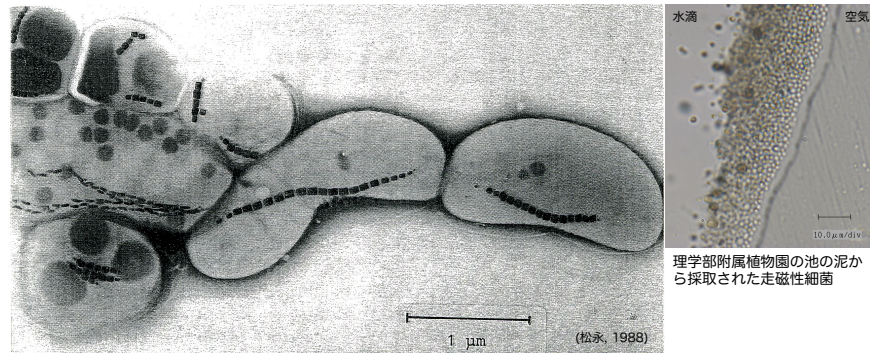


地磁気を感じるバクテリア



1. 走磁性細菌
 - ・種類、生育環境
 - ・マグネトソーム (magnetosome)
 - ・体内の磁性鉱物微粒子
2. 走磁性細菌起源のマグネタイトの磁気特性
 - ・生物起源マグネタイトの磁気的な同定
3. トピックス
 - ・生物起源マグネタイトによる磁気特性の変動と気候変動との関連
 - ・火星隕石の炭酸塩球状物中のマグネタイト微粒子の起源
 - ・“面白い”挙動をする走磁性細菌

走磁性細菌の発見

Blakemore (1975) 'Magnetotactic Bacteria'
 surface sediments collected from salt marshes of Cape Cod, Massachusetts
 surface layers of sedimentary cores collected from a depth of 15 m in Buzzards Bay.

暗室内での観察で走磁性 (magnetotaxis) を確認

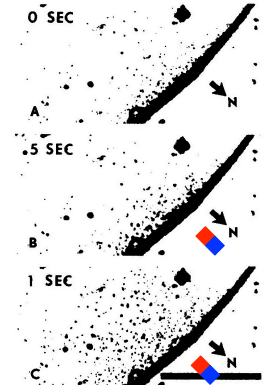
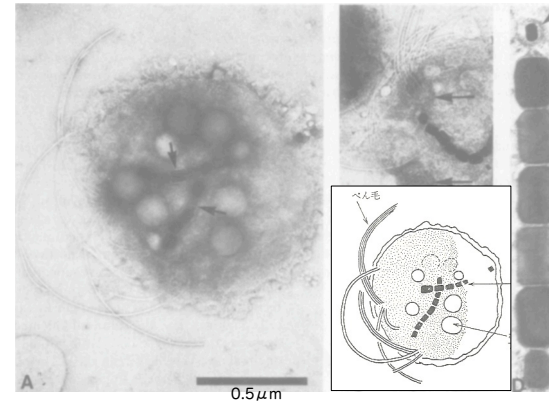
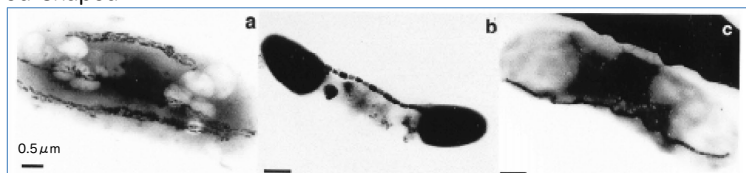


Fig. 1. Cinematographic sequence of bacteria displaying magnetotaxis. Portions of three sequences (0 SEC, 0.5 SEC, 1 SEC) are shown. The arrow indicates the direction of the earth's north geomagnetic pole (bar, 100 μm).

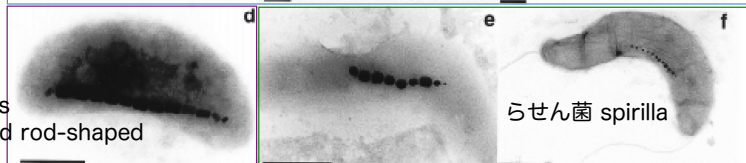
地磁気を感じる生物
 ハト (頭蓋骨と脳外膜との間)
 ミツバチ (腹部)
 アカネズミ (前頭部)
 ・太陽光+地磁気
 サケ (前耳骨付近)
 イルカ (左脳脳外膜)

