

# 微生物の世界

1. 微生物とは
2. 顕微鏡の発明と生物の自然発生説
3. 病気と微生物
4. 地球環境と微生物

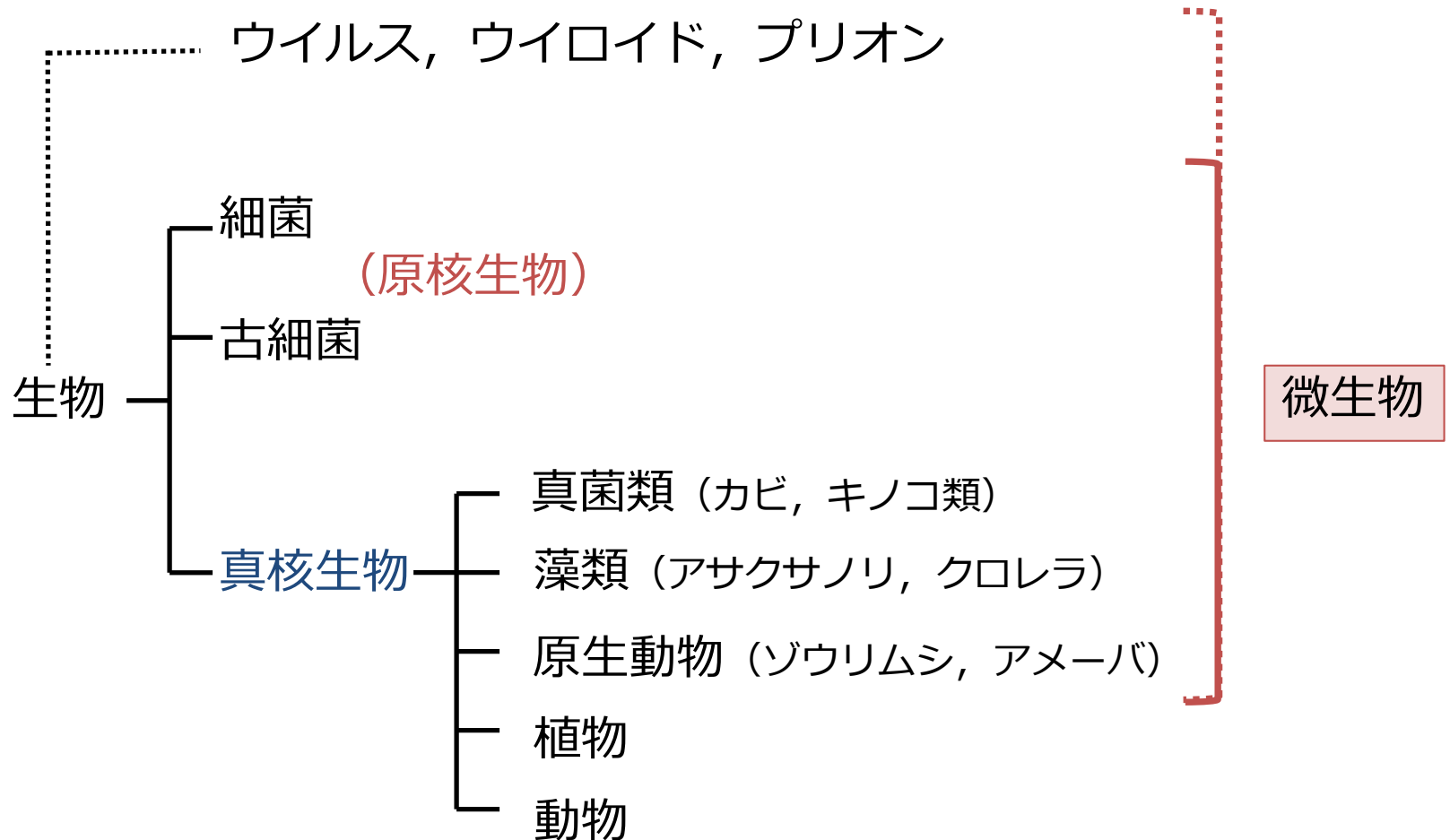
# 微生物 microorganisms とは

- 肉眼で観察できないほど微細な（直径1 mm以下の）生物の総称
- 細菌bacteria, 真菌fungi, 藻類algae, 原生動物protozoa, ウイルスvirusが含まれる
- 細菌にはマイコプラズマmycoplasma, リケッチア rickettsiaおよびクラミジアchlamydiaがふくまれる
- ウイロイドviroid, プリオンprionも感染性があるため微生物に含まれる

# 微生物の種類と分類上の位置づけ

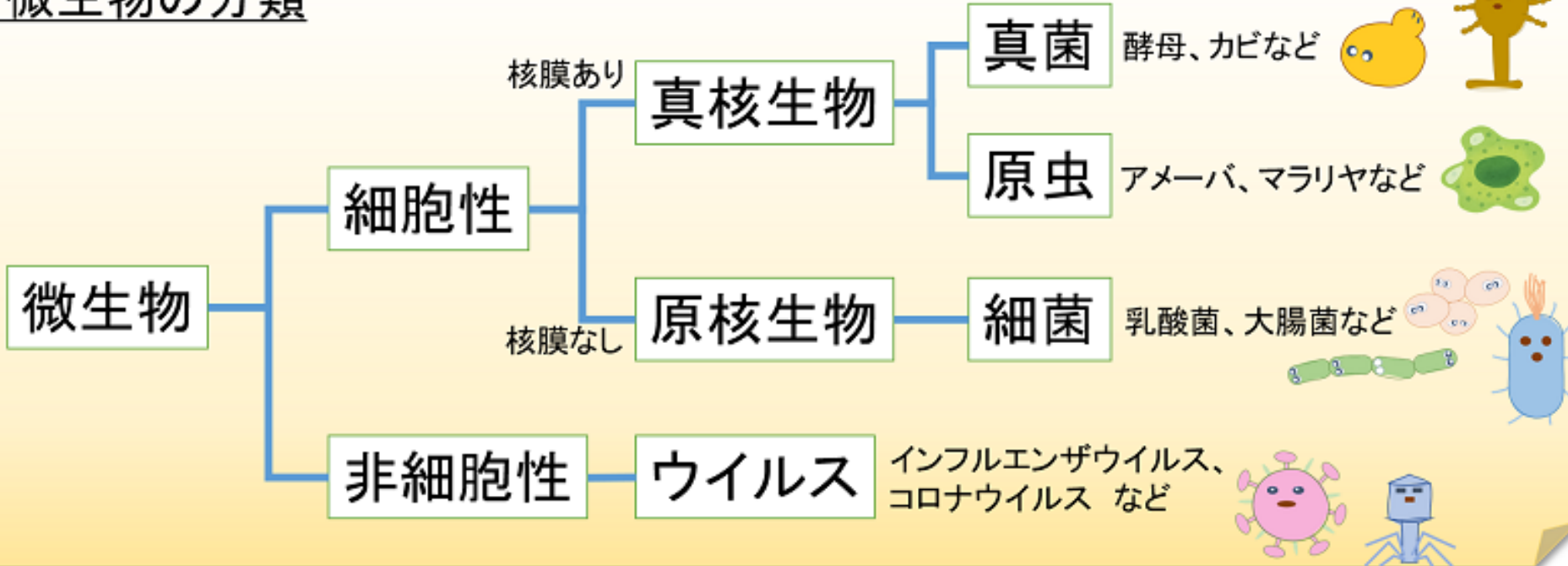
分類の  
単位：

ドメイン 界 門 綱 目 科 属 種



# 微生物とは

## 微生物の分類



[https://dojindo.co.jp/products/contents/bacterial\\_lp.html?utm\\_source=top&utm\\_medium=announce](https://dojindo.co.jp/products/contents/bacterial_lp.html?utm_source=top&utm_medium=announce) 2022.4.12

