

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 15 日現在

機関番号：13601

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24501288

研究課題名(和文) 中部山岳地域の亜高山帯における地表環境特性が森林動態に与える影響の解明

研究課題名(英文) Forest dynamics relationships with the geo-surface processes on the sub-alpine slopes in the Japanese Alps region

研究代表者

佐々木 明彦(SASAKI, Akihiko)

信州大学・先鋭領域融合研究群山岳科学研究所・研究員

研究者番号：20608848

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、亜高山帯斜面における地表環境特性を定量的に捉え、同時に亜高山帯針葉樹林の動態を明らかにして、両者の関係を明確にすることを目的としている。乗鞍岳、常念岳、妙高火打山、苗場山の亜高山帯を主たる調査地とし、比較研究として涸沢、白馬岳、赤石岳、蔵王山、鳥海山を、それぞれ調査の対象地に加えた。亜高山帯では、地表流による表土の侵食や土層の凍結融解によるソイルクリープが生じ、また融雪初期には積雪のグライドが発生する。林分内外でのオオシラビソの実生のモニタリングの結果、秋季に発生するソイルクリープと春季に生じる積雪グライドが実生の生存阻害に働いていることが推定された。

研究成果の概要(英文)：This study aims to clarify the relationships between geo-surface processes on the sub-alpine slopes and forest dynamics of the subalpine coniferous forests. On the sub-alpine slopes, the surface flow from rain and snowpack often occur. Soil creep by the diurnal freeze-thaw cycles on autumn are also important as slope surface processes. In addition, glide of snow cover is estimated to be act to slope surface. On the other hands, first-year seedlings establish on the forest floor and surroundings until late autumn. First-year seedlings do not receive impact from the surface flow, and they stay alive until late autumn. The first-year seedlings are estimated to be receive impact from the soil creep and glide of snow cover.

研究分野：地理学

キーワード：亜高山帯 針葉樹林 物資移動 森林動態

1. 研究開始当初の背景

東北日本の日本海側多雪山地では、亜高山帯に相当する高度帯であるにもかかわらず、本来の優占種である亜高山帯針葉樹林が小林分をつくるに過ぎなかったり、欠如することが多い。亜高山帯針葉樹林に代わって、その領域は落葉広葉低木林やチシマザサ群落、草本群落に占められ、さながら高山帯のような景観を呈する。この植生帯は古くから「偽高山帯」とよばれ、日本海側多雪山地を特徴づける主要な景観要素とされてきた(たとえば、四手井, 1952)。

偽高山帯の成因の解明は、同地域における自然史の一端を明らかにするだけでなく、植物種の遺存・隔離や分化を考える際の重要な資料になりうることから、自然地理学や植物生態学の分野における重要な課題とされている(たとえば、杉田, 2002)。偽高山帯の成因に関する議論が開始された当初は、積雪や冬季の強風による亜高山帯針葉樹林の分布の制限など、環境要因による樹木の生育阻害に成因を求める研究が多くみられた(たとえば、石塚, 1978)。その後、花粉分析的研究によって東北日本における完新世の植生変遷が明らかになるにつれ、現在の亜高山帯針葉樹林の主要樹種であるオオシラビソは完新世後半に分布を拡大したことが明らかになり、更新世末期から現在にかけての気候変動にともなって亜高山帯針葉樹林を構成する樹種が変化したとする、地史と植物生態両面からの議論がなされるようになった(たとえば、梶, 1982)。また、守田(2000)は、オオシラビソ林の拡大開始が各山岳で異なることを花粉分析的研究によって明らかにし、オオシラビソ林の拡大開始が早い山岳では亜高山帯針葉樹林が成立し、一方それが遅い山岳は偽高山帯となっていることを明らかにした。このオオシラビソ林の拡大開始期や拡大速度を遅らせる原因こそが偽高山帯の成因であると考えられるが、それは解明されていない。

オオシラビソ林の拡大には、種子の散布、種子の発芽、実生の定着と生長という一連のプロセスが完遂し、次世代への幼樹として生存できることが必要である。したがって、林床の状況と実生の定着状況の対応を検討することは偽高山帯の成因を探るうえで重要であると考えられる。オオシラビソ林の実生と林床の関係については、たとえば、林床にササが卓越するとそのリターによって実生の定着が阻害され、一方、土層が薄いとササが林床に進入できず、オオシラビソの実生の定着が可能となる(若松・菊池, 2006)などの研究成果がある。これに対し、研究代表者は、偽高山帯における地表環境変動を地形や土層の発達史にもとづき明らかにしてきた。すなわち、氷期の周氷河帯の下限と現在の亜高山帯の下限はほぼ一致し、氷期に周氷河帯だった斜面には、後氷期初頭にササ原や雪田草本群落、広葉低木林が成立し、偽高山帯と

