

# 優良苗の安定供給と下刈り省略化による一貫作業システム体系の開発

— コンテナ苗生産・種子の品質評価 —

清水香代・飛田博順<sup>\*</sup>・松田修<sup>\*\*</sup>・岩倉宗弘<sup>\*\*\*</sup>

再造林時に用いられているコンテナ苗は、一貫作業に使用される苗木としても期待されている。しかし、大部分のコンテナ苗は、発芽率が低い種子を使用しているため、直接播種することができず、1年生幼苗を移植せざるを得ない。その結果、育苗コストがより多くかかることで苗木の価格が高額になっている可能性がある。そこで、本研究ではコンテナ苗の作成方法に焦点をあて、直接多粒播種と直接1粒播種による作業時間を調査した。その結果、1年生幼苗移植と比較して直接1粒播種では作業時間が約66%に抑えられた。あわせて種子の発芽率を向上させるため、充実種子選別装置を用いて県内産カラマツ種子の選別を行い、その効果を検証した。その結果、充実種子と判定された種子はシャーレ内平均発芽試験が30日後に92%に達し、十分な発芽能力を備えていることが確認できた。

キーワード：コンテナ苗，移植，発芽率，直接播種

## 1 緒言

長野県内のカラマツ林は、2016年現在で11歳級以上が全体の8割近くを占め（長野県林務部2019）、主伐及び再造林が進められている。再造林時には、連結した孔を持つ育苗トレイの一種であるマルチキャビティコンテナにより育苗された苗木（以下、コンテナ苗）が国有林を中心に利用されている。コンテナ苗は、活着が良好で、既存の裸苗と比較して植栽可能な時期が長いこと、植栽作業が容易で効率的である（森林総合研究所東北支所2014）ことから、伐採から再造林までを連続して行う一貫作業に使用する苗木として期待されている（2015松田，2015宇都木）。しかし、現在のコンテナ苗は裸苗と比較して3倍近い価格となっており、裸苗と同じ植栽密度で植栽した場合には造林コストが高くなっている（2016大矢）。そこで、本研究では育苗時のコンテナ苗の作成方法に焦点をあて、直接播種と1粒播種による生産方法と作業時間について調査し、苗木価格低下の可能性について調べた。

県内のコンテナ苗の生産は、1年前の春から秋にかけて、裸苗を育成する苗畑や育苗箱で苗木を育成し、掘り取り及び選苗の後できあがった苗（以下、1年生幼苗とする）を専用のトレイに移植して育苗するのが一般的な方法である。一方、コンテナ苗を造林に積極的に導入しているオーストリアやスウェーデンの大規模な育苗施設では、コンテナへ直接播種する生産方法が用いられている（松田2015，林木育種情報2012）。しかし、県内の直近3年間の県営種子採取事業で検査される種子の発芽率は、ヒノキ17.0～65.3%、スギ34～46.3%、カラマツでは14.5～60.9%と低い（林総セ2016～

2018）。これらの種子を直接コンテナに播種し、1本以上の発芽を全孔で発芽させるためには発芽率に合わせて多粒播種することが必要となる。そこで、現状の林業用種子の発芽率を向上させるため、本研究課題で開発された発芽能力を持っている種子（以下、充実種子）と発芽能力を持っていない不稔種子を選別できる技術（松田2015）を用いてカラマツ種子を選別し、人工気象器内における発芽率と育苗時の発芽率について検証した。

本研究は、革新的技術開発・緊急展開事業（地域戦略プロジェクト）「優良種苗の安定供給と下刈り省力化による一貫作業システム体系の開発（平成28～30年度）」として実施した。

## 2 コンテナ苗作成方法の比較（移植と播種）

### 2.1 目的

移植作業は、苗畑や育苗箱で1年間育成した稚苗をコンテナに移植している。直接コンテナに播種する場合と比較して移植手間が追加で計上されるため、コンテナ苗の価格が裸苗よりも高い要因の1つであると考えられる。そこで、1年生苗の移植作業と1粒直播き作業および多粒直接播種の移植及び播種経費を比較した。

