

令和2年度

## 工学部工学科応用化学コース

## 一般入試（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7枚、下書き用紙は2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つ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、汚れなどがあった場合は、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（7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（7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。

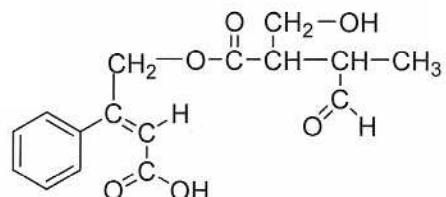
原子量 : H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16, Na = 23, S = 32, Cl = 36, K = 39

2. 字数を指定している設問の解答では、1マスに1つの文字を書きなさい。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字とみなしなさい。

【例】

[	C	u	(	N	H	<sub>3</sub>	)	<sub>4</sub>	]	<sup>2</sup>	<sup>+</sup>	は	,	C	u	<sup>2</sup>	<sup>+</sup>	に	4
分	子	の	N	H	<sub>3</sub>	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 次の文章を読み、以下の問い合わせに答えよ。

構成元素が共有結合で連結した物質のことを **ア** とよび、構成元素の原子量の総和を **イ** という。一方、イオンやイオン結合でできた物質の構成元素の原子量の総和を **ウ** という。1 molあたりの質量であるモル質量の数値は **イ** または **ウ** に等しい。

物質が気体の場合、(a)その気体が理想気体であることを仮定すれば、気体の状態方程式に基づき物質のモル質量を求めることができる。 気体になりにくい物質であれば、(b)その物質の希薄溶液の凝固点降下度から物質のモル質量を求めることができる。

問1 文章中の **ア** ~ **ウ** にあてはまる最も適切な語句を記せ。

問2 下線部 (a)について、下の各問い合わせに答えよ。

(1) 気体の状態方程式に基づき、気体のモル質量を求めるのに必要な値を全て記せ。また、これらの値とモル質量との関係式を示せ。なお、次の【例】にならって、それぞれの値の単位を〔 〕内に記し、単位のない値は〔-〕とせよ。

【例1】 円の面積を求めるのに必要な値：円の半径 [m]，円周率 [-]

関係式：円の面積 [ $m^2$ ] = 圓周率 [-] × 円の半径 [m] × 円の半径 [m]

【例2】 物質の密度を求めるのに必要な値：物質の質量 [kg]，物質の体積 [ $m^3$ ]

関係式：物質の密度  $\left[ \frac{kg}{m^3} \right] = \frac{\text{物質の質量 } [kg]}{\text{物質の体積 } [m^3]}$

(2) 理想気体とはどのような気体なのか 40 字以内で述べよ。また、実在気体は、圧力がゼロに近づくほど理想気体に近づくが、この理由を 120 字以内で述べよ。

問3 下線部 (b)について、下の各問い合わせに答えよ。

(1) 希薄溶液の凝固点降下度は、溶質の種類に無関係で、溶質粒子の質量モル濃度に比例する。この比例定数は溶媒の種類により固有の値である。次の文章を読み、 $\alpha$ -アミノ酸である物質 A のモル質量を有効数字 2桁で求め、物質 A の名称および化学式を答えよ。 なお、計算過程も示せ。

グリシン ( $C_2H_5NO_2$ ) 12.3 g を溶媒 X 1000 g に溶解した溶液の凝固点降下度が 0.747 K であるとわかっている。物質 A 0.730 g を溶媒 X 500 g に溶解した溶液の凝固点降下度は 0.0747 K であった。ただし、グリシンおよび物質 A は、溶液中ですべて双性イオンとして存在するものとする。

(次のページへ続く)

(2) 次の各物質 1.00 g を水 100 g に完全に溶かした溶液がある。これらの水溶液のうち、凝固点が最も高い水溶液および最も低い水溶液はどれか、番号で答えよ。ただし、電解質はすべて電離するものとし、凝固点降下の比例定数は濃度に依存しないものとする。

- ① 塩化カリウム    ② スクロース    ③ グルコース    ④ 硫酸ナトリウム

問4 物質のモル質量は、その物質が溶媒に溶けるときの溶解熱 [J/mol] およびその溶媒の比熱 [J/(g·K)] がわかっていれば、下線部 (a), (b) の方法によらず求めることができる。

