



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	The effects of disturbance legacies on the long-term forest recovery after natural disturbances : Field-based and simulation evaluations focusing on windthrow and shallow landslides [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	堀田, 亘
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	甲第16102号
Issue Date	2024-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/93575
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	HOTTA_Wataru_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称： 博 士（農学）

氏名 堀 田 亘

学 位 論 文 題 名

The effects of disturbance legacies on the long-term forest recovery after natural disturbances:

Field-based and simulation evaluations focusing on windthrow and shallow landslides

（自然撓乱後の長期的な森林回復に撓乱レガシーが与える影響の解明
—風倒と斜面崩壊に着目した実測およびシミュレーション評価—）

自然撓乱は森林構造や種構成の一時的な破壊を通じ、炭素貯留などの生態系サービスに大きな影響を与える。日本は台風の通り道に位置し、暴風による風倒や集中豪雨による表層崩壊が主要な自然撓乱要因である。気候変動に伴う強い勢力の台風の襲来頻度の増加と大規模な森林倒壊が予測されており、撓乱後の速やかな森林回復を実現するための対応策が必要である。自然撓乱後に残存する前生稚樹や枯死木、土壌などは撓乱レガシーと呼ばれ、撓乱後の森林回復の起点となる。撓乱レガシーの量や種類に影響する要因として撓乱タイプと撓乱後の対応が挙げられる。例えば、風倒では多くの土壌が撓乱後も残るが、表層崩壊では生立木、枯死木、土壌の大半が流亡する。また、倒木搬出や掻き起こしは撓乱後の対応の代表例だが、前生稚樹や枯死木などの撓乱レガシーを破壊・除去するため、その後の森林回復への影響が懸念されている。しかし、各撓乱レガシーが森林回復に果たす役割の解明やそれらを踏まえた撓乱後の森林管理策の検討は不十分である。本研究では風倒と表層崩壊後の森林回復に果たす撓乱レガシーの役割を実測とシミュレーションにより評価し、撓乱レガシーを活用した森林管理の可能性について議論した。

まず、風倒後の倒木搬出による撓乱レガシー除去が森林全体の炭素蓄積に及ぼす長期的影響を評価した。北海道東大雪地域において、1954年洞爺丸台風で被害がなかった老齢林、風倒後倒木を残置した林分、風倒後倒木を搬出した林分を対象に、生立木、枯死木、堆積有機物層(O層)、鉈質土層の調査を行った。倒木搬出による生立木炭素蓄積への影響は小さかったが、広葉樹の比率が大きくなった。倒木残置林分では風倒直後に針葉樹の前生稚樹が多く生残したため、針葉樹主体の森林が形成された。一方、倒木搬出林分では前生稚樹の破壊によって空いたニッチにパイオニア種の広葉樹が侵入し、急速な成長によって前生稚樹の減少分が埋め合わされたと考えられる。最も腐朽の進行した枯死木の炭素蓄積は倒木残置林分で搬出林分よりも有意に大きく、洞爺丸台風で発生した風倒木が現存していることが示唆された。一方、どちらの林分も森林発達過程における自己間引きにより新しい枯死木が供給されたため、枯死木全体の炭素蓄積では大きな差はみられなかった。さらに、針葉樹主体の森林が形成された倒木残置林分では難分解性の針葉樹リター供給が多く、残された風倒木の分解による炭素供給も多いことでO層炭素蓄積が大きくなった。

倒木搬出による腐朽の進んだ枯死木の減少は、倒木上更新をする樹種の長期的な減少を招く可能性がある。そこで、森林景観モデル LANDIS-II に倒木上更新を実装し、北海道の針広混交林において風倒後管理が樹種構成と地上部バイオマスの回復に及ぼす長期的な影響と、風倒頻度が増加した際のそれらの影響を評価した。倒木残置、倒木搬出、倒木搬出+掻き起こしの3つの風倒後管理シナリオでシミュレーションを行った。風倒を1度受けた林分では、掻き起こしによって前生稚樹やササが破壊され裸地からの回復となったため、地上部バイオマス回復が鈍化し、パイオニア種であるカンバ類の優占林となった。風倒を50年間隔で2度受けた林分では、倒木残置シナリオに比べて倒木搬出シナリオで、2度目の風倒後に地上部バイオマス回復が鈍化し、エゾマツとアカエゾマツが激減した。倒木搬出シナリオでは、1度目の風倒後の倒木搬出で枯死木が激減したため、特に定着に枯死木を必要とするエゾマツとアカエゾマツがほぼ定着できなかった。1度目の風倒後に定着した稚樹の量や種構成の違いが、2度目の風倒後の回復の違いに表れたと考えら

