

相対湿度法による Ca 型モンモリロナイトの水に関する熱力学的データの測定

Measurements of Thermodynamic Data of Water in Ca-Bentonite by Relative Humidity Method

*市川 航輔¹, 佐藤 治夫¹

¹岡山大学

放射性廃棄物の地層処分における人工バリア要素の一つである緩衝材(圧縮ベントナイト)の主成分であるモンモリロナイトについて、Ca 型モンモリロナイト中の水の熱力学データを相対湿度法により測定するとともに、熱力学モデルに基づいてベントナイトの膨潤応力を算出し、実測データと比較検討した。

キーワード：放射性廃棄物処分、緩衝材、Ca 型モンモリロナイト、熱力学データ

1. 緒言

緩衝材は、岩盤からの地下水の浸透により膨潤応力が発生し、その特性は層間中陽イオンの種類により異なる。Ca 型モンモリロナイトの力学的データは、先行研究でもあまり報告されておらず、さらに、Ca 型モンモリロナイト中の水の熱力学データはほとんどない。本研究では、相対湿度(RH)と温度を測定することにより、Ca 型モンモリロナイトの熱力学的データ(水の活量と Gibbs の自由エネルギー)を取得すると共に、熱力学モデル^[1]に基づいてベントナイトの膨潤応力を算出し、実測データ^[2]と比較検討した。

2. 実験

Ca 型モンモリロナイトは、クニピア F(Na 型モンモリロナイト含有率 99%, クニミネ工業製)の層間中陽イオンをすべて Ca に置換し、予め可溶性塩類を除去して得た。また、実験は、温度を約 25°C に設定した恒温槽内で行った。

2-1. 水の吸着実験

ベントナイト粉末を乾燥させた後、各 2.00g を秤量瓶に入れ、ポリカーボネート製の真空容器内でゆっくりと水蒸気を吸着させた。容器内には、RH と温度を測定するためのセンサも挿入した。真空容器内の圧力はゲージ圧で約 -95 kPa(約 6kPa) であった。RH、温度、ベントナイトの質量は約 24 時間ごとに測定し、含水状況を確認した。

2-2. RH 法による水の蒸気圧測定

蒸気圧測定は、RH センサと温度センサが挿入されたアクリル製の密閉容器にベントナイトの入った秤量瓶を入れ、25°C の恒温槽内で行った。約 24 時間ごとに密閉容器内の RH と温度を測定し、秤量瓶の重量を測定して含水比を求めた。真空内でしばらく吸引し、含水比を下げた後、密閉容器に戻し、蒸気圧を測定した。この操作を、含水比をパラメータに約 24 時間後ごとに繰り返した。

3. 結果及び考察

RH は水の吸着実験開始後約 24 時間後には 100%となり、含水比は約 40%で飽和した。蒸気圧測定において、含水率が約 25%以下の領域で含水比の減少に伴い水の活量は低下し、含水率が約 12%で水の活量は約 0.2、相対部分モル Gibbs の自由エネルギーは約 -4 kJ/mol となった。この傾向は Na 型モンモリロナイトと同様であった。この傾向は Na 型モンモリロナイトでも同様であった。図 1 に熱力学モデル^[1]に基づいて計算した膨潤応力と実測データのモンモリロナイト部分密度依存性を示す。算出した膨潤応力は、モンモリロナイト部分密度 1.5Mg/m³ で約 17MPa であり、Na 型モンモリロナイトと同程度であった^[2]。また、Ca 型モンモリロナイトの膨潤応力はモンモリロナイト部分密度が約 2.0Mg/m³ 近傍で、最大約 200MPa の値をとることが熱力学モデルにより示された。

参考文献

- [1] 佐藤治夫、地層処分における人工バリアとしての緩衝材の膨潤と熱力学、原子力バックエンド研究、Vol27, No.2, pp.105-114 (2020)
- [2] 原子力機構、緩衝材基本特性データベース、<https://bufferdb.jaea.go.jp/bmdb/>、最終アクセス 6/27 (2023)

*Kosuke Ichikawa¹, Haruo Sato¹

¹Okayama Univ.

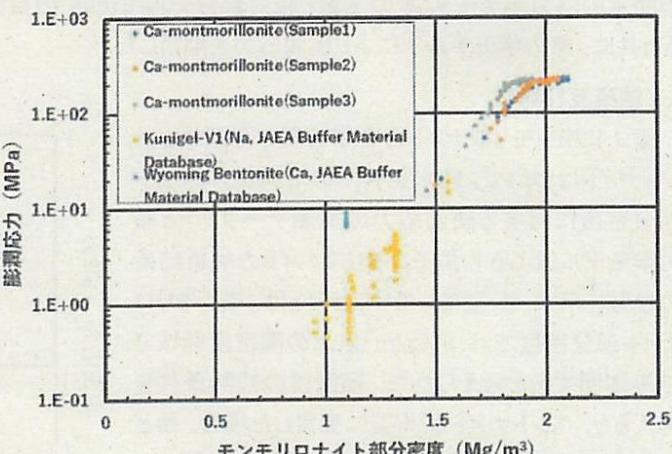


図1 Ca型モンモリロナイト部分密度と膨潤応力の関係