

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 次のうち、ポーリングの電気陰性度の大小の序列として誤っているものはどれか。

- ① $F > Cl > Br$
- ② $Li > Na > K$
- ③ $Be > Mg > Ca$
- ④ $F > N > O$
- ⑤ $Br > Ca > K$

I-2 酸化アルミニウムに関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① バイヤー法とは、硫酸を用いてボーキサイトから電解精錬用酸化アルミニウムをつくる方法である。
- ② 酸化アルミニウムは、アルミナとも呼ばれ、天然にはコランダム（鋼玉）、ルビーあるいはサファイアなどとして産出する。
- ③ 酸化アルミニウムには、 α -アルミナ、 β -アルミナ、 γ -アルミナなどの多形が存在するが、前二者は空气中、高温で加熱すると γ -アルミナに相転移する。
- ④ 酸化アルミニウムは、熱伝導率、導電率が高いので広い分野で利用されている。
- ⑤ ムライトは、酸化アルミニウム、酸化ケイ素、及び酸化マグネシウムからなる酸化物である。

I-3 物理化学の用語に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 燃料の発熱量は、単位量の燃料を完全燃焼させたときに発生する熱量をいう。
- ② 可燃物を小火炎により燃焼させるために必要な最低の温度を発火点という。
- ③ エンタルピーは、系の現在の状態が決まれば、変化過程にはよらず一義的に定まる量を意味する状態量の1つである。
- ④ 臨界温度は、ある温度以下にしなければ、気体をいくら高圧にしても液化しない温度をいう。
- ⑤ 2つ以上の成分を含む系が2つの相に分配して平衡に達しているとき、各成分の化学ポテンシャルは系の全領域に亘って等しい。

I-4 自動車排ガスの処理に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① ガソリンエンジン用の三元触媒では、一酸化炭素 (CO) 及び炭化水素 (HC) が酸化されるとともに、窒素酸化物 (NO_x) が還元されることで排ガスの浄化が行われる。
- ② 一般に三元触媒は、活性成分であるPt, Rh, Pd等の貴金属をアルミナなどの高表面積の金属酸化物担体上に担持した触媒を、セラミックスや金属製のハニカム構造体にコーティングしたものである。
- ③ 燃費向上のために空燃比の高い条件で運転する希薄燃焼 (リーンバーン) エンジンでは従来の三元触媒は機能しない。そのため過剰に存在するHCを一時的に吸蔵する機能を有する触媒が実用化されている。
- ④ ディーゼルエンジンの排ガスから粒子状物質 (PM) を除去するため、ハニカム型のセラミックフィルタによりPMを捕集し、燃焼させる方法が実用化されている。
- ⑤ バスやトラックなどの大型車では、ディーゼルエンジン排ガス中に尿素水溶液を添加し、加水分解で発生するアンモニアによりNO_xを還元する方式が実用化されている。

I-5 次の鉱物のうち、一般にアスベストとして分類されるものはどれか。

- ① モナザイト (Monazite)
- ② モンモリロナイト (Montmorillonite)
- ③ イルメナイト (Ilmenite)
- ④ クリソタイル (Chrysotile)
- ⑤ カオリナイト (Kaolinite)

I-6 炭化水素に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① アルカンの沸点は分岐の程度で異なり、*n*-ペンタン、2-メチルブタン (イソペンタン)、2,2-ジメチルプロパン (ネオペンタン) の順で沸点が低くなる。
- ② アルケンにハロゲン化水素が付加する反応において、反応がマルコフニコフ (Markovnikov) 則にしたがう場合、水素はアルキル置換基数の少ない炭素に付加する。
- ③ 紫外スペクトルにおいて吸収極大を示す波長は、1,3-ブタジエン、1,3,5-ヘキサトリエン、1,3,5,7-オクタテトラエンの順に短くなる。
- ④ 低級アルカンは、直接化学製品の原料として使用されることは少ないが、*n*-ブタンを酸化して無水マレイン酸とする方法は工業化されている。
- ⑤ 我が国では、プロピレンはナフサなどの熱分解によりエチレンとともに製造されるほか、石油精製工業の接触分解プロセスでも生産される。

I-7 トルエ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 酸化すれば安息香酸となり、フェノール製造の原料になる。
- ② トルエンを酸化的二量化してスチルベンを合成し、ついでエチレンとメタセシス反応を行うとエチルベンゼンが得られる。
- ③ 高温での接触的反応で水素化脱メチル化すると、ベンゼンが生成する。
- ④ 空気酸化と水素化により得られたシクロヘキサンカルボン酸を発煙硫酸中でニトロシル硫酸と反応させると、 ϵ -カプロラクタム硫酸塩が生成する。
- ⑤ 不均化反応により、主にベンゼンとキシレンが生成する。

