

令和7年度入学者選抜学力検査問題
〈前期日程〉

理 科

(医学部 医学科)

科 目	頁 数
物 理 基 礎 ・ 物 理	2 頁 ～ 9 頁
化 学 基 礎 ・ 化 学	10 頁 ～ 17 頁
生 物 基 礎 ・ 生 物	18 頁 ～ 25 頁

注 意 事 項 I

この冊子には物理，化学，生物の問題がのっている。そこから2科目を選択し，解答すること。

注 意 事 項 II

- 1 試験開始の合図があるまでこの問題冊子を開いてはいけない。
- 2 試験開始の合図のあとで問題冊子の頁数を確認すること。
- 3 解答にかかる前に必ず受験番号を解答用紙に記入すること。
- 4 解答は必ず解答用紙の所定の欄に記入すること。
所定の欄以外に記入したものは無効である。
- 5 問題冊子は持ち帰ってよい。

生物基礎・生物

1 次の文章を読み、下の各問いに答えなさい。

ヒトの耳には、音波を空気の振動として受容する聴覚器がある。外耳から入ってきた音波は、外耳と中耳の境界にある **ア** を振動させる。**ア** の振動は中耳の耳小骨によって増幅され、内耳のうずまき管に伝わる。音波はうずまき管の内部のリンパ液を介して、基底膜を振動させる。^(a)基底膜の上にある **イ** では、基底膜が振動すると **ウ** に接触した感覚毛が曲がり、**エ** が興奮する。この興奮による電気信号が聴神経によって大脳に伝わる^(b)と聴覚が生じる。

ヒトの内耳には、からだの傾きや回転を受容する平衡受容器がある。**オ** では、からだの傾きを受容する。一方、**カ** では、からだの回転を受容する。受容した情報が電気信号^(c)として大脳に伝わりと平衡覚が生じる。

問1 **ア** ～ **カ** に当てはまる用語を答えなさい。

問2 下線部(a)について、下の各問いに答えなさい。

- (i) 図1は1600, 800, 200, 50ヘルツ(ヘルツは1秒間の振動回数を表す単位)の音によって振動した基底膜の動きの大きさと、耳小骨からの基底膜の距離との関係を示している。ヒトは振動数の大きい音を高音と認識し、小さい音を低音と認識する。図1を参考にして、ヒトが音の高低をどのように聞き分けているのか推察し、簡潔に説明しなさい。

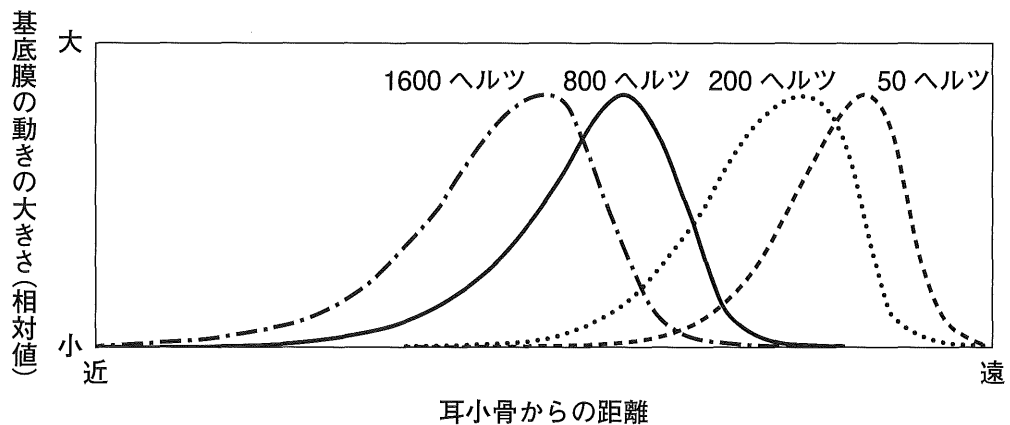


図1 音の高低と基底膜の振動位置

- (ii) ヒトは加齢に伴い、ことばの違いが聞き取りにくくなると言われている。例えば、「佐藤さん」と「加藤さん」を聞き間違えることがある。その理由を自由に推察し、簡潔に説明しなさい。

