

## 植栽から3年間のエゾマツのコンテナ苗と裸苗における地上部と地下部の成長経過

後藤 晋<sup>\*1</sup>・西山教雄<sup>\*2</sup>・村瀬一隆<sup>\*2,\*4</sup>・楠本 大<sup>\*3</sup>

### Development of above-ground and underground parts of containerized and bare-rooted seedlings in *Picea jezoensis* over three years after planting

Susumu GOTO<sup>\*1</sup>, Norio NISHIYAMA<sup>\*2</sup>, Kazutaka MURASE<sup>\*2,\*4</sup>, Dai KUSUMOTO<sup>\*3</sup>

#### I. はじめに

北海道では、林業対象となる自生針葉樹、トドマツ、エゾマツ、アカエゾマツのうち、エゾマツの蓄積だけが減少を続けている（小鹿，1995；北海道林業試験場，2007）。エゾマツの天然更新は主に倒木上で行われるため（Iijima *et al.*, 2007），倒木が少ない施業林ではエゾマツの天然更新が難しい（Nakagawa *et al.*, 2001）。エゾマツ資源を回復させるためには、エゾマツ苗を植林するのが確実だと考えられる（尾崎・猪瀬，1997）。しかし、エゾマツの苗木生産はトドマツ、アカエゾマツを比べると極めて少なく（後藤，2013），事業的なものはごくわずかである。エゾマツの苗木生産が行われなかった理由の一つに、エゾマツが暗色雪腐病に弱く、しばしば播種床で壊滅的な被害を受けたこと（小笠原，2001），エゾマツは自生樹種であるトドマツやアカエゾマツに比べて開芽時期が早く、5月頃の遅霜の被害を受けやすかったことなどが挙げられる。

コンテナ苗は根鉢付き苗であり、裸苗に比べて活着がよいとされる（遠藤，2007）。北海道でもコンテナ苗に対する関心は高く（横山・佐々木，2013；南・佐々木，2014），民間の苗木生産業者でトドマツ、アカエゾマツ、カラマツ、グイマツなどのコンテナ苗を生産している例がある（松村，2013）。エゾマツの苗木生産にコンテナを利用することの意義としては、育苗期間中の病害や気象害から回避が挙げられる（「エゾマツ早出し健全苗」プロジェクトグループ，2014）。そこで筆者らは、マルチキャビティコンテナを利用してエゾマツ苗木を健全な状態でも早期に山出しすること（後藤，2013）を目標に、コンテナ苗の移植方法（小川ら，2013a），コンテナ苗の育成条件（小川ら，2013b）やその植栽方法（尾張ら，2013；佐々木，2013）などを検討してきた。

先行研究で、エゾマツのコンテナ苗と裸苗を林地に植栽し、植栽から3年間の地上部の成長パターンを比較した結果、1生育期目の樹高成長量は、コンテナ苗の方が裸苗よりもよかったが、

---

\*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  
Education and Research Center, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo  
\*2 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林富士癒しの森研究所  
Fuji Iyashinomori Woodland Study Center, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo  
\*3 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林田無演習林  
The University of Tokyo Tanashi Forest, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo  
\*4 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林樹芸研究所  
Arboricultural Research Institute, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

3 生育期目になると逆転し、裸苗の成長量が大きくなることが示された（後藤ら, 2015）。しかし、この研究では用いたコンテナ苗と裸苗の年齢がそれぞれ 4 年生と 7 年生と大きく異なり、苗種の違いと年齢の違いによる効果を分離することができなかった。また、3 生育期目の地上部成長量の逆転はコンテナ苗の地下部成長に何らかの問題が生じたためではないかと推測されたが、地下部成長の実態は不明であった。

そこで本研究では、年齢が同じコンテナ苗と裸苗を同じ環境に植栽することにより、苗種の効果を検出した。また、毎年、一定数の苗木を掘り取り、地上部と地下部の乾燥重量を測定することにより、コンテナ苗の地下部成長を裸苗と比較するとともに、苗の成長に影響すると考えられる外生菌根の形成状況についても調べた。

