

論文

スギ精英樹 F₁ クローンのさし木発根性及び初期成長*₁

永吉健作*₂・宮里 学*₃

要旨：スギの人工交配苗を植栽した林分から成長や材質の面で高評価が期待される個体を選び出し、それらのクローン（スギ精英樹 F₁ クローン）のさし木発根性及び初期成長について調査した。スギ精英樹 F₁ クローンの中には、本県選抜の第一世代精英樹である県始良3号と同等の成長を示しているものが確認され、次世代のスギ優良品種として選抜の可能性が示唆された。

キーワード：スギ，人工交配，精英樹 F₁ クローン，発根率，初期成長

はじめに

鹿児島県では、昭和48年、主要な造林樹種であるスギ *Cryptomeria japonica* について、本県の気候風土に適應し、成長及び材質の面で優れる改良品種の創成を目的とした人工交配試験を開始した（的場 1974）。

交配親には精英樹や在来品種などが用いられ、5年間で創出された約1万4千本の交配苗（交配品種）による人工交配苗山地植栽試験地（表1）が県内6か所に設定されている（辻 1979, 1980, 寺師ら 1981, 山内・南橋 1982）。

平成23年12月、山地植栽試験地の1つである市成県有林試験地（鹿児島県鹿屋市輝北町市成地内）において、九州地区林業試験研究機関連絡協議会育種部会次世代育種戦略分科会の協力のもと、スギ優良品種の選抜に向けた調査が行われた。調査対象は、試験地の現存木2,054個体のうち、事前の毎木調査によって絞り込まれた73個体である。それらの個体を対象に、応力波伝播速度やピロディン値を測定し、成長、形質及び材質について高評価が期待される10個体を優良品種候補木として選定した（表2）。

今回、優良品種候補木のクローン（スギ精英樹 F₁ クローン）を対象に、さし木発根性及び初期成長を調査したので、その結果について報告する。

表1 人工交配苗山地植栽試験地

植栽年度	家系数 (家系)	面積 (ha)	植栽本数 (本)	試験地の場所
昭和53年度	66	0.73	2,128	福山県有林 第1試験地
昭和54年度	39	0.40	1,047	福山県有林 第2試験地
"	39	0.40	1,494	福山県有林 第3試験地
"	70	0.65	2,115	久末試験地
昭和55年度	62	1.50	5,636	市成県有林
昭和56年度	45	0.60	1,583	久末試験地

表2 優良品種候補木の一覧

候補木	母樹♀	花粉親♂	樹高 (m)	胸高直径 (cm)	根元曲がり	幹曲がり	応力波伝播速度 (km)
市成①	県始良4号 (オビアカ)	県伊佐2号 (不明)	24.0	39.4	4	4	2.50
市成②	県肝属1号 (キジン)	県日置1号 (メアサ)	26.2	43.6	5	5	2.33
市成③	県曾於1号 (不明)	県始良19号 (ハアラ)	21.2	37.6	5	5	2.71
市成④	県始良20号 (オビスギ系)	県日置1号 (メアサ)	24.3	40.0	5	4	2.61
市成⑤	県伊佐2号 (不明)	県始良19号 (ハアラ)	24.2	42.8	4	4	2.88
市成⑥	県始良4号 (オビアカ)	県肝属7号 (メアサ)	22.4	37.3	5	4	2.67
市成⑦	県日置1号 (メアサ)	県肝属7号 (メアサ)	24.4	41.5	4	4	2.82
市成⑧	県始良19号 (ハアラ)	県肝属1号 (キジン)	24.0	40.3	5	4	2.34
市成⑨	県肝属1号 (キジン)	県始良19号 (ハアラ)	25.4	44.4	5	5	2.23
市成⑩	県肝属7号 (メアサ)	県始良19号 (ハアラ)	24.2	42.3	5	4	2.13

注) 根元曲がり及び幹曲がりは、次代検定林調査要領に定める基準により5段階で評価

*₁ Nagayoshi,K.・Miyazato,M. : Rooting ability and primary growth of sugi (*Cryptomeria japonica* D.Don) plus tree F₁ clones.

*₂ 鹿児島県森林技術総合センター森林環境部

*₂ Kagoshima Pref. Forestry Technology Center. Forestry and Environment div.,Aira 899-5302 Japan.

*₃ 鹿児島県森づくり推進課

材料と方法

①スギ精英樹 F₁ クローンのさし木発根試験

2015年3月中旬、優良品種候補木から荒穂を採取し、同年3月23日に各クローンのさし穂を24本ずつ鹿沼土（細粒）にさし付けた。また、対照品種として、本県の第一世代精英樹であるスギ県始良3号も同様にさし付けた。

さし穂は長さ約20cmに切り揃え、楕円切り返しによる処理を行い、切り口部を発根促進剤（商品名：オキシベロン粉剤0.5、バイエルクロップサイエンス（株））で処理した。さし床は、当センターのミストハウス内に置かれ、自動灌水装置下で管理された。散水スケジュールについては表3のとおりである。

2015年11月5日、さし穂を丁寧に抜き取り、発根状況を調査した。

表3 散水スケジュール

散水期間	頻度	開始時刻（散水時間）
自 2015年3月23日 至 2015年6月8日	毎日	1回目：10時00分（20分間） 2回目：15時00分（20分間）
自 2015年6月9日 至 2015年11月5日	毎日	1回目：6時30分（3分間） 2回目：9時30分（1分間） 3回目：12時30分（1分間） 4回目：15時30分（1分間） 5回目：18時30分（3分間）

②スギ精英樹 F₁ クローンの成長量調査

2015年11月6日、さし木発根試験に供した個体を苗畑に床替えし、2016年4月から12月まで毎月、苗高及び根元径を計測した。供試本数については、1クローン当たり20～24本である（表4）。

苗高については地上部の長さをスチール製のメジャーで、根元径については地際部の幹の直径をデジタルノギスで計測した。また、2016年12月に苗木の曲がりについて目視による評価を行った。なお、苗木の段階では、幹曲がりと根元曲がりの区分が判然としなかったため、今回の調査では「苗木曲がり」として、目視による5段階で評価を行った（表5）。

各クローン群と対照群との比較に当たっては、苗高と根元径の調査データについて正規性を検定し、苗高についてはDunnnett法、根元径についてはSteel法を用いて多重比較検定を行った。

なお、本調査では、育苗期間中、苗木に対する根切り処理は行わなかった。

表5 苗木曲がりの評価基準

評価値	評価の内容
5	芯がまっすぐ立っている
4	わずかに曲がりがある
3	中程度の曲がりがある
2	S字状に湾曲している
1	S字状に大きく湾曲している 幹が分岐している

