

## 箱根山中央火口丘地熱地帯の火山ガス組成に見られる多様性とその解釈

## Variety in the chemical composition of volcanic gas discharged at the geothermal area in Hakone volcanic caldera

# 大場 武 [1]; 澤 毅 [2]; 平 徳泰 [3]; 大和田 道子 [4]; 森川 徳敏 [5]; 風早 康平 [6]

# Takeshi Ohba[1]; Takeshi Sawa[2]; Noriyasu Taira[3]; Michiko Ohwada[4]; Noritoshi Morikawa[5]; Kohei Kazahaya[6]

[1] 東工大・火山流体研; [2] 東工大・火山流体; [3] 東工大・火山; [4] 産総研・地質情報; [5] 産総研・地質情報; [6] 産総研地調

[1] Volcanic Fluid Research Center, Tokyo Institute of Technology; [2] V.F.R.C.; [3] V.F.R.C., Titech; [4] Inst. Geol. and Geoinfo., GSJ, AIST; [5] GSJ, AIST; [6] Geol. Surv. Japan, AIST

## 1. 序

火山ガスにはマグマから発散される揮発性成分が含まれている。火山ガスは地殻内で移動が早く、地表では噴気として出現するので、噴気はマグマからとどいた手紙と言える。しかし、火山ガスは気体なので、空間的な密度が低く、地殻内の通路を上昇する過程で、様々な変化を受け易い。例えば、主成分の水蒸気は容易に凝縮し、地下水との相互作用を受けるだろう。ガスを構成する成分で反応性の高いものは、通路を構成する岩石と反応して失われたり、あるいは新たなガスが発生するかもしれない。ガス種相互間で化学反応を起こして、各成分の濃度が変化する可能性もある。噴気の化学組成からマグマの情報を得るには、火山ガスに対する地殻内における作用を正しく理解する必要がある。そのような目的の研究として、Giggenbach (1987) はニュージーランド、ホワイトアイランドのガス組成を解析し、ガス組成の多様性を熱力学に基づいて論じた。Iwasaki et al. (1963) は火山ガスを I, II, III, IV 型の 4 つに分類した。I は高温の火山ガスであり、マグマから直接脱ガスした気体に相当する。IV は地熱系に見られるガスで、火山活動の観点からは I, II, III, IV へのガスの変化は、火山活動の低下に対応する。Giggenbach (1987) が研究対象としたのは、I および II 型のガスであった。III 型のガスは、火山起源ではあるものの、 $\text{SO}_2$ ,  $\text{HCl}$  に乏しく、 $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CO}_2$  に富んだガスであり、この型のガスに対する変質過程の研究例が少なかった。箱根山の火口丘地熱地帯では III 型のガスが多数の噴気孔から放出されている。本研究では箱根山で噴気を採取し、その化学的変質過程を論じる。

## 2. 噴気の採取と分析

箱根山カルデラ中央火口丘の山麓には大涌谷、早雲地獄、湯の花沢の三箇所に地熱地帯が発達している。同地熱地帯で、2005、2006 年に合計 11 の噴気と 2 つのボーリング孔蒸気を採取し、化学組成、安定同位体比、希ガス組成について分析を行った。

## 3. 結果と考察

採取したガスの組成は、 $\text{H}_2\text{O}$  蒸気が主成分であり、 $\text{CO}_2$  あるいは  $\text{H}_2\text{S}$  がそれに続いた。 $\text{SO}_2$  は大涌谷の蒸気井で高濃度であったが、噴気ではごく微量であった。採取したガスは  $R_H$  値と  $\log(\text{CH}_4/\text{CO}_2)$  に基づいて以下の 4 種類に分類された。 $R_H$  は Giggenbach (1987) が導入した火山ガスの酸化還元状態に対する指標であり、 $\log(\text{H}_2/\text{H}_2\text{O})$  に相当する。ここでは  $\log(\text{CH}_4/\text{CO}_2)$  を  $R_C$  と定義する。

## 1) マグマ性酸化的ガス

$R_H$  と  $R_C$  が共に低い。大涌谷の深い蒸気井から放出されている蒸気 (GB) がこれに分類される。このガスは箱根山中央火口丘熱水系の始原的な流体を代表していると考えられる。

## 2) マグマ性還元的ガス

$R_H$  が高く、 $R_C$  は低い。GB に最も近い場所に位置する噴気から放出されており、 $R_H$  が高いものの、 $R_C$  は 1) のガスと同様に低い。

## 3) 平衡型還元的ガス

大半の噴気に当てはまるガスで、 $R_H$ ,  $R_C$  とともに高く、いくつかの噴気については  $\text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + 4\text{H}_2$  の反応が平衡に達している。

## 4) 混合型ガス

$R_H$ ,  $R_C$  が 1), 3) のガスの中間的な値を示す。 $\text{CH}_4$  はガス内部の平衡反応からかけ離れた濃度を示し、1) と 3) のガスが混合して発生したと考えられる。

以上の 4 種類のガスの存在は、箱根山中央火口丘において、大きく分けて二種類のガスが存在していることを示している。一つはマグマ性のガスで深部に発達し、地表の自然噴気には殆ど見られない。もうひとつは地熱系のガスに類似した還元的なガスであり、おそらくマグマ性のガスの周辺に分布している。マグマ性ガスは還元的なガスからの侵入を受ける立場にあり、その結果として混合型のガスが形成されると考えられる。

火山活動の監視の観点からは、噴気に含まれるマグマ起源成分の変化に注目するのは当然だが、還元的な成分である  $\text{CH}_4$  をモニタリングすることにより、マグマ性ガスの地下における分布の変動を捉えることが可能になるだろう。