### 2.2 方法

カラマツコンテナ苗の生産において、コンテナへの移植または播種にかかる各作業工程の所要時間を、ビデオ解析により集計し比較した。調査には、県内で一般的に行われている前年の春に苗畑等に播種し育苗した1年生苗（以下、1年生移植区）と、未選別のカラマツ種子3粒の直接播種（以下、多粒播種区）と充実種子1粒播種（以下、1粒播種区）を用いた。コンテナは、サイドスリッ

<sup>\*</sup>（国研）国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所，<sup>\*\*</sup>九州大学大学院理学研究院生物科学部門，<sup>\*\*\*</sup>九州計測器株式会社

ト付コンテナ (東北タチバナ社製, 縦 40 cm×横 30 cm, 150cc/孔×40 孔)を使用した。工程は、トレイ準備から培地の充填、移植若しくは播種作業と覆土作業について作業別の所要時間を調べた。工程調査は 2017 年 3～5 月にセンター構内及び生産者苗畑で行った。

### 2.3 結果

各コンテナ作成の作業時間と作業内訳を調査した (図 2-1)。その結果, 1 粒播種区では平均作業時間が 264 秒/トレイで, 1 年生移植区の 400 秒/トレイと比較して, 約 66%に抑えられた。次に作業別に比較した。その結果, 苗木移植作業若しくは播種作業を比較したところ, 1 年生移植区で平均 105 秒, 播種区で 1 粒播種区が 82 秒, 多粒播種で 182 秒となり, 1 粒播種区<1 年生移植区<多粒播種区だった。次に, コンテナへの移植及び播種の作業時間の割合を比較した (図 2-2)。その結果, 1 年生移植区では「培地を充填する」, 「苗と培地を馴染ませる」といった培地に係わる作業割合が全体の 64%と高くなっており, 播種区は平均作業時間割合 27.5%と比較すると 2.3 倍となった。

### 2.4 考察

1 年生移植区では苗の全体の作業のうち, 培地に関する作業で多くの時間を費やしていた。これは, 直接播種区では一度に培地を充填するのに対し, 1 年生移植区では苗を移植しながら複数回に分けて培地を充填していくためと考えられた。

また, 播種区の播種作業部分が 1 年生移植と比較して短縮していなかったのは, 播種区で用いた

種子は低温湿層処理済み種子で, 表面が濡れて種子同士が密着し, 1 粒のみ播種することが困難なためと考えられた。さらに, 同じ播種区でも多粒播種の播種時間が長かったのは, カラマツ専用の播種器が無く, 野菜用の種まき器 (RS ハンドシーダー, 種まき機, サカタのタネ社製) を流用し, 播種穴から排出される量に差が生じたためと考えられた。

## 3 カラマツ種子の充実種子選別

### 3.1 シャーレを用いた人工気象器内発芽試験

#### 3.1.1 目的

県内のカラマツ種子を含めた林業用種子の発芽率は低く, コンテナに直接播種した場合は, 発芽率に応じて複数播種しなければならない。また, 複数の発芽が確認できた場合は, 間引き作業を行い, 1 孔あたり 1 本に調整しなければならず, 作業が増える。間引いた稚苗は, 発芽しなかった孔に移植する事も可能ではあるものの, 稚苗の移植に適する期間は短く, 発芽後日数が経過し苗同士の根が絡んだ状態で引き抜くことは, 残存させる個体の根を傷付けることも考えられる。さらに, カラマツのように結実周期が長く, 種子不足の年がある樹種の場合は, 無駄無く種子を利用することが望まれる。そこで, 本研究では, 九州大学大学院理学研究院及び九州計測器 (株) を中心に開発された近赤外線で充実種子と不稔種子を非破壊で選別する装置 (以下, 充実種子選別装置, 写真 3-1) を用いてカラマツ種子を選別し, シャーレを用いた発芽試験で充実種子及び不稔種子の発芽率

