

黒曜石の磁化率周波数依存性による粒径分布

福岡 浩司 [1]
[1] 同志社大・理工

Magnetic granulometry of Takanoobane obsidian using frequency dependence of susceptibility

Koji Fukuma[1]
[1] Dept. Env. Sys. Sci., Doshisha Univ.

Obsidian is a volcanic glass containing abundant microlites of Fe-Ti oxides, which potentially serve as an ideal recorder of ancient geomagnetic field. Previous studies, especially focused on retrieving paleointensities from obsidians, demonstrated the high (above 500 deg.C) and narrow unblocking temperatures and the univectorial natural remanent magnetizations of obsidians. In this study, drilled cores of obsidians comprising upper and lower layers intervened by Takanoobane rhyolite lava flow from Aso volcano were analyzed to deduce grain size distributions spanning superparamagnetic (SP) and single-domain (SD) boundary.

Thermomagnetic curves on Takanoobane obsidians exhibited high Curie temperatures above 500 deg.C, indicating low-Ti titanomagnetite as a main magnetization carrier. Hysteresis loop shape varies from potbelly to nearly straight line, and sometimes resulted in wasp-waisted loops due to mixture of the two components. Hysteresis parameters are widely distributed on a Day plot; Some samples were along the single-domain and multidomain (MD) mixture line, but others are deviated to a large extent from the SD-MD line to a higher Hcr/Hc and lower Mr/Ms region, which is caused by high SP fraction. These hysteresis data suggest that the obsidians contain low-Ti titanomagnetites covering SP and SD ranges, but the grain size distribution significantly changes according to the vertical position. While upper obsidian layer and bottom part of lower layer have higher content of SP grains, obsidians just below the rhyolite lava are dominated by pseudo-single-domain (PSD) grains.

Frequency dependence of susceptibility, which is believed to indicate SP contribution, was measured at room temperature for a broad frequency band ranging from 1×10^{-1} to 5×10^5 Hz using a combination of MPMS and ZH susceptometers. Only a small number of samples indicated unequivocal frequency dependences in the in-phase and out-of-phase components. Some samples with high SP fractions did not show any significant frequency dependences of susceptibility at room temperature as well as PSD samples. On the other hand, low-temperature frequency dependence clearly revealed different behaviors between SP and PSD samples. Smaller SP grains exhibited frequency dependence vastly below room temperature, and did not give any indication of room-temperature frequency dependence as mimicking PSD grains.

Significant grain size variation within a vertical column of obsidian suggest that grain size is greatly influenced by cooling rate and control the suitability for paleointensity determination. Obsidians certainly contain fine-grained titanomagnetites, but all of obsidian samples are not suitable for paleointensity measurements. Knowledge on grain size distribution for SP-SD-PSD range should be indispensable for paleointensity studies using obsidians.

黒曜石は鉄-チタン酸化物の晶子を豊富に含む火山ガラスであり、過去の地球磁場の理想的な記録媒体であることが期待できる。以前の研究、特に黒曜石からの古地磁気強度を得ることに焦点をあてた研究では、高温(500度以上)の狭いアンブロッキング温度および単一成分の自然残留磁化をもつことが示された。本研究では阿蘇火山の高野尾羽根流紋岩溶岩流の上・下層を構成する黒曜石の掘削コアを解析し、超常磁性(SP)-単磁区(SD)境界にまたがる粒径分布を推定した。

高野尾羽根の黒曜石の熱磁気曲線は500度以上の高いキュリー温度を示し、磁化の担い手として低チタンのチタン磁鉄鉱を示唆する。ヒステリシスループの形状は、potbellyからほぼ直線に亘り、ときには2つの成分の混合に起因したwasp-waistedループを生じた。ヒステリシスパラメータはDayプロット上に広く分布し、いくつかの試料は単磁区-多磁区(MD)混合線上にあったが、他の試料はSD-MD線から高いHcr/Hcおよび低いMr/Ms領域に大きく偏向し、これは高いSPの含有率を示す。これらのヒステリシスデータは、黒曜石がSPおよびSD領域をカバーする低チタンのチタン磁鉄鉱を含むが、粒径分布は試料の垂直位置によって大きく変化することを示唆している。上層と下層の底部の黒曜石はSP粒子の含有率が高いが、流紋岩溶岩の直下の黒曜石は疑似単磁区粒子(PSD)粒子によって支配されている。

SPの寄与を示すと考えられる磁化率の周波数依存性を、MPMSとZH磁化率計の組み合わせを用いて、 1×10^{-1} から 5×10^5 Hzまでの広い周波数帯域で室温で測定した。わずかな数の試料のみが、in-phaseおよびout-of-phase成分において明確な周波数依存性を示した。高いSP含有率をもついくつかの試料は、PSDを含む試料と同様に、室温において磁化率の有意な周波数依存性を示さなかった。一方、低温での周波数依存性は、SPとPSD試料の間で異なる挙動を明らかに示した。より小さいSP粒子は、室温よりも大幅に低い温度で周波数依存性を示し、PSD粒子のように室温での周波数依存性を示さなかった。

黒曜石での垂直方向の粒径変化が顕著であることは、粒径が冷却速度の影響を強く受け、古地磁気強度測定への適性を制御することを示唆している。黒曜石は確かに細粒のチタン磁鉄鉱を含んでいるが、黒曜石の試料がすべて古地磁気測定に適しているわけではない。黒曜石を用いた古地磁気強度研究では、SP-SD-PSDの粒径分布の情報が不可欠である。