

温泉成マンガン沈殿物形成における微生物の役割 Role(s) of microorganisms on the formation of manganese deposits in hot springs

白石 史人^{1*}; 千原 亮二¹
SHIRAISHI, Fumito^{1*}; CHIHARA, Ryoji¹

¹ 広島大学
¹Hiroshima University

マンガンは天然において2価・3価・4価の状態が存在し、特に3価・4価マンガンは酸化物として環境中に広く存在する。マンガン酸化物の形成機構には1) 自触媒作用などによる非生物学的プロセス、および2) 微生物などによる生物学的プロセスがある。生物学的プロセスはさらに、直接プロセス(マンガン酸化バクテリアの代謝や酵素による生理的酸化)と間接プロセス(光合成などによる局所的pH・Eh変化)に分けられる。一般的には非生物学的プロセスよりも生物学的プロセスの方が重要であるとされ、特に最近ではマンガン酸化バクテリアによる直接プロセスが注目されている。一方、間接プロセスについても、光合成微生物によってマンガンの酸化反応が促進されるという報告もある。しかし、それらのほとんどは培養実験やシミュレーションから推察されたものであり、環境中でのマンガンの酸化反応において、これらプロセスの相対的重要性は未だ明らかになっていない。本研究では、環境中におけるその場測定によってマンガン酸化物形成の素過程を明らかにすることを目的とし、陸上の大規模マンガン酸化物鉱床である島根県三瓶温泉、および北海道オンネト一湯の滝を対象として研究を行った。

三瓶温泉では、源泉から約150m下流に厚さ1cm程度のマンガン酸化物層が形成されている。薄片観察の結果、その表面には光合成微生物が生息しており、それらの多くは酸化物に埋没していた。また16S rDNA解析の結果、マンガン酸化バクテリアである *Hyphomicrobium* sp. が検出された。これら微生物の酸化物形成における影響評価のため、酸化物表面近傍における化学プロファイル(Mn²⁺, DO, Eh, pH)を微小電極によって測定した。明条件下では、酸化物表面でDO・Eh・pHが上昇し、Mn²⁺は減少した。一方、暗条件下ではDOが減少しており、他のパラメータの傾向は明条件と同様であるものの明条件下よりは流束が小さかった。これらの結果から、明条件下では光合成によって発生する酸素がマンガン酸化反応を促進し(生物学的間接プロセス)、暗条件下では表面近傍でMn²⁺とMnO₂の酸化還元反応が生じてMn³⁺へと溶解していることが考えられる。これは表面近傍のMn²⁺減少量に対して、マンガン酸化物層の厚さが薄いことと整合的である。また明条件・暗条件ともにマンガン酸化菌による寄与(生物学的直接プロセス)は、微小電極では検出できないほど小さいと推定される。

オンネト一湯の滝では、2つの源泉からそれぞれ約100mにわたって比較的厚い(10cm程度)のマンガン酸化物層が形成されている。薄片観察の結果、三瓶温泉と同様に光合成微生物が酸化物表面に分布し、その多くが酸化物に埋没していた。微小電極によって化学プロファイル測定したところ、明条件下では酸化物表面でDO, Eh, pHが上昇し、Mn²⁺は減少を示した。一方、暗条件下では全てのパラメータが減少しており、特に、Mn²⁺については明条件下よりも流束が小さい。これらの結果から、明条件下では光合成によって発生する酸素がマンガン酸化反応を促進し(生物学的間接プロセス)、暗条件下ではマンガン酸化菌によるマンガン酸化反応が起きていると考えられる(生物学的直接プロセス)。また比較的厚いマンガン酸化物層が形成されていることから、Mn²⁺とMnO₂の酸化還元反応による溶解の影響は小さいと推定される。