

北海道におけるトドマツ (*Abies sachalinensis* MAST.) の 変 異 に つ い て

岡 田 滋⁽¹⁾

Shigeru OKADA : On the Variation in Sakhalin Fir (*Abies sachalinensis* MAST.) from Different Areas of Hokkaido

要 旨 : トドマツは北海道全域にほぼきれめなく分布する種で、しかも北海道の林業上最も重要な樹種の一つである。

本研究はトドマツの変異性を明らかにし、その遺伝的特性を把握して育種研究に活用することを目的としたものであり、各地域の代表的天然林からの球果、種子及び苗木の生長、二次生長発生率、生育期間、寒さに対する抵抗性などの諸特性を調査し気象との関連を追求したものである。

その結果苗木の生長は道西側産のトドマツが道東側産にくらべて良いこと、耐凍性は道東側産のトドマツが道西側産のトドマツにくらべて高いこと、寒風害抵抗性は寡雪地帯のトドマツが多雪地帯のトドマツにくらべて高いことが明らかになった。また球果の大きさ、種子重量、苗木の生長、二次生長発生率、寒さに対する抵抗性などの特性は種子産地の気温との間に密接な関連があることが示されこれらの諸形質が遺伝的特性としてとらえることができた。

目 次

は じ め に	17
I 北海道の気候	18
1. 北海道東側気候の特色	19
1) オホーツク海斜面	20
2) 太平洋東部	21
2. 北海道西側気候の特色	21
1) 日本海斜面	21
2) 渡島半島・太平洋西部	21
3. 北海道東側と西側気候の特色	21
1) 気 温	21
2) 降 水 量	23
3) 積 雪 量	23
II トドマツの分布	24
III トドマツの球果、種子、苗木の形質の産地間変異	26
1. 天然林から母樹別に採種した実生苗の特性	26
1) 球果、種子及びまき付け当年の苗木の生長	26
(1) 材 料 と 方 法	26
① 球果及び種子の形態と発芽率	27
② 当年生苗木の形質	27
(2) 結 果	28
① 球 果、種 子	28
② 子 葉 数	32

③ 苗長, 根長, 葉数, 苗木重量 (乾燥重)	32
2) 2年生以上の苗木の形質	35
(1) 材 料 と 方 法	35
① 苗 高	35
② 二次生長發生率と二次生長量	36
(2) 結 果	36
① 苗 高	36
② 二次生長發生率と二次生長量	37
3) 苗木の諸形質に関する統計的処理及び相関解析	38
4) 苗木の苗高及び二次生長發生率と種子産地の気温との関係	42
2. 道内各地の母樹個体からの種子による苗木の地域特性	47
1) 材 料 と 方 法	49
2) 結 果	49
3. 考 察	53
IV 産地の異なるトドマツ苗木の開葉期, 冬芽形成期及び冬芽の芽鱗の層数	56
1. 開葉期と冬芽形成期	56
1) 材 料 と 方 法	56
2) 結 果	57
3) 考 察	62
2. トドマツ冬芽の芽鱗の層数	63
1) 材料及び方法	63
2) 結 果	63
3) 考 察	65
V 産地別トドマツ苗木の適応植栽試験	66
1. 材 料 と 方 法	67
2. 結 果	68
3. 考 察	69
VI トドマツの海拔高の違いによる球果, 種子の苗木の形質	69
1. 材 料 と 方 法	69
2. 結 果	70
1) 球果, 種子の形質	70
2) 苗木の生長, 側芽数, 二次生長發生率	71
3) 開葉期, 冬芽形成期と生育期間	74
3. 考 察	74
VII トドマツの産地による寒害の抵抗性の違い	75
1. トドマツの産地の違いによる耐凍性の差	76
1) 材 料 と 方 法	76
2) 結 果	77
2. トドマツの産地による寒風害抵抗性の差	80
1) 材 料 と 方 法	80
2) 結 果	81
3. 産地によるトドマツの (土壌凍結による) 寒害抵抗性の差	81
1) 材 料 と 方 法	81
2) 結 果	82
4. 考 察	85
総 合 考 察	86
引 用 文 献	89
Summary	91

は　じ　め　に

現在北海道の森林面積の約 85% は天然林とされ、その 60% は広葉樹林、他の 40% は針広混交林あるいは針葉樹といわれている。これら針葉樹のなかでトドマツ (*Abies sachalinensis* MAST.) はほぼ全域に自生し最大の蓄積量を占めて北海道の亜寒帯性針葉樹林の主要な樹種の一つとなっており、また林業上最も重要な樹種の一つである。

しかしながらこのトドマツ (*Abies sachalinensis* MAST.) の造林が、北海道において主流となったのは最近のことである。その理由としては、明治の初期に導入された本州産、外国産樹種にくらべてその養苗技術の確立が困難であったことがあげられている。

森林の殆んどが天然林であった北海道で、人工造林の試みがなされたのは、明治の初期頃からであったが、当時は主にスギ (*Cryptomeria japonica* D. DON), ヒノキ (*Chamaecyparis obtusa* ENDL.), カラマツ (*Larix leptolepis* GORDON) などの本州産樹種、ヨーロッパトウヒ (*Picea abies* KARST.), ヨーロッパアカマツ (*Pinus sylvestris* LINN.), ストローブマツ (*Pinus storbus* LINN.) などが主体で、これらの樹種の養苗法の研究も進められ、そのなかでスギが道南地方で、カラマツは全道で、現在造林が定着している。トドマツの養苗の試みは明治の末期から行われてきたが、当時は霜害、つちばかま、病菌等の被害により失敗する例が多く、しかも生長が遅く成苗山出しまで 7~8 年を要した。またアカエゾマツ (*Picea glehnii* MAST.) は更に苗木の生長が遅いこと、エゾマツ (*Picea jezoensis* CARR.) は霜害、カサアブラの被害等があり、これらへの対策が十分確立されなかったため養苗技術が未熟であった。そのため養苗が容易で、生長の旺盛な、カラマツ、ヨーロッパトウヒ、ストローブマツなどが造林の主流となっていた。

大正から昭和に入り養苗法が改善されトドマツを中心とする郷土樹種の造林もようやく行なわれるようになった。しかしなお年間の造林面積の 80% 以上がカラマツで占められており北海道林業の主流はカラマツ造林といっても過言ではなかった。

この間、北海道においては天然林の奪略的な伐採が明治以前からひきつづき行われたが人工林造成は十分進展せず加えて戦中、戦後には造林事業が停滞した。更に昭和 29 年の 15 号台風は全道の森林資源に大きな被害を与えた。こうした事態から、木材生産を増大させるための造林事業が大きな課題となり、昭和 32 年に北海道は全国にさきがけてカラマツ、トドマツを主体とする拡大造林計画を打出した¹⁾。

カラマツは生長が早く、霜害に強いといった特性から戦後その造林は急速に増大したが、拡大造林が進むにつれ一部の造林地で野その害、先枯病の発生により不成績造林地が出現した。そのためトドマツの養苗期間を短縮するための施肥法や霜害防除などの改善が進み、昭和 40 年代に入ってからようやくトドマツの造林が全造林面積の 50% 以上を占めるに至った²⁾。しかし造林が進むにつれ、寒さの害が各地に発生しカラマツと同様一斉造林の弊害が起きた。こうした失敗の反省から、昭和 40 年代の半ばに天然生稚樹や保存木の活用などの天然林施業や樹下植栽による二段林施業の気運が高まり、トドマツなどの郷土樹種の造林が主流となりつつある。

トドマツの養苗技術はかなり進歩したとはいえ、苗木の生長が導入樹種にくらべて遅いこと、道東部、道北部などではとくに苗畑で寒冷沙などの被覆を行っても晩霜害を受けること、造林初期には凍害、寒風害などにみまわれることなどの問題があり、これらは未だ解決されていない。しかも林業種苗法で、トドマツの種子の需給範囲は北海道一円で、産地の如何にかかわらずどこへでも配布することができることに

なっている。

すなわちトドマツ造林の今後の課題は、成林の安全性が第一であり、霜害、凍害、寒風害など寒さに対する抵抗性を高めることにある。また北海道においては、気象など環境条件の比較的温和な地域もありこうした地域での造林には生長量の増大を図ることもまた必要といえる。

トドマツの造林用種子の多くは天然林から供給されている。また母樹林、採種林や昭和32年に発足した精英樹選抜育種事業で選抜された精英樹候補木の多くが北海道各地の天然林から選抜されている。こうした天然林の立地環境は必ずしも同じとはいえない。道東部と道南部、内陸部と海岸地帯、低海拔地区と高海拔地区では気象条件が大きく異なっており、こうした異なる環境下で成林した天然林は、その環境に適応した形質を備えているものと考えられる。

本論文はトドマツの全道各地の天然林からの次代を母材として球果、種子をはじめ、苗木の生長、二次生長、開葉期、冬芽形成期、耐凍性、耐寒風性などの変異を調べ、その種内変異から各産地種子の適応性を明らかにし、造林の安全性を高め、立地環境に適した特性をみだし寒さに対する抵抗性個体の創出、生長量の高い品種の創出を主眼として実施した一連の研究の結果をとりまとめたものである。

本論文をとりまとめるにあたって終始御指導と御助言をいただき、また綿密に内容を御検討して下さった京都大学農学部 堤 利夫教授および常脇恒一郎教授に心から感謝の意を表したい。

また植物の耐凍性、耐寒風性に関する各種実験の手法並びにその基礎的知識について御助言をいただいた北海道大学低温科学研究所 酒井 昭教授、トドマツの地域性の解明にあたり各種材料の収集の計画とその実践に少なからず御尽力された柳沢聡雄氏（元林業試験場北海道支場長）に深甚の謝意を表したい。

本論文は筆者が北海道林木育種場に在勤中の昭和39年から53年までの期間に実施した実験、調査、観察記録をまとめたものであるが、その期間中、伊藤 徹元場長（現林業試験場東北支場長）、向出弘正元原種課長（現林業試験場北海道支場育種研究室長）からたえず暖かい御支援と御助言をいただいたこと、また当時の北海道林木育種場原種課の各位に御協力をいただいたことに深い感謝の意を表したい。

本論文は53年4月関西林木育種場に赴任してから執筆を始めたものであるが藤沢秀夫関西林木育種場長から常日頃、御支援と御便宜を得たことについて厚く御礼申し上げる。

I 北海道の気候

北海道は日本で最も寒い地方とされ、その特徴として降霜、降雪、積雪の期間が長いこと、道南の沿岸地方を除いて梅雨がないこと、年間を通して雨量が少なく湿度が低いこと、夏期涼しく冬期しばしば著しい低温になることがあげられている。しかし同じ北海道でも南部の渡島半島と北部の宗谷地方、西側の日本海地方と東側のオホーツク海、太平洋地方では気象条件が大きく異なる。またそれらの同一地方でも沿岸部と内陸部では季節によって気温、日照などにかなりの差がある。こうした気象条件の違いは森林植生の分布に大きな影響を与えているものと考えられる。

例えば本道に自生する主要な針葉樹であるトドマツ、アカエゾマツ、エゾマツの分布は道南部では少なく、中央山地から道東部、道北部では多い。また本道に自生をみないスギ、アカマツ（*Pinus densiflora* SIEB. et Zucc.）、クロマツ（*Pinus thunbergii* PARL.）は渡島半島で造林が可能でとくにスギは羽幌、利尻でも生育する。またブナ（*Fagus crenata* BLUME.）、ヒバ（*Thujopsis dolabrata* SIEB. et Zucc.）の北限が渡島半島で、クリ（*Castanea crenata* SIEB. et Zucc.）、トチノキ（*Aesulus turbinata* BLUME.）、クロ

モジ (*Lindera umbellata* THUNB.), サワグルミ (*Pterocarya rhoifolia* SIEB. et ZUCC.), コバノヤマハ
ンノキ (*Alnus hirsuta* var *microphylla* KUSAKA) などの温帯性落葉樹は道南部で自生し、道東部では自
生をみない。そして道東、道北部ではダケカバ (*Betula ermani* CHAMISSO) 等の亜寒帯性落葉樹林の分布
密度が高くなっている。これらのことに基づき北海道を気候区分すると中央部の石狩山地を含む中央脊梁
山脈を境にして西側と東側に大別できるとされている。本山脈の西側は、冬は北西季節風の影響で太平洋
沿岸をのぞいて雪が多く、東側は季節風が山にさえぎられて雪が少ない。

この東側と西側の違いはさらに中央脊梁山脈を十字に交わる千島火山帯によって、東側はオホーツク海
斜面と太平洋東部、西側は日本海斜面と渡島半島・太平洋西部の4地区に分けることができるとされてい
る³⁾。

つぎにこの区分にしたがって各区の特長をまとめていこう。

1. 北海道東側気候の特色

Table 1. 北海道における4地区の暖かさの指数* および積算寒度**
Warmth index and accumulated degree-days of temperatures
below 0°C in four districts of Hokkaido

地 区 District	地 点 Place	暖かさの指数 Warmth index	積 算 寒 度 Accumulated degree- days of temperatures below 0°C
オホーツク海斜面 Northwest coast on the sea of okhotsk	枝 幸 Esashi	51.0	587.0
	雄 武 Omu	49.7	659.6
	網 走 Abashiri	53.7	528.1
	紋 別 Monbetsu	51.4	564.5
太 平 洋 東 部 Southwest coast on the Pacific ocean	帯 広 Obihiro	58.0	673.7
	釧 路 Kushiro	46.9	497.9
	根 室 Nemuro	44.5	364.4
	広 尾 Hiroo	52.0	410.9
日 本 海 斜 面 West coast on the Japan sea	稚 内 Wakkanai	54.0	419.7
	羽 幌 Haboro	60.5	421.6
	留 萌 Rumoi	61.1	383.0
	旭 川 Asahikawa	62.6	694.1
	小 樽 Otaru	68.1	228.2
	札 幌 Sapporo	67.8	317.2
	岩見沢 Iwamizawa	63.8	494.0
	寿 都 Suttsu	55.4	171.7
渡島半島・太平洋西部 The Oshima peninsula and the south coast on the Pacific ocean	倶知安 Kutchan	58.0	585.9
	室 蘭 Muroran	65.2	147.0
	苫小牧 Tomakomai	57.3	319.1
	浦 河 Urakawa	53.3	177.7
	江 差 Esashi	74.0	66.1
	森 Mori	65.2	198.1
	函 館 Hakodate	66.5	229.4

* 月平均 5°C 以上の月平均気温から 5°C を引いた数値を加算したもの
Accumulated values which subtract 5°C from mean monthly temperatures above 5°C.

** 旬間の (最高+最低)×1/2≤0 の場合、この値に旬間の日数を乗じ加算したもの
Accumulated degree-days of temperature below 0°C.

1) オホーツク海斜面

この地区は北部と南部に分かれ北部は日本海側の北部に、南部は根釧地方に似た特徴をもっている。一般にこの地区は降水量が年間を通して 700~800 mm 程度で日本でも最も少ない地方の一つである。

またこの地方の特色としては、1月中旬から3月にかけてオホーツク海におしよせる流水の影響で、根雪の終日もおそく、気温も低下し、6月から8月までの夏の期間海霧のため日照が少なく気温が低い。Table 1 は全道の23地点の暖かさの指数及び積算寒度を地区別に示したものであるが、本地区は太平洋東部の根釧地方と同様、植物の生育期間の気温が低いこと、冬の気温も低いことがあげられる⁴⁾⁵⁾。

降霜期間は10月中旬から5月中旬までであるが、内陸部では9月中旬に初霜になることが多い。(注：北海道では冬の寒さの程度を現わす場合、0°C以上でも植物のなかには活動しているものがあるとされしばしば積算寒度が用いられる)

2) 太平洋東部

この地区は冬は好天の日が多く、積雪が浅く土壤凍結の最も深い地方である。またこの地区は十勝平野を中心とした内陸地方と根釧地方に分かれる。十勝地方の冬は気温の低下が著しく最低気温の平均が -16°C 前後で空気が乾燥しているため樹木の寒風害が起こりやすい。

Table 2. 過去10か年の地区別の平均積雪および最高積雪
Mean-snow depth and maximum snow-depth in each district
of Hokkaido for the past ten years

地 区 District	地 点 Place	平 均 積 雪 Mean snow-depth (cm)	最 深 積 雪 Maximum snow-depth (cm)
オホーツク海斜面 Northwest coast on the sea of okhotsk	枝 幸 Esashi	122.7	152
	雄 武 Omu	88.7	101
	網 走 Abashiri	65.3	92
	紋 別 Monbetsu	81.4	115
太 平 洋 東 部 Southwest coast on the Pacific ocean	帯 広 Obihiro	74.0	132
	釧 路 Kushiro	44.6	75
	根 室 Nemuro	65.3	92
	広 尾 Hiroo	99.7	156
日 本 海 斜 面 West coast on the Japan sea	稚 内 Wakkanai	62.2	110
	羽 幌 Haboro	112.8	189
	留 萌 Rumoi	14.0	135
	旭 川 Asahikawa	90.3	108
	小 樽 Otaru	97.8	118
	札 幌 Sapporo	94.9	127
	岩見沢 Iwamizawa	125.1	146
	寿 都 Suttsu	76.2	102
	俱知安 Kutchan	188.9	238
渡島半島・太平洋西部 The Oshima peninsula and the south coast on the Pacific ocean	室 蘭 Muroran	33.0	52
	苫小牧 Tomakomai	35.7	77
	浦 河 Urakawa	21.8	45
	江 差 Esashi	40.6	90
	森 Mori	50.3	—
	函 館 Hakodate	46.1	91

そして夏は高温になり内陸的気候といえる。

根釧地方の海岸地帯は冬の気温はそれほど下らないが、春から夏にかけて海霧の最盛期で冷涼な日が続く。降霜期間は十勝平野部が10月上旬から5月中旬、海岸地帯は10月中旬から5月下旬と若干のずれがあるが、いずれの地方も晩霜害の危険が高い。

Table 1 から積算寒度を地区別にみると十勝地方の中心である帯広は冬最も気温が低くなることが示されている。また Table 2 は過去10か年の平均積雪深と最高積雪深を示したものであるが、この地区は襟裳岬に近い広尾を除いて、太平洋西部に次いで積雪が少なく、冬の低温と寡雪という特色が示されている⁹⁾。

以上北海道東側の2地区の気候について述べたが、オホーツク海斜面はその北部は日本海を北上する対馬海流が宗谷海峡を沿岸ぞいに南下するため日本海側気候に近い。そしてその南部の網走、知床地方は真冬の気温が内陸部ほど低下しないこと、また夏は海霧により気温が上昇しないことなど根釧地方の気候と類似した点がみられることからオホーツク海斜面は、日本海斜面と太平洋東部気象の中間型を示しているものといえる。

2. 北海道西側気候の特色

1) 日本海斜面

北海道で最も積雪の多い地方で、山岳地帯は最深積雪2～3m、丘陵地では1.5mを越える。しかし対馬海流の影響で冬の気温の低下はいくぶん緩和され、根雪も山間部をのぞいて4月上旬に終る。しかし内陸の上川盆地では夏は気温が高く、冬は著しく低下し、十勝平野と並んで最も寒い地方といえる。降霜は稚内、羽幌の沿岸地帯は5月上旬までであるのに対して内陸部は5月中旬までで内陸部が晩霜害を受けることが多い。

2) 渡島半島・太平洋西部

北海道のなかで最も暖かい地区であり、また積雪も少ない地区である。日高、胆振の海岸地帯は積雪がとくに少なく根雪も12月末から2月中旬までで最も短い。またこの地方は5、6月に海霧が発生しやすく夏は涼しい。一方渡島半島は1、2月の最低気温の平均は -2°C 、夏の最高気温の平均も 22°C 前後と暖かく、降霜期間も11月上旬～4月下旬と北海道で最も短い。

以上2地区の特色を述べたが、この2地区の大きな違いは、日本海側気候は、他の地区にくらべて年間降水量が多いが、夏よりもむしろ北西季節風の影響で冬に多く、これが積雪となって現れる。これに反して渡島半島、太平洋西部では冬は降水量が少なく6月から9月に多くなり、したがって根雪期間が1か月以上も短い。そのほか2地区を比較すると日本海側は気温が低く、霜期間が長い傾向にある。

3. 北海道東側と西側気候の特色

1) 気 温

Fig. 1 は北海道の各地点の冬（1月、2月）、夏（6月、7月、8月）および年平均気温を示したものである⁴⁾。この図でも明らかなように、北海道の気温は南北に変化するのではなく西高東低型である。

この原因の一つとして、北海道の西部は対馬海流が日本海を北上し、また一部は津軽海峡を通して太平洋を流れ冬の気温の低下をいくぶん和らげ、同時に北西季節風が水分を含んだ雲量を多くし夜間の冷却をおさえているためといわれている。一方道東部は冬乾燥ぎみで雲量少なく夜間の冷え込みが強く、また根釧地方は親潮の影響を受け夏の気温の上昇がおさえられている。

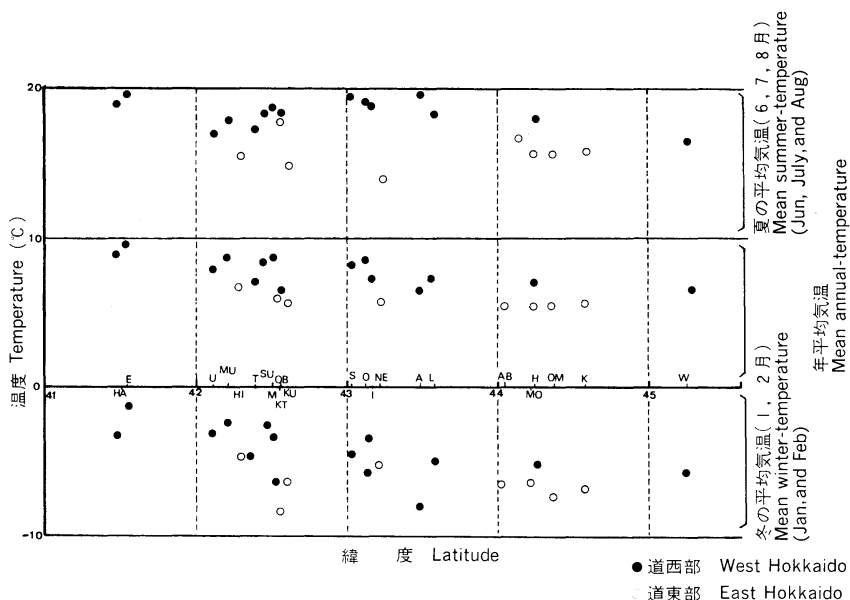


Fig. 1. 北海道の緯度別の年平均, 冬の平均 (1, 2 月), 夏 (6, 7, 8 月) の平均気温
Mean annual, winter (Jan. and Feb.) and summer temperatures
at each latitude in Hokkaido.

HA : 函館 Hakodate, E : 江差 Esashi, U : 浦河 Urakawa, MU : 室蘭 Muroran,
T : 苫小牧 Tomakomai, SU : 寿都 Suttso, M : 森 Mori, KT : 倶知安 Kucchian,
S : 札幌 Sapporo, O : 小樽 Otaru, I : 岩見沢 Iwamizawa, A : 旭川 Asahikawa,
L : 留萌 Rumoi, H : 羽幌 Haboro, W : 稚内 Wakkanai, HI : 広尾 Hiroo, OB :
帯広 Obihiro, KU : 釧路 Kushiro, NE : 根室 Nemuro, AB : 網走 Abashiri,
MO : 紋別 Monbetsu, K : 北見枝幸 Kitamiesashi, OM : 雄武 Omu

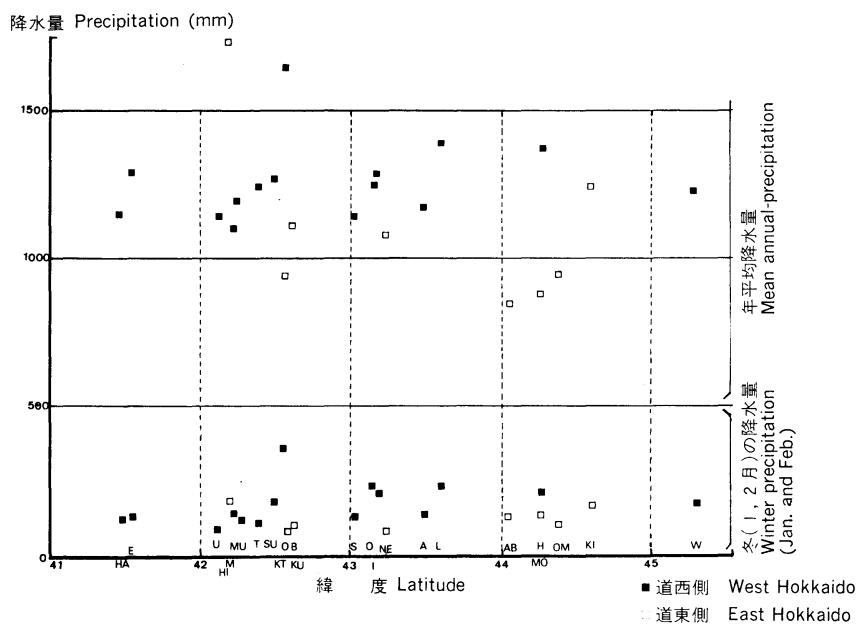


Fig. 2. 北海道の緯度別の年平均, 冬 (1, 2 月) の降水量
Mean annual and winter precipitation (Jan. and Feb.) at each
latitude in Hokkaido.

また気温の日較差は1月が道西側で6~10°C, 道東側で8~16°C, 7月の日較差も1月と同様道西側で6~10°C, 道東側で8~16°Cといずれも道東側の日較差が大きいことも特徴といえる。

2) 降水量

Fig. 2 は各地点の平均降水量と冬(1月, 2月)の平均降水量を示したものであり⁴⁾, これから西側が東側にくらべて降水量が多いことが明らかである。この図で道東側の広尾の年平均降水量が極端に多いが, 広尾は道西側の襟裳岬に近く特殊区域といえよう。北見地方や十勝平野の一部は年降水量が800~700 mmで極めて少ない。

3) 積雪量

北海道西側は冬の季節風の影響で太平洋西部の海岸地帯を除いて降雪日数も多く, 積雪量も多い。山岳地帯では最深積雪2mを超える所も多い。平野部では0.5~1.0mで, 一方道東側は知床半島, 千島火山帯に属する山地等一部を除いて1.0m以下, 特に平野部では0.5m前後で積雪の少ない所が多い。

以上北海道東側と西側の気候の違いを述べたがこうした気象条件の影響で一般に北海道西側は東側にくらべて降雪期間が短い。また降霜期間については22地点の霜の初日と霜の終日をTable 3に示したが⁴⁾,

Table 3. 北海道における4地区の霜の発日と霜の終日 (28~30年間の平均)
First hoar-frost and last hoar-frosts for four districts of Hokkaido
(The mean for the past 28~30 years)

地 区 District	地 点 Place	霜 の 発 日 Dates of first hoar-frost	霜 の 終 日 Dates of last hoar-frost
オホーツク海斜面 Northwest coast on the sea of Okhotsk	枝 幸 Esashi	10月20日 Oct. 20	5月12日 May 12
	雄 武 Omu	10月15日 Oct. 15	5月9日 May 9
	網 走 Abashiri	10月18日 Oct. 18	5月13日 May 13
	紋 別 Monbetsu	10月20日 Oct. 20	5月2日 May 2
太平洋東部 Southwest coast on the Pacific ocean	帯 広 Obihiro	10月2日 Oct. 2	5月17日 May 17
	釧 路 Kushiro	10月8日 Oct. 8	5月15日 May 15
	根 室 Nemuro	10月18日 Oct. 18	5月19日 May 19
	広 尾 Hiroo	10月14日 Oct. 14	5月26日 May 26
日本海斜面 West coast on the Japan sea	稚 内 Wakkanai	10月20日 Oct. 20	5月4日 May 4
	羽 幌 Haboro	10月19日 Oct. 19	5月3日 May 3
	留 萌 Rumoi	11月1日 Nov. 1	5月3日 May 3
	旭 川 Asahikawa	10月4日 Oct. 4	5月18日 May 18
	小 樽 Otaru	10月28日 Oct. 28	5月1日 May 1
	札 幌 Sapporo	10月7日 Oct. 7	5月7日 May 7
	岩見沢 Iwamizawa	10月9日 Oct. 9	5月10日 May 10
	寿 都 Suttsu	11月17日 Nov. 17	4月29日 Apr. 29
	倶知安 Kutchan	10月2日 Oct. 2	5月20日 May 20
渡島半島・太平洋西部 The Oshima peninsula and south coast on the Pacific ocean	室 蘭 Muroran	11月7日 Nov. 7	4月18日 Apr. 18
	苫小牧 Tomakomai	11月11日 Nov. 11	5月7日 May 7
	浦 河 Urakawa	11月1日 Nov. 1	4月26日 Apr. 26
	江 差 Esashi	11月6日 Nov. 6	4月25日 Apr. 25
	森 Mori	10月20日 Oct. 20	4月28日 Apr. 28
	函 館 Hakodate	10月14日 Oct. 14	5月2日 May 2

西側は旭川盆地や一部の平野部を除いて 降霜期間が短く 10 月下旬～11 月上旬に初霜が始まり 4 月下旬～5 月上旬が終日であるのに対して、東側は霜期は一般に長い傾向がみられる。また東側は積雪が少なく、冬期間空気が乾燥するため樹木の冬の乾燥害、冬から春にかけての晩霜害を受けることが多く造林上その影響も大きい。

II トドマツの分布

北海道の森林の特徴は亜寒帯性針葉樹であるトドマツ、エゾマツ、アカエゾマツと温帯性広葉樹であるウダイカンバ (*Betula maximowiczii* REGEL), ミズナラ (*Quercus crispula* BLUME), カツラ (*Cercidiphyllum japonica* SEIB. et ZUCC.), ハリギリ (*Kalopanax septemlobus* (Thunb.) Koidz.), ヤチダモ (*Fraxinus mandshurica* Rupr. var. *japonica* MAXIM.), サワシバ (*Carpinus cordata* BLUME) 等がモザイク状に配列または混交する針広混交林で、しかも林床植物の種類および数の多いことなど温帯性要素の影響を多く受けている森林とされている。すなわち館脇⁷⁾ は亜寒帯林と温帯林との間に移行帯として針

Table 4. トドマツ天然林の樹種混交の割合
The rates of species confusion in natural forests of Saghalien fir

地 区 District	天 然 林 名 Name of natural forest	本 数 Number of trees	トドマツ <i>Abies sachalinensis</i> (%)	エゾマツ <i>Picea jezoensis</i> (%)	広 葉 樹 broad-leaved tree (%)
オホーツク海斜 面 Northwest coast on the sea of Okhotsk	清里, トドマツ 2 級採種林 Kiyosato	25	9 (36.0)	7 (28.0)	9 (36.0)
	相生 1 級採種林 Aioi	48	44 (91.6)	1 (3.1)	3 (6.2)
	枝幸, 風烈布国有林 Esashi	40	35 (87.5)	3 (7.5)	2 (5.0)
太 平 洋 東 部 Southwest coast on the Pacific ocean	落石, 落石国有林 Ochiishi	50	44 (88.0)	0 (0)	6 (12.0)
	池田, 川上 1 級採種林 Ikeda	35	18 (51.4)	0 (0)	17 (48.6)
	足寄, 上足寄トドマツ保存林 Ashoro	24	22 (91.6)	1 (4.2)	1 (4.2)
日 本 海 斜 面 West coast on the Japan sea	利尻, 1 級採種林 Rishiri	34	27 (79.4)	7 (20.6)	0 (0)
	天塩, 豊海 Teshio	39	26 (66.7)	10 (25.6)	3 (7.7)
	中川, 小車 2 級採種林 Nakagawa	43	24 (55.8)	0 (0)	19 (44.2)
	上川, 御車沢 1 級 Kamikawa	45	31 (68.9)	12 (26.7)	2 (4.4)
	富良野, 東京大学演習林 Furano	65	55 (84.6)	0 (0)	10 (15.4)
	幾寅, 落合 Ikutora	41	22 (53.7)	17 (45.1)	2 (4.8)
	野幌, 広島国有林 Nopporo	21	12 (57.1)	0 (0)	9 (42.1)
渡島半島・太平 洋西部 The Oshima peninsula and south coast on the Pacific ocean	東 瀬 棚 Higashisetana	20	12 (60.0)	0 (0)	8 (40.0)

注) 調 査 年 : 昭和39年および40年 Measured year : 1964 and 1965.

() は全体の对本数に対する割合 () : Percentage of total number.

