

ヒノキ第一世代精英樹クローン林分の特性
- 次世代の森林づくりに向けたヒノキ精英樹の選抜 -

佐藤 太一郎

Characteristics of clone forest stands of Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) first-generation plus trees.
-Selection from Hinoki first-generation plus trees for the creation of next-generation forests-

Taichiro Sato

大分県農林水産研究指導センター林業研究部

キーワード：ヒノキ、精英樹、クローン、特性、雄花着花性、発根率

要旨

本研究では、伐期を迎えたヒノキ第一世代精英樹のクローン林分について、各系統の樹高、胸高直径、動的ヤング率、曲がり形状及び雄花着花性を調査し、クローン林分の特性及び各系統の特性評価を実生林分と比較して行った。加えて、クローン林分の調査結果を元に、主成分分析による特性の分類及び系統の選抜を行った。

各特性調査の結果、樹高については、クローン林分は平均して実生林分と同程度の成長を示したが、一部実生林分より成長が優れる系統も確認された。胸高直径については、平均して実生林分よりも低い結果であったが、密度条件が異なるため、詳細な考察は出来なかった。動的ヤング率については、系統間では変動が大きく、系統内では実生林分よりも変動が小さい傾向を示し、胸高直径と負の相関が確認された。曲がり形状については、クローン林分のほとんどの系統で、実生林分よりも通直性が高まることが確認された。雄花着花性については、クローン林分の調査期間中（3年間）に着花量に変動し、前年の7月、8月の日照時間との関連が示唆された。各調査結果について主成分分析を行い、特性を7つのグループに分類し、それぞれに属する系統を選抜した。

各系統の特性の発揮には、性質のばらつきが少ないさし木苗（クローン）を用いるのが望ましい。そこで、時期別に各系統の発根調査を行ったところ、春が最も発根率が高く、さし木苗生産も可能であることを確認した。ただし、発根までに長い期間を必要とし、最適な穂長や育苗環境等の各条件を今後検証する必要がある。

目次

1. はじめに	3
2. 試験方法	3
2.1 試験調査地	3
2.2 試験対象	5
2.3 調査項目及び調査方法	5
2.3.1 樹高及び胸高直径	5
2.3.2 動的ヤング率	6
2.3.3 幹曲がり及び根元曲がり	6
2.3.4 雄花着花性	6
2.3.5 発根特性	6
2.4 主成分分析による選抜	7
3. 結果及び考察	7
3.1 各調査結果	7
3.1.1 樹高及び胸高直径	7
3.1.2 動的ヤング率	8
3.1.3 胸高直径と動的ヤング率の関係	8
3.1.4 幹曲がり及び根元曲がり	8
3.1.5 雄花着花性	9
3.1.6 発根特性	9
3.2 主成分分析による選抜	11
4. おわりに	13
謝辞	14
参考文献	14
付表-1	15

1. はじめに

人工林の多くが本格的な利用期を迎え、主伐が増加する中、再造林を確実に実施するためには、造林の低コスト化が重要になっている。加えて、社会問題となっている花粉症への対策も重要視され、林野庁は令和 14 年度までに、スギ苗木年間生産量の 7 割を花粉症対策に資するスギ苗木とする指針を出している¹⁶⁾。

このような中、成長がよい、花粉が少ないといった有用な特性をもつ苗木の利用が強く求められ、各特性の優れた品種の選抜や開発が進められている。例としては、精英樹選抜事業により選抜された第 1 世代精英樹を育種母材として、第 2 世代精英樹（エリートツリー）が開発されている³⁾ほか、それらから指定基準^{19) 20)}に合致する系統が特定母樹として選定されている。しかし、ヒノキについては、令和 2 年 3 月時点で九州育種基本区内において 1 系統が開発されている¹⁷⁾のみであり、スギに比べ選択枝が少なく、今後も第 1 世代精英樹を活用していかなければならない状況にある。

また、有用な特性の発揮には、親の特性を引き継ぐクローン苗による造林が望ましいが、ヒノキは一般的にスギに比べて発根が不良⁹⁾であり、ヒノキの苗木生産は実生によるものが主である。よって、クローン苗で成林したヒノキ林分は、実生林に比べて事例が少なく、これまでの林分調査はナンゴウヒ^{6) 21) 22)}等の一部のさし木品種及び樹齢が若いヒノキ第 1 世代精英樹⁷⁾のみで、伐期を迎えた第 1 世代精英樹のクローン林分の調査については知見が少ない状況にある。また、第 1 世代精英樹は、その特性を検定するための次代検定林が設定されているが、九州育種基本区内における伐期を迎えた次代検定林は、全て実生林¹⁵⁾であり、クローン林分の特性を調査できる林分は少ない状況にある。

一方で、当部においては 49 年生（令和 3 年 3 月）のヒノキ精英樹クローン集植所（第 1 世代精英樹）を保有しており、伐期を迎えた各系統のクローンを調査できる貴重な林分となっている。

そこで、本研究ではヒノキ精英樹クローン集植所にて、各系統の樹高や雄花着花性等の特性調査を行うとともに、クローン林分と実生林分の特性を比較するため、次代検定林（実生）の調査等を実施した。併せて、クローン林分の調査結果を基に、主成分分析による特性の分類及び系統の選抜を行った。加えて、時期別のさし木発根特性を調査し、発根率から各系統のさし木苗木生産の可否を検証したので報告する。

2. 試験方法

2.1 試験調査地

クローン林分の試験調査地は、大分県農林水産研究指導センター林業研究部天瀬試験地（日田市天瀬町桜竹）内のヒノキ精英樹クローン集植所（以下、クローン集植所と記す）である（写真-1）。本試験地は、昭和 46 年 3 月に設定され、植栽間隔 2.5m、1 系統あたり 9 本ずつ植栽されていたが、調査時では台風被害や除伐により 1 系統あたり 1 本～8 本となっているものの、九州育種基本区で選抜された 50 系統が生育している。植栽に用いられたヒノキは、実生ヒノキに各系統を接ぎ木して養成された苗である。本試験地においては、系統毎に反復試験区は設けていないが、地形傾斜は 0～10 度とほぼ平坦で、急な傾斜や窪地等の明らかな地形条件の違いは認められない。

