

(第6号様式)

## 学位論文審査の結果の要旨

氏名	徐超文 (XU Chaowen)
審査委員	主査 井上 徹 副査 入舩 徹男 副査 大藤 弘明

### 論文名

Phase relations of Al-bearing dense hydrous phases up to the uppermost lower mantle and sound velocities of Al-bearing phase D

### 審査結果の要旨

本論文は、Alに富む高密度含水鉱物の相関係及び弾性波速度を下部マントル最上部までの条件下で明らかにし、地球深部で存在可能な高密度含水鉱物中へのAlの影響を明らかにした論文である。

水は地球の重要な揮発性成分の1つであり、地球深部でのその存在は鉱物やマグマの物理・化学的性質に大きく影響を与える。したがって地球深部の進化やダイナミクスに多大な影響を及ぼしていると考えられる。水は沈み込む海洋プレートを通して含水鉱物の形で地球深部に運搬されている。その有力な含水鉱物として現在までにいくつかの高密度マグネシウム珪酸塩が見出されてきており、それらの鉱物がマントル遷移層ひいては下部マントルまでの水のキャリアーとなりうるということが指摘されてきた。

ところで、これらの高密度マグネシウム珪酸塩はマントルの平均的な温度では不安定で脱水分解反応を起こし、極めて低温なプレートでのみ存在可能と考えられてきた。しかしながら、マントル中でMg, Si, Feに次いで主成分であるAlが加わると、その温度安定性が上昇する可能性が考えられる。そこで本論文では、まずAlに富むモデルマントル物質を用いて、各種高密度マグネシウム珪酸塩の安定性に対するAlの影響が明らかにされた。

申請者はまず、緑泥石という含水鉱物をAlに富むモデルマントル物質と見立て、25 GPaまでの相関係を明らかにした。その結果、圧力上昇にしたがってphase E, superhydrous phase B, phase Dが出現したが、すべての相にAlが含まれ、含まれない場合に比べ温度安定性が上昇することが明らかとなった。また化学組成からその置換様式が明らかにされ、6配位のSi<sup>4+</sup>サイトが存在する場合はそのサイトへのAl<sup>3+</sup>とH<sup>+</sup>の含水化置換が卓越すること、4配位のSi<sup>4+</sup>サイトが存在する場合はそのサイトへの置換は起こらず、Mg<sup>2+</sup>のサイトへのAl<sup>3+</sup>とH<sup>+</sup>の含水化置換が卓越することが明瞭に示された。

次に申請者はAlに富むphase Dがマントル遷移層から下部マントル上部における広い圧力領域で安定であることに着目し、その温度安定性を決定した。加えて、Feも重要な元素であるが、

Al とは逆に温度安定性を下げることが予想されるため、その両者の影響を明らかにした。結果、Fe は Al に富む phase D の温度安定性を下げるが Al が上昇させるほどその影響は顕著ではなく、結果として Al, Fe に富む phase D は温度安定性が上昇することが明らかとなった。これらの結果は、海洋プレートがそれほど低温でなくても、地球深部へ優位に水が運搬可能であることを示している。

さらに申請者はこれら一連の実験により、phase D-AlOOH-FeOOH 系の固溶関係の重要性に気づき、その固溶関係を明らかにした。そして、下部マントル上部の領域では各相への固溶限界が存在し連続固溶体は存在しないが、圧力よりも温度の影響により、固溶が進むことを明らかにした。

これら一連の置換メカニズムの解明から、申請者は Al に富む phase D 単相からなる良質な焼結体の合成に成功した。このことは弾性波速度測定などの物性測定が可能になることを意味する。含水相の場合、合成の際に流体の水が存在するため良質な焼結体合成が困難であることが多いが、申請者の詳細な含水置換メカニズムの解明によってはじめて可能にした。この焼結体を用いて、放射光 X 線その場観察実験により、25 GPa までに及ぶ高温高压下での弾性波速度測定が行われた。そして他の無水鉱物と比較検討することにより、含水マントルでの地震波速度異常の程度を検討し、マントル遷移層から下部マントル最上部で観測されている地震波速度異常がマントル含水化の効果で説明可能か議論した。

このように本論文は、Al に富む高密度含水鉱物、特に Al に富む phase D の相関係及び弾性波速度を解明した優れた研究であり、地球深部への水輸送の議論に一石を投じるものである。

本論文の公聴会は、令和元年 8 月 5 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。