微生物とは肉眼では見えず、光学顕微鏡などで観察できるような生物の総称で、カビ、酵母、細菌、ウイルスなど多くの種類が含まれます。

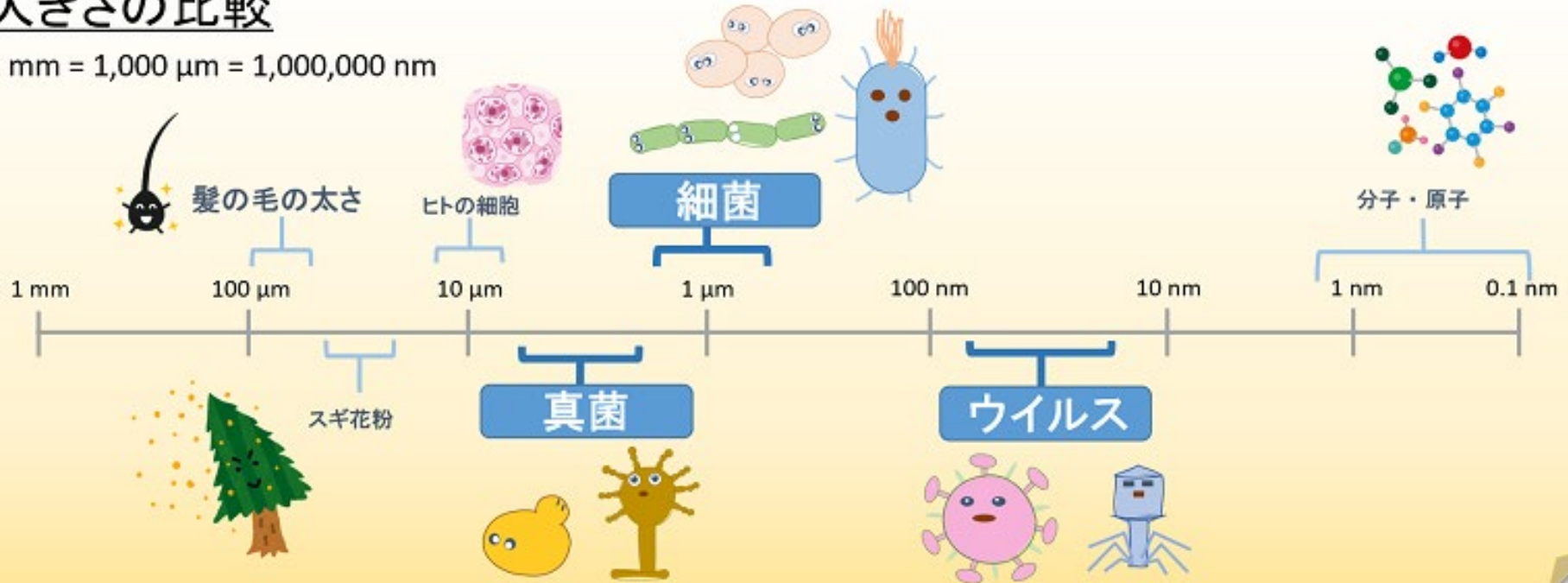
微生物はウイルスなどの例外を除き「細胞」からできていますが、遺伝情報である核酸を包む核膜の有無によって、「真核生物」と「原核生物」の2種類におおきく分類されます。

同仁

# 微生物の大きさ

## 大きさの比較

1 mm = 1,000  $\mu$ m = 1,000,000 nm



[https://dojindo.co.jp/products/contents/bacterial\\_lp.html?utm\\_source=top&utm\\_medium=announce](https://dojindo.co.jp/products/contents/bacterial_lp.html?utm_source=top&utm_medium=announce) 2022.4.12

微生物は非常に小さく個々の形態を肉眼で見ることはできません。そのため、微生物を観察する場合は、培養液や寒天培地で大量に増殖させて濁りやコロニー(集合体)として観察したり、顕微鏡を用いることが一般的です。

# 大腸菌の分類上の位置

Bacteria ドメイン

Proteobacteria 門

$\gamma$ -Proteobacteria 綱

Enterobacteriales 目

Enterobacteriaceae 科

*Escherichia* 属

*Escherichia coli* (*E. coli*) 大腸菌

属名

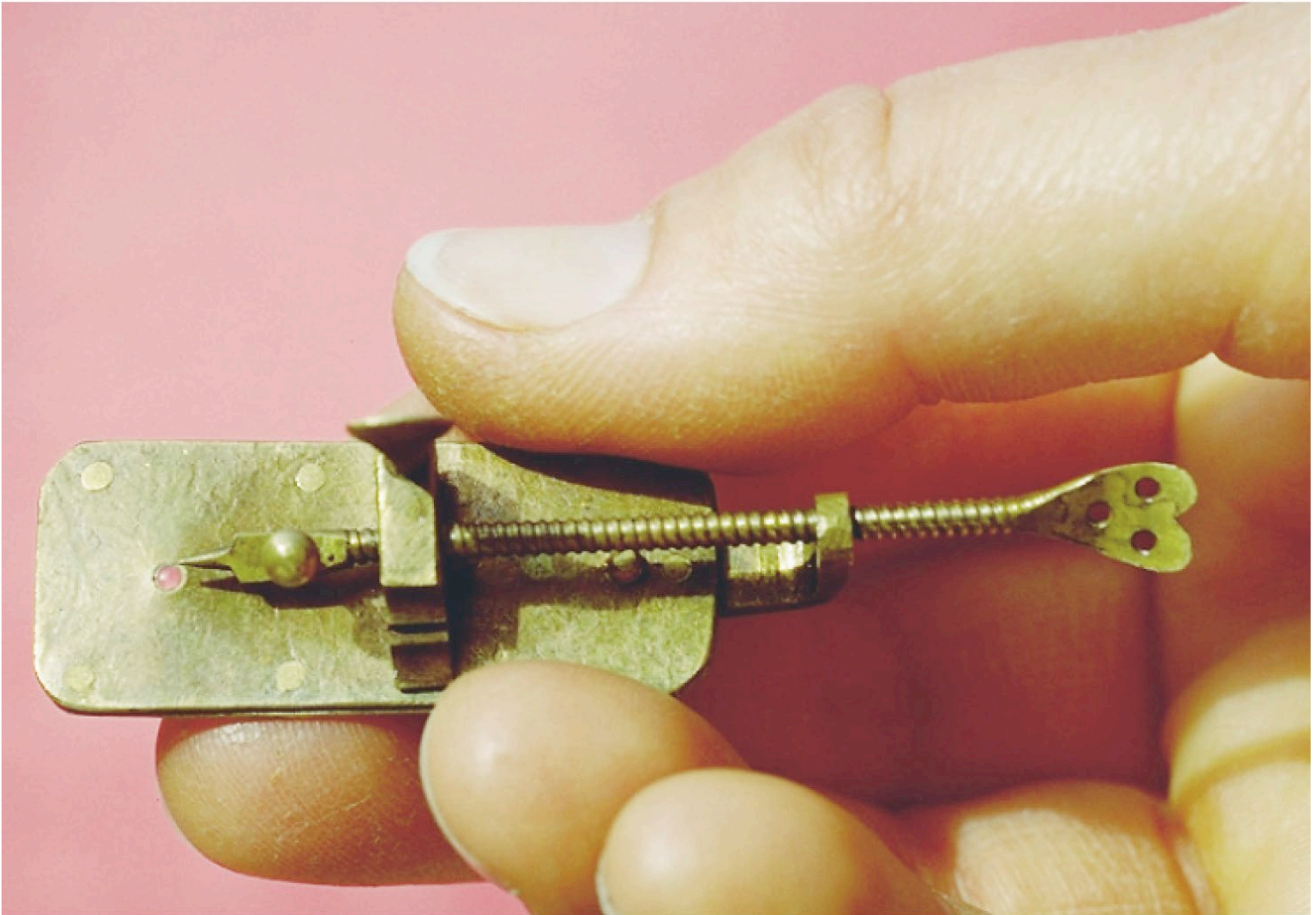
種名

# 顕微鏡の発明と生物の自然発生説

- 発酵, 腐敗, 伝染病などの現象は古代から知られていた
- 1680年 Leeuwenhoek 顕微鏡の発明
- 1684年 Leeuwenhoek 微生物像を報告
- 17世紀中頃～18世紀前半
  - 顕微鏡的生物の存在が確認
  - 自然発生説の復活
- 19世紀 Pasteur 自然発生説の否定
  - スワンネック付フラスコを用いた実験

