

信州大学大学院総合理工学研究科（修士課程）

繊維学専攻

2025 年度 10 月入学・2026 年度 4 月入学

一般選抜（一般枠）入試問題

化学・材料分野専門科目 化学基礎

有機化学

出題意図

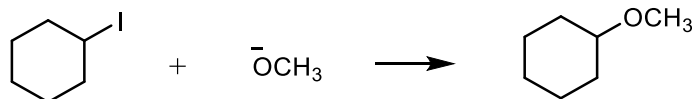
- 問 1. ウィリアムソンエーテル合成 (SN2 反応) における基礎的知識とシクロヘキサン環の配座における安定性について基礎的知識を問うた。
- 問 2. ベンゼンを出発物質とするプロピルベンゼンの合成経路を示させることで、芳香族化合物ベンゼンの反応の基礎知識を問うた。
- 問 3. カルボニル化合物の反応について基礎知識を問うた。

化学・材料分野	専門科目 化学基礎・有機化学	受験番号	
	1 枚中の 3	採点	

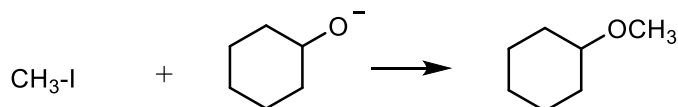
問 1. 以下の設問 1) および 2) に答えよ。

- 1) 置換反応を使って、シクロヘキシルメチルエーテルを合成するとき、以下の反応系を考える。

- ① ヨードシクロヘキサンとメトキシドイオンとの反応



- ② ヨードメタンとシクロヘキサノキシドイオンとの反応



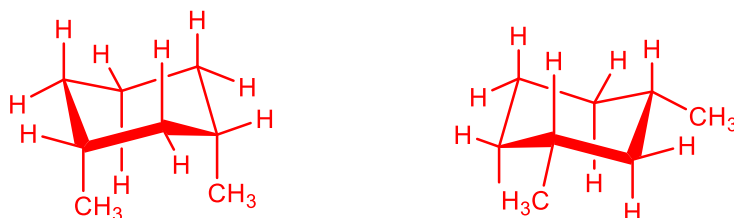
- ① と②を比べると、②の合成手順の方がより優れている。この理由を説明せよ。

理由：

①は、2 級のハロゲン化アルキルと強い求核体（強塩基）との反応であるため、置換生成物（シクロヘキシルメチルエーテル）と脱離生成物（シクロヘキセン）の両方が生成する。②は、1 級ハロゲン化アルキルと強い求核体との反応であるため、置換生成物（シクロヘキシルメチルエーテル）が優先的に生成する。したがって、②の合成手順の方が優れている。

- 2) *cis*-1,3-ジメチルシクロヘキサンの二つのメチル基がジアキシャル位の配座はジエクアトリアル位の配座よりも約 23 kJ/mol 不安定である。二つのいす型配座を書いて、大きなエネルギー差がある理由を説明せよ。

