

高圧下における Fe-FeS 系融体の粘性測定

Viscosity measurement of molten iron-sulfur alloys under high pressure

寺崎 英紀[1], 加藤 工[1], 浦川 啓[2], 舟越 賢一[3], 鈴木 昭夫[4], 岡田 卓[1], 久保 友明[5], 前田 信[6], 葛西 志津[7]

Hidenori Terasaki[1], Takumi Kato[2], Satoru Urakawa[3], Kenichi Funakoshi[4], Akio Suzuki[5], Taku Okada[6], Tomoaki Kubo[7], Makoto Maeda[8], Shizu Kasai[9]

[1] 筑波大・地球, [2] 岡大・理・地球, [3] 高輝度光セ, [4] 東北大・理・地球物質科学, [5] 東北大・理, [6] 東北大、理、地球物質科学, [7] 東北大・理・地球物質

[1] Geosci., Univ. of Tsukuba, [2] Inst. Geoscience, Univ. Tsukuba, [3] Dept.of Earth Sci., Okayama Univ., [4] JASRI, [5] Faculty of Science, Tohoku Univ., [6] Geoscience, Univ. of Tsukuba, [7] Tohoku Univ, [8] Institute of Mineralogy, Petrology, and Economic Geology, Tohoku Univ., [9] Inst Min. Pet. Econ. Geol., Tohoku Univ.

<http://aso.geo.tsukuba.ac.jp/geology/ganko/>

地球外核の主要構成物質であると考えられる Fe-FeS 系融体の高圧下での粘性を、X 線影像落球法を用いて測定した。高温高圧発生には、SPring-8 BL04B1 設置の MA8 型高圧発生装置 SPEED-1500 を用いた。今回の実験から 7GPa までの圧力範囲においては、Fe-FeS 系共融組成融体の粘性係数は約 10-2 Pa s となり、その圧力依存性はほとんど認められないという結果が得られた。この結果は、構造解析の結果とも調和的である。また温度の効果については、高温ほど粘性係数は減少することがわかった。

地球外核の主要構成物質であると考えられる Fe-FeS 系融体の高圧下での粘性は、地球磁場形成に関連する外核の対流様式や、地球のみならず惑星の中心核形成過程を研究する上でも非常に重要な物性値となる。したがって Fe-FeS 融体の粘性係数は広範な温度、圧力、組成の関数として決定することが必要とされる。そのような重要性にも関わらず高圧下での粘性測定の報告例は、実験的困難性により現在までに LeBlanc&Secco (1996) があるのみである。彼らの結果によると高圧下での Fe-FeS 融体の粘性は常圧下のものに比べ 3、4 桁高く、高圧金属物性の常識に反している。また、融体の構造解析の結果 (Urakawa et al., 1998) とも調和的ではない。そこで本研究では、X 線影像落球法を用いて高圧下における Fe-FeS 共融組成融体の粘性その場測定を行った。

高温高圧発生には、SPring-8 BL04B1 設置の MA8 型高圧発生装置 SPEED-1500 を用いた。出発物質には常圧下における共融組成に近い組成を採用し、ヒーターには円筒状グラファイトを使用した。圧力測定は、カプセルに使用した hBN の回折線から状態方程式を用い算出した。測温は W3%Re-W25%Re 熱電対をヒーター内部、カプセル直上に配置して行った。粘性測定は、X 線影像落球法 (Kanzaki et al., 1989) により求めた。これは放射光をプレスのアンビルギャップより導入し、高温高圧状態での試料中の落球像を下流側に設置された X 線 CCD カメラ (C4880) によりその場観察する方法である。この方法は 10-2 Pa s 程度の低粘性まで測定できる利点を持つ。試料内上部に封入してあるマーカー金属球 (Pt, W, Au) は試料との X 線透過強度の差から影として確認される。試料溶融状態における球の落下挙動の観察から落下速度を求め、カプセル底面および壁の効果を考慮したストークス則より試料の粘性係数を計算した。また温度効果を調べる実験では、金属球を配置した部分の周囲を Fe-FeS 融体とは不混和である珪酸塩 (albite など) 層で覆い、球を遅れて落球させる仕掛けを施し (2 段階落球法)、試料のリキダス温度より高温条件下で測定することに成功した。この方法は試料が低粘性試料の場合、部分溶融状態で落球してしまうという問題点を回避する上でも優れているといえる。

本実験より 2.5 ~ 7GPa の圧力範囲においては、粘性係数は約 10-2 Pa s となった。圧力依存性はほとんど認められないという結果が得られ、この値は常圧下で測定された Fe の粘性係数に非常に近いこともわかった。この結果は Urakawa et al. (1998) の構造解析の結果である Fe-FeS 共融組成融体の原子間距離はわずかに減少するものの構造に大きな変化は見られないということとも調和的である。また温度の効果については、1000 ~ 1450 までの温度範囲において高温ほど粘性係数は減少し、アレニウスプロットからその活性化エネルギーは 38kJ/mol と見積もられた。これは LeBlanc and Secco (1996) により求められた値より一桁小さい値である。