I-8 燃料電池及びその開発に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 燃料電池は、化学エネルギーから電気エネルギーへの変換途上で熱エネルギーや運動エネルギーという形態を経ないため発電効率が高い。
- ② 燃料電池の原理は、水の電気分解の逆を行うものであり、負（-）極となる燃料極に酸素を、正（+）極となる空気極に水素を通して、負極を酸化、正極を還元することにより電気を作る。
- ③ 我が国では、1981年のムーンライト計画により燃料電池開発の必要性が位置付けられ、固体高分子型（PEFC）、りん酸型（PAFC）、固体酸化物型（SOFC）等の様々な形式の燃料電池の可能性が追求されてきた。
- ④ SOFCは、ほかの燃料電池に比べて電気エネルギーへの変換効率が高く、かつ排熱利用コージェネレーションシステムを構築できるので、家庭用分散型電源などとしての利用が進められている。
- ⑤ 大規模火力発電技術の高効率化や、ハイブリッド車や電気自動車の実用化など、ほかの技術との競合環境が、燃料電池技術の開発に大きな影響を与えている。

I-9 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 ラジカル重合は、付加重合型ポリマーの合成に用いられている方法である。
- ② 塊状重合は、モノマーだけをそのまま、あるいは少量の開始剤又は触媒を加え、加熱したり、光を照射したりして重合させる方法であり、気相法と液相法がある。
- ③ 溶液重合は、生成ポリマーが可溶性な溶媒の中で、モノマーの重合反応を行う方法である。
- ④ アニオン重合、カチオン重合、配位重合ではリビング重合が可能になっているが、リビングラジカル重合は達成されていない。
- ⑤ 懸濁重合には、油溶性のモノマーを水中でかきまぜて分散させ、モノマーに溶解させた開始剤を用いて重合させる方法がある。

I-10 次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 元素とは、物質の種別を表す概念であって、具体的な物質を意味する。
- ② 電子親和力は、金属よりも非金属の方が一般的に大きい傾向がある。
- ③ 元素には、典型元素と遷移元素がある。
- ④ 元素には、単体の性質に基づき金属元素、半金属元素、非金属元素がある。
- ⑤ イオン化傾向とは、金属が液体、とくに水と接するとき、電子を放出してイオンになろうとする傾向をいう。

I-11 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、固体表面の元素分析に用いられる。
- ② X線小角散乱法から粒子の形状や分布に関する情報が得られる。
- ③ 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。
- ④ 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。
- ⑤ 電子スピン共鳴吸収法では不対電子の有無が分かる。

I-12 化学物質管理に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 化学物質のリスクは、ハザード（人の健康・環境への有害性）の大きさを動物実験や疫学的手法により調査し、その結果の大小で判断される。
- ② 2002年の持続可能な開発に関する世界首脳会議（WSSD）で「2020年までに化学物質による人・環境への悪影響を最小化する方法で、化学物質を使用・生産すること」という目標が定められている。
- ③ 労働安全衛生法で定められた物質を提供する者は、安全データシート（SDS）などの文書を交付して、その名称、物理的及び化学的性質、人体に及ぼす作用、貯蔵又は取扱い上の注意、応急の措置などを、提供する相手方に通知することが求められている。
- ④ EU域内で1トン／年以上の化学物質を製造あるいは輸入する事業者は、その化学物質を欧州化学品庁に登録しなければならない。登録を申請できる期間（猶予期間）は、取り扱う物質の製造量・輸入量及び危険有害性で異なる。
- ⑤ 日本の化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律（化審法）では、優先評価化学物質を製造し、又は輸入した者は、省令で定めるところにより、毎年度、前年度の製造・輸入数量等を経済産業大臣に届け出なければならない。

I-13 廃棄物リサイク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 使用済み製品や工場で発生する端材などを回収して、新しい製品の材料として利用する手法をマテリアルリサイクルという。
- ② サーマルリサイクルとは、廃棄物を燃やしたときの排熱を回収して蒸気や温水を作り、発電や給湯などに利用する手法で、容器包装リサイクル法では、最も優先順位の低い手法とされている。
- ③ ケミカルリサイクルとは、廃プラスチックを化学分解して原料に戻し、製品に再生する手法である。容器包装リサイクル法に基づく廃プラ処理の実績では、ガス化によるリサイクルが最も多い。
- ④ 自社のサプライチェーンの中で、回収した使用済み製品の部材を、同種の製品の部材として使用する手法をクローズドリサイクルという。
- ⑤ 資源有効利用促進法（改正リサイクル法）では廃棄物の発生抑制（リデュース）や分別回収による部品の再使用（リユース）がリサイクルに優先する取組とされている。

