林育研報 Bull. For. Tree Breed. Center No.17, 2000 —127～134—

アカエゾマツ種内交配家系およびアカエゾマツとヨーロッパトウヒとの種間交雑家系の伸長成長特性

織部雄一朗[(1)]・河野 耕藏[(1)]

Yuichiro ORIBE[(1)] and Koozoo KOONO[(1)]

Trait of Growth Rate in the Intraspecific Crossbreeds of *Picea glehnii* and in the Species Hybrids from *Picea glehnii* and *Picea abies*

要旨：アカエゾマツの諸形質の遺伝様式の解明および伸長成長と材質が優れたトウヒ属の優良品種を創出することを目的として，北海道育種場内のアカエゾマツ交雑遺伝試験地に植栽されているアカエゾマツ種内交配家系39系統とアカエゾマツとヨーロッパトウヒとの種間交雑家系２系統について，15年生時までの伸長成長量を測定し，伸長成長量の家系間差を検定した。アカエゾマツ種内交配家系の組合せ能力を検定するために分散分析を行った。調査した家系は，最小有意差をもとに７つのグループに分類された。伸長成長量が最も大きいグループは種間交雑家系のみで構成されていた。種間交雑家系の伸長成長量は，種内交配家系よりも大きく，家系内変動が大きい傾向があった。アカエゾマツとヨーロッパトウヒを交雑して得られた家系から優良な個体を選抜することによって，アカエゾマツ種内交配家系よりも伸長成長が優れた系統が得られることが示唆された。

1 はじめに

アカエゾマツ（*Picea glehnii*）は晩霜害を受けにくいことから，一般に霜害を受け易いトドマツ（*Abies sachalinensis*）には適さない場所に植栽できる樹種として，北海道においてその需要が高まっている。一方，アカエゾマツは材質が優れているが，伸長成長が比較的遅い。これまでにアカエゾマツの成長特性を改善するために，アカエゾマツをアカエゾマツと同じトウヒ属に属し伸長成長が比較的早いことが知られているヨーロッパトウヒ（*Picea abies*）と交雑することによって，伸長成長が早く霜害抵抗性と材質が優れた系統を創出する試みが行われてきた。われわれは，これまでにアカエゾマツ種内交配家系およびアカエゾマツとヨーロッパトウヒの種間交雑家系（以下アカエゾマツ×ヨーロッパトウヒ種間交雑家系と示す）について種子と苗木の諸特性を調査し，アカエゾマツ×ヨーロッパトウヒ種間交雑家系は苗木の生存率と伸長成長がアカエゾマツ種内交配家系よりも優れていることを報告している[1)]。さらに，これらの苗木を植栽した試験地において９年生時および10年生時の成長量を調査し，種間交雑家系は種内交配家系よりも初期の伸長成長が優れていることを示している[2)]。

本研究では，伸長成長と材質が優れたトウヒ属の優良品種を創出することを目的として，アカエゾマツ種内交配

(1) 林木育種センター北海道育種場
〒069-0836 北海道江別市文京台緑町561
Hokkaido Regional Breeding Office, Forest Tree Breeding Center
561, Bunkyodai-midorimachi, Ebetsu, Hokkaido 069-0836 Japan

家系とアカエゾマツ×ヨーロッパトウヒ種間交雑家系の15年生時までの伸長成長量の解析結果を報告する。

2　材料と方法

1983年に行った7×7の完全ダイアレル交配によって得られた自殖を含むアカエゾマツ種内交配39家系と同年に行った人工交配によって得られたアカエゾマツ×ヨーロッパトウヒ種間交雑2家系を供試材料とした[1)]（表1）。人工交配に用いたアカエゾマツは，道南地方を除く北海道内各地から選抜した精英樹の中で比較的着花量が多い個体から同一産地を避け，ランダムに選定した（図1）。人工交配により得られたすべての家系の個体は，1990年に林木育種センター北海道育種場内に設定された「アカエゾマツ交雑遺伝試験地」に植栽された。試験地は縦7区画×横25区画の合計175区画で構成されており，これらの区画には各々の家系がランダムに配置されている。一つの区

