

平成 21 年度技術士第二次試験問題【化学部門】

必須科目 10 時～12 時 30 分

Ⅱ－1 次の問題について解答せよ、(答案用紙 3 枚以内にまとめよ。)

昨今、科学技術の世界では異分野との融合領域の研究が注目され、大学における研究活動をはじめとして産業界の技術開発分野でも実施されて、大きな成果を上げつつある。中でも化学との融合領域の研究は各分野から大きな期待をされている。これに関して(1)～(3)の間に答えよ。

以下の 1～6 に示した事例を参考にしても良い。

1. 応用物理分野からみた化学との融合領域  
例:分子ナノテクノロジーを利用した有機機能素子の開発
2. 航空宇宙分野からみた化学との融合領域  
例:航空機軽量化の研究・開発
3. 食品科学工学分野からみた化学との融合領域  
例:食品アレルギー研究における化学的アプローチ
4. 薬学分野からみた化学との融合領域  
例:創薬と有機合成化学の研究・開発
5. 医学分野からみた化学との融合領域  
例:先端技術融合による再生医療の実現に向けた取り組み
6. エレクトロニクスとバイオテクノロジーの融合  
例:半導体磁気センサーを用いた迅速免疫診断システムの開発  
(これらの事例 1～6 は「化学と工業」2007 年 1 月号を基に作成した。)

- (1) あなたが専門とする化学の分野ではどのような異分野との融合領域の研究が行われているか、その現状について事例を 2 つ挙げて説明せよ。
- (2) 今後、我が国が諸外国に先駆けて新たな科学技術を創出するためには、化学とどのような分野との融合領域の研究が必要か具体的テーマを挙げて、あなたの考えを述べよ。
- (3) (2) で述べた融合領域の研究を成功させるためには産学連携及び異業種連携が必要となる。これらの連携を進めるための課題を 3 つ挙げ、その対策についてあなたの考えを述べよ。

平成 22 年度技術士第二次試験問題【化学部門】

選択科目【5-1】セラミックス及び無機化学製品

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 無機材料の代表的な構造・状態分析法として, X線回折法, 赤外分光分析法, ラマン分光分析法, X線マイクロアナリシス法がある。これらの分析法の中から2種類の分析法を選び, その原理と特徴を説明せよ。

I-1-2 セラミックスナノ粒子について, 次の問いに答えよ。

- (1)炭素系以外のナノ粒子製品の例を2種類挙げよ。
- (2)そのうちの1種類について, その合成法, 特性及び用途を説明せよ。

I-1-3 生体用(バイオセラミックス)について, 次の問いに答えよ。

- (1)生体不活性な生体用セラミックスと生体活性な生体用セラミックスをそれぞれ1例挙げよ。
- (2)(1)で挙げた例の何れか1つの生体用セラミックスについて, 合成法と特性及び用途を説明せよ。

I-1-4 炭素繊維について, 次の問いに答えよ。

- (1)原料の異なる2種類の炭素繊維を挙げ, 製造方法, 構造・特性及び主な用途について説明せよ。
- (2)(1)で挙げた2種類のうち1種類の炭素繊維を選び, その用途と将来性について述べよ。

I-1-5 高温で使用されるセラミックスファイバーについて, 次の問いに答えよ。

- (1)代表的な酸化物系セラミックスファイバーを2種類挙げ, その特徴と製造方法について説明せよ。
- (2)断熱材としてセラミックスファイバーを使用する場合に採用されている成型法について説明せよ。

I-1-6 リチウム二次電池について, 次の問いに答えよ。

- (1)リチウム二次電池の構成要素と, 使われている材料について説明せよ。
- (2)リチウム二次電池の長所と, さらなる普及のために解決が必要な課題について述べよ。

