



Title	エゾマツ更新の立地条件と初期生長に関する研究
Author(s)	夏目, 俊二; NATSUME, Shunji
Citation	北海道大學農學部 演習林研究報告, 42(1), 47-107
Issue Date	1985-03
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/21129">https://hdl.handle.net/2115/21129</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	42(1)_P47-107.pdf



# エゾマツ更新の立地条件と初期\* 生長に関する研究

夏目俊二\*\*

Studies on the Habitat Conditions and Early  
Growth in the Natural Regeneration of  
*Picea jezoensis* CARR.\*

by

Shunji NATSUME\*\*

## 目 次

緒 言 .....	48
I. 研究の目的と方法 .....	48
I-1 研究目的 .....	48
I-2 研究方法 .....	49
II. 研究小史 .....	51
III. 調査地概要 .....	54
IV. 倒木上における下種更新 .....	56
IV-1. 調査方法 .....	56
IV-2 更新樹種 .....	57
IV-3 初期生長 .....	58
IV-4 階層構成 .....	61
IV-5 生育過程 .....	65
V. 根返り跡地における下種更新 .....	67
V-1 調査方法 .....	67
V-2 根返りによる林床変化 .....	68
V-3 更新樹種 .....	69
V-4 更新樹種の本数分布 .....	70
V-5 侵入時期 .....	74
V-6 初期生長 .....	77
VI. 地はぎ地ごしらえ地における下種更新 .....	81
VI-1 調査方法 .....	81
VI-2 地ごしらえ方法と立地条件 .....	82

\* 1984年8月31日受理 Received August 31, 1984.

\*\* 北海道大学農学部林学科造林学講座

\*\* Laboratory of Silviculture, Department of Forestry, Faculty of Agriculture, Hokkaido University.

VI-3 稚樹の外部形態 .....	83
VI-4 稚樹の消長 .....	84
VII. 更新特性の総括的考察 .....	96
VII-1 侵入定着特性 .....	96
VII-2 初期生長特性 .....	98
VII-3 更新様式 .....	99
VII-4 更新様式の実証的検討 .....	99
VII-5 応用的意義 .....	101
結 言 .....	102
摘 要 .....	103
参考文献 .....	104
Summary .....	106

## 緒 言

エゾマツは、北海道天然林を代表する高木種であり、材価が高く用途も広汎であるため、これまでの林業生産のなかでもっとも主要な役割を担ってきた。このため、その天然資源は今日、大幅な減少を来たしている。

一方、エゾマツ人工造林については、以前から生物害、気象害に関するさまざまな問題点が指摘されてきたが、それらに対する解決策もいまだに得られていない現状にある。こうして現在、新植のエゾマツ造林地はほとんど姿を消し、本来の立地空間はトドマツ、アカエゾマツなどの若齢植栽林に急変貌している。

以上を反映して、近年、生産活動の基盤としてのエゾマツ資源の見直し<sup>1,48)</sup>と、その再生にむけた天然更新技術の開発をめざす動きがとみに活発化している。またそれと同時に、このような社会的要請に必ずしも即応できなかった天然更新研究の方法そのものを問う指摘もなされている<sup>59,77)</sup>。

天然更新研究は、樹木を中心としたさまざまな自然現象をつらぬく法則の解明を目的とした研究である。それはまた、こうした諸現象間の本質的關係をただしく導き出す限りにおいて、もっとも実践的内容に富んだものになり得るものと思われる。

本論文は、以上を基本的視点においたエゾマツの天然更新に関する研究である。なお、この論文は「北海道大学審査学位論文」としてまとめたものである。

## II. 研究の目的と方法

### I-1 研究目的

一般に、エゾマツはごく限られた立地にのみ更新する特異な樹種であることが知られている。エゾマツ自身もつこの性質は、その天然資源の枯渇をもたらしているひとつの大きな生物的要因であるともいえる。このことからエゾマツは天然更新研究の対象樹種として常に中心

的な位置を占め、とくにその理化学的性質、天然林の構造と推移などを中心に多くの議論がなされてきた。しかしながら、エゾマツ更新のメカニズムはいまだに不明な点が多く、更新技術も確立されていない。

天然更新技術は、対象とする樹木の生活を理解することによってはじめてその確立が可能になる。なぜなら、生活とは主体である樹木と環境との具体的な関係のしかたであり、天然更新技術とはこの関係を産業実践の目的に応じて意識的に利用する行為、いいかえれば樹木の生活様式にかかわる環境要因を積極的に管理(コントロール)していくことにはかならないと考えられるからである。

いうまでもなく、樹木発育の全過程は生育諸条件との密接な交渉を通じてのみ実現される。なかでも発芽、初期生長の過程にある樹木は環境からの独立性が低く、したがってその生育にかかわる条件の作用も多様かつ決定的であるといえる。このことから、あらたな立地の造成を含めた更新稚幼樹の育成は、天然林施業の成否を決定するうえできわめて重要であり、更新初期過程における樹木の具体的な生活内容の解明は、こうした更新技術に根拠を与えるものとして実践的な意義をもつ課題であることが知られる。

本研究は、エゾマツの侵入定着と初期生長の実態を現実の具体的な生育諸条件との関連においてとらえ、あわせてこれを基礎としたエゾマツ天然更新補助作業の方法について論ずることを目的としたものである。

## I-2 研究方法

一般にエゾマツ、トドマツなどの針葉樹稚樹は、天然林内の倒木上、根株上に生育するものが多く、とくにエゾマツの地床更新は特殊環境以外稀といわれる<sup>30,61,70,78)</sup>。また、大沢<sup>50)</sup>が広義の生活型、生活様式に含まれるものとして示した先駆種、極相種の属性区分にしたがえば、エゾマツは高樹齢、遅い初期生長、高い稚樹の耐陰性などの属性をもつとみられる点で、典型的な極相種であるといえる。

一方、エゾマツは火山灰降下、火山泥流、山火事などの突発的な環境変動に由来する大面積新生裸地に先駆種として一斉侵入し、森林を形成する事実が知られている<sup>39,49,53,75)</sup>。

以上のことから、エゾマツ立地の遷多学的位置づけについては、いまだに多くの問題が残されているといえるが、本研究では対象を天然林内の立地に絞って前記研究目的にかかわる認識をすすめた。

すでに述べたように、エゾマツは天然林内における立地がきわめて特殊な部分に限られた樹種である。本研究ではこの点に着目し、その方法としてつぎの2点を前提的に構成した。まず第1点として、一般にエゾマツの更新はこれらの立地を基礎にして展開されているといえることから、具体的な生活内容は個々の立地を単位として分析検討した。つぎに第2点として、エゾマツ更新の特性は立地を特徴づける素材によって決定づけられていると推察されることから、その生活にかかわる諸条件もこれら素材との関連で把握した。

通常、エゾマツの更新立地を特徴づける素材は、視覚レベルで容易に認識することができる。このことから、エゾマツの場合、その更新タイプは経験的にこれらの素材に準拠して類別されるのが一般的なかたちである。そこで本研究ではまず調査対象として天然林内より倒木上における下種更新、根返り跡地における下種更新の2タイプを抽出した。つぎにそれぞれの立地について得られたエゾマツの侵入定着と初期生長に関する諸現象を生育諸条件を媒介として関連づけた。こうして個々の立地ごとにエゾマツの具体的な生活内容を明らかにした。さらにこれらの生活内容を比較検討して、エゾマツの基本的な生活のしかた、すなわち生活様式を導き出した。なお、本研究では前者をエゾマツの更新特性、後者をエゾマツの更新様式と呼んだ。

最後に、以上の観察を通して得られたエゾマツ更新様式の実証的過程として、天然林内の未立木ササ地に造成された地はぎ地ごしらえ地に着目し、ここでのエゾマツの生育状況がこの更新様式を反映しているか否かについて検討した。

本節では、調査対象とした倒木上、根返り跡地の両更新タイプについてなされたこれまでの諸研究を概括し、参考的知見として示す。

#### 倒木上における下種更新

天然林内に生じた倒木が、エゾマツの更新立地としてとくに重要な機能を果たすことは前から知られている。したがってこれまでのエゾマツ天然更新研究においては、倒木上における更新特性の解明がその中心的課題であった。戦前では、植村<sup>75)</sup>が樺太北部天然林内の腐朽倒木上におけるエゾマツ、トドマツの発生、生長過程について調査し、エゾマツの樹高生長はその侵入時期の早遅と密接な関係があることを認めた。また中村<sup>35)</sup>は、樺太南部天然林内の倒木上に更新するエゾマツ、トドマツの混交歩合を直径階ごとに調べ、その変化のしかたから両種の耐陰性比較を試みている。近年では、高田ら<sup>61)</sup>が東京大学北海道演習林において、腐朽程度の異なる倒木、伐根上におけるエゾマツ、ダケカンバ稚苗の消失経過を観察し、発生後のエゾマツ稚苗に急速な消失をもたらす要因として、材部の分解腐朽化の遅れに伴う乾燥と栄養を挙げている。紺野<sup>26)</sup>らは、トドマツ-エゾマツ-ササ型森林内におけるエゾマツ、トドマツ実生稚樹の生育条件について調べ、エゾマツ、トドマツは成長するにつれ林分全体に対する倒木上の個体数割合が増加すること、両種は成長にともなって集中傾向が小さくなることを明らかにした。また、これらの原因として、前者では倒木上における稚樹の生育が他の立地に比べて良好であることを一因として挙げ、後者については、おもに倒木上における稚樹間の競争による死亡に起因するものと推察している。また春木<sup>7)</sup>は、十勝川源流域の天然林内にみられた複数の倒木更新箇所を、倒木の腐朽程度にしたがって時系列的に配列し、エゾマツ、トドマツの個体数変化にみられる特徴について論じている。

#### 根返り跡地における下種更新

根返り跡地は、樹木の風倒を契機として天然林内の林床に生じた小面積の土壤裸出地である。この立地の生態的意義<sup>51)</sup>については、とくに北米北東部の森林を対象になされた多くの実

証研究が明らかにしている。たとえば、LUTZ<sup>28)</sup> は、林木の根返りが広域に生じていることを明らかにし、それらは生態学的にきわめて重要な現象であることを指摘した。これをうけた STEPHENS<sup>58)</sup>、DENNY<sup>3)</sup> は、土壤学的視点から根返り跡地の形成と推移の過程について論じた。また、HUTNIK<sup>14)</sup> は、北米北部温帯林においてハリケーンによって生じた根返り跡地を調査し、Paper birch, Yellow birch, Pin cherry などの個体数分布状態が、根返り跡地の微地形に応じて異なることを明らかにした。また、こうした分布現象の成因については、鳥類、げっ歯類などの捕食を中心にして説明を加えている。これと同様に LYFORD<sup>29)</sup> は、北米北東部天然林の主要構成種である Paper birch, Red maple, Balsam fir などについても、これらの個体数分布および樹木サイズと根返り跡地の微地形のあいだに密接な対応関係があることを認めている。

一方、北海道天然林における根返り跡地についてなされた実証研究はいまのところみあたらないが、その更新立地としての意義をみとめたものに次のような例がある。植村<sup>73)</sup> は、風倒によって生じた土壤裸出地が、とくに陽樹の立地として混交林の成立に果たす役割を指摘した。また、近藤<sup>25)</sup> は、風害跡地に生じた裸地の状態によっては、エゾマツなど針葉樹の更新もあり得ることを示唆した。さらに近年では松田ら<sup>30)</sup> が、北海道北部蛇紋岩地帯に分布成立するアカエゾマツ一斉林の形成に関する実態調査の結果から、根返りによるササ群落の破壊にともなう裸地の出現は、樹木更新にとって大きな基盤になるものと推察している。

## II. 研究小史

エゾマツ、トドマツの天然更新研究は、歴史的に大きく2つの分野を軸として展開されてきた。生理生態研究と天然林の構造研究である。前者は、樹木の発生、生育にかかわる特定の無機的環境因子の機能を理化学的方法によって明らかにすることを目的としている。また後者は、森林群落の構造解析を通してその維持機構ないしは推移方向を求め、あわせて対象とする樹種の更新特性を解明するものである。本章では、これら2つの研究体系の理論的背景と意義について検討し、これを柱としてそれぞれの体系に沿ってなされた諸研究を整理する。

### 生理生態

イギリスの植物生態学者タンズレー<sup>65)</sup> の〈実地植物生態学〉が、林の記述を通じてわが国に紹介されたのは昭和の初頭であった。ここではとくに「植物或は群落の生活に影響する条件の総和」としての立地 (Habitat) の意義に力点が置かれている。このなかで同氏は、植物個体の生活に影響する要因のひとつとして他植生の意義を一定評価しつつも、「植物の生活を惹起する条件のあらゆる変化は物理化学的言葉で表現し得ることを記憶せねばならない。」と述べている。こうした視点から提起された植物生態学の方法を林学領域に適用した河田<sup>22,23)</sup> は、樹木生態研究上とくに重要な環境因子として、土中水分空中湿気、光線、土壤の化学的性質などを挙げている。また中野<sup>37)</sup> は、植物生態学を生理学の野外における発展形態として位置づけ、それは「物理的及ビ化学的ニ外周条件ト植物ノ形ヤ生理作用ノ関係ヲ研究スルノデアルカラソ

実験法ハ全ク純粹生理学ノモノト異ルトコロハナイ。」と述べた。

以上が、昭和2~8年にかけて公表された植物生態学理論の概要である。林学領域では、これらの理論にもとづき、樹木の生活を実験生理学的過程に還元して理解することを目的とした生理生態学的研究が、天然更新研究の中心的位置を占めることになる。以下にその代表的な例を挙げる。

佐藤<sup>54)</sup>は、エゾマツの造林学的性質を明らかにするため、北大農学部実験苗圃、同苦小牧演習林などにおいて、発生、生長におよぼす陽光、方位、土壌湿度などの影響について実験し、これをもとに天然林内におけるエゾマツの発生、消失、根系と発芽床の関係、天然更新法について論じた。田添<sup>55)</sup>は、北大演習林から採取したトドマツ、クロエゾマツ、アカエゾマツ種子の発芽試験を行ない、これらの発芽に係る最高最低、好適温度のちがいを明らかにした。また原田<sup>5)</sup>は、通過光線の性質が林木稚樹の発芽、生長におよぼす影響について実験し、高緯度地方においては針葉樹林よりも多くの黄赤色光線を通過する広葉樹林の方が、トドマツ稚樹の生育に良好な影響を与えるとした。石原<sup>18)</sup>は、野幌国有林において砂質壤土上におけるエゾマツ、トドマツ稚樹の生育に必要な水分量を求めた。また高樋<sup>64)</sup>は、夏期稚苗の枯死数、霜柱による倒苗数を各種土壌別に実験した。

#### 天然林の構造

昭和初頭より天然更新研究は、樺太をおもなフィールドとして急速に展開する。その原因については従来からさまざまな見解がある。たとえば山崎<sup>80)</sup>は、樺太行政の組織化、北洋材の価値認識の高揚を挙げ、吉川<sup>86)</sup>は研究に必要な厳正な意味での天然林が、本州、北海道では稀になった点を強調している。これらの見解はこうした天然林研究の活発化にかかわる、いわば外的契機に属することがらと考えられるが、内的契機については、その一端を天然林研究の方法それ自体の変革に見出すことができる。以下にこの点について検討をすすめる。

寺崎<sup>71)</sup>は、大正末期、わが国の更新法が、「所謂数学的合理なる法正林及之を根基とする較利論より出来上ったものであり」天然林の複雑な立地条件を考慮するとそれはきわめて不安安全なものであると考えた。同氏<sup>72)</sup>はそのための方法として、「唯植物状態ダケガ研究ノ目的」であったそれまでの植物生態学では不十分であり、それに替わるものとして「森林社会学的ナ調査方法」を提唱した。それは、森林が一定の環境条件下にあっても、その林分構造に規定された独特なしかたで変化するある種の有機的統一体であるとする見方に立ち、その変化すなわち遷移を林型変化の過程として動的にとらえようとするものであった。

こうして、従前の植物生態学的方法における現象記載的な側面に対する批判を通して成立した研究方法が、新島、本多などによる実証研究<sup>13,47)</sup>への適用を発端として、あらたな天然更新研究の一体すなわち天然林の構造研究をかたちづくることになる。その内容を以下の4項目に分類整理して示す。

### 天然林の成因と林型

植村<sup>73)</sup>は、樺太原生林の一般的林相について、それは択伐林の形態をなすものではなく、山火事、病虫害などを成因とする同齢一斉林型をなすものであるとした。また、このような森林に対する合理的な施業法としては、皆伐類似の施業法が適切であることを提示した。これに対して中村<sup>36)</sup>は、南樺太天然林が択伐林型をなすとする調査結果から反論を加え、このような林分に対する更新法として弱度の択伐作業を提唱した。北海道においては今井<sup>16)</sup>が、石狩川源流域ユニシカリ、シュオプニセイ流域のエゾマツ・トドマツ天然林を調査し、それが択伐林型であることを示した。また山崎<sup>80)</sup>は、山火、暴風雨などによって一斉に枯死倒壊し、あらたにできる森林が一斉林になる場合をのぞいては、一般に択伐林型を呈するものとした。

### 林分構成と推移

本多<sup>13)</sup>は、エゾマツ、トドマツの寿命と耐陰性に関する知見をもとに、北海道天然林の推移を論じた。田畑<sup>60)</sup>は、樺太の北部天然林より2林型、南部天然林より3林型を抽出し、それぞれの林分構成を明らかにした。またその結果から、エゾマツを主とする北部系森林は、トドマツを主とする南部系森林の様相へ変遷するものであると述べた。これに対して山崎<sup>80)</sup>は、樺太北部および南部天然林の林分構成と各地域に発達する湿原に含まれるエゾマツ、トドマツの花粉分析についての調査結果から、洪積世以降、北部および南部森林それぞれのエゾマツ、トドマツ混交歩合に大きな変化のなかったことを示した。さらに山崎<sup>81)</sup>は、北海道北部羽幌地方、同東部釧路地方の湿原についても同様の調査を試み、ここでは両地域とも洪積世においてはエゾマツを主とする天然林であったものが、沖積世に入ってから現在のトドマツを主とする天然林に推移したものと結論した。その他、北海道天然林の推移を論じたものに、三善<sup>33)</sup>、服部<sup>9)</sup>などの研究がある。これに対して中野<sup>38)</sup>は、トドマツ林、エゾマツ林および両種の混交林は、各地固有の環境因子に規定されて成立しているものであり、それらに推移関係はないと述べた。

### 天然林の破壊と再生

渡辺<sup>79)</sup>は、北海道富良野、温根湯、鱒木禽天然林の樹齢調査を試み、これらの天然林がいずれも一定年齢の樹木集団を単位として成立していることを明らかにした。また、こうした樹木集団の形成要因としてマツカレハなどによる上木の枯死、風倒を挙げている。上田<sup>76)</sup>は、樺太東海岸地域に成立するエゾマツ・トドマツ天然林の林分構成、林木生長を調べ、この天然林が約120年前に生じた虫害によると考えられる疎開現象ののちに再生したものであることを明らかにした。

### エゾマツ、トドマツの更新特性

樹木があらわす生育、分布などの諸現象を具体的な生育諸条件との関連でとらえた研究は、樹木の生活内容を通してその更新特性を解明することを目的とした天然更新研究として位置づけられる。しかしながら、このような視点からなされたこれまでの天然更新研究は、一つの独立した分野としての体系をなさず、他の分野に付随したかたちで個別的断片的に取り扱われ

てきたのが特徴である。この点で、定式化された理論と方法をもつ生理生態学的な樹種特性研究と著しい対照をなしている。

有田<sup>2)</sup>は、樺太東海岸中部に成立する原生林を林床植物にもとづいて5林型に区分し、これらの植生型とエゾマツ、トドマツ稚幼樹の本数分布の間に一定の対応関係を認めた。また北海道北部原生林の実態に触れた服部<sup>9)</sup>は、エゾマツ、トドマツ、アカエゾマツ稚幼樹の分布状態、生長量などが、エゾクロウソゴ型、スゲ型などの林床型に応じて異なっていることを明らかにした。これらは、エゾマツト、ドマツ稚幼樹の具体的な生活が、他植生との関係のなかで営まれていることを示唆している。樺太南部天然林においてトドマツ、エゾマツの生長について調べた中村<sup>35)</sup>は、倒木上では、エゾマツが大型となるにしたがってトドマツは混交率を減少する傾向が顕著であることを明らかにした。このことは、倒木上におけるトドマツの生活については、エゾマツがそれを規定する生育条件のひとつとして密接に関与していることを示している。また、エゾマツ、トドマツの樹高生長と根系発達の関係について調べた植村<sup>75)</sup>は、原生林内の倒木上に生育する前生樹の根系が、上木の被圧から開放されてのち副根を生じ、真土に侵入するものであることを明らかにした。この研究は、倒木のもつ立地条件との係りにおいてエゾマツ生活史の一断面をとらえたものであるといえる。

### III. 調査地概要

本研究は、北海道天塩郡幌延町問寒別(北緯45度、東経142度)に所在する北海道大学農学部附属天塩地方演習林(以下、天塩演習林とよぶ)で行った。調査期間は、1977年から1981年までである。

天塩演習林は、天塩川の一支流である問寒別川流域一帯の山間部に拡がり、河西、河東、奥地の3地区からなる。総面積は、22,447.5 haである。その位置をFig. 1に示す。日本気象協会北海道本部<sup>46)</sup>がまとめた、同演習林に隣接する中川地域気象観測所における1951年～1980年の気象観測資料によれば、年平均気温5.0°C、月別平均気温は最高19.1°C(8月)、最低-9.8°C(1月)となっている。降水量は年間1,406 mmで8～11月に多い。Fig. 2には、同気象観測資料にしたがって作成したハイサーグラフを示した。ここにみられるように、融雪直後の5～6月は乾燥期となっている。

地質<sup>32)</sup>は、演習林の中央部を南流する問寒別川を境とした東西両側で著しく異なる。東側地域は、北海道を南北に貫く神威古潭帯の北端にあたり、蛇紋岩と白亜紀層から成る。西側地域は、新第三紀褶曲帯に属する諸地層から構成され、泥岩、砂岩を母材とした土壤が形成されている。

天塩演習林は、植物地理学的には温帯から亜寒帯への移行帯<sup>66,68)</sup>にあたり、針広混交林が一般的である。しかし、植生は地質の変化に応じて一様でなく、河東および奥地の蛇紋岩地域ではアカエゾマツ天然林、河西では、エゾマツ、トドマツを主としこれにミズナラ、ダケカン

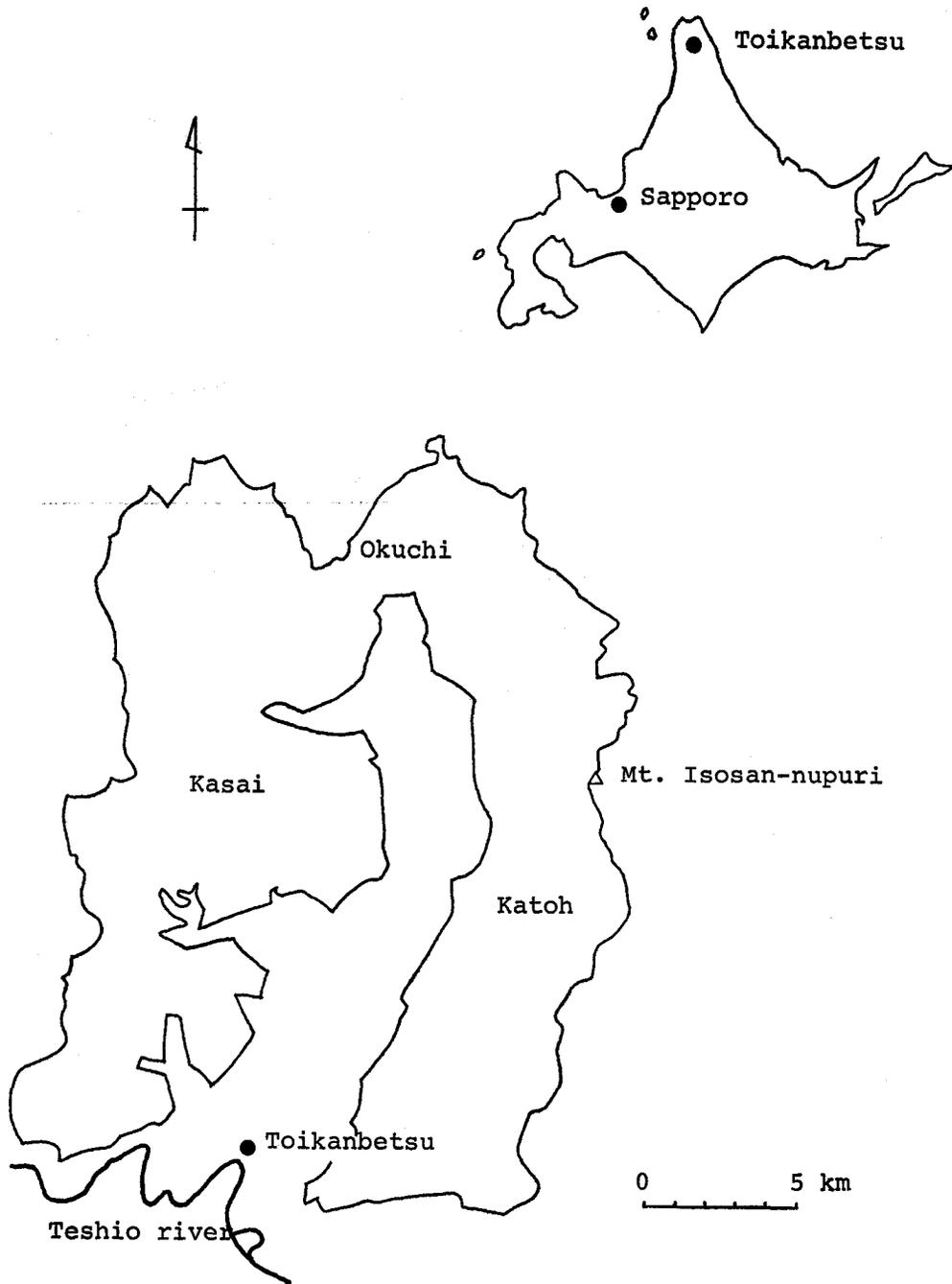


Fig. 1. Location of Teshio Experiment Forest of Hokkaido University.

