

## 論文

スギ特定母樹指定系統さし木コンテナ苗の形状比と樹高成長の関係<sup>\*1</sup>

大塚次郎<sup>\*2</sup>・園田美和<sup>\*3</sup>・横尾謙一郎<sup>\*3</sup>・久保田正裕<sup>\*2</sup>・栗田 学<sup>\*4</sup>・  
松永孝治<sup>\*2</sup>・倉原雄二<sup>\*2</sup>・福田有樹<sup>\*2</sup>・岩泉正和<sup>\*2</sup>・松永 順<sup>\*2</sup>・倉本哲嗣<sup>\*4</sup>

大塚次郎・園田美和・横尾謙一郎・久保田正裕・栗田 学・松永孝治・倉原雄二・福田有樹・岩泉正和・松永 順・倉本哲嗣：スギ特定母樹指定系統さし木コンテナ苗の形状比と樹高成長の関係 九州森林研究 76：43－47，2023 九州地方の特定母樹を含む7系統のスギさし木コンテナ苗の植栽後の形状比の推移を比較した。また7系統について、2つの試験地での植栽苗木の形状比と植栽後の相対樹高成長量の関係を比較した。全系統がより良好な成長を示した試験地では第二世代精英樹の特定母樹系統のスギ九育2-137とスギ九育2-203は特に旺盛な樹高成長を示し、3成長期後の形状比は平均70程度、その他の系統は平均50程度に収斂した。2試験地における各系統の植栽苗木の形状比と各成長期間の相対樹高成長量の結果から、植栽時のコンテナ苗の形状比と樹高成長の負の相関関係は、良好な成長を示す植栽好適地では植栽当年で明確に生じるが2年目以降はほとんど無くなる場合があること、低調な成長を示す場所では植栽後2年目以降においても負の相関関係が生じる場合があることが示された。

キーワード：さし木コンテナ苗、形状比、初期成長、第一世代精英樹、第二世代精英樹

## I. はじめに

我が国の人工林は本格的な利用期を迎えており、主伐の増加が見込まれる中、再造林に必要な苗木の安定供給が一層重要となっている。令和2(2020)年度の山行き苗木の生産量は、約6,600万本となり、このうち約3割をコンテナ苗が占めるようになっている(林野庁, 2022)。近年の主にスギコンテナ苗を対象とした研究から、形状比(樹高/根元径)が高い個体は、成長初期には樹高成長が抑えられて直径成長が優先されること(八木橋ほか, 2016)、形状比が低いコンテナ苗は初期の樹高成長が大きいこと(袴田ほか, 2016)、さらに形状比は植栽後の成長にともない収斂(収束)していくこと(平田ほか, 2014; 壁谷ほか, 2016)などが明らかとなってきた。スギは系統の違いによって成長特性が異なり、形態的な違いが大きいことが知られている(矢幡ほか, 1987)。スギの系統に着目したコンテナ苗の形状と成長の研究については、実生家系コンテナ苗を対象とした試験が実施されており、コンテナ苗の苗高や根元径、形状比のサイズの違いは、家系の違いに係わらず林地植栽後に標準化に向かう結果が示されている(袴田ほか, 2020)。一方、九州で広く植栽されているさし木コンテナ苗について、系統別に形状比の推移やコンテナ苗の形状と植栽後の成長を比較した報告事例は見当たらない。

再造林に使用する苗木として、森林の間伐等の実施の促進に関する特別措置法(平成20年法律第32号)で規定された成長に係る特性の特に優れた特定母樹由来の苗木は従来の苗木と比べ成長に優れるため、下刈り期間の短縮が期待されるとともに、伐期の短縮による育林コスト回収期間の短縮や二酸化炭素吸収量の向上も期待されることから(林野庁, 2021)、その利用が推進さ

