2025 年 度

問題冊子

教科	科目	ページ数
理科	生物	14

試験開始の合図があるまで，問題冊子を開かないこと。

解答の書き方

1. 解答は，すべて別紙解答用紙の所定欄に，はっきりと記入すること。
2. 解答を訂正する場合には，きれいに消してから記入すること。
3. 解答用紙には，解答と選択した選択問題の番号，志望学部及び受験番号のほかは，いっさい記入しないこと。
4. **問題〔4〕，〔5〕は選択問題である。どちらか一方のみを解答すること。両方を解答してはいけない。選択問題〔4〕，〔5〕のうち，選択した問題の番号を解答用紙(その4)の所定の枠内に記入すること。**

注 意 事 項

1. 試験開始の合図の後，すべて(5枚)の解答用紙に志望学部及び受験番号を必ず記入すること。
2. 理科の選択科目は，出願時に選択したものと異なるものについて解答してはいけない。
3. 下書き用紙は，片面だけ使用すること。
4. 試験終了時には，解答用紙を必ずページ順に重ね，机上に置くこと。解答用紙は，解答していないものも含め，すべて(5枚)を回収する。
5. 試験終了後，問題冊子及び下書き用紙は持ち帰ること。

〔1〕 以下の問い(**問1～2**)に答えよ。

問 1 図1は，形質転換した大腸菌の細胞中で発現させて生産した酵素Aの酵素反応について測定し，(a)反応時間と生成物の量，(b)基質濃度と酵素の反応速度の関係を示したグラフである。酵素Aと図1の酵素反応と同じ基質を用いて，(1)～(3)の条件で酵素反応した場合のグラフを図2の(a)～(h)から選択し，その理由を書きなさい。ただし，変更する前の条件で測定したグラフを実線で，変更後の条件で測定したグラフを点線で示しているものとする。

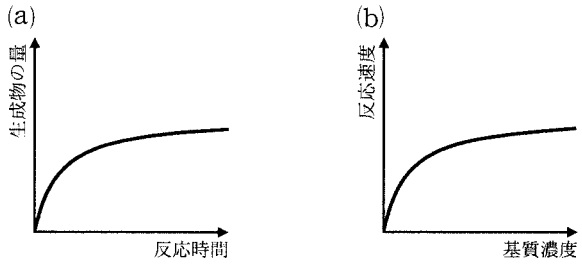

図1

(1) 反応開始時の基質濃度が同じで，酵素濃度を高くした場合の反応時間当たりの生成物の量

(2) 酵素濃度を高くした場合の基質濃度当たりの酵素の反応速度

(3) 酵素活性部位以外の特定部位に結合し，非競争的に阻害する物質を十分量加えた場合の基質濃度当たりの酵素の反応速度

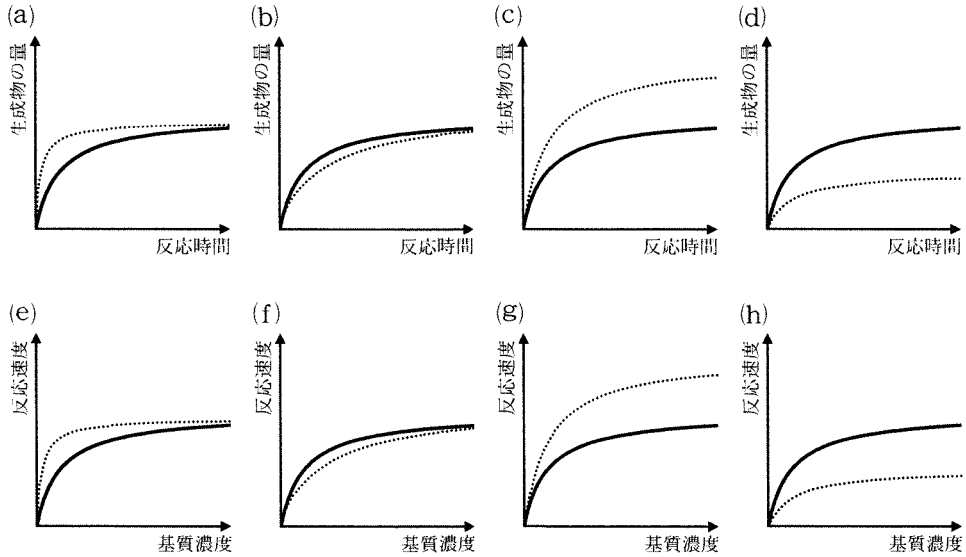
(a)
生成物の量
反応時間
(b)
生成物の量
反応時間
(c)
生成物の量
反応時間
(d)
生成物の量
反応時間
(e)
反応速度
基質濃度
(f)
反応速度
基質濃度
(g)
反応速度
基質濃度
(h)
反応速度
基質濃度

