

アルカリの岩石への影響に関する基礎的実験

戸田建設(株) 正会員 ○関根一郎* 中村隆浩 田中徹
 茨城大学 正会員 小峯秀雄 島田久美子

1. はじめに

放射性廃棄物の処分施設を建設する際、種々の化学的環境変化によって岩盤が受ける影響を把握しておくことが課題であり、様々な取り組みが行われている^{1) 2)}。地下施設の岩盤を補強するために、吹付けコンクリートインバート、処分坑道などにおけるコンクリートの使用やグラウト材の使用が考えられるが、アルカリ性の材料と岩石の相互作用について、軟岩を対象とした処分施設を念頭において実施された研究は少ない。本研究では主として軟岩を対象にアルカリの経時的な影響、pHの影響について実験的な検討を行った。

2. 実験方法

実験に用いた岩石は、表-1に示す11種類で、軟岩9種類その他、花崗岩、中生代の頁岩を実験に供した。実験のフローを図-1に示す。実験はアルカリ骨材反応の試験方法（化学法）⁴⁾を参考にして、バッチ法により実施した。変質を加速化するため、岩石試料は粉碎、ふるい分けにより0.3mm~0.15mmに粒度調整した。

アルカリ溶液としては本実験では、pH11~13の水酸化ナトリウム水溶液を用いた。これらを固液比1:1、温度80℃でステンレス製反応容器内で所定の時間反応させた後、吸引ろ過し、溶解シリカ量、アルカリ濃度減少量を測定した。また、アルカリ作用前後の試料について、X線回折分析を行い、鉱物の変化を調べた。

3. 実験結果および考察

図-2にpH13.2で1日反応させた時の各試料の溶解シリカ量とアルカリ濃度減少量を示した。アルカリ濃度減少量の大きなシルト岩C、凝灰岩A、Bは、後述する表-2のX線回折分析の結果を参照すると粘土鉱物を含む岩石であり、粘土鉱物の層間にNaが取り込まれたものと思われる。珪藻質泥岩、硬質泥岩は溶解シリカ量が大きくなっており、これはアルカリとの反応性が高いクリストバライトを含む（表-2）ためと考えられる。

図-3,4は、pH13.2のNaOHと反応させたときの時間の経過に伴う溶解シリカ量、アルカリ濃度減少量の変化を示したものである。花崗岩、頁岩など密度の高い岩石は反応が遅れて生じているのに対し、間隙率の大きい岩石は反応が早く生じている。珪藻質泥岩、硬質泥岩では時間の経過に伴い

表-1 実験に供した岩石

岩種	湿潤密度 (kN/m ³)	間隙率 (%)	地質年代(産出地)
珪藻質泥岩	15.9	57.5	新第三紀中新世、声間層(北海道) ^{注)}
硬質泥岩	19.3	37.0	新第三紀中新世、稚内層(北海道) ^{注)}
泥岩	24.0	15.4	新第三紀中新世(静岡県)
シルト岩A	23.2	18.9	新第三紀中新世、(滋賀県)
シルト岩B	19.1	47.5	新第三紀中新世、三浦層群(神奈川県)
シルト岩C	15.3	39.9	第四紀更新世、土丹(神奈川県)
泥質凝灰岩	22.4	23.0	新第三紀中新世、(石川県)
凝灰岩A	17.4	39.1	新第三紀中新世、大谷層(栃木県)
凝灰岩B	22.8	42.1	新第三紀中新世、穴水累層(石川県)
頁岩	26.9	0.6	中生代三畳紀、稲井層群(宮城県)
花崗岩	26.4	0.6	中生代白亜紀(山形県)

注)珪藻質泥岩、硬質泥岩の物性値は、近傍のボーリング孔のデータ(文献3))を使用

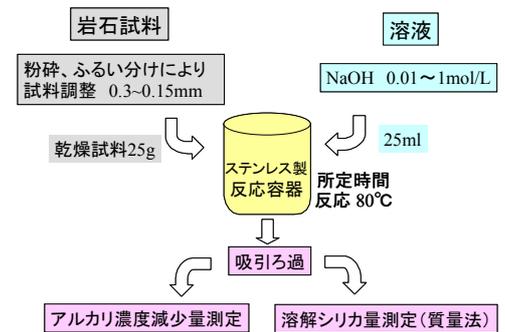


図-1 実験のフロー

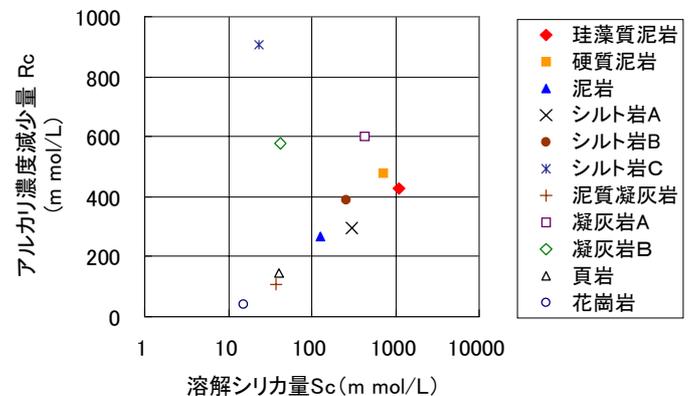


図-2 アルカリ濃度減少量と溶解シリカ量(pH13.2, 1day)

