

理 科

15：00～17：30

解 答 上 の 注 意

1. 試験開始の合図があるまで、この問題紙を開いてはならない。
2. 問題紙は60ページある。このうち、「物理」は2～11ページ、「化学」は12～27ページ、「生物」は28～49ページ、「地学」は50～60ページである。
3. 「物理」、「化学」、「生物」、「地学」のうちから、あらかじめ届け出た2科目について解答せよ。各学部・系・群・学科・専攻の必須科目(◎印)と選択科目(○印)は下表のとおりである。

学部・系・群・学科・専攻 科 目	総 合 入 試					学 部 別 入 試						歯 学 部	獣 医 学 部	水 産 学 部
	理 系					医 学 部								
	数学 重点 選抜 群	物理 重点 選抜 群	化学 重点 選抜 群	生物 重点 選抜 群	総合科学選抜群	医 学 科	保 健 学 科							
							看 護 学 専 攻	放 射 線 技 術 科 学 専 攻	検 査 技 術 科 学 専 攻	理 学 療 法 学 専 攻	作 業 療 法 学 専 攻			
物 理	○	◎	○	○	○	◎	○	◎	○	○	○	○	○	○
化 学	○	○	◎	○	○	○	○	○	◎	○	○	○	○	○
生 物	○	○	○	◎	○	○	◎	○	○	○	○	○	○	○
地 学	○	○	○	○	○									○

4. 受験する科目のすべての解答用紙には、受験番号および座席番号(上下2箇所)を、監督者の指示に従って、指定された箇所に必ず記入せよ。
5. 解答はすべて解答用紙の指定された欄に記入せよ。
6. 必要以外のことを解答用紙に書いてはならない。
7. 問題紙の余白は下書きに使用してもさしつかえない。
8. 下書き用紙は回収しない。

生 物

1 次の文章を読み、それぞれの問に答えよ。

血液は血管の中を流れているが、何らかの原因で血管に損傷が生じて出血した場合、その傷が小さければ自然に止血する。これは、血液が凝固する仕組み^aがはたらいているからである。ただし、血管の損傷が大きければ、自然に止血することが困難になり、多量の出血が起きたときには輸血が必要になる場合もある。輸血をする際には、血液型を合わせるのが原則で、代表的な血液型はABO 血液型^bである。

また、血液は液体成分(血しょう)と赤血球、白血球、血小板といった細胞成分(血球)から成り立っている。白血球には好中球、単球、樹状細胞、リンパ球など^cのいろいろな種類があり、いずれも生体防御のはたらきをしている。なお、単球は血液中から全身の組織に移動してマクロファージとなり、樹状細胞もまた全身の組織に分布している。

血しょうにはグルコースが含まれ、血糖とよばれている。グルコースは、全身の細胞で呼吸の基質となる^dことによりエネルギーを供給している。私たちが正常な生命活動を営むには血糖濃度を適切な範囲に保つ必要があり、血糖濃度が慢性的に高い状態が続けば、糖尿病と診断される。これは、尿にグルコースが排出さ^eれるようになることから名づけられた病名である。糖尿病では、眼、腎臓、手足など、全身の血管に障害が生じるようになる。糖尿病によって腎臓の機能が失われると(腎不全)、人工透析や腎移植^fのような治療が行われることがある。

問 1 下線部 a に関して記述した文として間違っているものを次の(A)~(G)からすべて選び、記号で答えよ。間違っているものがない場合は、なしと答えよ。

- (A) 血管が損傷すると、血液中の血小板が損傷部位に集まってかたまりをつくる。
- (B) 血管の損傷部位、血小板、血しょうに由来する複数の血液凝固因子のはたらきにより、フィブリンという水に溶けにくいタンパク質ができる。
- (C) フィブリンは血管の損傷部位にできた血小板のかたまりと結びつき、さらに血液中の赤血球や白血球とからみ合って血ぺいをつくる。
- (D) 血ぺいが消失する際には、プラスミンという酵素によって赤血球や白血球、血小板が分解され、フィブリンがそのまま血液中に残る。
- (E) 抗凝固剤を加えていない試験管に血液を入れ、しばらく静置した後に遠心分離すると血清と血ぺいに分かれる。
- (F) あらかじめ抗凝固剤の塩化カルシウムを加えておいた試験管に血液を入れ、遠心分離すると血しょうと血ぺいに分かれる。
- (G) 血液の凝固を抑える薬は、脳梗塞の予防に役立つ一方で脳出血の危険性を高めることがある。

