

学位論文題名

A study on sediment characteristics
of a volcanic mudflow disturbance
on primary forest regeneration process

(火山泥流による攪乱表土構造特性が森林再生過程に
与える影響に関する研究)

学位論文内容の要旨

地表攪乱は植生遷移のための空間や基質を提供するとともに、攪乱表土の構造特性は、植生の初期侵入、成長、発達の各段階に影響を与えるものと考えられる。しかし過去のほとんどの研究は、土砂堆積と植生、植生と攪乱、土砂堆積と攪乱の関係を個別に扱ってきたものが多く、土砂堆積、植生、攪乱の三者の関係について研究された報告は少ない。そこで本研究は、地表攪乱域における森林構造特質に関わる表土構造特性を明らかにすることを目的とした。

過去の火山泥流による初期攪乱が流路沿いの森林をすべて破壊し、その後も比較的小攪乱が断続的かつ頻繁に起こっているため、ここ数十年間の植生遷移とその各段階の発達過程を把握するのに好条件であることから、最近の火山活動によってできた荒廃地を研究対象地として選定した。上記の三者の関係を明らかにするために、植生、攪乱規模、土砂堆積に関する調査を行い、森林構造については樹種、樹高、胸高直径、根本直径（稚樹）を計測し、また初期植生遷移時間を記録している年輪情報を解析した。また攪乱表土構造を明らかにするために、堆積土砂の粒度組成、水分量、炭素・窒素・硫黄量について計測した。

研究対象地とした十勝岳では、1926年に死者144人もの犠牲者と600haの森林破壊被害をもたらした。現在は針葉樹と広葉樹が上層を形成し、林床は灌木、草本、こけなどによって覆われているが、今でもなお植生遷移が始まったばかりの裸地が存在している。泥流によって洗掘域と初期堆積域が形成されたが、初期堆積域のうち流路沿いの一部分は、その後の土石流によって再度小規模攪乱を受けた再堆積域となっている。植生がほとんどない裸地状を呈する洗掘域では、yellowish-brownの溶岩やその他火山性噴出物が多い露頭で観察され、高い容積比重と圧縮度合が顕著であった。一方、初期堆積域では、土層構造が明瞭に観察された（再堆積域は不明瞭）が、またその表土特性（brownish）は堆積位置によって大きくばらついていた。

泥流攪乱域の植生状況については、ダケカンバ、アカエゾマツ、トドマツ、エゾマツ、ハンノキ、ヤナギ類などが上層を優占し、ササ、シラタマノキ、灌木、草本、こけなどが林床を覆っていたが、とくに洗掘域の上層木（針葉樹とカンバ類）は疎で发育阻害を受けていた。初期堆積域は以下の三つの林相に区分された。すなわち泥流路から離れたダケカンバ林、泥流路付近のアカエゾマツ林、

もう一つはそれらの間のエゾマツ・トドマツ林である。再堆積域ではカンバ・ハンノキ・ヤナギ類などの稚樹が優占していた。周辺の針広混交林に覆われた未攪乱域が、これら洗掘域や初期堆積域への種子供給源となっていた。初期堆積域と洗掘域との間では、樹種、密度、胸高断面積合計、樹高などが大きく異なっていた。また初期堆積域内でも三区分間で樹種や胸高断面積合計が著しく異なるとともに、再堆積域の稚樹についても、位置によって樹齢・樹高・胸高断面積合計が異なっていた。この植生遷移パターンは洗掘域、初期堆積域、再堆積域それぞれの土砂堆積特質の影響を受けて現在の森林構造になったものと思われた。

初期堆積域におけるアカエゾマツ林では、沖積性の中礫と巨礫が堆積していたが、表土は yellowish-brown から dark brown であった。一方、ダケカンバ林では地表下 20~30cm に微細砂と粗砂の層構造がみられ、50~60cm 深では泥流氾濫により堆積した中礫と巨礫がみられ、アカエゾマツ林のそれと極めて類似しているとともに、表土は鉛直方向に dark brown から dark reddish brown に変化していた。一方、エゾマツ・トドマツ林の表土は、very pale brown から dark brown の粗砂が優占していた。初期堆積域における堆積物粒径は深度に応じて大きくなり、泥流路の中心から離れるにしたがい小さくなっていた。一方、再堆積域では粗粒土砂が優占し、その礫間を微細土砂が充填していた。

