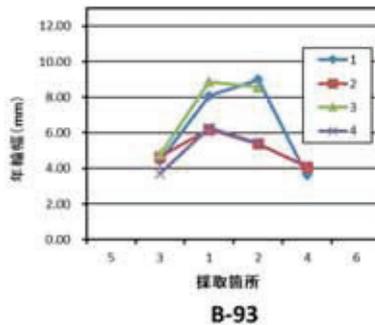
B-59



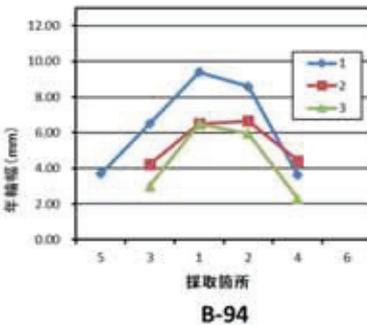
B-65



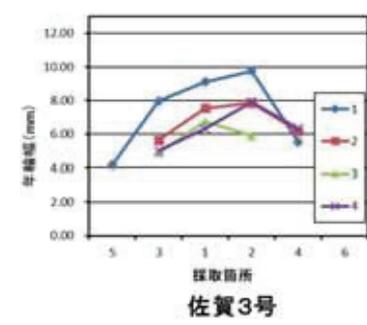
B-74



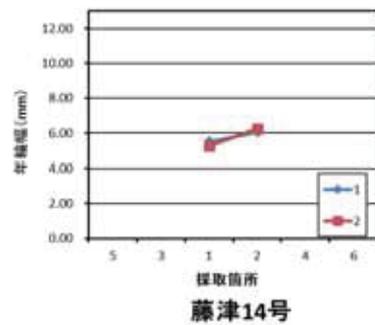
B-93



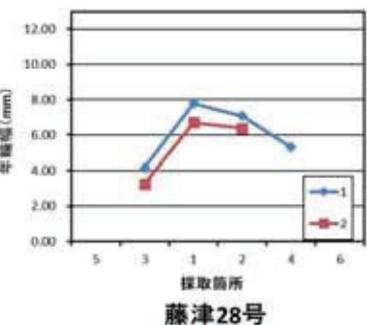
B-94



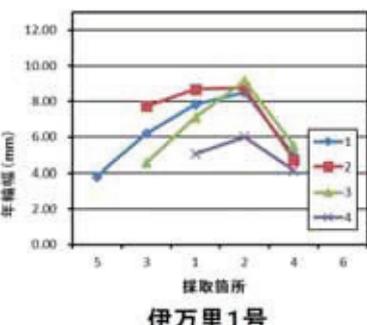
佐賀3号



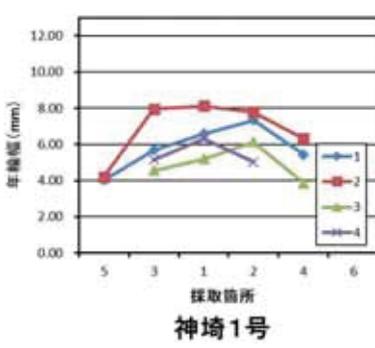
藤津14号



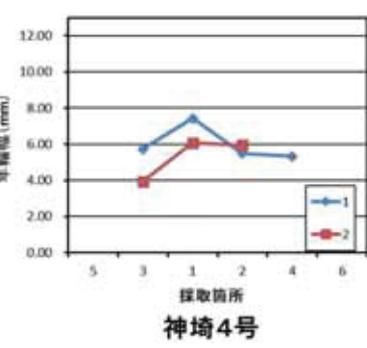
藤津28号



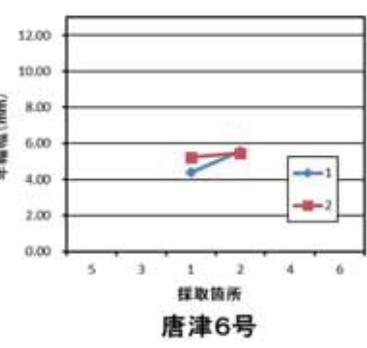
伊万里1号



神埼1号



神埼4号



唐津6号

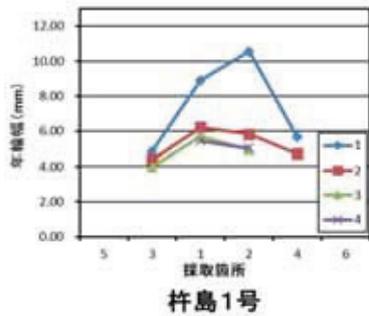


図-8 品種毎の丸太別採取箇所の曲げヤング係数

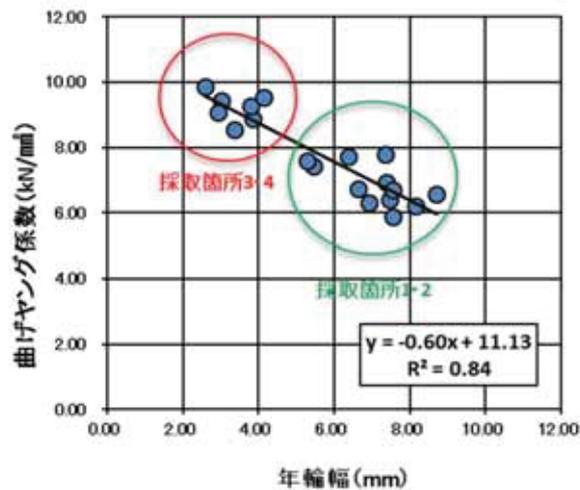


図-9 年輪幅と曲げヤング係数の相関図

#### 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、B-74 は高い強度特性値をもつことが示唆されたが、心材側と辺材側では強度特性値に差があり、それが年輪幅によるものか、未成熟材部によるものか調査を行う必要があると考える。今回の調査だけではサンプル数が少なく詳細な材質の評価は難しいため、今後、さらなるデータ蓄積を行っていききたい。

また、B-59 や B-65 のように、心材側においても辺材側と変わらない強度特性値を示すクローンもみられているため、その要因について明らかにする必要があると考える。

今回調査したクローン品種間では、年輪幅に差はなくとも、強度特性値に大きな差が生じていた。そのため、年輪幅だけではない別の要素（例えば、マイクロフィブリル等の組織）が強度特性値の決定に関与していると考えられる。

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、クローン品種の成長量や強度特性値の下限值を把握するために引き続き取り組んでいきたい。