

## 箱根外輪山斜面における天水の酸素同位体組成からみた地下水の涵養・流動過程 Recharge and flow processes of groundwater on the outer rim slope of Hakone caldera

鈴木 秀和<sup>1\*</sup>, 宮下 雄次<sup>1</sup>, 板寺 一洋<sup>1</sup>, 浅井 和由<sup>2</sup>  
Hidekazu Suzuki<sup>1\*</sup>, Yuji Miyashita<sup>1</sup>, Kazuhiro Itadera<sup>1</sup>, Kazuyoshi Asai<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 神奈川県温泉地学研究所, <sup>2</sup> 地球科学研究所

<sup>1</sup>HSRI, Kanagawa Pref., <sup>2</sup>Geo Science Laboratory

箱根火山の温泉・地下水については、これまで数多くの調査・研究が行われてきた。しかし、その多くが温泉施設の集中するカルデラ内部を対象としており、外輪山を含め箱根火山全体を包括的に捉えた地下水の涵養・流出機構（流動系）に関する研究は皆無に等しい。地質構造が複雑である火山地域では、環境同位体などをトレーサーに用いて地下水流動系を把握する手法が有効となる。箱根火山全体の地下水流動モデルを構築する手始めとして、2010年8月中旬～9月上旬にかけて外輪山斜面を対象に、河川水（99ヶ所）および湧水（38ヶ所）の広域採水調査を実施した。今回はその結果明らかとなった外輪山斜面における酸素同位体組成の空間分布特性と、それから推定される地下水流動系について検討した結果に加え、南東斜面で実施した湧水のCFCsおよびSF6年代測定結果についても報告する。

箱根外輪山において、斜面方位別に降水中の水素・酸素安定同位体組成（ $D \cdot ^{18}O$ ）を測定した宮下（2009）は、西斜面における $^{18}O$ の高度効果（ $-0.15\text{‰}/100\text{m}$ ）が他の斜面のそれ（ $-0.070\text{‰}/100\text{m}$ ）に比べ大きいことを明らかにした。これは、西斜面において同位体的に重い雨が降っていることを示唆しており、今回測定した河川水・湧水についても、これを反映した結果が得られた。外輪山の山頂付近にある湧水についてその値を比較してみると、西斜面の命之泉（1010m）で $-8.3\text{‰}$ 、北東斜面の明神水（1023m）で $-9.3\text{‰}$ と同一標高において $1.0\text{‰}$ の違いが確認された。このような斜面による同位体組成の差は、おおくの孤立峰において確認されており、大抵の場合は卓越風向に関係し、風上側で同位体的に重いそして風下側で軽い雨が降るいわゆる「雨陰効果」が原因であることが指摘されている。箱根火山の場合でも、断定することはできないが、夏季における卓越風向が南西・北東方向であることから雨陰効果による影響であると推定される。

したがって、同位体組成をトレーサーとする場合には、斜面ごとにその高度効果を求める必要がある。今回得られた $^{18}O$ の空間分布から、箱根火山の場合大きく3つの斜面（西・南東・北東）に区分して検討を行うことにした。地形的分水界より区分した流域の平均標高と同位体組成の関係から求められた地下水涵養線の高度効果は、北東および南東斜面がそれぞれ $-0.18$ 、 $-0.14\text{‰}/100\text{m}$ であるのに対し西斜面では $-0.2\text{‰}/100\text{m}$ とより大きくなることが明らかとなった。さらに、北東斜面の中腹（360m）と山麓（45m）に位置する2ヶ所の湧水について、CFCsおよびSF6濃度をを用いて平均滞留時間を推定したところ、両者とも20年未満の比較的若い地下水であることが判明した。地下水涵養線から求めた湧水の涵養高度とその分布状況や、平均滞留時間などの情報から、暫定的ではあるが箱根外輪山斜面における地下水流動概念モデルを構築することができた。

宮下（2009）は河川水・湧水の $^{18}O$ は降水に比べ約 $2.0\text{‰}$ 高くなることを報告しているが、これは降水の浸透過程における蒸発の影響によるものと考えられる（風早・安原，1994）。今回得られた地下水涵養線も降水線（降水量により加重平均された $^{18}O$ と標高の関係）に比べ $1.5\sim 2.0\text{‰}$ 重くなっており、平衡状態におけるレイリー蒸留過程を用いてその蒸発率を求めたところ、各斜面とも $15\%$ 程度であることが判明した。

キーワード: 箱根火山, 酸素同位体組成, 雨陰効果, 高度効果, 地下水流動系, 蒸発率

Keywords: Hakone volcano, Oxygen isotope composition, Rain shadow effect, Altitude effect, Groundwater flow system, Evaporation rate