以下の【例】を参考に、[物質のモル質量] を求める式を示せ。なお、

$$\begin{aligned}A &= [\text{溶媒の比熱}] , \\B &= [\text{物質の溶解熱}] , \\C &= [\text{物質の質量}] , \\D &= [\text{溶媒の質量}] , \\E &= [\text{溶解前の溶媒の温度}] , \\F &= [\text{溶解後の溶液の温度}] , \\G &= [\text{物質のモル質量}]\end{aligned}$$

とし、溶解熱は全て溶液の温度変化に費やされ、溶液の比熱および物質の溶解熱は濃度に依存しないと仮定せよ。

【例】円の直径は、その円の面積がわかっていれば、求めることができる。

$$\begin{aligned}A &= [\text{円の面積}] , \\B &= [\text{円周率}] , \\C &= [\text{円の直径}]\end{aligned}$$

とすると、[円の直径] は次式で表される。

$$\text{円の直径を求める式: } C = 2\sqrt{\frac{A}{B}}$$

(以下余白)

2

- (I) 元素の周期表に関する次の文章を読み、以下の問い合わせに答えよ。

UNESCO（国際連合教育科学文化機関）は、昨年の2019年を国際周期表年と宣言した。その150年前の1869年、ロシアの科学者（あ）は、当時知られていた63種類の元素を原子量の順に並べ、さらに、性質が類似する元素を縦に配列することで周期表の原型をつくった。その後、新しい元素が次々と発見され、現在では100種類を超える元素が規則的に並んだ元素の周期表が用いられている。

現在の周期表では、縦に18列の元素が配置されており、(a)左から1族、2族の順で一番右端の列を18族と呼んでいる。このうち、1族、2族および12～18族の元素を（い）元素、3～11族の元素を（う）元素という。

周期表からは、それぞれの元素の性質を予想することができる。例えば(b)電気陰性度は、周期表の18族を除き、右上に位置する元素ほど大きい傾向にある。つまり、全ての元素の中で（え）の電気陰性度が最も大きいと予想される。同じ周期の元素では、周期表の（お）側に位置するものほど(c)第1イオン化エネルギーは小さい傾向がある。また、（か）族の元素の(d)電子親和力は、同じ周期の他の元素よりも大きい傾向がある。

炭素は周期表では第（き）周期の（く）族に位置し、原子は（け）個の価電子をもつ。(e)炭素の単体には、いくつかの同素体が存在する。また、炭素を含む化合物の多くは有機化合物と呼ばれ、生命活動において重要な働きをするものも多い。しかし、炭素を含む化合物の中でも、(f)一酸化炭素や(g)二酸化炭素などは無機化合物に分類される。

問1 （あ）～（け）にあてはまる人名、語句または数字を記せ。

問2 下線部(a)に関する次の記述のうち、正しいものに○を、誤りを含むものに×を記せ。

- (1) 1族に属する元素は全てアルカリ金属と呼ばれる。
- (2) アルカリ土類金属は2族に属する元素である。
- (3) 17族に属する元素はハロゲンと呼ばれ、その単体は全て無色である。
- (4) 18族に含まれる元素は貴ガス（希ガス）と呼ばれ、その単体は水と容易に反応して水素を発生する。
- (5) 3族～11族に含まれる元素は全て金属である。

