

5 化学部門【必須科目 I】

I 次の20問題のうち15問題を選び解答せよ。(解答欄に1つだけマークすること。)

I-1 無機ガラスに関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 酸化リン (P_2O_5) はガラスの骨格を形成するガラス形成酸化物であり、希土類元素を含有したリン酸塩ガラスは高出力のガラスレーザとして利用されている。
- ② 強化ガラスは強度を高めたガラスであり、表面に圧縮応力を形成することで強化されている。物理的強化ガラスと化学的強化ガラスがある。
- ③ ガラスの構造モデルには、三次元無規則網目構造説、微結晶説、微相説がある。これらのモデルはガラスの平均的な構造を表現している。
- ④ 硫黄 (S), セレン (Se), テルル (Te) の1つ以上を成分とし、酸素を含まないガラスはカルコゲンガラスあるいはカルコゲナイドガラスと呼ばれている。
- ⑤ ガラスは過冷却液体を急冷固化したものであり、潜在的に結晶化直前のエネルギー状態にある。したがって、ガラス転移点より高い温度に保持すれば結晶化しない。

I-2 無機化学製品の工業的製造法に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① 水酸化ナトリウムは、主としてイオン交換膜法を使用した食塩水溶液の電解によって製造され、塩素と酸素が副生する。
- ② アンモニアは、主として温度 $>100^{\circ}C$ 、圧力 $>100MPa$ の条件で、水素と窒素を触媒の存在下で反応させることによって製造される。
- ③ 塩酸は、触媒の存在下で塩素と水素を反応させることにより生成した塩化水素を塩素水溶液に吸収させることによって製造される。
- ④ 硫酸は、触媒の存在下で二酸化硫黄と酸素を反応させることにより生成した三酸化硫黄を希硫酸に吸収させることによって製造される。
- ⑤ 硝酸は、触媒を使用せずにアンモニアを空気酸化して得られる二酸化窒素を、水と反応させることによって製造される。

I-3 格子定数 $a = 0.4123\text{nm}$ の塩化セシウム (CsCl) 結晶において (110) 面の最近接の面間距離として最も適切なものは次のうちどれか。ただし、 CsCl 結晶は単純立方格子であり、 $\sqrt{2} = 1.414$ 、 $\sqrt{3} = 1.732$ とする。

- ① 0.2062nm
- ② 0.2380nm
- ③ 0.2916nm
- ④ 0.4123nm
- ⑤ 0.5830nm

I-4 ゼオライトに関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 骨格構造の異なる100種類以上が知られており、FAU、MFIなど、3文字の英大文字からなるコードで表すことが推奨されている。
- ② 細孔は、環状に連結した SiO_4 や AlO_4 の四面体からできており、その大きさは、およそ3nmから12nmの範囲である。
- ③ 天然にも産出するが、人工的には通常、水熱合成法を用いて作られている。
- ④ イオン交換能を活かして、洗剤のビルダーや土壌改良材として用いられている。
- ⑤ 固体酸性などを利用して、様々な化学反応の触媒として利用されている。

I-5 次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① エタノールとジメチルエーテルは、互いに構造異性体である。
- ② 乳酸が光学異性体としての性質を示すのは、4種類の異なる基が結合している sp^3 炭素のキラル中心が存在するからである。
- ③ エナンチオマーの当量混合物をラセミ体といい、乳酸のラセミ体は光学活性を示す。
- ④ ジアステレオマーの表示方法は、*cis*及び*trans*表示法の他に、(*E-Z*)表示法がある。
- ⑤ 配座異性体を示す方法には、一般にNewman投影式が用いられる。

I-6 アルデヒド、ケトンに関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 水素添加により、アルデヒドは第一級アルコールに、ケトンは第二級アルコールになる。
- ② アセトンを水酸化バリウム触媒の存在下で二量化させた後、脱水して不飽和ケトンとし、さらに水素添加すると *sec*-ブチルメチルケトンが生成する。
- ③ プロピレンのヒドロホルミル化（オキシ法）による反応生成物には、*n*-ブチルアルデヒドと *iso*-ブチルアルデヒドが混在する。
- ④ ベンズアルデヒドを強アルカリ存在下で反応させると、安息香酸とベンジルアルコールに不均化する。この反応をCannizzaro反応という。
- ⑤ カルボニル基の α 位に少なくとも1つの水素を持つアルデヒドやケトンは、酸・塩基触媒存在下で2分子縮合をする。この反応をアルドール縮合という。

