

地殻メルトの輸送に制御された A F C 過程：利尻火山，沓形・種富溶岩流

Assimilation and fractional crystallization controlled by transport processes of crustal melt

栗谷 豪[1]; 北川 宙[1]; 中村 栄三[2]

Takeshi Kuritani[1]; Hiroshi Kitagawa[1]; Eizo Nakamura[2]

[1] 岡山大・固地研; [2] 岡山大・固地研

[1] ISEI, Okayama Univ; [2] ISEI(Misasa), Okayama Univ.

地殻内のマグマ溜りにおいて、マグマから周囲の地殻への熱輸送の結果、結晶分化作用と同時に溶融地殻物質の混染作用が起き得ること(AFC過程)が広く知られており、AFC過程に伴うマグマの地球化学的進化や過程を支配する物理などについて、これまで盛んに研究が行われてきた。発表者らは、従来あまり注目されてこなかった、混入地殻物質と分別結晶量の比(r 値)が低いケース($r \ll 1$)におけるAFCのメカニズムについて、利尻火山のアルカリ玄武岩~デイサイト質噴出物を対象に、研究を行ってきた。

これまでの研究から、本研究対象のアルカリ玄武岩(沓形溶岩流)と安山岩~デイサイト(種富溶岩流)について、主成分元素組成の多様性は、マグマ溜り底部における固液境界層内の低密度分化液とマグマ溜り主要部の高密度メルトとの交換(境界層分化)によって形成されたこと(Kuritani, 1999; 2001), また Sr・Nd・Pb の同位体比が全岩の SiO₂ 量の変化とともに系統的に変化していることから、結晶分化作用と同時に地殻物質の混入がおきていたこと(r 値=0.08程度で一定), などが明らかになっている(2001年合同大会)。さらに、マグマの組成進化を引き起こす端成分としての「地殻メルト」成分と「固液境界層内の粒間液」成分が完全にカップリングしていることから、両者の混合が境界層内で進行したこと、また AFC と境界層分化を考慮したマスバランスモデルの制約から、地殻メルトのマグマ溜りへのフラックスは $t^{-1/2}$ に比例していたことなどを明らかにした(2004年岩鉱学会)。そこで本発表では主に、地殻からマグマ溜りへのメルトの輸送メカニズムについて考察する。

沓形マグマの温度は約 1100 と推定されており、また周囲の地殻の温度は高く見積もっても 300 は超えないと推定されることから、マグマ溜り-地殻の境界部の温度は 700 以下であると考えられる。一方、玄武岩質マグマのソリダスは、水の有無にかかわらず 800 以上である。このことは、マグマ溜りの周縁部には完全に固結した領域が存在することを意味し、部分溶融した地殻内の液相とマグマ溜り内の液相は空間的に分離されていることになる。観察事実として、地殻メルトが継続的にマグマ溜り内に輸送されていたことは明らかであるため、この「固結領域」にはクラックが存在し、メルトの通路が定常的に存在しなければならないことになる。

クラックの形成要因として、まず地殻の構造運動が挙げられる。しかし約 2 kbar 程度での地殻の変形は brittle であるため、定常的にメルトの通路が確保されるかどうか疑問である。そこで次に考えられるのは thermal stress である。マグマの冷却と地殻の加熱に伴い、マグマ溜り周縁部の固結領域では熱収縮により展張応力場に、地殻では熱膨張により圧縮応力場になるため、固結領域にクラックが形成される可能性がある。この可能性を検証するため、岩石の典型的な物性値を用いて温度変化に伴う定積圧力変化を計算してみると、例えば温度変化が 100 である場合、圧力変化は 100MPa 程度であることがわかった。この値は岩石の破壊に必要な tensile stress 約 10MPa を超えるため、実際にクラックが形成されうることになる。また、メルトの輸送については、主に圧力勾配を駆動力とすることによって可能である。外的要因である「構造運動」とは異なり、「thermal stress」はマグマから地殻への熱輸送に伴い、必然的に起こりうることから、利尻火山下に限らず、AFC過程における地殻メルトの輸送において重要な役割を果たしている可能性がある。

栗谷ほか(2004年岩鉱学会)では、マスバランスモデルと熱伝導法則を組み合わせ、マグマ溜りへの地殻メルトフラックス(Q)を推定したが、このメルト輸送については、マグマ溜りの固結領域内の浸透流、として独立に捉えることもできる。この場合、利尻火山下のマグマ溜りで観察される、 r 値が一定($Q \propto t^{-1/2}$)であるという現象は、固結領域の成長(=圧力勾配の減少)を反映したものである、と解釈することができる。

従来、AFCにおける「A」と「FC」の比については、マグマと地殻の熱バランス(地殻の組成・初期温度を含む)で決まる、という考えが支配的であったが、地殻物質の溶融がおきてメルトが輸送されなければ r 値は 0 となる。利尻火山下のように、特に r 値が小さいケースにおいては、 r の絶対値は地殻メルトの輸送に支配されている可能性が高いといえる。