

カラマツ播種コンテナ苗の育苗方法と コンテナ苗運搬・植栽システム



地方独立行政法人北海道立総合研究機構
森林研究本部林業試験場・林産試験場

2019年3月

目次

はじめに	1
第1章 カラマツ播種コンテナ苗育苗マニュアル	2
(1) 育苗スケジュール	3
(2) 種子の選別	4
1) 水比重選別	
2) 近赤外光選別	
(3) 発芽促進処理	4
(4) 播種	4
1) 直接播種 (1粒・多粒)	
2) 毛苗移植 (プラグトレイ播種)	
(5) 発芽	5
(6) 間引き・移植	6
1) 多粒直接播種 (間引き)	
2) 毛苗移植 (移植)	
(7) ハウス育苗	6
(8) 野外馴化	7
(9) 育苗管理	7
1) 灌水	
2) 追肥	
(10) 越冬	8
(11) 出荷	8
1) 選苗	
2) 梱包	
2-1) 段ボール梱包	
2-2) コンテナ容器梱包	
第2章 カラマツ播種コンテナ苗の育苗 解説編	10
(1) 種子の貯蔵	10
(2) 種子選別	10
1) 水比重選別	
2) 近赤外光選別	
(3) 種子の発芽	11
1) 発芽促進処理	
2) 温度による発芽の違い	
3) 種子重による発芽の違い	
(4) 苗木の成長	13
1) コンテナのセル容量	
2) 施肥の方法と量	
3) 野外馴化の開始時期	
(5) 苗木生産者における育苗実証試験	16
1) 苗木の成長	
2) 得苗率と育苗コスト	

第3章 コンテナ苗運搬・植栽システムマニュアル	19
(1) コンテナ苗に適した植栽システム.....	19
1) 「コンテナ容器トラック輸送ー小型運搬機小運搬ーエンジンオーガ植栽」システムの班編成	
2) 「コンテナ容器トラック輸送ー小型運搬機小運搬ー島田グワ植栽」システムの班編成	
3) 「段ボール梱包トラック輸送ー小型運搬機小運搬ー島田グワ植栽」システムの班編成	
(2) 苗木の輸送.....	21
1) 段ボール輸送	
2) コンテナ容器輸送	
(3) 苗木小運搬.....	21
1) 苗木袋による小運搬	
2) 小型運搬機による小運搬	
(4) 植栽.....	22
1) 島田グワによる植栽	
2) エンジンオーガによる植栽	
(5) 植栽作業の労働強度.....	24
第4章 コンテナ苗運搬・植栽システム 解説編	25
(1) コンテナ苗の冷蔵保管による出荷調整.....	25
1) 冷蔵保管したトドマツ・カラマツコンテナ苗の活着	
2) 冷蔵保管したトドマツ・カラマツコンテナ苗の成長	
3) 冷蔵保管コンテナ苗を活用するには	
(2) 小型運搬機の開発.....	26
1) ベースマシンの改良内容	
2) 小型運搬機による苗木の運搬効率	
(3) コンテナ苗梱包・運搬・植栽工程の調査事例.....	28
1) 芦別（空知総合振興局森林室）	
2) 美深1（上川総合振興局北部森林室）	
3) 美深2（上川総合振興局北部森林室）	
(4) 植栽作業の労働強度.....	30
補足資料 コンテナ容器	32
(1) 根巻き防止、空気根切りの仕組み.....	32
1) リブタイプ	
2) サイドスリットタイプ	
(2) セルの形状.....	32
1) 円形	
2) 四角	
(3) 北海道で使われているコンテナ容器.....	33
1) セルが連結したコンテナ	
2) セルが独立したコンテナ	
3) 播種用プラグトレイ	
謝辞	38
参考文献	38

はじめに

北海道では伐期を迎えた人工林が増加しており、今後、主伐の進行による植栽面積の増加が見込まれています。それに伴い苗木需要量の増加も予想されますが、苗木生産や造林の分野では機械化が遅れ、労働者の高齢化や減少も進んでいることから、苗木の供給不足や造林未済地の増加が懸念されており、その対策として10年ほど前からコンテナ苗による苗木生産や造林作業の機械化・低コスト化の取り組みが全国的に進められています。

コンテナ苗は、活着率が良好で、植栽時期の幅が広く、苗木の生産や植栽の機械化が期待できるなどのメリットがあり、今後、再造林を低コストで実施する上で必要不可欠です。長い間、裸苗に慣れ親しんできた林業界では、コンテナ苗に戸惑い、未だ試行錯誤の状態にありますが、コンテナ苗の生産量が徐々に増加しているところです。

本冊子は、北海道立総合研究機構の重点研究として平成28～30年度に取り組んだ「苗木需要量の増加に対応したコンテナ苗生産・植栽システムの開発」の成果を中心に、これまで北海道立総合研究機構（道総研）林業試験場が取り組んできた研究成果を取りまとめたものです。北海道の自然条件や林業事業体の実情に合わせて開発したカラマツの新しいコンテナ苗生産方法と効率的なコンテナ苗運搬・植栽方法を紹介し、その根拠となる研究結果を解説しています。

この冊子が、苗木生産および造林作業の軽労化・効率化を進める一助となり、今後の北海道の林業の発展に貢献することを願っております。

北海道立総合研究機構森林研究本部長 及川 弘二

第1章 カラマツ播種コンテナ育苗マニュアル

道総研林業試験場は、九州大学との共同研究により、1年で山出し可能なカラマツコンテナ苗の育苗方法を開発しました。この方法ではコンテナまたはプラグトレイに直接播種して育苗します（表1-1）。最初の播種・発芽段階の違いにより「1粒直接播種」、「多粒直接播種」、「毛苗*移植」の3方法に分かれますが、コンテナ内に1本の苗を仕立てた後の過程はいずれも同じです。

* 毛苗：発芽直後の小さい苗。

表1-1 開発した育苗方法の概要

プロセス	1粒直接播種	多粒直接播種	毛苗移植
種子の選別	近赤外光選別	水比重選別	近赤外光選別
発芽促進	低温湿層処理（雪中埋蔵または冷蔵庫2℃）		
播種準備	コンテナに用土を詰め、水分調整		プラグトレイにあらかじめ挿入されている固化培地の水分調整
播種数	1粒	2～3粒	1粒
発芽	コンテナ等周辺の気温を15～25℃、相対照度を10～30%程度に管理		
間引き・移植	—	複数発芽したらすぐに間引く 間引き苗を発芽が見られないコンテナのセルに移植	発芽後すぐに固化培地ごとコンテナに移植
ハウス育苗	ハウス内の気温を30℃以下、相対照度を50%程度に管理 乾燥しないよう適切に灌水 空中根切りのためメッシュ状の台の上にコンテナを設置		
野外馴化	7月上旬までに野外に出し、育苗 野外でもメッシュ状の台の上にコンテナを設置		
育苗管理	乾燥しないよう適切に灌水 生育状況を見ながら適切に追肥		
	(秋植え用出荷)		
越冬	雪中埋蔵		
出荷	選苗後、段ボールに梱包して出荷、またはコンテナ容器のまま出荷		
	(春植え用出荷)		

以下では、前ページの育苗プロセスに沿って、詳細を紹介します。

(1) 育苗スケジュール

従来のカラマツ育苗方法では（図1-1上2行）、裸苗は苗畑で2年目の春に床替えして2年生で出荷、コンテナ苗は露地で播種・育苗した1年生裸苗をコンテナに移植して1年間育て2年生で出荷します。コンテナ苗の育苗には、コンテナ容器、専用培土、育苗ハウス、灌水施設などの施設や資材を準備しなければならず、裸苗より高コストになります。

林業試験場が開発した新たなコンテナ苗育苗方法では（図1-1下3行）、施設や資材はそれほど変わりませんが、育苗期間を半分の1年に短縮することで、育苗コストを削減できます。また、従来の育苗方法のような不定形な裸苗幼苗の移植工程がないので、育苗の機械化に対応できます。

種別	前年		1年目														
	9	10	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3		
裸苗																	
裸苗（2年生）	●土壌消毒等		秋播種または春播種		●土壌消毒	育苗管理							越冬（貯蔵）				
						●消毒、施肥							●冬越し準備				
						●露地（灌水施設なし）											
コンテナ苗																	
1年生幼苗移植	●土壌消毒等		秋播種または春播種		●土壌消毒	育苗管理							越冬（貯蔵）				
						●消毒、施肥							●冬越し準備				
						●露地（灌水施設なし）											
1粒直接播種				播種		育苗管理							出荷	越冬（貯蔵）			
			●土壌消毒		●施肥									●冬越し準備			
			●ハウス（加温施設あり）		●露地（灌水施設あり）												
			●露地（灌水施設なし）														
毛苗移植【プラグトレイ播種】				播種移植		育苗管理							出荷	越冬（貯蔵）			
			●土壌消毒		●施肥									●冬越し準備			
			●ハウス（加温施設あり）		●露地（灌水施設あり）												
			●露地（灌水施設なし）														
多粒直接播種				播種間引き		育苗管理							出荷	越冬（貯蔵）			
			●土壌消毒		●施肥									●冬越し準備			
			●ハウス（加温施設あり）		●露地（灌水施設あり）												
			●露地（灌水施設なし）														

種別	2年目						3年目								
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
裸苗															
裸苗（2年生）			育苗管理			出荷			越冬（貯蔵）					出荷	
		●床替え			●根切り				●冬越し準備						
コンテナ苗															
1年生幼苗移植		移植	育苗管理			出荷			越冬（貯蔵）					出荷	
			●施肥						●冬越し準備						
			●露地（灌水施設あり）												
1粒直接播種			出荷												
毛苗移植【プラグトレイ播種】			出荷												
多粒直接播種			出荷												

図1-1 カラマツ裸苗、カラマツ1年生幼苗移植コンテナ苗およびカラマツ播種コンテナ苗3方法の育苗スケジュール

ハウスでは温床マット等による人工的な加温を播種してから4月末ごろまで行う。

(2) 種子の選別



図1-2 水選の様子

1) 水比重選別

水道水に種子を入れ静置します。数回かき混ぜて、12時間待ち、沈んだ種子を使用します(図1-2)。水比重選別(以下「水選」という)した種子は乾かさずに、続けて発芽促進のための低温湿層処理を行います。

2) 近赤外光選別

近赤外光の3波長を使って、充実種子と非充実種子を見分ける方法です。現在、九州計測器(株)が2019年度中の販売を目標に自動近赤外光選別機を開発中です。

(3) 発芽促進処理

①休眠している種子を布袋に入れ湿らせ、雪に埋めて3週間、低温湿層処理を行います(雪中埋蔵)。冬季の外気温の影響を受けて種子が凍結することを避けるため、50cm以上の深さに埋めます。0℃前後では菌害を受けることがあるので、殺菌剤「チウラム水和剤」の粉を種子表面に薄くまぶします。

②冷蔵庫で3週間保管することでも低温湿層処理が可能です。このとき、温度が高くと休眠解除が不十分になったり、逆に発芽が進むことがあるので冷蔵庫を低めの2℃に設定するようにします。また、種子が呼吸できるよう種子が水没しないよう注意します。

(4) 播種

播種は3月下旬に行います。温暖な地域やハウスを利用できる場合は播種を4月まで遅らせることができます。後述するトンネルや寒冷紗の除去は、播種日を遅くしたことに合わせて順次、遅らせますが、野外馴化は遅くとも7月上旬に始めます。

1) 直接播種(1粒・多粒)

①セル容量150~300ccのコンテナを用います。解説編で説明するように200ccコンテナがカラマツに最も適しています。

②コンテナに培土を詰めます。培土にはココピート、ピートモス、または「コンテナ苗木育苗培土」を用います。ココピート、ピートモスでは「ハイコントロール」や「オスモコート」等の発芽阻害の心配がない緩効性肥料を元肥として混和しておく、苗の成長が促進されます。秋の低温馴化の妨げにならないよう8月中旬に肥料分が切れるようにします。

