

【 1 】 解答例

ア：両親媒

イ：強い、あるいは大きい、高い

ウ：オキサロ酢酸

エ：NADH

オ：核移行シグナル、あるいは核局在シグナル

カ：ダイニン、あるいはキネシン

キ：キネシン、あるいはダイニン

ク：岡崎フラグメント

ケ：校正（機能）

コ：非相同末端結合、あるいは非相同末端連結

サ：逆転写酵素

シ：テロメラーゼ (telomerase)

ス：オルタナティブスプライシング（選択的スプライシング）

セ：コヒーシン

ソ：生殖（細胞）系列

タ：幹細胞、あるいは万能細胞

チ：系統樹

ツ：トランスポゾン (transposon)、あるいはレトロトランスポゾン

【2】解答例

問1

1：複製フォーク

2：塩基

3：鋳型

4：ヌクレオシド

5：新生

ア：DNA ヘリカーゼ

イ：DNA ポリメラーゼ

ウ：DNA トポイソメラーゼ

エ：滑る留め金

問2

(a) このタンパク質は DNA 2 重らせんの周りに環を作り、DNA を囲んでスライドすることにより、イと結合することにより、イが DNA から滑り落ちにくくしている。

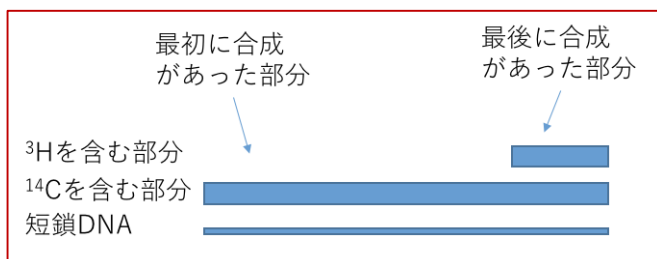
(b) 染色体 DNA は非常に長いため、このタンパク質が DNA を囲むためには、自らの環を開くか、DNA を切断する必要があるため。

問3

ア；ヘリカーゼ；PCR では温度を上げることにより、二本鎖を解離するため。

ウ；DNA トポイソメラーゼ；細胞内の DNA は非常に長いため、フォークの前方にはねじれを解消する切れ目がないが、PCR では、短いため、熱により解離してしまうため、ねじれが生じない。

問4



問5

- (1) 最初
- (2) 最後
- (3) 最後
- (4) 最初

問6

最初に合成があった部分が5′末端側、最後に合成があった部分が3′末端側であることから、T4 フェージの短鎖DNA合成方向は、5′末端側から3′末端側に向かって起こると考えられる。

【3】 解答例

問1

A：ミスセンス

B：エンドサイトーシス（「飲食作用」でも良い）

問2

LDL：低密度リポタンパク質、低比重リポ蛋白質、low density lipoprotein、
など

成分：コレステロール、トリグリセリド、アポリポタンパク質、など

問3

ア：小胞体シグナル配列（単にシグナル配列でもOK）、シグナルペプチド、分泌シグナル配列、など。

イ：シグナル認識粒子、Signal recognition particle、SRP、など。

ウ：内腔

エ：シグナルペプチダーゼ

オ、カ：セリンあるいはスレオニン。システインでも可とする。

キ：ゴルジ体

ク：シャペロン、分子シャペロン、シャペロンタンパク質、など

問4

（1）エンドソーム

（2）エンドソーム膜にはATP駆動型 H^+ ポンプ（単なる H^+ ポンプ、V型ATPase、
などでも可）が存在し、細胞質から内腔側へ H^+ を汲み入れているから。

（3）ヒスチジンが関与している可能性がある。ヒスチジン側鎖のイミダゾール基のpKaは約6であり、pH7では非荷電状態だがpHが6以下になるとプロトン化して正電荷を帯びる。このため、ヒスチジンが関わる分子間あるいは分子内相互作用はpH6を挟んでアルカリ性側と酸性側では大きく変化する可能性がある。

