平成31年度 入学試験問題

理　　科

ページ

物　　理…… 1～15
化　　学…… 16～29
生　　物…… 30～57
地　　学…… 58～65

注 意 事 項

試験開始後，選択した科目の問題冊子及び解答用紙のページを確かめ，落丁，乱丁あるいは印刷が不鮮明なものがあれば新しいものと交換するので挙手すること。

1. 試験開始の合図があるまで問題冊子を開かないこと。
2. 試験開始後は，すべての解答用紙に受験番号（2か所）・氏名を記入すること。
3. 解答は，必ず解答用紙の指定されたところに記入すること。
4. 解答する数字，文字，記号等は明瞭に書くこと。
5. 解答用紙は持ち出さないこと。

物　　理

1　次の文章を読み，以下の各問に答えよ。

I　図1のように，水平面との角度 θ〔rad〕 $\left(0 < \theta < \dfrac{\pi}{2} \right)$ の十分に長くてあらい斜面がある。その斜面の上で質量 M〔kg〕の物体Aと質量 m〔kg〕の物体Bを軽い糸1でつなぎ，さらに物体Aを軽い糸2で斜面上の壁に固定した。このとき，糸1と糸2には張力がはたらき，物体Aと物体Bは斜面上に静止した。なお，重力加速度の大きさを g〔m/s^2〕，円周率を π とする。

(1)　物体Aが斜面から受ける垂直抗力の大きさ N_A〔N〕を，M，m，g，θ のうち，必要なものを用いて表せ。

(2)　物体Aおよび物体Bと斜面の間には，それぞれ F_A〔N〕および F_B〔N〕の大きさの摩擦力がはたらいているとし，糸1にはたらく張力の大きさ T_1〔N〕および糸2にはたらく張力の大きさ T_2〔N〕を，M，m，g，F_A，F_B，θ のうち，必要なものを用いて表せ。

続いて，糸1を切ったところ，物体Bは静止状態から斜面をすべりおりた。物体Bと斜面との間の動摩擦係数を μ'_B とする。

(3) 物体Bが斜面にそってs〔m〕だけすべりおりたとき，物体Bの加速度の大きさa_B〔m/s^2〕および速さv_B〔m/s〕を，m，s，g，μ'_B，θのうち，必要なものを用いて表せ。

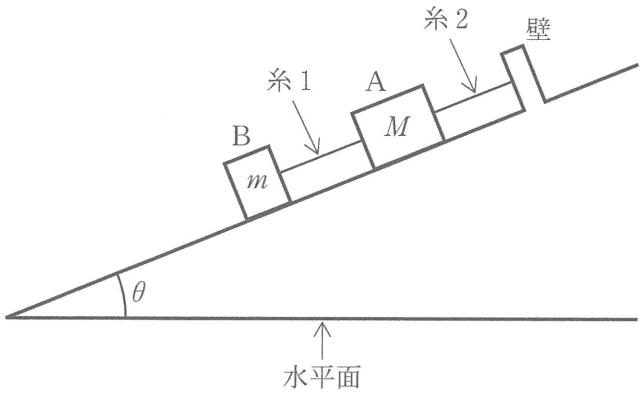


図1

Ⅱ　図2のように，棒ADの端の点Aを，鉛直方向に立てられた動かない壁に，大きさと質量の無視できるちょうつがいで取りつけた。ただし，棒は点Aを中心になめらかに回転できる。点Cに質量m_1〔kg〕，点Dに質量m_2〔kg〕のおもりを軽くて伸び縮みしないひもでつり下げた。点Bに軽くて伸び縮みしないひもを取りつけ，鉛直上向きに大きさF〔N〕の力で引っ張り，棒を水平に保った。AB，ACおよびAD間の長さをそれぞれ，x_1〔m〕，x_2〔m〕およびx_3〔m〕とする。重力加速度の大きさをg〔m/s^2〕とする。

(4)　棒の質量が無視できるとき，Fを，m_1，m_2，x_1，x_2，x_3，gのうち，必要なものを用いて表せ。

(5)　次に，棒を，太さと密度が一様な質量M〔kg〕の棒と想定したとき，Fを，m_1，m_2，M，x_1，x_2，x_3，gのうち，必要なものを用いて表せ。

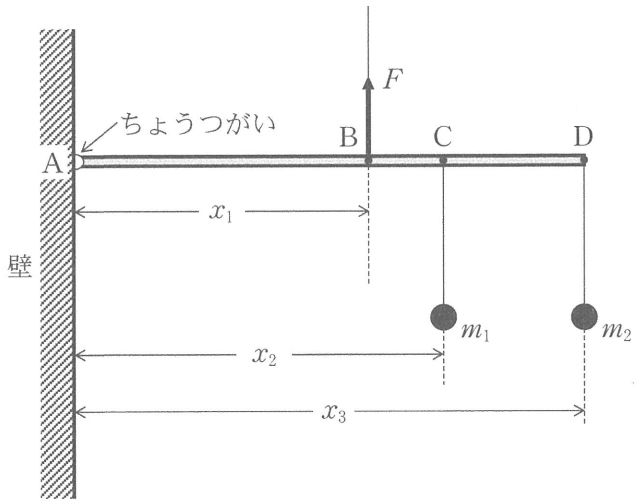


図2

次に，図3のように，点Cのおもりを取り外し，点Bのひもを水平に張って壁に取りつけ，棒を静止させた。壁と棒の間の角度は θ_1〔rad〕 $\left(0 < \theta_1 < \dfrac{\pi}{2}\right)$ であった。以下では，質量が M〔kg〕で一様な棒を想定する。なお，π は円周率を表す。

(6) 点Bに取りつけたひもの張力の大きさ T〔N〕を，m_2，M，x_1，x_3，g，$\tan\theta_1$ のうち，必要なものを用いて表せ。

(7) $M = 2m_2$，$x_1 = \dfrac{x_3}{2}$，$\theta_1 = \dfrac{\pi}{3}$ のとき，棒の端の点Aがちょうつがいから，図3で示す向きに大きさ R〔N〕の抗力を受けた。この抗力と水平線の間の角度を θ_2〔rad〕 $\left(0 < \theta_2 < \dfrac{\pi}{2}\right)$ とするとき，$\tan\theta_2$ を数値で示せ。また，R を m_2 と g を用いて表せ。ただし，平方根はそのままでよい。

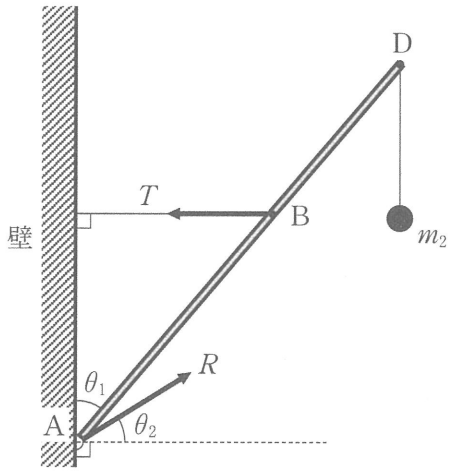


図3

2 次の文章を読み，以下の各問に答えよ。

I　図1のようなメートルブリッジの回路がある。この回路は，内部抵抗が無視できる起電力 E〔V〕の電池 E，抵抗値がいずれも 0 でない R_1〔Ω〕，R_2〔Ω〕，R_3〔Ω〕の抵抗 R_1，R_2，R_3，均質で太さが一様な長さ 1 m の抵抗線 ac，検流計 G からなる。

はじめに，スイッチ S を開いた状態で，検流計 G に電流が流れていた。

(ア)　ac 上の接点 p を動かし，検流計 G に電流が流れないようにした。このときの抵抗線の端 a から接点 p までの長さは ℓ_1〔m〕であった。R_2 を，R_1，ℓ_1 を用いて表せ。

(イ)　(ア)のときの抵抗 R_2 にかかる電圧 V_2〔V〕を，E，ℓ_1 を用いて表せ。

次に，スイッチ S を閉じたところ，再び検流計 G に電流が流れた。

(ウ)　接点 p を動かし，検流計 G に電流が流れないようにした。このときの抵抗線の端 a から接点 p までの長さは ℓ_2〔m〕であった。抵抗 R_3 にかかる電圧 V_3〔V〕を，E，ℓ_2 を用いて表せ。

(エ)　(ウ)のときの R_3 を，R_1，R_2，ℓ_2 を用いて表せ。

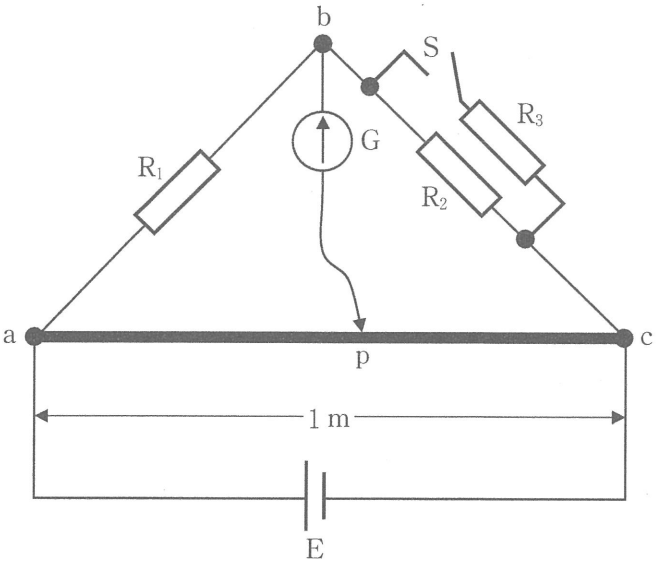


図 1

Ⅱ　図2のように，高さ h〔m〕，幅 w〔m〕，長さ ℓ〔m〕の導体に，電流 I〔A〕が y 軸の正の向きに一様に流れており，電圧降下 V〔V〕が発生しているとする。電気素量を e〔C〕，自由電子の電気量を $-e$〔C〕，自由電子の平均の速さを v〔m/s〕とする。

(オ)　導体の抵抗率（比抵抗）ρ〔Ω・m〕を，h，w，ℓ，I，V，e，v のうち，必要なものを用いて表せ。

(カ)　導体中の自由電子の単位体積当たりの個数（数密度）n〔個/m^3〕を，h，w，ℓ，I，V，e，v のうち，必要なものを用いて表せ。

(キ)　導体で熱として消費する電力 P〔W〕を，h，w，ℓ，I，V，e，v のうち，必要なものを用いて表せ。また，その熱の名前を答えよ。

(ク)　図3のように，z 軸に平行で正の向きに磁束密度 B〔T〕の一様な磁場（磁界）を導体全体にかけた。この磁場により導体中で移動している自由電子に大きさ f〔N〕の力が作用して，導体中の自由電子の分布が偏り，この力と同じ向きに強さ E_{H}〔N/C〕の一様な電場（電界）が発生した。この電場の強さ E_{H} を，I，V，e，B，f のうち，必要なものを用いて表せ。

(ケ)　(ク)で生じた電場により発生する電位差の大きさ V_{H}〔V〕を，E_{H}，h，w，ℓ のうち，必要なものを用いて表せ。

(コ)　ここで，電流 I と磁束密度 B は変えずに，図4のように，導体を長さ ℓ の導線に置きかえた。このとき，この導線が磁場から受ける力の大きさ F〔N〕を，ℓ，I，V，e，v，B のうち，必要なものを用いて表せ。また，F の向きを答えよ。

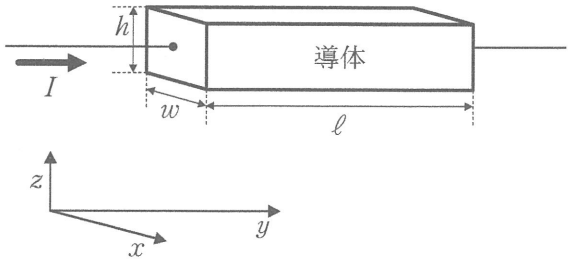


図 2

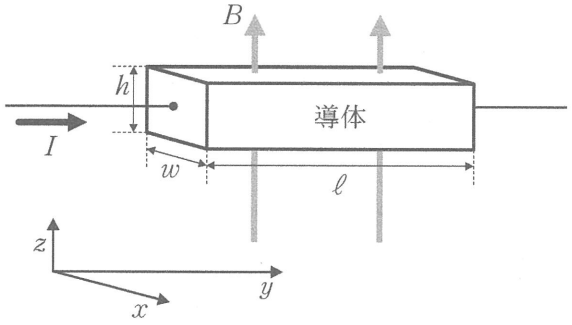


図 3

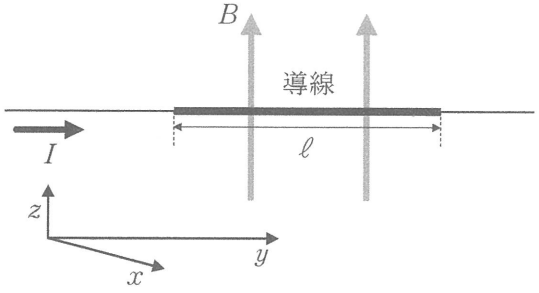


図 4

3 次の文章を読み，以下の各問に答えよ。

I 横波の正弦波が，媒質中を減衰することなく，x 軸の正方向に速さ v で進んでいる。この正弦波の振幅を A，波長を λ，周期を T とする。$x = 0$ の位置では，時刻 t のとき，媒質の変位 $y = A \sin \omega t$ で表される単振動が起きている。ここで，ω は単振動の角振動数である。$x = L$ の位置で観測した媒質の変位の時間変化を，図1の y-t 図に示す。ただし，$\lambda > L > 0$ とする。

