

## 高温作用を受けたベントナイト・砂混合体の間隙圧挙動

足利大学 西村 友良

## 1 まえがき

1万年を超える長期安全性確保が求められる高レベル放射性廃棄物処分施設に関する検証が継続している。膨張性材料で構築される人工バリアの性質に与える多様な外的要因の存在に対し不確実性を配慮した研究実施が求められている。特に Thermo-Hydro-Mechanical-Chemico (THMC) 連成挙動<sup>1)2)</sup>の室内試験は不可欠である。熱的作用ならびに浸透挙動予測に関わるパラメータ抽出は容易ではない。本研究は熱作用による飽和状態・不飽和状態のナトリウム型ベントナイトの吸排水経時変化、内圧の変化について検討を行った。

## 2 試料・試験方法

試料にベントナイト（クニゲル V1）と珪砂（山形県西置賜郡飯豊町産）を用い、乾燥質量比 7:3 で試料を準備した。締固め含水比は 17%、乾燥密度  $1.600\text{Mg}/\text{m}^3$  一定で静的締固めで作製した。供試体サイズは直径 38mm、高さ 76mm であった。供試体を納めたモールドへ配管経路接続弁を備えた上下盤を被せ密閉した。供試体上下端面は盤に組み入れたポーラスストーンと接している。配管を通じて浸透水の出入りが可能としており、浸透水チューブは差圧計を備えた二重管ビュレットと連結し、浸透水の吸排水経時変化測定を行った。モールド上下端から約 18mm 離れた 2 箇所の間隙圧計（KYOWA PHL-A-3MP-A）を水平方向に設置した。間隙圧計受圧面と試料が直接接触回避のためにポーラスメタルを設けた。間隙圧計 PHL-A-3MP-A の許容温度範囲は  $-40\sim 150^\circ\text{C}$  である。試験条件として、イオン交換水および塩分濃度 3.5% の塩水によって、膨潤飽和した供試体に高温作用を与えた際の浸透水の吸排水挙動を測定した。温度過程は  $20^\circ\text{C}$ 、 $40^\circ\text{C}$ 、 $60^\circ\text{C}$ 、 $80^\circ\text{C}$ 、 $60^\circ\text{C}$ 、 $40^\circ\text{C}$  とした。ただし、吸排水は供試体下部のみとし、上部は非排水状態とした。加えて不飽和状態の供試体に対しても高温下での吸排水挙動を測定した。温度過程は  $40^\circ\text{C}$ 、 $60^\circ\text{C}$ 、 $80^\circ\text{C}$  とした。また、不飽和供試体下部においてイオン交換水の浸透を維持し、供試体側面（上下 2 箇所）において間隙圧測定実施を試みた。供試体上部は非排気・非排水状態とし、2 条件の温度過程を設定した。温度条件①は  $20^\circ\text{C}$ 、 $40^\circ\text{C}$ 、 $60^\circ\text{C}$ 、 $80^\circ\text{C}$ 、 $60^\circ\text{C}$ 、 $40^\circ\text{C}$ 、 $20^\circ\text{C}$  とした。温度条件②では  $20^\circ\text{C}$  から一挙に  $80^\circ\text{C}$  に加熱し、後  $60^\circ\text{C}$ 、 $40^\circ\text{C}$ 、 $20^\circ\text{C}$  とした。両者の条件ともに、供試体下部排水状態で  $80^\circ\text{C}$  の測定を終えた後、供試体上下部を非排気・非排水状態として温度条件  $80^\circ\text{C}$ 、 $60^\circ\text{C}$ 、 $40^\circ\text{C}$ 、 $20^\circ\text{C}$  の順に温度低下過程を与え間隙圧変化を求めた。

