

細菌学総論 1 微生物概論と細菌学の基礎

項目

1. [微生物の種類：プリオン、ウイルス、細菌、真菌、原虫、寄生虫](#)
2. [細菌の分類](#)
3. [ウイルスと細菌の臨床的違い](#)
4. [菌種の表記法と分類](#)
5. [細菌の構造](#)
6. [細菌の生理](#)
7. [細菌の遺伝](#)
8. [病原因子と分泌機構](#)
9. [宿主防御機構](#)
10. [常在細菌叢](#)
11. [感染経路](#)

表 1 [ウイルス、細菌、真菌の相違](#)

表 2 [グラム染色の染色性と形態による分類](#)

表 3 [異化過程による分類](#)

表 4 [分類階級](#)

[復習ミニテスト](#)

1. 微生物の種類: プリオン、ウイルス、細菌、真菌、原虫、寄生虫
目的: 感染症を理解する上で最も基盤となる必須の知識を習得する。
目標: 各病原体の基本的な違いを理解し、細菌とは何か説明できる。

□ 細菌とは? - 細菌の基礎 -

細菌は、単細胞の微生物で、**原核生物 (prokaryote)** の一つである。英語では、**bacteria** と呼ばれる。**真正細菌 (eubacteria)** と古細菌 (archaea) に分類されるが、一般的には、真正細菌を指し、臨床的に問題となる細菌も、真正細菌のみである*。一方、真菌は、ヒト等の高等生物と同様、**真核生物 (eukaryote)** である。また、**ウイルス**は、細胞の体をなしていないため、通常は、生物ではなく「感染性粒

子」であると認識されているが、感染症を引き起こす病原体の一つでもあり、微生物学の対象となっている。

ウイルス、細菌、真菌の相違を [表1](#) に示す。第一に大きさが異なっており、おおよそ、ウイルス < 細菌 < 真菌、の順となる。ただし、例外的に、大きめのウイルス (パンドラウイルスなど) と小さめの細菌 (マイコプラズマなど) では逆転することがある。本質的な違いは構造と増殖様式である。ウイルスには細菌の細胞膜に対応する構造がなく、人工培地での増殖ができない。細菌は、細胞膜と細胞壁 (ただし細胞壁のない細菌もいる) を持ち、染色体を有する。真菌は、これに加え、核膜に囲まれた核を持ち、**ミトコンドリア**や**小胞体**などの**細胞内小器官**を有する。

表1 ウイルス、細菌、真菌の相違

	ウイルス	細菌	真菌
大きさ	数十~数百 nm	1~数 μm	数~数十 μm
分類	(粒子)	原核生物	真核生物
自己増殖	不可	可 (一部は不可)	可
染色体		1つ (一部は2つ)	複数
核膜		無	有
細胞内小器官		無	有
細胞壁		ペプチドグリカン	β-D-グルカンなど
リボソーム		70S (50S/30S)	80S (60S/40S)
有糸分裂		しない	する

*近年、古細菌による感染症の可能性も指摘されているが、極めて例外的であるため、本講義では、細菌は、真正細菌のみを取り上げる。

2. 細菌の分類

目的：感染症の診断上不可欠であり、治療法の選択における基本的な知識を習得する。

目標：M3 ではグラム染色の到達目標の①と②とし、卒業までに③までを理解する。

1) グラム染色による分類

グラム染色とは？

ハンス・クリスチャン・ヨアヒム・グラム (Hans Christian Joachim Gram) が開発し、1884年に発

表した方法であり、細菌は元々無色であるため、色素で染めると顕微鏡で見やすくなる。細菌を、青と赤で染め分ける最も基本的な染色法がグラム染色である。青で染まると**グラム陽性**、赤で染まると**グラム陰性**と呼ぶ（理屈ではなく、決まりなのでそう覚えるしかない）。また、形態により、球状の**球菌**、桿状の（細長い）**桿菌**に分けられ、染色性と合わせ、2×2 表で分類することができる（表2）。

