

北海道大学

一般 前期

H—23 ㊤

理 科

15:00~17:00

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40ページある。このうち、「物理」は2～7ページ、「化学」は8～18ページ、「生物」は19～33ページ、「地学」は34～40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・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・専攻 科目	総合入試					学部別入試									
	理系					医学部					歯学部	獣医学部	水産学部		
	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	医学系	保健学系								
							看護学専攻	放射線技術科学攻	専攻検査技術科学攻	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、監督員の指示に従って、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。
なお、選択問題がある科目については、問題文の指示に従うこと。
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

解答はすべて各問題の指示にしたがって解答用紙の該当欄に記入せよ。1 ~
3 は必須問題である。4 と 5 は、どちらか一つを選択して解答せよ。
選択した問題を、解答用紙内の問題番号を○で囲んで示せ。(4 を選択した例

4)

○で選択問題を示した問題のみを採点する。両方を選択した場合は採点しない。

1 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

新しい細胞を生み出す唯一の方法は、既に存在している細胞が分裂することである。細菌のような単細胞生物だけでなく、ほ乳動物のような多細胞生物であっても、細胞を持つすべての生物は細胞の成長と分裂による産物と考えることができる。図 1 は、増殖をしている動物の体細胞 1 つあたりに存在する DNA 量の変化を時間の経過にしたがって示したものである。増殖している動物の細胞核内では、^aほどこた DNA のヌクレオチド鎖の塩基部分を介して、それと相補的な塩基を持つヌクレオチドが結合する。さらに、塩基間で結合したヌクレオチドは DNA ポリメラーゼの働きで連結される。その結果、元の細胞にあったものと同じ配列の DNA が複製される。

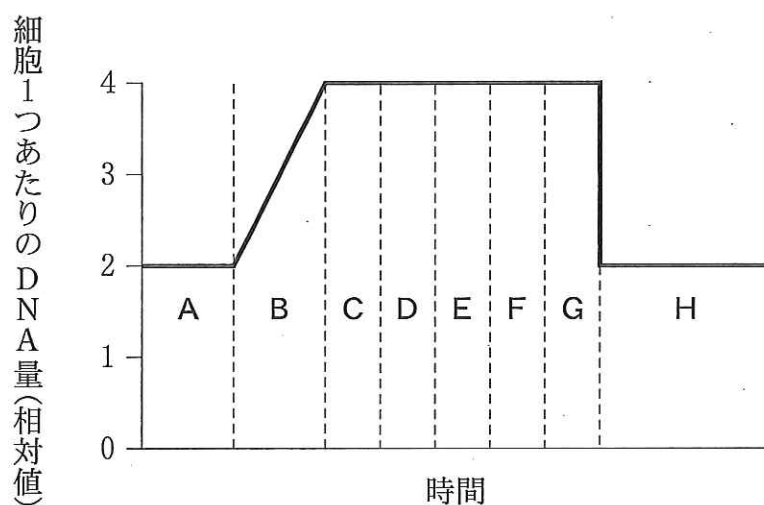


図1 細胞分裂とDNA量の変化

問 1 図1は、細胞分裂を行っている動物の体細胞1つあたりに存在するDNA量の変化を経時的に示した図である。

- (1) 図1中でDNA合成が進んでいる時期をAからHの中から選択せよ。
- (2) 図1中のD～Gが分裂期だとすれば、A～C及びHの時期は何と呼ばれるか。その名称を答えよ。
- (3) 体細胞が2つの娘細胞への分裂を最終的に細胞質の分裂まで完了する時期は、図1中の点線のうちのいずれに相当するか。下記(ア)～(エ)の中から選択せよ。

(ア) AとBの間	(イ) BとCの間
(ウ) CとDの間	(エ) GとHの間

問 2 1970 年代に開発されたフローサイトメトリーという手法を用いると、一つ一つの細胞に含まれる DNA 量を個別に測定することができる。一般に、体細胞を培養する場合にはフラスコの中に多数の体細胞が含まれており、分裂している細胞や分裂していない細胞など、その状態は細胞ごとにさまざまである。ある体細胞を培養した後にフローサイトメトリーを用いて各細胞に含まれる DNA 含量を測定する実験を行った。個々の細胞に含まれる DNA 量の測定結果から、1つの細胞に含まれる DNA 量(相対値)が1以下、1より大きく2以下、2より大きく3以下、3より大きく4以下という4つの範囲に区分し、それぞれの区分に含まれる細胞の数を示したものが図2である。

