

火山噴出物の見かけ密度測定のための体積計の試作

高橋春男*・小山悦郎**

A New Volumeter for Measuring Bulk Density of Volcanic Products

Haruo TAKAHASHI* and Etsuro KOYAMA**

はじめに

火山噴出物の見かけの密度は、マグマの熔融状態や噴出の機構あるいは火山噴出物の発泡度や堆積量を推定するうえで重要な情報を与える。

かつて、軽石やスコリアあるいは一部の溶岩など発泡度の高い試料に対する密度の測定には、試料を直方体に切断・成形して体積を測定する成形法（八木ほか, 1960）、あるいは試料をパラフィンでコーティングした後、水中で体積を測定する水中体積測定法などの手法が用いられていた。その後、佐々木・勝井（1981）によってガラスビーズ法が考案され、現在ではほとんどの場合この方法が用いられている（例えば今井・三ヶ田, 1982；中村ほか, 1986；佐藤ほか, 1989）。

これらの方法のうち、成形法は、試料の成型にかなりの時間が必要であり、試料が小さい場合は成形ができないという難点がある。また、開気孔（open pore）が比較的大きな試料では、開気孔を避けて各頂点や辺をきちんと成型することはほとんど不可能である。パラフィンコーティング法は、佐々木・勝井（1981）によればコーティングに技術的な困難が伴うとされている。ガラスビーズ法は、前処理無しに直接体積を測定できる。ただし、体積測定に使用するメスシリンダーは、本来概量を計る器具であるため、その目盛は目安程度の精度でしかなく、読みとり精度が低くなることは避けられない。また、使用するガラスビーズの大きさが 0.5 mm~1.5 mm ϕ 程度であるため、開気孔にガラスビーズが入ってしまうし、ガラスビーズの径を大きく

すると試料とガラスビーズとの間の隙間が無視できなくなる。さらに、ガラスビーズを最密状態にするため物理的な振動を与えなければならず、壊れ易い細粒の火山堆積物の測定は難しい。

本報文では、これらの方法の難点を考慮して、新たに考案・試作した水中体積測定器および木ロウを用いた試料のコーティング法について報告する。

試作した体積計の概要

試作した体積計の概念図を Fig. 1 に示す。

図中 A は、装置を水平に設置するためのネジで、架台前部の左右についており、それぞれのネジを回すことで足が上下に伸び縮みする。B は、水準器である。C は枝付きガラス容器で、枝の部分には、上から 1/2 程の位置に水面の位置を合わせるための標線（mark）が 1 本刻まれている。D は、試料の体積に合わせて選択されるメスピペットで、C とは厚めのシリコンゴム管 E で連結されている。F は、水のメニスカスを C の枝の標線に合わせるため、支持棒に沿って上下にスライドする。F' は、上下に動く微調節用の歯車である。なお架台および各支柱の材質には、加工しやすくかつ比較的重量のある砲金を用いているため、測定中も装置は安定している。

枝管およびメスピペットの裏面には、メニスカスを見易くするため、青色の細い縦線を刻んだ白色のプラスチック板を当ててある。なお、G は、試料を枝付きガラス容器に挿入するための試料保持器の 1 例である。

装置の大きさは、高さが 63 cm, 最大幅が 23 cm, 奥行きが 16 cm である。

測定法

1. 装置

試料の重量は、通常の重量分析の手法と同様、加熱には

1999 年 9 月 23 日受付, 1999 年 11 月 5 日受理.

* 東京大学地震研究所地球ダイナミクス部門,

** 火山研究センター浅間火山観測所.

* Division of Global Dynamics,

** Asama Volcano Observatory, Volcano Research Center, Earthquake Research Institute, University of Tokyo.

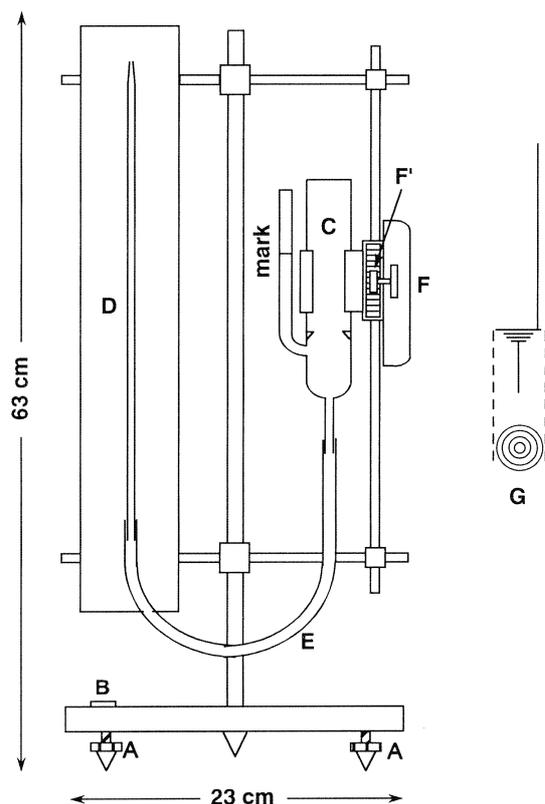


Fig. 1. The illustration of new volumeter.
 A: screw for level adjustment of the apparatus. B: bubble level. C: side-arm glass vessel. D: measuring pipette. E: silicon gum tube. F: slider for adjustment of water level. F': cog for fine adjustment. G: example of sample holder.

