

電気探査法を用いた基岩内地下水集水域の推定

京都大学大学院農学研究科

○岡本相大・正岡直也・小杉賢一朗

1. 背景と目的

山地源流域における水文特性として、大流域の河川と比較したときに降雨流出流量の空間的なばらつきが大きく、その予測が困難であるとされてきた。山地源流域において河川流量は流域の広さと対応しないことも多く、広い流域より狭い流域から多くの流量が観測されることも珍しくない。

しかし最新の研究により、高密度に行われた基岩内ボーリング調査の結果から、基岩内には表面地形とは異なる地下水集水域が存在し、この集水域に基岩浸透した雨水が集められて流出流量に影響していることが明らかにされてきた(Masaoka et al., 2021)。

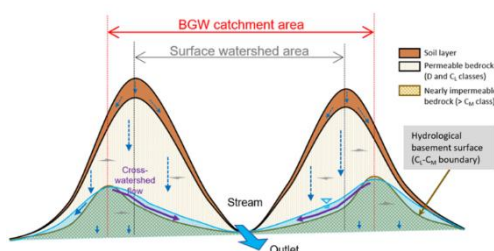


図1 基岩内地下水集水域の概念図
(Masaoka et al., 2021)

現状では地下水集水域の把握は高密度の基岩内ボーリング孔を用いた直接的観測手法に限定され、コスト面で他流域への応用が難しい。そこで本研究では低コストの間接的手法である物理探査手法のうち、特に電気探査を応用した地下水集水域の推定法の開発を目的とした。

2. 調査地と方法

滋賀県南部田上山地の不動寺サイト(花崗岩地質)を対象として電気探査を実施した。探査は4極法のダイポール・ダイポール配置、電極間隔2mで行った。本サイトでは以前からボー

リングによる地下水観測が行われ、3つの小流域にまたがるような地下水集水域の形状が明らかになっている(図3)。東西方向の測線(a)で総雨量34mmの降雨前後に2回、それに直交する南北方向の測線(b)で1回の、計3回の計測を行った。

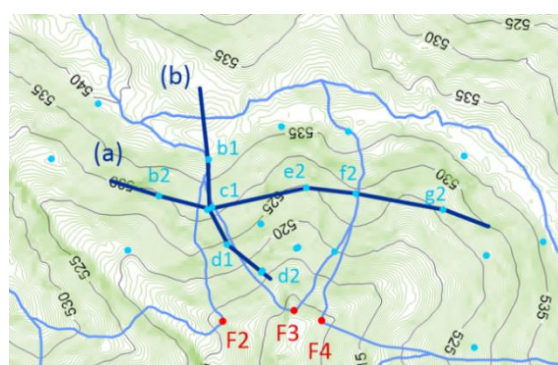


図2 測線の地形図

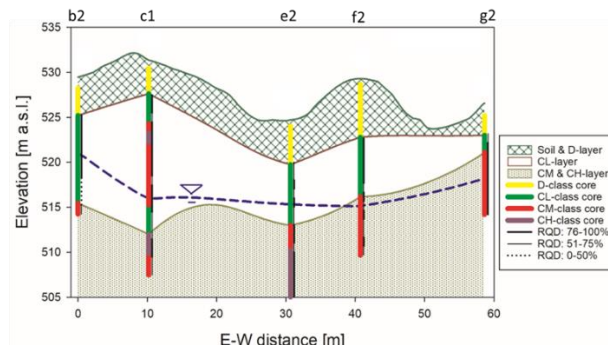


図3 測線(a)沿いの基岩内地形
(Masaoka et al., 2021 に加筆)

電気探査によって得られた比抵抗分布とボーリング調査から得られた地下水位、基岩コアの風化状態を比較し、電気探査の結果と地下水集水域の対応を検討した。

3. 結果と考察

比抵抗値の性質として、比抵抗値は孔隙の多いところで高く、そこに水分が浸透すると低くなる傾向がある(Archie, 1942)。また、新鮮な花崗岩の岩盤の比抵抗値は $10^2 \sim 10^5 \Omega \cdot m$

と非常に高く(比抵抗映像法, 1995), ほとんど絶縁体に近いとされている。これらの性質をふまえて比抵抗分布を解釈した。

図4において測線(a)の地下水面付近に低比抵抗帯が存在し, 小流域にまたがる基岩内地形を表現できていた。また比抵抗は地表面付近で高く, 地下水面に向かうにつれて低下し, 地下水面以深で再び上昇する傾向がみられた。この理由として, 地表面付近の基岩は風化が進み空隙が多く, 深くなるにつれ水分飽和度が上昇するが, 深部の飽和帯中で岩盤が新鮮になると空隙率が下がるためと考えられる。

