

月の地質学

⑩

小森長生

32 月の起原についての3つの仮説

いままでは主として月の表面の地質学的問題についてのべてきたが、さいごに月自身のもつ2・3の問題つまり月の起原や年齢の問題などについてのべてみたいと思う。

月の起原についてはよく知られているように有名な3つの仮説がある。すなわち月は地球の一部が分裂してできたという説(親子説) 月も地球も同じ場所で同じころ一緒につくられたという説(兄弟説 双子説) 月は地球にとらえられた天体だという説(捕かく説 他人説)の3つである。

まずはじめにこの3つの説がどんなものかを少しながめてみることにしよう。

第一の仮説(分裂起原説 親子説)

月は地球の一部が分かれてできたものだというこの古くから有名な説は生物進化論で有名な Charls

Darwin の息子の George Darwin が 19世紀のおわりごろに唱えたものである。彼は潮汐作用の数学的研究にもとづいてこの考えを提唱したのであった。

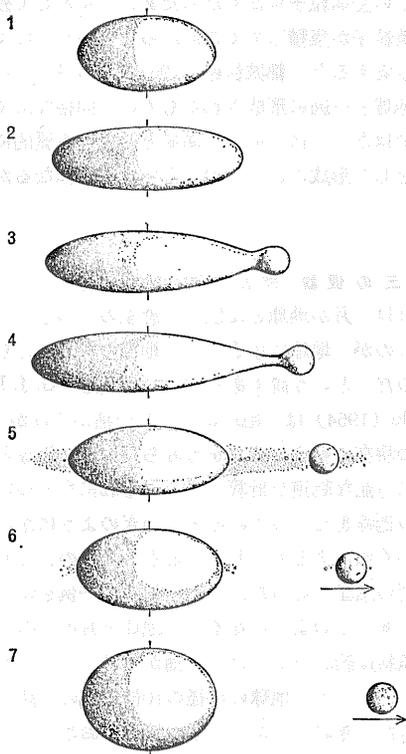
彼は現在の地球と月の角運動量をあわせるとそれは約4時間周期の回転をおこすことになるのでもしかつて地球と月がくっついていたらとするとその天体は約4時間で自転していたであろうと考えた。その結果太陽の潮汐作用は2時間周期でおこることになる。

これは地球の自由振動の周期にほぼ相当する。そのため共鳴現象がおこり地球が流体であったと考えると潮汐の高さはしだいに高くなり赤道面は細長くふくらんできてついには分裂がおこり月が生まれたというのである(第1図参照)。月がとび出したあとのへこみは太平洋になったのだともいう。

この Darwin の理論は考えとしてはたいへんおもしろいものであるが多くの難点があつていまではあまり信じられてはいないようである。とくにさいきんの新しい太陽系起原論のすう勢からみるとこの古い火の玉説にもとづいた仮説はあまり支持者がないようにみえる。しかしだからといってまったく見捨てられてしまったものでもなさそうで現在でも新しい分裂起原説をとらえている人がある。その例を紹介しておくことにしよう。

たとえば R. A. Lyttleton (1969) は月の起原は一種の分裂説で説明できるというのである。彼ははじめ地球・火星・月を含めた原始惑星があつたと考える。これが回転運動をしているうちに不安定な状態になり火星と月を分離したというのである。つまり原始惑星の角運動量が新しい物質の凝集とともに増大したためその形は均一な球体から回転軸にそって押しつぶされた形に変化した。質量の増大とともに原始惑星は3軸方向にのびた楕円体となり3軸の極限の比率は23:10:8となった。この状態で原始惑星の安定性は失なわれて引きのばされ原始地球と原始火星は細い首でつながれた。この首のところの小滴として分かれ月になり地球のまわりをまわるようになった。いっぽう火星はとび去り太陽のまわりをまわるようになったというしだいである。

なぜこんなことを考えたのかというと Lyttleton の



第1図 地球からの分裂による月の誕生を示す図
Sir J. Jeans(1929), D.U. Wise (1963) による

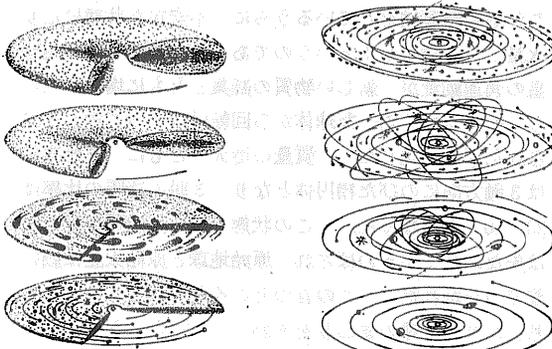
計算によると 原始惑星が分裂して2つになるばあい その質量比は10:1にならなければならない。月の質量は地球の質量の約80分の1だから 月が地球から単独で分かれたという考えはぐあいがわるい。 いっぽう火星の質量は地球の9分の1であるので 火星が地球と分離した可能性はありうる。 このようなことから 上にのべたような分裂の過程が考えられたのである。