③播種前に培土を十分に湿らせます。図1-3のように容器に水を張りコンテナを浸ける底面灌水の他に、培土を詰めたコンテナを並べ、上面からミスト灌水する方法もあります。培土が乾燥した状態では水を吸水しにくいので、ミスト灌水の場合は、一回で吸水させようとはせず小まめに、何回も灌水します。完全に吸水させるには2~3日かかります。



図1-3 播種前の底面灌水

④培土表面中央に種を置き覆土します。セルの端に播種すると苗が成長したときに根系に偏りができるため、複数粒を播種する際も中央にまとめて播種します(図1-4)。深い穴をあけて播種すると発芽した胚軸が地表に出るのに時間を要し、成長が遅れます。



図1-4 コンテナ3粒播種

⑤覆土にはバーミキュライトまたは細粒(1~2mm)の鹿沼土を用い、種子の大きさの2倍程度の厚さ約2~3mmに覆土します。培土に用いたココピート、ピートモスは繊維状なので覆土に用いると作業効率が劣ります。

2) 毛苗移植(プラグトレイ播種)

①プラグトレイにあらかじめ挿入されている固化培地は、吸水性がよく、播種直前に灌水します。

②プラグトレイに1粒ずつ播種します(図1-5)。

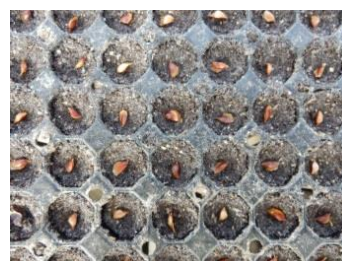


図1-5 プラグトレイ1粒播種

(5) 発芽

①発芽に最適な温度は15~25℃で、最低気温を15℃に保つよう加温します。農業用温床マットを敷き、ビニールトンネルを設置し、その中にコンテナやプラグトレイを置きます(図1-6)。またハウスを二重、三重にして温度の維持と暖房コスト削減に努めます。

②発芽に強い光は必要ありません。発芽した苗の強光障害や乾燥をさけるため相対照度を10~30%程度に抑えます。ハウスとトンネルの3~4重のビニール被覆で所定の相対照度まで低下しますが、ハウス全体を加温し、ビニールトンネルを使用しない場合は寒冷紗をかける必要があります。

③種子や覆土が乾かないよう灌水の頻度を多くします。

④発芽環境が適切に管理されていれば、約10日で発芽をはじめ、2~3週間の間で発芽のピークを迎えます。

⑤ハウスの周囲に積雪があると、播種した種子が野ねずみの被害を受けることがあります。野ねずみが侵入



図1-6 発芽のためのコンテナ設置状況

2重ビニールのハウス内にビニールトンネルを設置し、コンテナの下には温床マットを敷いた。



図1-7 一つのセルに複数発芽した苗



図1-8 間引きした苗



図1-9 間引き、移植後の状況



図1-10 コンテナへの移植を待つプラグ1粒播種の発芽苗



図1-11 子葉の展開が終わると根巻きが始まっている

出来ないようにしたり、殺鼠剤をハウス周辺に配置して被害を予防することも必要です。

(6) 間引き・移植

1) 多粒直接播種（間引き）

①一つのセルに2本以上の苗が発芽した時（図1-7）は、1本だけ残し、ピンセットで苗の胚軸（子葉の下の軸）をつかみ抜き取ります。

②抜き取りは発芽後、直ちに行います。発芽直後の苗は根が分岐していない（図1-8）ので、間引きにより残存苗が傷むことはなく、抜き取った苗も根が傷むことはあまりありません。

③多粒播種では、水選種子の発芽率が70%程度のため未発芽セルが出ます。2粒播種では未発芽セルが10%程度です。このため、抜き取った苗を未発芽セルに移植します（図1-9）。この作業は播種後3週を目途に行うのが効率的です。

2) 毛苗移植（移植）

①発芽後ただちにプラグ苗を培地ごと150～300cc（最適な容量200cc）のコンテナに移植する必要があります（図1-10）。

②発芽後、1週間程度で子葉が展開します。そのころには、プラグトレイの底に根が達し、根巻きが始まります（図1-11）。発芽後1週間以内を目途に移植します。

③移植が遅れた苗は、その後の成長も遅れるので移植は播種後4週を目途に終了します。播種後3週目から1週間ごとに行うと、3週目、4週目の2回の作業になります。

④移植作業は、ピンセットで固化培地の外側を挟んで行います。苗には触らないので苗を痛めることはありません。

(7) ハウス育苗

①本葉がしっかり開き軸が伸び始めたら、コンテナ苗周囲の相対照度を50%程度にします。寒冷紗は取り去り、トンネルの場合は日中、トンネルを外します。また、適切に灌水するとともに、気温を30℃以下に、高くとも35℃以下になるようにします。

②最低気温が15℃を上回るようになったら暖房を止め、コンテナ苗を空気根切りできるようメッシュ状の台等に移し、コンテナが地表に直接触れないようにします。乾燥しないよう適切に灌水します(図1-12)。

(8) 野外馴化

①6月までハウスで育苗し、7月初めより野外で育苗します(図1-13、14)。

②野外に出すことにより、苗長成長は制限されますが、直径成長は、あまり影響を受けません。

③遅くまで温室で育苗すると徒長苗になるとともに、葉の量が多くなりすぎ、苗木の下部が草蒸れして病気が発生します(図1-15)。

④野外でも苗木は空中根切りがされるよう、常にメッシュ状の台の上に置きます。

(9)育苗管理

1) 灌水

①季節、苗木の大きさにより灌水量は変わります。

②育苗培土のココピート、ピートモスは、一度乾くと吸水に時間がかかるため、乾燥させないようにこまめに灌水します。

③培土表面が濡れていても中は乾燥していることがあります。コンテナを持ち上げたり、重さを計って中まで灌水できていることを確かめます。

④気温が高く苗木が大きくなる8月は、1日30分以上の灌水が必要です。

2) 追肥

①カラマツは、施肥量に敏感に反応するため、成長量を調整することができます。

②発芽後20日目から、伸長成長を活発に始める60日目ぐらいまでは標準的なNPK比(例えばN:P:K=6:10:5)の肥料、伸長成長が活発になった以降、8月中旬までは前者の肥料もしくは、窒素量の多い肥料(例えばN:P:K=20:20:10)を追肥し、成長量を調整します。



図1-12 メッシュの育苗台とミスト灌水

上面のパイプからミストが噴射される。



図1-13 野外育苗直前のコンテナ苗



図1-14 野外育苗中のカラマツコンテナ苗(8月3日撮影)



図1-15 苗木密度が高くて、8月下旬に菌害が出たコンテナ苗

③施肥量は、14ページの表2-2を参考にそれぞれの苗畑やその年の天候から調整してください。

④8月中旬以降は、低温耐性を付けるため、カリウムの多い肥料（例えばN:P:K=10:10:30）に切り替えます。

(10) 越冬

①カラマツでは9月に入ると伸長が徐々に停止し、冬芽の形成発達、黄葉、落葉と2か月近くかけて順次、越冬耐性を獲得します。8月中に成長を促す施肥を終了します。



図1-16 1年生カラマツ播種コンテナの越冬の様子
冬期間もこのまま、埋雪した状態で保管する。

②野外で越冬する場合、地面に直接おいて雪下で越冬します（図1-16）。埋雪の妨げにならない低い台（パレットなど）の上に置き、越冬することも可能です。

③地上部の成長が停止しても10月末まで根の成長は継続しています。また、春の開葉前の融雪時から根の成長が始まります。地面に直接置いて越冬する場合、根が成長しコンテナ容器の外に長く伸びることがあります。それを防ぐために越冬のために地面に直接置くことをできるだけ遅らせ、春は融雪後すぐ台に戻すことが必要です。



図1-17 寒風害防止のため、かためておいたコンテナの周囲を火山礫で埋める

④根鉢の凍結による寒風害の恐れがあるときは、コンテナ容器をかためて置いて、その外縁を火山礫や板で囲って、風の侵入を防ぎます（図1-17）。

⑤多雪地では、雪による幹折れ被害を軽減するために、寒冷紗をべた掛けし、雪の重みが一か所に集中するのを防ぎます。

⑥越冬中に野ねずみの被害を受けることがあります。野ねずみの周囲からの侵入を防いだり、殺鼠剤を周辺に配置して被害を予防することも必要です。

⑦冬季、または融雪直後の冬芽が膨らむ前に雪室に移すことで、6月まで開葉させずに保管することができ、出荷、植栽作業の分散、平準化ができます。

(11) 出荷

1) 選苗

①梱包・出荷前に苗木の選苗を行います。コンテナから苗木を一度抜き取り、植栽作業で崩れないよう根鉢

がしっかり形成されているか、苗木の根元径、苗長が規格に達しているか、確認し、合格した苗木だけをコンテナに戻します。

②コンテナ容器JFA150、JFA300、OS150、OS300、MT-150-40P、MT-300-24Pに適合した苗抜き取り機が販売されています（図1-18）。



図1-18 苗抜き取り機
(サンテクノ社製)

2) 梱包

裸苗は、根に付いた土を振り落とし、20～50本程度の苗木をテープで結束し、さらに数百本単位でシートやムシロに梱包して出荷します。しかし、コンテナ苗は、根鉢が付いたまま植栽するため、違った方法をとる必要があります。現在、最も行われているのが段ボール梱包です。コンテナに入れたままの状態でお荷されることがありますが、まだ数は多くありません。



図1-19 ラップによる梱包作業
二人一組で作業がスムーズ

2-1) 段ボール梱包

①5本を一束にして根鉢をラップで巻きます（図1-19）。山で苗木袋に苗木を入れて運搬するとき根鉢が崩れないようにするためです。

②根鉢の1段目を3本、2段目を2本の台形にするとしっかりラップできます。

③ラップを巻く器具、器具専用のラップが市販されています。それを使うと作業が早くなります。

④宅配便などでよく見かける段ボールよりも細長い段ボール（50.5cm×82.0cm×37.5cm）に根鉢を両サイドに、苗木の頭を真ん中で合わせて、ひと箱当たり150本程度の苗木を梱包します（図1-20）。



図1-20 段ボールに150本程度の苗木を梱包

⑤ラップ～段ボール梱包の作業効率は、苗木1000本当たり1.47人工です。

2-2) コンテナ容器梱包

①苗木をコンテナに入れたまま出荷するので、梱包作業は不要です（図1-21）。



図1-21 コンテナ容器から抜かずに積み込みを待つ苗木

②出荷時の梱包作業を省略できるので、出荷が集中する時期の人手を少なくできることが大きな利点です。

第2章 カラマツ播種コンテナ苗の育苗 解説編

(1) 種子の貯蔵

十分に乾燥したカラマツ種子は、温度2℃、湿度45～55%の条件（低温低湿開放貯蔵）で採種後10年程度貯蔵できます。北海道の造林用種子は、メッシュの袋に入れ、上記の条件で道総研林業試験場敷地内にある道の種子貯蔵庫で貯蔵しています。

乾燥した種子を密封し、冷凍すると20年程度の貯蔵が可能です。金属容器やプラスチック容器に乾燥した種子を密封し、-4～-20℃の冷凍庫で貯蔵します。

(2) 種子選別

造林用に用いられているカラマツ種子の発芽率は現在、3割～4割であることから、9割以上のセルで苗を発芽させるには、一つのセルに5～7粒播く必要があります。当然、一つのセルに2本以上発芽することがあり、間引きの手間がかかります。そのため、コンテナに直接播種して苗を育苗するためには、高い発芽率の種子を使う必要があります、何らかの方法で発芽率を高めなければなりません。