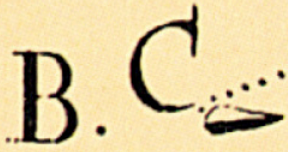
# レーフェンフックが作成した単純顕微鏡

Brock Biology of Microorganisms (11ed)





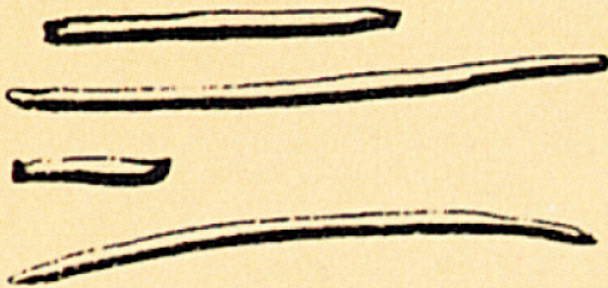
# レーフェンフックが描いた細菌



E.:

*Fig. 3.*

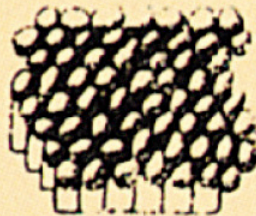
F



G



H



A, B: 桿菌

C, D: 運動の経路

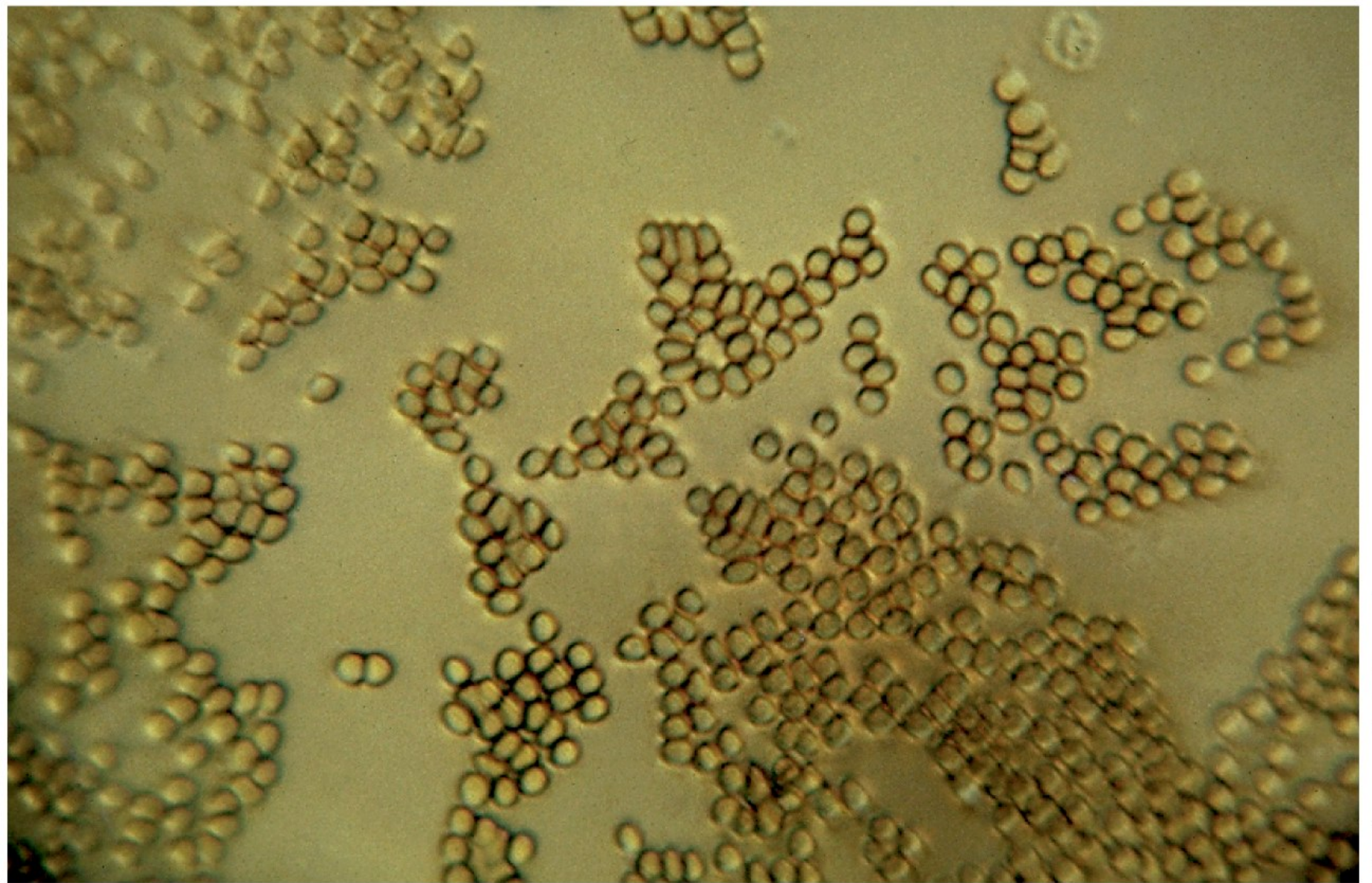
E: 球菌

F: 長桿菌

G: スピロヘーター

H: 球状のもの集合体





**Brian J. Ford**

Figure 1-9c Brock Biology of Microorganisms 11/e  
© 2006 Pearson Prentice Hall, Inc.