結果と考察

①スギ精英樹 F₁ クローンのさし木発根性

スギ精英樹 F₁ クローンの発根率を図1に示す。市成②の発根率が95.8%と最も高く、比較対照である県始良3号の発根率（91.7%）を上回った。また、優良品種候補木10クローンのうち6クローンが発根率80%を超える結果となった。国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所林木育種センター九州育種場（2009）では、「スギ精英樹特性表（30年次）」の作成に当たり、スギ精英樹クローンのさし木発根性についての評価基準を設けており、発根率71%以上を3段階評価の上位としている。この評価基準を参考にすれば、前述の6クローンのさし木発根性は上位に位置づけられ、さし木増殖における適性を十分に有していると判断してよいと思われる。

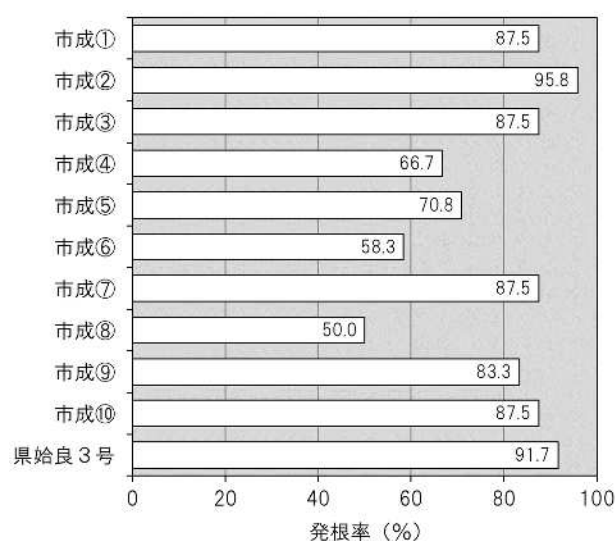


図1 スギ精英樹 F₁ クローンのさし木発根率

次に、各クローンについて、発根の確認された個体（発根個体）、発根を確認できなかった個体（未発根個体）、枯死を確認した個体（枯死個体）の割合を図2に示す。なお、ここでいう未発根個体とは、目視によって、カルス形成は認められたものの、発根は確認できなかった個体のことである。

最も枯死個体数の多かったクローンは市成⑧で、枯死率は12.5%であった。さし穂の枯死は、4月中旬から8月上旬にかけて各クローンで散見されたが、枯死した全ての個体で発根は認められなかった。また、それらの個体については、病虫害の発生した形跡も見られず、枯死の原因としては、春から夏にかけての高温環境下で十分な吸水が行われなかったことによるものと考えられた。

一方、枯死には至らないものの、カルス状態のまま発根せずに生存し続ける個体も確認された。それらの個体は、さし穂の基部に形成されたカルスで水分を吸収していたと考えられるが、発根した個体に比べて新芽の展開がかなり遅れる傾向にあった。このことは、発根がさし穂の伸長成長に関与していることを示唆しており、カルス形成後に発根に至らないクローンについては、発根のよいクローンに比べて、さし付け後の新芽の展開が遅れ、その後の伸長成長においても不利になるのではないかと推察された。

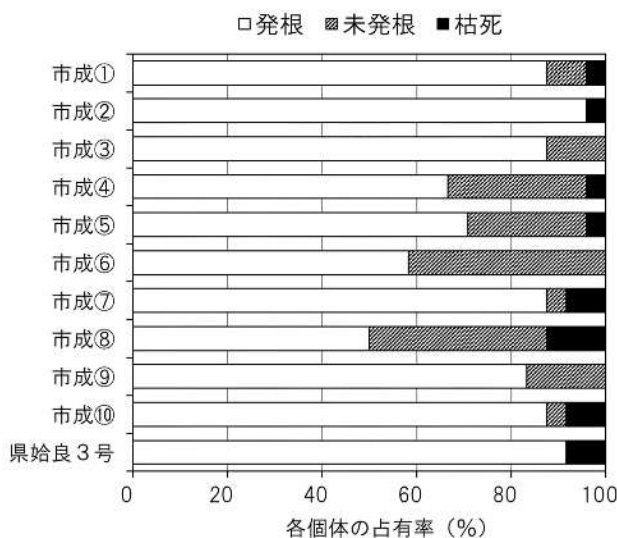


図2 発根・未発根・枯死の割合

続いて、発根した個体を対象に発根指数（袴田ら 2012）を調査した結果を図3に示す。

クローンによって根系の状態にも差がみられ、最も根系の発達していたクローンは市成①であった。また、発根率が80%を超えていた6クローン（市成①、②、③、⑦、

⑨、⑩）については、いずれも発根指数が3又は4に該当する個体の割合が50%以上を占めた。

一方、発根率の低かったクローン（市成④、⑤、⑥、⑧）については、発根指数3以上に該当する個体の割合も低い結果となり、発根率の高いクローンは、発根率の低いクローンよりも、発根後の根系発達を優位に進めていると推察された。

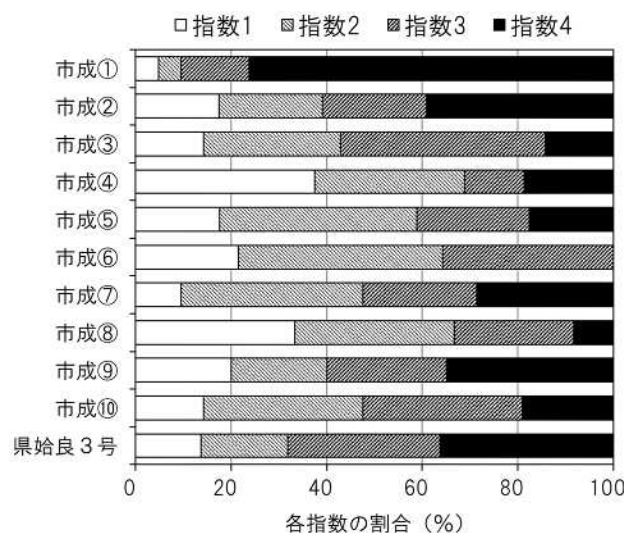


図3 クローン別の発根指数

※発根指数（袴田ら 2012）

- 1:一次根 1~2本, 二次根少
- 2:一次根 3~4本, 二次根少
- 3:一次根 5~6本, 二次根多
- 4:一次根 7本以上, 二次根多

②スギ精英樹 F₁クローンの初期成長

2016年4月から12月までのクローン毎の苗高（平均値）の推移を図4に示す。各クローンは時間の経過とともに順調な生育を示したが、成長量にはクローンによって差が生じ、12月時点では、市成⑦、県始良3号、市成④、市成①、市成⑩、市成②、市成⑨、市成⑤、市成⑧、市成⑥、市成③の順となった。苗高の平均値が最も大きかった市成⑦と最も小さかった市成③との差は29.9cmであった。