0.2～0.3 ha の面積の全数調査を行ってトドマツ, エゾマツ (1部アカエゾマツを含む), 広葉樹の本数別に分けたものである。

広混交林帯が介在しているとし、北海道の低地はこの部分にあたるとし、これを汎針広混交林として区画した。

トドマツの分布域の北限は（この場合は変種のアオトドマツも含む）樺太シュミット線をはるかに越えて北上している。また北海道での海拔高の最高自生地は大雪山集中の黒岳の海拔およそ 1,650 m とされている。南限は渡島半島にまでおよびここでは冷温帯のブナ林が発達しているから、トドマツはブナ林の発達する冷温帯から亜寒帯まで分布する種で⁸⁾、北海道のほぼ全域に分布する。一般には高海拔地区ではエゾマツ、アカエゾマツその他の亜寒帯性広葉樹とともに高い密度で存在し、また根室、落石、白糠附近の太平洋に面する地方など海霧の影響による冷涼な気候のもとで天然林を形成している。

このようにトドマツは年間の平均気温はもとより、内陸型、海洋型といった四季の気温の違いや、多雪地帯、寡雪地帯といった異なる気象条件のなかで幅広く適応する種であるから、その地域の環境によって地域ごとの特性が形成されてきたものと予想してよいであろう。すなわち北海道の気候は前章で述べたようにその地域によってかなりの相違がみられるが、トドマツの生長休止期における気象条件として、冬の低温、積雪、晩霜の時期、土壤凍結など、また生育期間における気象条件として夏の気温、降水量、日照、海霧などこれらの各地域における環境条件の相違とトドマツの種内変異の関係を究明することは、造林上の実際的な諸性質について地域ごとの集団の特性を把握し、それら種子の適切な活用によってトドマツ林業を確立していくうえで意義あるものと考ええる。一方トドマツ天然林の特性はさきに記述したように多くの針葉樹、広葉樹と混交して成林している場合が多いことである。Table 4 は低海拔地の代表的なトドマツ天然林の他樹種との混交割合を示したものであるが、トドマツ天然林の多くが完全な純林を形成することが少ないことを表わしている⁹⁾。また純林に近い天然林は多くは稚内、天塩、知床、根釧地区などの海岸地帯に小面積で点在している。一般に混交林は寒風、晩霜などきびしい気象に耐える森林といわれているが、こうした混交林の形態のなかでのトドマツが、北海道の寒冷な地域と温和な地域で寒さに対する抵抗性にどのような変異性をもたらししているかも興味ある問題といえる。

増田¹⁰⁾は林の「日本産針葉樹の分類と分布」をもとに北海道針葉樹の天然分布地の暖かさの指数を算定して、トドマツ、エゾマツ、アカエゾマツの最適温度範囲を推定した。3 樹種とも最適温度はほぼ重なるが、トドマツはエゾマツ、アカエゾマツより温度条件がやや高い方に偏り、北海道に自生する温帯性樹種よりは低い温度に適していることを指摘した。また渡島半島にもトドマツが自生するがそれらはブナ、ヒバその他の温帯性落葉樹と混交し、分布密度は道中央部、道東側にくらべて極めて小さいことも示した。

トドマツは北海道に分布をみる多くの母岩や土壤型で自生をみるが、山本¹¹⁾らの造林成績と土壤の関係についての報告によれば、有効深度、透水性、A 層等土壤に対する要求度が高く、土壤条件の良い箇所ほどトドマツ林の形成が多い傾向にある。一方エゾマツは浅根性で土壤に対する要求度が低く、アカエゾマツは更に湿原地、蛇紋岩地、火山灰礫地、砂丘地、岩礫地など特殊な地帯に天然林がみられ、根室地方の落石の湿原性土壤、十勝岳の白金附近の溶岩性土壤、その他蛇紋岩、超塩基性土壤で隔離分布する場合もある。

すなわちトドマツは北海道のほぼ全域の気象条件の下で生育可能であると同時に、多くの母岩、土壤型でも生育可能と考えられ、幅広い生活圏を有しており、北米、シベリヤ地方に大面積にわたって自生をみる亜寒帯性の針葉樹の単純な植生とは異なり北海道という小面積ではあるが種内の変異にとむことが推察されその地域性の解明は意義あるものといえる。

Ⅲ トドマツの球果、種子、苗木の形質の産地間変異

トドマツ林業を進める上での最大の課題は苗木の生長が遅いこと、またトドマツの開葉時期がしばしば晩霜の時期と一致して霜害にみまわれることである。こうした造林上の実的な形質を中心として、トドマツの天然分布域、分布密度、立地環境を考慮して、各地の天然林を選択し、これらの球果、種子、並びに苗木の初期生長、生長周期など関連のあるいくつかの形質の変異について調査し、林分ごとの共通性、相違性を明らかにして地域区分を行うとともに、育種母材の選択、造林用種子としての環境適応など、地域性の解明を目的としたものである。

またこれら形質の変異の要因を解明するため、気象のうち、主に気温との関係についても解析を行った。

1. 天然林から母種別に採種した実生苗の特性

1) 球果、種子及びまき付け当年の苗木の生長

(1) 材料と方法

球果並びに種子を採集した林分はいずれも天然林で、その所在地と母樹数は Table 5 の通りである。

Table 5. 種子採集林分

The locations of the sixteen seed sources from which Sakhalin fir seed used in this work were collected

記号 Mark	採種年 Year of seed collection	所在地 Location	標高 Altitude (m)	母樹数 Number of mother trees (本)
I-a	昭和39年 1964	清里署85に林小班 Kiyosato	160	36
II-a-1	"	新得署93に林小班 (キナウシ国有林) Shintoku	300	24
II-a-2	"	根室署11に林小班 (落石国有林) Nemuro	40	30
III-a-1	"	札幌署48に林小班 (広島国有林) Sapporo	50	30
III-a-2	"	日高署58に林小班 Hidaka	620~650	39
III-a-3	"	稚内署 222 に林小班 (利尻国有林) Wakkanai (Rishiri)	170	30
IV-a	"	檜山署 343 に林小班 (土橋国有林) Hiyama	80	18
I-b-1	昭和40年 1965	佐呂間署90に林小班 (幌岩国有林) Saroma	190	20
I-b-2	"	枝幸署56に林小班 (風烈布国有林) Esashi	300	10
II-b	"	足寄署61に林小班 (上足寄国有林) Ashoro	240	30
III-b	"	大夕張署 396 に林小班 (南部国有林) Oyubari	260~600	40
IV-b	"	東瀬棚署 276 に林小班 (若松国有林) Higashisetana	120	30
III-c-1	昭和41年 1966	羽幌署13に林小班 (中羽幌国有林) Haboro	50	31
III-c-2	"	下川署23に林小班 (御車沢 1 級採種林) Shimokawa	350	17
III-c-3	"	天塩署 137 に林小班 (豊海 1 級採種林) Teshio	10	26
IV-c	"	浦河署 212 に林小班 (絵館国有林) Urakawa	200	30
IV-a	"	昭和39年採種檜山署と同じ Hiyama	80	18

注) 記号 a, b, c... は地区 I, II, III, IV ごとに採種年度順に符することとした。

なお母樹の樹齢は 60 年以上と推定され、いずれの天然林も壮齡林で、各種形質の調査にあたって樹齢の影響はないものと考えられる。

Fig. 3 は各林分の所在を地図上に示したものである。図上の I, II, III, IV はオホーツク海斜面, 太平洋東部, 日本海斜面, 渡島半島・太平洋西部の気候区分を示す。調査方法は次の通りである。

① 球果および種子の形態と発芽率

清里 (I-a), 日高 (III-a-2), 檜山 (IV-a) の各産地の球果と種子についてその形態, 発芽率の測定を行った。なお種子についてはこのほか新得 (II-a-1) のものを加えた。

i) 球果長; 各産地別, 母樹別に 12 個ずつランダムに選んで長さを測定し, そのうち最大値, 最小値を除いて 10 個につき平均して母樹個体の球果長とした。更に各産地につきすべての母樹の平均を各産地の球果長とした。

ii) 球果径; 上記 10 個につき球果長の $1/2$ の部分の横径を測定して平均し, 母樹個体の球果径とし, さらにすべての母樹の平均を各産地の球果径とした。

iii) 種鱗長, 種鱗幅; 球果長の $1/2$ の部分の種鱗をはずしてその縦長と横幅を測定してそれぞれ平均し, さらにすべての母樹の平均値を各産地の種鱗長, 種鱗幅とした。

iv) 苞鱗抽出長; 苞鱗の抽出部の下垂の長さを測定して平均し, さらにすべての母樹の平均値を各産地の苞鱗抽出長とした。

v) 種鱗着生跡の旋回性; 母樹ごとに球果 10 個について鱗片を全部はずして球果軸の種鱗片の着生跡が右巻きか, 左巻きかを調べた。

vi) 種子の実重 (1,000 粒重); 母樹別の精選種子の実重を測定し, すべての母樹の平均値を産地の実重とした。

vii) 種子 1 l 当りの重量, 1 l 当りの粒数; 20 cc の精選種子の重量, 粒数を測定し 1 l 当りに換算した。

viii) 発芽率; 還元法 (亜テルル酸カリ 1% 液) によって精選種子 100 粒 3 回繰返しの方法で発芽見込率を求めた。

② 当年生苗木の形質

当年生苗木の形質については昭和 39 年に採種した清里 (I-a), 新得 (II-a-1), 根室 (II-a-2), 札幌 (III-a-1), 日高 (III-a-2), 利尻 (III-a-3), 檜山 (IV-a) の 7 産地について実施した。なお上記産地のうち根室, 札幌, 利尻の 3 産地は母樹別に採種した種子の混合によるものである。

i) 苗木の子葉数; 約 60 日間雪中埋藏による発芽促進処理を行ってから, 40 年 5 月 10 日, 11 日に北海道林木育種場 (野幌) 苗畑にまき付けした。発芽は各産地とも 5 月 24 日から 5 月 30 日までの間に始まり 6 月 3 日頃最盛期となり 6 月 10 日頃完了した。母樹からの採種種子量が異なりその多少によってまき

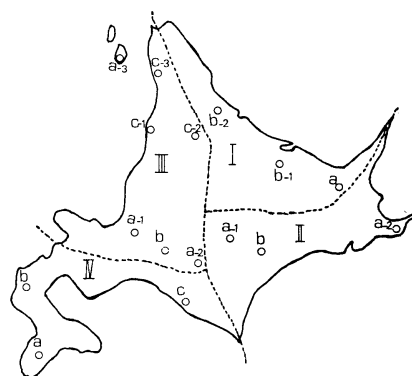


Fig. 3. 供試材料位置図

The locations of the sixteen seed sources from which seed were collected

- I オホーツク海斜面
- II 太平洋東部
- III 日本海斜面
- IV 渡島半島・太平洋西部

See Table 1.

a, b, ……は年次別採種林分の記号
The sites from which seed were collected every year.

付け面積が設計されたため、母樹別苗木の標本抽出は面積の大きさによりきめた。すなわち 1.5 m^2 以下、 $1.6\sim 3.0\text{ m}^2$ 、 3.1 m^2 以上の3段階に分け、 10 cm 平方枿をそれぞれ3, 6, 9か所ランダムに選んで、その全稚苗の子葉数をかぞえた。根室、札幌、利尻の産地苗木については、9か所とした。そして産地別、母樹別の子葉数の出現率(%)を算出した。

ii) 苗長、根長、葉数、苗木重量(乾燥重); 40年5月10日、11日まき付けした苗木について、6月に第1回の本数密度調査を行い、8月に第1回の間引きをして、本数密度をほぼ等しくした。母樹ごとのまき付け面積の大きさにしたがって 10 cm 平方の正方形枿を数か所ランダムに抽出して平均苗木密度を算出した。そしてその平均に近い箇所から母樹ごとに12本の苗木を主根、側根を切断しないよう丁寧に掘り取った。風乾前に苗木についている土を洗い去り1本ずつ整理番号をつけ、封筒へ入れ保管した。母樹別に採種しなかった根室、札幌、利尻の3産地については5か所計60本掘り取った。

苗長は12本の苗木について測定、最大と最小を除いて10本としてその平均値を算出した。その10本について根長(地際から主根の先端までの長さ)、葉数(子葉を除く)を測定した。掘りとり調査は上長生長の停止後40年10月に行った。

地上部、地下部を合せた全生産量の産地差をみるため苗木重量を測定した。苗木重量は風乾状態の苗木を 40°C の恒温器内で数日間予備乾燥させ、各個体ごとに秤量ビンに入れ電気恒温乾燥器により 100°C 前後で5時間乾燥させた後、秤量して乾燥重とした。

母樹ごとに算出された苗長、根長、葉数、苗木重量を平均して産地の値とした。

(2) 結 果

① 球果、種子

Table 6. 球 果, 種 子
Data on traits cone and

産 地 Site of seed origin	球 果 長 Cone length (mm)	球 果 径 Cone diameter (mm)	種 鱗 長 Ovuliferous scale length (mm)	種 鱗 幅 Ovuliferous scale diameter (mm)
	平均 最大 最小 Mean Max. Min.	平均 最大 最小 Mean Max. Min.	平均 最大 最小 Mean Max. Min.	平均 最大 最小 Mean Max. Min.
檜 山 (IV-a) Hiyama	69.2 ± 14.1 103.8 28.8	25.9 ± 2.3 31.9 23.4	10.4 ± 0.9 12.3 9.1	16.0 ± 1.9 21.2 13.6
新 得 (II-a) Shintoku				
日 高 (III-b) Hidaka	60.8 ± 7.2 78.3 36.6	24.8 ± 1.8 28.0 22.0	11.4 ± 1.8 20.4 7.2	16.3 ± 2.5 21.1 7.7
清 里 (I-a) Kiyosato	63.7 ± 5.4 73.5 52.6	25.1 ± 1.9 30.8 23.1	10.8 ± 0.7 12.0 9.7	16.7 ± 1.6 21.6 14.6

産地別の調査記録を Table 6 に示す。

球果長は母樹間のばらつきが大きいことが示されとくに檜山, 日高の最大値は最小値のほぼ 4 倍及び 2 倍の値であった。平均では檜山は 6.9 cm で清里の 6.4 cm にくらべてやや長い結果となった。産地間では 1 % の危険率で有意差が認められた。

球果径は球果長ほど大きなばらつきはなく平均で檜山 2.6 cm, 清里 2.5 cm, 日高 2.5 cm で産地間で有意差は認められなかった。

球果では檜山は他の 2 産地にくらべてやや大きな値を示したが, 種鱗長, 種鱗幅についてはいくぶん小さい値となった。しかし 3 産地間には有意差は認められなかった。

苞鱗の抽出部の下垂長の平均は檜山が 4.1 mm, 清里が 3.5 mm, 日高 2.5 mm で産地間にはかなりの相違が認められた。

球果の種鱗着出跡の旋回方向の右巻き, 左巻きの状態については産地間には勿論個体によっても全く差異は認められなかった。

種子の大きさについては実重で母樹間に大きなばらつきがあったものの, 平均値で檜山産の 12.2 g が最大で, 新得の 9.3 g が最小で産地間にはかなりの差が認められた。

産地間に大きな差の認められた球果長と種子実重について産地の年平均気温, 暖かさの指数 (月平均気温 5°C 以上の月の平均気温から 5°C を引いた数値を加算したもの), 積算寒度 [旬間の (最高気温 + 最低気温) $\times 1/2 \leq 0$ の場合, この値に旬間の日数を乗じ加算したもの] との関係を図 4~9 に示した。産地数が少ないので相関関係を明らかにするにはいたらないものの, 球果長については気温が高いほど長い傾向がうかがわれた。同様に種子実重についても気温が高いほど重い傾向が示された。

の 形 質

seed characteristics.

苞 鱗 抽 出 部 Part of projecting bract scale (mm)	種鱗着生跡旋回性 Turning of trace of ovuliferous scales	1,000 粒重 Seed weight (g)	粒 数/l Seeds/l	発 芽 率 Percent of germination (%)
平 均 Mean 最 大 Max. 最 小 Min.	平 均 Mean 最 大 Max. 最 小 Min.	平 均 Mean 最 大 Max. 最 小 Min.	平 均 Mean 最 大 Max. 最 小 Min.	平 均 Mean 最 大 Max. 最 小 Min.
4.1 $\pm$ 1.0 6.5 2.9	右 4.8 : 5.2 左 2 : 8 8 : 2	12.2 $\pm$ 2.2 16.9 8.6	30,670 $\pm$ 5,940 43,200 20,100	28.4 $\pm$ 7.0 38 7
		9.3 $\pm$ 1.2 10.8 6.6	34,360 $\pm$ 3,690 43,000 26,400	25.8 $\pm$ 6.5 34 9
2.5 $\pm$ 0.7 4.1 1.1	5.3 : 4.7 0 : 10 8 : 2	10.0 $\pm$ 1.5 12.3 5.5	33,650 $\pm$ 6,570 65,700 26,400	22.6 $\pm$ 5.2 34 8
3.5 $\pm$ 0.64 5.1 2.6	5.2 : 4.8 3 : 7 9 : 1	10.7 $\pm$ 1.7 17.2 7.3	31,810 $\pm$ 3,920 40,950 27,300	29.2 $\pm$ 6.3 40 10

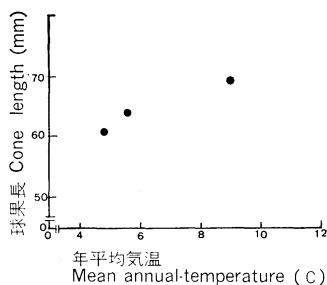


Fig. 4. 球果長 (清里, 日高, 檜山) と産地の年平均気温

The relationship of cone length at three seed sources and their mean annual-temperature.

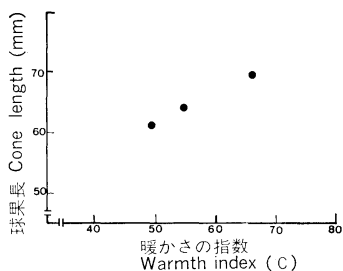


Fig. 5. 球果長 (清里, 日高, 檜山) と産地の暖かさの指数

The relationship of cone length at three seed sources and their warmth index.

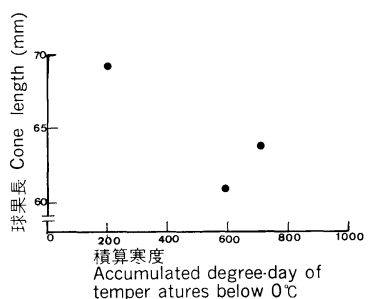


Fig. 6. 球果長 (清里, 日高, 檜山) と産地の積算寒度

The relationship of cone length at three seed sources and their accumulated degree-days of temperatures below 0°C.

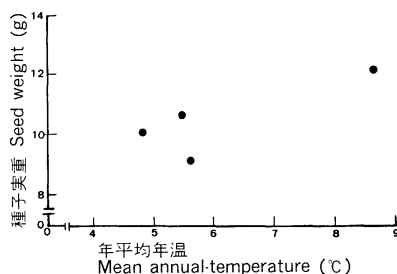


Fig. 7. 種子実重 (清里, 新得, 檜山, 日高, 以下 Fig. 9 まで同一産地) と産地の年平均気温

The relationship of seed weight of four seed sources and their mean annual-temperatures.

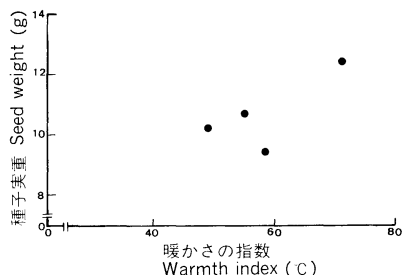


Fig. 8. 種子実重と産地の暖かさの指数

The relationship of seed weight of four seed sources and their warmth indexes.

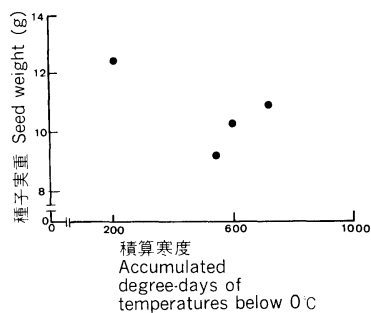


Fig. 9. 種子実重と産地の積算寒度

The relationship of seed weight of four seed sources and their accumulated degree-days of temperatures below 0°C.

Table 7. 産地別子葉数とその出現率
Number of cotyledons and its variance of Sakhalin fir seedlings from seven seed sources.

産地 Site of seed origin	子葉数 Number of cotyledons 調査苗木本数 Number of seedlings measured	2	3	4	5	6	7	平均 Mean	分散 Variance
		本数 (%)	本数 (%)	本数 (%)	本数 (%)	本数 (%)	本数 (%)		
檜山(Ⅳ-a) Hiyama	5,315	3 (0.06)	696 (13.10)	4,326 (81.38)	289 (5.44)	1 (0.02)	1 (0.03)	3.92	0.2034
新得(Ⅱ-a) Shintoku	4,841	1 (0.02)	163 (3.37)	4,262 (88.04)	413 (8.53)	2 (0.04)		4.05	0.1206
清里(Ⅰ-a) Kiyosato	6,045		249 (4.10)	5,268 (87.15)	527 (8.72)			4.05	0.0992
日高(Ⅲ-b) Hidaka	4,580		150 (3.27)	3,952 (86.42)	470 (10.26)	3 (0.07)		4.07	0.1190
札幌(Ⅲ-a) Sapporo	680		95 (15.08)	489 (81.50)	15 (2.50)	1 (0.92)		3.87	0.1733
根室(Ⅱ-b) Nemuro	770		78 (10.04)	677 (87.13)	22 (2.83)			3.93	0.1074
利尻(Ⅲ-c) Rishiri	901		56 (6.21)	755 (83.80)	90 (9.49)			4.04	0.1425

Table 8. 産地別苗木長、根長、葉数、苗木乾燥重
Data on one-year-old-seedlings characteristics from seven seed sources.

産地 Site of seed origin	母樹数 Number of mother trees	苗木長 Height (mm)			根長 Root length (mm)			葉数 Number of needle (枚)			苗木乾燥重 Total dry weight (mg)		
		平均 Mean	最大 Max.	最小 Min.	平均 Mean	最大 Max.	最小 Min.	平均 Mean	最大 Max.	最小 Min.	平均 Mean	最大 Max.	最小 Min.
檜山(Ⅳ-a) Hiyama	18	44.5±3.87	50.7	36.1	116.3±27.87	139.7	90.8	19.7±3.05	29.4	13.0	9.11±16.23	118.5	70.2
新得(Ⅱ-a) Shintoku	24	39.1±2.56	46.0	33.2	122.2±24.28	143.1	102.1	13.0±3.11	19.9	10.8	64.2±7.58	83.9	42.1
清里(Ⅰ-a) Kiyosato	36	39.5±3.08	49.9	34.0	114.5±24.31	137.9	86.4	12.7±1.93	18.9	9.6	63.3±8.50	89.5	45.1
日高(Ⅲ-b) Hidaka	39	37.4±2.76	43.5	27.6	116.0±22.45	140.1	91.1	12.3±1.86	14.7	9.3	66.3±10.08	84.7	50.7
札幌(Ⅲ-a) Sapporo		40.1±5.05			105.2±16.39			16.4±2.52			67.7±3.42		
根室(Ⅱ-b) Nemuro		35.7±3.27			91.8±18.17			12.5±3.42			54.1±7.35		
利尻(Ⅲ-c) Rishiri		40.8±4.24			118.4±16.42			16.1±5.74			70.0±6.16		

② 子 葉 数

Table 7 は産地別の調査本数と子葉数ならびにその出現率、分散を示す。これからみると各産地とも多少の差はあるがトドマツの子葉は4枚が最も多く、その出現率は80~90%の範囲であった。しかし3枚と5枚の出現率は産地によりかなりの差があり、根室、札幌、檜山は3枚の出現率が5枚のそれより2倍以上も多く、清里、新得、日高のものは逆に5枚の出現率が3枚のそれより2倍以上も多い結果となった。産地別の平均子葉数では、根室、札幌、檜山は4.0以下、その他の産地は4.0以上で最大は日高の4.07、最小は札幌の3.87であった。

③ 苗長、根長、葉数、苗木重量(乾燥重)

Table 8 に産地別苗木の母樹数、苗長、根長、葉数、苗木重量(乾燥重)の平均値及び標準偏差、母樹ごとの平均値の最大値、最小値を示した。

Table 8 から苗長は檜山産が44.5mmで最大で最小の根室35.7mmの間には8.8mmの差がある。

同様に葉数についても檜山産が19.7枚で最大で最小の日高産の12.3枚と7.4枚の差がある。根長については新得の122.2mmが最大であるが、各産地ともあまり大きな差はみられなかった。また苗木の乾燥重では苗長、葉数で現われた差が一層顕著に示され、檜山の平均91.1mgに対して他の3産地は60mg強でおよそ2/3であった。

子葉数、苗長、根長、葉数、苗木乾燥重について産地間の有意差を求めたが、根長を除いて檜山とその他の産地間には1%の水準で有意差が認められ、根長については産地間に有意差は認められなかった。

標本抽出に際しては、各母樹ごとの苗床における10cm平方の平均本数密度を基礎としているため各産地の密度の違いが生長に影響しているかどうかを検討した。その結果密度と生長との相関には有意性は認められなかった。

また各個体ごとに、苗長を苗木乾燥重で除した値(単位mm/mg)を算出して母樹ごとの平均値を求め、産地別に度数分布表で示した(Table 9)。この値については檜山産が最も小さく根室産が最も大き

Table 9. 産地別苗木の苗長/苗木乾燥重についての母樹別の度数分布
Number of times distribution of height/total weight of
one-year-old seedlings from seven seed sources.

産 地 Site of seed origin	檜 山 (IV-a) Hiyama	新 得 (II-a-1) Shintoku	清 里 (I-a) Kiyosato	日 高 (III-a-2) Hidaka	札 幌 (III-a-1) Sapporo	根 室 (II-a-2) Nemuro	利 尻 (III-a-3) Rishiri
範 囲 Extent							
0.40 ~ 0.44	3						
0.45 ~ 0.49	4	1	3	4			
0.50 ~ 0.54	7	2	2	10			
0.55 ~ 0.59	4	8	7	10			
0.60 ~ 0.64		5	10	6			
0.65 ~ 0.69		6	5				
0.70 ~ 0.74			5				
0.75 ~ 0.79		2	3				
0.80 ~ 0.84			1				
平 均 Mean	0.49	0.61	0.62	0.56	0.59	0.66	0.58

注) 札幌、根室、利尻の3産地は母樹別に採取した混合種子によるもので平均値のみを記載した。

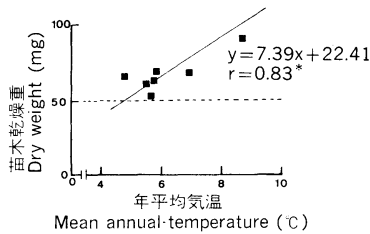


Fig. 10. 1年生苗木乾燥重 (清里, 新得, 根室, 札幌, 日高, 利尻, 桧山, 以下 Fig. 15 まで同一産地) と産地の年平均気温

Correlation between the dry weight of one-year-old seedlings of seven different seed sources and their mean annual-temperature.

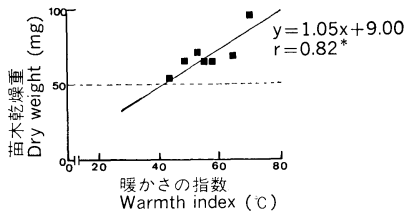


Fig. 11. 1年生苗木乾燥重と産地の暖かさの指数

Correlation between the dry weight of one-year-old seedlings of seven different seed sources and their warmth indexes.

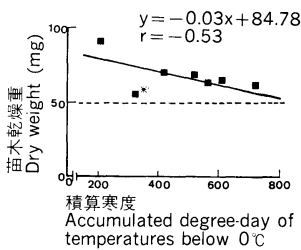


Fig. 12. 1年生苗木乾燥重と産地の積算寒度

Correlation between the dry weight of one-year-old seedlings of seven different seed sources and their accumulated degree-days of temperatures below 0°C.

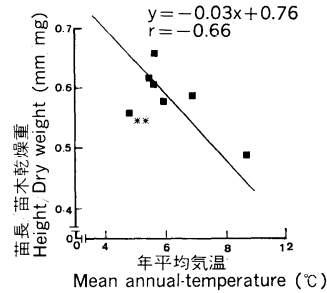


Fig. 13. 1年生苗木の苗木長/苗木乾燥重と産地の年平均気温

Correlation between the height/dry weight of one-year-old seedlings of seven different seed sources and their mean annual-temperatures.

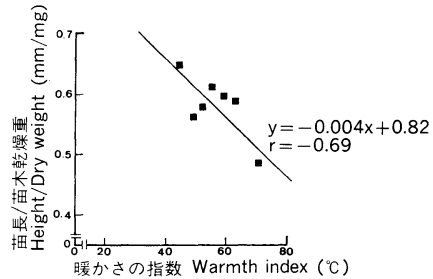


Fig. 14. 1年生苗木の苗木長/苗木乾燥重と産地の暖かさの指数

Correlation between the height/dry weight of one-year-old seedlings of seven different seed sources and their warmth indexes.

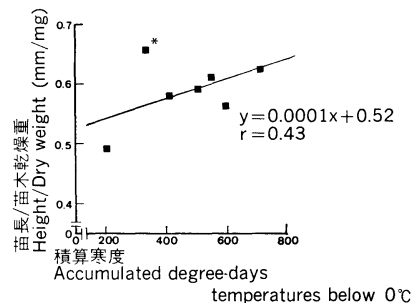


Fig. 15. 1年生苗木の苗木長/苗木乾燥重と産地の積算寒度

Correlation between the height/dry weight of one-year-old seedlings of seven different seed sources and their accumulated degree-days of temperatures below 0°C.

