

## 平成 28 年度 入学試験 問題

## 理 科

## (注 意 事 項)

1. 問題冊子は指示があるまで開かないこと。
2. 届け出た選択科目以外は解答してはならない。
3. 問題冊子のページ及び解答紙は次のとおりである。「始め」の合図があったら届け出た選択科目についてそれぞれを確認すること。

科 目	問 題 冊 子	解 答 紙	
	ペ ー ジ	解答紙番号	枚 数
物理基礎・物理	1 ～ 16	31 ～ 33	3
化学基礎・化学	17 ～ 32	34 ～ 38	5
生物基礎・生物	33 ～ 54	39 ～ 43	5
地学基礎・地学	55 ～ 67	44 ～ 48	5

4. 各解答紙の 2 箇所を受験番号を記入すること。
5. 解答はすべて解答紙の所定の欄に記入すること。
6. 計算その他を試みる場合は、解答紙の裏又は問題冊子の余白を利用すること。
7. この教科は、2 科目 250 点満点(1 科目 125 点満点)です。なお、医学部保健学科(看護学専攻)については、2 科目 100 点満点に換算します。

九州大学

## 補 足 説 明

理 科 (化学基礎・化学)

31 ページ 大問〔5〕(2)

トリペプチド X は直鎖状であるものとする。

# 化学基礎・化学

必要な場合には、次の値を用いよ。

原子量：H = 1.00, C = 12.0, O = 16.0, F = 19.0, Fe = 55.8,

Br = 79.9

〔1〕 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。(25点)

水分子では、酸素原子と水素原子それぞれのもつ不対電子が対をなすことにより〔ア〕結合を生じている。水の沸点は、他の16族元素の水素化合物である $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{H}_2\text{Se}$ 、 $\text{H}_2\text{Te}$ の沸点よりも<sup>(a)</sup>非常に高い。この理由は、水分子中のO—H結合の〔イ〕が特に大きく、隣り合う水分子間で、水素原子をなかだちとした〔ウ〕的な引力による水素結合を生じているためである。また、フッ化水素の<sup>(b)</sup>沸点に比べても水の沸点の方が高い。

塩化水素を水に溶解すると電離し、水素イオンを生じる。この水素イオンに水分子が非共有電子対を提供して生じる〔ア〕結合の一種を〔エ〕結合という。この結合を形成することで生じるオキソニウムイオンの結合角 $\angle\text{HOH}$ は、<sup>(c)</sup>水分子のそれよりも大きくなる。

水(液体)では、個々の水分子は互いに引き合いながら運動しているが、氷(固体)になると、各原子間の結合距離や結合角が定まる。氷(固体)は、水分子の酸素原子が〔オ〕形の各頂点に位置し、その中心に水分子の酸素原子が一つ配置された結晶構造を持つ。この結晶構造において、一つの水分子の酸素原子は、〔X〕個の水素原子と結合しているが、そのうち〔Y〕個は〔ア〕結合で、〔Z〕個は水素結合によるものである。

図1は水の状態図を簡略に表したものである。D点より圧力を上げると、水<sup>(d)</sup>(液体)の〔カ〕は上がるが、氷(固体)の〔キ〕は下がる。D—A線の負の傾きは、圧力が上がると氷(固体)の水素結合が切れて体積が〔ク〕するとともに密度が〔ケ〕し、水(液体)になることを示している。

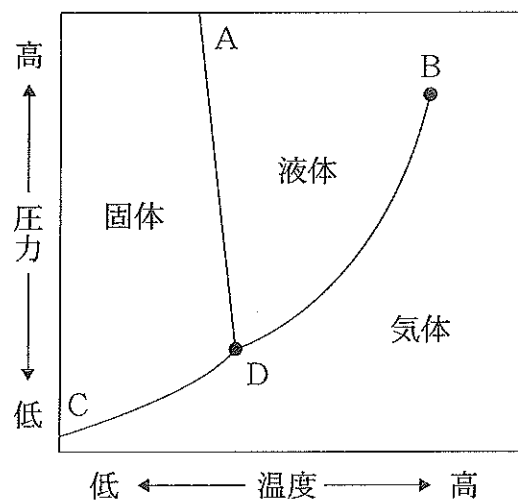


図1

問 1. 文中の〔ア〕～〔ケ〕にあてはまる最も適切な語句を、以下の語群から一つ選択して答えよ。また〔X〕～〔Z〕には、適切な数値を答えよ。

語 群

分子, イオン, イオン化, 共有, 非共有, 金属, 極性, 融点, 沸点, 臨界点, 溶解度, 水素, 酸素, ハロゲン, 配位, 静電気, 電荷, 電子親和力, 直線, 折れ線, 四角錐, 正四面体, 正六面体, 増加, 減少, 膨張, 結合エネルギー