初期堆積域内において表土特性の比較検討を行った結果、アカエゾマツ林はダケカンバ林とエゾマツ・トドマツ林に比べて容積比重と大径礫割合が非常に高かったが、含水率は低かった。とくに、ダケカンバ林は相対的に微細砂からなる湿潤土壌であることに特徴がみられた。再堆積域は層構造を呈しておらず、中礫の礫間を微細砂が充填していた。河川流路近傍においては含水率に有意な違いや、粒径組成にも変化は見られなかったが、流路縁辺域において含水率がより高くなる傾向も見られた。火山性荒廃地の洗掘域、初期堆積域、再堆積域では、土砂粒径と水分量が、異なる種類の植生遷移、森林構造に強く影響を与えている事が明らかとなった。

異なる表土特性で異なる種類の植生遷移が発生するかを調べるために野外発芽実験を行った結果、ダケカンバの種子は相対的に含水率が高く微細な土砂で発芽・生育がよく、一方、アカエゾマツの種子は中礫を選好した。この結果は、播種期の粒径組成が植生遷移、森林構造に強く影響を与えている事を支持している。

炭素 (C) 含有量と窒素 (N) 含有量は、未攪乱地において最高値をしめし、初期堆積域および洗掘域においては、未攪乱域から攪乱中心域へと距離に応じて低くなった。しかし再堆積域においては、C・Nの含有量は植生と微細砂の分布に応じて変動していたが、この分布の変動は、近年起こった出水による微細砂の運搬、落葉落枝の残留によりおきたものと考えられた。硫黄 (S) 含有率は荒廃地全域で高くなっており、初期堆積域および洗掘域では特徴的な分布はしていなかったが、再堆積域は火口に近づくにしたがって上昇していた。攪乱域の中心から距離に応じてCの絶対量が上昇しているにもかかわらず、CN比が減少している傾向があった。つまり、泥流発生によるCの堆積は初期遷移がはじまる攪乱域縁辺部においてより大きく、一方Sの堆積は攪乱により特徴的な堆積傾向を有していないことが予想された。

攪乱により形成された表土は、植物の発芽、天然更新、適応、生存競争に大きな影響を与える。とくに含水率と粒度組成は発芽と生育に大きな影響を与え、その結果、分布や様式を異とする植生が生育する。一般に、ある樹種は湿潤な土壌で良く成長するが、他の種は粒径の粗く乾燥した土壌

を嗜好する。また、土壌が固結した洗掘域では多くの種が成長を阻害されていた。つまり、生育に影響する粒径組成以外の要因は微細砂であり、それはその中に炭素と窒素が取り込まれているためと考えられた。

結論として以下のことが言える。植生回復に対してもっとも大きな要因となるのは攪乱そのものとその規模であり、これらが粒径組成を決め、さらに粒径組成が養分含有量を決めること、そして、山地荒廃地に均一に種子が散布された場合、初期遷移はもっとも有利な条件の場所ではじまること、すなわち、発芽時の基質となる表土の粒径組成の空間分布が初期遷移、発達、森林構造にとっておきな役割を担っていることが明らかとなった。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 新 谷 融
副 査 教 授 高 橋 邦 秀
副 査 教 授 中 村 太 士

学 位 論 文 題 名

A study on sediment characteristics of a volcanic mudflow disturbance on primary forest regeneration process

(火山泥流による攪乱表土構造特性が森林再生過程に
与える影響に関する研究)

本論文は、6章からなる図 24、表 12 を含む総ページ数 88 の欧文論文であり、他に参考論文 2 編が添えられている。

森林域における地表攪乱は、森林再生のための植生生育基盤・空間を形成するが、とくに土砂堆積によって形成される新たな表土の構造特性が、植物の初期侵入、成長、発達の各段階に影響を与えていることが考えられる。本論文は、地表攪乱域における森林再生過程に関わる表土構造特性を明らかにすることを目的としたものであり、その成果は以下のとおりである。