分裂説の変形は J. A. O'keefe (1969) によっても提唱されている。彼は 質量比の困難を解決するために 原始月が地球から分かれたときは その質量は地球の10分の1であると考えた。しかし 分裂後のげげしいエネルギー放散期に その物質と角運動量の大部分が失なわれたのである。彼は 月が現在の大きさになるまで 原始月の表面から 物質のげげしい蒸発がおこったであろうと想像している。

第二の仮説(兄弟説 双子説)

いわゆる連星説(兄弟説 双子説)とよばれている説は 比較的一般に受入れられている説である。これは むかし太陽のまわりに ガスや宇宙塵の集まった濃い雲がとりまいており それらが しだいに衝突と凝集をくりかえしていくうちに惑星がつくられたという 現代の支配的な太陽系起原論にもとづいている。このようにして惑星がつくられていくとき 地球と月は ごく近いところで 同じころに兄弟(双子)としてつくられたのだ という考えである。

P. Goldreich (1966) は もし 月が地球の臨界距離(地球半径の10倍)の中で形成されたならば それは赤道面軌道を形成したであろうし 現在は黄道面内に存在すべきであるとのべた。Goldreich の計算は 月の起原をうまく説明できるものではないが しかし time-scale の困難を無視するならば もっとも魅力的な可能性は



(a) 進化の第1段階

濃い原始じん状星雲と多数の惑星の芽の生成

(b) 進化の第2段階

惑星の芽の重合とそれらの天体から惑星の形成

第2図 宇宙塵の集積による惑星(衛星)誕生を示す図 (O. Yu. Schmidt (1958) による)

地球の半径の10~30倍の距離のあいだでの凝集による形成であると N. Wade (1969) はいっている。H.C. Urey もいっているように 連星系説における問題は 原始地球と原始月が 原始塵雲から凝集したとき そのあいだの重力による引力は増大し 月の軌道速度は 月が地球にぶつからないように または太陽をまわる軌道にとび去ってしまわないように うまく調整されねばならなかったであろう ということである。これは 2つの天体のあいだの質量と角運動量に とくべつの条件を必要とする。

もう1つの困難は 月と地球が同じ塵雲から生まれたとするならば それらは同じ化学組成をもたなければならないだろう ということである。しかるに 月の平均密度は 3.34g/cm^3 で 地球のそれの 5.5g/cm^3 にくらべてかなり低いのである。このことを説明するために E. Orowan (1969) は 比較的かんたんな考えを提出した。それによると 原始塵雲のなかでの金属粒子は 惑星が成長するまえに すでにある大きさの固まりをつくっていた。それで 惑星は すでにできている 鉄を主成分とする核をもって成長がはじまったのである。ひとたび金属核が発達すると 珪酸塩でできた非金属粒子が 重力による引力で集積された。月は 原始塵雲のなかの金属粒子がなくなったあと 主として残された非金属粒子が集積してできあがったというわけである。

こう考えると 都城秋穂 (1967) ものべているように 月は地球と一緒に形成されたものの 同格な形で生まれたのではなく はじめから衛星として 本質的に地球の衛星として形成されたもの ということになるかもしれない。

第三の仮説(捕かく説 他人説)

これは 月が地球とは別の 惑星の一つとして形成されたものが 地球に接近して 地球の引力にとらえられたものだ という説である。さいきん G. J. F. MacDonald (1964) は 地球による月の捕かくばかりでなく月の現在の軌道の確立をもみちびいた 地球と月の力学的に可能な軌道を計算した。それにもとづいて 捕かくの過程をたどってみると つぎのようになる。

捕かく説によると 月はもともと太陽のまわりをまわる小型の惑星であった。その軌道の一例を示すと 第3図の a b のようになる。地球と月のこのときの軌道の傾斜は約 5° であった。捕かくは おそらく 月が地球に近づいて 地球の半径の10倍以内の距離のところを通ったときおこった。この接近がおこったときの地球と月の位置関係は 第3図 c にも示してある。この

は30億年前には地球から18,000kmの距離(ロシユの限界)にあったことになる。月がこの臨界距離内に入ると地球の強烈な潮汐力で月はこなごなに破かいされてしまうが天文学者の計算するところでは30億年よりも前にさかのぼって逆算をすすめると月はむしろ地球から遠ざかることになるという。こうなってくると月は地球にしだいに近づいてきて捕えられたと考えるのがひじょうにつごうよくなってくる。