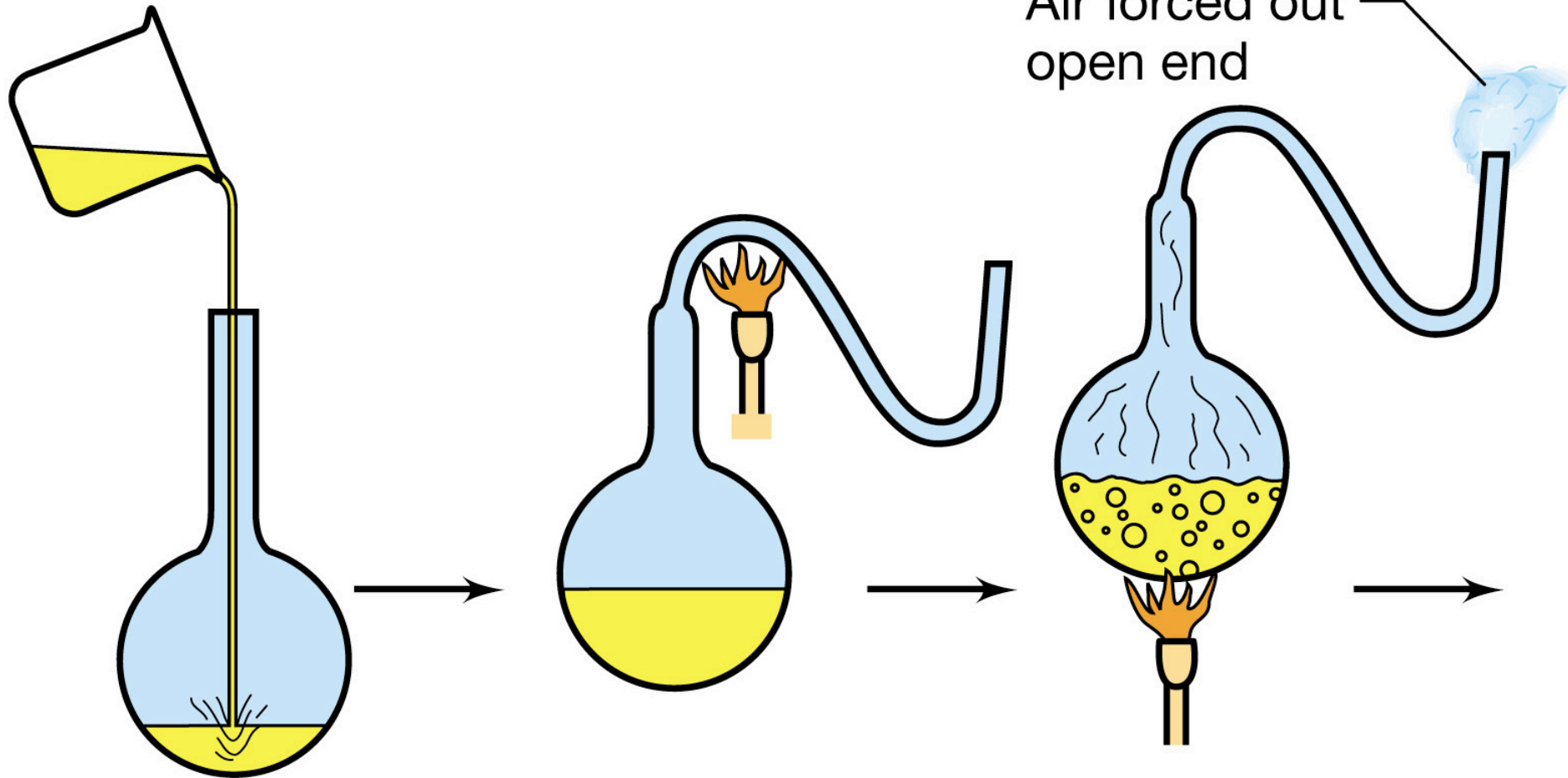
# 顕微鏡の発明と生物の自然発生説

- 発酵, 腐敗, 伝染病などの現象は古代から知られていた
- 1680年 Leeuwenhoek 顕微鏡の発明
- 1684年 Leeuwenhoek 微生物像を報告
- 17世紀中頃～18世紀前半
  - 顕微鏡的生物の存在が確認
  - 自然発生説の復活
- 19世紀 Pasteur 自然発生説の否定
  - スワンネック付フラスコを用いた実験

# 自然発生説の否定

- 自然発生説：小動植物は自然に発生する
- 1668年 Redi 自然発生説の否定
  - 肉の入った容器をガーゼで覆うとウジは発生しない
- 1686年 Leeuwenhoek 自然発生説の復活
  - 顕微鏡的生物の発見
- 18世紀後半 Spallanzani 自然発生説の否定
  - 栄養に富んだ培地の加熱・密閉処理により、微生物は増殖しない
  - 缶詰保存法のはじまり
- 1774年 酸素の発見 自然発生説の復活
  - 空気を入れないから生物が生まれてこない
- 1861年 Pasteur 自然発生説を否定
  - 空気中には常に微生物細胞が存在
  - スワンネック付フラスコを用いた実験

# スワンネック付フラスコを用いた実験



Air forced out  
open end

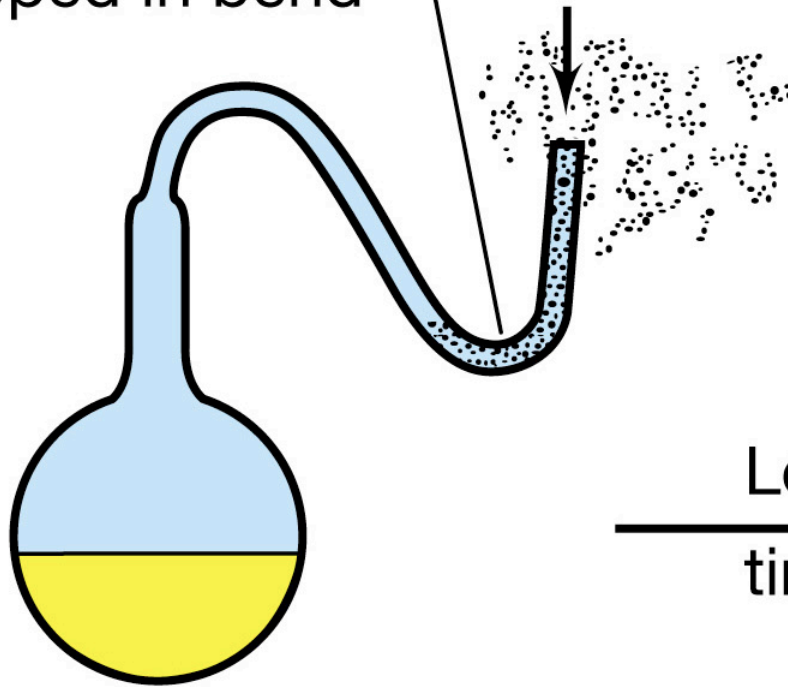
(a) Nonsterile liquid  
poured into  
flask

