

# 倒木上のエゾマツ・トドマツ実生群の更新動態と 環境条件の影響

## 学位論文内容の要旨

エゾマツ (*Picea jezoensis*) とトドマツ (*Abies sachalinensis*) は北海道の天然林の主要樹種であるが、更新立地が主に倒木上に限定されており、倒木間でも実生密度には大きな変異が見られることから、両樹種の天然更新に適した条件は制限されていると考えられる。天然林内の倒木は、樹種、サイズ、樹皮の有無などの表面の形状、腐朽程度、コケの発生程度に大きな変異が見られる。また、1本の倒木の中でも光環境の勾配がある。さらに、狭い立地であるために個体間での被圧、競争関係も生じやすい。しかし、倒木上の環境条件を明確に区分し、さらに複数の環境条件が同時に作用している系で、環境条件と倒木上の実生の更新との関係を検討した研究は少なく、天然林におけるエゾマツとトドマツの更新に適した環境条件は定量的には明らかになっていない。これらの樹種の更新に適した条件を明らかにすることは、北海道の天然林の管理、保全上重要である。そこで本研究では、針葉樹天然林において、エゾマツとトドマツの発芽、生残、成長と環境条件との関係を、定量的かつ環境条件の複合作用系として検討し、両樹種の樹種特性と更新に適した条件を明らかにすることを目的とした。

北海道内の針葉樹天然林において、50×100 mの方形区を設置し、方形区内の倒木の本数とサイズを記載した。また、過去5年以内に半径10 m以内で上層の攪乱のない倒木について、倒木上の針葉樹の樹種とサイズを測定し、後述の環境条件を倒木の根元から1 mごと(以後ブロックとする)に測定した。同時に、地表の更新状況を把握するため、1×1 mの方形区を25個設置し、方形区内で更新していた針葉樹の樹種と樹高を測定した。本研究では、倒木上のエゾマツとトドマツの更新動態に影響する環境条件として、光環境(相対光量子束密度 $rPPFD$ により評価)、ブロック面積、倒木上のコケ群落の高さ、倒木の硬度、倒木の樹種と樹皮の有無、あるいは植生の有無(以下これらを表面形状とする)、倒木上の最大前生個体の樹高(以下 $H_{max}$ とする)を測定した。

倒木と地表でのエゾマツとトドマツの実生密度および本数を調査した結果、実生密度は両樹種とも倒木上の方が大きかった。一方、林分全体での実生数は、エゾマツは倒木上の方が多かったが、トドマツは地表の方が多かった。

倒木上の環境条件間の相互関係を検討した結果、倒木の硬度が低下するのに伴い、コケ高や $H_{max}$ が大きくなっていった。また、 $H_{max}$ が50 cm以上のブロックではコケ高が減少しており、これらの環境条件間には一定の相互関係が見られた。

発芽と環境条件との関係を検討するため、エゾマツとトドマツの当年生実生数を、倒木のブロックごとに2年間(一部の倒木に関しては3年間)調査した。その結果、樹皮のある

トドマツの倒木、および直径が 10 cm未満の倒木では、両樹種の当年生実生はほとんど見られなかった。エゾマツの当年生実生数は、ブロック面積やrPPFDの増加とともに増加し、コケ高、倒木の硬度、Hmaxの増加とともに減少していた。コケがなく樹皮のあるエゾマツの倒木では当年生実生数が多く、コケ高が 20 mm以上の倒木で少なかった。またエゾマツの種子散布量はトドマツの 2.4 倍であった。一方、トドマツの当年生実生数は、ブロック面積が大きく、コケが高く、倒木が柔らかいほど多くなっていた。エゾマツの発芽は、トドマツよりも多くの環境条件の影響を受けていた。また、硬度が低下すればエゾマツの発芽に適した環境となるが、同時にコケ高やHmaxも大きくなるため、エゾマツの発芽に適した期間は、倒木が発生してからコケ群落が発達するまでの期間であると考えられた。

