

論文審査の結果の要旨

氏名 幾島(西山) 宣正

本論文は5章からなり、第1章は「はじめに」、第2章は「下部マンタルのマンタルプルームに相当する温度圧力条件下におけるパイロライトの相平衡実験」、第3章は「マグネシウム珪酸塩ペロフスカイトの状態方程式の化学組成依存性」、第4章は「マンタル上昇流のダイナミクスへの応用」、第5章は「おわりに」が述べられている。

本論文第1章では、過去の研究をレビューすることで、第2章、第3章において報告する物質科学的知見の重要性が示されている。グローバル地震学によれば、地球内部には水平方向の不均質が存在する。周囲より地震波速度の遅い領域は、高温のマンタルプルームであると解釈されることが多い。本研究は、下部マンタルとマンタル遷移層の境界、すなわち、地下670 km境界におけるマンタルプルームの上昇プロセスを物質科学的に考察することを目的としている。上昇プロセスを理解するためには、マンタルプルームと周囲のマンタルの密度差の情報が重要である。物質科学的に密度差の情報を得るためには、マンタルプルームを構成する岩石の相関係と状態方程式を決定する必要がある。従来の研究では、地球内部の平均的な温度分布を仮定して岩石の相平衡実験が行われてきたが、本研究では、マンタルプルームに関する知見を得るため、より高温でのパイロライト(モデル岩石)の相平衡実験を行っている。また、下部マンタルの最重要構成鉱物と考えられているマグネシウム珪酸塩ペロフスカイトについて、近年、アルミニウムの固溶によって状態方程式が大きく変化することの報告がなされていることから、実際のマンタルでの状態により近い、アルミニウムと鉄を同時に固溶したペロフスカイトの状態方程式の測定を行っている。

本論文第2章では、30 GPa・2500 K領域までのパイロライトの相関係について述べている。高温高压発生に関する技術開発により、従来困難であった2000 K以上の相平衡実験が可能になった。地下670 kmに相当する24 GPaでは、2000 K以上の高温領域で低密度のガーネットの比率が温度とともに急激に増加することが明らかになった。一方、地下800 kmに相当する30 GPaでは相関係の温度依存性は小さく、高密度のペロフスカイトの比率が全温度領域で高いことが明らかになった。

本論文第 3 章では、アルミニウムと鉄の固溶したペロフスカイトの状態方程式について述べている。アルミニウムおよび鉄の固溶したペロフスカイトと純粋なマグネシウム珪酸塩ペロフスカイト(MgSiO_3 組成)に対し、同一の高温高压容器内 (同一の温度圧力条件)において、X 線回折法により格子体積の測定を行った。その結果、アルミニウムと鉄を同時に固溶したペロフスカイトの状態方程式は純粋なマグネシウム珪酸塩ペロフスカイトの状態方程式と実験誤差の範囲内で一致することが明らかになった。

本論文第 4 章では、第 2 章、第 3 章で得られた知見をもとに、マントルプルームと周囲のマントルの密度差を計算し、地下 670 km におけるマントルプルームの上昇プロセスを考察している。地下 670 km 境界を形成するオリビンのスピネル/ポストスピネル転移は、クラウジウス・クラペイロンの傾きが負であるため、マントルプルームの上昇に対して抵抗力となる。下部マントル深部から温度差に起因する浮力により上昇してきたパイロライト・プルームが下部マントル最上部に達すると、プルーム内で低密度相であるガーネットが急増する。密度低下はプルームに大きな浮力を与え、この浮力がスピネル/ポストスピネル転移による抵抗力を上回ることによって、プルームは地下 670 km 境界を突破し下部マントル深部から地殻まで滞ることなく上昇すると推測している。また、プルームがハルツバーガイト組成の場合について、過去の研究報告から密度差を推定し、このプルームは地下 670 km 境界に滞留すると推測している。

第 5 章では、研究の成果が簡潔にまとめられている。

本研究では、高温高压実験技術の改良によって得られたマントルプルームの上昇プロセスに関する新しい物質科学的知見が報告されており、論文提出者は地球内部現象の解明に大いに貢献していると判断する。

したがって、博士(理学)の学位を授与できると認める。