HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	アカエゾマツ苗木の大きさと植栽後10年間の樹高の関係について
Author(s)	門松, 昌彦; 工藤, 弘; 船越, 三朗; 秋林, 幸男; 菅田, 定雄; 鎌田, 暁洋
Citation	北海道大学農学部 演習林研究報告, 55(1), 40-55
Issue Date	1998-02
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/21428
Type	bulletin (article)
File Information	55(1)_P40-55.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

北海道大学農学部演習林研究報告　第55巻　第1号　40-55 (1998)

アカエゾマツ苗木の大きさと植栽後10年間の樹高の関係について

門松　昌彦*　工藤　　弘*　船越　三朗*
秋林　幸男*　菅田　定雄*　鎌田　暁洋*

Relationships between the Height of *Picea glehnii* MASTERS Seedlings and Their Height during the Ten Years after Planting

by
Masahiko KADOMATSU*, Hiromu KUDOH*, Saburo FUNAKOSHI*,
Yukio AKIBAYASHI*, Sadao SUGATA* and Akehiro KAMATA*

要　　旨

本報では，アカエゾマツで，山出し時の苗長と植栽後10年間の樹高との間に関連があるかどうかを明らかにしようと試みた。北海道大学林木育種試験場で育苗した6年生の山出し苗を，その苗長に基づき，20 cm以下，21～27 cm，28～34 cm，35～41 cm，42 cm以上の5グループに分けた。これらを北海道大学天塩地方演習林・中川地方演習林・雨龍地方演習林で，同数ずつ無作為な配置になるように植栽した。植栽後10年間の樹高を測定し，苗長との相関関係を調べたところ，各試験地とも，苗長と樹高とに有意な正の相関があった。つまり，全般的に言えば，大きかった苗木は植栽後も相変わらず大きいという傾向があった。また，分散分析の結果から，植栽後10年まで苗長階別平均樹高間に有意差が認められた。これらから，苗畑における選苗の有効性と早期選抜の可能性が示唆された。しかし，選苗基準を変えて調べた苗長と植栽後10年目の樹高との相関関係から，極端に高い基準で選苗した場合は，苗長が大きいものが10年後に大きいとは限らないことが分かった。したがって，有効な選苗基準には限界があるといえた。

キーワード：アカエゾマツ，植栽後10年間，植栽木の樹高，選抜，山出し苗の苗長

1997年8月29日受理．Received August 29, 1997

* 北海道大学農学部附属演習林
The University Forests, Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo

1. はじめに

苗畑で大きかった苗木が更新地に植栽後いつまで優位性を保ち続けるかということは，選苗基準や下刈年数，ひいては伐期とも関連し，森林施業上興味深い問題のひとつである。

さらに，苗畑段階での大きさと成林後の樹高とが強い相関関係にあるならば，早期選抜により育種年限を短縮できるため，林木育種に対しても有益な情報となるであろう。

樹木の成長が加齢につれてどのように変化するかについては，次代検定や産地試験，一般の人工林や天然林等において多くの報告例（久保田・川口，1971；梶，1980；高田，1980；猪瀬，1984；西村・山手，1987；吉田・今永，1990など）がある。しかしながら，アカエゾマツ（*Picea glehnii*）に関しては，その分布域がほとんど北海道に限られる（舘脇・山中，1938；ISIZUKA，1961）こともあって，この種の研究は少ない（丸岡ほか，1973；丸岡・栄花，1975；岡田，1975；工藤，1978；栄花，1985；栄花ほか，1988；佐藤ほか，1990）。

北海道大学演習林には，筆者の一人である工藤の立案によってトドマツ（*Abies sachalinensis*）とアカエゾマツの山出し苗の大きさ別植栽試験地が設定されている。このうちトドマツについては，船越ほか（1981）が植栽後6年までの結果を報告している。それによると，山出し時（樹齢5年）の苗長と6年目（樹齢11年）の樹高とには正の相関があり，苗長が大きい個体は植栽後も優位を保っていた。

本報では，アカエゾマツ山出し苗の大きさ別植栽試験地における調査結果に基づき，苗長と植栽後10年目（樹齢16年）までの樹高成長の関係を報告する。

2. 材料と方法

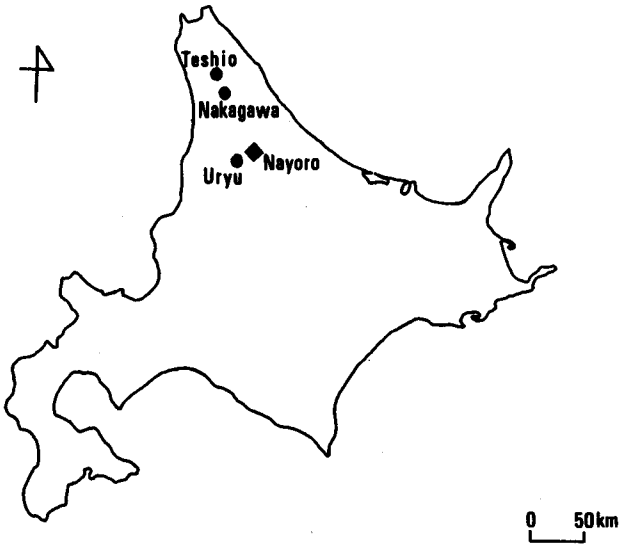
試験地は，1977年9月～10月に北海道大学天塩地方演習林河西34林班（以下，天塩と略す），中川地方演習林82林班（以下，中川と略す），雨龍地方演習林402林班（以下，雨龍と略す）にそれぞれ設定された（図-1）。地拵方法はレーキドーザによる全面地拵で，各試験地の面積は0.5haである。

試験に供した苗木は6年生苗で，北海道大学林木育種試験場にて1972年5月に播種し，育苗した。種子は，中川地方演習林177林班にあるアカエゾマツ1級採種林産である。

