

## 火星の生物痕跡？

### －バクテリアによる生体鉱物化作用の立場から－

田崎和江 Kazue Tazaki

#### 1. はじめに

隕石さわぎ(?)は、予告なしに、いつも空から降って湧いたように私の前に現われる。『惑星地質ニュース』の事務局の小森長生氏から本原稿依頼をお受けしましたが、私は隕石の研究者でも専門家でもないことを最初におことわりしておきます。しかし、隕石に縁が深いことはたしかです。

<その1> 三保関隕石：島根大学理学部地質学科に着任して間もない1992年12月10日、島根半島、三保関の人家にL6コンドライトが落下しました。隕石は家の屋根を突き抜け、二階と一階の床を突き破り、床下の地面の孔から見つかりました。その夜、知りあいの新聞記者から逸早く連絡が入ったのですが、「私は隕石の専門家ではありません」と応え、他の地域に住む数人の方を紹介しました。翌日大学に出勤した私は、ことの重大性に打ちのめされました。東京から朝一番の飛行機で“隕石の専門家”がやってきて、実物をもっていってしまい、島根大学には写真が数枚しか置かれていませんでした。“地元の大学の存在意義”をその時私は認識していなかったのです。責任を感じた私は、奔走してなるべく早く地元に戻却してもらおうようにたのみました。その後“隕石まんじゅう”もヒットして町起こしに貢献しており、私もホーっとしました。

<その2> 根上隕石：次に赴任した金沢大学でも同じことが起こりました。1995年2月18日、石川県根上(ねあがり)に、L6普通コンドライトが民家の横に駐車してあった車のトランクを直撃しました。こぶし大の黒いおにぎりのような隕石とその破片がトランクの中で見つかりました。夜10時頃、やはり地元の新聞記者から電話があり、「隕石かどうか判定してほしい」という依頼を受けました。前回の苦い経験から、「見ましょう」と返事をし、同僚の石渡明氏にも応援を頼んで“隕石”と判定し、翌朝、放射化学のスタッフとともに現地に赴きました。そこには、東京から朝一番の飛行機で飛んできた専門家、富山科学文化センターの方々も駆けつけていました。富山科学文化センターの方は、落下地点の周辺を調査して、隕石の破片を見つけて持ってかえりました。隕石は生ものと同じで、新鮮であればあるほど分析的には重要で科学的価値も高いものです。ちょうど、理学部の6階に、放射化学の専門家である坂本浩、中西孝の両氏がおられ、落下の2.7日後から放射能測定を行い、半減期が2.44日のScや53.29日の<sup>7</sup>Beも検出されました。同時に薄片による鉱物の分析も行い、このL6型球粒隕石の研究結果は翌月の3月には学会誌に公表されました(石渡他、1995)。

<その3>火星隕石：1996年8月のはじめ、北京のIGCから10日に帰国した直後、同僚の古本宗充氏が私の研究室に飛び込んできて、「今、宇宙研から帰ってきたところですが、火星に生

命の痕跡の発見で沸いていますよ」と一枚の走査型電子顕微鏡写真を私に見せられました。「あら、バクテリアね」と私。「宇宙研ではバクテリアを観られる人がいない」とのこと。すぐに、学生にたのんでインターネットで『サイエンス』誌の論文を打ち出してもらい、その概要をつかみました。翌日、東京のNHKから電話があり、2～3日中に金沢に取材にきたいという。大急ぎで小森長生氏の書いた本などから“火星”について勉強をはじめました。丸1日かけた取材にもかかわらず、「サイエンスアイ」の番組では、私の声（説明）は一切出ませんでしたし、「クローズアップ現代」の番組でも17秒間私の声が入っただけでした。いずれもNASAの写真と私の電子顕微鏡写真の区別もなく、磁鉄鉱のでき方についてはまさに“はめられた”という放映の仕方でした。東京のNHKの取材にほいほいとつた金沢の田舎紳士（淑女？）の自分をとても恥ずかしく思いました。その放映の翌日、日本粘土学会（早稲田大学）でもこの「火星の生命？」がとりあげられ話題となり、“粘土と生命の起源”の研究グループの必要性が語られました。さらに、その1週間後、9月26日の三鉱学会（金沢大学）でも「緊急、火星シンポジウム」の開催を、大阪大学の土山 明氏に要請されました。さもなくとも当番校の金沢大学は超多忙でありましたが、E-mailと口コミでこれに取り組み、お昼休みの短い時間にもかかわらず約100名が参集し、『サイエンス』誌の論文内容と問題点が活発に討論されて盛会でした。折しも、その午後には「生体鉱物」のシンポジウムも企画されており、まことにタイミングがよかったと思います。

