

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 多くの無機化合物を構成する金属酸化物の物性は多様である。電気的特性を例に取ってみても、絶縁体、金属と同程度の導電率を有する電子伝導体、イオン伝導体、超伝導体（高温超伝導）、さらには、誘電体、圧電体など、その物性と用途は多岐にわたり、また、身近な製品で酸化物を含まないものを見つけるほうが困難である。そこで、以下に挙げる酸化物を、酸性、塩基性及び両性に分類しそれぞれについて説明せよ。

① Al_2O_3 ② CaO ③ MgO ④ Na_2O ⑤ SiO_2

I-1-2 セラミックスなどの固体物質の性質を調べる方法の一つであるX線回折法（XRD）の測定原理を、図を用いて説明するとともに、この方法により解析可能な固体の性質を3点以上挙げよ。

I-1-3 一般に分子を構成する原子は、そのままでは大きなエネルギーをもっているため、単独では存在できない。そこで、同種又は異種の原子が2個以上結合することによって電子の再配列が起こりエネルギーを放出して安定な分子をつくる。そのときの分子の結合は、それぞれの原子集団ごとに特徴ある結合様式をとって、物質特有の性状を示すようになる。

これらの結合を一般に「化学結合」というが、これは、構成原子の大きさ、原子間の結合距離、結合に要する結合エネルギー、多原子の場合に見られる結合角、結合の方向、外側の価電子軌道の状態などによってさまざまな形をとる。また、結合に参加している原子の電気陰性度の相違によって極性などの特性が現れることがある。そして、化学結合は次の5つの様式に大別される。

① 共有結合 ② 金属結合 ③ イオン結合
④ 水素結合 ⑤ ファン・デル・ワールズ結合

以上のうち、3つを選んで説明するとともに、これらの①～⑤を結合力の強い順に並べよ。

I-1-4 無機材料の元素分析や組成分析、また、構造分析を行う以下の分析方法の中から3つ選び、その原理と特徴を説明せよ。

- (1) 赤外分光分析 (IR)
- (2) ラマン分光分析 (Raman)
- (3) 蛍光X線分析 (XRF)
- (4) 原子吸光分析 (AAS)
- (5) 誘導結合プラズマ質量分析法 (ICP・MS)

I-1-5 半導体工業などで広く用いられているセラミックス単結晶について次の問いに答えよ。

- (1) セラミックス単結晶の製造方法のうち1つを取り上げて説明せよ
- (2) 製品化されている代表的なセラミックス単結晶を3種挙げ、それらの具体的用途を2つ以上挙げよ。
- (3) セラミックス単結晶の新しい製造方法のうち化学気相成長 (CVD) 法を用いる方法について説明せよ。

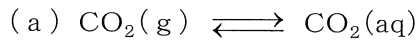
I-1-6 電気二重層キャパシタについて以下の問いに答えよ。

- (1) 原理と構造及び特徴について説明せよ。
- (2) 応用例を2つ以上挙げて、その機能と現状の課題について述べよ。

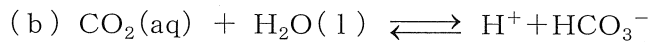
I-1-7 ポルトランドセメントは、石灰石、粘土、けい砂、酸化鉄を主原料とし、これらを混合粉砕して、約1450℃で焼成・空気急冷して硬い塊すなわちクリンカーとし、これに石膏を3～4%ほど添加して粉砕したものである。近年、鉄筋コンクリートの塩分、中性化による鉄筋の錆発生、アルカリ骨材反応によるひび割れ発生といった劣化の理解と高耐久化への取り組みが進んでいる。以下の問いに答えよ。

- (1) セメントクリンカーの主要な構成化合物を3つ挙げるとともに、上記した石膏の添加理由を述べよ。
- (2) 鉄筋コンクリートの劣化を遅延、高耐久化するための技術について述べよ。
- (3) 大量に発生している廃コンクリートのリサイクルについて、既知あるいは想定できる事例を挙げて、論ぜよ。

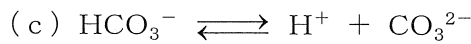
I-1-8 地球温暖化対策の中で、特に大量に排出されている温室効果ガスであるCO₂の排出量削減、分離回収・固定・隔離技術の開発が緊急の課題になっている。排ガス中CO₂に対する処理技術に、①化学吸収法、②物理吸収法、③膜分離法、④炭酸塩固定法、⑤地中貯留法、⑥海洋隔離法、などがある。以下に示した化学平衡式(a)～(d)と各注釈を参考にして、以下の問い(1)～(3)に答えよ。