1) 水比重選別

充実した種子の平均比重は0.8～0.9、非充実種子の平均比重は0.5～0.6です。水（比重1）に種子をつけると最初はすべて浮きますが、吸水が進むと充実種子から比重1を超え、沈み始めます。そのまま浸け続けると非充実種子も沈むので最適な時間で止める必要があります。その時間は12時間から15時間で、発芽率6割～7割の種子を得ることができます。ひとセル当たり3粒の種子を播けば、90%以上のセルで苗を成立させることができますようになります。

水の代わりにエタノールを使う選別方法も知られています。エタノールの比重は0.7であり、エタノールに種子をつけると直ちに9割以上の精度で充実種子を分けることができます。しかし、カラマツのエタノール選別種子では発芽率が低くなり、エタノールによる発芽阻害が現れる（図2-1）ため、薦められません。

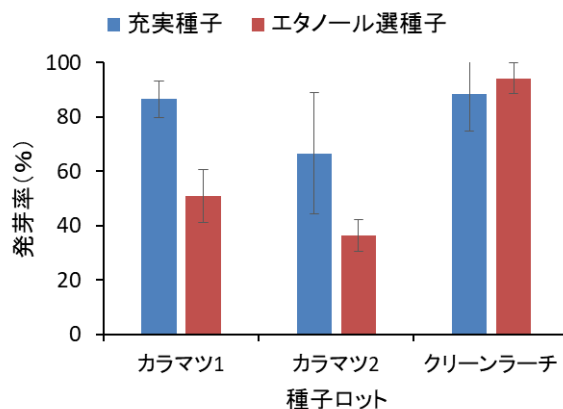


図2-1 エタノール比重選した種子の発芽率
人工気象器（暗条件20℃16時間，明条件20℃8時間）で発芽試験を実施し、充実種子は軟X線で選別した（今・来田2014を改変）。

2) 近赤外光選別

スギ、ヒノキにおいて近赤外光の3つの波長の組み合わせから充実種子を95%以上の高い精度で選別する技術が開発されました（図2-2）。事業用に用いられて

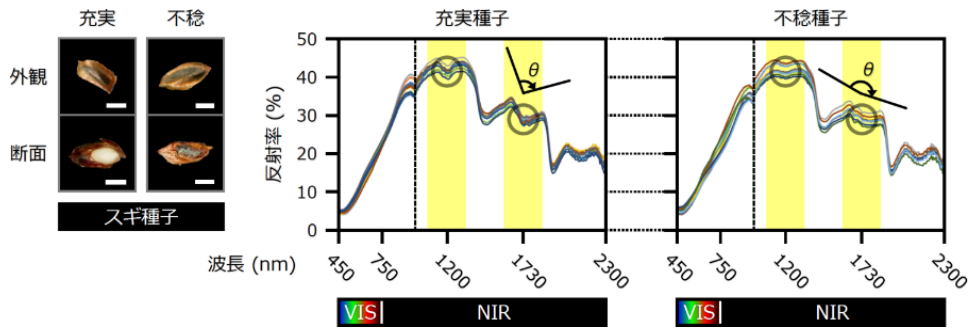


図2-2 充実および不稔種子の外観と可視～近赤外域における波長ごとの反射率 (九州大学大学院理学研究院 松田助教提供)

いる発芽率43.5%のカラマツ種子を近赤外光で選別しところ、充実種子として選別された種子の発芽率は、条件によって異なりますが、80%以上となり、非充実として棄却された種子の発芽率は13.8%でした (図2-3)。また、充実率の異なる複数の種子ロットでこの方法の有効性を試験したところ、いずれのロットも発芽率95%以上の種子を選別できることが確認されています (表2-1)。これらの結果から、近赤外光により発芽する種を効率的に選別できることが分かりました。

2019年1月現在、九州計測器(株)が自動種子選別機の市販化に向けて、試作機の試験を行っています。

図2-3 近赤外光選別種子の発芽率の推移
13℃以上の温室で育苗した。

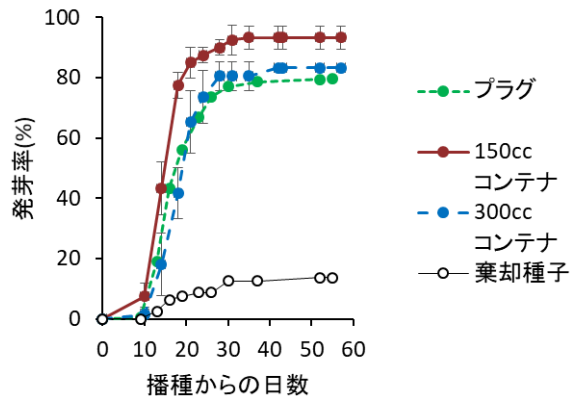


表2-1 近赤外光選別種子の母樹別発芽率
近赤外光採択率は近赤外光で充実種子として選別された割合

	留萌4	根室8	中標津2	上川23	空知9
近赤外光採択率%	44.4	48.7	49.4	51.7	88.7
(調査種子数)	(723)	(700)	(792)	(776)	(779)
発芽率%	97	98.1	100	97.9	97.9
(調査種子数)	(33)	(53)	(96)	(96)	(96)

発芽試験の条件：プレート30℃12h/20℃12h3週間

(3) 種子の発芽

1) 発芽促進処理

低温貯蔵し、休眠した種子を発芽させるには、休眠を解除する必要があります。休眠解除の方法は、布袋などに湿らせた種子を入れ、3週間、雪中埋蔵するか、2℃の冷蔵庫に入れます (低温湿層処理)。カラマツは低温湿層しなくても発芽しますが、発芽が遅れ、最終的な発芽率が10~20%程度低下します (図2-4、5)。最低気温13℃の温室では低温湿層した種子の発芽率は、播種後3週間程度で最終発芽率近くに達します。このように、発芽率が高く発芽が揃う方が、その後の育苗手順を単純化できることから、コンテナ育苗では低温湿層処理は必須です。

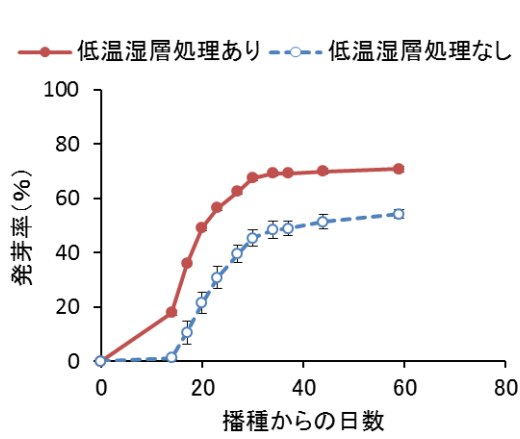


図2-4 低温湿層処理の有無による水選種子の発芽率の違い
150ccコンテナに播種、13℃以上の温室で育苗した。

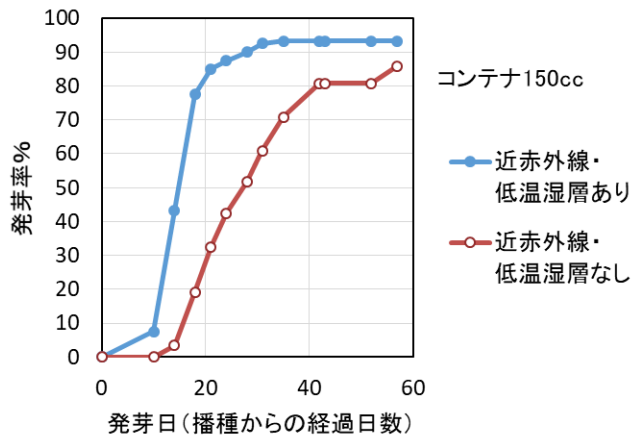


図2-5 低温湿層処理の有無による近赤外光選別種子の発芽率の違い
150ccコンテナに播種、13℃以上の温室で育苗した。

2) 温度による発芽の違い

カラムツ種子の発芽に最適な温度は15℃～25℃です(図2-6)。低いと発芽が遅れ最終的な発芽率が低下します。温度が高すぎると最終的な発芽率が低下します。

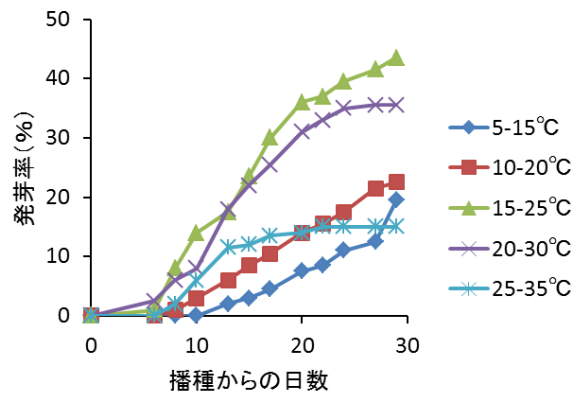


図2-6 温度による発芽率の違い
風選種子を用いたシャーレ、人工気象器による発芽試験。凡例の温度数値は、暗期の温度—明期の温度を表す。暗期と明期はそれぞれ12時間。

3) 種子重による発芽の違い

種子が重いと発芽するまでの日数が短くなり、発芽後の成長がよくなります(図2-7)。十分に発達した種子を使用することが、苗木の生長を促進するうえでも重要です。

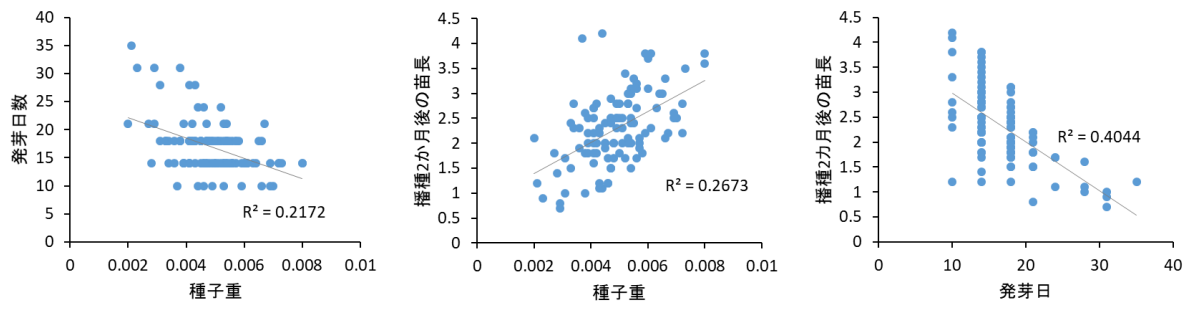


図2-7 近赤外光選別種子の種子重、発芽日数、発芽後の苗長の関係
低温湿層した近赤外光選別した種子を150ccコンテナで播種、育苗した。

(4) 苗木の生長

1) コンテナのセル容量

コンテナのセル容量が大きくなるほど苗木は大きくなります。図2-8に示した条件では、コンテナに直接播種した1年生苗木の平均苗長は、120ccコンテナで30cm強、390ccコンテナで40cm強となり、約1.3倍の違いがあります。根元径は、さらにセル容量の影響が大きく、平均根元径は120ccコンテナで3mm強、390ccコンテナで5mm強と、約1.6倍の違いがあります。ただし、使用したコンテナは、複数のセルが一体となっており、セル容量と苗木密度の複合作用が苗木の成長に影響しています。

植栽後の苗木の活着や成長をよくするためには、苗長と根元径のバランスも重要です。形状比（苗長mm／根元径mm）が100を超えた苗木の生存率が低下する試験結果があり、形状比が低い、すなわちずんぐりした苗木の活着や成長がよくなります。セル容量が大きく苗木密度が低いほど、形状比が低くなり、セル容量200cc以上で、形状比90以下の苗木が多くなります。