## 2. 火星起源隕石 ALH84001 の『サイエンス』誌の論文の背景

本誌『惑星地質ニュース』Vol.8, No.1-3にもすでに紹介されているように、1996年8月に火星起源隕石中に生命の証拠を発見したという、JSCのDavid McKayらの論文（Science, 273, 924-930, 1996）は、隕石の研究にたずさわる科学者のみならず、世界中の有機、無機、微生物、古生物、地質学にたずさわる科学者を、多かれ少なかれエキサイトさせるものでした。彼らの論文は、有機物（PAHs）の分析もあり、mineralogy、特にbiomineralogyからの論拠が、かなり強く説得力があるようにみえました。ところが、日米の共同研究というふれこみにもかかわらず、日本側の研究者がまったく参加していない不思議な論文であり、この『惑星地質ニュース』Vol.8, No.1での矢内桂三氏のSNC隕石の紹介にあるように、ALH-77005隕石の日米間の不平等な配分の仕方や命名の仕方についてなど、科学研究成果以前の問題もはらんでいるようです。火星の生命の真相解明はこれからの課題ですが、生命の探査は誰もが夢を抱く永遠のテーマであり、楽しい研究です。日本においても、研究施設、知識、経験ともアメリカにひけをとらないと思いますので、研究機関同士のチームワークを密にして、総合的に取り組む課題だと思います。火星飛来の隕石中に生命の証拠を発見したというJSCのDavid McKayらの論文は、世界中の科学者の目をバクテリアによる生体鉱物の生成に向けさせました。今後世界各国の研究者から火星飛来の隕石の請求が出され、同様の結果が出るでしょうが、同時に地球における先カンブリア代のバクテリアの起源についても、討論を巻き起こす結果になることでしょう。

私は、現在、アランヒルズ、ALH84001隕石の落下地点の近くの、バンダ湖やオニックス川の氷床の生体鉱物の研究をしています。微生物被膜や堆積物中にはさまざまなバクテリアの関

与で生成した生体鉱物が認められます。火星飛来の隕石が手にはいらなくとも、磁性を持つ塵小球体、すなわちマイクロ隕石として直接地球に落ちてきたものも南極の氷の中や堆積物中にはたくさん存在しています。今まで日本の隕石の専門家は電子顕微鏡をあまり使わなかったので、微小な隕石を見逃しているように思います。宇宙塵の集積されたものが、グリーンランドや南極の氷の中から見つっていますが、フランスのグループは、南極の氷を大量に溶かし、氷1立方メートル中に、平均約50個の宇宙塵を発見しています。また、最近では深海底だけではなく白亜紀のチャートから炭素質隕石に近い組成を持つ球粒が、いわば化石の状態で発見されています。これらの微小な隕石の中から ALH84001 中にみられたバクテリアの姿が発見される可能性があります。あるいはすでに、磁性を持つ塵小球体中にバクテリアの形態を見つけていたかもしれませんが、それを認識していなかったにすぎないのかもしれませんが。この塵小球体は、高温ガスあるいはマグマ起源と考えられていますが、今回の ALH84001 中にみられたバクテリアの姿は、オルソパイロキシンの中の炭酸塩の球の中から見つかったのですから、塵小球体中にバクテリアの形態が認められても不思議ではありません。アメリカが送ったバイキング探査機（1976年）による土壌試験の結果は、微生物の存在すら否定するものでしたが、今回の ALH84001 隕石の論文は、今までの私たちの想像がいかに経験にしばられており、自然にははるかに及ばないかを、思い知らされたものでした。

火星飛来の隕石中のバクテリアと生体鉱物組成、特に、磁鉄鉱の生成について、地球のバクテリア起源の磁鉄鉱の特徴を比較検討する仕事も残されています。また、地球上の微化石、特にバクテリアの入った化石を用い、てその形態、大きさ、生体鉱物、有機物の分析を行うことで、ALH84001 隕石の中のバクテリアと比較すべきです。

火星の生命の真相解明には、隕石、宇宙塵、堆積物、土壌粘土鉱物を、XRD, 偏光顕微鏡、EPMA, SEM-EDX, HRTEM, FT-IR, SIMS, Auger による無機分析の他に、蛍光顕微鏡観察、アミノ酸、核酸、酵素の分析、直線炭素鎖分子、窒素化合物、硝酸塩などの有機物生命体を総合的に研究する必要があり、アメリカの探査機のサンプルリターンを待たなくとも、発想の転換を行うことで、弓矢で戦える部分もあります。また、火星での現地探査の場所や深さなど、日本側の意見も積極的に出していくことも必要でしょう。

### 3. 火星起源隕石 ALH84001 の特徴

SNC (Shergottite-Nakhilite-Chassignite) 隕石は火星起源とされ、いずれもエコンドライト隕石に属し、地球の火成岩に類似の岩相を呈します。特に、ALH84001 隕石は彼らの論文によれば、火星由来の隕石であるというほかに、①この隕石の割れ目に炭酸塩鉱物がみつきり、その存在は過去の火星に水と CO<sub>2</sub> を含んだ大気が存在したという証拠です、②この炭酸塩の部分には磁鉄鉱や磁硫鉄鉱が存在し、これは地球のバクテリアが作った磁鉄鉱や磁硫鉄鉱と似ています、③炭酸塩が多く存在する部分には、有機物が腐敗したときに生成する有機物 (PAHs; polycyclic aromatic hydrocarbons)(多環式芳香族炭化水素) もあり、④電子顕微鏡観察から、5000 分の 1 mm のバクテリアが見つかり、その形態は地球の 35 億年前のバクテリアとよく似ています。