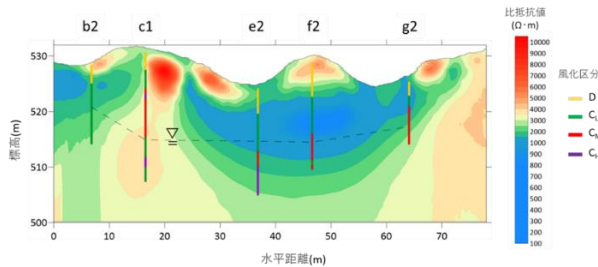


図4 測線(a)降雨前の比抵抗分布

また, 図4において c1 孔の右側に高比抵抗帯がみられたが, 測線(b)沿いに高比抵抗帯が見られたことと(図5), 現地踏査の結果をあわせて局所的な断層の影響によるものと考えた。

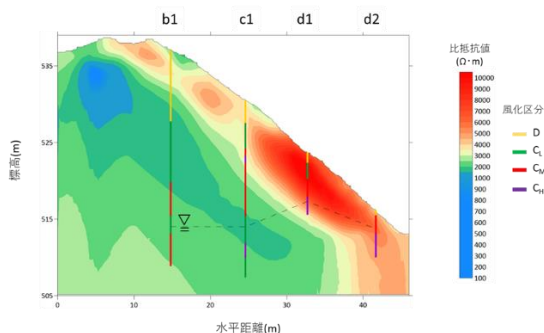


図5 測線(b)の比抵抗分布

降雨後は, 降雨前に高比抵抗が見られた c1 孔付近の不飽和帯の比抵抗が低下した。これは不飽和の空隙部に降雨が浸透する過程を反映していると考えられた。またコアの風化度が変化するとと低比抵抗帯が対応してお

り, 孔隙が少ないエリアの上部に降雨が蓄積されていることが示唆された。

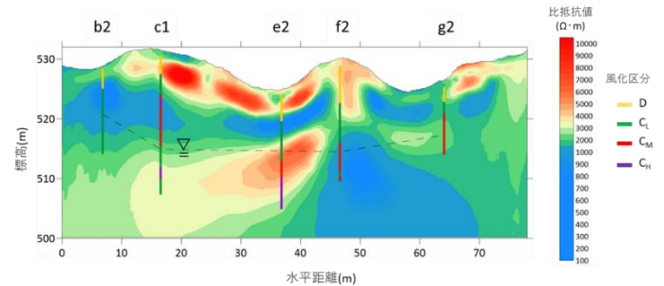


図6 測線(b)降雨後の比抵抗分布

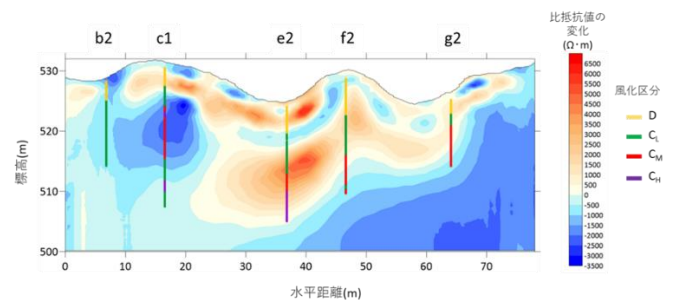


図7 測線(a)降雨前後の変化

4. まとめ

電気探査の結果は基岩内の地下水面形状や風化度分布を概ね反映しており, 地下水集水域の推定に応用できる可能性が示された。しかし, 断層などの地質構造による影響を受けやすいため, 今後は他手法との組み合わせにより推定精度の向上を目指す。

参考文献

- 1) 島裕雅, 梶間和彦, 神谷英樹. (1995). 建設・防災・環境のための新しい電気探査法—比抵抗映像法. 古今書院, p. 206.
- 2) Archie G. E. (1942). The Electrical Resistivity Log as Aid in Determining Some Reservoir Characteristics. Trans. A. I. M. E., Vol. 146, 54-62.
- 3) Masaoka, N., Kosugi, K., & Fujimoto, M. (2021). Bedrock groundwater catchment area unveils rainfall runoff processes in headwater basins. Water Resources Research, 57, e2021WR029888. <https://doi.org/10.1029/2021WR029888>