

2025 年度

佐賀大学大学院入学試験問題

一般入試

理工学研究科

機能材料化学コース

専門科目－1

解答上の注意事項

- 1 出題された6問から選択し、合計4問解答しなさい。解答用紙には1問に1枚を使用し、解答用紙の左上隅に問題番号を書きなさい。
- 2 「解答始め」の合図があるまで問題を見てはならない。
- 3 「解答始め」の合図があったら、全ての解答紙の所定欄に受験番号を記入すること。
- 4 問題の解答は、別に指示がある場合を除き、所定の解答欄に記入すること。
- 5 試験時間中、試験問題の内容について質問がある場合は、手をあげて監督者に申し出ること。
- 6 その他、監督者の指示に従うこと。

科目名	専門科目－1
-----	--------

機能材料化学コース

解答用紙は1問に1枚を使用し、解答用紙の左上隅に問題番号を書きなさい。

問題1 配位子場理論に関する以下の設問に答えなさい。

1-1 正八面体型 Cr(III)錯体について、 σ 結合のみを考慮した MO 準位図を記しなさい。

1-2 配位子が π 供与体である場合について、 π 結合の効果を考慮した MO 準位図を上記 1-1 との相違がわかるように記しなさい。

1-3 配位子が π 受容体である場合について、 π 結合の効果を考慮した MO 準位図を上記 1-1 および 1-2 との相違がわかるように記しなさい。

問題2 無機化合物に関する以下の設問に答えなさい。

2-1 下記5つの分子のルイス構造を示し、各分子の立体構造の名称を答えなさい。

XeF_2 (Xe: 18 族), BF_3 , SeF_4 (Se: 16 族), BrF_5 (Br: 17 族), SF_6

2-2 直線形分子である硫化カルボニル (組成式: COS) の原子の並び方は、COS、OSC、SCO のいずれが適切であるか? それぞれの原子の並びの場合に考えられる全ての共鳴構造を各原子に形式電荷を付して示し、共鳴構造から適切と判断される並び方は上記3つのどれか答えなさい。

2-3 酸素分子 (O_2) の分子軌道準位図を描き、酸素分子が常磁性を示す理由を説明しなさい。

2-4 Fe(III)の水和イオン $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ は淡紫色であるが、 $\text{pH} > 2$ の水溶液中では黄色溶液となり、時間の経過とともに褐色の沈殿を生じる。

(a) 黄色溶液となる理由を説明しなさい。

(b) 最終的に褐色沈殿が生成する理由を説明しなさい。

科目名	専門科目－1
-----	--------

機能材料化学コース

解答用紙は1問に1枚を使用し、解答用紙の左上隅に問題番号を書きなさい。

問題3 セラミックスの構造や製造に関する以下の設問に答えなさい。

3-1 結晶構造を調べるための機器分析法を一つ答えなさい。

3-2 多孔質の石膏型にスラリーを流し込み、液を石膏型に吸収させることを利用して成形する成形方法の名称を①～④の中から選びなさい。

①加圧成形 ②鋳込み成形 ③射出成形 ④ドクターブレード法

3-3 単結晶と多結晶の違いについて簡単な模式図を描いて説明しなさい。

3-4 単結晶の製造方法に関するAとBの文章は、それぞれ①～⑤の製造方法の名称のどれに該当するか答えなさい。

A セラミックスの融液に種子結晶を浸し、回転させながら引き上げると、種子結晶と完全に結晶軸の揃った単結晶ができる。

B セラミックス微粉末を酸素－水素炎の倒立バーナー中に落下させ、炎の中で熔融し、バーナーの下方の種子結晶に析出させて単結晶をつくる。

①チョコラルスキー法 ②フラックス法 ③ベルヌーイ法 ④浮遊帯域熔融法 ⑤水熱法

3-5 多結晶は、一般に粒径分布を狭く、微構造を均一にすることが好ましいとされている。このような多結晶を製造するためにはどのようにしたらよいか答えなさい。

3-6 多結晶の製造における焼結とはどのような現象か説明しなさい。また、焼結の駆動力についても説明しなさい。

科目名	専門科目－1
-----	--------

機能材料化学コース

解答用紙は1問に1枚を使用し、解答用紙の左上隅に問題番号を書きなさい。

問題4 エタノール ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(l)$) 1.0 mol を 25°C の大気圧下で完全燃焼させた。

