

## (2020 志理) 総合問題 II

問題部分 1～ 9 ページ

〔第 1 問： 1～ 3 ページ〕

〔第 2 問： 4～ 5 ページ〕

〔第 3 問： 6～ 9 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、  
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。

原子量：H 1.00    C 12.0    O 16.0    S 32.0    Pb 207

アボガドロ定数： $6.02 \times 10^{23}$  /mol

ファラデー定数： $9.65 \times 10^4$  C/mol

I（配点率 18%、医学部保健学科のみ配点率 36%）以下の(1)～(4)の問いに答えよ。

(1) 次の①～③に答えよ。

① 次のア～コの物質のうち、純物質をすべて選び記号で答えよ。

ア 海水    イ 水蒸気    ウ 水銀    エ 酸素    オ 亜鉛    カ 黒鉛  
キ 塩化カルシウム    ク 二酸化炭素    ケ ダイヤモンド    コ オゾン

② 上述のア～コの物質のうち、化合物をすべて選び記号で答えよ。

③ 常温、常圧のもと、硝酸カリウムに不純物として塩化ナトリウムが混ざった混合物がある。これから不純物を取り除き、純度の高い硝酸カリウムを分離するための実験手順とその原理を簡単に説明せよ。

(2) 次の①～③に答えよ。

① 塩素原子  ${}_{17}^{37}\text{Cl}$  の 37, 17 は、それぞれ何を表しているか。

② 塩素原子  ${}_{17}^{37}\text{Cl}$  の陽子、中性子、電子の数を答えよ。

③ カリウム原子  ${}_{19}^{39}\text{K}$  の電子配置を、下の〔例〕にならって答えよ。

〔例〕 K(1)L(2)M(3)N(4)（アルファベットは電子殻の略称、括弧内の数字は電子数を表す。）

(3) 次の化学反応式の係数  $a \sim g$  を求めよ。ただし、 $a \sim g$  は、最も小さい整数比とする。



(4) ブタン ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ) 2.9 g を完全燃焼させた。次の①～③に答えよ。ただし、解答は有効数字 2 桁で答えよ。

① この反応に必要な酸素は何 g か求めよ。

② このとき発生する二酸化炭素は標準状態で何 L か求めよ。

③ このとき水分子は何個生じるか求めよ。

II (配点率 16%, 医学部保健学科のみ配点率 32%) 図 1-1 は, 鉛 Pb と酸化鉛(IV) PbO<sub>2</sub> を電極として, 希硫酸に浸した鉛蓄電池の模式図である。以下の(1)~(4)の問いに答えよ。ただし, 流れた電流は, すべて電気分解に使われたものとし, 電極での気体の発生はないものとする。

- (1) 放電のとき, 正極と負極, それぞれで起こる反応を電子 e<sup>-</sup> を含むイオン反応式で答えよ。
- (2) 放電のとき, (1)の正極と負極の反応を 1 つにまとめた化学反応式を答えよ。
- (3) 1.93×10<sup>4</sup> C の電気量が流れたとき, 正極の質量は何 g 増加または減少したか。増減も含めて答えよ。ただし, 解答は導出の過程も示し, 有効数字は 3 桁で答えよ。
- (4) 質量パーセント濃度 20.0%の希硫酸を同量入れた鉛蓄電池を直列に 2 個接続し, 5.00 A の電流で 3860 秒間充電したところ, 希硫酸の濃度は 25.0%になった。最初の 2 個の鉛蓄電池に入れた希硫酸の総質量は何 g か求めよ。ただし, 解答は導出の過程も示し, 有効数字は 3 桁で答えよ。

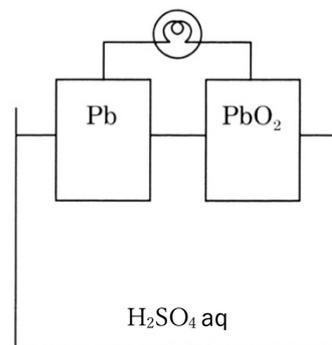


図 1-1

III (配点率 16%, 医学部保健学科のみ配点率 32%) 以下の(1)~(5)の問いに答えよ。

6 種類の金属イオン Ag<sup>+</sup>, Al<sup>3+</sup>, Ba<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Pb<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup> のうち, 何種類かが含まれている試料水溶液に, 次のような操作を行った。