Fig. 16. 産地別, 母樹別の実生苗の配置図
Arrangement of seedlings by seed sources and mother trees

B	12	18	2	20	C	5	15	30	37	F	A	13	18	32	27	A 檜山 Hiyama (IV-a) B 新得 Shintoku (II-a-1) C 清里 Kiyosato (I-a) D 日高 Hidaka (III-a-2) E 札幌 Sapporo (III-a-1) R 根室 Nemuro (II-a-2) G 利尻 Rishiri (III-a-3) 数字は 母樹番号 Numerals : Mother tree number.								
	26	10	39	40		2	34	28	26			24		36	35									
	36	11	6	5		18	22	8	31			11	15		34									
	25	7	1	35		1	6	11	7			23	26	25	31									
	16	38	34	8		33	10	9	36			14	5	6	38									
E	14	32	30	3	27	32	29	21	20	35	3	13	C	23	15		8	32						
					17	12	23	24	22	24	33	9		29	36		7	28						
					19	14	4	16	16	13	32	31		22	24		33	9						
									14	24	37	34		26	18		17	20						
									40	18	35	12		2	21		12	10						
C	3	1	19	34	G	A	24	26	18	E	D	39	40	35	33		B	40	11	16	26			
	31	29	33	23			38	14	13			35		15	5			38	7	18	38	2		
	24	13	17	9			31	34	6			15	29	10	28			21	3	34	20	36		
	8	15	35	27			11	32				25	27	36	3			19	5	30	14	1		
	6	20	21	7			5	37	23			36	16	9	6			17	39	32	12	35		
F	4	16	37	2	B	14	38	25	5	G	C	6	31	7	3		E	F	E					
	12	30	14	18		36	32	26	7			27	35	29	10						11	17	37	19
	5	26	22	11		1	11	8	30			11	17	37	19						30	4	21	12
	36	10	32	28		12	16	2	3			23	5	18	24						26	15	33	32
						40	10	35	39			34	1	20	28						8	36	16	9
D	33	3	2	25	E	F	D	32	12	31	38	B	10	16	34		40	A	36		11	38		
	11	7	22	24									2	11	38		6		18	34	14	32		
	10	15	26	36									14	39	20		30		13	23	31	6		
	40	17	6	14									35	36	18		8		35		37	26		
	27	19	4	23									3	5	26		1		25	12	32	7		
A	16		37	21	D	32	12	31	38	E	C	6	31	7	3		B	40	11	16	26			
	1	8	29	28								27	35	29	10			11	17	37	19			
	9	35	5	39								11	17	37	19			30	4	21	12			
	38	34	18	13								26	15	33	32			23	5	18	24			
	32	31	20	12								34	1	20	28			26	15	33	32			
G	26	11	32	36	F	E	D	32	12	31	38	B	10	16	34		40	A	36		11	38		
	35	5		38									2	11	38		6		18	34	14	32		
	23	15	6	13									14	39	20		30		13	23	31	6		
		31	24	18									35	36	18		8		35		37	26		
	14	34	37	25									3	5	26		1		25	12	32	7		
B					D	32	12	31	38	E	C	6	31	7	3		B	40	11	16	26			
												27	35	29	10			11	17	37	19			
												11	17	37	19			30	4	21	12			
												26	15	33	32			23	5	18	24			
												34	1	20	28			26	15	33	32			
C					F	E	D	32	12	31	38	B	10	16	34		40	A	36		11	38		
													2	11	38		6		18	34	14	32		
													14	39	20		30		13	23	31	6		
													35	36	18		8		35		37	26		
													3	5	26		1		25	12	32	7		
D					F	E	D	32	12	31	38	B	10	16	34		40	A	36		11	38		
													2	11	38		6		18	34	14	32		
													14	39	20		30		13	23	31	6		
													35	36	18		8		35		37	26		
													3	5	26		1		25	12	32	7		
E					F	E	D	32	12	31	38	B	10	16	34		40	A	36		11	38		
													2	11	38		6		18	34	14	32		
													14	39	20		30		13	23	31	6		
													35	36	18		8		35		37	26		
													3	5	26		1		25	12	32	7		
F					D	32	12	31	38	E	C	6	31	7	3		B	40	11	16	26			
												27	35	29	10			11	17	37	19			
												11	17	37	19			30	4	21	12			
												26	15	33	32			23	5	18	24			
												34	1	20	28			26	15	33	32			
G					F	E	D	32	12	31	38	B	10	16	34		40	A	36		11	38		
													2	11	38		6		18	34	14	32		
													14	39	20		30		13	23	31	6		
													35	36	18		8		35		37	26		
													3	5	26		1		25	12	32	7		
A					F	E	D	32	12	31	38	B	10	16	34		40	A	36		11	38		
													2	11	38		6		18	34	14	32		
													14	39	20		30		13	23	31	6		
													35	36	18		8		35		37	26		
													3	5	26		1		25	12	32	7		
B					D	32	12	31	38	E	C	6	31	7	3		B	40	11	16	26			
												27	35	29	10			11	17	37	19			
												11	17	37	19			30	4	21	12			
												26	15	33	32			23	5	18	24			
												34	1	20	28			26	15	33	32			
C					F	E	D	32	12	31	38	B	10	16	34		40	A	36		11	38		
													2	11	38		6		18	34	14	32		
													14	39	20		30		13	23	31	6		
													35	36	18		8		35		37	26		
													3	5	26		1		25	12	32	7		
D					F	E	D	32	12	31	38	B	10	16	34		40	A	36		11	38		
													2	11	38		6		18	34	14	32		
													14	39	20		30		13	23	31	6		
													35	36	18		8		35		37	26		
													3	5	26		1		25	12	32	7		
E					F	E	D	32	12	31	38	B	10	16	34		40	A	36		11	38		
													2	11	38		6		18	34	14	32		
													14	39	20		30		13	23	31	6		
													35	36	18		8		35		37	26		
													3	5	26		1		25	12	32	7		
F					D	32	12	31	38	E	C	6	31	7	3		B	40	11	16	26			
												27	35	29	10			11	17	37	19			
												11	17	37	19			30	4	21	12			
												26	15	33	32			23	5	18	24			
												34	1	20	28			26	15	33	32			
G					F	E	D	32	12	31	38	B	10	16	34		40	A	36		11	38		
													2	11	38		6		18	34	14	32		
													14	39	20		30		13	23	31	6		
													35	36	18		8		35		37	26		
													3	5	26		1		25	12	32	7		
A					F	E	D	32	12	31	38	B	10	16	34		40	A	36		11	38		
													2	11	38		6		18	34	14	32		
													14	39	20		30		13	23	31	6		
													35	36	18		8		35		37	26		
													3	5	26	1	25		12	32	7			
B					D	32	12	31	38	E	C	6	31	7	3	B	40	11	16	26				
												27	35	29	10		11	17	37	19				
												11	17	37	19		30	4	21	12				
												26	15	33	32		23	5	18	24				
												34	1	20	28		26	15	33	32				
C					F	E	D	32	12	31	38	B	10	16	34	40	A	36		11	38			
													2	11	38	6		18	34	14	32			
													14	39	20									

な値となった。地域的傾向としては檜山, 日高, 札幌, 利尻の道西側産トドマツが新得, 清里, 根室の道東側産にくらべて小さい値となり, 苗長や苗木乾燥重とは逆の傾向を示した。

Fig. 10~12 は当年生苗木の乾燥重 (40年5月播種, 40年10月測定) と産地の年平均気温¹²⁾, 暖かさの指数⁵⁾, 積算寒度¹²⁾との関係を示したものである。Fig. 12 で積算寒度 330°C で回帰直線からはずれる点は根室である (*印)。これは他の産地と異なり冬比較的暖かく夏冷涼な気象条件にあり, 積算寒度と年平均気温, 暖かさの指数の関係で異常点であることによるものと考えられる。

Fig. 13~15 は苗長/苗木乾燥重 と産地の平均気温, 暖かさの指数, 積算寒度との関係を示したものである。Fig. 13 の 49°C で回帰直線からはずれる点は日高である (**印)。これは他の産地と異なり海拔の高い産地である。Fig. 15 の回帰直線からはずれる点は前述した根室を示したものである (*印)。

データ解析の結果, 苗木乾燥重は積算寒度と低い負の相関が, 平均気温, 暖かさの指数では5%の危険率で有意な正の相関が認められ, 苗木乾燥重は気温が高くなると大きくなる関係がある。すなわち苗木乾燥重については生育期間, 主に夏の気温と深い関係があると考えられる。苗高/苗木乾燥重の値は気温, 暖かさの指数とは弱い負の相関が, 積算寒度には弱い正の相関がみられ, 気温が高くなると低くなる傾向を示した。

2) 2年生以上の苗木の形質

トドマツの養苗の最大の問題の一つは苗木の生長が遅いことで, 生長速度は実用形質として最も重要である。またトドマツの二次生長は苗木の形を不揃いにし, しかも徒長苗を作ることによって問題視されているので1年生以上の苗木についてこの苗高と二次生長について調査を行った。

(1) 材料と方法

昭和40年(1965)まき付けした清里(I-a), 新得(II-a-1), 根室(II-a-2), 札幌(III-a-1), 日高(III-a-2), 利尻(III-a-3), 檜山(IV-a)の7産地の苗木を41年9月に床替した。その際母樹別にまき付けされた各プロットごとに苗木を掘り取り無作為に苗木数をかぞえ10番目ごとの苗木を試験設計であらかじめ決められた本数だけ抽出した。プロット, ブロックの設定は, 土壌, 立地などの条件がほぼ同一と考えられる苗畑に, 幅1m, 長さ40mの苗床を16本作り, その4本を1ブロックとした。産地ごとに区画を作り, 更に母樹別に養苗した産地については, 母樹別に細分した区画をとった。苗床は16本あり繰返し数は4回となる。1母樹のプロットは1m²とし, 植栽本数は64本で母樹別の4産地117母樹〔内訳: 清里(I-a)は36母樹, 新得(II-a-1)は24母樹, 日高(III-a-2)は39母樹, 檜山(IV-a)は18母樹〕については1母樹につき4回繰返して64×4=256(本), 母樹別でない3産地については1産地につき12m²の4回繰返して64×12×4=3,072本を植付けた(Fig. 16)。

① 苗 高

調査本数は1プロット20本で, 1m²区画の内部に植えられているものから無作為に抽出した。1母樹80本で母樹ごとに養苗した4産地の場合檜山では18(母樹)×80(本)=1,440(本), 新得では24(母樹)×80(本)=1,920(本), 清里では36(母樹)×80(本)=2,880(本), 日高では39(母樹)×80(本)=3,120(本)について測定した。母樹別でなく, 混合だねとしてとった根室, 札幌, 利尻の3産地では, 1産地960本について測定した。調査は昭和41年(1966年)から昭和43年(1968年)まで毎年9月に実施した。

昭和41年まき付けした佐呂間(I-b-1), 枝幸(I-b-2), 足寄(II-b), 大夕張(III-b), 東瀬棚

(IV-b) の5産地の養苗は母樹別でなく混合だねに由来するもので、43年5月に床替した。その際各産地とも1プロット200本植えとし5回繰返して植えつけた。床替時及び43年(1968年)から45年(1970年)まで毎年苗高を測定した。

昭和42年まき付けした羽幌(III-c-1), 下川(III-c-2), 天塩(III-c-3), 浦河(IV-c), 檜山(IV-a)の母樹ごとに養苗した苗木(浦河のみ混合だね)は昭和40年のまき付けと同じ方法で設計し、43年10月に床替した。昭和44年(1969年)と昭和45年(1970年)に母樹別に10本ずつ苗高調査を行った。

② 二次生長発生率と二次生長量

トドマツの苗木は春に開葉して上長生長を始めるが夏から秋にかけて一時生長を停止し冬芽を形成する。しかしその後再び開葉して生長を始める苗木もある。これを一般に二次生長(秋のび)と呼んでいる。二次生長の発生率は床替翌年は低く、据えおき苗は高い。また肥料3要素のなかでN肥料の過剰や、高温多雨の年に発生しやすいといわれている¹³⁾。またトドマツ苗木を長日処理した場合は発生率が高くなり逆に短日処理をした場合は秋のびが抑制されることが報告されている¹⁴⁾。このように秋のびは苗木の取扱いのほか、栄養条件や水分及びこの時期の光が関係することが示されている。二次生長の形態については、RUDOLPHのJack pine (*Pinus banksiana* LAMB.)の例が引用される場合が多く玉利¹⁵⁾がすでに実施しているがRUDOLPH¹⁶⁾は二次生長を

(i) 頂芽の二次生長(Lammas growth)

(ii) 側芽の二次生長(prolepsis)

(iii) 両者の二次生長

(iv) 異常に長い芽(long buds)

の4つの型に分けている。トドマツは通常(iv)の型はみられず、(ii)の型が最も多く、そのため頂芽が停止し、側芽が優勢となって主軸に変る場合や、主軸が2本立てになる異常苗や、徒長苗ができるため苗木の生産者は秋のびをきらい根切りや雪中埋藏その他生長抑制物質(Na NAA 100 ppm)¹⁴⁾によって秋のびを阻止するなど育苗面での取扱いの工夫がなされてきた。しかしこの秋のびは同一条件で苗木を養成してもその発生率が母樹個体や産地によって著しい差のあることも明らかになってきた。

昭和40年(1965年)にまき付けした7産地、清里(I-a), 新得(II-a-1), 根室(II-a-2), 札幌(III-a-1), 日高(III-a-2), 利尻(III-a-3), 檜山(IV-a)のものについては昭和42年(1967年)及び43年(1968年)に各プロット毎にRUDOLPHの(i), (ii), (iii)の型についてそれぞれ二次生長した苗木をかぞえて、全本数に対する割合を算出した。また昭和41年にまき付けした5産地、佐呂間(I-b-1), 枝幸(I-b-2), 足寄(II-b), 大夕張(III-b), 東瀬棚(IV-b)については、昭和44年(1969年)に200本ずつの苗木を用いてRUDOLPHの(i), (ii), (iii)の3型を区別せずに二次生長数をかぞえた。また40年にまき付けした7産地のものについては1プロットごとに無作為に10本選んで各苗木について秋のびした側芽あるいは頂芽の最長のものを測定してその平均を二次生長量とした。

(2) 結 果

① 苗 高

16産地について産地別苗木の生長をTable 10に示す。この16産地の種子は既に述べたように採種年、まき付け年及び苗木の取扱いが年度により異なるため同一条件として比較できないが40年にまき付けた苗木で最も生長の早い産地は檜山(IV-a), 41年は東瀬棚(IV-b), 42年は羽幌(III-c-1)でい

Table 10. 産地別苗木の生長
Height of seedlings from different seed sources

記号 Marks	産地 Seed origins	母樹数 No. of mother tree	採種年 Year of seed collection	まき付け 年 Sowing year	苗木の生長 Height (cm)				
					当年生 1 year	2年生 2 years	3年生 3 years	4年生 4 years	5年生 5 years
I-a	清里 Kiyosato	36	39年	40年	4.0	9.3	14.3	23.0	—
II-a-1	新得 Shintoku	24	〃	〃	3.9	9.9	15.7	27.8	—
II-a-2	根室 Nemuro	30*	〃	〃	3.6	7.5	12.1	19.5	—
II-a-1	札幌 Sapporo	30*	〃	〃	4.0	11.2	15.3	27.2	—
II-a-2	日高 Hidaka	39	〃	〃	3.7	9.4	14.4	25.8	—
III-a-3	利尻 Rishiri	30*	〃	〃	4.1	9.6	14.0	23.0	—
IV-a	檜山 Hiyama	18	〃	〃	4.5	12.0	18.0	33.4	—
I-b-1	佐呂間 Saroma	20*	40年	41年	—	8.0	14.3	21.4	43.0
I-b-2	枝幸 Esashi	10*	〃	〃	—	9.7	14.8	20.4	40.3
II-b	足寄 Ashyoro	30*	〃	〃	—	7.9	13.1	19.2	37.6
III-b	大夕張 Oyubari	40*	〃	〃	—	9.9	14.2	21.0	40.1
IV-b	東瀬棚 Higashisetana	30*	〃	〃	—	11.6	18.5	24.9	47.9
III-c-1	羽幌 Haboro	31	〃	〃	—	—	13.7	24.6	—
III-c-2	下川 Shimokawa	17	〃	〃	—	—	12.3	21.8	—
III-c-3	天塩 Teshio	21	〃	〃	—	—	12.4	22.6	—
IV-c	浦河 Urakawa	30*	〃	〃	—	—	11.2	18.3	—
IV-a	檜山 Hiyama	18	〃	〃	—	—	12.6	24.3	—

(注) *採取母樹の混合種子による苗木, その他は母樹別苗木の平均値を示す。

Seedlings originated from a few mother trees; shown are mean height of seedlings (trees) originating from a mother tree.

ずれも日本海側あるいは道南部のトドマツであった。反対に生長の遅いものは根室 (II-a-2), 足寄 (II-b-1), 浦河 (IV-c) など十勝地方あるいは太平洋側の産地であった。

また新得 (II-a-1), 佐呂間 (I-b-1) などまき付けてから3年頃までは生長が遅いが4年以降生長が早くなる産地もみられた。そのほか檜山 (IV-a) と根室 (II-a-2) および利尻 (III-a-3), 東瀬棚 (IV-b) と足寄 (III-b) のように産地による生長の差が苗木の年齢がふえるにつれ明らかとなっていく傾向であることも示された。すなわち日本海側の南部, 渡島半島のトドマツはまき付け当年から生長良好でおとろえない傾向にあり, 太平洋東部の寡雪地帯のトドマツは生長が一貫して遅い傾向がみられた。

② 二次生長発生率と二次生長量

Table 11 に12産地の二次生長発生率と二次生長量の結果を示す。二次生長発生率は母樹の家系によっても差はみられたが, 全体を平均すると42年の調査で檜山 (IV-a) は64.6%, 根室 (II-a-2) は21.6%, 札幌 (III-a-1) は51.2%, 他の清里 (I-a), 新得 (II-a-1), 利尻 (III-a-3), 日高 (III-a-2) はおよそ40%前後の値となり, とくに檜山 (IV-a) と根室 (II-a-2) が他の5産地に比べて顕著

Table 11. 二 次 生 長 発 生 率
Frequency of secondary-shoot occurrence on seedlings from
different seed sources.

記 号 Marks	産 地 Seedorigin	調査本数 No. of investi- gated indi- viduals	3 年 生 3 years (Percent)			4 年 生 4 years (Percent)			二次生長量 Secondary-shoot occurrence	
			(i)	(ii)	(iii)	(i)	(ii)	(iii)	3 年生 3 years (cm)	4 年生 4 years (cm)
I-a	清 里 Kiyosato	2,880	0.42	38.79	3.09	0.19	7.64	1.37	3.3	3.6
II-a-1	新 得 Shintoku	1,920	0.83	36.74	1.93	0.37	13.21	0.72	3.9	4.8
II-a-2	根 室 Nemuro	960	0.96	17.72	2.92	0.85	17.24	3.04	2.5	7.0
III-a-1	札 幌 Sapporo	960	0.52	45.70	4.90	0.34	30.36	2.80	3.0	7.1
III-a-2	日 高 Hidaka	3,120	0.45	38.66	2.69	0.18	17.09	1.23	3.4	5.0
II-a-3	利 尻 Rishiri	960	0.21	35.95	3.54	0.13	21.51	2.16	2.4	6.0
IV-a	檜 山 Hiyama	1,440	1.25	48.70	14.65	0.28	30.47	9.05	4.1	8.9
I-b-1	佐 呂 間 Saroma	200				28.0				
I-b-2	枝 幸 Esashi	200				48.7				
II-b	足 寄 Ashyoro	200				35.3				
III-b	大 夕 張 Oyubari	200				54.3				
IV-b	東 瀬 棚 Higashisetana	200				67.3				

注) 空欄は未調査。

Note: Blanks in columns indicate no investigation.

な相違を示した。二次生長量は桧山が 4.05 cm で最高で、ついで新得の 3.91 cm, 利尻が最低の 2.44 cm であった。本調査の結果から苗木と同様に北海道の中央脊梁山脈を境にして西側のトドマツが東側のトドマツにくらべて二次生長発生率が高い傾向が示された。とくにトドマツ分布の南限に近い桧山産の二次生長発生率は他の産地にくらべて極端に高く二次生長量も大きく、また日本海沿岸の南西部に位置する東瀬棚のトドマツも二次生長発生率が高いことから、苗木の生長のよいこと、二次生長発生率の高いことは日本海側及び道南西部のトドマツの共通した特徴といえる。

3 年生苗と 4 年生苗の二次生長発生率では全般的に 3 年生が高い結果となったが、3 年生苗は据えおき苗で、4 年生苗はその前年に床替したものであるため根切りなどの影響で二次生長発生率が低下したものと考えられる。

3) 苗木の諸形質に関する統計的処理及び相関解析

清里 (I-a), 新得 (II-a-1), 日高 (III-a-2), 檜山 (IV-a) の 4 産地について球果、種子及び苗木の諸形質について相関解析を行った (Table 12)。

この結果、苗木高、直径、葉の数はいずれの産地においても苗木の乾燥重と正の相関が認められた。また種子重量と苗木高、直径、苗木の乾燥重の間には弱い正の相関が認められた。上記 7 産地について苗木高及び二次生長発生率について分散分析による産地間の有意差検定を行った。分散分析の結果を Table 13~16 に示す。

Table 12. 球果・種子及び苗木の各種形質の相関
Correlation coefficients between characteristics of one-year-old seedlings
based upon 18 to 39 single tree-progenies from four seed sources.

		II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
I 球果長 Cone length	A	0.41	-0.02	-0.14	0.08	0.05	0.32	0.34	0.07
	B	—	—	—	—	—	—	—	—
	C	0.43**	-0.04	-0.21	0.27	0.20	0.29	0.28	0.02
	D	-0.15	-0.01	0.05	0.07	-0.05	0.00	0.24	0.25
II 種子重量 Seed weight	A		-0.17	0.20	0.21	0.44	0.06	0.38	-0.32
	B		0.06	0.21	0.34	0.18	0.55**	0.77**	0.23
	C		0.28	0.08	0.19	0.04	0.19	0.33*	0.22
	D		0.46**	0.08	0.27	-0.04	0.27	0.26	0.22
III 種子発芽率 Seed germination	A			0.27	0.40	0.41	0.08	0.18	0.24
	B			-0.27	0.26	0.19	-0.21	0.09	0.32
	C			-0.02	0.06	0.14	0.13	0.03	0.30
	D			-0.18	0.23	-0.14	-0.12	-0.30	-0.15
IV 子葉数 Number of cotyledons	A				0.52*	0.51*	0.30	0.39	0.20
	B				-0.01	0.06	0.16	0.19	0.17
	C				0.29	0.30	-0.17	0.11	0.30
	D				-0.22	-0.04	0.26	0.26	0.19
V 苗木高 Height	A					0.64**	0.46*	0.78**	0.56**
	B					0.21	0.19	0.53**	0.76**
	C					0.36**	0.11	0.50**	0.42**
	D					0.08	0.30	0.55**	0.17**
VI 根長 Root length	A						0.34	0.41**	-0.08
	B						0.08	0.52**	0.28
	C						0.33	0.40	0.11
	D						0.03	0.29	-0.10
VII 直径 Diameter	A							0.65**	0.35
	B							0.47**	0.42**
	C							0.40**	0.32
	D							0.66**	0.44**
VIII 乾燥重 Dry weight	A								0.61**
	B								0.53**
	C								0.60**
	D								0.48**
IX 葉の数 Needle number	A								
	B								
	C								
	D								

A : 檜山 Hiyama(IV-a), B : 新得 Shntoku(II-a-1), C : 清里 Kiyosato(I-a), D : 日高 Hidaka(III-a-2)

** 1%の水準で有意性あり Significant at one percent level.

* 5%の水準で有意性あり Significant at five percent level.

Table 13. トドマツの実生苗4産地（檜山，新得，清里，日高）と母樹
別苗木の苗高についての分散分析表

Analysis of the variance of the height of seedlings from four seed
sources (Hiyama, Shintoku, Kiyosato and Hidaka) and mother trees

要 因 Source			S. S.	d. f.	M. S.	F
産 地	Seed origin		17133, 690	3	5711, 230	289. 660**
ブ ロ ッ ク	Block		15, 690	3	5, 230	0. 265
誤 差	Error		177, 458	9	19, 717	
小 計	Total		17326, 838	15		
母 樹	Mother trees		31509, 983	116	271, 638	88. 887**
母樹×ブロッ	Mother trees×Block		6529, 224	348	18, 762	6. 139**
誤 差	Error		27139, 990	8880	3, 056	
小 計	Total		65719, 197	9344		
計	Total		83046, 035	9359		

** 1%の水準で有意 Significant at one percent level.

Table 14. トドマツ実生苗7産地（檜山，新得，清里，日高，札幌，
根室，利尻）の苗高についての分散分析

Analysis of the variance of the height of seedlings from seven
seed sources (Hiyama, Shintoku, Kiyosato, Hidaka, Sapporo, Ne-
muro and Rishiri)

要 因 Source			S. S.	d. f.	M. S.	F
産 地	Seed origin		26330, 892	6	4388, 482	117. 891**
ブ ロ ッ ク	Block		111, 675	3	37, 225	0. 946
誤 差	Error		708, 562	18	39, 365	
計	Total		27151, 129	27		

** 1%の水準で有意 Significant at one percent level.

Table 15. トドマツ実生苗4産地（檜山，新得，清里，日高）と母樹別
苗木の二次生長発生率についての分散分析表

Analysis of variance of the frequency of secondary-shoot occurrence
on seedlings from four seed sources and mother trees

要 因 Source			S. S.	d. f.	M. S.	F
産 地	Seed origin		32781, 402	3	10927, 134	23. 977**
ブ ロ ッ ク	Block		533, 197	3	177, 733	1. 698
誤 差	Error		4100, 829	9	455, 647	
小 計	Total		37415, 428	15		
母 樹	Mother trees		122979, 680	116	1051, 108	71. 876**
誤 差	Error		4913, 685	336	14, 624	
小 計	Total		127893, 365	452		
計	Total		165308, 793	467		

** 1%の水準で有意 Significant at one percent level.

Table 16. トドマツ実生苗7産地(檜山, 新得, 清里, 日高, 札幌, 根室, 利尻)の二次生長発生率についての分散分析
Analysis of variance of the frequency of secondary-shoot occurrence on seedlings from seven seed sources

要 因 Source	S. S.	d. f.	M. S.	F
産 地 Seed origin	60713.667	6	10118.946	18,270**
ブ ロ ッ ク Block	887.390	3	295.797	0.543
誤 差 Error	9969.460	18	553.859	
計 Total	71570.517	27		

** 1%の水準で有意 Significant at one percent level.

Table 17. 7産地の苗高の平方和の分割
Partition of the sum of squares of the height of seedlings from seven seed sources

	S. S.	d. f.	M. S.	F
檜山・札幌・利尻 - 日高・清里・新得・根室 Hiyama, Sapporo, Rishiri - Hidaka, Kiyosato, Shintoku, Nemuro	6842.880	1	6842.880	173,832**
檜山 - 札幌 - 利尻 Hiyama - Sapporo - Rishiri	11281.410	2	5640.205	143,280**
日高 - 新得 - 清里 - 根室 Hidaka - Shintoku - Kiyosato - Nemuro	8207.602	3	2735.867	69,450*
檜山 - 札幌・利尻 Hiyama - Sapporo, Rishiri	10663.200	1	10663.200	270,800**
札幌 - 利尻 Sapporo - Rishiri	617.210	1	617.210	15,679**
根室 - 日高・新得・清里 Nemuro - Hidaka, Shintoku, Kiyosato	5622.652	1	6522.652	142,834**
日高 - 新得 - 清里 Hidaka - Shintoku - Kiyosato	2584.950	2	1292.475	32,833**

Table 18. 7産地の二次生長発生率の平方和の分割
Partition of the sum of squares of the frequency of secondary shoot occurrence on seedlings from seven seed sources

	S. S.	d. f.	M. S.	F
檜山・札幌・利尻 - 日高・清里・新得・根室 Hiyama, Sapporo, Rishiri - Hidaka, Kiyosato, Shintoku, Nemuro	24337.047	1	24337.047	43,941**
檜山 - 札幌 - 利尻 Hiyama - Sapporo - Rishiri	18339.444	2	9169.722	16,556**
日高 - 清里 - 新得 - 根室 Hidaka - Kiyosato - Shintoku - Nemuro	18037.177	3	6012.202	10,854**
檜山 - 札幌・利尻 Hiyama - Sapporo, Rishiri	15138.939	1	15138.938	27,337**
札幌 - 利尻 Sapporo - Rishiri	3200.505	1	3200.505	5,779
根室 - 日高・新得・清里 Nemuro - Hidaka, Shintoku, Kiyosato	17263.308	1	17263.308	31,169**
日高 - 新得 - 清里 Hidaka - Shintoku - Kiyosato	773.869	2	386.935	0,699

苗高、二次生長發生率とも産地間に高い有意差が認められ、産地により大きな変異のあることが明らかになった。

本調査では日高(Ⅲ-a-2)は中央脊梁山脈の西側に位置するが、山脈のかなり奥地にありしかも海拔高が他の産地に比べていくぶん高いことから統計処理の結果では東側の産地に類似した傾向を示した。

地域区分を明確にするため苗高と二次生長發生率について、中央脊梁山脈を境に西側の檜山(Ⅳ-a)・札幌(Ⅲ-a-1)・利尻(Ⅲ-a-3)と東側の清里(Ⅰ-a)・新得(Ⅱ-a-1)・根室(Ⅱ-a-2)及び東側に隣接した日高(Ⅲ-a-2)の間の有意差検定、また檜山(Ⅳ-a)と札幌(Ⅲ-a-1)・利尻(Ⅲ-a-3)、根室(Ⅱ-a-2)と日高(Ⅲ-a-2)・清里(Ⅰ-a)・新得(Ⅱ-a-1)の有意差検定を行った結果1%の水準で有意差が認められ苗木の生長について統計的に西側と東側、同じ西側でも檜山(Ⅳ-a)と札幌(Ⅲ-a-1)・利尻(Ⅲ-a-3)、同じ東側でも根室(Ⅱ-a-2)と日高(Ⅲ-a-2)・清里(Ⅰ-a)・新得(Ⅱ-a-1)で性質が異なることが明らかになった(Table 17~18)。

4) 苗木の苗高及び二次生長發生率と種子産地の気温との関係

種子産地の苗高及び二次生長發生率が地域及び産地によってかなりの差のあることが明らかになった。トドマツの自生地の気温を地域別にみると夏の気温と冬の気温の相関の高い地域、夏の気温が高く冬の気温が低い地域、その逆の地域に分けられるがこうした気象条件下で自生するトドマツが春(生長開始期)、夏(生長期)、秋(生長終止期)、冬(生長停止期)、年平均気温、暖かさの指数、積算寒度でどの気温が苗木の生長と関係が深いかを明らかにするため相関関係を求めた。

Fig. 17~23 は4年生苗木の苗高について Fig. 24~30 は3年生、4年生の二次生長發生率について産地の年平均気温、冬(12月、1月、2月)、春(3月、4月、5月)、夏(6月、7月、8月)、秋(9月、10月、11月)の平均気温及び暖かさの指数、積算寒度との関係を示したものである。

この結果、苗高については春、夏の気温及び暖かさの指数とは1%の水準で有意な正の相関が示され、年平均気温では弱い正の相関が認められ、冬、秋、積算寒度とはほとんど関係のないことが示された。なおこの図中の*は根室、**は檜山を示す。

根室は前述した特異な気象条件であり、檜山はトドマツの分布の南限に近い北海道で最も暖かい地方であり、冬、秋及び積算寒度の回帰式から大きくはずれており、こうした特異な点によって相関関係がなくなっているものと考えられた。すなわち苗高は夏の気温が支配的であり、これらは冬特異な気温を示す地域のため、冬の気温との相関で示された回帰式からずれる結果となったものと考えられる。

二次生長發生率についても同様に、3年生、4年生いずれも共通して春、夏の気温、暖かさの指数と高い正の相関があることが認められた。図中の*は根室を示すが、苗高と同様、回帰直線から大きくはずれているのは特異な気象条件のためと考えられる。

昭和40年(1965年)にまき付けした佐呂間(Ⅰ-b-1)、枝幸(Ⅰ-b-2)、大夕張(Ⅲ-b)、足寄(Ⅱ-b)、東瀬棚(Ⅳ-b)の5産地の5年生の苗高と産地の平均気温、冬、春、夏、秋、暖かさの指数、積算寒度との関係を Fig. 31~37 に、また昭和41年(1966年)にまき付けした羽幌(Ⅲ-c-1)、天塩(Ⅲ-c-3)、下川(Ⅲ-c-2)、浦河(Ⅳ-c)、檜山(Ⅳ-a)の5産地の4年生の苗高と産地の上記各気温との関係を Fig. 38~44 に示した。この結果、佐呂間、枝幸、大夕張、足寄、東瀬棚の5産地のものについては、平均気温ほか各季節の気温、暖かさの指数いずれに対しても弱い正の相関が積算寒度に対しては弱い負の相関が示された。一方羽幌、天塩、下川、浦河、檜山の5産地のものについては夏の気温、暖か

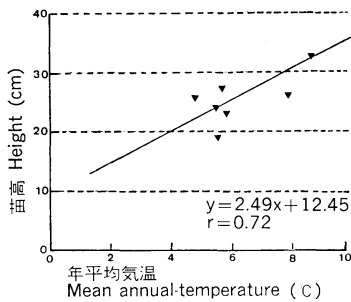


Fig. 17. 4年生苗高(清里, 新得, 根室, 札幌, 利尻, 日高, 檜山, 以下 Fig. 30 まで同一産地)と産地の年平均気温

Correlation between the height of four-year-old seedlings of seven seed sources and their mean annual-temperatures.

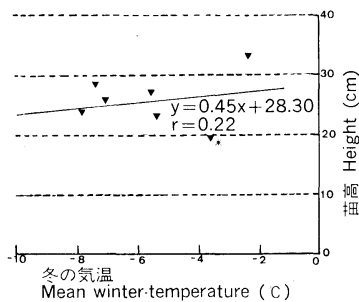


Fig. 18. 4年生苗高と産地の冬(12月, 1月, 2月)の平均気温

Correlation between the height of four-year-old seedlings of seven seed sources and their mean winter-temperatures.

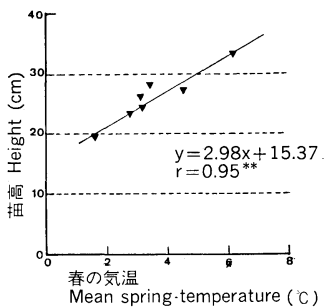


Fig. 19. 4年生苗高と産地の春(3月, 4月, 5月)の平均気温

Correlation between the height of four-year-old seedlings of seven seed sources and their mean spring-temperatures.

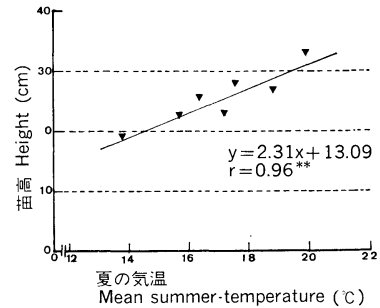


Fig. 20. 4年生苗高と産地の夏(6月, 7月, 8月)の平均気温

Correlation between the height of four-year-old seedlings of seven seed sources and their mean summer-temperatures.

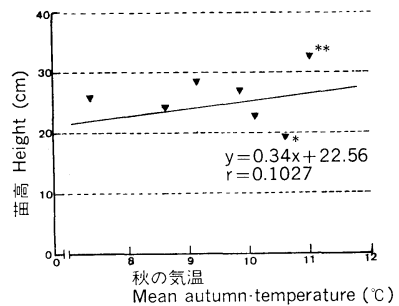


Fig. 21. 4年生苗高と産地の秋(9月, 10月, 11月)の平均気温

Correlation between the height of four-year-old seedlings of seven seed sources and their mean autumn-temperatures.

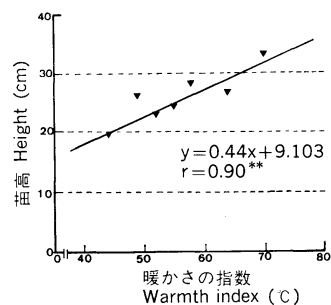


Fig. 22. 4年生苗高と産地の暖かさの指数

Correlation between the height of four-year-old seedlings of seven seed sources and their warmth indexes.

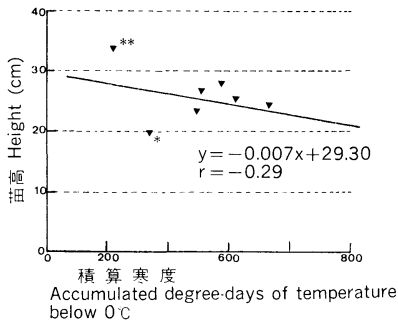


Fig. 23. 4年生苗木の苗高と産地の積算寒度

Correlation between the height of four-year-old seedlings of seven seed sources and their accumulated degree-days of temperatures below 0°C.

