

## Ferrihydrite 過飽和溶液における鉄沈殿速度促進への微生物の影響

The effect of microorganisms on Fe precipitation rates in the solution supersaturated in respect of ferrihydrite

# 笠間 丈史[1], 村上 隆[1]

# Takeshi Kasama[1], Takashi Murakami[2]

[1] 東大・理・地惑

[1] Dept. of Earth and Planetary science, Univ. of Tokyo, [2] Dept. of Earth Planet. Sci., Univ. of Tokyo

Ferrihydrite が無機的に形成される環境下で、微生物の影響を調べるために、天然における Fe の沈殿速度を見積もり、on-site 実験によって微生物による Fe の沈殿速度を求めた。その結果、微生物の存在によって、無機的な Fe 沈殿速度よりも 2~3 桁ほど速度が増加することがわかった。このように微生物は ferrihydrite に過飽和な溶液でも ferrihydrite の沈殿速度を加速させ、天然における Fe 沈殿速度の増加に重要な役割をしている。また、それらの反応には微生物による代謝活動よりも exopolysaccharides や細胞表面の官能基の存在が大きく関わっていることも明らかとなった。

Ferrihydrite は地球表層の風化反応で容易に形成される低結晶度の鉄鉱物であり、 $> 200 \text{ cm}^2/\text{g}$  と非常に大きな比表面積をもつ。また、河川や地下水、湖・海底など地球表層の至るところに存在し、その吸着能が大きい様々な元素（例えば Zn, U）の固定や遅延といった移行に与える影響は大きい。このように元素の再分配に関わる ferrihydrite は無機的にも生成されるが、微生物によっても形成されることが知られている。そこで、本研究では ferrihydrite が無機的にも形成可能な中性流水環境下での微生物の影響を調べ、天然で起こっている反応を理解することを目的とした。天然における鉄沈殿速度を見積もり、微生物の滅菌有無による比較実験により、天然における鉄沈殿速度に対する微生物の寄与を定量的に評価した。

調査地域の関温泉は新潟県南西部に位置し、妙高山に点在する温泉の一つである。その源泉の上方にある洞窟につらら状の鉄沈殿物が形成されている。つらら状鉄沈殿物は ferrihydrite が大部分を占め、その他に amorphous silica や calcite が観察された。つらら状鉄沈殿物を流れる前の地下水は明らかに ferrihydrite について過飽和であり、無機的な反応によって容易に沈殿することがわかっている。しかし、このような環境下でも微生物の細胞の周りには ferrihydrite が付着していた。Fe を含む地下水はつらら状鉄沈殿物中を通過する間にその内部・外側に Fe を沈殿させ、Fe 濃度を減少させて流れていく。それゆえにつらら状鉄沈殿物の先端と根元の Fe 濃度の変化量から Fe 沈殿速度を求めることができる。天然における Fe 沈殿速度は、 $6.8\text{E}-8 \sim 4.0\text{E}-7 \text{ mol/L/sec}$  であり、これは無機的な反応と微生物による影響の両方が寄与したものである。

得られた天然における Fe 沈殿速度に対して微生物の寄与を評価するために、微生物を含むつらら状鉄沈殿物を滅菌したもの[a]と未処理のもの[b]、鉄沈殿物と微生物の両方とも存在しないもの[c]の3つのセットを準備し、バッチ式で比較実験した。反応溶液は初期 Fe 濃度 14ppm の地下水を使用した。[a]と[b]の差は微生物の代謝活動による影響を、[a]と[c]の差は死んだ微生物（exopolysaccharides や細胞表面の官能基）の影響を、[c]は微生物以外で沈殿速度に影響を与える因子（例えば  $\text{Mn}^{2+}$  や有機物）の沈殿速度への寄与を調べるために設定された。実験は、微生物が生存しているつらら状鉄沈殿物とそれを加熱処理によって滅菌したものを 15g ずつ容器に入れたものとそれらを入れないものを準備し、その中に 265mL の地下水を注ぎ、時間に対する Fe 濃度変化を記録した。[a]と[b]の沈殿速度は両方とも約  $1\text{E}-8 \text{ mol/L/sec}$  で、大きな違いは見られなく、微生物の代謝活動による天然における Fe 沈殿速度増加への寄与は小さいものであった。Stumm and Lee(1961)による無機的な Fe 沈殿速度（Fe 濃度、pH、溶存酸素濃度以外のファクターを含まない） $1.0\text{E}-11 \text{ mol/L/sec}$  と[c]の沈殿速度  $8.0\text{E}-11 \text{ mol/L/sec}$  の比較から、微生物以外の沈殿速度に与える影響は一桁以下であった。[a]と[c]を比べると、Fe 沈殿速度は 2~3 桁ほど速度が促進されており、それは exopolysaccharides や細胞表面の官能基といった微生物の存在によるもので、天然における Fe 沈殿速度の増加に最も重要な役割をしている。以上のことから、微生物は ferrihydrite に過飽和な溶液でも ferrihydrite の沈殿速度を増加させ、それらの反応には微生物による代謝活動よりも exopolysaccharides や細胞表面の官能基の存在が大きく関わっていることが明らかとなった。