

論文

スギ特定母樹若齢木の樹形および台木仕立て過程における採穂量の推移^{*1}大塚次郎^{*2}・森山央陽^{*3}・栗田 学^{*3}・久保田正裕^{*2}・倉本哲嗣^{*4}

大塚次郎・森山央陽・栗田 学・久保田正裕・倉本哲嗣：スギ特定母樹若齢木の樹形および台木仕立て過程における採穂量の推移 九州森林研究 75：45－52，2022 本研究では九州地方のスギ特定母樹のさし木苗の生産普及に向けて主に第二世代の採穂台木の育成技術の検討を目的とした。第一世代と第二世代の若齢木の樹形と枝の着生状況を調べた結果、同程度の樹高で比べた場合、第一世代はより樹幹が太く、幅広で枝付きが良く充実した樹冠を有するものが多く、第二世代はすらくとして枝をすいたような樹冠を有するものが多くあった。この見た目の違いは一次枝の長さや着生角度、曲がり具合の異なる特徴に起因していた。第二世代の採穂台木の樹型誘導過程で得られたさし穂の数は、開始2年後までは断幹前の樹高と正の相関があったが3年後では相関はなく、植栽後3年で樹型誘導を開始した試験木が植栽4年で開始した試験木と比較して平均さし穂数は有意に多い結果となった。スギ特定母樹は樹高2.3 mに達した段階で早期に断幹による樹型誘導を開始することがその後の萌芽枝のさし穂の早期獲得に有効であると考えられた。

キーワード：採穂台木，第一世代精英樹，第二世代精英樹，樹型誘導，萌芽枝

I. はじめに

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）では、第2条第2項において特に優良な種苗を生産するための種穂の採取に適する樹木であって、成長に係る特性の特に優れたものを農林水産大臣が「特定母樹」として指定することが規定されており、森林吸収源対策としてその増殖の実施の促進を図ることとされている。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（林野庁，2021 a）。

九州地方が植栽に適した地域・環境に指定されたスギ特定母樹は2021年9月末時点で計39系統となっており、その内訳は第一世代精英樹の系統（以下、第一世代とレクロンを含む）から指定された系統21系統と第一世代精英樹同士の交配によって得られた実生F1の中から選抜された“エリートツリー”と呼ばれる第二世代精英樹の系統（以下、第二世代とレクロンを含む）から指定された系統18系統である（林野庁，2021 b）。第一世代を用いたスギの採穂台木については、具体的な仕立て方の例も示されており、国立研究開発法人森林総合研究所林木育種センター九州育種場（以下、九州育種場）におけるスギの採穂台木の育成では、植栽後4年頃から樹高2.3 m以上となった時点で、作業の利便性を考慮し1.5～2.0 mの範囲で断幹を実施している（九州育種場，1970）。第一世代の多くは過去に県等の採穂園に植栽され、このうちのいくつかの特定母樹は採穂台木が仕立てられて穂木が採取され、生産者による造林用苗木の生産、普及が進んでいる。他方、第二世代特定母樹については、九州育種場から県や認定特定増殖事業者が苗木や穂木での原種の配布を行い、これらの

苗木（穂木の場合は増殖したさし木苗）が植栽されて採穂台木が育成されている段階である。このため第二世代を用いた採穂台木の仕立て方の事例報告はこれまでなく、認定特定増殖事業者からは第二世代の若齢木の見た目から採穂台木として仕立てにくいのではないかといった意見もあった。また、成長に優れた特定母樹はこれまでよりも若い樹齢で採穂台木としての樹型誘導を開始できると予想されるが、より若齢での樹型誘導がその後のさし穂の生産量に与える影響は明らかではない。九州育種場では、第二世代特定母樹を含むエリートツリーの採穂台木育成技術の開発に向けた情報の集積を行っている。今回は第一世代と第二世代のスギ特定母樹の若齢木の樹形と枝の着生状況を調査した。また、スギ特定母樹およびその他の第二世代の若齢木を対象として、通常断幹を実施している4年生とそれよりも早い年次で断幹処理を行い、その後の剪定の実施による採穂台木の仕立て過程における採穂量の推移を調査した。これらの結果をもとに第一世代と第二世代スギ特定母樹の若齢木の①樹形の見た目の違い、②枝の着き方の特徴、③樹型誘導の開始時期と仕立て過程における採穂量の関係について考察するとともに主に第二世代のスギ特定母樹の採穂台木の育成技術の検討を行ったので報告する。

II. 材料と方法

1. スギ特定母樹若齢木の樹形と一次枝の着生状況

(1) スギ特定母樹若齢木の樹形の調査

樹形の調査対象に用いたスギ特定母樹は、さし木で増殖して九州育種場内圃場に2018年3月と4月、2019年3月と6月に植栽した第一世代と第二世代と対照の在来アヤスギ、シャカイン、タノアカである。調査対象木の内訳を表-1に示す。植栽の配置は

^{*1} Otsuka, J., Moriyama, S., Kurita, M., Kubota, M. and Kuramoto, T.: Young trees form and scion quantity accompanied with making scion tree model of specific mother tree in Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*).

^{*2} 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.

^{*3} 森林総合研究所林木育種センター関西育種場 Kansai Regional Breed. Office, Forest Tree Breed. Ctr., For. & Forest Prod. Res. Inst., Shouou, Okayama 709-4335, Japan.

^{*4} 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.