なった(たとえば、Sasaki, 2003)。また完新世の気候変動にともない、偽高山帯では5000年前~1000年前に雪田の消雪の遅れなどの地表環境の変動が生じたことが明らかとなった(佐々木, 2004)。研究代表者はこれらの研究の過程で、オオシラビソ林の分布拡大の遅れには地表環境の変動が関与した可能性があると考えに至り、本研究を立案した。

石塚和雄(1978): 多雪山地亜高山帯の植生(総合抄録). 吉岡邦二博士追悼論文集出版会編: 「吉岡邦二博士追悼植物生態論集」, 東北植物生態談話会, 404-428.

梶 幹男(1982): 亜高山性針葉樹の生態地理学的研究-オオシラビソの分布パターンと温暖期気候の影響-. 東京大学農学部演習林報告, 72, 31-120.

守田益宗(2000): 最終氷期以降における亜高山帯植生の変遷-気候温暖期に森林帯は上昇したか?-. 植生史研究, 9, 3-20.

Sasaki, A. (2003): Holocene vegetation changes inferred from soil stratigraphy on Mt. Sumon-dake, central Japan. *Supplementi di Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 6, 85-89.

佐々木明彦(2004): 鳥海山における残雪凹地の多重構造とその形成過程. 駿台史学, 123, 29-48.

四手井綱英(1952): 奥羽地方の森林帯(予報). 日林東北支部会報. 2(2), 2~7.

杉田久志(2002): 偽高山帯の謎をさぐる-亜高山帯植生における背腹構造の成立史- 梶本卓也・大丸裕武・杉田久志編著『雪山の生態学』170-191. 東海大学出版会.

若松伸彦・菊池多賀夫(2006): 奥羽山脈栗駒山に断片的にみられるオオシラビソ林の立地環境について. 森林立地学会誌, 48, 33-41.

2. 研究の目的

本研究は、これまで議論されることがほとんど無かった亜高山帯斜面における地表環境特性を定量的に捉え、同時に亜高山帯針葉樹林の動態を明らかにして、亜高山帯における地表環境特性と森林動態の関係を明確にするものである。亜高山帯針葉樹林の動態に関するこれまでの研究では、樹木の立地は斜面の傾斜や方位など静的な視点で議論され、森林と斜面の両者が動的に扱われることはほとんどなかった。亜高山帯針葉樹林の動態を、森林構造の記載と特に実生・稚樹のモニタリングによって明らかにし、同時に地表環境特性を明らかにして、それぞれ動的な両者の関係を解明することを目的とする。現在の地表環境特性と森林動態との関係を鍵にすることで、亜高山帯針葉樹林が破綻し草原となっている「偽高山帯」植生の成因を説明することも可能となる。研究対象地は中部山岳域の乗鞍岳、常念岳、妙高火打山、苗場山の

亜高山帯を主とするが、地表環境特性の比較研究として涸沢と白馬岳、南アルプス赤石岳を、森林動態の比較研究として蔵王山と鳥海山を、それぞれ調査の対象地に加えた。

3. 研究の方法

はじめに研究対象の亜高山帯針葉樹林の地形分布図および植生図を大縮尺の空中写真の判読により作成し、対象地域の地形・植生分布を予察するとともに、詳細調査適地を選定した。この結果を受けて、乗鞍岳、常念岳、蔵王山において、調査対象区を設定し、微地形、表層土層、林床の状況から地表環境を区分した。また、同調査区の樹木の毎木調査を行い、森林構造を明らかにした。各調査区において、数カ所のコドラート(2m×2m)を設置し、セディメントトラップや侵食ピンを用いた物質移動量の観測を行うとともに、実生・稚樹の分布状況調査を1ヶ月に1回程度実施し、その変化を記録した。妙高火打山では最終年度にセディメントトラップと侵食ピンを設置し、観測を開始した。

地形・植生の調査に先駆けて、各調査地において気温、地温、降水量の観測を行った。また、蔵王山では、実生や地表に与える積雪の挙動を明らかにするために、グライド計を設置し、観測を行った。

