

## スメクタイトの微生物溶解

## Microbiologically induced dissolution of smectite

# 河野 元治[1], 富田 克利[2]

# Motoharu Kawano[1], Katsutoshi Tomita[2]

[1] 鹿大・農・生物資源, [2] 鹿大・理・地球環境

[1] Fac. Agri., Kagoshima Univ, [2] Earth and Environmental Sci., Kagoshima Univ

## 1. はじめに

地球表層環境での鉱物の風化は、全地球規模の元素循環や大気二酸化炭素の濃度コントロール、生態系への無機栄養供給など、地球生命圏維持機構の基礎反応として位置付けられる。近年、これらの反応への微生物の関わりが知られるようになり、鉱物の溶解に及ぼす微生物の影響の定量的な評価が強く求められている。一般に鉱物の微生物溶解(BMD: biologically mediated dissolution)のメカニズムは、化学合成細菌による元素の酸化・還元反応による溶解促進など、鉱物そのものの結晶化学的な性質を変化させる直接作用(BCD: biologically controlled dissolution)と従属栄養細菌の生成する有機分子による錯体形成など、外界の溶液環境の変化により溶解を促進する間接作用(BID: biologically induced dissolution)に大別される。これまでの研究では、主に化学合成細菌による直接作用についての多くの報告がなされているが、地球表層環境の大部分を構成する珪酸塩鉱物の間接作用による微生物溶解についてはよく知られていない。そこで、今回は地球表層環境に広く生息する従属栄養細菌の一種を用い、この微生物を含む反応系でのスメクタイトの溶解実験を行った。

## 2. 試料及び実験

実験には、鉱物試料としてクニピアFを精製したスメクタイト、微生物試料として *Bacillus subtilis* を使用した。スメクタイトは、クニピアFをNa飽和、脱イオン水で洗浄後、わずかに含まれる有機物をH<sub>2</sub>O<sub>2</sub>処理で分解し、再び脱イオン水で洗浄後、凍結乾燥して実験用の試料とした。*B. subtilis* は、YG培地で培養後、0.1mM HCl及び脱イオン水で十分に洗浄後、凍結乾燥して実験用として保存した。溶解実験にはポリエチレン製反応容器を用い、0.1M NaCl溶液100mlにスメクタイト1.0gを加え、次の3つの反応系について検討した。反応系(1): 微生物を含まずHCl及びNaOHでpH調整をした反応系、反応系(2): 微生物を含み栄養成分無添加の反応系、反応系(3): 微生物を含みグルコースを添加した反応系。微生物量は10<sup>5</sup>、10<sup>6</sup>、10<sup>7</sup>、10<sup>8</sup>、10<sup>9</sup> cells/mlとなるよう調整し、反応系(3)のみにグルコース0.1gを添加した。各反応系を調整した後、反応容器を25℃の恒温器中に静置し、5日ごとに溶液のpH、Eh、Si濃度、有機酸濃度、NH<sub>4</sub>濃度の測定を行った。溶解速度の算出には、反応期間5~15日のSi濃度データを用い、pHの評価にはこの期間の平均pH値を用いた。

## 3. 結果

微生物を含む反応系(2)と(3)はいずれも微生物を含まない反応系(1)と比較してスメクタイトの溶解速度が高くなる結果が得られた。反応系(2)の場合、スメクタイトの溶解速度は含まれる微生物量に応じて急激な増加傾向を示し、非微生物系に対して微生物量10<sup>5</sup>から10<sup>9</sup> cells/mlでは、それぞれ1.2、1.7、4.0、5.7、17.9倍の溶解速度の増加が認められた。これらの溶解速度は、速度式  $R = 10^{-14.81(\log \text{ cells/ml})^{0.29}}$  で表すことができる。反応系のpHは微生物量に依存して上昇傾向(5~15日の平均値: pH6.3~6.8)を示し、その上昇量は溶液中のNH<sub>4</sub>濃度の増加量と対応関係を示した。また反応系に添加された微生物量の増加に伴い、マレイン酸、クエン酸、グルコン酸等の種々の有機酸濃度の上昇が認められ、溶液中の全有機酸生成量と溶解速度とは良好な対応関係を示すことが明らかとなった。これらのNH<sub>4</sub>及び有機酸は無栄養環境で一部の微生物が溶菌し、その細胞成分を残る微生物が代謝することで生成されたものと思われる。反応系(2)での溶解速度の増加は、微生物の溶菌と代謝で生成された種々の有機酸による溶解促進効果が作用しているものと考えられる。一方グルコースを含む反応系(3)では、溶液に含まれる微生物量に関わらず10<sup>5</sup>から10<sup>9</sup> cells/mlのすべての反応系で、非微生物系に対して8~10倍の溶解速度の増加を示した。このような微生物量に依存しない溶解速度の増大は反応系(3)の大きな特徴で、微生物量に依存して溶解速度が変化する反応系(2)とは大きく異なる点でもある。また同様に、溶液のpHも微生物量に依存せず、すべて類似した低下傾向(5~15日の平均値: pH4~5)を示し、同時にグルコン酸、酪酸等の有機酸の生成が確認された。これらの有機酸生成は溶液中に添加されたグルコースの微生物代謝によるもので、pHの低下はこれらの有機酸生成に起因しているものと思われる。しかしながら、溶液中の全有機酸生成量と溶解速度には明確な対応関係が認められないことから、反応系(3)での溶解速度の増加は溶液のpH低下による溶解促進作用が大きく寄与しているものと考えられる。