

高レベル放射性廃棄物の温度によるベントナイト緩衝材の膨潤特性

福島工業高等専門学校	学生会員	○市川	希
福島工業高等専門学校	正会員	金澤	伸一
福島工業高等専門学校	学生会員	武藤	尚樹
福島工業高等専門学校	学生会員	小林	千莉
福島工業高等専門学校	学生会員	柳井	正樹
西松建設（株）技術研究所	正会員	石山	宏二

1. 研究背景および目的

地層処分時に廃棄体の周囲を覆う緩衝材には、ベントナイトと珪砂を混合した試料が用いられる。ベントナイトは著しい膨潤挙動や難透水性などを発揮することで、処分期間中の地下水の抑制、施工時に生じる岩盤と緩衝材の隙間の充填、クラックに対する自己シール性などが期待される。一方で、廃棄体は処分時に約 100℃ ほどの熱を発しており、熱の影響が緩衝材の膨潤特性に与える影響について把握する必要がある。また、緩衝材は施工後の再冠水に伴い徐々に飽和化していくが、その進行は緩慢であり、廃棄体に近い緩衝材ほど長期間不飽和状態で温度履歴を受けることが予想される。そこで本研究では、温度履歴および試験中の間隙水の温度変化がベントナイトの膨潤圧特性におよぼす影響について把握を行った。

2. 試験試料・実験装置

2-1. 試験条件

表 1 に、膨潤圧試験に用いた試験条件を示す。使用したベントナイトはクニミネ工業株式会社製のクニゲル V1（土粒子密度 2.61Mg/m³）である。試験試料はベントナイトと東北珪砂 8 号を 7：3 の割合で混合し常温で保管した自然含水比状態のものと、30℃、100℃に設定した炉乾燥機にて 2 ヶ月間の温度履歴を与えたのち、含水比調整を行ったものを用いた。その後、試料をモールドに投入し、油圧ジャッキを用いた静的締固め（8MPa、10 分間）によって、直径 28mm、高さ 10mm の円柱供試体を圧縮成型した。

2-2. 試験手順

図 1 に膨潤圧試験機の構成を示す。供試体はモールドごとペDESTALに設置し、試験機上部のピストンをクランプノブによって固定することで試験中の変位が生じないようにした。なお、この時に記録された鉛直圧を初期鉛直圧とした。その後、水槽内に所定の温度に保ったイオン交換水を水槽内に給水し試験を開始した。給水は供試体下面からのみ行い、上面を排気・排水境界とした。試験中の温度管

表 1 試験条件

履歴温度 (°C)	なし	30	100
試験温度 (°C)	30, 90		
含水比 (%)	7~9	3.6	2.2
飽和度 (%)	27~37	14.7	9.0
間隙比 (-)	0.647		
乾燥密度 (Mg/m ³)	1.6		
水質	イオン交換水		
モンモリロナイト含有率 (%)	36 (珪砂混合体)		

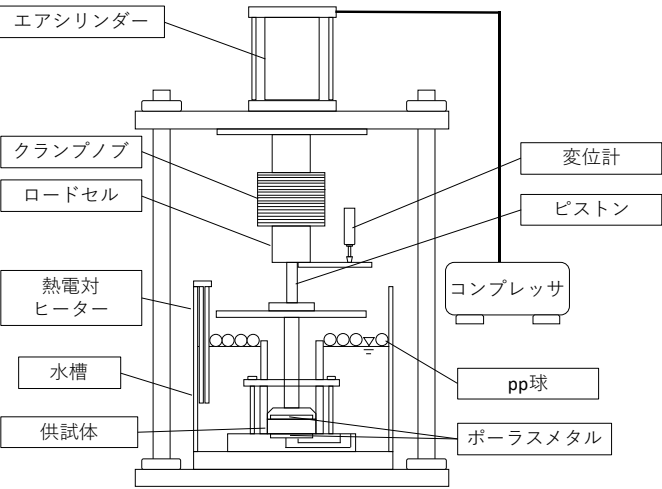


図 1 膨潤圧試験機の構成

キーワード：地層処分，高レベル放射性廃棄物，ベントナイト，温度，温度履歴
連絡先：〒970-8034 福島県いわき市平上荒川字長尾 30 福島工業高等専門学校 TEL 0246-46-0827

理はヒーター・熱電対，または温水循環装置を用いて行い，水面からの蒸発を防ぐために pp 球を水面に浮かべた．また試験中の供試体の拘束が維持されているかを確認するため，供試体上部に最小で 0.001mm まで測定可能な変位計を設置した．試験は膨潤圧が定常状態になった時点で終了した．

