

深部地下水を対象とした複数電極による酸化還元電位測定手法の検討

Measurement of redox potential in deep groundwater by various type of electrode.

森川 佳太 [1]; 岩月 輝希 [2]; 細谷 真一 [1]
Keita Morikawa[1]; Teruki Iwatsuki[2]; Shinichi Hosoya[1]

[1] (株) ダイヤコンサルタント; [2] 原子力機構
[1] DIA CONSULTANTS; [2] JAEA

はじめに

地下水の酸化還元状態は、地下水中の様々な金属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。その評価手法に際しては、ボーリング孔を利用して揚水した地下水あるいは原位置深度の地下水を対象として、電極（白金、金、ガラス等）により酸化還元電位（ORP）の直接測定を行っている例が多い。この電極法では、電極と地下水の反応性の違いによって同一地下水を対象に計測を行っても電極によって値が異なる場合があり、それらの不確実性を把握しておく必要がある。また、地下水を地上へと揚水して酸化還元電位を測定した場合、溶存ガスの脱ガスによって原位置深度における地下水の酸化還元電位から変化する可能性がある。このような脱ガスと酸化還元電位の関係について、脱ガス量の実測に基づいた評価を行った例は少なく、実測値を用いて解析結果を検証することが必要である。本研究では、深度約 500m の地下水を対象として、形状の異なる複数の電極を用いて酸化還元電位を地上で測定し、電極の形状と酸化還元電位が安定するまでに要する時間の関係から、調査に用いる電極選択の考え方を整理した。また、原位置においても pH、酸化還元電位を測定するとともに地下水中の溶存成分や地上における脱ガス量を計測することで、脱ガスに伴う酸化還元電位の変化を把握し、地上における測定値の補正方法について検討した。

結果・考察

調査対象とした地下水は、北海道幌延地域の新第三紀の珪質岩（声問層、稚内層）に掘削されたボーリング孔を利用して、深度約 500～550m からポンプにより揚水した地下水である。対象孔には、パッカーを備えたモニタリング装置を今回の揚水の 2 年半前から設置し、掘削時に使用した水をほとんど排除しており、ボーリング孔掘削時の影響が極めて小さくなっている。揚水時にはボーリング孔内の採水区間直上に原位置測定用の pH 電極と ORP 電極を配置して、約 500m の深度で pH と酸化還元電位を測定した。また、これらの電極を通過した地下水は、ナイロンチューブを通して地上まで揚水され、大気に触れることなくフローセルを備えた 4 本の pH 電極と ORP 電極に通水し、約 11 日間連続測定を行った。測定に用いた ORP 電極はすべて白金電極であり、比較電極は Ag/AgCl である。原位置測定用の電極の形状は面状、地上の電極の形状は面状、棒状、点状の 3 種類である。ORP 電極については、計測開始前に研磨剤を用いて表面を研磨、洗浄した後に標準溶液の測定により動作確認を行うとともに、計測終了後に再度同じ標準溶液の測定を行い、計測中のドリフトについて補正した。

地下水の揚水流量は約 100ml/min から 350ml/min の間で調整し測定を実施した。この揚水期間中の pH は、原位置では 6.3 で、地上では 6.6～6.8 であった。原位置での揚水流量を約 320ml/min に設定した際の地上の実測流量は約 260ml/min、脱ガス量は 425ml/min である。溶存ガスは主にメタンガスと炭酸ガスから構成されている。原位置の地下水の pH と地上まで揚水した地下水 pH との差は、炭酸ガスの脱ガスを仮定して理論的に求められる値とほぼ同等であり、原位置から地上に減圧する間に炭酸ガスの脱ガスによって pH が変化していると考えられた。

また、酸化還元電位が安定するまでに要した時間は電極ごとに異なり、表面積の大きい面状の電極が、そのほかの電極よりも短時間に安定することを確認した。点状電極の指示値は他の電極よりも値が高く、さらに値が低下する可能性がある。これらのことから電極の形状と表面積の大きさによって、酸化還元電位の指示値が安定するまでに要する時間が異なるものと考えられる。

まとめ

深部地下水の酸化還元電位を測定する際には、使用している電極の特性を理解した上で測定し、その不確実性を考慮する必要がある。また、地下水を地上に汲み上げて減圧すると、溶存ガスの脱ガスにより pH が変化するため、pH と酸化還元電位に関わる主要なプロセスを解析する際は、脱ガス量とその成分を把握し pH を補正することにより、誤解釈を防ぐことが重要である。