## II. 材料と方法

### 苗木の育成

コンテナ苗と裸苗の育成は、北海道富良野市に位置する東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林北海道演習林（以下、北海道演習林）の山部苗圃で行った。同じ敷地内にある気象観測装置によると、2011 年の年平均気温は 6.6℃、年降水量は 1577.0mm であった（東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林, 2013）。

コンテナ苗は、2 生育期を播種床で育成した幼苗を容量 150cc のマルチキャビティコンテナ（以下、コンテナ）JFA150 に移植し、コンテナに入った状態で 1 生育期を育成した 3 年生コンテナ苗を用いた。コンテナの用土は、ココピートともみ殻を 7:3 で混合したものを用いた。裸苗は同じ幼苗を床替床に移植し、2 生育期育成した 3 年生裸苗を用いた。床替え床の苗木密度は 42 本/m<sup>2</sup>（6 本×7 列）である。

### 植栽方法

植栽地は、山梨県都留郡山中湖村に位置する東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林富士癒しの森研究所（以下、富士癒しの森研究所）の I 林班の旧苗畑である。同じ所内の気象観測装置によると、2012 年の年平均気温は 8.5℃、年降水量は 3123.0mm であった（東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林, 2014）。

苗木の植栽時期は 2011 年 11 月である。コンテナ苗と裸苗は植栽前に耐水段ボールに入れて、クール宅急便で北海道演習林樹木園から富士癒しの森研究所へ送付した。裸苗は掘り取った状態でビニール袋に入れて梱包したが、コンテナ苗はコンテナごと段ボールに入れた。コンテナ苗は苗をコンテナに入れた状態で植栽場所まで運び、現地でコンテナから苗木を引き抜いて植栽した。植栽はコンテナ苗、裸苗ともに鋤で行った。植栽方法は、コンテナ苗と裸苗の単木混交である（図 - 1）。試験地の周囲はネット柵を設けてシカによる食害を防止し、必要に応じて夏期に 1 回から 2 回の下刈りを行った。

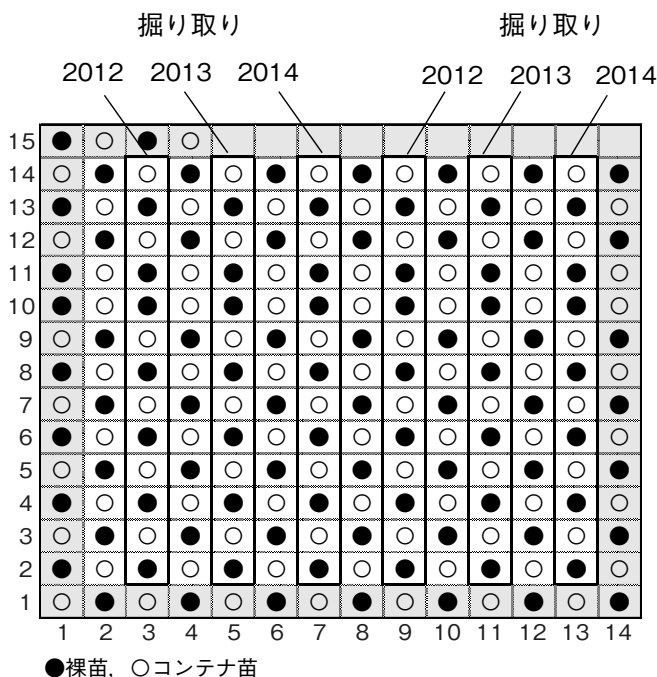


図-1. コンテナ苗と裸苗の個体配置。黒丸が裸苗、白丸がコンテナ苗を示す。グレーの塗りつぶし部分が、バッファとして解析には使用しなかった個体。掘り取り調査を行った列を太線黒字で囲んだ。

Figure 1. Layout of containerized and bare-rooted seedlings. Filled and open circles represent bare-rooted and containerized seedlings, respectively. Grey filled parts indicate the buffer zones for those seedlings that were not used for data analysis. Rows including seedlings used for measuring dry weight are highlighted by bold lines.

