

マントル中の流体の起源を探る

The origin of fluid in mantle

山本 順司[1]

Junji Yamamoto[1]

[1] 東大・地殻化学

[1] LEC, Univ. Tokyo

<http://www.eqchem.s.u-tokyo.ac.jp/index.html>

マントル起源の岩石には流体包有物が普遍的に見られるため、マントル深部には流体の供給源が存在し、流体はマントルを通過して地球表層へ定期的に出流し続けていると考えられる。これらの流体の起源を探ることは地球表層と深部を結ぶ揮発性物質の循環系に極めて重大な制約を与えることになると期待される。

極東シベリアのマントル捕獲岩には二種類の流体包有物があり、顕微ラマン分光分析ならびに光学顕微鏡観察の結果、一つは液体 CO₂ が主成分で、もう一つは気泡を含むメルト包有物と分かった。これらの流体の起源を探るため包有物に含まれる希ガスの同位体組成を測ることにした。真空中でオリビンを砕いて希ガスを抽出したところ、多くの試料で MORB より明らかに低い He 同位体比が見られた。流体包有物の種類と He 同位体比との関係を見てみると、CO₂ 包有物を持つ試料は特徴的に高い He 同位体比を示すが、抽出 He 量の少ない試料では He 同位体比が低い傾向が見られた。この同位体比の違いは、CO₂ 包有物の他にも希ガスの供給源が存在することを意味するものであろう。つまり、マントル的な高い He 同位体比を持つ CO₂ 包有物の他に低い He 同位体比を持つ成分が存在するのであろう。実際、CO₂ 包有物を含まない試料でも破砕法で He が抽出できる。そのような試料の破砕法における希ガスの抽出源としては、気泡を含んだメルト包有物が候補に上がる。しかし、破砕法で抽出されたガスが本当に流体包有物に由来しているのか確認するために、流体包有物から個々にガスを抽出するシステムを開発し、破砕法での抽出ガス量が比較的多い他地域のマントル起源物質を用いて検証してみた。

試料中に複数種の流体包有物が存在し、且つそれぞれが異なった起源や来歴を有すると考えられる場合、流体の起源を探るには流体を個々に分析する技術が要請される。流体の主成分のほとんどは顕微ラマン分光分析などで半定量的に見積もることは可能であるが同位体組成を精密に測定することは難しい。そこで赤外レーザー光を赤外光対応高倍率対物レンズを通して約 20 ミクロン径まで絞り、真空中で流体包有物を個々に撃ち抜いて抽出した希ガスのうち比較的量の多いアルゴンの同位体比を測定し、破砕法のデータと比較してみた。その結果、三陸沖日本海溝海側斜面基部に噴出した超アルカリ玄武岩に含まれる上部マントル起源のからん石には、少なくとも 3 種類の流体包有物が存在し、三者の希ガス同位体組成はそれぞれ異なることが判った。つまり破砕法で得られた同位体組成はこれらの流体が持つ希ガスの混合値であり、複数の流体包有物が存在する試料の破砕ガス抽出ではこのような注意が必要である。

上記の検証から破砕法で抽出されるガスは流体包有物に由来していると確認できたため、極東シベリアの試料のうち、CO₂ 包有物を含まない試料で抽出された He の抽出源はメルト包有物であると判った。そしてこのメルト包有物からは大気的な Ar 同位体比も観察され、更に、メルト包有物は極東シベリアの全てのマントル捕獲岩で観察されたため、メルト包有物は極東シベリアのマントルに広範囲に浸入した流体と考えられる。つまり、このメルトは極東シベリアのマントルに大規模に浸入した大気的成分と低い He 同位体比を持つ流体ということになる。この極東シベリアはかつて沈み込み帯として活動していた地域であるため、マントルには沈み込んだ地殻物質から由来した大気的な成分や放射起源的な成分が浸入していた可能性がある。更にマントル最上部では部分溶融帯から由来した流体が大規模に浸入していたものと考えられる。それ故、本研究で見られた低い He 同位体比と大気的な Ar 同位体比を持つメルト包有物は、ウェッジマントルの部分溶融帯から由来した流体と考えることが妥当であろう。

マントル中の流体の起源を探る試みは未だ模索段階であるが、微小領域を対象とした様々な分析法を組み合わせることによって流体の根を突き止めたい。

本研究は多くの方々の協力と支援によりここまで達することができました。本研究のきっかけを与えて下さり常に温かく指導して下さいました東京大学地震研究所の兼岡一郎教授に感謝致します。金沢大学の荒井章司教授、東京大学海洋研究所の平野直人博士は貴重な試料を快く提供して下さいました。希ガスの同位体分析では関東学院大学の瀧上豊教授、東京大学地震研究所の三浦弥生博士、山形大学の岩田尚能博士、東京大学地震研究所の羽生毅博士、海洋科学技術センターの熊谷英憲博士に指導して戴くとともに多くの有益な助言を戴きました。ICP-MS による微量元素濃度測定では東京大学地震研究所の中井俊一助教授、西尾嘉朗博士に指導して戴きました。東京大学地殻化学実験施設の鍵裕之助教授には分光分析を基礎から御教示戴きました。上記の他にも多くの方々に協力して戴きました。ここに感謝の意を記します。