

# 箱根山の火山ガスおよび2015年6月30日噴火に伴う火山灰\*

## Volcanic gas and ash of Mt Hakone at the eruption on June 30, 2015

東海大学理学部\*\*

School of Science, Tokai University

### 1. 火山ガス観測

箱根山大涌谷の2地点において噴気を定期的に採取し、水素安定同位体比 ( $\delta D_{SMOW}$ ) を測定した。採取した噴気の場所を第1図に示す。定点 (T) は大涌谷遊歩道脇に位置し、暴噴している39号蒸気井から南西に約300mの距離にある。上湯場には2001年の群発地震以降に出現した比較的新しい地熱地帯が存在し、そこでもう一つの噴気 (新噴気: N) を採取した。

大涌谷定点の同位体比は、2015年1月20日で-50%と高く、2月16日、3月31日、4月24日にはそれぞれ、-57、-60、-67%と次第に低下したが、5月8日になり急激な上昇を示した (第2図)。一方、新噴気同位体比は、3月31日まで高い値を維持し、その後低下傾向を示している (第2図)。全体的に定点の変動は新噴気の変動よりも大きい。

### 2. 火山灰の分析

2015年6月30日大涌谷駐車場では泥状の火山灰が降った。自動車のフロントガラスに付着した火山灰を集めて分析試料とした。何も処理しない乾いた状態の火山灰と、エチレングリコール処理した火山灰の粉末X線回折 (XRD) パターンを取得した。その結果火山灰にはPyrite (黄鉄鉱)、トリディマイト (Tridymite)、モンモリロナイト (Montmorillonite) が含まれることが確認された。

火山灰の表面に付着した水溶性成分を分析するために、採取した火山灰5グラムを計り取り、100mlの純水を加え、溶出液の成分をイオンクロマトグラフにより分析し、第1表に示す結果を得た。

### 3. 考察

水素安定同位体比は $H_2O$ の起源を特定するために用いることができる。天水 (雨、雪) に由来する地下水の同位体比は低く、マグマから発散したガスの同位体比は高い。噴気はマグマ性ガスと地下水が混合して形成されている。よって、噴気同位体比からマグマからもたらされるガスの寄与を推定することが可能である。

大涌谷定点では2月から4月24日まで同位体比が低下していることからこの期間はマグマ性水蒸気の量が低下していたと考えられる。群発地震の多発後の5月8日に見られる同位体比の急上昇はマグマ性ガスの量が急激に上昇していることを意味している。新噴気の変化は大涌谷定点の変化よりも小さく、同位体比の低下は大涌谷に比較して遅延しているように見える。新噴気は大涌谷から離れているために地下の通路を水蒸気が通過するまでに時間がかかり変化が遅れているのかもしれない。

火山灰に検出された黄鉄鉱とモンモリロナイトは火山岩が熱水変質して生じた成分と考えられる。火山灰に付着した単位質量当たりの水溶性成分の量は $Cl$ 、 $SO_4$ 共に高く、火山ガスが付着して生じたと考えるのは難しい。むしろ熱水と火山灰の混合物が放出されたと考えるのが適当である。

\* 2015年8月10日受付

\*\* 大場武

Oki and Hirano (1974)が提案した箱根山の火山熱水系モデルによると、ゾーンIVではC1/S モル比が、7～18程度の温泉水が湧出している。この温泉水は神山の山体の地表から深さ500m程度の熱水溜まりで形成されている。よって、今回採取された火山灰は神山の深さ500m程度の領域に発達する熱水溜まりから、熱水成分と岩石変質成分が混合物となり放出された可能性が高い。

