

## Ⅲ-12

## 温度履歴を受けたベントナイトの膨潤変形について

(財) 電力中央研究所 正会員 小峯秀雄

(財) 電力中央研究所 正会員 ○緒方信英

(株) シーアールエス 正会員 田代勝浩

## 1 はじめに

高レベル放射性廃棄物の地下処分施設においては、難透水性、核種の吸着性の観点から、処分孔を埋め戻す材料（緩衝材）として高压で締固めたベントナイトの利用が考えられている<sup>(1)(2)</sup>。筆者らは、この締固めたベントナイトの膨潤特性について基礎的な調査・検討を行い、その評価方法を提案している<sup>(3)(4)(5)(6)</sup>。ところで実際の処分に当たり、ベントナイトは放射性廃棄物の崩壊熱を受ける可能性がある。この熱によりベントナイトの変質が懸念され、その膨潤特性も変化することが予想される<sup>(7)</sup>。そこで、本研究では、温度履歴を受けたベントナイトの膨潤変形について、室内実験により検討し考察を行った。

## 2 試料および試験方法

本研究で用いた試料は、モンモリロナイトの含有率が48%のNa型ベントナイトである。その基本的な土質定数は参考文献(3)(5)に詳述している。上記試料を、炉内温度がそれぞれ110℃、200℃、470℃に設定された乾燥炉に24時間放置し、3種類の温度履歴の異なる試料を作製した。各炉内の温度を測定したところ、110℃に設定した炉は110.0℃±1.0の範囲に、200℃に設定した炉は195.8℃±0.2に、470℃に設定した炉は471.3℃±7.0の範囲にあった。なお、本論文では、設定した温度を「履歴を受けた温度」として記述している。また、試料の含水状態は、24時間の乾燥炉内放置後、温度が22℃一定、相対湿度が約70%となる室内で保存したものと超音波加湿器を応用した試料加湿装置内に保存したものの2種類とした<sup>(3)</sup>。これらの試料と温度履歴を受けていない試料を円筒型モールド（内径60mm、高さ100mm）に投入し、2つのピストンを用いて試料上下端から15分間締固め圧力を加え供試体を作製した。供試体の寸法は直径60mm、高さ5mmとし、乾燥密度 $\rho_d$ は1.10～2.20g/cm<sup>3</sup>の範囲に設定した。膨潤変形試験装置は従来の圧密容器を改良したもので、供試体を設置するリングの内径は60mm、高さが50mmである。供試体を設置する際、供試体とリング間の摩擦を低減するためにシリコングリスをリング内壁に塗布する。そして、所定の鉛直圧を作用させた後、室温状態の蒸留水を流入させる。その直前から供試体の一次元膨潤変形量 $\Delta S$ を計測する。この一次元膨潤変形量を供試体作製時の高さ $H_0$ で除し100倍した値 $\varepsilon_s = \Delta S / H_0 \times 100$ を膨潤率と定義する。試験期間を7日間とし、試験終了後、リングから供試体を取り出し含水比測定を行った。全ての供試体の試験終了時点での飽和度は100～120%の範囲にあり、飽和しているものと考えられる。今回実施した鉛直圧 $\sigma_v$ は0.06、0.10および0.19kgf/cm<sup>2</sup>である。詳細な供試体作製方法および試験方法は参考文献(3)(5)を参照されたい。

## 3 温度履歴を受けたベントナイトの膨潤変形

図-1は、鉛直圧が0.10kgf/cm<sup>2</sup>で初期間隙比 $e_0$ が0.53～0.56、初期含水比 $w_0$ が6.88～10.4%の場合の試験結果を例示している。また、実施した試験の全結果を、参考文献(3)(5)で定義した最大膨潤率と初期間隙比の関係において整理し図-2に示す。なお、初期間隙比の算出の際に必要な土粒子の密度については、温度履歴による変化が予想されたので測定したところ、表-1のような結果になった。図-1,2に示す初期間隙比の算出には表-1の値を用いた。図-1,2から、470℃・24時間の温度履歴を受けたベントナイトの膨潤変形が大きく低下していることが分かる。また、110℃・24時間および200℃・24時間の温度履歴を受けたベントナイトの最大膨潤率と初期間隙比の関係は、温度履歴を受けていないベントナイトのそれと

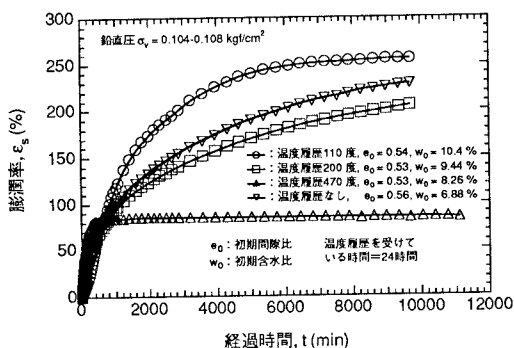


図-1 膨潤率の時間変化の一例  
(初期間隙比 $e_0=0.53-0.56$ , 初期含水比 $w_0=6.88-10.4\%$ )

大きな違いは見られていない。表-2に温度履歴を受けたベントナイトのモンモリロナイト含有率の測定結果を示す。これによると、470℃・24時間の温度履歴を受けたベントナイトのモンモリロナイト含有率が、110℃・24時間や200℃・24時間のベントナイトと比べて大きく低下していることが分かる。したがって、温度履歴によるベントナイトの膨潤変形特性の変化は、加熱によりモンモリロナイト含有率が変化することに主に起因していると考えられる。今回の試験結果から、ベントナイトは200℃以下で24時間の温度履歴であれば、その最大膨潤率はほとんど変化しないと思われる。しかし、実際にはベントナイトは長期間高温下に置かれると考えられるので、今後は温度履歴を受けている時間についても検討する必要がある。高レベル放射性廃棄物地層処分においては、締固めたベントナイトの膨潤変形による処分孔周辺岩盤の亀裂の充填が期待されている。また、締固めたベントナイトの遮水性は、その膨潤特性に大きく依存していると考えられる<sup>(8)</sup>。したがって、締固めたベントナイトの緩衝材への適用を検討する場合、ベントナイトがどの程度の温度履歴を受けるかを十分検討する必要があると思われる。

