

冷凍保存したスギ実生コンテナ苗の植栽後活着率および初期成長

大平峰子¹

1 森林研究・整備機構 森林総合研究所 林木育種センター

要旨：コンテナ苗の周年での供給，出荷作業の分散などをはかるため，スギ実生コンテナ苗の冷凍保存を試みるとともに，冷凍保存が植栽後の活着率および初期成長に与える影響を評価した。コンテナ苗をビニール袋で包んで段ボール箱に入れ，2018年1月から5月まで -2°C で冷凍保存した。植栽の7日前，1日前に -2°C から 2°C へ，さらに -2°C から直接植栽場所へ段ボール箱を移して解凍した。対照の苗木は1月から5月まで温室で育成した。2019年3月の活着率は，全ての処理で95%以上であった。また，1成長期後の苗高は，冷凍した苗木と対照の苗木の間に有意な差が認められなかった。以上の結果から，スギ実生コンテナ苗を -2°C で冷凍保存できること，保存期間が4ヶ月程度であれば冷凍により活着率や初期成長が低下しないことが示された。

キーワード：解凍，生存率，苗木，苗高，冷凍貯蔵

Survival and initial growth of cryopreserved *Cryptomeria japonica* container seedlings

Mineko OHIRA¹

Forest Tree Breeding Center, Forestry and Forest Products Research Institute, Hitachi 319-1301

Abstract: To ensure that *Cryptomeria japonica* container seedlings are available throughout the year and that the labor associated with seedling shipment can be distributed throughout the year, the effects of frozen storage on the survival and initial growth of *C. japonica* seedlings were evaluated. Container seedlings were wrapped in plastic bags, enclosed in cardboard boxes, and stored at -2°C from January to May 2018. The cardboard boxes were transferred from storage at -2°C to storage at 2°C at either 1 or 7 d before planting, and one cardboard box was transferred directly to the planting site. In addition, control seedlings were grown in a glass greenhouse from January to May. Most (95%) or all of the planted seedlings survived until March 2019, regardless of the treatment, and the height of seedlings after one growth period was not affected by treatment, either. These results suggest that container seedlings can be stored at -2°C for ~4 months without affecting survival or initial growth after planting.

Key-word: frozen storage, height of seedlings, seedlings, survival rate, thawing

I はじめに

林業機械を山から下ろすことなく伐採から地拵え，植栽まで一貫した作業を行う一貫作業システムにより，造林費用を低減することが期待されている(4)。一貫作業システムでは周年あるいは通常の植栽時期より長い期間にわたって苗木を植栽することを前提としているため，質の高い苗木を周年で確保し供給することが必要である。

周年で苗木を供給するための1つの方法に，コンテナ苗の低温保存がある。例えば，アメリカではハードニングして耐凍性を上げたコンテナ苗を低温で保存している(6)。具体的には， $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ での冷蔵，あるいは $-2\sim -4^{\circ}\text{C}$ での冷凍により，それぞれ2週間から2ヶ月，2ヶ月から8ヶ月の保存が推奨されている(6)。また，冷凍保存した苗木に損傷を与えないよう解凍する方法も研究

されている(6, 9)。一方日本では，1980年代にスギ(*Cryptomeria japonica*)の裸苗を低温で保存する試みがなされ，冷蔵は可能であるが保存中にカビ等の病害が発生しやすいこと， -2°C で冷凍が可能であることが示されている(2)。しかし，水分を含む根鉢を持つスギのコンテナ苗を冷凍保存した例はない。コンテナ苗を冷凍保存できれば，周年で苗木の供給が可能になるとともに，コンテナ苗を収穫し出荷する作業を分散させること，また空いた場所を使って次の苗の生産に取り組むことも可能となるだろう。さらに，冬季の凍害や春季の霜害を回避することも期待できる。

