

# トウヒ属樹木の蛇紋岩土壌における 適応機構の解明と環境修復に関する研究

## 学位論文内容の要旨

大規模な攪乱を受けて植生の回復が困難な地域においては、環境保全面および防災的側面から人為的に森林を再生していく技術を確立することが急務である。例えば山火事は大規模な森林の損失を招く一要因であるが、山火事後の植生回復は土壌条件の影響を受け、特に蛇紋岩土壌のような特殊土壌の地域では、植生の回復は極めて遅い。北海道北部にも同様の地域が存在し、数度にわたる山火事の影響を受け、未だに森林植生が回復していない地域が存在する。実際に森林修復に使用される樹種としては、環境保全も考慮すると、土壌条件に対して適応性の高い郷土樹種であることが望まれる。トウヒ属樹木は、本来北海道北部における主要樹種であり、荒廃地を緑化する活物材料としては妥当な種であると期待されてきた。

トウヒ属樹木は北半球の森林に広く分布し、我が国においては7種が記載されている。そのうち日本北部においては、アカエゾマツとエゾマツが分布している。両種の分布域は異なり、エゾマツが肥沃な生育環境に分布するのに対し、アカエゾマツは蛇紋岩土壌をはじめとする貧栄養環境に分布することが多い。しかし、これらの分布域に関連した成長特性には、解明すべき点が多い。

蛇紋岩土壌は、貧栄養であることに加えて、Ni 等の重金属や Mg を多量に含んでいる。Ni は根の成長と葉の光合成能力の低下を招く。また、Mg は細胞壁の安定性と原形質膜の透過性を変化させる。これらの要因によって、生育可能な植物種が制限されていると考えられている。しかし、いくつかの種は耐性を獲得し、蛇紋岩土壌にも生育している。トウヒ属樹木は、過去の知見から植物体中の Ni と Mg 濃度が低いことから、有害元素の植物体内への吸収や移動を制限し、耐性を獲得する植物種（excluder）と考えられる。

本研究は、攪乱を受けて、その後の針葉樹の生育が不良な蛇紋岩土壌地帯において、トウヒ属樹木を用いた環境修復技術の基礎資料を得ることを最終的な目的とした。造林樹種として用いるアカエゾマツとエゾマツの生態生理的特性に関するデータが乏しいため、トウヒ属樹木全

体のなかで2樹種の位置づけを行った。次に、アカエゾマツ、エゾマツおよびヨーロッパトウヒ苗3種を蛇紋岩土壌と褐色森林土に植栽し、成長と生態生理的特性を比較した。そして、蛇紋岩土壌の無立木地に活物材料として用いる上で高い適合性を持つ樹種を選出した。さらに、トウヒ属樹木を導入した蛇紋岩土壌の植林地を対象として、環境修復を意図した事例解析を行い、比較的導入種の生育が比較的悪い地域を選出した。そして、この地域における生育が悪い原因を解明し、導入種の生育改善策を検討した。

1. 同一地域に植栽された外来の樹種も含めトウヒ属樹木5種の生態生理的特性を比較した。エゾマツは若い針葉における光合成能力が高く、針葉内の窒素濃度も高い濃度を示し、伸長量は大きい傾向を示した。一方、アカエゾマツの伸長量はエゾマツより短いものの、針葉の寿命が長く葉齢の高い針葉においても高い光合成能力を維持していた。また、針葉内の窒素濃度は低い、高い窒素利用効率を示した。

2. アカエゾマツ、エゾマツ、およびヨーロッパトウヒ苗3種を蛇紋岩土壌と褐色森林土に植栽した実験の結果、アカエゾマツの成長量は両土壌間において有意差が認められなかった。しかし、エゾマツとヨーロッパトウヒは蛇紋岩土壌に植栽した個体の成長量は小さかった。また、蛇紋岩土壌に植栽したアカエゾマツでは外生菌根菌の感染率が高く、NiやMg等の重金属の吸収の抑制が示唆された。さらに、蛇紋岩土壌に植栽したアカエゾマツでは窒素利用効率が特に高く、少ない窒素濃度で高い光合成能力を得ていた。以上の結果から、アカエゾマツは、トウヒ属樹木3樹種の中で蛇紋岩土壌に、最も高い適合性を持った活物材料であると考えられた。

3. アカエゾマツを森林環境修復の活物材料として利用するために、既存の蛇紋岩土壌の植栽地にて事例研究を行った。また、試験地に優占しているササを生物指標とする調査を行った。調査地は、南向斜面および北西向斜面に分かれていたが、特に南向斜面のササの生育が悪く、南向斜面の積雪深と土壌養分が低い値を示した。この結果は導入したアカエゾマツに関しても同様の結果を示し、南向斜面のアカエゾマツは北西向斜面の個体と比較して生育が悪く、針葉の寿命は短い傾向を示した。また、南向斜面のアカエゾマツの成長は、気候要因の影響よりは、土壌中の養分が低いことによって規定されていた。しかし、南向斜面の個体は針葉の寿命を短くし、養分を古い葉から新しい葉に移動させることで補償して、生き延びていると推察された。

