

# Wanted! つくば隕石

## —太陽系惑星地球の誕生の秘密を解く鍵—

富樫茂子<sup>1)</sup>・奥山(楠瀬)康子<sup>2)</sup>・豊 遙秋<sup>2)</sup>・木多紀子<sup>1)</sup>

### 1. はじめに

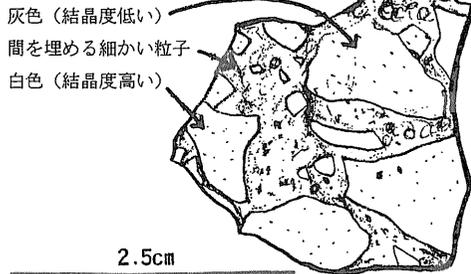
1996年1月7日午後4時20分ごろ、つくば市上空で、破裂音と共に隕石シャワーが降下し、すぐに最初の隕石が発見された。総重量が10kgを越えた国分寺隕石(1977年)の例もある。多くの人に隕石の特徴を伝えて捜索すればさらに見つかる可能性がある。そう考えて、地質調査所の地質標本館、地質相談所、地殻化学部同位体地学課の連名で隕石捜索を呼びかける「Wanted!」のちらしを作成し、つくば市周辺の小中学校にファクスで送った(豊ほか、1996)。

捜索の結果、回収された隕石はそれぞれ見かけ

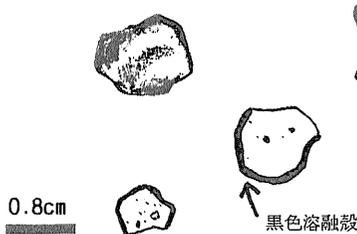
がかなり違っていった(第1図)。2月14日までにつくば市を中心に牛久市、茎崎町、土浦市の合計23ヵ所で隕石が確認され(第2図)、回収量は800gに達している。回収された隕石の観察の結果、今回落下した隕石は、普通コンドライト(H5-6)の角れき岩であることがわかった。研究については、現在、様々な分野からのアプローチがなされつつある。

今回の隕石については、地質調査所の隕石探索の呼びかけに応じて、多くの方々が捜索に協力してください。発見された方はもちろんのこと、発見されなかった方も含めすべての方に感謝したい。4-5月には、発見者の協力により、つくば隕石の特別展示が地質標本館で行われ、1日最高779人が訪れた。

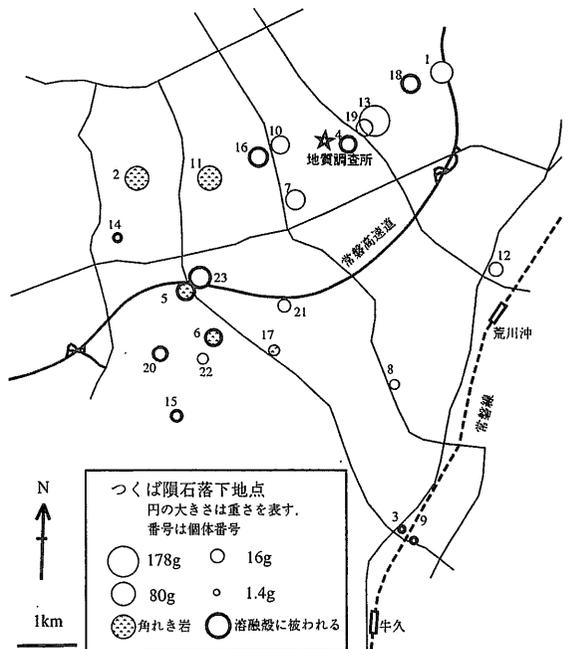
第11号



第3号



第1図 つくば隕石のスケッチ



第2図 つくば隕石発見地点

1) 地質調査所 地殻化学部  
2) 地質調査所 地質標本館

キーワード：つくば隕石、隕石シャワー、地球、太陽系

つくば隕石とその回収にまつわる様々なことを通じて、多くの方に太陽系惑星の一員であるわが地球の生い立ちに興味をもってもらえたかと確信している。

ここでは、つくば隕石探索のてん末、つくば隕石の生い立ち、太陽系惑星である地球誕生の秘密を解く鍵である隕石の役割について述べたい。

## 2. 隕石を探せ!

1月7日。落下直後、つくば市の東の端にあたる上広岡地区から1号が発見され、国立科学博物館の島正子さんによりまぎれもない隕石と同定された。この隕石は、落下から9時間後には科学博物館の放射線測定器で計測が開始された。落下後、このような短時間に放射線計測実験が行われた例はない。

1月8日。たくさんの人が隕石を探したが、発見の続報がないまま時間が経過した。

1月9日。隕石は破裂が目撃されており、隕石シャワーの可能性が高い。そこで私達は地元研究機関として探すべきであると考え、国立科学博物館の米田成一さんと相談し、地質標本館の豊と奥山を中心に捜索の呼掛けを行うことにした。