I-1-7 イオン液体(イオン性液体ともいう)について, 次の問いに答えよ。

- (1)イオン液体の構成とその特性について説明せよ。
- (2)イオン液体の電気化学的分野における有望な用途と, その将来性について述べよ。

I-1-8 ガラス製品の強化方法について、次の問いに答えよ。

- (1) ガラス製品の強化方法の原理を説明し、ガラス製品の強化方法を3種類挙げよ。
- (2) (1)で挙げた3種類のうち2種類の強化方法で製造されているガラス製品の具体例を挙げ、その強化ガラス製品の特徴を説明せよ。

I-1-9 構造材料用(エンジニアリング)セラミックスについて、次の問いに答えよ。

- (1) 無加圧焼結で焼結できる代表的な非酸化物のエンジニアリングセラミックスを2種類挙げ、その特徴(長所と短所を含む)を説明せよ。
- (2) (1)で挙げた2種類のうち1種類のエンジニアリングセラミックスについて、焼結して製品とするのに必要な技術について説明せよ。
- (3) エンジニアリングセラミックスが当初に期待された規模の市場を獲得出来なかった理由についてあなたの考えを述べよ。

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 近い将来市場の拡大が期待される化合物半導体について、次の問いに答えよ。

- (1) 有望とされている化合物半導体を2種類挙げ、それぞれについてその特性と製造方法及び有望な用途について説明せよ。
- (2) 有望な化合物半導体の1つを選び、その有望用途における製品を開発して普及させる上で解決が必要な課題を2つ挙げ、その課題を解決するために何をなすべきかについてあなたの考えを述べよ。

I-2-2 固体酸化物燃料電池(SOFC)について、次の問いに答えよ。

- (1) SOFCの概要と特徴、及び用途について説明せよ。
- (2) その普及のために解決しなければならない主な課題を2つ挙げ、その課題の解決策についてあなたの考えを述べよ。

I-2-3 光触媒は、発見当初水から水素を得る機能材料として期待されたが、昨今では環境浄化用材料として用途が拡大している。光触媒について次の問いに答えよ。

- (1) 二酸化チタン材料について、その光触媒としての動作原理と、開発が最も進んでいる理由を説明せよ。
- (2) 光触媒を普及させるのに解決が必要な課題を2つ挙げ、その課題の解決策についてあなたの考えを述べよ。

## 選択科目【5-2】有機化学製品

I 次の2問題(I-1, I-2)について解答せよ。

I-1 次の6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 紙への印刷物と同様の視認性と,電子ディスプレイの持つ書換え性の両方を有する新しい表示メディアとして,電子ペーパーの開発が進んでいる。電子書籍端末などに実用化された電子ペーパーの表示技術は,着色微粒子を移動・回転させるといった物理反応を利用したものが多い。一方,顕色剤の存在下で熱の印加によってロイコ染料を発色/消色したり,エレクトロクロミック性を有するビオロゲンなどの有機化合物を電流駆動により発色/消色したりといった,可逆的な化学反応を利用した表示技術の研究開発も進んでいる。ロイコ染料を利用した電子ペーパーの表示のメカニズム、及び有機化合物のエレクトロクロミック現象を利用した電子ペーパー表示のメカニズムを概説せよ。それぞれ書換えが可能であることを説明するための図を記載すること。

I-1-2 有機合成においてケイ素の特性を利用する例が数多く紹介されている。有機ケイ素化合物,ないしはケイ素-炭素結合が持つ性質の中から2つを選び,それぞれを利用する例を具体的に挙げて説明せよ。また,そこでケイ素化合物を用いる利点を併せて説明せよ。なお,有機ケイ素化合物を原料に無機のガラスやセラミックスを作るゾルゲル法は対象としない。

I-1-3 アンモキシデーション(アンモ酸化)によるアクリロニトリルの工業的製造法に関する次の事項について説明せよ。

- (1)主反応式
- (2)反応条件(触媒も含む)及び反応器様式
- (3)主な副反応(燃焼反応は除く)生成物2種類とその利用法

I-1-4 6員環化合物の立体化学について,次の問いに答えよ。

- (1)二重結合を有さない6員環の化合物調形成する3つの立体配座の中から,2つを選んでその名称を記せ。さらに,それぞれの構造が出現する条件について説明せよ。
- (2)6員環を有する化合物に対する合成反応において,その立体反応制御の手法について,具体的な事例を挙げて説明せよ。

