

# 生理的性質による分類

## (1) 光合成細菌（ほとんどはグラム陰性）

光のエネルギーを利用してATPを産生

## (2) グラム陰性従属栄養好気性細菌

有機物を $O_2$ で酸化して生育する細菌

## (3) グラム陰性独立栄養化学合成細菌

無機物を $O_2$ で酸化して生育する細菌

## (4) グラム陰性任意嫌気細菌

$O_2$ が利用できれば有機物を $O_2$ で酸化して生育（呼吸）。利用できないところでは、発酵により生育。

## (5) グラム陰性嫌気性細菌

$O_2$ があっては生育できない細菌。メタン生成細菌や硫酸還元菌など。

## (6) グラム陽性で胞子をつくらない細菌

乳酸菌や結核菌など

# 生理的性質による分類

## (7) グラム陽性で胞子をつくる細菌

内生胞子をつくる細菌：納豆菌，破傷風菌

分生子を作る細菌：放線菌

## (8) スピロヘーター

非常に細長い細菌

## (9) リケッチアとクラミジア

宿主に寄生しないと生きていけない

## (10) マイコプラズマ

細胞壁を持たない細菌

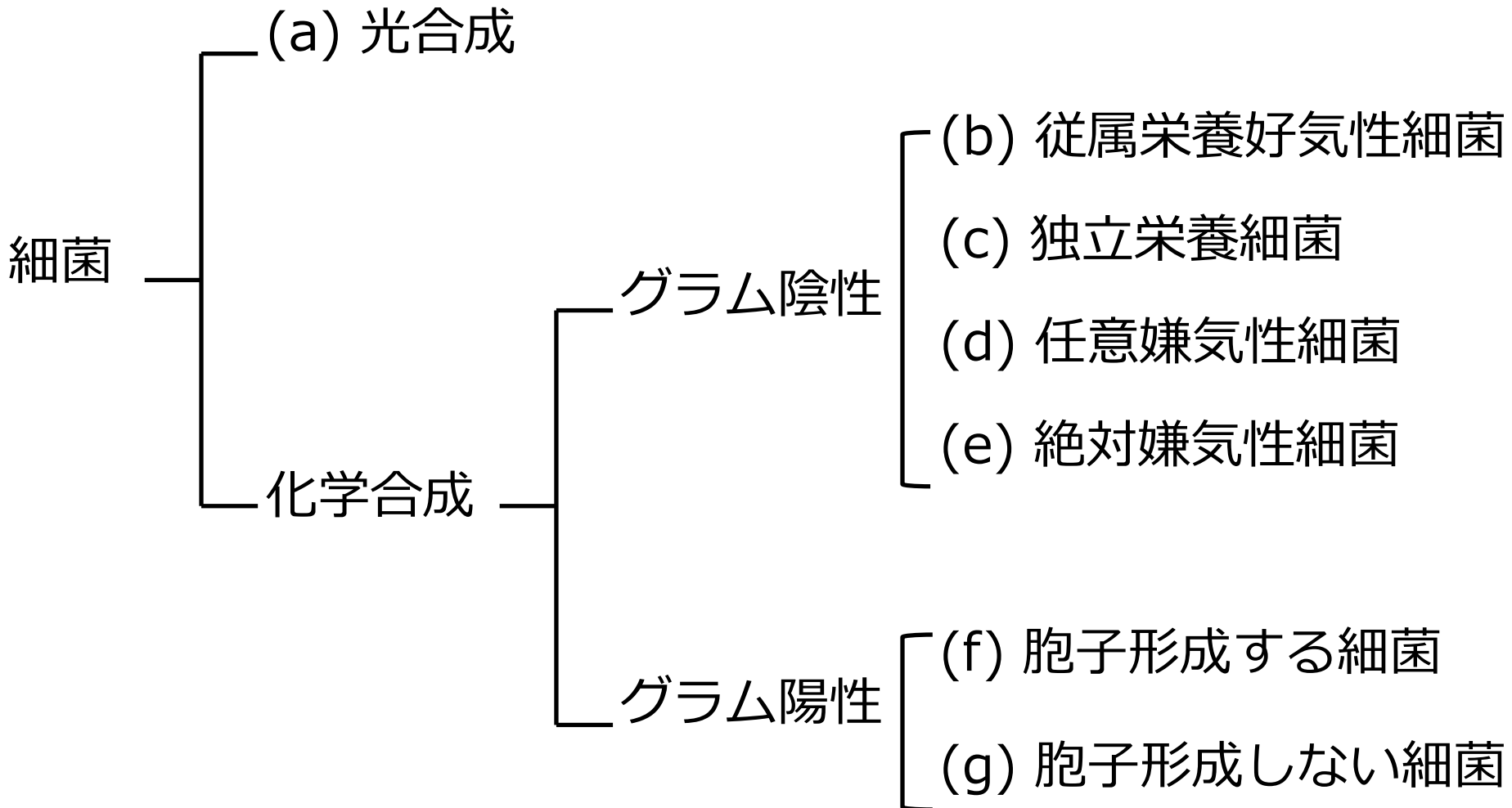
## (11) 超好熱性細菌

最適生育温度が80℃以上の細菌。好気性も嫌気性も存在

## (12) ウイルス

宿主の中でしか増殖することができず，核酸はDNAかRNAのいずれかしかもたない。

# 生理的性質による細菌の分類



# 光合成細菌

## 1. シアノバクテリア

地球上で最初の酸素発生光合成生物（独立栄養光合成細菌）

## 2. 緑色硫黄細菌

緑色で $\text{H}_2\text{S}$ を光エネルギーを用いて硫酸に酸化し、 $\text{CO}_2$ から体の構成成分を合成（独立栄養光合成細菌）

## 3. 紅色硫黄細菌

紅色で $\text{H}_2\text{S}$ を光エネルギーを用いて硫酸に酸化し、 $\text{CO}_2$ から体の構成成分を合成（独立栄養光合成細菌）

## 4. 紅色非硫黄細菌

紅色から褐色のものまで。有機物を食べ、光エネルギーを用いてATP生産（従属栄養・独立栄養光合成細菌）

# シアノバクテリアの形態学的多様性

## A. 単細胞

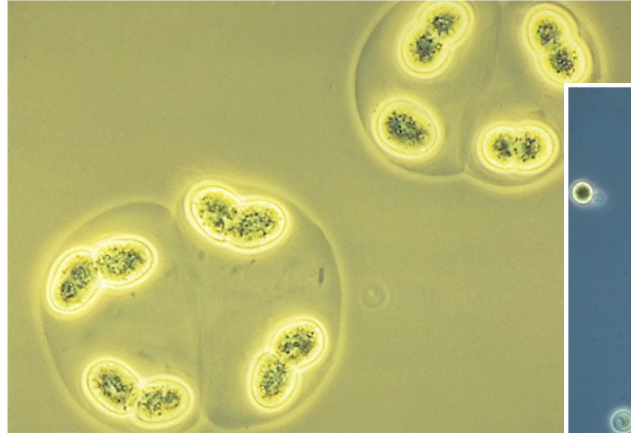
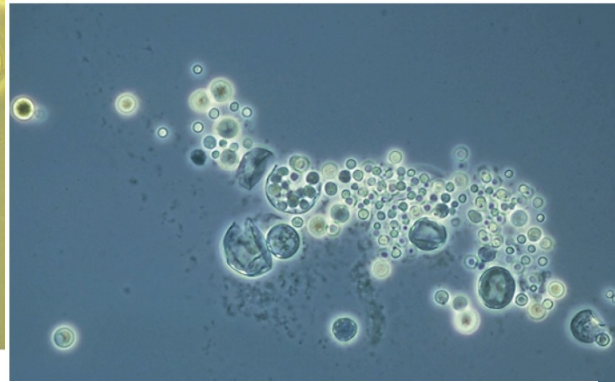
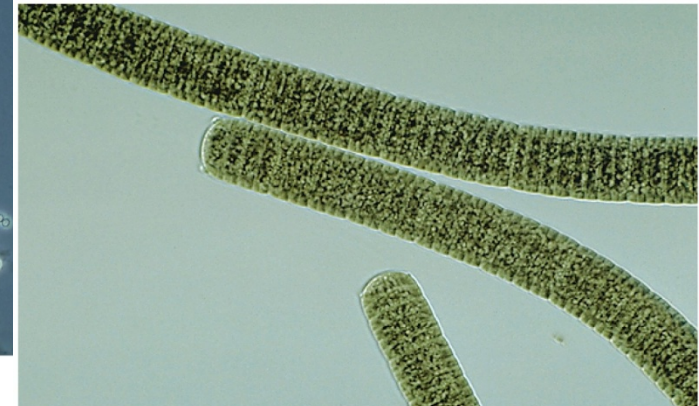


Figure 12-78a Brock Biology of Microorganisms 11/e  
© 2006 Pearson Prentice Hall, Inc.

## B. コロニー状

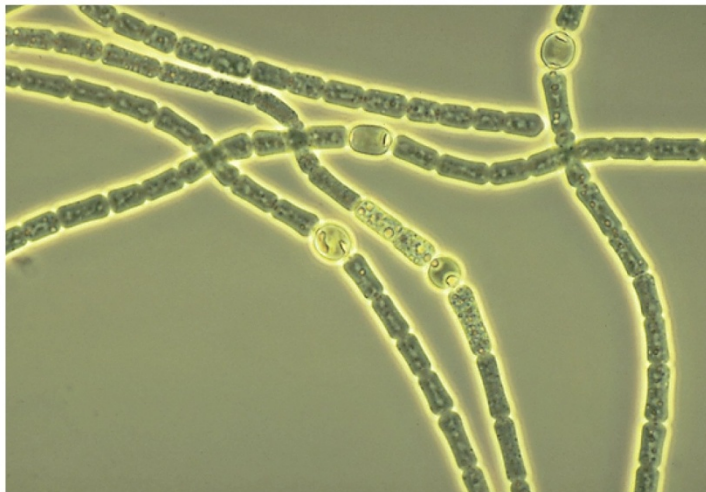


## C. フィラメント状



Susan Barns and Norman Pace

## D. フィラメント状異質細胞あり



Susan Barns and Norman Pace

Figure 12-78d Brock Biology of Microorganisms 11/e  
© 2006 Pearson Prentice Hall, Inc.

## E. 分枝したフィラメント状

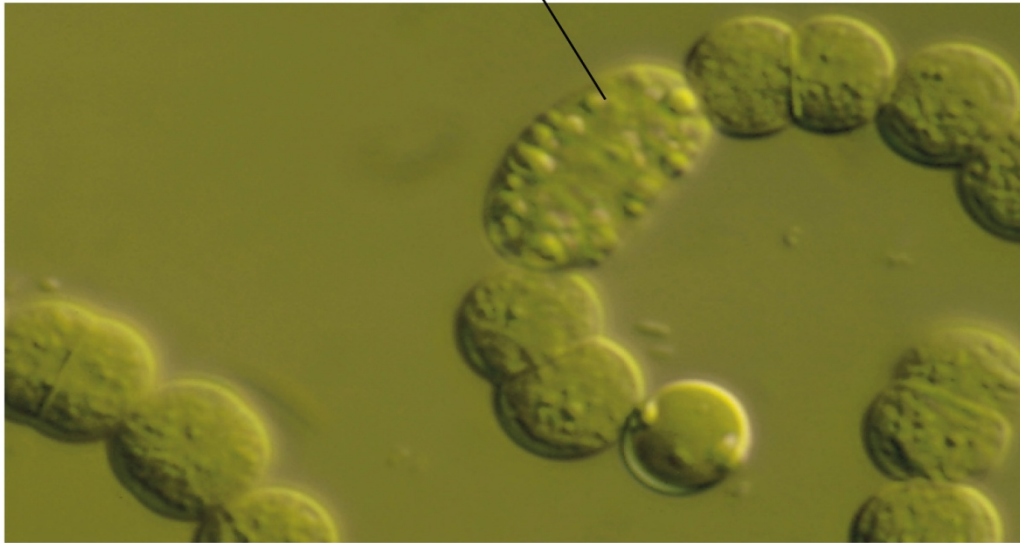


Susan Barns and Norman Pace

Figure 12-78e Brock Biology of Microorganisms 11/e  
© 2006 Pearson Prentice Hall, Inc.

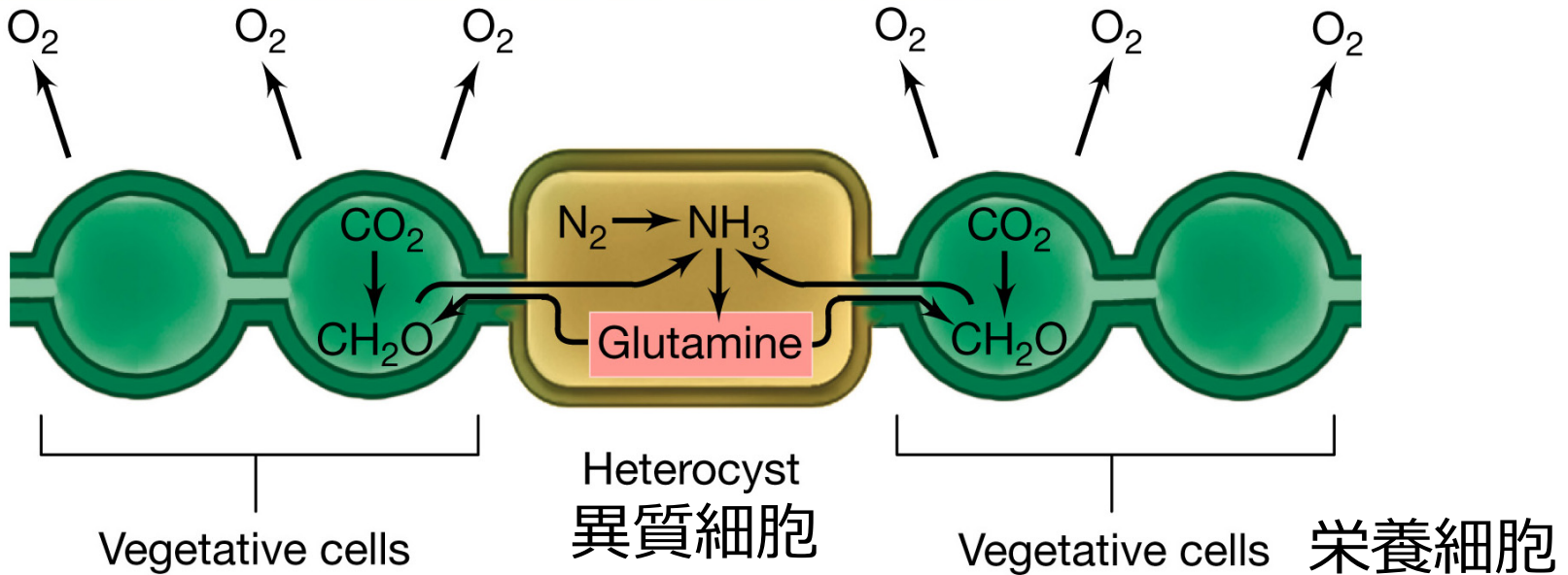
# シアノバクテリアの異質細胞

Heterocyst



**異質細胞：**  
窒素固定専用の細胞

T. D. Brock



(b)