準備を進めている時に、つくば市の南西部にある農林水産省蚕糸昆虫農業技術研究所で隕石を発見したという情報が入り、報告を受けた富樫がかけつけた。発見者の小山朗夫さんは研究者であり、状況からそれが隕石であると確信していた。桑の育種研究を行っているガラス温室への隕石による被害を心配し、見回りに行った際に発見したものである。さいわい、隕石はガラス温室の間の狭い空間に落下し被害はなかった。小山さんは日本流星研究会の伊藤大雄さんの強い勧めで公表することにしたと伺っている。この隕石は、国立科学博物館から富樫が聞いていた1号隕石の基本的な特徴を持っており、間違いなく隕石であることを確認した。確認が終わり帰ろうとしたところで、報道関係者の取材を受け、2号の発見が9日夜と10日朝に報道されることとなった。

1月10日。地質相談所に持ち込まれていた黒い皮を被った大豆ほどの大きさの石が、隕石であることを、富樫と相談所長の佐藤岱生さんとが確認し、3号となった。3号については、発見者の横尾清美さんにより、地質標本館での展示が快諾された。この

隕石は小さかったが、発見者が落ちた音を聞き、屋根から転がり落ちてきたかけらを拾った後、屋根に登って、さらに残りの破片の全量を回収したものである。確認が遅れてしまったが、発見の順番から言えば1号と同じくらい早いと考えられる。

標本館の豊・奥山が、3号の確認と展示の報告とともに、「Wanted!」のファクス(第3図)をつくばを中心とする小・中・高等学校に送ったことをプレス発表した。これに応えるかのように、11日から問い合わせ先の標本館には電話が殺到し、併せて問い合わせ先として公表した地質相談所、同位体地学課、さらに庶務係や企画室などにも問い合わせが来た。通常の業務にさしつかえたならばお詫びをしなければならないが、このことは隕石に大変多くの人が興味を持たれたことを如実に物語っていると思う。

1月11日。2号について、科学博物館の米田さんが再確認をした。発見者をお願いして、地質調査所および科学博物館での展示のために一部の隕石の貸与を許していただいた。さらに研究に使用する小片の科学博物館への寄贈が実現し、隕石の細分類

**Wanted!**

つくばに落下した隕石の小片を探して

なお、地質標本館には今回落下したものと同種類の隕石が展示してあります。参考のためぜひご覧下さい。

第3図 隕石探索呼かけに地質調査所が配付したちらし、「Wanted!」

地質ニュース 509号

が可能となった。これは、後に“つくば隕石”として国際組織である隕石学会に登録する際に大いに役立つデータを供することとなった。なお、隕石の名前は主たる落下地点の地名がつけられることが慣例となっている。

夕方、電子技術総合研究所の駐車場で発見された隕石が持ち込まれた。発見者は、同所の研究者である児島宏明さんである。これが4号となった。3cmほどの大きさであるがほぼ全面を黒い溶融殻が覆い、美しいものであった。すぐに所員に電子メールで呼びかけ、近くの探索をお願いしたが、見つからない。

1月12日、2号の発見地点から遠からぬつくば市観音台の農業環境技術研究所で5号と6号が発見され、国立科学博物館の米田さんによって確認、報告された。どうも隕石は、つくば市南部の農林水産省研究団地付近にまとまって落下しているのではないだろうか？このようなことを考える間もなく、地質標本館には農環研での発見に続けとばかりに次々に「隕石ではないか？」という試料が持ち込まれ、実際にこの中から7、8、9号が確認された。これ以降、もっとも多数の隕石試料が持ち込まれた地質標本館での確認番号が、回収隕石の個体番号となっていった。

この日、7号発見地点で初めて地質調査所職員の木多が、70mgと微小ながらも隕石を採取することができた。回収された隕石はこの時点で150gを超えていたが、研究用に果たしてどれくらい使わせてもらえるかは見通しが立っていなかった。従って、微量であっても試料の扱いを、慎重に検討しなければならない。科学博物館とも協議して、多数の落下であること、角れき岩であることから、薄片は複数必要という判断をした。3mmほどの粒子について、地質標本館試料調製課に無理をお願いし、大和田 朗さんによって2時間ほどで薄片が作成された。これにより、この微小な部分は、普通コンドライトで熱変成がすすんだものであることが判明した。隕石としては多数派である。

同じく12日、地質部斉藤 眞さんの提案で「昼休みの工業技術院内の系統的探索」を電子メールと放送で呼びかけた。突然の呼びかけにも関わらず、約20人が参加してくれた。数人が一組となってブロック毎にくまなく歩き、目視で探した。残念ながら発見

