

エゾマツ早出し健全苗育成のための手引き



目次

はじめに	1
第1章 播種床における幼苗生産	
1 種子採取から球果乾燥・脱粒・精選まで	2
コラム エゾマツ種子の全貌をみる	4
2 種子の精選と発芽率	
(1) 充実種子の簡易選別法	5
(2) 充実種子の発芽率	6
コラム 種子サイズと発芽率および初期成長	7
3 播種後の病害管理	
(1) 春播きによる暗色雪腐病の回避	8
(2) 農薬を用いた暗色雪腐病と苗立枯病の防除	8
(3) その他の防除技術	10
コラム 幼苗生産でどれだけコストを節約できるか	11
第2章 コンテナ苗の生産	
1 コンテナ苗の特徴とメリット	12
2 培地の準備	13
3 肥料の与え方	13
4 移植作業	14
5 ベンチへの設置	16
6 灌水	16
コラム 適したコンテナを選ぶ	17
7 苗木の成長	18
コラム コンテナへの直播法	19
8 苗木の冬期貯蔵	20
コラム 長日処理で成長促進	21
第3章 コンテナ苗の植栽	
1 植栽作業におけるコンテナ苗	22
2 植栽器具と植付け作業	23
3 苗木の運搬	24
コラム 作業時間は器具と条件で変わる	25
4 コンテナ苗の生育状況	26
5 植栽時および植栽後の留意点	27
コラム コンテナ苗はいつでも植えられる？	28
参考図書・文献	29
今後に向けて	29

はじめに

エゾマツは「北海道の木」に指定され、北海道のシンボルとして長らく人びとに親しまれてきました。しかし、同じく北海道の針広混交林を代表するトドマツやアカエゾマツとは異なり、その資源量は1950年代から減少し続け、当時の半分程度に落ち込んでいます。

それには、エゾマツが倒木上などの特殊な立地でしか更新できないために天然更新が難しかったこと、また、他の2種が事業的規模で苗木生産が行われ、着実に造林されてきたのに対し、エゾマツでは事業的な造林が行われてこなかったことが大きく影響していると考えられています。以前は、山引き苗を用いたエゾマツ造林も行われており、今では立派な林になっているところも多いのですが、1960年代以降になると、エゾマツの育苗・造林は敬遠されてきました。

なぜ、エゾマツの育苗・造林が敬遠されてきたかということ、播種床において暗色雪腐病、苗立枯病などにエゾマツがかかりやすく、しばしば壊滅的な被害を受けたこと、針葉樹3種の中で最も芽吹きが早く、5月ごろの遅霜に合う危険が高かったことが考えられます。また、エゾマツやアカエゾマツでは、播種から山出しまで6年もの時間がかかるため、病虫害、気象害に合う危険も高いといえます。

そこで、主に育苗におけるこれまでの課題を克服し、エゾマツ資源の回復を図ることを目的に、私たちはエゾマツの早出し健全苗育成に関する研究プロジェクトを実施しました。そのプロジェクトでは、東京大学、北海道立総合研究機構、森林総合研究所、北海道山林種苗協同組合の4機関、総勢25名をこえるメンバーで共同研究を行い、播種床における幼苗生産を効率的に行うとともに、得られた幼苗をコンテナに移植し、従来よりも短期間で健全な苗木を山出しできる手法を確立しました。

本手引きでは、その具体的な方法について紹介します。この手引きが皆様のお役に立ち、エゾマツ資源の回復につながればと願っています。



研究プロジェクト代表
東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林
後藤 晋

第1章 播種床における幼苗生産

北海道の針葉樹の中で、エゾマツの種子は特に小さいため、播種床での幼苗生産では、除草などの通常の作業で少し条件が変わっただけで、生存率を低下させてしまうことがあります。さらに、暗色雪腐病や苗立枯病によって失われる量は少なくありません。このため、生産数量が多いほど、いかに種子の無駄を抑え、より大きな幼苗を効率的に育成するかがコスト・労力の点で重要になります。従来の方法では、種子を濃く播いて、安心できる実生数を確保した上で間引きをし、予定の仕立て本数に誘導するのが一般的です。しかし、この方法は、多くの種子が必要で、間引きの手間もかかります。本章では、コンテナ苗の材料となることも前提とし、なるべく種子の無駄を抑え、播種床で発生する暗色雪腐病や苗立枯病被害を少なくするための情報を紹介します。

1 種子採取から球果乾燥・脱粒・精選まで

エゾマツ種子の結実周期は3～4年に1回で、大豊作は10年に1回あるかないかです。大豊作の年では、全道各地での採種が可能です。2011年は大豊作年で、単年度で全道一円から収集できたことから、エゾマツ種子形質の全貌が見えてきました（コラム①参照）。

植栽地が事前に決まっていれば、植栽地の環境に適応している母樹からの採種・育苗が、植栽後の成績を担保する必要条件となります。また、全道各産地の種子を貯蔵できれば、植栽地に適した産地選択も可能になります。このことは、裸苗、コンテナ苗を問わず植栽後の生存・成長を左右する重要な点です。

エゾマツの球果は、梢端部に多く着生するため（写真1-1）、一般には木登りして採取します。採取した球果は、集めて麻袋等に入れますが、採取現場でも、なるべく風通しの良い日陰に置いておく必要があります。



写真1-1 エゾマツ球果の結実(2011年)

球果は、高温多湿状態にしておくと数時間でカビが発生することもあります。このことは、乾燥場所までの運搬時も同様で、通気性の良い資材を使用することが重要です。

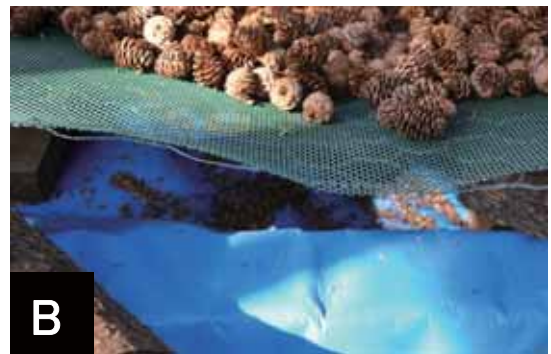


写真1-2 球果の乾燥と脱粒

A:ハウス内での球果乾燥。B:Aの○部を拡大した写真。浮かせた網の上で球果を乾燥させている。C:翼付きの脱粒種子を乾燥させている。

ビニールハウス等の乾燥場所に到着したら、直ちに袋から出してひろげ、球果乾燥を開始します（写真1-2A）。乾燥初期には、球果の含水率が高く高温・多湿になりやすく発芽率低下の原因にもなる場合がありますので、高温多湿は禁物です。スノコや金網を工夫して球果が地面から浮いた状態で乾燥させたり（写真1-2B）、レーキ等による球果の攪拌やハウスの換気など適宜行う必要があります。

乾燥してくると、球果の種鱗が開き、翼付きの種子が脱粒してきます（写真1-2C）。それらからゴミ等の夾雑物を篩い等で除き、布袋等で翼を揉み取ります。これで、苗木の基となる種子の準備が完了です。翼を除いた種子は、風選等によって、シイナや極小の種子を除きます。精選した種子は低温で保存します。北海道の林業用種子貯蔵庫では、2℃、湿度40%の条件で、大量の種子を貯蔵しています。

コラム①エゾマツ種子の全貌をみる

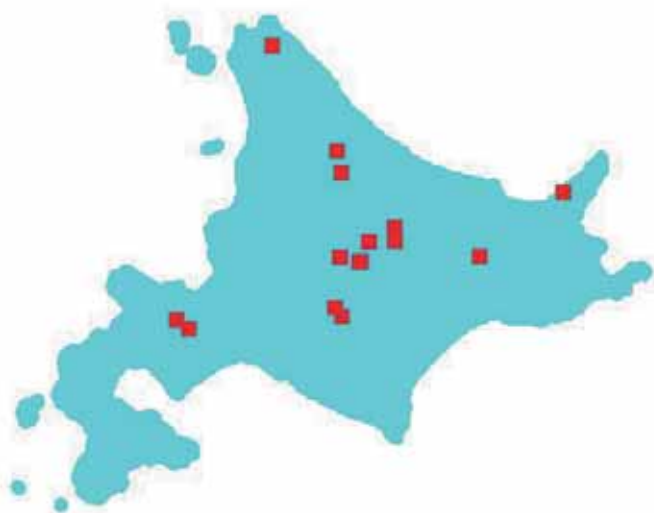


図1-1 2011年のエゾマツ採種地

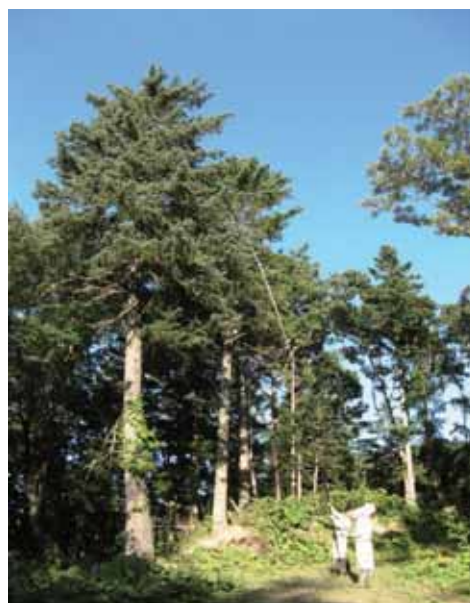


写真1-3 鎌付き測竿での球果採取

2011年の9月下旬～10月中旬、北海道内15地域の天然林から個体別に採種し、合計128個体から7,400個の球果、約1,600gの精選種子を得ました（図1-1）。球果採取には、15mのカーボン製の測竿の先に鎌を取り付けた用具を使用しました（写真1-3）。