次に、2016年4月から12月までのクローン毎の根元径（平均値）の推移を図5に示す。根元径については、各クローンとも、4月から5月にかけて著しい成長を示したが、5月から7月にかけて一時的に成長量が落ち込み、その後、再び成長するという現象を示した。小川（1988）は、苗畑でのヒノキ1年生苗を対象に、苗高の10分の1の高さにおける平均幹直径を毎月調査し、5月下旬から7月下旬にかけての成長率の減少を報告している。樹種や環境条件は異なるものの、同様の現象が一致したことは大変

興味深い。なお、この現象の原因として、小川（1988）は、ネキリムシによる根系の成長阻害を挙げているが、当センターの苗畑ではネキリムシによる被害等は発生しておらず、おそらく、梅雨期と梅雨明け後の土壌水分量に起

因する樹体内の水分変化が影響しているのではないかと考えられた。

次に、各クローンの月毎の伸長成長量を図6に示す。

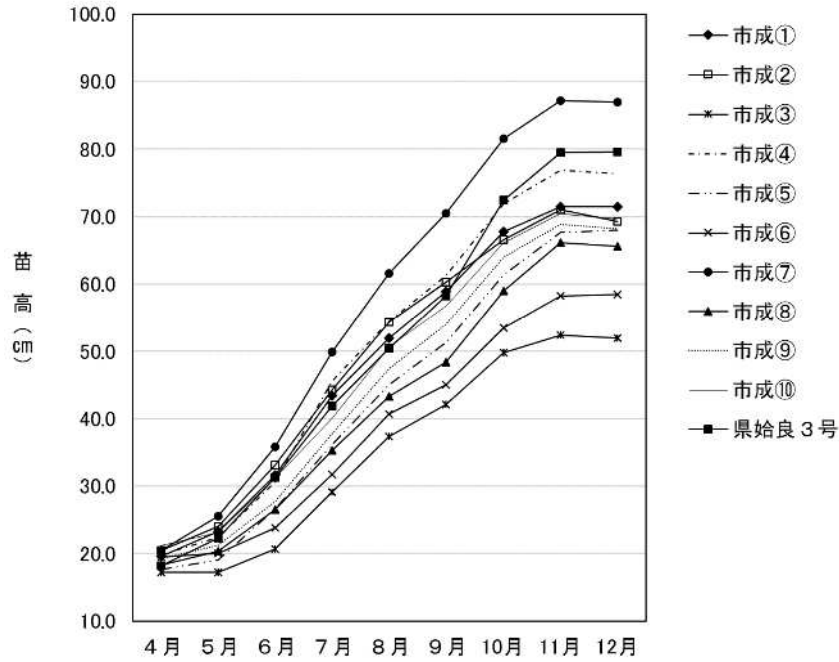


図4 各クローンの苗高の推移

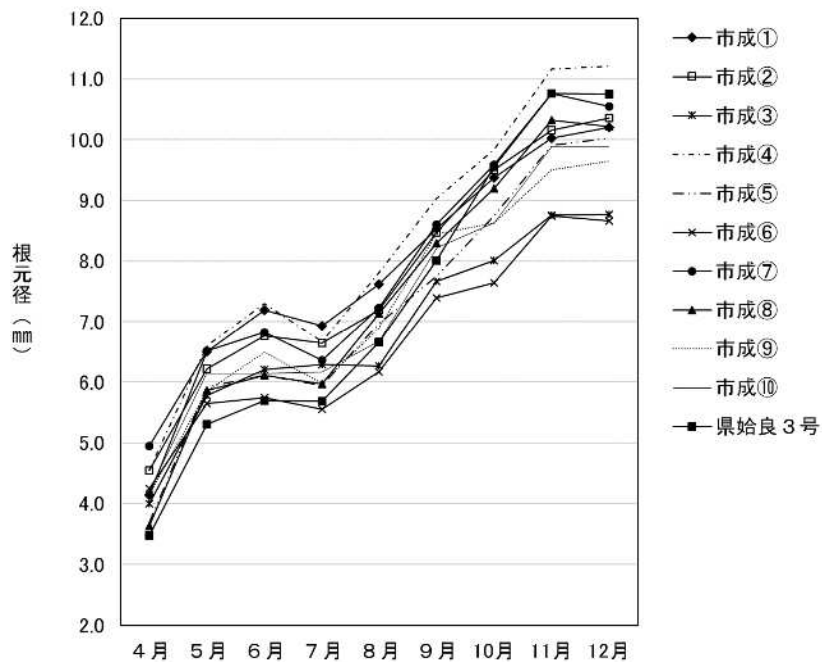


