

積雪中の不均一水分移動のモデル化

○ 平島寛行、山口悟(防災科研)

1. はじめに

積雪中における水分移動のモデル化は、全層雪崩や融雪災害の予測等において重要である。しかしながら、現在の積雪モデルにおいて、積雪内部の水の移動過程は、均一な水分移動のみが考慮されており、不均一な移動は組み込まれていない。本研究では、不均一な水分移動のモデル化にむけて、多次元水分移動モデルを開発し、水みち形成の再現を試みた。

2. モデルの開発

積雪内部の水の不均一な移動を再現するため、多次元的水分移動モデルを開発した。水分移動フラックスはダルシー式を用いて計算した。図1のような斜面積雪を計算する際には、式(1)のように重力項を傾斜角 θ の関数で表現することで、斜面積雪中の水の移動にも対応させた。

$$\begin{aligned} q_z &= K \left(\frac{dh}{dz} + \cos \theta \right) \\ q_x &= K \left(\frac{dh}{dx} + \sin \theta \right) \end{aligned} \quad (1)$$

水みちの形成を再現するためには、積雪の不均一性及び乾き雪に水が浸透する際に影響する水侵入サクシオンを考慮する必要がある。本研究では、グリッドごとに乱数を発生させて密度及び粒径のばらつきを与え、積雪の不均一性を組み込んだ。また、Katsushima et al. (2013)の実験結果に基づいて、水侵入サクシオンを粒径の関数として導入した。

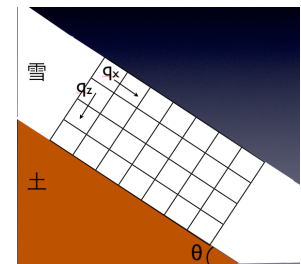


図1 斜面積雪における2次元水分移動モデルの模式図

3. 結果

積雪中の粒径が異なる層の境界において水がどう移動するか計算するため、積雪の初期条件として、粒径の異なる2つの層を上下に重ねて与えた。水の供給は上部から10mm/hの量を与えた。その計算結果を図2に示す。下の層の粒径が大きい場合(a)、小さい場合(b)の双方において、層の境界から水みちが形成された。特に、下の層の粒径が大きい場合は、層の境界で毛管力の差によって水がたまり、そこから水みちが形成された。

斜面積雪に対しても同様に計算を行った結果、層の境界において斜面に平行に水が流れ、全体的には鉛直方向から斜面下側に傾いて流れる傾向がみられた。今後はこれらを実験や観測の結果と比較する予定である。

参考文献

Katsushima et al. (2013) Experimental analysis of preferential flow in dry snowpack. Cold. Res. Sci. Tech. 85. 206-216.

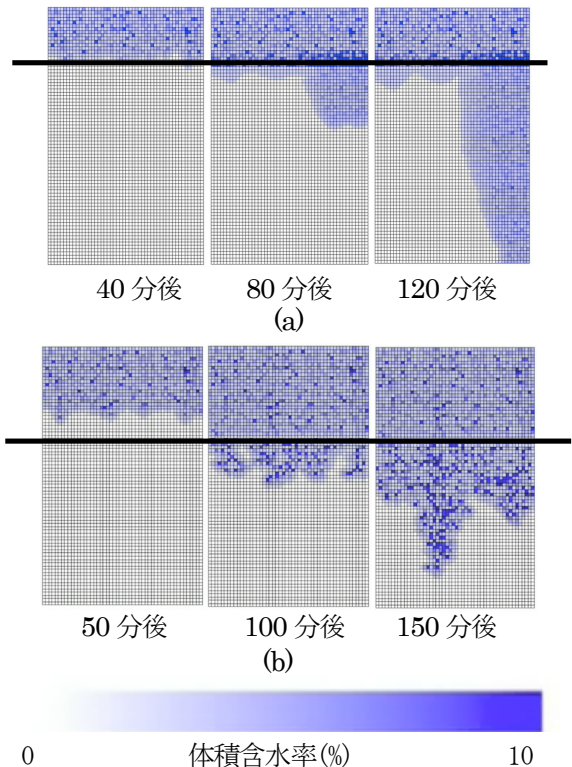


図2 計算された含水率分布の時間変化。1cm×1cm サイズ、50×80のグリッドで計算。太線は粒径の異なる層の境界、色の濃さは体積含水率を表す。下字は水供給開始からの経過時間 (a) 上: 粒径 1.1mm 下: 粒径 2.6mm (b) 上: 粒径 1.1mm 下: 粒径 0.5mm。