

乾いた雪への水分移動モデルの適応性の検証

○勝島隆史(森林総研)・安達聖・山口悟・平島寛行(防災科研・雪氷)・熊倉俊郎(長岡技科大)

1、研究背景と目的

融雪や降雨が発生した後の積雪状態を、積雪モデルで適切に再現するには、積雪内の水分移動を適切に取り扱う必要がある。湿雪内の水分移動は、土中の水分移動を表すリチャーズ式によるモデルを用いることで、数値再現が可能と考えられる。一方で、リチャーズ式は初期状態で含水した土中の水分移動を表すものであることから、乾いた雪への水分移動についてリチャーズ式を適応できるか分からない。そこで、乾いた雪へのリチャーズ式の適応性を検証するために、鉛直1次元浸透のカラム実験と数値計算の結果を比較した。

2、研究手法

図1に実験装置の概要を示す。アクリルパイプにより作成した内径6mm、長さ20cmの細長いカラムを用いた。ふるい分けした雪試料をカラムに詰め、カラム上端に一定速度で水を供給し、鉛直下方への浸透を発生させた。このカラムを用いた予備実験で、カラムの横断面のほぼ全体に浸透水が広がる様子が確認されたので、このカラムを用いた鉛直下方への浸透を1次元の浸透と仮定した。ローパスフィルターを取り外したデジタル一眼レフカメラと光吸収・赤外線透過フィルター(波長860nm以下を吸収)による近赤外写真を用いて、カラム上端からの浸透先端の位置を求めた。

この浸透に対して、リチャーズ式による水分移動モデルで数値再現を試みた。主排水特性曲線と通気度を実測し、含水率に対する毛管圧と不飽和透水係数の関係を vanGenuchten モデルで与えた。乾いた雪への浸透では、浸透先端に毛管圧の閾値である水侵入圧が存在することから(Katsushima et al., 2013)、水侵入圧をリチャーズ式に導入した水分移動モデル(Hirashima et al., 2014)についても検証を行った。モデルに与える水侵入圧の値は、実験の結果に適合するように水侵入圧の値を調整した。

3、結果と考察

図2に実験と計算による、浸透開始からの経過時間に対する浸透先端のカラム上端からの位置を示す。これは、0.5mmと0.25mmの目の開きの

ふるいで粒径を調整したしまり雪の試料に、207mm/hr.のフラックスで水を供給したものである。実験では、浸透開始からの経過時間が300秒、浸透先端のカラム上端からの位置が50mmを境にして移動速度に変化が見られ、300秒以前では浸透先端の移動速度が遅かった。このことは浸透先端が前進することに対して、浸透開始初期ではそれ以降と比較して、より多くの水量が必要であり、乾いた雪への浸透では高さ方向の含水率プロファイルが一定でないことを示している。リチャーズ式を用いて数値再現を試みたところ、経過時間が300秒以前では浸透先端の移動速度が実験よりも2倍以上早かった。それ以降では実験と計算とで移動速度の大きな差異は見られず、良好な再現結果が得られた。一方で、水侵入圧をリチャーズ式に導入したモデルでは、全体として良好な再現結果を得た。これらのことは、乾いた雪への浸透の再現には、水侵入圧による浸透の阻害過程を計算に取り入れる必要があることを示している。

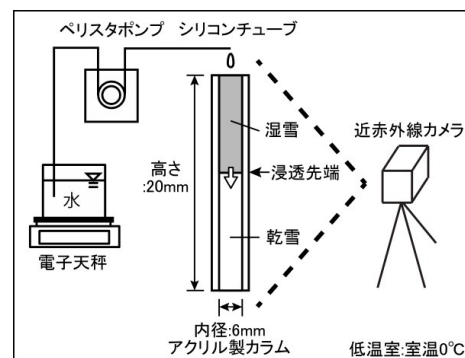


図1 実験装置の概要

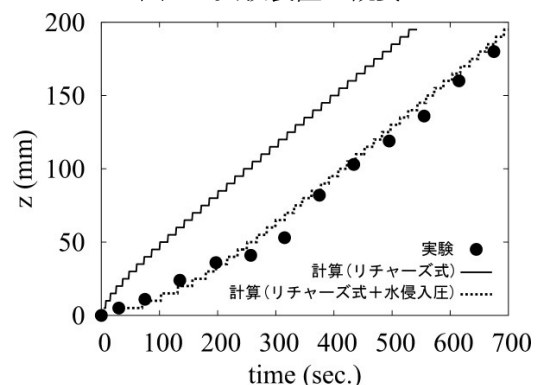


図2 浸透先端位置の時間変化