（次のページへ続く）

問3 下線部 (b) の電気陰性度とは何か。30字以内で説明せよ。

問4 下線部 (c) の第1イオン化エネルギーとは何か。30字以内で説明せよ。

問5 下線部 (d) の電子親和力とは何か。30字以内で説明せよ。

問6 下線部 (e) に関して、炭素以外の同素体の例を1つ挙げよ。【解答例】にならって記せ。

【解答例】炭素の同素体・・・ダイヤモンドと黒鉛

問7 下線部 (f) の一酸化炭素を発生させる方法がいくつか知られている。次の(1)(2)の方法に対応する化学反応式を【例】にならって記せ。

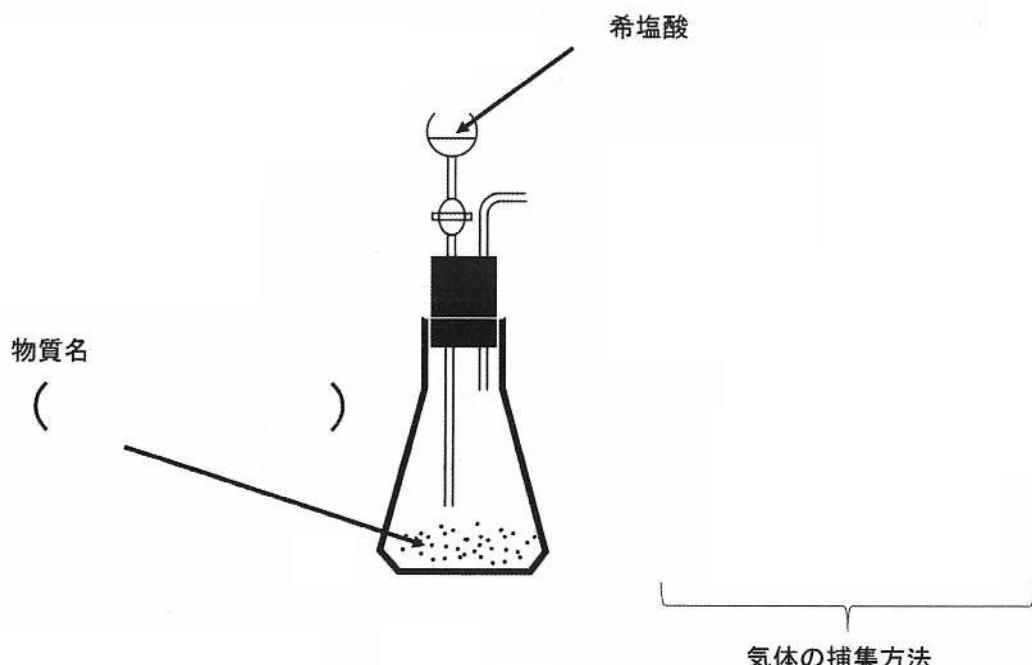
【例】高温の水蒸気と赤熱したコークスを接触させる。



(1) 高温の炭素に二酸化炭素を接触させる。

(2) ギ酸と濃硫酸を混合し加熱する。

問8 下線部 (g) の二酸化炭素を発生させるための実験装置の図の一部が描かれている。解答欄の図を完成させよ。なお、( )には用いる物質名を記入し、図の右側の【气体の捕集方法】には発生した气体を捕集するために必要な装置の略図を描き入れよ。



(次のページへ続く)

(II) 有機化合物に関する次の文章を読み、以下の問い合わせに答えよ。

3種類の有機化合物 A, B および C が均一に混ざった混合物 X がある。A ~ C はいずれも炭素、水素および酸素からなり、それぞれ構造中に 1 つのベンゼン環を含んでいる。A と B は異性体の関係にあり、C のモル質量は A と B より小さい。

混合物 X の元素分析を行ったところ、炭素が 68.63%、水素が 7.75% 含まれることがわかった。

5.42 g の混合物 X と十分な量の飽和炭酸水素ナトリウム水溶液およびジエチルエーテルを、分液ろうとを用いて振り混ぜ静置したところ、二層に分離した。上層を分け取り溶媒を留去したところ、A と B の混合物が得られた。この混合物を水酸化ナトリウム水溶液とともに加熱して十分に反応させた後に酸を加えると、化合物 D、化合物 E および化合物 F がそれぞれ 1.00 : 2.00 : 6.00 のモル比（物質量の比）で生じることがわかった。

化合物 D は *p*-キシレンを酸化することによって得られ、これはポリエチレンテレフタラート（PET）の原料としても知られている。化合物 E は化合物 D の構造異性体であり、E を加熱すると無水フタル酸 G を与えた。

化合物 F はヨードホルム反応によって黄色の沈殿を生じた。なお、化合物 F は 3 つのメチル基と 1 つの不斉炭素原子を含む、モル質量が 88 g/mol のアルコールである。

上述の分液操作で得られた下層を希塩酸によって酸性化し、エーテルを加えて分液ろうとを用いて振り混ぜた。エーテル層を分け取り、溶媒を留去すると化合物 C が得られた。C を水酸化ナトリウム水溶液とともに加熱し十分に反応させた後に酸を加えると、化合物 D と化合物 F が等しいモル比（物質量の比）で得られた。

また、化合物 C と化合物 F を縮合させると化合物 A が生成した。

問9 化合物 A ~ G の構造式を記せ。

問10 化合物 F の異性体の中でメチル基を 4 個含むものの構造を記せ。

問11 5.42 g の混合物 X は化合物 A ~ C をそれぞれ何 g 含むか計算せよ。計算過程も示し、有効数字 3 衔で答えよ。

(以下余白)

③ 以下の文章を読み、各間に答えよ。

(a) ナイロン66は、1934年（　あ　）によって開発された合成繊維であり、アジピン酸と【A】の（　い　）により得られる。前述の2つの単量体（モノマー）を使用した重合では高温で反応する必要があるが、(b)常温での反応によりナイロン66を得る方法も知られており、その方法は高校や大学における実習・実験に取り入れられている。

