

## 愛名緑地ビオトープの鉄細菌による赤褐色沈殿物の観察

島田 武典・本田 数博

Takenori Shimada and Kazuhiro Honda:  
Observation on the Reddish Brown Coloration by Iron Bacteria at  
Biotope in the Aina Green Protection Area, Atsugi, Kanagawa, Japan

Abstract: We found a reddish brown pigmentation at a small stream of a biotope in Aina, Atsugi. As a result of optical and scanning electron microscopic observations, and elemental analyses, we confirmed that the coloration of reddish brown is originating from the iron oxide attached to the surface of cylindrical shaped microorganisms. Based on the morphological features, this microorganism was supposed to be a kind of iron bacteria and tentatively determined as *Leptothrix* sp., though further investigation is needed for identification.

### 1. はじめに

天然の湧き水や沼沢地などで、鉄成分に富む水環境には、一般に鉄細菌というバクテリアの仲間が生息しておりバイオマット（微生物被膜）が形成される（佐藤ほか、2004）。水底が赤褐色に着色しているのを目にすることがあるが、この多くは鉄細菌により生成されるバイオマットであることが報告されている（高橋ほか 2007）。

鉄細菌は、原核生物の真正細菌類で Pseudomonadales や有鞘細菌である Chlamydo bacteriales が上げられる（上野、1995）。鉄細菌は鉄やマンガンなどの無機物のイオンを基質として、これを酸化し、酸化物を生成することでエネルギーを得て生活している独立栄養生物である。鉄細菌は生理的にみても鉄のみを栄養源とする純独立栄養細菌と、鉄のほかに有機物も利用できる通性独立栄養細菌にグループ分けされる（小島、1995）。鉄細菌は上水道や工業用水の利用過程で障害や環境問題を引き起こすが、水質浄化への有効利用が検討されている（小島、1995）。

著者らは 2007 年 10 月に厚木市愛名緑地の調査過程においてビオトープ中に赤色のバイオマット状のものを見つけたので、その性状について観察し、生成要因の検討を行うことにした。

### 2. ビオトープの位置と周囲の様子

調査したビオトープの周辺を図 1 に示す。ビオトープは厚木市の愛名緑地に位置する。ビオトープ周辺は付近を流れる恩曾川につながる小川に周囲の土地が侵食され

ることにより形成されたと考えられる。

ビオトープは、侵食作用の結果である堆積層の上に存在し、安山岩質火山砂岩、火山礫岩、泥岩で構成されている（神奈川県立生命の星・地球博物館、2000）。

このビオトープは愛名緑地に付属し、森の里造成事業の一環として昭和 61 年 5 月に完成した。完成後は厚木市が年二回の草刈作業を行っているのみで、そのほかに管理の手が入っていないこと、調査報告書などが作成されていないことを厚木市役所都市整備部公園緑地課において確認した。

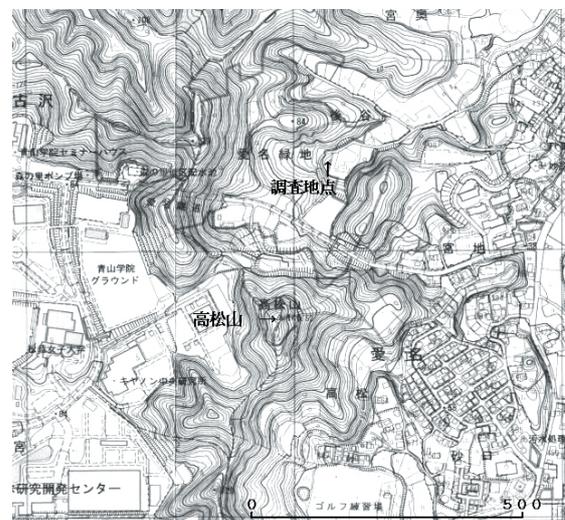


図 1. ビオトープ周辺の 1/10000 地形図

ビオトープの様子を図2に示す。調査は2007年10月上旬に実施した。現地の植生については(北村ほか, 1964)を参照して, 主要な植物種を同定した。ビオトープ内には, アシ (*Phragmites japonica*) が生育していて, 土壌は腐葉土の堆積により黒色を呈し, アシの根の広がりにより土が固定化されている。水がほとんど無い場所もあったが, 土壌中に水分を多く含み, 湿地帯を形成している。