表1．種内交配と種間交雑の組合せ

種内交配

雌性親 ／ 花粉親	阿寒126	北見3	苫小牧101	中頓別102	美瑛102	美瑛103	余市104
阿寒126	−	○	○	−	−	○	○
北見3	−	−	○	○	○	○	○
苫小牧101	○	○	○	○	○	○	○
中頓別102	○	○	○	○	○	○	○
美瑛102	○	−	○	○	○	−	○
美瑛103	○	○	○	○	○	−	○
余市104	−	○	○	−	○	○	○

種間交雑

雌性親 ／ 花粉親	野幌2	野幌38
白糠104	○	○

○:交配した組合せ，−:交配しなかった組合せ。

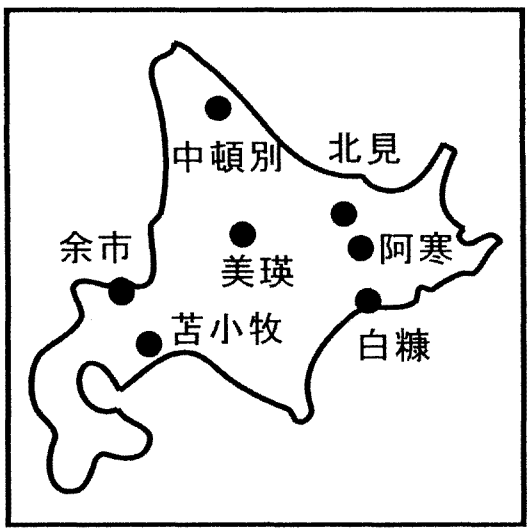

図1．交配に用いたアカエゾマツ精英樹の産地

画には同一家系の個体が2m間隔に3本植栽されている。

1999年6月に全個体の15年生時までの伸長成長量を測定した。ヨーロッパトウヒとの交雑がアカエゾマツの伸長成長に及ぼす効果を明らかにするためにアカエゾマツ種内交配家系とアカエゾマツ×ヨーロッパトウヒ種間交雑家系について伸長成長量の家系間差を一元配置の分散分析で検定した。さらに，アカエゾマツ種内交配家系については，一般組合せ能力と特定組合せ能力を検定するために，反復がなく自殖家系を含まないダイアレル交配の組合せとして分散分析を行った[3]。交配によって得られなかった家系の伸長成長量は，その家系と同じ雌性親の平均値と花粉親の平均値を平均して補完した（表2）。今回調査した試験地には反復がなかったので誤差の平均平方は，自殖家系を含まない種内交配家系の各個体のデータに基づき，家系を要因とした一元配置の分散分析を行って求めた[4]（表3）。

表2．自殖を含まない種内交配家系の15年生時での平均伸長成長量（cm）

雌性親 ／ 花粉親	阿　寒126	北　見　3	苫小牧101	中頓別102	美　瑛102	美　瑛103	余　市104
阿　寒126	−	333	241	(258)	(246)	218	247
北　見　3	(273)	−	303	295	259	232	269
苫小牧101	301	347	−	293	227	235	244
中頓別102	242	297	253	−	246	231	236
美　瑛102	305	(264)	233	198	−	(241)	241
美　瑛103	263	189	234	241	196	−	264
余　市104	(259)	251	219	(251)	238	256	−

（　）内の数字は補完値。

表3．自殖を含まない種内交配家系における伸長成長量の分散分析表

要　因	自由度	平方和	平均平方	F　値
家　系	34	288562	8487	1.799**
誤　差	254	1198315	4718	
全　体	288	1486876		

＊＊：1％水準で有意。

3　結果および考察

アカエゾマツ，アカエゾマツ×ヨーロッパトウヒ種間交雑家系およびヨーロッパトウヒの針葉の横断面を図2に示す。アカエゾマツでは針葉の横幅が広く縦高が低い（図2－A）。一方，ヨーロッパトウヒでは針葉の横幅が狭く縦高が高い（図2－C）。アカエゾマツ×ヨーロッパトウヒ種間交雑家系の針葉は横幅がアカエゾマツと同程度であり，縦高はヨーロッパトウヒと同程度である（図2－B）。アカエゾマツ×ヨーロッパトウヒ種間交雑家系は雌性親であるアカエゾマツと花粉親であるヨーロッパトウヒの針葉の形態的な特徴を併せ持っている。

アカエゾマツ種内交配家系（種内他殖家系および自殖家系）およびアカエゾマツ×ヨーロッパトウヒ種間交雑家系の15年生時までの伸長成長量のヒストグラムを図3に示す。平均伸長成長量は，アカエゾマツ種内他殖家系では252cm（最小67cm～最大499cm），アカエゾマツ自殖家系では174cm（最小75cm～最大305cm），アカエゾマツ×ヨーロッ

