

坑井温度データからみた熱水対流系の大きさ

Area of hydrothermal convection system based on temperature loggings

小松 亮 [1], 梅田 浩司 [1], 江原 幸雄 [2], 梶原 竜哉 [3]

Ryo Komatsu [1], Koji Umeda [2], Sachio Ehara [3], Tatsuya Kajiwarara [4]

[1] 東濃地科学センター, [2] 九大・工・地球資源, [3] Geo-E

[1] Tono Geoscience Center, JNC, [2] Tono Geoscience Center, [3] Earth Resources Eng., Kyushu Univ., [4] Geo-E

熱源が地下水流動系に及ぼす影響の程度と範囲を見積もる観点から、坑井温度プロファイルをもとに、熱水対流の強弱を鉛直方向の流体流動速度で表現し、熱水対流系の大きさを推定した。仙岩、栗駒、豊肥、霧島の各地熱地域における坑井の v （鉛直方向の流体流動速度）の分布を検討したところ、顕著な上昇流が生じている坑井（ v が $10E-9m/s$ のオーダー）の分布する平面的な範囲は2～3km以内であることが明らかになった。顕著な上昇流域は、第四紀火山の位置に必ずしも対応しているとは限らず、第四紀火山から10km程度離れたところにも存在する。

熱源が地殻内に定置した後、ある時間が経過すると、熱水対流が熱源の上方に生成する。熱水上昇流と天水下降流を合わせた熱水対流系の範囲や深度は、坑井温度プロファイルを区分することによって推定される。玉生(1994)は、九州の豊肥、東北の仙岩、栗駒の各地熱地域を例にして、熱水対流系の範囲は10km前後、深度は2～3km以浅としている。しかしながら、坑井温度プロファイルの区分は目視による判定に基づいている。ここでは、熱源が地下水流動系に及ぼす影響の程度と範囲を見積もる観点から、坑井温度プロファイルを客観的に区分するとともに、熱水対流の強弱を鉛直方向の流体流動速度で表現し、熱水対流系の大きさを推定する。

東北の仙岩、栗駒、九州の豊肥、霧島等の地熱地域を対象として、地熱井や温泉井等の温度データを収集した。各坑井の温度プロファイルをもとに、鉛直方向の流体流動速度を次のように算出した。Bredehoeft and Papadopoulos (1965)の鉛直一次元の流体流動モデルによると、上下境界面の温度がそれぞれ一定で、その間の均質媒体中に浸透流が発生している場合の温度分布は次式で表される。

$$T(z)=T_0+(T_L-T_0)(\exp(\beta z/L)-1)/(\exp(\beta)-1) \quad \cdots (1)$$

$$\beta=c\rho vL/K \quad \cdots (2)$$

$T(z)$: 深度 z の温度(C)

T_0 : 上面境界の温度(C)

T_L : 下面境界の温度(C)

z : 上面境界からの深度(m)

L : 坑井の掘削深度(m)

c : 水の比熱(kJ/kg*K)

ρ : 水の密度(kg/m³)

v : 鉛直方向の流体流動速度(m/s) (下向きが正)

K : 岩石の熱伝導率(W/m*K)

深度を z/L 、温度を $T(z)/T_L$ で無次元化した温度プロファイルは β 値によってさまざまで、各坑井の温度プロファイルが最も良く近似するモデルプロファイルの β をその坑井の β 値とした。 $\beta < 0$ が上昇流型、 $\beta = 0$ が熱伝導型、 $\beta > 0$ が下降流型で、上昇流型坑井の場合、 β が小さいほど上昇流が発達していることを示す。 β が求められると、(2)式から v が得られる。 c と ρ には蒸気表（日本機械学会、1980）の値を用いた。 K は矢野ほか(1994)による $2.26W/m^*K$ とした。

仙岩、栗駒、豊肥、霧島の各地熱地域における坑井の v （鉛直方向の流体流動速度）の分布を検討したところ、上昇流型坑井のうち、 v が $10E-9m/s$ オーダーの坑井の周囲に $10E-9m/s$ より遅い坑井が分布し、さらにその周囲に下降流型や熱伝導型の坑井が分布することが明らかになった。顕著な上昇流が発生している坑井の v は $10E-9m/s$ オーダーである(Hanano and Kajiwarara, in press)。このオーダーの坑井が分布する平面的な範囲は2～3km以内である。顕著な上昇流域は第四紀火山の位置に必ずしも対応しているとは限らず、第四紀火山から10km程度離れたところにも存在する。熱水上昇の発生する場所やその範囲、深度は、熱源の位置だけではなく、地質構造や地層の浸透率などにも支配されていると考えられる。