

平成 17 年度前期日程入学試験学力検査問題

理 科

平成 17 年 2 月 25 日 13:30~16:00 (150 分)

物 理…… 1~14 ページ, 化 学……15~28 ページ

生 物……29~42 ページ, 地 学……43~52 ページ

志 望 学 部	試 験 科 目
理 学 部 農 学 部	物理, 化学, 生物, 地学のうちから 2 科目選択
医 学 部 歯 学 部	物理, 化学, 生物のうちから 2 科目選択
薬 学 部 工 学 部	物理(指定), 化学(指定)

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで, この問題冊子, 答案紙を開いてはいけない。
2. この問題冊子は, 52 ページである。問題冊子の白紙のページや問題の余白は草案のために使用してよい。なお, ページの脱落, 印刷不鮮明の箇所などがあった場合には申し出ること。
3. 解答は, 必ず黒鉛筆(シャープペンシルも可)で記入し, ボールペン・万年筆などを使用してはいけない。
4. 答案紙の受験記号番号欄(1 枚につき 2 か所)には, 忘れずに受験票と同じ受験記号番号を記入すること。
5. 解答は, 必ず選択した科目の答案紙の指定された箇所に記入すること。
6. 答案紙は, 持ち帰ってはいけない。
7. 試験終了後, この問題冊子は持ち帰ること。

生 物

1 動物細胞の体細胞分裂に関する次の文章を読み、問(1)~(5)に答えよ。

動物細胞は、栄養素と増殖に必要な成分を含む培養液のなかで培養すると、分裂し増殖することができる。細胞は分裂期(M期)と間期を周期的に繰り返すことによって増殖するが、このような細胞の増殖する周期を細胞周期とよぶ。M期は、さらに前期、中期、後期、終期の4段階からなる核分裂と、細胞質分裂に分けることができる。また、間期は、染色体の複製が進行しているS期と、S期の終了からM期の開始までのG₂期と、細胞質分裂終了直後からS期の開始までのG₁期、の3期に分けることができる。細胞は、通常の培養条件では細胞周期の各期の細胞が混在して増殖しているが、適当な薬剤で処理することによって、細胞集団を細胞周期の特定の時期にそろえることができる。次に薬剤を含まない通常の培養液で培養することによって、同じ細胞周期にある細胞集団を得ることが

