

圧力 12 GPa までの玄武岩組成ガラスの構造測定 Structural measurement of basaltic glass up to 12 GPa

坂巻竜也^{1,*}, 大橋智典¹, 久野直樹¹, 舟越賢一², 鈴木昭夫¹

¹ 東北大学, 〒980-8578 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-3

²CROSS, 〒319-1106 茨城県那珂郡東海村白方 162-1
Tatsuya SAKAMAKI^{1,*}, Tomonori OHASHI¹, Naoki HISANO¹,

Ken-ichi FUNAKOSHI² and Akio SUZUKI¹

¹ Tohoku University, Aoba, Sendai 980-8578, Japan.

² CROSS, Tokai, Ibaraki 319-1106, Japan.

1 はじめに

地球の形成・進化、また、現在観測される様々な火成活動を理解する上で、地球内部でのマグマの挙動を明らかにすることは重要である。特にマグマの物性(密度・粘度など)を測定することは直接的にマグマの移動を議論できるため、多くの研究がなされている。ただし、マグマの巨視的な物性変化の本質的な原因を知るためには、マグマの微視的な構造変化に着目した研究が必要である。

物質の構造を測定する手法としては、大きく分光法と回折法の 2 つに分けられる。それぞれの手法にメリット・デメリットが存在するが、本研究ではエネルギー分散型 X 線回折法を利用することで、高圧下での玄武岩組成ガラス(玄武岩マグマの模擬物質)の構造を明らかにし、圧力起因による原子間距離の変化などに着目した。

2 実験

PF-AR の NE5C に設置されている MAX80 高圧発生プレスを利用した。6-6 式の高圧セルを使い、ボロンエポキシの圧媒体の中に合成した玄武岩組成のガラス粉末試料を封入した。実験では白色 X 線(35–130 keV)を用い、試料からの散乱 X 線はゲルマニウム半導体検出器で収集した。広い Q レンジの散乱プロファイルを得るために、 2θ を $3\text{--}25^\circ$ で変化させた回折パターンを測定し、それらをコンパイルして繋ぎ合わせることで 1 本の広い Q レンジの散乱プロファイルを取得した。さらに散乱プロファイルから構造因子 $S(Q)$ を導出し、そのフーリエ変換から求められる動径分布関数 $G(r)$ を得た。

3 結果および考察

圧力 6 GPa までの玄武岩組成ガラスについてはすでに測定済みであったため、本実験では 7.2 GPa~12.3 GPa の圧力条件下で実施した。本実験で得られた散乱プロファイルから求められた玄武岩組成ガラスの構造因子 $S(Q)$ を図 1 に示す。約 2 \AA^{-1} に見られるピークは First Sharp Diffraction Peak(FSDP)と呼ばれ、ケイ酸塩ガラスの中距離構造の周期 ($\approx 2\pi/Q$) を反映している。この FSDP は圧力増加に伴ってより高い Q 側へ移動していることから、玄武岩組成ガラスの中距離構造の収縮を示唆している。また、高圧力

条件で 3 \AA^{-1} 付近のピークが顕著に現れた。このピークは Second Sharp Diffraction Peak (SSDP) と呼ばれ、高圧下で短距離構造が変化したことによって見られるケイ酸塩ガラス・融体の特徴の 1 つである。