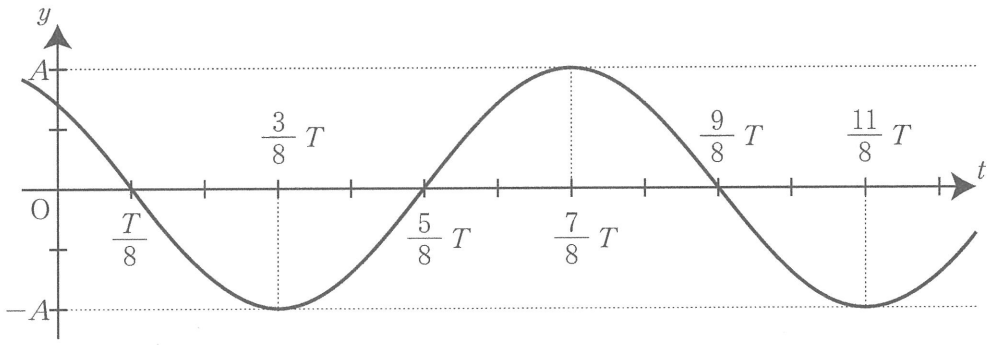


図1

(a) この正弦波の周期 T，波長 λ，波の伝わる速さ v を，A，ω，L，π のうち，必要なものを用いて表せ。π は円周率である。

(b) $t = \frac{5}{8}T$ のとき，この正弦波の y-x 図として最も適切なものを図 2 の①～⑯の中から一つ選べ。

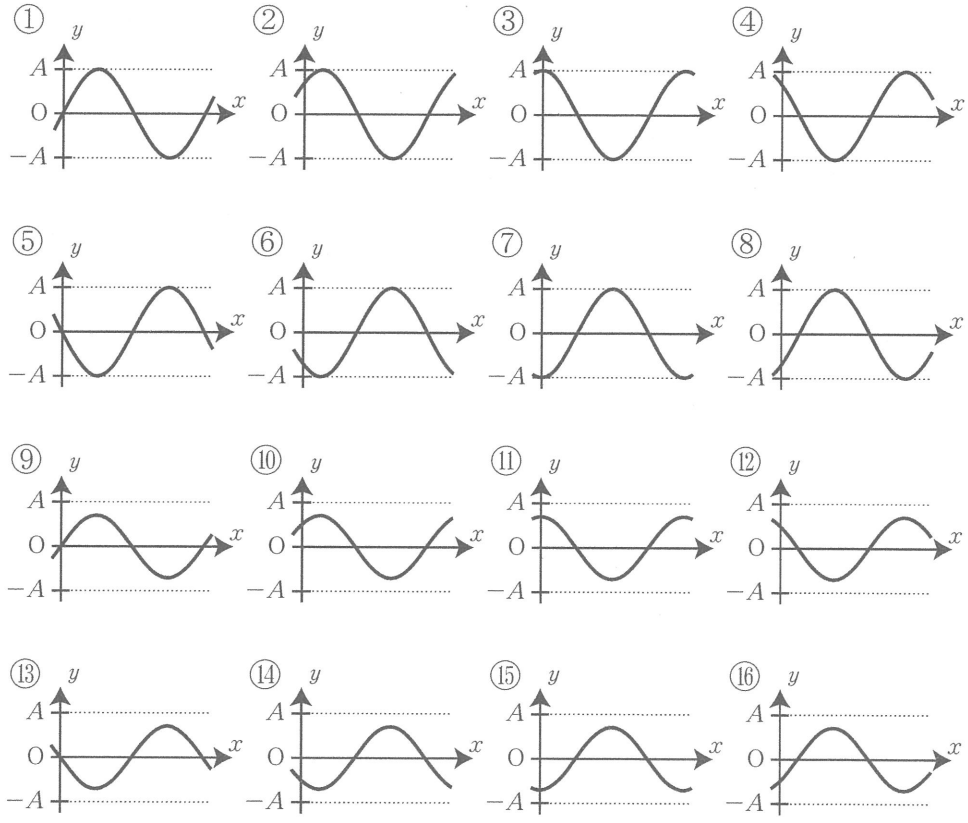


図 2

(c) この正弦波を入射波として $x = \lambda$ の位置で自由端反射させたところ，入射波と反射波の合成波が，定常波（定在波）になった。ここで，反射による波の減衰は無視できる。このときの定常波の $x = \frac{3}{4}\lambda$ における振幅の大きさを求めよ。

Ⅱ　図3に示すように，2枚のついたてA，Bを平行に立て，Aには単スリットS_0，Bには狭い間隔dでスリットS_1，S_2が設けられている。Bから距離Lだけ離してA，Bと平行にスクリーンCを置く。図3に示すように，波長λの赤色単色光をAに対して垂直に当てると，C上に明暗の縞模様が観測された。C上の点をO，ついたてA上の点をQとし，線分OQは線分S_1S_2の垂直二等分線である。点PはC上の任意の点であり，OP間の距離をxとする。ここで，Lはd，xに比べて十分大きいものとし，それぞれのスリットの幅は十分に狭く，S_0は図3に示すように，点Qから少しだけずれた位置にある。

(d)　光は直進する性質を示すが，図3に示すように，その光路はスリットS_0，S_1，S_2で，いずれも曲がっている。その理由を説明せよ。

(e)　一般的なヤングの実験では，$x = \dfrac{L}{d}\lambda$の条件を満たす点Pでは明線が観測されるはずであるが，図3の実験では観測されなかった。その理由を説明せよ。

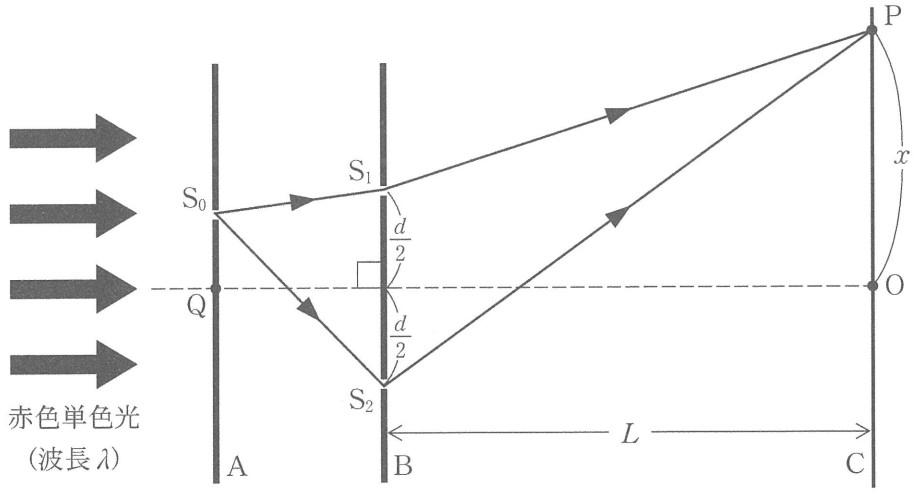


図3

次に，回折格子について考える。透明なフィルムに，1 mm あたり細い直線の溝を 1000 本程度，等間隔で平行につけたものを，回折格子として使用する場合が多い。このようなフィルムがなぜ回折格子になるのか，極めて簡単な場合について考えてみよう。図 4 に示したような溝をもつフィルムの面に対して，平行光線が垂直に入射する場合を想定する。このとき，フィルムの屈折率 n がある条件を満たすと，光が溝の部分で全反射を起こし，溝は光を通さなくなり，溝と溝との隙間の部分が光を通すスリットの役割を果たす。その結果，フィルムは回折格子になる。

(f) この場合の屈折率 n についての条件を求めよ。なお，このフィルムは空気中に置かれ，空気の屈折率は 1.0 とする。

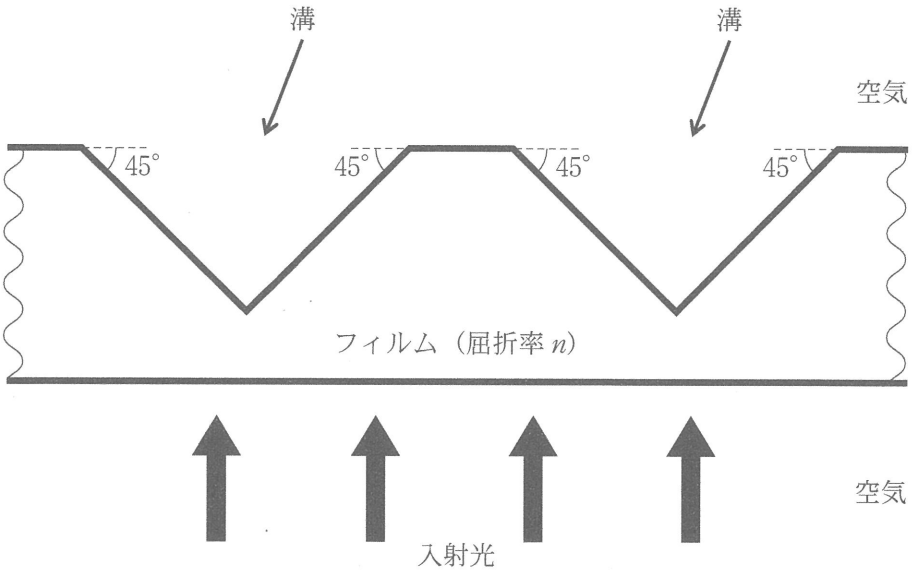


図 4

4 次の文章を読み，以下の各問に答えよ。

I　なめらかに動くピストンがついた容器に n〔mol〕の単原子分子からなる理想気体を閉じこめて，図1のように A→B→C→D→A の順番に状態を変化させた。状態 A での気体温度を T〔K〕，体積を V〔m^3〕，圧力を P〔Pa〕とする。圧力は状態 A→B の過程において $2P$〔Pa〕へと変化し，状態 C→D の過程において再び P〔Pa〕となった。体積は状態 B→C の過程において $4V$〔m^3〕へと変化し，状態 D→A の過程において再び V〔m^3〕となった。なお，気体定数を R〔J/(mol･K)〕とする。

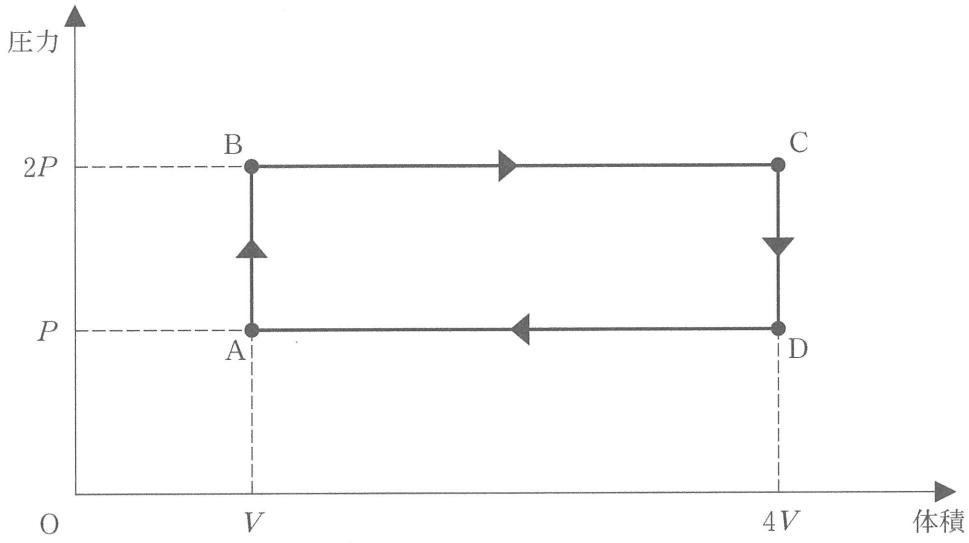


図1

(あ) 状態 B，C，D でのそれぞれの気体温度を T を用いて表せ。

(い) 状態 A→B，B→C，C→D，D→A の各過程において，気体の内部エネルギーはどのように変化するか。それぞれの過程において起こる変化の最も適切な組み合わせを，下記の選択肢①～⑦の中から一つ選べ。

	A→B	B→C	C→D	D→A
①	増加する	増加する	減少する	減少する
②	増加する	減少する	増加する	減少する
③	増加する	減少する	減少する	増加する
④	変化しない	変化しない	変化しない	変化しない
⑤	減少する	減少する	増加する	増加する
⑥	減少する	増加する	減少する	増加する
⑦	減少する	増加する	増加する	減少する

(う) 状態 A→B→C→D→A の 1 サイクルの過程において，気体が吸収する熱量 Q_1〔J〕および気体が放出する熱量 Q_2〔J〕を n，R，T を用いて表せ。

(え) 状態 A→B→C→D→A のサイクルを熱機関とみなしたとき，この熱機関の熱効率 e を求めよ。ただし，解答は既約分数を用いて表せ。

Ⅱ　静止している1個の原子核が中性子および電子の放出や吸収をともなわずに，2個の新たな原子核のみに自然に分裂するときに，発生するエネルギーと分裂によって生じた2個の原子核の運動について考える。ただし，分裂によって発生するエネルギーは，すべて新たに生じた2個の原子核の運動エネルギーに変わるものとし，光の速さを c〔m/s〕とする。

