

積雪内部の水移動をモデル化する

融雪災害の予測に向けて

雪氷防災研究センター 主任研究員 平島寛行
雪氷防災研究センター 契約研究員 安達 聖



はじめに

雪解けの時期に多発する雪崩や融雪土砂災害、河川増水などは、積雪中を浸透した雪融け水や雨水が地面に到達することで、それぞれ積雪—地面間における摩擦の低下、地中への浸透による地盤強度の低下、河川への流出等によって発生します。

これらの融雪災害を予測するためには、どれぐらい液体の水が雪に供給され、どのように積雪内を浸透し、いつ積雪底面に到達するか予測する必要があります。そのため、積雪中における水の移動をモデル化することは重要です。

雪氷防災研究センターでは、気象条件から積雪の状態を予測する積雪変質モデル(SNOWPACK)を用いて、積雪の層構造や雪質、温度、密度、粒径、含水率などを正確に再現するための研究を行っています。このモデルは雪崩の発生予測など、災害対策のツールとして用いることもできます。

最近、融雪災害の予測に適用するため、この積雪変質モデルに積雪内部の水の移動に関する研究結果を取り込む改良を行っています。

積雪内部の水の移動

積雪中における水の移動は、スポンジに水が染み込むように広がって浸透する均一なパターンと、川のように通りやすいところ(水みち、写真1)を流れるパターンの2種類があります。

水の移動をモデル化するには、これらを別の現象として表現する必要があります。

均一な水の流れは、水の保持しやすさを表す毛管力と、水の通しやすさを表す透水係数によって決まります。雪の中に水を流す測定実験等によって、雪の粒径と密度に依存した関係式が得られています。これをモ

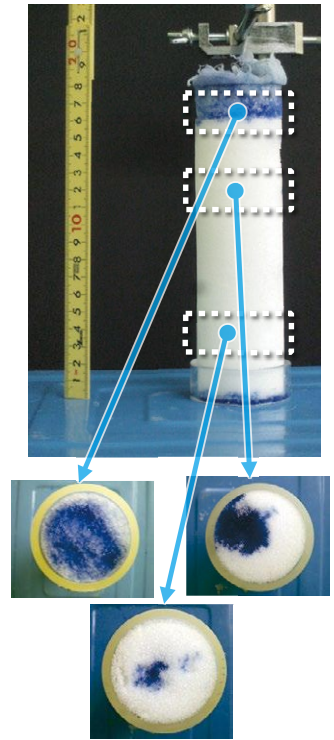


写真1 水みちを通して流れる色水

デルに組み込み、積雪中の水の移動を再現することで、積雪内部の含水率分布がどのように変

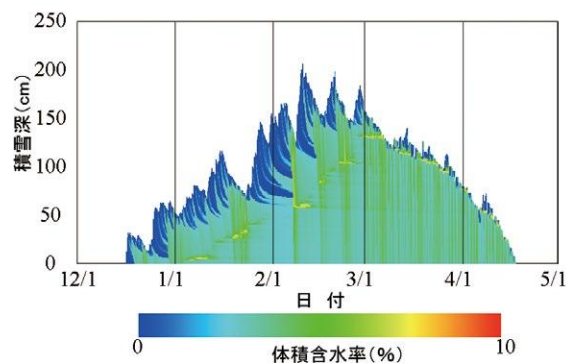


図1 積雪内部の含水率の時間変化のシミュレーション結果。(2011年度長岡の一冬の計算)

化するか計算することができます。図1はその計算結果で、横軸は時間、縦軸は積雪深、色は体積含水率を表しています。

積雪中の水の移動に関する実験を行う際には、積雪内部の含水率を測定する必要があり、一般的には、断熱された容器の中で温度を測定しながらお湯に0℃の雪を混ぜ、それによる温度の低下量から、融けた量に比例して奪われる熱量を計算して含水率を測定する方法が用いられます。最近では、板状の電極を雪に挿入し、誘電率の変化から含水率を求める簡易な方法なども開発されています。

これらの方法では、同じ雪試料の含水率の変化や高分解能での含水率の分布を測定することはできません。そのため、水みちなどのような不均一に流れる水をモデル化するには、新しい測定方法が必要になります。

磁気共鳴画像法(MRI)による含水率の測定

最近、核磁気共鳴画像法(MRI)を使って、非破壊で含水率の分布を計測する方法が開発されました。MRIは、強力な磁場、微弱な電磁波、そして試料に含まれる水素原子の動きを利用して試料を破壊することなく、その内部を画像化する装置で、医療分野等で使われています(図2左)。

MRIは液体の水に含まれる水素原子から核磁気共鳴(NMR)信号を取得して画像化します。固体の水である氷粒や雪粒から得られるNMR信号は微弱なため、ノイズに埋もれて画像化されません。そのため、磁気共鳴(MR)画像からは積雪試料中の雪粒や氷粒と水を容易に判別することができます。MR画像には水が多く含まれている部分ほど明るく(白く)描出されるので(図2右)、その濃淡から容易に水の分布を知

ることができます。またその輝度値から含水率を求めることもできます。

この方法によれば、試料を破壊することなく、内部の水の様子を可視化できます、そのため、同一試料で時間や条件を変えた計測をすることができます。この画像はコンピューターに3次元データとして保存されるので、水分分布の移動を立体的に捉えることができます。そしてMR画像から任意の範囲を選択し含水率を計測できるため、従来の計測法ではできないような高い解像度で詳細な計測ができます。これにより、雪の中における水の多い部分や少ない部分の分布、また一定時間経過後どのようにそれが変化していたか直接測ることができ、水の移動を予測するためのモデル化に大きく貢献します。

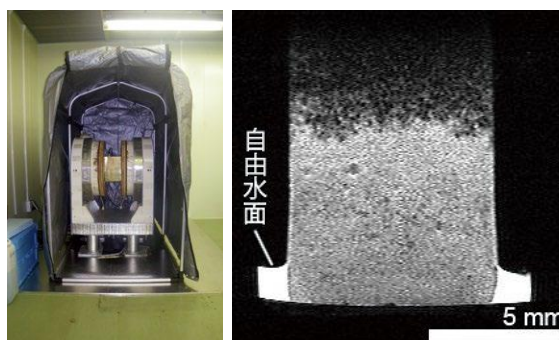


図2 MRIの写真(左)とそこから得られた画像(右)

融雪災害予測にむけて

均一な水の移動の研究成果は既に積雪変質モデルに組み込まれ、全層雪崩等の融雪災害予測に応用されています。今後は、含水率分布の変化を測定できるMRIを使った実験により、水みちの形成過程や、それを通った水の移動を再現する3次元的なモデルを構築します。それにより、積雪に供給された水が地面に浸透する時期や量を予測し、最終的には融雪災害をさらに正確に予測することを目指していきます。