全体的に産地内の個体間変異が大きい形質が多く、エゾマツの場合、球果や種子は同じ産地内でも母樹による違いが大きいことが分かります。母樹サイズと母樹別種子の形質の概要は表1-1のとおりです。種子の大きさの指標となる千粒重では、最大値は最小値の3.6倍、充実率や発芽率では40倍以上のちがいがありました。

表1-1 エゾマツ母樹128個体のサイズと母樹別の種子形質のばらつき

		形質	最小	平均±標準偏差	最大	最大/最小
母樹	樹高(m)		8.8	20.5±4.9	32.6	3.7
	胸高直径(cm)		13.5	49.7±16.2	94.0	7.0
種子	千粒重(g)		1.5	2.5±0.5	5.6	3.6
	充実率(%)		2.3	45.2±22.5	92.3	40.1
	発芽率(%)		2.0	42.1±21.6	89.9	45.0



2 種子の精選と発芽率

(1) 充実種子の簡易選別法

発芽率の高低は、育苗コストに直接影響します。特に、コンテナへの種子の直播き（コラム⑤参照）では、1セルあたりに何粒を播くかを定める上でさらに重大な問題です。発芽率を向上させるための最初のハードルは、充実種子の選別です。ここでは、2つの方法を紹介します。

1) エタノールによる瞬間選別

少量（10～100g）のエゾマツ種子を市販の99.5%エタノールに入れると、瞬時に沈む種子と浮く種子に分かれます。軟X線画像で見ると、沈んだものは充実種子で、浮いたものはシイナでした（写真1-4）。100粒×14回（合計1,400粒）の判別結果は表1-2の通りで、沈んだ種子の99.7%は充実種子、浮いた種子の96.3%はシイナでした。調べた種子の重さを一粒ずつ測ってみると、充実種子は1mg以上、シイナは1mg未満にきれいに分けられました（図1-2）。

表1-2 エタノール選による充実種子とシイナの判別結果

種子判別	浮	沈	計
充実粒	11	1096	1107
シイナ	290	3	293
計	301	1099	1400

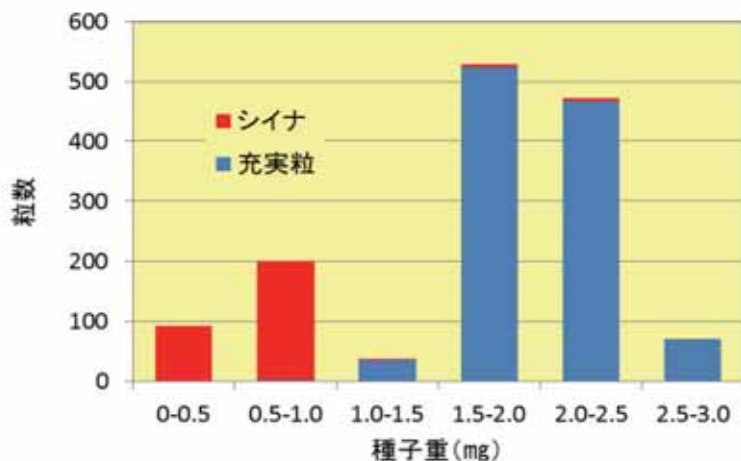


図1-2 充実種子とシイナの重さの頻度分布

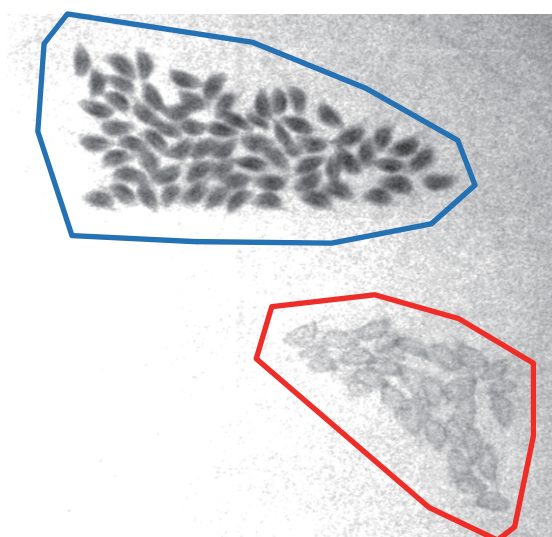


写真1-4 沈んだ種子(青)と浮いた種子(赤)の軟X線画像

2) 水道水による選別

種子を一昼夜水に浸漬すると、沈んだ種子と浮いた種子に分かれます。沈んだ種子が充実種子ですが、急ぐ場合は、攪拌すると6～8時間で分かります（図1-3、写真1-5）。水選後、播種せず保存する場合は、室温で陰干しするのがよいでしょう。ただし、高温は禁物です。

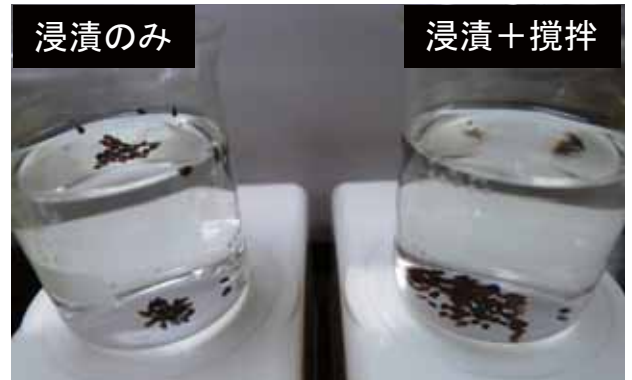
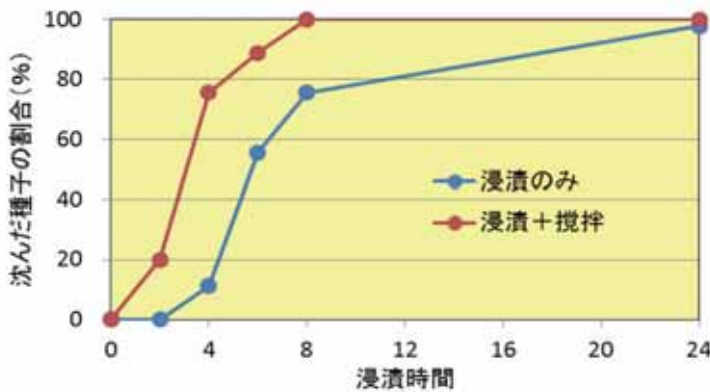


図1-3 浸漬時間と種子の沈下率の関係

写真1-5 水選8時間後の充実種子の沈下状況

(2) 充実種子の発芽率

無精選種子とエタノール選で選別した充実種子の発芽率を母樹別にみると（図1-4）、程度の差はあるものの無選別よりも選別した種子の発芽率が高く、全母樹平均値では、43.7%が67.1%にまで向上しました。最も高い値となった母樹では発芽率が60.5%から98.2%に向上しましたが、反対に数%しか上がらない母樹もみられました。このことからコンテナへ直接播種する場合は、当面、各種精選後の発芽率を確かめた上でセルあたりの播種数を判断する必要があります。

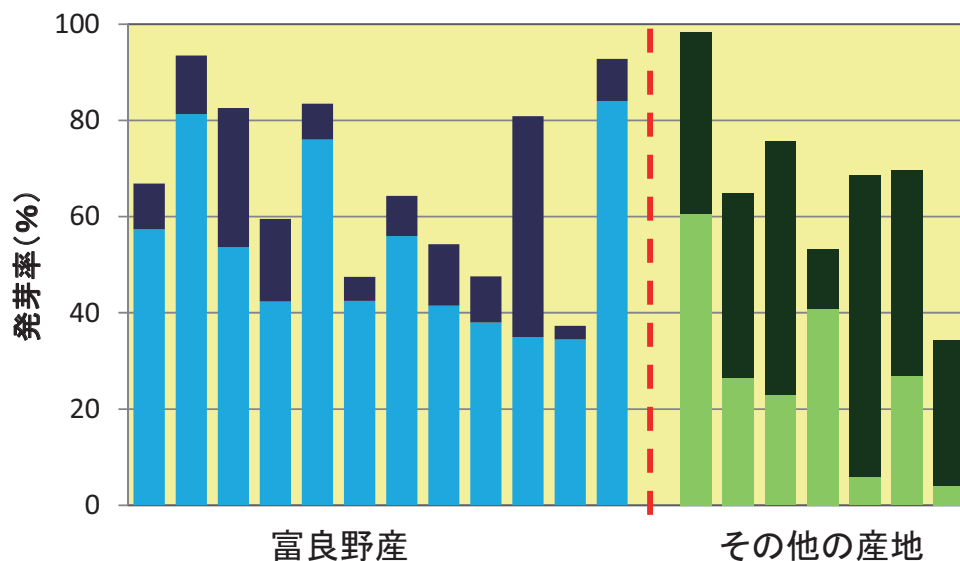


図1-4 母樹別にみた無選別、エタノール選後の発芽率
棒の1つ1つが母樹を、色の薄い部分が無選別の発芽率、濃い部分が発芽率が向上した分を示します。



コラム② 種子サイズと発芽率および初期成長

サイズ別の発芽率（図1-5）をみると、母樹によっては大きい種子の方が高い傾向がありました。一方、別の試験では、種子が大きい方が芽生えサイズも大きく（写真1-6）、コンテナ苗育成においては、両者の関係についてさらに事例を重ねる必要があります。

