

アカエゾマツの生育と立地環境について：九大北海道演習林のアカエゾマツ人工林における解析

岡野，哲郎
九州大学農学部附属演習林

古賀，信也
九州大学農学部附属北海道演習林

<https://doi.org/10.15017/10899>

出版情報：九州大学農学部演習林報告. 72, pp.45-52, 1995-03-30. 九州大学農学部附属演習林
バージョン：
権利関係：

アカエゾマツの生育と立地環境について* 九大北海道演習林のアカエゾマツ人工林における解析

岡野哲郎**・古賀信也***

抄 録

本論文では、アカエゾマツを植栽する上での適地を明らかにするため、地形、特に斜面方位、斜面傾斜角に対する反応性についての解析を行っている。調査地は九州大学北海道演習林内の10, 11年生アカエゾマツ人工林で、尾根-谷で区分される斜面毎に、残存率、樹木サイズについての調査を行っている。傾斜角13度以上の斜面において、斜面方位は生存率に影響し、北北西～東南東斜面で高く、南南西～西斜面で低い傾向がみられた。斜面方位と生存率の関係を余弦関数に近似したところ、有意な相関が得られている。斜面方位と樹木サイズの間には一定の関係は認められなかったが、斜面傾斜角は樹木サイズに影響し、傾斜角が増加するほど地際直径と樹高は減少する傾向が認められた。傾斜角5度以下の比較的湿潤な場所では、他の区に比べ生存率が高く成長も良好であった。アカエゾマツの残存率や成長は、生育期間の乾湿条件の影響を強く受けるものと考えられた。

キーワード：アカエゾマツ人工林、斜面方位、斜面傾斜角、樹木サイズ、生存率

1. はじめに

アカエゾマツ (*Picea glehnii* Masters) は、南千島、南樺太、北海道、本州 (岩手県早池峰山) に分布するマツ科トウヒ属の高木である (北村・村田, 1979)。北海道における主要造林樹種はトドマツ、カラマツであるが、近年アカエゾマツ造林地の割合は増加傾向にあり、今後アカエゾマツはより重要な造林樹種となると考えられている (松田, 1989)。これまでの北海道におけるアカエゾマツに関する研究は、館脇 (1943) による群落学的研究に始まり、天然林の群落構造や天然更新に関する研究、苗木の成長に関する研究、種子発芽に関する研究、育種に関する研究など多面的に行われてきた。人工造林技術や施業に関する研究については、最近では原田 (1976)、松田 (1983; 1989)、小宮 (1985) により報告されている。これらの研究のうち、立地環境については蛇紋岩土壌とアカエゾマツの成長に関する解析が主であり、地形や気象などの環境要因をも含めたアカエゾマツ造林の適地についての研究は十分に行われていない。これは、アカエゾマツがトドマツに比べ環境適応性に優れ、晩霜害にも強い (北方林業会, 1982) とされ、また実際の施業において

* OKANO, T. and KOGA, S. : Effects of the Environmental Factors on the Growth of Sakhaline Spruce (*Picea glehnii* Masters) in Hokkaido Forest of Kyushu University.

** 九州大学農学部附属演習林

University Forests, Faculty of Agriculture, Kyushu University, Sasaguri, Fukuoka 811-24

*** 九州大学農学部附属北海道演習林

Hokkaido Branch of University Forests, Faculty of Agriculture, Kyushu University, Ashoro, Hokkaido 089-37

も造林適地についてあまり問題とされてこなかったためと思われる。

九州大学北海道演習林におけるアカエゾマツの造林は1951年に始まったが、概して活着率が低く、成長もカラマツやトドマツに比べ劣る傾向があるとされてきた。このため積極的な造林は行われず、現在における造林面積は約19ha、全造林面積の1.6%に過ぎない。しかし、カラマツ人工林主伐後の次代の導入樹種として、トドマツとともに造林が計画されており、今後、これら樹種の造林地は増加することが予想される。従って、造林適地の判定基準を明らかにしておくことは急務とされる課題である。先述したように、これまで適地に関する研究はほとんど行われていないこと、また本演習林にはアカエゾマツが天然分布していないことから、適地の基準が天然分布している他の地域とは異なる可能性を考え、若齢ではあるが、本演習林内の11年生造林地を対象に、立地環境とアカエゾマツの生育状態の関係を調査し、解析を行った。本論文では、斜面方位、斜面傾斜角の2つの地形要因がアカエゾマツの生育に与える影響について報告する。

