

平成27年度 総合化学院修士(博士前期)課程
専門科目 B群(工学系)

平成26年8月7日(木) 13:30~16:00

注意事項

- (1)下表の6科目から2科目を選択して解答しなさい。
- (2)配点は1科目100点である。
- (3)解答は所定の答案用紙に記入しなさい。
- (4)選択科目の答案用紙の所定欄に受験番号を必ず記入しなさい。
- (5)選択した2科目の答案用紙のみ封筒に入れて提出しなさい。
3科目以上提出した場合には、全て採点しないので注意すること。
- (6)草案紙は2枚ある。
- (7)問題紙、選択しなかった科目の答案用紙、および草案紙は提出する必要はない。

科目記号	科 目	問題紙の枚数	答案用紙の枚数
B2-1	化学工学	3	3
B2-2	有機合成化学	2	3
B2-3	量子化学	2	3
B2-4	高分子化学	3	4
B2-5	無機材料化学	4	2
B2-6	分子生物工学	3	4

総合化学院 総合化学専攻

科目記号	B2-1 (1/3)	試験科目	化学工学
------	------------	------	------

(注) 全設問に解答すること。解答は設問毎に別の答案用紙に記入すること(答案用紙3枚)。

設問1 以下の問(1)～(4)に答えなさい。

図1のようなパラボラ・トラフ型反射鏡を用いて、太陽光を集光させ、太陽光のエネルギーを下流に設置されたユニットで熱源として利用するプロセスについて考える。太陽光の集光箇所を設置されたレシーバー部は、ステンレス製内管(長さ L [m], 内径 D [m], 肉厚 d [m], 熱伝導率 k [$\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$])とその外側にガラス製円管の同心二重円管構造を有し、環状部は真空に保たれている。ステンレス製内管内には、熱媒体(比熱容量 c_p [$\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$])が質量速度 w [kg s^{-1}]で流れている。集光された太陽光は、ガラス、真空層を透過し、ステンレス製内管を均一に加熱する。

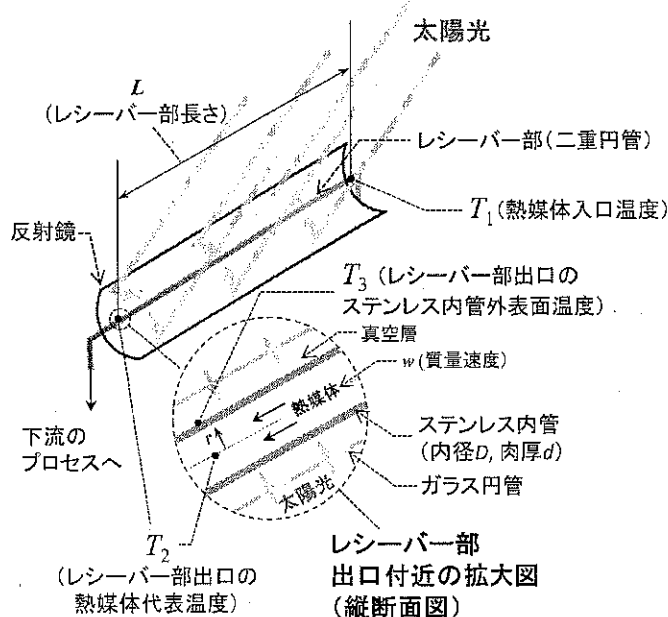


図1 太陽光集光装置

- (1) 集光された太陽光の熱流束が、ステンレス製内管の内表面基準で $q (>0)$ [W m^{-2}]であるとき、熱媒体を入口温度 T_1 から出口温度 T_2 に加熱するのに必要な円管長さ L を q を用いて表しなさい。ただし、円管表面から大気への放熱は無視できるものとする。
- (2) ステンレス製内管壁内の熱伝導に関し、半径方向 r の熱流束 q_r について微分方程式を導出しなさい。
- (3) 全伝熱量が推進力(温度差)と伝熱抵抗の比で表されることを利用し、レシーバー部出口のステンレス製円管外表面の温度が T_3 であるとき(図2参照)、 T_3 を T_2 と $q (>0)$ を用いて表しなさい。ただし、熱媒体中の伝熱抵抗は無視できるものとする。
- (4) ガラス製円管とステンレス製内管の間を真空に保つ理由を一つ簡潔に述べなさい。

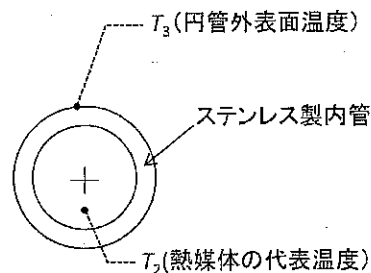


図2 レシーバー部出口のステンレス内管断面図

総合化学院 総合化学専攻

科目記号	B 2-1 (2/3)	試験科目	化学工学
------	-------------	------	------

(注) 全設問に解答すること。解答は設問毎に別の答案用紙に記入すること(答案用紙3枚)。

設問2 以下の問(1)～(4)に答えなさい。

活性炭を充填したカラムを使用して、排水に $C_0=20\text{ gm}^{-3}$ 含まれるフェノールを除去する。排水の空塔速度は $u=2\times 10^{-3}\text{ ms}^{-1}$ であり、破過濃度は $C_B=1.0\text{ gm}^{-3}$ 、終末濃度は $C_E=19\text{ gm}^{-3}$ 、活性炭の充填密度は $\rho_B=500\text{ kg-吸着剤 (m}^3\text{-充填体積)}^{-1}$ とする。濃度 C_0 に平衡な吸着量を $q_0[\text{g-吸着質 (kg-吸着剤)}^{-1}]$ 、充填層の任意の位置における濃度と吸着量をそれぞれ C と q 、 q に平衡な吸着質濃度を C^* とする。吸着に伴う流体の体積変化が無視でき、定型濃度分布の近似が成立する場合、操作線は式(a)で、吸着圏での微小高さ dz についての物質収支は式(b)で与えられる(図1参照)。