れている。九州地方のスギ特定母樹のうち第一世代精英樹で指定された20系統とエリートツリーと呼ばれる第二世代精英樹で指定された18系統の植栽後2, 3年経過したさし木クローン若齢木では、樹形などの形状に違いが見られ、同程度の樹高で比べた場合では第一世代で樹幹の太いものが多く、第二世代で形状比(樹高/胸高直径)が高い個体が多かった(大塚ほか, 2022)。

そこで本研究では、九州地方の特定母樹指定系統を含む7系統のスギさし木コンテナ苗について、植栽後3年間の成長調査を行い、系統間での形状比の推移の違いを評価した。また、2つの試験地の調査結果を用いて各系統の解析を行い、スギさし木コンテナ苗の形状比と植栽後の樹高成長との関係について考察した。

## II. 材料と方法

## 1. 試験地

調査は、熊本県水俣市に位置する熊本県有林正千山団地内の試験地1(北緯32°6′, 東経130°26′)と福岡県八女市に位置する水源林造成事業地内の試験地2(北緯33°8′, 東経130°38′)で行った。本研究で対象としたスギ系統は、第一世代精英樹の特定母樹指定系統の高岡署1号、県児湯2号、県始良20号、第二世代精英樹の特定母樹指定系統のスギ九育2-137(以下、九育2-137とする。), スギ九育2-203(以下、九育2-203とする。), 在来品種のヤマグチとシャカインの計7系統である。いずれの系統のコンテナ苗も植栽の前々年の秋～冬にさし付けされ、高岡署1号と県児湯2号はM-スターコンテナ苗(容量約200ml)、その他の系統は300ccのマルチキャビティコンテナ(JFA 300)でおおむね1年弱の期間で育苗された。

<sup>\*1</sup> Otsuka, J., Sonoda, M., Yokoo, K., Kubota, M., Kurita, M., Matunaga, K., Kurahara, Y., Fukuda, Y., Iwaizumi, M G, Matunaga, J. and Kuramoto, T. : Correlation between height growth and height : diameter ratio after planting containerized cuttings of specified mother tree origins on Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*).

<sup>\*2</sup> 森林総合研究所林木育種センター九州育種場 Kyushu Regional Breed. Office, Forest Tree Breed. Ctr., For. & Forest Prod. Res. Inst., Koshi, Kumamoto 861-1102, Japan

<sup>\*3</sup> 熊本県林業研究・研修センター Kumamoto Pref. For. Res. & instruction Ctr., Kumamoto 860-0862, Japan

<sup>\*4</sup> 森林総合研究所林木育種センター Forest Tree Breed. Ctr., For. & Forest Prod. Res. Inst., Hitachi, Ibaraki 319-1301, Japan

試験地1については、標高およそ585~610 m、傾斜約5~20°の凹型の北東向き斜面(中腹に作業道を含む)に2019年3月上旬に植栽密度2,000本/haで植栽した。植栽地はヒノキ人工林(一部スギ人工林を含む)皆伐跡地で概ねスギの地位Ⅱ等級に相当する。ヤマグチを除く6系統のさし木コンテナ苗を各系統原則5本をひとまとまりとして、斜面方向と平行な6列に1列当たり49~52本を植栽した。この際、列ごとに系統の並び順を変えて各系統を斜面上部から谷部にかけて満遍なく配置した。ヤマグチはこれらと平行な1列50本に斜面上部から下部にかけてシャカインと1本おきに植栽した。植栽後の保育作業については、2019年は7月と9月、2020年は6月と9月の年2回、2021年は9月の年1回の下刈りが行われた。試験地2については、標高およそ370~390 m、傾斜約5~25°の凹型の北向き斜面に2019年3月中旬に植栽密度2,500本/haで植栽した。植栽地は広葉樹およびモウソウチクが繁茂した二次林の伐採跡地で概ねスギの地位Ⅳ等級に相当する。対象とした7系統を含む複数系統のさし木コンテナ苗を各系統原則5本をひとまとまりとして、斜面方向と平行な17列に1列当たり28~32本を植栽した。列ごとに系統の並び順を変えて各系統を斜面上部から谷部にかけて満遍なく配置した。さらにこれらと平行な4列(1列当たり28本)に対象7系統を含む複数系統のさし木コンテナ苗を斜面上部から下部にかけてランダムに植栽した。植栽後の保育作業については、2019年が7月の年1回、2020年は6~7月にかけてと8月、2021年が5~6月にかけてと8月のそれぞれ年2回の下刈りが行われた。

