

埼玉県吉見丘陵の酸性凝灰岩

千葉とき子・斎藤 靖二・松原 聡

国立科学博物館 地学研究部

Acid Tuff from Yoshimi Hills, Saitama Prefecture, Japan

By

Tokiko TIBA, Yasuji SAITO, and Satoshi MATSUBARA

Department of Geology, National Science Museum, Tokyo

凝灰岩については、堆積岩とよく互層するために地層としての側面が重視されて、鍵層あるいは火山活動の指示者として層序学的・地史学的研究がよくなされてきた。一方、火砕流の研究をのぞいては、岩石学的にはもっぱら鉱物組成・化学組成の研究がなされ、構成物質の組織形態学は充分になされてきたとはいえない。凝灰岩といっても、その内容はマグマの性質、噴火型式、あるいは堆積過程などに関連して多様である。そして、凝灰岩を構成する粒子の組織形態はマグマの粘性・噴火型式を、岩石としての組織は堆積過程をおそらく反映していると予想される。凝灰岩を物質としての面からとらえる場合には、鉱物組成・化学組成にくわえて組織形態を知ることも必要であろう。このような観点から、凝灰岩の構成物質そのものの記載を目的として、小文では埼玉県吉見丘陵に分布する第三紀の酸性凝灰岩の例について報告する。特に鉱物および化学組成については、露頭表面から内部への変化に注目して検討した。

研究をすすめるにあたっては、国立科学博物館橋本光男・加藤 昭両氏に終始有益な御助言を頂いた。また東京都立大学石川良輔氏には試料採集に御協力頂いた。上記の方々に厚く御礼申し上げる。

記 載

I. 産 状

吉見丘陵の地質に関しては、小林 (1935) および渡部ほか (1950) による報告がある。それらによると、吉見丘陵に分布する酸性凝灰岩は福田層あるいは比企層群の七郷層中のもので、大部分が無層理であることから陸上堆積したと考えられている。時代は中新世であるらしい。分析・観察に用いられた酸性凝灰岩の試料は、埼玉県比企郡吉見町百穴北方 600 m 地点で採集された。採集にあたっては、露頭表面に二次鉱物の生成が認められるほど、充分に乾燥している時期をえらんだ。その酸性凝灰岩は、無層理、細粒均質で、乾燥露頭は粉末化し易い。露頭表面は白色粉末状鉱物で被われるため灰白色を呈するが、内部は灰青色を帯びる。肉眼では、苦鉄質鉱物や岩片は全く認められない。露頭表面に形成されている白色粉末状鉱物をその形状からふたつに分けて採集し、それぞれを A および B とした。酸性凝灰岩本体については、表面から約 10 cm 間隔で内部へ順次採集し、表面を C として内部へ順に D, E, F とした。

II. 鉱物組成

凝灰岩を構成する鉱物は、産状により以下の三つのグループに分けられる。

1) 凝灰岩本体を構成する鉱物

顕微鏡下では、C, D, E, および F のいずれも、微細粒 (0.02~0.06 mm) で均質な光学的等方性 ($n=1.5000$) の物質を主とし、微量の斜長石 (An_{45-25}) や粘土鉱物をともなう。C には更にごく僅かながら沸石も含まれている。ときには珪藻や放散虫遺骸の形態を示す非晶質シリカが濃集していることもある。X 線粉末回折では、凝灰岩の大部分が非晶質物質(ガラス)であり、クリストバル石の最強線に相当する弱い反射のみが認められた。

2) 凝灰岩の風化表層部に生じた鉱物

凝灰岩の風化表層部には、粉末状・毛状などの外観を呈する白色鉱物の集合体がつねに観察される。X 線粉末回折法により、A および B に、石膏 (gypsum, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$)、エプソマイト (epsomite, $MgSO_4 \cdot 4H_2O$) およびテナルド石 (thenardite, $\alpha-Na_2SO_4$) の存在が認められた。これら特に後者は、水に溶解し易い硫酸塩鉱物であるため、気温や湿度の変化によりそれらの存在量が左右され易い。高温多湿の条件下(特に夏期)では、エプソマイト、テナルド石はほとんど生成しないか、または生成したとしても長くは存在しないらしい。

3) 凝灰岩を切る脈を構成する鉱物

脈は片状の角閃岩と断層で接する付近によく発達し、幅 5 mm 以下で白色を呈し、多くは方解石、クリストバル石、ガラスよりなる。極めて微量ではあるが、クリストバル石にともなって苦土沸石に近い X 線粉末回折値を示す鉱物も認められる。

鉱物組成からみると、既知の酸性凝灰岩に含まれる石英、斜長石や若干の苦鉄質鉱物または岩片を含んでいないことが特徴的である。また沸石の形成がほとんどみられないことも特徴のひとつといえる。

