

## 月のクレーターの原因論の問題点(2)

都 城 秋 穂\*

### 9. クレーターの相対的な新旧の関係

クレーターのなかに、生成年代の古いものと新しいものがあることは、火山説の支持者もイン石説の支持者も認めている。

クレーターの新旧を見わけるための特徴としては、次の三つがあげられている：

(1) 古いクレーターの一部分を破壊し、切って、新しいクレーターができることがよくある。このときには、相対的な新旧の関係はだれにでも明らかである。Escher は、古いクレーターを切ってできた新しいクレーターのほうが、いつでも古いクレーターよりも小さいという関係が成立つのに注意した。これは、地球上の火山に一般に成立つ関係であるから、彼はこれを、火山説の一つの根拠と考えた。しかし大きいクレーターができれば、そこに前から小さいクレーターがあっても、それは破壊されて見えなくなってしまうかもしれない。

(2) 古いクレーターは、しだいに侵食をうける。縁の形がなだらかになり、低くなる。さらに、クレーターの壁が崩れて広がり、その底が埋められて浅くなるのではないかともみえる。これらの変化は、Baldwin(1963 p. 188~196) が定量的によく研究している。

(3) 最も新しいクレーターだけが、次節にのべる光条をもっている。

このような観察によって、クレーターの新旧を区別し、幾つかのグループに分類することができる。Baldwin は、こうしてクレーターを四つ(1949)または五つ(1963)に分け、主なクレーターの分類表を与えている。彼の分類では、クラス1というのが最も新しいクレーターであって、海の形成後にできたものと考えられた。クラス2、クラス3、クラス4と、順次に古くなる。(五つに分けたときのクラス5というのは、その内部が暗色物質によって満されたクレーターである。)

### 10. 光条

光条(bright rays)は月面の著しい特徴の一つであって、最も新しい時代のクレーターからほぼ放射状に出ている。近年の多くの論者は、クレーターに起った何かの現象のために、何かかぶき出されて光条を生じたということに、ほぼ意見が一致している。何が起って何かかぶき出されたか考えるかは、人によって異っている。

火山説の久野久は、軽石流だと考えた。イン石説の Dietz や Baldwin は、イン石の衝突によって粉碎された岩石の粉がふき出されたのだと考えた。

イン石説の Spencer は、鉄イン石が衝突して、気化爆発し、さらにそれが凝結して微小な鉄球になって散らばり、光って見えるために光条を生ずるのだと考えた。そして、光条のないクレーターは石質イン石が衝突してできたのだと考えた。月面において、光条のあるクレーターと光条のないクレーターとの数の割合は、地球上に落ちてくる鉄イン石と石質イン石との数の割合にほぼ等しいとのべている。

しかし、光条のあるクレーターとないクレーターとの違いを、このように衝突した物体の性質によって説明しようとする人は稀である。Dietz や Baldwin をはじめ、たいいてい人は、すべてまたは多くのクレーターは、できたばかりの時代には光条をもっていたのであるが、後に古くなるにつれて、光条は侵食されたり、変質したり、蔽われたりして、見えなくなったのだと考えている。Kuiper は、月の性質が時代とともに変化したために、古い時代のクレーターには元来光条は生じなかったが、新しい時代のクレーターには生ずるようになったのだと考えた。

近年 Shoemaker (1962) は、光条の生成の詳細な力学的解析をコペルニクスの光条に対して行い、この問題に一時代を画した。彼は、その性質がイン石の衝突によって説明できることを示した。

### 12. クレーターの線上への配列

月面上のクレーターのなかで、ごく小さいマール状のものが線上に配列して出現することがあるのは、多くの人によって指摘されている。ときには、そういう小さいクレーターが密に連なって、谷のようになっていることがある。有名な Rheita 谷や Hyginus 谷は、そのようなものである。