問 2 下線部 b に関する次の文章を読み、それぞれの問に答えよ。

ABO 血液型は赤血球の細胞膜表面にある糖鎖(糖が鎖状につながった物質)の構造の違いによっていて、A 型と B 型の人にはそれぞれ A 型糖鎖と B 型糖鎖が、AB 型の人にはそれらの両方が存在し、O 型の人にはいずれも存在しない。このような糖鎖の違いは第 9 染色体にある 3 つの対立遺伝子 A、B、O の組み合わせでメンデルの法則に従って遺伝し、遺伝子 A と B は遺伝子 O に対して顕性(優性)であり、遺伝子 A と B がヘテロ接合体の場合は両方の形質が現れる。また、A 型の血しょう中には B 型糖鎖を抗原とする抗 B 抗体、B 型の血しょう中には抗 A 抗体が存在し、AB 型にはいずれの抗体も存在せず、O 型には両方が存在する。これらの抗体を含む血清に赤血球を加えて抗原抗体反応が起きれば、赤血球は集まってかたまる(凝集)。輸血によってこのような抗原抗体反応が起きると赤血球が破壊されるなどの副作用が起こるので、そのような組み合わせの輸血はできない。さらに、これらの糖鎖を唾液中に多量に分泌する人(分泌型)がいる一方で、ほとんど分泌しない人(非分泌型)もいる。つまり、分泌型の人の血液型は唾液を用いた検査で知ることができる。このことには第 19 染色体にある *Se* 遺伝子がかかわっていて、分泌型の *Se* 遺伝子は非分泌型の *se* 遺伝子に対して顕性である。

問 2-1 日本人で分泌型の人の割合が 75 % であった場合の日本人における *Se* 遺伝子の頻度を小数第一位まで答えよ。

問 2-2 田中さんの血清に山田さんの赤血球を加えると、赤血球が凝集した。このとき、唾液を用いた検査で血液型が AB 型であることがわかっている鈴木さんの唾液を田中さんの血清にあらかじめ加えておくと、凝集が抑えられた。血液型が AB 型で非分泌型の高橋さんの唾液を加えても凝集は抑えられなかった。田中さんの血液型として考えられるものをすべて答えよ。

問 2-3 問 2-2 の鈴木さんの家族の血液型を唾液で調べた結果、父親は A 型と判明したが、母親は非分泌型のため不明であった。また、鈴木さんの配偶者は O 型、配偶者の母親は A 型と判明したが、父親は非分泌型のため不明であった。鈴木さんと配偶者との間に生まれた子の血液型を唾液で調べ、B 型の人に輸血できる血液型であることが判明する確率(%)を小数第一位まで求めよ。

問 3 下線部 c に関して記述した文として間違っているものを次の(A)~(H)からすべて選び、記号で答えよ。間違っているものがない場合は、なしと答えよ。

- (A) 樹状細胞、マクロファージ、好中球は、病原体などの異物を取り込む食作用を行う自然免疫細胞である。
- (B) 樹状細胞は病原体などの異物を取り込むと、リンパ管を通して近くのリンパ節に移動する。
- (C) ある組織でマクロファージが病原体を認識して活性化すると、その部位に血液中から好中球が移動してくる。
- (D) B細胞とT細胞はいずれも獲得免疫細胞としてはたらくリンパ球で、B細胞は骨髄の造血幹細胞に由来し、T細胞は胸腺の造血幹細胞に由来する。
- (E) 樹状細胞は病原体などの異物を取り込み、その一部を細胞表面に出してT細胞に提示するが、B細胞に提示することはない。
- (F) 樹状細胞は病原体などの異物を取り込み、その一部を細胞表面に出してヘルパーT細胞に提示するが、キラーT細胞に提示することはない。
- (G) 病原体などの異物を認識して活性化したT細胞とB細胞の一部が記憶細胞として体内に残り続けるので、同じ感染症にかかりにくい。
- (H) ヒト免疫不全ウイルス(HIV)がT細胞とB細胞に感染することにより、免疫機能が極端に低下する病気がエイズ(AIDS)である。

問 4 下線部 d に関する次の文章を読み、問に答えよ。

ある人が1日に食事から180 gのグルコースを体内に取り込んだとしよう。このグルコースがすべて呼吸によって分解され、生じた二酸化炭素がすべて呼気中に排出されたときの二酸化炭素の体積(L)を小数第一位まで求めよ。

なお、炭素、水素、酸素の原子量はそれぞれ12、1、16とし、1モルの気体の体積は22.4 Lとする。

問 5 下線部 e に関する次の文章を読み、問に答えよ。

血液が腎臓に入ると糸球体という部分でろ過され、ろ過されたものを原尿という。血液中のグルコースはすべて原尿中にろ過され、血糖濃度が上昇すると原尿中のグルコース濃度も直線的に上昇する。原尿中のグルコースは、通常は尿細管(細尿管)という部分で血液中にすべて再吸収されるので、グルコースが尿に排出されることはない。ところが、血糖濃度が尿細管でのグルコースの再吸収能力を上回ると、グルコースが尿に排出されてしまう。

ある糖尿病患者で、血液が糸球体でろ過されて原尿となる量が1分間あたり 100 mL であり、原尿から再吸収できるグルコースの量が最大で1分間あたり 240 mg であった。この糖尿病患者のある1日の血糖濃度が 365 mg/100 mL に維持された場合、その日に尿中に排出されたグルコース量(g)を整数で答えよ。小数点以下の値が算出された場合は、小数第一位を四捨五入すること。

問 6 下線部 f に関する次の文章を読み、それぞれの問に答えよ。

2024 年 3 月にアメリカ合衆国で、腎不全の患者にブタの腎臓が移植された。このような異なる生物種からの移植(異種移植)は、人間の臓器提供者(ドナー)が不足していることから研究が進められている。腎臓を提供したブタには、患者による拒絶反応を抑えるために遺伝子改変が行われた。移植臓器に対する拒絶反応には主に細胞性免疫が関与するが、ブタからの移植の場合には患者の血液中にすでに存在する抗体による急激な拒絶反応の問題が大きいので、この抗体が認識する抗原をもたないように遺伝子改変されたのである。2024 年 4 月には 2 例目の遺伝子改変ブタからの腎移植が同じくアメリカで実施され、この際にはさらに拒絶反応を抑える目的でブタの胸腺も同時に移植された。