また月の平均密度が 3.34g/cm^3 で地球よりもかなり低いという事実も分裂説や兄弟説よりも捕かく説に有利かもしれない。なぜならば月の平均密度は隕石や小惑星のそれとよく似ており月が地球にとらえられた小惑星の1つと考えることも可能だからである。

以上みてきたように捕かく説にもいろいろ難点はあるもののなかなか魅力にみちた説ということではあるのである。では月のほんとうの起原(成因)はこの3つのうちのどれなのであろうか。または他にもっと有力な考えや証拠があるものであろうか。

33 月の起原と年令の問題点

さいきんオーストラリアのA.E. Ringwood (1970) はいままでの3つの仮説の反省とアポロ11号によってもたらされた月面物質の検討のうえに立って新しい起原論を発表した。つぎにはその紹介と問題点をのべることにしたいと思う。

彼はアポロ11号の持帰った玄武岩質火成岩が地球上の玄武岩質岩石によく似ていることから月の起原は地球の起原と密接な関係をもっているだろうと考えている。しかし彼は月の岩石と地球上の岩石の明らかな相異点にも注目し分裂説や兄弟説には反対している。しかも捕かく説にも疑問を示しているのである。たとえば捕かく説では月の密度が低いことが十分説明できないし月と地球の岩石の酸化状態や組成のちがい月面のクレーターの形と分布が説明できないというのである。そこで彼は月と地球の岩石の全体的な類似性を十分説明できまた両者の成因的關係や観察上の相異を十分説明できる新しい仮説が必要であると考えた。

月の歴史をたどっていくと月はかつてロシユの限界にあったことは起原のいかんにかかわらず確かであると思われる。彼はこのことを重視し現在の月の物質はもともとはロシユの限界内にあつて微惑星体(planetesimals)の集合した環(sediment-ring)をつくっていた物質からもたらされたものであると考えた。このような考えからE.J. Öpik (1961) はすでに月はこのようなsediment-ring (それは土星の環に似ているがもっとmassiveなものである)の凝集によってつくら

れたものであるとの考えを発表した。この仮説は明らかに現在の地球と月の物質の成因的關係を説明するものであるという。しかしÖpikはこのようなsediment-ringの起原やその組成については何もべなかつた。Ringwoodはそれを補って発展させたのである。Ringwoodはこの仮説を発展させるためにつぎの仮定をおいた。

- ①太陽と惑星は太陽の組成をもつもともと冷たいガス—塵雲からの凝集過程によってつくられた
- ②惑星の形成の直前に塵粒子はいろいろな大きさ(おそらく $1\sim 10^6\text{cm}$)の微惑星体に凝集した
- ③微惑星体の組成は一般的にタイプIの炭素質コンドライトに似たものであつた。この組成は熱力学的平衡に近い状態での冷たい太陽星雲の固相と思われるものに相当する
- ④地球は冷たい太陽星雲のなかの原始微惑星体から直接に凝集したという「単一段階仮説」をとる
- ⑤地球の大部分の凝集は100万年またはそれ以内のオーダーの時間のうちにおこつた
- ⑥地球の形成のすぐあとに太陽の高輝度期があり強い太陽風の影きようで太陽星雲の質量が失なわれ地球型惑星からも原始大気がうばわれた

以上の条件にもとづいて地球の発展過程をかんとした図表で示すと第5図のようになる。

このような仮説によれば原始地球は主としてCOとH₂からなり少量の気化した珪酸塩をもつ濃い原始大気をもっていたと思われる。この原始大気の質量は原始地球の質量の20~50%とみつられる。地球凝集後原始地球の大気は太陽の高輝度期の強い微粒子放射によって吹きはらわれた。大気が膨張させられ冷却させられたのち金属と酸化物の混合体は地球のまわりの微惑星体のsediment-ringに集められた。つづいてÖpikの仮説のようにsediment-ringは凝集して月になったのである。

sediment-ringをつくつた微惑星体は究極的には地球の半径の6倍も外側にひろがり地球のまわりに円盤(disc)をつくつたものと思われる。それがÖpikのいうように円盤は不安定な状態になり月をつくるように凝集したのであるという。

ところでこの仮説によれば月と地球のあいだの密度のちがいはどう説明するのであろうか。1つの考えとしては第5図の地球の成長過程においてstage Vの濃密な原始混合物質の蒸気がstage IVからの密度の低

