

I 次の文章を読んで、問1～問4に答えよ。それぞれの解答を記述解答用紙に記入せよ。

金属は展性や延性に富み、熱伝導性や電気伝導性が大きい。金属の精錬方法は金属のイオン化傾向の大小に依存する。単体のアルミニウムは、原料鉱石のボーキサイト（主成分 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ）を精錬して得られる酸化アルミニウムを、a 水晶石 **ア** とともに融解塩（溶融塩）電解することで製造される。

b アルミニウム結晶の単位格子は面心立方格子であり、その配位数は **イ** である。アルミニウムの単位格子中には、合計 **ウ** 個のアルミニウム原子が含まれている。アルミニウムの価電子は特定の原子の間で共有されるのではなく、**エ** としてすべての原子によって共有されている。アルミニウムは加工性に優れ、数多くの産業分野で幅広く利用されている。

問1 文中の空欄 **ア** ~ **エ** にあてはまる最も適当な語句、化学式、数字を答えよ。ただし、**ア** には化学式を、**イ** と **ウ** には数字を、**エ** には語句をそれぞれ記せ。

問2 下記の1~4はそれぞれ金属のある性質を大きい順に並べたものである。

1. 銀>銅>金>アルミニウム>マグネシウム>亜鉛
2. リチウム>マグネシウム>アルミニウム>亜鉛>鉄>銅
3. オスミウム>白金>金>水銀>鉛>銀
4. タングステン>オスミウム>白金>鉄>ニッケル>銅

1~4はどのような性質を示したものか。それぞれ下記a~dから選び答えよ。

- a. 融点 b. 電気伝導性 c. 密度 d. イオン化傾向

問3 下線部aに関して、水晶石を加える理由を簡潔に答えよ。

問4 下線部bに関して、1辺の長さが2.0 cmの立方体のアルミニウムの結晶がある。このアルミニウム結晶の質量 [g] を有効数字2桁で答えよ。ただし、アルミニウム原子は剛体球とし、最近接の原子は互いに接しているものとする。また、アルミニウムの原子量を27、アボガドロ定数を $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ 、アルミニウムの単位格子の1辺の長さを $4.0 \times 10^{-8} \text{ cm}$ として計算せよ。

II 次の文章を読んで、問1～問5に答えよ。それぞれの解答を記述解答用紙に記入せよ。

窒素分子 N_2 は分子数で空気成分の 78.3 % を占める。 N_2 は窒素原子同士が共有結合で結びついているが、 N_2 分子同士も **ア** 力で結びついている。**ア** 力は N_2 のように無極性分子でもごく短時間に電荷の偏りが生じるために働くが、アンモニア分子などのように常に電荷の偏りをもつ極性分子間に働く **イ** よりもその結合の力は小さい。**ア** 力や **イ** による結合力など、分子と分子の間に働く弱い力を分子間力という。

ドイツの化学者ハーバーは化学平衡の理論に基づいて空気中の N_2 を固定する研究を行い、1909年、水素 H_2 と反応させてアンモニアを実験室レベルで合成することに成功した。これをうけて、ボッシュは工業的に生産する反応装置を開発し、アンモニアを工業的に大量生産する道を拓いた。これらの業績によりハーバーは1918年に、ボッシュは1931年にノーベル化学賞を受賞した。

問1 文中の空欄 **ア** , **イ** にあてはまる最も適当な語句を答えよ。

問2 下線部 **a** に関して、残りの気体分子を全て酸素分子 O_2 とすると、 N_2 の体積と質量はそれぞれ何%か、有効数字3桁で答えよ。ただし、窒素、酸素の原子量をそれぞれ 14.0, 16.0 とする。

