

南極隕石が教えてくれる太陽系の歴史

山口 亮

国立極地研究所

地圏研究グループ・南極隕石ラボラトリ

地球には大量の宇宙物質が供給され続けている。地球史という観点からみると、宇宙塵や隕石を中心とする宇宙物質は有機物や揮発性元素、水などの物質を地球に供給し、生命活動や表層環境の変化に多大な影響を与え続けている。また、現在でも宇宙塵（微隕石）が大気圏に突入し、極微粒子を撒き散らすと同時に高層大気に微量金属イオンを供給するなど、地球環境に影響を与えている可能性が指摘されている。他方、隕石は、比較的大きな固体物質（1-2 mm 以上）で、地球に落下する宇宙物質の数%以下をしめる。しかし、その大きさから、様々な分析手法で研究ができることから、非常に重要な研究対象となる。

ほとんどの隕石（個数にして 99%以上）の起源は、火星と木星軌道に分布する小惑星とされている。小惑星は、惑星になりきれなかった岩石や金属の破片である。また、極めて始原的な物質から構成されている彗星を起源としている隕石もある。よって、隕石の多くは、45.6 億年前の太陽系誕生当時の情報を残している。また、少数の隕石は、地球の月や火星を起源とする。したがって、隕石の研究から、太陽系が誕生した当時の物質進化過程や月や火星の形成史を知ることができる。

現在（2019 年 8 月現在）、62000 個近くの隕石が見つかっている（隕石学会データベース 2019）。そのほとんどは、南極で回収されたものである。1969 年以前、南極隕石の大量発見までに見つかっていた隕石の総数は 2000-3000 個程度であった。1970 年以降始まった組織的な南極隕石探査がはじまり、回収される隕石の数は爆発的に増えた。1969 年 12 月に、第 10 次南極地域観測隊（JARE-10）は、やまと山脈付近の氷床上で、偶然 9 個の隕石を発見した。さらに 1973 年に第 15 次隊が、同地域においてさらに 12 個の隕石を発見した。1974 年に、同地域において組織的な隕石探査が試みられ、663 個もの隕石が採集された。これらの探査によって、南極大陸の裸氷帯に隕石が集まっているという事実を初めて明らかになった。この発見に刺激を受けたアメリカも隕石探査を開始した。今現在 38000 個を超える南極隕石が確認（分類と公表）されている。国立極地研究所は、未分類隕石も含めると 17000 個以上の隕石を保管している。

1969 年といえば、惑星科学にとって記念とすべき年であった。同年 2 月に、大量の（2 トン以上）の隕石がメキシコに落下した。この隕石はアエンデ（Allende）隕石と呼ばれ、太陽系で最も古いされる隕石（炭素質コンドライト）である。また、

同じ年の7月、アメリカのアポロ11号が月表面に着陸し、月の岩石やレゴリス試料を地球に持ち帰った。上述したように、同年12月にはやまと隕石が発見された。したがって、1969年という年は、宇宙物質研究においては夜明けの年とされる。

なぜ南極で隕石がみつきやすいのか。大きく三つ理由がある。第一に、氷床上の隕石は、青白い氷の上に黒っぽい隕石が落ちていることから、目視で見つけやすいことである(図1)。第二に、低温かつ低湿度の環境では隕石の風化が受けにくく、長い間(数千年以上)保存されることである。もっとも重要な理由は、氷床上における集積作用が働いていることである(図2)。氷床上に落下した隕石は、積雪により埋没し氷床に取り込まれる。氷床は、海に向かって流動している。多くは海に流れ出るが、山脈など基盤岩の地形の関係で、氷床が上部に湧昇する場所もある。そういった場所では、風による磨耗や昇華することで氷が取り去られ、氷の表面が露出している。裸氷帯(青氷帯)と呼ばれる場所である。この裸氷帯では、隕石のみが取り残され集積する。これが集積のメカニズムである。