図5 各クローンの根元径の推移

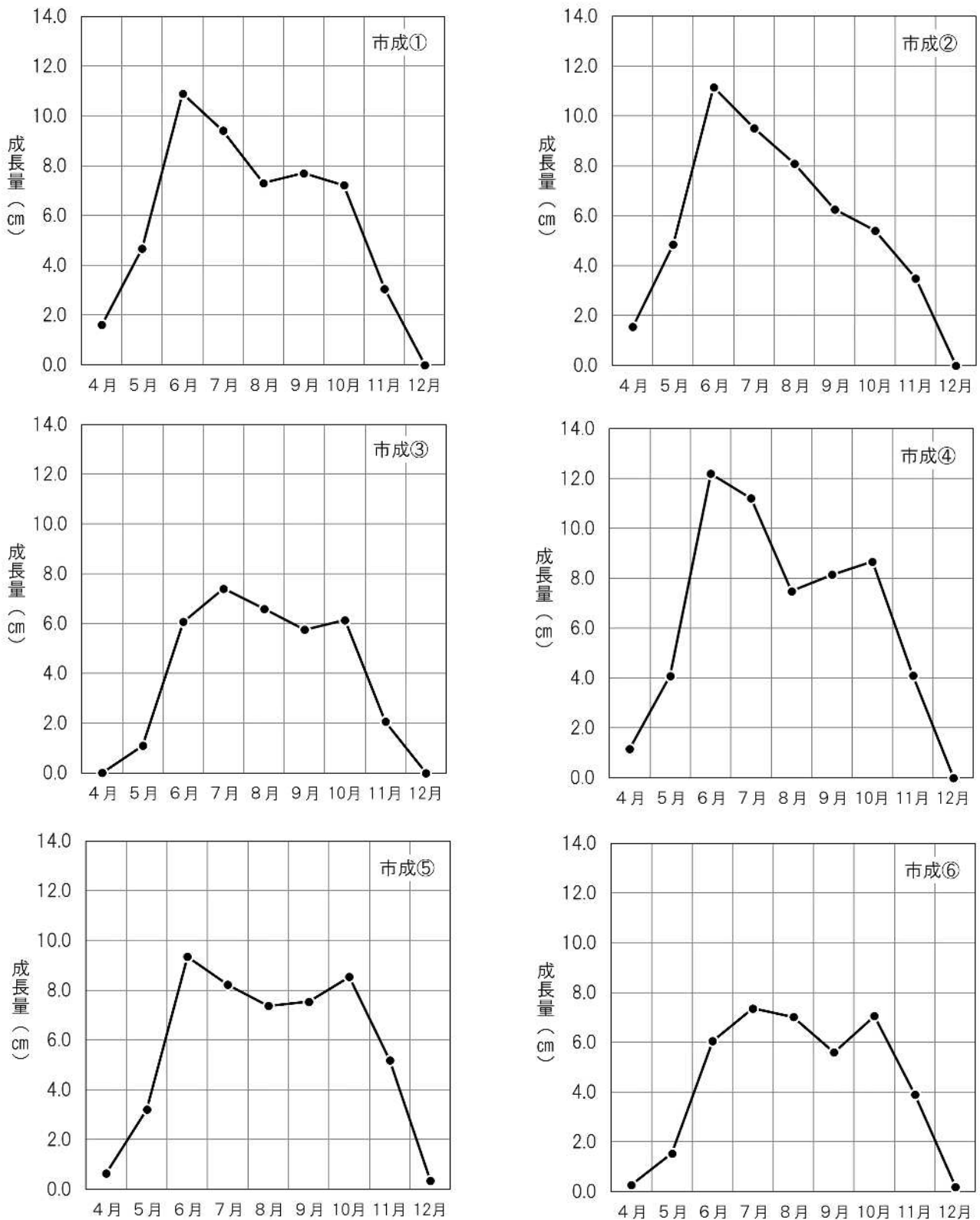


図 6-1 クロウン毎の月別成長量 (苗高)

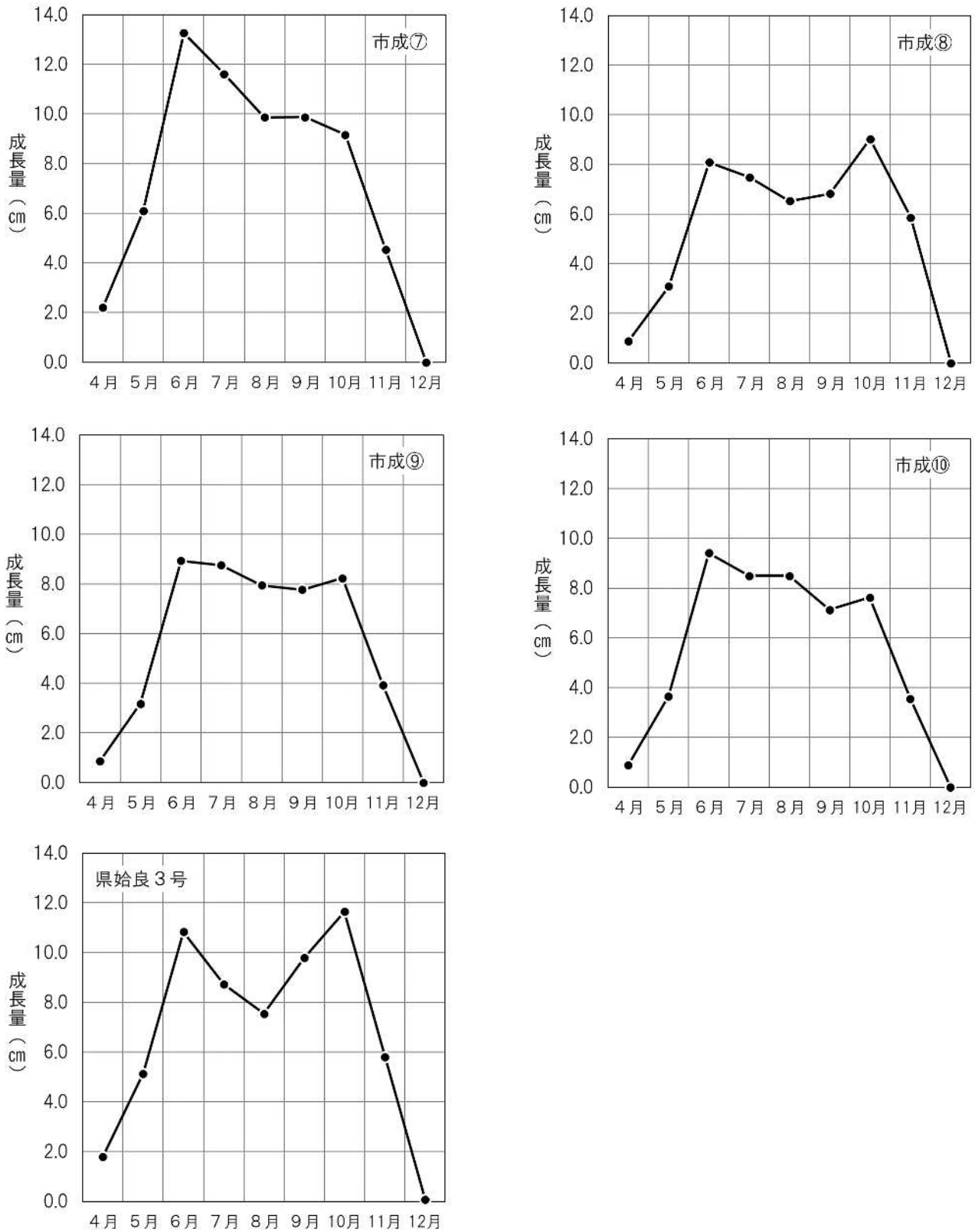


図 6-2 クローン毎の月別成長量 (苗高)

苗木の地上部における伸長成長の過程は、樹種によって二つの型に分けられ、その一つは伸長の極大点が6~7月と8~9月の2回にみられる型で、スギ、ヒノキ、カラマツ等がこれに属することが知られている(宮崎1964)。

各クローンの伸長成長の過程では、多くのクローンで成長量のピークが1成長期に2回みられ、そのピークは6~7月と9~10月の範囲にあった。また、クローンの中には、市成②のように、成長量のピークが1成長期に1回しかないものもあった。成長の優れた品種がどのような伸長成長の過程を示すのかについては明らかでないが、伸長成長の過程がクローンによって異なるのであれば、それらのデータを収集・分析することによって、品種選抜に有効な知見が得られるのではないかと考えられた。