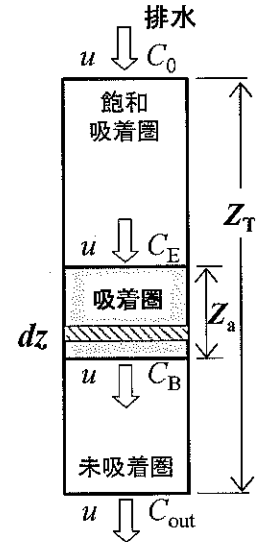


図1 固定層吸着層内の状態

$$q = \frac{q_0}{C_0} C \quad (a)$$

$$-udC = K_{Fa} \times \boxed{\text{ア}} \quad (b)$$

K_{Fa} は総括物質移動係数であり、式(b)を $z=0 \sim Z_a$, $C=C_E \sim C_B$ で積分すれば吸着圏高さ $Z_a[\text{m}]$ が求まる。

[HTU] を移動単位高さ、 N_t を移動単位数とすれば、 Z_a は式(c)で与えられる。

$$Z_a = [\text{HTU}] \times N_t \quad (c)$$

吸着等温式として、式(d)の Freundlich 式が成立すると、 N_t は式(e)で与えられる。ただし、 k と n は定数である。

$$q = k[C^*]^{1/n} \quad (d)$$

$$N_t = \ln \frac{C_E}{C_B} + \frac{1}{n-1} \ln \frac{C_0^{n-1} - C_B^{n-1}}{C_0^{n-1} - C_E^{n-1}} \quad (e)$$

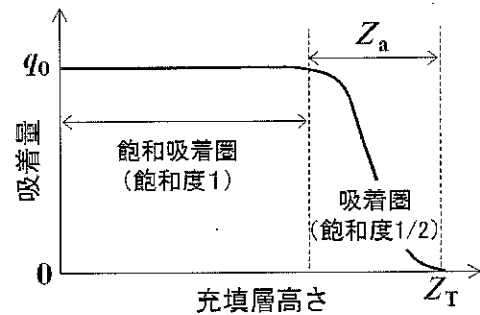


図2 破過点における固定層内吸着量分布

- (1) $\boxed{\text{ア}}$ に入る適切な数式を答えなさい。
- (2) K_{Fa} の単位を答えなさい。
- (3) $[\text{HTU}]=0.05\text{ m}$ 、吸着等温式は $q=100C^{0.2}$ とする。吸着圏長さ Z_a を求めなさい。
- (4) 1000h 後に出口フェノール濃度が破過濃度に達した。活性炭充填カラムの高さを求めなさい。ただし、飽和吸着圏での飽和度を1、吸着圏での飽和度を1/2とする(図2参照)。

総合化学院 総合化学専攻

科目記号	B 2-1 (3 / 3)	試験科目	化学工学
------	---------------	------	------

(注) 全設問に解答すること。解答は設問毎に別の答案用紙に記入すること (答案用紙3枚)。

設問3 以下の問 (1) ~ (5) に答えなさい。

0.5 次反応速度式 ($-dC/dt = kC^{0.5}$, C は反応物濃度, t は時間, k は速度定数) に従う液相化学反応を 1 台あるいは 2 台の連続式反応器を用い, 一定温度で行う。

- (1) 完全混合流れ反応器 (MFR) 1 台を用いてこの反応を行う。反応物入口濃度が C_0 , 空間時間が τ_m , 出口転化率が x_m であるとき, 式 (a) の ア に入る適切な式を求めなさい。

$$\frac{x_m}{\sqrt{1-x_m}} = \frac{k\tau_m}{\text{ア}} \quad (\text{a})$$

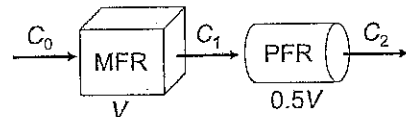
- (2) 押し出し流れ反応器 (PFR) 1 台を用いてこの反応を行う。反応物入口濃度が C_0 , 空間時間が τ_p , 出口転化率が x_p であるとき, 式 (b) の イ に入る適切な式を求めなさい。

$$1 - \sqrt{1-x_p} = \frac{k\tau_p}{\text{イ}} \quad (\text{b})$$

- (3) MFR 1 台 (体積 V) を用い, 濃度 C_0 の反応物を含む溶液を速度 v で供給し, 反応を行ったところ, 出口の転化率 $x_m = 0.5$ であった。同じ C_0 と v で, 体積 $0.5V$ の PFR 1 台を用いて反応を行ったときの転化率 x_p を求めなさい。

