

# 南アルプス大規模雪崩跡地における高木性樹木の更新初期状態

信州大学大学院 みやぎ こう 宮城 昂

## 要旨

2017年、長野県黒河内国有林において森林被害をともなう大規模な雪崩が発生しました。さらなる雪崩被害の防止のために速やかな森林回復が求められます。本研究では大規模雪崩が亜高山帯林の更新におよぼす要因を検討し、森林回復過程を考察しました。ベルトプロットを設置し主要5樹種の個体数密度を調べた結果、前生樹は地表攪乱弱部に多く残存し、後生実生の成立密度は種子供給に制限されていました。その結果、雪崩跡地の更新は空間的に不均一になると考えられました。

## はじめに

近年の気候変動により、雪崩の大規模化・高頻度化が危惧されています(Nadim et al. 2006, Patten and Knight 1994)。それにより新たな森林被害地の増加が予測されます(Bebi et al. 2009)。無立木状態の継続は雪崩の頻度上昇や面積拡大をもたらすことが知られており(Casteller et al. 2018)、速やかな森林回復が求められます。雪崩跡地における更新には主に残存した前生個体が寄与し、後生個体は定着が妨げられることが報告されています(Kajimoto et al. 2004)。雪崩は急傾斜地・ササ地で発生しやすいことから(国土交通省 2008)、雪崩後の継続した土壌の削剥、回復したササによる被圧が発生します(南・渡邊 2007, Kajimoto et al. 2004)。かつ母樹の破壊を伴うため(小野寺 1979)後生個体の定着が阻害されます。一方、本研究で対象とした藪沢雪崩跡地は比較的緩傾斜であるとともにササが生育しておらず、従来の報告とは異なる環境でした。そのため後生個体も定着できるという仮説のもと、森林回復に寄与する高木種の空間分布を調べ、森林回復過程を考察することを目的としました。加えて、大規模雪崩が亜高山帯林の更新におよぼす要因を検討しました。

## 1 調査地と方法

### (1) 藪沢雪崩の概況

2017年2月に発生したと推定される(福山 未発表)藪沢雪崩は、稜線付近の標高約2600mから標高1900mまで流下し、下方の亜高山帯林におよそ4.1haの被害をもたらしました(図-1)。傾斜は発生区で平均 $43^\circ$ 、走路の中ほどで平均 $34^\circ$ 、森林被害地で平均 $20^\circ$ 、見通し角(流路末端から発生区の仰角)は $33^\circ$ でした(石澤 未発表)。直径60cm程度の大径木を含む森林が構成されていたことが、雪崩斜面上に堆積した倒木から推定されました。ほぼ全ての樹木が幹折れ・根返りといった被害を受けており、かつその多くが斜面下部に流されていたことから、雪崩の威力の大きさが伺えます。



図 1. 藪沢雪崩の流路 実線：雪崩範囲，斜線：森林被害範囲，破線：稜線

## (2) 雪崩斜面上の植生

2017年に森林被害を受けた場所を調査地としました。雪崩発生から2年が経過していたものの雪崩跡地の植生は貧弱でした。亜高山帯林を形成していた高木種は、最大で樹高50cm程度の前生稚樹が残存していました。雪崩の発生後に侵入した後生実生や調査年に発芽した当年実生も確認されました。その他はイネ科・スゲ科草本、キイチゴ類およびシダ類が目立って出現しました。また、亜高山帯林の林床に生育するコケ類、コミヤマカタバミ、マイヅルソウなども出現し、それらがまばらに生育している状態でした。

## (3) プロット(図-2)

森林被害地の標高約2000mに、斜面と直交する100mのベルトプロットを設置しました。20×20mの大プロット5つから構成され、うち1つは残存した森林部、残りの4つは雪崩跡地上に位置します。森林部の大プロットをND、雪崩跡地上は森林との境界から順番にD1～D4としました。加えて、その下底に1×1mの小プロットを連続して100個設置しました。



図 2. プロット位置 白線：大プロット  
破線：雪崩範囲

## (4) 調査項目

主要構成種であるコメツガ、シラビソ類（シラビソ・オオシラビソを区別しない）、トウヒ、カラマツ、ダケカンバを対象としました。NDにおいて樹高1.3m以上の個体について胸高直径を計測しました。ND～D4で比較的樹齢の高い前生個体の節間長(図-3)を計測し、年伸長成長量を算出しました。このとき、節間数＝樹齢とし、樹齢4年以上の個体を前生個体、樹齢4年未満の個体を後生個体としました。