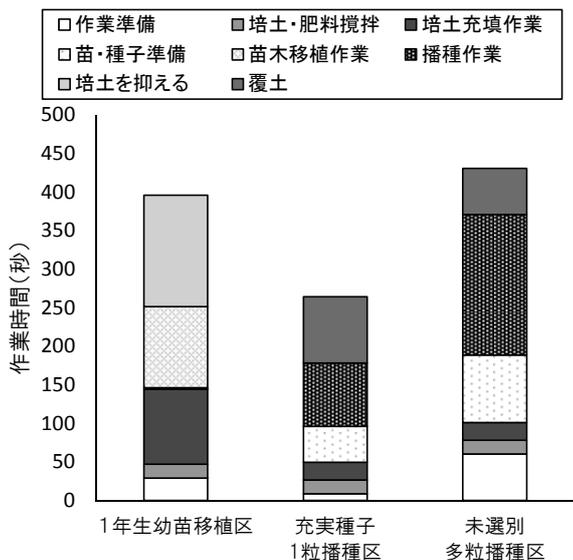


図 2-1 カラマツコンテナ苗作成方法別の項目別作業時間の比較

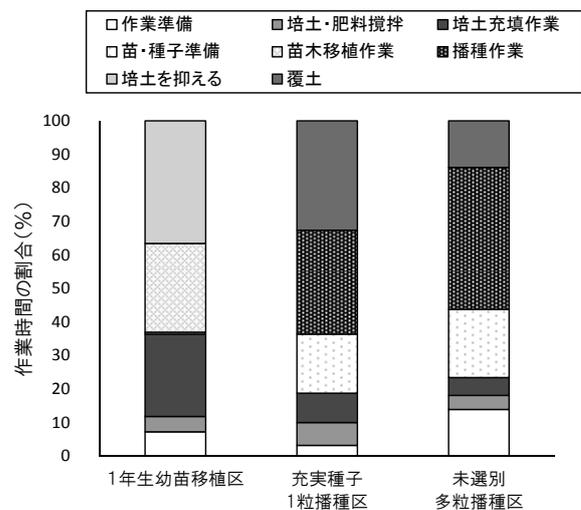


図 2-2 カラマツコンテナ苗作成方法別の作業時間割合

を調べた。あわせて、カラマツ種子は播種前に休眠打破が必要とされているため、既存の方法と種子選別を組み合わせることで試験を行い、その効果を検証した。



写真 3-1 充実種子選別装置

### 3.1.2 方法

2017年2月に九州大学大学院の充実種子選別装置を用いて九州大学大学院と協同で種子選別を実施した。種子は、2014年に南佐久郡川上村内にある県営川上採種園で採種した育種種子を用いた。充実種子選別装置で発芽能力を備え充実していると判定された種子（以下、充実区）と、発芽能力のない不稔と判別された種子（以下、不稔区）で行った。両区とも発芽前処理として、流水に浸漬する処理を2日間行った後、湿潤状態を維持し5℃以下の環境に21日間保管する低温湿層処理（以下、処理区）と2日間流水に浸漬する処理のみ（以下、無処理区）を行った区を設定し、合計4区

を設定した。9 cm ガラスシャーレにろ紙を敷き、十分に湿らせた後、各処理を行った種子を均一になるようにろ紙上に広げた。その後、人工気象器（NKsystem 社製）内で 25℃・湿度 80%・20,000lux・16 時間及び 20℃・湿度 80%、無点灯 8 時間の条件で維持し、2 日に 1 回ろ紙が湿る程度の加水を行い管理した。発芽は、7 日目から 2 日おきに発芽を確認し、発芽済みの個体はシャーレ内から除去し、その数を数えた。発芽判定は、種子の長径より根が長く伸長した段階で発芽能力を持っていると判断した。農林省林行試験場発行の林木種子の検査方法細則に基づき、試験開始から 14 日を発芽勢、締切り日は 21 日とした。加えて、最終締切り日を 30 日とした。シャーレ各試験区とも繰り返しは 2 とし、2017 年 2 月 13 日から 3 月 15 日に実施した。

### 3.1.3 結果

発芽前処理及び選別別の累積発芽率の推移を図 3-1 に示す。不稔区では、発芽前処理の有無に係わらず、発芽率は不稔・無処理区で 13%、不稔・処理区で 19%と、処理で僅かに高かったものの 10% 台に留まった。一方で、充実・処理区では最も平均発芽数が多く、21 日で 89%、30 日で 92%と高かった。このことから、充実種子選別装置を用いた充実種子と不稔種子との選別精度は高いことが確認できた。

