

## マグマ溜り中の流体相のトレーサーとしての塩素：室戸岬斑れい岩体の地球化学的研究

### Chlorine as a tracer of aqueous fluid in a crystallizing magma reservoir: a geochemical study of the Murotomisaki Gabbro

星出 隆志<sup>1\*</sup>, 小畑 正明<sup>1</sup>, Andrew G. Christy<sup>2</sup>

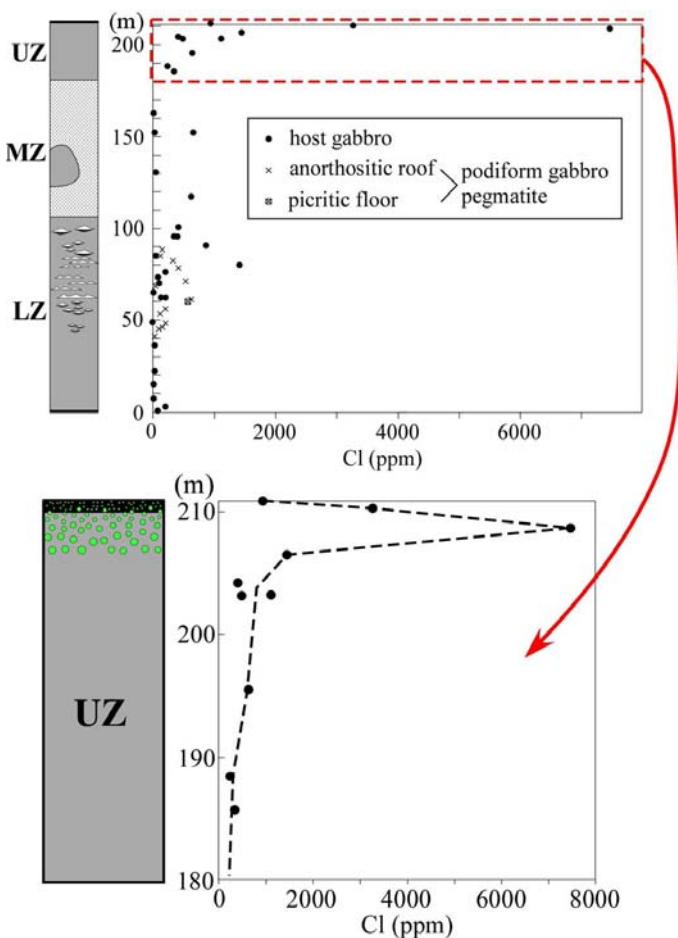
Takashi Hoshide<sup>1\*</sup>, Masaaki Obata<sup>1</sup>, Andrew G. Christy<sup>2</sup>

<sup>1</sup>京都大学大学院理学研究科, <sup>2</sup>オーストラリア国立大学

<sup>1</sup>Kyoto University, <sup>2</sup>Australian National University

冷却固化が進行するマグマ溜りにおいて、流体相の発生と移動がマグマプロセスに与える影響は重要である。我々は室戸岬斑れい岩の地球化学的分析の過程で全岩の塩素量に大きな変動があることを見だし、塩素が流体相のトレーサーとして有効であるとの結論に達したので、その結果を報告する。

室戸岬斑れい岩体は四万十層に貫入するシル状岩体（層厚約220 m）である。岩体は下位から、かんらん石に富む中粒ガブロのLower Zone (LZ)、かんらん石を欠く粗粒ガブロのMiddle Zone (MZ)、かんらん石に乏しい含角閃石中粒ガブロのUpper Zone (UZ)の3つのゾーンからなる。Lower Zoneはさらに、下半分のかんらん石斑晶の集積部（「結晶集積部 (AC)」）と、上半分のかんらん石が粗大化した部分（「結晶成長部 (GR)」）の2つのサブゾーンに分けられる。比較的均質な結晶集積部に対し、結晶成長部には、ペグマタイト脈、斜長岩脈、波長約10cmのmodal layeringなど、様々な不均質構造が発達する。斜長石の組成累帯構造に着目すると、結晶成長部のホストガブロに含まれる斜長石が自形のcalcicコアを持つのに対し、ペグマタイト脈・斜長岩脈の斜長石のcalcicコアは著しく融食を受けていることが特徴的である。いずれの斜長石もその外側はAb成分に富んだマンタルで囲まれる。我々は、これら斜長石の融食と組成累帯構造の観察から、結晶成長部に分布するペグマタイトや斜長岩脈の形成には水に富んだ流体相の移動とその溶解による水蒸気圧の上昇、それに伴う斜長石の再溶解が起こったことを議論した (Hoshide and Obata, in press, Proceeding of Hutton



