

熱特性からみた隙間充填材としてのベントナイトペレットの適用性

核燃料サイクル開発機構 正会員 ○鈴木英明*, 杉田裕
非会員 川上 進

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物の地層処分において、人工バリアは遠隔の搬送・定置装置により設置される。緩衝材の施工法の一つであるブロック方式による緩衝材の設置では、装置のクリアランスとして、緩衝材と岩盤およびオーバーパックとの間に隙間が生ずる可能性がある。これらの隙間を処置する充填材の一つに、ベントナイトをペレット状に高い密度で圧縮成型したもの（以下、ペレットという）がある¹⁾。隙間に充填されたペレットは地下水と接触することにより膨潤し、緩衝材の密度低下を防止するとともに、人工バリアの熱伝導性や密閉性を向上させることが期待されている。これまでに、隙間充填材としてのペレットの適応性に関する検討が行なわれている²⁾。ペレットを用いた隙間処置の方法としては、単にペレットを隙間に充填するだけでなく、水を同時に充填してペレットの膨潤を促進させる方法や、隙間部分の緩衝材密度をより大きくするために、ペレットと粉末ベントナイトを合わせて充填する方法などが考えられる。ここでは、これらの隙間処置方法を模擬した実験において熱物性を測定したので報告する。

2. 試験方法および試験条件

試験に用いたペレットの形状を図1に示す。ベントナイト材料は、山形県月布産のクニゲルV1である。ペレットは打錠法により製作した。ペレット1個当たりの平均値は、質量1.24g、体積0.59cm³、含水比9.5%、乾燥密度1905kg/m³である。

熱物性の測定には、面熱源法のホットディスク法熱物性測定装置を用いた。本装置は、センサーに電流を流し一定量発熱させ、センサーの温度上昇から熱伝導率と熱拡散率を同時に求めるものである。センサーは、二重ラセン構造となっており、発熱源であるとともに温度変化をセンサーの電気抵抗の変化として捉える構造となっている。試験は、直径50mm、高さ30mmの容量を持つアクリル製の試験カラム内に試料を充填し、その中心部にセンサーを埋設して実施した（図2参照）。試料は、ペレット単体の場合と、ペレット間の隙間を粉末ベントナイトで満たした場合の二通りとした。ペレットはいずれの場合も54個とした。水の供給方法としては、試験カラムに充填したペレット間の隙間を速やかに水で満たした場合と、水面を試料下面に設定して試料に水を吸水させた場合の二通りとし、水の浸潤にともなう熱物性の変化を測定した。試験条件を表1に示す。

3. 試験結果

水の浸潤にともなう試料の変化の様子を表2に示す。ペレットの隙間を速やかに水で満たしたcase1の場合、ペレットは直ちに膨潤を始め、試験開始10日後には、目視できる範囲においてペレット間の隙間が消滅する結果であった。そして、14日後の試験終了時には、個々のペレットが膨潤して結合し、ペレット間の隙間が消滅した状態となっていた（表2右上）。水面を試料下面レベルに設定し、ペレットに水を吸水させたcase2の場合、試験開始10日後の時点において、ペレットが膨潤して隙間が消滅したのは、試料下部1/3程度であった。そして、約40日経過しても試料上部のペレットは完全に膨潤しておらず、ペレット間の隙間が消滅していない状態であった（表2右中）。

ペレットと粉末ベントナイトの混合体に水を吸水させたcase3の場合、試験開始10日後の時点において、試料の半分程度が水を吸収している様子が確認できた。そして、40日経過後、試料の上部まで水が浸潤しており、隙間は存在しないことが確認できた（表2右下）。