表-1. スギ特定母樹若齢木の樹形の調査対象木

種別	系統数	本数	系統当たりの本数
第一世代	20	94	3~6
第二世代	18	87	2~6
在来 (対照)	3	9	3
計	41	190	3

原則1系統3本植えの2ブロックで植栽間隔は1ブロックが1.8m×1.8m, 2ブロックが2.4m×2.4mである。2021年6月下旬から7月上旬(植栽から約3年数ヶ月または約2年数ヶ月が経過)に樹高, 胸高直径, 東西および南北方向の樹冠幅, 主幹から発生している長さ30cm以上の枝(以下, 一次枝という)の数を計測した。計測時点において1ブロックで隣接木の樹冠と接している植栽木があったが, 樹冠の著しい重なりは見られなかったため解析の際に植栽間隔の影響は含めないこととした。樹冠幅は東西および南北方向の平均を算出し, これを樹冠幅として解析に用いた(以下同じ)。統計解析にはEZR(Kanda, 2013)を使用した。

(2) 単木の一次枝の着生調査

これら若齢木のうち単木の一次枝の着生調査を2021年8月下旬から9月上旬にかけて, 見た目が異なる樹冠を有していた県始良20号と県佐伯13号, 第二世代の九育2-139, 九育2-147, 九育2-203の各1個体(いずれも2018年3月植栽, 植栽から約3年半が経過)について, 樹高, 胸高直径, 東西および南北方向の樹冠幅, 一次枝数を計測した。この他に一次枝の着生部の高さ, 一次枝を真っ直ぐに伸ばした長さ, 一次枝の基部から枝先までの距離, 一次枝の基部の仰角角度を計測した。計測した一次枝の基部から枝先までの距離/一次枝を真っ直ぐに伸ばした長さ×100=通直性割合(%)として一次枝の曲がり具合の指標とした。

2. スギ特定母樹と第二世代の若齢木の樹型誘導と採穂量

樹型誘導の実施と採穂量の調査対象とした試験木は, さし木もしくは接ぎ木で増殖し九州育種場内圃場に2014年3月, 2015年2~3月および2016年3月に1.8m間隔で植栽された第一世代および第二世代のスギ特定母樹とそれ以外の第二世代の33個体である。試験対象の採穂台木の型は, 断幹の高さは1.5mで上の方の一次枝は短め, 下の方の一字枝は長く残して円錐形に切り詰める一般的に高台丸刈(田中, 1967)や高台円錐形(百瀬, 1969)と呼ばれる樹型に誘導した。各試験木が植栽から2, 3または4年経過した2018年5~6月に高さ1.5mで断幹を実施した。断幹時に樹勢が旺盛な個体については主幹から発生した一次枝の一部の剪定を実施し, 同じ個体について2019年, 2020年の4~5月に一次枝と萌芽枝の剪定を実施して萌芽枝の発生の拠点となる部位を作る樹型誘導を行った。翌2021年4~5月に萌芽枝と前年までに切り残した一部の一次枝の剪定を実施した。この間における一次枝の基部からの剪定(枝抜き)は, 下垂枝などの不要枝やその他枝同士が重なり合っている場合などに限って少ない範囲で実施した。樹型誘導開始時の断幹および剪定で切り落とした枝から萌芽枝以外の普通の枝(以下, 普通枝)と萌芽枝を区別せずに, 穂長30cm, 基部径3mm以上の軸のあるさし穂として利用可能な穂の数を計測した。この際にさし穂に不適な著しく曲がった穂

は除外した。また断幹から3年後の2021年に剪定を実施した際に台木の主幹に着生した一次枝の数を計測した。植栽から断幹までの経過年数別の第一世代と第二世代の試験木の系統数および本数を表-2に示す。なお, 第二世代の植栽から断幹までの年数の異なる試験木で共通した系統は1系統のみである。統計解析にはEZR(Kanda, 2013)を使用した。

表-2. 植栽から断幹までの経過年数別の試験木の系統数および本数

植栽から断幹までの年数	第一世代(うち特定母樹)		第二世代(うち特定母樹)	
	系統数	本数	系統数	本数
2	-	-	1(1)	2(2)
3	-	-	11(3)	15(4)
4	4(4)	7(7)	6(4)	9(7)
計	4(4)	7(7)	17(7)	26(13)

III. 結果

1. 第一世代と第二世代のスギ特定母樹若齢木の樹形

調査解析に用いた対象の第一世代と第二世代のスギ特定母樹若齢木の樹高および胸高直径の頻度分布を図-1, 平均, 標準偏差, 中央値, 最小, 最大を表-3に示す。調査対象木のサイズ構成はいずれも樹高が3.5~4m, 胸高直径が5~6cmの階層にモードがくる山型を示した。第一世代と第二世代の分散はF検定の結果, 樹高および胸高直径のどちらも有意差はなかった(樹高: $p=0.053$, 胸高直径: $p=0.631$)。また, 第一世代と第二世代の平均の比較は, それぞれ対応のないt検定を用いた結果, 樹高および胸高直径の平均値に有意な差はなかった(樹高: $p=0.415$, 胸高直径: $p=0.684$)。これらのことから調査解析した第一世代と第二世代のスギ特定母樹のサイズ構成に大きな違いはなかった。

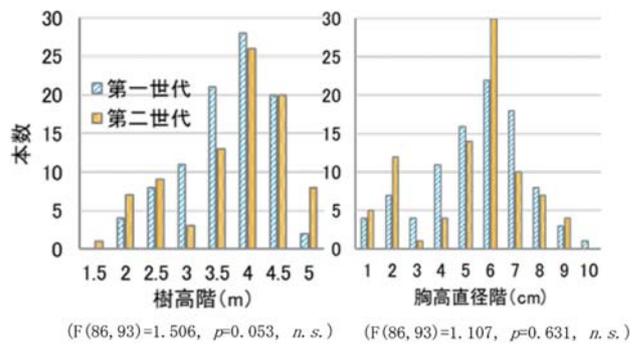


図-1. 調査解析したスギ特定母樹若齢木の樹高階と胸高直径階分布

表-3. 調査解析したスギ特定母樹若齢木の樹高と胸高直径の平均, 標準偏差, 中央値, 最小, 最大

	樹高 (m)		胸高直径 (cm)	
	第一世代	第二世代	第一世代	第二世代
平均	3.45	3.55	4.97	4.85
標準偏差	0.07	0.09	1.95	2.05
中央値	3.56	3.70	5.21	5.32
最小	1.6	1.4	0.51	0.68
最大	4.7	4.75	9.19	8.44

(樹高: $t(179)=0.817$, $p=0.415$, n.s., 胸高直径: $t(179)=0.408$, $p=0.684$, n.s.)

