

浅海熱水における水酸化鉄マウンドの構造と形成史：鹿児島県薩摩硫黄島長浜湾の例 The structure of iron oxidized mounds at shallow marine hydrothermal environment in Satsuma Iwo-jima Island, Kagoshima

倉富 隆^{1*}; 清川 昌一¹; 池原 実²; 後藤 秀作³; 星野 辰彦⁴; 池上 郁彦¹; 蓑和 雄人¹
KURATOMI, Takashi^{1*}; KIYOKAWA, Shoichi¹; IKEHARA, Minoru²; GOTO, Shusaku³; HOSHINO, Tatsuhiko⁴;
IKEGAMI, Fumihiko¹; MINOWA, Yuto¹

¹九州大学, ²海洋コア総合研究センター, ³産総研地質調査総合センター, ⁴海洋研究開発機構

¹Kyushu University, ²Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, ³Geological Survey of Japan, AIST, ⁴Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

薩摩硫黄島は九州より南へ約 38 km に存在する鬼界カルデラの北西端に位置する火山島である。島内南西部に位置する長浜湾の海底下からは熱水 (pH = 5.5, 55-60 °C, Si: 51.74 ppm, Fe: 191.00 ppm) が湧出し (四ヶ浦・田崎, 2001), Fe と Si に富む水酸化鉄マウンドが観察される。長浜湾内では水酸化鉄が約 33 cm/yr (Kiyokawa et al., 2012) の沈殿速度で堆積している。

水酸化鉄マウンドは音響探査の結果から 20 年間で水深 2-3m に 32.68m² の範囲に 7.798m³ の大きさのものが椀状に複数連なっており、現在も成長を続けている。コアサンプル CT 像からマウンドは黒色の Hard 層, 褐色の Soft 層から構成され、2 層は十数回繰り返す。マウンド内部は 3-4 cm 程度の凸状構造の集合体で形成し、Soft 層は Hard 層の殻によって覆われる。Soft 層内部は直径約 1 mm の多量の空洞が複雑に通る。各層ともに紐状の構造を持ち、Soft 層から Hard 層に褐色粒子 (約 20 μm) の数が増加する。H 層の紐状構造は直径約 1-2 μm の粒子が連結した桿菌状の構造をなす。一方、Soft 層は表面には直径約 0.5 μm 未満の粒子が付着した紐状の構造が観察される。この紐状の構造は Helical, Ribbon, Twisted の 3 タイプに分類できる。Hard 層 (Si: 26.8 %, Fe: 56.0 %) は Ferrihydrite, Opal-A で、また Soft 層 (Si: 36.5 %, Fe: 43.5 %) は Ferrihydrite, Opal-A, Quartz, Cristobalite, Tridimite で構成される。DNA 分析よりマウンド内部には Zeta-proteobacteria に属する鉄酸化バクテリアである *Mariprofundus ferrooxydans* が卓越した生物環境であることを示した。一方、浮遊物水酸化鉄粒子は直径 0.5 μm 未満の微小粒子の凝集物であり、マウンドの主構成物である紐状の形態は確認されなかった。

長浜湾におけるマウンドの形成過程 ①無機及生物的反応によって Soft 層形成される。Soft 層内部で観察された紐状の構造は鉄酸化バクテリアが形成したストークである。②鉄酸化バクテリアのストークの周囲に水酸化鉄が吸着することで Hard 層が形成された。鉄酸化バクテリアは Hard 層の様な熱水と海水が混合する酸化還元境界部を好んで生息する (Chan et al., 2011)。③Hard 層の内側では熱水活動が継続しており、成長を続けた結果として Hard 層の線構造が形成される。このプロセス十数回繰り返されることでマウンドを形成し、内部に熱水の通り道である空洞を持った凸状の集合体が形成される。

このマウンドは年間 1.2cm 以上の形成速度で成長することが明らかになった。速い成長速度は鉄酸化バクテリアの活動で形成されたストークに水酸化鉄が吸着したことが要因である。本地域の水酸化鉄マウンド (2.474*10⁶ kg(Fe)/m.y./m²) の鉄供給速度はハマスレー鉄鉱層 (2.51*10⁵ kg(Fe)/m.y./m²) の十倍近くに相当する。Joffre 層 (360m/2m.y.) を形成するためには長浜湾水酸化鉄マウンドが 6.0*10⁸ 倍存在する必要がある。縞状鉄鉱層のような大規模な鉄酸化堆積物を形成するためには、無機・生物的反応の組み合わせが重要である。

キーワード: 鉄酸化バクテリア, 熱水, 酸化鉄, 薩摩硫黄島, 生物鉱化作用

Keywords: iron oxidizing bacteria, hydrothermal fluid, iron oxide, satsuma iwo jima, biomineralization