

施設条件を考慮した締固めたベントナイトのガス移行特性評価

電力中央研究所 フェロー会員 ○田中 幸久
同 上 正会員 廣永 道彦

1. はじめに

放射性廃棄物処分施設において放射性核種の移行抑制などの目的で用いられる締固めたベントナイトは緻密であるため透気性が低く、地下深部の還元性環境下における金属腐食等により発生した水素ガスを速やかに排出しないことが予想される。そのため、ガス圧上昇による周辺施設や岩盤への影響を検討する必要がある。そこで、当所では既に室内試験によりガス移行現象のメカニズムを解明し、ガス移行解析手法を提案した¹⁾。しかし、施設周辺では、廃棄体の自重やコンクリート打継ぎなどにより、初期応力やベントナイトへのガス流入条件が従来の室内試験と異なるため、評価精度向上のためには、その影響を評価する必要がある(図1参照)。そこで、上記の施設周辺の条件がベントナイトのガス移行特性に及ぼす影響を把握すると共に評価方法を検討した²⁾。

2. ガス移行試験

2.1 試験方法

高密度ベントナイトに対する従来のガス移行試験では、上蓋固定式試験容器(図2(a)参照)を用いていたので、初期軸方向有効応力は膨潤圧に等しかった³⁾。しかし、廃棄体の下部では、廃棄体の自重等により発生する応力が膨潤圧より大きいことも考えられるため、上蓋可動式試験容器(図2(b)参照)を用いてベントナイトの円柱状供試体に膨潤圧を超える初期軸方向応力を加えたガス移行試験を実施した。

廃棄体がセメント系材料で覆われ、さらにその外側をベントナイトが覆っている場合、廃棄体近傍で発生したガスはセメント材料の打継ぎを通過した後にベントナイトに作用することが考えられる。本研究では、この状態を再現するために円柱状供試体の片方の端面の全面にガス圧を加えるという従来の加圧方法ではなく、装置の底面にあけた小寸法の孔を通じて供試体にガスを加圧する試験を行った。その際に用いた試験容器を図2(c)に示す。

本研究では、図2(b)ならびに図2(c)の実験を行い図2(a)の従来の試験結果と比較した。

2.2 試験結果

図2(b)の試験では、大破過圧(ガス加圧中に排気量が急増する時のガス圧)は膨潤圧ではなく、初期軸方向全応力と同程度であること、図2(c)の試験では、大破過圧は初期軸方向全応力

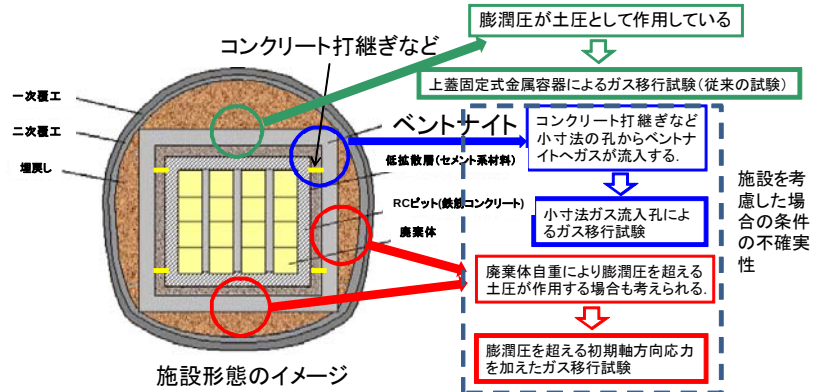
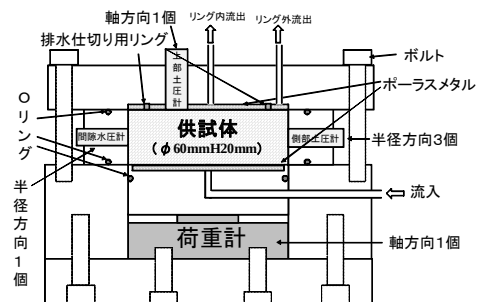
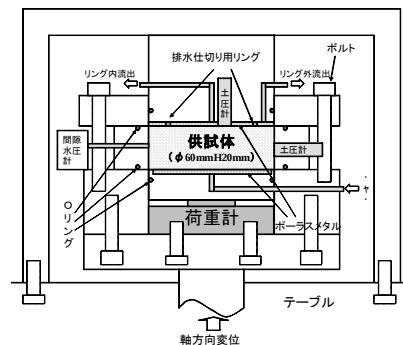


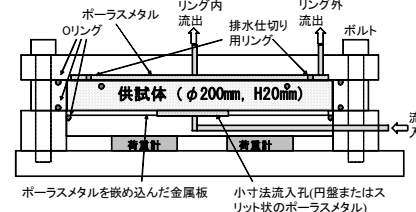
図1 施設条件を考慮したガス移行試験と従来の試験の比較



(a) 従来のガス移行試験(上蓋固定式試験容器)



(b) 膨潤圧を超える初期膨潤圧を加えたガス移行試験(上蓋可動式)



(c) 小寸法ガス流入孔によるガス移行試験

図2 各ガス移行試験で用いた試験容器

キーワード 放射性廃棄物処分, ベントナイト, ガス移行試験, 原位置条件, 数値シミュレーション

連絡先 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 電力中央研究所 TEL 0471-82-1181

