

ベントナイトペレットの特性試験（その3） - ベントナイトペレットの熱物性及び透水特性 -

原子力環境整備促進・資金管理センター 正会員 ○竹ヶ原竜大 増田良一*
 ハザマ 正会員 千々松正和
 日揮 正会員 高尾肇 上坂文哉

1. はじめに

筆者らは既報にて、高レベル放射性廃棄物の地層処分において、緩衝材と岩盤の間及び緩衝材と廃棄体の間に発生する施工上の隙間を充填ための有力な材料である種々のベントナイトペレットの充填特性¹⁾、熱物性及び膨潤特性²⁾について報告した。ベントナイトペレットの用途としては、隙間充填材に加え、緩衝材材料としての使用が検討された例もある³⁾。そこで、本報告では、ベントナイトペレットの緩衝材への使用を視野に入れ、昨年度に引き続き熱物性を取得し、さらに透水性について検討を行った結果を述べる。

2. ベントナイトペレットの熱物性

試験材料として、2種類のベントナイトペレット(Tablet型、CIP型)を用いた。Tablet型は、ブリケット装置に粉末ベントナイト(クニゲル V1 (クニミネ工業(株)製)を投入することにより得られたシート状の製品を、解砕器で板部分と製品部分を分離したものである。形状は、長辺が9.5mm、短辺が8mm、最大厚さが約6mmである。図1にTablet型の写真を示す。CIP型は冷間等方圧プレス(CIP: Cold Isostatic Pressing、以降CIPとする)装置を使用してベントナイトを圧縮成形したものである。成形品はほぼ球型である。図2にCIP型の写真を示す。本試験では、直径約20mmと直径2mmのものを重量比で1:1の割合で混合したものを用いた。Tablet型及びCIP型の20mm品、2mm品の粒の乾燥密度はそれぞれ、1.98、2.00、1.92g/cm³であった。

ベントナイトペレットの熱物性として、熱伝導率を測定した。本試験では、同じ材料を2種類の装置を用いて測定した。一つは市販の熱伝導率測定器であるQTM迅速熱伝導率計(昭和電工株式会社製)であり(以下QTM法)、もう一つは、直径300mm、高さ460mmの容器にプローブと熱電対を設置した装置である(以下、プローブ法)。QTM法では、測定器より一回り大きい寸法のバットにベントナイトペレットを広げ、バットの容積とベントナイトペレットの重量からかさ充填密度を算出した。プローブ法でも同様にかさ充填密度を測定した。QTM法で測定したときの材料の平均かさ乾燥密度は、Tabletが0.996g/cm³、CIP型が1.390g/cm³である。同様に、プローブ法においては、Tabletが1.104g/cm³、CIP型が1.444g/cm³である。この平均かさ密度の違いは、QTM法では、試料をバットに敷き詰めたのに対し、プローブ法では、容器の深さが460mmあったため、試料を容器に投入する際に試料を落下させる必要があり、敷き詰める場合と比べて、落下高さが高かったことが原因と考えられる。図3に熱伝導率とかさ密度の関係を示す。図3から、QTM法とプローブ法の測定方法の違いによる影響は顕著ではなく、Tablet型で0.12~0.15W/m、CIP型で0.17~0.20W/mと、ほぼ同等の測定結果が得られた。ただし、前述したように、センサー長さに対して試料サイズが相対的に大きいと測定値がばらつく原因になるため、十分な長さのセンサーを用いて測



図1 Tablet型



図2 CIP型

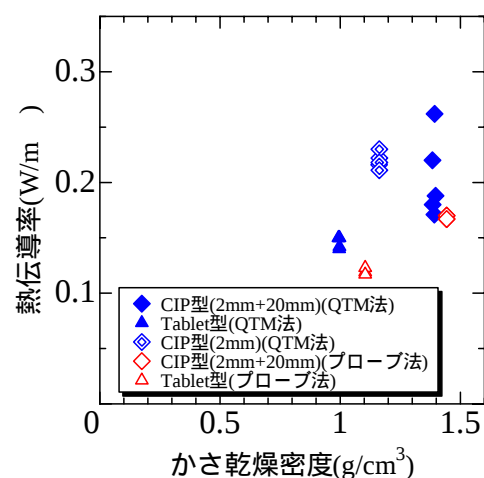


図3 かさ乾燥密度と熱伝導率の関係

キーワード 放射性廃棄物、ベントナイトペレット、熱伝導率、透水係数

* 連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門2丁目8番10号 TEL03-3504-1506、FAX03-3504-1297、E-MAIL: masuda@rwm.or.jp

定を行う必要があることが示唆される。この意味においては、今回プローブ法で用いた測定機器は、20mm 程度の粒状試料に対して十分な測定精度を有していたと考えられる。

