

精度の高い地下水特性評価法の開発 — 間隙水同位体比の評価 —

背景

高レベル放射性廃棄物を地層処分した場合、有害な核種は地下水の流れと共に生物圏に移行するおそれがある。このため、地層処分の安全評価のために地下水の流動、起源、混合、滞留時間（地下水年代）の評価が、重要であり、地下水の水素・酸素同位体比はこれらの地下水特性評価において不可欠な情報である。透水性が低い岩盤では、間隙水を抽出して測定する方法が従来採用されてきたが、抽出過程で同位体比が変化する可能性があり、評価法としての妥当性が疑問視されるため、抽出が不要で高精度な手法の開発が期待される。

目的

岩石から間隙水を抽出することなく間隙水の水素・酸素同位体比を評価可能な、同位体交換法*¹の構築と実用化を目指す。

主な成果

1. 同位体交換法の適用条件の検討

- (1) 試験容器の作製と容器の性能確認：水蒸気を密封し、同位体交換法を実施することができる試験容器を作製した。容器は2週間（反応が平衡に達する時間）以上水蒸気を封入する性能があることを確認した。
- (2) 適用性に影響を与えるパラメータの抽出：間隙水同位体比が既知の標準試料を作製し、標準試料に同位体交換法を適用して得られる評価値と標準試料の同位体比のずれから、交換法の適用性を判別可能な方法を開発した。この方法を種々の岩石試料に適用した結果、粘土の層間水の存在や、間隙の大きさは適用性に影響を与えず、岩石間隙水の量と標準試験水の量が適用性に支配的であることを解明した。
- (3) 間隙水量の検討：試験容器内容積1.3L、標準水2gの条件下では、約5g（間隙水量/標準水量=2.5）の間隙水を含む岩石試料量を確保することにより、同位体交換法が適用可能となることを明らかにした。

2. 適用性の検証

幌延地区で行われたボーリング試験で得られたコアの間隙水に同位体交換法を適用し、水素同位体比の深度分布を決定した。同位体交換法で評価された分布は、圧縮抽水で得られた間隙水やポンプの揚水で得られた地下水を評価した結果と近く、相補的に交換法の妥当性を検証できた。これによって、従来の間隙水を抽出する手法が適用困難な場合に対し、間隙水同位体比を評価する手法を確立した。

なお、本研究は、経済産業省からの受託研究「地下水年代測定技術」における成果の一部である。

今後の展開

現場調査において、本研究で開発した同位体交換法を適用し、地下水流動に係わる情報を取得する。

主担当者 地球工学研究所 バックエンド研究センター 主任研究員 中田 弘太郎

関連報告書 「地下水年代測定評価技術の開発（その5）— 岩石間隙水における同位体比評価のための同位体交換法の開発 —」 電力中央研究所報告：N06034（2007年）

*1：評価する間隙水を含む岩石、同位体比・水量が既知の水（標準水）を試験容器に封入すると、水蒸気を介して間隙水と標準試験水が交換する。同位体交換法は交換で標準試験水に間隙水の情報を抽出し、同位体比を評価する手法で、試料を非破壊で測定可能である。

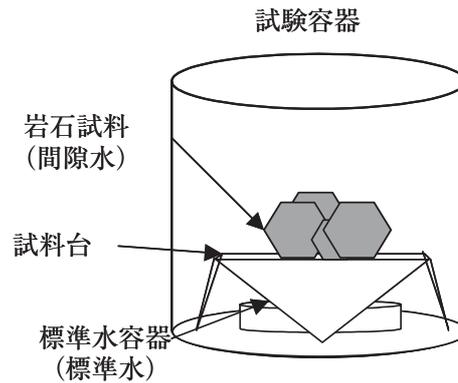


図1 同位体交換法に用いる試験容器の写真と概念図

岩石試料と標準水（同位体比と量が既知の水）を容器に封入し、水蒸気を介して交換反応を起こす。その結果、交換反応終了後の標準水には岩石間隙水の同位体の情報が抽出される。実際の評価においては2度の交換試験を行い、1度目で間隙水の同位体比の情報を、2度目で交換可能な間隙水量の情報を、抽出し合わせて間隙水の同位体比を算出する。



岩石名称	有効間隙率	透水係数
幌延頁岩	37%	$1 \times 10^{-11} (\text{m/s})$

図2 適用を確認した(図4)ボーリング試験で取得したコア(左)とその特性(右表)

幌延地区ボーリング掘削で得られた岩石は、同位体交換法での評価を行うため、引き上げ直後に採取し現地で真空パックして実験室へ移送する。幌延頁岩は透水性が低いため、地下水サンプルの取得が比較的困難であり、間隙水の同位体比を明らかにするために同位体交換法の適用が必要である。

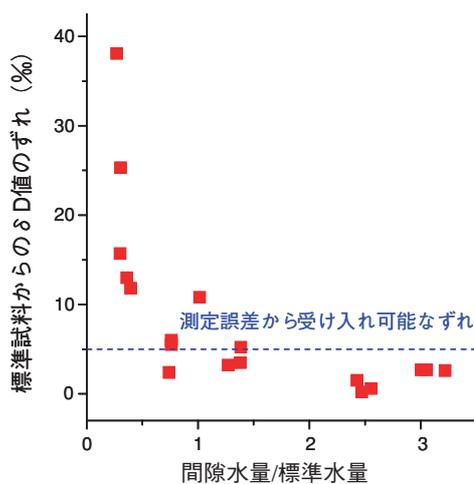


図3 和泉砂岩における同位体交換法の適用性検証例

検討の結果間隙水量が同位体交換法の適用性に対して支配的であり、間隙水量/標準水量=2.5以上が適用の条件であることが判明した。

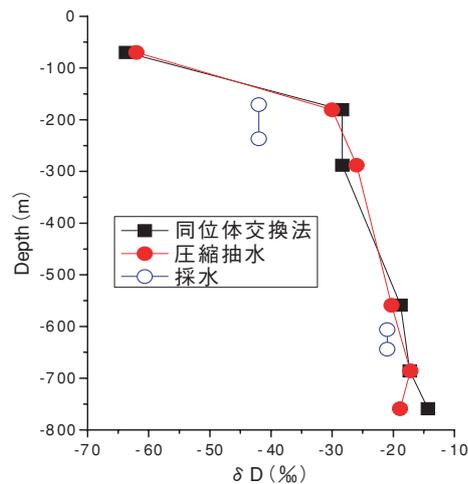


図4 幌延地区ボーリングコアへの適用と他手法との比較

ボーリング試験で得られたコア間隙水に同位体交換法を適用した。圧縮抽水で得られた間隙水やポンプの揚水で得られた地下水を評価した結果と同位体交換法による評価値を比較した