

熱水環境下における各種岩石の透水特性の経時変化

愛媛大学大学院 正会員 ○安原 英明, 木下 尚樹

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物の深地層処分施設の建設を考えると、天然バリアとなる周辺岩盤の透水特性の変化を長期的に予測評価することは非常に重要である。処分施設近傍の岩盤では、廃棄体からの発熱により化学作用が卓越し、岩盤の透水特性に大きな影響を及ぼすことが予想される。そこで本報告では、90℃の熱水と20℃の水温条件の水槽に、花崗岩、砂岩、珪質泥岩の3種類の岩石を最長90日間浸潤させ、化学作用（溶解・沈殿現象）による岩石の透水特性の経時変化を実験的に検証した。

2. 岩石試料

実験に用いた岩石試料（花崗岩、砂岩、珪質泥岩）の構成鉱物同定のためX線回折を行った。図1は、泥岩のX線強度とX線入射角の関係である。図中に示す鉱物はX線回折分析により、明確に判別可能な鉱物である。その結果、それぞれの岩石の主要構成鉱物は、シリカ、長石、粘土鉱物であった。その内最も含有量の多い鉱物は、シリカであると考えられる。花崗岩、砂岩のそれは、石英であると判断できるが、珪質泥岩は石英の他にOpal-CT（クリストバライト、トリディマイト）も含んでいると考えられる。

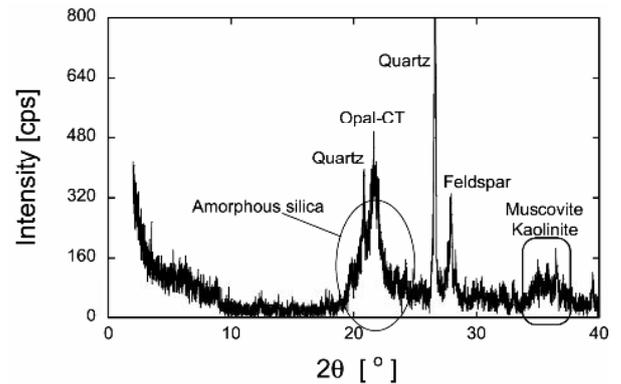


図1 X線回折結果(珪質泥岩)

さらに図1より、石英、Opal-CTを含むピークの周辺が緩やかな凸形状を現しており、非晶質なアモルファスシリカも含有していると考えられる。シリカである石英、Opal-CT、アモルファスシリカの化学組成は同じSiO₂であるが、構造骨格は大きく異なり、水に対する溶解性も大きくことなる。その溶解速度、溶解度は、石英、Opal-CT、アモルファスシリカの順に高くなることが知られており¹⁾、それぞれのシリカの含有率の違いにより、岩石の透水性、力学特性に及ぼす影響は異なってくると予想される。

3. 透水試験

3-1. 実験準備

90℃の場合は、岩石-蒸留水体積比1:10の密閉容器内に供試体を浸潤させ、この密閉容器をステンレス水槽に入れヒーターで90℃(±1℃)に加熱し温度を一定に保った(図2)。その後、30日、60日、90日後にそれぞれの容器より必要数の供試体を取り出し、室温条件に戻した後に透水試験を実施し、透過率を算定した。



図2 岩石供試体の温度管理(90℃)

3-2. 実験結果

各々の温度、経過時間について透水試験より得られる透過率を図3に示す。図より、岩種によらずほぼ全ての計測点において90℃の結果が20℃よりも小さくなっているのがわかる。また、花崗岩が最小の透過率(～10⁻¹⁸ m²)を示しており、砂岩および泥岩のそれは、花崗岩に比べて2オーダー程大きな値で、かつほぼ同程度の値(～10⁻¹⁶ m²)が得られた。実験に用いた花崗岩の間隙率は0.80%であり、予想されたように透水性が非常に低い試験結果が得られた。堆積軟岩の間隙率は砂岩に比べて約2倍と大きいのが、得られた透過率はそれほど差異がなかった。

