



腐植物質とその類縁化合物の構造解明

土屋貴之¹、PHAM Minh Duyen¹、宮田康史²、太田象三¹、
粟田貴宣¹、小川智史¹、八木伸也¹、片山新太¹
1 名古屋大学、2 名古屋市工業研究所

1. 背景と研究目的

近年、電気と微生物の相互作用を利用して、微生物の活性化や汚染物質から発電する技術が開発されつつある。この技術は、太陽電池を用いた自立分散型の土壌や水の微生物生物浄化システムや、汚染土や汚染水から浄化とともに発電してエネルギー回収する次世代技術として大きく期待されている。微生物電気化学反応は、細胞外電子伝達を行う能力を持つ特異的微生物や細胞外電子伝達物質 (EETM) によってシステム効率が大きく影響を受ける。マグネタイトの様な鉱物も細胞外電子伝達に影響を与えるとされている (参考文献 1)。これらから、多様な環境条件で安定な細胞外電子伝達を行える EETM の開発が期待される。今回の測定では、前回に引き続き特異的に電極との電子伝達能力を持つ土壌微生物 *Geobacter* 属細菌を用いて、鉄の酸化還元 (溶解沈殿) 反応に伴う鉄鉱物の生成を調べるとともに、各種金属の固定化の有無を調べることを目的として研究を行った。

2. 実験内容

Geobacter sulfurreducens および *Geobacter AY* をコロイド状鉄 (III) 酸化物 (FeOOH) とともに嫌気培養し、*Geobacter* 属細菌による鉄 (III) 酸化物の還元に伴って起こる、磁鉄鉱 (マグネタイト, Fe₃O₄) 生成を、Fe K 吸収端の測定によって評価した。*Geobacter* 属細菌を嫌気培養した培養液をメンブレンフィルターで濾過して沈殿物を集め、室温で風乾したものを窒化ホウ素と混ぜてペレット化し、透過法で Fe の K 吸収端を測定した。また、マグネタイト生成は XRD で確認した。*Geobacter* 属細菌の菌数変化は、16SrRNA 遺伝子の定量 PCR により測定した。電子供与体として用いた乳酸濃度の変化は、HPLC で測定した (UV=210nm)。また、培養液にニッケル、コバルト、亜鉛の塩化物を加え、マグネタイト生成による固定化の有無を、マグネタイトが 6N 塩酸で溶けることを利用して調べた。

3. 結果および考察

乳酸を炭素源・エネルギー源とする *G. sulfurreducens* の嫌気培養系では、2 週間でコロイド状 FeOOH からマグネタイトが形成された。そのときの生成割合を試料の Fe の K 吸収を標品であるコロイド状 FeOOH とマグネタイトと比較することによって求めたところ、約 14% がマグネタイトに変換されていた (Table 1)。このときの *G. sulfurreducens* の増殖は、2 週間で 10³ コピー/mL から 10⁴ コピー/mL 程度であった。低い菌密度の増殖であり乳酸消費も殆ど観られなかった。マグネタイトによる固定化を示唆する 6N 塩酸抽出性画分の増加はニッケル、コバルトでは観られなかったが亜鉛はやや増加した。AY 株による鉄酸化物の還元は、*G. sulfurreducens* よりも遅かった。

地圏環境中では鉄酸化物の酸化還元に伴う形態変化を通して、各種重金属の可溶性が変化しており、そのプロセスに細胞外電子伝達系が影響することが示唆された。

4. 参考文献

- Liu et al. (2015) Magnetite compensates for the lack of a pilin-associated c-type cytochrome in extracellular electron exchange. *Environ. Microbiol.* 17:648-655

Table 1 Magnetite formation in the *Geobacter* culture

	0 day (FeOOH)	7 day	15 day	Magnetite (standard)
FeOOH	100%	86.9%	89.8%	0%
Magnetite	0%	13.1%	13.9%	100%