

2020年度

理 科 問 題

(物理・化学・生物・地学)

注 意 事 項

- 1 問題冊子は、監督者が「解答始め」の指示をするまで開かないこと。
 - 2 問題冊子は「物理」2～7ページ、「化学」8～21ページ、「生物」22～31ページ、「地学」32～36ページである。解答用紙は、「物理」3枚、「化学」4枚、「生物」4枚、「地学」3枚である。脱落のあった場合には申し出ること。なお、解答用紙は上部で接着してあるので、はがさずに解答すること。
 - 3 解答用紙の各ページ所定欄に、それぞれ氏名、受験学部、受験番号（最後のページは、左右2か所）を忘れずに記入すること。
 - 4 解答は、すべて解答用紙の所定欄に記入すること。
 - 5 解答以外のことを書いたときは、該当箇所の解答を無効とすることがある。
 - 6 解答用紙の裏面は計算等に使用してもよいが、採点はしない。
 - 7 理学部の受験者は、次により解答すること。なお、第2・3志望がある場合、志望する学科についても確認すること。
 - (1) 数学科・生物学科・地球学科・理科選択を志望する者は、「物理」・「化学」・「生物」・「地学」のうちから2科目を選択し、解答すること。
 - (2) 物理学科を志望する者（第3志望までを含む）は、「物理」と、その他に「化学」・「生物」・「地学」のうちから1科目を選択し、計2科目を解答すること。
 - (3) 化学科を志望する者（第3志望までを含む）は、「化学」と、その他に「物理」・「生物」・「地学」のうちから1科目を選択し、計2科目を解答すること。
 - 8 工学部の受験者は、「物理」・「化学」の計2科目を解答すること。
 - 9 医学部医学科の受験者は、「物理」・「化学」・「生物」のうちから2科目を選択し、解答すること。
 - 10 生活科学部食品栄養科学科の受験者は、「化学」・「生物」のうちから1科目を選択し、解答すること。
 - 11 机上に各自の「受験票」と「大学入試センター試験受験票」を出しておくこと。
 - 12 問題冊子および選択しない科目の解答用紙は持ち帰ること。
- ※ 本冊子の理科科目は以下を表す。
- | | |
|------------|------------|
| 物理：物理基礎・物理 | 化学：化学基礎・化学 |
| 生物：生物基礎・生物 | 地学：地学基礎・地学 |

生 物

第 1 問 (25点)

DNA の複製と分子進化に関する次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

DNA は遺伝子の本体であり、4種類の塩基と（ア）という糖と（イ）からなるヌクレオチドによって構成されている。DNA は二重らせん構造をとり、2本の向かい合うヌクレオチド鎖の塩基の間で相補的な結合が形成されている。DNA が複製される時には、二重らせんが開かれ、両方の鎖を鋳型として、新しいDNA が合成される。新しく合成されるDNA の鎖の一方は、らせんが開かれていく方向と同じ方向に連続して合成される。この鎖を（ウ）鎖という。もう一方の鎖については、（エ）と呼ばれる短いDNA 断片がつくれ、酵素によってそれらがつなぎ合わされて1本の鎖になる。

DNA の塩基は、複製のミスや紫外線などの影響によって他の塩基に置き換わることがある。木村資生は、DNA の塩基配列やタンパク質のアミノ酸配列に生じた変化の中で、生存に有利な変化は非常にまれであり、生存に不利な変化を除く、有利でも不利でもない中立な変化が（オ）によって集団全体に広がるという分子進化の中立説を提唱した。また、DNA の塩基配列やタンパク質のアミノ酸配列の違いにもとづいて、分子系統樹を作成することができる。分子系統樹によって、化石記録や比較できる形態的特徴の乏しい生物種間の系統関係が推定できるようになった。

問1 文章中の空欄（ア）～（オ）に入る最も適切な語句を答えよ。

問2 下線部①に関して、相補的な塩基対をつくる塩基の組み合わせを答えよ。また、対となる塩基の間の相補的な結合の強さは、組み合わせによってどのように異なるか、答えよ。なお、各塩基の名称についてはカタカナで記せ。