以下の問いに答えなさい。ただし、

エタノールの標準燃焼エンタルピー: $-1.4 \times 10^7 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}$

エタノールの標準燃焼エントロピー: $-1.4 \times 10^2 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$

気体は完全気体として取り扱い、気体定数は $R = 8.3 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ とする。

- 4-1 この反応は吸熱反応か発熱反応か、根拠を示して答えなさい。
- 4-2 完全燃焼した際のエタノール ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(l)$) の燃焼反応の熱化学方程式を書きなさい。
ただし、式は次の形式で書くこと。例: $\text{H}_2(g) + 1/2\text{O}_2(g) = \text{H}_2\text{O}(l) + 2.9 \times 10^5 \text{ J}$
- 4-3 内部エネルギー変化 ΔU 、エントロピー変化 ΔS 、および温度 T を用いてヘルムホルツエネルギー変化 ΔA を表す式を書きなさい。
- 4-4 この燃焼によって生じる気体分子の物質量の変化 $\Delta \nu_g$ を答えなさい。
- 4-5 ΔH 、 ΔS 、 T 、 $\Delta \nu_g$ および R を用いてヘルムホルツエネルギー変化 ΔA を表す式を書きなさい。
- 4-6 この反応から引き出せる定温・定容条件下での最大仕事を求めなさい。ただし、計算過程も示しなさい。

科目名	専門科目－1
-----	--------

機能材料化学コース

解答用紙は1問に1枚を使用し、解答用紙の左上隅に問題番号を書きなさい。

問題5 質量 m の粒子に関して以下の問いに答えなさい。時間に依存しない一次元のシュレーディンガー方程式は、 $\left(-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2}{dx^2} + V(x)\right) \psi(x) = E\psi(x)$ と表されるものとする。

ただし、 $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ 、 h はプランク定数である。なお、5-1を除いて、計算過程を示すこと。

$0 < x < L$ の壁に閉じ込められた領域内でポテンシャルエネルギーが $V(x) = 0$ 、この領域外 ($x \leq 0$ 、 $L \leq x$) では無限大になる一次元の箱の中を運動する粒子について、時間に依存しないシュレーディンガー方程式は、 $-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2}{dx^2} \psi(x) = E\psi(x)$ と表される。

5-1 上記の粒子の波動関数における2つの境界条件を答えなさい。

5-2 境界条件と規格化条件から規格化された波動関数 $\psi_n(x) = \sqrt{\frac{2}{L}} \sin\left(\frac{n\pi}{L}x\right)$ が得られる。

また、この波動関数を用いてシュレーディンガー方程式から粒子の持つエネルギーを求めると $E_n = \frac{\hbar^2 \pi^2}{2mL^2} n^2$ が得られる。この導出過程を示しなさい。

5-3 E_{n+1} と E_n の差 ΔE_n を式で示しなさい。

5-4 β -カロテン（直線型ポリエン）は、22個の炭素原子鎖に10個の単結合と11個の二重結合が交互に存在し、 $n=11$ までの各準位が2個の電子で占められている。これを一次元の箱と考え、基底状態($n=11$)と第一励起状態($n=12$)のエネルギー差を求めなさい。
ただし、プランク定数 $h = 6.6 \times 10^{-34}$ J s、電子の質量 $m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg、炭素鎖の長さを $L = 3.0$ nm とする。

変位 x に比例する復元力 $F(x) = -kx$ (k : 力の定数) を受け、調和運動を行う場合を考える。

5-5 復元力 $F(x)$ とポテンシャルエネルギー $V(x)$ の関係 $F(x) = -\frac{dV(x)}{dx}$ より、ポテンシャルエネルギー $V(x)$ を表す式を導出し、この粒子に関する時間に依存しないシュレーディンガー方程式を示しなさい。

