

成長の早い苗木を用いた再造林低コスト化に関する研究（Ⅰ）

－特定母樹の採種、育苗について－

藤本浩平、渡辺直史

Kohei Fujimoto, Naoshi Watanabe

概要：近年、皆伐・再造林が進められており、再造林の低コスト化に向けて成長の早い系統のコンテナ苗生産が期待されている。そこで、優良種苗の安定供給を目指し、採種園での害虫防除や種子の発芽、コンテナ育苗の試験を実施した。カメムシによる球果の吸汁害を防ぐために特定母樹採種園でネット被覆を行った結果、被覆した球果から得られた種子の充実率が有意に高い傾向がみられ、ネット被覆が有効なことが示唆された。種子の SQI 値が低いほど発芽率が高く、早く発芽する傾向が見られた。播種時期によって発芽に要する日数と最終的な発芽率が異なる傾向がみられ、得苗に適した時期が異なることがわかり、需要に適した播種時期の検討が必要であることが示唆された。育苗密度による苗高に違いはみられなかったが根元径では有意な差がみられ、通常のコンテナ栽培の密度を下げることで比較苗高の低い苗が育苗できることがわかった。

キーワード：スギ、コンテナ苗、特定母樹、カメムシ被害、充実種子

1. 緒言

高知県では、スギ・ヒノキ人工林の約 87% が 45 年生を超える主伐可能時期に達しており、第 5 期高知県産業振興計画（2024 年 3 月）においては令和 4 年度に 73.6 万 m³であった原木生産量を令和 10 年度には 85 万 m³まで増産することを目標にしているなど、今後、皆伐面積が増大することが推測される。しかし、高い初期保育経費が障害となり、再造林が行われず放置される森林が増えるなど健全な森林育成が危惧される状況になっている。これまで、当センターを含め、国内の試験研究機関において、伐採－造林－貫作業システム、植栽可能期間が長いコンテナ苗の活用、下刈りの省力化の実証研究等が行われ、実用出来る段階になってきた。

このような中、平成 25 年に改正された「森林の間伐等の実施の促進に関する特別措置法」に基づき特定母樹の採種園が整備され、より優良な種苗が供給できるようになったことにより、保育作業の多くを占める下刈り作業削減の一つとして有利な、初期成長の良い苗の活用が期待されている。

本研究では、再造林の推進に寄与するため、成長の早い系統のコンテナ苗の安定供給を目指し、採種園の害虫防除や種子の発芽、育苗の試験を実施した。

2. 特定母樹採種園のネット被覆による害虫防除効果

2.1 はじめに

採種園での種子生産において、カメムシによる吸汁被害による発芽率の低下が問題になっている（林野庁 2025）。採種園管理においては一般的に物理的防除であるネット被覆によるカメ

ムシ類吸汁被害の防除が行われており、その効果について検討した。

2.2 試験地および試験方法

高知県香美市の高知県立森林技術センター構内に整備された特定母樹ミニチュア採種園において、2021年5月上旬に、結実が多い採種木46本に対して、1mmメッシュのネットで結実した枝を覆い（図1）、カメムシが侵入しないように枝とネットの間に綿を詰めて結束した。同じ採種木のネットで覆っていない枝を対照とした。



図1 枝へのネット被覆

2021年11～12月に採種木毎にネット被覆の有無を区分して球果を収穫し重量および個数を測定して風通しの良い冷暗所で乾燥脱粒させた。脱粒した種子はふるい分けおよび目視で異物を取り除いた。

採種木26個体（ネット被覆の有無を区別した52サンプル）について、Matsuda *et al.* (2015)の近赤外光による充実種子選別技術を用いた充実種子選別装置（九州計測器製）を用いて、充実種子の選別を行った。充実種子選別技術は、種子に近赤外光を当て、反射スペクトルにより脂質の含有量を測定して指数化したSQI（Seed Quality Index）によって種子の充実度を判断する技術であり、SQI値が小さいほど胚乳部の脂質が多く、充実していると判定される。

なお、取り外し時に、破損やカメムシの侵入が確認されているネットの中の球果については調査対象から除外した。

2.3 結果と考察

採種木の枝のネット被覆の有無による充実率を比較すると、被覆した枝から得られた種子の充実率が有意に高い傾向がみられた（図2）。

個体別にみると、ほとんどで被覆の有無による充実率に有意な差がみられた（図3）。個体によってネット被覆による充実率の向上に差がみられ、個体による樹木の健康状態の差があったのかカメムシによる吸汁の程度に差があったのかはわからなかった。ネット被覆を行った枝では充実率が60%に達した個体もあり、適正にネット被覆を行うことにより、充実率の高い優良な種子が得られることがわかった。

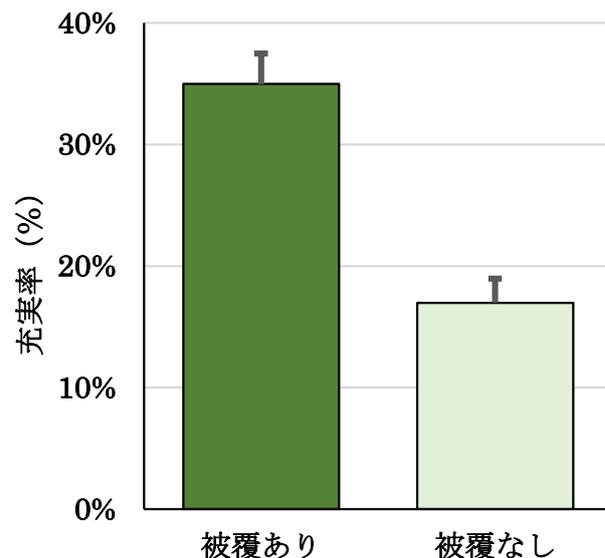


図2 ネット有無の種子充実率
エラーバーは標準誤差

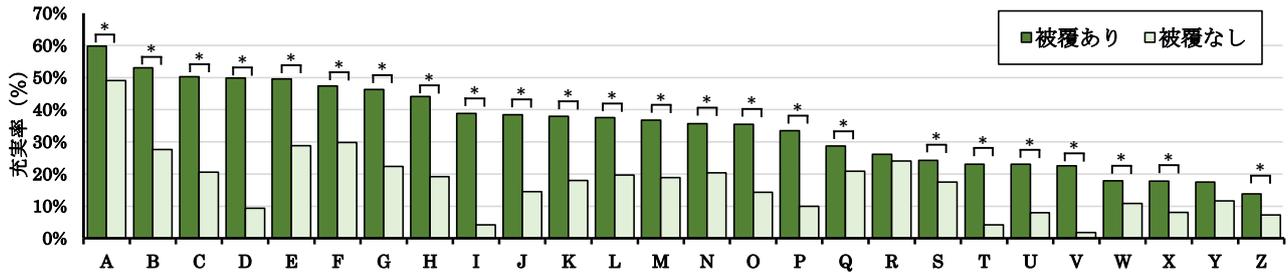


図3 個体毎のネット被覆有無の種子充実率

* $p < 0.05$ χ^2 二乗検定

3. 近赤外光を用いて選別したスギ種子の発芽の傾向

3.1 はじめに

Matsuda *et al.* (2015) の近赤外光を用いて種子の充実度を判断する方法では種子の SQI により発芽能を判別できるが、発芽能の有無を判別するだけでなく、あらかじめ得られた SQI により発芽に要する期間や成長が推測できれば種苗生産をより効率的に行う事ができることから、選別した種子の品質について違いがあるか検証を行った。

