

硫黄同位体比にもとづく地下微生物の酸化・還元活性の考察

Sulfur isotopic study of microbial activity in deep granitic rocks

岩月 輝希[1], 村上 由記[2], 長沼 毅[3], 佐竹 洋[4]

Teruki Iwatsuki[1], Yuki Murakami[2], Takeshi Naganuma[3], Hiroshi Satake[4]

[1] サイクル機構, [2] 広大・生物圏科学・環境循環, [3] 広大・生物生産, [4] 富山大・理・環境

[1] JNC-TGC, [2] Biosphere Science, Hiroshima Univ., [3] Appl. Biol. Sci., Hiroshima Univ., [4] Environ. Chem., Toyama Univ.

地下深部の酸化還元状態に与える微生物活動の影響を明らかにするために、岐阜県東濃地域の深部花崗岩を対象として、地下水や鉱物特性との相関について調査した。地下水中の硫酸イオン、黄鉄鉱の硫黄同位体比は各々+5~+30‰、-4~+68‰と求められた。硫酸イオンの硫黄同位体比は濃度の減少とともに $34S$ に富む傾向が認められ、微生物による還元活動の結果と考えられた。硫酸還元反応における同位体分別係数は、近似的に $\alpha = 0.983 \pm 0.034$ と求められた。 $34S$ に富む黄鉄鉱は、硫酸イオンの大部分が還元されてしまう強還元状態（あるいは微生物活性）を意味しているものと推察された。

近年、地下微生物の存在が確実視されるようになり、これらの活動が地下深部の様々な現象に影響を与える可能性が指摘されつつある。本研究では、地下深部の酸化還元状態に与える微生物活動の影響を明らかにするために、岐阜県東濃地域の深部花崗岩を対象として微生物種の量、活性の調査（同セッション村上ら参照）と地下水や鉱物（特に黄鉄鉱）特性との相関について考察した。なお、この地域では深度500m以深で-260~-385mVの強還元状態が確認されており、更に培養法によって地下水中の硫酸還元菌の現存量を測定した結果、深度500m付近に硫酸還元菌のピークが確認されている。

硫酸イオンと割れ目表面の黄鉄鉱に関する調査の結果、地下水中の硫酸イオンおよび黄鉄鉱の硫黄同位体比は各々+5~+30‰、-4~+68‰と求められた。黄鉄鉱の硫黄同位体比は深度とともに、硫酸イオンの硫黄同位体比は濃度の減少とともに $34S$ に富む傾向が認められた。一般的にバクテリアによる硫酸イオンの還元では、 $34S042-$ より $32S16042-$ が選択的に還元される傾向があるため、硫酸イオン濃度と硫黄同位体比の逆相関は、微生物による還元活動の結果であると推察される。実際に土岐花崗岩深部の地下水からも硫酸還元菌・鉄酸化/還元細菌等の生存が確認されており、鉄関連菌に関しては、 10^3 cells/ml 以上もの高密度で生細胞が存在していることが明らかになっている。これらの微生物が地下環境の酸化/還元に影響を与えている可能性は十分考えられる。微生物による硫酸還元の反応速度は地下水の浸透速度に比べ、十分に速いと考えられるため、各深度において硫酸還元反応が同位体平衡に達しながら地下水が浸透していくと仮定できる。この場合、硫酸イオン濃度と硫黄同位体比から、硫酸還元反応における同位体分別係数（ $34S/32S[\text{硫化物}] / 34S/32S[\text{硫酸イオン}]$ ）は、近似的に $\alpha = 0.983 \pm 0.034$ と求められる。今後、微生物種を確認するとともに、黄鉄鉱の溶解による硫酸イオンの供給等も考慮し、より確度を高める必要があるものの、本研究で求められた同位体分別係数は、原位置における硫酸還元時の分別係数の一例となるものである。

花崗岩深部の $34S$ に富む黄鉄鉱の同位体比は、地下水が浸透していく過程において硫酸還元反応が進み、 $34S$ に富む硫酸イオンから黄鉄鉱が沈澱した結果と考えられる。

特に、非常に $34S$ に富む黄鉄鉱の存在は、地下水中の硫酸イオンの大部分が還元されてしまう強還元状態（あるいは微生物活性）を意味し、定性的ではあるが、黄鉄鉱の同位体比が $34S$ に富むほど、微生物活性が高く還元的な環境にあると推察できる。