

地球化学モデリングによる地下水の原位置物理化学パラメータ (pH、酸化還元電位) の推定

Estimation of in-situ physicochemical parameters (pH, redox potential) of groundwater based upon geochemical modeling

穂刈 利之^{1*}

Toshiyuki Hokari^{1*}

¹清水建設株式会社

¹Shimizu Coporation

はじめに

近年地下深部の水理学的および地球化学的な安定性に期待して、放射性廃棄物の地層処分や温室効果ガスの一つである二酸化炭素の地中貯留などの研究が進んでいる。これらの物質は長期にわたって生活圏である地表から隔離される必要があり、その可能性を評価するには原位置における地質環境、中でも移行媒体となりうる地下水の特性を精度よく把握する必要がある。特に地下水の物理化学パラメータのうちpHや酸化還元電位(ORP)は、地下水中の様々な元素の存在状態や物質移行特性に関わる重要なパラメータである。従来地下水の水質を把握するためにはボーリング孔を掘削し、揚水により掘削水の影響を除去した後、採水・分析を行ってきた。しかし、地表では温度・圧力などの環境が地下深部と異なるため、原位置のpH, ORPを正しく測定できない場合もあることがわかってきた。原位置の地下水は一般に還元状態にあり、かつ高圧下にあるため二酸化炭素などのガスを多く溶存している。これを地表に揚水すると大気混入により酸化状態へと移行したり、減圧による脱ガスのためpHが上昇する。このために原位置で直接pH, ORPの測定が可能な装置・方法が開発されたが、特殊な機器を必要とするため地表で測定する既存方法と比較して多くの工期・費用が必要となる。また地下施設の場所を事前に検討するに当たっては既存の地下水水質データベースの活用が先ず考えられるが、このデータベースの値は既存方法で得られているため原位置のpH, ORPの値は非常に少ない。本論文では既存の採水方法で得られた水質データから原位置におけるpH, ORPを推定することを目的とし、化学平衡論解析を用いた手法の検討を行った。また、当手法を日本原子力研究開発機構(JAEA)の幌延深地層研究計画で実施された揚水試験に適用し、妥当性の検討を行った。

結果・考察

揚水試験は、北海道幌延地域の新第三紀の珪質岩に掘削したボーリング孔の深度約606~644mを対象として、ダブルパッカーを備えた揚水試験装置によって行った。揚水中のトレーサ濃度を観測することで掘削水の影響を評価し、合計約15日間の揚水によって掘削水の影響をかなり低減できた。揚水時には採水区間直上に原位置センサープローブを設置し、約600mの深度でpH, ORPなどを直接測定した。また、ステンレス管を通して地上に揚水した水を対象として、ガス/水セパレータを通過した後、大気に触れることなくフローセルを用いてpH, ORPなどの測定を行った。各種センサーは計測前後において標準溶液により校正または機能確認を行っている。揚水による原位置での脱ガスを防ぐため、原位置の水圧低下は約185kPaに抑えた。また、揚水中は原位置圧力が一定となるように、揚水速度を約0.5L/mで制御した。原位置における封圧採水で得られた試料のガス/水比は、約1.5と求められた。遊離ガスは主にメタンと二酸化炭素から構成されていた。二価鉄・三価鉄イオンなど、大気に触れることで濃度が変化する化学成分につ

いては、不活性環境で得られた封圧試料を用いて分析を行った。揚水終了時のpHは地上で6.8、原位置で6.2、またORPは地上で-58mV、原位置で-166mVであった。主要イオン濃度、遊離ガス量・組成および地表温度、pH、ORPを入力値として、地球化学解析コード（PHREEQC）によって原位置の温度・圧力条件における化学種組成、pH、ORPを計算した。その結果、遊離ガスは原位置では地下水に溶存していたことがわかった。また、この地下水の主要イオン濃度は海水の約1/2と非常に濃いためガス溶存による影響はほとんど見られなかった。pHに関しては原位置測定値6.3に対して原位置推定値6.2、ORPに関しては原位置測定値-166 mVに対して原位置推定値-213mVであった。地球化学モデリングによる平衡計算により原位置pHの再現が可能であることが、また、原位置ORPについては誤差50mV程度で再現が可能であることがわかった。また、他のボーリング孔で実施された既存方法による揚水試験結果からそれぞれ原位置pH、ORPを計算することで、原位置のpH、ORP分布の推定が可能であることがわかった。

まとめ

地上での採水分析により得られる主要イオン濃度、遊離ガス量・組成を用いて化学平衡計算を行うことで、原位置におけるpH、ORPの推定が可能なが確認できた。既存の水質データベースと当手法を組み合わせることで、対象とする地域の原位置pH、ORP分布の推定ができる可能性が示された。

謝辞

当手法の検証のために、日本原子力研究開発機構幌延深地層研究センターの試錐孔で行われた揚水試験データを使用させて頂きました。同機構の國丸貴紀氏ならびに岩月輝希氏には、本研究を進める上で様々なご協力および的確なコメントを頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

キーワード:地下水,原位置, pH,酸化還元電位

Keywords: groundwater, in-situ, pH, redox potential