

懸濁地下水中の鉄・マンガン濃度の現地計測

株式会社 日さく ○高橋 直人, 大塚 亮吾

株式会社 バイオシーズ(北陸先端科学技術大学) Manish Biyani

1. はじめに

さく井工事において、地下水中の鉄・マンガン濃度が高いことはしばしばあり、鉄細菌によるスケールが井戸内に形成されて井戸の寿命を縮める要因となる。地下水の水質は、井戸水の長期的な利用を検討するためには必要不可欠で重要な情報である。

しかし、井戸掘削後、井戸仕上げ～揚水試験を行い、採水を行って公定法で地下水の水質分析を行うには、通常 1 週間～2 週間を要してしまう。現地において迅速に鉄やマンガン濃度を知る簡易な方法として、バックテストによる濃度判定がありますが、懸濁水の場合に精度の高い測定ができないなどの課題があった。

本稿では、電気化学的な手法を用いて、掘削時の懸濁水中の鉄・マンガン濃度現地計測を試みた事例を紹介し、将来の本手法の可能性について検討した。



写真-1 さく井工事・井戸改修中の懸濁水発生状況

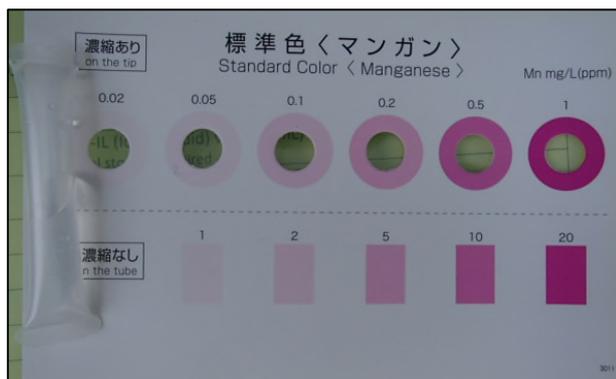


写真-2 バックテストによる濃度判定例

2. 計測の原理

今回検討中の計測システムは、サンプル中の複数の重金属を電気化学的に検出する手法である。この手法は、使い捨ての電極と検出器、制御のための PC ソフトウェアから構成される。図-1に分析装置の測定原理を示す。

図-1中では、採取された試料水と特定の試薬を混合させて、電極に浸している。電極に対して徐々に電圧を加えることで、試料水中の重金属はイオン化され、このときに電極を流れる電流値が変化する。測定対象となる重金属と試薬の成分により、重金属がイオン化されるために必要な印加電圧はおおむね固有の値を取るが、電流値の変化量は重金属の濃度に比例するため(図-2)、印加電圧値と電流値の関係をグラフ化することにより、試料水中の重金属濃度を計測することができる¹⁾。

実際の計測にあたっては、懸濁物質と分析対象重金属の干渉があるため、試験水と複数の標準物質を混合させて測定を行い、検量線を作成して定量化を行う。

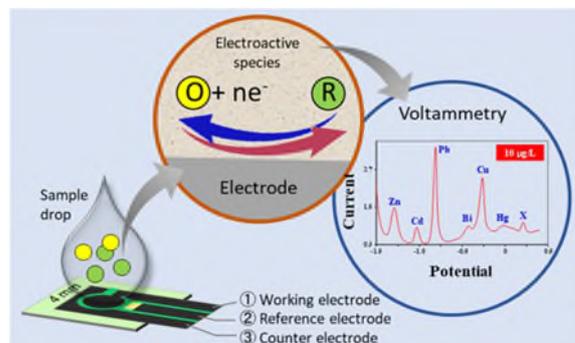


図-1 試料水中の重金属濃度を計測する仕組み¹⁾
(Madhu Biyani (2017))

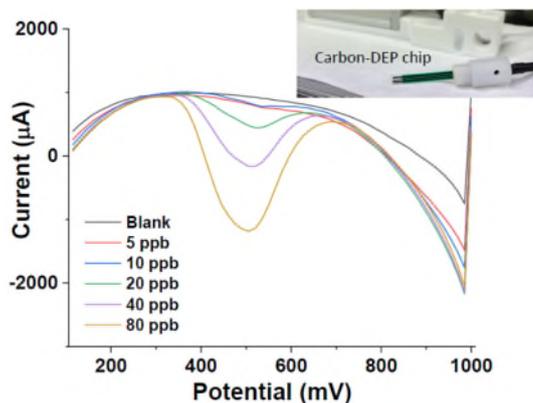


図-2 電極に加えられる電圧と電流値変化の関係
(マンガン計測用の試薬と電極を用いた例)

この手法は、これまで Pb, Cd, Zn, Cu, As, Hg, Se, Au, Ag, Bi などの重金属濃度を ppb レベルで定量できることが知られていた。しかしながら、鉄・マンガンに対しては適切な電極および試薬の組み合わせが確立されていなかった。ここでは、地下水中に多くの頻度で検出され、井戸の維持管理上重要な要素である鉄・マンガンを計測できるような電極と試薬の開発を試みた。

3. 検討対象現場

今回検討対象とした現場は、埼玉県上尾市内にある井戸および周辺の地下水位観測孔である。井戸の深度は58mで、地下水を取水するスクリーンはGL-47m～GL-53m間に設置されている。

