

ベントナイトの膨潤特性に与える NaCl 濃度の影響

茨城大学 学生会員 早川幸恵*
 ハザマ 正会員 千々松正和、六川 武
 武蔵野土質調査 平賀 健史
 茨城大学 正会員 小峯 秀雄

1. はじめに

現在、ベントナイトは高レベル放射廃棄物の地層処分において緩衝材候補として有望視されている。しかし、その特性として海水環境のようなイオン濃度の高い溶液中では陽イオン交換により鉱物的な変質が起こり、緩衝材としての性能が変化することが知られている。地層処分の設置地点における地下水環境として海水系の水質も考えられたため、その影響を検討しておく必要がある。そこで、ここでは NaCl 濃度の違いによりベントナイトの膨潤圧特性がどのような影響を受けるのかを確認することを目的に試験を実施し、結果の考察を行った。

2. 試験概要

膨潤圧試験はベントナイトのクニゲル V1（クニミネ工業製）とケイ砂の混合体（混合質量比、ベントナイト：ケイ砂（B:S）=7:3、以下ケイ砂混合体と記述する）および MX-80 単体の 2 種類を対象として実施した。浸潤水は蒸留水及び蒸留水に NaCl が所定の濃度（質量百分率表示で 1%、3%）となるように調整したものとした。本供試体および浸潤水を用い膨潤圧試験を実施した。また、クニゲル V1 および MX-80 に対してメスシリンダー法による膨潤力試験を行った。膨潤圧試験は直径 60mm、高さ 20mm、乾燥密度 1.6g/cm³ の供試体を使用し、膨潤試験装置を用いて膨潤圧及び浸潤量の測定を行った。試験期間は 3 週間とし、膨潤試験終了時に供試体を 3 分割し高さ方向の乾燥密度および含水比の分布の測定を行った。膨潤力試験でも上記の 3 種類の溶液を使用して実施した。それぞれを 100ml メスシリンダーに入れ、その中に 2g の試料を静かに投入した。膨潤力の測定期間は 24 時間とした。膨潤圧試験および膨潤力試験の条件をそれぞれ表-1 および表-2 に示す。

表-1 膨潤圧試験条件

NO	試料	NaCl 濃度 (%)	乾燥密度 (g/cm ³)	含水比 (%)
1	ケイ砂混合体	0	1.60	4.8
2		1	1.60	4.8
3		3	1.60	4.8
4	MX-80	0	1.60	18.4
5		1	1.60	18.4
6		3	1.60	18.4

表-2 膨潤力試験条件

NO.	試料名	NaCl 濃度 (%)	投入量 (g)
1	クニゲル V1	0	2
2		1	
3		3	
4	MX-80	0	2
5		1	
6		3	

3. 試験結果

図-1 には膨潤圧の経時変化を示す。最終的な膨潤圧の値は、NaCl 濃度が低い場合ほど高くなっており、ケイ砂混合体に比べて MX-80 の方が NaCl 濃度による影響は大きいという結果となっている。ケイ砂混合体の場合、浸潤開始から 1、2 日経過後に膨潤圧はピークとなっており、ピーク値は NaCl 濃度の影響が大きく出ているが、その後の定常値においては NaCl 濃度が 0% の場合は若干他に比べて高くなっているが、NaCl 濃度が 1% の場合と 3% の場合でそれほど大きな差はない。一方 MX-80 の場合、ピーク値は発生しておらず、膨潤圧は時間とともに徐々に高くなっており、定常となる時間はケイ砂混合体に比べ長くなっている。また、膨潤圧はケイ砂混合体に比べて MX-80 の方が数倍も高い結果になった。図-2 には、吸水量の経時変化を示す。吸水量は MX-80 に比べケイ砂混合体の方が大きいという結果となった。これは、表-1 に示すようにケイ砂混合体の方が MX-80 より初期含水比が低いためである。また、NaCl 濃度の違いによる浸潤挙動の差を見てみると、ケイ砂混合体の場合、NaCl 濃度が高いほど、浸潤速度が速い結果となった。この結果、図-1 に示すようにケイ砂混合体の場合、NaCl 濃度が高いほど膨潤圧の発生速度が速くなったものと考えられる。しかし、浸潤が進むにつれ、トータルの浸潤量は蒸留水の方が NaCl 濃度 3% の場合に比べ大きくなっている。図-3 には膨潤力の経時変化を示す。クニゲル V1 に比べ MX-80 の方が膨潤力は大きくなっている。また、これらの NaCl 濃度依存性を見てみると、NaCl 濃度が高くなるにつれて膨潤力の大きさは小さくなっていることが分かる。膨潤力においてはクニゲル V1 と MX-80 との差はそれほど大きくないが、膨潤圧試験の場合、今回ク

