

隕石に秘められた宇宙の謎

三澤啓司

総合研究大学院大学極域科学専攻/国立極地研究所助教授



やまと山脈東北部裸氷上で発見された
50kgの鉄隕石Yamato 000378.

隕石の宝庫、南極

1969年に日本の南極地域観測隊が多種類にわたる隕石を9個、やまと山脈周辺の裸氷帯で偶然に発見した。この発見が後に惑星物質科学研究の発展に大きく寄与することになるとは、そのとき誰も予想しなかった。

当時の惑星物質科学コミュニティはこぢんまりとしたもので、隕石を専門とする研究者の数はまだ少なかった。岩石学や地球化学、地球物理学を専門とする研究者が、アポロ計画によって地球に持ち帰られた月の岩石を分析することに躍起になっていた時代である。

この発見を契機に、1974年から計画的な隕石探査が各国により行われた。これまでに2万6000個を超える隕石が南極大陸において採取され、これは地球上で発見された隕石総数の80%以上を占めている。

なぜ極域で多数発見されるのか?

隕石の落下頻度は、地球上でとくに極域が高いわけではない。最近では、つくば市や神戸市、またカナダのタギッシュ湖に隕石が落下し、その後数日のうちに回収されている。このように、隕石の落下はまれな出来事ではない。地球には絶え間なく惑星物質が降り注いでいることから、燃え尽きずに地表に達する隕石の単位面積あたりの数は、数万年から数十万年経過すれば相当の数になる。

地表に落下した隕石は、風雨にさらされて風化し、やがて周囲の岩石や土壌と区別することが困難になる。ところが極域の雪や氷の上に落下した隕石は、風化

の影響をほとんど受けずに冷凍保存される。隕石の上に降り積もった雪は、やがて圧密されて氷河となる。南極内陸部では、氷河が山脈に衝突すると行き場を失い、氷は次第に昇華していく。ここで氷の中に隕石が埋没していると、氷の昇華とともに隕石は表面に運ばれてくる。隕石は地球の大気圏突入の際に、大気との摩擦熱によって岩石の表面が溶融し、黒みをおびた特徴的な外観を持つ。南極のモレーンから離れた岩石のない青い(あるいは白い)裸氷上では、黒っぽい隕石の識別はきわめて容易である。

南極大陸における隕石探査は、南半球の夏(10月から翌年1月まで)に行われる。日本南極地域観測隊は11月に日本を立ち、12月下旬に昭和基地に到着する。その後準備を整えて、越冬明けとなる翌年10月にベースとなっている基地から雪上車で裸氷帯まで移動し、スノーモービルで隕石を丹念に探してきた。南極の天候は夏といっても急変しやすく、3カ月間で実際に探査ができる好天の日は3分の1ほどである。残りは雪上車で移動と天候回復待ちに費やされる。

惑星探査と火星起源隕石

隕石の起源は、小惑星の破片と考えられていた。しかし、なかには月や火星から放出された岩石が、隕石として地球に落下していることが明らかになっている。

小惑星の衝突によって火星表層から岩石が惑星間に放出され、隕石となって地球に飛来している可能性が1970年代後半に議論されはじめていた。しかし火星と比較して、質量が小さく重力場の弱い

月からの岩石が地球上でみつかったいなかったことから、この考えは受け入れられなかった。1980年代に入り、月から飛来した岩石が南極で次々と発見されたことを契機に、いくつかの隕石について火星起源であることの検証がはじまった。

NASAの研究者は、放射性核種⁴⁰Kの壊変によって蓄積された娘核種⁴⁰Arを南極隕石Elephant Moraine 79001中の衝撃溶融ガラスから抽出して、隕石が衝撃を受けた年代を決定しようとした。しかし、太陽系の年齢である45.6億年より15億年も古い結果となり、ガラス中に⁴⁰Kの壊変に由来しない⁴⁰Arが含まれていることが判明した。

