

令和3年度

専攻科入学者選抜試験
学力検査問題

専門(物質化学工学専攻)

(配点)

	出題分野	配点
①	無機化学	40点
②	有機化学	40点
③	物理化学	40点
④	化学工学	8.0点
⑤	生物工学	8.0点

[注 意]

1. 問題は、指示があるまで開かないこと。
2. 問題用紙は、1ページから7ページまでである。
検査開始の合図のあとで確かめること。
3. 出題分野「無機化学」、「有機化学」、「物理化学」は必ず解答し、出題分野「化学工学」、「生物工学」については2分野のうち1分野を選択して解答すること。
4. 答えは、すべて解答用紙に記入すること。

1 (無機化学)

問1 電子の軌道と量子数について答えよ。

- (1) 3d 軌道の主量子数と方位量子数を答えよ。
- (2) 主量子数が 2 の軌道に入ることができる、最大の電子数はいくつか。
- (3) 軌道のエネルギーに関係する量子数は、どの量子数であるか。

問2 鉄粉に希硫酸を加えて溶解した。次の問いに答えよ。

- (1) 溶解する際に気体が発生した。発生した気体の化学式を記せ。
- (2) 溶解後に得られた水溶液は、何色であるか。
- (3) 溶解したときに生成した鉄イオンには、d 電子が何個あるか。
- (4) この水溶液に少量のアンモニア水を加えると、どのような変化が生じるか。

問3 分子軌道について答えよ。

- (1) 2つの 2p 軌道からできる分子軌道は 4 種類ある。それらは何軌道であるか、すべて答えよ。
- (2) 水素分子の分子軌道のエネルギー準位を図示し、軌道に電子を入れよ。各軌道の名前も明記すること。

問4 次の語句を説明せよ。

- (1) パウリの排他原理
- (2) 不活性電子対効果
- (3) 軌道の縮退 (縮重)
- (4) 不動態

2 (有機化学)

問1 (1) ~ (4) の特徴をもつ化合物の構造式と名称を書き、続く (5) ~ (8) の問いに答えよ。

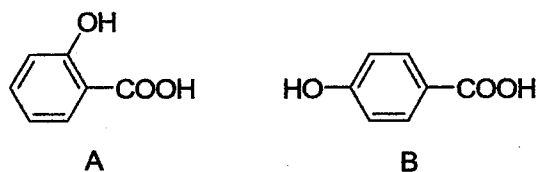
構造式は、簡略構造式、骨格構造でも構わないが、線と結合角を明瞭に書け。

- (1) 炭素数 4 の鎖式不飽和炭化水素、共役ジエン、側鎖なし
- (2) 炭素数 6 の環式不飽和炭化水素、孤立ジエン、側鎖なし
- (3) 炭素数 5, 二重結合数 1, 三重結合数 1 の末端アルキン, 側鎖なし を2種類, ただし, 構造式1には, 内部アルケンをE体で書き命名せよ。
- (4) 二置換ベンゼン, 置換基はメタにメチル基とエチル基
- (5) (1) ~ (4) の化合物の中で NaNH_2 と反応してアセチリドアニオンを発生するものはどれか, 該当する番号をすべて答えよ。
- (6) (5) の反応で発生するアセチリドアニオンと第一級ハロゲン化アルキルを反応させるとどのような反応が起こるか, 次の用語の中から2つ選び, 一般的な反応名称を書け。

[求電子, 求核, 置換, 付加, 脱離, 酸化, 還元]

- (7) (1) ~ (4) の化合物の中でヒュッケル則を満たすものはどれか, 該当する番号をすべて答えよ。
- (8) (7) で選んだような化合物は, 電子が豊富であることから電子が欠乏した試薬と反応するが, どのような反応が起こるか, (6) の用語の中から2つ選び, 一般的な反応名称を書け。

問2 ベンゼン環にCOOH基とOH基が置換したA, Bの化合物について以下の問いに答えよ。



- (1) 一般に, OH基とCOOH基はどちらの酸性度が強い, 官能基の名称を答えよ。
- (2) A と B では, どちらの酸性度が強い, >または<で関係を示せ。
- (3) (2) の理由を脱プロトン化した際の構造と官能基の位置関係を考慮して, 簡潔に述べよ。
- (4) A にメタノールまたは, 無水酢酸を加え反応させたとき, それぞれ何が生成するか. 構造式と名称を答えよ. また, それぞれ異なる反応名で示せ。
- (5) (4) の生成物はそれぞれ何に利用されるか, 下から用途を選択し, (4) の反応名の下に解答欄にそれぞれ書け。

[抗生物質, 界面活性剤, 消炎剤, 解熱剤, 消毒剤]