次代検定林の調査は、大分県内に設定された斜面方位や傾斜が異なる 3 箇所について実施した（表-1 及び図-1）。各次代検定林は、九州育種基本区で選抜された 22～40 系統について、実生苗により 3 反復の試験プロットが設定されている。各次代検定林とも、設定当初の植栽密度は 3,500 本/ha で

あるが、風倒木や斜面の流亡等が確認され、密度条件は一定ではない。



写真-1 クローン集植所

表-1 試験地一覧

試験調査地	設定年	標高 (m)	斜面方位	傾斜 (度)
クローン集植所	昭和46年	400	N	0~10
九大14号次代検定林 (実生)	昭和49年	300	N~NE	10~25
九大19号次代検定林 (実生)	昭和51年	80	SW	0~30
九大24号次代検定林 (実生)	昭和52年	200	S	15~25

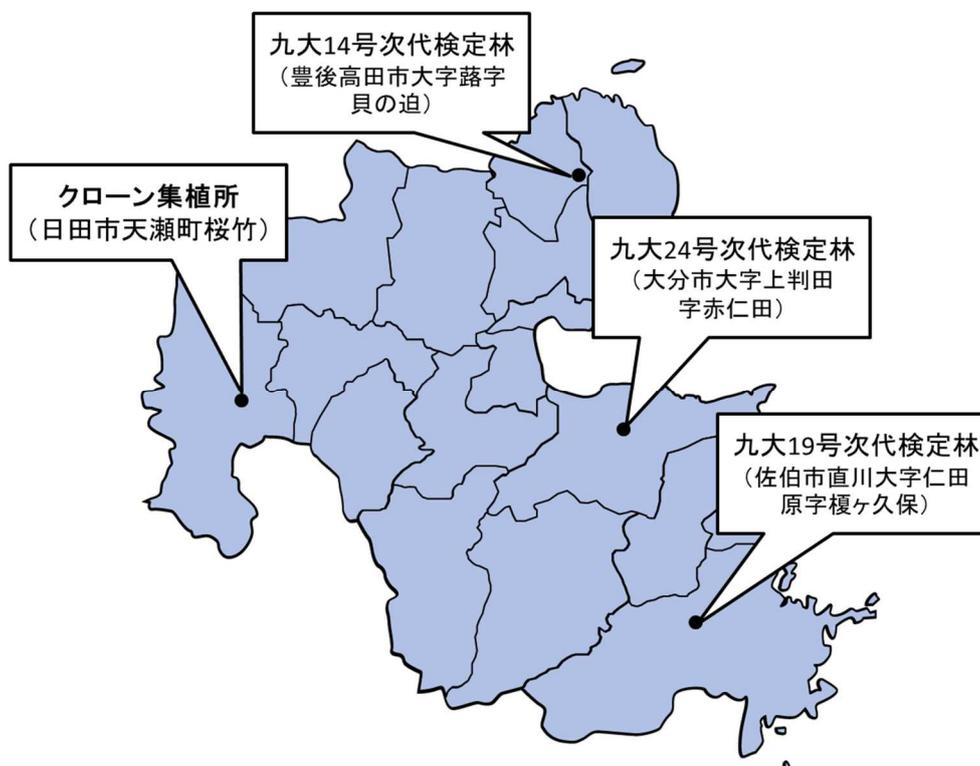


図-1 調査位置図

2.2 試験対象

クローン集植所では、26年生時（平成8年3月）⁴⁾、33年生時（平成15年4月）²²⁾に特性調査が実施され、それぞれの調査で各特性が優れた系統が選抜されている。今回の調査は、これら選抜された系統を基本とし、九州産の合計24系統を試験対象とした（表-2）。また、各次代検定林においては、本試験対象について6～11系統生育しており、それらを調査した。

表-2 試験対象系統一覧

選抜対象系統	選定理由	産地	
県中津9号	・強度性能に優れ心材色が濃い ・曲がりや枝が大きい成長良好	大分県	
県中津10号	・少花粉品種 ¹⁸⁾ として認定されている。		
県竹田7号	・樹幹通直、成長良好、枝径中、枝長中の準優良系統		
県竹田8号	・強度性能に優れ心材色が濃い		
県三重5号	・強度性能に優れ心材色が普通 ・曲がりや枝が大きい成長良好		
県大分4号	・樹幹通直、成長良好、枝径小、枝長短の最優良系統		
県大分7号	・曲がりや枝が大きい成長良好		
県大分5号	・曲がりや枝が大きい成長良好		
県日出4号	・強度性能に優れ心材色が濃い		
県国東18号	・樹幹通直、成長良好、枝径大、枝長短の予備的優良系統		
県山田2号	・天瀬試験地にて調査可能であり、九州育種基本区で成長良好		
県筑紫5号	・強度性能に優れ心材色が普通		福岡県
県浮羽14号	・樹幹通直、成長良好、枝径大、枝長の予備的優良系統 ・曲がりや枝が小さく成長が良好		
県甘木2号	・樹幹通直、成長良好、枝径中、枝長中の準優良系統		
県藤津8号	・樹幹通直、成長良好、枝径中、枝長中の準優良系統	佐賀県	
県神崎1号	・樹幹通直、成長良好、枝径小、枝長短の最優良系統 ・曲がりや枝が小さく成長が良好		
県諫早3号	・樹幹通直、成長良好、枝径大、枝長の予備的優良系統 ・曲がりや枝が小さく成長が良好	長崎県	
県阿蘇3号	・曲がりや枝が大きい成長良好		
県阿蘇4号	・強度性能に優れ心材色が濃い	熊本県	
県阿蘇7号	・曲がりや枝が小さく成長が良好		
県北諸県1号	・強度性能に優れ心材色が濃い	宮崎県	
県始良4号	・強度性能に優れ心材色が普通		
県始良47号	・樹幹通直、成長良好、枝径小、枝長短の最優良系統	鹿児島県	
県始良53号	・強度性能に優れ心材色が濃い		

