

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－

原子力環境整備促進・資金管理センター
ハザマ
日揮

正会員 高尾肇*、増田良一
正会員 ○雨宮清、千々松正和
正会員 竹ヶ原竜大

1.はじめに

高レベル放射性廃棄物の地層処分においては、緩衝材と岩盤の間および緩衝材と廃棄体の間に施工上の隙間が発生する。この隙間は何らかの材料で充填されると考えられる。隙間を充填することは、廃棄体の発生する熱の放出に対して有利になり、処分場規模を小さくし工事量の低減に寄与できる可能性があり、また、止水性やシール性に対して有利になると考えられる。ここでは、（その1）において製作されたベントナイトペレット¹⁾に対して実施した熱物性試験および膨潤特性試験の結果を報告する。

なお、本研究は経済産業省からの委託として、処分サイトの多様性を念頭に置き、緩衝材定置技術に関する幅広い技術メニューの提示を目的として実施中の研究の成果の一部である。

2.ベントナイトペレットの充填性

各ベントナイトペレットの充填性を確認するために、かさ密度の測定を行った。測定は一定容量の容器にペレットを自然充填することにより行った。容器の体積は 2650.72cm³ である。測定は5回ずつ実施しているが、各回で大きなばらつきはみられなかった。また、次式より有効モンモリロナイト密度 ρ_{em} (g/cm³)を算出し整理した。図-1 には各ベントナイトペレットのかさ乾燥密度の平均値、図-2 には有効モンモリロナイト密度を示す。

$$\rho_{em} = C_m \rho_e / \{100 - (100 - C_m) \rho_e / \rho_{nm}\} \quad (1)$$

ここで、 C_m はモンモリロナイト含有率(%), ρ_e は有効粘土密度(g/cm³)、 ρ_{nm} はモンモリロナイト以外の鉱物の土粒子密度(g/cm³)である。ここで、 ρ_{nm} は 2.81 g/cm³ とした²⁾。

自然充填時のかさ密度は大きい順に Granulate 型、Chunk 型、Tablet 型となった。また、モンモリロナイト含有率はGranulate型が51.4%、Chunk型およびTablet型が58.6%であった。Granulate型を充填した際の乾燥密度はChunk型と比べても0.1g/cm³以上大きい、モンモリロナイト含有率が小さいため有効モンモリロナイト密度で整理すると、その差は小さくなり0.02g/cm³程度となっていることが分かる。

3.ベントナイトペレットの熱物性

ベントナイトペレットを充填した時の熱物性を比較法による非定常熱線法より取得した。本手法は、核燃料サイクル開発機構(JNC)における「第2次取りまとめ」においても使用された手法である³⁾。材料をバットに敷

き詰めた状態で計測を行った。ベントナイトペレットを充填した場合のように空隙の大きい媒体においては熱源の接触具合により計測値にばらつきが出てくると考えられるため、同一試料に対して5回計測を行った。また、参考のために粉末ベントナイトおよび7号ケイ砂に関しても計測を行った。図-3 には各材料に対する熱伝導率の測定結果とかさ密度との関係を示す。ここでは、JNCにおいて取得され

