

## 学位論文審査の結果の要旨

氏名	柿澤 翔
審査委員	主査 井上 徹 副査 入舩 徹男 副査 大藤 弘明

論文名 地球下部マントルにおける水:含水ブリッジマナイトの化学的・物理学的・鉱物学的性質

本論文は、下部マントルの主要構成鉱物であるブリッジマナイト中への水の固溶様式について、Al と H のカップリング置換及び Fe の影響に着目し、その含水化置換反応と最大含水量の圧力依存性及び弾性的性質を明らかにすることで、下部マントル中の水について議論したものである。

地球は、水の惑星と称されるほど水に富んだ惑星である。水の固溶は岩石・鉱物の物性などを大きく変化させるため、地球の進化やダイナミクスを研究する上で重要である。特にマントル遷移層に存在するワズレアイトやリングウッダイト中には結晶構造中に 2~3 重量%もの水が溶存されることが明らかにされており、この領域は水の貯蔵庫となりうることが指摘されていた。最近、ダイヤモンド包有物中に、水を 1.5 重量%含有したリングウッダイトが発見され、実際にマントル遷移層が含水化されていることが明らかとなった。一方で、下部マントルの主要構成鉱物であるブリッジマナイト中に水が溶存可能か否かについては未だ議論が続いている。こうした中で申請者が所属するグループは Al に富むブリッジマナイトに約 0.8 重量%もの水が含まれ得ることを見出し、下部マントルも水の貯蔵庫となり得ることを指摘した。しかしながら、この Al に富む含水ブリッジマナイトの物理学的・化学的・鉱物学的性質については未だ明らかにされていない。そこで本論文では、Al に富む含水ブリッジマナイトの 1) 最大含水量の決定、及び 2) 状態方程式の決定が行われた。

まず申請者は、最大含水量を決定するために、25-48 GPa、1600°Cの条件で高温高压合成実験を行った。高压実験は愛媛大学 GRC 設置のマルチアンビル型高压発生装置を用いて行われ、圧力発生資材として焼結ダイヤモンドアンビルが用いられた。回収試料の含水量の定量は北海道大学設置の二次イオン質量分析計 (SIMS) を用いて行われた。測定には従来のスポット分析に加え、イメージング分析を併用した新たな分析も試みられた。結果、Al に富むブリッジマナイトの含水量は圧力の増加と共に少なくとも 48 GPa まで増加し、最大含水量は 1.0 重量%程度となることが明らかとなった。この Al と H のカップリング置換に必要な Al 量はモデルマントル組成で想定されている Al 量と等しい。すなわちもし仮に下部マントルに十分な

水素が存在していれば、すべての Al を消費した含水置換がブリッジマナイト中で起こることを示している。この場合の水の量は海水の 12 倍程度になり、下部マントルも水の貯蔵庫となりうることが示された。一方、含水ブリッジマナイトの含水量は Fe の存在で減少し、ブリッジマナイト中の Al と Fe 量に依存することが明らかになった。この結果は地球深部へ沈み込む岩塊の化学組成の違いにより、ブリッジマナイト中の含水量が大きく異なることを示しており、下部マントル中で含水量の不均一が引き起こされることを示唆している。

次に申請者は含水ブリッジマナイトの熱弾性的性質を明らかにするために、高温高压下での状態方程式の決定を試みた。実験は 2 つの異なった手法が試みられた。一つは、室温高压下でのダイヤモンドアンビルセル (DAC) を用いた実験であり、もう一つは高温高压下での焼結ダイヤモンドアンビルとマルチアンビル型高压発生装置 (MA) を用いた実験である。前者の実験はつくば・高エネ研の放射光施設 Photon Factory (PF) で、後者の実験は西播磨の放射光施設 SPring-8 で行われた。特徴としては、DAC の実験では静水压性を実現するためヘリウム圧力媒体が用いられ、MA の実験では放射光 X 線その場観察での閉鎖系実験を可能とするため、Ag カプセルを用いた実験法の開発が行われた。DAC 実験では 53 GPa まで、MA 実験では脱水反応を起こさず 51 GPa, 1300 K までの X 線回折パターンの取得に成功した。結果、単位格子体積は含水の方が少し大きいですが、体積弾性率は含水量の増加に伴い減少し、熱膨張率は無水ブリッジマナイトに比べ大きい結果となった。この結果は含水ブリッジマナイトの方が無水のものより高压下で圧縮しやすいことを示し、下部マントル深部では含水ブリッジマナイトの方が高密度になる可能性が示された。すなわち、下部マントル深部では含水ブリッジマナイトの方が安定に存在できる可能性が示された。このように本論文は、含水ブリッジマナイトの各種性質を解明した優れた研究であり、下部マントルの水の議論に一石を投じるものである。

本論文の公聴会は、平成 30 年 2 月 8 日に愛媛大学総合研究棟 I・4 階共通ゼミ室において開催され、論文発表と質疑応答が行われた。発表および質疑への応答は明快かつ的確で、申請者が高い学識と専門的知識・技術を有することを確認した。公聴後の学位論文審査委員会において審議を行った結果、本論文は理工学研究科の定める学位審査基準を満たしており、学位を授与するに相応しい内容であると判定された。