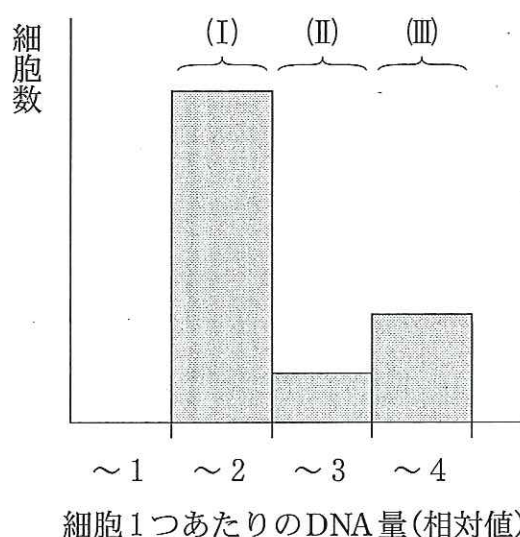
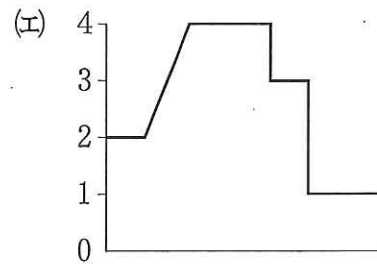
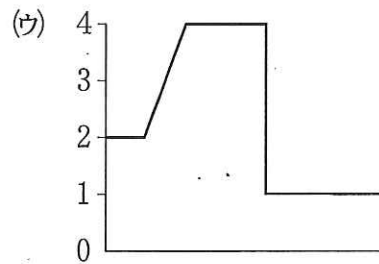
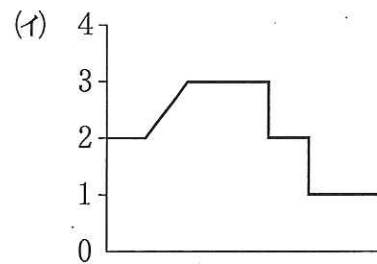
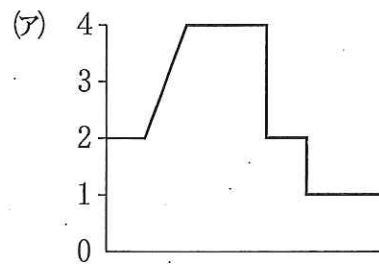


図2 細胞1つあたりのDNA量を基準とした場合の細胞数

- (1) 図2の(II)に含まれる細胞は、図1ではどの部分に含まれると考えられるか。図1中A~Hの中から適切なものを選択せよ。
- (2) 図2の(III)にはどのような細胞が含まれると考えられるか説明せよ。
- (3) 別の実験で培養中の生きた動物細胞では細胞分裂が全くおこなわれていなかった。この細胞を図2に示す方法で調べたところ、(I)に相当する細胞だけが見られ、(II)と(III)に相当する細胞は全く観察されなかった。この細胞群で(II)と(III)が見られない理由として考えられることは何か。

問 3 減数分裂では、細胞 1 個あたりの DNA 量の変化は体細胞分裂とは異なる変化を示す。

- (1) 図 1 を参考にして、減数分裂での細胞 1 つあたりの DNA 量の変化を示した図として最も適切なものを下記(ア)～(エ)の中から選択せよ。ただし、図中の横軸は時間、縦軸は細胞 1 つあたりの DNA 量(相対値)とする。



- (2) 減数分裂についての説明として適切なものを下記(ア)～(エ)の中から選択せよ。解答は 1 つとは限らない。

- (ア) 第一分裂の前期では、相同染色体どうしが互いに平行に並んで対合し二価染色体を作る。
- (イ) 第一分裂後期にはそれぞれの相同染色体が分離し、両極に移動する。
- (ウ) 第一分裂が終わった後にも間期がある。
- (エ) 第二分裂が終わった後、娘細胞に存在する染色体の数は母細胞と同じである。