(お)　この原子核の分裂の前後に着目した場合，総量が変化しない量（原子核反応での保存量）を4つ答えよ。

(か)　質量が M〔kg〕の原子核が，いずれも質量が m〔kg〕の原子核Aと原子核B（$M > 2m$）に自然に分裂した。この場合の分裂により発生するエネルギー E〔J〕を，M，m，c を用いて表せ。また，分裂直後の原子核Aの速度が $\overrightarrow{v_A}$〔m/s〕であるとき，分裂直後の原子核Bの速度 $\overrightarrow{v_B}$〔m/s〕を，M，m，c，$\overrightarrow{v_A}$ のうち，必要なものを用いて表すとともに，この場合の $\overrightarrow{v_B}$ と $\overrightarrow{v_A}$ の関係が成り立つ理由を述べよ。

化　　学

必要があれば，次の値を用いよ。原子量：H = 1.00，C = 12.0，O = 16.0。
気体はすべて理想気体として取り扱うものとする。

1　次の文章を読み，問1～問6に答えよ。

自然界の物質は，多くのものが混合物である。その中から必要な物質だけを取り出すためには，さまざまな操作を行う必要がある。そこで，各操作の役割の理解とその技能を身につけるために，クラスメート数名が集まって次のような実験を計画した。

海砂2gと塩化ナトリウム3gおよびヨウ素0.5gの固体からなる試料Aから，各物質を分離する約50分間の実験である。操作1，操作2および操作3の各過程でそれぞれの物質(固体)が取り出せるように，図1のフローチャート(流れ図)を作成した。

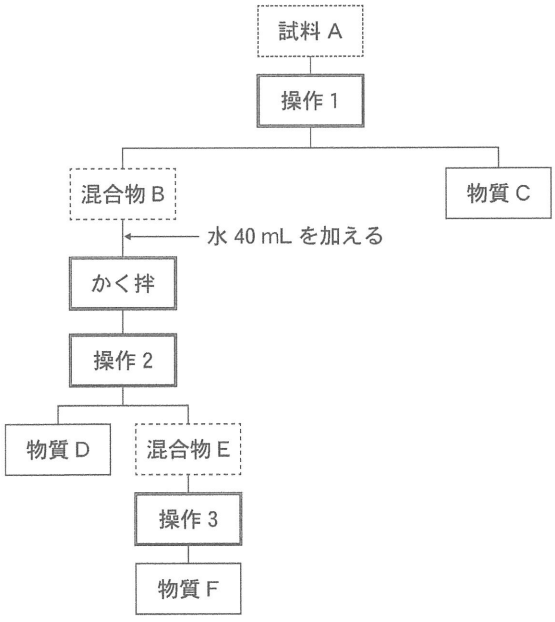


図1　実験計画のフローチャート(流れ図)

その後，図1のフローチャートにしたがい実験を進めていたが，混合物Bに水40 mLを加えるところを，誤って他の実験で使用する予定にしていた室温の硝酸カリウム水溶液40 mL(硝酸カリウム4 gを含む)を加えてしまった。そのため，操作3で物質Fを得られる予定であったが，得られなくなった。そこで，操作3の前に新たな連続した操作4～操作6を行うことで，できるだけ純粋な物質Fを取り出せるように，途中で計画を変更した(図1のフローチャートには記載されていない)。

ここで，室温は20 ℃とする。なお，操作1，操作2，操作3，操作4，操作5および操作6は1つの操作のみを示す。また，海砂は石英からなるものとし，塩化ナトリウム，塩化カリウム，硝酸ナトリウムおよび硝酸カリウムの水100 gに対する溶解度曲線は図2に示すものとする。

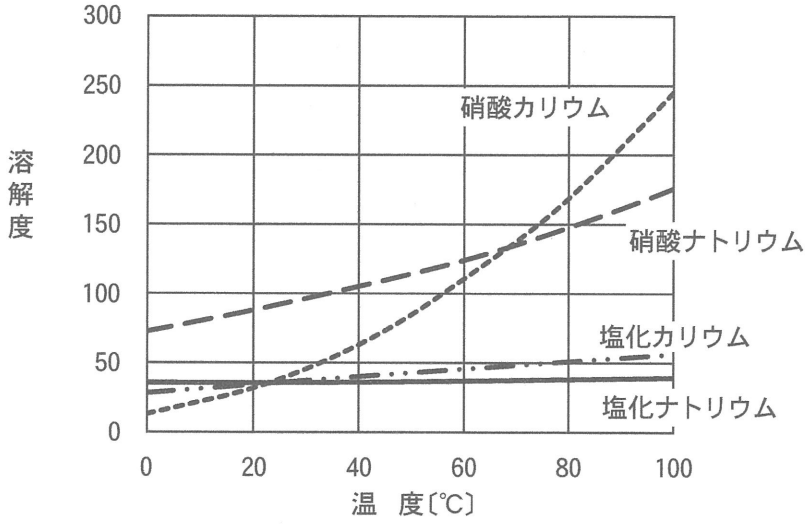


図2　溶解度曲線

(溶解度は，水100 gに溶ける溶質の最大質量〔g〕の数値を表す。)

(問題は，次ページに続く。)

問 1　図 1 のフローチャート中の操作 1 として最も適切な操作を次の(a)～(e)のうちから 1 つ選び，記号で答えよ。

(a)　抽出　　(b)　蒸留　　(c)　ろ過　　(d)　昇華法　　(e)　蒸発乾固

問 2　問 1 で選んだ操作 1 の方法を模式的に図に描いて示せ。ただし，操作には主要器具として分液漏斗，ビーカー，丸底フラスコ，試験管，蒸発皿，リービッヒ冷却器，漏斗のうちから適切な器具を選び使用するものとする。この際，器具は複数選んでもよい。他に必要な器具，物質，条件などは図中に書き足し，実験の安全性と効率性を考慮し操作内容がわかるように図示すること。

問 3　図 1 のフローチャート中の操作 3 ではどのような操作を行えばよいと考えられるか。次の(a)～(e)のうちから最も適切な操作を 1 つ選び，記号で答えよ。

(a)　抽出　　(b)　蒸留　　(c)　ろ過　　(d)　昇華法　　(e)　蒸発乾固

問 4　図 1 のフローチャートで示したように間違えないで正しく実験を行っていた場合，得られる予定であった物質 C，物質 D，物質 F の名称を記せ。

問 5　新たな連続した操作 4，操作 5，操作 6 の操作として最も適切なものを次の(a)～(h)のうちから 1 つずつ選び，記号で答えよ。

(a)　溶液が熱いままろ過する。

(b)　溶液を室温でろ過する。

(c)　溶液を冷却した状態でろ過する。

(d)　加熱して溶液を約 10 mL まで濃縮する。

(e)　溶液に冷水約 10 mL を加える。

(f)　溶液を約 80 ℃まで加熱する。

(g)　溶液を室温まで冷却する。

(h)　溶液を約 0 ℃まで冷却する。

問 6　物質Ｄに物質Ｃが混入していないかを確認するために，水溶液を用いて，呈色により確かめることにした。確認に適した水溶液を１つ挙げよ。

2 次の文章Ⅰおよび文章Ⅱを読み，問1～問8に答えよ。

（文章Ⅰ）

ケイ素Siは，岩石や鉱物の成分元素として，地殻中に多く存在する元素である。ケイ素元素は，周期表の［ア］族に属し，その原子は，［イ］個の価電子をもつ。①ケイ素の単体は，二酸化ケイ素を電気炉中で融解し，炭素を用いて還元すると得られる。ケイ素の単体は，ダイヤモンドと同じ構造の［ウ］結合の結晶である。この結晶の電気伝導性は導体と絶縁体の中間の大きさであり，ケイ素の単体は［エ］の性質を示す。

②二酸化ケイ素を水酸化ナトリウムとともに加熱すると，ケイ酸ナトリウムが生じる。これに水を加えて加熱すると，［オ］と呼ばれる無色透明で粘性の大きな液体が得られる。［オ］の水溶液に塩酸を加えると，白色ゲル状の沈殿が生成する。さらにこの沈殿を加熱して脱水すると［カ］になる。［カ］は多孔質の固体で，乾燥剤や吸着剤として利用される。

（文章Ⅱ）

金属A～金属Fについて，下記の反応1～反応4を調べ，各結果を得た。金属A～金属Fは，金，水銀，銅，ナトリウム，鉛，マグネシウムのいずれかである。

反応1：酸との反応

(1) 金属Aの単体は，王水とだけ反応した。

(2) 金属Bと金属Cの単体は，塩酸や希硫酸と反応したが，金属Dの単体は，表面が変化しただけであった。

(3) 金属Eと金属Fの単体は，硝酸や熱濃硫酸と反応した。

反応2：常温の空気中での反応

(1) 金属Bの単体は，空気中の酸素と速やかに反応して酸化物が生じた。

(2) 金属C，金属D，金属Fの単体は，酸素とゆっくり反応して表面に酸化物の被膜が生じた。

反応３：水との反応

(1) 金属Ｂの単体は，常温で水と激しく反応した。

(2) 金属Ｃの単体は，熱水と反応した。

反応４：炎色反応

(1) 金属Ｂと金属Ｆの単体を，それぞれ水と硝酸に溶かした溶液は，白金線を用いてガスバーナーの外炎に投入すると炎の色がそれぞれ，黄色と青緑色を呈した。

問 1　文章Ⅰの［ア］，［イ］に入る適切な数字を答えよ。

問 2　文章Ⅰの［ウ］～［カ］に入る適切な語句を答えよ。

問 3　文章Ⅰの下線部①の反応を化学反応式で答えよ。

問 4　文章Ⅰの下線部②の反応を化学反応式で答えよ。

問 5　文章Ⅱの反応１の(1)で用いた王水に関する記述(a)～(f)のうち，正しいものを１つ選び，記号で答えよ。

(a) 濃硫酸と濃硝酸の混合物であり，非常に酸化力が強い。

(b) 濃硫酸と濃硝酸の混合物であり，非常に還元力が強い。

(c) 濃硝酸と濃塩酸の混合物であり，非常に酸化力が強い。

(d) 濃硝酸と濃塩酸の混合物であり，非常に還元力が強い。

(e) 濃硫酸と濃塩酸の混合物であり，非常に酸化力が強い。

(f) 濃硫酸と濃塩酸の混合物であり，非常に還元力が強い。

問 6　文章Ⅱの反応１の(2)において金属Ｂ，金属Ｃの反応では，気体が発生する。この気体を分子式で答えよ。

（問題は，次ページに続く。）

問 7　文章Ⅱに関して，Ａ～Ｆにあてはまる金属を元素記号で答えよ。

問 8　文章Ⅱにある６つの金属のうち，水素よりイオン化傾向が大きい金属をすべて答えよ。なお，解答欄には，イオン化傾向が大きい順に不等号を用いて元素記号で記せ。

3 次の文章を読み，問1～問5に答えよ。

無色の気体であるN_2O_4が解離して赤褐色の気体であるNO_2になる反応は，次の熱化学方程式で表わされる。

$$N_2O_4(気) = 2NO_2(気) - 57.2\,kJ \qquad 式1$$

$N_2O_4(気) \rightleftarrows 2NO_2(気)$の可逆反応が平衡状態にあるとき，$N_2O_4$と$NO_2$のそれぞれの分圧である$p_{N_2O_4}$と$p_{NO_2}$を用いて，圧平衡定数$K_p$は［ア］で表わされる。それぞれのモル濃度を使った濃度平衡定数K_cは，理想気体の状態方程式をもとにして，K_pとの間に［イ］の関係式がある。

常温付近の一定温度においてN_2O_4のみを透明な注射器に入れ，平衡状態1にした。その後，同じ温度に保ったままピストンを押して一定の圧力を加え，平衡状態2にした。平衡状態2において，注射器内の気体の色は加圧された瞬間に比べて［ウ］，K_pの値は平衡状態1における値に対して［エ］。一方，平衡状態1の後に，注射器内の圧力を一定に保ったまま温度を上げ，平衡状態3にした。このとき，平衡状態1に対して，注射器内の気体の色は［オ］，K_pの値は［カ］。なお，注射器内の気体の色の変化は，注射器のシリンダーの側面から見るものとする。

問1　文章中の［ア］，［イ］に入る適切な式を記せ。ただし，絶対温度をT，気体定数をRで示せ。

問2　文章中の［ウ］～［カ］に入る適切な語句を，以下の選択肢(a)～(f)からそれぞれ1つ選んで記せ。

［ウ］，［オ］の選択肢

(a)　変わらず　　(b)　赤褐色が濃くなり　　(c)　赤褐色が薄くなり

［エ］，［カ］の選択肢

(d)　同じである　　(e)　大きくなる　　(f)　小さくなる

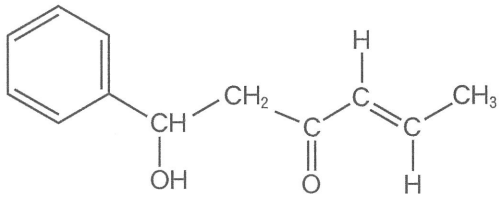
問 3　NO_2 は，銅に濃硝酸を反応させて発生させることができる。この反応を化学反応式で答えよ。

問 4　式 1 において N_2O_4(気)の生成熱が $-9.20\ kJ/mol$ のとき，NO_2(気)の生成熱〔kJ/mol〕を求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し，有効数字 3 桁で示せ。

問 5　2.0 mol の N_2O_4(気)のみを密閉容器に入れ，ある温度で平衡状態にした。このとき，N_2O_4 と NO_2 からなる混合気体の全圧は $1.5 \times 10^5\ Pa$ であった。平衡状態における N_2O_4(気)の解離度 α が 0.50 であるとき，N_2O_4 の分圧である $p_{N_2O_4}$ および圧平衡定数 K_p はいくらになるか，それぞれ求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し，有効数字 2 桁で単位を含めて示せ。