できなかったが、地表の露出割合の多い地域でも発見できないくらいの密度でしか落下していないことを確認することができた。

日本流星研究会が隕石を探索し、研究機関との仲立ちをする目的で、13日に大規模な探索を行う旨の情報がパソコン通信を經由して入ってきた。見つかった場合の鑑定について問い合わせがあったので、13日は研究所は休みであったが協力する旨伝えた。

1月13日、流星研究会の搜索では、9時から16時まで総勢約60人が2人ずつのグループに分かれ、およそ500m×1,000mのブロックごとに隕石を探して歩いた。範囲は大きな隕石が発見されている飛行主軸方向に重点的に行われ、磁石につく石を1個発見したが、隕石ではなく、磁鉄鉱の多い堆積岩であった。参加の皆さんは残念であったと思うが、幸いにもよい天気で、ハイキング気分でなごやかに行われ、事故もなくホッとした。後日も諦めないで探した大阪在住の流星研究会の会員木下正雄さんが21号を発見している。

この日は、流星研の搜索とは別に、地質調査所には2件の鑑定依頼がきたが、いずれも隕石ではなかった。時間の余裕があったので、前に名古屋大学の田中 剛さんが作ったパンフレットをもとに、隕石の研究の概要を説明するパンフレットを作成した。

### 3. 発見あいつく

翌1月14日は15日の成人の日と連休で、巷では隕石探しが続いていた。そんな中、地質調査所には10号と11号が相次いで持ち込まれた。10号の発見者の池辺琢之さんは、なんと8号の発見者の鈴木常夫さんの奥さんのお父さんであった。8号は音をともなって、鈴木さん所有のビニールハウスを破って落下したものである。10号は8号とはまったく別の場所での発見であった。発見者の池辺琢之さんは、8号の隕石を娘さんに見せてもらった時、娘さんに「散歩するなら隕石を探せ」といわれていたのを心に留めており、いつも散歩している洞峰公園で探し出したものである。10号は破片であり、一度見た人でもわかりにくいもので、よくぞ探し出したものと感心した。破片であったので、残りを研究用に回収したいと考え、発見者の御家族と木多、さらに協力を

申し出てくれた地質部の兼子尚知さんによって周辺の捜索を行ったが発見できなかった。しかし、10号の発見者はなんと数日後に散歩中にほぼ同じ場所でさらに二つを発見し、そのうち一つを研究用に寄贈して下さった。

11号の発見者の松本 茂さんは、流星研の人達が探索した地域に住む方であった。近くに落ちた可能性があると、隕石の特徴を流星研の人達から聞いて、翌日自宅周辺を探して下さった。11号は2号と似た角れき岩で、落ちた時に10個以上の破片に分かれていた。展示の協力の依頼をしたところ、快諾された。どんな小さいものでも研究に大切であることをお話したところ、小さな破片をさらに探し出してください、一部を研究用に寄贈して下さった。この試料は肉眼的にも色の異なる破片をたくさん含んでおり、現在、岡山大学の長尾敬介さんによりそれぞれの部分の希ガスの測定が行われている。これらの休日における外来者の受付には、守衛所の皆さんの大きな協力があつた。

連休あけの16日には、連休中に発見された12-15号がつつぎと持ち込まれた。12号は屋根に落下し、庭に転がり落ちてきたものである。発見者の橋本螢子さんは家の中で落下音を聞いており、子供がいたずらで石を投げたのかと思ったそうである。その話を聞いて、思わず、大きなものでなくて良かったですね! といってしまった。

そして、ついに最大の隕石13号が持ち込まれた。小学校にファクスした「Wanted!」ちらしを学校がプリントして配ったものを見て、いつも遊んでいる公園に探しに行った伊藤麗紗さんとお父さんの順司さんが発見したものである。近くの松の木には打撃痕があり、隕石には松脂がついていたという。

14号はつくば市上横場の渡邊啓子さんにより自宅庭で発見され、息子さんが破裂音の後にパラパラという音を聞いたという。14号について発見の状況を伺っている最中に、15号が持ち込まれた。発見者は荃崎町桜ヶ丘団地在住の飯野 弘・ふくいさん御夫妻で、自宅近くの路上での発見であった。御主人の弘さんは、同じ工技院の計量研究所の職員であった。15号はほぼ完全に熔融殻に被われた端正な個体で、その写真は地質標本館で行った科学技術週間の特別展示「つくば隕石」の際、ポスターに使用させていただいた。

16号は、小学生3人が学校の清掃の際に庭で発見した。完全に黒い熔融殻で覆われていたため、これが隕石であるかどうかをめぐってクラスの意見は真二つに分かれたそうである。そこで元気の良い生徒が割ってみたところ、隕石であるらしいということ、担任の先生が17日に標本館に持ち込んでこられた。この日は、理化学研究所ライフサイエンス筑波研究センター構内(つくば市高野台)で隕石が発見されたことを、地質調査所側でも確認した日でもあった。理化学研究所(和光市)の岡田昭彦さんと矢吹貞代さんより、回収された隕石は普通コンドライトの角れき岩で岩石タイプの5-6であると鑑定された。