まず，山出し時の苗長を1cm単位で測定した。これに基づき，苗木をA(20cm以下)，B（21～27cm），C（28～34cm），D（35～41cm），E（42cm以上）の5段階に分け，ナンバーテープにより個体標識を付けた。次いで，これらの苗木を偏りなく配置されるようランダムに各試験地に植栽した。1試験地あたりの植栽本数は各苗長階300本ずつで，計1500本である。植栽密度は，造林地の一般的な仕様と同じ3000本/haである。

これらの試験地において，1978年から1982年の5年間と1984年，1987年の秋に樹高・直径・枝張りを毎木調査した。すなわち，植栽後10年間の個体成長に関するデータを得た。本報

では，これらの調査項目のうち，樹高について分析を加えた。分析に先立ち，以下のようにデータを整理した。



図−1　アカエゾマツの育苗地(◆)と試験地(●)の位置

1) 苗長階識別用のナンバーテープが欠落したか，誤って記録されている苗木を対象から外した。したがって，分析対象の山出し段階での個体数も，植栽本数とは異なる。

2) 枯死個体や下刈時の誤伐個体などについては，被害発生年以降のデータを削除する。

3) マイナス成長のような異常な伸長量を示した年のデータは，欠測値扱いとする。

このようにして整理したデータに関して，試験地別に苗長と樹高との関係を調べた。

まず，調査年ごとの苗長階の平均樹高について，苗長階別試験地別に2元分類の分散分析を行った。また，同じく調査年別に，全個体の苗長と樹高とについて，相関係数を算出した。次に苗木の大きさと植栽後の成長の関係をより明確にするために，ある苗長以上の個体について，苗長と植栽後10年目の樹高との相関係数を求めた。具体的には，最小苗長である12 cm以上の苗木について樹高との相関係数を求め，ついで2 cm刻みに基準を上げて相関を順次調べた。

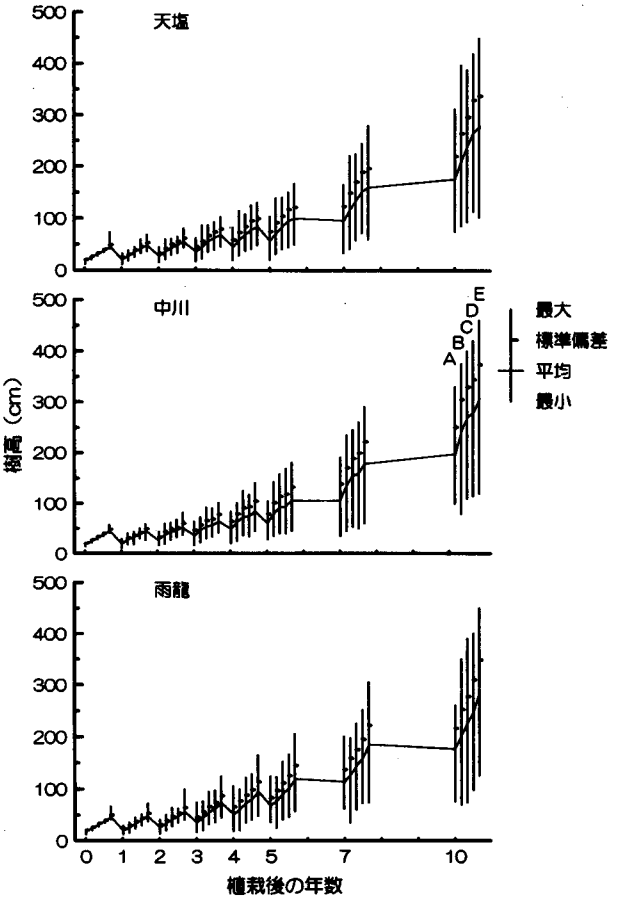
この他，苗長階別に，一定の樹高以上に達した個体の比率を時系列的に調べた。基準の樹高は，胸高である1.3 mとクマイザサの通常の稈高である1.5 m(北海道営林局，1984)とした。さらに，植栽後10年間における誤伐率の頻度分布を苗長階別試験地別に求めた。ただし，数回誤伐されていても，1回と数えた。

苗長と植栽後の樹高の関係とは別に，各樹齢における樹高の相互間にどのような関係があるかを調べるため，各調査年の全個体について試験地別に相関係数を求めた。さらに，LAMBETH (1980) によると，老齢側を分母，若齢側を分子にしたときの林齢比の自然対数変換値は，林齢間の樹高の表現型相関と線形関係にあるという。本報のデータについても，このモデルが適合するかどうかを検討するため，林齢比と林齢間の相関係数に対し回帰分析を行った。なお，林

齢間の相関係数も，各試験地内の全個体を対象とし，試験地別に算出した。

3. 結　　果

図-2 に，天塩・中川・雨龍の各試験地について，苗長階別の樹高の推移を表した。植栽後の年数で，0 年とは苗畑からの山出し時を表す(以下，同様)。樹高に関する詳しい統計値は，付表に整理してある。



図－2　各試験地における苗長階別樹高の推移

山出し時の最大樹高は，天塩 73 cm，中川 58 cm，雨龍 66 cm で，若干異なった。しかし，平均樹高は，天塩・中川・雨龍それぞれ 31.6 cm，31.7 cm，31.7 cm であり，最小樹高もそれぞれ 12 cm，14 cm，13 cm で，大差はなかった。しかし，図-2 で明らかなように，植栽後の年数が経過するにつれ，各苗長階とも個体差が大きくなってきている。ただし，苗長階ごとの平均の順位は不変で，A から E にかけて大きさが増す。これは，3 つの試験地で共通の傾向である。