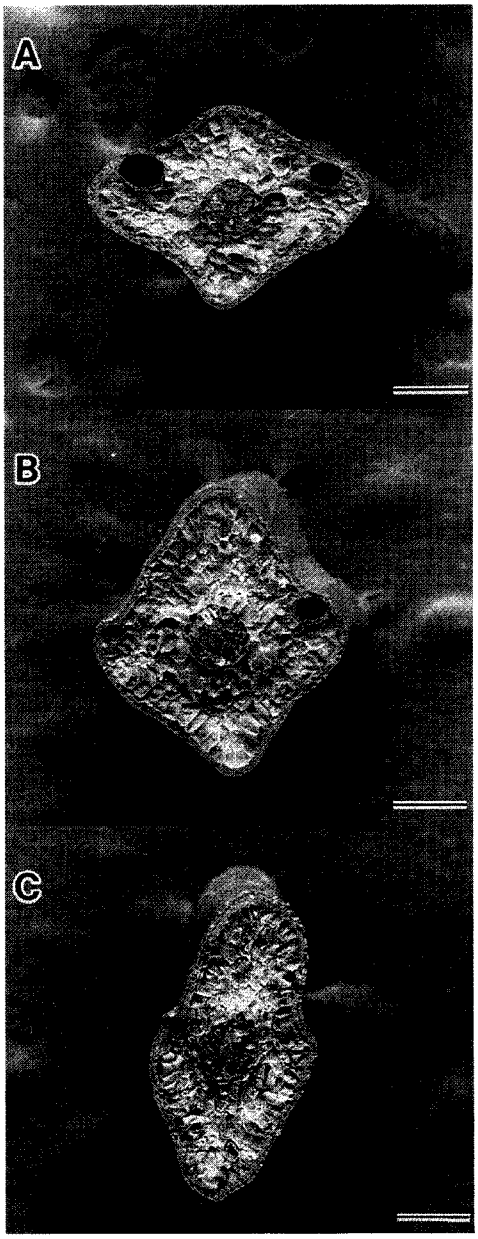

図2．アカエゾマツ，アカエゾマツ×ヨーロッパトウヒ種間交雑家系
およびヨーロッパトウヒの針葉横断面の走査型電子顕微鏡写真

A：アカエゾマツ，B：アカエゾマツ×ヨーロッパトウヒ種間交雑家系，
C：ヨーロッパトウヒ。スケールバーは200 μm。

パトウヒ種間交雑家系では381cm（最小131cm～最大575cm）であった。アカエゾマツの種内他殖家系と自殖家系では伸長成長量が100cm未満の個体が認められ，500cm以上の個体は観察されなかった。アカエゾマツ×ヨーロッパトウヒ種間交雑家系では100cm未満の個体は認められず，500cm以上の個体が観察された。アカエゾマツ自殖家系では，アカエゾマツ種内他殖家系と比較すると平均伸長成長量が78cm低く，分布範囲が狭いことから，伸長成長が劣った個体が集中する傾向が見られた。一方，アカエゾマツ×ヨーロッパトウヒ種間交雑家系は，アカエゾマツ種内他

