

令和6年度

工学部工学科応用化学コース

一般選抜（後期日程）

化学

注意

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. この問題冊子は、全部で9ページです。解答用紙は5枚、下書き用紙は1枚で、問題冊子とは別になっています。試験開始の合図があってから確認してください。
3. 問題冊子あるいは解答用紙に、文字などの印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁、汚れなどがあつた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
4. 試験開始後に、全ての解答用紙（5枚）上部の指定欄に受験番号を算用数字で記入してください。氏名を書いてはいけません。
5. 解答は、解答用紙の指定欄に明瞭に記入してください。解答用紙の所定欄以外に記入した解答は、採点の対象としません。
6. 1ページ目の「解答上の注意」をよく読んで解答してください。
7. 全ての解答用紙（5枚）を提出してください。
8. 問題は **1** ～ **3** の3問です。全ての問題を解答してください。
9. 問題冊子、下書き用紙は持ち帰ってください。

解答上の注意

1. 必要があれば，次の原子量を用いよ。

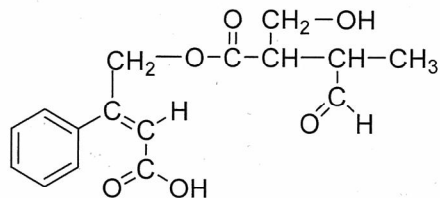
原子量： H=1.0, C=12, N=14, O=16, ^{18}O =18

2. 字数を指定している設問の解答では，1マスに1つの文字を書け。数字，アルファベット，句読点，括弧，記号などは，〔例〕のように全て1字とみなせ。

〔例〕

[	C	u	(	N	H	3	)	4	]	2	+	は	,	C	u	2	+	に	4
分	子	の	N	H	3	が	配	位	子	と	し	て	配	位	結	合	し	た	錯
イ	オ	ン	で	あ	る	。													

3. 構造式は下の例にならって記せ。

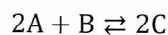


(以下余白)

1 以下の問いに答えよ。

問1 ギ酸 HCOOH の水溶液の pH を測定したところ、 $25\text{ }^\circ\text{C}$ で 3.000 であった。この溶液中の電離していないギ酸の濃度 $[\text{mol/L}]$ を計算過程とともに有効数字 3 桁で記せ。ただし、 $25\text{ }^\circ\text{C}$ におけるギ酸の電離定数 K_a は $2.82 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ である。

問2 ある溶媒中で化合物 A, B, C は、下の可逆反応を示す。ただし、この溶液中には A, B, C 以外の溶質は存在しない。



(1) 反応速度 v を A の減少速度で調べたところ、 $v = 6.0 \times 10^{-3} \text{ mol/(L}\cdot\text{s)}$ であった。このときの B の減少速度および C の増加速度を有効数字 2 桁で記せ。計算過程も記せ。

(2) 濃度が $4.00 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ の A の溶液と $2.00 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ の B の溶液を同じ体積で混合し、ある一定の温度で反応させたところ、A の濃度が $1.00 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ になり平衡に達した。この反応の平衡定数 K を求めよ。ただし、答えは単位とともに有効数字 3 桁で記せ。計算過程も記せ。

(3) 正反応が吸熱反応であるとして、下の (a) ~ (c) の条件でそれぞれ反応させた。

(a) 温度を上げて反応させた。

(b) 触媒を加えて (2) の場合と同じ温度で反応させた。

(c) 濃度が $2.00 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ の A の溶液と $4.00 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ の B の溶液を同じ体積で混合し (2) の場合と同じ温度で反応させた。

(a) ~ (c) における反応の平衡定数 K は (2) で求めた平衡定数 K の値と比較してどうなるか。次の ① ~ ③ から正しいものを選び、記号で答えよ。

① 大きくなる

② 同じ値になる

③ 小さくなる

(次のページへ続く)

問3 温度 T [K] において、容積 V [L] の容器に水と m [mol] の理想気体を入れた。この気体は圧力 Q [Pa]、温度 T [K] のとき S [L] の水に n [mol] 溶ける。容器内の水の体積を W [L]、気体定数を R [L·Pa/(K·mol)] として、 T [K] における容器の中のこの理想気体の圧力 p [Pa] を適切な数値および m, n, Q, R, S, T, V, W を用いて表せ。また、導出過程も記せ。ただし、理想気体の溶解、および水の蒸発に伴う容器内の水の体積変化は無視できるものとする。

