

とやま科学オリンピック **2023**

## 高校分野

# 共通問題

2023年8月10日（木）

時間：9時20分～10時20分（60分）

### 注意事項

1. 指示があるまで、問題冊子を開かないで、以下の注意事項をよく読むこと。
2. 共通問題は、11ページあります。
3. 数学は必修になりますので、チームで協力して行います。
4. 物理・化学・生物の中から2つ選び、チームで協力して行います。
5. 解答はすべて解答用紙に記入し、解答用紙はペアで1部提出すること。
6. 参加番号を解答用紙の決められた欄に記入すること。
7. 途中で気分が悪くなった場合や、トイレに行きたくなった場合には、すぐに申し出ること。

みなさんの健闘を期待しています。

富山県 富山県教育委員会

## 数学（全員必修）

- 1 右図は日本地図の中部地方を取り出したものです。中部地方には、富山県を含め9つの県があります。

右図において、次のルールにしたがって各県に数を書いていきます。

【ルール】

- ① 1, 2, 3の3つの数を書く
- ② 隣接する県は異なる数になるようにする



このとき、次の問いに答えなさい。

- (1) 富山県と同じ数になる県名をすべて答えなさい。
- (2) 数の書き方の総数を答えなさい。

- 2 右のように9（ $3 \times 3$ ）マスの図があり、横列を行、縦列を列と呼ぶことにします。各行、各列、両対角線の数字の和が同じ値になるように1～9の数を1つずつマス目に書き込んでいきます。このとき、次の問いに答えなさい。

- (1) 右図のXのマスに入る数を答えなさい。
- (2) 右図のYのマスが“8”であるとき、他のマスをつめて図を完成させなさい。

	X	
		Y

3 右のように16 (4×4) マスの図があります。各行、各列、両対角線の数字の和が同じ値になるように1～16の数を1つずつマス目に書き込んでいきます。“1, 2, 8, 12, 16”を右の図のように入れるとき、次の問いに答えなさい。

- (1) 1つの行に入る4つの数の和を求めなさい。
- (2) 残りのマス目をうめて図を完成させなさい。

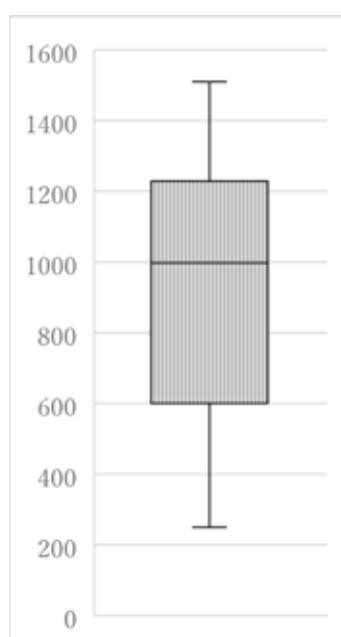
8		2	
16			
1			12

- 4 次のデータは、令和4年1月の「ひみ寒ぶり」漁獲量である。(単位は本数)  
以下の問いに答えなさい。

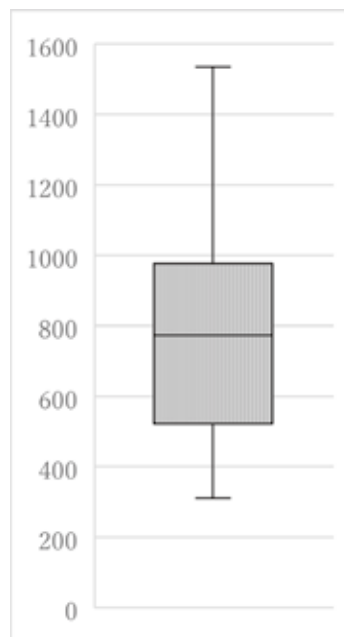
1月6日(木)	994
1月7日(金)	1535
1月8日(土)	1389
1月11日(火)	477
1月12日(水)	407
1月13日(木)	797
1月14日(金)	971
1月15日(土)	871
1月17日(月)	537
1月18日(火)	575
1月19日(水)	311
1月20日(木)	751
1月21日(金)	602
1月22日(土)	796