4 次の文章を読み，問1～問5に答えよ。解答で構造式を示す場合には例にならって記せ。ただし，鏡像異性体がある場合は区別しなくてよい。

(例)



有機化合物A，B，Cは分子式が$C_9H_{10}O$の化合物であり，お互いに構造異性体の関係にある。有機化合物AとCはベンゼンの一置換体で，有機化合物Bはベンゼンの二置換体であり，*p*-異性体である。有機化合物Aは分子内に不斉炭素原子を含む。有機化合物Bには幾何異性体がなく，メチル基が存在しない。また，①塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると呈色する。有機化合物Cは②ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて温めると呈色した沈殿物を生じる。

問 1　有機化合物A～Cの構造式を記せ。
（出題ミスのため有機化合物Aには正答が2つある。）

問 2　有機化合物A～Cに関する次の記述(a)～(e)のうち，正しいものを1つ選び，記号で答えよ。（出題ミスのため正答なし。全員の解答を正解扱い。）

(a)　有機化合物Aに水素を付加すると，不斉炭素が増える。

(b)　有機化合物Aはカルボン酸との脱水縮合反応により，エステルとなる。

(c)　有機化合物Bは炭酸水素ナトリウム水溶液によく溶ける。

(d)　有機化合物Cは水酸化ナトリウム水溶液によく溶ける。

(e)　有機化合物Cをニクロム酸カリウムで酸化すると，カルボン酸が生成する。

問 3　2.00 g の有機化合物 B を用いて塩化水素の付加反応を行ったところ，有機化合物 B はすべて反応した。この反応の主生成物と主生成物の次に生成量の多い副生成物の構造式を記せ。また，0 ℃，1.01×10^5 Pa の状態における，この反応で消費された塩化水素の体積〔mL〕を求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し，有効数字 3 桁で示せ。

問 4　下線部①について，次の化合物群の中から呈色反応を示すものをすべて選び，構造式で答えよ。

安息香酸，*o*-クレゾール，ナフタレン，サリチル酸，トルエン，*m*-キシレン

問 5　下線部②について，次の(1)～(3)に答えよ。

(1)　下線部②の反応を何とよぶか。その名称を答えよ。

(2)　沈殿物の分子式を答えよ。

(3)　沈殿物の色を(a)～(e)の中から 1 つ選び，記号で答えよ。

(a)　青色　　(b)　赤色　　(c)　黄色　　(d)　緑色　　(e)　紫色

5 次の文章Ⅰおよび文章Ⅱを読み，問1～問6に答えよ。

（文章Ⅰ）

高分子化合物の繰り返し構造単位の数を［ア］という。高分子化合物は［ア］の異なる分子の集まりであるため，高分子化合物の分子量には平均値を用い，その値を平均分子量という。平均分子量は浸透圧法や粘度法で調べることができるが，低分子の分子量測定で用いられている沸点上昇法や凝固点降下法では調べることができない。

熱を加えると軟らかくなる高分子化合物を［イ］樹脂という。［イ］樹脂は，一般に二重結合をもつ単量体が付加を繰り返す付加重合，2つ以上の官能基をもつ単量体が小分子の放出を伴いながら縮合を繰り返す縮合重合，そして環状の単量体が開環しながら反応する開環重合によって合成される。［イ］樹脂には，分子が不規則に配置した［ウ］部分しかないものや，［ウ］部分と分子が規則的に配列した［エ］部分の両方を含むものがある。硬い状態の［イ］樹脂を加熱すると［ウ］部分が先に軟らかくなる。この軟らかくなる温度を［オ］点という。

熱を加えると反応が促進し硬くなる高分子化合物を［カ］樹脂という。［カ］樹脂の多くは，付加反応と縮合反応を繰り返す付加縮合で合成される。例としてフェノール樹脂がある。

（文章Ⅱ）

縮合重合から得られる高分子化合物として，ナイロン66がある。ナイロン66は以下の操作によって簡単に得ることができる。

① 0.40 mol/Lのヘキサメチレンジアミン水溶液(1.0 mol/LのNaOH水溶液に溶かしたもの)と0.20 mol/Lのアジピン酸ジクロリドのヘキサン溶液を調製する。

② 20 mLのヘキサメチレンジアミン水溶液の上に20 mLのアジピン酸ジクロリドのヘキサン溶液を静かに注ぎ入れる。

③　得られた二層の界面に白い膜としてナイロン 66 が生成するので，ピンセットで静かに引き上げる。

④　十分に水で洗浄した後，最後にアセトンで洗浄し，乾燥させる。

問 1　文章中の［ア］～［カ］に入る適切な語句を記せ。

問 2　下線について確かめるために，分子量 1.00×10^5 の水溶性高分子（非電解質）0.500 g を 100 g の水に溶かした溶液について下記の条件で凝固点降下度を計算したところ，実測できない値であることがわかった。一方，同じ水溶性高分子 0.500 g を溶かした水溶液 100 mL について下記の条件で浸透圧を計算し，それから換算した純水の液面と高分子水溶液の液面の高さの差は実測可能な値であることがわかった。下記の条件で，凝固点降下度〔K〕と液面の高さの差〔mm〕を求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し，有効数字 3 桁で示せ。

【条件】

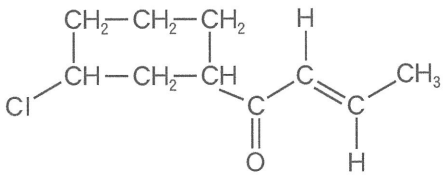
水のモル凝固点降下を 1.85 K･kg/mol，気体定数を $R = 8.31 \times 10^3$ Pa･L/(K･mol)，大気圧 1.01×10^5 Pa での水銀柱の高さを 760 mm とする。

浸透圧測定には，中央部を水分子のみが透過できる半透膜で仕切った，均一な断面積をもつ U 字管を用いることを想定する。液面の高さの差は，U 字管の片側に純水を入れ，もう片側に高分子水溶液を純水の液面の高さと同じになるまで入れた後，十分に平衡に達したときの純水の液面と高分子水溶液の液面の高さの差とする。測定温度は 27 ℃とし，この時の高分子水溶液の密度を 1.00 g/mL，水銀の密度を 13.6 g/mL とする。

（問題は，次ページに続く。）

問 3　付加重合で合成される高分子化合物にポリ塩化ビニル，開環重合で合成される高分子化合物にナイロン 6 がある。それらの原料となる単量体の構造式を，下の例にならって記せ。

(例)



問 4　次の(a)～(e)の記述のうち，フェノール樹脂に関する記述として正しいものをすべて選び，記号で答えよ。

(a)　フェノール樹脂はベークライトともよばれている。

(b)　酸を触媒として用いたときに生じる中間生成物をレゾール，塩基を触媒として用いたときに生じる中間生成物をノボラックという。

(c)　レゾールをフェノール樹脂にするには硬化剤が必要である。

(d)　フェノールとホルムアルデヒドの反応は，フェノールのメタ位で起こりやすい。

(e)　フェノール樹脂は電気絶縁性に優れている。

問 5　文章Ⅱの操作①で，ヘキサメチレンジアミン水溶液の溶媒として中性の水を使うと十分に反応が進まなくなる。その理由を記せ。

問 6　文章Ⅱの操作①のようにアジピン酸ではなく，アジピン酸ジクロリドが用いられる理由を 2 つ記せ。

生　　物

1　次の文章を読み，問1～問7に答えよ。

ヒトの肝臓に入る血管には［1］と［2］があり，心臓から送り出された血液の約1/3が肝臓を通過する。［1］は消化管に分布した毛細血管が合流したもので，消化管から吸収されて血中に入った栄養素を含むさまざまな物質の多くは，肝臓で処理されてから全身に送られる。ヒトの肝臓は，［3］という1 mmほどの六角柱状の基本単位からできており，［3］は［4］の周りに約50万個の肝細胞①が集まった構造をしている。

ヒトの肝臓は生体において，さまざまなはたらきをしている。まず，血しょう中に多く含まれるアルブミンなどを合成する。一方で，不要になったタンパク質やアミノ酸を分解する。例えば，血液中に存在する古くなった［5］は，アミノ酸まで分解されるとともに，この中のヘモグロビンに豊富に含まれていた鉄イオンは肝臓に蓄積される。

また，ヒトの肝臓では，タンパク質やアミノ酸などが分解される際に生じる毒性の強いアンモニア②を毒性の弱い尿素に合成するはたらきがある。尿素は，水に溶けやすく，腎臓においては［6］されにくい濃縮率の高い物質③である。一方で，アルコールや有害物質は肝臓で分解されたり，無害な物質に変えられたりする。これを解毒という。ヒトの血液中に含まれるグルコースは血糖とよばれ，その含有量は空腹時で血液100 mL当たりほぼ［X］mgである。自律神経とホルモン④のはたらきを通じて，肝臓はグリコーゲンを貯蔵したり，グルコースを放出させたりすることで，血糖濃度の調節をおこなっている。［7］病では，血糖濃度が正常に低下せず高い状態が持続し，動脈の硬化が引き起こされやすくなる。これによりさまざまな病気が引き起こされる。

ヒトの肝臓の機能は，AST(GOT)，ALT(GPT)，γ－GTPなどの酵素の血液中濃度を調べること⑤で評価でき，これら酵素の血液中濃度を利用した肝臓の病気に関する診断が広くおこなわれている。

問 1　文章中の［ 1 ］～［ 7 ］にあてはまる語句を記せ。

問 2　下線部①について，ヒトの肝細胞の長さ(μm)で最も適当なものを以下の(ア)～(カ)の中から 1 つ選び，記号で答えよ。

(ア)　1　　(イ)　5　　(ウ)　15　　(エ)　25　　(オ)　40　　(カ)　60

問 3　下線部②について，尿素は，アンモニアと，二酸化炭素と，<u>あるアミノ酸</u>とから合成されたアルギニンが分解されてできることが知られている。このアミノ酸として適当なものを以下の(ア)～(カ)から 1 つ選び，記号で答えよ。

(ア)　グリシン　　(イ)　アスパラギン酸　　(ウ)　システイン
(エ)　ヒスチジン　　(オ)　グルタミン　　(カ)　トレオニン

問 4　下線部③の濃縮率について，表 1 は 2 つの成分の濃縮率を示している。表 1 中の［ (ア) ］～［ (ウ) ］について最も適当な語句や数値を記せ。

表 1　種々の成分の濃縮率

成分	血しょう中濃度 (重量 %)	尿中濃度 (重量 %)	濃縮率
尿素	0.03	1.8	(ア)
(イ)	0.001	0.075	(ウ)

問 5　文章中の［ X ］について最も適当なものを以下の(ア)～(カ)から 1 つ選び，記号で答えよ。

(ア)　0.001　　(イ)　0.1　　(ウ)　1
(エ)　10　　(オ)　100　　(カ)　1,000

問 6　下線部④の血糖濃度の調節について，図 1 は低血糖時における血糖量調節機構の概略を示している。図 1 中の (a) ～ (d) にあてはまるホルモンの適当な組み合わせを，以下の(ア)～(カ)から 1 つ選び，記号で答えよ。

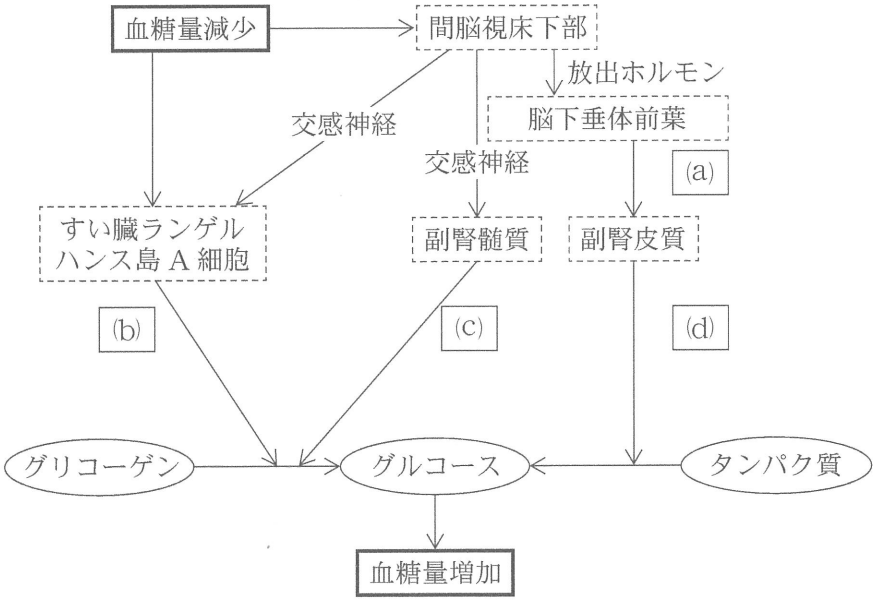


図 1　低血糖時の血糖量調節機構の概略図

図 1 / 記号	(a)	(b)	(c)	(d)
(ア)	副腎皮質刺激ホルモン	糖質コルチコイド	鉱質コルチコイド	グルカゴン
(イ)	成長ホルモン	糖質コルチコイド	アドレナリン	グルカゴン
(ウ)	成長ホルモン	糖質コルチコイド	鉱質コルチコイド	グルカゴン
(エ)	副腎皮質刺激ホルモン	グルカゴン	アドレナリン	糖質コルチコイド
(オ)	成長ホルモン	グルカゴン	アドレナリン	糖質コルチコイド
(カ)	副腎皮質刺激ホルモン	グルカゴン	鉱質コルチコイド	糖質コルチコイド

