

固体微粒子が多結晶氷の結晶組織と力学特性に与える影響について

猿谷友孝¹、中島甲葵¹、高田守昌¹、本間智之¹、東信彦¹、東久美子^{2,3}

¹長岡技術科学大学

²国立極地研究所

³総合研究大学院大学

Effect of solid particles on crystal structures and mechanical properties of polycrystalline ice

Tomotaka Saruya¹, Koki Nakajima¹, Tomoyuki Homma¹, Morimasa Takata¹, Nobuhiko Azuma¹ and Kumiko Goto-Azuma^{2,3}

¹Nagaoka University of Technology

²National Institute of Polar Research

³SOKENDAI (The Graduate University for Advanced Studies)

Changes of the Greenland ice sheet could lead to global climate change and sea level rise; however, the detailed mechanisms of these changes have not been clarified. Understanding of ice sheet behavior is important for high-accuracy prediction of future environmental change. Although the ice sheet behavior has large spatial-temporal scales, importance of microstructure of polycrystalline ice has been suggested (Faria et al. 2014). In particular, solid particles originated from volcanic ash affect not only crystal microstructures such as grain size or C-axis orientation of polycrystalline ice, but also the flow law of ice sheet (e.g., Thorsteinsson et al. 1997, Durham et al. 1992). In this study, we have performed deformation experiments to investigate the relationship between solid particles, microstructures and mechanical properties of polycrystalline ice.

We prepared artificial ice with and without silica particles (pure-water ice and silica-dispersed ice). Average size of the silica particles is 10-20 nm and 0.3 μm . Each particle was mixed with 0.01 wt.% to ice. Deformation experiments were performed under constant temperature and stress in the refrigerator with various conditions. We monitored displacement and temperature of ice during deformation experiments. We also measured grain size of polycrystalline ice before and after the deformation experiments using ImageJ software.

Figure 1 shows the temporal variations of strain for each ice sample (-10°C , 0.5 MPa). Silica-dispersed ice shows larger deformation than that of pure-water ice. As for the particle size, ice sample is softened when it contains large particles. Crystal structures and average grain sizes for each ice sample are shown in Figure 2. Initial grain size is almost same, while after the deformation, the size has large differences.

In this presentation, we discuss the effect of solid particles on crystal structures and mechanical properties based on deformation experiments and crystal observations.

グリーンランド氷床の変動は地球規模の気候変動や海面上昇に影響を与えることが懸念されているが、その詳細な変動メカニズムについては明らかにされていない。氷床氷の挙動を理解することは、今後の環境変動をより高精度に予測する上で必要不可欠である。氷床流動は大きな時空間スケールの現象であるものの、その流動則を支配しているのは氷床を構成する多結晶氷の微細構造であることがわかってきた(Faria et al. 2014)。特に火山灰などを起源とする固体微粒子の存在は、氷結晶の粒径や主軸の配向などの結晶組織だけでなく、氷床全体の流動則にも影響を与えることが示唆されている(例えば Thorsteinsson et al. 1997 や Durham et al. 1992)。本研究では固体微粒子が多結晶氷の結晶組織や力学特性に与える影響を調べるため、人工氷を用いたクリープ試験と結晶組織観察を行った。

本実験では氷試料として純水噴霧圧密氷とシリカ含有氷を用意した。シリカ粒子の粒径は直径 10–20nm と 0.3 μm であり、0.01wt%になるように純水に混合した。霧吹きボトルに入れた水(純水のみとシリカ混合純水)を液体窒素に向けて噴射し粉氷を作成した後、約 70MPa の応力を 1 時間かけて圧密氷とした。得られた圧密氷から観察用試料を切り出し、ImageJ プログラムを用いて結晶粒径を測定した。その後、圧密氷を高さ 50mm×直径 23mm に整形し、一定温度に保たれた冷凍庫内で一軸圧縮のクリープ試験を行った。氷試料は昇華を防ぐためシリコンオイル中に設置されており、実験中に温度と氷の変位量を測定した。実験後、氷試料から結晶観察用の氷を切り出し結晶組織を観察した。