〔操作 1〕 試料水溶液に塩酸を適量加え, 析出した沈殿をろ過し, 沈殿 a と, ろ液 A を得た。

〔操作 2〕 沈殿 a に熱水をかけたところ, 沈殿はすべて溶けた。この水溶液にクロム酸カリウム水溶液を加え, 析出した沈殿 b を得た。

〔操作 3〕 ろ液 A に硫酸を適量加え, 析出した沈殿をろ過し, 沈殿 c と, ろ液 C を得た。

〔操作 4〕 ろ液 C に過剰のアンモニア水を加え, 析出した沈殿をろ過し, 沈殿 d と, ろ液 D を得た。

〔操作 5〕 ろ液 D に塩酸を加え酸性にした後, 硫化水素を通じ, 析出した沈殿をろ過し, 沈殿 e と, ろ液 E を得た。

- (1) 熱水に溶けた沈殿 a の化学式を答えよ。
- (2) 沈殿 b の色は何色か答えよ。
- (3) 沈殿 c, 沈殿 d の化学式を, それぞれ答えよ。
- (4) 沈殿 e の色と化学式を答えよ。
- (5) もとの試料水溶液中に, 上述の 6 種類の金属イオンのうち含まれていない可能性のある金属イオンをすべて答えよ。

このページは白紙です。

(第2問は、次の4ページからです。)

第2問

I (配点率 18%, 医学部保健学科のみ配点率 36%) 以下の(1)~(5)の問いに有効数字2桁で答えよ。

(1) 20 m/s で走っていた自動車がブレーキをかけたところ、5.0 秒後に速さが 12 m/s になった。減速する加速度は一定として、次の①、②に答えよ。

- ① ブレーキをかけてから 5.0 秒間に自動車が進んだ距離を求めよ。
- ② そのままブレーキをかけ続けると、ブレーキをかけてから自動車が止まるまでに進んだ距離を求めよ。

(2) 図 2-1 のように、あらい水平面上に質量が 3.0 kg の物体を置き、水平方向に力を加え、水平方向右向きに一定の速さ 0.20 m/s で 10 s 間移動させた。次の①~②に答えよ。ただし、右向きを正とし、物体と床との間の動摩擦係数を 0.20、重力加速度の大きさを  $9.8 \text{ m/s}^2$  とする。

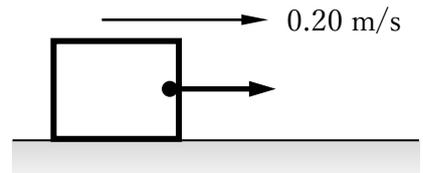


図 2-1

- ① 水平方向に加えた力の大きさを求めよ。
- ② 水平方向に加えた力がした仕事はいくらか求めよ。

(3) 図 2-2 のように、断熱された 2 つの容器 A, B がコックのついた細管でつながっている。はじめコックは閉じられていて、A, B には、それぞれ単原子分子理想気体が入っている。コックを開き、全体の気体が平衡状態になったとき、容器全体を占める気体の圧力と絶対温度はいくらになるか求めよ。ただし、容器 A は体積  $2.0 \text{ m}^3$  で、その内部には、温度 300 K, 圧力  $1.5 \times 10^5 \text{ Pa}$  の気体、容器 B は体積  $3.0 \text{ m}^3$  で、その内部には、温度 450 K, 圧力  $3.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  の気体が入っており、容器をつなぐ管の体積および容器と管とコックの熱容量は無視できるものとする。

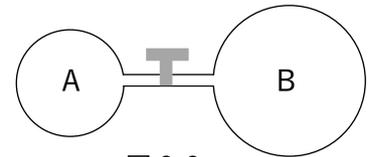


図 2-2

(4) 9.0 V の電池に、4 個の抵抗 ( $5.0 \Omega$ ,  $10 \Omega$ ,  $15 \Omega$ , 未知の抵抗 R) を図 2-3 のようにつないだ。電流計 A が、0.20 A を示しているとき、次の①~④に答えよ。

