

整理番号
4

2022年度4月入学（2021年度10月入学含む）東京農工大学工学府博士前期課程

問題用紙 ライフサイエンス

生命工学  
専攻

10枚のうち1
---------

受験番号	MC-
------	-----

### 注意事項（試験開始前に必ず読むこと）

- この問題用紙は大問8題（総枚数10枚）から構成されている。
- 「解答始め」の指示の後、大問 **1** ～ **8** 全ての問題を解答すること。
- 各問題に対する解答は、対応する解答用紙に記入すること。
- 問題用紙の冊子、解答用紙の冊子はいずれも「解答始め」の指示があるまで、開いてはならない。
- 解答用紙は全て試験終了後に回収する。持ち帰ってはならない。

整理番号

2022年度4月入学（2021年度10月入学含む）東京農工大学工学府博士前期課程

4

問題用紙 ライフサイエンス

生命工学  
専攻

10 枚のうち 2

受験番号 MC-

1

以下の問い〔1〕～〔6〕に答えなさい。

- 〔1〕 タンパク質は通常20種類のL-アミノ酸のみから構成される。
- (1) 側鎖にヒドロキシ基を有するアミノ酸を一文字表記ですべて答えよ。
  - (2) 中性pHで負に荷電した側鎖を有するアミノ酸を一文字表記ですべて答えよ。
  - (3) 側鎖に硫黄原子を含むアミノ酸を三文字表記ですべて答えよ。
  - (4) 側鎖に不斉炭素を有するアミノ酸を三文字表記ですべて答えよ。
- 〔2〕 タンパク質中のペプチド結合はシス型とトランス型のいずれを通常多く取るか、理由を含めて30字以内で答えよ。
- 〔3〕 ポリペプチド（グリシン-グリシン-アラニン-バリン-グリシン）の中性pHにおける分子量を求めよ。なお、水素、炭素、窒素、酸素の原子量は、それぞれ1、12、14、16とする。
- 〔4〕 タンパク質の等電点を20字以内で説明せよ。また、等電点が5のタンパク質を陽イオン交換クロマトグラフィーを用いて精製する際の適切なpHを、pH 3、pH 5、pH 7の中からひとつ選べ。
- 〔5〕 アポ酵素、ホロ酵素、補欠分子族を以下の語句をすべて用いて70字以内で説明せよ。なお、同じ語句を何回用いても良い。
- （語句） 補因子、金属、補酵素
- 〔6〕 消化酵素の多くはチモージェンとして合成される。その生物学的意義を30字以内で答えよ。

整理番号

2022年度4月入学（2021年度10月入学含む）東京農工大学工学府博士前期課程

4

問題用紙

ライフサイエンス

生命工学  
専攻

10 枚のうち 3

受験番号 MC-

2

以下の問いに全て答えなさい。

- [1] 代謝経路は、異化と同化の二つに大別できる。それぞれどのような反応かを、「エネルギー」という語句を用いて、30字以内で簡単に説明しなさい。
- [2] ATPは生体内でエネルギー通貨として働き、高いリン酸基転移ポテンシャルを持っている。この高いリン酸基転移ポテンシャルを持つ理由は、三つの要素で説明できる。この三つの要素を簡潔に答えなさい。
- [3] 代謝ではごく限られた種類の活性化担体(運搬体)が繰り返し利用される。これらの活性化担体(運搬体)は、リン酸基や電子を運搬するものなどがあるが、その様な代表的な活性化担体(運搬体)を四つ答えなさい。
- [4] 代謝の過程は主に三つの方法で制御されている。その三つの方法を簡潔に答えなさい。
- [5] 代謝を構成する、解糖系、クエン酸回路、酸化リン酸化の三つの過程のうち、ミトコンドリアで起こっている過程はどれか。全て答えなさい。
- [6] 呼吸鎖は、 $F_0F_1$ ATPアーゼを除くと、四つの複合体から形成される。そして、これらの複合体は、それらが発揮する機能に着目すると二つにグループ分けできる。どうグループ分けできるかをよく簡単に説明し、それぞれのグループに分類される複合体の名前を答えなさい。なお、複合体の名前は、複合体Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳという解答は不可とする。

