

1年生で山行き可能なスギコンテナ苗の育苗

—秋季にコンテナ容器へ直播きする方法—

近藤 晃¹⁾・袴田哲司²⁾・山本茂弘²⁾

¹⁾西部農林事務所天竜農林局

²⁾農林技術研究所森林・林業研究センター

Development of Breeding Method of Containerized Seedlings of Sugi (*Cryptomeria japonica*), which can be Produced in One Year —Direct Sowing to Container in Autumn—

Akira Kondo¹⁾, Tetuji Hakamata²⁾ and Shigehiro Yamamoto²⁾

キーワード：コンテナ苗，スギ，1年生苗，育苗，再造林コスト

I 緒 言

人工林の造成・保育には、植栽から50年生までに平均で1ha当たり約231万円の費用を要し、この内の68%に当たる156万円が植栽後10年間に行われる地拵え、植付けおよび下刈りの造林初期費用（再造林コスト）に費やされている⁵⁾。特に植付けの経費は再造林コストの約2割を占める。植付け作業は、春季に裸苗（根系は畑土が篩い落されて露出した状態の苗木）を唐クワで植付ける方法が一般的である。一方、北欧等では植付けの効率化および植付け可能期間の拡大を目的に、1970年代からコンテナ苗生産技術の開発が行われ、その実用化が図られている^{16,17)}。

コンテナ苗はコンテナ内面のリブ（縦筋状の突起）や凹凸に沿って根系が縦方向に伸長するため、従来のポット苗と異なり根巻きがなく、かつコンテナ容器の開放した底面を地面から浮かした状態で育苗する。このため、コンテナ容器の底面では空気に接触した根系が成長を停止する「空中根切り」が生じる¹⁷⁾。このような培地付苗の一種類であるコンテナ苗は根が充実しているため、植栽適期の幅が広く、その後の活着が良いこと¹⁸⁾から、伐採と同時に植栽を行うこと（一貫作業システム）が可能となり、再造林コスト削減に貢献できると期待されている⁹⁾。しかし、わが国にコンテナ育苗技術が移入されて

10年余⁴⁾にすぎず、本県等の主要造林樹種であるスギおよびヒノキに対応した育苗技術は未だ開発途上である⁶⁾。

従来方法では、スギコンテナ苗（実生）は苗圃で育成した1年生実生苗を春季にコンテナ容器へ移植し、散水施設下で1年間養苗して、規格サイズに達したものが山行き苗木として出荷される（以下、従来法）。一方、裸苗は苗圃で2年間養苗して、同様に規格サイズに達したものが出荷されている^{8,13)}。すなわち従来法によるコンテナ苗および裸苗はいずれも苗齢（生理齢）は2年生（播種してから2成長期間を経た苗木）である。このような方法で育苗した苗木の価格は苗齢が同じであっても、コンテナ苗（従来法）が裸苗に比べて約1.7倍と高い（静岡県における2017年度時点）ことが課題となっている。一般に苗木の価格は育苗期間が長くなるほど灌水、施肥および病虫害防除などの管理費が嵩み、従来法による2年生コンテナ苗においては、移植のコストもかかるため、苗木の価格を下げるためにはコンテナへの直播きと育苗期間の短縮が必要である。さらに苗木の生産数量は植林する森林組合等の需要者側の必要量を予測して育苗するため、育苗期間の短縮により、より正確な必要量予測に基づく、廃棄等のロスが少ない苗木生産が可能となる。このためコンテナ苗の育苗期間を短縮する技術開発が進められている。藤井²⁾の報告では、ガラスハウス内で8月と10月にセルトレイへスギ種子を播種し、発芽した幼苗を2ヶ月以内にコンテナへ移植する方法で1成長期後

の得苗率（苗高 35cm 以上で根鉢が形成された苗）が 78%以上得られたという。また、大平ら¹⁰⁾は、グルタチオンをスギ実生苗に施用し、苗高と根元径の成長促進効果を認めている。これらの方法は、保温効果があるガラスハウスの利用と育苗期間中の移植作業および新たな薬剤施用等が必要であり、コストと簡便性の点で課題がある。一方、筆者らは過年度の予備実験により、9月上旬にスギ種子をコンテナへ直播きすれば、加温を行わなくても 1 年後に山行き可能な苗木が得られることを確認している。

