

## 東京大学北海道演習林における採種地の違いが アカエゾマツ植栽個体の生存と成長に及ぼす影響

後藤 晋\*<sup>1</sup>・小川 瞳\*<sup>2</sup>・石塚 航\*<sup>1</sup>・松井理生\*<sup>2</sup>・木村徳志\*<sup>2</sup>・岡村行治\*<sup>2</sup>

### Effects of seed sources in University Forest in Hokkaido, the University of Tokyo, on survival and growth of planted trees in *Picea glehnii*

Susumu GOTO\*<sup>1</sup>, Hitomi OGAWA\*<sup>2</sup>, Wataru ISHIZUKA\*<sup>1</sup>, Masaki MATSUI\*<sup>2</sup>,  
Noriyuki KIMURA\*<sup>2</sup>, and Koji OKAMURA\*<sup>2</sup>

#### 緒言

樹木種を植栽する場合、植栽地の環境に適した種子産地を選択することは極めて重要である。そのため、林業樹種では古くから多数の産地試験が行われ、その結果に基づいて種苗配布区域が設定されている。産地試験のデータがない場合には、気候条件がよく似た環境の種子産地を選択するのが安全だと考えられている (White *et al.*, 2007)。しかし、我が国のような山岳地域では、同一種苗配布区域内でも標高や立地タイプなどによって、環境が著しく異なることがある。もし、このような環境の違いが次代の生存や成長に重大な影響を与えるのであれば、植栽地の環境を考慮した採種地を選択するべきである。逆に影響がなければ、環境よりも他の要因 (採種効率やアクセス等) を優先した採種地の検討が可能となる。しかし、このような課題を検討するための具体的なデータは少なく、地域内でどのように採種をするべきかといった議論が十分になされていない。

アカエゾマツ (*Picea glehnii*) は、トドマツ (*Abies sachalinensis*)、エゾマツ (*Picea jezoensis*) とともに、北海道の針広混交林を構成する主要な針葉樹である。アカエゾマツは、トドマツやカラマツ (*Larix kaempferi*) とならぶ主要な造林樹種であり、毎年、約 400 万本もの個体が道内各地の様々な場所に造林されている。一方、アカエゾマツは、元来、高山、湿原、蛇紋岩などの特殊な立地条件下で集団を形成するため (館脇, 1943)、採種地と植栽地の環境が一致しないのがむしろ一般的である。

主要造林樹種であるアカエゾマツでは、12 産地の天然集団に由来する種苗を用いた産地試験が行われ、苗畑及び産地試験地における成長経緯がまとめられている (丸岡ら, 1973; 丸岡・栄花, 1975; 岡田, 1975; 栄花ら, 1988; 飯塚ら, 2001; 丹藤ら, 1997)。これらの一連の研究によって、中央脊梁山脈を境にして開葉の早晩には明瞭な地域差があり、道央産は道東産よりも開葉が遅いこと (岡田, 1975)、種子産地の年平均気温、5 月の気温、年積雪量と 20 年生の樹高に負の

\* 1 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林研究部

Research Division, The University Forests, 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北海道演習林

University Forest in Hokkaido, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

相関があること（栄花ら，1988）などが明らかにされ，特に中央脊梁山脈を越えた地域間の種苗移動には慎重になる必要があると考えられている。

アカエゾマツは生育地の土壌タイプによって群落的に，湿地系，蛇紋岩地系，火山灰礫地系，砂丘系，岩礫地系，山火跡地系の6つの系統に分けられている（館脇，1943）。採種地の土壌タイプが及ぼす影響については，蛇紋岩地帯産や湿地産の苗木の成長は他の土壌タイプに比べてよい傾向にあるとする結果（岡田，1975；丸岡・栄花，1975）と生存や成長は土壌母材が異なる採種地間で変わらないとする結果も提出されている（工藤ら，1998）。また，採種地の標高については，高標高産は低標高産に比べて成長が劣るという傾向が指摘されている報告（丸岡ら，1973；丸岡・栄花，1975；岡田，1975；佐藤ら，1990；飯塚ら，2001）も多いが，産地標高と次代苗の成長には相関がないとする報告もあり（栄花ら，1988；丹藤ら，1997），土壌タイプと標高についての一貫した傾向は得られていない。

東京大学大学院農学生命科学研究科附属北海道演習林（以下，演習林）では，自生する針葉樹3種（トドマツ，エゾマツ，アカエゾマツ）の遺伝的な攪乱を防止することを主な目的として，演習林内に自生する個体による接ぎ木クローン採種園（トドマツ）や自生集団（エゾマツ，アカエゾマツ）から採取した種子を用いて苗木を育成し，演習林内の風害跡地や天然更新が不良な箇所への植栽を行っている。