注) 33年生時において強度性能が低いとされた系統及び既に試験地に存在しない系統は対象外とした。

2.3 調査項目及び調査方法

下記に、本試験で調査した項目を記す。なお、クローン集植所については下記の調査を全て実施し、次代検定林においては樹高、幹曲がり、根元曲がりの調査を実施した。

2.3.1 樹高及び胸高直径

クローン集植所において、平成30年1月に地上型レーザースキャナ（Terrestrial Laser Scanner、以下 TLS と記す）を用いて計測を行った。TLS については Focus 3 D（FARO 社製）、解析ソフトについては Digital Forest（woodinfo 株式会社製）を用いた。林縁木を調査対象から除き、調査本数は各系統2本～6本である。また、TLS で計測出来なかった個体が確認されたため、それらについて、樹高は超音波樹高測定器 Vertex IV（Haglof 社製。以下、Vertex と記す）を用い10cm単位、胸高直径は直径巻尺で地表から1.2mの部分をmm単位で計測を行った。なお、TLS で計測出来なかった原因は、枝葉等によってレーザーが遮られたことが原因だと思われる。

次代検定林においては、平成30年3月、5月、6月にそれぞれ九大24号次代検定林、九大14号次

代検定林、九大 19 号次代検定林を調査した。各次代検定林においては、プロット毎に林縁木、枯損状態のものが調査対象とならないよう、プロットの中心より 9 本の調査対象木を選定（以下の項目の調査も同様）し、樹高について Vertex を用い 10cm 単位で計測した。なお、倒木等により 3 反復調査が出来なかった系統もあり、その場合はなるべく斜面中央に設定された反復での調査を実施した。

2. 3. 2 動的ヤング率

クローン集植所において、令和元年 11 月に Tree Sonic (FAKOPP Enterprise 社製) を用い、各個体の東西の 2 側面について立木の応力波伝播時間を測定した。林縁木を調査対象から除き、調査本数は各系統 2 本～6 本である。地表から 1.7m の部分にスタートセンサー、0.7m の部分にストップセンサーを差し込み、1 回の計測で 3 回の打撃を行い、その平均値を用いて動的ヤング率を算出した (図-2)。算定で用いる密度については、各系統の樹高、胸高直径が標準的な試料木を 1 本選定し、地上高 3.4m～5.7m 部分の丸太を採材し、生材密度を算出したものを用いた。

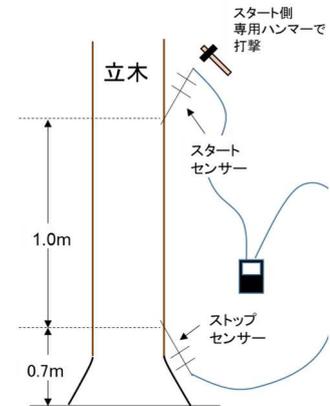


図-2 調査模式図

2. 3. 3 幹曲がり及び根元曲がり

クローン集植所及び次代検定林において、民有林における検定林の調査要領¹⁴⁾に記載されている方法に準拠し、クローン集植所においては全木 (1～7 本)、次代検定林においては前述 (2.3.1 樹高・胸高直径) の本数を目視判定により調査を実施した (表-3)。

表-3 曲がり特性調査方法

評価項目	評価指数				
	5	4	3	2	1
幹曲がり	曲がり全くなし	少し曲がりがあるが採材には支障なし	矢高が直径の 50% 未満	矢高が直径未満	大曲又は矢高が直径以上
根元曲がり	曲がり全くなし	少し曲がりがあるが採材には支障なし	0.3m 以上 0.6m 未満の切り捨てる曲がりがある	0.6m 以上 1.2m 未満切り捨てる曲がりがある	1.2m 以上切り捨てる曲がりがある。

2. 3. 4 雄花着花性

クローン集植所において、平成 30 年 3 月、平成 31 年 3 月、令和 2 年 3 月に雄花着花性の調査を実施した。林縁木を調査対象から除き、調査本数は各系統 2 本～6 本である。林野庁特定母樹指定基準¹⁸⁾に掲載されている方法に準拠し、双眼鏡を用いた陽樹冠の目視判定により、1～5 の指数区分 (1 : 着生範囲、着生量ともに非常に少ないか、全くない、2 : 着生範囲が狭く、着生量が少ない、3 : 着生範囲、着生量ともに中程度、4 : 着生範囲が広く、着生量が多い、5 : 着生範囲が広く、着生量が非常に多い) で評定した。

2. 3. 5 発根特性

各系統の発根特性を調査するため、時期別の発根率の調査を実施した。大分県農林水産研究指導センター林業研究部内の採穂台木 (平成 13 年設定。日田市大字有田、以下、当部内と記す)、クローン集植所及び県営採種園 (昭和 40 年設定。竹田市荻町大字柏原) にて採穂を行い、当部ガラス室にさし付けた。

さし付け方法は、採穂した整穂前の穂を一昼夜吸水させた後、穂長 15 cm に切り揃え、基部より 5 cm

程度を摘葉し、IBA 液剤 0.4% (40 倍希釈) 水溶液に (オキシベロン液剤、バイエルクロップサイエンス株式会社) に一昼夜浸けた後に鹿沼土に箱ざしした。系統毎に 30 本ずつ、平成 30 年 7 月 (以下、夏ざしと記す)、平成 30 年 10 月 (以下、秋ざしと記す) 及び平成 31 年 4 月 (以下、春ざしと記す) にさし付けを行い、それぞれ平成 31 年 2 月、令和元年 10 月、令和元年 12 月に発根確認を行った。

2. 4 主成分分析による選抜

上記データに加え、26 年生時の枝径、枝長及び枝密度のデータ (目視判定による 5 区分判定評価値「枝径 5 : 大→1 : 小、枝長 5 : 長→1 : 短、枝密度 5 : 密→1 : 疎」)⁴⁾ について引用し、主成分分析を行うとともに、主成分得点を求め散布図を作成した。散布図及び数値を考慮し、各特性の分類及び系統の選抜を行った。なお、本研究における統計解析は R 3.4.3 (R Core Team, 2017) を用いた。

