

同位体比からみた地球深部における揮発性元素の存在

On the occurrence of volatile elements in the Earth's deep interior as revealed from isotope systematics

兼岡 一郎[1]

Ichiro Kaneoka[1]

[1] 東大地震研

[1] ERI, Univ. Tokyo

地球深部における水や炭酸ガス、揮発性元素などの存在を知ることは、地球内部の物性や進化を明らかにする上で重要である。マグマ生成後、噴出にいたるまでの過程の影響を受けない放射性起源同位体を含んだ同位体比から、マグマ源物質における状態を推定すると、He、Arなどの希ガス同位体比からは、MORBのマグマ源よりもOIBのマグマ源が、始源的希ガスを少なくとも数倍から数十倍多く含んでいることが予測される。キンパーライトのうちグループIに属するものは、そのNd-Sr同位体比システムテックスにおいて総ての岩石種のうち最も全地球的な値に近く、キンパーライト中の水や炭酸ガスの起源が始源的である可能性を示唆する。

地球深部に水や炭酸ガス、その他の揮発性元素が存在するか否か、存在するとすればどのくらい存在するかということ明らかにすることは、地球内部の物性や進化を探る上できわめて重要である。水や炭酸ガスなどの存在の有無によって、マグマの融点や構成岩石の物性などが大きく変化することは、上部マントルの条件下での高温・高圧実験などからよく知られている。しかし上部マントル内では、地表からの循環物質によってもたらされる程度の水や炭酸ガス、揮発性元素などの存在は予想されているが、それより深い部分に関してはほとんどその実態は分かっていない。

地球深部において揮発性元素などが存在していたとしても、それが地表付近で手に入る岩石や鉱物などに、その含有量などが直接反映されている保証はない。なぜなら、マグマ源物質からマグマが生成し、地表付近まで上昇・噴出ないし貫入し、固化する過程において、マグマ中に含まれている揮発性元素の量はそれらが経た過程により大きく変わるので、その過程が特定出来ない限り、元の量を推定するには様々な曖昧さが残されているからである。これに対して、数億年以上の半減期をもつ放射性核種の壊変によりもたらされた放射性起源同位体を含む同位体比を用いれば、それらの値は異なった起源物質の混合以外にはマグマの経てきた過程による変化を受けないので、マグマ源物質そのものの状態を保持していると考えられる。この特徴を活用することにより、地球深部の揮発性元素などの存在状態についての情報を得られる可能性がある。

希ガスは揮発性元素と見なすことができるので、希ガス同位体比は揮発性元素などの存在についての情報を得るには非常に有力な手段となり得る。これまでに得られている $3\text{He}/4\text{He}$ 、 $20\text{Ne}/21\text{Ne}$ 、 $40\text{Ar}/36\text{Ar}$ 比などの結果から見る限り、MORBとOIBのマグマ源を比較すると、OIBのマグマ源はMORBのそれよりも少なくとも数倍から数十倍の始源的希ガス同位体比を保持している可能性が大きい。一方、HeやNeの含有量としては、MORBの急冷ガラスなどは典型的なOIBであるハワイ、ロイヒ海山から採取されたガラス試料などに比べて同じ程度かむしろ多い。しかしMORBマグマ中では、HeやNeなどは 36Ar などとの元素比をとると明らかに軽い元素が濃集するような大きな分別を起こしていることが示されるので、地表に噴出した試料そのものは、そのマグマ源物質における量を直接は反映していないと考えられる。始源的希ガスの含有量が多いことは、OIBのマグマ源では循環物質からもたらされたのではない水や炭酸ガスなども脱ガスされずに残されている可能性を示唆している。

一方、キンパーライトなどはダイヤモンドなどを捕獲岩として地表へ運搬してくることから、少なくとも150-200kmより深い部分から数時間以内に上昇してくると考えられている。しかも超塩基性岩としての特徴を有しながら、水や炭酸ガスなどを数%以上含んでいる。キンパーライトはその同位体的特徴からグループIとグループIIに分類され、炭素同位体比やNd-Sr同位体システムテックスから、グループIIのキンパーライトは地殻物質などの寄与があることが予想されている。しかしグループIのキンパーライトは、Nd-Sr同位体システムテックスからは現在知られている岩石種の中では、地球の平均値として見なされている"Bulk Earth"に最も近い値を示す(Menzies et al., 1987)。しかもこれらのキンパーライトは多くの水や炭酸ガスを含んでいるが、それらが地殻物質からもたらされたとは考えにくい。これまでにキンパーライトマグマに対応した希ガス同位体比についての信頼性の高いデータは得られていないが、OIBマグマと類似した値を示す可能性は十分にあり得る。

またカーボネタイトは、そのマグマ源では炭酸ガスを多く含んでいることが要請されるが、カーボネタイト中に含まれる燐灰石についての希ガス同位体比からは、大気より高い $129\text{Xe}/130\text{Xe}$ 比が報告されており(Sasada et al., 1997)、地球初期の状態が保持されている可能性を示している。キンパーライトやカーボネタイトが類似した地域に分布していることから、それらのマグマ源の状態についても何らかの関連があることが予想される。これら

に含まれている水や炭酸ガスなどが、地表からの循環物質に由来するのではなく、地球生成時に保持されていた揮発性元素などを見ている可能性が示唆される。