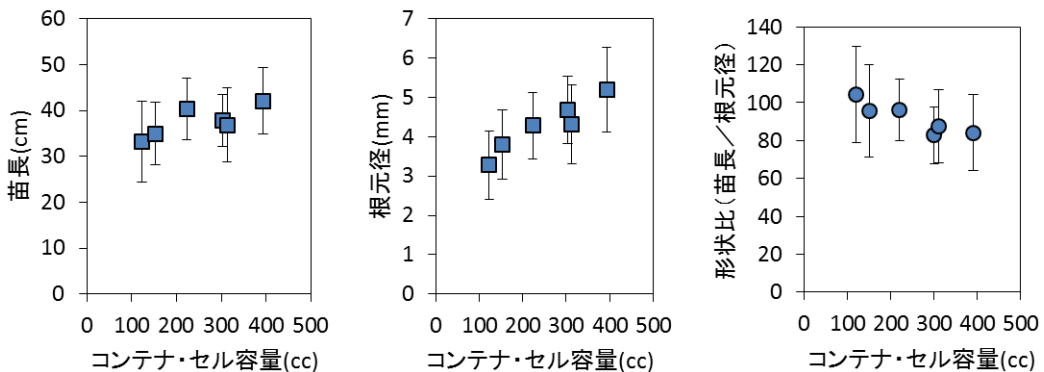


図2-8 コンテナのセル容量が苗木の成長に与える影響

試験年2014年、播種：4月24日 施肥量：図3-9の元肥1+液肥1と同じ、野外馴化開始日：9月1日、調査月：10月

2) 施肥の方法と量

カラマツは、施肥量に敏感に反応し、施肥量による成長の差が大きく現れます

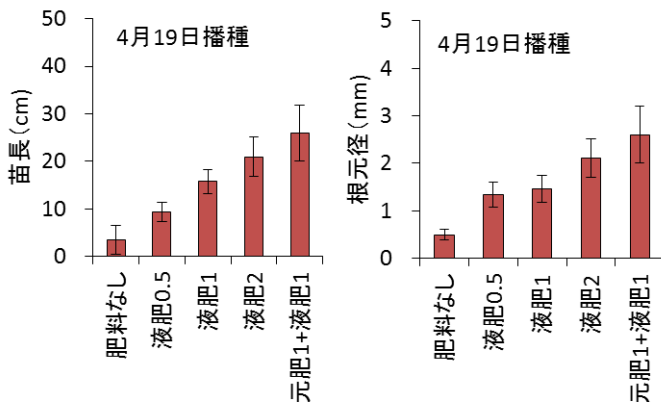


図2-9 施肥量による成長量の違い

試験年2013年、コンテナ容器：120ccサイドスリット、播種：4月19日、調査月：10月。写真は、左から元肥1+液肥1、液肥2、液肥1、液肥0.5、肥料なし。

(図2-9)。図の元肥は肥効期間が3~4か月の緩効性肥料です。液肥1と元肥1は肥料メーカーが推奨する標準量であり、0.5、2はそれぞれ0.5倍、2倍することを表しています。結果をみると液肥を増やすよりも元肥を加えることの効果が高いことがわかります。この理由として、即効性である液肥は肥料焼けを起こしやすいため、薄い濃度に標準量が設定されていますが、元肥に使用した緩効性肥料は、ゆっくり肥料成分が融出するため、液肥より高めに肥料の標準量が設定され、施用される肥料の量が多くなることがあげられます(表2-2)。

表2-2 標準的な施肥の例

図2-9の「元肥1+液肥1」の施肥法と回数および施肥した窒素量、上：元肥、下：液肥(追肥)

施肥形態	濃度mg ／肥料1g	施肥量g ／培土1L・回	回数	窒素量mg／培土1L	
				合計	1日当たり 融出量
元肥 ^{*1}	160	4	1	640	5.3

^{*1}:オスモコートエグザクト(N:P:K = 16:9:12, 肥効期間3~4か月、Hyponex社)

施肥形態	時期	濃度mg ／肥料1g	施肥量ml ／培土1L・回	回数	窒素量mg／培土1L	
					合計	1回当たり 施肥量
液肥	発芽期 ^{*2}	50	70	5	17.5	3.50
	成長期 ^{*3}	100	70	8	56.0	7.00
	馴化期 ^{*4}	25	70	6	10.5	1.75
	合計			19	84.0	

^{*2}:ハイポネックススタンダード(N:P:K = 6:10:5, Hyponex社)

^{*3}:プロフェッショナルハイポネックス(N:P:K = 20:20:20, Hyponex社)

^{*4}:ユニバーズル(N:P:K = 10:10:30, Hyponex社)

図2-9では、セル容量が小さい120ccのコンテナを使ったため、北海道山林種苗協同組合が定める苗木規格にほとんどの苗木が達していません。図2-10ではセル

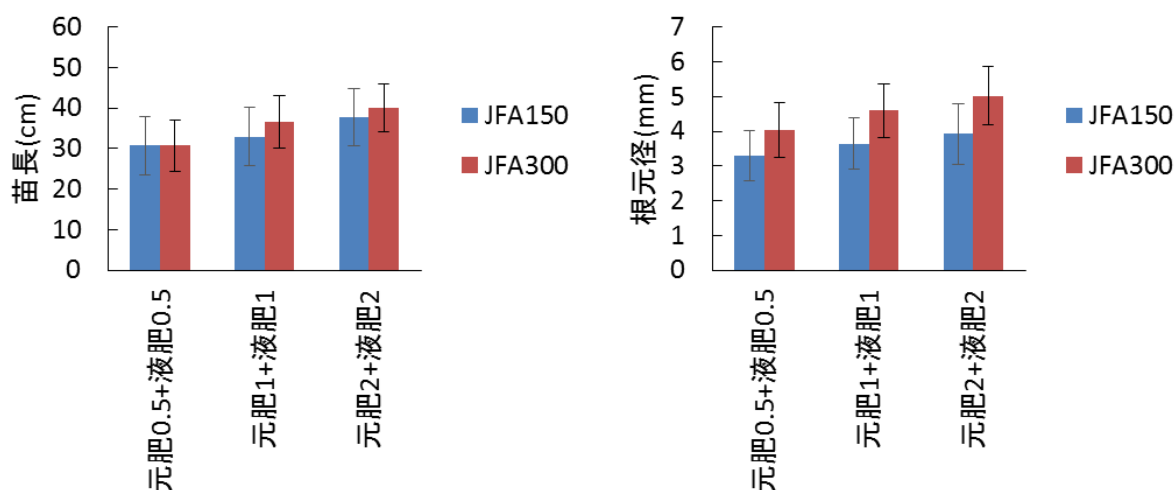


図2-10 コンテナのセル容量と施肥量が苗木の成長に与える影響

試験年2014年、播種：4月24日 野外馴化開始日：9月1日、調査月：10月

容量を大きくし、施肥量を変えて試験しています。150ccコンテナでは、苗木が大きくなり、苗長は少ない施肥量でも規格を満たす苗木が多くなりますが、根元径は施肥量を多くしなければ、規格を満たす苗木は増えません（図2-10、表2-3）。300ccコンテナでは、標準的な施肥量（元肥1+液肥1）で8割以上の苗木が規格を満たし、逆に、それ以上、施肥量を増やしてもあまり効果はありません。

表2-3 苗木が規格外になった割合(%)

	JFA150				JFA300			
	n ^{*1}	規格外 ^{*2}	根元径 規格外	苗長 規格外	n	規格外	根元径 規格外	苗長 規格外
元肥0.5+液肥0.5	113	85.0	84.1	21.2	68	52.1	48.5	11.8
元肥1+液肥1	105	68.6	67.6	15.2	71	14.1	14.1	5.6
元肥2+液肥2	98	43.9	43.9	4.1	55	12.7	12.7	0.0

*1：nは1年生秋の生存苗木数

*2：北海道山林種苗協同組合が定めるカラマツコンテナ苗規格は苗長25cm以上、根元径4mm以上

3) 野外馴化の開始時期

育苗している苗木は、野外に植栽することが目的なので、野外の環境に馴化させる必要があります。また、春植栽であれば、野外で越冬させるので低温馴化させる必要があります。温室から野外に出すと温度の低下、風力の増加などで苗木のストレスが増えます。300ccコンテナを7月上旬、8月上旬に野外育苗を開始すると苗長成長が抑制され、9月上旬野外育苗開始より苗長が小さくなります（図2-11）。しかし、根元径への影響はなく、苗木の苗長規格も十分に満たした、形状比の小さい苗木になります。150ccコンテナでも早く野外育苗を開始することで形状比が低下する傾向がありますが、苗木密度が高いため競争の影響が大きく（隣の苗木に負けまいと苗長を伸ばし）、苗長成長の抑制は認められませんでした。

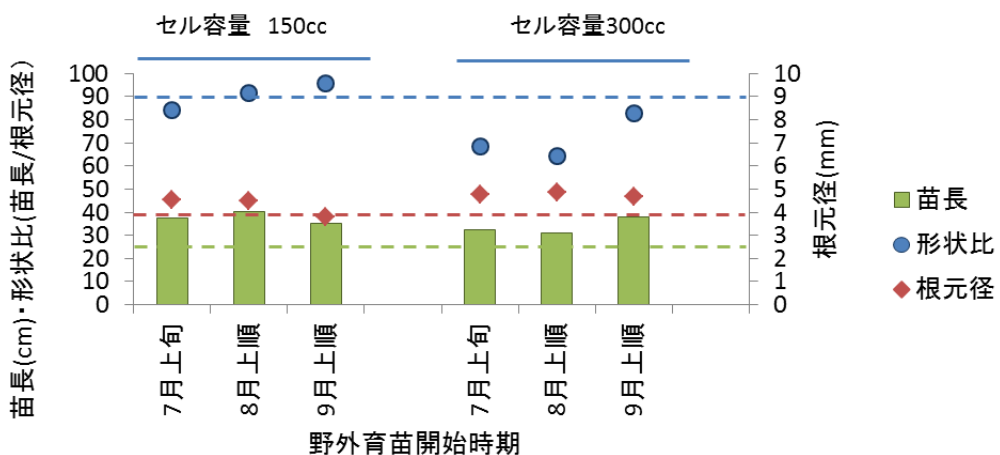


図2-11 野外育苗開始時期による苗長・形状比・根元径の違い
試験年2014年、播種：4月19日 調査月：10月。

緑点線、赤点線は、それぞれ北海道山林種苗協同組合が定める苗木規格の苗長と根元径の下限値、青点線は、植栽試験等の結果から望ましいと考えられる形状比の上限値

(5) 苗木生産者における育苗実証試験

1) 苗木の成長

苗木生産者2社において、カラマツ直接播種および毛苗移植コンテナ苗の育苗試験を行ったところ（図2-12～15）、150ccコンテナ（MT-150-40P）では平均根元径が苗木の2号規格を超えましたが、1号規格を超えませんでした（図2-16、17）。一方、200ccコンテナ（HR0200）は播種でも移植でも平均根元径が1号規格を超えていました。これは150ccのセル密度が292個/m²であったに対して、200ccコンテナは112個/m²と少なく、直径成長が促進されたためです。

150ccコンテナの苗長にはA社とB社で違いがありました（図2-16、17）。これはA社では6月に生存率が6割に落ち、苗木間の競争効果が働かなかったのに対してB社では高い生存率が維持され、競争効果により苗長成長が促進され徒長した苗（苗長/根元径85～90）になったことが原因です。ここで注意すべき点は、A社では苗木密度が低くなったにも関わらず根元径が増加しなかったことです。これは直径成長は、苗木密度（セル密度）だけでなく、セル容量にも制限されることを示唆しています。200ccコンテナの平均苗長はB社では1号規格に達しませんでした。これは、使用したトレイがシステムトレイ75CSでセル密度が112個/m²と、300ccコンテナ（JFA300やOS300）のセル密度178個/m²に比べて少なく競争効果が働かず、ずんぐりした苗（苗長/根元径59～61）になったためです。HR0200でもJFA300やOS300セル密度を同程度に増やすことで苗長成長が促進され、苗長と根元径のバランスが取れた苗（苗長/根元径70程度）になることが期待されます。