- (1) このデータの平均値を小数第2位まで求めなさい。  
 (2) このデータの中央値を求めなさい。  
 (3) このデータの箱ひげ図を以下の(ア)～(エ)から選びなさい。

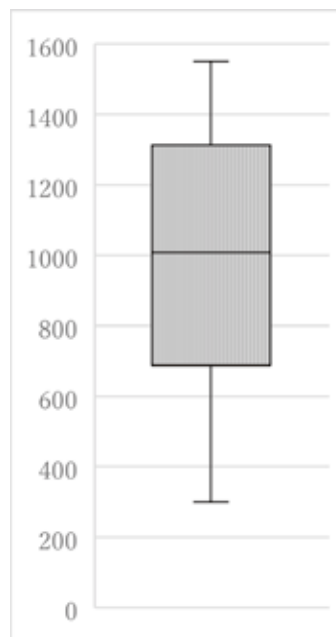
(ア)



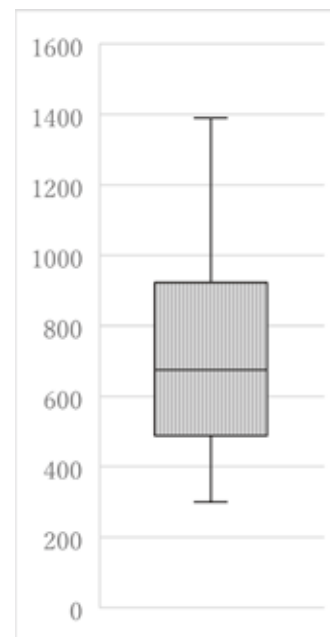
(イ)



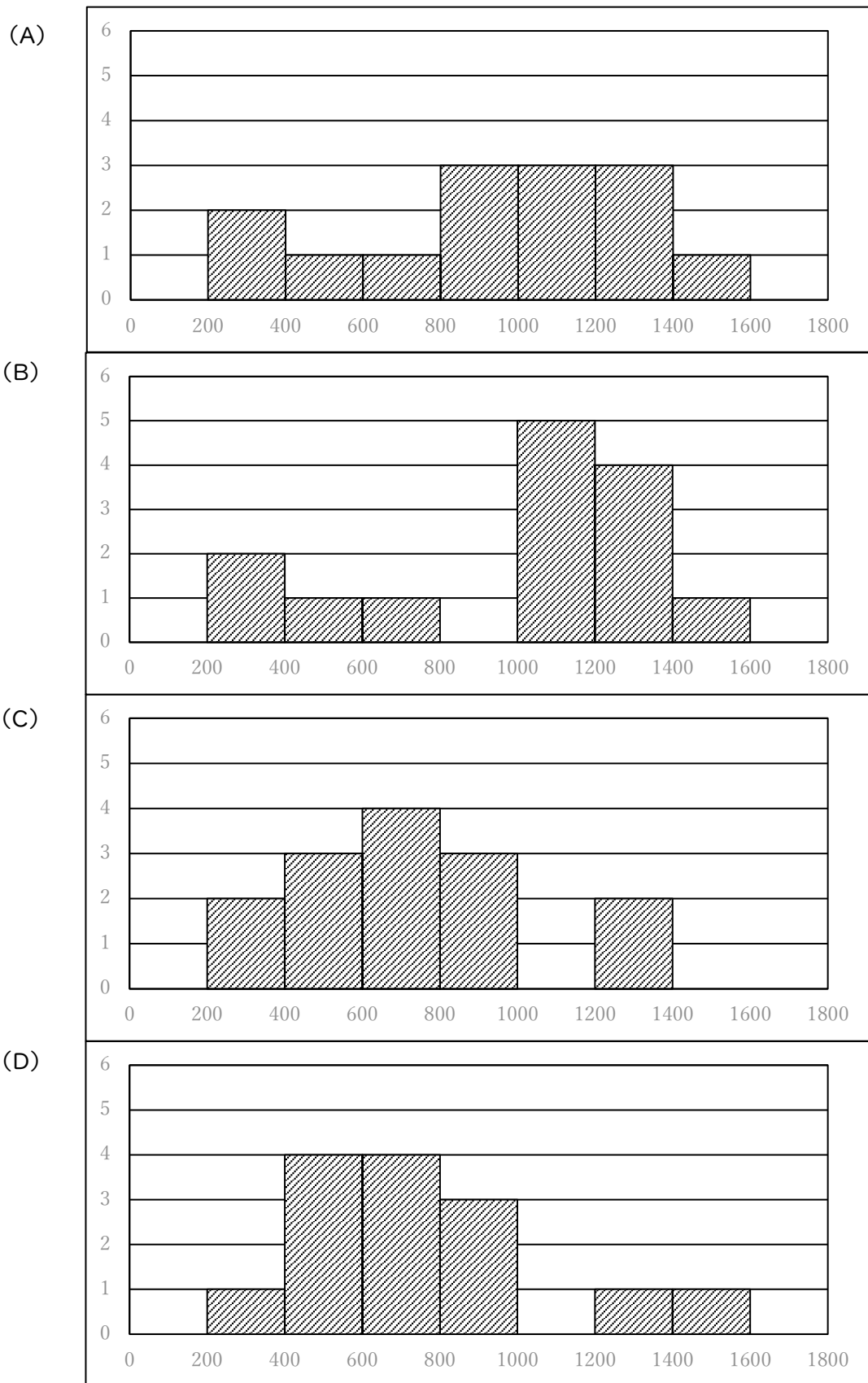
(ウ)