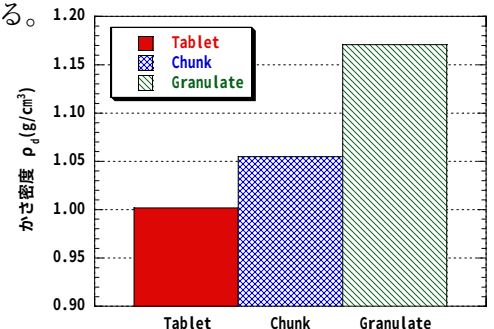


図-1 各試料の充填時の密度比較

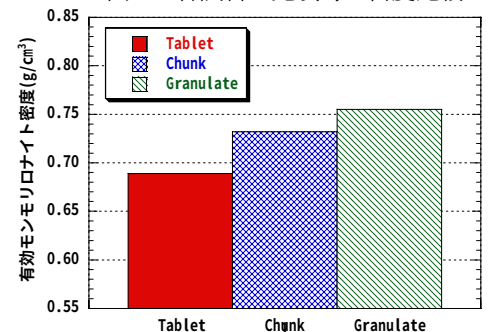


図-2 各試料の有効モンモリロナイト密度

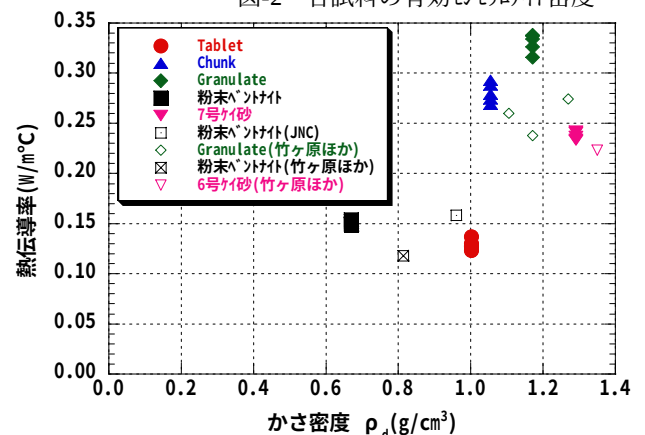


図-3 各試料の熱伝導率比較

キーワード 放射性廃棄物、ベントナイトペレット、熱物性、膨潤圧

*連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門2-8-10 TEL:03-3504-1081、FAX:03-3504-1297、E-MAIL: takao@rwmc.or.jp

た粉末ベントナイトのデータ³⁾ および竹ヶ原らにより測定された結果⁴⁾ も合わせて示している。全体的にかさ密度が大きくなるほど、熱伝導率の値が大きくなるという結果が得られている。Chunk 型および Granulate 型に関しては、ケイ砂よりかさ密度は小さいものの、充填性が高いため熱伝導率が大きくなったものと考えられる。逆に Tablet 型に関しては、粉末ベントナイトに比べかさ密度は大きいものの、熱伝導率は小さくなっている。これも充填性に影響を受けたためと考えられる。したがって、Tablet 型を充填する際には、異なる粒径のペレットを用意し、粒度を良くし充填性を上げることにより、改善は図られるものと推察される。また、同じ粉末ベントナイトのデータに関して、今回取得したデータと JNC および竹ヶ原らのデータを比較すると、今回のデータの方はかさ密度は小さいものの熱伝導率はほぼ同程度の値を示している。これは、今回用いた粉末ベントナイトの含水比が高いためであると考えられる。このように熱物性は材料の含水比に大きな影響を受けるため、ペレット等の材料に関しても、ペレット間の隙間に水を浸潤させておくことにより熱伝導性の向上は図れるものと思われる。

4. ベントナイトペレットの膨潤特性

各材料に対して実施した測定結果を図-5 に示す。Tablet 型および Chunk 型においては、試験開始直後の1日程度で膨潤圧は急激な立ち上がりを見せている。この期間では試験セル内全体に水が浸潤し、その結果、セル内のペレットすべてが膨らもうとすることにより急激な膨潤圧が発生したものと考えられる。その後は、ペレット間の隙間を充填するように膨潤が進んでいくため、試験セル上部にて計測される膨潤圧の上昇量は少なくなっており、Tablet に関しては逆に膨潤圧が小さくなっている。その後、ペレット間の隙間が無くなってくると、試験セルの上部において再度膨潤圧の上昇が計測されるようになり、ほぼ20日程度で定常となっている。一方、Granulate 型も、試験開始直後の膨潤圧の発生は見られるものの、上昇率は Tablet 型および Chunk 型に比べて小さい。また、Tablet 型および Chunk 型とは違い、その後も膨潤圧は緩やかに上昇し続け、定常となる時間も40日程度と遅くなっている。定常となった時の膨潤圧は Tablet 型および Chunk 型で約0.16MPa、Granulate 型で約0.14MPaである。また、図-6 には小峯らにより提案された膨潤評価式²⁾ による算出された有効モンモリロナイト密度と膨潤圧の関係との比較を示す。膨潤評価式における n は緩衝材・埋め戻し材中の補正イオン濃度を表している。蒸留水を用いて圧縮成型供試体により実施された膨潤試験結果では $n=30\sim50\text{mol/m}^3$ で実験値と計算値がよく一致するとされている。ここでは $n=40\text{mol/m}^3$ の計算結果を示している。同図より、ベントナイトペレットにより発生する膨潤圧も膨潤評価式により十分評価可能であることが分かる。

