

# 化 学

計算に必要なら次の数値を用いよ。

原子量：H 1, C 12, N 14, O 16, F 19, Na 23, Mg 24, Al 27,

Si 28, P 31, S 32, Cl 35.5, K 39, Ca 40, Cr 52, Fe 56,

Cu 64, Zn 65, Br 80, Ag 108, I 127, Au 197, Pb 207

アボガドロ定数： $6.0 \times 10^{23}$  /mol      ファラデー定数： $9.65 \times 10^4$  C/mol

気体定数： $8.3 \times 10^3$  Pa·L/(K·mol) = 8.3 J/(K·mol)

対数： $\log_{10} 2 = 0.30$ ,  $\log_{10} 3 = 0.48$ ,  $\log_{10} 7 = 0.85$

体積の単位リットルの記号には大文字の L を用いている。

## 1 各問いに答えよ。

(1) 正しいものを一つ選べ。 **ア**

- ① ダイヤモンドは分子結晶である。
- ② フッ化水素は、周期表第 2 周期の元素の水素化合物のなかで沸点が最も高い。
- ③ 塩化ナトリウムは非電解質である。
- ④ ヨウ素は、常温で固体から直接気体になる性質がある。
- ⑤ 金は常温で液体の金属である。

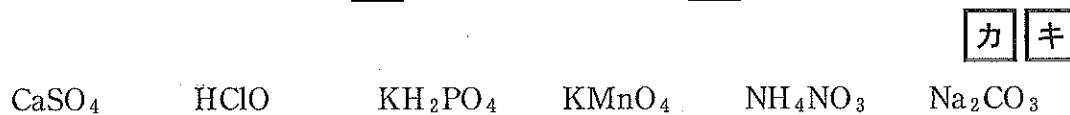
(2) 正しいものを一つ選べ。 **イ**

- ① ハロゲンの最外殻電子の数は 9 個である。
- ② 希ガスは陰イオンになりやすい。
- ③ アルカリ金属はイオン化エネルギー(第一イオン化エネルギー)が大きい。
- ④ フッ素は電気陰性度が最も大きい元素である。
- ⑤ 二酸化炭素は極性分子である。

- (3) 下図は周期表の概略図で、第1周期から第5周期までを示している。1)~3)に答えよ。

		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												e		f		g			
	3	b		c										d		e		f		g	
	4	b		c										d		e		f		g	
	5	b		c										d		e		f		g	

- 1) 典型元素のうち、金属元素である領域はどれか。次の組合せから適当なものを一つ選べ。 ウ
- ① b, c    ② b, d    ③ c, f    ④ b, c, d    ⑤ b, c, f
- 2) ある領域では、すべての元素の単体が単原子分子の気体である。その領域はどれか。一つ選べ。 エ
- ① a    ② b    ③ c    ④ d    ⑤ e    ⑥ f    ⑦ g
- 3) ある金属元素は原子番号と族番号が一致している。この元素はどの領域に含まれるか。一つ選べ。 オ
- ① a    ② b    ③ c    ④ d    ⑤ e    ⑥ f    ⑦ g
- (4) 次の化学式の下線で示す原子には、その酸化数が互いに等しいものがある。その酸化数はいくらか。 カ には+または-を, キ には数値を入れよ。



(5) 水や酸との反応性に基づいて、亜鉛、カルシウム、銀、鉄、白金を並べると次のようになる。

カルシウム    亜鉛    鉄    銀    白金

単体のスズには次の性質がある。

- ・水や高温の水蒸気と反応しない。
- ・塩酸に溶ける。

スズは①～⑥のどの位置に配置されるか。一つ選べ。 ク

カルシウム	亜鉛	鉄	銀	白金
↑	↑	↑	↑	↑
①	②	③	④	⑤

(6) 次の塩について、1), 2)に答えよ。

- (a)  $\text{CH}_3\text{COONa}$                       (b)  $\text{K}_3\text{PO}_4$                       (c)  $\text{NaHSO}_4$   
 (d)  $\text{NH}_4\text{NO}_3$                       (e)  $\text{MgCl}(\text{OH})$

