

黒雲母の非酸化的溶解実験から予想される始生代風化における鉄の挙動

Iron behavior during Archean weathering predicted by anoxic dissolution of biotite

村上 隆[1], 伊藤 順一[2], 宇都宮 聡[2], 笠間 丈史[1], 香西 直文[3], 大貫 敏彦[4]

Takashi Murakami[1], Junichi Itoh[2], Satoshi Utsunomiya[3], Takeshi Kasama[4], Naofumi Kozai[5], Toshihiko Ohnuki[6]

[1] 東大・理・地惑, [2] 東大・理・鉱物, [3] 原研・環境科学・陸域環境, [4] 原研・マイクロバイオ研究 Gr [1] Dept. of Earth Planet. Sci., Univ. of Tokyo, [2] Miner Inst., Univ of Tokyo, [3] Mineralogical Inst., Univ. of Tokyo, [4] Dept. of Earth and Planetary science, Univ. of Tokyo, [5] Environ. Sci., JAERI, [6] HEMG, JAERI

1. はじめに

先カンブリア時代は、大気中の二酸化炭素や酸素の濃度が現在とは大きく異なっていたと考えられている。古土壌はその地球化学的解析から、先カンブリア時代の大气の進化の理解に大きな役割を果たしてきた。しかし、すべての古土壌は風化の後、続生・変成作用を受けており、その鉱物学的及び化学的が変化している。古土壌に残っている鉱物学的及び化学的特質が、風化時のものか、その後の変質によるものかは、常に議論の対象で、その特質の解釈により、大気進化モデルも大きく異なる。我々は先カンブリア時代の風化のプロセスと元素の挙動を、実験及び古土壌の解析から明らかにしようとしている。二酸化炭素と酸素の濃度をコントロールして、鉄が豊富な黒雲母の溶解実験を行い、始生代風化における鉄の挙動を予想した。

2. 実験

試料は茨城県笠間の花崗岩から採取した鉄が豊富な黒雲母 ($K_0.91Na_{0.01}(Al_{1.14}Mg_{0.40}Fe_{2.07}Mn_{0.05}Ti_{0.19})(Si_{2.82}Al_{1.18})O_{10}(OH)_2$) を使用した。酸素濃度が 1 ppm 以下に抑えられるグローブボックス中で、黒雲母を純水と 100 度で 7 日から 120 日、バッチ式で反応させた (非酸化的条件)。反応容器には二酸化炭素を導入した。実験中の酸素と二酸化炭素の分圧はそれぞれ、 3×10^{-5} と 1 atm であった。EQ3NR で計算した pH は 100 度で 4.6 であった。また、比較のため、通常の空気中で、黒雲母を純水と 100 度で反応させた。酸素と二酸化炭素の分圧が現在の値であること以外は、同じ条件で実験した (酸化的条件)。得られた溶液は ICP-AES で、固体は SEM、TEM で分析した。

3. 結果と考察

酸化的条件では鉄は溶液中で殆ど検出されず、黒雲母の粒子表面に hematite として沈澱していた。これは大気中に酸素が豊富な場合、溶液中に溶け出した Fe(II) は、すぐに酸化し、Fe(III) となり酸化物または水酸化物として沈澱するためである。現代の風化帯に鉄が多く存在するのはこのようなプロセス・機構による。一方、非酸化的条件ではこれと全く異なる結果となった。即ち、溶液中には、鉄が 10^{-4} mol/L 程度が見出され、黒雲母の粒子表面に粘土様の物質が 0.2 - 0.5 micrometer の厚さで沈澱していた。元素分析によると、出発物質の黒雲母より、Fe/Mg 比が高く、K が殆どないか少ない、結果であった。Ti も殆どなかった。さらに TEM で観察したところ、その粘土様物質は 1.4 nm のフリンジとそれにほぼ垂直な方向に 0.5 nm のフリンジを持つことがわかった。これらの結果から、この粘土様物質は Fe(II) を豊富に含む vermiculite または smectite であると考えられる。従って、始生代の風化では、緑泥石や黒雲母など鉄を含む鉱物は、Fe(II) を系外に流出させつつ、二次鉱物として、Fe(II) を豊富に含む vermiculite または smectite を形成する、ということが示唆される。これは古土壌の主な鉄のホスト相である緑泥石は、原岩より Fe/Mg 比が高いという近年の報告と、古土壌中に鉄が少ないという一般的なデータと調和的であり、始生代の風化が上記のプロセスで起こったことを示すものである。