



## 国語，数学，理科(化学，生物)問題

はじめに，これを読みなさい。

1. これは，国語，数学，化学，生物の4科目の問題を綴じた冊子である。必要な科目を選択して解答しなさい。食料環境政策学科受験者は「国語」が必須である。
2. 問題は，数学，化学，生物については表面から81ページ，国語については裏面から16ページある。ただし，ページ番号のない白紙はページ数に含まない。
3. 解答用紙に印刷されている受験番号が正しいかどうか，受験票と照合して確認すること。
4. 監督者の指示にしたがい，解答用紙の氏名欄に氏名を記入すること。
5. 監督者の指示にしたがい，解答用紙にある「解答科目マーク欄」に1つマークし，「解答科目名」記入欄に解答する科目名を記入しなさい。なお，マークしていない場合，または複数の科目にマークした場合は0点となる。
6. 解答は，すべて解答用紙の所定欄にマークするか，または記入すること。所定欄以外のところには何も記入しないこと。解答番号は各科目の最初に示してある。
7. 問題に指定された数より多くマークしないこと。
8. 解答は，必ず鉛筆またはシャープペンシル(いずれもHB・黒)で記入のこと。
9. 訂正する場合は，消しゴムできれいに消し，消しくずを残さないこと。
10. 解答用紙は，絶対に汚したり折り曲げたりしないこと。
11. 解答用紙はすべて回収する。持ち帰らず，必ず提出すること。
12. この問題冊子は必ず持ち帰ること。
13. マーク記入例

良い例	悪い例
	

# 化 学

(解答番号 1~38, 101~103)

注意：1. 原子量が必要な場合は、次の数値を用いなさい。

H = 1	C = 12	N = 14	O = 16	Na = 23	Al = 27
P = 31	S = 32	Cl = 35.5	K = 39	Ca = 40	Cr = 52
Fe = 56	Co = 59	Ni = 59	Cu = 63.5	Ba = 137	

2. 気体定数  $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$  または

$$R = 0.0821 \text{ L}\cdot\text{atm}/(\text{K}\cdot\text{mol})$$

3. アボガドロ定数  $N_A = 6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$

4. 絶対温度  $T[\text{K}] = 273 + t[^\circ\text{C}]$

5.  $1 \text{ mol} = 1000 \text{ mmol}$

[ I ] 以下の問いに答え、 ~  にあてはまる答として指定のない限り最もふさわしいものを各解答群の中から1つ選び、記号をマークしなさい。

1 理化学研究所でつくられた113番元素が国際的に新元素として認定され、元素周期表に日本人の手で新たな元素が加わった。かつて、新しい元素の発見は新しい物質科学の始まりを意味し、新物質はさまざまに利用され、人々の生活を豊かにしてきた。元素の物質的正体が原子と広く認識されると、元素は「原子の化学的性質を表す概念」あるいは「同じ陽子数をもつ原子の総称」となった。

自然界には90種類あまりの元素が単体や化合物の形でさまざまな場所に存在する。宇宙、地殻、海水、人体に含まれる成分元素の質量を百分率(%)で示したのを見ると、元素の存在する割合には著しい偏りがあることがわかる。

元素を原子番号の順に並べると、その性質が周期的に変化するが、それに基づいて、性質の類似した元素が同じ縦の列に並ぶように配列した表を周期表という(図1参照)。

族	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
周期																			
1	1																		
2	3																		
3	11																		
4	19																		
5	37																		
6	55																		
7	87																		

図1 元素の周期表(1族のみ原子番号を斜字体で記入している)

- (1) 日本人によって命名された113番元素の周期表での位置は第  周期  族である。

解答群  ,

A 5      B 6      C 7      D 8      E 9  
 F 10      G 11      H 12      I 13      J 14  
 K 15      L 16      M 17      N 18

- (2) 宇宙、地殻、海水、人体を構成する成分元素の質量の上位2位までの組み合わせとして正しいものは、 である。

	宇宙	地殻	海水	人体
A	H, He	O, Si	O, H	O, C
B	O, Si	H, He	O, H	O, C
C	H, He	O, H	O, Si	O, C
D	O, Si	H, He	O, C	O, H
E	H, He	O, C	O, H	O, Si
F	O, Si	O, H	H, He	O, C
G	O, C	H, He	O, Si	O, H
H	O, H	O, Si	O, C	H, He

- (3) 図2は元素の周期表を領域で表したものである。アルカリ土類金属の領域は  , 遷移元素の領域は  , 典型元素の中で金属元素の領域をすべてあげると  である。ただし、あてはまるものが複数あるときは全て同じ解答欄にマークすること。

解答群  ~

族	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
周期																				
1	A																			
2	B												F		G	H				
3																				
4																				
5			D										E							
6			C																	
7																				

図2 元素の周期表を領域で示したもの

2 原子の中で電子が原子核に引き付けられる力は、原子核の(ア)が(イ)ほど、電子と原子核の距離が(ウ)ほど大きくなる。この引力が大きくなるほど、電子を原子核から解き放つのに必要なエネルギーは増加する。原子番号が大きくなるにつれ、原子核の(ア)は増加する。同じ周期では、イオン化エネルギーは原子番号とともに(エ)する傾向にあり、(オ)族で最大となる。

イオン結晶は、静電的な力でイオンが結合してできた物質であり、一般に水に溶けやすい。電解質の水溶液では、水分子が極性をもつため、イオンとの間に静電的な引力がはたらき、イオンは水分子に取り囲まれて、他のイオンと離れた状態で存在する。イオン結晶でも、(カ)などのようにイオン結合の強さが大きい結晶は、水に溶けにくい。