### 測定方法とデータ解析

各個体のサイズを植付け前の2011年11月（以下、植付け前）、定植から1生育期後の2012年12月初旬（以下、2012年）、2013年12月初旬（以下、2013年）、2014年12月初旬（以下、2014年）に各個体の樹高をステンレス定規で、地際直径（以下、直径とする）をデジタルノギスで測定した。また、地上部の測定後、毎年2列ずつを掘り取った（図-1）。掘取った苗木は、地上部と地下部に分割した後、地下部は根系に付着した土壌をよく落としてから60℃で72時間の乾燥処理を行った。そして、地上部と地下部に分けて、乾燥重量を測定した。さらに、地上部と地下部の重量比（T/R比）を求めた。

各調査時の樹高、直径、地上部乾燥重量、地下部乾燥重量がコンテナ苗と裸苗で異なるかどうかについて、*t*検定で有意差があるかどうかを調べた。また、2012年、2013年、2014年の樹高および直径成長量を算出し、同様に、*t*検定で苗種間に有意差があるかどうかを調べた。データ解析には、R ver. 12.1.2 (R DEVELOPMENT CORE TEAM,2012)を用いた。

### 外生菌根の形成状況

2014年に掘り取った苗木の根を先端から約5cmを任意に8か所ほど切り取り、実体顕微鏡下で各根端に菌根が形成されているかどうかを調べた。

### Ⅲ. 結果

#### 樹高と直径

樹高については、植付け前にはコンテナ苗と裸苗で有意差がなかった。2012年にはコンテナ苗の方が有意に大きかったが、2013年と2014年には有意差がなくなった。直径については、植付け前から裸苗が有意に大きく、コンテナ苗の直径との差は約3mmであった。植付け後も、2012年、2013年、2014年のすべての年で裸苗の方がコンテナ苗よりも有意に大きかった（図-2）。

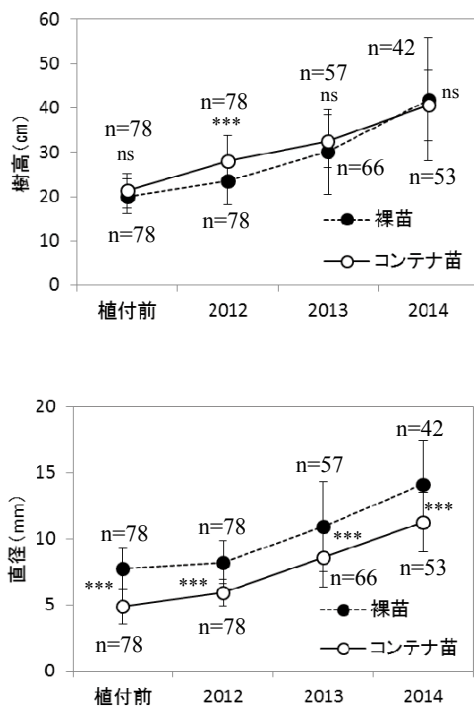


図-2. 植付け前から3年間の樹高および直径の推移。平均値±標準偏差を示した。黒丸が裸苗、白丸がコンテナ苗を示す。

Figure 2. The average ( $\pm$  standard deviation) of height and root collar diameter of seedlings from 2011 to 2014. Filled and open circles represent bare-rooted and containerized seedlings, respectively.

#### 樹高成長量と直径成長量

2012年、2013年、2014年の樹高および直径成長量の平均値と標準偏差、 $t$ 値と有意確率( $p$ 値)を表-1にまとめた。苗木の頂端部が枯死するなどして、前年よりも樹高が小さくなっているものはデータから除外した。樹高成長量についてみると、2012年にはコンテナ苗が平均7.0cmで裸苗の平均5.0cmよりも有意に大きかった。2013年には逆に、コンテナ苗が平均5.0cmで裸苗の平均8.4cmよりも有意に小さかった。2014年には両者に有意差はなかった。一方、直径成長量では、2012年のみコンテナ苗の平均1.5mmが裸苗の1.0mmよりも有意に大きかったが、2013年と2014年では苗種間で有意差がなかった。

