

氷・岩石混合物の流動則に対する岩石粒子のサイズと形状の効果 Flow law of ice-rock mixtures: Effects of particle size and shape

保井 みなみ^{1*}, 荒川 政彦²

Minami Yasui^{1*}, Masahiko Arakawa²

¹ 神戸大学自然科学系先端融合研究環, ² 神戸大学大学院理学研究科

¹Kobe University, ²Kobe University

はじめに：地球や火星氷床の流動過程、氷衛星の熱進化過程、さらにそのテクトニクスを理解するためには、氷・岩石混合物のレオロジーを知る必要がある。特に長期変形に関わる塑性流動の応力と歪速度の関係を示した「流動則」が最も重要である。著者は現在まで、流動則に対する岩石濃度、空隙率、温度の依存性について詳細に調べており、各パラメータ依存性を考慮した流動則を提案している。一方、実際の氷床や氷衛星を構成している氷・岩石混合物は、岩石濃度や空隙率以外にも氷粒径、岩石粒子サイズ、形状等まだよく知られていない未知のパラメータが幾つもあるのが現状である。そこで今回は、岩石粒子のサイズ、そしてその形状に着目し、氷・岩石混合物の流動則に対するその2つのパラメータ依存性について詳細に調べた。

実験方法：実験試料は直径約710ミクロン以下の氷粒子と2種類の固体粒子を混ぜて作成した。固体粒子の1つは、球形のシリカビーズ、もう1つは多角形の蛇紋岩粉末である。またシリカビーズは直径1mmと1ミクロンのものを用いた。蛇紋岩粉末は直径数十ミクロンである。試料は2種類の方法で作成した。1つは氷粒子と固体粒子を混ぜたものを約50MPaの圧力をかけて圧密して作成した圧密試料、もう1つは氷粒子と岩石粒子を混ぜたものに液体の水を入れて作成した凍結試料である。全6種類の試料は全て岩石濃度を1wt.%から80wt.%と変化させた。また温度は-10℃と一定にした。実験は北大・低温研に設置した変形試験機を用いて行った。歪速度を一定にした等歪速度一軸圧縮実験とし、歪速度範囲は約 10^{-6}s^{-1} から 10^{-3}s^{-1} とした。

結果：1mm試料の濃度依存性を調べた結果、圧密試料・凍結試料共にビーズ濃度50wt.%以下は、濃度が変化しても強度は変化せず純氷とほぼ一致し、50wt.%以上になると濃度の増加と共に、強度が小さくなることがわかった。これは今まで知られている1ミクロン凍結試料の強度振る舞いとは全く正反対の結果である。この理由について、次のように考えた。1mm試料の場合、氷粒子の粒径とビーズのサイズがほぼ同じなので、試料の内部構造は氷粒子とビーズが均等に分布し、ビーズ濃度が低いとビーズ同士は接触せず分散して存在する。一方、ビーズ濃度が高いとビーズ同士が接触するようになる。この内部構造が変化する境界の濃度が50wt.%と思われる。ビーズの周囲では氷に応力集中が起こるので、氷部分の変形速度が大きくなると思われる。しかし50wt.%以下ではビーズ間の距離が十分に広いため、このビーズの影響を受けずに試料全体の変形が起きる。そのため純氷とほぼ同じ強度を示すと考えられる。50wt.%以上になるとビーズ同士の距離が短くなり、応力集中による氷の流動速度の増加が、試料全体に影響を及ぼす。そのため、濃度の増加と共に強度が低下するようになる。一方で、蛇紋岩試料は基本的に1ミクロンビーズ試料と濃度が同じであればほぼ同じ強度、流動則になることがわかった。つまり形状の効果はあまり見られなかった。最後に流動則の特にベキ n に注目して調べたところ、 n は全ての試料において濃度の増加と共に大きくなることがわかった。これは先行研究から、マイクロクラックの生成によるものと考えられる。

キーワード: 氷・岩石混合物, 火星氷床, 氷衛星, レオロジー, 岩石粒子サイズ, 岩石粒子形状

Keywords: ice-rock mixture, ice sheets on Mars, icy satellites, rheology, rock particle size, rock particle shape