

地球深部の揮発性成分—循環的 or 初性的？

Volatiles in the Earth's deep interior-recycled or primary?

兼岡 一郎 [1]

Ichiro Kaneoka[1]

[1] 東大地震研

[1] ERI, Univ. Tokyo

火山ガスや火山噴出物などの組成から、地球内部に揮発性成分が存在することは明らかである。しかし現在地球内部に存在する揮発性成分は、かつて地表付近に存在した成分がスラブなどと共にマントル内に取り込まれた循環成分がほとんどであるおか、地球初期から内部に存在していた成分（初生成分）が有意な量を占めているのかについては必ずしも明確ではない。たとえば H_2O , CO_2 などの起源を探るためによく用いられる安定同位体比などでは、温度や化学反応過程を反映しているので、それだけから循環成分と初生成分を区別することは困難である。

またマントル捕獲岩や各種火山岩などの化学組成から、上部マントルにおける揮発性成分の存在についてもさまざまな議論がされており、見掛け上の量だけからはスラブとともにマントル内にもたらされる循環成分のみでも説明できる元素が少なくない。しかし He などのように、地球内部への循環は難しいとかがえられていながら現在も地球内部から脱ガスしていることから明らかである揮発性元素が存在し、それらの地球内部での分布や挙動を明らかにすることが地球内部での揮発性成分についての様子を解き明かす大きな鍵である。

下部マントルは地球質量のほぼ半分を占め、鉄・ニッケルが主体の金属核も約 3 分の 1 を占めるが、これらの部分から直接その場の状態を保持して地表までもたらされていると保証されている物質はない。そのため現在地球深部の揮発性成分の状態については、中央海嶺玄武岩 (MORB) や海洋島玄武岩 (OIB) 元素・同位体比などの系統的な違い、マントルブルームなどとの関連から、後者のマグマ源が下部マントルを少なくとも部分的に反映しているとしてさまざまなモデルが提出されてきている。しかし化学組成や同位体比などは圧力の関数ではなく、鉱物を通して圧力と関係づけられているが、鉱物の種類はその生成場における化学組成・圧力に左右される。すなわち地球深部における化学組成はその場を形成したマントル進化過程を反映しているが、地球深部で形成された鉱物は浅部では別の形に変化し、揮発性成分などのように相対的に移動度が大きく液相濃集元素としての振る舞いを示すようなものは、地球深部の状態をそのまま新しい鉱物が引き継いでいる保証はない。また OIB のようにマントル上部でのマグマ形成後に周囲の物質からの影響などの可能性が否定できない場合には、揮発性元素などを含む化学組成の状態が地球深部の状態をそのまま反映しているとは言い難い。OIB などの同位体比が MORB に比べて大きな変動を示す原因が、マントル深部における循環成分などの混合を反映しているだけでなく、マグマ形成後における影響も反映している可能性は少なくない。高温・高圧実験により地球深部の状態を反映する鉱物の存在の可能性、それらが保持しえる揮発性成分をチェックすることにより飛球深部における揮発性成分を存在状態を推定することは、現在の地球深部科学の主要な手段となっている。しかし高圧実験では、実験に用いる出発物質として上部マントルの物質を仮定せざるを得ず、その化学組成については必然的に上部マントルを反映したものにならざるを得ない。この仮定の妥当性については、地球物質のなかから地球深部を反映していると考えられる物質を見出し、それから推定される結果との対応を注意深く検討していく必要がある。

地球深部の化学的状态を OIB より直接的に反映している物質として、演者はキンパーライトを重要候補としてこれまで考察してきた。固体元素同位体比の情報だけからは、OIB のマグマ源について必ずしも下部マントル起源を仮定する必然性はなく、化学的活性のある揮発性成分についても循環成分がほとんどであるとしても説明は可能である。しかし He および Ne 同位体比については、少なくとも大気成分とは異なり、地球初期から地球内部に存在してきた初生成分の存在を強く示唆している。化学的活性に乏しく移動度の高い He などの初生成分が地球内部に存在していると考えたと、化学的活性の大きいほかの揮発性成分の相対的に初生的成分が地球深部に存在している可能性は否定できない。これらは、いずれもマグマ活動における揮発性成分の脱ガスなどと強く関係している。しかしそれらの地球深部における存在状態、場所、量などについては今後の大きな課題として残されている。