キーワード 熱水環境, 化学溶解, 沈殿, 透水性

連絡先 〒790-8577 松山市文京町3番 TEL: 089-927-9853 E-mail: hide@dpc.ehime-u.ac.jp

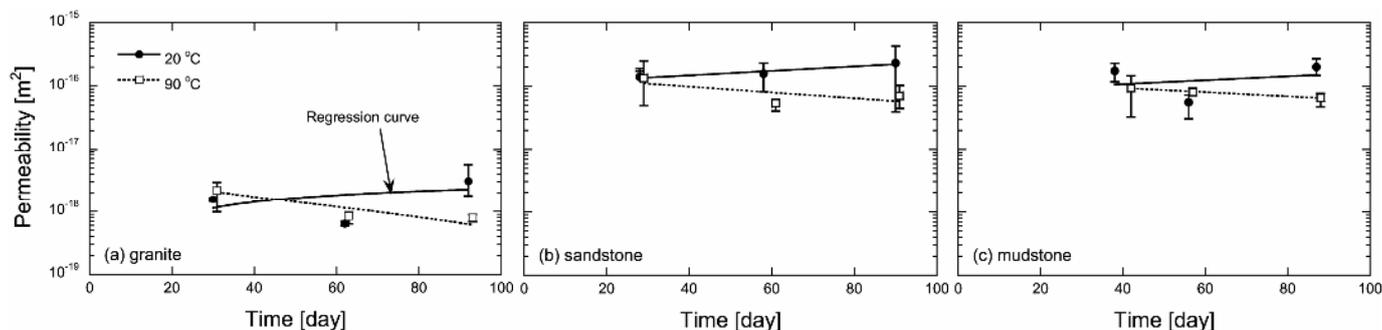


図3 透過率の経時変化

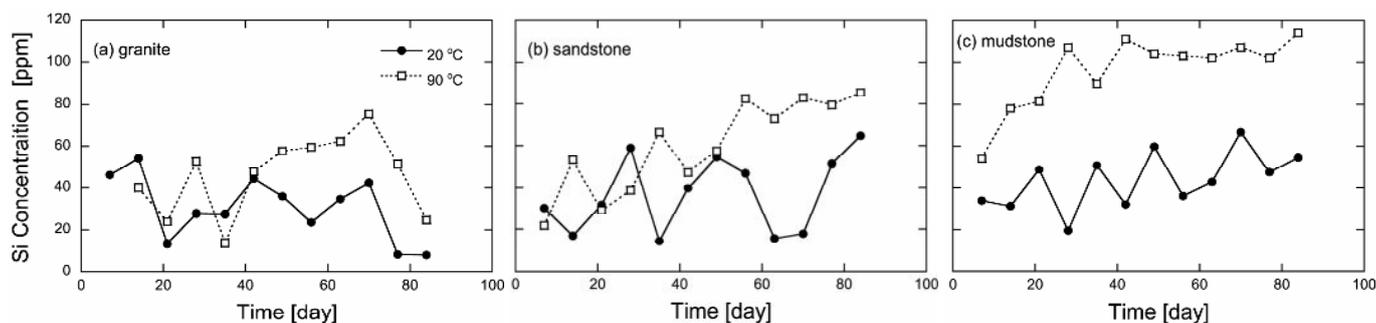


図4 Si濃度の経時変化

透過率の経時変化に着目すると、全ての岩石試料において20℃の場合は、養生期間に関わらずほぼ変化がないことがわかる。対照的に、90℃の場合は、時間の経過と共に減少する傾向が見られる。30日から90日間の養生期間中に透水性の低下は、岩種によらずほぼ30~40%低下している。

4. 化学分析

20℃および90℃で養生中の岩石供試体を浸潤させている水槽から、一週間に一度の頻度でサンプリングした水溶液をICP発光分析により元素の定量分析を実施した(図4)。Si濃度に着目すると、すべての岩種において90℃の方が大きな値を示していることがわかる。特に、砂岩、泥岩は時間の経過と共にその値が増加していることがわかる。砂岩については、50日付近から約80ppmで定常状態になっており、泥岩は、40日付近から約100ppmで定常状態になっていることがわかる。珪質泥岩は、石英の他にOpal-CTやアモルファスシリカを多く含んでいると考えられ、花崗岩や砂岩よりも岩石の溶解速度が速く、その溶出濃度も高くなっていると考えられる。また、20℃のSi濃度は、岩種に関わらず、ほぼ10~60ppmの範囲に計測結果が分布しており、岩石の溶出はそれほど進行していないことがわかった。

透水性の低下は、水みちとなる間隙が初期状態よりも小さくなるために起こる。90℃という温度条件により化学溶解現象が卓越し、その結果、間隙内の溶質は過飽和状態になると予測される。岩石の透水性を決定するのは、水みちとなる間隙の中でもより小さな間隙であり、沈殿現象が卓越すると考えられる。すると局所的な沈殿により、ボトルネックとなる間隙をさらに小さくしてしまう。そのため時間の経過と共に巨視的な透水性が低下したと推測される。

5. まとめ

- ①透水試験結果より、透過率は岩種によらず90℃の結果が20℃よりも小さくなっていた。
- ②全ての岩石試料において20℃の場合は、透過率の経時変化はほとんどなかった。対照的に90℃の場合は、時間の経過と共に減少する傾向が見られた。また、30日から90日間の養生期間中に透水性の低下は、岩種によらずほぼ30~40%低下する結果が得られた。

参考文献

- 1) Rimstidt, J. D. and H. L. Barnes (1980), The kinetics of silica-water reactions, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 44, 1683-1699.