整理番号
4

2022年度4月入学(2021年度10月入学含む)東京農工大学工学府博士前期課程

## 問題用紙

ライフサイエンス

生命工学  
専攻

10枚のうち4
---------

受験番号	MC-
------	-----

3

次の文章を読んで、以下の問いに答えなさい。

DNAに書き込まれた遺伝子が発現するしくみは、DNAの塩基配列をRNAに転写し、このRNAを鋳型にしてタンパク質へと翻訳する過程からなる。全ての遺伝子がいつも発現しているわけではなく、遺伝子には必要なときに必要な量だけ、転写されるように調節可能なシステムが備わっている。その例として、大腸菌のトリプトファン<sup>(a)</sup>の生合成に関わる5つの酵素遺伝子をコードしている(ア)がある。この酵素遺伝子群の上流に(イ)と呼ばれる領域があり、そこにRNAポリメラーゼが結合するとRNAが合成される。(a)トリプトファンが多量に存在する時は、trpリプレッサーがトリプトファンと結合して立体構造が変化し、(ウ)に結合できるようになるため、RNAポリメラーゼが(イ)に結合するのを妨げる。さらに、トリプトファン<sup>(b)</sup>の生合成では、転写開始後にも第2の制御系がはたらく。その制御には、(イ)と5つの酵素遺伝子の間に存在する(エ)が関わっている。この領域から転写されたRNAは、(b)高次構造を形成する領域や2つのトリプトファンを含むペプチドをコードした領域を含む。この領域の転写と翻訳の調節により、トリプトファンが欠如した時のみ、酵素遺伝子群の転写が進む。このような機構が働くのは、転写と翻訳が共役している細菌の特徴である。

[1] 文中の空欄(ア)～(エ)に当てはまるDNA上の領域を表す語句を書きなさい。

[2] 複製と転写では、どちらも核酸合成酵素であるポリメラーゼが使われている。以下の文章の下線に当てはまる酵素名を①「DNAポリメラーゼ」、②「RNAポリメラーゼ」、③「DNAポリメラーゼとRNAポリメラーゼの両方」、から選び解答欄に番号を記入しなさい。

- (1) 二本鎖DNAに結合するのは、 \_\_\_\_\_
- (2) 核酸の合成にプライマーが必要なのは、 \_\_\_\_\_
- (3) 5'から3'の方向にヌクレオチドを付加するのは、 \_\_\_\_\_
- (4) 核酸の合成でエラー率が低いのは、 \_\_\_\_\_
- (5) 真核生物において細胞周期のS期に活性があるのは、 \_\_\_\_\_
- (6) 転写終結部位で核酸の合成を停止するのは、 \_\_\_\_\_

[3] 下線部(a)はtrpリプレッサーが転写を抑制する機構である。大腸菌のラクトース代謝に関わる酵素遺伝子群の発現制御においては、ラクトースの濃度に応じてlacリプレッサーが発現調節している。その機構について、ラクトースが多量に存在する時と欠乏している時に分けて、それぞれ50字以内で説明しなさい。

[4] 下線部(b)はどのような高次構造を形成するか、その名称を答えなさい。

10 枚のうち 5

受験番号 MC-

4

次の文章を読んで、以下の問いに答えなさい。

〔1〕シグナル伝達について以下の問いに答えなさい。

ヒト細胞間のシグナル伝達（信号伝達）は、ホルモンやサイトカインを介して行われる。ホルモンやサイトカインは、シグナル分子（信号分子）であり、シグナル分子受容体（信号分子受容体）に結合することで、シグナル伝達が行われる。（ 1 ）水性のシグナル分子は、主として（ 2 ）質で構成され、細胞膜を（ 3 ）過できず、a.（ 4 ）受容体に結合してシグナル伝達を行う。（ 5 ）水性のシグナル分子は、主として（ 6 ）質で構成され、細胞膜を（ 3 ）過して、b.（ 7 ）受容体に結合することで、シグナル伝達を行う。細胞間のシグナル伝達では、細胞が分泌するシグナル分子の作用する範囲によって、それぞれ3つに分類され、c. 神経細胞による神経伝達物質の分泌、細胞周囲に分泌する（ 8 ）、細胞から（ 9 ）管に放出する（ 10 ）がある。

- (1) ( 1 ) から ( 10 ) の括弧内に最も適切な語句を記しなさい。
- (2) 下線部a. に示したシグナル分子受容体に結合することで、血糖値を上昇させるペプチドホルモンと低下させるペプチドホルモンをそれぞれ記しなさい。
- (3) 下線部a. に示したシグナル分子受容体は、シグナル伝達の仕組みにより3つに分類される。血糖値を上昇させるペプチドホルモンと低下させるペプチドホルモンは、この3つのうちのどのシグナル分子受容体を使ってシグナル伝達を行うか、それぞれ記しなさい。
- (4) 下線部b. に示したシグナル分子受容体に結合するビタミンの名称を2つ記しなさい。
- (5) 下線部c. に示した神経細胞により分泌されるカテコールアミンの名称を3つ記しなさい。