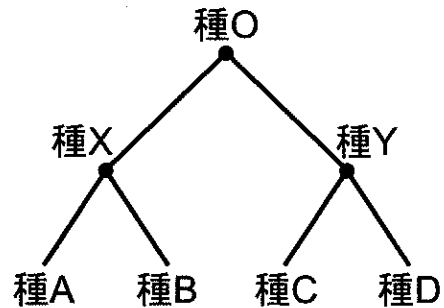
問3 下線部②に関して、このような複雑なDNA 合成が行われる理由は、DNA ポリメラーゼがもつどのような性質のためか、答えよ。

問4 下線部③に関して、分子時計は、DNA の塩基配列やタンパク質のアミノ酸配列を比較した結果から導かれた概念である。どのような結果から導かれたか、説明せよ。

問5 下線部④に関して、種A, B, C, Dがもつある遺伝子について、同じ長さのDNA塩基配列を比較し、塩基が異なる箇所の数(相違数)を求めたところ、表のようになった。図は表にもとづいて作成された分子系統樹で、種A～Dの系統関係を示している。種Xは種Aと種Bの共通祖先を、種Yは種Cと種Dの共通祖先を、種Oは種A～Dの共通祖先を示す。例えば、この遺伝子について、種Aと種Bの相違数は、種Aと種Xの相違数と種Bと種Xの相違数の和で表され、種Aと種Cの相違数は、種Aと種Xの相違数、種Xと種Oの相違数、種Oと種Yの相違数および種Cと種Yの相違数の和で表される。このとき、図の分子系統樹において、種Aと種X、種Bと種X、種Cと種Y、種Dと種Y、種Xと種Yの相違数をそれぞれ求めよ。なお、図は模式図であり、図中の線分の長さは実際の相違数を反映していない。

表

| | 種A | 種B | 種C | 種D |
|----|----|----|----|----|
| 種A | | — | — | — |
| 種B | 14 | | — | — |
| 種C | 19 | 17 | | — |
| 種D | 17 | 15 | 12 | |



図

生 物

第 2 問 (25点)

感覚に関する次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

ヒトは、環境からの刺激を特定の受容器で受け取ることができる。化学物質による刺激を受け取る受容器を（ア）と呼ぶ。舌にある受容器には（イ）、鼻にある受容器には（ウ）という感覚細胞がある。（イ）や（ウ）の表面に存在する受容体に化学物質が結合することが引き金となって電気信号が発生する。その電気信号が脳に送られることで、味覚や嗅覚が生じる。

問1 文章中の空欄（ア）～（ウ）に入る最も適切な語句を答えよ。

問2 以下にあげる、感覚とそれに深くかかわる組織の組み合わせのうち、最も適切なものを2つ選び、記号で答えよ。

- (a) 平衡感覚—鼓膜 (b) 聴覚—おおい膜 (c) 視覚—網膜
(d) 嗅覚—基底膜

問3 下線部に関して、この信号の実体は活動電位である。活動電位が神経繊維を伝わる現象に関して(1)と(2)の問いに答えよ。

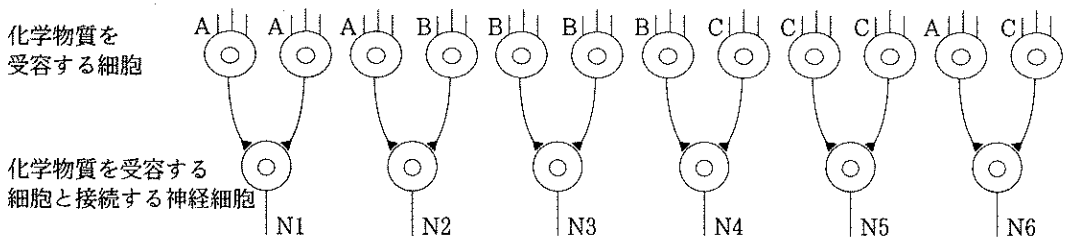
(1) 活動電位が神経繊維を伝わる現象に関する説明として最も適切な組み合わせを(a)～(d)の中から選び、記号で答えよ。