3.2 試験地および試験方法

森林技術センター内のスギ特定母樹採種園で 2022 年 11~12 月に採種したスギ西育 2-1、スギ西育 2-57、スギ西育 2-75 の種子を材料とし、SQI によって種子の性能が違うのかを明らかにするために、充実種子選別装置を用いて、SQI を 0~20、20~40、40~60、60~80、80~100、100~120、120 以上の 7 画分で選別し、冷蔵庫（約 3℃）で保管して試験に供した。

種子を蒸留水で湿らせたペーパータオルに包み、シャーレに入れて冷蔵庫で 10 日間低温湿層処理を行い、2023 年 4 月 7 日に鹿沼土小粒を充填した育苗箱に 50 粒ずつ播種し、水滴で飛散ないように鹿沼土小粒で覆土した。寒冷紗で被陰し、育苗ハウス内で 1 日 3 回、各 20 分のミスト灌水を行った。発芽の確認は 2 日毎に行い、子葉が展開した時点で発芽とした。データロガー付き温度計で育苗ハウス内の気温を 1 時間ごとに測定し、日平均気温を求めた。

3.3 結果と考察

各系統の種子の SQI の頻度分布を図 4 に示した。これまで選別をしたスギ種子の充実判定の SQI 閾値が 120~140 であったことから 120 を閾値として充実種子であるかを判別すると、SQI 120 未満の充実種子はスギ西育 2-1 が 12%、スギ西育 2-57 が 12%、スギ西育 2-75 が 22% であった。SQI が低いものほど少なく、20 以下のものは無かった。

低温湿層処理前の種子の重量は、SQI が低いものほど重かった（表 1）。SQI 画分ごとの播種から発芽までの日数を図 6 に示した。SQI 120 以上では発芽が遅く、最終的な発芽率は 20% 未満であった。