2015年4月末の群発地震の直前にマグマ性水蒸気の量が低下していたことは、今回の火山活動の原因を考える上で重要な点である。今回の箱根山の火山活動はFournier (1999)が提唱している「シーリングモデル」で説明できる。シーリングモデルでは、冷却しつつあるマグマから放出されるマグマ性ガスの通路が自己閉塞し、一時的にガスの発散が抑制される。やがてマグマを取り囲む領域の内圧が増加し、自己閉塞していた通路が破壊され、ガスが一気に熱水系に注入されると考える。このモデルでは、マグマ自体に変化は起きていないがそれを取り囲む領域に火山活動の活発化の原因があるとしている。ガスの通路の自己閉塞は、熱水性の鉱物（硬石膏、明礬石、黄鉄鉱など）の成長が原因と考えられている。「シーリングモデル」によれば、群発地震の直前に大涌谷定点の同位体比が低下していたことが合理的に説明される。同様の変動は、2013年8月から10月にかけても起きていた（第2図）。この期間の低下の後に2013年11月にはわずかではあるが、群発地震の増加が観測されている。群発地震の直前にシーリングが発生し、マグマ性ガスの発散が抑制されていたと考えられる。

#### 4. 結論

大涌谷で採取した噴気の水素同位体比の時間変動と火山灰の分析結果から2015年の箱根山における火山活動は以下のように推定される。

##### Period-1 (2014年11月～2015年1月)

マグマから発散されるガスは抵抗なく浅部熱水系に移動していた。

##### Period-1 (2015年2月～2015年1月)

マグマを取り巻くシーリングゾーンが成長し、マグマから発散されるガスは一時的にマグマ周辺に蓄積された。

##### Period-1 (2015年5月～2015年7月)

シーリングゾーンが破壊し、内部に蓄積されたガスが急激に浅部熱水系に供給され、火山性地震が頻発し、蒸気井から火山ガスが勢いよく放出されるようになった。浅部熱水系の圧力が増加し、地殻内で亀裂が成長した。2015年6月30日に亀裂が地表に到達し、小規模な水蒸気噴火が発生した。

#### 謝辞

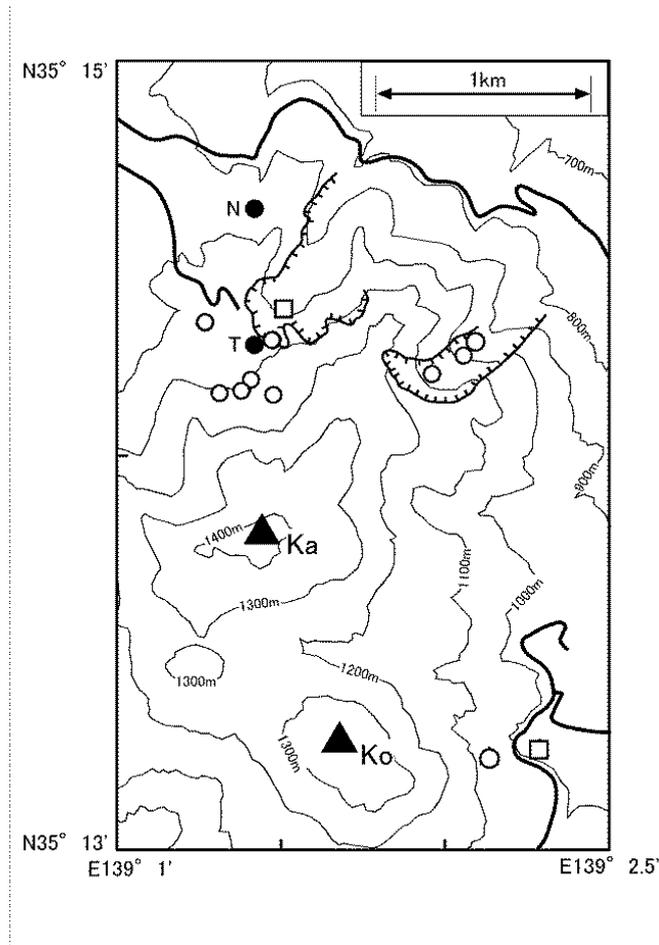
本研究は東京大学地震研究所による「地震・火山噴火の解明と予測に関する公募研究（2015-Y-火山1）」に基づき実施されました。ここに記して深く感謝いたします。

参考文献

- 1) Robert O. Fournier (1999) : Hydrothermal processes related to movement of fluid from plastic into brittle rock in the magmatic-epithermal environment, *Economic Geology*, December 1999, v. 94, p. 1193-1211.
- 2) Oki Y and Hirano T (1974) : "Hydrothermal system and seismic activity of Hakone Volcano", *The Utilization of volcano energy*, Proceedings of a conference, Hilo Hawaii, Feb. 4-8.