問3 分子間力に関する以下の5つの記述のうち、正しい記述はいくつあるか、0から5の数で答えよ。

1. N_2 を冷却すると液体や固体になるのは分子間に分子間力が働いているからである。
2. 無極性分子間に働く分子間力は分子の質量が大きくなるほど強くなり、分子の融点が高くなる。
3. 極性分子間に働く分子間力は無極性分子間に働く分子間力より大きく、分子量が同程度の場合、極性分子の沸点は高くなる。
4. 実在気体の状態方程式では圧力に対して分子間力に対する補正が必要で、実測される圧力を P とすると補正された圧力は $P + (n^2/V^2)a$ となる。ただし、 n は気体のモル数、 V は実在気体の体積、 a は気体の種類によって決まる定数である。
5. 実在気体では温度が下がるほど分子間力の影響が相対的に大きくなるのは、低温では分子の熱運動が低下するためである。

問4 空気中の N_2 と H_2 を反応させてアンモニアを生成する反応は可逆反応である。この反応で実験室レベルでアンモニアを合成することは可能であるが、工業レベルで効率的に生成させることは容易でない。その理由を化学平衡の原理から簡潔に答えよ。

問5 炭酸ナトリウムは炭酸ソーダとも呼ばれ、ガラスや石鹼の原料として非常に重要な化合物である。工業的に食塩と石灰石から炭酸ナトリウムを製造する方法はアンモニアソーダ法、あるいはソルバー法として知られている。この方法では、石灰石を高温で分解して生じた二酸化炭素を、アンモニアを吸収させた飽和食塩水に通じ、生じた化合物を熱分解して炭酸ソーダを作る。この反応過程を化学反応式で答えよ。

III 次の文章を読んで、問1～問5に答えよ。問1～問4については、それぞれの解答を選び、マーク解答用紙の番号をマークせよ。問5については、それぞれの解答を記述解答用紙に記入せよ。

近年、大気中のa二酸化炭素濃度は増加の一途をたどっており、現在は0.04%を超えてい。近代以降の人間活動がb地球温暖化という地球環境問題を引き起こしたことには疑いがないように思われる。大気中の二酸化炭素濃度の増大は、それとc平衡にある海洋中の二酸化炭素濃度をも増加させ、このことは別の地球環境問題の引き金にもなりかねない。一方で、dアメリカの産業界などを中心に、e二酸化炭素濃度の増大が地球温暖化をもたらしているのではない、とする懐疑的な考えも根強く残っている。

問1 下線部aに関して、二酸化炭素は炭素の燃焼（酸化）によって生じるが、二酸化炭素を赤熱したコークス（炭素）と反応させると、逆に還元されて一酸化炭素を生じる。この反応の平衡定数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。 M 1

- ① $[CO]/[CO_2][C]$
- ② $[CO]^2/[CO_2][C]$
- ③ $[CO]/[CO_2]^2[C]$
- ④ $[CO]/[CO_2]$
- ⑤ $[CO]^2/[CO_2]$
- ⑥ $[CO]/[CO_2]^2$
- ⑦ $[CO]/[CO_2][C]^2$

問2 下線部bに関して、地球温暖化の原因のひとつとして温室効果が挙げられる。異なる元素からなる分子は赤外線を吸収するため、その気体は温室効果を引き起こすが、単原子分子の気体および同じ元素からなる2原子分子の気体は、赤外線をあまり吸収しないので温室効果にそれほど寄与しない。大気の組成と、人間活動などによって大気に放出される気体の種類を考えた場合に、二酸化炭素以外にどのような気体が温室効果を引き起こすか。窒素、酸素、アルゴン、水蒸気、窒素酸化物、メタンのうち、温室効果を引き起こす気体を過不足なく含むものを、以下からひとつ選び、番号で答えよ。 M 2

- ① 窒素、酸素、アルゴン
- ② 窒素、酸素、アルゴン、水蒸気
- ③ アルゴン、窒素酸化物、水蒸気
- ④ アルゴン、窒素酸化物、メタン
- ⑤ アルゴン、窒素酸化物、メタン、水蒸気
- ⑥ 窒素酸化物、メタン
- ⑦ 窒素酸化物、メタン、水蒸気

問3 下線部cに関して、溶媒に気体が溶ける量に影響する条件と、増加させると気体が溶ける量が増える条件を過不足なく含むものを、以下からそれぞれひとつ選び、番号で答えよ。

