水質がベントナイトペレットやベントナイト原鉱石の膨潤性に及ぼす影響の確認

鹿島建設(株)　正会員　松本聡碩　○小林一三　フェロー会員　瀬尾昭治
原子力発電環境整備機構　國丸貴紀　西尾　光

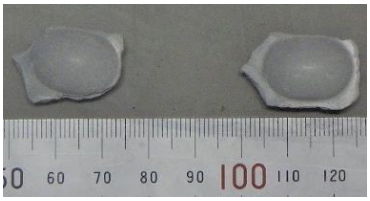
1. はじめに

放射性廃棄物の地層処分事業では, 地上から地下深部に至る地質環境特性の分布やその変化などを把握するため, ボーリング調査やボーリング孔を利用した地下水の長期モニタリングなどが行われる．これらの調査後は，ボーリング孔が地下から地上に至る地下水の短絡経路となる可能性や，地下施設の建設領域に近接するボーリング孔が地下施設の建設などに影響を及ぼすことなどが想定されるため，これらのボーリング孔を確実に閉塞することが国際的にも重要な課題となっている．

このような背景から，本報文では，ボーリング孔の閉塞技術を整備するために，国産のベントナイトを原料として製造したペレットと，その原鉱石の解砕物を様々な水質の溶液に浸漬させて経時変化を観察し，水質がベントナイトペレットの膨潤性に及ぼす影響を評価した結果について報告する．

2. 供試体と使用した水溶液

供試体は，国産の Na 型ベントナイトであるクニゲル V1 をブリケッティング法によって造粒したベントナイトペレット(**図－1**)と，クニゲル V1 の原鉱石を粒径が 2.5～4.75 mm になるように破砕したクニゲル GX(**図－2**)の 2 種類である．ペレットの体積は 1,306±125 mm^3，乾燥密度は 2.01±0.02 Mg/m^3 であった．また, 供試体を浸漬する水溶液は 0.025NaCl, 0.1NaCl, 0.1$CaCl_2$, 0.1KCl, 1.0NaCl, 1.0$CaCl_2$，1.0KCl(化学式先頭の数値はいずれもイオン強度(M)を示す)，および ASTM D 1141 に準拠して作製した人工海水の 8 種類である．ただし，試験結果の再現性を確認するために実施した 2 回目の試験では，0.1KCl の代わりにイオン交換水を使用した．



図－1　ベントナイトペレット

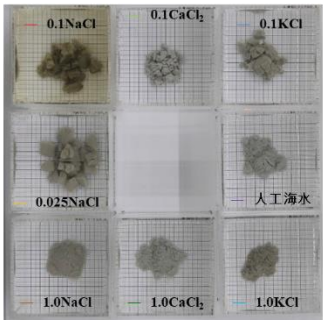
図－2　クニゲル GX

3. 試験方法

上記の各溶液で満たしたアクリル製の 8 個の容器を 2 組用意し, 1 組目にはベントナイトペレットを，2 組目にはクニゲル GX をそれぞれ 1 粒ずつ浸漬させた. 各容器の上方にデジタルカメラを設置して定点撮影を行い, その画像上での供試体の正射影面積の経時変化から膨潤量を評価した.

4. 試験結果

図－3 に，第 1 回試験における浸漬開始から 64 日目のペレットの定点撮影画像を示す．また，2 回の試験における浸漬時間と正射影面積(供試体の膨潤量)の関係を表すグラフを**表－1** にまとめる．



図－3 第 1 回試験で浸漬開始 64 日後のペレット

ペレットが供試体のケースでは，1.0NaCl，1.0$CaCl_2$，1.0KCl および人工海水に浸漬すると試験開始直後から膨潤量が大きく，30 分程度で定常状態に至った．これは，イオン強度が大きいほど膨潤が抑制され，急速にペレット深部へ水溶液が浸潤したことが原因と考えられる [1]．なお，正射影面積の変化率が概ね 1%以内となったとき，定常状態に至ったものと評価した。

一方，0.1NaCl，0.1$CaCl_2$，0.1KCl および 0.025NaCl に浸漬したペレットは，試験開始から 15 分ほど経過した時点から緩やかに膨潤し, 8 日目頃に挙動は定常となった. 最終的な正射影面積は, 0.025NaCl へ浸漬した場合が最大で,

キーワード：放射性廃棄物，地層処分，ベントナイトペレット，浸漬，膨潤
連絡先　〒182-0036　東京都調布市飛田給 2-19-1　鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-485-1111