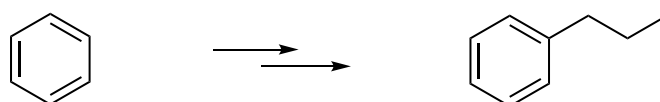
配座：



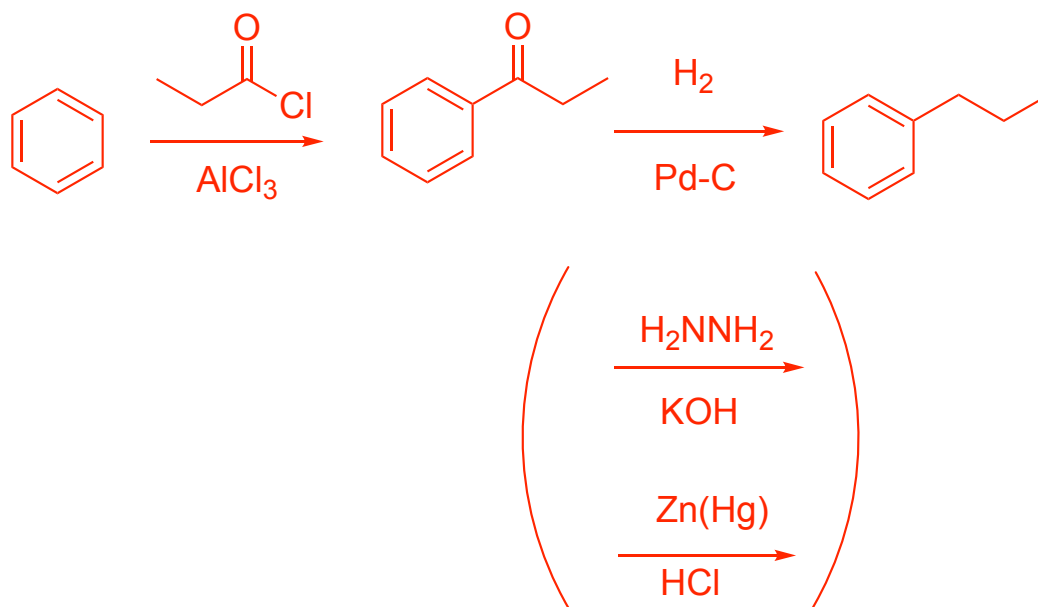
理由：ジアキシャル配座では、二つのメチル基間の 1,3-ジアキシャル相互作用により不安定化する。

化学・材料分野	専門科目 化学基礎・有機化学	受験番号	
	2 枚中の 3	採点	

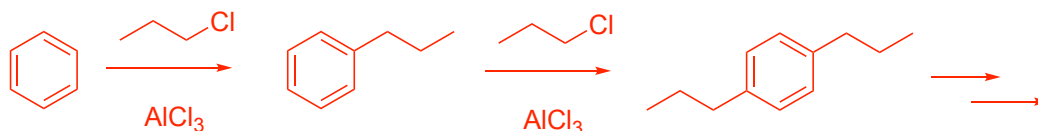
問 2. ベンゼンを出発物質としてプロピルベンゼンを収率良く合成する方法を示せ。また、この合成において Friedel-Crafts アルキル化（プロピル化）を用いるとプロピルベンゼンを収率良く得ることができない理由も述べよ。



方法：



理由：

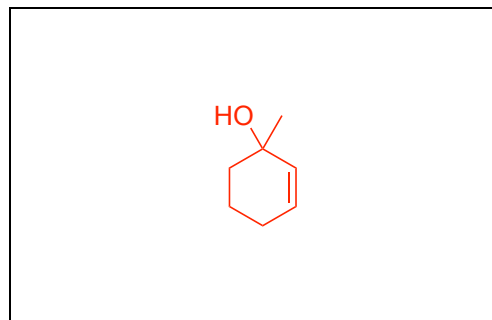
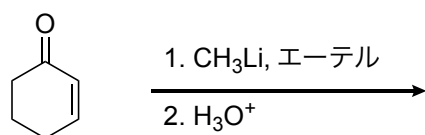


アルキル化によるプロピル化の場合、1つアルキル化された生成物が原料のベンゼンよりも反応性が高くなり、さらにアルキル化され、モノアルキル化で反応を止めることが難しいため。

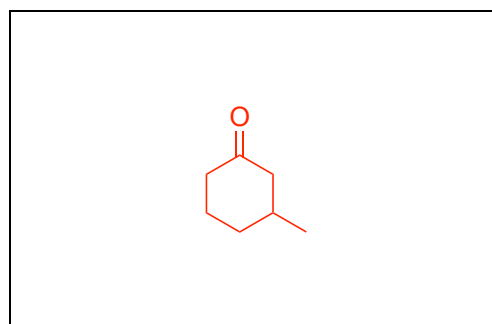
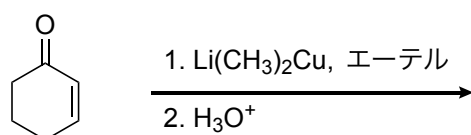
化学・材料分野	専門科目 化学基礎・有機化学	受験番号	
	3 枚中の 3	採点	