演習林におけるアカエゾマツの造林は1945年に開始され，2005年までの造林面積は合計752haに及んでいる（東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林，2007）。アカエゾマツの採種地としては，1955年に8林班の湿地林（標高690m）が採種林（No.4511）として指定されている（東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林，2007）。このほか，山部苗圃に保管されている各種台帳によれば，9林班の火山礫地（標高1,080m）や13林班の湿地（標高730m）からも採種が行われ，造林に用いられてきた。近年，アカエゾマツの造林は，まとまった天然集団が分布しない低標高域も行われているが，これまで採種地の違いによって，このような場所に植栽された個体の生存や成長が異なるのかどうかは検討されたことがなく，現在の採種地が妥当なのかどうか，また，将来どのように種子を確保するべきかといった方針は固まっていない。

筆者らは，アカエゾマツの主な採種地である8林班産と9林班産の種苗を用いた合計4ヶ所の造林地，同じ採種地に由来する母樹別実生家系を用いて設定された次代検定林を対象に，植栽個体の生存と成長が同一地域内の採種地間で異なるか否かを検討した。そして，これらの検討結果から，演習林における今後のアカエゾマツの採種方針について考究した。

## 材料と方法

### 採種地の概要

本研究で対象とした採種地は，標高690mに位置する8林班の湿地（以下，8林班産）と標高1,080mに位置する9林班の火山礫地（以下，9林班産）の2ヶ所である（図-1）。8林班の採種地はアカエゾマツの優占林であり，9林班のそれはアカエゾマツ，エゾマツ，ダケカンバ，トドマツの混交疎林である。

### 調査地と対象個体

本研究では，8林班産種苗を1996年に33林班a小班（以下，33-aとする）とb小班（33-b1）に植栽した2ヶ所の造林地と9林班産種苗を1997年に33林班b小班（33-b2）とc小班（33-c）

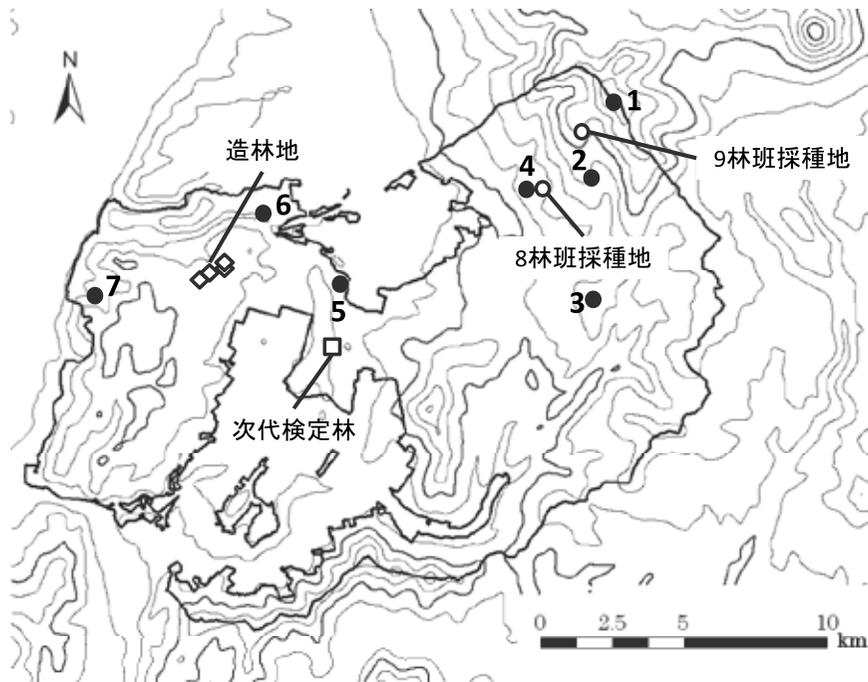


図-1 本研究で対象とした8林班と9林班の採種地，造林地，次代検定林。色付き丸で採種地以外のアカエゾマツのまとまった集団（採種候補地）を示し，No. 1～7の番号を付した。

Figure 1. Location of the seed sources in compartment No. 8 and 9, the plantations, and the progeny-testing plot used in this study. Closed circles with serial numbers represent the candidate seed source populations of *Picea glehnii* except for compartment No. 8 and 9.

