

## マグマ固結過程の指標としての apatite の有用性：納沙布岬貫入岩体を例にして Utility of apatite as a proxy for solidification processes of magma revealed in the Nosap- pumisaki intrusion

久岡 由実<sup>1\*</sup>, 飯塚 毅<sup>1</sup>, 高畑 直人<sup>2</sup>, 小澤 一仁<sup>1</sup>, 永原 裕子<sup>1</sup>, 佐野 有司<sup>2</sup>  
Yumi Hisaoka<sup>1\*</sup>, Tsuyoshi Iizuka<sup>1</sup>, Naoto Takahata<sup>2</sup>, Kazuhito Ozawa<sup>1</sup>, Hiroko Nagahara<sup>1</sup>, Yuji Sano<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻, <sup>2</sup> 東京大学大気海洋研究所

<sup>1</sup>Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, <sup>2</sup>Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo

本研究では、結晶分化・固結過程がよく分かっている納沙布岬貫入岩体を研究例とし、地殻内でのマグマの分化・固結過程で揮発性元素の挙動を apatite の微細構造と化学組成・水素同位体に基づいて検討した。

納沙布岬貫入岩体は、北海道根室半島に、厚さ 110-130m、水平 1.5km の規模で海岸線に沿って露出する板上貫入岩体である。貫入前から存在していた結晶の急速な沈積により、下部の結晶集積層と上部の結晶のない液層ができ (Simura & Ozawa, 2006)、その後、組成対流により閉鎖系で分化が進み、最終的にこの岩体の基本構造である優黒質の下部集積層と優白質の上部モンゾナイト層が形成されたとされている (Simura & Ozawa, 2011)。

納沙布岬貫入岩体では、急冷部を除き、短柱状・針状の自形 apatite が普遍的に出現する。Apatite のアスペクト比と数密度は、下部の集積層から上部の急冷部に向かって増大し、上面からの冷却がより効率的であったことを示している。

初期に固結した部分と後期に固結した部分の 2 層準の apatite の含水量と水素同位体比を NanoSIMS 分析により求めた。各層準 3~6 個、1 個の結晶につきそれぞれ 1~3 点を分析した結果、apatite の水素同位体比と含水量は、初期に固結した部分ではそれぞれ -109 ‰, 1.26wt%、後期に固結した部分では 18.2 ‰, 1.29wt% であり、後期の apatite の水素同位体比は初期の apatite より高い値をもつ一方、含水量には有意な変化は認められなかった。

Apatite の Cl と F の含有量を EPMA により測定した。岩体の全層準で、それぞれ 10~20 個の apatite 結晶につき 1~3 点の分析を行った。Cl 含有量は、初期に固結したモンゾナイト層上部と沈積層下部ではほぼ同じで、最も後期に固結した沈積層上部とモンゾナイト層下部に向かって減少するのに対し、F 含有量は、Cl と逆相関を示す。また、累帯構造を示している apatite も見出され、Cl 含有量は中心で多く、縁に向かって振動しながら減少する。Apatite 中の Cl が極端に少ない部分には、メルトと流体包有物が累帯構造と調和的に分布している。

岩体全体の分化と固結が進むにつれ、apatite の含水量はあまり変化せず、F/Cl と D/H が増加する要因を考察した。Apatite と同時に結晶化している鉱物は、メルトに比して Cl より F を多く取り込んだ biotite ( $Mg/(Mg+Fe) \sim 60$ ) (Icenhower and London, 1997) と無水鉱物であるから、結晶分化が Simura and Ozawa (2011) が主張するように、水を含む全成分について閉鎖系で進んだのなら、水素同位体比は一定のまま、メルト中の F/Cl 含有量は減少するはずである。しかし F/Cl と D/H は逆に増大しており、apatite の F/Cl の変化は、結晶分別によるのではなく、別の過程でメルトの F/Cl と D/H が変化したためであると考えられる。F は Cl よりガスに比してメルトに分配されやすい (Signorelli and Carroll, 2000; Webster, 1990) ことから、D/H が変化している事とも合わせ、発泡脱ガスが起きたと考えると説明することができる。Apatite 結晶中の Cl に乏しい部分に流体包有物が選択的に分布することも、発泡による Cl の減少を示唆している。さらに、分化にともないメルト中の D/H が増加することは、発泡・脱ガスが H<sub>2</sub>O としてではなく CH<sub>4</sub> または H<sub>2</sub> として進行したことを示す (Kyser and O'Neil, 1983)。すなわち、納沙布岬貫入岩体では、メルト組成は還元的で、分化が進行しても H<sub>2</sub>O に飽和することはなかったと推察される。還元的事であることは、cpx が分化によりほぼ純粋な hedenbergite まで組成変化することからも支持される。

以上のように、apatite の F/Cl と D/H を用いることにより、発泡・脱ガスがあったこと、そのガス分子種や、マグマの酸化還元状態についての情報を与えることができ、apatite の元素・同位体組成はマグマ結晶過程における揮発性成分挙動の指標として有益であるといえる。