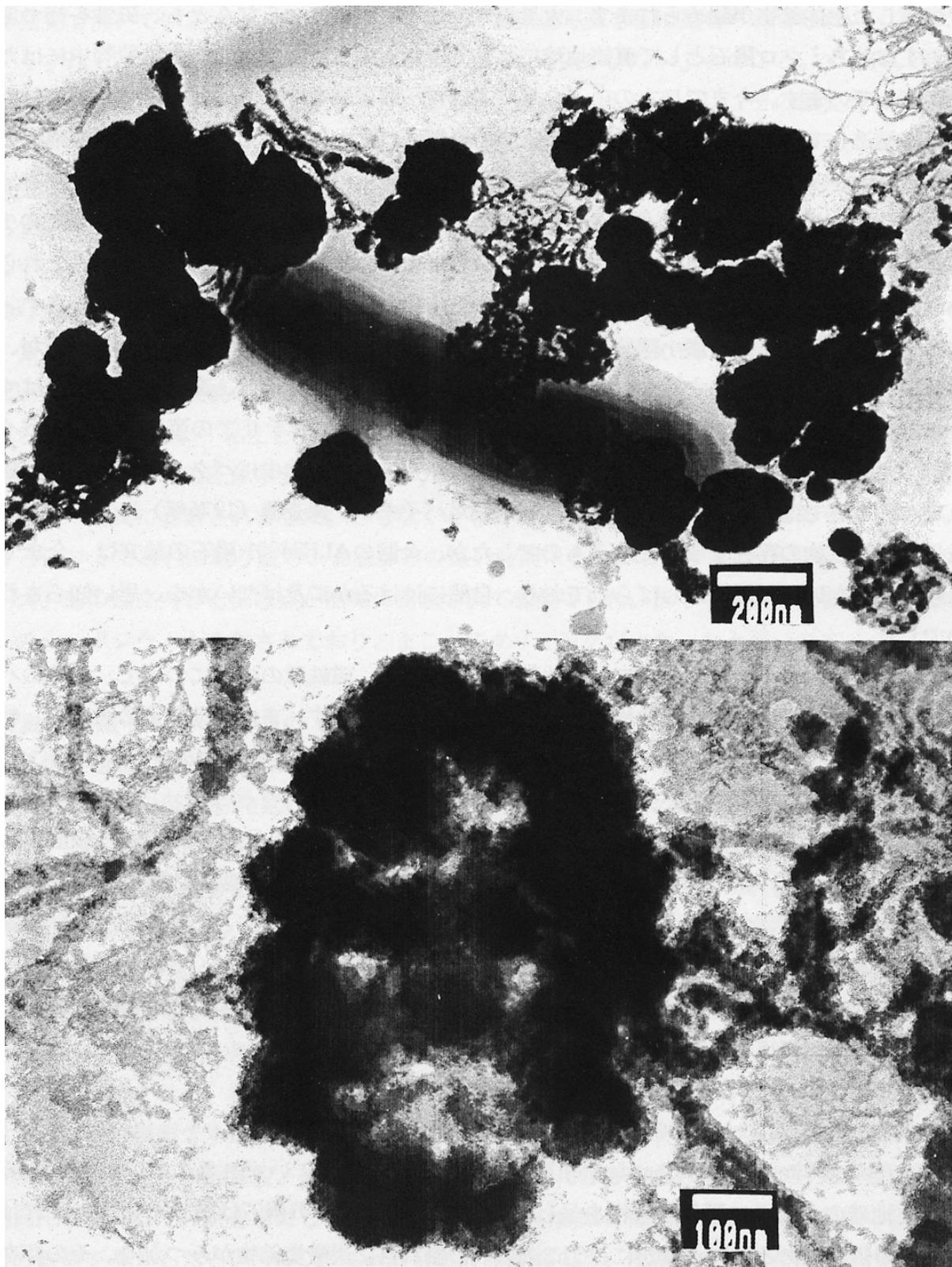


図1. 金沢大学調整池に生息するバクテリアがつくった鉄鉱物の透過型電子顕微鏡写真 (撮影: 田崎和江)

以上の①から④までの事実をまとめて判断すると、生命活動の痕跡の証拠となり、火星に生命がいたという解釈が妥当です。これらの証拠のうち mineralogy、特に biomineralogy からの論拠がかなり強く、バクテリアの電子顕微鏡写真は説得力があり、過去の火星生命の化石残存物で

あろうと結論されています。

地球上の微生物には事実、炭酸塩鉱物や磁鉄鉱、磁硫鉄鉱を細胞の内外に蓄積するバクテリアも多く、特に、炭酸塩鉱物は温泉、間欠泉、地熱地帯の水圏に多く認められます。また、磁鉄鉱や磁硫鉄鉱は、田圃、河川、ヘドロ、鉱山排水などに分布する微生物被膜や堆積物中に広く認められます。特に磁鉄鉱は、海や河川中に生息するマグネトソウムの細胞内に、立方体や涙滴型の磁鉄鉱が数珠状に連なって存在します。David McKayらの論文の走査型電子顕微鏡写真には、単純な鉱物の塊とは思えない、バクテリア様の物体がはっきりと写っています。その中には、地球上のバクテリアに比べ体積が1/1000程度と小さいながら、ラン藻が数珠状に繋がっているような部分もあります。バクテリアの大きさは数ミクロンから数百ミクロンと言われてきましたが、最近の海洋微生物の分野では2ミクロン以下のピコプランクトンが次々と見つかっており、この大きさの概念もくずれています。さらに、かん菌を貧栄養下におくと細胞の小さな球菌に変化し、とても同じ種類とは思えない形態で生き延びます。