(1) 上の文章中(ア)～(エ)にあてはまる適切な語句の組み合わせは

7 である。

7

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
A	質量	大きい	近い	増加
B	質量	大きい	遠い	減少
C	質量	小さい	近い	減少
D	質量	小さい	遠い	増加
E	正電荷	大きい	近い	増加
F	正電荷	大きい	遠い	減少
G	正電荷	小さい	近い	減少
H	正電荷	小さい	遠い	増加

(2) 上の文章中(オ)にあてはまる適切な数字は  である。

- A 1                      B 2                      C 13                      D 14  
E 15                      F 16                      G 17                      H 18

(3) 上の文章中(カ)にあてはまる化合物は  である。

- A  $\text{CaCl}_2$                       B  $\text{NaCl}$                       C  $\text{BaSO}_4$   
D  $\text{CuSO}_4$                       E  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$                       F  $\text{CsCl}_2$

(4) 以下の化合物のうち極性分子ではないものは  である。

- A  $\text{HCl}$                       B  $\text{NH}_3$                       C  $\text{CH}_3\text{OH}$   
D  $\text{C}_6\text{H}_6$                       E  $\text{CH}_3\text{COOH}$                       F  $\text{HCOOH}$

3 周期表の元素を常温常圧での単体の状態に注目してみると、17族では原子番号の大きいものほど融点・沸点が高い。このことは分子間力で説明することができる。また、周期表を横に見ると、第2周期の炭素の単体は常温常圧で固体であるが、窒素や酸素は気体である。これは、炭素の単体は、ダイヤモンドや黒鉛など(ア)であるため融点が極めて高いが、一方で、窒素や酸素は安定な2原子分子を形成するが、その固体は分子間力によってつくられる(イ)であるため、常温常圧では気体となる。

興味深いのは水銀で、周期表上の周りの元素の単体はすべて常温常圧で固体である。金属の単体では、(ウ)によって金属原子が互いに結びついている。(ウ)は1原子当たりの自由電子の数が多いほど、また金属原子の半径が小さいほど強くなる傾向があり、融点が高くなる。このことから、水銀の単体が常温常圧で液体なのは、(ウ)が周期表の周りの元素の単体と比べて弱いためであり、その原因の1つは1原子当たりの自由電子の数が(エ)ことではないかと考えられる。

上記文章の(ア)~(エ)にあてはまる適切な語句の組み合わせは

11 である。

11

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
A	金属結晶	イオン結晶	金属結合	少ない
B	金属結晶	イオン結晶	共有結合	多い
C	金属結晶	イオン結晶	イオン結合	少ない
D	金属結晶	分子結晶	金属結合	多い
E	金属結晶	分子結晶	共有結合	少ない
F	共有結合の結晶	分子結晶	金属結合	少ない
G	共有結合の結晶	分子結晶	イオン結合	多い
H	共有結合の結晶	分子結晶	金属結合	多い
I	共有結合の結晶	イオン結晶	共有結合	少ない
J	共有結合の結晶	イオン結晶	イオン結合	多い

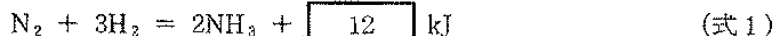
〔Ⅱ〕 以下の問いに答え、12 ～ 18 にあてはまる答として最もふさわしいものを各解答群の中から1つ選び、記号をマークしなさい。

解答欄 101 には化学反応式を書きなさい。

植物の生育には17種の元素が必須とされているが、土壌中で不足した元素は肥料として補充する必要がある。必須元素のうち最も不足しやすいものは窒素、リン、カリウムであり、これらは肥料の三大要素とよばれている。植物は窒素をアンモニウムイオンや硝酸イオンの形で吸収する。20世紀の初頭にドイツのハーバーとボッシュによって、窒素 $N_2$ と水素 $H_2$ からアンモニア $NH_3$ を直接合成するハーバー・ボッシュ法が開発され、アンモニア合成が工業化された。日本では1960年頃までは工業生産されたアンモニアの8割近くが作物の肥料として用いられていた。リンの補充には即効性のリン肥料としてリン酸二水素カルシウム $Ca(H_2PO_4)_2$ が用いられるが、これは、リン鉱石に含まれるリン酸カルシウム $Ca_3(PO_4)_2$ を硫酸と反応させることにより得られる。

また多くの作物では土壌のpHが6.0～6.5の条件で生育がよいが、その要因として必須元素の溶解度に対するpHの影響が知られている。とくに日本では降水量が多いため土壌から塩基が失われ、酸性となった土壌を中和する目的としても肥料が施される。

- (1) 反応に関わる物質の結合熱が分かれば、反応熱を求めることができる。(式1)は窒素 $N_2$ と水素 $H_2$ から直接アンモニア $NH_3$ を合成するハーバー・ボッシュ法の熱化学方程式である。 $N\equiv N$ 、 $H-H$ 、 $N-H(NH_3)$ の結合エネルギーをそれぞれ945 kJ/mol、436 kJ/mol、390 kJ/molとすると、(式1)の反応熱は 12 kJと計算される。



12

- |         |         |        |        |
|---------|---------|--------|--------|
| A -1437 | B -1083 | C -991 | D -87  |
| E 87    | F 991   | G 1083 | H 1437 |