バ、ハリギリなどを混ざる針広混交林となっている。林床は、全般にチシマザサ、クマイザサなど大型ササ類の生育が旺盛であり、エゾマツ、トドマツなど高木類稚幼樹の更新は不良である。

#### IV. 倒木上における下種更新

##### IV-1 調査方法

調査は、1978年および1981年の夏期、河西27~30林班のケナシボロ支流域で行った。調査方法を以下に示す。

##### 方形区調査

河西30林班、標高120mの平坦な尾根上に成立する針広混交林内に方形区(60×70)m<sup>2</sup>を設定した。ここでは、樹高1.3m以上の生立木を対象に、樹種別本数、材積をそれぞれ倒木上、根株上、林床の立地別に求めた。立木材積の推定にあたっては、中島<sup>40)</sup>の<樹種及林区別北海道立木幹材積表、メートル法の部>を使用した。つぎに立地の判別法を示す。

##### イ. 倒木上

- ・現存する腐朽倒木上に生立していたもの。
- ・倒木は現存していないが、複数の更新木が直線状に配列し、かつそれらの根上り状態も均一で、明らかに過去において同一の倒木上に生立していたと認められたもの。

##### ロ. 根株上

- ・腐朽根株上および生立木根株上に生立していたもの。

##### ハ. 林床

- ・林床に生立していたもの。
- ・立地の判別が困難であったもの。

##### 樹幹析解

天然林内より3つの倒木更新箇所(Plot 1~3)を選び出し、エゾマツ、トドマツの生育状況を調べた。調査プロットの選定にあたっては、更新開始後比較的同時なものから成林段階に達しているものまで、幅広い更新ステージを網羅できるよう留意した。

イ. 倒木上に生立する高木類更新木の位置、樹高、根元(幹基部)直径、胸高直径、生枝下高、枝張りについて毎木調査した。

ロ. 立地となっている腐朽倒木については、樹種、倒木長、幅、地上部からの高さを測定

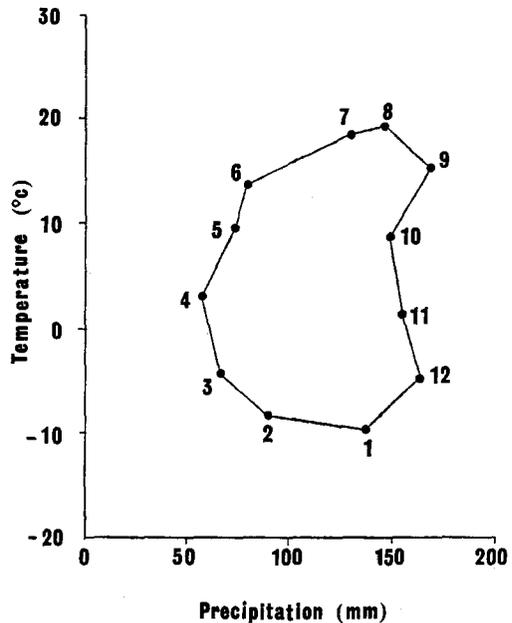


Fig. 2. Hythergraph at Teshio-Nakagawa<sup>46)</sup>.

した。形状をまったく残していなかった倒木については、更新木の配置状態、根上り状態から以上の項目を推定した。

ハ、更新木の樹齢、樹高生長過程を知るため、各調査プロットから試料木を採取した。これらは採取後ただちに実験室に持ち帰り樹幹析解した。円盤の年輪判読にあたっては実体顕微鏡を使用した。なお、各調査プロットにおける試料木の樹種、本数は調査結果のなかに示した。

#### IV-2 更新樹種

Table 1, Table 2 に、方形区内における高木類林木 (Height  $\geq 1.3$  m) の立地別生立本数と材積を、樹種ごとに 1.0 ha あたりの数値に換算して示した。調査対象とした林分は、総材積 426.5 m<sup>3</sup>/ha と高い蓄積を有している。このうち針葉樹は、91.7% の 390.9 m<sup>3</sup>/ha を占めている。針葉樹を立地別にみると、倒木上では本数で 51.6%, 228.6 本/ha, 材積で 51.6%, 201.8 m<sup>3</sup>/ha がこの立地に集中している。また根株上では本数で 31.7%, 140.5 本/ha, 材積で 27.3%, 106.7 m<sup>3</sup>/ha となっている。これらをあわせると、針葉樹では本数で 83.4%, 材積で 78.9% が倒木上および根株上に生立していたことになる。これを樹種別にみると、エゾマツは本数で 79.4%, 材積で 77.7%, トドマツは本数で 85.1%, 材積で 80.0% が両立地に生立している。

方形区では、このほかにナナカマド、イタヤカエデ、ハリギリなど 9 種の広葉樹が認められた。これらは総本数で 240.5 本/ha と全林木数の 35.2% を占めるが、総材積では 35.6 m<sup>3</sup>/ha と全体の 8.3% にとどまっている。その内訳を立地別にみると、倒木上および根株上に生立す

Table 1. Number of trees (Height  $\geq 1.3$  m) in each habitat of the quadrat (0.42 ha) set up in the mixed forest

Species	Number of trees in each habitat (ha)			
	Fallen trees	Stumps	Forest floor	Total
<i>Picea jezoensis</i>	66.7 (48.3)	42.9 (31.0)	28.5 (20.7)	138.1 (100.0)
<i>Abies sachalinensis</i>	161.9 (53.5)	97.6 (31.8)	45.2 (14.7)	304.7 (100.0)
N-total	228.6 (51.6)	140.5 (31.7)	73.7 (16.7)	442.8 (100.0)
<i>Sorbus commixta</i>	14.3 (14.3)	4.8 (4.8)	81.0 (81.0)	100.1 (100.0)
<i>Acer mono</i>	—	—	64.3 (100.0)	64.3 (100.0)
<i>Kalopanax pictus</i>	—	2.4 (6.2)	35.7 (93.8)	38.1 (100.0)
Others	9.5 (25.0)	7.1 (18.8)	21.4 (56.2)	38.0 (100.0)
L-total	23.8 (9.9)	14.3 (5.9)	202.3 (84.2)	240.5 (100.0)

**Table 2.** Volume of trees (height  $\geq 1.3$  m) in each habitat of the quadrat (0.42 ha) set up in the mixed forest

Species	Volume of trees in each habitat (m <sup>3</sup> per ha)			
	Fallen trees	Stumps	Forest floor	Total
<i>Picea jezoensis</i>	69.6 (39.4)	69.1 (38.7)	39.9 (22.3)	178.6 (100.0)
<i>Abies sachalinensis</i>	132.2 (62.2)	37.6 (17.7)	42.5 (20.1)	212.3 (100.0)
N-total	201.8 (51.6)	106.7 (27.3)	82.4 (21.1)	390.9 (100.0)
<i>Sorbus commixta</i>	3.0 (42.3)	1.4 (19.7)	2.7 (38.0)	7.1 (100.0)
<i>Acer mono</i>	—	—	6.3 (100.0)	6.3 (100.0)
<i>Kalopanax pictus</i>	—	0.1 (10.0)	0.9 (90.0)	1.0 (100.0)
Others	3.8 (17.9)	17.2 (81.1)	0.2 (1.0)	21.2 (100.0)
L-total	6.8 (19.1)	18.7 (52.5)	10.1 (28.4)	35.6 (100.0)

るものは15.8%, 38.1本/haに過ぎず, のこりの84.2%が林床となっている。

#### IV-3 初期生長

ここでは, 倒木上におけるエゾマツ, トドマツ更新木の初期生長について, Plot 1の調査結果をもとに検討する。

Plot 1は, 樹高15.0~24.0mのエゾマツ, トドマツが上層を, 少数のナナカマド, コシアブラなどが中層を占める単層林内に位置していた。地表は平坦で, 林床は稈高約1.0mのクマイザサが密生していた。倒木は全長10.8m, 根元部分の幅45.0cm, 高さ40.0cm, 先端部では幅37.0cm, 高さ30.0cmであった。

Fig. 3には, Plot 1における更新木の樹高階別本数を示した。ここではエゾマツ15本, トドマツ6本, ダケカンバ, ハリギリ各1本の計23本が認められた。樹高はさまざまであるが, 最大のものでも2.0mを越えていない。また, 近年に侵入定着したとみられる稚樹はみられなかった。

Fig. 4は, これらの更新木のなかから, 樹高の大きいもの順に採取したエゾマツ9本, トドマツ5本の試料木について行った樹幹析解の結果を, 樹齢—樹高関係についてまとめたものである。まず樹齢分布をみると, エゾマツ, トドマツの更新は35年前から開始され, その後の侵入定着は15年前までの20年間, はぼ一斉的なかたちで継続していたことがわかる。つぎに

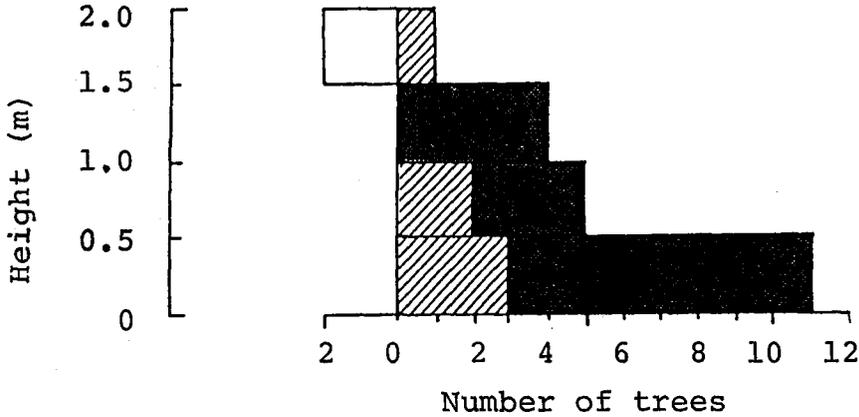


Fig. 3. Number distribution in each height grade of regenerated trees in Plot 1.

: *Picea jezoensis*  
 : *Abies sachalinensis*  
 : Broad-leaved tree

樹高分布についてみると、これら更新木の樹高分布は連続的であり、明瞭な階層を形成するには至っていない。しかしながら、35年前から21年前までの14年間に更新を開始したグループのなかにも最大で約1.0 mの樹高差を生じている。

そこで、これらの更新木間にみられた樹高差に着目し、その生成過程についてみたのが、Fig. 5である。ここでは、Fig. 4のなかを示したように、各更新木を便宜的にI群(樹齢26年以上、樹高1.2 m以上)、II群(樹齢26年以上、樹高1.2 m未満)、III群(樹齢25年以下)の3グループに分け、各グループごとの平均樹高生長量を求めた。図中、(a)は各グループの平均樹高生長量を、(b)は5年をひと区切りとした定期平均生長量の変化が示してある。まずI群とII群について比較すると、I群は、生長開始後約

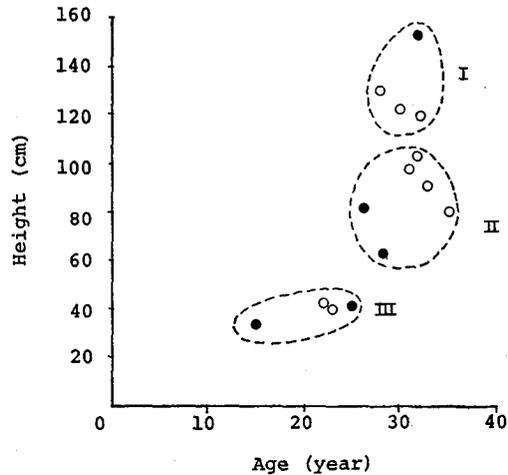


Fig. 4. Relationship between age and height of coniferous trees collected from Plot 1.

○ : *Picea jezoensis*; ● : *Abies sachalinensis*  
 The occurrence of coniferous seedlings began all together 35 years ago, which can be estimated by the oldest *Picea jezoensis* tree. Trees are divided into three groups by their height in order to discuss their growth of height in Fig. 5 and distribution on the fallen tree in Fig. 6.

15年間に急速な樹高生長をなしながら平均樹高65.0 cmに達し、それ以降は年間約3.0~4.0 cmの安定的な伸びに転じている。これに対してI群とほぼ同時期に侵入定着したII群は、生長開始後約15年を経た時点での平均樹高が47.0 cm、それ以降が年間2.0~3.0 cmと、常にI群を下

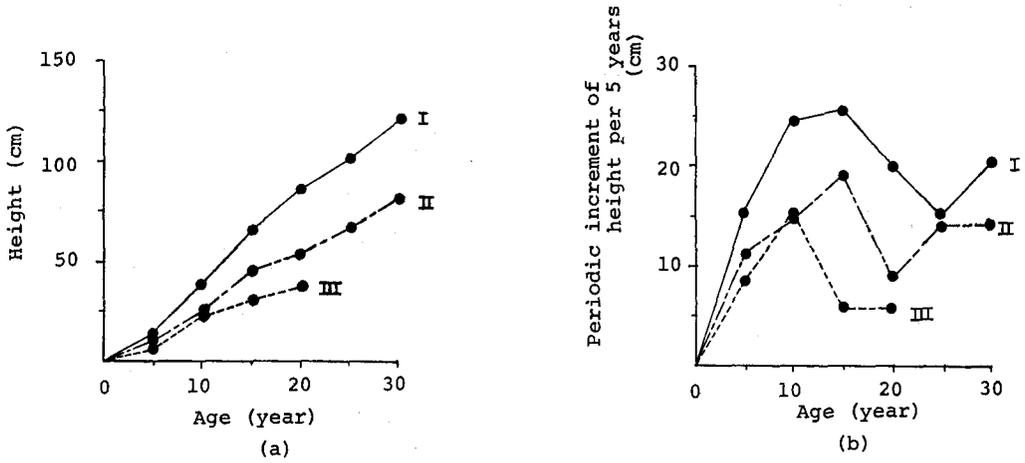


Fig. 5. Height growth of coniferous trees regenerated on the fallen tree in Plot 1.

Explanation of figure I-III are shown in Fig. 4.

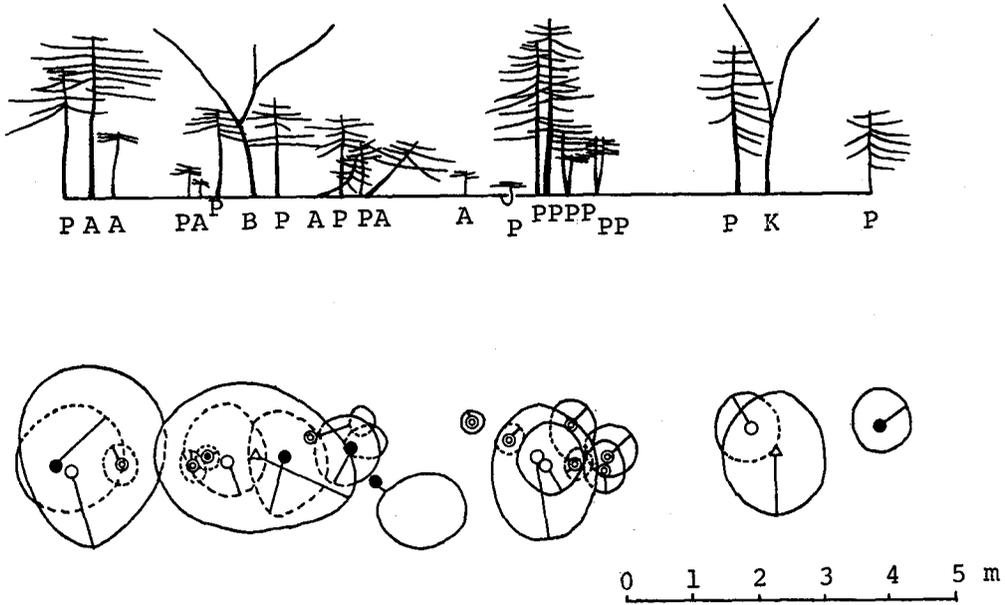


Fig. 6. Belt-transect of Plot 1.

Coniferous trees are distinguished into three groups which are divided in Fig. 4.

○: I, ●: II, ⊙: III, △: Broad-leaved tree, A: *Abies sachalinensis*, P: *Picea jezoensis*, K: *Kalopanax pictus*, B: *Betula ermanii*

廻った樹高生長速度をみせている。つぎに I, II 群よりやや遅れて侵入定着した III 群をみると、生長開始後約 10 年間における樹高生長の速さは II 群とほぼ同様であるが、それ以降は年間約 1.0 cm の伸びにとどまり頭打ち状態となっている。以上の結果は、Plot 1 におけるエゾマ

ツ, トドマツ更新木にみられた樹高差が, すでにこれらの更新開始後から生じていた樹高生長速度の差によってもたらされたものであることを表わしている。

Fig. 6 は, Plot 1 における更新木の配置を I~III 群別にみたものである。図中, ○は I 群, ●は II 群, ◎は III 群, △は広葉樹更新木を表わしている。この図から, 各更新木はたがいに近接して生立し, ほぼ密生した状態にあることがわかる。また, とくに III 群更新木については, I, II 群あるいはそれらと広葉樹更新木の重複した樹冠下に位置しているのが認められる。

#### IV-4 階層構成

倒木上におけるエゾマツ, トドマツの階層構成について, Plot 2, 3 の調査結果をもとに検討する。

Plot 2 は, 傾斜 8 度で南東に面した緩斜面上に成立する針広混交林内に位置していた。プロットの上方林冠は, 樹高 15.0 m 以上に達したトドマツ, ミズナラ, ナナカマドがほぼ閉鎖した状態を呈していた。また, これより南に接した林冠の一部には疎開が生じており, 林床は稈高 1.3~2.2 m のクマイザサが密生していた。倒木は全長 12.0 m, 根元部分の幅 30.0 cm, 高さ 35.0 cm であったが, 梢頭部分は微凸地形を呈する程度であった。また, 倒木は針葉樹であったが樹種は不明であった。

Fig. 7 には, Plot 2 における更新木の樹高階別本数を示した。ここでは全部で 63 本の更新木が認められたが, このうち針葉樹は 51 本, 81.0% を占め, 広葉樹は 12 本, 19.0% となっている。その内訳をみると, エゾマツは 13 本, 20.6% であるのに対し, トドマツは 38 本, 60.3% と全体の過半数を占めている。また広葉樹は, ダケカンバ, ナナカマドが各 4 本, ハリギリ, オヒョウ, コシアブラ, イタヤカエデが各 1 本となっている。つぎに更新木の樹高分布をみると, 樹高 2.0~4.0 m があきらかな不連続部分になっている。したがってこの倒木上では, 樹高 4.0 m 以上に達したエゾマツ, トドマツ各 2 本とナナカマド 1 本から構成される上層更新木グループと, 樹高 2.0 m 以下のトドマツ 36 本, エゾマツ 11 本, 広葉樹 11 本から構成される下層更新木グループとが識別される。

Fig. 8 は, Plot 2 で上層を形成していたエゾマツ, トドマツ各 2 本および下層から樹高の大きいもの順に抽出したエゾマツ 4 本,

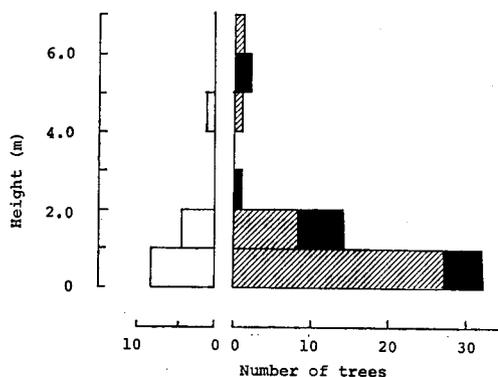


Fig. 7. Number distribution in each height grade of regenerated trees in Plot 2.

■: *Picea jezoensis*  
 ▨: *Abies sachalinensis*  
 □: Broad-leaved tree

Upper layer (Height  $\geq 2.0$  m) and lower layer (Height  $< 2.0$  m) can be recognized among the trees. Noticeably, the lower layer is mostly composed by *Abies sachalinensis* trees.

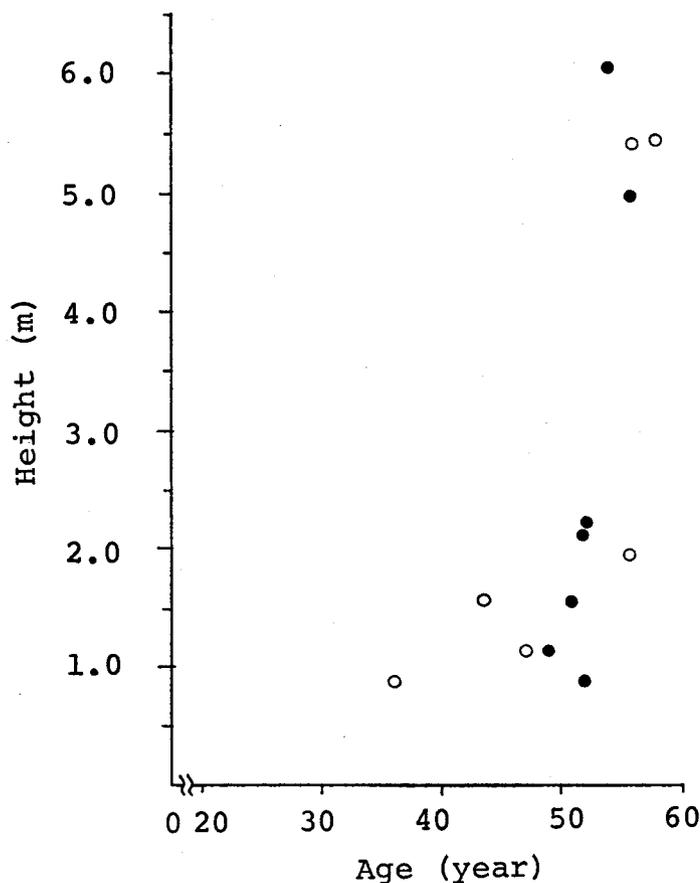


Fig. 8. Relationship between age and height of coniferous trees collected from Plot 2.

○: *Picea jezoensis* ●: *Abies sachalinensis*

Establishment of coniferous seedlings began all together 58 years ago, which can be estimated by the age of the oldest *Picea jezoensis* tree. Noticeably, the age of trees in the lower layer are slightly younger than that of the upper layer.

トドマツ5本の樹齡—樹高關係についてみたものである。まず樹齡分布をみると、エゾマツ、トドマツの更新は58年前からはじまり、その後の約15年間はほぼ一斉的なかたちで侵入定着を継続していることがわかる。つぎに、これに樹高分布を含めてみると、上層更新木の樹齡が54~58年であるのに対し、下層更新木は36~56年となっていることから、両グループ間の侵入時期にあきらかなずれを認めることができる。このことは、Plot 2に生立する下層更新木のほとんどが上層更新木の生育下に侵入定着したものであることを意味する。また、下層更新木の樹種別構成比をみると、トドマツが62.1%を占めているのに対し、エゾマツは19.0%となっている点に注目される。

Plot 3は樹高15.0~20.0mに達したエゾマツ、トドマツを主とし、これにミズナラ、ダケ

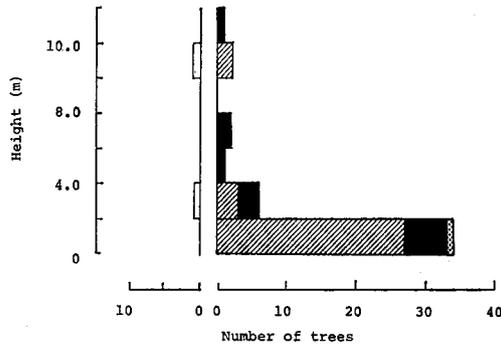


Fig. 9. Number distribution in each height grade of regenerated trees in Plot 3.

: *Picea jezoensis*    
  : *Abies sachalinensis*  
 : Broad-leaved tree    
  : *Taxus cuspidata*

Upper layer (Height  $\geq 4.0$  m) and lower layer (Height  $< 4.0$  m) can be recognized among the trees. Noticeably, the lower layer is mostly composed by *Abies sachalinensis* trees.

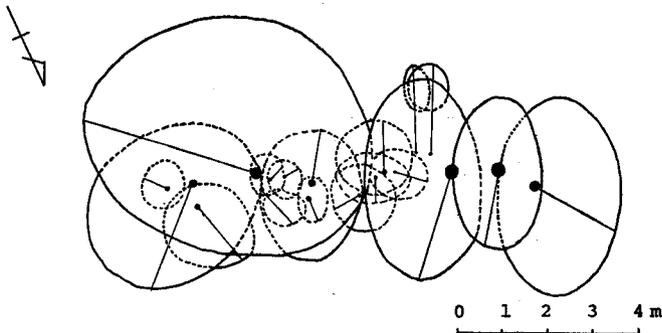


Fig. 10. Belt-transect of Plot 3.

