

下部地殻溶融により生成するマグマの量, 組成, および生成時間スケール Amount, composition, and generation timescale of magma produced by melting of lower crust

金子 克哉^{1*}Katsuya Kaneko^{1*}¹ 京大人環¹HES, Kyoto Univ.

はじめに 大陸地殻における火山弧やホットスポットでは, 大量の珪長質マグマ活動をはじめとした多様な火成活動が起こる。これらマグマの生成過程に関して, 幅広い組成の多くのマグマが, 地殻の溶融により生成している可能性がある。本研究では, 上記マグマの生成過程の物理的な合理性を検討するため, 地殻中に高温苦鉄質マグマが繰り返し貫入し, 地殻溶融を起こす場合の, マグマ生成量, マグマ組成, 生成時間スケールに関して, 一次元の物理モデルによる検討を行った。

モデルおよび初期条件 地殻溶融過程の一次元物理モデルとして, Koyaguchi and Kaneko (2000) を用いた。地殻中に高温マグマが貫入した場合, 高温マグマを熱源として地殻溶融が起こる (Fig.1)。熱の移動は, 高温マグマの熱対流により上方向に大きく, 上方の地殻は, 臨界メルト分率 (固液混合相全体として対流が開始するメルト分率; 0.5~0.7) 以上の高い部分溶融度まで溶融し (この部分を以降「高部分溶融領域」と呼ぶ), メルトと結晶の混合物は全体として対流し, さらに上方地殻を溶融して, 地殻溶融が急速に進行する (~100年)。高部分溶融領域の上には, ソリダス以上の温度を持つが, 臨界メルト分率に達しておらず対流を行わない低部分溶融領域がある (Fig.1)。時間とともに, 熱源となった高温マグマ, およびその上の高部分溶融領域マグマは, 自身が冷却結晶化していくため, やがて臨界メルト分率に達して, 対流が停止する。この状態になると, 系全体は, 熱移動が熱伝導により支配され, 時間的な変化がゆっくり進むステージ (>1万年) に移行する。このステージにあっても, 高部分溶融領域では, 長時間にわたり, 臨界メルト分率付近のメルト分率が維持される。

モデル計算においては, 繰り返し高温マグマが貫入し, その度に上記の溶融結晶過渡過程が繰り返される。高温マグマは, 繰り返し同一場所に貫入するとした。また, 溶融による固液分離は起こらないことを仮定した。さらに, 地殻溶融過程に影響を与える可能性のある水が, 貫入する高温マグマに含まれる場合についても考察した。含水高温マグマが冷却結晶化すると, 水に飽和し, 水を地殻に供給する。水の移動に関しては, 過飽和分の水が自由水として分離上昇し, 水に不飽和な領域で吸収されるとした。

計算では, 貫入する高温マグマを貫入初期温度を 1250 の玄武岩質マグマとし, 貫入を受ける地殻を 1 GPa における 2% の水を含むハンレイ岩とする。また, 臨海メルト分率を 0.5 と仮定する。パラメータとして, 高温貫入高温マグマの含水量 (2-12 wt.%), 貫入率 (2-30 m/ky), 一回の貫入における厚さ (10-800m), 貫入を受ける地殻の温度 (500-700) の 4 つを変化させて計算を行った。

計算結果および解釈 以下では, 高部分および低部分溶融領域中のメルトは, それぞれ苦鉄質および珪長質メルトであるとす。計算結果の重要な点は以下にまとめられる。

(1) 地殻溶融により生成されるマグマの総生産量は, 高温マグマの貫入率が大きいほど, 地殻の初期温度が高いほど増大する。

(2) 高温マグマ貫入率が 20 m/ky 以上ならば, 数万年間で 10km × 10km の溶融領域で数 10km³ の溶融マグマが生産される。

(2) 地殻の初期温度が高いほど, また, 高温マグマの一回の貫入厚が薄いほど, マグマの総生産量に占める珪長質マグマの割合が増大する。

(3) 高温マグマの含水量は地殻溶融に関して大きな影響を与えないが, 含水量が増えるほど, 地殻溶融マグマの総量が増大し, 珪長質マグマの割合が減少する傾向がある。

モデルの計算結果は, 地殻溶融マグマの生成量, 組成, 時間スケールに様々な示唆を与える。例えば, まとまった量の地殻溶融マグマの生産が数万年であるという結果 (2) は, 天然のカルデラ火山の大規模珪長質噴火が, 数万年の間隔をおいて起こるという事実と整合的である。また, 火山は, 珪長質マグマの活動を主体とする火山, 苦鉄質マグマの活動を主体とする火山など様々な個性を持つが, それらの個性は, 溶融領域の地殻温度や熱源となる高温マグマの貫入率により支配されているのかもしれない。今後は, 天然の火山の岩石学的データを基にしたモデルの検証が必要である。

キーワード: マグマ, 地殻溶融, 大規模珪長質活動, 一次元物理モデル, 苦鉄質マグマ含水量

Keywords: magma, crustal melting, large scale silicic magmatism, one dimensional physical model, water content of mafic magma