北アルプス南部地域の積雪深分布を明らかにすること、およびその調査方法を構築するために高精度 GPS 受信機を用いた測量を実施した。

赤石岳と白馬岳では、地表環境特性の変化をとらえるために地形調査を実施した。

鳥海山と苗場山では、過去から現在への森林動態の変化を明らかにするため、堆積物の調査を行った。

4. 研究成果

(1) 地表環境特性と実生の生存状況

各調査地において、地表面で働く作用は地表流による表土の侵食・運搬と表土の凍結融解によるソイルクリープであることが明らかとなった。前者については、侵食・堆積の量は最大でも3mm厚ほどで、消雪以降の期間毎の物質移動量は期間毎の日降水量の多少との関係が良好であった。したがって、地表流による物質移動は降雨強度の強さに規制されるといえるが、それがどの程度なのかは明らかになっていない。データ回収の頻度を多くするなどの工夫が必要である。後者については、1cm深での日周期の凍結融解サイクルが秋季に数回認められるが、10cm深ではそれは認められなかった。土層に埋設したマーカーが地表から1cm深程度まで変形していることから、凍結融解作用によるソイルクリープがごく表面だけで発生していると考えられる。ただし、それは林床がリターにほとんど覆われていない場合に限られる。また、林内では積雪のグライドが融雪初期に数度生じているが、その移動量は1回当たり1cm

から2cm程度であった。

森林動態はオオシラビソの実生・稚樹の生存状況から把握した。オオシラビソ林内とその周囲には当年生実生が分布しているが、いずれの場所でも稚樹レベルの個体数は非常に少なかった。当年生実生は、地表流が発生する夏季～秋季に数をほとんど減らすことなく生存するが、冬季～春季を越して消雪後にはそれらはほとんど残らないことが明らかとなった。したがって、深さ数mmに影響を与える地表流による物質移動は、実生の生長阻害にはほとんど効いていないと考えられる。一方、秋季に発生する土層の凍結融解作用は、実生の根切れを生じさせている可能性がある。これについては、根雪直前まで実生を観察を実施するか、インターバルカメラなどを用いて実生をモニタリングすることで明確化できると考えられる。また、わずかに発生する積雪グライドは融雪初期に地表に影響を与え、実生を引き抜いている可能性があるが、両者の関係を明らかにするには至っていない。死亡する実生をトラップし、実生の状態を観察する必要がある。

いずれにしても、林内では100年程度の間数個体が幼樹クラスまで生存できれば、後継木となり得るが、林外でこの状況が続くならば林分の分布拡大は困難である。花粉分析的研究では過去3000年間、場所によっては数百年間に、オオシラビソ林が広範に拡大したことが明らかになっているが、現在の森林動態はそれとは明らかに異なっている。現在の亜高山帯の森林分布は極相といえるのかも知れない。

(2) 積雪深分布の測量

中部山岳の上高地周辺の積雪深分布を明らかにするために、涸沢において高精度 GPS 受信機を用いて4月半ば以降の積雪表面の測量を行った。得られた座標値を用いて積雪表面の1m×1mのラスタを作成した。地表面のデータにはDEMを用い、同様に1m×1mのラスタを作成した。積雪表面の標高から地表標高を差し引くことで積雪深が明らかになる。一般に4月半ばは最大積雪深となることが知られており、これ以降、月1度程度の測量を繰り返すことで積雪深分布から融雪過程を明らかにした。涸沢では圏谷底で4月に最大約23mの積雪がある。積雪は気温の上昇と対応して減っていくが、斜面の向きによる日射量の違いも融雪に効いているようである。こうした方法は、森林内の積雪分布を明らかにするために活用できる可能性があるが、測位時間の延長など、枝葉からの反射波を取り除くことが必要になるであろう。

(3) 赤石岳大聖寺平における地表環境特性

赤石岳の大聖寺平では、従来より雪窪の形成過程を明らかにするための研究を行ってきたが、形成年代や環境変化の年代の根拠となるのは、土層に介在する鬼界アカホヤテフ

ラ(7.3ka)のみであった。そこで、斜面構成物の放射性年代測定を実施し、雪窟の形成過程から完新世の山岳域における環境変動を明らかにした。雪窟を形成する作用が活発に働いたのは早くとも MIS4 以降であり、寒冷な気候下で巨大な礫質ロウプが雪窟表面に多数形成された。その作用は少なくとも完新世に入るころには弱まり、雪窟の周縁部には植生が定着し、土層に覆われた。しかし、5.6 ka 以降のある時期や 1.2 ka ころに土層に覆われて安定化していた部分の一部が侵食された。これは汎世界的な寒冷化による残雪の滞留期間の延長によると考えられる。