2. 調査地の概況と調査方法

調査地は、九州大学北海道演習林（十勝支庁、足寄町）の第18林班皆ほ小班に造林されたアカエゾマツ林である。この人工林は面積約7ha、北北東に流下する沢の両岸から斜面にかけての、標高220～300mの範囲に位置する（図1）。これは掌状作業法試験の一

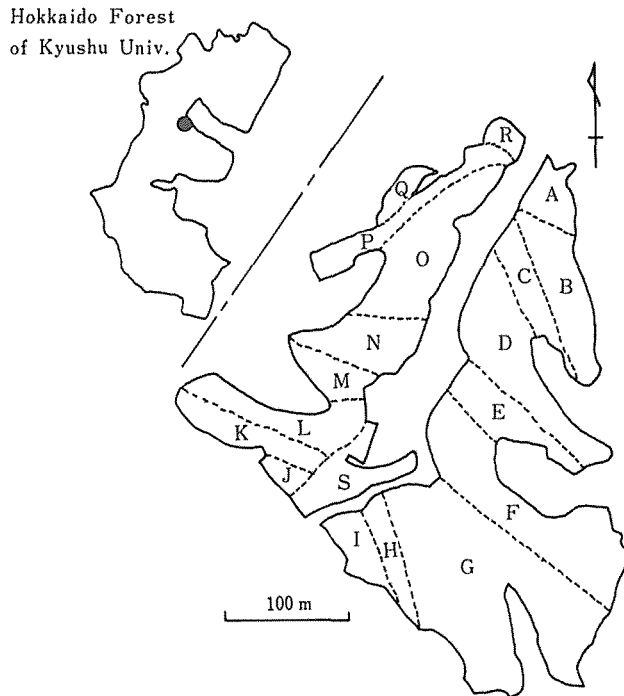


Fig. 1 Location and slope division of studied stand.

図1 調査林分の位置と斜面区分

環として造成されたもので、尾根部には天然生落葉広葉樹林が残存する。植栽は1980年に行われ、植栽密度は3000本/haである。翌年、活着不良であったため平均で約1470本/haの補植を行っているが、その後の補植は行っていない。保育作業は、植栽後1985年までの6年間に年1回の下刈りを行い、1989年に蔓切りを行っている。なお、周囲に残存している天然林から類推すると、造林以前はミズナラ、ヤチダモ、ハルニレなどで構成される落葉広葉樹林であったと思われる。また、造林地全域は火山灰由来の土壌で覆われている。

調査は1990年7、8月に行った。従って、調査時における林齢は10～11年生である。本造林地においては、斜面によってアカエゾマツの生育密度が異なる傾向が見られたため、尾根と谷によってA～Sの19の斜面（平坦地を含む）に区分し（図1）、それぞれの周囲の測量、斜面の方位、平均傾斜の測定を行った。樹木については、全個体を対象に地際直径、胸高直径、樹高、樹冠直径（直交2方向）についての毎木調査を行い、各区毎の平均値、および3000本/haを100%とした残存率を算出した。なお樹冠投影面積は、直交2方向で測定した樹冠直径を用い、樹冠投影形状を楕円として算出した。また、平均胸高直径は樹高1.3m以上の個体のみで算出した。

表1 調査林分の概況

Table 1 Summary of characteristics of studied stand and mean tree sizes.