図2-12 プラグトレイで発芽したカラマツ苗



図2-13 プラグトレイから毛苗を150ccサイドスリットコンテナに移植したカラマツ苗



図2-14 1粒直接播種によるカラマツ150ccサイドスリットコンテナ苗（出荷前）



図2-15 プラグ播種した毛苗を150ccサイドスリットコンテナに移植した苗（出荷前）

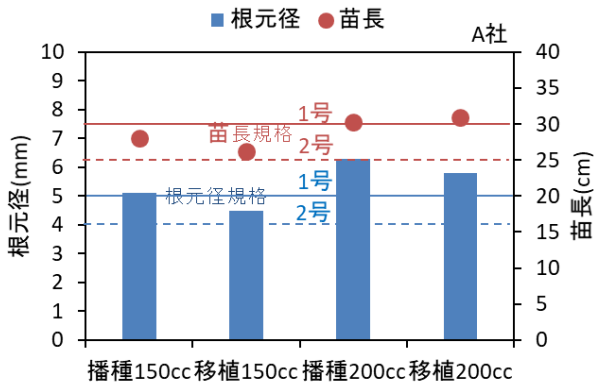


図2-16 1粒直接播種と毛苗移植によるそれぞれ150ccと200ccコンテナに1年育苗した苗の苗長と根元径 (A社)

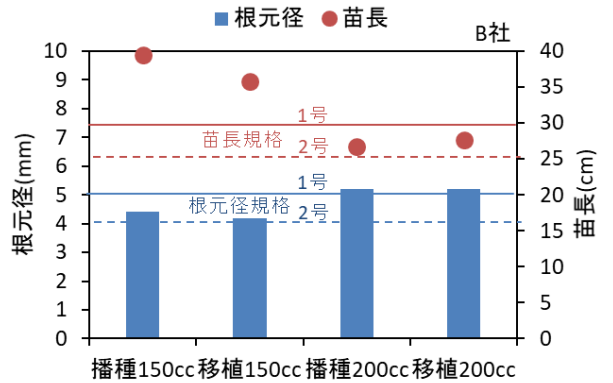


図2-17 1粒直接播種と毛苗移植によるそれぞれ150ccと200ccコンテナに1年育苗した苗の苗長と根元径 (B社)

2) 得苗率と育苗コスト

2社ともに発芽率は高く、90%前後でした(図2-18、19)。B社では発芽または毛苗移植後の生存率も高く、セル数に対する苗木の得苗率は、150ccコンテナで72~79%でした。北海道山林種苗協同組合ではカラマツ裸苗の得苗率を通常69%と見込んでいることから、この値は良好な結果です。200ccコンテナでは前述したように苗木間の競争が働かず、苗長成長が小さくなったので得苗率が60%前後に低下しました。セル密度を高くして苗長成長を促進する必要があります。A社では、野外に移した後の乾燥により枯死が発生し、得苗率が低下しました。ミストタイプの灌水装置では培地の内部までに水分が十分行き渡らないことがあり、時間をかけて灌水する必要があります。マニュアル編の7ページに書いたようにコンテナを手を持ち、灌水が十分か確認することが重要です。3粒播種の得苗率(A社: 150cc55%; 200cc69%、B社: 150cc81%; 200cc91%)は1粒播種よりも良好で、これは、ひとセルに複数発芽した苗を抜き取り、大きい苗を1本残した影響だと考えられます。

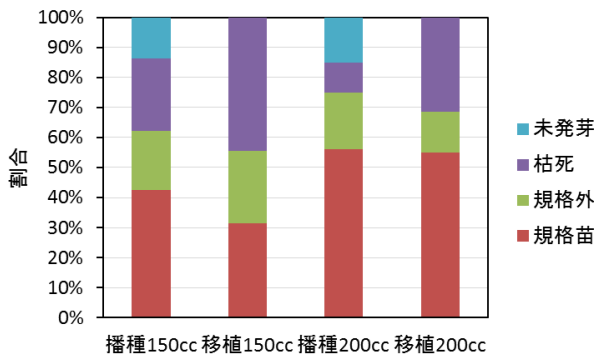


図2-18 1粒直接播種と毛苗移植によるそれぞれ150ccと200ccコンテナに1年育苗した苗の得苗率 (A社)

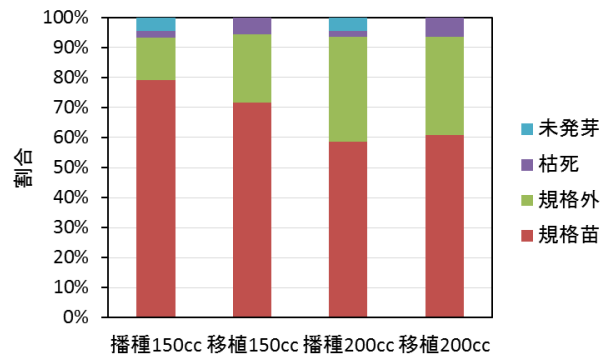


図2-19 1粒直接播種と毛苗移植によるそれぞれ150ccと200ccコンテナに1年育苗した苗の得苗率 (B社)

この試験に基づき150ccコンテナで育苗した場合のコストを試算しました。育苗コストの低い順に1粒直接播種156.72円/本、多粒直接播種156.74円/本、毛苗移植170.67円/本、1年生幼苗移植212.16円/本となり、最もコストが低い1粒直接播種では、現在の方法「1年生幼苗移植」より育苗コストが26%低くなりました(表2-4)。

表2-4 苗木生産者の育苗試験から試算したコンテナ苗1本あたりの育苗コスト（円）

試算の条件は150ccサイドスリットコンテナを使用し、目標生産本数を10万本とした。

項目	直接経費	間接経費	企業利益	合計
1年生幼苗移植	177.72	16.80	17.63	212.16
1粒直接播種	137.27	5.20	14.25	156.72
毛苗移植	147.76	7.40	15.52	170.67
多粒直接播種	137.29	5.20	14.25	156.74

1粒直接播種、プラグ播種コンテナ移植では近赤外光選別種子、多粒直接播種では水選種子を使用した。育苗コストには梱包費が含まれるが、運搬費は含まれていない。

なお、苗木生産者での実証試験、育苗コストの試算は、北海道山林種苗協同組合との共同研究で、国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構の革新的技術開発・緊急展開事業「優良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(2016～2018年度)」の支援を受けて実施しました。

第3章 コンテナ苗運搬・植栽システムマニュアル

(1) コンテナ苗に適した植栽システム

作業の効率、労働強度の調査結果から、コンテナ苗に適した作業システムは、平坦地では、1) コンテナ容器トラック輸送－小型運搬機小運搬－エンジンオーガ植栽、傾斜地や礫が多くエンジンオーガが使用できないところでは2) コンテナ容器トラック輸送－小型運搬機小運搬－島田グワ植栽が適しています。コンテナ容器のトラック輸送では専用の棚を準備する必要があります。準備できないときは、3) 段ボール梱包トラック輸送－小型運搬機小運搬－島田グワ植栽が推奨されます。

1) 「コンテナ容器トラック輸送－小型運搬機小運搬－エンジンオーガ植栽」システムの班編成

①作業それぞれの効率性から4人一組の班編成は無駄がありません。

②作業開始時は、小運搬1名、オーガ2名、穴入れ1名で始めます。

③小運搬の効率が最もよく、早く終了するので、穴入れ作業に移ります。

④その後は、植穴開けと穴入れ作業の進行状況をみながら、適宜、人数配分を調整します。

⑤オーガは振動機械なので、交代しながら植穴開けを行うことも必要です。

⑥このシステムの生産性は、傾斜角5°以下の平坦地、300ccコンテナ、小運搬距離100mの条件で苗木1000本あたり、3.75人工になります（表3-1）。トラック輸送を除くと2.77人工になります。

表3-1 コンテナ苗梱包・輸送・植栽システムの苗木1000本あたりの人工数

作業システム	作業システム1 コンテナ容器トラック輸送 －小型運搬機小運搬 －エンジンオーガ植栽		作業システム2 コンテナ容器トラック輸送 －小型運搬機小運搬 －島田グワ植栽		作業システム3 段ボール梱包トラック輸送 －小型運搬機小運搬 －島田グワ植栽	
	傾斜	5度以下	傾斜	5度以上	傾斜	5度以上
計算条件	コンテナ容量	300cc	コンテナ容量	300cc	コンテナ容量	300cc
	小運搬距離	100m	小運搬距離	100m	小運搬距離	100m
工程	器具等	人工数 (人・日)	器具等	人工数 (人・日)	器具等	人工数 (人・日)
梱包	コンテナ容器	-	コンテナ容器	-	ダンボール	1.47
トラック輸送	専用棚	0.98	専用棚	0.98	ダンボール	0.46
小運搬	小型運搬機	0.26	小型運搬機	0.33	苗木袋	0.33
植栽	オーガ	2.07	島田グワ	1.44	島田グワ	1.44
植栽工程その他	移動・休憩等	0.39	移動・休憩等	0.27	移動・休憩等	0.27
コンテナ返却	宅急便	0.05	宅急便	0.05		
全体		3.75		3.07		3.97

2) 「コンテナ容器トラック輸送－小型運搬機小運搬－島田グワ植栽」システムの班編成

- ①小型運搬機の作業効率はクワ植栽の4倍ですので、クワ植栽4人に小運搬1名を配置します。
- ②クワ植栽作業の時に図3-1のコンテナ容器運搬用のカゴを使うと作業効率が上がります。



図3-1 コンテナ苗
運搬用手提げカゴ

- ③このシステムの生産性は、傾斜角 5° 以上の傾斜地、300ccコンテナ、小運搬距離100mの条件で苗木1000本あたり、3.07人工になります（表3-1）。トラック輸送を除くと2.09人工になります。
- ④傾斜地におけるクワ植栽の作業効率が高いのでシステム全体の生産性もよくなります。
- ⑤しかしクワ植栽担当者の労働強度は高くなります。

3) 「段ボール梱包トラック輸送－小型運搬機小運搬－島田グワ」植栽システムの班編成

- ①このシステムの植栽作業の班編成は2)と同じです。
- ②このシステムの生産性は3.97人工です（表3-1）。
- ③トラック輸送の効率はよくなりますが、段ボール梱包の作業が発生するのでシステム全体の生産性が悪くなります。



図3-2 苗木を梱包した段ボールの積み込み作業



図3-3 苗木の積み込みが終了したトラック



図3-4 コンテナ容器から抜かずに積み込みを待つ苗木



図3-5 コンテナ容器から抜かずにワンボックスバンに積み終了した苗木

2段の棚を設置し、この車に300ccコンテナで720本、150ccコンテナで1200本の苗木を積むことができる。

(2) 苗木の輸送

コンテナ苗の形は、裸苗と大きく異なります。そのため、裸苗とは違った運搬・植栽方法が必要になります。ここでは、北海道にあったコンテナ苗の運搬・植栽方法について説明します。

1) 段ボール輸送

①2トントラック（荷台寸法310cm×162cm）には段ボール1段で12箱、1800本の苗木を積載することが可能です（図3-2、3）。

②植栽地に到着後、植栽まで段ボールのまま日陰に保管します。

2) コンテナ容器輸送

①梱包作業を省略できますが、苗木をコンテナに入れて運搬するので、運搬に必要なトラックの荷台面積が広がります（図3-4）。300ccコンテナの場合、必要面積（60.0cm²/苗木）は段ボール（27.6cm²/本）に比べて2.2倍になります。また、輸送中の風を避けるために箱車などの防風の覆いが必要です。数が多い場合には、複数段に積む棚が必要ですが、一度に運べる本数が多くなります（図3-5）。

