

# 伊豆大島1986年噴火がマグマ供給系について火山学に投げかけた課題 Problems the Izu-Oshima eruption in 1986 left to volcanology about magma supply systems

\*井田 喜明<sup>1</sup>

\*Yoshiaki Ida<sup>1</sup>

1. アドバンスソフト株式会社

1. Advance Soft Co.

伊豆大島で1986年に発生した噴火は、火山学的にも防災対応の点でも興味深い問題を残した。発表は当時の議論をふりかえり、その後得られた知見も考慮しながら、一連の噴火を起こしたマグマの動きについて再考する。

噴火は複数の事象から成る。まず1986年11月15～19日に伊豆大島の山頂火口を溶岩で満たし、さらに山頂から溶岩をあふれ出させた。噴火が最高潮に達した11月21日には、山頂から北西山腹に割れ目を伸ばしてマグマを激しく噴出し、10 km以上の高さまで噴煙を上げた。噴火による災害の発生を警戒して、この日の夜に全島民1万人余りの島外避難が決行され、避難は1か月ほど続いた。その後1990年10月までに4回の小噴火が起こり、それに合わせて山頂火口を埋めた溶岩が段階的に陥没した。

当時はマグマだまりが山頂直下に当然あるものと考えられていた。カルデラの北西側では水準測量が繰り返されており、噴火前の数年以上にわたって山頂付近が沈降していることが示された。噴火の数か月前には火山性微動、電気抵抗や火山ガスの異常などの前兆現象が観測されたが、山頂沈降のデータを重視して、火山噴火予知連絡会は山頂の直下にマグマは蓄積しておらず、大規模な噴火は起こらないだろうと推測した。予測に反して現実には大噴火が発生したのだが。

測量データが山頂の北西側に偏っており、火山性地震の震源が噴火前から山頂噴火時まで伊豆大島の北西側に分布したことに注目して、著者は当時マグマだまりが山頂直下ではなく北西山腹の地下にあると主張した (Ida, JVGR, 66, 53-67, 1995)。この考えと整合的に、山頂噴火時には北西山腹が沈降したことが2点の傾斜観測から示された。1987年11月18日の小噴火で山頂火口の溶岩が40 mほど陥没したときには、噴火後に強化された傾斜観測網で山頂の3 kmほど北西側を中心に明確な隆起が観測され、マグマが小噴火を起こしながら北西山腹地下のマグマだまりに逆流したと解釈された。これらの事実によって北西山腹地下のマグマだまりは存在が裏づけられたと思われたが、マグマだまりは山頂直下にあるべきだとする多くの火山学者の信念は簡単には覆らなかった。

一連の噴火が終わった後も北西山腹地下のマグマだまりに都合のよい題材が加わったと思われる。噴火後に整備された高密度のGPS観測網によって伊豆大島の北～北西山腹を中心に明確な隆起が見いだされ、次の噴火に向けたマグマだまりの膨張が始まったと解釈されている。また、雲仙岳で1991-95年の噴火を起こしたマグマだまりは山頂西側の橘湾の地下に、桜島火山のマグマだまりは山頂北側の鹿児島湾の地下に存在することが共通認識となり、マグマだまりが山頂直下でないことは異常ではなくなった。

1986年11月21日に起きた伊豆大島の割れ目噴火はマグマ供給系に別な問題を提議した。噴火が爆発的であり、噴出した溶岩が山頂噴火のものより安山岩寄りであったことから、岩石学者の多くがマグマ供給源として山頂噴火とは別なマグマだまりを想定した。しかし、噴火割れ目が北西山腹地下に想定されるマグマだまりの真上に広がったことから、著者は山頂噴火と同じマグマだまりが供給源であると推定した。マグマが新しい通路を上昇する過程で冷却されて結晶分化作用を受ければ、噴火の爆発性や噴出物の化学組成の違いが説明できるからである。割れ目噴火で噴出した溶岩に化学組成のばらつきが大きいことも、冷却の度合いの差に原因を求めることができる。残念ながら、この提案は岩石学者の間で十分な議論を経るに至っていない。

キーワード：伊豆大島噴火、マグマ供給系、山頂火口、マグマだまり、割れ目噴火、結晶分化作用

Keywords: Izu-Oshima eruption, magma supply system, summit crater, magma chamber, fissure eruption, crystallization differentiation

# 噴火史からみた伊豆大島噴火の類型・成因と1986年噴火の意味

## Reexamination of the eruption types and their origin for Izu Oshima Volcano

\*小山 真人<sup>1</sup>、早川 由紀夫<sup>2</sup>

\*Masato Koyama<sup>1</sup>, Yukio Hayakawa<sup>2</sup>

1. 静岡大学防災総合センター、2. 群馬大学教育学部  
1. CIREN, Shizuoka Univ., 2. Education, Gunma Univ.

