

2020年度

# 理 科

**R 3**

生 物

〔問題ページ数〕

9 ページ

〔解答用紙枚数〕

4 枚

2月25日(火)

【前期日程】

理 学 部 (数学科, 生物科学科, 地球科学科)

農 学 部

地域創造学環 (選抜方法A)

13 : 40 ~ 15 : 00

工 学 部 (化学バイオ工学科)

14 : 30 ~ 15 : 50

## 注 意 事 項

### 試験開始前

- 1 監督者の指示があるまで、問題冊子、解答用紙に手を触れてはいけません。
- 2 監督者の指示に従い、出願時に選択した科目の問題冊子、解答用紙であるかどうかを確かめ、全部の解答用紙に受験番号を記入しなさい。
- 3 出願時に選択した科目と解答した科目が異なる場合は採点されません。

### 試験開始後

- 4 はじめに、問題冊子、解答用紙を確かめ、枚数の不足や、印刷の不鮮明なもの、ページの落丁・乱丁があった場合は、手をあげて監督者に申し出なさい。
- 5 解答はすべて解答用紙に記入しなさい。
- 6 問題は、声を出して読んではいけません。
- 7 各問ごとの配点は、比率(%)で表示してあります。

### 試験終了後

- 8 問題冊子は、必ず持ち帰りなさい。

1 ヒトなどの脊椎動物の循環系に関する次の文章を読み、問1～問6に答えなさい。

(配点 27%)

脊椎動物の循環系は血管系とリンパ系で構成される。循環系において、体液の循環量の調節は a 心臓の拍動を調節することでおこなわれている。心臓は ① という特別な筋肉からなる器官で、たえず規則的な収縮を繰り返し、血液をからだ全体に送り出している。 b 心臓から送り出された血液は動脈を通り、心臓にもどってくる血液は静脈を通り、動脈と静脈は毛細血管でつながれている。毛細血管では、 ② が組織にしみ出し ③ となり、各組織と物質のやり取りをおこなっている。 ③ の大部分は毛細血管内にもどって ② となるが、一部はリンパ管内に入ってリンパ液となる。

ヒトなどの肺呼吸をおこなう動物の血液の循環は、 c 肺循環と体循環に分けられる。肺循環は心臓から肺を経由して心臓にもどってくる血液の循環をいい、体循環は心臓から肺以外のからだの各部を経由して心臓にもどる血液の循環である。肺循環では、 ④ 内を動脈血が流れ、 ⑤ 内を静脈血が流れる。

ヒトの場合、からだのリンパ管のところどころには ⑥ があり、リンパ球が多数存在している。またリンパ管は心臓の近くの ⑦ で血管と合流する。

このように、循環系は d 血液やリンパ液などの体液をからだ全体に流通させ、各組織と物質のやり取りをおこなうことで、体内環境の維持に働いている。

問 1 文章中の ① ~ ⑦ に入るもっとも適切な語を答えなさい。

問 2 下線部 a について、小問 (1) , (2) に答えなさい。

- (1) カエルのからだからとりだされた心臓が、生理食塩水中で一定のリズムで拍動し続ける理由を答えなさい。
- (2) 心臓の拍動はからだの中では血液中の二酸化炭素濃度に応じてどのように調節されているか、そのしくみを含めて説明しなさい。

問 3 下線部 b について、小問 (1) , (2) に答えなさい。

- (1) 動脈、静脈、毛細血管を比較してそれぞれの構造上の特徴について説明しなさい。
- (2) 血管を構成する細胞にはギャップ結合を介して接着するものがある。ギャップ結合とはどのようなものか、答えなさい。

問 4 ネズミの臓器における血管の分布と構造を光学顕微鏡で観察するため、固定した臓器片を薄く切って厚さ  $6\mu\text{m}$  の切片とした。その切片を染色して顕微鏡標本を作製した。小問

(1) ~ (4) に答えなさい。

(1) 光学顕微鏡で観察する場合に、なぜ臓器片を薄く切りかつ染色した標本を用いるのか、理由を答えなさい。

(2) 光学顕微鏡で標本を観察したいが、視野が暗くうまく観察がおこなえない場合、どのような操作をすればよいか、答えなさい。

(3) 血管の直径を測定するには、対物マイクロメーターと接眼マイクロメーターを用いる。対物マイクロメーターの1目盛りは  $0.01\text{mm}$  である。図1の場合、接眼マイクロメーターの1目盛りは何  $\mu\text{m}$  か、答えなさい。