問 6-1 下線部 g は、移植されたドナーの組織を患者の免疫系が攻撃することにより生じる。逆に、移植されたドナーの組織由来の細胞が患者を攻撃する場合がある。そのような可能性がある移植療法を表す語として適切なものを次の(A)～(F)から 1 つ選び、記号で答えよ。

- | | | |
|----------|----------|-----------|
| (A) 心臓移植 | (B) 自家移植 | (C) すい臓移植 |
| (D) 骨髄移植 | (E) 肝臓移植 | (F) 角膜移植 |

問 6-2 下線部 h に関して、特殊な DNA 切断酵素を用いて生物のゲノム DNA の目的の部位を切断し、さらに生物が本来もっている DNA 修復機能を利用して塩基配列を改変する技術が用いられている。そのような遺伝子改変技術を表す適切な語を答えよ。

問 6-3 下線部 j に関して、ブタからの臓器移植後の拒絶反応以外にこの抗体によって生じる可能性がある健康上の問題について、40 字以内(句読点含む)で説明せよ。

問 6-4 下線部 k に関して、胸腺では自分自身に反応する未熟な T 細胞が選別され、排除される。ブタの胸腺を移植することにより拒絶反応が抑えられる仕組みを表す語を漢字 4 文字で答えよ。

2 次の文章を読み、それぞれの間に答えよ。

生物の個体が、自己と同種の新しい個体をつくりだすことを生殖とよぶ。生殖の方法は、 生殖と 生殖に分けられ、 生殖を行うヒトでは、配偶子である卵と精子が減数分裂によりつくられ、受精することで新しい個体をつくりだす。一方、細菌などの原核生物は 生殖によって増殖する。 生殖には分裂、出芽、栄養生殖などの方法がある。

ヒトの配偶子である卵は、 細胞から生じる。 細胞は生殖巣に移動、分化し、卵原細胞となり、体細胞分裂をくり返しながら増殖する。増殖した細胞のうち、^a一部は死滅し、残った細胞は減数分裂を開始し一次卵母細胞となる。この細胞は、^b減数分裂第一分裂の前期で停止し、この間に初期発生に必要な成分を細胞質に蓄積する。脳下垂体から分泌される排卵を促すホルモンの作用により、停止していた減数分裂は再開され、二次卵母細胞と細胞質が極端に少ない に分裂後、再び停止する。この状態で二次卵母細胞が排卵され、輸卵管(卵管)に吸いこまれ、精子と輸卵管内で^c受精がおこる。受精により減数分裂は再開され、二次卵母細胞は、大きな卵細胞と に分裂後、減数分裂は完了する。卵細胞で、 や が生じた領域を という。^d受精卵は初期発生を開始し、受精後およそ6日目に子宮内膜に入り込み、着床する。

問 1 と に入る適切な語句を答えよ。

問 2 ～ に入る適切な語句を、次の(A)～(N)から選び、記号で答えよ。

- | | | |
|------------|------------|----------|
| (A) 始原生殖 | (B) 体 | (C) 生殖 |
| (D) 上皮 | (E) ES | (F) iPS |
| (G) 植物極 | (H) 動物極 | (J) 赤道面 |
| (K) 一次精母細胞 | (L) 二次精母細胞 | (M) 第一極体 |
| (N) 第二極体 | | |

問 3 卵原細胞，一次卵母細胞，二次卵母細胞，卵細胞の核相を，次の(A)～(E)からそれぞれ1つずつ選び，記号で答えよ。なお，同じ記号をくり返し選んでもよい。

- (A) $0.5n$ (B) n (C) $2n$
(D) $3n$ (E) $4n$

問 4 下線部 a に関して，受容体 A が細胞死の誘導に関与するかどうかを調べるために，次の実験を行った。

【手順 1】

受容体 A の遺伝子，または緑色蛍光タンパク質 (GFP) の遺伝子を培養細胞に導入し，タンパク質を発現させた。次に，受容体 A のシグナル分子 (リガンド) であり，受容体 A とのみ結合する化合物 B をさまざまな濃度でそれぞれの細胞の培養液に添加して，さらに 24 時間培養した。培養後，生き残っている細胞の数を調べた結果が図 1 である。なお，GFP 遺伝子導入細胞の生き残った細胞の数の変化は，遺伝子を導入しない細胞と変わらなかった。また，化合物 B は水溶性であり，細胞の中には入らないことがわかっている。

【手順 2】

遺伝子改変技術により，受容体 A 遺伝子のノックアウト培養細胞を作製した。この細胞に，さまざまな濃度の化合物 B を添加して，さらに 24 時間培養した。培養後，生き残っている細胞の数を調べた結果が図 2 である。なお，用いた培養細胞は，【手順 1】と同じである。