(4)白馬岳の高山帯における地表環境特性

白馬岳の高山帯では 2009 年 5 月に山火事が発生し、ハイマツ群落が焼失した。こうした攪乱が地表環境にどのような影響を与えるかを明らかにするためにハイマツ焼失域とハイマツ非焼失域の双方で、それぞれ 1cm 深、10cm 深、40cm 深に温度計を埋設し、地温の観測を実施した。また、両群落にグライド計を設置し、グライド量を明らかにした。ハイマツ非焼失域では、秋季から冬季にかけて地温が徐々に低下し、2月に最低となる。その後、積雪の断熱によって地温は昇温し、3月半ばから5月終わりまで0 で推移する。季節凍土と融解水が混じり合って存在する、いわゆるゼロカーテンとなる。この間、各深度とも年周期の凍結融解が生じるだけで、日周期の凍結融解は生じていない。一方、ハイマツ焼失域では、山火事から2年間は非焼失ハイマツ群落の地温状況と同様に推移したが、2年後以降は、1cm 深で秋季と春季に日周期の凍結融解を 10 数回繰り返すようになった。また、1cm 深ではゼロカーテンも認められなくなった。秋季や春季に日周期の凍結融解が生じるようになったのは、ハイマツのリターの供給が途絶えると同時に地表流などでリターが流出し、リター層の厚さが減少したために地表の断熱効果が減じたためであると結論づけられた。また、積雪グライドはハイマツ非焼失域ではほとんど生じないが、ハイマツ焼失域では数 cm ~ 10 数 cm の積雪グライドが生じることが明らかとなった。ハイマツの葉が焼失し、枝幹も枯死したことで、積雪底の摩擦力が弱まったと考えられる。

(5)鳥海山における晩氷期の植生

鳥海山の亜高山帯は、現在、亜高山帯針葉樹林を欠く、偽高山帯となっている。鳥海山北東麓に分布する後期更新統の七高山溶岩にパックされた木材化石を含む 2 層の泥炭層を見だし、それらの堆積年代を放射性炭素年代を測定した。その結果、2 層の泥炭層はいずれも晩氷期の 1.4 万年前、1.1 万年前頃に生成・堆積したことが明らかとなった。そこで、泥炭層の花粉分析と木材化石の同定結果から晩氷期における鳥海山の古植生を空間的に復元した。

約 14 ka の鳥海山では、晩氷期の温暖化によって減少した亜寒帯性針葉樹の空白域を埋めるように、多雪環境に強く、かつ先駆性の高いダケカンバ、ミヤマハノキ、ミネカエデなどの低木林を中心とした偽高山帯のような植生景観が標高 700 m 付近に広がっていたと考えられる。その後、約 14 ~ 11 ka には、ダケカンバやミネカエデを主体とした低木林の植生景観が継続していた。この時期になると亜寒帯性針葉樹はほぼ消滅し、湿原やその周辺にはカエデ属やガマズミ属の矮性低木、オオイトドリなどの草本植生に覆われたと考えられる。

(6)苗場山の亜高山帯の形成

苗場山の亜高山帯景観は火山を開析する地すべりの活動によって形成された山体と氷期における周氷河作用によって形成された山頂部をベースにしている。苗場山の山頂緩斜面には現在オオシラビソ林と湿原が成立しているが、斜面を覆う泥炭層の下位にみられる砂礫層は氷期に形成された周氷河砂礫層である。これには浅間草津テフラ(16 ka)が介在している。浅間草津テフラを介在させる周氷河砂礫層は標高 1600 m までみることができる。したがって、16 ka 頃の苗場山では、山頂部から標高 1600 m 付近までが植生に乏しい砂礫斜面だったことが明らかである。一方、標高 1600 m ~ 1700 m 付近では周氷河砂礫層を埋没泥炭層が覆っていて、それには鬼界アカホヤテフラ(7.3 ka)が介在するので、7.3 ka 頃の標高 1600 m ~ 1700 m 付近にはオオシラビソ林は分布せず、湿性の草原が成立していたと考えられる。苗場山山麓では過去 9000 年にわたりブナ林が継続的に成立してきたことが花粉分析から明らかになっており(安藤ほか, 2008)、苗場山北東斜面の湿原堆積物の花粉分析から約 3 ka にオオシラビソの花粉が増加することも明らかとなっている(梶, 1982)。したがって、オオシラビソ林は 3 ka 以降に分布を拡大し始め、現在までに亜高山帯の広い範囲を占めるようになったが、依然として約 8 ka に成立した草原・湿原が残っているということになる。すなわち、現在は偽高山帯が縮小していく途上にあるといえる。

