

選択科目

(医学部)

— 2024年2月2日 —

物
理
化
学
生

この中から1科目を選択して解答しなさい。

科目	問題のページ
物 理	2 ~ 7
化 学	9 ~ 15
生 物	17 ~ 33

選択した科目の解答用紙をビニール袋から取り出し、解答はすべて選択した科目の解答用紙に記入して提出しなさい。

1

次の文章を読み、以下の各問に答えなさい。

生物の材料となる有機物が存在していない原始地球の大気組成の主成分である H_2O 、 CO_2 、 N_2 などから実験的に有機物が合成できることが示されている。生命が誕生する以前に有機物が作られ、それが複雑化する過程を (A) と呼ぶ。生命が誕生した段階の原始地球の大気には (B) が存在せず、 H_2O を分解して光合成をおこなう生物によって地球に (B) がもたらされたと考えられる。

地球が誕生し、岩石が形成されてから現在までの時代を地質時代という。この地質時代は生物界の大きな変化に基づいて、(C) 時代、古生代、中生代、新生代に大きく分けられる。各地質時代における生物の変遷は、地質の形成された年代と地層に含まれる化石の解析によって明らかになってきた。多様な生物が発生する中で、人類は霊長類の中でも類人猿と共通の祖先から分岐して進化したと考えられる。人類の特徴の1つは直立二足歩行であり、その証拠として人類は (D) が頸骨の真下に開口していることなどがあげられる。

地球上には、森林や草原、海などの環境に適した多様な生物が生息する。例えば、森林には多くの植物、そこにすみかを作る哺乳類や鳥類などの脊椎動物、昆虫類などの無脊椎動物、土壌には菌類や細菌などが存在している。また同じ哺乳類でも、水中に存在するイルカや空中を飛ぶことのできるコウモリなど多様な生物が存在している。これは生物が長い時間をかけて進化し、生物の体の形や働きが生活する環境に合わせて変化したためであり、このような現象を (E) と呼ぶ。

問1 文章中の空欄 A ～ E に当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、次の問に答えなさい。

(1) 下線部のような特徴を持つ葉緑体の元になったと考えられている生物の名称を答えなさい。

(2) (1)の生物の活動などによって造られた層状構造を持った岩石の名称を答えなさい。

問3 下線部 (b) の地質時代に関する様々な事柄について、年代の古い順に並べた場合、以下の選択肢ア～オの中から最も適切なものを選び、記号で答えなさい。

- ア. エディアカラ生物群 → バージェス動物群 → シダ植物の出現 → 裸子植物の出現 → 鳥類の出現
 イ. バージェス動物群 → シダ植物の出現 → エディアカラ生物群 → 鳥類の出現 → 裸子植物の出現
 ウ. エディアカラ生物群 → バージェス動物群 → シダ植物の出現 → 鳥類の出現 → 裸子植物の出現
 エ. エディアカラ生物群 → シダ植物の出現 → 裸子植物の出現 → バージェス動物群 → 鳥類の出現
 オ. バージェス動物群 → エディアカラ生物群 → シダ植物の出現 → 裸子植物の出現 → 鳥類の出現

問4 下線部(c)について、このような進化は、同一種からなる集団内での遺伝子構成の変化ととらえることができる。ある生物集団が持つ遺伝子全体を遺伝子プールと呼び、これはその集団内の個体が持つ全ての遺伝子座の対立遺伝子の集合である。このとき、いくつかの条件を与えることで、どの遺伝子座においても、その集団内の対立遺伝子の割合が世代を重ねても変化しない状態を想定できる。これをハーディ・ワインベルグの法則と呼ぶ。この法則が成り立つという条件の下で、次の問に答えなさい。

ヒトのある集団における、ABO式血液型の割合を調べた結果、表現型がA型が39%、B型が24%、AB型が12%、O型が25%だった。この集団における(1)O型対立遺伝子、(2)A型対立遺伝子の頻度を求め有効数字2桁の百分率で答えなさい。ただしABO式血液型では、A、B、Oの3つの対立遺伝子があり、表現型がA型の場合、AAかAO、B型の場合、BBかBO、AB型の場合AB、O型の場合OOの遺伝子型を持つことが知られている。

2

次の文章I、IIを読み、以下の各問に答えなさい。

I. 心臓と循環器は、脊椎動物の進化と共にそれら器官の構造と循環動態が変化し、厳しい環境下に進出することで、新たな能力を獲得するに至ったと考えられている。図1のA～Dは様々な脊椎動物の心臓の構造を示している。心房と心室が1つのもの、心房のみ2つあるもの、心室中隔(右心室と左心室を隔てる壁)が形成されて、心室も2つになったものがある。ヒトでは心室中隔が欠損すると、肺高血圧症という病気になり肺と心臓に重篤な障害を引き起こす。