そこで本研究では、伐採と植栽の一貫作業⁹⁾が図られる秋季から冬季の植付けを想定し、播種から概ね 1 年間の育苗期間で山行き可能な短期育苗技術を開発することを目的に、8 月末から 10 月末まで播種時期を離れた育苗試験を行い、播種時期がコンテナ苗の成長と形態、並びに規格に対応した得苗率に及ぼす影響について検討した。

Ⅱ 材料及び方法

静岡県森林・林業研究センター構内（静岡県浜松市浜北区根堅）に設置された網室（鳥獣や昆虫等の侵入を防ぎ、透水性および通気性がある鋼製メッシュ）内において、2016 年 8 月 25 日（以下 9 月区という）、9 月 28 日（10 月区）、10 月 25 日（11 月区）の各月に、スギ種子（静岡県西部農林事務所育種場に設定された少花粉ミニチュア採種圃産の混合種子）、をココナッツハスク（トップココピートオールド、(株)トップ）を培地資材として充填したマルチキャビティーコンテナ容器 JFA300（1 穴（キャビティー）当たり培地量 300ml、24 穴、容器幅 32cm×長さ 52cm、以下、コンテナという）へ直播きした。なお、播種は事前に吸水させた状態の培地表面へ 1 穴当たり約 10 粒を種播き器（RS ハンドシーダー、(株)サカタのタネ）を用いて置床し、播種後、同培地で種子が隠れる程度に覆土し、発芽が完了するまで不織布（降水および光の透過性を有する白色のベタ掛け材）でマルチングした。播種から 2017 年 4 月 20 日まで網室内の散水施設下、それ以降は隣接する網室外の散水施設下へコンテナ容器を移して育苗した。なお、これら施設では加温など人工的な環境調節は行わなかった。幼苗は、徐々に間引きして 2017 年 5~6 月までに各穴 1 本に仕立てた（図 1）。育苗密度は約 200 本/m²とした。コンテナ苗の施肥については、元肥を添加することが一般的であるが¹⁾、本試験では元肥は加えず、発芽後には各 0.2g/穴、2017 年 6 月には各 3g/穴、緩効性肥料（Hyponex Osmocote



図 1 直播き後の芽生え（上）と成長したスギコンテナ苗（下）

1) 上：2017 年 5 月 12 日、下：2017 年 8 月 21 日（9 月区）

Exact Hi.End, N : P₂O₅ : K₂O=16 : 9 : 12, 溶出期間 3~4 ヶ月、(株)ハイポネックスジャパン³⁾を施用した。また、2017 年 4 月から同年 9 月まで、毎月 1 回、液体肥料（Hyponex Universal, N : P₂O₅ : K₂O=18 : 11 : 18, 1000 倍液、(株)ハイポネックスジャパン）を樹体から滴る程度に葉面散布した。水管理は、列状に配架されたノズルから同心円方向へ散水することができるスプリンクラーを用いて、1 回あたり 1 分間、90 分間隔で日中だけ自動散水を基本とし、気象条件により適宜に散水時間と散水間隔を調整した。

苗木サイズについて、苗高は越冬前の 2016 年 12 月 2 日、並びに越冬後の 2017 年 3 月 3 日から試験期末の同年 9 月 14 日（9 月区）、同 10 月 13 日（10 月区）および 11 月 14 日（11 月区）まで、根元径は軸が木化した 2017 年 7 月から各期末まで、コンバックスと電子ノギスを用いて、苗高は 1mm 単位、根元径は 0.1mm 単位で定期的に測定した。なお、時期別に播種したコンテナ容器は各月ごと複数個設定したが、苗木サイズの測定には同一の 1 コンテナ（苗木数量 24 本）を用い、かつ各穴の最大個体を測定した。また、育苗下の気温について、播種後から 1 年間、サーモレコーダー（おんどとり Jr TR-52S, (株)ティアンドディ）を用いて 1 時間間隔で測定し、そのデータから日平均気温と月平均気温を算出した。

