

X線吸収法と超音波法を併用した高圧下における物性同時測定法の開発 Development of simultaneous density and sound velocity measurement under high pressure using X-ray absorption and ultrasonic methods.

下山 裕太¹⁾ 寺崎 英紀¹⁾ 田窪 勇作¹⁾ 浦川 啓²⁾ 桑原 荘馬¹⁾
近藤 忠¹⁾ 片山 芳則³⁾

Yuta SHIMOYAMA, Hidenori TERASAKI, Yusaku TAKUBO, Satoru URAKAWA, Soma KUWABARA, Tadashi KONDO, Yoshinori KATAYAMA

¹⁾大阪大学 ²⁾岡山大学 ³⁾原子力機構

(概要)

BL22XUに弾性波速度測定システムを導入し、密度—弾性波速度同時測定の開発を行った。この結果、Fe-C融体の1860 K、2.9 GPaまでの温度圧力条件で同時測定することに成功した。

キーワード：高温高圧、超音波法、X線吸収密度測定法、Fe-C融体

1. 目的

水星や火星、月といった地球型惑星および衛星の液体核は軽元素を含有した鉄合金融体で構成されていると考えられており、これら天体核の組成を解明する為には高温高圧下における鉄融体の密度や体積弾性率に対する軽元素の影響を定量的に評価することが重要となる。このためこれまで我々のグループは、BL22XUビームラインにおいてFe、Fe-S、Fe-Si、Fe-C、Fe-Oといった二成分系鉄合金融体の高温高圧下での密度測定をおこない、それら融体密度の温度・圧力依存性を明らかにしてきた。このような密度の情報に加え、核中の軽元素を特定するためには、地震波速度データと直接比較できる弾性波速度の情報が非常に重要となる。固体鉄合金の縦波速度(V_p)測定から軽元素の V_p へ与える影響は大きく大きいことが報告されている。最近ではFe-S液体の音速についても測定され、硫黄が純鉄の V_p を下げる効果があることが報告されている(Nishida et al., 2013)。このように様々な軽元素の密度と弾性波速度への効果を調べることは非常に重要となる。

本課題では弾性波測定の手法をBL22XUの装置に導入することにより、高圧下における鉄合金融体の弾性波速度—密度の同時測定を行うことを目的とする。

2. 方法

高温高圧下における融体の密度—弾性波速度の同時測定を実施するため、180tonキュービックマルチアンビルプレス(SMAP-180, BL22XU設置)に弾性波測定用の超硬アンビルおよび圧電素子用の溝付きアンビル台座を新規に導入した。弾性波速度測定に用いた超音波法では、アンビル背面に貼付した圧電素子から試料部に超音波を導入し、試料前面と背面反射の到達時間差および試料の長さから弾性波速度を求め、波形発生器で電気信号を圧電素子に入力し、試料からの反射を電気信号として高解像度オシロスコープで検出する。試料長の測定にはプレスステージ上下方向のスキャンを行い、X線吸収差をイオンチャンバーで測定し試料長を求めた。密度の測定法に関しては非晶質物質・液体の密度測定に適したX線吸収法を採用し、ランベルト・ベールの法則を用いて試料のX線透過強度から試料密度を求めた。圧力と温度の測定はMgOとh-BNの粉末を使用し、イメージングプレートより得られたX線回折パターンから格子体積を求め、2つの圧力マーカーより圧力—温度条件を算出した。弾性波速度測定用に試料の両端には単結晶アルミナのバッファローッドを用いた。

3. 結果及び考察

今回の実験により、弾性波速度測定装置をBL22XUに新たに導入することにより、鉄合金融体の高温高圧下における密度と弾性波速度の同時測定に成功した。今回用いたFe-3.5wt%C組成の試料において、圧力・温度条件は2.9 GPa, 1860 Kまでの測定を行った。その結果、X線吸収法により求めた密度の値は1.2 GPa,

1675 K では 7.01 g/cm^3 , 2.9 GPa, 1700 K では 7.15 g/cm^3 となり圧力とともに密度の上昇が観察された。この結果は同ビームラインで行った X 線吸収密度法の結果(Shimoyama et al., 2013)と調和的な結果であった。また超音波法による測定では試料の前面、背面からの反射波をはっきり観察することができた。得られたシグナルと試料長から縦波速度 V_p については 3.8 km/s と求めることができた。このようにして得られた V_p は圧力と共に増加していることが分かった。

本研究により、融体の高温高圧下での密度と弾性波速度の測定が可能となったため、今後はこの測定システムを用いて様々な合金に対して測定を行い、これら物性の温度・圧力の効果を明らかにしていく。

4. 引用(参照)文献等

- Nishida K., Kono Y., Terasaki, H., Takahashi, S., Ishii, M., Shimoyama, Y., Higo, Y., Funakoshi, K., Irifune, T., Ohtani, E., 2013. Sound velocity measurements in liquid Fe₆S at high pressure: Implications for Earth's and lunar cores. *Earth Planet. Sci. Lett.* 362, 182-186.
- Shimoyama, Y., Terasaki, H., Ohtani, E., Urakawa, S., Takubo, Y., Nishida, K., Suzuki, A., Katayama, Y., 2013. Density of Fe_{63.5} wt% C liquid at high pressure and temperature and the effect of carbon on the density of the molten iron. *Phys. Earth Planet. Inter.* 224, 77-82