1) (a)～(e)のうち、正塩はいくつあるか。 ケ に数値を入れよ。 ケ 個

2) (a)～(d)のうち、塩の加水分解により水溶液が酸性を示すのはどれか。

次の①～⑩から正しいものを一つ選べ。 コ

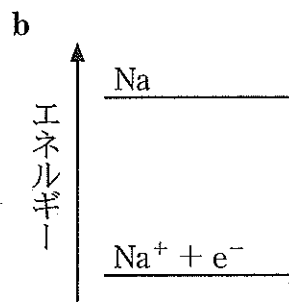
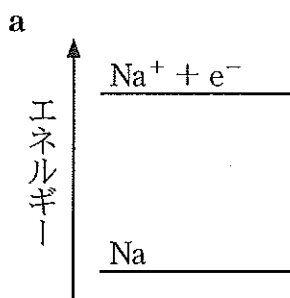
- ① (a)のみ                      ② (b)のみ                      ③ (c)のみ                      ④ (d)のみ  
 ⑤ (a)と(b)                      ⑥ (a)と(c)                      ⑦ (a)と(d)                      ⑧ (b)と(c)  
 ⑨ (b)と(d)                      ⑩ (c)と(d)

(7) アルミニウムの小片を希塩酸と反応させて完全に溶解させた。このとき  $a$  mol の水素が発生した。この小片と同じ質量のアルミニウムを過剰の酸素中で加熱して完全に反応させたとき、得られる酸化アルミニウム  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (モル質量  $M$  g/mol) の質量は何 g か。適するものを一つ選べ。 サ g

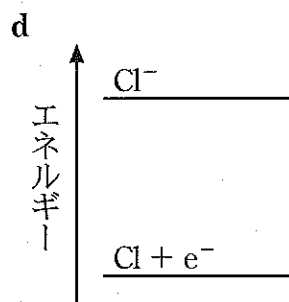
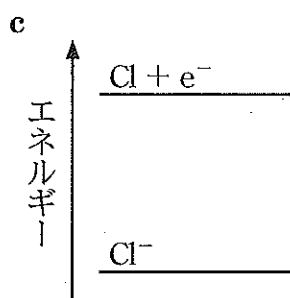
- ①  $\frac{1}{2} aM$                       ②  $\frac{1}{3} aM$                       ③  $\frac{2}{3} aM$   
 ④  $\frac{3}{4} aM$                       ⑤  $aM$                       ⑥  $\frac{4}{3} aM$

(8) 次のエネルギー図 a~f について、正しいものを選んだ組合せはどれか。一つ選べ。ただし、物質がもつエネルギーの差と図中の上下の間隔は比例していない。 シ

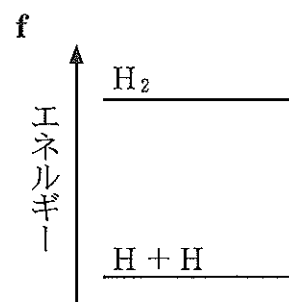
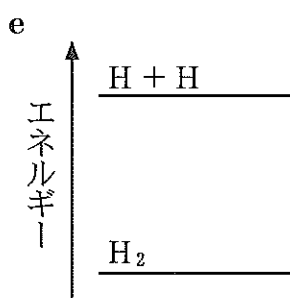
Na のイオン化エネルギー



Cl の電子親和力

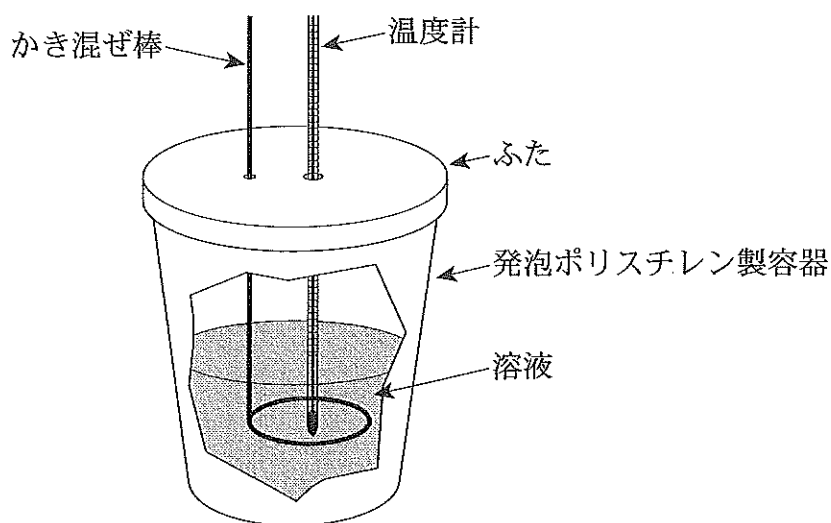


H-H の結合エネルギー



- |           |           |           |           |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| ① a, c, e | ② a, c, f | ③ a, d, e | ④ a, d, f |
| ⑤ b, c, e | ⑥ b, c, f | ⑦ b, d, e | ⑧ b, d, f |