2. 調査方法および解析方法

試験地1については、2019年4月上旬、2019年12月中旬、2020年12月中旬、2021年11月上旬に植栽木の樹高と根元径を計測するとともに枯損や誤伐、獣害等の被害の有無の調査を行った。試験地2については、植栽前の2019年2月中旬にコンテナ苗の苗高、根元径を計測し、2019年4月中旬および11月下旬、2020年11月上旬、2021年10月下旬に植栽木の樹高を計測するとともに枯損や誤伐、獣害等の被害の有無の調査を行った。なお、試験地2については植栽後の根元径の計測は実施していない。

解析に使用した試験地1と試験地2の植栽木について各系統の本数を表-1に示す。解析では調査期間中に枯損した植栽木や誤伐や獣害等の被害木を除外した。植栽時のコンテナ苗の形状比は、試験地1は植栽後の樹高/根元径測定値、試験地2は植栽前の苗高/根元径測定値を用いた。はじめに、試験地1について、根元径と樹高の3年間の相対成長量を比較した。3年間の相対成長量は次式により算出した。

$$3 \text{年間の相対根元径成長量} = \ln(3 \text{年目の根元径}) - \ln(\text{植栽時の根元径})$$

表-1. 解析に使用した試験地1と試験地2の各系統の本数

	本数						
	ヤマグチ	シャカイン	高岡署1号	県児湯2号	県始良20号	九育2-137	九育2-203
試験地1	25	75	54	44	55	43	42
試験地2	26	22	32	32	27	18	27

3年間の相対樹高成長量 =  $\ln(3 \text{年目の樹高}) - \ln(\text{植栽時の樹高})$   
 また、各成長期後の形状比(樹高/根元径)の系統比較をした。

系統間の比較はSteel-Dwassの多重比較検定を用いた。次に、各系統の試験地1と試験地2の3年間の樹高の比較を行った。試験地間の樹高の比較にはWelchのt検定を用いた。最後に、各系統の2試験地の植栽時の苗木の形状比と各成長期間別の相対樹高成長量の相関関係を調べた。各成長期間別の相対樹高成長量は、次式により算出した。

$$\text{期間別の相対樹高成長量} = \ln(N \text{年目の樹高}) - \ln(N-1 \text{年目の樹高})$$

相関関係の有意性については、ピアソンの相関係数とP値を用いた。全ての統計解析は、EZR(Kanda, 2013)を使用した。

Ⅲ. 結果

1. 3年間の相対成長量の系統比較

試験地1における3年間の相対根元径成長量を図-1a、相対樹高成長量を図-1bに示す。相対根元径成長量はヤマグチが最も大きく、九育2-203以外の5系統との間に有意差が見られた( $p < 0.001$ )。ヤマグチ以外では九育2-203とシャカインとの間に有意差が見られたが( $p < 0.001$ )、他の系統も含めて顕著な違いは見られなかった。3年間の相対樹高成長量は、九育2-137と九育2-203がヤマグチ以外の4系統よりも有意に大きく( $p < 0.001$ )、次いでヤマグチが大きくシャカインおよび高岡署1号との間に有意差が見られた( $p < 0.001$ )。