キーワード 放射性廃棄物、緩衝材、ベントナイト、浸潤、膨潤圧、NaCl 濃度

*連絡先 〒316-8511 日立市中成沢町 4-12-1 TEL0294-38-5163 FAX0294-38-5268 E-Mail t52048s@hcs.ibaraki.ac.jp

ニゲル V1 にケイ砂を混合した材料を用いているため、ケイ砂混合体の膨潤圧は MX-80 に比べかなり小さい値となった。また、膨潤力試験の場合、MX-80、クニゲル V1 とともに NaCl 濃度により膨潤力は大きく異なる結果となっているが、膨潤圧試験の場合は、MX-80 は膨潤圧と同様に NaCl 濃度により値は大きく異なっているが、ケイ砂混合体の場合、NaCl 濃度による差はそれほど大きくなっていない。JNC の第 2 次とりまとめにおいては有効粘土密度が高い場合は人工海水の場合と蒸留水の場合で膨潤圧の差はないとなっているが、今回の試験結果からは MX-80 の場合、膨潤圧の値は NaCl 濃度により大きく異なるという結果となった。図-4 に膨潤圧試験後の含水比および乾燥密度の測定結果を示す。どの供試体も上下方向での密度および含水比の差は小さいことがわかる。図-5 には乾燥密度、含水比と膨潤圧の関係を示す。この関係からも分かるように、MX-80 は膨潤圧及び含水比は NaCl 濃度の違いによって大きく差がみられるが、ケイ砂混合体はほとんど差がないことがわかる。

