

層境界の凹凸が水みち形成に与える影響

○勝島隆史(富山高専)・熊倉俊郎(長岡技科大)・山口悟(防災科研・雪氷)

1、研究背景と目的

止水面として機能する層境界が凹凸を伴う場合、層境界上部の凹部へ水が集中し、水みちが成長することが経験的に示されている。層境界の凹凸が、水分移動や水みちの形成に与える影響を定量的に評価するために、積雪中の水分移動の数値計算を行った。

2、研究手法

積雪表面に一定フラックス($2.0\text{kg/m}^2/\text{hr}$)で水を供給した際の積雪中の水分移動を、鉛直2次元のリチャーズ式による数値計算モデルを用いて計算した。上部に粒径の小さな積雪層(粒径： 0.2 mm 、乾雪密度： 400kg/m^3)を与え、下部にこれより粒径の大きな積雪層(粒径： 1.0 mm 、乾雪密度： 400kg/m^3)を与え、止水面として機能する層境界を表現した。この層境界に対して、あらかじめ正弦波で表現される凹凸を与えた。凹凸の波高および波長を変化させ、そのときの水分移動の変化を調査する感度実験を実施した。変化させる波長と波高の値の範囲は、積雪表面の凹凸の観測例を基に決定した。

積雪層が持つ浸透特性を、粒径と密度による飽和透水係数の式(Calonne et al., 2010)と、粒径による水分特性曲線の式(Yamaguchi et al., 2012)を用いて表現した。計算初期の含水状態は、間隙中の水分が十分に排水された状態を仮定し、マトリックポテンシャルを -2.0 m とした。計算領域の左右の側面を、サイクリック境界条件で接続した。流出境界にあたる積雪底面はフラックスの鉛直勾配をゼロとして与えた。計算を簡単にするために、積雪層の圧密や、雪粒子の時間変化、水分特性曲線のヒステリシスは無視した。

3、結果と考察

図1 a)に、定常状態となったときの、凹部中心の層境界直上の計算格子での鉛直水フラックスと供給フラックスとの比を、図1 b)に比の値が1を超える幅を、それぞれを示した。どの計算条件も比の値が1を超えており、凹部への水の集中による大きな鉛直水フラックスが算定された。凹凸の波高が大きいくほど、また、波長が小さいほど、比の値が大きくなる傾向が見られた。比の値は波高の大きさに特に顕著な影響を受けていた。比の値が1を超える幅は、凹凸の波高よりも、凹凸の波長に顕著な影響を受けていた。

計算では、凹凸の波高を 1 cm と非常に小さくした場合でも、波長が短い場合に2を超える比の値が算定された。このことは、層境界の凹凸が積雪中の水分移動に与える影響は、凹凸の波高が非常に小さい場合でも無視することができないことを示している。自然積雪の層境界では常に何らかの凹凸が存在することから、積雪中の水分移動を正確に算定するには、積雪層の凹凸の影響を正確に考慮する必要があると言える。

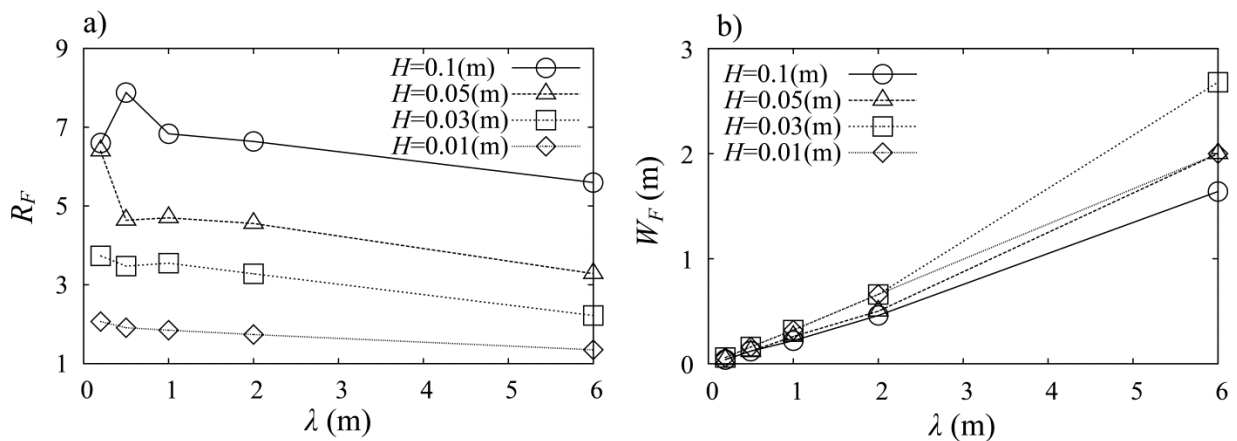


図1 凹凸の波高 H と波長 λ を変化させたときの水分移動の計算結果。

a)凹部中心の層境界直上の鉛直水フラックスと供給フラックスとの比、b)比の値が1を超える幅。