問5

（1）トランスフェリン（鉄）、ビタミンB12、ウイルス、など

- (2) カベオリン (カベオラ) 依存的エンドサイトーシス、ピノサイトーシス (飲作用)、ファゴサイトーシス (食作用)、など
- (3) 代表的な回答例：がん細胞に高発現した増殖因子受容体に結合してその内在化を促進し、結果的にその発現レベルを下げ、増殖を抑制する。

問 6

- 例 1) LDL との結合部位の変異により LDL との親和性が減弱、あるいは欠損し、LDL を結合できなくなる。
- 例 2) LDL と結合はできるが、エンドソームでの解離に異常を来し、結果として正常なコレステロール取り込みができなくなる。
- 例 3) 変異によって蛋白質の不安定化が起こり、細胞内での寿命が短くなって LDL の取り込みサイクルが十分にまわらなくなる。
- 例 4) 変異によって LDL 受容体の細胞膜への輸送が阻害されて細胞内に貯まってしまい、細胞外で LDL を捕まえる能力が著しく落ちる。

【4】 解答例

問1

初期には肢円盤の中では、親指-小指軸、甲-ひら軸の向きはまだ決まっていない。中期には、親指-小指軸の向きが決定されているが、甲-ひら軸はまだ決まっていない。後期には、両軸ともに決定されている。

問2

Sonic hedgehog (Shh) 以外の遺伝子（例えば *GFP*）の cDNA を強制発現用プラスミドにクローニングし形質転換した培養細胞を、親指になる場所に移植する。

問3

ア：外胚葉

イ：間充織

ウ：誘導

問4

羽毛が生えてくるか、もしくは何も生えてこない。ニワトリの外胚葉細胞は毛を作るための遺伝子を持っておらず、マウスのように毛が生えてくるわけではない。

問5

転写因子とは、核酸配列特異的に DNA に結合する一群のタンパク質であり、特定の DNA 結合ドメインを持っている。遺伝子近傍のプロモーターやエンハンサーといった転写を制御する領域に結合し、RNA polymerase による転写を促進、あるいは抑制する。

【5】 解答例

問1

イ：光化学系 II

ロ：光化学系 II

ハ：光化学系 I

問2

①：水

②：酸素

③：NADP⁺

④：ATP

問3

チラコイドルーメン（内腔）

問4

クロロフィルなど集光性色素による光エネルギーの吸収は、受ける光量に比例して増加し続けるが、それを処理する電子伝達系や代謝系には限度がある。光合成反応は飽和に達し、処理しきれなくなった過剰な光エネルギーは、酸素を還元する事で、生体物質の破壊をもたらす活性酸素*を生み出す事になる。

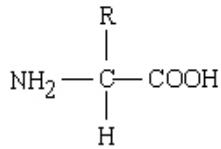
(*O₂⁻、[•]OH、¹O₂が書かれていても可)

問5

葉の光に対する角度を変化させる。細胞の中での葉緑体の位置を変化させる。光化学系 II に結合したキサントフィルサイクルにより、熱として放散する。光呼吸により、過剰な ATP や還元力を消費する。強光下に発生する活性酸素を消去する系が葉緑体内（外）に存在する。

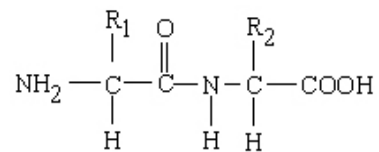
【6】 解答例

問 1



双極イオン構造で書かれていてもよい

問 2



双極イオン構造で書かれていてもよい

問 3

酸性アミノ酸：アスパラギン酸、グルタミン酸

塩基性アミノ酸：リジン（リシン）、アルギニン、ヒスチジン

問 4

280 nm 付近の紫外光をよく吸収する性質

トリプトファン、チロシン、*（フェニルアラニン）

*フェニルアラニンは答えても答えなくてもどちらでもよい

問 5

2つの α ヘリックスが短いペプチド鎖でつながった構造

ヘリックスターンヘリックス

問 6

(1)

