

人工海水環境下における各種ベントナイトの透水係数に関する実験的研究

茨城大学 正会員 ○小峯秀雄

茨城大学 フェロー会員 安原一哉, 正会員 村上哲

栃木県庁 (元茨城大学大学院) 非会員 佛田理恵

(株) 神戸製鋼所 山口憲治 竹内靖典

1. 背景と目的

高レベル放射性廃棄物の地層処分施設の建設に際して、廃棄物収納容器と周辺岩盤との間を充填する緩衝材には、低透水性や膨潤性等が要求される。したがって緩衝材には、上記の特性を有するベントナイトを主体とした材料の利用が現在考えられている<sup>1)</sup>。一方、処分施設は廃棄体運搬の利便性等の観点から沿岸域付近に建設されることが十分に考えられる。その際、処分施設地点に流入する地下水には海水起源の塩類が多く含有されている可能性がある。このような背景から、ベントナイト系緩衝材の透水係数の把握は、高レベル放射性廃棄物の処分技術の構築において重要であると考えられている。そこで本研究では、緩衝材に求められている性能の内、最も重要と考えられる低透水性に着目し、施設周辺の地下水として陸水系および海水系地下水を想定した各種ベントナイトの透水係数データについて報告する。

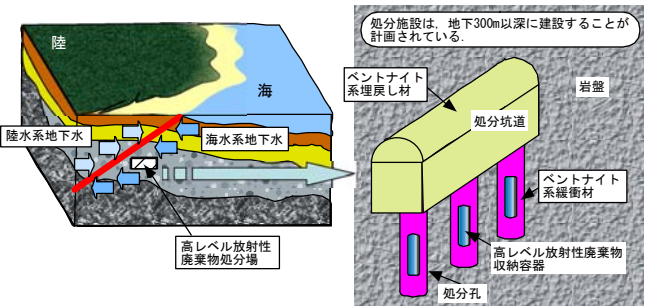


図1 高レベル放射性廃棄物地層処分施設への塩水侵入のイメージ

2. 使用した試料と供給水

本研究では、Na型ベントナイト3種類（ベントナイトA, B, E）およびベントナイトAを用いて製造された粒状ベントナイトを使用した。表1に各試料の基本的性質を示す。高压圧密試験において、供試体に供給する水溶液には、陸水系地下水を想定して蒸留水を、海水系地下水を想定して表2に示す人工海水を用いた。

表1 各試料の基本的性質

| ベントナイト                    | A      | B     | E     |
|---------------------------|--------|-------|-------|
| 名称                        | クニゲルV1 | ボルクレイ | MX-80 |
| タイプ                       | Na型    | Na型   | Na型   |
| 土粒子密度(Mg/m <sup>3</sup> ) | 2.79   | 2.84  | 2.88  |
| モンモリロナイト含有率(%)            | 57     | 71    | 80    |
| 陽イオン交換容量(meq./g)          | 1.166  | 1.054 | 1.348 |

3. 試験方法

本研究では、参考文献2)や3)で提案した最大圧密圧力10MPaの高压圧密試験により、非常に低透水性のベントナイトの透水係数を比較的短期間に測定する。図2に高压圧密試験装置を、図3に高压圧密試験装置の概要を示す。本実験において、供試体は円柱形とし直径60mm、高さ10mmを目標として作製した。各ステップの载荷時間は24時間とし、日本工業規格「土の段階载荷による圧密試験方法（JIS A 1217：2000）」に準拠し、試験および結果の整理

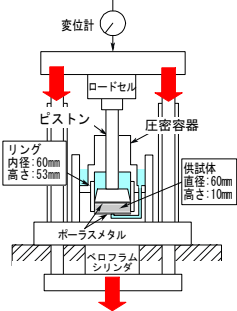


図2 高压圧密試験装置 (左：全体写真, 右：拡大写真) 図3 高压圧密試験装置の概略図

理を行った<sup>4)</sup>。なお本試験方法で、信頼性の高いベントナイトの透水係数を得るには、測定においていくつかの設定条件が必要である。この設定条件については、参考文献 2)に詳述されているので参照されたい。

また本論文では、今回新たに取得した人工海水環境下における各種ベントナイトの透水係数について、参考文献 5)に報告されている蒸留水環境下での透水係数データと比較している。陸水系地下水を想定した蒸留水環境下における各種ベントナイトの透水係数の測定については、参考文献 5)を参照されたい。人工海水環境下における高压圧密試験の圧密圧力条件は表 2 に示す通りである。

