

山地積雪災害の諸問題

山形大学	遠塚	藤原	治初	郎男
	加矢	藤野	武勝	雄俊
福島大学	渡邊	邊	善	八一
弘前大学	佐藤	藤	清	

日本林学会東北支部会誌

第30回大会講演集別刷（昭和53年8月）

昭和54年1月25日発行

山地積雪災害の諸問題

山形大学	遠藤	治郎
	塚原	初男
	加藤	武雄
	矢野	勝俊
福島大学	渡邊	善八
弘前大学	佐藤	清一

I はじめに

積雪に起因する山地災害としては、なだれによる人畜、家屋などの被害、積雪沈降による構造物、樹木の破損、融雪時の溶解、出水による洪水、山崩れなど多岐にわたることが知られている。これらの実態調査も着々として進められているが、災害の予防はなお困難な現状である。そこで筆者らは多くの分野の研究者の共同研究によって、積雪災害予防のためのいわば学際的な接近を試みることにした。本稿で扱う所はこの第一着手の意味で、林学、雪氷学、地球化学を含めた森林学隣接科学の研究者によって提起された現在の究明さるべき問題点である。

II 問題の範囲

雪による被害は雪の形態と被害対象物との相互関係によって様相が異なる。降雪の時点においても着雪災害ないし冠雪災害があるが、ここでは裏日本地域でとくに被害の顕著な積雪災害および融雪災害をとり上げることしたい。このように問題を積雪以降に限定しても積雪のいわゆる変態および融雪の過程で被害の現れ方が異なる。このような観点からの雪の性質を究明することが第一の問題点である。積雪の性質の変化の中で最も注目すべき点は斜面積雪の流動性であり、積雪の粘性流動および破壊強度の変化が明らかにされなければならない。ついで、積雪の流動に対応すべき被害対象物の位置・配置の決定が第二の問題となる。同時に以上の物理的対応に加えて、融雪期水質の変化として特徴づけられる地球化学的特性の解明が、これまで見落されがちであった第三の問題となる。

III 積雪の粘弾性論

さて、第一の積雪自体の性質であるが、従来の研究においては雪をある力学モデルに近似的に置換して、抗張力、抗剪力、硬度が測定されて来た。これらは実用上

の目安を立てるために有力な手段であったが同じ雪質、同じ密度でもかなり異った値がえられている。これは、積雪を構成する雪粒の配列、構造、組織が多様なためとされており、むしろ、近年発達して来た粘弾性モデルによる取扱いが妥当であろう。積雪の粘弾性については古く M. de Quervain (1946)、吉田順五 (1953) らが報告している。小島賢治 (1958) は北海道の積雪について粘弾性係数を測定している。一方、渡辺善八 (1975) は雪の引張試験器、圧縮試験器を試作し、室内実験によって伸長および圧縮時の粘性係数を求めている。伸長粘性係数は密度 0.36 のしまり雪について $5.6 \times 10^8 \text{ dyn} \cdot \text{min} \cdot \text{cm}^{-2}$ 、圧縮粘性係数は $1.3 \times 10^8 \text{ dyn} \cdot \text{min} \cdot \text{cm}^{-2}$ であったが、圧縮粘性係数は水でぬらすことによって 8×10^6 となり、一般に 10~100 分の 1 に減少した。これらは全層なだれの発生や沈降力形成のメカニズムの説明に有用な知見を与えるであろう。もっとも粘弾性論の長期的仮定がマクスウェルモデルの粘性係数が支配し、ひずみ速度一定との条件を考えているが、この仮定自体の妥当性も吟味されなければならない。ともあれ、粘性係数の現地での測定例に乏しく、積雪の粘弾性的挙動と森林との相互作用は研究された例を見ない。

粘性係数 η は距離 d をへだてた面積 a の 2 平面に力 F がかかって相対速度 V が生じた時に

$$\eta \equiv \frac{F d}{V a} \dots \dots \dots (1)$$

と定義される。現地においては斜面積雪に縦の切れ目を入れておくと、一定日時の後にその切れ目は表面で大きく離れ(表面変化)、底部では表面より小さい変位(グライド)ができ積雪内に弓状のクリープの跡が残る。この変位から V が求められ積雪の水当量を F として剪断粘性係数 η_s が求められている。また、一定の日時ごとに積雪表面をマーキングすれば垂直方向の変位が測定され、圧縮粘性係数 η_c が求められる。阿部・矢野 (1976) は蔵王山の斜面において η ($\text{g} \cdot \text{wt} \cdot \text{day} \cdot \text{cm}^{-2}$) を実測し次のような密度 ρ (gcm^{-3}) との関係式を与えた。 η_c

