

希ガス同位体比から探る大陸マントルに浸入した複数の流体

Research for multiple fluids trapped in subcontinental mantle based on noble gas isotopes

山本 順司[1], 兼岡 一郎[2], 鍵 裕之[3], 荒井 章司[4]

Junji Yamamoto[1], Ichiro Kaneoka[1], Hiroyuki Kagi[2], Shoji Arai[3]

[1] 東大・地震研, [2] 東大地震研, [3] 東大院・理・地殻化学, [4] 金沢大・理・地球

[1] ERI, Univ. Tokyo, [2] Lab. Earthquake Chem., Grad. School Sci. Univ. Tokyo, [3] Dept. Earth Sci., Kanazawa Univ.

シベリア東部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、もう一つはメルト包有物と分かった。これらの泡の希ガス組成を測定するため、真空中でオリビンを砕いて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 包有物は MORB 的な He 組成を持つため、低い He 同位体比の原因はメルト包有物にあると考えられる。更にメルト包有物からは大気的な Ar 同位体比も観察されたため、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推察される。

上部マントル均質性に関する議論の中で重要な役割を担ってきた指標の一つに He 同位体比がある。He は化学的に不活性であり、特に He は拡散が早いいため不均質を作りにくい特質を有する。しかし、近年、大陸縁辺部のマントル物質から MORB より若干低い He 同位体比の報告が相次いでいる。このマントル不均質の原因を探ることはマントルの化学的状態と進化を論じる上で極めて重要な知見を与えうる可能性がある。そこでシベリア東部に産するマントル捕獲岩を用い、従来の研究で議論されてきた He 同位体比に対する沈み込んだ地殻物質の影響を探ることとした。

シベリア東部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、もう一つは気泡を伴うメルト包有物と分かった。メルト包有物の周りに反応縁は見られないため、メルト包有物は捕獲岩を地表まで運んだ母マグマとは別の流体である。メルト包有物は本研究で調べた全てのマントル捕獲岩に見られたが、CO₂ 包有物は見られない試料もあった。

これらの泡の希ガス組成を測定するため、真空中でオリビンを砕いて（破砕法で）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。また鉱物全体の希ガス組成を調べるため、オリビンを加熱して（加熱法で）希ガスを抽出したところ、鉱物全体の He 同位体比でも極めて低い値が見られたため、低い He 同位体比は鉱物全体を反映する成分であると考えられる。

破砕法では鉱物を砕いてガスを抽出するため、破砕法で見られた低い He 同位体比を持つ成分は、殆ど流体包有物に由来すると考えられる。また、同じ捕獲岩から分離した斜方輝石や単斜輝石を破砕したところ、オリビンとよく一致した He 同位体組成を示したため、各構成鉱物は同じ流体を包有物として取り込んでいるのであろう。しかしシベリア東部に産するマントル捕獲岩の He 同位体比を概観すると、MORB 的な高い値から大気的な値を下回るような極めて低い値まで様々な値を示す。これはシベリア東部のマントル捕獲岩に、少なくとも二種類の流体包有物が存在することを示唆するものである。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 量の減少に伴って He 同位体比も減少していく。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。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。そしてこのメルト包有物はシベリア東部の全ての捕獲岩に見られるため、CO₂ 包有物を含む試料のトレンドは、CO₂ 包有物とメルト包有物に含まれる He の混合線であると推察される。つまり、CO₂ 包有物は MORB 的な He 組成を持ち、低い He 同位体比の原因はメルト包有物にあると考えられる。

一方、破砕法で抽出したガスの Ar 同位体比 ($40\text{Ar}/36\text{Ar}$) に 1000 を超える値は見られない。低い Ar 同位体比の原因は大気成分の影響であると考えられるが、実験的な工夫によって試料への地表大気の影響は取り除いているため、低い Ar 同位体比の原因はマントルに混入した大気成分に因るものであろう。その低い Ar 同位体比は破砕法によって抽出されたガスでも見られ、更に、CO₂ 包有物の有無に関係なく見られたため、少なくともメルト包有物には低い Ar 同位体比を持つ成分が含まれていると考えられる。つまり、メルト包有物は大気に由来した成分を含んでいると考えられる。このメルト包有物はシベリア東部の全てのマントル捕獲岩で観察されたため、シベリア東部のマントルに広範囲に浸入した流体と考えられ、この流体の供給源の規模の大きさを物語る。つまり、このメルトはシベリア東部のマントルに大規模に浸入した大気成分と低い He 同位体比を持つ流体ということになる。このシベリア東部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る。

う．つまり，沈み込み帯では，沈み込んだ地殻成分がマントルへ物質的な影響を及ぼしている可能性がある．もしこの影響が沈み込み帯における普遍的な現象ならば，大陸縁辺部のマントル物質における世界的な低いHe 同位体比も同様の過程によって生じているのかもしれない．