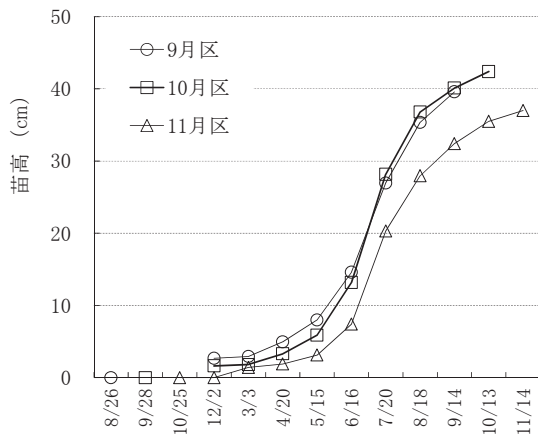


図2 時期別に播種したスギコンテナ苗の苗高

各区の苗木の生育は、林野庁によるコンテナ苗に関する山林用主要苗木標準規格¹²⁾(苗高と根元径により1号苗から6号苗までの6区分,以下,林野庁規格)並びに静岡県独自のコンテナ苗暫定規格(苗長30~45cm,根元径3.5~5.0mm,ただし苗長45cm以上では形状比100未満,区分なし。2014年コンテナ苗木等導入検討会にて取決め,以下,県暫定規格)を元に評価した。

Ⅲ 結果及び考察

1. 播種時期がスギ1年生コンテナ苗の成長に及ぼす影響

図2に時期別に播種したスギコンテナ苗の苗高の成長経過を示した。播種当年の2016年12月2日における幼苗の苗高は9月区 2.7 ± 0.7 cm,10月区 1.6 ± 0.6 cmであった(11月区は発芽不揃いで未計測)が,2017年3月3日には,11月区も全て発芽が完了し,その苗高は9月区 2.9 ± 0.7 cm,10月区 1.8 ± 0.7 cm,11月区 1.4 ± 0.5 cmであった。その後,9月区と10月区は急速に伸長成長し,8月18日には平均苗高が35cm以上に達したが,11月区では平均苗高が30cmに到達せず成長が遅れた。1年生時(生理齢)の苗木サイズは,9月区が苗高 40.5 ± 6.7 cm,根元径 5.3 ± 0.6 mm,10月区が苗高 42.4 ± 5.3 cm,根元径 5.8 ± 0.9 mm,11月区が苗高 35.5 ± 6.2 cm,根元径 4.8 ± 1.0 mmであった(表1)。

本試験で育苗したスギ1年生コンテナ苗の生育は,林野庁規格による区分で,9月区は3号苗,10月区は2号

表1 時期別に播種したスギコンテナ苗の1年生時の苗木サイズ

試験区\形質	苗高(H) (cm)	根元径(D) (mm)	形状比 (H/D)
9月区	40.5 ± 6.7	5.3 ± 0.6	77 ± 15
10月区	42.4 ± 5.3	5.8 ± 0.9	74 ± 11
11月区	35.5 ± 6.2	4.8 ± 1.0	75 ± 13
有意性	*	*	ns

1) 調査年月日は,9月区(2017年9月14日),10月区(同10月13日),11月区(同11月14日)。
 2) 平均±標準偏差を示す。
 3) Kruskal-Wallis検定の結果,試験区間に*は有意差があり($p < 0.05$),nsは有意差がないことを示す。異なる英字間の試験区には有意差があることを示す(Steel-Dwass ($p < 0.05$))。

表2 時期別に播種したスギ1年生コンテナ苗の規格ごとの個体数率

試験区\規格	個体数率 (%)					
	1号 苗高50cm 根元径6.0mm 以上	2号 苗高45cm 根元径5.0mm 以上	3号 苗高40cm 根元径4.5mm 以上	4号 苗高35cm 根元径4.0mm 以上	5号 苗高30cm 根元径3.5mm 以上	6号 苗高30cm 根元径3.5mm 未満
9月区	0	22	39	26	9	4
10月区	9	35	22	30	4	0
11月区	0	8	21	42	13	17

1) 調査年月日は,9月区(2017年9月14日),10月区(同10月13日),11月区(同11月14日)。
 2) 山林用主要苗木の標準規格(引用文献(12))に対応した分類。