α ヘリックス構造ではアミノ酸1残基あたりの長さはおおよそ0.15 nmである。

したがって

$$0.15 \text{ nm} \times 150 = 22.5 \text{ nm}$$

(2)

線状の伸びたポリペプチド鎖や β シート構造ではアミノ酸 1 残基あたりの長さはおおよそ 0.36 nm である。

したがって

$$0.36 \text{ nm} \times 150 = 54 \text{ nm}$$

問 7

アミノ酸の総数は

$$240000 \div 120 = 2000$$

長さの単位を mm から nm にすると

$$50.6 \times 10^3 \text{ mm} = 506 \text{ nm}$$

X を α ヘリックス構造をとっているアミノ酸の数、Y を線状の構造をとっているアミノ酸の数とすると以下の関係式となる。

$$X + Y = 2000$$

$$0.15X + 0.36Y = 506$$

$$0.15X + 0.36(2,000 - X) = 506$$

$$0.21X = 214$$

上の式から X と Y を求めると

$$X = 1019, Y = 981$$

$$\text{したがって } 1019 \div 2000 \times 100 = 51 \%$$

問 8

130 個のアミノ酸残基からなるサブユニット 2130 個が集合している場合

平均 260 アミノ酸に 1 個の誤り起きる

したがって

$$1 \div 260 \times 100 = 0.38 \%$$

276900 個のアミノ酸残基の 1 本のポリペプチドでできていると想定した場合

平均 553800 アミノ酸に 1 個の誤りが起きる

したがって

$$1 \div 553800 \times 100 = 0.00018 \%$$

【 7 】 解答例

問 1

定常状態は、(2)式において、

$$\frac{dX(t)}{dt} = 0$$

となる。

$b - cX(t) = 0$ なので、 $X_{st} = b/c$ となる。

問 2

変化しない。

$X_{st} = b/c$ であるので、定数となり、変化しない。

問 3

大きくなる。

問 4

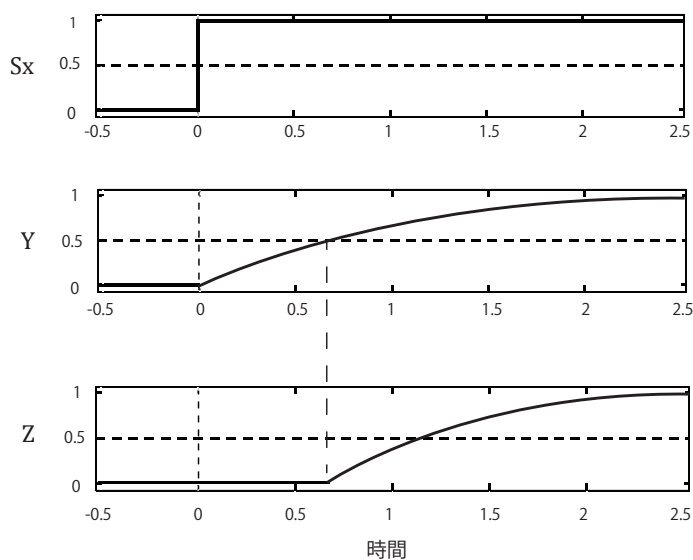
パターン解析にはさまざまな手法があるが、遺伝子発現解析によく用いられる代表的な手法としては、クラスタリングや主成分解析がある。クラスタリングでは、別々のクラスはそれぞれデータ点が密集するような領域(クラスタと呼ぶ)を形成すると仮説を立て、分類対象の集合を内的結合と外的分離が達成されるような部分集合に分割する。さらに、クラスタリングの種類には、k 平均(k-means)法や階層型クラスタリングなどがある。k 平均法は、クラスタ数 k を既知とし、m 次元上の n 点と定数 k に対し、中心距離 2 条平均が最小になるような k の集合を求める非階層的な手法である。階層型クラスタリングは、クラスタ数が事前に未知な場合に、要素を単純にクラスタ分類するのではなく、平均距離法に基づいて木(tree)構造を作り出す手法である。また、主成分解析は、特徴量が多い場合、次元圧縮を行い、特徴空間上の異なる方向成分に沿った分散解析として行ない、その空間上の距離の近さによりグループ化を行なう。