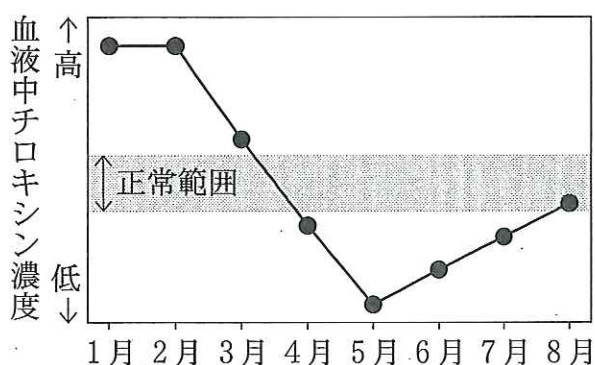
問 4 細胞分裂が起こる時には、DNA の複製を伴う。

- (1) 下線部 a に示されている複製は何と呼ばれるか答えよ。
- (2) 下線部 a の説明として、適切なものには○を、不適切なものには×を記入せよ。
 - (ア) DNA が複製される時に 2 本鎖が 1 本ずつに分離し、その片方だけが新しく合成された鎖と一緒に、1 組の 2 本鎖のみを作る。
 - (イ) 複製の際には、もともとある DNA の 2 本の鎖がそれぞれ鋳型の役目をする。
 - (ウ) 新しく結合するヌクレオチドは、細胞の中で合成される。
 - (エ) DNA の中では、シトシンとアデニン、グアニンとチミンがそれぞれ相補的に結合する。

2 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

- (1) 分泌腺には、外部または胃や腸管などの内腔への分泌作用を行う (ア) と、血液中にホルモンを分泌して (イ) の働きを制御し (ウ) による調節機構を通じて適切なホルモン量を分泌する (エ) がある。ホルモンという用語はギリシャ語の「動き出させるもの」という意味の語に由来している。脳も多くのホルモンを産生しており、(オ) にある (カ) 細胞は、脳下垂体のホルモン分泌を促す (キ) と、抑える (ク) によって、脳下垂体の機能を調節している。
- (2) ホルモンは特定の受容体と高い親和性をもって結合するが、ホルモンによって受容体の分布は大きく異なり、たとえば甲状腺刺激ホルモンの受容体は甲状腺のみに存在するが、甲状腺ホルモンやインスリンの受容体は多くの組織に分布する。

- (3) 甲状腺刺激ホルモン受容体と結合する抗体が血液中に多量に存在するために、血液中チロキシン濃度が異常値を示すバセドウ病という疾患がある。右図は、その患者の血液中チロキシン濃度変化を示したものである。1月は治療前の状態である。



- (4) 薬剤の投与を、バセドウ病治療のために2月から開始した。5月からその薬剤の投与量を半分に減らした。

問 1 (1)の文章の空欄 (ア) ～ (ク) に入る適切な語句を記せ。

問 2 (2)の文章で述べているように、甲状腺ホルモンやインスリンは多くの組織に受容体をもつ。その理由を40文字以内で述べよ。

問 3 (3)の抗体はどのような作用をしているか。下記から2つ選択せよ。

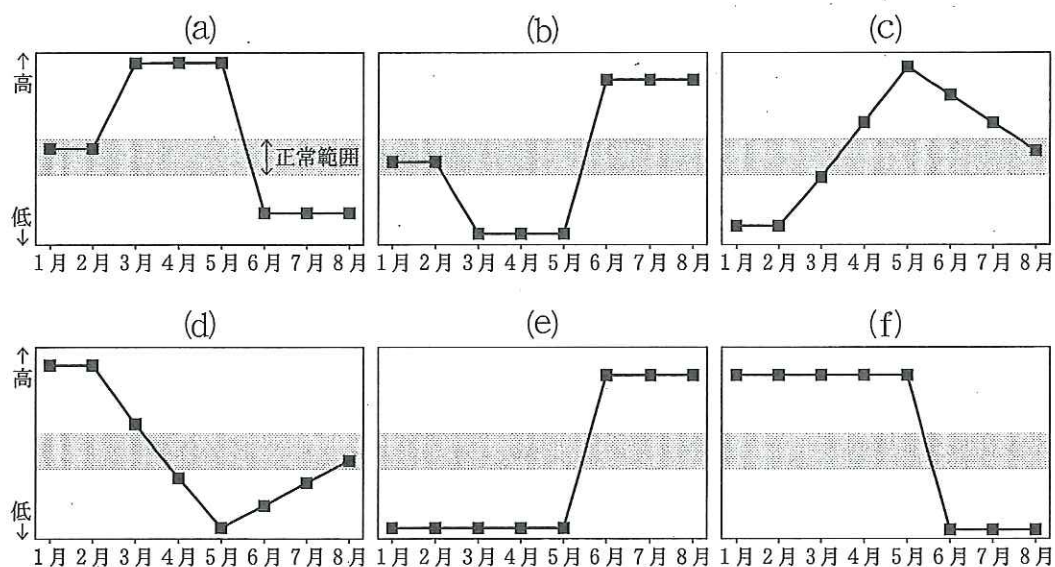
- (ア) 甲状腺内へのウイルス侵入を防ぐ。
- (イ) 甲状腺ホルモンを食作用によって取り込む。
- (ウ) 甲状腺の受容体を刺激する。
- (エ) 脳下垂体の受容体を刺激する。
- (オ) 甲状腺ホルモンの分泌を促進する。