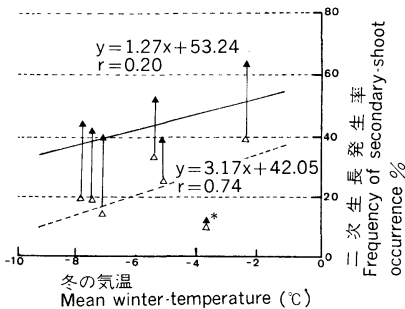


Fig. 24. 3年生, 4年生苗木の2次生長発生率と産地の平均気温

Correlation between the frequency of secondary shoot occurrence of three- and four-year-old seedlings of seven seed sources and their mean annual-temperatures.

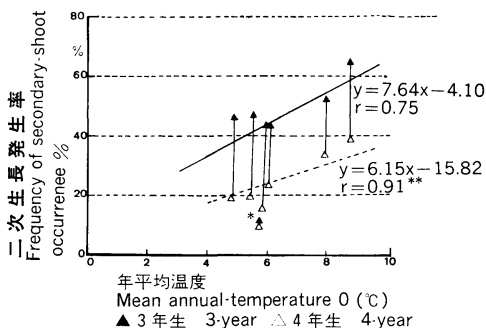


Fig. 25. 3年生, 4年生苗木の2次生長発生率と産地の冬(12月, 1月, 2月)の平均気温

Correlation between the frequency of secondary-shoot occurrence of three- and four-year-old seedlings of seven seed sources and four mean winter-temperatures.

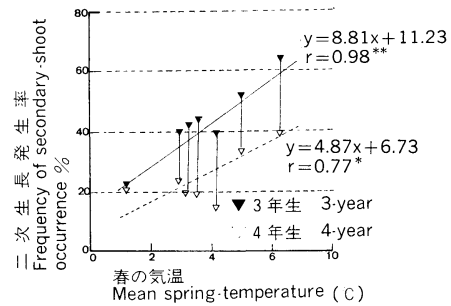


Fig. 26. 3年生, 4年生苗木の2次生長発生率と産地の春(3月, 4月, 5月)の平均気温

Correlation between the frequency of secondary-shoot occurrence of three- and four-year-old seedlings of seven seed sources and their mean spring-temperatures.

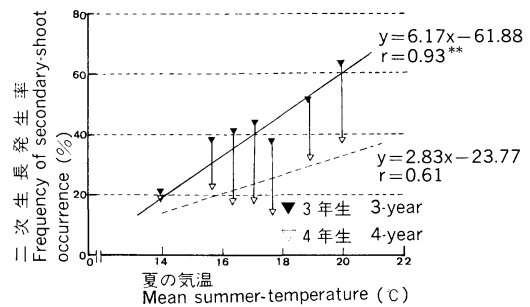


Fig. 27. 3年生, 4年生苗木の2次生長発生率と産地の夏(6月, 7月, 8月)の平均気温

Correlation between the frequency of secondary-shoot occurrence of three- and four-year-old seedlings of seven seed sources and their mean summer-temperatures.

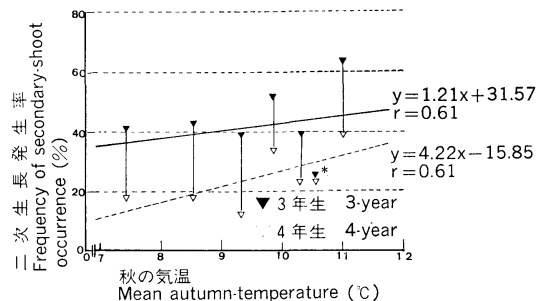


Fig. 28. 3年生, 4年生苗木の2次生長発生率と産地の秋(9月, 10月, 11月)の平均気温

Correlation between the frequency of secondary-shoot occurrence of three- and four-year-old seedlings of seven seed sources and their mean autumn-temperatures.

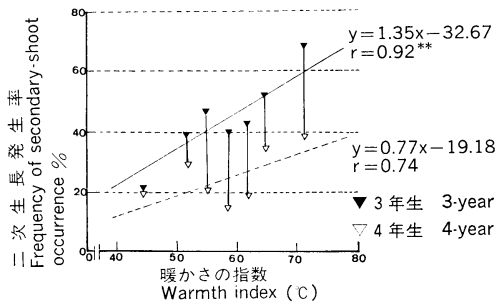


Fig. 29. 3年生, 4年生苗木の2次生長発生率と産地の暖かさの指数
Correlation between the frequency of secondary-shoot occurrence of three- and four-year-old seedlings of seven seed sources and their warmth indexes.

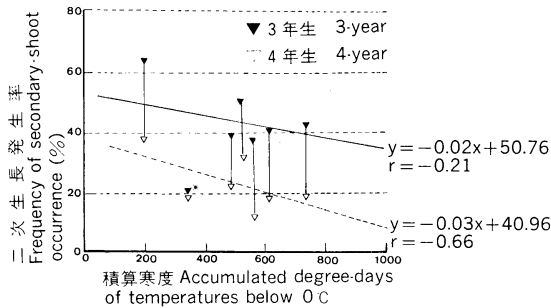


Fig. 30. 3年生, 4年生苗木の2次生長発生率と産地の積算寒度
Correlation between the frequency of secondary-shoot occurrence of three- and four-year-old seedlings of seven seed sources and their accumulated degree-days of temperatures below 0°C.

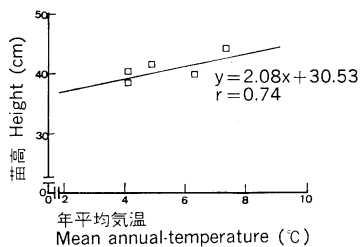


Fig. 31. 5年生の苗高 (佐呂間, 枝幸, 大夕張, 足寄, 東瀬棚, 以下 Fig. 37 まで同様) と産地の年平均気温

Correlation between the height of five-year-old seedlings of five seed sources (Saroma, Esashi, Oyubari, Ashoro, and Higashisetana) and their mean annual-temperatures.

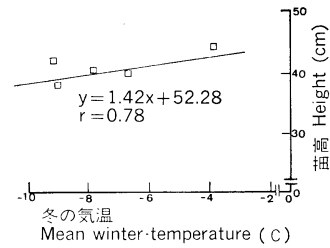


Fig. 32. 5年生の苗高と産地の冬 (12月, 1月, 2月) の平均気温
Correlation between the height of five-year-old seedlings of five seed sources and their mean winter-temperatures.

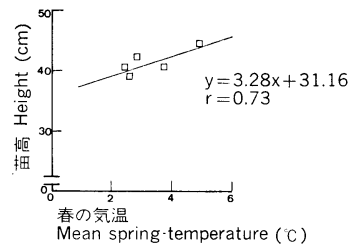


Fig. 33. 5年生苗高と産地の春の平均気温

Correlation between the height of five-year-old seedlings of five seed sources and their mean spring-temperatures.

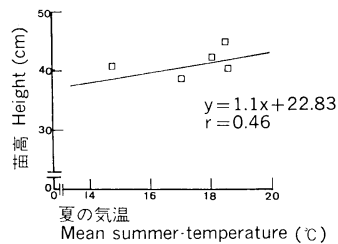


Fig. 34. 5年生苗高と産地の夏の平均気温

Correlation between the height of five-year-old seedlings of five seed sources and their mean summer-temperatures.

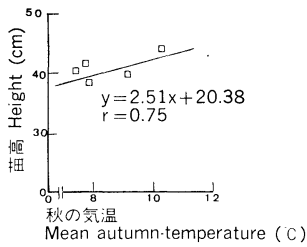


Fig. 35. 5年生苗高と産地の秋（9月，10月，11月）の平均気温

Correlation between the height of five-year-old seedlings of five seed sources and their mean autumn-temperatures.

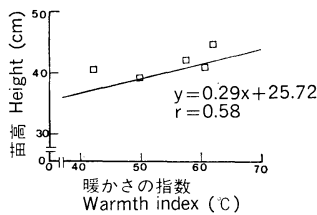


Fig. 36. 5年生苗高と産地の暖かさの指数

Correlation between the height of five-year-old seedlings of five seed sources and their warmth indexes.

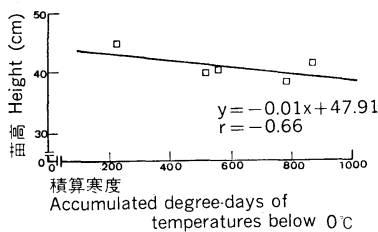


Fig. 37. 5年生苗高と産地の積算寒度
Correlation between the height of five-year-old seedlings of five seed sources and their accumulated degree-days of temperatures below 0°C.

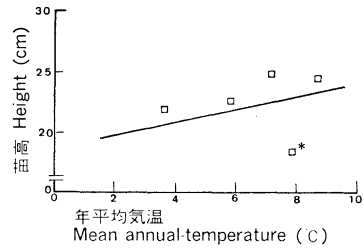


Fig. 38. 4年生苗高（羽幌，天塩，下川，浦河，檜山，以下 Fig. 44 まで同一産地）と産地の年平均気温

Correlation between the height of four-year-old seedlings of five seed sources (Haboro, Teshio, Shimokawa, Urakawa, and Hiyama) and their mean annual-temperatures.

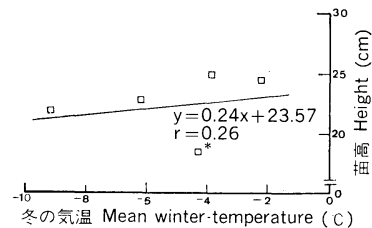


Fig. 39. 4年生苗高と産地の冬（12月，1月，2月）の平均気温

Correlation between the height of four-year-old seedlings of five seed sources and their mean winter-temperatures.

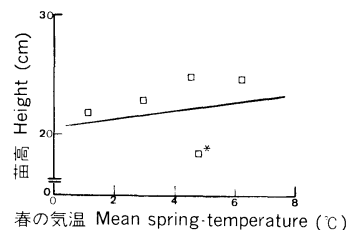


Fig. 40. 4年生苗高と産地の春（3月，4月，5月）の平均気温

Correlation between the height of four-year-old seedlings of five seed sources and their mean spring-temperatures.

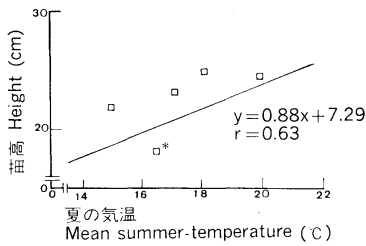


Fig. 41. 4年生苗高と産地の夏(6月, 7月, 8月)の平均気温

Correlation between the height of four-year-old seedlings of five seed sources and their mean summer-temperatures.

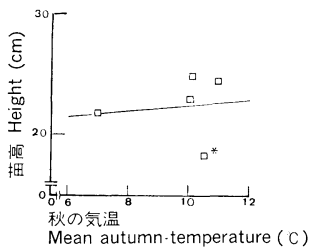


Fig. 42. 4年生苗高と産地の秋(9月, 10月, 11月)の平均気温

Correlation between the height of four-year-old seedlings of five seed sources and their mean autumn-temperatures.

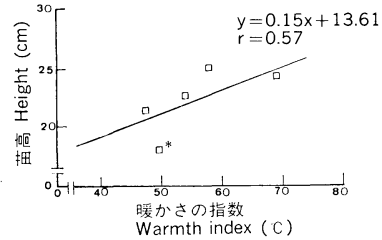


Fig. 43. 4年生苗高と産地の暖かさの指数

Correlation between the height of four-year-old seedlings of five seed sources and their warmth indexes.

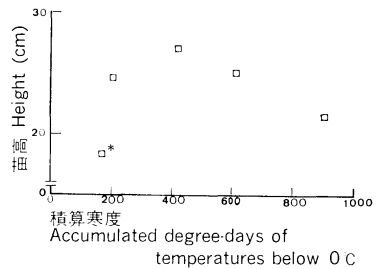


Fig. 44. 4年生苗高と積算寒度

Correlation between the height of four-year-old seedlings of five seed sources and their accumulated degree-days of temperatures below 0°C.

さの指数との間に弱い正の相関が示された。このグループで回帰式から最もはずれている*点は他の4産地と異なり太平洋側に面した春と夏冷涼な気象条件にある地域(浦河)でこうした特異点により相関関係が弱くなっているものと考えられる。この特異点はp.42で示したと同様苗高が自生地の夏の気温に支配的であるため、夏の気温、暖かさの指数をのぞく各気温とくに相関関係が少なくなっている。

前述した7産地のグループと上記各5産地のグループでは、相関係数の値に差はあるものの、春、夏の気温、暖かさの指数と苗高の間には共通して相関関係があることが認められ、冬の気温、積算寒度とは関係がないことが示された。すなわち苗高、二次生長発生率いずれも生育期間中の気温が大きな影響をもっており、生長停止期の気温は影響が少ないことが示唆された。

2. 道内各地の母樹個体からの種子による苗木の地域特性

これまでの実験は、天然林から多くの母樹を選んで、その母樹集団の実生苗を調査したものである。同一の林分内で個体差はあるとしても、それらの差以上に地域間の差は大きく、したがって地域の特性は母樹集団の平均としてとらえられているので、それぞれの地区の天然林全体の性質を示しているものと考えられる。本実験は天然林から選抜された一本あるいは数本の精英樹候補木からの実生苗を調査したものである。この結果は林分内の個体差を考慮すると直ちにその地域の天然林全体の性質を代表すると思われな

Table 19. 母 樹 記 録

Data on mother trees from which Sakhalin fir seed used
in this study were collected

気候区分 Climate division	母 樹 名 Name of mother tree	営 林 署 Forest district office	事 業 区 Operation division	林 班 Compartment	標 高 Altitude (m)	樹 齢 Age (年)	樹 高 Height (m)	直 径 Diameter (cm)
オホーツク 海斜面 (I) Northwest coast on the sea of Okhotsk	清 里 101 Kiyosato	清 里	清 里	89い	200	110	25.0	54.0
	" 102	"	"	85に	160	69	27.0	50.0
	白 滝 101 Shirataki	白 滝	白 滝	42は	640	72	25.0	38.0
	留辺蘂 104 Rubeshibe	留 辺 蘂	留 辺 蘂	38ち	450	80	25.0	38.0
	" 109	"	"	114り	560	62	21.0	36.5
	津 別 102 Tsubetsu	津 別	津 別	1か	280		18.0	29.4
	北 雄 101 Hokuyu	北 雄	北 雄	183	460	90	24.0	38.0
	佐呂間 101 Saroma	佐 呂 間	佐 呂 間	90ほ	150	70	30.0	45.0
	" 102	"	"	"	"	80	26.0	45.0
	" 103	"	"	"	"	74	27.0	44.0
太平洋東部 (II) Southwest coast on the Pacific ocean	陸 別 105 Rikubetsu	陸 別	陸 別	79い	400		18.0	32.0
	" 106	"	"	76い	580	71	21.0	30.0
	弟子屈 102 Teshikaga	弟 子 屈	弟 子 屈	29い	165	78	28.0	54.0
	新 得 101 Shintoku	新 得	新 得	222い	510	94	29.5	51.0
	" 102	"	"	"	"	104	28.5	49.9
	" 104	"	"	93い	310	43	24.5	31.7
	白 糠 101 Shiranuka	白 糠	白 糠	38ろ	540	69	23.5	33.5
	阿 寒 101 Akan	阿 寒	阿 寒	49い	470	78	23.0	38.0
日本海側 (III) West coast on the Japan sea	富良野 101 Furano	富 良 野	富 良 野	75い	520	150	22.0	44.0
	朝 日 102 Asahi	朝 日	朝 日	354	380	120	28.0	38.7
	東 大 141 Todai	東大演習林	東 山	99	380		31.2	49.0
	古丹別 104 Kotanbetsu	古 丹 別	古 丹 別	129	50	100	23.0	44.0
	幌加内 101 Horokanai	幌 加 内	幌 加 内	19い	160	57	21.0	40.0
	定山溪 102 Jozankei	定 山 溪	定 山 溪	131に	250	80	32.0	69.0
渡島半島・ 太平洋西部 (IV) The Oshima peninsula and the south coast on the Pacific ocean	浦 河 101 Urakawa	浦 河	浦 河	106は	200	90	29.0	70.5
	俄 虫 112 Gamushi	俄 虫	俄 虫	343	60	82	24.5	40.5

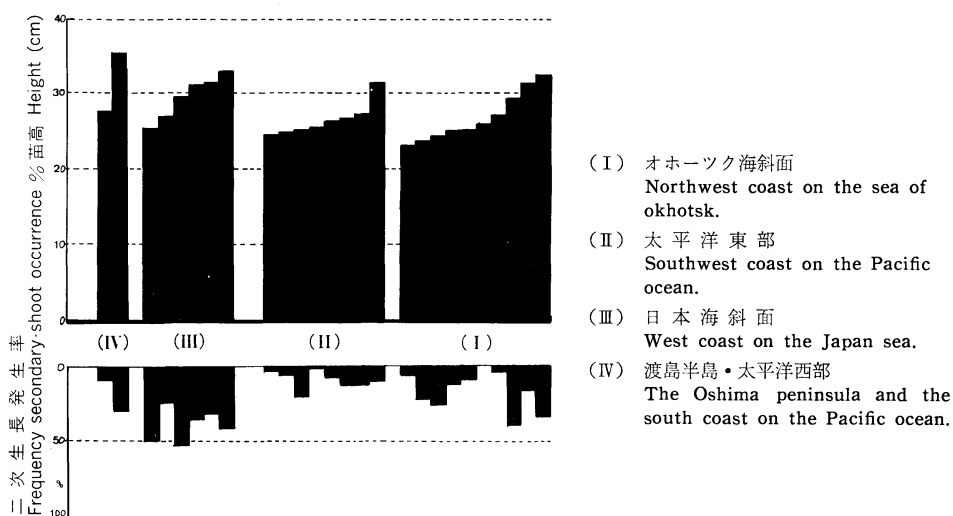


Fig. 45. トドマツ苗木（5年生）の地域別生長および2次生長発生率
The height and frequency of secondary-shoot occurrence of five-year-old seedlings from mother trees in different districts.

は当然その附近の天然木であると考えてよい。したがってその天然林の特性とのかかわり合いをもっており多様な地点を多くとることによって、それらの相互の比較からそれぞれの地域特性の傾向をつかむことが可能であろうと考える。

1) 材料と方法

供試材料は道内各地から選抜された精英樹候補木から昭和36年秋に種子採取し、37年4月に北海道林木育種場（野幌）苗畑にまき付け38年9月、40年9月の2回床替した5年生苗木である。母樹は旭川、北見、帯広、函館（いずれも現支局）、札幌（現北海道営林局）の5営林局と東京大学演習林から選抜された29個体20林分でその母樹記録をTable 19に示す。

調査は昭和41年の秋に行った。調査方法は各家系苗から無作為に50本ずつとり苗高と二次生長した苗木数をかぞえた。

2) 結果

苗高並びに二次生長発生率についての結果をFig. 45に示した。この図はさきに述べた日本海側、渡島半島・太平洋西部、オホーツク海側、太平洋東部の地区ごとに母樹個体を分けしたものである。

この図から明らかなように母樹個体により差はあるものの道西側産の家系苗は道東側産の家系苗より苗木の生長が良好で二次生長発生率も高い傾向にあることが明らかになった。すなわち苗高は個体数は少ないものの、渡島半島・太平洋西部地区が最も良く、次いで日本海斜面地区、道東側の太平洋東部とオホーツク海斜面は同程度で生長が遅い傾向にあった。二次生長発生率では日本海斜面、渡島半島・太平洋西部、オホーツク海斜面、太平洋東部の順に低くなる傾向があった。こうした苗高あるいは二次生長発生率の変異が自生地の気温とくに春及び夏の気温とかなり密接な関係のあることが収集林分の供試材料種子からの調査結果から推定され、また本調査においても気温の高い地区から低い地区に移るにしたがって苗高並びに二次生長発生率が低下する傾向がみられた。そこで本調査結果を用いて年平均気温、春、夏の気温、暖かさの指数、積算寒度と苗木の生長、二次生長発生率との関係を検討した。Fig. 46～50及びFig.

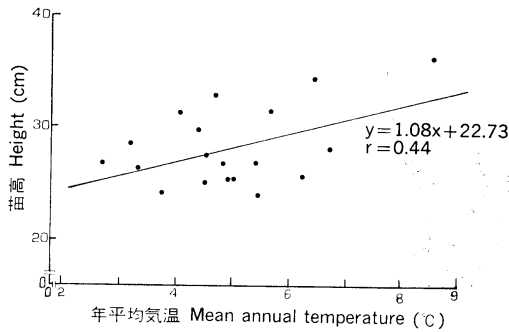


Fig. 46. 5年生苗木の苗高と産地の年平均気温

Correlation between the height of five-year-old seedlings and the mean annual-temperatures of their seed sources.

Fig. 47. 5年生苗木の苗高と産地の春（3月，4月，5月）の平均気温

Correlation between the height of five-year-old seedlings and their mean spring-temperatures of their seed sources.

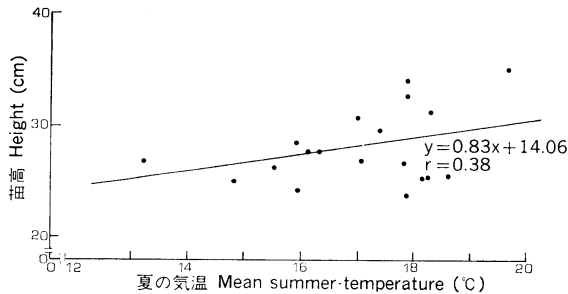
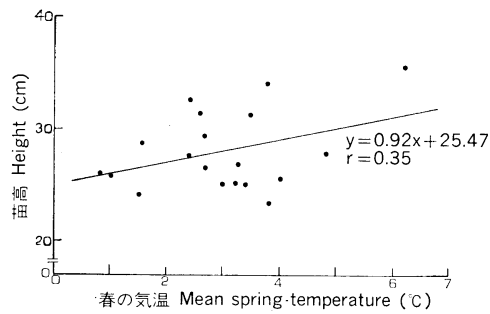
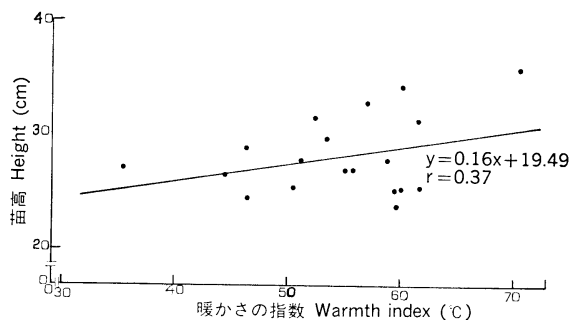


Fig. 48. 5年生苗木の苗高と産地の夏（6月，7月，8月）の平均気温

Correlation between the height of five-year-old seedlings and the mean summer-temperatures of their seed sources.

Fig. 49. 5年生苗木の苗高と産地の暖かさの指数

Correlation between the height of five-year-old seedlings and the warmth indexes of their seed sources.



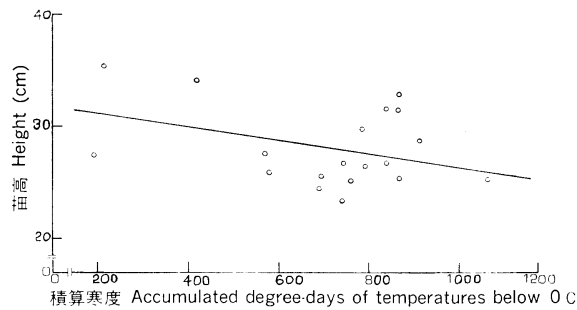


Fig. 50. 5年生苗木の苗高と産地の積算寒度
Correlation between the height of five-year-old seedlings and the accumulated degree-days of temperatures below 0°C of their seed sources.

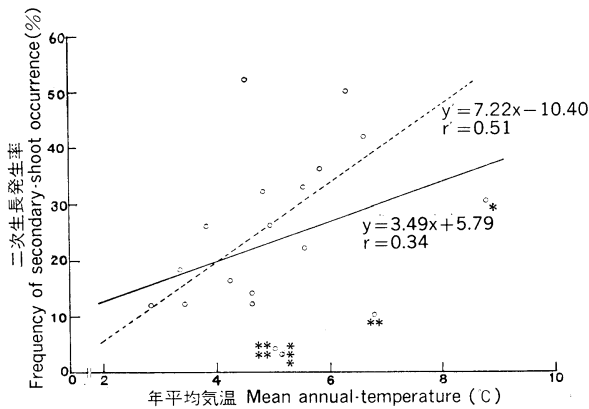
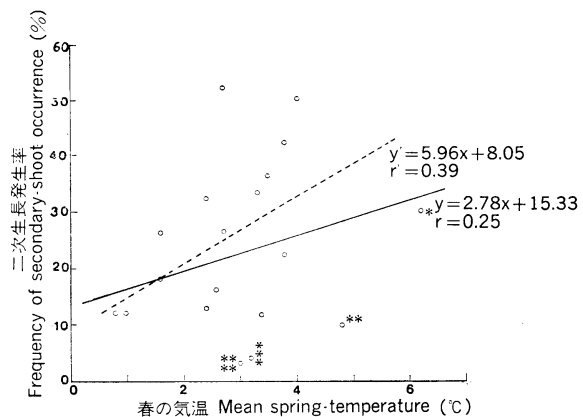


Fig. 51. 5年生苗木の2次生長発生率と産地の平均気温
Correlation between the frequency of secondary-shoot occurrence of five-year-old seedlings and the mean annual-temperatures of their seed sources.

Fig. 52. 5年生苗木の2次生長発生率と産地の春(3月, 4月, 5月)の平均気温
Correlation between the frequency of secondary-shoot occurrence of five-year-old seedlings and the mean spring-temperatures of their seed sources.



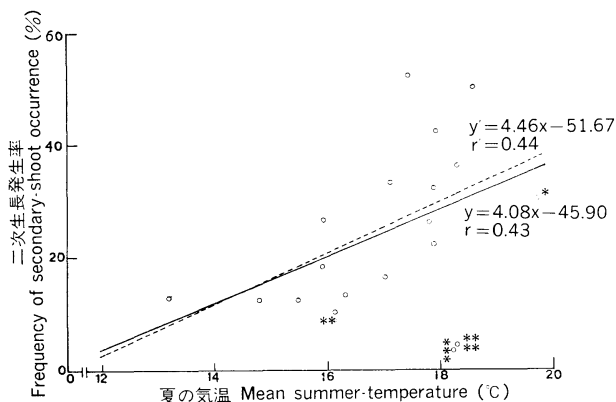


Fig. 53. 5年生苗木の2次生長発生率と産地の夏（6月，7月，8月）の平均気温

Correlation between the frequency of secondary-shoot occurrence of five-year-old seedlings and the mean summer-temperatures of their seed sources.

Fig. 54. 5年生苗木の2次生長発生率と産地の暖かさの指数

Correlation between the frequency of secondary-shoot occurrence of five-year-old seedlings and the warmth indexes of their seed sources.

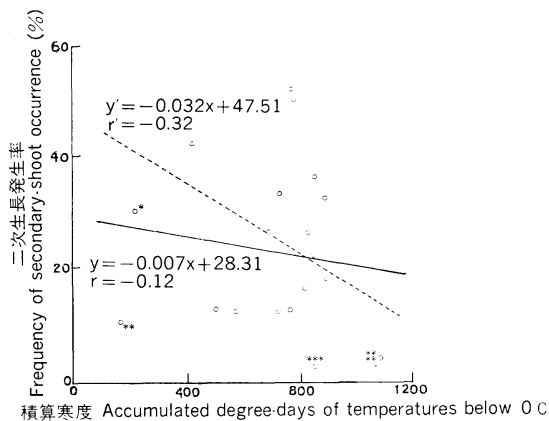
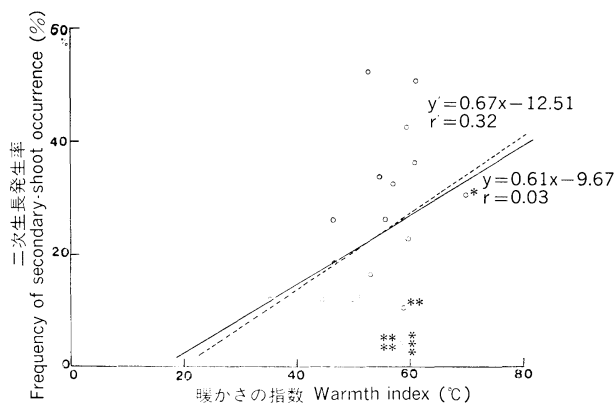


Fig. 55. 5年生苗木の2次生長発生率と産地の積算寒度

Correlation between the frequency of secondary-shoot occurrence of five-year-old seedlings and the accumulated degree-days of temperatures below 0°C of their seed sources.