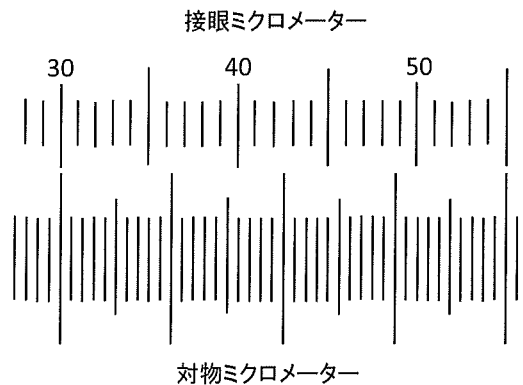


図1 接眼マイクロメーターの1目盛りの長さ

(4) (3) と同じ接眼レンズと対物レンズの組み合わせで、垂直に切断された血管の断面を観察したところ、その血管の内面は図2のように見えた。この血管の内径は何  $\mu\text{m}$  か、答えなさい。

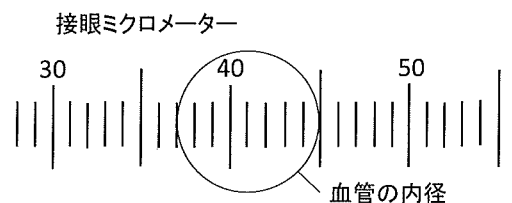


図2 接眼マイクロメーターによる血管の内径の測定

問 5 下線部 c について、肺で取り込まれた酸素は、赤血球により血液の循環を通して各組織に効率よく運ばれる。図 3 はヒトのヘモグロビンの酸素解離曲線である。酸素分圧が 100 mmHg、二酸化炭素分圧が 40 mmHg の肺胞にあった血液が、酸素分圧 30 mmHg、二酸化炭素分圧 70 mmHg の組織に移動すると、肺胞でヘモグロビンと結合していた酸素の何%が解離するか、答えなさい。小数点以下は四捨五入しなさい。

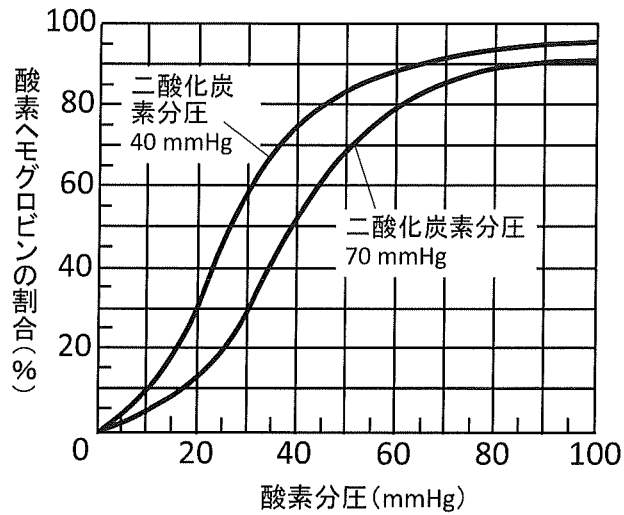


図 3 ヘモグロビンの酸素解離曲線

問 6 下線部 d について、循環系は酸素の組織への供給と二酸化炭素の回収、栄養物質と代謝産物の運搬など多様な機能をもっている。循環系にはこれら以外にどのような機能があるか、3つあげなさい。

2 植物の生殖と発生に関する次の文章を読み、問1～問6に答えなさい。(配点23%)

多くの種子植物は、雌雄の a 配偶子が合体して新しい個体をつくる **A** 生殖をおこなう。そのうち被子植物は、b 重複受精と呼ばれる独特の生殖をおこなう。重複受精後、**B** と胚乳細胞は分裂を繰り返し、それぞれ胚と胚乳になる。その後の種子の形成過程で、発芽に必要な養分を胚乳に貯蔵する有胚乳種子、または胚乳の養分を **C** が吸収して発達する c 無胚乳種子になる。種子は発芽の条件が整うまで d 休眠状態を維持する。

問1 文章中の **A** ~ **C** に入るもっとも適切な語を答えなさい。

問2 下線部aについて、配偶子が形成される際、減数分裂がおこなわれる。その過程における細胞1個あたりのDNA量の変化を解答欄の図に示しなさい。なお、図の縦軸は減数分裂を完了した細胞のDNA量を1とした相対値で示している。また、解答欄の図の縦軸と横軸には数字のみを示している。