に植栽した2ヶ所の造林地の合計4ヶ所の造林地を調査対象とした（図-1，表-1）。これらの造林地はいずれも火山礫地上に位置する。造林地に用いた種苗は，採種地から10数本から数10本の母樹から採種した混合種子を用いて山部苗圃（標高230m）で育成したものである。したがって，母樹の偏りはあるとしても，採種地をある程度代表するものとなっていると考えられる。各造林地では，18個体（3列×6行，2m間隔）を1プロットとして，7プロット（合計126個体）を任意に抽出し，調査対象とした（表-1）。

表-1 本研究で対象とした造林地と次代検定林の概要

Table 1. Description of the plantation and the progeny-testing plot used in this study.

調査地	林班	標高(m)	調査個体数	採種地	面積(ha)	植栽本数
造林地	33-a	440	126	8林班	6.45	6,860
	33-b1	430	126	8林班	2.63	3,920
	33-b2	430	126	9林班	0.97	1,110
	33-c	440	126	9林班	1.21	1,560
次代検定林	58-a	400	1,189	8林班	0.90	1,189

また本研究では、8林班産と9林班産の母樹別実生苗を用いて、2004年9月に標高400mの58林班a小班に設定した次代検定林（試験地 No.1068）（東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林, 2007）も調査対象とした（表-1）。この次代検定林も、造林地同様、火山礫地上に位置する。次代検定林では、8林班からは7母樹、9林班からは5母樹を選定し、苗圃において1999年5月に播種・育成した後、2004年9月に6年生苗（各母樹につき約100本）を単木混交（2m間隔）で定植した。各個体は定植前に母樹ごとに異なる色のプラスチック番号札をつけ、定植時に12個のブロック（1ブロックにつき4×25列=100本）に分けて植栽されている。

### データの収集と解析

#### 造林地

2010年の成長休止後に各個体の生死を記録した。プロットごとの生存数と死亡数の割合を応答変数、採種地と造林地を説明変数、プロットをランダム効果とする一般化線形混合モデルを用いて、生存に及ぼす採種地の影響を調べた。モデルに用いた応答変数は二項分布に従うとし、連結関数はlogitを用いた。生存個体について、8mの測幹を用いて2010年の成長期が終了した時点と2009年の成長期が終了した時点の樹高を測定した。頂端に何らかの被害が認められた個体は、解析対象から除外した。定植してから13年の成長期を経験した後の樹高として、1996年植栽の8林班産は2009年度の樹高、1997年植栽の9林班産は2010年度の樹高を用いた。なお、本稿の以下の文章では、これらの値を13年生時の樹高と表記する。採種地が13年生時の樹高に及ぼす影響を評価するために、採種地と造林地を説明因子、プロットをランダム効果とした二元配置分散分析を行った。

#### 次代検定林

次代検定林では、定植前の2004年、定植後の2006年、2007年、2009年の成長休止後に各個体の生死、樹高、根元径をそれぞれ測定した。造林地とはほぼ同様に、ブロックごとの2009年調査時の生存数と死亡数の割合を応答変数、採種地を説明変数、ブロックをランダム効果とする一般化線形混合モデルを用いて、生存に及ぼす採種地の影響を調べた。モデルに用いた応答変数は二項分布に従うとし、連結関数はlogitを用いた。

次に、2009年の樹高および根元径に対する採種地と母樹の効果を調べるために、採種地と母樹を説明因子、ブロックをランダム効果とする二元配置分散分析を行った。

最後に、2009年測定時に生存していた個体を対象に、樹高と根元径のそれぞれについて総当たりで年次相関を求めた。

なお、これら全ての統計解析には、R ver 2.9.2（R Development Core Team, 2009）を用いた。

### 造林地と次代検定林を用いた理由

本研究では、造林地と次代検定林の両方を用いて、同一山系での採種地の違いがアカエゾマツ植栽個体の生存と成長に及ぼす影響を調べた。造林地では、異なる採種地由来の種苗を同一年や同一場所に植栽したものは認められなかったため、一年違いで同一林班に設定された造林地を調査対象として選び、採種地ごとに造林地をそれぞれ2つずつ選定した。

データ解析では、現在の樹高は比較対象とせず、植栽後に経過した成長期を揃えることで植栽年の違いを考慮した。二元配置分散分析では、プロットをランダム効果、造林地を説明因子に組

み込むことで、植栽地が同一でないことの影響を考慮した。

さらに本研究では、各採種地から母樹別に種子を取り、同一植栽地に同時期に植栽した次代検定林についても調査を行い、上記の造林地の問題点をカバーすることとした。次代検定林においても、二元配置分散分析を用いたが、ブロックをランダム効果、母樹を説明要因として組み込むことで、採種地による違いを抽出した。