I-14 化学反応及び活性化エネルギー E に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。ただし、 A 、 R 、 T 、 k はそれぞれ、反応に特有の定数、気体定数、絶対温度、反応速度定数である。

- ① 化学反応の原系（反応物質）から遷移状態を経て生成系（生成物質）に至る過程において、遷移状態と原系のエネルギーの差を活性化エネルギーという。
- ② k は、以下のアレニウス（Arrhenius）の式によって表される。

$$k = A \exp\left(\frac{-E}{RT}\right)$$

- ③ 系内に活性化エネルギー以上のエネルギーを持つ分子が存在すると、化学反応が進行する。
- ④ 活性化エネルギーは、触媒を用いたり反応条件を変えたりしても、それを変えることはできない。
- ⑤ 一次反応において、 A は（時間） $^{-1}$ の次元を持ち、頻度因子と呼ばれる。

I-15 放射線及び放射能測定の実検出方式に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① シンチレーション式は、入射する γ 線のエネルギーと光（シンチレーション光）の強度に関係があることから、入射した放射線から、核種分析が可能になる特長を有する。
- ② GM（ガイガー・ミュラー）計数管式の検出器はガスを封止した金属管と管の中心にある電極で構成される。この方式は金属管の端面に放射線の透過性の良い窓材で封止すれば、 β 線を測定することも可能になる。
- ③ シリコン（Si）半導体検出器は、非冷却で数V程度の印加電圧で使用される。他の検出方式より、一般的に感度が高く、検出器が小さいため、測定器を小型化することができる。
- ④ ゲルマニウム（Ge）半導体検出器は、液体窒素などを用いた冷却が必要になるが、感度が非常に高く、核種分析に適する。
- ⑤ 被ばく積算量の測定は、ポケットサイズの個人線量計が主に用いられ、検出器はSi半導体式が主流である。

I-16 攪拌機付きの薄い金属製容器に100°Cの液体が満たされている。容器の外表面積は、10 m²であり、容器が置かれた室内の温度は20°Cに保たれている。液体側及び空気側の伝熱係数は、それぞれ500 kJm⁻²h⁻¹K⁻¹及び40 kJm⁻²h⁻¹K⁻¹であり、金属の伝熱抵抗及び容器壁面の汚れは無視できるものとする。このとき、容器内の液から容器壁面を通して室内空気へ失われる時間当たりの熱量（ただし、kJh⁻¹を単位とする。）を求める式として、最も適切なものはどれか。

① $(500+40) \times 10 \times (100-20) = 432,000$

② $500 \times 10 \times (100-20) = 400,000$

③ $\sqrt{500 \times 40} \times 10 \times (100-20) = 113,140$

④ $40 \times 10 \times (100-20) = 32,000$

⑤ $\frac{1}{\left(\frac{1}{500} + \frac{1}{40}\right)} \times 10 \times (100-20) = 29,630$

I-17 次のモノ置換ベンゼンのうち、親電子試薬との反応で主生成物としてメタ体が得られないものはどれか。

- ① ベンズニトリル
- ② ベンゾトリフルオリド
- ③ ニトロベンゼン
- ④ アセトフェノン
- ⑤ クロロベンゼン

I-18 次の酢酸とその誘導体のうち、 pK_a (酸解離定数, 25°C) が最も小さいものはどれか。

- ① 酢酸
- ② シアノ酢酸
- ③ トリメチル酢酸 (ピバル酸)
- ④ ヒドロキシ酢酸 (グリコール酸)
- ⑤ トリフルオロ酢酸

I-19 熱物性に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① SI単位系での熱量の単位はジュールであり、カロリーの使用は現在SI単位としては容認されていないが、計量法では範囲を限定して使用が認められている。
- ② 熱伝導率は、物質中での熱エネルギーの移動のしやすさを表す物性値であり、温度勾配と熱流の関係を表すフーリエの法則での比例係数に当たる。
- ③ 熱拡散率は、物質中での熱エネルギー密度の拡散現象を記述する熱拡散方程式の比例係数として現れる量である。
- ④ 比熱容量は、物質への熱エネルギーの流出入による温度変化のしやすさを表す物性値であり、定積比熱 C_v と定圧比熱 C_p の比、 $\gamma = C_v / C_p$ を比熱比という。
- ⑤ 熱膨張係数は、圧力一定のもとで物体が熱膨張するとき、熱膨張比率の温度変化に対する割合を表す量であり、体積熱膨張係数は、膨張が等方的な物質の場合線熱膨張係数の約3倍となる。

I-20 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 (芯)、屈折率の小さい材料をクラッド部 (鞘) 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 半導体封止材料に用いられる代表的な高分子はフェノール樹脂である。
- ④ 高吸水性ポリマーの吸収力には架橋密度が関係している。
- ⑤ 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ればよい。