Neck of flask  
drawn out in  
flame

Liquid sterilized  
by heating

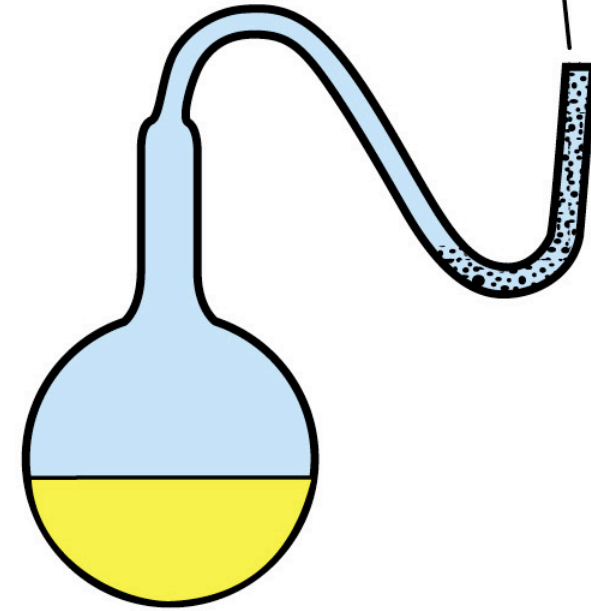


Dust and microorganisms trapped in bend



Long time →

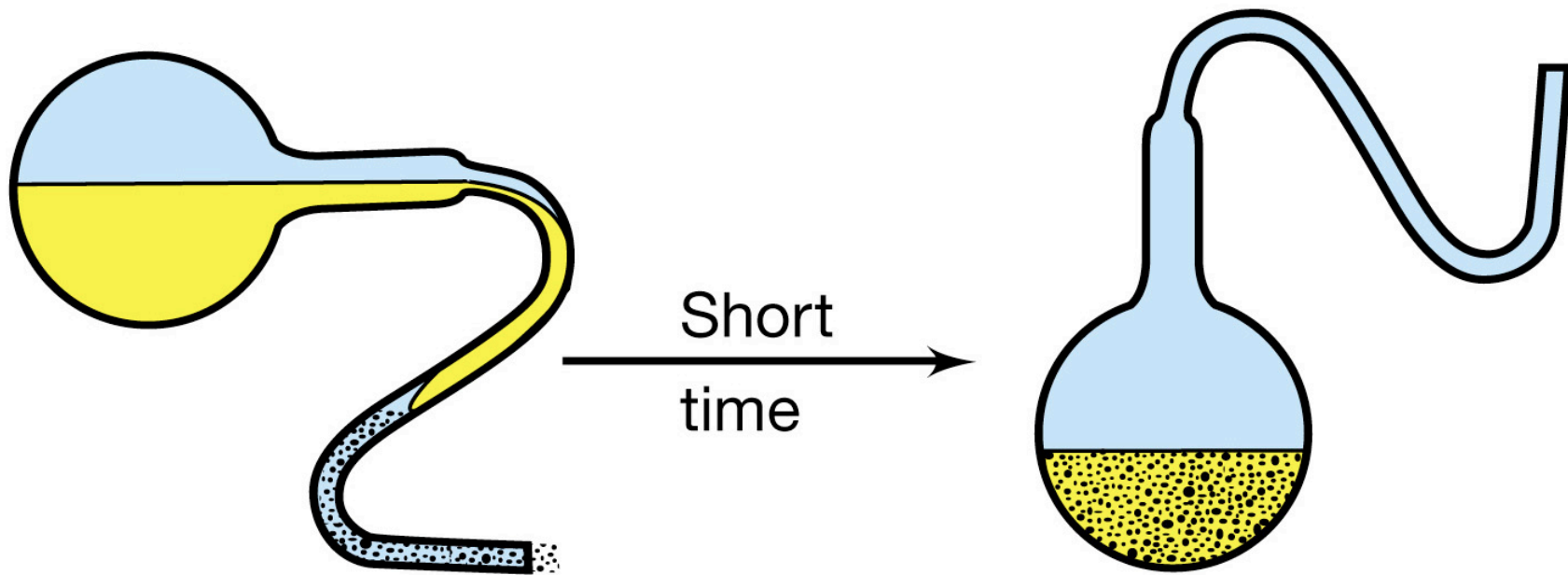
Open end



(b)

Liquid cooled slowly

Liquid remains sterile for many years



(c) Flask tipped so  
microorganism-laden  
dust contacts sterile  
liquid

Microorganisms  
grow in liquid

# Pasteurの業績

- スワンネック付フラスコを用いた実験
  - 自然発生説の否定
  - 微生物は食物腐敗の源である
- Pasteurization（低温殺菌法）の開発
  - ワインを60度で数分間加熱処理することにより、ワインの酸敗を抑える
- すべての発酵は微生物の活動による
  - 特定の発酵には特定の微生物が関わる
  - 嫌気性微生物の発見
- ワクチンの開発
  - 炭そ病，家禽コレラ，狂犬病に対するワクチンを開発



# Pasteurの業績

- すべての発酵は微生物の活動による
  - 特定の発酵には特定の微生物が関わる
- 酪酸発酵（グルコースからブタノールが生成）
  - 嫌気性微生物（偏性嫌気性菌）の発見
  - 好氣的，嫌氣的という概念を与える
- 酵母の増殖性
  - 酸素がない条件下ではアルコール発酵
  - 酸素が存在するとアルコールを生成せず，細胞増殖（パスツール効果）
  - 通性嫌気性菌
  - 1897年，Buchnerにより，アルコール発酵に関わる一連の酵素（チマーゼ）が同定される（生化学へと発展）

# 病気と微生物

- 1865年 Lister 敗血症は細菌により起こる
- 1876年 Koch 細菌学の研究方法を確立
  - *Bacillus anthracis* (炭疽菌)の発見
  - その後, *Mycobacterium tuberculosis* (結核菌) , *Vivrio cholerae* (コレラ菌) を次々に発見

## Kochのドイツ学派：

- 病原微生物の分離, 培養, 菌の性状, 同定に大きな成果

## Pasteurのフランス学派：

- 感染症発病のメカニズム, ワクチン, 免疫学に大きな成果

# KOCH'S POSTULATES:

## 条件1

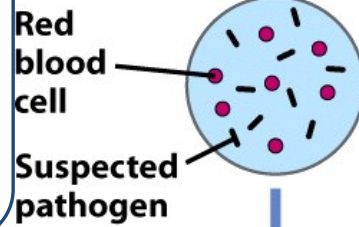
疑われる病原性物がその病変で常に存在し、健康な動物には存在しないこと



Diseased animal



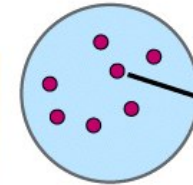
Healthy animal



Red blood cell

Suspected pathogen

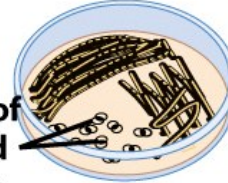
Observe blood/tissue under the microscope



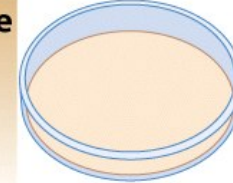
Red blood cell

**2. The suspected organism should be grown in pure culture.**

Colonies of suspected pathogen



Streak agar plate with sample from either diseased or healthy animal



No organisms present

Inoculate healthy animal with cells of suspected pathogen

**3. Cells from a pure culture of the suspected organism should cause disease in a healthy animal.**

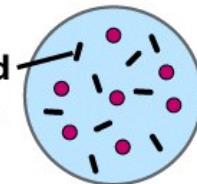


Diseased animal

Remove blood or tissue sample and observe by microscopy

**4. The organism should be reisolated and shown to be the same as the original.**

Suspected pathogen

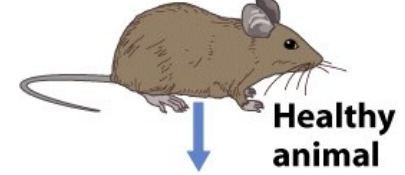
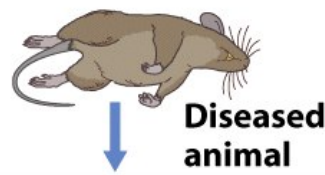


Laboratory culture

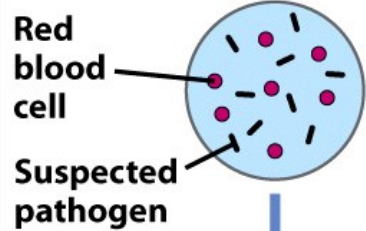


Pure culture (must be same organism as before)

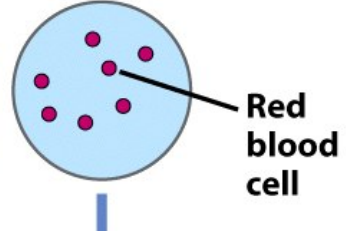
# KOCH'S POSTULATES:



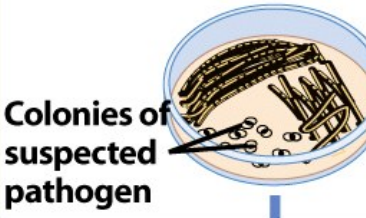
**1. The suspected pathogenic organism should be present in *all* cases of the disease and absent from healthy animals.**



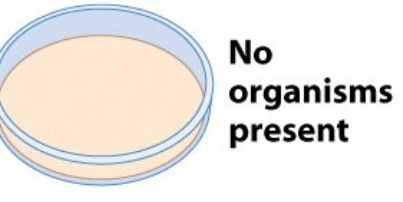
Observe blood/tissue under the microscope



条件2  
疑わしい微生物が、純粋培養で育つこと



Streak agar plate with sample from either diseased or healthy animal



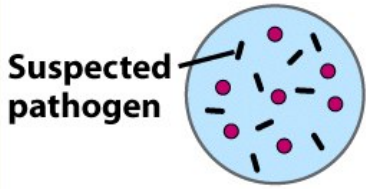
Inoculate healthy animal with cells of suspected pathogen