い MgSiO₃。でうすめられることによって 必然的に月のほうが密度が低くなったと考えることである。もう1つの考えは 地球の核が形成した直後 地球マンツルの最外層が原始大気中に蒸発し 月をつくったと考えることである と Ringwood はいっている。

また 月の玄武岩質岩石が環状状態で ある種の親鉄元素が少ないということは 原始大気から生れた微惑星体が 鉄の少ない珪酸塩の混合物と いくらかの金属鉄をもっていたため 原始大気が冷却して酸化の過程がすすんでも それは十分にはすすまなかったため 少量の金属鉄などがのこったのであろう と説明している。

以上が Ringwood の月起原論の概要である。彼はこの仮説を 先にのべたいわゆる3つの仮説とはちがった新しい説である とのべているが 筆者の感ずるところでは 第2の仮説(兄弟説)の一種の変形のように思われる。たしかに新しい説ではあるが 説得力に乏しいと思われる個所も少なくないように思われるのである。月のほんとうの起原が いわゆる3つの仮説のどれかなのか あるいはもっと別の成因なのかは いまのところまだ結論を出せる段階ではとっていない。

月の起原の解明には 月自身の多角的研究が必要なのはいままでもないが それだけでは不十分なことも確かである。月・地球を含めた太陽系の全部の惑星——とくに地球型惑星——の運動や性質 およびそれらの歴史を追求してゆくための 比較惑星学の研究がとくに必要であろう。そして このような研究は きわめて息の長い性質のものであるから すぐ結論を出せるわけではないし また出す必要もないであろう。結論を急ぐあまり ハッタリ的な説が横行しては困るのである。その点で いままであらわれてきた多くの成因論は 反省すべき多くのものをもっているように思われる。要は太陽系の成因に肉薄すべき 大きな展望をもった 着実なアプローチが必要なのではなからうか。

ところで 月の起原の問題に密接な関連をもってくるものとして 月の年令の問題がある。そしてこのほうは さいきんのアポロによる月試料によって かなり具体的な議論ができるようになってきた。それで この問題について少しふれておくことにしよう。

従来 月の年令は 地球の年令の約45億年と同じであるか そうちがわかないものと ばくぜんと思われてきた。そしてこれに伴って 月の地質年代区分もおこなわれ 本連載の第1回目(本誌178号 1969年6月)にのべたような試案が発表されていたのであった。

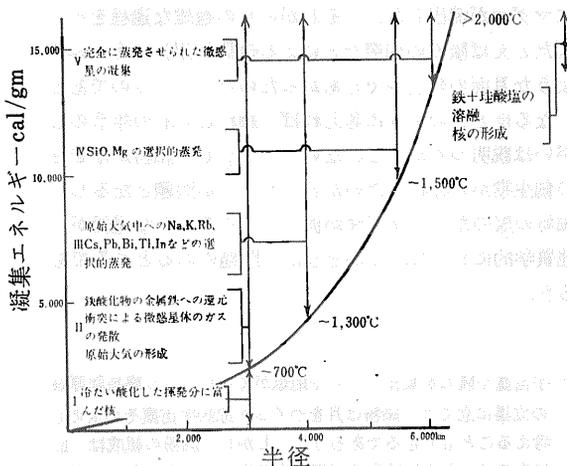
月面の地形や物質の重なりぐあいを 層位学的方法を

用いて追跡していくことによって それらの生成順序が判明することは周知のとおりである。これによって 月面の陸のほうが古く 海の地域のほうが新しいことがわかったのであった。とくに海の地域は きわめて平坦で 陸にくらべたら 隕石の衝突による破壊も少ないので おいたちはずっと新しいだろうと考える人が多かったのである。ところが アポロ11号の持帰った静かの海の月試料の分析と年令測定によって 海の地域が時代的にきわめて新しいという俗説は 吹きとんでしまうことになった。そして この新しい測定は 月自身の年令の問題 ひいては起原の問題にも 大きな影きょうをあたえることになったのである。

アポロ11号の月試料年令測定の結果は 最初 NASA の「月面試料予備研究チーム」によって 予備報告として発表された。それによると 月面の静かの海の結晶質火成岩は K⁴⁰-Ar⁴⁰ の測定から 30~40億年前に生成したものであることがわかった。これによって 海の岩石が想像以上に古いことがわかり 人びとは大いにおどろいたしだいであった。

つづいて今年1月に ヒューストンで開かれた月科学会議では 月面物質の年令測定の結果が 多くの科学者によってぞくぞくと発表され ここに静かの海の生成時代が かなり具体的に判明したのである。その一例を表に示してある。