私が研究している金沢大学の調整池の中の微生物被膜には、現世のバクテリアが水酸化鉄鉱物やマンガン鉱物を細胞壁や細胞周辺に作っている様子が観察されます(図1)。常温常圧下で2~3日という早さで水酸化鉄鉱物やマンガン鉱物の生体鉱物ができ上がります(田崎, 1995, 1996)。バクテリアが死んだ後には、これらの鉱物のみが堆積物となって地層に保存されていきます。この時、細胞の中に蓄積した(生体)鉱物は、バクテリアの形態を保って(コロニーとして)地層の中に埋没し、生息中の有機物も残存します。埋没後、風化作用、続成作用、熱変質、圧縮作用を受けながらも、一度鉱物化したバクテリアの形態はかなり安定に保たれます。その好例が、縞状鉄鉱床中のシアノバクテリアやストロマトライトです。一方、珪化や炭化をするとその構造はしっかりと保持されます。例えば、先カンブリア代のグラファイト中の球粒構造(図2)などです。変成岩中のグラファイトの中にも、このような構造がしばしば認められます。堆積岩中でしばしば観察されるパイライト化した珪藻や微化石と同じように、鉄やカルサイトや珪酸で置き換わったバクテリアの化石が、1000倍の光学顕微鏡下で観察できます。電子顕微鏡観察の前に、隕石、岩石、鉱物、土壌の薄片を、一度1000倍の光学顕微鏡で観察してみたらどうでしょうか。新しい発見があると思います。

#### 4. 火星起源隕石 ALH84001 のバクテリア様の電子顕微鏡写真から何がいえるか

##### 4-1 バクテリアによる生体鉱物化作用の立場から

微生物のコロニーが作った縞状の堆積構造物であるストロマトライトは、先カンブリア時代にシアノバクテリア(藍藻)によって大規模に形成され、多くの古生物学研究者によって研究されてきました。ところが、近年、イエローストン、アイスランド、オーストラリア、ポーランドなどの温泉や地熱地帯には、シアノバクテリアのみならずさまざまな微生物が生息しており、現世のストロマトライトとしてその生成機構に興味をもたれてきました。また、深海底のブラックチムニーの外壁にも、耐熱性バクテリアがバイオマットを作ることが報告されてきました。筆者は国内外の温泉や鉱山からさまざまなバイオマットを見つけ、電子顕微鏡で調べた結果、Ca、Si、

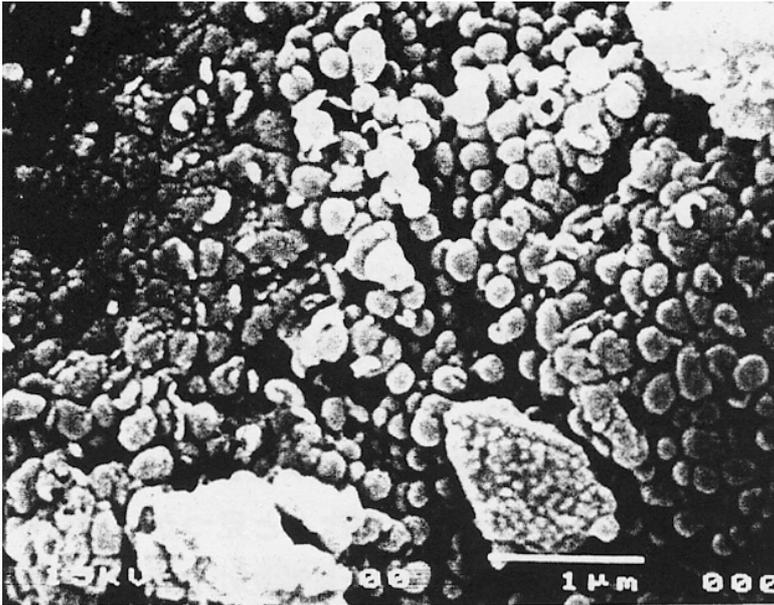


写真2. スリランカのグラファイトの走査型電子顕微鏡写真  
(撮影：田崎和江)

S、Fe、Mn、P、Srなどを含んだ生体鉱物を多数発見し、生体鉱物の多様性について報告してきました。これらの生体鉱物の一連の研究は、JSCのDavid McKayらによる隕石中の生命の証拠を立証するためには格好の比較研究となっています。すなわち、先カンブリア代の細菌が縞状鉄鉱床中に保存されており、かつ、褐鉄鉱、赤鉄鉱、磁鉄鉱に置き換わったり、鉄が細胞壁に沈着している事実は、火星のみならず地球における初期の生命体と地球環境を知る鍵を握っているからです。

現生ストロマトライトの生息条件と環境、生体鉱物の種類、堆積物-水-細菌の相互作用を調べることにより、高温かつ低酸素濃度であった地球創成期の生命活動と、その構造物であるストロマトライトの形成機構を知り、さらに、生命体や有機物が何十億年も長い間、隕石や岩石中に保存されるメカニズムを知ることは、地球上の岩石のみならず、隕石や火星の表層土壤中に保存されている細菌をも研究対象とし、宇宙微生物学の新しい分野をきり開くことにつながります。

#### 4-2 バクテリア様の形態から生物の痕跡ありといえるか？

遠目で人間とマネキン人形とはよく似ており、区別ができませんが、人間の方は動くので、それとわかります。また、何も知らされずに、“しまうまの縞”と“砂丘の風紋”の写真を見せられたら、“似ている”というでしょう。しかし、私たちは、“しまうまの縞”は誰でも生物由来ということを知っています。微生物起源とはっきりとわかっている形と無機的にできる形はしばしば似ています。すなわち、形の一面だけをとらえて、生物起源とか無機起源とかはいえませんが、似ている形が、より生物の範疇であれば、より生物学的であるといえます。ALH84001隕石の中にみられた細菌様の姿が地球の細菌に似ているということを証明するには、さまざまな事実をどのような根拠でより生物学的なのかを、いかなければなりません。このALH84001隕石の中にみられた細菌様の形態は、しばしば先カンブリア代の石墨中に見られる形態とも似ていますから、慎重に比較しなければなりません。細菌が生きていれば、もちろん培養という方法もありますが、化石となっている場合は、それもできませんが、生きて