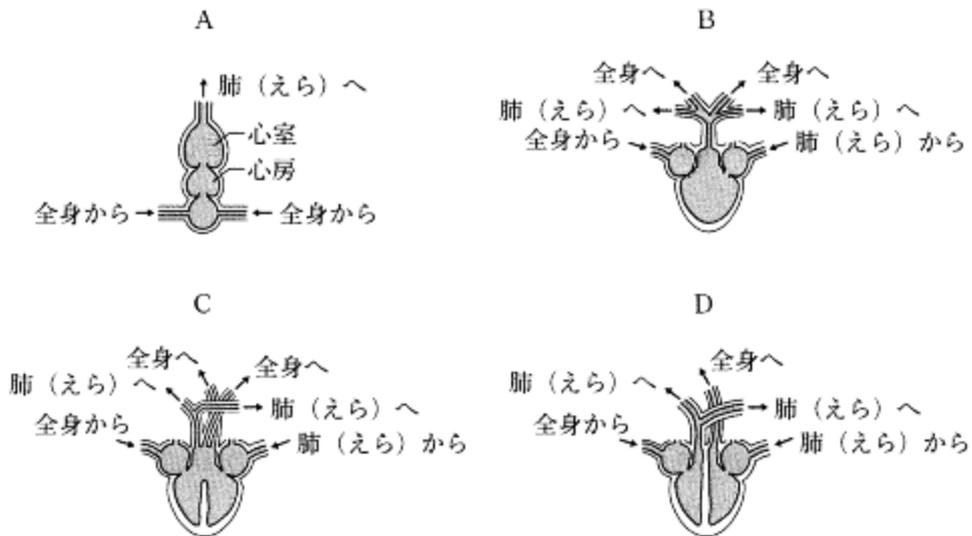


図1 様々な脊椎動物の心臓の構造

血圧は心臓の拍動によって押し出される血液によって血管の壁にかかる圧力であり、心拍によって上下する。高い方を最高血圧、低い方を最低血圧という。ヒトより大きい動物は、概ねヒトより血圧が高い。心臓から、遠方へ血液を運ぶ必要を考えると当然に思えるが、小さい動物の血圧は大きさに準じて低くはない。これは血圧の高さを決める要因が体の体積だけではないことを示している。

問1 心臓の構造 A～D に合致する動物の組み合わせとして最も適切なものを、以下の選択肢ア～カの中から選び、記号で答えなさい。

- | | | | |
|---------------|--------------|---------|---------|
| ア. A: サンショウウオ | B: イモリ | C: マムシ | D: パンダ |
| イ. A: メダカ | B: アフリカツメガエル | C: ヤモリ | D: ニワトリ |
| ウ. A: イモリ | B: トカゲ | C: スズメ | D: ワシ |
| エ. A: イワシ稚魚 | B: イワシ成魚 | C: サケ | D: クジラ |
| オ. A: オタマジャクシ | B: アフリカツメガエル | C: ネズミ | D: ライオン |
| カ. A: ジンベイザメ | B: リクイグアナ | C: ゾウガメ | D: フィンチ |

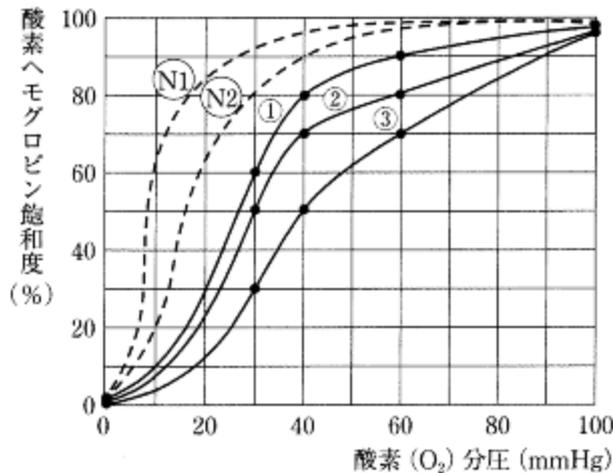
問2 図1の心臓の構造と特徴の説明として最も適切なものを、以下の選択肢ア～カの中から2つ選び、記号で答えなさい。

- ア. Aの心臓は1巡りの循環(心臓から出た血流が体を巡って心臓に戻る)で全ての血液が肺(えら)を通過する。
- イ. Bの心臓は1巡りの循環で全ての血液が肺(えら)を通過する。
- ウ. Dの心臓のみが1巡りの循環で全ての血液が肺(えら)を通過する。
- エ. Aの心臓では血液は肺(えら)の毛細血管を通過後も同じ血圧で全身を循環できる。
- オ. B, Cの心臓は肺循環と体循環の血圧はほとんど同じになる。
- カ. Dの心臓は右心室と左心室で血圧を違えることができる。通常、右心室の血圧が高い。

問3 血圧と血管の説明として最も適切なものを、以下の選択肢ア～キの中から2つ選び、記号で答えなさい。

- ア. 最高血圧は心臓の拡張期でかかる血圧、最低血圧は収縮期でかかる血圧である。
- イ. 動脈の中には常に酸素の多い動脈血が流れる。
- ウ. 血管には動脈、静脈、毛細血管があり、主として血圧がかかるのは動脈である。
- エ. 動脈には逆流を防ぐ弁があり、そのひとつが大動脈弁である。
- オ. 動脈は末梢に行くほど細くなり、それに応じて血圧は高くなる。
- カ. 動脈は末梢に行くほど枝分かれして、血管断面積が増えるので血圧は低くなる。
- キ. 動脈の壁には血圧に耐えるために平滑筋の層がある。静脈にはない。

II. ある研究室で人工赤血球を開発するために、血液から抽出したヘモグロビンに対して、40 mmHg、60 mmHg、80 mmHg の二酸化炭素分圧の条件下で酸素結合実験がおこなわれた。得られた酸素解離曲線①、②、③（グラフ1）とヒトの標準的な体の各部分の酸素、二酸化炭素分圧（表2）を示す。この抽出ヘモグロビンを脂質二重膜のマイクロカプセルに閉じ込めて人工赤血球を作製した。^(a)