- (4) 下図のように MFR (体積 V) と PFR (体積 $0.5V$) を並べた反応システムを用いて反応を行う。反応物の入り口濃度を C_0 , MFR の出口濃度を C_1 , PFR の出口濃度を C_2 , それぞれの反応器の部分転化率を $x_m = (C_0 - C_1)/C_0$, $x_p = (C_1 - C_2)/C_1$, 反応システムの総括転化率を $x_{mp} = (C_0 - C_2)/C_0$ とする。このとき, 式 (c) の ウ と エ に入る適切な記号を示しなさい。

$$x_{mp} = x_m + \frac{\text{ウ}}{\text{エ}} x_p \quad (\text{c})$$



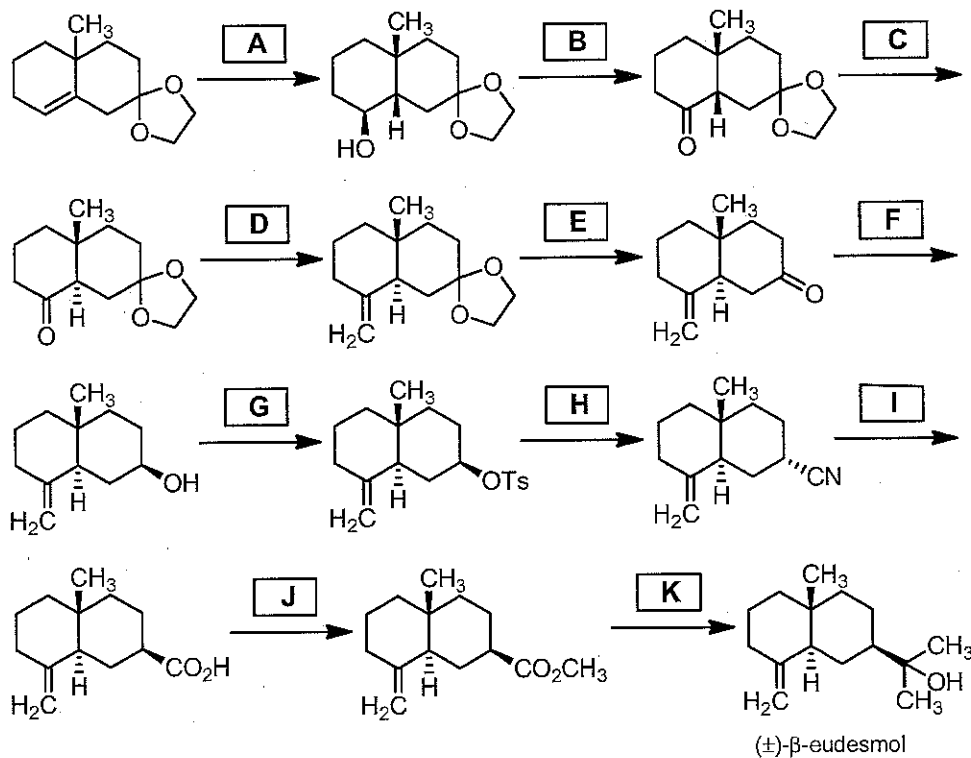
- (5) (3) と同じ C_0 と v で上記 (4) の反応システムを用いて反応を行う。このときの総括転化率 x_{mp} を求めなさい。

総合化学院 総合化学専攻

科目記号	B2-2 (1/2)	試験科目	有機合成化学
------	------------	------	--------

(注) 全設問に解答すること。解答は設問毎に別の答案用紙に記入すること(答案用紙3枚)。

設問1 以下に(±)-β-eudesmolの合成スキームを示す。問(1)～(3)に答えなさい。



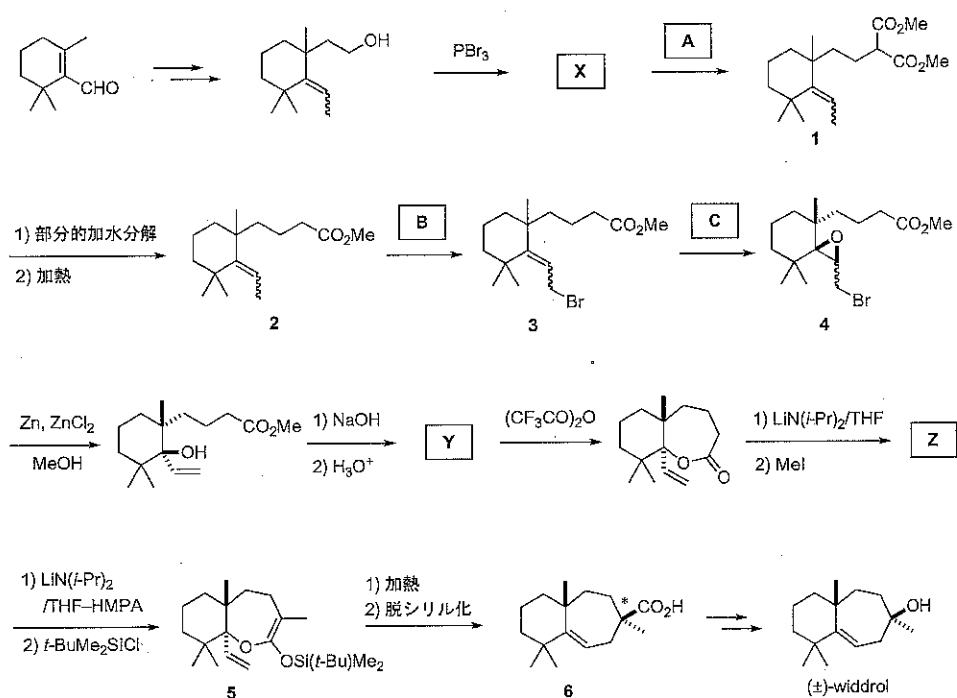
- 変換A～Kに適した反応剤(1つとは限らない)を答えなさい。
- 変換Dでは人名反応を使用している。その人名を答えなさい。
- 変換Cは異性化反応である。異性化前および異性化後の化合物について、それぞれ最も安定な立体配座を示しなさい。ただし、環状アセタール部位の配座は考慮しなくてよい。