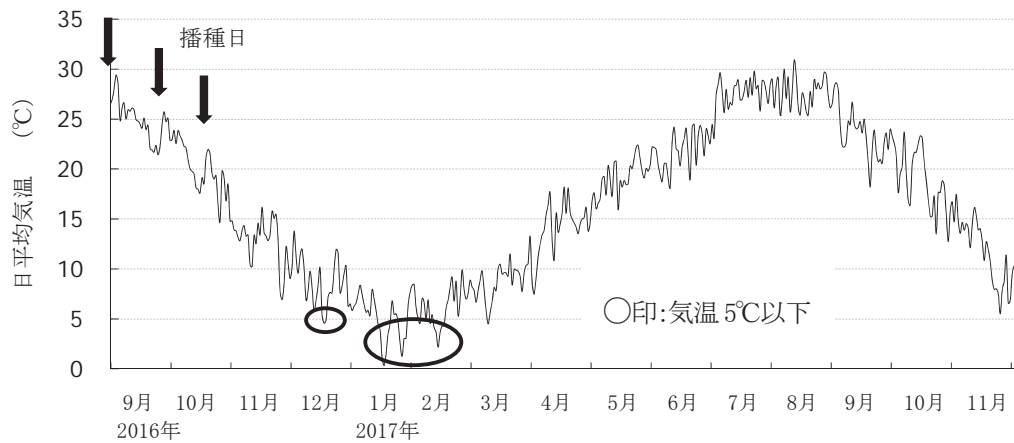


図3 スギコンテナ苗の育苗期間中の日平均気温の推移

表3 時期別に播種したスギ1年生コンテナ苗の播種当年の気温と発芽状況

試験区\項目	日数 ^z	平均気温(°C) ^y	積算日平均気温(°C) ^x	比率(%) ^v	発芽した穴の比率(%) ^u
9月区	128	17	2191	35	100
10月区	94	14	1325	57	100
11月区	67	11	758	—	43 ± 16

1) 各項目は次の値を示す。

z: 播種から12月末までの日数,

y: 播種から12月末までの平均気温,

x: 播種から12月末までの積算日平均気温,

v: 9月区および10月区に対する11月区の積算日平均気温の比率

u: 12月末までにコンテナ容器(24穴)で発芽した穴の比率(平均±標準偏差, n=5)

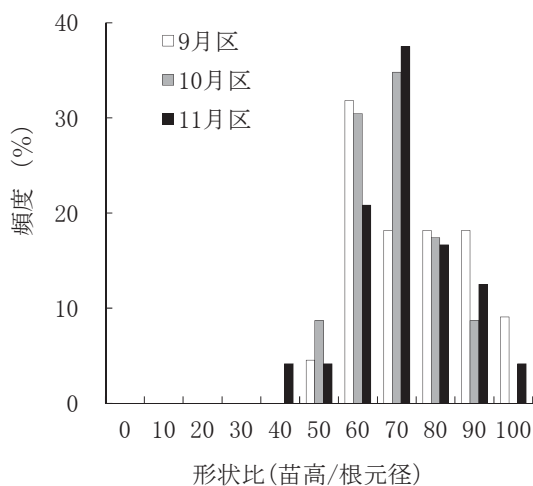


図4 時期別に播種したスギコンテナ苗の1成長期後の形状比(苗高/根元径)の頻度分布

苗の頻度が最も多く、スギ裸苗の最小サイズ40cm以上

¹³⁾に該当する1号苗から3号苗の合計頻度は前者が61%、

後者が66%で、同程度であった。一方、11月区は4号苗の頻度が最大で、1号苗から3号苗の合計頻度は29%で、9月区および10月区の約半数以下であった(表2)。11月区の苗高が9月区および10月区に比べて低い値であった。これは9月区と10月区では播種1ヶ月後までに全ての穴で複数本の発芽が認められたのに対し、11月区では発芽した穴の比率は43±16%(平均±標準偏差, トレイn=5)で、24穴トレイの半数以下と発芽が遅れ、発芽の完了が翌春まで持ちこされたためと思われる。この要因を播種から12月末までの5°C以上の日積算気温(図3および表3)で見ると、9月区が2191°C、10月区が1325°C、11月区が758°Cであり、播種当年における5°C以上の日積算気温が、11月区は9月区の35%、10月区の57%と低かったことが発芽の不揃いと翌年以降の初期成長の遅れの原因と推測された。