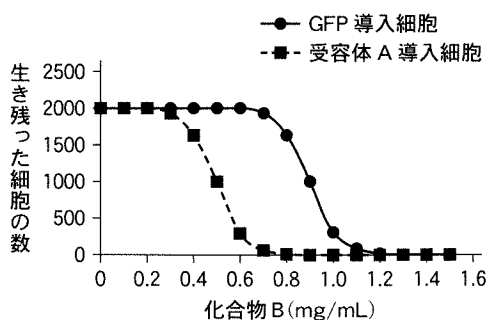


図 1

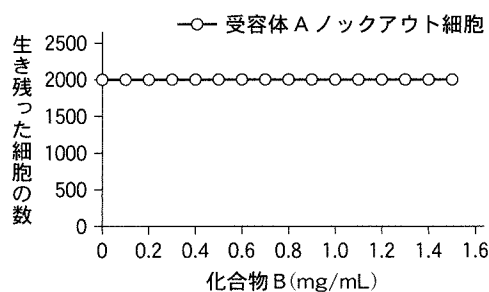


図 2

この実験結果からいえることとして適切なものを、次の(A)~(H)の文からすべて選び、記号で答えよ。

- (A) 化合物 B は受容体 A と結合することで、細胞死を誘導する。
- (B) 化合物 B は受容体 A と結合しなくとも、細胞死を誘導する。
- (C) 化合物 B は受容体 A とは別の受容体に結合して、細胞死を誘導する。
- (D) 受容体 A 遺伝子を導入しなくとも、この細胞は受容体 A を発現している。
- (E) 受容体 A 遺伝子を導入する前は、この細胞は受容体 A を発現していない。
- (F) 受容体 A は細胞膜上に存在している。
- (G) 受容体 A は細胞質に存在している。
- (H) 受容体 A は核の中に存在している。

問 5 下線部 b に関して、減数分裂第一分裂前期の説明として間違っているものを、次の(A)~(E)の文からすべて選び、記号で答えよ。

- (A) 相同染色体どうしが対合して二価染色体となる。
- (B) 染色体は凝集して太く短いひも状になる。
- (C) 相同染色体の間で、染色体の一部が交換される染色体の乗換え(交さ)がおこる。
- (D) 染色体がほどけて DNA が複製される。
- (E) 二価染色体が分離して両極に移動する。

問 6 下線部 c に関して，以下の問に答えよ。

問 6-1 ウニを用いて以下の手順で受精の実験を行った。

【手順 1】

ウニの未受精卵を特殊な溶液に浸して，図 3 で示す A 層を溶出，除去した。これを「A 層除去卵」とする。また，A 層を溶出させた溶出液と海水を混合した。これを「A 層溶出液 + 海水」とする。

【手順 2】

「A 層除去卵」をさらに酵素で処理し，図 3 で示す B 膜を除去した。これを「A 層除去 + B 膜除去卵」とする。

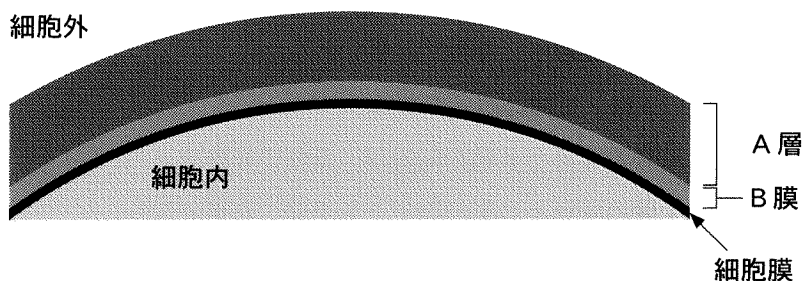


図 3 ウニ未受精卵の表面

【手順 3】

以下の条件 1 ～ 5 における 30 分後の受精率を調べた。

条件 1：なんの処理もしていない卵を海水にいれ，精子を加えた。

条件 2：A 層除去卵を海水にいれ，精子を加えた。

条件 3：A 層除去卵を「A 層溶出液 + 海水」にいれ，精子を加えた。

条件 4：「A 層除去 + B 膜除去卵」を海水にいれ，精子を加えた。

条件 5：「A 層除去 + B 膜除去卵」を「A 層溶出液 + 海水」にいれ，精子を加えた。

結果は、以下の通りである。

	受精に用いた卵	加えた海水の種類	受精率
条件 1	無処理卵	海 水	99 %
条件 2	A 層除去卵	海 水	5 %
条件 3	A 層除去卵	A 層溶出液 + 海水	98 %
条件 4	A 層除去 + B 膜除去卵	海 水	4 %
条件 5	A 層除去 + B 膜除去卵	A 層溶出液 + 海水	99 %

この実験結果から考えられることとして、もっとも適切なものを、次の (A)～(F) の文から 1 つ選び、記号で答えよ。

- (A) A 層の成分が、受精に必要である。
- (B) B 膜は、受精に必要である。
- (C) A 層の成分と B 膜の両方が、受精に必要である。
- (D) A 層の成分と B 膜の両方とも受精に必要でない。
- (E) 細胞膜は、受精に必要である。
- (F) 細胞膜は、受精に必要でない。

