

(平 30 前)

理 科

| | ページ |
|-----|-------|
| 物 理 | 1～ 6 |
| 化 学 | 7～14 |
| 生 物 | 15～28 |
| 地 学 | 29～36 |

- ・ ページ番号のついていない白紙は下書き用紙である。

注意 解答はすべて答案用紙の指定のところに記入しなさい。

| | |
|-----|------|
| 物 理 | 75 点 |
| 化 学 | 75 点 |
| 生 物 | 75 点 |
| 地 学 | 75 点 |

生 物

I 次の文章を読んで、問1～4に答えなさい。(配点19点)

ある生物がもつすべての遺伝情報をゲノムという。これまで、大腸菌からヒトに至るまで、数多くの生物のゲノムが解読された。ある種の生物のゲノム全体の塩基配列を決定する作業はゲノムプロジェクトと呼ばれる。

ヒトでは、全塩基の配列が2003年に解読され、ヒトゲノムには約30億の塩基対が含まれており、その中に約20,500個の遺伝子があると推定されている。同じ種の個体間で、ゲノム上の同じ位置の塩基配列について、異なる配列が存在することを という。また、 のうち個体間で見られる一塩基単位での塩基配列の違いを という。遺伝子のアミノ酸を指定する部分に がある場合、生物の形質の個体間差に関係する場合がある。これは、 置換や が新たに生じる置換により、タンパク質の機能が変化あるいは消失したためである。

DNAの塩基配列は、DNAシーケンサーという解析装置を用いて決定している。この解析方法の一つが、フレデリック・サンガーによって開発されたジデオキシ法である。ジデオキシ法での塩基配列の決定は、DNAの一本鎖を鋳型として、それに対応する相補的なDNA鎖を合成する反応を通じて行う。

反応液には、解析するDNA、プライマー、^(A)酵素、DNA合成の材料となる通常の4種のヌクレオチドのほかに、4種の特殊なヌクレオチド^(B)を加え、DNA合成反応を起こす。特殊なヌクレオチドは、伸長中のDNA鎖に取り込まれた時点でDNA合成を止める作用がある。これにより、様々な長さのDNA断片が合成される。そして、1塩基の長さの差を分離できる電気泳動装置により、DNA鎖長に従ってDNA断片を分離し、取り込まれた特殊なヌクレオチドの種類を読み取ることで、鋳型となった元のDNAの配列を決定する。

さらに、近年、新たな原理に基づく高性能のシークエンサーが登場し、大量の DNA の塩基配列を短時間で決定できる革新的な技術が開発された。これにより、個人のゲノムを検査することで、その人に適したオーダーメイド医療への応用が始められている。

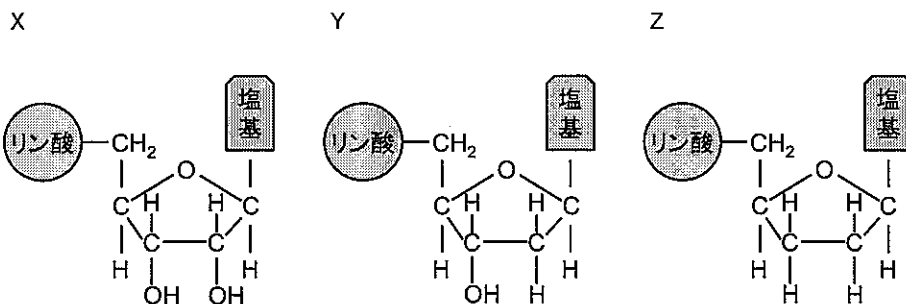
問 1 空欄 ア ~ エ にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

問 2 「ゲノム」と「遺伝子」の関係について 50 字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。