問 5

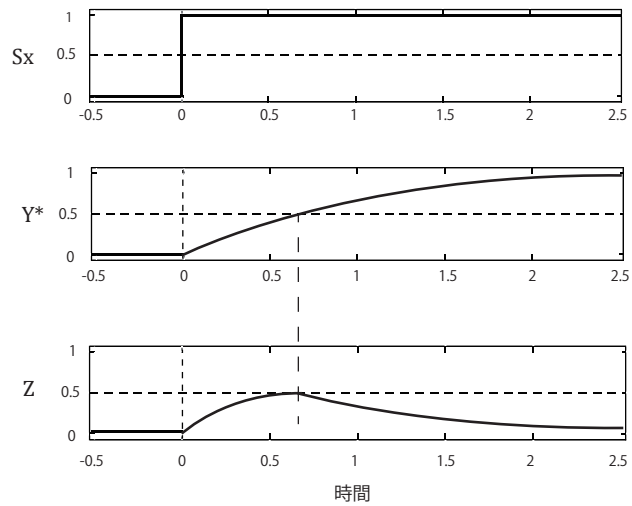
GenBank 注釈つけされたゲノム・DNA 配列のデータベース

- PuBMed 生物医学系文献情報のデータベース
- KEGG 注釈つけされた代謝パスウェイのデータベース
- NCBI GEO 遺伝子発現データのディポジトリデータベース
- HapMap 遺伝子多型情報のデータベース
- PDB 蛋白質立体構造のデータベース
- InterPro 蛋白質配列・分類 機能 モチーフのデータベース
- UCSC Genome Brower ゲノム、遺伝子発現の可視化ツール
- Ensembl ゲノム 遺伝子発現情報のデータベース
- RefSeq 高度に注釈付けされたゲノム、転写物、蛋白質配列のデータベース
- UniProt 蛋白質配列・機能のデータベース
- GO 遺伝子機能の語彙のデータベース
- STRING 分子間相互作用の可視化ツール
- BRENDA 酵素のデータベース
- FASTA 塩基配列およびアミノ酸配列の類似性検索（シーケンスアラインメント）ツール
- BLAST 塩基配列およびアミノ酸配列のローカルアライメントツール

問 6



問 7



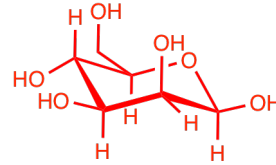
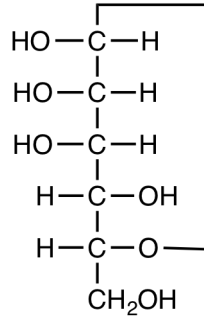
問 8

問 6 の FFL について：遺伝子 Z は X 、 Y の両方の信号がないと発現しない。このような系は、いずれかの信号がノイズだった場合に、ノイズフィルタリング機構として働き（電気回路のような）、安定な情報処理をおこなうことができる。また、 Z の発現には遅延を生じる。時間操作が可能な人工回路を作る事が可能である。たとえば、分子親和性を考えた場合に、ある一定の濃度が存在しないと Z の発現が生じないなどの制御が行いやすい。