5-6 シュレーディンガー方程式に境界条件を適用すると、許されるエネルギー準位は、

$$E_v = \left(v + \frac{1}{2}\right) \hbar \omega \quad (v = 0, 1, 2, \dots) \quad \text{となる。ただし、} \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad \text{とする。}$$

隣り合うエネルギー準位間のエネルギー差を $\hbar \omega$ を用いて示しなさい。

科目名	専門科目－1
-----	--------

機能材料化学コース

解答用紙は1問に1枚を使用し、解答用紙の左上隅に問題番号を書きなさい。

問題6 原子軌道に関する次の文章を読んで問いに答えなさい。

原子の中の電子は n, l, m_l といった3つの量子数によって定められる軌道をもつ。 n は 、 l は 、 m_l は と呼ばれる。 n の値は K 殻の電子なら 、L 殻なら である。 l は副殻を決める量子数であり、その値は s 軌道なら 、p 軌道なら 、d 軌道なら である。 m_l はこれら副殻の軌道の向きを決め、例えば p 軌道には $m_l =$ に由来する3つの向きがある。電子は、電子自身の磁氣的性質である を伴って、これらの原子軌道を占有する。基底状態の原子において、電子配置は④パウリの排他原理とフントの最大多重度則に従う。

6-1 ～ に入る適切な語句あるいは数値を答えなさい。ただし、数値は一つとは限らない。

6-2 下線④を説明しなさい。

6-3 基底状態のリン原子の電子配置を答えなさい。(例: $[\text{He}]2s^2 2p^4$)

6-4 水素型原子の原子軌道は動径波動関数 $R_{n,l}$ と球面調和関数 Y_{l,m_l} の積で表される。極座標を用いて表された $R_{n,l}(r)$ と $Y_{l,m_l}(\theta, \varphi)$ の例を下の枠内に挙げた。水素型原子の原子軌道を使って次の①～③に答えなさい。

$$R_{1,0}(r) = 2 \left(\frac{Z}{a} \right)^{3/2} e^{-\rho/2}, \quad R_{2,0}(r) = \frac{1}{8^{1/2}} \left(\frac{Z}{a} \right)^{3/2} (2-\rho) e^{-\rho/2}, \quad R_{2,1}(r) = \frac{1}{24^{1/2}} \left(\frac{Z}{a} \right)^{3/2} \rho e^{-\rho/2}$$

$$Y_{0,0}(\theta, \varphi) = \left(\frac{1}{4\pi} \right)^{1/2}, \quad Y_{1,0}(\theta, \varphi) = \left(\frac{3}{4\pi} \right)^{1/2} \cos \theta, \quad Y_{1,\pm 1}(\theta, \varphi) = \mp \left(\frac{3}{8\pi} \right)^{1/2} \cos \theta e^{\pm i\varphi}$$

ただし、 Z は原子核の電荷、 a はボーア半径、 $\rho = \left(\frac{2Z}{na} \right) r$

- ① 水素原子の 1s 軌道を表しなさい。ただし、 ρ ではなく r を用いること。
- ② ①と同様にして、炭素原子の $2p_z$ 軌道を表しなさい。
- ③ 1s 軌道と 2s 軌道の違いを説明しなさい。

2025 年度

佐賀大学大学院入学試験問題

一般入試

理工学研究科
機能材料化学コース

専門科目-2

解答上の注意事項

- 1 出題された6問から選択し、合計4問解答しなさい。解答用紙には1問に1枚を使用し、解答用紙の左上隅に問題番号を書きなさい。
- 2 「解答始め」の合図があるまで問題を見てはならない。
- 3 「解答始め」の合図があったら、全ての解答紙の所定欄に受験番号を記入すること。
- 4 問題の解答は、別に指示がある場合を除き、所定の解答欄に記入すること。
- 5 試験時間中、試験問題の内容について質問がある場合は、手をあげて監督者に申し出ること。
- 6 その他、監督者の指示に従うこと。