問3 下線部(b)について、下の各問いに答えなさい。

- (i) ニューロンで起こった興奮が軸索を伝導する速度は、無髄神経繊維に比べると、有髄神経繊維の方が大きい。この理由について、「ランビエ絞輪」を使って簡潔に説明しなさい。
- (ii) 図2は、1本のニューロンで記録された細胞膜の内外での電位差(膜電位)の変化を示している。この一連の膜電位の変化は何と言われているか。また、図中の①と②における Na^+ と K^+ に対する細胞膜の透過性の違いについて簡潔に説明しなさい。

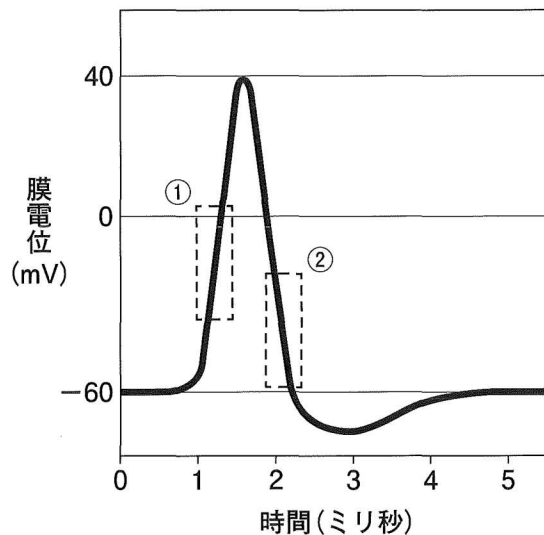


図2 ニューロンにおける膜電位の変化

問4 下線部(c)について、下の各問いに答えなさい。

- (i) ヒトの脳で、からだの平衡を制御し、筋肉運動(随意)を調節する中枢はどこにあるか、答えなさい。
- (ii) からだの傾きや回転の情報はどのように受容され、大脳に伝わるのか以下の用語を使って簡潔に説明しなさい。

用語：感覚毛, リンパ液, 耳石

2 次の文章(1)，(2)を読み，各問いに答えなさい。

- (1) 生体内には非常に多くの種類のタンパク質が存在し，生体の構造や機能維持に関与している。これらのタンパク質は，DNA の塩基配列に存在する遺伝情報にもとづいて合成される。遺伝情報をもとにタンパク質が合成されることを遺伝子の発現という。遺伝子の発現はおもに転写段階で調節される。転写の調節には，負の調節と正の調節があり，その基本的なしくみは，原核生物と真核生物で共通である。^(a)

大腸菌の DNA には約 4000 の遺伝子が存在するが，常にすべての遺伝子が発現しているわけではなく，必要な際に遺伝子が発現するように調節されている。大腸菌では，一連の化学反応に関連する複数の酵素の構造遺伝子が隣あって存在し，複数の遺伝子が一つの mRNA として転写される DNA 上の単位をオペロンという。^(b) このオペロンをコードしている DNA 領域の近傍には，オペロンの発現調節に必要な DNA 領域と調節タンパク質をコードする DNA 領域が存在している。^(c)

問 1 図 1 は細菌(原核生物)の DNA から RNA が転写されているようすを電子顕微鏡で観察した模式図である。図 1 の①の繊維，②の繊維，③のタンパク質合成を担う粒子(黒丸)，④の小粒子(三角形)はそれぞれ何を示すか名称を答えなさい。

問 2 図 1 の②の繊維は 4 種類の塩基を含み，②の一番長い繊維の塩基の組成はアデニン 27.0 %，グアニン 19.0 %，シトシン 26.0 %であった。①の繊維の⑤で示す領域に含まれる塩基の種類とその割合(%)を答えなさい。