問 7　下線部⑤について，なぜ，AST(GOT)，ALT(GPT)，γ－GTP などの酵素の血液中濃度を測定することで，肝機能を評価できるか，その理由を 50 字以内で説明せよ。

2 次の文章を読み，問１～問８に答えよ。

タンパク質はさまざまな機能を担っている最も重要な生体有機分子の１つである。通常，タンパク質は①細胞内にて遺伝情報にもとづいて合成され，細胞内の小器官や細胞外などに運ばれる。タンパク質のアミノ酸どうしは［ 1 ］によってつながっており，多数つながったものを［ 2 ］という。タンパク質が機能するためには，アミノ酸配列にもとづく［ 3 ］によって決まる独自の立体構造を持つことが重要である。タンパク質の立体構造は，②正しい折りたたみによって形成される。一般的に，③多くのタンパク質は熱や酸・アルカリによって処理されると立体構造が変化し，結果として，そのはたらきが失われてしまう。また，細胞内にて機能を果たしたタンパク質や正常に折りたたまれなかったタンパク質などは，④不要なものとして細胞内で分解される。

問１　文章中の［ 1 ］～［ 3 ］にあてはまる語句について，正しい組み合わせを(ア)～(オ)から１つ選び，記号で答えよ。

	1	2	3
(ア)	ペプチド結合	マルチペプチド	二次構造
(イ)	ペプチド結合	ポリペプチド	一次構造
(ウ)	モノペプチド結合	マルチペプチド	一次構造
(エ)	ジペプチド結合	オリゴペプチド	一次構造
(オ)	共有結合	ポリペプチド	三次構造

問 2　下線部①について，細胞外へ分泌される動物細胞内のタンパク質の合成経路について，正しい順を(ア)～(オ)から 1 つ選び，記号で答えよ。mRNA は伝令 RNA を，tRNA は転移 RNA を表す。

(ア)　DNA → mRNA → 小胞体 → リボソーム → ゴルジ体 → ミトコンドリア
(イ)　DNA → tRNA → ゴルジ体 → 小胞体 → ミトコンドリア → リボソーム
(ウ)　DNA → 小胞体 → ミトコンドリア → リボソーム → ゴルジ体 → リソソーム
(エ)　DNA → ミトコンドリア → 小胞体 → リソソーム → リボソーム → ゴルジ体
(オ)　DNA → mRNA → リボソーム → 小胞体 → ゴルジ体

問 3　成人のヒトが，体内で合成できるアミノ酸の正しい組み合わせを(ア)～(オ)から 1 つ選び，記号で答えよ。

(ア)　グリシン，ロイシン，グルタミン酸，セリン，チロシン，システイン
(イ)　アルギニン，アラニン，イソロイシン，プロリン，トレオニン，チロシン
(ウ)　アラニン，アルギニン，フェニルアラニン，ヒスチジン，グルタミン，セリン
(エ)　プロリン，グルタミン酸，アルギニン，バリン，トレオニン，ヒスチジン
(オ)　グルタミン，アルギニン，セリン，プロリン，チロシン，システイン

問 4　下線部②について，正しい折りたたみを補助するタンパク質は何か，その名称を記せ。

問 5　下線部③について，以下の問に答えよ。

(1)　下線部③の現象とは何か，その名称を記せ。

(2)　下線部③の現象が生じる理由を(ア)～(オ)から 1 つ選び，記号で答えよ。

(ア)　タンパク質を構成するアミノ酸が他のアミノ酸に入れ替わるため
(イ)　疎水領域のアミノ基に電荷が蓄積するため
(ウ)　親水領域と疎水領域の極性が入れ替わるため
(エ)　水素結合などが切れるため
(オ)　タンパク質の折りたたみが過剰に生じるため

問 6　下線部④について，以下の問に答えよ。

(1)　細胞が自己の細胞質の一部を取り込む小胞を作り，これをリソソームから供給される酵素によって分解する現象とは何か，その名称を記せ。

(2)　(1)の現象によって，分解されたタンパク質はどうなるのか，35 字以内で述べよ。

問 7　図 1 は，細胞外へ分泌されるタンパク質の 1 つであるインスリンのアミノ酸配列を示す。

インスリンにはアミノ酸 21 個の A 鎖とアミノ酸 30 個の B 鎖があり，機能するためにジスルフィド(S−S)結合が 3 カ所存在する。その組み合わせを鎖名とアミノ酸番号を用いて記せ。

図 1 中のアミノ酸は 3 文字略号で記し，数字はアミノ酸の番号を表す。表 1 中の枠内は各アミノ酸の側鎖を表す。

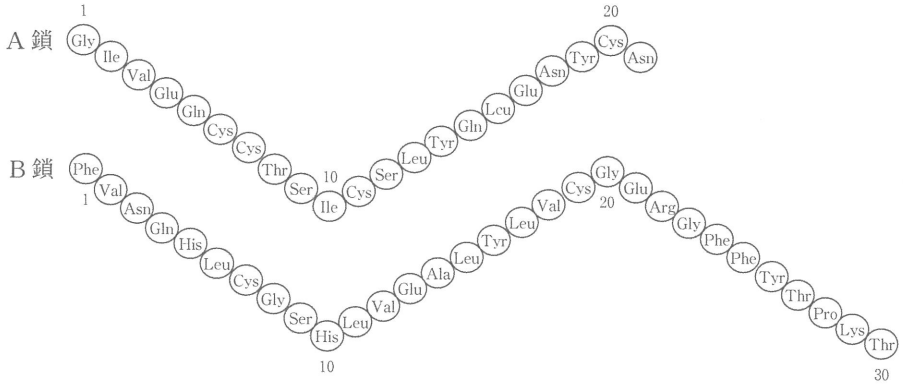
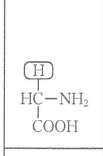
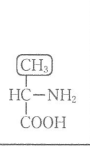
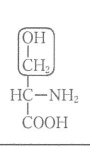
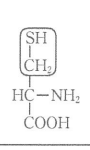
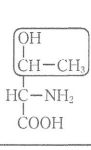
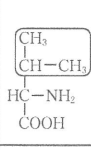
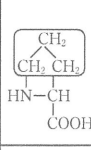
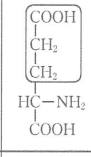
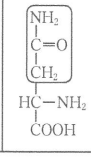
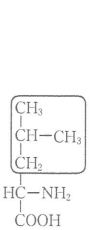
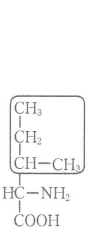
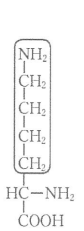
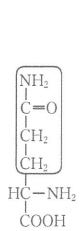
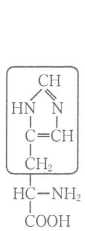
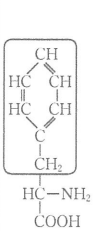
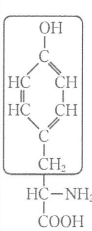
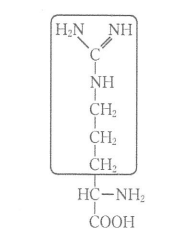


図 1　インスリンのアミノ酸配列

表 1　アミノ酸の構造

Gly	Ala	Ser	Cys	Thr	Val	Pro	Glu	Asn
								

Leu	Ile	Lys	Gln	His	Phe	Tyr	Arg
							

問 8　哺乳類系培養細胞で発現しているタンパク質と細胞小器官との関係について研究するため，細胞分画法による実験をおこなった。細胞分画法とは，細胞を細かく粉砕した後で，遠心分離機にかけ，遠心力を利用して細胞小器官を分ける技術である。図 2 のように，細胞破砕液に遠心力をかけて，上澄みと沈殿物に分け，その上澄みをさらに強い遠心力をかけて遠心分離をおこない，細胞小器官を分けた。

図 2 において，細胞小器官のうち，核，ゴルジ体，ミトコンドリアが(ア)～(ウ)のどの分画に多く含まれるか，それぞれ記号で答えよ。ただし，図 2 において遠心の強さを *g*，遠心の時間を分で示す。

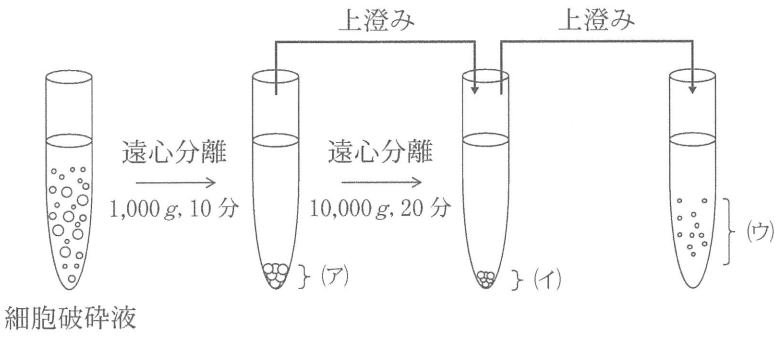


図 2　細胞分画の操作

3 次の文章を読み，問1～問5に答えよ。

遺伝子の発現制御①は，細菌から動植物に至るまですべての細胞に備わっている機能である。

原核生物における遺伝子の発現調節は，栄養条件の変化が関与していることが知られている。原核生物である大腸菌は通常炭素源としてグルコース②を利用するが，ラクトースなどの糖も利用できる。ラクトースを代謝するためのいくつかの酵素遺伝子(β-ガラクトシダーゼなど3種類の酵素)は，DNAの別の場所に存在する調節遺伝子によって発現が制御されている。調節遺伝子から作られる調節タンパク質(リプレッサー)は［ 1 ］が結合するプロモーターのすぐそばにある［ 2 ］に結合する。また，調節タンパク質の［ 2 ］への結合は，ラクトースに由来する誘導物質によって調節されている。このように，大腸菌では複数のタンパク質をコードする遺伝子群が1つのプロモーターによって調節される。これら遺伝子群とそれらの発現を調節するDNA配列のまとまりのことを［ 3 ］という。

一方，真核生物のDNAはヒストンなどと結合して［ 4 ］とよばれる構造を形成している。［ 4 ］は折りたたまれ，クロマチン繊維を形作っている。このような状態では遺伝子の発現調節は起こらないが，ヒストンが修飾を受けてDNAとの結合が弱くなる③ことで，DNAのプロモーター領域に基本転写因子や［ 1 ］が結合できるようになり，遺伝子の転写が開始される。プロモーター領域から離れた位置には転写調節領域があり，この領域に結合したリプレッサーや活性化因子などの転写調節因子が転写複合体に作用して転写を調節する。転写調節領域は1つの遺伝子に対して複数存在することが多く，さまざまな刺激④に応答して転写調節がおこなわれている。

問 1　文章中の［ 1 ］～［ 4 ］にあてはまる語句を記せ。

問 2　下線部①について，遺伝子の発現制御と関係ないものはどれか。以下の(ア)～(オ)から 1 つ選び，記号で答えよ。

(ア)　筋肉の前駆細胞である筋芽細胞が筋管細胞へと分化する。
(イ)　キイロショウジョウバエのだ液染色体にパフが観察される。
(ウ)　筋収縮において，アクチンフィラメントがサルコメアの中央部に滑り込む。
(エ)　ステロイドホルモンが核内受容体に結合する。
(オ)　mRNA の一部と同じ塩基配列をもつ短い 2 本鎖 RNA が細胞中にあると，mRNA が分解される。

問 3　下線部②について，培地に炭素源としてグルコースとラクトースを等量加え大腸菌を培養した。以下の問に答えよ。

(1)　グルコースとラクトースの量の変化について，最も適当なものを図 1 の(ア)～(エ)から 1 つ選び，記号で答えよ。

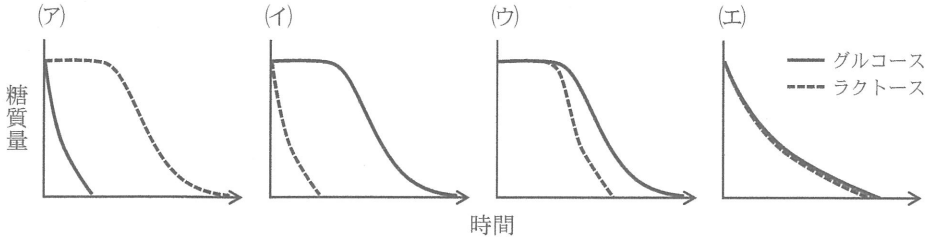


図 1

(2)　β-ガラクトシダーゼの発現はどのように変化するか。図 1 における培地中の糖質量の変化を踏まえ，50 字以内で説明せよ。

問 4　下線部③について，ヒストンにはどのような官能基が化学修飾されるか。最も適当なものを以下の(ア)～(カ)から 1 つ選び，記号で答えよ。

(ア)　アミノ基　　(イ)　エチル基　　(ウ)　プロピル基
(エ)　カルボニル基　　(オ)　アセチル基　　(カ)　アゾ基

問 5　下線部④について，遺伝子の発現調節機構を確かめるために，図 2 に示すようなレポーターアッセイという実験をおこなった。ある遺伝子の上流域の転写調節領域を図 2 左側のようにさまざまな長さに分け，発光酵素であるルシフェラーゼ遺伝子を結合させた(遺伝子 A ～ I を作製)。その後，遺伝子 A ～ I を含むプラスミドをそれぞれ培養細胞へ導入し，24 時間後に細胞からルシフェラーゼを含むタンパク質抽出物を得た。回収されたタンパク質をルシフェラーゼの基質であるルシフェリンと反応させたところ，図 2 右側のような発光強度の結果を得た。本実験ではそれぞれの遺伝子が細胞へ導入される割合は同じであるとし，細胞ごとの翻訳効率は同等とする。また，転写調節領域どうしの結合による相乗効果の影響はないものとする。以下の問に答えよ。