問 2. 下線部(a)について,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{Se}$ ,  $\text{H}_2\text{Te}$  を沸点の高い方から順に記せ。

問 3. 下線部(b)の理由について、以下の(1)~(5)から最も適切なものを一つ選び番号で答えよ。

- (1) 酸素原子の電気陰性度は、フッ素原子の電気陰性度より小さいため。
- (2) 水の分子量は、フッ化水素の分子量より小さいため。
- (3) 水 1 分子あたりの水素結合の数は、フッ化水素 1 分子あたりの水素結合の数より多いため。
- (4) 水分子間の水素結合一つあたりの結合エネルギーは、フッ化水素分子間の水素結合一つあたりの結合エネルギーよりも大きいため。
- (5) 水の O—H 結合の結合エネルギーは、フッ化水素の F—H 結合の結合エネルギーより小さいため。

問 4. オキソニウムイオンの電子式を記入例にならって答えよ。

記入例：塩化物イオン  $\left[ \overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{Cl}}} \right]^{-}$  ただし、 $\cdot$  は電子を表す。

問 5. 下線部(c)の理由について、以下の(1)~(5)から最も適切なものを一つ選び番号で答えよ。

- (1) オキソニウムイオンは、電荷を持つため。
- (2) オキソニウムイオンは、三角錐形の構造を持つため。
- (3) オキソニウムイオン中の水素原子どうしの反発が弱くなるため。
- (4) オキソニウムイオンを形成することで、隣接する水分子との水素結合が、より強くなるため。
- (5) オキソニウムイオンを形成することで、水分子に存在した非共有電子対どうしの反発がなくなるため。

問 6. 下線部(d)について、D点、D—A線、D—B線、D—C線の名称をそれぞれ答えよ。



〔2〕 次の文章を読み、問1～問7に答えよ。(25点)

以下の式①～式④に示す化学反応は、いずれも、それ以上分解して表せない素反応を表している。反応はいずれも均一な溶液中で行い、反応中の温度は変わらないものとする。また、反応の進行に伴う反応溶液の体積変化は無いものとする。反応物や生成物の濃度はモル濃度(体積モル濃度)であり、例えば物質Aについては[A]と表す。また、反応速度は濃度の変化で定義する。

〔反応1〕

式①で示す物質Aと物質Bの間で進行する反応を考える。 $k_1$ は速度定数である。



反応速度を測定するために、一定の時間間隔で生成物Pの濃度を測定した。反応はAとBを混合すると同時に開始した。反応開始時( $t=0$ )のAとBの初濃度は、それぞれ[A]<sub>0</sub>および[B]<sub>0</sub>であった。反応開始時にPは存在しておらず、反応開始後の時間 $t=t_1$ の濃度は[P]<sub>t<sub>1</sub></sub>であった。この反応溶液の体積はVである。

問1. 反応開始から遠くない時間内において、反応開始時から $t=t_1$ までの間の平均の反応速度は、反応開始時の瞬間の速度である反応の初速度 $v_0$ と等しかった。 $v_0$ を生成物の濃度[P]<sub>t<sub>1</sub></sub>を用いて式で答えよ。

問2. 反応時間 $t_1$ における反応溶液中のAの物質量を反応の初速度 $v_0$ を用いて式で答えよ。



[反応 2]

物質 C と物質 D から物質 E への正反応と共に、E から C と D への逆反応が進行する式②に示す反応を考える。 $k_2$  と  $k_{-2}$  は、それぞれ正反応および逆反応の速度定数である。反応開始時の C と D の初濃度は、それぞれ  $[C]_0$  および  $[D]_0$  であり、反応開始時に E は存在しなかった。C と D を混合して反応が進行した後、見かけ上反応が止まった状態(平衡状態)に達した。平衡状態における E の濃度は  $[E]_e$  であった。



問 3. 正反応および逆反応の反応速度を、それぞれ  $v_+$  および  $v_-$  とする。式②の反応が平衡状態にある時、 $v_+$  と  $v_-$  はどのような関係にあるか、式で答えよ。

問 4.  $v_+$  は  $v_+ = k_2[C]_t[D]_t$ 、 $v_-$  は  $v_- = k_{-2}[E]_t$  と表される。ここで  $[C]_t$ 、 $[D]_t$  および  $[E]_t$  は、時間  $t$  における、それぞれの物質の濃度である。 $k_2$  と  $k_{-2}$  の比  $k_2/k_{-2}$  を、 $[E]_e$  および C と D の初濃度を用いて答えよ。