## 結果

### 造林地

採種地と造林地ごとにみた生存率と樹高のプロット平均値を表-2に示す。8林班の生存率の平均値は33-aで98.4%、33-b1で94.4%、9林班で33-b2で99.2%、33-cで95.2%といずれも高く、8林班産と9林班産の平均値はそれぞれ96.4%と97.2%であった。一般化線形混合モデルの結果から、生存率は採種地の影響を受けないことが示された ( $p = 0.999$ )。

採種地と造林地ごとにみた樹高のプロット平均値は、8林班産は33-aで277.9cm、33-b1で246.0cm、9林班産は33-b2で277.5cm、33-cで234.5cmであり、8林班産と9林班産の平均値はそれぞれ、262.0cmとは256.0cmであった(表-2)。

表-2 造林地ごとにみた生存率と13年生時の樹高のプロット平均値と標準偏差

Table 2. Survival rate and the average and the standard deviation of 13-year height of planted trees in each plantation.

採種地	造林地	生存率 (%)	13年生時の樹高 (cm)
8林班	33-a	98.4	277.9 ± 94.6
	33-b1	94.4	246.0 ± 82.6
	平均	96.4	262.0 ± 88.6
9林班	33-b2	99.2	277.5 ± 93.2
	33-c	95.2	234.5 ± 101.1
	平均	97.2	256.0 ± 97.2

二元配置分散分析の結果、樹高は造林地間で有意な差が認められたが、採種地間では有意な差が認められなかった(表-3)。

表-3 造林地における13年生時の樹高に対する採種地と造林地の効果。ランダム効果としてプロットを用いた。

Table 3. Effects of seed source and plantation on 13-year height of planted trees in plantations. Plot is used as a random effect in the two-way ANOVA model.

説明因子	自由度	合計平方和	平均平方和	F値	p値
採種地	1	4089	4089	0.474	0.492
造林地	2	170104	85052	9.853	<0.001***
残差	463	3996704	8632		

Significance level : \*\*\* $p < 0.001$

表-4 次代検定林における母樹ごとの生存率、樹高、根元径の平均値と標準偏差

Table 4. Survival rate and the average and the standard deviation of height and root collar diameter of planted trees in the progeny-testing plot.

採種地	母樹	植栽数	生存率	樹高 (cm)	根元径 (mm)
8 林班	S8-4	100	85.0	99.3 ± 21.4	24.2 ± 4.5
	S8-B	100	75.0	86.7 ± 20.7	22.0 ± 4.3
	S8-G	100	84.0	91.0 ± 24.9	23.0 ± 4.2
	S8-15	100	97.0	96.9 ± 24.6	23.9 ± 4.2
	S8-16	100	92.0	90.6 ± 27.8	23.2 ± 4.9
	S8-17	100	76.0	87.1 ± 22.5	22.6 ± 5.0
	S8-31	100	65.0	89.8 ± 29.1	24.1 ± 5.6
	平均	100	82.0	91.6 ± 24.4	23.3 ± 4.7
9 林班	S9-8	100	89.0	84.6 ± 31.0	23.2 ± 4.9
	S9-9	89	83.1	78.1 ± 23.4	23.5 ± 4.8
	S9-14	100	87.0	93.4 ± 25.2	24.1 ± 4.9
	S9-15	100	88.0	89.3 ± 23.2	24.0 ± 4.0
	S9-16	100	86.0	92.6 ± 25.5	25.2 ± 4.6
	平均	97.8	86.6	87.6 ± 25.7	24.0 ± 4.6

表-5 次代検定林における樹高と根元径に対する採種地と母樹の効果。ランダム効果としてブロックを用いた。

Table 5. Effects of seed source and mother tree on height and root collar diameter of planted trees in the progeny-testing plot. Block is used as a random effect in the two-way ANOVA model.

応答変数	説明変数	自由度	合計平方和	平均平方和	F 値	p 値
樹高	採種地	1	947	947	1.774	0.183
	母樹	9	24870	2763	5.17	<0.001***
	残差	954	509384	534		
根元径	採種地	1	54.3	54.3	2.659	0.103
	母樹	9	575.5	63.9	3.13	0.001**
	残差	954	19489.2	20.4		

Significance level : \*\*\* $p < 0.001$ , \*\* $p < 0.01$ 

### 次代検定林

母樹ごとの植栽数と生存率を表-4に示す。いずれの母樹も高い生存率を示し、8林班産では65.0%から97.0%の範囲で平均82.0%、9林班産では83.1%から89.0%の範囲で平均86.6%となり、採種地による生存率の差は認められなかった ( $p = 0.144$ )。