表2 グラム染色の染色性と形態による分類

		グラム染色の染色性	
		陽性	陰性
形態	球菌	肺炎球菌 連鎖球菌 腸球菌 黄色ブドウ球菌 CNS	モラクセラ・カタラーリス 髄膜炎菌 淋菌
	桿菌	<i>Bacillus</i> <i>Clostridium</i> <i>Corynebacterium</i> <i>Listeria</i> 放線菌	インフルエンザ菌 大腸菌 肺炎桿菌 セラチア コレラ菌 緑膿菌 アシネトバクター

*感染症の診断において、グラム染色は極めて重要である。

1 Gram C. Über die Schzomyceten in Schnitt-unt Trockenpreparaten. Fortschr Med. 2: 185-189, 1884.

□ グラム染色の到達目標

- ① 原理と手順を理解し、実施することができる
- ② 所見が読める（原因菌の推定ができる）
- ③ 病態における意義が考察できる

であるが、座学では、まず、原理と手順をしっかり理解しておくことが重要である

□ 手順と原理

グラム染色の簡単な手順は、①青で染める、②脱色、③赤で染める、これだけである。青に染まるとグラム陽性と呼び、赤だとグラム陰性である。グラム染色の簡単な原理は、細菌の細胞壁の違いによると考えられている。グラム陽性菌は厚い細胞壁を持つため、脱色されにくく、最初の青の染色液で染まる。一方、グラム陰性菌は、脱色されて透

明に戻る。透明のままだと見にくいので、対比染色として赤の染色液で染める。なお、グラム陽性菌以外は原則として（理論的には）脱色されるので、白血球などの成分は赤く見える。また、抗酸菌などのようにグラム染色で染まりにくいものや、マイコプラズマのように光学顕微鏡の限界以下の大きさのものは検出ができない。

クリスタルバイオレット ⇒ ルゴール液で媒染 ⇒ 脱色 ⇒ サフラニン
(ビクトリアブルー) (ピクリン酸で媒染+脱色) (フクシン)

尚、各過程の間には必ず水洗が入る。水洗をしっかりと行うことが重要。

□ グラム染色からわかる細菌学のポイント

まず、グラム染色で分類できるかできないか。できる場合には陽性か、陰性か、球菌か、桿菌か。グラム陽性菌の場合、ほとんどが球菌なので、**chain**か**cluster**か。**chain**の場合、肺炎球菌か、その他か、その他の場合、**溶血性は?**、**血清型は?**、と分類していく。**cluster**の場合には、**黄色ブドウ球菌**か、**CNS**か、その他か。グラム陽性桿菌としては、*Bacillus*、*Clostridium*、*Corynebacterium*、*Listeria* 重要である。グラム陰性菌の場合、多くが桿菌で、**腸内細菌科**や**ブドウ糖非発酵菌**などに分類できる（グラム陰性桿菌としては、他に、**ビブリオ**と**インフルエンザ菌**が重要である）。また、グラム陰性球菌としては、**モラクセラ・カタラーリス**と、**髄膜炎菌**と**淋菌**を覚えておく。

2) グラム染色以外の分類法

□ 異化過程 (=酸素条件) による分類 (表3)

① 好気性菌

酸素がないと増殖できない（もしくは、酸素がないと極めて増殖遅い）。←酸素を用いてブドウ糖を分解する。

② 通性菌 (従来は**通性嫌気性菌**と呼ばれてきた)

酸素があってもなくても増殖できる。←酸素がある時には酸素を用いてブドウ糖を分解し、ない時には**発酵的**にブドウ糖を分解する。

③ 嫌気性菌 (偏性嫌気性とも呼ばれる)

酸素があると増殖できない（もしくは死滅する）←活性酸素を回避する能力がない。

表3 異化過程による分類

細菌学的分類*	呼吸		ブドウ糖 発酵	具体的な菌種
	好氣的	嫌氣的		
好気性菌	+	-	-	レジオネラ
	+	+	-	緑膿菌*、結核菌
通性菌	+	+	+	大腸菌
	-	-	+	レンサ球菌
嫌気性菌**	-	+	+	バクテロイデス
	-	-	+	クロストリジウム