1×1mの小プロットにおいて、樹種ごとに前生個体および後生個体の個体数を計測しました。同時に基質（リター、コケ、倒木、鉦質土壌）の被覆率を判読しました。



図 3. オオシラビソの節 破線で囲まれた箇所  
が節であり、年に1つ形成される。節間長を矢  
印で示した。

## (5) 解析方法

小プロットを大プロットと同様20mごとに区切って解析を行いました。各計測項目について、NDからD4の間に差があるかどうかを検定しました（Kruskal-Wallis検定、Steel-Dwass検定、 $\alpha = 0.05$ ）。

## 2 結果

### (1) 残存した森林部(図-4、図-5)

雪崩跡地に隣接する残存した森林部ではコメツガ、シラビソ類、トウヒが出現し、その直径は3.5cmから99.7cmでした。比較的大径のトウヒが散発的に出現し、コメツガが中径から大径、シラビソ類が小径から中径を構成していたことから、典型的な亜高山帯針葉樹林であると判断しました。



林床はコケ類がパッチ状に生育しており、植被率が35%であったことからコケ型林床であると判断しました。草本種は単生し、草本層（0.4m以下；木本種の小個体も含む）の植被率は4%と低い値でした。土壌は褐色森林土で適潤を示し、表面は針葉リターに覆われていました。コケ類は堆積したリター上、もしくは腐朽した倒木上に生育していました。

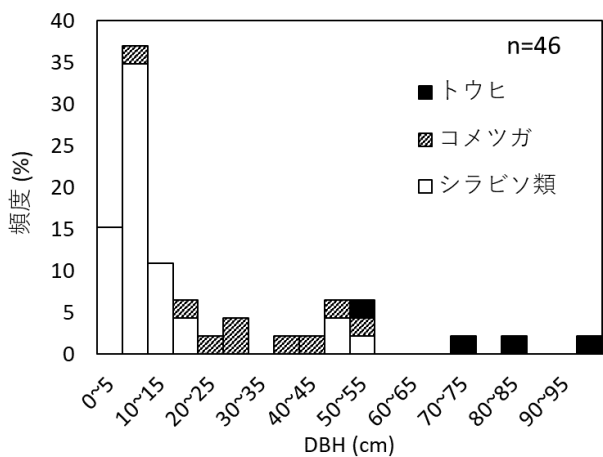


図 4. ND の胸高直径階分布

図 5. 森林部の様子

(2) 基質の被覆率 (図-6、図-7、図-8)

各基質の占める割合はプロット位置によって大きく異なりました。コケの被覆率は、攪乱を受けていないNDに対しD1で同程度、D2~D4で有意に低くなりました。一方、リターの被覆率はNDとD1が同程度、D2~D4がそれより高い傾向を示しました。

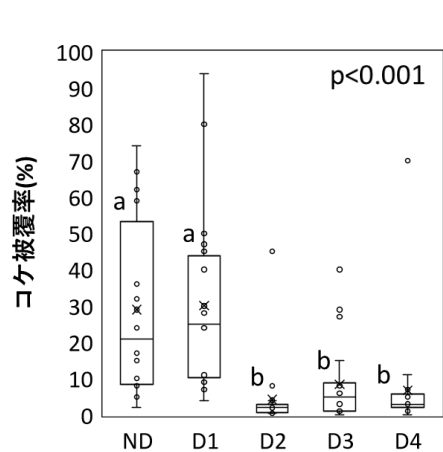


図 6. コケの被覆率

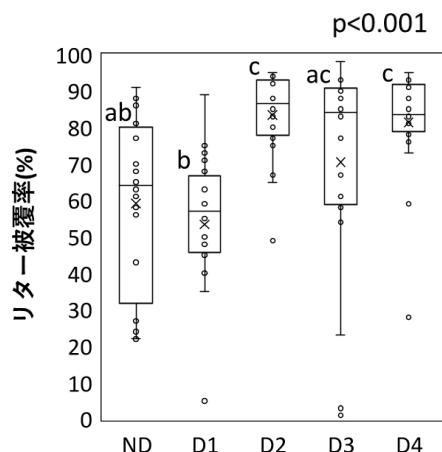


図 7. リターの被覆率



図 8. 地表の様子 左：ND，中央：D1，右：D3

(3) 前生個体の個体数密度 (図-9)