地上部と地下部の乾燥重量と T/R 比

地上部と地下部の乾燥重量の平均値は常に裸苗の方が大きかったが、2012年と2014年には苗種間で有意な差はなく、2013年のみでいずれも裸苗の方がコンテナ苗よりも有意に大きくなった。地下部の乾燥重量に着目すると、2013年に裸苗の乾燥重量がコンテナ苗の2倍近い値を示したが、2014年には裸苗とコンテナ苗の差は小さくなった(図-3)。2012年の地下部乾燥重量の平均値を1とすると、裸苗では2013年は3.1倍、2014年は6.3倍となった。一方、コンテナ苗では2013年は2.3倍、2014年は8.2倍で裸苗を上回った。T/R比に着目すると、2012年と2013年はコンテナ苗の方が裸苗よりも大きかった。2014年には、コンテナ苗のT/R比が平均1.5となり、裸苗の2.3よりも小さい値となった。

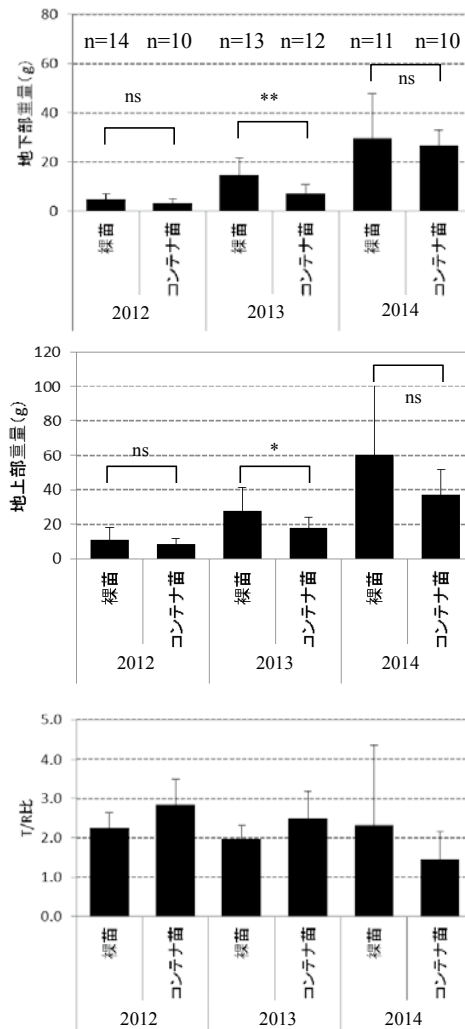


図-3. 植付け前から3年間の地上部重量, 地下部重量, TR比。平均値±標準偏差を示した。  
 Figure 3. The average ( ± standard deviation) of dry weight of above-ground and below-ground parts, and T/R ratio from 2011 to 2014.

### 外生菌根の形成状況

実体顕微鏡下での観察の結果、掘り取った苗木の根端のほぼすべてが菌根を形成しており（図-4）、コンテナ苗と裸苗での違いは認められなかった。

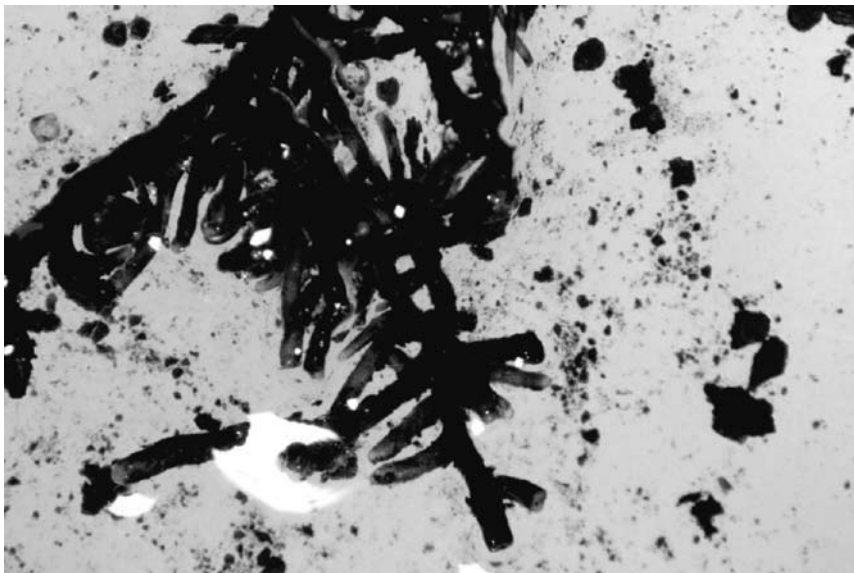


図-4. コンテナ苗の菌根形成状況

Figure 4. Formation of mycorrhizae in the containerized seedlings.