# 緑色硫黄細菌

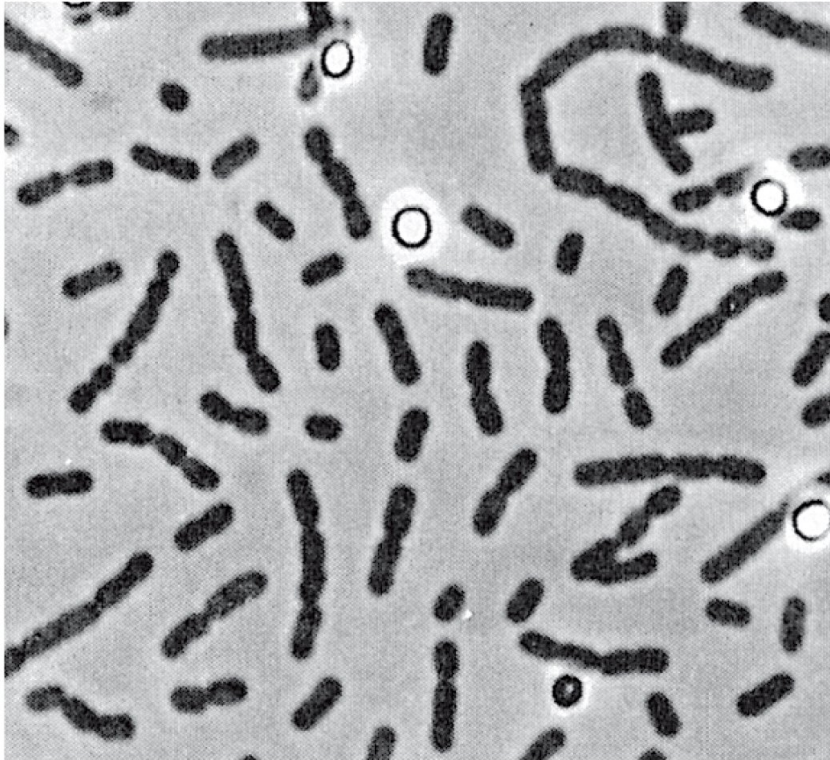


Figure 12-91a Brock Biology of Microorganisms 11/e  
© 2006 Pearson Prentice Hall, Inc.

*Chlorobium limicola*  
(クロロビウム・リミコーラ)

Norbert Pfennig

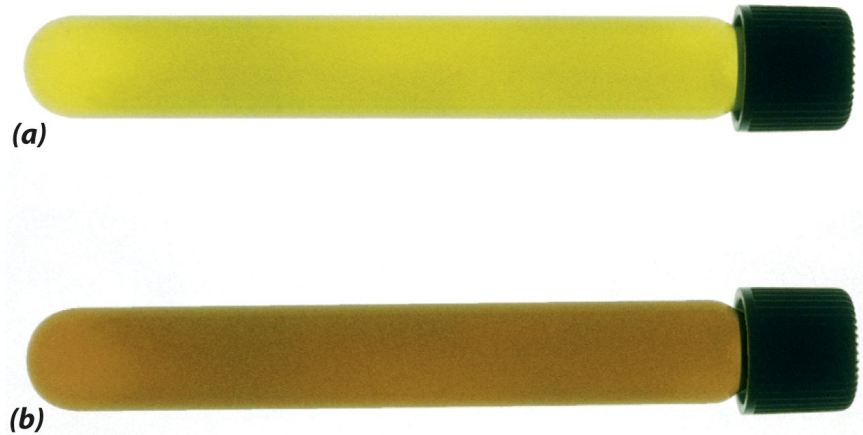
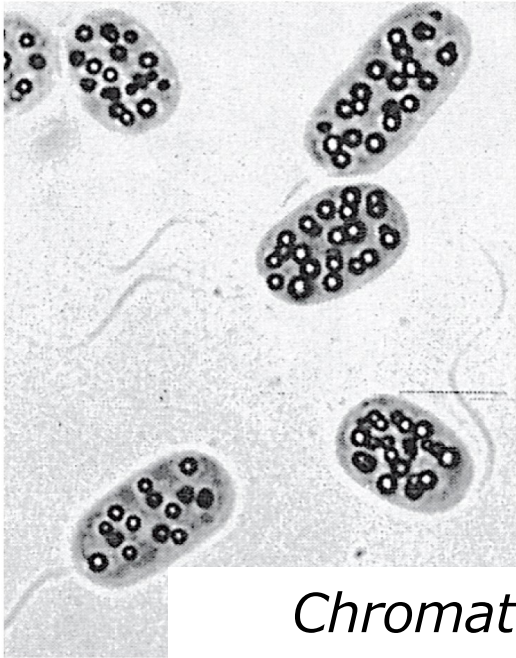


Figure 12-93 Brock Biology of Microorganisms 11/e  
© 2006 Pearson Prentice Hall, Inc.

Deborah O. Jung

- ・ 緑色と茶色の*Chlorobium*
- ・ バクテリオクロコフィルa,c,d など

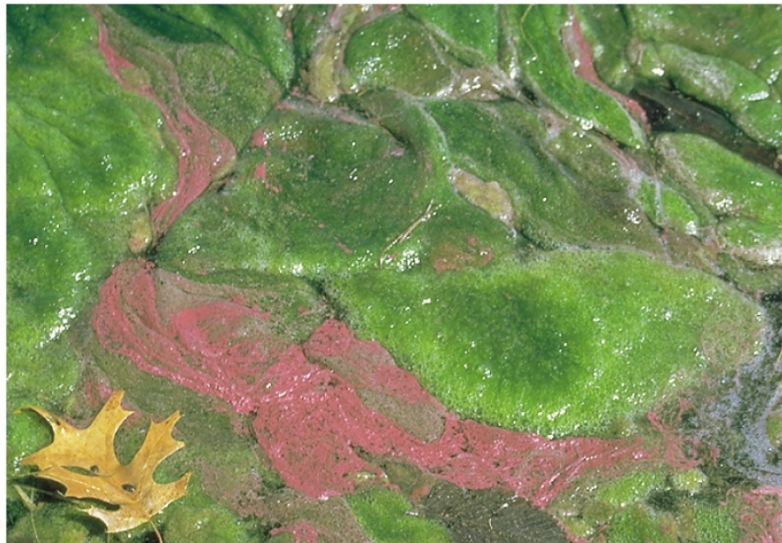
# 紅色硫黄細菌



Art Pfennig

Figure 12-4a Brock Biology  
© 2006 Pearson Prentice Hall

*Chromatium okenii*  
(クロマチウム・オケニー)



T. D. Brock

硫黄泉にある紅色硫黄細菌の華

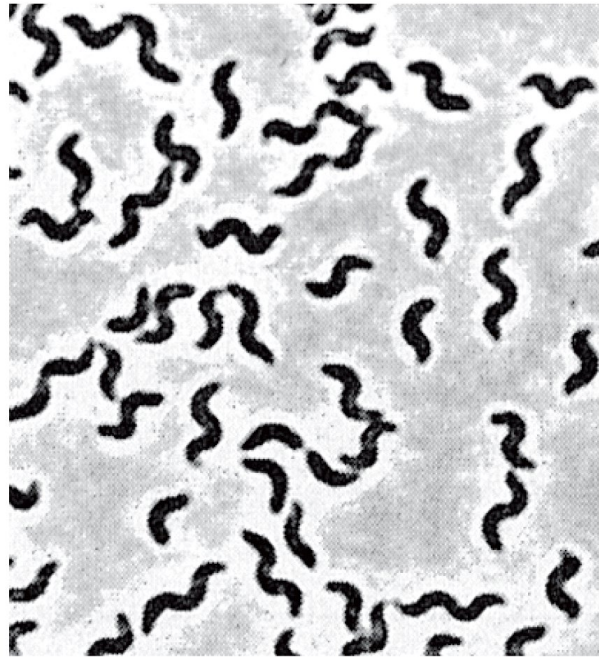


Jörg Overmann

紅色硫黄細菌を含むマホニー湖水  
(ブリティッシュコロンビア州)



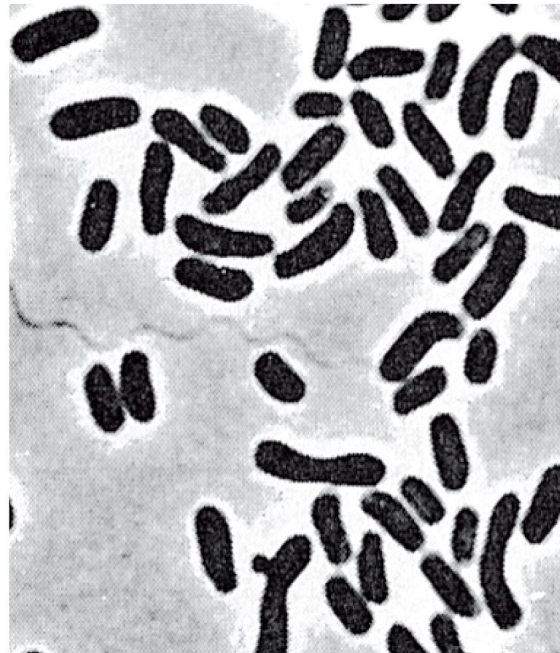
# 紅色非硫黄細菌



Norbert Pfennig

Figure 12-6a Brock Biology of Microorganisms 11/e  
© 2006 Pearson Prentice Hall, Inc.

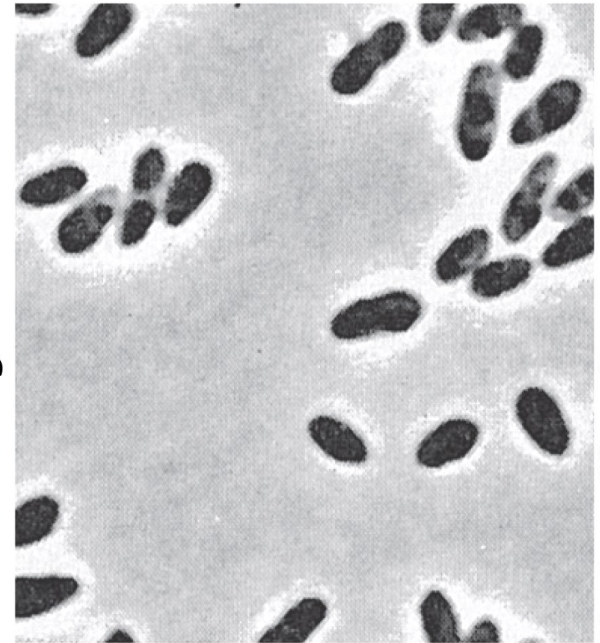
*Rhodospirillum*  
(ロドスピリルム) 属



Norbert Pfennig

Figure 12-6b Brock Biology of Microorganisms 11/e  
© 2006 Pearson Prentice Hall, Inc.

*Rhodopseudomonas*  
(ロドシュードモナス) 属



Norbert Pfennig

Figure 12-6c Brock Biology of Microorganisms 11/e  
© 2006 Pearson Prentice Hall, Inc.

*Rhodobacter*  
(ロドバクテル) 属

# 紅色非硫黄細菌



Figure 12-2 Brock Biology of Microorganisms 11/e  
© 2006 Pearson Prentice Hall, Inc.

1. *Rhodospirillum rubrum*
2. カロチノイド欠損変異体  
(バクテリオクロコフィルムの色)
3. *Rhodospira globiformis*
4. *Rhodobacter sphaeroides*
5. カロチノイドの1つを欠損 (緑色を呈する)

