

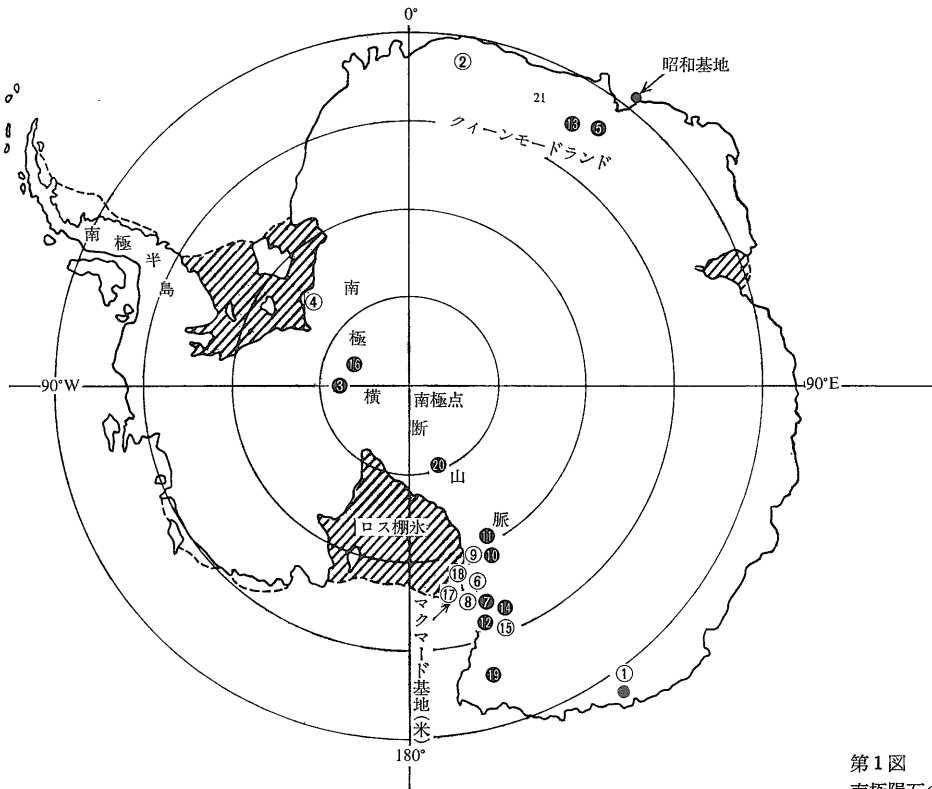
南極隕石の発見—その1. 初期の隕石探査と成果

矢内 桂三¹⁾

1. はじめに

南極で発見採集された隕石を“南極隕石”と総称している。最近ではこの呼び方が隕石研究者の間で定着し、これに対し南極以外で発見された隕石を“非南極隕石”と呼び、区別するほどである。南極隕石も非南極隕石も“地球外物質”(extraterrestrial material)であることに変わりはないが、両者にはきわだった違いがある。南極隕石は数が多く、その結果として隕石種に富む特徴がまずあげられる。現在非南極隕石の総数は2500個程で、南極を除く地球上の各地で有史時代に発見採集した全てである。これに対し、南極では最近の20年間に約14,000個

を越す大量の隕石が回収されている。数の多さは新種隕石の発見を始め、希少隕石種を含む極めて興味ある成果をもたらしている。次に重要な点は南極隕石は博物館などにより発見されたものでなく科学観測を主とする“南極観測隊”により発見されたことである。これは南極隕石が従来の隕石のように秘蔵されることなく、研究用にオープンな形態を取ったことにある。この結果として隕石研究を大きく促進させ、広くは宇宙科学の推進に大きく寄与することになった。更に南極隕石の約60%の8700個を日本が所有していることである。この数は勿論現在世界一で、大英博物館やスミソニアン博物館の所有する隕石の数倍に相当する。非南極隕石の大部分は一つの隕



第1図
南極隕石の採集地点.

1) 国立極地研究所：〒173 東京都板橋区加賀1-9-10

キーワード：南極隕石、やまと山脈、氷帯、JARE (日本南極観測隊)

石をいくつかに分割し、世界の大博物館がそれらの一部分を保管する方式を取っている(物々交換方式)。しかし、南極隕石の場合は採集した国(機関)が全てを保管する仕組みになっている。

南極隕石は南極観測の特記すべき成果の一つである。南極観測が始まった34数年前、大量の隕石が南極の氷原に発見されるのを待っていたようとは夢想だにしなかった。一個の隕石、この偶然の発見が偶然として終わらなかった点に日本南極観測隊の運があったように思う。これが契機となって大量発見に結びつけたのは地質屋の目と足と地道な努力、それに一途な探求心なしには達せられなかったであろう。