3 (物理化学)

問1 ある理想気体0.250 molが400 Kで6.00 atmの圧力のもとにあり、定温で膨張させて3.00 atmにした。膨張後の気体の圧力と外圧は等しいとする。

- (1) 外圧に対して不可逆的に膨張させたときの、気体が外界にした仕事を求めよ。
 - (2) 可逆的に膨張させたときの、気体が外界にした仕事と気体のエントロピー変化を求めよ。
- ただし、気体定数は $R = 8.00 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 、また、 $\ln 2 = 0.700$ とする。

問2 図3-1に水の状態図を示す。次の問に答えよ。

- (1) G, L, Sと記した領域について自由度をもとに説明せよ。
- (2) 曲線OAとOB, OCについて自由度をもとに説明せよ。
- (3) O点について自由度をもとに説明せよ。

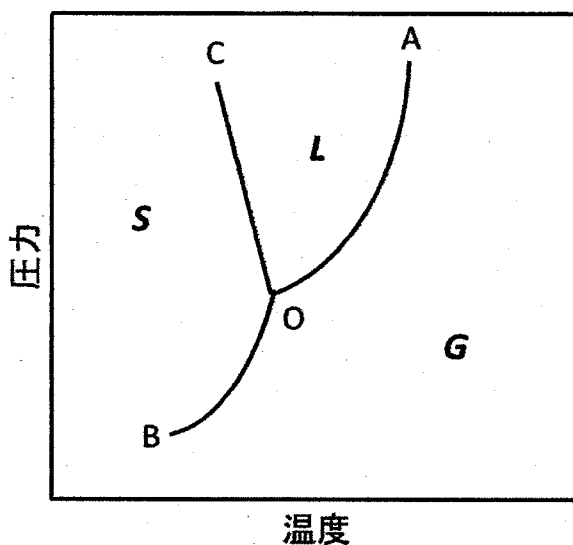


図3-1 水の状態図

問3 次の語句について説明せよ。

- (1) 熱力学第二法則
- (2) 化学ポテンシャル

4 (化学工学)

問1 2A → Pの化学反応式で表される定容の不可逆反応について、以下の(1)～(3)に答えよ。

- (1) 反応速度 r_A [$\text{mol} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$]は、反応物濃度 C_A [$\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$]および反応速度定数 k と以下の式で関係づけられる。

$$r_A = -kC_A^2$$

反応速度定数 k の単位をSI単位で答えよ。

- (2) 回分反応器を用いて上の反応を行わせた場合を考える。反応物Aに関する反応速度式は次式で表される。

$$\frac{dC_A}{dt} = -kC_A^2$$

反応物Aの初期濃度(C_{A0})と生成物Pの初期濃度(C_{P0})をそれぞれ $C_{A0} = 10.0 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3}$, $C_{P0} = 2.50 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3}$ とした条件で反応を行わせた場合、反応時間80.0 sにおける反応物Aの濃度は $5.00 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3}$ であった。この反応の反応速度定数 k の値を有効数字3桁で答えよ。ただし、単位も付記せよ。

- (3) 上述の(2)の条件について、反応時間80.0 sにおける生成物Pの濃度を有効数字3桁で答えよ。ただし、単位も付記せよ。

問2 図4-1に示すような C_3H_8 を燃料とする燃焼炉があり、空気(組成を N_2 : 80 mol%, O_2 : 20 mol%とする)は燃料に対して過剰に供給され、 C_3H_8 は燃焼炉内ですべて瞬時に完全燃焼する。排ガスの成分は、 CO_2 , H_2O , N_2 , O_2 とし、すべて気体の状態とする。以下の(1)～(3)に有効数字3桁で答えよ。