気体が溶ける量に影響する条件： M 3

増加させると気体が溶ける量が増える条件： M 4

- ① 圧力
- ② 溫度
- ③ 溶媒の量
- ④ 圧力、溫度
- ⑤ 圧力、溶媒の量
- ⑥ 溫度、溶媒の量
- ⑦ 圧力、溫度、溶媒の量

問4 下線部dに関して、海洋の地球環境問題についての以下の文章の空欄 [ア] ~ [ウ] に当てはまる最も適当な物質名を、以下からそれぞれひとつ選び、番号で答えよ。ただし、同じ物質名をくり返し選んでもよい。

ア [M5] イ [M6] ウ [M7]

海洋生態系において、その多様性の維持に大きな役割を果たしているサンゴ礁の骨格は、炭酸カルシウムを主成分とする。炭酸カルシウムは水に溶けにくいが、二酸化炭素を含む水には [ア] を生じて溶ける。この反応のしくみは、[イ] 水溶液に二酸化炭素を通じると白濁し、さらに [ウ] を通じると再び透明になる現象からも理解できる。このように海洋の二酸化炭素の濃度の増大は、サンゴ礁の破壊につながる。

- ① 二酸化炭素 ② 塩化水素 ③ 炭酸カルシウム
④ 水酸化カルシウム ⑤ 炭酸水素カルシウム ⑥ 酸化カルシウム
⑦ 塩化カルシウム

問5 下線部eに関して、大気中の二酸化炭素の増大と地球の温暖化の二つの現象の間には明確な相関関係がみられる。

しかし、二酸化炭素の動態を考える上では、大気だけでなく海洋や生物圏をも考慮する必要がある。また、二つの現象の間の相関関係が明らかだったとしても、そこからだけでは

- (1) 二酸化炭素の増大→地球の温暖化
(2) 地球の温暖化→二酸化炭素の増大

という全く逆の二つの因果関係のどちらが正しいかは判断できない。(2)の因果関係を主張する立場に立ち、その因果関係が二つの現象の間の相関関係をもたらすメカニズムをひとつ考えて、簡潔に説明せよ。また、そのメカニズムを前提に、地球のどのような測定データを用いれば(1)(2)どちらの因果関係が正しいかを判断できるかを考えて、その判断の方法を答えよ。

IV 次の文章を読んで、問1～問6に答えよ。問1, 2, 3, 5, 6については、それぞれの解答を選び、マーク解答用紙の番号をマークせよ。問4については、解答を記述解答用紙に記入せよ。

ベンゼンに濃硝酸と濃硫酸の混合液（以下混酸という）を作用させるとニトロベンゼンが生じる。同様に、混酸を用いてトルエンをニトロ化すると、*o*-や*p*-の位置がニトロ化されてニトロトルエンが生じる。^aまた、混酸を用いてトルエンを高温でニトロ化すると、2,4,6-トリニトロトルエン（TNT）が得られる。フェノールに混酸を加えて加熱すると、2,4,6-トリニトロフェノール（ピクリン酸）を生成する。ニトロベンゼンをスズ（または鉄）と濃塩酸で還元するとアニリン塩酸塩となり、水酸化ナトリウムを加えるとアニリンが遊離する。アニリンは、工業的にはニッケルなどを触媒としてニトロベンゼンを水素で還元して作られている。アニリンは塩基性を示すが、その塩基性はアンモニアよりア^b。アニリンをさらし粉水溶液でイ^cすると、ウ^bを呈する。アニリンに硫酸酸性の二クロム酸水溶液を加えイ^cすると、水に溶けにくい黒色の物質ができる。アニリンに冰酢酸を加えて加熱するか、無水酢酸を作用させると、アミド結合をもつエ^cが生成する。アニリンの希塩酸溶液を氷冷しながら、亜硝酸ナトリウム水溶液を加えると塩化ベンゼンジアゾニウムが得られる。塩化ベンゼンジアゾニウム水溶液にナトリウムフェノキシドを加えると、アゾ基をもつ橙赤色のオ^cが生成する。ジアゾニウム塩からアゾ化合物をつくる反応をジアゾカップリングという。