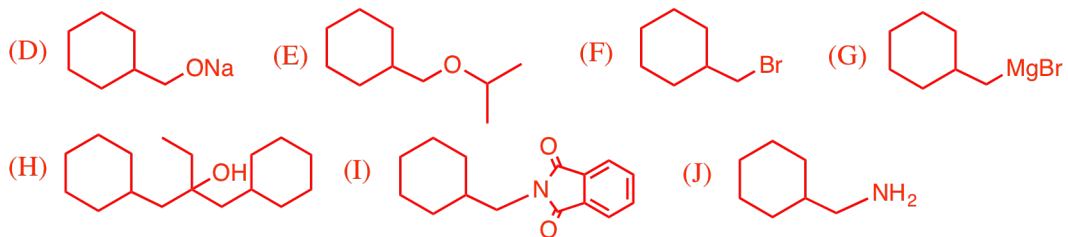
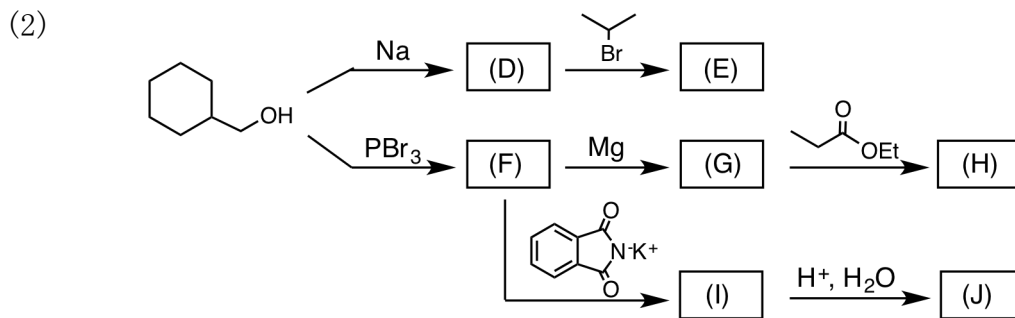
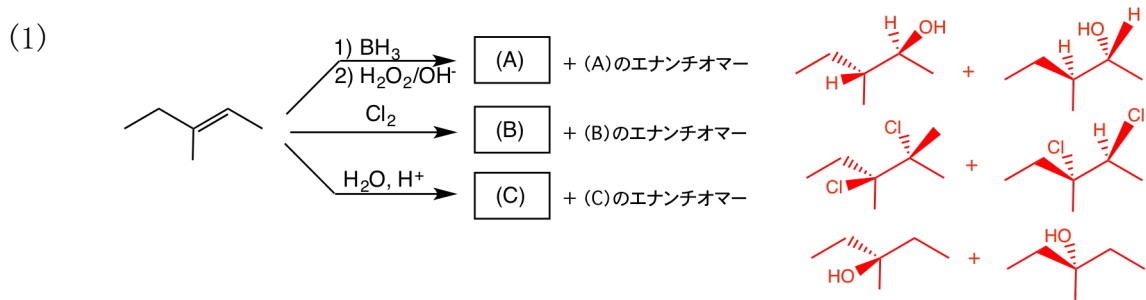
問 7 の FFL について：この場合は、パルス生成器として、一過性の情報処理に用いることができる。

【8】 解答例

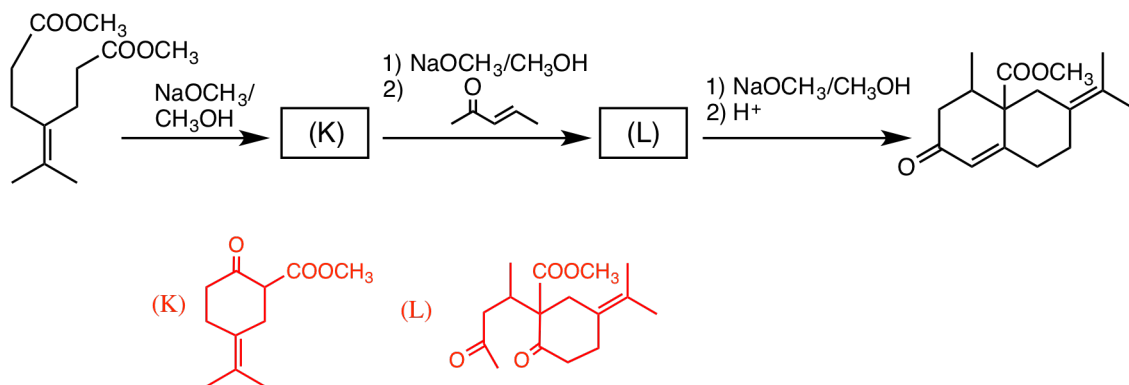
問1. 下の図は、あるヘキソースの環状構造を Fischer 投影式により表したものである。この単糖の舟形立体配座を書け。水素も含めること。