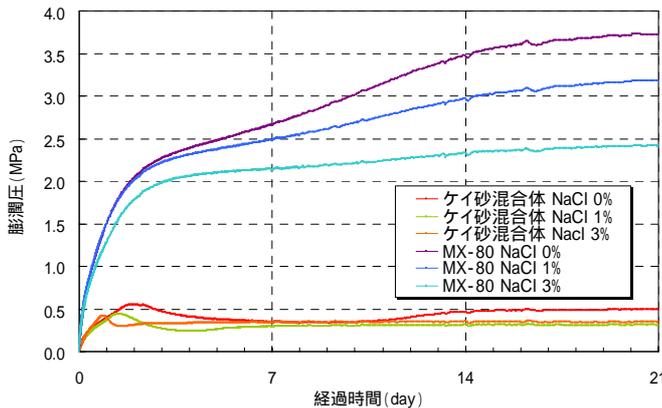


図-1 膨潤圧の経時変化

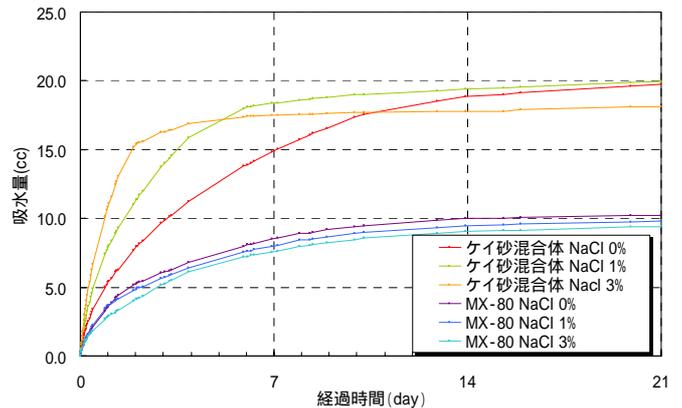


図-2 吸水量の経時変化

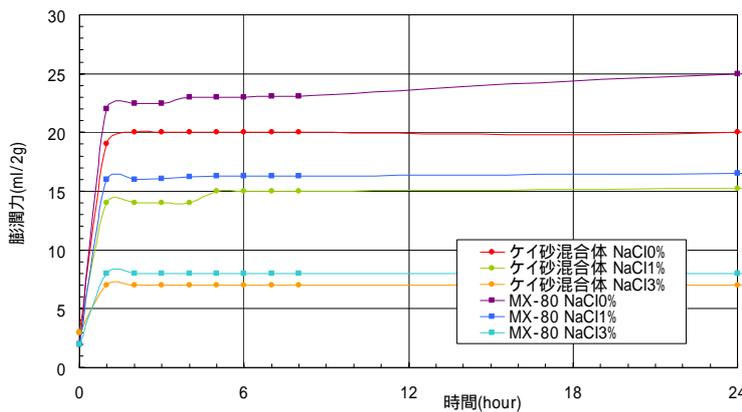


図-3 膨潤力の経時変化

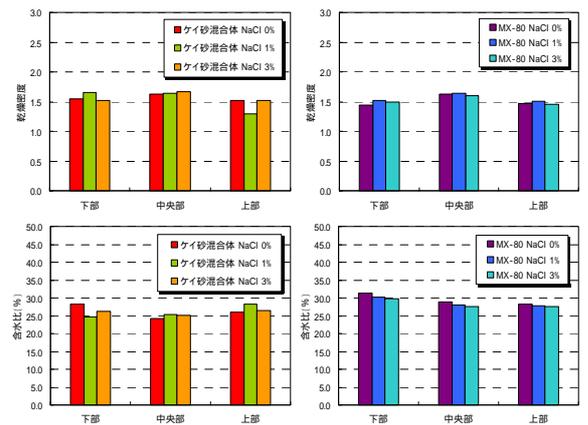


図-4 膨潤圧試験後の含水比測定結果

4. おわりに

今回、ケイ砂混合体と MX-80 の 2 種類の材料に関して発生する膨潤圧の浸潤水の NaCl 濃度の違いによる影響を確認することを目的に試験を実施した。ここでは、NaCl 濃度の違いによる最終的な膨潤圧の値のみならず、浸潤挙動、膨潤圧の発生状況等の違いについても比較を行った。その結果、ケイ砂混合体の場合、浸潤挙動および膨潤圧の発生挙動に、MX-80 の場合は最終的な膨潤圧の値に関して NaCl 濃度の影響が見られた。これらは、不飽和浸透特性の NaCl 濃度依存性、膨潤圧発生時の空隙構造の変化における NaCl 濃度依存性等に大きく影響を受けていると考えられる。今後、これらの現象を定量的に評価していくためには、飽和の透水特性のみならず、不飽和浸透特性についても NaCl 濃度依存性に関して検討を進めていく必要があると考えられる。

【参考文献】核燃料サイクル開発機構（1999）：わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性 - 地層処分研究開発第 2 次取りまとめ - 分冊 2 地層処分の工学技術 -、JNC TN1400 99-022.

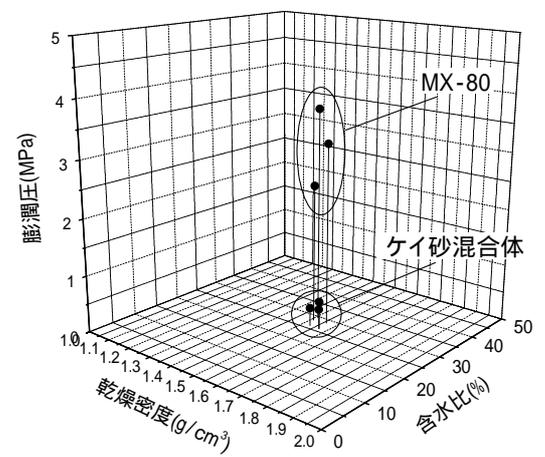


図-5 乾燥密度、含水比と膨潤圧の関係