Method of measurement:

- (1) Set apparatus horizontally by using bubble level (B) and screws (A).
- (2) Fill the glass vessel (C) up to the mark of side-arm with pure water.
- (3) Read mark on measuring pipette (D).
- (4) Put sample into the glass vessel with sample holder (G).
- (5) Adjust meniscus of water to the mark by using slider (F) and cog (F').
- (6) Read mark on the measuring pipette.
- (7) The volume of sample is equal to the volume which is obtained by subtracting the value of (3) from the value of (6).

乾燥器を、冷却にはデシケータを用いて恒量にした試料を化学天秤で精秤する。一方、体積の測定は、以下の手順による。

- (1) Fig. 1 に示されているネジ A および水準器 B により装置を水平に設置する。(2) 枝付きガラス管 C の標線と、メスピペットの目盛りの適当な位置に水面がくるように蒸留水を入れる。(3) スライダー F および微調整ネジ F' によってガラス容器を上下させメニスカスを正確に枝管の標線に合わせる。(4) メスピペット D の目盛りを読みとる。(5) 適当なホルダーにのせた試料をガラス管 C の水中に入れ、

再び水面を標線に合わせる。(6) メスピペット D の目盛りを読みとる。(7) 試料の体積は、(4) と (6) の目盛りの差として得られる。

測定に際しては、水の流れを良くし、正常なメニスカスを得るために、使用するピペット、シリコンチューブ、枝付きガラス管等は、温湯に溶かした無泡性洗剤と超音波洗浄器などで十分に洗浄しておく。

2. 木ロウによる試料のコーティング

発泡度の高い試料については、開気孔を塞ぐため水に溶けない物質で試料表面をできるだけ薄くコーティングする必要がある。本法では、熱アルコールあるいは揮発性の高いエーテルにしか溶けないパラフィンの代わりに、アルコールやトルエンあるいは石油ベンジンなどに溶ける木ロウでのコーティング（ワックスコーティング）を試みた。

恒温槽で 70°C に保ってある溶融木ロウに試料を浸し、気泡が抜けるまでしばらく放置する。ついで、溶融木ロウの入っている容器を恒温槽から取り出し、その壁面にロウが付着し始めるまで冷却する。直ちに木ロウの溶融液から試料を取り出して、細い針金などで作った接触面積の少ない保持台に載せ、木ロウが固化するまで数分間冷却する。

再度、温度が 62°C 以下に下がらないよう注意しながら、試料を 65°C に保たれている溶融ロウ液に浸す。容器の壁面に木ロウが付着し始めるまで冷却後、試料を取り出して冷却固化させる。余分に付着している木ロウは、温トルエンなどを浸した柔らかい刷毛や綿棒などで取り除いた後、十分に放置して固化させる。

測定試料は、三宅島湯の浜の明治溶岩流から採取した、発泡度の比較的高い 1 個のブロックから大きさの異なる 3 個の直方体を切り取って成形したものである。いずれの試料も見た目の発泡度に大きな違いはなく、開気孔の径は、大きい孔で 1~5 mm である。試料の表面は、開気孔が互いに接したり重なり合ったりして凹凸になっている。

Table 1 は、3 個の試料について、ワックスコーティングをする前と後との各辺の長さをノギスを用いて測定した値である。

ワックスコーティングによる各辺の長さの増加分は、いずれの試料においても最大 0.01 cm 程度である。測定値から計算された体積の増加は 1.1~1.5% となり、見かけ密度に与える影響はあまり大きくない。

試作器の特徴

試作した水中体積測定器は、測定が簡便であり、1 回の測定時間が短く、またブランクと試料を水中に入れた場合との測定値の相対的変化から体積を求めるため温度の影響が極めて少ない。また、水を吸わないような緻密な試料やワックスコーティングした試料では、繰り返し測定が容易

Table 1. The length changes of sides due to coating with wax. Samples are the rock pieces which were taken from a highly vesicular brock from the Meiji lava flow at Miyake-jima and were cut into rectangular prism.

sample No.	coating	length of sides (cm)			volume (cm ³)
A	not coated	1.75	1.44	1.50	3.78
	coated	1.76	1.45	1.50	3.82
B	not coated	1.95	1.48	1.19	3.43
	coated	1.95 ₅	1.48 ₅	1.20	3.48
C	not coated	1.95	1.20	1.01	2.36
	coated	1.95 ₅	1.21	1.01	2.39