第一世代と第二世代のスギ特定母樹若齢木の樹高と胸高直径の関係を図-2に示す。回帰分析の結果、決定係数は第一世代が0.87 ($p < 0.01$), 第二世代が0.91 ($p < 0.01$) で高い相関を示

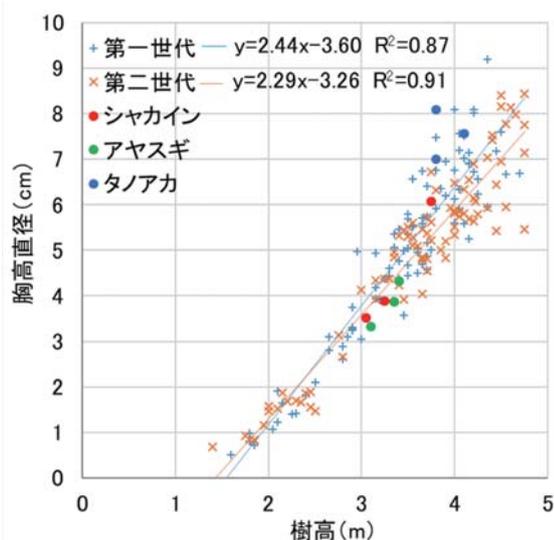


図-2. スギ特定母樹若齢木の樹高と胸高直径の関係

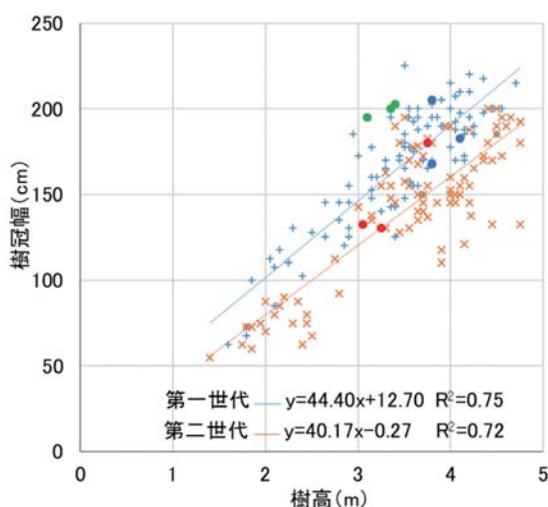


図-3. スギ特定母樹若齢木の樹高と樹冠幅の関係

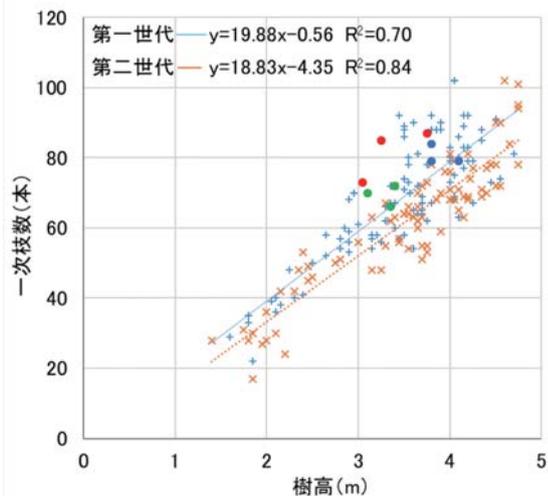


図-4. スギ特定母樹若齢木の樹高と一次枝数の関係

した。共分散分析による回帰係数の比較検定の結果、2つの回帰式の勾配係数(第一世代2.44, 第二世代2.29)と定数(第一世代-3.60, 第二世代-3.26)は有意な違いがあり($p < 0.01$), 同程度の高さの植栽木を比べた場合、第一世代で胸高直径の太い植栽木が多かった。在来のタノアカは同程度の樹高の第一世代と比較して胸高直径が太い方に位置していた。

第一世代と第二世代のスギ特定母樹若齢木の樹高と樹冠幅の関係を図-3に示す。回帰分析の結果、決定係数が第一世代0.75, 第二世代が0.72の相関を示した($p < 0.01$)。比較検定の結果、勾配係数(第一世代44.40, 第二世代40.17)に有意差はなかったが、定数(第一世代12.70, 第二世代-0.27)は有意に異なり($p < 0.01$), 同程度の高さの植栽木を比べた場合、第一世代でより幅広い樹冠を有する植栽木が多かった。なお、在来のアヤスギは同程度の樹高の第一世代と比較して幅広い樹冠を有していた。

第一世代と第二世代のスギ特定母樹若齢木の樹高と枝数の関係を図-4に示す。回帰分析の結果、決定係数が第一世代0.70, 第二世代が0.84($p < 0.01$)の相関を示した。比較検定の結果、勾配係数(第一世代19.88, 第二世代18.83)に有意差はなかったが、定数(第一世代-0.56, 第二世代-4.35)は有意に異なり($p < 0.01$), 同じ程度の高さの植栽木を比べた場合、第一世代で枝数の多い植栽木が多かった。なお、在来のシャカインは同程度の樹高の第一世代と比較して多くの枝を有する方に位置していた。