(9) 図のような装置を使って、実験Aと実験Bを行った。1), 2)に答えよ。



実験A：容器に室温の水 98 g を入れ、固体の水酸化ナトリウム 2.0 g を加えて溶かし、温度変化を観察した。

その結果、水酸化ナトリウムの溶解による温度上昇が  $5.0^{\circ}\text{C}$  であることがわかった。

実験B：容器に室温の  $1.0\text{ mol/L}$  水酸化ナトリウム水溶液 50 mL を入れた。

それに室温の  $1.0\text{ mol/L}$  塩酸 50 mL を加えて混合し、温度変化を観察した。

その結果、両液の混合による温度上昇が  $6.5^{\circ}\text{C}$  であることがわかった。

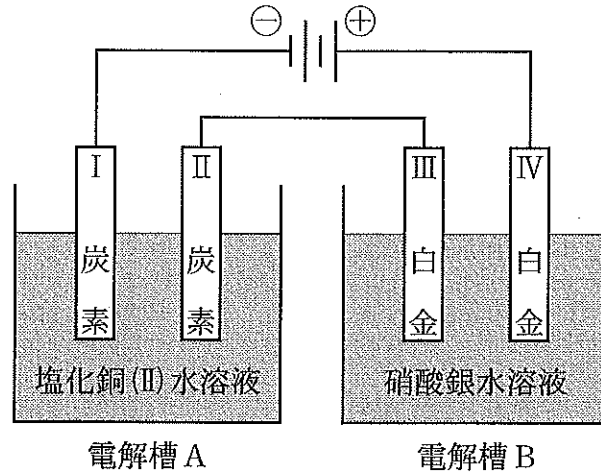
- 1) 実験Aで用いた水酸化ナトリウムの物質量と、実験Bの中和反応で生成した水の物質量はそれぞれいくらか。正しい組合せを一つ選べ。 ス

	実験A NaOHの物質量 (mol)	実験B H <sub>2</sub> Oの物質量 (mol)
①	0.050	0.010
②	0.050	0.050
③	0.050	0.10
④	0.050	0.50
⑤	0.50	0.010
⑥	0.50	0.050
⑦	0.50	0.10
⑧	0.50	0.50

- 2) 実験A, 実験Bの結果から, 固体の水酸化ナトリウムと希塩酸との反応で水 1 mol が生じるときの反応熱を求め, セ ~ タ に適する数値を入れよ。ただし, 四捨五入により, 整数で答えよ。また, 各水溶液 1 g の温度を 1 °C 上げるのに必要な熱量は 4.2 J とし, 溶液の密度は 1.0 g/cm<sup>3</sup> とする。

セ ソ タ kJ

- (10) 図のように電解槽 A と B を直列につなぎ、電解槽 A には塩化銅(II)水溶液、電解槽 B には硝酸銀水溶液を入れた。電流をある時間通じたところ、電解槽 A の陰極に 1.28 g の物質が析出した。1) ~ 3) に答えよ。



- 1) 流れた電子の物質量はいくらか。適するものを一つ選べ。  mol
- ① 0.010      ② 0.020      ③ 0.040      ④ 0.080      ⑤ 0.160
- 2) 電解槽 A の陽極から発生する気体の種類とその体積(標準状態)の組合せで正しいものはどれか。一つ選べ。
- ① 水素 112 mL      ② 水素 224 mL      ③ 水素 448 mL  
 ④ 酸素 112 mL      ⑤ 酸素 224 mL      ⑥ 酸素 448 mL  
 ⑦ 塩素 112 mL      ⑧ 塩素 224 mL      ⑨ 塩素 448 mL
- 3) 電解槽 B で起こる変化はどれか。一つ選べ。
- ① 電極 III で銀が析出し、電極 IV で酸素が発生する。  
 ② 電極 III で銀が析出し、電極 IV で水素が発生する。  
 ③ 電極 III で酸素が発生し、電極 IV で銀が析出する。  
 ④ 電極 III で酸素が発生し、電極 IV で水素が発生する。  
 ⑤ 電極 III で水素が発生し、電極 IV で銀が析出する。  
 ⑥ 電極 III で水素が発生し、電極 IV で酸素が発生する。