調査地への水の流入は確認できないため, ビオトープ内で地下水が湧き出していると推測される。ビオトープの形状, 湧き出し予想場所および試料の採集地点を図3に示す。

図4に示す試料の採集場所は, 水深約5cmであり, 水面には油膜のような膜が張っていた。その膜下の水底には黒色土壌の上に赤褐色沈殿物が厚さ1~2cmで堆積していた。

### 3. 赤褐色の沈殿物の採集, 分離および測定方法

赤褐色の沈殿物はひしゃくにより水面に浮かんでいる膜を取り除いた後に採集した。水中の赤褐色沈殿物は攪拌すると簡単に分散し, 静置すると沈降した。僅かに



図2. ビオトープの様子  
(2007年10月17日撮影)

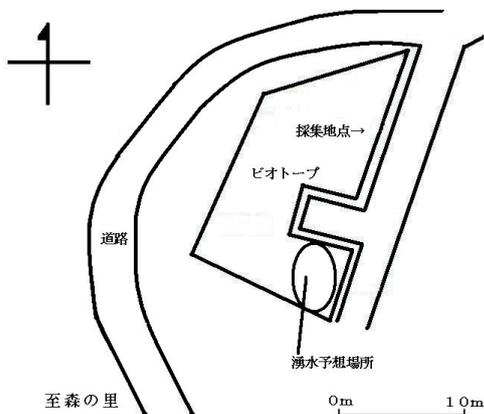
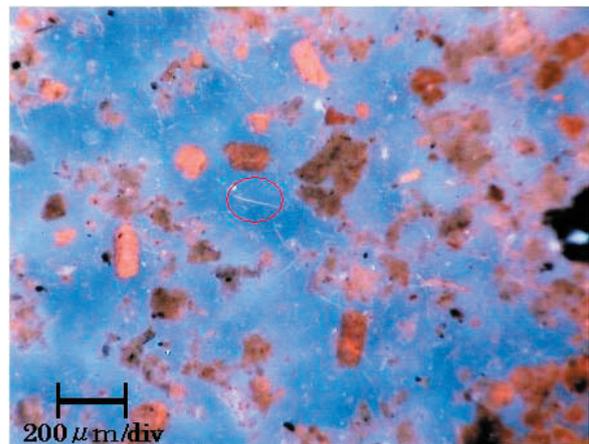


図3. ビオトープの周辺詳細図

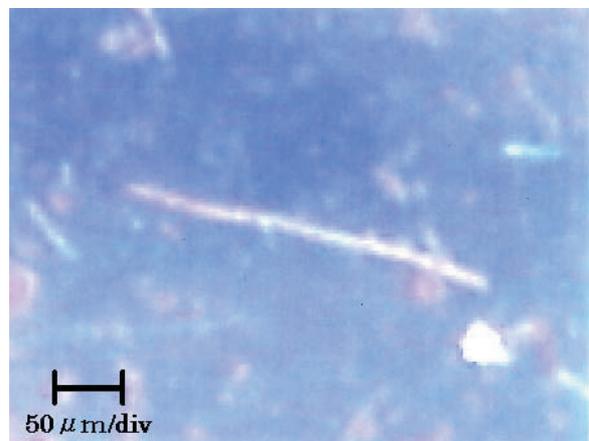
黒色土の混ざった試料を水中において充分攪拌した後に100ccメスシリンダーに移し, 静置した。黒色土は赤褐色沈殿物よりも速く沈降したので, ピペットで上層の赤褐色物を取り出して測定に用いた。



図4. 採集地点の様子水面にある膜と赤褐色の沈殿物を示す  
(2007年10月17日撮影)



(A)



(B)