多くの測定結果について共通していえることは 海の岩石がきわめて古く 月の創生期に近い40億年前のものだ ということである。ところがここに大きな問題が生じた。表をごらんいただいてもわかるように 結晶質岩石についての測定値は ほぼ40億年前後を示しているのに 角礫岩と細粉の年令はそれをかなり上まわり 46億年前後の値を示していることである。この値は



第5図 地球の成長における 凝集エネルギーと半径のあいだの関係を示す図 (A.E. Ringwood (1970) による)

表：月面岩石の年令測定結果の一例

(単位100万年)

サンプルNo.	測定方法				
	206Pb/238U	207Pb/235U	207Pb/206Pb	208Pb/232Th	
結晶質火成岩	10003	3878	3976	4025	3812
	10017	3767	3935	4022	3598
	10020	3765	3903	3996	3773
	10050	3760	3952	4051	3680
	10057	4089	4146	4173	3959
	10071	3794	3815	3826	3374
角礫岩	10061	4710	4678	4663	4594
細粉	10084	4685	4668	4659	4525

(M. Tatsumoto, J.N. Rosholt, Science vol.167, no.3918, 30 Jan. 1970 による)

地球の年令として広くみとめられている45億年より大きい。これはどう解釈したらよいのであろうか。

静かの海をつくっている結晶質岩石が塩基性マグマの冷却固結によって生じたものであることはもはや疑う余地がない。さらに細粉も化学組成上からは結晶質火成岩とほとんど大差なくこれらの岩石が粉碎してできたものまたは岩石と同時にできたものと考えられるほかないものである。筆者はまえに火山活動の項でものべたように海をつくった火山活動が何度もくりかえしたとき溶岩や碎屑物(あるいは碎屑流)がいく重にもいく重にもかさなって今日の月の海をつくったものと考えている。そう考えてくると岩石の40億年と細粉の46億年という年令の大きな開きをどう説明したらよいかまことに困ってしまう。

そこで分析を担当した科学者の1人はたとえばつぎのような見解をのべている。すなわち細粉は月の生成当時から存在した。その後数億年たって火山活動(や広く火成活動)がさかんになって細粉の層の中にマグマが流出した。それがのちの複雑な過程をへて(たとえば隕石の衝突などによる破碎作用)今日みられるような月面の表土ができあがったのだというのである。

なるほどこのように考えれば細粉と岩石の年令のちがいは説明つくかもしれない。しかし細粉がなぜ月の創生期から存在したのかということが問題となるし*細粉の層のなかにマグマが流入してくるような過程が地質学的に考えられるかどうか問題のあるところである。

* 宇宙塵や隕石が集積して月や地球ができたという惑星起原論の立場に立てば細粉は月をつくった原始宇宙塵そのものとも考えることもできるであろう。しかし細粉の組成は前にものべたように結晶質岩石(玄武岩質)のものによく似て

おりいわゆる宇宙塵のそれとも隕石(コンドライト)のそれともかなり異なっている。

このように海の物質の生成とその年令の問題についてはなおかつ解決されなければならない困難な問題があるとはいえ40億年以上も前の月の活動のあとをとどめていることだけは否定できないものである。

さて海の年令がこのように古いとなると陸の年令はいったいどのくらいの値を示すものであろうか。残念ながら現段階では有人宇宙船の陸への着陸は未達成で陸の岩石は入手されていないが層位的な物質や地形の累重関係から陸のほうが海よりも古い地域であることだけは明らかである。くわしい検討は陸の岩石が入手されるまではお預けではあるが少なくともみつても45億年より新しいことはないであろう。

すると月の陸は月の誕生当時のそのままの表面をあらわしているところなのであろうか。じっさいそのような考えはいままでにもかなりあったわけで月の生成についてコンドライトモデルを考えればあい月の陸地はコンドライトとよく似た超塩基性岩の原始地殻なのであるという意見もあったのである。しかしさいきんは月の陸地は月の内部がかなり溶融したとき分別結晶作用で上方へ斜長石が濃集してできた斜長岩(Anorthosites)の層でできているという考えもありかならずしも原始物質そのものとも考えるわけにもいかないようである。

したがって月の原始物質の集積は陸地の形成よりもさらにさかのぼることも考えられるわけで月の年令は40数億年をさらに何億年か上まわることになるかもしれないのである。じっさい月は地球よりも老令であり地球の誕生よりもずっと前に生まれたものだという考えもいくつか出されている。もしほんとうに月の起原のほうが古いとなると月の起原の3つの仮説のうち親子説や兄弟説は成立たなくなり捕かく説(他人説)あたりがもっとも確からしくなってくる。

しかしこれにも問題はある。われわれはいままで地球の年令が45億年であるということをごく常識的に受けとってきた。しかるにこの45億年という値がもう再検討の要のないものかというところをけっしてそうではないように思われる。