2016年12月に得苗数、苗高及び根元径を調査した結果を表4に示す。なお、地上部の伸長成長がみられなかった個体については、掘り起こして地下部を観察し、発根の認められなかったものは得苗数に含めなかった。

得苗率の範囲は55.0~95.7%で、発根率の特に低かったクローン(市成⑥、⑧)の得苗率が低くなった。この理由として、発根率の低かったクローンでは、4月から9月までの間で枯死数が増加したことが挙げられる(図7)。

表4 クローン毎の得苗率、苗高及び根元径

クローン名	供試本数 (本)	得苗数 (本)	得苗率 (%)	苗高		根元径	
				平均(標準偏差)	平均(標準偏差)	平均(標準偏差)	平均(標準偏差)
市成①	23	21	91.3	71.5 (±12.0)	10.2 (±1.8)		
市成②	23	22	95.7	69.4 (±14.4)	10.4 (±1.8)		
市成③	24	21	87.5	52.0 (±8.6)	8.8 (±1.4)		
市成④	22	16	72.7	76.4 (±10.7)	11.2 (±1.8)		
市成⑤	21	16	76.2	68.1 (±17.1)	10.0 (±1.8)		
市成⑥	23	16	69.6	58.5 (±14.3)	8.7 (±1.5)		
市成⑦	22	20	90.9	86.9 (±11.0)	10.6 (±1.8)		
市成⑧	20	11	55.0	65.7 (±16.7)	10.2 (±2.3)		
市成⑨	24	20	83.3	68.2 (±16.5)	9.6 (±1.8)		
市成⑩	22	21	95.5	69.7 (±15.7)	9.9 (±2.0)		
県始良3号	22	21	95.5	79.6 (±11.1)	10.8 (±2.0)		

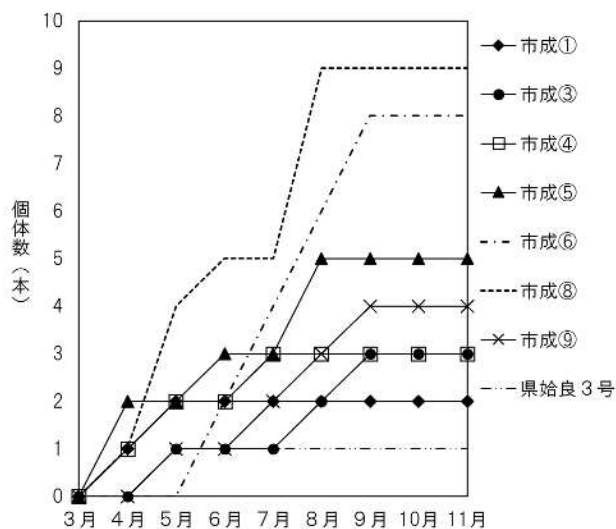


図7 苗畑における枯死数の推移

枯死した個体の地下部を調べたところ、ほとんどがカルス状態又は著しく発根量の少ない状態であり、病虫害の発生等は確認されていない。前年11月に床替えしてから3月までは枯死が全く確認されなかったことから、枯死の主な原因としては、春から初秋にかけての高温環境下で十分な水分補給ができなかったからではないかと考えられた。

クローン毎の苗高と根元径の関係を図8に示す。本県における現行の造林用スギ普通苗の形状規格は、根元径7mm以上、苗高40cm以上とされており、これを各クローンに当てはめると、クローン苗の大部分が規格を満たす結果となった。ただし、前述したとおり、育苗期間中には根切りを一切行っていないため、本試験のクローン苗は、苗木生産者の苗木に比べて比較苗高(H/D率、H:苗高、D:根元径)はやや高い値を示していると思われる。

なお、スギ精英樹F1クローンと対照群との比較を試みたところ、根元径については全クローンが、苗高については、市成①、市成②、市成④、市成⑤、市成⑦、市成⑩の6クローンが、本県の第一世代精英樹である県始良3号と同等の成長を示した(図9、図10)。