キーワード：ベントナイト, 高温, 間隙圧, 不飽和土

連絡先：〒326-8558 栃木県足利市大前町 268 足利大学

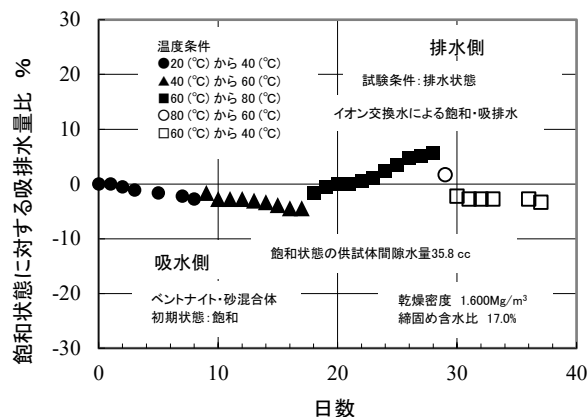


図-1 吸排水挙動と温度(イオン交換水)

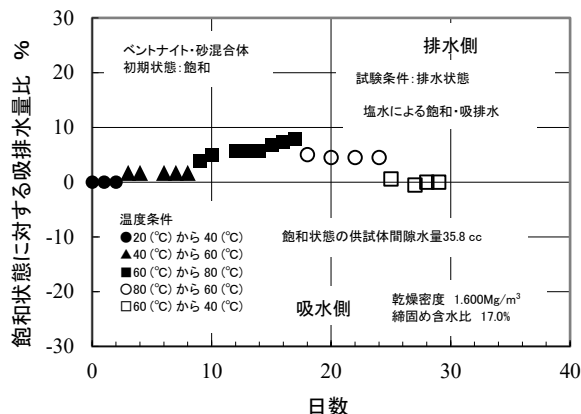


図-2 吸排水挙動と温度(3.5%濃度塩水)

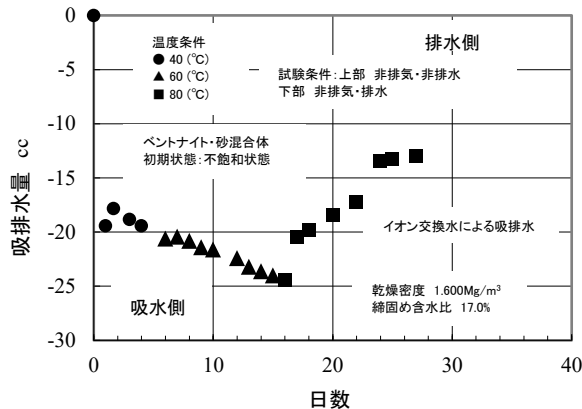


図-3 非排気排水状態の吸排水挙動と温度(イオン交換水)

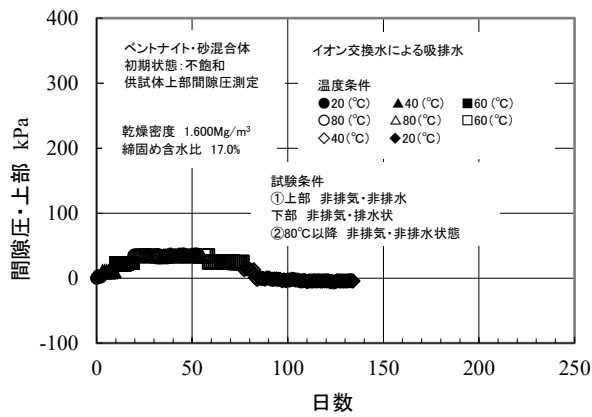


図-4 非排気・排水状態の間隙圧と温度(イオン交換水)

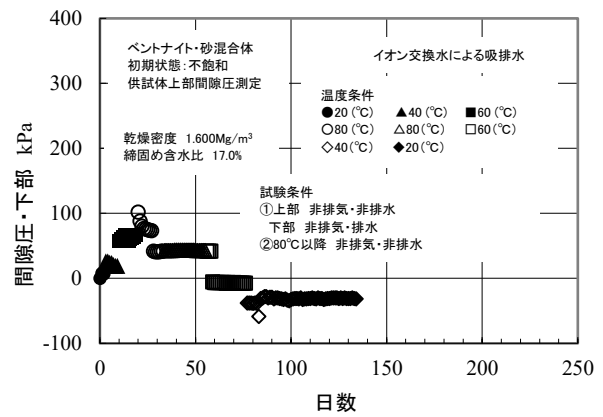


図-5 非排気・排水状態の間隙圧と温度(イオン交換水)