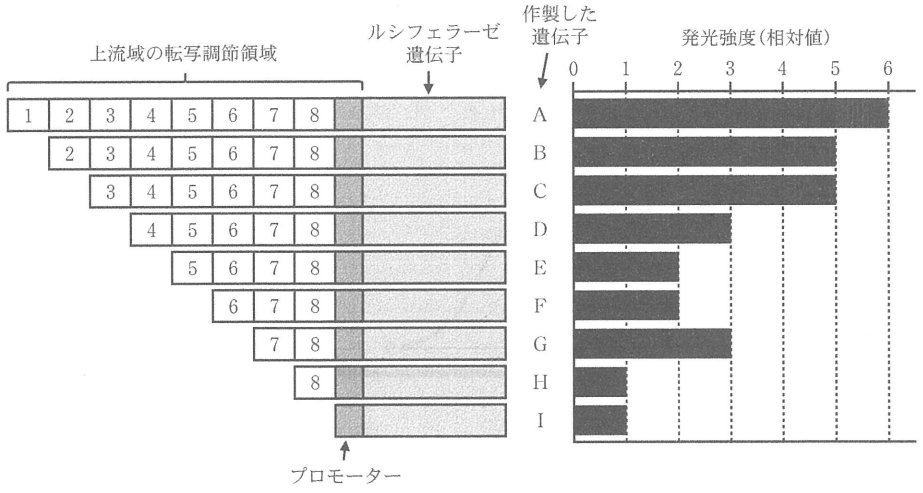


図 2

(1)　上流域の転写調節領域について，転写を促進および抑制する領域はどこか。転写促進・抑制領域を，1 ～ 8 からすべて選び，番号で答えよ。

(2) 上流域の転写調節領域4に転写調節因子と結合できないような点変異を施した遺伝子A'を作製した。遺伝子A'を使った時の発光強度は遺伝子Aと比べて，どのように変化するか。以下の(ア)～(ウ)から1つ選び，記号で答えよ。

(ア) 発光強度が増加する。
(イ) 発光強度が減少する。
(ウ) 発光強度は変化しない。

(3) 上流域の転写調節領域を選んで図3に示すような遺伝子J～Mを作製した。これら4種類の遺伝子を使った時の発光強度はどのようになるか。最も適当なものを図4の(ア)～(オ)から1つ選び，記号で答えよ。ただし，図4は発光強度の一番低い値を1として表している。

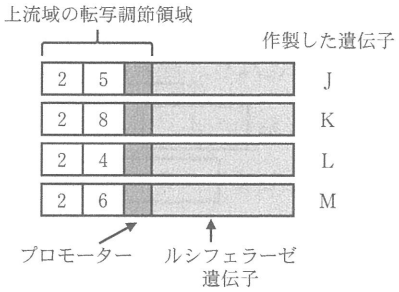


図3

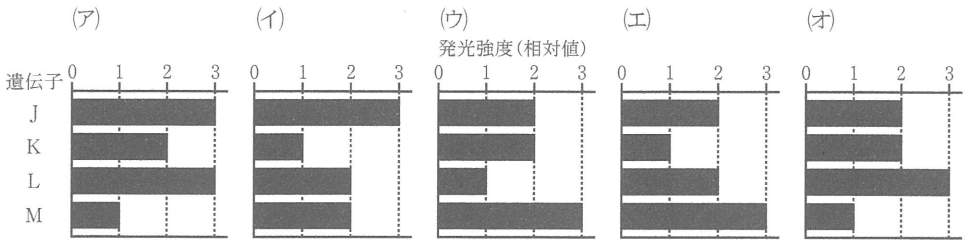


図4

4 次の文章を読み，問1～問6に答えよ。

花は被子植物にとって生殖器官であり，植物体の伸長成長に関与する茎の先端部(茎頂分裂組織)から分化する。被子植物の花は，がく片，花弁，おしべ，めしべが同心円状に配置している。このうちおしべのやくの中では，花粉母細胞が［ 1 ］をおこない花粉四分子となり，各々1回の細胞分裂により，花粉管細胞と［ 2 ］から成る4個の成熟した花粉となる。一方，めしべの子房の中では，胚のう母細胞が［ 1 ］により4個の細胞を生ずるが，そのうち3個は退化し，残りの1個だけが胚のう細胞となる。胚のう細胞は3回の核分裂により8個の核を生じ，各々の核が1個ずつ膜で仕切られて1個の卵細胞，2個の①助細胞，3個の反足細胞となり，残りの2個の核は中央細胞の［ 3 ］となる。

成熟した花粉がめしべの柱頭に付着すると，花粉から花粉管が発芽し，花粉管核を先頭にして胚のうに向かって伸長する。この過程で，［ 2 ］が花粉管の中で1回分裂して2個の精細胞となる。花粉管が胚のうに達すると，1個の精細胞は卵細胞と受精し，②受精卵となる。もう1個の精細胞の核は中央細胞のもつ［ 3 ］と融合して胚乳核となり，③胚乳細胞を形成する。被子植物に特有な，このような受精の様式のことを［ 4 ］とよぶ。

受精卵は細胞分裂を繰り返して［ 5 ］と胚球となり，胚球がさらに発生を続けて幼芽，［ 6 ］，胚軸，幼根から成る胚となる。一方，胚乳核が分裂を繰り返して多核となり，膜で仕切られてできた多細胞から胚乳が形成される。この胚乳は種子の完成まで発達を続けて，発芽に必要となる栄養分を蓄えるが，このような種子を④有胚乳種子とよぶ。一方，発生の過程で胚乳の栄養分が［ 6 ］に吸収され胚乳自身が消失した種子を⑤無胚乳種子という。

問 1　文章中の［ 1 ］～［ 6 ］にあてはまる語句を記せ。

問 2　下線部①のはたらきを調べるために，次の実験をおこなった。図 1 に，被子植物のめしべの構造の模式図を示す。胚のう中に存在する 2 個の助細胞だけにレーザーを照射して破壊し，その結果として起こる現象を観察した。以下の問に答えよ。

(1)　実験結果として最もふさわしいものを以下の(ア)～(オ)から 1 つ選び，記号で答えよ。

(ア)　花粉管の伸長が止まる。
(イ)　花粉管は伸長するが，精細胞 2 個の形成は起こらない。
(ウ)　花粉管は伸長するが，卵細胞まで到達しない。
(エ)　花粉管は伸長し卵細胞まで到達するが，受精は起こらない。
(オ)　花粉管は伸長し卵細胞まで到達して受精は起こるが，受精卵の細胞分裂は起こらない。

(2)　この実験からわかる助細胞のはたらきについて，「放出」という言葉を用いて 40 字以内で説明せよ。

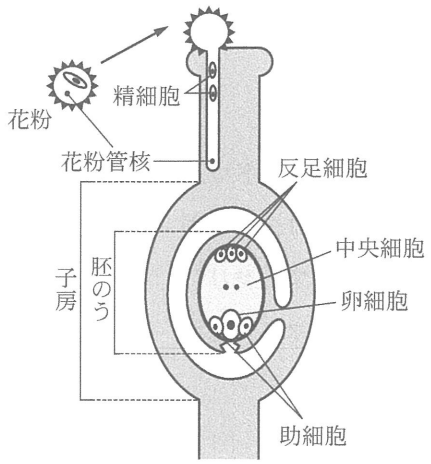


図 1　被子植物のめしべの構造

問 3　花粉母細胞と胚のう母細胞の核相が $2n$ であるとき，下線部②および下線部③の核相を答えよ。

問 4　下線部④の有胚乳種子をもつ果実の構造を図 2 に示す。下線部③の胚乳細胞が発達してできる「胚乳」，子房壁が発達してできる「果皮」について，図中の(ア)～(オ)のうちどの部位に相当するか，最もふさわしいものを 1 つずつ記号で選べ。

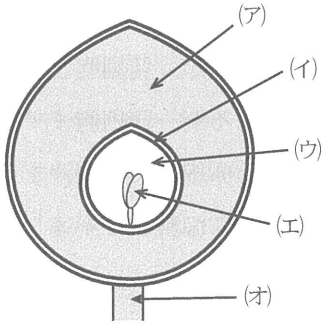


図 2　有胚乳種子をもつ果実の構造

問 5　下線部⑤の無胚乳種子をもつ植物の組み合わせとして正しいものを(ア)～(オ)から 1 つ選び，記号で答えよ。

(ア)　モモ，カキ，ナズナ
(イ)　トウモロコシ，エンドウ，ダイズ
(ウ)　イネ，トウモロコシ，ムギ
(エ)　インゲン，ダイズ，クリ
(オ)　ダイコン，ソラマメ，カキ

問 6　ある時期になると被子植物の茎頂分裂組織では，図 3 に示すようなＡＢＣモデルにより分化が調節されて花器官の形成が起こる。ＡＢＣモデルでは，Ａクラス，Ｂクラス，Ｃクラスの遺伝子から調節タンパク質が合成されることにより，各花器官の形成に関わる遺伝子群のはたらきが制御される。これはショウジョウバエで各体節の構造の分化を調節する遺伝子のはたらきと同様であり，このような遺伝子のことをホメオティック遺伝子とよぶ。Ａ・Ｂ・Ｃクラス遺伝子の欠損により生ずるホメオティック突然変異体に関する以下の問に答えよ。

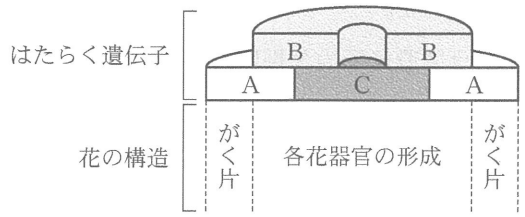


図 3　ＡＢＣモデル

(1)　Ｂクラス遺伝子が欠損した場合，Ａ・Ｂ・Ｃクラス遺伝子すべてが欠損した場合，茎頂分裂組織に形成される器官はそれぞれどのようになるか。最もふさわしいものを(ア)～(オ)からそれぞれ 1 つ選び，記号で答えよ。

(ア)　めしべとがく片からなる花器官ができる。
(イ)　がく片のみからなる花器官ができる。
(ウ)　葉が形成される。
(エ)　がく片と花弁からなる花器官ができる。
(オ)　がく片とおしべからなる花器官ができる。

(2) Cクラス遺伝子が欠損したホメオティック変異体に関する(ア)～(オ)の文章のうち，誤っているものをすべて選び，記号で答えよ。

(ア) Cクラス遺伝子は，おしべとめしべの形成に関与する。

(イ) Cクラス遺伝子は，Bクラス遺伝子とともにめしべの形成を誘導する。

(ウ) Cクラス遺伝子の欠損により，花弁とがく片だけからなる八重咲きの花ができる。

(エ) Cクラス遺伝子が欠損すると，その部分では代わりにAクラス遺伝子がはたらく。

(オ) Cクラス遺伝子の欠損は，おしべとめしべからなる花器官の形成を誘導する。

5 次の文章を読み，問1～問5に答えよ。

動物の神経系は，受容器(感覚器)で受け取った外界からの刺激に対して，効果器に命令を下して適切な反応を起こすまでの過程をつかさどっている。この過程では，神経系を構成する神経細胞(ニューロン)がいくつものニューロンとの間でネットワークを形成し，互いに電気信号や化学信号を介して情報のやりとりをおこなっている。ニューロンの形態は，核を含む［ 1 ］と，それから延びる細長い突起で特徴づけられる。これらの突起のうち，軸索は他のニューロンや効果器へ情報を伝える部分であり，樹状突起は［ A ］である。ニューロンどうしが互いに接し，情報のやりとりがおこなわれる部分を［ 2 ］という。［ 2 ］では，情報を渡すニューロンの末端部から［ 3 ］が放出され，これが情報を受け取るニューロンの細胞膜表面にある［ 4 ］と特異的に結合すると，続いて［ 5 ］が開いて活性化する。

単一のニューロンで起こる電気的現象を観察するために，解剖して取り出したイカの軸索に微小な電極を挿入し，細胞の外を基準(0 mV)として，細胞内の電位(膜電位)をオシロスコープで測定した。このような膜電位の測定方法を細胞内記録法という。①活動をしていない静止状態のニューロンでは，細胞膜を介して－80 mV 程度の電位差，すなわち静止電位が生じていた。静止状態のニューロンに対して，軸索のある場所にさまざまな刺激を与え，②刺激によって生じる活動電位を観察した。

次に，カエルを解剖して，脊髄から出る座骨神経とふくらはぎの筋肉(腓腹筋)がつながった神経筋標本を図1のように作製し，神経の表面に活動電位記録用の電極(R1，R2)を接触させた。このように，活動電位を神経の表面に接触させた電極によって測定する方法を細胞外記録法という。神経の表面に接触させた刺激用の電極対(S1，S2)から電気刺激をおこない，③筋肉の収縮力を張力測定器(F)で，活動電位の応答をオシロスコープ(O)で観察した。なおオシロスコープは，R2 を基準とした R1 の電位を測定することとし，S1 および S2 における電極対間の距離は無視するものとする。