## IV. 考察

### 樹高と直径

先行研究では、コンテナ苗が4年生で裸苗が7年生と苗木の年齢が大きく異なり、植付け前のサイズが大きく異なっていた（後藤ら，2015）。その点、本研究では同じ3年生で、植付け前の樹高は苗種間で有意差がなかったため、苗種の効果を一定程度抽出できたと考えられる。先行研究では、エゾマツのコンテナ苗は裸苗に比べて、植え付け当年から樹高成長が良好であったが（後藤ら，2015）、本研究でも植栽から1生育期が経過した2012年に、コンテナ苗の樹高が裸苗よりも有意に大きくなった（図-2）。

一方、本研究では、2013年以降の樹高は苗種間で有意差がなくなり、2014年にはコンテナ苗の平均値が40.6cm、裸苗の平均値41.9cmとほぼ同程度となった。こうした傾向は、スギ挿し木コンテナ苗で、1生育期目には裸苗よりも相対成長率が良かったが、伸長成長量には両者で有意差がなく、2生育期目には相対成長率、伸長成長量ともに有意差がなくなったとする報告と一致する（平田ら，2014）。後藤ら（2015）は、1生育期目には4年生コンテナ苗の伸長成長量の方がよかったが、3生育期目になると7年生裸苗の伸長成長量が有意に大きくなったとしている。本研究で樹高伸長量を苗種間で比較した結果、1生育期目はコンテナ苗の方がよかったが、2生育期目は裸苗の方がよく、3生育期目は有意差がなくなった（表-1）。樹高成長量については、1生育期目がコンテナ苗の方がよいというのは共通していたものの、その後の経過は異なり、さらにデータを蓄積する必要があると考えられた。

一方、平均直径については、植付け前から裸苗の方がコンテナ苗よりも2.9mm大きかった。直径成長量は2012年のみ、コンテナ苗の方が裸苗よりも有意に大きかった(表-1)が、その他の年に有意差は認められなかった。裸苗と直径の差は、2012年は2.3mm、2013年は2.4mm、2014年で2.8mmとなり、植付け前の差とほぼ同じとなった。コンテナ苗の場合、裸苗と比べて直径が小さくなりがちであるが、今回の育成方法では、植栽後の成長で植付け前の直径の差をカバーすることは難しいと考えられた。セルの形状と容量がコンテナ苗の直径成長に及ぼす影響を調べた研究では、容量150ccでセル数が40のJFA150に比べると、容量300ccでセル数が24のJFA300で育成したエゾマツ苗の直径が明らかに大きかった(小川ら, 2013b)。2年目以降の直径成長が裸苗に比べて有意に大きいという結果は得られなかったことから、コンテナの選択や育成条件の検討をさらに進める必要があると考えられた。

### 地上部と地下部の乾燥重量

地上部と地下部の乾燥重量は、常に裸苗がコンテナ苗よりも大きかった。2013年には裸苗とコンテナ苗の差が大きくなり、裸苗の地上部重量はコンテナ苗の1.6倍、裸苗の地下部重量はコンテナ苗の2.0倍となった。平田ら(2014)はスギ挿し木コンテナ苗と裸苗を植栽し、両者の地下部の成長を2生育期後まで調査し、植栽後の根の増大は裸苗で顕著であり、根系の発達という点でもコンテナ苗の優位性は確認できなかったとしている。