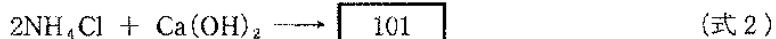


(2) (1)で計算された(式1)の反応熱から、ハーバー・ボッシュ法では温度が(ア)、圧力が(イ)ほうが、平衡状態ではアンモニアの合成に有利である。一方で反応速度は温度が(ウ)ほうが大きいことから、工業生産は500℃程度で行われる。

文章中の(ア)、(イ)、(ウ)にあてはまる適切な語句の組み合わせは  である。

	(ア)	(イ)	(ウ)		(ア)	(イ)	(ウ)
A	低く	低い	低い	E	高く	低い	低い
B	低く	低い	高い	F	高く	低い	高い
C	低く	高い	低い	G	高く	高い	低い
D	低く	高い	高い	H	高く	高い	高い

(3) アンモニアは実験室では塩化アンモニウム  $\text{NH}_4\text{Cl}$  を水酸化カルシウム  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  と混合し、加熱することで合成できる。アンモニアを合成する(式2)の化学反応式の右辺を解答欄  に記入しなさい。



(4) アンモニア水溶液は弱塩基性を示すが、アンモニアの塩基電離定数を  $1.7 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$  とすると、 $0.060 \text{ mol/L}$  のアンモニア水溶液のpHは約  である。

- |        |      |        |      |
|--------|------|--------|------|
| A 7.5  | B 8  | C 8.5  | D 9  |
| E 9.5  | F 10 | G 10.5 | H 11 |
| I 11.5 | J 12 | K 12.5 | L 13 |

(5) 土壌が酸性化すると、土壌粒子から土壌溶液中に溶出したアルミニウムイオン  $\text{Al}^{3+}$  濃度が上昇し、リン酸と反応することにより溶解度が非常に低いリン酸アルミニウム  $\text{AlPO}_4$  が形成される。これをアルミニウムによるリン酸固定といい、植物により利用できる可溶性のリン酸が減少する。また、リン肥料の原料であるリン鉱石に含まれるリン酸カルシウム  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  は水への溶解度が低いため、そのままでは肥料として用いることはできない。

リン酸アルミニウム  $\text{AlPO}_4$  とリン酸カルシウム  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  の溶解度積を、それぞれ  $3.6 \times 10^{-22} (\text{mol/L})^2$  と  $1.08 \times 10^{-18} (\text{mol/L})^5$  として計算すると、リン酸アルミニウムから溶解することができるリン酸イオン  $\text{PO}_4^{3-}$  の最大濃度は、リン酸カルシウム  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  から溶解することができるリン酸イオン  $\text{PO}_4^{3-}$  の約  倍である。

- |   |                 |   |                 |   |                |   |                |   |               |
|---|-----------------|---|-----------------|---|----------------|---|----------------|---|---------------|
| A | $\frac{1}{300}$ | B | $\frac{1}{100}$ | C | $\frac{1}{30}$ | D | $\frac{1}{10}$ | E | $\frac{1}{3}$ |
| F | 3               | G | 10              | H | 30             | I | 100            | J | 300           |

(6) 土壌を酸性にする要因としてはアンモニアの酸化により生成する硝酸や有機物の分解により生じた酢酸など、さまざまなものがある。酸性土壌の中和に用いられる消石灰の主成分である水酸化カルシウム  $\text{Ca(OH)}_2$  により、これらの酸を中和すると、硝酸からは硝酸カルシウム  $\text{Ca(NO}_3)_2$  が、酢酸からは酢酸カルシウム  $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}$  が生じる。硝酸カルシウム水溶液は(エ)を、酢酸カルシウム水溶液は(オ)を示す。

文章中の(エ)、(オ)にあてはまる適切な語句の組み合わせは

16 である。

16

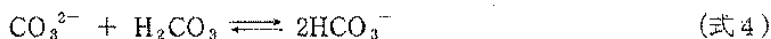
	(エ)	(オ)		(エ)	(オ)
A	酸性	酸性	G	塩基性	酸性
B	酸性	中性	H	塩基性	中性
C	酸性	塩基性	I	塩基性	塩基性
D	中性	酸性			
E	中性	中性			
F	中性	塩基性			

(7) 酸性土壌の中和には、即効性の石灰として水酸化カルシウム  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  を主成分とする消石灰や酸化カルシウム  $\text{CaO}$  を主成分とする生石灰が使われる。一方で、中和反応が緩やかで他の化学肥料と同時に用いることもできる炭酸カルシウム  $\text{CaCO}_3$  を主成分とする炭酸石灰のほうが実際の酸性土壌の改良には使いやすい。炭酸石灰の必要量を調べるために、採取した 10 g の土壌と炭酸石灰を水とともに混合し 24 時間置いたのちに pH を測定したところ、50 mg の炭酸石灰を用いた時に目的の pH となっていた。10 アール ( $1000 \text{ m}^2$ ) の広さで深さ 20 cm の範囲の土壌を pH 改善の対象にした場合、 kg の炭酸石灰が必要となる。なお土壌の密度は  $1000 \text{ cm}^3$  あたり 1.5 kg とする。

- |       |       |        |        |       |
|-------|-------|--------|--------|-------|
| A 50  | B 75  | C 100  | D 150  | E 250 |
| F 500 | G 750 | H 1000 | I 1500 |       |