2. 形状比の推移の系統比較

試験地1における植栽時および1から3成長期後の形状比を図-2a, b, c, dにそれぞれ示す。植栽時のコンテナ苗木の形状比の平均が高い上位5系統は80を超えており、九育2-203の苗木の形状比が最もばらついていた。県始良20号は平均72、九育2-137は平均69で他の系統に比べて有意差が見られた( $p < 0.001$ )。1成長期後の形状比は全系統で平均80を下回り、ばらつきも小さくなった。九育2-203の平均が最も高く77で他の系統と比較して有意な差が見られ( $p < 0.001$ )、次いで九育2-137が平均67であった。2成長期後の形状比は、九育2-203

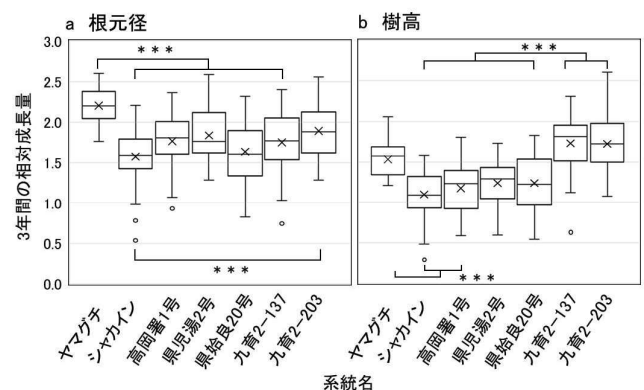


図-1. 試験地1における3年間の相対根元径成長量(a)と相対樹高成長量(b)  
 箱中の太線が中央値、×が平均値、箱の下端が第一四分位、箱の上端が第三四分位、ひげの両端が箱の長さの1.5倍内にある最大値および最小値、○は外れ値を表す。アスタリスクは系統間に有意差があることを示す(\*\*\* $p < 0.001$ )。

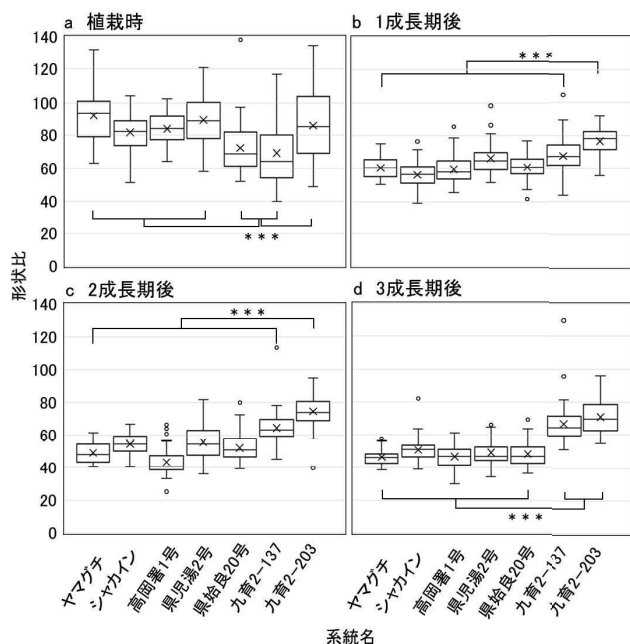


図-2. 試験地1における植栽時 (a), および1成長期後 (b), 2成長期後 (c), 3成長期後 (d) の形状比  
図の説明は図-1に準ずる。

が最も高い平均75で全系統と有意差が見られ ( $p < 0.001$ ), 次いで九育2-137が平均64であった。他の系統の形状比の平均は60を下回った。どの系統も形状比のばらつきが年次とともに小さくなり、一定の値に収斂する傾向が見られた。3成長期後の形状比は九育2-203が平均71, 九育2-137が前年より高い平均67, 次いでシャカインが平均51, 県児湯2号が49, 県始良20号が平均48, 高岡署1号とヤマグチが平均47であった。九育2-203と九育2-137の形状比は他の系統と比較して顕著に高く、有意差が見られた ( $p < 0.001$ )。

