人工海水濃度が各種ペントナイトの透水性に及ぼす影響の評価法

財団法人 電力中央研究所 正会員 田中幸久,長谷川琢磨,中村邦彦

1.はじめに

3-322

高レベル放射性廃棄物の地層処分において緩衝材として用いられるベントナイトの特性は,主として蒸留水 を用いた常温下における室内試験により求められてきた.しかし,処分地点が沿岸域地下深部の場合などを想 定すると,地下水に海水が含まれている可能性がある.このため,海水がベントナイトの特性に及ぼす影響を 検討する必要がある.当所では,人工海水を用いて,海水がベントナイトの特性のうち,膨潤性,透水性,不 飽和浸透特性に及ぼす影響について検討してきた¹⁾²⁾.本報告では,既に公表した透水試験結果²⁾に基づき, 各種ベントナイトの透水特性の評価法について述べる.

2. 各種ペントナイトに対する透水試験結果の有効モンモリロナイト間隙比による整理

第2著者は,各種ベントナイトを対象として,蒸留水,海水相当濃度人工海水,海水の1/2相当濃度人工 海水(それぞれ,0%溶液,100%溶液,50%溶液と呼ぶ)に対する定圧透水試験を行ない,100%溶液の場合, 有効モンモリロナイト乾燥密度と透水係数の間には,ベントナイトの種類によらない関係が存在すること,な どの知見を得ている²⁾.透水係数の大きさには,密度よりも間隙の大きさが関係すると思われるので,有効モ ンモリロナイト乾燥密度の代わりに有効モンモリロナイト間隙比(以下 em と略称する)と透水係数の関係を 調べたものが図1である.100%溶液の場合は,em と透水係数の間にベントナイトの種類によらない一定の関 係が存在することがわかる.

3.平行平板流れによる有効モンモリロナイト間隙比と 透水係数の関係の表現

モンモリロナイト結晶が互いに平行で結晶間の距離が どこでも一定であり,その間を水が流れると仮定する. すると,透水係数は平行平板流れに基づく以下の式によ り近似できる可能性がある.

$$k_{\text{parallel}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{\rho_w g}{3\mu} \cdot \frac{e_m}{1 + e_m} \cdot d^2 \qquad (1)$$

ここで, k_{parallel}: 平行平板流れを仮定した場合の透水 係数, d:モンモリロナイト結晶間距離の 1/2, _w:透 水液の密度,g:重力の加速度,μ:透水液の粘性係数. また,式(1)の右辺に1/√2の係数は,屈曲度を考慮する ための補正係数である.



図1 透水係数と emの関係

図1中に式(1)による計算結果を示すが,実験結果と対比することにより次のことが指摘できる.

クニゲル ∨1,ボルクレイで 0%溶液の場合の透水係数-e_m関係の傾きは,式(1)による計算結果の傾きに近いが,透水係数の大きさは式(1)による計算結果より小さい.

全ベントナイトで 100%溶液の場合の透水係数-e_m関係の傾きは式(1)による計算結果より大きいが,透水 係数の大きさは式(1)による計算結果と同等か小さい.

上記のうちの原因は,0%溶液ではモンモリロナイトの結晶間に浸透圧に基づく膨潤圧が作用するため,

キーワード 放射性廃棄物処分,ベントナイト,透水性,海水,評価法

連絡先 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 (財)電力中央研究所 田中幸久 TEL 0471-82-1181

結晶間の平行が保たれるが,モンモリロナイト結晶間に存在する 電場の影響により透水係数が低下するものと考えられる.一方, 上記 の原因は,100%溶液の場合,モンモリロナイト結晶間の 浸透圧に基づく膨潤圧がほとんどなくなり,凝集に近い状態が生 じているため,結晶間の平行が保たれなくなることにあると考え た(図2参照).

4.透水係数の算定

4.1 結晶間の平行が保たれる場合の計算法

図1によれば,人工海水濃度を増大させ,人工海水濃度を 100%にした場合には,透水係数は,emに対応した上限値に達 するように見える.こうした傾向は,人工海水濃度 100%で は,浸透圧に基づく膨潤圧がほとんど失われ,骨格の剛性の 基づく膨潤圧のみとなる現象と対応している¹⁾.つまり,透 水係数の増大と浸透圧の減少は密接に関係している.浸透圧 による膨潤圧は,電位の勾配ではなく,モンモリロ結晶間の 中心点における電位に関係している.そこで,透水係数も電 位に関係していると考え,次式により表わされると仮定した.

$$k = \frac{\rho_w g}{3\sqrt{2}} \cdot \frac{e_m}{1 + e_m} \cdot d^2 \cdot \frac{1}{\mu} \left\{ 1 + C_1 \cdot \left(\int_0^d \frac{2kT}{e'\phi(x)} \cdot dx \right)^{-1} \right\}^{-1}$$
(2)

ここで,k:ボルツマン定数,T:絶対 温度,e':電子電荷,(x):結晶間電位, x:結晶からの距離,C₁は定数であり,実 測結果とのフィッティングにより C₁=13 と定めた.

4.2 結晶間の平行が保たれない場合 の計算法

各透水係数の上限透水係数に対する比 k/k_{max} と浸透圧による膨潤圧の全膨潤圧 に占める割合 r_{seepage}を比較したものが図 3 である.全体的には r_{seepage} が大きくな るほど k/k_{max} が小さくなる傾向がある. これは, r_{seepage} が大きくなるほどモンモ リロナイト結晶間が平行に近くなるとと もに,電場が発達するためと思われる.



(a) r_{seepage}が大
(b) r_{seepage}が小
図2r_{seepage}の大きさと結晶の平行性



図3 k/k_{max}とt_{seepage}の関係



図4 各種ベントナイトの透水係数に関する実測値と計算値

4.3 計算結果と実測結果の比較

r_{seepage}>0.3 では,式(2)によって計算し,r_{seepage}<0.3 では図3中に示される式で計算した.計算結果と実 測結果を比較したものが図4であり,対応は一部の結果を除いて良好である.

参考文献 1)田中(幸)・中村('04):海水の濃度と高温履歴がベントナイトの膨潤特性に及ぼす影響,電中研研究報告 N04007.2)長谷川('04):ベントナイトの透水・浸潤特性への海水の影響,電中研研究報告 N04005.