図 2

問 2 大腸菌のβ－ガラクトシダーゼ遺伝子(*lacZ*)を含むラクトースオペロン制御下にある遺伝子の発現制御を調べるために，次の野生型(A)と各種の突然変異体大腸菌(B)～(D)を用いた実験を行った。

(A) 野生型の大腸菌

(B) ラクトースオペロンの調節タンパク質(リプレッサー)をコードする遺伝子が欠損した突然変異体大腸菌

(C) ラクトースオペロンのプロモーターが機能できない突然変異体大腸菌

(D) ラクトースオペロンの調節領域(オペレーター)が機能できない突然変異体大腸菌

まず，これらの大腸菌を微量のグルコースを炭素源として含む培地中で①増殖が停止するまで培養した。この増殖の停止が炭素源の枯渇によるものと考え，ここに炭素源として少量のラクトースを添加したところ，②野生型の大腸菌(A)ではしばらくして増殖が再開されたが，その後再び停止した。また，同じ実験をラクトースオペロンの発現誘導剤でありながら，β－ガラクトシダーゼの基質にならないラクトースの類似化合物③IPTGをラクトースの代わりに用いて行った。

(1) 下線部①の状態において，(A)～(D)のそれぞれの大腸菌の *lacZ* の発現について適切なものを次から選べ。

(a) 発現していない　　(b) 発現している

(2) 下線部②の理由を，*lacZ* の発現とβ－ガラクトシダーゼの機能に留意して説明せよ。

(3) 下線部②について，(B)～(D)の各突然変異体大腸菌を用いた場合，それぞれ野生型大腸菌(A)とは異なる増殖パターンを示した。どのような増殖パターンを示したかを理由とともに説明せよ。

(4) 下線部③の実験において，各大腸菌(A)～(D)の増殖の再開と *lacZ* の発現を調べた。増殖が再開した大腸菌と *lacZ* が発現していた大腸菌をそれぞれすべて答えよ。なお，該当するものがない場合は「なし」と答えよ。

〔2〕 次の文章を読み，以下の問い(**問1～7**)に答えよ。

植物は外部環境の変化にあわせて成長を調節する。特に光は，光合成に必要なだけでなく，植物の様々な反応に影響する。

例えば，種子には光が当たらなければ発芽しない光発芽種子①があり，水や温度などの条件が適切でも光条件によっては発芽しない場合がある。この光発芽種子における発芽に関わる光受容体は［ a ］で，これには赤色光吸収型(Pr 型)②と遠赤色光吸収型(Pfr 型)の2つの型があり，主に赤色光と遠赤色光を吸収して，それぞれの光を吸収すると相互に型が変換される。また，［ a ］は花芽形成③にも関係すると考えられている。光による植物の反応はこのほかに青色光でもみられる。青色光を受容する光受容体として［ b ］および［ c ］があり，［ b ］は光屈性④や気孔⑤の開口の調節に関わること，［ c ］は伸長成長⑥の抑制などに関わることが知られている。

問 1 文章中の［ a ］～［ c ］に適切な語句を記入せよ。

問 2 下線部①について，光発芽種子にあてはまるものを以下の語群からすべて選び，アルファベットを記入せよ。

(A) カボチャ　(B) キュウリ　(C) ケイトウ

(D) タバコ　(E) レタス

問 3 下線部②について，下表はある光発芽種子に赤色光(R)および遠赤色光(FR)を交互に照射したときの発芽率を調査した結果である。この表の結果から，この光発芽種子の発芽と［ a ］の型との関係について考えられることを説明せよ。

光の照射順	発芽率(%)
暗所	5
R →暗所	80
R → FR →暗所	5
R → FR → R →暗所	82
R → FR → R → FR →暗所	6
R → FR → R → FR → R →暗所	81
R → FR → R → FR → R → FR →暗所	6
FR →暗所	5

問 4 下線部③について，葉で受容された光の情報をもとにつくられた物質は，師管を移動して茎頂に伝えられ，花芽形成が調節される。葉でつくられたその物質が師管を移動することはどのような実験と結果で確かめることができるか説明せよ。