いたときの痕跡は見つけることができるでしょう。たとえ初生的なものでなくとも。生きている間に生体鉱物を細胞の内外に作っていたとしたら、より強固な形態を保つことができたでしょう。また、有機物が残存していたとしたらもっと確実でしょう。ALH84001 隕石 中に有機物 (PAHs) (多環式芳香族炭化水素) が認められたのは、より真実味があります。さらに、この Mass178、202、228、252 のいずれの分析値も、最表面から内部に向かって値が高くなっていることから、外部からの汚染の疑いを取り除いています。さらに欲をいえば、その中の磁鉄鉱にも有機物が残存しているかどうか知りたいところです。生体が生み出した磁鉄鉱ならば、有機物がコントロールした形跡もあるに違いありません。例えば、鉄と COOH-基などの化学結合状態を知る必要があります。その分析は SIMS や FT-IR が使えるでしょう。また、Auger により、隕石の表面からオングストロームオーダーで剥ぎとっていき、表面から内部にかけて、炭素の濃度分布を知る必要があります。それにより、表面の大气からの汚染炭素物質と内部に存在する有機炭素を明らかにできます。同時に鉄の深度分布もとる必要があります。超薄切片で細胞の断面も観察すると、もっと確証が得られます。今回の ALH84001 隕石 の SEM 写真は少しラインが入っているとはいえ、バクテリア様の形態がはっきりしていますが、超薄切片の TEM 写真はダイヤモンドナイフの歯の跡 (すじ) がでており、よく切れていません。鉄の部分が切れにくいので、しわが寄って、それが四角に見えている部分もあります。なによりもバクテリアの細胞の断面が見あたりません。細胞壁が鉄に、内部が炭酸塩鉱物に置き換わったとしても、SEM 写真のようなバクテリアの断面が見えないと説得力がありません。この TEM 写真は、隕石の一部を粉末にして水に懸濁させて観察したようにも見えます。矢印が数カ所あり、いずれも楕円体を示していますが、その配列からは何ともいえませんし、細胞の長さも約 50nm と小さいようです。前述のように、最近の深海底堆積物からは、ピコプランクトンとよばれる小さな藻類が続々と発見されており、貧栄養の環境下ではしばしば細胞も小さくなります。地球上のマグネトソウムの体内の磁鉄鉱は四角形、涙滴型とも結晶が一行に並ぶのが特徴です。ALH84001 隕石 の TEM 写真には、磁鉄鉱が一行に並んでいる場面も見あたりません。各々の粒子を分析電子顕微鏡で点分析し、それが鉄やイオウを主成分としているかどうかのチェックも必要です。さらに、それらの粒子が磁鉄鉱であるとしたら、その磁性も確かめたいと思うでしょう。磁石に着けて集めた粒子のみを観察し、それがバクテリアの形態を示していたら、生物起源といえる強い証拠の一つとなるでしょう。

## 5. まとめ

以上の①から④までの事実を総合的に判断すると、JSC の David McKay らの論文 (Science, 273, 924-930, 1996) は、生命活動の痕跡の証拠を一応そろえており、火星に生命がいたという解釈が妥当であるように見えます。これらの証拠のうち mineralogy、特に biomineralogy からの論拠がかなり強く、バクテリアの電子顕微鏡写真は説得力があり、過去の火星の生命の化石残存物であろうと結論されます。地球上の化石および現世のバイオマットとストロマトライト中には、バクテリアが関与して生成した炭酸塩鉱物、珪酸塩鉱物、水酸化鉄鉱物、マンガン鉱物、硫化鉄物、リン酸塩鉱物など 250 種以上の生体鉱物が知られており、生物にとって極限環境と

思われるところでも生体鉱物化作用を行っています。したがって、現在の生体鉱物から地球環境における物質循環のメカニズムを知り、化石化した生体鉱物からは始生代の古環境を推測し地球の歴史を知ることができます。また、何十億年の間保存されている有機物や生体鉱物の保存と安定性を解明することは、地球の現在を知り、過去をたずね、未来を予測するとともに、火星における生命体の存在を証明することでもあります。また、これまでの惑星科学的データや微生物学、生体鉱物学のデータから判断して、火星に生命が誕生していたとしても不思議ではないように思えます。David McKayらの“火星の生命存在の証拠”が不十分であるとしても、今後の地球惑星科学の指針を与えたことは評価されます。

## 6. おわりに

この原稿を書いている最中にも、次々と新しいニュースが入ってきました。NASAのハッブル宇宙望遠鏡は、火星の北極周辺に発生している砂嵐の様子をとらえました。また、11月7日正午、火星探査機「マーズ グローバル サーベイヤー」をフロリダ州のケネディ宇宙センターから打ち上げました。火星に生命が存在するかどうかの調査にかかわるデータの収集が目的です。さらに、12月2日にも、探査機「マーズ パスファインダー」を打ち上げるようです。同探査機は来年7月4日に火星に軟着陸し、搭載の小型ロボット車を自走させ、土壌や岩石の組成を調査します。一方、11月7日発行の『ネイチャー』に、アメリカ、イギリス、オーストラリアの研究グループが、アパタイトが含まれていたグリーンランドの堆積岩中に、38億年前に地球に生命が存在した証拠を見つけたと発表しました。今までの最古の生物の痕跡は35億年前のもので、今回の発見で約3億年もさかのぼることになりました。化石のような直接の痕跡は残っていなかったといえども、次々と地球の生命史が書き換えられていきます。私たち地球を相手にする研究者も、堅い頭に血を巡らせて柔軟に物事を考えるときだと思えます。