本研究でも、1生育期後の地下部重量はコンテナ苗に比べて裸苗の方が有意に大きかった。この時点では、コンテナ苗の方が裸苗よりも有意に樹高や直径成長が大きく、T/R比も高かったことから、コンテナ苗は地下部よりも地上部を発達させた可能性がある。2012年の地下部重量の平均値を1としたとき、2013年の地下部重量の平均値は裸苗で3.1倍だったのに対し、コンテナ苗で2.3倍であった。T/R比もコンテナ苗の方が高かったことから、2生育期後までの地下部発達は、裸苗の方がコンテナ苗よりも優れていると考えられた。しかし、2014年には、裸苗の地下部重量の平均値は2012年の6.3倍だったのに対して、コンテナ苗では8.2倍となり、T/R比もコンテナ苗の方が小さかった。したがって、今後、コンテナ苗の根系発達が大きく改善する可能性は否定できない。

### 外生菌根の形成状況

菌根形成率は苗種によらずほぼ100%であり、菌根形成率の違いが苗の成長に影響を及ぼしているとは言えなかった。今回のコンテナ苗の場合、2年間は播種床で育成しているために(小川ら, 2013a)、移植前に既に菌根菌が感染していた可能性がある。また、スウェーデンにおけるヨーロッパトウヒのコンテナ苗生産では、種子をコンテナに直播しているにもかかわらず、コンテナ苗の育成段階で既に菌根を形成していることが観察されている(岡田ら, 2012)。もし、コンテナ苗の菌根形成率が著しく低いのであれば、菌根菌の接種を検討する余地があると考えていたがその必要はないと判断された。

以上、コンテナ苗の樹高成長は、裸苗と比べて植付け当年から良好となるが、数年のうちに裸苗と変わらなくなること、地際直径は植付け前の影響が大きく、3生育期後までコンテナ苗が小さいままで推移することが示された。また、根系発達は2生育期では裸苗の方がコンテナ苗よりも良かったが、3生育期ではその差が小さくなったことから、今後も継続して調査するべきだと考えられた。

## 謝辞

北海道演習林の小川 瞳, 木村徳志, 福岡 哲, 安藤佳子, 中坪優子, 佐藤裕子, 内芝和江の各氏にコンテナ苗, 裸苗の育苗に多大なご協力を頂いた。富士癒しの森研究所の教職員の皆様に, 試験地の設定や管理等でご協力を頂いた。また, 辻 和明氏には樹高成長の測定にご協力頂いた。北海道演習林の福井 大氏に本原稿に対して有益なコメントを頂いた。本研究の一部は, 平成22年度~25年度の新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業22060「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」の研究助成を受けて行った。

## 要 旨

富士癒しの森研究所内の旧苗畑に3年生のエゾマツのコンテナ苗と裸苗を2011年11月に単木混交で定植し, 2012年, 2013年, 2014年の成長停止後に樹高と地際直径を測定した。また, 毎年, 一定数の苗木を掘り取り, 地上部と地下部の乾燥重量を測定した。樹高は植付け前には苗種間差がなかったが, 2012年にはコンテナ苗の方が裸苗よりも大きくなった。しかし, 2013年以降は再び苗種間で差がなくなった。地際直径は植付け前から裸苗の方が大きく, 2014年でもその差は縮まらなかった。地下部の乾燥重量は, 2生育期後の2013年に裸苗の方が有意に大きくなったが, 2014年には有意差はなくなり, 2014年のT/R比はコンテナ苗の方が小さくなった。