I-1-5 触媒反応について,次の問いに答えよ。

- (1)錯体触媒を使用する均一系不斉水素化反応について,使用する触媒の具体例を1つ挙げて説明せよ。
- (2)有機化学製品の製造において触媒反応は重要である。均一系触媒を不均一系触媒(固定床反応用を考えると)と比較して,その長所及び短所を説明せよ。

I-1-6 近年, 炭素同素体の一つとして, グラフェンが注目されている。次の問いに答えよ。

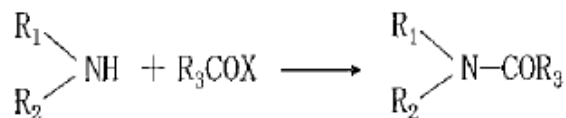
(1) グラフェン以外の炭素同素体を 3 つ挙げよ。

(2) (1) で挙げた 3 つの炭素同素体それぞれの構造について, グラフェンの構造と比較しながら, 説明せよ。

(3) グラフェン及び(1) で挙げた 3 つの炭素同素体の応用例をそれぞれ挙げよ。但し, なぜそのような応用が可能なのか, それぞれの炭素同素体の特徴と関連づけて説明すること。応用例は既に産業化されているものに限らず, これから実現される可能性があるものでもよい。

I-2 次の3設問のうち1設問を選んで解せよ。(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 カルボン酸とアミン類とのアミド化縮合反応はタンパク質やペプチドを形成する重要な反応で,古くから合成研究が積み重ねられてきた。



(R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> はアルキル基あるいは水素, R<sub>3</sub> はアルキル基, X は脱離基)

(1) 1884年ドイツのシュッテンとバウマンは酸塩化物(X=Cl)とアミンとを塩基存在下で混合することで収率良くアミドを得る方法を確立したが,カルボキシル基とアミノ基を同一分子内に持つアミノ酸同士を結合させてペプチドを得る場合にはある課題が発生した。その課題と課題が起きるメカニズムを説明せよ。

(2) シュッテン-バウマンの合成法を解決する方法として,多くの縮合反応方法が開発されてきた。その中から具体的な例を2つ挙げ,その有効性をメカニズムとともに説明せよ。

(3) カルボン酸誘導体 RCQX にアルコール類を反応させるとエステル結合が形成できる。エステル結合とアミド結合はどちらも広く自然界に存在するが,その安定性,反応性は異なる。アミド結合を有する化合物の特徴について,あなたが経験した具体的な例を挙げて,エステル結合との相違の視点から述べよ。

I-2-2 化学製品の設計から始まって,製造,使用,リサイクルあるいは廃棄までの全過程を通じて,グリーン・サステナブルケミストリー(GSC)を目指すことは,化学産業にとって今後も重要な課題である。次の問いに答えよ。

(1) GSC を考えるとき重要と思われる課題5点を挙げよ。

(2) あなたが研究,製造などで経験した化学製品について,GSCを達成するとの観点から解析したとき,(1)で挙げた5課題について改善すべき問題点があると考えられる製品を課題毎に1つ挙げ,その理由を具体的に説明せよ。さらに,その問題点についてあなたが考える解決方法をその根拠とともに述べよ。

ただし,5課題に対して,同一の製品を取り上げても良いし,全て異なった製品を取り上げてもよい。

I-2-3 分子そのものを肉眼で観察することはできない。しかし,適切な分子設計によって分子の運動を巨視的サイズの動きに変換すれば,直接あるいは光学顕微鏡で観察することが可能になる。有機分子の動きを光学顕微鏡で見ることに成功した例として,光に応答して可逆的に分子構造が変化するジアリールエテン誘導体の結晶が知られている。