SQI の画分ごとに発芽までの積算温度（日平均気温の積算値）をみると（図 7）、SQI が 60 未満の画分と 100~120 の間に有意な差がみられた。

充実種子の中でも、SQI の低い種子、本試験では 60 未満の画分と 60 以上の画分を分けて播

種することで発芽、移植時期をそろえることが可能であると考えられる。

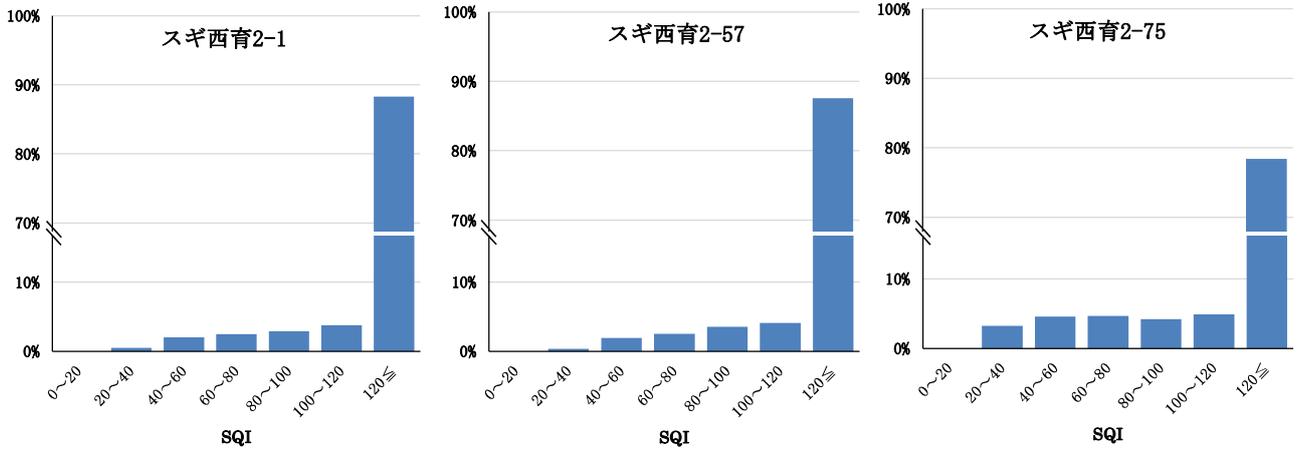


図4 各種子のSQIの頻度分布

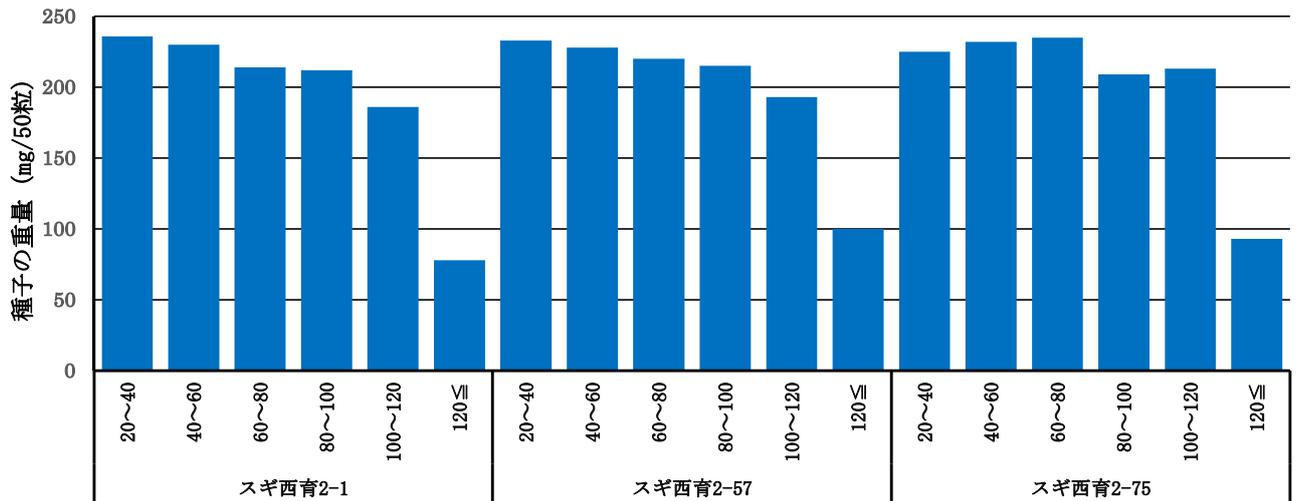


図5 播種試験に供した種子の50粒重

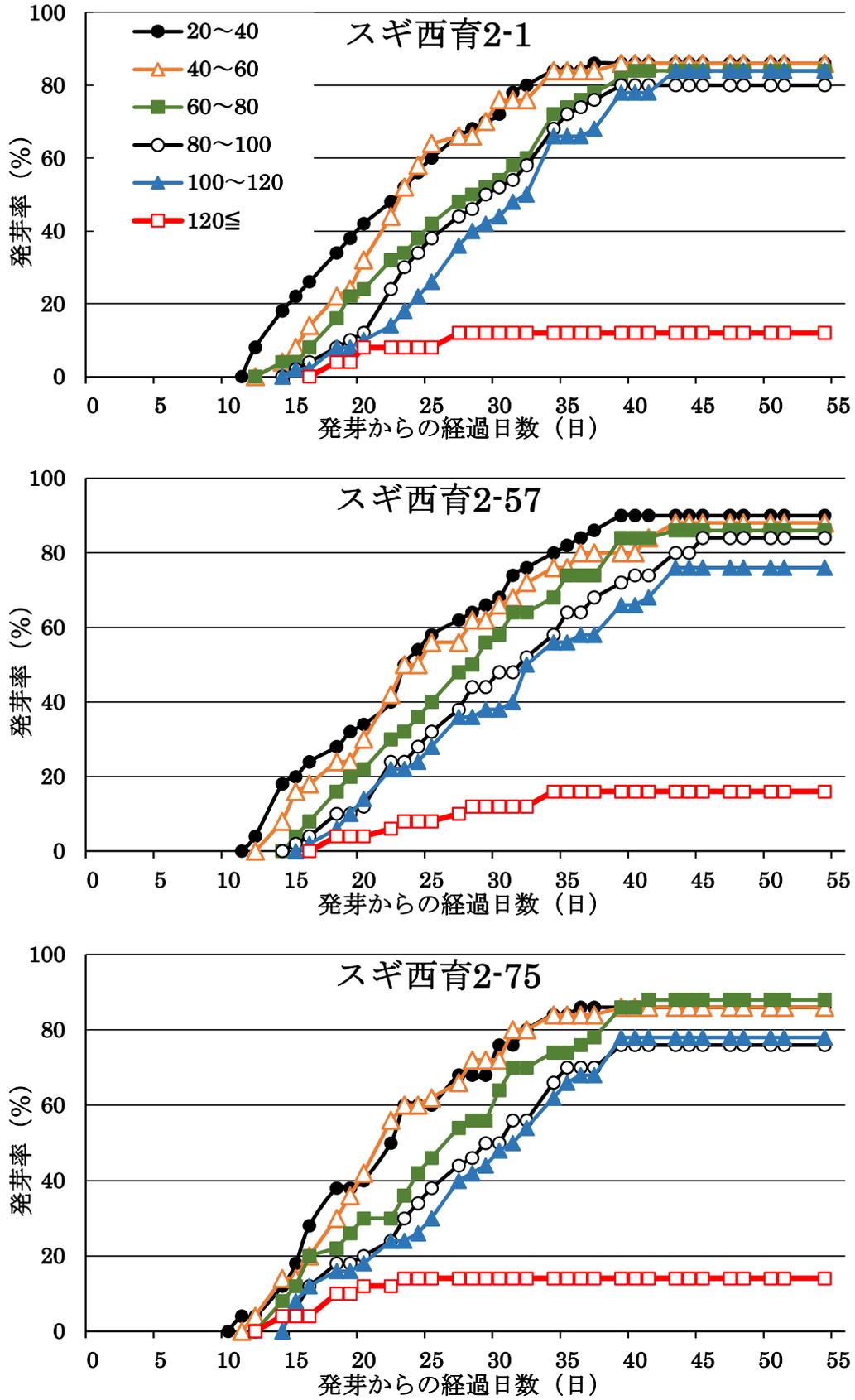


図6 播種から発芽確認までの経過日数

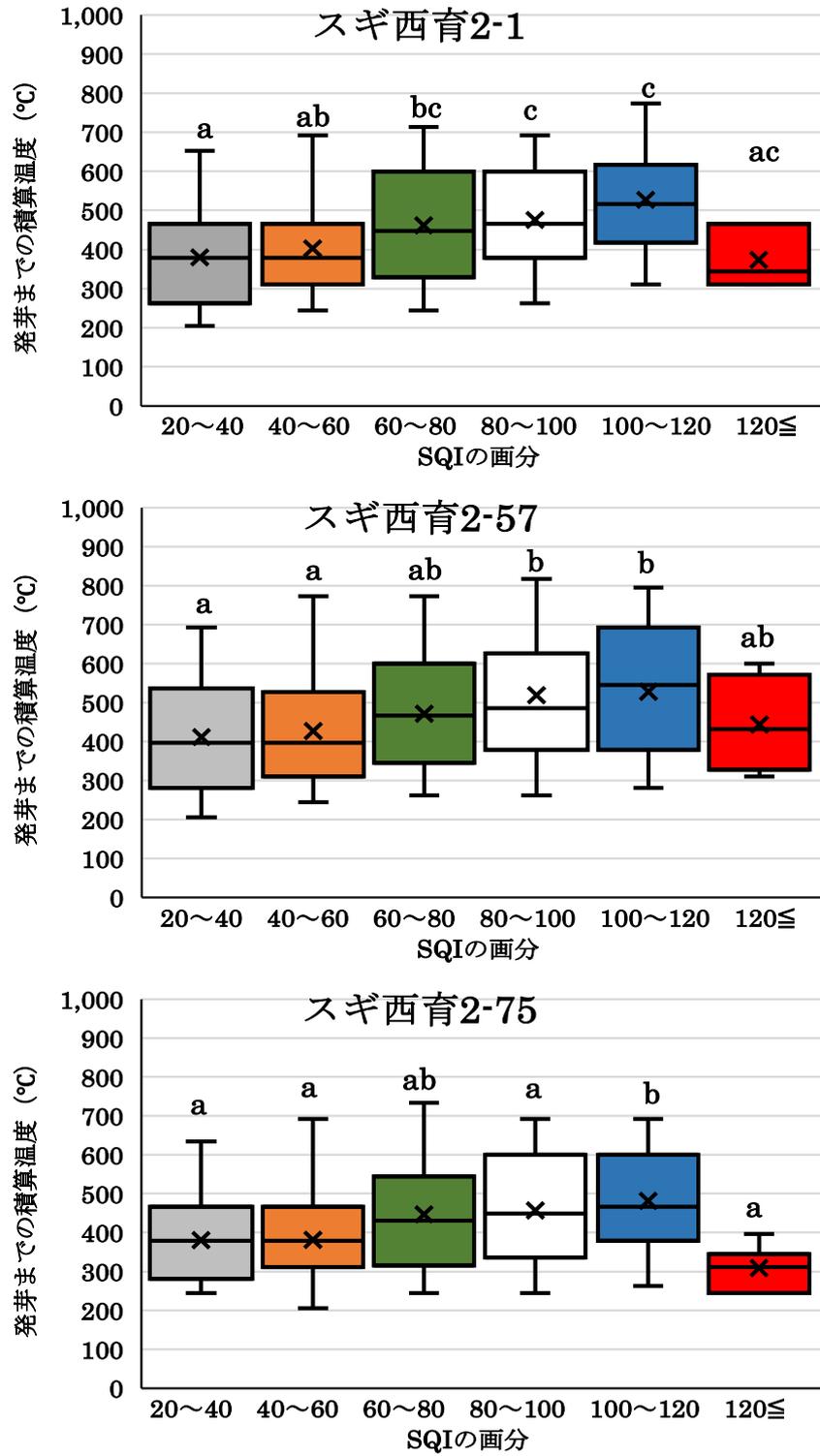


図7 播種から発芽確認までの積算温度

※異なるアルファベットは同一の測定時期内で
有意差がみられたことを示す (p<0.05)

4. スギの播種時期と苗の成長

4.1 はじめに

コンテナ苗は植栽可能な時期が広いという利点を活かすことで、春に集中する従来の裸苗の植栽作業を分散させることが可能であり、作業員不足の解消手段や一貫作業による低コスト化を進めることが期待されている。コンテナ苗では出荷時期が広がることから、出荷適期に応じて規格を満たす苗を作る育苗計画が求められ、播種時期と苗の成長の関係について把握することが必要である。播種の時期の違いによって発芽および出荷規格に達するまでの成長期間がどの程度異なるかを明らかにするため、4月、6月、9月に播種を行い、苗の成長を計測した。

4.2 試験地および試験方法

森林技術センター内スギ特定母樹採種園（21系統・156本）で2021年11～12月に母樹毎に採種した種子のうち、スギ西育2-63を材料として用いた。脱粒後の種子は充実種子選別装置で選別を行い、充実種子を試験に供した。種子は、乾燥剤を封入して冷蔵庫（約3口）で保管した。

2022年4月4日、6月13日、9月19日に鹿沼土小粒を充填した育苗箱に種子100粒を播種し、水滴で飛散しないように鹿沼土小粒で覆土した。寒冷紗で被陰し、ハウス内で1日3回20分のミスト灌水を行った。子葉が展開した時点で発芽として、発芽の確認は播種2ヶ月後まで3～5日毎に行った。

