

## 地層処分におけるベントナイトオプションの検討 ベントナイト混合土の水分ポテンシャルと熱伝導率の測定

安藤ハザマ 正会員 ○伊藤歩夢, 千々松正和  
電力中央研究所 正会員 横山信吾, 渡邊保貴  
原子力発電環境整備機構 正会員 山本陽一, 後藤考裕

### 1. はじめに

本研究では人工バリア材料の合理的な選定や仕様設定に資することのできる多様な選択肢を示すことを目的として、これまで優先的に検討されてきた材料<sup>1)</sup>に加えて産地やタイプの異なる複数のベントナイトの特性データを様々な環境条件を考慮して取得し、地層処分への技術的な成立性を確認するための検討を実施する。本報告では、ベントナイト混合土の水分ポテンシャルと熱伝導率の測定結果について報告する。

### 2. 使用材料

使用材料として、Na型ベントナイトのベントナイトAとB、Ca型ベントナイトのベントナイトDを用いた。各ベントナイトの基本特性を表1に示す。それ以外の特性は関連の報告<sup>2)</sup>を参照して頂きたい。ベントナイトBとDを比較すると、Bの方がメチレンブルー吸着量(MBC)と膨潤力が大きい。また、液性限界と塑性限界の値もBの値のほうが高い。母材である砂は三河産ケイ砂6号(土粒子密度 $2.659\text{Mg/m}^3$ )を用いた。

表1 使用したベントナイトの基本特性

ベントナイト	A	B	D
土粒子密度 ( $\text{Mg/m}^3$ )	2.753	2.620	2.567
液性限界 (%)	436.4	238.9	93.6
塑性限界 (%)	26.4	39.8	30.3
MBC ( $\text{mmol/100g}$ )	94	95	82
膨潤力 ( $\text{ml/2g}$ )	19.0	14.0	6.5



サイクロメータ法 (WP4C)



サイクロメータ法 (PSΨPRO)

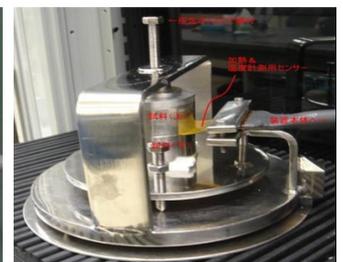
図1 保水性試験装置

### 3. 試験ケースおよび測定方法

ベントナイトBとCはベントナイト混合率30%、50%、100%の3ケースに対して、ベントナイトAは100%の1ケースに対して保水性試験を行った。熱伝導率の測定はベントナイトDのベントナイト混合率30%、50%、100%の3ケースに対して実施した。ベントナイトAに関しては、JAEAにより熱伝導率が測定された結果があり<sup>4)</sup>、この測定値との比較を行った。ケース名はベントナイト名(A, B, D)と混合率の組み合わせで表記した。(例えば、ベントナイトBの混合率が50%であれば「B050」である。)水分ポテンシャルの測定は、蒸気圧法、サイクロメータ法(露点法:WP4C, 冷却鏡法:PSΨPRO)により行った。熱伝導率の測定には、QTM法(迅速熱伝導率計)とHD法(ホットディスク法)を用いた。保水性試験のうちのサイクロメータ法で使用した試験装置を図1に、熱伝導率の測定状況を図2に示す。保水性試験は粉末状の試料を用いての測定である。熱特性試験の供試体の寸法は、QTM法が $150\text{mm}\times 60\text{mm}\times 20\text{mm}$ 、HD法が $\phi 50\text{mm}\times \text{H}20\text{mm}$ である。HD法は2個の供試体の間にセンサーを設置して測定する。



QTM法



HD法

図2 熱伝導率の測定状況

### 4. 試験結果

保水性試験の結果を図3に示す。図3①より、含水比と水分ポテンシャルには反比例の関係が成り立つことが分かる。含水比をベントナイト混合率で補正したグラフが図3②である。ベントナイトの種類が同じであれば、ベントナイト混合率で補正した含水比と水分ポテンシャルには相関性があるといえる。

キーワード: 放射性廃棄物, 地層処分, ベントナイト, 水分ポテンシャル, 熱伝導率

連絡先: 〒305-0822 茨城県つくば市荻間 515-1 TEL: 029-858-8810 FAX: 029-858-8829 E-mail: ito.ayumu@ad-hzm.co.jp

このことから、混合土中のケイ砂が水分ポテンシャルに与える影響は小さいと考えられる。図3③はモンモリロナイト含有率で含水比を補正したグラフである。モンモリロナイト含有率で補正するとベントナイトの種類によらず一義的な関係が認められた。このことからベントナイトの水分ポテンシャルはベントナイトのイオン型 (Na 型, Ca 型) に対する依存性は小さく、モンモリロナイト含有率に強い影響を受けると考えられる。

熱特性試験の結果を図4に示す。含水比が高くなるほど熱伝導率は大きくなるという傾向が見られた。またベントナイト混合率が低くなるにつれて熱伝導率は大きくなっている。これはベントナイトの混合率が低くなるにつれて、熱伝導率の高いケイ砂の体積が増えるためであると考えられる。HD法とQTM法の結果を比較した結果、簡易なQTM法でも高い精度でベントナイト混合土の熱伝導率を測定できることが分かった。乾燥密度と熱伝導率の関係を図5に示す。ベントナイト A は乾燥密度が高くなるほど熱伝導率が大きくなっており、A100\_pd=1.4 と D100\_pd=1.37 を比較すると、ほぼ同じ値となっている。すなわち、異なるベントナイト間でもベントナイト混合率と乾燥密度が同じであれば、含水比と熱伝導率の関係はほぼ等しくなると考えられる。

