

低密度 SiO_2 のヘリウム中での異常な圧縮挙動

Anomalous behavior of low-density SiO_2 in helium under high pressure

佐藤友子¹、八木健彦¹、岡田卓¹、後藤弘匡¹
高田啓人²、若林大佑²、中山和也²、船守展正²
1 東大物性研、2 東大理

高圧下における SiO_2 の結晶およびガラスの振る舞いは、地球科学をはじめ、材料科学や凝縮系物理学などの分野における重要な課題である。クリストバライト・トリディマイト・クォーツなどの常圧下で観察される SiO_2 結晶、および、液体を急冷して得られる SiO_2 ガラスは、 SiO_4 四面体を基本単位とした三次元ネットワーク構造を持っている。高圧下で安定な六配位の結晶であるスティショバイトはクォーツの 1.5 倍以上の密度を持つことを考えると、四配位の結晶・ガラスの構造は、かなり多くの空隙を含んでいると考えられる。これらの空隙に、ヘリウムや水素といった小さなガス分子が入り込んだならば、圧縮挙動の変化や新奇構造の出現が期待される。今回、四面体を基本単位とする SiO_2 の中でも、特に低い密度を持つ SiO_2 ガラスとクリストバライトを、ヘリウムを圧力媒体とし、ダイヤモンドアンビル装置を用いて加圧した結果を報告する。

SiO_2 ガラスの体積の圧力依存性は、顕微鏡写真から判読したバルク試料のサイズの変化から測定された[Meade & Jeanloz, 1987]。10GPa までの加圧を行った結果、メタノール・エタノール圧力媒体中と比べ、体積変化が非常に小さいことが明らかになった。小さなヘリウムの分子が、空隙に大量に入り込むことで、空隙の収縮を阻害していることが強く示唆される。溶解量は 10GPa において SiO_2 ガラス 1mol あたりヘリウム 1mol 以上と見積もられた。また、X 線回折・ラマン散乱測定の結果も、体積変化が非常に小さいことと調和的であった。

クリストバライトについては、X 線回折測定のみ実施された。10GPa 付近において d 値の大きい領域に新しい回折線が出現し、未知の相への転移が観察された。ヘリウムの溶解により体積が増加した可能性が示唆される。20GPa 以上では、さらに別の未知相への転移が観察された。この相の回折線は非常にブロードであった。この圧力領域では、アルゴン等の圧力媒体を用いた実験で、スティショバイトに類似の相への転移が報告されている[Yamakata & Yagi, 1997]。この未知相も、六配位の構造を持っているかもしれない。