

氷・シリカ混合物の変形実験：流動則に対する温度依存性

Deformation experiments of ice-silica mixture and the temperature dependence on the flow law

保井 みなみ [1]; 荒川 政彦 [1]

Minami Yasui[1]; Masahiko Arakawa[1]

[1] 名大・環境

[1] Grad. School Env. Studies, Nagoya Univ.

はじめに：太陽系に分布している氷はほとんどがダストや岩石と混ざった状態で存在する。例えば火星の氷河・氷床は、火星表面を覆う砂やダストを多く含んだものであると思われる。一方、氷衛星の地殻やマントルは、平均密度やアルベドの観測データから氷に岩石が混合した状態にあると推測されている (Sill and Clark, 1982)。そこで、火星氷河・氷床の流動過程や氷衛星のテクトニクスを知る上で、氷と固体粒子の混合物の力学特性を知ることが非常に重要となる。また、実際に含まれる固体粒子濃度は非常に幅広いと予測される。さらに、実際の火星表面や氷衛星表層の温度は極低温下にある。そこで固体粒子が及ぼすこれらの天体表面上の氷地形への影響を明らかにするには、幅広い固体粒子濃度における力学特性、特に流動則とそれに対する温度依存性を知る必要がある。そこで本研究では、温度を-10 から-25 まで変化させて氷・固体粒子混合物の変形実験を行い、各温度における流動則に対する固体粒子の濃度依存性を調べた。さらに今回は、温度依存性の結果から活性化過程で変形すると思われる混合氷の活性化エネルギーを求めた。

実験方法：実験試料は氷粒子と球形のシリカビーズ（直径1ミクロン）を混ぜて作成した。また異なる内部構造を持つ試料を作成するため、2つの方法で作成した。一方は、氷粒子・ビーズの混合物を約50MPaで圧縮焼結させた圧密試料（以下、試料をp.s.s.とする）作成法で、もう一方は、氷粒子・ビーズの混合物に水を加えて押し固める凍結試料（以下、試料をf.s.とする）作成法である。含有率はp.s.s.は30, 50wt.%, f.s.は30, 50, 80wt.%とした。f.s.の50と80wt.%はビーズの懸濁液を凍結させて作成した。試料は全て円筒形で、作成後-10の低温室で1晩以上冷凍した。実験は北大・低温研に設置された変形試験機を用いて行った。試験は等歪速度一軸圧縮実験で、歪速度範囲は $8.6 \times 10^{-7} \text{s}^{-1}$ から $9.7 \times 10^{-4} \text{s}^{-1}$ とした。温度は-10、-15、-20、-25の4種類とした。

結果：流動則は、各試料で得られる応力-歪み曲線上の最大応力と与えた歪速度の関係式 ($de/dt = A_0 \exp(-Q/RT)s^n$; de/dt は歪速度、 s は最大応力、 Q は活性化エネルギー、 R は気体定数、 T は絶対温度、 A_0 と n は流動則パラメータ)として求めた。結果、同じ含有率・内部構造の試料ならば、温度が変化してもべき n が変化しないことが分かった。さらに今回、-20や-25になると50wt.%と80wt.%のf.s.に限って変形形態が塑性変形から脆性破壊に変化することが分かった。そこでArakawa and Maeno(1997)の純氷の結果と比べると、f.s.の脆性破壊は同じ歪速度で見たときにより高温で起こっている。このことから、脆性破壊へとつながる試料内のクラックの成長が、純氷に比べf.s.の方が起こりやすいということが分かる。一方p.s.s.は氷粒子の粒界にビーズが均等に分布するため、クラックが氷粒子内で成長して粒界にぶつかるよりそれ以上クラックが成長できないために脆性破壊を起こしにくいと思われる。最後に、混合氷の活性化エネルギー Q を求めた。f.s.の50wt.%と80wt.%は低温下で脆性破壊を起こしたため、今回はそれ以外の試料について求めた。また n は上記の結果から温度依存性がないことが分かったため、各温度で平均した値を用いた。その結果、混合氷の活性化エネルギーは約130kJ/molとなった。これは-8以上の純氷の活性化エネルギー120kJ/mol (Barnes et al., 1971)に近い値である。この先行研究から-8以上の純氷の変形は粒界滑りによって支配されることが分かっている。従って、混合氷はビーズが粒界に存在するため-10以下においても氷粒子の粒界滑りが変形を支配するのかもしれない。