一個の南極隕石がもたらした情報は宇宙観にも大きな影響を与え、南極隕石の重要性は益々高まっている。しかし、南極隕石は簡単に手に入るものでなく、南極に於ける隕石探査はことのほか厳しく、言語に絶するものがある。マイナス30℃を越す寒気と一時も止まぬ強風、底なしのクレバスの恐怖が常に探査隊を待ち構えている。隕石がクレバス帯に多産する特異性が隕石探査をことのほか困難なものにしているが、隕石の発見は寒気も恐怖も忘れさせてくれるものがある。

第1表に隕石探査と成果の概要を示した。また、第1図に南極隕石の採集地点を、第2図に年度別国別隕石採集数を示した。以下これに添って幾分詳しい説明を加えてみたい。

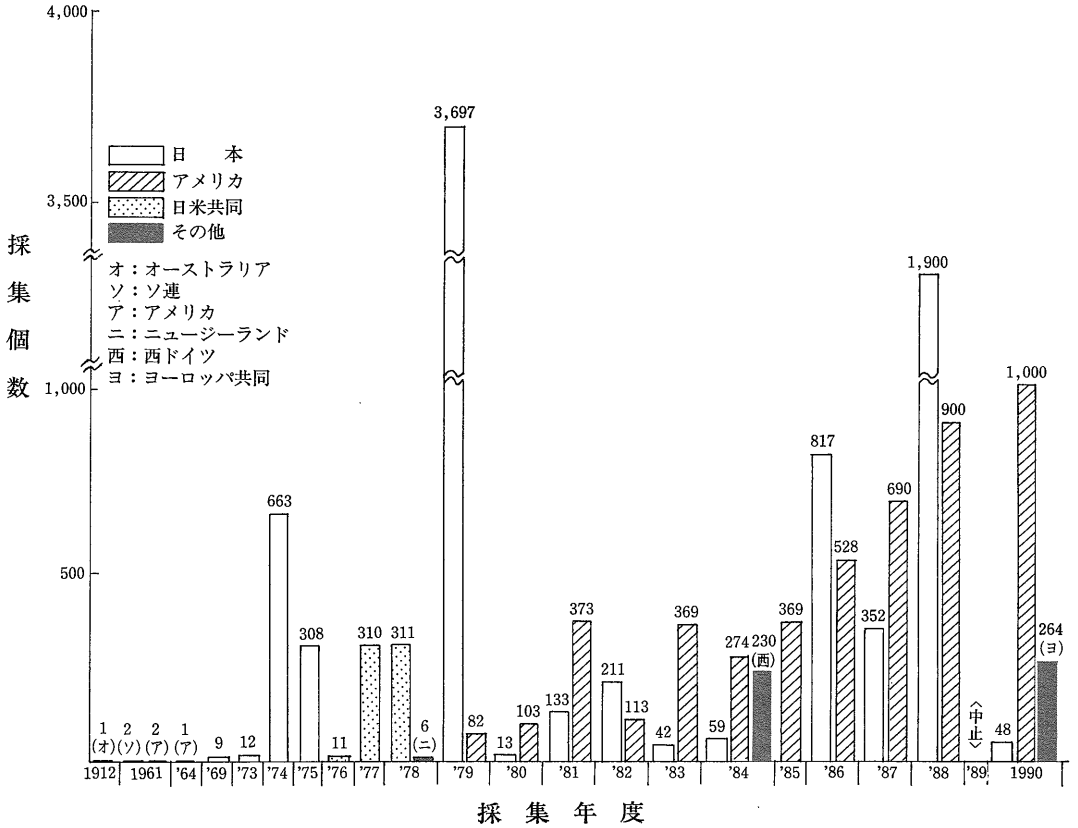
2. 南極隕石第1号の発見

南極第1号隕石は1912年、アデリーランド(第1図の①)でオーストラリア南極探検隊により発見されたコンドライトである(Bayly and Stillwell, 1923)。南極第1号のアデリーランド隕石は重さ約1 kg、丸みを帯びた外形で、その表面は黒い熔融皮殻(ヒュージョンクラスト, fusion crust)で覆われている典型的な隕石である。この隕石は雪に半分埋没した状態で発見されたと記されている。もし、この隕石が雪面に直接落下したとすれば落年代が非常に若いことが期待出来るが、まだ測定結果が出ていない。しかし、現在の認識からすると雪の上に産する南極隕石は極めて希である。アデリーランドは南極でも最も風の強い所として知られ、風速100mになることもあると言われている。年に10cm以上の削剝のあることがわかっているので、アデリーランド隕石は直接氷上に産していた可能性が高い。いずれにしてもアデリー

