

I 次の2問題（I-1，I-2）について解答せよ。

I-1 次の9設問のうち3設問を選んで解答せよ。（設問ごとに答案用紙を替えて**解答設問番号**を明記し、それぞれ1枚以内にまとめよ。）

I-1-1 以下に示す無機材料の表面分析方法の中から2つを選び、それぞれの原理と特徴を説明せよ。

- ① 二次イオン質量分析（SIMS）
- ② 走査型プローブ顕微鏡分析（SPA）
- ③ X線光電子分光分析（XPS又はESCA）
- ④ 電界放出走査電子顕微鏡（FESEM）
- ⑤ オージェ電子分光分析（AES）

I-1-2 一般に炭素材料は、有機化合物の加熱炭化処理により製造される。この場合の炭化には、固体状態で起こる固相炭化、液体状態あるいは熔融状態を経て炭化する液相炭化、そして気体状態で炭化が進行する気相炭化があり、それぞれの炭化により生成する炭素材料の性質が異なる。そこで、上記した固相、液相そして気相炭化の中から2つを選び、各炭化で生成する炭素材料の1つを挙げ、その名称、製法及び特徴を説明せよ。

I-1-3 イオン伝導性セラミックスの特質を活かした以下の4つの応用例のうち2つを選び、それぞれの原理、概要、課題を説明せよ。

- ① 固体酸化物形燃料電池
- ② 熔融炭酸塩形燃料電池
- ③ 酸素センサー
- ④ ナトリウム硫黄電池

I-1-4 セラミックス粉体の水分散スラリーの乾燥方式は、その後の焼結性の難易に大きく影響する。乾燥方式には、熱風乾燥、真空乾燥、噴霧乾燥（スプレードライ）、凍結乾燥（フリーズドライ）などがある。これらの方式の中から2つを選び、それぞれの乾燥原理の概要（簡単な模式図と説明文）及び得られる粉体の一般的特性を述べよ。

I-1-5 現在，世界のアンモニア（NH₃）製造量は年間約1億5千万トンであり，その約80%が肥料の原料として使用されている。以下の問いに答えよ。

- (1) アンモニアの合成と分解について，それぞれ用いられる触媒とともに説明せよ。
- (2) アンモニアの新たな用途として，代替エネルギーである水素の貯蔵・輸送に用いることの可能性について説明せよ。

I-1-6 イオン交換体は液相中の特定イオンを取り込み，代わりに自身の骨格構造内あるいは表面のイオンを放出する固体であり，海水淡水化，水精製，排水処理，イオン交換クロマトグラフィー担体，触媒担体などに幅広く利用されている。以下の問いに答えよ。

- (1) 有機質のイオン交換樹脂に比べた無機イオン交換体の一般的特性を述べよ。
- (2) 無機イオン交換体を1つ挙げ，その骨格構造から考えられるイオン交換性の特徴を述べよ。

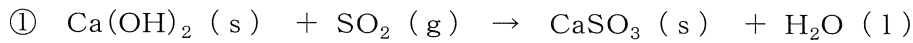
I-1-7 可視光応答型光触媒材料の開発と応用がすすめられているが，未だ世界的な材料試験方法の統一化は達成されていない。以下の問いに答えよ。

- (1) 可視光応答型光触媒材料として，有力視されている材料系のうち，2つを取り上げ，蛍光灯や白色LEDなどに対する応答の観点から，それぞれの特徴を述べよ。
- (2) 環境用途における光触媒の性能評価における問題点を2つ以上挙げ，それぞれについて簡潔に説明せよ。

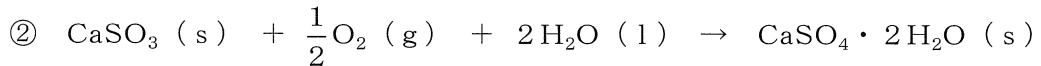
I-1-8 電子セラミックスのうち，無線通信関連分野で用いられる「ガラスセラミックス」LTCC（Low Temperature Co-fired Ceramics）について，以下の問いに答えよ。

- (1) LTCCの必要性とその特徴，さらに一般的な配合について説明せよ。
- (2) LTCCの用途から，機械的強度の向上が望まれる場合があるが，その理由とどのような方法によりそれが達成できるか述べよ。
- (3) LTCCの従来の用途と将来の技術開発の方向について説明せよ。