われわれがいままで常識としてきた地球の年令は隕石の年令をもとにしてきめたものである。つまり隕石の年令は地球の年令に等しいという仮定にもとづいているのである。しかしいまわれわれがみる隕石と地球がまったく同じころに誕生したということを積極的に示す証拠は十分あるとはいえないのである。

すなわち 隕石中の Pb 同位体比の測定・検討によって 隕石母天体の内部で 隕鉄とエイコンドライトの分化がおこったのが45億年前と計算されている。そして母天体の形成とその内部での分化はほぼ同時という考えがあるので この45億年をもって隕石の年令と考えられている。地球も隕石母天体の形成と同時期に形成されたものとすれば 地球の年令は45億年としてもよいことになる。地球上の Pb 鉱物の形成と Pb 同位体比の関係からこのことが推定されているが 地球と隕石母天体の形成が同時期におこったことを示す積極的な証拠になるかどうかは 異論があって決着していない。

もしかすると 今後の月の年令測定のいかんによっては 地球は(月も) 45億年よりもっと前から存在していたかもしれないし 太陽系全体が もっともっと古い歴史をもっているかもしれないのである。このあたりの問題は 今後月の年令の問題を1つの基準にして 大いに議論してゆく必要があるであろう。

34 月の地質学から惑星の地質学へ

いままでいろいろのべてきたことから明らかにになったように 月における地質学的現象や歴史は 地球のばあいとよく似ているものも 多くあるけれども いっぽうでは月独自の 固有のものも少なくないことがわかってきた。このような月独自の地質学を究明してゆくことが これからどういう意味をもってくるのだろうか。本連載の第1回目はしがきにものべたことであるが たとえば 月面には 太古からの古い地形や岩石がよく保存されている。このような 化石惑星ともよべる月の諸性質を研究することによって 月の誕生から誕生当時の歴史が しだいに分かってくることであろうし ひいては地球の誕生や 先地質時代の解明にも 貢献するところが大きいと考えられる。

さらに今後 地球や月だけでなく 太陽系の惑星全般が このような観点から研究がすすめられていくであろう。すでに金星や火星には 無人探査体がおくられ 研究のスタートは切られており 目下米ソでは 火星への有人宇宙船発射や 木星以遠の惑星へ無人探査体を送る計画が 具体化されつつある。

月のつぎの目標としては とくに火星には興味をそそられる。火星は地球のすぐ外側の軌道をまわる惑星で その直径は地球のやく半分 自転の周期は24時間37分 自転軸の傾きは $25^{\circ}10'$ 公転の周期は687日である。そのため 地球とよく似た四季の変化がおこり 昼夜の交代も地球とほとんど同じようにおこる。

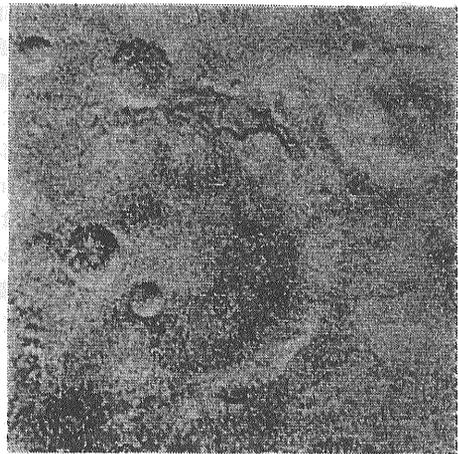
さらに 火星の表面には いろいろな模様が見られる

が とくに 砂ばくとよばれる赤褐色の部分 暗緑色の部分 白くかがやく極冠が有名である。このうち 暗緑色の部分は 植物の存在する地帯ではないかと むかしからいわれてきたところである。この地帯が植物地帯ではないかと考えられてきた理由にはいろいろあるが 四季を通じての色の変化や うすいながらも大気が存在することが その理由の1つにあげられてきた。また 極冠は 氷か雪のつもったものと考えられ 地球の両極の氷ほど厚くはないにしても それらに相当するものと考えられてきた。このように火星は どちらかという と 地球によく似た点をもつ惑星として親しまれてきたのである。ところが 1965年7月14日 アメリカのマリナー4号は 火星のそばをかすめて飛行し そのとき撮影した火星表面の写真を電送することに成功した。

