

足尾微小地震活動域における地下温度構造 - 地殻熱流量，放射性発熱量測定結果を適用した推定 -

Estimation of Subsurface Temperature in the Ashio Region with Heat Flow and Radio Active Heat Generation Measurements

小村 健太郎 [1]

Kentaro Omura [1]

[1] 防災科技研・地圏部

[1] Solid Earth Sci. Div., NIED

活発な微小地震活動域である足尾地域で掘削された2000mボーリングを利用して実測された地殻熱流量と岩石の放射性発熱量の値を適用し，1次元均質等方媒質の定常熱伝導を仮定して地下温度分布を計算した．その際，岩石の熱伝導率の温度依存にかかわる係数値の選び方により，地下温度の推定値には幅がある．温度依存に関して両極端の場合に対応して，足尾掘削地点直下の地殻内微小地震の発生下限は310-360Cに，S波反射面は550-780Cに相当する．

1. はじめに

活発な微小地震活動域である足尾地域では高密度の臨時地震観測が繰り返され，精密な震源分布，S波反射面分布が得られている(伊東他,1994；松本・長谷川,1997)．地殻内微小地震の発生下限やS波反射面深度は温度構造と密接に関係することが考えられ，同じ地域での地下温度構造の推定は重要である．以前，栃木県足尾町において掘削された2000mボアホールにおける地殻熱流量測定結果を報告したが(小村他1994)，今回岩石コアの化学分析から決まる放射性発熱量データが得られたので，両者を適用して改めて地下温度分布を推定したのでここに報告する．

2. 地殻熱流量測定

掘削後1年経過し温度平衡が実現したと考えられる時点での，感熱抵抗体を利用した孔内温度検層結果と総数63個の岩石コア(岩質はすべて均質な花崗閃緑岩)の湿潤状態での熱伝導率測定結果(市販の熱伝導率測定器(昭和電工QTM-3D)を用いた)が得られた．温度勾配のばらつきの小さい600~1450m区間の平均温度勾配にその区間で得られた岩石コア(24個)の熱伝導率の平均値をかけることにより $q(0)=113+8 \cdot 10^{-3}W/m^2$ の熱流量値を得た．平均の取り方や区間を変えた場合も誤差範囲内で一致していて信頼性は高いと考えられる．全63個の熱伝導率値の調和平均は $k(0)=2.89+0.20W/mK$ となる．

3. 放射性発熱量

岩石中の放射性発熱量はほとんどK(あるいはK₂O)，Th，Uの含有量によって決まる．ここでは，100m以深の岩石コアの蛍光X線分析(K₂O)，ICP発光分析(K，Th，U)により3元素の含有量を求めた．K，Thについては全部で34個，Uについては4個のデータが得られ，単純平均してK(重量%)=3.5+3，Th(重量ppm)=11+2，U(重量ppm)=6+2となった．過去の多数の岩石の化学分析データと比べても，典型的な花崗閃緑岩のものと同様一致していた．この数値を放射性発熱量に換算すると(Rybach,1976)， $A(0)=2.5+0.7 \cdot 10^{-6}W/m^3$ になる．

4. 温度構造計算

1次元均質等方媒質の定常熱伝導を仮定すると深さzにおける温度，熱流量は $T(z)=T(0)+q(0)z/k(0)-A(0)z^2/2k$ ， $q(z)=q(0)-A(0)z$ となる．現実には熱伝導率は深度に伴う温度，圧力上昇によって変化し，放射性発熱量も一般に $A(z)=A(0)\exp(-z/D)$ の形で減少する．媒質を薄層(0.05kmにした)に分割しそれぞれの層を均質媒質としてT，q，k，Aの値を地表の値として実測されたT(0)，q(0)，k(0)，A(0)から深度方向に逐次計算していけば，深度zにおける温度が計算できる．

Dとしておおそ考えられる10kmと40km(北島他,1997)を適用すると深さ15kmまでで50C以内，20kmで100C程の違いが出てきた．また熱伝導率は温度に対してだいたい $1/(1+bT)$ に比例して変化するが，地表に表れる岩石がそのまま地殻内深部まで分布しているとは限らないので，温度にかかる係数bとして0.0001と0.001(後者が花崗岩質に対応する，Chapman,1986)をとった．足尾直下の地殻内微小地震の下限は約8km(伊東他,1994)となっているが，その深度の温度はb=0.0001の場合，310C，b=0.001の場合，360Cになる(D=10ないし40kmの違いによる温度差は10C以内)．この温度は石英，長石を主として含む地殻岩石の脆性-延性転移領域に相当する．また，足尾より北側に見いだされたS波反射面(南側に傾斜，松本・長谷川,1997)をそのまま足尾直下まで引き延ばすと約16kmになるが，その温度は，同様に，550-580，735-785Cになる．現実の地殻は両者の間に収まっているだろうが，この

温度とマグマとの関連などは検討が必要である。

このように、温度構造計算に必要な実測データとして $T(0)$, $q(0)$, $k(0)$, $A(0)$ が得られたとしても、仮定せざる得ない(地殻内の岩質分布が不明瞭なため)岩石の熱伝導率の温度依存に関わる係数のとりかたによって温度分布がかなり変わってくることは明らかであり、注意が必要である。