[反応 3]

物質 X と物質 Y が反応し、X と Y が結合した中間生成物 Z を経由して生成物 Q が生成する式③および式④で示す反応を考える。反応溶液中で Z の濃度は、これらの二つの反応の進行に伴って変化する。 $k_3$ ,  $k_{-3}$ , および  $k_4$  はそれぞれの反応過程の速度定数である。



X と Y を混合して反応を開始させた。X と Y の初濃度は、それぞれ  $[X]_0$  および  $[Y]_0$  であり、 $[Y]_0$  は  $[X]_0$  に比べて非常に大きい。また、反応開始時に Z および Q は存在しなかった。式④の反応は式③の反応に比べ進行がずっと遅い。反応開始から遠くない時間内において、Q がゆっくり生成し始め、その後、Q が生成する速度が一定となり、この状態が一定時間保たれた。<sup>(a)</sup>

問 5. 反応が進行して、反応溶液は X, Y, Z および Q の混合溶液になった。反応溶液中の Z の時間  $t$  における濃度  $[Z]_t$  を、 $[X]_0$ ,  $[X]_t$ , および  $[Q]_t$  を用いて表せ。 $[X]_t$  および  $[Q]_t$  は、X および Q の時間  $t$  における濃度である。

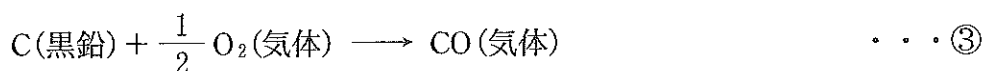
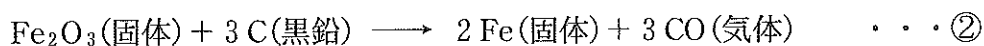
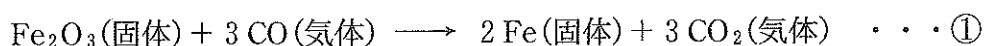
問 6. Z の濃度が変化する速度は、Z が生成する反応速度  $v_{Z(\text{生成})}$  と Z が消滅する反応速度  $v_{Z(\text{消滅})}$  によって決定される。 $v_{Z(\text{生成})}$  は、 $v_{Z(\text{生成})} = k_3[X]_t[Y]_t$  と表される。 $[Y]_t$  は、Y の時間  $t$  における濃度である。 $v_{Z(\text{消滅})}$  を表す反応速度式を、 $[Z]_t$  を用いて答えよ。

問 7. 下線部(a)の状態にある時、Z が生成する反応速度と Z が消滅する反応速度はつり合っている。この状態での濃度の比  $\frac{[Z]_t}{[X]_t[Y]_t}$  を、速度定数を用いて近似せずに表せ。



〔3〕 次の文章を読み、問1～問2に答えよ。ここで $\text{Fe}_2\text{O}_3$ (固体)、 $\text{CO}_2$ (気体)の生成熱は、それぞれ  $824 \text{ kJ/mol}$ 、 $394 \text{ kJ/mol}$  とする。(25点)

(1) 溶鉱炉では、酸化鉄  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  を還元して鉄の単体を製造しており、酸化鉄は主に一酸化炭素や炭素により還元されている。それぞれの反応を式①、式②に示す。式①で必要とする一酸化炭素は、式②および式③の反応により得られる。溶鉱炉では、還元反応や融解に必要な熱は、式③に示す炭素の燃焼反応による反応熱に大きく依存している。



問1. 式①の反応により  $1 \text{ mol}$  の  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ (固体)を還元する反応は発熱反応であり、その反応熱を  $25 \text{ kJ}$  とする。式②の反応により  $1 \text{ mol}$  の  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ (固体)を還元するときの反応熱、および式③の反応により  $1 \text{ mol}$  の  $\text{C}$ (黒鉛)を酸化するときの反応熱はそれぞれいくらか、符号を含めて答えよ。

(2) 式①、式②および式③の反応を利用して鉄の単体を得る溶鉱炉を模した図2に示す反応器がある。この反応器に酸化鉄  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  を毎分  $10 \text{ mol}$ 、空気を毎分  $100 \text{ mol}$  供給するとともに、炭素をある一定速度で供給した。反応器内では、供給された酸化鉄、炭素および空気中の酸素のみが反応し、いずれも全量が消費された。反応器から排出される物質は鉄の単体および一酸化炭素、二酸化炭素、窒素の三成分からなる混合ガスのみであり、それらの排出速度は一定であった。また、反応器から排出される一酸化炭素と二酸化炭素の物質量の比は  $2 : 1$  で一定であった。空気は酸素と窒素のみからなる混合気体とし、それらの物質量の比は  $21 : 79$  であり、窒素は反応していなかった。