| Slopes | Area (ha) | Slope aspect | Mean slope degree (°) | Number of trees (no.) | Density (no./ha) | Mean diameter at stump height* | Mean diameter at breast height* | Mean tree height* | Mean crown projection area* | Survival ratio (%) |
|--------|--------------|-----------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------|-----------------------------------|------------------------------------|----------------------|--------------------------------|--------------------------|
| | | | | | | (cm) | (cm) | (m) | (m ²) | |
| A | 0.173 | NNE | 24 | 270 | 1564 | 3.5(0.9) | 1.7(0.3) | 1.69(0.62) | 0.75(0.58) | 52.1 |
| B | 0.422 | WSW | 23 | 428 | 1015 | 3.5(1.3) | 1.8(1.0) | 1.73(0.64) | 0.66(0.42) | 33.8 |
| C | 0.223 | ENE | 19 | 583 | 2618 | 3.5(1.3) | 2.0(0.9) | 1.76(0.64) | 0.60(0.41) | 87.3 |
| D | 0.651 | SW | 18 | 494 | 759 | 3.4(1.3) | 2.2(0.9) | 1.63(0.59) | 0.53(0.40) | 25.3 |
| E | 0.297 | NE | 17 | 313 | 1054 | 3.3(1.2) | 2.0(0.8) | 1.63(0.63) | 0.47(0.36) | 35.1 |
| F | 0.851 | SW | 27 | 617 | 725 | 3.1(1.3) | 2.3(1.0) | 1.45(0.65) | 0.40(0.37) | 24.2 |
| G | 1.653 | NE | 16 | 1955 | 1183 | 3.4(1.4) | 2.4(1.0) | 1.62(0.69) | 0.46(0.41) | 39.4 |
| H | 0.159 | W | 17 | 160 | 1006 | 3.7(1.3) | 2.3(0.8) | 1.67(0.59) | 0.47(0.33) | 33.5 |
| I | 0.177 | E | 16 | 140 | 793 | 3.1(1.1) | 1.9(0.8) | 1.42(0.52) | 0.39(0.31) | 26.4 |
| J | 0.062 | SW | 13 | 32 | 514 | 3.8(1.2) | 1.9(1.0) | 1.71(0.57) | 0.77(0.52) | 17.1 |
| K | 0.260 | NE | 13 | 292 | 1122 | 3.4(1.2) | 1.9(0.9) | 1.69(0.66) | 0.87(0.55) | 37.4 |
| L | 0.348 | SW | 20 | 114 | 328 | 3.8(1.3) | 2.3(1.0) | 1.53(0.61) | 0.68(0.43) | 10.9 |
| M | 0.170 | NE | 24 | 238 | 1404 | 3.1(1.2) | 1.8(0.8) | 1.51(0.60) | 0.69(0.46) | 46.8 |
| N | 0.328 | SSW | 24 | 266 | 811 | 3.6(1.4) | 2.2(1.1) | 1.78(0.74) | 0.29(0.25) | 27.0 |
| O | 0.600 | ESE | 37 | 764 | 1274 | 3.5(1.2) | 2.1(0.9) | 1.77(0.61) | 0.95(0.55) | 42.5 |
| P | 0.277 | NNW | 22 | 481 | 1736 | 3.7(1.4) | 2.6(1.0) | 1.85(0.67) | 0.62(0.49) | 57.9 |
| Q | 0.077 | ESE | 24 | 110 | 1422 | 3.1(1.1) | 2.1(0.9) | 1.51(0.62) | 0.41(0.36) | 47.4 |
| R | 0.070 | NE | 3 | 201 | 2889 | 4.5(1.1) | 2.6(0.9) | 2.21(0.54) | 0.88(0.41) | 96.3 |
| S | 0.280 | NE | 5 | 465 | 1661 | 4.3(1.3) | 2.2(1.0) | 1.94(0.60) | 1.02(0.59) | 55.4 |
| Total | 7.078 | | | 7923 | 1119 | 3.5(1.3) | 2.2(1.0) | 1.69(0.67) | 0.61(0.49) | 37.3 |

* : Numerals in brackets is standard error.

3. 結果と考察

区画毎の測定結果を表1に示す。合計で7923本が生育しており、平均生育密度は1119本/haであった。残存率は10.9~96.3%と各区間にかかなりのバラツキが認められ、調査林分全体で37.3%であった。斜面下部あるいは沢沿いに位置するR区およびS区の平均斜面傾斜はそれぞれ3度、5度で、他の区(13~37度)と比べて緩やかであった。これら2区においては、地際直径、胸高直径、樹高、樹冠投影面積が他区に比べて大きい傾向が認められた。