グラフ1 抽出ヘモグロビンの酸素解離曲線

表2 各部分の O₂、CO₂ 分圧

	O ₂ 分圧	CO ₂ 分圧
大気	160 mmHg	ほぼ0 mmHg
吸気	150 mmHg	ほぼ0 mmHg
肺胞	100 mmHg	40 mmHg
動脈血	95 mmHg	40 mmHg
静脈血	40 mmHg	60 mmHg

問4 血液から抽出したヘモグロビンを標準的なヒトの体内条件で用いた場合、全ヘモグロビン量に対して、肺から組織へ酸素運搬するヘモグロビンの割合を百分率で答えなさい。ただし、グラフ上の点で格子状にあるものは、値をそのまま読み取って良い。酸素分圧 100 mmHg 上の点は表記の通り、①の酸素ヘモグロビン飽和度は 98%、②と③の酸素ヘモグロビン飽和度は 96% とする。

問5 通常の動脈血の酸素ヘモグロビン飽和度は 98% 程度であるが、肺炎などで換気効率が悪くなり 90% 以下になると呼吸不全の状態である。患者は息苦しさを感じる。同じ状況は低地（海拔数 m）に居住している健康な人が高山に登っても起こるが、どの位の標高（高度）から呼吸不全と同じ状態になりえるか。以下の選択肢ア～カの中から選び、記号で答えなさい。ただし 1 気圧は 760 mmHg、空気中の酸素の割合は 21% とし、大気中と肺胞内の酸素濃度の比は地上と変わらないと考える。

	山の名称等	標高（高度）m	気圧（mmHg）
ア	筑波山	877	682
イ	剱岳	2999	525
ウ	富士山	3776	428
エ	キリマンジャロ	5895	354
オ	エベレスト	8848	238
カ	ジェット機巡航高度	10000	152

問6 激しい運動をした後の筋肉中の酸素分圧は 30 mmHg、二酸化炭素分圧は 80 mmHg と測定された。この条件において抽出ヘモグロビンが 1 分間で、肺から筋肉まで運搬できる酸素量 (ml) を計算し、小数点第 3 位を四捨五入して答えなさい。心拍数は 70 回/分、1 回の心拍出量は 70 ml、ヘモグロビン 1 g に結合できる酸素は 1.39 ml、ヘモグロビン濃度は、血液と同じ 0.15 g/ml で調整されているものとする。

問7 下線部 (a) の人工赤血球は本物の赤血球と比べ、どのような利点があると考えられるか。最も合致する説明を以下の選択肢ア～カの中から 3 つ選び、記号で答えなさい。

- ア. 人工赤血球は中央にくぼみがなく、真球に近い耐圧性に優れる。
- イ. 献血に頼り、不足しがちな輸血用血液の需要を補える。
- ウ. 人工赤血球には血液型が存在しないため、緊急時に、どの患者でも適用できる。
- エ. 本物の赤血球より大きいものを作製できるため、より多くの酸素を運べる。
- オ. 血液凝固因子が存在しないため、血液が血管の中で凝固する血栓ができにくい。
- カ. ヒト感染性病原体が未知のものを含めて存在する心配をしなくて良い。

問8 現在、さらに人工赤血球の性能を強化するため、より酸素結合能に優れる遺伝子改変ヘモグロビンを用いる改良型の人工赤血球が開発中である。その酸素解離曲線がグラフ 1 の (N1) (CO_2 分圧 0 mmHg) と (N2) (CO_2 分圧 60 mmHg) で示されている。この改良型人工赤血球の開発は成功するだろうか。予想される答えについて最も適切な文章を以下の選択肢ア～カの中から選び、記号で答えなさい。

- ア. 酸素結合能に優れ、より微量で優れた酸素運搬能力を発揮する。
- イ. 酸素解離曲線は左に移動しているので酸素結合能はむしろ良くない。
- ウ. 酸素解離曲線は S 字状で酸素運搬体としての機能に優れる。
- エ. 組織中の酸素の放出がより効率的でないので酸素運搬能力は良くない。
- オ. 組織中の酸素の放出がより効率的で酸素運搬能力は良い。
- カ. 血中酸素結合ヘモグロビン飽和度が上がるだけで、運搬される酸素量は変化しない。

3 次の文章を読み、以下の各問に答えなさい。

細胞が生命活動をおこなう上で、最も利用しやすい栄養源となる糖はグルコースである。しかしながら、グルコースが不足または欠乏している場合において、他の糖を炭素源としてエネルギーに変換し、生命活動をおこなう場合がある。例として、遺伝子数が約 4000 個の大腸菌は生育にグルコースを必要とするが、炭素源がアラビノースだけの培地で培養をしても、環境の変化に適応し生育することが可能である。⁽¹⁾

細胞が生きるメカニズムは非常に複雑であるため、ゲノムが小さく、かつ、生育が容易で増殖が早い細菌が研究に使われる。マイコプラズマは、真核生物に感染する細菌であり、ヒトに感染することで風邪症候群や気管支炎など感染症を引き起こす。マイコプラズマが持つ遺伝子数は、大腸菌と比べて大幅に少ない。現在知られている中で、遺伝子数が最も少ないマイコプラズマは 524 個の遺伝子を持つ *Mycoplasma genitalium* である。細胞が生きていくために必要最低限の遺伝子(必須遺伝子)を決定できれば、細胞が生きるための原理を知ることができるため、世界中でマイコプラズマを用いた研究がおこなわれてきた。