各播種時期とも、ハイコントロール085（180日）を3g/孔となるように混合したココピートを充填した150ccのマルチキャビティコンテナに、芽生え40本を移植し、移植から約2週間で屋外へ移動させて育苗を行った。1日2回、各30分のスプリンクラーによる灌水を行った。屋外への移動時を期首値とし、12月までは1ヶ月毎に、3月から11月は2ヶ月毎に苗高の測定を行った。

4.3 結果と考察

1) 播種から発芽に要する日数

最終的な発芽率は、4月播種が93%、6月播種が83%、9月播種が67%であった。市原ほか（2019）では、スギ選別種子の未発芽種子について胚の観察を行っており、腐敗や虫害、不稔粒等のみられない健全な種子の割合が春播種（4月）と比較して夏播種（8月）で多いことを報告している。また、スギ等の針葉樹種子は乾燥冷凍状態での長期保存が可能なことが知られており、播種時期を遅らせるほど発芽率が低くなるという結果は保管による発芽能力の喪失ではなく、原因が特定できないが播種時の気温や水分状態などの環境条件によりもたらされたのではないかと推察される。

発芽の開始は、4月播種が播種後14日目、6月播種が15日目、9月播種が12日目に確認された（図8）。また、最終の発芽は4月播種が43日目、6月播種が31日目、9月播種が40日目であった。以前、他の4系統のスギ種子を3月上旬に播種した試験では、26～33日目に発芽の開始が確認され、最終の発芽は42～67日目であった。

2) コンテナ苗の成長

4月播種の苗高は12月までの8ヶ月で平均33.8cm（図9）、高知県の出荷規格を満たした35cm以上は40%であった（図10）。苗高35cm以上は3月の測定時は53%、5月の測定時は78%、7月の測定時は83%、9月の測定時は88%、11月の測定時は88%であった。苗高が高すぎる苗は造林者に好まれないため、出荷に適した35cm以上60cm未満の苗は7月の測定時は68%、9月の測定時は50%、11月の測定時は23%であった。

6月播種の苗は12月までの6ヶ月で平均21.8cm、35cm以上のものはなかった。5月の測定時は58%、7月の測定時は80%、9月の測定時は85%、11月の測定時は86%であったが、35cm以上60cm未満の苗は9月の測定時は60%、11月の測定時は38%であった。

9月播種の苗は移植後の屋外育苗開始時期が生育休止期にかかり、12月までの3ヶ月で平均3.9cmであった。出荷に適した35cm以上60cm未満の苗は9月の測定時は73%、11月の測定時は78%であった。藤井（2016）は8月と10月に播種したスギコンテナ苗の得苗率が翌年10月でそれぞれ79%、78%であったと報告しており、本研究での9月播種の苗と同等の割合であった。

