

塩水環境における緩衝材特性に関する研究

芝浦工業大学（学）○山元 茂弘（現 鹿島建設），（フェロー）足立 格一郎
（学）緒方 浩史，（学）最首 博之，（学）佐野 義尚，植月 輝

1. 研究背景と目的

高レベル放射性廃棄物の地層処分において，処理地点によっては処分場に流入する地下水に海水が含まれている可能性があるため，その影響を調べておく必要がある．そこで本研究では，塩水および高温環境下で緩衝材が人工バリアとしての機能を保持しうるかどうかが検討すると共に，オーバーパックスの腐食についても検証することを目的としてモデル実験を実施し，結果を考察した．

2. 試料および各試験方法

試験には，クミネ工業製 Na 型ベントナイト；クニゲル V1 と三河珪砂 6 号を用いた．

a) 模型試験：供試体には，ベントナイトと珪砂の乾燥質量比が 7:3，含水比が 15% になるように調整したものを使用した．装置の概念を図 1 に示す．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）とオーバーパックスを模擬した炭素鋼製のヒーター差込用管を設置し，ランマーを自由落下させて所定の乾燥密度になるように供試体を作製した．周囲に人工海水（八洲薬品製アクアマリン）を配し，自由に給排水できる条件のもと，供試体の膨潤量や温度を測定しながら試験を行った．試験終了後には，供試体の観察，含水比試験，イオン濃度分析，XRD 分析を行い，結果を考察する．各試験条件を表 1 に示す．

b) メスシリンダー法による膨潤・浸潤試験：供試体には，模型試験と同様のものを使用した．500ml メスシリンダーの 250ml まで，初期乾燥密度が 1.4Mg/m³ となるようにランマーで 5 層に分けて均等に突固め，上載荷重（3.1kPa）をステンレスボールにて与えた後に 500mL まで所定の濃度の海水を入れ試験を開始する．試験期間は 14 日間とした．試験期間中は，供試体の上端面（V_a）と供給水の浸潤面（V_b）をメスシリンダーの目盛りから読み取り，（1）式により膨潤率 ε_n を求めた（図 2）．

$$\epsilon_n = (V_a - V_0) / (V_0 - V_b) \times 100 \quad (\%) \quad (1)$$

3. 試験結果及び考察

a) 模型試験

・膨潤量と温度：図 3 に膨潤量の時間変化を示す．試験 1 は 300h 程度で膨潤は停止し，その後は一定に推移した．試験 2，3 は，試験終了時には膨潤途中であるが，淡水のデータと比

表 1 試験条件

		試験 1	試験 2	試験 3
初期乾燥密度	(Mg/m ³)	1.6		
供試体初期高さ	(mm)	150		
海水温	(℃)	30		
海水濃度	(%)	100※	50	10
上載圧	(kPa)	49		
試験期間	(日)	28		

※海水と同じ濃度

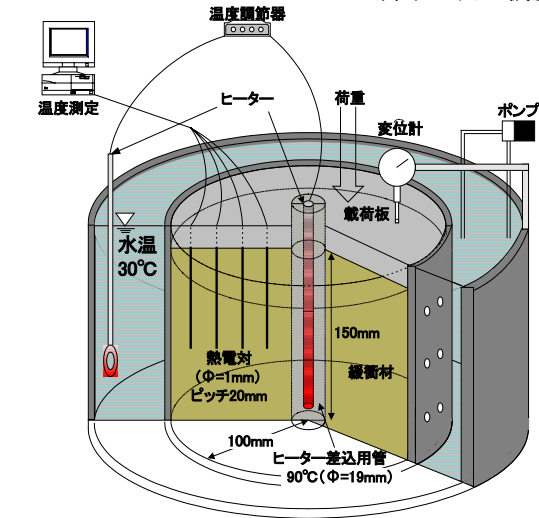


図 1 模型試験・試験装置

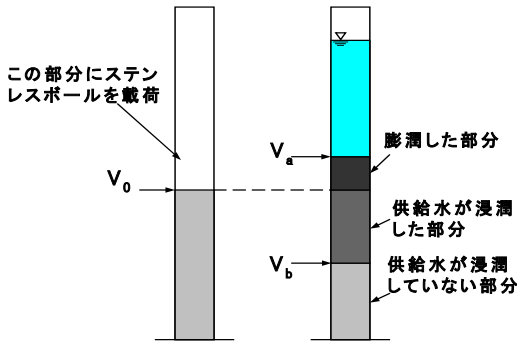


図 2 メスシリンダー法の概略図

較するといずれも大幅に低い値であることが分かる。ヒーターの熱による供試体内の温度上昇は、試験開始から約100分でほぼ一定の値となった。温度勾配はヒーター付近で大きく、周辺部では低い結果となった。

・供試体の状況と含水比：試験2, 3は、ヒーター付近の含水比が初期含水比よりも減少し、ヒーターから遠ざかるにつれて上昇したのに対し、試験1では、全体的にほぼ均一で比較的高い含水比となった。また、試験2, 3はヒーター近傍の供試体が白く乾燥し、炭素鋼もほとんど腐食していなかったが、試験1の炭素鋼はかなり腐食し、供試体にも褐色の腐食生成物が拡散していた。特に、試験1において、28日間という短期間でヒーター近傍まで海水が浸透することが示されたのは、本試験の特筆すべきことの一つである。