走磁性細菌

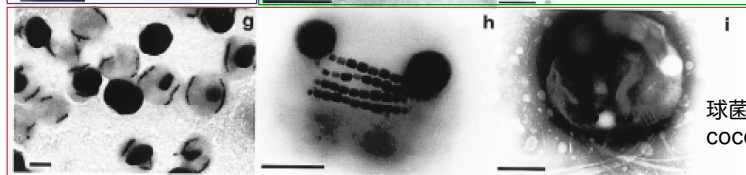
桿菌 rod-shaped



桿菌
 vibrios
 curved rod-shaped



らせん菌 spirilla



球菌
 coccoid

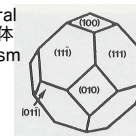
Figure 1. Electron Micrographs of Magnetotactic Bacteria
 Transmission electron micrographs showing whole cells of various magnetotactic bacteria collected from different natural habitats. The diversity of morphological forms include large rods (a, b, c), vibrios (d), spirilla (e, f), and coccoid (g, h, i) cell forms. The bar is equivalent to 0.5 μm.

(Schüler, 1999)

走磁性細菌内のマグネタイト微粒子・鎖状をなす (magnetosome)

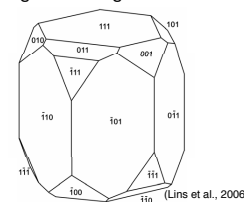
Bullet-shaped 弾丸状
 Tear drop 涙状

Cubo-octahedral
 立方体状の八面体
 Octahedral prism



* 無機的にも生成

Elongated prismatic 角柱状
 Elongated hexagonal 六角柱状



* 生物起源の特徴

鎖状: {111} 面を接する
 (磁化容易軸 [111])

マグネタイト
 ・特異な形状
 ・微粒子、サイズ限定
 SD-SP (単磁区-超常磁性)
 0.02~0.12 μm
 (Devouard et al., 1998)

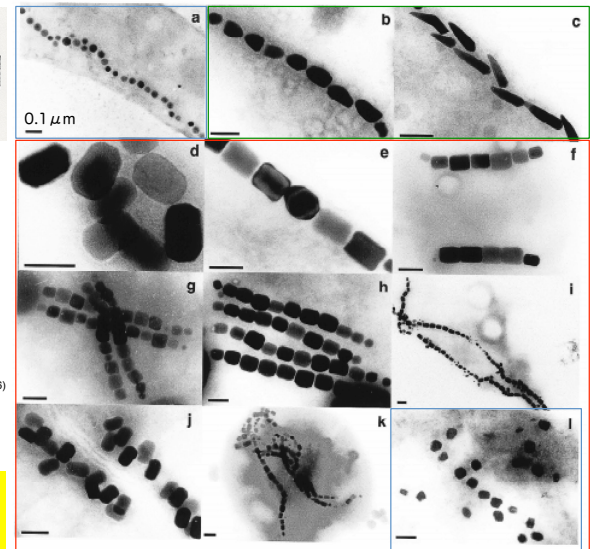
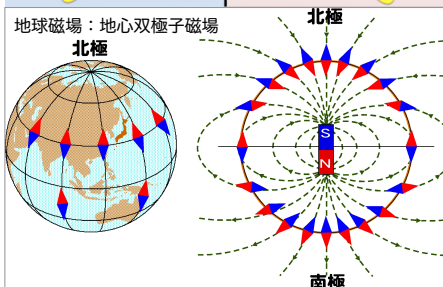
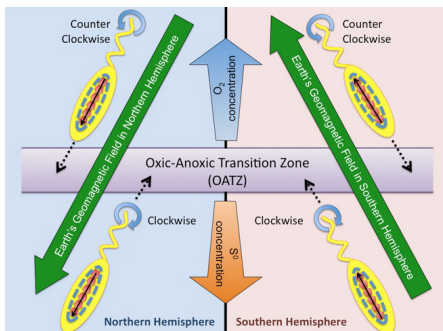


Figure 2. Electron Micrographs of Magnetosomes
 Crystal morphologies and intracellular organization of magnetosomes found in various magnetotactic bacteria. Shapes of magnetic crystals include cubo-octahedral (a), bullet-shaped (b, c), elongated prismatic (d, e, f, g, h, i, j, k), and rectangular morphologies (l). The magnetosome particles can be arranged in one (a, b, c, e), two (f, i) or multiple chains (g, j) or irregularly (k, l). The bar is equivalent to 0.1 μm.