(1) ジアリールエテン誘導体は,図1のようにフォトクロミック反応をする。ここで,図1(a)の開環体と(b)の閉環体の分子構造を比較すると,(b)の方が分子体積は小さい。ジアリールエテン誘導体の棒状結晶(図2(a))に紫外光を照射すると,この棒状結晶は屈曲する(図2(b))。その後可視光を照射すると,直線状に戻る(図2(a))。このような現象を,フォトメカニカル現象

という。次の問いに答えよ。

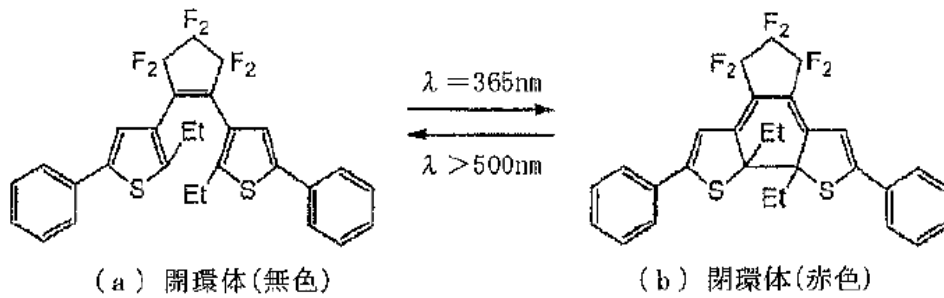


図1 ジアリールエテン誘導体のフォトクロミック反応

(出典:機能材料, Vol, 27, 2007年, p. 7-12)

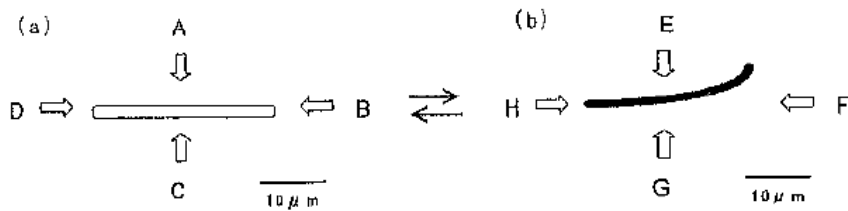


図2 ジアリールエテン誘導体の棒状結晶の光反応による変形

- ① 図 2(b) のように棒状結晶が屈曲するのは、図 2(a) のどの方向から紫外光を照射したときか、A, B, C, D の符号で答えよ。また、図 2(a) のような直線状に戻るのは、図 2(b) のどの方向から可視光を照射したときか、E, F, G, H の符号で答えよ。
- ② さらに、棒状結晶がなぜこのような変形をするのか、そのメカニズムを考察せよ。
- (2) (1) 以外のフォトクロミック反応の例を図示して説明せよ。また、そのフォトクロミック分子は、図 2 のようなフォトメカニカル現象を発現するか。理由を付して説明せよ。
- (3) フォトメカニカル現象の特徴を生かした産業上の応用例を 3 つ挙げよ。既存の応用例を挙げてもよいし、新規に応用例を提案してもよい。
- (4) 図 2 のようなフォトメカニカル現象以外に、他のエネルギーを直接運動エネルギーに変換することにより、有機分子を動かし、その運動の様子を観察することに成功した例を挙げよ。説明には図を用いること。必ずしも動きのメカニズムを詳述する必要はない。



## 選択科目【5-3】燃料及び潤滑油

I 次の2問題(1-1, 1-2)について解答せよ。

I-1 次の5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 石油代替エネルギーとして開發生産が進んでいるカナダのオイルサンドビチューメンの開發生産(改質技術, 性状)の現状について述べよ。

I-1-2 生分解性作動油は万一漏えいしても環境汚染を極力低減させる作動油である。その生分解性作動油に求められる性能について述べよ。

I-1-3 バイオエタノールを原料にした ETBE がガソリンに混合され, バイオガソリンとして試験的に販売されてきた。今後さらにバイオガソリンの導入は増えるものと予想される。ETBE の製造方法の概要について述べよ。