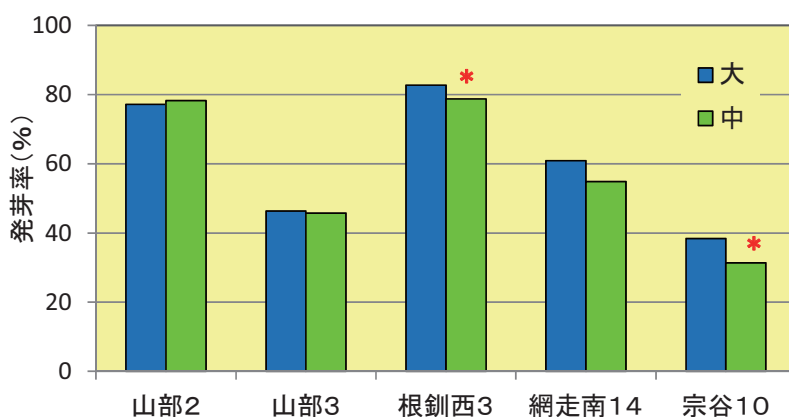


図1-5 種子サイズ別の発芽率（播種後3週間）

エタノール選で沈下した種子のサイズを、メッシュ寸法1.4、1.2、1.0mmのふるいで、大・中・小に区分した（小は粒数が少なかったため本試験からは除外）。

*：5%で大と中の間に有意な差があったことを示す。



写真1-6 種子サイズ別の芽生え

図1-5と同様の方法で大・中・小に区分したエゾマツ種子を、200型プラグトレイ（13ml/セル）に播種し、育成した播種後38日の芽生えの様子。

3 播種後の病害管理

(1) 春播きによる暗色雪腐病の回避

秋播きでは種子が積雪下で一冬を越すことになるため、この期間に暗色雪腐病菌の感染を受けて種子が腐敗枯死する危険性があります。実際に春播きと秋播きで芽生えの成立本数を比べると、春播きの方が秋播きよりも多い結果でした（図1-6）。また、被害の程度は積雪期間と関係するため、根雪の長引いた2012年の方が2011年よりも、秋播きの芽生え本数が少なく春秋の差が大きくなりました。春播きを行うことで暗色雪腐病による種子の損失を回避できると考えられます。

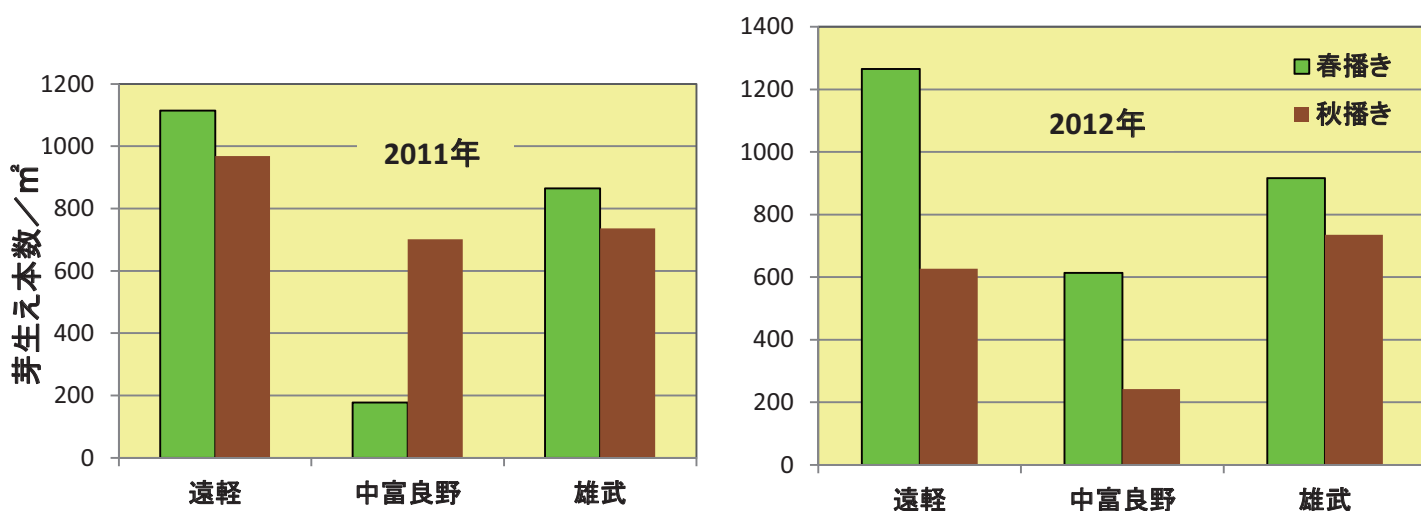


図1-6 道内3箇所の苗畑における春播き、秋播きでの発芽数

芽生えが出そろった6月下旬から7月上旬の芽生え本数。2011年中富良野の春播きでは、播種床がひび割れるほどの著しい乾燥のため芽生え本数が少なかった。

(2) 農薬を用いた暗色雪腐病と苗立枯病の防除

播種した種子が暗色雪腐病によって死んでしまう一方で、播種床で発芽した幼苗もいくつかの病気によって失われていきます。発芽後間もない時期には苗立枯病（写真1-7左）がしばしば発生し、冬を越した後の早春の融雪期には暗色雪腐病（写真1-7右）が多発します。



写真1-7 播種床に発生する苗立枯病(左)と暗色雪腐病(右)



播種床の苗に発生する暗色雪腐病の防除には、殺菌剤「キノドー水和剤80」の500倍液を根雪前に約2週間の間隔をあけて計2回、各1L/m²の分量で土壌表面を含む全面に散布すると効果があります（図1-7左）。融雪が遅れるなどの環境条件によって効果に多少の差はありますが、概ね被害を軽減することができます。なお、本プロジェクトの試験では薬害の発生は認められませんでした。また、「キノドー水和剤80」には、床替え床の2年生苗でも同様の防除効果が認められています。

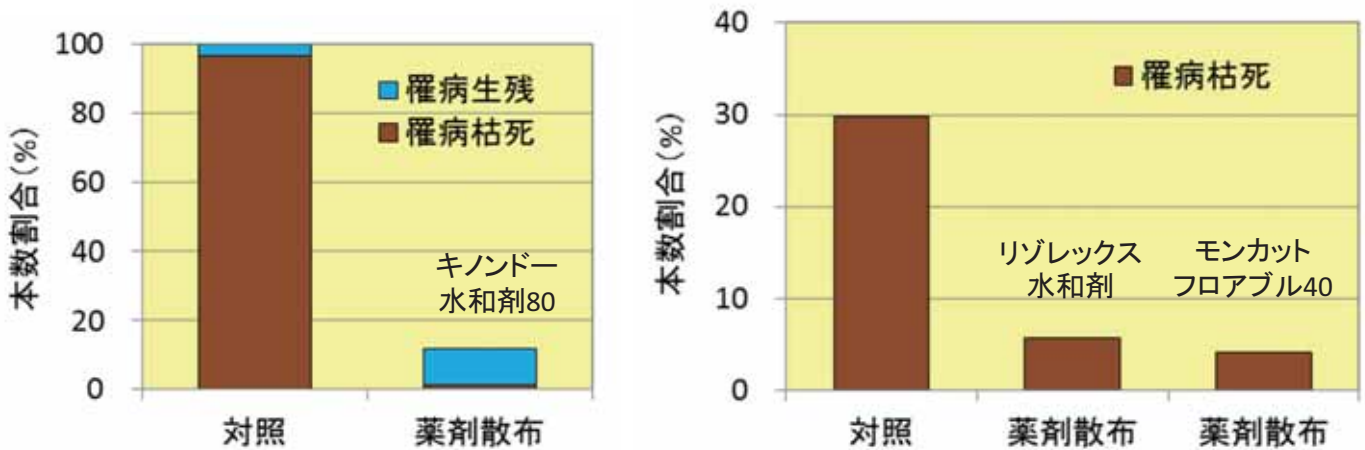


図1-7 各農薬製剤の薬効

左: 暗色雪腐病菌(2012年札幌での試験例)、右: リゾクトニア菌(2012年富良野での試験例)に対する薬効。いずれも病原菌を人工接種した播種床のエゾマツ当年生実生苗における結果。