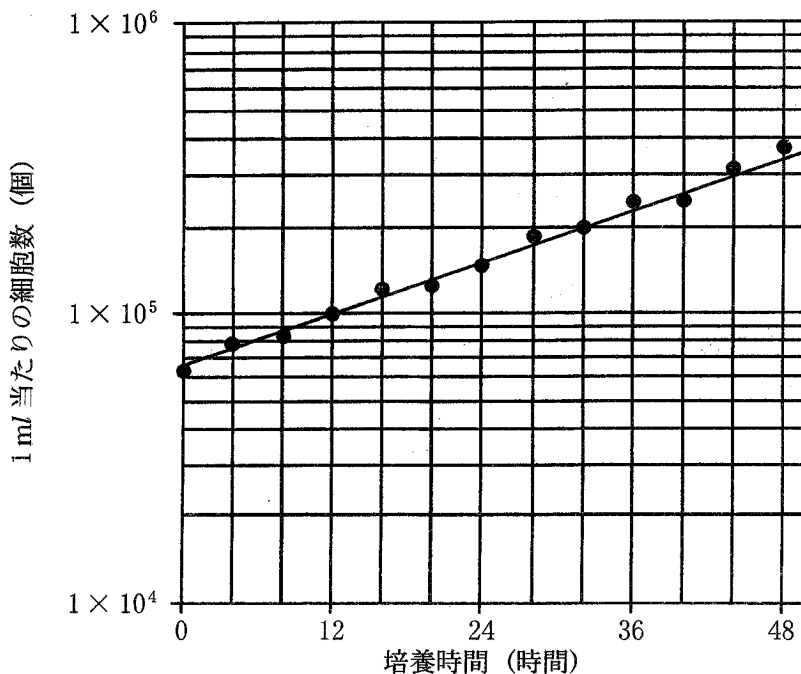


図1 ある動物細胞を培養したときの細胞数の時間変化。縦軸は1 ml 当たりの細胞数を常用対数目盛で示した。

表1 図1と同じ細胞集団をある時点で固定して観察したときの、間期および分裂各期の細胞数の割合。

細胞周期	間 期	前 期	中 期	後 期	終 期
細胞数の割合(%)	90	4	2	3	1

できる。このことを細胞周期を同調させるといふ。細胞の種類や培養の条件によって細胞周期の各期にかかる時間は異なっている。

問(1) 図1は、ある動物の体細胞を通常の培養液中で増殖させたときの細胞数の時間変化を測定した結果である。表1は、この細胞集団をある時点で固定液で固定して、顕微鏡で観察し、間期および分裂各期の細胞数の割合を計測した結果である。これらの結果から、この細胞の(ア)間期、(イ)前期、(ウ)中期、(エ)後期、(オ)終期、の各期に要する時間の長さを推定せよ。なお、細胞質分裂に要する時間は無視できるくらい短いものとする。

問(2) 問(1)の細胞集団を顕微鏡で観察したときに、分裂期中期の細胞にみられる紡錘体の様子を図示し、染色体、紡錘糸、動原体の位置を明示せよ。なお、この体細胞の染色体数は $2n = 8$ であるとする。

問(3) 図2は、図1と同じ細胞を用いて、細胞集団をある薬剤で処理し、細胞周期を同調させた後、図1と同じ条件で増殖させたときの、「細胞1個当たりのDNA量」(細胞質分裂終了直後の細胞のDNA量を1としたときの相対値)の時間変化を測定した結果である。以下のア)からエ)の問いに答えよ。

ア) 図2において、「S期の始め」を表すのはどの時点か。aからgの記号で答えよ。

イ) 図2において、「M期の始め」を表すのはどの時点か。aからgの記号で答えよ。

ウ) 図2において、G1期に相当するのはどの時期か。例のように記号で答えよ。(例：a—b)

エ) 図2において、G2期に相当するのはどの時期か。例のように記号で答えよ。(例：a—b)

問(4) 図1と同じ細胞を用いて、細胞集団をある薬剤で処理し、細胞周期を「S期の始め」に同調させた。その後、この薬剤を含まない通常の培養液に入れ替えて、図1と同じ条件でさらに48時間培養したときの細胞数の変化を予想し、解答欄のグラフ(縦軸、横軸は図1と同じとする)に示せ。なお、通常の培養液に入れ替えたときの時間を0とし、その時の細胞数を 5×10^4 個/mlとする。

問(5) 図1と同じ細胞を用いて、問(4)と同様に薬剤で処理し、細胞周期を「S期の始め」に同調させた。その後、薬剤を含まない通常の培養液に入れ替えて、図1と同じ条件でさらに8時間培養したとき、「細胞1個当たりのDNA量」はいくらか。細胞質分裂終了直後の細胞のDNA量を1として、相対値で答えよ。また、その理由を簡潔に記せ。