I-1-4 ガソリン車からの蒸発ガスの規制と対策について述べよ。

I-1-5 使用済み潤滑油のリサイクルの現状と潤滑油業界の取り組みについて述べよ。

I-2 次の2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 最近のエンジン油は排ガス対策のため低灰化,低リン化が進められている。低灰化,低リン化は潤滑油の性能を悪くするので,そのための対策が必要である。

- (1)低灰低リンエンジン油の現状について述べよ。
- (2)ガソリンエンジン油について低リン化の問題点及びあなたが考える対応策について述べよ。
- (3)ディーゼルエンジン油について低灰化,低リン化の問題点及びあなたが考える対応策について述べよ。

I-2-2 環境負荷の少ないエネルギーとして国内の天然ガス需要は増加している。ガス田から供給される原料天然ガスを液化天然ガス(LNG)という製品にして、LNG船へ積込みするところの液化基地について

- (1)液化基地の概要について述べよ。
- (2)液化工程の主たる方式について述べよ。
- (3)LNGの製造(液化技術,発熱量)の新たな動きと今後の方向性についてあなたの見解を述べよ。

## 選択科目【5-4】高分子製品

I 次の2問題(I-1, I-2)について解答せよ。

I-1 次の5設問のうち君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 飽和ポリエステル系樹脂の重合反応では固相重合法を採用することがある。固相重合法について,次の問いに答えよ。

- (1) 固相重合とはどのような重合法であるかについて説明せよ。また, 熔融重合と比較してその特徴について述べよ。
- (2) ポリエチレンテレフタレートを例に挙げ, 固相重合のプロセスと重合条件について述べよ。

I-1-2 プラスチックを高温度下で長時間使用すると, 熱と空気中の酸素の影響で熱劣化を起こす。この熱劣化現象について次の問いに答えよ。

- (1) プラスチックの熱劣化のメカニズムについて述べよ。
- (2) 熱劣化を抑制するために酸化防止剤を添加する方法がとられている。酸化防止剤の種類とそれぞれの熱劣化抑制効果について述べよ。

I-1-3 プラスチック・コンパウンドの混合方法として, せん断流動場及び伸長流動場を利用したものがある。これらの技術に関して次の問いに答えよ。

- (1) 二軸押出機を用いて, ガラス繊維等充填材料の破碎を抑えつつ分散が向上する方法を2つ述べよ。
- (2) 単軸押出機の混練改善のため, 新しい混合方法「伸長流動」を利用した技術が提案されている。その原理と特徴について述べよ。

I-1-4 ポリカーボネート樹脂(以下 PC)を用いた光学用射出成形品の場合, 複屈折(成形歪み)の問題がある。そのため, 成形加工上で種々の対策が取られてきた。複屈折低減対策について, 次の問いに答えよ。

- (1) 複屈折と応力の関係式を示し, 複屈折が生じやすい理由を述べよ。
- (2) 成形工程中に生じる成形歪みの主な原因と低減対策について述べよ。

I-1-5 適度に加硫した天然ゴムは以下の(a)~(c)に述べるような特異な性質を示す。

- (a) ヤング率は数10MPaで, この値はプラスチック繊維の1/100~1/1,000, 金属の1/10,000であり非常に低い。
- (b) 引張り応力を加えると, 元の長さの数100%以上の伸び変形が起こるが, 応力を取り去るとすぐに元の長さまで完全に回復する。
- (c) ヤング率は絶対温度に比例して増加する。

適度に加硫した天然ゴムがこのような特異な性質を示す理由について理論的に説明せよ。

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 熱可塑性ポリマーは長鎖高分子の集合体である。ポリマー分子の結合力から計算される理論強度に比較し,プラスチックの実用強度は大体1/100以下である。このように実用強度が低くなることに関して次の問いに答えよ。

- (1)ポリマー分子間の結合力について述べ、実用強度が低くなる理由を述べよ。
- (2)プラスチック製品の強度を飛躍的に向上させて理論強度に近づけるための方策を2つ挙げ、それぞれの内容について説明せよ。
- (3)(2)で記述した方法の中から1つを取り上げ、それを実現するために今後どのような技術開発をすべきかあなたの考え方を述べよ。