# 学位論文審査の要旨

主 査 教 授 小 池 孝 良

副 査 教 授 大 崎 満

副 査 教 授 笹 賀一郎

副 査 助教授 植 村 滋

## 学 位 論 文 題 名

### トウヒ属樹木の蛇紋岩土壌における 適応機構の解明と環境修復に関する研究

本研究は133ページの和文論文で引用文献118を含み、6章から構成されている。他に参考文献が5編添えられている。

大規模な攪乱を受けて植生の回復が困難な地域においては、境保全面および防災的側面から森林を再生する技術を確立することが急務である。例えば山火事は大規模な森林の損失を招くが、山火事後の植生回復は土壌条件の影響を受け、特に蛇紋岩土壌のような特殊土壌地域では植生の回復は極めて遅い。北海道北部には数度にわたる山火事の影響を受け、未だに森林植生が回復していない地域が存在する。森林修復に使用される樹種としては、土壌条件に対して適性の高い郷土樹種であることが望まれる。トウヒ属樹木のアカエゾマツとエゾマツは、北海道の主要樹種であり、荒廃地を緑化する活物材料としては妥当な樹種であると期待されてきた。

トウヒ属樹木は北半球の森林に広く分布し、我が国においては7種が記載されている。そのうち日本北部においては、アカエゾマツとエゾマツが分布している。両種の分布域は異なり、エゾマツが肥沃な生育環境に分布するのに対し、アカエゾマツは蛇紋岩土壌をはじめとする貧栄養環境に分布することができる。しかし、これらの分布域に関連した成長特性には、解明すべき点が多い。蛇紋岩土壌は、貧栄養であることに加えてNi等の重金属やMgを多量に含んでいる。Niは根の成長と葉の光合成能力の低下を招く。また、Mgは細胞壁の安定性と原形質膜の透過性を変化させる。これらの要因によって、生育可能な植物種が制限されている。しかし、いくつかの種は耐性を獲得し蛇紋岩土壌にも生育している。トウヒ属樹木は、有害元素の植物体内への吸収や移動を制限することで耐性を獲得する植物種と考えられる。

本研究は、攪乱を受け、その後の針葉樹の生育が不良な蛇紋岩土壌地帯において、トウヒ属樹木を用いた環境修復技術の基礎資料を得ることを最終的な目的とした。造林樹種として用いるアカエゾマツとエゾマツの生態生理的特性に関するデータが不足しているため、トウヒ属樹木5樹種のなかで2樹種の位置づけを行った。次に、アカエゾマツ、エゾマツおよびヨーロッパトウヒ苗3種を蛇紋岩土壌と褐色森林土に植栽し成長と生態生理的特性を比較した。そして、活物材料として用いる上で高い適合性を持つ樹種を選出した。さらに、トウヒ属樹木を導入した蛇紋岩土壌の植林地を対象として、環境修復を意図した事例解析を行い、導入樹種の生育が悪い原因を解明し、導入種の生育改善策を検討した。

本研究で解明された同一地域に植栽された外来の樹種も含めトウヒ属樹木5種の生態生理的特性を比較した。エゾマツは若い針葉における光合成能力が高く、針葉内の窒素濃度も高い濃度を示し伸長量は大きい傾向を示した。一方、アカエゾマツの伸長量はエゾマツより短いものの針葉の寿命が長く葉齢の高い針葉においても高い光合成能力を維持していた。また、針葉内の窒素濃度は低いが、高い窒素利用効率を示した。

次に、上記のトウヒ属3樹種を蛇紋岩土壌と褐色森林土に植栽した結果、アカエゾマツの成長量は両土壌間において有意差が認められなかった。しかし、エゾマツとヨーロッパトウヒは蛇紋岩土壌に植栽した個体の成長量は小さかった。また、蛇紋岩土壌に植栽したアカエゾマツでは外生菌根菌の感染率が高く、NiやMg等の重金属の吸収抑制が示唆された。さらに、蛇紋岩土壌に植栽したアカエゾマツでは窒素利用効率が特に高く、少ない窒素濃度で高い光合成能力を得ていた。以上の結果から、アカエゾマツは、トウヒ属樹木3樹種の中で蛇紋岩土壌に、最も高い適合性を持った活物材料であると考えられた。

これらを基礎に、アカエゾマツを森林環境修復の活物材料として利用するために、既存の蛇紋岩土壌の植栽地にて事例研究を行った。また、試験地に優占しているササを生物指標とする調査を行った。調査地は、南向斜面および北西向斜面に大別されたが、特に南向斜面のササの生育が悪く、南向斜面の積雪深と土壤養分が低い値を示した。この傾向は導入したアカエゾマツに関しても同様の結果であり、南向斜面のアカエゾマツは北西向斜面の個体と比較して生育が悪く、針葉の寿命は短い傾向を示した。また、南向斜面のアカエゾマツの成長は、気候要因の影響よりは土壤中の養分が低いことによって規定されていた。南向斜面の個体は針葉中の養分を古い葉から新しい葉に移動させることで生き延びていると推察された。

以上のように本研究では、蛇紋岩のような特殊土壌地帯での緑化技術向上を生態系修復の視点から解明しようとした研究であり、得られた成果は学術的にも貴重なものであり、活物材料に関する生態生理学的な基礎資料として高く評価される。よって審査員一同は香山雅純が博士（農学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認めた。