第1表
南極隕石探査とその成果

Field Season	Japan	US	Others	Memo
1912			1(オ)	南極隕石第1号
1961		2	2(ソ)	
1964		1		
1969 JARE-10	9			やまと山脈で隕石を発見
1973 JARE-14	12			
1974 JARE-15	663☆			隕石大量発見
1975 JARE-16	308			組織的な隕石探査始まる
1976	11 (11)☆	11		日米共同隕石探査、南極最大の隕石(400kg)発見、火星起源隕石の発見、女性の参加
1977	249 (310)☆	249		
1978	227 (311)	228	6(ニ)	
1979 JARE-20	3,697 ☆	82		日本隊月起源隕石を発見
1980 JARE-21	13	103		
1981 JARE-22	133	373		米国隊月起源隕石を発見
1982 JARE-23	211	113		月隕石の発見続く
1983 JARE-24	42	369		
1984 JARE-25	59	274	230(西)	西独の発見
1985		369		
1986 JARE-27	817	528☆		米国は国際隊を組織
1987) JARE-29	352	690		
1988	1,900) ☆	900		クレバス転落事故
1989 JARE-30	中止	中止		米国の隕石探査中止
1990 JARE-31	48	>1,000	264(E)	ヨーロッパ共同隕石探査隊発足
計	8,751	>5,292	503	合計 14,546個 [約14,000個(ダブリを除く)]

☆ 筆者参加 JARE: Japanese Antarctic Research Expedition (日本南極地域観測隊)
(オ)オーストラリア (ソ)ソ連 (ニ)ニューゼーランド (西)西独 (E)Euromet(ヨーロッパ共同隊)



第2図 年度別国別隕石採集数。採集年度例えば1990は1990年6月22日から1991年6月21日間に採集された隕石の総数を示す。

ランドからは一個しか発見されていないので、後述の隕石が集積しているケースとは異なるのかも知れないが、その後の探査は行われていない。

1910年代は南極探検の最も華々しい時代であった。ノルウェーのアムンゼンと英国のスコットによる南極点一番乗りや、白瀬隊による日本初の南極探検が行われた時代でもある。上記のオーストラリア隊は南磁極の一番乗りを目指したものであった。南極隕石の発見はこのような探検の途中偶然にもたらされたものであった。英国のスコット隊は南極点旅行の帰途全員死亡してしまったが、彼等はオーストラリア隊の2年前、南極横断山脈ペアドモア氷河源頭の裸水帯で隕石を見たと言われている。しかし、スコット隊が死のキャンプまで持ち帰ったのは、南極横断山脈に広く分布する中・古生代の石炭や植物化石等であった。当時の博物学的な興味は隕石等より南極に生物がかつて棲息していたことを示す「木や植物の化石」の方がはるかに貴重だったのであろう。1967年1月、C130ハーキュリーズ輸送機で上空からペアドモア氷河源頭の裸水帯(写真1)を偵察する機会があっ

た。現在までの経験からすると、この裸水帯は隕石集積に極めて有望な場所と思われ、仮にスコット隊が隕石を発見したとしても決して不思議ではない。スコット隊が見たとされる隕石—南極隕石第1号となったであろう隕石は、不幸にして人類の隕石コレクションには含まれなかったが、当時既に南極に隕石存在の可能性があったこと、しかもその場所が大陸内部の裸水帯であったことは大変興味深い。

3. 南極観測の開始と南極隕石

約半世紀間空白のあった南極に、国際地球観測年の国際的な学術調査として南極観測がスタートした。世界64カ国の一員として日本もこれに参画し、1956年11月、第1次南極観測隊が日本を出発、翌1957年1月末、オングル島に昭和基地を開設し、越冬を開始した。以後一時期の中断はあったものの、1991年11月には第33次隊が出発する運びになっている。各国も基地を建設し、越冬観測を開始した。しかし、これが直ちに隕石発見には結び付かなかつた。なぜなら、各国の基地は海岸線かその近傍