51~55 は 苗高並びに 二次生長発生率と各産地の気温との関係並びに回帰式、相関係数を示したものである。なお林分のなかで複数の母樹個体が供試材料として用いられている場合は、それらの平均値を算出してその林分の価として計算した。この結果苗高については積算寒度との間に、弱い負の相関が年平均、春、夏の気温、暖かさの指数との間には弱い正の相関が認められた。二次生長発生率についても苗高と同様の傾向がみられた。二次生長発生率についてはグラフ上に示した点のなかで集団から離れた点、すなわち我虫 (* 印)、浦河 (** 印)、佐呂間 (***) 印、陸別 (**** 印) の 4 産地について検討を行った。我虫は前述の供試林分である 檜山 (IV-a) と同一の林分内の母樹個体であるが、林分全体の二次生長発生率の調査結果は先に記述したように高い値 (p. 38, 64.6%) であったが今回の調査では低い値となった。また浦河は調査個体のなかで唯一の太平洋西部に位置した産地で冬やや暖かく、夏涼しい特徴をもっている。佐呂間、陸別は気候区分では (I), (II) に属しており気象面から他の産地ととくに異なった特徴はみられない。したがって各温度について我虫と浦河を除いた回帰式 y' , 相関係数 r' も合せて算出した。

これらの結果から苗高と二次生長発生率について各気温との関係を示せば次のとおりである。

苗高と産地の気温	関係あり
苗高と産地の春の気温	僅かにあり
苗高と産地の夏の気温	やや関係あり
苗高と産地の暖かさの指数	関係あり
苗高と産地の積算寒度	やや関係あり
二次生長発生率と産地の気温	僅かにあり
春の気温	僅かにあり
夏の気温	やや関係あり
暖かさの指数	関係なし
積算寒度	関係なし

以上の結果、先に記述した各林分から多くのサンプリング個体の平均地から求めた相関よりも低い値が示された。その原因としてはサンプリング個体が 1 母樹あるいは少数の母樹の場合は個体の性質が強く現われることによるものと考えられ、とくに二次生長発生率ではその傾向が大きいといえる。しかし、この結果からも生育期間中の春、夏の気温との間には低い正の相関が認められており、苗木の生長の良否が産地のこれら気温と深い関係にあることがうかがえる。

3. 考 察

球果の大きさと地理的変異については A. E. Squillace が *Pinus elliottii* Engelm.¹⁷⁾ で R. E. Schsenile, はかが *Pinus banksiana* Lamb.¹⁸⁾ で報告しており、種子については E. Von. Maschning が *Pinus contorta* Loud.¹⁹⁾ で、成田が *Pinus sylvestris* Linn.²⁰⁾ で報告しているが何れも高緯度になるにしたがって小さくなっている。

トドマツについては柳沢²¹⁾が道南及び日本海沿岸地帯の球果の長さは道央及び太平洋沿岸地帯のものより一般に長いことを報告している。またトドマツの球果型については柳沢²¹⁾、久保田²²⁾は緯度、経度、年平均気温、暖かさの指数との関係を詳細に調べ、緯度よりもむしろ気温と深い関係にあることを報告した。筆者の調査では道南部の檜山産 (IV-a) トドマツの球果長は清里 (I-a), 日高 (II-a-2) にくらべて長く、また球果型と密接に関係している苞鱗の下垂長の長さも長く、道南部の球果の形態については

柳沢、久保田と一致している。また種子重量についても檜山(Ⅳ-a)は他の新得(Ⅱ-a-1)、清里(Ⅰ-a)、日高(Ⅲ-a-2)にくらべて大きいことが明らかになった。なお本試験においても球果長、種子重量について平均気温、積算寒度、温かさの指数との相関関係を求めた結果、気温の高い産地は、球果長が長く、種子重量が大きい傾向が示された。トドマツの球果は横径よりも長径が変異に富んでいるが、トドマツの雌花が開花する5月上旬～下旬からそれが成熟し終る9月上旬～中旬までの気温がトドマツ球果の栄養生長に関係があり、道各地の生育期間の気温の差が球果の長径に影響を与えているのではないかと考えられる。

一方球果型を規定する球果の苞鱗の抽出状況については、柴草²³⁾が苞鱗抽出の短かい系統が寒冷な地域に高い頻度で分布するのは苞鱗の突出の少ない方が寒さや乾燥に耐え得るのに有利であるためではないかと述べているが、いずれにせよ今後の研究にまたざるを得ない。

苗木の子葉数については小沢²⁴⁾が子葉数4枚及び6枚の苗木は生長が良いことを、久保田²²⁾は子葉数は苗木の生長と関係なく、傾向として道西部産の種子は子葉が長いことを報告した。そのほか E. Von MASCHNING¹⁹⁾は *Pinus contorta* LOUD. で種子重量と子葉数に相関のあること、A. K. HELLMUM²⁵⁾は *Picea glauca* Voss. で子葉数は緯度、海拔高に関係のないこと、A. E. SQUILLCAE¹⁷⁾は高緯度になるにつれ子葉数が多くなることを報告した。本調査ではトドマツの子葉数は4枚が最も多く、すべての産地で80%以上の頻度を示した。しかし子葉数3枚と5枚の出現率は産地により大きな差があり、檜山(Ⅳ-a)、札幌(Ⅲ-a-1)、根室(Ⅱ-a-2)の産地は3枚の出現率が5枚の出現率の2倍以上あり、逆に日高(Ⅲ-a-2)、新得(Ⅱ-a-1)、清里(Ⅰ-a)では5枚の出現率が3枚の出現率の2倍以上となった。子葉数でみる限り緯度、経度との関係は勿論、北海道の西側に対する東側の関係も明らかでなかった。

苗木の生長及び生長に密接な関係がある葉数、枚数、直径、二次生長発生率及び苗木の総重量の値は本道西側産トドマツが東側産のトドマツにくらべて大きかった。とくに渡島半島のトドマツにはこの傾向が顕著に現われた。またこれらの値の小さかった本道東側産のなかでも根室地方の苗木の生長はとくに遅かった。

トドマツ以外の樹種では J. W. WRIGHT and W. I. BULL²⁶⁾は Scotch pine (*Pinus sylvestris* LINN.) でヨーロッパ中部産のものは、北部ヨーロッパ、シベリヤ地方のものより生長が良いこと、また H. IRGENS-MOLLER²⁷⁾は Douglas fir (*Pseudotsuga taxifolia* BRITT.) について海洋性気候の下に生育するものからえた苗は内陸性気候のそれらより生長が良いことなど一般に気温の高い地方のものは気温の低い地方のものより生長がよく、本調査結果と一致している。また二次生長については T. D. RUDOLPH¹⁶⁾が Jack pine (*Pinus banksiana* LAMB.) で二次生長によって生ずる異常苗は遺伝的な性質としているが、本調査でも二次生長の発生率は産地間で明白な差を示した。

苗木の各種形質については産地間で明白な差が示され、とくに道南部および日本海沿岸地帯のトドマツが道東側産トドマツにくらべ生長が良好なことが認められた。また1年生苗木の乾燥重量と気温との相関係数を求めたところ、平均気温、温量指数との間に正の相関が認められたことは、産地、地域によるトドマツの変異が自生地の気温との間に何らかの関連を有することを示すものといえる。とくに7産地の苗木、二次生長発生率について、春と夏の気温との間に最も高い正の相関が認められたことは、気温のなかでも開葉時期から冬芽の形成される年間の上長生長の旺盛な時期までの気温がその地方に自生するトドマツの生長に密接に関係しているものと考えられた。

しかしながら苗木の生長が旺盛だからといって、壮齡期まで生長が持続するとは限らない。そこで供試材料の林分の現地での生長を比較してみることにした。勿論それぞれの林分は環境条件をはじめこれまでの施業などが大きく異なっているため、これら林分ごとの生長を直接比較することはできないが、壮齡木にいたるまでの生長の持続性については、ある程度の判断ができるものと考えられる。Table 20 は供試材料林分の標準地調査の行われた林分について得られたデータである。

この表から苗木の生長の良かった道西側 (Ⅲ, Ⅳ) 産トドマツにくらべて、現地では年齢が同一でない

Table 20. 供試材料林分の樹高
The height of the trees on the sites used in this study

産地 Seed origin			地区 Localities	平均樹高 Mean tree heights (m)	推定樹齡 Estimated tree ages (年)
清佐枝	里呂間幸	Kiyosato	I - a	16.3	150
		Saroma	I - b - 1	21.2	50~100
		Esashi	I - b - 2	22.7	—
根足池	室寄田	Nemuro	II - a - 2	20.3	60~70
		Ashyoro	II - b	21.7	60~90
		Ikedo	II	22.2	—
札幌山	幌寅部	Sapporo	III - a - 1	23.4	90~100
		Ikutoma	III	22.2	—
		Yamabe	III	23.9	—
檜東	山瀬棚	Hiyama	IV - a	22.5	80
		Higashisetana	IV - b	21.3	70~80

Table 21. 年平均および4月から9月までの平均日照時間
Mean annual duration of sunshine from April to September
in each district

地名 Place name			地区 Localities	年平均 Annual mean hours	4月~9月平均 Mean hour (Apr. to Sep.)
網走雄	走武	Abashiri	I	169.4	184
		Omu	I	180.0	175
帯剣根	広路室	Obihiro	II	215.2	175
		Kushiro	II	206.2	159
		Nemuro	II - a - 2	198.4	164
稚羽旭札幌寿	内幌川幌都	Wakkanai	III	160.7	180
		Haboro	III - c - 1	165.8	188
		Asahikawa	III	169.4	184
		Sapporo	III - a - 1	195.4	199
		Suttsu	III	166.5	194
浦江函	河差館	Urakawa	IV - c	208.2	184
		Esashi	IV	160.2	179
		Hakodate	IV	194.5	186

ため正確とはいえないが生長に大差はなく一般に幼齡木の生長がよいものは早く生長を止めるといわれているが、そうした傾向はみられず、幼齡期の生長が良いだけでなくその持続性もあるのではないかと考えられる。

これまでは主に生長その他の形質と気温との関係を論じたが、日照時間との関係についてもふれてみよう。Table 21 は北海道各地の月別年平均の日照時間（日照時間の合計）と4月から9月までの苗木の生育期間の月別平均日照時間を示したものである⁴⁾。

この表から日照時間は同一地区内でもかなりのばらつきが見られるが、太平洋東部地区は年間の平均では日照時間は最も長いのに反して、4月から9月までの日照時間は最も短かく、苗木の生長も遅いことから何らかの関係があるのではないかと推察される。

IV 産地の異なるトドマツ苗木の開葉期、冬芽形成期 及び冬芽の芽鱗の層数

1. 開葉期と冬芽形成期

一般に同一樹種では北方あるいは寒冷な気候に分布するものは、南方あるいは温暖な気候に分布するものより初期生長が遅く、開葉期から冬芽形成期までのいわゆる生育期間が短いといわれている。すでにトドマツの苗木の生長は道西側産が道東側産にくらべて良好であることを述べたが、その差異が生育期間の長さに関係があるか否かをたしめるため開葉期と冬芽形成期を調べることにした。

1) 材料と方法

昭和40年まき付け、41年床替の5年生苗木について Fig. 16 (p.34) 試験設計で北海道林木育種場（野幌）苗畑に植栽されている4産地〔檜山（IV-a），新得（II-a-1），清里（I-a），日高（III-a-2）〕の

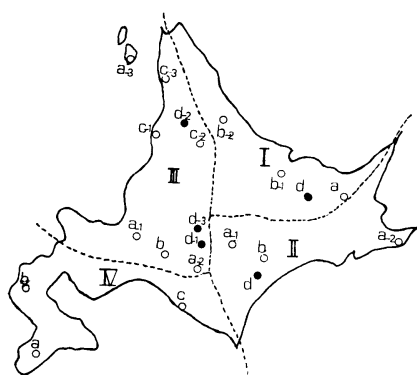


Fig. 56. 開葉期と冬芽形成期の調査材料位置図

Location of the twenty-one sites used in the study of bud-opening and terminal-bud formation dates.

● 産地名	Location
I-d 津別	Tsubetsu
II-d 池田	Ikeda
III-d-1 幾寅	Ikutara
III-d-2 美深	Bifuka
III-d-3 山部	Yamabe

ものについては各母樹ごとに20本ずつの苗木を任意に選び、また産地別に植栽されている3産地〔根室（II-a-2），札幌（III-a-1），利尻（III-a-3）〕のものについては1プロット20本ずつ240本を任意に選んだ。すなわち檜山は20本×18（母樹）×2（反復）=720本、新得は20本×24（母樹）×2（反復）=960本、清里は20本×36（母樹）×2（反復）=1,440本、日高は20本×39（母樹）×2（反復）=1,560本、根室、札幌、利尻は240本×2（反復）=480（本）である。

トドマツの冬芽の開葉は冬芽を包む鱗片が切れて稚葉がみえはじめ、ついで鱗片が完全に離脱する。この際鱗片が切れた時点をその苗木の開葉期とみなした。また冬芽の形成は、まず新梢の生長が停止し先端部が分離して頂芽と側芽に分かれるが、先端の葉の間から側芽が確認されたあと、ついで頂芽が肉眼で確認される。ここでは頂芽が肉眼で確認された時点を冬芽形成期とみなした。

トドマツの冬芽の開葉は側芽が頂芽より早い今回の

調査は開葉も冬芽形成も頂芽に限定して行った。開葉期は5月1日から5月31日まで、冬芽形成期は7月1日から7月31日までの期間、毎日調査した。

また上記7産地を含め道内の代表的トドマツ19産地〔利尻(Ⅲ-a-3)、枝幸(Ⅰ-b-2)、幾寅(Ⅲ-d-1)、天塩(Ⅲ-c-3)、羽幌(Ⅲ-c-1)、佐呂間(Ⅰ-b-1)、津別(Ⅰ-d)、清里(Ⅰ-a)、根室(Ⅱ-a-3)、新得(Ⅱ-a-1)、足寄(Ⅱ-b)、日高(Ⅲ-a-2)、浦河(Ⅳ-c)、大夕張(Ⅲ-b)、札幌(Ⅲ-a-1)、檜山(Ⅳ-a)、美深(Ⅲ-d-2)、池田(Ⅱ-d)、山部(Ⅲ-d-3)〕から採種して昭和47年まき付け養成した1回床替苗について1産地15本ずつ上記方法により、開葉期と冬芽形成期を調査した。調査林分の位置を Fig. 56 に示す。この図上の○印はすでにこれまでの試験での供試材料位置で、●印は今回初めて用いられる供試材料の位置である。

2) 結 果

Table 22 は昭和40年まき付け41年床替の5年生苗木の5月16, 19, 21及び23日の産地別調査本数に対する開葉本数の割合を百分率で示したものである。

Table 22. トドマツ冬芽の産地による開葉率の経時変化
Dates of bud opening in Sakhalin fir seedlings from seven seed sources

産 地 Seed origin	開 葉 率 (Percent) Percentage of seedlings with opened buds			
	5 月 16 日 May 16	5 月 19 日 May 19	5 月 21 日 May 21	5 月 23 日 May 23
清 里 (Ⅰ-a) Kiyosato	3.4	37.5	76.7	87.5
新 得 (Ⅱ-a-1) Shintoku	3.4	31.7	76.7	95.0
根 室 (Ⅱ-a-2) Nemuro	1.9	8.3	31.0	71.3
札 幌 (Ⅲ-a-1) Sapporo	11.5	58.3	92.5	97.5
日 高 (Ⅲ-a-2) Hidaka	14.3	61.2	90.9	96.9
利 尻 (Ⅲ-a-3) Rishiri	15.0	75.8	95.8	100.0
檜 山 (Ⅳ-a) Hiyama	2.4	26.3	75.3	89.2

Table 23. トドマツ冬芽の産地による形成率の経時変化
Dates of terminal-bud formation in Sakhalin fir seedlings from seven seed sources

産 地 Seed origin	冬 芽 形 成 率 (Percent) Percentage of seedlings with winter buds						
	7 月 7 日 July 7	7 月 9 日 July 9	7 月 11 日 July 11	7 月 14 日 July 14	7 月 16 日 July 16	7 月 18 日 July 18	7 月 21 日 July 21
清 里 (Ⅰ-a) Kiyosato	6.5	10.8	18.5	33.8	49.6	71.4	86.0
新 得 (Ⅱ-a-1) Shintoku	6.4	8.5	13.1	27.9	42.1	66.3	85.6
根 室 (Ⅱ-a-2) Nemuro	2.9	5.8	10.0	19.2	28.8	47.1	71.3
札 幌 (Ⅲ-a-1) Sapporo	16.7	20.4	30.0	45.4	55.8	76.3	94.5
日 高 (Ⅲ-a-2) Hidaka	16.6	21.4	32.8	51.0	64.6	83.4	95.4
利 尻 (Ⅲ-a-3) Rishiri	21.3	28.8	38.3	60.8	68.3	86.3	98.3
檜 山 (Ⅳ-a) Hiyama	1.9	5.8	11.1	22.2	32.5	55.6	78.6

5月16日の開葉率は日高(Ⅲ-a-2)、札幌(Ⅲ-a-1)、利尻(Ⅲ-a-3)の3産地は10%以上、他の4産地は4%以下であり、19日には前者の3産地は58%以上、檜山(Ⅳ-a)、新得(Ⅲ-a-2)、清里(Ⅰ-a)の各産地は約26~38%、根室(Ⅱ-a-2)は8.3%となり、21日には根室をのぞく各産地が75%以上となった。5月22日には日高、新得、札幌、利尻は95%以上、檜山、清里は約90%、根室は71.3%であった。

すなわち道西側産の檜山、道東側産の新得、清里、根室は開葉期が遅い。Table 23 は産地別苗木の冬芽の形成過程を日数別に百分率で示したものである。

この表から7月7日には日高、札幌、利尻の3産地は冬芽形成率がいずれも16%以上で、檜山、新得、清里、根室は6.5%以下であった。7月14日には日高、利尻が50%以上に達し、16日には札幌、18日には檜山、新得、清里が、21日には根室がそれぞれ50%以上に達した。開葉率、冬芽形成率について分散分析の結果7産地間にいずれも高い有意差が示された。

Fig. 57 は各産地の調査本数の50%以上が開葉した日、及び50%以上の頂芽が形成された日を、それぞれの産地の開葉日、冬芽形成日として、その間を生育期間として示したものである。

この結果開葉日の早い産地(札幌、日高、利尻)とおそい産地(根室)の差は4日で、開葉日の早い産

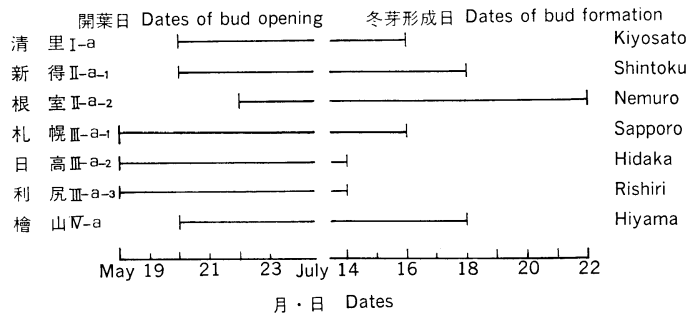


Fig. 57. 産地別苗木の生育期間 (昭和44年調査)

Length of growing season for seedlings from seven seed sources (Investigated in 1969).

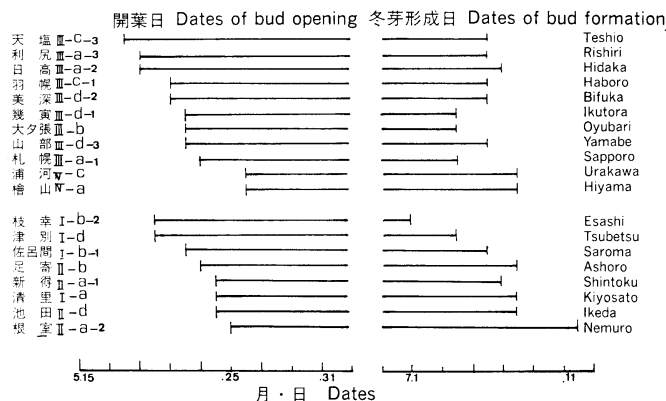


Fig. 58. 産地別苗木の生育期間 (昭和52年調査)

Length of growing season for seedlings from nineteen seed sources (Investigated in 1977).

地は冬芽の形成日も早く、そのため生育期間の長さにはほとんど差がみられなかった。

また昭和 52 年に調査した 19 産地 (p.57 に示す) の開葉日と冬芽形成日を Fig. 58 に示す。

この結果開葉の早い産地は北海道西側では天塩 (Ⅲ-c-3), 利尻 (Ⅲ-a-3), 日高 (Ⅱ-a-2), 北海道東側では枝幸 (Ⅰ-b-1), 津別 (Ⅰ-d) で、開葉の遅い産地は北海道西側では檜山 (Ⅳ-a), 浦河 (Ⅳ-c), 札幌 (Ⅲ-a-1), 北海道東側では新得 (Ⅱ-a-1), 清里 (Ⅰ-a), 池田 (Ⅱ-d), 根室 (Ⅱ-a-2) であった。

また冬芽形成の早い産地は西側では幾寅 (Ⅲ-d-1), 大夕張 (Ⅲ-b), 札幌 (Ⅱ-a-1), 東側では枝幸 (Ⅱ-b-1), 津別 (Ⅰ-d) で冬芽形成の遅い産地は西側で浦河 (Ⅳ-c), 桧山 (Ⅳ-a), 東側で足寄 (Ⅱ-b), 清里 (Ⅰ-a), 池田 (Ⅱ-d), 根室 (Ⅱ-a-2) であった。開葉日から冬芽形成日までを生育期間とした場合、その最大は天塩 (Ⅲ-c-3), 根室 (Ⅱ-a-2) の 45 日, 最小は大夕張 (Ⅲ-b), 幾寅 (Ⅲ-d-1) の 39 日であった。ただし大夕張, 幾寅は中央脊梁山脈の西側にあるが、本道の中央の石狩山地に属しており、むしろ西側と東側との中間地域とみるべき位置にある。

苗木の開葉率と種子産地の緯度、経度及び気温との関係を明らかにするため、これらの要因との回帰式

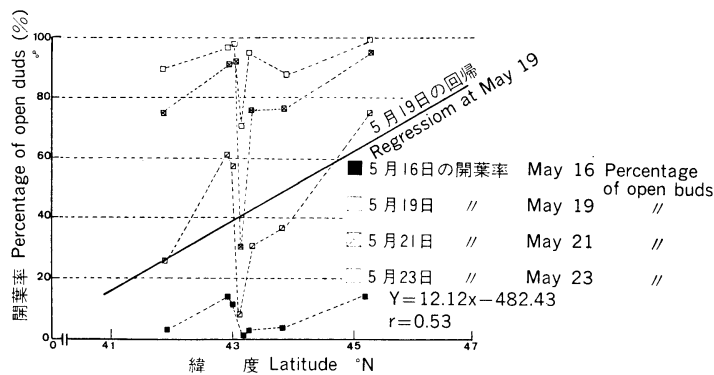


Fig. 59. 7 産地 (清里, 新得, 根室, 札幌, 日高, 利尻, 檜山, 以下 Fig. 62 まで同一産地) の開葉率と緯度

Correlation between the percentages of open buds of five-year-old seedlings and the latitude of their seed sources.

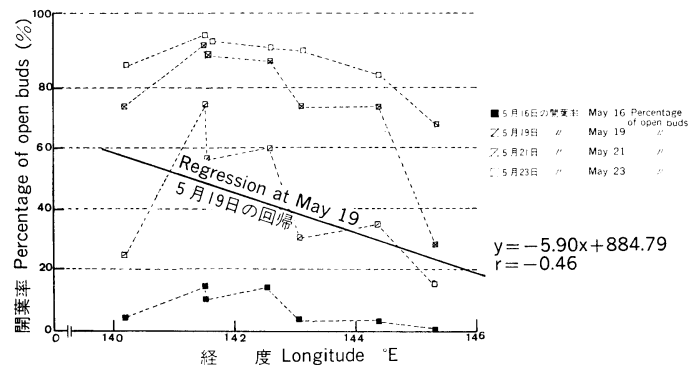


Fig. 60. 7 産地の開葉率と経度

Correlation between the percentages of open buds of five-year-old seedlings and the longitude of their seed sources.

並びに相関関係を求めた。

7産地開葉率（5月16日，同19日，同21日及び23日）と，産地の緯度，経度，暖かさの指数，積算寒度との関係を Fig. 59～62 に示した。なお5月19日の時点での回帰式並びに相関係数も合せて求めた。また7産地の5月19日の開葉率と冬，春，夏，秋の各気温との関係を Fig. 63～66 に示した。

この結果いずれも有意な相関は認められなかったが，傾向としては経度で弱い負の関係が，緯度で弱い正の関係が示されて，緯度が高くなると開葉が早くなり，西から東の産地にうつるほど開葉が遅くなるという関係にあるようである。また冬と秋の気温は弱い負の関係が示されたが，春，夏の気温との間には全く相関関係は認められなかった。

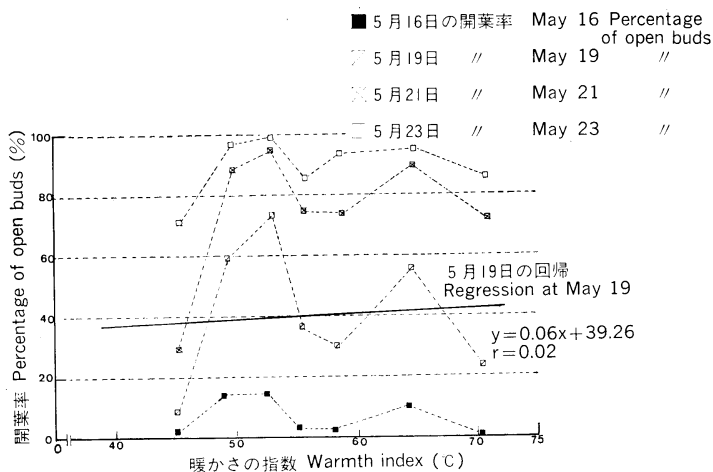


Fig. 61. 7産地の開葉率と暖かさの指数

Correlation between the percentages of open buds of five-year-old seedlings and the warmth indexes of their seed sources.

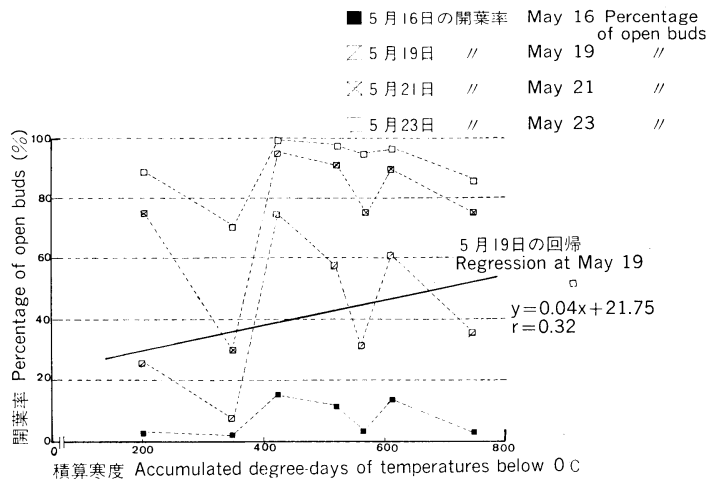


Fig. 62. 7産地の開葉率と積算寒度

Correlation between the percentages of open buds of five-year-old seedlings and the accumulated degree-days of temperatures below 0°C.

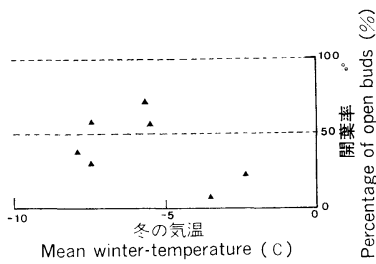


Fig. 63. 7産地の開葉率 (5月19日)
と冬 (12月, 1月, 2月) の産
地の平均気温

Correlation between the percentages of open buds (May 19, 1969) and mean winter-temperatures of seven seed sources.

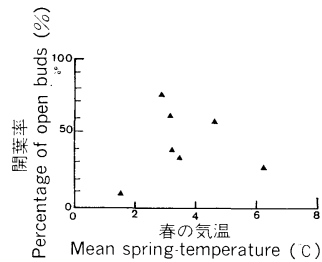


Fig. 64. 7産地の開葉率 (5月19日)
と春 (3月, 4月, 5月) の平
均気温

Correlation between the percentages of open buds (May 19, 1969) and mean spring-temperatures of seven seed sources.

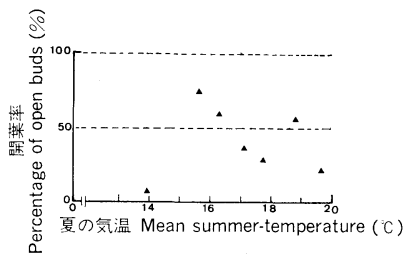


Fig. 65. 7産地の開葉率 (5月19日)
と夏 (6月, 7月, 8月) の平
均気温

Correlation between the percentages of open buds (May 19, 1969) and mean summer-temperatures of seven seed sources.

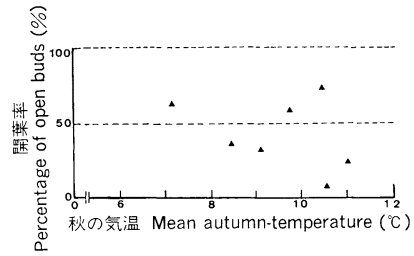


Fig. 66. 7産地の開葉率 (5月19日)
と秋 (9月, 10月, 11月) の平
均気温

Correlation between the percentages of open buds (May 19, 1969) and mean autumn-temperatures of seven seed sources.

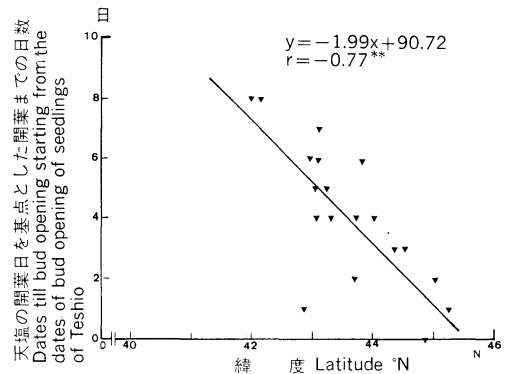


Fig. 67. 開葉までの日数と産地の緯度
Correlation between the dates of bud opening of six-year-old seedlings and the latitude of their seed sources.

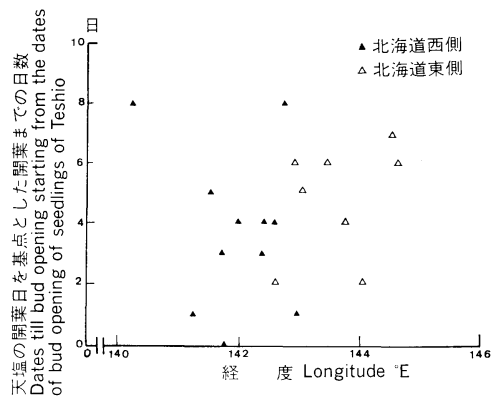


Fig. 68. 開葉までの日数と産地の経度
Correlation between the dates of bud opening of six-year-old seedlings and the longitude of their seed sources.

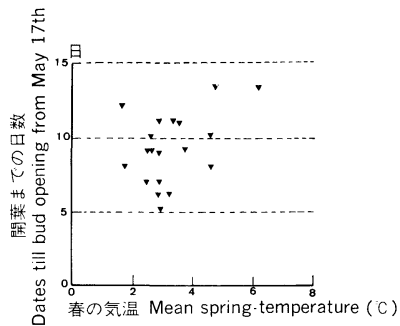


Fig. 69. 5月17日を基準とした開葉までの日数と春（3月，4月，5月）の平均気温

Correlation between the dates till bud opening from May seventeen of six-year-old seedlings and mean spring-temperatures of their seed sources.

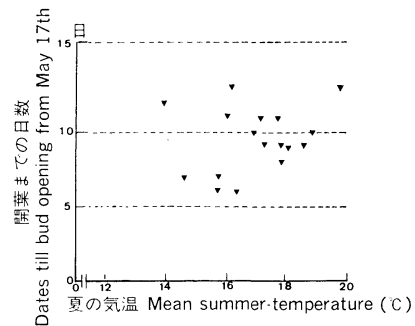


Fig. 70. 5月17日を基準とした開葉までの日数と夏（6月，7月，8月）の平均気温

Correlation between the dates till bud opening from May seventeen of six-year-old seedlings and mean summer-temperatures of their seed sources.

Table 24. 19産地の開葉の速度と自生地の気温との関係
Correlation between the speed of bud opening and various
temperatures of nineteen seed sources

各 気 温 Temperatures	回 帰 式 Regression equation	相 関 係 数 Correlation coefficient
平 均 気 温 Mean annual-temperature	$y = 0.74x + 0.05$	0.3943
冬 の 気 温 Mean winter-temperature	$y = 0.34x + 6.54$	0.3297
春 の 気 温 Mean spring-temperature	$y = 0.82x + 1.47$	0.3929
夏 の 気 温 Mean summer-temperature	$y = 0.30x - 0.98$	0.1870
秋 の 気 温 Mean autumn-temperature	$y = 0.62x - 1.30$	0.3529
暖 か さ の 指 数 Warmth index	$y = 0.09x - 0.99$	0.2714

また昭和52年に調査した19産地の開葉日についても緯度、経度並びに各気温との関係を検討した。この際天塩が最も開葉が早かったのでその日を開葉の基点日として、それから何日後に各産地の50%以上の苗木が開葉したかその日数との関係を求めた（Fig. 67～70）。

この結果、緯度については1%の危険率で有意な高い負の相関が認められ、緯度の高い産地で開葉が早い傾向が認められた。経度については相関関係は明らかではなく、また7産地で示されたような道東側が道西側にくらべて開葉が遅いという傾向もとくに認められなかった。

なお各気温との回帰式並びに相関係数を求めその結果を Table 24 に示す。

いずれも低い相関で明確な傾向は示されていない。なお産地の最大積雪深との関係もあわせて求めたが $r = -0.2910$, $y = -0.02x + 6.05$ で同様に明確な関係は認められなかった。

3) 考 察

各産地の開葉から冬芽形成に至るいわゆる生育期間と苗木の生長について、Fig. 57 及び 58 に示された結果から考えると開葉・休止の時期及び生育期間の長さとの間には明らかな地域差がみられず、

道東側、道西側をわける違いは明らかでなかった。このことは道西産の苗が道東産のそれより生長がよかったことに生育期間が関係していることは認めたいことを示している。トドマツの開葉については丸岡²⁸⁾、久保田²⁹⁾がトドマツ精英樹つぎ木クローンを用いて開芽調査を行い、地域的に日本海岸寄りの地域から選出されたクローンは太平洋側寄りの地域から選出されたクローンより開芽が早いことを報告した。筆者の7産地の調査では道北及び日本海側のトドマツが開葉が早く、太平洋側及び南部のトドマツが開葉が遅い結果となったが、緯度、経度及び各気温との相関で、緯度で弱い正の相関が、経度で弱い負の相関が示された。しかし19産地での開葉までの日数と緯度、経度との相関関係では緯度のみが負の相関が認められ7産地の結果と同様高緯度ほど開葉が早いといえる。

一般に植物の開葉は高緯度のものを低緯度に移すと早くなり、その逆は遅くなるといわれ日長の影響として説明されており、トドマツでもこうした結果が示された。しかし西側産と東側産については、気温からの検討でも明確な結果はでておらず、とくに太平洋東部地区の開葉の遅い傾向については、融雪及び土壤凍結の解除する時期がおくれるという条件を考慮すると、日長や気温が十分であっても樹体内の生理活動の開始がおくれることが十分予想される。道東地区ではとくに土壤凍結という環境条件への適応によるものと考えられる。

開葉の早いものは冬芽形成も早い傾向が認められ生育期間の長さが産地によって著しく異なるということとは認められなかった。各産地の苗の生長は開葉期と冬芽形成期の間の生育期間の長さよりも、その時期の生長速度が関係し、しかもその生長速度はその期間の気温が強く影響しているものと考えられた。

2. トドマツ冬芽の芽鱗の層数

トドマツの冬芽は、その開葉期の鱗片の色が赤色、黄緑色、その中間色と変異があり赤色のものをアカメ、黄緑色のものをアオメと呼んでいた。しかし冬芽の内部形態的な研究は少ない。筆者は冬芽の鱗片の色(すなわち鱗片に付着する色素の濃淡)が道東部産と道南部産でかなりの差のあることを見出した。さらに鱗片の層数にも差のあることを見出した。そのためトドマツ冬芽の芽鱗の層数が産地間でどのような差があるかを明らかにするため、前述の7産地の苗木を供試材料に使って一連の実験を行った。

1) 材料及び方法

清里(Ⅰ-a)、新得(Ⅱ-a-1)、根室(Ⅱ-a-2)、札幌(Ⅲ-a-1)、日高(Ⅲ-a-2)、利尻(Ⅲ-a-3)、檜山(Ⅳ-a)の7産地の苗木を用いた。苗木は苗床の南側に植えられたものに限定し、しかも苗木の南向きの充実した枝を供試材料とした。調査は冬芽の生長が休止している3月中旬に採集し、乾燥を防ぐためポリエチレンの袋に入れ、0°Cで保管し採集後10日以内に調査した。

トドマツの枝の先端には通常中央とその左右に1個ずつ計3個の芽があり、節間にはいくつかの不定芽がある(この場合枝の中央の芽を主芽、左右の芽を枝の側芽、節間にある芽を枝の脇芽と呼ぶこととする)。トドマツの冬芽には白色の薄い鱗片と黒紫色ときには淡褐色を呈する鱗片があるが、これら2枚が1対になって一層をなしている。どの苗木も主芽は枝の側芽、脇芽より若干層数が多い。今回は主芽を中心に層数を数えた。調査本数は、母樹別にまき付けした檜山、新得、清里、日高の4産地については、各産地ごとに任意に10母樹ずつ選び、1母樹につき5本の苗木から、前年伸長した1年生枝を1本ずつ計5本、1産地につき50本、林分別にまき付けした根室、札幌、利尻の3産地については各苗木から1本ずつ計10本を調査した。

2) 結 果

Table 25. 産地別冬芽の鱗片の層数
Number of layers of winter bud scales of seedlings from seven seed sources

産地 Site of seed origin			調査数 Number of seedlings measured	冬芽の鱗片の層数 Average number of layers of winter-bud scaler
清里 (I-a)	Kiyosato		50	7.2 ± 1.1
新得 (II-a-1)	Shintoku		50	8.1 ± 1.6
根室 (II-a-2)	Nemuro		10	7.5 ± 1.4
札幌 (III-a-1)	Sapporo		10	6.2 ± 0.9
日高 (III-a-2)	Hidaka		50	6.2 ± 1.1
利尻 (III-a-3)	Rishiri		10	7.3 ± 0.9
檜山 (IV-a)	Hiyama		50	5.9 ± 1.2

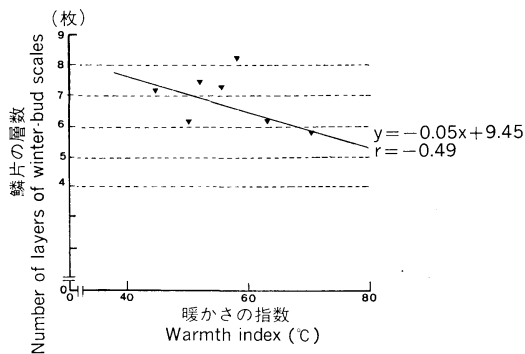


Fig. 71. 7産地 (清里, 新得, 根室, 札幌, 日高, 利尻, 檜山, 以下 Fig. 75 まで同一産地) の鱗片の層数と産地の暖かさの指数
Correlation between the number of layers of winter-bud scales of seedlings and the warmth indexes of seven seed sources (Kiyosato, Shintoku, Nemuro, Sapporo, Hidaka, Rishiri, and Hiyama).