倒木上の実生 (樹高 50 cm未満) の生残および伸長成長量に影響する環境条件として、発芽に影響すると考えた条件のうちブロック面積と表面形状を除き、当該個体とHmaxの樹高差 (Shading) を加え、実生を樹高 5 cm未満とそれ以上に分けて環境条件の影響を解析した。実生の生残は、樹高階に関わらず明るいほど良好であったが、トドマツに関しては、樹高 5 cm以上では光環境の影響が見られなかった。倒木上の他個体からの被陰を受けていない個体の生残と光環境の関係を検討したところ、rPPFD < 5%の環境ではエゾマツの生残率がトドマツよりも低かった。成長に関しても樹高階に関わらず明るいほど良好であり、さらに樹高 5 cm未満ではコケが高いほど大きくなっていた。エゾマツとトドマツの生残および成長には光環境が重要であり、特にエゾマツは明るい環境への依存性が強く、耐陰性が低い可能性が考えられた。

このような検討結果から、倒木上におけるエゾマツとトドマツの実生群の更新動態には耐陰性の樹種間差が大きな影響を与えていると考えられたので、エゾマツとトドマツの耐陰性の違いを、耐陰性に関わる生理、形態、器官量配分特性から詳細に検討した。調査林分内のエゾマツとトドマツ実生 46 個体を対象に、生理特性として針葉の最大光合成速度 (Aarea)、呼吸速度 (Rarea)、光補償点 (LCP) を、形態特性として葉面積比 (LAR, 個体の総葉面積/個体重)、比葉面積 (Specific Leaf Area, SLA)、葉寿命 (NL<sub>50</sub>)、形状比 (樹高/根元直径)、Crown Profile (CP, 樹冠深/樹冠幅)、Live Crown Ratio (LCR, 樹冠深/樹高)、Relative Crown Area (RCA, 樹冠の投影面積/樹高) を、器官量配分特性として、葉重比 (LMR, 葉重/個体重)、幹重比 (SMR, 幹重/個体重)、根重比 (RMR, 根重/個体重) を測定した。樹種間での相違として、形状比、RCA、LAR、LMRがトドマツで有意に大きかったことから、トドマツの方が少ない光を効率的に捉える形態を持ち、受光器官へ多くの投資をしており、耐陰性が高いと考えられた。

総合考察では、両樹種の更新に適した条件が天然林で生じる期間について考察した。エゾマツは樹皮のあるエゾマツの倒木、あるいは低いコケ群落のある倒木で発芽が多かったが、そのような環境条件は、倒木の腐朽初期段階に見られる環境と考えられた。また、エゾマツの生残、成長は明るい環境により依存していたが、調査林分では過去 23 年間の攪乱履歴から、エゾマツの更新に適した環境は形成されていないと考えられた。倒木上のエゾマツ実生群の生残率がトドマツより全てのサイズ階で常に低かったのは、明るい環境が形成されていないことによると考えられた。トドマツは、コケがない倒木で発芽することは困難であったが、コケがある倒木では、明るさやコケ高の影響を受けずに発芽し、発生した実生は暗い環境でも生残が可能であった。結論として、エゾマツの更新に適した環境条件は時間的、空間的にトドマツよりも制限されているが、トドマツに適した時期に先行して生じ、さらに、種子散布量がトドマツより多く、生態的寿命が長いことで、比較的大きな攪乱に対応して個体群を維持していると考えられ、トドマツは耐陰性を高めることで個体群を維持していると考えられた。

# 学位論文審査の要旨

主 査 助 教 授 渋 谷 正 人  
副 査 教 授 小 池 孝 良  
副 査 教 授 矢 島 崇

学 位 論 文 題 名

## 倒木上のエゾマツ・トドマツ実生群の更新動態と 環境条件の影響

本論文は7章からなり、図15、表12、引用文献192を含む115ページの和文論文である。他に参考論文3編が添えられている。

エゾマツ (*Picea jezoensis*) とトドマツ (*Abies sachalinensis*) は北海道の天然林の主要樹種であり、これらの樹種の更新特性を明らかにすることは、天然林の動態予測や管理上有用である。そこで本研究では、死亡率が高く個体群動態への影響が大きい更新初期段階を対象に、倒木上におけるエゾマツとトドマツの発芽、生残、成長と環境条件との関係を、複数の環境条件が同時に作用する系として検討し、両樹種の更新に適した条件を明らかにすることを目的とした。