問1 文中の空欄 ア^b, イ^c, ウ^b にあてはまる最も適当な語句の組み合わせを以下からひとつ選び、番号で答えよ。 M8

- ① ア：弱い イ：還元 ウ：黄色
- ② ア：強い イ：還元 ウ：黄色
- ③ ア：弱い イ：還元 ウ：赤紫色
- ④ ア：強い イ：還元 ウ：赤紫色
- ⑤ ア：弱い イ：酸化 ウ：黄色
- ⑥ ア：強い イ：酸化 ウ：黄色
- ⑦ ア：弱い イ：酸化 ウ：赤紫色
- ⑧ ア：強い イ：酸化 ウ：赤紫色

問2 文中の空欄 エ^c, オ^c にあてはまる最も適当な化合物名の組み合わせを以下からひとつ選び、番号で答えよ。 M9

- ① エ：アリザリン オ：*o*-ヒドロキシアゾベンゼン
- ② エ：アセチルサリチル酸 オ：*o*-ヒドロキシアゾベンゼン
- ③ エ：アセトアニリド オ：*o*-ヒドロキシアゾベンゼン
- ④ エ：アリザリン オ：*m*-ヒドロキシアゾベンゼン
- ⑤ エ：アセチルサリチル酸 オ：*m*-ヒドロキシアゾベンゼン
- ⑥ エ：アセトアニリド オ：*m*-ヒドロキシアゾベンゼン
- ⑦ エ：アリザリン オ：*p*-ヒドロキシアゾベンゼン
- ⑧ エ：アセチルサリチル酸 オ：*p*-ヒドロキシアゾベンゼン
- ⑨ エ：アセトアニリド オ：*p*-ヒドロキシアゾベンゼン

問3 下線部aのようにトルエンのニトロ化はオルト・パラ配向性を示す。それに対してメタ配向性を示すものもある。

ニトロ化においてメタ配向性を示さないベンゼンの一置換体を以下からひとつ選び、番号で答えよ。 M10

- ① ニトロベンゼン
- ② 安息香酸
- ③ クロロベンゼン
- ④ ベンゼンスルホン酸

問4 下線部bの物質の名称を答えよ。

問5 下線部cのアミド結合をもつ高分子を以下からひとつ選び、番号で答えよ。

M11

- ① ビニロン
- ② ナイロン6
- ③ アセテート
- ④ アミロース
- ⑤ ポリエステル

問6 アニリン、ニトロベンゼン、フェノール、トルエンを含むジエチルエーテル溶液から、アニリンのみを分離したい。

最も適当な手法を以下からひとつ選び、番号で答えよ。 M12

- ① 希塩酸を加え振り混ぜた後、エーテル層を回収した。
- ② 炭酸水素ナトリウムを加え振り混ぜた後、エーテル層を回収した。
- ③ 水酸化ナトリウムを加え振り混ぜた後、エーテル層を回収した。
- ④ 希塩酸を加え振り混ぜた後、水層を回収し、水酸化ナトリウムを加えた。
- ⑤ 炭酸水素ナトリウムを加え振り混ぜた後、水層を回収し、希塩酸を加えた。
- ⑥ 水酸化ナトリウムを加え振り混ぜた後、水層を回収し、希塩酸を加えた。

V エステル結合を含む化合物に関する以下の問について、それぞれの解答を選び、マーク解答用紙の番号をマークせよ。

問 1 高級脂肪酸としてパルミチン酸 ($C_{15}H_{31}-COOH$) のみを構成成分とする油脂の分子量として正しいものをひとつ選べ。水素、炭素、酸素の原子量をそれぞれ 1, 12, 16 として計算せよ。 M13