問 5 下線部④について，光屈性に関わる植物ホルモンXは，幼葉鞘(ようようしょう)の先端部においては，おもに先端から基部側へ極性移動する。この極性移動には細胞膜に存在する特殊なタンパク質(植物ホルモンXを細胞内に取り込む輸送タンパク質と，細胞内から排出する輸送タンパク質)が関わっている。このような植物ホルモンXの極性移動の一般的なしくみとして，2種類の輸送タンパク質の細胞膜内での分布について簡潔に説明せよ。

問 6　下線部⑤について，［ b ］が青色光を受容して，その刺激により気孔が開く。土壌に十分な水分がある場合，気孔が開くしくみを，浸透圧と孔辺細胞の構造の観点から説明せよ。

問 7　下線部⑥について，植物の成長は細胞分裂による細胞数の増加と，主に吸水による細胞体積の増加(細胞の成長)とによって起こり，細胞の成長方向は細胞壁のセルロース繊維の合成方向に影響される。ある植物ホルモンＹが作用して茎の細胞が縦方向に成長する場合，セルロース繊維の合成方向を答えよ。

試験問題は次に続く。

〔3〕 以下の問い(**問1～5**)に答えよ。

全ての生き物は常に他の生き物やウイルスなどの侵襲を受けており，ヒトの歴史にも多大な影響をもたらしてきた。こうした侵襲に適切に対処することは，個体のみならず社会を健全に維持していくためにも必要不可欠である。

問 1 こうした生き物やウイルスが容易には体内に侵入できないように，我々ヒトの身体には物理的・化学的な防御が備わっている。そうした防御の例をそれぞれ1つ挙げ，どのようにして侵入を防いでいるか説明せよ。

問 2 ウイルスはそれ自身では増殖することができず，増殖するためには細胞膜を越えて細胞内に侵入する必要がある。侵入の足場として宿主の細胞膜の特定のタンパク質などを利用することが多く，これを感染受容体と呼ぶ。ウイルスのタンパク質が感染受容体に結合することが細胞内への侵入のきっかけとなるため，感染受容体の発現によってウイルス感染の細胞・組織・種の特異性が決定される。

(1) 新型コロナウイルス感染症の原因ウイルスであるSARS-CoV-2の主要な感染受容体はACE2という細胞膜に存在するタンパク質であることが種々の解析により示されている。以下の6つの解析のうち「ACE2がSARS-CoV-2の感染受容体である」という推定を行う上で，他の4つと比べて根拠としては弱いと考えるものを2つ選んでアルファベットで記し，そう考える理由を記載せよ。

a．40種類の培養細胞についてSARS-CoV-2が感染するかを調べると，3種類の細胞が感染し，その3種類全てでACE2が発現していた。

b．SARS-CoV-2とACE2タンパク質とを混合すると，ACE2タンパク質はSARS-CoV-2ウイルス粒子に結合した。

c．SARS-CoV-2が感染しない培養細胞にACE2を発現させるとSARS-CoV-2が感染するようになった。

d．SARS-CoV-2が感染できる培養細胞にSARS-CoV-2を感染させ

るときに，ACE2 タンパク質を細胞の培養液中に加えておくと感染しにくくなった。

e．SARS-CoV-2 が感染する培養細胞に発現している ACE2 の発現を RNA 干渉法によって抑制すると SARS-CoV-2 が感染しにくくなった。

f．SARS-CoV-2 はハムスターには感染するがマウスには感染しない。ハムスターとマウスの ACE2 のアミノ酸配列を調べたところ，ハムスターの ACE2 はマウスの ACE2 よりもヒトの ACE2 とよく似ていた。

(2) 先の解析の中に，ACE2 を培養細胞で発現させる，という方法があった。このためには ACE2 を発現させるための組み換えプラスミドを作製する必要があり，その際には制限酵素が用いられることが多い。制限酵素とは何か，説明せよ。

問 3 SARS-CoV-2 は感染受容体に結合した後，エンドサイトーシスという機構を介して細胞内に侵入するという報告がなされている。エンドサイトーシスとはどのような機構のことか，説明せよ。

問 4 SARS-CoV-2 の侵入に対して，免疫系が活動を開始する。まず，自然免疫に関わる因子群が侵入をキャッチして対応を開始する。

ウイルスの侵入を検知するタンパク質の一つがトル様受容体である。SARS-CoV-2 と近縁の SARS-CoV ウイルスにおいては，トル様受容体が働かなければ感染が重症化することが，以下のような動物実験で確認されている。

まず，SARS-CoV をマウスにも感染するように改変した。これを m-SARS-CoV と呼ぶ。次に，m-SARS-CoV をマウスに感染させ，その後の体重を測定した。その結果を図 1 に示す。