P: *Picea jezoensis*  
 A: *Abies sachalinensis*  
 S: *Sorbus commixta*

カンバ、ナナカマドなどを混ざる針広混交林内に位置していた。プロットの上方林冠は大きく疎開しており、周辺の林床は、稈高1.5 mのクマイザサが密生していた。倒木は小沢に落ち込む斜面上を傾斜10度をもってななめに横断するかたちで位置していた。倒木は形状をまったくとどめていなかったが、全長約8.0 mと推定された。

Fig. 9 には、Plot 3 における更新木の樹高階別本数を示した。ここでは全部で44本の更新木が認められたが、このうち42本は針葉樹で広葉樹はわずか2本に過ぎなかった。その内訳をみると、エゾマツは12本で全体の27.3%であるのに対し、トドマツは29本で65.9%を占めている。その他、イチイ1本、ナナカマド2本となっている。

Fig. 10 には、更新木 (Height  $\geq 1.3$  m) の林木配置—樹冠投影図を示したが、ここでも Plot

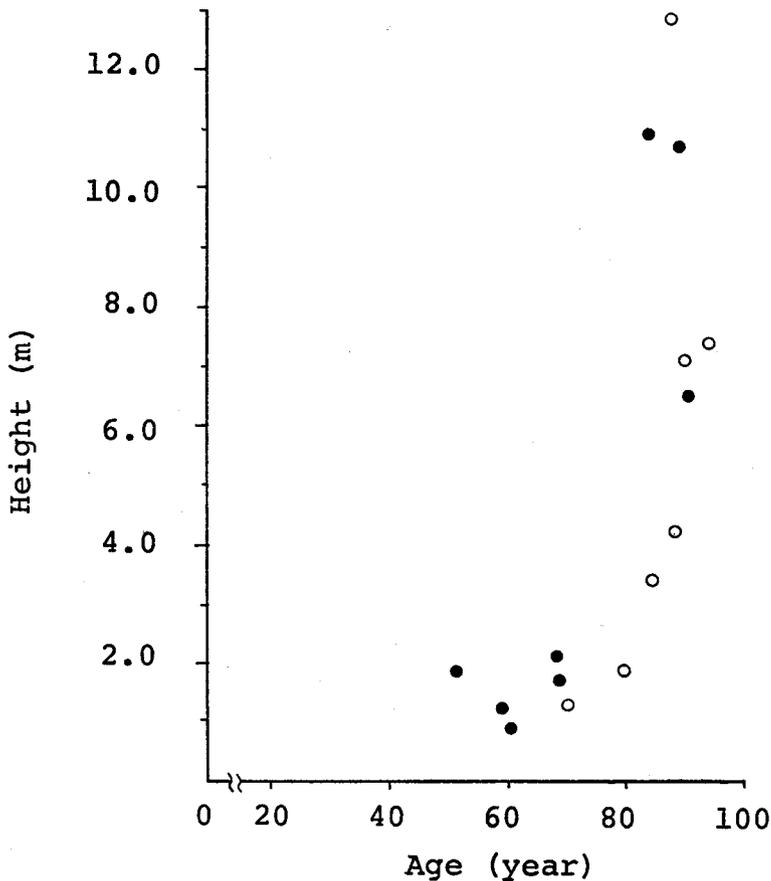


Fig. 11. Relationship between age and height of coniferous trees collected from Plot 3.

○: *Picea jezoensis* ●: *Abies sachalinensis*

Establishment of coniferous seedlings began all together 96 years ago, which can be estimated by the age of the oldest *Picea jezoensis* tree. Noticeably, the age relationship between upper and lower layer trees is similar to that of Plot 2 (see Fig. 9).

2と同様、大きく2つの更新木グループによる階層構成が認められる。上層更新木グループは、倒木上を1.0~1.5 mの間隔を置いて規則的に配列する樹高2.5 m以上に達したエゾマツ5本、トドマツ2本、ナナカマド1本の更新木から構成されている。下層更新木グループは、上層更新木の間隙を埋めるかたちで生立し、樹高2.5 m未満のトドマツ27本、エゾマツ7本、イチイ1本、ナナカマド1本の更新木から構成されている。

Fig. 11は、上層更新木8本と下層更新木グループから樹高の大きいものの順に抽出したエゾマツ2本、トドマツ5本の樹齢-樹高関係についてみたものである。これをまず樹齢分布についてみると、エゾマツ、トドマツの更新は、94年前からはじまり60年前までの34年間はほぼ一斉的なかたちで侵入定着を継続していたことがわかる。つぎに、これに樹高分布を含めてみると、上層更新木の樹齢が84~94年であるのに対し、下層更新木は最高のもので79年となっていることから、これらはいずれも上層更新木より遅れて侵入定着したものであることがわかる。また、下層更新木の樹種別構成比をみると、トドマツが75.0%を占めているのに対し、エゾマツは19.4%に過ぎず、この場合もPlot 2と同様の傾向を示している。

IV-5 生育過程

Fig. 12は、1974~1980年に天塩演習林、河西の一流域に成立する天然林内から択伐、搬出された成木(DBH $\geq$ 0.3 m)を対象に、矢島<sup>85)</sup>がこれらのなかから任意抽出したエゾマツ191本、トドマツ169本分の元玉(立木時の樹高で、地上0.3~3.95 mの部分に相当する丸太)について行った年輪解析の結果を一部図化したものである。図中、ヒストグラムの横軸は、試料木が樹

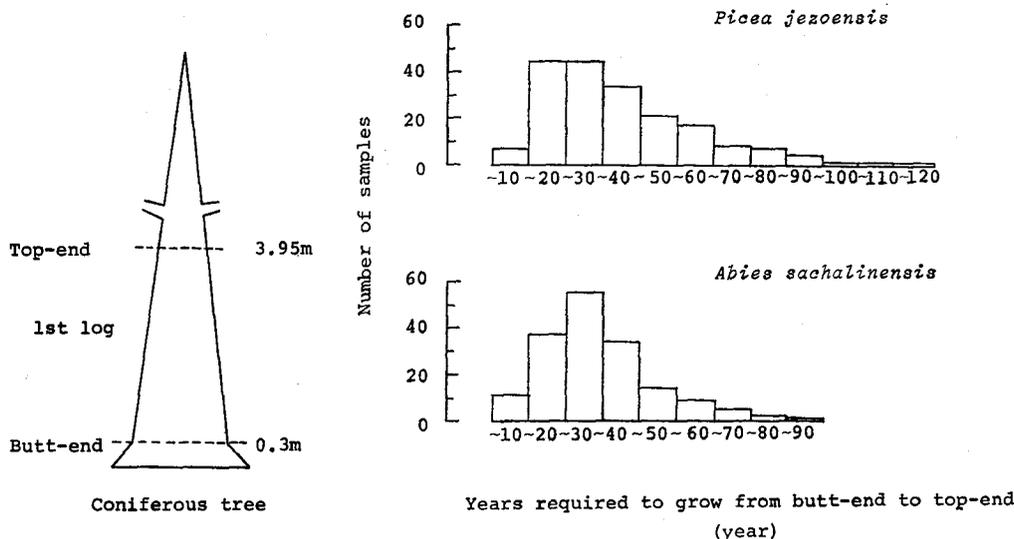


Fig. 12. Histogram of the years required to grow from butt-end to top-end of 1st log of adult coniferous trees (DBH $\geq$ 30.0 cm) which mainly composed the mixed forest in Teshio Experiment Forest.

This figure was made after the results of stem analysis at the 1st log of 191 *Picea jezoensis* and 169 *Abies sachalinensis* trees by YAJIMA (1982).

高0.3~3.95 mに達するまでに要した年数、縦軸は、各所要年数に該当する試料木本数が示してある。これによればエゾマツ、トドマツ成木がかつて樹高0.3~3.95 mに達するまでに要した年数は短いもので約10年、長いもので約80~120年と全体に大きな個体差がみられる。しかし、エゾマツ、トドマツとも全体の約65~75%が10~40年の区間に集中していることから、一般的な所要年数は比較のみじかいといえる。つぎに、所要年数40年以上の試料木に注目すると、エゾマツ、トドマツとも所要年数が増加するにしたがって本数を減ずる傾向がみられる。以上の結果は、エゾマツ、トドマツの成木化には速い初期生長が有利であり、初期生長期間が長くなるほど成木化は困難になることを示しているものと考えられる。

以上に、天然林内に生立していたエゾマツ、トドマツ成木が樹高0.3~3.95 mに達するまでに要した年数をもとに、それらの成木化にかかわる初期生長の一般的意義について検討した。つぎに、ここで得られた知見をもとにPlot 2, Plot 3におけるエゾマツ、トドマツ更新木の成木化について検討する。

矢島<sup>84)</sup>らは、同地域の天然林内に生育するエゾマツ、トドマツが侵入定着してのち樹高0.3 mに達するまでの年数についても調査し、エゾマツが平均15.3年、トドマツが平均14.1年という結果を得ている。そこで、これらの値を両樹種が樹高0.3~3.95 mに達するまでに要する一般的な年数として得られた10~40年の最大、最小値に加算し、これをエゾマツが侵入定着後、樹高約4.0 mに達するまでに要する一般的な年数の概算値として示すと、エゾマツが25.3~55.3年、トドマツが24.1~54.1年となる。すなわち、侵入定着後エゾマツの場合25.3~55.3年、トドマツの場合24.1~54.1年で樹高4.0 mに達することが成木化にとって有利であり、これを越えて所要年数が増加するほど、成木化は困難になると考えてよい。

Table 3は、Plot 2, Plot 3から採取したエゾマツ、トドマツ試料木が、侵入定着後樹高4.0 mに達するまでに要した年数を各階層ごとに平均値化して示したものである。Plot 3については、上層をさらに3つの分層(1~3層とする)において検討している。また、各プロットにおいて樹高4.0 mに達していなかった試料木については、簡単に、次式、 $Y=4y/h$  ( $Y$ : 侵入定着後、樹高4.0 mに達するまでの推定所要年数,  $y$ : 採取時の樹齢(年),  $h$ : 採取時の樹高(m))により求めた。これにしたがって、まずPlot 2の更新木が樹高4.0 mに達するまでの所要年数をみると、上層更新木ではエゾマツが平均48.1年、トドマツが平均46.8年となっている。下層更新木はエゾマツが平均140.5年、トドマツが平均161.1年となっている。つぎに、Plot 3の更新木が樹高4.0 mに達するまでの所要年数をみると、上層更新木のうち1層では、エゾマツが56.2年、トドマツが平均59.7年となっている。また、上層更新木のなかでもとくに3層のエゾマツ更新木が示す所要年数は、平均86.8年と1層更新木に比べて約30年の遅れをみせている。しかしながら、下層更新木はエゾマツが平均150.1年、トドマツが平均138.6年となっており、その初期生長速度はきわめて遅いものであることがわかる。

**Table 3.** Years required to grow from 0.0 m to 4.0 m of regenerated trees collected from Plots 2 and 3

Plot 2						
Layer	—	Species	No. of sample trees	Mean age (yr)	Mean height (m)	Years required to grow from 0.0 to 4.0 m
Upper	—	Pj*	2	57.0	5.43	48.1
		As**	2	55.0	5.51	46.8
Lower	—	Pj	4	45.0	1.38	140.5
		As	4	51.0	1.42	161.1
Plot 3						
Layer	Sub-layer	Species	No. of sample trees	Mean age (yr)	Mean height (m)	Years required to grow from 0.0 to 4.0 m
Upper	1st	Pj	1	86.0	12.9	56.2
		As	2	86.5	10.8	59.7
	2nd	Pj	2	92.0	7.2	68.4
		Pj	2	86.0	3.8	86.8
Lower	—	Pj	2	74.5	2.0	150.1
		As	5	61.2	1.6	138.6

Notes) Pj\*: *Picea jezoensis*, As\*\*: *Abies sachalinensis*

## V. 根返り跡地における下種更新

### V-1 調査方法

調査は、1980~1982年の夏期に河西37, 48, 51林班および奥地15~20林班で行った。対象とした根返り跡地は全部で26箇所 (Plot 1~26) である。これらはすべてチシマザサ、クマイザサの密生する天然林内の林床に認められたものである。調査方法を以下に記す。

#### 更新状況

イ. 林内踏査によって根返り跡地をみつけだし、周囲の林況、根返り木の樹種、サイズ、風倒方向および根返り跡地の微地形 (V-2, 後述) 別面積を測定した。面積は、現地において方眼紙上に縮小スケッチした水平投影面を自動面積計 (林電工 K.K 製) にかけて測定した。

ロ. 根返り跡地における高木類更新木の樹種、樹高、根元直径を微地形別に求めた。根返り跡地形成後、調査時に至るまでの経過年数は、各プロットから適切とおもわれた試料木を1本ずつ採取し、それらの地際年輪数に1を加えた値とした\*。

ハ. 根返り跡地におけるササ侵入率を以下の要領で算出した。なお、ここではササ種の区別はせず一括して取り扱った。

\* 東<sup>1)</sup>は、林道開設に際して形成された盛土法面に侵入したヤナギの樹齢と林道工事の年代は、1年のずれを見込むとよく符号する、と指摘している。

$$\text{侵入率 (\%)} = \frac{\text{各微地形内の単位面積あたり生稈数 (1/m}^2\text{)}}{\text{周辺林床に設置した方形区 (1 \times 1) m}^2\text{ 内の生稈数}} \times 100$$

### 带状区調査

形成年代のもっともあたらしい Plot 1 に带状区を設定し、微地形と各更新樹種の本数分布の対応関係を調べた。

### 樹幹析解

イ. 根返り跡地の変動と、更新木の再生関係について検討するため、Plot 25 のマウンド V-2、後述) に生育していたすべての高木類を採取し、樹高、樹齢を調べた。さらにこれらのうち、トドマツ試料木 1 本について根系外部形態のスケッチ、根系各部位の年輪判読を行った。

ロ. 根返り跡地のマウンドに生育していたエゾマツ、トドマツ幼木の樹高生長過程を知るため、Plot 4 よりエゾマツ 3 本、Plot 16 よりエゾマツ、トドマツ各 1 本、Plot 22 よりトドマツ 1 本の幼木を選び出し樹幹析解した。

なお、円盤の年輪判読にあたっては実体顕微鏡を使用した。

### V-2 根返りによる林床変化

根返り跡地は、風や雪などの影響をうけた立木が、その根部から転倒することによって林床にあらたに生じた土壤裸出地 (以下、裸地とよぶ) である。Fig. 13 にその模式図を示す。根返り跡地の外部形態を構成する基本的な要素は、根系が地表から剝離された際、もとの生立面に生じた裸地である。それは一般に凹型の微地形 (Pit とよぶ) をもつ裸地として認められる。一方、風倒時に立木はその根系に土壌を付着したまま転倒するため、ここにもあらたな裸地が生ずる。それは一般に凸型の微地形 (Mound とよぶ) として認められる。すなわち、これら 2 つの微地形は、ひとつらなりとなった部分形態として根返り跡地の外部形態を構成していることになる。

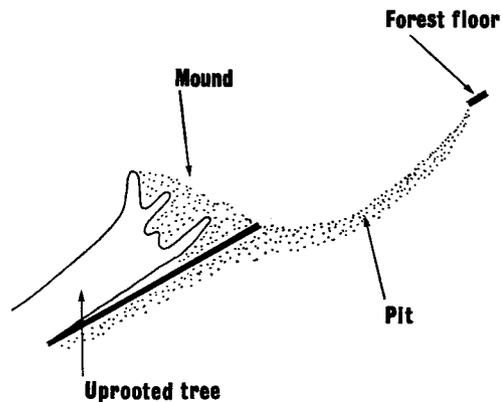


Fig. 13. Sketch of the typical uprooted tree, showing the two different microreliefs (mound and pit) created.

Table 4 には、調査対象とした根返り跡地の面積を部分形態別に示した。これによれ

Table 4. Number and area of mounds and pits

Microrelief	Number	Area (m <sup>2</sup> )		
		Mean	Max.	Min.
Mound	26	2.9	5.9	0.4
Pit	23	8.0	20.9	0.3

ば、マウンドは最大  $5.9 \text{ m}^2$ 、最小  $0.4 \text{ m}^2$  で平均面積は  $2.9 \text{ m}^2$  となっている。またピットは、最大  $20.9 \text{ m}^2$ 、最小  $0.3 \text{ m}^2$  で平均面積は  $8.0 \text{ m}^2$  となっている。したがって、ピットはマウンドに対してほぼ3倍の面積を有していることになるが、更新立地としてはいずれも小規模であることが知られる。

### V-3 更新樹種

Table 5 に、根返り木の樹種、本数、胸高直径を示した。なお、表中には全部で27本の根返り木が示されているが、これは Plot 6 においてエゾマツ、ミズナラの共倒れ木各1本が共通の根返り跡地を形成していたためである。これをまず樹種別にみると、エゾマツ、トドマツが全体の過半数を占め、ミズナラがこれにつづいている。根返り木の胸高直径は最大でミズナラの  $100.0 \text{ cm}$ 、最小でおなじくミズナラの  $15.0 \text{ cm}$  であるが、多数を占めていた針葉樹根返り木にみられるように、胸高直径  $30.0 \sim 50.0 \text{ cm}$  がここでの平均的なサイズとなっている。また、これらの根返り木はほとんどのものが梢頭部分を欠いており、樹高の測定はできなかったが、本調査地域の高木類について作成された胸高直径—樹高関係図<sup>85)</sup>によれば、胸高直径  $30.0 \text{ cm}$  以上の高木類林木は樹高  $20.0 \text{ m}$  以上に達しているのが一般的である。このことから、これらの根返り跡地は、そのほとんどがかつて天然林の上層を構成していた中大径木の倒壊にともなって生じた林冠疎開下に形成された裸地であると推察される。

Table 6 には、調査対象とした26根返り跡地に生立していた全更新木の樹高階別本数を示した。ここでは針葉樹3種、広葉樹16種の高木類が認められ、種組成の点できわめて多様なものになっている。生立本数は全部で1,812本である。このうち針葉樹は683本、37.7%、広葉樹は1,129本、62.3%となっている。つぎに針葉樹について内訳をみると、エゾマツは329本、48.2%、トドマツは353本、51.7%と両種はほぼ同様の構成比となっている。また樹高についても、両種は樹高  $4.0 \text{ m}$  以下の各樹高階をほぼ同比率で占めており、そのサイズに大差はない。一方、広葉樹ではウダイカンバが459本、40.7%、ダケカンバが319本、28.3%となっており、両種で全体の68.9%に達する。これらカンバ類にエゾノバッコヤナギ、ケヤマハンノキを含め

Table 5. Species, number and diameter at breast height of uprooted trees

Species	Number	D. B. H. (cm)		
		Mean	Max.	Min.
<i>Picea jezoensis</i>	8	53	90	32
<i>Abies sachalinensis</i>	9	39	48	27
<i>Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i>	6	57	100	15
<i>Betula ermanii</i>	1	45	.	.
<i>Betula maximowicziana</i>	1	34	.	.
<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	1	28	.	.
Unknown	1	—	.	.

Table 6. Distribution by height class of regenerated trees in all the uprooted grounds, Plots 1-26

Species	Number of trees in each height grade (m)											
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	Total
<i>Picea jezoensis</i>	316	9	3	1	.	.	.	.	.	.	.	329
<i>Abies sachalinensis</i>	335	11	2	3	.	.	.	1	.	.	1	353
<i>Picea glehnii</i>	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
N-total	651	21	5	4	.	.	.	1	.	.	1	683
<i>Betula maximowicziana</i>	443	4	5	4	1	2	.	.	.	.	.	459
<i>Betula ermanii</i>	91	94	88	29	13	4	.	.	.	.	.	319
<i>Phellodendron amurense</i> var. <i>sachalinense</i>	64	13	.	1	.	.	.	.	.	.	.	78
<i>Salix hultenii</i>	43	17	13	4	1	.	.	1	.	.	.	78
<i>Salix sachalinensis</i>	66	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	69
<i>Alnus hirsuta</i>	13	7	6	3	4	.	.	1	.	.	.	35
<i>Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i>	20	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	21
<i>Kalopanax pictus</i>	18	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	18
<i>Sorbus commixta</i>	14	1	1	2	.	.	.	.	.	.	.	18
<i>Acer mono</i>	8	2	.	1	.	.	.	.	.	.	.	11
Others	19	3	1	.	.	.	.	.	.	.	.	23
L-total	799	144	114	45	19	6	.	2	.	.	.	1,129

た生立本数は全体の約80%におよび、ヒロハノキハダ、ナガバヤナギ、ミズナラ、イタヤカエデなど12種はのこりの約20%を占めるに過ぎない。

#### V-4 更新樹種の本数分布

根返り跡地を構成する部分形態(マウンドとピット)と更新樹種の本数分布関係について調べるため、形成年代の最もあたらしいPlot 1に帯状区を設定した。Plot 1は、奥地12林班の北北西に面した標高100m、傾斜45度の斜面上に位置する根返り跡地である。根返り木は、樹高13.9m、胸高直径1.0mであり、裸地形成後6年を経過したものと推定された。面積は、マウンドが7.7m<sup>2</sup>、ピットが20.9m<sup>2</sup>である。

帯状区は、根返り跡地の中央を縦走する長さ7.8mの基軸に沿って幅1.0mで設定した。面積は7.8m<sup>2</sup>である。調査にあたっては、地表の状態を考慮に入れ、帯状区をそれぞれ面積の異なる6個のコードラートに細分し、各コードラートごとに更新木の毎木調査を行った。また、以上の調査にあわせてコードラート内に生育する低木類、草本類の植被状況を記載した。

Fig. 14は、帯状区内における各更新樹種の本数分布を模式的に示したものである。図中、黒線の幅は本数密度(本/m<sup>2</sup>)の多少を表わしている。また、コードラート1~3はマウンド、コードラート4~6はピットに相当している。帯状区内に生立する広葉樹更新木の総本数は209本で

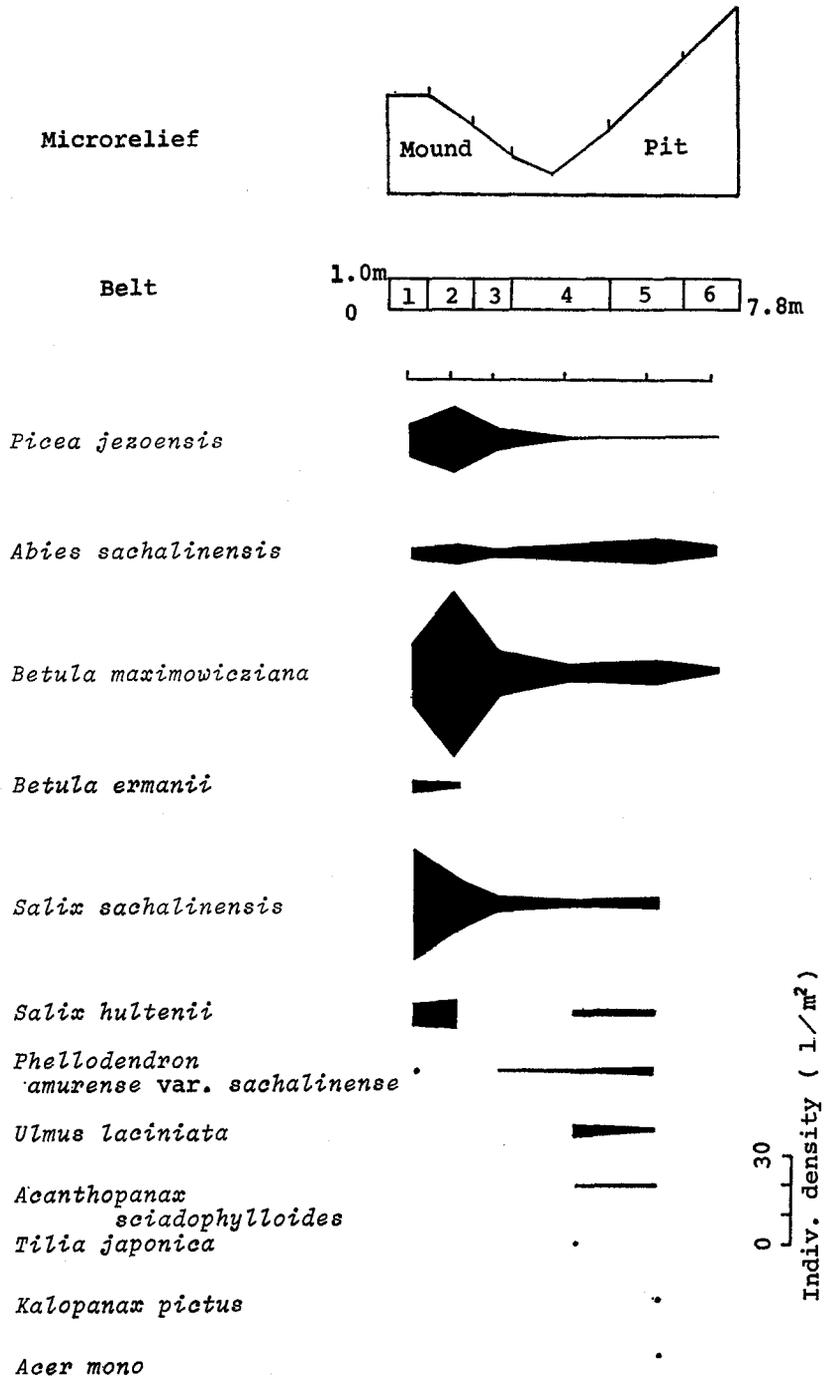


Fig. 14. Cross section through mound and pit, and the distribution of seedlings on the microreliefs of Plot 1.

