

ぬれ雪に関するワークショップ

講演 Abstract 集

2017年3月21日（火）

13:00～17:00



国立研究開発法人 防災科学技術研究所
雪氷防災研究センター

*National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience
Snow and Ice Research Center*



プログラム

- 13:00-13:05 **開会・アナウンス**
- 13:05-13:35 **積雪中の水分移動に関するモデル化の現状と課題**
Success and challenges of the modeling for liquid water infiltration into the snowpack
平島寛行(Hiroyuki Hirashima) 防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター
- 13:35-14:05 **マクロ的視点による積雪への水の浸透に関する実験・観測の現状と課題**
Macro scale experiments and observations of water movement in snowpack - Current status and challenges -
山口 悟 (Satoru Yamaguchi) 防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター
- 14:05-14:35 **模擬降雨散水実験 - 失敗例と今後の見通し -**
Rain simulation experiments: example of failure and future outlook
石井吉之 (Yoshiyuki Ishii) 北海道大学低温科学研究所 水・物質循環部門
- 14:35-14:45 休憩 -----
- 14:45-15:15 **粗間隙を持つ凍土への水の浸透と浸透水の再凍結**
Water infiltration into frozen soil with macropores
渡辺晋生 (Kunio Watanabe) 三重大学大学院生物資源学研究所
- 5:15-15:45 **MRIを用いた乾雪内のフィンガーストリームの可視化**
Visualization of fingering flow in dry snow by using MRI
安達 聖 (Satoru Adachi) 防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター
- 15:45-16:15 **MRIを用いた乾雪内のフィンガーストリームの観察**
Observation of fingering flow in dry snow by using MRI
勝島隆史 (Takafumi Katsushima) 森林総合研究所
- 16:15-17:00 **総合討論・閉会**

積雪中の水分移動に関するモデル化の現状と課題

Success and challenges of the modeling for liquid water infiltration into the snowpack

平島寛行 (防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター)

湿雪雪崩や融雪土砂災害、融雪洪水、屋根落雪等、湿雪や水の流出に関連した災害を予測する上で、また積雪期における降雨(rain on snow)に伴う現象を理解する際にも、積雪内部における水分移動のモデルは有効なツールとなる。現在のところ、気象データを入力して雪質や層構造を計算する、SNOWPACKに代表される積雪変質モデルにおいても、水分移動過程が組み込まれている。

水分移動をモデル化する際に、ダルシー式やリチャーズ式を用いてモデル化が進められてきた。一方で、従来の一次元のモデルではぬれ雪中を均一に流れる毛管流はよく再現できるものの、水みちの形成は再現できなかった。その問題を解決するため、3次元の水分移動モデルや1次元で水みちと毛管領域を分ける dual domain approach 等、水みちを考慮したモデルも開発され始めている。

本話題提供では、これまで開発されてきた積雪中の水分移動に関するモデルを紹介するとともに、今後のモデルの改良のためにどのような実験が必要となるか提案する。また、3次元水分移動モデル及び dual domain approach を組み込んだ SNOWPACK を用いて、積雪層構造中の水分浸透実験の再現計算を行なった結果を比較し、各々のモデルの特性についても紹介する。

マクロ的視点による積雪への水の浸透に関する

実験・観測の現状と課題

Macro scale experiments and observations of water movement in snowpack

- Current status and challenges -

山口 悟 (防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター)

近年、 μ -CT や MRI などの積雪の微細構造を測定する技術の発達やコンピューターシミュレーション技術等の発達によるミクロな視点に基づいた積雪研究が主流になってきている。湿雪に関する研究も例外ではなく、今後ミクロ的な視点からの研究がますます重要になってくると思われる。一方、雪氷災害などの自然現象を考えると、その現象の規模自体はどちらかというとなマクロ的なスケールと言える。そのためミクロ的な視点で得られた知見を、実際にそれらの自然現象に当てはめるためには、ミクロ的な視点とマクロ的な視点をシームレスに繋ぐ必要があると思われる。特に積雪内部の水の分布が強く関与する湿雪においては、その必要性が高い。

本話題提供では、発表者がこれまで行ってきたバルク的な手法による湿雪研究に関して紹介するとともに、今後ますます発展していくと思われるミクロ的な視点に基づく湿雪研究をマクロ的な雪氷現象に結びつけるには、どのような実験・観測が必要であるかに関して話題提供する。

模擬降雨散水実験－失敗例と今後の見通し－

Rain simulation experiments: example of failure and future outlook

石井吉之（北海道大学低温科学研究所）

北海道北部の母子里において 2011 年、2012 年、2013 年の融雪期に雪面への模擬降雨散水実験を行い、積雪底面流出量の時間変化や水の安定同位体比をトレーサーとして流出水に占める撒いた水の割合を調べてきた。2016 年融雪期にも再び、これまでとほぼ同じ条件で 4 回の散水実験を実施したが、4 回とも積雪底面流出は全く出現しなかった。その理由を、冬期の気象環境、積雪の層構造や密度および安定同位体比の鉛直プロファイルなどから考察し、通常よく行われるインク着色水による浸透経路の観察を取り入れるための方策や、今まで不足していた観測項目や観測条件などを会場の皆様と議論したい。また、2016 年 10 月に論文発表された、2012 年にチェコ共和国で行われた同様の模擬降雨散水実験の結果を紹介し、得られた知見や改善すべき点、母子里の実験にも取り入れてみたい点などについて考える。