4月播種では翌年5月、6月播種では翌年7月、9月播種では翌年11月が出荷に適した苗の割合が多く、出荷の適期であった。

播種時期によって最適な出荷時期が異なることから、需要が多い時期からの逆算で播種時期を検討する必要があることが示唆された。

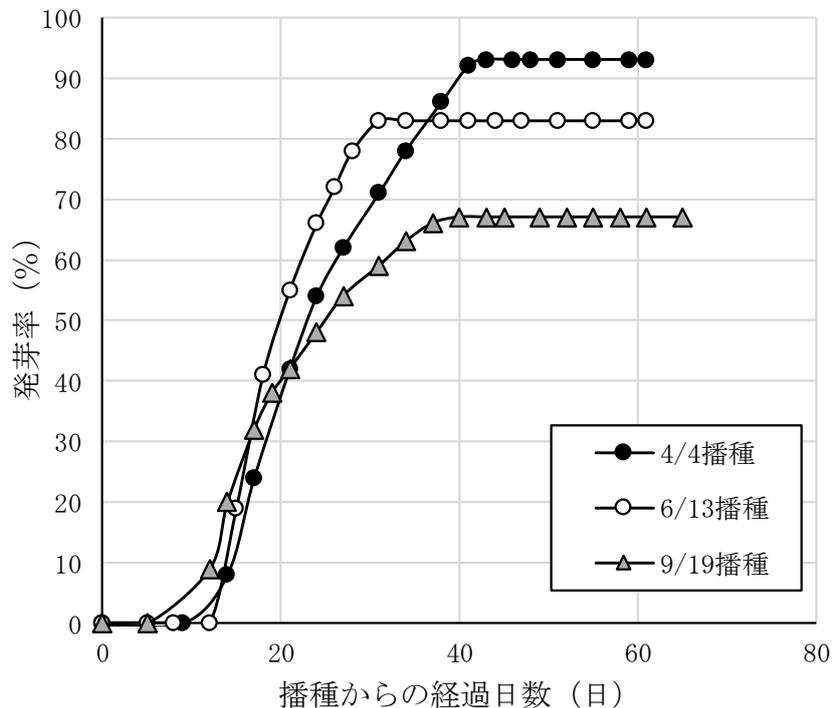


図8 播種時期ごとの播種から発芽までの経過日数

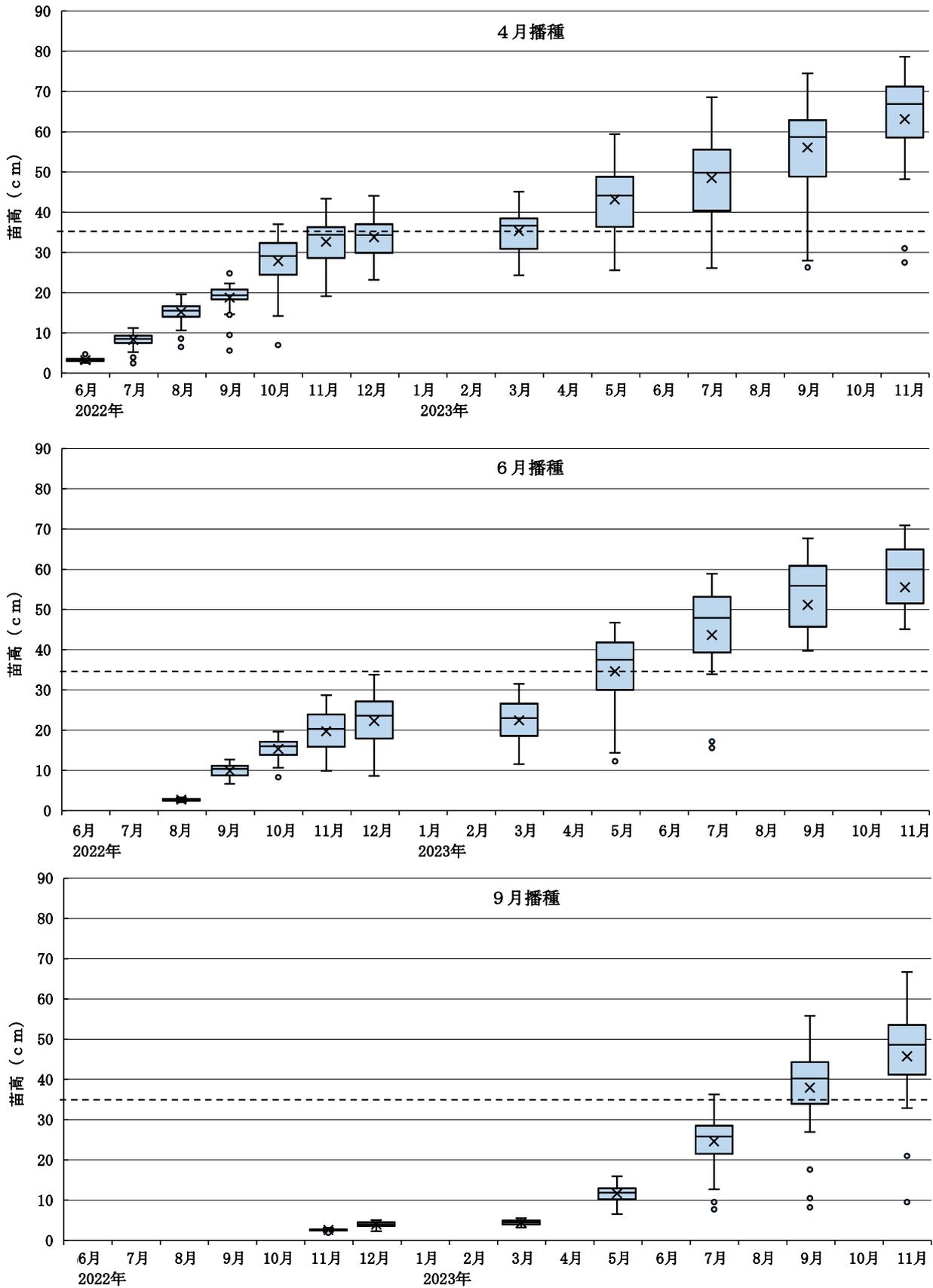


図9 播種時期ごとのコンテナ苗の苗高

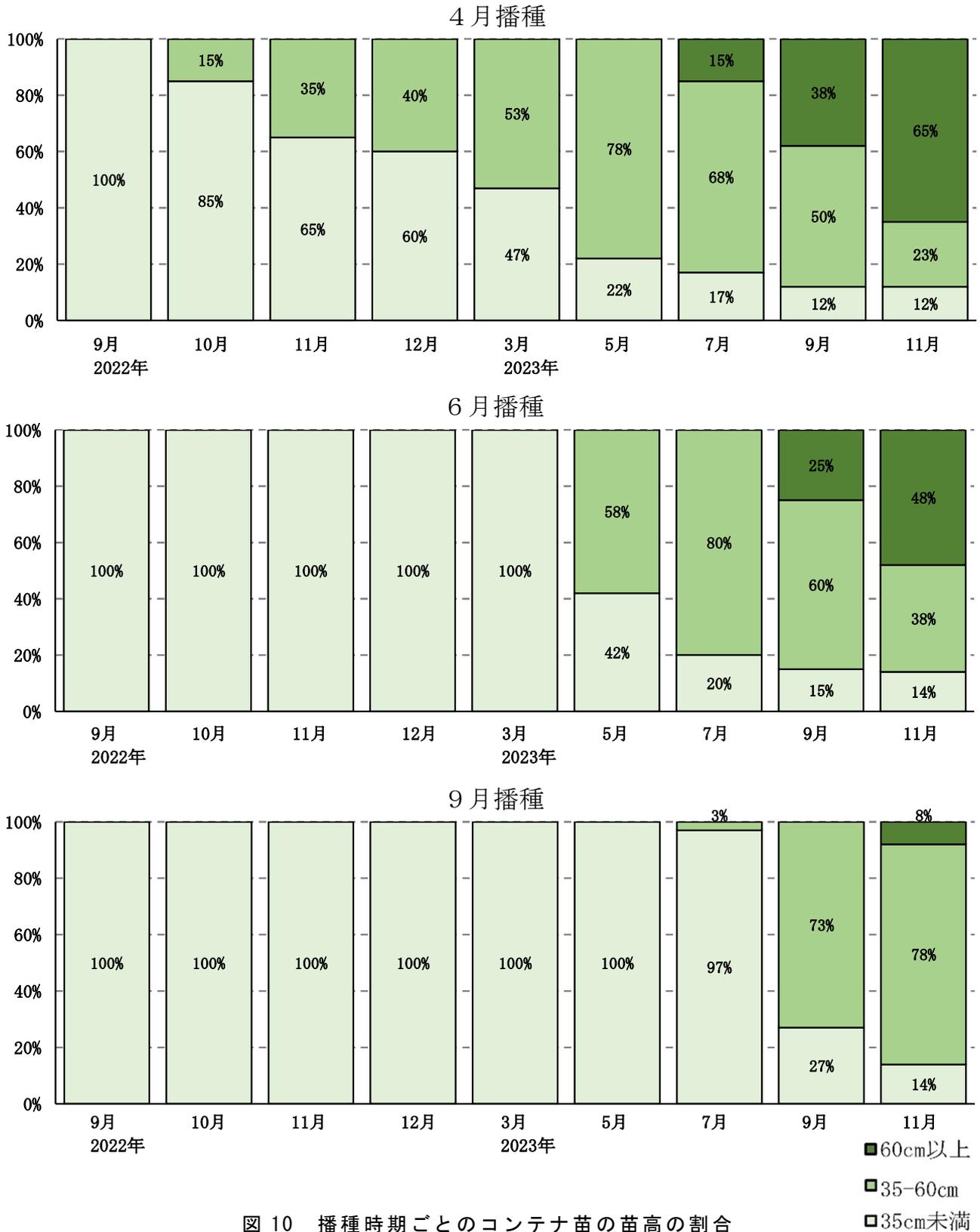


図 10 播種時期ごとのコンテナ苗の苗高の割合

5. 特定母樹コンテナ苗の育苗密度

5.1 はじめに

コンテナ苗は裸苗と比較して比較苗高（苗高÷根元径）が高い苗となり、植栽後の樹高成長開始が遅くなることなどが指摘されている（梶本ら 2016）。育苗密度を低くすることや根鉢容量を大きくすることで比較苗高の低い苗を得ることが期待できることから、育苗密度と根鉢容量を変えて育苗したコンテナ苗の成長と比較苗高について比較を行った。

5.2 試験地および試験方法

林木育種センター（茨城県十王町）で採種された特定母樹系統の種子（林育 2-15、林育 2-71）および四国増殖保存園（高知県香美市）で採種された特定母樹系統の種子（西育 2-6、西育 2-144）の 2 地域 4 系統を用い、根鉢容量と育苗密度の異なる条件で育苗を行った。