Escher や宮本のような火山説支持者はもちろんのこと、Kuiper や Shoemaker のように大きいクレーターはイン石孔だと考える人でも、このように小さいクレーターの明瞭な列は、火山性のものだと考えている。

大きいクレーターの配列については、火山説の支持者とイン石説の支持者とで、意見のちがいがでてくる。火山説の支持者は、大きい火口も線上にならぶ傾向があるということを強調する。たとえば P. Moore は、月面の中央付近を通って南北に走るように、ワルター、レギ

\* 東大理地質学教室  
Akiho Miyashiro: Controversial Problems on Lunar Craters  
(2)

オモンタヌス、プルバッハ、アルザッヘル、アルフォンズ、プトレミウス、アルキメデス、プラトーという巨大なクレイターの列があると述べている。Gilbert, Dietz, Spencer などのようなイン石説の支持者たちは、こういうクレイターの列は実在するものではなくて、たくさんのクレイターのなかの幾つかが偶然そういう位置にきたにすぎないと考えた。彼らは、クレイターの分布がランダムであることを強調した。

Baldwin は、従来大きいクレイターの列だといわれているものは一般に南北の方向に走っていることを指摘した。そしてそれは、月の明暗の境界線に平行な方向であって、列になっているような印象を与えやすいにすぎないのだといった。その一つの証拠として、一つの列に属するといわれているクレイターのなかにも、相対的な新旧のはなはだしく異なるものがあって、ほぼ同じ時代に同一の原因でできたとはいえないことを指摘した。

地球上の火山の大部分は、造山帯にできて、造山帯の方向に平行にならんでいる。ところが、月面上には、それに対応するような造山帯は存在しないというのが定説になっている。もしそうだとすれば、月面上のクレイターがたとえ火山であったとしても、地球上の造山帯の火山とはちがった過程によって生じているはずであるから、線上にならんでクレイターの列をつくらなくてもよいわけであろう。地球上の火山でも、たとえば満州や朝鮮の新しい地質時代の火山のように、造山帯でない地域の火山は、とくに線上にならんではいない。月のクレイターが現在一般に円形をしているということも、月の表層部が造山運動をうけて側方から圧縮されたことがないということを示すものと解釈してよいであろう。

## 12. クレイターの数

月面上にあるクレイターの数はきわめて多く、ことに陸地には密集している。Daly は、こんなにたくさんあるクレイターは、火山であるはずはないと思った。

しかし、月面には、地球上のようにげいしい侵食はない。したがって、きわめて古い時代にできたクレイターでも、破壊されずに残っていることになる。地球上では、たいいてい火山は200万年もすると侵食で破壊されて、わからなくなってしまうが、月面上ではまるで条件がちがうわけである。このことを考えると、月面上にクレイターがどんなに多くあっても、それだけでそれは火山ではありえないと結論することはできない。このことは、Gilbert や Spencer のようなイン石説の支持者もよく理解していた。

Escher は、月は地球から分離するとき、シアル性の物質をたくさん持って行ったので、厚いシアル殻をもち、そのために火山活動が地球よりはげしいと想像し、それをクレイターの多いことの説明とした。しかし、そ

ういう空想的な説明で満足するより前に、することがたくさんある。

現在われわれは、地球上に落下してくるイン石の質量と落下頻度との間の関係について、幾らか知っている。Harrison Brown は、次のような式を与えている：

$$f = 6.9 \times 10^{11} M^{-0.8}$$

$M$  はイン石の1個の質量を gram で表わした値で、 $f$  は質量が  $M$  よりも大きいようなイン石が面積  $10^6 \text{ km}^2$  の地域に、 $10^9$  年の間に落ちてくる総回数である。このような式から出発して、ある大きさのイン石孔ができる頻度の式を導くことができる。この頻度は、地球上でも月面上でも、あまり大した違いはないであろう。Shoemaker と Hackman や、Baldwin が、それをやってみた。

