仙台市西部大倉川河岸のソレイト岩脈の貫入
による石英安山岩質凝灰岩の熔結現象

Welding phenomena of dacitic tuff by intrusion
of tholeiite dyke near Sendai

青 木 謙一郎 (Ken-ichiro Aoki) *

Abstract: There are many thin dyke swarm of N 60° E direction (upper Miocene) intruded into dacitic pumiceous tuff of upper Miocene time at the basin of the Okura River, 17km WNW of Sendai, northeastern Japan. The glass in the tuff within 7 to 30 cm parallel to the dykes have been welded by thermal effect, producing obsidian. The texture and structure of these welded obsidian are very similar to those of the Aso welded tuff. From magnetic orientation of welded glass and tholeiite and thermal experimental work of the natural glass and hornblende, the welding of the dacitic glass is assumed to have taken place at 600°C (slightly welded in part) to 750°C (densely welded in part.)

1. 緒 言

大規模の火砕流堆積物の中央部には、しばしば熔結現象が観察される。近年熔結凝灰岩の野外における産状や岩石学的性質はくわしく研究され、またガラスの加熱実験による熔結現象の観察もなされている。今まで報告された熔結凝灰岩はすべて噴出後、冷却過程において初生的に生成されたものについてのみである。ここでは仙台市の西約 17km、大倉川流域一帯に分布する石英安山岩質凝灰岩中にソレイト岩脈群が貫入し、その接触部に生じた二次的な熔結凝灰岩について述べる。この様な例は今まで全く報告されていない。1961 年 10 月、筆者が火山学会に於て講演した折、東京大学久野久教授から湯ガ島層群に貫入した玄武岩岩床の接触部にも熔結現象が観察されると教示いただいた。従つて凝灰岩中に貫入した玄武岩の岩脈や岩床の接触部を注意深くみると、熔結現象が発見される可能性がある。

この研究に際し、くわしい大倉川流域の地質と岩脈の古地磁気について教示いただいた大阪府立科学教育センター加藤磐雄博士に深謝する。東北大学河野義礼前教授、植田良夫教授からは種々の御忠告をいただいた。また国立科学博物館千葉と金子博士からは岩石の分析の一部をしていただいた。

2. 産 状

仙台市の西北西約 17km、宮城県 宮城郡 大沢村 大倉川流域一帯には湯本層及び白沢層

* 東北大学理学部岩石鉱物鉱床学教室

(昭和 42 年 5 月 29 日受理)

(上部中新世)が広く分布している。これらの地層は大倉川によつて深く解析されている。大倉ダムのすぐ下流は特に露出が良好である。この附近では湯本層に属する浮石質凝灰岩が分布し、これに巾約350mの石英安山岩がN40°E方向に貫入し、ひきつづきソレアイトの岩脈群が貫入している。この附近にはソレアイトの熔岩流は認められないが、この上流約4~7km一帯には広く熔岩流が分布している。従つてこれらの岩脈群は熔岩流の火道と推定される。ソレアイト岩脈の巾は0.5~5.7m, N55°E~N70°E, 平均N60°E方向であり、50°~90°の傾斜を示す。これらの岩脈群はダムのすぐ下流で750mの間に14本を数えることができる。この附近の地質及び古地磁気については加藤(1952)によつて極めて秀れた研究がおこなわれている。

大倉ダムのすぐ下流の湯本層は淡黄~淡灰色の不均質な凝灰岩であり、部分的に多量の浮石を含み、ほとんど固化していない。また小さな異質捕獲岩を含んでいる。この凝灰岩中に貫入した岩脈の両側の接触部から7~30cmの厚さの部分の凝灰岩は固化して黒色を呈し、接触部附近のマトリックスは黒曜石になつている。更にしばしば黒曜石の部分は岩脈に平行な流理構造が発達している。一見した場合、熔結部をソレアイト岩脈の急冷部と間違えることがあるが、注意深く観察すると、殆んどの場合、岩脈と凝灰岩の接触部の境界は明瞭であり、両者を区別することができる。しかしながら時々ソレアイトマグマが凝灰岩中にしみ込んで急冷固化し、径1cm以下の球になつて多量存在している。この場合肉眼では両者の境界は判りにくいが、注意すると、熔結凝灰岩中には異質捕獲岩が認められ、また光沢がソレアイトガラスとは少し異なるので区別することができる。岩脈の接触部から離れるにしたがつて熔結部の色は黒色から次第に薄くなり、硬さと光沢を減じて、急激に熱の影響を全く受けていない生の凝灰岩の移化する。