育苗容器は JFA150（根鉢容量 150 cc）および JFA300（根鉢容量 300cc）を用い、インナーポットを用いて密度調節を行った。培土はココピートオールドを用い、肥料はほぐした状態の培土 1 L に対して、20g のハイコントロール 085（180 日）を混合し、JFA150：3g/キャビティ、JFA300：6g/キャビティになるように調整した。

2020 年 3 月 31 日に播種、5 月にコンテナへ移植し、7 月に育苗密度を設定して育苗を行った。処理区は、根鉢容量 150cc ではコンテナあたり 40 本、30 本、24 本、12 本の 4 処理区、根鉢容量 300cc ではコンテナあたり 24 本、12 本の 2 処理区で計 6 処理区とした（図 11）。なお、150cc での 24 本、12 本については、150cc インナーポットに移植し、JFA300 のキャビティに入れて育苗した（図 12、13）。

育苗密度設定時の 7 月に苗高を、翌年 3 月に苗高および根元径を測定した。

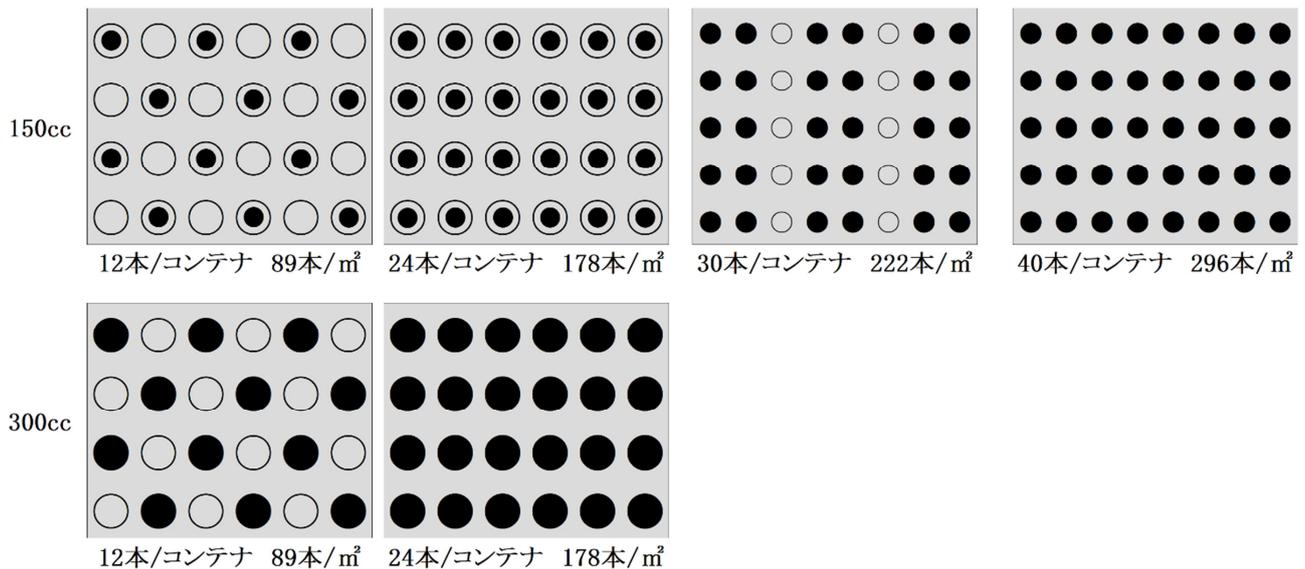


図 12 コンテナ育苗密度の設定

(●：育苗するキャビティ、○：空きキャビティ)



