

地殻温度に及ぼす気候変動と地下水流動の影響

Effects of climate change and groundwater flow on geothermal profiles

谷口 真人 [1]

Makoto Taniguchi [1]

[1] 奈良教育大・地学

[1] Dept. Earth Sci., Nara Univ. Edu.

東京都内30ヶ所の観測井における地殻温度分布に、地球温暖化・都市化による地表面温度上昇(約2.5℃)の影響が現れている。この影響は、地下水涵養域(武蔵野面等)では深く(100m以深)、地下水流出域(下町)では浅い(深度30m程度)。地下水流動による熱移流と地表面温度上昇を加味した解析により、武蔵野面・立川面では200-600mm/年の地下水涵養量が、また下町では上向き地下水流出が推定された。さらに東京湾沿岸の温度鉛直分布に塩淡水境界面と思われる境界が発見され、70-90mm/年程度の地下水が直接海へ湧出している可能性が示された。

1、はじめに

地殻表層付近の温度は、上部境界条件としての(1)地球温暖化等の気候変動、(2)都市化、(3)森林伐採・土地利用改変、などによる地表面での熱収支変化の結果引き起こされる地表面温度変化の影響を受ける。また地殻内の熱輸送は、上述の熱伝導のみならず、流体の移動に伴う熱移流によっても行われる。このことを利用して、水文学・地下水学の分野では温度をトレーサーにして、(1)地下水涵養量、(2)地下水流動量、(3)透水係数などの地層パラメーター、(4)塩淡水境界面、(5)沿岸海底地下水湧出量、等の推定が試みられている。本研究では、この中で特に「温暖化・都市化による地表面温度の変化」と「地下水流動」が地殻温度分布に与える影響について、東京都で測定された地下水温度鉛直分布のデータをもとに考察し、あわせて東京湾における塩淡水境界面・沿岸海底地下水湧出量の推定に関して議論する。

2、温暖化・都市化による地表面温度変化の影響

上部・下部境界条件としての地表面温度・地球深部温度が一定で、かつ流体の移動がない場合、地殻温度鉛直分布は一定温度勾配を示し、下層ほど高温になる。しかし、東京都内30ヶ所の地盤沈下観測井(200m以深)において測定された地下水温度鉛直分布には、表層付近に地表面温度上昇の影響が見られる。全井戸の深度120m以深の温度勾配から求めた東京における地中増温率は0.022℃/mであり、この勾配が地表面を横切る値から推定される地表面温度上昇量は、約2-3℃程度であった。また、過去110年における大手町での気温経年変化データより、東京では地球温暖化・都市化により、地表面温度が過去100年に約2.5℃上昇している。気温と地表面温度は等しくないが、一定の温度差で平行に変化していると考え、東京における地表面温度は過去100年に約2.5℃上昇し、その影響が地殻温度鉛直分布に現れていると言える。

3、地下水流動の影響

東京の地殻温度鉛直分布に現れた地表面温度上昇の影響は、東京都の西部(武蔵野面・立川面等)では、深度100m以深にまで達しているのに対し、東部(下町)では深度30m程度にとどまっている。水理ポテンシャル分布から推定される東京の地下水流動系は、西部で地下水涵養され、西から東へ流動して下町付近で流出するという広域流動系を示す。また地表面温度上昇の影響が及ばない深層の温度は、西部で下に凸(涵養)・東部で上に凸(流出)の鉛直分布を示す。そこで、温暖化・都市化による地表面温度上昇の条件下で、鉛直方向の地下水流動(涵養・流出)による熱移流を加味した熱輸送解析を行った。その結果、東部の武蔵野面・立川面では200-600mm/yearの地下水涵養量を与えると実測値と計算値が良く一致した。また東部の下町では約200-600mm/yearの上向き地下水流出を与えて計算した値が実測値と一致した。これらの地下水涵養量・流出量は、従来の研究において水収支法や他のトレーサー法を用いて得られた値とほぼ一致している。東京都の地殻温度分布が、地表面温度上昇と地下水流動の両方の影響を受けていることが明らかになった。

4、塩淡水境界面と海底地下水湧出量の推定

東京湾沿岸付近の小島で測定した地殻温度は、ある深度を境にそれより深部では一定温度勾配を示すのに対し、その深度より上部では上に凸の鉛直分布を示している。この温度鉛直勾配の変曲点は、地下水流動の存在の有無を示す変換点と考えられ、塩淡水境界面を表している可能性があると考えられる。観測結果から、温度勾配の変曲点は深度約160mであった。上に凸の実測地殻温度鉛直分布を用いて、小島(東京湾)における鉛直上向き地下水フラックスの推定を行った。解析に用いたのは、Bredehoeft and Papadopoulosのタイプカーブである。地層の熱伝導率を $1.6 \text{ W m}^{-1} \text{ m}^{-1}$ 、水の熱容量を $4.2 \times 10^6 \text{ J m}^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ とすると、実測値と計算値が最も良くあう無次元数 $(=vz/c_0 L)$ 、 vz :鉛直地下水フラックス、 c_0 :熱伝導率、 L :温度勾配変換点までの帯水層厚)から求めた鉛直上向き地下水フラックスは、小島(東京湾)で70-90 mm/yearとなった。