3. ベントナイトペレットの透水特性

試験材料として、4 種類のベントナイトペレット(Tablet 型、Chunk 型、Granulate 型、CIP 型)を用いた。Chunk 型はクニゲル V1 の圧縮成形体を解砕したものである。Granulate 型は、クニゲル V1 の原鉱を粗砕したものである。これら 4 種類の材料を透水試験セル内($\phi 60\text{mm} \times h20\text{mm}$)に充填した。充填密度(かさ湿潤密度)は Tablet 型が 1.078、Chunk 型が 1.154、Granulate 型が 1.259、CIP 型が 1.685 g/cm^3 であった。図 4 及び図 5 にそれぞれ Chunk 型及び Granulate 型の透水セル内への充填状況を示す。

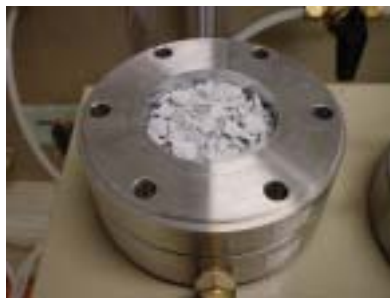


図 4 Chunk 型充填状況

図 5 Granulate 型充填状況

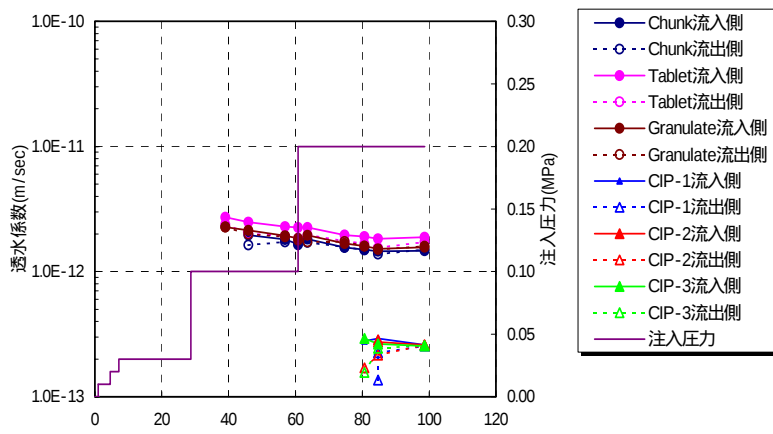


図 6 透水係数及び注入圧力の経時変化

透水試験は定水位法で行った。注入量および排水量から算出した各試験試料の透水係数の経時変化を図 6 に示す。CIP 型以外の試料の透水係数は約 $2 \times 10^{-12} \text{ m/s}$ となっている。CIP 型の透水係数は約 $2 \times 10^{-13} \text{ m/s}$ であり、Tablet 型、Chunk 型、Granulate 型と比較して 1 オーダー低い値となっている。

今回取得したベントナイトペレットの透水係数は、同程度の乾燥密度に相当する締固めたベントナイトの透水係数と同等であった。このことは、単位体積あたりのベントナイト量が同じであれば、ベントナイトペレットの透水性は締固めたベントナイトと同等であることを示している。

4. ベントナイトペレットの特性値評価

今回取得したベントナイトペレットの熱伝導率及び透水係数を、第 2 次取りまとめ⁴⁾において示された、リファレンスの緩衝材仕様（乾燥密度 1.6g/cm^3 、ベントナイト配合率 70%）と比較・評価を行った。

熱伝導率は、第 2 次取りまとめでは $0.5 \sim 1.5 \text{ W/m}$ （含水比の違いにより幅がある）であるのに対して、ベントナイトペレットでは、 $0.12 \sim 0.17 \text{ W/m}$ と約 $1/4 \sim 1/12$ の値となっている。

透水係数は、第 2 次取りまとめでは約 $5 \times 10^{-13} \text{ m/s}$ となっているのに対し、ベントナイトペレットでは、CIP 型で約 $2 \times 10^{-13} \text{ m/s}$ と、ほぼ同等の値となっている。以上のことから、ベントナイトペレットは、締固めたベントナイトとの比較において、止水性は同等であるものの、熱伝導性については、性能が劣ると考えられる。この点については、締固めたベントナイトにより廃棄体を支持し、その周りにベントナイトペレットを施工するなど、熱伝導性を改善する必要があると考えられる。

5. 今後の予定

既往の報告やこれまでに取得した、熱、膨潤、透水特性データに基づいて、ベントナイトペレットの特性の定式化を試みる。また、ベントナイトペレットを緩衝材として使用する場合の定置システムの検討として人工バリアの設計及び定置方法等について検討を実施する。なお、本報告書は経済産業省からの委託による「地層処分技術調査等」の成果の一部である。

【参考文献】

1)上坂ら(2002): ベントナイトペレットの特性試験(その 1)-ベントナイトペレットの熱物性および膨潤特性-、第 57 回土木学会年次学術講演会、2)高尾ら(2002): ベントナイトペレットの特性試験(その 2)-ベントナイトペレットの熱物性および膨潤特性-、第 57 回土木学会年次学術講演会、3)Jukka-Pekka Salo et. al (1989): BENTONITE PELLETS, AN ALTERNATIVE BUFFER MATERIAL FOR SPENT FUEL CANISTER DEPOSITION HOLES, Sealing of Radioactive Waste Repositories, Proc. Of NEA/CEC Workshop、4)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