

## 陽イオン組成に基づいた、草津白根山温泉水の形成過程

## The formation process of spring water at Kusatsu-Shirane volcano Japan based on the chemical composition of cations

# 清水 惇 [1]; 大場 武 [1]

# Atsushi Shimizu[1]; Takeshi Ohba[1]

[1] 東工大・火山流体研

[1] Volcanic Fluid Research Center, Tokyo Institute of Technology

## 1. 序

火山熱水系の温泉水の化学組成のうち、 $\text{Cl}^-$  や  $\text{SO}_4^{2-}$  などの陰イオンはマグマから脱ガスした気体が天水と混合することにより、熱水中に存在する成分である。一方、Na や K などの陽イオン成分は、強酸性の熱水と周辺の岩石が反応することで、熱水中に溶脱した成分であり、その組成は周辺岩石の化学組成および二次鉱物の生成の影響を大きく受ける。

本研究では、草津白根山の火口湖湯釜湖水および、東麓の草津温泉地域から4か所（草津湯畑、万代鉱、香草温泉、常布温泉）、西麓の万座温泉地域から4か所（万座湯畑、奥万座温泉、空噴温泉、石楠花温泉）について温泉水の化学分析を行い、主に陽イオンの化学組成に注目して、温泉水の形成過程を調べることを目的とする。

## 2. 結果

湖水および温泉水の水温は、気温よりわずかに高い程度のもの（湯釜湖水）から90℃を超えるもの（万代鉱）まで大きく分散している。pHは、石楠花温泉を除き1.3から3.0と、強酸性を示した。塩化物イオン濃度は数 $\text{mg}/\text{dm}^3$ から2000 $\text{mg}/\text{dm}^3$ 、硫酸イオン濃度は約200 $\text{mg}/\text{dm}^3$ から4500 $\text{mg}/\text{dm}^3$ と、幅広い値を持った。陽イオンはNa, Mg, Al, Fe, Caなどが溶存しており、その濃度も1 $\text{mg}/\text{dm}^3$ から300 $\text{mg}/\text{dm}^3$ と幅広い値を示した。また、 $\text{SiO}_2$ は100 $\text{mg}/\text{dm}^3$ から400 $\text{mg}/\text{dm}^3$ と、陽イオンに比べると変化の幅は小さかった。

## 3. 考察

岩石から溶脱した陽イオンは、二次鉱物の生成などにより熱水中から除去される。今回は、二次鉱物生成の影響を比較的受けないMgの濃度をもとに、熱水と反応した岩石量を推定し、その結果と温泉水の化学組成とを比較した。また、深部の熱水リザーバーにおける二次鉱物生成の寄与、深部の温度について見積もるため、Pyrite, Alnite およびシリカ鉱物などの飽和度指数 (SI: Saturation Index) を計算した。

## i) 湯釜湖水、香草温泉

湯釜湖水には岩石が水1kg当たり約10g、香草温泉には45g溶脱したと考えられる。この2つの温泉水は、溶存している陽イオンの濃度に違いはあるものの、 $\text{SiO}_2$ 以外の化学組成が、周辺岩石の組成とほぼ等化学的であった。QuartzのSIがほぼ0であったことから、 $\text{SiO}_2$ の濃度が低下しているのはシリカ鉱物が沈殿、もしくは変質鉱物に $\text{SiO}_2$ が残存しているためと考えられる。またSIの計算結果から、深部の温度は湯釜は200℃前後、常布は150℃前後であると推定される。

## ii) 草津湯畑、常布温泉

それぞれ岩石は水1kg当たり20g、45g溶脱したと考えられる。この2つの温泉水は、周辺岩石に比べFe, Alの割合が相対的に低くなっていた。これは、Pyrite, Aluniteが飽和し、二次鉱物として沈殿したとして説明できる。またこの作用から深部温度を推定すると、草津湯畑は約100℃、常布温泉は約150℃であると推定される。

## iii) 万座湯畑、奥万座温泉

万座湯畑には岩石が水1kg当たり30g、奥万座温泉には8g溶脱したと考えられる。この2つの温泉水は、Fe, Alに加えCaの割合が低くなっている。Pyrite, Aluniteに加えGypsumの沈殿も生じているためだと考えられる。また、深部温度はともに250℃以上であると推定される。

## iv) 万代鉱、空噴温泉

それぞれの試料について、水1kg当たり50gおよび150gの岩石が溶脱したと考えられる。しかし、Fe濃度は岩石溶解量から予想される量に比べ小さかった。Pyriteも飽和に達しておらず、二次鉱物の沈殿によるFeへの影響は小さいと予想される。この点について、万代鉱周辺の岩石は変質作用を大きく受けFe量が減少している(小坂丈予1984)ことが知られており、空噴についても同様に変質しているものと予想される。Pyrite以外の二次鉱物のSIから、深部温度は万代鉱、空噴ともに約200℃と推定される。