

1500 Kにおける圧力と Fe_{0.950} の体積の関係と地球のコアの酸素の量の推定

Pressure-volume relation for Fe_{0.950}O at 1500 K and estimation of oxygen content in the Earth's core

佐多 永吉[1], Guoyin Shen[2]

Nagayoshi SATA[1], Guoyin Shen[2]

[1] 東大・物性研, [2] シカゴ大CARS

[1] ISSP, [2] CARS, U of Chicago

地球物理学的観察は地球のコアの密度は純粋な鉄よりも軽く、地球のコアが軽元素を含むということを示唆している。酸素は、軽元素の有力な候補の一つであり、FeO成分はマントルの主成分の一つでもある。もしFeO成分が外核にも存在すれば、FeOの高温高压下での性質は、コア-マントル境界領域での化学反応を理解する上で重要な役割を果たすと予想される。

本研究では Fe_{0.950} の 1500K における状態方程式を求める目的で、レーザー加熱ダイヤモンドアンビルセル (DAC) と放射光 X 線を組み合わせた準等温圧縮実験を、アメリカにある放射光施設 Advance Photon Source (APS) の GeoSoilEnviroCARS (13-ID-D) において行った [Shen et al. 2001]。試料は Fei 博士から提供された合成試料を用い、その組成はユニットセル定数 $a = 4.311 \pm 0.002$ Å から推定した [McCammon and Liu 1984]。圧力発生にはキュレット径が 150 μm のベベル付きダイヤモンドアンビルを用いた。NaCl を圧媒体、かつ、レーザー加熱時の断熱層として用いた。単色 X 線の波長 0.4066 Å (エネルギー 30.491 keV) であった。回折パターンの測定には CCD デテクター (Bruker-2k) と IP デテクター (mar345) を用い、露光時間はともに 2 分である。圧力は加熱後の B2 構造 NaCl の体積から推定した [Sata et al. 2002]。実験は (i) 室温において目的の圧力まで加圧する、(ii) 1500±150K で 3~5 分加熱する、(iii) レーザーのシャッターを閉じて急冷する、(iv) 次の目的の圧力まで加圧するという手順を繰り返し、おのおの、加熱前、加熱中、加熱後に X 線回折パターンを測定した。

1500K においては、147 GPa まで FeO の B1 構造相のみが観察された。最高圧力においてアンビルが破壊したためにそれ以上実験を続ける事ができなかった。実験の結果は拡張したバーチマナーガンの状態方程式に回帰した [Sata et al. 2002]。その結果は基準体積 $V_r = 12.74 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}$ の場合、 $P_r = 0.0 \pm 1.1 \text{ GPa}$ 、 $K_r = 123.06 \pm 0.59 \text{ GPa}$ であった。この体積は体積膨張率から推定した常圧、1500 K での体積 $12.62 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}$ に近い [Fei 1995]。また 1500K での体積弾性率は常温での値 (140-155 GPa of Fe_{0.91-0.950} [Zhang et al. 2000]) より小さく、高温での値として妥当である。

Fe_{0.950} と鉄の状態方程式、地震学の手法により推定した地球の密度とを用いると、酸素を唯一の軽元素と仮定した場合に、地球のコアの密度を説明するのに必要な酸素の量を推定することができる [Dubrovinsky et al. 2000, Dziewonski and Anderson 1981]。推定した値は、外核内核境界の外核側で $27 \pm 6 \text{ atm}\%$ 、内核側で $15 \pm 6 \text{ atm}\%$ である。現在わかっている Fe-FeO 系の相図との比較について議論する予定である [Ringwood and Hibberson 1990]。

References:

- Dubrovinsky et al., Phys. Rev. Lett. 84, 1,720-1,723, 2000.
- Dziewonski and Anderson, Phys. Earth Planet. Interiors 25, 297-356, 1981.
- Fei and Mao, Science 266, 1,678-1,680, 1994.
- Fei, in Mineral Physics and Crystallography: A Handbook of Physical Constants, edited by Ahrens, Am. Geophys. Union, Washington D. C., 29-44, 1995.
- Ringwood and Hibberson, Phys. Chem. Minerals 17, 313-319, 1990.
- Sata et al., Phys. Rev. B 65, 104114, 2002.
- Shen et al., Rev. Sci. Instru. 72, 1,273-1,282, 2001.

