

エポックメイキングな隕石たち(その3) : Yamato-74159 ポリミクトユークライト

山口 亮¹

(要旨) 連載第3回では、分化隕石のYamato-74159隕石を紹介する。この隕石はユークライトに分類され、分化小惑星の表層近くの岩石片からなるポリミクト角礫岩である。このような隕石の構成物質の岩石学的及び化学的特徴から、原始惑星の地殻発達史が明らかにされてきた。

1. はじめに

1969年12月に、第10次南極地域観測隊により、やまと山脈付近の裸氷体において、9個の隕石が発見された。これは、第一回目の記事で紹介されたAllende隕石の落下、そして、アポロの月着陸と同じ年である。この発見以来、南極では大量の隕石が見つかり、現在では地球上で確認されている隕石総数の70%をしめる。隕石は、我々が手にすることの出来る地球外物質のほとんどをしめ、惑星や太陽系形成史の解明に大きな役割を果たしてきた。Yamato-74159隕石(Y-74159)は、第14次南極地域観測隊により、1974年に同じ地域の裸氷帯で発見された。

Yamato-74159隕石は、玄武岩質ユークライトに分類される隕石で、小惑星の中で3番目に大きいベスタ(直径530km)に由来すると考えられている。Yamato-74159隕石(回収時の重量:98.2グラム)は、ポリミクト角礫岩(複数の種類の岩石破片の混合物)である(図1, 2)。熱変成作用を受けていない玄武岩質ユークライト岩石片を多く含むことで知られている。このような玄武岩は、溶岩が原始惑星表面に噴出し急冷したものとされる[1]。例えば、ハワイのキラウエア火山から噴出する溶岩のようなものである。



図1: Yamato-74159の写真。破断面に、角礫岩の組織がみられる。隕石のまわりの黒い部分は、大気圏突入時にできた溶融皮殻である。立方体の一片は、1 cmである。

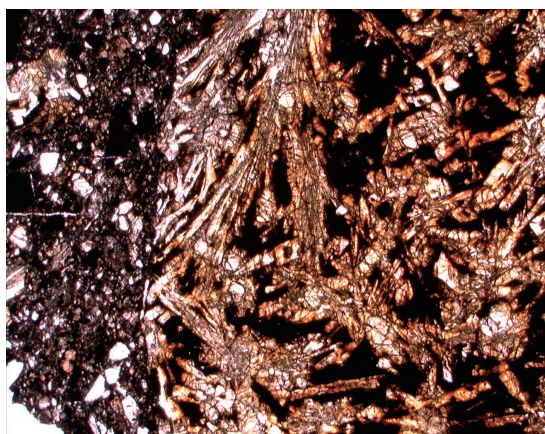


図2: Yamato-74159の薄片写真。右側2/3は、に玄武岩岩石片である。白い棒状の結晶は斜長石で、それに挟まれたものが輝石である。黒い部分は、ガラス質のメソスタシスである。左側は、破碎し固結した部分である。玄武岩や鉱物の破片からなる。横幅6.9 mm。

1. 国立極地研究所
yamaguch@nipr.ac.jp

2. 分類

ユークライトは、HED(ホルダイト・ユークライト・ダイオジェナイト)隕石と総称される分化隕石の1つである。HED隕石は、分化隕石の中では最大のグループで、現在確認されている全隕石の約6%(1430個、2014年2月現在)をしめる。

ユークライトは、主にピジョン輝石と斜長石からなる玄武岩もしくはハンレイ岩である。副成分鉱物として、シリカ鉱物、イルメナイト、クロマイト、自然ニッケル鉄、トロイライトなどを含む。ダイオジェナイトは、主に輝石からなる集積岩である。ホルダイトは、主にユークライトとダイオジェナイトの機械的な混合物である。ほとんどすべてが、衝突の影響を受けている。

Y-74159隕石は、他にペアとされる隕石を含めて、Y-74159タイプ・ポリミクト角礫岩(Y74159タイプ)と総称される。これまでに、7個ほど確認されている。これらの隕石は、隕石シャワーとして落下したものと考えられる。

1970～80年代当時発見されていたユークライトの、ほとんどすべては、熱変成作用を受けたものであったところが、Y74159タイプの主な構成岩石片は、変成作用を受けていない始原的な玄武岩である。その当時、熱変成作用を受けていない玄武岩質ユークライトは珍しく、唯一、Pasamonteというユークライトが知られていた。

3. HED隕石と小惑星ベスタの関係

現在では、HED隕石は、小惑星4ベスタからきたとされている。ベスタは、太陽系初期に存在した分化原始惑星の生き残りである。未だに原始地殻を保持している唯一の分化原始惑星とされている。太陽系初期には、微惑星から惑星形成の途中に、このような原始惑星が多数存在していたと考えられる。なお、小惑星ベスタ以外の天体に由来する、HED隕石に類似する隕石も数個確認されている。