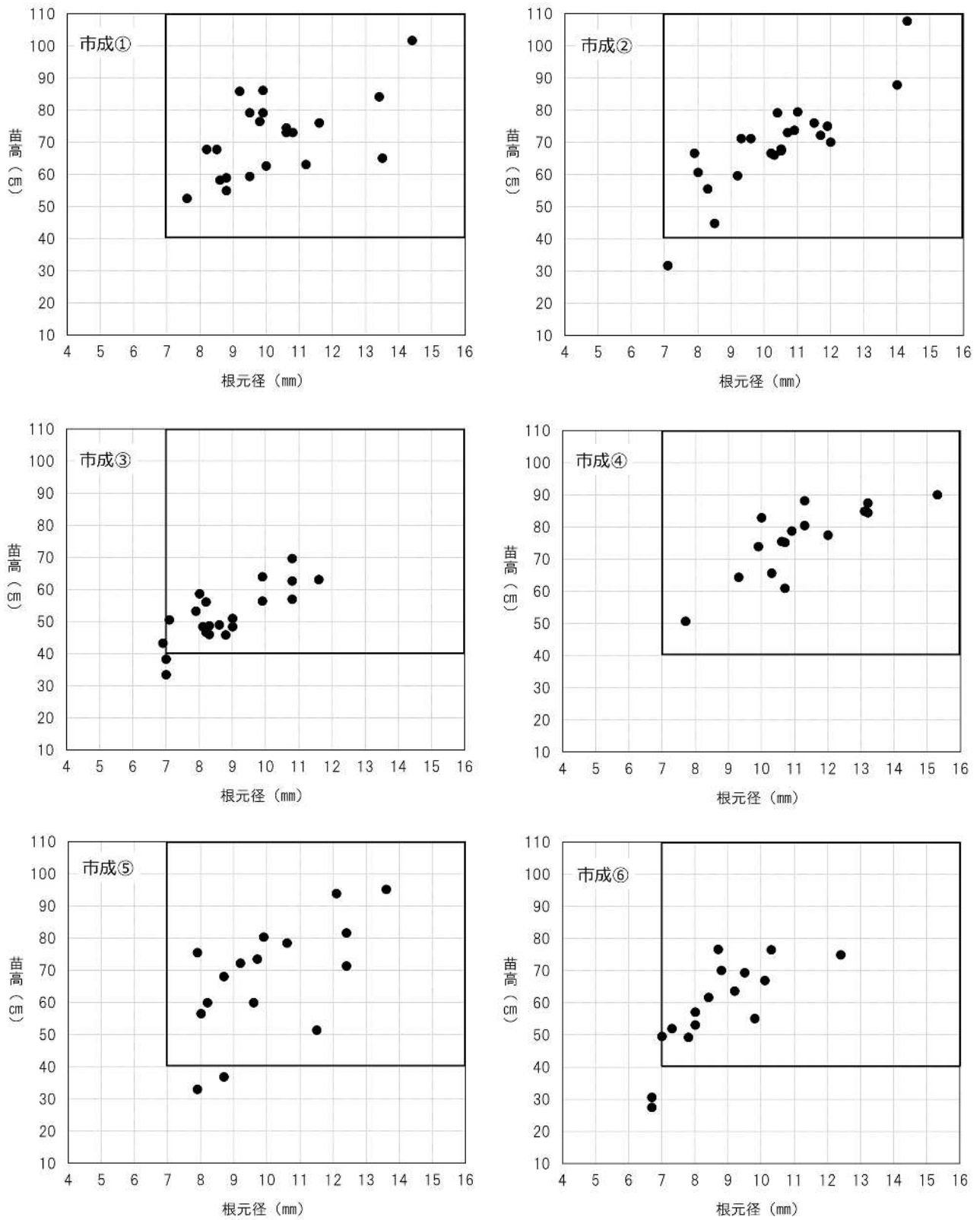


図 8-1 クローン毎の苗高と根元径
 図の太枠は、本県造林用スギ普通苗の形状規格範囲を示す。

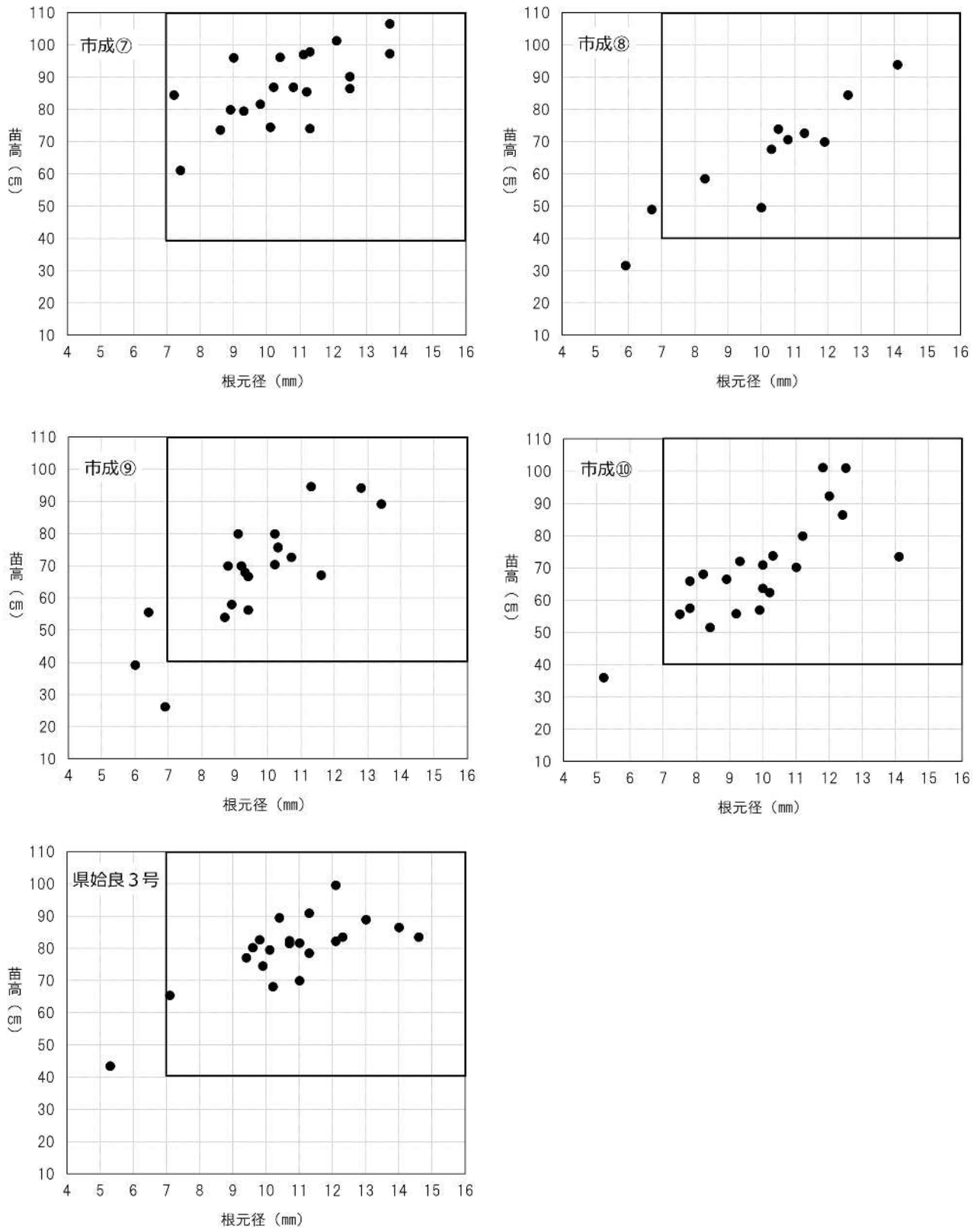


図 8-2 クローン毎の苗高と根元径
 図の太枠は、本県造林用スギ普通苗の形状規格範囲を示す。

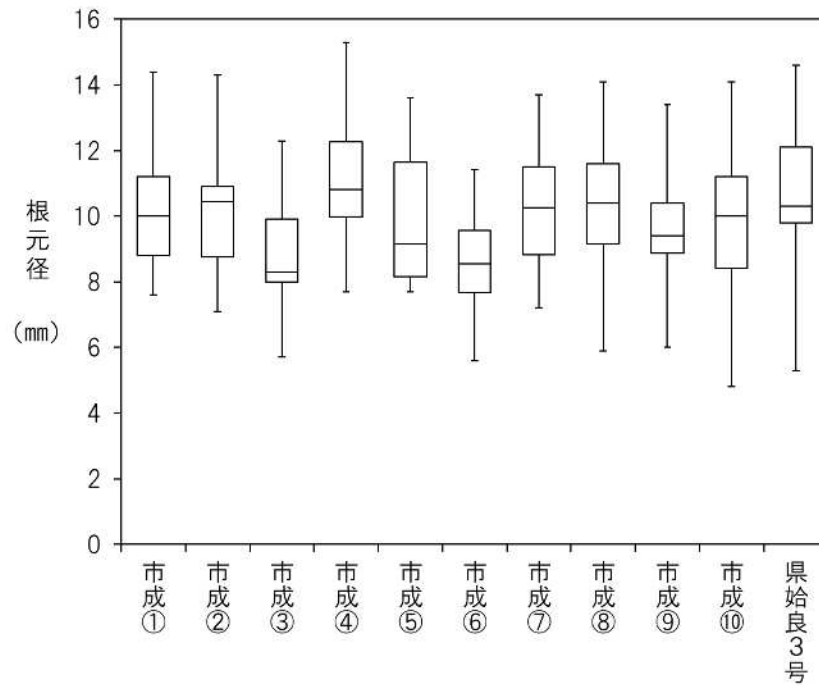


図9 スギ精英樹 F₁ クローンの根元径

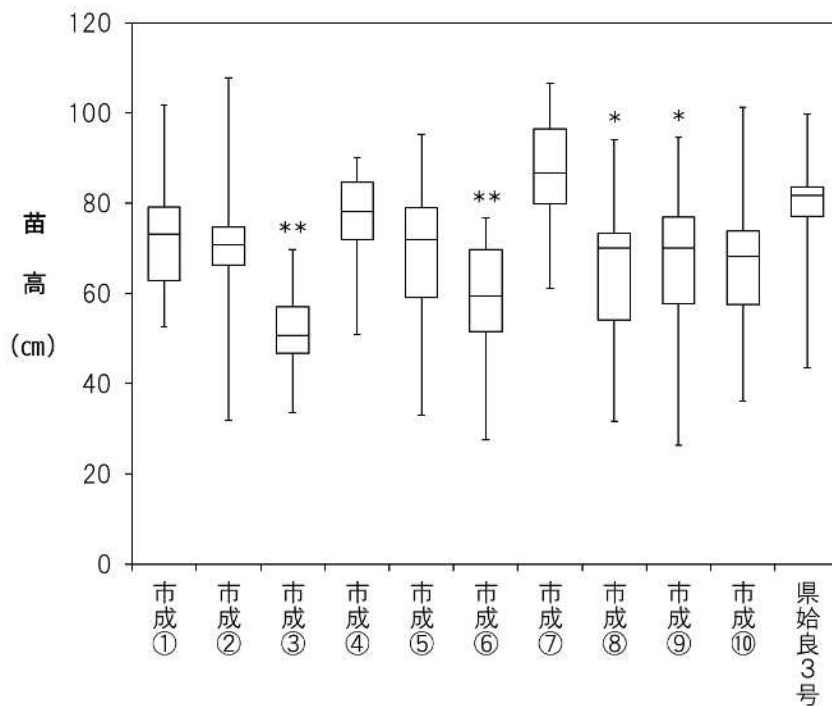


図10 スギ精英樹 F₁ クローンの苗高

箱ひげ図は、箱中央の横線が中央値、箱の下端が第1四分位、箱の上端が第3四分位、ひげの両端が最大値および最小値を示す。
 図中のアスタリスクは、県始良3号との間で統計的に有意な差が認められたことを示す。(* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$)

苗木の伸長成長に伴って、幹の曲がりや分岐が現れ始めたため、形質についての分析を行った。

よい苗木の条件の一つに、芯が太くまっすぐに立っていることが挙げられる。幼苗時の幹の曲がりについては、伸長成長及び肥大成長に伴って徐々に目立たなくなることでも予想されるが、優良品種が苗木の生産現場に受け入れられるためには、幼苗時の形質も無視することはできない。

苗木曲がりの評価をクローン毎にとりまとめた結果を表6に示す。クローンによっては、幹の曲がりや分岐が顕著に現れている個体が確認され(図11)、その中でも、市成⑩については、ほぼ半数が評価値1に該当するなど、クローンとして著しい幹曲がりを示すものがあった。