*細菌学的には、微好気性菌や酸素耐性菌という分類法もあるが、臨床的には上記①～③の分類法が現実的であり、特殊な発育条件の菌については別途考慮する。また、緑膿菌はブドウ糖を発酵しないので、好気性に分類されてきたが、硝酸還元（脱窒ともいう）という嫌気呼吸によって、嫌気条件でも発育することが可能であるということが分かってきた。したがって、近年は通性に分類すべきとの意見もあり、酸素条件による分類の境界線があいまいになりつつある。ただし、このような菌は、圧倒的に好気状態の方が発育良好であり、臨床的には好気性に分類するのが妥当と思われる。なお、グラム陰性桿菌においては、通性や好気性という分類よりも、ブドウ糖発酵菌（通性とはほぼ同義）、ブドウ糖非発酵菌（緑膿菌など）という名称で分類されることが多い。

**通常、単に嫌気性といえば、偏性嫌気性を指す（つまり狭義の嫌気性）。嫌気性菌の中で、芽胞を形成するのは、*Clostridium*のみと考えてよい。分類法は、ヒトが便利なように分けたいに過ぎないので、分類法にあまりこだわる必要はない。また、新しい分類法の確立によって時代とともに名称が変わる菌種もある。

重要なことは、類似点・相違点を理解すること。菌種名はある程度覚えなければならないが、必要以上に細かく覚えなくてもよい。例えば、偏性嫌気性菌の場合、*Clostridium*属は、いくつかは菌種名まで覚える必要があるが、他の多くは属名まででよい。また、*Actinomyces*は放線菌としても分類される。

□ 芽胞形成による分類

芽胞は、環境が悪くなった際に自身を守るためにわざと重要な要素を一箇所に固めて丸くなり休眠状態になること。芽胞を形成すると煮沸や消毒にも耐える。しかし、芽胞形成はエネルギーを消費するので、菌にとっても一か八かの賭けである。芽胞形成する菌は好気性の *Bacillus* 属と嫌気性の *Clostridium* 属のみ覚えれば十分である。

□ 抗酸菌、放線菌

● 抗酸菌

構造上はグラム陽性菌に分類されるが、厚い脂質の層を有し、グラム染色ではほとんど染まらず、グラム染色上の分類は現実的ではないた

め、抗酸菌として独立して扱われる。結核菌、非結核性抗酸菌、らい菌がある。

● 放線菌

こちらも構造上はグラム陽性菌に分類される。グラム染色で染まりにくい菌種があること、真菌の糸状菌のように糸状の発育を示すことから、特別扱いされることが多い。広義の放線菌としては、好気性の *Nocardia* と、嫌気性の *Actinomyces* を含むが、狭義では *Actinomyces* のみを指す。

□ 細胞内増殖菌（細胞内寄生菌とも）

① 通性細胞内増殖菌

Mycoplasma pneumoniae、*Legionella pneumophilla*

② 偏性細胞内増殖菌

Chlamydomphila と *Chlamydia* 、
Rickettsia と *Coxiella* など

*上記の細菌は、いずれも非定型菌に分類される。レジオネラは、細菌学的にはグラム陰性好気性桿菌に分類されるが、臨床検体中ではグラム染色で染色されにくいこと、また、β-ラクタム系抗菌薬が無効であることから、臨床的には非定型菌に分類される。また、リステリア、チフス菌、結核菌もマクロファージ内で増殖でき、細胞内増殖菌として分類されることがある。また、*Coxiella*は、遺伝子レベルでは *Legionella* に近く、さらに近年人工培地での培養が可能になったが、極めて特殊な条件化でのみ発育するため、従来どおり、偏性細胞内増殖菌に位置づけた。

細菌の分類について、教科書によって分類法が異なる。細菌を分類するための技術が発達し、歴史的に分類が変わってきたことが理由の一つである。本講義では、臨床的な利便性を考慮し、別紙「細菌の分類表」に示す分類法を採用する。

3. 菌種の表記法と分類

生物の正式名称(学名)は、**二名表記**が基本となり、**属名+菌種名**で表記する。属名と菌種名はイタリックとする。なお、ウイルスは、このルールが適用されていない。また、菌種によっては、亜種やそれ以下の分類を記載することもある。

例 *Streptococcus pneumoniae*

例 *Salmonella enterica* subsp. *enterica*
serovar Typhi

和名

教科書によって記載方法が異なることがある。たとえば、肺炎球菌一つとっても、肺炎双球菌、肺炎連鎖球菌などと記載しているが、本講義では肺炎球菌で統一する。インフルエンザ菌も、インフルエンザ桿菌ではなくインフルエ