ナイロン66をはじめとする(c)ポリアミド繊維は、非常に丈夫であるという特徴を有し、衣類や釣り糸等に利用されている。また、さらに強度の高いポリアミド系合成繊維としてアラミド繊維が開発されており、防弾チョッキ等に利用されている。

合成高分子化合物の多くは、熱や圧力を加えることにより成型・加工できる。このような高分子材料を合成樹脂またはプラスチックと呼ぶ。(d)合成樹脂は、熱に対する性質の違いで分類され、ポリアミド繊維は（　う　）に分類される。

問1 空欄（あ）～（う）に入る最も適切な人名または語句をそれぞれ1つ選び番号で答えよ。

- (あ) ① 櫻田一郎 ② グッドイヤー ③ ベークランド  
④ シュタウディンガー ⑤ カロザース

- (い) ① 付加重合 ② 縮合重合 ③ 閉環重合 ④ 付加縮合  
⑤ アセタール化

- (う) ① 熱硬化性樹脂 ② イオン交換樹脂 ③ 熱可塑性樹脂  
④ 陽イオン交換樹脂 ⑤ 陰イオン交換樹脂

問2 【A】にあてはまる化合物名を記せ。

問3 下線部 (a) ナイロン66の化学構造を記せ。

問4 合成したナイロン66に含まれるアミド結合の数は、平均で639個であった。この合成したナイロン66のモル質量の平均値を有効数字3桁で答えよ。計算過程も記せ。

(次のページに続く)

問5 下線部 (b)の、常温での反応によりナイロン6 6を得るための実験操作として適切な記述は①から⑥のうちどれか。番号で答えよ。(下線を付した語句に注意すること。)

- ① 水が入ったビーカーに水酸化ナトリウム (または炭酸ナトリウム) を溶解させ、さらにその水溶液へ【 A 】を溶解させる (溶液 I)。また、別のビーカーにヘキサンを入れ、その中にアジピン酸ジクロリドを溶解させる (溶液 II)。溶液 I に溶液 II を静かに注ぎ入れると、下層の水溶液と上層のヘキサン溶液の界面 (境界面) にナイロン6 6 が生成するので、ピンセットなどを用いて静かに引き上げることで繊維状のナイロン6 6を得ることができる。
- ② 水が入ったビーカーに水酸化ナトリウム (または炭酸ナトリウム) を溶解させ、さらにその水溶液へ【 A 】を溶解させる (溶液 I)。また、別のビーカーにヘキサンを入れ、その中にアジピン酸モノクロリドを溶解させる (溶液 II)。溶液 I に溶液 II を静かに注ぎ入れると、下層の水溶液と上層のヘキサン溶液の界面 (境界面) にナイロン6 6 が生成するので、ピンセットなどを用いて静かに引き上げることで繊維状のナイロン6 6を得ることができる。
- ③ 希塩酸に【 A 】を溶解させる (溶液 I)。また、別のビーカーにヘキサンを入れ、その中にアジピン酸ジクロリドを溶解させる (溶液 II)。溶液 I に溶液 II を静かに注ぎ入れると、下層の水溶液と上層のヘキサン溶液の界面 (境界面) にナイロン6 6 が生成するので、ピンセットなどを用いて静かに引き上げることで繊維状のナイロン6 6を得ることができる。
- ④ 水が入ったビーカーに水酸化ナトリウム (または炭酸ナトリウム) を溶解させ、さらにその水溶液へ【 A 】を溶解させる (溶液 I)。また、別のビーカーにヘキサンを入れ、その中にアジピン酸ジクロリドを溶解させる (溶液 II)。溶液 I に溶液 II を静かに注ぎ入れると、下層の水溶液中にナイロン6 6が分散して生成するので、ろ過により繊維状のナイロン6 6を得ることができる。
- ⑤ 希塩酸に【 A 】を溶解させる (溶液 I)。また、別のビーカーにヘキサンを入れ、その中にアジピン酸モノクロリドを溶解させる (溶液 II)。溶液 I に溶液 II を静かに注ぎ入れると、下層の水溶液中にナイロン6 6が分散して生成するので、ろ過により繊維状のナイロン6 6を得ることができる。

(次のページに続く)