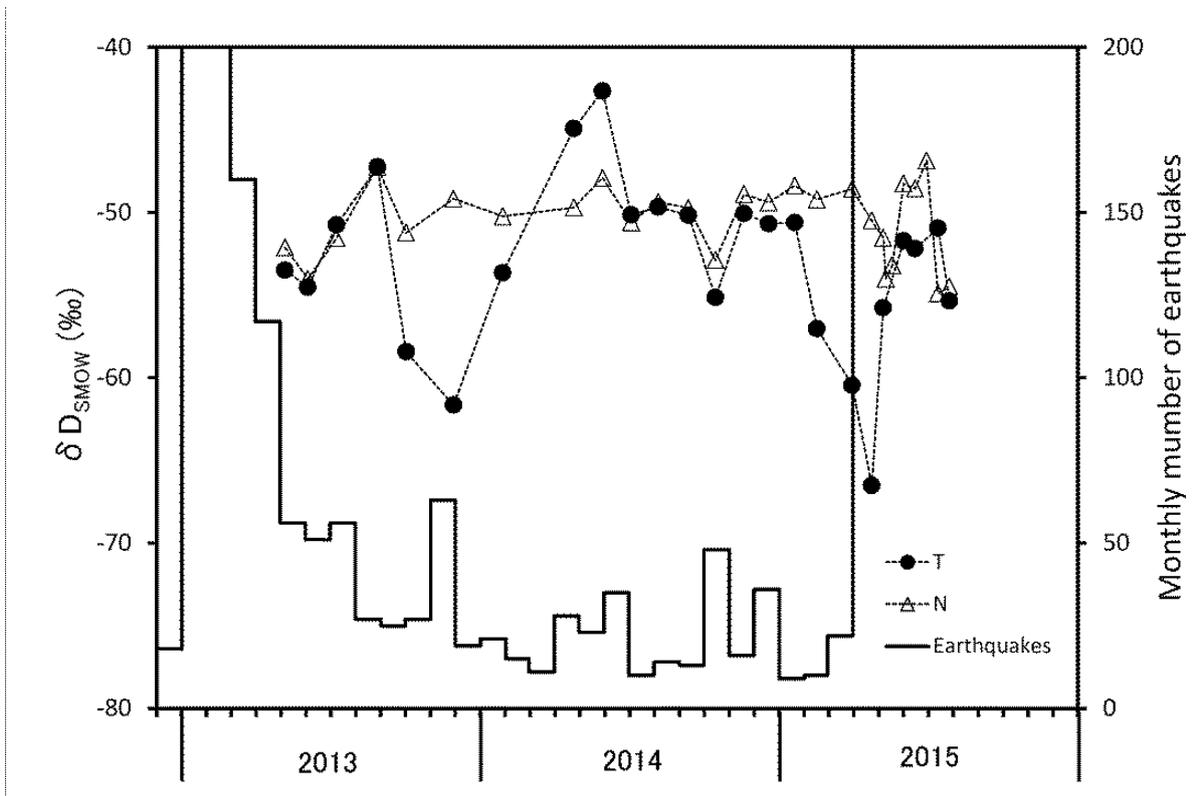
第1表 火山灰に付着した水溶性成分の質量および成分比

2015/6/30	Cl <sup>-</sup> (g/kg)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (g/kg)	Cl/S(モル比)
大涌谷火山灰	12.5	6.56	5.06



第1図 噴気の採取地点 T:定点、N:新噴気。白抜き丸は他の噴気的位置を示す。白抜き四角は蒸気井の位置を示す。Kaは神山山頂、Koは駒ヶ岳山頂を示す。

Fig.1 Locations of the sampled fumarolic gases (T and N). Open circles and squares indicate the locations of natural fumaroles and steam well, respectively. Ka and Ko indicate the summit of Mt Kamiyama and Mt Komagatake, respectively.



第2図 噴気水素同位体比の時間変動（月別地震回数は温泉地学研究所の観測による）

Fig.2 Time variation of hydrogen isotope ratio of H<sub>2</sub>O in fumarolic gases (The monthly number of earthquakes was obtained by Kanagawa prefecture Hot Spring Research Institute).