この日を境に、隕石の発見は散発的になる。18号はジョギングの最中に、19号は地質調査所の探索呼掛けのちらしを見た小学生が自宅付近で、20号は5号の発見者の昆野さんが別の場所で発見した。22号の発見者の鈴木三郎さんは仕事先で発見し、その大部分を研究用に寄贈して下さった。最終的に23ヵ所で隕石が発見された。それぞれについての肉眼的記載が写真つきで奥山(楠瀬)ほか(1996)によって地調月報で報告されている。

隕石の発見の報告も途絶えた2月14日、それまでに発見されたほとんどすべての隕石をお借りし、隕石の専門家が観察するとともに、地質調査所は国立科学博物館・理化学研究所と共催で記者会見を開き、それまでにわかったつくば隕石の概要を発表した。隕石をライフワークとしてきた島 正子さんが、研究途上のミステリアスなトピックに熱弁を奮ったことが印象的であった。

#### 4. なぜ隕石を探すのか

なぜ隕石を探すのかとよく聞かれた。特に1号の発見の経緯を見てきた報道関係者からは、そのフィーバーぶりに対して、「隕石は人の判断を狂わす」というつぶやきすら聞こえてきた。さらに、週刊誌は興味本意に一部のブローカーの流したべらぼうな額の“価格”をとりあげたりもした。私達は、誰かが隕石探しに夢中になった余りに、車にぶつかったりしないだろうかと心配になったりもした。

しかし、私達の接したすべての人は自分達のまわりに落ちてきた珍しいものに対する純粋な好奇心から隕石を探していたと思う。たくさんの方がそれぞれ

れの科学的探求心をもって探索したことが、今回の一番重要な点であると思う。そのことで、落下や発見の状況が良く把握できた。

たくさんの隕石発見者からお聞きするなかで、それぞれ状況は大きく異なるが、共通するのは、運、根気、センスではないかと思うに至った。隕石を見たこともない人々が、隕石を見たときに、何だかいつもと違うぞ、これはなんだろうと拾い上げるには、そのひとが持っているセンスが大きくものをいっている。これこそ、科学を志すものの原点ではないかと思う。

なぜ隕石を探すのかという問に対して、私達は科学的な見地から次のように、1)から3)を答えてきた。

- 1) 一部に角れき岩があり、れきごとに岩石タイプや種類が異なる可能性が残されているため、この隕石の全体像を知るため多くの破片を回収すべき。
- 2) 大気圏突入時の大きさ、突入の方向を知るために、分布を求める必要がある。
- 3) 落下隕石の特徴として、地球物質の影響が少なく新鮮だと言うことがある。これは、太陽系の中での惑星地球の生い立ちを知る上で大変重要な性質であり、いろいろな専門的研究のためにも多量の試料を回収する必要がある。

1)のつくば隕石の全体像に関しては、金沢大学の小村和久さんの微弱な放射線の測定から、それぞれのかけらに明瞭な違いが認められ、各個体が壊れる前の隕石の表面からどのくらいの深さにあったかということが判りつつある。落下直後の隕石がこのように系統的に計測された例はこれまでにないという。さらに解析がすすめば、宇宙線照射の履歴に基づいて、つくば隕石が地球に届くまでに、太陽系のどこにいたのかという謎も解かれていくであろう。

2)については、大気圏突入の状況は本号の流星研究会の司馬康生さんが報告しておられるが、落下地点の分布はその基礎データとなっている。

3)については、国立極地研究所の小島秀康さんが、つくば隕石をみるなり、新鮮ですぬと感嘆の声をあげたことに象徴される。小島さんは、日本で最も多くの隕石を観察しておられる方の一人である。つくば隕石は新鮮な普通コンドライトとして今後の研究についての期待が大きい。地質調査所でも二次イオン質量分析計など最近の機器分析技術の発展により、微小部分の微量元素や同位体分析が可能となりつつある。今後、じっくりと太陽系の形成の謎に

