

化 学

(問 題)

2020年度

〈2020 R 02140015 (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2～7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
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

- (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 次の文章を読んで、問1～問4に答えよ。

実在気体の性質は理想気体からずれているが、その程度はしばしば圧縮係数 $Z (= PV/(nRT))$ を用いて表される。多くの実在気体は、比較的低い温度一定の条件で圧力を高くしていくと、 Z の値はいったん減少するが、その後、極小値を経て増大に転じる。この性質の有無やその程度は気体の種類によって異なる。しかし、 Z を換算圧力^a (P_r)、換算体積^{**} (V_r)、換算温度^{***} (T_r) との関係で表すと、多くの実在気体について、 Z と P_r の関係は一定の T_r 条件ではほぼ同一の曲線上にプロットされることがわかっている。

*換算圧力 (P_r) : 圧力をその気体の臨界点における圧力で割った値

**換算体積 (V_r) : 体積をその気体の臨界点における体積で割った値

***換算温度 (T_r) : 温度をその気体の臨界点における温度で割った値

問1 1気圧、0℃ (273 K) における理想気体 1 mol の体積を 22.40 L として気体定数 R を単位 $\text{Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ で答えよ。有効数字を3桁とする。1気圧を $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ とする。

問2 気体定数を単位 $\text{Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ としたときの値を a 、単位 $\text{cal}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ で表したときの値を b とした場合、 b と a の比はどのようなになるか。有効数字4桁で答えよ。1 cal を 4.184 J とする。

問3 下線部 a について、 Z の値が増大に転じる理由を簡潔に答えよ。

問4 下線部 b に関して、 $T_r = 1$ のとき、 $P_r = 1$ で $Z = 0.2$ の極小値 (解答欄の点 A) となり、 P_r が 1 より大きくなると Z は増大し、 $P_r = 8$ で $Z = 1$ (解答欄の点 B) となる。これをもとにして、 $T_r = 1$ における Z と P_r の関係を $P_r = 10$ まで図示せよ。

Ⅱ 次の文章を読んで、問 1～問 4 に答えよ。

鉄 Fe は、地殻中に酸化鉄の状態が多く存在する。鉄鉱石には、赤さびで知られる赤鉄鉱や、黒さびで知られる ア が含まれる。現在、鉄は高炉（溶鉱炉）で鉄鉱石から大量生産されている。高炉内において、コークスの燃焼で生じた生成物により酸化鉄が還元され、鉄が得られる。こうして得られた鉄は イ と呼ばれ炭素 C などを含みもろく、転炉に移し炭素の含有量を減らすことで硬くて強い鋼となる。

鉄は容易に酸化され錆びやすい性質をもつ。しかし、濃硝酸の中では表面に緻密な酸化皮膜が生じて、さらなる酸化反応を抑制し内部が保護される。このような状態を ウ とよぶ。また、合金やめっきなどの錆びにくい工夫を施し利用されることが多い。ステンレス鋼は、鉄に エ を 12 %（質量%）以上添加した合金で、台所のシンクや包丁などに使われる。鉄に亜鉛 Zn をめっきしたトタンは、屋根などの建築資材として使われる。また、鉄にスズ Sn をめっきしたブリキはかつて缶詰や玩具などに使われていた。

問 1 文中の空欄 ア，イ，ウ，エ にあてはまる最も適当な語句を答えよ。

問 2 下線 a に関して、高炉内で赤鉄鉱から鉄がつくられる反応を化学反応式で答えよ。

問 3 下線 a に関して、酸化鉄(Ⅱ)と酸化鉄(Ⅲ)を 80 %（質量%）含む鉄鉱石 1 トンを精錬したところ、600 kg の純鉄（酸化数 0 の鉄）が得られた。この鉄鉱石中の +2 の酸化数をとる鉄と、+3 の酸化数をとる鉄の原子数の比を 1 : x と表した場合の x を有効数字 2 桁で答えよ。

ただし、鉄、酸素、炭素の原子量をそれぞれ 56, 16, 12 とする。

問 4 下線 b に関して、トタンは表面に傷がついて鉄が露出しても錆びにくいのに対し、ブリキにはその特性がみられない。この違いを亜鉛の性質に着目して簡潔に答えよ。