2 各問いに答えよ。

(1) 次の文章を読み、1)～4)に答えよ。

硫酸は化学式 **ア** で表される 2 価の不揮発性の酸であり、質量パーセント濃度が 90 % 以上のものを濃硫酸という。

濃硫酸は吸湿性があり、実験室での乾燥剤に用いられる。また、熱濃硫酸は酸化力が強く、**イ** を発生しながら銅や銀を溶かす。一方、希硫酸は酸としての性質が強く、**ウ** を発生しながら亜鉛や鉄を溶かす。

98 % の濃硫酸(密度  $1.8 \text{ g/cm}^3$ )から  $1 \text{ mol/L}$  の希硫酸を  $100 \text{ mL}$  作るとき、濃硫酸 **エ**・**オ**  $\text{mL}$  を薄めて全量を  $100 \text{ mL}$  にする。

この時、水に濃硫酸を少しずつ加えなければならない。なぜならば、濃硫酸と水を混ぜると多量の **カ** が発生するためである。濃硫酸に水を加えた場合、水が急激に沸騰し、硫酸をはね飛ばして危険である。このため、水をかき混ぜながら、濃硫酸を少しずつ加える。

- 1) **ア** にあてはまる硫酸の化学式を一つ選べ。 **ア**
- ①  $\text{HNO}_3$     ②  $\text{HCl}$     ③  $\text{H}_2\text{SO}_3$     ④  $\text{H}_2\text{SO}_4$     ⑤  $\text{SO}_3$
- 2) **イ**、**ウ** にあてはまる気体をそれぞれ一つずつ選べ。 **イ**、**ウ**
- ① 二酸化硫黄    ② 水素    ③ 一酸化窒素  
④ 酸素    ⑤ 二酸化窒素
- 3) **エ**、**オ** に適する数値を入れよ。ただし、四捨五入により、小数第 1 位まで答えよ。 **エ**・**オ**  $\text{mL}$
- 4) **カ** にあてはまる語を一つ選べ。 **カ**
- ① 蒸発熱    ② 生成熱    ③ 中和熱    ④ 融解熱    ⑤ 溶解熱



(2) 試験管Ⅰ，Ⅱにはそれぞれ次のように2種類の沈殿が含まれている。各試験管にa～cのいずれかの操作を行って，それぞれ一方の沈殿を溶かしたい。適当な組合せを一つ選べ。 **キ**

試験管Ⅰ 炭酸ナトリウム水溶液と硫酸ナトリウム水溶液の混合液に塩化バリウム水溶液を加えてできた，炭酸バリウムと硫酸バリウムの沈殿

試験管Ⅱ 硝酸銀水溶液と硝酸鉛(Ⅱ)水溶液の混合液に塩化ナトリウム水溶液を加えてできた，塩化銀と塩化鉛(Ⅱ)の沈殿

操 作

- a アンモニア水を加える
- b 希塩酸を加える
- c 硫化水素を十分に通じる

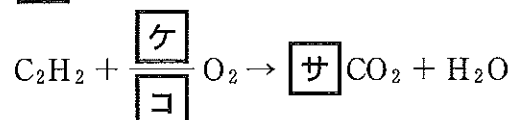
	試験管Ⅰ	試験管Ⅱ
①	a	b
②	a	c
③	b	a
④	b	c
⑤	c	a
⑥	c	b

(3) 点火装置付きの密閉できる容器(体積 8.3 L)に 0.26 g のアセチレン  $C_2H_2$  と 0.96 g の酸素  $O_2$  を封入した。その後火をつけ、完全に燃焼させた。1)~3)に答えよ。ただし、気体はすべて理想気体とする。

1) 燃焼前のアセチレンと酸素の混合気体の圧力は  $27^\circ C$  で何 Pa か。適するものを一つ選べ。  Pa

- ①  $6.0 \times 10^3$                       ②  $9.0 \times 10^3$                       ③  $1.2 \times 10^4$   
 ④  $1.5 \times 10^4$                       ⑤  $1.8 \times 10^4$

2) アセチレンの係数を 1 として、次の燃焼の反応式を完成させよ。  ~  に適する数値を入れよ。



3) 燃焼後の容器内に存在する混合気体の圧力は、 $27^\circ C$  で何 Pa か。適するものを一つ選べ。ただし、生成した水はすべて液体であり、その体積は無視できるものとする。  Pa

- ①  $6.0 \times 10^3$                       ②  $7.5 \times 10^3$                       ③  $9.0 \times 10^3$   
 ④  $1.1 \times 10^4$                       ⑤  $1.2 \times 10^4$