科目名	専門科目－2	機能材料化学コース
-----	--------	-----------

解答用紙は1問に1枚を使用し、解答用紙の左上隅に問題番号を書きなさい。

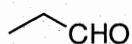
問題1 有機化学に関する以下の設問に答えなさい。

1-1 HCl と HBr ではどちらが強い酸か理由とともに答えなさい。

1-2 ある化合物の光学純度を測定したところ、75%ee であることが判明した。この化合物のエナンチオマーの比を一番簡単な整数比で答えなさい。

1-3 アセチレン (acetylene) から以下の4つの化合物を合成するための方法(反応条件)を書きなさい。なお、一度合成した化合物は別の合成反応に利用して構わない。

1) propanal



2) acetone



3) *trans*-2-butene



4) *cis*-2-butene



1-4 3つのアルコールの pK_a 値を括弧内に示す。

エタノール (15.9)

2,2,2-トリフルオロエタノール (12.4)

2-メチル-2-プロパノール (18.0)

これらの pK_a 値の違いをエタノールを基準にして説明しなさい。

1-5 シス-1,3-ジメチルシクロヘキサンの二つの椅子形立体配座(環反転)を書きなさい。さらに、安定な方の立体配座を○(マル)で囲みなさい。

問題2 ベンゼンおよびその誘導体の反応に関する以下の設問に答えなさい。

2-1 ベンゼンを濃硫酸存在下、1-プロパノールと反応させると、1-プロピルベンゼン(1-フェニルプロパン)ではない C_9H_{12} の化合物が主として得られた。この主生成物の構造とこの反応の反応機構を書きなさい。

2-2 2-1 で得られた化合物を、臭素と臭化鉄(Ⅲ)でモノ臭素化したときの主生成物と、なぜその化合物が主生成物となったか、すべての置換体の中間体の共鳴構造を書いて説明しなさい。

2-3 Friedel-Crafts アシル化反応を経由して1-プロピルベンゼンのベンゼンからの合成法を書きなさい。

2-4 2-3 の合成の最初の反応の反応機構を書きなさい。

科目名	専門科目－2
-----	--------

機能材料化学コース

解答用紙は1問に1枚を使用し、解答用紙の左上隅に問題番号を書きなさい。

問題3 生物化学に関する以下の記述を読み、設問に答えなさい。

生体膜は脂質とタンパク質からなる。脂質としては①リン脂質とコレステロールが主な成分であり、脂質二重膜の流動性は構成する脂肪酸とコレステロールの寄与によって相転移温度が異なる。生細胞で合成された脂質の移動は人工リン脂質における②膜中でのリン脂質のフリップフロップと比べて極めて速い。膜の内面と外側のリン脂質組成は異なり、③生細胞で細胞内側にのみ存在するリン脂質がある。膜に存在する脂肪酸やコレステロールからは生理活性物質が合成される。細胞膜やオルガネラ膜上に局在化する膜タンパク質は④脂質と疎水性相互作用するための疎水性領域をもつ。膜を隔ててイオンの選択輸送を行う輸送体として、⑤バリノマイシン、⑥KcsA チャネルや Na^+/K^+ -ATP アーゼが知られている。 Na^+/K^+ -ATP アーゼではリン酸化修飾を受ける⑦アスパラギン酸残基が配座変化に重要な役割を果たす。 Na^+/K^+ -ATP アーゼと同様な機構で輸送をする Ca^{2+} -ATP アーゼは、細胞内シグナルとして働く⑧ Ca^{2+} イオンを汲み出す役割をもつ。