コメツガ, シラビソ類, トウヒの3種が出現しました。コメツガおよびシラビソ類の個体数密度はそれぞれNDに対しD1で同程度, 対してD2~D4もしくはD2~D3で有意に低くなりました。トウヒは個体数密度が低く, ND~D4にかけて差はありませんでした。

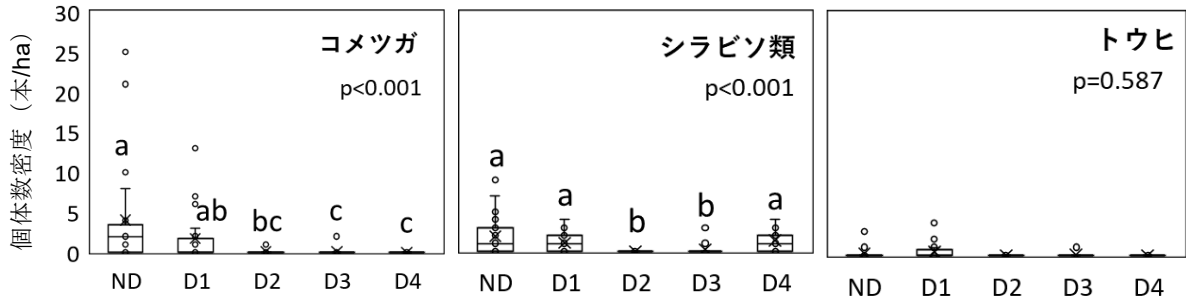


図 9. 種ごとの前生個体数密度

(4) 前生個体の成長 : 雪崩前後の比較 (図-10)

節間の計測により遡ることができた年数はコメツガで最大14年, シラビソ類で最大12年, トウヒで最大23年でした。雪崩の発生した2017年を境に伸長成長が促進された個体は, コメツガで計測個体11体中4個体, シラビソ類で12個体中9個体, トウヒで12個体中5個体が確認されました。個体間や各年間のばらつきは大きいものの, 成長量は雪崩発生前に比較的小さい状態が継続していたことが伺えます。一方, 雪崩発生後は多くの個体で成長が改善されました。加えて, 成長量が低下した個体は確認されませんでした。