(4) 分子式が  $C_4H_8O_2$  のエステル A, B, C, D は互いに異性体である。これらのエステルをそれぞれ薄い酸を用いて加水分解したところ、それぞれ次のカルボン酸 E, G, I, K とアルコール F, H, J, L が得られた。

エステル		カルボン酸		アルコール
A	→	E	+	F
B	→	G	+	H
C	→	I	+	J
D	→	K	+	L

生成したカルボン酸とアルコールに関する次の記述から、カルボン酸 E, カルボン酸 K, アルコール F, アルコール H が何であることを推定せよ。それぞれの名称を一つずつ選べ。

- ・カルボン酸 E とカルボン酸 G は同じ化合物で、銀鏡反応を示した。
- ・カルボン酸 I とカルボン酸 K は銀鏡反応を示さなかった。
- ・アルコール F を酸化すると、カルボン酸 K が生成した。
- ・アルコール H を酸化すると、ケトン M が生成した。
- ・アルコール J を酸化すると、カルボン酸 I が生成した。

カルボン酸 E

カルボン酸 K

アルコール F

アルコール H

- |            |           |            |
|------------|-----------|------------|
| ① ギ酸       | ② 酢酸      | ③ プロピオン酸   |
| ④ メタノール    | ⑤ エタノール   | ⑥ 1-プロパノール |
| ⑦ 2-プロパノール | ⑧ 1-ブタノール |            |

(5) 分子式  $C_7H_8O$  で表される芳香族化合物 A, B, C について, 次の情報がある。構造式の組合せとして, 正しいものはどれか。一つ選べ。 チ

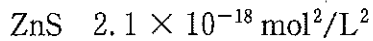
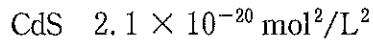
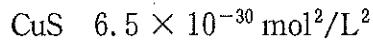
- ・塩化鉄(Ⅲ)水溶液による呈色は C のみで見られる。
- ・A, B, C それぞれの沸点を比較すると, A の沸点が最も低い。
- ・それぞれのジエチルエーテル溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えると, A, B は有機層にとどまり, C のみが水層へ移る。
- ・B を酸化すると,  $C_7H_6O_2$  になる。

	A	B	C
①			
②			
③			
④			
⑤			
⑥			

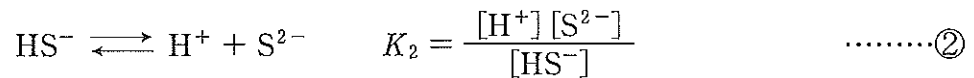
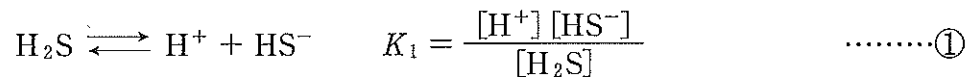
(6) 次の文章を読んで、1)～3)に答えよ。

硫化水素  $\text{H}_2\text{S}$  は金属イオンの定性分析に用いられる。このとき、 $\text{H}_2\text{S}$  と金属イオンとの反応によって生成する金属硫化物の色や、溶液の pH など沈殿が生じるときの条件の違いを利用している。難溶性塩の溶解度積(solubility product)  $K_{\text{sp}}$  は沈殿生成に関わる定数である。2価の金属イオン  $\text{M}^{2+}$  から生じる硫化物  $\text{MS}$  の沈殿が生成するかどうかは、溶液中の金属イオン濃度  $[\text{M}^{2+}]$  と硫化物イオン濃度  $[\text{S}^{2-}]$  の積と溶解度積  $K_{\text{sp}}$  の大小関係から判断できる。ここでは、硫化銅(II)  $\text{CuS}$ 、硫化カドミウム  $\text{CdS}$  および硫化亜鉛  $\text{ZnS}$  の沈殿生成について考える。

なお、 $\text{CuS}$ 、 $\text{CdS}$  および  $\text{ZnS}$  の溶解度積  $K_{\text{sp}}$  として次の値を用いる。



まず、硫化物イオン濃度  $[\text{S}^{2-}]$  について考える。 $\text{H}_2\text{S}$  は2価の弱酸で、水溶液中では次のように2段階に電離している。 $\text{H}^+$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{HS}^-$ 、 $\text{S}^{2-}$  のモル濃度をそれぞれ  $[\text{H}^+]$ 、 $[\text{H}_2\text{S}]$ 、 $[\text{HS}^-]$ 、 $[\text{S}^{2-}]$  で表すと電離定数  $K_1$ 、 $K_2$  は次のようになる。