迫りたいものである。

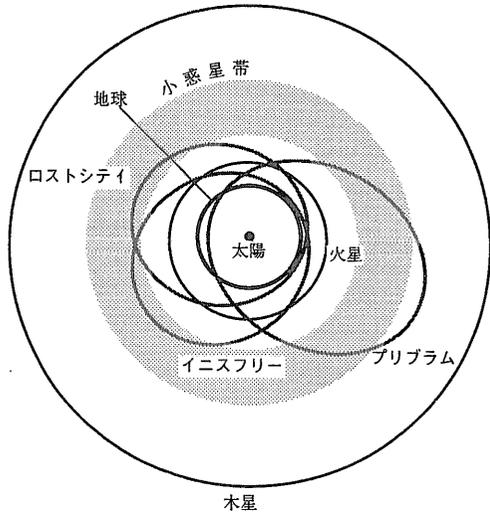
できるだけ多くの目で隕石を探そうとした私達の試みは、まさに1)から3)のための努力である。手段を選ばずただ見つければ良いものではない。隕石は、月の石を除けば、人類がまとまった形で入手できる貴重な地球外物質である。太陽系やその中の惑星たちの成り立ちの研究のためには、出来るだけ人間を含めた生物による汚染や擾乱がない形で回収することが、ぜひとも必要である。この意味で、つくば隕石搜索の途上で提案された犬の嗅覚に頼る方法は、実行が困難であるだけでなく、万が一発見できたとしても、きわめて問題が多いと言わざるを得ない。ただ見つければいいのか、汚染や発見の状況が不確かになるリスクを考えるべきかは、真剣に科学的な立場に立つものならば判断できるであろう。私達が流した情報を元に多くの人が磁石を片手に隕石を探したことさえ、やむをえないこととはいえ、残留磁気の研究をする人達にとっては誉められたことではないらしいのだ。

## 5. 隕石はどこから?

隕石の多くは火星と木星の間にある小惑星帯からきたものである。小惑星帯には最大1,000kmにおよぶ大小の小惑星があり、太陽の周りをまわっている。地球に衝突した隕石の軌道を計算すると、その多くは小惑星帯を通り、地球の軌道を横切っている(第4図)。

最近では数は少ないが、月からきた隕石や火星からきた隕石が発見されている。最近話題になった火星における生命の可能性もこのような特殊な隕石の中から発見されている。いずれも月や火星に別の隕石が衝突したときに月や火星の表面が掘り出されて飛び散り、地球まで飛んできたものである。そのような珍しい隕石のほとんどは、南極の隕石探査で発見された多数の隕石の中から見つけられた。日本の国立極地研究所は南極の隕石探査の中心となっており、日本は世界一の隕石保有国であり、今後も探査の計画が進行中であり、成果が期待される。

つくば隕石の騒ぎのおさまりかけた1月末、百武彗星が発見された。天候には恵まれなかったが、努力して見た方も多いただろう。それでは彗星と隕石は何が違うのか。一言でいえば隕石が“石”，彗星は



第4図 隕石の軌道

“氷”である。彗星のシッポは太陽の熱で蒸発したガスである。彗星のふるさは太陽系の遙か端の方、数十天文単位(1天文単位は地球と太陽の距離1億5千万km)のかなたである。1986年にハレー彗星が接近した時、人工衛星を使って初めてその組成を詳しく測定することができた。彗星は大部分が水、メタン、アンモニアからなっており、水素、炭素、酸素、窒素が主成分である。塵として重い元素がわずかに含まれており、その塵の元素濃度比は隕石とほぼ同じである。彗星は、軽い元素を含めて太陽系の原材料に近いと考えられている。

### 6. つくば隕石の生い立ち

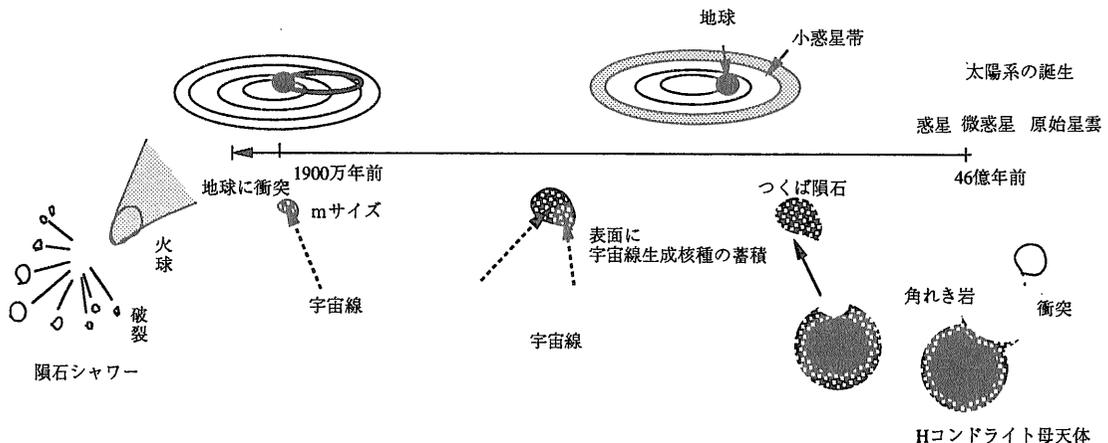
これまでのところ判明しているつくば隕石の生い立ちは次の通りである(第5図)。

46億年前、太陽系原始星雲から小さな粒子が凝縮しはじめ、これらが集まって微惑星になった。火星と木星の間では、大きな惑星になりそこなった多数の小惑星が誕生し、地球に降ってくる隕石の大部分の母天体もここにあると考えられている。Hコンドライトの母天体がどの小惑星に対応するのかはまだなぞであるが、仮に“Hコンドライト母天体”と呼ぼう。この小惑星がつくば隕石の母である。Hの意味は鉄濃度が高い(high iron)ということである。つくば隕石が磁石に良くつくのは金属鉄に富むためである。