図 1 に各氷試料の歪の時間変化を示す(-10°C 、0.5MPa)。純水氷よりも、シリカ含有氷の方が変形しやすいことがわかる。図 2 に純水噴霧圧密氷とシリカ含有氷の結晶組織と平均粒径を示す。上段が変形前、下段が変形後の結晶組織であり、画像中の影は氷に取り込まれた気泡である。初期の結晶平均直径はシリカの有無やサイズに

関わらず約 50 μm であったが、変形後は氷試料によって大きな差が見られた。変形量が小さかった純水氷は結晶が大きく成長していることがわかる。

本発表では様々な温度応力下でのクリープ実験結果や種々の結晶組織観察データを元に、固体微粒子が多結晶氷の結晶組織に与える影響や結晶組織と力学特性の関係性について議論する。

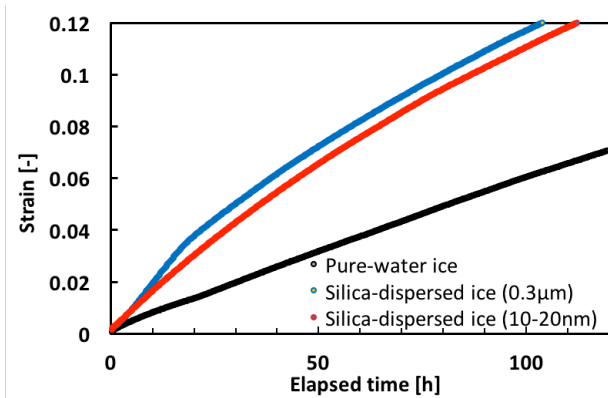


Figure 1 Temporal variations of strain for each ice sample. Experiments were performed under -10°C and 0.5 MPa.

図1 各氷試料の歪の時間変化。実験は -10°C の冷凍庫内で0.5MPaの応力を与えて行った。

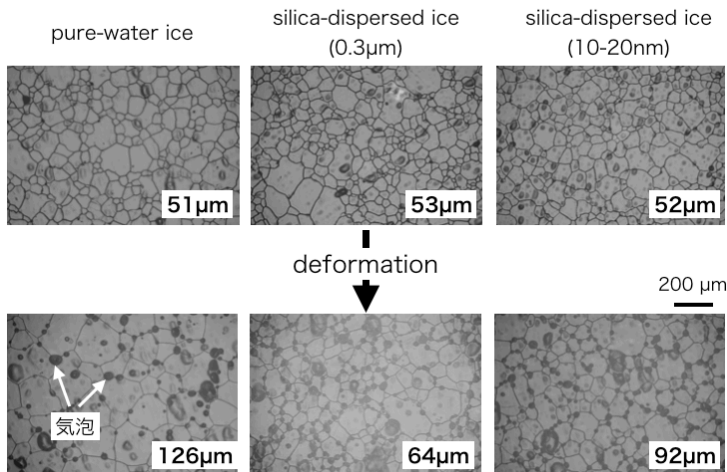


Figure 2 Crystal structures and average grain sizes for each ice sample.

図2 各氷試料の結晶組織と平均直径。上段は塑性変形前、下段は塑性変形後。

References

- Faria, S.H., Weikusat, I. and Azuma, N., 2014, The microstructure of polar ice. Part II: State of the art, *J. Struct. Geol.* **61**, 21-49.
- Thorsteinsson, T., Kipfstuhl, J. and Miller, H., 1997, Textures and fabrics in the GRIP ice core, *J. Geophys. Res.*, **102**, No. C12, 26583-26599.
- Durham, W.B., Kirby, S.H. and Stern, L.A., 1992, Effects of Dispersed Particulates on the Rheology of Water Ice at Planetary Conditions, *J. Geophys. Res.*, **97**, No. E12, 20883-20897.