3. 試験結果

図 2 に温度履歴を与えていない試料に対して試験温度を 30℃，90℃とした場合の膨潤圧の経時変化と，図 3 に温度履歴を与えた試料に対して試験温度を 30℃，90℃とした膨潤圧の経時変化を示す．凡例には履歴温度，試験番号を示す．図 2 より試験温度 30℃では 5～6 時間で，試験温度 90℃では 20 分～60 分でそれぞれ一次ピークが確認され，その時の膨潤圧は図 2

(a) より 200kPa～400kPa，図 2 (b) より 1000kPa～1300kPa 程度であった．一次ピーク発現後，膨潤圧は減少し，再び増加したのちに平衡状態となった．平衡膨潤圧は，図 2 (a) より 300kPa，図 2 (b) より 700kPa ほどであった．以上のことから，締め固めたベントナイトは間隙水の温度が上昇することにより膨潤性が向上すると考えられる．温度上昇による膨潤性の向上は，児玉ら (2004)¹⁾による試験水の温度を制御した膨潤試験においても確認されている．膨潤性が向上する理由としては，電気二重層の拡大による粒子同士の斥力の増加，浸透圧の上昇，水の粘性低下による透水係数の上昇などが考えられる．

次に，温度履歴を与えた試料の膨潤圧試験結果を確認する．図 3 によると膨潤圧の経路は図 2 の結果と同様の傾向を示し，温度履歴を受けた試料においても試験時の間隙水の温度が上昇することにより膨潤性が向上する傾向が確認された．また，図 3 (c) ではピーク時の膨潤圧が 300kPa，平衡膨潤圧は 250kPa 程度，図 3 (d) ではピーク時の膨潤圧が 500～800kPa，平衡膨潤圧は 400kPa 程度であった．これらのことから，温度履歴による影響は試験時の間隙水の温度が高い方が顕著に表れると示唆される．

4. まとめ

本試験の結果，温度履歴に依らず，試験時の間隙水の温度上昇による膨潤性の向上が確認され，温度履歴を 2 ヶ月間受けた試料は膨潤圧が減少し，その割合は間隙水の温度が高いほど大きい傾向を示すことが確認された．今後は温度履歴期間，試験時間を長く設定することにより，長期的な膨潤性の変化について明らかにしていく．

【参考文献】

- 1) 児玉潤，足立格一郎，田邊亮，鈴木絵理子，山本茂弘：ベントナイト・珪砂混合試料の高温環境下での膨潤特性，土木学会論文集 No.764/III-67,319-328,2004,6

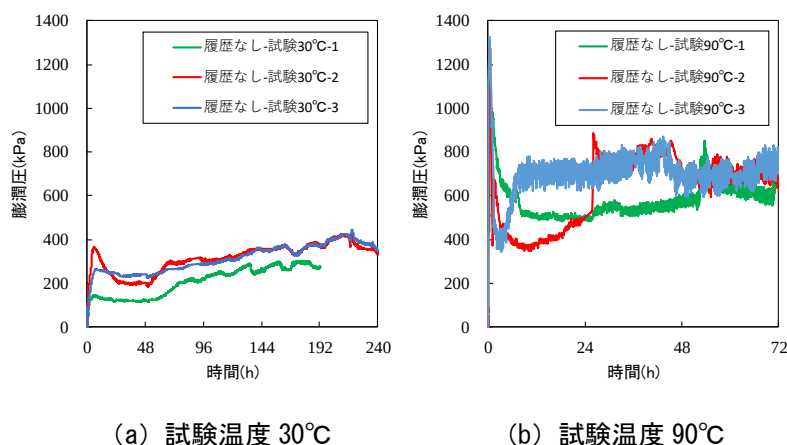


図 2 膨潤圧の経時変化（温度履歴なし）

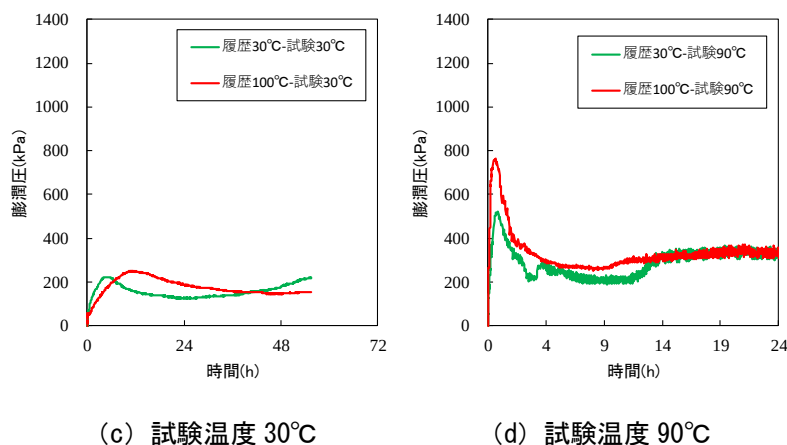


図 3 膨潤圧の経時変化（温度履歴あり）