

審査の結果の要旨

氏名 升元 一彦

原子力発電により生じる高レベル放射性廃棄物は、高い放射線レベルが長期にわたり続くため、その処分方法は重要な問題であり、その一つとして地層処分の実現に向けた研究が国内外で行われている。地層処分においては、処分に適していると想定される岩盤が概要調査、詳細調査に基づき選定されるが、実際の処分坑道や処分孔一つずつのスケールに対応した調査ではないため、処分坑道の建設が開始された後、廃棄体が定置される処分坑道および処分孔の周辺の岩盤に対し、安全評価の観点から調査を行うことが必要となる。特に、坑道周辺に生じる EDZ（Excavation Damaged Zone、掘削影響領域）内の割れ目沿いの水みち調査、坑道周辺の開口割れ目内の不飽和領域のモニタリング、を実施することが重要である。これら水みちとしての割れ目や不飽和割れ目の分布は、坑道近傍に 3 次元的、断続的に分布していると考えられる。しかし、ボーリング孔を利用した調査では、調査時に水理場が乱れる可能性があり、また面的な分布の評価に限界がある。本論文は、EDZ に発達する岩盤割れ目内の地下水流動特性を、電磁波探査の一つである地中レーダによって調査を行う可能性について研究を行ったものである。特に、地中レーダが「面的」で「非破壊」な調査手法であるという特長を生かしつつ、割れ目の幾何学的な分布情報だけでなく、反射波形の変化に着目することで EDZ 内の水分量やトレーサ濃度の変化が評価可能であることを示したものであり、8 章から構成される。

第 1 章では、坑道周辺の割れ目内の地下水評価の必要性が示され、また、高レベル放射性廃棄物地層処分における EDZ 内の水みち調査の重要性が示されている。その上で、本研究における検討対象を示し、本論文の目的、構成が述べられている。

第 2 章では、本研究で着目している地中レーダ探査の概要が説明され、最近の研究動向の整理が行われている。さらに岩盤内割れ目や地下水の状態の調査への適用についてのこれまでの研究のレビューと、本研究の位置付けが示されている。

第 3 章では、割れ目内に水分や電磁気的特性の異なる流体が存在することが電磁波の反射波形に与える影響についての理論的検討結果が述べられている。垂直入射の反射波形の理論的検討の結果および、薄層を想定した電磁波の数値シミュレーション解析の結果として、地中レーダ探査で得られる反射波形の変化が、割れ目内の水分の有無や流体の溶存物質の濃度を評価する指標となりうることを示されている。また、本評価方法を適用する上で留意すべき点として、電磁波の入射角度と薄層下面からの反射波の影響について説明し、本手法の適用範囲について整理している。

次の第 4 章から第 6 章では、第 3 章で検討した地中レーダ探査で得られる反射波形の変化に着目した評価方法が実際のフィールドで適用可能か、実験的に検討した結果について述べられている。

第 4 章では、理想的な状態での評価可能性を検証するため、水平な割れ目群を模擬した空隙を人工的に作成し、この空隙中の含水状態や水質を変化させて地中レーダを用いた基礎試験を行っている。この結果、模擬割れ目内の水分量の変化や塩水の浸透状況の違いを地中レーダの反射波形で評価可能であるとの見通しが示されている。

第 5 章では、坑道内での調査を想定して、割れ目のある岩盤上にコンクリートを打設し、この上からコンクリート岩盤境界面及び岩盤内の含水状態の変化が把握可能か検討を行っている。この結果、反射波形の差分処理により、コンクリート岩盤境界面への塩水の浸透状況の評価できること、反射波形の卓越周波数の変化で覆工背面の水みちの評価を平面的に行うことが可能であることが示されている。

第 6 章では、実際の岩盤に掘削した坑道側壁に発達した割れ目を対象として適用試験を行っている。この結果、坑道周辺の開口割れ目に対する塩水の浸透過程を、地中レーダの反射波形の卓越周波数の変化で評価できることが示され、実割れ目においても本評価方法が適用可能であることを明らかにしている。

第 7 章では、理論的検討と 3 つの実験的検討の結果に基づき、岩盤内割れ目の浸透評価に対する地中レーダ探査の適用性についての議論を行い、残された課題の整理を行っている。また、本評価方法を用いた地層処分における EDZ の割れ目に沿う水みちや不飽和領域を評価する調査手法の提案を行っている。

第 8 章では、本研究で得られた知見の取りまとめと今後の展望について述べられている。

以上、本論文は、地層処分において重要となる坑道周辺の EDZ 内の地下水に関する情報について、地中レーダの反射波形の変化に着目することで評価可能であることを明らかにしたものである。本研究の結果、地中レーダの面的で非破壊な調査手法である特長を生かしつつ、本評価方法の実サイトへの適用可能性が示されたものと評価される。したがって、本論文は博士（環境学）の学位請求論文として合格と認められる。

以上 2,012 字