

アルカリ環境下でのサポナイトの溶解速度

背 景

放射性廃棄物処分施設を通過する地下水流量を抑制するための人工バリア候補材料として検討されているベントナイト系材料は、セメント系材料の溶脱に伴って生成するアルカリ性の地下水の影響で緩やかに変質し、バリア性能が長期的に変化することが懸念されている。その長期的なバリア性能の変化を精度良く予測するためには、ベントナイトのアルカリ変質挙動を理解する必要があり、定量的な検討が行なわれている。一方で、上述のような検討と並行して、アルカリ環境下で変質しにくい材料の人工バリアとしての適応可能性を検討することは、今後の処分施設設計を合理化する上での方策の選択肢を増やし、また現状の検討よりも長期間バリア性能を維持させることにもつながる可能性がある。

目 的

ベントナイトと類似した特性を持つとされているサポナイト^{*1}のアルカリ環境下での溶解速度を実験的に明らかにし(図1)、モンモリロナイト^{*1}の溶解速度と比較することでその有用性を評価する。

主な成果

1. サポナイトの溶解速度

サポナイトの溶解に伴うSiO₂の溶出は、反応初期に高い溶出濃度が観察されたが、徐々に濃度は低下し、ほぼ一定の濃度を示した(図2)。既往の溶解速度算出方法に基づき、サポナイトの溶解に伴う溶出SiO₂濃度(図2)と溶解に寄与する反応表面の面積(図3)を用いて溶解速度(mol/m²・s)を算出した。溶解速度の算出に使用した反応表面積は、溶解に寄与する反応表面をサポナイト粒子の端面と仮定し、原子間力顕微鏡を用いて粒子端面積を測定して使用した(図3)。その結果、サポナイトの溶解速度は、pH9.8(サポナイトの電荷ゼロ点と類似)を境に低pH側と高pH側で増加した(図4、表1)。

2. サポナイトとモンモリロナイトの溶解速度の比較

サポナイトの溶解速度は、pH8.5以上で既往のモンモリロナイトの溶解速度よりも遅く、最大で1桁程度遅い(図4)。セメント系材料を使用する放射性廃棄物処分施設においてサポナイトをベントナイトの補完的に使用する場合には、少なくともベントナイト分散液のpH(pH9程度)以上のpH条件が生じるものと推測される。そのため、セメント系材料を使用する放射性廃棄物処分施設では、サポナイトの方がアルカリ溶解に関しては有利である可能性が示唆された。

今後の展開

サポナイトとモンモリロナイトのアルカリ環境下での安定性に違いをもたらすメカニズムを検討する。また、サポナイトの埋蔵量やコスト面も考慮して人工バリア材料としての適応可能性を検討する。

主 担 当 者 地球工学研究所 バックエンド研究センター 特別契約研究員 横山 信吾

関連報告書 「アルカリ環境下におけるサポナイト溶解の速度論的研究—放射性廃棄物処分施設における人工バリア材料としての適応可能性検討—」 電力中央研究所報告: N07020

^{*1}: サポナイト(鉱物名)は、モンモリロナイト(鉱物名)と同様にスメクタイト族(族名)に分類される粘土である。両鉱物の大きな違いは、化学組成にあり、サポナイトは、八面体にMgを主として含み、モンモリロナイトはAlを含む。

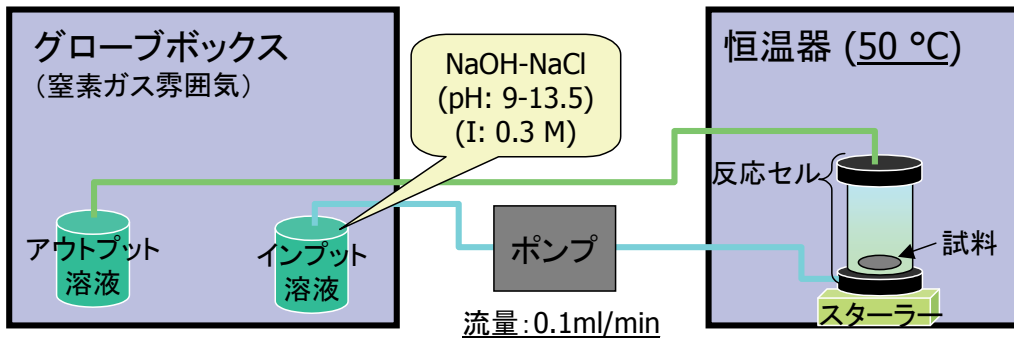


図1 サポナイトの溶解実験の概略図

本溶解実験は、インプット溶液を一定流量で反応セルに送液し、試料を溶解させて、回収されたアウトプット溶液中の溶出元素濃度を測定することで溶解速度を算出する方法である。本研究での実験条件は、図中のとおりである。