## 文 献

- 田崎和江, 1995, 微生物がつくる鉱物. 地質ニュース, 489, 17-30.
- 田崎和江 (1995, 間欠泉バイオマット中のバイオミネラル化の電子顕微鏡観察. 地質学雑誌, 101, 304-314.
- 田崎和江・山村 健・長井広恭・小岩崎浩一, 1995, バクテリアがつくりだす縞模様. 月刊地球, 18, 9-18.
- 石渡 明・笹谷啓一・田崎和江・坂本 浩・中西 孝ほか, 1995, 1995年2月18日落下<根上隕石>概報. 地球科学, 49, 71-76.
- 田崎和江, 1996, バクテリアによるイオンの濃集と実験生体鉱物学: 環境鉱物学のすすめ. 鉱物学雑誌, 25, 29-48.
- 田崎和江, 1996, バイオミネラル化と環境. 資源と素材, 112, 827-835.
- Tazaki Kazue and Ishida Hideki, 1996, Bacteria as nucleation sites for authigenic minerals. Jour. Geol. Soc. Japan, 102, 866-878.

(金沢大学大学院自然科学研究科)

## 論文紹介

## クレメンタインのバイスタティックレーダー実験

Nozette, S., Lichtenbery, L.C., Spudis, Bonner, R., Ort, W., Malaret, E., Robinson, M., Shoemaker, E.M., 1996, The Clementine bistatic radar experiment. Science, 274, 1495-1498.

1994年4月クレメンタイン探査機は、その軌道面が地球を横切る機会を利用して、月の両極地域でのバイスタティックレーダー実験をおこなった。これはクレメンタインの直径1.1m高利得アンテナを送信機に、地上のNASA深宇宙ネットワークの70mアンテナを受信機として使う実験である(図1)。

月の南極は、直径2500km、中央部の深さが12kmに達する南極-エイトケンベイスンの縁から200km内側に位置する。このため、ベイスンの縁よりも5~8kmも低く、永久に太陽光線の届かない地域が15,500km<sup>2</sup>以上あると推定される。一方北極にはこのようなベイスンがないので永久影の地域は530km<sup>2</sup>に過ぎない。

4月9~10日の軌道234、235、236では南極付近での、4月23~24日の軌道299、301、302では北極付近での実験を行った。このうち解析に使用できたのは軌道234、235、301、302で、 $\beta$ 角およびローカルな表面への入射角に対する、右回転の偏波と左回転の偏波の強度比(RCP/LCP dB)を調べた。このうち南極からわずかにはずれ、部分的に太陽に照らされた地域を通過した軌道235と、北極を観測した軌道301、302では、RCP/LCP比に変化がみられなかった。唯一南極点を含む地域を観測した軌道234(図2)の $\beta=0$ 付近で、RCP/LCP比の約20%の減少がみられた。この観測結果は、南極の永久影の部分に岩石物質が混じりあった、あるいはそれらで覆われた氷(または揮発性物質)が存在していることを推定させる。(白尾元理)

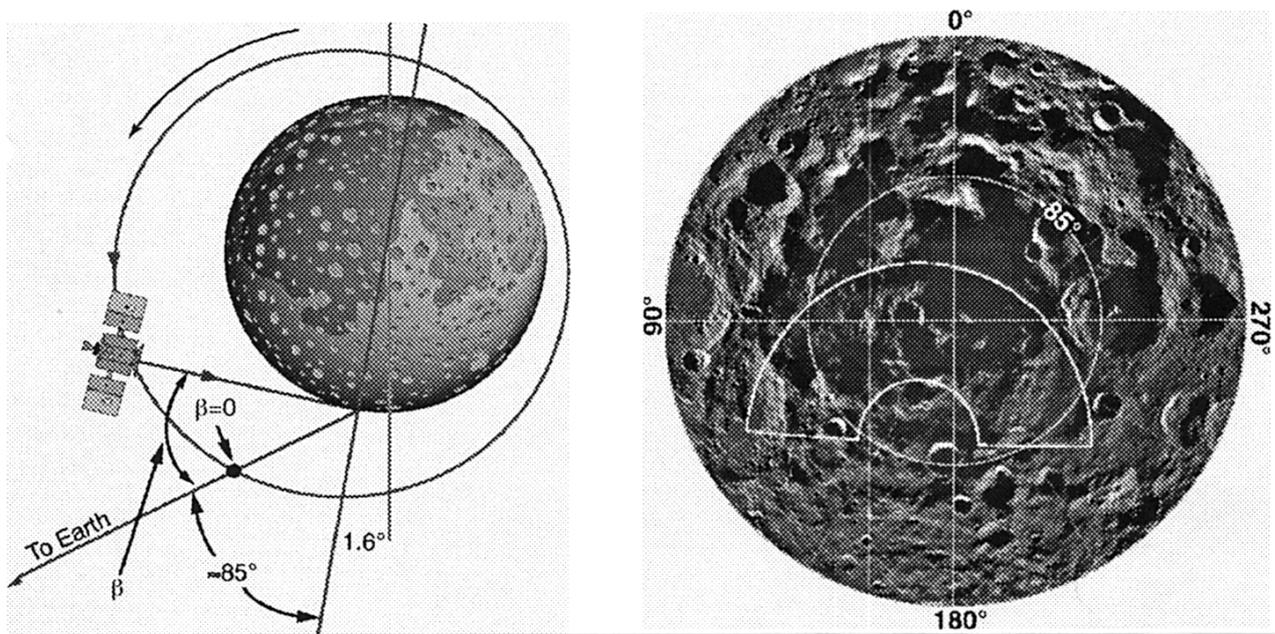


図1 (左) 月の自転軸は黄道面の垂線に対して1.6°傾いており、月の軌道面は黄道面に対して5°傾いている。バイスタティック角 $\beta$ は探査機、月面、地球の受信局のなす角度。

