

月と分化した小惑星地殻の初期進化

Early crustal evolution of the Moon and Vesta

山口 亮[1]; 武田 弘[2]

Akira Yamaguchi[1]; Hiroshi Takeda[2]

[1] 極地研; [2] 千葉工大・附属研

[1] NIPR; [2] Chiba Inst. of Tech.

月探査の始まる前から、分化した隕石であるホルワルダイトは月高地の角礫岩に、ユークライトは月の海の溶岩に対比してきたように、これらの隕石は月試料に類似した特徴を持つことが知られていた。最近の研究により、HED（ホルワルダイト、ユークライト、ダイオジェナイト）隕石は、小惑星4ベスタ（直径520km）の地殻から来た可能性が高いことがわかった。望遠鏡による観測やHED隕石の鉱物学的研究から、ベスタの表面は、数々のクレーターにより破碎されていることがわかった。これまで、ベスタだけが大規模溶融分化した小惑星だと考えられてきたが、最近、ユークライトに類似した隕石がベスタ以外より来たことが明らかにされた。また、鉄隕石の一種にコンドライト的始源物質がそのまま部分溶融起こしてできたような、アルバイト-ダイオプサイドよりなる安山岩的なものが発見された。このように、小惑星は、多様な火成活動を経験していることが明らかになり、これらの発見は、今まで考えられてきた太陽系初期進化の物質進化の考えを大きく変えるものである。他方、月の高地は、原始地殻そのものであり、形成初期の衝突や熱変成の歴史を記録していると考えられる。このようなサイズの異なる小惑星ベスタと月の原始地殻の岩石を物質科学的に比較することにより、地球を含めた惑星の初期進化過程の全容が明らかになることが期待される。ここで、我々は、月と小惑星ベスタの原始地殻の初期発達過程について比較考察した。

これまで我々は、月高地、特に裏側から来たと思われる斜長岩の角礫岩と、ベスタから来たHED隕石の角礫岩の放射年代（例えば、Ar-Ar, Sm-Nd系）と、隕石衝突と熱変成作用による年代リセットの関係について研究してきた。両者の共通点としては、いわゆるカタストロフィックな事件とされている40億年前前後の隕石爆撃を受けているということ、初期の角礫岩が熱変成作用を受けているということである。アポロ試料では、ほとんどの岩石は39億年前にAr-Ar年代はリセットされているが、月の裏側の高地起源の隕石では42-44億年前に度重なる衝突履歴を保存しているようである。月の新しい年代では特徴的な記録は残っていないが、ベスタは32億年前前後で大きな衝突事件は無くなっている。

HED隕石の研究から、ベスタも巨大衝突の痕跡があることがわかってきた。鉱物学的研究から、数個の再結晶ユークライトは、高温（900-1000℃）から急冷されたことがわかった。この中の一つのAr-Ar年代は、約45.0億年の年代を示し、これが、大規模衝突により地下深部から掘り起こされた年代だとされた。また、地下深部で結晶化したと考えられる集積岩ユークライトやダイオジェナイトは、高温から急冷されたという鉱物学的な証拠を残すものがある。このような事実は、母天体（ベスタ）がまだ冷え切っていない時期、つまり45.6~45億年前に巨大衝突が起こり、地下深部から掘り起こされたことを示す。最近のハッブル宇宙望遠鏡により、小惑星ベスタの表面には、巨大クレーター（直径460km）が存在することがわかった。この他にも大クレーターはいくつかあり、これらの衝突により掘り起こされた可能性が高い。衝突イベントによってベスタの表面は不均質になっており、HED隕石との対応付けが期待される。

アポロにより回収された月高地は、雨の海形成による大事件で、年代も物質も攪乱されているので、その他のクレーターによる衝撃変成作用についてはあまり議論できない。しかし、最近見つかった月高地由来の角礫岩隕石には、スピネルトロクトライトなど月地殻深部を起源とする岩石片が含まれることがわかった。その岩石のAr-Ar年代は42-43億年と非常に古い。おそらく、この年代は角礫岩形成の年代である可能性が高く、スピネルトロクトライトを掘り起こした年代は、42-43億年以前であると考えられる。リモートセンシングにより雨の海以前にもSPAなど巨大衝突現象があったとされ、これと関係しているのかもしれない。このように、小惑星ベスタや月の地殻は、大規模溶融分化の直後に巨大衝突により破碎され、熱変成作用を受けたと考えられる。