

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 尾西 恭亮

生命活動基盤に関わる水資源の管理は、代替品のない資源として21世紀において人類の最も重要な課題になると考えられる。水文学の発展は陸域の水の流動を理解する際に、表層流と地下水を分離して理解することの意味を取り払いつつある。しかしながら、地下水に関する信頼性の高い情報を得る手段は、現在、井戸観測のみに限られていると考えてよく、空間的に分布する地下水挙動は充分には解明されていない現状にある。このような状況の中、本研究は、種々の物理探査手法の中でも、地下浅部の構造や物性を詳細に把握できる可能性のある地中レーダ法に着目し、データ取得方法の抜本的改善、それを踏まえた高精度のデータ解析技術の開発、ならびにその応用の可能性を探究したものである。

地下水をターゲットとする地下浅部の構造・物性探査においては、詳細な地下のイメージングを必要とするため、観測における送受信アンテナの精密位置計測がボトルネックとなっていた。これに対し、本研究では、近年に実用化が始まったRTK-GPSを世界に先駆けて導入し、実運用可能なシステムとしてデータ取得方法の抜本的変革を実現している点が極めて先駆的かつ独創的である。これによって水平精度1cm、鉛直精度2-3cmの送受信アンテナの位置決め精度を実現している。しかもレーダの高頻度観測性能を生かし、極めて能率的な観測をも可能としている。これが本研究の最大の貢献の一つである。

上記の直接的効果は、詳細な静補正を可能にしたこと、すなわち、観測地表面の起伏に起因する地下構造面や地下水面での反射イベントの上下擾乱が抑制され、それらの位置特定が極めて高精度になったことがあげられる。さらにこの効果は、地下水面近傍でのレーダ反射現象が従来解釈とは異なる可能性のあることを示した点に現れている。それは、地中レーダ記録に現れた水面からの反射イベントは、実際の地下水面より最大数十cm程度上部の毛管帯からのものであることを明らかにした点である。これは、黒部川河口付近でのボーリング併用調査で実地に検証されている。

次に、データ解析面では、上記のRTK-GPSの導入による高精度観測によって、実用面の効率上無理のあったTime-lapse法やCMP法の解析を可能にした点が特筆される。これらの手法は、従来石油探査で用いられてきた優れた解析法であるが、地中レーダに適用可能とした点は評価できる。前者のTime-lapse法は、地中レーダの高い再現性を生かして、異なる観測時の記録断面の差分をとることにより、通常単独観測記録では、検知できない微妙な場の変動解析を可能とした。これにより、海面の変動による地下水面の変化や地下水汚染による異種流体の混入検出への端緒を開いた。同様にCMP解析法によって、地下におけるレーダ伝播速度の高精度解析を通じた土壌の詳細な物性解析を可能としている。とりわけ、この方法は、コヒーレント雑音の抑制に極めて効果があるため、本研究では、実際のデータ取得法の効率的提案を行い、従来法と比較した作業効率およびS/Nの改善効果を実証している。

一方、本研究の理論面での貢献は、レーダの現象を支配している誘電率と導電率の両方を用いた解析手法を提案している点にある。一般に地下水面や空洞等は、その境界面で誘電率が異なるため、波動の反射

面として検知される。しかしながら地下水と油の境界のように誘電率が同程度の物質境界では、レーダ観測が不可能とされてきた。これに対し、本研究では、両物質の導電率の違いに着目した解析法を提案している。その方法は、導電性の物質中では、レーダ波の高周波成分がその伝播に伴って減衰していく性質を利用したものである。レーダ記録をウェーブレット変換することにより、レーダ波の進行に伴う卓越周波数やスペクトル分布の低周波遷移などを分析して、導電性物質の違いを検知する方法である。本研究では、スケールモデル（砂箱）によってこの有効性を検証しており、今後の展開が期待される。以上、地中レーダ法を地下浅部の高精度探査に利用可能にするための要素技術研究および実用化研究において一定の成果をあげたと判断できる。

これら一連の研究を通じ、地下水環境計測のための高精度物理探査分野における技術的かつ学術的発展に多大な貢献をしたと考えられる。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。