なお、ここでいう幹の分岐とは、幹(主軸)から伸びた側枝が主軸と同程度以上の太さに発達し、そのまま放置すれば、将来、二又木になるおそれのある状態のことである。

寺師ら(1981)は、スギの2年生交配苗木の形質を調査し、県肝属7号を母樹とする交配家系で幹曲がりが大きいことを報告しているが、市成⑩の母樹は県肝属7号であり、この点については寺師らの報告と一致した。

クローン毎に幹の分岐した個体の割合を算出した結果を図12に示す。市成⑦や県始良3号のように幹の分岐が全く確認されなかったクローンがある一方、市成⑤、⑥、⑩のように幹の分岐した個体を多く含むクローンの存在が明らかとなった。幼苗期の形質が将来どのように変化していくのかについては不明であるが、形質に関する不安定要素を含んでいる以上、それらのクローンを優良品種として選抜することは避けるべきであろう。

表6 苗木曲がりの評価値

クローン名	個体数	平均値
市成①	21	3.90
市成②	22	3.59
市成③	21	4.05
市成④	16	4.19
市成⑤	16	2.50
市成⑥	16	2.38
市成⑦	20	4.20
市成⑧	11	4.20
市成⑨	20	4.40
市成⑩	21	2.19
県始良3号	21	4.52



図11 幹の曲がりや分岐が顕著な個体 (左：市成⑩，右：市成⑤)

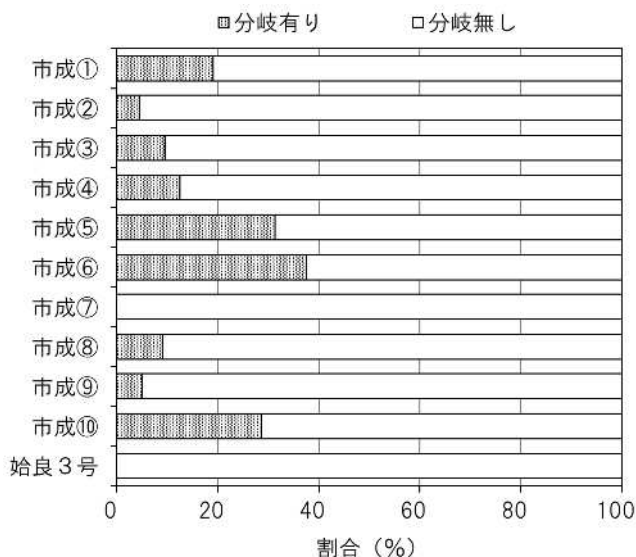


図12 幹の分岐している個体の割合

最後に、スギ精英樹 F₁ クローンの発根率、得苗率、苗高、根元径、苗木曲がりの5項目について、偏差値を算出し、5段階で評価した結果を図13に示す。スギ精英樹 F₁ クローンの初期成長について、現段階で総合的に判断すれば、5項目の評価値が3以上のクローン(市成①、②、⑦、⑨)が有望であると思われる。