III. 化学組成

凝灰岩の内部および露頭表面の総化学組成と CIPW ノルムを第 1 表に示した。凝灰岩はほとんど鉱物粒を含まず、見かけ上均質で、細粒のガラス片を主体としているので、試料を風乾後約 100 g 粉碎し、そのうちの 10 g 前後を分析に供した。

総化学組成では、この凝灰岩は石英安山岩質である。露頭内部 F から表面 C に向って、 SiO_2 , Al_2O_3 , FeO 含量が低下し、特に FeO 含量は露頭表面の試料 C では 0 になる。一方、 H_2O+ , Fe_2O_3 含量は試料 F から C へ増大する。注目すべきことは、いずれの酸化物の含量も露頭表面から 20~30 cm 奥の E と D を境に急変していることである(第 1 図 a)。

また凝灰岩粒子の空隙に主として入っている天水に由来する水分 H_2O- を除外して、化学組成の変化をみるために、各酸化物含量と SiO_2 含量の比を 100 倍にした変化図(第 2 図 b)を作った。それによると、 $[K_2O]$, $[Na_2O]$, $[Fe_2O_3]$ は露頭表面に向って増大する傾向がある。 $[CaO]$ と $[MgO]$ は露頭表面付近の D と C でわずかに増大する。 $[Al_2O_3]$ では F から C に向って多少の減少が認められ、 $[H_2O+]$ はほぼ一定している。

次に溶脱による酸化物含量の増減の影響が最も小さいと考えられる露頭内部の試料 F について、この酸性凝灰岩の化学組成の特徴を検討してみる。

この凝灰岩は微量のクリストバル石以外の鉱物をほとんど含まず、火山ガラスを主体としている。したがってこの火山ガラスは、 SiO_2 , Al_2O_3 , および H_2O+ を主成分としているとみなされる。黒曜岩や軽石などの火山ガラスの H_2O+ 含量はそれほど多くなく (2.5 wt% 以下; 谷口, 1972), こ

第 1 表. 凝灰岩の化学組成と CIPW ノルム.

Specimen	F	E	D	C
wt%				
SiO ₂	70.46	70.39	68.17	61.88
TiO ₂	0.36	0.33	0.20	0.19
Al ₂ O ₃	12.23	12.07	10.61	10.01
Fe ₂ O ₃	1.02	0.91	1.94	2.02
FeO	0.96	1.11	1.19	nf
MnO	0.10	0.09	0.08	0.10
MgO	0.09	0.11	0.07	0.16
CaO	0.95	1.01	0.81	1.04
Na ₂ O	2.23	2.24	2.47	2.38
K ₂ O	2.48	2.62	3.05	3.18
H ₂ O+	7.18	7.24	6.49	6.29
H ₂ O—	2.08	1.82	5.13	12.41
P ₂ O ₅	tr	tr	tr	tr
total	100.14	99.94	100.21	99.66
CIPW norm				
Q	45.62	44.62	40.14	33.39
or	14.64	15.47	18.03	18.81
ab	18.87	18.93	20.87	20.13
an	4.70	5.01	4.01	5.17
C	4.16	3.72	1.78	0.74
hy ^{en}	0.22	0.27	0.17	0.40
fs	0.51	0.92	0.39	—
mt	1.48	1.32	2.82	—
hm	—	—	—	2.03
il	0.68	0.67	0.38	0.21*
ru	—	—	—	0.08

* MnTiO₃

F: 露頭表面より 30 cm 内部の試料 (NSM 101787)

E: " 20 cm 内部の試料 (NSM 101788)

D: " 10 cm 内部の試料 (NSM 101789)