1986年噴火は、地層として残る降下スコリアをカルデラ外に降らせたこと、カルデラ外で側噴火を起こしたこと、の2点で過去の伊豆大島の「大噴火」(Nakamura, 1964, 地震研彙報)と類似し、1986年と同程度の噴出量であった1912~14年噴火や1950~51年噴火とは異なっている。しかしながら、数年間にわたって継続的に火山灰を降らせる時期(火山灰期)がないこと、総噴出量が「大噴火」には小さいこと、の2点で過去の「大噴火」と異なっていたため、これらの欠損条件を満たすためにやがて火山灰期が始まると当初は予想された。ところが1987年11月18日の噴火をきっかけに火口直下のマグマはマグマ溜りに戻り(井田ほか, 1988, 地震研彙報)、火山灰期は訪れなかった。1986年噴火は、カルデラ形成以降の過去1500年間に一度も起きたことのない特殊な噴火だったのか、それとも前提となる「大噴火」の概念に問題があるのか、の疑問が残された。

その後、伊豆大島のカルデラ外に地層として確認できるテフラとそれを挟む噴火休止期堆積物の層序と分布を注意深く検討した小山・早川(1996, 地学雑誌)は、明瞭な噴火休止期間に隔てられた24回の中~大規模噴火を識別した上で、降下スコリアと降下火山灰の両方をともなう12噴火(Type 1)、降下スコリアのみをともなう7噴火(Type 2)、降下火山灰のみをともなう5噴火(Type 3)、の3類型に分類した。Type 1には噴出量1億トン以上の大規模な噴火が多く、1986年噴火はType 2のひとつである。また、Nakamura(1964)の提唱した降下スコリア→溶岩流出→火山灰期の噴火サイクルを厳密に満たす噴火は、Type 1の12噴火中の7つにすぎないこともわかった。

こうして1986年噴火が伊豆大島の噴火史上とりたてて特殊な噴火でないことが明らかとなったが、肝心の噴火類型の成因は未解明のままであった。また、先述した1912~14年噴火や1950~51年噴火などの非爆発的な小~中規模噴火の位置づけも十分できていなかった。

中村(1978, 岩波新書)は、1) 噴火末期に主火道内のマグマ頭位が低下すると、火道壁の崩落などでマグマ頭部のガス抜けが阻害されるために爆発的噴火が繰り返して火山灰を放出する火山灰期となり、2) さらにマグマ頭位が低下する場合には、火道内に地下水が浸入して水蒸気マグマ噴火が起きると考えた。

噴火末期にマグマ頭位が中途半端に低下したまま停滞する場合には火山灰期が訪れるだろうが、すみやかに地下深部へ低下してしまえば火山灰期がないまま噴火が終了するだろう。主火道のマグマ頭位をすみやかに低下させる原因としては、側方へのマグマ貫入が考えやすい。貫入から約1年のタイムラグはあったが、実際にそれが起きたのが1986-87年噴火と考えることができる。三宅島2000年噴火でも、マグマの側方貫入によって主火道のマグマ頭位が約2ヶ月間かけて低下し、その後8月18日や29日の爆発的噴火が生じたが、火山灰期に相当する噴火は起きずに噴火が終了した。一方、カルデラ外に堆積物が確認できない1876年から1974年までの伊豆大島の一連の小~中規模噴火は、一般的にマグマ頭位が高かった期間(火道内の赤熱したマグマ頭部が断続的に目視された期間)に発生した。

この視点にもとづいて、カルデラ外に堆積物を残さなかった小規模噴火も含む伊豆大島の噴火の特徴とその成因を、統一的に次の5類型に再分類することができる。すなわち、(1) マグマ頭位が高い時期に生じた非爆発的な小~中規模噴火(1974年、1950-51年など: 旧類型の対象外)、(2) マグマの側方貫入が起きず、マグマ頭位低下が緩慢かつ限定的であったため短い火山灰期が生じた5つの中規模噴火

(Y0.8, Y3.8, N3.0など: 旧類型のType 3)、(3) マグマの側方貫入が起きてマグマ頭位低下がすみやかに進行したため火山灰期が生じなかった7つの中規模噴火(1986年、Y5.2, N3.2など: 旧類型のType

2)、(4) マグマの側方貫入が起きたが、何らかの原因でマグマ頭位が中途半端に低下したまま停滞して長い火山灰期が生じた9つの中～大規模噴火(1777-78年=Y1.0、Y4.0、N4.0など:旧類型のType 1)、(5) マグマの側方貫入が起きたが、何らかの原因でマグマ頭位が中途半端に地下水位付近で停滞し、大量の地下水浸入にともなう水蒸気マグマ爆発や岩屑なだれが生じた3つの中～大規模噴火(S1.0、S1.5、S2.0:旧類型のType 1)。

キーワード: 伊豆大島火山、噴火史、噴火タイプ、成因、再考、マグマ頭位

Keywords: Izu Oshima Volcano, eruptive history, eruption type, origin, reexamination, level of magma head

# 伊豆大島火山1986年山頂噴火時のマグマ体積収支

## Magma volume budget of the 1986 Izu-Oshima summit eruption

\*鬼澤 真也<sup>1</sup>

\*Shin'ya Onizawa<sup>1</sup>

1. 気象研究所 火山研究部 第一研究室

1. Volcanology Research Department, Meteorological Research Institute, JMA

### はじめに

噴火時における噴出物DRE体積と、地殻変動データから推定されるマグマ溜まりの収縮体積とが一致しないことは多く観測される事実である。伊豆大島火山の1986年山頂噴火でも、溶岩噴出率と地下収縮率とに良い相関が認められたが、噴出物DRE体積と地下収縮体積とに差異が生じている。この差異の原因のひとつとしてマグマの圧縮性が挙げられ、ここから伊豆大島火山のマグマ溜まり内の物性や気相含有率の情報を抽出できる可能性がある。

### 1986年山頂噴火の溶岩噴出量と収縮量

1986年山頂噴火では溶岩噴出量の時間変化が記録されており、例えば遠藤・他(1988)によればその総噴出量（DRE体積）は $1.4 \times 10^7 \text{ m}^3$ と報告されている。一方、これに同期して地下の収縮を示唆する変動が体積歪計や傾斜計によって捉えられている。山岡(1994)は球状圧力源を仮定し、深さ約5 km、収縮体積 $5 \times 10^6 \text{ m}^3$ と推定した。これらに従った場合、噴出物のDRE体積と収縮体積の比はおよそ2.7となる。