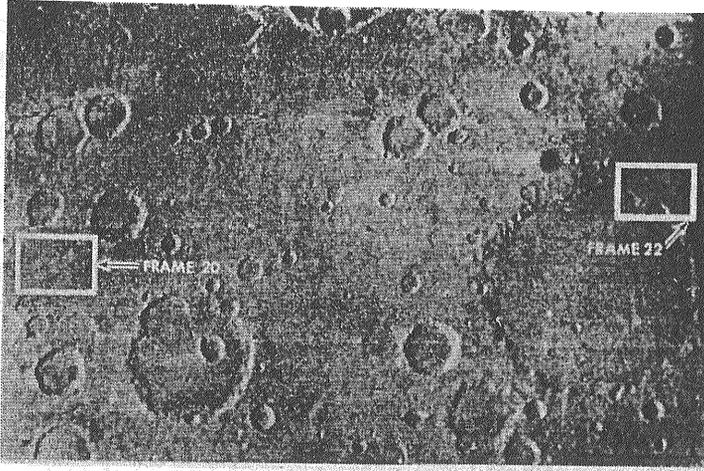
そして それをみた多くの人たちが アツと驚きの声をあげたのである。マリナーの送ってきた写真には まったく月面をおもわせる多くのクレーターがうつっていたからである(第6図)。これによって 従来の火星観は根底から改めなければならなくなり むしろ月との類似点が関心をひくようになってきた。このことは1969年7月30日と8月4日に それぞれ火星に接近した マリナー6号と7号の撮影した写真によっても ますます疑う余地のないものとなってきた(第7図参照)。

マリナーの写した写真を観察すると 火星のクレーターにも いろいろなタイプがあることがよみとれる。火星には わずかばかり大気が存在するから クレーターにも 浸食をうけて平坦化したと思われるものがある。しかし そのような二次的な変形をさし引いて考えると 本質的には 月のクレーターと同じような分類が成立し 同じような成因が考えられるような気がする*。

* この点については いずれくわしい検討を発表したいと思っている。



第6図 マリナー4号の撮影した火星面のクレーターの写真 (サイレン海南部 写真の大きさ左右 274km)



第7図 マリナー6号の撮影した火星面のクレーターの写真
(赤道地帯 最大のクレーターは直径100km以上ある)

火星の表面でも 月面と同じような作用が かつての創生期から地質時代にかけて たえまなくくりかえされてきたのであろうか。 月でも火星でも 太古の活動のあとをしのばせるクレーターが たくさん存在するということから クレーターは 地球型惑星の歴史の初期における 普遍的な産物ということもできるであろう。 おそらく 大気のない水星にも 多くのクレーターが残されているのではなかろうか。

地球型惑星のなかでも 地球と金星は(とくに金星は) 濃密な大気の層につつまれていて 表面でははげしい浸食作用がすすんでいるので 古い地形はことごとく失なわれている。 しかし クレーターをはじめ 地球型惑星に普遍的な原始地形が 地球や金星にも存在した可能性は十分考えられるのであり これらの惑星の創生期の地質現象や景観を復元するのに 月や火星の研究が有効な情報を提供してくれることになるのではないかと考えられるのである。

さらに 月をも含めた惑星どうしの組成の比較 内部構造の比較 地磁気や放射能帯の問題の検討など 惑星の諸性質を比較検討してゆくことによって 惑星の本質にせまる 比較惑星学(とくに比較惑星地質学)が これからの重要なテーマとなってゆくであろうと思われる。

このことは 地球や月が 太陽系のなかでどのような位置をしめ どのような存在意義をもっているかを より深く認識するために ぜひ必要なことである。 さらに 月や地球の起原の問題も 他の惑星を含めての 諸性質の検討のなかから ほんとうの解決のカギが出てくるかもしれないであろう。

いままで 宇宙の物質といえば 隕石しか手にとることができなかった人類にとって ついに月の物質が手に

入り さらに他の惑星の物質も 遠からず手にすることができるようになるだろう。 いまや地質学の対象は 地球だけでなく広く宇宙(といっても さしあたりは太陽系)にまで求められる時代となったのである。 思えば地質学(地球科学)は 地球という一つの惑星のうえに芽ばえ 発展してきた。 それはもともとは 地球のためのものであり 地球をより深く知ろうとするための学問であった。 しかし 地球をより深く知るためには 地球だけを知ればよいというものではない。

地球は宇宙のなかの ただ一つの小さな存在にしかすぎない。 その地球が

宇宙のなかのどんな物質ででき宇宙のなかでどんな位置をしめているかを知ることも 学問の観点として重要であろう。 このような観点に立てば 地球の地質学や月の地質学は 宇宙地質学という壮大な学問体系のなかの1つのブランチということにもなるだろう。 将来はこのような 広く宇宙科学のなかでの地球科学 宇宙地質学のなかでの地球の地質学 といった学問の方向が考えられると思うのである。