(以下余白)

2 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

(I)

解熱鎮痛剤として用いられている化合物 A はサリチル酸と無水酢酸を反応させて (あ) 基を (い) 化することにより合成される。サリチル酸にも解熱鎮痛作用はあるが、胃腸障害などの望まない効果も著しいため、現在では飲み薬としては用いられない。

化合物 A を合成するために、サリチル酸 1.0 g と無水酢酸 2.0 mL を試験管に入れ、そこに濃硫酸を 1 滴加えた。試験管をよく振り混ぜた後、40 °C の湯に 5 分間浸した。試験管を流水で冷やしてから水を少量加え、析出した固体をろ過してとり出した。得られた固体を乾燥させた後、少量を用いて (a) 融点を測定したところ、文献に記されている値 (135 °C) よりも低い温度で融解が始まった。 (b) その固体を少量とり、塩化鉄 (III) 水溶液の中に入れてみたところ、赤紫色に呈色した。残りの (c) 固体を加温したエタノールと水の混合液に溶解させ、冷却すると結晶が析出した。ろ過により結晶をとり出し、乾燥させた後の重さは 0.90 g であった。その結晶の一部をとり融点を測ると、文献に記載されている値と等しかった。

(II)

化合物 B は独特のにおいを持つ液体であり、サリチル酸と (d) メタノールとの (い) 化によって得られる。化合物 B にも鎮痛作用があり塗布薬などに用いられている。

化合物 B を合成するために、サリチル酸 1.0 g とメタノール 3.0 mL を試験管に入れ、そこに濃硫酸を 1 滴加えた。試験管を 30 分間穏やかに加熱した後、室温になるまで冷却した。 (e) 反応物を飽和炭酸水素ナトリウム水溶液 30 mL の入ったビーカーにゆっくり注ぎ込んだ。遊離してきた (f) 油状の化合物 B を駒込ピペットを用いて取り出した。

問 1 A の化合物名と構造式を記せ。

問 2 (あ)、(い) にあてはまる最も適切な語を記せ。

問 3 (a) 融点について正しい記述には「○」を、誤りを含むものには「×」を記せ。

- ① 分子量が 10,000 より大きい有機化合物では、明確な融点を示さないものが多い。
- ② 純物質の融点は凝固点と等しい。
- ③ ある試料が 135 °C で融解した場合、その試料は化合物 A であるとみなしてよい。
- ④ 融点が 0 °C 以下を示す有機化合物が存在する。
- ⑤ 1 気圧において融点をもたない物質が存在する。

(次のページへ続く)

問4 下線部 (b) において、呈色が見られたことから何がわかるか。25 字以内で説明せよ。

問5 下線部 (c) のように、溶解度の差を利用して不純物を除く操作を何とよぶか。

問6 実際の化学反応では、必ずしも反応物のすべてが目的の生成物になるとは限らない。理論上得られるはずの物質質量に対して、実際に得られた生成物の物質質量の割合を「収率」といい、次の式で求められる。

$$\text{収率 (\%)} = \frac{\text{実際に得られた生成物の物質質量}}{\text{理論上得られるはずの生成物の物質質量}} \times 100$$

(I) の実験で得られた化合物 A の収率を求めよ。有効数字 2 桁で答えよ。なお、無水酢酸の密度は 1.1 g/cm^3 である。また、(b) の操作や融点測定に用いた固体の質量は無視できるものとする。

問7 下線部 (d) のメタノールに関して正しい記述には「○」を、誤りを含むものには「×」を記せ。

- ① 酸化するとホルムアルデヒドが生じ、さらに酸化すると酢酸が生じる。
- ② ヨードホルム反応を起こす。
- ③ 水と混ざり合わない。
- ④ ナトリウムと反応し水素ガスを発生する。
- ⑤ 工業的には糖やデンプンなどの発酵によって生産されている。

問8 下線部 (e) の操作において、ビーカーの中では気体の発生が見られた。この気体は何か。化学式で記せ。

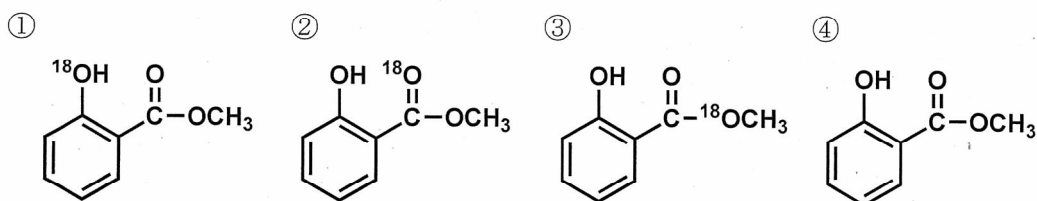
(次のページへ続く)