問 3 下線部(a)に関して，酵母では図 1 のような像は観察されなかった。真核生物の転写・翻訳は原核生物とどのように異なるのか簡潔に説明しなさい。

問 4 下線部(b)に関して，大腸菌は細胞内に過剰なトリプトファンが存在する時，トリプトファン合成遺伝子群の発現が抑制されることが知られている。どのような仕組みで遺伝子発現の調節が行われているのか調節タンパク質の特性に着目して説明しなさい。

問 5 下線部(c)に関して，大腸菌に紫外線を照射して突然変異を誘導すると，細胞内に過剰なトリプトファンが存在してもトリプトファン合成酵素群が発現する突然変異体が幾つか得られた。詳しく突然変異体を解析すると，主に 2 つのタイプに分類されることがわかった。それぞれどのような突然変異が起こったと考えられるのか説明しなさい。

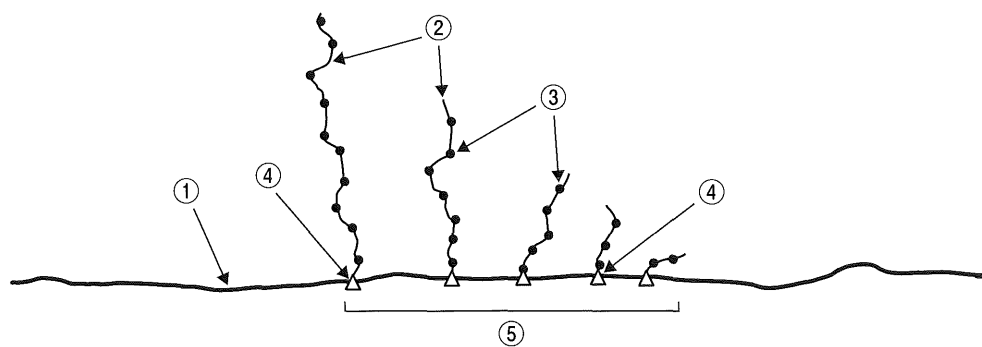


図1 電子顕微鏡で観察した細菌(原核生物)のDNAからRNAが転写されているようすの模式図

(2) 好熱性細菌は通常生命体が生存できない高温で生存できる生物である。*Taq* DNA ポリメラーゼは好熱性細菌より単離され、その特徴を活かして PCR 法に用いられている。今回、新たに好熱性細菌より遺伝子 X を含む DNA 断片を PCR 法により増幅した(図 2)。この遺伝子 X がコードするタンパク質 X の機能を解析するために、タンパク質 X を大腸菌で産生させることにした。

遺伝子 X の DNA 断片とタンパク質発現用プラスミド(図 3)を制限酵素 *Eco*RI で切断し、精製した DNA 断片を混合して DNA 鎖を結合させる酵素^(d)を作用させた。次にこの混合液を大腸菌に導入し、形質転換を行った。抗生物質のアンピシリンを含む寒天培地に大腸菌を拡げ、一晚 37℃ で培養を行うことにより寒天培地上でコロニーが得られた。

得られたコロニーを幾つか選択し、アンピシリンを含む液体培地に接種し、一晚 37℃ で培養を行い、大腸菌からプラスミド DNA を精製した。遺伝子 X が発現可能な向きに挿入されたプラスミド^(e)を選ぶために、精製したプラスミドを制限酵素で切断し、アガロース電気泳動^(f)を行った。

次に、ラクトース調節遺伝子を常に発現している大腸菌株に、選択した遺伝子 X が挿入されたプラスミド DNA により形質転換を行った。この形質転換された大腸菌の大量培養を行い、物質 Y^(g)を培養液に加え、大量のタンパク質 X を発現する大腸菌が得られた。その後、生化学的にタンパク質 X を精製し、タンパク質 X の性質が明らかになった。