総合化学院 総合化学専攻

科目記号	B 2-2 (2/2)	試験科目	有機合成化学
------	-------------	------	--------

(注) 全設問に解答すること。解答は設問毎に別の答案用紙に記入すること(答案用紙3枚)。

設問2 以下に(±)-widdrolの合成スキームを示す。問(1)~(5)に答えなさい。なお、化学構造式中、波線表記の結合は、その箇所に関する異性体の混合物であることを示している。



- (1) A~Cに適した反応剤(1つとは限らない)を答えなさい。
- (2) X~Zにあてはまる化合物の構造式を示しなさい。
- (3) 化合物1から2への変換はエステルが1ヶ所のみ加水分解され、モノカルボン酸を経由して進行している。この場合の反応機構を示しなさい。
- (4) 化合物3から4への変換において、エポキシドの立体化学が図に示すようになるのはなぜか。理由を述べなさい。
- (5) 化合物5から6への変換において、*を付した炭素の立体化学が図に示すようになるのはなぜか。反応機構を示して答えなさい。

設問3 以下の反応(1)~(4)について、具体例を示して説明しなさい。

- (1) 混合アルドール反応
- (2) Williamson エーテル合成
- (3) Gabriel アミン合成
- (4) Simmons-Smith 反応

総合化学院 総合化学専攻

科目記号	B 2-3 (1/2)	試験科目	量子化学
------	-------------	------	------

(注) 全設問に解答すること。解答は設問毎に別の答案用紙に記入すること (答案用紙3枚)。

設問1. 以下の問 (1) ~ (4) に答えなさい。

二原子分子 **AB** のポテンシャルエネルギー V を (a) 式のように近似できるとき、その振動エネルギーおよび最もエネルギーの低い準位の波動関数は、(b) 式および (c) 式でそれぞれ与えられる。

$$V = \frac{1}{2} k x^2 \quad (a)$$

$$E_v = \left(v + \frac{1}{2} \right) \hbar \omega \quad \omega = \left(\frac{k}{m_{eff}} \right)^{1/2} \quad v = 0, 1, 2, \dots \quad (b)$$

$$\psi_0 = N_0 e^{-x^2/(2\alpha^2)} \quad \alpha = \left(\frac{\hbar^2}{m_{eff} k} \right)^{1/4} \quad (c)$$

ただし、 k は結合の力の定数、 x はポテンシャルエネルギー曲線の極小となる距離 (R_e) と原子間距離 (R) の差 ($x = R - R_e$)、 \hbar はプランク定数の $1/2\pi$ 、 N_0 は規格化定数、 m_{eff} は実効質量 (換算質量) で、原子 **A**、**B** の質量をそれぞれ m_A 、 m_B とすると、(d) 式で表すことができる。

$$m_{eff} = \frac{m_A m_B}{m_A + m_B} \quad (d)$$

- (1) 最低準位のエネルギー E_0 がゼロとならないのは、量子力学から導かれるどのような性質によるか説明しなさい。
- (2) 最低準位にある分子 **AB** の最も存在確率の高い原子間距離を求めなさい。
- (3) 原子量 1.00 の水素原子 (軽水素分子) から成る水素分子の $v=0$ と $v=1$ の振動準位間のエネルギー差は 0.516 eV である。原子量 2.00 の重水素から成る重水素分子の $v=0$ と $v=1$ の振動準位間のエネルギー差を求めなさい。
- (4) 軽水素分子と重水素分子では、どちらの結合解離エネルギーが大きいか、また、それはなぜか説明しなさい。

総合化学院 総合化学専攻

科目記号	B 2-3 (2/2)	試験科目	量子化学
------	-------------	------	------

(注) 全設問に解答すること。解答は設問毎に別の答案用紙に記入すること (答案用紙3枚)。

設問2 以下の問 (1), (2) に答えなさい。

水素原子において主量子数が $n = 15$ であるとする。

- (1) 許される方位量子数 l の数はいくつか答えなさい。
- (2) 許される磁気量子数 m_l の総数はいくつか答えなさい。

設問3 水素分子イオンについて以下の問 (1), (2) に答えなさい。

- (1) 核間距離を R , 核 a と電子間の距離を r_a , 核 b と電子間の距離を r_b , 電子の質量を m_e とするとき, 電子についてのシュレディンガー方程式を具体的に書きなさい。
- (2) 分子軌道を

$$\psi = c_a\psi_a + c_b\psi_b$$

と表し, シュレディンガー方程式を解いてエネルギー準位を求めなさい。ただし, クーロン積分 $\alpha \equiv \int \psi_a^* \hat{H} \psi_a dv$, 共鳴積分 $\beta \equiv \int \psi_a^* \hat{H} \psi_b dv$, 重なり積分 $S \equiv \int \psi_a^* \psi_b dv$ を用いなさい。 dv は電子の空間座標についての微小体積要素である。