### マグマ有効物性

マグマは固相（結晶）、液相（メルト）、気相の混合物であり、密度、体積弾性率（圧縮率の逆数）といった有効物性を算出するには、各相の物性と分率との情報が必要である。固相については、藤井・他(1988)や中野・他(1988)により、1986年山頂噴火噴出物中の斑晶のほとんどが斜長石であり、その含有率は5~10%と報告されている。無斑晶質であること、斑晶の圧縮率はメルトや気相より小さいと考えられることから、マグマの有効圧縮率は、メルト及び気相が支配していると考えられる。液相（メルト）については、1986年山頂噴火噴出物について、その斜長石に取り込まれたメルト包有物の組成が測定されている（Hamada et al, 2007）。その組成に対応する体積弾性率はメルトの状態方程式（例えば、Spera, 2015）から16 GPa程度と算出される。なお、メルト中に溶解した $\text{H}_2\text{O}$ 含有量は0.2-1.4 wt. %と報告されている。一方、気相については、理想気体を仮定する限り、体積弾性率は組成によらず圧力と等しい。深さ5 kmの静岩圧を考えれば、体積弾性率はおおよそ0.13 GPaと予測される。最終的に、未知として残るのは液相・気相の分率であり、これにより有効物性は大きく変化する。

### 体積比

噴出物体積と地殻変動解析から推定される収縮体積との比は、収縮源の形状や母岩の剛性率とマグマの体積弾性率との比に依存する。予察的な見積もりとして仮に山岡(1994)による深さ5 kmの球状圧力源を考え、この深さでの母岩の剛性率として約30 GPaを採用した場合、マグマ中に気相を含んでいない場合でもこの比は3を超え、観測に則り算出された比2.7は説明できない。これらの議論には地殻変動源パラメータや有効的な剛性率の見積もりが重要と考えられるため、今後はこれらの検討を進める予定である。

キーワード：伊豆大島火山、地殻変動、マグマ物性

Keywords: Izu-Oshima volcano, ground deformation, physical properties of magma

# 岩石学的にみた伊豆大島火山のマグマ供給系

## Petrological review on the magma plumbing system of Izu-Oshima volcano

\*浜田 盛久<sup>1</sup>

\*Morihiisa Hamada<sup>1</sup>

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構地球内部物質循環研究分野

1. Department of Solid Earth Geochemistry, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

伊豆大島火山は、伊豆弧の火山フロント上の活火山であり、低カリウム島弧ソレイトマグマを噴出している。過去150年間においては、30–40年間に1回の割合で噴火を繰り返している(1876–1877年噴火, 1912–1914年噴火, 1950–1951年噴火, 1986–1987年噴火)。このような経験則に照らせば、最新の噴火である1986–1987年噴火から既に30年が経過しており、近い将来、次の噴火が起こる可能性が高い。

本発表では、伊豆大島火山の次の噴火が、2011年3月11日に発生したM9の東北地方太平洋沖地震によって誘発されるという仮説について検討する。9世紀及び17世紀から20世紀にかけての時期に、伊豆大島火山の火山活動は周辺で発生した地震 ( $M \geq 7$ ) と関連して活性化したことが知られており、両者の関係は単なる偶然とは考えにくい。ただし、ある噴火は地震発生後に起こり、別の噴火は地震発生前に起こった、という具合に、過去の事例に照らして、地震の発生が火山噴火を誘発したとは限らない。今後、さらなる検討が必要であるが、当時の特異な広域テクトニクスが(巨大)地震発生と火山活動の活性化の両方を同時期に引き起こしたと考えるべきであろう。

伊豆大島火山の次の噴火が準備される場であるマグマ供給系において、どのようなマグマプロセスが進行しているのかを理解しておくことは、我々が次の噴火に備えるために重要である。そこで本発表では、伊豆大島火山の火山岩の岩石学的研究から明らかにされているマグマ供給系についても概説する。伊豆大島火山の無斑晶噴出物(液)の組成には、高Al/Siトレンドと低Al/Siトレンドを見出すことができ、火山岩の組成バリエーションはこれらの2つのトレンドの中間にプロットされる。含水玄武岩マグマの融解実験の結果に基づくと、高Al/Siトレンドは深度9 kmのマグマ溜まりで $H_2O$ に飽和したマグマ (~5 wt.%  $H_2O$ ) が結晶分化作用をすることによって、低Al/Siトレンドは深度4 kmのマグマ溜まりで $H_2O$ に飽和したマグマ (~3 wt.%  $H_2O$ ) が結晶分化作用をすることによって、それぞれ導くことができる。すなわち、深度の異なる複数のマグマ溜まり中において、 $H_2O$ に飽和したマグマの結晶分化作用が進行し、噴火時にそれらのマグマが混合して噴出したと解釈することができる。噴火前のマグマが $H_2O$ に富むことは、伊豆大島火山の次の噴火時に、もし火道を上昇するマグマからの脱ガスが不十分であれば、噴火が爆発的になり得ることを示唆する。

キーワード：伊豆大島火山、マグマ供給系、島弧ソレイト、Caに富む斜長石、複数深度における結晶分化作用

Keywords: Izu-Oshima volcano, Magma plumbing system, Island arc tholeiite, Ca-rich plagioclase, Polybaric crystallization differentiation