問 4 (4)の薬剤は、どのような作用をしているか。下記から1つ選択せよ。

- (ア) 甲状腺ホルモンの分泌を促進する。
- (イ) 甲状腺ホルモンの分泌を抑制する。
- (ウ) 脳下垂体前葉のホルモン分泌を促進する。
- (エ) 脳下垂体後葉のホルモン分泌を抑制する。
- (オ) 副腎皮質のホルモン分泌を抑制する。

問 5 この患者の血液中の甲状腺刺激ホルモン濃度変化を表すグラフはどれか。

以下の(a)~(f)から1つ選択せよ。



3 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

植物の細胞壁を (ア) や (イ) を含む酵素液で処理すると、細胞壁がとけて、 (ウ) と呼ばれる細胞膜で包まれた裸の球状の細胞となる。ここで用いた酵素液には 11 % 程度のマンニトールが含まれている。^a実験に使用される (ウ) の濃度 (細胞懸濁液中の単位体積あたりの細胞数) は、^b血球計算盤などで測定できる。分離された (ウ) は、数を調整して細胞融合による雑种植物の作出や遺伝子導入に使用される。 (ウ) を無菌的に培地上に置いて培養するとカルスと呼ばれる (エ) の細胞塊が形成され、カルスから葉や根への分化を誘導することができ、最終的には植物体まで育てることができる。細胞塊や組織片を無菌的に育成することを (オ) という。カルスから個体まで再生できる能力を (カ) という。カルスから再分化させるために、2つの植物ホルモンが必要である。そのうち (キ) は茎の先端ほど濃度が高く、頂芽優勢をもたらす。 (ク) は根端で作られ細胞分裂を促進する。

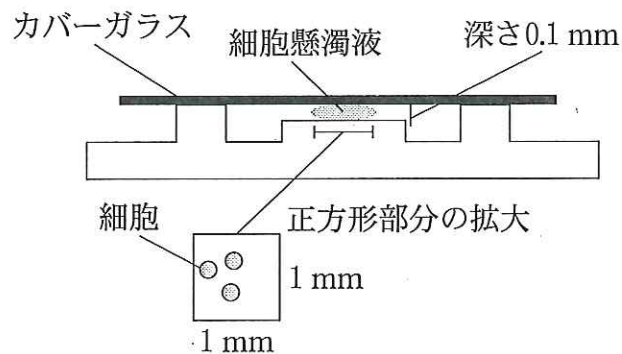
実用化された細胞融合植物の中には、例えば、オレンジとカラタチから作られた (ケ) がある。 (オ) が実用化されている例として、植物ウイルスに感染していない植物体を (オ) によって得る方法がある。これは、植物の (コ) にウイルスが存在しないことを利用している。

問 1 上記の文章の (ア) ～ (コ) に入る適切な語句を記せ。

問 2 (1) 下線部 a でマンニトールを添加する理由を述べよ。

(2) もし、マンニトールを添加せずに純水に細胞を入れた場合、どのような現象が起きるか答えよ。

- 問 3 (1) 下線部bにある血球計算盤は、下図にあるようなスライドガラス様のガラス板であり、中央に縦と横それぞれ1 mm の方形枠の目盛り(下図の正方形部分)がある。これにカバーガラスをかけたときに0.1 mm の深さができる。この枠内の細胞数を数えると懸濁液中の細胞の濃度を推定することができる。今、この枠に100 個の細胞を数えた場合1 ml 中には細胞が何個存在することになるか。
- (2) 細胞の濃度を測定したところ、30000 個の細胞が1.5 ml に含まれていた。細胞融合実験に1000 個の細胞が必要な場合、その中から何 ml をとればよいか。



