

(令 7 志理) 総合問題 II

問題部分 1 ～ 11 ページ

[第 1 問 : 1 ～ 3 ページ]

[第 2 問 : 4 ～ 5 ページ]

[第 3 問 : 6 ～ 11 ページ]

注意事項

- (1) 使用できるもの: 黒鉛筆・シャープペンシル・プラスチック製の消しゴム・小型鉛筆削り・時計等, 「受験者心得」で指示したもの。
- (2) 受験番号欄は各答案用紙の解答欄と評点欄の2か所, 氏名欄は解答欄に1か所あります。受験番号は5けたの数字を枠内に1字ずつ明確に記入してください。
- (3) 受験番号及び氏名を指示されたところ以外に記入した場合や受験番号の数字が判別できない場合, 採点の対象になりません。
- (4) 解答は, 黒鉛筆またはシャープペンシルで答案用紙の所定の欄に, 明確に記入してください。
- (5) 答案用紙の裏面には何も記入してはいけません。
- (6) 答案用紙に指示された以外のことを記入しても採点の対象になりません。
- (7) 医学部保健学科以外の志願者は, 第 1 問～第 3 問より 2 問を選択・解答してください。医学部保健学科の志願者は, 第 1 問～第 3 問より 1 問を選択・解答してください。
- (8) 選択・解答した問題番号を, 別紙「選択問題登録用紙」に登録してください。登録した選択問題以外の問題を答案用紙に解答しても, 採点の対象とはなりません。

- ・ 医学部保健学科以外の志願者は、第 1 問～第 3 問より 2 問 を選択・解答してください。
- ・ 医学部保健学科の志願者は、第 1 問～第 3 問より 1 問 を選択・解答してください。

第1問

計算のために必要であれば、以下の値を用いよ。

気体定数： $8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ 絶対零度： -273°C

I (配点率 16% 医学部保健学科のみ配点率 32%)

以下の各問い(問 1～3)に答えよ。

問 1 以下の文章の(ア)～(ク)にあてはまる適当な語句、数字、元素記号あるいは化学式を解答欄に記入せよ。

(1) ドライアイスは固体状態の CO_2 である。大気圧下ではドライアイスは液化することなく直接気化する。この現象を(ア)と呼ぶ。

(2) 特定の金属イオンを含んだ水溶液を炎の中に導入するとその元素に特有の色を示す。この現象を(イ)と呼ぶ。リチウムは赤色を示す。ナトリウムは(ウ)色を示す。

(3) 炭素には 3 つの(エ)が存在する。98.9 %と最も多く含まれる安定な ^{12}C , 1.1 %の(オ), および極微量で不安定な(カ)が存在する。不安定な(カ)は原子核から電子を放出して(キ)に変換される。この過程を(ク)と呼ぶ。

問 2 水酸化カルシウム水溶液にストローを用いて息を吹き込むとどのような現象が観察されるか答えよ。また、その現象が観測される理由について化学的な観点から説明せよ。

問 3 下表 1-1 に示すようにメタン、アンモニアおよび水のそれぞれの分子量が近いにもかかわらず沸点が大きく異なる理由を分子の構造および液体状態の特徴から説明せよ。

表 1-1 分子量と沸点の関係

	分子量	沸点($^\circ\text{C}$)
メタン	16	-161.6
アンモニア	17	-33.3
水	18	100

II (配点率 17% 医学部保健学科のみ配点率 34%)

電池に関する下の文を読み, 以下の各問い(問 1~6)に答えよ。

自動車のバッテリーなどに利用される鉛蓄電池は活物質として負極に(ア), 正極に(イ)を用い, 電解液に(ウ)水溶液を使用する。

問 1 (ア)~(ウ)にあてはまる化学式を答えよ。

問 2 鉛蓄電池の負極および正極での反応式を答えよ。

問 3 鉛蓄電池の起電力はおおよそ 2.0 V である。自動車で使用するためには 12 V が必要であるがどのようにすればよいか, 説明せよ。

問 4 自動車を起動するときのセルモータへの電力は蓄電池から供給されているが, 放電の一方通行ではなく走行中のエンジンのエネルギーを用いて発電機を回し充電も行っている。このように充電・放電が可能な電池のことを(エ)次電池と呼ぶ。(エ)にあてはまる語句あるいは数字を記入せよ。

