

## 化 学

(問 題)

2024年度

〈2024 R 06180015 (化学)〉

## 注 意 事 項

1. 試験開始の指示があるまで、問題冊子および解答用紙には手を触れないこと。
2. 問題は2～6ページに記載されている。試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚損等に気付いた場合は、手を挙げて監督員に知らせること。
3. 解答はすべて、HBの黒鉛筆またはHBのシャープペンシルで記入すること。
4. 記述解答用紙記入上の注意
  - (1) 記述解答用紙の所定欄（2カ所）に、氏名および受験番号を正確に丁寧に記入すること。
  - (2) 所定欄以外に受験番号・氏名を記入した解答用紙は採点の対象外となる場合がある。
  - (3) 受験番号の記入にあたっては、次の数字見本にしたがい、読みやすいように、正確に丁寧に記入すること。

数字見本	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

5. 解答はすべて所定の解答欄に記入すること。所定欄以外に何かを記入した解答用紙は採点の対象外となる場合がある。
6. 問題冊子の余白等は適宜利用してよいが、どのページも切り離さないこと。
7. 試験終了の指示が出たら、すぐに解答をやめ、筆記用具を置き解答用紙を裏返しにすること。
8. いかなる場合でも、解答用紙は必ず提出すること。
9. 試験終了後、問題冊子は持ち帰ること。

I 次の文章を読んで、問1～問4に答えよ。

炭素は周期表の14族に属し、原子は4個の **ア** をもつ。構成元素が同じで、原子の結合や構造が異なるために化学的性質が異なる物質を **イ** という。例えば、ダイヤモンドでは、構成する炭素原子がすべて **ウ** により強固に結びついている。グラファイト（黒鉛）は、4個の **ア** のうち3個でなす層状の平面構造が、**エ** 力で弱く結びついており、電気伝導性を有する。また、グラフェンは、透明性や電気伝導性がグラファイトよりもさらに高くなることから、機能的材料としての応用が期待されている。 <sup>a</sup> それ以外にも炭素の **イ** には、木炭やススなどの無定形炭素や、 $C_{60}$  や  $C_{70}$  と表されるフラーレン、カーボンナノチューブなど、多様な形態が存在し、用途もさまざまである。

問1 文中の空欄 **ア** ～ **エ** にあてはまる最も適切な語句を答えよ。

問2 結合様式から考えられる、ダイヤモンドの物理・化学的性質を2つ述べよ。

問3 近年、ダイヤモンド半導体の実用化が注目されている。ダイヤモンドと同じ結晶構造をもち、天然では隕石中で見つかっている、炭素を含む半導体材料となる化合物の化学式を示せ。

問4 下線部 **a** について、グラフェンの構造をその特徴が分かるように図示せよ。ただし、炭素原子は黒丸●で、炭素原子間の結合は実線で表し、25～30の炭素数で描け。

II 次の文章を読んで、問1～問3に答えよ。

アンモニアと塩化アンモニウムを混合した水溶液に、強酸や強塩基を少量加えても pH の変化は小さい。これを緩衝作用という。このような作用を示す、弱酸とその塩、あるいは弱塩基とその塩がつくる混合液を緩衝液という。実生活における例として、生体内で起きている化学反応があげられる。健康なヒトの血液は、炭酸と炭酸水素イオンの緩衝液である。治療で点滴をする際、体内の血液の pH が大きく変化しないように、血液パックには pH がおよそ 7.4 に調整された溶液が用いられている。また細胞内も、リンを含むイオン間での作用により、酵素が活性を示す範囲内に pH が一定に保たれている。

問1 下線部 a について、アンモニア水に塩化アンモニウムを溶かした水溶液に、強塩基を少量加えたときに起きているイオン反応式を示せ。

問2 0.40 mol/L のアンモニア水 100 mL と 0.20 mol/L の塩酸 100 mL を混合した。

(i) 混合した水溶液中のアンモニアとアンモニウムイオンの濃度をそれぞれ求めよ。有効数字は 2 桁とする。

(ii) この水溶液中の pH を求めよ。ただし、アンモニアの電離定数を  $2.3 \times 10^{-5}$  mol/L,  $\log_{10} 2.3 = 0.36$ , 有効数字は 2 桁とする。

問3 下線部 b について、ヒトの細胞内では pH が 6.9 付近に保たれている。リンを含むイオンの間でどのような平衡が成り立っているか、イオン反応式を示せ。

Ⅲ 次の文章を読んで、問1～問7に答えよ。

ミョウバンは染色、医薬品、食品添加物など幅広く用いられる物質である。一般にミョウバンとよばれる物質は硫酸カリウムアルミニウム十二水和物のことであり、カリウムミョウバンまたはカリミョウバンともいう。そのほかの代表的なミョウバンとして、アンモニウムミョウバン、クロムミョウバン、鉄ミョウバンが存在する。カリウムミョウバンの生成方法は、硫酸アルミニウムと硫酸カリウムの混合水溶液を濃縮することであり、その結果として正八面体の外形をもつ結晶が得られる。カリウムミョウバンを水に溶かすと、硫酸アルミニウムと硫酸カリウムの混合水溶液と同じ種類のイオンに電離する。このような2種類以上の塩から生じ、もとの成分イオンがそのまま存在する塩を **ア** という。また、カリウムミョウバンの水溶液は **イ** 性を示す。

