

3次元水分移動モデルと積雪変質モデルの融合に向けた水分浸透計算

○ 平島寛行 (防災科研)、Nander Wever (SLF)、Francesco Avanzi (ミラノ工科大学)、山口悟(防災科研)

1. はじめに

積雪中における水分移動のメカニズムとして、均一に流れる毛管流と不均一に流れる水みち流がある。SNOWPACK のような1次元の積雪モデルは3次元水分移動モデルと比べ、計算時間が短いため湿雪災害予測等に用いるためのリアルタイムでの計算が可能である。一方で、多くの積雪モデルでは不均一に流れる水みち等を考慮することができないため、水みちの影響が無視されてきた。その結果、乾き雪の存続時間の過小評価や底面流出の遅れなど、湿雪に関わる現象の再現性が不十分であった。最近、その SNOWPACK においても毛管部分と水みち部分に分けて水分浸透過程を計算する Dual Domain Approach が導入され、水みちを考慮することが可能となった。しかしながら、この手法は多くの仮定を含んでいるため、実験やより物理的なモデルと連携して改良を加えていく必要がある。そこで本研究では、この SNOWPACK と3次元水分移動モデルの長所を融合して、より正確な水分浸透計算が可能かつ計算時間の短いモデルを開発することを目的として、室内実験の結果を真値として双方のモデルの比較を行なった。

2. 実験及びモデル

実験は粒径0.2~0.5mm (fine)、1.0~1.4mm (medium)、及び2.0~2.8mm (coarse)の3種類の積雪粒子に対して行った。本研究では毛管障壁が形成される条件である、上の粒径が下より小さい積雪層の組み合わせ(上 fine/下 coarse, medium/coarse, fine/medium)の3パターンで実験を行った。また、水分供給速度に関しては10mm/h, 30mm/h, 100mm/hの3パターンで行った。3次元モデルにおける再現計算の際には、実験と同じ積雪の形状(直径5cmの円筒)、密度、粒径、水の供給条件を与えて計算した。また、SNOWPACKにおける再現計算においても、実験と同じ粒径、密度プロファイルを初期値に用いた。また、水みちの影響による違いも確認するため、水みちを考慮する前と後のバージョンの比較も行なった。実験結果とモデルの比較は、毛管障壁による帯水の層の厚さ、含水率分布、底面到達時刻について行った。

3. 結果

図1に Dual domain approach で計算された水分浸透の計算結果を示す。上が毛管流部分、下が水みち部分の含水率を示し、色のスケールは2オーダー異なる。計算では、毛管部分に浸透する前に水みちが形成されて先に底面に到達することが再現された。一方で、底面到達後も毛管障壁により帯水した層は拡大を続け、一定量に達したら下の層の毛管流部分を通して下に浸透する計算となった。これは、一度水が底面に到達すると水の供給量と排水量が釣り合って定常状態となる3次元水分移動モデルにおける計算と異なる結果となった。続いて、水の供給開始から底面到達までにかかった時間に対しても比較したところ、fine over coarseで10mm/hの供給をした例では、実験では92分、3次元水分移動モデルで80分、水みちを考慮しないSNOWPACKで147分、水みちを考慮したSNOWPACKで116分と、底面到達時間の予測に対する水みちを考慮することの重要性が確認された。発表時には、他の実験結果における比較も示しながら、SNOWPACKと3次元モデルの浸透特性の違いについて議論する。

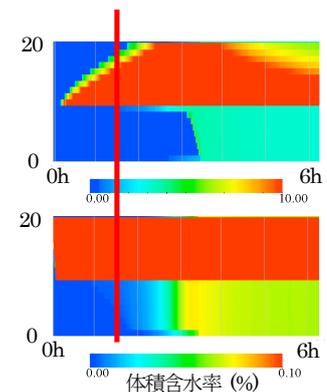


図1 SNOWPACK で計算した毛管流(上)と水みち部分(下)の含水率。赤線は実験で水が底面に到達したタイミング。

参考文献

- Hirashima et al. (2014) Cold. Res. Sci. Tech. 108, 80-90, doi:10.1016/j.coldregions.2014.09.004.
- Avanzi et al. (2016) The Cryosphere, doi:10.5194/tc-10-2013-2016.
- Wever et al. (2016) The Cryosphere, doi:10.5194/tc-10-2731-2016, 2016b.