植栽後10年目になると，各試験地とも全体で最小75 cm前後から最大約450 cmまで大きな個体差が生じている。各苗長階の中でも2〜3mの差がある。苗長階の平均では，天塩では苗長階Aが176.4 cm，苗長階Bが211.0 cm，苗長階Cが240.3 cm，苗長階Dが267.8 cm，苗長階Eが278.0 cmであった。中川では，AからEの順に198.2 cm，244.9 cm，271.5 cm，279.3 cm，307.3 cm，雨龍では同じく176.9 cm，201.6 cm，227.4 cm，248.2 cm，288.4 cmとなった。また，試験地別の全体の平均樹高は，雨龍が237.6 cm，天塩が238.6 cm，中川が266.2 cmとなって差があった。

表-1に，苗長階の平均樹高について，苗長階別試験地別に分散分析を行った結果を示した。これをみると，苗畑段階から植栽後10年目まで，苗長階間には0.5%という高い水準で有意差が認められている。なお，試験地間には，植栽直後と，植栽後5年目以降に有意差が認められた。すなわち，苗長階間の差異は植栽後10年経過しても変わらないが，ある程度年数が経過すると試験地間にも差異が生じてきている。

表−1　平均樹高の苗長階別試験地別分散分析

要　因	自由度	植栽後年数ごとの平均平方							
		0	1	2	3	4	5	7	10
苗長階間	4	333.78***	342.65***	353.50***	497.58***	677.50***	961.56***	2182.22***	5159.30***
試験地間	2	0.04^{NS}	8.94**	4.75^{NS}	8.51^{NS}	34.82^{NS}	115.34*	320.82***	1414.43***
誤差	8	0.08	0.89	2.69	5.89	8.23	14.13	24.44	60.11

^{NS}：有意差なし　*：P<0.05　**：P<0.01　***：P<0.005

さらに，苗長と植栽後の樹高について相関関係を調べてみると，3試験地共通の傾向として，植栽後の経過年数に伴い相関係数が低くなってきている(表-2)。しかし，植栽後10年目でも，全個体についての相関係数は，天塩が0.521，中川が0.441，雨龍が0.560であった。これらは，いずれも1%水準で有意な正の相関関係があることを示している。したがって，全般的に言えば，大きかった苗木は植栽後も優位性を保ち，相変わらず大きいという傾向がある。

表−2　各試験地における植栽後経過年数別の苗長と樹高との相関係数

植栽後の年数	天塩		中川		雨龍	
	個体数	相関係数	個体数	相関係数	個体数	相関係数
1	1445	0.954**	923	0.929**	1408	0.958**
2	1328	0.850**	837	0.737**	1120	0.882**
3	1400	0.728**	870	0.603**	1197	0.763**
4	1345	0.644**	834	0.496**	1156	0.675**
5	1319	0.582**	800	0.483**	1105	0.647**
7	1312	0.536**	785	0.484**	1077	0.608**
10	1291	0.521**	747	0.441**	1008	0.560**

**：1%水準で有意

一定基準以上の苗長と植栽後10年目の樹高との相関を検討した結果は，表-3に示した。苗長階Cの閾値でもある28 cm未満については，相関が全て有意であるので，一部省略した。表-3によると，天塩の試験地で苗長38 cm以上の基準から，中川・雨龍では苗長42 cm以上の基準から，苗木と樹高との間に統計的に有意な相関が認められなくなる。苗長46 cm以上でも，個体数は中川が50，天塩・雨龍が約100で，少なくはない。したがって，これは，苗長38 cm以上の苗木の中では，苗長が大きい個体が植栽10年後も大きいとは限らないことを意味している。

表－3　一定基準以上の苗長と植栽後10年目の樹高との相関係数

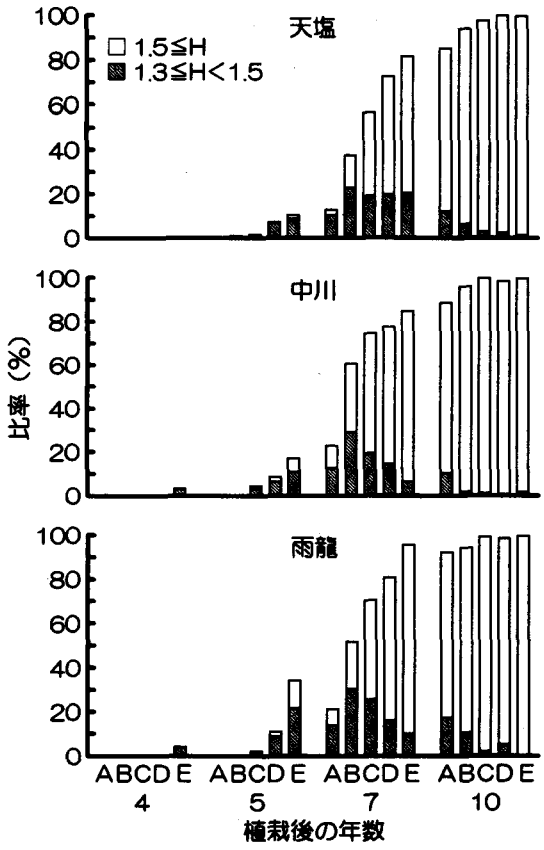
苗長の基準 (cm以上)	天塩		中川		雨龍	
	個体数	相関係数	個体数	相関係数	個体数	相関係数
12	1291	0.521**	747	0.441**	1008	0.560**
20	1189	0.459**	702	0.361**	950	0.517**
28	836	0.255**	503	0.238**	725	0.404**
30	775	0.252**	476	0.256**	697	0.390**
32	685	0.198**	407	0.227**	624	0.364**
34	605	0.172**	348	0.234**	551	0.333**
36	505	0.113*	285	0.240**	460	0.286**
38	410	0.068^{NS}	222	0.222**	374	0.210**
40	339	0.013^{NS}	173	0.173*	309	0.180**
42	276	0.068^{NS}	133	0.167^{NS}	251	0.101^{NS}
44	172	−0.036^{NS}	86	0.103^{NS}	158	0.151^{NS}
46	105	0.033^{NS}	50	0.166^{NS}	101	0.166^{NS}