問 3 ジデオキシ法による塩基配列の決定に関する以下の(1)~(3)に答えなさい。

(1) 下線部(A)について酵素の名称を答えなさい。

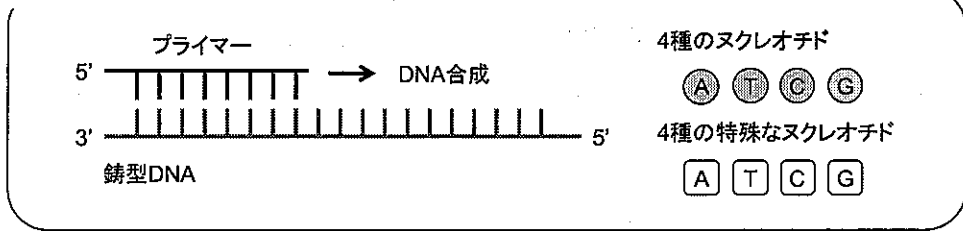
(2) 下線部(B)の特殊なヌクレオチドの構造式として正しいものを以下の X~Zの中から選び、その記号を答えなさい。



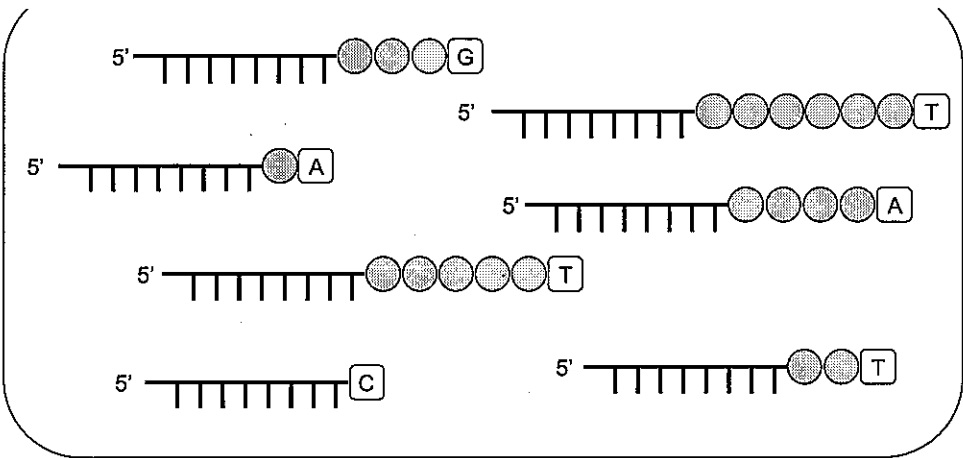
(3) 次ページの図 1 はジデオキシ法による塩基配列決定の例である。この実験において、プライマーに続く相補鎖の塩基配列を解読し、5' 側の塩基から順に解答欄に記入しなさい。

問 4 下線部(C)のオーダーメイド医療について 60 字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。

鋳型DNAにプライマーを結合させ、相補鎖を合成する。



特殊なヌクレオチドにより合成が阻害された様々な長さのDNA断片が合成される。



電気泳動

DNA断片の長さによって分離し、DNAの配列を決定する。

図 1

II 次の文章を読んで、問1～6に答えなさい。(配点19点)

細胞は細胞膜によって外界から隔てられている。真核細胞内に存在する細胞小器官の多くもまた膜で仕切られており、その内側は外側とは異なる環境が保たれている。細胞膜や細胞小器官を構成する膜を生体膜といい、基本的な構造は同じである。生体膜はリン脂質の二重層とタンパク質から構成されている。脂質層はイオンや親水性の分子を透過させにくい性質をもっているが、これらの透過しにくい分子の多くは、生体膜に存在するタンパク質を介して膜を通過する。^(A)例えば、細胞内に必要とされる物質のうち、最も多く存在する水分子は細胞膜の脂質層部分を透過しにくいので、と呼ばれる膜タンパク質を通して細胞の内外に浸透することが知られている。

