

新潟大学災害・復興科学研究所
共同研究報告書

表題 全層雪崩発生に対する斜面上の灌木の抵抗力の測定

研究代表者氏名 勝島 隆史¹⁾
研究分担者氏名 松元 高峰²⁾
河島 克久²⁾
宮下 彩奈¹⁾
竹内 由香里¹⁾
小田 憲一³⁾

1) 森林総合研究所 2) 新潟大学 災害・復興科学研究所 3) 日本大学理工学部

研究要旨

国内の豪雪地の中山間地にある全層雪崩の発生区の多くでは匍匐した樹形の灌木が成育しており、全層雪崩の発生予測には斜面積雪の移動に対する灌木の抵抗力を定量的に示す必要がある。本共同研究では、全層雪崩の発生に至るまでの斜面積雪の動態と灌木の倒伏過程を同時計測することで、時々刻々と変化する斜面積雪の移動に対する灌木の抵抗力の計測手法を開発することを目的として研究を実施した。研究の結果、今冬は記録的な小雪年にあたり積雪内部への灌木の埋没や斜面積雪の移動が生じなかったことから、灌木の抵抗力を議論することができなかった。一方で、今冬に冠雪現象により灌木の樹幹に生じたひずみ量は、多くの試験木において弾性変形の範囲内にあったことから、積雪量が斜面中の樹木の高木化の可能性を説明しうる可能性があることが示唆された。

A. 研究目的

新潟県をはじめ、国内の豪雪地の中山間地にある全層雪崩の発生区の多くでは、匍匐した樹形の灌木が成育している。全層雪崩の発生においては、雪崩発生区に成育するササなどの植物が積雪内部に埋没し、その後の植物の倒伏状態が変化することで、全層雪崩の発生に至る斜面積雪の移動速度（グライド速度）が加速することが知られている。そのため、全層雪崩の発生予測には、積雪層の力学状態に加え、斜面上の灌木やササなどの植物が持つ斜面積雪の安定・不安定化作用を評価する必要がある。

これまで申請者らは、斜面積雪の動態と灌木の倒伏過程を明らかにする研究を新潟大学災害・復興科学研究所の共同研究として実施した。この共同研究の遂行により、灌木の倒伏状態の進行に伴って全層雪崩の発生に至る斜面積雪のグライド速度が増加し、灌木が地表面まで完全に倒伏した

以降にはグライド速度が急激に増加し、雪崩の発生に至ることが明らかになった(松元ら, 2018)。また、降雪により生じた冠雪によって灌木が急激に倒伏し、灌木全体が積雪内部に埋没した後は雪圧の作用によって徐々に倒伏が大きくなり、個体によっては弾性変形の範囲を上回る大きなひずみが樹幹に発生することが、ひずみゲージを用いた計測によって明らかになった(宮下ら, 2018; Miyashita et al., 2018)。これらの研究成果により、全層雪崩の発生予測の高精度化を図るには、斜面積雪の移動に対する灌木の抵抗力を定量的に示すことが極めて重要であると着想した。

そこで本共同研究では、斜面積雪の動態と樹木の倒伏過程を同時計測することによって、時々刻々と変化する斜面積雪の移動に対する灌木の抵抗力の計測手法を開発することを目的として研究を実施した。

B. 研究方法

本研究では、既に新潟大学が全層雪崩の発生メカニズム解明のための総合的な観測を実施している新潟県魚沼市大白川的全層雪崩の斜面を対象として、斜面積雪の動態と樹木の倒伏過程の同時計測を実施した。

斜面積雪の動態の計測では、雪崩発生区に設置した3台のグライドメータにより斜面積雪の累積移動量の時間変化を測定し、グライド速度を求めた。樹木の倒伏状態の計測にあたっては、グライドメータを設置した同一の雪崩発生区に成育する灌木の樹幹にひずみゲージを設置し、幹に生じる曲げひずみ量を測定した。ひずみゲージは4本の灌木を対象として、幹の地際を起点として、その軸上の手の届く約4 mの範囲内に、幹の上面に5点、合計20点設置した。設置後に、人為的に既知の曲げモーメントを生じさせて、そのときに生じるひずみ量から、各点のヤング率を計測する力学試験を実施した。また、これと同一の灌木に小型の加速度センサーを設置し、測定した加速度から樹幹の傾斜速度や傾斜量を求めた。得られたひずみ量の多点計測の結果から、斜面積雪内部に埋没した灌木の姿勢の変化を詳細に求め、そのときの力学状態の数値解析から灌木が斜面積雪に対して作用する斜面に垂直な方向の力と、流下方向の力を推定する手法を提案する計画とした。

C. 研究結果

写真1に、例年であれば斜面積雪内に灌木が埋没する頃に相当する、今冬の2/11の雪崩発生区の灌木の様子を捉えた写真を示す。写真から、ほとんどの灌木が積雪に埋没していない状況がうかがい知ることが出来る。今冬は記録的な小雪年にあたり、冬期間を通して灌木が埋没することはなく、また、斜面積雪の移動も発生しなかった。研究手法として想定した積雪内に埋没時の樹幹の力学解析を実施することができなかったことから、ここでは冠雪によって生じたひずみ量について解析を実施した。

図1に、根元付近で計測したひずみ量の時間変化を示す。図1より、降雪の発生によって1月上旬と2月上旬の時期に曲げひずみが継続して生じていたが、それ以外の期間ではひずみは持続せずに降雪の終了後すみやかに解消していた。