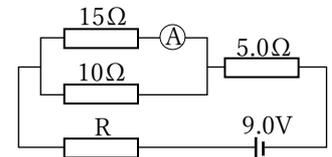


図 2-3

- ①  $15 \Omega$  の抵抗にかかっている電圧を求めよ。
- ②  $5.0 \Omega$  の抵抗に流れている電流を求めよ。
- ③ 未知の抵抗 R の抵抗値を求めよ。
- ④ この回路の合成抵抗を求めよ。

(5) 図 2-4 のように、ビーカーに水 200 g を入れ、水の中に入れたニクロム線に電源をつないで電流を流したところ、電流計は 3.0 A, 電圧計は 14 V を示していた。ニクロム線の抵抗は変わらず、水に電流は流れないものとして、次の①~③に答えよ。

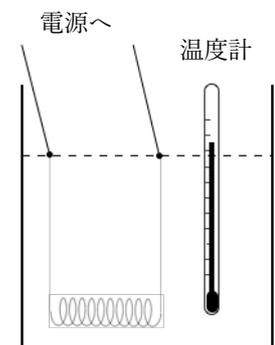


図 2-4

- ① ニクロム線の消費電力を求めよ。
- ② ニクロム線から 1.0 分間に発生するジュール熱を求めよ。
- ③ ビーカーの中の水の温度を  $6.0 \text{ }^\circ\text{C}$  上昇させるためには、電流を何分間流し続ければよいか求めよ。ただし、ニクロム線から発生した熱量は、水だけに与えられるものとし、水の比熱を  $4.2 \text{ J/(g}\cdot\text{K)}$  とする。

II (配点率 16%, 医学部保健学科のみ配点率 32%) 図 2-5 のように, 赤道上のある地点 P から赤道面上へ人工衛星を打ち上げた。地球の質量を  $M$ , 人工衛星の質量を  $m$ , 地球の半径  $OP$  を  $R$ , 万有引力定数を  $G$ , 重力加速度を  $g$  とするとき, 以下の(1)~(4)の問いに答えよ。ただし, 地球を一様な球とみなし, 自転および公転の影響や空気の抵抗は無視でき, 地球からの万有引力だけを受けて運動するものとする。

- (1) 人工衛星が高度  $h$  の円軌道を周回するとき, 人工衛星にはたらく万有引力の大きさ  $F$  を,  $g, R, h, m$  を用いて表せ。
- (2) この人工衛星が周回するときの速さ  $v_1$  を,  $g, R, h$  を用いて表せ。
- (3) また, この人工衛星が地球を周回する周期  $T$  を,  $g, R, h$  を用いて表せ。
- (4) 地表から発射された質量  $m$  の人工衛星が無遠慮に飛び去るときの初速度の最小値  $v_2$  を,  $g, R$  を用いて表せ。

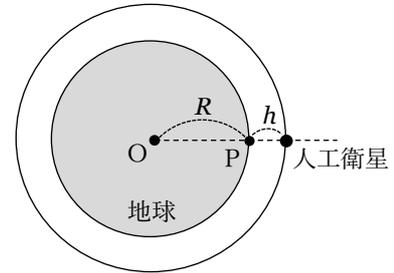


図 2-5

III (配点率 16%, 医学部保健学科のみ配点率 32%) 図 2-6 は, ヤングの干渉実験を示したものである。2枚のスリット板 A, B を距離  $l$  だけ離して平行に立て, A には単スリット  $S_0$ , B にはスリット  $S_1, S_2$  を,  $S_0$  から等距離で間隔  $d$  になるように設置した。次に, スクリーンをスリット板 B と平行になるように, 距離  $L$  だけ離して設置した。この後, 単色光源から波長  $\lambda$  の光を照射したところ, 単スリット  $S_0$ , スリット  $S_1, S_2$  を通り, スクリーン上に明暗の干渉縞が現れた。 $S_1$  と  $S_2$  の垂直二等分線とスクリーンの交点を O, スクリーン上において点 O から水平方向に  $x$  だけ離れた点を P とする。空気の屈折率を 1 とし,  $L$  は,  $d$  や OP 間の距離  $x$  に比べて十分大きいものとして, 以下の(1)~(3)に, 導出の過程も示し答えよ。