米国の Hutchinson らの研究グループは、901 個の遺伝子を持つ *Mycoplasma mycoides* をもちいて、37℃の条件下で、生育に十分な量のグルコースのみを含む培地において、生存に必要な遺伝子(非必須遺伝子)を選別する実験をおこなった。そして、*Mycoplasma mycoides* のゲノム DNA から非必須遺伝子を除いた 473 個の遺伝子のみを持つ人工的な合成細菌(人工細菌)⁽²⁾ を作製した。

必須遺伝子と非必須遺伝子を判別するために、トランスポゾンと呼ばれる人工合成した 2 本鎖 DNA が用いられた。トランスポゾンは、「動く遺伝子」とも呼ばれ、その転移活性によりゲノム DNA 上に挿入される。このトランスポゾンは、抗生物質への耐性を付与するタンパク質の遺伝子配列を併せ持っている。トランスポゾンが挿入された部位は、DNA シーケンサーにより決定することができるため、必須遺伝子およびその機能や役割を推定することに役立つ。このような手法によって、Hutchinson らの研究グループが作成した人工細菌は、473 個未満の遺伝子数になると生存できないことが証明された。つまり、この遺伝子数は少なくともマイコプラズマが生命活動をおこなうために機能する最小の必須遺伝子数であると結論づけられた。

問 1 下線部(1)のように、グルコースがないときにアラビノースを利用できるようになった理由は、複数の酵素の構造遺伝子が隣り合うことで一連の転写を起こす単位を構成し、機能しているためである。アラビノースを分解する 3 種類の酵素が知られており、1つのプロモーターによってまとまった転写調節を受けている。このような転写単位を何というか。

問2 次の表は、マイコプラズマとそれ以外の様々な生物の細胞 A～G を観察し、細胞の構造体ア～オの有無について調べた結果をまとめたものである。存在する構造体を +、存在しないまたは存在が確認できない構造体を - で示した。細胞の構造体ア～オは、核膜・葉緑体・ミトコンドリア・リボソーム・細胞壁のいずれかが当てはまる。マイコプラズマは細胞の種類 A～G のどれに当てはまるか、最も適切なものを記号で答えなさい。

		細胞の構造体				
		ア	イ	ウ	エ	オ
細胞の種類	A	+	+	+	+	+
	B	+	+	+	-	+
	C	+	-	-	+	-
	D	+	+	-	-	-
	E	+	+	+	-	-
	F	+	+	+	+	-
	G	+	-	-	-	-

問3 下線部(2)の人工細菌を、グルコースを含まずに、それ以外の複数の炭素源を含む栄養豊富な寒天培地に移して 37℃で培養する実験をおこなった。その実験結果をもとに人工細菌の特徴を考察したい。以下の選択肢ア～カの中から考察として正しいものを全て選び、記号で答えなさい。

- ア. グルコースを自ら産生することができる。
- イ. グルコースを自ら産生することができない。
- ウ. グルコースの利用に必要なタンパク質をコードする遺伝子は必須遺伝子である。
- エ. グルコースの利用に必要なタンパク質をコードする遺伝子は非必須遺伝子である。
- オ. グルコース以外の炭素源を利用することができる。
- カ. グルコース以外の炭素源を利用することができない。

問4 901 個の遺伝子を持つ *Mycoplasma mycoides* をもちいて、必須遺伝子を推定するために、抗生物質を含む寒天培地でトランスポゾンを利用した実験をおこなった。実験原理の説明について、以下の選択肢ア～エの中から正しいものを全て選び、記号で答えなさい。

- ア. トランスポゾンが必須遺伝子に挿入された場合、人工細菌はコロニーを形成する。
- イ. トランスポゾンが非必須遺伝子に挿入された場合、人工細菌はコロニーを形成する。
- ウ. トランスポゾンはゲノム DNA 上のランダムな領域に挿入される。
- エ. トランスポゾンはゲノム DNA 上の特定の領域に挿入される。

問5 以上の設問からマイコプラズマの細胞内構造と機能を踏まえて、人工細菌の必須遺伝子 473 個は、どのような生命活動をおこなう遺伝情報が含まれているか。以下の選択肢ア～チの中から適切なものを5つ選び、記号で答えなさい。

- ア. 細胞内で生じた不要なタンパク質を自食作用により除去する。
- イ. グリセルアルデヒドリン酸を糖に変化させ利用する。
- ウ. ピルビン酸をアセチル CoA に変化させエネルギーを合成する。
- エ. 高い毒性を持つアンモニアを尿素にする。
- オ. グルコース 1 分子からそれぞれ 2 分子のピルビン酸と NADH と水素イオンを生成する。
- カ. グルコース 1 分子あたり最大 34 分子の ATP を合成する。
- キ. NADH と FADH_2 から水素イオンと電子が放出され、その電子はシトクロムタンパク質などの間を伝達する。
- ク. 6 分子の CO_2 が取り込まれ、12 分子のグリセルアルデヒドリン酸が生成され、そのうち 2 分子を有機物合成に利用する。
- ケ. DNA の塩基配列が RNA の塩基配列に写し取られる。
- コ. 空気中の窒素を取り込んで、アンモニウムイオンに還元し有機窒素化合物の合成に利用する。
- サ. 硝酸イオンやアンモニウムイオンなどの無機窒素化合物を用いて、有機窒素化合物を合成する。
- シ. 遺伝情報となる塩基 3 つの並びから 1 つのアミノ酸を指定し、ペプチド鎖を合成する。
- ス. 自己増殖のために酵素を利用しながら塩基の相補性にもとづいて塩基配列を複製する。
- セ. 栄養がある条件下で細胞分裂する。
- ソ. 配偶子の形成過程で染色体数を半減させ遺伝情報を分配する。
- タ. 核が崩壊して DNA が断片化するなどプログラムされた細胞死を誘導する。
- チ. RNA の塩基配列から DNA の塩基配列を合成する。