2. スギ特定母樹若齢木の枝の着生状況

単木の一次枝の着生調査を実施した5個体の樹高、樹冠幅、一次枝数および樹冠幅/樹高および一次枝数/樹高を表-4に示す。樹高が最大の九育2-147と最小の県始良20号の差は0.7mであった。樹冠幅/樹高は大きい方から県佐伯13号、九育2-139、県始良20号、九育2-147、九育2-203の順であった。図-5に示した各調査木の写真画像を見ると比較した5個体の中で県佐伯13号は樹冠幅が広く先端に向かって鈍角な樹冠、県始良20号の樹冠下部は丸みを帯びているが上部は尖った樹冠、九育2-203は樹冠幅が狭く先端に向かって鋭角な樹冠を有していた。調査木の県佐伯13号と県始良20号の樹冠幅を図-3の第一世代の回帰式に樹高を当てはめて算出したそれぞれの回帰値と比較したところ、県佐伯13号は222.5cm > 215.8cm(回帰値)で第一世代の中でも比較的幅広、県始良20号は185.0cm < 212.2cm(回帰値)で狭い方であった。第二世代についても同様に第二世代の回帰値と比較したところ、九育2-139は202.5cm > 185.3cm(回帰値)で幅広、九育2-147は197.5cm < 206.6cmで比較的狭い方、九育2-203は180cm < 192.5cmで狭い方であった。

一次枝数/樹高は多い方から県佐伯13号、九育2-147、九育2-203、県始良20号、九育2-139の順であった。一次枝数について図-4のそれぞれの回帰式に樹高を当てはめて算出した回帰値と比較したところ、第一世代の県佐伯13号は101本 > 90.5本で多く、県始良20号が90本 > 88.9本で僅かに多かった。第二世代については、九育2-147は106本 > 92.6本、九育2-203は97本 > 86.0本で多く、2-139は86本 > 82.6本で比較的多かった。

表-4. 枝の着生調査を実施したスギ特定母樹若齢木5個体の樹高、樹冠幅および枝数

種類	系統名	樹高 (m)	樹冠幅 (cm)	枝数 (本)	樹冠幅/樹高	枝数/樹高
第一世代	県始良20号	4.5	185.0	90	41.1	20.0
	県佐伯13号	4.6	222.5	101	48.6	22.1
第二世代	九育2-139	4.6	202.5	86	43.8	18.6
	九育2-147	5.2	197.5	106	38.3	20.6
	九育2-203	4.8	180.0	97	37.5	20.2



図-5. 枝の着生調査を実施したスギ特定母樹若齢木5個体

各調査木の地上高0.5~1.5 m, ~2.5 m, ~3.5 mの階層における枝長別の一次枝数を図-6, 基部の仰俯角度別の一次枝数を図-7, 通直性割合別の一次枝数を図-8に示す。調査した5個体は, どの階層においても枝長30 cm以上の枝の本数は20本を超えていた。第一世代の中で樹冠が比較的幅広で一次枝数が多かった県佐伯13号は全ての階層に一次枝が満遍なく多く着生しており, 100 cmの長さを超える一次枝は0.5~1.5 mの階層で22本/27本, ~2.5 mの階層では13本/27本で他の4個体と比べて多かった。一次枝の着生角度はどの階層でも水平から15°以上の上向きに着生した枝の数が半分以上となっており, 通直性割合はどの階層でも95%以上の曲がりの少ない枝がほとんどを

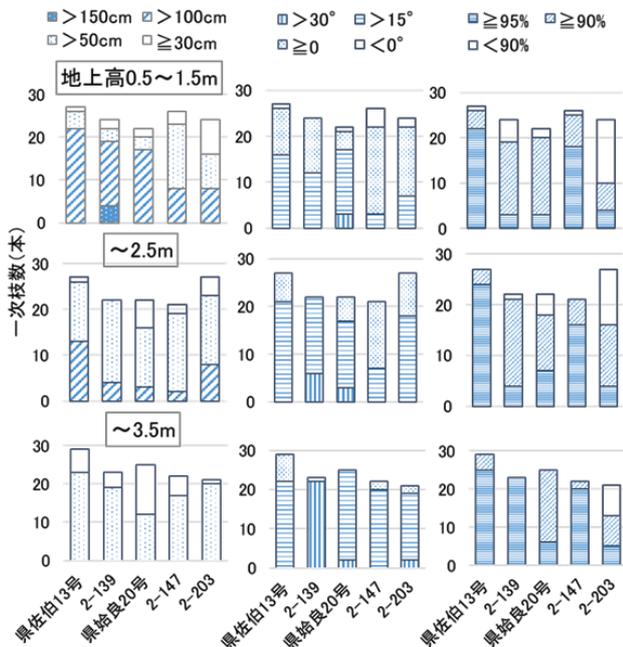


図-6. 枝長別の一次枝数 図-7. 基部の仰俯角度別の一次枝数 図-8. 通直性割合別の一次枝数

占めていた。県佐伯13号は上向きに着生した曲がりの少ない多数の長い一次枝が樹冠上部まで多くあったことから, 幅広かつ枝数の多い樹冠となっていた。

第一世代の中で樹冠が狭く, 枝数は僅かに多くあった県始良20号は100 cmを超える一次枝は0.5~1.5 mの階層では17本/22本と比較的多くあったが, ~2.5 mの階層では3本/22本と少なかった。一次枝の着生角度は水平から30°を超えて上向きに着生した枝が全ての階層で見られ, これも含めた15°以上の上向きに着生した枝が多くを占めていた。県始良20号は一次枝の通直性割合90%以上95%未満の枝が占める割合がどの階層でももっとも高く, 弓なりに緩やかに曲がった枝が多数を占めていた。県始良20号は樹冠下部で長い一次枝は多くあったが樹冠上部では少なく, 樹冠下部の一次枝の多くは上向きに着生した緩やかに曲がった枝であったことから, 下部で丸みを帯びた狭い樹冠と先端が尖った樹冠となっていた。

