

微生物による鉱物の風化・変質および粘土鉱物の形成 - 層状珪酸塩鉱物形成における微生物の役割 -

Biological weathering and clayey biomineralization. -A role of microbes during the formation of layered silicate minerals-

上島 雅人[1], 田崎 和江[2]

Masato Ueshima[1], Kazue Tazaki[2]

[1] 金沢大・自然・地球環境, [2] 金沢大・理・地球

[1] Environ. Sci., Kanazawa Univ, [2] Dept. Earth Sci., Kanazawa Univ.

http://133.28.50.192/tazaki/member/ueshima/ue_e.html

微生物が出す粘着物質に着目し、粘着物質内における粘土鉱物の形成プロセスおよびメカニズムを、鉱物の風化およびイオンの集積の2つの観点から検討した。釉薬中の微生物によるカリ長石のハロイサイト化とそのプロセスが酸性多糖を含む粘着物質内において観察された。また、深海底の微生物の出す多糖物質によるノントロナイトの形成が観察された。微生物と珪酸塩鉱物の反応場は、細胞を取り巻く粘着物質であることが明らかとなった。多糖分子は粘土鉱物の形成に重要な役割を果たす。

地球上の物質循環にとって生物圏の影響は重要である。特に、微生物によるバイオミネラリゼーションは地球上の元素の移動や固定を理解するためのカギを担っている。微生物、特にバクテリアや真菌類は土壌、水、土そして大気中の至るところに生息し、地殻を構成する珪酸塩鉱物が微生物によりどのように変化を受け、輸送されるのかを解明することは、地殻の安定性評価や土壌の形成過程を考える上でも重要である。地球科学的循環における微生物の影響を理解することは、その分布、数量の上からも重要である。地球上に最も多い珪酸塩鉱物、特に粘土鉱物は地殻表面に多く存在し、地球表面における元素の輸送に大きく貢献している。微生物と珪酸塩鉱物の相互作用と微細組織の形態を明らかにすることは、生物を媒介とする元素の循環を解くカギとなる。本研究では、粘土鉱物の形成場となっている、微生物が出す粘着物質に着目した。粘着物質内における粘土鉱物の形成プロセスおよびメカニズムを、カリ長石の風化および溶存イオンの集積の2つの観点から検討した。

珪酸塩鉱物による輸送を明らかにするために、九谷焼釉薬中のカリ長石の微生物風化に注目した。水に溶いた釉薬の沈殿物の表面には緑色、茶色および黒色のバイオマット(微生物被膜)が形成される。特に緑色バイオマットには、微生物(シアノバクテリア)によるカリ長石のハロイサイト化とそのプロセスが粘着物質において観察された。カリ長石の粗い粒子は微生物の粘着物質に付着し、細かい粒子はその中に取りこまれる。粘着物質に付着した粒子は、酸性多糖分子などの有機酸によってSiを溶脱され、それぞれ表面にエッチピットの形成および破碎による細粒化がおこる。Siの溶脱した粒子の表面にはハロイサイトの前駆体とみられる渦巻状構造が形成され、また、破碎した粒子も球状、管状と形態を変え、ハロイサイト化する。

深海底堆積物中には、多量の珪酸塩鉱物が存在する。本研究では沖縄トラフ伊平屋海凹の深海底堆積物の表面に生息する微生物に注目した。その微生物は酸性多糖分子を含む粘着物質を出しており、その粘着物質にノントロナイトの形成が認められた。さらに、そのノントロナイトの結晶格子は粘着物質の滲出方向に沿って配向していることが明らかとなった。微生物の細胞壁外膜の多糖分子はその滲出方向に配向することから(Fortin et al. 1997; Sleytr and Beveridge 1999)、微生物の多糖分子によるFe、Siのイオンの集積によりノントロナイトが形成されることが示唆された。そこでこの粘着物質の性質を知るために、デンプン糊およびペクチンを用いた鉄に富む珪酸塩鉱物の合成実験を行った。デンプン糊およびペクチンはそれぞれ中性および酸性の多糖である。これに鉄に富む湧水を加えて攪拌2日後、鉄に富む層状珪酸塩の沈着物がデンプン糊およびペクチンの凝集体の中に認められた。一方、デンプン糊およびペクチンの凝集体の外側にはシリカを含む棒状あるいは球状の水酸化鉄が観察され、鉄に富む層状珪酸塩は認められなかった。この観察結果から、デンプン糊およびペクチンの構造が鉄に富む珪酸塩の形成に必要であることが示唆された。多糖分子はピラノース環の縮重合したりボン状構造であり、その上下面に正の極性を持つことから、深海底のノントロナイトの形成プロセスは次のように考えられる。O原子に負の極性を持つSiO₄四面体の底面が多糖の高分子の正の極性を持つリボン面に水分子層を介して平行に配向し、それらが縮重合し、SiO₄四面体層を形成する。向かい合った2つの四面体層のOH基が溶存鉄()イオンを酸化させ、その層間に八面体層を形成し、層状珪酸塩鉱物が形成される。

以上の結果から、微生物と珪酸塩鉱物の反応場は、細胞を取り巻く粘着物質であることが明らかとなった。粘土鉱物形成時における微生物は、粘着物質の滲出により風化やイオンの集積の反応場を提供し、地圏 水圏 大気圏における物質の収支に重要な役割を果たしている。さらに、このことから、風化・変質に関する地殻の安定性評価においても、微生物が出す化学物質の影響を考慮する必要があると考えられる。