5. おわりに

隙間充填材として考えられているベントナイトペレットの熱物性および膨潤特性の取得を行った。今後は、透水性等を含めた特性データの蓄積、隙間への充填性の検討およびベントナイトペレットを緩衝材として使用することを想定した検討を実施する予定である。なお、本報告は経済産業省からの委託による「高レベル放射性廃棄物処分事業推進調査」の成果の一部である。

参考文献

1) 上坂文哉、竹ヶ原竜大、高尾肇、増田良一、雨宮清、千々松正和(2002): ベントナイトペレットの特性試験(その1)ーベントナイトペレットの製作方法の検討および製作ー、第57回土木学会年次学術講演会、2) 小峯秀雄、緒方信秀: 高レベル放射性廃棄物処分のための緩衝材・埋戻し材の膨潤評価式の提案ー砂とベントナイトの配合割合およびベントナイト中の陽イオンの種類・組成の影響ー、電力中央研究所報告、研究報告 U99013、1999、3) 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ー地層処分研究会開発の第2次取りまとめー 分冊2 地層処分の工学技術、JNC TN1400 99-022、4) 竹ヶ原竜大、高尾肇、佐藤由子、和田英孝、荒岡邦明、中嶋幸房、幾世橋広、植田浩義、木元崇宏(2000): すきま充填材としてのベントナイト特性に関する研究(その2)ーすきま充填材の熱物性値評価ー、第55回土木学会年次学術講演会

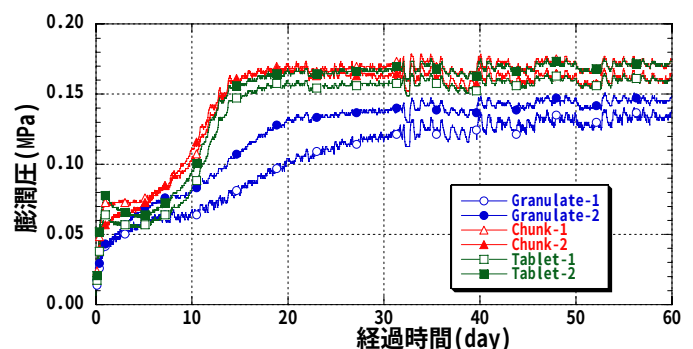


図-4 ベントナイトペレットの膨潤圧の経時変化

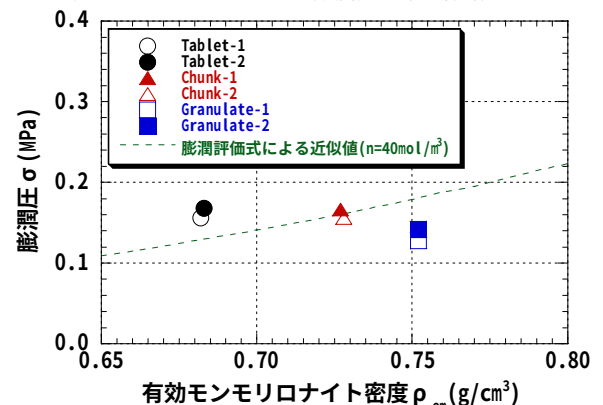


図-5 膨潤評価式との比較