HED隕石がベスタから来たと言われる理由は、いくつかある。地上の望遠鏡による赤外分光観測から、ベスタ(とベスタ族)は、HED隕石と鉱物組み合わせ

と鉱物組成が類似する唯一の小惑星であるといっても良い。衝突によってベスタから放出された小惑星(ベスタ族)は、小惑星軌道の脱出ルートである軌道共鳴まで散らばっている。この領域にはいった小惑星は、領域外にはじき飛ばされることが知られている。近地球型小惑星にも、ベスタに似た小惑星が見つかった。さらに、地球において、他の隕石種に比べ、HED隕石は異常と思えるほど高い個数が回収されている。その回収量は、分化隕石では最大であり、全隕石種では、普通コンドライトに次ぐ数である。これらの理由から、ベスタは、地球に大量のHED隕石を供給した(現在も供給し続けている)と考えられる。

2011年に、探査機DAWNがベスタを訪れ、詳細な表面観測を行った[2]。その結果、ベスタの表層地質は、HED隕石から推定されるものと非常に良い一致を示すことがわかった。DAWNの重要な成果の一つは、南半球に巨大クレーター(Rheasilvia、直径約500 km)が見つかったことがある。この巨大クレーターから放出された地殻の破片がベスタ族であり、最終的には、その破片が地球においてHED隕石として回収されたとも言われている。この巨大クレーターの底には、マントル物質(カンラン岩)が見つかっておらず、これも、HED隕石に、カンラン岩が見つかっていないということと調和的である。

4. 成因と意義

Y74159タイプは、ベスタ表層付近の玄武岩からなる角礫岩である。この岩石片に含まれる輝石や斜長石は、広い組成範囲にわたる化学的ゾーニングを示すが、これは熱変成作用をほとんどを受けていないことを示唆する。これは、大部分のユークライトが、熱変成作用を受け、輝石のMg/Feが均質な組成を示すのと対照的である。ところで原始地殻は、溶岩流が地表に噴出し、固化し、それが積み重なって成長していくとされる。したがって、初期に噴出したものほど深く埋没し、熱変成作用を受ける。逆に、後期に噴出したものは、表層付近にとどまるため、熱変成作用を免れる。Y74159タイプのものは、このような理由で溶岩の始原的な特徴を保持するものと考えられる。

ユークライトは、母天体全体が融解したために生じたマグマ大洋の中で、結晶分化後の残液が地表に噴出

したものだと考えられている[2]。こうして、ほとんどの玄武岩質ユークライト(メイングループと呼ばれる)の化学組成は、1つのマグマ(つまり、マグマ大洋)中での結晶分化過程で説明される。しかしながら、Y74159タイプは、主要元素組成(鉄、マグネシウムなど)がメイングループに類似しているにもかかわらず、微量不適合元素(チタンやサマリウムなど)の含有量が相対的に高く、この化学的特徴は、長い間、マグマ大洋モデルでは説明できなかった。

最近、この化学的特徴は、メイングループマグマが、先に形成した地殻の部分融解により生じた液により、汚染を受けたという説が提出された[3]。この説では、Y74159タイプのユークライトの化学組成が、非常に良く説明できる、また、最近見つかった残渣ユークライトの存在が説明できる。残渣ユークライトとは、主要元素が玄武岩質ユークライトに類似するのに、Y74159タイプとは逆に、不適合元素が欠乏しているユークライトである。部分融解の残渣だとされる。多くのユークライトの変成温度(～900–1000℃)は、ソリダス温度(～1050–1100℃)近傍であることに調和的である。

そうすると、Y74159タイプに含まれる玄武岩は、地殻形成後期に噴出したことになる。なぜならば、Y74159タイプのマグマは、既に形成していたユークライト地殻と反応しなければならないからである。これは、Y74159タイプの変成度が低い、すなわち、後期に噴出したことに調和的である。もし、この仮説が正しいとすると、メイングループユークライトなどに比べ、形成年代が新しいことになる。今後の、精密な放射年代測定が待たれる。

最近の詳細な研究によると、Y74159タイプのユークライトは、溶岩から固まった後に、二次的プロセスの影響を受けたことがわかった。輝石の縁に、鉄かんらん石や微量の二次的な斜長石が見つかった。Y74159タイプのユークライト限らず、多くのHED隕石に、二次的なメタソマティズムの痕跡が見つっている。ある種の流体が関わったことが指摘されているが、その詳細なメカニズムは良くわかっていない。いずれにせよ、Y74159タイプの隕石は小惑星ベスタの表層付近の複雑な地質史を記録している岩石である。

謝 辞

木村眞氏、岡崎隆司氏からはこの原稿執筆の機会を与えて戴いた。また木村眞氏、野口高明氏、武田弘氏には粗稿を読んで戴いた。岸山浩之氏には、隕石の写真撮影をして頂いた。これらの方々はこの場をお借りして感謝いたします。

参考文献

- [1] Takeda, H., 1997, *Meteoritics & Planetary Science* 32, 841.
- [2] McSween, H.Y. et al., 2013, *Meteoritics & Planetary Science* 48, 2090.
- [3] Yamaguchi, A. et al., 2009, *Geochimica et Cosmochimica Acta* 73, 7162.