

立木密度と雪の移動に関する模型実験 (II)

岩手大学大学院連合農学研究科 ○堀 和彦 岩手大学農学部 井良沢 道也 防災科学技術研究所 阿部 修

1. はじめに

近年蔓延しているナラ枯れ跡地や、手入れ不足の森林から、突発的な雪崩災害が報告されている。これらは、立木密度が低下、または樹木が枯死するために発生していると考えられる。しかし、立木密度の低下により雪の移動がどのように変化しているのか、定量的に把握した事例はほとんどない。自然林では、樹木の配置や微地形により、特性が把握しづらいため、模型実験により、異なる立木密度における雪の移動特性を把握した。

2. 実験方法

2.1 実験手順

模型実験は、山形県新庄市の雪氷防災研究センターで実施した。実験は、立木密度の異なる模擬森林を作製し、そこに人工降雪機による降雪を行い、傾斜角 40°、気温 2.0°C に設定し、模擬木の雪荷重などを測定するものである。

2.2 模擬森林の作製

(1) 材料と材質

模擬森林は、斜面となる供試体プレートと樹木に相当する模擬木からなり、縮尺は 1/10 とした。供試体プレートは、雪が滑りやすいように材質をポリ塩化ビニールとし、模擬木は雪圧による変形を受けやすいように、直径 3cm、肉厚 2mm のアルミ管とした。アルミ管の長さは、積雪深を 20cm と設定したため、20cm とした。次に、模擬木のプレートへの設置は、自然にみられる樹木のように、鉛直斜めに取付けることは難しいため、すべて斜面に直角に設置した。そして、模擬木の根元部の山側と谷側にひずみゲージを取付け (図-1)、ひずみ量から雪荷重 (N) を計算した。ひずみの測定間隔は、1分とした。なお、両サイドに、摩擦の少ない透明のアクリル板を使用した。

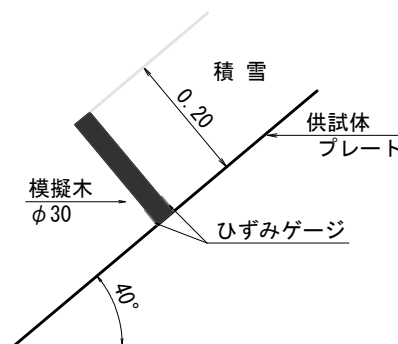


図-1 模擬木設置側面図

そして、積雪の挙動が把握できるように積雪側面に青インクで縦横に着色し、熱電対で雪温と気温を測定した。さらに、これらの挙動が把握できるように、ビデオカメラとインターバルカメラで撮影した。

(2) 模擬木の配置

模擬木の配置は、図-2 に示したとおり、1,000 本/ha、500 本/ha、250 本/ha、無立木地の 4 タイプとした。なお、林分の横幅が狭いため、立木密度は、縦方向の距離を調整して低下させた。

3. 解析箇所の決定と解析方法

実験より、1,000 本/ha は雪の移動が確認できなかったこと、無立木地では傾斜後直ちに崩落すること、などから、立木密度と雪の移動は、500 本/ha と 250 本/ha で解析することにした。そして、どちらの林分でも、最下段は下方の空間が空いているため崩落しやすいこと、最上段は気温の上昇により融雪しやすいことから、上下段を解析箇所から外し、斜面中央部で、横方向すべての雪荷重が計測されている下から V 段目を雪荷重の解析箇所とし、そこに移動してくる VII~V 間の積雪移動量を計測した。移動量は、VII 段目模擬木の根元から地表が見えた距離を計測して把握した。

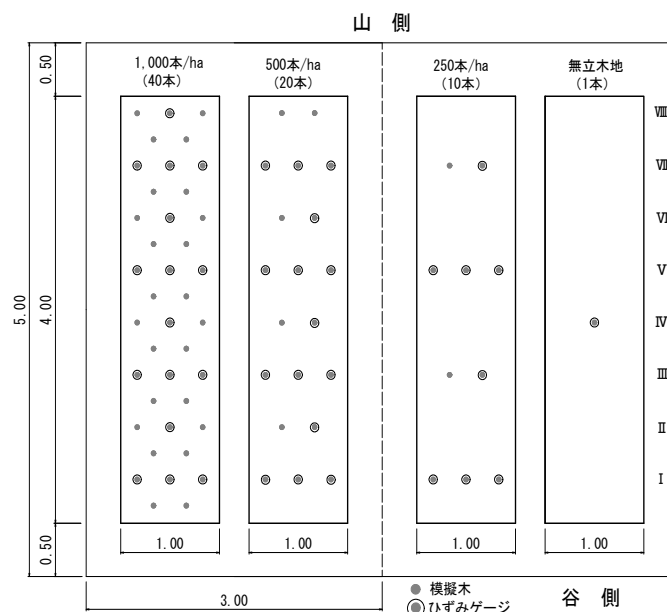


図-2 模擬木配置図

4. 結果

4.1 積雪移動量と雪荷重

(1) VII～V間の積雪移動量

時間当りの積雪移動量および累積移動量の結果から、立木密度の低い250本/haでは、最初に大きく動き、その後減少する傾向がみられたが、密度の高い林分では、最初に緩やかな動きで後半大きな動きになることが分かった。