一方、発芽前処理の効果を充実種子で比較すると、充実・無処理区でも 21 日で 87%、30 日で 89%

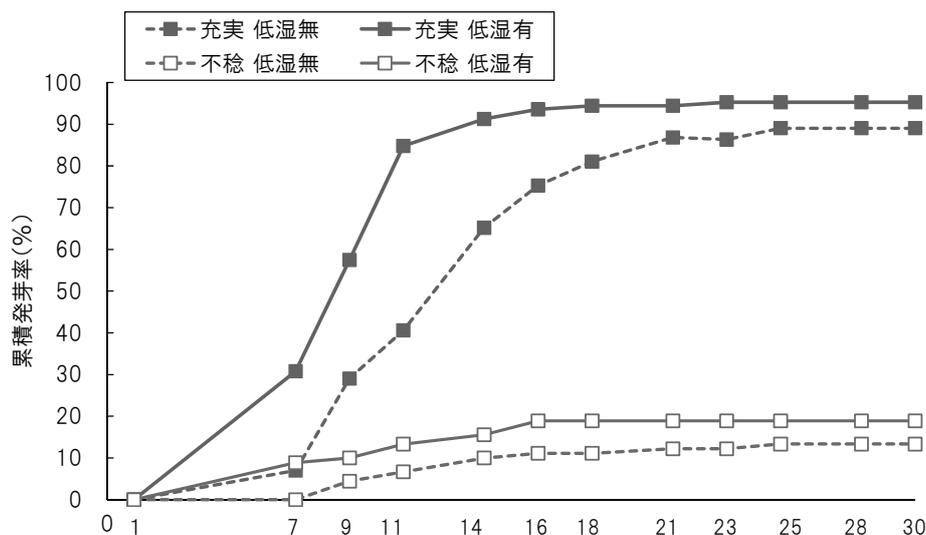


図 3-1 発芽前処理及び選別別の累積発芽率の推移  
(2014 年川上採種園産育種種子使用)

と処理区同様に高かった。しかし、発芽勢で比較したところ、充実・処理区が91%、充実・無処理区が65%となり処理区で高かった。

### 3.1.4 考察

充実種子選別装置により選別された種子の発芽率は充実区、不稔区で有意に差があった。しかし、不稔区でも発芽する種子が確認されたことから、不稔の判断となる閾値は調整の余地があると考えられる。また、充実種子と判定された種子でも、発芽前処理を実施し発芽勢を揃えると、その後の成長ステージが揃い、個体間の成長差が減り、得苗率の低下を防止できる可能性があると考えられた。

## 3.2 コンテナ直接播種による発芽試験

### 3.2.1 目的

全項のシャーレを用いた人工気象器内発芽試験では、充実種子の発芽率が高いことが確認できた。しかし、実際の育苗で、同様に高い発芽率となるかは不明であるため、トレイに直接播種しその発芽率を調査した。

### 3.2.2 方法

調査には、3.1と同様の種子を用いた。2017年4月にシャーレ内発芽試験と同様の流水浸漬処理及び低温湿層処理を行った。2018年5月に充実種子をサイドスリット付コンテナ（東北タチバナ社製、縦40cm×横30cm、150cc/孔×40孔）にヤシ殻培地に緩効性肥料（ハイコントロール650-100日タイプ）を6g/培地1Lになるよう混和した。その後、培地150cc/孔を充填して表面を均した。未選別種子は3粒/孔（以下、未選別種子区）、充実種子（以下、充実種子区）は1粒/孔を播種した。播種後は、無加温のビニールハウス内で育苗し、午前中に1回ジョウロで上部から培地が十分に湿る程度に灌水した。1ヶ月後の6月8日に双葉が完全に展葉した状態を発芽と判断し、トレイあたりの発芽数を調査した。

### 3.2.3 結果

未選別種子と充実種子の発芽率を図3-2に示す。未選別種子では、平均発芽率が53.6%だった一方で、充実種子の平均発芽率は平均93.5%と有意に高かった（一元配置分散分析、 $p < 0.01$ 、写真3-2、図3-2）。次に未選別種子区のコンテナ内で1本以上発生した孔数を実生発生孔数として、平均実生発生孔数の割合を充実種子区と比較した（図3-3）。その結果、未選別種子区の平均86.1%と比較して充実種子区の発芽孔数割合は有意に高かった（一