# グラム陰性化学合成細菌

## 1. 従属栄養好気性細菌

有機物を $O_2$ で酸化して生育するグラム陰性細菌

## 2. 独立栄養細菌

光を利用せずに、無機物だけで生きていける好気性細菌

## 3. 任意嫌気性細菌

$O_2$ があれば有機物を $O_2$ で酸化し（呼吸）， $O_2$ がなければ発酵で生育する

## 4. 絶対嫌気性細菌

$O_2$ があっては生育できない

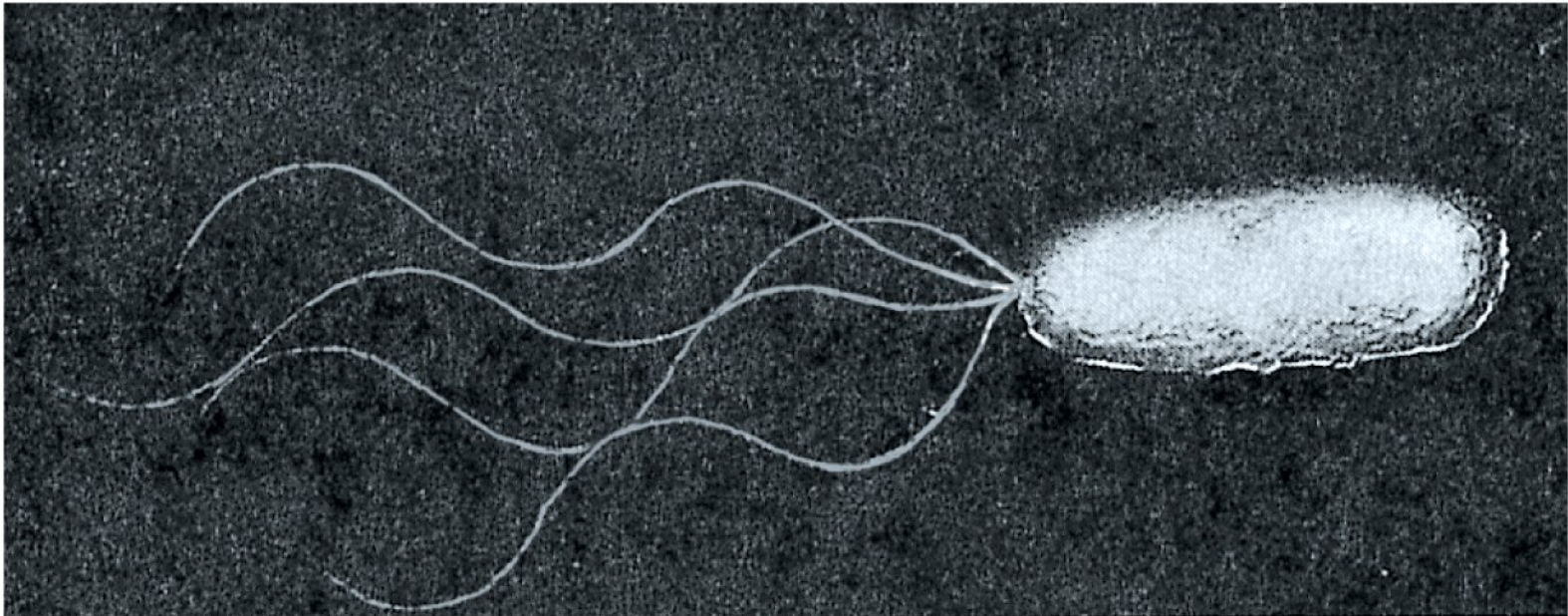
# グラム陰性化学合成細菌

## 1. 従属栄養好気性細菌

- (1) *Pseudomonas aeruginosa* (シュードモナス・アエルギノサ)  
化膿箇所に緑色の膿をつくる，緑膿菌ともよばれる
- (2) *Azotobacter vinelandii* (アゾトバクテル・ウィネランディイ)  
土壌中に生息し，窒素固定をする細菌
- (3) 根粒菌 *Rhizoibum* (リゾビウム) 属と *Bradyrhizobium* (ブラデュリゾビウム) 属  
マメ科植物の根に根粒をつくり，その中で窒素固定をする  
根粒菌とこれが根粒を作るためのマメ科植物との組み合わせは決まっている
- (4) *Magnetospirillum magnetotacticum* (マグネトスピリルム・マグネトタクチウム)  
マグネタイト ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) を含むマグネトソームをもつ
- (5) 酢酸菌 *Acetobacter aceti* (アセトバクテル・アセティ)  
エタノールを酸化して酢酸を作る  
*Acetobacter xylinum* (アセトバクテル・キシリヌム)  
グルコースからセルロースを作る (ナタ・デ・ココ)
- (6) *Neisseria gonorrhoeae* (ネイセリア・ゴノロエアエ)  
淋病の病原菌。グラム陰性だが，ペニシリンが有効

# 緑膿菌

## *Pseudomonas* (シュードモナス) 属



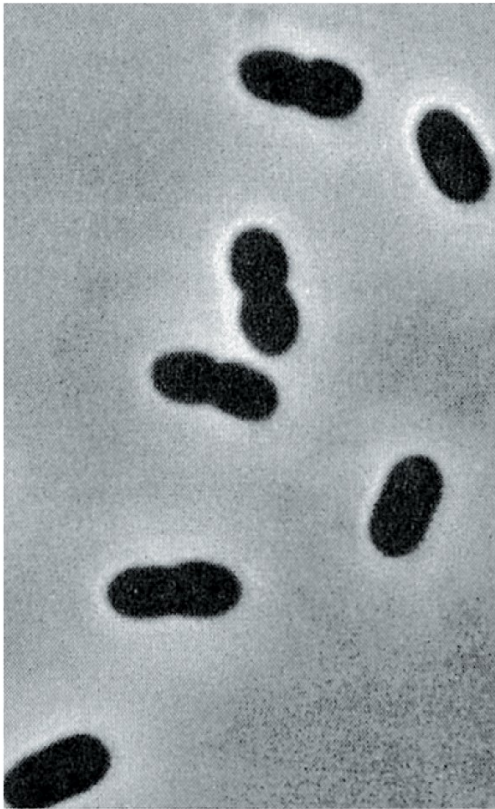
Arthur Kelman

Figure 12-17b Brock Biology of Microorganisms 11/e  
© 2006 Pearson Prentice Hall, Inc.

# 窒素固定細菌

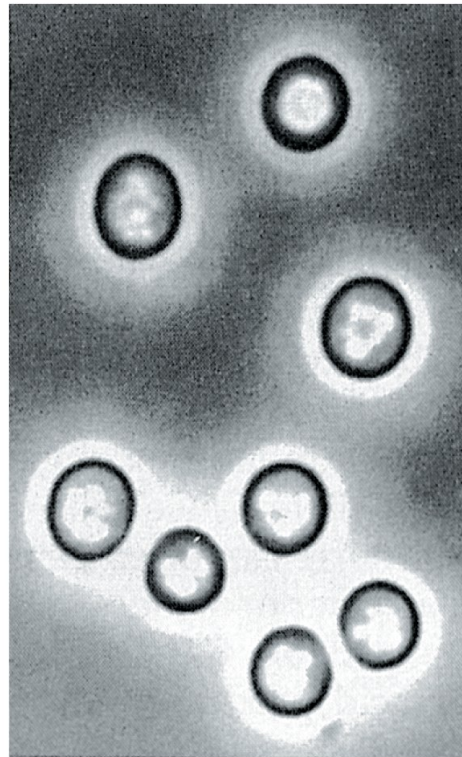
## *Azotobacter vinelandii* (アゾトバクテル・ウィネランドイイ)

### A. 栄養細胞



H. L. Sadoff

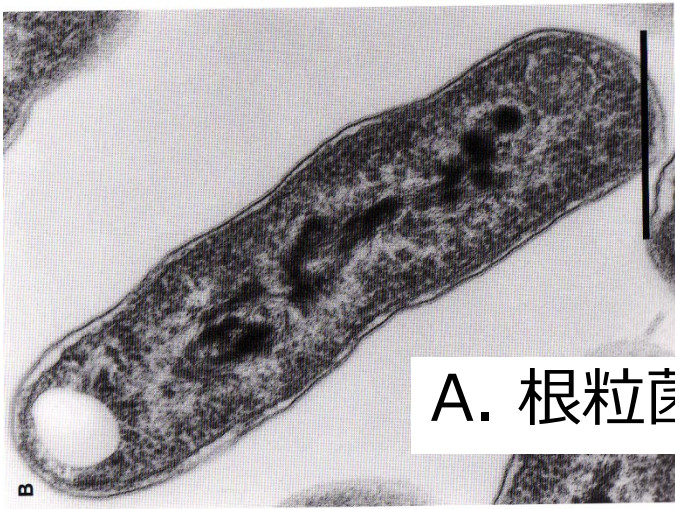
### B. シスト



H. L. Sadoff

- 非共生的に $N_2$ を固定できる
- バイエリンクによって発見された

# 根粒菌



A. 根粒菌の超薄切片



B. ダイズの根粒

Joe Burton

Figure 19-58 Brock Biology of Microorganisms 11/e  
© 2006 Pearson Prentice Hall, Inc.

*Bradyrhizobium japonicum*  
が感染し発達した腫瘤



C. 窒素を含まない土壌のダイズ

根粒なし

根粒形成

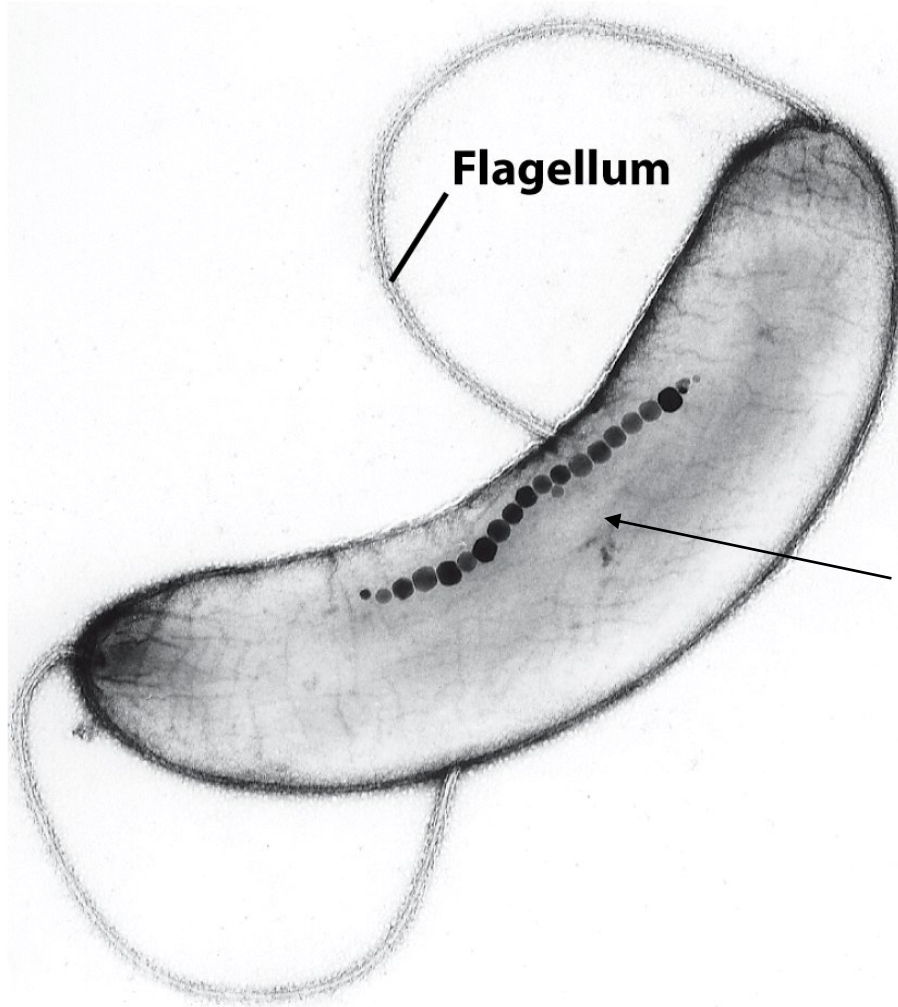
Ben B. Bohlool

Figure 19-59 Brock Biology of Microorganisms 11/e  
© 2006 Pearson Prentice Hall, Inc.

# 走磁性細菌

*Magnetospirillum magnetotacticum*

(マグネトスピリルム・マグネトタクチウム)



Flagellum

マグネトソーム

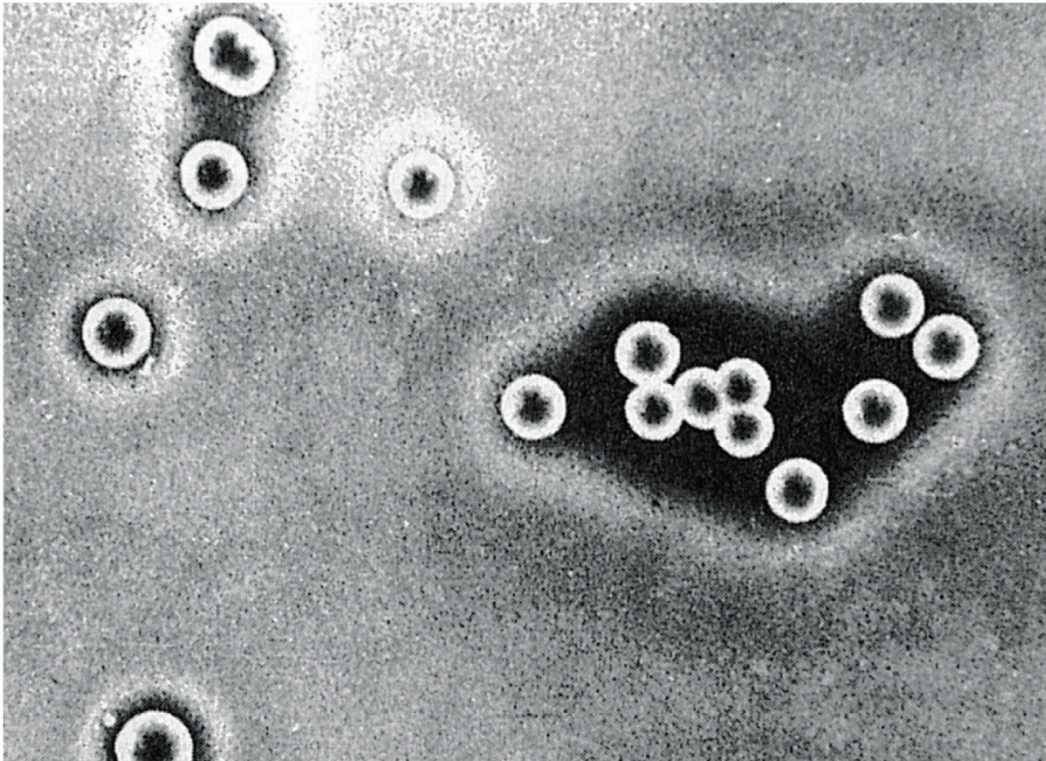
マグネタイト (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) と硫化鉄 (Fe<sub>3</sub>S<sub>4</sub>) からなる磁気顆粒

R. Blakemore



# 酢酸菌

## *Acetobacter aceti* (アセトバクテル・アセティ)



T. D. Brock

- エタノールを酸化して酢酸をつくる
- 食用酢の商業生産に利用されている
- 酢酸菌の中にはグルコースからセルロースをつくるものもある (ナタデココ)

# *Neisseria gonorrhoeae*

(ネイセリア・ゴノロエアエ, 淋病の病原菌)



Figure 26-26 Brock Biology of Microorganisms 11/e  
© 2006 Pearson Prentice Hall, Inc.

Morris D. Cooper

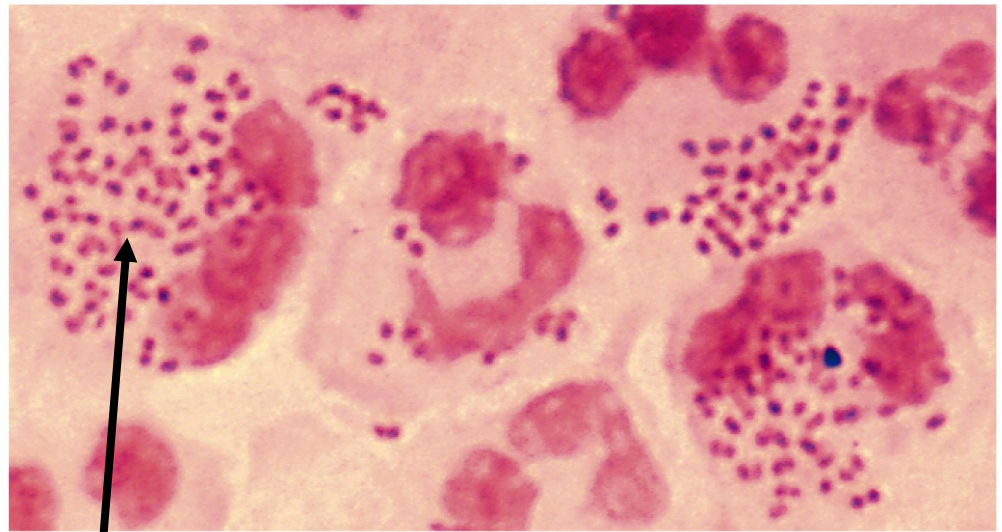


Figure 22-7a Brock Biology of Microorganisms 11/e  
© 2006 Pearson Prentice Hall, Inc.