**3. Cells from a pure culture of the suspected organism should cause disease in a healthy animal.**



Remove blood or tissue sample and observe by microscopy

**4. The organism should be reisolated and shown to be the same as the original.**

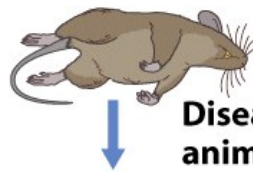


Laboratory culture

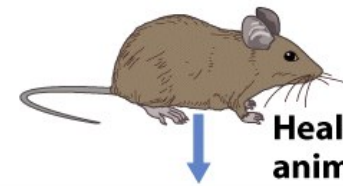




# KOCH'S POSTULATES:

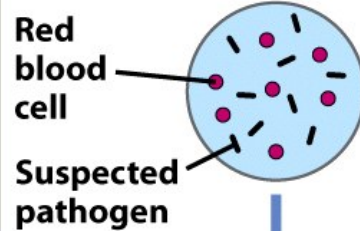


Diseased animal



Healthy animal

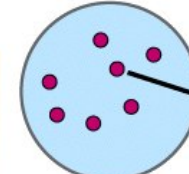
**1. The suspected pathogenic organism should be present in *all* cases of the disease and absent from healthy animals.**



Red blood cell

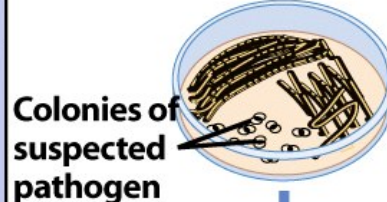
Suspected pathogen

Observe blood/tissue under the microscope



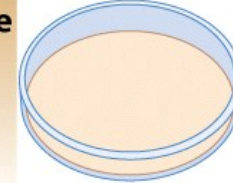
Red blood cell

**2. The suspected organism should be grown in pure culture.**



Colonies of suspected pathogen

Streak agar plate with sample from either diseased or healthy animal



No organisms present

Inoculate healthy animal with cells of suspected pathogen

条件3

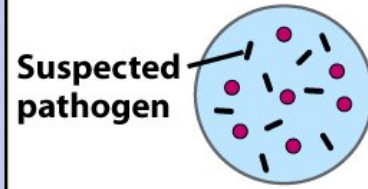
疑わしい生物の純粋培養で得られた細胞が、健康な動物に病気を起こすこと



Diseased animal

Remove blood or tissue sample and observe by microscopy

**4. The organism should be reisolated and shown to be the same as the original.**



Suspected pathogen

Laboratory culture



Pure culture (must be same organism as before)

# KOCH'S POSTULATES:



**1. The suspected pathogenic organism should be present in *all* cases of the disease and absent from healthy animals.**

Red blood cell  
Suspected pathogen

Observe blood/tissue under the microscope

Red blood cell

**2. The suspected organism should be grown in pure culture.**

Colonies of suspected pathogen

Streak agar plate with sample from either diseased or healthy animal

No organisms present

**3. Cells from a pure culture of the suspected organism should cause disease in a healthy animal.**

Diseased animal

Inoculate healthy animal with cells of suspected pathogen

Remove blood or tissue sample and observe by microscopy

Suspected pathogen

Laboratory culture

Pure culture (must be same organism as before)

条件4

その生物が再び分離され、得られた細胞は元と同じであること

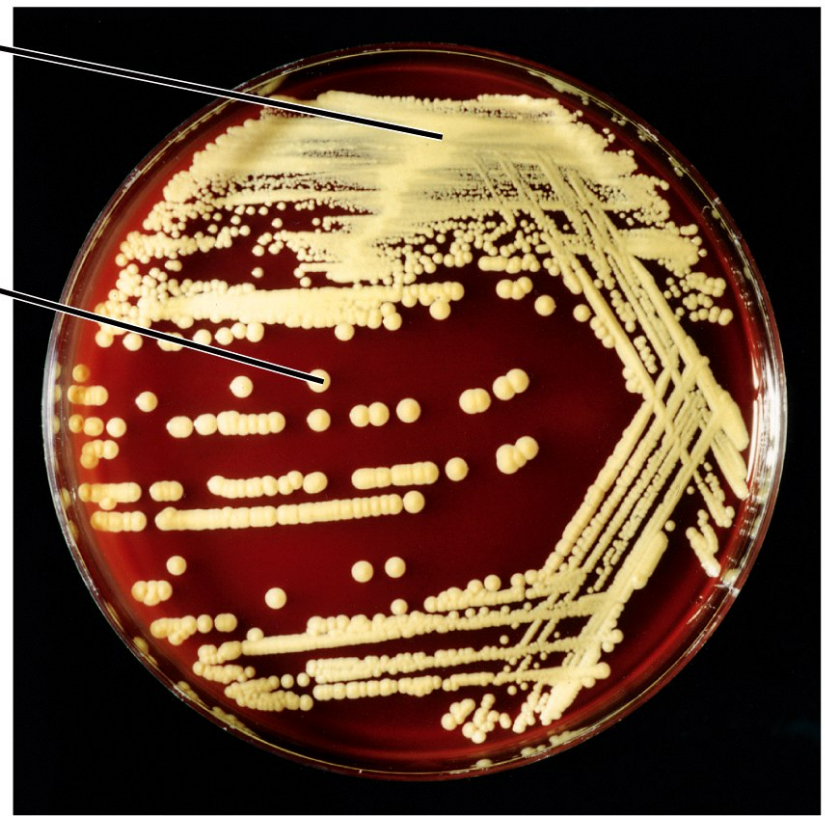
# 純粋培養法の確立

- Koch による純粋培養法の確立
  - 微生物の増殖を容易にする培地の作成
  - 寒天を用いた個体培地を完成
- 純粋培養：培養している微生物が単一の種類
- 混合培養：培養している微生物が複数種混在
- 純粋分離：混合状態にある微生物を分離すること



**Confluent growth at beginning of streak**

**Isolated colonies at end of streak**



James A. Shapiro, University of Chicago

Figure 5-4c Brock Biology of Microorganisms 11/e  
© 2006 Pearson Prentice Hall, Inc.

純粋培養を得るための  
画線プレート の作り方

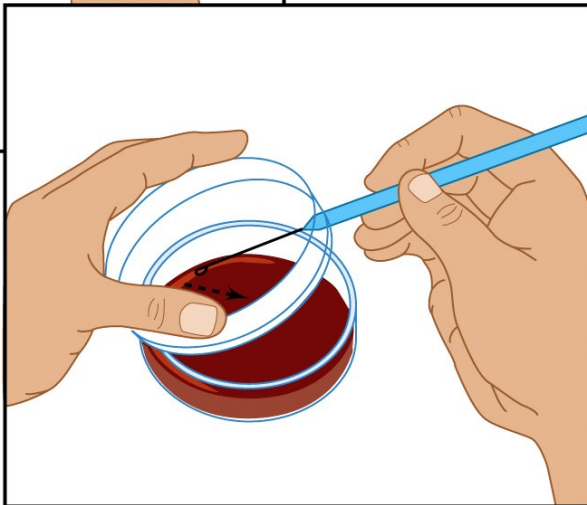
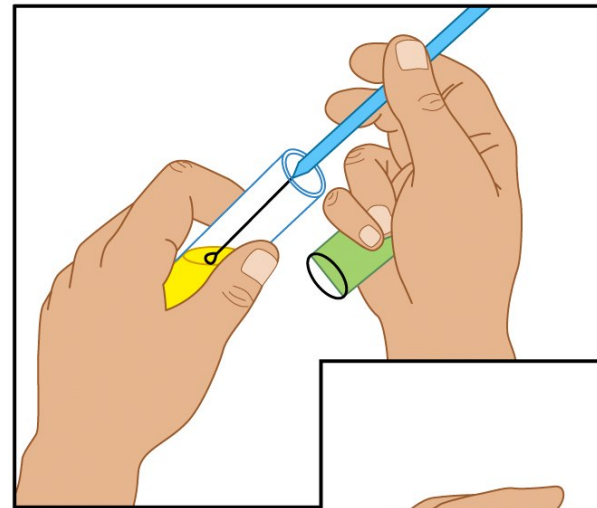


Figure 5-4ab Brock Biology of Microorganisms 11/e  
© 2006 Pearson Prentice Hall, Inc.