問9 下線部 (f) の操作で得られた油状の試料について、正しいものに「○」を、誤りを含むものに「×」を記せ。

- ① 塩化鉄(III)水溶液で呈色する。
- ② 加熱によって無水フタル酸を生じる。
- ③ 水酸化ナトリウム水溶液中で加熱すると、安息香酸が生じる。
- ④ 弱い塩基性を示し塩酸との塩を生成する。
- ⑤ 水酸化ナトリウム水溶液に溶解する。

問10 (II) の実験においてメタノールの代わりに酸素の同位体 ^{18}O を含むアルコール ($\text{CH}_3^{18}\text{OH}$) を用いて化合物 C の合成を行った。

(1) 化合物 C の構造として適切なものは次のどれか。記号で答えよ。



(2) 化合物 C の元素分析を行った場合、炭素および水素の質量百分率はそれぞれ何 % か。有効数字2桁で答えよ。計算過程も示せ。

(以下余白)

3 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

ヒトが健康を維持するための三大栄養素は、タンパク質、脂質および炭水化物（糖類）である。ヒトが摂取したタンパク質は体内で酵素により（ア）分解され、 α -アミノ酸となって吸収される。この^(a)アミノ酸分子のほとんどは不斉炭素をもっている。これらアミノ酸の中で、ヒトの体内で合成されないか、または合成されにくいものを^(b)（イ）とよぶ。

タンパク質は、 α -アミノ酸がペプチド結合した高分子化合物であり、アミノ酸だけで構成される（ウ）タンパク質と、核酸、糖、リンなどを含む（エ）タンパク質に分類される。タンパク質の多くは、骨格部分にらせん状構造の α -ヘリックスやジグザグ状に折れ曲がって並んだ β -シートといった（オ）結合により安定化された二次構造をもつ。

生体内の^(c)化学反応に関わる酵素もタンパク質の一種であり、触媒作用を有している。例えば、^(d)すい液に含まれるトリプシンは、タンパク質を基質として、リシンまたはアルギニンのカルボキシ基側のペプチド結合を（ア）分解する酵素である。

脂質の一種である油脂は、（カ）と脂肪酸からなるエステルであり、バターや天ぷら油に多く含まれている。油脂は、すい液などに含まれる（キ）という酵素により、（カ）と脂肪酸に（ア）分解され、腸から吸収される。

炭水化物のデンプンはパンや米などに多く含まれる成分であり、 α -グルコースが（ク）結合で長くつながった構造をもつ。デンプンは（ケ）液を還元しないが、^(e)デンプンを（ア）分解したグルコースは（ケ）液を還元し、^(f)赤色沈殿を生じる。

問1 文章中の（ア）～（ケ）にあてはまる最も適切な語句を記せ。

問2 下線部 (a) に関して、次の①～⑤のアミノ酸のうち不斉炭素をもつものに「○」を、もたないものに「×」を記せ。

- ① ロイシン ② グリシン ③ チロシン ④ フェニルアラニン ⑤ リシン

(次のページへ続く)

問3 下線部 (b) について、次の ① ~ ④ の記述のうち、正しいものに「○」を、誤りを
含むものに「×」を記せ。

- ① ヒトの (イ) は 15 種類以上が知られている。
- ② (イ) は分子中に必ずアミノ基を有する。
- ③ ヒトの (イ) には全て不斉炭素が含まれる。
- ④ (イ) は哺乳類全体で同一である。

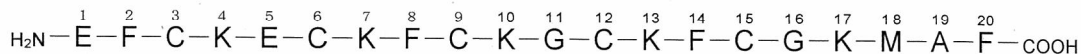
問4 下線部 (c) について、次の問いに答えよ。

一般の化学反応は反応温度を上げると反応速度は大きくなる。酵素による化学反応
(酵素反応) の場合、反応温度を変化させたとき、酵素反応の速度はどのように変化
するか。60 字以内で述べよ。