写真1 今冬の斜面の灌木の様子

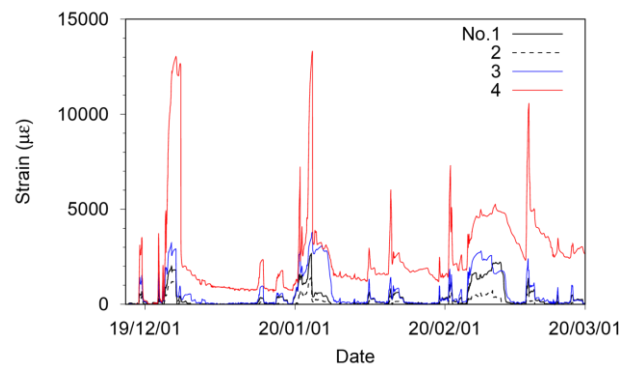


図1 根元付近に発生したひずみ量の時間変化

このことは、今冬に樹幹に生じたひずみは、冠雪現象によるひずみのみが発生しており、積雪内への埋没によるひずみは発生していないか、発生していたとしても一時的なものであったと思われる。また、計測した4本の試験木のうち3本については、期間を通して4000 $\mu\epsilon$ 以下のひずみ量であった。この値は、これまでの計測結果と比較して小さく、また、過去の力学試験により得られた弾性変形の範囲内(6000-7000 $\mu\epsilon$ 程度)に相当していた。No.4の試験木については弾性変形の範囲を超える値に相当する10000 $\mu\epsilon$ を超える大きなひずみ量が発生していた。これにより、冠雪によるひずみの解消後においてもひずみ量は0点に戻らずに残留ひずみが発生していたことから、樹幹には冠雪によって塑性変形が生じていたと考えられる。

次に、計測したひずみ量の期間最大値の樹幹の軸方向の分布を図2に示した。No.1, 2, 4の試験木では、樹幹の先端部ほどひずみ量は小さくなる傾向を示していた。一方で、No.3についてはこれらとは反対の傾向を示していた。

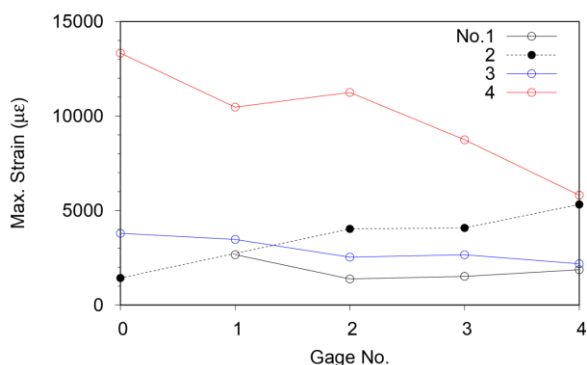


図2 ひずみ量の期間最大値の分布
ゲージ番号0を地際として、番号が大きいくほど樹冠に近い位置を示す。

D. 考察

今冬の計測では、灌木が積雪内に埋没せず、また、斜面積雪の移動も発生しなかった。前述のように、豪雪地の中山間地にある全層雪崩の発生区の多くでは、匍匐した樹形の灌木が成育しており、このような灌木では根元付近に根元曲りが生じている。これまでの計測結果から、雪圧の作用によって弾性限界を超えるひずみ量が示されており、このような大きな作用によって、雪崩発生区の樹木では高木化が阻害されている。一方で、今冬においては記録的な小雪年にあたり、冠雪によって根元付近の樹幹に生じたひずみ量は、これまでに計測されたひずみ量より小さく、多くの試験木で弾性変形の範囲内であった。このことは、積雪内に灌木が埋没しないような降雪の環境下においては、高木化を阻害するような大きなひずみが発生しないと言い換えることができる。よって、冬期間の積雪量によって豪雪地の急傾斜地に成育する樹木の高木化の可否を説明できる可能性がある。

また、図2に示したひずみ量の期間最大値の分布より、多くの試験木において根元ほどひずみ量が大きくなる傾向が見られた。ひずみ量の計測から塑性変形が生じたことが確認された No. 4 の試験木においては、根元ほどひずみ量が顕著に大きくなる傾向があった。No. 4 の試験木は他の試験木に比べて、樹幹の傾斜が小さく、立った形状を持っていた。このような振る舞いの差異の原因については、詳細な樹形の計測結果に基づいた力学解析が必要であるが、樹形の違いによりひずみ量の

大きさやその分布の差異が生じた可能性があり、積雪による厳しい外力環境を回避するための植物の樹形形成と力学的な生存戦略を理解するうえで、今回実施したひずみ量の多点計測は有効な手段であると示唆される。

E. 結論

全層雪崩の発生に至るまでの斜面積雪の動態と灌木の倒伏過程を同時計測することで、時々刻々と変化する斜面積雪の移動に対する灌木の抵抗力の計測手法を開発することを目的として研究を実施した。降雪現象に伴って樹幹に生じる曲げひずみ量を樹幹の軸上の多点に設置したひずみゲージによって計測した結果、今冬に灌木の樹幹に生じたひずみ量は、多くの試験木で弾性変形の範囲内であった。これらの計測結果から、積雪量が斜面中の樹木の高木化の可能性を説明しうる可能性があることが示唆されるとともに、ひずみ量の多点計測は豪雪地の急傾斜地に成育する灌木の樹形形成の理解に有効な手段であることが示唆された。

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

松元高峰，深い雪の中で形を変えて生きる低木
広葉樹，森林科学，88，16-20.

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし