

隕石がつくった湖

八 木 健 三

円い湖―ニューケベック・クレーター

クッタラ湖は私のもっとも好きな湖の一つである。人気のほとんどない、落ちついた周囲の環境と、美しく澄んだ水もさることながら、真ん円い湖の輪廓がなんともいえぬ美しい。小さな池だったら、もっと円い池もあるだろうが、直径が二・五キロにも及ぶ

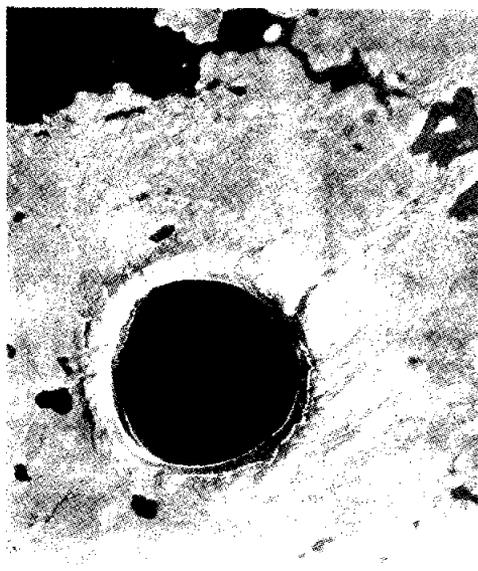
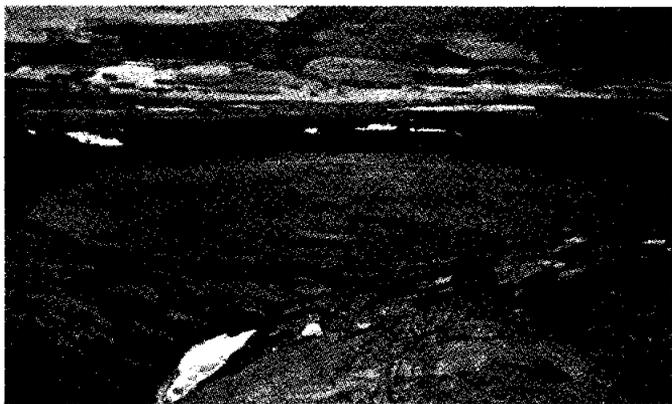


図-1 ニューケベック・クレーターの航空写真

火山のカルデラ湖で、これほど美しい円形の湖は日本では他にあるまいところである。クッタラ湖よりも、さらに完全な円形の湖がカナダの北極圏に近い北ケベック州の北端にあることが、この地域を探索したチャップ氏によって確

図-2 ニューケベック・クレーター (リチャード氏のスケッチ)



められ、チャップ湖とよばれていた。このチャップ湖が一九五〇年実は隕石火口であることが立証されたというニュースは、地球科学の研究者に大きなショックを与えた。一本の樹木もない、荒涼たる先カンブリア紀層からなる地盤に刻まれたこの湖は、直径三・五キロ、深さ二五〇メートル、ほぼ完全な円形で、まわりには高さ一五〇メートルの低い丘陵がとりまき、一年の大半は水に閉ざされている。(図-1、図-2)

大きな隕石が毎秒一二―一四キロの宇宙速度をもって地上に落下すると、巨大な衝撃のエネルギーで地上に大きな穴ができる。これを隕石火口といい、そのもっとも



図-3 メテオール・クレーター



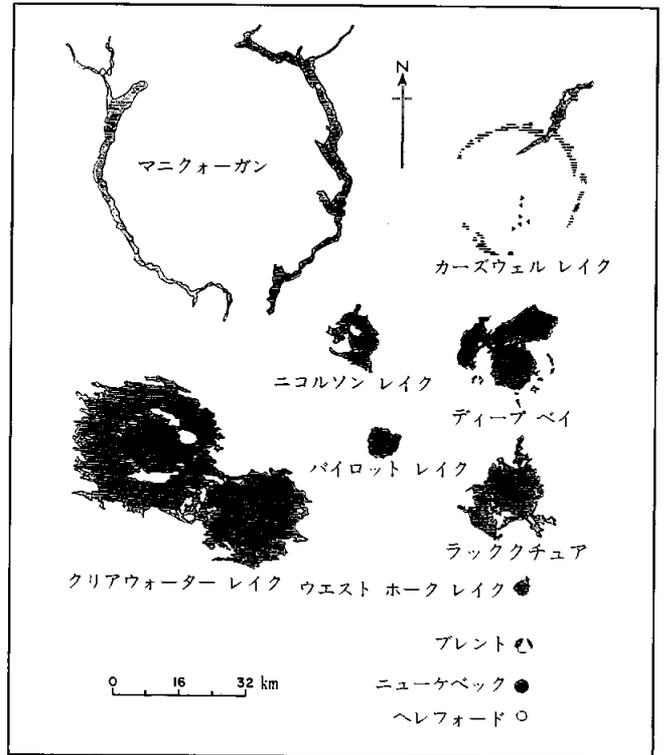
有名なものが、米国アリゾナ州の砂漠にあるメテオール・クレーターである。直径一二〇メートル、深さ一八〇メートル、縁がもり上っているのだからみると低い火山のようだ。この上には定期航空機がとんでいるので、機上からみごとな火口を見下した方もあるだろう。この周辺には多数の鉄隕石の破片がとび散っており、また衝撃の高圧のために、岩石をつくっている石英が、コークサイトやステイショバイトと呼ばれる高圧鉱物に変化しており、隕石の落下によることは疑いない。まさに隕石火口第一号である。(図-3)

チャップ湖は氷河に削られているため周囲には隕石の破片は見出されないが、詳細な調査の結果、平坦な先カンブリア紀層が湖の外側にゆるやかに傾いた丘陵をつくり、典型的な隕石火口に属し、しかもその生成も地質学的にはたいへん若く、数万年以内であることが明らかとなり、あらたにニューケベック・クレーター(ニューケベック火口)とよばれるにいたった。まさしく、隕石がつくった湖の第一号である。

カナダの隕石火口の湖

この大きな発見に刺戟されたカナダ地球物理観測所(ドミニオン・オブザバトリー)では、二〇〇万枚に及ぶカナダ全土の航空写真を総点検し、その中から円い湖と円い地形を拾い出し、それらのおおのについて隕石火口に属する可能性の有無を検討したのである。そして有望らしいものについて地形調査、つぎに地質調査をおこない、火口の可能性がでてくると、地震波や重力測定を行う。一般に隕石火口には五〜四〇ミリガルの負の重力異常がある。最後にボーリングを行って、湖底の岩石を調べる。隕石火口の

図-4 カナダの主な隕石火口の湖



底の岩石は、衝撃によって碎かれて角礫状となり、ときには衝撃により溶けて「マグマ」のようになり、これがガラス質の岩石にかたまる。このような岩石があれば、まず隕石火口だろうとの推定ができる。湖の上でのボーリングは不可能なので、冬季厚い氷に覆われたときに、氷の上からボーリングを下すという方法をとるのも、何やら氷の孔からワカサギを釣り上げるのにヒントを得たようで、ほほえましい。このようにして、カナダでは一八の隕石火口が発見された。

その主なものの地形図を図-4に示す。

このうち、もっともよく研究されたのが、オンタリオ州のブレント湖である。(図-5) 四億年前できたときに一つの円い湖だったものが、その後の堆積物層によって、二つの湖にわかたれているが、堆積物層の下には角礫岩やガラス質岩石の存在がボーリングで確かめられている。一九七二年夏モンリオールで万国地質学会議が開催された折、私

図-5 プレント湖航空写真

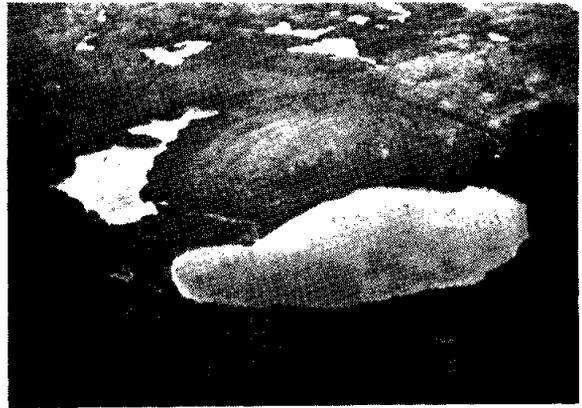


図-6 プレント湖のボーリングのコア



は隕石火口の見学旅行班に参加して、ここを調査していたデンス博士に詳しい研究内容を伺ってたいへん勉強になったし、昼食のあとは美しい湖で水泳を楽しんだものだった。(図-6)

ケベック州東端にあるメカティーナ湖は、火口生成にもなって堆積した地層によって、見事な環状構造を示すことが、航空写真に明かに示されている。(図-7)

また同じくケベック州の北にあるクリヤウオーター湖は直径それぞれ二〇キロ、二八キロの東、西の二つの湖からなっており、東湖には島はないが、西湖にはひどく破碎された岩石からできている大きな島々が、環状につらなっているのが見られる。このようにほぼ同じくらしいの大きさの湖が連なっていることは、双子状の小惑星が同時に地上に落下したことを暗示するもので興味深い。

さらにマニコウガン湖は、それぞれ半円状をなす二つの細長い湖からなっており、その直径は五二キロにも及び、カナダの隕石火口中最大のものである。

大きいといえば、沢山の隕石火口をもつケベック州のハドソン湾に面した海岸は、美

図-7 メカティーナ湖の同心円状構造



事な半円状の輪廓を示し、その円の直径は四〇〇キロにも及んでいるが、これも隕石火口の一部ではないかと考えている人びとがいる。その大きさは月の表面の大隕石火口クリシウム海にも匹敵する巨大なものとなるが、流石に話がここまでくると、賛成する人も少なくなってくる。

カナダと米国の境にある五大湖の東北にある直径四五キロに及ぶサッドベリ盆地は、世界最大のニッケル鉱山を持つので有名であるが、このサッドベリ盆地の角礫岩と、シャッターコーンの存在を手がかりにして、「サッドベリ盆地は巨大な隕石火口だ」といって、世人をアツと驚かせたのは、いま広く信じられているプレートテクトニクス説の先駆をなした、海洋底拡大説を説いたティーツ教授である。

このシャッターコーンは、高速の衝撃波が岩石中を進行するときできた円錐状の割目で、尖った頂が衝撃波の来た方向を示す。断層の鏡肌という割目に似ているが、平面でなく円錐型なので区別できる。実験によって、その生成には数百キロバールに達する高圧が必要であることがわかり、したがってせいぜい一〜二キロバールの圧力の火山活動ではできない。それで高圧を発生する隕石火口のキメ手の一つにされているのだ。さらにティーツは、「この多量のニッケルは、もともとNi-Fe隕石にふくまれていたニッケルによるものだろう」との推論をのべているが、これには具体的な裏づけがなく、「ちよつと話がうますぎる……」と疑う人びとも少なくはない。しかしこれまで考えられて来た火山活動説では、どうしても説明のつ

かない点が多々でてきたことも事実である。サッドベリー盆地とニッケル鉱の謎を解くには、まだまだ時間がかかりそうだ。

その他の国々の隕石火口

お隣の米国には、冒頭に述べたメテオールクレーターの隕石火口第一号の他には、テキサスにオテッサ隕石火口群があるが、直径一六五メートルの小さなもので、周囲には隕石の破片が見られる。このほかには、一〇箇所ほどあるが、いずれもシャッターコーンのみを特徴とする潜火山性の構造で、はつきりと隕石火口とみとめられるものではない。オハイオ州のサーペントマウンドを訪れたときは、野外で美事なシャッターコーンを探集することができたが、隕石破片や角礫岩は見られなかった。