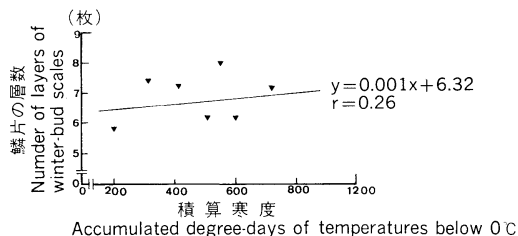


Fig. 72. 7産地の鱗片の層数と産地の積算寒度
寒度

Correlation between the number of layers of winter-bud scales of seedlings and the accumulated degree-days of temperatures below 0°C of seven seed sources.

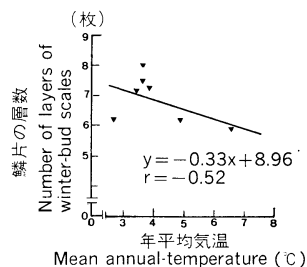


Fig. 73. 7産地の鱗片の層数と産地の年平均気温

Correlation between the number of layers of winter-bud scales of seedlings and the mean annual temperatures of seven seed sources.

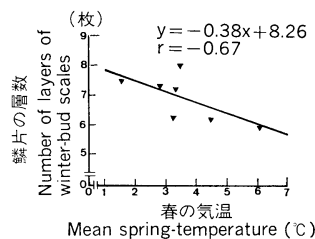


Fig. 74. 7産地の鱗片の層数と産地の春 (3月, 4月, 5月) の気温

Correlation between the number of layers of winter-bud scales of seedlings and the mean spring-temperatures of seven seed sources.

Table 25 に産地ごとの 枝の主芽の平均層数を示した。

これらの結果から檜山, 札幌, 日高の道西側産トドマツの平均層数は 5.9~6.2 で, 新得, 清里, 根室の道東側産のトドマツは 7.2~8.1 で 1 層以上の差が示された。また道北の利尻は道東側産トドマツに近い値を示した。

7 地産について鱗片の層数の分散分析を行ったが産地間に 1% の危険率で有意差が認められた。

枝の側芽と脇芽は枝の主芽と同じ傾向を示し, 枝の主芽の鱗片の層数の多い産地は枝の側芽や脇芽の層数も多い。またいずれも分散分析の結果, これらの側芽, 脇芽とも産地間に高い有意差が認められた。

冬芽の鱗片の層数と気温との関係について検討を行った。Fig. 71~75 は暖かさの指数, 積算寒度, 平均気温, 春及び夏の気温との関係をグラフによって示し, また回帰式と相関係数をあわせて記載した。この結果春及び夏の気温や暖かさの指数との間には弱い負の関係が示されたが有意差は認められなかった。秋と冬の気温との関係はここでは示さなかったが相関係数の値はいずれも -0.3 前後で極めて小さかった。これらの結果, 鱗片の層数は, 気温が高い地域のトドマツは鱗片数が少なく, 気温が低い地域のトドマツは多い傾向にあるがこの傾向は強いものではないように考えられた。

トドマツの冬芽の鱗片の層数は同一の苗木でも頂芽, 側芽, 枝の芽, 脇芽によってかなり異なる。一般に鱗片数は頂芽が最も多く, ついで側芽, 枝の先端の主芽, 枝の側芽, 脇芽の順に減少する。本試験では主軸については調査できなかったが, ほぼ同一条件と考えられる枝の芽について, かなり明確に地域性が認められた。すなわち道南部のトドマツは冬芽の鱗片の層数が少なく, 道東部, 道北部は多い傾向があった。これを主に気温についてその関係を検討したが気温との関係は十分明らかでなく気温以外の気象要因も影響しているのではないかと考えられた。

3) 考 察

冬芽の鱗片の層数は渡島半島の檜山産 (IV-a) のトドマツは層数が少なく新得 (II-a-1), 根室 (II-a-2) 産の層数が多いことを認めた。FRANK C. SONENSEN³⁰⁾ は Slash pine (*Pinus elliottii* ENGELM.) で鱗片の長さや針葉の長さの関係を調べ両者の間に高い遺伝相関のあることを報告した。トドマツの鱗片は春先の開葉の際は冬芽のつけね附近から切れて飛散するが³¹⁾, 二次生長の際は冬芽を包む鱗片は上部から切れて針葉に変わる。これらのことから冬芽の鱗片は針葉が変化したもので本道南西部のトドマツの針葉が長いことから, 長い針葉で大きな芽をつつむことに適応した鱗片の形態をとったものと考えられる。

モミ属の芽の形態については TANG-SHUI³²⁾ が, (1) 芽の形, (2) 芽が葉で保護されているか否か, (3) 芽にヤニを含んでいるか否か, あるいは芽の表面がロウ (Wax) でおおわれているか否かによって分類している。日本産モミ属の筆者のこれまでの観察では,

1. 先端が円型でヤニあるいはロウをおび, 鱗片がうすく密着して重なっており, 鱗片が帽子のように冬芽をかぶせているものにトドマツ, シラベ (*Abies veitchii* LINDL.), アオモリトドマツ (*Abies mariesii*

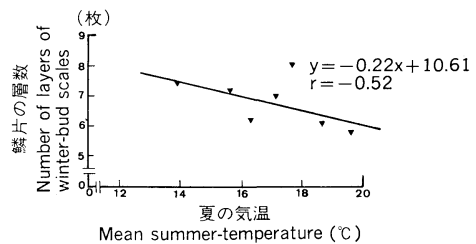


Fig. 75. 7 産地の鱗片の層数と産地の夏 (6 月, 7 月, 8 月) の気温

Correlation between the number of layers of winter-bud scales of seedlings and the mean autumn-temperatures of seven seed sources.

MAST.) があげられる。

2. 先端が尖って、ヤニをおびてなく、鱗片が厚く重なっているが、その間に空隔がある。また冬芽のつけねから鱗片が上に向って重なっているものでモミ (*Abies firma* SIEB. et Zucc.), ウラジロモミ (*Abies homolepis* SIEB. et Zucc.) があげられる。

前者は後者にくらべて分布域からみても北方系であり、冬芽の形態は明らかな相違がみられる。トドマツ、シラベ、アオモリトドマツについて同一年齢の苗木の頂芽の鱗片の層数を比較するとトドマツはシラベ、アオモリトドマツにくらべてその層数が若干多いことを観察している。また今回のトドマツの調査では道南西部の暖かい地方のトドマツの層数が道北部、道東部のより寒い地方のトドマツのものより少なかったことから鱗片の層数と寒さに対する適応形質との関係を示唆するものといえよう。また今回冬芽の鱗片に付着しているヤニについてはとくに調査はしなかったが鱗片層数とともに環境との関係について検討するに価するであろう。

V 産地別トドマツ苗木の適応植栽試験

これまでの試験結果から、道西側産のトドマツが道東側産のトドマツにくらべて苗木の生長が良好であることが明らかにされた。

しかし本試験の所在地野幌は、道西側に属しており、道西側産トドマツが試験地と類似の環境条件にあるため、生育が良好であるとも考えられる。

一般に植物の生長は植物自身のもつ遺伝的素質と生育場所の環境の影響、及びこれらの相互作用の働きとされ、これらの苗木を道東側に移した場合はたして同じように良好な生長をするか否かの問題がある。もしこれらの形質が適応分化の結果、遺伝的に固定してきたものならば、道東側で生育させても生長に関しては良い結果を示すはずである。

本試験は北海道の数か所の林分から採種した種子による苗木を野幌（地区Ⅲ）と十勝清水（地区Ⅱ）に同時に植栽して生育状況を調べ、自生地環境と植栽地環境が異なる場合の植栽初期の生長について検

Table 26. 採種林分の所在地（林小班）
Location of the stunds from which seed were collected

産地 Site of seed origin	区分 Division	林分記号 Mark	所在地 Location	標高 Altitude (m)	樹齢 Age (年)
十勝清水 Tokachishimizu	(Ⅱ)	ア	清水営林署 170 に林小班	840	70～100
		イ	〃 171 ろ 〃	880	70～100
		ウ	〃 172 は 〃	860	70～100
新得 Shintoku	(Ⅱ)	エ	新得営林署 329 ろ林小班	550	70～100
弟子屈（弟子屈温泉） Teshikaga (Teshikaga)	(Ⅱ)	オ	弟子屈営林署31い林小班	300	80～100
弟子屈（川湯温泉） Teshikaga (Kawayu)	(Ⅱ)	カ キ	弟子屈営林署215い林小班	300	100～120
			〃 216～224い 〃	300	100～120
檜山 Hiyama	(Ⅳ)	ク	檜山営林署 229 い林小班	60	80～100
		ケ	〃 229 ぬ 〃	80	80～100
		コ	〃 229 ち 〃	120	80～100

討したものである。

1. 材料と方法

種子を採種した林分の所在地は Table 26 に、供試材料及び試験地の位置は Fig. 76 に示す。種子の採取にあたっては、トドマツの天然林のなかで小面積 0.05 ha 前後の区画をとり、その区画内の母樹から種子を採取した。そしてこの区画林分にア, イ, ウ, ……コの記号を付した。このなかでア, イ, ウ及びカ, キ並びにク, ケ, コの林分は相互に近距離にあるため産地を比較するにあたっては同一産地とみなした。

採種した母樹数はいずれの林分も 10 母樹で、採種は昭和 42 年と 43 年に行われた。なお檜山

(林分記号ク, ケ, コ) はこれまでに使用した供試材料檜山 (IV-a) と同一林分である。

これらの種子は昭和 44 年に育種場野幌苗畑にまき付け、昭和 46 年 5 月に床替えした。昭和 46 年及び 47 年の秋の生長停止期に 1 母樹につき 20 本ずつ、1 林分 200 本ずつ苗高を測定した。

昭和 49 年 5 月にこれら林分別苗木を乱塊法 2 反復で、野幌及び十勝清水営林署 (6 に林小班) にそれ

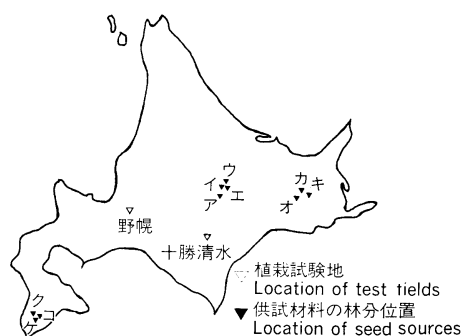


Fig. 76. 供試材料および試験地の位置
Location of the seed sources and test fields of planted seedlings.

ア, イ, ……コの符合は Table 26 の林分所在地
The marks of ア, イ, ……コ are locations of the seed sources in Table 26.

Table 27. 産地別苗木の苗高
The height of seedlings from different localities

産地 Site of seed origin	林分記号 Mark	調査本数 Number of seedlings measured (本)	苗高 Height (cm)	
			3 年生 3 year	4 年生 4 year
十勝清水 (II) Tokachishimizu	ア	200	11.3 ± 1.92	17.7 ± 4.19
	イ	200	10.8 ± 2.11	16.5 ± 4.47
	ウ	200	10.4 ± 3.22	15.9 ± 3.10
平均			10.83 ± 2.42	16.7 ± 3.92
新得 (II) Shintoku	エ	200	9.0 ± 2.14	15.4 ± 4.27
弟子屈 (弟子屈温泉) (II) Teshikaga (Teshikaag)	オ	200	12.1 ± 2.41	17.8 ± 4.10
弟子屈 (川湯温泉) (II) Teshkaga (Kawayu)	カ	200	10.3 ± 3.21	17.3 ± 4.15
	キ	200	10.1 ± 3.18	15.6 ± 3.56
平均			10.2 ± 3.20	16.5 ± 3.86
檜山 (IV) Hiyama	ク	200	12.0 ± 2.16	20.3 ± 4.47
	ケ	200	11.6 ± 2.34	19.1 ± 4.15
	コ	200	11.8 ± 2.86	19.7 ± 4.02
平均			11.8 ± 2.45	19.7 ± 4.21

測定年月: 苗齢 3 年生 昭和 46 年 9 月 Measurement; Three-year-old seedlings, Sept. 1971
苗齢 4 年生 昭和 47 年 9 月 Four-year-old seedlings, Sept. 1972

Table 28. 十勝清水及び野幌試験地の産地別樹高
The height of seedlings from different localities in Tokachishimizu
(east Hokkaido) and Nopporo (west Hokkaido) test fields

産地 Site of seed origin	林分記号 Mark	十勝清水 Tokachishimizu		野幌 Nopporo	
		調査本数 Number of trees measured	樹高 Height (cm)	調査本数 Number of trees measured	樹高 Height (cm)
十勝清水 (Ⅱ) Tokachishimizu	ア	100	61.2 ± 12.13	200	69.7 ± 16.70
	イ	100	60.3 ± 14.56	200	77.1 ± 18.89
	ウ	100	58.9 ± 10.82	200	74.7 ± 16.67
平均			60.13 ± 12.50		73.83 ± 17.42
新得 (Ⅱ) Shintoku	エ	130	57.3 ± 14.33	170	68.14 ± 23.03
弟子屈(弟子屈温泉) (Ⅱ) Teshikaga (Teshikaga)	オ	100	57.1 ± 14.65	200	71.90 ± 17.30
弟子屈(川湯温泉) (Ⅱ) Teshikaga (Kawayu)	カ	100	59.8 ± 11.98	190	68.40 ± 15.18
	キ	100	52.8 ± 14.44	180	65.85 ± 16.45
平均			56.3 ± 13.21		67.13 ± 15.82
檜山 (Ⅳ) Hiyama	ク	100	66.3 ± 16.52	190	75.6 ± 22.91
	ケ	100	61.3 ± 14.07	170	74.7 ± 17.14
	コ	100	62.3 ± 14.80	130	75.4 ± 18.53
平均			63.3 ± 15.13		75.2 ± 19.29

測定年月日：樹齢9年生 昭和52年10月 Measurement date ; Nine-years-old trees, Oct. 1977

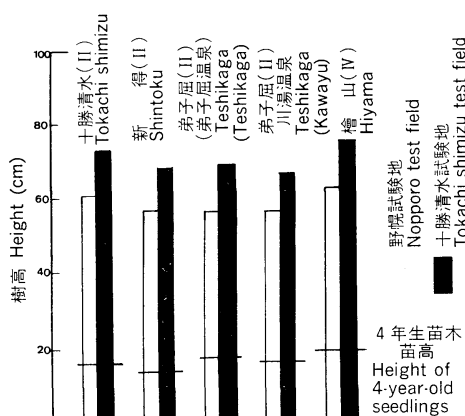


Fig. 77. 十勝清水、野幌の各試験地での生育状況

Growth of nine-year-old seedlings in the test fields at Tokachishimizu and Nopporo.

ぞれ植栽した。

昭和52年秋、植栽4年後に十勝清水と野幌で同時に樹高調査を行った。

2. 結 果

育種場で養成した3年生苗木、及び4年生苗木の苗木高を Table 27 に示した。

また十勝清水及び野幌に植栽した4年後の産地別樹高を Table 28 に、各産地の苗木の苗木高と、野幌、十勝清水の各試験地での生育の状況を Fig. 77 に示した。

本試験の結果苗木の生長では、檜山>弟子屈(弟子屈温泉)>十勝清水>弟子屈(川湯温泉)>新得、の順で生長が良かった。十勝清水の植栽4年後の生長では、檜山>十勝清水>弟子屈(弟子屈温泉)>新得>弟子屈(川湯温泉)の結果となり、檜山の生長は十勝清水でも生長はよかった。

3. 考 察

檜山の年平均気温、暖かさの指数はそれぞれ 8.3°C, 70.3°C と推定され¹²⁾, 新得, 十勝清水, 弟子屈の年平均気温, 暖かさの指数の 5°C 前後, 50°C 前後にくらべてかなり暖かい。また野幌試験地の年平均気温, 暖かさの指数は 7.3°C, 64.9°C であり, 十勝清水試験地はそれぞれ 4.5°C, 51.3°C と推定される¹²⁾。このように道東側と西側ではかなり異なった気象条件にあるが, 本試験でも明らかなように寒い場所に移しても変わらないといえるのではないか。

久保田³³⁾は岩見沢, 倶知安などⅢ地区, 胆振, 日高のⅣ地区, 十勝, 根釧地方のⅡ地区, 北見のⅠ地区産のトドマツの家系苗を昭和 40 年春厚岸に植栽し昭和 43 年 7 月に調査したところ, 岩見沢, 倶知安の西側産トドマツは越冬中の寒さで大きな被害を受けたが被害をうけずに生長しえた個体の樹高は東側産トドマツにくらべて大きかったことを報告している。この結果は筆者の報告と一致している。

これらの試験はいずれも暖かい地方から寒い地方に移動したといっても西から東への移動である。南北の移動の場合は日長の影響もあり先に述べた開葉の時期が気温よりもむしろ緯度と深い関係があることが明らかにされていることから, 生長量は必ずしも, 気温の場合と同じ結果が得られるとは限らない。シベリヤカラマツは札幌に植栽すると生長を早く止めることが知られており, その理由として, 夏の生長期の日長はシベリヤが北海道よりはるかに長いことによるものとされていること, またヨーロッパ各地に広範に分布するヨーロッパアカマツの各産地の苗木を同一か所に植栽した結果, 産地の日長と樹高との間でかなり明確な相関が示されている報告からも³⁴⁾, 緯度的に大きな移動は, 単に気象条件の異なるか所への移動と異なり, 生長に影響を与えるものではないかと考えられる。

VI トドマツの海拔高の違いによる球果, 種子, 苗木の形質の変異

トドマツの垂直的変異については, 柳沢²¹⁾が球果について報告し, 高海拔地産の球果は低海拔地産の球果にくらべて長さが短くなること, 倉橋³⁵⁾らは球果, 種子, 苗高について調査し, 高海拔地産のものは球果長が短かく, 種子も小さく, 苗高も小さくなることを報告した。

トドマツの最高自生地は大雪山集中の海拔 1,650 m とされている⁸⁾。これまでの調査の対象林分が海拔 600 m 以下の天然林を材料としたものが多いが, 石狩山地を中心に 600 m 以上にもかなりの自生地のあることから, 高海拔地のトドマツの特性を明らかにするため高海拔地に自生する天然性林分についてその球果, 種子及びその苗木の形質の調査を行った。

1. 材料及び方法

昭和 44 年秋, 上川, 大雪, 富良野の各営林署管内でそれぞれ海拔 600 m, 900 m, 1,200 m の林分から種子を採集した。

採集した林分の所在地, 採種母樹数は次の通りである (Table 29)。

44 年秋に採取した全球果について, 林分別に球果長と横径 (最大幅) を測定した。また種子は母樹別に 1,000 粒重と 1 l 重量を測定し林分別の平均を算出した。

これらの種子は粒数を一定にして北海道林木育種場 (野幌) 苗畑に 45 年 5 月苗床に区画を作って母樹別にまき付け秋に成立数を調べ苗床発芽率 (成立数/まき付け粒数×100) を算定した。46 年秋から 52 年秋まで苗高を測定した。その間 47 年と 51 年春に床替を行った。49 年に開葉時期, 冬芽形成期, 二次生長発生率, 側芽数を調べた。調査には 1 母樹につき 10 本の苗木を任意にサンプリングした。

Table 29. 林 分 の 所 在 地
Location of the sites at different altitudes from which
seed was collected.

所 在 地 Location	海 抜 高 Altitude (m)	母 樹 数 Number of mother trees providing collected seed (本)
上川営林署 11 ろ 林 小 班 Kamikawa District Forest Office 11 compartment	600~680	10
大雪営林署 130 か Daisetsu District Forest Office 130 compartment	900	10
" 131 は	1,200	10
富良野営林署 121 は, へ, か Furano District Forest Office 121 compartment	600	7
" 126 い	900	7
" 127 ろ	1,200	8

Table 30. 球 果, 種 子 の 形 質
The characteristics of cones and seed from sites at different altitude

所 在 地 Location	海 抜 高 Altitude (m)	調査球果数 Number of cones measured	球 果 長 Cone length (cm)	球果径(最大幅) Cone diameter (cm)	1,000 粒 重 Seed weight (g)	1 l 当 重 量 Weight/l (g)
大 雪 Daisetsu	640~680	346	6.5 ± 0.8	2.4 ± 0.2	10.2 ± 1.6	30.9 ± 2.7
"	900	67	6.2 ± 0.6	2.5 ± 0.6	10.1 ± 0.9	30.0 ± 5.9
"	1,200	60	4.7 ± 0.5	2.4 ± 0.2	7.0 ± 1.2	24.4 ± 7.8
富 良 野 Furano	600	342	6.4 ± 0.8	2.5 ± 0.2	10.3 ± 1.2	31.1 ± 8.4
"	900	220	5.8 ± 0.8	2.5 ± 0.2	9.0 ± 2.0	27.3 ± 7.6
"	1,200	337	5.5 ± 0.9	2.5 ± 0.4	7.0 ± 1.8	23.8 ± 6.6

2. 結 果

1) 球果, 種子の形質

海拔高別の球果, 種子の形質を Table 30 に示す。

なおこれら形質の測定は

(1) 球果長, 球果径; 球果の鱗片の開いていないものについて, 海拔高別, 母樹別にすべての球果の長さ及び最大幅を測定して, 母樹ごとの平均値を算出しさらに各海拔高別に母樹の平均値を算出してそれを海拔高産の球果長, 球果径とした。

(2) 種子の実重 (1,000 粒重), 1 l 当たり粒数; 母樹別の精選種子の実重を測定し, 各海拔高別に母樹の平均値を算出してそれを海拔高産の種子実重とした。母樹別の 20 cc の精選種子の重量を測定し, 1 l 当たりに換算し, 各海拔高別に母樹の平均値を算出してそれを海拔高産の 1 l 当たりの重量とした。

Fig. 78 は 1,000 粒重の頻度を地域別, 海拔高別に示したものである。これから大雪, 富良野両地域とも海拔高が高くなるにつれて種子重量が順次減少する傾向が明らかであった。

Fig. 79 は苗床発芽率の頻度を示したものであるが大雪では海拔 1,200 m で 10 母樹のうち 4 母樹が発

芽率が極端に低い。富良野では海拔 600 m と 900 m はほぼ同じであるが海拔 1,200 m で発芽率がかなり低い母樹が多くなった。

すなわち母樹個体によって差はあるものの、大雪地区、富良野地区の両地区とも海拔高が高くなるにつれて、球果の長さは短くなり、種子の重量、苗床発芽率も減少する傾向が示された。

2) 苗木の生長、側芽数、二次生長発生率

Fig. 80 は 2 年生から 8 年生までの苗木の生長(苗高), Fig. 81 は 5 年生苗木の二次生長発生率の頻度, Fig. 82 は同じく側芽数の頻度を示したものである。これらの調査方法は

(1) 苗木の生長; 母樹別に 10 本ずつ 地際から冬芽のつけねまでの高さを測定し、その平均値を算出し、さらに各海拔高別に母樹の平均値を算出してその海拔高産の苗木の生長とした。

(2) 側芽数; 母樹別に 10 本ずつの苗木について、主軸先端の頂芽を除く側芽数をかぞえ平均

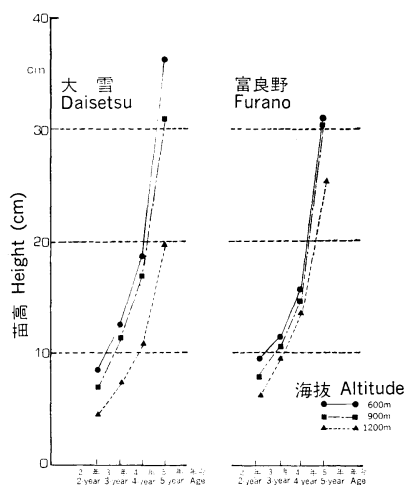


Fig. 80. 苗高の生長経過
Growth development of seedlings from sites of different altitudes.

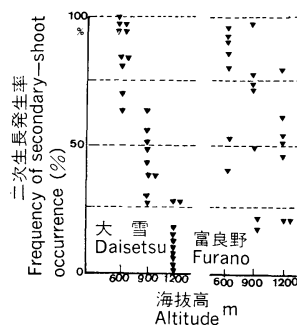


Fig. 81. 二次生長発生率
Frequency of secondary-shoot occurrence on five-year-old seedlings from sites of different altitudes.

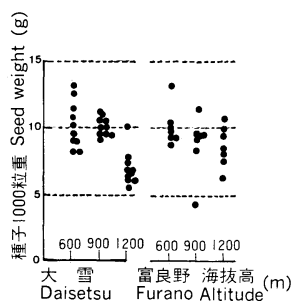


Fig. 78. 1,000 粒 重
Seed weight from different altitudes.

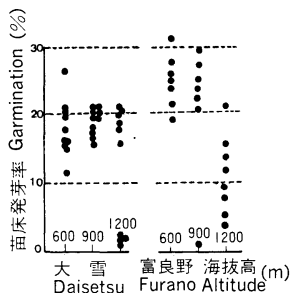


Fig. 79. 苗床発芽率
Germination percentages from sites of different altitudes.

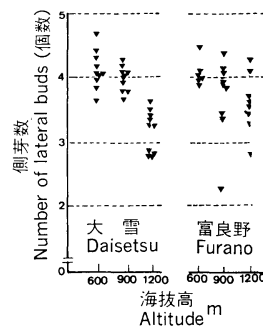


Fig. 82. 5 年生苗木の側芽数
Number of lateral buds on five-year-old seedlings from sites of different altitudes.

して母樹の側芽数としさらに各海拔高別に母樹の平均値を算出してその海拔高産の苗木の側芽数とした。

(3) 二次生長発生率；母樹別に10本ずつの5年生苗木について，二次生長をした苗木数をかぞえ百分率を算出し，母樹の二次生長発生率としさらに各海拔高別に母樹の平均値を算出してその海拔高産の苗木の二次生長発生率とした。

大雪地区では苗木の生長，二次生長発生率側芽数とも海拔高と密接な関係があり，高海拔の林分ほど苗木の生長が遅く，二次生長発生率も低く，側芽数も少なくなる。

とくに苗木の生長経過をみると600mと900mの差よりも900mと1,200mの差がはるかに大きく，1,200mの林分からの苗木は5年目で600mからの苗木のほぼ54%の生長しかしていない。

富良野地区のものも同様な傾向にあるが大雪地区のものほど極端な差は示されなかった。

6年目の生長について大雪地区，富良野地区の産地間，海拔高別の林分間，母樹間の分散分析を一元分

Table 31. 産地間(海拔高別)，母樹間の分散分析
Analysis of the variance of height of six-year-old seedlings and their mother trees from the sites of different altitudes.

要因 Source	S. S.	d. f.	M. S.	F	期待値
地域 District	0.82	1	0.82	0.0001	$\alpha_0^2 + 10\alpha_1^2 + 84.97\alpha_2^2 + 258.85\alpha_3^2$
林分 Stand	29838.58	4	7459.64	10.81**	$\alpha_0^2 + 10\alpha_1^2 + 86.67\alpha_2^2$
母樹 Mother tree	31928.22	46	690.09	26.35**	$\alpha_0^2 + 10\alpha_1^2$
個体(誤差) Error	12254.89	468	26.19		α_0^2
計 Total	74022.50	519			

Table 32. 海拔高別の二次生長発生率の分散分析(大雪)
Analysis of the variance of the frequency of secondary-shoot occurrence of six-year-old seedlings from the sites of different altitudes (Daisetsu)

要因 Source	S. S.	d. f.	M. S.	F
林分 Stand	25642.29	2	12821.46	175.78**
一次効果 First effect	25560.32	1	25560.32	350.43**
残り Residual	82.60	1	82.60	1.13
誤差 Error	1969.37	27	72.46	
計 Total	27612.29	29		

Table 33. 海拔高別の二次生長発生率の分散分析(富良野)
Analysis of the variance of the frequency of secondary shoot occurrence of six-year-old seedlings from the sites at different altitudes (Furano)

要因 Source	S. S.	d. f.	M. S.	F
林分 Stand	4717.79	2	2358.90	3.71
一次効果 First effect	4679.93	1	4679.93	7.35**
残り Residual	37.86	1	37.86	
誤差 Error	12093.86	19	636.52	
計 Total	16811.65	21		

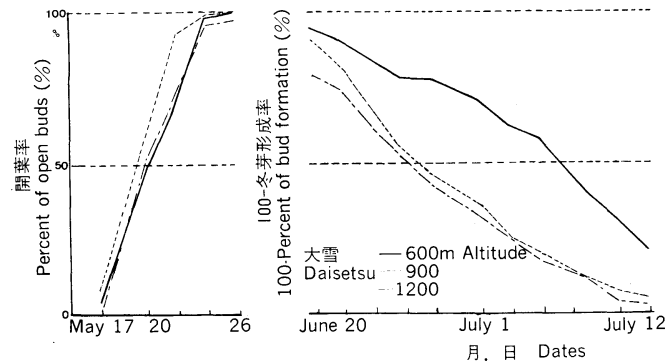


Fig. 83. 開葉率と「100-冬芽形成率」の日変化

Daily variation of percent of open buds and [100-percent of bud formation] of five-year-old seedlings from sites of different altitudes (Daisetsu).

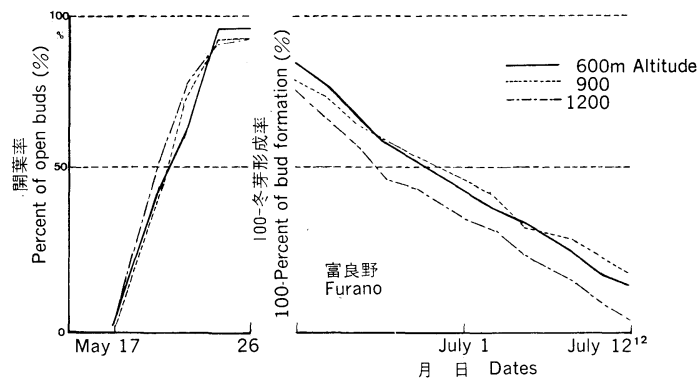


Fig. 84. 開葉率と「100-冬芽形成率」の日変化

Daily variation of percent of open buds and [100-percent of bud formation] of five-year-old seedlings from sites of different altitudes (Furano).