4 次の文章を読み、以下の各問に答えなさい。

西暦 2x24 年、太陽系外の惑星 X から戻ってきた調査隊の報告書の一部を読んで、問いに答えなさい。

報告書：惑星 X は地球によく似た惑星で、恒星 Y の周りを公転し、公転面に垂直な軸の周りを自転している。惑星 X の重力は地球の約 1/2 で、地球上と比べて二酸化炭素濃度は約 2 倍高いが、酸素もあり、動植物等の生命活動が観察された。分厚い雲に覆われているため地表に届く光が弱いのが、植物は地球上とよく似た仕組みで光合成をおこなっており、 C_3 植物及び C_4 植物の存在も確認された。(以下略)

※なお、特に記載がない場合、生命体の構成成分・生理機能・物理現象・酵素反応・気温などは地球と同様であるとする。

問 1 地球上における呼吸と光合成について、以下の文章中の空欄①と②に当てはまる最も適切なものを語群ア～コの中からそれぞれ 1 つずつ選び、解答欄の記号にマークしなさい。

生物にとって呼吸は生命維持のための重要な過程である。一般に生理学的な意味での呼吸は、酸素を取り込み二酸化炭素を排出することを意味する。光合成により酸素を産生する植物も、動物と同様に通常の呼吸をおこなう。生物学的な広義の呼吸は、酸素を用いて有機物を分解し、その際に放出されるエネルギーを用いて (①) を合成する過程を意味する。呼吸のように複雑な物質を分解してエネルギーを取り出す反応を総称して (②) という。

葉緑体を持つ植物は、光合成により光の存在下で (①) を産生し、それをエネルギーとして大気中の二酸化炭素を固定し、有機物を合成する。葉肉細胞で起こるカルビン・ベンソン回路と呼ばれる反応経路では、大気中の二酸化炭素が、ルビスコという酵素により炭素原子を 5 個持つ C_5 化合物である RuBP に付加され、 C_3 化合物である PGA が生じる。PGA をもとに、有機物であるグルコースなどが作られる。ルビスコは気温が高くなると二酸化炭素に対する親和性が酸素に対する親和性に対して相対的に低下し、RuBP に酸素を反応させ、二酸化炭素を生成する。これは (①) 合成を伴わないため、通常の呼吸と区別して光呼吸と呼ばれる。また、気温が上がり湿度が下がると、植物は乾燥を防ぐため気孔を閉じ、カルビン・ベンソン回路に供給する二酸化炭素濃度が減少するため、光合成の収量は減少する。二酸化炭素を C_3 化合物に固定する C_3 植物に対し、 C_4 植物は葉肉細胞において外気中の二酸化炭素を PEP カルボキシラーゼが C_4 化合物に固定し、維管束鞘細胞に運ばれた C_4 化合物が分解されて二酸化炭素が放出されるため、大気中の二酸化炭素が減少してもカルビン・ベンソン回路反応が起こる維管束鞘細胞の二酸化炭素濃度がある程度高く保たれる。PEP カルボキシラーゼの二酸化炭素との親和性は温度の影響を受けないため、高温条件下でも光合成収量が減少しない。

語群

- ア. グルコース イ. グリコーゲン ウ. アデノシン三リン酸 エ. アデノシン二リン酸
 オ. グアノシン三リン酸 カ. グアノシン二リン酸 キ. 燃焼 ク. 異化 ケ. 同化
 コ. 消化

問2 生物が呼吸をおこなうとき、有機物の分解のために吸収する酸素に対して、放出される二酸化炭素の体積比を呼吸商という。呼吸基質としての有機物の種類により呼吸商は異なり、