れる。

日本におけるもう 1 つの重要な自然撓乱要因が表層崩壊である。表層崩壊によって移動・堆積した植生・枯死木・土壌は撓乱レガシーとして斜面上に不均質に分布し、森林回復に影響を与える可能性がある。そこで、斜面上の位置による表層崩壊後の生立木、下層植生、枯死木、表層土壌の量と生立木、下層植生の種構成の長期的変化の違いを評価した。北海道胆振・日高地方の冷温帯広葉樹林地域において、表層崩壊後の経過年数が 3~74 年以上の斜面で、斜面上の位置別に生立木、下層植生、枯死木、表層土壌の調査を行った。生立木地上部バイオマスの増加は、撓乱レガシーが豊富で斜度が小さいため表層土壌が安定している斜面下部ほど速かった。下層植生量の時系列変化は斜面上の位置によって異なり、撓乱レガシー量とその後の林冠閉鎖時期の違いによって決定された。枯死木量の時系列変化も斜面上の位置によって異なり、撓乱レガシー量の違いと森林発達過程での新たな枯死木供給によって決定された。これらの斜面上の位置に応じた変化の違いは土壌へのリター供給に影響を与え、表層土壌の炭素・窒素量の回復速度を決定した。生立木種構成では谷底部に位置し湿潤な環境の斜面下部ほど耐乾性の低い樹種が優占したほか、斜面上の位置によらず表層崩壊からの年数経過に伴い耐陰性の高い樹種が優占した。また、森林草本種の優占率の増加は、林冠閉鎖が速い斜面下部ほど速かった。撓乱レガシーが多い斜面下部ほど表層崩壊後の森林生態系の遷移や回復が速いことが示唆された。

森林動態の長期予測や気候変動下での応答予測には、表層崩壊後の森林回復のシミュレーションが求められる。そこで、斜面上の位置による斜度や土壌水分条件の違いが表層崩壊後の森林遷移に及ぼす影響を表現できるように LANDIS-II を改良した。また、改良モデルを用いて、2018 年北海道胆振東部地震で大規模な斜面崩壊が発生した北海道厚真町における表層崩壊後 100 年間の森林回復を予測した。撓乱レガシーが多い斜面では地上部バイオマス回復が速く、耐陰性の高い樹種が優占する森林が形成されやすいことが示唆された。斜度の増加は地上部バイオマスの回復を遅らせたが、撓乱レガシーが多い斜面では森林回復に果たす新規定着個体の役割が相対的に小さいため、斜度の影響は小さかった。

撓乱レガシーが森林回復に果たす役割は風倒と表層崩壊で共通していた。前生稚樹は撓乱前の種構成情報を撓乱後の森林へと継承するとともに、地上部バイオマス回復の起点となった。枯死木は稚樹の重要な定着場所として機能し、分解による土壌への栄養供給も担っていた。さらに森林土壌は樹木の成長を促進させた。撓乱後の速やかな自然林回復のために、撓乱地の位置、撓乱レガシーの状況、地域の森林タイプを考慮した撓乱後の対応の決定を提案する。まず、撓乱地が人家や林業地から遠い奥地の場合に撓乱レガシーを残すことが可能である。その中でも前生稚樹が多く残っている箇所は自然回復ポテンシャルが高いため速やかな自然林回復が期待できる。また撓乱レガシーが多く残る風倒地や表層崩壊地の斜面下部でも速やかな回復が期待できる。倒木上更新をする樹種が優占する地域では、それらの持続的な更新のために撓乱レガシーの積極的な残置が必要だろう。しかし森林所有者、林業従事者にとっては、安全性の確保や虫害、流木・土砂流出防止の観点から撓乱レガシーを残す選択が難しい可能性がある。そのため、撓乱レガシーを活用した森林管理の社会実装には、速やかな森林回復の実現に必要な十分な撓乱レガシー量や、撓乱レガシー残置に伴う二次被害の定量化が必要である。