問 5 以下の中から鉛蓄電池とおなじ充電可能な電池を以下の a~f 中から全て選び, 答えよ。

- | | | |
|---------------|--------------|-----------|
| a. アルカリマンガン電池 | b. ニッケル・水素電池 | c. リチウム電池 |
| d. リチウムイオン電池 | e. 酸化銀電池 | f. マンガン電池 |

問 6 水素燃料電池は原理的には充電が可能である。充電時の全体の反応式を答えよ。また鉛蓄電池などと異なり課題があるがそれを考察し, 説明せよ。

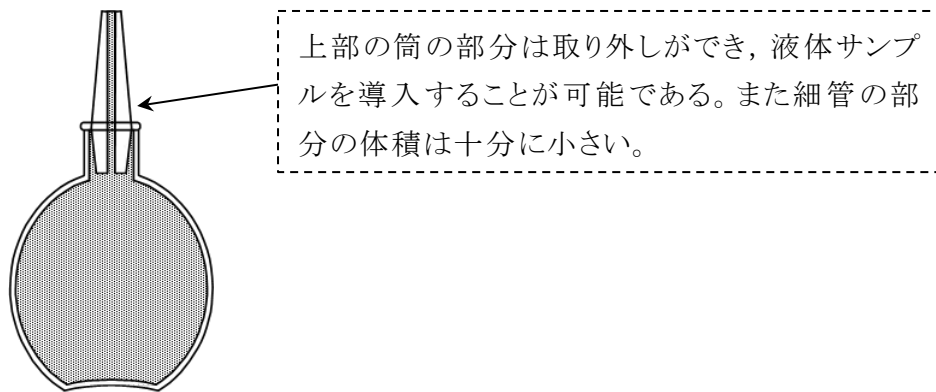
III (配点率 17% 医学部保健学科のみ配点率 34%)

沸点の低い単一の液体物質の分子量を測定したい。以下の各問い(問 1~2)に答えよ。

問1 100 mL のピクノメーターを用いて容器内に約 1 g の液体試料を入れ、97 °C に維持した湯浴に浸した。内部の液体を完全に蒸発させた後、ピクノメーターを湯浴から取り出し放冷後重量を測定した。空容器の重量を差し引くことで 0.28 g の液体が残っていることがわかった。大気圧を 1.0×10^5 Pa とし、理想気体の法則が成立つとしてこの物質の分子量を有効数字 2 桁で求めよ。

ただし、この液体物質の沸点は低く 97 °C で完全に気化すると考えてよい。

下図 1-1 にピクノメーターを示した。



ピクノメーター

図 1-1

問 2 この方法では実際の分子量よりもわずかに小さな値が得られる可能性がある。特に室温での蒸気圧が高い試料の場合に顕著である。その原因を考察し、説明せよ。

第 2 問

I (配点率 21% 医学部保健学科のみ配点率 42%)

図 2-1 のように地面上にある質量 m [kg] の小物体を糸で鉛直上方に引き上げる。ここで、地面に設置されているときの小物体の重心の高さを 0 m とした鉛直上方の高さを z [m] とする。時刻 0 [s] より、一定の力 F_A [N] で引き上げて加速、時刻 t_1 、高さ z_1 で速度 v_1 [m/s] に達した後、時刻 t_2 、高さ z_2 まで等速度で上昇させる。その後、引き上げ時と同じ大きさの加速度で減速させて時刻 t_3 、高さ z_3 で静止させる過程を考える。