総合化学院 総合化学専攻

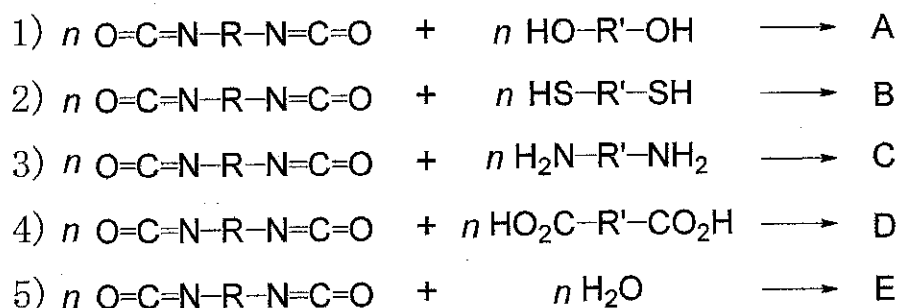
科目記号	B 2-4 (1/3)	試験科目	高分子化学
------	-------------	------	-------

(注)全設問に解答すること。解答は設問毎に別の答案用紙に記入すること(答案用紙4枚)。

設問1 スチレン(St)とメタクリル酸メチル(MMA)の重合について、以下の問(1)～(3)に答えなさい。

- (1) 開始剤にアゾビスイソブチロニトリル(AIBN)、溶媒にトルエンを用いたMMAのラジカル重合について、開始反応と停止反応を化学反応式で答えなさい。なお、停止反応には2種類ある。それぞれの停止反応の名称も答えなさい。
- (2) St (M_1) と MMA (M_2) のモノマー反応性比(r)はラジカル共重合で $r_1=0.52$ と $r_2=0.46$ 、カチオン共重合で $r_1=2.2$ と $r_2=0.4$ 、アニオン共重合で $r_1=0.12$ と $r_2=6.4$ である。各重合においてどのような連鎖および組成の共重体が得られるか答えなさい。
- (3) StのQ値は1.00、e値は-0.80、MMAのQ値は0.78、e値は0.40である。(2)のStとMMAの共重合反応性をQ-eスキームから簡単に説明しなさい。

設問2 次の高分子合成反応について、以下の問(1)～(5)に答えなさい。



- (1) R-N=C=Oとa) R'-OH, b) R'-SH, c) R'-NH₂, d) R'-CO₂H, e) H₂Oの反応で生成する化合物を化学構造式で答えなさい。
- (2) 1)～3)の高分子合成反応は同じ反応形式である。この高分子合成反応の名称を答えなさい。
- (3) 生成するポリマーA～Eの化学構造式を答えなさい。
- (4) 生成するポリマーA～Eの総称名を答えなさい。
- (5) ポリマーDは別の方法でも合成できるが、その方法を反応名称と化学反応式で答えなさい。

総合化学院 総合化学専攻

科目記号	B 2-4 (2 / 3)	試験科目	高分子化学
------	---------------	------	-------

(注)全設問に解答すること。解答は設問毎に別の答案用紙に記入すること(答案用紙4枚)。

設問3 以下の問(1)～(5)に答えなさい。

- (1) 一般的に、ケブラー[®]に代表されるアラミド繊維はナイロンに比べ高い耐熱性を示す。その理由を簡単に説明しなさい。
- (2) 結晶性高分子および非晶性高分子を熔融状態から冷却して凝固させた場合の体積変化に関して、横軸を温度、縦軸を体積としてそれぞれ模式的に図示しなさい。
- (3) マトリックス支援レーザー脱離イオン化質量分析法による分子量測定法の原理を簡単に説明しなさい。また、この測定法の長所と短所を簡単に説明しなさい。
- (4) 末端構造が明確な線状高分子について分子量測定を行ったところ、末端基定量法から得られた分子量は $10,000 \text{ g mol}^{-1}$ であり、光散乱測定法から得られた分子量は $13,000 \text{ g mol}^{-1}$ であった。両測定値とも十分な精度があるとして、分子量に差が出る理由を簡単に説明しなさい。
- (5) ポリアセチレンやポリフェニレンなどの共役系高分子は電気伝導性を示すことが知られているが、一般的にその電気伝導性は半導体程度である。共役系高分子の電気伝導性を向上させるにはどのような工夫が必要か簡単に説明しなさい。また、共役系高分子の共役長が長くなると吸収できる光の波長はどのように変化するか簡単に説明しなさい。

総合化学院 総合化学専攻

科目記号	B 2-4 (3/3)	試験科目	高分子化学
------	-------------	------	-------

(注) 全設問に解答すること。解答は設問毎に別の答案用紙に記入すること(答案用紙4枚)。

設問4 次の文章を読み、以下の問(1)～(5)に答えなさい。

木材の主要構成成分は、A、B および C である。A は D をモノマーユニットとして、E 結合により重合したホモポリマーである。一方、B は複数のモノマーユニットを含む共重合多糖であるが、多くの植物でもっとも割合が高いモノマーユニットは F である。木材から C を除去して作られるパルプは、紙の原料として利用される。

森の中で木が枯れて倒れると、カビなどによってゆっくりと分解される。これらの菌類は、G と呼ばれる酵素を分泌して木材を分解する。純粋な A と精製された G を反応させると、生成物 H が得られる。