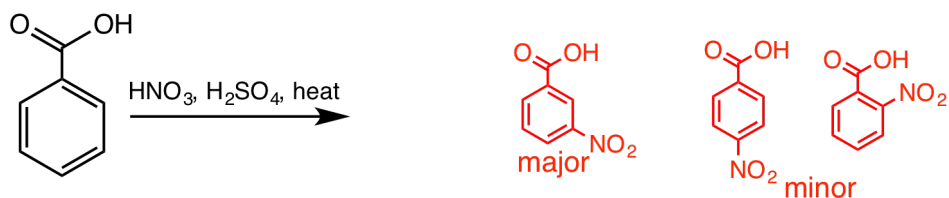
問2. 以下の反応の主生成物(A)-(L)の構造式を書け。(A)-(C)に関しては、一つのエナンチオマーの構造をくさび表示により表わせ。



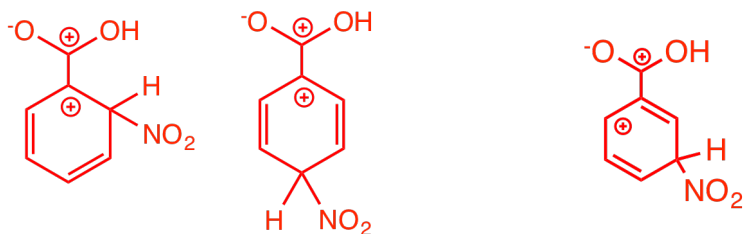
(3)



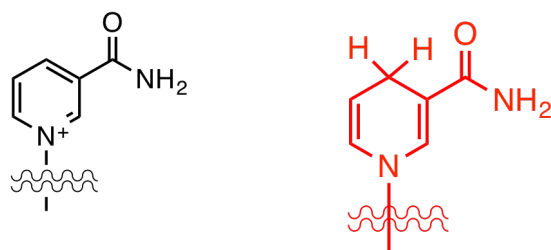
問3. 以下の反応の主生成物と副生成物の構造を書け。また主生成物として記した化合物が多く得られる理由を、反応中間体の構造を書いて説明せよ。



オルト位とパラ位の攻撃では、電子吸引性のカルボン酸の結合している炭素に正電荷が来る不安定な中間体を経ることになり、メタ位の攻撃より不利になる。



問4. ニコチンアミド補酵素は多くの酸化還元反応に関与する。下の構造は、補酵素のニコチンアミド部位の酸化型の構造を示す。この補酵素がヒドリドを受け取って還元型になったときの構造を下の図にならって書け。