問 3. 次の 1)~4) の反応で主にどのような有機化合物が生成すると予測されるか。その構造式を空欄に書け。

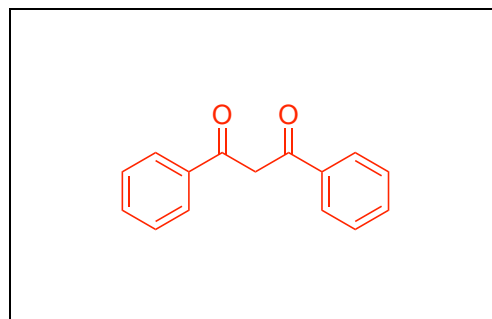
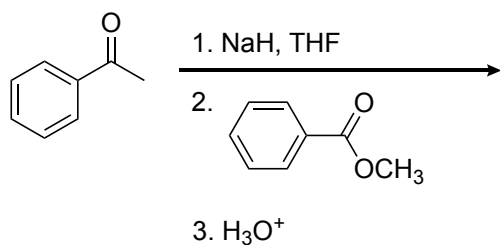
1)



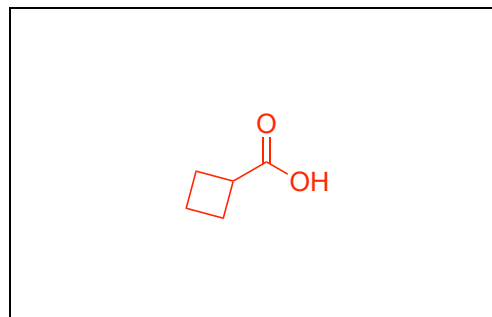
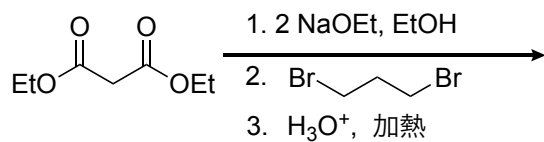
2)



3)



4)



信州大学大学院総合理工学研究科（修士課程）

繊維学専攻

2025 年度 10 月入学・2026 年度 4 月入学

一般選抜（一般枠）入試問題

化学・材料分野専門科目 化学基礎

熱力学

出題意図

- 問 1. 気体分子運動論の基礎概念と数式の導出過程を理解しているかを確認することを目的とした。特に、分子運動の等方性の理解、気体の状態方程式との関連づけ、および 1 分子あたりの平均運動エネルギーの表現を通じて、巨視的・微視的量の対応関係を理解できているかを確認した。
- 問 2. 熱力学第二法則の概念をエントロピー変化およびクラウジウスの不等式に基づいて理解しているかを確認することを目的とした。特に、系と外界のエントロピー収支の考え方を通じて、自発過程の方向性を定量的に説明できるかを評価した。
- 問 3. 気体および液体の混合に関する熱力学的取り扱いを理解しているかを確認することを目的とした。特に、混合ギブズエネルギーの組成依存性と自発性の判断、混合エントロピー・混合エンタルピーの導出、および理想溶液・実在溶液における分子間相互作用と相分離挙動の理解を通じて、熱力学量の符号や組成依存性の物理的意味を考察できるかを評価した。

