

グラニュライト相下の塩素に富む流体活動に伴う希土類元素に富む鉱物の挙動 Behavior of REE-rich minerals during Cl-rich fluid activity under granulite facies meta- morphism

東野 文子^{1*}, 河上 哲生¹, Madhusoodhan Satish-Kumar², 石川 正弘³, 土屋 範芳⁴, Grantham Geoff⁵

Fumiko Higashino^{1*}, Tetsuo Kawakami¹, Satish-Kumar Madhusoodhan², Masahiro Ishikawa³, Noriyoshi Tsuchiya⁴, Geoff Grantham⁵

¹ 京都大学, ² 新潟大学, ³ 横浜国立大学, ⁴ 東北大学, ⁵ 南アフリカ地質調査所

¹Kyoto University, ²Niigata University, ³Yokohama National University, ⁴Tohoku University, ⁵Council for Geoscience, South Africa

グラニュライト相下の変成流体は、CO₂ に富むものが多いとされてきたが、塩素に富む流体が果たす役割の重要性も徐々に認識されつつある。塩素に富む流体は、CO₂ に富む流体と同様に流体中の H₂O 活動度を下げ、脱水反応温度を下げ、流体存在下での岩石融解温度を上昇させる (Newton et al., 1998)。塩素に富む流体は高温下でも CO₂ に富む流体とは不混和であり、鉱物の溶解度を上昇させる性質を持つため、地殻内における物質移動を理解する上で重要な役割を果たす (Heinrich et al., 2004; Newton and Manning, 2010)。しかし、塩素に富む流体の活動条件や空間的広がりについては、まだ分かっていないことが多い。そこで、大陸衝突帯下部 - 中部地殻内における地質学的プロセスを理解するために、原生代後期からカンブリア紀の大陸衝突帯である東南極セール・ロンダーネ山地を対象とし、塩素に富む流体活動の活動条件を決定し、流体活動に伴う REE に富む鉱物の挙動について調べた。

セール・ロンダーネ山地東西約 200 km に渡り、珪長質片麻岩を 33 試料調べたうち、流体活動条件を最も厳しく制御できた、バルヒエン山に産するザクロ石 - 黒雲母 - 珪線石片麻岩について詳しく述べる。本試料に含まれるザクロ石は、リンによる組成ゾーニングを持ち、振動累帯構造を持つリンに富むコアと、コアを融食し、再成長したリンに乏しいリムを持つ。塩素に富む黒雲母および燐灰石はザクロ石リムにのみ包有され、コアとマトリクスには塩素に乏しい黒雲母および燐灰石が分布する。また、丸い粗粒ジルコンは、ザクロ石リムとマトリクスにのみ分布し、コアには包有されない。したがって、丸い粗粒ジルコンは塩素に富む黒雲母および燐灰石と同時期に晶出し、ザクロ石に包有されたと考えられる。塩素に富む黒雲母がザクロ石に包有された温度圧力条件は、約 800 °C、0.8GPa であり、ピークの温度圧力条件は約 850 °C、1.1GPa と見積もられた。これらの温度圧力条件を用いて、黒雲母および燐灰石と共存した流体の f_{HCl}/f_{H_2O} を見積もると、流体の f_{HCl}/f_{H_2O} は、ザクロ石のコアからリムにかけて 10 倍以上上昇しており、ザクロ石のコアリム境界で、塩素に富む流体が流入したと言える。なお、塩素に富むメルトとの平衡共存により、塩素に富む黒雲母および燐灰石を形成する場合を考えると、本試料に含まれる塩素濃度の黒雲母および燐灰石を形成するのに十分な高塩素濃度のメルトの存在は考えにくく、塩素に富む流体流入を支持する。塩素に富む流体流入と同時期に晶出したと考えられる、ザクロ石リムに包有される丸い粗粒ジルコンからは、LA-ICP-MS による U-Pb 年代測定により 603±14Ma の値を得た。すなわち塩素に富む流体は、大陸衝突による高温変成作用を被った時期とほぼ同時期の 603±14Ma に約 800 °C、0.8GPa に流入したと言える。また、マトリクスに分布する丸い粗粒ジルコンからは 564 ± 17 Ma を得た。本試料では、ザクロ石コアにモナズ石が多数包有され、リムにジルコンとゼノタイムが多数包有される傾向がある。また、産状によるモナズ石の組成に着目すると、ザクロ石リムに包有されるモナズ石は、ザクロ石コアに包有されるモナズ石よりも Th に乏しく Y に富む傾向がある。すなわち塩素に富む流体の流入によって LREE, Th が抜け、HREE, Zr, Y が添加されたことを示唆する。

塩素に富む流体流入の痕跡であると考えられる塩素に富む黒雲母は、ザクロ石の包有物として、セール・ロンダーネ山地において線状に分布し、各露頭は主要な延性剪断帯近くに位置する。したがって、塩素に富む流体活動は、大陸衝突プロセスにおいて、主要な現象の一つである可能性がある。本研究で塩素に富む流体活動の年代値を決定できたのは、流体流入と同時期に晶出したジルコンの粒子を認識できたためである。年代測定可能な REE に富む鉱物の形成条件を知ることは、年代値の意味を正しく解釈する上で重要である。本研究で明らかとなった塩素に富む流体活動による REE に富む鉱物の挙動は、天然で実際に起きている流体活動に伴う年代測定可能鉱物の消長を理解する上で役に立ち、既存のジルコンやモナズ石の年代値の解釈も、流体活動を考慮して再検討する余地がある。

キーワード: 塩素, 流体流入, グラニュライト相, セール・ロンダーネ山地, 希土類元素

Keywords: chlorine, fluid infiltration, granulite facies, Sor Rondane Mountains, REE