樹高と根元径についてみると、8林班産の樹高の平均値は86.7cmから99.3cmの範囲で平均91.6cm、9林班産は78.1cmから93.4cmの範囲で平均87.6cm、8林班産の根元径の平均値は22.0mmから24.2mmの範囲で平均23.3mm、9林班産の根元径は23.2mmから25.2mmの範囲で平均24.0mmであった。二元配置分散分析の結果、樹高と根元径の両方の形質において、母樹間では有意な差が認められたが、採種地間に有意な差は認められなかった(表-5)。

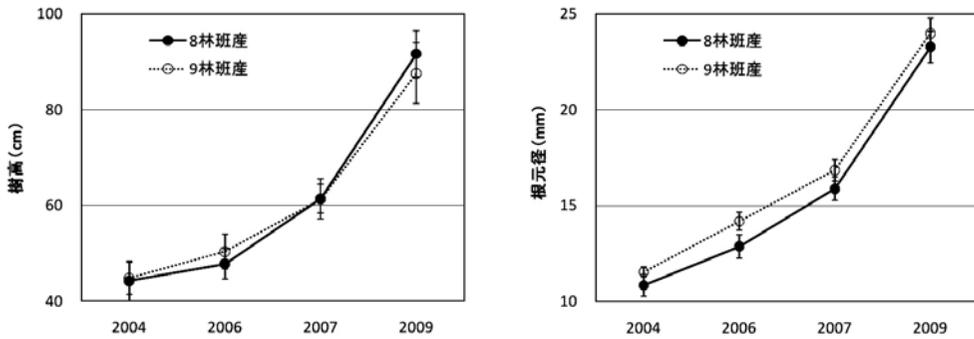


図-2 採種地ごとの樹高と根元径の母樹別平均値の推移。エラーバーは標準誤差を示す。  
 Figure 2. Trends of average of height and root collar diameter for each seed source. Error bars represent standard errors.

採種地ごとの2004年から2009年までの樹高と根元径に関する母樹平均値の推移を図-2に示す。樹高は2006年では9林班産の、2009年では8林班産の平均樹高が高く、順位の変動が認められたが、その違いはわずかであった。また、根元径ではこのような変動は認められなかった。

全ての母樹を対象として、Spearmanの順位相関係数を調べた結果、樹高では2004年と2009年、2006年と2009年、根元径では2004年と2009年の間を除いて、全ての測定年の組合せの間に有意な年次相関が認められた(表-6)。

表-6 次代検定林の樹高と根元径に関する年次相関。Spearmanの順位相関係数を示す。  
 Table 6. Time-series correlations in tree heights and root collar diameters in a progeny-testing plot. Numbers refer as the Spearman correlation coefficients.

		2006年	2007年	2009年
樹高	2004年	0.942***	0.594*	0.392n.s.
	2006年	-	0.648*	0.417n.s.
	2007年	-	-	0.867***
根本径	2004年	0.818***	0.762**	0.301n.s.
	2006年	-	0.979***	0.622*
	2007年	-	-	0.741**

Significance level: \*\*\* $p < 0.001$ , \*\* $p < 0.01$ , \* $p < 0.05$ , n.s.  $p > 0.05$  (not significant).

## 考察

### 採種地の違いが生存と成長に及ぼす影響

本研究で用いた造林地と次代検定林の標高はそれぞれ430-440mと400mであり、演習林ではアカエゾマツのまとまった個体群は分布していない。それにもかかわらず、いずれも高い生存率を示し、採種地間の有意な差は認められなかった。アカエゾマツ植栽個体の高い生存率は他の

研究においても認められており（丹藤ら，1997；工藤ら，1998），この生存率の高さゆえに自生しない環境でも幅広く造林されてきたことが推察される。アカエゾマツは高山，湿地，蛇紋岩などの厳しい環境に大きな個体群を形成することが古くから知られているが，一般に，厳しい環境の種子産地を穏やかな環境に植栽すると生存率が高いことが多い。いずれにしても，生存率については，少なくとも調査した年齢までは採種地によらずに高いことから，標高400m付近に植栽する場合にはいずれの採種地でも問題ないと考えられた。