図12 150cc インナーポットを 300cc コンテナへ挿入



図13 コンテナでの育苗

5.3 結果と考察

1 生育期終了後の苗高成長は、150ccの育苗密度間、300ccの育苗密度間では差がみられなかった（図14）。同じ育苗密度での根鉢容量間の差は、24本/Cでは有意な差がみられたが、12本/Cではみられなかった。

根元径は150ccで育苗密度が低いほど太い傾向がみられた。300ccの育苗密度間では有意な差がみられなかった。同じ育苗密度での根鉢容量間の差は、24本/Cでは有意な差がみられ、300ccの方が太かった、12本/Cでは平均値・中央値では300ccの方が太かったが有意な差はみられなかった（図15）。

それに伴い、比較苗高は150ccの40本/Cと30本/Cでは平均値で80cm、75cmで有意な差はみられなかったが、150ccの24本/C、12本/C、300ccの24本/C、12本/Cとは有意な差がみられ、後者は平均値で60～65であった（図16）。樹高や根元径の成長は根鉢容量が大きい方が良いが、比較苗高を低下させるためには根鉢容量を大きくすることより育苗密度を低くすることが有効であることが示唆された。

同じ育苗密度と根鉢容量で4系統を比較したところ、移植時と1生育期終了時の苗高と1生育期終了時の比較苗高で系統間差はみられたが、1生育期終了時の根元径ではみられなかった(図17~20)。

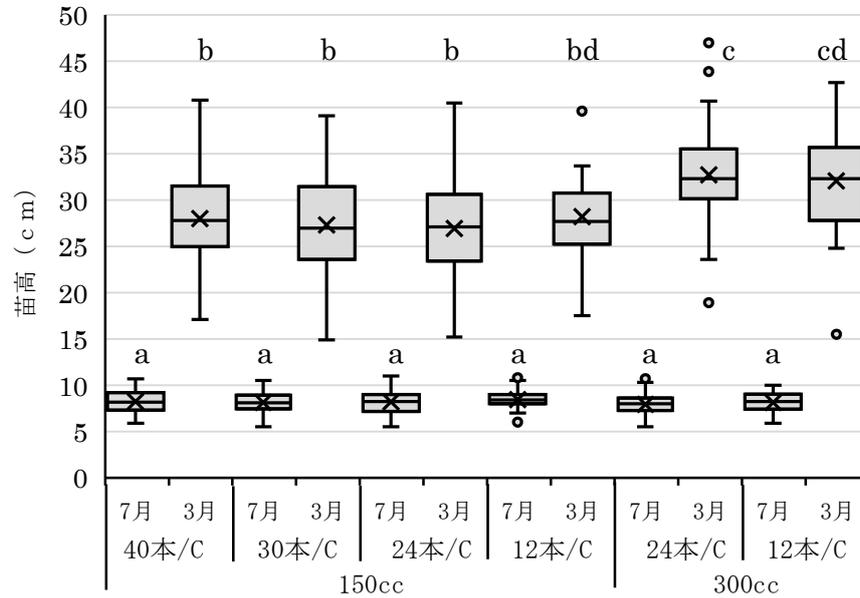


図14 移植時と第1生育期終了後の苗高の育苗密度・根鉢容量比較

※異なるアルファベットは同一の測定時期内で有意差がみられたことを示す (p<0.05)

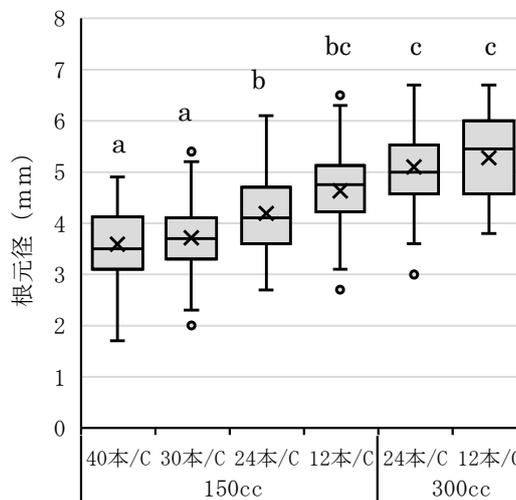


図15 第1生育期終了後の根元径の育苗密度・根鉢容量比較

※異なるアルファベットは同一の測定時期内で有意差がみられたことを示す (p<0.05)

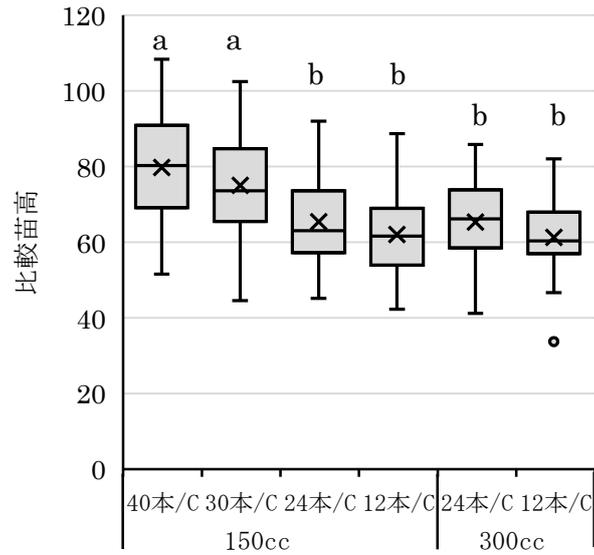


図 16 第 1 生育期終了後の比較苗高の育苗密度・根鉢容量比較

※異なるアルファベットは同一の測定時期内で
有意差がみられたことを示す (p<0.05)