3. 顕微鏡観察と化学組成

凝灰岩は不均質ではあるが、平均すると約30%の斑晶と65%のマトリックス及び5%の異質捕獲岩から成つている。斑晶は石英、斜長石、普通輝石、紫蘇輝石、緑色普通角閃石及び磁鉄鉍から成る。これらの斑晶は新鮮で変質はしていない。紫蘇輝石のみ結晶外縁と割目に沿つてほんの僅か緑泥石に変つている。マトリックス及び浮石も新鮮で殆んど変質作用は蒙っていない。なお凝灰岩中の異質捕獲岩として新鮮な含橄欖石・紫蘇輝石・普通輝石ソレアイトが認められる。斑晶は斜長石、橄欖石、紫蘇輝石及び普通輝石、石鉄鉍物は斜長石、クリストバライト、ビジオン輝石、普通輝石及び鉄鉍から成り、クリストバライトに富むのが特徴である。仙台市の南部に発達する高館橄欖石ソレアイトとは全く異なる岩石学的性質を示し、三滝ソレアイトや東北日本第四紀火山のソレアイトと全く同一の性質を持つている。従つて湯本層堆積の少し前に、すでに部分的にソレアイトの活動が始まつたと考えられる。

岩脈群は紫蘇輝石普通輝石ソレアイトであり、斑晶として斜長石、紫蘇輝石及び普通輝石を含む。岩脈中央部の完晶質部の石基構成鉍物は斜長石、ビジオン輝石、普通輝石、鉄鉍及びクリストバライトから成つている。岩脈の急冷周縁部は巾数cm~15cm位であり、接触部は多量の褐色ガラス中に少量の針状斜長石、単斜輝石及び鉄鉍のマикроライトが存在している。

鏡下においてソレアイトと凝灰岩の境界は非常に明瞭であり、同化作用等の現象は全く

Table 1. Chemical analyses of glass in tuff and tholeiite.

	1	2	3	4	5
SiO ₂	59.91	63.56	64.08	70.00	49.84
TiO ₂	0.50	0.44	0.57	0.57	1.07
Al ₂ O ₃	12.54	13.25	14.70	12.60	18.37
Fe ₂ O ₃	2.40	3.00	2.01	1.53	4.10
FeO	1.30	0.98	1.97	2.17	5.07
MnO	0.05	0.06	0.04	0.03	0.16
MgO	0.97	1.33	1.02	0.76	3.06
CaO	3.70	3.91	4.14	3.11	9.97
Na ₂ O	1.53	1.67	2.37	2.70	1.75
K ₂ O	0.50	0.51	1.09	1.49	0.22
H ₂ O+	5.10	3.65	3.90	3.53	2.58
H ₂ O--	11.58	7.87	4.22	1.27	4.09
P ₂ O ₅	0.23	n. d.	0.20	0.20	0.06
Total	100.31	100.23	99.95	100.31	100.34

1. Glass in tuff. Analyst, K. Aoki
2. Slightly welded glass, 30cm from contact. Analyst, T. Tiba
3. Densely welded glass, contact with dyke. Analyst, K. Aoki
4. Densely welded glass, contact with dyke. Analyst, K. Aoki
5. Hypersthene augite tholeiite, dyke. Analyst, K. Aoki

Table 2. Analyses of rocks recalculated water-free of Table 1.

	1	2	3	4	5
SiO ₂	71.64	71.65	69.51	73.57	53.21
TiO ₂	0.60	0.50	0.62	0.60	1.14
Al ₂ O ₃	14.99	14.94	15.95	13.24	19.61
Fe ₂ O ₃	2.87	3.38	2.18	1.61	4.38
FeO	1.55	1.10	2.14	2.28	5.41
MnO	0.06	0.07	0.04	0.03	0.17
MgO	1.16	1.50	1.11	0.80	3.27
CaO	4.42	4.41	4.49	3.27	10.64
Na ₂ O	1.83	1.88	2.57	2.84	1.87
K ₂ O	0.60	0.57	1.18	1.57	0.23
P ₂ O ₅	0.28	n. d.	0.22	0.21	0.06

認められない。

ソレライト岩脈との接触部の最も熔結の進んだ部分に於てはガラスは淡褐色を呈し、凝灰岩にみられる vitroclastic structure は全く認められない。ガラス片は結晶の囲りに押しつけられ、結晶縁に沿つて曲がり、岩脈に平行に押し延ばされた様になり、流理構造を

示す。ガラス片はお互いに完全にくつき合つて原形を失ない、また浮石片は殆んど均質なガラスとなり、空隙は存在しない。熔結凝灰岩にしばしばみられる脱ガラス化作用は全く認められず、筆者が今まで観察した熔結凝灰岩のうちでは阿蘇のものに最も類似している。最も熔結の弱い部分も淡褐～淡黄褐色を呈し、ガラス片は完全にお互いにくつき合い、浮石も引延ばされており、最も強い部分とそれほど顕著な差はない。しかし浮石片中には気孔が細管状となつて僅かに残っている。この部分は急激に熔結していない凝灰岩に移化する。

第1表にはソレナイト岩脈1個及び凝灰岩ガラス4個の化学組成を示した。凝灰岩4個のうち、1個は未熔結ガラス、1個は最も弱い熔結部のガラス、2個は最も熔結の進んだ部分の黒曜石である。いづれも注意深く粉碎し、できる限り斑晶及び異質捕獲岩は除去した。これら4個のうち最も熔結の弱い部分の分析値が最も不純物が少ない。

ガラスの分析値を比較すると最も注目になるのは H_2O^- の量の変化である。未熔結部では 11.6% も存在したものが最も熔結の進んだ部分では 1.27% に減少している。しかし一方 H_2O^+ はそれほど著しい変化はなく、熔結部ではほぼ同じ値を示している。