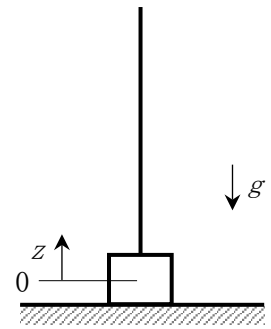


図 2-1

以下の各問い(問 1~9)に答えよ。重力加速度を g [m/s²] とする。

問 1 この過程での小物体の速度および地面からの高さの時間変化を、横軸を時間としたグラフで示せ。横軸では、時間 t_1 から t_3 を明示すること。

問 2~9 の解答で使用できる記号は、 v_1, F_A, m, g, t_2 とする。

問 2 引き上げ開始から速度 v_1 に達するまでの加速度 a を求めよ。

問 3 引き上げ開始から速度 v_1 に達するまでの時間 t_1 を求めよ。

問 4 時間 t_1 での高さ z_1 を求めよ。

問 5 一定速度 v_1 で上昇している、時間 t_1 から t_2 までの引き上げる力 F_B [N] を求めよ。

問 6 時間 t_2 から糸に摩擦力を与えることで減速させる。引き上げる力を F_B で一定とする場合、加速時と同じ大きさの加速度で減速するために必要な動摩擦力 F_M を求めよ。

問 7 小物体が静止する高さ z_3 を求めよ。

問 8 小物体が静止する時間 t_3 を求めよ。

問 9 この過程での引き上げ力による仕事 W [J] を求めよ。

II (配点率 11% 医学部保健学科のみ配点率 22%)

図 2-2 のように可動ピストンを有するシリンダー内に単原子分子理想気体が封入されている。この理想気体に熱、仕事の入力もしくは出力によって体積を図 2-3 のように変化させる。図 2-3 は圧力 P [Pa] と体積 V [m³] の変化をあらわしている。はじめの状態 A から、断熱変化で圧縮して状態 B とし、その後、定圧変化で状態 C とし、定積変化によって状態 A に戻した。以下の各問い(問 1~3)に答えよ。

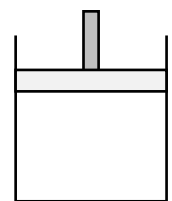


図 2-2

問 1 体積変化に対する温度変化を、横軸を体積 V 、縦軸を温度 T [K] としたグラフ上に示せ。

問 2 この変化で理想気体が最高温度となる状態を示せ。

問 3 それぞれの変化での熱と仕事の入出力、内部エネルギーの変化を示せ。熱と仕事については、理想気体への入力を「+」、理想気体からの出力を「-」、入出力がない場合を「0」、内部エネルギーについては、増大を「+」、減少を「-」、変化しない場合を「0」とする。

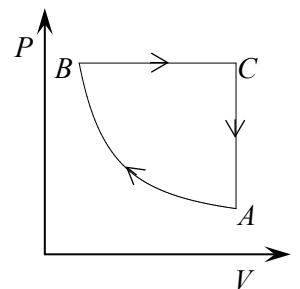


図 2-3

Ⅲ (配点率 8% 医学部保健学科のみ配点率 16%)

図 2-4 のように、ガラス管の右端に音さが置かれている。ガラス管の左側にはピストンがあり、内壁に沿って移動することができる。以下の問いに答えよ。

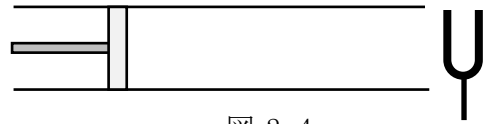


図 2-4

問 音速 v [m/s] の環境下で、このガラス管とピストン、直定規を用いて、音さからの音の周波数を計測する方法を説明せよ。ただし、開口端補正は一定とする。

Ⅳ (配点率 10% 医学部保健学科のみ配点率 20%)