オーストラリアにも六つほど知られているが、いずれも内陸の砂漠地帯にあり、湖をなしているものはない。しかしその中には、ヘンペリーのように盆地の底に石膏や岩塩の層が存在し、かつて満々と水を湛えていた湖だったものが、乾上ってしまったことを示すものがある。ゴツスブラフは最大のもので、直径二二キロに及び、その内側には隕石落下後その衝撃でできた中央火口丘のようなゴツゴツした山々が、聳えているのが著しい。

ところで、このように隕石火口が多数発見されているのに、不思議なことにアジアでは殆ど知られていない。ソ連でいまあるのはわずかに、シホタリンの隕石火口だけで、これはごく最近に目撃された隕石落下にもなってきた、直径三〇メートル以下の小さな孔が連なったものである。

また中国にもその存在が全然知られていなかったが、最近広東省で初めて発見されたことが報ぜられた。北海学園大学の早川和夫教授のご好意により、同氏が入手された中国地質研究所呉思本氏の「我国首次發現隕石坑」と題する報文を見せていただく機会を得たので、ここにその概要を記してみよう。

ここでもまず航空写真により、一九八二年広東省韶關東南四五キロの地点に隕石火口らしい地形のあることを認め、翌八三年一月現地調査によって確認したものである。その大きさは直径三・二キロ、深さ二五〇メートル、カコウ岩とデボン紀砂岩の境界に位置し、地層が外側に三〇〜五〇度傾斜した典型的な火口の構造を示す。また火口内には

角礫岩やガラス質岩石があり、顕微鏡下の観察によっても石英のラメラ、雲母のキンク構造など、衝撃変成作用が歴然としており、隕石火口であることは疑いをいれない。全然湖にはなっていないが、ほぼニューケベック・クレーターに匹敵する大きさである。この中国隕石火口第一号について、今後のさらに詳しい研究の成果が期待される。

リース盆地とテクタイト

ドイツのミュンヘンの西北一〇〇キロにある美しい小都市ネルドリンゲンをかこむリース盆地は、古くから隕石火口の疑いをもたれていたが、この内の角礫岩の中から高圧鉱物のコーザイトが発見され、隕石火口であることがほぼ確実となった。リース盆地は直径約二八キロの円型の盆地で、深さは約五〇メートル、周囲に高さ一五〇メートルの低い丘陵がそびえている。

面白いことに、リース盆地のすぐ南西にはシュタインハイム盆地があり、その大きさはリースよりはるかに小さいが、これもまた隕石火口と考えられている。低いながらも火口縁の丘陵が円くとりかこんだその中央には、隆起作用によると思われる丘陵があつて、構造から見るとリースよりもはつきりした、隕石火口の特徴をもっている。

このリース盆地の傍には、ドナウ川が東に向つて悠然と流れ、やがてオーストリア、ハンガリア、チェコスロバキアの国境を洗いつつ、黒海に注いでいる。さて、このドナウ川(ダニユープ川の名の方がもっと親しみやすいかもしれない)にそつて、奇妙な緑色のガラス質の小さな塊りが分布していることが、古くから人びとの注意をひき、モルダバイトとよばれてきた。これがテクタイトの一種であることが、その後の研究で明らかになってきた。これらのテクタイトについて、その分布と化学組成から、これをリース隕石火口ができたとき、その火口から飛び散つたものであると説いたのがコーエン教授であつた。こうしてリース盆地は隕石火口であることが、一層確からしさを増したのである。