3. 結果及び考察

3. 1 各調査結果

クローン集植所における調査結果については、付表-1 に示した。以下、各調査項目の結果について記載する。

3. 1. 1 樹高及び胸高直径

クローン集植所における樹高の平均値は 21.2m を示し、Kruskal-Walis の検定では 1% 水準で要因 (系統) に有意差が確認された。本結果を用い、大分県で作成したシステム収穫表¹²⁾にて地位を算出すると 1.03 を示した。過去に大分県が作成したヒノキ人工林収穫予想表¹¹⁾では、地位 I・46 年生時の推定樹高は 20.9 であり、これから考察すれば、クローン集植所は実生林と同程度の樹高成長を有していると判定される。また、本試験地で最も樹高が高い系統は、県始良 47 号の 24.2m であり、このような系統を選抜することで、より優れた林分成長が期待出来るものと思われる。

図-3 に、同一系統におけるクローン集植所及び次代検定林の調査結果を示す (一部抜粋)。県国東 18 号はクローン集植所や次代検定林で共通して樹高が高く、どの試験地でも県山田 2 号の樹高を上回っていた。しかし、他の系統では試験地毎に樹高の順位が変動し、一定の傾向を見出すことは出来なかった。これは、実生苗による遺伝的多様性、系統の環境適応性、環境条件の違い等様々な原因が考えられるが、いずれにしてもクローン苗による検定林を県下各地に造成し、成長反応を検証する必要がある。

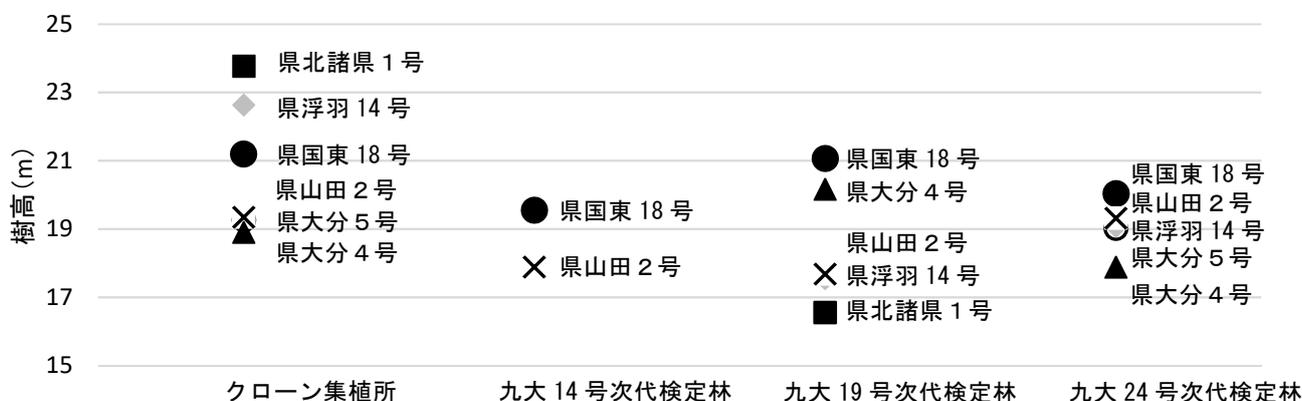


図-3 各試験地樹高の比較

クローン集植所における胸高直径の平均値は24.0cmであり、Kruskal-Walisの検定では1%水準で要因(系統)に有意差が確認された。ヒノキ人工林収穫予想表¹¹⁾では、地位I・46年生時の推定胸高直径は28.2であり、それと比較すると小さい結果となるが、密度条件の違いがあるため、詳細な考察は出来ない。

3.1.2 動的ヤング率

動的ヤング率の平均値は14.0GPaを示し、分散分析の結果、1%水準で要因(系統)に有意差が確認された。変動係数は12.6%を示した。津島ら²¹⁾は、実生林分とさし木林分の材質特性を調査し、実生林分で曲げヤング係数の変動係数は11.5%、さし木林分(ナンゴウヒ)で5.7%~7.1%と、さし木林分で変動が少ないことを報告している。今回の調査結果は、上記報告の実生林分程度の変動を示した。一方、系統内の動的ヤング率の変動係数を算出すると、平均して5.0%以下であり、系統間と比較し変動係数は小さい結果であった。これらのことから、系統間で動的ヤング率に違いがあり、系統内での動的ヤング率の変動は少ないものと思われる。

3.1.3 胸高直径と動的ヤング率の関係

胸高直径と動的ヤング率について、系統ごとの平均値を図-4に示す。胸高直径が小さい程、動的ヤング率が大きい結果となった。両者の間には -0.48 ($p < 0.05$)で負の相関が確認され、本試験対象系統においては、肥大成長と動的ヤング率が共に優れた系統を見出すことは出来なかった。

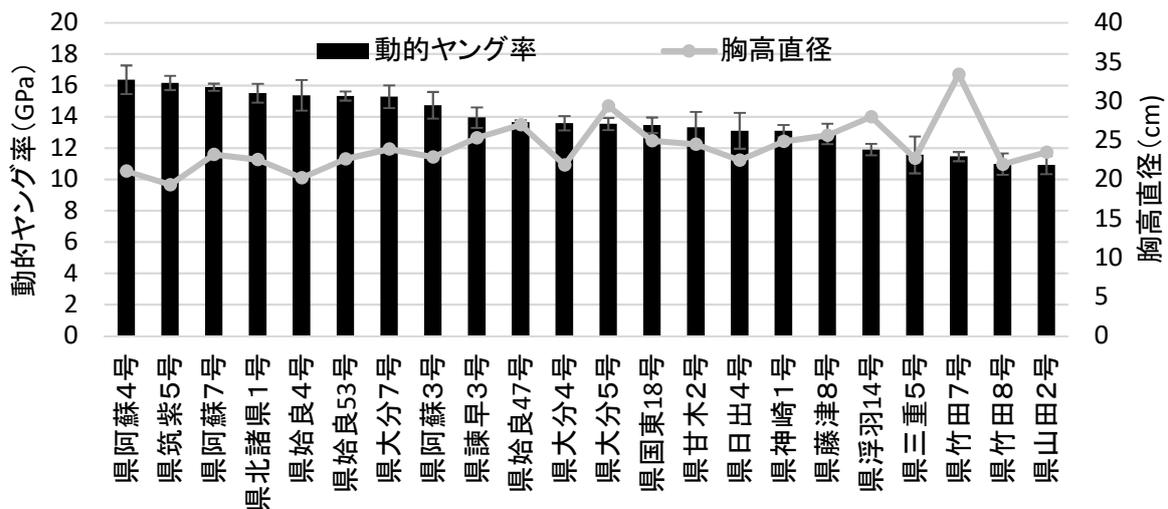


図-4 動的ヤング率と胸高直径

3.1.4 幹曲がり及び根元曲がり

クローン集植所における幹曲がり及び根元曲がりの平均値は、それぞれ4.2、3.9と高い通直性を示した。次代検定林に設定されている系統で比較すると、ほとんどの系統で幹曲がり、根元曲がりともに通直性が高いことが確認された(表-5。一部抜粋)。