2. 播種時期がスギ1年生コンテナ苗の形状比に及ぼす影響

表4 時期別に播種したスギ1年生コンテナ苗の各規格の比較

試験区\項目	中サイズ以上の頻度 ^z (%)	形状比80以下の頻度 ^y (%)	暫定規格の得苗率 ^x (%)	総合評価 ^v
9月区	61	55	91	△
10月区	66	74	100	◎
11月区	29	67	96	○

1)各項目の頻度および判定は以下による。
z:表2, 1号苗~3号苗の合計頻度, 値が大きいほど良い。
y:図4, 形状比(苗高÷根元径)80以下の合計頻度, 値が大きいほど良い。
x:静岡県暫定規格に適合する得苗率, 値が大きいほど良い。
v:◎は3項目全てに良い試験区, ○は1項目だけが劣る試験区, △は2項目が劣る試験区を示す。

図4に時期別に播種したスギコンテナ苗の1成長期後の形状比の頻度分布を示した。苗木の形状比(苗高/根元径)は, その値が小さいほど植付け後の初期成長が良く, 形状比が80以下の場合には裸苗と同等以上の成長を示すが, 100以上の場合には裸苗より初期成長が劣るといわれている¹⁵⁾。本試験では, 1年生コンテナ苗の形状比80以下の出現頻度が9月区55%, 10月区74%, 11月区67%であり, 形状比100以上の徒長した苗は9月区9%, 11月区4%で, 10月区には認められなかった。なお, いずれの区においても苗木の主幹基部は褐色に木化しており, 春季に播種した当年生苗のような軟弱性はなく, 主幹は湾曲せず健全に直立していた。さらに, コンテナ苗は根系が培地に張り巡らされて, 出荷時に培地が容易に崩れない根鉢が形成されていた。

3. 播種時期とスギ1年生コンテナ苗の規格の関係

1項で述べたように林野庁規格に照合した結果では, 中サイズ以上の苗木(1号苗から3号苗)の合計頻度は11月区では9月区および10月区の約半数以下と少なかったが, 県暫定規格に照合した結果(表4)では, 山行き苗の得苗率が9月区91%, 10月区100%および11月区96%といずれも高い値であった。さらに, 2項で述べたように植付け後の初期成長が良いとされる形状比80以下の出現頻度は, 10月区>11月区>9月区の順で高かった。10月区では中サイズ以上で形状比80以下の苗木が最も多く出現し, 11月区では中サイズ以上の苗木の出現頻度, 9月区では形状比80以下の苗木の出現頻度がそれぞれ少なかった(表4)。これらを総合評価した場合, 10月区が播種時期として最適と考えられ, 林業種苗法施行規則¹¹⁾に定められた9月20日以降に採取した当年度産の種子の利用も可能である。しかしながら, 各区ともに県暫定規格では9割以上の高い適合が認められることから, 9

月区および11月区でもスギ1年生コンテナ苗の播種時期として問題はないと考えられる。

以上により, スギ1年生コンテナ苗の育成には, 過年度に採種し保存しておいた種子, または当年9月20日以降に採種した種子を10月下旬までにコンテナへ直播きすることで, 人工的な環境調整(加温等)を行わなくても, 県暫定規格に適合し, 翌年の秋以降に山行き可能なコンテナ苗の生産が可能であると考えられた。本試験は加温等の環境調整を行わない条件下の育苗であり, 温量指数¹⁴⁾が130程度以上の立地環境(例えば関東以西の太平洋側など)では本法の適用が可能と考える。

なお, 過年度に同様な手法で育苗したスギ1年生コンテナ苗を林地に植栽し, その初期成長を調査した結果, 従来法で育苗したスギ2年生コンテナ苗と活着率および樹高成長量には差異が認められなかった⁷⁾。このことから, 本試験で育苗したスギ1年生コンテナ苗は従来苗と同様に利用可能と考えられ, 一貫作業システムによる再造林コスト削減とともに, 育苗コストの低減および苗木生産の需給調整の円滑化に有効と考えられる。