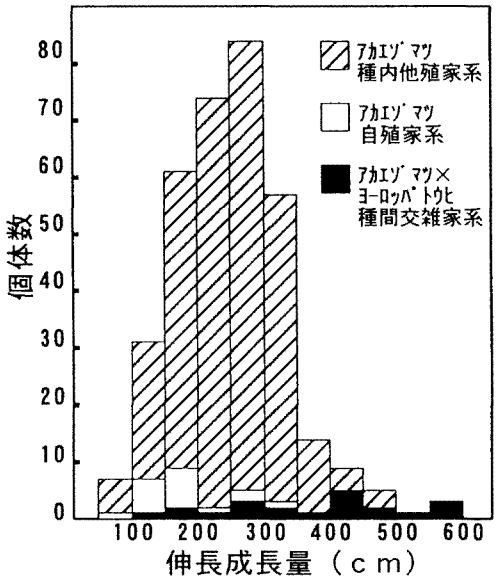

図３．15年生時までの伸長成長量のヒストグラム

殖家系よりも平均伸長成長量が129cm大きく，分布範囲が広いことから，伸長成長が優れているものの個体間の変動が大きいことがわかった。

アカエゾマツ種内交配家系とアカエゾマツ×ヨーロッパトウヒ種間交雑家系における15年生時の伸長成長量の家系間差を一元配置の分散分析で検定した結果を表４に示す。今回調査した家系において，有意水準１％で伸長成長量に家系間差が認められた。さらに，これらの家系は最小有意差により７つのグループに分類された。平均伸長成長量が232から273cmまでのグループは，種内交配家系の50％にあたる20家系によって占められていることから，平均的なアカエゾマツ種内交配家系の集団であると考えられる。一方，伸長成長量190cm未満のグループは主にアカエゾマツ自殖家系で構成されており，伸長成長量が最も大きい357cmから399cmまでのグループはアカエゾマツ×ヨーロッパトウヒ種間交雑家系のみで構成されていることから，伸長成長量はアカエゾマツ種内他殖家系と比較するとアカエゾマツ自殖家系では小さく，アカエゾマツ×ヨーロッパトウヒ種間交雑家系では大きいことが示唆された。

アカエゾマツの一般組合せ能力と特定組合せ能力を検定するために，自殖家系を含まない７×７のダイアレル交配の交配組合せとしてアカエゾマツ種内交配家系の伸長成長量を分散分析した結果を表５に示す。アカエゾマツ種内交配家系では，一般組合せ能力，特定組合せ能力，一般組合せおよび特定組合せにおける正逆交配の差に有意な差は認められなかった。しかしながら，今回調査したアカエゾマツ種内交配家系では，発芽率と３および４年生時の樹高について特定組合せ能力と特定組合せ能力における正逆交配の差に有意差が認められている[1]。このように，樹齢によってアカエゾマツ種内交配家系の組合せ能力の検定結果には違いが認められているので，今後も検定を継続する必要がある。

本研究に供試したアカエゾマツ種内交配家系には，アカエゾマツ×ヨーロッパトウヒ種間交雑家系の雌性親であるアカエゾマツ精英樹「白糠１０４」を交配親とする系統が含まれていない（表１）。従って，今回の調査結果のみでは，ヨーロッパトウヒとの種間交雑によるアカエゾマツの伸長成長の改良効果を厳密に評価することは難しい。

表4．種内交配家系と種間交雑家系の伸長成長量による分類

閾値(cm)	雌性親×花粉親	標本数	平均値(cm)
147	中頓別102×中頓別102	5	128
190	美　瑛102×美　瑛102	3	159
	余　市104×余　市104	5	186
	美　瑛103×北　見　3	7	189
232	美　瑛103×美　瑛102	8	196
	美　瑛102×中頓別102	7	198
	苫小牧101×苫小牧101	5	217
	阿　寒126×美　瑛103	6	218
	余　市104×苫小牧101	6	219
	苫小牧101×美　瑛102	13	227
	中頓別102×美　瑛103	11	231
273	北　見　3×美　瑛103	2	232
	美　瑛102×苫小牧101	5	233
	美　瑛103×苫小牧101	6	234
	苫小牧101×美　瑛103	13	235
	中頓別102×余　市104	7	236
	余　市104×美　瑛102	12	237
	阿　寒126×苫小牧101	10	241
	美　瑛102×余　市104	8	241
	美　瑛103×中頓別102	5	241
	中頓別102×阿　寒126	10	242
	苫小牧101×余　市104	8	244
	中頓別102×美　瑛102	12	246
	阿　寒126×余　市104	11	247
	余　市104×北　見　3	10	251
	中頓別102×苫小牧101	6	253
	余　市104×美　瑛103	12	256
	北　見　3×美　瑛102	10	259
	美　瑛103×阿　寒126	5	263
	美　瑛103×余　市104	8	264
	北　見　3×余　市104	12	269
315	苫小牧101×中頓別102	11	293
	北　見　3×中頓別102	8	295
	中頓別102×北　見　3	11	297
	苫小牧101×阿　寒126	8	301
	北　見　3×苫小牧101	8	303
	美　瑛102×阿　寒126	7	305
357	阿　寒126×北　見　3	2	333
	苫小牧101×北　見　3	4	347
	白　糠104×野　幌　2	14	372
	白　糠104×野　幌 38	7	399