### 3. 2試験地における各系統の樹高成長

試験地1と試験地2の各系統の平均樹高を図-3に示す。植栽時の平均苗木±標準偏差はシャカインの試験地1の苗木が $56.4 \pm 4.3$  cm, 試験地2の苗木が $47.0 \pm 5.8$  cmで試験地間に有意差があったが ( $p < 0.001$ ), その他の系統は有意な違いはなかった。その後のいずれの時期においても全系統で試験地1の平均樹高が有意に高かった ( $p < 0.05$ )。

### 4. 2試験地における各系統の植栽苗木の形状比と各成長期間別の相対樹高成長量

試験地1と試験地2の各系統の植栽苗木の形状比と各成長期間別の相対樹高成長量の関係を図-4に示す。試験地1ではヤマグチ, シャカイン, 県児湯2号, 県始良20号, 九育2-137, 九育2-203の6系統で1成長期間の相対樹高成長量との間に有意な負の相関が確認された。その後の2, 3成長期間は全系統で有意な負の相関は確認されなかった。試験地2では県始良20号, 九育-137, 九育2-203の3系統で1成長期間との間に有意な負の相関があり, ヤマグチと九育-137の2系統で2成長期との間に有意な負の相関が確認された。3成長期間は全系統で有意な負の相関は確認されなかった。

## IV. 考察

### 1. 特定母樹系統スギさし木コンテナ苗の植栽後の形状比の推移

今回, 試験地1に植栽した7系統の中では, 植栽から3年間で第二世代精英樹の特定母樹指定系統の九育2-137と九育2-203が特に旺盛な, 次いでヤマグチが良い樹高成長を示した (図-1 b, 図-3)。一方, これらの2系統の根元径成長はヤマグチより小さく, 第一世代精英樹の特定母樹指定系統の高岡署1号, 県児湯2号, 県始良20号と同程度であった。九育2-137と九育2-203は植栽後に旺盛な樹高成長を示したことで結果的に3成長期後に他の系統と比べて高い形状比となっており, 平均70程度に収斂した (図-2 d)。一方, その他の系統は平均50程度に収斂した (図-2 d)。比較的良好な樹高成長を示したヤマグチは, 根元径成長も旺盛であったことから結果的に形状比が低くなっていた。特定母樹指定系統を含む複数系統のスギさし木コンテナ苗においても, 植栽後の成長にともない形状比が収斂 (収束) すること (平田ほか, 2014; 壁谷ほか, 2016) が確認された。成長特性や形状比などの形態的特性は, 遺伝的支配の度合いが高く, それと同時に立地環境や施業の影響も大きい (丹原, 1994)。矢幡ほか (1987) は複数のスギ精英樹の樹幹解析の結果, スギの樹幹形は幼齡時から環境要因と同様に遺伝的要因に強く影響を受けていることを明らかにしている。試験地1では全系統が試験地2と比較して植栽後に良好な成長を示しており (図-3), 植栽の好適地であったといえる。このことが九育2-137と九育2-203が植栽後に特に旺盛な樹高成長を示す結果に繋がり, 系統による形状比の推移の明確な違いに現れたと考えられる。