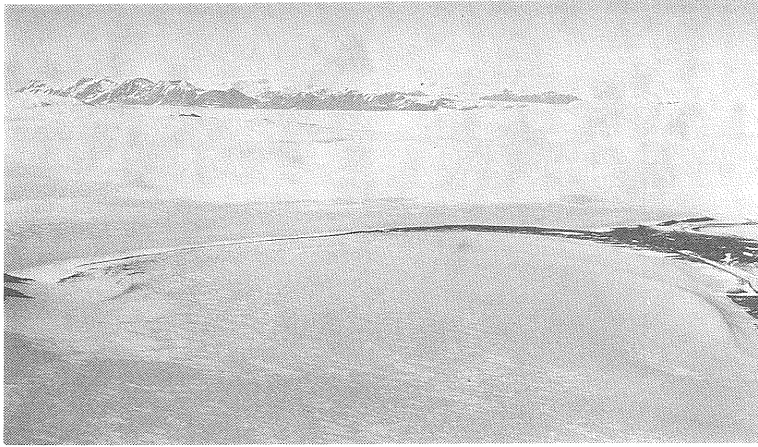


写真1 かの有名なスコット隊が通った Beardmore 氷河源頭の裸氷帯，85°S，標高 2500 m，サークル状のモレーンが発達する。

に建てられ、野外調査もその周縁地域に限られ、今では常識的になっている隕石の集積地：内陸の裸氷帯への到達はまだ先の話であった。

基地建設一越冬が軌道に乗ると、基地外の科学調査、特に地学・雪氷を中心とする野外調査は沿岸地域から大陸内部へと拡大していった。そして、隕石発見の機会が再び訪れた。1961年1月、ソ連隊は基地南方の山脈を調査中、氷床の末端に近い露岩上から2個の鉄隕石(隕鉄)を発見した(第1図の②)。これらはラザレフ隕鉄と命名され、重量はそれぞれ8 kg、2 kgであった。このような露岩上からの発見は珍しい。恐らく地上の岩石とかなり岩相が異なることで発見されたのであろう。同年12月、米国隊の地質班は85°Sのシール山脈を調査中、モレーン末端の裸氷上で2個の石鉄隕石パラサイトを発見(第1図の③)、シールパラサイトと命名した(Ford and Tabor, 1971)。シールパラサイトは重さが22.7 kgと9.0 kgで、表面付近のカンラン石はすっかり脱落し、蜂の巣状であった。更に米国隊の地質班は1964年、ペンサコラ山脈で1.07 kgの鉄隕石、ネプチューン隕鉄を発見採集した(第1図の④)。

4. やまと山脈での隕石発見

1969年にやまと隕石が発見されるまで南極からは4カ所合計6個の隕石が発見されたに過ぎなかった。これらの発見は大陸氷上の旅行や他の調査(雪氷、地学、生物等)の時たまたま出会ったもので、発見は偶然のこととされ、当時は誰もがそう信じて疑わなかった。日本の観測隊(正式には日本南極地域観測隊、Japanese Antarctic Research Expedition: JARE, 日本の前に第何次が付く)が、1969年12月、やまと山脈(図1の⑤)で日本隊としては初

めて隕石を発見した場合も同じように偶然の発見とされてしまった。

第10次観測隊(JARE-10)の雪氷・地学調査隊は1969年12月、やまと山脈南部で雪氷学的調査中、裸氷上に“黒い物”を発見し、採集した。更に同隊は付近の裸氷上から8個の“黒い石”を発見採集した(Yoshida et al., 1971)。発見された合計9個の“黒い石”は全て隕石であることがその後の研究で確認された(島正子ほか, 1973)。しかし、最初の隕石はインスタタイトコンドライト、ダイオジェナイト(エコンドライトの一種)、炭素質隕石等を含み、その種が多岐にわたり大変特異な隕石群であった

のにもかかわらず、あまり注目されなかった。それは隕石としての確認が遅れたこと、その中でダイオジェナイトはヒュージョンクラストがほとんどなく、岩相が地球のダナイトによく似ているため、隕石としての同定がなかなか出来なかった。しかし、何よりも南極に隕石が集まっていることなど信ずる人はいなかったし、ある場所に隕石が集中して産する場合は隕石雨(メテオライトシャワー)とするのが慣習であった。

1973年12月、JARE-14の雪氷地学調査隊は4年前と同じ裸氷帯で8個の隕石を確認し、更に50km離れた裸氷帯からも4個の隕石を発見した(Shiraishi et al., 1976)。発見した12個のほとんどは普通コンドライトであったが、エコンドライト隕石のハウルダイト1個を含んでいた。今回の隕石発見も、特に隕石探査を目的としたものでなく、調査中あるいは移動中に裸氷帯でたまたま偶然に発見したものであった。しかし、このことは他の裸氷帯にも隕石のある可能性を強く示してくれた。