^{NS}：有意差なし　*：5％水準で有意　**：1％水準で有意

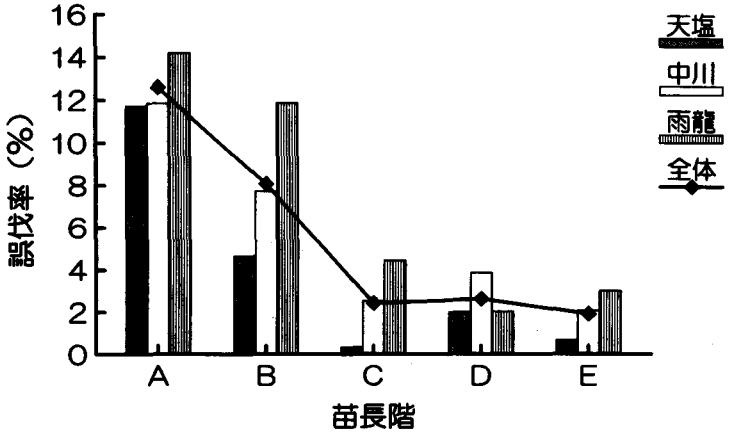
次に，各試験地において，樹高が，胸高である1.3mおよび笹高である1.5m以上になった個体の比率を，苗長階別にまとめて図-3に示した。植栽後4年目から，苗長階Eでは早くも胸高の1.3mに達した個体が出現している。その翌年になると，より下位の苗長階でも樹高1.3m以上の個体が現れてくるが，苗長階Eのように苗長が大きい階級ほど，その比率が高い。樹高1.5m以上の個体の比率をみても，同様な傾向にある。植栽後10年目には，ほとんどの個体が笹高の1.5m以上になっているが，苗長の小さい苗長階A・Bでは，樹高が1.3mに達していない個体もあった。

図-4には，苗長階別に植栽後10年間における下刈時の誤伐率を示した。試験地により誤伐の発生程度は異なっているが，苗長の小さい苗長階A・Bでの誤伐率が際だって高いことが分かる。これらは苗長が28 cm未満のグループで，その最低樹高が30 cmを越えるのは植栽後7年目である（図-2，付表）。このように，誤伐率も山出し時の苗木の大きさと関連していた。

全個体について，樹齢間の相関係数を求めた結果を表-4に示した。いずれの相関係数も1％水準で有意な正の値で，各樹齢で樹高の高い個体はより若齢，もしくはより高齢の段階でも樹高が高いという傾向があった。林齢比と樹高の林齢間の相関係数との関係は，図-5に示した。



図－3　各試験地における樹高1.3m以上の個体の比率

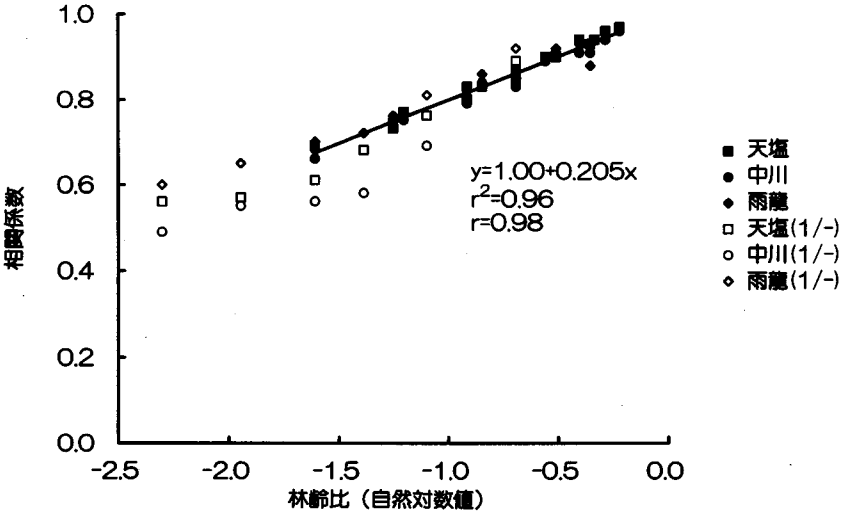


図－4　誤伐率の苗長階別頻度

表－4　全個体の試験地別樹齢間相関

樹齢		7	8	9	10	11	13	16
6	天塩	0.95	0.85	0.73	0.64	0.58	0.54	0.52
(苗畑)	中川	0.93	0.74	0.60	0.50	0.48	0.48	0.44
	雨龍	0.96	0.88	0.76	0.68	0.65	0.61	0.56
7	天塩		0.89	0.76	0.68	0.61	0.57	0.56
	中川		0.83	0.69	0.58	0.56	0.55	0.49
	雨龍		0.92	0.81	0.72	0.70	0.65	0.60
8	天塩			0.94	0.86	0.80	0.73	0.69
	中川			0.91	0.83	0.80	0.75	0.66
	雨龍			0.93	0.85	0.82	0.76	0.68
9	天塩				0.96	0.90	0.83	0.77
	中川				0.94	0.91	0.84	0.75
	雨龍				0.96	0.92	0.86	0.77
10	天塩					0.97	0.90	0.83
	中川					0.96	0.89	0.79
	雨龍					0.96	0.90	0.80
11	天塩						0.94	0.87
	中川						0.94	0.84
	雨龍						0.94	0.85
13	天塩							0.93
	中川							0.91
	雨龍							0.88

相関係数は全て１％水準で有意



図－5　林齢比(自然対数値）と樹高の林齢間相関係数との関係
林齢１年と他の林齢間の相関係数は，白抜きで示してある。

LAMBETH (1980) と RIEMENSCHNEIDER (1988) は，林齢１年の樹高と他の林齢の樹高との相関係数は，他の相関係数と林齢比間の線形関係から外れる傾向があるとしている。図-5 においても，その傾向がわずかながら現れている。そこで，彼らと同様に，林齢２年以降について回帰分析を行った。その結果，決定係数が 0.96 という有意な直線回帰を得ることができ，1%水準