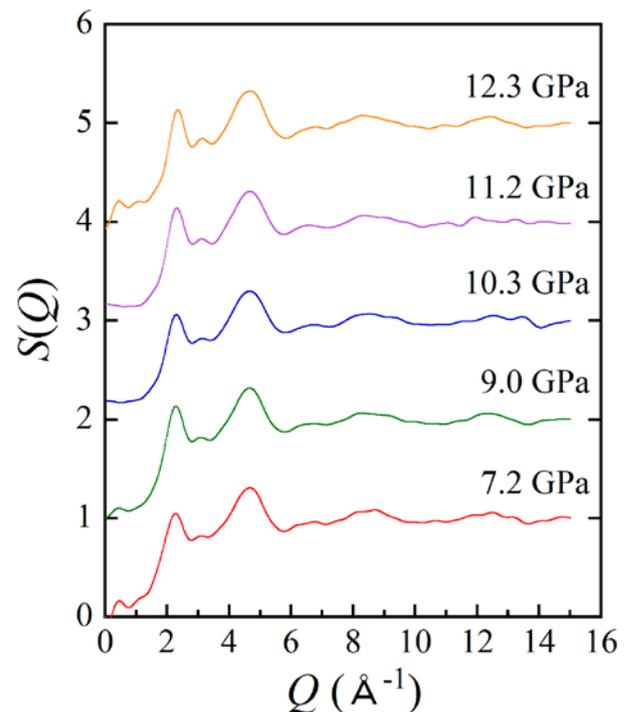


図 1: 玄武岩組成ガラスの構造因子 $S(Q)$ 。

逆空間上の構造因子 $S(Q)$ をフーリエ変換することで得られる動径分布関数は、実空間の情報を保持している。図 2 に本研究で得られた玄武岩組成ガラスの動径分布関数を示す。1.6 \AA 付近の第 1 ピークは網目形成イオン(Tetrahedral network former: T)と最近接の酸素 O との結合距離(T-O 距離)を反映している。網目形成イオン(T)は Si^{4+} と Al^{3+} で、ケイ酸塩の基本構造である TO_4 四面体の中心に位置する。T-O 結合はケイ酸塩物質の中で最も強固な結合であるため、一般的に T-O 距

離の変化は非常に小さい。本研究で得られた動径分布関数から T-O 距離の微小な変化を追跡した。

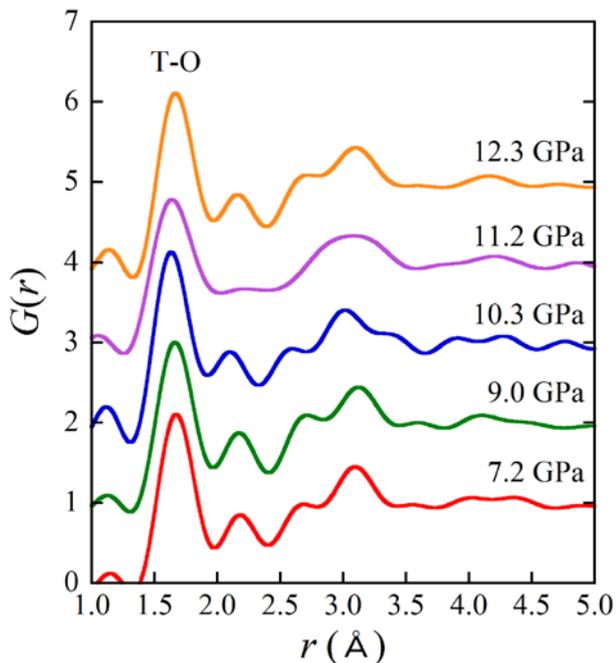


図 2: 玄武岩質ガラスの動径分布関数 $G(r)$ 。

T-O 距離の圧力依存性を図 3 に示す。圧力 10.3 GPa まで収縮し、より高圧下では伸長している様子が確認できる。これは高圧側で網目形成イオン(T)の周囲にある酸素の配位数増加などによって、T-O 結合力が変化していることが示唆される。

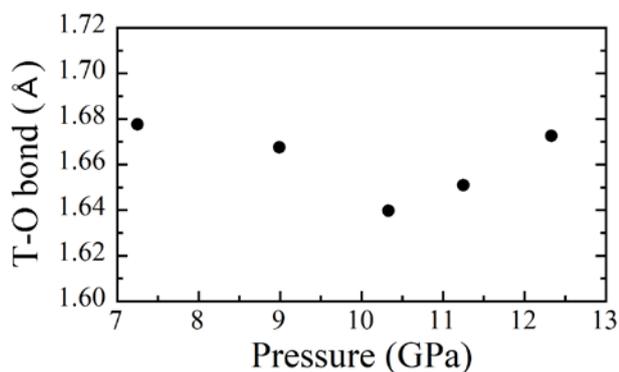


図 3: 網目形成イオンと酸素間距離の圧力依存性。

一端を確認することができた。本研究で用いた X 線回折だけでなく、中性子回折や分光学的研究を組み合わせた総合的な解析を行うことで、マグマの高密度化過程をさらに詳細に解き明かしていくことが期待される。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 JP15H05828、JP17H04860、JP17K18797 の助成を受けたものです。

成果

1. Ohashi, T., Sakamaki, T., Hattori, T., Sano-Furukawa, A., Funakoshi, K., Suzuki, A., Structures of basaltic glass under high pressure by in-situ X-ray and neutron diffraction investigations, Interaction and Coevolution of the Core and Mantle Toward Integrated Deep Earth Science International Symposium Annual General Meeting
2. 大橋智典、坂巻竜也、服部高典、佐野亜沙美、舟越賢一、鈴木昭夫、X 線・中性子回折を用いた高圧下での玄武岩ガラスの構造解析、日本地球惑星科学連合 2018 年大会

* sakamaki@tohoku.ac.jp

4 まとめ

エネルギー分散型 X 線回折法を用いて圧力 12.3 GPa までの玄武岩組成ガラスの構造変化を明らかにした。単調な中距離構造の収縮からより密な構造への変化の