苗立枯病の病原菌には、フザリウム菌、ピシウム菌、リゾクトニア菌、シリンドロクラディウム菌など、いくつもの種類があります。従って、苗立枯病を防除するには、被害の発生状況と農薬の散布効果に応じて適切な薬剤を使い分ける必要があります。フザリウム菌やピシウム菌には殺菌剤「タチガレン液剤」が、リゾクトニア菌には殺菌剤「リゾレックス水和剤」や「モンカットフロアブル40」が優れた効果をもたらします（図1-7右）。

「タチガレン液剤」は500倍液を発芽直後に1回、「リゾレックス水和剤」や「モンカットフロアブル40」は1,000倍液を発芽後の早い時期に2週間程度の間隔をあけて計2回、いずれの剤の場合も各回3L/m²の分量で土壌表面を含む全面に散布すると効果があります（写真1-8）。なお、本プロジェクトの試験では薬害の発生は認められませんでした。



写真1-8 殺菌剤の散布

なお、播種時に殺菌剤「三共チウラム80」を種子に粉衣してから播きつけることも病害の防除に効果的です（写真1-12）。

- 農薬は定められた用法・用量を守って使用しましょう。
- キノドー水和剤80およびリゾレックス水和剤、モンカットフロアブル40は、それぞれのメーカーが農薬適用登録の拡大申請を行う予定です。
- タチガレン液剤は林木苗木に、三共チウラム80は針葉樹種子に、それぞれ適用登録があります。
(2013年12月14日現在)

(3) その他の防除技術

冬期間の積雪は雪圧によって苗を倒伏させます。倒伏した苗は全身が病原菌の潜む土壌表面に接することになるため、積雪下で暗色雪腐病菌の感染を受けやすくなります。このため、暗色雪腐病被害を防止するためには、1) 雪圧を緩和して苗の倒伏を軽減するとともに、2) 土壌表面との接触を回避することが重要です。

雪圧の緩和のためには、根雪前に雪囲いを設置します(写真1-9)。一般的に春の融雪が遅れると暗色雪腐病被害は激甚なものとなるため、雪囲いによって積雪量を少なくすることには、春の融雪を早めて激甚な被害を回避する効果もあります。ただし、積雪量が少なすぎて苗が雪の外に露出すると、厳寒期に凍害や寒乾害を受ける危険性があるので、注意が必要です。

倒伏時の土壌表面との接触回避のためには、発芽後しばらくしたら床表面に火山礫などの清浄な無機質資材を散布して敷き詰めます(写真1-10、写真1-7も参照)。これには土袴の発生を防ぐ効果もあります。なお、有機質資材は病原菌の温床となるため、投入には注意が必要です。

この他、床作りの際に土壌表面をガスバーナーで焼くことで、土壌中の病原菌の数を減らせると考えられます(写真1-11)。雑草の種子を焼却することで除草の手間を減らす効果も期待されます。



写真1-9 雪圧緩和のための雪囲い



写真1-10 播種床表面に散布する火山礫



写真1-11 ガスバーナーによる床焼き



写真1-12 チウラム剤の種子粉衣



コラム③ 幼苗生産でどれだけコストを節約できるか

春播きや農薬散布による幼苗歩留まり（発芽数に対する床替え本数）のちがいは、どの程度コストに影響するか、2011年の春播き、秋播きについて2013年秋までの追跡調査から2箇所（遠軽苗畑、雄武苗畑）での幼苗歩留まりから試算してみました。

山出し苗5万本、幼苗から山出し苗までの得苗率を65%とすると、播種後3年目の春に床替えする本数は約7.7万本です。幼苗歩留まりは、遠軽苗畑の春播き、秋播きでそれぞれ0.56、0.44、雄武苗畑ではそれぞれ0.31、0.26でした。

これらの値から7.7万本の幼苗生産に必要な播種床面積と種子重を逆算し、除草のための賃金（40㎡/人日、2回/年、単価7000円）と種子代金（10.5万円/kg、道苗組単価）を求めました。結果は図1-8のとおりです。山出し5万本で割返すと、1本あたり1.46円～2.87円のちがいとなります。

この試算は、播種時季の違いに基づいていますが、播種床での諸作業のやり方でも同様のことが起こります。



図1-8 エゾマツ山出し苗5万本生産を想定した春播き、秋播きでの幼苗得苗率から求めた除草と種子にかかる費用

第2章 コンテナ苗の生産

北欧などのコンテナ苗生産では、コンテナセルへ種子を直接播種する方法（直播法）が一般的ですが、エゾマツでは播種床で2年間育成した幼苗（裸苗）をコンテナに移植し、さらに2年間育苗して4年間（2-2方式）で山出しする（移植法）のが、現在のところ確実な方法です。この手引きでは、この2-2方式の移植法について、幼苗の掘取りからコンテナ苗の育成まで、具体的な方法を説明します。そして、直播法などの方法については、コラムでご紹介することにしました。

1 コンテナ苗の特徴とメリット

コンテナは、苗木を育苗するセルの底面が大きく開いていて、地面から離して空中に懸架することで底面が空気に触れ、セル底面に達した根の成長が自然に止まります。これを空気根切りと言います（写真2-1）。また、サイドスリットやリブによってセル内で根が回ることを防いでいます。コンテナ苗は、植栽直前に根を切る等の必要がないので、植付けコストを大幅に節減することができます。また、根鉢ごとの植栽なので、活着率も高いことがわかっています（写真2-2）。



写真2-1 サイドスリット付コンテナでみられる空中根切りの様子



写真2-2 根鉢のついたコンテナ苗



2 培地の準備

培地はココピート（写真2-3左）か、ピートモスを用意して、必要に応じて元肥とピートモスの容量の3割から5割の水を加えてよくかき混ぜておきます。培地用のミキサー（写真2-3右）があると便利です。



写真2-3 培地のココピート(左)と培地用のミキサー(右)

3 肥料の与え方

コンテナ苗は土を使用しないことから微量元素の配合された肥料を使用してください。栽培するコンテナ苗の数や設備に応じて置肥にするか液肥にするか選択するとよいでしょう。

1) 置肥

オスモコートエグザクト16-9-12 3-4ヶ月（写真2-4左）のような緩効性肥料を元肥として予め培地に混ぜて入れておくとうよいです。追肥としての使用ではコンテナに裸苗を移植した当年の7月、2年目の5月、7月にセルあたり0.3gを培土表面にムラなく置くとよいでしょう。

肥料試験を行った結果、マグアンプ(企)BBSサイズ7-23-6（写真2-4右）でも同様の成長が得られています。セルあたり0.375gを培土表面にムラなく置くとよいでしょう。どちらの肥料も徒長しない苗木を作るためには、8月以降の追肥は避けられた方がよいと思われます。



写真2-4 コンテナ苗育成に使われる置肥

2) 液肥

液肥は置肥に比べて、無機塩類の濃度のバランスをすぐに変更でき、過剰に施肥した場合でも洗い流すことができるため、融通の利く施肥方法です。裸苗を移植した当年と2年目の5月から9月まで週1回、プロフェッショナルハイポネックス20-20-20（写真2-5左）を水10リットルに対して5gの割合で施肥するのがよいでしょう。または、ユニバーソルオレンジ16-5-25 25kg（写真2-5右）を5月から9月まで週1回、水10リットルに対して6.25gの割合で溶かして施肥しても良い成長が見込めます。いずれも、コンテナの底面から液肥が滴るまで施肥するとよいでしょう。



写真2-5 コンテナ苗育成に使われる液肥

4 移植作業

播種床から2年生の裸苗を掘り取ります。土を軽く落として、移植に備えます（写真2-6，写真2-7）。移植は、開葉後だと枯死苗の割合が増加するので、なるべく頂芽の開葉前に行ってください。

準備した培地をコンテナに充填してください。培地の充填時はセル中に空隙が出来やすいので、数回コンテナを振動させ空隙が埋まるようにします。さらに、培地充填後に空のコンテナを上から乗せ培土を圧迫するとよいです。

コンテナの各セルに棒で穴を開けます（写真2-8）。開けた穴にエゾマツの裸苗の根を入れます（写真2-9）。このとき、決して根の先端が上を向かないように細心の注意で作業を行ってください（写真2-10）。根の入れ方が悪いと根がセル内で上を向いてしまいます。植栽後に培土がセルの上端の位置まで入ると、根が隣のセルに侵入する場合がありますので注意してください。これらの一連の作業は、苗木の根が乾かないうちに、掘り取った後はなるべく短時間で移植しましょう（写真2-11）。



写真2-6 掘り取った苗



写真2-7 苗の掘り取り



写真2-8 棒で穴をあけて、苗を入れる



写真2-9 苗をしっかり押さえる



写真2-10 移植の完了



写真2-11 移植作業の様子

5 ベンチへの設置

移植したコンテナは、セルの下に空間ができるように懸架（写真2-12）するか、網状のものにのせてください（写真2-13）。確実に空気根切りするために、地面から数センチ以上は離すようにしてください。JFA150やJFA300は、写真2-12のように、鉄筋などで懸架することが容易にできる形状になっています。