### 2. スギさし木コンテナ苗の形状比と植栽後の樹高成長との関係

全系統がより良好な初期樹高成長を示した試験地1では, 7系統中6系統でさし木コンテナ苗の形状比と1成長期間の相対樹高成長量との間に負の相関が確認された (図-4)。今回の試験地1ではスギ特定母樹系統を含むさし木コンテナ苗の形状比が高い個体は, 成長初期には樹高成長が抑えられること (八木橋ほか, 2016), 形状比が低いコンテナ苗は, 初期の樹高成長が大きいこと (袴田ほか, 2016) が植栽当年に明確に現れていた。試験地1では成長にともない2成長以降に負の関数は解消された (図-4)。他方, 植栽初期の樹高成長が低調であった試験地2では, さし木コンテナ苗の形状比と1成長期間の相対樹高成長量との間に7系統中3系統で負の相関が確認され, 2成長期間の相対樹高成長量との間に2系統で負の相関が確認された (図-4)。袴田ほか (2020) のスギ実生家系コンテナ苗の3箇所での植栽後の成長データの解析では, 植栽時の樹高や根元径はそれぞれ2~3成長期後の樹高や根元径に対して有意な関与はなかった結果が得られており, 育苗中に生じたコンテナ苗の苗木高や根元径, 形状比のサイズの違いは林地植栽後の樹齢の上昇に伴い標準化に向かうことが考えられるとしている。今回の複数の特定母樹指定系統を含むスギさし木コンテナ苗の2試験地の結果からは, 植栽時のコンテナ苗の形状比と樹高成長の負の相関関係は, 良好な成長を示す植栽好適地では植栽当年で明確に生じるが2年日以降はほとんど無くなる場合があること, 低調な成長を示す場所では植栽後2年日以降においても負の相関関係が生じる場合があることが示された。

コンテナ苗が利用される以前からスギの裸苗において、形状比が高いほど植栽後の伸びが悪いことが報告されている（加茂, 1979）。スギ苗の形状比が高くなる要因の一つに秋伸びによる徒長があり、秋伸びは育苗期間中や植栽後に気象害を受けやすいと考えられていることから（宮崎, 1968）、苗畑での育苗の際は秋伸び防止のためにトラクター等による根切り作業が広く行われている。試験地1で初期の旺盛な樹高成長が確認されたように第二世代精英樹の特定母樹指定系統は、特に下刈りの省力化に資することが期待される。これらの系統も含めて、今回の結果からスギさし木コンテナ苗の形状の違いによる樹高成長への影響が植栽当年のみでなく、植栽地の立地環境によって植栽後2年目以降においても影響が生じる場合があることが示唆された。このことは、下刈りの省力化の観点からは、できるだけ形状比が抑えられたコンテナ苗を活用することが有効であることを後押しする結果である。一方で、今回旺盛な樹高成長を示した第二世代精英樹の特定母樹の2系統の植栽3年後の形状比は平均70程度の高い値に収斂した。このことから、第二世代精英樹の特定母樹の中で初期の樹高成長に特に優れた特性を有する系統では、植栽するコンテナ苗の形状比が多少高い場合であっても、他の系統に比べて初期の樹高成長に対する影響が小さい可能性があることが考えられる。しかし、これを明らかとするには今後さらなるデータの収集やより詳細な分析が必要である。

### V. 謝 辞

本研究で用いた試験地1の設定、下刈り等の保育・管理は熊本

県林業研究・研修センターの堀功一技師、渡邊浩二技師に大いに御尽力をいただいた。試験地2の下刈り、保育・管理は森林整備センター九州整備局に実施いただいた。試験地1と2の設定、調査には九州森林管理局熊本森林管理署の後藤誠也氏（元九州育種場育種課）に大いに御協力いただいた。ここに関係者の方々に深謝する。

本研究は、農林水産省委託プロジェクト「成長に優れた苗木を活用した施業モデルの開発」の支援を受けて行われた。

### 引用文献

袴田哲司ほか（2016）中部森林研究 64：5-8  
 袴田哲司ほか（2020）森林遺伝育種 9：51-60  
 平田令子ほか（2014）日林誌 96：1-5  
 壁谷大介ほか（2016）日林誌 98：214-222  
 加茂久雄（1979）鳥根県林試研報 29：51-67  
 Kanda Y（2013）Bone Marrow Transplant. 48：452-458  
 宮崎紳（1968）苗木の選び方と扱い方, 141 pp, 全国山林種苗協同組合連合会, 東京。  
 大塚次郎ほか（2022）九州森林研究 75：45-52  
 林野庁（2021）森林・林業白書令和2年度版, p 35  
 林野庁（2022）森林・林業白書令和3年度版, p 63  
 丹原哲夫（1994）岡山林試研報（11）：20-30  
 八木橋勉ほか（2016）日林誌 98：139-145  
 矢幡久ほか（1987）九大演報 57：127-147