元配置分散分析、 $p < 0.01$ ）。合わせて、未選別種子区の1孔あたり発生本数を調査した。その結果、3粒/孔播種したにもかかわらず、1本のみ発生に留まった孔数は440孔中155孔で35.2%と、最も高かった。また、3粒播種しても1本も発生しない孔数は440孔中61孔で13.9%を占めていた（図3-4）。

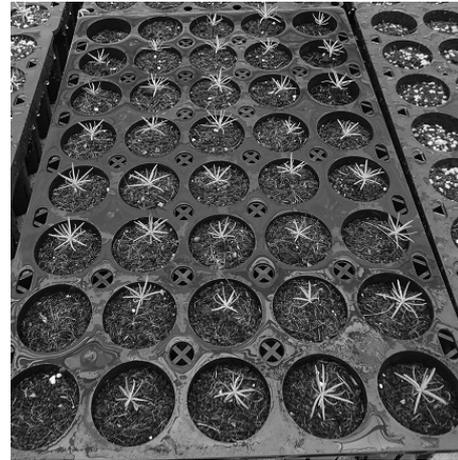


写真3-2 充実種子を1粒直接播種したコンテナの発芽状況（2018年6月8日）

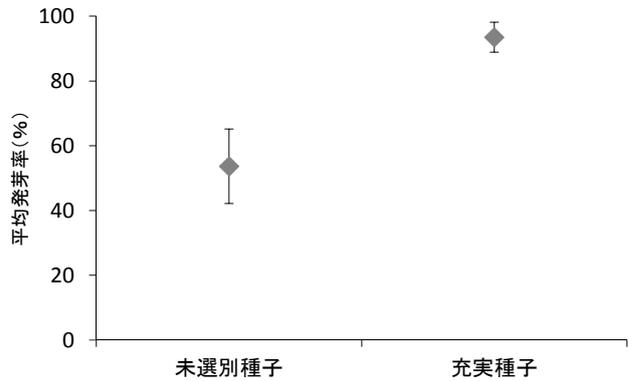


図3-2 種子選別の有無と平均発芽率の比較（一元配置分散分析、 $p < 0.01$ ）

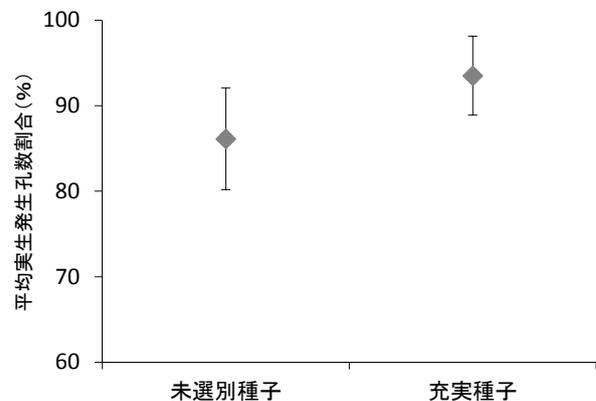


図3-3 種子選別の有無と平均発芽孔数の割合（一元配置分散分析、 $p < 0.01$ ）

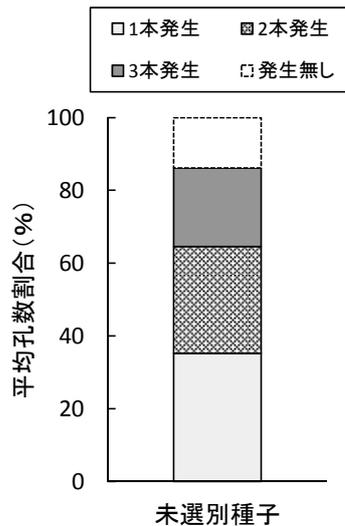


図 3-4 未選別種子の発生本数別割合

### 3.2.4 考察

育苗における発芽率もシャーレを用いた人工気象器内発芽試験と同等の発芽率となったことから、実際の育苗でも同程度の発芽が期待できると推察された。また、未選別種子は3粒播種しても平均発芽孔数の割合が86.1%で、40孔中平均5.6孔が育苗開始時から未発生と推定されるため、得苗率への影響は大きいと考えられる。この際、未発生孔に稚苗を移植する作業を追加すると、効率が低下することに加えて、直後の数週間程度は根の損傷により伸長成長しない場合や吸水不良による枯死の可能性が考えられる。しかし、初期に全ての孔から稚苗を発生させるためには、さらに多粒の種子を播種しなくてはならず、種子が不足しているカラマツでは難しい。このことから、直接播種のコンテナ育苗では、充実種子を用いることが望ましいと考えられた。