化学・材料分野	専門科目 化学基礎・熱力学	受験番号	
	6 枚中の 1	採点	

問 1. 気体分子運動論に基づき、単原子分子からなる完全気体の圧力 p に関して、以下の関係式が成り立つとする。

$$p = \frac{nM\langle v_x^2 \rangle}{V} \quad (\text{式 1-1})$$

ここでは、三次元直交座標系 (x, y, z) を設定し、気体分子の速度ベクトル $\vec{v}$ は $\vec{v} = (v_x, v_y, v_z)$ とする。なお、 n は気体の物質量、 M は気体分子のモル質量、 V は容器の体積、 v_x は気体分子の速度ベクトルの x 成分であり、 $\langle v_x^2 \rangle$ はその成分の二乗の平均値を表す。また、すべての気体分子は互いに衝突せず、容器の壁との衝突は弾性衝突であると仮定する。容器は断熱的で、外部とのエネルギーのやりとりはない。以下の設問 1)～3)に解答せよ。

- 1) 気体分子の運動は三次元空間で等方的であり、速度ベクトルの各成分の二乗の平均値が等しいとする。一方、速さの二乗平均 $\langle v^2 \rangle$ は $\langle v^2 \rangle = \langle v_x^2 \rangle + \langle v_y^2 \rangle + \langle v_z^2 \rangle$ と表される。これを用いて、式 1-1 を次の式に書き換えよ。

$$p = \frac{nM\langle v^2 \rangle}{3V}$$

気体の分子運動が三次元空間で等方的である場合、
 速度ベクトルの各成分 (v_x, v_y, v_z) の二乗の平均値は等しく、 $\langle v_x^2 \rangle = \langle v_y^2 \rangle = \langle v_z^2 \rangle$ とおける。
 これより $\langle v^2 \rangle = \langle v_x^2 \rangle + \langle v_y^2 \rangle + \langle v_z^2 \rangle = 3\langle v_x^2 \rangle$ となる。
 式 1-1 に代入すると、 $p = \frac{nM\langle v_x^2 \rangle}{V}$ は、 $p = \frac{nM\langle v^2 \rangle}{3V}$ と書き換えられる。

- 2) 完全気体の状態方程式 $pV = nRT$ が既知であるとし、設問 1)の結果を用いて、分子の根平均二乗速さ v_{rms} が次の式で表されることを示せ。

$$v_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} \quad (\text{式 1-2})$$

ただし、根平均二乗速さは $v_{\text{rms}} = \langle v^2 \rangle^{\frac{1}{2}}$ と定義する。また、 R と T はそれぞれ気体定数と温度を表す。

化学・材料分野	専門科目 化学基礎・熱力学	受験番号	
	6 枚中の 2	採点	

完全気体の状態方程式 $pV = nRT$ と $p = \frac{nM\langle v^2 \rangle}{3V}$ より,

$$\frac{nM\langle v^2 \rangle}{3V} = \frac{nRT}{V}, \quad M\langle v^2 \rangle = 3RT, \quad \text{よって, } v_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

- 3) 式 1-2 を利用して, 1 分子あたりの平均並進運動エネルギー $\langle \epsilon \rangle$ を, ボルツマン定数 k と温度 T を用いた式で表せ.

1 分子あたりの平均並進運動エネルギー $\langle \epsilon \rangle$ は, $\langle \epsilon \rangle = \frac{1}{2}m\langle v^2 \rangle$

ここで, 1 分子の質量 m は, $m = \frac{M}{N_A}$,

ボルツマン定数 k は, $k = \frac{R}{N_A}$,

式 1-2 より, $v_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$

よって, $\langle \epsilon \rangle = \frac{1}{2} \times \frac{M}{N_A} \times \frac{3RT}{M} = \frac{3}{2}kT$

化学・材料分野	専門科目 化学基礎・熱力学	受験番号	
	6 枚中の 3	採点	

問 2. 部屋に熱い飲み物を置くと、時間の経過とともに冷めてゆく。しかし、室温まで冷めた飲み物が、外部からの仕事や操作なしに自発的に熱くなることはない。このような現象を熱力学第二法則の観点から説明したい。以下の設問 1)～3)に解答せよ。