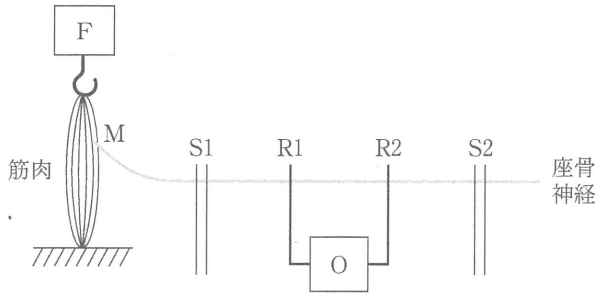


図 1

問 1　[1] ～ [5] に最もあてはまる語句を以下の(ア)～(ソ)からそれぞれ 1 つ選び，記号で答えよ。ただし，同じ語句を繰り返し選んではならない。

(ア) 神経伝達物質	(イ) ナトリウムイオン	(ウ) 受容体
(エ) アクチン	(オ) 形成体	(カ) イオンチャネル
(キ) 電子伝達系	(ク) 接着タンパク質	(ケ) アクアポリン
(コ) フェロモン	(サ) シナプス	(シ) 小胞体
(ス) 細胞体	(セ) リボソーム	(ソ) 中心体

問 2　[A] にあてはまる語句として適当なものを(ア)～(カ)から 1 つ選び，記号で答えよ。

(ア) 他のニューロンから情報を受け取る部分

(イ) 他のニューロンへ情報を伝える部分

(ウ) 効果器から情報を受け取る部分

(エ) 効果器へ情報を伝える部分

(オ) 他のニューロンから情報を受け取り，かつ別のニューロンへ情報を伝える部分

(カ) 効果器から情報を受け取り，かつ別の効果器へ情報を伝える部分

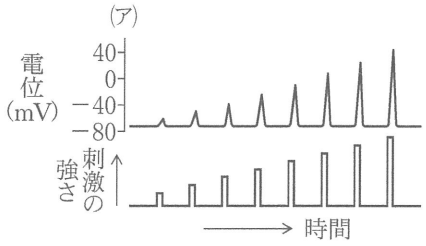
問 3　下線部①のとき，膜電位に依存するナトリウムチャネル，膜電位に依存するカリウムチャネル，ナトリウムポンプの状態として，最も適当な組み合わせを(ア)～(ク)から 1 つ選び，記号で答えよ。なお，ナトリウムポンプが活性化している状態とは，能動輸送をおこなっている状態を示す。

	膜電位に依存するナトリウムチャネル	膜電位に依存するカリウムチャネル	ナトリウムポンプ
(ア)	開いている	開いている	活性化している
(イ)	開いている	開いている	不活性化している
(ウ)	開いている	閉じている	活性化している
(エ)	開いている	閉じている	不活性化している
(オ)	閉じている	開いている	活性化している
(カ)	閉じている	開いている	不活性化している
(キ)	閉じている	閉じている	活性化している
(ク)	閉じている	閉じている	不活性化している

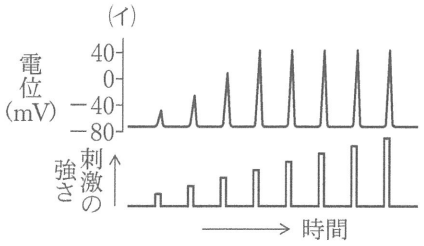
問 4　下線部②について，以下の問に答えよ。

(1)　刺激の強さを徐々に強くしながら，刺激を繰り返した場合にオシロスコープに記録される活動電位の波形として最も適当なものを(ア)～(カ)から1つ選び，記号で答えよ。ただし，個々の刺激の時間的長さは，個々の活動電位の時間的長さより短いものとする。

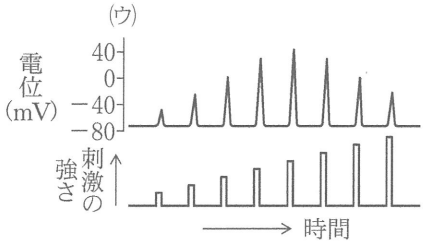
(ア)



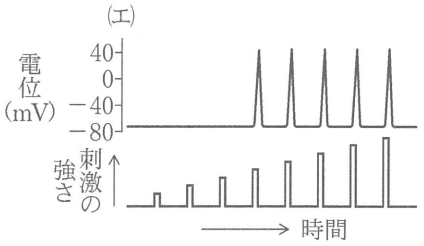
(イ)



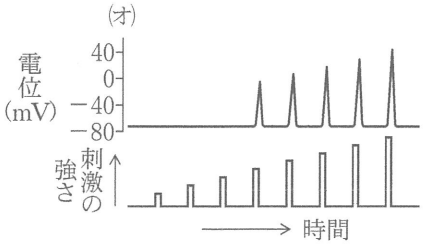
(ウ)



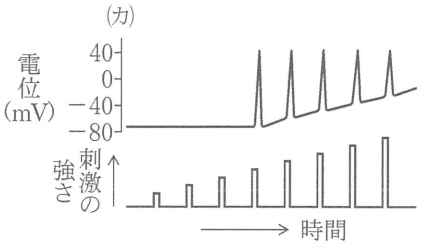
(エ)



(オ)



(カ)



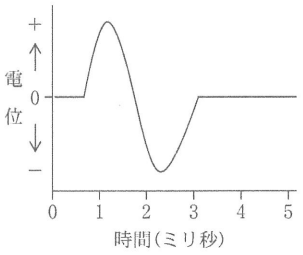
(2)　(1)で選んだ波形と刺激の強さの関係について，50字以内で説明せよ。

(3)　(2)で説明したような性質を何とよぶか，名称を記せ。

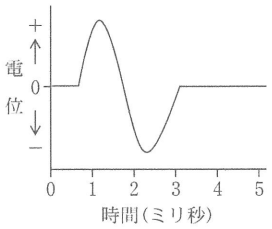
問 5　下線部③について，以下の問に答えよ。

(1)　刺激電極対 S2 から神経をある刺激の強さで 1 回刺激したところ，オシロスコープには図 2 の波形が現れた。刺激電極対 S1 から同程度の刺激の強さで 1 回刺激した場合の波形として最も適当なものを(ア)～(キ)から 1 つ選び，記号で答えよ。ただし，各グラフにおいて，時間 0 ミリ秒は刺激した瞬間を示す。また，刺激の時間的長さは，個々の活動電位の時間的長さより短いものとする。

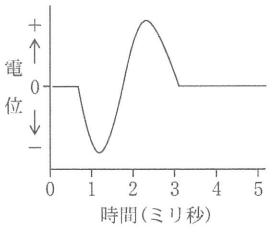
図 2



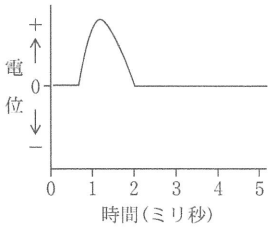
(ア)



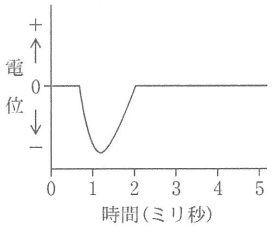
(イ)



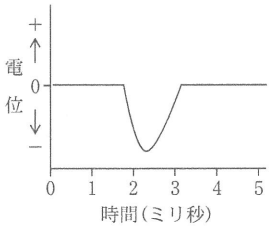
(ウ)



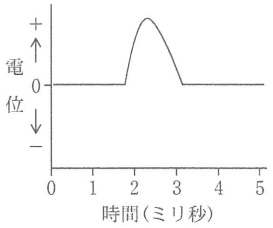
(エ)



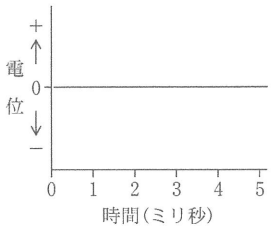
(オ)



(カ)



(キ)



(2) 刺激電極対 S2 から神経に与える刺激の強さを変えたところ，弱い刺激では，オシロスコープに図 3 の(ア)のような波形が記録された。刺激の強さをさらに上げていくと(イ)，(ウ)，(エ)の順に波形が記録され，その先，刺激の強さを上げても波形は(エ)のまま変わらなくなった。刺激の強さにより，このような波形の変化が起こる理由について，50 字以内で説明せよ。ただし，図 3 のグラフにおいて，時間 0 ミリ秒は刺激した瞬間を示す。

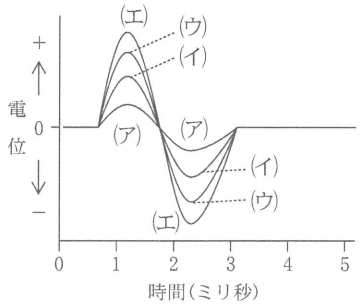


図 3

(3) 刺激電極対 S1 と S2 を，筋肉と神経が接する M 地点からの距離がそれぞれ 30 mm および 105 mm になるように座骨神経に置き，1 回のみ刺激したところ，S1 の刺激では刺激から 3.5 ミリ秒後に，S2 の刺激では刺激から 5.5 ミリ秒後に筋肉の単収縮が記録された。この座骨神経における興奮の伝導速度(m ／秒)を四捨五入して整数で答えよ。なお，興奮が筋肉に達してから収縮が起こるまでには一定の時間がかかるものとする。

6 次の文章を読み，問1～問6に答えよ。

地球上では，地域ごとに，その環境に適応した植物や動物，菌類や細菌類などが互いに関係をもちながら特徴のある集団を形成している。このような集団をバイオームという。陸上のバイオームは植生にもとづいて分類される。

熱帯多雨林は常緑広葉樹からなる森林で，年間を通して降水量の多い地域に分布し，階層構造が発達し，構成する植物の種類数が非常に多い。熱帯多雨林の高木層は，50メートルを超える高さにまで到達することもある。また，沿岸部や河口付近には，海水に浸っても枯死しない常緑広葉樹からなる［ A ］林が見られる。雨緑樹林は，季節によって降水量が大きく変動する地域に分布する。このバイオームを構成するおもな樹木は落葉広葉樹であり，その代表的な樹種には，家具材として知られる［ 1 ］がある。これらの落葉広葉樹は，雨季に葉をつけ，乾季に落葉する。照葉樹林は，温帯の中でも年平均気温が比較的高い暖温帯に分布し，タブノキなどが優占種である。これらの樹木の葉は，表面にクチクラ層が発達しており，固くて光沢がある。硬葉樹林は，冬に雨が多く，夏に乾燥する地中海性気候の地域に分布し，厚いクチクラ層をもつ［ 2 ］が代表的な樹種である。夏緑樹林は，冷温帯に分布し，ブナ，ミズナラなどが主な樹種である。芽吹き，紅葉，落葉など季節による変化が著しい。針葉樹林はシベリアや北アメリカ北部などの［ B ］帯に分布し，耐寒性の強い常緑針葉樹である［ 3 ］類が優占種である。ここでは樹種の多様性が低いのが特徴である。ツンドラは北極圏などの高緯度に分布する。その地下には［ C ］層が存在するため，微生物による有機物の分解が遅く，栄養分に乏しく，生育できる植物の種類は限られている。ここでは，おもに地衣類やコケ植物が見られる。

地球環境問題の1つに地球温暖化がある。これは大気の温度を上昇させる作用をもつ二酸化炭素などの温室効果ガス①が一因といわれている。21世紀末には20世紀末と比べて大気中の二酸化炭素が2倍になり，平均気温が1.8℃から4.0℃ほど上昇するという予想もある。気温上昇により，バイオームの水平分布および垂直分布②に影響が及ぶことが考えられる。

問 1　文章中の［ 1 ］～［ 3 ］にあてはまる語句を以下の(ア)～(ク)からそれぞれ 1 つ選び，記号で答えよ。

(ア)　ブナ　　(イ)　コルクガシ　　(ウ)　サボテン
(エ)　カエデ　　(オ)　スダジイ　　(カ)　チーク
(キ)　トウヒ　　(ク)　アカシア

問 2　文章中の［ A ］～［ C ］にあてはまる語句を記せ。

問 3　図 1 は，世界の陸上のバイオームと気候の関係を示す。以下の問に答えよ。

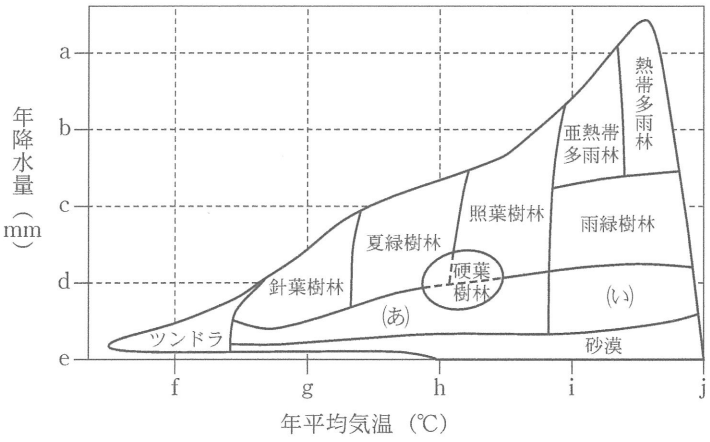


図 1

(1)　年降水量 1,000 mm を示す目盛と，年平均気温 10 ℃を示す目盛を図 1 の a ～ e と f ～ j からそれぞれ 1 つ選び，記号で答えよ。