- (1) P から 2つのスリットまでの経路差  $S_2P - S_1P$  を,  $y$  が 1 より十分小さいときに成り立つ近似式  $(1 \pm y)^k \approx 1 \pm ky$  を用いて, 三平方の定理から求めよ。
- (2) 点 P に明線が観察されるとき, 干渉縞の明線の間隔  $\Delta x$  を求めよ。
- (3) スリット B とスクリーンの間を屈折率  $n$  の透明な物質で埋めつくすとき, スクリーン上に現れる干渉縞の明線の間隔  $\Delta x'$  は, 埋めつくす前の明線の間隔の何倍になるか求めよ。

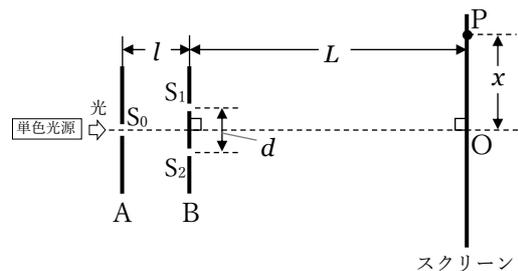


図 2-6

第3問

I (配点率 16%, 医学部保健学科のみ配点率 32%) 以下の(1)~(6)の問いに答えよ。

I a 図 3-1 は、光合成を行う真核生物の細胞中にみられる葉緑体の模式図である。葉緑体の構造は、  
(ア) 二重の生体膜に包まれ、内部には、生体膜が扁平な袋状になった(イ)という膜構造や円盤状の構造が積み重なった(ウ)という構造がみられる。

(1) 文中の下線部(ア)のような2重の生体膜に包まれた細胞小器官の名称を、葉緑体以外に2つ答えよ。

(2) 文中の空欄(イ)、(ウ)にもっとも適する語句を答えよ。

(3) 図 3-2 は、葉緑体で行われる光合成の概要を示す図である。(エ)~(キ)に最も適する語句または化学式を答えよ。

(4) 図 3-2 中の(ク)、(ケ)の反応系の名称を答えよ。

(5) 図 3-2 中の(ケ)の反応系は、葉緑体内のどこで行われるか。

図 3-1 中の(A)~(C)から1つ選び記号で答えよ。

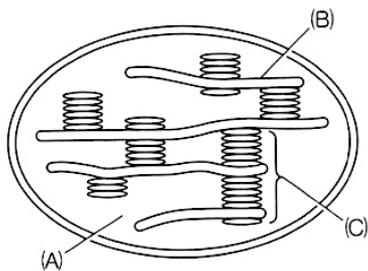


図 3-1

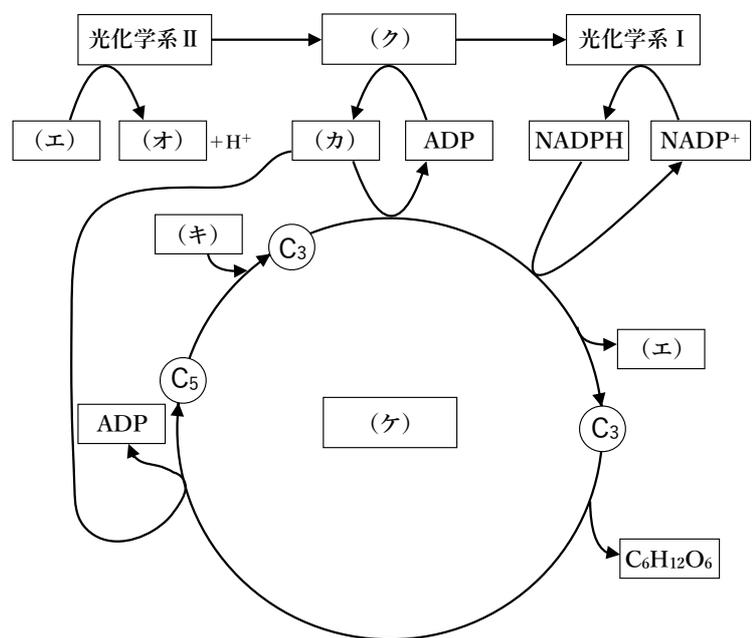


図 3-2

I b 図 3-3 は、ある植物に二酸化炭素濃度と温度の条件を一定に保ち、さまざまな強さの光を当てたときの、生葉 100 cm<sup>2</sup> の 1 時間あたりの二酸化炭素吸収量 [mg] を表したグラフである。

