

# 雪の重さが 地下水を 押し上げる

## 雪融けで発生する地すべり災害

東北地方の日本海側や北陸地方の山間地は、冬季に深さ数メートルの積雪に覆われる世界有数の豪雪地帯です。豪雪地帯の自然災害といえば雪崩（特集P.10）が有名ですが、雪融けの時期には積もった雪の下にある斜面の一部が滑落する「融雪地すべり」もよく知られています【写真1】。この原因は、雪融け水が地下に浸透することによって地下水の水圧（浮力）が高まり、滑り落ちる力に対する斜面の抵抗力が低下することによります。

## 地すべり地の地下水観測—予想外の結果—

一般に地すべりの発生危険度を予測するためには、その誘因となる地下水の水圧を精度よく知ることが重要です。そこで日本同様に積雪地の地すべり災害を抱えるノルウェーと共同で、同国の地すべり地【写真2】における地下水を3年間かけて精細に観測しました。

当初、地下水の水圧は日本と同じように雪融け時の融雪水量増加に伴い上昇するだろうと予想していました。ところが得られた観測結果は予想を全く裏切るものでした。地下水の水圧を示す間隙水圧（注1）は雪融けのほとんど起こらない12月から3月の厳冬期になぜか上昇を続け、そして雪融けが起きる4月に急激に下降したのです【図1】。このような間隙水圧の変

動は、従来考えられてきた雪融け水の地下浸透では説明ができないものでした。原因が観測エラーでないことを確認してから、この不思議な変動を細かく調べました。すると、この水圧は積雪深の増減にあわせて変動していることが見えてきました。具体的には、間隙水圧は積雪深が増えるとは上昇し、逆に積雪深が減ると下降していたのです。さらに積雪深が最大（約1メートル）となる時期に間隙水圧もほぼ最大値を示しました。積雪深を重さに換算し、間隙水圧の上昇量と比較したところ、両者には極めて高い関係性があることがわかりました【図2】。つまり、この地すべり地では地上に堆積する雪の重さが地下水の水圧に影響を与えていたのです。

## 雪の重さが地下水を押し上げるメカニズム

なぜ雪の重さが地下水の水圧を高めたのでしょうか。これには地すべり地の透水性（水はけ性能）が強く関係します。観測をおこなった地すべり地は透水性の極めて低い、すなわち水はけのとても悪い粘性土が堆積しています。このため雪融け水は地下に浸透することができず、地下水の水圧には影響を与えません。一方、地すべり地に積もった深さ1メートルの雪の重さは、雪質にもよりますが1平方メートルあたり概ね3〜5 kN（300〜500 kgf）に達します。水はけの悪い斜面にこれほどの



写真2 積雪期の地すべり観測試験地（ノルウェー、Verdalen）



写真1 融雪期に発生した地すべり災害（新潟県上越市）

# 研究者の横顔

## Q1. なぜ研究者に？

地震・台風・噴火といった地球のダイナミズムに興味がありました。国家公務員試験による研究所採用を経て、運良くこれらに携わる治山（防災）分野の研究者になりました。



岡本 隆 Okamoto Takashi

森林防災研究領域

## Q2. 影響を受けた本や人など

『日本沈没』（小松左京 光文社）を中学生のころに読んで夢中になりました。一見奇抜なSF小説ですが、地球科学の基礎や大規模災害時の危機管理などが精緻に描かれていて、いまでもたまに読み返しています。

## Q3. 研究の醍醐味は？

複雑な自然現象の中に美しい規則性を見いだしたときに研究のすばらしさを実感します。またその知見を論文として世界で最初に発信できることも研究者の醍醐味です。

## Q4. 若い人へ

研究者は孤高な職業というイメージが強いかも知れませんが、実際は周囲との協力や連携が不可欠です。若い方には研究能力のみならず高い協調性もぜひ養って欲しいと思います。