問 6-2 ウニの卵には、1 個の精子が卵と融合するとそれ以上、精子が融合できない、つまり一度に多くの精子が卵へ侵入するのを防ぐ多精拒否という仕組みが備わっている。この仕組みでは、図 3 の B 膜が重要な役割を果たしている。B 膜がどのように変化することで 2 個目以降の精子の侵入を防ぐのかについて、20 字以内(句読点含む)で説明せよ。また、B 膜がこのように変化したものの名称を答えよ。

問 7 下線部 d に関して，ウニの受精卵を用いて以下の実験を行った。

実験 1：受精卵を海水中で発生させたところ，卵割を開始し，胞胚になった。

実験 2：RNA 合成を阻害する試薬 A を海水中に加えて受精卵を発生させたところ，卵割を開始し，胞胚になった。

実験 3：タンパク質合成のうち翻訳のみを阻害する試薬 B を海水中に加えて受精卵を発生させたところ，卵割は起こらなかった。

なお，試薬 A，試薬 B ともに阻害作用が十分に示される量を海水中に加えて実験を行った。また，受精直後から試薬 A，試薬 B ともに作用するものとする。

実験 3 では発生は起こらず，実験 2 では発生が起きた理由を 50 字以内(句読点含む)で答えよ。

3 次のⅠとⅡの文章を読み、それぞれの問に答えよ。

Ⅰ ヒトは外部環境に生じるさまざまな変化を刺激として受けとっている。動物には刺激を感知する受容器が存在する。受容器が受け取った刺激情報は、

a

(ア) 神経を經由して中枢神経系に伝えられる。中枢神経系は、脳と

(イ) から構成される。脳は部位によって、それぞれ異なるはたらきを

もっている。恒常性と生命維持に重要なはたらきをもつ部位は (ウ) とよ

ばれ、間脳、 (エ) , (オ) , 橋から構成される。中枢神経からの命

令は (カ) 神経を經由して骨格筋に伝えられる。動物性機能に關与する

(ア) 神経と (カ) 神経を合わせて (キ) 神経とよぶ。一方、呼

吸、循環、消化等の調節は、意思とは無関係にはたらく植物性機能に關与する

自律神経系によって行われる。自律神経系では、2つの相反するはたらきをも

b

つ神経が協調して1つの臓器を制御する。このようなはたらきを自律神経系の

(ク) とよぶ。

問 1 文中の (ア) ~ (ク) に入る適切な語句を答えよ。

問 2 下線部 a について、刺激の種類と受容器の感覚細胞について間違っている組み合わせを次の(A)~(E)からすべて選び、記号で答えよ。間違っている組み合わせがない場合は、なしと答えよ。

- (A) 音 — 有毛細胞
- (B) 味 — 味細胞
- (C) 色 — 桿体細胞
- (D) におい — 嗅細胞
- (E) 身体の回転 — 有毛細胞

問 3 下線部bの中枢が存在する部位を図1の(A)~(F)から1つ選び、記号で答えよ。

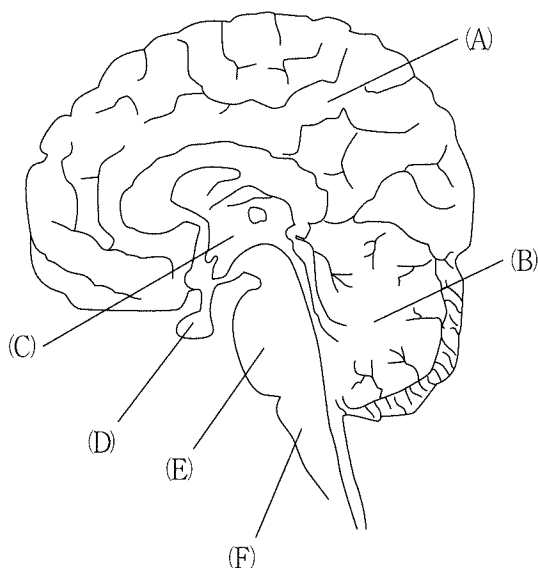


図1 ヒトの中枢神経系の構造

Ⅱ ヒトの神経系における光情報の伝達には、片側の眼の網膜で受容した光刺激の一部が視交叉で交差し、視床を経由して反対側の視覚野に伝わる経路と、網膜で受容された光刺激が視床を中継することなく中脳を経由して、左右の動眼神経に伝わる経路が存在する。その結果、光を浴びると動眼神経に制御される瞳孔括約筋が収縮し、瞳孔が縮小する。このような光に対する瞳孔の応答を対光反射とよぶ。瞳孔の大きさ(瞳孔径)は、光以外の刺激によっても変化することが知られている。そこで運動刺激が瞳孔径に与える影響を調べるため、次のような実験を行った。

【実験 1】 300 ルクスの明るさの実験室で自転車運動を 1 時間行い、その後安静状態に 30 分おいた。この間、瞳孔径と心臓の拍動数を測定した結果を図 2 に示す。