図 2-5 のように、鉛直上向きの一様な磁場中に 2 本の金属レールが水平面に距離 L [m] 隔てて平行に設置されている。磁束密度の大きさを B [T] とする。金属レール上には導体棒が置かれている。この導体棒は金属レールと垂直を保ったまま金属レール上を移動できる。金属レールの左端は抵抗値 R [Ω] の抵抗で接続されている。金属レールの抵抗は無視でき、導体棒の単位長さ当たりの抵抗値を r [Ω] とする。以下の各問い(問 1~3)に答えよ。

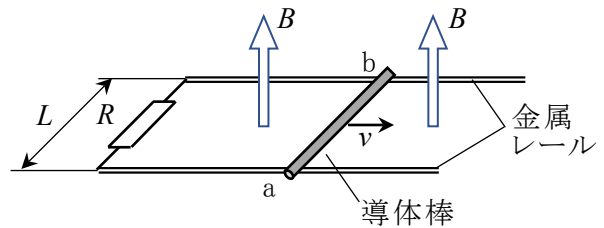


図 2-5

問 1 導体棒を一定の速度 v [m/s] で移動させる場合、導体棒に発生する誘導起電力 V_E [V] を求めよ。また、a, b のどちらの電位が高いか答えよ。

問 2 左端の抵抗を流れる電流値 I [A] を求めよ。

問 3 導体棒に作用する力 F_E [N] を求めよ。また、この力が作用する向きを答えよ。

第3問

I (配点率 21% 医学部保健学科のみ配点率 42%)

細胞周期に関する次の文章を読み、以下の各問い(問1~7)に答えよ。

細胞は、(1)と分裂期(M期)をくり返しながら増殖する。(1)はG₁期、S期、G₂期の3つの時期に分けられる。G₁期には細胞の成長が起こり、S期にはDNAが(2)的に複製される。G₂期にはDNAが正確に複製されたかどうかチェックされ、複製ミスがあれば修復される。M期は、前期、中期、後期、終期の4つの時期に分けられる。前期には核小体が消失するとともに、DNAと(3)と呼ばれるタンパク質などからなるクロマチンが凝縮し、太く短い染色体となる。その後、紡錘糸が染色体の(4)に結合し、(5)が形成される。中期には染色体は細胞の赤道面に並び、後期には染色体は紡錘糸に引かれるようにして両極に移動する。終期には、染色体がほどけ、核小体が現れてくる。

ある培養細胞系を用いて、次の実験1~4を行った。細胞中に含まれるDNA量は、DNAに結合する色素を培養細胞に与え細胞ごとに色素の量を測定することで求めた。

【実験1】 1.0×10^4 個の細胞を培養したところ、72時間後には 8.0×10^4 個になった。

【実験2】 培養を開始してから72時間後に 1.0×10^4 個の細胞を採取し、それぞれの細胞中に含まれるDNA量を測定し、細胞あたりのDNA量と細胞数の関係を調べた。その結果を図3-1に示す。図3-1を解析した結果、全細胞数に対するDNA量が相対値1Nの細胞数の割合は55%、2Nの細胞数の割合は15%、1Nから2Nの間にある細胞数の割合は30%であった。

【実験3】 培養を開始してから72時間後に 1.0×10^4 個の細胞を採取し、薬剤Aを加えて培養し、3時間ごとにそれぞれの細胞中に含まれるDNA量を測定した。その結果を図3-2に示す。

【実験4】 培養を開始してから72時間後に 1.0×10^4 個の細胞を採取し、薬剤Bを加えて培養し、3時間ごとにそれぞれの細胞中に含まれるDNA量を測定した。その結果を図3-3に示す。

問1 文中の(1)~(5)に入る最も適当な語を答えよ。

問2 下線部について、核小体では何が行われているか、簡潔に説明せよ。

問3 培養細胞系はガン細胞を用いて確立されてきた。ヒトのガン細胞の培養細胞系であるヒーラ細胞では、染色体数は46本ではなく、70~80本存在している。このような染色体異常を何と呼ぶか、答えよ。