と同程度かやや大きいことがわかった。また、
図2に示したいずれの試験でも、大破過は供試体側面と容器内側面の境界で発生することがわかった(図3参照)。

3. 試験結果の数値シミュレーション

3.1 大破過の発生条件の導入

既往の研究によりガス圧が初期軸方向全応力を超えると供試体のガス流入側端面とポーラスメタルの間に隙間が発生することが明らかにされている³⁾。また前述したように大破過は供試体側面と容器内側面の境界で発生する。これらのことをまとめると大破過の発生メカニズムは図4で説明される。図4によれば、大破過の発生条件は次式で表わされる。

$$P_g \geq \text{Max}[\sigma_a, \sigma_r] \quad (1)$$

ここで、 P_g 、 σ_a 、 σ_r ：それぞれガス圧、軸方向全応力、半径方向全応力

3.2 力学連成気液2相流モデルによる解析

ベントナイトと周辺部材の境界面での隙間の発生を表現できる当所開発の力学連成気液2相流解析手法¹⁾に式(1)で表わされる大破過発生の条件を新たに導入し、ガス移行試験結果の数値シミュレーションを実施した。その結果、排水・排気量挙動を概ね良好に表せること(図5参照)、大破過圧は精度よく推定できること(図6参照)が明らかとなった。

4 まとめ

当所が開発した力学連成気液2相流解析手法に大破過の発生条件を導入することにより、施設中のガス移行経路ならびに大破過圧を推定できる可能性があることが明らかとなった。

謝辞：本研究は電気事業連合会からの要請に基づき実施されたものである。研究の計画・推進にご支援賜った方々に感謝の意を表する次第です。

参考文献：1) 田中幸久(2009)：飽和した高密度ベントナイトのガス移行解析手法の開発、一力学連成気液2相流によるモデル化と適用性の検討、電中研研究報告N08065。2) 田中幸久・廣永道彦(2012)：処分施設条件を考慮した締固めベントナイトのガス移行特性評価、電中研研究報告N12001。3) 田中幸久・廣永道彦・工藤康二(2007)：飽和した高密度ベントナイトのガス移行メカニズムとそのモデル化、電中研研究報告N07005。



(a) ガス流入側供試体端面

(b) ガス流出側供試体端面

図3 小寸法ガス流入孔によるガス移行試験後の供試体状況
(白い帯は、ガス移行により顕著に含水比が低下した部分)

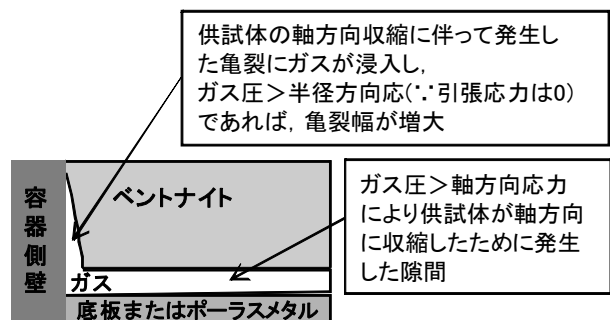
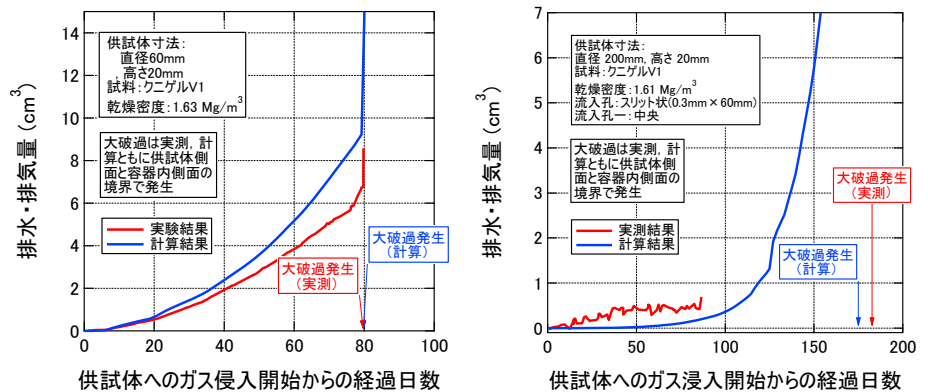


図4 ベントナイト供試体側面と容器内側面間のガス移行メカニズム



(a) 膨潤圧を超える初期軸方向応力の場合 (b) 小孔径ガス流入孔の場合

図5 排水・排気量の経時変化に関する実験結果と計算結果の比較

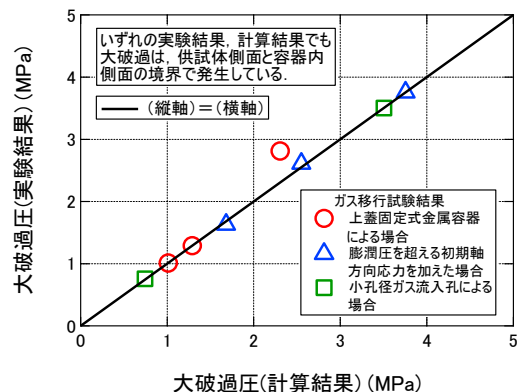


図6 大破過圧に関する実験結果と計算結果の比較