②植栽地に到着後、植栽までコンテナ容器のまま日陰に保管します。

(3) 苗木小運搬

林道脇の土場から植栽場所まで苗木を運搬する作業です。

1) 苗木袋による小運搬

①ラップ一段ボール梱包した苗木が苗木袋小運搬の対象です。

②小運搬中に根鉢が崩れないようラップを付けたまま50本程度苗木袋に入れて運びます（図3-6）。

③根鉢の乾燥状態によりますが、50本で約15kgになります。人によっては、1回に運ぶ本数が少なくなります。

④運搬距離100m、傾斜0～10°、トドマツ300ccコンテナ苗の事例では、1000本当たり人工数は0.56人でした。

2) 小型運搬機による小運搬

①小型運搬機は、家庭用の除雪機を改良したものです。詳細は、26ページをごらんください。

②この運搬機は、コンテナ容器を一度に4つ、300ccコンテナだと96本、150ccコンテナだと160本の苗木を運ぶことができます(図3-7)。

③ゴムクローラに金属製の爪が付いているので泥濘地でも安定して走行でき、傾斜30°まで走行可能です。

④除雪機にはなかったブレーキが付いているので斜面の途中で止まることが可能です。

⑤運搬距離100m、傾斜0~5°の現場では、トドマツ300ccコンテナ苗を運んだ事例では、1000本当たりの人工数は0.26人でした。

(4) 植栽

コンテナ苗先進地のヨーロッパでは、プランティングチューブ、ディプル(円筒型)ディプル(砲弾型)、スペードなどのコンテナ苗専用の植栽器具が使われています(図3-8、9、10)。しかし、北海道ではササの根系、礫、粘土質土壌が一般的に見られるため、専用器具が使用できる場所が限られ、汎用性がありません。従来より裸苗で使われている島田グワのほか、エンジンオーガが幅広い条件で使用可能です。

1) 島田グワによる植栽

①地面表面の小枝など植栽の邪魔になる夾雑物(いわゆる「ボサ」)を取り除きます。

②クワを数回、土に入れ、土をほぐします(図3-11)。根鉢が裸苗の根の広がりより小さいので、ほぐす面積は裸苗より狭い面積で十分です。



図3-6 苗木袋による小運搬



図3-7 小型運搬車による小運搬



図3-8 コンテナ苗植栽器具 左から島田グワ、プランティングチューブ、ディプル(円筒型)



図3-9 コンテナ苗植栽器具のディプル(砲弾型)



図3-10 コンテナ苗植栽器具のスペード



図3-11 島田グワによる植栽



図3-12 エンジンオーガによる植穴の穴掘り



図3-13 エンジンオーガで開けた植穴

③土がほぐれたら、クワを土に差し入れ、そのまま傾けて根鉢が真っ直ぐに入る空間を作ります。

④コンテナ苗をその空間に差し入れます。

⑤差し入れあとは、軽く踏み、根鉢と土の間の空間をなくします。裸苗ほどしっかり踏む必要はありません。

⑥クワの柄で植栽間隔を測りながら斜面の下から上へ植栽していきます。

⑦平坦地より傾斜地で作業効率が上がります。粘土質土壌、トドマツ300ccコンテナの植栽工期を調べた事例では、苗木1000本当たりの人工数は平坦地で2.03人工、傾斜地（5～10°）で1.44人工でした。

2) エンジンオーガによる植栽

①植栽間隔に合わせた棒などで植栽位置を測り、割りばしやスプレーペンキで印をつけます。

②エンジンオーガで植穴を掘る人、植穴にコンテナ苗を差し入れる人で作業を分担します。

③地面表面に夾雑物があれば、植穴面積（25cm²程度）に合わせて取り除きます。

④エンジンオーガで、根鉢サイズに合わせて穴をあけます（図3-12、13）。

⑤掘り取った土が植穴に落ちないように、オーガを抜き取る時は、低速でオーガを回転させながら土質に合わせて抜き取る速度を変化させます。

⑥土質によっては、土が若干戻ることがあります。その時は、戻る土の量に合わせて、深めに植穴を掘ります。

⑦ササや伐採木の根にオーガが食い込み動かなくなることが作業効率を下げる大きな要因です。

⑧根や石があれば、無理せず植える位置をずらします。

⑨エンジンオーガには逆回転機構が付いていないので、根にオーガが食い込み動かなくなったときは、エンジンをとめ、手でオーガを逆に回して外します。

⑩ 苗を差し入れる担当の人が、開いた植穴にコンテナ苗を入れ、軽く押さえます（図3-14）。



図3-14 エンジンオーガで開けた植穴へのコンテナ苗の穴入れ作業

⑪ 平坦地、粘土質土壌、トドマツ300ccコンテナの植栽功程を調べた事例では苗木1000本当たりの人工数は、植穴堀が1.22人工、コンテナ苗の穴入れが0.85人工でした。

(5) 植栽作業の労働強度

小運搬から植栽までで最も心拍数が高い作業は島田グワによる植栽で平均心拍数が142回/分です。それに対してエンジンオーガによる植穴開け作業は125回/分、植穴への苗の穴入れ作業は130回/分で、島田グワより労働強度が低い作業です。苗木袋による小運搬と小型運搬機による小運搬の心拍数はともに130回/分で、労働強度に違いはありません。

第4章 コンテナ苗運搬・植栽システム 解説編

(1) コンテナ苗の冷蔵保管による出荷調整

-2℃で苗木を保管できる施設を用いて、越冬後の4月にコンテナ苗を冷蔵保管した「保管苗」と、比較のためにそのままポットへ植え付けた「非保管苗」を用意し（図4-1）、これらを月別に植栽して2年間の活着と成長を追跡しました。

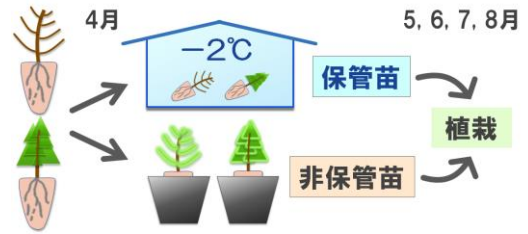


図4-1 コンテナ苗の冷蔵保管を用いた月別植栽試験の概要

1) 冷蔵保管したトドマツ・カラマツコンテナ苗の活着

1成長期が終了した1年目秋の活着率を比較します（図4-2）。トドマツの保管苗では6、7月植栽の場合に活着率が低く、非保管苗では5、7月植栽の場合に活着率が低くなりました。一方、カラマツの保管苗では7月植栽で、非保管苗では6、7月植栽でやや活着率が低くなりました。総じて初夏～夏期の高湿・乾燥条件は苗の植栽には好適ではなく、特に7月の活着率の低さは、植栽前後で降雨が少なく、水不足による枯死が多かったことに起因していました。また、冷蔵保管苗はカラマツのほうが活着率が高い傾向がありますが、これは、落葉樹で葉が残っていないためだと考えられます。

なお、8月植栽の場合、枯死までは至らないものの、翌春に枝先の枯損がみられました。これは、植栽後に枝を展開しても、成長期間が短くて冬芽形成・低温馴化を十分にできないためでした。

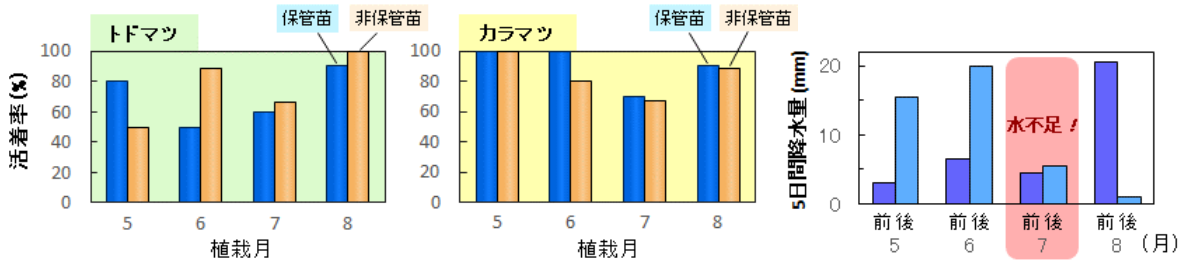


図4-2 樹種別、植栽月別の保管苗・非保管苗の活着率と、各植栽月の植栽前後5日間の降水量

2) 冷蔵保管したトドマツ・カラマツコンテナ苗の成長

2年間の樹高成長を比較します（図4-3）。両樹種ともに、7、8月に植栽した保管苗では、他の植栽月や非保管苗と比べて植栽後の当年の伸長量が少なく、さ

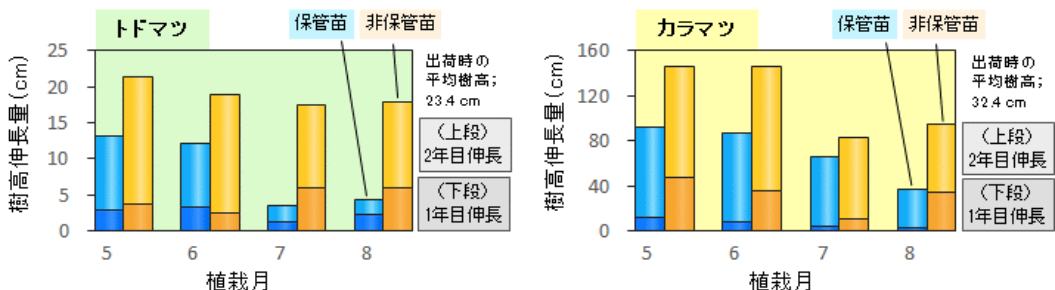


図4-3 樹種別、植栽月別の保管苗・非保管苗の2年間の平均樹高伸長量

らに翌年の成長にも影響がみられることがわかります。とくに、カラマツの保管苗において、植栽月が早いほど伸長量も多いという明瞭な傾向がありました。これは、カラマツが継続的に枝葉を伸長・展開させる特性があるためで、植栽後の成長期間の長さが樹高と密接に関わっていることを示します。

一方、トドマツの当年伸長が良かったのは7、8月に植栽した非保管苗でした。これは、トドマツが一回展葉の特性があるためで、植栽前までにその年の伸長を済ませていたことを示します。

3) 冷蔵保管したコンテナ苗を活用するには

冷蔵保管によってコンテナ苗の休眠期を延長させられるため、植栽も遅らせることができますが、活用にあたっては、植栽時期の気象条件や樹種特性を考慮することが重要です。活着と成長の結果を踏まえると、冷蔵保管苗の植栽はトドマツの場合は5月まで、カラマツの場合は6月までが推奨されます。8月は、冷蔵保管苗が植栽後に枝を展開するために健全性の面から望ましくなく、むしろ、従来の秋植栽を早めて対応できるのかもしれませんが。

(2) 小型運搬機の開発

コンテナ苗は根鉢が付いた状態で植栽するので、苗木が重たくなり、裸苗の植栽で使われている苗木袋に入れて林道脇から植栽場所まで運搬する（「小運搬」と呼ぶ）と負担が大きくなります。また、小運搬中に根鉢が崩れる恐れもあります。そこで、コンテナ苗を保護し、小運搬作業の労働強度を軽減するために動力付の運搬機を開発しました。

1) ベースマシンの改良内容

a) 使用したベースマシン

高い登坂能力を発揮でき、植栽後の苗木の間を自由に移動できることを目的として、軽量小型かつエンジン出力が比較的大きい家庭用の手押し型除雪機（（株）オーレック SGW802）をベースマシンに改良しました（図4-4）。

b) コンテナ容器キャリアを追加

錆びに強く加工が簡単な樹脂コート鋼管（矢崎化工（株）イレクター）で作製したフレームに、コンテナがちょうど収まるかご（三甲（株）サンテナーB#25）を装着したキャリアを追加し、コンテナ容器を4つ運搬できるように改良しました（図4-5）。300ccコンテナだと96本、150ccコンテナだと160本を一度に運搬



