

高温高压下における緑泥石の脱水分解反応境界とその状態方程式 Dehydration boundary and the EoS of chlorite under high pressure and temperature

末次 秀規¹; 井上 徹^{1*}; 柿澤 翔¹; 亀卦川 卓美²
SUENAMI, Hideki¹; INOUE, Toru^{1*}; KAKIZAWA, Sho¹; KIKEGAWA, Takumi²

¹ 愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター, ² 高エネルギー加速器研究機構
¹Geodynamics Research Center, Ehime University, ²High Energy Accelerator Research Organization

1. はじめに

スラブ中の様々な含水鉱物は沈み込みに伴い地球内部へと運搬され、各々の温度圧力条件で分解反応を生じる。含水鉱物が脱水分解反応することで発生する流体は島弧マグマの成因に影響し、また生成される含水相は水をより地球内部へと運搬すると考えられる。

含水ベリドタイト中の主要な含水鉱物の一つとして、蛇紋石 (serpentine; $\text{Mg}_6\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$) が挙げられる。この鉱物はマントル中の主要な元素で構成されており、これまで数多くの研究が報告されている。一方実際のマントル中には Al_2O_3 成分がおおよそ 4 wt% 含まれており、蛇紋石の化学組成に Al を加えた緑泥石 (chlorite; $(\text{Mg},\text{Al})_6(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$) の存在も重要であると考えられる。しかしながら、これまでの緑泥石単体の脱水分解反応境界は 5 GPa 以下でしか報告されておらず、それ以上の圧力では報告がない。さらに、緑泥石の状態方程式に関する過去の報告の多くは室温・高圧条件のもので、高温・高圧下での報告はわずかにしか存在しない。これらのことを踏まえ、本研究では X 線その場観察を用いて高温高压下における緑泥石の脱水分解反応境界とその状態方程式の決定を行った。

2. 実験方法

高温高压下における X 線その場観察実験は高エネルギー加速器研究機構、PF-AR、NE5C 設置の MAX80 を用いて行った。出発物質には天然の緑泥石を用い、反応実験では分解後の流体の放出を防ぐカプセル材として単結晶ダイヤモンドと金のキャップを使用した。緑泥石の分解反応境界は X 線その場観察時分割測定実験によって決定し、得られた回折線と回収試料の組織観察より生成相の同定を行った。状態方程式を求める実験 (P-V-T 実験) では同施設の高圧発生装置を用い、試料への差応力の影響を防ぐため試料は NaCl スリーブに封入した。

3. 結果&考察

緑泥石は 3 GPa 付近では 800 °C 付近まで安定に存在し、4 GPa 以上で脱水分解反応境界は負の dT/dP 勾配となった。7 GPa 以下の圧力下ではフォーステライト、パイロプ、フルイドへの分解が確認された。一方 7 GPa 以上では Mg サーサイトと未知相に分解した。この反応境界は 450 °C 付近に位置し $dT/dP=0$ となり、緑泥石の相平衡境界を超えた領域で確認できるカイネティック境界であると考えられる。これまでの相平衡実験では数十時間保持する実験が一般的であったが、本研究結果より 500 °C 以上の条件下では緑泥石は比較的短時間 (1 時間以内) で平衡状態となるがそれ以下の温度では極めて反応速度が遅くなると考えられる。今回の結果から緑泥石を伴う沈み込むスラブの挙動を考えると、暖かいスラブの場合緑泥石は無水鉱物の組み合わせへと分解するため、それ以深へと水を運搬することができない。しかし、7 GPa 付近で 500 °C 以下の冷たいスラブの場合、緑泥石は Mg サーサイトを含む鉱物組み合わせへと分解し、さらに地球深部へ水を運搬することが可能である。また更に高温高圧力領域では Mg サーサイトは Phase A を含む鉱物組み合わせへと分解することが報告されており、緑泥石は地球深部へと水を運搬する重要な鉱物の一つであると考えられる。発表では状態方程式の結果も報告する。

キーワード: 緑泥石, 含水相, 沈み込むスラブ, 脱水分解反応, 状態方程式, 放射光 X 線その場観察

Keywords: chlorite, hydrous phase, subducting slab, dehydration, equation of state, synchrotron X-ray in-situ experiment