A の生合成は膜タンパク質である I により行われる。I が基質として利用するのは D ではなく J である。

- (1) A から J に入る適当な語句を答えなさい。
- (2) 化合物 C の化学構造上の特徴を述べなさい。
- (3) 下線部(a)について、I が膜タンパク質であるのはなぜか。その生理的意義を簡潔に述べなさい。
- (4) 下線部(b)について、J が必要とされる理由を簡潔に説明しなさい。
- (5) A とアミロースはどちらも D をモノマーユニットとする高分子である。しかし、A はアミロースより機械的強度が高く、また酵素による分解速度もアミロースより遅い。A とアミロースとの間に、このような物性の違いが生じる理由を説明しなさい。

総合化学院 総合化学専攻

科目記号	B 2-5 (1 / 4)	試験科目	無機材料化学
------	---------------	------	--------

(注) 全設問に解答すること。解答は設問毎に別の答案用紙に記入すること (答案用紙2枚)。

設問1 無機材料に関する次の問(1)～(3)に答えなさい。

(1) ペロブスカイト型構造をもつ酸化物に関する以下の問(1)～(4)に答えなさい。

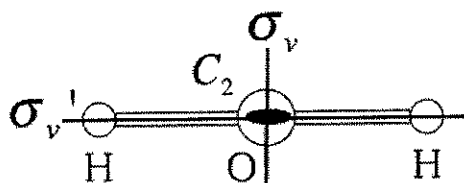
1) Bサイトを中心としたペロブスカイト型構造の図を描きなさい。それぞれのイオンが明確に区別できるようにすること。

2) ペロブスカイト型構造ではBサイトの陽イオンが酸化物イオンに六配位で取り囲まれている。各イオンを剛体球とみなした時に、陽イオンが酸化物イオンによる八面体間隙を互いに接するように占める時のイオン半径比 r_+/r_- を求めなさい。

3) ペロブスカイト型構造をもつある物質の格子定数は $a = 0.388 \text{ nm}$ であった。この物質のX線回折実験を行った時に、100ピークが観測されると予想される 2θ の値を求めなさい。なお、実験に用いる $\text{Cu K}\alpha$ 線の波長は 0.15418 nm とする。

4) ペロブスカイト型構造をもつ酸化物は様々な興味深い物性を示すが、その一つに強誘電性があげられる。強誘電性を示すペロブスカイト型構造酸化物を一つあげなさい。また自発分極する理由を結晶構造学的観点から簡単に述べなさい。

(2) 下図は H_2O 分子を2回回転軸方向から見て対称要素をまとめた図である。アンモニア分子の対称要素を H_2O 分子の例を参考にして図示しなさい。



総合化学院 総合化学専攻

科目記号	B 2-5 (2 / 4)	試験科目	無機材料化学
------	---------------	------	--------

(注) 全設問に解答すること。解答は設問毎に別の答案用紙に記入すること (答案用紙2枚)。

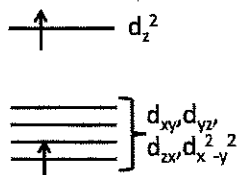
(3) Mn 原子の電子配置の基底状態は $[\text{Ar}]3d^5 4s^2$ である。孤立原子あるいは孤立イオンでは d 軌道は全て縮退しているが、結晶内では結晶場により d 軌道の縮退が解ける。Mn イオンの電子状態に関する以下の問 1) ~ 4) に答えなさい。

1) Mn イオンが八面体結晶場中にあるとき、d 軌道はどのように縮退が解けるか、説明しなさい。

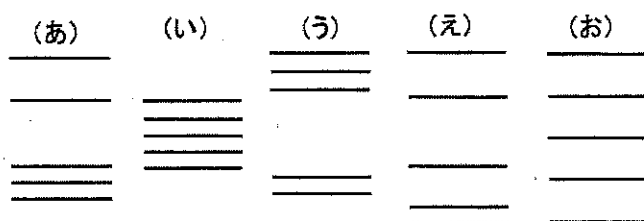
2) 3 価の Mn イオンが八面体結晶場中にある時の d 電子の基底状態を、例にならって図に描きなさい。また、それぞれの d 軌道の名称を例にならって書きなさい。

ただし電子状態は高スピン状態とする。また、準位間の間隔が小さいところは、縮退を表している。

例) (これは記述例であり、化学的には正しくない)



3) Mn^{3+} の属する八面体構造が形状を歪ませてエネルギーの利得を得ようとする現象をヤーン-テラー効果と呼ぶ。八面体が z 方向に伸びたときの d 軌道のエネルギー準位の分裂の様子として、最も適切なものを下記の (あ) ~ (お) の中から選び、記号で答えなさい。



4) 3) で選んだ d 電子準位を、 Mn^{3+} の d 電子がどう占めるかを答えなさい。解答では、3) で選んだエネルギー準位を解答欄に描き、電子配置を矢印で描きなさい。

総合化学院 総合化学専攻

科目記号	B 2-5 (3/4)	試験科目	無機材料化学
------	-------------	------	--------

(注) 全設問に解答すること。解答は設問毎に別の答案用紙に記入すること (答案用紙2枚)。

設問2 スピネル型化合物について以下の問 (1) ~ (4) に答えなさい。

(1) 図1は、酸化マグネシウム (MgO) と酸化アルミニウム (Al₂O₃) の擬二成分系において、MgO とスピネル相の間の状態図の一部を表している。問1), 2) に答えなさい。