そこで本研究では，スギ実生コンテナ苗の冷凍保存を試みるとともに解凍方法を検討し，解凍した苗木を植栽して活着率および初期成長を調査して，冷凍がコンテナ

苗に与える影響を評価した。

II 材料と方法

1. 材料 試験に使用した材料は、スギ人工交配3家系（西川16×箱根4，林育2-50×林育2-77および林育2-138×林育2-140）である。これらの母樹は茨城県日立市にある林木育種センター構内に植栽された個体である。

2017年3月に3家系の種子を用土（日本肥料株式会社製，ニッピ園芸培土1号）を詰めた育苗箱にばらまきし，ガラス温室で1日6回ミストによる灌水を行った。同年4月，発芽して子葉が展開した芽生えをピンセットで引き抜き，容量約300mlのMスターコンテナ（以下コンテナとする）に移植した。なお，コンテナには，ココピート（トップ社製，ココピートオールド）と赤土を容積比7：3で混ぜた用土に1Lあたり元肥として緩効性肥料（ジェイカムアグリ社製，ハイコントロールマイクロ280の100日タイプ，N:P:K=12:8:10）を20g，粒状苦土石灰4gを混合した培養土を充填した。芽生えを移植したコンテナを約1ヶ月ガラス温室内に置いて1日6回のミストによる灌水を続け，5月中旬に1日1回のスプリンクラー灌水に切り替えた。同年7月，コンテナの半数をトレーから外して別のトレーに移動し，苗間の間隔を千鳥状に空け，トレーあたり40本から20本の密度に調整した。同時に，追肥として1苗あたり緩効性肥料（ジェイカムアグリ社製，ハイコントロール085の100日タイプ，N:P:K=10:18:15）4.5gおよび粒状苦土石灰0.9gを用土の上に置いた。

2. 冷凍および解凍処理 2018年1月にコンテナ苗の冷凍処理を行った。コンテナ苗をビニール袋に入れた上で段ボール箱に封入し，-2℃に設定した部屋で保管した。解凍するタイミングを植栽の当日・1日前・1週前の3段階とするため，3つの段ボール箱にそれぞれコンテナ苗を封入した。1つの段ボール箱には，3家系のコンテナ苗をランダムに選び，8～10本ずつ入れた（表-1）。

コンテナ苗を解凍するため，植栽する2018年5月23日の1週間前，1日前にそれぞれ段ボール箱を-2℃から2℃に設定した部屋に移動した。また，植栽当日に解凍する段ボール箱は，-2℃の部屋から直接植栽場所（林木育種センター構内）へ移動した。それぞれの段ボール箱には，温度測定用データロガー（T&D社製，おんどとりTR-52i）を入れて温度を計測した。なお，対照としてガラス温室で1月から5月まで育成し続けたコンテナ苗を使用した。これらの4処理を，以下当日解凍，1日前解凍，1週間前解凍および対照とした。

3. 植栽および調査項目 解凍したコンテナ苗を，林

木育種センター構内に50cm間隔で植栽した。当日解凍，1日前解凍，1週間前解凍および対照の4処理について，3家系のコンテナ苗を1本ずつランダムに選び，12本を1ブロックとして10ブロック構成した。なお，西川16×箱根4のみ本数が40本に足りなかったため（表-1），1～8ブロックを12本，9ブロックを11本，10ブロックを8本とした。

2019年3月に1成長期後の生存の有無および苗高について調査した。処理間の比較をするため，植栽時および1成長期後の苗高について，Tukey-HSD法による多重比較を行った。解析にはR（8）を用いた。

III 結果

1. 植栽前後の気温の推移 コンテナ苗を封入した段ボール箱内部の気温を図-1に示した。-2℃に設定した冷凍室での気温は-0.4～-1.1℃，解凍時に移動した2℃設定の部屋での気温は1.9～2.2℃で推移していた。植栽時に開封したことにより気温は急激に22℃まで上昇し，植栽中に25℃程度まで緩やかに上昇した。なお，植栽日である5月23日は曇天であり，最寄りのアメダス測定点（日立）における日最高気温は21.3℃であった（5）。