Ⅲ 次の文章を読んで、問 1 ～問 3 に答えよ。

地球は火星や金星などの他の惑星と一緒に太陽系の一惑星として、今から約 46 億年前に同じような元素組成をもつ物質から形成された。地球上には約 80 個の安定な元素が天然に存在するが、それ以外にもいくつかの不安定な元素（放射性元素；放射性同位体だけからなる元素）が存在する。現在の地球は中心に核をもち、その周りをマントル、地殻が取り囲む、いわゆる成層構造をとり、地殻の上には海洋や湖沼が広がり、さらに大気が地球全体を覆っている。初期の地球の元素の分布はかなり均一であったが、その後の大規模な地球の活動によって大きく偏在し、現在に至っている。

問 1 以下の文中の空欄 ア には元素名を元素記号で、イ には適当な語句をそれぞれ答えよ。

「天然に存在する安定な元素の中で、もっとも重い（原子番号の大きい）元素は ア で、X 線の遮蔽体などに利用されている。放射性元素のウランは天然に存在する。それはウランには地球の年齢に匹敵するくらい長い イ をもつ放射性同位体が存在するからである。」

問 2 塩化ナトリウムの約 1/3 は海水から作られている。工業的に塩素ガスを作るには塩化ナトリウム水溶液を電気分解する。この時の反応を化学反応式で答えよ。

問 3 元素の偏在の結果、白金やパラジウムなどの貴金属元素は核に多く含まれ、貴ガス（希ガス）元素は大気中に存在する。どちらの元素グループにも「貴（noble）」の文字が使われているが、この文字に象徴される、2 つの元素グループに共通する化学的性質を簡潔に答えよ。

IV

次の文章を読んで、問1～問4に答えよ。

1970年代前半まで、全ての生態系の基盤は光合成による光エネルギー変換であると考えられていた。しかし、1977年に、深海底の熱水噴出孔の周囲で、光エネルギーに依存しない生態系が発見された。ここでは、無機物の酸化剤と無機物の還元剤の間の酸化還元反応の際に放出されるエネルギーを用いて生育する化学合成細菌を底辺に、光に依存しない生態系が成立している。さらに、2018年には海底の地中深部にも広大な生命圏が広がっているという報告がなされた。これもまた無機物同士の酸化還元反応のエネルギーを基盤とする生態系であると考えられる。光があれば反応が進行する光合成に対して、酸化還元エネルギーを用いる化学合成の場合には、酸化剤と還元剤の両方が同時に存在しなくてはならない。一方で、酸化剤と還元剤が共存している状態では、自発的に起こる酸化還元反応により、やがて酸化剤は還元され、還元剤は酸化されて、原理的には化学合成は進行しなくなる。

a

問1 過酸化水素は酸化剤としても還元剤としても働くが、酸化剤として働く際の反応は、溶液が酸性の場合に進みやすい。過酸化水素が酸化剤として働く場合の反応を電子の授受で表した反応式（半反応式）を記し、それを用いて酸性溶液で反応が進みやすい理由を簡潔に答えよ。

問2 過酸化水素水に酸化マンガン(IV)などの触媒を加える実験を行うと、気体が発生した。触媒を加えてからの時間を横軸に、その時まで発生した気体の量を縦軸にとってグラフを描くと、触媒を加えてしばらくは時間に比例して気体の量が増えたが、やがて増加の速度は鈍り、最終的にはそれ以上気体の量が増えなくなった。次に実験条件がどのように反応に影響するかを調べるため、(A) 過酸化水素水の量、(B) 加える酸化マンガンの量、(C) 反応の際の温度、の三つの条件を変化させて実験することにした。元の条件下で得られる結果と比べて、グラフの初期勾配および最終的な気体の発生量が変化すると予想される実験条件の組合せはどれか。最も適当なものを以下からそれぞれひとつ選び、番号で答えよ。ただし、重複して選んでもよい。また、発生した気体は、反応液中には残らないと仮定せよ。

- | | | | |
|---------|---------|------------|---------|
| 1. A | 2. B | 3. C | 4. A, B |
| 5. A, C | 6. B, C | 7. A, B, C | |

問3 以下の元素を含む化合物の中で、酸素分子（酸化数0の酸素）との間の反応によりエネルギーを取り出すことができるものはどれか。最も適当なものを以下からひとつ選び、番号で答えよ。

- | | | |
|-----------------|---------------|-------------|
| 1. 酸化数+2のマグネシウム | 2. 酸化数+2の銅 | 3. 酸化数+3の窒素 |
| 4. 酸化数+6の硫黄 | 5. 酸化数+7のマンガン | |

問4 下線部aに関連して、それにもかかわらず、熱水噴出孔の周りで化学合成が可能である理由として最も適当なものを以下からひとつ選び、番号で答えよ。

1. 深海の暗い環境において光合成が止まるため
2. 深海の高い水圧により平衡が移動するため
3. 熱水噴出孔の周囲の高温により平衡が移動するため
4. 熱水噴出孔から新しい物質が供給されるため
5. 熱水噴出孔から噴出したガスの触媒作用により反応速度が上がるため