(6) この植物の生葉 5,000 cm<sup>2</sup> に 24 時間周期で、30,000 ルクスの光を 10 時間照射、暗黒状態を 14 時間の条件で 10 日間栽培した。この植物の 10 日後の乾燥重量は、実験前と比べて何 g の増減となるか。ただし、呼吸速度は常に一定であるとし、乾燥重量の増減は、グルコース量の変化のみで起こるものとする。なお、計算には次の値を用い、解答は小数点第 2 位まで求めよ。

原子量：H=1.00, C=12.0, O=16.0

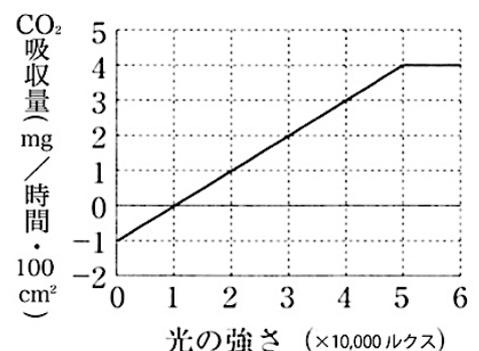


図 3-3

II (配点率 10%, 医学部保健学科のみ配点率 20%) ある被子植物の葯における精細胞の形成過程について、核 1 個あたりの DNA 量の変化を調べたところ、図 3-4 のグラフのような変化がみられた。以下の(1)~(3)の問いに答えよ。

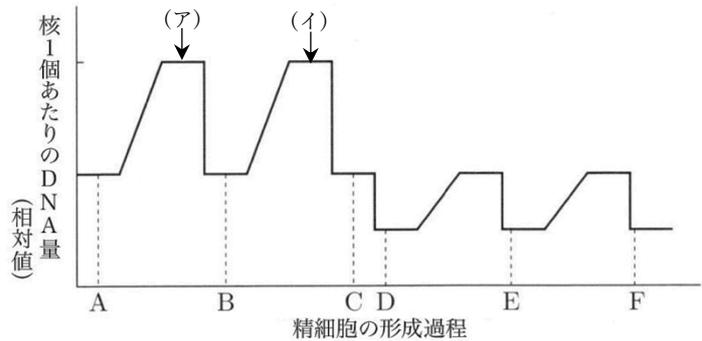


図 3-4

(1) 図 3-4 中で、減数分裂における核 1 個あたりの DNA 量の変化を示した範囲を、例にならって、図中の記号 A~F で答えよ。(例: A~F)

(2) この葯の中に図 3-4 中の A の段階の細胞が 4 個存在している場合、この 4 個の細胞から精細胞は何個できるか答えよ。

(3) この植物の染色体数が  $2n=4$  であると

き、図 3-4 のグラフの(ア)と(イ)で示す中期の時期の染色体の状態を、解答欄にそれぞれ模式的に示せ。なお、染色体だけを示し、紡錘糸等は描かなくてよいものとする。

III (配点率 12%, 医学部保健学科のみ配点率 24%) DNA に関する以下の(1)~(5)の問いに答えよ。

IIIa 遺伝子の本体である DNA は、核酸の一種であり、リン酸と糖と (ア) からなるヌクレオチドが構成単位となり多数結合した高分子である。DNA の分子構造は、1953 年にワトソンとクリックにより、2 本のヌクレオチド鎖が (ア) 部分で結合した (イ) 構造をしていることが提唱された。DNA の複製は、1958 年にメセルソンとスタールにより、(ウ) 複製であることが証明された。彼らは、通常の変位素 ( $^{14}\text{N}$ ) よりも重い変位素同位体 ( $^{15}\text{N}$ ) のみを変位素として含む培地で大腸菌を何世代も培養し、大腸菌の DNA 中に含まれる変位素をすべて  $^{15}\text{N}$  に置き換えた。その後、この大腸菌を培地中の変位素に  $^{14}\text{N}$  だけを含む培地に移して 1 回分裂させたあと、大腸菌から DNA を取り出し調べたところ、 $^{15}\text{N}$  だけを含む DNA (以下、重い DNA) :  $^{15}\text{N}$  と  $^{14}\text{N}$  の両方を含む DNA (以下、中間の重さの DNA) :  $^{14}\text{N}$  だけを含む DNA (以下、軽い DNA) の比率が 0:1:0 であった。同様の方法で、2 回分裂させたものでは、重い DNA : 中間の重さの DNA : 軽い DNA の比率は 0:1:1 であった。