で有意な高い相関も認められた（相関係数＝0.98）。

4. 考　　察

以上から，アカエゾマツでは，山出し苗の苗長の大小が，植栽後10年目まで樹高と関連していると結論づけられる。そこで，これらの意義を森林施業上の観点と早期検定による早期選抜の可能性という視点から考察してみたい。

まず，森林施業における意義であるが，ここでは，選苗基準と下刈に限って考察する。

アカエゾマツ山出し苗の規格は1級が30 cm以上，2級が25 cm以上である（北方林業会，1967）。本報の苗長階B（21～27 cm）・C（28～34 cm）の一部が2級に相当し，1級は苗長階Cの一部と苗長階D（35～41 cm）以上である。一定基準以上の苗長と植栽後10年目の樹高との相関を検討した結果，山出し時に苗長38 cm以上の苗木を選んで植栽しても，これらの苗木の中で苗長が大きい個体が10年後も相対的に大きいとは限らないことが分かった。つまり，38 cmを超える基準で選苗した場合は，選苗自体にあまり意味がないことになりかねない。しかし，全体としては，苗木が大きいほど，植栽後の樹高が大きい傾向にある。そこで，植栽後の旺盛な樹高成長を期待するならば，山出し苗は1級の規格以上のものにすべきである。ただし，選苗基準をむやみに高めてもいけない。本報の結果からは，その上限は38 cm程度である。

次に，下刈作業との関連で，樹高成長について述べる。樹高が1.3mないし1.5m以上になるのは，苗長が大きいほど早く，笹高をより早く脱すると考えられた。すなわち，大きい苗木を植栽すれば，下刈年数を短縮できると推測される。また，苗長が小さいほど，誤伐の危険性が高いことが分かった。下刈作業の省力化を目的として，トドマツで苗長別に植栽試験した報告（沖野ほか，1971；北見林務署，1979）がある。この場合は，苗齢5年で植栽時の平均苗長が30.3 cmの小苗（普通苗に相当）と，同じ苗齢で平均苗長47.9 cmの中苗，さらに苗齢7年で平均苗長70.9 cmの大苗を用いて，植栽後の経過を調査している。それによると，植栽後4年間では，各年の平均樹高は大・中・小苗の順に高く，変化はなかった。ただし，伸長量に関しては，植栽後2年目で大苗はいったん中小苗を下回り，その後著しく成長する傾向がみられた。また，苗長が小さいものほど各年の伸長量のバラツキが大きく，その標準偏差の増加率も苗長が大きい苗ほど少ない傾向があったという（沖野ほか，1971）。ついで，植栽後6年間の伸長量は，小苗を100とした場合，大苗が104，中苗118となり，11年間の伸長量では大苗，中苗とも104という値になった（北見林務署，1979）。これらの報告からも，同じ苗齢ならば苗長の大きい苗を植栽した方がよい成果を得られると言える。なお，年数を経過すると，ここでいう大苗の伸長量が中苗を上回らなかったことと，大苗の育苗年数が2年余計にかかることから，同一苗齢の中での苗長の違いを重視すべきであろう。アカエゾマツの植栽にあたっても，山出し時に大きい苗木を利用することにより，下刈年数を短縮でき，労働投下量や下刈経費の節減が可能となるといえよう。

このように，選苗という行為には効力があり，森林施業上，大変意義深いことが確認された。

2番目の課題として，樹高成長において優れた個体を若齢のうちに選抜できるかどうか，その可能性について検討する。

ある形質が遺伝により支配される程度は樹齢により変化する場合があることが知られている。FRANKLIN (1979) は，相加的遺伝分散の推移から，ダグラスファー (*Pseudotsuga menziesii*) やテーダマツ (*Pinus taeda*) などの人工林の発達段階を3つに分けた。そして，樹齢間の相関のパターンから，同一形質でも幼樹段階と成木段階での遺伝子型の発現が異なると推定されるため，普通の植栽条件では輪伐期齢の約半分に達するまで選抜を行わない方がよいと報告している。また，MAGNUSSEN and YANCHUK (1993) は，ダグラスファーでの早期選抜とそのリスクとの調和点を統計的モデルで求め，樹高に関しては，17年生が安全な最低の選抜樹齢であるとしている。なお，ダグラスファーの通常の輪伐期齢は，50年ということである。

他方，LAMBETH (1980) は，FRANKLIN の報告にある種を含むマツ科の樹高成長データから，林齢間の表現型相関と齢比の自然対数変換値との間に密接な線形関係があることを見い出し，早期選抜が可能であるとしている。RIEMENSCHNEIDER (1988) も，バンクスマツ (*Pinus banksiana*) の植栽後7年間の樹高成長の相関関係から，FRANKLIN のモデルは当てはまらず，若齢での選抜が有効であると結論づけている。また，XIE and YING (1996) は，ムラヤナマツ (*Pinus contorta* ssp. *latifolia*) の樹齢24年間の産地試験の結果，齢間の遺伝相関が LAMBETH の提唱した線形関係に合致することから，樹高については7年生時で選抜できると報告している。

トウヒ属の樹高について，樹齢間の関係をいくつかみてみる。SAMUEL and JOHNSTONE (1979) によると，シトカトウヒ (*Picea sitchensis*) の次代検定で，苗畑で大きかった家系のほとんどが植栽後6年まで優位性を維持できず，4年目からの順位が安定していた。また，NIENSTAEDT (1984) は，マリアナトウヒ (*Picea mariana*) で2，3，5年生の苗畑での苗長と産地試験地での6，9，12年生の樹高との相関を計算したところ，供試した108産地全体ではすべてに有意な正の相関が認められた。ただ，3年生時に選抜した苗長の大きい48産地集団に関してみると，苗畑と植栽地での樹高の相関は有意でなかったと報告している。