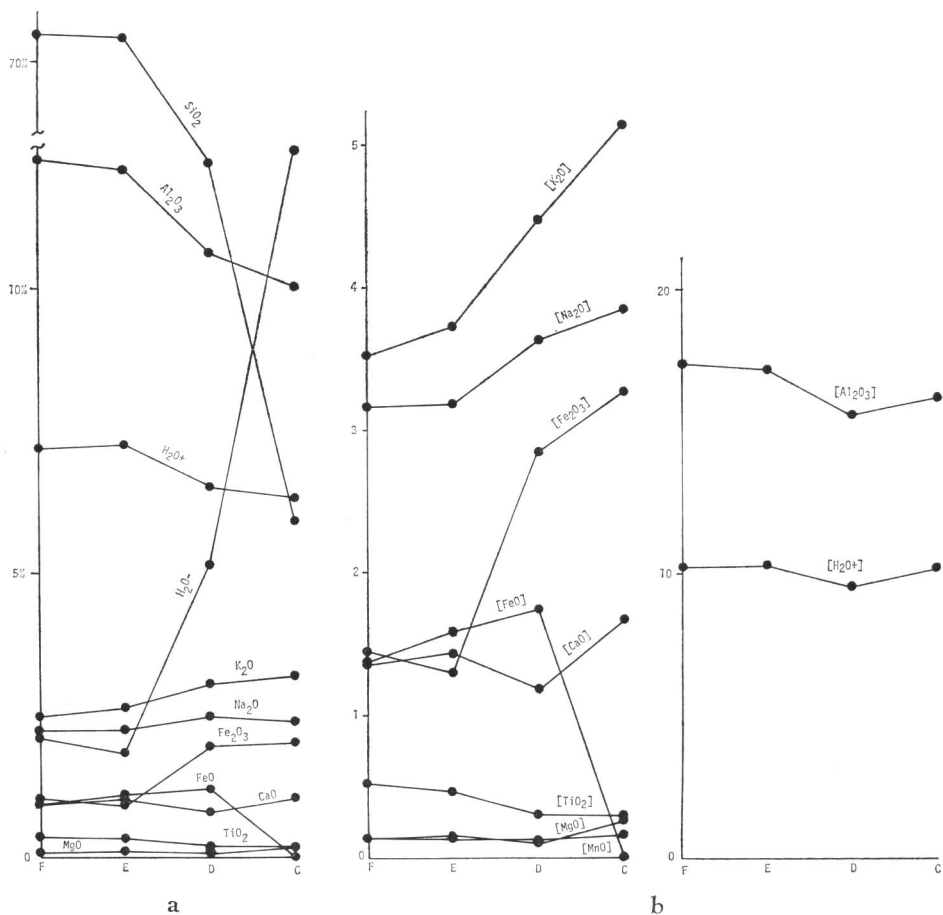
C: 露頭表面の試料 (NSM 101790)

の凝灰岩の火山ガラスと似た H₂O+ 含量を示すものとしては、南九州の二次シラスがある (大庭ほか, 1972), 二次シラスの場合は無水鉱物の粒子を若干含むので, 火山ガラスのみの HO₂+ 含量は大庭ほか (1972) の示した値よりも大きく, この凝灰岩の火山ガラスの H₂O+ 含量にかなり近い値になると考えられる.

IV. 吟 味

凝灰岩の内部から露頭表面へかけての化学組成の変化と, 前述の鉱物組成とから次のような過程が考えられる.

1) 凝灰岩の露頭表面には, 天水によって内部から溶脱され運搬されてきた Ca, Na, Mg を主成分とする硫酸塩鉱物 (それぞれ石膏, テナルダイト, エプソマイトとして) が析出している.



第 1 図. 凝灰岩の化学組成変化.

a. 酸化物含量の変化. b. $100 \times$ 各酸化物含量/ SiO_2 の変化, C, D, E, および F は第 1 表と同じ. $[\text{Al}_2\text{O}_3]$ は $100 \times \text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ を意味する.

2) 硫酸根の源としては、噴出直後の火山灰ならば火山灰自体（火山昇華物）でもあり得る（例えば ROSE *et al.*, 1974 など）けれども、この場合は硫酸ミストを含む天水の可能性が強い。

3) FeO の酸化によって Fe_2O_3 含量は増大するが、 Fe_2O_3 を主成分とする鉱物は光学的にも X 線的にも検出されないの、非晶質の物質として存在するか、あるいは火山ガラスの中に入っているものと推定される。

4) H_2O^+ 含量が F から C にいたるまでほぼ一定しているのは、谷口 (1972) の示したように、 H_2O 分子または OH 基として火山ガラス中で SiO_4 四面体 とかなりしっかり結びついていることを示唆しているのであろう。

5) K を含む鉱物は露頭表面に認められないので、K は火山ガラスから溶脱されにくいのかもしれない。これは LIPMAN (1965) の研究結果とも一致する。

6) 火山ガラスの屈折率が黒曜岩ガラス ($n=1.483\sim 1.495$) より高く、水分を多く含む松脂岩ガラス ($n=1.495\sim 1.520$) に似る。これは Ross & Smith (1955) と一致する。

7) 水が自由に動き得るガラス質凝灰岩では、露頭表面とわずか 30 cm 程度の内部とでも、著しく化学組成が異なる場合がある。組成の検討に際しては留意する必要がある。

