

地化学的手法による深部地下水流動特性の評価

Characterization of groundwater flow at the depths by a geochemical method

南 将行[1]; 高橋 晋[2]; 白土 博司[2]; 吉田 鎮男[3]

Masayuki Minami[1]; Susumu Takahashi[2]; Hiroshi Shiratsuchi[2]; Shizuo Yoshida[3]

[1] 東京電力建設部センター地下構造物技術G; [2] 東電設計(株)・第一土木・地下環境; [3] 東電設計

[1] Underground Facilities Group, Construction Engineering Center, TEPCO; [2] TEPCO, Civil, Underground Eng.; [3] TEPCO

1. はじめに

地下深部に建設される高レベル放射性廃棄物処分場の好ましい地下環境として、地下水流動が遅いことが挙げられる。地下深部の地下水流動特性に関しては、調査手法も含めて十分な知見が得られていないのが現状である。本論では、地下深部の坑道内湧水について、地化学的手法により深部地下水の起源、形成過程ならびに滞留時間を推定すると共に、その適用性についての考察を行なった。

2. 調査の概要

調査地点は関東山地に位置し、地質は砂岩、泥岩、チャートなどのジュラ紀のオリストストロームである。坑道延長約 3 km、地山被りは約 170 m~700 m である。坑道内の湧水、地表水(沢水)、天水(降雨水)を採水し、溶存成分の分析、同位体組成・地下水年代の測定を行なった。なお、本地点の複数のボ-リング孔における透水係数は 10⁻⁷~10⁻⁹ m/sec と低く、地下水は節理などの割れ目を主体に流動している。

3. 地下水の起源、水質形成過程、滞留時間

採取した水は、トリリニアダイアグラム上でタイプ : Ca+Mg - HCO₃ 型、タイプ : Na+K - Cl+S0₄ 型、タイプ : Na+K - HCO₃ 型、タイプ と の中間型の 4 種類に分類される。

タイプ に分類された水は、NaCl 濃度が高く現在の海水が 4~5 倍程度に希釈された水質を示している。また、安定同位体である D (2H/1H) と 180 (180/160) では、タイプ は一般的な天水ライン 1) と本地域の天水ラインとの間に分布することから、その起源は天水であると推定される。タイプ は天水ラインから外れた位置にプロットされ、その起源には、高塩水(化石海水)が関与している可能性を裏付けている。さらに、タイプ にはホウ素 (B) が平均的な海水よりも多く含まれており化石海水の特徴に一致する。これらのことから、タイプ の地下水の起源は、化石海水が天水により希釈されたものと考えられ、地下水流動が非常に遅い環境にあるものと推定される。タイプ は地表水(沢水)および坑口側の地山被りの小さな箇所、タイプ は坑奥側の地山被りが大きな箇所、タイプ は坑道中央付近の水である。また、タイプ と の中間型に分類される水は、坑道中央(タイプ)よりもやや地山被りの大きな箇所の湧水である。ヘキサダイアグラム上ではタイプ はタイプ よりも溶存成分濃度が高い特徴を示す。地山被りが大きな箇所が、地山被りが小さな箇所よりも相対的に流動経路が長いと仮定した場合、天水を起源とする地下水は、地下水と岩石が接触する面積や時間が長くなるとともに、水と岩石の反応が進行して Ca²⁺、Mg²⁺、HCO₃⁻に富む水質から、Na⁺、K⁺、HCO₃⁻に富む水質へと変化する水質形成過程が考えられる。地下水中の 3H (トリチウム) は、地山被りの小さな坑口側の湧水(タイプ)と、地山被りの大きな坑奥側の湧水(タイプ)の 2 箇所で検出された。坑口側の湧水は溶存成分濃度が少ない水質を示すことから、滞留時間の短い地下水と考えられる。また、坑奥側の湧水は、水質の分類から全体的には滞留時間の長い水と考えられるが、天水が短い時間に到達している箇所もあることから、地質構造に規制された割れ目(水みち)が局部的に分布しているものと推察される。また、14C 年代値は 11,280~39,230 yBP の範囲内にあり、このうち 30,000~40,000 yBP 程度の 14C 法の飽和年代に近い年代値のものが多く得られた。3H が検出された箇所や地山被りの小さな箇所では、得られた 14C 年代値のうちでも相対的に新しい年代値 (11,280~15,690 yBP) を示した。14C 年代値を絶対年代値として扱うことには課題があるが、3H 測定結果を考え合わせると、本地域の深部地下水は、数万年以上という滞留時間の非常に長い(流動が遅い)地下水を主体とし、地山被りの小さな箇所や地山被りが相対的に大きな箇所の一部に 3H の検出範囲内である水が流入して現在の水質を形成しているものと推定される。

4. まとめ

一般に地下深部の地下水流動は非常に遅く、透水試験などの直接的な調査のみで地下水流動特性を評価することは困難であろう。しかし、本論で示した地化学的手法と直接的な調査とを組み合わせることにより、より確かな深部地下水流動特性の評価が可能になるものと考えられる。

引用文献 : Craig, H. (1961): Isotopic variation in meteoric waters, Science 133, p.1702