

化 学

(問 題)

2015年度

〈2015 H27090015 (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3～6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・氏名を書いてはならない。
 - (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
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

- (4) 受験番号は右詰めで記入し、余白が生じる場合でも受験番号の前に「0」を記入しないこと。

	万	千	百	十	一
(例) 3825番⇒		3	8	2	5

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. 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。
7. いかなる場合でも、解答用紙は必ず提出すること。
8. 試験終了後、問題冊子は持ち帰ること。

I 次の問いに答えよ。

問1 以下の法則や発見を年代順（古い順）に並べ、番号で答えよ。

1. アボガドロの法則 2. シャルルの法則 3. ドルトンの分圧の法則 4. ボイルの法則
5. メンデレーエフによる周期律の発見 6. ワトソンとクリックによる DNA の二重らせん構造の発見

問2 下表は日本人のノーベル化学賞受賞者の名前と受賞理由をまとめたものである。空欄 **ア** ～ **エ** に適当な氏名または受賞理由を下の語群、「**受賞者名**」,「**受賞理由**」の中から選び、記号で答えよ。また、**A**～**F**を受賞年の古い順に並べよ。

表 日本人のノーベル化学賞受賞者と受賞理由

	受賞者名	受賞理由
A	ア	化学反応過程の理論的研究（フロンティア軌道理論）
B	下村脩	ウ
C	野依良治	触媒による光学異性体の選択的な合成法の開発
D	根岸英一・鈴木章	有機合成におけるパラジウム触媒によるクロスカップリング
E	イ	タンパク質のための質量分析法の開発
F	白川英樹	エ

受賞者名

1. 小柴昌俊 2. 小林誠 3. 田中耕一 4. 朝永振一郎
5. 中村修二 6. 福井謙一 7. 益川敏英 8. 湯川秀樹

受賞理由

1. リボソームの構造と機能の研究
2. 緑色蛍光タンパク質の発見
3. 導電性ポリマーの発見と開発
4. 高分子化学の理論と実験

Ⅱ 下の文章を読んで問いに答えよ。

原子やイオン、分子などが規則的に配列した構造をもつ固体を結晶という。配列に空間的な規則性のない固体を **ア** といい、日常用いられているガラスはその例である。結晶にはイオン結晶、金属結晶、共有結合の結晶、分子結晶などがある。

結晶中の原子やイオンの規則的な配列構造を結晶格子という。その最小の繰り返し単位は単位格子であり、その中に含まれる原子の体積の割合を充填率という。結晶中の1個の粒子に注目した場合、最も近接する他の粒子の数を配位数という。

イオン結晶の例としてはNaClやCsClがある。NaCl型の結晶構造は1個の陽イオンの周囲に **イ** 個の陰イオンがあり、それらの隙間に陽イオンが配置した構造をとっている。CsCl型の結晶構造は1個の陽イオンの周囲に **ウ** 個の陰イオンがあり、それらの隙間に陽イオンが配置した構造をとっている。NaCl型とCsCl型の結晶構造では充填率は異なる。

金属結晶は原子が金属結合により規則的に配列したもので、同じ大きさの球体を密に詰め込んだような構造をもつ。金属結晶の結晶構造には、体心立方格子、面心立方格子、六方最密構造などがある。

共有結合の結晶には炭素の同素体であるダイヤモンドや黒鉛（グラファイトともよばれる）などがある。ダイヤモンドは1個の炭素原子が隣接する4個の炭素原子と共有結合をして立体網目状構造を形成している。黒鉛は1個の炭素原子が隣接する3個の炭素原子と共有結合をして平面層状構造を形成し、層状構造どうしは弱い分子間力で積み重なっている。

分子結晶の例としては氷やドライアイスがある。

問1 **ア** ～ **ウ** の空欄にあてはまる最も適当な語句、数字を答えよ。

問2 NaCl型とCsCl型の結晶構造を比較した場合、イオン半径比（陽イオン半径／陰イオン半径）が大きいのはどちらか。

問3 金属結晶の体心立方格子、面心立方格子、六方最密構造について、それぞれの配位数を答えよ。

問4 金属結晶の体心立方格子の単位格子の辺の長さを原子半径 r で表せ。また、体心立方格子の充填率（%）を求め、有効数字2桁で答えよ。

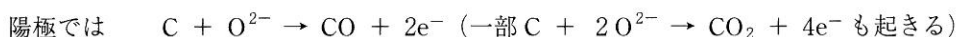
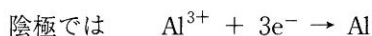
問5 炭素の同素体のひとつである C_{60} フラーレンはサッカーボールカーボンともよばれるように、その構造は個々の炭素原子が他の3個の炭素原子と結合して六角形と五角形の構造を複数個つくり全体で60個の炭素原子からなる構造をとっている。個々の六角形にはひとつおきに合計3個の五角形が隣接している。 C_{60} フラーレンの構造の中にC-C結合は何個あるか。また、六角形と五角形はそれぞれ何個あるか。

Ⅲ 次の文章を読んで問いに答えよ。ただし、原子量は $\text{Al} = 27$, $\text{C} = 12$, $\text{O} = 16$ とし、ファラデー定数を $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とする。

アルミニウムは、地殻を形成する元素の中では酸素、**ア** について3番目に多い。軽量で展性・延性に富んでいるため、アルミ箔、アルミ缶、サッシ、鍋、一円硬貨など、生活に身近な金属として用いられている。