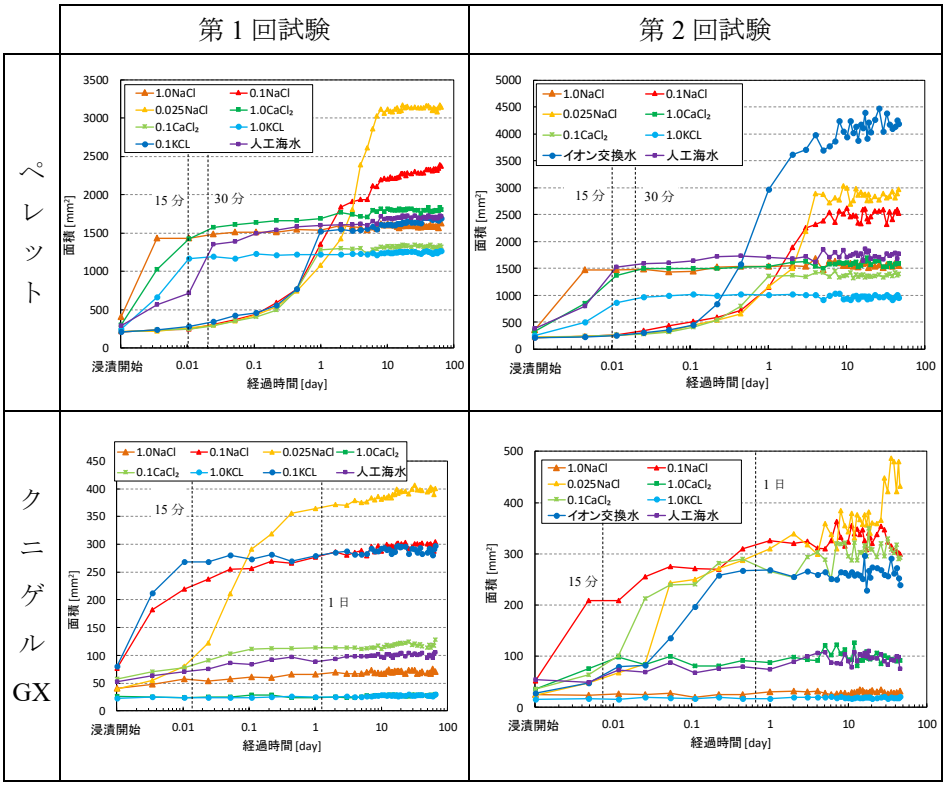
© Japan Society of Civil Engineers

他の溶液の 2 倍前後であった．以上の傾向は 2 回目の試験でも同様であったことから，再現性を確認することができた．

次に，クニゲル GX を供試体として用いたケースでは，第 1 回試験で 1.0NaCl に浸漬すると緩やかに膨潤して 1 日ほどで挙動は落ち着き，1.0$CaCl_2$ に浸漬するとほとんど膨潤しなかった．一方，第 2 回試験で 1.0NaCl に浸漬するとほとんど膨潤せず，1.0$CaCl_2$ に浸漬すると緩やかに膨潤して 15 分ほどで定常状態となり，再現性を確認することができなかった．

このため，任意に 5 粒ずつ選んだクニゲル GX を 1.0NaCl および 1.0$CaCl_2$ に浸漬し，約 20 分間その挙動を観察した．**表－2** に，浸漬開始直後および 20 分後のクニゲル GX の画像を示す．どちらの溶液に浸漬した場合でも，膨潤した原鉱石と変化のない原鉱石とが存在する結果となった．また，比較的暗灰色に近い原鉱石はほとんど変化しておらず，反対に白色に近い原鉱石は膨潤していることが認められた．このことから，クニゲル GX は，原鉱石ごとの含有鉱物の違いによって膨潤性が異なる可能性が考えられる．

表－1　浸漬時間と正射影面積（膨潤性）の関係



表－2　クニゲル GX の膨潤挙動

	1.0NaCl	1.0$CaCl_2$
浸漬開始直後		
20 分経過後		

５．おわりに

本報文では，ベントナイトペレットおよびクニゲル GX を様々な水溶液に浸漬し，水質がそれらの膨潤性に与える影響を評価した．供試体がペレットの場合，0.025NaCl へ浸漬したペレットの膨潤量が最大となり，イオン強度が小さい水溶液ほど膨潤量が大きいことが確認できた．また，溶液ごとに膨潤挙動の再現性も確認できた．一方，クニゲル GX を浸漬する場合，同じ溶液中であっても膨潤する原鉱石とほとんど変化しない原鉱石が存在することが分かった．これらのことから，ボーリング孔の閉塞材としてベントナイトを用いる際は，溶液ごとに膨潤挙動の再現性が確認でき，かつ地下水の水質が膨潤性に及ぼす影響を事前に室内試験により把握できるベントナイトペレットを閉塞材として用いることが望ましいと考えられる．

なお，本報文は原子力発電環境整備機構からの委託による「ボーリング孔の閉塞技術の検討(2018)」の成果の一部である．

参考文献

1)T.ISHII,M.KAWAKUBO,H.ASANO,I.KOBAYASHI,P.SELLIN,D.LUTERKORT,P.ERIKSSON : A resistivity-based approach to determining the rates of groundwater seepage into buffer materials, Geological Society London, Special Publications,pp.205～212,2019.

© Japan Society of Civil Engineers