一九七三年の四月、私は隕石火口の研究者として著名なデンス、ステフラー両博士らとともに、シュタインハイムとリースを訪れた。四月というのに、雪がチラチラ舞つたかと思うと、明るい陽がさしこんでくるという、めまぐるしい天候の変化にびっくりしたが、ドイツの四月は天気が変わり易いのが特徴であることを初めて知った。

図-8 ネルドリンゲンの城門と城壁、スウヴァイトでつくられている



リースの中心の町ネルドリンゲンには、立派な教会があり、その塔ははるか遠方からも望まれた。実はこれをつくっている建築石材こそは、隕石落下による角礫質のスウヴァイトと呼ぶ岩石であった。一見札幌軟石に似ているが、それよりは硬く、中に多数の岩石の小破片をとりこんでいるのが特徴であった。コーザイトはこのような岩石の中から見出されたという。同じ岩石がこの町をとりかこむ城壁や城門にもつかわれている。

(図-8)

このリース盆地は、アポロ計画が実行にうつされた頃、米宇宙飛行士の訓練の場となった。これはリース盆地が、月の表面の隕石火口と同じ成因によってできたため、ここでの訓練が、本番の月探査に役立つと考えられたからである。リース盆地内のヴェムディングの町に泊ったとき、私達はホテルの近くの食堂で食事をしたが、そこには「当店の客アポロ十四号の三人の宇宙飛行士」と題して大きな肖像写真がかかげられていた。アポロ計画の成功で、世界が大いに湧いていたころの話である。

ミーン湖—スウエーデンの隕石火口

このリース盆地の旅のあと、ストックホルム大学のヘスランド教授の招待で、オスロ

ーを経てストックホルムに飛んだ。北大にも二度来訪された教授は、さきごろ急逝された漢 正雄教授の親友でもあり、私は温かいその歓待がうれしかった。翌日「日本の火山」の講演をしたあと、教授たちの午餐会に招かれた。席上やはり北大にも来られたギャベリン教授が出席していたが、私が「これから南スウエーデンの隕石火口のミーン湖を見学して来ます」というと、「とんでもない、あれは隕石火口なんかじゃない、ただの湖ですよ」と目をむかれたのには閉口した。

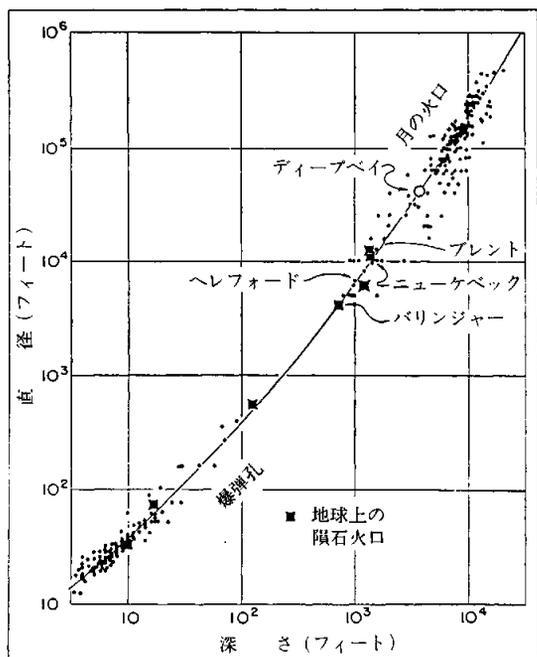
ストックホルムを飛び立ちルンドに近づいたころ、機上から見下すと眼下の平野の中に、円い湖がよく見えた。それがミーン湖であった。ルンド大学に着くと、先年北大に滞在されたエルムクイスト教授が温かく歓迎してくれた。翌日は助手のスタンフォース君の案内でミーン湖の地質見学にかけた。スタンフォース君は当時ミーン湖についての学位論文をまとめた所で、沢山の資料を車につみこみ、現地ですくすく説明してくれたのが有難かった。