CDC / Joe Millar / PHIL

ヒトの白血球内に存在する菌体

ヒトの卵管粘膜に吸着  
ソラマメ状で、ペアで存在する

# グラム陰性化学合成細菌

## 2. 独立栄養細菌

### (1) 硫黄酸化細菌

*Thiobacillus thiooxidans* (チオバチラス・チオオキシダンス)

硫黄, 硫化水素, チオ硫酸などを酸化して硫酸を作る

生育pHは1-5

### (2) 鉄酸化細菌

*Thiobacillus ferrooxidans* (チオバチラス・フェロオキシダンス)

2価鉄イオンを3価鉄イオンに酸化して生育する細菌

pH2という酸性で生育する, 好酸性鉄酸化細菌

### (3) アンモニア酸化細菌

*Nitrosomonas europaea* (ニトロソモナス・エウロパエア)

アンモニアを酸化して亜硝酸を生成

### (4) 亜硝酸酸化細菌

*Nitrobacter winogradskyi* (ニトロバクテル・ウィノグラドスキー)

亜硝酸を硝酸塩に酸化

アンモニア酸化細菌と亜硝酸酸化細菌を合わせて, 硝化細菌とよばれる

# 硫黄酸化細菌

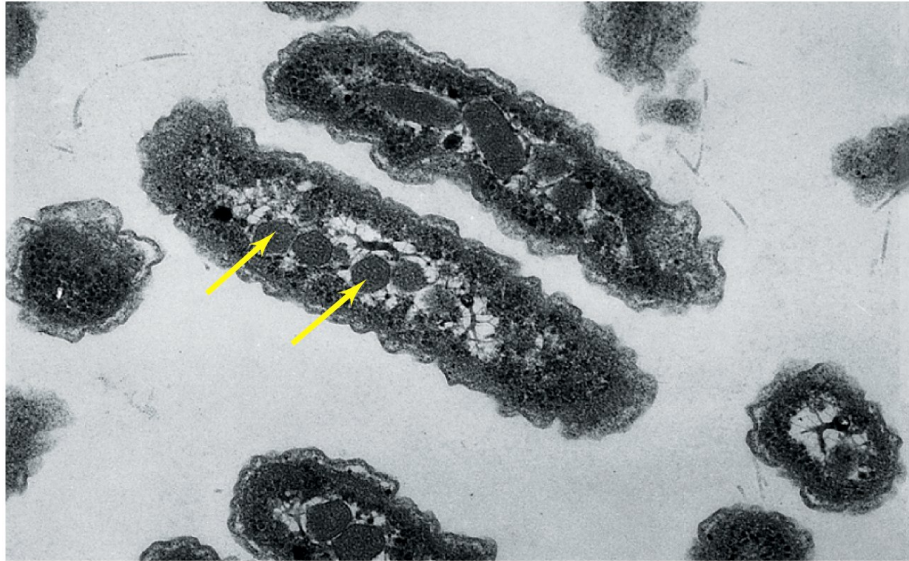


Figure 12-10a Brock Biology of Microorganisms 11/e

Jessup M. Shively

*Thiobacillus neapolitanus*

(チオバチラス・ネオポリタヌス)

- コンクリートの腐食に関わる



Figure 12-11a Brock Biology of Microorganisms 11/e  
© 2006 Pearson Prentice Hall, Inc.

*Baggiatoa*属 :

- フィラメント状で硫黄顆粒で満たされている
- 硫黄泉, 腐敗した海藻の層, 下水の汚染水, 深海の熱水噴出孔など, 硫化水素 ( $H_2S$ ) の豊富な場所で生息

# 鉄酸化細菌

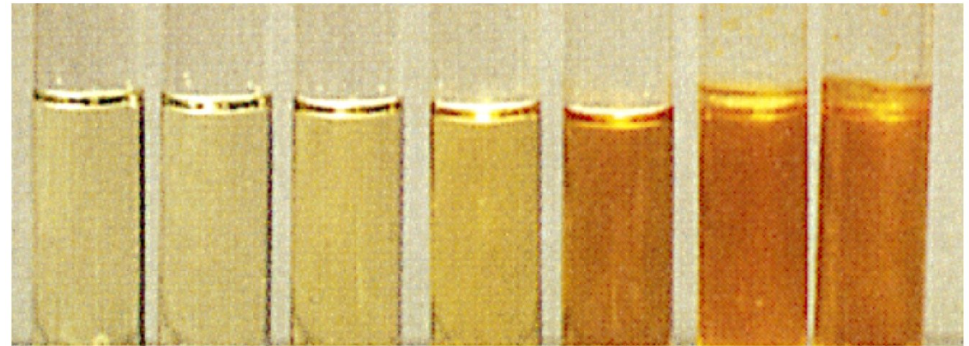
## *Thiobacillus ferrooxidans*

(チオバチラス・フェロオキシダンス)

A. 酸性鉱山廃水で増殖



B. 培養液



T. D. Brock

Figure 1:  
© 2006 F

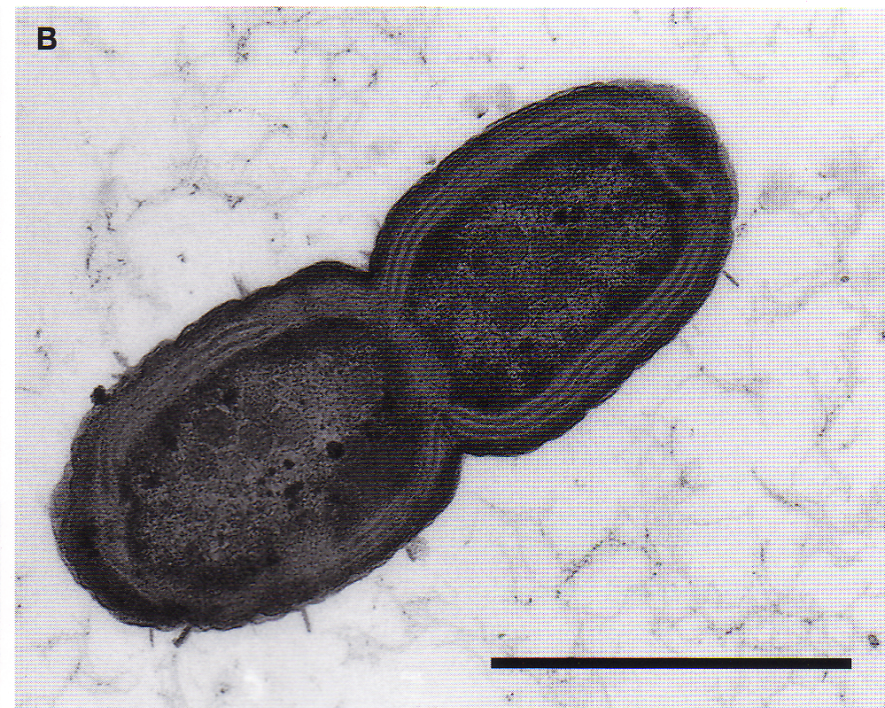
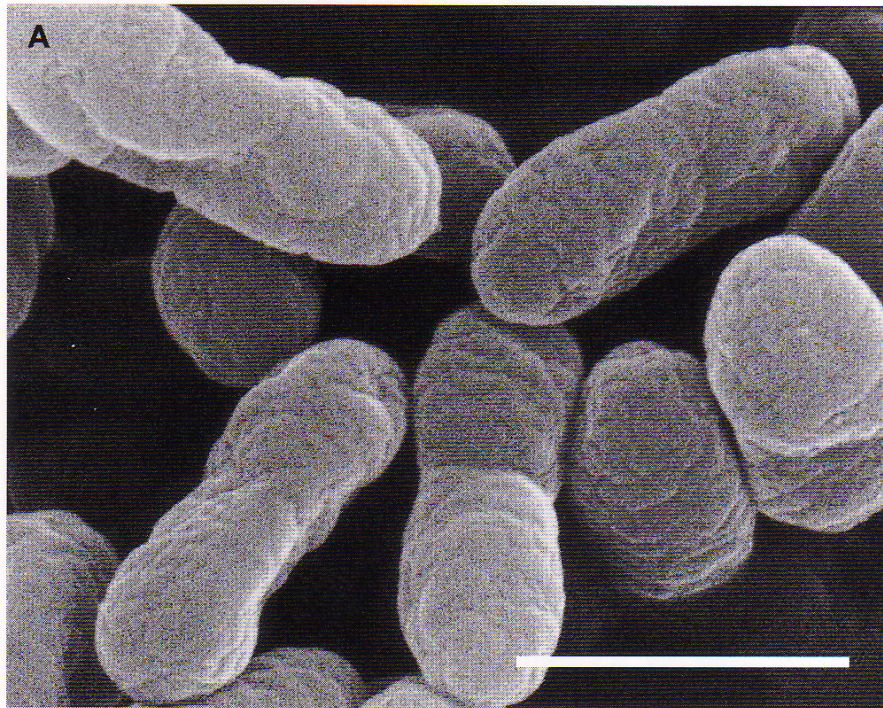
$\text{Fe}^{3+}$ が生成されるとすぐに $\text{Fe}(\text{OH})_3$ が形成され、黄-オレンジ色になる

Bill Strode

Figure 17.29a, Brock Biology of Microorganisms, 11/e

三価鉄は水に溶けにくい水酸化第二鉄 ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ) の沈殿物になる

# アンモニア酸化細菌 *Nitrosomonas* (ニトロソモナス) 属

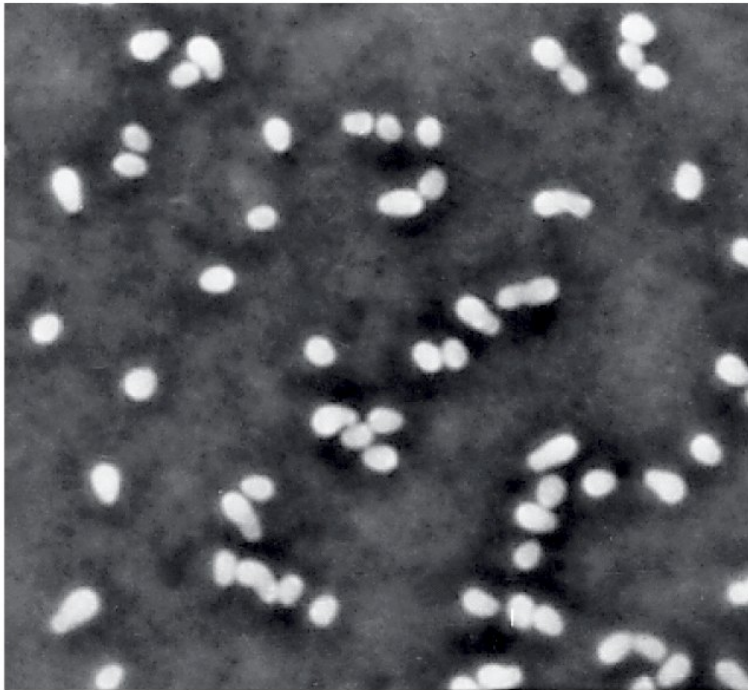


微生物の世界(筑波出版会)

- ・硝化細菌のうち、アンモニアを酸化する細菌

# 亜硝酸酸化細菌

## *Nitrobacter winogradskyi* (ニトロバクテル・ウィノグラドスキー)



S. W. Watson

Figure 12-8 Brock Biology of Microorganisms 11/e  
© 2006 Pearson Prentice Hall, Inc.

- ・硝化細菌のうち，亜硝酸を酸化する細菌

# グラム陰性化学合成細菌

## 3.任意嫌気性細菌

### (1) 大腸菌

*Escherichia coli* (エスケリキア・コリ)

$O_2$ があれば有機物を $O_2$ で酸化して生育,  $O_2$ がないときは糖を発酵して, エタノール, 酢酸, 乳酸, コハク酸, ギ酸,  $H_2$ ,  $CO_2$ などを生成

### (2) *Zymomonas* (ジユモモナス) 属の細菌

純粋アルコール発酵をする

リュウゼツランのしぼり汁をこの細菌で発酵し, プルケという発酵種を蒸留したものがテキーラ

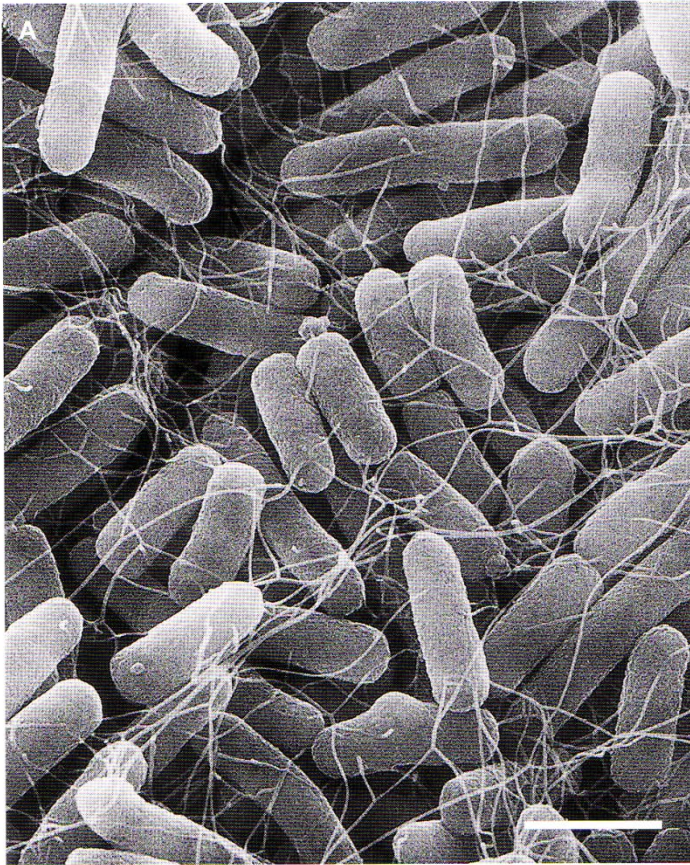
### (3) *Photobacterium phosphoreum* (フォトバクテリウム・フォス フォレウム)

