

課題番号 :2014A-E24
利用課題名 (日本語) :Fe-C 系融体の密度-音速に対する炭素濃度依存性の解明
Program Title (English) :Investigation of effect of carbon on the Fe-C density and sound velocity
利用者名(日本語) :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⁾,綿貫徹³⁾,町田晃彦³⁾,片山芳則³⁾
Username (English) : Y. Shimoyama¹⁾, H. Terasaki¹⁾, Y. Takubo¹⁾, S. Urakawa²⁾, S. Kuwabara¹⁾, T. Kondo¹⁾, T. Watanuki³⁾, A. Machida³⁾, Y. Katayama³⁾
所属名(日本語) :1) 大阪大学大学院理学研究科, 2) 岡山大学大学院理学研究科, 3) 日本原子力研究開発機構
Affiliation (English) :1) Osaka University, 2) Okayama University 3)Japan Atomic Energy Agency
キーワード: 高温高圧、熔融鉄、Fe-C 系、音速、密度測定

1. 概要 (Summary)

水星や火星などの地球型惑星の液体核は H、C、O、Si、S といった軽元素を含む鉄合金融体で構成される。これらの液体核の組成を明らかにする事は内部構造やダイナミクスの解明に繋がるため、重要な研究対象である。

地球型惑星の核の組成の決定には高温高圧下における密度・音速の情報は不可欠であり、固体に関しては多くの研究が行われている(e.g. Mao et al., 2012)が、外核に相当する熔融鉄試料での報告数は少ないのが現状である。また、密度-音速の同時測定により密度と音速の線形関係で表されるバーチの法則へ応用することができる。

本課題では BL22XU ビームラインにて Fe-C 系密度-音速同時測定を行った。その結果 Fe-3.5wt%C 及び Fe-5.5wt%C の音速値の差は非常に小さく(~100 m/s)となり、この結果から熔融鉄の音速へ与える炭素濃度依存性は小さいと考えられる。

2. 実験(目的,方法) (Experimental)

炭素は外核に含まれるとされる有力な軽元素の1つとされている。しかし、先行研究が少ないため熔融鉄密度へ与える効果、特に音速に関する先行研究は行われていない。したがって、申請者らは Fe-C 系融体の密度-音速の同時測定を行い、炭素濃度による密度や音速へ与える効果を明らかにする事を目的とする。

申請者らは前期ビームタイム(2013B)にて導入した音速測定装置を用いて音速測定を行った。音速測定には超音波法(パルスエコーオーバーラップ法)を採用した。超音波法では一方向から超音波を試料に入射し、試料端から反射した波をオシロスコープ(5

GS/s)を用いて検出し、試料中の波の伝搬時間を測定した。試料長は、試料の X 線吸収プロファイルからその変化量が最大となる位置より算出した。これらの伝搬時間と試料長から音速を求めた。

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(Katayama et al., 1993)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求め、状態方程式から圧力-温度を算出した。

出発試料は、炭素濃度の影響を調べるために 2 種類の炭素濃度に混合した Fe-Fe₃C 混合粉末(C=3.5, 5.5wt%)を用いた。試料粉末をペレット状にしたのち単結晶アルミナ製のバッファローッドで挟んだ。高圧発生には BL22XU に設置されている 180ton キュービックタイプアンビルプレス(MAX 180)を用いた。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

本課題では Fe-C 系の測定を3回、Fe-Ni-Si 系の測定を1回、計4回の測定を行った。詳細は以下に記載する。

B245、B246、B248 では炭素量を変えて測定を行った。B245 は Fe-5.5wt%C 組成で測定を行った。温度圧力条件は 1540-1830 K, 2.5-2.8 GPa にて行った。部分熔融時に試料が密度測定用カプセルの外周部分へ試料が漏出したため正確な試料吸収量が得られず、密度の測定は行えなかった。音速に関しては試料部の超音波シグナルの取得に成功し、音速測定を行うことができた。2.5-2.8 GPa, 1730-1940 K における Fe-5.5wt%C の音速値は 3980

m/s となった。B248 は Fe-3.5wt%C 組成にて測定を行った。温度圧力条件は 1470-1830 K, 3.4-3.2 GPa で測定を行った。部分熔融時に試料が漏出したため、密度測定は行えなかった。音速は 3.3 GPa, 1800K において 4170 m/s となった。

今回得られた、Fe-C 系の音速値と去年の課題(2013B)で得られた結果と比較すると、同圧条件における Fe-3.5wt%C と Fe-5.5 wt%C の音速値は 100 m/s 以内に収まる結果となり組成差による音速の違いは優位な差がない結果となった。この結果は、惑星核中の炭素量を評価する上で重要な知見である。今後は試料セルの改良等を行い、試料の漏れ防止の対策を行う。

加えて Fe-Ni-Si 系では 1 回の測定を行い、P 波速度および密度は 2.5 GPa, 1973 K の条件まで測定することに成功した。得られた P 波速度は圧力と共に徐々に増加する傾向があることがわかった。密度については、Fe-Si 系で報告されている弾性定数を用いて本温度圧力条件で計算される密度に近い値を示すことがわかった。

4. その他・特記事項 (Others)