

花崗岩地域における数万年規模の水循環の可能性

Potential slow circulation of water through granite bedrock

平川 丈志[1]; 山口 一裕[2]; 北岡 豪一[3]; 日下部 実[4]

takeshi hirakawa[1]; Kazuhiro Yamaguchi[2]; Koichi Kitaoka[3]; Minoru Kusakabe[4]

[1] 岡理大・理・総理; [2] 岡山理大・理・基礎理; [3] 岡山理大・理; [4] 岡大・地球研

[1] Appl.Sci, Okayama Univ Sci; [2] Appl Sci, Okayama Univ Sci; [3] Appl Sci, Okayama Univ of Sci; [4] ISEI, Okayama Univ.

中国地方は花崗岩の露出地帯が多く、全般的に表層近くまで花崗岩岩盤である。しかし、その東部地域の山陰地方と山陽地方との間には、地形、火山、地震、温泉、地下温度などで著しい対照がある。山陰地方には、数十万年前から1万年前後前まで活動していた大山、三瓶山の火山があり、湧出温度の高い(70 ~ 95)温泉が多い。また、地震活動も活発である。特に湧出温度の高い温泉は城之崎温泉から湯村温泉、吉岡温泉、鹿野温泉、東郷温泉、三朝温泉へと東北東から西南西の方向に直線状に並んでおり、この延長線上に大山、三瓶の火山がある。また、これら高温の温泉湧出帯では地震の活動も活発である。山陰地方では、火山活動、地震活動、温泉活動の間で明瞭な関係性が認められる。一方、山陽側の地域では、50 を越す温泉は見られず、近年開発が進んでいる深度1000 ~ 2000 mの掘削温泉でも湧出温度はほとんどが40 以下である。また、山陰にくらべると地震活動は極めて静穏である。地温勾配は、山陰地方では松江温泉で100 mあたり約6 であるのに対して、岡山県では100 mあたり1.5 から2.5 程度に過ぎない。これは、山陽地域の地殻熱流量が山陰地方の半分以下であることを示している。山陰では高温の温泉が湧出するが山陽で高温の温泉湧出がみられないことは、山陰では水の深い循環系が形成されているのに対して山陽では深い循環系が形成されていないとみることができる。高温の温泉湧出にはある程度の循環量が必要であり、水を水理的に深部に送り込む山地部と水の通路となる割れ目が発達していなければならない。山陰は、現在水の深い循環を起こす割れ目系が発達しつつある変動帯であり、山陽は、往古の断裂形は閉塞し割れ目の少ない緻密な岩盤が広く分布する安定地塊であるとみて差し支えないと思われる。

岡山では深さ1000 m以上の掘削泉が現在約30孔存在するが、それらはいずれも花崗岩岩盤中のものである。わが国の多くの深層温泉が堆積層の深部に貯留するいわゆる深層熱水型であるのと著しく異なり、岡山地方では岩盤中の割れ目の水が汲み上げられていることが特徴である。そういう水に対して水素と酸素の安定同位体比を測定したところ、現在の天水の範囲よりも低い値をとるものが多い。中国山地南麓域から瀬戸内沿岸地域までの岡山県のはほぼ全域でそういう同位対比の低い水が見出される。その中には、中国山地南麓の深部から塩分の濃い水もある。塩分の濃い水の由来として、花崗岩形成に伴う熱水鉱床、あるいは、往古の海水、さらには、山陰の火山活動に伴う往古の火山性熱水など地質学的にかなり古い水が考えられるが、往古の海水や熱水がどうして花崗岩の深部に存在し、それが地質時代を通じて保持されてきたのか興味ある問題である。また、瀬戸内海沿岸地域でも1500 mの深部から淡水に近い塩分量の少ない温泉水がみられそれらの同位対比も低い。現在よりも海面が100 mほど低いとされる最後の氷河期には瀬戸内海は淡水(川)であり、1万年ほど前に海水が瀬戸内海に浸入した。海水は現在も1500 mの深部を拡散中であるという解釈は可能であるのかも知れない。グリーンランド氷床で掘削された氷コアの酸素18同位対比資料によると、1年以上の古い水は明らかにそれ以降の水よりも低い値を示している。この岡山地方の岩盤深部に同位対比の低い水が存在することは、この地域の地下に少なくとも1年以上古い氷河時代の水が存在していることを示しているとみなしていいと思われる。この緻密な花崗岩岩盤の中で数万年にわたるおそい水循環が形成されている可能性が示唆されている。たとえば、荒い粒で構成される花崗岩は、粒界に沿う極めて微細な空隙を介して水が極めてゆっくりと移動する機構が考えられないだろうか。

こころみに、岩盤中に大規模な水理的ポテンシャル場を想定してみる。たとえば、深さ2000 m間の移動時間を5万年、間隙率を仮に0.001程度としてみると、単位面積あたりの流量(比流束)としてE-10 cm/s オーダーが推定され、2000 mの深度差に50 m程度の水頭差を想定すれば、これはE-9 cm/s オーダーの透水係数に対応される。水平方向では、50 kmスケールで5万年の通過時間、0.001 オーダーの空隙率、0.01程度の動水勾配を想定すれば、透水係数としてE-7 cm/sのオーダーが見積もられる。これらE-7 cm/sからE-9 cm/s オーダーの透水性は緻密な花崗岩の透水係数としてそれほどおかしくないように思われる(たとえば、山本莊毅, 1983)。もし、岩盤の透水性がその程度であれば、数万年スケールの水循環がこの山陽地域で存在してもよいことになる。花崗岩岩盤の深部に同位対比の低い水が存在することは、数万年にわたる大規模深部地下水流動系の存在を示唆する。