

地下の水の動きは物理探査で可視化できるか？

Can we monitor water flow below the surface by using Geophysical Explorations?

後藤 忠徳

Tada-nori Goto

1. はじめに

地下水は農業用の水源の一つであり、我が国の地下水全使用量の約3分の1が農業に用いられている。また農作物の生育においては、土壌中の水飽和度や土中水の地下分布に注意を払う必要がある。地下水や土中水の調査のために、井戸や土壌湿度センサなどによる直接的な測定がなされているが、調査域が一部に限られることが問題である。

地中を掘削せずに地下の水を可視化する方法として、物理探査技術が知られている。特に電気探査・電磁探査は有効である。乾燥岩石や乾燥土は電気をほとんど通さないが、間隙水や粘土鉱物は電気をよく通す。この電気的性質のおかげで、電気探査・電磁探査の結果は地下の水・湿度分布をよく反映したものとなっている。しかしながら、物理探査技術を用いれば、地下の水の「動き」も可視化できるのであろうか？これは困難な課題であったが、近年の探査技術の進歩によって実現しつつある。本稿ではその一部を紹介する。

2. 電気探査による地下水モニタリング

電気探査は地下水分布の調査技術として古くから用いられているが、近年は地下水モニタリングにも積極的に用いられている。例えば中里ほか(2007)では、島嶼地域(石灰岩の分布地域)において電気探査の繰り返し測定を実施しており、潮位変動に伴う地層の比抵抗変化を検出している。これは地下水の変動状況を反映したものである。井上ほか(2008)はシラス台地における地下水涵養試験時の土中水の挙動を、また神宮司ほか(2013)は人工液状化試験時の地下水変動を捉えている。電気探査のソフト・ハードは過去20年間で大幅に進化し、物理探査の技術者以外でも利用できる環境が整っているため、調査事例は増加傾向であると思われる。

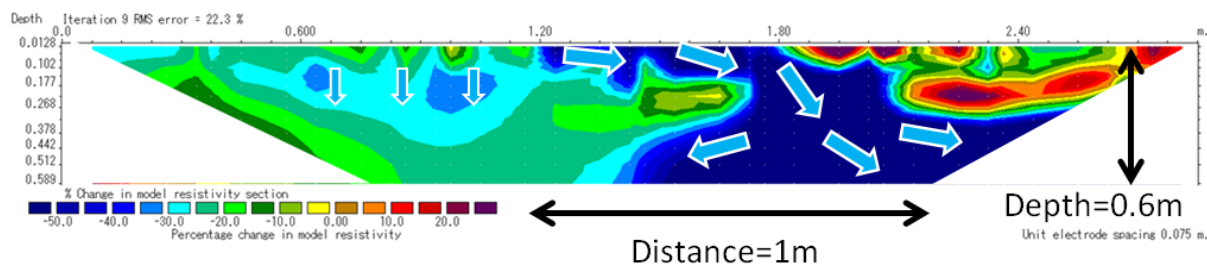


Fig.1 Temporal variation of subsurface resistivity after groundwater recharge test in an artificial wet land (after Goto and Nakano, 2014). Arrows: inferred direction of water flow.

所属：京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻地球資源学講座地殻環境工学分野

Environmental Geosphere Engineering, Department of Urban Management,
Graduate School of Engineering, Kyoto University

キーワード：浸透流, 地下水, 地下浸透・地下水流動

近年はより浅部・小スケールでの地下水・土中水モニタリングも行われている。Fig.1 は人工湿地での涵養試験における繰り返し電気探査の結果である。涵養後に比抵抗が半分以下に減少する部分があり、土中水の流れが局在化している様子を見て取れる。このような小スケールの地下モニタリングは、人工湿地の水浄化作用の具体的な検討に役立つとともに、湿地での植生変化の理解にも利用可能である。また嶋田(2008)は農地において小スケール・繰り返し電気探査を行っており、土中水の分布と農作物との関係を議論している。

3. 自然電位に基づく地下水流動解析

繰り返し電気探査以外の探査法としては、自然電位探査が挙げられる。地層中を水が流れると、界面動電現象によって直流的な電位が地表に発生する。これによって地下水の流れを議論することができる。従来は定性的な議論に留まっていたが、近年は自然電位データに基づいて、地下の透水構造分布や地下水流動パターンを逆解析できる技術も開発されている (Fig.2)。今後は、自然電位探査と繰り返し電気探査の統合解析が期待される。

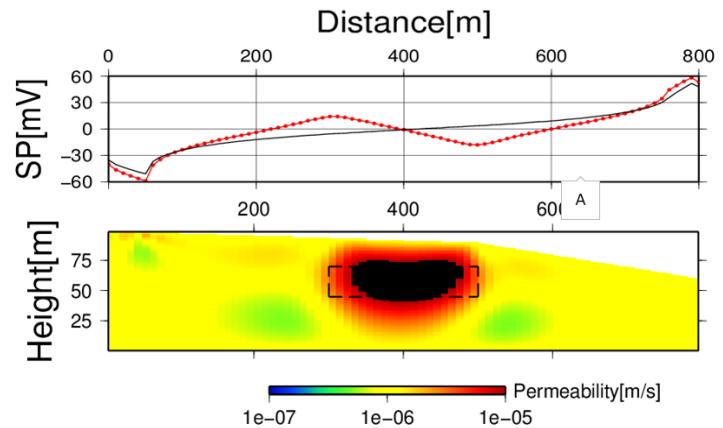


Fig.2 Top: numerically calculated SP profiles with and without a buried high permeable body (red and black curves, respectively). Bottom: inverted permeability structure from SP data (Ozaki et al., 2014). Dash line: true location of a assumed high permeably body.

4. まとめ

物理探査は、地下の水の移動をある程度可視化できるようになってきた。一方で、その解析や解釈にはいくつかの仮定が必要な場合も多く、井戸などでの観測データとの統合なども求められている。実際の農地・森林などへのより効果的な適用には複数分野の横断的研究が必要である。

参考文献

- 神宮司元治ほか (2013). 繰り返し電気探査による人工液状化試験の比抵抗変化の計測. 物理探査, 66(1), 3-11.
- 後藤忠徳・中野和典 (2014). 比抵抗トモグラフィを用いた人工湿地内部の地下水流動モニタリング, 物理探査学会第 131 回(平成 26 年度秋季)学術講演会講演要旨集.
- 井上敬資ほか (2008). 複数測線データの 2 次元差トモグラフィ解析による土中水動態の準 3 次元モニタリング. 物理探査, 61(4), 313-321.
- 中里裕臣ほか(2007). 比抵抗モニタリングによる地下水の潮位変動の可視化. 物理探査, 60(6), 501-506.
- Ozaki, Y., et al. (2014). Self-potential inversion for the estimation of permeability structure. J. Environ. Eng. Geophy., 19(3), 193-199.
- 嶋田純, 水循環プロセス把握ツールとしての物理探査への期待, 最新の物理探査適用事例集, 物理探査学会編, 309-315, 2008.