動物細胞の細胞膜に存在するナトリウムポンプは、ATPの反応によって取り出されるエネルギー^(B)を利用してナトリウムイオンを細胞外へ排出するとともに、イオンを細胞内に取り込む。一方、細胞膜にはイオンを自由に通過させる^(C)チャネルタンパク質も存在する。そのため、取り込まれたイオンは細胞外へ自由に出て行くことができる。その結果、細胞の外側を基準にすると、細胞の内側の電位(膜電位)は約 $-90 \sim -60$ mV の値となる。^(D)

生体膜を隔てた分子の輸送と、それによって形成される物質濃度の差は、細胞小器官の機能においても重要である。動物細胞でのエネルギー産生を担う細胞小器官^(E)であるでは、生体膜をはさんだイオンの濃度勾配を利用してATPの合成が行われる。

問1 空欄～にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

問2 下線部(A)のように、生体膜がもつ、特定の物質だけを透過させる性質を何と
いうか、答えなさい。

問 3 下線部(B)の現象は物質の濃度勾配に逆らって起こり、下線部(C)の現象は物質の濃度勾配にしたがって起こると考えられる。このような物質移動の様式を何というか、最も適切な語句を(B)と(C)の解答欄にそれぞれ漢字 4 字で答えなさい。

問 4 休止状態の神経細胞(ニューロン)において、下線部(D)は静止電位とよばれる。一方、刺激を受けたニューロンでは活動電位が発生することで、興奮の伝導をおこなっている。活動電位が生じる仕組みを、それに関わるイオンとタンパク質の名称を挙げて、140 字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。

問 5 下線部(E)の細胞小器官で合成された ATP が、ナトリウムポンプの駆動エネルギーとして利用されるためには、生体膜を何回通過する必要があるか、数字で答えなさい。

問 6 次ページの図 1 は、ある細胞の外液に、細胞膜の透過性が高い物質 P と、透過性が低い物質 Q を添加したときの、細胞の体積の変化を観察した結果を示したものである。図 1 を見て、以下の(1)および(2)に答えなさい。

(1) P を添加した場合の 90 秒後まで、Q を添加した場合の 180 秒後までは、いずれも細胞の体積が減少している。このとき、それぞれの細胞膜ではどのような物質の通過があったと考えられるか、その方向性も含め、40 字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。

(2) P を添加した場合、90 秒後以降では再び細胞の体積が増加し、やがて元の体積に戻っていった。このとき、細胞膜ではどのような物質の通過があったと考えられるか、60 字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。

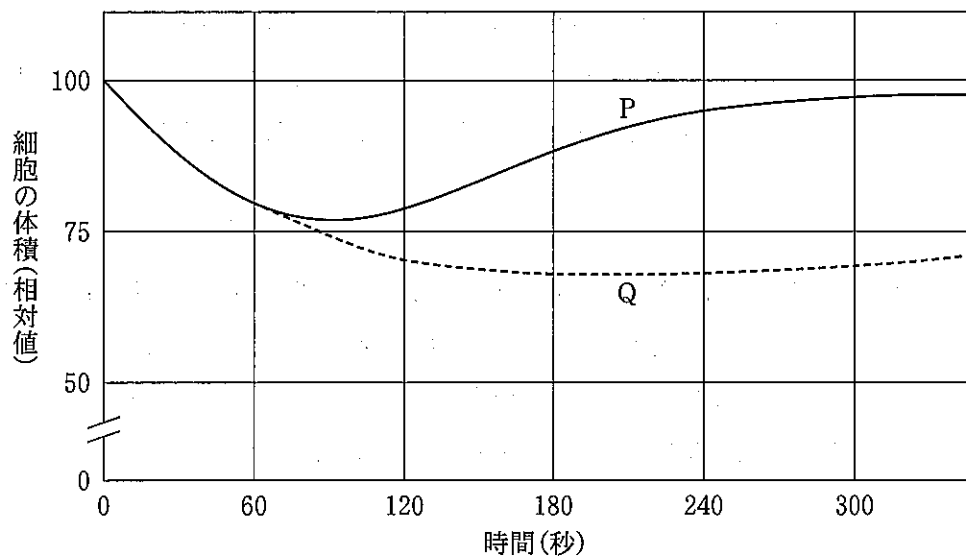


図 1

Ⅲ 次の文章を読んで、問 1～5 に答えなさい。(配点 19 点)