図2 (右) 南極地域のクレメンタインモザイク画像。外周が緯度80°、内側の円は緯度85°。扇形が軌道234でデータが取得された地域。

紹介者注：この論文は「月の南極に氷が存在？」と話題になったオリジナル論文。1997年10月に打ち上げられるアメリカのルナプロスペクターには中性子スペクトロメーターが搭載され、極軌道で1年以上観測する予定である。氷が本当に存在するのか、またあればどのような分布をしているのかなど、詳しいデータを送ってこることが期待される。

## 論文抄録

### 百武彗星の電波観測でイソシアン化水素を発見

Irvin, W.M., Bockelee-Morvan, D., Lis, D.C., Matthews, H.E., Biver, N., Crovisier, J., Davies, J.K., Dent, W.R.F., Gautier, D., Godfrey, P.D., Keene, J., Lovell, A.J., Owen, T.C., Phillips, T.G., Rauer, H., Schloerb, F.P., Senay, M., and Young, K., 1996, Spectroscopic evidence for interstellar ices in comet Hyakutake. *Nature*, 383, 418-420.

1996年3月16日、百武彗星 (C/1996B2) が太陽に 1.219AU、地球に 0.305AU の距離に接近した際、James Clerk Maxwell 望遠鏡 (JCMT) による電波観測で、シアン化水素 (HCN) の構造異性体であるイソシアン化水素 (HNC) を検出した。これは同彗星が地球に 0.137AU まで近づいた3月22日、Caltechのサブミリ波望遠鏡観測でも確認された。HNC/HCN比はほぼ0.06で、この値は星間雲中の割合にきわめて近い。この事実は、星間雲中の揮発成分が何らかの形で彗星核中にとり込まれたことを示すものかもしれない。(K)

### 百武彗星の赤外スペクトルからアセチレンを検出

Brooke, T.Y., Tokunaga, A.T., Weaver, H.A., Crovisier, J., Bockelee-Morvan, D., and Crisp, D., 1996, Detection of acetylene in the infrared spectrum of comet Hyakutake. *Nature*, 383, 606-608.

著者らは、ハワイのマウナケア山頂のNASA赤外望遠鏡を用いて、百武彗星が太陽に0.73AU、地球に0.47AUの距離に近づいた1996年4月8日、その赤外スペクトル中にアセチレン ( $C_2H_2$ ) を検出した。含有量は  $C_2H_2/H_2O=0.3-0.9\%$  で、これは冷たい星間雲中に含まれる量にほぼ相当する。このことから、百武彗星中の揮発成分は、原始太陽系星雲の凝縮過程でつくられたとするよりは、星間雲中の水でおおわれた粒子に由来すると考えたほうがよいと思われる。(K)

### 38億年前に地球生命が存在したことを示す証拠

Mojzsis, S.J., Arrhenius, G., McKeegan, K.D., Harrison, T.M., Nutman, A.P., and Friend, C.R.L., 1996, Evidence for life on Earth before 3,800 million years ago. *Nature*, 384, 55-59.

地球上最古の堆積岩とみなされている、グリーンランド西部 Isua の38億年前の縞状鉄鉱層と、近くの Akilia 島にある38.5億年前の同様の地層に含まれる、アパタイト (燐灰石) 中の炭素質包有物の炭素同位体比を測定した結果、 $^{13}C/^{12}C$  比が既知の無機的過程による値よりも低いことがわかった。この事実は、生物の活動があったことを示す証拠とみなされる。地球上の生命存在の証拠は、これまでに知られている最古の化石 (オーストラリアのエイペックスチャート中の35億年前の微化石) よりも3億年さかのぼることになる。(K)

### 太陽系天体表面の揮発物に富む堆積層でおこる侵食作用

Moore, J.M., Mellon, M.T., and Zent, A.P., 1996, Mass wasting and ground collapse in terrains of volatile-rich deposits as a Solar System-wide geological process: the pre-Galileo view. *Icarus*, 122, 63-78.

火星の極冠地帯には、不規則なピットや崖の崩壊現象が各所にみられるが、これらは岩石中の揮発成分が失われたために生成した侵食地形と解釈できる。同様な例は木星のガリレオ衛星やトリトンでも観察される。ガリレオ衛星では $H_2S$ 、 $CO_2$ 、 $NH_3$ などの昇華によって侵食が起こると考えられる。イオの極地では $H_2S$ 、エウロパでは $CO_2$ と $H_2S$ 、ガニメデでは $NH_3$ がその主役をなしているかもしれない。揮発成分の昇華による侵食作用は、太陽系で広範におこる地質過程とすることができる。(K)

#### タイタンにおける侵食作用——過去と現在

Lorenz, R.D., and Lunine, J.I., 1996, Erosion on Titan: Past and present. *Icarus*, 122, 79-91.