一方で，NIENSTAEDT and RIEMENSCHNEIDER (1985) は，グラウカトウヒ (*Picea glauca*) について次のように報告している。苗畑での2，3，4年生の樹高と植栽地での播種後9，15年生の樹高を調査した結果，植栽地での樹齢間に高い相関があるばかりでなく，苗畑段階と植栽地段階との間にも高い正の相関があった。LI ほか (1993) も，同じ樹種について，8年生の植栽地における樹高と2・3年生の苗長との遺伝相関が高いので，これらの山出し前の苗長が8年生の樹高のよい指標になるとしている。HUEHN and KLEINSCHMIT (1993) は，ヨーロッパトウヒ (*Picea abies*)・クローンの植栽後14年間の結果から，齢間相関が LAMBETH の式にかなりの精度で合っていたと述べている。

アカエゾマツについては，丸岡ほか (1973，1975) によると，1年生苗長と2年生苗長間，

2年生苗長と4年生苗長間に高い正の相関が認められたという。また，岡田(1975)も同じく産地間変異の報告で，4年生時に成長良好な産地のものは8年生まで成長が衰えることがなかったと述べている。同じ材料で，栄花ほか（1988）は，樹齢20年生（植栽後10年）までの樹高について報告している。それによると，苗畑と試植林での樹高間に相関は認められず，樹齢15年と20年生の樹高間には著しい相関が認められた。その原因として，種子産地の降雪量への遺伝的適応と，降雪量の異なる植栽環境に対する産地集団間の反応の違いが示唆された。一方，1家系内個体群について，栄花（1985）は，15年生まで樹高の齢間相関が有意であり，その後も続くと推定している。また，佐藤ほか（1990）の報告では，高標高産アカエゾマツ次代苗を6年生（山出し）時に樹高により大，小に分け植栽したところ，16年生（植栽後10年）でも成長の優劣関係が維持された。

本報の結果では，苗畑から山出しした樹齢6年の苗長と樹齢16年（植栽後10年）までの樹高とに相関関係が認められた。また，植栽後の各樹齢間相互にも相関関係があった。ただ，本報では，齢間の表現型相関しか扱っていない。また，苗長階別試験地別の分散分析で，植栽後5年（樹齢11年）以降に試験地間の違いが有意となってくるので，環境の影響も無視はできない。しかしながら，同分析で，植栽後5年を過ぎても苗長階別平均樹高の優劣は変わらなかった。ところで，アカエゾマツの育種種苗は精英樹から得られており，精英樹は表現型によって選抜されている。精英樹の次代である育種種苗も，林齢5年時の樹高で一般種苗を上回っていた（黒丸・佐藤，1994）。また，本報のデータは，LAMBETHのモデルに適合しているといえた。

結論として，アカエゾマツにおいて，若齢期の成績による選抜の有効性が示唆される。

5. おわりに

樹齢6年生の苗畑段階での樹高と，更新地での植栽後の樹高との関係を樹齢16年まで追跡した結果，苗畑で大きかった苗木は，植栽後10年間もその優位性を維持していることが分かった。この結果から，1級規格の苗木を利用することにより，下刈作業を軽減することができるといえた。また，育種的解釈では，早期選抜の可能性があることが分かった。ただし，有効な選苗基準には上限があることも分かった。

寿命が長く，長期にわたる樹高成長経過の報告例が少ないアカエゾマツについて，最終的にFRANKLINのモデルが適合するのか，LAMBETHのモデルが適合するのか不明である。そこで，早期選抜についての推察を立証するには，より老齢段階までのデータ収集が必要であろう。なお，選苗基準と植栽後10年目の樹高の関係から，既に一定水準に達している集団に対する選抜の無効性が暗示される。また，早期選抜におけるリスクを最少にするためには，選抜差を極端に大きくしないことも重要であろう。

謝　辞

試験地設定時からの北海道大学天塩・中川・雨龍地方演習林の歴代地方林長には，試験遂行にあたり，数々のご高配を賜った。厚く御礼申し上げます。また，これらの地方演習林および林木育種試験場の技官と林業技能補佐員の皆様には，材料の管理と調査に多大なるご協力を頂いた。ここに衷心から感謝申し上げます。

引 用 文 献

栄花　茂（1985）：アカエゾマツの加齢にともなう形質の変動（II）—1家系内個体群の形質と気候因子との相関について—．**96** 回日林論, 299-300

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

FRANKLIN, E. (1979): Model relating levels of genetic variance to stand development of four North American conifers. Silvae Genet., **28**, 207-212

船越三朗・工藤弘・菅田定雄・二階堂利夫・鎌田暁洋（1981）：山出し時の苗長と植栽後の生育との関連—トドマツの伸長生長について—．日林北支講 **30**, 111-115

北海道営林局（1984）：特定地域森林施業基本調査　北海道における天然林施業（ササ地における天然林施業）．214 pp, 北海道営林局, 札幌

北方林業会（1967）：北海道の育苗ハンドブック．前編．186pp, 北方林業会, 札幌

HUEHN, M. and KLEINSCHMIT, J. (1993): Time trends in age-age covariances and correlations-Examples from Norway spruce clones. Silvae Genet., **42**, 175-179

猪瀬光雄（1984）：トドマツの単木成長モデル（III）　樹高生長量とその変動の経年変化．日林誌 **66**, 157-159

ISIZUKA, K. (1961): A relict stand of *Picea glehnii* MASTERS on Mt. Hayachine, Iwate prefecture. Ecol. Rev., **15** (3), 155-162