3.1. 斜面方位の影響

図2に斜面方位毎の地際直径、胸高直径、樹高、樹冠投影面積を示した。NE斜面の平均傾斜5度以下のほぼ平坦地とみなせるR、S区において、地際直径、樹高が他区より大

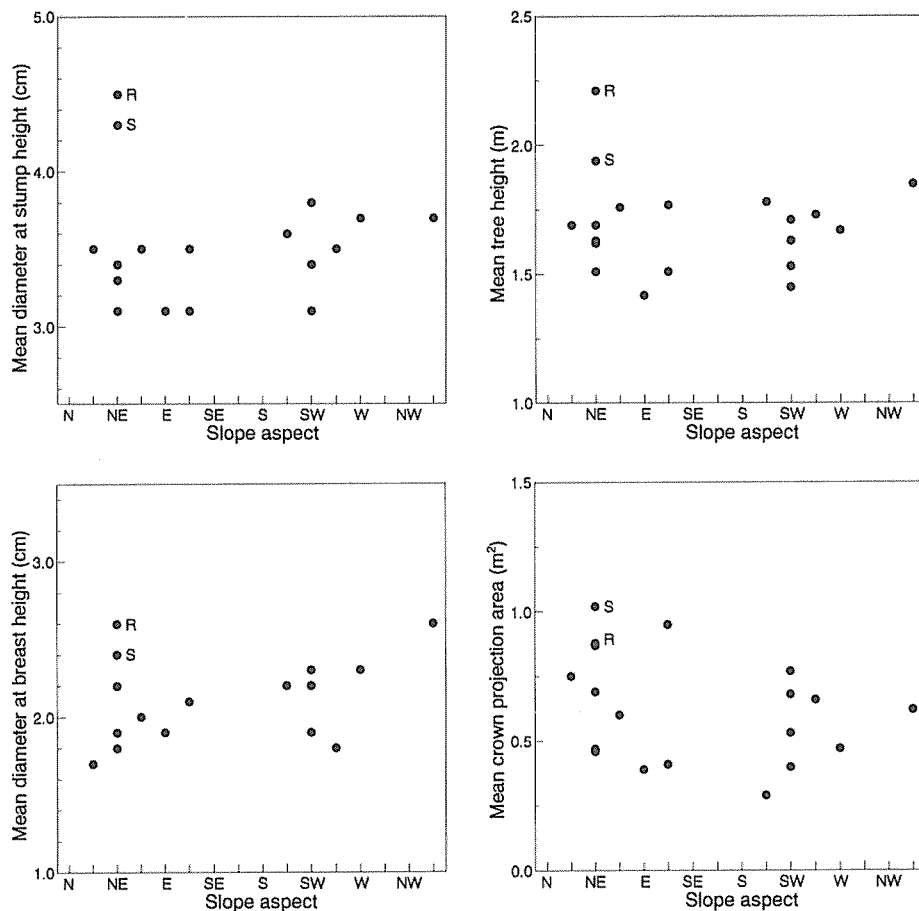


Fig. 2 Relationships between slope aspects and diameter at stump height, diameter at breast height, tree height and crown projection area of Sakhaline Spruce.

図2 斜面方位とアカエゾマツの地際直径、胸高直径、樹高および樹冠投影面積の関係

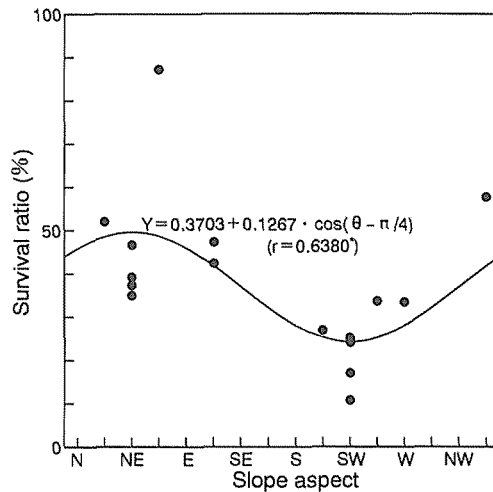


Fig. 3 Relationships between slope aspects and survival ratio of Sakhaline Spruce.