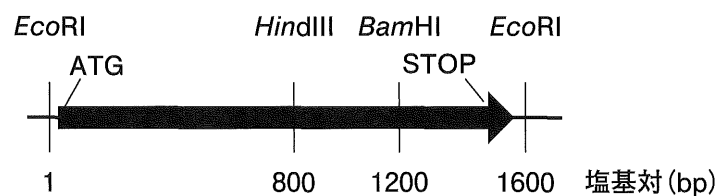
問 6 下線部(d)に関して、DNA の結合に使用した酵素の名前を答えなさい。

問 7 下線部(e)に関して、どのようなプラスミドが得られたのかプラスミドの図を描きなさい。

図には必ず制限酵素の切断部位を示しなさい。なお、制限酵素で切断したプラスミドは、プラスミドの末端同士で結合しないように処理を施している。

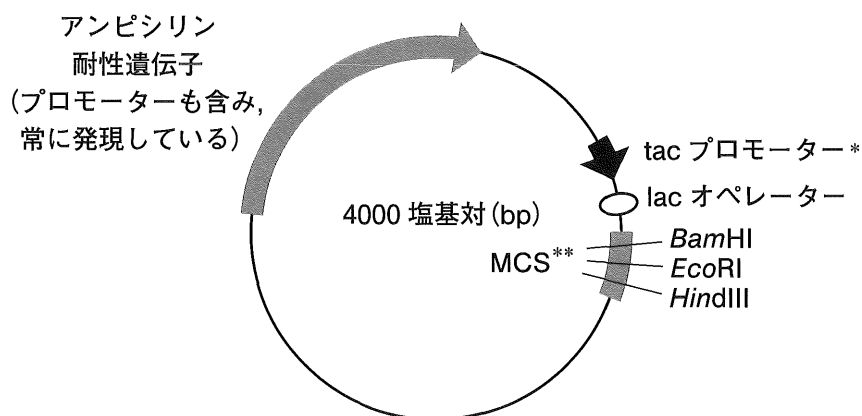
問 8 下線部(f)に関して、遺伝子 X が発現可能な向きに挿入されたプラスミドを選ぶために使用した制限酵素の名称を答え、アガロース電気泳動で確認された DNA 断片の大きさを単位も含めて下二桁を四捨五入して答えなさい。なお、使用できる制限酵素は *Bam*HI, *Eco*RI と *Hind*III で、またプラスミドの MCS の長さは無視できる程度に短いものとする。

問 9 下線部(g)に関して、加えた物質 Y はどのような物が答えなさい。また、タンパク質 X は大腸菌の成長を阻害する可能性が予想されたので、物質 Y はどのようなタイミングで加えたと考えられるか答えなさい。



数字は制限酵素認識配列の位置を，矢印は翻訳の方向を，ATG および STOP は翻訳開始と停止の位置を示す。

図2 遺伝子 X の DNA 断片の制限酵素地図



* tac プロモーターはトリプトファン (trp) プロモーターとラクトース (lac) プロモーターを融合して作成され，強力な転写活性を示す。

** MCS はプラスミドを一箇所だけ切断する複数の制限酵素認識配列が順に並んだ領域である。

図3 大腸菌で用いるタンパク質発現用プラスミド

3 次の文章(1)，(2)を読み，各問いに答えなさい。

(1) 近年，地球全体の平均気温は徐々に上昇しており，過去 100 年で約 0.7℃ 上昇している。

一方，温室効果ガスである二酸化炭素の大気中の濃度は，1985 年には約 345 ppm であったが，^(a)2020 年には 410 ppm を超えた(図 1)。このように，地上平均気温と同様に，二酸化炭素濃度にも上昇傾向が見られることから，

地球が温暖化している原因は，二酸化炭素などの温室効果ガスの増加であると考えられている。今後，人間活動による二酸化炭素放出に対して対策をとらなかった場合，21 世紀末までに地上平均気温は 2.6～4.8℃ 上昇すると見積もられており，気温上昇に伴う様々な生物の生息環境の消失や，^(b)