写真2-12 鉄筋によるコンテナの懸架



写真2-13 メッシュ型のベンチに設置

6 灌水

ココピートは完全に乾燥すると、撥水して水が浸透しにくくなります。灌水は下から水がしたたるまでしっかりと行い、次にやるときは表面が乾燥する前に行ったほうがよいでしょう。コンテナ苗を育成していると、コケが発生することがあります（写真2-14）。灌水の量を減らしたり、肥料の与え方（直播法では、元肥を入れず、発芽してから液肥を散布するなど）で、コケの影響を減らせるという結果が得られていますが、コケをいかに制御するかは今後の課題です。

環境に応じて、適度な灌水のやり方をみつけてください。自動灌水の装置はあると便利です（写真2-15）。自動灌水では、播きムラを防ぐために、定期的にコンテナの位置を変えるとよいでしょう。



写真2-14 コケの発生



写真2-15 自動灌水をしている様子



コラム④ 適したコンテナを選ぶ

現在、様々な容量や形状のコンテナが販売されています。国産のJFA150とJFA300はリブとよばれるガイドが内側についています（写真2-16）。一方、諸外国では下図のようにサイドスリットがついて、横方向の根切りができるタイプもよく使われています（写真2-17）。そこで、移植法では5種類、直播法では4種類のコンテナでエゾマツのコンテナ苗を育成し、生育比較を行ってみました。その結果、移植法では、リブ式で300ccのJFA300が最もよく成長しました（図2-1）。一方、直播ではサイドスリット式で120ccのコンテナ（BCC社製）が最も良好な結果となりました。方法によって、適するコンテナを選ぶことが大事なことが分かります。



写真2-16 リブ式の150ccと300ccのコンテナ（左：JFA150、右：JFA300）

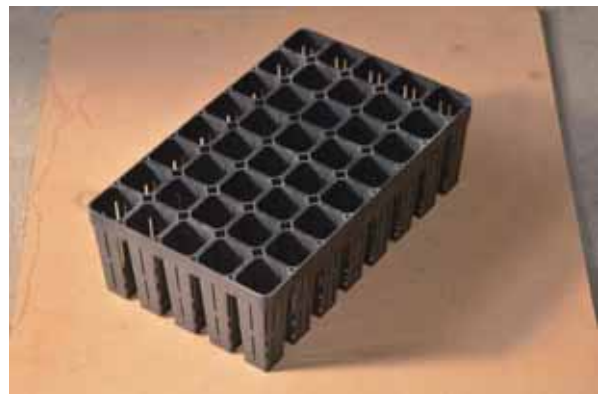


写真2-17 サイドスリット付120ccコンテナ（BCC社製）

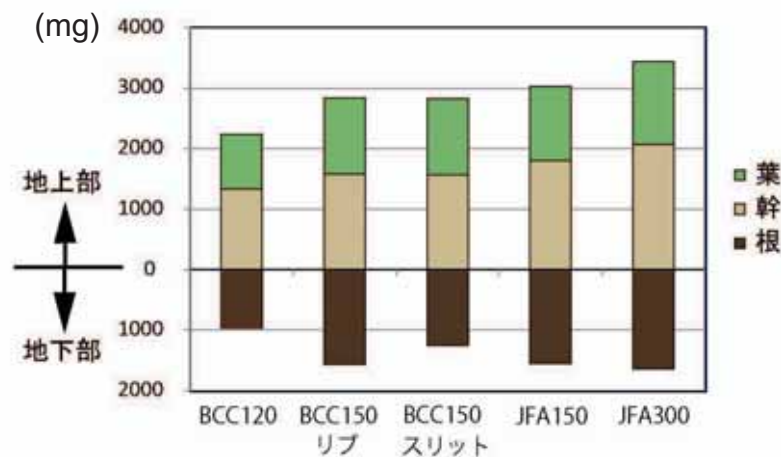


図2-1 コンテナ別の地上部と地下部の乾燥重量（移植法）

7 苗木の成長

山出し時のコンテナ苗には樹種ごとに規格があります。同じトウヒ属のアカエゾマツのコンテナ苗を参考にすると、1号苗は苗高25cm以上かつ根元径5mm以上、2号苗は苗高20cm以上かつ根元直径4mm以上となっています。そこで、コンテナ苗を、環境条件の異なる2箇所（ビニールハウスと露地）で同じ肥料を用いて2年間育成し、規格苗がこの手引きで紹介している方式で得られるかを検証してみました。

4年生の時点での1号苗、2号苗の本数割合について、場所、肥料ごとに算出した結果。先ほど紹介した4種類の肥料で育成したコンテナ苗は、1号苗または2号苗に合格する割合が高く、露地栽培（江別市）では96%、ビニールハウス栽培（富良野市）では88%のコンテナ苗が規格に達しました（図2-2）。このように、これらの肥料を用いることで、いずれの生育環境でも、規格に達したコンテナ苗を4年で山出しすることが可能になりました（写真2-18）。

ビニールハウスでコンテナ苗を育成する場合、野外よりも高温下で肥培育成されるため、馴化期への移行が遅くなる可能性があります。遅くなると軟弱多汁な苗木になり、晩霜害や寒害等の被害を受ける危険性があります。成長期は窒素濃度の高いプロフェッショナルハイポネックス20-20-20を施肥し、馴化期はカリウムの濃度が高いユニバーソルオレンジ16-5-25を施肥するのが無難だと思われます。

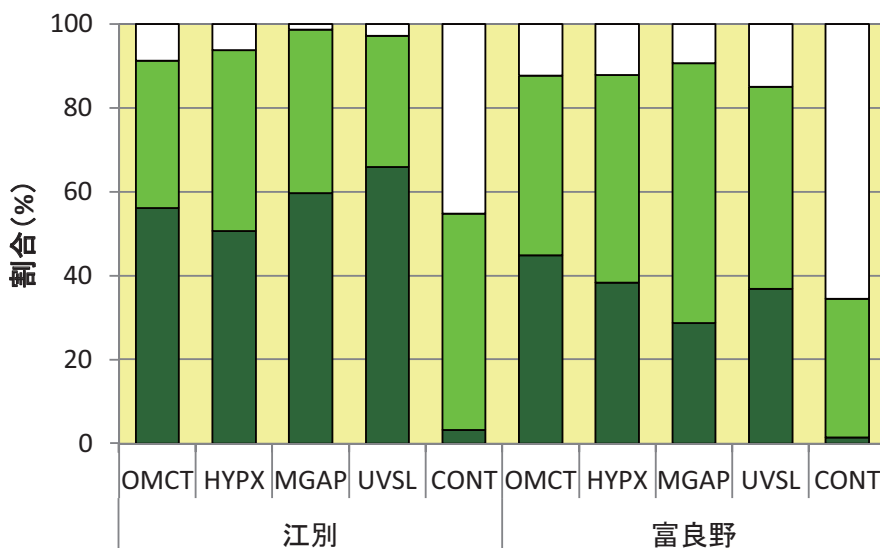


図2-2 各種施肥による4年生苗の規格苗の割合
 ■:1号苗、■:2号苗、□:規格外。OMCT:オスモコート、HYPX:ハイポネックス、MGAP:マグアンプ、UVSL:ユニバーソル、CONT:無施肥を示す。



写真2-18 規格に達した4年生コンテナ苗



コラム⑤コンテナへの直播法

本プロジェクトでは、2-2方式の移植法を基本としていますが、裸苗の移植は根をいためやすく、手間もかかります。それに比べると、北欧で行っている直接播種による苗木作りは、自然に近い根系が得られる上に、移植よりも手間が少ないというメリットがあります。そこで、北欧で基本となっている直播法についても試験を行ってきました（写真2-19）。

まず、灌水量を1日当たり10、20、30mlに設定して比較した結果、10と20mlでよい結果が得られました。次に、容量が同じで形状がリブ型とスリット型を比べると、苗木の成長は明らかにスリット型の方がよいことが分かりました（写真2-20）。さらに、播種時期と苗木の成長の関係を調べるために、4産地の種子を用いて、12月、1月、3月、4月の播種で比較すると、どの産地でも4月播種が良好な成長を示しました。

これらの試験の多くは、茨城県つくば市の森林総合研究所内で行われたものであるため、北海道にそのまま当てはめることはできないかもしれません。しかし、直播法ではリブ型よりもスリット型の方がよいことは北海道演習林でも確かめられています（コラム④参照）。このように、まだまだ工夫は必要ですが、灌水量を適切に設定し、スリット型コンテナを用い、発芽率の高い母樹を選ぶことで、エゾマツ種子のコンテナへの直播による短期間の山出しは可能になると考えられます。



写真2-19 コンテナに直播し、発芽したエゾマツ



写真2-20 スリットの有無が苗木の成長に及ぼす影響(右:スリット有)

8 苗木の冬期貯蔵

播種床で育成した幼苗をコンテナに移植して、コンテナで2成長期を育成させる2-2方式では、コンテナ移植当年の冬を越す必要があります。冬期に灌水ができない北海道では、コンテナ苗をいかに安全に冬期保管するかが問題となります。そこで、冷凍庫にコンテナを入れて-4℃で冬期保管し（写真2-21）、翌春に取り出して再び外で育成するという試験を3年間にわたり行いました。