symposium VI)。

今回、マグマの分化と層状構造発達過程に伴う物質移動をより定量的に検証することを目的に、主成分元素と塩素は蛍光X線、REEを含む微量元素はガラスビードを用いたLA-ICP-MS (オーストラリア国立大学)で全岩化学組成分析を行った。その結果LZの結晶集積部(AC)のかんらん石ガブロは著しくClに枯渇しているのに対し、MZとUZはよりClに富んでいること、特にUZの最上部、天井部から5 mまでのところは著しくClに富んでいる(最大~7500 ppm)ことを見出した(図1)。LZの結晶成長部(GR)においては、ペグマタイトや斜長岩脈部分は、周囲のホストガブロよりもCl濃度が顕著に高いことも重要な新知見である。一方、REE濃度も、ペグマタイトや斜長岩脈部分では平均的には周囲のホストガブロより高いが、Cl濃度との間には相関関係が認められなかった。結晶作用の初期にはClはREE等と同様に液相濃集元素として振舞うことが期待されるので、ClとREE間の相関関係の欠如は、Clの濃集には結晶分化とメルトの移動だけではなく、第3の相である流体相の発生と移動が支配的な役割を果たしたことを示唆する。

本岩体において観察された塩素の分布は次の様なプロセスを考えることで説明できる。まず、マグマ溜まりの固液境界層の下部で、間隙メルトの結晶分化の進行に伴って水に富んだ流体相が発生する。このときメルト中に濃集していた塩素は強く流体相に分配する。発生した流体相は境界層中を浮力で上昇するが、境界層上部の水に不飽和ゾーンに達したところで再びメルトに溶解、消滅し、そのため、そこでは水と塩素に富んだメルト層が発達する。この水に富んだメルト層では、水蒸気圧の上昇に伴い斜長石の再融解が起きたため、局所的にメルト量が増大し、メルトと結晶の相対移動 (segregation) が起こり、水と塩素に富んだペグマタイト脈が形成される。境界層下部から運ばれてくる流体相は、このように水不飽和ゾーンで一旦消滅するために、より上方に位置するMZとUZの高塩素濃度は流体相の移動によっては説明できない。MZとUZの高塩素量は、塩素に富んだペグマタイト脈から発生した「斜長岩マッシュのダイアピル上昇」でもたらされたと考えられる。すなわち、ペグマタイト脈の中での結晶分化により再度水に過飽和になり流体相が出現することで軽くなった斜長岩マッシュが塩素を運んでダイアピルとして上昇し上方のマグマと混合した、と考えることができる。ただしUZの最上部の塩素濃集層は、この斜長岩マッシュダイアピルモデルでは量的に説明はつかず、この部分のみは塩素に富んだ流体相の浮上と集積によるものと考えなければならない。ただし、このUZ最上部の塩素濃集層を形成した流体相は、先に述べた下部境界層の結晶化で発生した流体相ではなく、もっと前のステージ、マグマ貫入時に最初からマグマに含まれていたものを想定しなくてはならない。

キーワード:塩素,流体相,固液境界層,ペグマタイト,クリスタルマッシュ,層状貫入岩体

Keywords: chlorine, fluid phase, crystallization boundary layer, pegmatite, crystal mush, Layered Intrusion