その計算結果によると、直径 1 km より大きいイン石孔のできる頻度は、6 万年あるいは 9 万年に 1 個という程度になる。直径 10 km より大きいイン石孔になると、5000 万年あるいは 7000 万年に 1 個というような小さな割合になってしまう。

月の海ができたのが最も長く見積って今から 45 億年前と仮定し、海の上にてできているクレイターのなかで、近くにある他のクレイターからの抛出物によってできたかもしれないような二次的クレイターは全部除いて、一次的クレイターだけを数える。こうして求められた一次的クレイターの数を、上記のイン石孔のできる数の計算値と比較してみると、直径 1~3 km 程度の微小なクレイターに対してはその二つの値はほぼ合致する。しかし大きなクレイターに対しては、計算値のほうが数えた値の 1/10~1/100 程度の小さな値になってしまっていて、まるで合わない。

なぜこのように合わないのかは、明らかでない。太陽系の歴史の初期には、現在よりもイン石がはるかに多かったというような事情でもあるのかもしれない。あるいは、地球に落下するイン石についてのわれわれの見積りが全く誤っているのかもしれない。

なお、上記のようにして直径 1~3 km くらいのイン石孔の生成頻度を計算してみると、それは、北アメリカ大陸に現在知られているイン石孔やイン石衝突によってできた構造の生成速度とほぼ合致するというのである。

## 13. 雨の海と放射状構造

月面上の海 (mare) とよばれている地域のなかには円形のものがあって、それらは実は巨大なクレイターの底の暗色をしているものにすぎないのだらうということは、多くの人によっていわれている。雨の海 (Imbrium) 危機の海 (Crisium)、神酒の海 (Nectaris)、湿りの海 (Humorum) などは、いずれもそうである。

これらのなかで、ことに多くの人の興味を引いたの

は、雨の海である。この海のまわりに、何か放射状に射出する模様が見えることにはじめて強く注意したのは、古く Gilbert であった。彼は、この海は巨大なイン石の落下によってできたイン石孔なのであって、そのときに抛出された岩片はまわりの地域に放射状に堆積したと考えた。また、イン石の破片や岩片が飛ばされていって、放射状に溝や谷を刻んだのだと考えた。Alpine 谷や Rheita 谷は、こうしてできたのだと考えた。

近年では、Dietz や Baldwin や Urey は、この Gilbert の考えをほぼ全面的に受け入れている。雨の海から放射状にでている谷が断層でないことは、それが既存のクレイターを切るときにクレイターの縁を刻んではいるが、その底を傷つけていないことからでも明らかであると Dietz はのべている。海の底は、イン石の衝突によって融けた岩石によっておおわれていると考えられた。

それに対し、Spurr のような火山説支持者は、全く違った説明を与える。彼も、雨の海のまわりに放射状の構造のあることは認める。しかしそれを、断層だと考える。雨の海は一つの巨大な火山であって、その地下にマグマが集まって、ラコリスのように土地を押し上げた。そのために、放射状に割れ目、すなわち断層ができたのである。その後、マグマの溜りの屋根がおちて、マグマは噴出し、広い溶岩原をつくったのが雨の海であると考えた。

しかし、Firsoff は雨の海のまわりに放射状構造が存在するかどうかを疑った。すなわち彼によると、月の面には、その全体にわたって複雑な断層系がある。雨の海のまわりの放射状構造と考えられたものは、実はこの断層系のなかの一部分なのであって、決して雨の海から放射状にでているわけではないと考えた。

放射状の構造が見あやまりであるか否かは別として、月面上の全体にわたって、相交わる多くの線によって構成された網状構造 (grid system) が存在するということは、Firsoff のほかにも、von Bülow, Fielder その他の人たちによっていわれ、その図が発表されている。