(Schüler, 1999)

走磁性細菌：生息環境

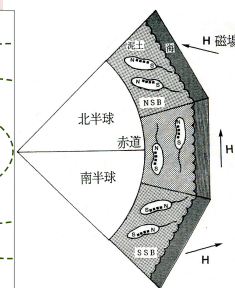


走磁性細菌

マグネタイト生成細菌 (Fe_3O_4) [BOM]
微好気性・酸化還元境界 (OATZ) に生息
cf. 嫌気性環境
マグネタイト生成細菌の生息[BIM]
グレイタイト生成細菌 (Fe_3S_4) [BOM]

磁性鉱物を方位磁針として用い、
北半球では地磁気的な北に (north-seeking)
南半球では地磁気的な南に (south-seeking)
に行くことで、より深部 (水中or堆積物中) の最適環境へ移動する。

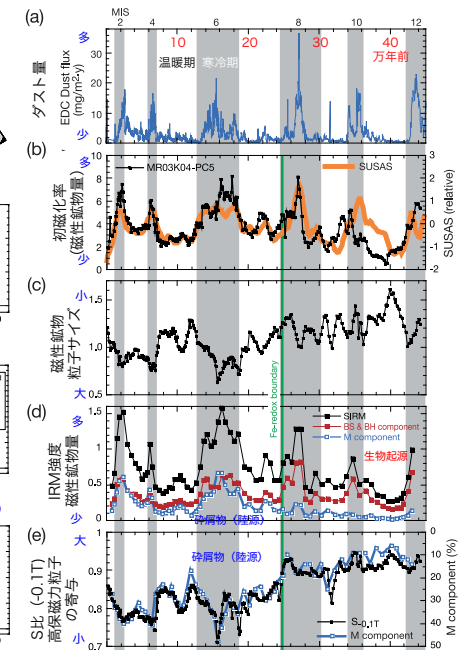
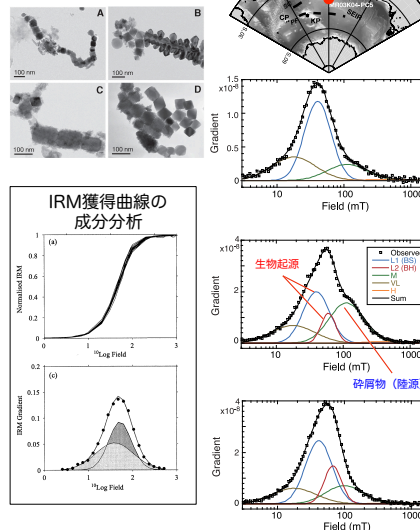
水底泥土表面から深さ2cmの範囲に約90%が生息。
水深が50cmまでは深くなるほど個体数が増える。
汎世界的に海、河川、湖沼などの泥土中に生存。
(松永, 1986)



● 生物起源マグネタイトの寄与の変動と気候変動

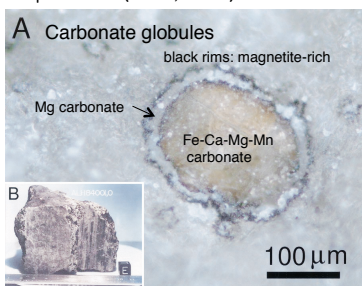
Yamazaki and Ikehara (2012)

"Origin of magnetic mineral concentration variation in the Southern Ocean"

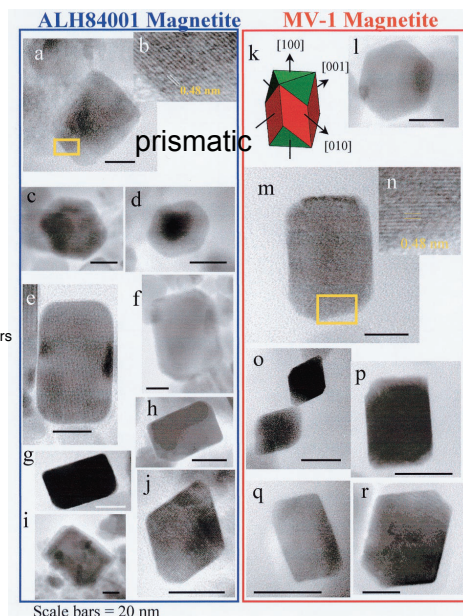
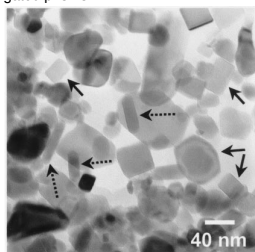


● 火星隕石 ALH84001

Keprta et al. (2000, 2002)

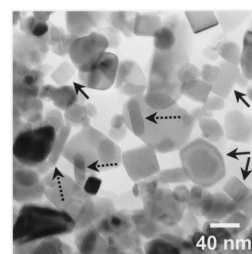


Extracted magnetite
dashed arrows: irregular, cuboidal, tear-drop, rounded whiskers
solid arrows: elongated prisms



火星隕石 ALH84001

Keprta et al. (2000, 2002)



走磁性細菌起源マグネタイトとの比較

prismatic magnetiteについて、

1. single-domain size and restricted anisotropic W/L ratios.
2. chemical purity - pure Fe_3O_4
3. crystallographic perfection.
4. alignment in chain
5. an unusual morphology consistent with a hexaoctahedral geometry.
6. elongation along the [111] axis.

* ~27%のmagnetite grainは生物起源