I-7 人名反応に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① Friedel-Craftsアルキル化反応は、Lewis酸触媒の存在下、ハロゲン化アルキルと芳香族化合物を反応させ、芳香核をアルキル化する反応である。
- ② Michael付加反応は、 α 、 β -不飽和カルボニル化合物に、活性メチレン化合物が塩基の存在下で付加する反応である。
- ③ Wittig反応は、カルボニル化合物からオレフィンを合成する反応である。
- ④ Vilsmeier-Haack反応は、塩基触媒の存在下、芳香族アルデヒドと酸無水物とが脱水縮合して α 、 β -不飽和カルボン酸を生成する反応である。
- ⑤ Beckmann転位反応は、酸触媒によってオキシムからアミドを生成する反応である。

I-8 エーテルに関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① エーテルの沸点が、異性体の関係にあるアルコールに比べてずっと低いのは、水素結合ができないからである。
- ② ジエチルエーテルは、エタノールを濃硫酸と140~150℃に加熱して大規模に製造される。
- ③ 第三級ハロゲン化物とナトリウムエトキシドを反応させると、主生成物としてエーテルが得られる。
- ④ ジエチルエーテルは揮発性が高く、その蒸気は引火性で、爆発や火災を引き起こす。
- ⑤ MTBE（メチル *t*-ブチルエーテル）はオクタン価向上剤として使われていたが、アメリカでは、環境問題等からほとんど使われなくなった。

I-9 我が国の一次エネルギー供給構造（2016年度）に関する次の（A）～（E）の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- （A）一次エネルギー供給に占める原子力の割合は、10%以下である。
- （B）一次エネルギー供給に占める再生可能エネルギーの割合は、20%以上30%未満である。ここでいう再生可能エネルギーには、太陽光発電、太陽熱利用、風力発電、バイオマスエネルギー、地熱発電などが含まれ、水力は含まれない。
- （C）一次エネルギー供給に占める天然ガスの割合は、20%以上30%未満である。
- （D）一次エネルギー供給に占める石炭の割合は、40%以上50%未満である。
- （E）一次エネルギー供給に占める石油の割合は、60%以上70%未満である。

- ① A, B ② A, C ③ A, E ④ B, D ⑤ C, E

I-10 気候変動枠組条約第21回締約国会議（COP21）において、合意文書（パリ協定）が採択された。パリ協定に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 世界的な平均気温上昇を産業革命以前に比べて2℃より十分低く保つとともに、1.5℃に抑える努力を追求する。
- ② 今世紀後半に、人の活動に起因する温室効果ガスの排出量と、自然が吸収する量とを均衡させる。
- ③ 先進国だけでなく途上国を含む全ての参加国に、温室効果ガス排出削減戦略の策定・提出を義務付ける。
- ④ 各国の削減目標を、5年ごとに更新することを義務付ける。
- ⑤ 我が国は各国間の議論には参加したが、経済政策を優先するアメリカと協調することにしたため、最終的にはパリ協定を締結していない。

I-11 潤滑油添加剤に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 粘度指数向上剤は、潤滑油基油に添加することにより潤滑油の粘度指数を向上させることを目的とする添加剤である。
- ② 酸化防止剤は、潤滑油の酸化劣化を抑制し、初期性能を長期にわたって維持させる目的で使用される。
- ③ 清浄分散剤は、エンジン油中に生成あるいは混入した劣化物が、エンジンに不具合を起こさないようにするために使用される。
- ④ 摩耗防止剤は、境界潤滑における摩耗を低減させるために使用される。
- ⑤ 流動点降下剤は、ワックス析出量を下げることにより、潤滑油のくもり点、流動点を低くする目的で使用される。

I-12 潤滑油の粘度、粘度指数、潤滑状態に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① 動粘度は、その液体の粘度と密度の積から求められる。
- ② 粘度指数は、動粘度と温度との関係を示す数値で、粘度指数が高いほど温度による粘度変化が大きいことを示す。
- ③ 粘度の異なる潤滑油を混合した場合、混合油の粘度は、各成分粘度の算術平均で求められない。
- ④ マルチグレード油は、シングルグレード油よりも粘度指数が低く、低温から高温までの広い条件において良好な粘度の特性を得ることが可能となる。
- ⑤ 理想的な潤滑状態は、摩擦する2つの固体表面が流体膜によって完全にへだてられた状態であって、摩擦力は流体の粘性抵抗だけでは決まらない。

