

学位論文審査の結果の要旨

氏名	Nao CAI
審査委員	主査 井上 徹 副査 入船 徹男 副査 大藤 弘明

論文名 Discovery of a new Al-bearing high pressure hydrous phase (23 Å phase) and some implications to the deep Earth

審査結果の要旨

本論文は、地球深部で存在可能な新規高圧含水相を発見し、その構造を明らかにした上、マントル中での温度圧力安定領域を決定し、その物性を明らかにした一連の研究を取りまとめたものである。

マントルは MgO 成分と SiO₂ 成分で 8 割以上を占め、この成分に H₂O を加えた系で多くの高圧含水相が存在することが明らかにされてきた。その結果によると、5 万気圧付近で高圧含水相の安定性は最低温度（約 550℃）を示すことが明らかになり、その結果を基に地球深部への水の運搬の議論がなされてきた。一方、Al₂O₃ 成分も重要なマントル構成成分であるが、高圧含水鉱物の安定性における Al の影響は今まであまり系統的に明らかにされてこなかった。

申請者は、マルチアンビル装置と各種分析機器を通して、MgO- Al₂O₃- SiO₂- H₂O 系で高温高圧実験を行った。そして上部マントルに相当する温度圧力下で Al に富む新規高圧含水相を発見した。化学組成は、主要元素に関してはエネルギー分散型検出器付走査型電子顕微鏡、H に関しては二次イオン質量分析計を用いて決定し、Mg₁₁Al₂Si₄O₁₆(OH)₁₂ という化学式を持ち、約 12wt% もの水を結晶構造中に含むことを明らかにした。さらに結晶構造は粉末 X 線回折パターンと透過型電子顕微鏡による電子線回折パターンの両方の情報を用いて決定し、この相はユニークな六方晶系の結晶構造を持ち、特に c 軸方向に伸びた 23 Å という特徴的な格子定数を持つことを明らかにした。また可能な空間群は三種類にまで絞られた。今回見られた相は今まで報告されたことのない新規相であり、その結晶構造のユニークさもさることながら地球深部への水の運搬やその存在を明らかにする上で重要な相となることが示された。したがって申請者は引き続きこの相の温度圧力安定領域を明らかにする系統的な実験を行い、12 GPa, 1200℃ の温度圧力下まで安定に存在することを明らかにした。

さらに、MgO- Al₂O₃- SiO₂- H₂O 系で 1 気圧下で安定な含水鉱物としては緑泥石があり、地球深部へ水を運搬する相の一つであると考えられるが、この相を沈み込むスラブ中のモデル物質と考えて、23 Å 相の安定性を中心に高圧含水鉱物の安定領域の決定を行った。その結果、このモデル物質においても 23 Å 相が安定に存在し、沈み込むスラブ中で重要な含水鉱物であることを証

明した。また、Alの影響のために、5万気圧付近に存在する高圧含水相が安定な最低温度が550℃から800℃へと上昇し、地球深部への水の輸送において多大な影響を及ぼすことを明らかにした。このことは実際にAlに富んだスラブ物質やスラブ近辺のマントルウェッジ物質では、5万気圧800℃以下の温度プロファイルでは、含水鉱物の形態で有効に水を地球深部へ運搬可能であることを示唆している。さらに、申請者は放射光X線その場観察実験により、この23Å相の状態方程式を10万気圧、800℃まで明らかにし、体積弾性率やその圧力依存、熱膨張率を明らかにした。

以上のように、申請者は世界最先端の高圧実験技術と分析技術を駆使し、世界で初めて23Å相を発見し、その構造を解明し、またその安定領域の決定を行った。さらにモデルスラブ物質として緑泥石のような組成を考えた時、この23Å相は実際に存在可能であることを証明し、さらにAlの影響により、5万気圧付近の高圧含水相の安定最低温度がかなり高温に変化することを明らかにした。

なお本論文の内容の一部は、鉱物科学分野における第一級の国際誌に発表されるとともに、更にもう1編の論文もほぼ受理の状態、また他に2編を近く投稿予定でほぼ原稿は仕上がっている。これらのことから、本論文は愛媛大学理工学研究科博士学位論文として相応しいと判断した。

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。