図4-4 改良のベースマシンとした除雪機



図4-5 改良した小型運搬機
コンテナ容器を4つ積むことができる

することができます。これは、苗木袋の2～4倍です。また、積載部分がかごになっているので、裸苗の小運搬にも使うことができます。

c) ブレーキを追加

ベースとした除雪機は、平地で使用することを前提にしているのでブレーキがついていませんでした。このままでは傾斜地で停止できないため、ブレーキを装着しました（図4-6）。

d) クローラの改良

傾斜地の登坂や泥濘地の走行に対応できるようクローラの爪を金属製に変更しました（図4-6）。走行試験では、斜度30°の斜面を登坂でき（図4-7）、大型林業機械が走行した後の泥濘であっても滑らないことが確認できました。

e) 発電機の搭載

将来的に植栽機に拡張できるよう、植栽機構の動力源となる発電機を搭載しました（図4-8の青い箱）。

f) 改良コスト

コンセプトは、“自作できるミニマム運搬機”です。改良コストはベースマシンの購入価格を含め、50万円程度でした。



図4-6 改良したブレーキと金属製の爪



図4-7 登坂試験の様子

2) 小型運搬機による苗木の運搬効率

道有林の造林事業において、造林会社の作業員の方に作業していただいたところ、トドマツ300ccコンテナ苗、斜度5°以下の平坦地、小運搬距離253mの条件では、苗木袋小運搬より運搬効率が44%、同苗、斜度8°の傾斜地、小運搬距離150mでは55%向上しました（図4-8、表4-1）。



図4-8 道有林における小型運搬機試験の様子

表4-1 道有林における小型運搬機試験の苗木1000本あたりの人工数（人／日）

工程	測定例1		測定例2	
	小型運搬機	苗木袋	小型運搬機	苗木袋
苗積み込み	0.04	0.24	0.04	0.14
運搬	0.54	0.81	0.29	0.59
合計	0.59	1.06	0.33	0.73

測定条件 測定例1では傾斜5度以下・トドマツ300cc
 コンテナ苗・運搬距離253m、測定例2では傾斜8°
 ・トドマツ300ccコンテナ苗・運搬距離150m

(3) コンテナ苗梱包・運搬・植栽工程の調査事例

コンテナ苗を出荷するとき段ボールに入れず、コンテナで出荷すると梱包作業を省略できます。また、コンテナ苗は根鉢付きで重たいとは言えコンパクトで形が均一です。大きさに合わせて開けた穴にのっただけで植栽でき、植栽工程が上がるのではと誰もが考えます。これらのことを検証するため、前節で紹介した小型運搬機と合わせ、造林事業現場で3回の調査を実施したので、その結果を紹介します。

1) 芦別（空知総合振興局森林室）

調査年月日 : 2016年10月10日、11日
 苗木 : トドマツ300ccコンテナ苗
 トラック輸送距離 : 167km
 小運搬距離 : 100m
 傾斜 : 10°
 作業員 : 1名（36歳、経験年数5年）

結果：ラップを巻き段ボールに入れる段ボール梱包の作業効率は、苗木1000本当たり1.47人工で、その作業が、全体の生産性を低下させる主な原因となっていました（表4-2、既存方法vs作業システム2、作業システム1vs作業システム3）。傾斜地10°の条件ではオーガより島田グワの効率が高くなっていました（表4-2、既存方法vs作業システム1、作業システム2vs作業システム3）。オーガ植栽にしても島田グワ植栽にしても、コンテナ容器手提げカゴ運搬では、苗木を苗木袋から出しラップを外す作業を省略できるので、段ボール梱包苗木袋運搬より、作業効率が高くなっていました（表4-2、既存方法vs作業システム2、作業システム1vs作業システム3）。

表4-2 苗畑における梱包から植栽までを通したコンテナ苗植栽生産性調査（空知総合振興局森林室）

工程	既存方法		作業システム1		作業システム2		作業システム3	
	器具等	人工数 (人・日)	器具等	人工数 (人・日)	器具等	人工数 (人・日)	器具等	人工数 (人・日)
梱包	ダンボール	1.47	ダンボール	1.47	コンテナ	-	コンテナ	-
トラック輸送	ダンボール	0.46	ダンボール	0.46	コンテナ	0.98	コンテナ	0.98
小運搬 ^ア	苗木袋	0.60	苗木袋	0.60	手揚げカゴ	0.46	手揚げカゴ	0.46
植栽 ^イ	島田クワ	1.85	オーガ	1.90	島田グワ	1.48	オーガ	1.81
その他 ^ウ	移動・休憩等		移動・休憩等	0.14	移動・休憩等		移動・休憩等	
コンテナ返却		-		-	宅急便	0.05	宅急便	0.05
合計		4.38		4.57		2.97		3.30
小計(アイウ)		2.45		2.64		1.94		2.27

2) 美深1（上川総合振興局北部森林室）

調査年月日 : 2017年9月28日、29日

苗木 : トドマツ300ccコンテナ苗

トラック輸送距離 : 210km

小運搬距離 : 250m

傾斜 : 平坦地

作業員 : 3名

作業員A 60歳、経験年数13年

作業員B 46歳、経験年数10年

作業員C 47歳、経験年数 6年

作業分担 : 作業システム4では3人が小運搬、オーガ穴掘り、苗木穴入れを分担し、作業が終了すれば遅れている作業に移る。既存方法は各人が分かれて小運搬、植栽を行う。

結果：段ボールに梱包するとき苗木をラップで巻かなかったため、1) 芦別に比べ梱包作業が大幅に効率化しました（表4-3）。しかしラップに巻かずに出荷するためには根鉢をしっかりと作らねばなりません。また、苗木袋小運搬の際、根鉢が崩れることを心配し、1回当たりの運搬本数が24本と少なくなりました。小型運搬機は、一回当たりの運搬本数が300ccコンテナで96本と多く、運搬効率が苗木袋より44%高くなっていました。平坦地における島田グワとオーガの作業効率に違いはありませんが、次節で説明するようにオーガ植栽の労働強度が低くなります。システム全体の生産性は、梱包作業、小運搬作業の効率性から、作業システム4が既存方法より高くなりました。

表4-3 苗畑における梱包から植栽までを通したコンテナ苗植栽生産性調査（上川総合振興局北部森林室）

工程	既存方法		作業システム4	
	器具等	人工数 (人・日)	器具等	人工数 (人・日)
梱包	ダンボール	0.56	コンテナ	-
トラック輸送	ダンボール	0.31	コンテナ	0.56
小運搬 ^ア	苗木袋	1.06	小型運搬機	0.59
植栽 ^イ	島田クワ	2.03	オーガ	2.07
その他 ^ウ	移動・休憩等	0.26	移動・休憩等	0.57
コンテナ返却		-	宅急便	0.05
全体		4.21		3.84
小計(アイウ)		3.34		3.24

3) 美深2 (上川総合振興局北部森林室)

調査年月日 : 2018年10月3日
 苗木 : トドマツ300ccコンテナ苗
 トラック輸送距離 : 210km
 小運搬距離 : 150m
 傾斜 : 8°
 作業員 : 3名
 作業員A 61歳、経験年数14年
 作業員B 43歳、経験年数23年
 作業員C 33歳、経験年数14年
 作業分担 : 作業システム4では3人が小運搬、オーガ穴掘り、苗木穴入れを分担し、作業が終了すれば遅れている作業に移る。既存方法は各人が分かれて小運搬、植栽を行う。

結果：小型運搬機の作業効率が苗木袋に比べて55%よくなっていました（表4-4）。この割合は2)美深1の平坦地により大きくなっていて、小型運搬機の有効性が傾斜地でより顕著になっていました。一方で、傾斜地で島田グワの植栽効率が高くなっていました。体力がある作業員が傾斜地で植栽作業を行う場合は、島田グワ、体力がない作業員の場合は、オーガ植栽という使い分けが労働者不足対策として有効だと考えられます。

表4-4 小運搬から植栽までのコンテナ苗植栽生産性調査 (上川総合振興局北部森林室)

工程	既存方法		作業システム4	
	器具等	人工数 (人・日)	器具等	人工数 (人・日)
小運搬	苗木袋	0.73	小型運搬機	0.33
植栽	島田グワ	1.44	オーガ	2.08
その他	移動・休憩等	0.01	移動・休憩等	0.21
全体		2.19		2.61

(4) 植栽作業の労働強度

林業労働は、とかくつらいと言われます。そこで、小運搬・植栽作業時の心拍数を測定し、労働強度を評価しました。測定したのはコンテナ苗梱包・運搬・植栽工程の調査事例2)美深1の作業です。作業員全員に腕時計式の心拍計を装着してもらい、作業の開始から終了までの心拍数をモニターしました（図4-9）。

小運搬・植栽作業で最も労働強度が高いのは、島田グワによる植栽作業で、心拍数が平均142回/分になっていました。これは、持久力向上を目的とした有酸素運動のトレーニングレベルに当たり（表4-5）、1日を通し仕事として行うにはつらい作業です。オーガによる穴掘り作業は平均125回/分で、体重減量を目的とした脂肪燃焼レベルの運動で、島田グワ植栽より楽な作業です。苗木袋による小運搬作業の労働強度は島田グワ植栽ほど高くありませんでした。これは、自分の心拍数に合わせて、運ぶ苗木の本数や歩く速度を調整できるためだと推察されます。運搬機による小運搬作業、苗木の穴入れ作業は苗木袋小運搬と同じ程度の労働強度でした。

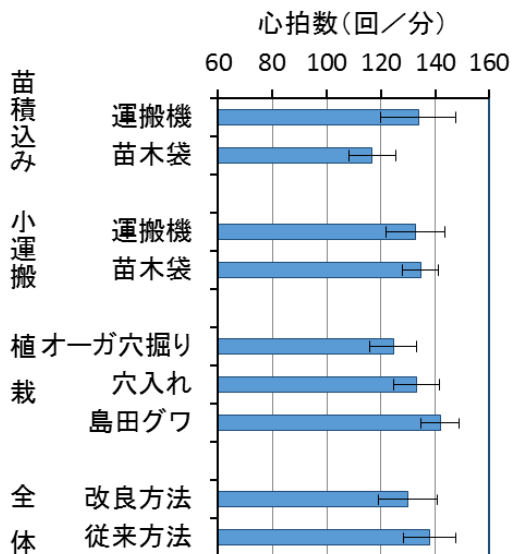


図4-9 小運搬・植栽作業時の心拍数
作業員3人の平均±標準偏差。

表4-5 運動強度と心拍数の関係

運動強度	目的	心拍数 (%) *1	心拍数 /分*2
最大強度	瞬発力・運動能力向上	90%~100%	160-170
無酸素	筋力・基礎代謝量向上	80%~90%	150-160
有酸素	持久力向上	70%~80%	140-150
脂肪燃焼	脂肪燃焼・体重減量	40%~70%	110-140
ウォーミングアップ	ウォーミングアップ	0%~40%	70-110

*1:心拍数 (%) = (心拍数-安静時心拍数) / (最大心拍数-安静時心拍数) × 100

*2:心拍数は、年齢50歳、安静時心拍数70回/分、最大心拍数=220-年齢で計算
エプソンホームページ<https://www.epson.jp/products/myakuhaku/training.htm> (2019年2月10日アクセス)

補足資料 コンテナ容器

コンテナ育苗、植栽の省力化、機械化を進めていくためにはコンテナ容器の種類を少なくする必要があります。しかし、試験的な取り組みを含め、現在、様々なコンテナ容器で作られた苗が植栽され、各容器の特徴についてコンテナ苗の育苗や植栽に関わっている方々にも多少、混乱があります。そこで、すでに育苗には使われなくなった容器を含め、北海道で使われている、また使われたコンテナ容器を解説します。