- ⑥ 希塩酸に【 A 】を溶解させる（溶液 I）。また、別のビーカーにヘキサンを入れ、その中にアジピン酸ジクロリドを溶解させる（溶液 II）。溶液 I に溶液 II を静かに注ぎ入れると、下層の水溶液中にナイロン 6 6が分散して生成するので、ろ過により繊維状のナイロン 6 6 を得ることができる。

問6 下線部 (c) に関して下の問い合わせに答えよ。

- (1) ポリアミド繊維が丈夫な繊維になる理由を 60 字以内で説明せよ。
- (2) アラミド繊維が、ポリアミド繊維に比べてさらに強度の高い繊維になる理由を 60 字以内で説明せよ。

問7 下線部 (d) に関して下の問い合わせに答えよ。

- (1) 熱に対する性質がポリアミド繊維とは異なるものを選び番号で答えよ。

- ① ポリエステル樹脂
- ② オレフィン樹脂
- ③ フェノール樹脂
- ④ アクリル樹脂

- (2) (1) で選んだ樹脂の熱に対する性質を 15 字以内で説明せよ。

- (3) (1) で選んだ樹脂の合成方法を 80 字以内で説明せよ。

- (4) (1) で選んだ樹脂の構造に関する記述のうち、正しいものを全て選べ。

- ① 三次元の立体網目構造を持つ。
- ② 硫黄原子による架橋構造を持つ。
- ③ イソプレン単位の繰り返し構造を持つ。
- ④ スルホ基などの酸性の官能基を含む。
- ⑤ ケイ素と酸素の連続した結合を持つ。

(以下余白)

令和2年度 工学部 工学科 応用化学コース 一般入試（後期日程）  
解 答 用 紙

化 学

1

- 1枚目

受 驗 番 号						

小 計

問  
1

ア

イ

ウ

採 点

問 2	(1)	必要な値												
		関係式	モル質量 [ $\frac{\text{g}}{\text{mol}}$ ] =											
(2)	理想気体													
	理由													

20  
40  
20  
40  
60  
80  
100  
120

採 点

問 3	(1)	計算過程											
		モル質量		化 学 式		名 称							

採 点

令和2年度 工学部 工学科 応用化学コース 一般入試（後期日程）  
解 答 用 紙

化 学

1

- 2枚目

受 驗 番 号					

小 計

問 3	(2)	凝固点が最も高い水溶液	凝固点が最も低い水溶液	採 点
		番号	番号	

問 4	モル質量を求める式	$G =$		採 点

令和2年度 工学部 工学科 応用化学コース 一般入試（後期日程）  
解 答 用 紙

化 学

2

- 1枚目

受 験 番 号					

小 計

問 1	あ	人 名	い	語 句	う	語 句	
	え	元 素 名		語 句		數 字	
	き	數 字		數 字		數 字	

採 点

問 2	(1)		(2)		(3)		(4)		(5)	
--------	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--

採 点

問 3	電気陰性度											
		30										

採 点

問 4	第1イオン化 エネルギー											
		30										

問 5	電子親和力											
		30										

採 点

問 6	の同素体	と
--------	------	---

採 点

問 7	(1) 化学反応式	
	(2) 化学反応式	

採 点

問 8	物質名 ( )	希塩酸	
			气体の捕集方法

採 点

令和2年度 工学部 工学科 応用化学コース 一般入試（後期日程）  
解 答 用 紙

化 学

2

- 2枚目

受 驗 番 号					

小 計

問 9  構 造 式	A	B	
	C	D	
	E	F	G

採 点

問 10  構 造 式	

採 点

令和2年度 工学部 工学科 応用化学コース 一般入試（後期日程）  
解 答 用 紙

化 学

2

- 3枚目

受 驗 番 号						

小 計

計算過程

問  
11

採 点

A

グラム

B

グラム

C

グラム

令和2年度 工学部 工学科 応用化学コース 一般入試（後期日程）  
解 答 用 紙

化 学

3

- 1枚目

受 験 番 号						

小 計

問1

あ

番 号

い

う

採 点

問2

化 合 物 名

採 点

問3

化 学 構 造

採 点

計算過程

採 点

問4

モル質量の平均値

g/mol

令和2年度 工学部 工学科 応用化学コース 一般入試（後期日程）  
解 答 用 紙

化 学

3

- 2枚目

受 験 番 号					

小 計

問5

番号

採 点

問6

(1)

(2)

採 点

20  
40  
60  
20  
40  
60

問7

(1)

(2)

(3)

(4)

番号

熱に対する性質

番 号

採 点

15  
20  
40  
60  
80

( 下 書 き 用 紙 )

( 下書き用紙 )