# 伊豆大島1986年噴火の安山岩質メルトを含む斑レイ岩ゼノリス An andesitic melt-bearing gabbroic xenolith of Izu-Oshima 1986 eruption: a preliminary result

\*石橋 秀巳<sup>1</sup>、種田 凌也<sup>1</sup>、千葉 達朗<sup>2</sup>、外西 奈津美<sup>3</sup>、安田 敦<sup>3</sup>

\*Hidemichi Ishibashi<sup>1</sup>, Ryoya Oida<sup>1</sup>, Tatsuro Chiba<sup>2</sup>, Natsumi Hokanishi<sup>3</sup>, ATSUSHI YASUDA<sup>3</sup>

1. 静岡大学理学部地球科学専攻、2. アジア航測、3. 東京大学地震研究所

1. Faculty of Science, Shizuoka University, 2. ASIA AIR SURVEY CO., LTD., 3. Earthquake Research Institute, University of Tokyo

伊豆大島1986年噴火は11月15日、三原山山頂火口（A火口）からの噴火から開始し、21日には三原山北西に割れ目火口（B、C火口）を開いてサブプリニー式噴火を発生させた。A火口からは玄武岩質マグマが噴出されたのに対し、B・C火口から噴出されたのは主に安山岩質マグマであった。この安山岩質マグマのプレ噴火プロセスについては、未だ十分に理解されていない。ところで、B火口の噴出物にはごく稀に、ガラスを含む斑レイ岩ゼノリスが含まれることが報告されている（千葉ほか、1987）。このような斑レイ岩には、マグマだまりでのプロセスに関する情報が記録されている可能性がある。そこで本研究では、1986年噴火でB火口より噴出したと考えられる含ガラス斑レイ岩ゼノリスについて微細組織観察・鉱物化学分析の結果について報告し、1986年噴火安山岩質マグマのプレ噴火プロセスについて考察する。

本研究では、B割れ目火口の北東約1kmの地点で採取した、粒径3cm程度の斑レイ岩ゼノリスを試料とした。この斑レイ岩は主に自形~半自形の斜長石・オリビンから構成されており、粒間に発泡したガラスを含む。ガラス中には少量の単斜輝石・磁鉄鉱も見られる。斜長石・オリビンとメルトの界面では、約10ミクロン以下の幅で、内部よりも低An値[ $=100\text{Ca}/(\text{Ca}+\text{Na})$ ]、低Fo値[ $=100\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe})$ ]のオーバーグロースリムがそれぞれ確認できる。斜長石・オリビン中には、ガラス質のメルト包有物が見られる。

構成鉱物およびガラスの化学組成を、東京大学地震研究所のEPMAを用いて分析した。粒間メルトは均質であり、 $\text{SiO}_2$  56.6wt.%の安山岩質であった。このメルトの化学組成を、伊豆大島火山の噴出物の既報値と比較したところ、1986年噴火B火口マグマの化学組成範囲と一致した。粒間メルトと接する斜長石のオーバーグロースリムは狭い組成範囲を示し、An値~83であった。斜長石-メルト間のAn分配関係とリキダス関係から、このAn値の斜長石は、粒間メルトとリキダス温度で平衡共存できると考えられる。Putirka (2008)の斜長石リキダス温度計とオリビンリキダス温度計を連立して、粒間メルトが斜長石・オリビンと平衡共存できる温度・含水量条件を見積もったところ、 $1057^\circ\text{C}$ 、3.4wt.% $\text{H}_2\text{O}$ の値を得た。このメルト含水量は、およそ圧力~118MPa（深さ~4.4km）の条件での飽和含水量に相当する。見積もられた温度は、B火口マグマの温度見積もり値（藤井、1988）と同等である。オリビン、斜長石中のメルト包有物も安山岩質（ $\text{SiO}_2$  55-56wt.%）であったが、粒間メルトと比べると、斜長石中のメルト包有物は $\text{MgO}$ に富み、一方でオリビン中のメルト包有物は $\text{Al}_2\text{O}_3$ ・ $\text{CaO}$ に富み、 $\text{FeO}$ に乏しい傾向がみられた。このメルト包有物の化学組成のちがいは、ホスト鉱物-メルト間の元素再分配によると考えられる。

斑レイ岩を構成する斜長石・オリビン中に、粒間メルトとはやや化学組成の異なる安山岩質メルト包有物が見られたことは、この斑レイ岩が安山岩質メルトからのキュムレートであることを示唆する。その形成深度は~4.4km以深と見積もられ、このメルトが $\text{H}_2\text{O}$ に飽和していた場合、地球物理学的に推定される浅部マグマだまりの深さ（Ida, 1995）とほぼ一致する。A火口から噴出した玄武岩質マグマについても、この深度での滞在が示唆されていることから（e.g., Hamada et al., 2011）、1986年噴火の際に玄武岩質マグマだまりと安山岩質マグマだまりが深さ4.4km付近の至近距離に存在していたと考えられる。このため、玄武岩質マグマだまりへのマグマ供給による増圧の影響を受け、B火口噴火がトリガーされた可能性がある。斜長石・オリビンの薄いオーバーグロースリムは、噴火直前に粒間メルトの状態が変化したことを示唆する。今後、この状態変化について詳細を調べることで、B火口噴火を引き起こしたメカニズムを明らかにできるかもしれない。

キーワード：伊豆大島、ゼノリス、斑レイ岩、マグマだまり、安山岩質マグマ、プレ噴火条件

Keywords: Izu Oshima, xenolith, gabbro, magma reservoir, andesitic magma, pre-eruptive condition