IV. 摘要

本研究では, 秋季(8月下旬から10月下旬)に種子をコンテナへ直播きすることで, 加温を行わなくても翌年の秋以降に山行き苗として県暫定規格に適合したサイズのスギ1年生コンテナ苗を育成することが可能で, 従来2年間を要したスギ実生コンテナ苗の育苗期間を1年間に短縮できた。特に9月下旬に播種した場合, 中サイズ(苗高40cm)以上で形状比80以下の優良な規格のコンテナ苗の得苗率が高かった。

謝 辞

本研究に際して、通年にわたりコンテナ苗の測定および管理に協力いただいた森林・林業研究センター山田宗二郎氏、並びに本論文に対して有益なご助言をいただいた匿名の査読者の方々には深甚なる謝意を表す。本研究は静岡県新成長戦略研究「森林・林業再生を加速する静岡型エリートツリーによる次世代省力造林技術の開発」(平成25年度～29年度)により実施した。

引用文献

- 1) 遠藤利明・山田健(2009) : JFA-150 コンテナ育苗苗・植栽マニュアル. 平成20年度低コスト新育苗・造林技術開発事業報告書, 林野庁, 74~90.
- 2) 藤井栄(2018) : 育苗短縮によるスギ実生コンテナ苗の効率的な生産技術の検討. 現代林業2018年5月号, 34~38.
- 3) ハイポネックス・ニュース(2016) : ハイポネックス業務用製品カタログ, オスモコートエグザクト. (www.hyponex.co.jp/media/2016/03/osmocote.pdf. 2016年11月13日.)
- 4) 梶本卓也・宇都木玄・田中浩(2016) : 低コスト再造林の実現にコンテナ苗をどう活用するか—研究の現状と今後の課題—. 日林誌98, 135~138.
- 5) 鹿又秀聡(2014) : 再造林の低コスト化を進めていくために—国産材の安定供給を目指して—. 木材情報283, 13~16.
- 6) 近藤晃・袴田哲司(2014) : スギコンテナ育苗における施肥が成長と養分動態に及ぼす影響. 中部森林研究65, 5~8.
- 7) 近藤晃・袴田哲司・山田晋也(2018) : 育苗法等が異なるスギコンテナ苗の植栽成績. 平成29年度静岡県農林技術研究所成績概要集(森林・林業編), 13~14.
- 8) 宮崎紳・佐藤亨(1959) : 苗木の育て方. 地球出版, 234pp.
- 9) 中村松三・今富裕樹・重永英年・鹿又秀聡・山川博美(2013) : 低コスト再造林の実用化に向けた研究成果集. 森林総研九州支所, 46pp.
- 10) 大平峰子・三嶋賢太郎・平岡裕一郎・高部圭司(2016) : グルタチオン施用がスギ・ヒノキ実生苗の成長に及ぼす影響. 森林遺伝育種学会第5回大会講演要旨集, 8.
- 11) 林野庁(1970) : 林業種苗法施行規則, 第27条種子を採取すべき時期の指定, 農林省令第40号.
- 12) 林野庁(2014) : 山林用主要苗木標準規格の運用. 林野庁森林整備部森林整備課長通達, 平成26年5月1日付け, 26林整整第95号, 及び平成26年5月1日付け, 26林整整第1328号.
- 13) 静岡県(2013) : 林業用苗木畑付調査基準. 平成10年6月16日制定, 平成25年1月17日改正.
- 14) 堤利夫(1992) : 森林生態学. 朝倉書店, 166pp.
- 15) 八木橋勉・中谷友樹・中原健一・那須野俊・榎間岳・野口麻穂子・八木貴信・齋藤智之・松本和馬・山田健・落合幸仁(2016) : スギコンテナ苗と裸苗の成長と形状比の関係. 日林誌98, 139~145.
- 16) 山田健・遠藤利明・落合幸仁・佐々木尚三(2010) : 国産樹種のコンテナ育苗技術の開発. H22年版研究成果選集, 森林総研, pp.40~41.
- 17) 山田健・宮城県伐採跡地再造林プロジェクトチーム・三樹陽一郎・ノースジャパン素材流通協同組合(2015) コンテナ苗 その特徴と造林方法. 全国林業改良普及協会, 144pp.
- 18) 山川博美・重永英年・久保幸治・中村松三(2013) : 植栽時期の違いがスギコンテナ苗の植栽後1年目の活着と成長に及ぼす影響. 日林誌95, 214~219.