

令和6年度
北海道大学工学部
編入学試験（特別選抜）

【小論文】

（応用理工系学科 応用化学コース）

試験時間 9:00～11:00

- ・ 試験時間中、机の上に置けるものは、受験票、黒の鉛筆、黒のシャープペンシル、消しゴム、鉛筆削り、眼鏡、時計（計時機能のみ有するもの）のみです。
これ以外のものを試験時間中、机の上に置いてはいけません。
- ・ 携帯電話、スマートフォン等の電子機器類、及び時計のアラームは、試験時間中、使用してはいけません。
これらの電子機器類は、あらかじめアラームの設定を解除して電源を切り、かばん等に入れなさい。

注意

1. 試験開始の合図があるまで、この問題紙を開いてはいけません。
2. 問題紙は、このページを含めて6ページあります。
3. 解答用紙は「小論文1/3」から「小論文3/3」までの3枚、
草案用紙は3枚あります。
4. 受験番号は、監督員の指示に従って、すべての解答用紙の指定された箇所に必ず記入しなさい。
5. 解答はすべて、解答用紙の指定された箇所に記入しなさい。なお、裏面を使用してはいけません。
6. 必要以外のことを解答用紙に書いてはいけません。
7. 解答用紙は3枚とも全部必ず提出しなさい。
8. 問題紙の余白は下書きに使用しても差し支えありません。
9. この問題紙と草案用紙は回収しません。

令和6年度
北海道大学工学部
編入学試験（特別選抜）

【小論文】

（応用理工系学科 応用化学コース）

令和6年度北海道大学工学部編入学試験（特別選抜）問題【小論文】
（応用理工系学科 応用化学コース）

問1. 以下の文を読んで、設問(1)(2)に答えなさい。

(文) 使用時にCO₂を発生しないエネルギー輸送媒体として、水素および関連物質について研究開発が活発に行われている。水素は常温(25℃)常圧での密度が小さいため、液体炭化水素であるヘプタン(C₇H₁₆)を1L(リットル)燃焼したときに得られる発熱量と同じ発熱量を水素から得ようとするとき大きな体積が必要になる。また、水素の沸点は約20Kであり、液化するには低温が必要である。すなわち、水素そのものは輸送や貯蔵が難しい。そこで、水素をそのまま用いるのではなく、取り扱いが容易な別の物質(水素キャリア)に変換して運び、使用時に水素を取り出して用いる方法が提案されており、そのような物質として、アンモニアやメチルシクロヘキサンが研究されている。また、水素の燃焼ではなく、燃料電池を用いる方法も検討されている。

設問(1) 水素および水素キャリア(アンモニア、メチルシクロヘキサン)のエネルギー輸送媒体としての特徴と優劣について、ヘプタンとの比較も含めて200~300字程度で説明しなさい。ただし、下記①②の項目について、与えられたデータを用いて導いた数値を説明に含めること。水素は100気圧の気体として輸送するものとする。

① 以下のデータを用い、常温(25℃)のヘプタン、水素、アンモニア、メチルシクロヘキサンのそれぞれ1リットルから取り出せるエネルギーの値を有効数字2桁で計算した結果を記載し比較すること。ただし、ヘプタンと水素はそのまま燃焼させ、アンモニアとメチルシクロヘキサンについては、下記の反応(ア)(イ)で取り出した水素を燃焼させて用いるとする。計算過程を答案に書く必要はない。

データ

・常温(25℃)での密度

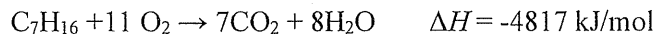
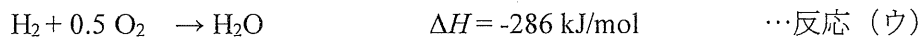
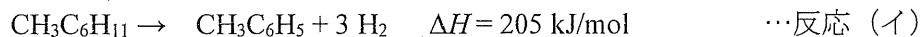
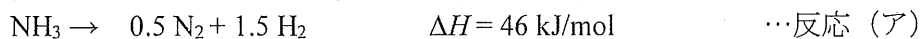
H₂(100気圧、気体)理想気体として考えること。気体定数は8.314 J/mol/K, 1気圧は1013 hPaとする。

ヘプタン(液体) 0.68 kg/L

アンモニア(圧力をかけて液化しているとする) 0.64 kg/L

メチルシクロヘキサン(液体) 0.77 kg/L

・反応エンタルピー(25℃。温度変化は無視する)



・原子量は次の値を用いること。H 1.0, C 12.0, N 14.0, O 16.0

② 化学的・物理的な側面と安全性。例えば、触媒や圧力容器の必要性、毒性、環境負荷など。

(問1つづく)

令和6年度北海道大学工学部編入学試験（特別選抜）問題【小論文】
（応用理工系学科 応用化学コース）

（問1つづき）

設問（2） 水素を用いた燃料電池と、水素の燃焼による熱機関の効率を計算し、さらに反応速度や触媒の必要性を考え、それぞれ大規模なシステムと小規模なシステムのどちらに適しているかを200～300字程度で説明しなさい。ただし、燃料電池の効率は、関与する反応と電子数を記述したうえで、燃料電池の理論電圧1.23Vから計算した反応ギブスエネルギー ΔG の数値を記載してから、 ΔG と反応(ウ)の ΔH を使って求めた効率の数値を記述すること。また、燃焼による熱機関については燃焼した熱はカルノーサイクルの駆動につかわれるとし、高温側を1000 K、低温側を300 Kとすること。ファラデー定数は96500 C/molとする。