2. 植栽時の苗木の状態 当日解凍，1日前解凍および1週間前解凍のコンテナ苗の針葉は，植栽時には先端が赤黒い色を呈していた。これらの3つの処理の苗木のうち，冷凍中に枯死しているものはなかった。また，全ての段ボール箱内にカビ等の病害は発生していなかった。一方，ガラス温室内で育成していた対照のコンテナ苗は，針葉が薄緑色を呈し，シュートが伸長し始めていた。

2℃あるいは-2℃の部屋から段ボール箱を出し，植栽場所で開封するまでの時間は1時間未満であった。当日解凍のコンテナ苗は凍結しており，根鉢同士がくっついていて，1日前解凍のコンテナ苗の根鉢は概ね解凍されていたが，段ボール箱の中央部では一部解凍されていなかった。1週間前解凍のコンテナ苗は全て解凍されていた。

3. 1成長期後の活着および苗高 1成長期後の生存本数は，植栽した全てのコンテナ苗115本のうち114本であり，生存率は当日解凍で96.4%，残り3処理は100%であった（表-2）。なお，枯損した苗木が1本のみであることから，処理間の比較は行わなかった。

植栽時および1成長期後の苗高を処理ごとに示した（図-2）。苗高の平均値±標準偏差は，当日解凍23.6±6.1cm，1日前解凍24.6±4.0cm，1週間前解凍22.0±4.6cmおよび対照26.1±5.1cmであった。これらの苗高には処理区による違いは認められなかった（ $P>0.05$ ，Tukey HSD検定）。1成長期後の苗高の平均値±標準偏差は，当日解

凍 48.9±13.2cm, 1 日前解凍 56.4±13.6cm, 1 週前解凍 52.0±14.7cm および対照 56.0±14.2cm であった。これらの苗高には処理区による違いは認められなかった ($P>0.05$, Tukey HSD 検定)。

IV 考察

コンテナ苗を自然条件下で育成して1月に冷凍すれば、 -2°C で冷凍保存できることが明らかとなった。冷凍保存が可能であった理由として、寒い時期に冷凍したことが考えられる。北海道のスギの5年生造林地では、枝の耐凍性は1月初旬に最高に達し、3月中旬以降耐凍性が低下する(1)。また、茨城県水戸市のスギの2年生さし木苗の芽、枝葉および幹では、1月中旬に耐凍性が最高値の -25°C に達している(3)。これらの報告から、本試験でのコンテナ苗の芽や枝葉は、冷凍時には寒さによって耐凍性が十分高まっていたと考えられる。一方、スギの根の耐凍性に関する報告はほとんどない。チャ(*Camellia sinensis*)で組織別の耐凍性を比較した報告があり、最も耐凍性が高まる時期でも成葉、枝、芽より根の耐凍性が劣っており、特に細根の耐凍性が低く凍結による被害発生の限界温度が $-3\sim-4^{\circ}\text{C}$ にあると推定されている(10)。スギの裸苗を冷凍保存した報告はあるが(2)、より細根が多いコンテナ苗で冷凍した事例は今までになく、本研究で初めて冷凍が可能であることを示した。冷凍保存した苗の植栽後の成長が、自然条件下で育成し続けた苗のそれと比較して差が認められなかったことから、 -2°C の温度でも凍結による根への組織損傷がなかった、あるいは軽微であったと考えられる。