と η_s との比は 3~5 の範囲にあった。

$$\eta_e = 1.0 \text{ Exp } (24 \rho) \dots\dots\dots(2)$$

$$\eta_s = 1.1 \text{ Exp } (20 \rho) \dots\dots\dots(3)$$

構造物または林木によって F または V が変化した時の η の現れ方は今後の課題である。

Ⅳ スノウコンデショニング

塚原 (1977) は積雪の踏み固めと雪質との関係を考察した。これは応用上の問題を解決する手法として高く評価できる。なお、斜面立木地での沈降圧軽減効果の解明が望まれる。

Ⅴ 被害対象物の配置

山地における被害対象物としては山間地を通過する道路ならびに木材生産地としての森林を構成する林木を主要なものとして良いであろう。このうち林木については被害形態、局所地形との関係が実態調査を主体とした方法によって研究されてきた。とくに被害予防との関連では立木密度ないし植栽配置とからんで植栽木の形態変化が一つの中心課題となるであろう。被害対象物が道路あるいは道路上を通過する人または車輛である場合についても、調査例は多いがこの場合はなだれによる被害が主体となる関係もあってなお事例の集積が必要となる。70~80年前に開設された林道 (早田川林道) について見ると、大局的にはなだれ多発地側の斜面を通過していた。このことは、なだれに伴う土砂移動の結果形成された局所的緩地形の部分に道路に充当した結果であろうと考察されたが、道路を無雪期のみ利用する場合には道路配置として十分であろう。除雪を行う場合あるいは雪上車の通行を前提とする場合には道路配置として不十分である。佐藤清一 (1976) は道路予定地のなだれ調査に次のような方法を用いた。

- (1) 予備調査……気象月報などでの積雪記録→50年リターンピリオド→計画地付近の分布図
- (2) 徒歩調査……新雪なだれ、水路閉塞、デブリ、雪庇、吹溜りの存否、融雪の進行程度

- (3) ヘリコプター調査……新雪なだれ、雪庇、スノーボール、雪の皺の存否
- (4) 対策……(a) 森林 (b) 防雪工作物 (トンネル、スノーシェッド、階段工、排水工、杭工、防雪柵、共同溝)

Ⅵ 融雪期の水質

加藤 (1976, 1978) は山形県釜淵および赤松川での水質測定を行なった。河水中の溶存物質質量 Q_d は流量 Q と次の関係があった。

$$Q_d = aQ^n \dots\dots\dots(4)$$

ここで a は係数、 n は K^+ 、 Mg^{2+} 、 Cl^- に対してはほぼ 1 であり、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Fe^{2+} などに対しては 0.8 から 1 までの値を示した。釜淵での Na^+ については濃度比 r がほぼ 1 であって、その供給源は海からの風送塩であろうと推定された。一方、赤松川では $r = 2.01$ となり Na^+ が風送塩源でなく、土中の Ca^{2+} とのイオン交換によるものと考察され、地域的特性の存在が明らかとなった。一方、菟川では融雪時に PH が 4.8 まで低下している。単なる流量増加によるものかどうかはくわしい観測が必要であり、このような観測が酸性水の生成機構を究明する手段となるであろう。

Ⅶ おわりに

以上の論述から現在解明されるべき問題点は以下の如くなるであろう。

- (1) 山地斜面積雪の粘性圧縮の定期観測と粘性係数の測定
- (2) 積雪地帯の道路建設のための調査法の確立と諸対策の効果の解明
- (3) 融雪に伴う化学的災害の予知、とくに溶解物質の流送機構の解明
- (4) なだれ発生と地形、土質との関係および植生導入の可能性の究明
- (5) 造林木の耐雪形態と立木密度との関係および積雪処理による流動化防止の可能性の究明