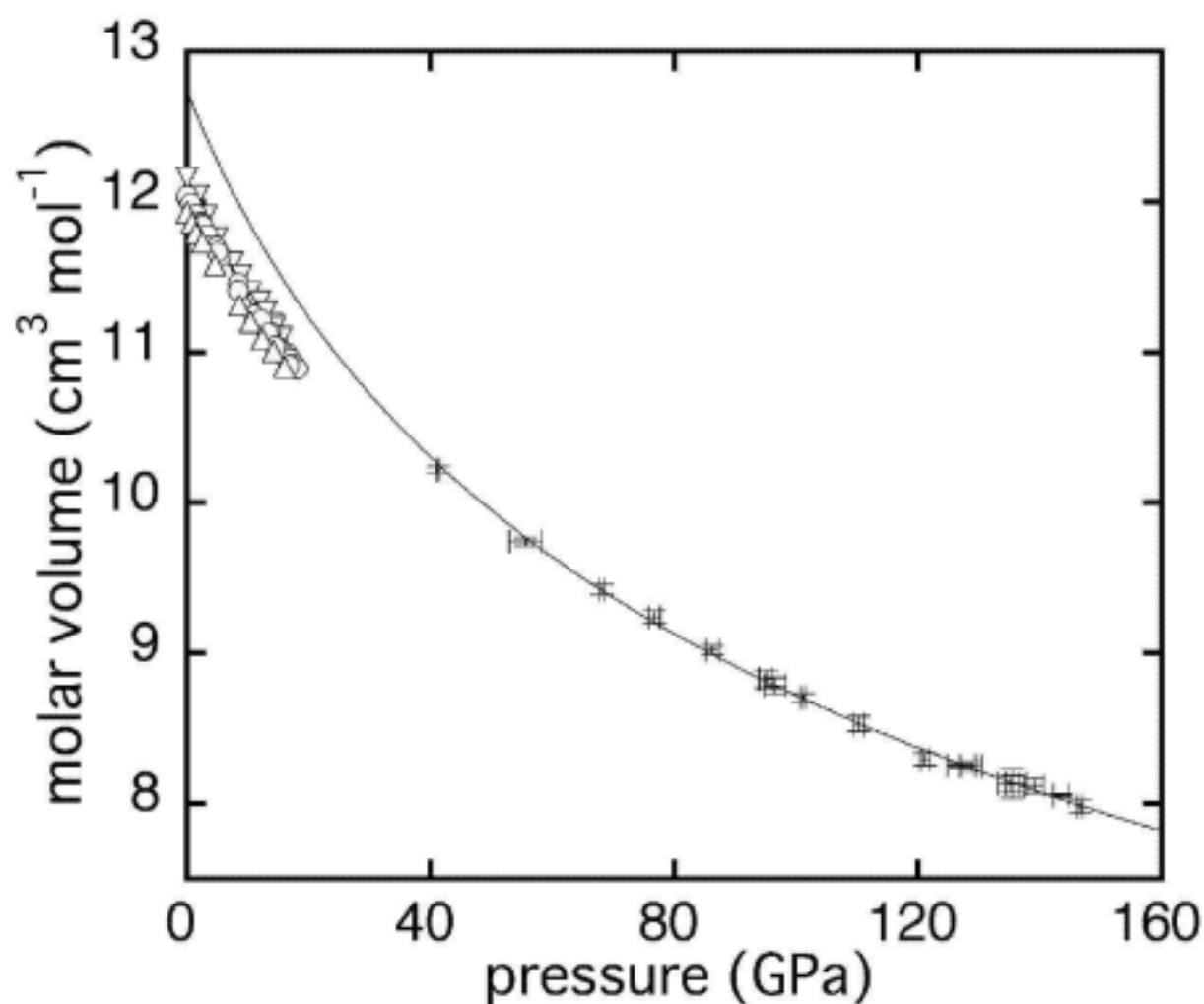


Figure 1: Pressure-volume relations of $\text{Fe}_{0.95}\text{O}$ in this study and results from the literature. Line: the fit on the data of $\text{Fe}_{0.95}\text{O}$. The data at 300K are for comparison with literatures [Triangle: $\text{Fe}_{0.98}\text{O}$ and $\text{Fe}_{0.92}\text{O}$, Fei 1996, circle: $\text{Fe}_{0.94}\text{O}$, Shu *et al.* 1998, Hazen *et al.* 1981].