アメフラシ(図 1 A)は背中の水管から海水を出し入れしてえら呼吸をしており、水管に接触刺激を与えるとえらを引っ込める 反射を示す。水管への接触刺激を繰り返すと、えらを引っ込める頻度が減少し、ついには引っ込めなくなる。一方、尾部への強い刺激を与えると、その後、通常は反射を示さないような弱い水管への接触刺激に対しても、えらを引っ込めるようになる。これらの行動変化は、反射に関わる神経回路(図 1 B)の一部でシナプスの伝達効率が変化することにより生じる。

このように、経験によって行動が変化することを学習といひ、そのメカニズムはアメフラシやショウジョウバエなどのモデル動物を用いて、詳しく調べられている。

問 1 下線部(A)は、アメフラシのえらの筋肉が収縮することで起こる筋肉運動である。ヒトの骨格筋において、筋肉の収縮に必要な ATP の生成過程のうち、呼吸、解糖系以外の反応系を 50 字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。

問 2 下線部(B)について、ヒトは屈筋反射や瞳孔反射などの反射を示すことが知られている。これらの反射の反射中枢はそれぞれどこか、答えなさい。

問 3 下線部(C)について、このような現象を何というか、答えなさい。

問 4 下線部(D)の現象が起こるしくみを説明した次の文章を読み、以下の(1)~(3)に答えなさい。

アメフラシ尾部への強い刺激の結果、 に興奮が伝わると、 において一時的に膜電位の下がりにくい状態が引き起こされる。すると、水管への接触刺激により に活動電位が伝搬した際の イオンの細胞内への流入が増加し、その結果、シナプス間隙への神経伝達物質の放出量が増加する。

(1) 空欄 , に該当する神経終末として最も適切なものを、図 1 B の(ア)~(エ)からそれぞれ選び、その記号を答えなさい。

(2) 空欄 に入る物質名を答えなさい。

(3) この現象は通常 1 時間程度で元にもどるが、尾部への強い刺激を繰り返し与えていると、やがて数週間保持されるようになる。この時、上記のしくみの他にどのようなことが起きているか推論し、40 字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。