#### 14. 月面地形成因論の文献について

今日われわれが、たとえば何かの物理現象について語るときには、われわれは Galileo と同じような調子で語るわけではない。Galileo の時代から今日までの間の 300 年に、無数の物理学者が多くの研究を蓄積してきている。その蓄積は、力学とか電磁気学とか量子力学とかいうような、理論の体系としてわれわれに与えられている。今日何を論ずるにしても、そのことを背景において論ずるわけである。

月のクレイター、あるいはそのほかの月面の地形についての議論を読んだときに感ずる空しさのなかのかなり多くは、これらの議論にはそういう意味の蓄積がないということから来ているのではないと思われる。蓄積がないために、いつでも Galileo のように、出発点にもど

って議論するわけである。同じ議論や、同じ感想を限りなく繰返すわけである。

それでは、月の地形成因論には全く蓄積はないかというところ、決してそうではないであろう。たとえば、19 世紀末に書かれた Gilbert の論文などは、現在でも価値をもつ古典の一つといてよいであろう。近年のものでは Fielder, Baldwin, Shoemaker などの著書や論文のなかには、多くの蓄積的な価値のあるものが含まれているのではなからうか、そういうものが、学界の共有財産として十分に読まれ、理解された上で、われわれの議論がはじまるようにしなくてはならないであろう。わが国の場合についていうと、どうしてもこういう標準的な著作を日本語に訳して、日常的に近ずきやすくする必要があるのでではなからうか。

月面の地形の研究を主たる専門的職業にするような人が何人も現われてくれば、そういう著作は原書のままでも読みこなすから訳さなくてもよいであろうが、わが国の現状では、それは期待しにくいのではなからうか。

次にあげる文献は、本文に引用したもののなかの一部だけである。地質学者や地球物理学者のものにかたよって、天文学者のものが少ないのは、私の環境にあって近ずきやすいものが目にふれることが多かったからにすぎない。天文学者のものを主としてみれば、もっと違った調子になったかもしれない。

天文学者の著作などに、たとえば Spurr の “*Geology applied to selenology*” などが地質学者の重要な貢献としてあげられているのを見たりすると、地質学者の側からは首をかしげたくなる。もちろん天文学者の側には、それとはちがった、いろいろないい分があるであろう。いずれにしても、わが国でも、地質学者と天文学者との間のコミュニケーションをもっとよくしたほうがよいであろう。

#### 主要な文献

- Baldwin, R. B. (1949) *The face of the moon*. Univ. Chicago Press.  
 “ (1963) *The measure of the moon*. Univ. Chicago Press.  
 Daly, R. A. (1949) Origin of the moon and its topography. *Proc. Amer. Philos. Soc.*, 90, 104~119.  
 Dietz, R. S. (1946) The meteoritic impact origin of the moon's surface features. *J. Geol.*, 54, 359~375.  
 Escher, B. G. (1949) Origin of the asymmetrical shape of the earth's surface and its consequences upon volcanism on earth and moon. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 60, 352~362.  
 Firsoff, V. A. (1959) *Strange world of the moon*. Hutchinson, London.  
 Gilbert, G. K. (1893) The moon's face. *Bull. Philos. Soc. Wash.*, 12, 241~292.  
 Jeffreys, H. (1959) *The earth*. 4th ed., Cambridge Univ. Press.  
 Kuiper, G. P. (1959) The moon. *J. Geophys. Res.*, 64, 1713~1719.  
 Shoemaker, E. M. (1962) Interpretation of lunar crater. *Physics and astronomy of the moon* (Z. Kopal, editor). Academic Press, New York.  
 Spurr, J. E. (1944) *Geology applied to selenology*. Vol. 1. Science Press Pringling Co., Lancaster, Pa.  
 Urey, H. C. (1962) Origin and history of the moon. *Physics and astronomy of the moon*. (Z. Kopal, editor), Academic Press, New York.  
 Wegener, A. (1921) *Die Entstehung der Mondkrater*. Sammlung Vieweg, Heft 55, Braunschweig.