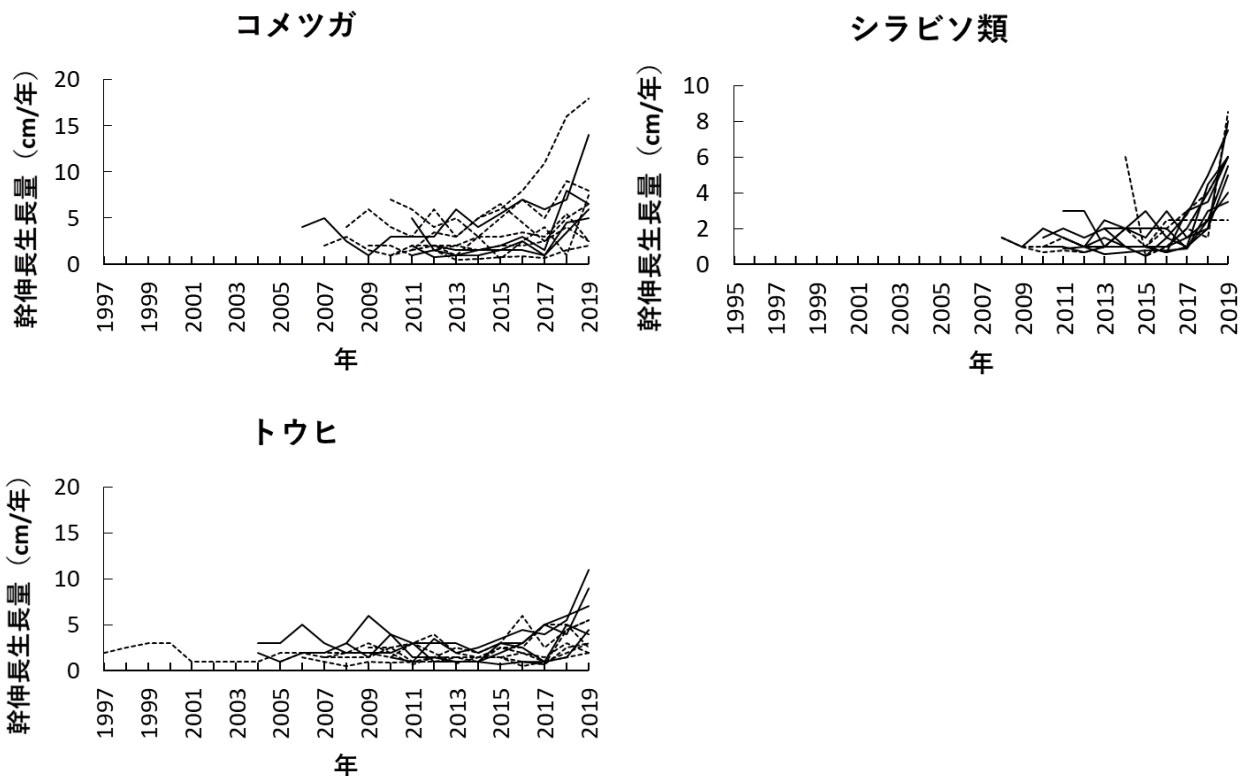


図 10. 前生個体の伸長量の年変化 実線 : 成長促進個体, 破線 : その他の個体

### (5) 後生個体の個体数密度 (図-11)

コメツガ・シラビソ類・トウヒとカラマツ・ダケカンバは異なる傾向を示しました。まず前者3種の個体数密度はNDで最も高くなり、それに対してD1は有意に低く、D2～D4はさらに低くなりました。一方、後者2種のうちカラマツはNDとD4の間にのみ有意差が確認されました。しかしながらD1～D3とND・D4の間に差はありませんでした。ダケカンバではプロット間の差は認められませんでした。したがって、前者3種は森林から遠くなるにつれ指数関数的に少なくなる分布、後者2種は一様な分布であることが確認されました。

