

松代群発地震を起こした安山岩マグマ水とS波反射面

Andesitic magmatic water which generated Matsushiro Earthquake Swarm and S reflector

塚原 弘昭[1], 吉田 則夫[2], 奥澤 保[3]

Hiroaki Tsukahara[1], Norio Yoshida[2], Tamotsu Okusawa[3]

[1] 信大・理・物質循環, [2] 防災科研, [3] 信州大・共通教育

[1] Environmental Sci., Shinshu Univ., [2] NIED, [3] CGE, Shinshu Univ

1. はじめに

1965年から2年間を最盛期として発生した松代群発地震の際には、大量の地下水が湧出してきた。この地下水はNa⁺、Cl⁻濃度が非常に高く、CO₂ガスを大量に含む特異な水であった。今もなおこの地下水は湧出している。当時、多様な地球物理的、地球化学的観測がなされ、この水は地下の岩盤を弱化し、地震を誘発させたものであると考えられてきた。しかし、この水の起源について結論は定まっていない。

2. 長野市松代に湧出している水の起源

吉田・他(2002)は、この地下水の主要化学成分(Na⁺、Cl⁻)、酸素・水素同位体比、遊離ガスの主要成分であるCO₂の炭素同位体比を測定し、以下の結論を得ている。

松代地域には多数の湧水地、温泉がある。それらは様々な濃度のイオンを含み、同位体比の異なる水から構成されている。奥澤・塚原(2001)、吉田・他(2002)は多数の化学分析と同位体分析を行った。その結果、この地域の多様な湧出水のNa⁺濃度、Cl⁻濃度、酸素同位体比、水素同位体比の間の関係は、どれをとっても直線関係にあり、浅層水と特異な深層地下水との混合比の違いから湧出水の違いが生じていることを明らかにした。測定データを高濃度側に外挿した結果、酸素と水素の同位体比の外挿直線は、Giggenbach(1992)の提案した安山岩マグマ水の値の範囲($\delta^{18}O = +5 \sim +10\text{‰}$, $\delta^2H = -30 \sim -10\text{‰}$)を通ることがわかった。このことから、群発地震を誘発した地下水は、安山岩マグマ水であろうと推定した。また、この地下水に付随する遊離ガスCO₂は $\delta^{13}C = -7.1\text{‰} \sim -3.1\text{‰}$ で、これはマントル(マグマ)起源であることを示しており、その推定と調和する。

地下水に付随する微量ガスのうちのHeについては、すでにWakita et al.(1978)は同位体測定結果から、マントル(マグマ)起源であると述べ、Heを付随する水もマントル(マグマ)起源であろうと推定している。吉田・他(2002)は、水そのものの同位体比を測定し、それを確かなものとした。すなわち、群発地震を引き起こした水はマグマの固結時に放出されたものであるとの推定がますますはっきりしてきたのである。

3. 大量のマグマ水の発生機構

では、なぜ大量の深層地下水が一気に地震発生域(上部地殻)に流れ込んできたのだろうか。Wakita et al.(1978)は、大量の水が一気に生ずるためには、冷却の速い小さなマグマの急冷が必要と考え、直径1 kmほどのダイアピルの上昇・固結モデルを提案した。しかし、そのようなマグマの存在を示す証拠がないためにWakita et al.の説は説得力に乏しい面があった。大量のマグマ水の湧出についてここでは別のモデルを提案したい。

松代群発地震地域の地下15 kmには面状に広がる地震波(S波)反射面の存在が知られている(西脇・他, 1989)。彼らは部分熔融層であるとしているが、亀裂中に水を含んだ帯水層であると考えても良い。松代群発地震域の中心部に、35万年前に噴出した火山、皆神山(みなかみやま)がある。皆神山のマグマ固結時にマグマから放出された水(CO₂も含む)が、水平に近い不透水層の下に蓄積されていたのではないだろうか。この不透水層は前からあったのではなく、マグマ水が上昇しながら解けていたSiO₂などを沈殿させ、自ら不透水層を作ってしまったのではないかと推定される。マグマ水の上昇を妨げていた不透水層が地殻変動などで破れたとき、大量の高圧水が上部地殻を上昇し、群発地震を引き起こしたのであると考えたらどうだろうか。必ずしも現在固化しつつあるマグマが存在する必要はないのである。

4. 他地域の例

このような特異な地下水(Na⁺、Cl⁻が非常に高い、 $\delta^{18}O$ 、 δ^2H が重い)の湧水地は日本国内でもそれほど多くはない。現在まで国内で報告があるのは、兵庫県六甲山地の有馬温泉、中央構造線上の鹿塩温泉(長野県大鹿村)である(松葉谷・他, 1974, 辻, 1997)。有馬温泉の直下には松代と同じくS波の反射面がみられる(片尾, 1994)が、鹿塩にはみられない。反射面のある有馬と松代には群発地震があるが鹿塩にはない。反射面と特異な水とそろっているところに群発地震があるようだが、事例が少なすぎて一般的かどうかはわからない。

文献