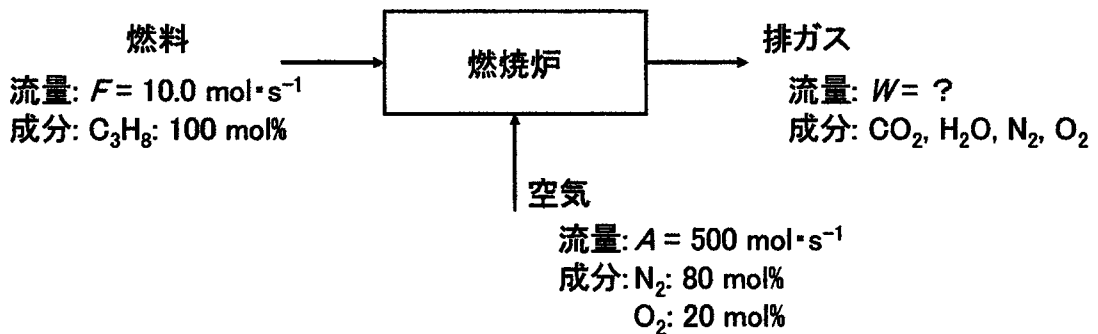


図4-1 燃焼炉のフローシート

- (1) この燃焼炉に、燃料の C_3H_8 (組成を C_3H_8 : 100 mol%とする) を $F = 10.0 \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1}$, 空気(組成を N_2 : 80 mol%, O_2 : 20 mol%とする) を $A = 500 \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1}$ で供給した場合、排ガス中の各成分(CO_2 , H_2O , N_2 , O_2)の流量 [$\text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$]を求めよ。
- (2) (1)の時、排ガスの流量 W [$\text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$]を求めよ。
- (3) (1)の時、排ガス中の CO_2 の組成 [mol%]を求めよ。

5 (生物工学)

問1 哺乳類における窒素の異化代謝, アミノ酸に関する次の問に答えよ。

(1) 以下の文章は余分なアミノ基の肝臓への輸送方法を説明したものである。空欄 (ア～エ) 内にはいる適切な語句を【選択欄】から選び, 文章を完成させよ。

アミノ酸中の余分な α -アミノ基は, 哺乳類では主に肝臓で異化代謝される。肝臓以外で発生する排泄予定の α -アミノ基を含む種々のアミノ酸は, まず (ア) に集約される。(ア) は酵素 (イ) による α -ケトグルタル酸へのアミノ基への転移によって生成される。(イ) は (ウ) を補酵素として有し, 実質これがアミノ基の運搬の役目を果たす。全体として負の電荷を持つ (ア) は, このままでは細胞膜を通過することができない。そこで, (ア) を一旦酵素 (エ) によって α -アミノ基をアンモニウムイオンとして遊離させたのち (酸化的脱アミノ反応), このアンモニウムイオンを別の (ア) の側鎖カルボキシル基に付加させることで, グルタミンを作る。グルタミンは細胞膜を通過し, 血液中に放出され, 肝臓 (肝細胞) 内へ運ぶことができる。

【選択欄】

アスパラギン酸, アスパラギン, グルタミン酸, グルタミナーゼ, CoA, ビオチン, ピリドキサルリン酸, グルタミンシンテターゼ, グルタミン酸デヒドロゲナーゼ, アミノトランスフェラーゼ

(2) (1) の説明で登場するグルタミンは, 次の (a) ~ (d) のいずれに分類されるか。(a) ~ (d) で答えよ。

- (a) 極性無電荷側鎖アミノ酸
- (b) 非極性側鎖アミノ酸
- (c) 酸性側鎖アミノ酸
- (d) 塩基性側鎖アミノ酸

(3) (1) で説明したグルタミンを輸送体とする方法は, 筋肉を含む肝臓以外の全細胞に共通する方法であるが, 筋肉ではグルタミンより別のアミノ酸が主要輸送体となっている。そのアミノ酸について, ①正式名称, ②三文字略号, ③一文字略号で答えよ。