月の地質学も 宇宙地質学を体系化するための1つの足がかりとして 重要な意義をもっていると思われる。 少なくとも私は このような気持で月の地質学にとりこんでいきたいと考えており 単なる趣味や物好きでやっているのではないことを とくに強調しておきたいと思



第8図 宇宙からみた地球のすがた(アポロ8号撮影)

う。

35 おわりに

長いあいだにわたって連載させていただいたこの「月の地質学」も、本稿でひとまず終わらせていただくことにしたい。昨今の月に関する情報は急速に増大し、論文の数だけでも洪水のようにあふれて、とてもすべてに目を通せるというものではない。とくに筆者のおかれている環境では、資料や文献に十分目がとどかず、重要なものを見おとしている危険性が多分にある。さらに筆者の実力をもってしては、これらの情報を十分こなして適切に撰取してゆくことはとてもできなかった。

にもかかわらず本連載を書いたのは、情報が多いわりには何か本質的に重要なものが忘れられているような気がしてならなかったからである。そのためかなり主観的な解説や論調が多くなり、本誌の性格にあわなかった点もあるのではないかと思ひ、おわびするしだいである。また本連載中にアポロ宇宙船の月面着陸が達成され、新しいデータがぞくぞくと発表された。そのため最初の3回分くらいは、かなり書き改める必要を感じている。またさいきん話題をよんだ月の「マスコン」の問題についても、多くの紙数をとってのべる

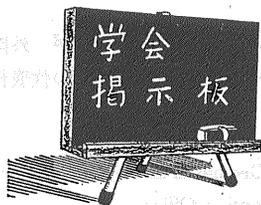
必要を感じていたが、余裕のないまま割愛してしまった。これらについては、いずれ他日を期してまとめたいと思う。

さいごに、この連載についてひじょうにお世話になった地質調査所の皆さまに、深くお礼申しあげたいと思う。

(筆者は東京都立武蔵高校教諭)

参 考 文 献 (おもなもののみ示す)

H.C. Urey (1962): Origin and History of the Moon, Physics and Astronomy of the Moon (Ed. by Z. Kopal), Academic Press, p. 481—523
 A.R. Hibbs (1967): The Surface of the Moon, Scientific American, vol. 216, no.3 (1967. 3), p. 61—74
 N. Wade (1969): Three Origin of the Moon. Nature, vol.223, July 19, 1969, p.243—246
 H. Alfvén, G. Arthenius (1969): Two Alternatives for the History of the Moon, Science, vol.165, no.3888, 4 July, 1969, p.11—17
 A.E. Ringwood (1970): Origin of the Moon—The Precipitation Hypothesis, Earth and Planetary Science Letters, vol.8, no.2, p. 131—140
 牛来正夫(1968): 地殻・岩石・鉱物(地球科学講座7) 共立出版 pp. 218



・日本地下水学会

1. 昭和45年11月13日 (金)～14日(土)
2. 日本地下水学会 昭和45年度 秋季講演会および見学会
3. 福岡市渡辺通り2丁目 電気ビル本館12階

4. 日本地下水学会・九州鑿井業協会(共催)
5. 川崎市久本135 地質調査所水資源課内 日本地下水学会 電話(044) 86—3171(代)

・日本火山学会

1. 昭和45年10月31日(土)～11月2日(月)
2. 日本火山学会 秋季大会
3. 青森県上北郡十和田町 休屋「博物館ホテル」会議室
4. 日本火山学会
5. 東京都文京区弥生1—1—1 東京大学 地震研究所内 日本火山学会 電話(03) 813—7421

・石灰石膏学会

1. 昭和45年11月13日(金)～14日(土)

2. 石灰石膏学会 第41回学術講演会及び見学会
3. 秋田産業会館 (秋田市中通り1番地 電話(0188) 32—3868)
4. 石灰石膏学会
5. 石灰石膏学会 東京都千代田区駿河台 日本大学理学部内 電話(03) 293—3251

・物理探鉱技術協会

1. 昭和45年11月11日(水)～11月13日(金)
2. 昭和45年度秋季講演会
3. 大阪府吹田市千里山 関西大学内 関大会館
4. 物理探鉱技術協会
5. 神奈川県川崎市久本135 地質調査所内 物理探鉱技術協会 電話(044)86—3171(代)

・日本地球化学会・日本化学会

1. 昭和45年11月22日(日)～24日(火)
2. 1970年度地球化学討論会
3. 東海大学海洋学部(静岡県清水市折戸)
4. 日本地球化学会・日本化学会
5. 静岡県清水市折戸1000 東海大学海洋学部 岡部史郎

[注] 1. 開催年月 2. 会合名 3. 会場 4. 主催者
 5. 連絡先(掲載順位は原稿到着順)