惑星が集まる時の重力のエネルギーや衝突のエネルギー、放射性元素の熱によって、“Hコンドライト母天体”の内部は温められ、一部は700℃位にまでなり、結晶が大きく成長してH6と呼ばれる高温タイプの岩石となった。

衝突を繰り返すうちに破片となったH6タイプと、これより低温のH5タイプのかげらがさらに衝突し、小片になったものが固まって角れき岩となり、“つくば隕石のもとになる部分”が母天体上に形成された。つくば隕石が発見場所によって、かなり見かけが違ふのは、“角れき岩”のいろいろな部分に相当するからである。ここまで要した時間は1億年以内と短かったと考えられている。

その後、“つくば隕石のもと”は小惑星帯で太陽のまわりをまわりながら、平穏な日々を過ごしたよう



第5図 つくば隕石の生い立ち

だ。岡山大学で行われた希ガスの測定では、40億年以上前の希ガスが残っていることが確かめられており、つくば隕石が過去の記憶を失うほど大きな事件(天体同士の衝突)は起きなかったと考えられる。

今から1900万年前、日本列島がユーラシア大陸から別れようとしていた頃、“つくば隕石のもと”はメートルサイズになっていた。いつ母天体からはじきだされたのか、母天体自身が破壊されたのか、徐々に小さくなったのかなどはまだよくわかっていない。

それでは、なぜメートルサイズになったことがわかったのだろうか。宇宙線は惑星の表面の深さ数mしか届かない。従って小惑星が大きいうちは宇宙線は内部には届かず、その影響は惑星の表面付近に限られる。ところが、メートルサイズになると内部のどこでも宇宙線が届き宇宙線によって生成される元素が形成され蓄積されるようになる。回収直後から、国立科学博物館、金沢大学、岡山大学でこのような宇宙線によって生成される核種の測定が実施された結果、宇宙線生成核種であるネオン21などの蓄積量から1900万年前にメートルサイズになっていたと推定されたわけである(Yoneda et al.1996, Komura et al.1996)。

そして1996年1月7日、とうとう“つくば隕石のもと”は地球の大気圏に突入した。大気との摩擦による熱と衝撃で破裂を繰り返し、つくば市周辺に隕石

シャワーとして降り注いだ。回収量は23ヵ所800gであった。地表露出の良い場所での発見率から考えて落下重量は発見量の100倍は越さないのではないかと思う。大きめの破片は飛来した方向に沿って落下している。慣性力により、重いものほど遠くに飛ぶというのが隕石シャワーの一般的特徴である。国分寺隕石では落下後1ヵ月たってから、それまで発見された総量の十倍の最大破片が発見されたと言う例もある。つくば隕石についても、大きなものが期待される方面はかなりの人が探索したと聞いているが、発見の報はない。現在のところつくば隕石の最大のもは伊藤さん親子の発見した13号177.5gである。

## 7. 隕石：地球の誕生の秘密を解く鍵

岩石の年令を知ることは、地球の歴史を知り、地球と人間との関わりを知る上で最も基本的な情報であり、地質調査所でも様々な年代測定が行われている。

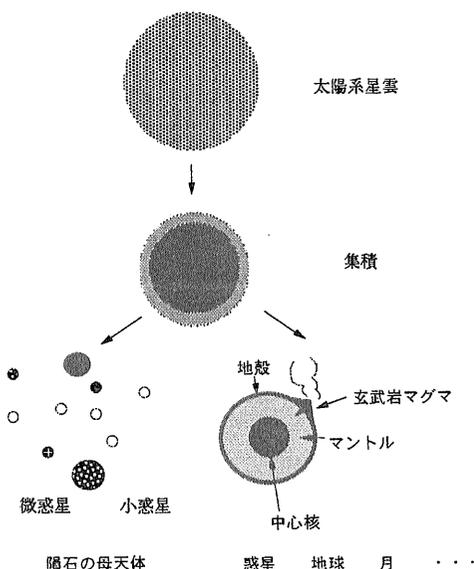
隕石の年代を測定すると、ほとんどの場合45-46億年の年令が得られる(Torigoye-Kita et al. 1995)。この年代は隕石が形成された年代、すなわち太陽系の始まりの年代である。地球もほぼ同時に形成されたと考えられている(第6図)。しかし、現在のところ発見されている地球岩石の最古の年代は40億年である。隕石と地球の示す年令の差はその大きさにあると考えられている。地球は大きく成長し、高温になり初期の数億年の記憶は灼熱のもとに消し去られた。一方、隕石は太陽系初期の姿をほぼとどめており、地球の誕生の秘密を解く鍵となっているのである。