I-13 機器分析に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① X線光電子分光法は、物質の元素分析に用いられる。
- ② X線小角散乱は、物質内の密度の異なる $1 \sim 10^3$ nm程度の領域の散乱である。
- ③ シンクロトロン放射で得られる白色光は、一般のX線発生装置に比較して数桁から10桁程度高い輝度を持つ。
- ④ 電子スピン共鳴吸収法で不対電子の有無が分かる。
- ⑤ ラマン分光法では、物質の双極子モーメントに変化の起こる振動が吸収として現れる。

I-14 ポリマーの合成に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 重縮合により、ポリエステルやポリアミドを合成できる。
- ② プロピレンの配位重合により、結晶性のポリプロピレンを合成できる。
- ③ リビング重合では、活性なポリマー成長末端を利用して、ブロック共重合体を合成できる。
- ④ 電子供与性基を置換基とするアルケンは、アニオン重合に適している。
- ⑤ 開環重合では、環のひずみの小さいモノマーの重合性が低い傾向がある。

I-15 高分子製品に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① プラスチック光ファイバーは、屈折率の大きい材料をコア部、屈折率の小さい材料をクラッド部としている。
- ② 液晶ディスプレイに用いられる偏光板には、ヨウ素系と染料系がある。
- ③ プラスチックレンズの素材である樹脂の屈折率を上げるには、分子構造内にベンゼン環や硫黄原子を導入する方法がある。
- ④ 吸水性樹脂の吸水力には、架橋密度が関係する。
- ⑤ 半導体パッケージの構成材料の1つである封止材には、マトリックス樹脂としてフェノール樹脂が使用される。

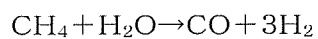
I-16 高分子材料に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① ポリジメチルシロキサンは、酸素ガスバリア性に優れている。
- ② 超高分子量ポリエチレンは、耐摩耗性に優れている。
- ③ ポリスチレンは、低吸水性である。
- ④ ポリカーボネートの一種であるビスフェノールAの炭酸エステルポリマーは、耐衝撃性に優れている。
- ⑤ ポリエチレンナフタレートは、耐熱性に優れている。

I-17 回分式反応器における不可逆1次反応 $A \rightarrow B$ に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① 初濃度が半分になるのに必要な反応時間は、初濃度が高いほど短くなる。
- ② 初濃度が半分になるのに必要な反応時間と反応速度定数は、反比例する。
- ③ 反応速度は濃度に依存しない。
- ④ 反応速度は時間に依存しない。
- ⑤ 反応物Aを75%反応させるのに必要な時間は、50%反応させるのに必要な時間の1.5倍である。

I-18 メタンの水蒸気改質反応



の標準温度298.15Kにおける平衡定数 K_{298} の概略値として次のうち、最も適切な範囲はどれか。各成分の標準生成Gibbsエネルギーと自然対数は、次の値を使用すること。

メタン -50.40 [kJ/mol], 水 -228.59 [kJ/mol]

一酸化炭素 -137.15 [kJ/mol], 水素 0.00 [kJ/mol]

$\ln 10 = 2.303$

- ① $10^{-50} \sim 10^{-48}$
- ② $10^{-26} \sim 10^{-24}$
- ③ $10^{-2} \sim 10^{-1}$
- ④ $10^{-1} \sim 10^0$
- ⑤ $10^1 \sim 10^2$

I-19 化学装置や化学工学に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① ニュートン流体が円管内を流れるときの圧力損失は、層流域においては管内面の粗さに依存せず、乱流域においてはその粗さに依存する。
- ② 棚段塔式気液接触装置において、塔断面積当たりの液流量（液質量速度）を一定に保てば、塔断面積当たりのガス流量（ガス質量速度）を小さくしてもウィーピングに至ることはない。
- ③ 静止液中の単一球形固体粒子を沈降分離する装置において、液温度を変えることにより液の粘度を変えても、密度差が変わらない限り終末沈降速度は不変である。
- ④ 流通式反応器形式には、管型反応器（PFR）、連続槽型反応器（CSTR）、複数のCSTRを直列に連結した直列連続槽型反応器などがあるが、反応速度が反応率の増大に伴い単調に減少する場合には、同一の空間速度においてCSTRが最も高い反応率を与える。
- ⑤ 触媒粒子内での物質の移動機構は、細孔拡散や表面拡散などに分類され、気体分子の表面拡散には分子拡散とKnudsen拡散がある。

I-20 流体力学において、二相流又は液滴表面などにおける界面張力の影響を示すために、慣性力と界面張力の比を表すものは次のうちどれか。

- ① ウェーバー数（Weber number）
- ② レイノルズ数（Reynolds number）
- ③ ヌッセルト数（Nusselt number）
- ④ シュミット数（Schmidt number）
- ⑤ フルード数（Froude number）