ンザ菌で統一する。和名が元々ないものは無理に記載せず、学名で表記するか、カタカナで表記する。たとえば、モラクセラ・カタラーリスなど。モラクセラ菌やカタラーリス菌という表現はあまり一般的ではない(モラクセラ属菌という表現はありだと思いが、どの種を指しているのが曖昧)。

□ 分類学の5つの要素

分類、命名、同定、保存、系統進化

□ 分類階級

表4 分類階級*,**

ドメイン	Domain
門	Phylum
綱	Class
目	Order
科	Family
属	Genus
種	Species
株	strain

*微生物の種類によっては、亜科 subfamily や亜種 subspecies に分類されることもある。

**亜種以下の分類 : biovar, chemovar, morphovar, pathovar, phagovar, serovar : var は variety の意味。

参考 細菌の名前のつけ方

菌の形状から付けられるか、ヒトまたはモノなどの名前から付けられることが多いようです。例えば、*Streptococcus* や *Staphylococcus* は、Strepto- (連鎖状の) や Staphylo- (ブドウの房状の) に-coccus (球状の) を組み合わせた合成語です。ヒトの名前がついたものは、グラム陰性菌が多く、*Neisseria* は Neisser 氏に、*Yersinia* は Yersin 氏に由来します。

-ella という接尾語が、しばしば用いられますが、小さいもの(小児や女性)を意味する指小辞です。*Salmonella* や *Legionella* など

がこのケースに相当します。尚、-ella がつくと、グラム陰性菌で、ほとんどは、グラム陰性桿菌です。ちなみに、世界的に有名なお姫様である Cinderella は、Cinder (灰) と-ella の合成語で、「灰かぶり姫」と訳される事もあります。また、organella は、organ (臓器、器官) + ella で、細胞内小器官という意味になります。-let も、小さいものを表す接尾語で、tablet (タブレット、小さなテーブル)、booklet (小冊子)、platelet (血小板) などがあります。

4. 細菌の構造

- 目的: 感染症の診断・治療の理論を理解するため。
- 目標: 細菌の基本構造を理解した上で、細菌の種類による構造の相違を説明できる。

細菌の基本構造は、**染色体、細胞質、細胞膜、細胞壁**である。

グラム陽性菌は、分厚い細胞壁をもつ。グラム陰性菌の細胞壁は薄い、外膜をもつ。**細胞膜と外膜は脂質二重膜**が基本構造である。細胞壁は多糖(ペプチドグリカン)で構成されており、ペプチドグリカンの多寡(=細胞壁の厚さ)が、グラム染色の染色性に影響していると考えられている。また、グラム陽性菌は、**リポタイコ酸**あるいは**タイコ酸**をもつものに対し、グラム陰性菌は**リポ多糖(LPS)**をもつ。LPSは、菌種同定におけるO抗原として重要であり、感染症においても、**内毒素(endotoxin)**として病態に影響する重要な構成要素である。なお、**外毒素(exotoxin)**とは、分泌型の毒素であり、種々の病原因子の総称である。

基本構造に加えて、特にグラム陰性桿菌では、線毛や鞭毛といった構造を持つ菌もいる。**線毛**は短くて細い「毛」、**鞭毛**は太くて長い「毛」である。線毛は、主に付着と関連している。また、特殊な線毛として、**性線毛**と呼ばれるもの

があり、**プラスミド**などの遺伝子伝達に関与している。鞭毛は、その基底部分にある、いわゆる「モーター」によって「鞭」を振り回し、菌の運動性に寄与している(回転方向で動きが異なる)。線毛は一つの菌体に通常複数存在するが、鞭毛は一本だけの場合(単毛)、複数の場合(両毛、叢毛、周毛)がある。ちなみに、線毛は光学顕微鏡で観察することはまず不可能である。鞭毛は特殊な染色法で染色後、光学顕微鏡で観察可能な場合もある。

また、最外層に、多糖体と蛋白から構成される**莢膜**を持つ菌もいる(肺炎球菌や肺炎桿菌、クリプトコックスなど)。莢膜は、宿主の免疫細胞による認識を回避する役割があると考えられている。