表-1 各試料の土粒子の密度

| 温度履歴       | 土粒子の密度<br>(g/cm <sup>3</sup> ) |
|------------|--------------------------------|
| 110℃, 24時間 | 2.77                           |
| 200℃, 24時間 | 2.78                           |
| 470℃, 24時間 | 2.72                           |
| 温度履歴なし     | 2.79                           |

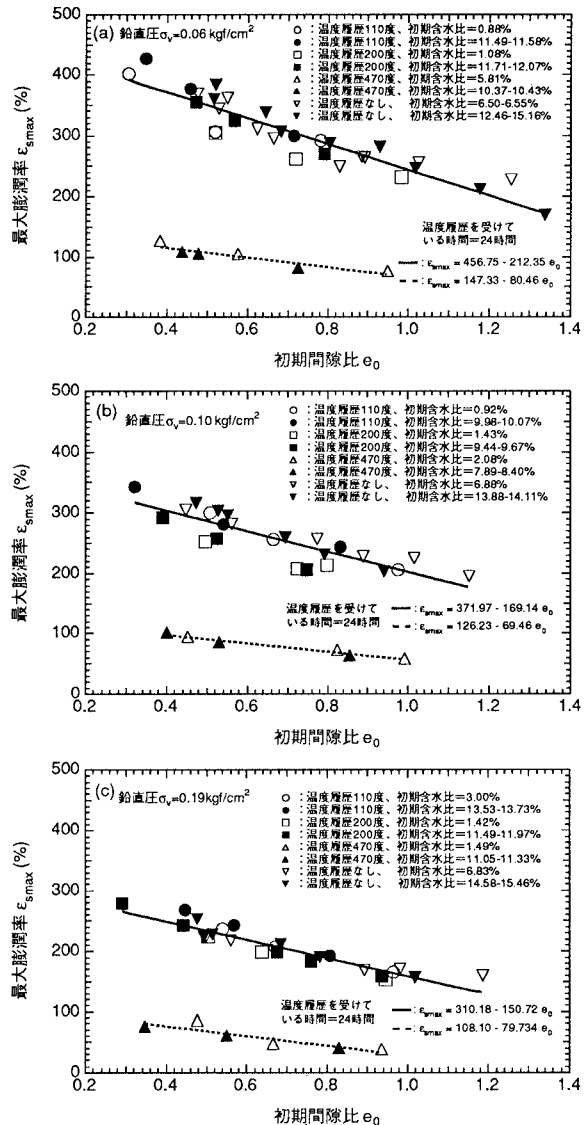
表-2 温度履歴を受けたベントナイトのモンモリロナイト含有率

| 温度履歴        | メチレンブルー吸着量<br>(meq/100g) | モンモリロナイト<br>含有率(%) |
|-------------|--------------------------|--------------------|
| 110℃, 24時間  | 66                       | 47                 |
| 110℃, 168時間 | 66                       | 47                 |
| 200℃, 24時間  | 66                       | 47                 |
| 200℃, 168時間 | 64                       | 46                 |
| 470℃, 24時間  | 53                       | 38                 |
| 470℃, 168時間 | 52                       | 37                 |
| 温度履歴なし      | 68                       | 48                 |

\*モンモリロナイト含有率は、純モンモリロナイトのメチレンブルー吸着量140(meq/100g)を基準として算出した。

# 参考文献

- (1)Pusch, R. (1982) : Mineral - water interactions and their influence on the physical behavior of highly compacted Na-bentonite, Canadian Geotech. J., Vol.19, No.3, pp381-387
- (2)Kenny, T.C., van Veen, W.A., Swallow, M.A. and Sungaila, M.A. (1992) : Hydraulic conductivity of compacted bentonite-sand mixtures, Canadian Geotech. J., Vol.29, pp364-374
- (3)小峯、緒方、西 (1992) : 高レベル放射性廃棄物地層処分のための緩衝材の力学特性 (その1)、電中研研究報告U92039
- (4)小峯、緒方 (1993) : 高レベル放射性廃棄物地層処分のための緩衝材の力学特性 (その2)、電中研研究報告U92045
- (5)Komine, H. and Ogata, N. (1994) : Experimental study on swelling characteristics of compacted bentonite, Canadian Geotech. J., Vol.31, pp478-490
- (6)小峯、緒方 (1993) : 締固めたベントナイトの膨潤評価式の提案、第28回土質工学研究発表会、pp.333-336
- (7)緒方、池田、小峯 (1991) : 温度履歴を受けたベントナイトの熱特性、第26回土質工学研究発表会、pp.1093-1094
- (8)Ogata, N. and Komine, H. (1993) : Permeability changes of bentonite-sand mixture before and after swelling, SMIRT-12, Elsevier Science Publishers, pp. 357-362


図-2 最大膨潤率と初期間隙比の関係  
(a) : 鉛直圧 $\sigma_{v0}=0.06\text{kgf/cm}^2$ , (b) : 鉛直圧 $\sigma_{v0}=0.10\text{kgf/cm}^2$ , (c) : 鉛直圧 $\sigma_{v0}=0.19\text{kgf/cm}^2$