



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Influences of abiotic and biotic factors on plant-plant facilitation toward forest restoration [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	方, 玉琢
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(環境科学)
Dissertation Number	甲第16221号
Issue Date	2025-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/95268
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	FANG_Yuzhuo_review.pdf, 審査の要旨



学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士（環境科学）

氏 名 FANG Yuzhuo

審査委員 主査 教授 内海 俊介
副査 教授 越川 滋行
副査 教授 相場 慎一郎

学 位 論 文 題 名

Influences of abiotic and biotic factors on plant-plant facilitation toward forest restoration
(森林再生に関わる植物間の促進作用への非生物的・生物的要因の影響に関する研究)

森林は最も広範な陸上生態系の一つであり、多様な生態的機能を支える。しかし、ここ数十年、地球規模の気候変動によって極端現象の頻度が増大し、それによって引き起こされる土砂災害などの大規模攪乱が森林を劣化させている。攪乱後の森林の回復過程を理解することは、より効果的な森林再生の手法を確立していくためにも喫緊の課題と言える。攪乱後の森林の回復の第一歩として、実生の定着過程の動態が極めて重要となるが、それに対する生物的・非生物的な環境要因の影響についてまだ明らかでない点が多い。特に、実生間の正の促進的相互作用、新規加入する実生集団の遺伝的変異の実態とその相互作用への帰結、近隣の実生における種レベルと遺伝子レベルでの多様性の相互作用の意義、についての知見は全くない。

植物間の相互作用については、もっぱら競争が重視されてきた。攪乱を受けた場所では環境ストレスが強く、その下では正の促進作用こそが実生の定着とパフォーマンスにとってより重要だと考えられるが、正の促進作用の実態についていまだ理解が不足している。また、近年、種内の遺伝的変異が生物間相互作用に与える影響の大きさが明らかになりつつあり、種内・種間での正の促進作用に対して、遺伝的変異や遺伝的多様性の意義を明らかにすることは重要であると考えられる。

そこで本研究は、山腹崩壊後に新たに生じる、上記3点に関わる生物および非生物的条件が、実生の定着と再生のプロセスにどのような影響を与えるのかを明らかにし、大規模攪乱を受けた森林の回復に関してこれまでに見過ごされてきた新規知見を得ることを目的とした。

山腹崩壊を受けた林分において、新規に加入する実生の空間分布がどのように形成されるか、特に、近隣の同種・多種個体の存在や、さらなる土壌侵食が生残と成長に与える影響を調べた。山腹崩壊を模した大規模な野外実験（ALES）を実施し、以上のことを係るデモグラフィ調査と空間解析を行った。トドマツとイタヤカエデにおいて新たに加入した実生はクラスター分布を示し、数センチメートルのスケールでの、同種・異種の近隣実生との近接性が、個体の生存と成長を著しく高めた。それは、土壌侵食による生残率低下を緩和する効果を持っていた。これらから、植物間の促進効果と微細な地形的異質性の相互作用が実生の生育に影響を与え、それによって実生の初期定着過程に影響を与えることが明らかになった。

次に、新規加入した実生集団の遺伝的特性と、それが実生の生残と成長に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。特に、1) 空間的に近接した攪乱地において集団間の遺伝的分化、

2) 土壌侵食が実生集団の遺伝的多様性に与える影響、3) 実生間の物理的距離と遺伝的近縁度がその成長に与える影響、という点について検討した。ALESサイトにて、優占するトドマツ実生からDNAを抽出し、MIG-seqによるゲノム解析を行った。空間的に近接する3つの攪乱地であっても実生集団には顕著な遺伝分化が認められ、強い分散制限が示唆された。加えて、土壌侵食はパッチ内の遺伝的多様性を減少させる効果を持っていた。さらに、近接個体との物理的距離と近縁性の相互作用が実生成長に有意な影響を与えることが検出された。すなわち、攪乱地での実生の定着においては、周辺の樹種の分散能力と集団の遺伝構造をその微細な空間分布と合わせて考慮すべきであることがわかった。

さらに、近隣実生における種内の遺伝的多様性が、実生の種多様性—生態系機能関係に対してもたらす帰結を操作実験により検討した。また、メタバーコーディングにより、種多様性が、土壌微生物（すなわち、菌類と細菌）の構成に与える影響についても調べた。その結果、遺伝的多様性の増加は、生態系機能に対する種多様性の相補効果を向上させることがわかった。また、実験開始から終了までの真菌群集組成の変化は、実生の種多様性の違いによって有意な影響を受けていた。加えて、土壌微生物の組成は、種多様性—生態系機能の関係にも影響することが分かった。このことは、植物の種多様性が土壌微生物群集に影響し、それが植物の成長を中心とした生態系機能にフィードバックする可能性があることを示唆している。

攪乱後の森林の再生プロセスにおいて、実生の微細な空間的・遺伝的構造、地形の不均一性、土壌微生物群集が、植物の促進作用に総合的に作用する実態が明らかになった。さらに、植物の種と遺伝的多様性が生態系機能に及ぼす相乗効果を初めて明らかにした。これらの新たな知見は、今後の森林再生・管理の発展に寄与することが期待される。

審査委員一同は、これらの成果を高く評価し、また研究者として誠実かつ熱心であり、大学院博士課程における研鑽や修得単位などもあわせ、申請者が博士（環境科学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。