

間隙水中におけるイオンの遅い拡散が岩石の溶解速度に与える影響

The effect of slow diffusion of ions in interstitial water on the dissolution rate of rocks

横山 正[1], 村上 隆[1]

Tadashi Yokoyama[1], Takashi Murakami[2]

[1] 東大・理・地惑

[1] Dept of Earth and Planetary Science, Univ. Tokyo, [2] Dept. of Earth Planet. Sci., Univ. of Tokyo

岩石や鉱物の風化・溶解の速度やメカニズムを明らかにすることは、地球表層における物質循環過程を定量化する上で非常に重要である。岩石の風化においては、鉱物やガラスと間隙水との反応が重要な位置を占める。間隙水がほとんど移動しない場合、鉱物から溶解したイオンは間隙水中を主に拡散により移動して主要な流路まで到達し洗い流される。複雑に入り組んだ間隙水中のイオンの拡散係数はバルクの水の場合よりもかなり小さいことが知られている（例えば飯山他，1994）。このような間隙水中での遅い拡散は、溶解したイオンの流出効率を下げ、間隙水の濃度を高い飽和状態に維持し、岩石全体としての溶解速度を遅くする効果をもたらすことが定性的には予想される。

鉱物やガラスの溶解速度を実験的に求める際、開放系・閉鎖系のいずれの場合でも、反応溶液をかき混ぜたり試料が容器の底面に厚く堆積することがないように試料の量を調節したりして、部分的な飽和状態が生じないような工夫がなされることが多い。このような実験は主に溶解のメカニズムを明らかにするという点では優れた方法である。しかしながら、天然における溶解速度と実験値では最大5けたもの食い違いが報告されており(White and Brantley, 1995)、上記のような実験の結果をそのまま天然の系に適用して物質循環過程の定量的な理解につなげることは非常に困難である。

本研究では、天然の状態（試料が主に間隙水と反応している状態）をシミュレートした溶解実験装置を作成した（Fig.1）。タイプAの装置では、溶液を試料の堆積面より上の部分から注入するため間隙水はほとんど移動しない。したがって、アウトプットの溶液を分析することによって、堆積した試料からイオンが拡散により流出する速度を測定することができる。この装置では、注射器のピストンを押し込むことにより間隙水を取り出して分析することもできる。一方、タイプBの装置では、溶液を試料の下から注入するため試料周囲の間隙水は常に流れた状態になる。これは通常の開放系における溶解実験と本質的に同じものである。

神津島の流紋岩の粉末（粒径 50-100 μm ）を試料として（5.5 g）、純水（pH6-7）、40℃、流速 30 (ml/day) で実験を行った。Fig.2 は試料の単位面積当たりから溶けだした Si の総量を実験時間に対してプロットしたものである。タイプAとタイプBを見比べると、明らかにタイプBの方が溶解速度が早い。タイプA、B両方において間隙水を取り出して分析したところ、タイプBにおいてはアウトプットの溶液より低いイオン濃度であったが、タイプAにおいてはいずれのイオンについてもアウトプット溶液の 10~100 倍の濃度であった。

タイプAにおいては、間隙水のイオン濃度が低い反応開始直後は試料の溶解速度は早い。反応が進行すると、間隙水の外へのイオンの流出速度が遅いため間隙水中のイオン濃度は急速に高くなっていく。間隙水の濃度が上がると化学親和力の効果が現れて試料の溶解速度は遅くなるが、間隙水とバルクの水との間の濃度勾配が大きくなるので拡散による流出速度は逆に早くなるであろう。間隙水がある濃度になったとき試料の溶解速度と流出速度がつりあって、以後その状態が維持されると考えられる。本実験では、試料部分の含水率は 35（体積%）をしめる。実際の天然においては含水率ははるかに低い状態も存在する。そのような場合は、さらに流出効率が下がり岩石の溶解速度も遅くなるであろう。

現段階では、本実験は間隙水中における拡散速度が遅いという現象が岩石の溶解速度におよぼす影響を定性的に見ているに過ぎない。今後は、化学親和力が定量的に計算できる鉱物を試料として用いて、粒径、堆積厚さ、溶液組成などのパラメータを変化させることによって、天然の系における物質循環過程の定量的な予測につなげられるようなデータの蓄積を目指していきたい。

文献

飯山敏道・河村雄行・中嶋悟（1994）実験地球化学，東京大学出版会。

White A. F. and Brantley S. L. (1995) Chemical weathering rates of silicate minerals: an overview. *Reviews in Mineralogy*, 31.

Fig.1

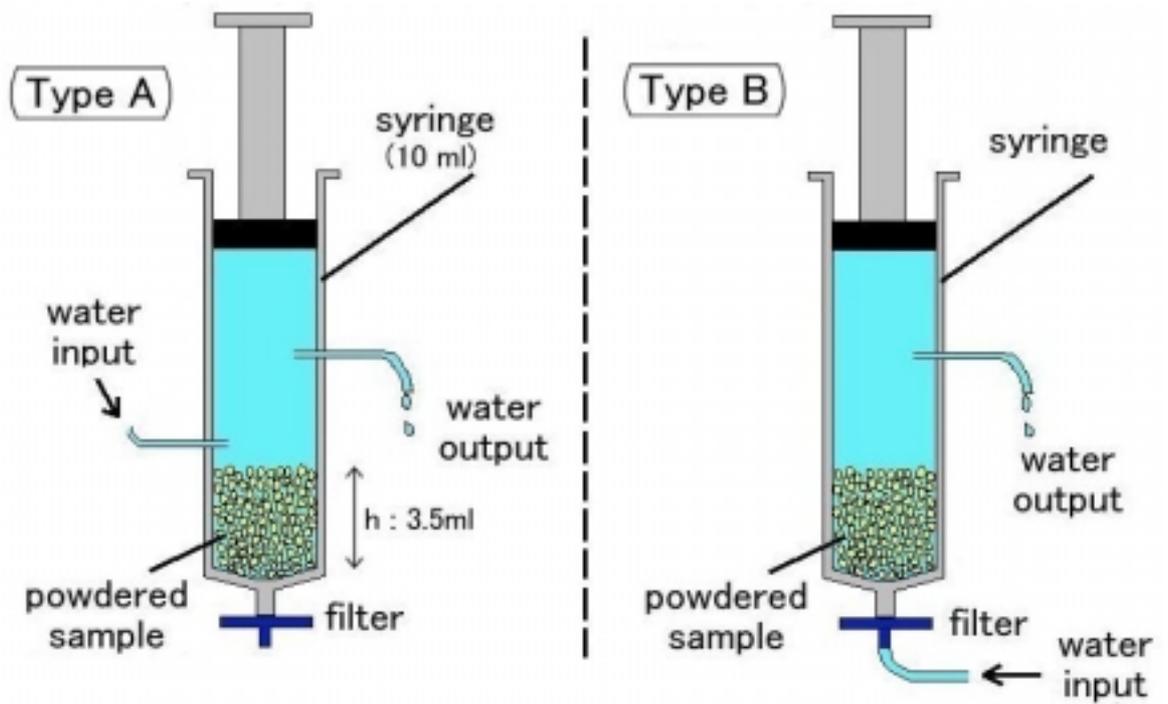


Fig.2