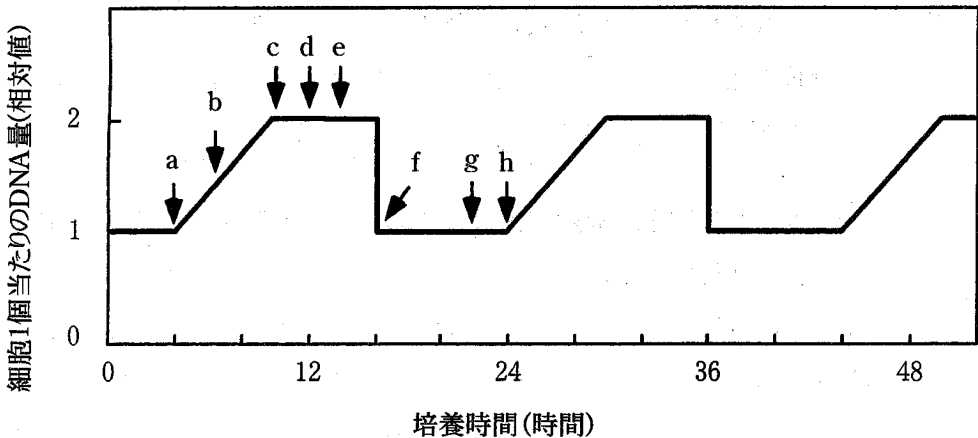


図2 図1と同じ細胞の細胞周期を同調させて、図1と同じ条件で培養したときの細胞1個当たりのDNA量の時間変化。

2 次の文章(I), (II)を読み, 問(1)~(5)に答えよ。

(I) タンパク質は細胞の構成成分のうち, 水について多く含まれ, そのほたらきはきわめて多様である。タンパク質は 20 種類のアミノ酸がいろいろな順序で 結合した高分子物質である。この結合は, あるアミノ酸の 基と他のアミノ酸の 基との間で, 1 分子の が失われて生じる。このアミノ酸配列の情報(遺伝情報)を決定しているのは, 核(a)に存在する DNA の塩基配列である。DNA 二本鎖の一方のポリヌクレオチド鎖の塩基配列を鋳型として へと遺伝情報の転写が行われる。次に は細胞質にあるタンパク質合成装置である に運ばれる。そこで, に結合したアミノ酸を用いて の塩基配列に指定された順序でアミノ酸がつながり, タンパク質が合成される。

真核細胞では, で合成された分泌タンパク質は, 小胞体の中を移動し, 輸送小胞によって へと運ばれる。そして, で多糖類などの修飾をうけ, 一定の機能を持つ物質となり, 分泌小胞によって細胞外に分泌される。代表的な分泌タンパク質には, 消化管の の細胞から分泌される消化酵素や内分泌器官の細胞から分泌されるホルモンなどがある。

(II) タンパク質の長い鎖は, その側鎖同士の間を生じる相互作用などによって折りたたまれ, 立体的な構造をとる。その立体構造には, 部分的に鎖がらせん状に巻いた構造(α ヘリックス構造)や部分的に数本の鎖が平行に並んだ構造(β シート構造)などの特徴的な構造が見られる。一般に, β シート構造は固い構造体を形成し, α ヘリックス構造は柔らかい構造体を形成する。熱や強度の酸性ないしアルカリ性溶液などでタンパク質を処理すると, タンパク質の立体構造が変化し, タンパク質の性質が変わることがある。このことをタンパク質の と呼んでいる。

さて, ウシ海綿状脳症(BSE)やヤコブ病などのプリオン病の原因とされているプリオンはタンパク質性感染因子で, その本体は異常型プリオンタンパクとされている。正常型プリオンタンパクは, もともと神経細胞などに豊富に存在

している。プリオン病に罹^かった個体では、正常型プリオンタンパクは、一部の α ヘリックス構造が β シート構造に変換され、 β シート構造含量が増えることにより、異常型プリオンタンパクとなる。この変換が起こる機序は不明であるが、この変換によりプリオンタンパクは新たに感染性と病原性という生物学的機能を獲得する。正常型プリオンタンパクと異なり、異常型プリオンタンパクは熱や酸では せず、タンパク質分解酵素存在下でも分解されにくい。異常型プリオンタンパクは「アミロイド」と呼ばれる不溶性の凝集体を形成し、脳組織に沈着して病気を起こす。