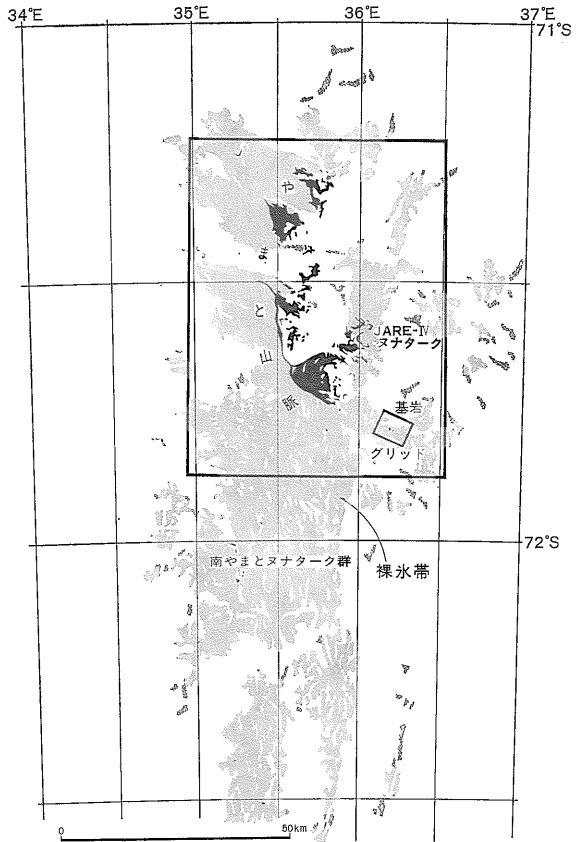
今にして思えば、この2回の隕石発見は極めて画期的な出来事であったが、当時の日本は隕石に関する科学的関心が乏しかったためか見過ごされてしまった。しかし、国外ではやまと山脈産隕石の研究結果が国際隕石学会で発表されると、大きな関心を引き起こしていた(Shima et al., 1973)。同隕石群には特異な隕石種が含まれていること、それらが集中して発見されたこと(決して隕石雨ではない)、更に今後も発見される可能性の高いことなどが主な理由であった。

5. やまと山脈での隕石大量発見

JARE-14の雪氷地学調査隊がやまと山脈で隕石を発見していた1973年12月、筆者はJARE-15で2回目の越

冬のため氷海を昭和基地に向かう“ふじ”の中で越冬中の地質調査計画を練っていた。しかし、筆者はやまと山脈産隕石の存在すら知らなかったし、ましてやこの隕石が国際的に大きな関心が寄せられていることなど全く情報がなかった。また、JARE-14の地質メンバーと基地で引き継ぎをしたときも、やまと山脈での隕石発見についてはほとんど話題にならなかった。ただ、越冬明けの1974年10月からやまと山脈の地質調査を最大の野外行動として予定していた。

1974年10月、4名の調査隊はやまと山脈を目指し、基地を後にした。途中雪上車の再三のトラブルに悩まされ、また、やまと山脈直前では巨大なクレバス帯に遭遇、立ち往生を余儀なくされた。恐怖のクレバス帯を決死の思いで切り抜け、700kmの道のりを1カ月費やして11月25日にやまと山脈最南端の裸氷帯に到達した。きしくも日本を離れて1年目の日であった。長い越冬を乗り切って、やっと地質調査が出来るところまでこぎつけた。裸氷帯の南端からはやまと山脈が眼下に望め、氷床より山脈が低いと言う奇妙な地形になっている。この付近の裸氷帯は既に2回隕石が採集された場所であり、我々も一応裸氷上に注意して山脈を目指し下って行った。一瞬目を疑った。雪上車の引いていた大型ソリが雪上車の前を走っている。ソリが氷上を自走し始めていた。カジを切ってあやうく難を逃れたものの、大きな衝撃に雪上車は180度方向を変えてしまった。我々はこの時初めて前方の裸氷上に“黒い物”があるのに気が付いた(写真2)。近づいて見るとコブシ大の岩石片、よくよく見るとヒュージョンクラストが付いている。隕石! 間違いない。こうして偶然に最初の隕石が発見された。更に周囲の裸氷上を見回すと、右に左に“黒い物”が目に入った。近づいて確かめてみると、皆「隕石」であった。こ



第3図 やまと山脈周辺の裸氷帯、裸氷帯の広さは約4000km² (東京都の約2倍)。

氷床は南東から北西に流れる大きな枠は1969-1975年の探査域。基岩に10×10kmのグリッドを設定。

ここに来るまで隕石も何個か拾えるのではないかと期待する気持ちもあった。ところが、裸氷のルート上を走っただけで10数個の隕石を発見してしまった。裸氷上の“黒い物”の全部が隕石、これはただ事ではない。メンバー全員が興奮してしまった。隕石探しの項目は公式にはなかったけれども、今の状況は隕石探しをやるべきと判断し、地質調査を棚上げし、南極で最初の「組織的隕石探査」を試みることにした。

