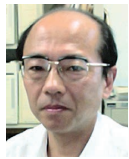


地球型惑星の内部進化：火星からスーパー地球まで



小河正基

東京大学大学院総合文化研究科

月や火星では火山活動は35億年以上前にピークを過ぎ、現在ではほとんど停止している。これに対し、火星の10倍程度の質量を持つ金星・地球では最近数億年間も活発な火山活動が起こっており、特に地球ではプレートテクトニクスにより様々な活動が現在でも起こっている。この地球型惑星のサイズと45億年を通じてのその惑星の活動史との間の相関をヒントに系統的に惑星内部の進化を理解することを目的として、進化を引き起こす二大要因であるマントル対流と火山活動の数値シミュレーションを行った。対流に乗ってマントル深部から高温の岩石が湧き上がってくると、マグマが生成され母岩から分離して地表に噴出し玄武岩という岩石からなる地殻が形成される。この火山活動は同時に、マントルの平均温度がソリダス以下になるまでマントルから効率よく熱を奪い(サーモスタット効果)、また、火山活動のエネルギー源である放射性元素をマントルから奪い地殻に濃集させる。火星のような小さな惑星では、リソスフェアは動くことのない岩石の固い殻として振る舞うため、地殻はいったん形成されるとマントルに還流することはない。このため火山活動により放射性元素は一方的にマントルから奪われ、火山活動自身も減衰し短命に終わる。サイズがより大きな金星や地球でもサーモスタット効果は有効

に働くが、マントル対流の起こり方は火星とは異なる。これら惑星では、サイズが大きいためマントル深部で圧力が高くなり、結晶が相転移を起こし岩石の密度が不連続に変化する。この相転移には、まだ放射性元素が惑星内部に豊富に存在した進化の初期ステージにおいてマントル対流を脈動させる働きがあり、この結果激しい火山活動が繰り返し引き起こされる(バースト)。このバーストにより、地殻はマントルに還流し、還流した地殻に含まれる放射性元素はマントルを45億年間熱し続ける。マントル進化の後期ステージに入ると、放射性元素の壊変のため還流した地殻の発熱量が減りバーストは沈静化しマントル対流はより定常的になるが、火山活動は穏やかながらも継続する。地球の場合プレート運動は、初期ステージではバーストのためカオティックになるが後期ステージになるとより秩序だったものへと変化する。このモデルで再現されたプレートテクトニクスの歴史は、大陸に刻まれた地球の活動史をよく説明する。他方、スーパー地球においては、強い断熱圧縮/膨張の効果のためマントル対流は抑制され、厚いリソスフェアが発達し、また、ハワイなどで見られるようなブルームによる火山活動は起こりそうにないことが明らかになりつつある。

—Keywords—

ソリダス：

岩石は様々な鉱物の集合体であるため、水の融解のようにある温度(融点)で全部が溶けるのではなく、ある温度範囲で温度の上昇とともに、融け易い成分から融けにくい成分へと徐々に融けていく。この時最も融け易い成分が融け始める温度をソリダスという。

マグマ：

岩石が部分溶融してできた液体。

リソスフェア：

地球型惑星の地表面付近(深さ100-150km程度まで)は地表面からの冷却のためマントル深部と比べて温度が低く、そのためこの部分を構成する岩石は流動性を失い固い。この低温で固い岩石の殻のことをリソスフェアと呼ぶ。

プレート：

リソスフェアが割れて、相互に動くいくつかの断片に分かれた時、各々の断片をプレートと呼ぶ。

スーパー地球：

近年我々の太陽系以外の太陽系が見つかっており、その中には我々の地球と同様、岩石の固い地面を持った惑星も存在する。そのような地球に似た惑星(地球型惑星)のうち地球より大きな質量を持つものをスーパー地球という。

ブルーム：

熱膨張による浮力のためマントルの中を浮上する高温の岩石からなる雲のようなもの。地球では、ハワイに見られるような局所的な火山活動を引き起こす。