本試験でのコンテナ苗の保存期間は -2°C で約4ヶ月であり、この期間の冷凍保存の有無は成長に影響を及ぼさないことが示された。スギでは、 5°C で保存すると、保存期間が長くなるほど苗木に含まれる糖の濃度が低下する(7)。ただし、冷凍保存であっても緩やかに苗木の炭水化物量は低減する(6)。これらのことから、苗木に含まれるデンプンや可溶性糖類の量が減ることにより、植栽後の成長に負の影響を与えると懸念されるが、今回の試験では対照に比べ成長に差が認められなかった。実際にコンテナ苗を冷凍保存する場合は、より長期間に及ぶ場合が想定されるため、今後は苗木の炭水化物量の変化を含めて検討する必要があるだろう。

-2°C で貯蔵した苗を 2°C で解凍する場合、解凍期間が1日~1週間の間で成長や活着への影響は認められなかった。さらに、 -2°C から曇天の 25°C 程度へ直接出した処理でも対照との間に有意な差は認められなかった。冷凍貯蔵した苗木の解凍方法について、 $10\sim15^{\circ}\text{C}$ で数日

間かけて解凍することが推奨されている(6)。また、ダグラスファー(*Pseudotsuga menziesii*)、ウエスタンラーチ(*Larix occidentalis*)およびポンデローサマツ(*Pinus ponderosa*)の苗木を 7°C で6週間、 1°C で6週間、 7°C で1週間置いて解凍し、いずれも植栽後の成長に影響がないことが報告されている(9)。本研究では、これらの報告より短い期間での解凍で問題がないことを示した。ただし、冷凍庫から直接植栽場所に移した場合は根鉢同士がくっついているため、根鉢を引き剥がす作業が加わることになる。このことから、冷凍したスギのコンテナ苗の解凍には1日以上かけた方がよいと考える。また、本研究の植栽は曇天で 25°C 程度の比較的穏やかな気象下で行い、段ボール箱に入ったままの苗木が常温に晒される時間は1時間未満であった。そのため、段ボール箱に入ったままで長時間常温に晒されること、あるいは植栽時に高温・強い日差しに晒されることによる影響については改めて検討する必要があると考える。

謝辞：この研究は、農林水産省委託プロジェクト「成長に優れた苗木を活用した施肥モデルの開発」の支援を受けて行われた。

引用文献

- (1) 江口完・薄井五郎・鈴木巖・前田勉(1965)スギの耐凍性に関する研究(第1報)道南地方にあるスギの外形的な型と耐凍性の関係. 日林誌 47:45-50
- (2) 古川忠・及川伸夫(1982)林木の苗木の低温貯蔵試験. 林試研報 317:139-145
- (3) 堀内孝雄・酒井昭(1973)スギの耐凍性変動におよぼす温度の影響. 日林誌 55:46-51
- (4) 今富裕樹(2011)スギ再造林の低コスト化を目指した技術開発(1)伐採・地拵え・植栽の一貫作業による低コスト化. 現代林業 542:52-55
- (5) 気象庁ホームページ https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/daily_al.php?prec_no=40&block_no=1011&year=2018&month=5&day=23&view= (参照:2019年11月8日)
- (6) Landis, TD, Dumroese, RK, and Haase, DL (2010) Chapter 4 Plant Storage: The Container Tree Nursery Manual Vol. 7 Seedling processing, Storage, and Outplanting, U. S. Department of Agriculture Forest Service, 200pp: 105-134
- (7) 及川伸夫・古川忠(1980)低温貯蔵スギ, アカマツ苗木の伸長成長と糖分ならびに無機要素の変動. 日林誌 62:62-65

(8) R Core Team (2016) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

(9) Rose, R and Haase, DL (1997) Thawing regimes for freezer-stored container stock. Tree Planters' Notes 48: 12-17

(10) 築瀬好充 (1975) 茶樹の器官による耐凍性の際とその時期的変化. 茶業研究報告 42:19-24

表-1. 各処理に使用した苗木の本数

Table 1 Number of seedlings used for each treatment

処理	西川 16 ×箱根 4	林育 2-138 ×林育 2-140	林育 2-50 ×林育 2-77	合計
当日解凍	8	10	10	28
1 日前解凍	9	10	10	29
1 週前解凍	9	10	10	29
対照	9	10	10	29
総計	35	40	40	115