問4 実験1から、この培養細胞の細胞周期の長さ(時間)を求めよ。

問5 G₁期、S期、G₂期、M期のうち2つの時期については、実験1および2からそれぞれの所要時間を求めることができる。所要時間を求めることができる2つの時期(①、②とする)について、それぞれの時期の名称とその時間を解答欄に答えよ(順不同)。

問6 問5で所要時間を求めることができなかつた2つの時期は、実験1および2から所要時間の合計だけが求められる。それぞれの時期の所要時間を求めるには、次の2つの方法が考えられる。

(方法1) 光学顕微鏡を用いて、一方の時期の所要時間を求める。

(方法2) ³H-チミジンを用いて、他方の時期の所要時間を求める。

(方法1)および(方法2)について、どの時期を対象とし所要時間をどのようにして求めるのか、それぞれの方法に対して簡潔に答えよ。

*なお、チミジンとはチミンとデオキシリボースが結合した物質で、DNAの構成成分である。³H-チミジンを含む培地で培養細胞を育てると、DNAに放射性物質が取り込まれる。スライドガラスに感光乳剤をあらかじめ塗布しておくことでβ線を出す部分(放射性物質を取り込んだ部分)に銀粒子が現れ、黒い像として観察される。

問 7 実験3・4から(1)薬剤 A, (2)薬剤 B は細胞周期の進行に対してどのような影響を与えていると考えられるか。それぞれ簡潔に答えよ。

著作権の保護の観点から、図は掲載していません

Ⅱ（配点率 14% 医学部保健学科のみ配点率 28%）

ヒトの循環系に関する次の文章を読み、以下の各問い(問1～6)に答えよ。

ヒトなどの哺乳類の血液循環は、肺をめぐる酸素を取り込む肺循環と、全身の組織をめぐる酸素を供給する(1)の 2 つに分けられる。また、心臓の構造が(2)であるため、動脈血と静脈血が混合することがなく、酸素運搬の効率がよい。

心臓から送り出された血液が動脈に与える圧力を血圧という。血圧は、心臓が血液を送り出す量と血管の血流に対する抵抗の両方に比例するが、血圧を一定にするようなくみがある。

図 3-4 は血圧の調節に関係している神経系を示したものである。血圧が上昇したとき、その刺激は頸(けい)動脈や大動脈にある受容器で受容され、興奮が発生する。この興奮が感覚神経を経由して延髄に伝えられ、神経細胞 A～C で情報処理される。さらに、神経細胞 D～I によって、興奮が再び心臓や末梢の血管に伝えられる。なお、これらの神経細胞のうち、G と I からは同じ神経伝達物質が分泌されている。図 3-5 は血圧上昇時の神経細胞 A～D の活動電位の発生を示したもので、1 本の縦線が 1 回の活動電位の発生を表している。