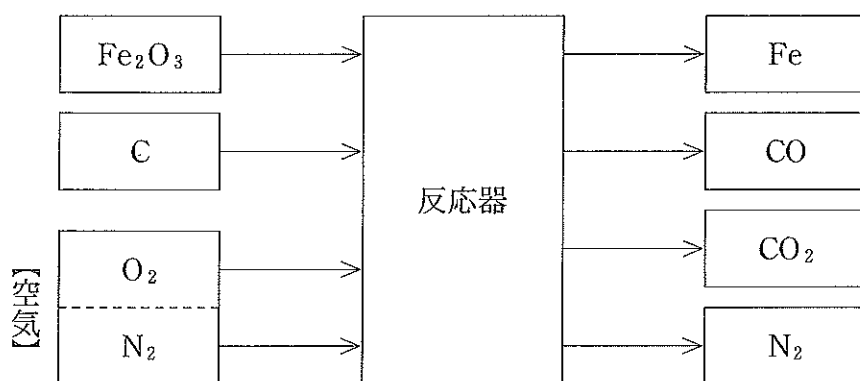


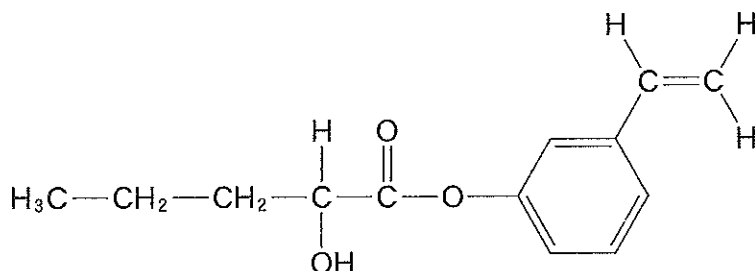
図 2

問 2. 次の文章中の〔ア〕～〔キ〕に入る適切な数値を、小数点以下を四捨五入して整数で答えよ。

図 2 の反応器での反応において、得られる鉄の単体の物質量は毎分〔ア〕mol であり、供給される空気中の酸素分子の物質量は毎分〔イ〕mol である。空気中の酸素分子がかかわる反応は式③の反応のみであるため、この反応器において式③の反応で消費される炭素の物質量は毎分〔ウ〕mol であることがわかる。また、反応器に供給される空気および酸化鉄に含まれる酸素原子数の和と、排出される一酸化炭素および二酸化炭素に含まれる酸素原子数の和は等しいことから、反応器から排出される二酸化炭素の物質量は毎分〔エ〕mol であることがわかる。一方、反応器から排出される炭素原子数の総和は供給される炭素原子数と一致するため、反応器へ供給される炭素の物質量は毎分〔オ〕mol となる。供給された炭素のうち、式③の反応で消費されなかった炭素は式②の反応で消費される。このことから、式②の反応により還元される酸化鉄の物質量は毎分〔カ〕mol であり、それ以外の酸化鉄が式①の反応により還元されることがわかる。また、この反応器で鉄の単体 100 g を得るために消費される炭素の質量は〔キ〕g である。

〔4〕 次の文章を読み、問1～問7に答えよ。構造式を記入するときは、記入例にならって答えよ。(25点)

構造式の記入例



化合物 A, B, C は炭素原子, 水素原子のみからなる化合物である。これらは同じ分子式をもつ構造異性体であり, その分子量は 82.0 である。化合物 A 61.5 mg を完全燃焼させると二酸化炭素 198 mg, 水 67.5 mg が得られた。

化合物 A の構造式には  $-\text{CH}_3$  が一つだけ存在する。化合物 A に硫酸水溶液を加えても反応はおこらなかったが, さらに硫酸水銀(II)を触媒として加えると分子量 100 の化合物 D が主生成物として得られた。化合物 D 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黄色沈殿が生成した。<sup>(a)</sup>

化合物 B には B を含めて三つの幾何異性体が存在する。化合物 B に十分な量の臭素を反応させると化合物 E が生成した。<sup>(b)</sup>

化合物 C にニッケルを触媒として十分な量の水素を反応させると分子量が 84.0 である化合物 F が生成した。化合物 C に硫酸水溶液を加えて水を付加させると化合物 G が生成した。化合物 G に金属ナトリウムを反応させると水素が発生した。<sup>(c)</sup>一方, 化合物 G に硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液を加えて加熱したが酸化されなかった。