（2022年11月12日受付；2023年1月15日受理）

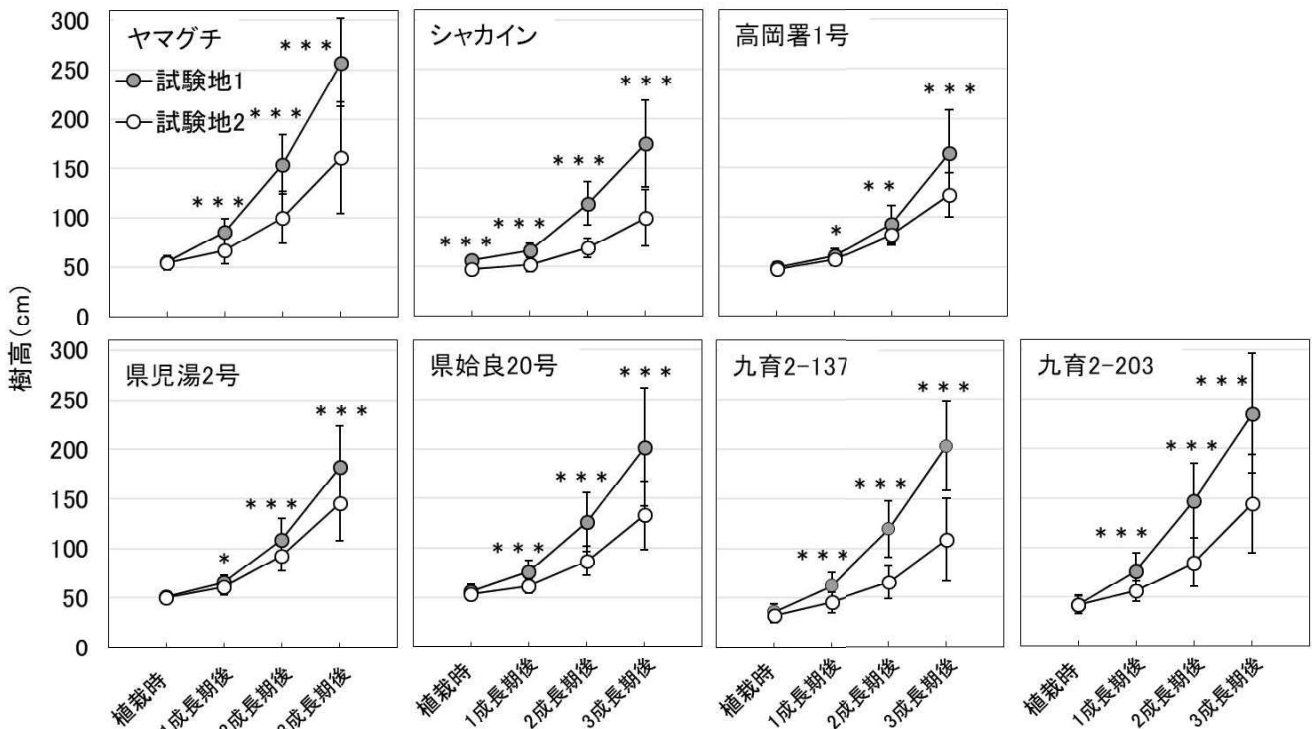


図-3. 試験地1と試験地2の各系統の平均苗木高および平均樹高の推移  
 誤差バーは標準偏差。図中のアスタリスクは試験地間で有意差があることを示す（\* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$ ）。