I-2-2 導電性プラスチックのナノコンポジット原料として,カーボンナノチューブ(以下CNT)が注目されている。CNTコンポジットは低濃度で体積抵抗が小さくなる利点がある。しかし,一方でCNTは均一に分散させることが難しいという問題を抱えている。CNTコンポジットに関して次の問いに答えよ。

- (1)CNTの代表的な製造方法及びその特性について述べよ。
- (2)CNTコンポジットの導電性発現メカニズムについて説明せよ。
- (3)CNTをマトリックスに均一に分散させる方法についてあなたの考えを述べよ。

I-2-3 昨今,ポリプロピレン(以下PP)は自動車,家電製品等の用途に大量に使用されている。PPをこのような用途に適用するためには難燃化が不可欠である。PPの難燃化対策として有機・無機難燃剤の添加が一般的である。

- (1)現在PPの難燃化のために添加されている難燃剤のタイプには臭素系有機化合物,反応型リン系化合物,有機塩素系化合物,金属水酸化物,アンチモン酸化物等がある。これらの難燃剤の中から3例を挙げて,それぞれの難燃性発現機構について説明せよ。
- (2)金属水酸化物を難燃剤として使用する場合,難燃機能を発現させるためにはこれらの難燃剤の大量添加が必要である。その場合,樹脂の機械物性の低下が考えられるが,その物性低下をできるだけ押さえる方策についてあなたの考えを述べよ。
- (3)RoHS指令が施行され,最もコストパフォーマンスに優れた臭素系難燃剤の使用は困難になりつつある。このような状況下で今後PPの難燃化対策はどのように進めるべきかあなたの考えを述べよ。

## 選択科目【5-5】化学装置及び設備

I 次の2問題(I-1, I-2)について解答よ。

I-1 次の5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 空気分離プロセスの方式を2つ挙げて説明し,今後の技術開発の方向性について述べよ。

I-1-2 攪拌装置のスケールアップ基準として(1)幾何学的相似, (2)力学的相似, (3)運動学的相似が挙げられる。各々の概要を述べよ。

I-1-3 蒸留装置でどのような場合にインターコンデンサーあるいはリボイラーを設置すると省エネルギー化が図られるか,熱利用線図を用いて説明せよ。

I-1-4 平衡反応率が低い系においては,反応と同時に分離を行うことにより反応率を向上させることができることがある。この原理を述べ,具体的な例を挙げて説明せよ。

I-1-5 重金属成分を含む排水の処理方法について3つ挙げ,それぞれの特徴について説明せよ。

I-2 次の2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 我が国の化学工業は、原油等をはじめとする資源価格の大幅な変動や国内外における競争の激化, 環境制約への対応が迫られるなど厳しい状況に置かれている。一方で, ここ数年多発しているような産業事故を防止し, 安心・安全・信頼性の高い生産現場を目指した取り組みも重要な課題である。

(1)セーフティアセスメントとリスクアセスメントの違いについて述べよ。

(2)あなたの経験した化学プロセスのリスクアセスメントについて概要を説明し, その課題を述べよ。

(3)近年, 安全文化(Safety Culture)と呼ばれるように, 安全を優先する必要性が指摘されている。安全文化を構築する要素とそれを阻害する要素を挙げて, あなたの見解を述べよ。

I-2-2 バイオマスを原料とする化学製品製造に関する多くの研究が進められているが, 次の問いに答えよ。

(1)バイオマス原料の化学製品製造プロセス開発について具体的なプロセスを1つ挙げ, 概要を説明せよ。

(2)バイオマス原料は広く散在しており輸送が最大の問題と考えられるが, どのように解決すべきかあなたの考えを述べよ。

(3)(2)の原料散在問題を除き, バイオプロセス開発の技術課題を3つ挙げ, それぞれどのように解決していくか説明せよ。