問1 文章中の(1)・(2)に入る適当な語を答えよ。

問2 ヒトの血管系は閉鎖血管系である。閉鎖血管系の特徴を30字程度で答えよ。

問3 神経細胞 D・E および F・G について、次の(1)・(2)の各問いに答えよ。

(1) (i) D・E と(ii) F・G はそれぞれ何と呼ばれる神経か。次のア～エから1つずつ選び、記号で答えよ。

ア 交感神経 イ 副交感神経 ウ 運動神経 エ 脊髄神経

(2) (i) E と(ii) G から放出される神経伝達物質の名称をそれぞれ答えよ。

問4 心臓の拍動について、次の(1)・(2)の各問いに答えよ。

(1) 心臓につながる神経をすべて切断しても、心臓はしばらく拍動を続ける。このような性質を何とよいか。

(2) (1)のように心臓が拍動するのは、心臓内に興奮を発生する部位が存在するからである。この部位はどこにあるか。次のア～エから1つ選び、記号で答えよ。

ア 左心房 イ 左心室 ウ 右心房 エ 右心室

問5 接続する神経細胞の興奮を抑制するにはたらく神経細胞を、抑制性神経細胞という。

図 3-5 から判断して、抑制性神経細胞はどれか。神経細胞 A～D から1つ選び、記号で答えよ。

問6 神経系は血圧の急激な上昇に対して心臓の拍動と血管をどのように調節していると考えられるか。神経細胞 E・G・I の興奮のしかたとともに60字程度で答えよ。

著作権の保護の観点から、図は掲載していません

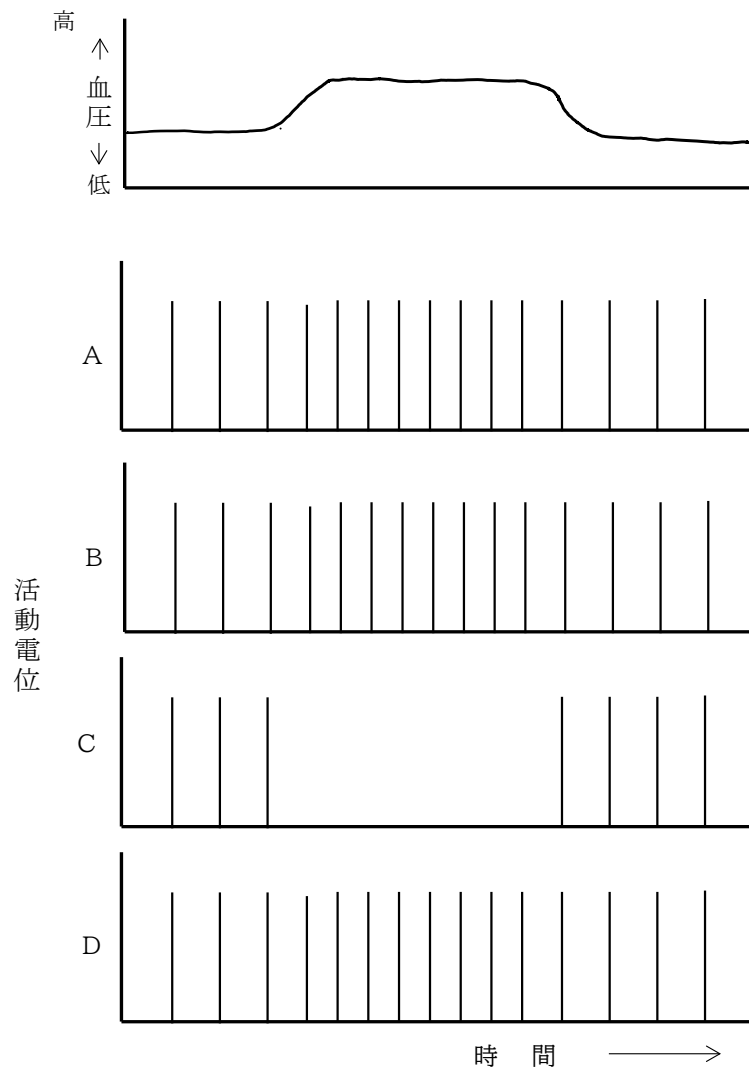


図 3-5

Ⅲ(配点率 15% 医学部保健学科のみ配点率 30%)

植物群落の遷移に関する次の文章を読み、以下の各問い(問 1~5)に答えよ。

植物群落は、時間の経過に伴って変化する。例えば、火山活動により生じた溶岩台地では、土壌が形成されておらず栄養分や(1)が不足しているため、まず地衣類や(2)の群落が成立する。その後、母岩が風化して土壌が形成されると、草本群落_アが成立する。さらに時間が経過すると低木林が成立し、陽樹林を経て最終的に安定した陰樹林となる。このように、土壌が存在していないところから始まる遷移を一次遷移という。一方、山火事や伐採跡地など土壌が形成されているところから始まる遷移を二次遷移といい、草本群落を経て、低木林、陽樹林、陰樹林へと変化する。

