

南極ドームふじ近傍の氷床における、フィルム層位の圧密

藤田秀二¹、堀彰²、望月優子³、高橋和也³、中井陽一³、川村賢二¹、本山秀明¹
¹ 国立極地研究所, ² 北見工業大学, ³ 理化学研究所

Densification of layered firn of the ice sheet in the vicinity of Dome Fuji, Antarctica

Shuji Fujita¹, Akira Hori², Yuko Motizuki³, Kazuya Takahashi³, Yoichi Nakai³, Kenji Kawamura¹ and Hideaki Motoyama¹
¹National Institute of Polar Research, Tokyo, Japan, ²Kitami Institute of Technology, Kitami, Japan, ³RIKEN, Wako, Japan

The densification of two ~110-m-long firn cores recovered at two sites, Dome Fuji (DF) and a site ~10 km south (DFS) was investigated based on continuous profiles of the dielectric permittivities at ~34 GHz both in the vertical and in horizontal, ϵ_v and ϵ_h , respectively. Dielectric anisotropy $\Delta\epsilon (= \epsilon_v - \epsilon_h)$ were then examined as an indicator of anisotropic structure. The two sites, DF and DFS are characterized by contrasted surface mass balance in the wind-ward side (DF) of the ice divide and the rain shadow in the lee (DFS) of the ice divide. We find that the two firn cores have properties as follows. Two cores have typical density profile of inland plateau of Antarctica, from the surface to the close-off depths. When permittivities increase with increasing depth due to densification, $\Delta\epsilon$ decreases from its initial large values ~0.07 to ~0.01. The two sites have very similar depth-permittivity profiles. However, $\Delta\epsilon$ at DFS is nearly half of $\Delta\epsilon$ at DF, suggesting that anisotropic structure of the pore space and ice are less well developed or more easily collapsed at DFS. For the DFS core, correlation between density and the major ions were examined for depth range of 80-85 m, that is, depth range just before close-off (at ~103 m) of air bubbles where amplitude of the density fluctuation has local maxima after the density crossover. We find that density fluctuations are well correlated to concentration of Na and SO₄. These ions are known to have higher concentration in winter at DF (Iizuka et al., 2004). Then, the observation suggests that the densification occurs more in winter layers than summer layers, in agreement with discussions of the previous studies of firn layers at DF (Fujita et al., 2009). In addition, we find no correlations between density fluctuations and ion concentrations such as Ca, Cl or NH₄, implying that these ions play no major roles to enhance densification of firn at DF and DFS. Possible effects of fluorine ion must be examined in future. We argue that the summer metamorphism due to insolation is the cause of the density-layering near the bubble formation zone in the vicinity of Dome Fuji, as we discussed in detail in our previous paper (Fujita et al., 2009).

南極ドームふじ(DF)と、約10km南方(DFS)で採取された約110m深のフィルムコアについて、周波数34GHzにおけるミリ波誘電率テンソルの鉛直成分 ϵ_v と水平成分 ϵ_h をそれぞれ連続計測して圧密過程を調査した。そして、誘電異方性 $\Delta\epsilon (= \epsilon_v - \epsilon_h)$ を、フィルムの異方性構造の指標として検討した。2つのサイトは、分水界に対して、卓越風が吹き付ける側(DF)とRain Shadow(DFS)の位置関係にある。誘電率は、2箇所のサイトにおいて、南極内陸高原域としては典型的な深度-誘電率プロファイルをもち、表面からクローズオフ深度まで増大する。 $\Delta\epsilon$ はその初期値である~0.07から~0.01に向かって減少する。2つのサイトでは、とても似た深度-誘電率プロファイルをもつ。しかし、DFSでの $\Delta\epsilon$ は、DFでのそれにくらべて半分程度の大きさであった。この事実は、空隙と氷の異方性が、DFSで発達が弱いか、あるいは、より容易に崩壊したことを示している。DFSコアについて、深度80-85m深付近での圧密と主要イオンの関係を調べた。この深度は気泡のクローズオフ深度に近いものである。実際のクローズオフ深度は、103m深前後であるが、今回着目している深度は、密度クロスオーバーが約50m深前後で起こったあと、密度標準偏差が最大になる深度帯である。密度ゆらぎをもった層位がクローズオフ帯に入っていく直前の層構造は何で決まっているかということに着目している。密度変動は、NaやSO₄の濃度とよく相関した。これらのイオンは、ドームふじでは冬期の層に高濃度となることが指摘されている(Iizuka et al., 2004)。我々の観測事実は、圧密が冬層で卓越して起こり、夏層では卓越しなかったことを示唆している。そしてそれは、以前にDFのフィルムの圧密機構として提起されてきた解釈(Fujita et al., 2009)と一貫する。さらに、我々は、密度とCa、ClあるいはNH₄イオンとの間に、相関を見いだしていない。この事実は、これらのイオンが密度層構造の発達に主要な役割をもっていないことを示唆している。フッ素の影響は今度の課題である。上記の一連の状況から、我々は、ドームふじ近傍での気泡形成深度付近でのフィルムの密度層構造の主要な原因は、かつて提起したように氷床表面付近での夏の日射とそれによる変態であると考えており、そのFujita et al.(2009)の解釈に変更はない。

References: Fujita, S. et al.: Metamorphism of stratified firn at dome fuji, antarctica: A mechanism for local insolation modulation of gas transport conditions during bubble close off. *J. Geophys. Res.*, 114, 10.1029/2008JF001143, 2009.

Iizuka, Y. et al.: So42- minimum in summer snow layer at dome fuji, antarctica, and the probable mechanism, *J. Geophys. Res.*, 109, 10.1029/2003JD004138, 2004.