(エ)



(4) このデータのヒストグラムを以下の (A) ~ (D) から選びなさい。  
階級の幅は、200 本とする。



## 物理（選択）

- 1 富山県には立山がある。立山のように標高が高いところにポテトチップス等のお菓子の袋を持っていくと、通常より膨らんだ状態になるのを見たことがある人も多いだろう。そこで、水中や高所における気体の圧力、体積、温度の関係について考えてみる。なお、ここでの気体は、絶対温度  $0\text{ K}$  (ケルビン)\* に近づくと体積が  $0\text{ m}^3$  に近づくものとする。



\* 絶対温度 [K] とは、セ氏温度 [°C] に  $273$  を足したもので温度の指標の一つである。ちなみに、分子の大きさや分子間力を考えず、絶対温度が  $0\text{ K}$  のときに体積が  $0\text{ m}^3$  の気体を理想気体という。

- 1 気体の圧力 [Pa]、体積 [ $\text{m}^3$ ]、絶対温度 [K] の関係について次の (1) ~ (3) の問いに答えよ。

- (1) 圧力が一定のとき、気体の体積は絶対温度に比例する。縦軸を体積、横軸を絶対温度として、グラフの概形を描け。
- (2) 温度が一定のとき、気体の体積は圧力に反比例する。縦軸を圧力、横軸を体積として、グラフの概形を描け。
- (3) 気体の体積と圧力は反比例の関係であるが、グラフの概形だけでは判断がつかない。そこで、気体の体積と圧力が反比例であることを判断するためには、グラフの軸をどのように設定したらよいか説明せよ。

- 2 立山に登るにあたって大気圧について考えてみる。標準的な大気圧を、標高  $0\text{ m}$  の地表で  $1.000 \times 10^5\text{ Pa}$  とし、標高が  $10\text{ m}$  上がるごとに  $100\text{ Pa}$  ずつ一定の割合で小さくなるものとする。標高  $0\text{ m}$  から立山頂上付近の標高  $3000\text{ m}$  までの標高に対する大気圧の関係をグラフに描け。なお、軸等は各自で設定しなさい。

3 薄い膜で作られた風船がある。この風船は、内側と外側の圧力が常に等しくなるように自由に伸縮できる。今、この風船に絶対温度  $280\text{ K}$  ( $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) の気体を入れ、 $275\text{ K}$  ( $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) の水に全て沈めたところ、その瞬間の風船の体積は  $1.00\text{ m}^3$  であった。以下の (1), (2) の問いに答えよ。なお、水の密度  $1.00 \times 10^3\text{ kg/m}^3$ 、重力加速度  $9.80\text{ m/s}^2$  とする。また、水の量は十分なため温度は変化しないものとする。