「炭水化物の呼吸商 > タンパク質の呼吸商 > 脂肪の呼吸商」

である。

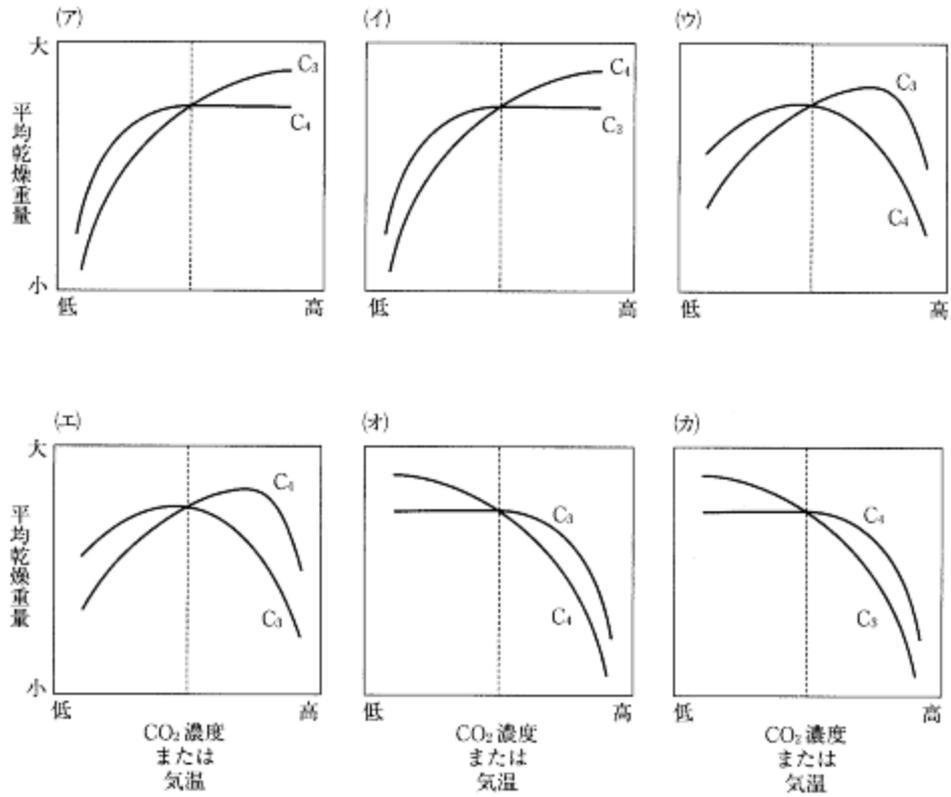
惑星 X のある植物 A の種子と地球のある植物 B の種子がそれぞれ発芽するときの呼吸商を同じ条件で調べたところ、

「A の呼吸商 > B の呼吸商」

であった。この結果から考察される仮説として誤っているものを以下の選択肢 ア～オの中から1つ選び、解答欄の記号にマークしなさい。

- ア. 惑星 X は大気中の酸素濃度が低いため、地球上よりも嫌気的な条件が発芽に適している
- イ. 植物 A に比べて植物 B の種子には脂肪が多く含まれ、発芽時の主な呼吸基質として分解されている
- ウ. 植物 B に比べて植物 A の種子には炭水化物が多く含まれ、発芽時の主な呼吸基質として分解されている
- エ. 植物 B に比べて植物 A の方が、酸素を多く必要とする、脂肪から糖への酵素反応が起こりにくい
- オ. 植物 A は種子の表皮に多くの葉緑体を含んでおり、発芽時に放出する二酸化炭素を直ちに光合成に利用する

問3 以下のグラフは、地球上の植物を同じ条件の水と光で育てた際の C_3 植物と C_4 植物の平均乾燥重量と、二酸化炭素 (CO_2) 濃度または気温との関係を表したものである。 CO_2 濃度または気温と各平均乾燥重量の変化との関係で最も適切なグラフ(ア)~(カ)をそれぞれ1つずつ選び、解答欄の記号にマークしなさい。ただし、横軸が CO_2 濃度の場合、各グラフの中心の点線は CO_2 濃度 400 ppm (地球上の大気に含まれる CO_2 濃度とほぼ同等)、低: 100 ppm, 高: 700 ppm を表す。横軸が気温の場合、各グラフの中心の点線は気温 20℃, 低: 0℃, 高: 40℃ を表す。



問4 惑星 X の植物が持つルビスコは地球の植物が持つルビスコと異なり、気温が高くても二酸化炭素に対する親和性が変化しないことがわかった。

- (1) この星の C_3 植物及び C_4 植物の分布について、地球上と比べてどのようなことが予想されるか。
- (2) 地球上の C_3 植物及び C_4 植物を惑星 X に持ち込んだ場合、地球上と比べて将来どのように分布することが予想されるか。

(1) と (2) のそれぞれについて、以下の選択肢ア～カの中から最も適切なものを1つ選び、解答欄の記号にマークしなさい。

- ア. ルビスコの二酸化炭素に対する親和性が気温により変化しないので、気温が高い赤道付近における C_3 植物の分布が拡大する
- イ. ルビスコの二酸化炭素に対する親和性が気温により変化しないので、気温が低い極付近における C_4 植物の分布が縮少する
- ウ. ルビスコの二酸化炭素に対する親和性が気温により変化しないので、 C_3 、 C_4 植物の分布は地球上と変わらない
- エ. ルビスコの二酸化炭素に対する親和性は気温により変化するが、二酸化炭素濃度が十分に高いので C_3 、 C_4 植物の分布は地球上と変わらない
- オ. ルビスコの二酸化炭素に対する親和性は気温により変化するが、二酸化炭素濃度が十分に高いので気温が低い極付近における C_4 植物の分布が縮少する
- カ. ルビスコの二酸化炭素に対する親和性は気温により変化するが、二酸化炭素濃度が十分に高いので気温が高い赤道付近における C_3 植物の分布が拡大する

問5 この星に地球上の植物の種を持ち込み、光反応および屈性に関する実験をおこなった。地球上で同じ条件の水と温度で育てた場合と比較したときに観察される事象として誤っているものを、以下の選択肢 a～e の中から2つ選び、その組み合わせとして最も適切なものを選択肢ア～コの中から1つ選び、解答欄の記号にマークしなさい。

- a. 地球上よりも重力が弱いため、芽生えを地面に水平に置いたときに下方向への根の成長が弱まった。
- b. 地球上よりも重力が弱いため、植物内のジベレリンの移動が少なくなった。
- c. 地表に届く光が弱いため、光補償点が大きくなった。
- d. 地表に届く光が弱いため、光合成収量が下がった。
- e. 地表に届く光が弱いため、植物内のオーキシンの移動が少なくなった。