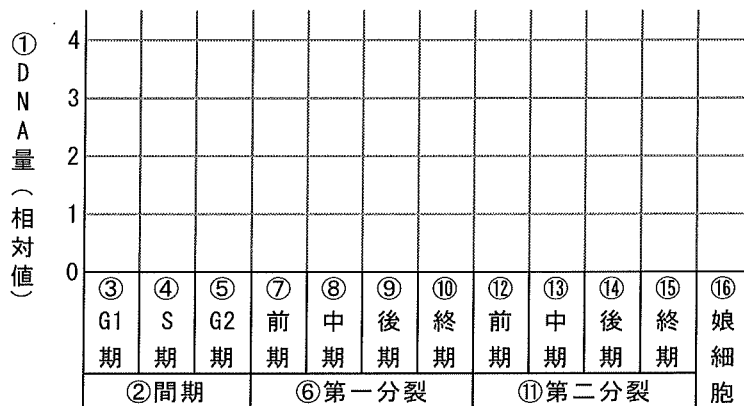


図 減数分裂における細胞1個あたりのDNA量の変化

問3 下線部bについて、受粉から受精までの過程を、次の語をすべて用いて説明しなさい。

(語群) 花粉管, 雄原細胞, 胚のう, 卵細胞, 胚乳細胞

問4 下線部cについて、無胚乳種子を形成する植物を以下の選択肢からすべて選び、記号で答えなさい。

ア: クリ      イ: ソテツ      ウ: イネ      エ: トウモロコシ      オ: ダイズ  
カ: コムギ      キ: スギゴケ      ク: カキ      ケ: ナタネ      コ: イチョウ

問5 下線部dについて、休眠は子孫を残すうえでなぜ必要なのか、答えなさい。

問 6 種子植物はシダ植物から進化し、古生代中期に裸子植物が、中生代後期に被子植物が出現したと考えられている。どちらも多様化しながら分布を拡大していったが、特に被子植物のほうが顕著であった。小問 (1) , (2) に答えなさい。

(1) 種子植物の生殖方法はシダ植物とくらべて乾燥に適応していると考えられている。その理由について答えなさい。

(2) 種の多様化は、裸子植物より被子植物の方が顕著である。この理由について生殖器官の特徴や生殖方法に注目して答えなさい。

3 PCR 法(ポリメラーゼ連鎖反応法)に関する次の文章を読み、問1～問7に答えなさい。

(配点 25%)

PCR 法は特定の領域の DNA を多量に増幅する方法である。PCR 用反応液中には、増幅したい領域を含む鋳型 DNA と、増幅したい領域の DNA 複製の起点となる  とよばれる短い DNA 断片、DNA ポリメラーゼ、4 種類の  が入っている。PCR 法では、次の 3 段階の反応を異なる温度でおこなう。

- ① DNA の 2 本鎖を 1 本鎖に解離させる。
- ② 解離した DNA 1 本鎖に  を結合させる。
- ③ DNA ポリメラーゼによる DNA の複製をおこなわせる。

この 3 段階の反応を繰り返すことで特定の DNA 領域を増幅させる。

問 1 文中の  ,  に入るもっとも適切な語を答えなさい。

問 2 ①～③の 3 段階反応に用いられる温度としてもっともふさわしいものを、次の選択肢から 1 つずつ選び答えなさい。

選択肢：0℃, 25℃, 37℃, 60℃, 72℃, 95℃, 195℃

問 3 PCR 法で用いられる DNA ポリメラーゼに関して、小問 (1)～(3)に答えなさい。

- (1) 現在の PCR 法で用いられる DNA ポリメラーゼはどのような特性をもつか、答えなさい。
- (2) (1) の DNA ポリメラーゼはどのような生物由来のものであるか、答えなさい。
- (3) (1) の DNA ポリメラーゼが用いられる以前には、大腸菌由来の DNA ポリメラーゼが用いられていた。その場合には、どのように PCR 法をおこなっていたと考えられるか、答えなさい。

問 4 以下の 1～4 から誤っている文を 2 つ選び、それぞれ正しい内容の文に直しなさい。

1. DNA は水に溶けにくいいため、PCR 法で増幅された DNA は沈殿として現れる。
2. PCR 法ではウイルスの DNA も増幅可能である。
3. PCR 用反応液中の鋳型 DNA のかわりに RNA を加えると、これが鋳型となり DNA が増幅される。
4. DNA を PCR 法で増幅するときには、増幅する領域の長さによって複製に要する時間が変わる。

