

固体粒子を含んだ氷の力学的性質：粒子濃度とサイズ依存性に関する実験的研究

Mechanical strength and flow properties of ice-glass beads mixture depending on the beads contents and the beads sizes

保井 みなみ [1]; 荒川 政彦 [2]

Minami Yasui[1]; Masahiko Arakawa[2]

[1] 名大・理・地球惑星; [2] 名大・環境

[1] Earth and Planetary Sci., Nagoya Univ; [2] Grad. School Env. Studies, Nagoya Univ.

はじめに：

太陽系には広い範囲で氷が存在している。地球や火星以外にも、木星以遠に存在する衛星・彗星、そしてカイパーベルト天体に氷の存在が知られている。この様に太陽系全体に渡って広く分布する氷は、天体の進化において重要な役割を果たしてきたと思われる。例えばエウロパ、ガニメデ、カリストは、星間塵の集積や小氷天体の衝突によって成長し、その成長段階において、天体内部の放射性元素の壊変熱や潮汐加熱により融解、分化が起こったと考えられている。そのため、現在でも氷衛星内部には内海が存在する可能性がある。この様に氷天体の起源・進化、そして氷地殻のテクトニクスを研究する上で、氷物性は重要である。一方、氷衛星表面の反射スペクトルの観測や平均密度から、氷衛星の地殻・マントルは氷とシリケートの混合物で構成されることがわかっている。また、火星の極冠には白黒の縞状模様が見つかり、砂の濃度が異なる氷から成る。よって氷衛星のテクトニクスや火星氷床の流動を研究するために、氷だけではなくこのような氷とシリケートの混合物の粘弾性的性質を知る必要がある。本研究では、氷の力学的性質（特に流動性）に対する固体粒子の効果を調べるため、氷・固体粒子混合物の変形実験を行った。

実験方法：

試料は氷粒子（サイズ 0.3 ~ 1mm）に球形のガラスビーズ（サイズ 1mm と 1 μ m）、粉末蛇紋岩（サイズ数 μ m）を混ぜて作成した。ガラスビーズ、蛇紋岩は全て市販のものをを用いた。質量含有率は氷 - ガラスビーズ試料は 3, 6, 10, 20, 30, 50wt.%、氷 - 蛇紋岩試料は 10, 30, 50wt.% とした。また比較のため、固体微粒子を含まない純氷試料（空隙率約 3.0 ~ 5.0%）も作成した。試料サイズは長さ 60mm、直径 30mm の円筒形である。

氷粒子は市販の氷ブロック（空隙なし）を砕き、ふるいでサイズを揃えたものを用いた。サイズを揃えた氷粒子と固体粒子を均等に混ぜ、それを試料容器に少量入れ、その後少量の液体水（0）を加え、押し固めた。それを試料容器を満たすまで繰り返し、その後低温室（-10）で冷凍して試料を作成した。冷凍後取り出した試料は、上下面を平らに、さらに両端を平行にするため紙やすりで削った。実験は、北海道大学低温科学研究所の低温室（-10）に設置された変形試験機を用いて行なった。実験条件は、等歪速度一軸圧縮実験で、歪速度範囲は $2.8 \times 10^{-3} \sim 2.9 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ とした。

結果：

質量含有率 30wt.% の応力-歪曲線から求めた最大応力（ σ ）と、それぞれの歪速度（ $d\epsilon/dt$ ）との関係を調べたところ、 $d\epsilon/dt = A \cdot \sigma^n$ で表されるべき乗の関係があることがわかった。n を求めたところ、純氷、氷-1 μ m ガラスビーズ混合試料、氷-1mm ガラスビーズ混合試料、氷 - 蛇紋岩試料でそれぞれ 8.2, 5.5, 6.5, 6.9 となった。これらの試料の強度を比べて、以下のことが明らかになった。

- 1) 歪速度依存性： 10^{-4} s^{-1} より早い歪速度では、純氷より混合物氷の方が大きな最大応力を示す。
- 2) 固体粒子のサイズ依存性：実験した歪速度範囲内では、1mm のガラスビーズ試料と比べて 1 μ m ガラスビーズ混合試料の方が大きな最大応力を示した。
- 3) 固体微粒子の形状依存性：1 μ m ガラスビーズ混合試料と蛇紋岩試料では、ガラスビーズ試料の方が系統的に大きな最大応力を示した。
- 4) 歪速度 $9.0 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ における最大応力とそれぞれの質量含有率との関係から、混合試料の最大応力は純氷試料とほぼ同じとなり、最大応力の質量含有率依存性はほとんど見られないことがわかった。一方、歪速度 $3 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ では、1 μ m ガラスビーズ混合試料の最大応力は、質量含有率と共に増加し 30wt.% で最大を取ることがわかった。