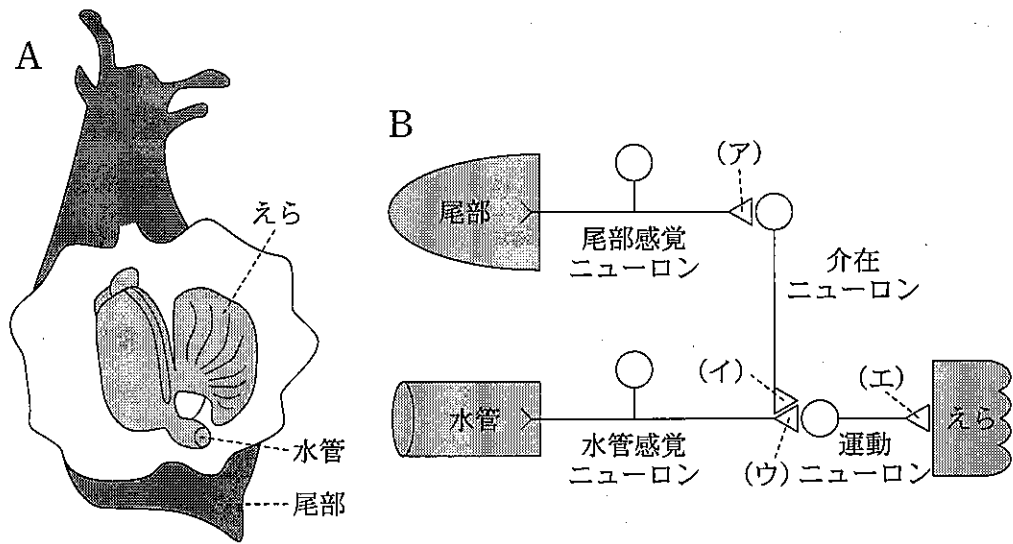


図 1

A : アメフラシの模式図

B : えら引っ込み反射に関わる神経回路

(ア) ~ (エ) はそれぞれ神経終末を示す

問 5 下線部(E)について、ショウジョウバエの匂い学習能力を調べるために、2種類の匂い(P, Q)を使って実験を行った。野生型のショウジョウバエの集団に対して、無条件刺激のみを与える(匂いなし)、もしくはP, Qどちらか片方の匂いと無条件刺激を同時に与える条件づけの操作を行った後、T字迷路(図2A)を使って匂いPの側に移動した個体の割合を調べると、図2Bのような結果になった。次に、ある変異型系統Xのショウジョウバエの集団を使って同様の実験を行うと、図2Cのような結果になった。これについて以下の(1)~(3)に答えなさい。ただし、系統Xの遺伝子変異は個体の運動機能には影響を与えないものとする。

(1) 条件づけ前のショウジョウバエの匂いの好みとして適切なものをア~ウから一つ選び、その記号を答えなさい。

- ア 匂いPよりも匂いQを好む
- イ 匂いQよりも匂いPを好む
- ウ 匂いPと匂いQを同程度好む

(2) 条件づけに用いた無条件刺激として適切なものをア~ウから一つ選び、その記号を答えなさい。

- ア 砂糖水(ショウジョウバエが好む刺激)
- イ 電気ショック(ショウジョウバエが嫌う刺激)
- ウ 水(ショウジョウバエが好きでも嫌いでもない刺激)

(3) 系統Xの性質として可能性のあるものを、以下のア~カから全て選び、その記号を答えなさい。

- ア 匂いと無条件刺激の条件づけができない
- イ 匂いPは受容できるが匂いQが受容できない
- ウ 匂いQは受容できるが匂いPが受容できない
- エ 匂いPも匂いQも受容できない
- オ 匂いPと匂いQの区別ができない
- カ 無条件刺激の受容ができない