## 30-year secular variation in helium isotope ratios in Izu-Oshima volcano

## 30-year secular variation in helium isotope ratios in Izu-Oshima volcano

\*角野 浩史<sup>1</sup>、山根 康平<sup>2</sup>、川名 華織<sup>1</sup>、森 俊哉<sup>3</sup>、清水 綾<sup>4</sup>、野津 憲治<sup>5</sup>、Hernández Pedro<sup>6</sup>

\*Hirochika Sumino<sup>1</sup>, Kohei Yamane<sup>2</sup>, Kaori Kawana<sup>1</sup>, Toshiya Mori<sup>3</sup>, Aya Shimizu<sup>4</sup>, Kenji Notsu<sup>5</sup>, Pedro Hernández<sup>6</sup>

1. 東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻相関基礎科学系、2. 東京大学教養学部統合自然科学科、3. 東京大学大学院理学系研究科地殻化学実験施設、4. 東京都立産業技術研究センター、5. 静岡大学防災総合センター、6. カナリア諸島火山研究所

1. Department of Basic Science, Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo, 2. Department of Integrated Science, College of Arts and Science, University of Tokyo, 3. Geochemical Research Center, Graduate School of Science, University of Tokyo, 4. Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute, 5. Center for Integrated Research and Education of Natural Hazards, Shizuoka University, 6. Instituto Volcanológico de Canarias

Izu-Oshima is an active volcanic island located around 100 km SSW of Tokyo. The center of the island is occupied by a caldera complex with a diameter of 3 km. A large post-caldera cone known as Mt. Mihara is located at the south-western quadrant of the caldera. During the last 10,000 years, large-scale eruptive activities have occurred repeatedly once every 100-150 years. The historical activity of the present Izu-Oshima volcano, including Mt. Mihara was well documented since 7th century A.D. The last magmatic eruption occurred in 1986, followed by small eruptions emitting volcanic ash and steam until 1990. Secular variations in  $^3\text{He}/^4\text{He}$  ratios of steam from an observation well located about 3 km north of Mt. Mihara have been intermittently collected and analyzed since October 1986, about a month before the beginning of the last magmatic eruption. The  $^3\text{He}/^4\text{He}$  increased to 5.5 Ra, where Ra denotes the atmospheric  $^3\text{He}/^4\text{He}$  ratio of  $1.4 \times 10^{-6}$ , resulting from an increase in relative contribution of magmatic helium. After the  $^3\text{He}/^4\text{He}$  peak in 1988, the  $^3\text{He}/^4\text{He}$  ratios of the steam well gases decreased gradually due to depletion of magmatic gas emission and subsequent mixing with atmospheric helium entering the hydrothermal system (Sano *et al.*, 1991; 1995; Shimoike and Notsu, 2000; this study). The present  $^3\text{He}/^4\text{He}$  value of the steam gas is around 1.4 Ra, which is close to the value observed before the 1986 eruption (1.7 Ra), indicating magmatic helium discharge has returned to the level before the last activity.

The corrected  $^3\text{He}/^4\text{He}$  ratios for the atmospheric contamination based on  $^4\text{He}/^{20}\text{Ne}$  ratio range from 5.9 to 6.5 Ra during the last activity between 1987 and 1990. The isotope ratios of helium dissolved in hot-spring water collected from a well 50 m east of the observation steam well in 2001 and 2016 were about 6.3 Ra after air-contamination. It is unlikely that mixing ratio of crustal helium (dominantly  $^4\text{He}$ ) and magmatic helium in the hydrothermal system has been constant for 30 years, thus the air-corrected  $^3\text{He}/^4\text{He}$  ratio can be regarded as that of the magma. These indicate magmatic helium with  $^3\text{He}/^4\text{He}$  ratio of ca. 6.3 Ra still has discharged without significant change in isotope ratio since the last eruption. The  $^3\text{He}/^4\text{He}$  value of the magma is lower than the typical mantle value ( $8 \pm 1$  Ra), suggesting crustal helium contamination to the magma chamber.

References: Sano *et al.* (1991) *Earth Planet. Sci. Lett.* 107, 95-100. Sano *et al.* (1995) *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 64, 83-94. Shimoike & Notsu (2000) *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 101, 211-221.

キーワード：ヘリウム、同位体、伊豆大島、火山ガス、温泉

Keywords: helium, isotope, Izu-Oshima, volcanic gas, hot spring

## 伊豆大島火山1950年噴火に伴う伏角変化：1986年噴火のマグマ供給系との関係

### Geomagnetic dip changes associated with the 1950 eruption of Izu-Oshima volcano, central Japan: Implications to the magma plumbing system of the 1986 eruption.