(8) 水酸化カルシウム  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  の飽和水溶液である石灰水に二酸化炭素  $\text{CO}_2$  を吹き込むと、炭酸カルシウム  $\text{CaCO}_3$  の白色沈殿が生じる。さらに二酸化炭素を吹き込み続けると、炭酸水素カルシウム  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  が生じ、白色沈殿が消失する。一度生じた沈殿が同じ二酸化炭素により消失する現象は、以下の2つの化学反応により説明できる。

炭酸カルシウムは水の中でわずかに溶解しており、(式3)の平衡状態にある。そこへさらに二酸化炭素を十分量吹き込むと、生じた炭酸  $\text{H}_2\text{CO}_3$  から電離した  $\text{H}^+$  を  $\text{CO}_3^{2-}$  が受け取り、(式4)の平衡が(カ)へ移動する。これにともない、(式3)の  $\text{CO}_3^{2-}$  の濃度が(キ)し、(式3)の平衡が(ク)へ移動するため、炭酸カルシウムが溶解する。



文章中の(カ)、(キ)、(ク)にあてはまる適切な語句の組み合わせは 18 である。

18

	(カ)	(キ)	(ク)		(カ)	(キ)	(ク)
A	左	減少	左	E	右	減少	左
B	左	減少	右	F	右	減少	右
C	左	増加	左	G	右	増加	左
D	左	増加	右	H	右	増加	右

〔Ⅲ〕 以下の問いに答え、 ～  にあてはまる答として最もふさわしいものを各解答群の中から1つ選び、記号をマークしなさい。

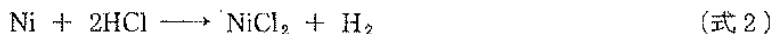
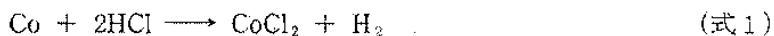
解答欄  には化学反応式を書きなさい。

1 原子番号27のコバルトCo、28のニッケルNi、29の銅Cuはいずれも第4周期の元素であり、互いの性質もよく似ている。金属イオンやそれらの化合物は有色のものが多く、硫酸塩の水溶液の場合  $\text{Co}^{2+}$  水溶液は赤色であり、 $\text{Ni}^{2+}$  水溶液は(ア)色、 $\text{Cu}^{2+}$  水溶液は(イ)色を示す。

(ア)、(イ)の正しい組み合わせは  である。

	(ア)	(イ)		(ア)	(イ)
A	青	赤	D	赤	黄
B	青	緑	E	赤	青
C	緑	黄	F	緑	青

コバルトCoとニッケルNiは希塩酸と反応して以下の反応式のように水素を発生する。



一方、銅Cuはイオン化傾向が小さいため、希塩酸とは反応しないが、酸化力のある熱濃硫酸とは反応して硫酸銅(Ⅱ)を生成する。



右辺を解答欄  に記入して、(式3)を完成させなさい。

遷移元素は2種類以上の金属を融かし合わせるにより、元の金属にはない性質が付与された合金として利用されることが多い。鉄はさびやすいが、鉄と(ウ)と(エ)との合金であるステンレス鋼はさびにくく、調理器具や医療器具などに用いられる。

(ウ), (エ)の正しい組み合わせは 20 である。

20

	(ウ)	(エ)		(ウ)	(エ)
A	クロム	コバルト	D	スズ	コバルト
B	クロム	ニッケル	E	スズ	ニッケル
C	クロム	銅	F	スズ	銅

硬貨は長期間にわたり人の手から手へと流通することから、空気中でさびにくく、耐久性がなければならない。日本で通常発行されている6種類の硬貨のうち、1円硬貨はアルミニウムであるが、他の5種類の硬貨はいずれも銅の合金であり、5円硬貨は黄銅、10円硬貨は青銅、50円硬貨と100円硬貨は白銅、500円硬貨はニッケル黄銅である。

一般に、黄銅は銅と(オ)の合金であり、青銅は銅と(カ)の合金、白銅は銅と(キ)の合金である。

(オ), (カ), (キ)の正しい組み合わせは 21 である。

21

	(オ)	(カ)	(キ)		(オ)	(カ)	(キ)
A	スズ	亜鉛	クロム	E	亜鉛	スズ	ニッケル
B	スズ	クロム	亜鉛	F	亜鉛	ニッケル	スズ
C	ニッケル	亜鉛	スズ	G	クロム	スズ	ニッケル
D	ニッケル	スズ	亜鉛	H	クロム	ニッケル	スズ

2 合金を扱う GK 工場の廃水にはニッケルイオン  $\text{Ni}^{2+}$  が含まれている。このニッケルイオンの濃度を滴定により測定することを考える。

PAN 指示薬は  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  などの金属イオンの滴定によく用いられる代表的な指示薬の 1 つである。単体は黄色であるが、金属イオン  $\text{M}$  と結合したキレートを形成すると赤色を示す。(図 1)