Plot 1 is the youngest uprooted ground to be estimated 6 years passed.

あった。このうちウダイカンバは、122本で全体の58.3%を占め、ナガバヤナギが52本、24.9%でこれにつづく。これら2種はあわせて広葉樹全体の83.3%に達しているが、いずれも立地の形状に応じて顕著な疎密を生じている。すなわち、両種はその大部分がマウンドの頂部付近に集中して生立しているのに対して、ピットでは散生する程度となっていることがわかる。つぎにダケカンバ、エゾノバッコヤナギをみると、これらが広葉樹全体に占める本数比は、それぞれ0.9%、7.2%ときわめて少数であるが、いずれもマウンドに集中している点では上述した2種と同様である。これに対してヒロハノキハダ、コシアブラなど6種の広葉樹は、あわせて18本と全体の8.6%を占めるに過ぎず本数ではほとんど問題にならない。しかし、これらの樹種はいずれもピットを中心とする本数分布状態を示している点で、さきの4種とはあきらかな対照をなしている。つぎに針葉樹についてみると、総本数は66本で全体の24.0%を占める。このうちエゾマツは約半数にあたる34本を占めるが、約90%がマウンドに生立するものであり、ピットではごく少数が散生する程度となっている。また、トドマツはピットでやや高い本数密度を示しているが、分布の特徴は他樹種ほど明瞭に表われていない。

Fig. 15には、带状区内における高木類をのぞく植生の植被状況を示した。なお、带状区内では低木類、草本類あわせて16種の生育がみとめられたが、ここでは被覆の大きかったものの順に10種をとりあげて検討した。プロットの周辺林床は、稈高0.5~1.8のチンマザサ、クマイザサが密生していたが、プロット内では稈高0.5m前後のクマイザサがピット下部で小群を形成しているに過ぎず、ピットの中央から雨裂浸食のみられた上端に至る部分およびマウンドでは無植被の状態になっている。また、エゾゴマナ、アキタブキなど5種の大型キク科草本類は、ピットの下部から中央部で優占しているが、マウンドではクマイザサと同様、無植被になっている。ヒメゴヨウイチゴ、ツタウルシなどのツル性木本類は、ピットを比較的広範囲に覆っているが、マウンドではツタウルシが小群をなす程度である。このことから、マウンドはピットにくらべて高木類稚樹以外の植生被覆はおおむね貧弱で、コケ類を裸出した地表状態になっている。

以上の調査結果から、根返り跡地における植生分布のしかたは、その形状を特徴づける部分形態であるマウンドとピットに深く関連するものと推察できる。そこでつぎに、調査対象としたすべてのプロットをとりあげ、とくに高木類に注目してこの点についての検討をすすめる。その方法はつぎのとおりである。まず、調査対象としたすべての根返り跡地に生立していた高木類更新木を部分形態別に一括し、部分形態ごとの樹種別平均本数密度を算出することによって、その分布パターンを明らかにした。つぎに、柳沢<sup>83)</sup>の区分にしたがって各更新樹種を亜寒帯系樹種、冷温帯系樹種いずれかの類型に帰属させたのち、これらの類型と各樹種にみられる分布パターンとの関連をみた。その結果を、Table 7に示す。表中、I型はピットよりマウンドにおいて高い本数密度を示していた樹種、II型はマウンドよりピットにおいて高い本数密度を示していた樹種を表わしている。またSは亜寒帯系樹種、Cは冷温帯系樹種を表わしている。

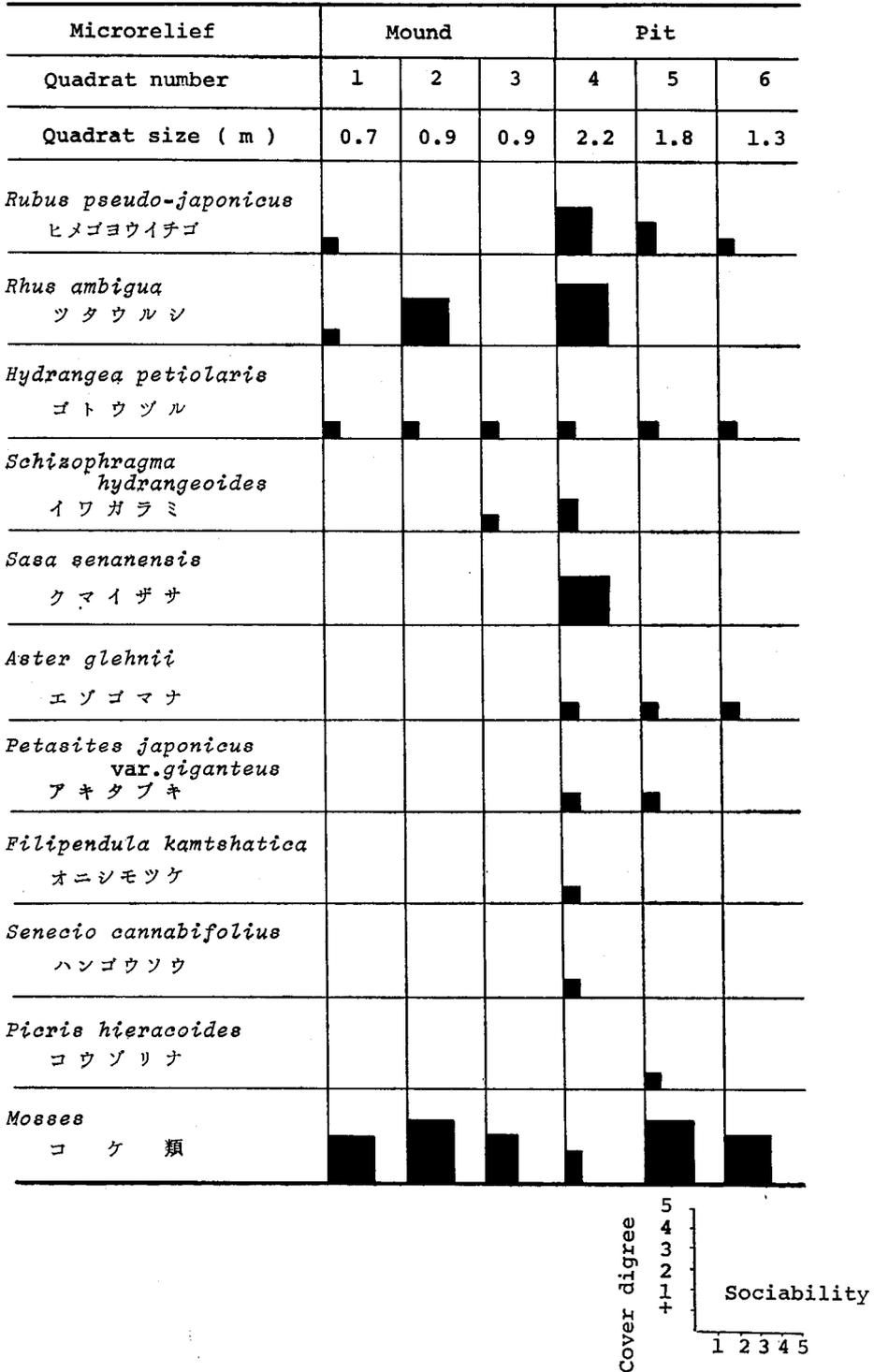


Fig. 15. Invasion of shrubby and herbaceous plants in plot 1.

**Table 7.** Average densities of regenerated trees at uprooted ground, by species and microreliefs

Type	Species	Average density of trees (1/m <sup>2</sup> )×10 <sup>2</sup>		Macroclimate distribution	
		Mound	Pit	S* <sup>3</sup>	C* <sup>4</sup>
I * <sup>1</sup>	<i>Picea jezoensis</i>	390	16	+	•
	<i>Abies sachalinensis</i>	270	80	+	•
	<i>Picea glehnii</i>	1	0	+	•
	<i>Betula maximowicziana</i>	312	121	•	+
	<i>Betula ermanii</i>	196	92	+	•
	<i>Salix sachalinensis</i>	78	5	+	•
	<i>Salix hultenii</i>	53	21	+	•
	<i>Alnus hirsuta</i>	16	13	+	•
	<i>Sorbus commixta</i>	12	5	•	+
	<i>Acer mono</i>	7	3	•	+
	<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	1	0.5	•	+
II * <sup>2</sup>	<i>Phellodendron amurense</i> var. <i>sachalinense</i>	9	39	•	+
	<i>Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i>	5	9	•	+
	<i>Kalopanax pictus</i>	3	9	•	+
	<i>Ulmus laciniata</i>	1	4	•	+
	<i>Tilia japonica</i>	0	4	•	+
	<i>Acanthopanax sciadophylloides</i>	0	2	•	+
	<i>Magnolia obovata</i>	0	1	•	+
	<i>Prunus sargentii</i>	0	0.5	•	+

Notes) \*<sup>1</sup> I type=Species observed to have higher density on mounds than on pits.

\*<sup>2</sup> II type=Species observed to have higher density on pits than on mounds.

\*<sup>3</sup> Species distributed in sub-polar zone.

\*<sup>4</sup> Species distributed in cool temperate zone.

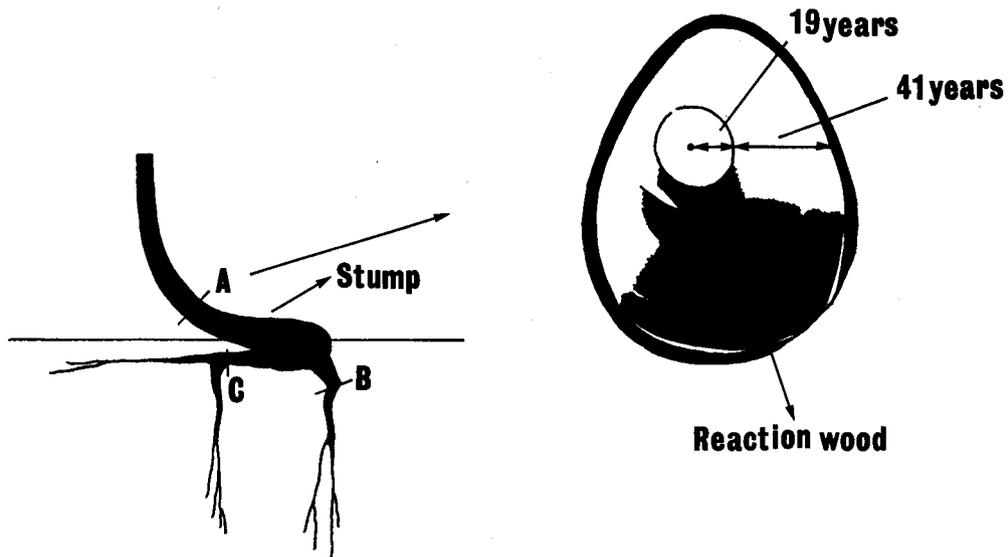
調査対象とした根返り跡地で認められた亜寒帯系樹種は、エゾマツ、トドマツ、アカエゾマツ、ダケカンバ、ナガバヤナギ、エゾノバッコヤナギ、ケヤマハンノキの7種である。これらの樹種は、全体的にピットにおいても比較的高い本数密度を有している点で共通しているが、マウンドではこれがさらに増大するI型の分布パターンを示している。この傾向はとくにエゾマツに顕著であり、マウンドでの平均本数密度はピットの24.4倍となっている。冷温帯系樹種は、ウダイカンバ、ナナカマド、イタヤカエデ、ハルニレ、ヒロハノキハダ、ミズナラ、ハリギリ、オヒョウ、シナノキ、コンアブラ、ホオノキ、エゾヤマザクラの12種である。このうち、ウダイカンバ、ナナカマド、イタヤカエデ、ハルニレの4種はI型の分布パターン、ヒロハノキハダ、ハリギリ、オヒョウなど8種はII型の分布パターンを示している。

#### V-5 侵入時期

根返り跡地におけるエゾマツ、トドマツの侵入時期について、形成後66年を経過したPlot 25のマウンドをとりあげて検討する。

Plot 25 は、傾斜 38 度で南西に面した斜面上に成立する針広混交林内に位置していた。根返り木の樹種、サイズは不明であったが、その樹幹基部には、明瞭な折損が認められた。マウンドはほぼ水平の地表面をもち面積 4.6 m<sup>2</sup>、ピットは面積 10.0 m<sup>2</sup>であった。

Fig. 16 は、マウンドから採取した樹齢 60 年、樹高 2.5 m のトドマツ試料木の根系形態についてみたものである。図中に示した樹幹断面は、A で示した試料木樹幹の地際部位における年輪形成の様子である。これをみると、円盤の中心部から 20 年間は、比較的均一な幅をもった同心円状の年輪形成過程が認められるが、その後、斜面下方に面した部分を中心に「アテ」を生じ、顕著な偏心生長をみせていることがわかる。この現象は、調査時には直立していたこの試料木が、40 年前に倒伏した過去をもつものであることを意味している。つぎに、根系形態に着目すると、図中に示した B 点における年輪数が 40、C 点における年輪数は 36 となっている。したがって、これら 2 点によって示された部位からそれぞれ先端に至るまでの根系は、いずれも試料木の倒伏後に形成されたものである。これらの調査結果をもとに、試料木根系の倒伏前



Cutting part	Diameter (cm)	No. of annual rings
A	69	60
B	33	40
C	48	36

Fig. 16. Root form and disk of the *Abies sachalinensis* tree collected from the mound of Plot 25.

Symbols A-C indicate the positions where disks were cut for annual ring measurement. Reaction wood was formed 40 years ago at A.

における形態を復元すると、それはとくに急傾斜地に多くみられるトドマツ特有の根系形態に類似したものとなる。すなわち根株の中心から B 点に向って延びている根系は、倒伏前においては支持根として、さらに同じく C 点方向に延びている根系はいわゆる索引根として機能し樹体を支えていたものであるといえる。つぎに、かつて支持根であった根系部分の現在の傾きに注目すると、調査時にはほぼ水平の地表面をもっていたマウンドは、試料木の倒伏が生じた40年前までは、水平面に対して約40度の傾きを呈していたものと理解される。このことから、Plot 25 のマウンドは、40年前それを支えていた根返り木の基部折損によって変動し、かく乱をうけたものと推察される。

Fig. 17 は、Plot 25 のマウンドに生立していたすべての更新木の樹齢—樹高関係についてみたものである。これをみると、トドマツは、40年前に生じたかく乱の如何を問わず、裸地形成後の約50年間、既存の稚樹群下で侵入定着を継続していることがわかる。これに対して、エゾマツの侵入時期は、裸地形成後の6年間と根返り木の折損によってかく乱の生じた40年前の2度に限られている。以上の結果から、とくにエゾマツにとっては、無被圧条件下にある形成直後のマウンドに侵入定着することが、ここでの更新に不可欠な条件になっているものと推察される。

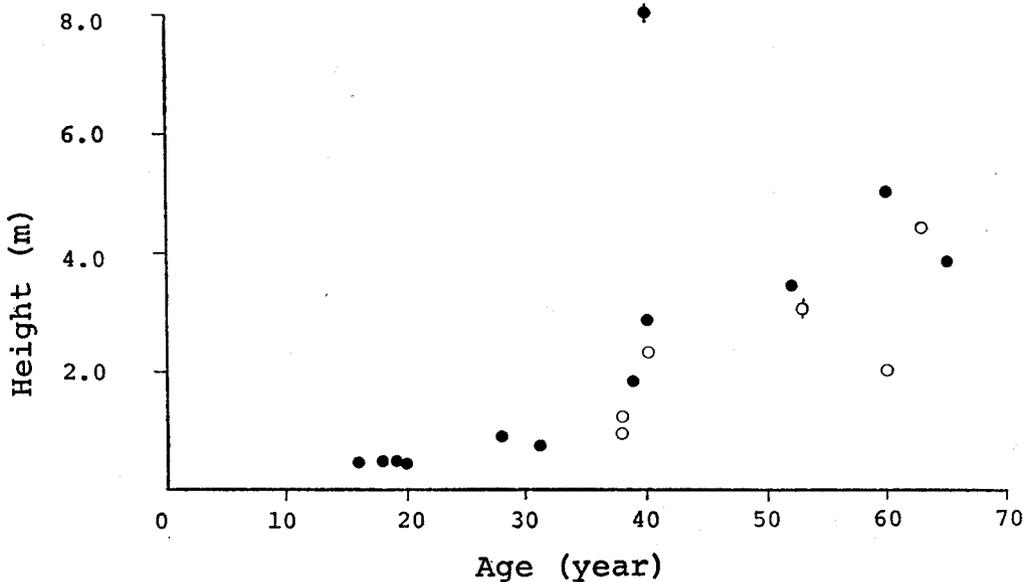


Fig. 17. Relationship between age and height of sample trees collected from the mound of Plot 25.

○ : *Picea jezoensis*   ● : *Abies sachalinensis*  
 ◇ : *Picea glehnii*   † : *Alunus hirsuta*

*Abies sachalinensis* invaded continuously into the mound from 65 to 15 years ago and *Picea jezoensis* invaded limitidly 63 to 60 and 40 years ago.

## V-6 初期生長

Table 8 は、根返り跡地におけるエゾマツの侵入定着と初期生長に係る重要な条件になると考えられるササの侵入経過についてみたものである。ここでは、調査対象としたすべての根返り跡地を形成後の経過年数にしたがって10年間を1ステージとする3期 (Stage I: 10年未満, Stage II: 10~20年, Stage III: 20~66年) に分け、各ステージごとにマウンド、ピット別ササ平均侵入率 (V-1 参照) を求めた。なお、根返り跡地周辺林床におけるササ生稈数密度は、 $33.8 \pm 10$  本/m<sup>2</sup> であった。

これをまずマウンドの Stage I, Stage II についてみると、平均侵入率は前者が1.8%、後者が1.7%、侵入率幅は前者が0.0~9.4%、後者が0.0~7.9% となっており、両ステージ間の侵入度合にはほとんど差がみられない。なお、Stage I にみられる最大侵入率9.4%をササ生稈数密度に換算すると3.2本/m<sup>2</sup> となる。つぎにマウンドの Stage III をみると、最大侵入率41.4%を示すプロットが認められる。しかしながら、このステージに含まれる9プロットのうち4プロットでは、まったくササの侵入が開始されていなかった。したがってこの場合も、ササ侵入率は9.5%と依然として低い値を示している。一方、ピットでは Stage I すでに平均侵入率10.0%を越えていることから、ササの侵入速度は総じてマウンドよりも速いといえる。しかし、Stage III においても侵入率0.0~68.6%となっているように、プロット間に大きなひらきが認められる。以上の結果から、ササは根返りによる裸地形成後ピットを中心に徐々に侵入を開始するが、とくに形成後20年を経過していないあたらしいマウンドへの侵入は、ほとんどなされ得ないものと推察される。

Fig. 18 は、以上と同様の検討方法 (ただし、形成後かく乱を受けたと推定される Plot 25 はのぞく) で、各ステージごとにマウンドにおけるエゾマツ、トドマツ更新木の樹高階別平均本数密度 (本/m<sup>2</sup>) とその頻度分布をみたものである。なお、ここで用いた樹高階は、佐藤<sup>56)</sup> にもとづいて Table 9 に示した方法で区分したものである。

まず頻度分布に注目すると、エゾマツ、トドマツとも Stage I では最低樹高階 (1) をモードとする L 字型分布、Stage II ではやや不明瞭な L 字型分布、Stage III ではエゾマツが J 字型分布、トドマツが U 字型分布を示していることがわかる。このことは、各ステージのモードが、根返り跡地の経過年数にしたがって漸次高い樹高階へ移行していることをあらわしている。こ

Table 8. Invasion ratio of Sasa, by passage years of uprooted grounds

Microrelief	Invasion ratio (%)	Range of passage years after uprooting		
		Stage I (6-10)	Stage II (10-20)	Stage III (20-66)
Mound	Mean	1.8	1.7	9.5
	Range	0.0- 9.4	0.0- 7.9	0.0-41.4
Pit	Mean	10.5	16.0	17.1
	Range	3.3-24.2	0.0-32.6	0.0-68.6

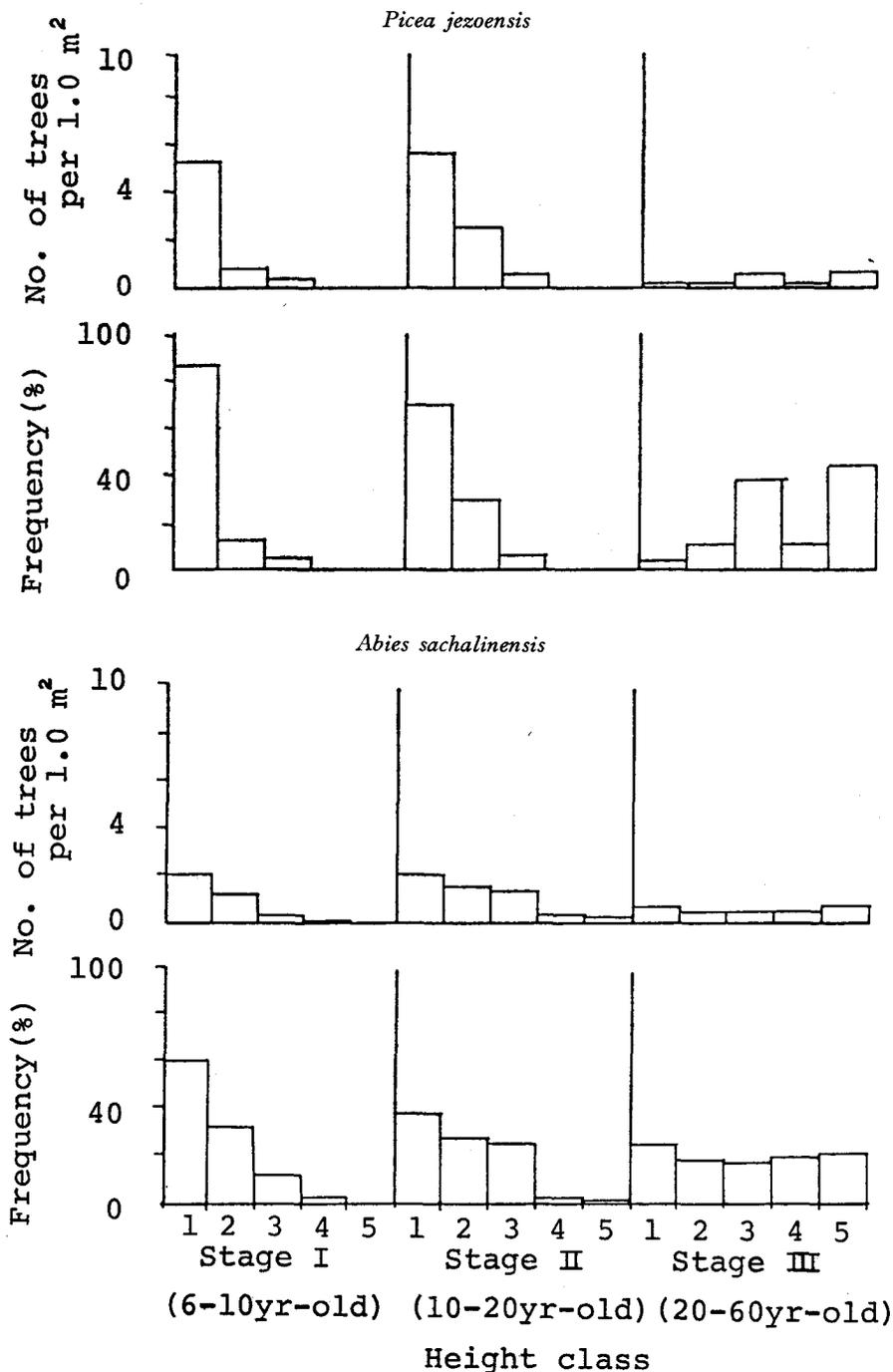


Fig. 18. Average number and frequency in each height class of coniferous trees.

The investigated mounds are divided into three stages (I-III) by passage years after uprooted grounds were created. Division of height class is indicated in Table 9.