遷移の最終段階である極相は、まったく変化しないわけではない。例えば、極相林で林冠を形成する木が枯死すると、林冠にギャップが生じる。このギャップの下では、環境条件のうち(3)が大きく変化する。それにともない。陽樹や陰樹の成長によりギャップは埋まっていく。極相林はこのような群落の破壊と修復を繰り返している。

表 3-1 は、二次遷移における草本群落を構成する草本の特徴について調査した結果を示したものである。また、図 3-6 は、ある極相林について、林冠が樹木の枝葉で覆われた場所(これを閉鎖林という)とギャップで、幼木の密度を調査した結果を示したものである。

表 3-1

	草本 A	草本 B	草本 C	草本 D
種子の散布型	重力	風	風	風
種子の質量(g)	0.46	0.025	0.066	0.45
1m ² あたりの種子生産数(個)	9.2×10 ⁵	2.7×10 ⁶	1.6×10 ⁵	6.5×10 ³
発芽への光要求性	大	大	中	中
芽生えの耐陰性	小	大	中	中
種子の休眠性	有	無	無	無
地上部に対する地下部の割合	22%	11%	57%	94%

著作権の保護の観点から、図は掲載していません

問1 文章中の(1)～(3)に入る適当な語を答えよ。

問2 下線部aについて、(1)照葉樹林帯と(2)針葉樹林帯の遷移の過程で見られる陽樹林と陰樹林の優占種の組み合わせを、次のア～オから1つずつ選び、記号で答えよ。

	陽樹林	陰樹林
ア	コナラ	カラマツ
イ	ブナ	アカマツ
ウ	ダケカンバ	ブナ
エ	ダケカンバ	シラビソ
オ	アカマツ	スダジイ

問3 下線部bの草本群落だけに注目しても、二次遷移では数年間で変化がみられる。ある場所で人為的に地上部を取り除いて裸地をつくると、表 3-1 の草本A～DがA→B→C→Dの順序で遷移した。次の(1)～(3)の各問いに答えよ。

(1) 草本B, C, Dについて、それぞれが生産する種子の大きさと数について述べた文として正しいものを、次のア～エから1つ選び、記号で答えよ。

ア 植物が生産する種子の数と大きさには相関関係はみられない

イ 大きい種子を生産する植物ほど種子の数は多い

ウ 大きい種子を生産する植物ほど種子の数は少ない

エ 種子の数は種子の質量の2乗に比例する

(2) 草本 B と D のうち、一方は一年生草本、他方は多年生草本である。どちらが多年生草本であると考えられるか。また、その根拠となった表 3-1 中の項目は何か。最も適切なものを次のア～オから1つ選び、Eーカのように記号で答えよ。

ア 種子の質量 イ 1m^2 あたりの種子生産数 ウ 発芽への光要求性

エ 芽生えの耐陰性 オ 地上部に対する地下部の割合

(3) 4種の草本のうち、草本Aが最初の優占種となる理由を、50字程度で答えよ。

問4 図 3-6 について、図中の●はそれぞれ異なる樹種の幼木を示しており、これらはグループ1～3の3つのグループに分けられた。次のア～オは、図 3-6 の3つのグループについて説明したものである。グループ1～3に該当するものをそれぞれ1つずつ選び、記号で答えよ。

ア ギャップでは生育できない陽樹である

イ ギャップでは生育できない陰樹である

ウ ギャップでのみ生育できる陽樹である

エ ギャップでのみ生育できる陰樹である

オ 極相林の優占種を含んでいる

問5 下線部cについて、ギャップにおける森林の樹木の入れ替わりをギャップ更新という。生じたギャップが小さい場合と、大きな場合のギャップ更新の違いについて、それぞれの場合について50字程度で答えよ。