問 4 植物ホルモンが培地上に置いた植物組織の細胞の分化(カルス, 不定芽, 不定根)に及ぼす影響について観察する実験を行った結果を下記の表に示した。根ではない部分から生じる根を不定根, 芽ではない部分から生じる芽を不定芽という。 (キ) としてナフタレン酢酸(NAA)を, (ク) としてベンジルアデニン(BA)を選んで濃度を変えて使用した。表の結果に基づき, 以下の文章で適切なものには○を, 不適切なものには×をつけよ。+ は促進的に作用したことを示し, + の数は程度を表す。

BA (mg/ml) \ NAA (mg/ml)	NAA (mg/ml)		
	0	0.1	1.0
0	ほとんど変化しない	不定根 +	不定根 ++
0.1	不定芽 +	カルス +	カルス ++
1.0	不定芽 ++	不定芽 +++	不定芽 +

- (1) BA は NAA とともに作用してカルスの増殖のみを促進する。
- (2) 各濃度の組合せを比較すると NAA の作用の方が BA の作用よりも細胞分化に影響しやすい。
- (3) NAA は不定根を, BA は不定芽を誘導しやすい。
- (4) 不定芽の誘導効率に関しては, NAA と BA の濃度の組合せに最適値が存在する。
- (5) NAA と BA によって 3 種類の細胞の分化を予想して誘導できる。

以下の 4 と 5 は選択問題である。どちらか一つを選び解答せよ。どちらを選択したか示すために、解答用紙の問題番号を○で囲んでから解答すること。

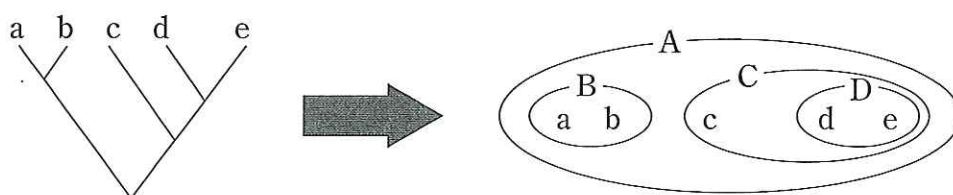
(4 を選択した例 4)

【選択問題】

4 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

18 世紀後半にスウェーデンの博物学者リンネが近代の生物分類学の基礎を築いてから、今日まで約 250 年の間に記載・命名された生物はおよそ 170 万種とされているが、まだ記載・命名されていない生物は地球上に数多く存在している。ある統計によれば、2000 年以降の 10 年間に新種として発表された生物の学名^bの総数は動物のものだけに限ってみても 16 万に達するという。これらの種の多様性を整理して理解するため、生物分類学においては、基本単位となる種の上に、よく似たものをまとめてより包括的な順に、属、(ア)，(イ)，(ウ)，(エ)，および^a界という 6 段階の階層からなる基本的な分類階級が設定されている。

今、 n 種類の生物について、それらの系統的な類縁関係を忠実に反映した、階層的な分類体系をつくる事を考えてみる。ここで、「分類体系が系統関係を忠実に反映している」とは、片方の情報からもう片方の情報が余すところなく再現される(つまり両者が数学的に 1 対 1 の写像の関係にある)ことを意味する。また、ここで扱う全ての種は二分岐的に種分化^cしてきた(つまり新しい種ができるときにはもとの 1 種から 2 種が生じた)ものと仮定する。分類体系をつくるにあたり、系統関係を忠実に反映して種を階層的にグループ化するには、まず最も近縁な 2 種を 1 つのグループにまとめ、次にそのグループに最も近縁な種またはグループをまとめ、…という操作を、すべての種が 1 つのグループにまとめられるまで繰り返す(次頁の図は $n=5$ の場合の一例で、このとき最低限必要な階層の数は 3 となる； $a\sim e$ は種を、 $A\sim D$ は種よりも上位のグループを表す)。



一般に、 n 種類の生物についてこのようにしてつくった入れ子状のグループの階層の数は、種よりも上位のグループについて考えてみた場合、最大で (オ) となる。仮に 170 万もの種をこのようなやりかたで分類するとしたら膨大な数の階層が必要になってしまうため、実用的とはいえない。生物分類学において属や界などの限られた数の分類階級しか設定されていないのは、このような便宜的な理由による。

問 1 (ア) ～ (エ) に該当する語を答えよ。

問 2 下線部 a の界についてマーグリスは、真核細胞と原核細胞の違いや、栄養摂取の方法の違いなどに基づいて、下の表のような五界説を唱えた。

	独立栄養生物	従属栄養生物	
真核生物	植物界	(A)	動物界
	(B)		
原核生物	原核生物界(モネラ界)		