(2) V段目の雪荷重の推移

比較のために1,000本/haも加えると、最大雪荷重は、1,000本/ha=4.49N、500本/ha=7.49N、250本/ha=12.90Nとなり、概ね立木密度の低下割合（縦方向の距離）とほぼ同じ割合で雪荷重が増加していることが分かった。

4.2 立木密度と積雪移動特性

積雪移動と雪荷重の関係をグラフ化

すると、図-3が得られた。同図中の250本/haのグラフと映像から、一連の現象は、以下のように解釈できる。すなわち、『傾斜後、2時間程度で荷重のピークが出現し、その後、雪が模擬木から分離し始める。そして、底面摩擦が小さいため、模擬木には、さらに大きな力が加わり、2回目のピークが現れる。その後、模擬木の両端から剪断破壊が発生し、破壊した雪が流下するため、雪の移動は増大する。』

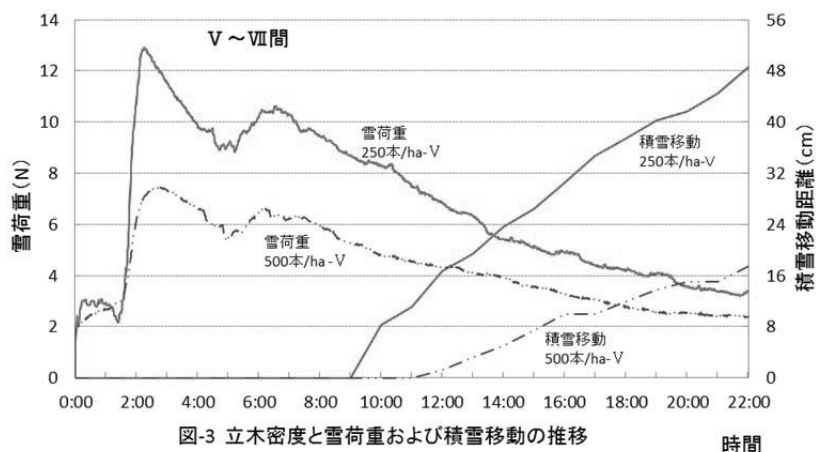


図-3 立木密度と雪荷重および積雪移動の推移

雪荷重と積雪移動の関係をこのように理解すると、立木密度と積雪移動特性は図-3から、『密度の低い250本/haの林分では、雪荷重が高く、積雪の破壊も大規模で、雪の移動も大きいため、雪荷重の減少割合も高い。これに対して、密度の高い500本/haの林分では、もともとの雪荷重が低く、積雪の破壊も小規模であるため、雪の移動も少なく、したがって、雪荷重の減少割合も低い。』と読み取れ、疎密度林分の積雪移動に対する特性の相違が把握された。

5. 模型実験のまとめ

模型実験の結果をまとめると、表-1のようになる。

表-1 模型実験のまとめ

区分		1,000本/ha	500本/ha	250本/ha	無立木(1本)
積雪移動特性	移動速度	移動なし	移動開始遅い 初期の移動緩慢、後半大 緩やかな移動傾向	早期に移動開始 初期の移動大、後半小 短時間で大きく移動	直ちに移動
	移動量等		山側から移動開始。山側の移動量大		
最大雪荷重		4.49N (1.0)	7.49N (1.67倍)	12.90N (2.87倍)	

表-1を要約すると、『立木密度が低下すると、最大雪荷重は増大する。積雪は早期に移動し始め、移動速度も移動量も大きくなるが、模擬木への荷重は、積雪の流下とともに減少する。』となる。

なお、説明を省略したものもあるが、いずれの林分にも共通のものとして、①低温時には、立木密度や模擬木の位置に関わらず雪荷重は同程度で小規模である。②積雪移動が活発な時期は、雪荷重は減少傾向にある。③積雪が上下連続している場合、模擬木への雪荷重は、谷側の積雪も付加される。などが挙げられる。

今回の実験は、20時間程度という短時間で、しかも室内での模型実験であった。これから、森林に置き換えて結論を出すのは難しいが、条件を揃えて、定量的に比較できたことは大きな成果だったと考えている。