(2)　図 1 の(あ)と(い)のバイオームを答えよ。また，両方で共通して優占する代表的な植物を答えよ。

問 4　下線部①について，以下の問に答えよ。

(1)　温室効果ガスを以下の(ア)～(オ)からすべて選び，記号で答えよ。

(ア)　メタン　　(イ)　水素　　(ウ)　亜酸化窒素
(エ)　窒素　　(オ)　酸素

(2)　大気中の二酸化炭素が最近 100 年間で急激に増大したおもな原因として，以下の(ア)～(カ)から最も適当なものを 2 つ選び，記号で答えよ。

(ア)　森林伐採
(イ)　海洋の酸性化
(ウ)　人間の呼吸
(エ)　火山活動
(オ)　自然発火による山火事
(カ)　化石燃料の燃焼

問 5　下線部②について，本州中部の標高 2,700 m の山岳地で 21 世紀末に起こりうる状況を考えてみよう。バイオームの垂直分布は，標高が低い順に，丘陵帯，山地帯，亜高山帯，高山帯がそれぞれ存在する。地球温暖化により，最も深刻な影響を受けるのは，これら 4 つの地帯のうち，いずれに生育する植物と考えられるか。地帯名を記し，その理由を 50 字以内で述べよ。ただし，気温以外の条件については考慮しないものとする。

問 6　日本のように，降水量が十分ある地域では，バイオームの種類はおもに気温によって決まる。また，植物の順調な成長には，一般に月平均気温で 5 ℃以上が必要とされる。「暖かさの指数」は，月平均気温が 5 ℃以上を示した各月のデータから 5 ℃を引いた値を 1 年分（1 月～ 12 月）積算して求められる値で，日本のバイオームと良く対応することが分かっている。表 1 は，暖かさの指数と，そこに生育するバイオームの関係を示す。また，表 2 は，日本の都市 A および都市 B における 2017 年の月平均気温を示す。

表 1

暖かさの指数	バイオーム
240 以上	熱帯多雨林
240 ～ 180	亜熱帯多雨林
180 ～ 85	照葉樹林
85 ～ 45	夏緑樹林
45 ～ 15	針葉樹林

表 2　（単位：℃）

都市名	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
A	5.8	6.9	8.5	14.7	20	22	27.3	26.4	22.8	16.8	11.9	6.6
B	−5.3	−4	−1.3	5.6	11.3	12.1	19.4	18.3	16	9.2	2.6	−3.3

地球温暖化により，21 世紀末に年平均気温が 2017 年から 4 ℃上昇した場合，都市 A と都市 B のバイオームはそれぞれどのようになるか。表 1 に示したバイオームから 1 つ選び，答えよ。ただし，21 世紀末における月平均気温は，表 2 のデータから一律に 4 ℃上昇するものとする。

地　　学

1　図1は大気圏の層構造と気温の変化を示したものである。図1に関する問1～問4に答えよ。

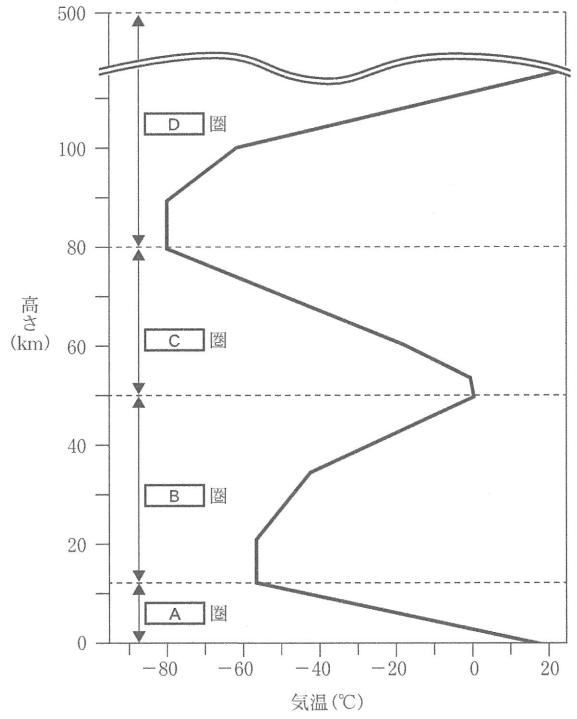


図1

問 1　図1中の［A］～［D］に入る適切な語句を答えよ。

問 2　図1中の［A］圏と［B］圏の境界付近で吹く，偏西風のなかで最も強いものを何というか。その名称を答えよ。

問 3　オーロラや流星の発光が観測されるのは，大気圏のうちでどの圏か。図1中の［A］圏～［D］圏より1つ選び，A～Dの記号で答えよ。

問 4　太陽からの紫外線を吸収し，［ B ］圏の大気を暖める効果をもつ気体について，次の各問に答えよ。

(1)　この気体の名称を答えよ。

(2)　この気体を分解してしまうために，製造が規制されている物質の名称を答えよ。

(3)　1980 年代後半以降の早春期に，この気体の濃度が極端に低く，穴があいたような領域が観測される場所は，地球上のどこか。

(4)　この気体が分解されるメカニズムについて，「紫外線」，「塩素原子」という 2 つの言葉を用い，80 字以内で説明せよ。

2 次の文章を読み，下の各問に答えよ。

地表に露出する岩石は，雨や風にさらされると［ア］作用により細かな粒子へと変化する。これらの粒子が河川などにより海へと運ばれ海底に降り積もることで，地層が形成される。形成されたばかりの地層は，多くの水分が含まれ柔らかい。しかし，長い年月をかけて［イ］作用により硬い堆積岩（砕屑岩）に変化する。

海底の砕屑物や堆積岩は，やがてプレートの収束境界部（沈み込み帯）において，①海洋プレートとともに地球内部へと沈み込み，［A］型の広域変成岩に変化する。この［A］型の変成作用が進行すると，変成岩を構成する鉱物の構造水が脱水し，上部マントルが加水されることで上部マントルが溶融する。すると，大量の［ウ］質マグマが発生し，これらのマグマが島弧や大陸地殻に底付けすることで，地殻深部において［B］型の広域変成作用が生じる。さらに，この変成作用により島弧や大陸の下部地殻が部分溶融することで，大量の［エ］質マグマが発生する。

このような過程で形成された［エ］質マグマは，地表に達して噴出することもあるが，地殻内部に留まり大きなマグマだまりを形成し［オ］と呼ばれる大きな深成岩体を形成することもある。また，［エ］質マグマが上部地殻を構成する泥岩や砂岩に貫入している現場では，しばしば接触部付近の泥岩や砂岩が②ホルンフェルスと呼ばれる緻密で硬い変成岩に変化していることがある。この変成作用のことを③接触変成作用と呼ぶ。

問 1　文中の空欄［ア］～［オ］に入る適切な語句を答えよ。

問 2　文中の空欄［A］と［B］に入る適切な語句を，次のａ～ｄよりそれぞれ１つ選び記号で答えよ。

ａ　低温高圧　　ｂ　高温低圧　　ｃ　高温高圧　　ｄ　低温低圧

問 3　下線部①に関連し，海洋プレートを構成する主要な岩石すべてを次のａ～ｅより選び，記号で答えよ。

ａ　玄武岩　　ｂ　斑れい岩　　ｃ　かんらん岩

ｄ　花こう岩　　ｅ　安山岩

問 4　日本列島の九州地方から中部地方にかけては，中央構造線を境に［ A ］型の変成岩により構成される地質体（地質体 A）と，［ B ］型の変成岩による地質体（地質体 B）が帯状に分布している。これらの地質体の名称と変成作用の時代の組み合わせとして，最も適当なものを次のａ～ｄより１つ選び記号で答えよ。

	地質体 A	地質体 B	時代
a	領家帯	三波川帯	白亜紀
b	領家帯	三波川帯	ペルム紀
c	三波川帯	領家帯	白亜紀
d	三波川帯	領家帯	ペルム紀

問 5　下線部②に関連し，あるホルンフェルス中には，接触変成作用により形成された紅柱石（こうちゅうせき）が含まれていた。このホルンフェルスが形成された温度と深度の条件の組み合わせとして，最も適当なものを次のａ～ｄより１つ選び記号で答えよ。

	温度	深度
a	600 ℃	5 km
b	900 ℃	5 km
c	600 ℃	25 km
d	900 ℃	25 km

問 6　下線部③に関連し，石灰岩が接触変成作用を受けると石灰岩中に含まれる鉱物や組織は，どのように変化し，何と呼ばれる岩石に変化するのか。60 字以内で答えよ。

3 次の文章を読み，下の各問に答えよ。

太陽系の惑星は太陽の周囲を公転している。それらの惑星のうち，地球よりも内側の軌道を公転する水星①と金星②は，内惑星とよばれる。地球から見て内惑星が太陽から最も離れて見えるときを最大離角③という。一方，太陽系の惑星のうち，地球よりも外側の軌道を公転する惑星は外惑星とよばれる④。外惑星が，地球から見て太陽の方向にある時を合，太陽と反対方向にあるときを衝という。

外惑星の衝から次の衝までの周期など，惑星が太陽と地球に対して同じ位置関係になるまでの平均的な時間間隔を会合周期という⑤。

問 1　下線部①について述べた文として，誤っているものを，次のａ～ｄより 1 つ選び記号で答えよ。

ａ　地球から観測すると，常に黄道付近に見られる。

ｂ　日本から観測すると，常に日没後の西の空に見られる。

ｃ　探査機で観測した写真から，クレーターが確認できる。

ｄ　地上から望遠鏡で観測すると，満ち欠けが確認できる。

問 2　下線部②について述べた文として，最も適切なものを，次のａ～ｄより 1 つ選び記号で答えよ。

ａ　地球とは逆向きに自転し，自転周期は約 4 日である。

ｂ　水素を主成分とする厚い大気に覆われ，表面の気圧は地球の約 90 倍である。

ｃ　半径は地球の約半分で，質量は地球の約 10 分の 1 である。

ｄ　温室効果のため，表面の温度が地球表面の平均的な気温より 400 ℃以上高い。

問 3　下線部③に関して，金星が最大離角になるときの位置として最も適切なものを，次の図 1 の a ～ e より 1 つ選び記号で答えよ。図 1 は地球の北極方向から見た，太陽の周囲を公転する地球と金星の軌道や位置関係を模式的に示したものである。

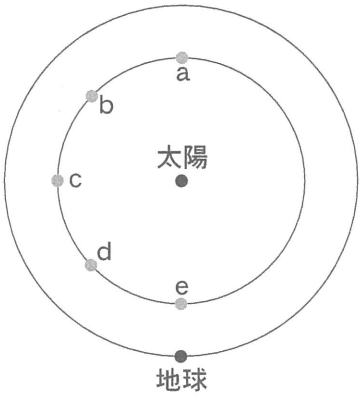


図 1　太陽の周囲を公転する地球と金星の軌道の模式図

問 4　下線部④に関連して，外惑星の中で，金属を主体とする核が存在する惑星の名前を答えよ。

問 5　下線部⑤に関して，ある外惑星の会合周期が S[日] で，地球の公転周期が E[日] であるとき，その外惑星の公転周期 P[日] を，S と E を用いて表せ。

問 6　ある外惑星の公転周期が P[日]，地球の公転周期が E[日]，地球と太陽との距離が R[km] であるとき，その外惑星が衝の位置にあるときの地球とその外惑星との距離 L[km] を，P と E，および R を用いて表せ。ただし，その外惑星と地球は太陽を中心とする円軌道を公転していて，それら二つの公転軌道面は同一平面内にあるものとする。

4 次の文章を読み，下の各問に答えよ。

地球内部を伝わる波には①P波とS波の2種類がある。地震発生と同時にこれら2つの波は，断層のずれの開始点である［ア］から同時に伝わり始めるが，観測点ではこれら2つの波の到着時刻に差が生じる。この到着時刻の差を［イ］時間という。この到着時刻の差は，［ア］と観測点の距離に［ウ］して長くなり，その関係を表す式を［ア］距離に関する［エ］公式という。この公式を利用して地震の［ア］の位置を求めることができるが，そのためには［A］つ以上の異なる地点での［イ］時間の値が必要である。

地震を表現する基本的な情報には，［ア］のほかに，地震の規模を表すマグニチュード（記号：M）がある。Mが1大きくなると地震のエネルギーは約32倍に，Mが2大きくなると，地震のエネルギーは［B］倍に増える。

日本は地球上で地震活動が最も活発な地域の1つである。日本で発生する地震は，②プレート境界で発生する地震，陸のプレート内で発生する地震，③沈み込む海のプレート内で発生する地震の3つに分けられる。このうち陸のプレート内では，ときどきM［C］クラスの地震が発生しているが，それより大きいクラスの地震が発生するのはまれである。

問 1　文中の［ア］～［エ］に適切な語句を入れよ。

問 2　文中の［A］～［C］に適切な整数を入れよ。

問 3　下線部①に関連して，P波とS波の性質の違いを，次の2つの観点からそれぞれ簡潔に述べよ。

(1)　波の進む方向と振動方向の関係

(2)　固体・液体・気体のうち，どの中を伝わることができるか

問 4　下線部②に関連して，プレート境界の大きな地震（海溝型地震）はある程度周期的に起こる。その理由を，海溝型地震の発生のしくみと合わせて 120 字以内で説明せよ。

問 5　下線部③に関連して，次の各問に答えよ。

(1)　沈み込む海のプレート内の深い場所で発生する地震は面状に分布しているが，この面（深発地震面）は，その発見に功績のあった 2 人の研究者の名前を用いて何と呼ばれているか。

(2)　沈み込む太平洋プレートでは，何 km 程度の深さまで地震が発生しているか。次の a ～ e の中から適切なものを 1 つ選び記号で答えよ。

a　500 km　　b　700 km　　c　900 km　　d　1100 km

e　1300 km