(1) 沈めた瞬間の風船が水から受ける浮力の大きさを答えよ。

参考：浮力については、アルキメデスの原理「流体中にある物体は、その物体が押しつけている流体の体積の重力（質量  $[\text{kg}]$   $\times$  重力加速度  $[\text{m/s}^2]$ ）分の浮力を生じる」が知られている。

(2) 水に沈めると、やがて水と気体の間に熱のやり取りが行われて、温度が等しくなり風船は小さくなってしまった。このときの風船の体積を答えよ。

4 標高  $0\text{ m}$  の地表で、問 3 と同じ風船に絶対温度  $280\text{ K}$  ( $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) の気体を入れたところ、風船の体積は  $1.00\text{ m}^3$  であった。この気体を温度が変化しないように、立山の室堂付近の標高  $2500\text{ m}$  まで運んだところ体積が増加した。問 1 ~ 問 3 の結果を参考にして、次の (1) ~ (3) の問いに答えよ。

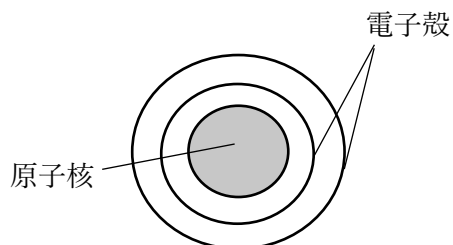
(1) 室堂付近での大気圧を答えよ。

(2) 室堂付近に到着したときの風船の体積を答えよ。

(3) 室堂付近に到着してしばらくすると、風船内の気体の温度が下がり体積が  $1.25\text{ m}^3$  になった。このときの室堂付近の絶対温度とセ氏温度を推定せよ。

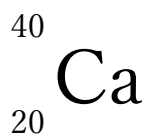
## 化学 (選択)

- 1 次の図は原子の構造を表している。また、下の表のA～Cの数字は原子①～④，安定なイオンX，Yの陽子の数，電子の数，中性子の数のいずれかを表している。



	A	B	C
原子①	1	1	0
原子②	1	1	1
原子③	6	6	6
原子④	8	8	9
イオンX	10	8	10
イオンY	10	11	12

- (1) 表のA～Cは陽子，電子，中性子のいずれであるか，答えなさい。
- (2) イオンX，Yについて，イオンの構造から元の原子⑤，⑥を推定して次の例にならって書きなさい。ただし，原子番号と質量数がわかるように書くこと。  
例：原子番号 20，質量数 40 のカルシウムは次のように表す。