表-2. 1 成長期後の生存率

Table 2 Survival rate after one growth period

処理	植栽本数 (本)	生存率 (%)
当日解凍	28	96.4
1 日前解凍	29	100
1 週前解凍	29	100
対照	29	100

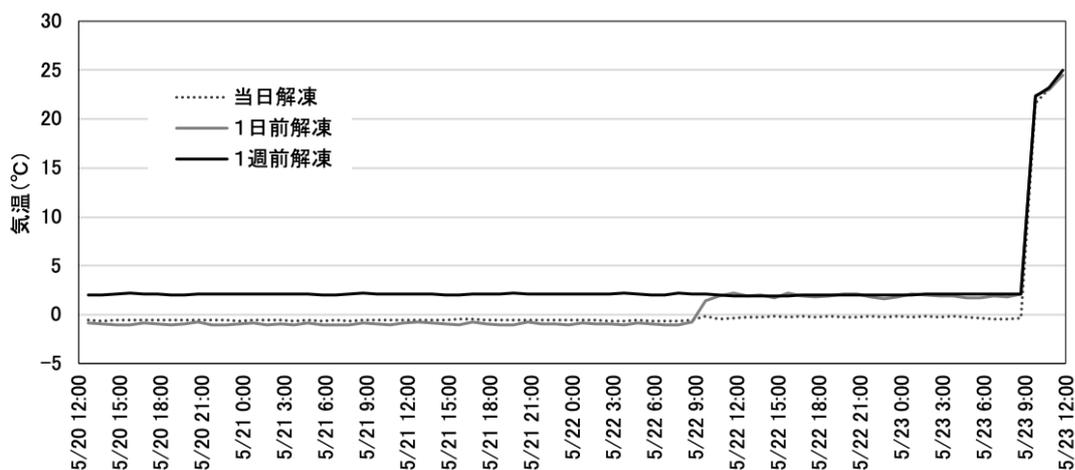


図-1. 冷凍したコンテナ苗を植栽するまでの気温の推移

Fig.1 Temperature change until planting cryopreserved container seedlings

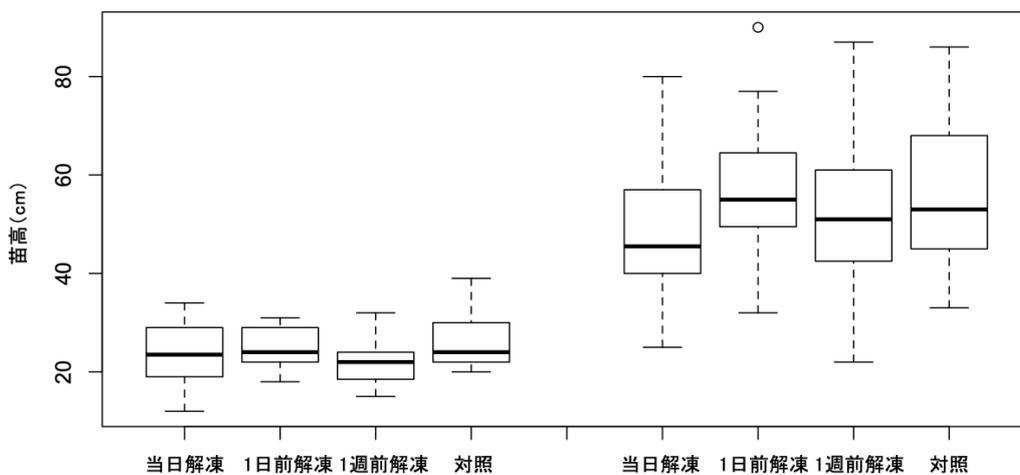


図-2. 植栽時および1 成長期後の苗高

Fig.2 Height of seedlings at planting and after one growth period