カリウムミョウバン以外の **ア** の例として、さらし粉があげられる。さらし粉を水に溶かすと、**ウ** と次亜塩素酸カルシウムの混合水溶液と同じものになる。さらし粉が水溶液中で電離して生じる次亜塩素酸イオンは強い酸化作用をもつため、殺菌剤や漂白剤として利用される。現在、広く生産・販売されているさらし粉は、その成分から溶解度の大きい **ウ** を除いた高度さらし粉（主成分 **エ** · 2H<sub>2</sub>O）とよばれる物質である。また、高度さらし粉に希塩酸を加えると、塩素を発生させることができる。

問1 文中の空欄 **ア** ～ **エ** にあてはまる最も適切な語句および化学式を答えよ。ただし、**ア** ～ **ウ** には語句を、**エ** には化学式を記せ。

問2 下線部 a について、カリウムミョウバンが水溶液中で電離するときのイオン反応式を示せ。

問3 カリウムミョウバン（硫酸カリウムアルミニウム十二水和物）を加熱すると、徐々に化合物の構成成分である水和水（結晶水）を失い、別の結晶に変化する。今回、硫酸カリウムアルミニウム十二水和物を加熱し、温度を 64.5℃ に保つ操作を行った。その結果、新たに生成された化合物の質量は、もとの化合物に対して 65.8% に減少していた。64.5℃ で生成された化合物について、もとの化合物から水和水をいくつ失ったかを、小数点第一位を四捨五入して整数で答えよ。また、64.5℃ で生成された化合物の化学式も記せ。なお必要であれば、次の原子量の数値を用いよ。水素：1.00、炭素：12.0、窒素：14.0、酸素：16.0、ナトリウム：23.0、アルミニウム：27.0、硫黄：32.0、塩素：35.5、カリウム：39.0、クロム：52.0。

問4 さらし粉は湿った水酸化カルシウムに気体の塩素を通じると生成できる。この反応を、イオン式を含まない化学反応式で示せ。

問5 さらし粉中の塩素は、塩化物イオンとして存在するものと、次亜塩素酸イオンとして存在するものがある。これらイオンの酸化数の値を答えよ。ただし、酸化数には符号も付すこと。

問6 下線部 b について、次亜塩素酸イオンが酸化剤として働くときの反応を、電子 e<sup>-</sup> を含むイオン反応式で示せ。

問7 下線部 c の反応について、イオン式を含まない化学反応式で示せ。

IV 次の文章を読んで、問1～問8に答えよ。

わたしたちの身の回りには様々な高分子化合物が存在している。特に炭素原子が中心になって結びついた化合物を有機高分子化合物といい、天然に存在するものは天然高分子化合物、人工的に合成されるものは合成高分子化合物とよばれている。合成高分子化合物のほとんどは石油からつくられ、<sup>a</sup>繊維やゴム以外の用途に用いられたものを、合成樹脂（プラスチック）とよぶ。合成樹脂のうち、分子が **ア** 構造だけでできており、加熱するとやわらかくなり塑性変形を起こすものを熱可塑性樹脂とよび、加熱により分子が **イ** 構造をもつようになって硬化するものを熱硬化性樹脂とよぶ。

合成樹脂は、軽く、強く、腐らないという特徴から、容器などに幅広く利用されている。しかし、これらの特徴が廃棄の際に欠点となることが指摘されている。特に、近年では、海洋や土壌中にマイクロプラスチックとよばれる、直径5mm以下のプラスチック粒子が存在していることが指摘されている。これらの一部は海洋に生息する生物にも取り込まれていることが報告されており、その一部は人体にも取り込まれているとの懸念がある。また、マイクロプラスチックは海底に堆積した地層中からも発見されており、人類による地球環境への影響が顕在化するようになった1950年頃から増加しているとの指摘もなされている。

このような課題への対策として、合成樹脂の再利用が積極的に行われており、特に、合成樹脂を熱分解して単量体にしたり、化学原料にしたりするリサイクル法を、**ウ** とよぶ。また、水中や土壌中の微生物によって分解される生分解性高分子も複数開発されており、これらの利用も拡まっている。

問1 文中の空欄 **ア** ～ **ウ** にあてはまる最も適切な語句を答えよ。

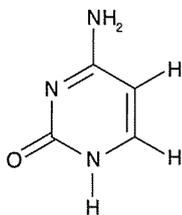
問2 文中の下線部 **a** について、以下の文章の空欄 **エ** ～ **オ** にあてはまる最も適切な語句を答えよ。