隕石探査に特に妙案があるわけではなかった。マグネティックディテクターなる探査機は初めから頭になかった。調査隊が持っているのはハンマー、クリノメータ等、ただ各自が双眼鏡を持っていたのは幸運であった。隕石が本当に集まっているのかどうかをまず確かめる必要があった。そのためにやまと山脈で最初に隕石が発見された裸氷域に10×10kmのグリッド(第3図)を設定し、この中を隈なく探すことにした。今回発見した分も含めると、このグリッドの中から20数個の隕石が既に採集さ

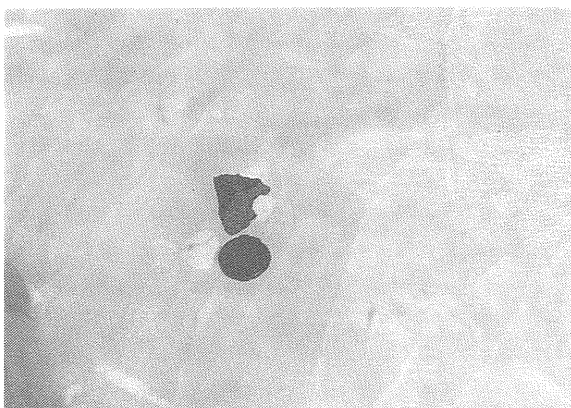


写真2 第15次観測隊の発見した第1号隕石、Hコンドライト 246 g.

写真3 (右)

隕石探査風景, 小型雪上車を使った隕石探査 (1974年12月, やまと山脈).



写真4 (下)

隕石を発見し, 喜ぶ筆者. 1974年11月29日, 77番目に発見したコンドライト 5575g (当時最大の隕石).



れていた。定まった探し方があるわけもないので、我々は雪上車を使うことにした。1人が運転し、前方を探す。2人が屋根に座り両サイドを分担、一応専門家の筆者は後方のスラップに立って見落としをチェックした(写真3)。

-30℃下での探査はただただ厳しい一言につきる。その上裸水帯は風が強い、風速1mが体感温度を1℃下げると言われ、風に向かうと涙が出て止まらない。それが一瞬に凍結、目が開けられなくなってしまう。止まらない鼻水、鼻の頭や頬の凍傷……。体を貫いていく寒気……。それでも隕石を発見した時は皆飛び上がって喜んだ(写真4)。

5日間でグリッド内の探査を一応終了、約200個の隕石を発見した。ダイオジュナイト、ユレイライト、炭素質隕石、パラサイト等、当時は名前もよく分からなかったが、貴重な隕石種が多く含まれていた。ダイオジュナイトはダナイト様隕石、パラサイトは斑状岩様隕石と名付ける程度の知識しかなかったが、グリッド内の“黒い物”は全て隕石であったのは正に驚くべきことであっ

た。その後も調査域を北方(写真5)に拡大しながら探査を続け、一日に150個、200個と採集した。約2週間で600個を越す隕石の大量発見となった。燃料も底をつきかけた1974年12月31日、帰路に着いた。その日前述のグリッドを通過する時、隕石10個を採集し、探査を終了した。そして、組織的探査のズサンさを知ると同時に、隕石発見の可能性が驚異的に高いことを感じ取った。今回採集した隕石の総数は663個に達した(矢内, 1976)。その中で662番目に採集した炭素質隕石から後の研究でアミノ酸が多数検出され、隕石と生命の結び付きに大きな関心が寄せられた。

6. 1975年やまと隕石の発見

南極観測に正式な課題として「隕石探査」が登場したのは JARE-16 (1974-76) であった。JARE-16 の地質隊も、1975年末から翌年にかけて、やまと山脈周辺で隕石探査を実施し、307個を採集した(Matsumoto, 1978)。この時鉄隕石(隕鉄)が初めて採集された他、このコレクションはユニーク(希少)な隕石種を多く含んでいた。更に重要なことは JARE-16 はやまと山脈周辺の裸氷域を広範に調査し、あらゆる場所(裸氷帯)から隕石を採集していることである。しかも、場所が異なると種類も異なることも分かった。第4図に約1000個の隕石分布を示す。

前年の JARE-15 は 600 個余りの隕石を発見したが、この中に隕鉄は1個も含まれていなかった。隕鉄は比重が大きい(密度8前後)ので、氷の中に沈下してしまうと言うのが大方の予想であった。ある研究者は計算でこれを証明したりもしたが、現実に JARE-16 で隕鉄が採集されてしまった。隕石は種類に関わりなく裸氷帯全域に分布しているようであった。