発光細菌で,  $O_2$ がある時は光をだす



# 大腸菌

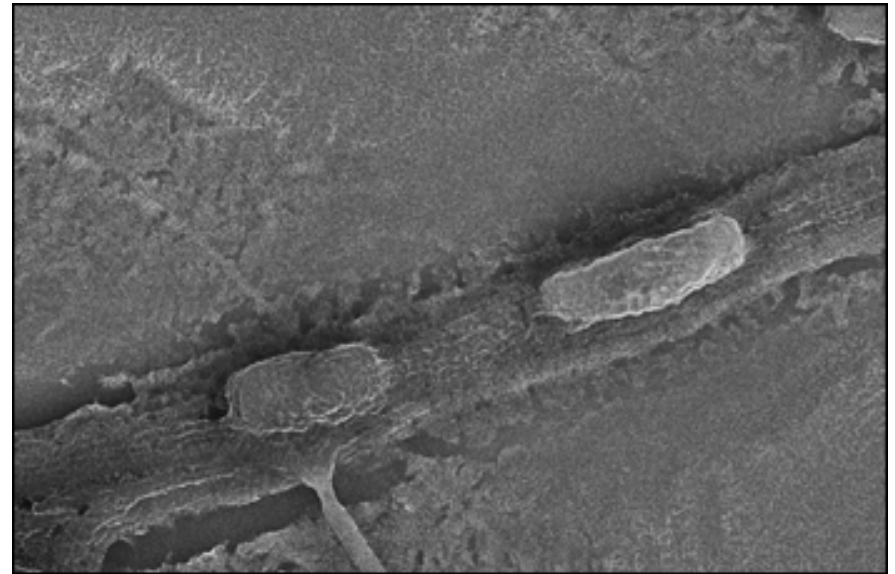
*Escherichia coli* (エスケリキア・コリ)



*E. coli* K-12

# *Zymomonas* 属の細菌

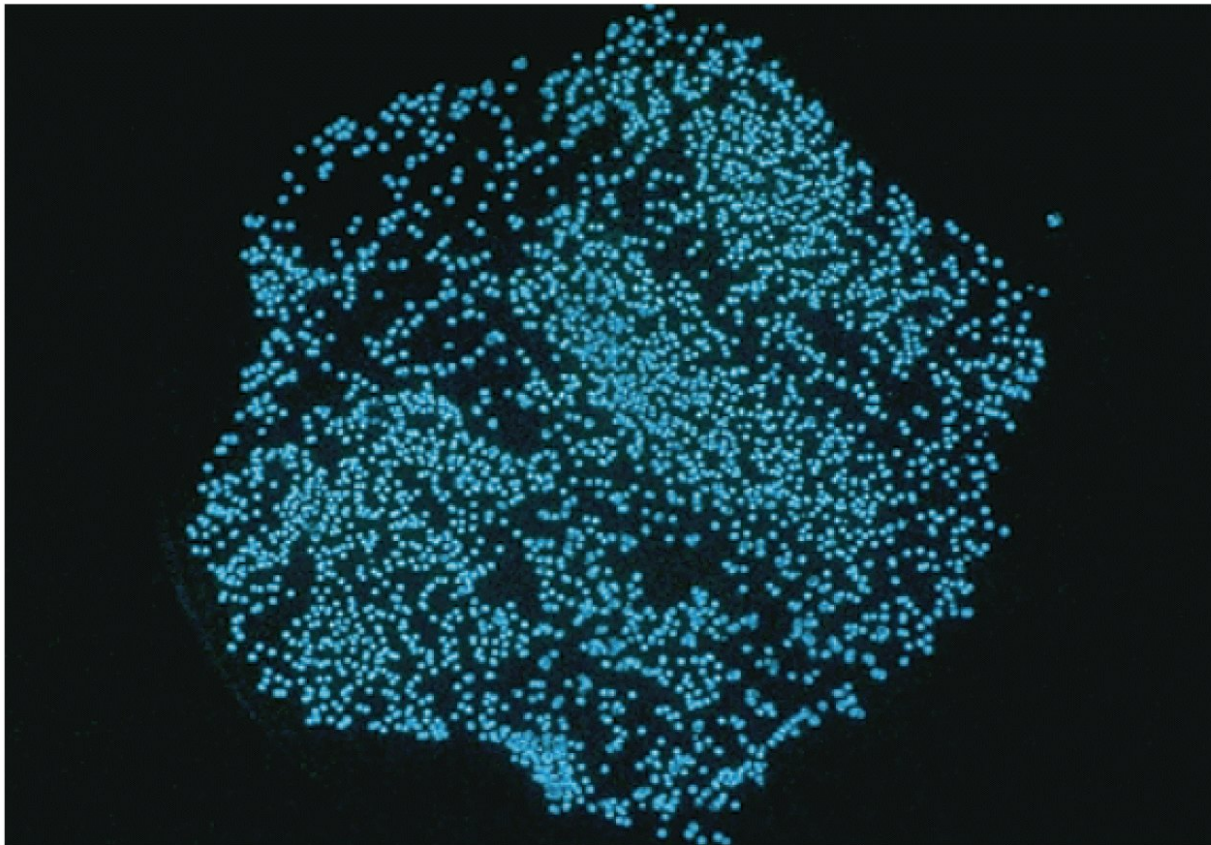
*Zymomonas mobilis* (ザイモモナス・モビリス)



The Naib <http://www.blog.thesietch.org/> [http://www.bnl.gov/bnlweb/pubaf/pr/pr\\_display.asp?prid=993](http://www.bnl.gov/bnlweb/pubaf/pr/pr_display.asp?prid=993)

# 発光細菌

## *Photobacterium phosphoreum* (フォトバクテリウム・フォスフォレウム)



Kenneth H. Nealson

Figure 12-28b Brock Biology of Microorganisms 11/e  
© 2006 Pearson Prentice Hall, Inc.

- 生物発光をするほとんどの細菌は海産で、魚に付着した状態でみつける

# グラム陰性化学合成細菌

## 4. 絶対嫌気性細菌

### (1) メタン生成細菌

*Methanobacterium thermoautotrophicum* (メタノバクテリウム・テルモアウトトロピクム) と *Methanosarcina barkeri* (メタノサルキナ・バルケリ)

H<sub>2</sub>をCO<sub>2</sub>で酸化して(呼吸), そのとき遊離するエネルギーを利用して生育. その結果としてメタン(CH<sub>4</sub>)が生じる

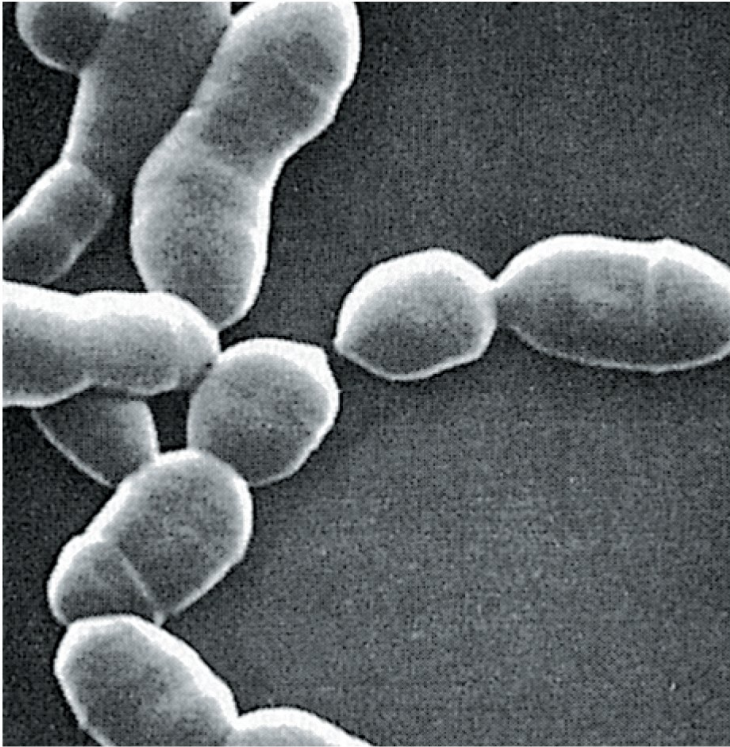
### (2) 硫酸還元菌

*Desulfovibrio vulgaris* (デサルホビブリオ・ブルガリス)

有機物(乳酸など)を硫酸塩で酸化してATPをつくり, その際, 硫酸塩は還元されて硫化水素(H<sub>2</sub>S)になる. 公害をもたらす.

硫黄酸化細菌と組んでコンクリートを腐食

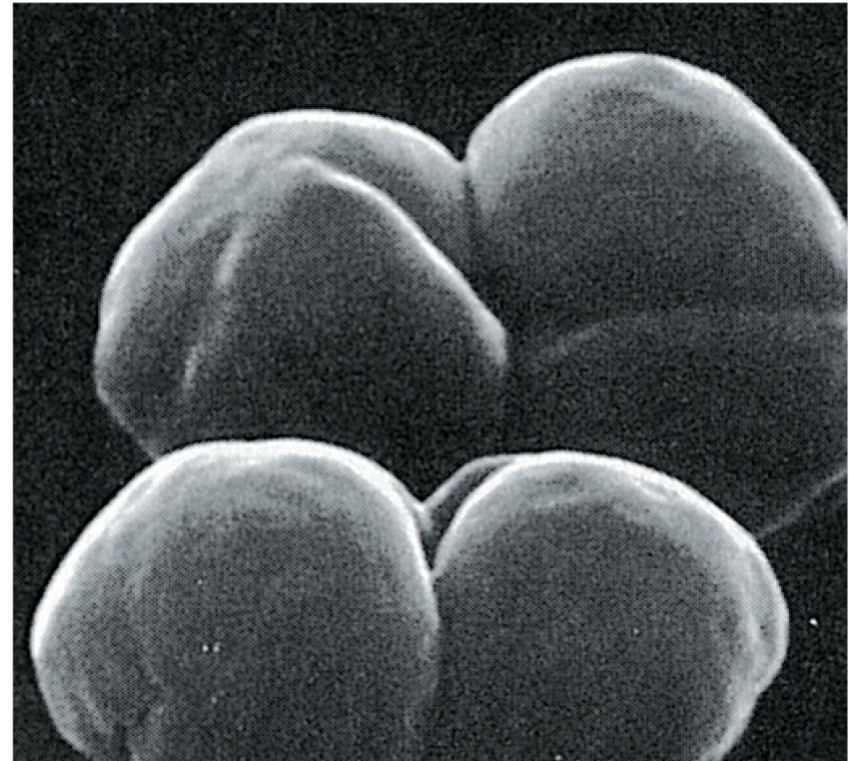
# メタン生成細菌



Alexander Zehnder

Figure 13-6b Brock Biology of Microorganisms 11/e  
© 2006 Pearson Prentice Hall, Inc.

*Methanobacterium*属



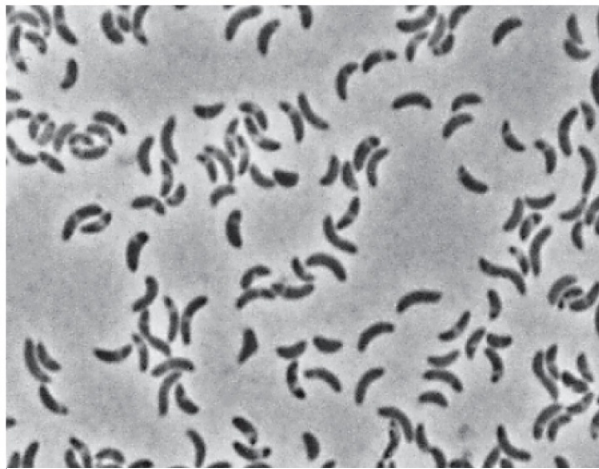
Alexander Zehnder

Figure 13-6d Brock Biology of Microorganisms 11/e  
© 2006 Pearson Prentice Hall, Inc.