(1) 文中の空欄 (ア) ~ (ウ) にもっとも適する語句を答えよ。

(2) 培地中の変位素に  $^{14}\text{N}$  だけを含む培地に移してから  $n$  回分裂させたものの、重い DNA : 中間の重さの DNA : 軽い DNA の比率を答えよ。

IIIb ある細菌の DNA の分子量が  $2.376 \times 10^9$  で、この DNA から 3000 個のタンパク質が合成されるとき、以下の(3)~(5)の問いに答えよ。ただし、1 ヌクレオチド対の平均分子量を 660、タンパク質中のアミノ酸 1 個の平均分子量を 110 とし、塩基配列のすべてがタンパク質のアミノ酸情報として使われるものとする。なお、解答は有効数字 2 桁とする。

(3) この DNA は何対のヌクレオチドで構成されているか答えよ。

(4) この DNA からできるタンパク質 1 個あたり、平均何個のアミノ酸が含まれているか答えよ。

(5) 合成されたタンパク質の平均分子量はいくらか答えよ。

IV（配点率 12%，医学部保健学科のみ配点率 24%）地球上には、いろいろな場所に多種多様な植物が生育している。ある場所に生育する植物の集まりを植生といい、地域により、年間を通して気温や降水量などの気候的要素が異なり、その地域の植生に影響を与えている。植生等に関する以下の(1)～(7)の問いに答えよ。

IVa 植生は多様な生物の生活の場になるとともに、大気や水質の浄化など、さまざまな生態系の機能を担っている。その植生の特徴をつかむためには、植生内に複数の方形区を作り、その中に生育している植物の種類とその被度や頻度から優占種を調べる方法がある。この調査法の手順と、ある調査地の調査結果（表 3-2）の 1 例を以下に示す。

手順 1：【方形区の設置】調査対象となる植生に、一辺 1 m の大きさの方形区 A～H を設ける。

手順 2：【被度の記録】方形区ごとに、生育している植物の種類とその面積を調べる。面積は、方形区に対する割合として、下の表 3-1 の基準に従い、被度記号として記録する。

表 3-1

被度記号	－	＋	1'	1	2	3	4
方形区に対する生育面積の割合	生育なし	1%未満	1%以上 5%未満	5%以上 25%未満	25%以上 50%未満	50%以上 75%未満	75%以上

手順 3：【平均被度の算出】調査を行った全方形区数に対する被度記号の数値の平均値を「平均被度」として求める。ただし、被度記号「－」を 0, 「＋」を 0.04, 「1'」を 0.2 として算出し、小数点第 2 位まで求め表す。

手順 4：【被度%の算出】「平均被度」が最大のものの「被度%」を 100 とし、それを基準にして他の植物の「被度%」を百分率として算出する。ただし、整数として表す。

手順 5：【頻度の算出】全方形区数に対する、生育がみられた方形区数の割合を「頻度」として算出する。ただし、小数点第 2 位まで求め表す。

手順 6：【頻度%の算出】頻度が最大のものの「頻度%」を 100 とし、それを基準にして他の植物の「頻度%」を百分率として算出する。ただし、整数として表す。

手順 7：【優先度の算出】「被度%」と「頻度%」の平均値を「優占度」として算出する。ただし、整数として表す。また、「優占度」が最大の植物種を、この植生の「優占種」とする。

表 3-2

	方形区								平均被度	被度%	頻度	頻度%	優占度
	A	B	C	D	E	F	G	H					
シロツメクサ	－	4	3	2	1	3	－	1					
オオバコ	2	－	－	1	－	－	2	－					
オヒシバ	1'	－	－	－	－	－	－	1					
セイヨウタンポポ	－	－	－	1	＋	－	＋	1					