グラム陰性菌の外膜に存在する**ポーリン**は、外来物質(特に水溶性物質)の取り込みに関与している。抗菌薬に対する耐性を考慮するうえでも重要な構造である。

染色体は、原核生物では、細胞質に浮かんだ状態で存在する(真核生物では核膜に囲まれている)。染色体は、遺伝子をコードするDNAとヒストン様蛋白などの修飾蛋白で構成される。染色体外のDNAとして、プラスミドと呼ばれる環状DNAを有する場合がある。プラスミドは、菌が元来有する基本的な機能に、+αの機能を付与することが可能となり、耐性の伝達にも一役買っている。また、プラスミドのような裸のDNAにより形質が変わることを**形質転換**という。なお、**バクテリオファージ**(単に**ファージ**とも)という菌に感染するウイルスによる形質の変化を**形質導入**と呼ぶ。

細菌の構造は、抗菌薬の作用機序とも関連している。化学療法の項を参照。

5. 細菌の生理

目的: 感染症を学ぶ上で必ず出てくる用語を理解してもらうため。

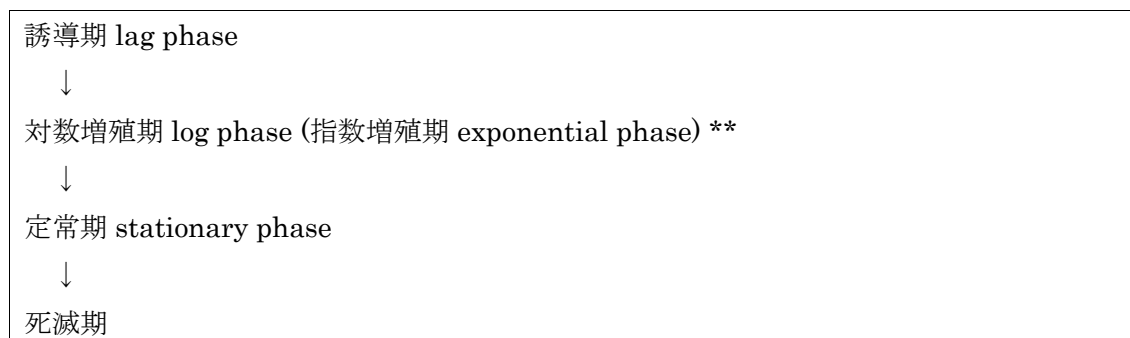
目標: 増殖機構とコロニー形成について理解す

る。

には倍々で指数関数的に増殖する*。

● 増殖*

細菌の増殖の基本は2分裂であり、対数増殖期



*真菌の増殖は必ずしも2分裂ではない。酵母の増殖は、2分裂または出芽により増殖し、糸状菌の増殖はさらに複雑である。

**指数関数的に増殖するので、指数増殖期と呼ぶべきであるが、増殖曲線は通常片対数（菌数を対数で表す）で表すため、対数増殖期と呼ばれる。

● 菌の集落：コロニー

植民地や村の集落のコロニーと同じ語源である。固形培地において増殖して目に見えるくらいまで成長した菌の集落を指す。菌の数を表す指標として、colony forming unit (CFU) という単位がある。一つのコロニーは元々菌の細胞一つであったと仮定して、元の菌数を求める方法である。

また、一般的な細菌の分裂時間 cell cycle time (倍加時間 doubling time ともいう) は至適培養条件で20~30分程度である。仮に倍加時間を30分とすると1時間で、2回分裂するので、一つの細胞が4つに増える。15時間では、 $2^{30} \approx 10^9$ に増える。細胞一つの大きさを $1 \mu\text{m}^3$ とすると、15時間くらいで約 1mm^3 位となり、目に見える程度のコロニーになる（一般細菌の場合。酵母では 10^7 くらいで目に見える程度のコロニーを形成する）。菌の種類によっては分裂時間が長く、結核菌の場合、コロニー形成までに、4~8週程度かかる場合がある。

6. 細菌の遺伝

- 1) ゲノム
- 2) 染色体
- 3) プラスミド
- 4) ファージ
- 5) トランスポゾン
- 6) 遺伝子導入
- 7) 接合
- 8) 形質導入
- 9) 形質転換