V 次の文章を読んで、問1～問5に答えよ。

アセチレンに硫酸水銀（**ア**）を触媒として水を付加させると、不安定な**イ**を経て、アセトアルデヒドが生成する。また、エチレンを酸化してもアセトアルデヒドを得ることができる。アセトアルデヒドは還元性があり、**ウ**性硝酸銀水溶液を加えると銀が析出する。硫酸銅（**ア**）と**エ**のナトリウムカリウム塩と水酸化ナトリウムの混合液であるフェーリング液を加えると、酸化銅（**オ**）の**カ**沈殿が生じる。アセトアルデヒドは、ヨウ素と水酸化ナトリウムを加えると特有の臭気をもつ**キ**のヨードホルムが生成する。アセトアルデヒドは酸化されると酢酸となる。エチレンに水を付加させるとエタノールが生成する。エタノールは中性物質であるが、単体のナトリウムを加えると、水素と**ク**が発生する。濃硫酸を**ケ**に加温しながら、エタノールを加えると、エチレンが生じるが、濃硫酸の温度が**コ**の場合にはジエチルエーテルが生じる。酢酸とエタノールに濃硫酸を加えて加温すると酢酸エチルが得られる。酢酸エチルに水酸化ナトリウムを加えて加熱すると、酢酸ナトリウムとエタノールが生成する。この反応を**サ**という。

問1 文中の空欄**イ**，**ウ**，**エ**，**ク**，**サ**にあてはまる最も適切な語句を以下からそれぞれひとつ選び、番号で答えよ。

- | | | |
|-----------------|----------------|----------|
| 1. 酢酸ビニル | 2. エステル化 | 3. 塩酸 |
| 4. 酒石酸 | 5. けん化 | 6. シュウ酸 |
| 7. ビニルアルコール | 8. ナトリウムアルコキシド | 9. アンモニア |
| 10. ナトリウムフェノキシド | | |

問2 **カ**と**キ**には色が入る。適切な組み合わせを以下からひとつ選び、番号で答えよ。

- | | | |
|--------------|--------------|--------------|
| 1. カ：青色 キ：黄色 | 2. カ：赤色 キ：白色 | 3. カ：白色 キ：紫色 |
| 4. カ：赤色 キ：黄色 | 5. カ：黄色 キ：白色 | |

問3 **ア**と**オ**は価数である。正しい組み合わせを以下からひとつ選び、番号で答えよ。

- | | | |
|------------|------------|------------|
| 1. ア：Ⅲ オ：Ⅱ | 2. ア：Ⅱ オ：Ⅰ | 3. ア：Ⅳ オ：Ⅱ |
| 4. ア：Ⅲ オ：Ⅰ | 5. ア：Ⅰ オ：Ⅱ | |

問4 **ケ**と**コ**は反応温度である。適切な温度の組み合わせを以下からひとつ選び、番号で答えよ。

- | | |
|----------------------------|--------------------------|
| 1. ケ：160℃～170℃ コ：130℃～140℃ | 2. ケ：70℃～80℃ コ：160℃～170℃ |
| 3. ケ：130℃～140℃ コ：160℃～170℃ | 4. ケ：160℃～170℃ コ：70℃～80℃ |
| 5. ケ：70℃～80℃ コ：130℃～140℃ | |

問5 下線部aについて、ヨードホルム反応を示さない物質を以下からひとつ選び、番号で答えよ。

- | | | |
|-------------|----------|-------|
| 1. 2-プロパノール | 2. エタノール | 3. 酢酸 |
| 4. アセトアルデヒド | 5. アセトン | |

Ⅵ 次の文章を読んで、問 1～問 4 に答えよ。

アルケンは、一般式 ア の分子式で表され、炭素数が 3 以上のアルケンは、同じ炭素数をもつ イ と互いに構造異性体の関係にある。また、シクロアルケンの分子式は一般式 ウ で表され、炭素数が同じであれば、 エ の分子式と同じになる。アルケン X と HCl (分子量 36.5) を用いて付加反応を行ったところ、主生成物として、X の分子量の 1.87 倍の分子量をもつ Y が得られ、副生成物として Z が得られた。

問 1 文中の ア ～ エ にあてはまる式または語句を答えよ。

問 2 アルケン X を分子式で示せ。

問 3 主生成物 Y を構造式で表せ。

問 4 副生成物 Z の名称を答えよ。

[以 下 余 白]