粗間隙を持つ凍土への水の浸透と浸透水の再凍結

Water infiltration into frozen soil with macropores

渡辺晋生（三重大学大学院生物資源学研究科）

寒冷地では、冬期に地表に土壤凍結層が形成される。こうした土壤凍結層の融解期に、土中に融雪水や融解水がどのようなタイミング、速度で浸透するのかを把握することは、農地の水分・施肥管理や微生物活性の変化、河川への流出水の水質変化や地下水の涵養を考える上で重要である。また、土壤の亀裂や植物根跡、土壤動物孔などの粗間隙や粗間隙中での水の再凍結は、こうした融雪水の浸透に多大な影響をおよぼすと考えられる。そこで、人工的に粗間隙を設けた土カラムに土壤凍結層を形成し、こうした粗間隙の大きさや本数が土の凍結過程や融解浸潤過程に及ぼす影響を観察した。その結果、粗間隙には水蒸気の対流と凝結により土の凍結を遅らせる効果があること、粗間隙は凍結層を透過して浸透水を凍結層下へ流す流路となりうること、さらには粗間隙内での浸透水の再凍結がこうした流路の継続を妨げることなどが明らかになった。

土壤の凍結については、水分移動のリチャーズ式と熱伝導方程式を相平衡の状態方程式であるクラウジウス・クラペイロンの式で結合することで、数値的に概ね再現できる。一方、土壤の融解についてのモデル化は遅れている。未凍土では理解されている浸潤過程や粗間隙が水分移動に及ぼす影響についても、凍結層の融解をともなう場合の数値解析には多くの課題が残されている。そこで本話題提供では、積雪中の水分移動モデルの開発・改良の参考に、土壤凍結層への融解・再凍結をともなう浸潤実験の結果や、土壤の融解過程への凍結モデル適用に関する課題を紹介する。

MRI を用いた乾雪内のフィンガー流の可視化

Visualization of fingering flow in dry snow by using MRI

安達聖（雪氷防災研究センター）

近年、乾雪試料の非破壊三次元構造計測には X 線 CT が用いられ、様々な研究成果が報告されている。しかし、X 線 CT では湿雪試料を対象にした場合、水（液体）と氷（固体）の X 線吸収係数が非常に近い値であるため、湿雪試料の X 線 CT 画像からは水と氷を判別することは難しい。また、一般的に 3 次元構造計測には長時間の撮像時間が必要であるため、湿雪試料中の静止した水の分布を画像化することは可能ではあるが、水の浸透のような動的な撮像には不向きである

X 線 CT 装置と同様に非破壊三次元構造計測に用いられている MRI（Magnetic Resonance Imaging/Imager: 核磁気共鳴画像法）は、撮像対象内に含まれる水（液体）に含まれる ^1H から NMR 信号を取得し画像化するため、湿雪試料内に存在する水の分布の様子を明瞭に描出することができる。MRI もまた、他の 3 次元構造計測と同様に撮像時間は長時間であるが、グラジエントエコー法やファストスピンエコー法などの高速撮像法や近年開発された Compressed Sensing を組み合わせることにより、撮像時間の大幅な短縮が可能である。

本研究では、雪氷用 MRI でグラジエントエコー法と Compressed Sensing を用いることにより、積雪試料中にフィンガリング流が発達する様子を動的に捉えることに成功したので、その方法と一撮像例を報告する。

MRI を用いた乾雪内のフィンガー流の観察

Observation of fingering flow in dry snow by using MRI

勝島隆史（森林総合研究所）

降雨や融雪により積雪表面に発生した水が積雪内に浸透する際には、“水みち”と呼ばれる水平方向に不均一な流路を形成しながら、積雪下部へと水が移動する。既往研究により、直径数 cm 程度のフィンガー流や、雪えくぼと呼ばれる積雪層の凹凸により水が集中する比較的直径の大きな水みちが、存在することが広く知られている。しかしながら、これらの水みち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、積雪内部の水みちを非破壊で測定する必要がある。核磁気共鳴画像法(MRI: Magnetic Resonance Imaging)は生体内部の水分状態を非破壊に3次元で可視化する技術であるが、水分量の小さな物質の測定には適しておらず、また空間解像度が比較的粗く、長時間の撮像時間を必要とするといった欠点がある。そのため MRI を用いて積雪内部の水みちの時間変化を捉えるには、高分解能化と高速撮像化の2つの極めて挑戦的な技術開発が必要となる。

本研究では、MRI による積雪内部の水分状態の3次元高速撮像手法の開発に挑戦し、見事成功した。そして、この技術を用いて、自然積雪から採取したサンプルを対象として MRI 内部で浸透実験を実施し、フィンガー流が発達する様子を捉えることに成功したので、その結果と、MRI による浸透実験から分かってきたことを報告する。

Snow and ice Research Center,
National Research Institute for Earth Science and Disaster
Resilience

H. Hirashima (Ed.)