## 4 まとめ

本研究において、カラマツコンテナ苗の作成時の作業工程を移植若しくは播種で比較した結果、直接1粒播種による作業にかかる時間が最も短いことが判明した。しかし、全体の育苗期間にかかる経費や、直接播種した苗が植栽可能なサイズになるまでに必要な期間、カラマツコンテナ苗のサイズに応じた肥料の種類や施用量等不明な点も多く残るため、引き続き調査を行う必要がある。幼苗移植による育成についても、移植トレイの準備作業は、培地充填から移植穴の形成までを自動で行う機械も開発されているため、今後は機械化により効率的な作業を行うことが可能である。しか

し、移植する1年生幼苗の根のサイズによっては、移植穴のサイズ調整が必要で、どの程度の作業時間短縮になるのかは1年生幼苗のサイズに左右されると考えられる。また、根張りが大きい幼苗を移植する際には、挿入する穴の調整を行わないと、根の伸長成長が遅れたり、根の形状が播種と異なる可能性も考えられる。播種作業についても、今後は、専用の播種器や野菜種子のようなコーティング種子を用いることで時間を短縮する余地が残された。

シャーレを用いた人工気象器内発芽試験では、充実種子で高い発芽率となった。このことから、種子選別作業を貯蔵前に行うことで、発芽能力のある充実種子だけをより少ないスペースで保管することが可能と考えられた。一方で、不稔種子と判断された種子でも一部発芽する個体が含まれていたことから、選別精度を上げるための閾値の調整が必要である。また、今回の供試種子は、単一母樹の育種種子であるため、通常の採種事業で採取される母樹混合種子の選別精度について確認する必要がある。

コンテナ苗作成時の多粒播種では、1粒播種と比較して播種作業で時間がかかること、未選別種子の3粒播種では発生しない孔が生じること、多粒播種は、種子のロスが生じる点において、1粒播種による作成が有効であると考えられる。しかし、播種直後から発芽初期までの育苗管理は、灌水のみではなく乾燥防止のための遮光、虫害対策、日覆い除去のタイミングなど、苗畑における管理以上にきめ細かい管理が必要となる。特に、1粒播種では乾燥や虫害による枯死が生じると得苗率に影響が出やすい(清水未定稿)。さらに、直接播種したコンテナが植栽可能なサイズになるまでに必要な期間は不明である。今後は、コンテナ苗をできるだけ短期間で、高い得苗率で出荷可能なサイズにする手法について検討する。これらの様々な課題は残るものの、将来的に林業用苗木生産者数の減少が懸念されることから、元苗となる1年生幼苗不足の回避方法として、播種によるコンテナ育苗は有効である。

また、育成したコンテナ苗は植栽規格を満たしているのみでなく、植栽後に成長がよい苗でなくてはならない。そのような苗木を育成するため、育苗の方法に加えて、種子自体の品質や特定母樹のように優れた形質を有する品種の導入も合わせて検討したい。

## 引用文献

宇都木玄（2015）これからの森林施業の道筋を考  
える，山林 1570 号，20-29

大矢信次郎・斎藤仁志・城田徹央・大塚大・宮崎  
隆幸・柳澤信行・小林直樹（2016）長野県の緩傾  
斜地における車両系伐出作業システムによる伐  
採・造林一貫作業の生産性，日本森林学会誌 98  
巻 5 号，233-240

国立研究開発法人森林総合研究所東北支所(2014)  
コンテナ苗を使ってみませんか？

長野県林総セ業務報告（2016）116-117，（2017）  
116-117，（2018）140-141

長野県林務部（2019）長野県民有林の現況

松田修（2015）樹木種子の発芽率を向上させる新  
しい選種技術の開発，山林 1577 号，28-35

林木育種情報（2012）海外林木育種事情調査報告-  
スウェーデン・オーストリア-