(1)根巻き防止、空気根切りの仕組み

1) リブタイプ

コンテナ容器のセル（ひとつひとつ区切られている小さいポット状の小部屋）の内側縦方向にある線状の突起のことをリブといます（図5-1）。根はリブに沿って成長し根巻きが防止されています。地面から離して育苗するので、根が下面に達すると空気に触れ、根切りされます（図5-2）。

2) サイドスリットタイプ

セルの側面縦方向にある切れ目がサイドスリットです（図5-3）。根がサイドスリットや下面に達すると根切りされます（図5-4）。根鉢全体で根切りされ細根が発達しますが、育苗中は乾燥しやすく注意が必要です。



図5-1 リブコンテナ
JFA300（全国山林種
苗協同組合連合会製）



図5-2 リブコンテナJFA300で
育てたカラマツの根系



図5-3 サイドスリット
コンテナ
MT-300-24P（東北タ
チバナ社製）



図5-4 サイドスリットコンテナ
MT-300-24Pで育てたカラマツの根系

(2)セルの形状

1) 円形

力学的に安定していて、根が成長してもセルの形状は変形しにくく、選苗、出荷、植栽のときに苗を抜き取りやすい形です。円形であるため隣接するセルまでの距離が遠く、根切りされずに伸長した根がサイドスリットから隣接するセルに入ることはほとんど起こりません。

2) 四角

同じセル容量であれば、円形より単位面積当たりの苗木本数が多くなります。その分、隣接セルとの距離が近く、セル間の空間が多湿になりがちです。サイドスリットでは、根切りされなかった根が隣接するセルに入り込みやすく、根を切断しなければ苗を抜き取れないことがあります。また円形より力学的に安定せずセル中央部分が膨らみ、苗が抜けなくなることもあります。多湿な日本には向かない形状と考えられます。

(3)北海道で使われているコンテナ容器

1) セルが連結したコンテナ



図5-5 HIKO V-120Side Slit

コンテナ名 : HIKO V-120SideSlit (図5-5)
メーカー : BCC (スウェーデン)
セル形状・容量 : 四角・120cc
根巻き防止機構 : サイドスリット
寸法 : 縦352mm×横216mm×高さ110mm
セル数・密度 : 40穴 (8×5) ・526穴/m²

メモ : 日本でコンテナ苗の取り組みが始まった当初、研究機関や先進的な事業体で試験されたが、日本の樹種にはセル容量が小さく、現在、ほとんど使われていません。



図5-6 JFA150

コンテナ名 : JFA150 (図5-6)
メーカー : 全国山林種苗協同組合連合会
セル形状・容量 : 円型・150cc
根巻き防止機構 : リブ
寸法 : 縦450mm×横300mm×高さ130mm
セル数・密度 : 40穴 (8×5) ・296穴/m²

メモ : 日本で最初に作られた樹木用コンテナ容器。スギやカラマツでよく使われている容器です。



図5-7 OS150

コンテナ名 : OS150 (図5-7)
メーカー : 全国山林種苗協同組合連合会
セル形状・容量 : 円型・150cc
根巻き防止機構 : リブ (上) + サイドスリット (下)
寸法 : 縦450mm×横300mm×高さ130mm
セル数・密度 : 40穴 (8×5) ・296穴/m²

メモ : JFA150の改良型で、現在、販売されているのはこのタイプです。下1/4にスリットが入っています。



図5-8 MT-150-40P

コンテナ名 : MT-150-40P(図5-8)
メーカー : (株) 東北タチバナ
セル形状・容量 : 円型・150cc
根巻き防止機構 : サイドスリット
寸法 : 縦456mm×横300mm×高さ120mm
セル数・密度 : 40穴 (8×5) ・292穴/m²
メモ : 日本で最初に作られたサイドスリットタイプの樹木用コンテナ容器。スギやカラマツで使われています。



図5-9 Rig-Pots IP220

コンテナ名 : Rig-Pots IP220 (図5-9)
メーカー : BCC (スウェーデン)
セル形状・容量 : 四角・220cc
根巻き防止機構 : サイドスリット
寸法 : 縦370mm×横360mm×高さ130mm
セル数・密度 : 36穴 (6×6) ・270穴/m²
メモ : 日本でコンテナ苗の取り組みが開始された当初、試験研究機関で試験されたが、セルの間が狭く根切りが十分に行われないため多湿な日本には不向きな容器です。



図5-10 JFA300

コンテナ名 : JFA300 (図5-10)
メーカー : 全国山林種苗協同組合連合会
セル形状・容量 : 円型・300cc
根巻き防止機構 : リブ
寸法 : 縦450mm×横300mm×高さ150mm
セル数・密度 : 24穴 (6×4) ・178穴/m²
メモ : 日本で最初に作られた樹木用コンテナ容器。トドマツでよく使われている容器です。



図5-11 OS300

コンテナ名 : OS300 (図5-11)
メーカー : 全国山林種苗協同組合連合会
セル形状・容量 : 円型・300cc
根巻き防止機構 : リブ
寸法 : 縦450mm×横300mm×高さ150mm
セル数・密度 : 24穴 (6×4) ・178穴/m²
メモ : JFA300の改良型で、現在、販売されているのはこのタイプです。下端にスリットが入っています。



図5-12 MT-300-24P

コンテナ名 : MT-300-24P (図5-12)
 メーカー : (株) 東北タチバナ
 セル形状・容量 : 円型・300cc
 根巻き防止機構 : サイドスリット
 寸法 : 縦456mm×横300mm×高さ151mm
 セル数・密度 : 24穴 (6×4) ・175穴/m²
 メモ : 日本で最初に作られたサイドスリットタイプの樹木用コンテナ容器。トドマツやアカエゾマツでよく使われている容器です。



図5-13 L15 SideSlit Red

コンテナ名 : L15 SideSlit Red(図5-13)
 メーカー : LIECO (オーストリア)
 セル形状・容量 : 円型・310cc
 根巻き防止機構 : サイドスリット
 寸法 : 縦355mm×横215mm×高さ100mm
 セル数・密度 : 15穴 (5×3) ・197穴/m²
 メモ : オーストリアの条件に合わせた容量の大きなコンテナ容器です。マツ、ベイマツ、カラマツ用です。北海道山林種苗協同組合が試験的に輸入しましたが、継続的な導入は行われていません。



図5-14 L15 SideSlit Blue

コンテナ名 : L15 SideSlit Blue(図5-14)
 メーカー : LIECO (オーストリア)
 セル形状・容量 : 円型・390cc
 根巻き防止機構 : サイドスリット
 寸法 : 縦355mm×横215mm×高さ150mm
 セル数・密度 : 15穴 (5×3) ・197穴/m²
 メモ : オーストリアの条件に合わせた容量の大きなコンテナ容器です。広葉樹、モミ、挿し木用です。北海道山林種苗協同組合が試験的に輸入しましたが、継続的な導入は行われていません。



図5-15 ポットレスコンテナ230
 写真：阪中緑化資材
 ホームページより。

コンテナ名 : ポットレスコンテナ230(図5-15)
 メーカー : (株) 阪中緑化資材
 セル形状・容量 : 円型・230cc
 根巻き防止機構 : サイドスリット
 寸法 : 縦450mm×横300mm×高さ135mm
 セル数・密度 : 24穴 (6×4) ・178穴/m²
 メモ : 最近、販売が開始されたコンテナです。スギ、ヒノキ、コウヨウザンで育苗された実績があります。北海道ではまだ、育苗例はありません。

2) セルが独立したコンテナ



図5-16 Mスターコンテナ

- コンテナ名 : Mスターコンテナ
メーカー : (有) エコロ
セル形状 : シート・任意の太さに巻くことができます
シート・サイズ : アプトンA350B・160mm×240m
根巻き防止機構 : リブ
①使用トレー : 日本ポリ鉢 システムトレー60
トレー寸法 : 縦610mm×横285mm×高さ50mm
セル容量 : 200cc
セル数・密度 : 55穴 (11×5) ・316穴/m²
②使用トレー : 日本ポリ鉢 システムトレー75CS (図5-16)
トレー寸法 : 縦527mm×横339mm×高さ90mm
セル容量 : 300cc
セル数・密度 : 40穴 (8×5) ・224穴/m²
メモ : 宮崎県林業技術センターで開発されたコンテナです。発根したスギ挿し木苗の根を痛めずに移植できます。苗の配置により密度を調節することができます。



図5-17 HR0200

- コンテナ名 : HR0200
メーカー : 北海道山林種苗協同組合
セル形状・容量 : 円型・200cc
根巻き防止機構 : サイドスリット
①使用トレー : カネヤ システムトレーPMT-35
トレー寸法 : 縦507mm×横342mm×高さ52mm
セル数・密度 : 35穴 (7×5) ・202穴/m²
②使用トレー : 日本ポリ鉢 システムトレー75CS (図5-17)
トレー寸法 : 縦527mm×横339mm×高さ90mm
セル数・密度 : 千鳥配置20穴 (4×5) ・112穴/m²
メモ : 150ccコンテナではカラマツは細長い苗木となり直径成長を促進するために、道総研林業試験場が開発したコンテナです。



図5-18 HSK330

- コンテナ名 : HSK330
メーカー : 北海道山林種苗協同組合
セル形状・容量 : 円型・330cc
根巻き防止機構 : 上部リブ、下部サイドスリット
使用トレー : 日本ポリ鉢 システムトレー75CS (図5-18)
トレー寸法 : 縦527mm×横339mm×高さ90mm
セル数・密度 : 千鳥配置20穴 (4×5) ・112穴/m²
メモ : 北海道山林種苗協同組合がトドマツ、アカエゾマツ用に開発したコンテナです。

3) 播種用プラグトレイ



コンテナ名 : エクセルソイル(図5-19)
メーカー : (株) イワタニアグリグリーン
セル形状・容量 : 六角形・2.2cc
根巻き防止機構 : なし
寸法 : 縦524mm×横263mm×高さ23mm
セル数・密度 : 512穴(32×16)・3715穴/m²
メモ : 濡れても崩れない固化培地があらかじめ組み込まれています。播種専用のトレイで、発芽後すぐに大きいコンテナに移植しても根鉢が崩れにくくなっています。

図5-19 エクセルソイル

謝辞

試験研究の実施にあたり、空知総合振興局森林室、上川総合振興局北部森林室、上川北部森づくり協同組合、日本緑化中村(株)、佐々木産業(有)、(有)晴耕園苗畑、(有)石田農園、(有)大坂林業には、試験地の提供、試験の実施、作業工程の測定にご協力いただきました。深く感謝いたします。

なお、本冊子で紹介したカラマツコンテナ苗育苗技術に関する研究は「苗木需要量の増加に対応したコンテナ苗生産・植栽システムの開発」（平成28～30年度、北海道立総合研究機構重点研究）のもと九州大学との共同研究として実施しました。また、苗木生産者におけるコンテナ苗育苗実証試験は「優良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、公募型研究、委託元：農研機構）のもと北海道山林種苗協同組合との共同研究として実施しました。

参考文献

- 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
- 来田和人・今 博計（2016）カラマツ種子を発芽促進処理せずにコンテナに播くとどうなるか。光珠内季報 178：1-5
- 今 博計・来田和人（2014）カラマツとクリーンラーチ（ゲイマツ×カラマツ雑種F₁）のエタノール種子精選および発芽に及ぼすエタノール浸漬の影響。日林誌 96：187-192
- 松田 修・原 真司・飛田 博順・宇都木 玄（2016）高発芽率を実現する樹木種子の選別技術。森林遺伝育種 5：21-25
- USDA Forest Service（1989-2010）The Container Tree Nursery Manual. Volume 1-7.
<https://rngr.net/publications/ctnm>（2019年2月25日アクセス）

カラマツ播種コンテナ苗の育苗方法とコンテナ苗運搬・
植栽システム

発行：地方独立行政法人北海道立総合研究機構
森林研究本部林業試験場・林産試験場

発行年月：平成31年3月