

## 海水条件下における圧縮ベントナイトの透水性

核燃料サイクル開発機構 正会員 菊池広人\*  
 非会員 棚井憲治, 佐藤治夫

### 1. はじめに

高レベル放射性廃棄物の地層処分における緩衝材の各種基本特性（水理・膨潤・力学・熱特性）に関して、これまでに核燃料サイクル開発機構では、降水系（蒸留水）を中心としたデータの整備を行ってきた<sup>1)</sup>。今後は、これまでに得られた成果を踏まえ、実際の地質環境下を考慮し、熱（温度）や水質（塩濃度など）の影響に関するデータを拡充するとともに、これら関係式の一般化を行うことによって処分事業や安全規制に必要な基盤情報を整備する。本研究においては、海水系（人工海水）に対するベントナイトの透水係数を取得するとともに、温度依存性に関する関係式の一般化を図った。また、海水系のような高イオン強度の間隙水がベントナイトの間隙構造に及ぼす影響について考察したので報告する。

### 2. 試験方法

圧縮ベントナイトの透水試験は、図-1 に示すコンプレッサーの圧縮空気を利用した定水位型の透水試験装置<sup>2)</sup>を用いた。試験においては、クニゲル V1（クニミネ工業製、Na 型ベントナイト）を用い、所定の乾燥密度になるよう圧縮充填後、透過液として人工海水（ASTMD-1141-98 基準）を用いた。なお、試験温度については、温度依存性を考慮するため、25 60 90 と段階的に変えて試験を行った。

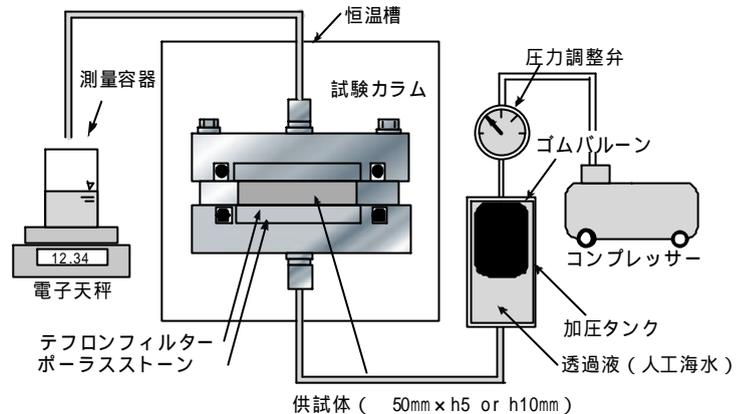


図-1 透水試験装置図

### 3. 人工海水の化学分析、密度及び粘性係数の測定

人工海水の化学分析結果を表-1 に示す。また、透水係数の温度依存性に関する評価を行うため、人工海水の密度および粘性係数の測定を行った。人工海水の密度測定は、比重瓶法を用いて、粘性係数の測定は、毛细管粘度測定法を用いてそれぞれ求めた。人工海水の密度測定結果を図-2 に、粘性係数測定結果を図-3 にそれぞれ示す。得られた密度  $r$  [kg/m<sup>3</sup>] および粘性係数  $m$  [mPa·s] は、固有透過度の算出に用いた。なお、重力加速度  $g$  [m/s<sup>2</sup>] は、9.80665[m/s<sup>2</sup>] とした。

表-1 化学分析結果

分析項目	含有量[ppm]
Cl <sup>-</sup>	19200
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2740
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	140
F <sup>-</sup>	1.2
Br <sup>-</sup>	65
BO <sub>3</sub> <sup>3-</sup>	26
Na <sup>+</sup>	10300
K <sup>+</sup>	410
Ca <sup>2+</sup>	420
Mg <sup>2+</sup>	1310
Sr <sup>2+</sup>	61

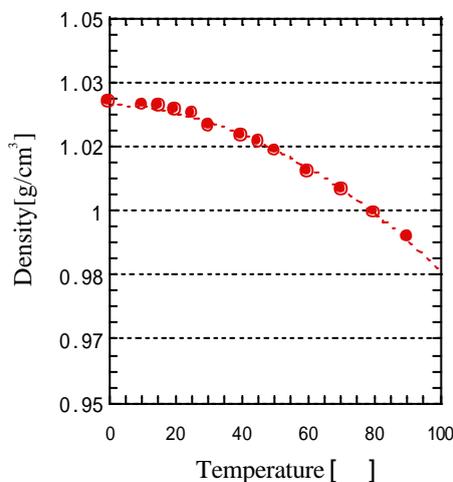


図-2 人工海水の密度

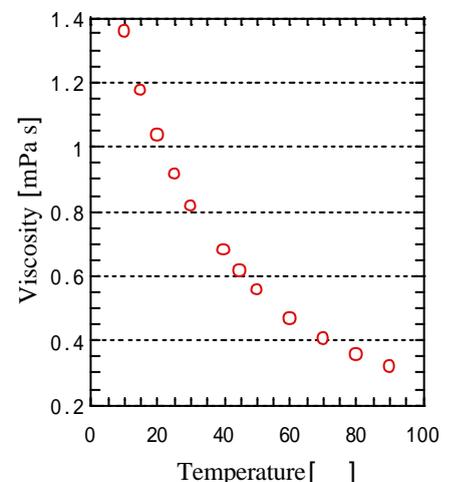


図-3 人工海水の粘性係数

\* 検査開発（株）

高レベル放射性廃棄物、圧縮ベントナイト、透水性、人工海水、間隙構造  
 茨城県那珂郡東海村村松 4-33 TEL:029-287-0928 FAX:029-282-9295