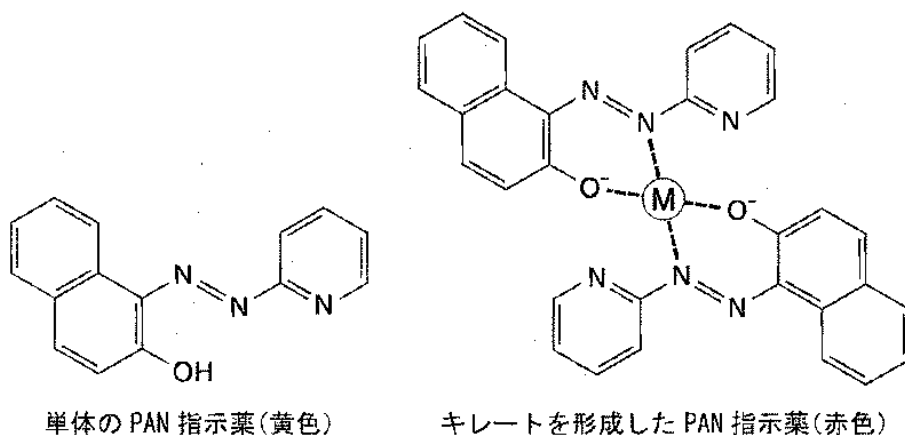


図 1 PAN 指示薬と金属イオン  $\text{M}$  とのキレートの形成

一方、エチレンジアミン四酢酸(EDTA)は、2価から4価の金属イオンと、そのイオンの価数に関係なく 1 : 1 で結合し、安定なキレートを形成する。

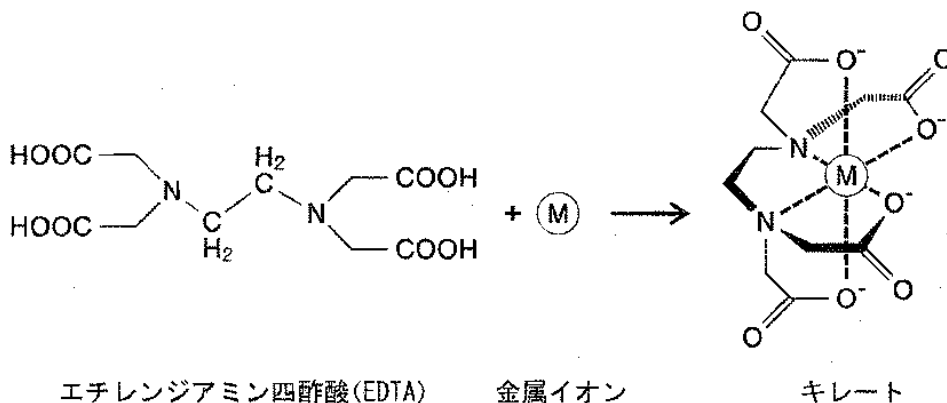


図 2 EDTA と金属イオン  $\text{M}$  とのキレートの形成(6 座配位)



【滴定実験A】 GK工場の廃水を試料として100.0 mL測り取ってコニカルビーカーに入れ、緩衝液を数滴加えてpHを4に調整した。市販のPAN指示薬水溶液を0.5 mL加えたところ、キレート形成により試料の水溶液が赤色となった。

この試料水溶液にEDTA水溶液を加えていくと、PAN指示薬よりもEDTAの方が $\text{Ni}^{2+}$ との結合力が強いので、PAN指示薬のキレートから $\text{Ni}^{2+}$ が引き抜かれてキレートが分解し、すべて分解した時点で赤色が黄色に変わることから当量点を見きわめることができる。この時点で、加えたEDTAの物質量が試料水溶液中の $\text{Ni}^{2+}$ の物質量と等しくなっている。この原理を利用して、金属イオンの濃度や量を求める操作をキレート滴定という。

試料水溶液にEDTA水溶液(0.010 mol/L)をビュレットからゆっくり滴下したところ、6.0 mLで水溶液が黄色に変化した。このとき、GK工場の廃水に含まれていた $\text{Ni}^{2+}$ の濃度は 22 mg/Lである。ただし、この廃水には反応を阻害するような物質や、 $\text{Ni}^{2+}$ 以外にPAN指示薬およびEDTAに結合する金属イオンは含まれないものとする。

22

A 98.3

B 35.4

C 17.7

D 9.8

E 7.1

F 3.5

ペプチドには特定の金属イオンと結合するものが知られている。ヒスチジン( $\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2$ :分子量155, 図3)がペプチド結合により直鎖状に6個連結したHis6ペプチドは、 $\text{Co}^{2+}$ 、 $\text{Ni}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ と結合する。水の分子量は18である。このとき、図3のように2個のヒスチジン残基が金属イオンとキレートを形成し、1分子のHis6ペプチドに1個の金属イオンが結合する(図3)。

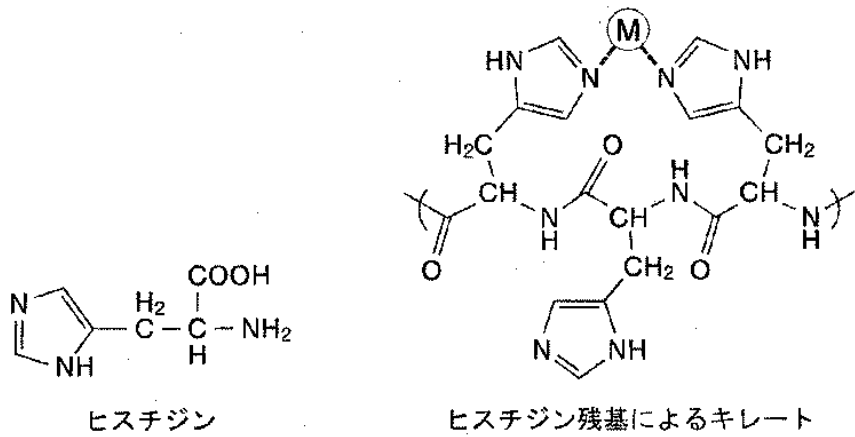


図3 His6 ペプチドと金属イオン(M)とのキレートの形成(一部のみ示す)