Table 9. Height classification of coniferous species

Classification	Height class	Height range (cm)
Seedling	1	0.0~ 15.0
Sapling	2	15.0~ 30.0
	3	30.0~ 60.0
	4	60.0~100.0
	5	100.0~
Juvenile		

のことから、図に示された各ステージにおけるエゾマツ、トドマツの平均本数密度も、マウンドに侵入した実生稚苗がその後の更新過程であらわす個体数変化の一般的位相を、ある程度まで反映したものとみなすことができよう。

そこでつぎに、エゾマツ、トドマツ更新木の平均本数密度変化にみられる特徴について検討する。エゾマツは Stage I では 6.3 本/m<sup>2</sup> となっているが、Stage II では 8.5 本/m<sup>2</sup> とやや増加している。これを樹高階別にみると、稚苗段階 (1) では、Stage I が 5.3 本/m<sup>2</sup>、Stage II が 5.7 本/m<sup>2</sup> とほぼ同数になっている。一方、稚樹段階 (2~4) をみると、Stage I では 1.0 本/m<sup>2</sup> であるが Stage II では 2.8 本/m<sup>2</sup> に増加している。つぎにトドマツについてみると、Stage I では 3.5 本/m<sup>2</sup> であるが Stage II では 5.1 本/m<sup>2</sup> に増加している。これを樹高階別にみると、稚苗段階 (1) のものは、Stage I が 2.1 本/m<sup>2</sup>、Stage II が 2.0 本/m<sup>2</sup> とほぼ同数になっている。一方、稚樹段階 (2~4) をみると、Stage I では 1.4 本/m<sup>2</sup> であるが Stage II では 3.0 本/m<sup>2</sup> に増加している。さらに Stage III に入ると、エゾマツは 60.0 cm 以上の樹高階 (4~5) に進界し、トドマツは同樹高階で増加を示している。以上の結果から、マウンドでは更新開始後の少なくとも 10 年間、稚樹段階 (樹高 15.0~100.0 cm) への移行および枯死による個体数の減少を補充しうるあらたなエゾマツ、トドマツの実生稚苗が供給されること。またエゾマツはトドマツにくらべて全般に初期生長が遅く、小型稚樹 (樹高 15.0~60.0 cm) が大型稚樹 (樹高 60.0~100.0 cm) ないしは幼木 (樹高 100.0 cm 以上) になるのは、更新開始後 20 年以降になることの 2 点が導びかれる。

Fig. 19 は、以上の結果を参考にして、マウンドにおいて幼木段階に達していたエゾマツ、トドマツ更新木にみられる初期生長の特徴について検討したものである。ここでは、形成後 40 年以上を経過した 3 つのプロット (Plot 4, 16, 22) から抽出したエゾマツ 4 本、トドマツ 2 本の幼木について行った樹幹析解の結果を検討資料としている。図中、グラフの横軸には樹齢、縦軸には 10 年ごとの定期生長量が示してある。これをみると、エゾマツ、トドマツ各試料木の樹齢 20 年時における樹高は、小さいものでも 60.0 cm を示し大きいものでは 140.0~160.0 cm に達していることがわかる。一方、Fig. 18 に示した Stage II (形成後 10~20 年を経過した根返り跡地) に現存するエゾマツ、トドマツ更新木をみると、これらのなかで樹高 60.0 cm 以上に達した大型稚樹ないしは幼木は、トドマツに少数みとめられるのみであり、エゾマツでは皆無と

なっている。このことから、ここで検討したエゾマツ、トドマツ幼木の初期生長は、マウンドにおけるものとしてはとくに速いものであったといえる。

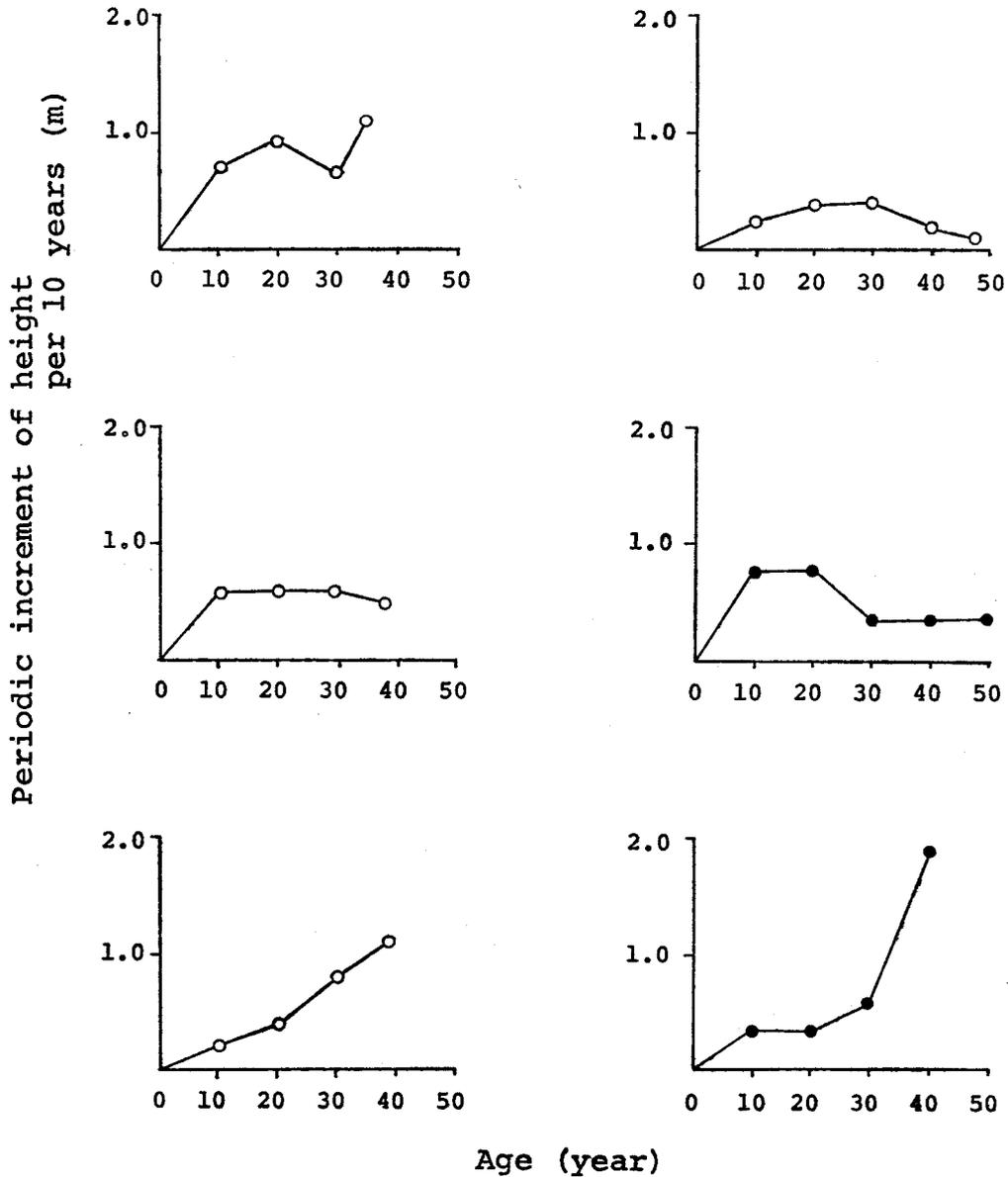


Fig. 19. Results of the stem analysis of juveniles collected from three mounds of Plots 4, 16 and 22.

○: *Picea jezoensis* ●: *Abies sachalinensis*

## VI. 地はぎ地ごしらえ地における下種更新

## VI-1 調査方法

調査は、1977～1981年に河西29～31林班で行った。調査方法を以下に記す。

## 生育過程

1977年10月に、調査区域とした赤川林道地区(通称)において、エゾマツ稚樹が多数みられた3箇所の地はぎ地ごしらえ地(Plot 1～3)に方形区を設定した。Fig. 20には、赤川林道に沿って造成された地はぎ地ごしらえ地の1977年時における配置状況と各調査プロットの位置を

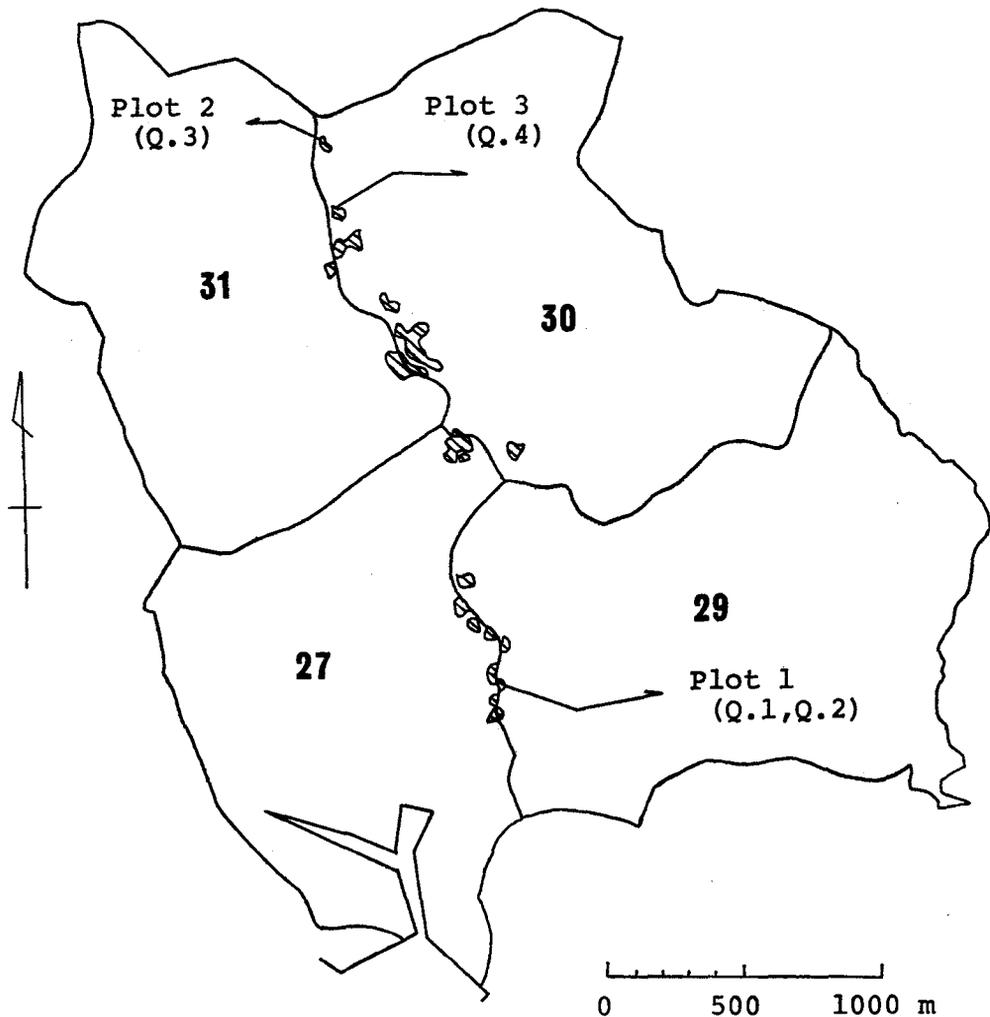


Fig. 20. Positions of Plots 1, 2 and 3.

The shaded area shows the soil-raked grounds created to promote the treatment of natural regeneration by rakedozer in 1972. Three plots investigated are the raked grounds taken heavily the organic soil away in order to expose the mineral soil.

**Table 10.** Area of Plots 1, 2 and 3, and Quadrats size set up in each Plots

Plot	Items		
	Raked area (ha)	Quadrat number	Quadrat size (m <sup>2</sup> )
1	0.58	1	1×1
		2	1×1
2	0.15	3	2×2
3	0.01	4	5×5

示した。また Table 10 には、各プロット内に設定した方形区の数とサイズを示した。

イ. 1977年10月に、各コドラート内に生立する樹高3.0 cm以上の高木類更新木をナンバーテープを用いて個体識別し、それぞれ樹種、樹高を記録した。

ロ. 1978年から1981年までの毎年10月、識別個体に対する年樹高生長量、枯死の有無などの追跡調査を行った。

#### 稚樹形態

イ. 1979年10月に、Plot 2 およびその周辺の林内倒木上、ササ層下部地床からそれぞれ22, 15, 1本のエゾマツ稚樹を掘り取り、その場で樹高、根元直径を測定した。

ロ. これらの試料木はただちに実験室に持ち帰り、樹形のスケッチ、実体顕微鏡を用いた樹齡判読を行った。

ハ. さらにこれらを乾燥器に入れ絶乾状態にしたのち取り出し、樹体各器官の重量を測定した。

#### VI-2 地ごしらえ方法と立地条件

赤川林道地区は、標高60~270 mのなだらかな丘陵部に位置する。ここでは、エゾマツ、トドマツを主としこれにウダイカンバ、ハリギリ、ミズナラなどを混じえる針広混交林が成立している。林床は、ほぼ全域にわたってチシマザサ、クマイザサが密生するが、とくに尾根上部と沢沿いの各所には大小の未立木ササ地が発達している。

天塩演習林では、1972年から未立木ササ地をレーキドーザを用いて掻き起こし、ササ層を除去して造成した地はぎ地ごしらえ地に対して天然下種更新をはかるなどの天然林施業を行っている。地がき面積は、0.1~0.2 haが一般的である。また、A<sub>0</sub>、A層を残して土壌表層を耕耘したところでは主にカンバ類、B層上部まで除去したところではカンバ類のほかエゾマツ、トドマツの更新がめだっている。つぎに、調査対象とした3箇所の地はぎ地ごしらえ地の1977年10月における概況を示す。

#### Plot 1

Plot 1は、河西27, 29の林班界、標高125 mの平坦な尾根上に位置する地はぎ地ごしらえ地である。この立地はこれより東流するケナンボロ沢支流の源頭部にあたり、全体にゆるやか

な傾斜をもつ凹型地形を呈している。プロット周辺の林床は、稈高 1.5~2.0 m のクマイザサが密生しているが、プロット内では稈高 0.2 m のクマイザサが局所的に小群をなす程度である。ここではとくに、エゾゴマナ、ヨツバヒヨドリ、ハンゴンソウなど好湿性の大型草本類が密生群落を形成しているのが特徴である。地表は全体に B 層上部を裸出し、コケ類の生育も良好である。

### Plot 2

Plot 2 は、河西 30 林班、標高 140 m の尾根上に位置し、傾斜 11 度で南南東に面した地はぎ地ごしらえ地である。地表は A<sub>0</sub>、A 層をまったく欠き、雨裂浸食をうけた粘土層が著しい凹凸を生じている。ここでは、ヨツバヒヨドリ、ウド、アキタブキ、ヤマハハコなどの草本類がみられるが、いずれもごく少数が散生する程度である。ササ類もところどころで小群をなすに過ぎない。また、コケ類の生育も不良であるが、針葉樹稚樹の根元周囲には針葉樹の落葉が敷藁状に集積しており、土袴の付着は、プロット縁辺部の樹冠直下をのぞいてほとんどみられない。

### Plot 3

Plot 3 は、河西 30 林班、標高 140 m の尾根部斜面上に位置し、傾斜 17 度で東に大きく疎開した地はぎ地ごしらえ地である。地表は A<sub>0</sub>、A 層をまったく欠き、コケ類の生育も不良で全面に B 層を裸出している。プロット周辺の林床は稈高 1.2~1.8 m のチシマザサが密生しているが、プロット内では稈高 0.2~0.5 m のチシマザサが数本づつまとまって小群をなす程度である。

### VI-3 稚樹の外部形態

Fig. 21 に、Plot 2 およびその周辺の林内倒木上、ササ層下部地床から採取したエゾマツ稚樹の外部形態を示した。倒木上の稚樹は、生枝数、葉数ともに少なく、生枝はやや垂れ下がり傘型に近い樹形を呈している。これに対して開放条件下の地はぎ地ごしらえ地である Plot 2 におけるエゾマツ稚樹は、幹が通直で太く生枝も偏形せず着葉も倒木上のものに比べて良好となっている。また腋芽の発達もよく樹形は通常の苗畑でみられるものと大差ない。ササ層下部地床でみられたエゾマツ稚樹の外部形態は、倒木上のものとはほぼ同様である。

Table 11 は、Plot 2 と林内倒木上から採取したエゾマツ試料木の樹体各器官重量を樹高階(樹高 3.0 cm 未満, 3.0~15.0 cm, 15.0 cm 以上) 別に示したものである。Plot 2 では、いずれの樹高階の稚樹も林内倒木上にくらべて樹体各器官の平均重量は大きく、前述した地上部外部形態によく対応している。また、Plot 2 では樹体全体に占める根系の割合も高く、T-R 比は樹高 3.0 cm 未満のもので平均 1.36, 3.0~15.0 cm のもので平均 1.92, 15.0 cm 以上のもので平均 2.81 となっており、それぞれ倒木上の約 1/4~1/2 の値を示している。

Fig. 22 は、これら試料木の地上部非同化器官重 (WTC) と葉重 (WL) を両対数グラフ上にプロットしたものである。これをみるとエゾマツ試料木は、Plot 2 林内倒木上ともその地上部

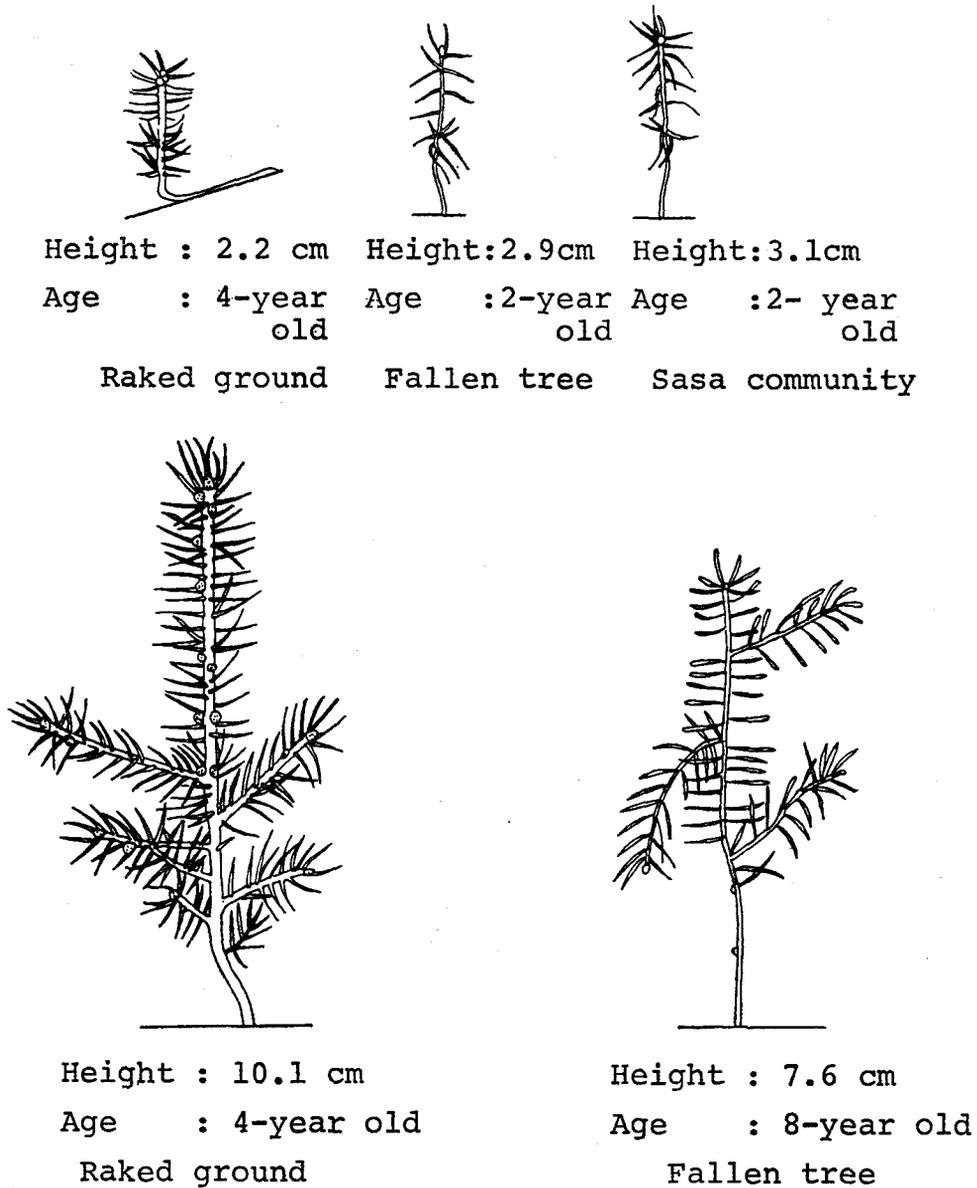


Fig. 21. Typical form of the *Picea jezoensis* saplings on rakedground, fallen tree and ground surface below *Sasa* community. The saplings on raked ground are collected from Plot 2.

について葉乾重(同化器官重)と幹+枝乾重(非同化器官重)が、ほぼ傾き1の直線式に載っていることがわかる。このことから両立地のエゾマツ稚樹は、T-R比の大きなちがいにかかわらず、地上部の樹体各器官重に相対生長関係を有していることがわかる。

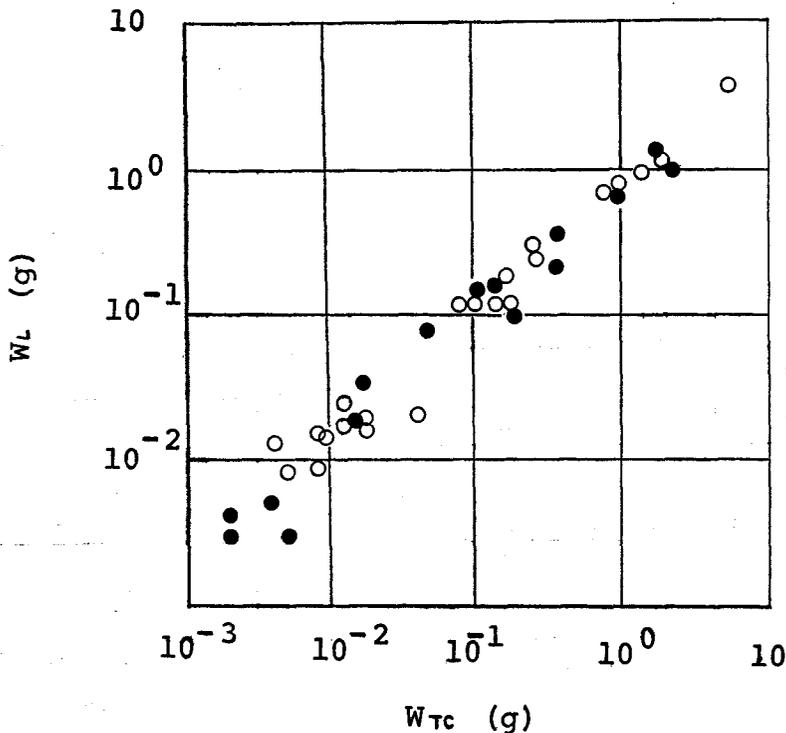
#### VI-4 稚樹の消長

Plot 1~3 に設定した4個の定置コドラートにおけるエゾマツ、トドマツ稚樹の消長を中心

**Table 11.** Material biomass in terms of dry weight in each part of *Picea jezoensis* saplings collected from raked ground and fallen trees

Habitat	Height class (cm)	No. of samples	Material biomass (g)*					
			Ws	WB	WL	WR	WT	T/R
Raked ground	0~3	8	0.013 0.004-0.008	—	0.014 0.008-0.021	0.016 0.006-0.039	0.044 0.007-0.059	1.36 1.83-3.27
	3~15	9	0.108 0.012-0.218	0.023 0.008-0.059	0.135 0.017-0.295	0.146 0.013-0.296	0.261 0.029-0.534	1.92 1.24-2.77
	15~28.3	5	1.380 0.603-3.435	0.607 0.135-1.703	1.340 0.648-3.549	1.134 0.575-2.586	3.378 1.986-8.687	2.81 2.22-3.37
Fallen tree	0~3	4	0.003 0.002-0.004	—	0.005 0.003-0.007	0.002 0.001-0.003	0.008 0.005-0.011	5.38 2.00-9.00
	3~15	5	0.047 0.014-0.101	0.016 0.001-0.027	0.047 0.035-0.156	0.046 0.006-0.111	0.146 0.032-0.257	3.23 1.92-5.33
	15~25.6	6	0.313 0.152-1.835	0.229 0.025-0.699	0.687 0.098-1.226	0.292 0.038-0.906	1.481 0.250-2.782	5.43 2.32-9.63

Notes) \*Ws: Weight of tree stem, WB: Weight of tree branch, WL: Weight of tree leaf  
WR: Weight of tree root, WT: Weight of whole parts of tree above ground, T/R:  
WT/WR



**Fig. 22.** Relative growth relationship between non-assimilation parts of tree above the ground (WTC) and tree leaf (WL) of *Picea jezoensis* saplings.

○: Saplings collected from Plot 2. ●: Saplings collected from fallen tree.