Table 2. The measured values of volumes and bulk densities. Samples are same as in Table 1.

sample No. & weight (g)	formation method		glass-beads method		new apparatus (coated with wax)	
	volume (cm ³)	density (g/cm ³)	volume (ml)	density (g/cm ³)	volume (ml)	density (g/cm ³)
A 3.8015	3.78	1.01	3.3	1.2	3.65	1.04
B 3.2218	3.43	0.94	2.7	1.2	3.20	1.01
C 2.0705	2.36	0.88	1.6	1.3	2.05	1.01

である。さらに、測定試料を入れるガラス容器の直径と体積を読みとるためのメスピペットの大きさの組み合わせを換えることで、幅広い体積の試料に対する測定が可能になる。ガラス容器に試料を挿入するための試料保持器は、水面を標線に合わせるため、試料の有無に関係なく、水中に没する部分は常に同じである。したがって、試料保持器は、測定試料によって適当な形状が選択でき、軽石のように浮力のある試料では、浮き上がるのを抑えるため蓋をつけることが可能である。火山砂あるいは火山灰など比較的細粒な試料は、上下にガラスフィルターあるいは目の細かい合成繊維や金属製の網などを取り付けた円筒の保持器で測定できる。

水を吸わない試料については、径が数 mm 程度の小片でも十分な精度で体積が測定できる。試みに、外径 0.7 cm、内径 0.6 cm、長さ 1 cm、重さ 0.2303 g の透明石英ガラス管片（理科年表による密度は 2.22 g/cm³）について、30 回の繰り返し測定を行った。測定には最小目盛 0.002 ml の 0.2 ml メスピペットと内径 1.2 cm のガラス管とを組み合

わせて用いた。求められた見かけの密度の平均値は 2.23 g/cm³、1 σ の標準偏差は 1.4% である。

測定結果と考察

Table 1 と同じ試料について、成型法、ガラスビーズ法および試作器によって見かけ密度を求めた。成型法における 3 辺の測定にはノギスを、ガラスビーズ法には市販の ϕ 0.6 mm のガラスビーズをそのまま用いた。試作器による測定では、木ロウによるワックスコーティングを施した試料を用いた。

それぞれの方法による体積の測定結果および見かけ密度の値を Table 2 に示す。

体積を直接測定できる成型法は、試料が十分大きければ信頼性の高い方法である。本測定では、3 種類の方法のなかで、成型法による見かけ密度のばらつきが最も大きい。この原因としては、試料が小さくなるに連れて、開気孔のために頂点や辺の一部が欠けるなど、成形の不完全さの影響が大きくなることによるものと考えられる。事実、試

料が小さくなるほど見かけ密度の値は小さくなっており、成形の不完全さによる影響は、試料が小さくなるほど大きくなるという予測を裏付けている。

ガラスビーズ法では、得られた値の有効桁数は少ないものの、見かけ密度の値は一見そろっているように見える。しかし、本測定では、測定値に含まれる誤差を強調するために用いた試料が小さく、メスシリンダーの目盛では十分な読み取り精度が得られない。さらに、ガラスビーズも細粒であったため、ガラスビーズが開気孔に入ることによる影響が大きく、実際より体積が小さく測定されている。通常、この方法は、体積が数10～数100 cm³の試料に対して、直径1 mm～1.5 mm程度のガラスビーズを用いることによって、誤差を小さくしている。

試作器による見かけ密度の値は、成型法の場合の最も大きい試料の値とほぼ等しいうえ、いずれの試料の値も極めて良くそろっている。

これらの結果は、試作した体積計および試料に対する

ワックスコーティング法が、軽石やスコリアあるいは一部の溶岩など発泡度の高い試料の体積測定に対し、十分な精度があることを示していると考えられる。

謝辞：本測定器の試作にあたってご助力を頂いた地震研究所技術開発室の浅田鉄太郎氏に謝意を表します。

文 献

- 今井 博・三ヶ田 均, 1982, 1783年天明三年浅間火山噴火に伴うテフラと古文書の研究, 火山, **27**, 27-43.
- 中村利廣・万寿 優・佐藤 純・高橋春男, 1986, 富士火山1707年(宝永4年)噴出物の層序にそった組成変化, 火山, **31**, 253-264.
- 佐々木龍男・勝井義雄, 1981, ガラスビーズを使った軽石の密度測定法, 火山, **26**, 117-118.
- 佐藤 純・中村利廣・菅原伸一・高橋春男・佐藤和郎, 1989, 浅間火山1783年(天明三年)噴出物の元素組成, 火山, **34**, 19-39.
- 八木健三・松山 力・七崎 修, 1960, 軽石の密度—溶結凝灰岩生成機巧についての一考察—, 火山, **5**, 99-104.