5. まとめ

各種ベントナイトの水分ポテンシャルと熱伝導率の測定を実施した。その結果、水分ポテンシャルはモンモリロナイト含有率で補正した含水比と相関性がある可能性があることが分かった。また、熱伝導率はベントナイトの種類にはあまり依存せず、混合率、密度、含水比に影響を受ける可能性があることが分かった。

【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 TN 1400 99-022, 1999. 2) 山本ほか (2019) : 地層処分におけるベントナイトオプションの検討 ベントナイトの物性および締固め特性, 第74回年次学術講演会 (投稿中). 3) 菊池広人, 棚井憲治 (2003) : 衝材の熱物性測定試験 (Ⅲ) —面熱源法による緩衝材熱物性の取得— (試験報告), 核燃料サイクル開発機構技術報告書, JNC TN8430 2003-009.

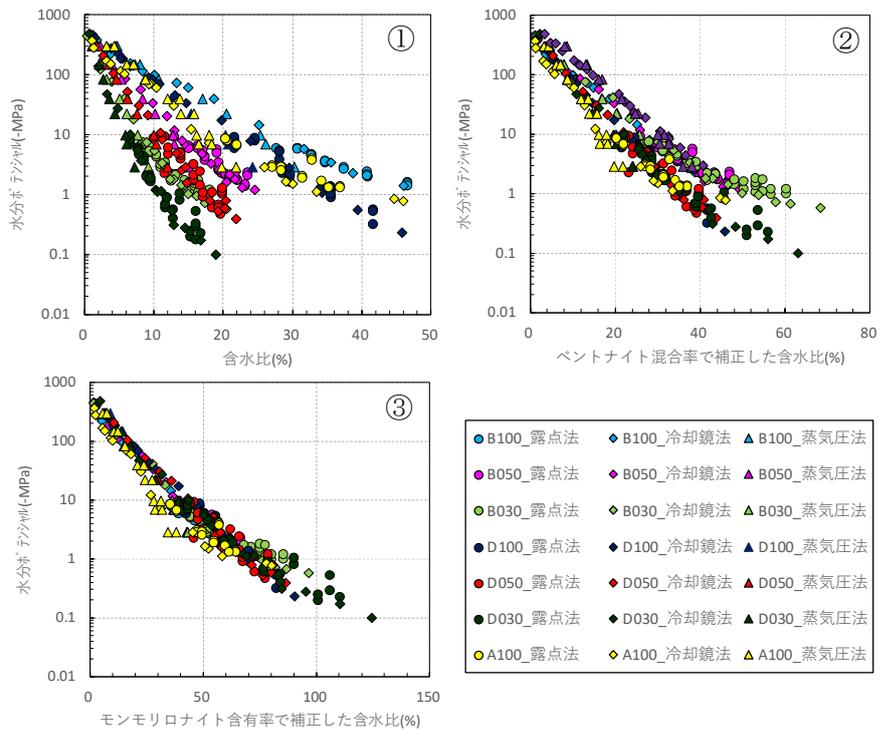


図3 水分ポテンシャルと含水比の関係

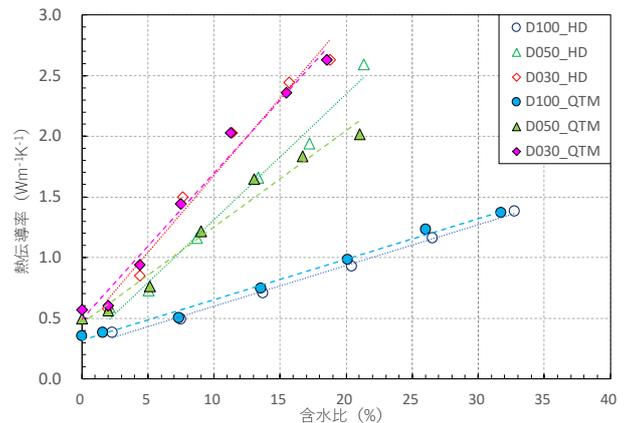


図4 含水比と熱伝導率の関係

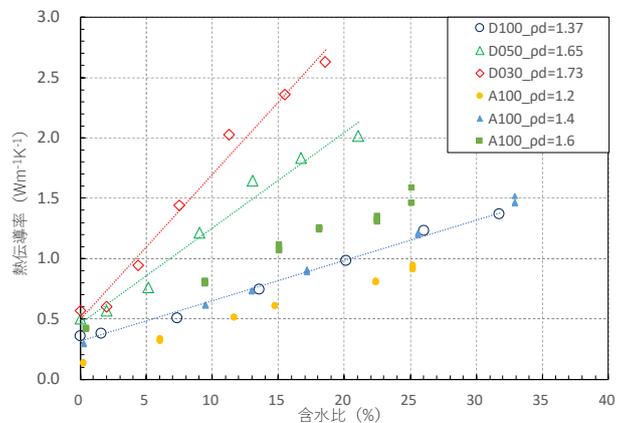


図5 異なるベントナイトの熱伝導率の測定結果の比較 (QTM法)