- 1) この状態図における共晶点を解答用紙の図中に○で示しなさい。また、図中にある空欄に適切な相の名称を記入しなさい。
- 2) 1) の共晶点で同時に析出する二つの固相の化学組成を答えなさい。

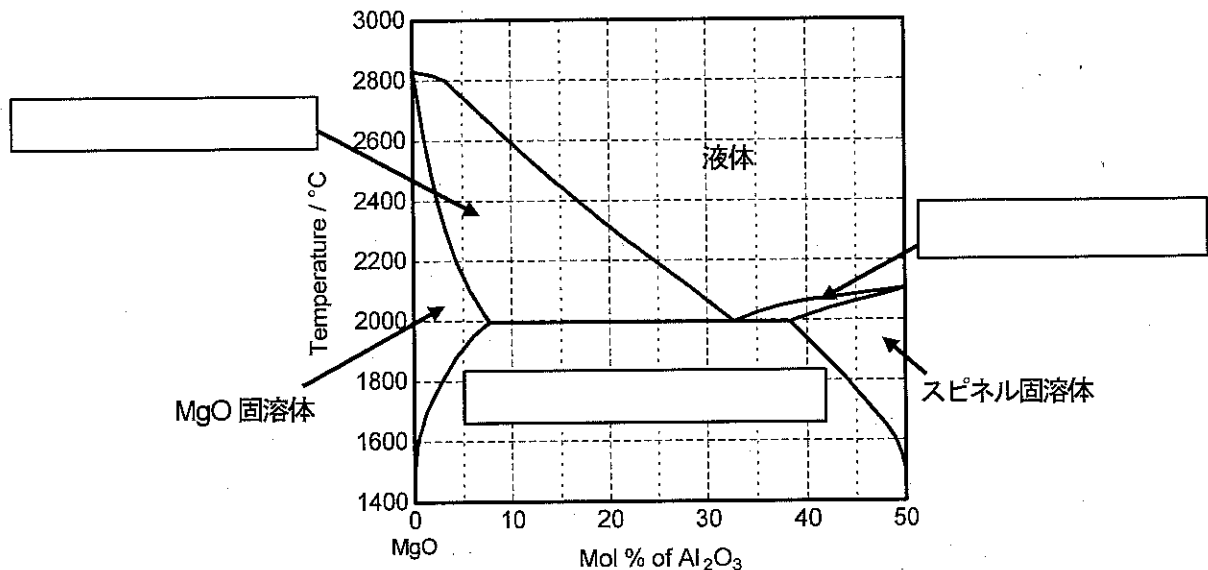


図1 (A. M. Alper et al., *J. Am. Ceram. Soc.* **45**, 264 (1962) のデータを基に改変)

- (2) スピネルの結晶構造において、非金属イオンのつくる充填構造の名称を答えなさい。
また、非金属イオンがこれと同じ充填構造をつくる化合物のうち、酸化物でないものを二つ挙げ、その構造の名称を答えなさい。
- (3) マグネタイト Fe₃O₄ はスピネル型構造をもち、スピネルの Mg サイトと Al サイトがともに Fe に置き換わった化合物に相当する。以下の問1) ~ 3) に答えなさい。
 - 1) Mg サイト, Al サイトの配位数をそれぞれ答えなさい。
 - 2) 各サイトを占有する Fe イオンの価数状態について説明しなさい。
 - 3) この化合物が自発磁化をもつ理由を, Fe イオンの磁気スピン配列を述べながら説明しなさい。

総合化学院 総合化学専攻

科目記号	B 2-5 (4 / 4)	試験科目	無機材料化学
------	---------------	------	--------

(注) 全設問に解答すること。解答は設問毎に別の答案用紙に記入すること (答案用紙2枚)。

(設問2のつづき)

(4) マグネタイトは軟磁性と呼ばれる磁気特性を示すことが知られている。図2の (ア) ~ (エ) のうち、この材料の磁化曲線として最も適切なものはどれか答えなさい。また、マグネタイト以外の軟磁性体を一つ挙げ、その用途を述べなさい。

