

MRI を用いた乾雪中のフィンガー流の成長の観察

○勝島隆史(森林総研)・安達聖・山口悟(防災科研・雪氷)・尾関俊浩(北海道教育大)・熊倉俊郎(長岡技科大)

1、研究背景と目的

雨水や融雪水が積雪内に浸透する際には、水平方向に不均一な流路である水みちを形成しながら、積雪下部へと水が移動する。これまでに自然積雪の観測や室内浸透実験により、直径数 cm 程度のフィンガー流と呼ばれる水みちが存在することが示されているが、フィンガー流が形成初期においてどのような形状を持ち、どのような時間発展を経るのかについて明らかになっていない。これを明らかにするには、非破壊かつ短時間に積雪内部の水分分布を測定する必要がある。

本研究では、新規に開発した積雪内部の水分分布を可視化するための雪氷用 MRI(Magnetic Resonance Imager)による 3次元高速撮像手法(安達ら,2016)を用いて、カラム内に充填した乾雪を対象とした室内浸透実験を行い、フィンガー流が形成・成長する過程の観察を実施した。

2、研究手法

図 1 に実験に使用した装置の概要を示す。室温 0°C の低温室に設置された鉛直開口の永久磁石(静磁場強度 1.5T)による雪氷用 MRI の中の RF コイルの中に、カラムに充填した乾雪の試料を入れて浸透実験を実施した。雪試料は、先端部を鋭利に加工した内径 6mm、長さ 10cm の両端が開放した筒状の亚克力製カラムを用いて自然積雪から鉛直方向に雪を採取し、雪の採取に使用したカラムごと MRI 内部に設置した。試料上部に、ペリスタポンプを用いて一定速度で硫酸銅水溶液(5mmol/l)を点源にて供給した。供給時の水溶液の集中と衝撃を緩和するために試料上部に湿らせたコットンガーゼを設置した。また試料下部には雪粒子の落下防止のためにナイロンメッシュを設置した。MRI による撮像は、グラジエントエコー法と Compressed Sensing を用いた 3次元高速撮像手法により 2.5 分間隔で行い、空間分解能 0.4mm で 128×128×128 の画素数の画像を取得した。

3、結果と考察

図 2 に、密度 361kg/m³ のしまり雪を用いた浸透実験の結果を示す。図は、磁場中心部の高さ約

51mm の範囲における最大値投影法(MIP:Maximum Intensity Projection)による鉛直方向の水分分布を示しており、黒く濃い画素が水分の高い箇所を示している。図 2 の左上より、水溶液の供給開始から 62 分後の時点で、カラム中心付近に蛇行しながら下方へと流下するフィンガー流が 1 本成長していることが確認できる。その後の時間経過により、上部位置よりフィンガー流が分岐して、新たなフィンガー流が成長する様子が確認できる。これらの横断方向の直径を ImageJ により計測したところ 1-4mm であり、実験を終了した 90 分後までの間に直径が大きくなる様子は確認されなかった。

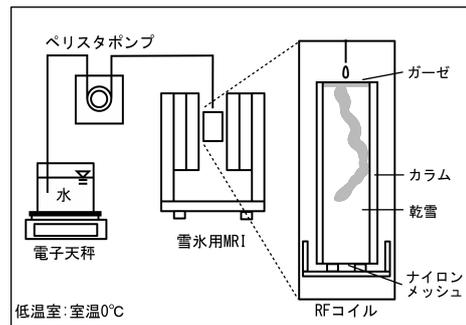


図 1 実験装置の概要

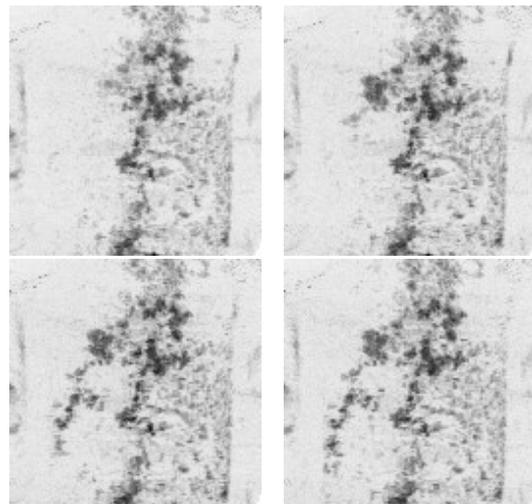


図 2 しまり雪中のフィンガー流の成長の様子
左上)供給開始から 62 分後、右上)65 分後、
左下)68 分後、右下) 71 分後

謝辞

本研究は JSPS 科研費 16K12860 の助成を受けたものです。