おわりに

優良品種候補木のクローンを対象に、さし木発根性や初期成長について調査した結果、発根率が高く、本県選抜の第一世代精英樹である県始良3号と同等の伸長成長及び肥大成長を示しているクローンの存在が明らかとなった。

その中には、心材色が淡紅色ないし赤褐色で結実性がほとんどないメアサ(宮島 1989)の系統を交配親とするクローンも含まれており、成長、材質及び雄花着花性についての改良効果への期待が高まっている。

しかしながら、今回調査したクローン苗の初期成長は、苗畑での結果に過ぎない。そのため、優良品種候補木のクローン苗については、今春、苗畑から山地植栽試験地へと場所を移し、引き続き、生育状況を調査しているところである。今後、さらなるデータの蓄積に努め、より詳細な検証を経て、次世代のスギ優良品種を選抜したいと考えている。

謝 辞

人工交配苗山地植栽試験地における優良品種候補木の選抜に当たり、国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所林木育種センター九州育種場並びに九州地区林業試験研究機関連絡協議会 育種部会 次世代育種戦略分科会の皆様方には現地調査等に多大な御協力をいただきました。ここに深く感謝申し上げます。

引用文献

- 袴田哲司・山本茂弘・近藤晃(2012), 雄花着生量の少ない静岡県産ヒノキ精英樹のさし木適性, 静岡県農林技術研究所研究報告 5, 59-64.
- 的場康一(1974), スギ交配試験, 鹿児島県林業試験場昭和48年度業務報告, 47-49.
- 宮島寛(1989), 九州のスギとヒノキ, pp117. 九州大学出版会, 福岡.
- 宮崎紳(1964), 図説 苗木育成法, pp51. 高陽書院, 東京.
- 小川一治(1988), 苗畑に成育するヒノキ苗の成長及び物質生産, 名古屋大学博士学位論文, 14-27.
- 林木育種センター九州育種場(2009), スギ精英樹特性表(30年次)
- 寺師健次・山内惇・辻稔(1981), スギ精英樹間人工交配苗木の山地植栽試験, 鹿児島県林業試験場昭和55年度業務報告, 1-6.
- 辻稔(1979), スギ交配苗山地植栽試験, 鹿児島県林業試験場昭和53年度業務報告, 71-74.
- 辻稔(1980), スギ交配苗山地植栽試験, 鹿児島県林業試験場昭和54年度業務報告, 4-9.
- 山内惇・南橋仁(1982), スギ精英樹間人工交配苗木の山地植栽試験, 鹿児島県林業試験場昭和56年度業務報告, 1-5.

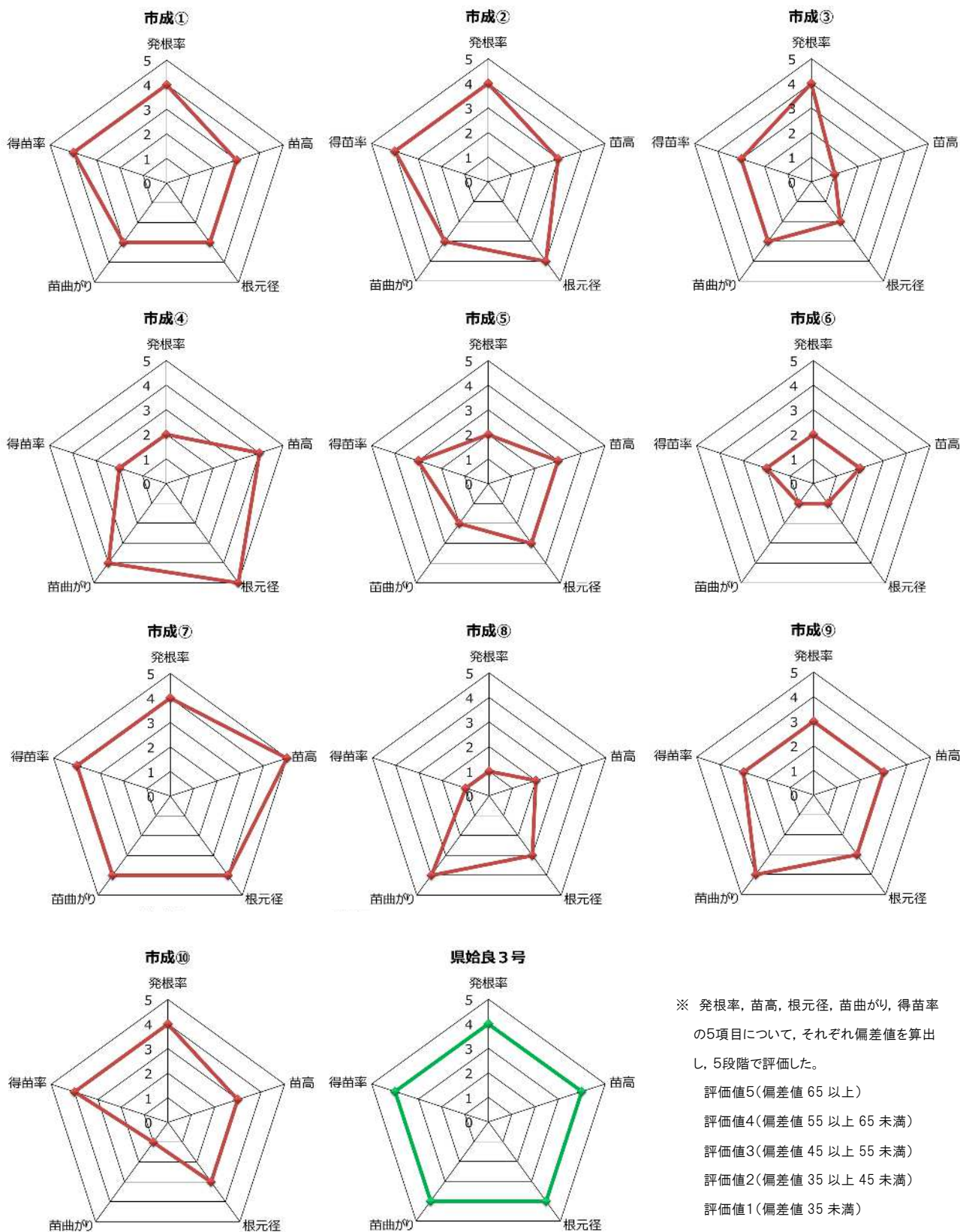


図 13 スギ精英樹 F₁ クローンの特性比較