\*笹井 洋一<sup>1</sup>

\*Yoichi Sasai<sup>1</sup>

1. 東海大学・海洋研究所・地震予知研究センター

1. Earthquake Prediction Research Center, Institute of Oceanic Research and Development, Tokai University

1950年噴火に際してRikitake(1951)は地磁気伏角の繰り返し測量を行い、極めて大きな伏角の変化を見出した。彼はこの変化を地下5.5kmを中心とした半径2.5kmの球状領域が熱消磁したことによると解釈した。近年の磁気異常解析から、伊豆大島付近ではキュリー点深度は5kmであり、平均磁化は10A/mとされる。そこでそのような条件の下で力武の観測成果を説明するような三軸不等の消磁楕円体を、遺伝的アルゴリズム(Currenti et al., 2005)を用いて求めた。図1に伊豆大島のほぼ南北断面での楕円体の位置と、その水平面への投影を示す。1986年噴火のフェイズIIで噴出したマグマは極めて分化が進んでおり(SiO<sub>2</sub>が70%以上)、そのマグマは過去のある時期に地下に貫入してそこに留まっていたと推定された(荒巻・藤井,1988)。フェイズIIのマグマが噴出した時の震源深さは7-8kmから始まっていて、この熱消磁域がマグマの滞留場所だったとは考えられない。しかし1986-87年噴火の前回輪廻(1950-1974年)の活動において繰り返された小噴火のマグマ・ポケットであった可能性がある。従って伊豆大島火山の地下はかなり空洞を含むものであるかも知れない。この場所でなぜ熱消磁が起こったかという謎も考える必要がある。1950年の熱消磁現象はごく短期間に発生したが、それは空洞に残留したスコリアが極めて磁化が強かった(数10A/m)ためと考えられる。それらを溶かし込んだ揮発性成分の少ないマグマ先端部が上昇してきて、中央火孔南東壁から流れ出し(1986年11月15日夕方)、一時間位のちに溶岩噴泉活動が始まったという目撃談もある。1986年以降に精力的に行われてきた地震・地殻変動観測も、1986年噴火のマグマ上昇過程(いわゆる渡辺モデル、渡辺,2012)とは異なるマグマ上昇経路を示唆するように思われる。なおこの研究はSasai (2013)に基づいている。

荒巻・藤井, 1988, 火山, 33, S297-S306.

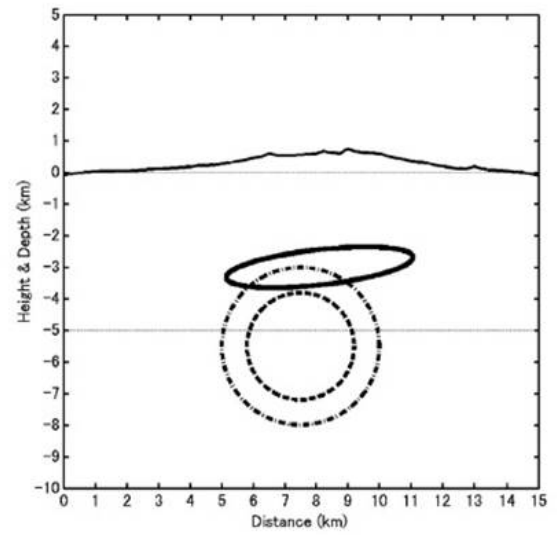
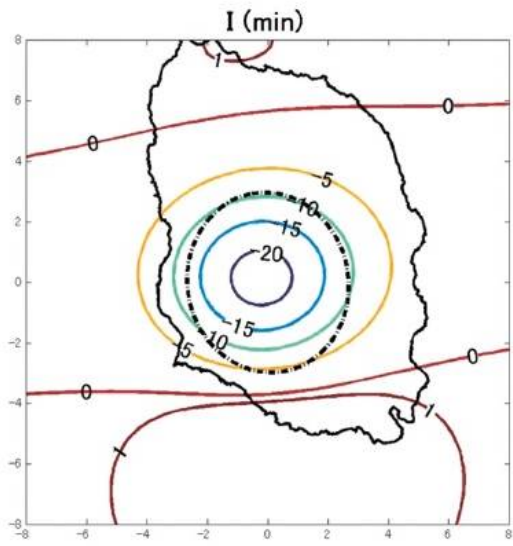
Currenti, et. al, 2005, Geophys. J. Int., 163, 403-418.

Rikitake, T., 1951, Bull. Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo, 29, 161-181.

Sasai, Y., 2013, Bull. Inst. Oceanic Res. & Develop., 34, 29-41.

渡辺, 2012, 日本惑星科学会誌, 21, 198-205.

キーワード：伊豆大島火山、1950年噴火、地磁気伏角変化、熱消磁、遺伝的アルゴリズム、マグマ供給系  
Keywords: Izu-Oshima Volcano, 1950 Eruption, Geomagnetic Dip Change, Thermal Demagnetization, Genetic Algorithm, Magma Plumbing System



# 伊豆大島火山の噴火警戒レベルの判定基準の精査について

## Review of diagnostic criteria of the volcanic alert levels at Izu-Oshima volcano by the Japan Meteorological Agency

\*山里 平<sup>1</sup>、坂井 孝行<sup>2</sup>、宇平 幸一<sup>2</sup>、渡辺 秀文<sup>3</sup>

\*Hitoshi Yamasato<sup>1</sup>, Takayuki Sakai<sup>2</sup>, Kohichi Uhira<sup>2</sup>, Hidefumi Watanabe<sup>3</sup>

1. 気象研究所、2. 気象庁火山課、3. 東京都総合防災部

1. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency, 2. Volcanology Division, Japan Meteorological Agency, 3. Disaster Prevention Division, Tokyo Metropolitan Government

### 1. はじめに

御嶽山の噴火災害を受けて、気象庁は、全国の火山の噴火警戒レベルの判定基準の精査を行い、精査した判定基準の公表を順次行っている（山里ほか、2016）。

伊豆大島についても、東京都等で構成する火山防災協議会における火山防災対策の検討に合わせて、有識者の意見も聞きながら、噴火警戒レベルの判定基準の精査作業を進めてきた。本発表では、精査作業の概要について紹介する。