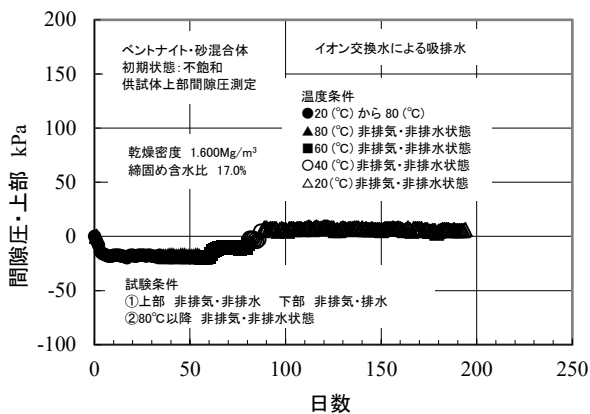


図-6 非排気・排水状態の間隙圧と温度(イオン交換水)

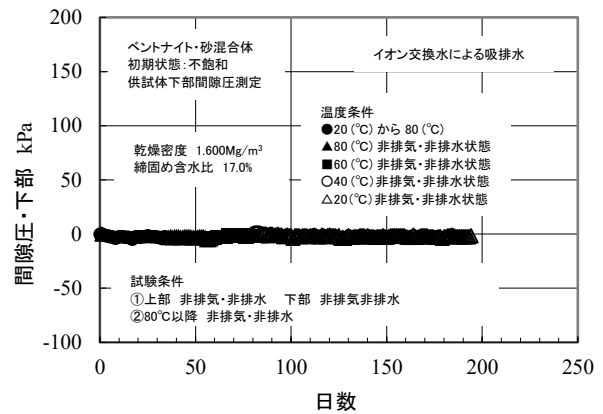


図-7 非排気・排水状態の間隙圧と温度(イオン交換水)

### 3 実験結果

イオン交換水および塩水（3.5%塩分濃度）で飽和した供試体の高温作用による間隙水の吸排水挙動を図-1、2に示す。イオン交換水の場合、20℃から60℃まで4.5%の吸水挙動が見られ、80℃に移行すると吸水から排水に状態が大きく変化し5.6%の排水が計測された。80℃から40℃に供試体温度が低下すると排水から吸水に再び状態変化が見られる。一方、塩水飽和した供試体は、20℃から80℃において吸水されることはなく、常時、排水挙動を示していた。80℃から温度低下においては吸水挙動が確認された。不飽和状態（図-3）では40℃、60℃温度下で吸水膨潤が見られ、約24ccが計測された。80℃になると間隙水が排水し始め、試験開始から13ccの吸水量となった。

次に不飽和供試体中の上部・下部における間隙圧変化（図-4、5）を示す。上部・下部ともに20℃から加熱作用によって間隙圧は上昇している。上部では34kPaまで増加している。上部の間隙圧に比べ下部の間隙圧は大きく一度100kPaに至っているが40kPaまで低下している。非排気・非排水状態で80℃さらに20℃まで温度が低下すると、間隙圧は徐々に低下し、上部・下部ともに負の間隙圧が計測され、上部では-4kPa、下部では-30kPaが測定された。次に20℃から一挙に80℃の環境下においた場合（図-6、7）、上部では負の間隙圧（-20kPa程度）が示され、下部では-3.0kPaであった。80℃で非排気・非排水状態においた場合、上部では正の間隙圧が計測されたが、下部では大きな変化は見られなかった。

### 4 まとめ

本研究は熱作用による飽和状態・不飽和状態のナトリウム型ベントナイトの吸排水経時変化、間隙圧の変化について定性的な挙動は確認されず、データ蓄積の必要性が求められる。

**参考文献** 1) Gens A., Vaunat J., Garitte B., et al., 2007. In-situ behaviour of a stiff layered clay subject to thermal loading: observations and interpretation, *Geotechnique*, 57 (2) (2007), pp. 207-228. 2) Tang A.M., Cui Y.J., Barnel N., Thermomechanical behaviour of a compacted swelling clay, *Geotechnique*, 58 (1) (2008), pp. 45-54.