

伊豆神津島における多孔質流紋岩の溶解速度と風化プロセス

Dissolution rate and weathering process of porous rhyolites from Izu-Kozu-Island

横山 正 [1], ジル バンフィールド [2]

Tadashi Yokoyama [1], Jill . F. Banfield [2]

[1] 東大・理・鉱物, [2] ウィスコンシン大・地質地球科学

[1] Mineralogical Institute, Tokyo Univ, [2] Department of Geology and Geophysics University of Wisconsin-Madison

天然における火山ガラスの溶解速度を求めるために、噴出年代が異なり、噴出時の化学組成が酷似している神津島の4つの多孔質流紋岩(4万年, 2万年, 2600年, 1100年前)を選び、その化学組成の変化を調べた。風化によって溶出しにくいFeを用いて外部からの流入の影響を補正し、各元素の溶出量を計算して時間軸に対しプロットすることで溶出速度を求めた。SEM/TEMによる観察の結果、ガラスの表面にハロイサイト・アロフェン等の二次鉱物が確認された。二次鉱物の形成によって保存されるSiの量を差し引くと、ガラスの実際の溶解速度は $1.9 \times 10^{-18} \text{ mol/cm}^2/\text{sec}$ となり、実験的溶解速度よりも約3桁小さい。

火山ガラスの風化・溶解は地球上の物質循環や岩石の強度変化に関係し、長期的には全地球的環境変化を及ぼし、短期的には山体の崩壊・建物の強度変化などといった影響を及ぼす。したがって、地球上で起こる風化変質による岩石の溶解速度を知ることは非常に重要である。

天然における溶解速度を扱った研究として、これまでに河川における質量収支から流域の鉱物の溶解速度を求めた例がいくつかあるが(例えばVelbel, 1985, Paces, 1983など)、いずれも天然における水・岩石の反応面積の測定に問題があり、精度の高い値は得られていない。

本研究では、天然における火山ガラスの溶出速度を求めるために、小口らの研究(1994)に基づき、噴出年代が異なり、噴出時の化学組成・物理特性が酷似し、火山ガラスが85%以上を占める伊豆神津島の4つの多孔質流紋岩(約4万年前, 2万年前, 2,600年前, 1,100年前)を研究対象とした。噴出時の化学組成の同一性は、EPMAによってガラスの未変質部の化学組成を測ることで確認した。一般に岩石が風化するときには、外部から順に変質が進む。しかし、神津島における流紋岩の大きな特徴として、非常に多孔質であるために水が溶岩ドーム深部まで及び、ドーム全体が均質に風化するという様相を呈す。このため、単位体積あたりのドーム内部の化学組成の変化を調べることで、溶出量を見積もることが可能である。

各岩石の単位体積あたりの化学組成の変化を時間軸に対してプロットすると、風化の進行に伴い、Na, K, Siといった水に易溶性の元素は減少するが、Al, Fe, Tiといった水に難溶性の元素は増加することが分かった。SEM/TEMによる観察の結果、ガラスの表面にハロイサイト・アロフェンからなる二次鉱物が形成されていることが確認され、EPMAによる元素マッピングの結果、二次鉱物の中にFeの濃縮が認められた。したがって、難溶性元素が増加するのは、主にそれらを含んだ二次鉱物が外部から流入してくることによるものと思われる。外部からの流入量を差し引き、更に二次鉱物の形成によって保存されるSiO₂の量を加味して、単位体積当たりの全溶解量を計算して時間軸に対してプロットすると、神津島における流紋岩からのSiO₂の溶解速度として $1.9 \times 10^{-18} \text{ mol/cm}^2/\text{sec}$ を得た。なお、岩石の単位体積あたりの水との反応面積はBET法によって測定されているので、従来フィールドベースの研究において常に問題であった反応面積の推定の精度の問題は、本研究においては考えなくてよい。本研究で得られた天然における溶解速度は、流紋岩ガラスの25・pH7における実験的溶解速度(White, 1990)よりも約3桁小さい。この理由としては、以下が考えられる。1. 実験に用いるサンプルは常に水と接しているのに対し、天然の岩石は常に水と接しているわけではない。そのため、天然においては水との反応時間が短くなる。2. 天然では水が岩石に吸収された後すぐに飽和に達する。そのため、溶解速度は急激に落ちる。反応時間の違いだけで説明しようとする、一年に岩石が水と接している時間が約0.4日ということになり、説明としては不十分である。神津島においては、雨が降ると、まず水は溶岩ドーム内に縦横に走るCooling Jointに沿ってしみ込む。さらに、各溶岩のブロックが水を吸収することによって、溶岩ドーム全体に水が浸透する。一度吸収されると、しばらく水はその場に留まる。このようなプロセスが考えられるため、おそらく水は早い段階で飽和に達し、その後の溶解速度は、二次鉱物の沈殿速度とのかねあいで決まるものと思われる。つまり、本研究で得られた溶解速度は、二次鉱物が共存する飽和条件下での溶解速度ということになる。以上より、実験値を天然に適用するためには、降雨量・飽和等の影響を見積もる必要があり、従来実験値と天然における値との違いがいの主要因とされてきた反応面積の見積もりの誤差による説明では不十分であることが示唆される。