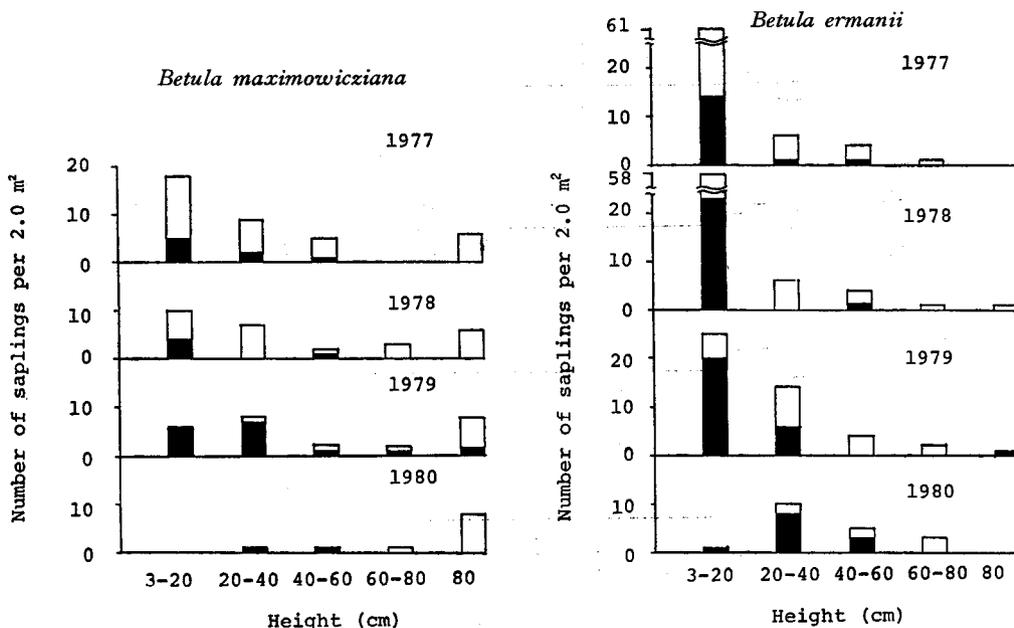
に検討を加える。なお、Plot 1 については設定した2個のコドラート(Q. 1, Q2)を一括して検討した (Table 10 参照)。

**Plot 1**

Table 12 には、Plot 1 に設定したコドラート 1, 2 に生立する高木類稚樹の 1977 年時における樹高階別本数をまとめて示した。ここでは全部で 182 本/2.0 m<sup>2</sup> の高木類稚樹が認められた。これを ha 当り本数に換算すると 915,000 本/ha となる。エゾマツは 48 本で全体の 26.2% を占める。最大樹高は 29.0 cm であったが、約 80% は樹高 10.0 cm に満たない稚苗段階のもの

**Table 12.** Number distribution in each height grade of trees in Quadrats 1 and 2 of Plot 1 in 1977

Species	Number of trees in each height grade (cm)										Total	
	3~10	~20	~30	~40	~50	~60	~70	~80	~90	~100		100~
<i>Picea jezoensis</i>	39	7	2	.	.	.	.	.	.	.	.	48
<i>Abies sachalinensis</i>	9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9
<i>Betula maximowicziana</i>	11	7	3	6	3	2	.	.	2	1	3	38
<i>Betula ermanii</i>	62	11	5	1	3	3	1	.	.	.	.	86
<i>Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i>	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1
Total	121	25	11	7	6	5	1	.	2	1	3	182



**Fig. 23.** Number transition of *Betula maximowicziana* and *Betula ermanii* saplings during 1977 to 1981 in Quadrats 1 and 2 of Plot 1.

■ : Number of saplings died until next year.

であった。トドマツは全部で9本と少なく、最大のものでも樹高8.2 cmであった。ダケカンバは86本で全体の46.9%を占めていた。これらはいずれも樹高70.0 cm未満であるが、そのうちの約70%は樹高10.0 cm未満の稚苗であった。ウダイカンバは38本で全体の20.8%と本数ではダケカンバを下廻っているが、全般に大型稚樹が目立ち、樹高80.0 cm以上に達したものが6本認められた

Fig. 23 は、1977~1980年の各年におけるウダイカンバ、ダケカンバの樹高階別本数を図化したものである。図中、黒く塗りつぶされた部分は、当年個体のうちその翌年10月までに枯死したものの数をあらわしている。ウダイカンバは1977年では全部で38本が生立していたが、これらは1978年から樹高20.0 cm未満の個体を中心に枯死しはじめ、1980年に入ると枯死は樹高20.0 cm以上の個体に及んでいる。さらに、1981年には樹高84.1~305.0 cmに達した7個体を残すのみとなっている。これらの生存個体は、1977年に樹高40.0 cm以上に達していたものであり、樹高40.0 cm未満であった27個体のすべてが1981年10月までに枯死したことになる。ダケカンバは1977年では全部で86本が生立していたが、これらもウダイカンバと同様1978年から樹高20.0 cm未満の個体を中心に枯死しはじめている。さらに1980年以降、枯死は樹高20.0 cm以上の個体に及び、1981年にはウダイカンバと同数の7個体を残すのみとなっている。

Fig. 24 には、1977~1981年の各年におけるウダイカンバ、ダケカンバの樹高階別本数頻度

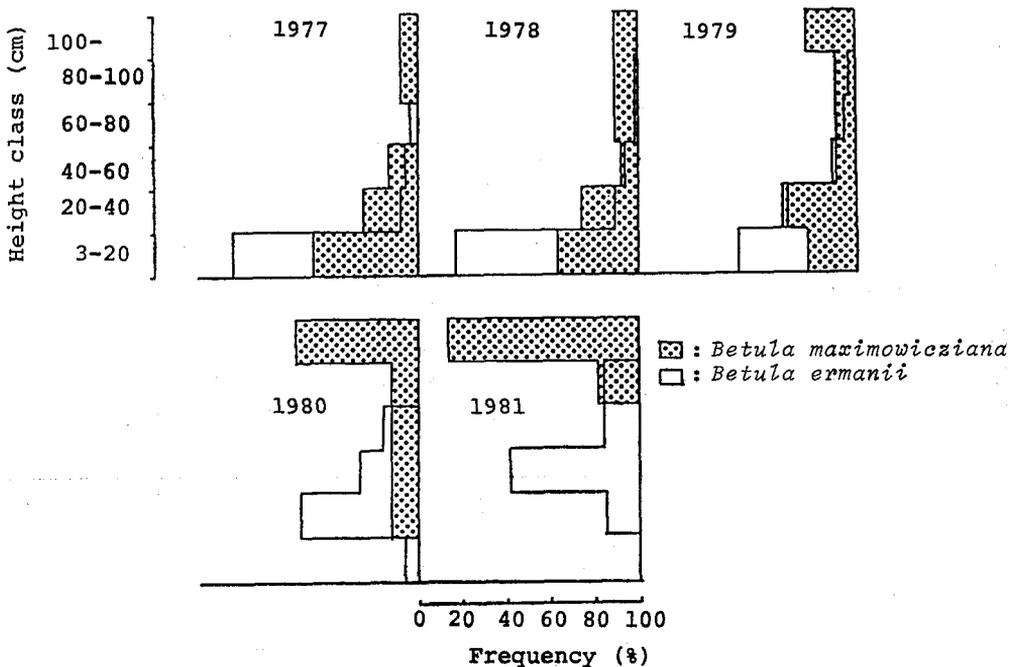


Fig. 24. Frequency change in the number of *Betula maximowicziana* and *Betula ermanii* in Quadrats 1 and 2 of Plot 1.

を示した。図中、グラフの横軸には本数頻度、縦軸には20.0 cm 刻みの樹高階がとってある。これをまず、1977年から1979年までの3年間についてみると、両樹種の樹高分布は連続的であり、とくに40.0 cm 未満の樹高階には全個体数の約70~90%を集中していることがわかる。1979年以降になると、両樹種とも樹高20.0 cm 未満の個体を中心に大量の枯死が生ずると同

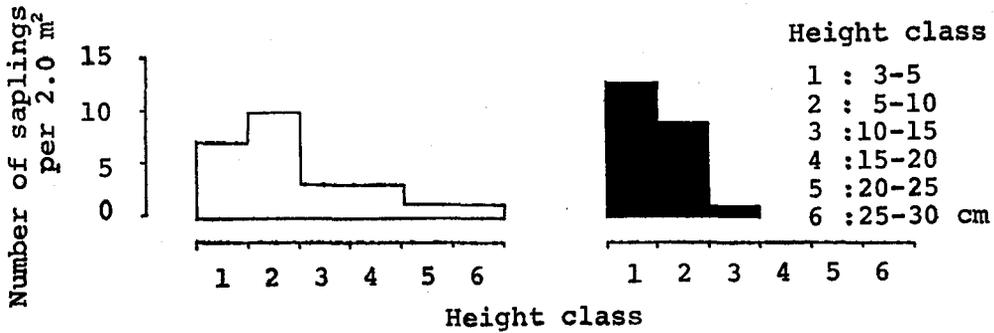


Fig. 25. Number of *Picea jezoensis* saplings in each height grade of Quadrats 1 and 2 of Plot 1 in 1977.

□: Saplings that were alive during 1977 to 1981.  
 ■: Saplings that died during 1977 to 1981.

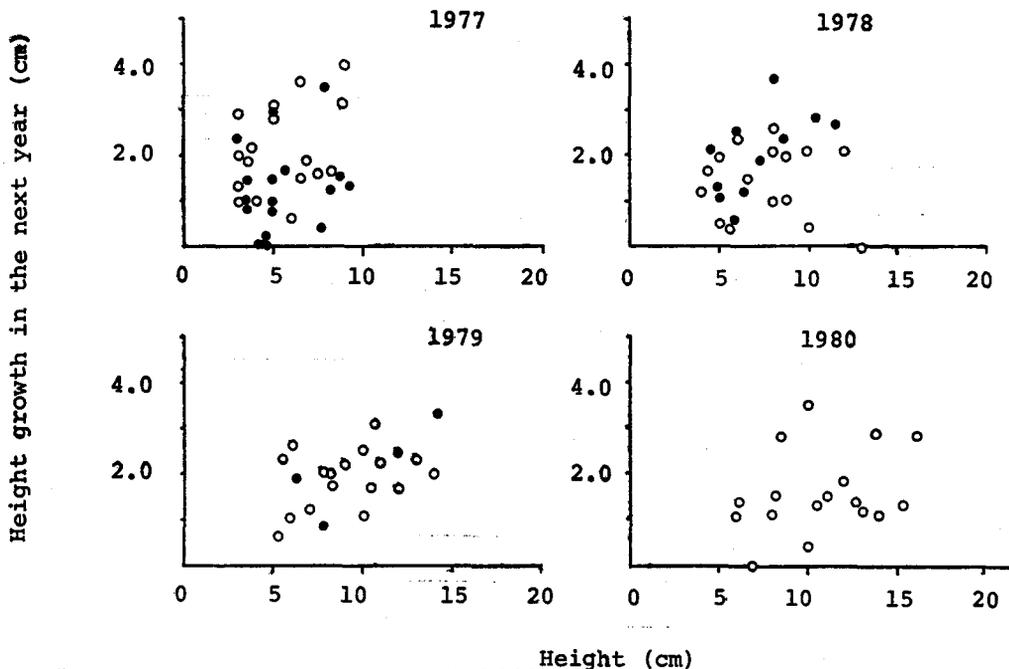


Fig. 26. Transition of the relationship between height and height growth in the next year of *Picea jezoensis* saplings (Height  $\leq 10.0$  cm in 1977) in each investigated year during 1977 to 1980 in Quadrats 1 and 2 of Plot 1.

○: Saplings that were alive during 1977 to 1981.  
 ●: Saplings that died during 1977 to 1981.

時に急激な樹高生長をなす個体があらわれ、1981年には生存したダケカンバが40.0~60.0 cm, ウダイカンバが120.0 cm以上の樹高階を明瞭に分けた群落を形成している。

Fig. 25は、1977年におけるエゾマツ稚樹の樹高階別本数を1981年までの4年間に枯死したものを、この期間内生存したものに分けそれぞれ図示したものである。□は生存個体数、■は枯死個体数をあらわしている。1977年に樹高10.0 cm以上であったエゾマツは全部で10個体であるが、このうち1981年までに枯死したものはわずか1個体であった。一方、1977年に樹高10.0 cm未満であったエゾマツは全部で39個体であるが、これらは1981年までに23個体が枯死し、16個体が生存した。トドマツについては図示しなかったが、1977年に認められた9個体のうち、1981年までに枯死したものはわずか2個体に過ぎなかった。

Fig. 26は、とくに枯死の集中した樹高10.0 cm未満のエゾマツ稚樹39個体についてそれらの樹高生長経過をみたものである。図中、各グラフの横軸には各個体の当年樹高、縦軸にはその翌年の樹高生長量がとってある。また○は1981年まで生存した個体、●は1981年までに枯死した個体を表わしている。まず、樹高分布状態をみると、それはグラフ上を左から右へ徐々に移動するかたちで変化していることから、これらエゾマツ稚樹の樹高は全般的に年々

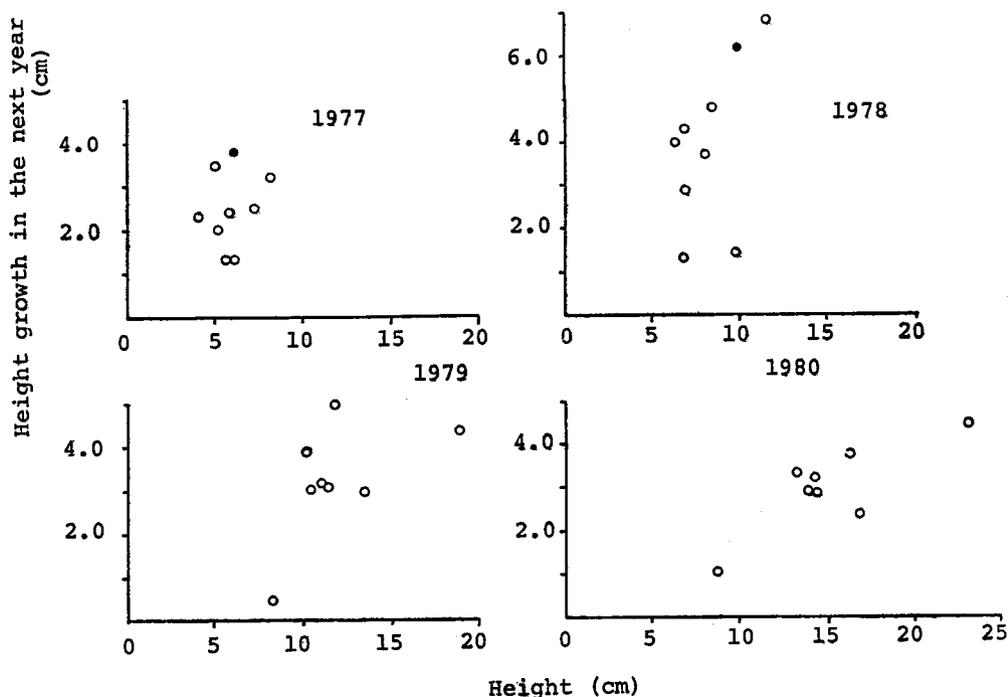


Fig. 27. Transition of the relationship between height and height growth in the next year of *Abies sachalinensis* saplings in each investigated year during 1977 to 1980.

- : Saplings that were alive during 1977 to 1981.
- : Saplings that died during 1977 to 1981.

増加していることがわかる。つぎに樹高生長量の変化についてみると、これらは各年とも約3.0 cm未満にとどまっており、増加傾向をみせていない。このことは、1977年に樹高10.0 cm未満であったエゾマツ稚樹については、その後の樹高生長が樹体の大きさに見合ったものとならず頭打ち状態にあったことを意味している。また、○で示した生存個体と●で示した枯死個体の樹高生長量を比較すると、これらの間にはほとんど差はみられない。したがって、頭打ち状態にあったこれらの稚樹群に生じた大量の枯死は、とくに枯死個体の樹高生長量が生存個体にくらべて劣っていたことに関連するものではないといえる。

Fig. 27は、以上と同様の検討をトドマツ稚樹について試みたものである。この場合も、年々樹高生長に頭打ちが進んでいる点、枯死個体と生存個体の樹高生長量に差がない点でエゾマツ稚樹と同様の変化を示している。しかしながら、この過程で生じた枯死は2個体に過ぎない。この点がエゾマツの場合と大きく異なっている。

### Plot 2

Table 13には、Plot 2に設定したコドラート3に生立する高木類稚樹の1977年における樹高階別本数を示した。ここでは全部で135本/4.0 m<sup>2</sup>の高木類稚樹が認められた。これをha当たり本数に換算すると337,500本/haとなる。エゾマツは114本で全体の84.4%を占める。樹高は最大で17.7 cmであったが、約90%は樹高10.0 cmに満たない稚苗段階のものであった。カンバ類はウダイカンバとダケカンバの2種であるが、あわせても16本と全体の11.9%を占めるに過ぎない。その他、トドマツ、エゾノバッコヤナギがみられたが、いずれもごく少数となっている。

Fig. 28には、1977~1981年の各年におけるカンバ類の樹高階別本数を示した。1978年の段階では両樹種とも樹高40.0 cm未満にあるが、1979年以降ではダケカンバの樹高生長が横這いを呈しているのに対し、ウダイカンバはやや急速な樹高生長を開始し、1980~1981年には樹高1.0 m以上に達している。

Fig. 29は、1977年におけるエゾマツ稚樹114個体をI群(樹高3.0~5.0 cm)、II群(5.0~

Table 13. Number distribution in each height grade of trees in Quadrat 3 of Plot 2 in 1977

Species	Number of trees in each height grade (cm)													Total	
	3~4	~6	~8	~10	~12	~14	~16	~18	~20	~22	~24	~26	~28		28~
<i>Picea jezoensis</i>	20	38	23	18	11	3	.	1	.	.	.	.	.	.	114
<i>Abies sachalinensis</i>	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2
<i>Betula maximowicziana</i>	1	1	.	.	.	1	1	1	.	.	.	.	.	.	5
<i>Betula ermanii</i>	.	2	2	2	.	1	.	.	.	.	1	2	1	.	11
<i>Salix hultenii</i>	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3
Total	22	42	28	20	11	5	1	2	.	.	1	2	1	.	135

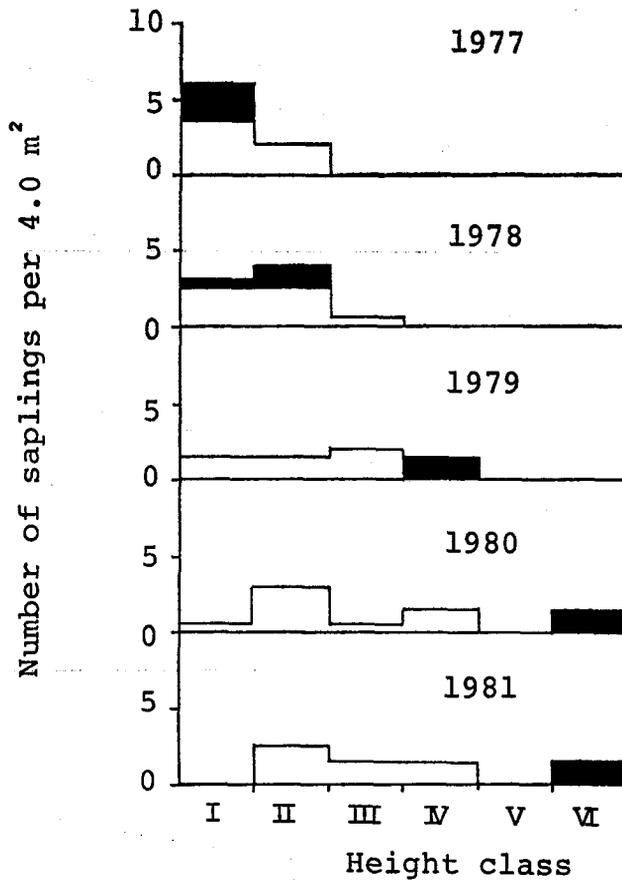


Fig. 28. Number transition of *Betula maximowicziana* and *Betula ermanii* during 1977 to 1981 in Quadrat 3 of Plot 2.

■: *Betula maximowicziana*  
 □: *Betula ermanii*

I: 3-20, II: 20-40, III: 40-60, IV: 60-80, V: 80-100, VI: 100≤cm

10.0 cm), III 群 (樹高 10.0~17.7 cm) の 3 グループに分け, 各グループごとにその後の樹高生長経過を示したものである。図中, ○ は各グループの平均樹高, ● は年平均樹高生長量を表わしている。これをとくに年平均樹高生長量の変化についてみると, 1978 年の段階では I 群が 1.8 cm, II 群が 2.3 cm, III 群が 2.8 cm となっている。したがって, この年の樹高生長はほぼ樹高の大きさに見合ったかたちでなされていることがわかる。しかし, 1979 以降になると各グループとも平均約 1.0 cm/yr の伸びに低下し, 1981 年まで強い頭打ち状態がつづいている。

Table 14 には, この過程で生じた高木類稚樹の枯死数を示した。カンバ類では, ダケカンバの枯死はなく, ウダイカンバも 1978 年と 1981 年にそれぞれ 1 本が枯死している。一方, エゾマツは 1981 年までに 18 個体が枯死しており, この期間の生存率は 84.2% となっている。

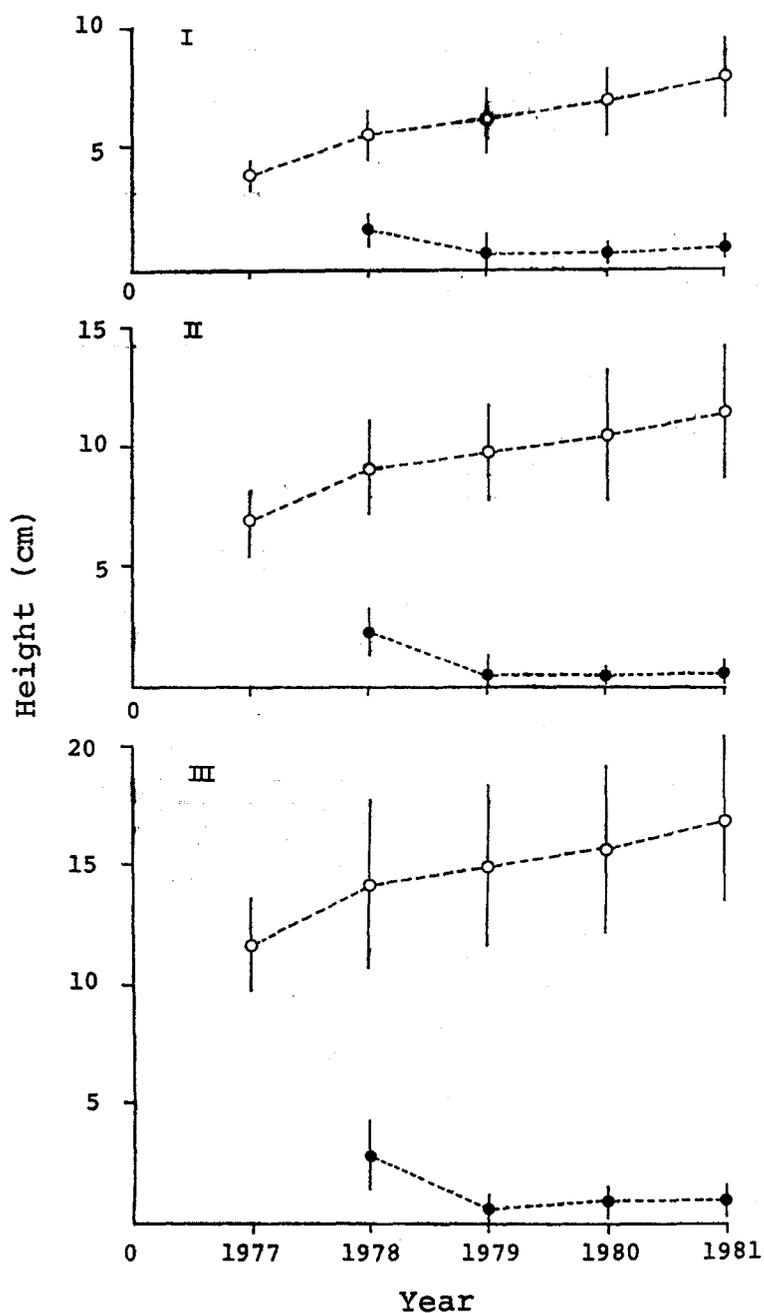


Fig. 29. Change of mean height and height growth in different three groups of *Picea jezoensis* saplings during 1977 to 1981 in Quadrat 3 of Plot 2. The saplings are grouped by their height in 1977 as follows; I: 3-5, II: 5-10, III: 10-17.5 cm. Height change is indicated by open circles (○) and height growth is indicated by closed circles (●).

