

[最近のトピックス]

おもしろい原核生物のオルガネラ
－磁性細菌のマグネトソーム－

宮川 博史

北海道医療大学歯学部口腔生物学系微生物学分野

一般的に細菌などの原核生物には真核生物に見られるミトコンドリアなどのような細胞内構造物がないと認識され、両者を区別する1つの違いとされている。しかし、近年、原核生物にも原核細胞オルガネラと総称される細胞内構造物の存在が認識されるようになってきた。例えば、紅色細菌 *Rhodobacter sphaeroides* のクロマトフォア膜小胞¹⁾ や anammox bacteria のアナモキシソーム (anammoxosome)²⁾ などの存在が知られている。今回紹介する磁性細菌はマグネトソームと呼ばれるユニークな細胞内オルガネラを形成し、その特徴から様々な分野での応用が期待されている細菌である^{3, 4)}。磁性細菌は特殊な環境ではなく、広く池や川、海などの水環境に生息しており、この磁性細菌を電子顕微鏡で観察すると細胞の長軸に沿って細胞内に直径約50nmの黒い微粒子が並んでいるのが見える (図1 a)。この微粒子がマグネトソームで、単結晶マグネタイト (Fe_3O_4) がリン脂質の膜で覆われたナノサイズの磁気微粒子である。磁性細菌の菌液に磁石を近づけると細菌はS極 (またはN極) に移動し、磁石を反転させると逆向きに移動するので、地磁気を感じ取るコンパス様の役割をしていると考えられている。マグネトソームは菌体を破壊し磁石などで集積すると細胞膜や細胞質が混入することなく精製できる。それを観察すると細胞内にあるように直線状に並んでいる像が観察される (図1 b)。

マグネトソームの膜上には多数の特有のタンパク質が局在していることが報告されている。現在、これらのうち Mam J, Mam K という2つのタンパク質がこの配列に重要であることが示唆され、その機能から形成モデルが想定されている (図2)。Mam K はそのアミノ酸配列などからアクチン様細胞骨格タンパク質であり、細胞の長軸に沿った繊維状の構造を形成し、マグネトソームに接して分布している。また、Mam J はその欠損株ではマグネトソームは細胞質に分散して存在することから繊維状構造に対する接着タンパク質として機能していると考えられている。

現在、マグネトソームはその特殊な構造を利用して様々な分野への応用が研究されている。例えば、マグネトソーム膜上に様々なプローブを発現させることによって様々な細胞や分子を簡便に精製・検出したりする技術が開発されている。この技術に応用すれば、う蝕病原性菌や歯周病原性菌などに特異的な分子をプローブとして発現させたマグネトソームを作ることができると考えられる。このマグネトソームを口腔バイオフィルムに結合させ、磁気などを利用して効率的に除去することにより口腔感染症の予防や治療など口腔領域でも応用ができるかもしれない。

文献

1. Geyer T, Helms V. A spatial model of the chromatophore vesicles of *Rhodobacter sphaeroides* and the position of the cytochrome bc₁ complex. *Biophys. J.* 91 : 921–926, 2006
2. van Niftrik L, Geerts WJ, van Donselaar EG et al. Combined structural and chemical analysis of the anam-

noxosome : a membrane-bounded intracytoplasmic compartment in anammox bacteria. *J. Struct. Biol.* 161 : 401–10, 2008

3. Schüler D. Genetics and cell biology of magnetosome formation in magnetotactic bacteria. *FEMS Microbiol. Rev.* 32 : 654–672, 2008

4. Taoka A, Asada R, Sasaki H et al. Spatial localizations of Mam22 and Mam12 in the magnetosomes of *Magnetospirillum magnetotacticum*. *J. Bacteriol.* 188 : 3805–3812, 2006

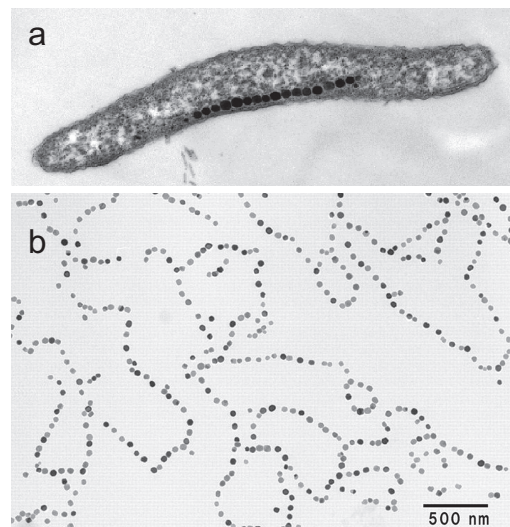


図1. 磁性細菌 (*Magnetospirillum gryphiswaldense*) と精製マグネトソーム標品の電子顕微鏡写真 (文献3, 4より抜粋)

a. ネガティブ染色したした菌体中央部に直鎖状に配列したマグネトソームが観察される。

b. 菌体破壊後に磁石を利用して精製したマグネトソーム、細胞外でも直鎖状の配列構造を維持している。

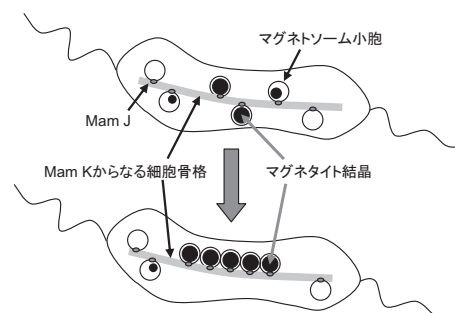


図2. マグネトソームの直鎖状構造の形成モデル

細胞内のMam Kからなる細胞骨格がマグネトソームの足場となり、そこにマグネトソーム小胞のMam Jによって細胞骨格上に配置される。小胞中のマグネタイトの成長に伴い、マグネトソーム同士が磁力により引き合い、さらに膜間の相互作用により直鎖状に配列される。