- A 神経繊維が太いと活動電位の伝わる速度が遅くなる。
B 神経繊維が太いと活動電位の伝わる速度が速くなる。
C 神経繊維に^{すいしょう}髄鞘があると活動電位の伝わる速度が遅くなる。
D 神経繊維に^{すいしょう}髄鞘があると活動電位の伝わる速度が速くなる。

- (a) A—C (b) A—D (c) B—C (d) B—D

(2) 神経繊維の途中に電気刺激を与えると、刺激を与えた位置に活動電位が生じる。活動電位は刺激を与えた位置から離れる方向に伝わり、後戻りしない。活動電位がこのような伝わる理由を説明せよ。

問4 図は、化学物質を受容する細胞とそれと接続する神経細胞 (N1～N6) からなる受容器を模式的に示している。化学物質を受容する細胞の左上にある記号は、細胞表面に存在する受容体の種類を示す。ひとつの細胞には一種類の受容体しか存在しないものとする。表は受容体が結合する化学物質の種類を示す。ひとつの受容体は、複数種類の化学物質と結合することができる。化学物質を受容する細胞において受容体に化学物質が結合すると、その細胞に活動電位が生じ、活動電位は神経繊維を伝わり N1～N6 の神経細胞に到達する。ただし、神経繊維の長さはすべて同じで、神経繊維を活動電位が伝わる速度はすべて同じものとする。また、化学物質を受容する細胞で生じた活動電位がそれと接続する神経細胞に単独で到達しても、N1～N6 の神経細胞で活動電位は生じないが、2つの細胞で生じた活動電位が同時に到達すれば、その神経細胞では活動電位が生じるものとする。



図

表

| | 結合する化学物質の種類 |
|-------|-------------|
| 受容体 A | X, Y, Z |
| 受容体 B | Y, Z |
| 受容体 C | X, Z |

(1) 複数のシナプスからの入力足し合わされる現象を何というか、答えよ。

(2) 化学物質 X, Y, Z それぞれをこの受容器に与え、化学物質が表のとおりを受容体に結合したとき、N1 ~ N6 の神経細胞のうち、活動電位が生じるものをすべて答えよ。

問5 環境からの刺激によって神経細胞に生じた電気信号が脳に送られる際に、神経細胞間の情報伝達はシナプスを介して行われる。多くのシナプスでは、神経伝達物質を用いて情報が受け渡される。このようなシナプスにおける情報伝達のしくみを以下の語句をすべて用いて説明せよ。

シナプス前細胞

カルシウムイオン

シナプス後細胞

生 物

第 3 問 (25点)

花芽形成に関する次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

四季が明瞭な地域に生育する多くの植物は、それぞれ決まった季節に花を咲かせる。短日植物には、(1) にかけて栄養成長を行い、(2) にかけて開花するものが多い。一方、長日植物には、(3) にかけて栄養成長を行い、(4) にかけて開花するものが多い。短日植物や長日植物は、季節の変化を暗期の長さの変化としてとらえ、花芽形成を調節している。暗期の効果を失わせる光照射を(ア)といい、夜間照明の作物栽培への影響が問題となっている。^①花芽形成を誘導する物質の存在は、^②1930年代にチャイラヒャンによって提唱され、(イ) と名づけられた。現在では、(イ) の化学的実体があきらかにされつつある。

花芽形成が生育時の温度によって影響される植物も知られている。コムギなどの植物では、一定期間の低温にさらされることによって、花芽形成が促進される。この現象を(ウ)という。