Table 14. Number of dead trees during 1978 to 1981 in Quadrat 3 of Plot 2

Species	Number of dead trees				Total
	1978	1979	1980	1981	
<i>Picea jezoensis</i>	3	2	4	9	18
<i>Abies sachalinensis</i>	·	·	1	·	1
<i>Betula maximowicziana</i>	1	·	1	·	2
<i>Salix hultenii</i>	·	1	1	·	2
Total	4	3	7	9	23

Table 15. Number of trees in height grade in Quadrat 4 of Plot 3 in 1977

Species	Number of trees in each height grade (cm)											Total
	3~10	~20	~30	~40	~50	~60	~70	~80	~90	~100	100~	
<i>Picea jezoensis</i>	28	34	34	18	4	·	·	·	·	·	·	118
<i>Abies sachalinensis</i>	19	18	5	·	·	·	·	·	·	·	·	42
<i>Betula ermanii</i>	1	7	2	6	2	2	2	2	1	·	2	27
<i>Betula maximowicziana</i>	2	3	4	2	·	3	·	·	·	2	5	21
<i>Salix hultenii</i>	1	·	1	1	3	·	1	·	1	·	·	8
<i>Phellodendron amurense</i> var. <i>sachalinense</i>	·	·	1	2	·	·	·	·	·	·	·	3
<i>Sorbus commixta</i>	·	·	1	·	·	1	·	·	·	·	·	2
<i>Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i>	1	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	1
<i>Magnolia obovata</i>	·	·	·	1	·	·	·	·	·	·	·	1
Total	52	62	48	30	9	6	3	2	2	2	7	223

## Plot 3

Table 15 には、Plot 3 に設定したコドラート 4 に生立する高木類稚樹の 1977 年における樹高階別本数を示した。ここでは全部で 223 本/25.0 m<sup>2</sup> の高木類稚樹が認められた。これを ha 当たり本数に換算すると 89,200 本/ha となる。エゾマツは 118 本で全体の 52.9% を占める。樹高は最大で 46.0 cm であり、約 20% が樹高 20.0 cm を越えている。トドマツは 42 本で全体の 18.8% を占めるが、ほとんどが樹高 20.0 cm 未満である。カンバ類はウダイカンバとダケカンバの 2 種であるが、これらはあわせても 49 本と全体の 22.0% を占めるに過ぎない。ここではそのほかに、ヒロハノキハダ、エゾノバッコヤナギ、ナナカマドなど 5 種が認められたがいずれもごく少数となっている。

Fig. 30 に、1977~1981 年の各年におけるカンバ類の樹高階別本数を示した。なお、この期間に生じたカンバ類の枯死は少なく、1978 年にウダイカンバ 1 本、1981 年にダケカンバ 3 本となっている。カンバ類は、1977 年の段階では 80.0 cm 未満の樹高階に集中している。しかしな

から1978年以降になるとこれらはウダイカンバを中心に急激な樹高生長をみせ、1980年にはほとんどのものが樹高1.0~4.0 mに達し、エゾマツ、トドマツ稚樹の上方林冠を形成した。

Fig. 31 は、1977年におけるエゾマツ稚樹をI群(樹高3.0~10.0 cm)、II群(樹高10.0~20.0 cm)、III群(樹高20.0~30.0 cm)、IV群(樹高30.0 cm以上)の4グループに分け、各グループの1978~1981年における平均樹高生長量と年樹高生長量の変動係数(Coefficient of variation (%))の変化についてみたものである。この図の左側には、各群ごとに求めた年平均樹高生長量の変化を示した。これによれば、1977年に最低樹高階として区分されたI群はその後0.8~1.8 cm/yrの伸びをみせていることがわかる。また、この値はII群、III群となるにしたがって増大し、IV群では5.5~7.5 cm/yrとなっている。このことから、エゾマツ稚樹が1978~1981年に示した樹高生長量は、全体としては樹高の大きさに見合っているといえる。つぎに図の右側に示した各グループ個体の年樹高生長量について求めた変動係数の変化をみると、1978年の段階ではグループ間の樹高差と変動係数に関連はみられない。しかし1979~1981年の3年間をみると、II、III、IV群につい

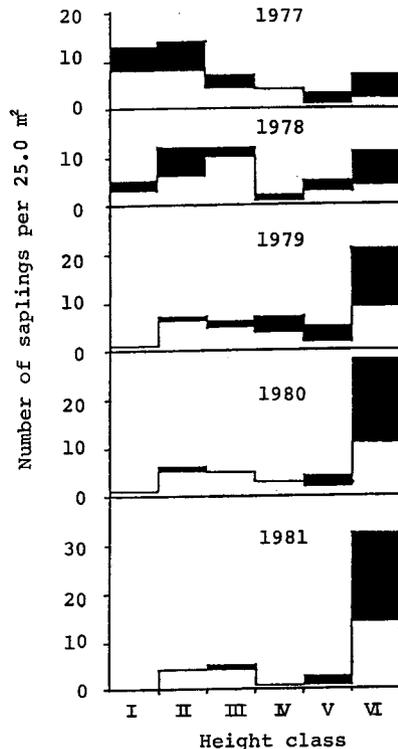


Fig. 30. Number transition of *Betula maximowicziana* and *Betula ermanii* saplings during 1977 to 1981 in Quadrat 4 of Plot 3.

■: *Betula maximowicziana*.  
□: *Betula ermanii*.

I: 3-20, II: 20-40, III: 40-60, IV: 60-80, V: 80-100, VI: 100≤cm

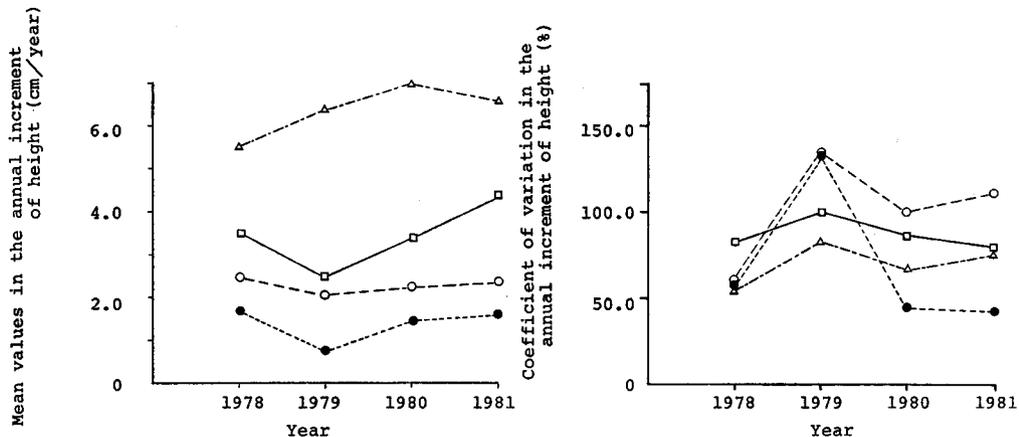


Fig. 31. Change of the mean values and coefficient of variation in the increment of height growth of *Picea jezoensis* saplings during 1981 to 1981 in Quadrat 4 of Plot 3. The saplings are grouped by their height in 1977 as follows; ●: 3-10, ○: 10-20, □: 20-30, △: 30≤cm

ては樹高の大きいグループほど小さい変動係数値をとり、グループ内個体の樹高生長量にバラツキが小さくなる傾向をみせている。しかし、とくに I 群が示す樹高生長量のバラツキをみると、1979年の段階では II 群と同様大きいのが、1980~1981年では4グループ中最小となっている。

Fig. 32 は、以上と同様の検討をトドマツについて試みたものである。ここでは1977年におけるトドマツ稚樹を I 群 (樹高 3.0~10.0 cm)、II 群 (樹高 10.0~20.0 cm) III 群 (樹高 20.0 cm 以上) の3グループに分けた。まず、図の左側に示した各群ごとの年平均樹高生長量の変化に注目すると、1977年に最低樹高階として区分された I 群のその後の伸びは 1.5~2.5 cm/yr となっている。また、この値はエゾマツと同様 II, III 群となるにしたがって増大し、とくに III 群では 7.3~14.4 cm/yr となっている。したがって、トドマツ稚樹の場合もそれらが 1978~1981年に示した樹高生長量は、全体としては樹高の大きさに見合ったものであるといえる。つぎに図の右側に示した各グループ個体の年樹高生長量について求めた変動係数の変化をみると、1978~1981年の各年とも樹高の大きいグループほど小さい値をとっており、グループ内個体の樹高生長量にバラツキが小さくなる傾向をみせている。

Table 16 には、1978~1981年にエゾマツ、トドマツ稚樹に生じた枯死数を、各グループ別に示した。エゾマツ稚樹についてみると、この期間に生じた枯死は全部で20本、枯死率は16.9%となっている。これをグループ別にみると、I群に全枯死数の75.0%に達する15本が集中している。さらにこれを年次別にみると、1978~1979年では全部で3本となっているのに対し、1980~1981年では全部で12本に増加している。一方、この期間に生じたトドマツ稚樹の枯死は全部で4本と少ない。その内訳をみると、1978~1979年では I, II 群に各1本、1980~

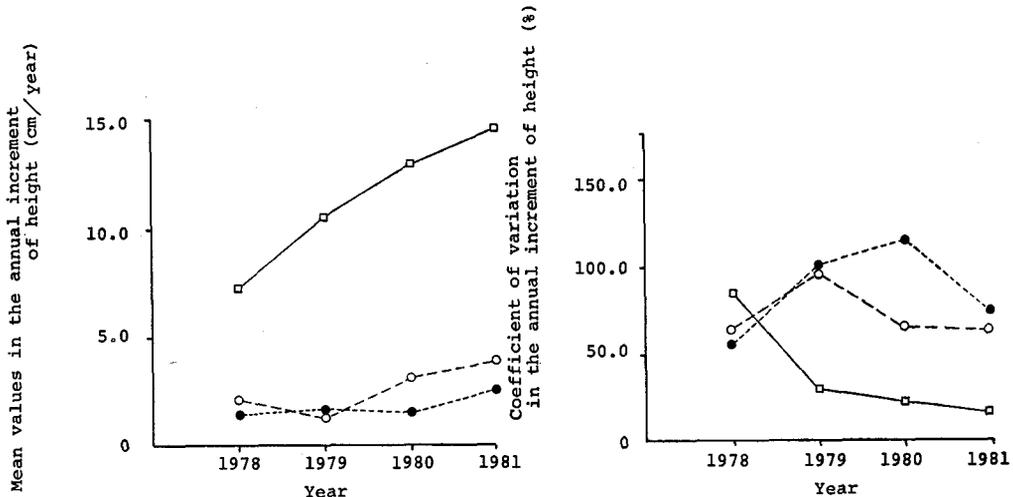


Fig. 32. Change of the mean values and coefficient of variation in the increment of height growth of *Abies sachalinensis* saplings during 1978 to 1981 in Quadrat 4 of Plot 3.

The saplings are grouped by their height in 1977 as follows; ●: 3-10, ○: 10-20, □: 20-30 cm

**Table 16.** Number of dead trees during 1978 to 1981  
in Quadrat 4 of Plot 3

Species	Height class (cm)	Number of dead trees				Total
		1978	1979	1980	1981	
<i>Picea jezoensis</i>	I 3~10	2	1	8	4	15
	II 10~20	1	.	1	1	3
	III 20~30	.	.	1	1	2
	IV 30≤	.	.	.	.	0
<i>Abies sachalinensis</i>	I 3~10	.	1	.	.	1
	II 10~20	1	.	.	.	3
	III 29~30	.	.	.	2	0
Total	—	4	2	10	8	24

1981年ではII群に2本となっている。

## VII. 更新特性の総合的考察

IV, V章では、天然林内の倒木上および根返り跡地におけるエゾマツの更新特性に関する調査結果を示した。またVI章では天然林内の未立木ササ地に造成された地はぎ地ごしらえ地におけるエゾマツの生育状況を明らかにした。本章では、これらの結果にしたがってエゾマツ更新の特性と様式ならびにその応用的意義について考察しこの研究の総括とする。

### VII-1 侵入定着特性

IV-2では、天然林内に設定した方形区(0.42 ha)内に生立するエゾマツ、トドマツ林木(Height $\geq$ 1.3 m)の約80%が倒木上、根株上を立地として更新したものであり、ナナカマド、イタヤカエデ、ハリギリなどから構成される広葉樹林木(Height $\geq$ 1.3 m)は全体の約80%が林床を立地として更新したものであることを明らかにした(Table 1, Table 2)。この結果から、倒木上はエゾマツ、トドマツには適当であるが、ナナカマド、イタヤカエデなど広葉樹類の更新には不都合な立地条件をもつことが推察される。倒木上の立地条件についてはこれまでにも多くの研究がなされている。たとえば高橋<sup>63)</sup>は、倒木上と一般林床の環境条件のちがいについて論じ、林木の生育期間における倒木の含水率、陽光量はいずれも林床に比べて常に多い値を示していた、と述べている。また佐藤<sup>54)</sup>は、林床におけるエゾマツの発芽生長に不利な点として、雑草の圧迫、光線の不足による生長不良とそれに起因する霜柱による抽出、落葉の圧迫による枯死を挙げている。服部<sup>9)</sup>はとくに菌害面からこの問題に触れ、倒木が越冬時に低地に多い雪腐れ病の被害を軽減しえる機能を有すると指摘した。また、エゾマツの更新阻害要因として菌害を最重視した倉田<sup>27)</sup>は、立枯病菌リゾクトニアに対して罹病型であるエゾマツにとって、倒木は稚樹の発生成立のための条件を備えた立地であると述べている。同様に、北海道における

天然生稚幼樹の更新と菌害とのかかわりについて詳細に検討した高橋<sup>62)</sup>は、倒木上が暗色雪腐れ病などの病原菌がないかあるいは少ない立地であると述べている。

以上の研究例から、エゾマツ、トドマツなど針葉樹類の更新を可能にしている倒木のもつさまざまな条件を知ることができる。しかしながら、これらの諸条件は必ずしも広葉樹類の欠落要因にはならないと考えられる点において、倒木のもつ立地条件についてはさらに別の角度から検討を加える必要があるものと思われる。そこでつぎに、天然林内の更新立地のひとつである根返り跡地をとりあげてこの点についての考察をすすめる。

V章では、まず根返り跡地の外部形態に触れ、これがマウンド(凸型裸地)とピット(凹型裸地)の2つの部分形態から構成されていることを示した(Fig. 13)。つぎにこれらの部分形態と更新樹種の個体数分布との対応関係について調べ、エゾマツをはじめとする亜寒帯系樹種はピットよりマウンドに、多くの冷温帯系樹種はマウンドよりピットにおいてそれぞれ高い個体数密度を示していることを明らかにした(Table 7)。このことから、根返り跡地における更新樹種の分布特性については、それぞれの樹種が帰属する類型と各部分形態の立地条件との関連において考察する必要があるが生ずる。

周知のように、北海道天然林を構成する高木類は、ほぼ5~6月の2カ月間を開葉期としている<sup>12,34)</sup>。しかしながら、III章 Fig. 2に示したように、この期間は乾燥期<sup>10)</sup>にも相当する。したがってこの時期、種子の発芽、稚樹の生長に必要な水分をほとんど直接降水のみに依存せざるを得ないマウンドのような凸型立地は、ピットのような林床の凹型立地にくらべると強い乾燥状態を呈することが予想される。ところで一般に、高木類が被る乾燥害の程度は乾燥に対する抵抗力によってかなり異なるといわれている<sup>24)</sup>。また、このような乾燥ストレスによる障害は、凍結ストレスによる障害と基本的には同じ生理機構すなわち原形質の過度の脱水によって生ずるものと考えられている<sup>21)</sup>。したがって、夏の乾燥に対して抵抗力の弱い冷温帯系樹種<sup>62)</sup>にくらべ、高緯度寒冷地域を地理分布の中心にもつ亜寒帯系樹種は、高い低温耐性を有するのと同時に高い乾燥耐性をも兼ね備えているものと推察される。

以上のことから、根返り跡地のマウンドは、高木類一般の発芽期には乾燥立地として機能する裸地であり、エゾマツをはじめとする亜寒帯系樹種は、基本的に冷温帯系樹種にくらべてより高い乾燥耐性を有するため、ここでの更新が可能になっているといえる。また、ピットにおける亜寒帯系樹種の個体数密度が一様に低かったことの原因については、とくにピットを中心に生立する冷温帯系樹種および大型草本類による圧迫を挙げることができる(Fig. 15)。

以上に、根返り跡地の立地機能との関連において、ここでのエゾマツ更新が可能となる根拠について論じた。これらの検討結果にしたがって、再度、倒木上に注目すると、ここでもエゾマツ、トドマツなど亜寒帯系樹種の更新が主になされ、イタヤカエデ、ナナカマドなど冷温帯系樹種は欠落する傾向があること、倒木も天然林内に生じた小面積の凸型立地として特徴づけられる裸地であること、の2点が明らかとなる。このことから、倒木も根返り跡地のマウン

ドと同様、乾燥立地として機能する裸地であり、エゾマツは亜寒帯系樹種として高い乾燥耐性をもつため、ここでの侵入定着が可能になっているものと類推される。

## VII-2 初期生長特性

つぎに、同じくIV、V章の調査結果にしたがって天然林内の倒木上、根返り跡地におけるエゾマツの初期生長特性について検討する。

倒木上では、発芽床としての条件が整い次第、高木類の一斉的な更新が開始される (Fig. 4, Fig. 8, Fig. 11)。侵入定着開始直後におけるエゾマツ、トドマツ稚樹の初期生長は良好であるが、侵入定着が遅れた稚樹の多くは、生長開始後まもなく頭打ち状態となる (Fig. 5)。そのおもな原因は、すでに倒木上において初期生長を開始している既存の稚樹群がもたらす被圧によるものと思われる (Fig. 6)。こうして倒木上では侵入時期が早かったため高木としての生活形を維持しながら樹高生長をつづけるエゾマツ、トドマツ稚樹群と、侵入時期が遅れたため既存稚樹群の被圧を受け樹高生長を強く抑制された結果、傘形ないし匍匐形の生活形をとるエゾマツ、トドマツ稚樹群が形成される。たがいに異なる生活形をもったこれらの稚樹群は、さらに樹高差をひろげ階層を形成する (Fig. 8, Fig. 11)。

一方、調査対象地域のエゾマツ、トドマツ成木についてなされた年輪解析結果をみると、両樹種とも稚幼樹期間における樹高生長が速い程、成木となる可能性が高くなる傾向が認められる (Fig. 12)。そこで本研究では、倒木上において明瞭な階層構成が認められた Plot 2, Plot 3 に生立していたエゾマツ、トドマツ更新木の初期生長速度を調べた。その結果、上層更新木については、両樹種とも成木となるうえで有利と考えられる速い初期生長を示していたのに対し、下層更新木は成木化に不利と考えられる遅い初期生長を示していた (Table 3)。以上の結果から、倒木上で一斉的に更新を開始したエゾマツ、トドマツ稚樹が成木になり得るか否かは、侵入時期の早遅に関連した初期生長の速さに大きく規定されているということができよう。これまでの検討では、倒木上におけるエゾマツ、トドマツ稚樹が成木となるためには、速い初期生長が保障される必要があることを明らかにした。しかしながら、これを個体維持の側面からとらえ直すと、速い初期生長はかならずしも両樹種にとって同等の意義をもつものでないことが知られる。たとえば、Plot 2, Plot 3 における下層更新木の構成をみると、いずれの場合もエゾマツの占める本数比は、トドマツにくらべてかなり小さい (Fig. 3, Fig. 7)。その原因は、既存稚樹群のもたらす被圧条件に適応的な樹形を形成するうえでのエゾマツ稚樹の可塑性の低さ、すなわち被圧耐性の小ささにあるものとおもわれる。いずれにしても、この結果からエゾマツは被圧木となって倒木上において個体維持をはかることがトドマツにくらべて困難であると推察される。したがって、エゾマツにとって速い初期生長はたんに成木化に必要であるばかりでなく、個体維持のうえでもきわめて重要な条件になっているものといえる。

つぎに、根返り跡地におけるエゾマツの初期生長特性について検討する。根返りによる裸地形成後、マウンドではエゾマツ、トドマツの一斉的な更新が開始される (Fig. 18)。その原因

のひとつとして、根返り跡地周辺の林床に生育する大型草本類、ササ類の侵入遅滞を挙げることができる (Fig. 15, Table 8)。しかしながら、これらエゾマツ、トドマツ稚樹のうち幼木段階に達することができるのは、侵入定着後とくに速い初期生長をなすことができた少数個体に限られる (Fig. 18, Fig. 19)。一方、エゾマツはマウンド形成直後に侵入定着を終えることができた個体のみその後の更新が可能であり、トドマツのように既存の稚幼樹群下で侵入定着を継続し個体維持をはかることはむずかしい (Fig. 17)。このことから、エゾマツにとってマウンド形成直後の無被圧条件下において侵入定着を終え、速い初期生長をなすことは、たんに幼木段階に達するために必要であるばかりでなく、個体維持にとってもきわめて重要であることが知られる。

### VII-3 更新様式

以上に、倒木上および根返り跡地におけるエゾマツの更新特性について述べた。これらの検討結果から、エゾマツは高い乾燥耐性によって侵入定着し、速い初期生長によって個体維持をはかることを基本的な更新のしかた、すなわち更新様式とする樹種であることが導かれる。

### VII-4 更新様式の実証的検討

倒木上、根返り跡地における観察をふまえて導びかれたエゾマツ更新様式の実証的観察過程として、VI章に示した地はぎ地ごしらえ地におけるエゾマツの生育状況が実際にこの更新様式を反映したものであるか否かについて検討を試みる。

川口<sup>24)</sup>は、「北米の乾燥地帯やドイツでは南面およびその近くは、日射が強く地表の乾燥も大で、直接隣接に稚樹の発芽生育に障害をおよぼし、北側の林縁下種が有利である。」と述べている。わが国の研究で、開放条件下における立地の方位とエゾマツ稚樹の発生との関係を取り扱った代表例として佐藤<sup>24, 55)</sup> および原田<sup>6)</sup> を挙げることができるが、ここでもこれとほぼ同様の見解が示されている。本研究でとりあげた地はぎ地ごしらえ地のうち、Plot 2 は緩傾斜をもって南に面した開放条件下の未立木ササ地に造成されたものである。この地はぎ地ごしらえ地は、造成後5年を経過した時点にあっても、エゾマツ稚樹が多数みられたのみで、カンパ類、ササ類、草本類などの侵入回復はきわめて不良であった (Table 15)。このことは、Plot 2 が強い土壤乾燥を呈する場合が多く、樹木一般の発生、生育にとってきわめて不利な立地であることを意味するものと思われる。そこでここでは、まず Plot 2 におけるエゾマツ稚樹の侵入定着状況について検討する。造成後7年を経過した時点における Plot 2 に生育するエゾマツ稚樹は、林内倒木上に生育する同樹高階のものと比較して、一般的に樹体を構成する諸器官の重量が大きいこと、T-R 比が小さいこと、などが明らかにされた (Fig. 21, Table 11)。さらにこれらには、地上部非同化器官重(幹+枝乾重)と地上部同化器官重(葉乾重)について相対生長関係が認められた (Fig. 22)。この事実は、乾燥立地である Plot 2 に侵入定着したエゾマツ稚樹が、その根系を含めて量的によく発達した樹体を有していること、さらにその発育は樹体各器官のバランスがよく保たれたかたちで展開されていること、を意味している。このことから、強い

土壤乾燥を呈する地はぎ地ごしらえ地である Plot 2 におけるエゾマツ稚樹の侵入定着状況は、その更新様式である高い乾燥耐性をよく反映しているものと理解される。

つぎに、各調査プロット内に設定した方形区の調査結果にしたがって、侵入定着以降の個体維持にかかわる更新様式と考えられる速い初期生長が、地はぎ地ごしらえ地におけるエゾマツの生育状況に反映されているか否かについて検討する。

Plot 1 は、全体に凹型の地表面を呈した潤湿な地はぎ地ごしらえ地であり、好湿性の大型キク科草本類を密生しているのが特徴である。造成後5年を経た1977年に樹高10.0 cm未満であったエゾマツ、トドマツ稚樹は、1978~1981年において樹高生長に頭打ちを示した (Fig. 26, Fig. 27)。その原因は、プロット内に密生する大型キク科草本類、カンパ類の強い被圧によるものと思われる (Fig. 24)。またこの過程で、これらのエゾマツ稚樹は大半が枯死したが、同樹高階のトドマツ稚樹に生じた枯死はわずかであった (Fig. 26, Fig. 27)。このことは、カンパ類、大型キク科草本類の密生する地はぎ地ごしらえ地である Plot 1 に侵入定着したエゾマツ稚樹が、こうした競争条件下での個体維持を保障する更新様式である速い初期生長を著しく抑制された結果、急激に枯死している状況を示しているものと理解される。

Plot 2 は、すでに述べたように南に面した地はぎ地ごしらえ地であり、強い土壤乾燥を特徴とする立地である。ここで造成後5年を経た1977年に生育が認められたエゾマツ稚樹のうち、約90%は樹高10.0 cmに満たないものであった (Table 13)。またこれらは1979年以降、樹高の大小を問わず強い頭打ち状態を示した (Fig. 35)。その原因としては、同所に生立するカンパ類の被圧、土壤水分の不足から生ずる強い乾燥ストレスの2点が考えられる。しかし、前者については、その生立本数密度がきわめて低いことなどから、この場合の主要因とは考えられない (Fig. 28)。したがってこれらのエゾマツ稚樹がひとしく示した樹高生長の頭打ちは、すでに侵入定着時から作用していた乾燥ストレスによって生じたものと考えられる。一方、1977~1981年の4年間におけるエゾマツ稚樹の生存率は84.2%となっており、この間の個体数に大きな減少はみられない (Table 14)。以上のことから、強い土壤乾燥状態を呈する地はぎ地ごしらえ地である Plot 2 におけるエゾマツ稚樹は、侵入定着後も長期間にわたって個体維持をはかっていることが知られる。しかしながら、ここでの個体維持は、その更新様式である速い初期生長を反映したものではなく、侵入定着に必要とされる更新様式である高い乾燥耐性に依拠したものであると理解される。

Plot 3 は、傾斜17度で東に大きく開いた地はぎ地ごしらえ地であり、Plot 1, Plot 2 と同様、1972年に造成されたものである。しかしこの立地はエゾマツ、トドマツの大型稚樹が多数みられた点で他と大きく異なっている。ここでのエゾマツ稚樹は、造成後5年を経た1977年の段階では生立本数、樹高ともにトドマツ稚樹を大きく上廻っていたが、1978年以降樹高生長量はトドマツを下廻り、ほぼ横這い状態となった (Table 15, Fig. 31, Fig. 32)。その原因は、とくに1978年以降、急激な樹高生長をみせたカンパ類の被圧によるものと推察される (Fig. 30)。

またこの過程で、エゾマツ、トドマツとも樹高の小さい稚樹ほど年樹高生長量に大きいバラツキを生じた (Fig. 31, Fig. 32)。このことは、カンバ類のほか、より大型のエゾマツ、トドマツ稚樹の被圧が加わることによって、小型稚樹を中心に多くの頭打ち個体が出現しはじめたことを意味する。一方、1977年における樹高が10.0 cm未満と最低樹高階にあったエゾマツ稚樹の一群が、1980~1981年に示した年樹高生長量のバラツキは、以上に述べたような他のエゾマツ、トドマツ稚樹の場合とは異なり、最も小さいものとなっていた (Fig. 31)。このことは、とくに1980~1981年にかけてこれら最低樹高階のエゾマツ稚樹に多数の枯死が集中して発生したことを考えあわせると、それらの樹高生長がひとしく停止状態にあったことを意味するものと考えられる (Table 16)。以上のことから、エゾマツ、トドマツ、カンバ類など多数の高木類稚幼樹の生育が良好な地はぎ地ごしらえ地である Plot 3 では、それらの生育過程で生ずる被陰が、とくにエゾマツ稚樹の生育に不利な条件になっていることがわかる。しかしながら、こうした状況下におけるエゾマツ稚樹の多くは、侵入定着後その更新様式である速い初期生長をなし大型稚樹となることで個体維持をより有利に展開しているものと理解される。

