



研究課題名 川井型マルチアンビル装置による深部マントル研究の新展開

岡山大学・惑星物質研究所・教授

よしの たかし
芳野 極

研究課題番号： 21H04996

研究者番号： 30423338

研究期間： 令和3年度～令和7年度 研究経費（期間全体の直接経費）： 148,900千円

キーワード： 川井型マルチアンビル装置、マントル、元素分配、始原的リザーバー、酸化還元、レオロジー、拡散、熱輸送

【研究の背景・目的】

地球内部はその中心部に鉄を主成分とする金属核、岩石のマントルで構成されている。地球内部の活動は地震、火山噴火などを引き起こしているが、実際に直接観察することのできないため、地球深部で何が起きているのかを理解することは簡単ではない。地球惑星科学において超高压実験はそのようにアクセスが困難な地球惑星深部を理解するため決定的に重要な研究手法である。岡山大学惑星物質研究所（IPM）の高圧グループは、日本発祥の技術である大容量川井型マルチアンビル装置（KMA）を用いた圧力・温度発生において世界をリードし、超高压下における粘弾性測定、熱電測定においても最先端の技術開発により地球の下部マントルに相当する圧力での測定が実現しつつある。これらのKMAの技術革新により、超高压発生を必要とする下部マントル圧力を対象とした研究を総合的に展開する時機が到来した。

これまでの地球深部の研究では、地震学による観測と鉱物物理学とを組み合わせることにより、地球深部の構造、構成物質の特定に成功した。今では、マントル最下部の複雑な構造まで理解が深まっているが、これらの研究は現在の地球内部のスナップショットにすぎない。固体地球の形成とその進化過程を理解するためには、トレーサーとしての化学的情報の解釈が不可欠である。太陽系誕生初期に地球は隕石の集積により成長し、現在の化学的な成層構造の形成に至ったと考えられ、太陽系形成論における固体地球の形成と進化過程の詳細、例えばマントルの強親鉄元素（HSE）の高濃度異常の成因、地球誕生から脱ガスせずに生き残った始原的リザーバーの存在など多くの問題が未解決のままである。解決の鍵は、断片的に知られているマントルの化学的異常と化学的不均質構造を統合的に理解することにある。本研究では、KMAの特徴を活かして超高压高温下での融解実験によるHSEの分配係数の決定、流動特性、核—マントル境界（CMB）における熱伝導、拡散や浸透による物質輸送、熱電効果の決定など多角的な研究を展開して、未解決のマントルの諸問題に取り組み、地球のマントル進化の統合的モデルの創出に挑む。

【研究の方法】

本研究では地球史を通じて生じた地球深部における化学的異常、不均質構造の形成過程を実際の温度圧力条件で多角的な超高压実験のアプローチにより解明するために、大容量かつ温度勾配の小さい安定した加熱が可能な川井型マルチアンビル装置の特性を活か

した研究を展開する。本グループの高圧高温発生技術により、超高压下での融解実験、変形実験、熱電物性測定を行う。

地球誕生初期のマグマオーシャンの底に相当する圧力での融解実験により、地球の始原物質のケイ酸塩メルトと金属メルト間の強親鉄元素の分配係数を焼結ダイヤモンドアンビルの使用により50GPaを超える圧力で決定する。核形成後に化学的に深部マントルに孤立した始原的リザーバーの成因を下部マントル条件で変形実験が可能なD111型変形装置を用いて2相系の変形実験によって解明する。パルス加熱法を用いた熱伝導度測定で地球内部の冷却過程を調査する。また、超高压下における熱電測定によってCMBにおける元素拡散や酸化還元過程によって、観測されているマントルの化学的異常を生み出すことができるかを探索する。

【期待される成果と意義】

我が国発祥の川井型マルチアンビルプレス技術を駆使することにより、他の実験方法では解明が困難であった問題の解決が期待される。

1. 今まで達成できなかった圧力領域での融解実験を実施し、ケイ酸塩—鉄メルト間の親鉄元素分配の決定によりレイトベニア仮説の論争に終止符を打つ。
2. 超高压のマルチアンビル変形実験から下部マントルのレオロジーを理解し、始原的リザーバーの形成に制約を与える。
3. 超高压下における熱電測定は、核マントル境界における熱輸送、酸化還元状態、マントルの同位体異常の成因に新しい知見を与える。

本研究の遂行により統合的なマントル進化モデルの構築が初めて可能となり、固体地球進化の理解に向けたブレークスルーとなることが期待される。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ T. Yoshino, Y. Makino, T. Suzuki, T. Hirata, Grain boundary diffusion of W in lower mantle phase with implications for isotopic heterogeneity in oceanic island basalts by core-mantle interactions. *Earth and Planetary Science Letters*, **530**, 115887, 2020.
- ・ N. Tsujino, Y. Nishihara, D. Yamazaki, Y. Seto, Y. Higo, E. Takahashi, Mantle dynamics inferred from the crystallographic preferred orientation of bridgmanite. *Nature*, **539**, 831–834, 2016.

【ホームページ等】

http://www.misasa.okayama-u.ac.jp/~hacto/top_j.htm