問5 下線部 (d) のトリプシンを用いることで、タンパク質のジスルフィド結合の位置を
特定できる場合がある。

ジスルフィド結合を有するタンパク質 X は、20 個のアミノ酸からなり、一次構造は
次のとおりである。

【タンパク質 X の一次構造】

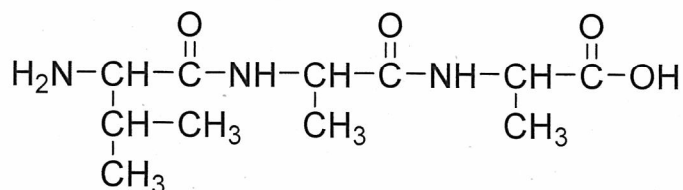


タンパク質の一次構造は次のアミノ酸の略号で示した。また、略号の上部の数字は、
アミノ基側から数えたアミノ酸の位置を表す番号である。

アミノ酸の略号

A: アラニン, C: システイン, E: グルタミン酸, F: フェニルアラニン
G: グリシン, K: リシン, M: メチオニン, V: バリン

例えば、 $\text{H}_2\text{N}-\overset{1}{\text{V}}-\overset{2}{\text{A}}-\overset{3}{\text{A}}-\text{COOH}$ と表記されたペプチドは次の化学構造を表す。



(問5は次のページへ続く)

次の(1)および(2)の問いに答えよ。

- (1) タンパク質 X のジスルフィド結合を還元剤で切断した後、トリプシンで分解すると、何種類の分解物が得られるか記せ。
- (2) 還元剤で処理していないタンパク質 X をトリプシンで分解したところ、4種類の分解物が得られた。このうち、2種類の分解物は、いずれも、Eが1個、Cが2個、Fが1個、Gが1個、Kが2個、の計7個のアミノ酸で構成されていた。タンパク質 X のジスルフィド結合が、どのアミノ酸の間で形成されているか、次の例にならって記せ。複数のジスルフィド結合がある場合はすべて書け。

例

ポリペプチド $\text{H}_2\text{N}-1-2-3-4-5-6-7-8-9-\text{COOH}$ の
アミノ基側から3番目と6番目のアミノ酸の間でジスルフィド結合が
形成されている場合

解答：3-6

問6 下線部 (e) のように、デンプンの(ア)分解により生じるグルコースが(ケ)液を還元するのはなぜか、80字以内で述べよ。

問7 下線部 (f) の赤色沈殿は何か。化学式で答えよ。

(以下余白)

化 学

1

— 1枚目

受 験 番 号

見本

小 計

問 1	計算過程		
		濃度	mol / L

採 点

問 2	(1)	計算過程	
		Bの減少速度 mol / (L·s)	Cの増加速度 mol / (L·s)
(2)	計算過程		平衡定数 K
	(3)	(a)	(b)
		(c)	

採 点

採 点

採 点

化学

1

— 2枚目

受験番号

--	--	--	--	--	--	--	--

見本

小計

--

導出過程

採点

--

問
3

$p =$

化学

2

－1枚目

受験番号

見本

小計

問1	化合物名				
	構造式				

採点

問2	あ			い		
----	---	--	--	---	--	--

採点

問3	①	②	③	④	⑤

採点

問4											20
											25

採点

問5				
----	--	--	--	--

採点

問6	収率				%
----	----	--	--	--	---

採点

問7	①	②	③	④	⑤

採点

問8		
----	--	--

採点

問9	①	②	③	④	⑤

採点

化 学

2

－2枚目

受 験 番 号

見本

小 計

採 点

問10	(1)				
	(2)	計算過程			
		<table border="1"><thead><tr><th>炭素の含有量</th><th>水素の含有量</th></tr></thead><tbody><tr><td style="text-align: right;">%</td><td style="text-align: right;">%</td></tr></tbody></table>	炭素の含有量	水素の含有量	%
炭素の含有量	水素の含有量				
%	%				

化 学

3

受 験 番 号

見本

小 計

問1	ア		イ		ウ	
	エ		オ		カ	
	キ		ク		ケ	

採 点

問2	①	②	③	④	⑤

採 点

問3	①	②	③	④

採 点

問4																					20	
																						40

採 点

問5	(1)		(2)	
		種類		

採 点

問6																								20	
																									40
																									60
																									80

採 点

問7	化学式	

採 点

(下 書 き 用 紙)

見本