保管する段ボールを変えたところ、苗木用貯蔵箱として実績のあるCTM段ボールでは、取出し後の苗木の状態も健全でしたが、安価な耐水性の段ボールでは取出し後に多くの苗が枯れてしまいました（写真2-22）。成績のよかったCTM段ボールは価格が高いという難点があります。そこで、安価な保管方法を検討した結果、耐水性の段ボールにコンテナをトレイごとビニール袋に入れて保管するという方法（写真2-23、2-24）でもCTM段ボールと同様に、良好な結果が得られることが分かりました。



写真2-21 コンテナを冷凍庫に入れる



写真2-22 CTMと耐水性(ビニールなし)



写真2-23 コンテナをビニール袋ごと耐水性段ボールに入れる



写真2-24 ビニール袋の口を閉じ、段ボールのふたを閉めて保管する

本試験と並行して、コンテナを冬期に屋外（露場）に放置する試験も行いましたが、富良野での通常の積雪下では、大きな問題は見られませんでした。ただし、コンテナの上に積もった雪を払い続けた試験では、翌春に多くの個体が枯れたことから、雪の少ない地域では、冬期の屋内保管は重要な技術となる可能性があります。



コラム⑥長日処理で成長促進

日本では夜間にランプを点灯して日長時間を長くし、成長を促進する長日処理が野菜などで行われています。日本ではあまり例がありませんが、北欧等では苗木の成長促進にも、この長日処理が行われています。長日処理には、蛍光灯や高圧ナトリウムランプ、特に光合成の効率が高い高圧ナトリウムランプがよく利用されます。

温室内で、野菜用トレーに播種して発芽した実生をJFA300に移植し、1年生時の夏季（7月～9月）と2年生時の夏季（5月～8月）に18時間の長日処理を行いました。その結果、通常のハウス内で育成したコンテナ苗に対して、高圧ナトリウムランプで長日処理（図2-25左）したコンテナ苗の苗高は平均27cm（2.1倍）になりました。また根元径も平均4.5mm（1.6倍）になりました（図2-25右）。

このように長日処理でエゾマツのコンテナ苗の成長を促進できました。しかし、長日処理によって、冬芽の形成は約1カ月遅れることも分かりました。したがって、長日処理によって、耐凍性を持つための準備が遅れる危険があります。この問題を解決するためには、8月中旬までに長日処理を終了し、その後は自然日長で苗木を馴化させた方がよいと考えられます。



写真2-25 長日処理の様子とその成果
左：高圧ナトリウムランプによる長日処理。右：通常苗と長日処理した苗

第3章 コンテナ苗の植栽

コンテナ苗には、山林種苗として多くのメリットが期待されています。植付け作業の効率の良さはその一例で、植栽地の条件にあった器具を使えば、高い生産性で作業が行うことができます。また植栽後の活着率やその後の成長についても、裸苗に比べて優れているのではないかと期待されています。本章では、コンテナ苗の植付け作業の方法を解説するとともに、東京大学北海道演習林と北海道森林管理局管内の国有林で実施された植栽作業の功程や植栽後の生育状況などについて、裸苗との違いを中心に説明します。

1 植栽作業におけるコンテナ苗

苗木の植付け作業では、作業を通して根系が健全な状態に保たれることが重要です。裸苗の細根は長い根の先端部分に多く、苗畑の根切り作業などにより偏ったりしていることも多いので、植穴に入れるときに根が自然な形で広がるように、十分に大きな穴を掘り、苗に合わせて丁寧に植える必要があります（図3-1左）。効率を重視するクワ植えや、未経験者の作業では、不適な植栽が行われることも多く、活着や成長悪化が心配です（図3-1中）。

それに対して、コンテナ苗は根鉢が細くコンパクトにまとまっていて、細根がその中に保護されているので、根鉢のサイズに合った小さな植穴を開けて、その中に苗を落とし込み、土と密着するように周りを軽く踏みつけるだけで植付けることができます（図3-1右）。このため、特別な技術が不要で、高い効率の植付け作業が可能になるのです。

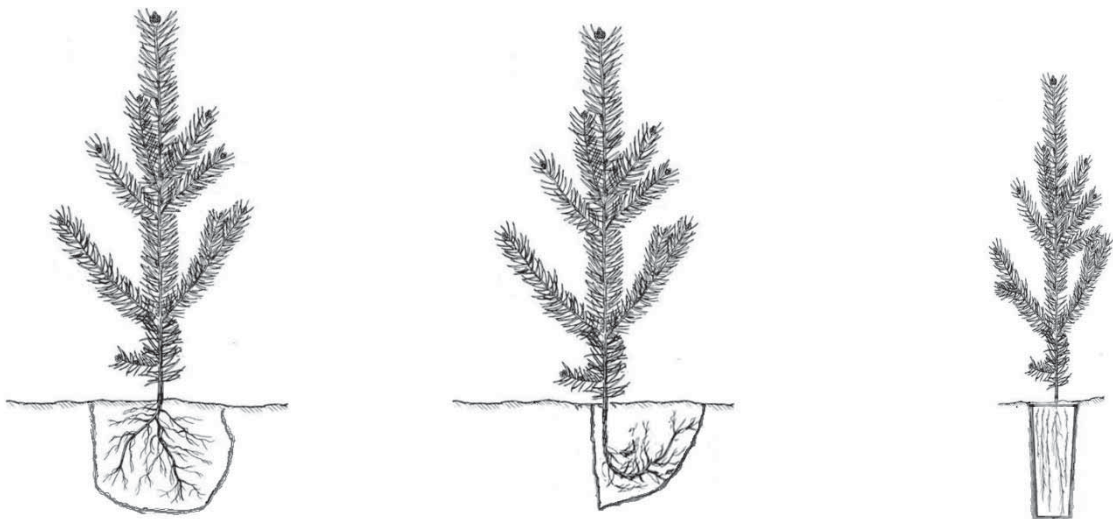
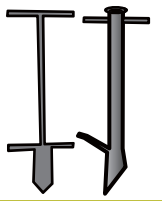


図3-1 裸苗とコンテナ苗の植え付け時の違い

左：裸苗を丁寧に植えれば、健全な根が自然と広がる。中：裸苗をクワ植えなどで小さい植穴に無理な植付けを行うと、根が不自然に曲げられる。右：コンテナ苗では、小さい植穴で正しい植付けが可能になる。



2 植栽器具と植付け作業

1) 植栽器具

コンテナ苗の植栽には、一般的なクワのほか、スパード、ディブル、プランティングチューブ（以下、PTと表示）など専用の器具が利用できます（写真3-1）。クワは、最も一般的な植付け器具で、裸苗の植付けにもよく使われます。スパードは、薄く鋭利な形状の先端部を土中に差し込んで前後に揺することで植穴をつくります。ディブルは、根鉢と同じ形状をしている先端部を土中に押し込んで植穴を開けます。PTは、くちばし状の先端を土中に差し込み、足でレバーを踏みつけると先端が開き、筒内にコンテナ苗を落下させて植付けすることができます。それぞれの器具の条件適性を表3-1にまとめました。



写真3-1 コンテナ苗を植栽するための器具と使い方

表3-1 各器具の条件適性

器具	条件への適性
クワ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 多様な条件で可能 ・ 平坦地では作業姿勢（腰を曲げる）が悪い
スパード	<ul style="list-style-type: none"> ・ 粘性土で使用すると、穴の中間高さ部分が狭くなってしまふ ・ その他比較的条件を選ばない
ディブル	<ul style="list-style-type: none"> ・ 膨軟土壌のみで有効（緊密土壌、石礫が多い場合は困難） ・ 伐採跡地にはやや不適
PT	<ul style="list-style-type: none"> ・ 急傾斜地、土壌が付着する条件（粘性・高水分土）には不適 ・ 苗が大きいとチューブの中をスムーズに落下しない

2) 植栽工期

東京大学北海道演習林と北海道森林管理局管内の11カ所の国有林で実施された植栽作業の工期を器具別に調べました。全体的に見て、コンテナ苗の方が高い効率で作業できることが分かりました。とくに土壌が乾いていて付着のない条件でのPTでは裸苗をクワで植えた場合の2倍以上の生産性となっています（図3-2）。