## 8. 地球・隕石そして月 その違い

今回の隕石の特徴は、表面に0.5mm程の厚さの黒い溶融殻がついていることと、金属粒子が散在していることであった。

### 1) 表面の黒い皮(溶融殻)

表面の黒い溶融殻は、隕石が秒速10km以上の猛スピードで大気圏に突入するため、空気との摩擦で隕石の表面が融けていき、融けた物質が表面に薄く急冷層として残ったものである。色は不透明な黒



第6図 太陽系における地球と隕石のできかた

色である。つくば隕石の場合は、鉄分が多いためか、鈍い黒色を示し、黒曜石こくようせきのようなガラス光沢はない。この黒い溶融殻は、隕石が大気圏の外からやってきた大きな証拠である。

### 2) 金属粒子

もう一つの特徴は金属の粒子であった。割れた面があるときは、肉眼でもキラキラ光るのを見た。後から発見されたものはさびがでて、これが特徴にもなった。つくば隕石は普通コンドライトのうちでも金属鉄の多い種類のものであったため、文房具のマグネットに良くつく特徴を示した。ただし、全ての隕石の特徴ではないことはお断りしておく。

隕石は種類によって全体の鉄の量と鉄の酸化程度が異なる。隕石の中で鉄は珪酸塩、酸化物、トロイライト、金属鉄などの形で含まれている。普通コンドライトの中でも、Hコンドライトは全体の鉄が多くしかも金属鉄が多い。Lコンドライトはこれより全体の鉄が少なく金属の鉄も少ない。LLコンドライトはこれよりさらに全体の鉄が少なく、金属の鉄もわずかである。この違いは太陽系のなかの場所による組成の違いや、地球も含めて惑星ができる過程を考える上で大切な鍵となっている。

地球の場合には、地表に近い部分は酸素が多いので、鉄は天然ではほとんどの場合酸化して、2価や3価のイオンになっている。地球の内部の中心核は金属の鉄が主成分であるが、地上では天然の金属鉄は極めてまれで、ほとんどが人工的なものである。実際に、鉄などの精練の過程でできる鉄滓てつさいが、隕石ではないかといくつも鑑定にもちこまれた。また、地球上では、金属鉄以外にも磁石につく鉱物もある。磁鉄鉱は名のとおりその代表で、今回も磁鉄鉱をたくさん含む砂岩などが持ち込まれた。

### 3) 偏光顕微鏡で見てみると

隕石にどのような鉱物が、どのように組み合わさっているかを観察するために、偏光顕微鏡を用いる。つくば隕石は、かんらん石、輝石、斜長石、金属鉄、トロイライト(硫化鉄)を含んでいる。普通コンドライトには特有のコンドリュール(球粒)が観察される。コンドリュールは、隕石ができる途中で、その一部が急速に加熱され、融けた丸い球となり、これが急冷してできたものである。加熱の原因に定説はなく、隕石に含まれる起源不明の他の鉱物とともに、これから解明されるべき大きな課題の一つである。隕石に

含まれる鉱物のうち、かんらん石、輝石は地球のマントルに、斜長石は地殻に普通に見られる鉱物である。つくば隕石を顕微鏡で調べることで、角れき質の隕石が、部分により異なる性質を持つことがわかった。これについては、本号の奥山ほかの記事に詳しい。

### 4) 隕石は地球の原料?

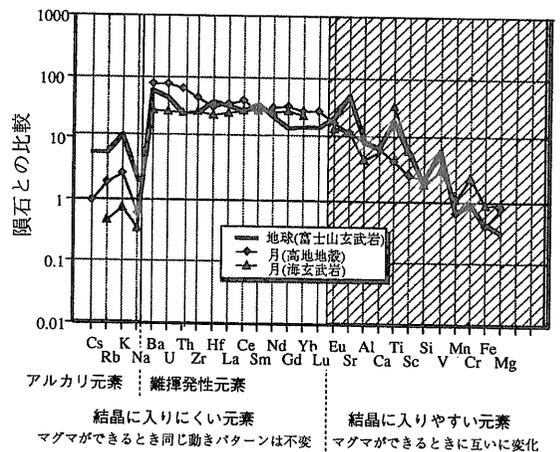
活火山である富士山の玄武岩と46億年前の隕石を比べてみる。まったく違った経歴の岩石を比べたことになるのだが、驚くべきことに、富士山の玄武岩に含まれるある種の元素グループは、いずれも隕石の約20倍の濃度になっている(第7図で水平になっている元素)。このことは隕石が地球のもの物質であると考えると納得がゆく。ただし、ここで用いた隕石は、つくば隕石などの普通コンドライトではなく、太陽系の原材料の成分に最も近いといわれている種類のものである。

隕石や地球の岩石での元素の分布について、次の式をたてることができる。

$$\text{隕石} = \text{地球のマントル} + \text{地球の中心核} + \text{蒸発した元素} \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{地球のマントル} = \text{富士山の玄武岩マグマ} + \text{残った結晶} \dots (2)$$