第二世代の中で樹冠が幅広で枝数は僅かに少なかった九育2-139は0.5~1.5 mの階層の100 cmを超える一次枝は19本/24本と多く, 15°以上の上向きに着生した枝の数が半分程度, 通直性割合90%以上95%未満の枝が16本/24本で, この階層の枝は弓なりに緩やかに曲がった枝が多かった。九育2-139は樹冠下部に多くの長く曲がりの少ない一次枝がより水平方向と上向きに同程度着生していたことから, 幅広な樹冠となっていた。

第二世代の中で比較的狭い樹冠で一次枝の数が比較的多かった九育2-147は0.5~1.5 mの階層の100 cmを超える一次枝は8本/26本と少なく, 0°以上15°未満の水平方向に着生した枝が19/26本と多く, 通直性割合95%以上の曲がりの少ない枝が18本/26本と多かった。九育2-147は樹冠下部でより水平方向に着生した曲がりの少ない一次枝が多くあったが長い枝が少なかったことから, 比較的狭い樹冠となっていた。

第二世代の中で狭い樹冠で一次枝の数が比較的多かった九育2-203は0.5~1.5 mの階層の100 cmを超える一次枝は8本/24本と少なく, 0°以上15°未満の水平方向に着生した枝が15/24本で半分以上を占めていた。通直性割合90%未満の枝が14本/24本, 95%未満の枝が6本で曲がった枝が多数あり, これらの枝の多くは枝の途中から上向きに大きく曲がった形をしていて, らせん状に旋回して曲がった枝も比較的多く見られた(図-9)。九育2-203は樹冠下部でより水平方向に着生した一次枝



図-9. 矢印の方向にらせん状に旋回して曲がった一次枝 (九育2-203)

が比較的多かったが長い枝が少なく曲がりの大きな枝が多かったことから、狭い樹冠となっていた。

3. 採穂台木の仕立て過程における採穂量の推移

さし穂の普通枝と萌芽枝を区別した計測は実施しなかったが、断幹時のさし穂は、断幹で切り落とした樹体上部から採穂できた普通枝と樹勢が旺盛個体の一次枝の剪定で得られた数本の普通枝がほぼ全てを占めていた。断幹1年後のさし穂の多くは一次枝の剪定の際に切り落とした普通枝で、その他は主幹の断幹部付近と主幹の中ほどに発生した萌芽枝由来のものであった。断幹2年後のさし穂は断幹および一次枝の剪定後に発生した萌芽枝が多くなったが、前年に切り残した一次枝の剪定で切り落とした普通枝も多く含まれた。断幹から3年後のさし穂のかかなり多くは断幹部および一次枝の剪定、採穂により作った萌芽の拠点や幹から発生した真っ直ぐな萌芽枝（図-10）となっていた。



図-10. 樹型誘導後に発生したほぼ真っ直ぐな萌芽枝
(九育2-203)

植栽から2, 3または4年経過した時点で断幹を行い、その後採穂、剪定による樹型誘導を実施した試験台木について、断幹前の樹高と断幹時、1年後、2年後および3年後に得られたさし穂の数の関係を図-11に示す。植栽から断幹までの経過年数が異なる全ての第二世代の試験木を対象に断幹前の樹高と各時点でのさし穂の数についてスピアマンの順位相関係数を求めた。その

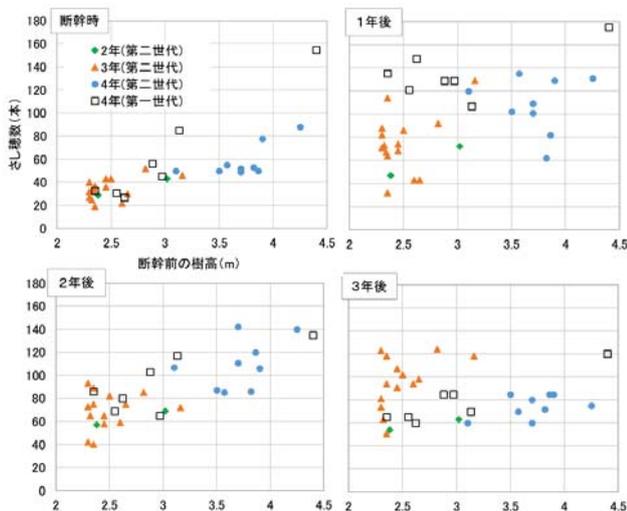


図-11. 断幹前の樹高と断幹時、1年後、2年後および3年後のさし穂数の関係

結果、断幹時は0.82 ($p < 0.01$) で高い正の相関があり、1年後が0.48 ($p < 0.05$)、2年後が0.64 ($p < 0.01$) で正の相関が認められ、3年後は-0.08 ($p = 0.69$) で相関はなかった。3年後に得られたさし穂の数は、植栽2年で断幹した試験木が54本と63本で平均58.5本、3年の試験木が51~124本で平均93.7本、4年の試験木が60~85本で平均74.7本であった。植栽3年で断幹した試験木の3年後の平均は、植栽4年で断幹した試験木の平均を有意に上まわった (t -test, $p < 0.05$)。第一世代の試験木では、同じく植栽4年で断幹した樹高がより高い第二世代と比べると断幹時と2年後のさし穂の数は樹高に比例して少なく、断幹1年後ではさし穂の数が上まわった試験木が多く見られた。断幹3年後の採穂の数は60~120本で平均78.6本となっており、植栽から断幹までの年数が同じく4年の第二世代の3年後の平均74.7本と比べて有意差はなかった (t -test, $p = 0.63$)。