- 1) 可逆過程において、系に流入する無限小の熱を dq_{rev} 、系が熱 dq_{rev} を受け取る時の温度を T とすると、エントロピーの無限小変化は、以下の式で定義される。

$$dS = \frac{dq_{\text{rev}}}{T}$$

一方、同じ始点と終点を持ち可逆・不可逆を問わない任意の過程において、系に流入する無限小の熱 dq は可逆過程における熱 dq_{rev} 以下の値となり、 $dq_{\text{rev}} \geq dq$ の関係が成り立つ。これらの関係に基づいて任意の過程に対してクラウジウスの不等式

$$dS \geq \frac{dq}{T}$$

が成り立つことを説明せよ。

定義により、可逆過程においてエントロピーの無限小変化 dS は $dS = \frac{dq_{\text{rev}}}{T}$... (1)

一方、同じ始点と終点を持ち可逆・不可逆を問わない任意の過程において、系に流入する無限小の熱 dq は可逆過程における熱 dq_{rev} よりも小さい値となる。

すなわち、 $dq_{\text{rev}} \geq dq$... (2)

(1) と (2) より、 $dS = \frac{dq_{\text{rev}}}{T} \geq \frac{dq}{T}$

したがって、任意の過程に対して、クラウジウスの不等式 $dS \geq dq/T$ が成り立つ。

- 2) 熱い飲み物の温度を T_H 、室内の空気の温度を T_L とする。ただし $T_H > T_L$ とする。飲み物から空気に無限小の熱 dq が移動する過程を考える。空気(外界)は温度変化のない熱浴としてふるまうとする。飲み物(系)のエントロピー変化 dS_d 、空気(外界)のエントロピー変化 dS_{sur} 、飲み物と空気のエントロピー変化の和を dS_{tot} とする。 dS_d 、 dS_{sur} 、 dS_{tot} のそれぞれについて、エントロピーの定義およびクラウジウスの不等式をふまえ、 dq 、 T_H 、 T_L のうち必要なものを用いて等式または不等式で表せ。なお、飲み物の入った容器の熱容量は考えないものとし、容器の側面や底面は断熱されているため熱のやりとりは飲み物と空気の間でのみ生じるものとする。

化学・材料分野	専門科目 化学基礎・熱力学	受験番号	
	6 枚中の 4	採点	

- ・飲み物(系)は不可逆過程で熱を失うためエントロピー変化は

$$dS_d > -\frac{dq}{T_H}$$

- ・空気（外界）は十分大きな熱浴として一定温度 T_L を保ったまま熱を受け取るが、熱を受け取ること
でエントロピーは変化する。その際の外界のエントロピー変化は

$$dS_{\text{sur}} = \frac{dq}{T_L}$$

- ・系と外界のエントロピー変化の和は

$$dS_{\text{tot}} = dS_d + dS_{\text{sur}} > -\frac{dq}{T_H} + \frac{dq}{T_L} = dq \left(\frac{1}{T_L} - \frac{1}{T_H} \right)$$

- 3) 飲み物が冷めていく過程が自発的な過程であることを系と外界のエントロピー変化の和の符号に基づいて説明せよ。また、逆に室温の飲み物が自発的に熱くなるような過程がなぜ起こらないのかを、系と外界のエントロピー変化の和の符号に着目して説明せよ。

現実の観察に基づき、熱は高温の飲み物から低温の空気へ移動したと仮定する($dq > 0$)。

ここで、 $T_H > T_L$ より $\frac{1}{T_L} - \frac{1}{T_H} > 0$ となるため、 $dS_{\text{tot}} > 0$ 。