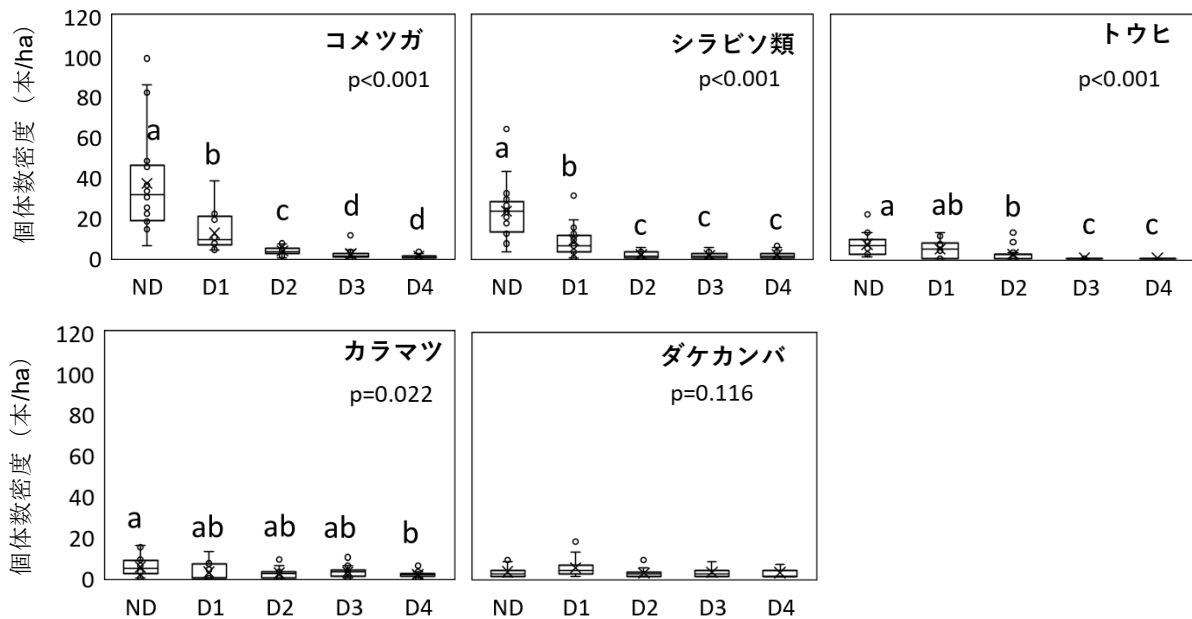


図 11. 種ごとの後生個体数密度

## 3 考察

### (1) 地表攪乱強度と前生個体の残存

雪崩は地表の削剥をとともう場合があります。本調査地ではコケ類の被覆率を地表攪乱強度の指標としました。D1のコケ類の被覆率がNDと同程度であったことから、D1は地表攪乱をほとんど受けていないことが示唆されました。一方D2～D4はコケ類の被覆率が有意に低かったことから地表攪乱が相対的に強かったと考えられます。しかしながら、地表攪乱強部においてもリターの被覆率が高いことから、削剥はコケ層にとどまり表層土壌の削剥はほとんど無かったことが示されました。コメツガ、シラビソの前生個体がコケの被覆率の高いプロットで多かったことから、前生個体は地表攪乱が弱い立地に残存したと考えられました。

### (2) 雪崩跡地における前生個体の成長

年伸長成長量は雪崩の発生を境に増加する傾向がありました。増加傾向になかった個体についても雪崩前と同程度の伸長成長がみられ、樹木群落の速やかな形成に寄与すると考えられます。雪崩跡地において前生個体の成長は促進されることが知られています(梨本・石井 1999a, Kajimoto et al. 2004)。梨本・石井(1999a)は富士山の雪崩跡地において、シラビソの前生個体が局所的に残存し、比較的速やかに低木群落を形成することを示しました。一方Kajimoto et al. (2004)はオオシラビソ前生個体の成長促進は10年程度にとどまり、その原因はササの回復による被陰であるとししました。このことから、前生個体の成長は被陰の有無により決定づけられると考えられます。本調査地に

はササが生育しておらず、被陰は発生しづらいことが予測されますが、キイチゴ類が出現しました。そのため、キイチゴ類の今後の生育およびその前生個体の生育に対する影響を明らかにする必要があります。

### (3) 雪崩跡地における後生個体の空間分布

後生個体の分布は種子供給に制限されると考えられました。常緑針葉樹3種（コメツガ・シラビソ類・トウヒ）の後生個体数密度は、森林部から遠くなるにしたがい指数関数的に減少する傾向がみられました。一方、先駆性樹種2種（カラマツ、ダケカンバ）は一様な個体数密度を示しました。風散布種子の落下量は林内と比べて林外で著しく少なくなり、林縁からの距離が遠くなるにつれ漸減します(井上 1959)。常緑針葉樹種はNDに母樹となる大個体が存在したことで種子散布量の勾配が明瞭に形成され、それが後生個体数密度に反映されたと考えられます。先駆性樹種はNDに母樹が存在せず、より遠方が種子源となっていることが推察されます。そのため、プロット内において種子散布量の勾配が形成されず、後生個体数密度が一様になったと考えられます。また、D2～D4では常緑針葉樹種の個体数密度が低くなることで先駆性樹種の個体数割合が40～65%と相対的に高くなりました。その結果、更新初期の優占種が種子供給の勾配に沿って移行することが示唆されました。

### (4) 森林回復過程

以上のことから、D1では前生個体が主体となり比較的速やかな、対してD2～D4では後生個体が主体となり比較的緩やかな天然更新が行われると考えられます。加えて、種組成もD1とD2～D4で異なることが示唆されました。シラビソ前生個体が残存した立地において、カラマツ・ダケカンバ後生個体の定着は雪崩から2～3年に限られ、さらに20年弱でシラビソが低木群落を形成し下層の後生個体を被圧することが報告されています(梨本・石井 1999a)。加えて、後生個体が主体となる立地ではカラマツおよびダケカンバが特異的に出現し、2種の混交林またはどちらかが優占する群落が形成されます(梨本ら 1999b)。したがって、D1ではコメツガ・シラビソ・トウヒの前生個体が優占することが推察されます。対して、D2～D4では先駆性樹種（カラマツ・ダケカンバ）のみならず常緑針葉樹種（コメツガ・シラビソ・トウヒ）の後生個体が出現し、その個体数割合は種子供給量に沿って変化しました。そのため、より森林部に近い立地で常緑針葉樹が優占し、森林部から離れるにつれ優占種は先駆性樹種へと移行していくことが示されました。このため、森林部に近いところでは常緑針葉樹を主体とする林分に、離れた場所では先駆性樹種を主体とする林分に推移すると考えられます。ただし森林部から離れた場所では全体的に後生個体の個体数密度が低くなっています。そのため、個体数密度が相対的に高く、かつ初期成長が良好な先駆性樹種だけが優占する林分になるのか、それとも先駆性樹種が主体となりつつも常緑性針葉樹が共存する林分になるのか、現時点では両方の可能性が残されています。