M大学の研究室では画期的な触媒により、His6 ペプチドのC末端のカルボキシ基と、セルロースを構成するグルコースの6位のヒドロキシ基との間に効率よく共有結合を形成させる技術を開発した。この技術を活用し、木綿の布1m<sup>2</sup>について1260mgのHis6 ペプチドを結合させたHis6木綿を作製した。

1m<sup>2</sup>のHis6木綿に理論的に結合できるNi<sup>2+</sup>の最大量は 23 mgである。ただし、His6木綿中の1分子のHis6ペプチドには1個のNi<sup>2+</sup>が結合するものとする。

23

- |         |         |        |
|---------|---------|--------|
| A 177.0 | B 189.8 | C 88.5 |
| D 79.9  | E 43.7  | F 39.3 |

【滴定実験B】 GK工場の廃水試料 1.0 L に対し, His6 木綿 0.3 m<sup>2</sup> を浸して金属イオンを結合させた。His6 木綿を除き, 残った処理廃水を試料として 100.0 mL 測り取り, 【滴定実験A】と同様の手順で EDTA 水溶液 (0.010 mol/L) により滴定を行ったところ, 2.4 mL で水溶液が黄色に変化した。

このとき, His6 木綿に結合することによって廃液から除かれた Ni<sup>2+</sup> の量は, 理論的に His6 木綿に結合できる Ni<sup>2+</sup> の最大量の約  % であったと考えられる。

A 100

B 95

C 90

D 80

E 60

F 30

〔IV〕 以下の問いに答え、25 ～ 32 にあてはまる答として最もふさわしいものを各解答群の中から1つ選び、記号をマークしなさい。

解答欄 103 には構造式を書きなさい。

私たちが口にする食品の彩(いろど)りは見た目のおいしさに大きく影響を与える。料理人や食品の開発者は食味はもちろんのことだが、消費者が食指を動かす彩りの食品を提供できるように日々努力を費やしている。原料の食材については彩りが足りない場合には着色料として食用色素が添加されることがある。食品安全委員会が食品添加剤として認める食用色素は合成色素である「タール色素」と天然物に由来する色素に分けることができる。当然ながら、食用に用いられるタール色素 12 種については毒性試験や変異原性試験などにより安全性が確認されている。一方、食品等に由来する天然色素についても順次安全性が審査されているが、漢方薬由来のアカネ色素については発がん性等が認められたため、2004 年から食品への使用が禁止されている。天然由来のものでも私たちにあって安全ではない成分が含まれていることがあることを忘れてはならない。

食用に認可されているタール色素は天然色素と比較して化学的に安定であるが、色の種類が少ない。そこで、複数の色素を適当な比率で混ぜ合わせることでより多様な色調に調整したものが使用されている。ただし、野菜、鮮魚、茶など一部の食品には使用の禁止あるいは制限がかけられている。なお、タール色素 12 種の約半数はアゾ基—N=N—を持つアゾ化合物である。

1 アゾ化合物は現在使用されている合成染料の大部分を占めている。また、メチルオレンジやメチルレッドなどの pH 指示薬もアゾ化合物である。

最も単純なアゾ化合物の一つである *p*-ヒドロキシアゾベンゼンはベンゼンを原料として容易に合成することができる。図 1 にその反応経路図を示す。この図中で主生成物として得られる化合物(a)～(f)のベンゼン環に結合している官能基を、解答群の中から選び、記号をそれぞれ 25 ～ 30 にマークしなさい。