図1. 南極氷床上の隕石(NIPR, JARE-54)。この隕石(ユークライト)は、小惑星ベスタ起源だと考えられている。

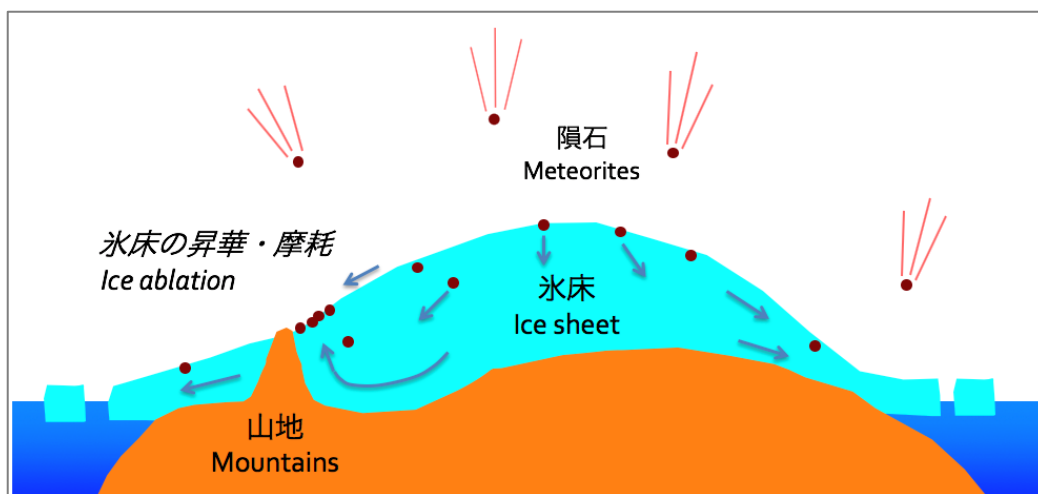


図2. 南極隕石の集積機構。

ここでもう一つ重要な南極氷床から採取される宇宙物質に触れておく必要があるだろう。微隕石は、およそ 1-2mm 以下の微小な隕石である。露岩域や雪の中から見つかっている。ドームふじ基地近くなど、降雪量の少ない地域の表層雪から回収することで、地球の滞在時間の少ない（数年以内）非常に新鮮な微隕石が回収されている。雪の中からは彗星を起源とするような炭素物質を含む始原的な物質を含む貴重なものが見つかっている。太陽系外縁天体（海王星以遠の天体）を起源としている微隕石もあると考えられている。このような微隕石は、隕石としての回収は難しいとされる。また、その地球からの遠さゆえ、サンプルリターンミッションも非常に難しいとされる。

さて、南極隕石や微隕石の研究から、太陽系初期の歴史について何がわかるだろうか？現在の太陽系は、45.6 億年前の形成当時の構造を必ずしも保っていない可能性が指摘されている。では、初期太陽系の構造を復元するには、どうしたら良いのか？隕石にヒントが隠されている。上述したように、隕石のほとんどすべては、現在火星と木星の軌道の間分布する小惑星を起源とするとされる。しかし、最近の研究では、これらの小惑星は、かつて太陽系全域に広がっていたとされる。今から 45.6 億年前に太陽系が誕生した直後、原始太陽系星雲から微惑星（小惑星の起源）が生まれ、その微惑星が衝突合体することで大きな惑星に成長していった。しかし、最近の研究では、そんなにシンプルな進化過程を経たのではないことがわかってきた。隕石の研究、および、シミュレーション研究から、太陽系誕生の数百万年後、巨大惑星（木星など）の急速成長と移動により、原始太陽系星雲が分裂した後、微惑星が太陽系全域に撒き散らされたのではないかという仮説が提唱された。このような研究は、数多くの多くの太陽系物質（つまり数多くの隕石や微隕石）を研究することで初めて可能となった。今後も数多くの南極隕石を採集し研究することで太陽系の形成過程の詳細が明らかにされることが期待される。