(* : significant at 5% level)

図3 アカエゾマツの残存率と斜面方位の関係

きいことを除き、いずれも斜面方位による明らかな傾向は認められなかった。地際直径、胸高直径、樹冠投影面積は生育密度に影響されるものと考えられるが、生育密度との間にも傾向は認められなかった。これは全ての区で調査時点において林冠が完全に閉鎖していないためと考えられる。

図3は斜面方位の影響をほとんど受けないものと考えられるRおよびS区を除き、斜面方位毎の残存率を示したものである。バラツキはあるものの、右回りで北北西～東南東斜面における残存率が、南南西～西斜面における残存率に比べ高い傾向が認められる。これに余弦関数、 $Y = a + b * \cos \theta$ への最小自乗法による近似を行ったところ、5%水準で有意な相関が得られ、統計的にも斜面方位による残存率の違いが認められた。

岡上 (1957)、岡上・牧村 (1958) が示しているように、斜面方位によって日射量は異なり、北斜面で最も少なく南斜面で最も多い。また高緯度地方においては、樹木の生育期間における斜面方位による日射量の差異が低緯度地方よりも大きくなるとしている。この斜面方位による日射量の差は、気温、地温、および大気や土壌の乾湿に影響し、日射量が最大となる南向き斜面で最も高温、乾燥な環境条件となるものと考えられる。しかし、石塚 (1977) は西に偏した斜面は、東よりの斜面と違って、気温がかなり高くなった後に直射光を受けるため、日中の最高気温は南南西～南西斜面において最高の値を示し、地温についても同様の傾向があることを指摘している。このことから、温度および乾湿環境傾度による序列が、Whittaker (1956; 1960) が行った序列と同様に、北東斜面—北・東斜面—北西・南東斜面—西・南斜面—南西斜面であると仮定すると、本研究によって得られた残存率は、この環境序列に沿って減少することとなる。この南西斜面における残存率の低下が、生育期間における高温あるいは乾燥に起因するのか、あるいは初冬や早春における土壌表層部での凍結と融解による土壌体積の日変化による根系の損傷程度の斜面方位による違いによるのかなど、いくつかの原因が考えられる。しかし、他区と比べて残存率が高く、

生育も良好なR区、S区について見ると、いずれの区も北東向きの沢沿いのより湿潤な立地であること。また、集水域のより下部であるR区は、より上部であるS区と比べ残存率がより高く、地際直径、胸高直径、樹高がより大きいことから、生育期間の乾湿条件が強く影響すると考えられる。このことは、アカエゾマツ、トドマツ、シラカンバ3種の苗木による、庇陰と土壤水分が蒸散と乾物生産量に与える影響について、アカエゾマツが乾燥区で成長が劣り、過湿区で良好な生育を示したという Takahashi (1975) の結果と一致する。また高橋 (1979) は、アカエゾマツとトドマツ苗の移植後の耐乾性比較を行い、アカエゾマツはトドマツよりも乾燥に弱く、移植後の生存の支配要因は根の耐性にあるとしており、さらにアカエゾマツの場合、乾燥ストレスからの回復能力が劣ることを報告している。環境の斜面方位による変化は連続的なものであるが、本造林地において斜面方位と樹木サイズにおいて一定の関係が認められず、残存率において連続的な変化が認められ、特に夏季における高温、乾燥が厳しい南西向き斜面において著しい残存率の低下が起こることから、移植後の耐乾燥性の低いアカエゾマツは、植栽当年の夏季の高温、乾燥により、立地環境のより厳しい方位の斜面において多くの個体が枯死したものと考えられる。植栽翌年に行われた補植についての斜面方位別補植数など明らかではないが、植栽数の半数近くに相当する量の補植が行われていることから、植栽当年において多くの個体が枯死したものと予想される。

3.2. 斜面傾斜の影響

斜面傾斜は斜面方位とともに重要な環境要因であり、日射量においても東-西を境に北向きでは傾斜が強いほど日射量は減少し、南向きでは傾斜が強いほど日射量は増大することが示されている (岡, 1957; 岡上・牧村, 1958)。そこで、斜面の平均傾斜角と樹木サイズ、残存率の関係を、北西-南東を境として北東を中心とする北北西~東南東斜面の区 (北東向きグループ) と、南西を中心とする南南東~西北西斜面の区 (南西向きグループ)

