

レーザーを用いた希ガス局所分析の地球物質への応用：雲仙普賢岳溶岩に含まれる斑晶中の希ガス同位体分布

Laser Spot Analysis of Noble Gases in Terrestrial Samples: Noble Gas Isotopic Distribution in Phenocrysts in Unzen Dacite Lavas

角野 浩史[1], 長尾 敬介[1], 中田 節也[2]

Hirochika Sumino[1], Keisuke Nagao[2], Setsuya Nakada[3]

[1] 東大・理・地殻化学, [2] 東大・地震研

[1] Lab. Earthquake Chem., Univ. Tokyo, [2] Lab. Earthquake Chem., Univ. Tokyo, [3] ERI, Univ. Tokyo

雲仙普賢岳における平成噴火で放出された火山岩に含まれる斜長石と角閃石の斑晶について、レーザーを用いた空間分解能 300 マイクロメートルの希ガス局所分析を行なった。斜長石の $40\text{Ar}/36\text{Ar}$ 比は中心部(340)から外縁部(300)にかけて低くなる累帯構造を示した。角閃石は累帯構造を示さないものの斑晶の各部で異なる $40\text{Ar}/36\text{Ar}$ 比を示した。 $40\text{Ar}/36\text{Ar}$ 比と $4\text{He}/36\text{Ar}$ 比の関係と $38\text{Ar}/36\text{Ar}$ 比から、斑晶中の希ガス不均質はマグマ中で結晶が成長する過程でマグマ中の希ガス同位体組成が変化したことを示し、その原因としては地下水に由来する希ガスの混入が考えられる。

レーザーを用いた数 10 から数 100 マイクロメートルの微小領域からの希ガス抽出と、高感度・低ブランクの希ガス質量分析システムを組み合わせた希ガス同位体組成の局所分析は、希ガス濃度が地球物質に比べて数桁大きい隕石や宇宙塵については既に実用化されている。しかし地球の火山岩やそれに含まれる斑晶については、 $40\text{Ar} - 39\text{Ar}$ 法を用いた斑晶一粒子毎の年代測定が行なわれているものの、斑晶中の希ガス同位体組成の分布を明らかにする研究はほとんど行なわれていない。そこで本研究では火山岩中の斑晶にレーザー抽出による希ガス局所分析を用いて、斑晶中の希ガス同位体組成の分布を明らかにすることを試みた。

試料としては、雲仙・普賢岳の 1990 年からの噴火活動における火砕流から採取された溶岩（デイサイト）に含まれる、斜長石と角閃石の斑晶を用いた。雲仙火山のデイサイトは比較的大きな斑晶を含み、またこれらの斑晶はアルゴン同位体比（ $40\text{Ar}/36\text{Ar}$ 比）の累帯構造を持つ可能性が Hanyu and Kaneoka (1995) によって指摘されているため、レーザー抽出による希ガス局所分析を試みる上で都合がよい。試料を厚さ 500 マイクロメートルの平板状に切り出して両面を研磨し、鏡下で観察しながら直径 300 マイクロメートル程度の領域を Nd-YAG レーザーを用いて加熱・溶融させ、抽出された希ガスを精製したのち質量分析計を用いて全希ガスの絶対量とアルゴン同位体比の測定を行なった。

未だ測定数が少なく予察的な結果であるが、粒径約 2mm の斜長石中の $40\text{Ar}/36\text{Ar}$ 比は斑晶の中心部で 320~340 と、明らかに大気(296)より高い値を示した。この値は複数の斑晶を用いたバルク分析によって推定された、斜長石中心部の推定値とよく一致している。その周辺の斑晶外縁部ではより低く、大気の値に近い $40\text{Ar}/36\text{Ar}$ 比(300~310)が得られ、この斜長石中にアルゴン同位体比の累帯構造があることを強く示唆している。またより小さな斜長石(粒径約 0.5mm)の中心部の $40\text{Ar}/36\text{Ar}$ 比は 310~320 と、大きい斜長石の中心部より低い値を示した。一方で粒径 3mm 程度の角閃石中の $40\text{Ar}/36\text{Ar}$ 比は 300 から 310 程度の幅で変動したが、斜長石とは異なり明瞭に累帯構造を示唆する結果は得られず、むしろ中心部でより低い $40\text{Ar}/36\text{Ar}$ 比を示した。また粒径 0.5mm の小さい角閃石と、斑晶を含まない石基部分は大気(296)とほぼ等しい $40\text{Ar}/36\text{Ar}$ 比を示した。さらに上記全ての $40\text{Ar}/36\text{Ar}$ 比と $4\text{He}/36\text{Ar}$ 比には非常によい相関が見られ、一方の端成分が試料中に含まれる大気由来の希ガスであることを示唆している。角閃石における希ガスの拡散係数は斜長石におけるそれよりも小さいので、噴出後のヘリウムの散逸と大気アルゴンの混入によって上記の希ガス不均質が生じたとは考えにくい。また試料の $38\text{Ar}/36\text{Ar}$ 比を見る限り、 $40\text{Ar}/36\text{Ar}$ 比を変動させるほどの脱ガス時の質量分別は起こっていない。従って $40\text{Ar}/36\text{Ar}$ 比と希ガス元素比の変動は、結晶が成長する間にマグマ中の希ガス同位体組成が変化したことを示すと考えられる。Hanyu and Kaneoka (1995) は斜長石が角閃石に先んじて晶出すること、大きな斑晶ほど高い $40\text{Ar}/36\text{Ar}$ 比を示すことに着目し、結晶の成長過程で地下水に由来する大気組成のアルゴンの混入が起こったモデルを提唱した。本研究で得られた結果は斜長石に関する限りそれとは矛盾しないが、角閃石についてはより複雑な過程を経ていると考えられ、さらに詳細な検討を行なう必要がある。そのためには溶融する試料領域を小さくし、局所分析の空間分解能を上げなくてはならない。現時点では質量分析計の検出下限(36Ar として $3\text{E} - 16\text{cc}$ 程度)よりはむしろ測定系内のブランク ($7\text{E} - 13\text{cc}$ 程度) が空間分解能を制限しているが、今後ブランクの改善によりさらに高い空間分解能で測定が可能になると期待される。

また斜長石の中心部でも、メルト包有物が含まれる部位で $40\text{Ar}/36\text{Ar}$ 比が高く、それらが含まれない部位では周縁部と変わらない $40\text{Ar}/36\text{Ar}$ 比が見られることから、これらのメルト包有物に高い $40\text{Ar}/36\text{Ar}$ 比が含まれている

可能性がある。今後はこれらの包有物から選択的に希ガスを抽出する破碎法などを用いてアルゴン以外の希ガス同位体組成についても測定し、局所分析によって得られる $40\text{Ar}/36\text{Ar}$ 比と関連づけることにより、より詳細にマグマ中における希ガス同位体比の変化とその起源について考察する予定である。