**キーワード:** マルチキャビティコンテナ・乾燥重量・地際直径・樹高・T/R比

## 引用文献

- 遠藤利明 (2007) コンテナ苗の技術について. 山林 1478 : 60-68.  
 「エゾマツ早出し健全苗」プロジェクトグループ (2014) エゾマツ早出し健全苗育成のための手引き. 29pp.  
 後藤 晋 (2013) 「エゾマツ早出し健全苗プロジェクト」特別号について. 北海道の林木育種 56(2) : 1-2.  
 後藤 晋・尾張敏章・小川 瞳・木村徳志・福岡 哲・宅間隆二・犬飼慎也・高橋功一・佐々木尚三 (2015) エゾマツ実生コンテナ苗と裸苗の植栽後3年間の生残と地上部成長. 森林遺伝育種 4 : 1-6.  
 平田令子・大塚温子・伊藤 哲・高木正博 (2014) スギ挿し木コンテナ苗と裸苗の植栽後2年間の地上部成長と根系発達. 日林誌 96 : 1-5.  
 北海道林業試験場 (2007) エゾマツ林の育成に向けてーエゾマツ人工林の育成に向けてー.  
 IJIMA H, SHIBUYA M, SAITO H (2007) Effects of surface and light conditions of fallen logs on the emergence and survival of coniferous seedlings and saplings. J. For. Res. 12: 262-269.  
 小鹿勝利 (1995) 北海道のエゾマツ資源に関する研究 (I) : エゾマツ資源の利用と資源量の推移. 森林計画学会誌 24 : 33-46.  
 松村幹了 (2013) トドマツ等北方産樹種のコンテナ苗栽培. 森林技術 863 : 8-10.  
 南 達彦・佐々木尚三 (2014) コンテナ苗植栽試験についてー北海道でのコンテナ苗成長状況の考察ー. 北森研 62 : 49-52.  
 NAKAGAWA M, KURAHASHI A, KAJI M, HOGETSU T (2001) The effects of selection cutting on regeneration of *Picea jezoensis* and *Abies sachalinensis* in the sub-boreal forests of Hokkaido, northern Japan. For. Ecol. Manage. 146: 15-23.  
 小笠原繁男 (2001) エゾマツの実生育苗の実際. 東京大学農学部演習林報告 106 : 49-68.  
 小川 瞳・木村徳志・福岡 哲 (2013a) 裸根幼苗のコンテナへの移植とその管理. 北海道の林木育種 56(2) : 15-16.  
 小川 瞳・木村徳志・福岡 哲・後藤 晋 (2013b) セルの形状と容量がコンテナ苗の生存と成長に及ぼす影響. 北海道の林木育種 56(2) : 17-18.  
 岡田桃子・小川 瞳・石塚 航・落合幸仁・後藤 晋 (2012) スウェーデンにおける針葉樹コンテナ苗生産の事例紹介. 北方林業 64: 101-104.  
 尾張敏章・木村徳志・小川 瞳・福岡 哲・宅間隆二・犬飼慎也・高橋功一・佐々木尚三・後藤 晋 (2013) 東京大学北海道演習林におけるエゾマツコンテナ苗の植栽試験. 北海道の林木育種 56(2) : 35-36.  
 尾崎研一・猪瀬光雄 (1997) もっとクロエゾマツを植えよう!. 北方林業 49 : 97-100.



R DEVELOPMENT CORE TEAM (2012) R: A Language and Environment for Statistical Computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, URL <http://www.R-project.org/>, ISBN 3-900051-07-0

佐々木尚三 (2013) コンテナ苗の植栽作業. 北海道の林木育種 56(2) : 31-32.

東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林 (2013) 東京大学演習林気象報告 (自 2011 年 1 月至 2012 年 12 月). 演習林 (東大) 53 : 195-220.

東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林 (2014) 東京大学演習林気象報告 (自 2012 年 1 月至 2013 年 12 月). 演習林 (東大) 55 : 163-186.

横山誠二・佐々木尚三 (2013) コンテナ苗植栽試験について～北海道でのコンテナ苗生長状況～. 北森研 61 : 101-104.

(2015 年 2 月 27 日受付)

(2015 年 5 月 20 日受理)

### Summary

In November 2011, we planted three-year-old tree seedlings that were either bare-root or grown in containers. We tracked the growth of the seedlings by measuring height and root collar diameter in the winters of 2012, 2013, and 2014. After measurement, we chose more than ten seedlings of each type and measured the dry weight of the above-ground and below-ground parts. The height of the containerized seedlings was significantly greater than that of the bare-rooted seedlings in 2012, but was not significantly different in either 2013 and 2014. The root collar diameter of the containerized seedlings was significantly smaller than that of bare-rooted seedlings in all years. The dry weight of the below-ground parts was lower for containerized seedlings in 2013, but was not significantly different between two types of seedlings in 2014. Furthermore, the T/R ratio of containerized seedlings was less than that of bare-rooted seedlings in 2014.

### Keywords

multi-cavity container, dry weight, root collar diameter, height, T/R ratio