

ボーリング孔における揚水地下水の地表採取試料と原位置封圧試料の分析データについて

清水建設株式会社 正会員 ○穂刈 利之

1. 目的

放射性廃棄物の地層処分やCO₂の地中貯留プロジェクト等においては処分深度における地質環境を精度よく把握する必要がある。特に物質移行の媒体となりうる地下水の性質は重要であるため従来ボーリング調査によってその特性を評価してきた。本論文では従来の揚水による地下水試料と原位置封圧採水による地下水試料の分析データを紹介し、地下水採取方法の違いが分析データに及ぼす影響について報告する。

2. 調査位置および試験の概要

日本原子力研究開発機構は北海道幌延町において深地層研究所計画を実施している。対象としたのはその調査で掘削したHDB-1～11号孔と呼ばれる深度470～1020mの鉛直ボーリング孔における調査である。

水理試験に続いて行われた揚水試験の概要[1, 2]は次のとおり：揚水した地下水をセパレータで気液分離した。地下水は分流路に導かれて水質センサーにより水質(pH, 温度, DO, EC, Eh)観測を行った。掘削泥水中に注入したトレーサの濃度を定期的に採水・分析した。揚水流量は電磁流量計と排水タンク水位変化で、遊離ガス量はガス流量計で観測しガス・水比(GWR)を求めた。採水・遊離ガス採取は地上にて排水口・排気口で行った。また、一部の試験区間では以上の測定に加えて原位置における水質観測を行い、地下流体採取は原位置における封圧採水で行った。採水試料の分析より溶存イオン組成を、ガス試料の分析よりガス組成比を測定した。

3. 測定結果

揚水試験結果[3]のうち地下水組成では封圧試料にSおよびFe(3)が検出されなかった。揚水試料中のトレーサ濃度および掘削水の成分組成から地下水組成に対して掘削水混入補正を行った。補正前には揚水試料の全てにおいてSが検出されたが、補正後には検出されない結果となった。

遊離ガス組成結果には若干O₂が含まれていたが地下は本来還元状態でありO₂は存在しないと仮定して大気混入補正を行った。その結果当該地下水からの遊離ガスは主にCH₄, CO₂から成ることがわかった。

4. 考察

先ず、原位置と地表における水質観測結果(Eh)[1]によって原位置では還元環境(約-160mV)、地表では原位置と比較して酸化環境(約-60mV)にあることを確認した。

岩芯から抽出した間隙水の硫酸イオン分布の一例を図-1に示す。間隙水の抽出は大気下環境および不活性ガス下環境で行っている。SO₄²⁻濃度は酸化状態にある大気下環境と比較して還元状態にある不活性ガス下環境の値の方がはるかに低くなっていることがわかる。

また、揚水試験における地下水のpH, Ehの実測値および原位置における推定値[2]を図-2に示す。原位置での地下水環境においてSはS(-2)とS(6)の境界付近に分布しているのに対して、地表環境においてSはS(6)の領域内に分布している。

つまり、還元環境である原位置においてSは地下水中でS(-2)として安定に存在しており、封圧試料はこの地下水を採取したものである。

これはFeがFe(2)として検出されFe(3)が検出されなかったこととも整合する。一方揚水される地下水は地表

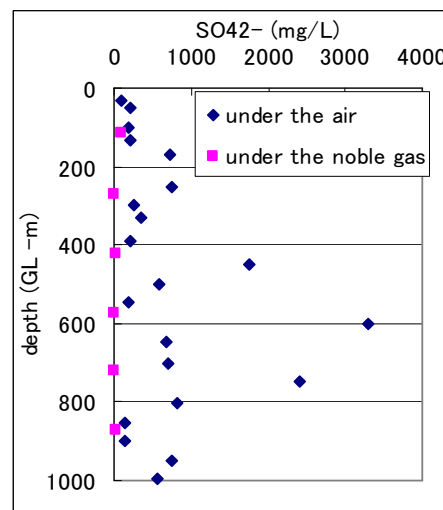


図-1 岩芯間隙水中の硫酸イオン

キーワード 揚水試験, 掘削水, 地表採取, 原位置, 封圧採水

連絡先 〒135-8530 東京都江東区越中島 3-4-17 清水建設株式会社 技術研究所 TEL 03-3820-8437

にちかづくにしたがって酸化されていき、地下水中の S は S(6)として安定に存在する．これを採取したものが揚水試料ということになる．

岩芯の顕微鏡観察および粉末 X 線回折分析によれば S を含有する主要な鉱物として pyrite が同定されている．原位置における pyrite と地下水の反応として式(1) ($\log k = -4.491$ ここで k : 平衡定数)および式(2) ($\log k = 40.644$)から S 種の濃度を求めると H_2S : $1.6E-9$ mol/kgw, SO_4^{2-} : $1.8E-12$ mol/kgw が得られる．この濃度は検出限界よりも 3 オーダー以上低い値であるため封圧試料から S 種の濃度が検出されなかったことと整合する．

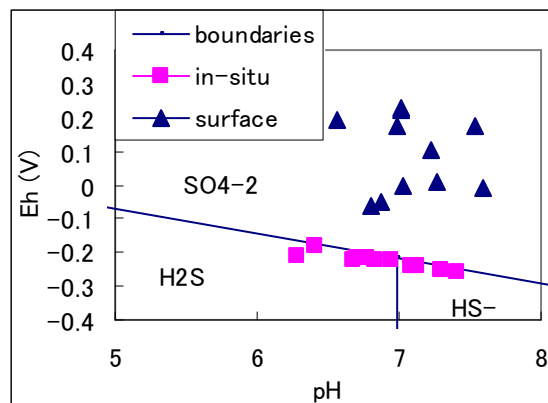


図-2 原位置および地表における pH-Eh



このように原位置において pyrite-地下水反応によって放出される S 種濃度は微量であり、揚水によって地表の酸化環境に曝された場合仮に全 S が SO_4^{2-} となったとしても検出限界以下であるはずである．したがって、本来当地域の地下水中の S として S(-2)および S(6)は検出が困難な程微量であり、今回揚水試験で測定された SO_4^{2-} は掘削水 ($SO_4^{2-} > 3E-3$ mol/kgw) の混入と酸化の影響と考えられる．

5. まとめ

幌延深地層計画で実施された複数のボーリング調査における揚水試験データを吟味したところ、揚水した地下水を地上で採取した従来の試料と原位置封圧採水試料との組成データに次のような違いが見られた．

従来の揚水試料には S が検出されたが封圧試料には検出されなかった．また、掘削水による影響を補正すると揚水試料にも S の含有率がほとんど無いことがわかった．これは封圧試料が還元環境を保持していたことに対し、揚水試料では混入した掘削泥水の酸化が原因であったと考えられる．

また、対象となる地下水の組成を評価するに当たっては、従来の揚水試料を用いる場合その地下水組成に加えて、掘削水にトレーサを混入することで得られる揚水試料の掘削水混入率と掘削水の組成により掘削水混入補正をすることが有効であることがわかった．

参考文献

- 1) 2008 年春季講演会講演要旨 日本地下水学会 pp. 54-59
- 2) 2008 年秋季講演会講演要旨 日本地下水学会 pp. 294-299
- 3) 幌延深地層研究計画における地下水、河川水および降水の水質分析 日本原子力研究開発機構 JAEA-DATA/Code 2007-015 2007 年 11 月