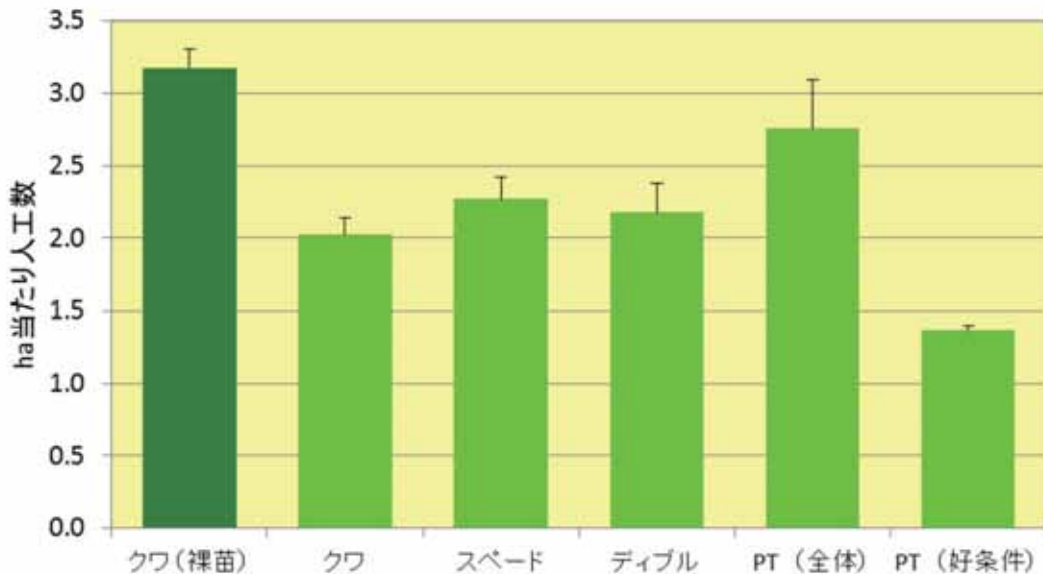


図3-2 器具別の裸苗とコンテナ苗の植付け工期

3 苗木の運搬

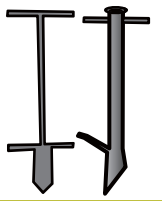
植栽地における苗木の運搬には、一般の苗袋が利用できますが、根鉢が崩れやすいという問題があります（写真3-2左上）。

したがって、コンテナ苗には、農業用苗カゴや買い物カゴなど変形しないプラスチック製のものが適していると言えるでしょう（写真3-2右上、右下）。

運搬距離が長い場合には、小型運搬車が利用できると便利です（写真3-2左下）。また伐採直後に造林する一貫システムを実施し、集材用のフォワーダや架線の利用も試みられています。



写真3-2 植栽地におけるコンテナ苗の運搬



コラム⑦作業時間は器具と条件で変わる

図3-3は東京大学北海道演習林で行ったエゾマツのコンテナ苗植栽試験の植付け功程を、植栽器具と地拵え強度別に示したものです。

地拵えはグラップルレーキ（12トンクラス油圧ショベル）で行われました。地拵え強度を変えた試験区に、コンテナ苗を植栽する際の作業時間を測定しました。強度地拵え区では、鉋物質土壌が露出する処理、弱度地拵え区では、ササのみを除去し、腐植土はなるべく残す処理を行いました。強度地拵えでは、機械重量のため土壌が堅くなり、どちらの用具でも穴掘りに時間がかかっています。

PTの効率がやや悪くなっていますが、土の付着等から苗がスムーズにチューブ内を落下しなかったため、本来なら他の用具よりも短時間で完了できるはずの植込み・地ならし工程に時間がかかっています。またスペードも、粘性土壌で使った場合、前後に揺すただけでは十分な大きさの穴が開かなかったため、シャフトを回転させて作業が行われた結果、穴掘りに時間がかかりました。

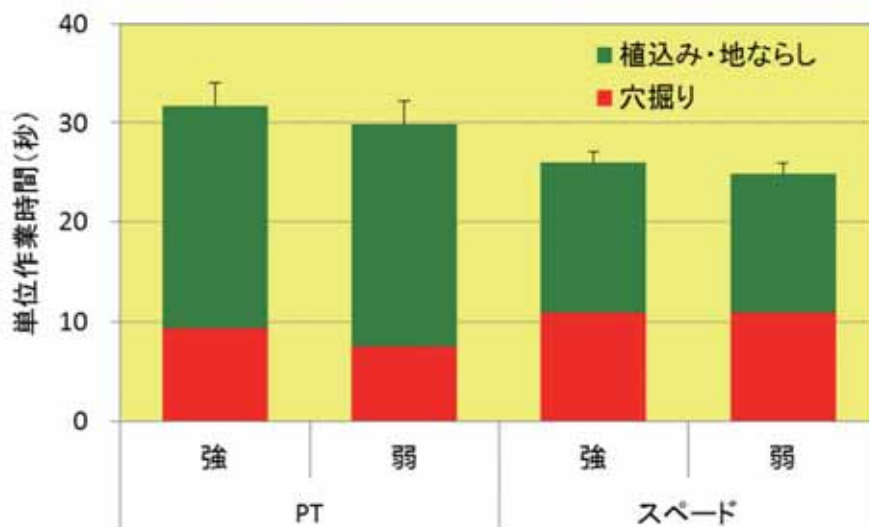


図3-3 植栽器具と地拵え強度別にみたコンテナ苗の植栽時間

4 コンテナ苗の生育状況

2010年秋と2011年春に東京大学北海道演習林でエゾマツコンテナ苗の植栽試験を行いました。JFA150コンテナで育成した3年生苗（1-2と2-1方式）、JFA300 コンテナで育成した4年生苗（2-2方式）、7年生裸苗を同時に植栽し、それぞれの活着と成長について調べました。

JFA300コンテナ4年生苗（2-2方式）は、7年生裸苗とほぼ同等の結果を示しました。一方、JFA150コンテナ3年生苗はいずれも生存率がやや低くなりました。また、春植えと秋植えによる生存率の大きな違いはみられませんでした（図3-4）。

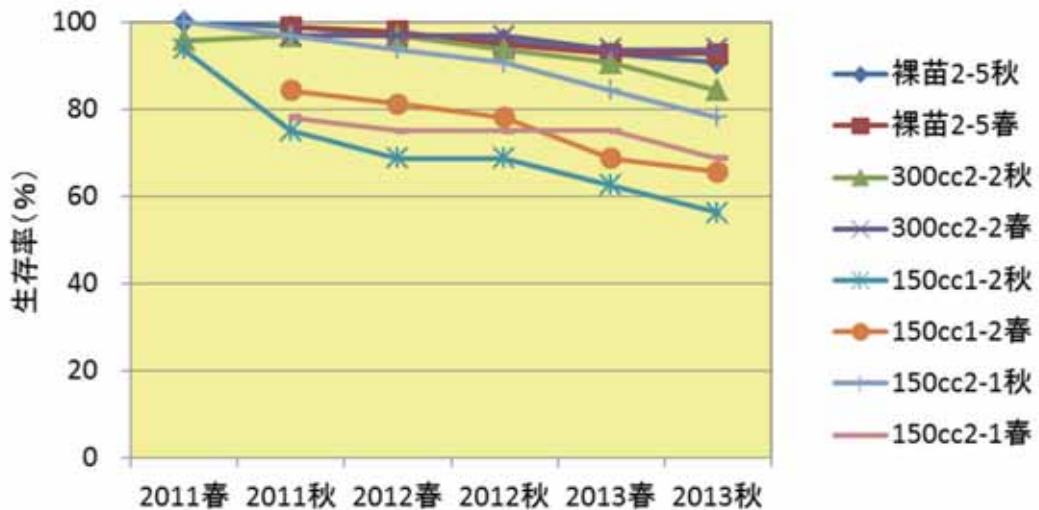


図3-4 コンテナの種類、植付け時期別に見た生存率の推移

コンテナ苗はいずれも植栽当年から安定した成長を示した一方、裸苗は植栽当年はほとんど成長しませんでした。植栽後3年間の総成長量でみると、コンテナ苗は裸苗と比較しても遜色のない結果となりました（図3-5）。

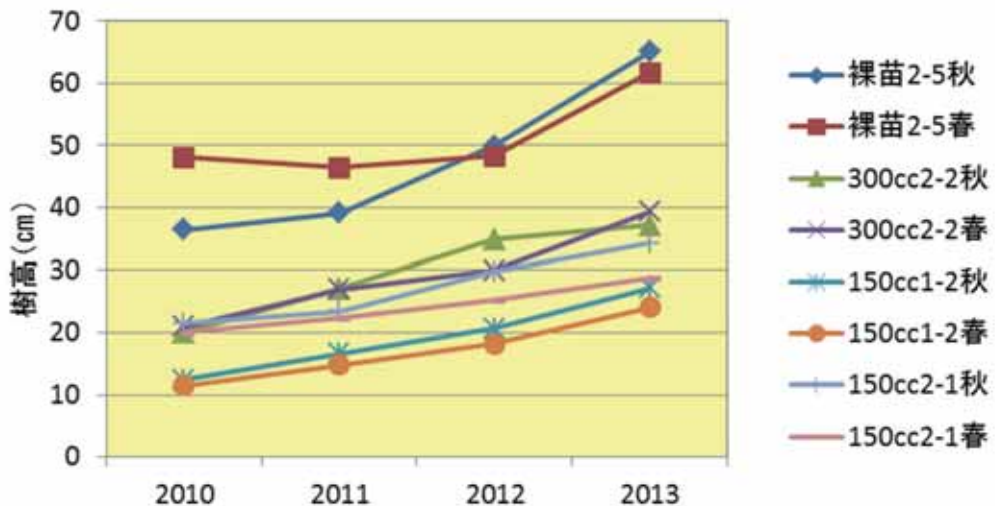
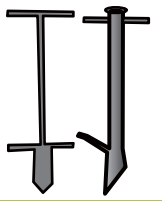


図3-5 コンテナ苗の種類、植付け時期別に見た樹高の成長パターン



5 植栽時および植栽後の留意点

植栽場所によっては、植栽苗に土袴（つちばかま）が付いたり（写真3-3）、根元に蟻塚（ありづか）ができてたりします。土が苗に多量に付着すると、その後の生育に影響が出るほか、暗色雪腐病に感染することもあり、苗が枯死する原因となります。特に、樹冠の下は、雨滴によって土袴が発生しやすくなるため、植え付け時には注意が必要です。