図5. 光学顕微鏡で見た物体

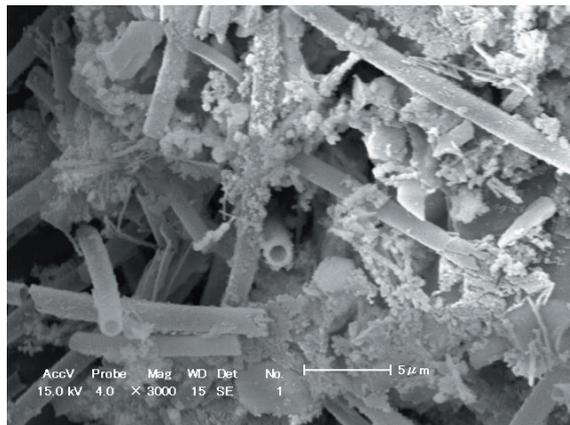
(A) 赤褐色物の175倍画像; (B) 紐状物の500倍画像

#### 4. 観察方法および結果

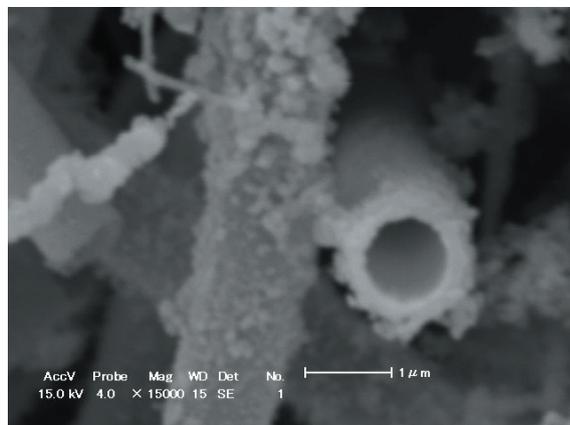
分離した赤褐色物は光学顕微鏡、走査型電子顕微鏡 (SEM) による観察およびエネルギー分散型 X 線分光 (EDX) 計測から構成する元素について検討した。

ピペットで吸引した赤褐色沈殿物をシャーレに 1 滴落とし、カバーガラスを載せた。光学顕微鏡 (VH-7000 KEYENCE(株)) を用いて、175 倍から 500 倍の画像を 150 万画素数の CCD カメラで記録した。図 5 (A) は 175 倍での画像である。赤褐色および細長い白い紐状物体の存在を確認した。図 5 (B) は図 5 (A) 中の丸で囲んだ白い紐状構造の 500 倍の拡大画像を示す。白い紐状構造は幅  $2\mu\text{m}$  × 長さ  $150\mu\text{m}$  であった。鞘の中に連なっている細胞は確認されたが、単独あるいは対などの遊泳運動を観察するには至っていない。

次に赤褐色沈殿物をピペットを用いてシャーレ上に 1 滴落とした試料を、 $50^\circ\text{C}$  で乾燥させ、金蒸着して SEM 観察の試料とした。走査型電子顕微鏡 (SUPER SCAN SSX550 島津製作所(株)) を用いて観察した SEM 画像を図 6 (A) および図 6 (B) に示す。棒状の構造の表面に半径数百 nm 程度の球状の物体が付着していることを確認した。また、棒状構造は、円筒状中空であり、内



(A)



(B)

図 6. 赤褐色物の走査型電子顕微鏡画像  
(A) 3000 倍画像 ; (B) 15000 倍画像

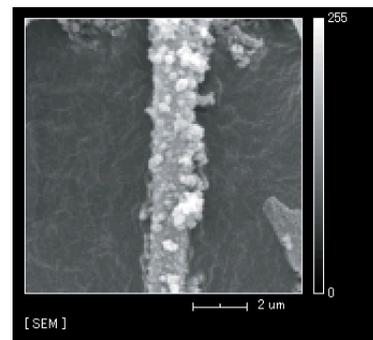
径  $940\text{nm}$ 、厚さ  $280\text{nm}$  であった。さらに高倍率の観察から、鞘の厚み部分は球状微粒子の集合体であることが判った。これは、光学顕微鏡画像の観察を踏まえると鉄酸化物であると考えられる。

SEM に付属するエネルギー分散型 X 線分析装置 (SUPER SCAN SSX550 島津製作所) により赤褐色沈殿物の表面元素の組成を同定した。図 7 (B) および図 7 (C) に酸素および鉄元素の空間分布を示す。色が明るいほどその元素が多いことを示している。図 7 (A) に示す鞘状の形状と、酸素および鉄の分布は良い一致を示し、鞘表面は鉄酸化物により形成されていると考えられる。