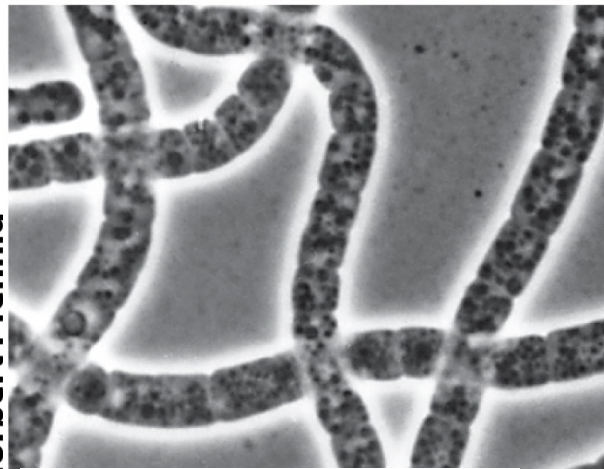
*Methanosarcina*属

生息地：無酸素の沈降物（沼地，水田など），動物の消化管，熱水孔，嫌気性原生動物の内部共生体

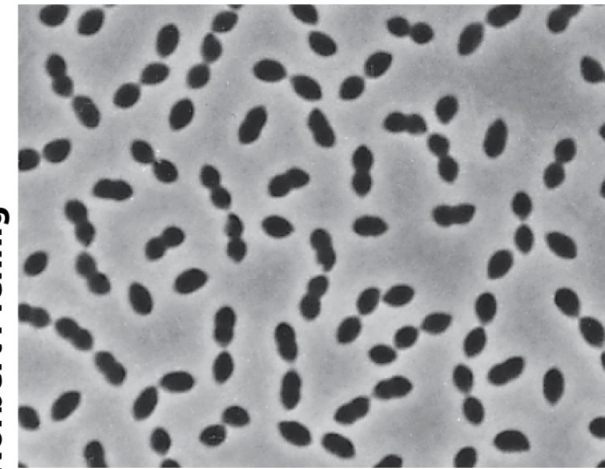
# 硫酸還元菌



Norbert Pfennig



Norbert Pfennig

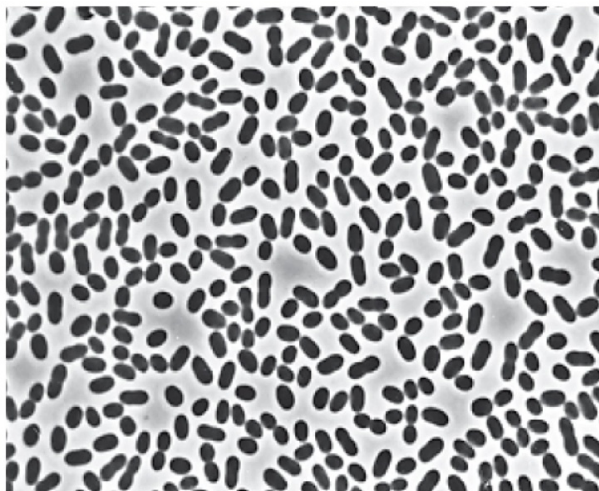


Fritz Widdel

*Desulfovibrio desulfuricans*

*Desulfonema limicola*

*Desulfobulbus propionicus*



Fritz Widdel



Fritz Widdel

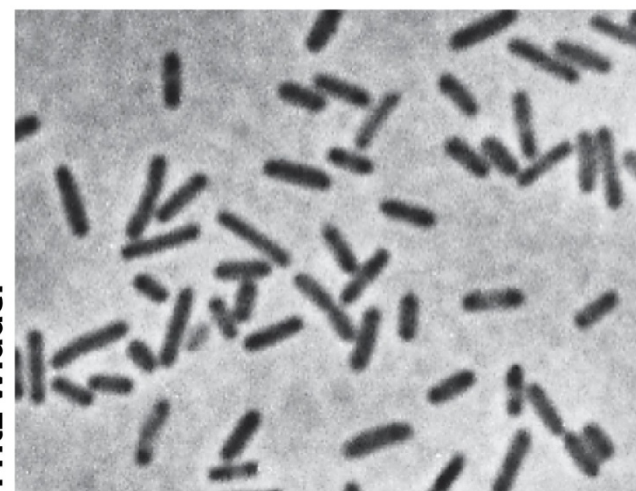


Fig  
© 2

*Desulfobacter postgatei*

*Desulfosarcina variabilis*

*Desulfuromonas acetoxidans*

# グラム陽性化学合成細菌

## 1. 胞子をつくらない細菌

- (1) 結核菌
- (2) 黄色ブドウ球菌
- (3) 乳酸菌

## 2. 胞子をつくる細菌

- (1) 内生胞子をつくる細菌
- (2) 分生子をつくる細菌

# グラム陽性化学合成細菌

## 1. 孢子をつくらない細菌

### (1) 結核菌 *Mycobacterium* (ミコバクテリウム) 属

ヒト型結核菌 *M. tuberculosis* (メタノバクテリウム・ツベルクロシス)

ハンセン型結核菌 *M. leprae* (メタノバクテリウム・レプラエ)

固形培地で培養すると、一般に黄色でチーズのような塊になる

ジフテリア菌 *Corynebacterium diphtheriae* (コリネバクテリウム・ジフテリアエ)

### (2) 黄色ブドウ球菌

*Staphylococcus aureus* (スタピュロコッカス・アウレウス)

膿瘍の病原菌

メチシリン耐性な変異株 (MRSA) は院内感染の原因細菌

### (3) 乳酸菌

*Lactobacillus acidophilus* (ラクトバチルス・アキドピルス)

乳酸菌飲料やヨーグルトをつくる

*Streptococcus mutans* (ストレプトコッカス・ムタンズ)

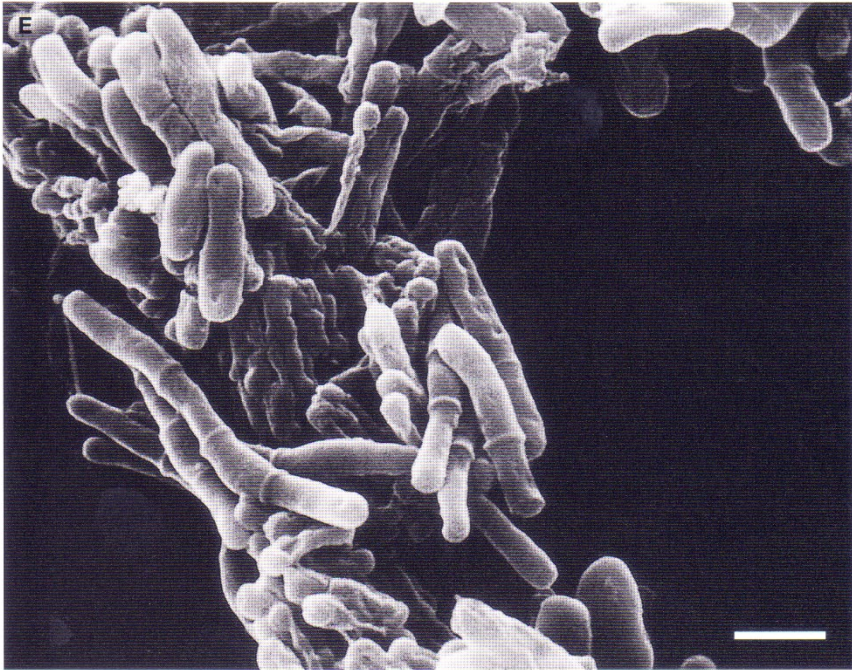
虫歯の原因

*Bifidobacterium bifidum* (ビフィドバクテリウム・ビフィドウム)

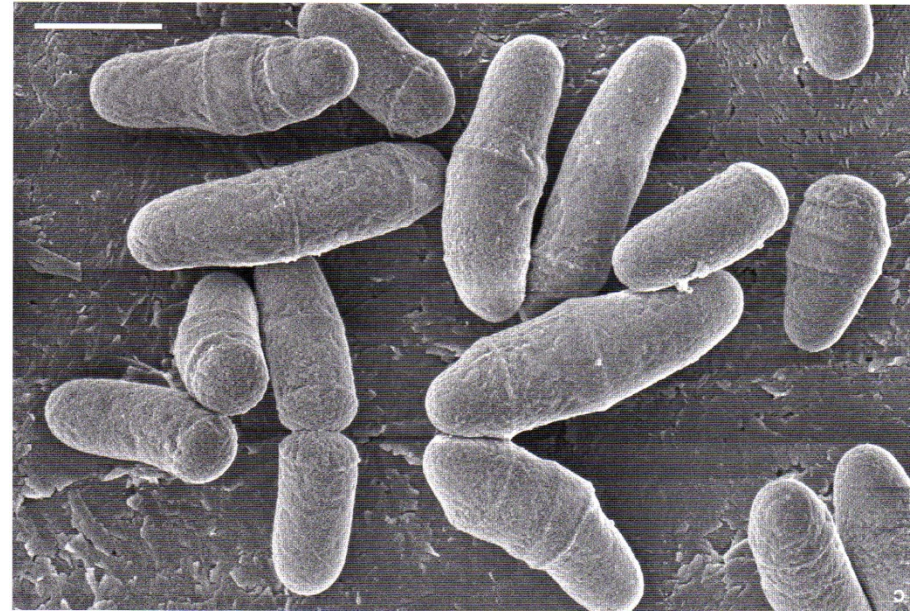
ヒトの腸管内で感染を防御したり整腸作用



# 放線菌 Actinomycetes



*Mycobacterium tuberculosis*  
ヒト型結核菌



微生物の世界(筑波出版会)

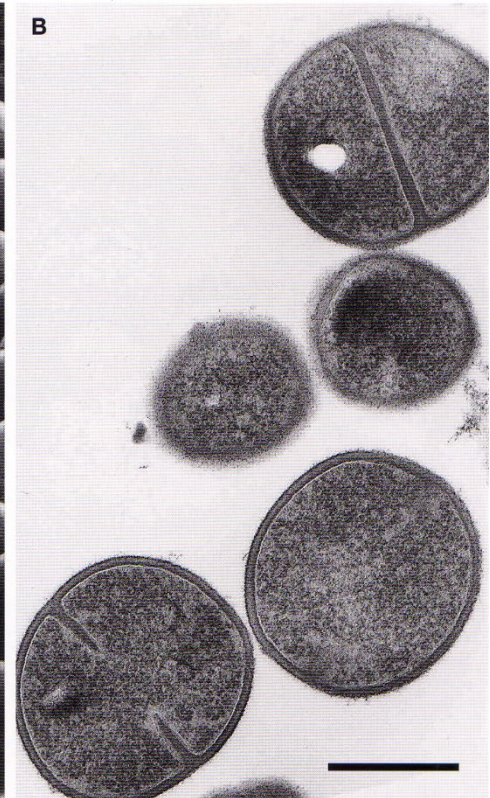
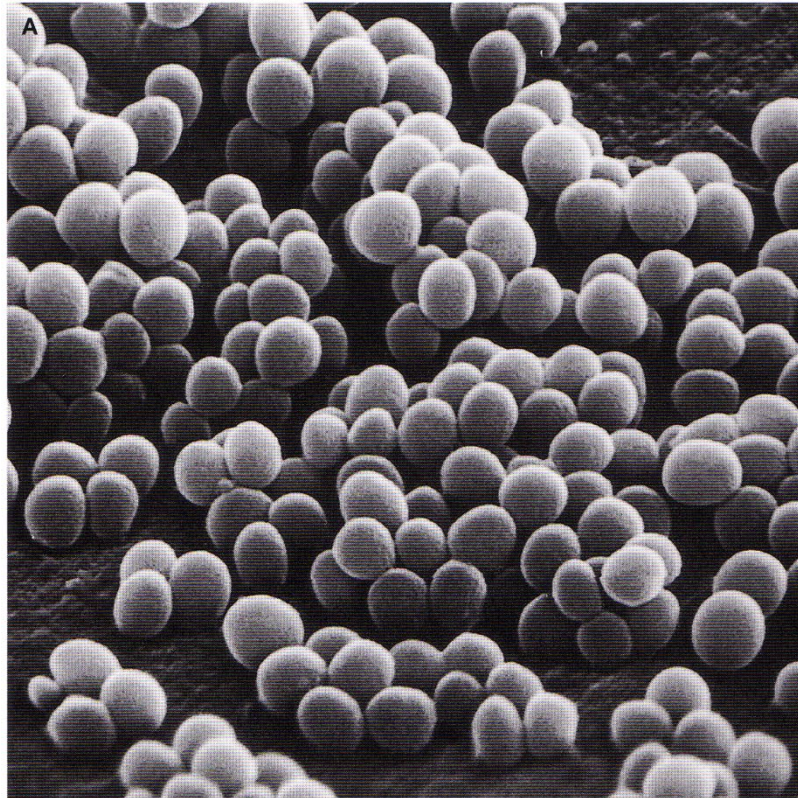
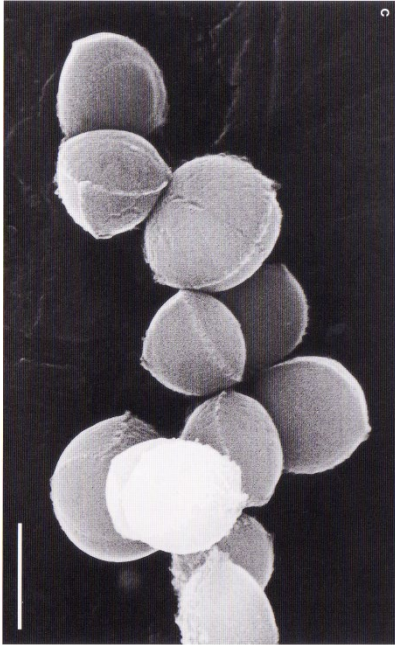
*Corynebacterium glutamicum*  
グルタミン酸生産株

放線菌の典型的なものは孢子を形成し、糸状菌のように見えるが、ここに示したものは典型的な形態を示さないグループ

# 黄色ブドウ球菌

## *Staphylococcus aureus*

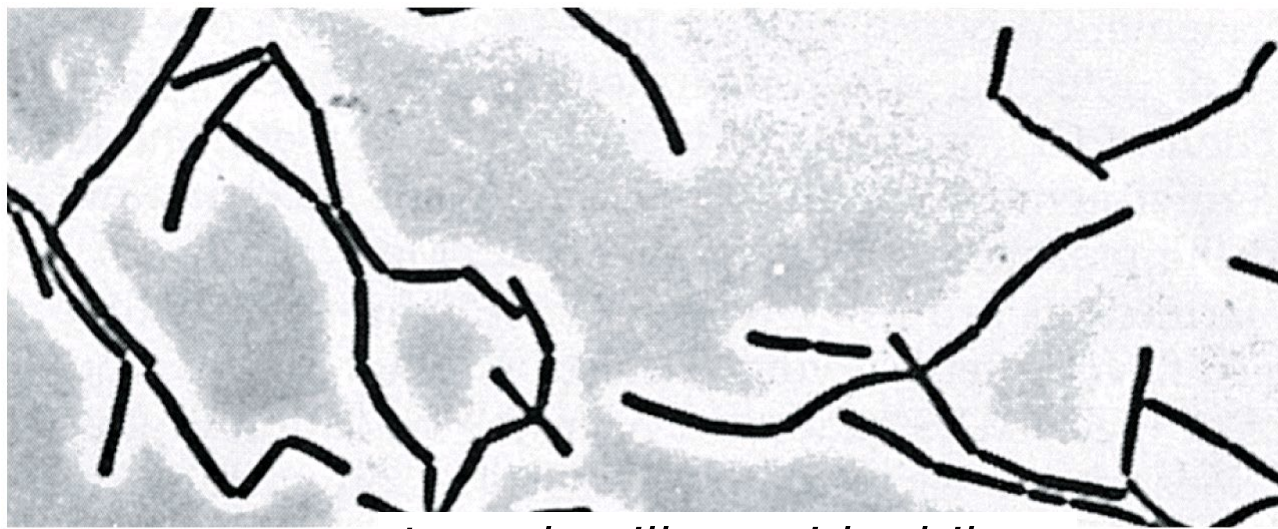
(スタピュロコッカス・アウレウス)



微生物の世界(筑波出版会)