第2表には水を除去つて 100% に再計算した値を示した。この表から明らかなように、凝灰岩のガラスの組成は石英安山岩～流紋岩質であり、割合に類似の組成を示す。ただ著しく Na_2O と K_2O が少ない。この理由は良く判らないが多分、凝灰岩の堆積後の弱い変質作用によつて逃げたものであろう。 Na_2O と K_2O に関し、最も熔結の強い部分は明らかに多く、特に K_2O がそうである。このアルカリの濃集の機構について良く判らない。

一方、ソレナイトはアルカリに非常に乏しいのが特徴であり、仙台市三滝や東北日本第四紀火山群に広く認められるものと同じ性質を示している。

4. 熔 結 温 度

火砕流にしばしば認められる熔結現象がどの位の温度以上でおこるのかについては、多くの岩石学者によつて推定されているが、定量的な裏付けはなかつた。1961 年 Boyd によつてはじめて実験的に確かめられた。それによると流紋岩ガラスは約 50 バールの圧力を加えると 600°C 以上で熔結する。また八木 (1962) は十和田浮石は常圧下で 900°C で熔結しはじめ、1190°C で完全に熔結することを示した。更に彼は (1966) 水蒸気圧下 (30~40kg/cm²) において白滝、洞爺及び有珠の試料について加熱実験をおこなつた。それによると流紋岩質ガラスは 585°C 以上で熔結しはじめるが、安山岩質のものは 620°C でもしなかつた。これは化学組成の差のためと考えられる。Boyd の実験によると、圧力を加えると流紋岩ガラス中の水は質か 0.3% でも熔結する。従つて天然の岩石の場合特に水を考慮する必要はない。

これらの実験を適用すると大倉川岸の湯本凝灰岩中のガラスは石英安山岩質であるから 600°C 以上に加熱すると熔結しはじめると考えて間違いない。

加藤 (1952) によると湯本凝灰岩中の磁鉄鉱は一定の磁化方位を示さないが、熔結した部分は常にソレナイト岩脈中の磁鉄鉱と同一方位を示す。即ち熔結部の磁鉄鉱はキューリー点を越えたことになる。磁鉄鉱のキューリー点はその中のチタン含量に非常に影響を受けるが、純粋の磁鉄鉱は 585°C である。酸性岩中の磁鉄鉱中のチタンは非常に少ないので、

そのキューリー点は 585°C に近いと考えて差つかえない。従つてこれらの事実から湯本層中のガラスはほぼ 600°C 前後で熔結しはじめた。

次に最も熔結の進んだ岩脈との接触部の温度を推定する。貫入したソレアイトマグマの温度は、玄武岩の熔融実験や熔岩の実測からほぼ $1000^{\circ}\sim 1200^{\circ}$ 位と考えられる。このマグマも貫入時に急冷し、凝灰岩との接触部には多量のガラスを生じているので、凝灰岩も 1000°C 以上には加熱されなかつたであろう。岩脈との接触部の最も熔結の進んだ部分の黒曜石中の普通角閃石は緑色を呈し、酸化角閃石には全く変つていないし、また分解もしていない。神津その他 (1927) の角閃石の加熱実験によると $750\sim 800^{\circ}\text{C}$ で酸化角閃石になる。Boyd (1959) と Gilbert (1966) はパーガス石と鉄パーガス石の安定関係を研究しているが、低圧部については全くおこなつていないので直接この場合に適用はできない。しかしながら、100 バール以下の圧力下では常圧下でおこなわれた酸化角閃石への転移する温度が急激に変化するとは思われない。また八木 (1966) の実験から判断して岩脈との接触部の最も熔結の進んだ部分も 750°C を超えなかつただろうと推定して大きな間違いはないように思われる。

引 用 文 献

- Boyd, F.R. (1959), Hydrothermal investigations of amphiboles, in Abelson, P.H., ed., *Researches in geochemistry*, New York, John Wiley and Sons, Inc., 377~396.
- (1961), Welded tuffs and flows in the rhyolite plateau of Yellowstone park, Wyoming, *Geol. Soc. Am. Bull.*, **72**, 387~426.
- Gilbert, M.C. (1966), Synthesis and stability relations of the hornblende ferropargasite, *Am. Jour. Sci.*, **264**, 698~742.
- Kato, I. (1952), Magnetic orientation of some rocks in relation to their geologic occurrence. (1) magnetic contact effect of intrusion, *Sci. Rep. Tohoku Univ.*, Ser. III, **4**, 87~92.
- Kozu, S., Yoshiki, B. and Kani, K. (1927) Note on the study of the transformation of common hornblende into basaltic hornblende at 750°C , *Sci. Rep. Tohoku Univ.*, Ser. III, **3**, 143~159.
- Yagi, K. (1962), Welded tuffs and related pyroclastic deposits in northeastern Japan, *Bull. Volcan.*, **24**, 109~128.
- (1966), Experimental study on pumice and obsidian, *Bull. Volcan.*, **29**, 559~572.