・イオン濃度分析：試料1gを100mlの蒸留水に分散し、溶出したイオン濃度を測定した。現象が顕著であった試験1の Cl^- と Ca^{2+} の結果を図4に示す。 Cl^- のようなアニオンは緩衝材に吸着しないので、ヒーター近傍で濃縮が起こっていることが分かる。 Ca^{2+} は中央部で高い値となっているが、現時点では CaSO_4 の溶解度が、温度が上昇すると減少することに関係しているものと考察している。

・XRD分析：試験後のヒーター付近の試料のXRD分析を行った。試験前の試料のX線パターンと比較すると、モンモリロナイトを示すピークが消失していた。これは高温あるいは海水の影響によりモンモリロナイトの構造劣化を示唆していると考えられ、今後さらに検討が必要である。

b) メスシリンダー法による膨潤・浸潤試験

膨潤率の時間変化を図5に示す。海水濃度が高いほど、膨潤率は低くなることが読み取れる。各海水濃度のグラフに対し双曲線近似を行い、漸近線の値を最終膨潤率と定義する。最終膨潤率と海水濃度の関係を図6に示す。最終膨潤率は海水濃度の増加に伴い、指数関数的に減少することが分かる。

4. まとめ

海水の浸入は、緩衝材の膨潤性の低下や浸潤速度の加速を引き起こし、それによって緩衝材の自己シール性の低下やオーバーパックの早期腐食という、実際に高レベル放射性廃棄物を処分する際に淡水と比し悪影響を与える可能性があることが示された。また、炭素鋼は海水環境下では緩衝材に囲まれていても腐食しやすいことが分かった。ただし、炭素鋼の腐食は溶存酸素の有無が大きな要因になり、深層では少なくなると推測されるので、溶存酸素を制御した試験が今後必要であろう。

【参考文献】

小峯秀雄, 安原一哉, 村上哲, 井上誠, 和田隆太郎, 山口憲治: メスシリンダー法による粒状ベントナイトの浸潤・膨潤特性の評価, 土木学会第57回年次学術講演会, CS10-036, 2002.

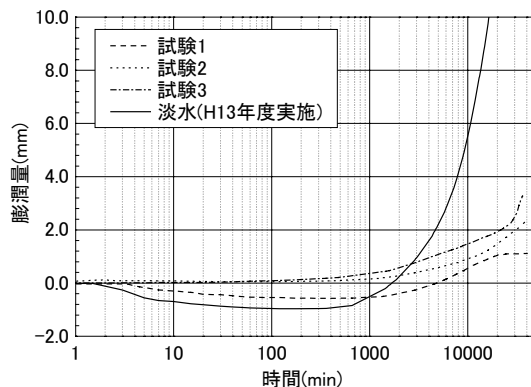


図3 膨潤量(模型試験)

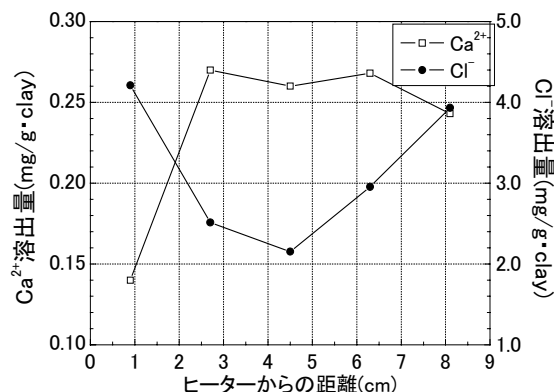


図4 イオン濃度分布(試験1 供試体中央部)

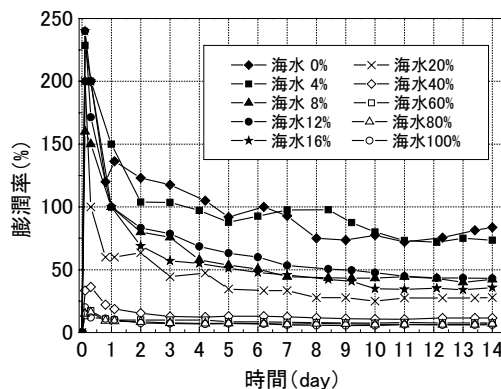


図5 膨潤率(メスシリンダー法)

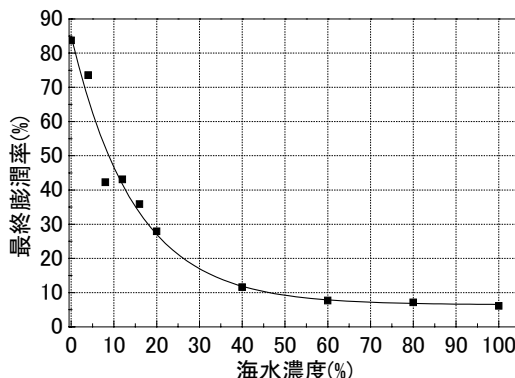


図6 最終膨潤率－海水濃度