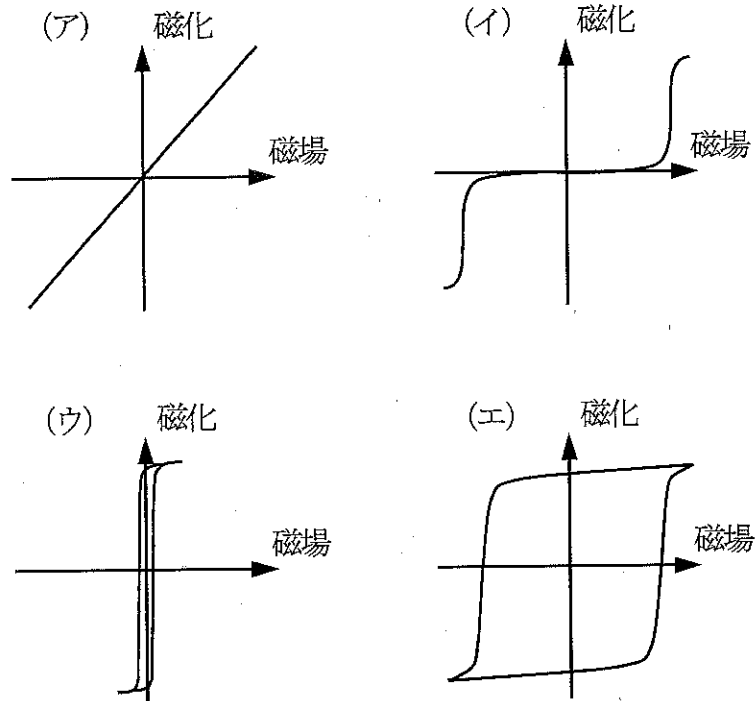


図2

総合化学院 総合化学専攻

科目記号	B 2-6 (1/3)	試験科目	分子生物工学
------	-------------	------	--------

(注) 全設問に解答すること。解答は設問毎に別の答案用紙に記入すること(答案用紙4枚)。

設問1 原核生物の半保存的複製におけるリーディング鎖とラギング鎖の DNA 鎖合成の様式について各々模式的に図示しなさい。その際、関与するタンパク質や核酸などの生体分子の名称、DNA 鎖の方向(5'末端や3'末端)や複製フォークの進行方向なども明記しなさい。

設問2 タンパク質の生合成(翻訳)に関する以下の問(1)～(4)に答えなさい。

(1) タンパク質生合成の開始過程について、原核細胞と真核細胞の違いが分かるように、以下の語句をすべて用いて説明しなさい。

リボソーム・SD 配列・P 部位・開始複合体・30S サブユニット・40S サブユニット・50S サブユニット・60S サブユニット・開始因子・キャップ構造・開始コドン・ホルミルメチオニン・tRNA

(2) tRNA とアミノ酸の結合を触媒する酵素名を書きなさい。

(3) 翻訳の伸長過程において、リボソームにある2種の tRNA 分子種の名称とペプチド結合の形成を触媒する酵素名を書きなさい。

(4) リボソームは、ポリペプチドを合成する際に mRNA 上を3塩基(1コドン)分ずつ移動する。その際の駆動力となる分子の名称を略号で書きなさい。

総合化学院 総合化学専攻

科目記号	B 2-6 (2/3)	試験科目	分子生物学
------	-------------	------	-------

(注)全設問に解答すること。解答は設問毎に別の答案用紙に記入すること(答案用紙4枚)。

設問3 以下の遺伝子工学実験に関する説明文について、()にあてはまる適切な言葉、数字や文章を書きなさい。なお、解答は指定された解答欄に記入しなさい。

DNA の塩基の並びがランダムである場合、特定の 4 塩基配列が出現する頻度は、(1.) 塩基対につき一つである。アミノ酸残基の平均分子量を 120 とすると、分子量 60,000 のタンパク質は約(2.)アミノ酸残基から構成され、約(3.)塩基対の遺伝子にコードされていることになる。通常、細胞内に存在するタンパク質の大多数は分子量が 30,000~80,000 程度であり、これは(4.)~(5.)塩基対程度の遺伝子に相当する。したがって、数千塩基対程度の DNA 断片を対象とする場合、(6.)塩基の(7.)配列を認識する制限酵素がよく用いられる。

T4 DNA リガーゼによる DNA 連結反応は、5'末端が(8.)化されている必要があり、(9.)結合反応を触媒する。また、制限酵素で切断されて生じる末端は、突出末端と平滑末端の 2 種類がある。一般に、突出末端どうしの連結反応の方が平滑末端どうしの反応よりも効率が良い。その理由は、(10.)からである。

遺伝子発現用のプラスミドベクターに必要な要素を 3 つ挙げると、(11.), (12.), (13.)である。このベクターを制限酵素 A で切断し、制限酵素 A で切断された両末端を有する DNA 断片を挿入連結したい。その際、ベクター自身の(14.)を防ぐために、(15.)で脱(8.)化すると非常に効果がある。

想定通り、目的の DNA 断片が挿入できたかを確認するために、挿入すべきベクター中の制限酵素 A サイトの両側にアニールする 2 種類の(16.)と耐熱性の(17.)を用いて(18.)を行い増幅すればその成否がわかる。なお、増幅断片の 5'末端は(8.)基がないので、DNA 連結反応を行う場合は、(19.)で(8.)化して反応系に供する。また、増幅 DNA 断片の塩基配列を知りたい場合は、上記(16.)の片方を用いて塩基配列を決定すればよい。

総合化学院 総合化学専攻

科目記号	B 2-6 (3/3)	試験科目	分子生物工学
------	-------------	------	--------

(注)全設問に解答すること。解答は設問毎に別の答案用紙に記入すること(答案用紙4枚)。

設問4 組換えによるタンパク質発現に関する記述を読み、以下の問(1)、(2)に答えなさい。

遺伝子配列から推定される約5万ダルトンの分泌性タンパク質Xの発現を、大腸菌の組換え系を用いて試みた。その後、菌体外分泌画分を用いてウエスタンブロットを行った。N末端から20アミノ酸残基の領域(シグナル配列全長に相当)に結合する抗体AとC末端から20アミノ酸残基の領域に結合する抗体Bの2種類を個別に使用して分析した。

- (1) 抗体Aと抗体Bをそれぞれ使用して得られる分析結果を予想しなさい。
- (2) 発現の効率と組換えタンパク質の回収効率を向上させるための、以下の各過程での工夫について、かっこ内に示す数だけ挙げなさい。
複製過程(1)、転写過程(1)、翻訳過程(2)、精製過程(1)