

火山およびその周辺地域における熱流量と温泉水の化学組成

Heat discharge and geochemical data of hot springs in volcanic areas

梅田 浩司 [1]

Koji Umeda [1]

[1] 東濃地科学センター

[1] Tono Geoscience Center

阿寒、ニセコ、蔵王、九重、霧島の各火山を対象に火山周辺の熱流量を算定するとともに、その地域の温泉水の化学組成を取りまとめを行った。熱流量は、噴出中心から半径10km以内に存在する坑井の温度プロファイルから計算し、これらの平均値を各火山およびその周辺地域の「平均的な熱流量」とした。これらの「平均的な熱流量」と各火山周辺の酸性温泉の分布範囲には相関が認められる。このことから、火山周辺の「平均的な熱流量」は、火山活動が地下水に及ぼす化学的な影響を評価する際に重要な指標となる。

1. はじめに

火山およびその周辺地域には、地下に存在する熱源から放出された熱エネルギーによって高い地温勾配を示す高温異常域や熱水対流系が形成されることがある。また、このような地域には、 Cl^- 、 SO_4^{2-} を主体とした酸性温泉が存在することが多い。本研究では、阿寒、ニセコ、蔵王、九重、霧島の各火山を対象に火山周辺の熱流量を算定するとともに、その地域の温泉水の化学組成の取りまとめを行い、火山活動の熱的ポテンシャルと地下水に及ぼす化学的な影響の関係について検討した。

2. 坑井温度プロファイルからみた熱流量

地下水の流れおよび温度が定常状態である場合、熱輸送に関する1次元の基本方程式は、次式で表される。

$$K d^2 T / dz^2 = \rho c v dT / dz \dots \dots \dots$$

但し、 K は岩石の熱伝導率、 T は温度、 ρ は水の密度、 c は水の比熱、 v は流動速度（下向きを正とする）である。

Bredehoeft and Papadopoulos (1965) は、実測された坑井温度プロファイルから地下水の流動速度を算定する方法を考案している。それによると、測定区間 L の中の任意の深度 z における温度 T_z は、式から

$$T_z = T_0 + (T_L - T_0) [(\exp(\beta z / L) - 1) / (\exp(\beta) - 1)] \dots \dots \dots$$

$$\beta = \rho c v L / K \dots \dots \dots$$

となる。ここで、 β は、無次元のパラメータであり、上昇流タイプの場合は負の値に、下降流タイプの場合は正の値に、伝導タイプの場合には0になる。各坑井ごとの流動速度 v は、 z / L に対する $(T_z - T_0) / (T_L - T_0)$ の実測値をタイプカーブにフィッティングさせ、実測値との残差が最も小さい場合の β の値を用いて式より計算した。

熱流量の算定に際する境界条件として、地表における放出熱量が地下の熱源を上昇する熱水のもつ熱量に等しいとすると、 $z = 0$ (地表) の熱流量 Q は、次式で表される。

$$Q = K dT / dz \Big|_{z=0} + \rho c v (T_0 - T_{air}) \dots \dots \dots$$

ここで ~ 式から

$$Q = \rho c v [(T_L - T_0) / (\exp(\beta) - 1) + (T_0 - T_{air})] \dots \dots \dots$$

となる。ここで、 T_0 は地表付近の坑井温度、 T_{air} は気温である。

以上の方法によって、火山の噴出中心から半径10km以内に存在する各坑井の温度プロファイルから熱流量を計算し、これらの平均値を各火山およびその周辺地域の「平均的な熱流量」とした。これらによって算定された阿寒、ニセコ、蔵王、九重、霧島の各火山周辺の「平均的な熱流量」は、それぞれ0.39w/m²、0.29w/m²、0.19w/m²、0.53w/m²、0.72w/m²である。

3. 温泉水の化学組成

各火山周辺の温泉水の化学組成データによると、火山の噴出中心から数km以内の温泉の HCO_3^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} などの濃度は、瀬尾・清水(1992)による日本の地下水の平均値(HCO_3^- : 145.3mg/l、 Cl^- : 20.6mg/l、 SO_4^{2-} : 9.0mg/l)に比べて高い値を示す。例えば、各火山の噴出中心から半径10km以内に位置する温泉の Cl^- 濃度の最高値は500~4500mg/l、 SO_4^{2-} 濃度の最高値は1500~4000mg/l、 HCO_3^- 濃度の最高値は500~3000mg/lである。火山周辺の温泉水の化学組成は、天水あるいは海水にマグマから放出される揮発性物質の混入、あるいは高温下での水・岩石反応によって形成されると考えられており(野田・高橋, 1992)、火山から離れるにしたがって、これらの影響が小さくなることが予想される。上記の火山周辺にもこれらの傾向が認められ、各溶存成分の濃度は噴出中心から離れるとともに低下する。例えば、pHが4.8未満の酸性温泉が存在する最大距離は、阿寒、ニセコ、蔵王、九重、霧島の各火山では、それぞれ6.8km、4.3km、4.8km、10.3km、8.2kmである。また、これらの距離と火山周

辺の「平均的な熱流量」の間には明瞭な相関が認められる。このことから、火山周辺の「平均的な熱流量」は、火山活動が地下水に及ぼす化学的な影響を評価する際に重要な指標となる。