- (3) 原子①～⑥のうち，同位体の関係にある物質はどれか。「○と○」のように，番号の組合せで全て書きなさい。

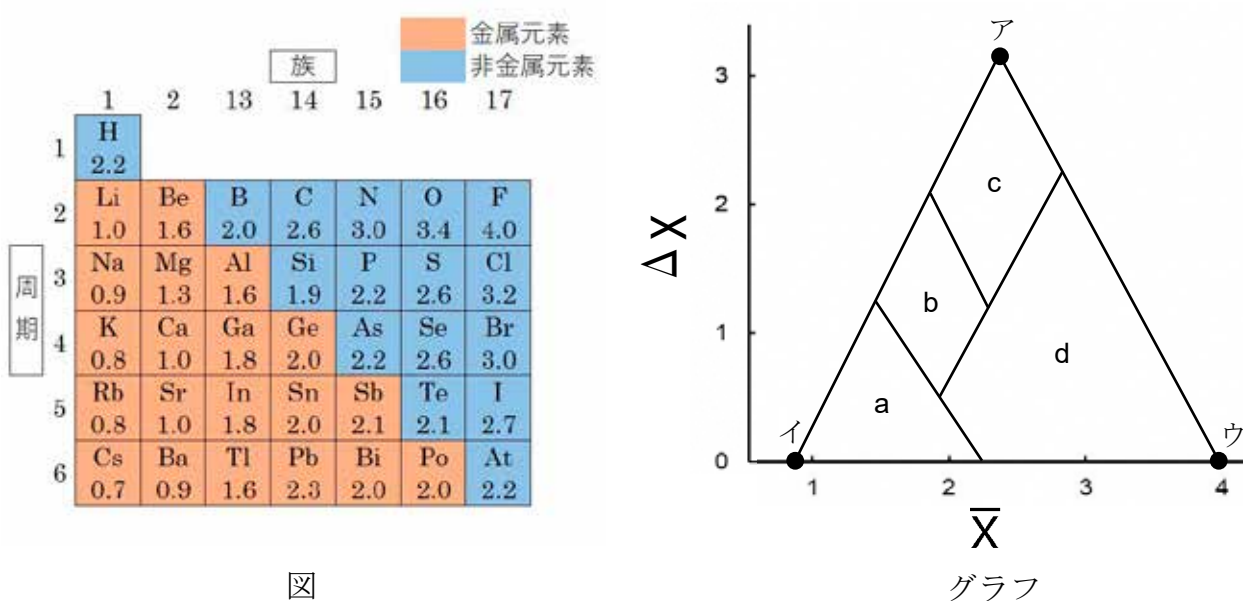


2 元素の電気陰性度が分かると、ある二種類の元素からなる化合物中でどのような結合が形成されるかを予想することができる。

ある二種類の元素 A, B の組み合わせ ( $A_2B_3$ ,  $AB_2$ ,  $AB$  など) を考えた場合、横軸に両者の電気陰性度の平均 ( $\bar{X} = \frac{A+B}{2}$ ), 縦軸に両者の電気陰性度の差の絶対値 ( $\Delta X = |A-B|$ ) をとると下のグラフのような領域で区切ることができる。

※ 単体の場合は  $A=B$  として同じ原子の電気陰性度で計算する。

次の図は周期表の一部と元素の電気陰性度を、グラフは電気陰性度の平均と差の絶対値の関係を示している。



- グラフの頂点ア～ウに該当する物質はそれぞれ何だと考えられるか。図の元素の電気陰性度から考えて化学式で答えなさい。
- 図の a～d のうち、共有結合，イオン結合，金属結合を示す領域はそれぞれどれか記号で答えなさい。
- グラフの領域の境界付近に位置する物質は，両方の結合の中間の性質を示す。

例えば、電気陰性度が小さい元素同士からなる物質では、結合に使われる電子は原子に強く束縛されないことから自由電子として振る舞い、高い電気伝導性を示す（導体）。一方、電気陰性度がある程度大きい元素同士からなる物質では、結合に使われる電子は電子対として概ね二原子間でのみ共有されるために自由電子とはならず、電気伝導性はきわめて低い（絶縁体）。以上のように、電気陰性度の値から電気の導体となるか絶縁体となるかをある程度判断できる。

導体と絶縁体の中間の性質を示す物質を半導体という。

半導体の性質を示すと予想される物質を、下の①～⑤から2つ選んで番号で答えなさい。

- ①  $Mg_3N_2$    ②  $GaAs$    ③  $SiO_2$    ④  $MgF_2$    ⑤  $InP$

## 生物（選択）

- 1 生物は細胞内で有機物を分解し、このとき取り出されるエネルギーを用いて、生命活動に必要なATPを合成している。このはたらきが呼吸や発酵である。酵母（図1）は酸素が少ないときには発酵を行い、酸素が多くなると呼吸を行う。ヒトは古くから酵母の発酵を利用しており、パン、酒、味噌、醤油はすべて酵母の違う能力を利用して作られている。酵母とヒトは、見かけは大きく異なるが、それを構成している細胞の構造は基本的に同じである。そのため、細胞内の代謝の仕組みや物質輸送の仕組みなどの研究に酵母が利用されてきた。酵母について次の問いに答えなさい。