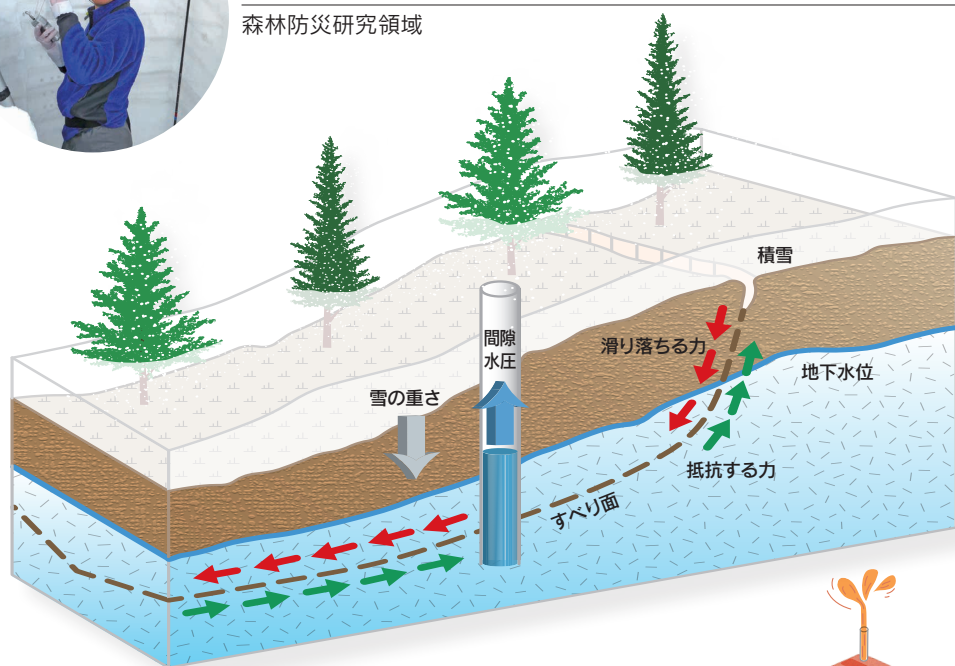


図3 雪の重さにより地下水の水圧が上昇するしくみ

紙パックジュースを強く握ったときとおなじように、雪の重みで、地下水の水圧が高まったと考えられる。



重い雪が載ると何が起きるのでしょうか。これは紙パックジュースになぞらえて説明できます。紙パックを強く握る（＝雪が載る）と中に入ったジュース（＝地下水）には出口がない（＝水はけが悪い）ため強い水圧が生じます。その証拠にストローで紙パックに穴を開けると勢いよくジュースが吹き出てきます。こうしたしくみによって、雪の重さが地下水の水圧を高めていたのです（図3）。なお透水性の十分に高い地すべり地では、雪の重さで斜面が潰れても地下水はすぐに外部へ排出されるため水圧は変動しないこともわかりました。

### 積雪地域の地すべり災害防止をめざして

地すべりの主な発生原因は、降雨、地震、そして本研究で取りあげた雪です。雪と地すべりの研究は、発生時の自然環境の過酷さから未解明な点がまだまだ多く残されています。今後も雪をめぐる防災研究に精力的に取り組んでいきます。

### ▶ 註1：間隙水圧

土は土粒子と隙間（間隙）の組み合わせでできている。地下水などのように隙間が全て水で満たされているとそこに水圧が生じる。この水圧を間隙水圧と呼ぶ。

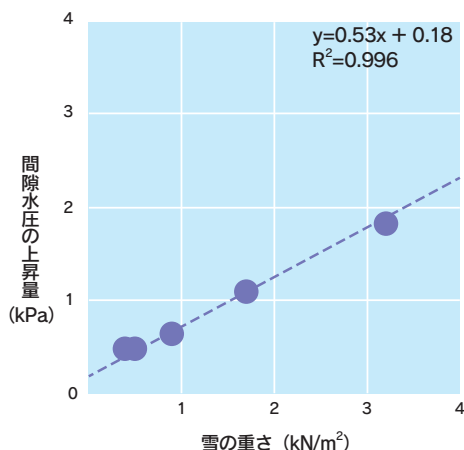


図2 雪の重さと間隙水圧上昇量の関係 (Okamoto et al.2018 を一部改変)

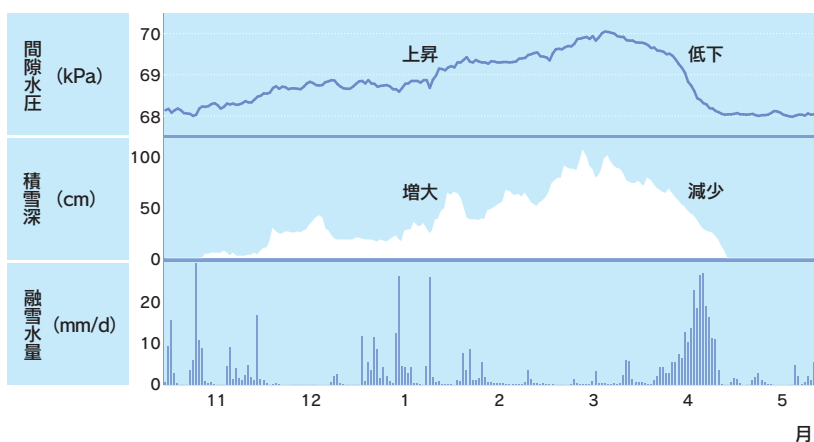


図1 ノルウェーの地すべり地で積雪期に観測された融雪水量・積雪深と間隙水圧 (Okamoto et al.2018 を一部改変)