

(第6号様式)

### 学位論文審査の結果の要旨

氏名	Zhaodong Liu
審査委員	主査 入船 徹男 副査 井上 徹 副査 大藤 弘明

論文名 Symmetry and elasticity of majorite garnets and phase relations in the system  $MgSiO_3-Al_2O_3$  at high pressure and high temperature

#### 審査結果の要旨

本論文は、地球のマントルの主成分である  $MgSiO_3-Al_2O_3$  系の、マントル遷移層～下部マントル領域に至る高温高圧下での挙動に関する、申請者の様々な実験的研究成果を取り纏めたものである。

申請者は第一に、マントル遷移層（深さ 410 km～660 km）に対応する圧力 18-19 GPa、温度 1600°C 程度の条件下で、 $MgSiO_3-Al_2O_3$  系の様々な化学組成を出発物質とした高温高圧合成実験を行った。この領域ではガーネットが安定相であることが知られているが、立方晶と正方晶の2種類のガーネットの存在が知られており、相互の関係は必ずしも明確ではなかった。申請者らは急冷回収した試料に対する X 線回折やラマン分光測定に基づき、結晶構造の化学組成依存性を明らかにし、 $Al_2O_3$  の含有量が約 7wt% を境として多い場合には立方晶、これ以下の場合には正方晶であることを明らかにした。

申請者は次に、X 線その場観察実験と超音波測定実験を組み合わせ、マントル遷移層に対応する温度圧力条件下で、上記ガーネットの弾性波速度の精密測定を行った。申請者はまず地球深部ダイナミクス研究センターにおいて、マントル遷移層領域に存在すると想定される化学組成のガーネット焼結体試料を高温高圧下で合成した。次に放射光実験施設 SPring-8 において、合成試料に対して 20 GPa 程度までの圧力・1700°C までの温度のもとで弾性波速度及び密度の同時測定を行い、弾性定数およびその圧力温度依存性を精密に決定した。これらの実験に基づく結果を、地震学的に観測されている弾性波速度及び密度と比較することにより、マントル遷移層の化学組成に制約を与えることを試みた。申請者らの結果によると、上記ガーネットの弾性波速度の絶対値は、地震学的に得られている値に比べて小さく、またその圧力（深さ）依存性も小さいことが確認され、温度と圧力の影響だけでは観測値を説明できず、何らかの化学組成の変化を導入する必要があることが結論づけられた。

申請者は更に、下部マントル領域（深さ 660 km～2900 km）における  $MgSiO_3-Al_2O_3$  系の相関係の詳細を、焼結ダイヤモンドアンビルを用いた超高压実験により明らかにした。この系は下部マントルの構造や物性を解明する上で重要であるが、これまで実験による相関係の詳細な決定は

30 GPa 程度までの下部マントル最上部までに限られていた。申請者はこのような従来の限界を大きく越える 52 GPa までの相関係を、1700°C 程度のマントルに対応する高温下で精密に決定することに成功した。この結果、 $Al_2O_3$  に富むペロブスカイト型高压相（ブリッジマナイト）の安定領域が、従来の実験結果に比べて大きく高压側であることを見出すなど、下部マントルの物質科学を制約する上で重要な新たな実験結果を得た。また、この相関係の特徴から、ブリッジマナイト中のアルミナの固容量の圧力依存性が、30 GPa 以上の圧力定点として利用可能であることを指摘した。この領域の圧力定点はほとんど存在しておらず、今回の方法は 30-50 GPa 領域での急冷回収実験において、圧力推定の重要な指標になると考えられる。

上記の一連の実験的研究のうち、特に放射光 X 線その場観察実験と超音波測定実験を組み合わせた高温高压下での弾性波速度の精密測定と、焼結ダイヤモンドを用いた 50 GPa 領域での超高压実験は、極めて高い技術力と実験遂行能力が必要であり、この両者を習得して研究成果をあげている研究者は世界的に例をみない。申請者の高い実験技術力に基づく研究成果を取り纏めた本論文は、マントル深部物質の解明において学術的に重要かつ新規性・独創性が高いものであり、博士（理学）論文として相応しいと判断される。

なお本論文の内容は平成 27 年 8 月 4 日の公聴会において、40 分間の口頭発表と引き続く 30 分間の質疑応答として発表された。