凹地に植栽すると、滞水して生育不良となったり、雨水により根鉢周囲の土が流されたりする可能性があります（写真3-4）。とりわけ、傾斜地で強度に地拵えを行った場合には、地表に水の流れが出来やすくなります。微地形を見て、なるべく凸地に植えることを心がけてください。

植栽当年の冬は、積雪による倒伏が起こりやすくなります。ふつう、倒伏した苗は融雪後に立ち上がるので大きな問題はないのですが、融雪が遅い年には、倒伏期間が長くなり、暗色雪腐病による被害が発生することがあります（写真3-5）。専用器具を使って植栽を行えば、春先の根踏みの作業はほぼ必要ありませんが、念のため、植栽の翌春は苗の倒伏状況を確認するようにしてください。



写真3-3 土袴のついたコンテナ苗



写真3-4 根鉢がむき出しになったコンテナ苗



写真3-5 倒伏後に起き上がったが、暗色雪腐病に罹病し死亡した苗

コラム⑧コンテナ苗はいつでも植えられる？

コンテナ苗には根鉢がついているため、季節を選ばず植栽できると言われることがあります。しかし、このことを現地で実証した例はほとんどありません。そこで、東京大学北海道演習林において、2012年の6～10月の各月に計5回、プランティングチューブを用いてエゾマツコンテナ苗(JFA150, 2-2方式)を植栽、翌年の秋に生存率と樹高を測定しました。

生存率は、6～9月の間は大きな差がなく、10月植栽の苗が低いという結果でした。10月植栽が低くなったのは、根が安定しないまま積雪下となり、倒伏した苗が多く生じた可能性が考えられます。樹高は早く植えたものほど大きい傾向がありましたが、その差は平均で約4cmと小さいものでした。植栽してから1年しか経っていないので、今後の経過観察が必要です。裸苗を植栽するには難しい7～8月に植えても大きな問題は発生していないため、繁忙期を避けた植栽ができるようになる可能性があります。

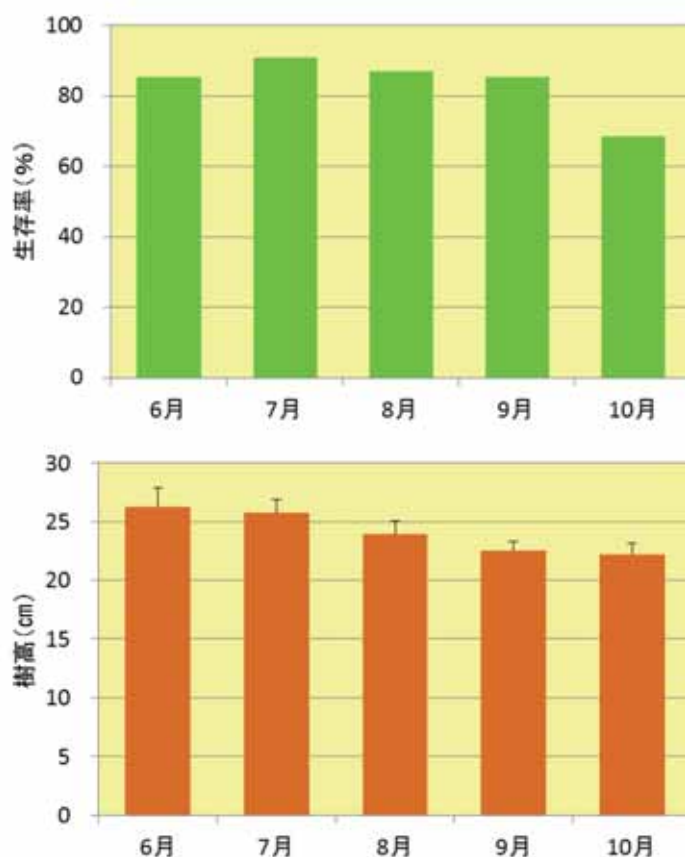


図3-6 植栽月別にみたコンテナ苗の生存率(上)と樹高(下)

参考図書・文献

- 1 浅川澄彦・勝田 柁・横山敏孝（1981）「日本の樹木種子 針葉樹編」，林木育種協会，東京，150pp
- 2 小笠原繁男（2001）東京大学北海道演習林におけるエゾマツ実生育苗の実際。東京大学農学部演習林報告. 106：49-68
- 3 The Container Tree Nursery Manual, Vol1-7, USDA Agricultural Handbook 674 (<http://www.rngr.net/publications/ctnm>)
- 4 北海道の林木育種. 56巻2号（「エゾマツ早出し健全苗プロジェクト」特集号），2013年1月，北海道林木育種協会発行

今後に向けて

この手引きは、平成22年度から25年度まで行われた新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「北海道固有の森林資源再生を目指したエゾマツの早出し健全苗生産システムの確立」で得られた成果をまとめたものです。プロジェクトグループのメンバーは、以下の通りです。

【東京大学】

犬飼慎也・小川瞳・尾張敏章・鴨田重裕・木村徳志・楠本大・後藤晋・福岡哲・坂上大翼・高橋功一・宅間隆二・山田利博

【北海道立総合研究機構】

秋本正信・内山和子・来田和人・黒丸亮・今博計

【森林総合研究所】

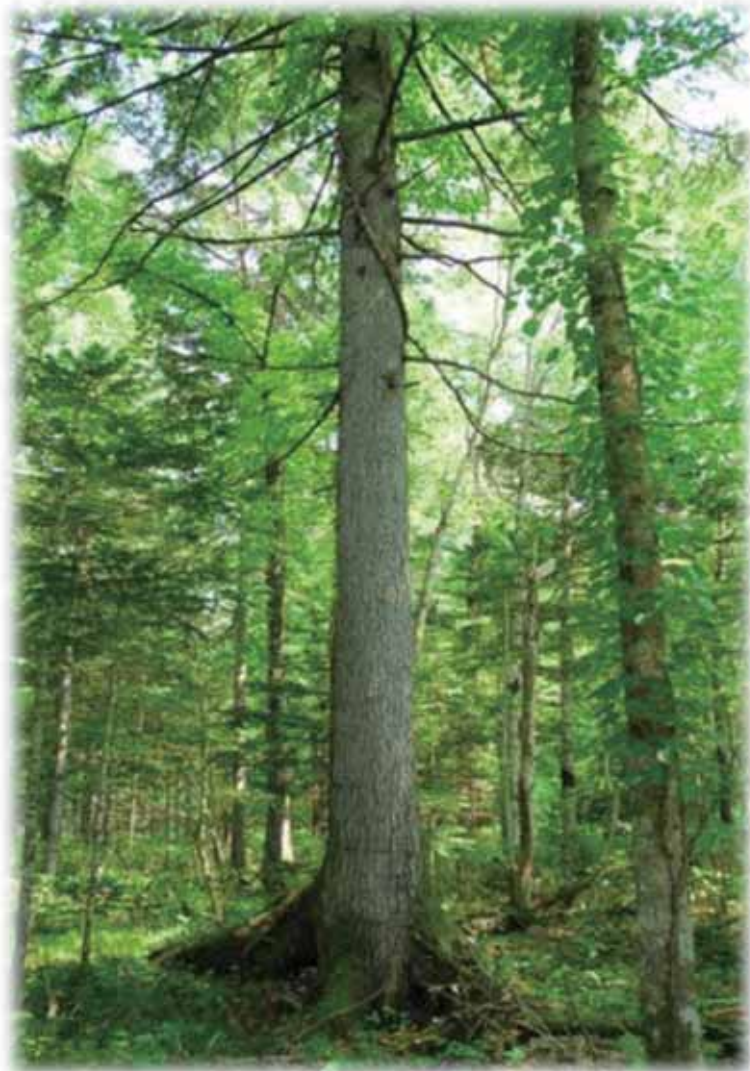
石橋聡・上村章・生方正俊・落合幸仁・佐々木尚三・田村明・那須仁弥・山口岳広

【北海道山林種苗協同組合】

河原義明・出口隆

4年間という短いプロジェクトの実施期間でしたが、エゾマツの育苗上の問題点を解決するために、様々な試験や研究に取り組み、沢山の新たな知見を得ることができました。このことは、参加した各機関の担当者の熱意や努力はもとより、北海道内で「エゾマツの資源回復を本気になって考えなければ」という機運が高まり、多くの方々に支援いただいたことが大きいと思います。

エゾマツの資源量を増加させるためには、克服しなければならない問題がまだまだあります。この事業で得られた成果や材料をさらに発展させ、エゾマツの造林体系の確立に寄与することが、我々当事業の関係者や次世代を担う北海道の森林・林業の研究者に課せられた大きな課題だと考えています。



写真提供：及川希（東京大学北海道演習林）

エゾマツ早出し健全苗育成のための手引き

〒113-8657 東京都文京区弥生1-1-1
東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林
教育研究センター TEL: 03-5841-1856

編集・発行：
「エゾマツ早出し健全苗」プロジェクトグループ
発行日： 2014年1月