I-1-9 重油や石炭の燃焼で排出するガス中のSO₂を脱硫する方法に石灰・セッコウ法がある。湿式では例えば石灰乳 (Ca(OH)₂) によって吸収固定化する。生成した亜硫酸カルシウム (CaSO₃) は空気酸化し、排煙脱硫セッコウ (排脱セッコウ) として利用する。この脱硫の基本反応は、次の①, ②で表されるものである。



$$\Delta H^\circ = -171 \text{ kJ/mol}, \quad \Delta G^\circ = -123 \text{ kJ/mol}$$



$$\Delta H^\circ = -284 \text{ kJ/mol}, \quad \Delta G^\circ = -242 \text{ kJ/mol}$$

ここで、 ΔH° , ΔG° は反応の標準エンタルピー変化と標準ギブズ自由エネルギー変化である。また s, g そして l は、それぞれ固体, 気体, 液体を表す。以下の問いに答えよ。

(1) 一般に化学反応における ΔH° と ΔG° のそれぞれの正負と大小は何を意味するか述べよ。

(2) 排脱セッコウの最も大きな利用分野として建築材料「セッコウボード」があるが、その有利な性質を2つ、不利な性質を1つ挙げ、それぞれについて簡潔に説明せよ。

I-2 次の3設問のうち1設問を選んで解答せよ。(答案用紙を替えて解答設問番号を明記し、3枚以内にまとめよ。)

I-2-1 化石エネルギーの大量消費にともなうCO₂の発生が地球的規模で、温暖化等の異常気象をもたらし、人類の生活に大きな影響を与えている。そこでエネルギー消費にともなうCO₂の発生が全く無い「水素エネルギー」が注目されている。このようなことに関連する以下の問いに答えよ。

(1) 水素の特徴を4つ挙げよ。次に、水素の製造方法を3つ挙げ、それぞれについて簡潔に説明せよ。

(2) 水素エネルギーの利用の方法として、燃料電池により電気エネルギーに変換することが有効とされているが、燃料電池の原理を簡潔に説明せよ。さらに、自動車あるいは家庭用発電設備への応用例のいずれか1つについて技術的課題と思われる点について述べるとともに、新たな適用についてあなたの考えを述べよ。

(3) 水素エネルギー社会の実現に向けて、製造、輸送、貯蔵、利用のトータルシステムを構築することが望まれるが、製造を除く各段階で必要とされるインフラストラクチャーについて説明するとともに、それらの技術的課題について述べよ。

I-2-2 一般に材料の生体との適合性を評価する基本的性質として、

- ① 生体組織親和性（生体組織とのなじみ）
- ② 生化学的安全性（毒性、発がん性などが無い）
- ③ 生体力学的調和性（生体組織の機械的性質とバランス）
- ④ 生体不活性（生体内で化学的に安定）
- ⑤ 生体活性（生体の自己修復作用を加速）
- ⑥ 生体内崩壊性（生体内で溶解・吸収）、が挙げられる。以下の問いに答えよ。

(1) 代表的な生体セラミックスとして、炭素 (C)、アルミナ (Al_2O_3)、ジルコニア (ZrO_2)、アパタイト ($\text{Ca}_5(\text{OH})(\text{PO}_4)_3$)、リン酸三カルシウム ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) の中から3つを選び、上記①から⑥のどの性質を兼ね備えた材料であるかを番号で答えるときともに、どのような生体部位に適用可能あるいは既に適用されているかを述べよ。

(2) 生体材料は適用部位に応じた材料特性、生体組織との化学的・物理的相互作用が必要となる。「生体外に一部突き出た柱として顎骨に打ち込む人工歯根（歯科インプラント）」と「大腿骨に固定する部分（ステム）、骨頭とそれを受けるソケットの3部分からなり、全部生体内に埋入される人工股関節」を例にして、材質・材料及び生体組織とのかかわり方を解説するとともに、希求されるべき方向にも言及せよ。

(3) 生体は常温・常圧で、高強度・高靱性の無機質硬組織（骨、歯、貝殻、亀の甲羅など）を創りあげている。このような生体機能あるいは硬組織微構造をとり入れたセラミックスの製造方法について、あなたの考えを述べよ。

I-2-3 セラミックスの電気特性を活かした用途の1つに圧電素子がある。以下の問いに答えよ。

- (1) 圧電素子の原理と、実用例を2つ以上挙げて説明せよ。
- (2) 代表的な圧電素子材料を1つ以上挙げよ。また、その成形方法の1つであるドクターブレード法について模式図を使って説明せよ。
- (3) 圧電素子材料には欧州における環境規制を克服しなければならないという問題があるが、その解決策として講じられている方法について述べよ。
- (4) 圧電素子の今後応用可能な分野について、あなたの考えを述べよ。