本研究で用いた採種地の立地タイプは，湿地と火山礫の2種類であるが，これらは次世代の生存や成長には影響を及ぼしておらず，道北地域で3種類の土壌母材（泥炭，蛇紋岩，安山岩）に由来する次代苗を3ヶ所で生育比較をし，立地の影響はなかったとする工藤ら（1998）の結果と一致した。Kayama *et al.*（2005）は，蛇紋岩と褐色森林土壌を入れた苗畑において，エゾマツ，アカエゾマツ，ヨーロッパトウヒ（*P. abies*）の3種を育成して成長を比較し，エゾマツとヨーロッパトウヒでは蛇紋岩土壌で生育阻害が認められたが，アカエゾマツでは蛇紋岩でも褐色森林土壌と同程度に成長することを示した。この結果は，立地に対して幅広い適応能力を持つアカエゾマツの種特性を示唆する。本研究において，立地の異なる産地間で次代苗の成長に差が認められなかったのは，このような種特性が影響しているものと推察される。来田ら（2002）は，既存研究で成長がよいとされた蛇紋岩地帯が中央脊梁山脈に沿って分布し，道東や道西南部には見られないため，蛇紋岩地帯の地域的な分布の偏りが土壌と地域の分離が難しいことを指摘している。以上の結果から，環境的にほぼ同一とみなせるような演習林のアカエゾマツ造林対象地では，採種地の立地の影響は考慮しなくてもよいと考えられた。

アカエゾマツについては，種子産地の標高が次代苗の成長に影響を与える場合とそうでない場合の両方があることが報告されている。標高と樹高の間に負の相関が認められた岡田（1975）では，採種地の標高が280mから1,140mと幅広く，標高差が900m近くになっている。一方，本研究で比較した採種地の690m（8林班）と1,080m（9林班）であり，標高差は約400mである。本研究で扱った標高域に合わせ，岡田（1975）のデータのうち600mから1,100mの範囲の種子産地のみを取り出して標高と樹高との間の相関をとったところ，有意な相関は認められなかった（Pearsonの相関係数 $r = -0.28$ ,  $p = 0.548$ ）。したがって，広範囲にわたらなければ，産地標高の影響は小さいと考えられた。

しかし，佐藤ら（1990）は産地間の標高差が600m程度であったのにもかかわらず，高標高産の方が低標高産よりも次代苗の成長が有意に低下したとしている。佐藤ら（1990）が用いた種子産地は標高740mと山頂付近（1,350m，1,459m）の集団である。このうち，森林限界付近の山頂集団は，本研究や他の研究とは異質な矮化集団である。森林限界付近の山頂では，極めて厳しい環境になっていることが知られており（増沢，1997），山頂集団は他の集団とは異なる生態型となっている可能性が考えられる。

以上のことより，採種地の標高差が大きい場合，あるいは，山頂付近の矮化集団を含まない場合には，次代苗の成長に及ぼす標高の影響は小さいと推察された。

### 今後の採種方針

上述したように，演習林内では標高が600から1,100mの範囲であれば，標高差が500mであり，山頂付近の矮化集団を含まないために，立地や標高を特に考慮する必要はないと考えられる。ただし，栄花ら（1988）は8年生と20年生では産地間の順位が著しく変動することを指摘して

いる。

本研究においても、樹高と根本径の両方について、植付け前の2004年と最終測定年の2009年の間では有意な年次相関がなかったことから(表-6)、今後、産地の影響が出てくる可能性は否定できず、継続した調査が必要である。

採種林として用いてきた8林班の採種林は近年衰退しており、今後のアカエゾマツ採種方針を考える必要がある。本論文では、新たな採種方針として、1)別の採種林を新たに設定して自生個体からの採種を行う場合、2)形質優良個体の接ぎ木クローンによる採種園を設定する場合の2つに分けて考えてみたい。

採種林を設定する場合、繁殖は天然状態に委ねることになるが、天然林では個体群サイズが小さいと種子の充実率が低いことが同じトウヒ属である *P. glauca* で報告されている (O'Connell *et al.*, 2006)。Goto *et al.* (2009) は演習林内を踏査し、アカエゾマツ集団の遺伝的多様性と構造を調べている。それによると、演習林内には個体群サイズが小さな集団が点在しているが、今回採種した2集団以外にも個体群サイズが比較的大きな集団が存在する。それらを標高の高い順に並べると(図-1)、佐藤ら(1990)が対象とした1林班の山頂集団(No.1, 標高1,400m付近)、11林班の火山礫地集団(No.2, 標高890m)、13林班の湿地集団(No.3, 標高730m)、7林班の湿地集団(No.4, 標高620m)、標高340mの25林班(No.5)と27林班(No.6)の火山礫地集団、37林班の蛇紋岩集団(No.7, 標高370m)となる。

このうち、山頂集団は種子充実率が低い上に、次代苗の成長が悪いことから(佐藤ら, 1990)、採種林に設定するのは妥当ではない。したがって、新しい採種林候補としては、13林班と7林班の湿地集団、9林班、11林班、27林班、25林班の火山礫地集団、37林班の蛇紋岩集団の7つが考えられる。ここで、採種効率を考えると、湿地では競合する樹種が少ないために、樹体下部から枝が発達しており、木登りが比較的容易にできる(後藤晋, 観察)。2つの湿地のうち、13林班の湿地集団は他と比べて、遺伝的多様性が低いことが明らかになっている(Goto *et al.*, 2009)。その点、現在の採種林の下部に位置する7林班の湿地集団は遺伝的多様性も中庸で(Goto *et al.*, 2009)、演習林の中では比較的大きな集団であるため、今後のアカエゾマツ採種林候補地として有望だと考えられた。