地球とよく似た大気圧をもつ土星の衛星タイタンは、その表面に液体の物質が存在しうると考えられる。著者らは、液体のメタンとエタンの海の中で、水とアンモニアの氷からなる島がどの程度溶けるかを、地球上での岩石の溶解度と比較しながら検討した。その結果、水の氷からなる地形の溶解はあまりおこりそうもなく、地球（や火星）の周氷河地帯の環境下でおこると同様な降雨による侵食が、最もおこりやすいだろうという結論になった。カシニ探査機による成果が期待される。(K)

#### 月のクレーター直下でのラコリスの形成とクレーター底の変形

Wichman, R.W., and Schultz, P.H., 1996, Crater-centered laccoliths on the Moon: Modeling intrusion depth and magmatic pressure at the crater Taruntius. *Icarus*, 122, 193-199.

月のクレーターによくみられる床面の割れ目は、地球の火成岩体の一つ、ラコリス（餅盤）上にできた地表の変形の様子と似ている。このことから、クレーター直下の浅い所にマグマが貫入して床面の変形をもたらしたとするモデルが考えられ、貫入岩体の大きさ、マグマの圧力、貫入の深さを推定できる。タルンティウスクレーター（直径56km、静かの海と豊かの海の境にある）にこのモデルを適用すると、貫入岩体の大きさは直径30km、厚さ1900m、マグマの圧力は9MPa（90bar）、深さは1～5kmとなる。(K)

---

## 新刊紹介

### 火 星

Sheehan, William, 1996, *The Planet Mars: A history of observation & discovery*. The University of Arizona Press, 271pp, 139×229mm. ((有)ピー・エム・エスから3390円で購入)

本書は、惑星科学関連の出版を得意とするアリゾナ大学出版部からの新刊である。この出版社の面白いところは、20冊以上にもなる大部のSpace Science Seriesのようなきわめて学術的な本から、本書のような一般読者の好奇心をみたとすような普及書まで、幅広い読者層をカバーしている点である。

著者シーハンとはミネソタ州に住む精神科医で、アマチュア天文家でもあり、また天文歴史家で

もある。本書の構成は以下の通り。1. 火星の動き、2. パイオニア達、3. 地球に似た環境、4. 火星地理学者、5. 1887年、6. 追認と論争、7. ローウェル、8. 目はどのように感じるか、9. 1909年の衝、10. 消えないロマン、11. 火星探査機、12. マリナー9号、13. バイキングとその後継者、14. 忙しい衛星達、15. 火星を観測する。付表1. 1901~2035年の衝、付表2. 1608~2035年の大接近、付表3. 火星のデータ。

火星そのものについても興味深いことは多いが、いっぽうでは火星をめぐる人々についても話題はつきない。火星の大接近は16年に一度しかなく、その時でさえ月の大きさの40分の1にしか見えない。地球大気の下からの観測で見えるのは、大気の擾乱によってぼやかされた火星像。1人の観測者にとってはせいぜい2回の大接近を観測するのがせいっぱいだろう。しかしより細かく観測したいという欲望のあまり、しばしば彼らは想像力を巡らしすぎた。4章から10章までは、精神科医という専門家の立場から観測者の心理状態にまで踏み込んだ考察がなされており、本書のハイライトをなしている。この部分に興味を持った方は、シーハンが同じ出版社から1988年に出した“Planets & Perception: Telescopic Views and Interpretation, 1609-1909”を読むとよい。

11章から16章は火星の一般的な解説である。16章では、アマチュア天文家のための火星観測法が述べられている。この部分には14ページがさかれているだけなので十分とはいえないが、CCDによる観測にまで触れられており、最近の傾向が要領よくまとめられている。宮崎勲さんや沼澤茂美さんなどの名前も登場し、この分野では日本の観測者が頑張っていることがわかる。

本書は、火星を知るための本ではなく、火星を観測した人々を知る歴史書といえる。多くの探査機が膨大なデータを送ってくる現在、何をすべきか迷っているアマチュア観測家が少なくない。そういう方々には、本書が解決の糸口を見出す手がかりになると思う。(白尾元理)

---

## INFORMATION

### ●1997年地球惑星科学関連学会合同大会開催のお知らせ

日時：3月25日(火)~28日(金)

場所：名古屋大学東山キャンパス(〒461-01 名古屋市千種区不老町 TEL: 04992-2-1441)

連絡先：プログラムに関連した問い合わせは名古屋大学理学部地球惑星科学教室 加藤学

TEL.052-789-3650 FAX.052-789-3013 Email: kato@eps.nagoya-u.ac.jp

一般講演の他にシンポジウムとして、25日午後「火星生命存在の可能性：物質科学的、生物学的、惑星科学的側面からのアプローチ」、27日午前「太陽系探査の世界的流れと果たすべき役割」、28日午前「全地球ダイナミクス—新しい地球観の創成にむけて—」など、惑星科学関連の講演があります。

**編集後記**：“火星の生物痕跡？”はわが国の惑星科学界にも衝撃を与えました。しかし無機物を扱うことの多い地球科学研究者にはその真偽が判断しにくいものです。そこで本号では金沢大学の田崎和江さんに解説していただきました。また、11月には“月の南極に氷”、“エウロパの地下に海”などの発見が相つぎ、久しぶりに話題の多い年となりました。来年は、現在火星へ向かって飛行中のグローバルサバイヤーとパスファインダーがどんな成果をもたらすかが楽しみです。(S)