# 病気と微生物

- 1865年 Lister 敗血症は細菌により起こる
- 1876年 Koch 細菌学の研究方法を確立（プ7）
  - *Bacillus anthracis* (炭疽菌)の発見
  - その後, *Mycobacterium tuberculosis* (結核菌) , *Vivrio cholerae* (コレラ菌) を次々に発見

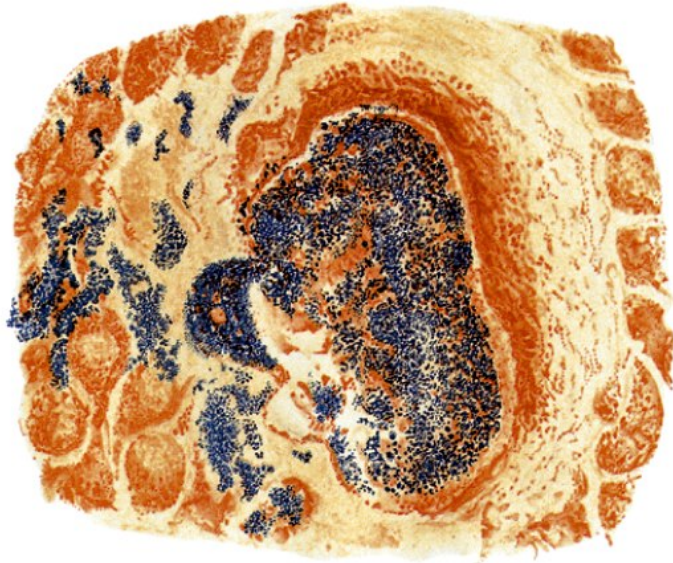
## Kochのドイツ学派：

- 病原微生物の分離，培養，菌の性状，同定に大きな成果

## Pasteurのフランス学派：

- 感染症発病のメカニズム，ワクチン，免疫学に大きな成果

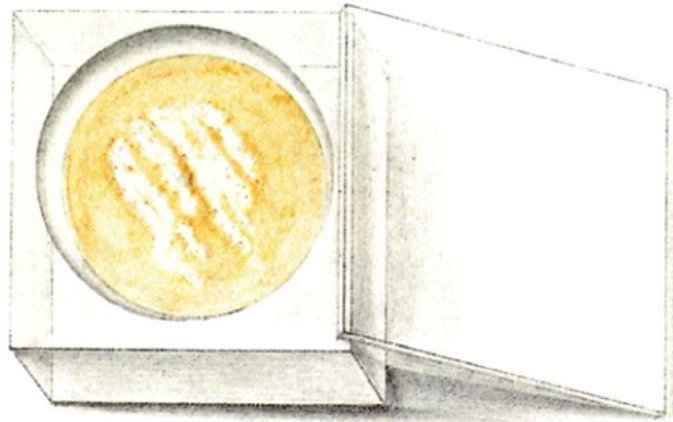
# コッホが描いた結核菌細胞の図



(a) 肺組織の断面



(b) 痰中の結核菌



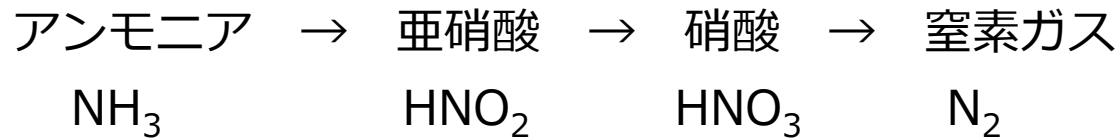
(c) 結核菌の増殖



(d) 結核菌(700倍)

# 地球環境と微生物

- 地球レベルでのさまざまな化合物の化学変化も微生物によって引き起こされる



- Winogradski** 化学合成独立栄養菌の発見

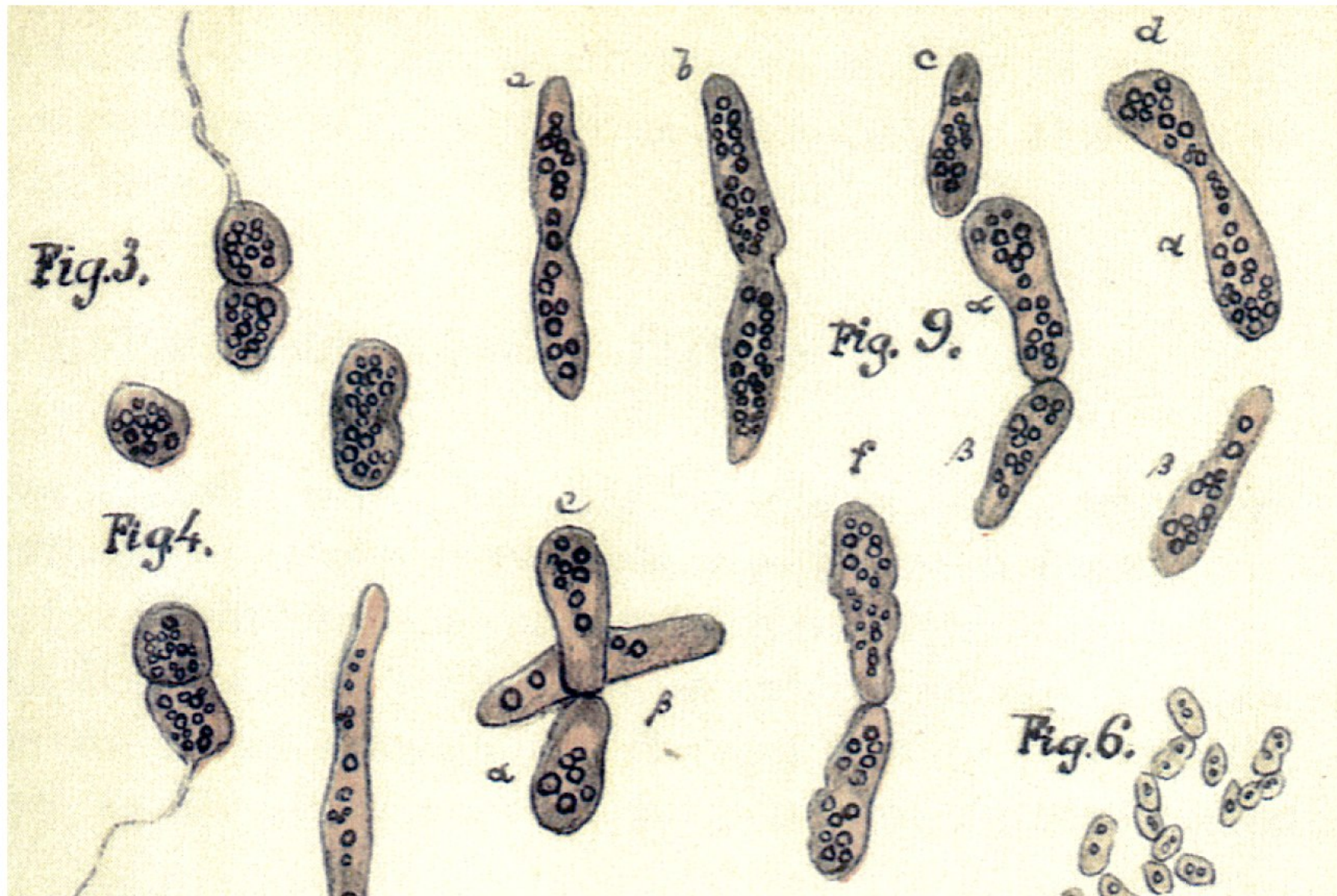
- 還元型無機化合物を酸化することにより、増殖に必要なエネルギーを獲得
- アンモニア酸化細菌：アンモニアを亜硝酸塩に酸化
- 亜硝酸酸化細菌：亜硝酸塩を硝酸塩に酸化