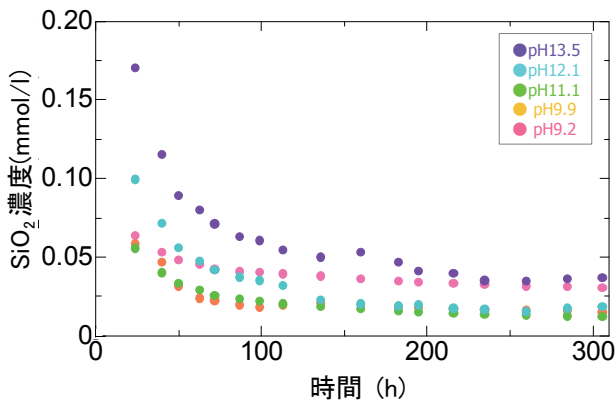


図2 サポナイト溶解実験におけるアウトプット溶液中の SiO₂ 濃度の経時変化

表1 各 pH条件におけるサポナイトの溶解速度

pH	溶解速度(mol/m ² ·s)
8.4	1.57 × 10 ⁻¹²
9.2	7.84 × 10 ⁻¹³
10.3	6.29 × 10 ⁻¹³
11.3	8.60 × 10 ⁻¹³
12.7	1.82 × 10 ⁻¹²

pH の値は、室温での測定値から実験条件の 50℃における pH に補正した値。

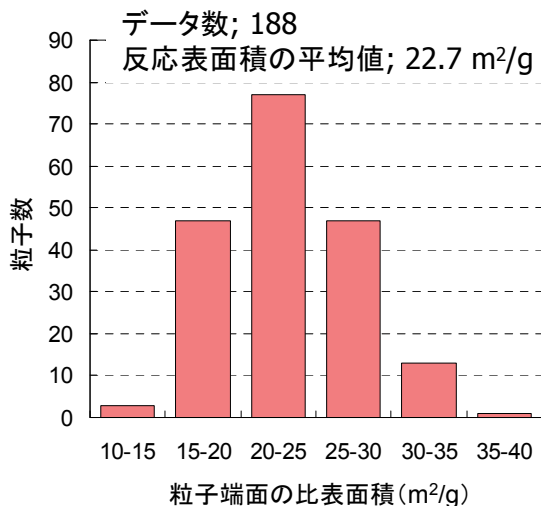


図3 サポナイトの粒子端面の比表面積

モンモリロナイトなどスメクタイトの溶解に寄与する反応表面は、原子間力顕微鏡を用いた溶解のその場観察から、粒子の端面であることが明らかにされている。本研究でもサポナイトの溶解反応表面を粒子の端面と仮定して、その比表面積を測定し、溶解速度の算出に使用した。

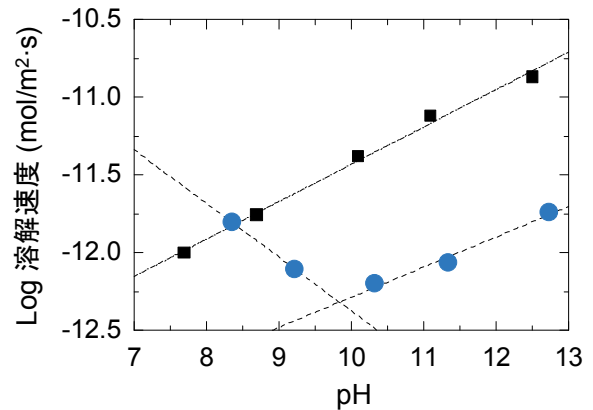


図4 サポナイト(●)とモンモリロナイト(■)の溶解速度(モンモリロナイトの溶解速度は Sato et al.(2004)から引用)

pH の値は、室温での測定値から実験条件の 50℃における pH に補正した値。pH8.5 以上でサポナイトの方が溶解速度は遅く、最大で 1 桁程度の差が認められた。