7. 病原因子と分泌機構

詳細は各論で説明するが、以下の観点が細菌学を学ぶ上で重要となる。

- 1) 病原因子（外毒素・エフェクター分子と分泌機構、内毒素、その他の病原因子）を理解する。
- 2) 感染源と感染経路の概略を理解する。⇒感染制御
- 3) 感染症の発症機序を理解する。臨床症状を細菌学の視点から考え、逆に細菌の特徴を臨床的な視点から見直す。

4) 宿主免疫と病原因子の関係を理解する。

8. 宿主防御機構

感染症の理解に必要な免疫学等の宿主防御機構を理解する。細菌学では、免疫学を1から教える余裕はないので、あらかじめ下記の項目については復習しておくこと。

- 自然免疫と適応免疫（獲得免疫）
- 貪食細胞：好中球とマクロファージなど
- B細胞とT細胞、BCRとTCR、MHC class I、class II
- メモリーB細胞と形質細胞、D4陽性細胞とCD8陽性細胞
- 液性免疫と細胞性免疫、Th1とTh2
- MHC拘束性
- 核の左方移動
- 抗原性と免疫原性
- 抗体=免疫グロブリン、IgG、IgA、IgM、IgE、IgD
- サイトカイン、ケモカイン、インターロイキン、インターフェロン
- リガンドとレセプター
- 病原体関連分子パターン PAMPs とパターン認識受容体 PRR
- LPSとTLR
- 受動免疫と能動免疫

9. 常在細菌叢

健康者であっても、無菌ではなく、皮膚の表面や腸管内などには生まれてすぐに細菌が定着し、これらの細菌と共存した状態となっている。このような細菌の集団を「常在細菌叢」と呼び、かき集めると、成人では 10^{15} 個にも上ると考えられており、重量換算では約1kgになる。浄財細菌は、食事などの環境因子によって変化し、抗菌薬による影響も受ける。常在細菌は、病原体の侵入や増殖を抑制したり、免疫を調整したりする機能を持っており、健康状態の

維持には必須と考えられており、もはや体の一部を形成しているともいえる。部位によって、種類が異なり、皮膚表面では表皮ブドウ球菌など、口腔内は *Streptococcus* や *Peptostreptococcus* などの通性～嫌気性菌、腸管内は腸内細菌科や嫌気性菌が主な構成菌である。

10. 感染経路

主な感染経路として、接触、飛沫、飛沫核（空気）感染があり、感染対策の上で重要である。また、経口感染、血液媒介、ダニ媒介などの特殊な感染経路を知っておくことは、感染の予防、診断を考慮する上で重要である。

- 接触感染：MRSA、CD腸炎、ノロウイルス、腸管出血性大腸菌、疥癬など
- 飛沫感染*：インフルエンザ、マイコプラズマ、風疹、A群溶連菌感染症など
- 飛沫核*（空気）感染：結核、麻疹、水痘の3つのみ覚える

*飛沫とは水分を含む直径 $5\mu\text{m}$ 以上ですぐに落下する粒子、飛沫核とは水分が蒸発し $5\mu\text{m}$ 未満コアの部分のみが残存し、長時間空中を浮遊しうる粒子。

関連事項

- 標準予防策
- 感染経路別予防策
- 個人防護具（PPE）
- 滅菌と消毒
- リスク分類（Spalding 分類：critical、semicritical、noncritical）
- 感染症法（疾患分類（1～5類）と特定病原体（1～4種））
- バイオセーフティー（BSL1～4）

復習ミニテスト

問題 1

グラム染色の手順と原理について、1～7 を埋めよ

□手順□

検体をスライドガラスに塗布する ⇒ 乾燥 ⇒ (1) 固定
⇒ (2) で染色 ⇒ 水洗 ⇒ (3) 液で媒染 ⇒ 水洗
⇒ (4) で脱色 ⇒ 水洗
⇒ (5) で染色 ⇒ 水洗 ⇒ 乾燥 ⇒ 観察

