

高レベル放射性廃棄物地層処分における ベントナイト系バリアへの高温の影響の実験的研究

芝浦工業大学（学）○山元 茂弘（正）足立 格一郎（学）田邊 亮
大澤 真理子（現 町田市役所）（学）保田 崇

1. 研究目的

原子力発電の核燃料サイクル工程で発生する高レベル放射性廃棄物の処分方法として、現在最も実現性が高いとされているのが「地層処分」である。ここで用いられる多重バリアシステムは、人工の構造物（人工バリア）と天然の地層からなる多重の障壁によって廃棄物を人間環境から隔離するシステムで、人工バリアにはガラス固化体、オーバーパック、緩衝材が含まれる。緩衝材は、オーバーパックと岩盤の間に設置されるものであり、長期的な安全確保の観点から、オーバーパックの腐食と放射性核種の移動を抑制する事が基本的な要件となる。本研究では、放射性物質の崩壊に起因する熱が、緩衝材（ベントナイト・珪砂混合試料）にどのような影響を与えるかに着目し、室内高温試験を行い、緩衝材が人工バリアとして求められる機能を保持しうるかどうか検証することを目的とする。

2. 試料と試験方法

本研究では、Na型ベントナイト（クミニネ工業製 クニゲルV1）と、三河珪砂6号を試料として用いた。

①室内高温試験：供試体には、ベントナイトと珪砂の乾燥質量混合比が7:3、含水比が15%になるように調整したものを使用する。図-1のように、モールド中央に放射性廃棄物に見立てたヒーター（温度を90℃に設定）を設置し、ランマーを自由落下させて乾燥密度1.75Mg/m³になるように供試体を作製する（試験1）。試験2では供試体をブロック状にし、実際の処分の際にできると考えられる隙間を再現した。試験期間中は、供試体の膨潤量や供試体内の温度を測定する。試験終了時には、含水比試験や供試体の観察を行い、結果を考察する。各試験条件を表-1に示す。

②炉乾燥試料の液性・塑性限界試験：ベントナイト100%とベントナイト・珪砂混合試料の2種類それぞれを、所定の日数炉乾燥(110℃)した後、常温まで冷却し液性・塑性限界試験を行う。高温環境後に、ベントナイトのコンシステンシーが変化するかどうか調べる。

3. 結果および考察

①室内高温試験

・膨潤量：試験は、供試体外周および上下面を給水境界として行った。試験1では、約1ヶ月間の試験で約25%膨潤した。図-2はその様子を示しており、試験終了時においても、まだ膨潤途中であったことが読み取れる。試験2の膨潤率は、ブロック間の隙間(体積約21%)を埋める膨潤も含めて約62%であった。

・温度：ヒーターの熱による供試体内の温度上昇は、実験開始から約100分でほぼ一定の値となった。温度

キーワード：放射性廃棄物地層処分、ベントナイト系バリア、高温の影響、実験的研究、コンシステンシー

連絡先：〒108-8548 東京都港区芝浦3-9-14 芝浦工業大学土木工学科地盤工学研究室

TEL 03-5476-3048 FAX 03-5476-3166

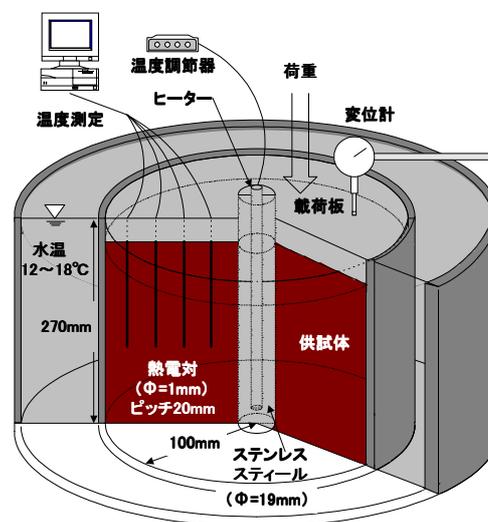


図-1 室内高温試験・試験装置

表-1 試験条件

	試験 1	試験 2
供試体初期高さ(H ₀) (mm)	100	100
ヒーター温度(℃)	90	90
上載圧(kPa)	49	49
試験期間(日)	30	43

勾配はヒーター付近で急になったが、これは、ヒーターの熱により水分が周囲に移動し含水比が下がって、熱伝導率も下がったためと考えられる。

・試験終了後：試験では、含水比の測定と供試体の観察を行った。含水比は、図-4 のとおりである。ヒーターから遠ざかるにつれて含水比が増加していることが見て取れる。試験 1, 2 共に、ヒーター付近の含水比は初期含水比よりも減少し、更に若干のクラックが観測された。これは、100℃近い高温の影響により、外部からの水の供給が十分に行われず、供試体が膨潤せずに隙間を充填することができなかつたことが考えられる。一方、試験 2 のブロック間の隙間は膨潤によって、完全に塞がっていた。

