

地下水探査における自然電位法

The self-potential method in groundwater exploration

石戸 経士 [1]

Tsuneo Ishido [1]

[1] 産総研

[1] GSJ/AIST

地下水の流れは界面動電効果により電荷を運び、その結果、流れの方向に電位差が発生する。この流動電位を測定して地下水流動を探る試み、例えば貯水池の漏洩箇所を特定する試みは1960年代に行われていたが、1970年代になると地熱分野で多くの探査が行われるようになった。主として熱水対流の上昇域を探査する手法として自然電位法が注目され、わが国においても数km四方を対象に多くの地域で自然電位分布の測定が行われた。

1990年代には、地熱流体生産による貯留層内の流動変化に伴う自然電位変化の測定も行われ、同時にモニタリング手法、解析手法の開発が行われた（例えばIshido and Pritchett, 1999）。ここで開発されたのはフォワード計算法であるが、特徴としては、まず貯留層シミュレータを使って地下の流体流動等を計算し、その結果から界面動電効果によって発生する電流（の分布）を計算し、3次元の比抵抗構造について電位分布を求める。この手法によって、地下水の自然の流動による電位分布も計算できるが、地熱流体生産時のSP変化が観測されると、その観測データを再現するよう関連パラメータを調節し、その過程で貯留層モデルを改良することができる。このヒストリーマッチングにより、自然電位データを定量的なモデル構築に活かすことが可能になった。

地下水分野への自然電位法の適用は、最近になって再び注目を集めている。地表の標高と自然電位の間に負の相関のあることは古くから知られているが、厚い不飽和帯の下に位置する地下水位面の形状をインバージョン解析によって推定する試みも行われている (Revil et al., 2003)。また、揚水試験時の地下水位変動を自然電位から捉え、帯水層の水理パラメータを推定しようという試みも始まっている (Darnet et al., 2003; Rizzo et al., 2004)。ただし、火山を対象とした研究などからは、不飽和帯中の天水下降流や、比抵抗など場の性質の不均一性が自然電位の分布に大きく影響することがわかっているため、今後、さらにケーススタディが必要と考えられる。

自然電位の発生メカニズムとしては、界面動電効果以外に拡散電位、酸化還元電位などが考えられる。酸化還元電位起源の電位異常は、まさに地中の電池反応によるもので、かつては鉱床の探査において注目されたが、最近になって地下水汚染の分野への適用も図られている。汚染領域の酸化還元電位が低く、何らかの電子輸送のメカニズム（バイオフィルム）が働いて地表に負異常が発生すると考えられている (Naudet et al., 2003)。

数km四方以上の領域を対象とした自然電位調査は地熱分野以外ではあまり例がないが、最近、産総研では広域の地下水流動と断層等の地下構造との関係を見るために非火山性地域において広域の調査を行った。得られた電位分布を説明するモデルはいくつか考えられるが、地下水の広域流動シミュレーションにもとづいた自然電位の計算例を紹介する。