

御船層群の古環境 ～火山豆石の形成過程～

熊本県立湧心館高等学校 1年 竹下 勇二

熊本県立第一高等学校 2年 小田 涼香 ほかに10名

1 動機および目的

御船層群の凝灰岩中には、所どころ「火山豆石」とよばれる火山灰でできた直径1センチメートルほどの丸い石がみられる。私たちはこの不思議な火山豆石について調べ、その形成過程を推察することで、御船層群がつくられた大昔の環境を考えた。

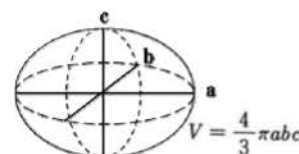
2 方法

上益城郡御船町白岩に分布する前期白亜紀（約9000万年前）の御船層群の地層から、火山豆石やそれらが含まれる凝灰岩を採取し、露頭や岩石等の肉眼観察や、岩石薄片を作製し顕微鏡観察等を行った。また、新燃岳の火山灰を用いた火山豆石形成のモデル実験や文献調査を行い、火山豆石が形成される過程について仮説を立て、その検証を行った。

3 結果

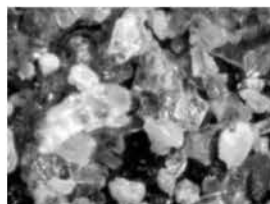
(1) 露頭観察や豆石の計測・計算等から分かったこと

- 豆石の断面はすべて楕円形で、長軸(a)や中軸(b)は層理面に平行である。
 - 豆石が密に含まれる凝灰岩では、体積1Lあたりに少なくとも1183個の豆石が含まれている。
 - 豆石211個の3辺(a:長径、b:中径、c:短径)の計測より豆石は回転楕円体をつぶした形である。
 - 豆石3辺の計測結果をもとに体積を求めると、平均体積は 0.40cm^3 、平均密度は 2.33g/cm^3 である。
- また、こうして求めた体積から豆石を球形と仮定し大きさを考えると、直径は平均9.18mmで、豆石の粒度分布から、直径7～10mmの豆石が多いことが分かる。

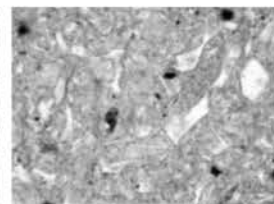


(2) 豆石の肉眼観察から分かったこと

- 丸いものと欠けたものがある。
- 豆石どうしが密着しているものがある。
- 表面に黒い“皮”のような部分がある。
- 豆石の周りにはかけらがあり、角があるものとなないものがある。
- 豆石の内部には同心円状の構造が見られる。
- 豆石内部には白い粒が見られるものもある。

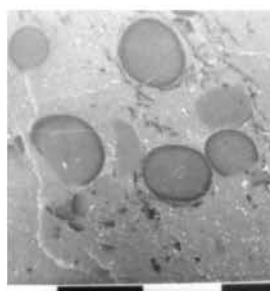


ガラス質火山灰 (K-Ah)

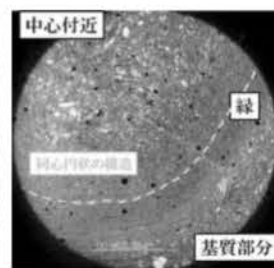
豆石の中心付近
(×10、開放ニコル)

(3) 豆石を含む凝灰岩の薄片観察から分かったこと

- 豆石とその周囲は細粒で均質なガラス質火山灰からなる。このことから、豆石は火山灰でできており、豆石およびその周囲は凝灰岩と言える。
- 豆石の中心付近は少し粗粒な火山ガラス（大きなものは約 $200\mu\text{m}$ ）、表面の“皮”の部分は少し細粒な火山ガラス（大きなものは約 $10\mu\text{m}$ ）からなる。
- 豆石内部に見られる同心円状の構造は、火山ガラスの粒度の違いによる。



火山豆石およびその周囲

豆石の顕微鏡写真
(×2、開放ニコル)

4 考察（観察や実験から考えられる豆石形成過程について）

疑問1 火山灰はどうして集まったのか？

火山灰を強く握りしめて力を加えても、固まらなかった。そこで、スボイトや霧吹きを用いて、火山灰に水を加える実験をした。火山灰に水を含ませると、火山灰が集まり丸くなる。できたものに粘性の低い瞬間接着剤を加えて固めたり、水の代わりに瞬間接着剤で作ったりしたものには、内部に同心円状の構造が確認できた。この同心円状の構造の原因は、構成粒子の大きさの違いである。

疑問2 火山豆石ができた場所は、地面or上空のどちらか？

はじめに豆石は地面でできたと考えた。火山灰が降り積もった斜面に雨が降ることで火山灰が丸く集まると予想したが、急な傾斜に水滴を垂らしても水滴は転がらずに、火山灰は丸く集まらなかった。次に、火砕サージなどの強い風による豆石の形成を考えた。強い風の影響を受けているとすれば、風速の変化などにより斜交葉理などの堆積構造が見られたり、豆石の長軸方向が大体そろった産状になったり