V. 微細形態

試料 C, D, E および F とともに薄片による観察では、凝灰岩を構成する火山ガラス片は、不規則な多形で撓曲板状あるいは平板状にみえるものが多い。走査電顕観察によると、鉱物組成のところで述べたように特定の結晶形をもつ粒子は認められず、この凝灰岩が火山ガラスの破片だけからなることがわかる (図版 1)。火山ガラスの個々の破片は単なる粒状あるいは平板状ではなくて、大部分が彎曲した形で、ときには著しく折れ曲がっている。彎曲したものについては、発泡の結果生じた多くの気泡をもつ火山ガラスがこわされてできたと考えられる。しかし、気泡壁の厚さ (すなわち火山ガラス片の厚さ) が数ミクロンから 10 ミクロン位となるような発泡の条件、そのこわされ方についてはわからない。折れ曲がったものからは、火山ガラスが形成時にかなり可塑性をもっていたといえるだろう。とすると揮発性成分に富んでいたのかもしれない。このことは分析値に H_2O+ で示された成分の多いことと矛盾しない。火山ガラス片の表面は一般に平滑なものが多いけれども、細かな溝がきざみこまれたもの、波形の凹凸のあるもの、おそらく発泡のため生じたと考えられる小孔のあるものなども認められる。化学組成の上ではシラスとの類似性を述べたが、一次シラスにみられる繊維状集合体をなす火山ガラスは (大庭ほか, 1972)、この凝灰岩では観察されなかった。

これらの火山ガラスのほかに、明らかに生物遺骸である粒子もかなり見出された。それらは海棲の珪藻と放散虫で、観察した限りでは花粉は認められない。珪質微化石は一般にこわされていて、火山ガラス片の間に一個体づつ分離して点在していることが多い (図版 1-7)。ときには珪藻遺骸が密集している部分もあって (図版 1-8)、その場合それと火山ガラスとの境は明瞭ではない。このことと、珪質微化石以外の異質岩片が全く認められないこと、珪質微化石に再結晶のあとのみられないことなどから考えて、珪質微化石が噴出時にとりこまれた異質岩片のようなものとは考えにくい。しかしながら、火山ガラスの破片および珪質微化石の配列に全く方向性がなく (図版 1-1)、水成岩にふつうにみられる堆積組織も欠如している。

【附記】投稿後 HEIKEN, G., 1973. Morphology and petrography of volcanic ashes. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **83**: 1961-1988; HEIKEN, G., 1974. An atlas of volcanic ash. *Smithsonian Contributions to the Earth Sciences*. No. 12, 101 pp. を入手した。これ等の文献には火山灰粒子の微細形態の写真が多数示されているが、本凝灰岩の粒子と同じ形態として比較しうるのは認められない。文献について御教示下さった山形大学宇井忠英氏に感謝する。

引用文献

- 小林 学, 1935. 関東平原西北部松山町地方の地質。地学雑誌, **40**: 211-224.
LIPMAN, P., 1965. Chemical comparison of glassy and crystalline volcanic rocks. *U. S. Geol. Surv., Bull.*, 1201-D, 24 pp.
大庭 昇・山下広幸・山本温彦, 1972. 二次シラスの鉱物組成および化学組成。岩鉱, **67**: 84-89.
ROSE, W. I. Jr., BONIS, S., STOIBER, R. E., KELLER, M. and BICKFORD, T., 1974. Studies of volcanic ash from two recent Central American eruption. *Bull. Volcan.*, **37**: 338-364.
ROSS, C. S. and SMITH, R. L., 1955. Water and other volatiles in volcanic glasses. *Am. Mineral.*, **40**: 1076-1089.

谷口広充, 1972. 火山ガラス中の Si^{4+} イオン, Al^{3+} イオンおよび $\text{H}_2\text{O}(+)$ の赤外分光器等による研究. 岩鉱, 67: 291-300.

渡部景隆・菅野三郎・高野 真・村山猪久馬, 1950. 関東山地北東縁第三紀層の地質学的研究. 秩父自然科学博物館報告, (1): 93-146.

Summary

White tuff of the Yoshimi Hills, Saitama Prefecture, is massive and composed mainly of fine- to very fine-grained (0.06–0.02 mm in size) volcanic glass, occasionally associated with diatom and radiolaria remains. Scanning electron microscope images of the tuff reveal abundant flexed and vesicular glass shards, suggesting that the glass was considerably plastic and contained volatiles when it was formed.

Mineralogically, the tuff consists of amorphous matter with a minor amount of cristobalite. Gypsum, epsomite and thenardite occur on the weathered surface. These secondary minerals may have been precipitated from solution that selectively leached Ca, Mg and Na of the tuff. The rock is cut by thin (0.5 cm or less in width) veins of calcite, amorphous silica and cristobalite accompanied by a mineral which shows ferrierite-like X-ray powder pattern. The absence of quartz and ferromagnesian minerals is to be noticed.

Chemical variations were studied on materials sampled at intervals of ten centimeters from the surface to the inner part of an outcrop. The probable primary material from the deepest part is dacitic in composition. SiO_2 , Al_2O_3 and FeO decrease and $\text{H}_2\text{O}+$ and Fe_2O_3 increase towards the weathered surface. These variations are marked at a depth 30–20 cm.

図 版 説 明

Plate 1

1. 火山ガラスの集合状態. 2-6. 火山ガラス片の形態のいろいろ. 7, 8. 火山ガラスに混在する珪藻. 7. 個体として点在する例. 8. 密集している例.