日高地方の針葉樹天然林に50×100mの方形区を設置し、倒木上の針葉樹の樹種とサイズを測定し、後述する環境条件を、倒木の根元から1mごとのブロックで測定した。また、1×1mの方形区を25個設置し、地表での更新状況を調べた。倒木上のエゾマツとトドマツの更新動態に影響する環境条件として、ブロック面積、光環境、倒木上のコケ群落の高さ、倒木の硬度、倒木の樹種と樹皮の有無、あるいは植生の有無、ブロック内の最大個体の樹高 ( $H_{max}$ ) を測定した。

倒木と地表でのエゾマツとトドマツの実生密度および本数を調査した結果、実生密度は両樹種とも倒木上の方が大きかった。一方、林分全体での実生数は、エゾマツは倒木上の方が多かったが、トドマツは地表の方が多かった。

倒木上の環境条件間の相互関係を検討した結果、倒木の硬度が低下するのに伴い、コケ高や $H_{max}$ が大きくなっていた。また、 $H_{max}$ が50cm以上のブロックではコケ高が減少しており、これらの環境条件間には相互関係が見られた。

樹皮のあるトドマツの倒木、および直径が10cm未満の倒木では、両樹種の当年生実生は

ほとんど見られなかった。エゾマツの当年生実生数は、コケがなく樹皮のあるエゾマツの倒木が多かったが、コケが高く発達した倒木や、暗くHmaxが大きい環境では少なかった。また、エゾマツの種子散布量はトドマツの2.4倍であった。一方、トドマツの当年生実生数は、ブロック面積が大きく、コケが高く、倒木が柔らかいほど多くなっていた。エゾマツの発芽に適した環境条件はトドマツと異なっており、またトドマツよりも多くの環境条件の影響を受けていた。倒木の腐朽にともなう硬度やコケ高、Hmaxの推移から、エゾマツの発芽に適した期間は、倒木の発生後コケ群落が発達するまでの期間であると考えられた。

環境条件が実生の生残、成長に与える影響を、当該個体の期首樹高と、当該個体とHmaxとの樹高差を環境条件に加え、実生を樹高5cm未満とそれ以上に分けて解析した。実生の生残は、樹高階に関わらず明るいほど良好であったが、トドマツに関しては、樹高5cm以上では光環境の影響が有意ではなかった。成長に関しては、両種で、樹高階に関わらず、明るく、コケが高いほど良好であった。エゾマツとトドマツの生残および成長には光環境が重要であり、特にエゾマツは明るい環境への依存性が強く、トドマツに比べ、耐陰性が低い可能性が考えられた。

さらに、耐陰性の樹種間差の要因を検討するため、調査林分内のエゾマツ、トドマツ実生46個体を対象に、耐陰性に関わる生理、形態、器官量配分特性を検討した。樹種間での相違として、形状比(樹高/根元直径)、Relative Crown Area(樹冠の投影面積/樹高)、葉面積比(個体の総葉面積/個体重)、葉重比(葉重/個体重)がトドマツで有意に大きく、これらの形態・器官量配分特性から、トドマツの方が耐陰性が高いと考えられた。

総合考察では、両樹種の更新初期動態と環境条件の関係についてまとめ、さらに個体群動態との関係について考察した。エゾマツの更新に適した環境条件は、時間的、空間的にトドマツよりも制限されているが、トドマツに先行して更新可能であり、さらに、種子散布量がトドマツより多く、生態的寿命が長いことで、比較的大きな攪乱に対応して個体群を維持していると考えられ、トドマツは耐陰性を高め、生残率を高めることで個体群を維持していると考えられた。

以上のように、本論文の結果は、これまで定性的にしか理解されてこなかったエゾマツとトドマツの倒木更新が可能な条件を、複数の環境条件を測定し、同時に作用する系として影響を評価することで、具体的、定量的に示したものであり、天然林管理への応用も期待できる知見であり、関連学会においても高い評価を受けている。よって審査員一同は、飯島勇人が博士(農学)の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認めた。