

高压下における SiO₂ ガラスの降伏強度

佐藤友子、八木健彦(東大物性研)、船守展正(東大理)

SiO₂ ガラスは、地球科学的・物質科学的・材料科学的観点から重要な物質であり、高压下における振る舞いについても多くの研究がなされてきた。SiO₂ の構造の圧力依存性は、25GPa から 40-45GPa にかけて、配位数が 4 から 6 に変化することで特徴づけられる[1]。このような Si-O の結合状態の変化は、SiO₂ ガラスの降伏強度にも反映されると考えられる。実際に、SiO₂ ガラスの降伏強度は、試料室内の圧力分布の測定に基づく手法によって測定されており、4 配位から 6 配位への構造変化に伴って大幅に低下すると報告されている[2]。しかし、この手法には様々な仮定が含まれており、異なった手法による検証が不可欠である。我々は、一軸応力下での加圧軸に垂直な方向(動径方向)からの X 線回折を用いた手法による測定を試みた。

X 線回折実験は、PF の BL18C で実施された。圧力発生には、動径方向に広い開口部を持つダイヤモンドアンビル装置を用いた。高压下における試料厚みを確保し、かつ、動径方向からの観察を実現するために、ベリリウムをアウターガスケットとした立方晶窒化ホウ素 c-BN ガスケット[3]を用いて、SiO₂ ガラスの粉末を加圧した。一軸応力下において生じる偏差歪 ϵ_{θ} は、格子歪理論[4]によれば、 $\epsilon_{\theta} = -[t/(6G)](1-3\cos^2 \theta)$ と表される。t は偏差応力の大きさ、G は剛性率、 θ は加圧軸ベクトルと散乱ベクトルのなす角度である。

SiO₂ ガラスの第一ピーク (First Sharp Diffraction Peak: FSDP) の位置の圧力依存性から、偏差応力を求めた。FSDP の位置は、格子歪理論で説明可能な圧力依存性を示した。測定を実施した 10GPa から 40GPa までの圧力領域においては、SiO₂ ガラス内の偏差応力は単調に増加するという結果が得られた。偏差応力の値は、過去の降伏強度測定の結果[2]と比べると、30GPa 付近まではよい一致を示すが、より高い圧力領域では大きく異なっている。降伏強度は偏差応力の上限であり、今回の実験では降伏条件が満たされていなかったと考えても、この違いは説明できない。今後、より高压領域での測定を実施し、SiO₂ ガラスの降伏強度の圧力依存性についての詳細を明らかにしたい。

[1] T. Sato and N. Funamori, Phys. Rev. Lett. **101**, 255502 (2008).

[2] C. Meade and R. Jeanloz, Science **241**, 1072 (1988).

[3] N. Funamori and T. Sato, Rev. Sci. Instrum. **79**, 053903 (2008).

[4] A. K. Singh, J. Appl. Phys. **73**, 4278 (1993).