以上、地はぎ地ごしらえ地におけるエゾマツの生育状況にみられる特性を、倒木上、根返り跡地の観察を通して導びかれたエゾマツの更新様式にしたがって根拠づけることによって、この更新様式の実証的観察過程とした。

#### VII-5 応用的意義

さいごに、これまでの検討結果にしたがって、エゾマツ天然更新補助作業の方法について提案する。

倒木は、根返り跡地を構成するマウンド (凸型裸地) と同様、乾燥立地として機能する裸地である。したがって、これらは夏の乾燥に弱い広葉樹類あるいは好湿性の大型草本類には不適当であるが、高い乾燥耐性を侵入定着の様式とするエゾマツには都合のよい立地となる。このことから、天然林内にエゾマツの発芽床を確保するには、倒木を林内に適正配置することももちろん、これにかわるものとして鉱物質土壌を用いたマウンド様の乾燥立地を造成し、天然下種をはかることがより創造的な方法となろう。ただし、林内の林冠直下では大粒の雨滴による土袴の被害<sup>15)</sup> が予想されるので、このような場所は基本的に避けるべきである。また、強度のうっ閉樹冠下におかれた場合、エゾマツ稚樹は侵入定着後の更新様式である速い初期生長による個体維持を阻害され枯死することが予想される。したがって立地の造成は適度の樹冠疎開下においてなされる必要があるものと思われる。

強い土壤乾燥を生じやすい地はぎ地ごしらえ地は、多くの木本類、草本類の欠落をひき起こすが、逆に高い乾燥耐性を侵入定着の様式とするエゾマツの更新には有利な立地といえる。しかしながら、乾燥ストレスが長期間におよぶ場合、エゾマツ稚樹は侵入定着の段階で生育を強く抑制されるため、速い初期生長によって個体維持をはかることを基本的な内容とすると次の生育段階への移行を阻止される。したがって、とくに南に面した地はぎ地ごしらえ地に

下種更新したエゾマツ稚樹の保護育成に際しては、同時に侵入したカンバ類の育成あるいはエゾマツ、トドマツ育成苗、山引き苗の植込みをはかるなどして過度の土壤乾燥をある程度まで緩和し、初期生長を保障する必要がある。

沢の源頭域などに位置する湿潤な未立木ササ地に対して地がき作業をなし、エゾマツ、トドマツの導入がなされた場合、とくにエゾマツ稚樹は同所に発生する大型キク科草本類などによって強い被圧をうけ、侵入定着後の個体維持にかかわる更新様式である速い初期生長を抑制される結果、大量に枯死することが予想される。したがって、このような地域を対象とした地がき作業にあたっては、大型キク科草本類の侵入しにくい凸型立地の造成を組み込むなど周到な準備が望まれる。

地はぎ地ごしらえ地においてエゾマツ、トドマツ、カンバ類稚樹の生育が良好になされている場合、エゾマツ稚樹の多くはその更新様式である速い初期生長によって個体維持をはかっているものとみられる。しかしながら、急激に生育するカンバ類および徐々に侵入を開始するササ類の被圧が増すにつれ、エゾマツ稚樹はこの更新様式の発現を容易に阻まれ樹高生長に低下を来たし枯死するものと予想される。したがって、このような更新箇所ではササ類の除去、過密稚幼樹群に対するトドマツ、カンバ類を中心とした間引きを早めに実行し、エゾマツ稚樹の生育空間を絶えず確保していく必要がある。

## 結 言

この研究では、エゾマツ更新技術の展開に直接かかわると考えられる侵入定着と初期生長の実態を具体的な生育諸条件との関連において把握することに努めた。その結果、とくにエゾマツ更新の場については、それが乾燥立地として特徴づけられる裸地であり、亜寒帯系樹種であるエゾマツは高い乾燥耐性をもつためこのような立地に侵入定着することが可能であると考えられた。エゾマツの更新様式に関するこの見解は、限られた観察資料から導かれたひとつの仮説である。したがって今後はさまざまな更新場面を対象に、その普遍妥当性について検討していく必要がある。この研究における地はぎ地ごしらえ地の生育状況観察は、そのひとつの試みである。

またこの見解は、エゾマツが種の歴史的産物として亜寒帯域を地理分布の中心にもつという事実を根拠とするものであった。このように考えると、エゾマツ更新様式とその発現にかかわる環境要因についての本質的理解はあるいは、この樹種に関する進化史的諸事実とそれらを反映する歴史性に見出すことができるのかも知れない。

いずれにしても、こうした研究過程から得られたエゾマツ更新に関するあらゆる知見は、天然林施業という実践の場において、その真疑を最終的に問われていくにちがいない。この研究が、北海道天然林施業の発展に資することになれば幸いである。

本研究をすすめるにあたり、北海道大学農学部林学科造林学教室(故)武藤憲由教授には、懇切な御指導を賜わるなか急逝された。ここに心から哀悼の意を表する。また、北海道大学農学部林学科砂防工学教室東三郎教授ならびに同造林学教室五十嵐恒夫助教授、同森林経理学教室大金永治教授には、貴重な御教示を得るとともに本論文の御校閲を賜った。さらに、同造林学教室柴草良悦助教授には原稿を詳読して戴き数々の有益な御助言を受けた。

北海道大学農学部附属天塩地方演習林林長滝川貞夫助教授ならびに同雨竜地方演習林林長松田疆講師はじめ職員各位には、きわめて御多忙ななか終始あたたかい御指導を戴いた。

また、北海道大学大学院環境科学研究科春木雅寛助手、同農学部林学科造林学教室藤本征司助手、矢島崇助手はじめ学生諸兄には、調査協力を得るとともに熱心な御意見を受けた。

これらの方々に謹んで感謝の意を表する次第である。

## 摘 要

エゾマツの天然更新については、いまだに不明な点が多い。このことは、エゾマツ天然資源の大幅な減少をもたらした間接的要因のひとつといえる。この研究では、エゾマツの侵入定着と初期生長の実態を具体的な生育諸条件との関連で明らかにすることを試みた。その結果、エゾマツは高い乾燥耐性によって侵入定着し、速い初期生長によって個体維持をはかることを更新様式とする樹種であることが明らかとなった。また、ここではこの更新様式にしたがったエゾマツ天然更新補助作業の実践的方法について提案した。

調査は、1977年から1981年にかけて北海道大学農学部附属天塩地方演習林の針広混交林内で行った。対象としたエゾマツの更新立地は、林内の倒木上、根返り跡地および1972年に未立木ササ地に造成された地はぎ地ごしらえ地である。

### 倒木上および根返り跡地における侵入定着と初期生長

(1) 天然林内に生立するエゾマツ、トドマツ林木(樹高1.3 m以上)は、それぞれ約80%が倒木上、根株上に更新するものであった。ナナカマド、イタヤカエデ、ハリギリなどから構成される広葉樹林木(樹高1.3 m以上)は、全数の約80%が林床に更新するものであった(Table 1, 2)。

(2) 倒木上では、侵入時期の早かったエゾマツ、トドマツ稚樹群は、それより侵入定着の遅れたエゾマツ、トドマツ稚樹群より速い初期生長を示していた(Fig. 5)。侵入時期の異なる2つの更新木群が、倒木上において階層を形成していた(Fig. 8, 11)。上層更新木は、成木となるうえで有利な速い初期生長を示していた(Fig. 12, Table 3)。これに対して下層更新木は成木化に不利な遅い初期生長を示していた。エゾマツが下層更新木群に占める割合は、トドマツにくらべて著しく低かった(Fig. 3, 7)。

(3) 根返り跡地では、エゾマツ、トドマツなどの亜寒帯系樹種はピットよりマウンド、冷温帯系樹種は、マウンドよりピットにおいてそれぞれ高い個体数密度を示す傾向がみられた(Table 7)。

(4) マウンドで幼木段階に達していたエゾマツ、トドマツ更新木の初期生長は、いずれもきわめて速かった (Fig. 18, 19)。マウンドにおけるエゾマツ稚樹の侵入定着は、マウンドの形成直後に限られていた。これに対してトドマツは、既存の稚幼樹群下においても侵入定着を継続していた (Fig. 17)。

#### 地はぎ地ごしらえ地における侵入定着と初期生長

(1) 地はぎ地ごしらえ地は、エゾマツにとって好都合な立地となる場合が多い。乾燥した地はぎ地ごしらえ地では、その侵入定着様式である高い乾燥耐性、個体維持様式である速い初期生長によって多くの稚苗、稚樹が生立する (Fig. 21, 25, 31, 32, Table 15, 16)。しかし、強い土壌乾燥が長期間つづく場合、エゾマツは侵入定着後の初期生長を強く抑えられる (Fig. 35, Table 11)。

(2) 湿潤な地はぎ地ごしらえ地では、密生するカンパ類、大型草本類がエゾマツ稚樹に強い被圧をおよぼす。その結果、エゾマツ稚樹は個体維持様式である速い初期生長の発現が不可能となり大量に枯死する (Fig. 24, 26)。

#### 参 考 文 献

- 1) 阿木 茂：エゾマツ (クロエゾマツ) を見直そう。北方林業, 22, 357-358, 北方林業会, 1970.
- 2) 有田 学：樺太中央部地方原生林に於けるトドマツ及エゾマツ稚樹の分布状況について。日林会春季講集, 101-114, 1941.
- 3) DENNY, C. S. and J. C. GOODLET: Microrelief resulting from fallen trees. U. S. Geol. Surv. Prof. Paper, 288, 59-68, 1956.
- 4) 遠藤克昭：菌害防除による更新法。新技術情報, 1, pp. 4, 林業試験場北海道支場, 1978.
- 5) 原田 泰：光線の性質の差異が林木稚樹の発芽生長に及ぼす影響について。日林誌, 21, 5, 1939.
- 6) 原田 泰：林木種子の落下及発芽に就ての実験観察。御料林, 141, 9-27, 1940.
- 7) 春木雅寛：十勝川源流部原生自然環境保全地域のエゾマツ、トドマツの倒木更新過程。環境庁委託十勝川源流部原生自然環境保全地域調査報告書, 219-230, 1982.
- 8) 畑野健一 (研究代表者)：エゾマツおよびトドマツの天然更新要因の解析とその促進技術へのアプローチ。昭和57年度科学研究費補助金 (総合研究 A) 研究成果報告書, pp. 26, 1983.
- 9) 服部正相：北海道北部山岳地帯の原生林に関する研究。北海道林業試験場報告, 19, 1-194, 1950.
- 10) 林 敬太・遠藤克昭：トドマツ天然生稚苗の発生を左右する菌害と乾燥害。林業試験場報告, 274, 1-22, 1975.
- 11) 東 三郎：地表変動論。北大図書刊行会, 札幌, 1979.
- 12) 北海道立林業試験場緑化部：樹木の季節周期調査。光珠内季報, 38, 16-37, 1970.
- 13) 本多静六：北海道天然林ノ更生状態ニ就テ。林学会雑誌, 33, 1926.
- 14) HUTNIK, R. J.: Reproduction on windfall in a northern hardwood stand. Jour. For., 50, 693-694, 1952.
- 15) 五十嵐恒夫：ササ生地の天然更新の実態。特定地域森林施業基本調査, 北海道における森林施業, 123-208, 北海道営林局, 1984.
- 16) 今井 亮：北海道中央高地に於るトド、エゾ天然林に就て。日林誌, 18, 1, 5-17, 1936.
- 17) 今関六也：北海道林業と菌害対策。北方林業, 166, 1-6, 北方林業会, 1958.
- 18) 石原供三・鷲見四郎：「トドマツ」及び「エゾマツ」稚樹の生育に対する適当なる水分量について。日林会春季講集, 37-41, 1940.

- 19) 石本雄一: 北海道北部天然林における広葉樹類の更新について. 昭和55年度北大農学部林学科卒業論文(未発表), 1980.
- 20) 伊藤秀三・奥富 清: 遷移. 生態学実習書, 214-226, 朝倉書店, 東京, 1967.
- 21) 賀来章輔・倉石 晋: 植物の生育と発育. 基礎生物学シリーズ, 7, pp. 143, 共立出版社, 東京, 1982.
- 22) 河田 杰: 森林生態学. 興林会叢書, 1, pp. 573, 興林会, 1929.
- 23) 河田 杰: 森林生態学講義完. pp. 538, 養賢堂, 東京, 1932.
- 24) 川口武雄: 森林物理学気象編. pp. 166, 地球出版社, 東京, 1970.
- 25) 近藤 助: 経営(2). 北海道森林総合調査報告, 439-457, 日本林業技術協会, 1959.
- 26) 紺野康夫・金子正美・山本耕三: 林床にササを有するエゾマツ, トドマツ天然林の更新. 森林の更新過程と機構の生態学的解析, 20-29, 文部省科学研究費補助金(総合研究 A) 研究成果報告書, 1981.
- 27) 倉田益二郎: 天然更新技術確立のための菌害回避説. 林業技術, 377, 10-14, 日本林業技術協会, 1973.
- 28) LUTZ, H. J.: Disturbance of forest soil resulting from the uprooting of trees. Yale school of Forestry, Bull. 45, pp. 37, 1940.
- 29) LYFORD, W. H. and D. W. MACLEAN: Mound and Pit microrelief in relation to soil disturbance and tree distribution in New Brunswick, Canada. Harv. For. Pap. 15, pp. 18, 1966.
- 30) 松田 彊・滝川貞夫・春木雅寛: アカエゾマツ天然林の研究(II). 日林講集, 86, 244-246, 1975.
- 31) 松田 彊・滝川貞夫: 天然林の構成と更新. 中川地区を中心とする亜高山性天然林の更新に関する研究, 85-97, 北海道大学農学部演習林, 札幌, 1978.
- 32) 松井 愈: 間寒別川流域の森林経営と保全に関する基礎研究. 北大農学部演習林業務資料, 6, pp. 60, 1963.
- 33) 三善正市: 北海道北部地方に於ける天然生林のトドマツ林への遷移状態について. 御料林, 68, 32-41, 1942.
- 34) 武藤憲由: エゾマツ育苗・育林篇. 北方林業叢書, 29, pp. 148, 北方林業会, 1965.
- 35) 中村賢太郎: 樺太におけるトドマツ, エゾマツ天然林に関する研究. 東大演報, 12, 1-288, 1930.
- 36) 中村賢太郎: 樺太森林の施業法に於て. 樺太山林会報, 7, 6-19, 1930.
- 37) 中野重房: 植物生理学及生態学実験法. pp. 573, 裳華房, 東京, 1933.
- 38) 中野信二: 樽前山麓のエゾマツ林に就て. 林学会雑誌, 11, 6, 16-40, 1929.
- 39) 中尾孝一: 山火跡地再生林の研究(II). 日林北支講, 22, 165-168, 1973.
- 40) 中島広吉: 樹種及林区別北海道立木幹材積表, メートル法の部. 興林会北海道支部叢書, 33, pp. 39, 興林会, 1947.
- 41) 夏目俊二・春木雅寛・松田 彊: エゾマツの天然更新に関する研究(I). 日林北支講, 28, 118-121, 1979.
- 42) 夏目俊二・春木雅寛・松田 彊: エゾマツの天然更新に関する研究(II). 日林論, 90, 299-300, 1980.
- 43) 夏目俊二・松田 彊: エゾマツの天然更新に関する研究(III). 日林北支講, 29, 49-51, 1980.
- 44) 夏目俊二・松田 彊: エゾマツの天然更新に関する研究(IV). 日林論, 93, 315-318, 1982.
- 45) 夏目俊二・松田 彊: エゾマツの天然更新に関する研究(V). 日林北支講, 31, 192-194, 1982.
- 46) 日本気象協会北海道本部: 最新版北海道の気候. pp. 319, 札幌, 1982.
- 47) 新島善直: エゾマツ後継樹と老木との関係. 北海道林業会報, 19, 2, 1-7, 1921.
- 48) 岡田一郎・武藤憲由・松田 彊: エゾマツ造林地の現状とその問題点. 日林北支講, 29, 19-20, 1980.
- 49) 岡村俊邦: 浸食地帯における木本群落の形成と推移. 昭和52年度北大農学研究科修士論文(未発表), 1977.
- 50) 大沢雅彦: 遷移とすみわけ. 植物生態学講座, 4, 74-87, 朝倉書店, 東京, 1977.
- 51) 大沢雅彦: 遷移と極相. 生態学読本, 78-108, 東洋経済新聞社, 東京, 1982.
- 52) 酒井 昭: 植物の耐凍性と寒冷適応. pp. 469, 学会出版センター, 東京, 1982.
- 53) 坂井三吾: 樽前山一帯のエゾマツ林の成立について. 御料林, 33, 26-45, 1931.
- 54) 佐藤義夫: えぞまつ天然更新上ノ基礎要件ト其適用. 北大演報, 6, 1-354, 1929.
- 55) 佐藤義夫: エゾマツ天然更新上の一性質について. 北海道林業会報, 27, 1, 2-14, 1929.
- 56) 佐藤義夫: 天然林択伐林に於ける林木の大きさによる類別について. 北海道林業会報, 30, 1-10, 1932.
- 57) 渋谷寿夫: 理論生態学. pp. 228, 理論社, 東京, 1974.

- 58) STEPHENS, E. P.: The uprooting of trees: A forest process<sup>1</sup>. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 20, 113-116, 1956.
- 59) 田口 豊: 天然更新の反省. 北方林業, 35, 7, 206-210, 北方林業会, 1983.
- 60) 田畑司門治: 樺太森林天然更新の大勢とその取扱に就て. 樺太山林会報, 23, 5-19, 1934.
- 61) 高田功一・柴田 前・佐藤昭一: エゾマツ, トドマツの天然更新に関する調査第1報. 日林北支講, 22, 45-48, 1974.
- 62) 高橋郁雄: 天然生稚幼樹(針葉樹)の病害(III). 野ねずみ, 166, 45-49, 北海道森林防疫協会, 1981.
- 63) 高橋延清: 林分施業法. pp. 117, 全国林業改良普及協会, 東京, 1971.
- 64) 高樋 勇: 樺太の各種土壌における稚樹の消長特にその枯死について. 北方林業講集, 1, 156-168, 北方林業研究会, 1941.
- 65) タンズレー, E. G.: 実地植物生態学(林 泰治訳). pp. 176, 農林省山林局, 1927.
- 66) 館脇 操: 汎針広混交林帯 I-V. 北方林業, 7, 11, 8-11, 8, 1, 7-9, 8, 3, 10-13, 8, 6, 8-11, 8, 12-15, 北方林業会, 1955.
- 67) TATEWAKI, M.: Forest ecology of the islands of the north pacific ocean. Jour. Agr. Hokkaido Univ. pp. 486, 1958.
- 68) 館脇 操・五十嵐恒夫: 北大天塩・中川地方演習林の森林植生. 北大演報, 28, 1, pp. 192, 1971.
- 69) 田添 元: トドマツ, クロエゾマツ, アカエゾマツ種子の発芽に対する温度の影響に就て. 北大演報, 10, 2, 1-28, 1936.
- 70) 天然林研究グループ: 北海道天然林の林型からみた更新と枯損. 1966年林業試験場北海道支場年報, 農林省林業試験場北海道支場, 1967.
- 71) 寺崎 渡: 天然林施業の革新. 山林彙報, 3, 1-22, 農商務省山林局, 1923.
- 72) 寺崎 渡: 本邦天然林ノ森林調査法ニ就テ. 林学会雑誌, 32, 36-64, 1925.
- 73) 植村恒三郎: 樺太及北海道に生育するエゾマツ及トドマツの天然更新に就ての根本的考察. 林学会雑誌, 10, 6, 1-21, 1928.
- 74) 植村恒三郎: 原生林及天然林の更新法. 樺太山林会報, 8, 4-5, 1930.
- 75) 植村恒三郎: 邦領樺太北部原生林に於けるエゾマツ, トドマツの更新及び根系に関する研究. 九大演報, 2, 1-82, 1932.
- 76) 上田弘一郎: 樺太天然林の更生に関する調査. 林学会雑誌, 18, 9, 61-80, 1936.
- 77) 脇元裕司: 北海道における森林施業, 下巻. 昭和41年度長期委託研修報告, pp. 424, 林野庁, 1968.
- 78) 脇元裕司: 北海道の天然林施業, 前編. 北方林業叢書, 42, pp. 150, 北方林業会, 1969.
- 79) 渡辺兵左エ門: 北海道におけるエゾマツ, トドマツを主とする天然林の作業種に関する一考察. 林学会雑誌, 15, 2, 2-13, 1933.
- 80) 山崎次男: 樺太原生林ニ於ケルえぞまつ, とどまつ混交状態ノ研究. 京大演報, 9, 1-81, 1936.
- 81) 山崎次男: 花粉分析法ニヨル北海道洪積世ニ於ケル *Larix* 分布ノ研究. 京大演報, 17, 1942.
- 82) 柳沢聡雄: トドマツ・エゾマツ・アカエゾマツの新しい天然更新技術. 新しい天然更新技術, 1-78, 創文, 東京, 1971.
- 83) 柳沢聡雄: 広葉樹林の施業. 広葉樹林とその施業, 117-172, 地球社, 東京, 1981.
- 84) 矢島 崇・松田 彊: 北海道北部針広混交林における主要樹種の生長について. 北大演報, 35, 1, 30-63, 1978.
- 85) 矢島 崇: 針広混交林における主要構成樹種の生長過程に関する研究. 北大演報, 39, 1, 2-54, 1982.
- 86) 吉川有恭: 樺太に於けるトドマツ, エゾマツの林型に関する調査. 樺太中央試験場報告, 2, 1, 1-67, 1932.

### Summary

Many problems concerning the natural regeneration of *Picea jezoensis* CARR. are left unsolved, and these facts are seemed to be indirectly causing the conspicuous diminution of its natural resources in Hokkaido. The author made an attempt to clarify the establishment and the early growth of this species in relation to the actual habitat conditions. In this study, it

was clarified that the natural regenerational way of this species is the successful establishment of seedlings by high bearing ability against dry condition and the individual maintenance by rapid early growth. And according to these results, the author made the practical proposals concerning the silvicultural treatment in relation to the natural regeneration of this species.

The investigation was carried out in the mixed forest at Teshio Experiment Forest of Hokkaido University from 1977 to 1981. In this study, three representative seed beds in natural regeneration were selected as follows; fallen trees and uprooted grounds in natural forest, and soil-raked grounds which were created in *Sasa* communities to promote the treatment of natural regeneration by rakedozer in 1972.

Establishment and early growth of seedlings on the fallen trees and uprooted grounds.

(1) Among all the regenerated trees (Height  $\geq 1.3$  m) in the forest stand, almost 80% of *Picea jezoensis* CARR. and *Abies sachalinensis* MASTERS trees were severally seen to have established on the fallen trees and stumps, and the same percentage of broad-leaved trees (*Sorbus commixta* HEDL., *Acer mono* MAXIM., *Kalopanax pictus* NAKAI and others) were seen on the forest floor (Table 1. 2).

(2) On the fallen trees, the early growth of the older coniferous saplings were more rapid than that of the younger ones (Fig. 5). The two groups of regenerated trees with different establishment period, formed the two series layers (Fig. 8, 11). The coniferous saplings in the upper layer indicated the rapid early growth favorable to becoming adult trees. But the ones in the lower layer indicated the remarkably slow early growth (Fig. 12, Table 3). In the lower layer, the *Picea jezoensis* CARR. saplings were considerably few as compared with the *Abies sachalinensis* MASTERS ones (Fig. 3, 7).

(3) The species composing sub-polar forest such as *Picea jezoensis* CARR. or *Abies sachalinensis* MASTERS had higher densities in individuals on mounds than on pits. On the other hand, many species composing cool temperate forest had higher densities on pits than on mounds (Table 7).

(4) The coniferous juveniles on mounds indicated that their early growth were particularly rapid (Fig. 18, 19). The *Picea jezoensis* CARR. saplings on the mound were composed only by the individuals invaded immediately after the mound was created, while the *Abies sachalinensis* MASTERS saplings were composed not only by the individuals invaded simultaneously with *Picea jezoensis* CARR., but also by the ones invaded laterwards under the closed crowns of them (Fig. 17).

Establishment and early growth in the soil-raked grounds.

(1) Occasionally, soil-raked ground offer the favorable conditions to the *Picea jezoensis* CARR. seedlings. In the soil-raked ground characterized by its dry soil, *Picea jezoensis* CARR. can produce many seedlings (Fig. 21, 25) and develop many saplings (Fig. 31, 32 Table 15, 16) by its natural regenerational way of the establishment by high bearing ability against dry condition and of the individual maintenance by rapid early growth. But when the intensively dry stress continues, the seedlings are so injured that they can not develop to the saplings (Fig. 35, Table 11).

(2) At the wet soil-raked ground, the *Picea jezoensis* CARR. seedlings are intensively suppressed by higher densities of birches and large grasses. As a result, most of seedlings can not have the regenerational way of the individual maintenance by rapid early growth (Fig. 24, 26).