-114

低密度ベントナイトのプレハイドレーション効果のメカニズムに関する検討

(一財)電力中央研究所 フェロー会員 〇田中 幸久(一財)電力中央研究所 大山 隆弘

# 1. はじめに

放射性廃棄物処分においては,放射性 核種の移行を抑止するためなどの理由 により締固められたベントナイトが用 いられる.性能評価上ベントナイトに求 められる性質は主に低透水性であるが, 低透水性を確実にする性質として膨潤 性は重要な特性である.放射性廃棄物の 地層処分において用いられるNa型ベン トナイトの透水係数は,沿岸海底下の地 下水に含まれる可能性がある塩分やセ メント硬化体からの溶脱水に含まれる



図1 プレハイドレーションによる透水係数抑制効果(文献 3)より引用・加筆)

Ca イオンによる Ca 型化により増大することが知られている<sup>1),2)</sup>. 一方, NaCl 水溶液や CaCl<sub>2</sub>水溶液による締固めたベントナイトの 透水係数の増大は、プレハイドレーション(塩分濃度の低い雨水 や地下水を模擬したイオン交換水などで予め飽和させること.以 下 PH と略記する.)の効果により抑制される(図1参照)ことが 知られているが、そのメカニズムは明らかになっていない.本研 究では、非常に低密度の飽和したモンモリロナイト試料の光学顕 微鏡観察と X 線回折を行い、PH の効果のメカニズム解明に関す る基礎的検討を行った.

## 2. 試験方法と結果

### (1) 供試体と試験条件

試験には、ベントナイトから精製して得られたモンモリロナイ トから成るクニピア F(クニミネ工業(株)製)を用いた. 表1にX線 回折に供した試料の作製条件とその特徴を示す.実験 No.2~実験 No.5 のいずれにおいても、クニピア Fは1.0g加えられ、イオン交 換水または NaCl 水溶液は合計 20mL 加えられた.自然含水状態の クニピア Fに、実験 No.2 の場合はイオン交換水、実験 No.3~実 験 No.5 の場合は、それぞれ濃度の異なる NaCl 水溶液を加え、攪 拌することにより試料が得られた.実験 No.6, No.7 の試料では、 PH の影響を調べるため、まずクニピア F にイオン交換水を加え、 攪拌した後に静置し、その後に NaCl 水溶液を加え、再び 攪拌した.実験 No.6、実験 No.7 の試料中の水溶液の NaCl 濃度は、それぞれ、実験 No.3、実験 No.4 の試料に一致す るように調整した.

#### (2) 肉眼ならびに光学顕微鏡による観察結果

実験 No.3~ 実験 No.5 の試料の外観を図2に示す.実験 No.2, No.6, No.7 の試料は,固液が一様に混合しているのに 対して,実験 No.3~ 実験 No.5 の試料では,モンモリロナ イトが容器の下部に沈殿している.また,実験 No.2,実験 No.6 の試料は,チキソトロピーを示す.

図3に実験 No.2~ 実験 No.7の試料の光学顕微鏡によ

キーワード 放射性廃棄物処分,ベントナイト,プレハイドレーション,微視的構造,X線回折 連絡先 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子1646 (一財)電力中央研究所 TEL 0471-82-1181

美颖	封約の作制冬件と陸衡
No.	MA の F 表本 F こ 竹 政
1	クニピアF(粉末)
2	イオン交換水(20mL)にクニピア F(1.0g)を加えて 撹拌,静置.溶液全体がペースト状で上澄みは存 在しない.チキソトロピーを示す.
3	0.3mol/L-NaCl 水溶液(20mL)にクニピア F(1.0g) を加えて撹拌,静置.溶液下部に細粒土状に沈殿. 上澄み液が存在する.
4	1.0mol/L-NaCl 水溶液(20mL)にクニピア F(1.0g) を加えて撹拌,静置.溶液下部に細粒土状に沈殿. 上澄み液が存在する.
5	2.0mol/L-NaCl 水溶液(20mL)にクニピア F(1.0g) を加えて撹拌,静置.溶液下部に細粒土状に沈殿. 上澄み液が存在する.
6	イオン交換水(17mL)にクニピアF(1.0g)を加えて 撹拌,静置.更に,2mol/L-NaCl水溶液(3mL)を 加えて攪拌,静置.溶液のNaCl濃度は実験No.3 と同様に0.3mol/Lとなる.溶液全体がペースト状 で上澄みは存在しない.チキソトロピーを示す.
7	イオン交換水(16mL)にクニピア F(1.0g) を加えて 撹拌,静置.更に,5mol/L-NaCl 水溶液(4mL)を 加えて攪拌,静置.溶液の NaCl 濃度は実験 No.4 と同様に1.0mol/L となる.上澄みは存在しないが 粘性は低く、チキソトロピーは示さない。

表1X線回折における試料の条件

注) 実験 No.2~実験 No.6 のいずれにおいても, 加えた クニピア F は 1.0g であり, 加えたイオン交換水または NaCl 水溶液は 20mL である.





