

阿武隈花こう岩地域におけるボーリングによる地下水調査(2): マルチアイソトープによる裂隙系地下水の安定性評価

Groundwater study using drill holes in Abukuma granitic province 2: the multi-isotopic approach to evaluate crack water stability

高橋 浩[1]; 風早 康平[2]; 稲村 明彦[3]; 森川 徳敏[4]; 塚本 斉[2]; 安原 正也[5]; 高橋 正明[6]; 中村 俊夫[7]; 太田 友子[8]; 丹生 越子[9]; 長尾 敬介[10]; 角野 浩史[10]

Hiroshi Takahashi[1]; Kohei Kazahaya[2]; Akihiko Inamura[3]; Noritoshi Morikawa[4]; Hitoshi Tsukamoto[2]; Masaya Yasuhara[5]; Masaaki Takahashi[6]; Toshio Nakamura[7]; Tomoko Ohta[8]; Etsuko Niu[9]; Keisuke Nagao[10]; Hirochika Sumino[10]

[1] 産総研・深部地質センター; [2] 産総研地調; [3] 産総研; [4] 産総研・深部地質; [5] 産総研; [6] 産総研・深部センター; [7] 名古屋大・年測セ; [8] 名大・年代測定センター; [9] 名大・年測; [10] 東大・院理・地殻化学

[1] Res. Center for Deep Geol. Environ., GSJ, AIST; [2] Geol. Surv. Japan, AIST; [3] Geol.Surv.J.; [4] Deep Geol. Environ., AIST; [5] Geol. Surv. J.; [6] GSJ, AIST; [7] CCR, Nagoya Univ.; [8] CCR., Nagoya Univ.; [9] Nagoya University Center for Chronological Research; [10] Lab. Earthquake Chem., Univ. Tokyo

花こう岩地域のような固い岩体での地下水の流れは、断裂の有無や岩質のわずかな違いにより生じた“水みち”と呼ばれる連続した間隙を通ると予想される。このような“水みち”の連続性、地下水の混合の実態、あるいは滞留時間などについて、定量的な知見が得られていない。本研究では、それらを明らかにするためのステップとして、水質データに加えて各種同位体 ($^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$, $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, $^3\text{He}/^4\text{He}$, $^4\text{He}/^{20}\text{Ne}$, D/H , $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, ^3H) を利用した解析を行った。ボーリング調査の概要および裂隙水の特徴については、風早ほかの阿武隈花こう岩地域におけるボーリングによる地下水調査(1)を参照されたい。

水質データは、深層ほど進化の進んだ水があることを示しているが、2つのサイトで異なる傾向を示している(掘削水の影響はヨウ素の濃度を基準に補正している)。d13Cの鉛直変化についても2つのサイトで大きく異なる。白沢サイトでは浅層から深層までの各深度の間のd13Cの変化が小さく、炭素の起源としては、生物起源のCO₂が主なものであると考えられる。三春サイトでは、浅層地下水から41mの裂隙水までではd13Cの変化はほとんど見られないが、それより深い深度では、深層ほどd13Cが大きくなっており、生物起源のCO₂とは違う成分の寄与が大きいことが示唆される。この変化の原因として炭酸塩の溶解や深部流体の混入が考えられる。炭酸塩岩や炭素の起源となるような堆積岩が、掘削地点の近傍には無いため、これらの成分からの炭素の寄与は無視できる。深部流体の影響を取り除いた成分のd14Cが、同位体マスバランスにより求めることができ、「見かけの年代値」が計算できる。

深部流体といった外部からの混入水の影響を除去する前は、2つのサイトの見かけの年代に大きな差はなかったが、深部からの流体の影響を除去すると、白沢サイトの方が三春サイトよりもやや古い年代を示すようになった。また、どちらも深度が増すにつれて年代値も古くなっていく傾向を示している。

三春サイトでは、トリチウムが最下層でも検出され、dD-d180の鉛直変化が小さい。これは、裂隙の連結性が高く、鉛直方向の水の動きが大きいため、表層水の影響を大きく受けた結果であると考えられる。この水の動きは、トリチウムの半減期(12.3年)を考慮すると、数10年以内の比較的最近に生じたと考えられる。ただし、深層ほど古い14C年代を示すということは、深層水の炭素濃度が表層水に比べて大きく、水に比べて炭素成分の入れ替わりの程度が小さいためと考えられる。しかしながら、見かけの年代が10000年よりも古いことを考慮すると、表層水の混入が頻繁に起こっていたとは考えにくい。つまり、裂隙が高い連結性を示しているとしても、最近数十年以内に生じたと思われる表層水の混合は、常時起こっているのではなく、地震などのイベントに関連して生じていることが推察される。

白沢サイトでも程度は小さいがd13Cが深層ほど徐々に高くなることから、深部流体の影響が否定できない。しかしながら、深層でトリチウムが検出されないことやdD-d180が深層ほど低くなるプロファイルを示すことから、混合の程度は小さく、水が動いていないものと考えられ、裂隙水は非常に安定した状態で存在することがわかる。また、深層の低いdD-d180は、例えば最終氷期といったような時代の水がトラップされており、裂隙水がトラップされてから非常に長い時間が経過していることを示している。本研究で求めた「見かけの年代」も10000~20000年ほどであり、裂隙水の一部は深度80-180mといった比較的浅部においても、数万年程度のタイムスケールで安定に存在することが示唆される。

鉛直方向の水の動きが起こる頻度や程度は、正確にはわからないが、裂隙水は、古くからトラップされていた成分と表層水や深部流体といった後からの混入成分が混ざり合って形成されていることがわかる。その混入の程度は、白沢サイトでは非常に小さいが、三春サイトでは無視できないほど大きい。この2地点は同一岩体にあり、4~5kmしか離れていないが、裂隙系の地下水の安定性は大きく異なることがわかった。また、こういった水の動

きに比較的影響されにくい炭素やヘリウム同位体を用いることで、新たな年代測定手法への道が開ける。本研究で得られたヘリウム分析の結果は、深層ほど裂隙水中の 4He 濃度が高くなっており、 ^{14}C 年代と 4He 濃度には相関がある。これは、今後、裂隙水がトラップされている間に加わってきた放射壊変起源のヘリウムを指標とした年代測定を行う上で重要な基礎データを提供する。