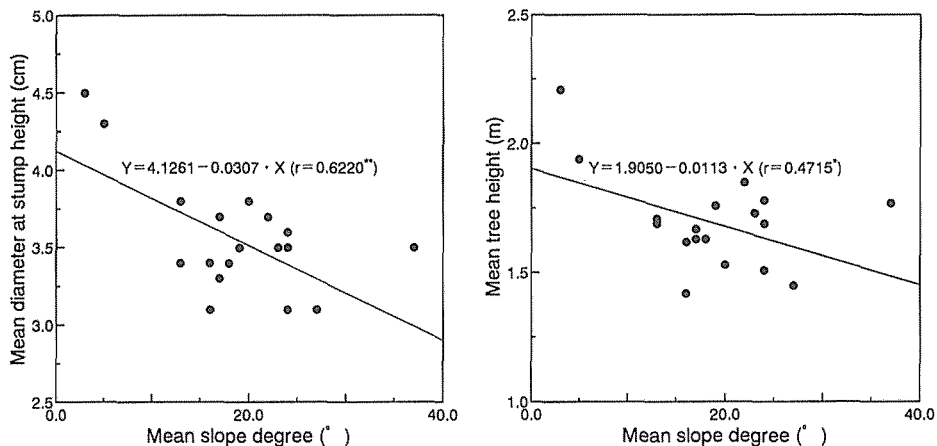


Fig. 4 Relationships between mean slope degree and diameter at stump height and tree height of Sakhaline Spruce. (*, **: significant at 5% and 1% level, respectively)

図4 平均傾斜角とアカエゾマツの地際直径および樹高の関係

に分けて解析した。ここで東-西ではなく北西-南東を境としたのは先に述べた斜面方位序列を考慮したためである。

この平均傾斜度との関係において、明瞭な傾向が認められたのは平均地際直径、平均樹高のみであった(図4)。ただし、北東向きグループと、南西向きグループとの間に明らかな差異は認められず、ともに傾斜が強いほど地際直径および樹高は減少する傾向が認められた。北東向きでは傾斜度が增加するほど日射量は著しく減少しより湿潤となり、南西向きでは傾斜度の増加によって乾燥するという逆の関係にあるが、両グループともに同様の傾向が認められたことから、直径および樹高の成長に対し、斜面方位や傾斜度が異なることによる日射量差の影響は小さいものと考えられる。むしろ水あるいは土壌の動きなど、単に傾斜度のみで決定される環境要因が強く作用しているものと思われる。

樹木の成長にとって温度と乾湿は重要な環境因子であるため、本研究ではこれら2つの立地環境要因と密接に関係する斜面方位および斜面傾斜角の2つの地形要因を取り上げ、アカエゾマツの生育状態を解析した。その結果、斜面方位は生存率に、傾斜角は肥大および伸長成長に影響することが明らかとなった。これまでアカエゾマツはその環境適応範囲が広いとされてきたことから、造林適地についての詳細な知見は得られていなかった。しかし、本研究の結果に基づけば、北海道演習林において北北西~東南東の北東向き斜面で傾斜の緩い湿潤な立地が造林適地であると結論できる。ただし、これが北海道の他地域にもあてはまるとは限らず、北部地域ではむしろ南向き斜面が適地とされている。松田ら(1974)は、北海道大学天塩地方演習林において、蛇紋岩地帯の西北西緩斜面に造林されたトドマツ、アカエゾマツ、エゾマツ、ドイツトウヒ、カラマツの成長比較を行っているが、植栽後31年目での残存率はアカエゾマツが最も高かったことを報告している。このような地域的な適地についての特殊性は、気温、降水量などの地域的な気象条件によるものと考えられる。他地域と比較して、本地域は5~9月あるいは10月までの生育期間が温暖で降雨が少なく、冬季は低温で雪が少ないという特性が認められる(浦野, 1991)。特に生育期間における気象条件は、植栽後の乾燥による枯死率を高め、この傾向が南西向き斜面でより顕著にあらわれているものと考えられる。

4. おわりに

本研究によって、北海道演習林でのアカエゾマツの造林は、北北西~東南東の北東向き斜面の湿潤な緩傾斜地が最も適地であるということが明らかとなった。しかしながら、本演習林の主造林木であるカラマツに比べ活着率が低いという問題があり、このことはトドマツについても観察される。従って、今後アカエゾマツのみならずトドマツについても生存に影響する主因が夏季の高温と乾燥に起因するのか、冬季から春季にかけての土壤凍結と融解による根系の損傷によるものなのか、あるいは他の要因が関与しているかについて、方位や傾斜度を異にする斜面での環境モニタリングと、これら樹木の成長過程を地下部をも含めて経時的な観察を行う必要がある。さらに気象条件を異にする地域での調査、あるいは苗木の産地間による生育特性の比較、植栽時期を変えた場合の活着率の変化などについても詳細な研究を行う必要がある。

