

論文題目要旨

学位申請者：鶴岡 椋

論文題目：Development of density measurement at high pressure and high temperature using X-ray absorption method combined with diamond anvil cell

(ダイヤモンドアンビルセルを用いた高温高压下での X 線吸収法による密度測定法の開発)

論文要旨：地球や惑星の液体核の形成やダイナミクスを考える上で高温高压下での試料の密度は極めて重要である。X 線吸収法はアモルファス・液体試料の密度を直接測定する有用な手法である。しかしダイヤモンドアンビルセル(diamond anvil cell: DAC)を用いた X 線吸収法は 7 GPa, 720 K に限られていた(Shen et al. 2002, Takubo et al. 2019)。

まず本研究では液体 Ga を試料として外熱式 DAC を用いて X 線吸収法による密度測定を 533 K, 10 GPa までの温度圧力条件で実施した。得られた密度に状態方程式(Murnaghan, 3 次の Birch-Murnaghan, Vinet)をフィッティングすることで、液体 Ga の弾性特性(等温体積弾性率 K_{T0} 、およびその圧力微分 K_{T0}')を求めた。 K_{T0}' を 4–6 と仮定すると、液体 Ga の 500 K での K_{T0} は 45.7 ± 1.0 – 51.7 ± 1.0 GPa と決定された。得られた K_{T0} 及びは K_{T0}' の値は使用した状態方程式に関係なく、ほぼ同じ値であった。本研究で得られた液体 Ga の圧縮曲線は、先行研究と比較してやや硬い傾向を示している。

地球や惑星の液体核を主に構成する鉄合金の融点は高く、より高温条件での密度測定を行う必要がある。そこで本研究ではレーザー加熱式 DAC での X 線吸収法による密度測定法の開発を行った。加熱レーザーの DAC への入射角を 20° にし、加熱レーザー用ミラーが X 線の経路と重ならないように配置することで、レーザー加熱中の試料の X 線吸収法による密度測定を可能にした。300–2130 K, 11.2–14.3 GPa までの温度圧力条件で固体および液体 Fe の密度測定を実施した。吸収法により求めた固体 Fe の密度の精度は 4.5–4.7% であり、X 線回折から求めた固体 Fe の密度と比較して、吸収法で求めた固体 Fe の密度の確度は 0.5% であった。吸収法によって求めた液体 Fe の密度は 2130 K, 11.2 GPa で 7.44 ± 0.36 g/cm³ であり、4.8% の精度で決定した。吸収法による密度誤差の評価を行い、X 線透過率の測定誤差を 0.05% 程度に抑え、試料長を 10–20 μm ほど確保することで密度の精度を 1% 程度に向上できることを確認した。本実験技術は地球や惑星の液体核を構成する試料を広範な温度圧力条件で正確に密度測定を行うことを可能にする。