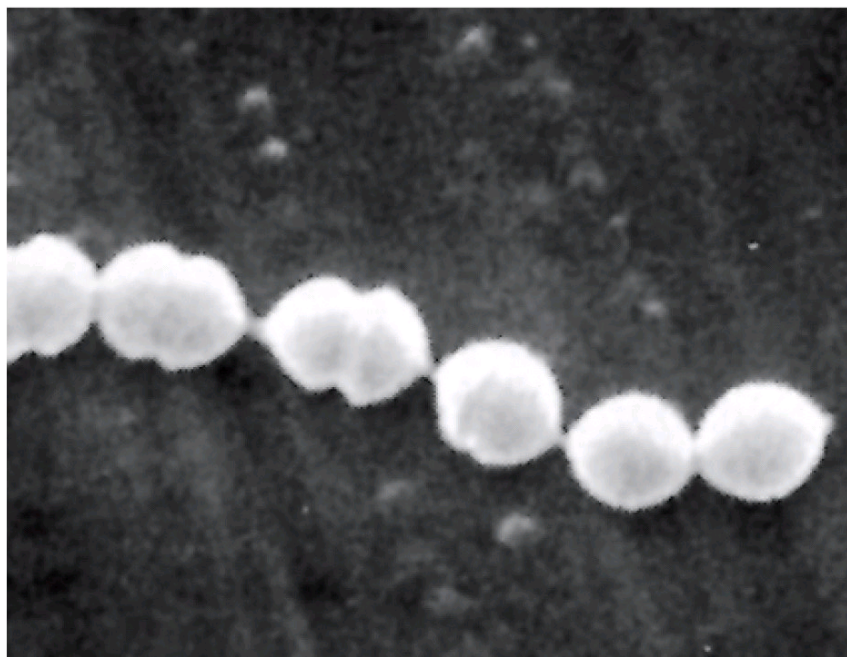
- 化膿性の炎症や毒素型食中毒を起こす。
- 耐性菌 (MRSA) による院内感染が問題になっている。

# 乳酸菌

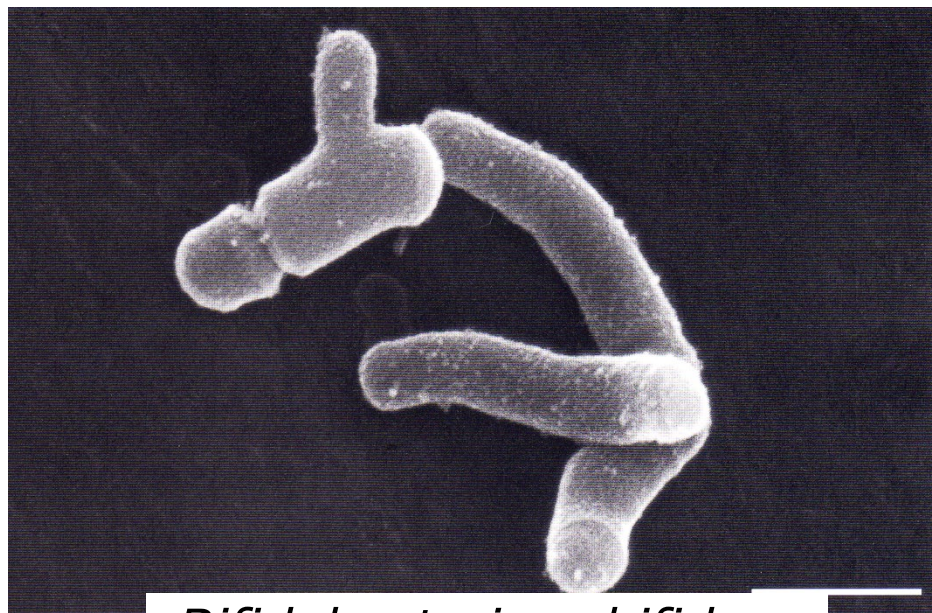


Otto Kandler

Figure 12-55a Brock Biology of Microorg: *Lactobacillus acidophilus*  
© 2006 Pearson Prentice Hall, Inc.



*Streptococcus*属



*Bifidobacterium bifidum*  
ビフィズス菌

微生物の世界  
(筑波出版会)

Figure 12-54b Brock Biology of Microorganisms 11/e  
© 2006 Pearson Prentice Hall, Inc.

# グラム陽性化学合成細菌

## 2. 胞子をつくる細菌

### (1) 内生胞子をつくる細菌

*Bacillus subtilis* (バチルス・スブチリス, 枯草菌)

アミラーゼやプロテアーゼの製造に利用される。納豆菌もこれによく似た細菌。

*Clostridium* (クロストリジウム) 属

絶対嫌気性で、中には恐ろしい病原菌が多い。

*C. botulinum* (クロストリジウム・ボツリヌム, ボツリヌス菌)

ボツリヌス毒素産生

*C. tetani* (クロストリジウム・テタニ, 破傷風菌)

破傷風毒素産生

*Desulfotomaculum* (デスルホトマクルム) 属

硫酸還元菌で硫酸や亜硫酸を硫化水素に還元

### (2) 分生子をつくる細菌

*Streptomyces griseus* (ストレプトミセス・グリセウス)

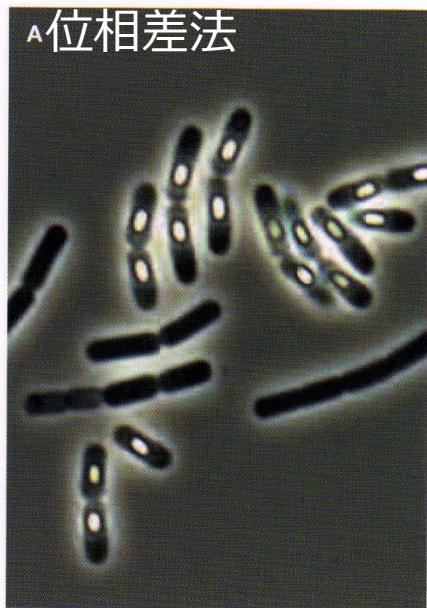
ストレプトマイシンをつくる細菌

*Actinoplanes* (アクチノプラネス) 属

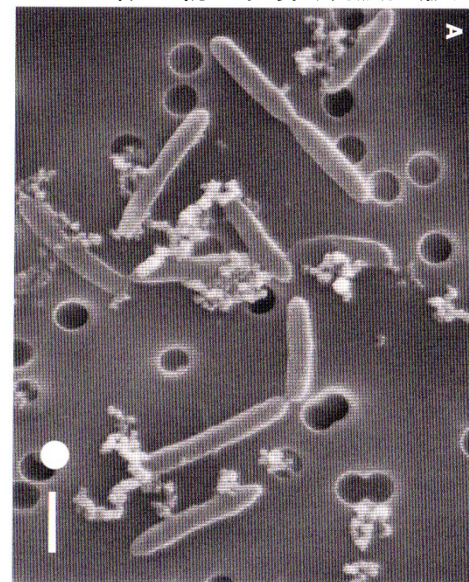
たくさんの種類の抗生物質が得られている

*Streptosporangium* (ストレプトスポランギウム) 属

# 内生胞子をつくる細菌

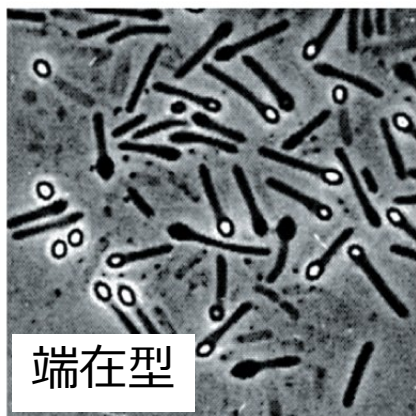


微生物の世界 (筑波出版会)