(a)実験 No.2, No.3, No.4, No.5 の試料
(b)実験 No.6, No.7 の試料
図 2 X線回折を行った試料の外観

-227-

る観察結果を示す.実験 No.3~実験 No.5の試料では、モン モリロナイトが凝集した結果発生した塊状の物質が写真一 面に観察されるのに対して、実験 No.2 ならびに実験 No.6 で はそうした塊状の物質は全く観察されない.それに対して、 実験 No.7 の試料では、写真上にやや濃淡が見られる.

#### (3) X線回折による測定結果

X 線回折は,実験 No.1 では自然含水状態の粉末試料をガ ラス板に詰めて測定し,実験 No.2~No.7 では飽和または湿 潤状態の試料をガラス板に一定の厚さで塗布して測定した.

図4に実験 No.1~ 実験 No.7の 試料のX線回折スペクト ルを示す.図4中には、モンモリロナイトの層間が1層水和 状態、2層水和状態、3層水和状態における横軸の値も示し てある.

図3において塊状の物質が明瞭に観察された実験 No.3 ~ 実験 No.5 の 試料では,図4(a)中に3層水和状態または2 層水和状態に対応した位置にピークが存在する.これは,モ ンモリロナイトが図3(b),(c),(d)に示すように凝集して,一 定の層間距離を有するスタックとなるためであると考えら れる.このイメージ図を図5に示す.

これに対して,図3(a),(e)において,塊状の物質が全く観 察されなかった実験No.2ならびに実験No.6の試料のX線回 折スペクトルには明瞭なピークが存在しない.また,図3(f) の写真上にやや濃淡が見られる実験No.7の試料のX線回折 スペクトルには小さなピークが存在する.

以上のように、図3の写真上に塊状の物質が 良く見えるほど図4のX線回折スペクトルのピ ークが明瞭であると言える.

### 3. 微視的構造に及ぼす PH の影響

前述したように,実験 No.3 と実験 No.6 の試料のモンモリロナイトの量と水溶液の濃度は同一であるが,PHの有無により,図2に示す試料の外観,図3(b),(e)に示す光学顕微鏡による観察結果,図4に示すX線回折スペクトルに差が生じている.つまり,イオン交換水によるPHにより形成されたモンモリロナイトの微視的構

造が、その後に NaCl 水溶液を加えたり、試料を攪拌したりしても損なわれていないものと思われる.

一方,実験 No.4 と実験 No.7 では,NaCl 水溶液の濃度が実験 No.3 と実験 No.6 の場合より大きいため,不明瞭であるが,PH の影響が 認められる.

#### 4. まとめ

イオン交換水による PH により形成されたモンモリロナイトの微 視的構造は、その後に NaCl 水溶液の添加や試料の攪拌によっても損 なわれない場合があることがわかった.このことは、PH による効果 が外部からの攪乱によっても影響されず、長期的に保たれる可能性 があることを示している.





図4 実験 No.1~ 実験 No.7の 試料のX線回折スペクトル



図5 NaCl水溶液により凝集したモンモリロナイトの 微視的構造のイメージ

参考文献:1) 例えば,三原守弘:ナトリウム型ベントナイトのカルシウム型化に伴う透水係数及び核種の実効拡散係数の変化,サイクル技報, No.6, pp.61-68, 2000. 2) 例えば,菊池広人ほか:緩衝材の飽和透水特性-II,海水性地下水が緩衝材の透水特性に及ぼす影響,(試験報告),核 燃料開発機構東海事業所, JNC TN8430 2003-002, 2003. 3) Tanaka,Y. et al.: Effect of prehydration by fresh water on hydraulic conductivity and swelling pressure of compacted bentonite permeated with artificial sea water or calcium chloride solution,第60回地盤工学シンポジウム発表論文集, pp.5-12, 2016.