①、②式から、

$$[\text{S}^{2-}] = \boxed{\text{ツ}}$$

となる。この関係から水溶液の水素イオン濃度  $[\text{H}^+]$  すなわち pH を変化させると、 $[\text{S}^{2-}]$  が変化することがわかる。

常温常圧下で蒸留水に  $\text{H}_2\text{S}$  を十分通したとき、 $\text{H}_2\text{S}$  の飽和水溶液のモル濃度  $[\text{H}_2\text{S}]$  は  $0.1 \text{ mol/L}$  である。

ここで  $K_1 = 5.7 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$ ,  $K_2 = 1.2 \times 10^{-15} \text{ mol/L}$  とすると、 $\text{pH}$  が 4 の水溶液中では

$$[\text{S}^{2-}] = 6.8 \times 10^{-\boxed{\text{テ}}\boxed{\text{ト}}} \text{ mol/L} \quad \dots\dots\dots\text{③}$$

となる。

そして  $\text{pH}$  を 4 に調整した  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  の  $1.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$  溶液に、十分に  $\text{H}_2\text{S}$  を通じたとき、沈殿が生じるかどうかを考えてみる。このとき、 $\text{Cu}^{2+}$  と  $\text{Cd}^{2+}$  を含む水溶液では、いずれも

$$[\text{M}^{2+}][\text{S}^{2-}] \boxed{\text{ナ}} K_{\text{sp}} \quad \dots\dots\dots\text{④}$$

の関係になり、それぞれ黒色、黄色の沈殿を生じると判断できる。一方、 $\text{Zn}^{2+}$  を含む水溶液では沈殿を生じない。 $\text{pH}$  を 5 にすると、 $\text{Zn}^{2+}$  を含む溶液でも、④式の関係が成り立ち、白色の沈殿が生じる。

1)  $\boxed{\text{ツ}}$  にあてはまる文字式はどれか。一つ選べ。  $\boxed{\text{ツ}}$

- ①  $\frac{[\text{H}_2\text{S}]}{[\text{H}^+]} K_1 K_2$       ②  $\frac{[\text{H}^+]}{[\text{H}_2\text{S}] K_1 K_2}$       ③  $\frac{[\text{H}_2\text{S}]}{[\text{H}^+] K_1 K_2}$   
 ④  $\frac{[\text{H}^+]^2}{[\text{H}_2\text{S}]} K_1 K_2$       ⑤  $\frac{[\text{H}_2\text{S}]}{[\text{H}^+]^2} K_1 K_2$

2) ③式の  $\boxed{\text{テ}}\boxed{\text{ト}}$  にあてはまる数値を入れよ。  $\boxed{\text{テ}}\boxed{\text{ト}}$

3)  $\boxed{\text{ナ}}$  にあてはまる等号、不等号を一つ選べ。  $\boxed{\text{ナ}}$

- ①  $<$       ②  $=$       ③  $>$

(7) 次の文章を読んで、1)~3)に答えよ。

デンプンは、多数の $\alpha$ -グルコースが縮合重合した高分子化合物である。デンプンに薄い酸を加えて加熱すると、徐々に加水分解され、分子量がデンプンよりやや小さい( A )や、二糖類のマルトースを経て、グルコースが得られる。グルコースは水溶液中で環状の $\alpha$ -グルコース、 $\beta$ -グルコースと鎖状のグルコースの3種類の異性体が平衡状態で存在している。鎖状のグルコースには( B )があり( C )性を示すので、グルコースの水溶液にフェーリング液を加えて加熱すると赤色沈殿が生成する。

③

1) ( A )に適する化合物はどれか。一つ選べ。  三

- ① スクロース                      ② アミロース                      ③ アミロペクチン  
④ グリコーゲン                      ⑤ デキストリン

2) ( B ), ( C )にあてはまる語の組合せで正しいのはどれか。一つ選べ。  又

	B	C
①	ヒドロキシ基	酸化
②	ヒドロキシ基	還元
③	カルボキシ基(カルボキシル基)	酸化
④	カルボキシ基(カルボキシル基)	還元
⑤	アルデヒド基	酸化
⑥	アルデヒド基	還元

3) 下線③の赤色沈殿は何か。一つ選べ。  ネ

- ① CuO                                      ② Cu<sub>2</sub>O                                      ③ Cu(OH)<sub>2</sub>  
④ CuSO<sub>4</sub>                                      ⑤ [Cu(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>]<sup>2+</sup>