図1. 酵母（電子顕微鏡）

出典：ニューステージ新生物図表

- (1) 下線部について、パンと酒づくりにはサッカロマイセス・セレビシエ (*Saccharomyces cerevisiae*) という酵母が使われている。そのため、この酵母はパン酵母やビール酵母と呼ばれている。パンづくりとビールづくりに使われている酵母は、何を産生するために用いられるか。それぞれ物質名を答えよ。
- (2) 味噌や醤油製造においても、酵母が用いられることがある。これらの製造で用いられる酵母はパン酵母と異なり、ある性質が必要である。どのような性質が必要か答えなさい。
- (3) 図2は生物の系統樹の一部を表している。酵母はどのグループに属するか。(ア)～(カ)の中から1つ選び記号で答えなさい。

著作物引用箇所のため非公表

(4) タンパク質の細胞外への分泌のしくみは、ヒトと酵母で類似している。酵母を用いて、細胞内で合成されたタンパク質Xが、どのようにして細胞外へ分泌されるかを調べた。正常な酵母（野生型の酵母）に突然変異を起こさせて、増殖にとって最適な温度である 25℃で培養したときはよく生育し、タンパク質Xを分泌するが、高温（37℃）にすると生育が止まり、タンパク質Xを分泌することができない性質を持つ数種類の突然変異体（以下、変異体とよぶ）を得た。このような変異体の性質を温度感受性とよぶ。これらの変異体内では、25℃から 37℃に移して培養したときに、突然変異により障害が生じているところでタンパク質Xの輸送が停止し、タンパク質Xが蓄積することが分かった。これらの温度感受性の変異体においてタンパク質Xが蓄積している場所を調べた結果、表1のように変異体 A～E に分類された。輸送小胞1と輸送小胞2は、それぞれ異なる種類の細胞小器官の間で物質を輸送する小胞とする。これらの各変異体ではタンパク質Xの生産に関する遺伝子には突然変異は生じていなかった。また、タンパク質Xの遺伝子自身にも突然変異は生じていなかった。これらのことをもとに、以下の問いに答えなさい。

表1. 変異体ごとのタンパク質Xの蓄積部位

変異体	タンパク質Xが主に蓄積している場所
変異体A	ゴルジ体
変異体B	細胞質
変異体C	輸送小胞1
変異体D	小胞体
変異体E	輸送小胞2

合成されたタンパク質がどのような経路をたどって細胞外へと分泌されるかを調べるために、2種類の変異体の変異をあわせ持つ二重変異体を用いて以下の実験を行なった。変異体Aと変異体Dの変異をあわせ持つ酵母を用いて、培養液の温度を 25℃から 37℃に移して培養したときにタンパク質Xが主にどこに蓄積するかを調べたところ、タンパク質 Xは小胞体に蓄積した。このようにして変異を二重にもつ変異体のすべての組み合わせを用意して、タンパク質Xが主にどこに蓄積するかを調べたところ、表2のような結果が得られた。

表 2. 二重変異体におけるタンパク質 X の蓄積場所

	A	B	C	D	E
A		細胞質	ゴルジ体	小胞体	輸送小胞 2
B			細胞質	細胞質	(b)
C				(a)	輸送小胞 2
D					小胞体
E					

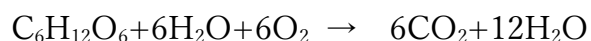
- ① 表 2 中の (a) と (b) にあてはまるものとして、最も適切なものを下の中から選び答えなさい。

細胞質   ゴルジ体   小胞体   輸送小胞 1   輸送小胞 2

- ② タンパク質 X が合成されてから細胞外に分泌されるまでの経路を例にならって書きなさい。

(例) 細胞小器官 c → 細胞小器官 d → 細胞小器官 e

- (5) 呼吸には、さまざまな物質が用いられるが、グルコースを呼吸に用いた反応は次のように表される。



この反応において発生する二酸化炭素と消費した酸素の体積比 ( $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}$ ) は、1.0 となる。しかし、酵母は状況に応じて呼吸と発酵を同時に行うことがある。この場合、どちらもグルコースを用いたとすると、体積比 ( $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}$ ) の値はどのようになるか。下のア～エの選択肢の中から選び、記号で答えなさい。

ア 1 より大きくなる    イ 1 より小さくなる    ウ 1    エ 0