令和6年度北海道大学工学部編入学試験（特別選抜）問題【小論文】
（応用理工系学科 応用化学コース）

問2. 芳香族化合物は、さまざまな樹脂材料、医薬品などに含まれ、私たちの身近に存在する有機化合物である。ベンゼンなど石油由来の単純な芳香族化合物に官能基を導入し、所望の化合物へ変換する代表的な手法として芳香族求電子置換反応がよく用いられている。適切な芳香族求電子置換反応を2回用いてベンゼンから *p*-ニトロトルエンを合成する場合、どのような反応条件を、どの順番で用いればよいか、またどのような問題が生じることが予想され、それに対処するにはどのような方策をとればよいか、についてあなたの考えを400～500字程度で述べなさい。ただし、下記の項目①～③は必ず論述に含めること。解答には化学反応式および構造式を用いても差し支えない（字数として数えない）。

記述すべき項目

- ①反応に必要な試薬
- ②芳香族求電子置換反応における置換基効果（反応性および配向性）
- ③生成するニトロトルエンの位置異性体について

令和6年度北海道大学工学部編入学試験（特別選抜）問題【小論文】
（応用理工系学科 応用化学コース）

問3. 次の設問（1）（2）に答えなさい。

設問（1） グルコースは解糖系を経て ATP, $\text{NADH}+\text{H}^+$, 化合物 X の生産に用いられ, 化合物 X は CoA 化合物 Y へ変換される。一方, 脂肪酸は β 酸化経路により代謝され, $\text{NADH}+\text{H}^+$, FADH_2 や CoA 化合物 Y の生産に用いられる。これら CoA 化合物 Y はクエン酸回路を経て ATP, $\text{NADH}+\text{H}^+$, FADH_2 の生産に用いられる。ここで, グルコース 40 g, 炭素数 18 の直鎖飽和脂肪酸 40 g が各代謝経路を経て完全に代謝されたとき, 得られた $\text{NADH}+\text{H}^+$, FADH_2 , CoA 化合物 Y もすべて ATP 生産に用いたと仮定する。1 分子当たり及び単位重量当たりの ATP 生産量の観点から, グルコースと脂肪酸のエネルギー源としての性質について, 下記の記入すべき項目を含めて 200~300 字程度で述べなさい。なお, 途中計算式は字数に含めないものとする。

記入すべき項目

- ① 化合物 X と CoA 化合物 Y の名称
- ② 炭素数 18 の直鎖飽和脂肪酸の炭素原子をすべて CoA 化合物 Y に変換するのに必要な β 酸化経路のサイクル数と, そのとき得られる CoA 化合物 Y の分子数

情報

1. モル質量: グルコース 180 g/mol, 炭素数 18 の直鎖飽和脂肪酸 284 g/mol
2. 1 分子 (1×) のグルコースから 2 分子 (2×) の化合物 X が生産される。
3. 炭素数 18 の直鎖飽和脂肪酸は β 酸化経路 1 サイクル毎に炭素数 2 ずつ切り出され, CoA 化合物 Y が生産される。
4. 各代謝によって得られる $\text{NADH}+\text{H}^+$, FADH_2 および ATP の分子数
 - ・ 1×グルコースが 2×化合物 X に変換されるまでに得られる数: 2×ATP, 2×($\text{NADH}+\text{H}^+$)
 - ・ 化合物 X が CoA 化合物 Y に変換されるときに得られる数: 1×($\text{NADH}+\text{H}^+$)
 - ・ クエン酸回路 1 サイクルで得る数: 1×ATP, 3×($\text{NADH}+\text{H}^+$), 1× FADH_2
 - ・ 直鎖飽和脂肪酸の β 酸化経路 1 サイクルで得る数: 1×($\text{NADH}+\text{H}^+$), 1× FADH_2
5. $\text{NADH}+\text{H}^+$, FADH_2 は, 電子伝達系および酸化的リン酸化反応を介して ATP 生産に利用される。
 - ・ 1×($\text{NADH}+\text{H}^+$) を用いて 3×ATP が生産される。
 - ・ 1× FADH_2 を用いて 2×ATP が生産される。

設問（2） $\text{NADH}+\text{H}^+$ は, $\text{NADH}+\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{NAD}^+ + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$ のように H^+ と e^- の受け渡しにかかわる補酵素である。一方, 化合物 X は CoA 化合物 Y に変換される以外に, 乳酸に変換されることで 1×($\text{NADH}+\text{H}^+$) の消費に用いられる。グルコースが化合物 X を経て乳酸生産に用いられる場合と, グルコースが設問（1）のように CoA 化合物 Y を経て完全代謝される場合について, ATP 生産量の違いと, 好気・嫌気条件のいずれによって促進されるかを含めて 200~300 字程度で説明しなさい。