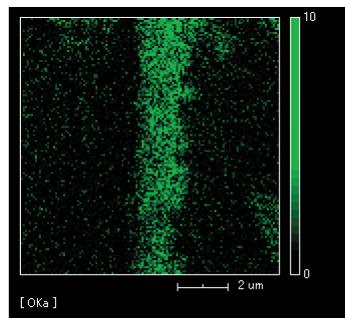
#### 5. 考察

以上の結果より、ビオトープにおいて採取した赤褐色沈殿物中に認められた棒状構造は、幅  $2\mu\text{m}$ 、長さ  $150\mu\text{m}$  程度であり、表面には鉄と酸素が確認でき、酸化鉄を付着していることが解かった。これらの特徴からこの構造は鉄細菌が形成した鞘であると考えられる。

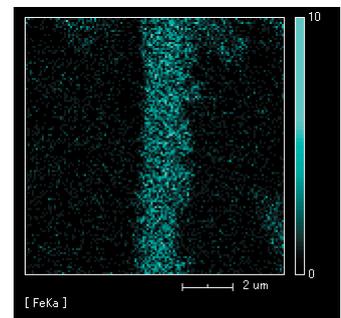
次に同定を試みた。鉄細菌の形状は 5 種類に分類される。一つ目は *Gallionella* 属に代表されるリボンをねじったような形状、二つ目は 2 本の紐をより合わせた形状、



(A)



(B)



(C)

図 7. エネルギー分散型 X 線分析装置による赤褐色物の酸素および鉄元素の空間分布  
(A) 赤褐色物の 7000 倍 SEM 画像  
(B) 酸素の空間分布  
(C) Fe の空間分布

三つ目は棒状または短い棒状の細胞が縦に並んで糸状を示し、糸状体が枝分かれしている *Sphaerotilus* 属など、四つ目は糸状体が枝分かれしない *Leptothrix* 属などがある。さらに五つ目は球形・楕円形または短棒状の細胞が不規則に集まり糸状にならない *Sideromonas* 属である(小島, 1995)。

本試料は観察より鞘状で糸状体を形成し枝分かれが確認されず、糸状体の太さは均等という点から *Leptothrix* 属であると考えられる(小島, 1995)。*Leptothrix ochracea* は地下水や伏流水に多く存在し、1個の細胞は幅 1 $\mu$ m、長さ 2～4 $\mu$ m の円筒形で、この細胞が長管状の鞘中に縦一列に並ぶ。また、鞘の大きさは幅 2 $\mu$ m × 長さ 200 $\mu$ m であり、鞘に沈着した鉄およびマンガンの酸化物は赤褐色を示す(上野, 1995)。

前述の観察結果と照合して、本試料は *Leptothrix ochracea* に近いものと考えられる。ただし、本属は基準種である本種の他に 4 種が記載されており細胞の大きさや偽分岐の有無や鞭毛の形態などに分類されている(上野, 1995)。種の同定を進めるとともに、培養し生態についての検討も行っていきたい。

## 謝 辞

本資料の作成にあたり、金沢大学理学部田崎和江先生には貴重な意見と参考資料を頂き、大変お世話になった。ここに感謝申し上げる。

## 引用文献

- 神奈川県立生命の星・地球博物館編, 2000. かながわの自然図鑑 1 岩石・鉱物・地層, pp.84-85. 有隣堂, 横浜.
- 北村四郎・村田源・小山鐵夫, 1964. 原色日本植物図鑑, 草本編, 339pp. 保育社, 大阪.
- 小島貞男・須藤隆一・千原光雄, 1995. 環境微生物図鑑, pp.3-6. 講談社, 東京.
- 小島貞男・須藤隆一・千原光雄, 1995. 環境微生物図鑑, pp.82-83. 講談社, 東京.
- 佐藤一博・田崎和江, 2004. 中性 pH に生息する *Leptothrix ochracea* の鉄凝集作用. 環境技術, 33(6): 467
- 高橋直人・瀬川宏美・田崎和江, 2007. 地すべりボーリング孔におけるバイオマットの形成. 日本地下水学会誌, 49(2): 117

( 神奈川県立工科大学応用科学科 )