□原理□

最初の染色液の青（あるいは紫色）に染まる菌を、グラム (6) 菌、脱色され、後染色の赤に染まる菌をグラム (7) 菌と呼ぶ。グラム (6) 菌が青く染色される理由は、厚いペプチドグリカン層からなる細胞壁を持つことに依存していることが明らかになっている。青の染色液の色素は、媒染によって不溶化され、細胞壁の厚いグラム (6) 菌では、(4) による脱色操作を行っても、不溶化した色素が厚い壁から漏出しにくいため、青に染まる。一方、グラム (7) 菌は、細胞壁が薄く、最外層の外膜も脂質で構成されるため、(4) によって容易に壊れ、染色液の漏出が起こる。透明のままでは、観察が困難であるため、青とコントラストの良い赤い色素で対比染色を行うことで、グラム (7) 菌は赤に染色される。

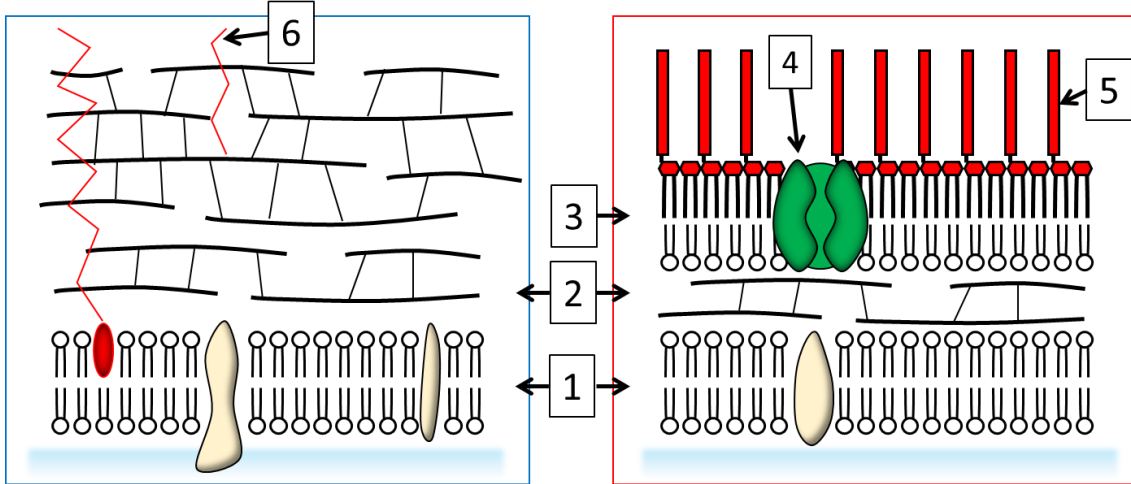
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	

問題 2

細菌の構造に関して、1~6 の構造として適切な名称を記せ。

グラム陽性菌

グラム陰性菌



1	
2	
3	
4	
5	
6	

問題 1 の答え

- 1 火炎 (またはアルコール)
- 2 クリスタルバイオレット*
- 3 ルゴール (またはピクリン酸)
- 4 アルコール
- 5 サフラニン
- 6 陽性
- 7 陰性

*注 クリスタルバイオレットの代わりにビクトリアブルーやゲンチアナ紫が用いられることもある。

** フクシンが用いられることもある。

問題 2 の答え

- 1 細胞膜 (cell membrane)
- 2 細胞壁 (cell wall、またはペプチドグリカン層でも可)
- 3 外膜 (outer membrane)
- 4 ポーリン (または、ポーリン孔)
- 5 リポ多糖 (lipopolysaccharide)
- 6 テイコ酸 (または、タイコ酸でも可、teichoic acid)

参考資料

- 1 戸田新細菌学. 34 版 (吉田眞一、柳 雄介、吉開泰信) 2013. 東京 南山堂 ISBN: 978-4-525-16114-9.
- 2 標準微生物学. 11 版 (平松 啓一、中込 治) 2012. 東京 医学書院 ISBN: 978-4260014717
- 3 イラストレイテッド微生物学. 原書 3 版 (Cynthia Nau Cornelissen、Bruce D. Fisher、Richard A. Harvey 著 : 松本 哲哉、舘田 一博監訳) 2014. 東京 丸善出版 ISBN: 978-4-621-08675-9.

2015 年 1 月 20 日 初版 ver1.00

2020 年 3 月 26 日 最終改訂 ver2.01