表5．自殖を含まないダイアレル交配家系における伸長成長量の分散分析表

要　因	自由度	平方和	平均平方	F　値
一般組合せ能力	6	18606.14	3101.024	2.846
特定組合せ能力	14	15252.33	1089.452	1.550
一般組合せにおける正逆交配の差	6	3333.00	555.500	<1
特定組合せにおける正逆交配の差	15	8783.50	585.567	<1
全　体	41	45974.97		

一方，アカエゾマツ種内交配家系の雌性親の自然受粉家系については，地域差検定林において成長特性が定期的に調査されており，「白糠104」は他の系統と比較して伸長成長が特に優れた系統ではないことが報告されている[5]。従って，アカエゾマツ×ヨーロッパトウヒ種間交雑家系の15年生時までの伸長成長特性は，雌性親の影響ではなく，花粉親に用いたヨーロッパトウヒに起因していると考えられる。

今回調査した交配家系については種子および苗木の諸特性が調査されている[1]。アカエゾマツ×ヨーロッパトウヒ種間交雑家系は，交配結果率と苗木の生存率についてはアカエゾマツ種内他殖家系と比較して劣っていない。しかしながら，種子の発芽率はアカエゾマツ自殖家系と同程度であり，種子の充実率においてはアカエゾマツ自殖家系の１／２程度であることから，種子からの苗木の生産能力はアカエゾマツ種内他殖家系と比較して極めて低いと考えられる。従って，アカエゾマツ×ヨーロッパトウヒ種間交雑家系においてはさし木等のクローン増殖法による苗木の生産が有効であろう。

アカエゾマツ種内交配家系とアカエゾマツとヨーロッパトウヒの種間交雑家系については，おもに成長形質の遺伝様式が調べられてきた。しかしながら，成長に加えて材質も優れたトウヒ属の優良品種を創出するためには，今後供試木が調査可能な状態になり次第材質に関する形質についても検討する必要がある。

本研究において，アカエゾマツとヨーロッパトウヒを種間交雑することによって初期の伸長成長がアカエゾマツよりも優れた系統が得られることが示された。一方，アカエゾマツ×ヨーロッパトウヒ種間交雑家系には伸長成長量が個体間で大きく変動する傾向が認められた。今後，アカエゾマツ×ヨーロッパトウヒ種間交雑家系から優良な個体を選抜し増殖することによって，森林施業において樹高を基準として決定されている養苗期間や下刈り期間の短縮を可能にする系統が創出されることが期待される。

引用文献

1）河野耕藏・栄花茂：アカエゾマツの種内および種間雑種の種子生産能力と苗木の生育，林木の育種「特別号」，18～22（1988）

2）丹藤　修・河野耕藏・久保田正裕：アカエゾマツ種内交配及び種間交雑家系の初期成長，日林北支論，42，31～33（1994）

3）明石孝輝：次代検定林のデータ処理と交配設計，林木育種協会（1978）

4）明石孝輝：スギの遺伝母数の推定に関する研究，林試研報，349，1～70（1978）

5）阿部正信・上野義人：育種素材の検定に関する事項，平成8年度林育セ北海道年報，19，8～31（1997）

Trait of Growth Rate in the Intraspecific Crossbreeds of *Picea glehnii* and in the Species Hybrids from *Picea glehnii* and *Picea abies*

Yuichiro ORIBE [1] and Koozoo KOONO [1]

Summary : A study was made of the mode of inheritance of height growth in *Picea glehnii* for breeding superior families of *Picea* spp. by interspecific hybridization. Heights of fifteen-year-old trees were compared among 39 families of intraspecific crossbreeds of *Picea glehnii* and 2 families of *Picea glehnii*×*Picea abies* species hybrids. Differences in the average height of trees among families and combining ability in families of the intraspecific crossbreeds were tested. The families were divided into 7 groups on the basis of the least significant difference. The tallest group consisted of 2 families of the species hybrids. The average height of trees in families of the species hybrids was greater than those in families of the intraspecific crossbreeds. However, height of trees in families of the species hybrids tended to vary greatly within a family. These findings suggest that purposive selection of superior trees from the *P. glehnii*×*P. abies* species hybrids would improve height growth of *Picea glehnii* families.

(1) Hokkaido Regional Breeding Office, Forest Tree Breeding Center
561, Bunkyodai-midorimachi, Ebetsu, Hokkaido 069-0836 Japan