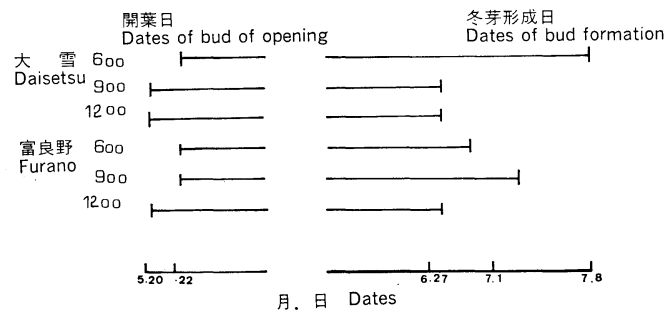


Fig. 85. 海拔高別の苗木の開葉日から冬芽形成日までの生育期間
Length of growing season for seedlings from sites of different altitudes.

類法で実施した。その結果を Table 31 に示す。

この結果大雪と富良野（十勝岳）の地区間では全く有意差は認められず、林分内の母樹間、とくに海拔高の違いによる林分間で高い有意差が認められた。

また二次生長発生率について大雪、富良野の両地区とも、海拔高が高くなるにつれて、二次生長発生率が低下する傾向があるため、1次回帰の効果について地区ごとの分散分析を行った。その結果を Table 32, 33 に示す。

大雪、富良野両地区とも一次回帰に有意差が示されたが、大雪地区ではその傾向が顕著であった。

3) 開葉期、冬芽形成期と生育期間

開葉期及び冬芽形成期については、母樹別に10本の苗木について、頂芽の鱗片の切れた時点を開葉期、また新梢の生長が停止し、頂芽が肉眼で確認された時点を冬芽形成期とし、それぞれ母樹ごとの百分率を算出しさらに各海拔高別に母樹の平均値をもとめその海拔高産の苗木の開葉期、冬芽形成期とした。調査は開葉期は49年5月17日から5月26日まで、冬芽形成期は6月20日から7月12日まで毎日測定した。

Fig. 83, 84 は大雪、富良野の開葉率(%)と「100(%) - 冬芽形成率(%)」の日変化を海拔高別に示したものである。この結果開葉の進行は両地区とも海拔高には差はない。しかし冬芽形成は大雪では海拔900m, 1,200mの林分の苗木は海拔600mよりも早く進行する。冬芽形成率が50%に達した日をその林分の冬芽形成日と決めると、海拔900m, 1,200mの林分は6月28日、海拔600mは7月8日で10日の差があり高海拔の林分からの苗木は生育期間が短い。富良野では海拔900mは7月3日、600mは7月1日、1,200mは6月28日で大雪ほど海拔高による差は顕著でないが1,200mの林分は若干冬芽形成期が早い結果となった(Fig. 85)。

前述したように海拔600m以下の林分で調査した5年生苗木の開葉から冬芽形成日までの生育期間はほぼ50~59日であったが、海拔1,200mの大雪、富良野からのトドマツ苗木では38日前後で生育期間が低海拔地帯のトドマツにくらべてはるかに短い結果となった。

3. 考 察

トドマツの垂直的変異については柳沢²¹⁾、倉橋³⁵⁾らが球果、種子、苗高について報告しており、本試験の結果はこれらの結果と一致している。トドマツ以外では生長について R. Z. LALLAHAM³⁶⁾ らによる *Pinus ponderosa* LAWS. で、種子の品質については P. GATHY³⁷⁾ が *Picea abies* KARST. 及び *Pinus sylvestris* LINN. で報告し、高海拔産の種子による苗木の生長がおそいこと、種子の品質が低下することなどを示した。また K. HOFFMANN³⁸⁾ は *Picea abies* KARST. で二次生長発生率と海拔高には有意な相関があることを報告している。

本試験で海拔高が高くなると種子の発芽率が低下したが、その原因としてはいろいろのことが推察されるが、海拔1,200mの気温が極めて低く、球果、種子が十分に成熟し得ないことが一要因として考えられる。Table 34 は海拔高別の年平均気温と暖かさの指数を試算したものであるが¹²⁾大雪地区の海拔高1,200mは年平均気温 -0.3°C 、暖かさの指数が $24\sim 25^{\circ}\text{C}$ と他の林分にくらべて最も低い値であり、こうした低温が種子の発育をおくらせ稔性を低下させている最も大きな要因と考えられる。

本試験で特徴的なことは、海拔1,200mのトドマツが、種子の発芽率の低下だけでなく、生長、生育期間が他の林分にくらべて顕著に異なったことである。すでにみてきたように低海拔地域のトドマツにみら

Table 34. 海拔高別の気温、暖かさの指数
The mean annual-temperature and warmth index of the sites
of different altitudes.

	緯 度 Latitude	経 度 Longitude	海 抜 高 Altitude (m)	年平均気温 Mean annual- temperature	暖かさの指数 Warmth index
大 雪 Daisetsu	43°50'	142°28'	600	3.2	47 ~ 48
			900	1.4	36 ~ 37
			1,200	-0.3	24 ~ 25
富 良 野 Frano	43°22'	142°24'	600	3.9	50 ~ 51
			900	2.2	39 ~ 40
			1,200	0.4	28 ~ 30

れる地域間の生長の良否は生育期間の違いによるということよりも、生育期間中の生長速度など他の要因によるものと考えられたが、本調査の結果から海拔高の異なる林分の場合、それらの林分からの苗木は芽出し時期はほぼ同じでも、生長停止期に差が現われ、したがって高海拔産の苗木は生育期間が短かくこれが生育期間中の低温に加え生長を遅くしていることは十分考えられる。

開葉期は海拔高に関係なくほぼ一時期に並んだが、現地の林分の観察では、海拔 600 m の林分では5月中～下旬、900 m では5月下旬～6月上旬、1,200 m では6月中～下旬に芽出し時期があった。すなわち高海拔地のものほど生長の開始は遅いとみられる。すでにみてきたようにトドマツは産地の海拔にかかわらず一定の温度さえあれば何時でも休眠が破られる条件にあるとすると、高海拔地ほど同じ時期の気温が低いから、現実には高海拔地ほど開葉期がおくれるということになるであろう。これらの種子を低海拔地に移せば、気温が高くなり、開葉期も他の低海拔のトドマツと同様な時期になるものと考えられる。しかし高海拔産の苗木がなぜ生長を早くとめるかが問題となる。

一般に低地から高山まで広い範囲で分布する植物では生理的にそれぞれの環境に適応分化していることが知られているが、その一例としてイネ科の植物 *Sitanion hystrix* では高海拔のものほど、抽出されたミトコンドリアの呼吸率 (μl 2/時間/mgN) が高くなる事例がある³⁹⁾。

この呼吸率は各温度条件で測定されているが 20°C の温度でその差が最も顕著に示されている。またタデ科の植物 *Oxyria digyna* の呼吸、光合成能力などの研究例から、気温の低い自生地のは、高い自生地のものよりも呼吸率が高いこと、温度条件に関してはより低い温度で最大光合成を示している。

高海拔地に自生するトドマツの生育条件は、さきにも述べたように、春が遅く夏も短かくその生育期間は低海拔地に自生するトドマツにくらべて短い。これらのトドマツはイネ科あるいはタデ科の植物で示されたように呼吸、光合成能力などの生理機能が高海拔地の低い温度に適応した遺伝的素質をもつトドマツのみが生存し、他の性質が次第に淘汰され、遺伝的に固定したものではないだろうか、したがって環境が変わっても、この性質が変わらないとすると、気温の高い場所で生育させても、生育の休止が早くなるものと考えられる。

VII トドマツの産地による寒害の抵抗性の違い

トドマツの寒さによる害は、北海道全域に及んでおり、主な被害として晩霜害、幹の凍害、寒風害などがあげられる。晩霜害はトドマツの開葉時期に 0°C 以下の低温にさらされることにより芽が枯れる現象

で、ひどいときは頂芽、側芽、枝の芽などすべての芽が褐変する。更にひどくなると苗木あるいは造林木の幹が凍害を受け枯死する。

この被害は全道一円に発生するが、霜穴地形など晩霜発生 of 常習地帯では、造林初期にこの被害を毎年受けるため、生長が阻害されついに消滅する場合も少なくない。とくに道東部にはこうした地域が多い。

幹の凍害は、積雪下で直接低温にさらされることなく保護されて十分な耐凍性を具備しないまま越冬した幹が、3月から4月にかけ融雪直後低温にみまわれて凍害を受ける場合が多く、トドマツのみならずヨーロッパアカマツ (*Pinus sylvestris* LINN.), レジノザマツ (*Pinus resinosa* AIT.) などの外国から導入された北方系の耐凍性の強い種でも被害がみられる。この現象は全道各地に及ぶが、とくに道北部、道中央部の多雪地帯で多発する。

また寒風害は真冬から早春にかけて寡雪地帯でおこる。これは土壤凍結のため水分の補給が困窮であるところへ更に強風にさらされて水分を失い乾燥により先枯れあるいは幹全体が枯死する現象で、道東部に多く発生する。またこの被害は多雪地帯で土壤が凍結しなくても雪面附近の幹が凍結して起る場合もある。

こうした被害の軽減のため、微気候など被害の発生する条件、被害の症状、防止法などの研究が進められてきた。また最近はこの被害の多発が天然林を一斉皆伐し、大面積造林を実施してきたことによるものであるとの反省から施業法の見直し、すなわち天然林の小面積皆伐、保残木施業などの造林施業がとられるようになった。こうした造林技術の改善も重要であるが、同時に寒さの害の起こりやすい地方での造林には寒さの害に対して抵抗性のある遺伝的素質をそなえた苗木を用いることも重要である。

トドマツの天然分布区域の自然環境は気温、降水量などの気象条件が大きく異なっており、天然林を構成する個体はこうした気象条件に適応した遺伝的素質をそなえているものと考え、産地による抵抗性の差の検定を行ったものである。

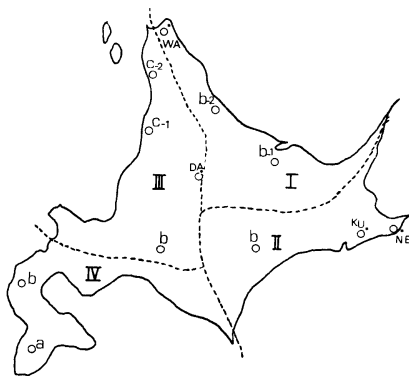


Fig. 86. 供試材料位置図

Location of the eleven seed sources from which the seed used in the study on freezing resistance were collected.

但し * 印は新たに図上に示した産地で
WA* は稚内 Wakkanai, DA* は大雪
Daisetsu, KU* は釧路 Kushiro, Ne*
は根室 Nemuro を示す。

トドマツの産地による耐凍性の差を論ずる場合、真冬の耐凍性よりも秋と春の耐凍性の差が重要になる。

一般に林木は夏の生長期間は全く凍結に耐えない。秋に生長を停止し休眠にはいるにつれて耐凍性が高まってくる。トドマツは12月中旬から1月下旬にかけて耐凍性は最高に達する。真冬のトドマツは北海道の最低気温よりはるかに低い温度にも耐え得る高い耐凍性を備えている。気温が上昇するにつれ2月下旬から5月の開葉期にかけて耐凍性は低上し開葉期には $-3^{\circ}\sim-5^{\circ}\text{C}$ の温度に耐えなくなる⁴⁰⁾。こうした耐凍性の増大していく過程と減少していく過程で凍害を受ける場合が多く、したがって産地による耐凍性の差の検定は季節の変わりめに主眼がおかれている。

1. トドマツの産地の違いによる耐凍性の差

1) 材料と方法

供試材料は II で記載した種子採集林分からの林分別、

母樹別の種子の一部を昭和 41 年にまき付けしたもので 6 年生苗木の切枝を用いて冬芽の耐凍性を調べた。また稚内 (I), 大雪 (III), 釧路 (II), 根室 (II) の各天然林から個体別に直接切枝を採取しその枝の主芽と葉の耐凍性を調べた。これら供試材料の産地の位置を Fig. 86 に示した。

母樹別苗木は檜山 (IV-a) 6 母樹, 羽幌 (III-c-1) 10 母樹, 天塩 (III-c-3) 7 母樹で 10 月 12 日および 12 月 13 日に凍結を実施し, 産地別苗木は東瀬棚 (IV-b), 大夕張 (III-b), 足寄 (II-b), 佐呂間 (I-b-1), 北見枝幸 (I-b-2) の 5 林分で 10 月 12 日, 11 月 26 日, 12 月 25 日, 1 月 18 日に実施した。母樹別苗木は 1 母樹 10 個体, 林分別は 20 個体を使用した。

またトドマツ天然林の個体の耐凍性を調べるため稚内 (I), 大雪 (III) は各 3 林分, 釧路 (II), 根室 (II) は各 2 林分で, 各林分から昭和 45 年 3 月, 10 母樹ずつ任意に選び先端の切枝を採集した。

凍結法は当年枝を 10~15 cm に切断し, ポリエチレン袋に入れ空気を抜いてから密封した。-5°C の低温温室で凍結を確認してから, 1 時間後に 5°C ずつ温度を下げ所定の処理温度に達してから 16 時間おいた。融解は 0°C の空気中に 16 時間おいてから室温に移し 3~4 週間後に被害を判定した。被害の判定は

(1) 苗木の冬芽の耐凍性

苗木の頂芽を縦に切断し健全 1 点, 被害 (芽の褐変または萎縮) 0 点として

$$\text{耐凍度} = \frac{\text{健全数} \times 1 + \text{被害数} \times 0}{\text{全体の数}} \times 10$$

で示した。

(2) 天然木の切枝の冬芽, 葉の耐凍性

冬芽を縦に切断し, 健全 2 点, 芽の萎縮 1 点, 芽の褐変 0 点として

$$\text{冬芽の耐凍度} = \frac{\text{健全数} \times 2 + \text{芽の萎縮数} \times 1 + \text{芽の褐変数} \times 0}{\text{全体の数}} \times \frac{1}{2} \times 10$$

葉は健全 2 点, 一部変色ないし一部落葉 1 点, 変色ないし落葉 0 点

$$\text{葉の耐凍度} = \frac{\text{健全数} \times 2 + \frac{\text{一部変色ないし一部落葉数}}{\text{一部落葉数}} \times 1 + \frac{\text{変色ないし落葉数}}{\text{落葉数}} \times 0}{\text{全体の数}} \times \frac{1}{2} \times 10$$

で示した。

2) 結 果

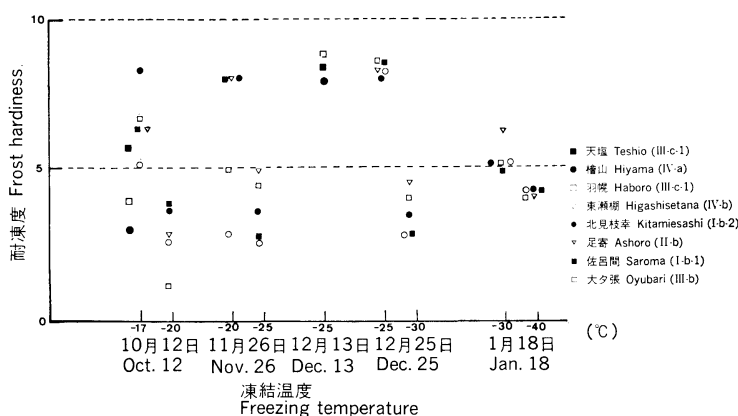


Fig. 87. トドマツの冬芽の産地別, 母樹別苗木の耐凍性の季節変化
Seasonal variation in frost resistance of winter buds of seedlings from eight seed sources and mother trees.

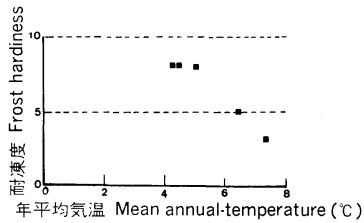


Fig. 88.

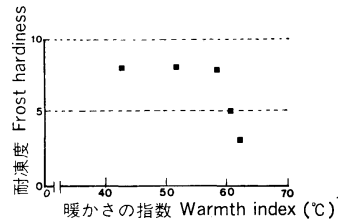


Fig. 89.

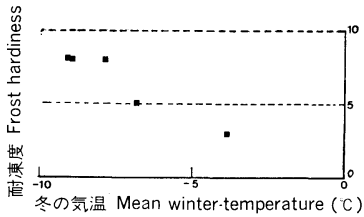


Fig. 90.

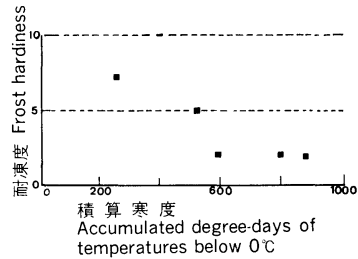


Fig. 91.

Fig. 88~91. 5産地（東瀬棚，佐呂間，足寄，北見枝幸，大夕張）の各気温と -20°C の凍結実験による芽の耐凍度
凍結月日 11月26日

The relationship of various temperatures and the frost hardness of the needles of seedlings.
(Freezing date; Nov. 26th, Freezing temperature; -20°C)

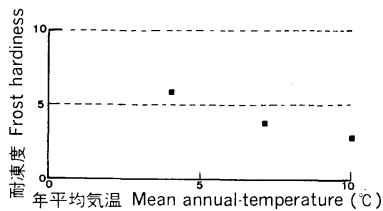


Fig. 92.

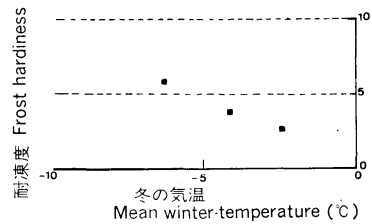


Fig. 93.

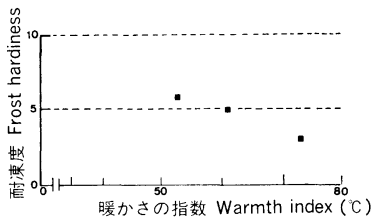


Fig. 94.

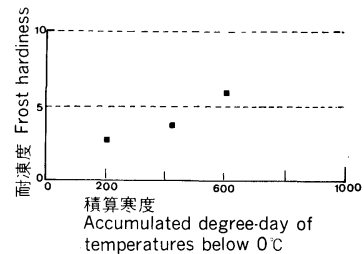


Fig. 95.

Fig. 92~94. 3産地（檜山，羽幌，天塩）の各気温と -17°C の凍結による芽の耐凍度 凍結月日 10月22日

The relationship of various temperatures of three seed sources and the frost hardness of the needles of seedlings.
(Freezing date; Oct. 22nd, Freezing temperature; -17°C).

Fig. 87 は 46 年 10 月 12 日から 47 年 1 月 18 日まで実施した 産地別母樹別苗木の 人工凍結による頂芽の耐凍度指数である。耐凍度指数 5 以下すなわち冬芽の 50% 以上が枯死し他の 49% 以下が正常な場合、この産地苗の頂芽はその温度に耐えないものとする、10 月 12 日は檜山 (IV-a), 羽幌 (III-c-1) は -17°C に耐えられず最も弱かった。ついで東瀬棚 (IV-b), 天塩 (III-c-3) が弱く、佐呂間 (I-b-1), 足寄 (II-b), 大夕張 (III-b) が中程度で北見枝幸 (I-b-2) が強かった。この時期にはすべての産地苗木は -20°C に耐えなかった。

11 月 26 日には道東産はすべて -20°C に耐えたが大夕張, 東瀬棚 は耐えられずとくに東瀬棚は弱かった。12 月下旬にはすべての産地が, -25°C に耐えたが -30°C には耐えなかった。1 月 18 日にはすべて

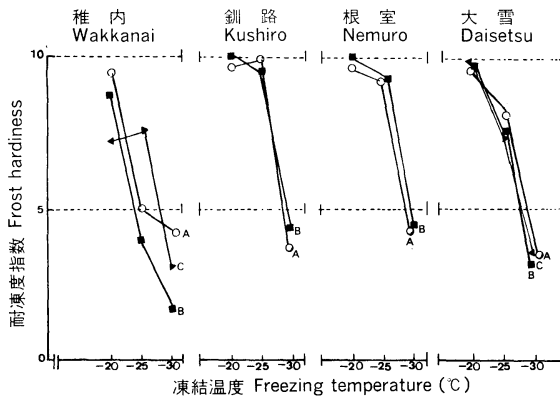


Fig. 96. トドマツ天然林の冬芽の 3 月の耐凍度

Comparison of the frost hardiness in March of winter buds in natural forests of Sakhalin fir.
(Freezing temperatures; -20 , -25 , -30°C).

A, B, C は各産地で方位, 標高など立地環境で供試材料の採取地の違いにより耐凍性に大きな差があるか否かを確認するため, 数 km はなれた林分から材料を採取した。その林分ごとの耐凍度を示したものである。

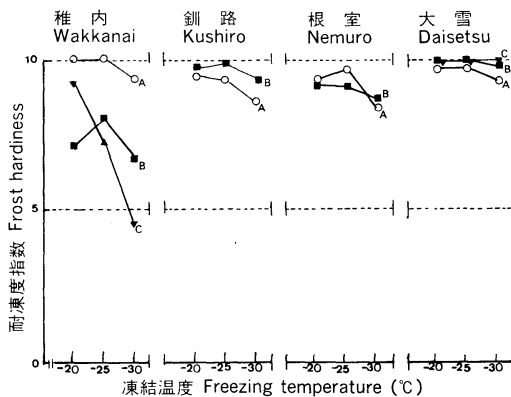


Fig. 97. トドマツ天然林の葉の 3 月における耐凍度

Comparison of the frost hardiness in March of needles in natural forests of Sakhalin fir.
(Freezing temperatures; -20 , -25 , -30°C).

注) 図上の A, B, C は Fig. 96 と同じ。

- 供試材料の採取位置
Location of the seed sources
- 稚内 Wakkanai
- A 猿仏村峰岡
Sarufuzu mura
 - B 稚内署 143 は林小班
Wakkanai District Forest Office
143 compartments
 - C 稚内公園
Wakkanai park
- 釧路 Kushiro
- A 釧路署 62 は林小班
Kushiro District Forest Office
62 compartments
 - B 釧路署 60 は林小班
Kushiro District Forest Office
60 compartments
- 根室 Nemuro
- A 根室署 10 は林小班
Nemuro District Forest Office
10 compartments
 - B 根室署 10 は林小班
Nemuro District Forest Office
10 compartments
- 大雪 Daisetsu
- A 大雪署 131 は林小班
Daisetsu District Forest Office
131 compartments
 - B 大雪署 130 は林小班
Daisetsu District Forest Office
130 compartments
 - C 大雪署 130 は林小班
Daisetsu District Forest Office
130 compartments

の産地が -30°C に耐えたが、なかでも足寄が強かった。

このことから10月～11月にかけて産地の耐凍性の差は大きく、供試材料のうち道西側産の東瀬棚、大夕張は弱く道東側産の北見枝幸、佐呂間、足寄は強かった。1月の真冬になると産地による差はほとんどなくなった。

なお11月26日に実施した凍結実験で、5産地の気温と芽の耐凍度との関係をFig. 88～91に示したが、平均気温、冬の気温との間には気温が低いほど耐凍度が大きい傾向にあることが認められた。

一方暖かきの指数及び積算寒度ではその傾向は弱まる結果となった。10月22日に実施した、産地の凍結実験においてもほぼ同様の傾向が認められた (Fig. 92～95)。

Fig. 96 及び Fig. 97 は人工凍結によって測定したトドマツ天然林の切枝及び葉の45年3月の耐凍度の産地、林分間の差を示したものである。

この4産地のなかで最も寒冷的な産地は海拔の高い大雪と考えられる。釧路 (年平均気温 5.5°C 、最低気温の平均 1.1°C)、根室 (年平均気温 5.7°C 、最低気温の平均 2.3°C) がこれに次ぎ、最も暖かい産地は稚内 (年平均気温 6.3°C 、最低気温の平均 3.6°C) であるが、冬芽、葉いずれもその耐凍性は稚内が他の産地に比べて弱い結果となった。釧路、根室は冬芽、葉ともほぼ同じ耐凍性を示したが大雪は釧路、根室に比べて若干冬芽が弱く、葉は逆に強い結果となった。

2. トドマツの産地による寒風害抵抗性の差

1) 材料と方法

北海道林木育種場の冬期間北西季節風の当たる風衝地に櫓を立て、高さ2mと3mの位置に産地別の鉢苗を設置し冬期間寒風にさらして被害状況を調べた。苗木は昭和41年4月下旬にまき付けた5年生の鉢苗で、産地は上記耐凍性試験に用いた北見枝幸 (I-b-2)、東瀬棚 (IV-b)、足寄 (II-b)、大夕張 (III-b)、佐呂間 (I-b-1) の5産地で1産地につき41～43個体を用いた。45年9月に苗木を鉢に植えかえ同年12月に櫓の上に無作為に並べ昭和46年3月末日まで放置しておいた。その間鉢内の土はほぼ凍結した状態であった。

46年8月に被害程度を知るため苗木ごとに頂芽、側芽及び主軸当年生部の枝のすべての芽の開葉状態を調べた。開葉した芽は被害を受けず、開葉しなかった芽は被害により枯死したものと考え、開葉率で被害程度を判定した。また同時に苗木の生存数と枯死数 (回復の見込みのないものを含む) をかぞえて

Table 35. トドマツの産地別苗木の寒風害の差
Differences in cold-winter damage of seedlings from five seed sources

産地名 Name of seed origin	個体数	苗長 Height (cm)	冬芽の開芽率 (内は%) Percentage of seedlings with opened bud			
			100～67個体	66～34個体	33～1個体	0個体
北見枝幸 (I-c) Kitamiesashi	42	37.9	21 (50.0)	6 (14.3)	3 (7.1)	12 (28.6)
佐呂間 (I-b) Saroma	43	30.5	11 (25.6)	2 (4.6)	1 (2.3)	29 (67.5)
足寄 (II-c) Ashoro	41	33.2	20 (48.7)	0 (0)	4 (9.8)	17 (41.5)
大夕張 (III-d) Oyubari	41	30.5	13 (31.7)	2 (4.9)	0 (0)	26 (63.4)
東瀬棚 (IV-b) Higashisetana	42	37.9	2 (4.8)	2 (4.8)	1 (2.4)	37 (88.0)

Table 36. 産地別苗木の生存数と枯死数
Number of survived and dead seedlings from five seed sources by cold-winter damage.

産 地 名 Name of seed origin	櫓 の 高 さ Height of turret (3 m)		櫓 の 高 さ Height of turret (2 m)		計 Total	
	生 存 Survival	枯 死 Death	生 存 Survival	枯 死 Death	生 存 Survival	枯 死 Death
北見枝幸 (I-b) Kitamiesashi	12	10	18	2	30	12
佐呂間 (I-b) Saroma	8	14	6	15	14	29
足 寄 (II-b) Ashoro	13	9	12	7	25	16
大夕張 (III-d) Oyubari	8	12	9	12	17	24
東瀬棚 (IV-b) Higashisetana	2	18	4	18	6	36

Table 35 及び Table 36 にまとめた。

2) 結 果

本試験の結果、渡島半島に位置する東瀬棚のトドマツは、全く芽が開葉しなかった苗木が42個体のうち88%にあたる37個体もあり、また36個体が完全に枯死した。被害の少なかった産地は道東側産の北見枝幸及び足寄で、試験苗木の約半数が67%以上の開葉率となり、その冬芽が冬の寒風に強いことが明らかとなった。また北見枝幸は70%、足寄は66%の苗木が生存し寒風に強いことを示した。

5産地を被害の少ない順に並べると北見枝幸 (I-b-2)、足寄 (II-b)、大夕張 (III-b)、佐呂間 (I-b-1)、東瀬棚 (IV-b) の順となり東瀬棚は他の4産地にくらべて極端に弱い結果となった。

5産地の各気温及び最大積雪深と枯死率との関係を Fig. 98~104 に示した。この結果、暖かさの指数 (1%水準で有意)、年平均気温、春、夏の気温 (5%水準で有意)、に正の相関が認められ、秋、冬、積算寒度とは相関が認められなかった。また自生地積雪深との間にも関係は認められなかった。

3. 産地によるトドマツの (土壌凍結による) 寒風害抵抗性の差

道東部の十勝、釧路、根室地方、日高の太平洋沿岸地方は寡雪と低温による土壌凍結のため植物の水分の上昇が阻害されるうえに空気が乾燥しており幼齢木が寒風害を受けるといわれている。筆者は人工的に苗床から積雪を除去して土壌を凍結させ、苗木を外気に露出させて、各産地苗の寒風害の抵抗性の差の検定を行った。

1) 材料と方法

北海道林木育種場苗畑に、降雪のたびに積雪を除去しやすいように50cmの高さの苗床を作った。そこに47年まき付け1回床替のトドマツの15産地の産地別苗1産地50本ずつ無作為混交で50年9月に定植した。

試験に使用した産地は下記の通りである。

道東側

清里 (I-a)、津別 (I-d)、北見枝幸 (I-b-2)、足寄 (II-b)、新得 (II-a-1)、池田 (II-d)

道西側

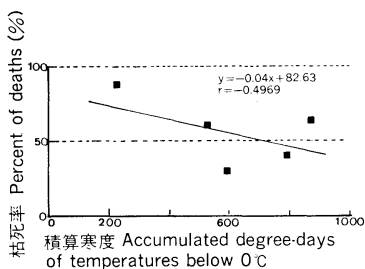


Fig. 98.

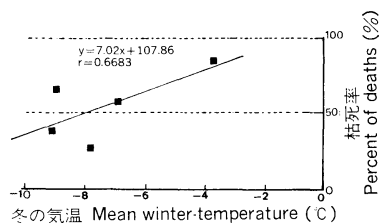


Fig. 99.

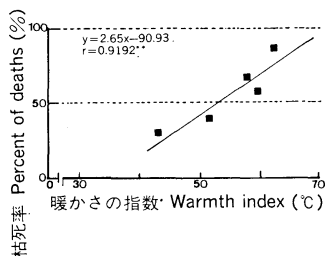


Fig. 100.

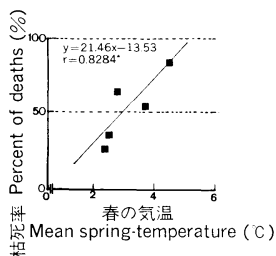


Fig. 101.

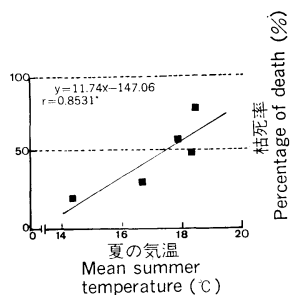


Fig. 102.

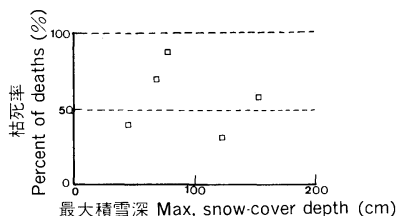


Fig. 103.

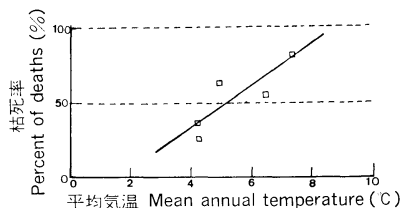


Fig. 104.

Fig. 98~104. 5産地(東瀬棚, 足寄, 佐呂間, 大夕張, 北見枝幸)の各気温および最大積雪深と鉢苗の枯死率

Relationship of various temperature as well as maximum snow-cover depth and percent of deaths of seedlings by cold-winter damage from five seed sources.

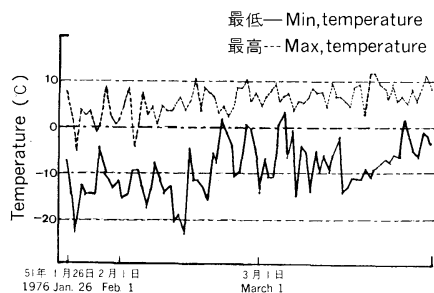


Fig. 105. 苗床の最高最低気温の日変化
Daily variance of maximum and minimum temperatures of seed beds from Jan. 20th to Apr. 6th.