^(c)生息域の変化が予想されている。

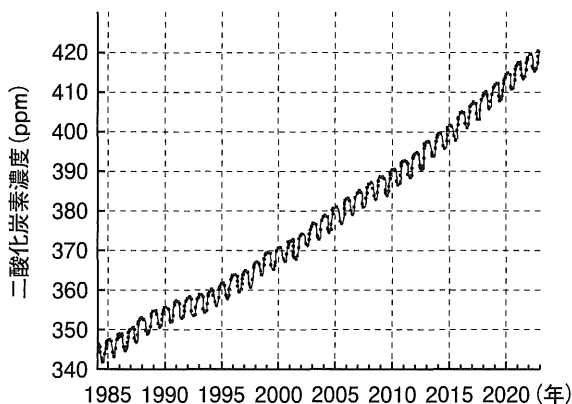


図 1 大気中の二酸化炭素の濃度変化

問 1 下線部(a)について，二酸化炭素以外の温室効果ガスを 3 つ挙げると共に，温室効果とは何かを簡潔に説明しなさい。

問 2 図 1 について，大気中の二酸化炭素濃度がジグザグに変化する理由を答えなさい。

問 3 下線部(b)に関連して，海洋にはサンゴが魚類などの隠れ場所や食物となっている生態系がある。しかし，地球温暖化に伴う海水温上昇によって，サンゴが白くなる白化現象が報告されている。この白化現象とは何かを簡潔に説明しなさい。

問 4 下線部(c)について，地球温暖化で植物の生息範囲はどのように変化するかを簡潔に答えなさい。

(2) 地上の気温は条件によって大きく変動するが、恒温動物であるヒトには、体温を一定に保つ仕組みが備わっている。例えば、外気温が低くなると、ヒトはまず **ア** をして、体温の急激な低下を防ごうとする。これは行動性体温調節と呼ばれ、体温の低下を予測してこれを防ごうとする一種の予測制御である。寒冷な場所に滞在し続けると、これに加えて、熱産生を起こすように自律系が作動する。これは自律性体温調節と呼ばれる。前者の行動性体温調節は、皮膚にある **イ** が外気温を感知し、その情報を **ウ** へ伝え、ここから大脳へ連絡された結果である。一方、後者の自律性体温調節は、**イ** と共に **エ** にある温度受容器が反応し、ここから自律系へ連絡がなされた結果である。この自律系としては、**オ** と **カ** とが存在し、**オ** は立毛筋や皮膚血管の ^(d) **キ** を行い、放熱を抑えて体温を維持しようとする。**カ** では **ク** から、甲状腺刺激ホルモンが出て甲状腺を刺激し **ケ** を分泌させ、副腎皮質刺激ホルモンが出て副腎皮質を刺激し **コ** を分泌させ、肝臓や筋肉での代謝を促進させる。これら自律性調節の中枢も、行動性調節の中枢と同じ **ウ** である。逆に、暑い時などに体温が ^(e) 上昇すると、放熱量を増加し、産熱量を減少させる調節が行われる。

こうして体温は一定に保たれているが、実はヒトの場合、早朝の体温と夕方の体温では $0.6 \sim 1.0^{\circ}\text{C}$ も差があることが分かっている。このように、ほぼ1日の周期で自律的な変動をすることは ^(f) 日周性 と呼ばれる。また、同じ時刻に計測しても、成熟女性ではおよそ ^(g) 28日 周期で 0.5°C 以上の体温変動を示す。恒常性の状態にある体温も、実は周期的に変動している。つまり恒常性の維持とは言っても、微動だにしない一定を意味するのではなく、揺れながら全体のバランスの中で、動的に平衡が保たれていることを意味しているのである。

問5 文中の空欄 **ア** ～ **コ** に入る用語を答えなさい。

問6 下線部(d)を惹起^{じゃっき}させる神経伝達物質は何かを答えなさい。

問7 下線部(e)の体温が上昇した時に行われる調節について、簡潔に説明しなさい。

問8 下線部(f)に関して、次の問いに答えなさい。

- (i) 日周性は、何にもとづいて周期を刻んでいるのか。
- (ii) 「ほぼ1日」の周期を「正確に1日」の周期に変調する刺激は何か。

問9 下線部(g)を惹起^{じゃっき}させる因子は何かを答えなさい。