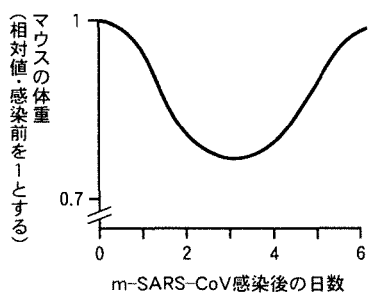

図 1

次いで，トル様受容体が働けないようにしたマウスに，同様に m-SARS-

CoV を感染させて，感染後の体重を測定したところ，感染の重症化が認められた。

(1) 図 1 から，野生型マウスでは m-SARS-CoV に感染した後，主として自然免疫の働きにより回復に向かっているものと想定される。この時，ウイルスに感染した細胞の攻撃において主要な役割を果たしている細胞の名称を記せ。

(2) トル様受容体が働けないようにしたマウスでは感染の重症化が認められたが，その時の体重変化のグラフの概形は，以下に示す図 a ～ e のどれに最も近くなっていたと考えられるか，1 つ選んでアルファベットで記し，その理由を記載せよ。なお，図 a ～ e の縦軸と横軸は図 1 と同じである。

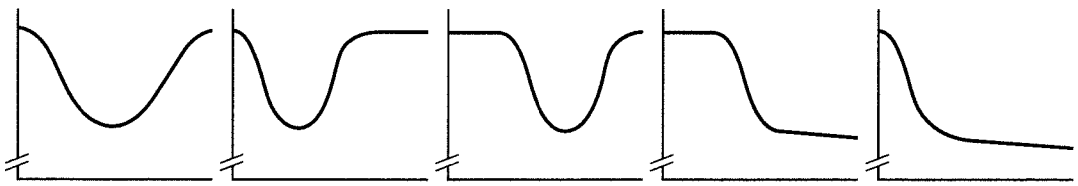

図 a　図 b　図 c　図 d　図 e

問 5 自然免疫の働きで SARS-CoV-2 の体内での感染拡大を抑えている間に，適応免疫(獲得免疫)が働きはじめ，より多くの種類の細胞が SARS-CoV-2 と感染細胞の排除に乗り出してくるとともに，自然免疫に関わる細胞の働きも活性化される。こうして SARS-CoV-2 は体内より排除されていく。

(1) SARS-CoV-2 に感染してから SARS-CoV-2 のタンパク質に対する抗体が産生されるまでの過程を「樹状細胞が SARS-CoV-2 のタンパク質の一部を抗原として提示し」ではじまり「SARS-CoV-2 に対する抗体が産生される」で終わる文章で説明せよ。

(2) SARS-CoV-2 のタンパク質に対する抗体はどのようにして SARS-CoV-2 の感染からの回復に役立つのか，説明せよ。

(3) 適応免疫では**問 4**(1)の細胞に加えて，SARS-CoV-2 に感染した細胞を認識して攻撃する細胞が活性化され，活動する。この細胞の名称を記せ。

試験問題は次に続く。

〔選択問題〕

〔 4 〕 次の文章を読み，以下の問い(問 1 ～ 5)に答えよ。

ある仮想的な植物が夜間に花を咲かせ，夜行性のガによって花粉媒介されるとする。植物には 1 遺伝子座上の対立遺伝子によって異なる赤花と白花の個体が同じ集団のなかにいる。遺伝子型と表現型の関係は以下のようである。

遺伝子型	表現型
RR	赤花
RW	赤花
WW	白花

対立遺伝子 R と W のうち①ヘテロ接合体で形質を発現するものは [a] 性と呼ばれる。一方，発現しないものは [b] 性と呼ばれる。

ガは紫外線の反射によって花を見分けるので反射率の高い白花のほうに 3 倍多く訪花する。すなわち対立遺伝子 R と W のうち，有利なのは [c] である。有利とは次世代に残す遺伝子のコピー(生き残った子供の数)が多い，すなわち [d] が高いことを意味する。

庭に鉢植えにした赤花純系と白花純系を同数ずつ配置し，ガに自由に訪花させる状況を想定する(想定外の出来事，例えば花粉不足や自家受精，他の生物による花粉媒介などは起こらないとする)。ガが赤花の雄しべから赤花の雌しべへ花粉を媒介する確率を 1 とするとその他の組み合わせは以下のようになる。

		雌しべ	
		赤花	白花
雄しべ	赤花	1	[e]
	白花	[f]	[g]