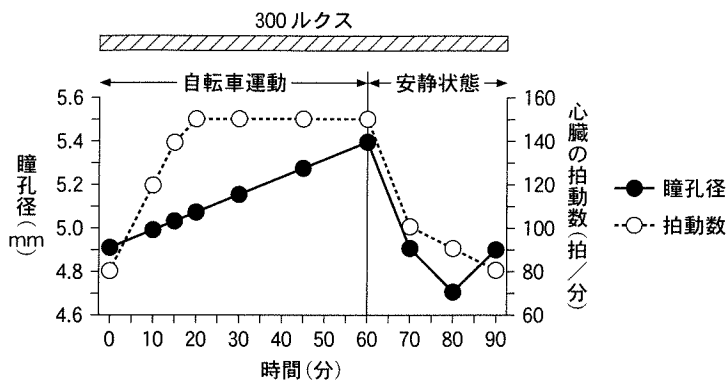


図 2 自転車運動開始から運動後の安静状態での瞳孔径(●)と心臓の拍動数(○)の推移

【実験 2】 ^d対光反射と運動刺激による瞳孔径の調節について、どちらが優位であるかを確認するために運動開始から 30 分後までは 0 ルクスの暗条件、30 分後から 60 分後までは 5000 ルクスの明るさで自転車運動を行った。この間の瞳孔径と心臓の拍動数の結果を図 3 に示す。自転車運動の強度は【実験 1】と同じである。

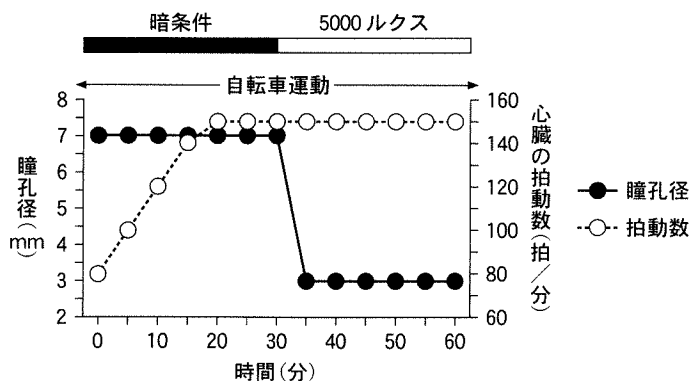


図 3 暗条件と 5000 ルクスの明るさで自転車運動を行った際の瞳孔径(●)と心臓の拍動数(○)の推移

問 4 下線部 c の神経路が正常に機能する場合、左眼のみに光を照射すると左右の瞳孔径にどのような変化がみられるか。図 4 内の(A)～(F)から 1 つ選び、記号で答えよ。

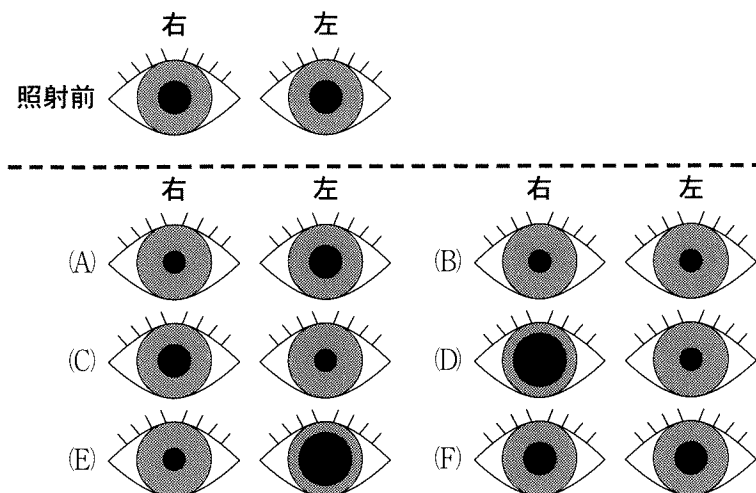


図 4 左眼にのみ光を当てたときの瞳孔のようす

問 5 【実験 1】と【実験 2】における運動中の心臓の拍動数の変化に関わるホルモンの名称を記せ。また、そのホルモンを分泌する内分泌器官を次の(A)～(E)から 1 つ選び、記号で答えよ。

- (A) 視床下部 (B) 下垂体 (C) 腎 臓
(D) すい臓 (E) 副腎髄質

問 6 【実験 1】と【実験 2】における運動中に観察された心臓の拍動数を調節する仕組みを説明した以下の文それぞれについて、下線部が正しいものには○、間違っているものには正しい語句を記せ。

- (A) 運動の開始とともに血中の二酸化炭素濃度が低下し、その情報が心臓拍動中枢に伝達される。
(B) 心臓の拍動数の調節を行う心臓拍動中枢は、間脳に存在する。
(C) 心臓の拍動数の増加は、自律神経系と内分泌系が協調して行われる。
(D) 自律神経は、大静脈と心臓の左心房との境界にあるペースメーカー細胞を調節する。

問 7 下線部dについて、以下の問に答えよ。

問 7-1 【実験 1】と【実験 2】の結果のみからいえることとして、対光反射と運動刺激による瞳孔径の調節は、どちらが優位であったと考えられるか。

次の(A)～(C)から 1 つ選び、記号で答えよ。

- (A) 対光反射が優位である。
- (B) 運動刺激による瞳孔径の調節が優位である。
- (C) 対光反射と運動刺激による瞳孔径の調節は同程度である。

問 7-2 問 7-1 の解答の根拠となる実験結果を 40 字以内(句読点を含む)で説明せよ。

問 8 【実験 1】と【実験 2】の実験結果のみからいえることについて、正しく説明している文を次の(A)～(D)の中からすべて選び、記号で答えよ。正しく説明している文がない場合は、なしと答えよ。

