

# ベントナイト中の水の移動に塩分濃度が与える影響

## 背景

高レベル放射性廃棄物の地層処分において、放射性廃棄物を入れた廃棄体は、核種の漏洩を防ぐために、人工バリア材料で取り囲まれる(図 1)。この人工バリア材料には、粘土の一種であり、水が流れにくく、水によって膨張する性質をもつベントナイトが用いられる予定である。このベントナイト中の水の移動特性は、核種の漏洩を防ぐだけでなく、廃棄体から発生する熱の伝導性にも影響を与える。ベントナイト中の水の移動は、水に含まれる塩分濃度によって変化するといわれており、海水が浸入しやすい沿岸付近や化石海水が存在するような深部地層に処分施設が建設される可能性もあるため、塩分濃度の影響を評価しておく必要がある。

## 目的

ベントナイト中の水の流れや水分の移動に対する海水の影響を明らかにする。

## 主な成果

### 1. ベントナイトの透水性

ベントナイト中の水の流れやすさを評価するために、ベントナイトの種類、密度、海水の混合率を変えて透水試験を行い、以下のことがわかった。透水係数はベントナイトに含まれる膨張性鉱物(モンモリロナイト)に対する空隙の量(有効モンモリロナイト密度(図2))と相関関係があり、この有効モンモリロナイト密度の増加に伴って減少する(図3)。モンモリロナイトの交換性陽イオン<sup>\*1</sup>によって透水係数と海水の影響が異なる。交換性陽イオンがNaの場合には、密度が同じでも海水の混合率の増加に伴って透水係数が低下し、Caの場合には、海水による有意な変化はない。これは、交換性陽イオンによって膨張性が異なり、モンモリロナイトの膨張性が塩分濃度によって抑制されたためと推定される。

これらの関係から、海水の影響を受ける場合でも、有効モンモリロナイト密度、交換性陽イオン、海水の混合率によって、ベントナイトの透水係数を評価できることがわかった。

### 2. ベントナイトの浸潤性

ベントナイト中の浸潤過程を評価するために、ベントナイトの種類、密度、海水の混合率を変えて浸潤試験(図4)を実施し、以下のことがわかった。乾燥したベントナイトでの浸潤現象は、拡散現象として評価できることがわかった(図5)。拡散係数は、交換性陽イオンによる有意な差はなく、海水の混合率によってその傾向が異なる(図6)。蒸留水での拡散係数は、有効モンモリロナイト密度によらずほぼ一定である。海水では、有効モンモリロナイト密度に依存し、有効モンモリロナイト密度の増加に伴って減少し、蒸留水の拡散係数に近づく。

これらの結果から、ベントナイトの透水と浸潤における海水の影響が明らかになり、海水の影響を受ける地層に処分施設を設計する場合のベントナイトの浸潤挙動と透水係数を見積もることが可能となった。

## 今後の展開

これらの結果を、膨張特性とあわせてモデル化し、廃棄体周辺で発生する熱・水・応力連成現象への適用を図る。

主 担 当 者 地球工学研究所 バックエンド研究センター 主任研究員 長谷川 琢磨

関連報告書 「ベントナイトの透水・浸潤特性への海水影響」 電力中央研究所報告: N04005(2004年10月)

\*1 交換性陽イオン: モンモリロナイトは層構造をなしており、層構造は電気的に中性を保つために層間に保持される交換性陽イオンで維持されている。このため、層間の結合は、この陽イオンによって異なり、この層間に水が入ることによって膨張する。

## 4. バックエンド

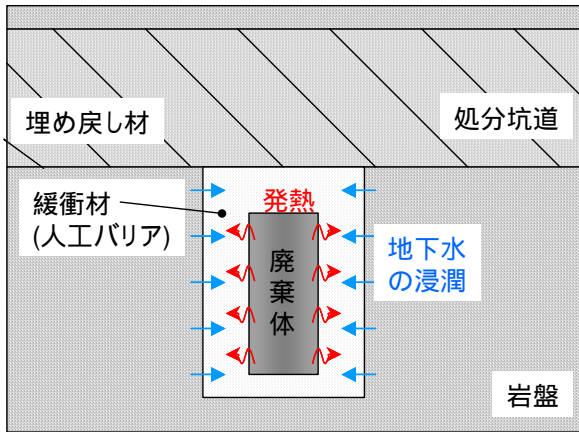


図1 処分のレイアウトと人工バリアの役割  
廃棄体は人工バリア材料で囲まれるため、人工バリアの透水、浸潤、熱特性が重要になる。

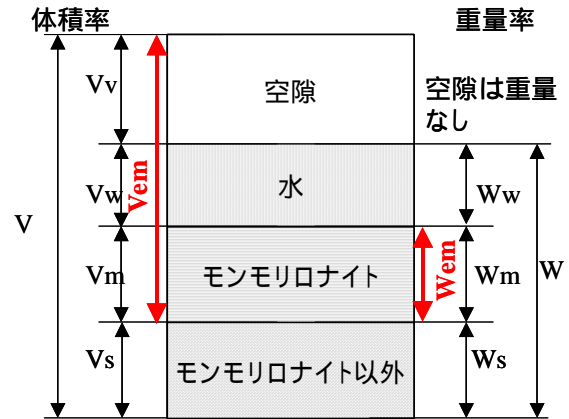


図2 有効モンモリロナイト密度  
モンモリロナイトが水により膨張するため、空隙に対するモンモリロナイトの量が重要な評価指標となる。有効モンモリロナイト密度= $Wem/Vem$