### 2. 精査の方針

伊豆大島の噴火警戒レベルは、火山噴火予知連絡会伊豆部会が2008年にまとめた「伊豆大島の噴火シナリオ」をベースとして、大島町等の関係機関の防災対応を考慮しながら、レベル1～5の5段階が定められており、それぞれのレベルに引き上げる基準が定められている。今回の精査においては、従来の判定基準のうち、主に、以下の3点を改善することで進めてきた。その他、関連して、数値基準も含め再検討するとともに、曖昧な部分について出来る限り明確化するようにした。

- (1) 三原山の噴火に伴うレベルの運用
- (2) カルデラ内噴火～割れ目噴火に伴うレベルの運用
- (3) 従来想定していなかった大規模噴火に伴うレベルの運用

想定する噴火シナリオは、伊豆部会の噴火推移のイベントツリーをもとにした。山頂噴火ケースと山腹噴火ケースに分かれるが、山腹での噴火のうちでも、居住地域に近い場所での噴火については、居住地域から遠い場所での噴火と区別して記述することとした。そのため、判定基準は、次の3種類の噴火に対応できるようにした。

- (a) 三原山山頂～カルデラ内での噴火
- (b) カルデラの外側で居住地から比較的離れた場所での噴火
- (c) 居住地域に近い場所での噴火

### 3. 三原山噴火を想定した判定基準の明確化

1986年の三原山の噴火先駆現象として発生した火山性微動について、1986年事例（例えば橋本ほか、1989）を参考に、レベル2への引き上げ基準を明確化した。具体的には、噴火の1～2ヶ月前にみられ火山性微動の振幅増大や連続微動の発生を基準とした。それに加え、山頂火口内での顕著な噴気の発生や温度上昇、火映現象、地震の多発を基準とし、そのいずれかが観測された場合にレベル2に引き上げることとした。

また、従来基準では三原山のストロンボリ式噴火はレベル3の基準となっていたが、三原山のストロンボリ式噴火では大きな噴石の飛散距離は火口から概ね1km以内であり、レベル2の範疇にとどめることとした。ただし、溶岩が三原山火口からあふれ出してカルデラ床に流下し、火口から1kmを超えるような場合、爆発力が大きくなって火口から1kmを超すような噴火が頻発した場合はレベル3とすることとした。

以上のレベル判定基準は、1986年噴火で観測された諸現象をもとにしているが、1950年から1974年の三

原山の噴火活動において現在のレベル判定基準でどのようにレベルが判断できるかも検証した。1950年噴火開始当初は、大島測候所のウィーヘルト地震計しか器械観測がなく、前兆現象はあきらかではない。しかし、その後の測候所の臨時の高感度地震計などによる観測結果によると、いずれの噴火も前述した判定基準のいずれか（例えば、火山性微動の振幅増大、連続微動、火映現象）を満たした後に発生していることがわかった。

#### 4. カルデラ内噴火～割れ目噴火を想定した判定基準の明確化

1986年の割れ目噴火のようなケースでの噴火警戒レベルの適用についても見直しを行っている。具体的には、1986年11月21日のケースでは、

- a) 14時10分頃 カルデラ内の顕著な地震活動と地殻変動
- b) 16時15分頃 カルデラ内で割れ目噴火開始
- c) 17時47分頃 北西山腹割れ目噴火

と時間的に進んだが、新たな判定基準では、それぞれがレベル3、4、5と段階的に引き上げるように見直した。また、a) の段階のレベル3は、外輪山を超えた範囲まで警戒が必要な範囲を広げることとした。

#### 5. 大規模噴火におけるレベルの運用

現在のレベル判定基準においては、レベル4～5は、溶岩流と海岸付近での割れ目噴火が対象となっており、大規模噴火やカルデラ形成時の噴火は明示的になっていない。有識者からの指摘を受け、これらの噴火についても取り入れることとした。

例として、短時間に噴煙高が10kmに達するようなプリニー式噴火の発生段階でレベル4、居住地域に多量の噴石や火山灰が降下したり火砕流が発生する段階でレベル5とする、といった条件を追加した。

#### 6. 謝辞

以上の検討においては、森田裕一伊豆部会長のほか、火山防災協議会の火山現象検討部会での有識者からの意見をいただいた。関係者にお礼申し上げます。

キーワード：噴火警戒レベル、伊豆大島、判定基準、火山性微動、三原山、割れ目噴火

Keywords: Volcanic Alert Level, Izu-Oshima, diagnostic criteria, volcanic tremor, Mihara yama, fissure eruption

# 貞享元年八月九日（1684-IX-18）伊豆大島噴火に伴う津波について

## The tsunami caused by the volcanic eruption of Izu Ooshima Island on September 18<sup>th</sup>, 1684

\*都司 嘉宣<sup>1</sup>、畔柳 陽介<sup>2</sup>、木南 孝博<sup>3</sup>、松岡 祐也<sup>4</sup>、小田桐（白石） 睦弥<sup>5</sup>、佐藤 雅美<sup>6</sup>、芳賀 弥生<sup>6</sup>、今村 文彦<sup>6</sup>

\*Yoshinobu Tsuji<sup>1</sup>, Yosuke Kuroyanagi<sup>2</sup>, Takahiro Kinami<sup>3</sup>, Yuya Matsuoka<sup>4</sup>, Mutsumi Odagiri(Shiraishi)<sup>5</sup>, Masami Sato<sup>6</sup>, Yayoi Haga<sup>6</sup>, Fumihiko Imamura<sup>6</sup>

1. 公益財団法人深田地質研究所、2. パシフィック・コンサルタンツ、3. 頸城技研、4. 東北大学、5. 花巻市博物館、6. 東北大学災害科学国際研究所

1. Fukada Geological Institute, 2. Pacific Consultants Co. Ltd., 3. Kubiki Engineering Co. Ltd., 4. Tohoku Univ., 5. Hanamaki City Museum, 6. IRIDeS, Tohoku Univ.

