

100 万気圧 4000 度の極限条件下で液体鉄の密度の精密測定に成功
～地球コアの化学組成推定に向けた大きな一歩～

東京大学の廣瀬敬教授らの研究チームは、桑山靖弘特任助教、熊本大学の中島陽一助教、また愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センターの土屋卓久教授らとともに、大型放射光施設 SPring-8 を利用して、地球の液体金属コアの主成分である液体鉄の密度を、100 万気圧 4000 度という、コアの環境とほぼ同じ超高压高温の極限条件下で決定することに成功しました。

地球の中心には固体金属の内核、その外側の液体金属の外核があり、ともに超高压高温下にあります。従来、液体鉄の密度は観測される外核のそれよりもおよそ 10%大きいとされてきました。しかし、過去に高压下で行われた液体鉄の測定は衝撃圧縮実験によるものであり、誤差が大きいとされてきました。

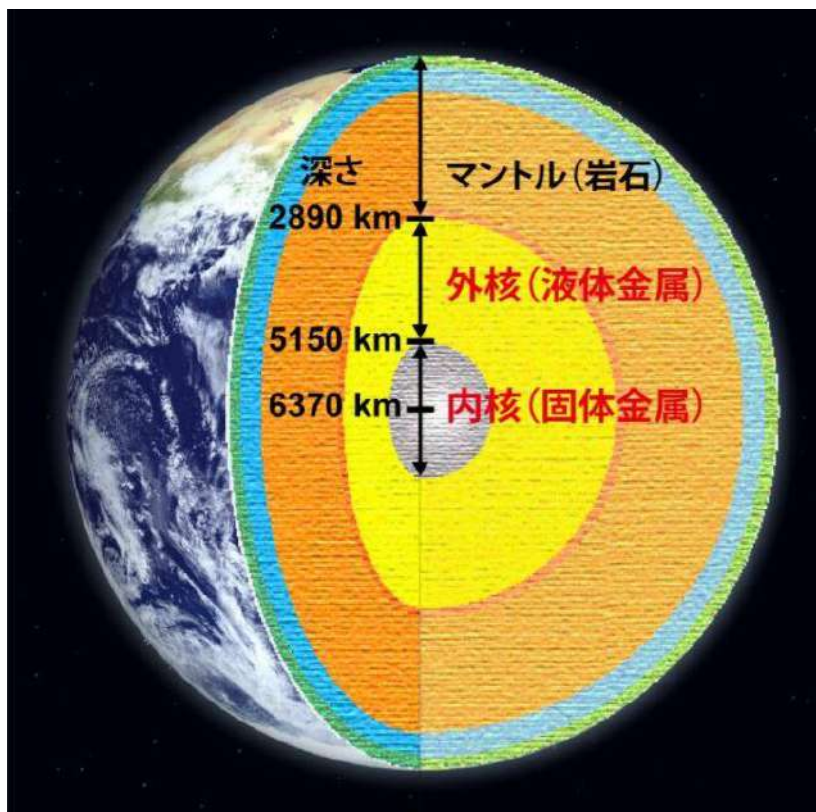


図1 地球中心核（コア）は、固体金属でできた内核（深さ 6370km～5150km）と液体金属でできた外核（液体金属コア、深さ 5150km～2890km）の 2 層構造になっています。その外側を岩石でできたマントルと地殻が取り囲んでいます（下図を参照）。外核は、圧力 136 万気圧以上、温度約 4000 度以上の極限条件下にあり、この液体金属の対流によって地球

磁場が生じていると考えられています。

コアには、主成分である鉄の他に少量のニッケルと軽元素（候補は水素、炭素、酸素、珪素、硫黄）が含まれていると考えられていますが、詳細な化学組成は未だはっきりしていません。地球の誕生時に多くの水が運ばれてきた可能性があり、水素や酸素は有力な候補と考えられます。

外核の密度が液体鉄よりもかなり小さいということは、外核には鉄に加えて軽い元素（水素や酸素など）が大量に含まれていることを意味しています。この軽元素の種類や量を特定することにより、地球の成り立ち、具体的には地球を作った材料物質や、コアがマントルから分離した時の状態を知ることができます。しかしそれには、純鉄との密度差を正確に理解する必要があります。

