

塩素同位体からみた温泉水の起源

新井 和仁

日本は火山や地震が多いが、その原因として日本の地下でプレートが沈み込み、それに伴って岩石の歪みやマグマが発生しているためと言われている。火山活動や地震は多くの災害を引き起こし、環境及び人間生活に及ぼす影響はとて大きい。そのため、地震や火山を引き起こす地下を知ることは重要であり、その地下情報の窓口として温泉水があげられる。温泉には塩素が多く含まれており、塩素同位体比 ($\delta^{37}\text{Cl}$) が地下情報の重要な指標となりうる。そこで今回、成因の異なる色々な温泉の $\delta^{37}\text{Cl}$ 値を調べ、温泉水の起源との関連や、そこから得られる地下深部情報を明らかにすることを目的とした。温泉水については、7つの県から計45試料を採取した。これらを研究室に持ち帰り、陽イオン・陰イオン、 $\delta^{18}\text{O}$ ・ δD 値及び $\delta^{37}\text{Cl}$ 値を測定した。

全45試料の $\delta^{37}\text{Cl}$ 値は、-1.62 ~ 0.97‰の範囲に分布した。今回採取した温泉は、グリーントフ型・マグマ水型及び化石海水型であったので、そこで温泉のタイプ別に考えてみた。まず石川県の加賀地方に存在するグリーントフ型の温泉5試料の $\delta^{37}\text{Cl}$ は 0.00 ~ 0.47‰の範囲にあった。このうち、片山津温泉を除くと 0.25 ~ 0.47‰の範囲にあった。このプラス側の値はマグマ性温泉（後述）と傾向が一致している。しかし、片山津温泉の値は 0.0‰であり、他のグリーントフ層からくる温泉水とは明らかに異なる。この温泉はグリーントフ起源ではなく、現在の海水（0.0‰）が地熱により温められ湧出したと考えられる。

マグマ水型の温泉水の $\delta^{37}\text{Cl}$ 値は 0.51 ~ 0.90‰の範囲にあった。このマグマ型温泉として松代温泉がある。松代温泉では水の δD ・ $\delta^{18}\text{O}$ 値は、 δD :-80.40 ~ -55.30‰、 $\delta^{18}\text{O}$:-11.43 ~ -2.85‰と δD ・ $\delta^{18}\text{O}$ 図上で天水線の右側にシフトしており、岩石と水が高温で反応したことがわかる。そして δD ・ $\delta^{18}\text{O}$ 図上の松代温泉の各点を外挿すると、安山岩マグマ水のゾーンに達していた。一方、水の $\delta^{18}\text{O}$ 値と $\delta^{37}\text{Cl}$ の間には正の相関があった。そこで、この関係を安山岩マグマ水の $\delta^{18}\text{O}$ まで外挿した所、その $\delta^{37}\text{Cl}$ 値は 1.5 ~ 1.9‰となった。この値はマントル中の $\delta^{37}\text{Cl}$ 値（4.2 ~ 7.0‰）よりも低い。これは安山岩マグマ水中の Cl はマントル Cl と海水が混合したものかもしれない。

最後に、化石海水型の温泉水であるが、その温泉水の $\delta^{37}\text{Cl}$ 値は -1.6 ~ -1.0‰の範囲にあった。有馬温泉や茂原のかん水を除くと、この値は世界の塩湖の $\delta^{37}\text{Cl}$ 値（-1.10 ~ -0.27‰）と同様の傾向を示す。有馬温泉は従来、化石海水が地熱によって、加熱されて出来たものとされてきたが、 $\delta^{37}\text{Cl}$ が 0.26 ~ 0.47‰と弱いマグマ性起源の可能性が示された。ごく最近、有馬温泉の新しい成因として、プレートと共に日本の地下に沈み込んだ海水が、加熱されて上昇してきたものという説が提唱された。本研究の結果は、この説とよく符合する。