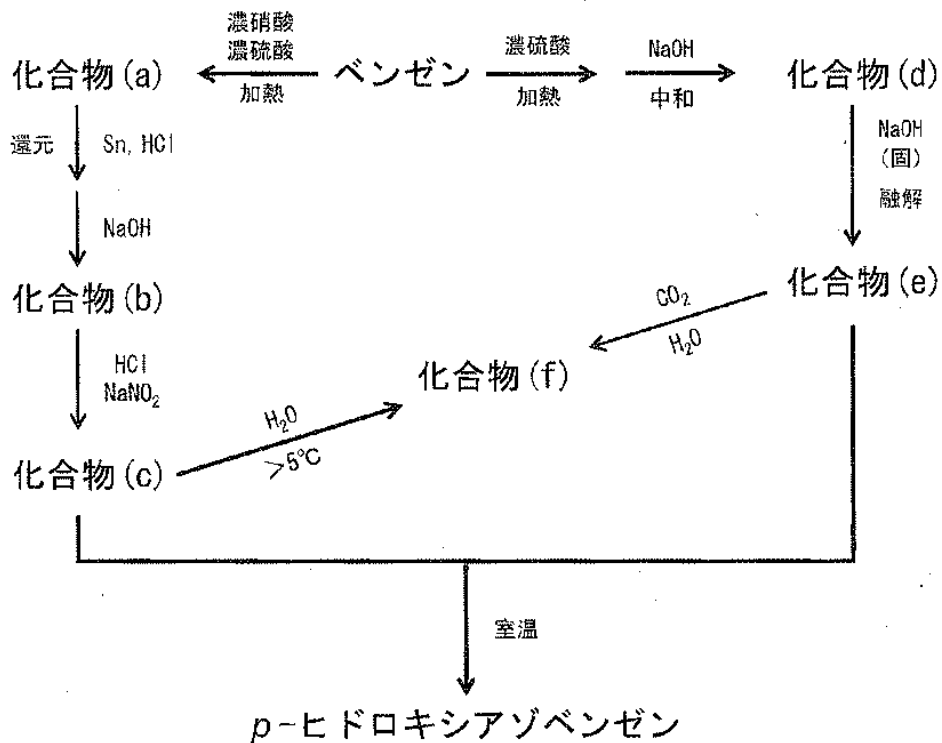


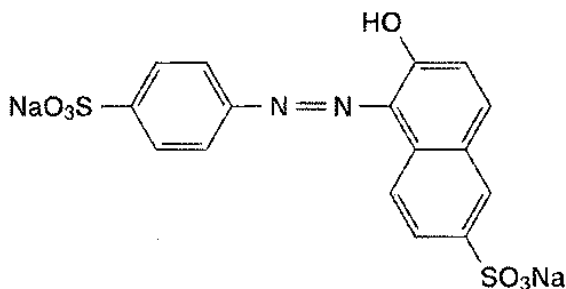
図1 反応経路図

解答群  ~

A	-OH	B	-ONa	C	-COOH	D	-COONa
E	-NH <sub>2</sub>	F	-NH <sub>3</sub> <sup>+</sup> Cl <sup>-</sup>	G	-NO <sub>2</sub>	H	-NO <sub>3</sub>
I	-SO <sub>3</sub> H	J	-SO <sub>3</sub> Na	K	-N=N-	L	-N≡N <sup>+</sup> Cl <sup>-</sup>
M	-CHO	N	-CH <sub>2</sub> OH	O	-CH <sub>3</sub>		

p-ヒドロキシアゾベンゼンの構造式を解答欄  に書きなさい。

2 タール色素中で最も単純な構造を有するアゾ化合物である「黄色5号(サンセットイエローFCF)」は以下に示した構造を有する。単独使用ではオレンジ色に着色する際に用いられることが多く、飴、ゼリー、清涼飲料、漬物などに使用されている。



果汁が含まれていない着色オレンジジュース 1.0 L に吸着材として活性炭の粉末 10 g を加えて十分に攪拌したところ透明な無色液体になった。この活性炭を回収して洗浄した後、十分に乾燥させてから燃焼したところ 9.0 mg の水が得られた。以上より、このオレンジジュース 1.0 L には 31 mg の黄色5号が含まれていたことが分かった。なお、活性炭は炭素のみで構成されており、オレンジジュース中の黄色5号はすべて吸着されたものとする。また、活性炭に吸着された化合物は黄色5号のみであるとする。

31

- |        |        |        |        |
|--------|--------|--------|--------|
| A 2.3  | B 4.5  | C 5.0  | D 9.0  |
| E 22.6 | F 45.2 | G 50.2 | H 90.4 |

みかん大福を作るため、オレンジ色の求肥(ぎゅうひ、和菓子素材のひとつ)で皮をむいたミカンと小倉餡(おぐらあん)を包むことにした。求肥の原料はもち米粉 1.0 kg、砂糖 0.80 kg、水 1.8 kg として、黄色5号は原料の 0.002 % (質量%) 加えることにした。黄色5号は求肥全体が均一に着色されるように原料の水に加え、水溶液として材料に加えた。みかん大福 1 つあたりに求肥が 45 g、皮をむいたミカン 15 g、小倉餡 30 g を使用したとき、みかん大福 1 つ

あたりに含まれる黄色5号は 32 mmolになる。なお、求肥に添加した黄色5号は微量であるため、その重量、体積は無視してよい。また、ミカンと餡には黄色5号は含まれていないものとする。

32

- |         |         |         |         |
|---------|---------|---------|---------|
| A 0.001 | B 0.002 | C 0.004 | D 0.008 |
| E 0.012 | F 0.018 | G 0.02  | H 0.024 |

[V] 以下の問いに答え、33 ~ 38 にあてはまる答として最もふさわしいものを各解答群の中から1つ選び、記号をマークしなさい。

核酸はすべての生物に存在する化合物であり、生体内でさまざまな役割を担っている。核酸のもつ重要な働きとして、生物の遺伝情報の保存と伝達、タンパク質の合成、化学エネルギーの貯蔵などがあげられる。生物の遺伝情報はDNAに保存されているが、一部のウイルスではRNAに遺伝情報が保存されている。RNAは、糖<sup>1)</sup>、リン酸、および4種類の塩基(アデニン、グアニン、シトシン、ウラシル)から構成されるヌクレオチド(図1)が、糖とリン酸の間で(ア)結合して鎖状に連なった高分子化合物である。DNAも、糖、リン酸、および塩基から構成されるヌクレオチドが鎖状に連なった構造をもつが、DNAから得られるヌクレオチドの分子量は、RNAから得られる同じ塩基を含むヌクレオチドの分子量よりも(イ)。

バクテリオファージMS2は、1本鎖のRNAを遺伝物質とするウイルスであり、その全塩基配列は1976年に報告された。このファージはRNAを宿主細菌に注入し、多数の新たなファージを複製させる。バクテリオファージMS2では、約3500ヌクレオチドからなるRNAがキャプシドとよばれるタンパク質の殻(から)に封入されて構成されている(図2)。キャプシドは、130個のアミノ酸からなるタンパク質180分子から形成されている。このバクテリオファージの有するRNAを分析する実験を行った。まず $3 \times 10^{16}$ 個のバクテリオファージMS2からタンパク質を除去し、精製したRNAを12mg得た。得られた精製RNAをある種のRNA分解酵素で分解し、図1に示すヌクレオチドの混合物を得た。以下の問いに答えなさい。<sup>3)</sup>