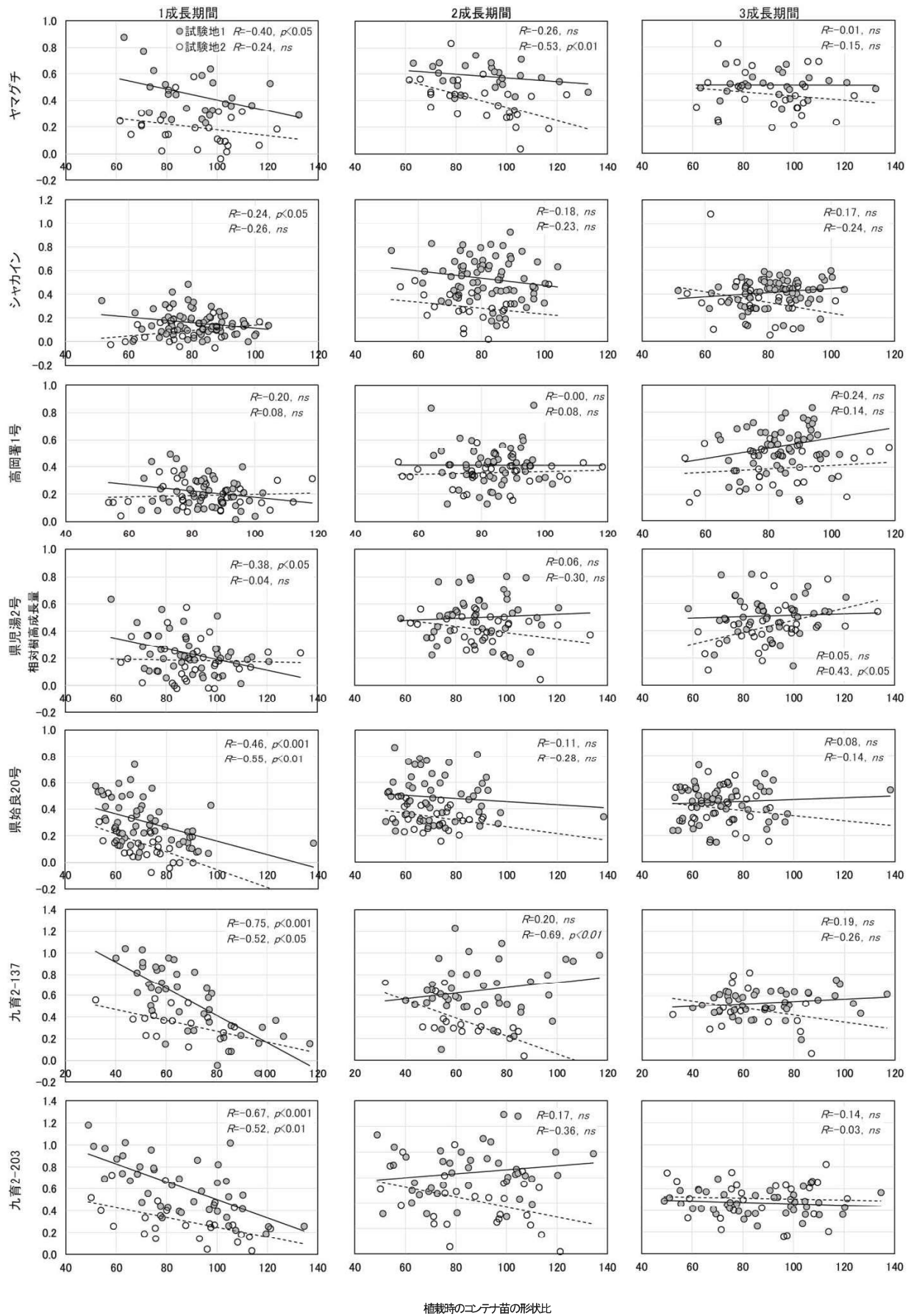


図-4. 試験地1と試験地2の各系統の植栽苗木の形状比と各成長期間別の相対樹高成長量の関係  
 Rは上段が試験地1, 下段が試験地2でのピアソンの相関係数を示す。実線は試験地1, 点線は試験地2の回帰直線を示した。