(1)このような調査方法を何というか答えよ。

(2)この調査結果（表 3-2）から、シロツメクサの「平均被度」を求めよ。

(3)この調査結果（表 3-2）から、オオバコの「被度%」を求めよ。

(4)この調査結果（表 3-2）から、オヒシバの「頻度」を求めよ。

(5)この調査結果（表 3-2）の「優占度」から、この調査地における「優占種」の種名を答えよ。

IVb 植物の生育に適した草原の場合、時間とともに、草原から、低木林、陽樹林、陽樹と陰樹の混交林、そして極相である陰樹林へと、遷移していくことが知られている。陽樹林から陰樹林への移行期の混交林において、森林 10,000 m<sup>2</sup> の調査地を設定し、その中出现するすべての樹種と地表から 1.2 m の高さの幹の直径（以下、胸高直径）を測定、記録した。個体数が多かった 2 種類の樹種（A 種、B 種）のデータを、種ごとに胸高直径を 5 cm の階級幅（0 cm 以上 5 cm 未満、5 cm 以上 10 cm 未満、など）に分類したグラフが、図 3-5a、3-5b である。この 2 種類の樹種の一方が陽樹で、もう一方が陰樹であるとして、以下の(6)～(7)の問いに答えよ。

(6) 図 3-5a、3-5b から判断して、A 種は、陽樹、陰樹どちらであると考えられるか答えよ。

(7) (6)のように考えた理由を根拠を示し、100～150 字程度で説明せよ。

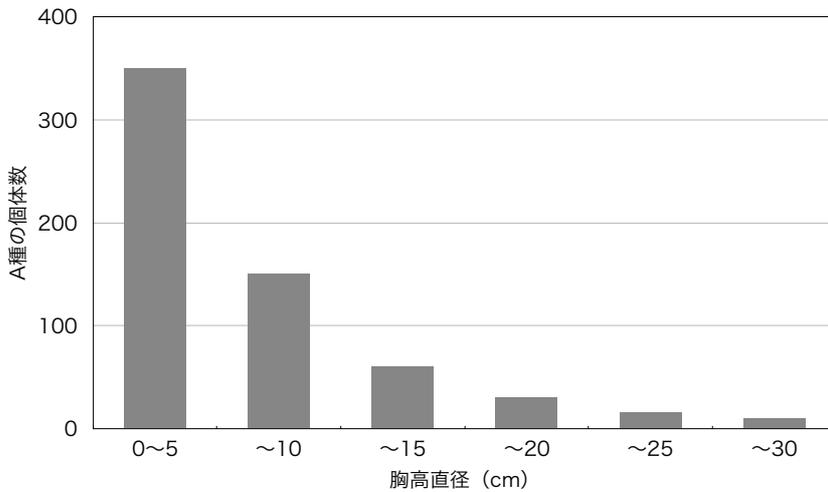


図 3-5a

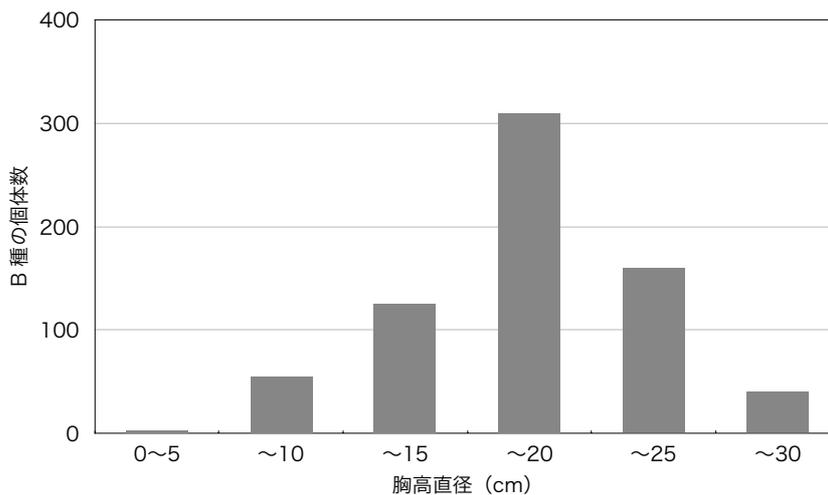


図 3-5b