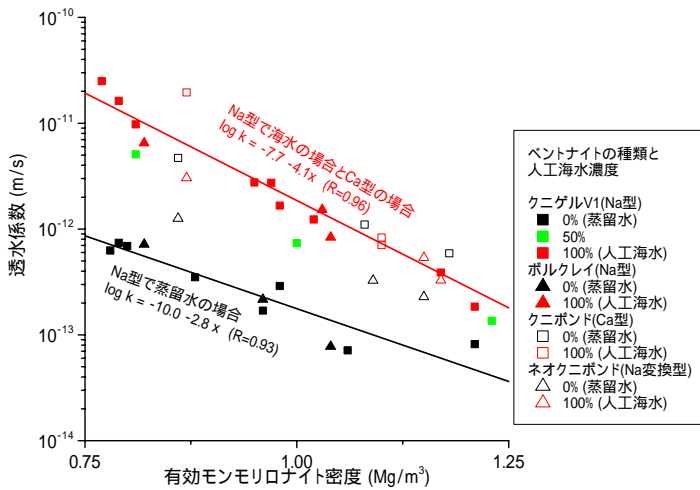


図3 ベントナイトの透水係数  
有効モンモリロナイト密度と透水係数には相関があり、蒸留水に比べて海水の透水係数は大きくなる。これらはベントナイトが水によって膨張する影響と考えられる。

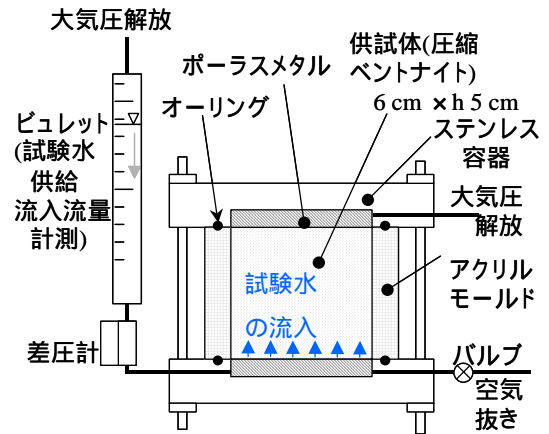


図4 浸潤試験の概念図  
ベントナイトの底部から、蒸留水や海水を供給し浸潤試験を実施した。試験中に流入流量を計測し、試験後に飽和度の観測を実施した。

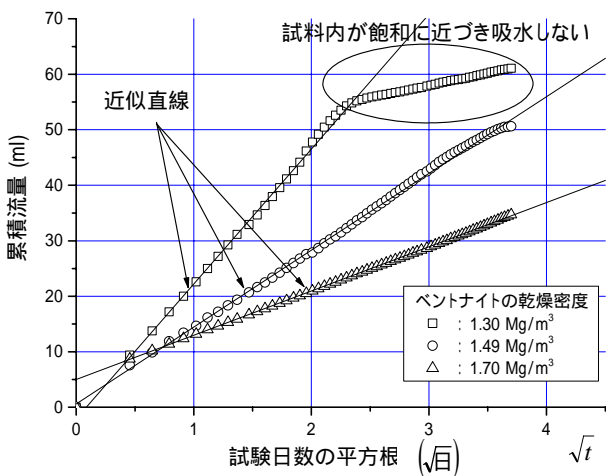


図5 浸潤試験結果の一例  
累積流入量と時間の平方根で整理との間には線形関係が成り立つことから拡散現象として評価できる。

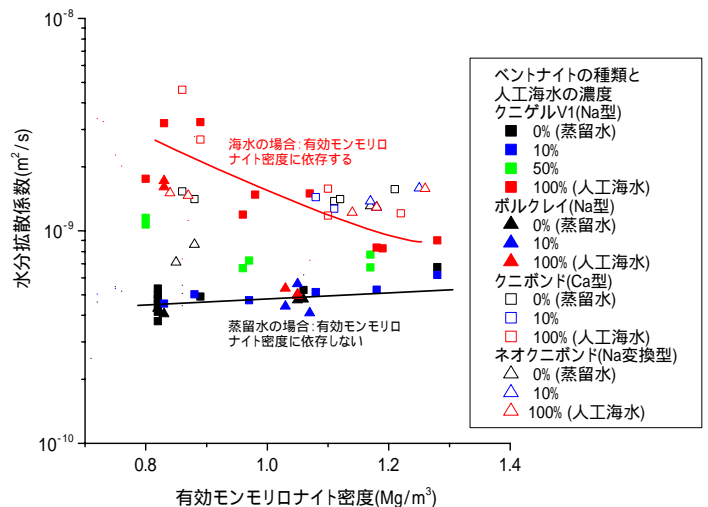


図6 ベントナイトの水分拡散係数  
水分拡散係数はベントナイトの種類によって異なる。水分拡散係数は海水の場合には有効モンモリロナイト密度に依存するが、蒸留水の場合には依存しない。