1926 年噴火・融雪型火山泥流災害（死者 144 名・森林破壊 600ha）によって形成された十勝岳火山泥流攪乱域を研究対象地に設定し、この攪乱域は顕著な森林再生域となりしかもその後の土石流小攪乱によって再生森林の構造変化が生じてきたことを述べ、またここ数十年間の森林構造の推移過程と土砂堆積過程を解明するための研究方法について論じている。そして攪乱後の森林構造については樹種・密度・樹高・胸高（根元）径、攪乱表土構造については露頭・掘削断面観察による土層・粒度区分ならびに表土の物理・化学特性などの計測方法について述べている。

火山泥流攪乱域を、泥流堆積土層が明瞭に観察され表土構造が場所によって大きく異なる「初期堆積域」、この初期堆積域のうち現流路沿いでその後の土石流によって再攪乱された「再堆積域」、さらに土層が溶岩・火砕流堆積物からなり表土（裸地状）が高い硬度・圧密度を示す「洗掘域」に 3 区分されるとしている。

初期堆積域は、泥流流心域のアカエゾマツ林、泥流縁辺域のダケカンバ林、その中間域のエゾマツ・トドマツ林に区分されること、現流路沿いの再堆積域は若齢の先駆広葉樹林であること、これらの再生森林構造（樹種、樹高、密度、胸高断面積合計など）が、初期堆積域内では泥流流心からの距離によって、また再堆積域においても現流路からの距離によって異なっていることなどを明らかにしている。そしてこれら森林構造の違いは、泥流・土石流の土砂堆積過程にともなう表土構造の差違によるものと示唆している。

初期堆積域においては、堆積物粒径が泥流流心に向かってまた深度に応じて大きくなる土層構造を示すこと、そしてアカエゾマツ林では主に大径（中・巨）礫から構成され土壌成分が少ないが、ダケカンバ林では微細砂・粗砂からなる厚さ 20 ～ 30cm の表土層が顕著（深さ約 30cm 下は大径礫層）に観察されること、またエゾマツ・トドマツ林は粗砂成分が多いこと、さらに再堆積域では土層構造がみられず粗砂成分が多くしかも中礫間隙を微細砂が充填していること、などの表土構造特性を抽出している。そして表土土壌特性については、初期堆積域ではアカエゾマツ林は容積比重が高く低含水率を示す一方で、ダケカンバ林は微細砂成分が多く高含水率を示すこと、さらに再堆積域では高含水率の傾向を示すものの粒径組成に明瞭な違いがないことなどを明らかにしている。

このように、泥流攪乱域では土層構造・表土土壌特性（粒径・水分率）の区分と森林構造区分とが対応していること、さらに野外播種実験ではダケカンバが高含水率・微細砂堆積域で、アカエゾマツが中礫堆積域で良好な発芽・初期生育結果を得たことから、再生森林構造の種構成は発芽定着段階の樹種特性が関与しているものと推測している。

泥流攪乱域における表土の C・N 含有量は、未攪乱域（最高値）から泥流流心に向かって低くなる傾向がうかがわれること、さらに近年の土石流による再堆積域においては C・N 含有量の変動が微細砂・植生分布に対応していることからみて、これらは泥流・土石流の土砂（微細砂・落葉落枝）堆積過程の違いによるものと考察している。また S 含有量は泥流攪乱域全域で高い値を示すが、とくに近年の噴火口に近い再堆積域で最高値を示していることを指摘している。

以上の結果から、森林再生（種子発芽・定着・競合）に大きな影響を与える表土構造特性（土層構造・粒度組成・水分条件）は土砂堆積過程に依存すること、そして土砂堆積過程の時空間的差異が、再生森林の分布・構造の差異をもたらすものと結論している。また堆積土層・表土構造の決定要因として攪乱規模が重要であること、さらに植生回復初期（種子発芽）時点における表土粒径組成（微細砂成分）の空間分布が森林再生過程にとって重要な役割を担っていることなどを指摘している。

以上のように、本論文は火山泥流攪乱後の再生森林構造と表土構造特性の関係を明らかにしたもので、その成果は学術・応用両面から高く評価される。よって審査員一同はヨガナス・アディカリが博士（農学）の学位を受ける十分な資格があるものと認めた。