本研究チームは、レーザー加熱式ダイヤモンドセルを使った、静的圧縮法による超高压高温実験により、地球深部の解明に大きな貢献をしてきました。今回、その開発をさらに進め、SPring-8のビームライン BL10XU において高強度 X 線集光に取り組むことにより、超高压高温下における液体鉄の X 線回折データを測定しました。また、これまでとは全く異なるアプローチの分析手法を開発することにより、超高压下における液体鉄の密度の精密決定に成功しました。さらに、ビームライン BL43LXU における X 線非弾性測定結果と合わせることで液体金属コアの全領域にわたる温度圧力条件での液体鉄の密度を明らかにしました。

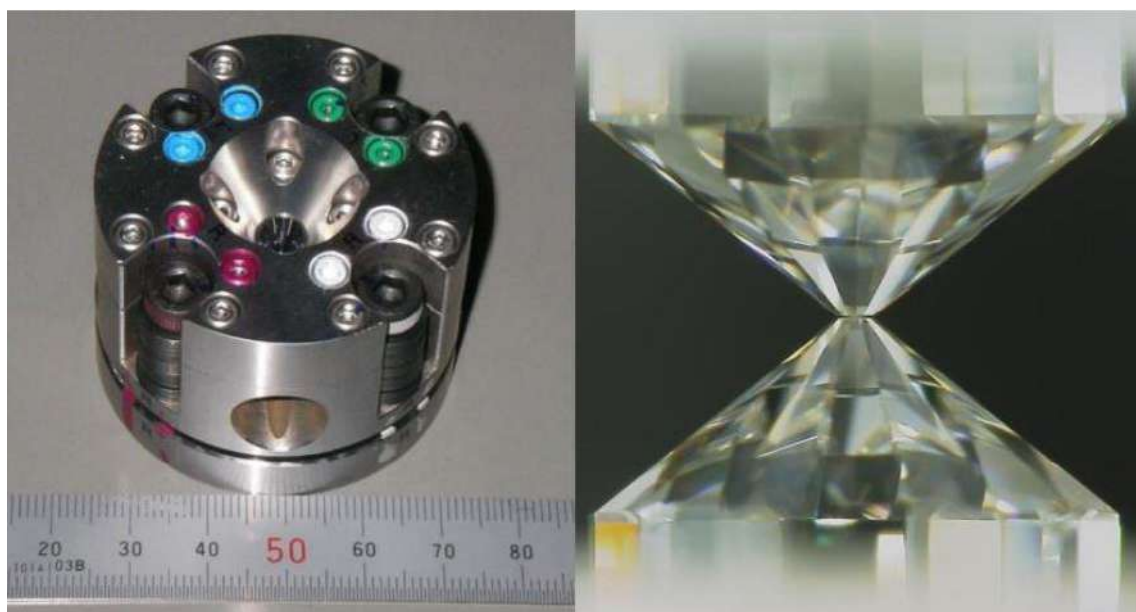


図2 ダイヤモンドセルはダイヤモンドを用いた小型の高圧発生装置（図左）。ダイヤモンドは圧力を発生させる尖頭状の部品（アンビル）として用いられています（図右）。ガスケ

ットと呼ばれる金属の板に 小さな穴をあけ、その穴に試料と圧力媒体を入れて2つのダイヤモンドアンビルで挟み込むことで高圧を発生させます。ダイヤモンドアンビルを通してレーザーを試料に照射することにより、試料を高圧高温にします。さらに、ダイヤモンドを通して試料に X 線を照射することにより、高圧高温下の試料の測定を行うことができます。

今回得られた超高压下の液体鉄の密度は、地球の外核の密度に比べて約8%大きいことがわかりました。内核の密度のことまで考えると、従来有力な不純物とされてきた酸素ではこの密度差を説明することができないため、水素など他の軽元素の存在が示唆されます。これは、地球科学で第一級の問題とされてきたコアの化学組成の見積もりに向けた大きな一歩になります。

論文情報

タイトル Equation of State of Liquid Iron under Extreme Conditions

雑誌 *Physical Review Letters*

日本語原文 https://www.ehime-u.ac.jp/data_relese/data_relese-117841/

文 JST 客観日本編集部