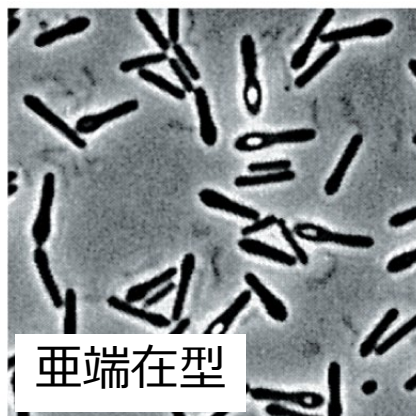
*Bacillus cereus*

*Desulgotomaculum  
Guttoidenum*  
硫酸還元細菌



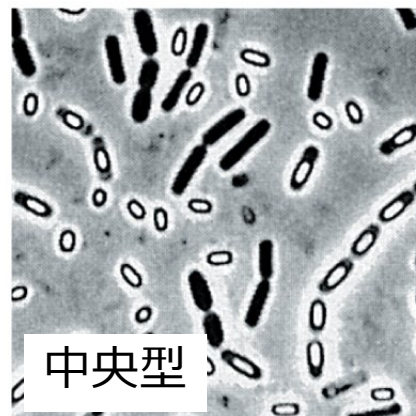
端在型

Hans Hippe



亜端在型

Hans Hippe



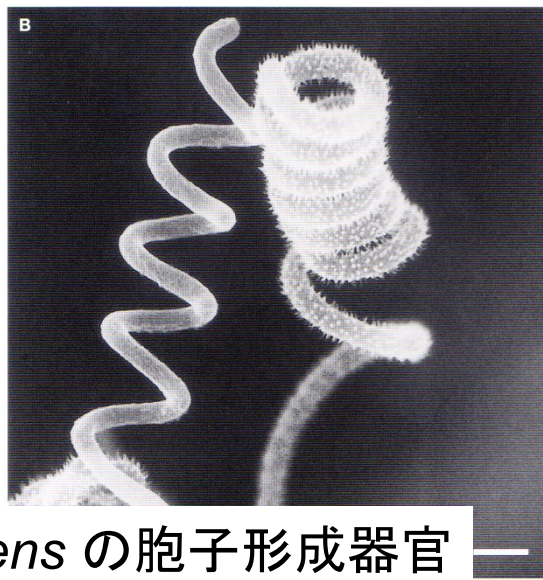
中央型

Hans Hippe

*Clostridium cadaveris*

*C. sporogenes*

*C. bifermentans*



*S. violascens* の孢子形成器官

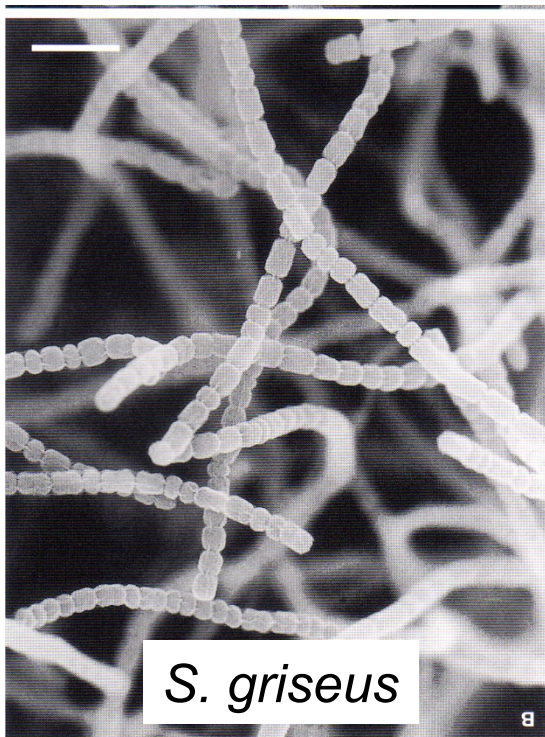
# Streptomyces属

*S. griseus*

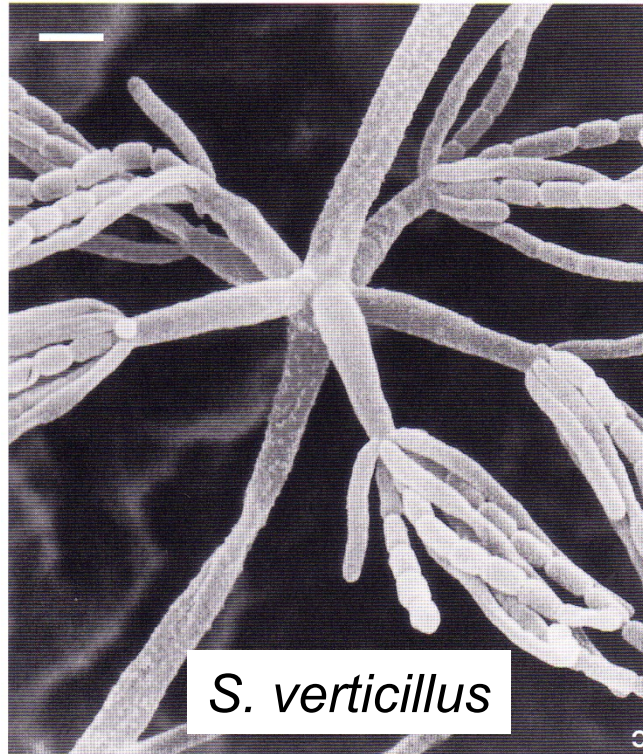
ストレプトマイシン生産株

*S. verticillus*

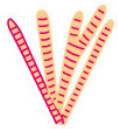
ブレオマイシン生産株



*S. griseus*



*S. verticillus*



直状

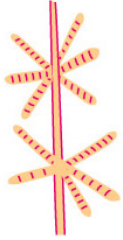


屈曲



束状

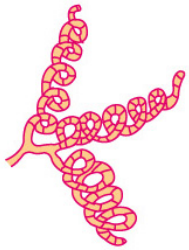
# ストレプトミセス属における種々の胞子形成器官



車軸分岐, 直状



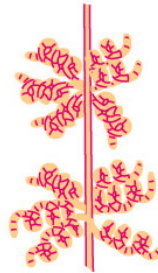
開型, らせん, かぎ状



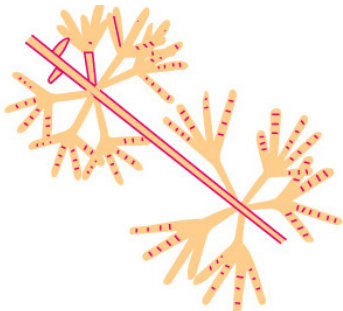
開型らせん



閉じたらせん



らせんをともなう車軸分岐



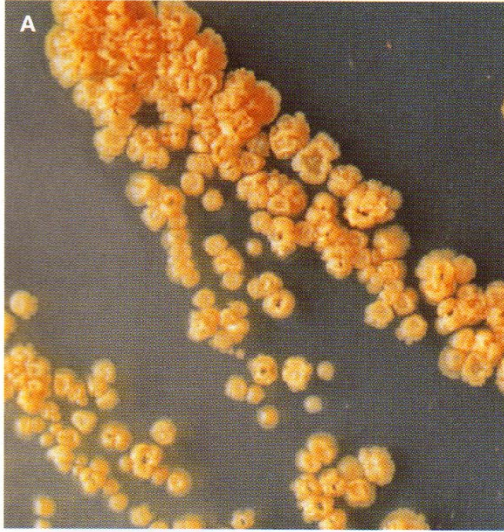
二次車軸分岐, 直状



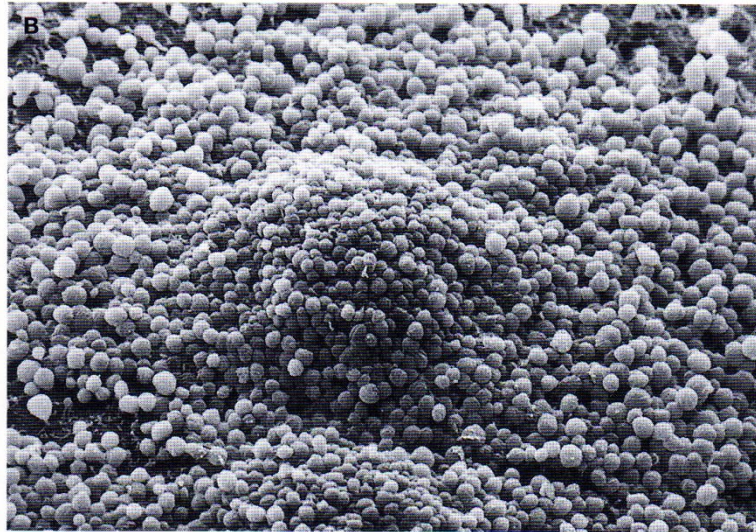
二次車軸分岐, らせんをともなう

# *Actinoplanes* (アクチノプラネス) 属

A. コロニー

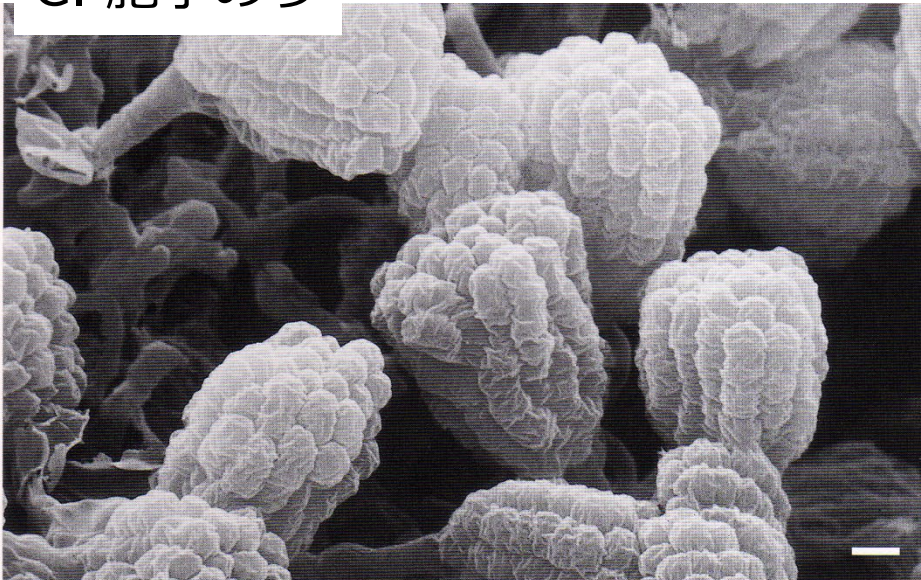


B. 胞子のう

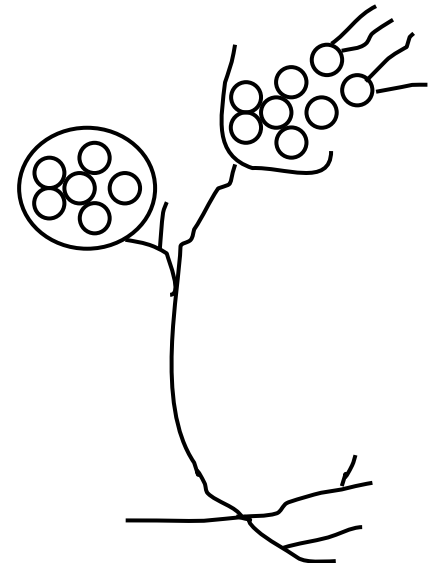
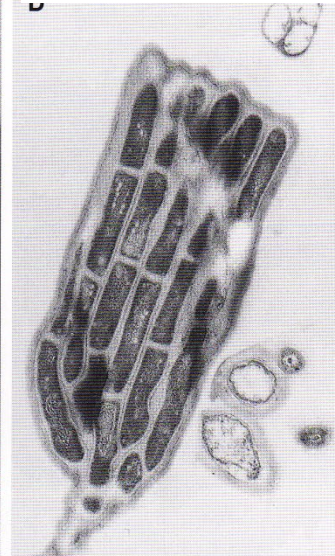


微生物の世界(筑波出版会)

C. 胞子のう

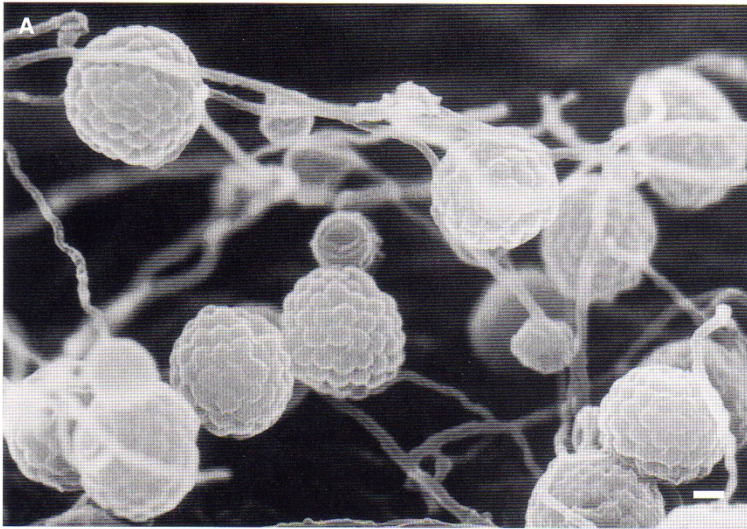


D. 多数の運動性胞子

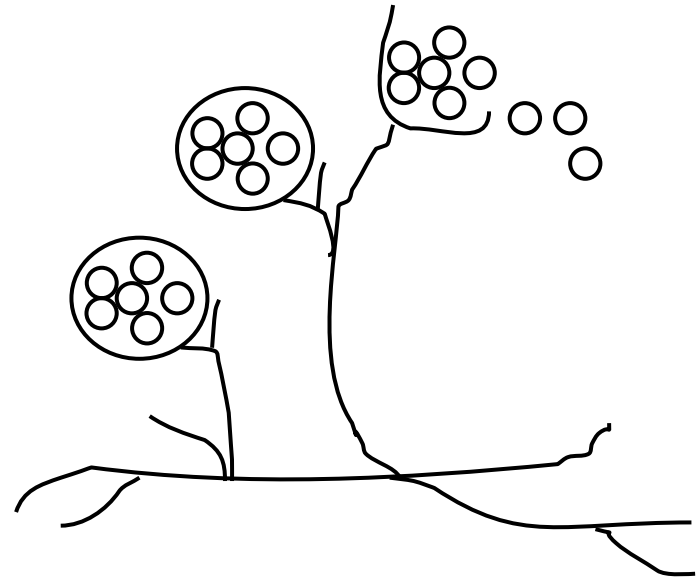




# *Streptosporangium* (ストレプトスポランギウム)属



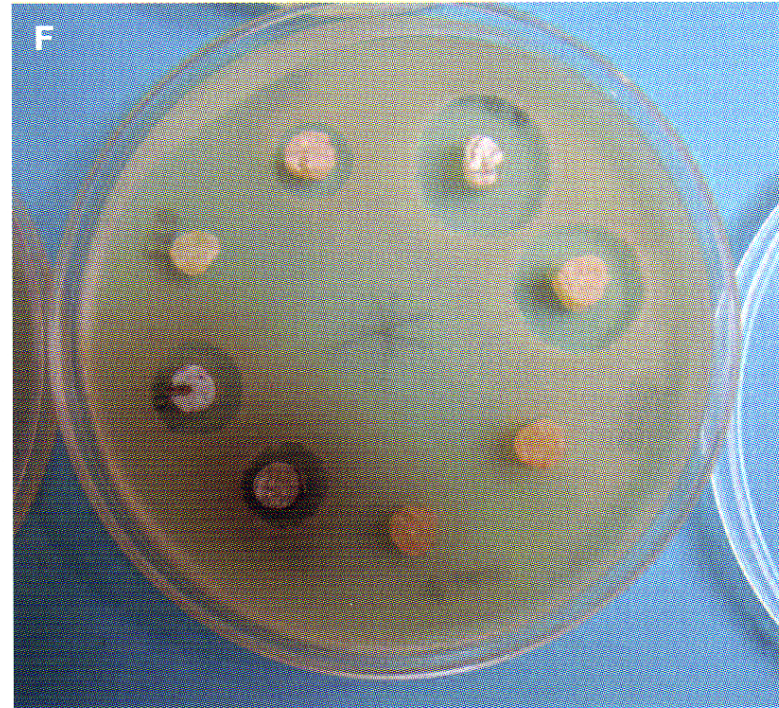
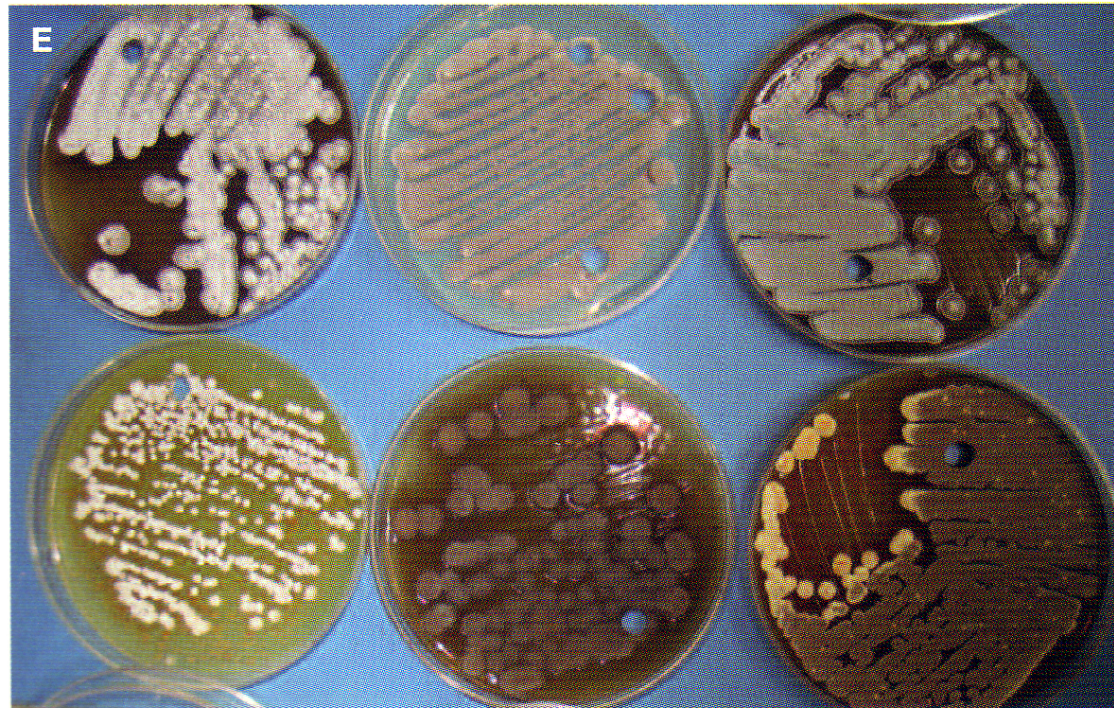
微生物の世界(筑波出版会)



# 寒天培養法による抗生物質の探索

A. コロニー形成

B. 阻止帯の形成



微生物の世界(筑波出版会)

# 「ハイパースライム」説 (高井研博士)

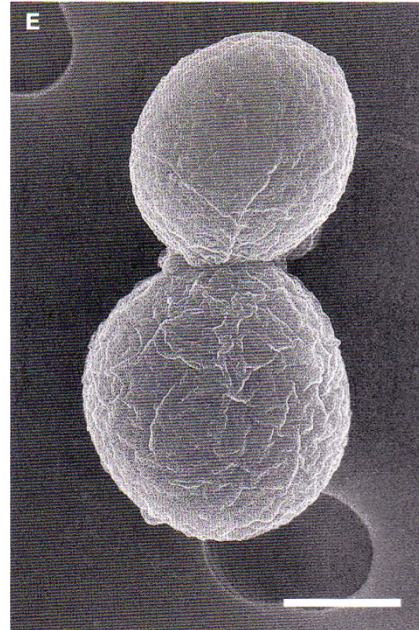
- 熱水孔下環境に超好熱メタン菌Methanococcalesと超好熱発酵菌Thermococcalesを中心とした超好熱性地殻内独立栄養微生物生態系 ( hyperthermophilic subsurface lithoautotrophic microbial ecosystem, HyperSLiME) の存在を示唆
- エネルギー代謝における電子供与体および電子受容体のどちらにおいても、地球内部エネルギー ( マントルやマグマの揮発成分である水素, メタン, 硫化水素, 一酸化炭素および二酸化炭素) のみを利用する化学合成独立栄養微生物を一次生産者とする微生物生態系
- 地球からの内部エネルギーの供給と水の存在があれば形成される, “地球を食べる” 微生物生態系として定義される
- 太古の始生代の地球において最初に誕生した微生物生態系であると考えられ, 地球以外の惑星にも存在しうる可能性が最も高い

# 「ハイパーズライム」説 (高井研博士)

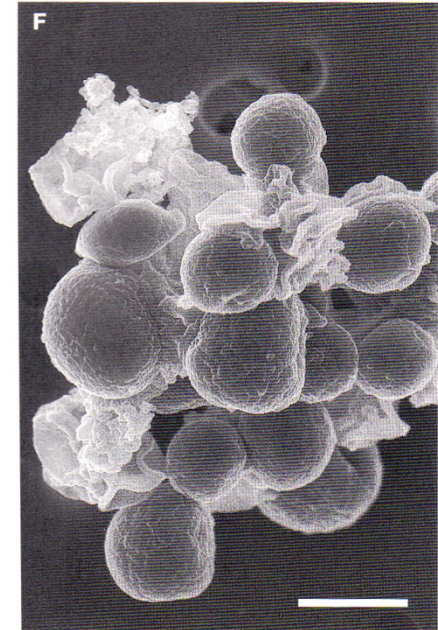
## 超高熱性地殻内化学合成独立栄養性微生物生態系



インド洋の熱水噴出孔



*Methanocaldococcus*  
(メタノカルドコッカス) 属



*Thermococcus*  
(サーモコッカス) 属

- インド洋の熱水噴出孔の地下にはハイパーズライムが存在する
- メタノカルドコッカスは360℃の高温でも存在する超高熱メタン菌 (生命の起源?)