表 2 人工海水環境下における高压圧密試験の

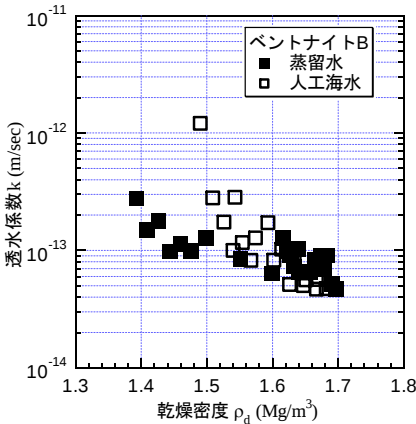
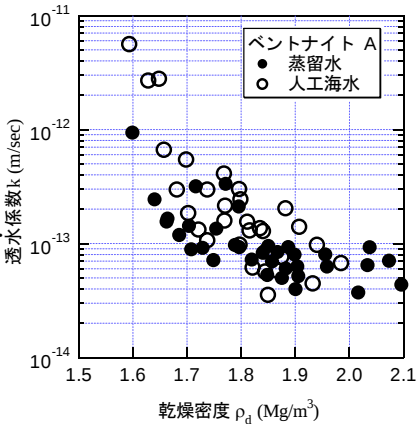
| 圧密圧力条件 |      |              |              |              |        |
|--------|------|--------------|--------------|--------------|--------|
| ベントナイト | 試験条件 | 最小圧密圧力 (MPa) | 最大圧密圧力 (MPa) | 圧密圧力増分 (MPa) | 荷重段階総数 |
| A      | A-1  | 1.96         | 9.81         | 1.96         | 9      |
|        | A-2  | 0.98         | 4.90         | 0.49         | 9      |
|        | A-3  | 0.98         | 8.82         | 0.98         | 9      |
| B      | B-1  | 1.96         | 9.81         | 0.98         | 9      |
|        | B-2  | 1.47         | 9.31         | 0.98         | 9      |
|        | B-3  | 1.47         | 5.39         | 0.49         | 9      |
| E      | E-1  | 1.47         | 4.90         | 0.49         | 8      |
|        | E-2  | 2.45         | 5.88         | 0.49         | 8      |
|        | E-3  | 2.94         | 9.81         | 0.98         | 8      |
| 粒状     | A'-1 | 0.98         | 4.90         | 0.49         | 9      |
|        | A'-2 | 1.96         | 9.81         | 0.98         | 9      |
|        | A'-3 | 0.98         | 8.82         | 0.98         | 9      |

4. 人工海水環境下における各種ベントナイトの透水係数と蒸留水環境下における透水係数との比較

図 4 は、人工海水環境下における各種ベントナイトの透水係数を乾燥密度との関係で整理したものである。この図から次のことが明らかになった。

- ① ベントナイト A では、乾燥密度がおおよそ 1.8Mg/m<sup>3</sup>以下において、人工海水環境下における透水係数が蒸留水環境の場合と比べ、高くなる傾向を示す。乾燥密度が 1.6Mg/m<sup>3</sup> 付近では、人工海水環境下における透水係数は、蒸留水環境の場合の 2～5 倍程度、高くなるものと思われる。
- ② ベントナイト B においては 1.6Mg/m<sup>3</sup>以下、ベントナイト E においては 1.6～1.7Mg/m<sup>3</sup>以下になると人工海水環境下における透水係数は蒸留水環境と比べて、顕著に高くなることが認められる。
- ③ 粒状ベントナイトに関しても

1.7～1.8Mg/m<sup>3</sup>以下において、人工海水によって透水係数が顕著に高くなる傾向を示した。またその影響程度は他のベントナイトと比較して大きく認められた。ただし、人工海水における透水係数の絶対値はベントナイト A とほぼ同程度と思われる。



参考文献

1) 核燃料サイクル開発機構：わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分技術的信頼性—地層処分研究開発第 2 次取りまとめ—分冊 2 地層処分の工学的技術，JNC TN1400 99-22，1999。  
2) 佛田理恵，小峯秀雄，安原一哉，村上哲：高压圧密試験装置を用いたベントナイトの透水係数算出における試験方法の高度化，土木学会論文集 Vol. 62, No.3, pp.573-578, 2006.08。  
3) 小峯秀雄，緒方信英：ベントナイト緩衝材・埋戻し材の透水特性と簡易評価法の提案，土木学会論文集，No.708 号/III-59, pp.133-144, 2002.06。  
4) 地盤工学会：土質試験の方法と解説—第一回改訂版—，pp.331-423, 2000。  
5) 小峯秀雄，安原一哉，村上哲，佛田理恵，山口憲治，竹内靖典：広範囲な乾燥密度における各種ベントナイトの透水係数測定，第 42 回地盤工学研究発表会発表論文集，2007（投稿中）。

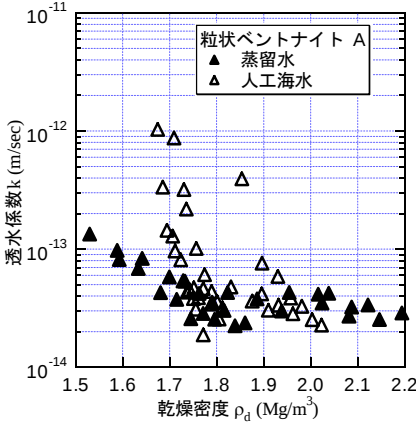
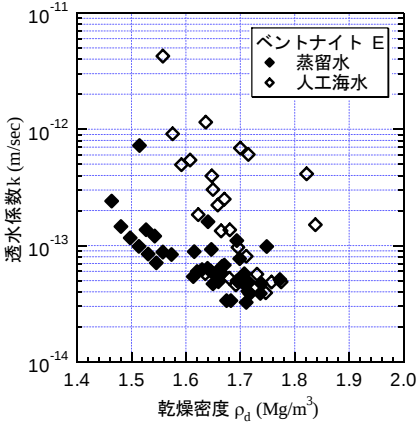


図 4 蒸留水および人工海水環境下における各種ベントナイトの透水係数