梶　勝次（1980）：カラマツ採種園産種苗の優秀性—次代検定林の調査結果—．光珠内季報 **46**, 1-5

北見林務署（1979）：大苗植栽試験．北海道林業経営試験 **3**, 423-424

久保田泰則・川口　優（1971）：幼令期における母樹系別トドマツの生長．日林北支講 **20**, 99-101

工藤　弘（1978）：苗畑における選抜効果（II）—アカエゾマツ1回床替時の大きさとその後の生長経過—．**89** 回日林論, 183-185

黒丸　亮・佐藤俊彦（1994）：アカエゾマツ育種種苗の成長—林齢5年生時の樹高—．日林北支論 **42**, 28-30

LAMBETH, C. (1980): Juvenile-mature correlations in *Pinaceae* and implications for early selection. For. Sci., **26**, 571-580

LI, P., BEAULIEU, J., CORRIVEAU, A. and BOUSQUET, J. (1993): Genetic variation in juvenile growth and phenology in a white spruce provenance-progeny test. Silvae Genet., **42**, 52-60

MAGNUSSEN, S. and YANCHUK, A. (1993): Selection age and risk: finding the compromise. Silvae Genet., **42**, 25-40

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．日林北支講 **22**, 152-155

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．日林北支講 **24**, 97-100

NIENSTAEDT, H. (1984): Breeding implications of juvenile selection in a range-wide black spruce provenance test. Can. J. For. Res., **14**, 933-939

NIENSTAEDT, H. and RIEMENSCHNEIDER, D. (1985): Changes in heritability estimates with age and site in white spruce, *Picea glauca* (MOENCH) VOSS. Silvae Genet., **34**, 34-41

西村慶二・山手廣太 (1987)：スギの2～3の形質の遺伝性 ― 10年生の人工交配検定林における調査結果. **98**回日林論, 233-234

岡田 滋 (1975)：アカエゾマツの産地間変異（I）苗高と開葉時期の産地間変異. 日林誌 **57**, 305-310

沖野 孝・浜出惇司・内田 勉 (1971)：北見林務署における大苗植栽試験 ― 苗長別トドマツ苗木の生長経過 ―. 日林北支講 **20**, 91-94

RIEMENSCHNEIDER, D. (1988): Heritability, age-age correlations, and inferences regarding juvenile selection in jack pine. For. Sci., **34**, 1076-1082

SAMUEL, C. and JOHNSTONE, R. (1979): A study of population variation and inheritance in sitka spruce I. Results of glasshouse, nursery and early forest progeny tests. Silvae Genet., **28**, 26-32

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. 日林北支論 **38**, 50-52

高田和彦 (1980)：西ドイツのトウヒ林分における胸高直径の大きさの順位の変化について. 日林誌 **62**, 311-314

舘脇 操・山中敏夫 (1938)：アカエゾマツ林の北限地帯. 北海道林業会報 **36**, 469-474

XIE, C. and YING, C. (1996): Heritabilities, age-age correlations, and early selection in lodgepole pine (*Pinus contorta* ssp. *latifolia*). Silvae Genet., **45**, 101-107

吉田茂二郎・今永正明 (1990)：屋久島の固定試験地におけるスギ天然林の構造と成長について. 日林誌 **72**, 131-138

Summary

The relationships between the height of *Picea glehnii* MASTERS seedlings and their heights during the ten years after planting were studied. Seedlings nursed in the Forest Tree Breeding Experimental Station of Hokkaido University were divided into five classes according to their 6-year height (i. e.: −20 cm, 21-27 cm, 28-34 cm, 35-41 cm, 42 cm−). An equal number of seedlings from each class were planted at random in three plantations: the Teshio Experimental Forest, the Nakagawa Experimental Forest, and the Uryu Experimental Forest of Hokkaido University. The trees were examined for correlations between height at 6 years of age and at 7-16 years of age (over a 10-year period after planting), and significant positive correlations were found between them. It was found that the taller seedlings in the nursery generally tended to be taller in each of the plantations during the ten years after planting. Analysis of variance revealed significant differences among the mean height of each height class, at each age. These findings strongly suggest the effectiveness of selection of seedlings at the time they are planted and the possibility of early selection for tree improvement. The coefficient of correlation between 6-year height and 16-year height for seedlings whose height at age 6 years was above a certain criterion was not significant. This shows that the taller seedlings at age 6 years are not necessarily taller after planting if selection is based on an extremely high criterion. This suggests that there is a limit to the effectiveness of selection criterion at the time of planting.

付表　各試験地における苗長階別樹高

天塩

年		苗長階 A	B	C	D	E	全体
1977	個体数	290	300	299	300	300	1489
(苗畑)	最小(cm)	12	21	28	35	42	12
	最大(cm)	20	27	34	41	73	73
	平均(cm)	18.7	24.4	31.2	37.6	45.5	31.6
	標準偏差	1.5	1.9	2.0	2.0	3.7	9.7
1978	個体数	271	294	294	295	291	1445
	最小(cm)	12	19	26	33	37	12
	最大(cm)	32	38	45	59	68	68
	平均(cm)	21.1	27.5	35.7	41.8	48.7	35.2
	標準偏差	3.1	3.5	3.4	3.7	4.7	10.4
1979	個体数	232	264	284	277	271	1328
	最小(cm)	16	22	30	33	44	16
	最大(cm)	44	60	60	65	80	80
	平均(cm)	27.7	35.4	43.7	49.5	55.3	42.8
	標準偏差	5.0	6.1	6.3	6.4	6.6	11.4
1980	個体数	244	277	293	291	295	1400
	最小(cm)	18	23	36	40	46	18
	最大(cm)	62	86	87	92	102	102
	平均(cm)	36.3	46.0	56.2	63.1	68.1	54.7
	標準偏差	8.9	10.1	10.6	11.0	11.1	15.3
1981	個体数	221	263	288	282	291	1345
	最小(cm)	20	29	38	42	49	20
	最大(cm)	82	114	108	125	130	130
	平均(cm)	46.0	58.7	69.3	78.4	83.4	68.3
	標準偏差	12.7	14.2	14.8	16.5	16.1	19.9
1982	個体数	207	260	287	278	287	1319
	最小(cm)	21	32	41	45	50	21
	最大(cm)	103	139	140	150	167	167
	平均(cm)	57.8	72.2	84.8	95.1	100.1	83.6
	標準偏差	16.7	19.2	19.3	22.0	21.5	24.8
1984	個体数	204	259	287	282	280	1312
	最小(cm)	34	42	58	72	60	34
	最大(cm)	165	222	225	245	280	280
	平均(cm)	96.0	117.7	136.8	152.9	160.0	135.1
	標準偏差	27.4	31.7	33.9	36.9	37.0	40.6
1987	個体数	199	256	281	279	276	1291
	最小(cm)	75	86	94	115	103	75
	最大(cm)	312	398	388	420	450	450
	平均(cm)	176.4	211.0	240.3	267.8	278.0	238.6
	標準偏差	44.7	54.1	56.8	63.0	60.1	66.9