本研究を遂行するにあたり、鹿児島大学農学部附属演習林教授、長 正道博士、九州大

学農学部附属演習林職員，中井武司氏，新妻二郎氏，馬淵哲也氏，高橋陽一氏，大崎 繁氏，ならびに故椎葉辰雄氏のご協力を頂いた。ここに感謝の意を表します。

引用文献

- 原田 洸 (1976) : 造林の適地について. 北方林業 325 : 85-88
 北方林業会編 (1982) : 北海道林業技術者必携上巻. 北方林業会, 札幌, pp. 151-156
 石塚和雄 (1977) : 地形と小気候. 植物生態学講座 1 群落の分布と環境. 朝倉書店, 東京, pp. 196-206
 北村四郎・村田 源 (1979) : 原色日本植物図鑑・木本編II. 保育社, 大阪, 545pp.
 小宮圭示 (1986) : 造林地における密度管理の基本方針. 北海道大学演習林試験年報 1985, pp. 38-40
 松田 彊 (1984) : 雨竜地方演習林における造林方法の検討. 北海道大学演習林試験年報 1983, pp. 74-76
 松田 彊 (1989) : アカエゾマツ天然林の更新と成長に関する研究. 北大農演報 46 : 595-717
 松田 彊・滝川貞夫・豊田一雄 (1974) : 蛇紋岩地帯における造林成績—植栽後 31 年目のトドマツ, アカエゾマツ, エゾマツ, ドイツトウヒ, カラマツの成長比較—. 日林北支講 22 : 90-93
 岡上正夫 (1957) : 斜面の受ける日射量を求める簡単な一方法. 日林誌 39 : 435-437
 岡上正夫・牧村 翠 (1958) : 任意の斜面が受ける日射量の計算方法について. 日林誌 40 : 40-41
 TAKAHASHI, K. (1975) : Effects of Shading and Soil Moisture Conditions on Transpiration and Dry Matter Production in Fir, Spruce, and Birch Seedlings. J. Jpn. For. Soc. 57 : 95-99
 高橋邦秀 (1979) : 乾燥処理によるトドマツ, アカエゾマツ移植苗の耐乾性比較. 日林北支講 27 : 55-57
 館脇 操 (1943) : アカエゾマツ林の群落学的研究. 北大農演報 13 : 1-181
 浦野慎一 (1991) : 物理的自然環境. 前田一步園財団編 北海道自然環境図譜. pp. 1-32
 WHITTAKER, R. H. (1956) : Vegetation of the Great Smoky Mountains. Ecological Monograph 26 : 1-80
 WHITTAKER, R. H. (1960) : Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. Ecological Monograph 30 : 279-338

(1994年10月31日受付; 1994年12月22日受理)

Summary

In this paper, adaptability of Sakhalin Spruce (*Picea glehnii* Masters) to the environment was analyzed, in order to identify criterion for suitable planting sites. The stand studied was an 11 year-old artificial forest in the Hokkaido Forest of Kyushu University. Survival ratio and tree size (stem diameter, tree height and crown projection area) were estimated for all live trees on 19 slopes divided by aspect. On slopes above 13 degrees, survival ratio was affected by slope aspect. This ratio was greater on slopes with NNW to ESE aspects than slopes with SSW to W aspects. The relationship between slope aspect and survival ratio could be expressed by the cosine function: $y = a + b * \cos \theta$. On the other hand, tree size was not affected by slope aspect, but there was a tendency for diameter at stump height and tree height to decrease as slope degree increased. On humid slopes under 5 degrees, survival ratio was greater and tree size larger than on slopes above 13 degrees. Survival and growth of Sakhalin Spruce was influenced by water conditions during the growth period, because there was a close relation between water conditions and slope aspect and degree. **Key words** : Sakhalin Spruce (*Picea glehnii* Masters) ; slope aspect ; slope degree ; tree size ; survival ratio.