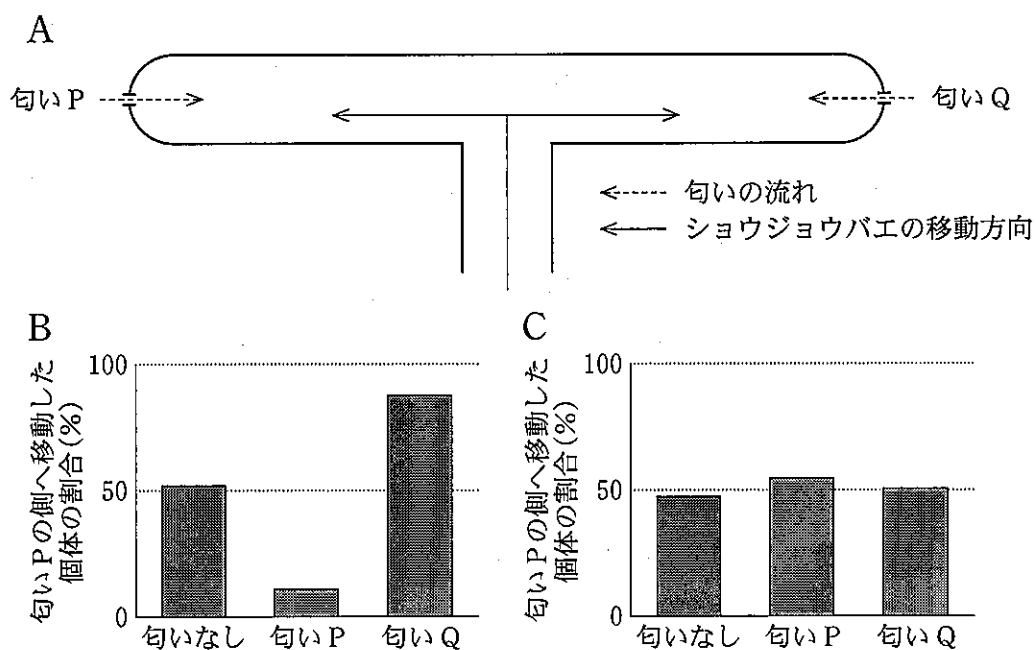


図2

A : T字迷路, B : 野生型の結果, C : 変異型系統 X の結果
 グラフの横軸は条件づけの操作に用いた匂いの種類を示す

IV 次の文章を読んで、問1～4に答えなさい。(配点18点)

地球上には、これまで180万種以上の生物が発見されており、実際にはその何倍もの生物種が存在すると考えられる。これらの莫大な数の生物種は、かつて地球上に存在した唯一の祖先から、種分化が繰り返されることによって生じた。生物の種分化と多様化の歴史は、^(A) [ア] によって表すことができる。全生物を対象とした [ア] には大きな三つの枝(ドメイン)があり、それぞれ [イ]、[ウ]、[エ] と呼ばれる。ヒトを含む [エ] は、[イ] とより近い関係にある。

現生の生物は、個体や個体群、種に応じて形態や生態、遺伝子の種類などが異なり、これらの違いによって地球上の生物多様性が形成されている。しかし、人間活動による様々な影響により、生物多様性は近年大きく減少しつつある。土地利用の改変により生息地が縮小すると、そこにすむ個体群に含まれる個体数が減少する。個体はそれぞれ異なる遺伝子を持つ可能性があるため、個体数の減少は [オ] 多様性の減少につながり、環境の変化に対する適応進化を困難にする。また、個体群における [オ] ^(B) 多様性が低下すると、近親交配の確率が高まる。これらの要因は、更なる個体数の減少をもたらし、^(C) 個体群を絶滅へと向かわせる。この現象を、 [カ] という。

問1 空欄 [ア] ～ [カ] にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

問 2 下線部(A)について、以下の①～⑥の中から五つを選び、地理的隔離による種分化が生じる順序を解答欄に記入しなさい。

- ① 気候変動により海水面が下降し陸地が拡大したため、分断されていた二つの地域が陸続きになった。
- ② 生物 a と生物 b は、互いに交配して繁殖した。
- ③ 気候変動により海水面が上昇し海水が浸入したため、分布していた地域が二つの地域に分断された。
- ④ ある生物 c が、ある地域に生息していた。
- ⑤ 生物 a と生物 b は、出会っても互いを交配相手として認識しなくなった。
- ⑥ 生物 c は海を越えて移動できないため、それぞれの地域で繁殖し独自の進化をとげ、生物 a と生物 b となった。

問 3 下線部(B)の過程の例として、以下の①～⑤の中で適切なものを全て選んで答えなさい。

- ① マラソンの選手が高地トレーニングを行った結果、低酸素環境における運動能力が上昇した。
- ② ミジンコの幼生を捕食者である魚の匂いを含む水で飼育したところ、発生にともなって捕食を避ける頭部のトゲが通常より伸長した。
- ③ マメゾウムシの個体群を、雌が複数の雄と交配する環境においてある期間世代交代させたところ、雌が単一の雄とだけ交配する環境で世代交代させたものに比べ、受精率を高める雄交尾器のトゲがより発達した。
- ④ 干ばつで食物の種子の種類と量が減り、固い種子ばかりが残った環境を生き延びたフィンチの子孫は、固い種子を割ることができる厚いくちばしを持っていた。
- ⑤ レバーを引くとエサがもらえる環境で飼育したマウスは、エサがもらえなくても頻繁にレバーを引くようになった。

問 4 下線部(C)について，近親交配が個体群に悪影響をおよぼすしくみを，以下の語句を全て用いて 120 字以内で説明しなさい。ただし，句読点も字数に含める。

劣性の有害遺伝子 ヘテロ接合 ホモ接合 突然変異