- ① 538
- ② 758
- ③ 806
- ④ 854
- ⑤ 860

問 2 油脂を構成する高級脂肪酸の構造と油脂の融点の関係に関する記述として正しいものをひとつ選べ。 M14

- ① 炭素原子の数が多いほど融点は高く、 $C=C$ 結合が多いほど融点は低くなる。
- ② 炭素原子の数が多いほど融点は低く、 $C=C$ 結合が多いほど融点は高くなる。
- ③ 炭素原子の数と融点との間に明確な関係はないが、 $C=C$ 結合が多いほど融点は低くなる。
- ④ $C=C$ 結合の数と融点との間に明確な関係はないが、炭素原子の数が多いほど融点は高くなる。
- ⑤ 分子構造と融点の間には明確な関係はない。

問 3 アルキル硫酸エステル塩に関する記述として間違っているものをひとつ選べ。 M15

- ① 疎水基をもっている。
- ② 親水基をもっている。
- ③ 合成の第一段階で水酸化ナトリウムを用いる。
- ④ 界面活性剤の性質をもつ。
- ⑤ 合成する際に高級 1 個アルコールが用いられる。

問 4 カルボン酸とアルコールが縮合するとエステルが生成する。その際、 H_2O も生成するが、その-OH の由来に関する記述として正しいものをひとつ選べ。 M16

- ① カルボン酸に由来する。
- ② アルコールに由来する。
- ③ 確率に支配されており、約 50 % がカルボン酸に由来し、約 50 % がアルコールに由来する。
- ④ 反応時の温度に依存し、高温になるほどアルコールに由来する割合が高くなる。
- ⑤ どちらに由来するかは、未解明である。

問 5 図 1 には ATP (アデノシン 5'-三リン酸) の構造が示されている。ATP は、RNA 合成の際に基質のひとつとして用いられるが、DNA 合成の基質にはならない。その理由として正しいものをひとつ選べ。 M17

- ① 1' の炭素に DNA には含まれない塩基が結合しているから。
- ② 2' の炭素に水酸基が結合しているから。
- ③ 3' の炭素に水酸基が結合しているから。
- ④ 2' と 3' の各炭素に水酸基が結合しているから。
- ⑤ 5' の炭素に三リン酸が結合しているから。

問6 ATP(図1)の三つのリンのうちひとつを放射性同位体³²Pで置換したもの(ATP*とする)とその他の基質とを用いて、DNAを鋳型としてRNA合成を行ったところ、生成したRNA1分子当たり、ATP*に由来する放射性化合物(Aとする)が複数取り込まれていることが明らかになった。この事実から推測されることとして正しいものをひとつ選べ。

M18

- ① α のPが³²Pで置換されていた。
- ② β のPが³²Pで置換されていて、別の基質の2'の炭素と結合した水酸基とエステル結合を形成した。
- ③ γ のPが³²Pで置換されていた。
- ④ AはRNA分子の末端には存在しない。
- ⑤ RNA分子内にAが連なった配列が存在する。

問7 アセチルサリチル酸、サリチル酸メチル、ポリエチレンテレフタラートの三者に見られる共通点、または相違点に関する記述として正しいものをひとつ選べ。

M19

- ① 室温で液体であるのは、アセチルサリチル酸だけで、他の二つは固体である。
- ② アセチルサリチル酸とサリチル酸メチルはエステル結合をもつが、ポリエチレンテレフタラートにはエステル結合はない。
- ③ 各化合物の合成原料のひとつにカルボキシ基が存在する。
- ④ 各化合物に共通した合成原料のひとつは無水フタル酸である。
- ⑤ 各化合物を合成する過程では1価アルコールが共通して使われる。

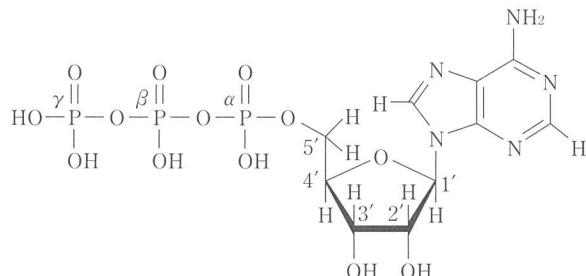


図1. ATPの構造

「」を付した数字は糖部分の炭素の位置を示し、ギリシャ文字 α 、 β 、 γ は三リン酸部分のリンの位置を示す。

(以 下 余 白)