この過程では、系と外界のエントロピー変化の合計が正となるため、自発的な過程である。

逆に、室温の飲み物が自発的に熱くなるとすると、空気から飲み物に熱が流入すること($dq < 0$)が必要である。このときの系と外界を合わせたエントロピー変化は、

$dq < 0$ かつ $T_H > T_L$ より、 $dS_{\text{tot}} < 0$ となる。

よって、この過程では系と外界を合わせたエントロピー変化の和 dS_{tot} は $dS_{\text{tot}} > 0$ ではない。

したがって、このような変化では系と外界のエントロピー変化の和が負となるため、自発的に起こることはない。

化学・材料分野	専門科目 化学基礎・熱力学	受験番号	
	6 枚中の 5	採点	

問 3. 2 種類の完全気体 A と B の混合を考える. 混合前後のギブズエネルギー G の差, すなわち, 混合ギブズエネルギー $\Delta_{\text{mix}}G$ は, 全物質量を n , A と B のモル分率をそれぞれ x_A , x_B として,

$$\Delta_{\text{mix}}G = nRT(x_A \ln x_A + x_B \ln x_B)$$

で与えられる. このことを既知として, 以下の気体や液体の混合に関する設問 1) ~ 5) に解答せよ.

1) 図 1 を参考に, 2 種類の完全気体を混合した際の $\Delta_{\text{mix}}G$ の組成依存性を説明せよ.

$x_A + x_B = 1$ であるから,

$$\Delta_{\text{mix}}G/nRT = x_A \ln x_A + (1 - x_A) \ln(1 - x_A)$$

これは図 1 に示された関数と同じ形である.

従って, $\Delta_{\text{mix}}G$ は全ての混合組成 ($0 < x_A < 1$) で負となり,

$x_A = 0.5$ で極小をとる.

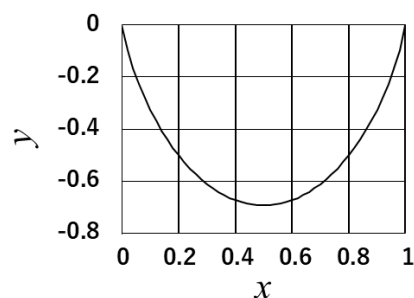


図1. 関数 $y = x \ln x + (1-x) \ln(1-x)$ の概形.

2) 完全気体の混合の自発性について, $\Delta_{\text{mix}}G$ の符号を根拠として判断せよ.

任意の混合組成で

$$\Delta_{\text{mix}}G < 0$$

であるから, 混合によるギブズエネルギーの変化は組成によらず常に負であり, 完全気体の混合は自発変化と言える.

3) このときの混合エントロピー $\Delta_{\text{mix}}S$ と混合エンタルピー $\Delta_{\text{mix}}H$ を求めよ.

化学熱力学の基本式 $dG = Vdp - SdT$ と G の全微分

$$dG = \left(\frac{\partial G}{\partial p}\right)_T dp + \left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_p dT \text{ の比較から, } S = -\left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_p.$$

$$\Delta_{\text{mix}}S = -\left(\frac{\partial \Delta_{\text{mix}}G}{\partial T}\right)_p = -nR(x_A \ln x_A + x_B \ln x_B)$$

$$\Delta_{\text{mix}}G = \Delta_{\text{mix}}H - T\Delta_{\text{mix}}S \text{ より,}$$

$$\Delta_{\text{mix}}H = \Delta_{\text{mix}}G + T\Delta_{\text{mix}}S = nRT(x_A \ln x_A + x_B \ln x_B) + \{-nRT(x_A \ln x_A + x_B \ln x_B)\} = 0$$

化学・材料分野	専門科目 化学基礎・熱力学	受験番号	
	6 枚中の 6	採点	

4) 2 種類の液体 A と B が混合して理想溶液となるとき $\Delta_{\text{mix}}G$, $\Delta_{\text{mix}}H$, $\Delta_{\text{mix}}S$ は、完全気体の混合の場合と同じ形で書ける。一方、実在溶液では、一般に、実在溶液と理想溶液の混合熱力学量の差で定義される過剰熱力学量は 0 にならない。実在溶液のモデルである正則溶液では、分子はランダムに分散しており、過剰エントロピー $S^E = 0$ であるが、過剰エンタルピー H^E の組成依存性が、

$$H^E = n\xi RT x_A x_B$$

で与えられる。吸熱的混合が起こる場合のパラメータ ξ の符号を示せ。また、そのとき、A-A および B-B の(引力)相互作用と A-B の相互作用のどちらが強いのかについて、判断理由とともに解答せよ。