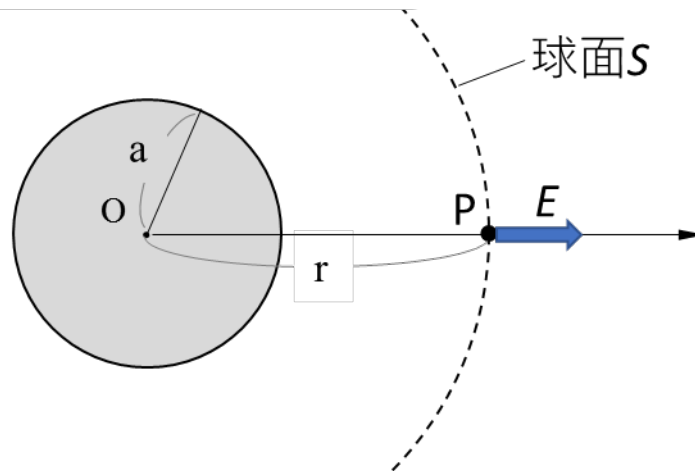
【9】 解答例

問1

電荷 Q は導体球の表面に一様に分布し球対称となるため、電場も球対称となり、その向きは r の向きとなる。

下図のように点 O を中心に、半径 r の球面 S を仮定すると、球面上の電場 E は常に球面 S と直交し、 E の大きさは一定である。

この球面 S について、ガウスの法則を適用する。



$$\oint_S E \cdot dS = (\text{閉曲面}S\text{の内部の全電荷}) / \epsilon_0$$

上式の左辺は

$$\oint_S E \cdot dS = E \oint_S dS = 4\pi r^2 E \text{ となる。}$$

一方、右辺は

- $(r > a)$ の場合：(閉曲面 S の内部の全電荷) / $\epsilon_0 = Q / \epsilon_0$
- $(0 < r < a)$ の場合：導体球の内部に電荷はないため 0 になる。