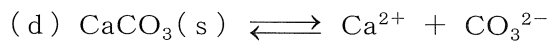
注釈：CO₂気体(g)が水に溶ける溶解平衡



注釈：水に溶けた(aq)CO₂の解離平衡、(l)は液体



注釈：HCO₃⁻の水中での解離平衡



注釈：CaCO₃の溶解平衡、(s)は固体

- (1) 「空気中400ppmCO₂-H₂O」系の平衡状態にある水槽において、空気中のCO₂(g)圧を増加させたとき、この水溶液のpHの変化について述べよ。
- (2) 「空気中400ppmCO₂-H₂O-CaCO₃固相」系の平衡状態にある水槽にCaCl₂を加えてCa²⁺濃度を増加させたとき、①pHの変化、②Ca²⁺濃度の変化、及び③CaCO₃の挙動、のそれぞれについて述べよ。
- (3) CO₂を分離回収・固定・隔離する方法①～⑥の中から2つを選び、それぞれの長所と課題を述べよ。

I-1-9 生体材料は、力学的にも化学的にも厳しい環境の中で、主に骨格系の機能を支援、代替あるいは代行させるために適用される。このような生体材料の主要な基礎素材となっている合成ハイドロキシアパタイトについて以下の問いに答えよ。

- (1) 合成ハイドロキシアパタイトが主要な基礎素材となっている理由を述べよ。
- (2) ハイドロキシアパタイトの合成方法には、①沈殿反応法、②均一沈殿法、③水熱反応法、④加水分解法、⑤固相反応法、⑥ゾル-ゲル法又はアルコキシド法、⑦その他、がある。これらの中から2つを選び、それぞれの方法の概略と生成物の特徴を述べよ。

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 耐熱性、耐食性、機械的特性などに優れたエンジニアリングセラミックスは、1980年代の研究開発熱も収束を示し、実用面においてもコストや環境負荷等の観点から著しい進歩を遂げている。エンジニアリングセラミックスの最近の用途展開として、以下の①～⑥の分野が挙げられる。

- ① 各種製造産業に用いられる部材
- ② 耐熱コーティング
- ③ ベアリング
- ④ 多孔体
- ⑤ 高強度・高熱伝導性基板
- ⑥ 宇宙・航空関連部材

- (1) 以上①～⑥のうち、3つを取り上げ、それらの用途開発のキーファクターとなる技術を説明するとともに、それらの具体的な適用例を挙げよ。
- (2) エンジニアリングセラミックスの新用途開発においてその推進に最も有効な手段に関してあなたの考えを述べよ。

I-2-2 セラミックスの吸着性能を利用して、排水や海水などから希少金属などの資源を回収することができる。このようなセラミックス吸着剤について以下の問いに答えよ。

- (1) 代表的なセラミックス吸着剤を3種類挙げ、回収できる資源について述べよ。
- (2) (1)に挙げた3種類のセラミックス吸着剤から1つを選び、製造方法と代表的な応用例を説明せよ。
- (3) セラミックス吸着剤の競合材料を2つ以上挙げ、セラミックス吸着剤が現状で持つ課題と対比してその特徴を説明せよ。
- (4) セラミックス吸着剤の応用の可能性についてあなたの考えを述べよ。

I-2-3 2011年3月の福島第1原子力発電所における事故では、大量の放射能汚染した冷却水の漏えい、大気中に飛散した放射性物質 $^{137}_{55}\text{Cs}$ （半減期30年）、

$^{134}_{55}\text{Cs}$ （半減期2年）、 $^{131}_{53}\text{I}$ （半減期8日）による広範囲の河川、海洋、土壌、農作物、家屋などの汚染が大きく報じられてきた。特に $^{137}_{55}\text{Cs}$ は半減期30年であり、地面に降り注いだ後も長く地表に蓄積しやすく、放射線（ β 線と γ 線）を出し続ける。下の周期律表（抜粋）を参照して以下の問い(1)～(4)に答えよ。

周期表抜粋

族	1	2	3	←……………省略……………→	17	18
5	$_{37}\text{Rb}$	$_{38}\text{Sr}$	$_{39}\text{Y}$	←……………省略……………→	$_{53}\text{I}$	$_{54}\text{Xe}$
6	$_{55}\text{Cs}$	$_{56}\text{Ba}$	$_{57}\text{La}$	←……………省略……………→	$_{85}\text{At}$	$_{86}\text{Rn}$

- (1) 安定同位体（安定核種）及び放射性同位体（放射性核種）について説明せよ。
- (2) ベクレル及びシーベルトについて説明し、国の設定した（2012年4月1日施行）一般食品に対する前者の基準値及び後者の限度値を、それぞれ答えよ。
- (3) 放射性元素である ^{137}Cs 及び ^{131}I は β 崩壊して核種が変わる。それぞれの変化した核種を元素記号又は元素名で答えよ。
- (4) ①大量の汚染冷却水の浄化で出てくる放射性物質を吸着・濃集した廃棄物、②広範囲に及ぶ汚染土壌の除染、のそれぞれについて緊急避難的応急処置の現状とあなたの考える評価又は課題を論ぜよ。