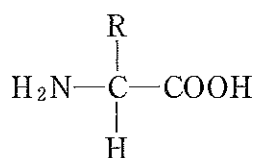
問 1. 化合物 A の分子式を答えよ。

問 2. 下線部(a)の反応の名称を答えよ。

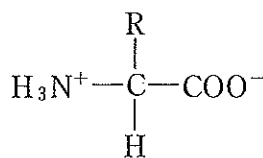
- 問 3. 化合物 **D** の構造式を答えよ。また、官能基の種類によって分類される化合物 **D** の一般名を答えよ。
- 問 4. 化合物 **B** 61.5 mg を完全に反応させるために必要な臭素の質量 [mg] を答えよ。小数点以下は四捨五入すること。
- 問 5. 下線部(b)についてトランス形のみからなる幾何異性体の構造式を答えよ。
- 問 6. 下線部(c)の反応を化合物 **G** の代わりにメタノールに対して行った場合の化学反応式を答えよ。
- 問 7. 化合物 **G** の構造式には  $-\text{CH}_3$  が一つだけ存在する。化合物 **G** として考えられるすべての構造異性体の数を答えよ。ただし、立体異性体が存在しうる場合は区別しなくてよい。また、化合物 **G** として考えられる構造式を一つ答えよ。

〔5〕 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。(25点)

- (1)  $\alpha$ -アミノ酸は一般式1で表され、共通した官能基として—COOHで表される〔ア〕基、—NH<sub>2</sub>で表されるアミノ基を持ち、側鎖Rのみが異なっている。これらの $\alpha$ -アミノ酸は、あるpHの水溶液中では一般式2のイオンとして存在する。このように一つの分子中に正・負の電荷を合わせ持つイオンを〔イ〕イオンという。 $\alpha$ -アミノ酸の〔ア〕基と別の $\alpha$ -アミノ酸のアミノ基が〔ウ〕縮合して結合した化合物をペプチドいう。特に多数の $\alpha$ -アミノ酸が〔ウ〕縮合して鎖状に結合した化合物をポリペプチドといい、その中で特有の機能を持つものをタンパク質と呼んでいる。タンパク質中の $\alpha$ -アミノ酸の配列順序を〔エ〕構造、ポリペプチド鎖において比較的狭い範囲でくり返される、らせん状の〔オ〕や波形状の $\beta$ -シートなどの高次構造を〔カ〕構造という。加水分解すると $\alpha$ -アミノ酸のみを生じるタンパク質を〔キ〕タンパク質といい、 $\alpha$ -アミノ酸の他に糖類や脂質などを生じるタンパク質を〔ク〕タンパク質という。



一般式1



一般式2

問1. 〔ア〕～〔ク〕にあてはまる適切な語句を答えよ。



(2) トリペプチド X は表 1 に示す, いずれかの  $\alpha$ -アミノ酸から構成されている。トリペプチド X について実験を行い, 以下の結果①~④を得た。

結果① 濃い水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱した後, 酢酸鉛(II)水溶液を加えると黒色沈殿が生じた。

結果② 濃硝酸を加えて加熱すると黄色になった。

結果③ 加水分解すると, 側鎖に不斉炭素原子を持つ  $\alpha$ -アミノ酸が生じた。

結果④ 臭素酸ナトリウム存在下で反応させると, 主な生成物として化合物 Y が生じた。

表 1  $\alpha$ -アミノ酸の名称と分子量

$\alpha$ -アミノ酸の名称	分子量	$\alpha$ -アミノ酸の名称	分子量
グリシン	75	システイン	121
アラニン	89	チロシン	181
セリン	105	グルタミン	146
バリン	117	グルタミン酸	147
イソロイシン	131	リシン	146

問 2. 結果①, ②, ③からトリペプチド X を構成している三つの  $\alpha$ -アミノ酸がわかる。それぞれの結果に対応する  $\alpha$ -アミノ酸の名称を表 1 から選んで答えよ。

問 3. トリペプチド X を構成している  $\alpha$ -アミノ酸の中で, 最も分子量の小さい  $\alpha$ -アミノ酸の構造を一般式 1 にならって答えよ。

問 4. 結果②で起こった反応の名称を答えよ。

問 5. 表 1 の分子量を使って, 結果④で得られた化合物 Y の分子量を計算し, 整数で答えよ。