問 5 PCR 法で増幅された DNA 断片のおおよその長さを調べるためにはどのような方法を用いたらよいか，説明しなさい。

問 6 PCR 法以外で，特定の DNA 領域を増幅する方法を説明しなさい。

問 7 PCR 法は試験管内で DNA を複製し増幅させる方法である。実際の細胞内での DNA 複製に関して，小問 (1)，(2) に答えなさい。

(1) DNA 2 本鎖はどのようにして 1 本鎖に解離するのか，説明しなさい。

(2) ラギング鎖における DNA 複製のしくみについて説明しなさい。



4 個体群に関する次の文章を読み、問1～問6に答えなさい。(配点25%)

個体群を構成する個体の分布は、非生物的環境だけでなく、その生物の個体間相互作用や種間関係を反映しており、主な分布様式は3つある。ある個体の存在が他個体の存在位置に影響を与えていないときは、① 分布となる。個体どうしが引き付け合ったり、非生物的環境にむらがあったりするときは、② 分布、個体間の競争が激しかったり、それぞれの個体が一定空間を占有する傾向があったりするときは、③ 分布となる。

個体群密度の変化にともなって、個体群を構成する個体の発育・生理などが変化することを密度効果という。図1は密度を変えてダイズの種子をまいたときの、個体群密度と単位面積あたりの個体群重量との関係を示す。この図から、a 単位面積あたりの個体群重量は、時間が経過すると、種子をまいたときの密度に関係なくほぼ一定の値になることがわかる。

また、生物は多種多様な個体群からなる群集内で生活している。異種の個体間にも直接的または間接的な相互作用がみられる。b ニッチが類似するヒメゾウリムシとゾウリムシを同じ容器内で飼育した実験では、最終的にヒメゾウリムシは生存し、ゾウリムシは消滅した。この現象は種間競争の結果と考えられている。一方、種の多様性は生態系の機能やその安定性に関与し、c 草原生態系では、多様性の高い植物群集の物質生産量は多様性の低いものに比べて高くなることが報告されている。

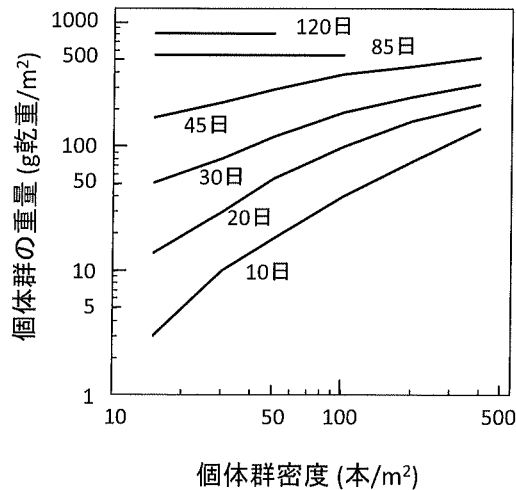


図1 個体群密度を変えたときのダイズの個体群重量の変化  
図中の日数は種子をまいてからの日数を示す。

問 1 文章中の ① ~ ③ に入るもっとも適切な語を答えなさい。

問 2 ② 分布として、適切なものをア～エからすべて選び、記号で答えなさい。

ア：風で種子が散布される種の幼植物の分布

イ：縄張りが形成された動物の分布

ウ：繁殖期の動物の分布

エ：他個体の発芽や成長を妨げる物質が分泌されたときの植物の分布

問 3 下線部 a について、小問 (1) ~ (4) に答えなさい。

(1) 下線部 a の現象を説明する法則を何というか、答えなさい。

(2) 下線部 a の現象がなぜ生じるのか、次の語をすべて用いて説明しなさい。

(語群) 個体群密度, 資源, 個体重量

(3) (2) の語群にある資源には、栄養、水分などが含まれる。このほかに考えられる資源には何があるか、2つ答えなさい。

(4) 図 1 には、種子をまいてから 85 日と 120 日において、それぞれ個体群密度  $100 \text{ 本}/\text{m}^2$ ,  $50 \text{ 本}/\text{m}^2$  より大きい場合の個体群重量が示されていない。これは、高い個体群密度においてある現象が起きたことによる。どのような現象が起きたと考えられるか、説明しなさい。

問 4 下線部 b について、小問 (1), (2) に答えなさい。

(1) 競争の結果、一方の個体群が消滅する現象を何というか、答えなさい。

(2) 個体群間の直接的な相互作用について、競争以外の相互作用を 3つ答えなさい。

問 5 下線部 c のように多様性の高い植物群集の物質生産量が高くなることについて、どのような理由が考えられるか、説明しなさい。

問 6 生物多様性には種の多様性のほかに遺伝的多様性がある。種内における遺伝的多様性の重要性について、環境変動への応答と近交弱勢に注目して説明しなさい。