- ア. a-b イ. a-c ウ. a-d エ. a-e オ. b-c
- カ. b-d キ. b-e ク. c-d ケ. c-e コ. d-e

問6 惑星 X の植物を調べるとフォトトロピンを持っていないことがわかった。以下のうち、地球上の植物と異なる結果が得られる条件はどれか、以下の選択肢ア～ケの中から最も適切なものを1つ選び、解答欄の記号にマークしなさい。

- ア. 発芽前の種子に赤色光を照射したときの発芽の頻度
- イ. 発芽前の種子に青色光を照射したときの発芽の頻度
- ウ. 発芽前の種子に白色光を照射したときの発芽の頻度
- エ. 発芽後の芽生えに赤色光を照射したときの光源方向への屈性
- オ. 発芽後の芽生えに青色光を照射したときの光源方向への屈性
- カ. 発芽後の芽生えに白色光を照射したときの光源方向への屈性
- キ. 成長後の個体にジベレリンを与えたときの草丈
- ク. 成長後の個体にジベレリンを与えたときの茎径
- ケ. 成長後の個体にジベレリンを与えたときの果実サイズ

5

膜電位に関する次の文章を読み、以下の各問に答えなさい。

細胞膜にはイオンを運搬するイオンチャネルが備わっている。ニューロンでは、電位非依存性カリウムチャネル、電位依存性ナトリウムチャネル、電位依存性カリウムチャネルの3つが静電位の形成と活動電位の発生に関与している。

膜電位はヤリイカの巨大軸索を利用して観察することができる。ゴムローラーで軸索内の細胞質を押し出し、細胞膜だけの中空のチューブ状態にして、軸索の細胞膜の内側および外側に組成の異なる溶液を流し続けることのできる標本作製する。このような標本の内側に微小な電極を挿入すると、膜電位を測定することができる。そこで、細胞膜内外の溶液のイオン組成を人為的に変えることによって、静電位や活動電位の発生の仕組みを調べた(K^+ と Na^+ 以外のイオンの影響は無視できるものとする)。

実験1：標本を KCl 溶液に浸す際に、細胞膜外液の K^+ 濃度を3種類用意し、細胞膜内液の K^+ 濃度を変えていったときの膜電位の変化を調べた。

実験2：細胞膜内外の溶液のイオン組成を生体内と同じにして、閾値に近い電氣的刺激を与えたとき、活動電位が発生した。

実験3：細胞膜内外の溶液のイオン組成を生体内と同じにして、実験2の電氣的刺激の強度を2倍あるいは1/2倍にした。

実験4：細胞膜内外の溶液のイオン組成を生体内と同じにして、下線部③を阻害する薬剤を添加し、実験2と同じ電氣的刺激を与えた。

実験5：細胞膜内液のイオン組成は生体内と同じままで、細胞膜外液を細胞膜内液と等張の KCl 溶液に完全に置換し、実験2と同じ電氣的刺激を与えた。

実験6：細胞膜外液のイオン組成は生体内と同じままで、細胞膜内液の K^+ の半分を Na^+ に置換し、実験2と同じ電氣的刺激を与えた。

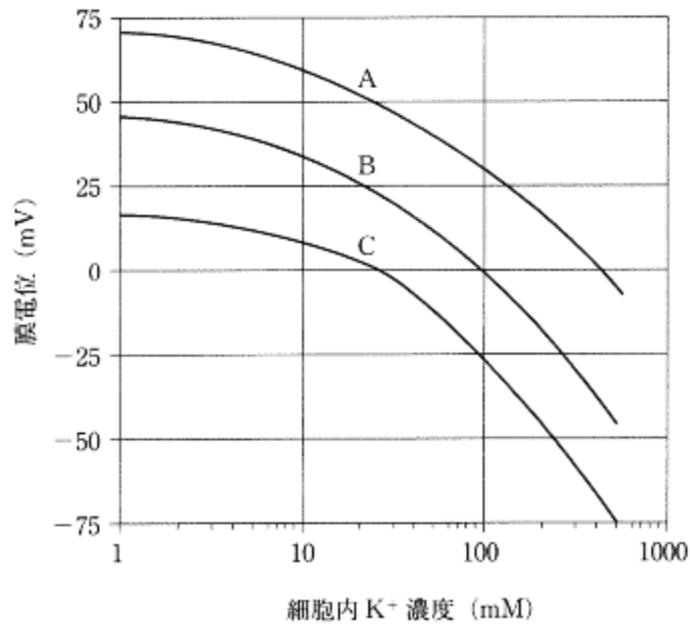


図 細胞内外の K⁺ 濃度と膜電位の関係

問1 図は実験1の結果を表したものである。実線Bの細胞膜外液のK⁺濃度(mM)として最も適切なものを、以下の選択肢ア～オの中から1つ選び、解答欄の記号にマークしなさい。

- ア. 10
- イ. 100
- ウ. 200
- エ. 400
- オ. 600

問2 膜電位の説明として適切なものを、以下の選択肢a～eの中から2つ選び、その組み合わせとして最も適切なものを選択肢ア～コの中から1つ選び、解答欄の記号にマークしなさい。

- a. 細胞膜内外のK⁺の濃度差によって静止電位が形成される
- b. 細胞膜内外のK⁺の濃度差は、下線部①の能動輸送によって形成される
- c. 生体における細胞膜外液のK⁺濃度に最も近いのは、図の実線Cの濃度である
- d. 細胞膜内外のK⁺の濃度差が形成されると、下線部②により活動電位が生じる
- e. 下線部③が常に開放しているので、K⁺が細胞膜内から細胞膜外に拡散し、静止電位が形成される

- | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| ア. a-b | イ. a-c | ウ. a-d | エ. a-e | オ. b-c |
| カ. b-d | キ. b-e | ク. c-d | ケ. c-e | コ. d-e |

問3 実験3で発生した活動電位を実験2の結果と比較するとどのような変化が観察されるか。その変化の説明として最も適切なものを、以下の選択肢ア～カの中から1つ選び、解答欄の記号にマークしなさい。

- ア. 2倍の強度では2倍に、1/2の強度では1/2に変化した
- イ. 2倍の強度では2倍に、1/2の強度では変化しなかった
- ウ. 2倍の強度では2倍に、1/2の強度では発生しなかった
- エ. 2倍の強度では変化せず、1/2の強度では1/2に変化した
- オ. 2倍の強度では変化せず、1/2の強度でも変化しなかった
- カ. 2倍の強度では変化せず、1/2の強度では発生しなかった

問4 実験4の結果として推測されるものとして最も適切なものを、以下の選択肢ア～カの中から1つ選び、解答欄の記号にマークしなさい。

- ア. 活動電位が生じなくなる
- イ. 活動電位が大きくなる
- ウ. 活動電位が小さくなる
- エ. 静止電位に戻れなくなる
- オ. 静止電位に戻る時間が長くなる
- カ. 静止電位に戻る時間が短くなる

問5 実験5の結果として推測されるものとして最も適切なものを、以下の選択肢ア～カの中から1つ選び、解答欄の記号にマークしなさい。

- ア. 静止電位は変わらず、活動電位は生じなくなる
- イ. 静止電位は変わらず、活動電位は生じやすくなる
- ウ. 静止電位は変わらず、活動電位は生じにくくなる
- エ. 静止電位は大きくなり、活動電位は生じなくなる
- オ. 静止電位は大きくなり、活動電位は生じやすくなる
- カ. 静止電位は大きくなり、活動電位は生じにくくなる

問6 実験6の結果として推測されるものとして最も適切なものを、以下の選択肢ア～カの中から1つ選び、解答欄の記号にマークしなさい。

- ア. 静止電位は変わらず、活動電位は生じなくなる
- イ. 静止電位は変わらず、活動電位は生じやすくなる
- ウ. 静止電位は変わらず、活動電位は生じにくくなる
- エ. 静止電位は大きくなり、活動電位は生じなくなる
- オ. 静止電位は大きくなり、活動電位は生じやすくなる
- カ. 静止電位は大きくなり、活動電位は生じにくくなる

問7 膜電位 E (mV) は次の式により近似的に求められるとする。

$$E = 58 \log_{10} \frac{P_K [K^+]_{out} + P_{Na} [Na^+]_{out}}{P_K [K^+]_{in} + P_{Na} [Na^+]_{in}}$$

P_X はイオン X の膜透過性を表し、その比は $P_K : P_{Na} = 1 : 0.04$ である。 $[X]_{in}$, $[X]_{out}$ はそれぞれ細胞膜内外のイオン X の濃度を表す。イカの神経細胞膜において、細胞膜外の Na^+ 濃度が 500 mM, K^+ 濃度が 20 mM, 細胞膜内の Na^+ 濃度が 50 mM, K^+ 濃度が 400 mM であるとした場合、この細胞膜の膜電位は何 mV か。最も近い値を以下の選択肢ア～オの中から1つ選び、解答欄の記号にマークしなさい。ただし、計算の途中で生じる対数の真数部分は、有効数字2桁以下を四捨五入しなさい。

- ア. -48
- イ. -58
- ウ. -68
- エ. -78
- オ. -88

問8 血液中のカリウム濃度が異常に高い状態を高カリウム血症とよび、重症化すると不整脈(心臓が正常に拍動せず、脈のリズムや頻度が不規則になる状態)や心停止を引き起こす場合がある。高カリウム血症は、ある臓器の機能低下を原因とする場合が多い。原因となる臓器として最も適切なものを、以下の選択肢ア～オの中から1つ選び、解答欄の記号にマークしなさい。

- ア. 心臓
- イ. 肝臓
- ウ. 腎臓
- エ. すい臓
- オ. 骨髄

問9 高カリウム血症の場合、心筋細胞の膜電位はどのようになると推測されるか。最も適切なものを、以下の選択肢ア～カの中から1つ選び、解答欄の記号にマークしなさい。

- ア. 静止電位は変わらず、活動電位は生じにくくなる
- イ. 静止電位は変わらず、活動電位は生じやすくなる
- ウ. 静止電位は小さくなり、活動電位は生じにくくなる
- エ. 静止電位は小さくなり、活動電位は生じやすくなる
- オ. 静止電位は大きくなり、活動電位は生じにくくなる
- カ. 静止電位は大きくなり、活動電位は生じやすくなる

問10 高カリウム血症において、不整脈や心停止が生じる原因として最も適切なものを、以下の選択肢ア～エの中から1つ選び、解答欄の記号にマークしなさい。

- ア. 細胞膜内に K^+ が入りにくくなり、細胞膜内に Na^+ が入りにくくなるから
- イ. 細胞膜内に K^+ が入りにくくなり、細胞膜外に Na^+ が出にくくなるから
- ウ. 細胞膜外に K^+ が出にくくなり、細胞膜内に Na^+ が入りにくくなるから
- エ. 細胞膜外に K^+ が出にくくなり、細胞膜外に Na^+ が出にくくなるから