吸熱変化の場合、 $H^E > 0$ であるから、 $\xi > 0$ 。

H^E は $x_A(1-x_A)$ の形から $x_A = 0.5$ で極大をとり、A と B が相互作用する機会が増えると H^E が大きくなる。このことは、A-B の引力相互作用が A-A や B-B に比べ弱い、または反発的であることを意味する。(エンタルピーは、気体 > 液体 > 固体であることから想像するとよい。)

従って、吸熱的混合($\xi > 0$)では、A-B より A-A および B-B の相互作用の相互作用が強い。

5) ξ の値を大きくしていくと、図 2 のように、 $\Delta_{\text{mix}}G$ の組成依存性は大きく変化する。 $\xi = 1.5$ のときは、任意の組成で混合して一相の溶液となるが、 $\xi = 3$ では、 $x_A \approx 0.07$ と 0.93 の組成を持つ二つの相に自発的に分離する。 $x_A = 0.30$ で A と B を混合した場合を考え、分子間相互作用の強さの観点と $\Delta_{\text{mix}}G$ の値の観点から、このような相分離が起こる理由を説明せよ。

(分子間相互作用) A-A, B-B の分子間相互作用が A-B に比べて強いので(言い換えると、A-B が弱い、または反発的なので)、A を過剰に含む相と B を過剰に含む相に分かれる傾向になる。

($\Delta_{\text{mix}}G$ の値) 仮想的に $x_A = 0.30$ で分子レベルで混合した場合の $\Delta_{\text{mix}}G$ と、 $x_A \approx 0.07$ と 0.93 の組成を持つ二つの相に相分離した際の $\Delta_{\text{mix}}G$ を比べると、後者が小さく、相分離によってギブズエネルギー G が減少する。したがって、自発的に相分離が起こる。

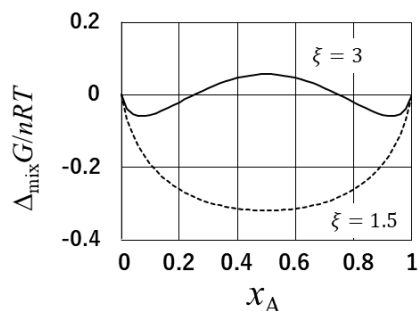


図2. 異なる ξ の値に対する $\Delta_{\text{mix}}G$ の組成依存性。 x_A は液体 A のモル分率。

信州大学大学院総合理工学研究科（修士課程）

繊維学専攻

2025 年度 10 月入学・2026 年度 4 月入学

一般選抜（一般枠）入試問題

化学・材料分野専門科目 化学基礎

無機化学

出題意図

無機化学の基礎が身についているかを問う問題としました。具体的には軌道・原子の特性・原子価結合理論・分子構造・d ブロック元素・d 金属錯体における結晶場理論を取り上げました。

大学院総合理工学研究科（修士課程）繊維学専攻 入学試験問題（2025 年 8 月 21 日）

化学・材料分野	専門科目 化学基礎・無機化学	受験番号	
	4 枚中の 1	採点	

問 1. 以下の設問 1)と 2)に答えよ。

- 1) 以下に示した原子またはイオンの基底状態における電子配置を例にならって記せ。ただし、内殻の電子配置は、貴ガスの電子配置を[He]、[Ne]、[Ar]のように省略して記載せよ。

例： Na : [Ne]3s¹

Sc : [Ar]3d¹4s²

B : [He]2s²2p¹

N : [He]2s²2p³

F : [He]2s²2p⁵

Cr : [Ar]3d⁵4s¹

Cr²⁺ : [Ar]3d⁴

Mn²⁺ : [Ar]3d⁵

- 2) 周期表の同じ族では原子番号が大きくなる（例えば Li, Na, K, Rb, Cs）と、第一イオン化エネルギーは減少する傾向がある。この傾向を示す理由を述べよ。