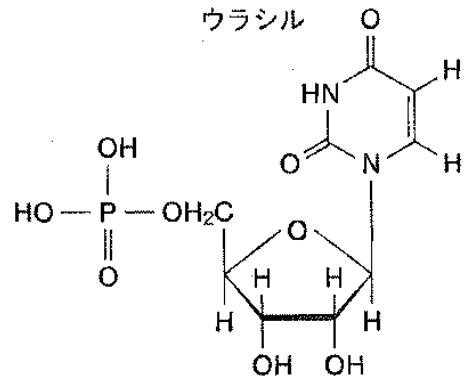
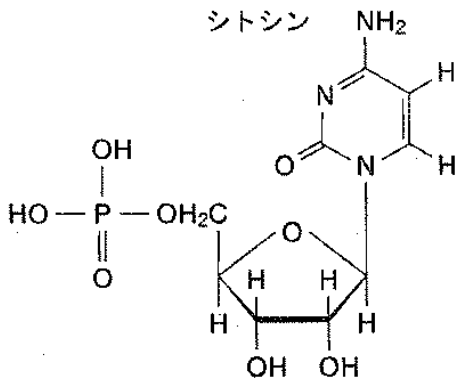
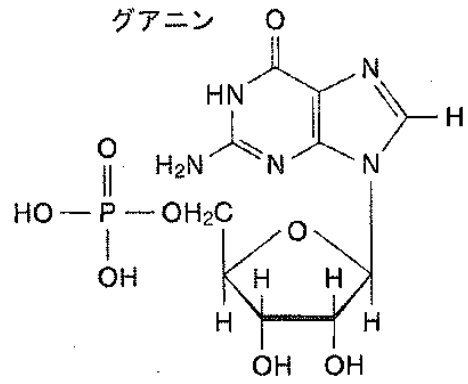
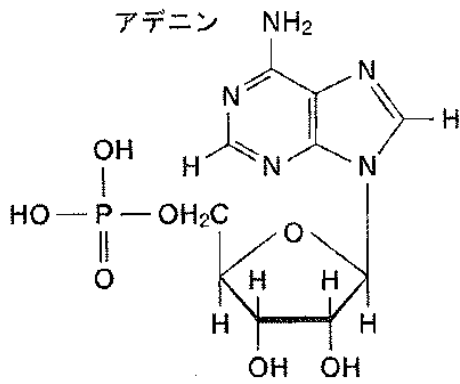


図1 RNAを構成する4種類のヌクレオチドの構造

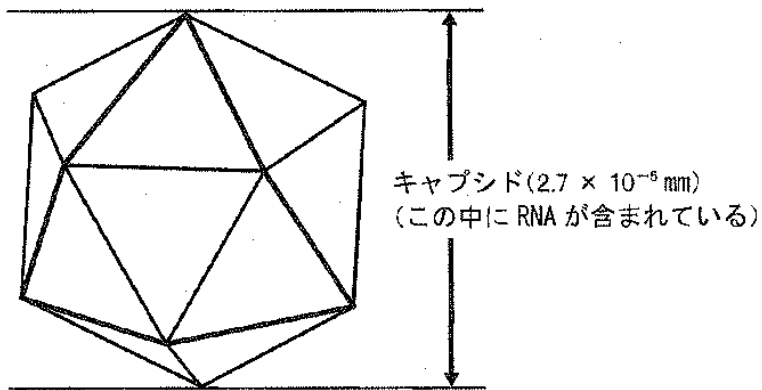


図2 バクテリオファージMS2の構造

(1) 下線部1)の糖としてふさわしいものは  である。

- A グルコース                      B スクロース                      C デオキシリボース  
D デキストリン                      E ラクトース                      F リボース

(2) (ア)にあてはまる適切な語句は  である。

- A イオン                              B エーテル                              C エステル  
D グリコシド                              E 水素                              F ペプチド

(3) (イ)にあてはまる適切な語句は  である。

- A 2小さい                      B 16小さい                      C 17小さい                      D 18小さい  
E 2大きい                      F 16大きい                      G 17大きい                      H 18大きい

(4) バクテリオファージ MS2 のタンパク質と RNA の質量比は  である。ただし、ヌクレオチド(図1)の平均分子量を 358, アミノ酸の平均分子量を 118 とし、それぞれが脱水縮合してバクテリオファージ MS2 の RNA とキャプシドタンパク質が形成されているものとして計算しなさい。

- A 10 : 1                      B 4 : 1                      C 2 : 1                      D 1 : 1  
E 1 : 2                      F 1 : 4                      G 1 : 10

(5) MS2 フェージに含まれていた RNA の質量に対して、下線部 2) で得られた精製 RNA の質量の割合(回収率)は  % である。

A 10      B 20      C 30      D 40      E 50      F 60

(6) 下線部 3) のヌクレオチドが示す性質として、正しいものは  である。

- A ヌクレオチドを中性の条件下で電気泳動を行うと、陰極の方へ移動する。
- B ヌクレオチドを含む水溶液にヨウ素ヨウ化カリウム水溶液を加えると、青紫色を呈する。
- C ヌクレオチドを含む水溶液にヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて反応させると、ただちに黄色の沈殿物が生成する。
- D ヌクレオチドをアンモニア性硝酸銀水溶液に加えて静かに加熱すると、銀が析出する。
- E ヌクレオチドを含む水溶液を中性の条件下で陰イオン交換樹脂を詰めた円筒(カラム)に流すと、陰イオン交換樹脂にヌクレオチドが吸着する。