問(1) ~ に適切な単語を記せ。

問(2) 下線部(a)に関連して、DNAの塩基配列が変化を起こすと、その遺伝情報をもとにしてつくられるタンパク質のアミノ酸配列に変化が起こり、個体の形質に変化が起こることがある。しかし、DNAの塩基配列の変化が、たとえ遺伝子中のタンパク質に翻訳される領域であっても必ずしもアミノ酸配列の変化を起こさない場合もある。その理由を説明せよ。

問(3) ヒトに感染するウシ海綿状脳症(BSE)の脅威が、ウシ由来の非加工食材(肉、内臓など)だけではなく、ウシ由来の成分を含む加工品(加工食材、医薬品など)にまで及ぶことが危惧^{きん}されている。その理由を説明せよ。

問(4) 本来何らかの生理的機能を持ったタンパク質が、「アミロイド」を形成して組織に沈着することが原因と考えられる疾患は、プリオン病以外にもいくつか知られている。それらの疾患の原因となるタンパク質は異なるものの、「アミロイド」を形成した際の立体構造には共通点がある。どのような共通点が説明せよ。

問(5) 生理的機能を持つ様々なタンパク質が、遺伝子組換え技術を用いて大腸菌で大量に作られ医薬品や研究試料として使われている。これらの組換えタンパク質には、大腸菌から抽出し、精製しただけでは生理的機能を発揮せず、「ある操作」を必要とするものがある。本来のタンパク質とアミノ酸配列(一次構造)が同一であるにもかかわらず、なぜこのようなことが起こるのか考察せよ。

3 次の文章を読み、問(1)~(5)に答えよ。

生体防御反応の一翼を担う獲得(適応)免疫は、抗体が主たる役割を果たす **ア** と、 **イ** が主たる役割を果たす **ウ** に分けられる。後者は、結核菌やウイルスなどに感染した細胞を破壊することで感染防御に大きな役割を果たしているが、臓器や組織の移植という局面では、 **エ** と言った医療上望ましくない問題にも関係してくる。

エ とは、移植のレシピエント(移植を受ける側の呼称)において、移植片の定着が妨げられる現象であるが、主として、レシピエントの **イ** が移植片を異物とみなすことにより起こると理解されている。この場合に **イ** が異物と認識するものは、移植片内の細胞表面に存在するタンパク質である。このタンパク質は組織適合抗原と呼ばれる。現在までに、多くの種類の組織適合抗原が発見されているが、その中でも特に強い **エ** を誘導する組織適合抗原を主要組織適合抗原(以下、MHCと呼ぶ)と呼ぶ。ヒトのMHCは、第6染色体上にある遺伝子座に由来し、ほぼすべての種類の細胞に発現している。これまでの研究から、個体ごとにMHCのアミノ酸配列は異なっており、 **イ** が移植片を異物とみなす対象は、レシピエントと移植片の間にあるMHCアミノ酸配列の違いにあると理解されている。

まず、ハツカネズミを使った皮膚移植の実験例で **エ** とMHCの関係を考えてみる。ハツカネズミの場合も、個体間で皮膚移植を行って **エ** が起こるか否かは、ヒトの場合と同様にMHCの一致性で決まることがわかっている。以下の実験では、MHC遺伝子型が *aa* のA系統と *bb* のB系統のハツカネズミを用いており、*a*と*b*は対立遺伝子とする。A系統の個体からの皮膚組織はB系統の個体には定着せず、またその逆の場合も定着しないとする。

A系統とB系統を交配してF₁を作出し、親から子(F₁)への皮膚移植を試みた。その結果、この皮膚移植はすべて成功することがわかった。F₁の **イ** が親の皮膚組織を異物と認識しなかったと考えることができる。この理由について、移植片の供与側とレシピエント側のMHCの関係で考えてみる。移植片供与側となる親系統のMHC遺伝子型は *aa* か *bb*、レシピエント側となる

F₁のそれは *ab* となり、親子間で MHC 遺伝子型は一致しない。しかし、F₁では *a* と *b* の両方に由来する MHC が発現しているため、F₁ の は両親の MHC を異物と認識しなかったのである。