- 3-1 下線部①のグリセロリン脂質の一般構造を描き、ホスホリパーゼ D により加水分解を受ける位置を矢印で示しなさい。
- 3-2 下線部②の人工膜中でのリン脂質のフリップフロップの移動様式を説明し、生細胞で極めて速い理由を説明しなさい。
- 3-3 下線部③の脂質名称を答えなさい。
- 3-4 下線部④について、脂質結合タンパクとして脂質修飾の例を2つあげなさい。
- 3-5 下線部⑤が K^+ イオンを選択的に膜を隔てて輸送できる理由について説明しなさい。また、このようなイオンに親和性をもつ物質の一般名称を答えなさい。
- 3-6 下線部⑥の輸送体は、それぞれ受動輸送と能動輸送のどちらか答えなさい。また、物質輸送形式についてそれぞれユニポート、シンポート、アンチポートのいずれに属するか答えなさい。
- 3-7 下線部⑦の残基の三文字表記および一文字表記を示しなさい。
- 3-8 下線部⑧の Ca^{2+} イオンの細胞内シグナルとしての役割を一例あげなさい。また、 Ca^{2+} イオンを迅速に汲み出す理由を説明しなさい。

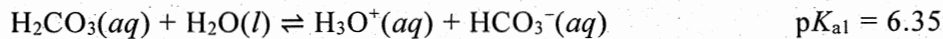
科目名	専門科目－2
-----	--------

機能材料化学コース

解答用紙は1問に1枚を使用し、解答用紙の左上隅に問題番号を書きなさい。

問題4 以下の設問に答えなさい。

4-1 温度 298 K において、炭酸水素ナトリウム水溶液は塩基性を示す。その理由を説明しなさい。ただし、炭酸と炭酸水素イオンの電離と酸解離定数 pK_a (温度 298 K) は下記とし、水のイオン積 pK_w は 14.00 (温度 298 K) とする。



4-2 $pH = 7.35$ の炭酸緩衝液において、炭酸と炭酸水素イオンの物質質量比はいくらか、答えなさい。

4-3 二酸化炭素分子について、赤外活性な振動モードをすべて図示しなさい。

4-4 大気中の二酸化炭素濃度のモニタリングでは、波長 $4.26 \mu m$ の赤外線が利用されている。この赤外線の波数を答えなさい。また、この赤外吸収に対応する振動モードは何か、答えなさい。

問題5 溶媒抽出に関する以下の問いに答えなさい。

5-1 溶媒抽出における分配比 D 、および抽出百分率 E の定義を書きなさい。また、 D を用いて E を表しなさい。

5-2 溶媒抽出の1回の操作で X_0 mol の溶質が V_w ml の水相から V_o ml の有機相に分配された分配係数を D とし、1回目の操作で水相に X_1 mol の溶質が残るとすると、1回目の抽出操作後に水槽に残る溶質の量 X_1 を X_0 、 V_w 、 V_o 、 D を用いて表しなさい。

5-3 n 回目に水相に残る溶質の量 X_n を X_0 、 V_w 、 V_o 、 D 、 n を用いて表しなさい。

5-4 上記の関係を元に D が 100 となる抽出条件で4回抽出を行った際、 E が 93.75% であった。水相と有機相の体積比 V_w/V_o を書きなさい。

科目名	専門科目－2
-----	--------

機能材料化学コース

解答用紙は1問に1枚を使用し、解答用紙の左上隅に問題番号を書きなさい。

問題6 $Q \rightleftharpoons P$ で示される可逆反応がある。正反応の反応速度定数は k_1 であり、逆正反応の反応速度定数は k_2 である。ただし、反応初期には Q しか含まれていない。 Q の初濃度は C_{Q0} とする。次の設問に答えなさい。

6-1 Q の消失速度式を示しなさい。

6-2 Q と P の物質収支式を示し、反応時間 t における P の濃度 C_P について C_Q の関数として示しなさい。

6-3 反応時間 t と C_Q の線型化式を示しなさい。

6-4 反応時間 t における C_Q を表す式を示しなさい。

6-5 反応速度定数 k_1 と k_2 の比は 3:1 である。反応時間 t を無限大にした場合、 C_Q と C_P はどのような関係になるか答えなさい。また、反応時間 t に対する C_Q と C_P の概略図を書きなさい。