(4) 肝臓へ輸送された余分なアミノ基は, 最終的に何になるか。答えを構造式で示せ。

問2 長鎖飽和脂肪酸の異化代謝経路の一部を図5-1に示す。関連する次の問に答えよ。

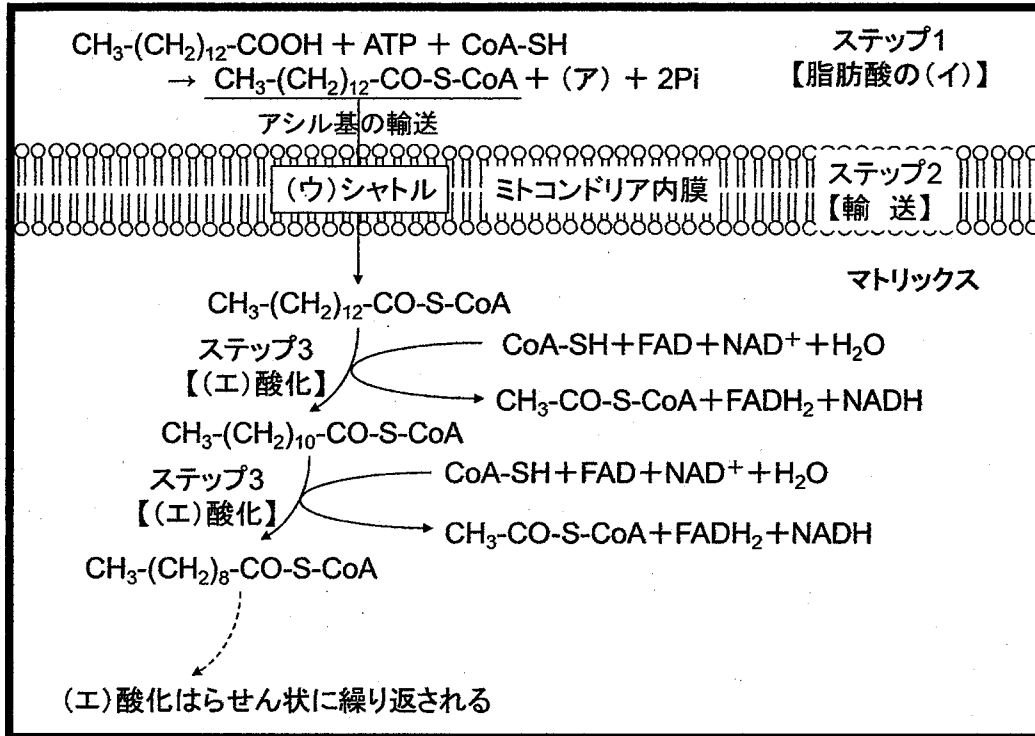


図5-1 長鎖飽和脂肪酸の異化代謝(一部)

(1) 各空欄 (ア~エ) に入る文字, 略号や語句を答えよ。

(2) (エ) 酸化は4つの段階からなり,

- (a) チオール開裂
- (b) NAD^+ による酸化
- (c) FAD による酸化
- (d) 水の付加

である(この順番はバラバラである)。これらを順番通り(例: $a \rightarrow b \rightarrow c \dots$)に並べ替えなさい。

(3) 図5-1の脂肪酸(ミリスチン酸)1分子が完全に(エ)酸化を受けると, 生じる①アセチルCoA, ② FADH_2 , ③ NADH の各分子数を答えよ。

(4) 脂肪酸の(イ)では, 脂肪酸1分子あたり実質何分子のATPが消費されるか。

(5) ミリスチン酸1分子が図5-1, さらにクエン酸回路, 電子伝達系による異化代謝を受け, 完全酸化されると, ATPの正味の生産量は何分子になるか。なお, 1分子のアセチルCoAが完全酸化されると10分子のATPが生産される(GTP は ATP と等価とする), 1分子の FADH_2 及び NADH が完全酸化されると各々1.5及び2.5分子のATPが生産されると仮定せよ。

問3 非競合阻害(剤)に関する次の問に答えよ。

(1) 以下の物質の中から一般に非競合的に阻害するものは以下のどれか。(a)～(d)で答えよ。

- (a) メトトレキサート: ジヒドロ葉酸レダクターゼを阻害する
- (b) マロン酸: コハク酸デヒドロゲナーゼを阻害する
- (c) キレート試薬: 金属酵素(チロシナーゼなど)を阻害する
- (d) イブプロフェン: シクロオキシゲナーゼを阻害する

(2) 非競合阻害剤の結合特性として正しいのは以下のどれか。(a)～(c)で答えよ。

- (a) 遊離の酵素, 酵素-基質複合体の両方に結合する
- (b) 遊離の酵素に結合し, 酵素-基質複合体には結合しない
- (c) 酵素-基質複合体に結合し, 遊離の酵素には結合しない

(3) 非競合阻害剤の影響により酵素の K_m (ミカエリス定数)と V_{max} (最大初速度)はどうか。以下より選び, (a)～(c)で答えよ。

- (a) K_m : 減少, V_{max} : 減少
- (b) K_m : 変化なし, V_{max} : 減少
- (c) K_m : 増加, V_{max} : 変化なし

問4 大腸菌におけるDNA複製に関わるタンパク質・酵素とその役割を表5-1に示す。関連する次の問に答えよ。

表5-1 DNA複製に関わるタンパク質・酵素とその役割

酵素・タンパク質	役割
(ア)	プライマーを合成
DNA(イ)	5'リン酸基と3'OH基の連結
DNAヘリカーゼ	らせんをほどく
SSBタンパク質	一本鎖DNAの安定化
DNA(ウ)	らせんがほどけることで生じるDNAの構造上のストレスを解消
DNAポリメラーゼ(エ)	DNAの合成
DNAポリメラーゼ(オ)	プライマーの除去, DNAの合成

(1) 表中の各空欄(ア～オ)に入る酵素名(ア～ウ), ローマ数字(エとオ)を答えよ。

(2) なぜプライマーは除去されなければならないのか。プライマーの素材に着目し, その理由を簡単に示せ。

(3) 複製が終わるとDNAは倍加し, 親のDNAと子のDNAのハイブリッドになる。このような複製方式のことを何というか(○○○的複製)。