

流紋岩質マグマ固結過程における流体相の分布:結晶・メルト・流体の三相共存状態

Fluid migration in solidifying rhyolitic magmas: insight into three phase coexistence of crystal, melt and fluids

中田 笑美子[1], 中村 美千彦[1]

Emiko Nakata[1], Michihiko Nakamura[1]

[1] 東北大・理・地球物質科学

[1] Inst. Mineral. Petrol. Econ. Geol., Tohoku Univ.

《はじめに》

マグマ溜りが冷却し、時にゆっくりと上昇減圧して固結するまでには、様々な状態を経る。まずマグマ中の結晶量が増加し、メルト中に溶け込んでいた揮発性成分が飽和して気泡を形成し、やがて結晶+メルト+流体の三相混相状態となる。最終的に緻密な深成岩体として固結するまでには、メルトであった部分が結晶化するだけでなく、大部分の流体が母岩と分離しクリスタルマッシュの圧密が起こることが必要である。このようなクリスタルマッシュ状態のマグマ溜りにおける流体相の挙動を探ることは、火山噴火の周期やトリガーに深く関与するマグマ溜りの過剰圧の蓄積過程を理解する上で重要である。マグマ溜りの周縁部では壁岩からの冷却により結晶度の高いマッシュ状態になっていると考えられるので、マグマ溜り全体の脱ガス効率にはその浸透性が重要な役割を果たすし、噴火を開始する岩脈の形成過程は、結晶量や気泡量によって支配されるマグマ溜り頂部の物性によって決定されるからである。視点を変えれば、クリスタルマッシュの物性は火山現象と花崗岩体の流動とを結びつける重要な要素であり、その中で流体の移動に伴う、流体相濃集元素の運搬・分別・沈殿作用はマグマの化学分化にとって重要な素過程であるとともに鉱床形成の初期過程そのものでもある。そこで本研究では、マグマ溜りで一体何が起きているのかを知るため、ピストンシリンダー型高圧発生装置を使用し、気泡を含むクリスタルマッシュの状態を再現してみた。その結果、三相共存系に特徴的と思われる微細構造を見出し、その支配要因と火山学的な意義について考察した。

《実験方法》

試料には福島県阿武隈宮本複合岩体花崗岩(ABK)と茨城県山の尾ペグマタイト(YAM)を粒径約 10 μm の粉末にしたものを用い、これらに 15-30wt%程度の H₂O を加え出発物質とした。ABK、YAM の出発物質として優れている点は、ABK は典型的な狭義の花崗岩組成を持つこと、YAM はペグマタイトであるので花崗岩固結末期に残った物質から形成され非常に流体相濃集元素に富むため、これをさらに試料として使うことによって、実際天然で起こっている物質移動現象を濃縮化して観察できる可能性があることである。試料室(直径 1.7mm, 高さ 7mm)には白金を用い、流体による物質運搬の観察を容易にするために試料室上部に高さ 2mm 程度の空洞部分を設け、H₂O で満たした。圧力発生装置にはピストンシリンダー型高圧発生装置を使用し、温度計には W5-Re26 温度計を用いた。実験条件は、圧力は 7-8kbar、最高温度は 680 -720 程度で、一定時間保持したのちクエンチした(450 まで徐冷を行ったものもある)。実験時間は 45-90 時間である。

《実験結果》

いずれの回収試料でも断面の反射電子像から結晶・メルト・流体(研磨した試料では空隙として観察される)の三相共存状態が観察された。ABK を出発物質としたものでは、黒雲母の表面に気泡が卓越して分布し、斜長石結晶の間に気泡がトラップされている様子が観察された。YAM を出発物質とした実験では、結晶(主に斜長石、石英)+メルト部分と結晶+流体部分に分離した構造や、流体(気泡)が結合しようとしている様子が観察され、流体は全体の 15%程度(流体濃集部分; 約 50%、メルト濃集部分; 約 10%)を占めていた。また結晶量は全体のおよそ 30%(流体濃集部分; 約 30%、メルト濃集部分; 約 40%)であった。

《考察》

ABK を試料とした回収試料から、固結しつつある流紋岩質マグマ溜りにおいて黒雲母結晶の周囲に流体相が偏在する可能性が示唆される。クリスタルマッシュの圧密が起こったとき、黒雲母結晶のように流体に容易に濡れる結晶が 3 次的にネットワークを形成している場合、そこを流路として流体の抜け出し(=脱ガス)が起こると考えられる。この現象はマグマ溜りの浸透性を支配する重要な要因となるであろう。また YAM を出発物質とした実験では、回収試料の断面に、メルト濃集部分において、流体濃集部分に近くなるにつれて含まれる流体の量が減少する傾向が見られた。これはメルト濃集部分から流体の吐き出しが起こっていること、つまり、結晶表面を利用して気泡の合体が進み、その結果結晶ネットワークからメルトの吐き出しが進み結晶+流体部分と結晶+メルト部分との分離が起こっていると考えられる。天然のマグマ溜りでもこのような分離現象が起こっているとすると、噴出物の物性を考える上で重要と思われる。爆発的噴火においてしばしば観察される遊離結晶がマグマ溜り内の結晶+流体部分に由来するとすれば、噴火前のマグマ溜り上部では、このような状態が実現しているのかもしれない。