松永ら⁷⁾は、若齢のヒノキ精英樹の林分において、複数の系統について実生林分とさし木林分の調査を実施し、さし木林分において通直性が高いことを確認している。これらのことから、実生林分と比較してクローン林分では、若齢の段階ですでに通直性が優れ、伐採時においても採材にほとんど影響しない通直性を示すことが明らかとなった。ただし、系統によってはクローン集植所においても通直性が低いことが確認され(付表-1、県甘木2号等)、各系統の特性を把握することが重要となる。

表-5 クローン林分と実生林分の通直性の比較

精英樹名	クローン集植所		九大14号次代検定林		九大19号次代検定林		九大24号次代検定林	
	幹曲がり	根元曲がり	幹曲がり	根元曲がり	幹曲がり	根元曲がり	幹曲がり	根元曲がり
県中津9号	4.67	3.67	2.84	2.64	3.81	2.89	3.08	2.48
県中津10号	4.00	4.00	3.22	2.63	—	—	3.59	2.22
県国東18号	4.17	3.67	4.00	2.95	4.07	3.33	3.25	2.08
県山田2号	4.25	3.75	4.17	3.75	4.15	3.30	3.78	2.41
県浮羽14号	4.00	4.50	—	—	4.08	3.25	3.33	3.04

3.1.5 雄花着花性

表-6に、調査年別の全系統の評価平均値及び系統別(例)の評価値を示す。全系統の平均値は平成29年、平成30年、平成31年の順で評価値が低くなっており、経年で変動が確認された。系統別では、県始良4号のように毎年小さい値を示す系統がある一方、県大分5号のように最大が3.5、最小が1.0というように変動幅が大きい系統も確認された。平成31年は、本調査期間の中では最も着花量が少なく、県大分5号のように平成29年、平成30年と比較して評価値が小さい系統が多く確認されたため、主成分分析や各系統の評価時には、平成31年の結果を除くこととした。なお、大分県産で国指定の少花粉品種¹⁸⁾である県中津10号については、林縁の1固体しか存在しないため、評価出来なかった。

福島ら²⁾は、ヒノキの雄花着生量について、前年の7、8月の日照時間及び前年の雄花着生量の影響を受けていると報告している。日田市における平成28年7月、8月の日照時間はそれぞれ平年の116%、110%で日照時間が長く⁵⁾、平成30年7月、8月の日照時間はそれぞれ平年の70%、73%で日照時間が短かった⁸⁾。これは、平成29年と平成31年の結果の増減の傾向と合致しており、雄花着花量と前年の日照時間との関連の深いことが示唆された。ただし、調査期間が3年と短いため、継続した調査を行う必要がある。

表-6 雄花着花性評価結果

	評価値		
	平成29年	平成30年	平成31年
全系統平均	2.2	1.9	1.4
県大分5号	3.5	2.5	1.0
県始良4号	1.3	1.0	1.0

3.1.6 発根特性

時期別にさし付けた発根状況の例を図-5に、各クローンの発根率を表-7に示す。時期別の発根率は、採穂場所を問わず春ざしが最も高く、夏ざしが最も低かった。春ざしにおいては、ほとんどの系統で事業的に望ましいとされる71%²¹⁾を超え、各系統のさし木苗生産も可能と考えられる。ただし、今回の試験において、秋ざしでは発根が出揃うまでに1年程度かかる等、発根までの育苗期間の長期性が課題として残った。さし木苗の生産に当たっては、今後、発根に適した最適条件を検討する必要がある。



図-5 時期別発根状況例（系統：県浮羽14号、
上段：夏ざし、中段：秋ざし、下段：春ざし）

表-7 発根率調査結果

系統	夏ざし 発根率 (%)	秋ざし 発根率 (%)	春ざし 発根率 (%)	採穂地
県中津9号	0.0	90.0	96.7	県営採種園
県中津10号	3.3	87.1	100.0	
県三重5号	0.0	74.2	96.6	
県佐伯5号	16.7	90.0	93.3	
県日出4号	0.0	53.3	100.0	
県大分4号	16.7	100.0	100.0	
県大分5号	70.0	90.0	100.0	
県大分7号	20.0	96.7	100.0	
県国東18号	16.7	100.0	93.3	
県山田2号	10.0	74.2	93.3	
平均値	15.3 a	85.0 b	97.3 c	
県竹田8号	3.3	31.0	83.3	クローン 集植所
県筑紫5号	3.3	96.7	73.3	
県藤津8号	0.0	40.0	90.0	
県阿蘇3号	16.7	93.3	100.0	
県阿蘇4号	40.0	69.0	100.0	
県阿蘇7号	13.3	100.0	100.0	
県始良4号	3.3	-	100.0	
県始良47号	-	30.0	53.3	
県始良53号	-	86.7	-	
平均値	11.4 a	70.2 b	88.9 c	
県竹田7号	3.3	20.0	90.0	当部内
県浮羽14号	6.7	23.3	76.7	
県甘木2号	10.0	73.3	96.7	
県神崎1号	33.3	53.3	100.0	
県諫早3号	3.3	40.0	90.0	
県北諸県1号	10.0	50.0	73.3	
平均値	11.1 a	43.3 b	87.8 c	

※異なるアルファベットは、同一採穂地における時期別の発根率結果について、Fischerの正確確率検定による多重比較（bonferroni補正）により有意差が確認されたもの（ $p < 0.01$ ）。