問1 文章中の空欄(1)～(4)に入る最も適切な季節を(a)～(d)から選び、記号で答えよ。

- (a) 春から夏 (b) 夏から秋 (c) 秋から冬 (d) 冬から春

問2 文章中の空欄(ア)～(ウ)に入る最も適切な語句を答えよ。

問3 中性植物とはどのような植物か、説明せよ。

問4 下線部①に関して、暗期の効果を失わせるのに特に有効な光の波長として最も適切なものを(a)～(f)から選び、記号で答えよ。

- (a) 350 nm (b) 450 nm (c) 550 nm
(d) 650 nm (e) 750 nm (f) 850 nm

問5 光は、花芽形成だけでなく、植物のさまざまな反応を制御している。光発芽と光屈性を誘導する光の波長として最も適切なものを問4の(a)～(f)から選び、記号で答えよ。

問6 下線部②に関して、イネやホウレンソウの栽培への夜間照明の影響が問題となっている。イネは短日植物で、ホウレンソウは長日植物である。それぞれどのような影響を受けることが問題となっているのか、説明せよ。

問7 オナモミを用いて、以下の2つの実験を行った。それぞれの実験結果からわかることを説明せよ。なお、オナモミは短日植物である。

実験A：葉のついた植物体に短日処理を行ったところ、花芽が形成されたが、葉をすべて取り除いた植物体に短日処理を行っても、花芽は形成されなかった。

実験B：茎の中央部において環状除皮を行い、この部位より下の葉のみに短日処理を行ったところ、下の部位では花芽が形成されたが、上の部位では花芽は形成されなかった。一方、環状除皮を行わずに、下の葉のみに短日処理を行った場合は、植物体全体で花芽が形成された。

生 物

第 4 問 (25点)

窒素循環に関する次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

窒素は生物に必須の元素である。地球の大気には窒素分子が豊富に含まれているが、この窒素を直接利用できる生物はごく一部である。シアノバクテリアや マメ科植物の根に共生する根粒菌①は、大気中の窒素分子からアンモニウムイオンをつくることができる。このはたらきを (ア) とよぶ。土壌中のアンモニウムイオンは、(イ) と総称される 細菌の作用により亜硝酸イオンを経て硝酸イオンに変えられる。植物は、根から吸収した硝酸イオンやアンモニウムイオンをもとに、さまざまな有機窒素化合物をつくっている。有機窒素化合物を合成するはたらきを (ウ) とよぶ。動植物の排出物や枯死体などに由来する有機窒素化合物は、分解者とよばれる生物によってアンモニウムイオンに分解されたのち、硝酸イオンに変えられる。土壌中の硝酸イオンの一部は微生物の作用によって窒素分子に変えられ、大気中にもどる。この作用を (エ) とよぶ。このようにして、窒素は生態系の中を循環している。

問1 文章中の空欄 (ア) ～ (エ) に入る最も適切な語句を答えよ。

問2 以下の(a)～(d)について、有機窒素化合物であるものには○を、そうでないものには×を解答欄に記入せよ。

(a) 乳酸 (b) スクロース (c) ミオシン (d) アスパラギン酸

問3 ヒトの体内で生成されたアンモニウムイオンは、どの臓器でどのような分子に変えられたのち体外へ排出されるか、答えよ。

問4 下線部①に関して、マメ科植物と根粒菌は相利共生の関係にある。その共生関係において根粒菌はどのような利益を得ているか、答えよ。

- 問5 下線部②に関して、亜硝酸イオンや硝酸イオンをつくる細菌は独立栄養生物だが、光合成は行わない。これらの細菌は、有機物を合成するためのエネルギーをどのようにして得ているか、答えよ。
- 問6 窒素と同様に、炭素も生態系の中を循環している。炭素は動物と植物の間でどのように循環しているか、説明せよ。
- 問7 シアノバクテリアの多くの種類は酸素発生型の光合成を行い、また窒素分子からアンモニウムイオンをつくる反応を触媒するニトロゲナーゼという酵素をもつ。一方、ニトロゲナーゼは細胞内の酸素濃度が高いと失活する。単細胞性のシアノバクテリアでは、アンモニウムイオンをつくるために、どのようにしてニトロゲナーゼを失活させずにはたらかせていると考えられるか、答えよ。