- (A) 心臓の拍動数の調節に関わる神経は、瞳孔径の調節に関わる神経よりも、運動刺激に対して反応しやすい。
- (B) 瞳孔の縮小に関わる神経の活動は、運動後では運動前に比べて一時的に抑制される。
- (C) 瞳孔の拡大に関わる神経の活動は、運動時間の経過とともに大きくなる。
- (D) 運動中では、心臓の拍動数を増加させる神経の活動が、心臓の拍動数を低下させる神経の活動より優位になる。



4

次のⅠとⅡの文章を読み、それぞれの問に答えよ。

Ⅰ 生態系内に分布するさまざまな生物種間の物質とエネルギーの流れは、食物連鎖を通して起こる。食物連鎖の基盤は生産者であり、太陽の光エネルギーを化学エネルギーとして取り込み、それを使って大気中の二酸化炭素を吸収して有機物生産を行う。陸上生態系では緑色植物が、海洋生態系では植物プランクトンが主にこのプロセスを支えている。生産者は一次消費者(植食性動物)に食われ、一次消費者はさらなる高次消費者(肉食性動物)に食われることで、物質やエネルギーの生物間の移動が起きる。これが生食連鎖である。一方で、生物の遺骸や排泄物は分解者により無機化され、二酸化炭素と熱エネルギーとして大気中に放出される。このプロセスを腐食連鎖という。

生産者により一定期間に作られた有機物量を (ア) という。そこから呼吸により消費された有機物量を差し引いたものを (イ) という。そこからさらに、落葉・落枝などの枯死量と一次消費者による被食量を差し引いたのが (ウ) である。ある時点での生物量に現在までの (ウ) を加えたものが、 (エ) である。

消費者が摂食により取り入れた物質(摂食量)のうち、未消化物質の排出量を差し引いた分が同化量であり、そこから呼吸量と老廃物排出量を差し引いたものが生産量である。一次消費者における摂食、同化、生産過程で伝わるエネルギー効率は、それぞれ以下の式で表される。

$$\text{摂食効率} = \text{摂食量} / \text{(イ)}$$

$$\text{同化効率} = \text{同化量} / \text{(オ)}$$

$$\text{生産効率} = \text{生産量} / \text{(カ)}$$

生態系における物質量やエネルギー量の変化パターンを、それぞれの栄養段階で積み上げて図示したものを生態ピラミッドという(図1)。急激な環境変化のない安定状態にある生態系の生態ピラミッドは、一定期間に獲得されるエネルギー量や生産速度に基づいて描くと必ず、生産者>一次消費者>高次消費者となり、上位栄養段階ほど減少する。しかし、各栄養段階の生物の現存量に基

a

づいて描いた場合は、安定状態においても生産者と一次消費者の量的関係が逆転することもある(図1)。

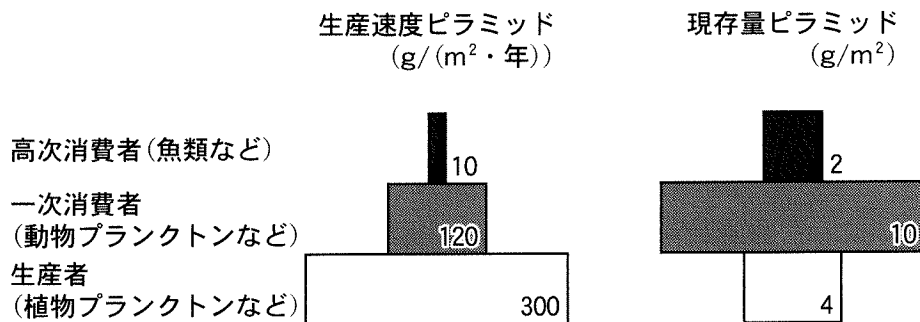


図1 ある湖沼生態系における生産速度と現存量について示された生態ピラミッドの例

問1 文中の (ア) ~ (カ) に入る適切な語句を次の(A)~(J)からそれぞれ1つ選び、記号で答えよ。

- | | | |
|---------|----------|------------|
| (A) 現存量 | (B) 純生産量 | (C) 成長量 |
| (D) 摂食量 | (E) 総生産量 | (F) 同化量 |
| (G) 呼吸量 | (H) 被食量 | (J) 非同化器官量 |

問2 生産者による純生産量のうち、生食連鎖に使われなかった部位は、やがて腐食連鎖に取り込まれる。森林生態系、草原生態系、海洋生態系について、腐食連鎖に移行する割合の大きな順にならべたとき、正しいものはどれか。次の(A)~(F)から1つ選び、記号で答えよ。

- | | | | | |
|-----------|---|-------|---|-------|
| (A) 森林生態系 | > | 草原生態系 | > | 海洋生態系 |
| (B) 森林生態系 | > | 海洋生態系 | > | 草原生態系 |
| (C) 海洋生態系 | > | 草原生態系 | > | 森林生態系 |
| (D) 海洋生態系 | > | 森林生態系 | > | 草原生態系 |
| (E) 草原生態系 | > | 海洋生態系 | > | 森林生態系 |
| (F) 草原生態系 | > | 森林生態系 | > | 海洋生態系 |

