

## 風化火山灰層中に生息する鉄濃集微生物の培養実験

Cultures of Fe-accumulating microorganisms living in weathered volcanic ash deposit

# 河野 元治 [1]

# Motoharu Kawano [1]

[1] 鹿大・農・生物資源

[1] Fac. Agri., Kagoshima Univ

風化火山灰中に生息する鉄濃集微生物のTEM-EDXによる直接観察と、Fe<sup>2+</sup>を含む9K培地を用いた培養実験を行った。その結果、火山灰には菌体表面にFe、Al、Siを主成分とした非晶質粘土凝集体を形成したり、菌体内部にFeを濃集した球状やロット状のバクテリア及び糸状菌が多数生息することが確認された。また、Fe<sup>2+</sup>を含む培地での培養の結果、Fe<sup>2+</sup>を含まない培地と比較して、コロニー数は著しく減少するものの、菌体表面に鉄鉱物を生成したバクテリア、放線菌、糸状菌の増殖が確認された。生成される鉄鉱物は菌種により異なり、微生物による鉄鉱物生成環境のコントロールが示唆された。

### 1. はじめに

地球表層の風化環境には膨大な量の微生物が生息している。これらの微生物は風化環境での元素循環に関与するだけでなく、鉱物の溶解や生成にも多大な影響を与えているため、これまでバイオマットをはじめとして、微生物濃集帯での鉱物生成との関連性について多くの研究が行われてきた。しかしながら、微生物の生育環境として最も一般的な土壌や風化堆積物中での微生物の鉱物に対する作用についての研究はきわめて少ない。我々は、通常の風化条件下での火山灰や種々の鉱物の溶解及び二次鉱物生成に与える微生物の影響について検討しているが、今回は、風化火山灰中に生息する微生物のイオン濃集作用について、主に透過型電子顕微鏡(TEM)による直接観察とエネルギー分散X線分析(EDX)による分析を行った。さらに数種の条件下で微生物の培養実験を行い、増殖した微生物のイオン濃集作用について検討した。

### 2. 試料及び実験

微生物の観察には鹿児島県指宿群喜入町で採取したアカホヤ火山灰を使用した。アカホヤ火山灰に蒸留水を加え、 $<10\mu\text{m}$ の粒子を含む懸濁液をCuグリッド上で乾燥後TEM観察を行った。微生物の培養には、9K寒天培地(pH7.8:培地A、pH4.0:培地B)、0.5mM Fe<sup>2+</sup>(pH4.0:培地C)及び1.0mM Fe<sup>2+</sup>(pH4.0:培地D)を含む9K寒天培地、1.0mM Fe<sup>2+</sup>-EDTA錯体を含む9K液体培地(pH3.0:培地E)を用いた。なお、培地のpH調整には硫酸、Fe<sup>2+</sup>の試薬は硫酸第一鉄を使用した。これらの培地にアカホヤ火山灰の希薄懸濁液(1/1000倍)を0.5ml接種して、30℃で30日間のインキュベーションを行い、寒天培地でのコロニーの増殖数変化と、各コロニーを形成する微生物及び液体培地中で増殖した微生物のTEM観察を行った。

### 3. 結果

アカホヤ火山灰は約6,400年前の流紋岩質火山噴出物で、全体的に風化が著しく、火山ガラスのアロフェン化と鉄の濃集が著しい。 $<10\mu\text{m}$ の粒子のTEM観察の結果、直径数nmのアロフェン微細粒子とともに、大きさ $1.0\mu\text{m}$ 前後の球状及びロット状バクテリアや長さ数 $\mu\text{m}$ の糸状菌が多数観察された。これら微生物の多くは菌体表面にFe、Al、Siを主成分とする非晶質粘土凝集体を形成したり、菌体内部にFeを濃集していることが確認され、アカホヤ火山灰中にFeイオンを濃集する微生物が生息していることが明らかとなった。このアカホヤ火山灰中の微生物を培養した結果、培地A(pH7.8)では培養期間1~7日で数種のバクテリア、放線菌、糸状菌のコロニーが急激に増加(200個以上)し、それ以降増加数は徐々に減少するものの各コロニーの成長は30日付近まで持続する。一方、培地B(pH4.0)では、これら微生物の増殖は少なく(数10個)、酸性条件が微生物の生育を抑制しているものと思われる。また培地C(pH4.0, 1.0mM Fe<sup>2+</sup>)及びD(pH4.0, 5.0mM Fe<sup>2+</sup>)での増殖はさらに減少し、培地中のFe<sup>2+</sup>が微生物の生育を疎外しているものと思われる。なお、培地C及びDのコロニー周縁部には鉄の析出に起因すると思われる培地の褐色化が認められた。TEM観察によると、これらの培地で増殖した微生物のコロニー中及びその周縁部、さらに菌体表面に鉄鉱物の析出が観察され、微生物によるFe<sup>2+</sup>の濃集と鉱物化作用が進行していることを示した。これらの鉄鉱物は、バクテリアによる作用では主に直径 $0.1\mu\text{m}$ 以下の球状から六角板状の結晶質鉄鉱物、放線菌及び糸状菌の作用では主に不定形フェリハイドライト様鉱物として析出する。また、培地DのFe<sup>2+</sup>-EDTA錯体を含む溶液培地ではバクテリアの増殖は観察されず、糸状菌のみが増殖した。TEM観察によると、この糸状菌の菌体表面にも直径 $0.1\mu\text{m}$ 以下の球形から不定形フェリハイドライト様鉱物の著しい析出が観察された。このような鉄鉱物の生成は、微生物によるFe<sup>2+</sup>の酸化作用以外に、鉄鉱物の生成環境が明らかに異なることを示しており、微生物による鉱物生成環境のコントロールを示唆している。現在、このような微生物による鉄鉱物の生成機構及び他の土壌や風化堆積物中の微生物による種々の金属元素の濃集作用について検討を行っている。