次に、演習林内で形質が優良な個体を選抜し、接ぎ木によるクローン採種園を設定する場合を考える。アカエゾマツにおいても、他の林業樹種と同様、表現型が優れた個体を選抜し、それらによる接ぎ木クローン採種園を設定すれば、次代苗の成長が改善されることが示されている(来田, 2000)。我が国の場合、クローン採種園には25や49の精英樹クローンが用いられる(大庭・勝田, 1991)。したがって、演習林内から形質優良個体を選抜する場合、山頂付近の集団を除いた上で、個体群サイズの大きな上述した7集団から、周囲個体と比べて通直性や成長が優れており、欠点のない形質優良個体を50個体程度選抜し、接ぎ木個体を用いてクローン採種園を設定する。そして、採種園から種子生産が行われるようになった後、種子充実率、発芽率、苗畑での得苗率等の形質を評価した上で不良クローンを除去し、最終的に30クローン程度の接ぎ木採種園として仕立てるのが一つの方策であると考えられる。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、東京大学北海道演習林の教職員の皆様には様々な便宜を図っていただいた。特に、種子採取および苗圃における苗木の育成では小笠原繁男、芝野伸策、鈴木憲、伊

藤君江, 佐藤文子の各氏にご協力を頂いた。また現地調査では, 大屋一美, 道上昭夫, 北村系子, 福岡哲, 安藤佳子, 内芝和江, 佐藤裕子, 中坪優子の各氏にご協力を頂いた。なお, 本研究は, 文部科学省, 科学研究費補助金, 基盤研究 (B) (No.22380080) の助成を受けて行われた。

### 要旨

東京大学北海道演習林では, 1945 年からアカエゾマツの造林が開始され, 2005 年までに 752ha が実行されている。これまでその採種地として, 8 林班の湿地集団 (標高 690m) や 9 林班の火山礫地 (標高 1,080m) が用いられてきたが, どちらの採種地が造林に適しているかは検討されたことがなかった。本研究では, これら 2 つの採種地に由来する種苗を用いた造林地と次代検定林を調査対象とした。造林地では, 各採種地につきそれぞれ 2 ヶ所の造林地を 33 林班 (標高 430–440m) から選定し, 2010 年に各造林地につき 126 個体 (7 プロット× 18 個体) の生死と 13 年生時の樹高を測定した。次代検定林は 2004 年に 58 林班 (標高 400m) に 12 ブロックで設定された。次代検定林では, 8 林班産と 9 林班産でそれぞれ 700 個体 (7 母樹) と 489 個体 (5 母樹) の母樹別実生家系の生死, 樹高, 根元径を 2004 年, 2006 年, 2007 年, 2009 年の秋に調査した。造林地でも次代検定林でも生存率は採種地によらず高かった。造林地では, 13 年生時の樹高を応答変数, 採種地と造林地を説明因子, プロットをランダム効果にした二元配置分析, 次代検定林では, 2009 年の樹高および根元径を応答変数, 採種地と母樹を説明因子, ブロックをランダム効果にした二元配置分散分析を行った結果, いずれも採種地は植栽個体の成長には有意な影響を及ぼしていなかった。本研究と既存研究を考慮すると, 演習林内のアカエゾマツの採種では, 山頂集団を除いて個体群サイズが大きく, アクセスや採種効率のよい集団を対象とするのがよいと考えられた。

キーワード: アカエゾマツ, 二元配置分散分析, 湿地, 標高, 造林

### 引用文献

- 栄花茂・河野耕蔵・織田春紀 (1988) アカエゾマツ天然林産種苗の産地と家系の変異について. 林木の育種特別号, 15–17.
- Goto, S., Tsuda, Y., Koike, Y., Lian, C., Ide, Y. (2009) Effects of landscape and demographic history on genetic variation in *Picea glehnii* at the regional scale. *Ecological Research* 24, 1267–1277.
- 飯塚和也・生方正俊・坂本庄生 (2001) アカエゾマツの成長および容積密度数の産地間変異. 日本林学会誌 83, 53–57.
- Kayama, M., Quoreshi, A.M., Uemura, S., Koike, T. (2005) Differences in growth characteristics and dynamics of elements absorbed in seedlings of three spruce species raised on serpentine soil in northern Japan. *Annals of Botany* 95 (4), 661–672.
- 来田和人 (2000) アカエゾマツ精英樹家系の成長 – 良い苗木を適したところに – . 光珠内季報 119, 9–12.
- 来田和人・黒丸亮・内山和子 (2002) アカエゾマツ精英 1 樹次代苗木の成長に見られる遺伝的変異. 北海道の林木育種 44, 4–7.
- 工藤弘・門松昌彦・野田真人・夏目俊二・秋林幸男・湊克之・高畠守・有倉清美・杉山弘・水野