## 4 結論

大規模雪崩跡地における天然更新に、前生個体のみならず後生個体も寄与することが示唆されました。さらにその空間分布は、地表攪乱強度および種子供給量の差異に影響されることが明らかになりました。攪乱弱部では前生個体が更新の主体となり、比較的速やかに常緑針葉樹の群落が形成されると考えられます。対して攪乱強部では後生個体が更新の主体となり、種ごとの種子散布量が異なることで初期に優占する種が斜面位置により変化すると考えられました。したがって、大規模雪崩跡地では遷移段階および種組成の異なる樹木群落が、空間的不均一性をもって形成されることが推察されました。

## おわりに

本研究では、大規模雪崩跡地における更新が空間的不均一性をともなうことが示されました。この初期状態から、森林部に近いところでは常緑針葉樹を主体とする林分が速やかに、遠いところでは先駆性樹種を主体とする林分が緩やかに形成されることが推察されました。一方、森林回復には初期状態だけではなく、更新個体の成長、競合、生残の諸過程も重要になります(梨本・石井 1999a, 梨本ら 1999b)。本調査地における継続的な森林回復調査は、大規模雪崩が亜高山帯林におよぼす生態学的効果の解明につながると考えます。

## 参考文献

- Bebi, P., D. Kulakowski & C. Rixen (2009) Snow avalanche disturbances in forest ecosystems-State of research and implications for management. *Forest Ecology and Management*, 257, 1883-1892.
- Casteller, A., T. Hafelfinger, E. C. Donoso, K. Podvin, D. Kulakowski & P. Bebi (2018) Assessing the interaction between mountain forests and snow avalanches at Nevados de Chillan, Chile and its implications for ecosystem-based disaster risk reduction. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 18, 1173-1186.
- 井上由扶 (1959) アカマツ中林形作業法の研究 (第 5 報): アカマツ種子の撒布. *九州大学農学部演習林報告*, 31, 61-94
- Kajimoto, T., H. Daimaru, T. Okamoto, T. Otani & H. Onodera (2004) Effects of snow avalanche disturbance on regeneration of subalpine *Abies mariesii* forest, northern Japan. *Arctic Antarctic and Alpine Research*, 36, 436-445.
- 国土交通省 (2008) 砂防 : 雪崩防災. <https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sabo/nadare.html>
- 南佳典, 渡邊功 (2007) 富士山亜高山帯雪崩攪乱跡地におけるイタドリの分布様式とカラマツ実生の定着に対するナースプラントとしての機能. *日本森林学会誌*, 89, 183-189.
- Nadim, F., O. Kjekstad, P. Peduzzi, C. Herold & C. Jaedicke (2006) Global landslide and avalanche hotspots. *Landslides*, 3, 159-173.
- 梨本真, 石井孝 (1999a) 森林の再生過程に関する研究—亜高山帯林のシラベ前生稚樹による再生様式— . *電力中央研究所報告*.
- 梨本真, 石井孝, 小林卓也 (1999b) 森林の再生過程に関する研究—亜高山帯林のカラマツとダケカンバによる再生様式— . *電力中央研究所報告*.
- 小野寺弘道 (1979) 積雪地帯の山地浸食防止に関する基礎的研究. *北海道大学農学部 演習林研究報告*, 36, 255-315.
- Patten, R. S. & D. H. Knight (1994) SNOW AVALANCHES AND VEGETATION PATTERN IN CASCADE-CANYON, GRAND-TETON-NATIONAL-PARK, WYOMING, USA. *Arctic and Alpine Research*, 26, 35-41.