問 3 下線部 a が起こる理由について、正しく説明しているものを次の(A)~(D)から 1 つ選び、記号で答えよ。

- (A) 高次消費者による捕食圧が低い環境では、一次消費者の個体数が増大するので、生産者と一次消費者の現存量の逆転が起こる。
- (B) 生態系へ入射する太陽の光エネルギー量が小さい場合、生産者の純生産量は減少し、生産者と一次消費者の現存量の逆転が起こる。
- (C) 一次消費者の摂食量が大きいと生産者の現存量は減少するが、生産者の増殖率が高い場合には純生産量は維持され、生産者と一次消費者の現存量の逆転が起こる。
- (D) 栄養塩類の乏しい環境では、生産者の純生産量は減少するが一次消費者の摂食量は直接影響されないので、生産者と一次消費者の現存量の逆転が起こる。

Ⅱ 現存量と純生産量との関係は、生態系によって大きく異なる(図2)。陸域では、森林生態系の現存量と純生産量はともに、低緯度地域の熱帯林から高緯度地域の北方林にかけて減少していく。森林生態系の現存量が非常に大きいのは、幹や枝など非同化器官の占める割合が高いからである。草原生態系の現存量は森林生態系に比べてかなり小さいが、サバンナのように純生産量は森林生態系とそれほど変わらない場合もある。海域においても純生産量は生態系によってさまざまであり、藻場のように熱帯林生態系に匹敵する純生産量を有する生態系も見られる。^bしかし、いずれの海域の生態系においても、現存量は陸域の生態系に比べると桁違いに小さい。

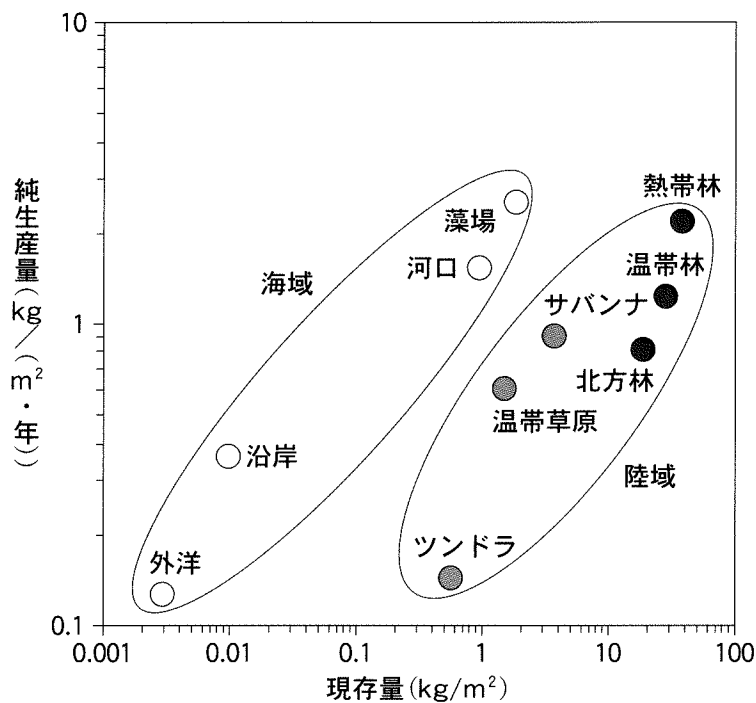


図2 さまざまな生態系の現存量と純生産量の関係

陸域と海域の生態系はそれぞれ楕円で囲み、陸域では森林生態系を黒色で、それ以外を灰色で示している。(出典：Begon M. et al., 1996 年, Ecology (3rd edition), p. 718 をもとに作図)

問4 図2に示された陸域生態系の純生産量のちがいに最も強い影響を及ぼしている環境要因を2つ答えよ。

問 5 海域における生態系の純生産量を制限する要因は、陸域とは異なる。河口付近から沿岸、外洋と陸地から離れるにつれて、現存量と純生産量が低下する理由としてもっとも適切なものを次の(A)~(E)から1つ選び、記号で答えよ。

- (A) 海水温度が河口から外洋にかけて低下するから。
- (B) 海水中への太陽光の入射が河口から外洋にかけて弱まるから。
- (C) 陸域からの栄養塩類の供給が河口から外洋にかけて低下するから。
- (D) 潮流が河口から外洋にかけて弱まるから。
- (E) 海水中の二酸化炭素濃度が河口から外洋にかけて低下するから。

問 6 北方林生態系では、熱帯林生態系に比べて純生産量や現存量が小さいにもかかわらず、単位面積あたりの炭素貯蔵量が熱帯林に匹敵するほど大きい、という報告がある。その理由を50字以内(句読点を含む)で説明せよ。

問 7 下線部bに示される藻場とは、アマモなどの海草やジャイアントケルプなどの海藻が高密度で繁茂する沿岸域の群落を指す。藻場では、生産者の現存量が森林生態系の数パーセントであるにもかかわらず、熱帯林に匹敵する純生産量を示すこともある。その理由を50字以内(句読点を含む)で説明せよ。