受粉が起こる確率に比例して種子が作られると仮定すると，次世代(種子)における遺伝子型頻度はRR：RW：WW＝［ h ］：［ i ］：［ j ］(合計が1になるよう調整せよ)となることが期待される。すなわちその種子を植えて育てたとき赤花が咲く個体と白花が咲く個体の頻度は赤花：白花＝［ k ］：［ l ］(合計が1になるよう調整せよ)である。このように［ d ］が高い形質およびそれをコードしている対立遺伝子が世代と共に頻度が増えるプロセスを自然選択②という。

問 1　文中の［ a ］～［ d ］に入る適切な語句を答えよ。

問 2　文中の［ e ］～［ g ］に入る整数および［ h ］～［ l ］に入る数値(小数第4位まで)を答えよ。

問 3　下線部①について，ヘテロ接合体RWにおいて［ a ］性形質が発現するのはどのような理由によるか，そのメカニズムを考察せよ。ここでR遺伝子は赤色素を作りW遺伝子はR遺伝子から突然変異で生じたものとする。

問 4　下線部②について，自然選択を提唱した19世紀イギリスの生物学者は誰か。

問 5　自然選択が働いた結果，生物が環境の中でうまく生きられるようになることを何というか。

〔選択問題〕

〔 5 〕 次の文章を読み，以下の問い(問 1 ～ 9)に答えよ。

花子は卒業研究で，ある 1 年草の被子植物の 2 倍体の集団が自由な交配の状態にあるかどうかを調べることになった。そこで①核 DNA 上の遺伝子座の対立遺伝子(アレル)の解析をおこなうことにした。実際の遺伝子型の頻度の値とハーディー・ワインベルグの法則に基づく理論上の遺伝子型の頻度の値が互いに近ければ，その集団では自由な交配の状態にあると結論できると花子は考えた。そこですべての個体の葉片を採取し，それぞれの個体の DNA を抽出した。次に②PCR 法により，目的の DNA 領域の DNA 断片を増幅した。増幅した DNA 断片を利用した解析から，集団内には目的の遺伝子座に 2 つの対立遺伝子が存在することがわかった。その 2 つの対立遺伝子を A と a とする。集団の個体数は 60 個体であり，60 個体の遺伝子型の内訳は，AA が 31 個体，Aa が 22 個体，aa が 7 個体であった。

また数年後に同じ集団の同じ遺伝子座について太郎が解析をおこなったところ，遺伝子頻度が変化していた。この現象のひとつの要因として，太郎は③遺伝的浮動を考えた。さらに遺伝子型ではヘテロ接合体の頻度が低下していた。④この要因として，太郎はこの集団で自殖率が高くなったのではないかと考えた。

問 1 下線部①について，植物細胞には核以外の細胞小器官にも DNA が存在するが，それはどの細胞小器官か，2 つ答えよ。

問 2 下線部②について，PCR 法をおこなう時に，葉から抽出された DNA の他に試験管内に同時に入れる必要のある物質をすべて答えよ。

問 3 下線部②について，PCR 法では反応液を含む試験管を 95℃程度に加熱する過程がある。ではこの過程によって反応液中の DNA にどのような変化が起こるか，説明せよ。

問 4　花子が調べた時点において，この集団の遺伝子頻度を求めよ。ただし頻度は合計が 1 になるようにせよ。

問 5　花子が調べた時点において，この集団でハーディー・ワインベルグの法則が成立した場合のそれぞれの遺伝子型の頻度(理論上の値)を求めよ。ただし頻度は合計が 1 になるようにせよ。

問 6　今回の解析の目的には，自然選択に対して中立な遺伝子の変異を使用することが適している。では自然選択に対して中立とはどのような意味か，説明せよ。

問 7　自然選択に対して中立な変異の具体例をひとつあげよ。

問 8　下線部③について，遺伝的浮動とはなにか，説明せよ。

問 9　下線部④について，自殖率が高くなると集団内のヘテロ接合体の頻度の値は，ハーディー・ワインベルグの法則が成立しているときのヘテロ接合体の頻度の値と比べて小さくなることが知られている。ではこの植物の目的の遺伝子座において，**問 5** で求めたハーディー・ワインベルグの法則が成立した場合の遺伝子型頻度(理論上の値)の状態にある仮想集団から，すべての個体が自家受粉による自殖だけで 1 個体の子孫を残すようになったと仮定して，2 年(2 世代)が経過した場合の集団内におけるそれぞれの遺伝子型の頻度の理論上の値を求めよ。ただし，遺伝子型の頻度に変化をもたらす要因として，自殖以外の要因(突然変異，自然選択，遺伝的浮動，他集団からの遺伝子の流入，集団の分裂など)は考えないものとする。また頻度は小数点第 4 位まで求め，合計が 1 になるようにせよ。