

北海道幌延地域における新第三紀および第四紀堆積岩のガス浸透率および間隙率の応力履歴依存性に関する実験的研究

Gas permeability and porosity of Neogene and Quaternary sedimentary rock of Horonobe area, Japan, as a function of stress history

上原 真一 [1]; 嶋本 利彦 [2]; 操上 広志 [3]; 舟木 泰智 [3]; 大西 有三 [4]

Shin-ichi Uehara[1]; Toshihiko Shimamoto[2]; Hiroshi Kurikami[3]; Hironori Funaki[3]; Yuzo Ohnishi[4]

[1] 京大・院・工; [2] 京大・院・理・地惑; [3] 原子力機構; [4] 京大・工・都市環境

[1] Dept. Urban & Env., Kyoto Univ.; [2] Dept. of Geol. & Mineral., Graduate School of Science, Kyoto Univ.; [3] JAEA; [4] Dep. of Urban & Env. Eng., Kyoto Univ

高レベル放射性廃棄物の地層処分や二酸化炭素の地中貯留のような大深度の地下空間利用においては、対象地域の地下深部における水理特性の分布を把握することが重要である。堆積岩の水理特性が、堆積物の構成鉱物、間隙率、細屑部のサイズなどの特徴のみならず、その堆積岩が経た応力履歴に大きく依存する可能性があることは、土質力学等におけるこれまでの研究成果から示唆される。堆積岩の水理特性とその岩石が経た応力履歴の関係を解明することによって、堆積盆の形成史から岩盤の水理特性分布を推定することが可能になると期待できる。これは地下空間利用対象として堆積盆を評価する際に非常に有用である。

本研究では、北海道幌延地域の新第三紀および第四紀堆積岩について、その水理特性の応力履歴依存性を解明することを目的に、室内実験にて高拘束圧下におけるガス浸透率および間隙率を測定した。これらは、透水特性や貯留特性といった地盤の基本的な水理特性を記述する上で基本的なパラメータである。なお、本地域では、日本原子力研究開発機構（JAEA）によって、深さ 500～1000m 程度の 11 本のボーリング調査をはじめとした多様かつ数多くの地下に関する調査・研究が行われている。そのため、地下深部の岩石試料の採取やデータの取得、またボーリング孔における原位置透水試験などの他の研究との結果の比較検討も可能であり、研究地点として非常に適している。

幌延地域に分布する新第三紀層および第四紀層のうち、稚内層、声問層、勇知層について、コアおよび露頭より試料を採取し、直径 20mm もしくは 25mm、長さ約 10mm から 40mm の範囲の実験供試体を作成した。測定には京都大学理学研究科の容器内変形浸透試験機を用いた。間隙流体として窒素ガスを用い、室温下 (15 ～ 25) で試験を行った。試験は等方圧下で実施し、拘束圧 P_c を、3MPa から 100MPa 付近まで増加させ、その後減圧するといった P_c サイクルにおいて、いくつかの応力状態で浸透率および間隙率の測定を行った。

拘束圧変化に伴う間隙率の変化をみると、今回試験を行った供試体の共通な特徴として、土質の圧密試験の結果と同様の傾向を示した。すなわち、土質力学での“過圧密”状態のように、対数拘束圧に対する間隙率あるいは浸透率のグラフの勾配が、昇圧過程のある拘束圧で急激に変化するという特徴が見られた。間隙率あるいは浸透率の値は供試体により異なるが、この折れ曲がり前後の傾きは、同じ地層の試料については類似している。

土質力学において上述の対数拘束圧と間隙率のグラフの勾配が変化する拘束圧は、その供試体が過去に経験した最大の応力状態に対応していることが知られている。そこで、本地域における地質データ及び稚内層と声問層の境界に対応するアモルファスシリカの Opal-A から Opal-CT への相転移はある温度条件下で起こるという知見をもとに、各試料の過去の最大埋没深度を推定し、今回の試験結果と比較した。その結果、対数拘束圧と間隙率のグラフの勾配が変化する領域の拘束圧と、最大埋没深度推定値から計算された最大応力値との間には正の相関が見られる。しかしながら、その値は一致していない。

同一の岩石試料から採取した供試体について測定した浸透率と間隙率との関係を見たところ、浸透率の対数は間隙率に比例し、その比例係数は同じ地層の試料において類似した値をとることがわかった。同じ間隙率でみたとき、露頭から採取した試料の浸透率はコアから採取した試料の浸透率に比べて高い値を示した。これは、風化などにより、岩石中の流体の流れに影響を与える細孔径が大きくなったためと考えられる。また、声問層から採取されたコア試料において、声問層下部付近からの試料は他の部分からの試料に比べて低い浸透率を示した。これは、Opal-A から Opal-CT への相転移が部分的に進行し、細孔径を小さくしていることを反映していると考えられる。