利尻(Ⅲ-a-3), 大夕張(Ⅲ-b), 山部(Ⅲ-d-3), 札幌(Ⅲ-a-1), 美深(Ⅲ-d-2), 天塩(Ⅲ-c-3), 幾寅(Ⅲ-d-1), 日高(Ⅲ-a-2), 浦河(Ⅳ-c)

なお植栽密度は1m²当り36本植えである。一部を対象区として自然状態で放置し, 他を降雪のたびに雪を除去した。そのため12月から3月まで苗床はほぼ凍結状態であった。自然状態で放置したものは冬期間完全に積雪下にあった。

2) 結 果

1月20日から4月6日までの苗床の地上5cm高さの最高と最低気温を Fig. 105 に示す。また50年12月

から 51 年 4 月までの各月の平均風速, 最大風速及び最多風向を Table 37 に示す。

処理区の苗木は, 2 月上旬から葉が黄変または褐変して枯死する状態がめだちはじめた。5 月上旬になると枯死に至らなかった冬芽が開葉しはじめ, 次第に個体または枝の生死が明らかとなり 6 月中旬には生育に支障のない苗木と枯死または著しい被害を受けた苗木の判別が可能となった。6 月 24 日に被害状況

Table 37. 試験期間中の風速と風向 (50 年 12 月～51 年 4 月)

Wind speed and direction during period of freezing in seed beds (Dec. 1975 to Apr. 1976)

月 Month	50 年 12 月 Dec. 1975	51 年 1 月 Jan. 1976	51 年 2 月 Feb. 1976	51 年 3 月 Mar. 1976	51 年 4 月 Apr. 1976
平均風速 m/s Mean wind-speed	1.0	1.0	1.0	1.5	2.7
最大風速 m/s Max. wind-speed	8.0	10.0	8.0	8.0	7.0
風向 Prevailing wind	S E	NW	NW	S E	S E

Table 38. 産地別苗木の被害状況

Differences in winter desiccation- damage of seedlings from fifteen seed sources

産地 Seed origin	調査本数 Number of seedlings measured	無被害+ 軽被害本数 Healthy and slightly damaged trees	中被害本数 Medium damaged trees	重被害+ 枯死本数 Heavily damaged and dead trees	被害指数 Index of damage
清里 (I-a) Kiyosato	35	19	8	8	35
津別 (I-d) Tsubetsu	35	17	12	6	35
北見枝幸 (I-b-2) Kitamiesashi	35	15	12	9	42
足寄 (II-b) Ashoro	35	21	8	6	29
新得 (II-a-1) Shintoku	34	14	12	8	41
池田 (II-d) Ikeda	35	21	11	3	25
利尻 (III-a-3) Rishiri	35	19	11	5	30
大夕張 (III-b) Oyubari	35	14	12	9	43
山部 (III-d-3) Yamabe	36	15	9	12	46
札幌 (III-a-1) Sapporo	36	20	9	7	32
美深 (III-d-2) Bifuka	34	10	19	6	45
天塩 (III-c-3) Teshio	35	21	11	4	27
幾寅 (III-d-1) Ikutora	35	16	9	10	42
日高 (III-a-2) Hidaka	35	15	10	10	43
浦河 (IV-c) Urakawa	36	19	14	1	24

Index of damage

$$\text{被害指数} = \frac{P_i \times 0 + P_j \times 1 + P_k \times 2}{2N}$$

P_i : (無被害+軽被害)本数

P_j : 中被害本数

P_k : (重被害+枯死)本数

$N = P_i + P_j + P_k$

No. of healthy and slightly damaged trees

No. of medium-damaged trees

No. of heavily damaged and dead trees

を調査した。被害程度は次の基準で判定した。

無被害：苗木の各組織に被害の全くみられないもの

軽被害：苗木の枝の一部、または枝の芽の一部が枯死しているもの

中被害：苗木の枝の半数以下が枯死したもの

重被害：主軸の頂芽、側芽が枯死したもの（主軸の上部が枯死したものを含む）

枯死：苗木が枯死したもの

Table 38 は産地ごとに処理本数、無被害または軽被害、中被害、枯死または重被害の各本数及び被害率を示したものである。

この結果、道中央山系附近の山部（Ⅲ-d-3）、大夕張（Ⅲ-b）、美深（Ⅱ-d-2）、日高（Ⅲ-a-2）は被害指数が高く、浦河（Ⅳ-c）、足寄（Ⅰ-b）、天塩（Ⅲ-c-3）、池田（Ⅱ-d）は被害指数は小さかった。なお積雪下にあった苗木はどの産地もすべての苗木が無被害であった。

Fig. 106 は平均最深積雪の分布図⁴⁾と被害指数 40 以上と 40 以下の産地との関係を示したものである。この結果最深積雪はほぼ 100 cm を境に被害の大きな産地と小さな産地に分かれる傾向にある。すなわち積雪量の多い産地の苗木は冬の乾燥害、寒風害に弱く、少ない地方の苗木は強い傾向にあることがいえる。

本試験において苗床の処理区は土壌が凍結状態にあった。土壌凍結は積雪量と深い関係があり、多雪地帯は土壌凍結が起りにくく、寡雪地帯は土壌凍結が起りやすくその深度も深い。したがって寒風害の抵抗性はその産地の土壌の凍結深度とも関係があるものと考えられる。Fig. 107 は最大凍結深分布図⁵⁾と各産地の被害度との関係を被害度を被害大（被害指数 40 以上）、被害小（被害指数 40 以下）に大別して

示したものである。凍結深度 0 cm を境にして利尻、天塩、札幌を除いて、被害の大小が地域的に分かれる傾向があり、凍結深度の深い産地のものは被害が小さかった。なお産地の最大積雪深と

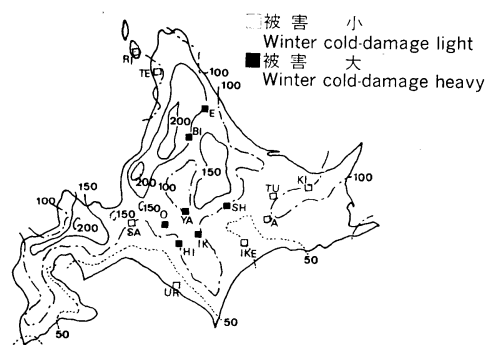


Fig. 106. 平均最大積雪深の分布図と各産地の苗木の被害

Relationship between the distribution of the maximum snow-depth and seed sources of seedlings used in this study.

北海道の気候 北海道気象協会発行 1975
RI 利尻 Rishiri (Ⅲ-a-3), TH 天塩 Teshio (Ⅲ-c-3), E 北見枝幸 Kitamiesasi (Ⅰ-b-2), BI 美深 Bifuka (Ⅲ-a-2), KI 清里 Kiyosato (Ⅰ-a), TU 津別 Tsubetsu (Ⅰ-d), A 足寄 Ashoro (Ⅱ-b), SH 新得 Shintoku (Ⅱ-a-1), IK 池田 Ikeda (Ⅱ-d), SA 札幌 Sapporo (Ⅲ-a-1), O 大夕張 Oyubari (Ⅲ-b), HI 日高 Hidaka (Ⅲ-a-2), IK 幾寅 Ikutara (Ⅲ-d-1), YA 山部 Yamabe (Ⅲ-d-3), UR 浦河 Urakawa (Ⅳ-c)

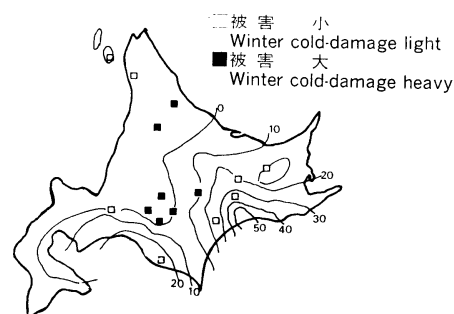


Fig. 107. 最大凍結深（単位 cm）の分布と各産地の苗木の被害

Relationship between the distribution of the maximum freezing-depth and seed sources of seedlings used in this study.

石川政幸・鈴木孝雄

北海道における1964～1965年冬の最深凍結深の分布
林試北支場年報 196, 238～248, 1955

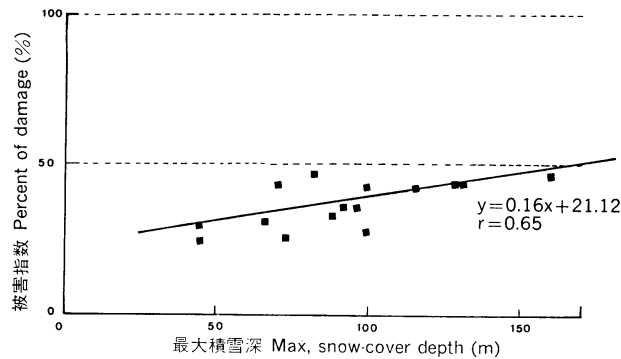


Fig. 108. 最大積雪深と被害指数

Correlation between maximum snow-depth at seed sources
and winter cold-damage of seedlings from them.

被害指数との関係を Fig. 108 に示した。この結果両者の間には 1% の水準で有意性が認められ、自生地の積雪が深い産地のトドマツは被害の高い傾向が示された。また自生地の気温との関係を求めたところ、年平均気温、冬、春、夏、秋の気温、暖かさの指数、積算寒度いずれも相関関係が小さい値となって、気温と被害指数との間には明確な関係は示されなかった。

4. 考 察

産地の違いによるトドマツの耐凍性の差は本実験で北海道林木育種場(野幌)苗畑において養成した 7 産地(清里, 新得, 根室, 札幌, 利尻, 日高, 檜山)の苗木の冬芽, 葉, 幹の皮層, 形成層の人工凍結実験により若干の差は認められたが, 各産地の苗木とも冬芽をのぞき, 葉, 幹とも -30°C の凍結に耐えた⁴⁰⁾。また栄花⁴²⁾は昭和 45 年 1 月, 東瀬棚(IV-b), 大夕張(III-b), 佐呂間(I-b-1), 足寄(II-b), 北見枝幸(I-b-2)の 5 産地の苗木について -20°C で 24 時間のハードニング処理を行って凍結実験をしたところすべての産地苗木の冬芽の半数以上が -30°C の凍結に耐え産地による差はほとんどなかったことを報告している。

秋の耐凍性が獲得されていく時期での檜山(IV-a), 東瀬棚(IV-b), 羽幌(III-c-1), 天塩(III-c-3), 大夕張(III-b), 足寄(II-b), 佐呂間(I-b-1), 北見枝幸(I-b-2)の苗木の凍結実験では, 檜山, 羽幌, 東瀬棚など道西部のトドマツが道東部のトドマツにくらべて耐凍性が弱いことが明らかにされた。そしてこの時期の耐凍性は産地の気温と深い関係のあることが認められた。また耐凍性が失われていく時期で春の稚内, 釧路, 根室, 大雪の天然林の切枝を用いての凍結実験では, この産地で最も暖かい稚内が最も弱かった。

すなわち真冬には耐凍性の差は小さくなるが秋にはその差はかなりはっきり現われ道東側産のトドマツが早くから耐凍性を獲得することが示され, 自生地の平均気温の低い産地のトドマツが耐凍性が強い傾向にあることも認められた。トドマツ苗木の産地の違いによる生長の差は自生地の平均気温よりもむしろ春と夏の気温が影響していることが示されたが, 耐凍性については四季を通して気温の低い産地のトドマツが気温の高い産地のものより秋の耐凍性が増大する過程及び春の耐凍性が失われる過程で, 耐凍性が高い傾向にあるといえよう。

春先きの耐凍性が失われる時期には, トドマツの霜害が大きな問題となる。トドマツの冬芽は札幌地方

では5月中～下旬に開葉するが、開葉時期に冬芽は耐凍性が低下する⁴³⁾。

しかもその頃は冷え込みによる晩霜がよく起こるので、冬芽が霜害により枯死するだけでなく時には苗木の幹の各組織まで被害を受けることがある。すなわち開葉の遅い産地の苗木ほど開葉時期が冷え込みに会う機会が少なくなりましたが霜害を受けることが少ないといえる。開葉の早晩は緯度と深い関係のあることが示され、高緯度産のトドマツを低緯度で植栽することは危険性が高いと考えられる。開葉期の調査では太平洋東部地区のトドマツの開葉が遅い傾向が認められたが、自生地での気温との間にははっきりした関係は認められなかった。しかしその地区のなかで根室地方のトドマツはとくに開葉の遅い特性をもっているが、緯度及び春、夏の冷涼な気温や海霧などその地方特有の環境要因がこうした特性に関与しているものと考えられる。

寒風害の抵抗性については久保田の厚岸の次代検定林の寒風害調査³⁸⁾及び畠山らの寒風害の被害調査⁴⁴⁾で池田、厚岸、浦河の寡雪地帯を産地とするトドマツが被害が少なく、美深、岩見沢、倶知安などの多雪地帯のトドマツの被害が大きかったことが報告されている。また筆者が行った寒風害の試験でも同様の結果となった。寒風害に対する抵抗性の性質は自生地の気象との関係においては、最大積雪深及び土壤凍結深との間に関連性がみられた。本試験の結果からトドマツの地域分けについては、道東側、道西側という区分のなかで、寒風害の抵抗性にたいしては道東側の多雪地帯と寡雪地帯、道西側の多雪地帯と寡雪地帯とそれぞれの地域が細分される傾向にあることが示された。このなかで道西側の多雪地帯の山部(Ⅲ-d-3)、大夕張(Ⅲ-b)、幾寅(Ⅲ-d-1)と道東側の多雪地帯の新得(Ⅱ-a-1)はいずれも中央山地附近にあり寒風害の抵抗性に対して弱い性質をもっていること、また道東側の寡雪地帯と道西側の寡雪地帯のなかで太平洋側の池田(Ⅱ-d)、足寄(Ⅱ-b)、浦河(Ⅳ-c)はいずれも寒風害の抵抗性に強い性質をもっていることが示された。すなわち寒風害に対しては道南部のトドマツは弱く、道東部のものは一般に強い傾向にあるといえるが、冬の間の積雪量の関係から、トドマツ天然林の自生地によっては、その抵抗性は連続的に変化するものと考えられた。

福田⁴⁵⁾は北海道の氷期の土壤凍結分布を推定したが、現在の年平均気温が5℃あるいは10℃低下した場合の分布図を作成した。さらにその時代の気象条件については現在春先きに北上して多量の雪をもたらしている低気圧の移動が今日の状態より南に移動経路をとる可能性があったとし、このことから当時の道東側地方は現在よりもっと積雪は少なく、道西側と道東側の気象の違いははるかに大きかったのではないかと考察している。約2万年前のウルム最終氷期は日本列島が最も寒冷化した時期で、平均気温は現在より約7℃前後低下していると推定されている⁴⁶⁾。トドマツはその当時東北地方まで南下していたことが確認されているが⁴⁷⁾、こうした氷期から現在までの気象の変遷のなかで気温の変化にともなって移動した過程で、トドマツの寒さに対する抵抗性は、気温と多雪地帯、寡雪地帯の立地環境に対応して地域的な特性を形成してきたものと考えられる。

総 合 考 察

トドマツは北海道全域の立地環境に適応してはばきれめなく分布する種といえる。しかも北海道の気象は道東部と西部、北部と南部で大きく異なっており、一般の平地でも、年平均気温はおおよそ4～9℃、暖かさの指数40～70℃、冬の気温-2～-10℃、夏の気温14～22℃、また積雪量は20～200 cm とかなりの差異がある。

本研究はこうした気象条件の違う北海道のほぼ全域に自生しているトドマツの変異性を明らかにするため、各地域の代表的な林分からの苗木について、生長、二次生長の発生率、生育期間、寒さに対する抵抗性などの諸特性を調査し、気象との関連を追求したものである。

その結果、それぞれの産地のトドマツで下記の傾向が認められた。

1. 道南部の暖かい地方のトドマツは苗木の生長良好で二次生長の発生率が高い。耐凍性が弱くまた寒風害に弱い。
2. 道西側のトドマツは苗木の生長がいくぶん良い。耐凍性、耐寒風性がいくぶん弱い。
3. 道北部から道南部に移るにしたがってトドマツの開葉時期が遅くなる。
4. 道東側の太平洋に面した土壌凍結の起きやすい地方のトドマツは土壌凍結による乾燥害に強い。
5. 道中央部の多雪地帯のトドマツは土壌凍結による乾燥害に弱い。
6. 冬比較的暖かく夏冷涼な根室、浦河地方のトドマツは苗木の生長が遅く、開葉時期も遅く、二次生長の発生率が低い。
7. トドマツの開葉期から冬芽形成までの生育期間は、産地によって大きな差はない。またトドマツの自生地の海拔高の違いによる苗木の形質については、大雪及び富良野の1,200 mの高さのトドマツは、生長が著しく遅く、冬芽を早く形成して、生育期間が短く、二次生長の発生率が低いなどの特性が示された。

また気温、積雪など気象要因との関係を検討した結果、生長については、春、夏の生育期間の気温が大きな影響をおよぼしており、耐凍性、寒風害など冬の寒さの害に対する抵抗性については、寡雪、冬の気温などが大きく影響しているものと考えられた。

一般に林木で、海洋性気候、内陸性気候、乾燥地帯、寒冷地帯などさまざまな立地環境に広く分布している種はそれぞれの自然環境の変化にともなって分化した種内変異が存在することが知られている。

ヨーロッパからシベリヤまで広範に分布するヨーロッパアカマツ (*Pinus sylvestris* LINN.)⁴⁸⁾ では海洋性、大陸性、北方系のものの間に生長の差がみられており、また北米に分布するダグラスファー (*Pseudotsuga douglasii* CALL.)²⁷⁾、バンクシアナマツ (*Pinus banksiana* LAMB.)⁴⁹⁾、ポンデローザマツ (*Pinus ponderosa* LAWS.)⁵⁰⁾、シトカトウヒ (*Picea sitchensis* CARR.)⁵¹⁾ などでは生長周期、耐凍性、生長速度などに関する一連の研究で、産地の緯度、気象条件の違いなどによる種内変異のあることが明らかにされている。

わが国ではスギ (*Cryptomeria japonica* D. Don) の産地試験で遠野スギ（岩手県）、鱈ヶ沢スギ（青森県）、村松スギ（新潟県）の北方産スギが栃木県の地スギや中部、四国地方のスギにくらべて寒さの害に対する被害が少なく耐凍性があるとの報告がある⁵³⁾。また武藤⁵⁴⁾らは東北地方の主要天然分布地帯のスギ実生集団を主体に20産地の苗木を寒害発生の常習地帯に植栽し被害の程度を調べ、冬期間雪の多い裏日本産が雪の少ない表日本産のスギにくらべて抵抗性の弱いことを報告している。こうした産地試験はとりもなおさず、それぞれの産地系統の変異性を明らかにして、それらの変異をその生産性と安全性を高めるために活用することをねらっているものと考ええる。

本州における主要造林樹種として古い歴史をもつスギは屋久島から青森県まで広く分布している。そして各地に林業地帯が形成されその地方ごとに在来品種があってその地方の環境と林業経営にふさわしい品種が選択されている。これはスギが日本の風土に合って、用材としての価値ある特性をそなえているため

であることは疑う余地がない。しかしそれだけで日本の代表樹種になり得たであろうか。スギの在来品種は九州から東北地方まで著名なものだけでもかなりの数にのぼる。しかもその品種がさらに細かく分類されその数をあげれば際限がない。そしてその一つ一つの品種が異なった特性をもって活用されている。すなわちスギが代表的な造林樹種となり得たのはスギのもつ優れた特性とその変異性が非常に大きいことによるものでなかろうか。その意味からスギの品種は経験的に変異の追求によって作られたものといえよう。

育種はまさに変異の追求が基礎でありこうした観点にたった場合、トドマツの変異性の解明は今後の育種にとって極めて価値あるものと考ええる。

ここで北海道に自生するトドマツの変異が過去から現在までどんな過程を経て形成されてきたかについて論じてみよう。

一般に種の分化に関しては、地形の変動などにより同一条件の環境が、複数の異なる環境に分れた場合、とくにそこに生殖的な隔離が働いた場合それぞれの分れた地域に適応した遺伝子型の頻度が高まり種の分化が招来される。さらにこうして分化した種の間には交配のチャンスが生れ、しかも新たな立地環境の変化が生ずれば、互に遺伝子を交換し合ったり、あるいは一方の種から他方の種へ特定の遺伝子をおくりこむことにより新たな種が形成される。すなわち集団の隔離による遺伝子の固定化及び隔離機構の解除による遺伝子の組換えを通して立地環境に適応した種が形成されていく。

一方こうした種分化の機構とは別に種が次第に生態的に異なる環境に分布域を広げ、その環境に適応した遺伝子型の頻度を高めることにより、種内の地域分化が起こる。こうして形成された種の集団間の分化は連続的な変異を示すことが多い。

北海道は約2万年前には最も寒冷な時期にあったとされており当時の道東側の大半はツンドラ地帯であったものと推定され、トドマツは現在の東北地方において優占樹種として森林形成をしていたと考えられている。津軽海峡は陸続きで、植物の分布域は東北地方から北海道までのひろがりがあったことは存在していたことであろう。

間氷期に入り気温の上昇にともなって分布域が北上して現在の北海道のトドマツ林が形成されたものと考えられる。

しかしトドマツは現在樺太の北部まで分布していることを考えると、氷河期に道東側の著しい寒冷下のなかで地理的分布を縮少し、局地的に生育を続けていたことも予想される。こうしたトドマツが気候の緩和にともなって再び分布域を広げることが可能であろうか。一般に植物は連続した分布域の広い集団ほど豊富な遺伝子を持っており、適応も幅広いといえるが、縮小されきびしい気象条件に適応してきた集団は、遺伝子の保有も少なく、気象条件が緩和されたとしてももとの適応地域に順応するとは限らない。すなわち現在のトドマツは気候の変遷のなかで縮小と拡大を繰り返したとはいえないのではないかと、しかしこうしたトドマツが分布域の広い集団との遺伝子の組換えにより、新たな変異が生れることは十分に考えられる。現在の北海道のトドマツは利尻などの一部の島をのぞいて、交配のチャンスのない隔離された集団はほとんどみあたらない。すなわち現在の北海道のトドマツの種内変異は、氷河期に耐えぬいた集団、移住した集団が相互に交配して、しかも現在の立地環境に適応したそれぞれの形態をとることによってできたものであり、それが北海道のさまざまな環境条件のなかで次第に遺伝的に固定してきたものと考えられる。

林木育種の基本は林木のもつ遺伝的変異の活用にある。北海道におけるトドマツの変異は、その立地環境と密接な関係にあることが明らかになり、それぞれの形質が環境への適応形質として認められた。これらの形質の活用は、林木の環境適応性を高める上で極めて意義あるものといえる。トドマツの気象害抵抗性育種の基本目標は寒さの害に対する抵抗性を高めることにあるが、抵抗性のみを重視すれば、生長量の減少をもたらす損失も生まれ、このため北海道の南部や気温の温和な地域では、生長良好な産地のトドマツを造林に用うべきであり、道東側や内陸部では寒さの害に対して抵抗性のある産地のトドマツを用いるべきであると考ええる。

本州におけるスギの品種改良は古くから、さし木によって進められた。さし木増殖では優れた個体を選抜して、遺伝子型を変えることなく大量に苗木を生産することが可能である。トドマツはさし木がむずかしく、造林用の苗木はすべて実生である。このため交配によりその地域の立地環境に適応しない遺伝子型が作られる可能性もあり、地域集団ごとに交配のグループを作ることが安全といえる。

しかし交配による遺伝子の組換えは新しい遺伝子型の創出にもつながり、各地域ごとに得られた適応形質をもつ個体を育種母材として、耐霜性、耐寒風性、生長量の優秀性などについて新しい品種の育成が可能であり、本研究で得られた地域的変異についての成果は今後の育種研究の基礎になるものと考ええる。

引用文献

- 1) 林政総合協議会：日本の造林百年史，日本林業調査会，p. 133～135，(1980)
- 2) 日本林業技術協会：林業技術史第2巻，p. 432～526，(1976)
- 3) 和達清夫：日本の気候，東京堂，p. 225，(1959)
- 4) 気象庁：日本の気候表 その2，地点別月別平均値，(1972)
- 5) 石川政幸・鈴木孝雄：北海道における1964～65年，冬の最深凍結深の分布，林業試験場北海道支場年報1964，p. 238～248，(1965)
- 6) 気象庁年報，昭和46～55年，全国気象表，
- 7) 館脇 操：汎針広混交林帯，北方林業，7(11)，p. 240～243，(1955)，8(1)，p. 7～9，(1956)，8(4)，p. 72～75，(1956)，8(6)，p. 120～123，(1956)，8(12)，p. 312～315，(1956)，(9)，p. 47～53，(1957)
- 8) 林 弥栄：日本産針葉樹の分類と分布，農林出版，東京，p. 125～129，p. 201～202，(1960)
- 9) 北海道林木育種場：優良遺伝子群保存林用採種林分台帳（トドマツ），(1964)，(1965)，(1966)，(1967)
- 10) 増田久夫：樹種分布と温度気候（1），北海道産主要針葉樹の天然分布と暖かさの指数，森林立地13(2)，p. 7～16，(1972)
- 11) 山本 肇：土壌の性質とトドマツの生長，林土調報，12，p. 157～233，(1962)
- 12) 増田久夫：北海道任意地点の月別平均気温推定法，林試研報，206，p. 151～188，(1967)
- 13) 真田 勝：施肥要素とトドマツ苗木の二次生長について，日林北支講，16，p. 96～98，(1967)
- 14) 柴草良悦：トドマツの生長と生長抑制物質，北方林業，25(9)，p. 238～241，(1973)
- 15) 玉利長三郎：トドマツの苗木における二次生長の変異，77回日林講，p. 264～267，(1966)
- 16) T. D. RUDOLPH : Lammas growth and prolepsis in Jack pine in the Lake Station, For. Sci. Monograph 6, p. 1～21, (1964)
- 17) A. E. SQUILLACE : Geographic variation in slash pine, For. Scien. Monograph 6, p. 16～31, (1964)
- 18) R. E. SCHSENIHE, T. D. RUDOLPH, and SCHANTZ-HANSE N. T. : Cone Characteristics in Jack pine seed source plantation. For. Note. No. 76, pp. 2, (1956)

- 19) VON E. MASCHNING : Die variation der Kotyledonen einigen pinus contorta-Herkunften, *Silvae gentica* 20. Heft. 1~2, p. 10~14, (1971)
- 20) 成田一芳 : ヨーロッパアカマツの産地発苗試験, 北海道の林木育種, 9(1), p. 23~30, (1966)
- 21) 柳沢聡雄 : トドマツ球果の形態の変異とその地域性, 北海道の林木育種, 8(1), p. 8~25, (1965)
- 22) 久保田泰則 : トドマツの地域品種について, 北海道の林木育種, 8(1), p. 26~32, (1965)
- 23) 柴草良悦 : トドマツの進化についての一考察, 北海道の林木育種, 18(1), p. 1~5, (1975)
- 24) 小沢準二郎 : トドマツの子葉数と稚苗の生長, 北方林業, 6(11), p. 19, (1954)
- 25) A. K. HELLMUM : Variation in cotyledon number and seed weight in white spruce in Alberta, Committee on forst tree improvement Conference Quebec, p. 65~76, (1968)
- 26) J. W. WRIGHT, W. I. and BULL : Geografic variation in scotch pine, *Silvae genetica* 12, p. ~5, (1963)
- 27) H. IRGENS-MOLLER : Genotypic variation in the time of ceassation of height growth in Dougl's fir, *For. Sci.* 4(4), p. 325~330, (1958)
- 28) 丸岡富次郎・柳沢聡雄・西岡利忠 : トドマツつぎ木クロンの開芽調査, 日林北支講, (13), p. 88~92, (1964)
- 29) 久保田泰則・近藤明男 : トドマツ開葉の変異について, 北海道林試報告 No. 3, p. 16~26, (1964)
- 30) F. C. SORENSEN : Inheritance of needle bud Characteristics of slash pine : *Silvae genetica*, 13, p. 109~114, (1964)
- 31) 岡田 滋・酒井 昭・向出弘正 : トドマツ苗木の産地特性について (V), 日林誌, 52(12), p. 357~361, (1970)
- 32) TANG-SHUI LIV : A Monograph of the genus *Abies*, Depertment of Forestry National Taiwan University (1971)
- 33) 久保田泰則 : トドマツの地域性について (ii), 寒さの害に対する変異, 第79回日林講, p. 163~164, (1968)
- 34) 河野昭一 : 種の分化と適応, 三省堂, 東京, p. 119~120, (1974)
- 35) 倉橋昭夫・浜谷稔夫 : トドマツの変異, 北海道の林木育種, 18(1), p. 6~10, (1975)
- 36) R. Z. LALLAHEM and METCALF, W. : Altitudinal races of *pinus ponderosa* confirmed, *J. For.* (57)7, p. 500~502, (1957)
- 37) P. GATHY : International p. *abies* provenance trial results in Beligum, *Trav. sta Rech-graeneudaa* (Ser. B) No. 24, pp. 32, (1960)
- 38) K. HOFFMANN : Early test for determining the altitude of provenance for noway spruce seed. *Arch. Forstw.* 14(6), p. 651~666, (1965)
- 39) 河野昭一 : 種の分化と適応, 三省堂, 東京, p. 137~143, (1974)
- 40) 岡田 滋・酒井 昭 : Freezing resistance of conifers, *Silvae genetica*, 20(3), p. 91~97, (1970)
- 41) 北海道気象協会 : 北海道の気象, p. 18, (1975)
- 42) 栄花 茂 : トドマツの凍害, 北方林業, 24(9), p. 257~260, (1972)
- 43) 岡田 滋・森 俊人・酒井 昭 : 開葉時のトドマツ, アカエゾマツ, エゾマツ苗木の耐凍性の比較, 日林北支講, 18, p. 138~190, (1970)
- 44) 畠山末吉・藤谷光紀・梶 勝次・久保田泰則 : トドマツの産地と寒風害抵抗性, 86回日林講, p. 166~168, (1975)
- 45) 福田正己 : 氷期における土壌凍結と永久凍度 (北海道を事例として), 日本の氷期の諸問題, p. 98~111, (1975)
- 46) 酒井 昭 : 森林分布と寒さ, 北方林業, 27(1), p. 4~8, (1975)
- 47) S. MIKI : Pinaceae of Japan with special reference to its Remains, *Tour. Inst. polytech, Osaka city Univ. ser. D.* 8, p. 221~272, (1957)

- 48) I. STASTNY : Evaluation of the international Scots pine provenance trial started in 1902~12 near likavka Erdesz Kuteka's, Budapest. p. 68~103, (1958)
- 49) M. J. HOLST, and C. W. YEATMAN : A provenance study in *Pinus banksiana* Lamb. in recent advance in Botany. Univ. of Toronto Precs, p. 1612~1616, (1959)
- 50) A. E. SQUILLACE and R. R. ATLEN : Racial variation in ponderosa pine. For. Sci. Monogn. Wash. No. 2, pp. 27, (1962)
- 51) J. R. ALDHOOR : Provenance of Sitka spruce : An account of the nursery stage of experiments sown in 1938 Extr, from Rep. For, Res. For. Comm-Lond, p. 161, (1960), p. 147~154, (1962)
- 52) 萩行治義・古越隆信 : 有名スギの産地試験, 関東林木育種場年報, p. 122~170, (1971)
- 53) 武藤 惇・堀内孝雄 : スギ種子産地と寒害抵抗性, 日林誌, 56(6), (1974)

**On the Variation in Sakhalin Fir (*Abies sachalinensis* MAST.)
from Different Areas of Hokkaido**

Shigeru OKADA⁽¹⁾ :

Summary

Sakhalin fir (*Abies sachalinensis* MAST.), widely distributed throughout Hokkaido and having a larger volume than any other species in Hokkaido, is one of the most important trees for timber production in Hokkaido.

About one-hundred years ago, the growth of seedlings of *Picea abies*, *Pinus strobus*, *Larix* sp. and so forth was faster than that of Sakhalin fir. Thus, they had been used mainly in reforestation. Since then, the method of cultivating Sakhalin fir seedlings had been improved, and as a result, since 1965, it has come to occupy half of all the area reforested in Hokkaido. But the growing of this species occurred later than that of the introduced tree species, especially in eastern Hokkaido, where it always has suffered winter cold-injury and winter desiccation; there it has remained for these problems to be conquered. Now, many seeds of Sakhalin fir used in reforestation are supplied from natural forests, and it is thought that these forests have characteristics adapted to the environment.

The object of this paper is to make clear the genetic variability and characteristics of the species for future breeding research to increase growth and to increase resistance to winter cold and desiccation injury.

To determine the genetic variability of Sakhalin fir, cone length, seed weight, seedling height, frequency of the occurrence of secondary shoots, and the length of the growing season of the seedlings from natural forest sites were measured, and the freezing and winter desiccating-resistance of the seedlings was obtained.

Received September 14, 1982

(1) Kansai Forest Tree Breeding Institute

The following results were obtained :

1. Growth of Sakhalin fir seedlings from western parts of Hokkaido was much faster than that of seedlings from the eastern parts.
2. In general, Sakhalin fir seedlings from eastern parts had far higher resistance to freezing than those from western parts.
3. Sakhalin fir seedlings from heavy-snow zones were more susceptible to desiccation injury than those from light-snow zones.
4. Characteristics such as cone length, seed weight, seedling height, and the frequency of occurrence of secondary shoots on seedlings indicated the close correlation with the temperature of the growing period of the native habitat. Especially seedling height and the frequency of occurrence of secondary shoots were correlated positively with mean spring and summer temperatures of the native habitat.
5. The number of layers of winter bud-scales on seedlings is correlated negatively with mean winter-temperature and the accumulated degree-days of temperatures below 0°C.
6. The resistance to winter cold by Sakhalin fir is related to the mean winter-temperature, snow depth, and frozen-soil depth of the native habitat.
7. The growth of seedlings of Sakhalin fir from high altitudes was later than those from low altitudes, and the growing season of those from high altitudes was shorter than that of those from low altitudes.
8. The freezing resistance of seedlings of Sakhalin fir was correlated negatively with mean winter-temperature and the accumulated degree-days of temperatures below 0°C.