3. 2 主成分分析による選抜

これまでに得られた調査結果を用い、主成分分析により各特性の分類及び系統の選抜を試みた。用いたデータは樹高、胸高直径、動的ヤング率、根元曲がり、幹曲がり、雄花着花性（平成 29 年、平成 30 年の平均値）、枝密度、枝径及び枝長の合計 9 変量であるが、変量が多くなると個々の変量の寄与率が小さくなるとともに、因子である変量交互の関係が複雑になる。そこで、各変量について相関係数を求めると、根元曲がりと幹曲がりについて 0.46 ($p < 0.01$)、枝長と枝径について 0.47 ($p < 0.05$) であり相関関係が確認された。よって、それぞれについて平均値を求め、根元曲がりと幹曲がりを「曲がり特性」、枝長と枝径を「枝特性」として統合した。なお、枝密度については枝特性と関連は認められなかったが、枝の要因が増え、要因交互の関係が複雑になることから、主成分分析からは要素として除いた。その他の変量については有意な相関関係が認められなかったため、それらについては変量として残した（表-5）。

表-5 用いた変数と相関関係

変量	雄花着花性	曲がり特性	枝特性	動的ヤング率	樹高	胸高直径
雄花着花性	-	-0.11	0.16	-0.34	-0.16	0.55
曲がり特性	N.S	-	-0.11	0.10	-0.05	0.26
枝特性	N.S	N.S	-	-0.36	-0.02	0.22
動的ヤング率	N.S	N.S	N.S	-	0.50	-0.48
樹高	N.S	N.S	N.S	N.S	-	-0.11
胸高直径	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	-

注：上三角は相関係数、下三角は両側検定（Holm補正）の結果（N.S.；有意ではない）を示す。

これらの変量を用いて行った主成分分析の結果を、表-6 に示す。第 1 主成分は寄与率が 37.2% を示し、動的ヤング率、胸高直径、雄花着花性が主な変量である。直径が大きい場合、動的ヤング率が下がり、雄花着花量も多くなるという主成分を意味している。第 2 主成分は寄与率が 19.7% を示し、曲がり特性が主な変量である。第 3 主成分は寄与率が 17.5% を示し、樹高が主な変量である。第 4 主成分は寄与率が 14.3% であり枝特性、雄花着花性が主な変量である。数値が低いほど雄花着花量が少なくなり、枝太・枝長であることを示している。

表-6 主成分分析結果

変量	第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分	第 4 主成分	第 5 主成分	第 6 主成分
固有値	1.495	1.088	1.026	0.928	0.666	0.475
寄与率 (%)	0.372	0.197	0.175	0.143	0.074	0.038
累積寄与率 (%)	0.372	0.570	0.745	0.888	0.962	1.000
雄花着花性	0.466	0.024	-0.295	0.574	-0.510	0.325
曲がり特性	0.007	0.837	0.090	-0.369	-0.211	0.332
枝特性	0.320	-0.337	-0.360	-0.712	-0.373	-0.088
動的ヤング率	-0.555	0.173	-0.248	0.142	-0.538	-0.539
樹高	-0.335	0.039	-0.791	-0.006	0.370	0.351
胸高直径	0.510	0.392	-0.296	0.078	0.360	-0.602

ここで、各系統のスコアを求め、第 1 主成分と第 2 主成分の散布図を図-6 に示す。胸高直径が大きい、動的ヤング率が低い、雄花着花量が多いといった特性を持った系統が X 軸の正の方向に、その逆の特性を持つ系統が負の方向に分布している。ここでは、X 軸の絶対値が 1 以上に分布している A（胸高直径大、雄花着花量多）と B（動的ヤング率大）のグループを抽出した。Y 軸の正の方向に曲がり特性が通直な系統が分布しており、1 以上に分布しているものを C（樹幹通直）グループとした。同様に、第 3 主成分と第 4 主成分の散布図を図-7 に示す。樹高が高い系統が X 軸の負の方向に分布している。Y 軸の負の方向には枝太・枝長で雄花着花量が少ない系統が分布しており、その逆の特性を持

つ系統が正の方向に分布している。これらの分布及び数値から、D（樹高大、枝特性中）、E（樹高大、枝特性大）、F（樹高大、雄花着花量少、枝特性大）、G（雄花着花量少、枝特性大）のグループを抽出した。