アルミニウムの原料鉱石は **イ** (主成分 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) とよばれ、かつてわが国では海外から大量に輸入していた。これが黄褐色をしているのは不純物の鉄さびのためである。この鉱石を粉碎し焼いて水分を除き、高温の濃い水酸化ナトリウム水溶液に溶解すると、酸化アルミニウムはテトラヒドロキシドアルミン酸ナトリウム ($\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$) となって溶け、このとき不純物は沈殿する。不純物を除いたろ液を水でうすめ、適量の $\text{Al}(\text{OH})_3$ を加えて加水分解すると、水酸化アルミニウムが沈殿する。次に、これを約 1200°C で加熱すると、白色粉末状の純粋なアルミナができる。

アルミナから金属アルミニウムをつくるには、融解した **ウ** にアルミナを少しずつ溶かしながら、炭素を電極として電気分解する。このとき、分解されたアルミニウムは陰極に溜まる。一方、陽極では発生した酸素イオンが電極の炭素と反応して主に一酸化炭素(一部は二酸化炭素)となるので、順次炭素を補給する必要がある。この電解法は融解塩電解とよばれ、独自に発明した二人の名前をつけてホール・エルー法という。このとき電極では次の変化が起こる。



各電極における反応式にもとづき、アルミニウム5.4キログラムをつくるために必要な電気量を求めると、**エ** $\times 10^7 \text{ C}$ となる。また、陽極からはすべて一酸化炭素が生成すると仮定した場合、陽極の炭素は **オ** キログラム消費することになる。このように、アルミニウムの生産には多量の電力を要するので、その工場は発電所の近くに設置することが必要であった。自社に水力発電所をもつ日本唯一のアルミニウム精錬会社が細々と生産に貢献してきたが、設備の老朽化と採算性の理由で昨年製造所を閉鎖した。

問1 文中の空欄 **ア** ~ **ウ** にあてはまる最も適切な元素名または物質名を答えよ。

問2 文中の空欄 **エ** および **オ** にあてはまる最も適切な数値を有効数字3桁で答えよ。

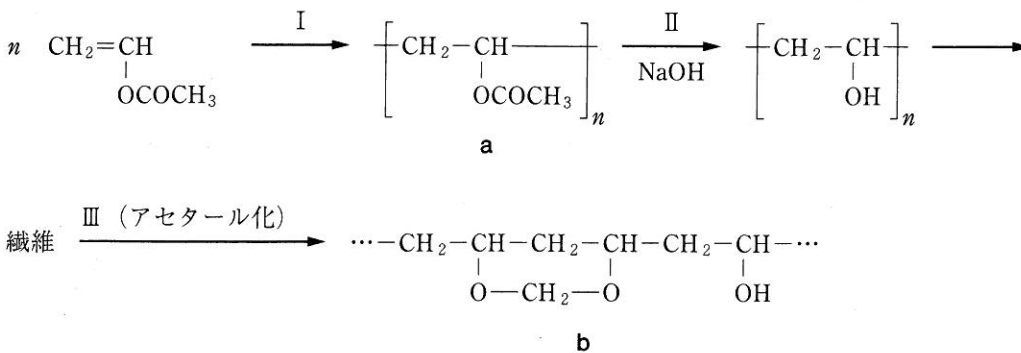
問3 下線部 **a** ~ **c** の反応を化学反応式で答えよ。

問4 下線部 **d** のように、水のない状態で電気分解を行う理由を句読点を含めて40字以内で説明せよ。

IV

1. 石英 2. アスベスト 3. 雲母 4. 炭素繊維 5. シリコン樹脂

以下の合成反応について、ア～オに答えよ。



ア. 化合物 **a** の名称を答えよ。

イ. 化合物 **b** の名称を答えよ。

ウ. I の重合の名称を答えよ。

工. II の段階のような，塩基を用いたエステルの加水分解反応は特に何とよばれるか。名称を答えよ。

オ. IIIの段階（アセタール化）で加える化合物の名称を答えよ。

ポリエチレンテレフタレート (PET) は、テレフタル酸とエチレングリコールから合成される。分子量57618の PET 1 分子中にはエステル結合が何個含まれるか。原子量：H = 1.0, C = 12, O = 16

天然に得られる繊維は天然繊維とよばれ、天然繊維には植物繊維と動物繊維がある。植物繊維の主成分の名称を解答欄 **A** に、動物繊維の主成分の名称を解答欄 **B** に記入せよ。また、問 2 の物質 **b** に似た性質を示す天然繊維は何か、その名称を解答欄 **C** に記入せよ。

DNA は天然高分子化合物のひとつである。大腸菌に感染するウイルスの中には、二本鎖ではなく一本鎖の DNA をもつものが存在する（以下、一本鎖 DNA ウィルスとよぶ）。一本鎖 DNA ウィルスの DNA が細胞内に侵入し、それを鋳型とした DNA 合成が行われた場合には大腸菌内で二本鎖の DNA ができる。今、アデニンが全塩基の 52 % を占める一本鎖 DNA ウィルス X を考える。X を大腸菌に感染させ、再び X に由来する DNA を大腸菌から取り出したとき、この DNA が一本鎖構造をとったままか、あるいは上記のような DNA 合成を経て二本鎖構造になっているかを、簡単に調べる方法を句読点を含めて 60 字以内で述べよ。ただし、分析の際には、DNA に含まれている塩基の種類とそれらの数に関する情報しか得られないものとする。

〔以下余白〕