断幹、剪定の樹型誘導開始から3年後に主幹に着生していた台木の一次枝数とさし穂の数の関係を図-12に示す。この時点で着生していた一次枝は、断幹以降に幹から新たに発生した萌芽枝も若干数含まれていたが、ほとんどは断幹前に着生していた枝であった。第一世代、第二世代ともに台木の一次枝数とさし穂の数に相関はなかった（スピアマンの順位相関係数：第一世代-0.23、第二世代0.07）。断幹までの経過年時別の台木の一次枝数は、第二世代で断幹時の年数が2年の試験木が12と14本で平均13.0本、3年の試験木が12~22本で平均15.9本、4年の試験木が15~19本で平均17.1本でより若齢時に断幹した試験木で平均一次枝数が少なかった。第一世代の植栽から断幹までの年数が4年の試験木は17~23本で平均19.1本であった。

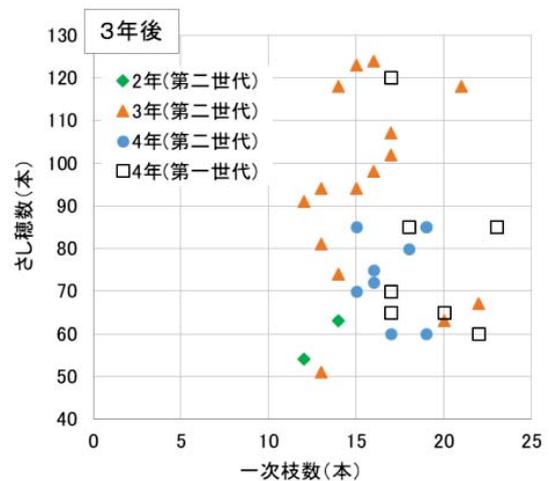


図-12. 樹型誘導開始から3年後の台木の一次枝数と採穂数の関係

IV. 考察

1. 第一世代と第二世代スギ特定母樹若齢木の樹形の見た目の違い

今回樹形の調査解析をした植栽から2年ないし3年経過したスギ特定母樹では、同程度の樹高を有する第一世代と第二世代の胸高直径を比べた場合、第一世代でより太い植栽木が多かった（図-2）。樹冠幅についても第一世代でより幅広い樹冠を有する植栽木が多かった（図-3）。さらに枝数についても第一世代で一次枝

の数が多い植栽木が多かった(図-4)。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肥の影響も大きい(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受けていることを明らかにしている。また、枝張りについても遺伝性があることが古くから指摘されている(有田, 1964)。今回の調査では同一箇所に集植した若齡木を対象としており、環境要因の影響は少ないと考えられ、在来のタノアカ、シャカイン、アヤスギについても、それぞれの形態的特性を確認できた。今回調査した第一世代の中で胸高直径や樹冠幅が比較的細かったり、枝数が少ない特性を有する系統もあれば、第二世代の中で比較的胸高直径や樹冠幅が太かったり、枝数が多い特性を有する系統もあることは容易に予想される。ただし、現在指定されている複数系統のスギ特定母樹若齡木を比較した今回の調査の結果では、同程度の樹高で比べた場合、第一世代でより樹幹が太く、幅広で枝付きが良く充実した樹冠を有するものが多くあり、第二世代はすらっとして枝をすいたような樹冠を有するものが多くあった。この樹形の見た目の違いによって、採穂台木としての利用・普及がこれからである第二世代の特定母樹は、既に採穂台木として利用されてきた在来スギや第一世代と比べると採穂台木として仕立てにくいのではないかと印象づける要因であることが確認された。

2. 見た目が異なる樹冠を有する若齡木の枝の着き方の特徴

植栽から3年経過したスギ特定母樹若齡木のうち、第一世代の中でも比較的幅広な樹冠を有し、主幹に着生した一次枝の数が多かった県佐伯13号は主幹から上向きで曲がりの少ない長い枝がより多く着生しており、樹冠上部かけて枝が満遍なく着生していた(表-4, 図-6, 7, 8)。このことが県佐伯13号の樹冠幅が広く、先端に向かって鈍角な樹冠の見た目の要因となっていた。長く曲がりの少ない多くの枝からなる樹冠の場合、採穂台木の樹型誘導初期における断幹および剪定の際にさし木苗生産に適した穂をより多数得ることができる。県始良20号は樹冠下部で長い一次枝は多くあったが上向きに着生した緩やかに曲がった枝が多くあったことから、狭い樹冠幅であった。樹冠下部で長い枝が多ければ、樹型誘導の一次枝の剪定の際にこの部分からさし穂をより多くとることができる。また今回見られたような緩やかな枝の曲がりはさし穂として利用する際には大きな支障とはならない。第二世代の九育2-139の一次枝数は調査した他の個体に比べて少なかったが、樹冠下部に多くの長く曲がりの少ない一次枝がより水平方向と上向きに同程度着生していたことから幅広な樹冠となっていた。枝数は少ないため、断幹時の採穂量はより少なくなるが、一次枝の剪定の際に下部からさし穂を多くとることが可能である。九育2-147は樹冠下部により水平方向で曲がりの少ない一次枝が多くあったが、長い枝が少ないため比較的狭い樹冠となっていた。このような樹形では断幹、剪定の樹型誘導過程における採穂量は比較的少なくなる。九育2-203は樹冠下部でより水平に着生した一次枝が比較的多かったが長い枝が少なく、曲がりの大きな枝が多かったことから狭い樹冠となっていた。著しく曲がった枝(図-9)はさし穂として不適であることから、樹型誘導過程における利用可能なさし穂はより少なくなると考えられ

た。今回調査した5系統の個体は、一次枝の長さや着生角度、曲がり具合が異なる特徴を有して、この枝の着き方の特徴が樹形の見た目の違いの要因となっていた。枝の着き方の特徴の違いは、樹型誘導過程におけるさし穂の質に直結するとともに、得られる量にも違いが生じることが十分考えられた。