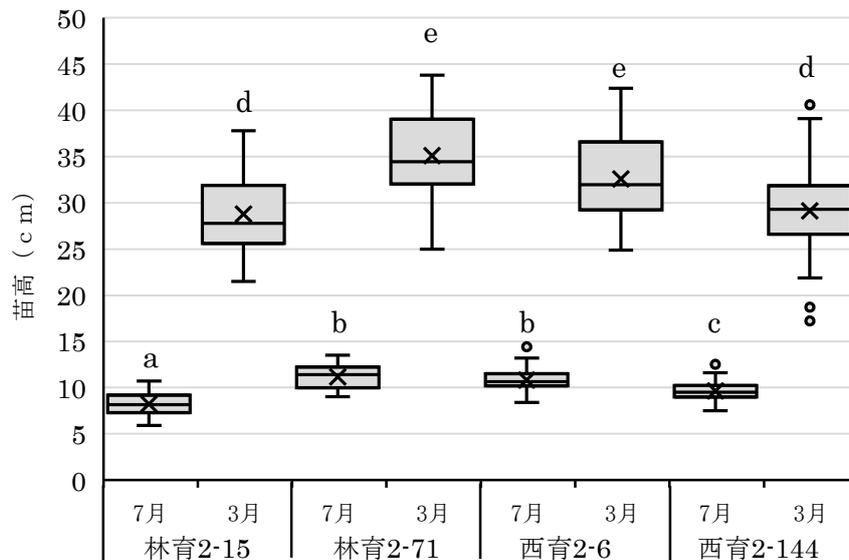


図 17 移植時と第 1 生育期終了後の苗高の系統間比較

(150cc 40 本/コンテナの条件下)

※異なるアルファベットは同一の測定時期内で
有意差がみられたことを示す (p<0.05)

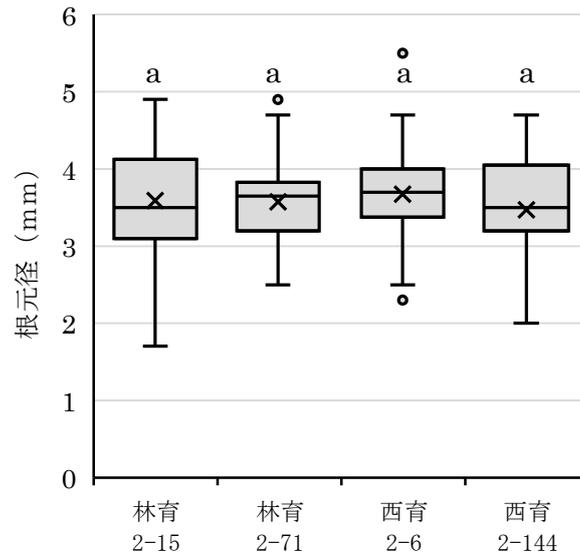


図 18 第 1 生育期終了後の根元径の系統間比較

(150cc 40 本/コンテナの条件下)

※異なるアルファベットは同一の測定時期内で有意差がみられたことを示す (p<0.05)

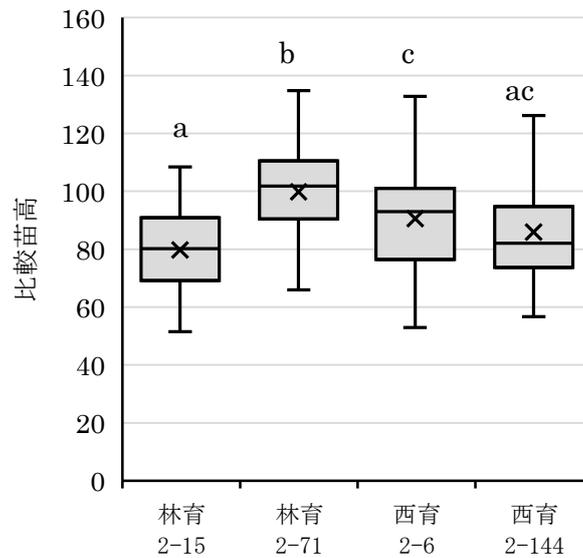


図 19 第 1 生育期終了後の比較苗高の系統間比較

(150cc 40 本/コンテナの条件下)

※異なるアルファベットは同一の測定時期内で有意差がみられたことを示す (p<0.05)

6. おわりに

本研究では、採種園管理時から育苗までの試験を行った。遺伝的に優良な系統の種苗供給においては、カメムシによる吸汁害を防ぐために防除ネットの重要性が示唆された。防除ネットの装着後も破損が起きないように管理が重要である。得られた種子の充実度を選別し、発芽

率を高めることで、計画的な管理が可能である。コンテナ苗は植栽可能な期間が長く、年間を通じた造林が可能であるが、適したサイズで出荷するためには、播種時期や育苗密度で調節して苗需要の多い時期に合わせた育苗が求められる。森林総合研究所（2019）ではいくつかの樹種で各地での生産モデルが示されており、これらを参考に今後も地域の需要と環境に適した育苗に向けてデータの蓄積が望まれる。コンテナ苗の植栽後の生育を考慮すると比較苗高を低くする育苗が求められ、育苗密度の調整が有効である。しかし、育苗密度を下げることで育苗コストが上がるということが予想されることから、規格に合った単価設定の検討が必要であろう。

謝辞

本研究の一部は、農林水産省による戦略的プロジェクト研究推進事業「成長に優れた苗木を活用した施業モデルの開発」（18064868：平成30～令和4年度）の支援を受けて行った。参画機関各位には貴重なご意見をいただくとともに、協力して研究を実施させていただいた。また、本報告のうち、“5. 特定母樹コンテナ苗の育苗密度”で使用した種子は、森林総合研究所林木育種センターが実施する林木ジーンバンク事業における林木遺伝資源の配布を受けた。関係者各位にこの場を借りて深く感謝の意を表す。

引用文献

- 1) 藤井栄（2016）実生スギコンテナ苗生産期間短縮の試み、徳島県立農林水産総合技術支援センター研究報告 3、15-20
- 2) 市原優、藤井栄、安藤裕萌、升屋勇人（2019）、コンテナに播種したスギ種子の発芽阻害に關与する種子腐敗、日本森林学会誌 101、134-137
- 3) 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—、日本森林学会誌 98、135-138
- 4) Matsuda O, Hara M, Tobita H, Yazaki K, Nakagawa T, Shimizu K, Uemura A, Utsugi H（2015）Determination of Seed Soundness in Conifers *Cryptomeria japonica* and *Chamaecyparis obtusa* Using Narrow-Multiband Spectral Imaging in the Short-Wavelength Infrared Range. PLoS ONE 10(6): e0128358. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0128358>
- 5) 林野庁（2025）講習会テキスト林業種苗の生産・配布に必要な知識
- 6) 森林総合研究所（2019）、新しいコンテナ苗生産方法の提案