したがって、

- $(r > a)$ の場合

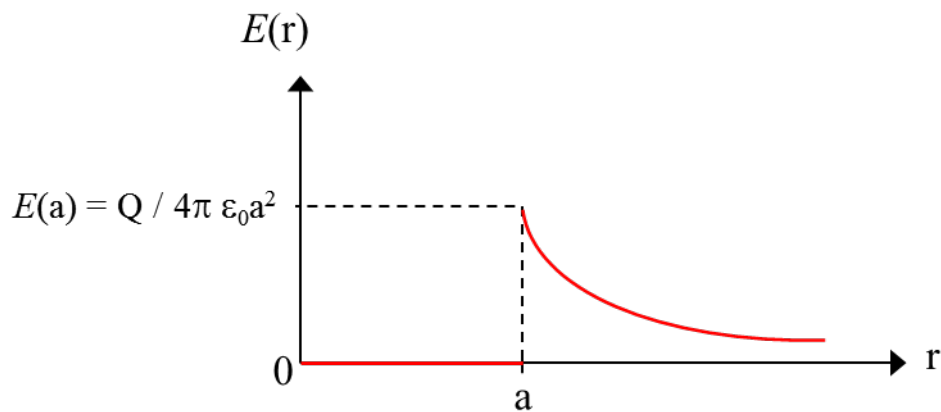
$$4\pi r^2 E(r) = Q / \epsilon_0$$

$$\underline{E(r) = Q / 4\pi \epsilon_0 r^2}$$

- $(0 < r < a)$ の場合

$$\underline{E(r) = 0}$$

これを、グラフにまとめると以下のようなになる。



問 2

電位は電場の線積分で求められる。

$$\phi(P) = - \int_S^P E(r) dr + \phi(S)$$

基準点 S を無限遠方にとり、そこでの電位を $\phi(\infty) = 0$ とする。点 P の電位は以下のように示される。

• ($r > a$) の場合

$$\phi(r) = - \int_{\infty}^r Q/4\pi\epsilon_0 r'^2 dr' = Q/4\pi\epsilon_0 r$$

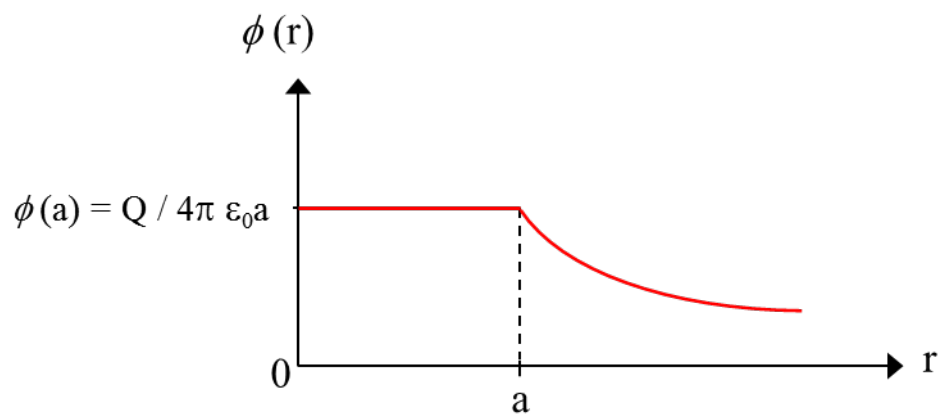
• ($0 < r < a$) の場合

導体球の内部では電場は 0 なので、電位は一定となり、表面の電位に等しい。

したがって、

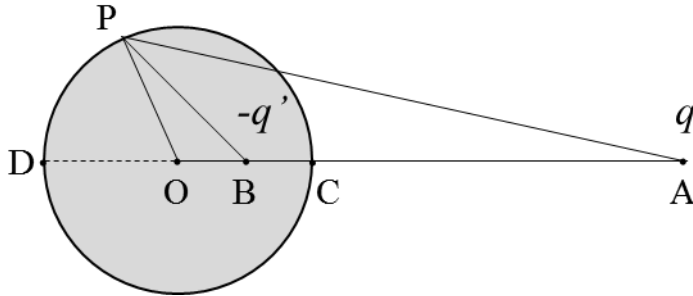
$$\phi(r) = Q/4\pi\epsilon_0 a$$

これをグラフで示すと以下のようなになる。



問3

鏡像法を用いて考える。



導体球は接地されているので、導体球面上の電位は0となる。この条件を満たすように、導体球の表面を鏡面として点電荷 q の鏡像である仮想電荷 $-q'$ を考える。上図のように線分 OA 上の点 B に仮想電荷 $-q'$ を仮定する。

導体球面上の点 P の電位 ϕ は0となるので、以下のような関係式が成り立つ。

$$\phi = 1/4\pi\epsilon_0 \cdot [q/PA - q'/PB] = 0 \text{ より、 } PA/PB = q/q'$$

上記の関係を満たす必要があるため、点 P が点 C の位置にあるときは

$$(OA-OC)/(OC-OB) = (b-a)/(a-OB) = q/q' \quad (1)$$

が成り立ち、点 P が点 D の位置にあるときは

$$(OA+OD)/(OD+OB) = (b+a)/(a+OB) = q/q' \quad (2)$$

が成り立つ必要がある。

{線分 AB を $q:q'$ に内分する点 C と外分する点 D を直径とする球面}

(1), (2)より $(b-a)/(a-OB) = (b+a)/(a+OB)$ が必要になる。したがって

$$OB = a^2/b \quad (3)$$

(3) を(1) もしくは (2) に代入すると $q' = aq/b$ (4) となる。

点電荷と仮想電荷間の距離は $b - a^2/b$ となるので、求めるクーロン力 F はクーロンの法則ならびに(3),(4)より

$$\begin{aligned} F &= 1/4\pi\epsilon_0 \cdot [-qq' / (b - OB)^2] \\ &= - (q^2 / 4\pi\epsilon_0) \cdot [ab / (b^2 - a^2)^2] \end{aligned}$$

(符号が“-”ということは、引力を意味する。)

問 4

内部の導体球に誘導される電荷を q とすると、外部の導体球の内面には電荷 $-q$ が誘導される。電荷保存則により、外部の導体球の外側の電荷は $Q+q$ となる。これが一様に分布するので

$$\underline{E = (Q+q) / 4\pi\epsilon_0 a^2}$$

問 5

・内部の導体球から見た外部の導体球の電位 ϕ_1 は以下のようにになる。

$$\phi_1 = -(q / 4\pi\epsilon_0) \cdot \int_c^b (dr/r^2) = (q / 4\pi\epsilon_0) \cdot (1/b - 1/c)$$

・無限遠から見た外部の導体球の電位 ϕ_2 は以下のようにになる。

$$\phi_2 = -(Q+q / 4\pi\epsilon_0) \cdot \int_{\infty}^a (dr/r^2) = (Q+q / 4\pi\epsilon_0) \cdot (1/a)$$

導体球内の電位は一定なので $\phi_1 = \phi_2$ となる。したがって

$$\underline{q = -Q / a \{ (1/a) - (1/b) + (1/c) \}}$$

問 6

内部の導体球の電荷 q と外部の導体球内側の電荷 $-q$ が中和して 0 になるので、外部の導体球外側の電荷 $Q+q$ が残り、外部の導体球の外側表面に一様に分布する。