安藤悠大・高原 光・佐々木尚子・辻野 亮 (2009): 苗場山西麓のイタツンバおよび三合目湿地堆積物の花粉分析からみた完新世の植生変遷。日本花粉学会第 50 回大会講演要旨集, 46 頁

梶 幹男(1982): 亜高山性針葉樹の生態地理学的研究-オオシラビソの分布パターンと温暖期気候の影響-。東京大学農学部演習林報告, 72, 31-120。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 4 件)

佐々木明彦, 蔵王火山の亜高山帯における気温の通年観測. 国土館大学地理学報告, 23, pp.17-23, 2015, 査読無し. doi および URL なし

吉田明弘・佐々木明彦・大山幹成・箱崎真隆・伊藤晶文, 晩氷期の鳥海山における植生復元およびグイマツの立地環境. 植生史研究, 23, pp.21-26, 2014, 査読有り. http://hisbot.jp/journals/backnumber/2301_2014

佐々木明彦・長谷川裕彦・増沢武弘, 南アルプス南部, 大聖寺平に分布する雪窟の形成過程. 地学雑誌, 122, pp.694-708, 2013, 査読有り.

doi:10.5026/jgeography.122.694

佐々木明彦・苅谷愛彦・池田 敦・鈴木啓助, 白馬岳高山帯の山火事跡地における地表環境のモニタリング. 山岳文化学会論集, 10, pp.57-64, 2013, 査読有り. doi および URL なし

〔学会発表〕(計 10 件)

佐々木明彦・苅谷愛彦・鈴木啓助, 白馬岳高山帯における山火事発生後の地表環境のモニタリング. 地球惑星科学連合大会 2015, 2015.5.25, 千葉市幕張メッセ.

佐々木明彦・鈴木啓助, 北アルプス潤沢圏谷における積雪深の観測. 日本山岳文化学会第 12 回大会, 2014.11.29, 東京慈恵会医科大学.

佐々木明彦・鈴木啓助, 北アルプス潤沢圏谷における GPS を用いた積雪深分布の把握. 雪氷研究大会 (2014・八戸), 2014.9.18, 八戸工業大学.

佐々木明彦・苅谷愛彦・池田 敦・鈴木啓助, 白馬岳高山帯における山火事発生後の地表環境の変化. 地球惑星科学連合大会 2014, 2014.4.28, 横浜市パシフィコ横浜. Sasaki, A. and Suzuki, K., Snow Depth Measurement using GPS on Karasawa Cirque, Japanese Northern Alps. American Geophysical Union Fall Meeting 2013, 2013.12.12, Moscone Center, San Francisco, CA, USA.

Suzuki, K. and Sasaki, A., Measurement of snow depth distribution in the Kamikochi-Azusa river basin using an airborne laser scanning. American Geophysical Union Fall Meeting 2013, 2013.12.12, Moscone Center, San Francisco, CA, USA.

佐々木明彦・鈴木啓助, 北アルプス潤沢圏谷における GPS を用いた積雪深観測. 雪氷研究大会 (2013・北見), 2013.9.18, 北見工業大学.

佐々木明彦・苅谷愛彦・池田 敦・鈴木啓助, 白馬岳高山帯の山火事跡地における地表環境の変化. 地球惑星科学連合大会 2013, 2013.5.23, 千葉市幕張メッセ.

佐々木明彦・朝日克彦・鈴木啓助 (2012): キネマティック GPS による潤沢圏谷における積雪深観測. 雪氷研究大会 (2012・福山), 2012.9.24-26, 福山市立大学.

佐々木明彦・苅谷愛彦・池田 敦・鈴木啓助 (2012): 白馬岳高山帯の山火事跡地における地表環境のモニタリング. 地球惑星科学連合大会 2012, 2012.5.20, 千葉市幕張メッセ.

〔図書〕(計 1 件)

佐々木明彦・長谷川裕彦, 秋山の地形と森林. 白水 智編著『新・秋山紀行』. 高志出版, pp.16-35, 2012.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐々木 明彦 (SASAKI, Akihiko)
信州大学・先鋭領域融合研究群山岳科学研究所・研究員
研究者番号: 20608848

(2) 研究分担者

山縣 耕太郎 (YAMAGATA, Kotaro)
上越教育大学・学校教育研究科・准教授
研究者番号: 80239855

鈴木 啓助 (SUZUKI, Keisuke)
信州大学・学術研究院理学系・教授
研究者番号: 60145662