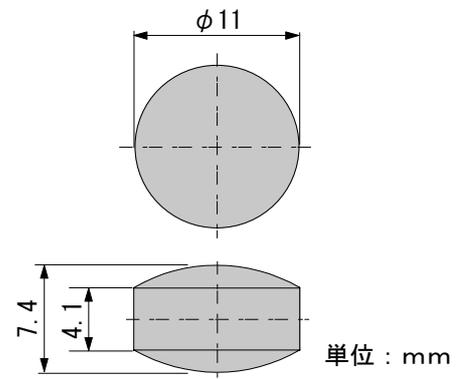


図1 ベントナイトペレットの形状

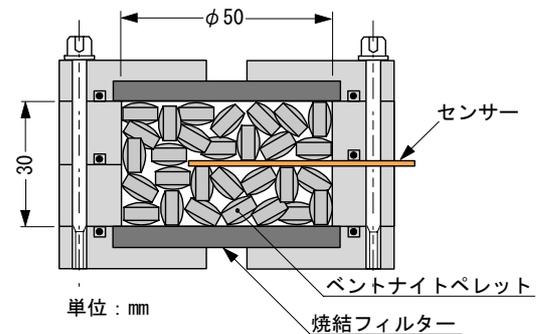


図2 熱物性の測定方法

表1 試験条件

	試料	水の供給方法
case1	ペレット	隙間を速やかに水で満たす (試験カラムを水没させる)
case2	ペレット	
case3	ペレット + 粉末ベントナイト (含水比10%)	試料に水を吸水させる (水面を試料下面レベルに 設定)

熱伝導率の測定結果を図3に示す。水を浸潤させる前の試験カラム内に充填した試料の熱伝導率は、case1 および case2 のペレット単体の場合が約 0.1 W/mK、case3 のペレットと粉末ベントナイトの混合体の場合が約 0.35 W/mK であった。ペレットの隙間を速やかに水で満たした case1 の場合、ペレットに自然に水を吸水させた case2 の場合に比べて、熱伝導率が定常となるのが速いことが分かる。また、定常時の熱伝導率は双方とも約 1.1 W/mK と同じであった。ペレットと粉末ベントナイトの混合体の case3 の場合、熱伝導率が定常となるのに 30 日程度を要した。そして、定常時の値は約 1.4 W/mK であり、ペレット単体の場合の case1 および case2 に比べて大きい結果であった。これは、試験カラム内の粘土密度が大きいためである（表3参照）。いずれのケースにおいても水の浸潤とともに熱伝導率は上昇しており、熱的観点からもペレットの充填材としての有効性を示すものと考えられる。

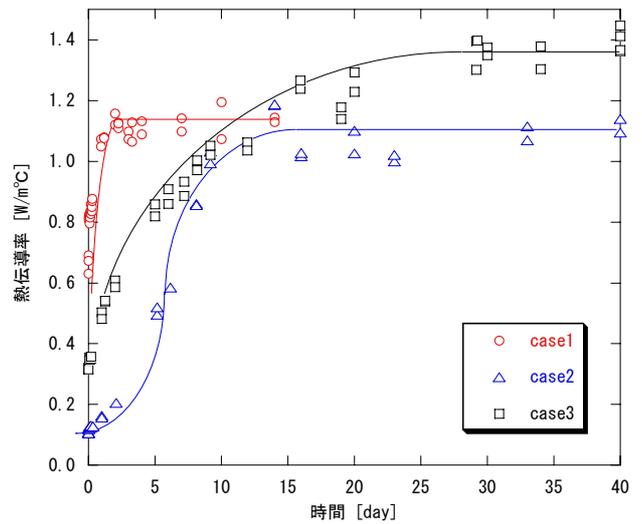


図3 熱伝導率の測定結果

表2 試料の変化の様子

	1日後	10日後	試験終了時の状態
case1			
case2			
case3			

4. おわりに

隙間充填材にペレットを用いる場合、水と同時に施工することで隙間を短期間で消滅させることができると考えるが、膨潤するペレットの膨出対策など作業工程が増える可能性がある。一方、地下水の湧水が極端に少ない環境においてペレット単体で施工した場合には、隙間の消滅に時間を要することが予想される。ペレットと粉末ベントナイトを合わせた施工では、充填部分の粘土密度を大きくすることができるため、ペレット単体に比べて高い熱伝導性を得ることができる。しかしながら、施工時の分離の問題や、粉塵が発生する可能性もあり定置装置等への影響が懸念される。

表3 試験終了時の試料状態量

	乾燥密度 [kg/m³]	含水比 [%]
case1	1003	63.53
case2	1001	63.68
case3	1275	42.55

【参考文献】1) 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—地層処分研究会開発の第2次取りまとめ— 分冊2 地層処分の工学技術, JNC TN1400 99-0222), 2) 杉田ら (2001)：ベントナイトペレットを用いた緩衝材の隙間充填に関する検討 (その1) ベントナイトペレット膨潤後の止水性に関する検討, 第56回土木学会年次学術講演会