付表

中川

年		苗長階 A	B	C	D	E	全体
1977	個体数	287	285	277	286	290	1425
(苗畑)	最小(cm)	14	21	28	35	42	14
	最大(cm)	20	27	34	41	58	58
	平均(cm)	18.8	25.0	31.5	37.7	45.2	31.7
	標準偏差	1.3	1.9	1.8	1.9	3.1	9.5
1978	個体数	140	215	217	198	153	923
	最小(cm)	10	18	18	30	27	10
	最大(cm)	29	40	43	50	59	59
	平均(cm)	19.1	27.1	32.5	38.1	44.9	32.5
	標準偏差	3.1	3.7	3.8	3.6	4.6	9.0
1979	個体数	95	190	217	192	143	837
	最小(cm)	16	19	27	32	37	16
	最大(cm)	43	60	62	68	82	82
	平均(cm)	26.4	36.5	42.3	45.2	52.1	41.5
	標準偏差	6.5	6.8	6.6	6.9	8.5	10.2
1980	個体数	99	195	223	197	156	870
	最小(cm)	16	21	30	34	42	16
	最大(cm)	64	73	92	90	101	101
	平均(cm)	35.8	47.1	54.5	57.2	65.1	53.2
	標準偏差	10.9	10.5	11.6	12.0	13.0	14.4
1981	個体数	89	188	215	192	150	834
	最小(cm)	20	25	36	34	45	20
	最大(cm)	84	101	125	117	140	140
	平均(cm)	49.4	63.6	73.4	74.9	84.7	71.0
	標準偏差	15.1	16.1	17.5	18.7	19.9	20.3
1982	個体数	80	180	205	188	147	800
	最小(cm)	28	35	40	40	45	28
	最大(cm)	104	142	158	168	181	181
	平均(cm)	61.2	80.3	91.3	94.2	106.1	89.2
	標準偏差	18.1	21.4	22.6	24.6	26.2	26.2
1984	個体数	79	172	205	186	143	785
	最小(cm)	35	45	54	50	61	35
	最大(cm)	191	235	245	260	290	290
	平均(cm)	105.6	134.9	154.2	159.6	178.4	150.8
	標準偏差	32.9	35.8	35.0	40.3	43.3	43.0
1987	個体数	77	167	195	175	133	747
	最小(cm)	100	80	110	115	120	80
	最大(cm)	330	375	400	420	460	460
	平均(cm)	198.2	244.9	271.5	279.3	307.3	266.2
	標準偏差	52.9	60.6	58.1	65.5	66.4	68.5

付表

雨龍

年		苗長階 A	B	C	D	E	全体
1977	個体数	296	295	293	295	300	1479
(苗畑)	最小(cm)	13	21	28	35	42	13
	最大(cm)	20	27	34	41	66	66
	平均(cm)	18.8	24.2	31.6	37.8	45.9	31.7
	標準偏差	1.5	1.9	1.8	2.0	4.1	9.9
1978	個体数	254	278	289	291	296	1408
	最小(cm)	13	16	24	30	38	13
	最大(cm)	29	35	45	51	72	72
	平均(cm)	20.0	25.5	33.7	39.8	48.1	33.9
	標準偏差	3.0	3.8	3.5	3.8	5.0	10.7
1979	個体数	145	188	244	262	281	1120
	最小(cm)	14	20	28	35	41	14
	最大(cm)	41	50	63	62	99	99
	平均(cm)	25.8	33.2	41.0	47.7	56.5	43.2
	標準偏差	5.1	5.6	6.0	5.7	7.6	12.0
1980	個体数	164	204	257	283	289	1197
	最小(cm)	17	21	32	36	45	17
	最大(cm)	74	76	94	97	124	124
	平均(cm)	35.7	44.9	54.9	62.4	73.8	56.9
	標準偏差	9.9	10.9	11.1	11.5	13.1	17.2
1981	個体数	143	192	254	278	289	1156
	最小(cm)	19	21	35	41	48	19
	最大(cm)	105	99	122	128	165	165
	平均(cm)	51.2	61.7	72.9	81.5	94.8	75.9
	標準偏差	14.3	15.5	15.7	17.2	18.6	22.0
1982	個体数	126	182	245	270	282	1105
	最小(cm)	36	25	41	46	57	25
	最大(cm)	124	123	152	166	205	205
	平均(cm)	68.1	77.5	91.3	101.9	119.2	96.1
	標準偏差	14.7	19.1	19.9	23.0	25.2	27.6
1984	個体数	122	179	244	266	266	1077
	最小(cm)	62	35	60	73	74	35
	最大(cm)	200	197	225	251	305	305
	平均(cm)	113.7	127.7	145.8	159.9	185.5	152.5
	標準偏差	23.1	30.8	29.1	35.1	36.1	40.0
1987	個体数	115	168	229	245	251	1008
	最小(cm)	77	70	75	98	126	70
	最大(cm)	260	350	390	400	450	450
	平均(cm)	176.9	201.6	227.4	248.2	288.4	237.6
	標準偏差	39.4	51.3	50.3	62.0	60.7	66.0