- 久男 (1998) 土壌母材を異にしたアカエゾマツの産地試験. 北海道大学演習林研究報告 55, 74–86.
- 丸岡富次郎・栄花茂 (1975) アカエゾマツの地域性—地域毎の子葉数頻度と苗長の変異. 日本林学会北海道支部大会講演集 24, 97–100.
- 丸岡富次郎・栄花茂・向出弘正 (1973) アカエゾマツの地域性—子葉数及び苗長の地域変異. 日本林学会北海道支部大会講演集 22, 152–155.
- 増沢武弘 (1997) 高山植物の生態学. 東京大学出版会, 東京, 220pp.
- O' Connell, L.M., Mosseler, A., Rajora, O.P. (2006) Impacts of forest fragmentation on the reproductive success of white spruce (*Picea glauca*). Canadian Journal of Botany 84, 956–965.
- 大庭喜八郎・勝田 柁 (1991) 林木育種学, 文永堂出版, 東京, 337pp.
- 岡田滋. 1975. アカエゾマツの産地間変異 (1) 苗高と開葉時期の産地間変異. 日本林学会誌 57, 305–310.
- R Development Core Team (2009) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, <http://CRAN.R-project.org/>
- 佐藤昭一・小笠原繁男・高橋稔・笠原久臣・倉橋昭夫 (1990) 高・低標高産アカエゾマツ次代苗の成長. 日本林学会北海道支部大会講演集 38, 50–52.
- 丹藤修・板鼻直栄・上野義人 (1997) 産地別アカエゾマツの成長について—設定後 19 年目の直径成長—. 日本林学会北海道支部大会論文集 45, 57–59.
- 館脇操 (1943) アカエゾマツ林の群落学的研究. 北海道大学演習林研究報告 13, 1–181.
- 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林 (2007) 北海道演習林第 12 期試験研究計画 (自平成 18 年度至平成 27 年度). 演習林 (別冊) 46, 215–350.
- White, T., Adams, W., Neale, D. (2007) Forest Genetics. CABI publishing, Cambridge, USA, 682pp.

(2010 年 4 月 30 日受付)

(2010 年 11 月 8 日受理)

## Summary

Afforestation with *Picea glehnii* began in 1945 in the University Forest in Hokkaido, the University of Tokyo. The *P. glehnii* plantations covered a total area of 752 ha by 2005. Several seed sources, including a swamp forest in compartment No. 8 at 690 m. (comp. no. 8) and a mixed forest in compartment No. 9 at 1,080 m. (comp. no. 9), were used for *P. glehnii* plantations. However, we have not previously evaluated the effects of the seed source on survival and the growth of planted trees. In this study, we investigated the survival and growth of planted trees in both plantations and in a progeny-testing plot derived from two seed sources. We selected two plantations in compartment No. 33 (430–440 m.) to test the two seed sources (comp. nos. 8 and 9). We investigated survival and height of 126 trees (18 trees x 7 plots) per plantation in 2010. A progeny-testing plot was established in 2004 with progeny derived from seven mother trees in comp. no. 8 and five mother trees in comp. no. 9. We measured survival, height, and root collar

diameter for 700 trees derived from comp. no. 8 and 489 trees derived from comp. no. 9 in 2004, 2006, 2007, and 2009. Survival rates of planted trees in both plantations and the progeny-testing plot are generally high in regardless of seed source. To examine the effects within the plantation, we performed a two-way ANOVA, with 13-year height as response variable, seed source and plantation as explanatory factors and plot as random effect. Similarly, a two-way ANOVA, with height and root collar diameter in 2009 as response variables, seed source and mother tree as explanatory variables and block as random effect was applied to the data from the progeny-testing plot. Despite significant differences in soil-type and altitude between the seed sources, seed source did not affect the growth of planted trees in the plantation or the progeny-testing plot. Considering the findings of this study, together with previous studies, natural populations of *P. glehnii* that have large population sizes and allow for efficient seed collection, except in alpine areas, are recommended as possible seed production areas in the future.

**Key words:** afforestation, altitude, *Picea glehnii*, swamp, two-way ANOVA