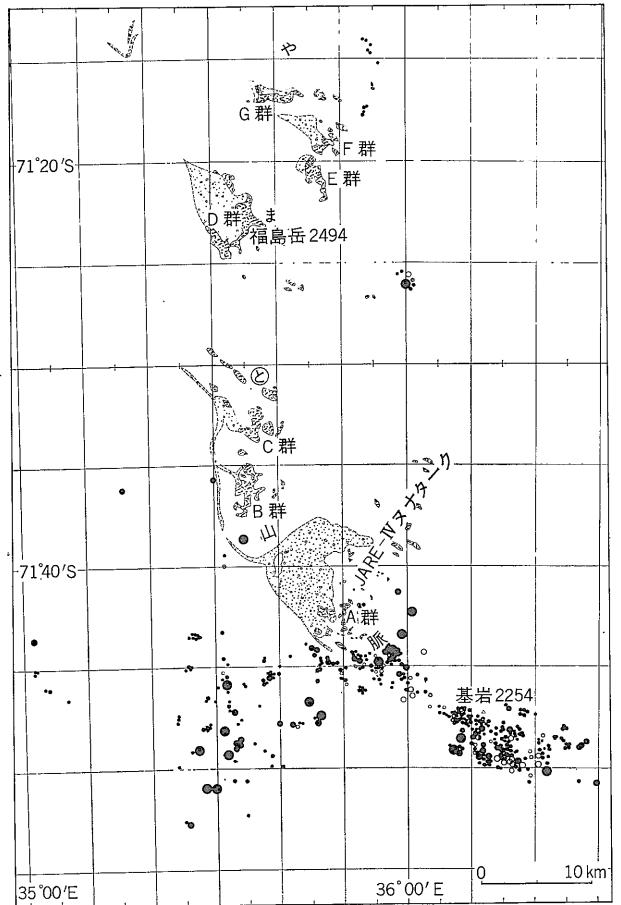
写真5 (左)
やまと山脈南端から北方を望む。山脈の左方(西側)には広大な裸氷帯が発達する。

第4図 (下)
やまと隕石の分布, 1979年以前の採集結果を示す。ただし, 重複するのはプロットしていない。基岩付近の集中域はグリッドに含まれる。
●コンドライト ○エコンドライト ⊙炭素質隕石

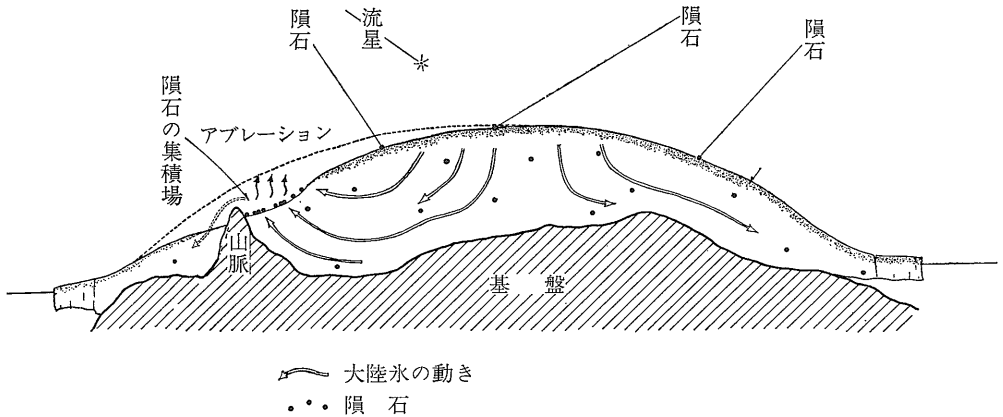
7. 南極に隕石は集まっているのだろうか

JARE-16が隕石探査をしている頃, 筆者は南極に隕石が集まっているのではないかと考えていた。隕石が南極大陸では極めて特異な場所である裸氷帯に集中的に発見される事実, 隕石種が多様であること(単に隕石シャワーでは説明が難しい)は隕石—氷床—裸氷帯には深い関わりがあるように感じられた。当時やまと山脈の「グリッド」の氷床流動に関する雪氷学的研究が進んでいた(Naruse, 1975)。報告によると, やまと山脈南部の裸氷帯(例のグリッドを含む地域)では氷床(氷河)が年数cm~10cmの割で上向きに流動している。一般に氷床は低い方向に向かって流れる(流動)するが, この地域は大変特殊で氷床は山脈に遮られ, 山脈を越えるように流れは上向きに変わっている。一方, 氷は年数cm~10cmの割で削剝(昇華や侵食)されている事実も確かめられた。つまり, 裸氷帯は上向きの氷の流れと削剝によって均衡が保たれている状態にあることが分かった。