4. 透水試験結果

人工海水の透水係数をこれまでに取得した蒸留水の結果とともに図-4 に示す。図から透水係数は、人工海水を流体とした場合の方が、蒸留水に比べ1桁程度大きくなること分かった。また、乾燥密度が高くなるに従い、透水係数が低下する傾向があることが分かった。さらに、この結果から試験温度 25℃、乾燥密度 1.2~1.8Mg/m<sup>3</sup> の範囲における有効粘土密度  $r_b$  [Mg/m<sup>3</sup>] と透水係数  $k$  [m/s] との関係は、 $k = \exp(-25.64 + 8.29r_b - 5.689r_b^2)$  となる。人工海水に対する透水係数が蒸留水と比べて増加した要因として、ベントナイト中の間隙構造の変化が考えられることから、X線回折装置を用いて蒸留水および人工海水でのベントナイトの底面間隔を測定した。図-5 に各乾燥密度に対する蒸留水および人工海水における回折パターンを示す。図からも分かるように各密度に対する蒸留水および人工海水を浸潤液とした場合、供試体の底面間隔には顕著な変化が見られなかった。このことは、ベントナイト中のスメクタイトの層間距離に変化が見られなかったことを示している。一方、ベントナイトはイオン強度が高くなると膨潤量および膨潤応力が低下するとともに、凝集してコロイドの安定性も悪くなることが知られている。このことから、スメクタイトの積層体が凝集して層間とは異なる大きな外部間隙が生じたものと予想される。

5. 透水係数の温度依存性に関する影響

透水係数の温度依存性の要因のひとつに、圧縮ベントナイト中を透過する水物性の温度依存性が考えられる。そこで、図-6 に示すように岩石等の多孔質体の透水性を評価する際に用いられる固有透過度の概念に基づき、 $k = kr_g / m$  の関係式を用いて整理した。この結果から、乾燥密度 1.2~1.8[Mg/m<sup>3</sup>] の範囲における有効粘度密度  $r_b$  [Mg/m<sup>3</sup>] と固有透過度  $k$  [m<sup>2</sup>] の関係は、 $k = \exp(-47.155 + 15.138r_b - 7.878r_b^2)$  となる。

6. おわりに

本試験結果から、降水系に比べ、海水系の透水係数は1桁程度大きくなること分かった。また、透水係数の温度依存性に関して、固有透過度を用いて整理した。その結果、これまでに取得された降水系データ同様、透水係数にみられる温度依存性は、圧縮ベントナイトの構造特性の変化によるものではなく、透過する溶媒の密度と粘性係数の温度による物性変化が原因であることが分かったとともに、これらの物性で補正できることが分かった。

【参考文献】

- 1)核燃料サイクル開発機構「高レベル放射性廃棄物の地層処分技術に関する研究開発 -平成13年度報告- サイクル機構技術資料, JNC TN1400 2002-003. 2)(社)地盤工学会, 土質試験の方法と解説.

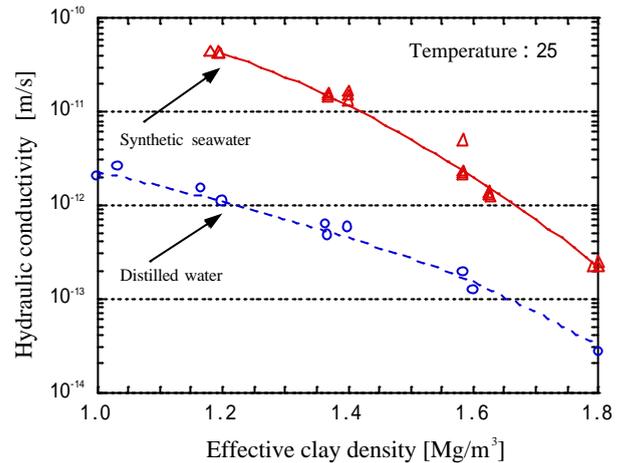


図-4 透水係数の比較

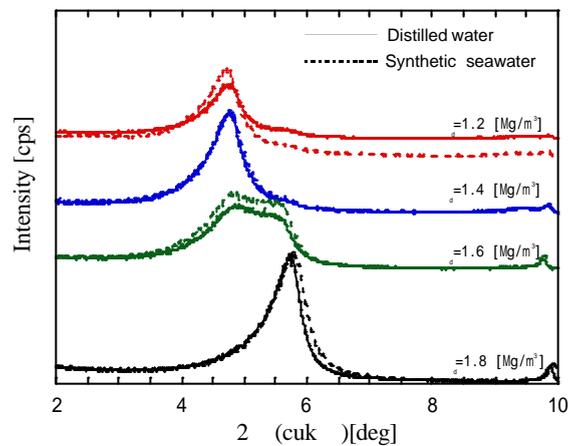


図-5 底面間隔測定結果

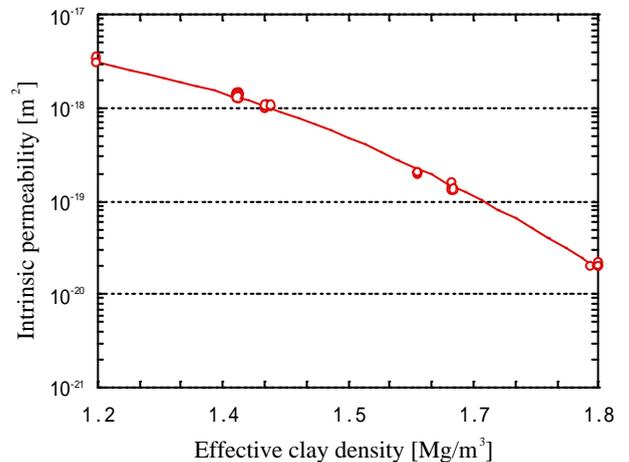


図-6 有効粘度密度と固有透過度の関係