同じ族で原子番号が大きくなるにつれ、主量子数の高い軌道を持ち、原子半径が大きくなる。その結果、原子核とのクーロン力が弱くなりイオン化エネルギーが減少する。

大学院総合理工学研究科（修士課程）繊維学専攻 入学試験問題（2025 年 8 月 21 日）

化学・材料分野	専門科目 化学基礎・無機化学	受験番号	
	4 枚中の 2	採点	

問 2. 以下の設問 1)～3)に答えよ。

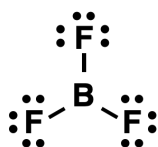
1) ルイス酸とルイス塩基の定義を答えよ。

ルイス酸：電子対受容体（電子対を受け取る物質）

ルイス塩基：電子対供与体（電子対を供与する物質）

2) 原子価殻電子対反発（VSEPR）モデルによって推定される BF_3 分子の幾何構造を孤立電子対も含めて図示せよ。また、 BF_3 分子の B 原子における混成軌道の種類を答えよ。

VSEPR モデルによって推定される幾何構造（孤立電子対を明示すること）：



B 原子における混成軌道の種類： sp^2 混成軌道

3) BF_3 分子は一般的に、ルイス酸とルイス塩基のどちらの性質を示すかを答え、その理由も述べよ。

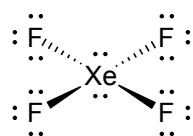
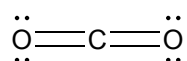
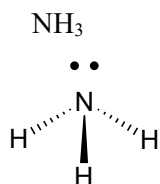
ルイス酸

空の p 軌道がルイス塩基からの孤立電子対を受容することができるから。

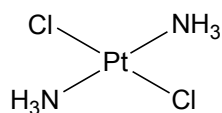
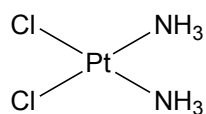
化学・材料分野	専門科目 化学基礎・無機化学	受験番号	
	4 枚中の 3	採点	

問 3. 以下の設問 1) と 2) に答えよ。

- 1) 原子価殻電子対反発（VSEPR）モデルによって推定される以下の分子の幾何構造を孤立電子対も含めて図示せよ。



- 2) 平面四角形錯体である PtCl₂(NH₃)₂ のジアステレオ（幾何）異性体の構造を全て図示せよ。



化学・材料分野	専門科目 化学基礎・無機化学	受験番号	
	4 枚中の 4	採点	

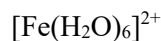
問 4. 以下の設問 1)～3)に答えよ。

- 1) ヘキサアクアチタン(III)イオン $[\text{Ti}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ は 493 nm に吸収極大を持ち、この吸収極大は $e_g \leftarrow t_{2g}$ 遷移に帰属することができる。 $[\text{Ti}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ に含まれる中心金属イオンの d 軌道に存在する電子数（d 電子数）を示せ。また、 $[\text{Ti}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ の配位子場分裂パラメーター Δ_o ($\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$)を求めよ。
（プランク定数： $6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, 光速： $3.00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, アボガドロ定数： $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ）

d 電子数： 1

Δ_o : 242 kJ/mol

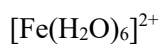
- 2) $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ と $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ における Δ_o は、それぞれ $393 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ と $193 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ である。結晶場理論に基づいて、 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ と $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ の中心金属イオンの d 軌道の電子配置を示せ。



- 3) $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ と $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ の中心金属イオンの配位子場安定化エネルギー（LFSE）を求めよ（配位子場分裂パラメーターを Δ_o 、スピン対生成エネルギーを P として示せ）。



LFSE : $-2.4\Delta_o + 2P$



LFSE : $-0.4\Delta_o$