

坑井内自然電位連続測定 - 水理特性推定のための新アプローチ

Continuous borehole self-potential measurement - a new approach to characterize hydrological properties of fractured rock

西 祐司 [1]; 石戸 経士 [2]

Yuji Nishi[1]; Tsuneo Ishido[2]

[1] 産総研; [2] 産総研

[1] AIIST, GSJ, GREEN; [2] GSJ/AIIST

結晶質岩石から成る岩体の透水性は、多くの場合、断層、フラクチャー、ジョイント等の不連続によってもたらされる。このような不連続が統計的にランダムに分布している“フラクチャー岩体”では、フラクチャーの平均的な存在間隔(フラクチャースペーシング)より大きなスケールでのバルクの浸透率は、フラクチャー部の浸透率にその体積割合を掛けたものとなり、短期間の流体の流れは主にフラクチャー部の水理特性に支配される。フラクチャーに囲まれた緻密な母岩であるマトリックス部は、この岩体バルクの浸透率に寄与しないが、フラクチャー岩体の蓄える流体ならびに熱の大部分はマトリックス部に存在する。したがって、このような岩体から流体や熱エネルギーを採取する場合や化学種の移流拡散を評価する場合には、これらのフラクチャー部の貯留の影響を評価することが不可欠であり、フラクチャースペーシングに加え、フラクチャー部とマトリックス部のそれぞれについて体積割合、孔隙率、浸透率などの水理パラメータを把握することが必要となる。

一般に浸透率や孔隙率等を原位置で測定するのに、圧力遷移試験やトレーサー試験などが行われるが、圧力と流量を観測量とするこれら従来の坑井テストでは浸透率の低いマトリックス部に関わるパラメータを精度良く決定することには限界があった。Ishido and Pritchett (2003) は界面動電現象による流体の流れに伴う電流が浸透率よりも空隙率の関数であることに着目し、圧力遷移試験時に坑井内で自然電位(SP)の連続測定を併用することにより従来の坑井テストに比して高精度でマトリックス部の圧力平衡時間などの重要なパラメータを求めうる可能性を指摘した。

このような坑内SP連続測定の可能性を実験的に検討するために、西ほか(2006)は、2005年11月に釜石鉱山の既存坑井KF-1を利用した短期間の実験を実施し、孔内における自然電位連続測定を実施した。今回は、この実験をさらに発展させ、2006年11月から実施した釜石鉱山のKF-1孔及びKF-3孔を利用した圧力遷移試験について報告する。

坑内自然電位測定のためにKF-1・KF-3各々の孔内の孔口から10-50m間に12個のAg-AgCl電極を設置し、また孔口にて圧力と流量計を測定した。また、根木ほか(1997)による以前の実験結果との比較のため、坑道沿い8箇所にAg-AgCl電極を設置した。このような測定システムを用いて孔口バルブの操作に伴う孔口圧、湧水流出量、各電極の電位変化を測定し、圧力遷移に伴う再現性の良い自然電位変化測定に成功した。孔口開放に伴う孔内圧の低下に対応して、観測孔内電極の電位の上昇と坑道壁(床)面電位の低下が観測された。これらの変化は流動電位に起因するもので、健岩部での自然電位変化から流動電位係数は $-10 \sim -15 \text{ mV/MPa}$ と推定された。フラクチャーゾーンでは健岩部とは異なる自然電位変化/圧力変化のパターンが捉えられ、KF-1、KF-3両孔周囲の岩体についてフラクチャーとマトリックス間の圧力平衡の緩和時間はおよそ1000~2000秒、フラクチャースペーシングにして1~4m程度と推定され、フラクチャー岩体の水理特性推定における坑井内自然電位測定の有効性が確認できた。

これらの測定と併行して、より実用的な測定のために重要な測定電極に関する検討と鋼鉄製ケーシングの測定に対する影響評価のための実験も開始している。

文献:

Ishido T. and Pritchett J.W. (2003): Characterization of fractured reservoirs using continuous self-potential measurements. Proc. 28th Workshop Geothermal Reservoir Engineering, 158-165.

西 祐司、石戸経士、根木健之 (2006):坑内自然電位連続測定によるフラクチャー岩体の水理特性推定. 日本地球惑星科学連合 2006 年大会予稿集, O106-004.

根木健之・横井浩一・米田吉宏・仙波 毅 (1996):釜石鉱山における流体流動電位法適用試験. 物理探査学会第 94 回講演会論文集, 235-239.

根木健之・米田吉宏・仙波 毅 (1997):釜石鉱山における流体流動電位法適用試験(その2). 物理探査学会第 97 回講演会論文集, 274-278.

謝辞: 釜石鉱山(株)には今回の実験に際して全面的なご協力をいただいた。ここに記して深く謝意を表す。