湖の畔には、まだ冬枯れのままの木々が立ちならび、その枝の間から碧い湖面が鈍く光っていた。いくつかの別荘らしい家々も見られたが、私たちの他には人っ子ひとり見あたらず、あたりは静寂そのものだった。湖岸には直径数メートルの巨岩がゴロゴロしていた。これらはかつて「流紋岩の溶岩」といわれたものであったが、よく見ると先カンブリア紀のカコウ片麻岩が、隕石落下の衝撃で片々に打ち砕かれて角礫岩になったものだった。この岩石の顕微鏡写真には、衝撃変成作用でできたラメラやキンクなど、いくつかの特徴的な構造も認められた。また一部には溶けてできたガラス質の岩石も見られた。こうして、スタンフォース君の説明で、ミーン湖が隕石火口であることを確認できたのはうれしかった。

調査が終ると、スタンフォース君は湖畔の別荘に私を招き入れ、コーヒーを淹れてもてなしてくれた。鍵の手に曲った、小さいけれどもなかなか瀟洒な建物である。若い助手がこんな別荘をもっているなど、いかにも土地の広びろとしたスウエーデンならではの感心したことであった。スタンフォース君はその後間もなく、ミーン湖の研究で学位をとり、立派な論文を送ってくれた。

ウプサラの西北にあるシーリヤン湖も隕石火口であるが、これはカナダのマニクオウガン湖と同じように、円弧状の二つの細長い湖が連なっているのが特徴である。

図-9 隕石火口の直径と深さの関係図



お隣のフィンランドはスオミ（フィンランド語で湖の国）と呼ばれるだけに、無数の湖がひろがっているが、その中にはいくつかの隕石火口も発見されている。

以上のべたように、低緯度の地域では水が湛らずに、大きな火口のままであるが、カナダやスカンジナビアなどの高緯度の地域では、隕石火口の大部分は湖をつくっているのである。

つぎにこれらの隕石火口湖の深さと直径の関係を図に示すと、図-9のようになる。この図に月面に見られる巨大な隕石火口と、銃弾や爆薬で人工的につくられた微小乃至小型火孔を投影すると、全く同一の曲線上に落ちる。このことは、これらの湖が月の火口や銃撃孔と同じように、隕石落下の衝撃でできたことを雄弁に支持するものである。

隕石火口は日本にもあるか

さて話がここまでくると、「日本にも隕石火口があるのだろうか？」という疑問が出てくるだろう。

カナダの隕石火口ヤリース火口を詳しく案内してくれたデンス博士が、その疑問をい

だいて日本を訪れたとき、私の答えはつぎのようであった。
「いまのところ、隕石火口と思われるものはないけれど、その成因に疑問のある二つのカルデラ―鬼首と田沢湖―は再検討の必要がありそうだ」

というわけで私達は、従来かわった火山カルデラと考えられてきた田沢湖と鬼首盆地を、いままでは違った見方で野外調査をしたり、岩石の顕微鏡観察を行った。残念ながらこれらの再検討の結果はマイナスであった。

また横山 泉教授らは、田沢湖、北海道の赤井川カルデラ、奄美大島の円形の赤尾木湾について、重力測定を行ったが、いずれについても隕石火口に特有な、大きなマイナスの重力異常は認められなかった。

「カナダのハドソン湾の東側の美事な半円形海岸が、隕石火口だろう」と説える人びとにならって（？）、「北海道の円い噴火湾は隕石火口ではないか？」と考える人もいないではないが、これには何等の証拠も提出されていない。

全世界でも確実な隕石火口はほぼ五〇ぐらいだから、狭い日本に全然なくても、確率からみて異とするにはたりない。また火口の大部分が安定大陸地域に分布していることからみて、活動的な島弧である日本では、かりに隕石火口があったとしても、その後の地殻運動やげしい侵食のために、完全に消えさってしまったであろう。

（協会会長）