伊豆大島は、貞享元年二月十六日（1684年3月31日）から噴火が始まり、八月九日に最盛期を迎え、その後元禄三年（1690）まで6年あまり噴火が続いた。この噴火が収まった後59年が経過した寛延二年（1749）に当時の伊豆大島の現状を報告した『伊豆国大島差出帳』（東京都大島町所蔵、以下『差出帳』）が作成され、次のような文面が現れている。「大嶋之内新嶋村天和四年子八月津波二而廻船漁船共二六拾艘余人数四人家数六拾軒余波二被取申候」。すなわち、伊豆大島内の新嶋村では、天和四年（＝貞享元年、1684年）八月に津波のために、廻船（輸送船）と漁船合わせて60艘あまり、人が4人、家屋が60軒あまりが波にとられた、というのである。ここに「新嶋村」とあるが、現在の伊豆大島の元町のことであって、伊豆七島の一つの新島のことでない（図1）。津波が発生したのは貞享元年八月、までしか明記されていないが、『大島山焼申候注進之覚』などに「八月九日に火災ともに強く山鳴音夥敷」と最盛期を迎えたことが記されているため、津波もまた九日かその前後の日に起きたと考えて間違いあるまい。『差出帳』には、寛延二年（1749）当時の新嶋村の戸数は253軒、人口1101人であった。戸数はその後もほとんど変化せず寛政五年（1793）には245軒であったことから、津波の来襲した貞享元年（1684）当時も250軒前後の戸数であったと推定される。津波によって60軒余が「波にとられた」というのであるから、全戸数の約4分の1が流失したことになる。図2は、大正三年（1914）の5万分の1地形図である。戸数が江戸期にほとんど変化がないこと、寺院神社の配置が市街地域の外周をなしているとみられること等の理由で、この図に示された市街地の範囲はほぼ江戸期のものと変わらないものと考えられる。この大正三年図の上に市街地の4分の1を切り取る等高線を描くと、太実線のようになる。これを現代の地図の上に転写すると図3ようになる。ほぼ現在の市街地の海側から2筋の道路までの家屋が流失したことになる。そこで海から2筋目の道路の、なるべく標高の低い交差点の標高を測定すると13.9mとなった。1筋目の道路の標高は8.4mであった。この津波の浸水高さは、海岸から二筋目の道路に達したことはほぼ確実であるので、津波浸水高さは13.9mとするが、この標高の家屋が流失したことから実際の津波遡上高さは、この値をさらに2mぐらい上廻って、15m程度であった可能性がある。この事例は地震によって生じた津波ではなく火山活動による津波であるため、海洋長波ではなく短波長のコーシー・ポアッソンの波であったはずである。したがって、遠方にまでこの津波が伝わった可能性は少なく、大島元町が唯一の津波被災地であった可能性が高い。

渡辺(1998)の『日本被害津波総覧・第二版』によると、我が国で生じた火山活動による津波は、北海道駒ヶ岳(1640)、渡島大島(1741)、雲仙普賢岳(1792)、鹿児島桜島(安永年間(1772～1780)、大正年間(1912～1926))の4例が知られていたが、本研究によって伊豆大島の事例が加わったことになる。60軒余の家屋流失だけではなく、4人の溺死者を生じているから、伊豆諸島の災害対策の対象ハザードに、噴火津波の一項目が加えられるべきであろう。

謝辞：この研究は原子力規制庁からの受託業務「平成28年度原子力施設等防災対策等委託費（太平洋沿岸の歴史津波記録の調査）事業」（代表：東北大学 今村文彦）の成果の一部をとりまとめたものである。

キーワード：噴火津波、伊豆大島、歴史津波、コーシーポアッソン波

Keywords: Tsunami caused by a volcanic eruption, Izu Ooshima, Historical Tsunami, Cauchy-Poisson's waves

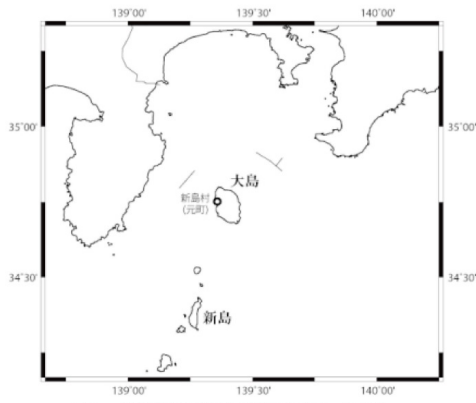


図1 新島村と新島は別の地名である



図2 大正3年(1914)の大島新島村の地形図  
太実線は流失家屋範囲限界

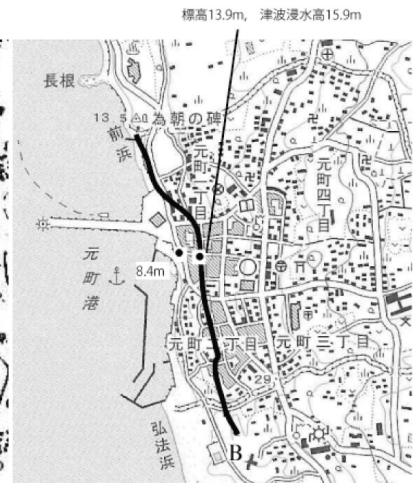


図3 現代の大島元町の地形図  
太実線は流失家屋範囲限界