キーワード：放射性廃棄物、岩石、耐久性、アルカリ

*連絡先：〒104-8388 東京都中央区京橋 1-7-1 TEL 03-3535-6316 FAX 03-3564-0730

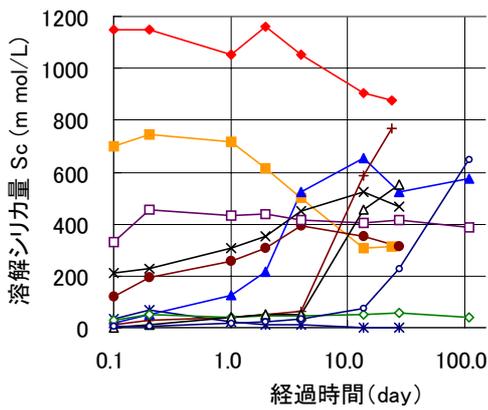


図-3 溶解シリカ量の経時変化 (pH13.2)

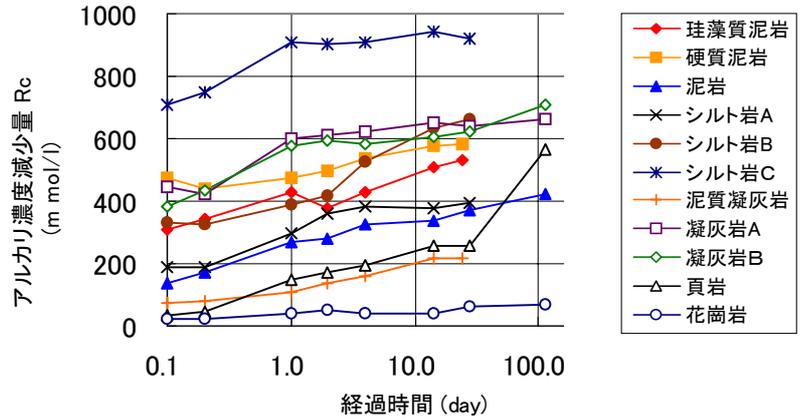


図-4 アルカリ濃度減少量の経時変化 (pH13.2)

溶解シリカ量は低下しているが、アルカリ濃度減少量を見ると溶液はまだアルカリ性を保っており、岩石中の粘土鉱物の活性が高いためにシリカの溶解以上に吸着が進行した可能性や pH の変動が原因として考えられる。

図-5 は反応経過時間1日後の溶解シリカ量と pH の関係を示したものである。どの岩石も pH13 程度では溶解シリカ量が大きいですが、低アルカリコンクリートの使用で得られるような pH12 以下では今回の実験条件では、ほとんど溶解しないことがわかる。

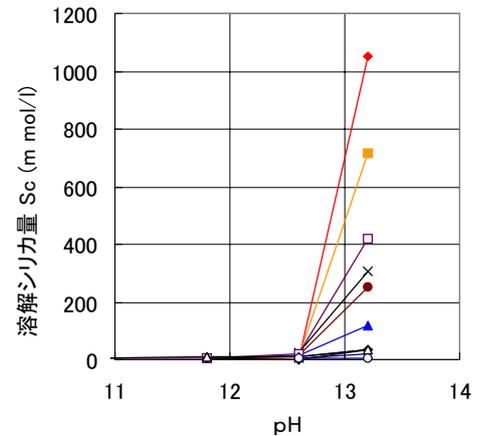


図-5 pH と溶解シリカ量の関係 (1day)

表-2 は、試験前と pH13.2 の NaOH 溶液と 2 週間反応させた後の主要な鉱物の変化を、X 線回折分析によって調べた結果である。アルカリの作用後、新たなスメクタイトの発生、回折線強度、回折線位置の変化が認められた。また、珪藻質泥岩、硬質泥岩ではクリストバライトの回折線強度が低下する傾向にあり、アルカリの作用の結果と考えられる。

4. まとめ

軟岩等の岩石について、アルカリの影響を調べた結果、岩種や pH によるシリカ溶解性について知見を得ることができた。高アルカリ性の溶液と反応させた場合、シリカの大きな溶解性が認められたが、実際の施設周辺岩盤で生じる現象と比較して問題になるような変化かどうかは現在の結果では判断できない。今後、セメント浸出液により近い溶液を用いた実験や、固液比や粉砕の程度を変えた実験を実施し、実際の現象との対比を検討する必要がある。

なお、本実験に用いた試料のうち、珪藻質泥岩、硬質泥岩は核燃料サイクル開発機構幌延深地層研究センターより提供されました。あわせて実験内容や岩石の物性等について貴重なご意見をいただきましたことにつきまして、ここに御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 島田久美子・小峯秀雄・安原一哉・村上哲・岡田哲実・中田英二、化学的側面からみた堆積岩のスレーキングメカニズムに関する一考察、土木学会第 58 回年次学術講演会、2003 年 9 月
- 2) 大和田仁・三原守弘・黒木泰貴・有本邦重、アルカリ溶液中での花崗岩の変質挙動、JNC TN8400 2000-027、2000 年
- 3) 佐藤 治夫、堆積岩系岩石マトリックス中のイオンの拡散移行過程に関する研究、JNC TN1400 2003-003、2003 年
- 4) コンクリート標準仕方書「規準編」JIS 等関連規準、骨材のアルカリシリカ反応性試験方法（化学法）、JIS1145-2001

表-2 X線回折分析による主な鉱物の変化

岩種	鉱物	アルカリ作用前 回折線強度 (CPS)	アルカリ作用後 回折線強度 (CPS)
珪藻質泥岩	クリストバライト	1200	1100
"	スメクタイト	60	120
硬質泥岩	クリストバライト	3250	2600
"	スメクタイト	0	100
シルト岩A	沸石	700	400
シルト岩C	カオリン/ハロイサイト系粘土鉱物	250	225
凝灰岩A	スメクタイト	0	100
凝灰岩B	スメクタイト	300	700