3. 樹型誘導の開始時期と仕立て過程における採穂量

断幹および一部の一次枝の剪定で切り落とした部分からの採穂量は系統による枝の着き方により違いが生じると考えられたが、それ以上に個体のサイズに依存することは自明であり、今回断幹時のさし穂数は断幹前の樹高と高い正の相関があった(図-11)。また、断幹翌年以降の採穂量は一次枝の剪定の仕方(強度)に影響されるが、初回断幹から2年かけて萌芽枝の発生の拠点となる部位を作る樹型誘導を行った結果、断幹から1年後および2年後のさし穂数についても断幹前の樹高と正の相関があった。第二世代の試験木の断幹前の樹高は、断幹までの経過年数が長い試験木でより高いものが多かったため、結果的に断幹2年後までのさし穂の数は、断幹までの年数を長く置いた試験木で多い結果となった。しかしながら樹型誘導を開始して3年後の萌芽枝が多くなった時点でのさし穂の数は、断幹前の樹高と相関はなく、植栽後3年で樹型誘導を開始した試験木が植栽4年で開始した試験木と比較して、平均さし穂数は有意に多い結果となった。倉本ほか(2016)の報告では、成長が良好な第二世代において樹高が2.3mを超えた段階で断幹を行った結果、成長が旺盛なものほど萌芽枝の発生が多い傾向であることが示唆され、スギ第一世代の採穂台木育成のための断幹時期である4年生よりも若齡の段階で十分な萌芽枝が発生するものと考えられた。今回の結果においても、植栽後に長く据え置きして大きくなった時点で断幹をすることで必ずしもその後には萌芽枝のさし穂がたくさん採れるわけではないということを示しており、樹高2.3mを超えた段階で早めに断幹することが萌芽枝の早期獲得に効果的であると考えられた。採穂台木1本当たりの採穂量は台木の仕立て形式によって大きな差があるほか、スギの種類による萌芽性の違い、植間隔や施肥、台木の肥培の程度によっても大きな差ができる(田中, 1967)、過去に九州育種場で第一世代15系統を対象に植栽から4年経過した時点において高さ1.8mで断幹し、剪定による高台丸刈型に樹型誘導を行った試験では、断幹から3年後の台木一本当たりの採穂量は、今回の試験よりも大きな穂長35cm前後、元口径6mm以上のさし穂の数を計測しているが56本、翌年60本、翌々年が71本であった(戸田・立仙, 1975)。採穂量については植栽後の年数の経過とともに一定量になると考えられており(森下・大山, 1972)、これは断幹、剪定による樹型誘導後に毎年採穂、剪定を実施することで台木のサイズが大きく変化することがないことに起因していると考えられる。今回の試験木についてもさらなる年数の経過とともに植栽から断幹までの年数にかかわらず萌芽枝の採穂量は一定量に安定してくると予想される。植栽から4年で断幹した第一世代と同年数で断幹したより樹高の高い第二世代と比べると第一世代で断幹1年後のさし穂数が上まわった試験木が多く見られた。これは断幹で残った一次枝の付き方が影響していると考えられる。ただし、3年後のさし穂の数の平均は第一世代と第二世代による有意な差はなく、第一世代と第二世代

のどちらとも年数の経過とともに採穂量は一定量に安定すると考えられる。

今回、単木の枝の着き方調査したスギ特定母樹の中には第二世代の九育2-203のように複数の一次枝が著しく曲がる特徴をもつ系統も存在したが(図-9)、樹型誘導後に発生した萌芽枝はほぼ真っ直ぐな枝となった(図-10)。樹木のさし木では、普通枝(栄養枝)よりも萌芽枝の発根能力が高いことが古くから知られている(田中, 1967; 森下・大山, 1972; 前田, 1978)。これは林木は一般に年をとるに従ってさし木の発根能力が低下するといわれており、個体の樹齢が若いほど生理的齢が若く、また一本の樹木内において下部ほど生理的齢が若いと考えられ、剪定などによって生理的齢を若返らせることができるからと考えられる(橋詰・谷口, 1981)。断幹、剪定により採穂台木を仕立てる目的は、樹高を低く抑え、剪定を繰り返して、萌芽枝をたくさん発生させ、生理的年齢の若返ったこの萌芽枝をさし穂として利用することである。この目的に加えて、普通枝が曲がりの著しい特徴をもつ場合においては、採穂台木を仕立てることで不要な枝を除去してほぼ真っ直ぐなさし穂に適した萌芽枝を多数得ることができる。

第二世代の断幹から3年後の時点での台木の一次枝数と採穂数との間には相関はなかったが(図-12)、断幹部および台木の一次枝の剪定部位に作る萌芽枝の発生拠点から発生する萌芽枝を採穂できるように採穂台木を仕立てていくことから、採穂量は一次枝の数に影響を受けると考えられる。過去に示されたスギ採穂台木の育成のマニュアルでは断幹後3年程度かけて一次枝の剪定を行った後、さらに3年程度かけて間引き剪定(枝抜き)を行って台木を仕上げるようになっており、断幹高1.8mで仕上がり台木の樹型誘導の模式図の一次枝の数は16本となっている(九州育種場, 1970)。また、第一世代15系統を対象に植栽から4年経過した時点において高さ1.8mで断幹し、その後一次枝の剪定を行った試験では、断幹から3年経過した時点で間引き剪定前の台木の一次枝数は21~25本、平均23本であったとの報告がある(戸田・立仙, 1975)。今回植栽4年で1.5mの高さで断幹し、その後一次枝の剪定を行った断幹から3年経過した時点の第二世代の試験木の一次枝数は15~19本、平均17.1本、第一世代の試験木の一次枝数は17~23本、平均19.1本で第二世代がより少なかったが、過去の報告と比較すると今回はより低い高さで断幹していること、不要枝や重なり枝の若干の間引き剪定を実施したことを考慮するとそれほど少ない数とはいえない。しかしながら、第二世代の植栽3年で断幹した試験木の3年後の一次数は12~22本、平均15.9本、植栽2年で断幹した試験木の3年後の一次枝数は12本と14本、平均13.0本でさらに枝数が少ない傾向であった。過去のマニュアルに従うと間引き剪定はこの後3年程度かけて実施することとなるが、間引き剪定の開始年月と仕上がり台木の一次枝の数は採穂台木一本ごとの樹勢や枝の重なり方に左右され、早期に仕上がり樹型に近づけようとして断幹から数年の樹型誘導初期に過度の間引き剪定を行ったり、萌芽の発生拠点の重なり具合を意識しすぎて一次枝を切り詰めすぎってしまう場合がある。急激な枝の間引き剪定による枝の減少や枝の切り詰めは樹勢の低下を招く恐れがあり、萌芽の拠点の発生場所として残す枝の成長に合わせて徐々に実施すべきと考えられる。今回の複数のスギ特定母樹若齢木の樹形の調査では、第一世代でより幅広