するはずである。しかし、そのようなものは見られなかった。また、火山ガラスが融けるなどの火砕サージの熱の影響を受けた証拠も見られず、豆石が地面でできたとは考えにくいことが分かった。

火山灰に水を加えてできた豆石は、容易に壊れてしまう。そこで、それらを凍らせてみた。凍らせたものとそうでないものとを、ある高さから落として強度の違いについて調べてみた。すると、凍っていないものは、5 mほどの高さでほとんどが砕けてしまった。一方、凍ったものは大変硬く、豆石の形状が保存されやすいことが分かった。

そこで、上空で火山灰に雲粒や雨滴が付着して集まり、さらに低温により豆石が凍ってできたと考えた。つまり、電ができるようにして豆石ができたと考えた。豆石と電とを比較すると、形状がきれいな球体ではない点や、内部に同心円状の構造が見られる点、その原因が構成粒子の大きさの違いである点など、類似点が多い。発達した積乱雲等の中で、火山灰に雲粒や雨滴が付着して小さな豆石ができる。それらが上昇気流により上昇しながら、火山灰を付着させて大きく成長して凍る。凍った豆石が重くなって下降する。その途中で氷が融け、強い上昇気流でまた吹き上げられると、周囲の火山灰を新たに付着して豆石はさらに大きく成長する。このような過程を繰り返しながら豆石が成長し大きくなる中で、形状が回転楕円体となり、内部には同心円状の構造ができたと考えた。また、豆石の“皮”の部分は、成長した豆石が地上に落下する直前に、表面の氷が融けてできた水の弱い吸着力により、周囲に漂う細粒な火山ガラスを付着することできたと考えた。

疑問3 火山豆石ができたとした上空とは、噴煙柱の中or噴源から離れた上空の雲の中か？

御船層群の火山豆石が含まれる凝灰岩やその上下の地層中には、火山の噴源付近に見られるような溶岩流や粗粒な堆積物が見られなかった。また、凝灰岩が細粒な火山ガラスだけからなることや、凝灰岩や豆石の構成物が広域テフラとして知られる鬼界アカホヤ火山灰（K-Ah）と似ていることから、豆石の周囲の部分は噴源から離れた場所で形成されたと考えられる。

また、豆石と基質部分の火山ガラスは、大きさに明らかな違いがある。一般に、降下火山灰の粒径は噴源から離れると小さくなり、淘汰がよくなる。よって、大きさが全く異なるものが同じ場所（噴源）から飛ばされてきたとは考えにくい。そのため、豆石は噴源から離れた上空ででき、噴源から飛ばされてきて堆積した細粒な火山灰層中に落下し、埋没したと考えられる。

落下中の豆石の形状は、回転楕円体（中径と短径は同じ長さ）だと考えている。しかし、凝灰岩の鉛直断面で豆石を観察すると、豆石の長軸や中軸は層理面に平行であり、水平方向に伸びた楕円形をしている。このことから、豆石が堆積した後に地層による圧密作用を受けたと考えた。豆石は地層中に埋没した後、地層の圧密により回転楕円体から、それがつぶれた形へと変形したと考えられる。



豆石を含む凝灰岩の鉛直断面

5 まとめ（御船層群に見られる豆石の形成過程）

- (1) 火山豆石は噴源から離れた積乱雲などの雲の中で、火山ガラスの火山灰に水滴が集まり、それが凍って硬くなってできた（図1）。
- (2) 強い上昇気流により上昇・下降を繰り返しながら、火山豆石は大きく成長した。このとき、形状は回転楕円体で、内部には同心円状の構造ができたと考えた（図2）。

- (3) 火山豆石は火山灰地に落下後、地層中に埋没した。その後、地層の圧密により現在の回転楕円体をつぶした形へと変形した（図3）。



図1

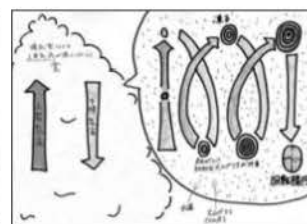


図2

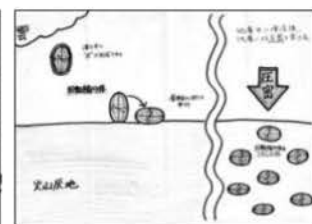


図3

6 今後の課題

御船層群中に火山灰を降らせた火山について、その噴火様式や噴源までの距離はどのようなものであったのか。他の地点に分布する御船層群の豆石を含む凝灰岩の層厚や豆石の産状等、噴出物（火山ガラス）の大きさや形状などをより詳しく調べたい。さらに、過去に噴火記録のある火山の中から類似したものを探し、それと比較することで御船層群形成時のより詳細な古環境の推測を試みたい。

【参考文献】

- ・HAILSTONES (Charles and Nancy Knight) ・ウィキペディア ・『火山の話』（中村一明、岩波新書）
- ・『気象・天気図の読み方・楽しみ方』（木村龍治、成美堂出版） ・『気象のしくみ・天気図の見方』（木原実、主婦の友社）
- ・『建設系の数学事典』（松尾吉知・堀場芳一、市ヶ谷出版社） ・『新編 火山灰アトラス』（町田洋・新井秀夫、東京大学出版会）