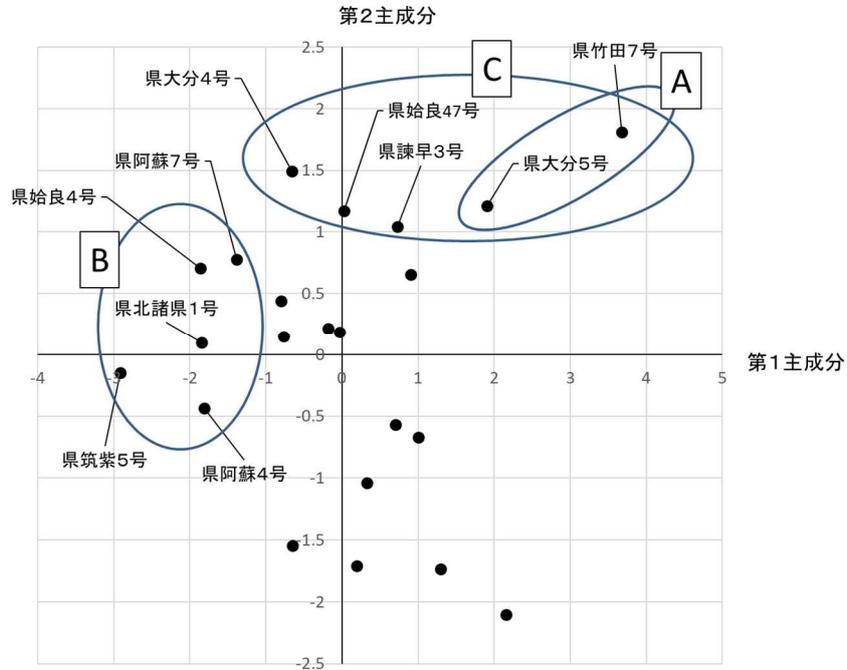


図-6 第1主成分・第2主成分スコア散布図

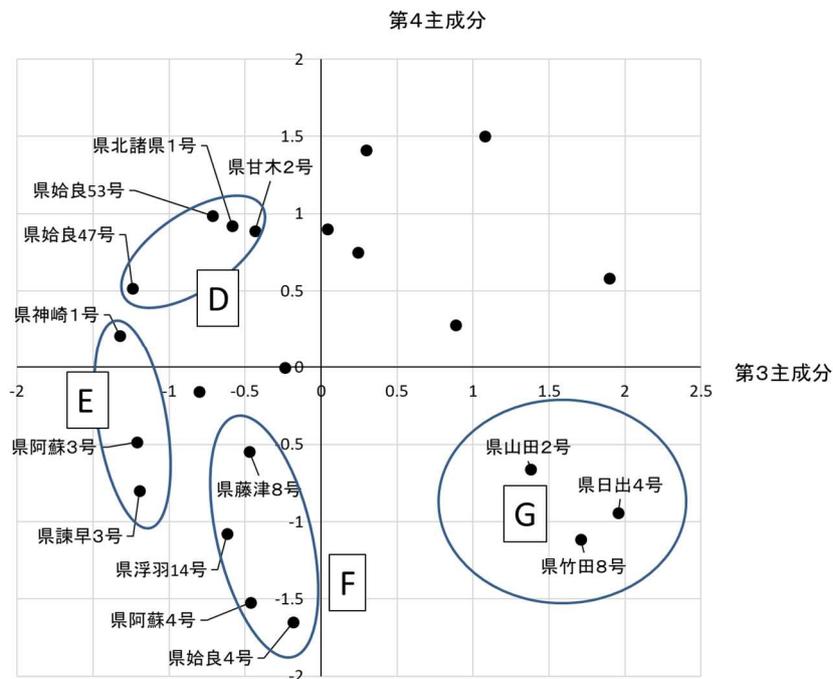


図-7 第3主成分・第4主成分スコア散布図

以上の結果、各グループに属する系統は表-7のとおりである。今回の結果からは、例えば2つのグループに属する系統はあるものの、万遍なく優れた特性を示す系統は存在しなかった。

このうち、雄花着花量が少ないとして分類されたFとGグループに属する7系統について、公表されているヒノキ精英樹特性表¹³⁾を参照すると、雄花着花性の評価値(着生範囲・量に応じた1~5の5段階評価)は県阿蘇4号(県竹田8号についてはデータなし)を除いて、2(雄花の着生範囲が狭く、着花量が少ない)以下と報告されている。また、Eに属する県浮羽14号、県始良4号については、国指定の少花粉品種¹⁸⁾にも認定されている。このように、これらの系統は本試験地以外でも雄花着花量が少なく、クローン苗を用いることで安定した特性の発揮が期待出来るものと思われる。

表-7 各特性グループに属する系統

グループ名	特性	系統名
A	胸高直径大、雄花着花量多	県大分5号、県竹田7号
B	動的ヤング率大	県筑紫5号、県阿蘇4号、県阿蘇7号、県北諸県1号、県始良4号
C	樹幹通直	県諫早3号、県大分4号、県大分5号、県竹田7号、県始良47号
D	樹高大、枝特性中※	県甘木2号、県北諸県1号、県始良47号、県始良53号
E	樹高大、枝特性大※	県諫早3号、県神崎1号、県阿蘇3号
F	樹高大、雄花着花量少、枝特性大※	県浮羽14号、県藤津8号、県阿蘇4号、県始良4号
G	雄花着花量少、枝特性大※	県山田2号、県竹田8号、県日出4号

※枝特性：小(枝短・枝細)→大(枝長・枝太)

4. おわりに

伐期を迎えたヒノキ精英樹クローン集植所において、樹高、胸高直径、動的ヤング率、根元曲がり、幹曲がり及び雄花着花性を調査した。また、クローン林分と実生林分の特性の違いを確認するため、大分県に設定された次代検定林の調査を実施した。加えて、得られた調査結果を用い、主成分分析による各特性の分類及び系統の選抜を行った。

クローン林分の樹高成長は、実生林と同等程度の結果であった。これは本試験で調査した全系統の平均値であり、樹高成長が良い系統も明らかになったため、それらの選抜により優れた林分成長が期待出来るものと思われる。しかし、九州管内の事例としては、クローン苗(さし木)について、実生苗と比較し初期成長が劣るという報告もある⁷⁾。また、県内においてクローン苗の適応性の検証が実施出来ていないため、他の特性の検証も含め、県下各地にクローン苗を用いた検定林を造成し検定を行うことが必要である。

近年、特に注目すべき特性として、花粉症対策に直結する雄花着花性が挙げられる。ヒノキは実生苗が主流であるが、雄花着花性について系統における親と子の遺伝関係が調査された事例¹⁾は少なく、筆者の知るところでは、九州管内では事例がない。本試験において、雄花着花量が少ないとして選抜した系統の多くが、他地域にて同様の着花特性を示していることは、ヒノキにおいて花粉症対策を進める上で、クローン苗の有用性を示す事例になったのではないかと思う。雄花着花性を重視するならば、本試験で分類したF、Gグループが注目されるが、とりわけ樹高の成績が良いFグループ(4系統)を中心に検定林の設定やクローン苗生産手法について、今後検証を行うべきと考える。

各系統の特性の発揮には、性質のばらつきが少ないクローン苗を用いるのが望ましい。クローン苗の生産方法としてはさし木や接ぎ木が考えられるが、九州地方においてはスギのさし木苗生産が古くから行われており⁹⁾、ヒノキにおいてもさし木による生産がなじみやすいものと思われる。大分県では、神光や大林1号などの発根性が高い系統⁴⁾のさし木苗生産が行われているが、ヒノキ精英樹のさし木苗生産については事例が少ない。今回の試験では、発根率から鑑みて、春のヒノキ精英樹のさし

木苗生産は可能だと思われるが、発根までの期間が長くかかることが課題とされた。優良な系統の普及のためには、最適な穂長や育苗環境等の各条件について検証を進め、さし木苗生産体系を確立することが必要となる。