多糖は天然高分子化合物の一つで、デンプンとセルロースは、それぞれ $\alpha$ -グルコースと $\beta$ -グルコースが縮合重合した構造をもつ。また、デンプンのなかでも、ヨウ素デンプン反応で濃青色を呈するものは **エ**、赤紫色を呈するものは **オ** である。

問3 文中の下線部 **b** について、平均分子量が  $7.91 \times 10^4$  のナイロン66の平均重合度を計算せよ。ただし、各元素の原子量は、水素：1.00、炭素：12.0、窒素：14.0、酸素：16.0とする。

問4 文中の下線部 **c** について、熱硬化性樹脂のひとつであるアミノ樹脂は、特定の化合物とホルムアルデヒドを付加縮合させることで得られる。なかでも、耐熱性・耐薬品性に優れ、食器などによく利用される樹脂を得る際に用いられる化合物の構造式を、以下の例1にならって記せ。

例1



問5 文中の下線部dについて、すでに社会で広く利用されている樹脂のひとつに、ポリ乳酸が挙げられる。乳酸を縮合重合させると低分子量のポリ乳酸が生成される。さらに、以下に示す反応で高分子量のポリ乳酸を得ることができる。以下の図1に示す反応式中の化合物Aの構造式を問4の例1にならって記せ。ただし、化合物Aは、反応に用いた $n$ 個の乳酸分子に対し、 $\frac{n}{2}$ 個の分子を得ることができる。

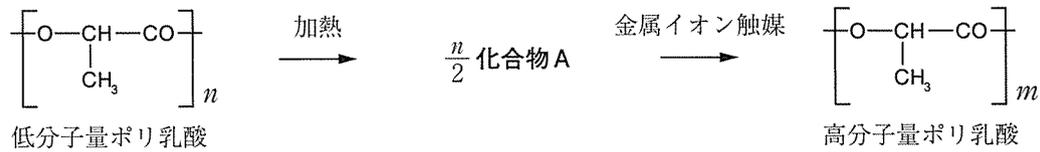
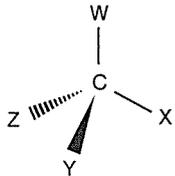


図1 ポリ乳酸の反応式

問6 乳酸には、不斉炭素原子が含まれている。以下の例2にならって、乳酸の立体的な構造式をすべて記せ。

例2 (W, X, Y, Zは原子または分子を示す)



問7 ポリ乳酸の利活用を拡大することで、海洋や土壤中のマイクロプラスチックによる汚染が軽減されることが期待される。ポリ乳酸からなる合成樹脂が土壤中に埋没した場合、最終的にどのような化学物質になるか。得られるすべての化学物質を分子式で記せ。

問8 乳酸は、発酵作用により容易に得ることができる。例えば、グルコースなどの糖類に、乳酸菌とよばれる代謝により乳酸を生成する細菌を作用させることである。近年では、ポリ乳酸の利活用は「カーボンニュートラル」の観点から、地球温暖化の抑制に寄与すると想定されている。その理由を述べよ。

[以下余白]

〈2024 R 06180015 (化学)〉

受験番号	万	千	百	十	一
氏名					

(注意) 所定欄以外に受験番号・氏名を記入してはならない。記入した解答用紙は採点の対象外となる場合がある。

	a	b	c	d	e	f	g
採点欄							

〈2024 R 06180015 (化学)〉

受験番号	万	千	百	十	一
氏名					

(注意) 所定欄以外に受験番号・氏名を記入してはならない。記入した解答用紙は採点の対象外となる場合がある。

注 意

1. 受験番号 (算用数字)・氏名は指示に従ってただちに所定欄に記入し、それ以外に記入してはならない。
2. 解答はすべて所定の解答欄に記入すること。所定欄以外に何かを記入した解答用紙は採点の対象外となる場合がある。
3. 解答はHBの黒鉛筆またはHBのシャープペンシルで書くこと。
4. 試験終了時にこの解答用紙を裏返して机の上に置き、指示を待つこと。
5. 計算器は一切使用してはならない。

化 学  
(解答用紙)

I	問1	ア	イ	問4
		ウ	エ	
	問2	性質1		
		性質2		
	問3			

a	
---	--

II	問1	問2 (i)	アンモニア mol/L	アンモニウム イオン mol/L
	問2 (ii)	問3		

b	
---	--

III	問1	ア	イ	ウ	エ
	問2				

c	
---	--

問3	失った 水和水の数	化学式	問4	
----	--------------	-----	----	--

d	
---	--

問5	塩化物イオン	問6	
	次亜塩素酸イオン	問7	

e	
---	--

IV	問1	ア	イ	ウ
	問2	エ	オ	問3

f	
---	--

問4		問5		問6	
問7					
問8					

g	
---	--