② 炉乾燥試料の液性・塑性限界試験

試験結果を図-5 に示す。炉乾燥後は、ベントナイトは液性限界・塑性限界共にやや増加する傾向にあるが、混合試料はあまり変化しないことが分かる。物質を吸着・結合する能力を示す活性度は、塑性指数の増加とともに増加するので、緩衝材にとっては良い傾向にある。ただし、400%を超える高い液性限界に比べ、増加の割合は小さく、110℃の加熱ではベントナイト鉱物の性質は大きくは変化しないといえる。

4.まとめ

ベントナイト・珪砂混合試料は、高温環境下においても十分な膨潤性・自己シール性を持ち、緩衝材としての適性を持つことが示された。ただし、ヒーター付近の高温による乾燥とクラックは、緩衝材として要注意の事象であり、供試体が十分に膨潤していない段階で発生すると、緩衝材機能に影響を与える可能性がある。また、長期にクラックが残存する可能性も考えられる。一方、ブロック施工時の隙間は、膨潤によって短時間で塞がるため、実際の処分の際には、大きな問題とはならないものと考えられる。

また、長時間、高温環境を経験した後も、ベントナイトのコンシステンシー特性に大きな影響のないことが示され、既往の研究結果と同様であった。

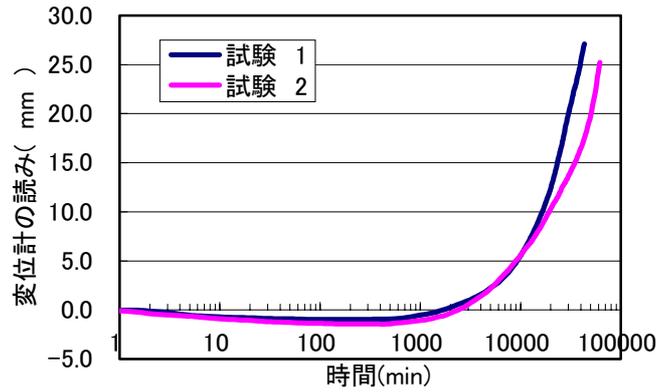


図-2 試験 1,2 膨潤量

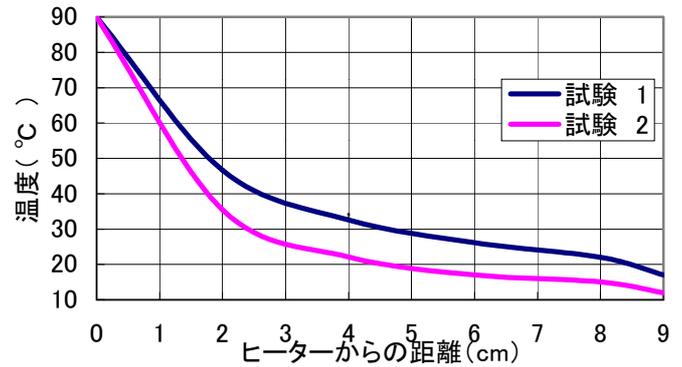


図-3 試験終了時 半径方向温度分布

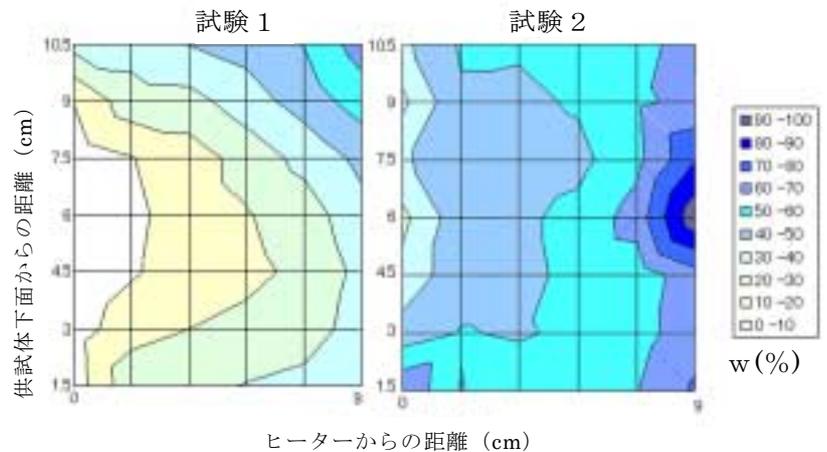


図-4 試験終了時 含水比分布

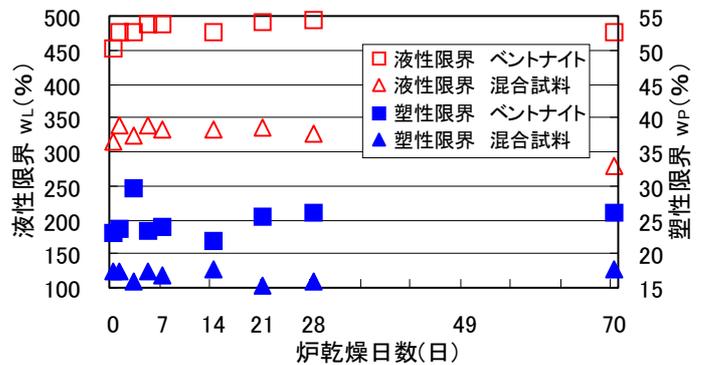


図-5 炉乾燥試料の液・塑性限界