謝辞

本研究を遂行するあたり、大分県農林水産研究指導センター林業研究部の研究員及び業務技師並びに非常勤職員の方々、加えて、短期雇用で雇用させて頂いた方々に多大なるご協力を頂いた。ここに深く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 遠藤良太・赤石孝輝：日本森林学会誌 85 (3)、241-244p
- 2) 福島成樹・小森谷あかね：関東森林研究 66-1、81-82p
- 3) 星比呂志ほか：森林遺伝育種 2, 132-135p (2013)
- 4) 諫本信義：大分県林業試験場研究時報第 25, 1-17pp (1998)
- 5) 亀井淳介：平成 29 年度大分県農林水産研究指導センター林業研究部年報, 40p (2018)
- 6) 草野僚一・家入龍二：九州森林研究 59, 243-244p (2006)
- 7) 松永孝治ほか：九州森林研究 61, 124-127p (2008)
- 8) 豆田俊治：令和元年度大分県農林水産研究指導センター林業研究部年報, 52p (2020)
- 9) 宮島寛：九州のスギとヒノキ, 275pp (1989)
- 10) 二宮一雄：天然しぼの研究 14, 4-17p
- 11) 大分県：ひのき人工林収穫予想表, 116p (1984)
- 12) 大分県：大分県収穫表改訂調査報告書, 28pp (2019)
- 13) 林木育種センター九州育種場：
[https://www. ffpri. affrc. go. jp/kyuiku/research/tokusei/index. html](https://www.ffpri.affrc.go.jp/kyuiku/research/tokusei/index.html)
- 14) 林木育種センター九州育種場：民有林における検定林の調査方法, 2 p (1994)
- 15) 林木育種センター：次代検定林等の設定一覧表 (全国版), 137-158p
- 16) 林野庁：平成 30 年 4 月 1 日 29 林整森第 285 号
- 17) 林野庁：[https://www. rinya. maff. go. jp/j/kanbatu/sotihou. html](https://www.rinya.maff.go.jp/j/kanbatu/sotihou.html)
- 18) 林野庁：[https://www. rinya. maff. go. jp/j/sin_riyou/kafun/attach/pdf/hinsyu-5. pdf](https://www.rinya.maff.go.jp/j/sin_riyou/kafun/attach/pdf/hinsyu-5.pdf)
- 19) 林野庁：特定母樹指定基準 (2013)
- 20) 林野庁：特定母樹指定基準 (2020)
- 21) 戸田忠雄・藤本吉幸：日本林学会九州支部研究論文集 36, 129-130p (1983)
- 22) 津島俊治ほか：九州森林研究 58, 88-90p (2005)
- 23) 津島俊治：大分県農林水産研究センター林業試験場研究報告第 16 号, 66p (2006)

付表-1 各系統の特性表 (林内木データ)

系統	本数	樹高 (m) 46年生時	胸高直径 (cm) 46年生時	動的ヤング率 (Gpa) 48年生時	幹曲がり※2 46年生時	根元曲がり※2 46年生時	雄花着花性※3 46~47年生時	枝密度	枝特性※4 枝径 枝長
県中津9号※1	3	16.3	33.9	12.9	4.7	3.7	2.2	1	5 5
県中津10号※1	1	17.3	33.2	10.8	4.0	4.0	2.5	3	5 5
県竹田7号	3	17.8	33.4	11.5	4.3	4.5	3.6	1	3 5
県竹田8号	4	17.2	21.9	11.0	4.0	3.6	1.8	1	5 5
県三重5号	2	18.6	22.7	11.6	4.0	3.0	4.0	1	4 5
県六分4号	2	18.9	21.8	13.6	4.7	4.3	2.0	3	3 2
県六分5号	6	19.3	29.4	13.5	4.5	4.2	3.0	3	5 4
県六分7号	5	19.2	23.9	15.3	4.4	3.6	1.7	3	4 3
県日出4号	5	17.5	22.4	13.1	4.5	4.0	1.3	5	5 3
県国東18号	3	21.2	24.9	13.5	4.2	3.7	2.9	1	5 5
県山田2号	3	19.3	23.4	10.9	4.3	3.8	1.5	3	5 3
県筑紫5号	4	21.4	19.3	16.2	4.3	3.3	1.4	3	3 1
県浮羽14号	3	22.6	28.0	11.9	4.0	4.5	1.7	3	5 4
県甘木2号	6	21.7	24.5	13.3	3.2	3.7	2.3	2	5 3
県藤津8号	4	23.1	25.6	12.9	4.2	4.0	1.5	1	5 3
県神崎1号	4	23.6	24.8	13.1	4.0	3.4	2.5	4	5 4
県諫早3号	4	22.4	25.3	13.9	4.6	4.4	2.9	3	5 5
県阿蘇3号	5	23.1	22.8	14.7	3.9	3.4	1.9	5	5 5
県阿蘇4号	6	22.1	21.1	16.4	4.2	4.0	1.1	5	5 5
県阿蘇7号	4	21.7	23.2	15.9	4.1	3.7	2.1	3	3 3
県北諸県1号	4	23.8	22.5	15.5	4.1	3.7	1.9	3	3 3
県始良4号	6	22.8	20.2	15.4	4.5	4.2	1.2	3	5 4
県始良47号	3	24.2	27.0	13.6	4.5	4.0	2.5	2	4 3
県始良53号	3	22.7	22.6	15.3	4.5	3.8	2.9	3	4 3

※1：林内木が存在せず、林縁木の調査結果を記載

※2：曲：1→直：5

※3：2カ年調査(平成29年、平成30年)の平均値。少：1→多：5

※4：26年生時データを記載。疎・細・短：1→密・太・短：5

大分県農林水産研究指導センター林業研究部研究報告 第18号
ヒノキ第一世代精英樹クローン林分の特徴
—次世代の森林づくりに向けたヒノキ精英樹の選抜—

令和4年1月31日 発行

編集 大分県農林水産研究指導センター林業研究部

〒877-1363

大分県日田市大字有田字佐寺原 35

TEL 0973-23-2146

FAX 0973-23-6769

E-mail : a15088@pref.oita.lg.jp

<https://www.pref.oita.jp/soshiki/15088/>