南極から大量の隕石が採集されたことについて, 隕石シャワー説を否定するわけではないが, これだけで全てを説明出来ないことは既に述べた。南極は磁力線の集束する場所なので隕石も磁力線に引かれて落下し易いのではないか, あるいは引力のせいだ, 等いろいろ話があったが証明は出来ていない。筆者はシンプルに考えた。隕石の落下頻度については特にデータはないが, 地球全体に平均的に落下すると考えるのが無難であろう。第5図はこのような考えをまとめて示したもので, 「南極隕石氷河運搬集積モデル」と呼んだ。この図の断面のように南極大陸の氷床の



厚さは平均 2000 強, 最大 4500m を越すと見積られている。もう一度この図をもとに南極に隕石が集まる仕組みを考察しよう。



第5図 南極隕石“氷河運搬集積モデル”，南極大陸の内部に落下した隕石は大陸氷床のベルトコンベアーに乗って運ばれ、山脈に接する裸氷帯に集積する。破線は山脈が氷床で覆われていた時の氷床面と氷の流動を示し、この場合、隕石は氷床に乗って山脈を越え、流出してしまう。

南極大陸の内陸部に落下した隕石は、雪に埋没しながら大陸氷床のベルトコンベアーに乗って運ばれる。第5図の右半分のような場合、隕石は最終的に氷山に乗って、ついには海中に没してしまう。一方、同図の左半分の場合、氷床は山脈に遮られ流れは上向きに変わり、裸氷帯に達するとその先端から激しく消耗する。もし氷の中に異質物（隕石や地球の岩石）が含まれていると、氷が消耗しても「異質物」だけが裸氷帯の表面に残されることになる。もしこのような隕石の落下→氷床による運搬→裸氷帯へ出現が長期間継続されると、裸氷帯には次から次に隕石が集まることになる。しかも、ここに集まる隕石群は落下の時期や場所の異なるものであり、その種類も多様であって当然と言うことになる。当時採集されていた南極隕石約1000個はこの考えを指示するものであった。特に隕石の落下年代は100万年よりも古いものがあり、南極隕石は10万年、あるいは100万年の長い期間に蓄積した結果であることが分かった。今後も裸氷帯が継続されれば更に隕石が集積していくことは間違いない。しかし、地球規模の変動があれば大陸氷床も変動し、裸氷帯の消長にも影響する。第5図の点線は大陸氷床が増長した時を示すもので、このような場合大陸氷床は山脈を越えて流れてしまい、隕石が集まる裸氷帯は形成されないことになる。事実、第5図の“山脈”の頂上に大陸氷床がこの上を流れていた痕跡（氷河サッコン）が認められ、かつて氷床は点線のように山脈を越えて流れていたことの証拠である。このことは現在の「裸氷帯」もいずれは消滅する運命にあらう。また、地球温暖化に伴い、拡大しつつあると言えないわけでもない。とにかく、裸氷帯に隕石が集積しているのは間違いない事実であり、今探査に躊躇するときではないであらう。

文 献

Bayly, P. G. W. and Stillwell, F. L. (1923): The Adelie Land meteorite: Australasian Antarctic Expedition, 1911-1914. Science Reports, series A, 4, 1-11.

Ford, A. B. and Tabor, R. W. (1971): The Thiel Mountains Pallasite of Antarctica. United States Geological Survey Professional Paper, 750-D, D56-D60.

Matsumoto, Y. (1978): Collection of Yamato meteorites, East Antarctica, in November and December 1975 and January 1976. Mem. Natl Inst. Polar Res., Spec. Issue, 8, 38-50.

Naruse, R. (1979): Dynamical features of the meteorite ice field, Antarctica, Mem. Natl Inst. Polar Res., Spec. Issue, 12, 19-24.

Shima, M., Shima, M. and Hintenberger, H. (1973): Chemical composition and rare gas content of four newly detected Antarctic meteorites. Earth Planet. Sci. Lett., 19, 246-249.

島 正子・岡田昭彦・島 誠 (1973): 南極における宇宙物質に関する研究(Ⅲ). 隕石について. 南極資料, 47, 86-97.

Shiraishi, K., Naruse, R. and Kusunoki, K. (1976): Collection of Yamato meteorites, Antarctica, in December 1973. Nankyoku Shiryo (Antarctic Record, Japan), 55, 49-60.

矢内桂三 (1976): 1974年の南極産やまと隕石の探査と採集. 南極資料, 56, 70-81.

Yoshida, M., Ando, H., Omoto, K., Naruse, R. and Ageta, Y. (1971): Discovery of meteorites near Yamato Mountains, East Antarctica. Nankyoku Shiryo (Antarctic Record, Japan), 39, 62-65.

YANAI Keizo (1991): Discoveries of Antarctic Meteorites Part 1. Search for meteorites and its results at early stage.

<受付: 1991年5月31日>