1970年代には、2機のバイキング探査機が火星に降り立ち、大気や表層の土壌の分析を行っていた。このガラス中のアルゴン、クリプトン、キセノン、窒素の同位体組成と二酸化炭素含有量を測定したところ、バイキング着陸船が分析した火星大気の組成と完全に一致していた。火星大気の化学組成は、隕石に含まれるガス組成とは異なり、きわめて特徴的である。他の分析結果も合わせて考えると、Elephant Moraine 79001が火星起源隕石であることは確実なものとなった。

1996年8月、『Science』誌に論文が発表される直前に、NASAは「火星起源隕石Allan Hills 84001から生命の痕跡を発見」という異例の会見を行った。NASAへは、追試のための火星起源隕石の試料配分希望と研究予算申請が急増し、『Science』論文を支持する、あるいは否定する研究成果が次々と公表された。この発表がマスコミに大きく取り上げられ

たことにより、惑星探査や南極隕石に対する一般の人々の関心が高まったことは喜ばしいことである。

その興奮が続く中、1997年7月にはマーズ・パスファインダーからの着陸船が火星に降り立った。マーズ・パスファインダーのウェブサイト上では、着陸船カメラがとらえた太古の洪水の痕跡を残した地形の映像が公開され、ローバーは着陸船の周囲を走り回り、アルファプロトンX線スペクトロメーターによる岩石の分析値が数多く提供された。マーズ・パスファインダーに続いて打ち上げられたマーズ・グローバル・サーベイヤーが撮影した地形写真のクレーター分布から、火星では火山活動がごく最近(数百万年前)まで続いていた可能性も示唆された。

火星表層には浸食された地形が数多く残っており、火星極域の表土の下には現在でも氷が存在している。このことから、火星にはかつて豊かな水が存在し、生命の誕生には好都合であったと考えられている。地球外の天体での生命の誕生には、液体の水が存在し、さらに火山噴火などにもなる熱の供給も欠かせない。もし火星表層に水が多量に存在し、湿潤な環境が続いた時期に、火山が噴火活動を繰り返していたならば、火星に生命が誕生するための条件は整っていたことになる。果たして地球外に生命は存在するのかという素朴な疑問から、「アストロバイオロジー (Astrobiology) (注)」という新しい学問が生まれた。そこでは、火星の極域にある水の中で生命活動が可能なのか、化石として残る生物の最小単位はどの程度か、地球最古の生命はいつ誕生したのか議論されている。

新たな発見と今後の展開

第39次および第41次南極地域観測隊は、やまと山脈周辺で組織的な隕石探査を行い、約7600個の隕石を採取した。その中から2種類の火星起源隕石が確認されている。2000年11月にやまと山脈北東の裸氷上において発見されたYamato 000593(総重量15kg)がそのひとつである。

2000年に発見されたYamato 000593
(29cm x 22 cm x 16cm)。
これまでの研究から、
火星起源であることがわかっている。



Yamato 000593は、岩石組織の特徴、化学組成、結晶化年代などが1911年にエジプトに落下したNakhla隕石と酷似しており、鉄に富むカンラン石の外縁が粘土鉱物に変質している。これまでの研究から、岩石は13億年前に結晶化した火星の深成岩であること、粘土鉱物は火星起源の水質変成鉱物であり、深成岩として結晶した後に火星において岩石と水が反応して形成されたこと(Yamato 000593が地球に落下した後、南極氷床中で形成されたものではないこと)がわかっている。果たして、このような分化過程を経た惑星に生命は誕生したのか、もし生物が存在したならばどこまで進化したのか、といった疑問は、今後の惑星物質科学研究と惑星探査

によって解明されるであろう。

南極隕石が大量に発見されたことによって、まったく新しい種類の惑星物質を研究する機会が増えたばかりでなく、研究試料の量的な制約が緩和された。現在では、大学院生の研究計画に対しても隕石試料の配分が可能となり、惑星物質科学の基礎研究および教育に活用されている。南極隕石研究を通して育った新しい世代から、惑星物質科学がさらに発展していくことを期待したい。

(注) アストロバイオロジー (Astrobiology)
宇宙という視点から、生命の起源や進化を総合的に研究しようとする新たな学問分野。NASAの主導ではじまった。

スノーモービルに乗って、やまと山脈において隕石探査を行う南極地域観測隊。
南極の天候は急変しやすく、隕石探査は困難をとまなう。