- Winogradski & Beijerinck** 窒素固定菌の発見

- 大気中の窒素ガスを固定してアンモニアに変換する
- 集積培養法 (enrichment culture) の開発：ある特定の微生物を分離使用とするとき、その微生物だけを増殖させることにより分離を容易にする技術



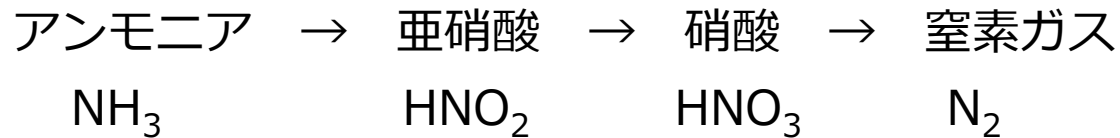
# ヴィノグラドスキーによる紫硫黄光合成細菌細胞の図



From Microbiologie du Sol, used with permission

# 地球環境と微生物

- 地球レベルでのさまざまな化合物の化学変化も微生物によって引き起こされる



- Winogradski** 化学合成独立栄養菌の発見

- 還元型無機化合物を酸化することにより、増殖に必要なエネルギーを獲得
- アンモニア酸化細菌：アンモニアを亜硝酸塩に酸化
- 亜硝酸酸化細菌：亜硝酸塩を硝酸塩に酸化

- Winogradski & Beijerinck** 窒素固定菌の発見

- 大気中の窒素ガスを固定してアンモニアに変換する
- 集積培養法 (enrichment culture) の開発：ある特定の微生物を分離使用とするとき、その微生物だけを増殖させることにより分離を容易にする技術



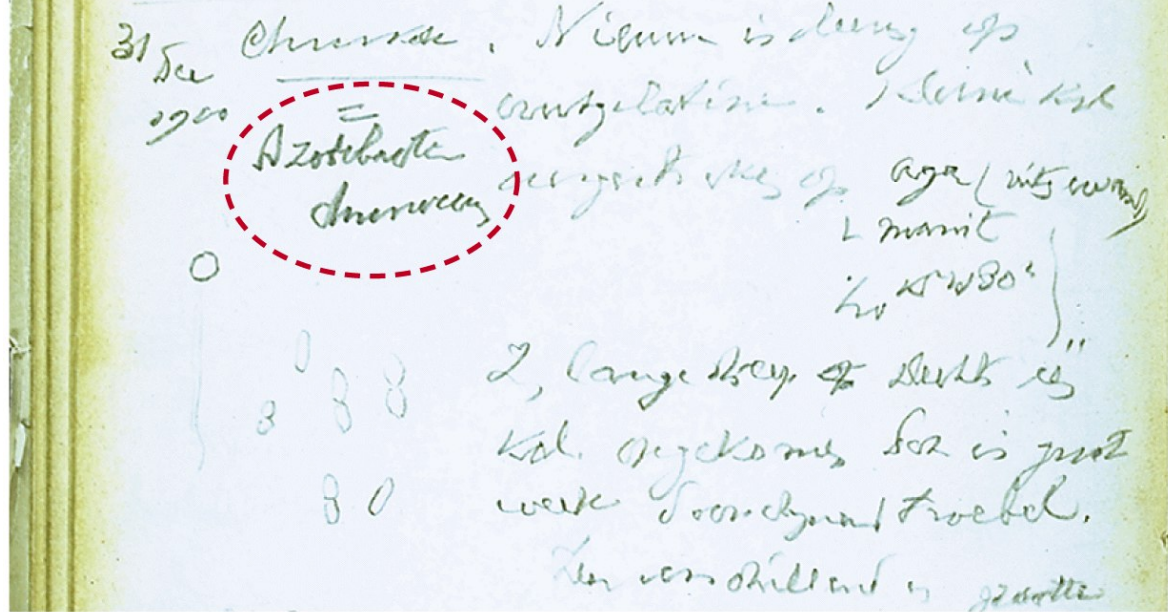


Figure 1-14a Brock Biology of Microorganisms 11/e  
 © 2006 Pearson Prentice Hall, Inc.

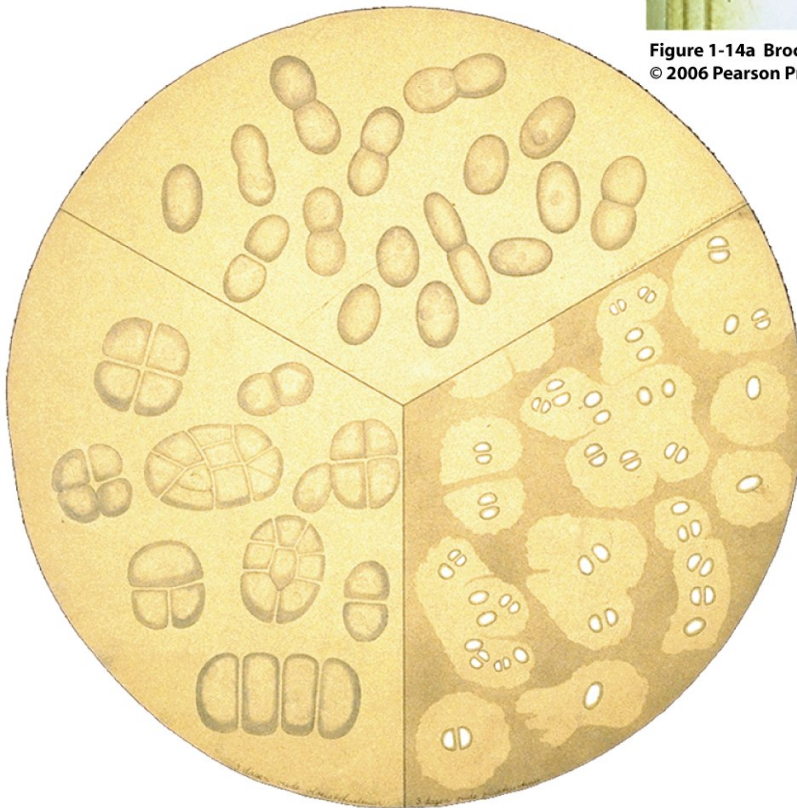


Figure 1-14b Brock Biology of Microorganisms 11/e  
 © 2006 Pearson Prentice Hall, Inc.

# バイエリンクの実験ノートと 好気性窒素固定菌 *Azotobacter chroococcum*

Lesley Robertson and the Kluyver Laboratory  
 Museum, Delft University of Technology

Lesley Robertson and the Kluyver Laboratory Museum  
 Delft University of Technology

# 微生物が人類の営みに及ぼす影響

## 農業

N<sub>2</sub>固定  
栄養素循環  
家畜学

## 食品

食品保存  
発酵食品  
食品添加物

## 疾病

新しい病気の同定  
治療と治癒  
疾病予防

## エネルギー/環境

生物燃料（メタンとエタノール）  
微生物による環境浄化  
微生物による鉱物採取

## バイオテクノロジー

遺伝子組換え生物  
医療品の生産  
病気の遺伝子治療