で一次枝の数が多し植栽木が多く、第二世代でより狭い樹冠幅で一次枝数が少ない植栽木が多い結果であった(図-3, 図-4)。また、単木の枝の着生調査の結果では、樹冠幅が比較的狭かった九育2-147や狭かった九育2-203の調査木では長い一次枝が少なかった(図-6)。成長に優れた特定母樹が樹高2.3m以上となった時点で早期に断幹による採穂台木への樹型誘導を行う場合、特に第二世代において断幹前の自然樹形の枝数が少ない場合や枝長が短い場合があることから、樹型誘導の際に過度な剪定を行わないように注意する必要があると考えられた。ただし、誤って過度な剪定による枝抜きや一次枝の切り詰めを行った場合においても枯損や枝が枯れ上がらない限り、今回の試験の樹型誘導開始3年目の一部の台木で見られたような幹からの新たな萌芽枝の発生や切り詰めた一次枝のその後の伸長が期待できる。これらの枝が伸長して樹勢が回復した段階で改めて採穂拠点を作ることは可能であるが、この場合は当然さらに樹型誘導の期間を要することとなる。

V. まとめ

現在指定されている複数系統のスギ特定母樹若齢木を比較した今回の結果では、同程度の樹高で比べた場合、第一世代でより樹幹が太く、幅広で枝付きが良く充実した樹冠を有するものが多くあり、第二世代はすらっとして枝をすいたような樹冠を有するものが多くあった。この見た目の違いが第二世代の特定母樹は採穂台木として仕立てにくいのではないかという印象を与えていた。採穂台木の樹型誘導過程における採穂量は断幹時の大きさと正の相関があり、また充実した樹冠を有する傾向があった第一世代でより採穂量が多くなることは十分考えられた。しかしながら、樹型誘導開始3年後の平均の採穂数は第一世代と第二世代による有意な差はなく、どちらも年数の経過とともに採穂量は一定量に安定すると考えられた。成長に優れたスギ特定母樹では樹高2.3mに達した段階で早期に断幹による樹型誘導を開始することがその後の萌芽枝のさし穂の早期獲得に効果的であると考えられ、さらに普通枝が曲がりの著しい特徴をもつ場合においては不要な枝を除去してよりさし穂に適した真っ直ぐな萌芽枝を多数得ることができる。ただし、早期に採穂台木への樹型誘導を行う場合、特に第二世代において断幹前の自然樹形の枝数が少ない場合や枝長が短い場合があることから、樹型誘導初期に過度な剪定を行わないように注意する必要があると考えられた。

VI. 謝辞

本研究の調査対象とした植栽木について、森林総合研究所林木育種センター九州育種場の多くの常勤・非常勤職員(転出・退職者を含む)に試験対象木の苗木の増殖、植栽、維持管理および調査に御協力をいただいた。特に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)には調査に大いに御協力いただいた。また北海道森林管理局森林整備部の佐藤省治氏(元九州育種場遺伝資源管理課)には特定母樹の増殖、植栽を精力的に実施していただいた。ここに関係者の方々に深謝する。

引用文献

- 有田学 (1964) 日林誌 46(3) : 77 - 82
- 橋詰隼人・谷口紳二 (1981) 鳥大演報 No.13 : 1 - 17
- Kanda Y. (2013) Investigation of the freely available easy-to-use software 'EZR' for medical statistics. Bone Marrow Transplant. 48 : 452 - 458
- 倉本哲嗣ほか (2016) 九州森林研究 No.69 : 137 - 138
- 前田千秋 (1978) 林木の育種 108 : 1 - 4
- 百瀬行男 (1969) 採種・採穂園の管理とスギのさし木, 農林出版, 東京, 87 - 114
- 森下義郎・大山浪雄 (1972) 挿木の理論と実際, 地球出版, 東京, 87 - 179
- 林野庁 (2021 a) 森林・林業白書令和2年度版, p 35
- 林野庁 (2021 b) 特定母樹一覧 (成長量や材質等に係るデータ) (令和3年9月27日更新) URL : <https://www.rinya.maff.go.jp/j/kanbatu/kanbatu/boju.html>
- 林野庁九州林木育種場 (1970) 九州地方における採穂園の設定と管理, 30 pp
- 田中周 (1967) 採穂園, 地球出版, 東京. 134 pp (35 - 36)
- 丹原哲夫 (1994) 岡山林試研報(11) : 20 - 30
- 戸田忠雄・立仙雄彦 (1975) 九州林木育種場昭和49年度年報
- 矢幡久ほか (1987) 九大演報 57 : 127 - 147
(2021年11月12日受付; 2021年12月24日受理)