ヒトやハツカネズミの MHC は複数の遺伝子に由来しているが、それらは染色体上で極めて隣接して存在することがわかっている。したがって、MHC の遺伝は単一遺伝子産物の場合と同じとみなしてよい。本設問の解答に際しては、MHC 遺伝子は一つで、皮膚移植の成否は MHC の一致性のみに依存すると仮定する。

問(1) ~ に適当な語を入れよ。

問(2) A 系統, B 系統, F₁ の任意の二個体間で皮膚移植を行った時、 はどのような組み合わせの場合に起こると期待されるか。下の表に示したいくつかの組み合わせの例にならない、 ~ の部分に、 ありの場合は×, なしの場合は○を入れよ。

供与側

レシピエント側	A系統	B系統	F ₁
A系統	○	×	オ
B系統	×	○	カ
F ₁	キ	ク	ケ

問(3) 上記の F₁ の交配から得られる F₂ 世代において、任意の二個体間で皮膚移植を行った時、 が起こらない確率を答えよ。

問(4) もし、私たちヒトにおいて親から子への皮膚移植を行えば、ほとんどの場合に が起こると考えなければならない。なぜ、本設問にあるハツカネズミの実験の場合と違うのか。その理由を記せ。

問(5) ヒトの兄弟姉妹の二個体間(一卵性双生児間の場合を除く)で皮膚移植を行った時、 が起こらない確率を答えよ。

4 次の文章を読み、以下の問(1)~(4)に答えよ。

ナデシコ科のある1年生植物では、野生集団の中に「星形」の花をつけるものと、「丸形」の花をつけるものがある。この花の形は、1遺伝子座上の2つの対立遺伝子によって決まっている。ここでは、「星形」の花を決めている対立遺伝子をS、「丸形」の花を決めている遺伝子をCとする。通常、この植物では、昆虫が花粉を媒介しており、特定の組み合わせの交配が起きやすい傾向はない。ある集団P1では、「星形」と「丸形」が、それぞれ43589個体と4311個体みられた。

問(1) 「星形」と「星形」を人工交配させると、 F_1 には「星形」のみが現れる場合と「星形」と「丸形」が3:1に分離する場合があった。また、「丸形」と「丸形」を人工交配させると、 F_1 はすべて「丸形」になった。「星形」と「丸形」を人工交配させると、 F_1 ではどのような分離がみられるか、説明せよ。

問(2) 下記のア~カに適切な語句を入れよ。

ある特定の条件を満たす仮想的な集団では、世代を重ねても、遺伝子頻度と遺伝子型の割合が変化しない。

- (i) これを(ア)の法則という。
- (ii) その法則が成立するための主な条件は、
 - a. 集団の大きさが(イ)。
 - b. その集団と外部の集団で(ウ)。
 - c. 個体間の交配は(エ)。
 - d. 注目している遺伝子には、(オ)は起こらない。
 - e. 注目している遺伝子には、(カ)ははたらかない。

問(3) 集団P1で問(2)の条件が満たされていると仮定したとき、

- (i) 対立遺伝子Sの頻度を求めよ。
- (ii) 「星形」のうち、ヘテロ接合体であるものの頻度を求めよ(四捨五入して小数点以下第3位まで求めよ)。

問(4) 実際の集団では、問(2)の条件が満たされないことはよくある。今、花粉媒介をする昆虫が集団 P1 をまったく訪れなくなり、すべての個体が完全に自家交配によって、種子を生産するようになったとする。

(i) このことによって、問(2)の(ア)の法則の仮定条件のうち、どの条件が満たされなくなったのか、文章で簡潔に答えよ。

(ii) 1世代後の対立遺伝子 S の頻度を求めよ。

(iii) 「星形」のうち、ヘテロ接合体であるものの頻度を求めよ(四捨五入して小数点以下第3位まで求めよ)。