

温泉成鉄質堆積物の縞状組織を作る微生物の共生関係

Bacterial symbiosis forming lamination of iron-rich deposits in hot spring

高島 千鶴 [1]; 奥村 知世 [2]; 西田 伸 [3]; 小池 裕子 [4]

Chizuru Takashima[1]; Tomoyo Okumura[2]; Shin Nishida[3]; Hiroko Koike[4]

[1] 九大・比較社会文化; [2] 広大・理・地惑; [3] 九大・比文・生物多様性; [4] 九大・比文

[1] Social and Cultural Studies, Kyushu Univ.; [2] Earth and Planetary sciences, Hiroshima Univ.; [3] Biobiversity, SCS, Kyushu Univ.; [4] SCS, Kyushu Univ.

始生代 古原生代に幅広く海洋で形成された縞状鉄鉱層 (BIFs) は、一般に鉄とシリカの縞状組織を呈し、縞の厚さにより、メートルスケールのマクロバンド、センチメートルスケールのメソバンド、ミリメートルからミクロンスケールのマイクロバンドの3つのタイプに分けられる (Trendall and Blockley, 1970)。これらの縞状組織の生成プロセスやタイミングは、始生代 古原生代の海洋環境を知る上で重要な手がかりになるが、現在まで良く理解されていない。

古典的な形成モデルは、海底熱水口からの鉄とシアノバクテリアにより生成した酸素の反応を成因として重視したが (Cloud, 1973)、このモデルはシアノバクテリアが進化する以前に生成した BIFs を説明できない。そこで、CO₂ を還元して鉄を酸化する非酸素発生型光合成細菌を用いたモデル (Ehrenreich and Widdel, 1994) や、独立栄養鉄酸化細菌による形成モデルが提案されている (Konhauser et al., 2002)。これらのモデルであれば、深海環境や先シアノバクテリア期の BIFs の存在を説明可能になるが、縞状組織の形成に対する説明が困難になる。

BIFs に類似した縞状組織を持つ鉄質堆積物は、現世の温泉環境で見られる。そこで、これらの形成プロセスを堆積学・微生物学的手法を用いて明らかにし、BIFs の縞状組織の成因について考察する。

研究対象は秋田県奥々八九郎温泉であり、約 40 の源泉では鉄に富む堆積物が沈澱している。その堆積物は肉眼で、赤褐色層と白色層の mm オーダーの互層を認めることができる。XRD の分析結果はこの堆積物が非晶質フェリハイドライトとアラゴナイトで構成されることを示す。顕微鏡下では、赤褐色層中には厚さ約 100~数十ミクロンのバンドが認められ、そのバンドは細粒なフェリハイドライトの粒子で構成される。バンド間の空間はアラゴナイトで充填されている。一方、白色層は柱状アラゴナイトの粗粒結晶を主体とし、直径約 100500 ミクロンの放射状結晶による顆粒を含む。また、白色層にはフェリハイドライトの粒子と幅 10~30 ミクロン程度のフィラメント組織も観察される。

酢酸やクエン酸で処理した試料を SEM で観察すると、フェリハイドライトが直径約 5 ミクロン以下の球状粒子の集合体として存在し、それに付随して、幅 2 ミクロン程度の微生物のサヤと思われるものが確認された。このフィラメント状の組織は幅 nm オーダーの生物組織のメッシュワークで構成される。これらの組織や産状は、フェリハイドライトが微生物により沈澱したことを示唆する。

遺伝子解析の結果、温泉環境から報告されたシアノバクテリア、アルファ-プロテオバクテリアに分類される非酸素発生型光合成細菌に近いシーケンスが検出された。これらに加え、奈良県入之波温泉の鉄質堆積物から報告された鉄酸化細菌も確認された。入之波温泉での堆積物は、今回報告したものと良く類似した縞状組織を示す (Takashima and Kano, 2008)。ただし、奥々八九郎温泉の堆積物からは、入之波温泉からは未検出の光合成細菌が確認され、鉄沈澱が光の日サイクルの影響を受けていた可能性がある。これら微生物の共生関係、例えばシアノバクテリアから鉄酸化細菌への酸素の受け渡しが鉄沈澱を誘発し、縞状組織の成因となった可能性がある。同様の微生物の共生関係が BIFs を形成していたのかもしれない。

引用文献

Cloud, P. (1973) Paleocological significance of the banded iron-formation. *Economic Geology*, 68, 1135-1143.Ehrenreich, A., and Widdel, F. (1994) Anaerobic oxidation of ferrous iron by purple bacteria, a new type of phototrophic metabolism. *Applied and Environmental Microbiology*, 60, 4517-4526.Konhauser, K.O., Hamade, T., Raiswell, R., Morris, R.C., Ferris, F.G., Southam, G. and Canfield, D.E. (2002) Could bacteria have formed the Precambrian banded iron formation? *Geology*, 30, 1079-1082.Takashima, C. and Kano, A. (2008) Laminated iron texture by iron-oxidizing bacteria in a calcite travertine. *Geomicrobiology Journal*, 25, 193-202.Trendall, A.F. and Blockley, J.G. (1970) The iron formations of the Precambrian Hamersley Group, Western Australia: With special reference to the associated crocidolite. *Western Australia Geological Survey Bulletin*, 119, 336p.