

マグマ溜まり内における熱・物質輸送の定量的理解: 利尻島の火山噴出物からの制約

Quantitative understanding of heat and mass transport in a cooling magma chamber beneath Rishiri Volcano

栗谷 豪 [1]; 横山 哲也 [2]; 中村 栄三 [3]

Takeshi Kuritani[1]; Tetsuya Yokoyama[2]; Eizo Nakamura[3]

[1] 東北大理・地学; [2] 岡大・固地研; [3] 岡山大・固地研

[1] Tohoku Univ.; [2] ISEI, Okayama Univ; [3] ISEI(Misasa), Okayama Univ.

地殻内のマグマ溜まりでは、マグマから地殻への熱輸送の結果、熱対流・組成対流・結晶とメルトの相対運動といった、熱や物質の移動が自発的に起きる。そして、それらの過程が結合しながら、その結果として、マグマは熱や物質的に進化する。マグマ溜まり内において、実際に熱や物質がどのくらいの速さで移動するのかを明らかにすることは、マグマの進化過程を定量的に理解する上で重要であるが、天然観察に基づく手法からはほとんど制約が与えられていない。そこで本研究では、利尻火山下のマグマ溜まりをモデルケースとして、マグマ溜まり内での熱や物質の移動速度の推定を試みる。

研究対象である利尻火山の玄武岩質・安山岩質溶岩流のマグマは、地下約 2kbar 程度に存在するマグマ溜り内において、主に組成対流に伴う境界層分化によって組成進化したことが分かっている (Kuritani et al., 2005)。また、玄武岩質・安山岩質溶岩流の噴出年代は、U-Th 放射非平衡を利用した年代測定により、それぞれ約 4-5 万年前・約 2 万年前と推定されている (栗谷ほか 2006a、連合大会)。さらに、エネルギー保存則を利用した、マグマ溜まりの熱・物質進化を予測するモデルも構築されている (栗谷ほか 2006b、火山学会)。しかし、これらの研究のうち、玄武岩質溶岩流の噴出年代については、マンツルの地球化学的均質性の仮定等に基づくモデル年代であるため、信頼性が乏しい。また、マグマの熱進化のメカニズムについても、マグマ溜まり主要部のマグマの、組成対流による冷却の寄与が明らかでなかったため、理解されていなかった。そこで本発表では、これら 2 点を明確にすることで、マグマ溜まり内の熱・物質輸送を定量的に明らかにすることを目的とする。

玄武岩質溶岩流 (沓形溶岩流) の噴出年代については、溶岩流直下の未固結堆積層に存在する炭化木の ^{14}C 年代から推定した。炭化木の化学処理や化学分析 (AMS 法) は (株) 地球科学研究所で行われ、 $29330 \pm 600 \text{yBP}$ (2sd) という値が得られた。沓形溶岩流の年代測定は、これまでも同様の炭化木を用いて行われており、例えば三浦・高岡 (1993) によって 37320yBP より古いという値が得られている。今回得られた年代値が、既報値より有意に若くなった原因は、今のところ明確ではない。しかし、沓形溶岩流の前の活動期 (中期) の噴出物について、石塚 (1998) により、 $42 \pm 13 \text{ka}$ という年代値が得られている。そして、中期の噴出物は激しく侵食されているのに対し、沓形溶岩流は基本的に溶岩流の形態がよく保持されていることから、両者の活動の間には長い時間間隙があったことが示唆される。このことから、より若い年代値である本研究の値 ($\sim 29 \text{ka}$) の方が、よりもっともらしいと考えられる。この場合、玄武岩マグマから安山岩マグマへの組成進化の時間スケールは、栗谷ほか (2006a) で推定された値 (2 万年以上) より短くなり、おおよそ 9 千年程度ということになる。また、栗谷ほか (2006b) のモデルに基づき、マグマ溜まりの厚さは 1.7km 程度であったと推定された。

次に、マグマ溜まり内における、組成対流による熱輸送について検討した。固液境界層と主要部マグマとの間で進行する組成対流において、境界層から移動するメルトが周囲と熱平衡に到達すれば、主要部マグマの冷却を引き起こさず、一方で周囲との熱平衡が達せられなければ、主要部マグマの冷却を引き起こす。メルトは固液境界層内の円管状の通路を層流で移動すると近似し、メルトの物性の推定値等を用いて、メルトと周囲の熱伝達を考察した。その結果、メルトは高々約 0.6m 移動する間に周囲と熱平衡に到達してしまうことがわかった。このことから、例えば Kaneko and Koyaguchi (2000) によって示唆されたように、組成対流はほとんど熱を運ばないことが考えられる。

以上の結果を基に、栗谷ほか (2006b) のモデル計算を行うことによって、マグマ溜まり過程について様々な定量的情報が得られる。例えば、対流の熱流束は、マグマが玄武岩質から安山岩質に進化するにつれ、数 W/m^2 から 0.3W/m^2 程度にまで減少し、また組成対流の体積流束については、 1m/year から 10^{-2}m/year 程度にまで、指数関数的に減少する、という結果が得られた。