この井戸では従来より地下水中の鉄・マンガン濃度が高いことが知られており、そのことが原因による井戸スクリーンの目詰まりが発生して、井戸の適正揚水量が減少する問題が生じていた。そのため、井戸能力の回復を図るため、井戸内に高压のCO₂を注入し、目詰まり物質を破碎させて井戸内への地下水流入を回復させる工事を行った。

この工事の実施にともなう井戸および周辺の地下水環境の変化を把握するため、施工前、施工2時間後、施工4時間後、施工24時間後に地下水の採水を行い、鉄およびマンガン濃度の経時変化の把握を試みた。

4. 検討結果

地下水中のマンガンについては、図-2に示したように、濃度と電流値変化の関係が明瞭であり、直線性の高い検量線を作成することができた(図-3)。現地で採水した12検体についてマンガン濃度を定量化し、別途原子吸光度法で定量されたマンガン濃度との比較を行ったが、図-4のような結果となり、両者の相関係数は0.79となり、ある程度の相関が得られる結果となった。

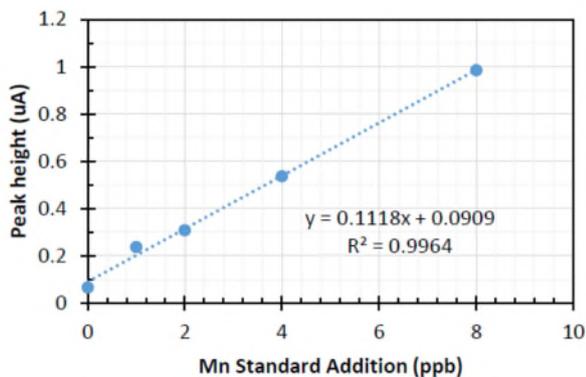


図-3 マンガン濃度について現地で作成した検量線

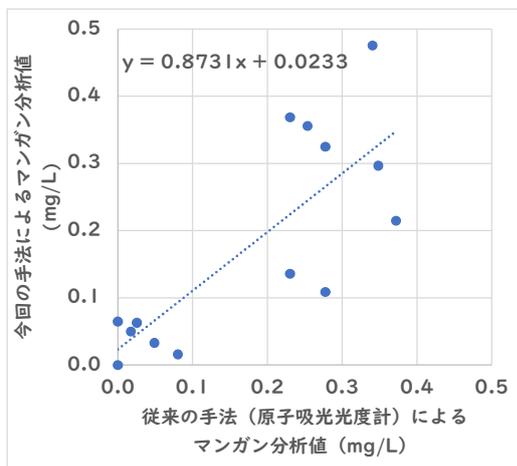


図-4 他の手法によるマンガン分析値との比較

地下水中の鉄濃度については、図-5に示すように、濃度に安定して比例する試薬と電極の組み合わせが定まらず、現時点でこの手法による定量化ができていない。試料水ごとに電圧値(ピークの横軸位置)に対する電流値の変化(ピークの縦軸形状)が不安定になっている。

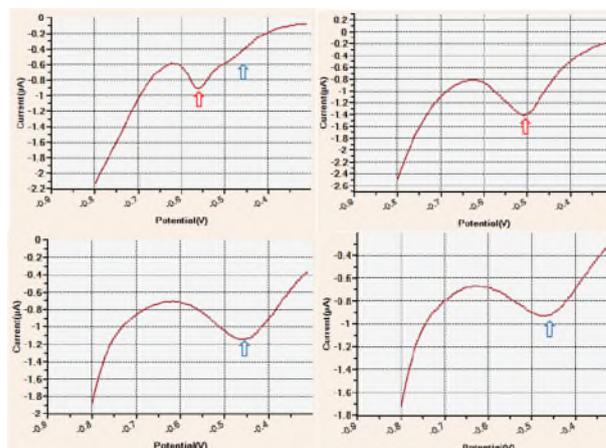


図-5 鉄濃度分析における電圧-電流値変化の関係

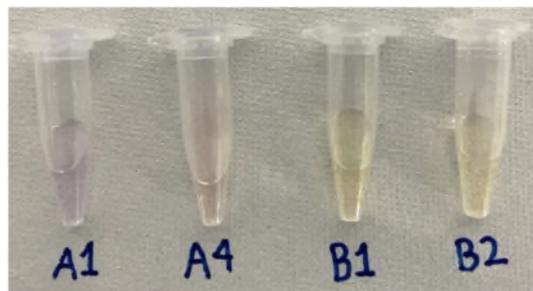


写真-3 試料水分析時の着色状況(試薬添加後)

地下水中の鉄濃度の分析において、上記のような不安定さが存在することの原因として、地下水中の鉄にはFe(II)とFe(III)の2種類が主にあることが挙げられる。採水直後の地下水にはFe(II)が多く含まれるが、時間が経過するにつれて酸化してFe(III)が主体となっていく。今回の分析では、計測前にエアレーションを行い、できるだけFe(III)への置換を試みたが、鉄の存在形態によって分析方法への感度が異なるため、このような現象が生じた可能性がある。

5. おわりに

懸濁水中の地下水成分を現場で定量化することは、さく井業者にとって長年の課題である。検討中のシステムはまだ未だ未完で課題が残るものとなった。引き続き、精度の高い分析ができる試薬と電極の組み合わせを探していき、現地における定量化を目指していきたいと考えている。

《引用・参考文献》

- 1) Madhu Biyani (2017) ; DEP-On-Go for Simultaneous Sensing of Multiple Heavy Metals Pollutants in Environmental Samples, Sensors 2017, 17(1), 45.