この(1)式で地球のマントルにだけ含まれ、(2)式でマグマにだけ含まれる元素のグループがある。このグループの元素は仲よくいつも一緒に行動しているので、隕石の時と富士山の玄武岩マグマで濃度比が一定になってしまうのである。逆にこのことか



第7図 地球の岩石(富士山の玄武岩)および月と隕石の比較

ら、隕石は地球の原料であると考えられるに至ったのである。

実を言えば、自然はもう少し複雑なので、太陽系の中で場所によって物質の組成が違っていたり、地球のマントルが時間とともに変化したり、富士山のマグマだまりの中で様々なことが起きたりしている (Togashi & Terashima, 1997 印刷中)。そこを私達は研究しているわけだが、大筋では、隕石は地球の原料であると考えて良い。従って、地球を相手に科学するものにとって、隕石はいつもどこかに意識しておかなければならないものなのである。そこらに落ちている石ころだけではなく、私達の体を作る元素も、太陽系の原始星雲や宇宙の始まりまでさかのぼることを考えてみれば、隕石は私達にとって大変身近なものなのである。

つくば隕石に証拠が残されていたように、衝突という現象は、惑星の成長にとってなくてはならないものである。衝突・合体しなければ、大きくなることはできない。衝突速度が遅くても合体しないし、速いと壊れてしまう。うまい具合に、大きくなり始めれば、重力が増してくるので、まわりの微惑星をどんどんすいよせて大きくなれる。このようにして大きくなったのがわが地球と言うわけである(第6図)。小さいままの隕石はすぐに冷えてしまったが、大きく育った地球は46億年を経た今でも内部は熱く、マグマが噴出しており、時には人間に災害をもたらすが、一方で温泉や鉱物資源などの恵みを与えてくれている。

第7図には月の岩石の組成も示しておいた。地球に最も身近な月が、地球の兄弟か子供かそれとも赤の他人か、未だに決着はついていない。現在、日本はH2ロケットを用いた大型月探査計画に乗りだそうとしており、今後この疑問に答えられるようになることを期待している。

## 9. おわりに つくば隕石の今.

つくば隕石の多くは発見者のもとで大切に保管されている。その多くは、発見者の好意により非破壊測定や科学的展示の際に貸していただいている。中

でも最も大きな13号、角れき岩の特徴を示す2号、ほぼ完全な形をしている4号は、地質標本館への長期の貸出を受けており、開館時はどなたでもご覧になれる。地質調査所の標本館は1996年の10月から平日に加えて第2・第4土曜日も平日と同様に開館することになったので、ぜひおいでいただきたい。2号については上野の国立科学博物館でも展示されている。17号はつくば市内のエキスポセンターで展示されている。研究用に提供された試料は、一部はいくつかの研究機関で研究の途上であり、一部は、将来の国内外の研究に備えて大切に保管されている。

今後、隕石を含む惑星物質を対象にした研究をさらに進めることにより、太陽系の中の惑星として地球を見直すことができる。これらは人類が地球と共存するために地球の将来を予測する基礎となるだけでなく、急速に進展しつつある宇宙開発において、地球外の惑星探査を進めるための基礎となることを確信している。

### 参考文献

- 豊ほか(1996):つくば隕石の回収と確認,地質調査所の役割,地質ニュース, no.499, 53-54.
- Komura K., Yamazaki S., Yoneda S. and Shima M. (1996): Preliminary reports on cosmogenic Nuclides in Tsukuba Meteorite Fall on Jan.7, 1996. Antarctic Meteorites XXI.76-77.
- 奥山(楠瀬)康子ほか(1996):つくば隕石の組織的特徴とその記載,地調月報47, 245-254.
- Togashi S. and Terashima S. (1997): The behavior of gold in unaltered island arc tholeiitic rocks from Izu-Oshima, Fuji and Osoreyama volcanic areas, Japan. *Geochim. Cosmochim. Acta* (in press).
- Torigoye-Kita N., Misawa K. and Tatsumoto M. (1995): U-Th-Pb and Sm-Nd isotopic systematics of the Goalpara urelite: resolution of terrestrial contamination. *Geochim. Cosmochim. Acta* 59, 381-390.
- Yoneda S., Shima M., Komura K., Nagao K., Okada A., Kita N.T., Togashi S., Okuyama Y. and Bunno M. (1996): A new meteorite shower, Tsukuba: detection of  $^{24}\text{Na}$  and the exposure history. *Meteoritics & Planetary Sci.* 31, A157-A158.

---

TOGASHI Shigeko, OKUYAMA-KUSUNOSE Yasuko, BUNNO Michiaki and T.KITA Noriko (1997): Wanted! Tsukuba meteorite - Key materials for the origin of the earth in the solar system.

---

<受付: 1996年10月21日>