(1) (A), (B)に該当する界の名称を記せ。

(2) 変形菌類(ムラサキホコリカビなど)が属する界は(A), (B)のどちらか記せ。

問 3 下線部 b の学名は、属名と種小名の組み合わせで形成される。

- (1) 種の名前を表すこの方法をなんと呼ぶか答えよ。
- (2) 以下の 3 種の植物の学名を参照し、和名の名づけかたと比較した際に、
(1)の方法が持っている利点を述べよ。

学名	和名
<i>Abies firma</i>	モミ
<i>Abies sachalinensis</i>	トドマツ
<i>Larix kaempferi</i>	カラムツ

問 4 隔離による下線部 c の例として、海面の上下の変動にともなって形成される 2 つの島に生息する陸上生物で起きるような、以下の 4 段階のシナリオが考えられる。このとき、(2)と(4)の状態をそれぞれなんと呼ぶか答えよ。

- (1) 海面は低く、広い地域の異なる環境に種 X が生息している。
- (2) 海面が上昇して、もとの地域が島 A と島 B に分かれ、2 つの島における種 X の集団の間で互いに交雑する機会がなくなる。
- (3) 自然選択の結果、島 A にはその環境に適した種 Y が、島 B には種 Z が進化する。
- (4) 海面が低下して島 A と島 B がつながって種 Y と種 Z が出会えるようになるが、すでに交雑ができなくなっている。

問 5 オ に当てはまる数式を答えよ。

【選択問題】

5 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

陸上植物群落には、緯度の違いに応じた水平分布と高度の違いに応じた垂直分布がみられる。日本では、が十分にあるため、これらの分布を決める無機的環境要因は、おもにだと考えられている。九州から関東・北陸地方の低地には、カシなどの樹林がみられ、東北地方や北海道南部には、ブナやミズナラなどの樹林がみられる。そして、北海道東北部には、トドマツやエゾマツなどの樹林が分布する。

北海道の大雪山のような高緯度の高山帯には、ハイマツやコケモモなどの低木が分布し、夏季にはコマクサやチングルマなどが一面に咲くが観察できる。高山群落の下限はとよばれ、高山帯よりも海拔の低い地域は、順に、亜高山帯、、そして丘陵帯となる。

海洋の海藻や植物プランクトンでも水平分布と垂直分布がみられる。例えば、緑藻は浅いところに分布し、褐藻や紅藻は深いところに分布する。しかし、陸上植物では海拔 1000 m 程度の山でも多くの植物が分布しているのに対して、海藻は水深 100 m 以深には分布していない。水深が増すほど水中に届く光の量が減少するためであり、水深の深い場所では植物の量が 0 となる水深がある。この水深を補償深度とよび、水面から補償深度までの層を層、それ以深の層を分解層とよぶ。

問 1 ～ の空欄に適切な語句を入れよ。

問 2 植物の生活様式を反映した形態、あるいは形態にもとづいて類型化されたものを生活形と呼ぶ。なかでもデンマークのラウンケルによる生活形が有名である。日本では緯度によって、ラウンケルの各生活形を示す植物の割合が違っている。

- (1) ラウンケルが生活形を類別したときの基準を簡単に説明せよ。
- (2) ラウンケルの生活形のうち、高緯度ほど高い割合で見られる生活形を、以下の中から全て選択して、(a)～(d)の記号で答えよ。

(a) 地上植物 (b) 地表植物 (c) 半地中植物 (d) 地中植物

問 3 ある森林の植物を対象に、 1 m^2 あたりの物質生産を5年間にわたって調べた。その結果、調査開始時の植物の現存量(生きている植物の総重量)が 25 kg/m^2 、総生産量の1年あたりの平均値が 1.5 kg/年 、呼吸量の1年あたりの平均値が 0.6 kg/年 、被食量の1年あたりの平均値が 0.3 kg/年 、枯死量の1年あたりの平均値が 0.4 kg/年 であることが分かった。このとき、植物の1年あたりの平均成長量を計算過程とともに示せ。

問 4 太平洋のある地点における補償深度を調べたところ、 15 m と推定された。ところが、3日後に同じ地点で同じ方法を用いて補償深度を調べたところ、 20 m と推定された。どちらの調査でも水温は全く同じであり、調査者のミスや測定機器の故障がなかった。短期間で、このように補償深度が変化する理由を1つ簡単に述べよ。