

鉱物-水反応表面積に対する水飽和率の影響：水膜の役割

Effect of water saturation on mineral-water reactive surface area: role of water film

西山 直毅^{1*}, 横山 正¹

NISHIYAMA, Naoki^{1*}, YOKOYAMA, Tadashi¹

¹ 大阪大学理学研究科宇宙地球科学専攻

¹Dept. Earth & Space Sci., Osaka Univ.

岩石-水相互作用を定量的に扱う上で、鉱物-水反応表面積の正確な把握は大変重要である。地下水面より上方に位置する岩石内部は、間隙中に水と空気が共存する水不飽和状態になる。このような不飽和状態では、反応面積が飽和状態と比べて小さくなり、反応量が少なくなる可能性がある。本研究では、砂岩を様々な水飽和率下で水と反応させて元素の溶解量の違いを調べ、水飽和率と鉱物-水反応表面積の関係を評価した。

試料には石英砂岩（フォンテーヌブロー砂岩、間隙率7.4%）を用いた。この砂岩はほぼ全て粒径200-300 μmの石英粒子から構成される。水飽和率を0, 50, 100%に調整したコア試料に、片面から一定の水圧をかけて純水を流した。不飽和状態の試料内部に水が流入すると、水と接触している石英表面でのみ溶解が起こり、溶出したシリカは間隙水の流れにより試料外部へ流出する。水飽和率 S において、単位時間当たりに試料を透過する溶液の体積を $Q(S)$ (cm³/sec)、溶存シリカ濃度を $C_{Si}(S)$ (mol/cm³)、反応表面積を $A(S)$ (cm²)、石英の溶解速度を k_{Qz} (mol/cm²/sec) (S に依存しない定数) とすると、 $Q(S) \times C_{Si}(S) = k_{Qz} \times A(S)$ の関係がある。したがって、様々な水飽和率において流量と溶存シリカ濃度を測定して飽和状態の値と比較することで、水飽和率の変化に伴う反応表面積の変化を評価することができる。

実験の結果、水飽和率が変化しても、反応表面積にはほとんど変化が見られなかった。この結果は、まず、間隙に空気が存在しても、鉱物表面は水膜で覆われていて溶解が進むことを示している。さらに、溶解速度は元素濃度に依存するため、もし水膜中で溶解した元素が外部へ輸送される速度が遅い場合、水膜中の元素濃度が高くなり溶解速度が遅くなると予測されるが、そのようなことが起こっていないことも示している。この溶解-物質輸送現象の理論的裏付けを目的として、水膜を介した溶解-拡散の理論モデルを作成して、解析を行った。その結果、フォンテーヌブロー砂岩の場合、間隙中の相対湿度と平衡な水膜が石英表面に拡がり、その水膜中の拡散による元素の洗い流しが十分に速く濃度がほとんど上昇しないため、水飽和率が変化しても全体の溶解速度が変化しないことが確かめられた。水膜中の元素濃度は、水膜の厚さ、拡散距離、鉱物の種類（溶解速度、平衡濃度）に依存するため、岩石によって反応表面積や全体の反応速度に対する水飽和率の影響は異なる。本研究で作成したモデルを応用することで、様々な構成鉱物や間隙構造の岩石について、水飽和率-反応表面積-反応速度の関係を予測することが出来る。

Keywords: mineral-water reactive surface area, mass transport, water film, rock weathering