

10GPa 領域の高温高圧 X 線吸収法による密度測定法の確立と 玄武岩組成メルトの密度測定

Density measurements of basaltic melt by means of X-ray absorption method up to 10 GPa

浦川 啓¹⁾, 坂巻竜也²⁾, 西田圭祐²⁾, 鈴木昭夫²⁾, 大谷栄治²⁾, 片山芳則³⁾
Satoru URAKAWA, Tatsuya SAKAMAKI, Keisuke NISHIDA, Akio SUZUKI, Eiji OHTANI, Yoshinori KATAYAMA

¹⁾岡山大学 ²⁾東北大學 ³⁾原子力機構

玄武岩マグマの密度を 5GPa, 2000Kまでの条件で X 線吸収法により測定した。玄武岩マグマは圧力により急激に密度を増加し、圧縮率が圧力と共に大きくなる異常を示した。これは、玄武岩マグマの構造がこの圧力範囲で大きく変化していることを示す。

キーワード：高圧, マグマ, 密度

1. 目的

惑星内部におけるマグマの移動は粘性と密度により制御される。特にマグマとまわりの岩石の密度差は、マグマが上昇するか、もしくは深部にとどまるかを決定するパラメーターである。圧力下のマグマの密度は浮沈法により測定されてきたが、密度マーカーの結晶とマグマの密度が一致する圧力のデータしか得られない欠点があった。数少ないデータに基づくマグマの圧縮過程の議論は大きな不確定性を含んでいる。この問題を克服するため、我々は X 線吸収法を用いて広い温度圧力範囲でマグマの密度測定を試み、その圧縮機構を研究している(Ohtani et al., 2005)。本研究では地球上に最も多量に存在する玄武岩マグマを対象として、10GPaを目指しできるだけ広い圧力範囲で密度測定を行うことを目指した。

2. 方法

高温高圧発生は BL22XU に設置されているキュービックプレス SMAP180 を用いて行った。出発試料は単結晶ダイヤモンドのシリンダーに封入した。入射 X 線と透過 X 線の強度 (I_0 と I) は $50\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$ のサイズの単色 X 線(約 23keV)を試料部に導入し、イオンチャンバーを用いて測定した。プレスを水平移動させることにより、円筒形試料の半径方向の X 線吸収プロファイルを得て、 $I/I_0 = \exp(-\mu pt)$ の関係から密度を決定した。このとき、試料の吸収係数は標準状態で吸収測定から求めた値を用いた。今回の出発組成には、無水の玄武岩組成の合成ガラスに加え、水を含んだ玄武岩組成ガラスおよび FeS も用いた。

3. 研究成果

無水の玄武岩マグマの密度を約 5GPa, 2000Kまでの圧力で測定した。これまでの成果とあわせると 12 点のデータが得られ、圧縮機構の議論が可能となった。含水玄武岩メルトについても、水の封入に成功し密度測定が可能であることを確認した。この実験は今後更に進める予定である。また、地球型惑星の核構成物質のひとつである FeS のメルトについても、吸収法による密度測定を試み、良好な結果が得られた。

4. 結論・考察

今回の実験では、目標の 10GPa に届いていない。SMAP では高温で著しく圧力低下が生じる、実験の圧力領域をのばすためには、今後この問題を解決する必要がある。2006B までに得られたデータから無水玄武岩の圧縮機構について考察する。高圧下で得られた無水の玄武岩マグマの密度データを Birch-Murnaghan の状態方程式に当てはめると、負の体積弾性率の圧力微分が求まる。これは圧力が高くなるほど、より圧縮しやすくなることを意味する。この異常な圧縮は玄武岩マグマの構造が圧力によって変化していると考えると説明ができる。玄武岩マグマ中では SiO_4 と AlO_4 からなる四面体のネットワーク構造の縮小と Al の配位数增加によって急激な密度増加が起きていると考えられる。浮沈法から求められた状態方程式 (Agee, 1998) は今回の密度データを全く説明できない (Fig.1)。構造変化が起きるマグマの圧縮過程の研究における X 線吸収法の優位性がわかる。今回の結果と Agee のデータを結んで外挿すると約 7GPa で玄武岩マグマと共存固相のカンラン石との密度逆転が起きる。Agee(1998)による予想より 1GPa 以上低い圧力であり、地球では

200km 以深から玄武岩マグマが上昇しないことを意味し興味深い結果である。

5. 引用(参照)文献等

- Agee, C.B. Crystal-liquid density inversions in terrestrial and lunar magmas, Physics of the Earth and Planetary Interiors, 107, 63-74, 1998.
- Ohtani, E., Suzuki, A., Ando, R., Urakawa, S., Funakoshi, K., and Katayama, Y. Viscosity and density measurements of melts and glasses at high pressure and temperature by using the multi-anvil apparatus and synchrotron radiation, in High-Pressure technology for Geophysical Applications, ed. Chen, J. et al., Elsevier, Amsterdam, 2005.