10枚のうち6

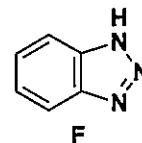
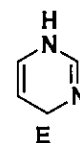
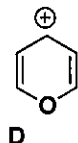
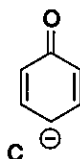
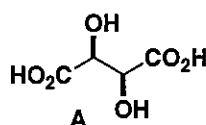
受験番号 MC-

5

次の文章を読んで、以下の問に答えなさい。

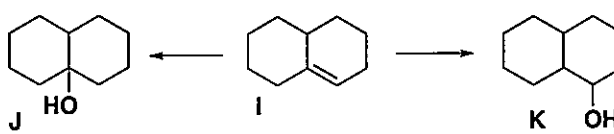
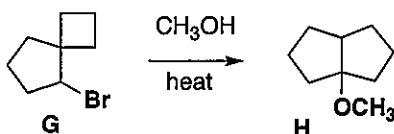
〔1〕以下の（1）、（2）に答えなさい。

- （1）化合物 **A** の不斉炭素に、*R* または *S* 表示を解答欄の構造式中に記入しなさい。  
また化合物 **A** と同一の平面構造を有するメソ化合物の構造 **B** を、立体化学がわかるように、太線や破線などを用いて書きなさい。
- （2）化合物 **C** ~ **F** の中から芳香族化合物をすべて選び、記号で答えなさい。



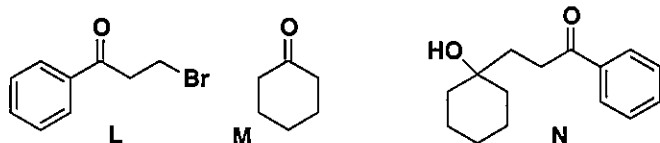
〔2〕以下の（1）、（2）に答えなさい。

- （1）化合物 **G** から化合物 **H** への反応について、反応機構を電子の矢印を用いて示しなさい。
- （2）化合物 **I** から化合物 **J**、化合物 **I** から化合物 **K** への変換に必要な試薬をそれぞれ書きなさい。  
なお複数の試薬を必要とする場合は、その試薬をすべて書きなさい。

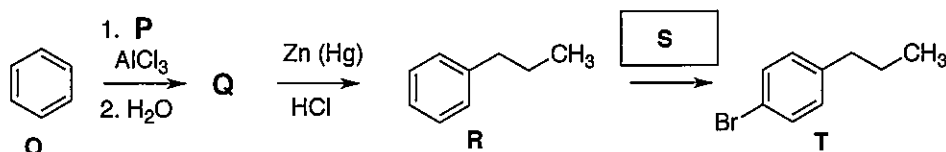


〔3〕以下の（1）、（2）に答えなさい。

- （1）化合物 **L**、化合物 **M** を用いて化合物 **N** を合成した。この合成工程（複数工程を要する）に必要な試薬および合成過程で生じる化合物の構造とともに書きなさい。どのような試薬を用いてもよい。反応機構は書かなくてよい。



- （2）化合物 **O** から化合物 **Q**、化合物 **R** をへて化合物 **T** を合成した。この変換反応に必要な化合物 **P** の構造および試薬 **S**（複数）を書きなさい。また化合物 **Q** の構造を書きなさい。



10枚のうち7

受験番号 MC-

6

次の文章を読んで、以下の〔1〕～〔8〕の問いに答えなさい。

生物の形態と機能の維持に必要な必須元素のうち、多量に存在する11の元素は①主要元素と呼ばれている。主要元素以外の必須元素は、微量元素や超微量元素と呼ばれており、様々な遷移金属元素もこのカテゴリーに含まれる。金属イオンを含むタンパク質を金属タンパク質といい、酸素の貯蔵や運搬、電子伝達、酸化還元反応や②加水分解反応の触媒、金属イオンの貯蔵や運搬などの役割を担っている。特に触媒として働く金属タンパク質を金属酵素という。③呼吸鎖電子伝達系においても多くの金属タンパク質が関与している。NADHの電子はNADH脱水素酵素（複合体I）を介して呼吸鎖電子伝達系に入る。呼吸鎖の末端では、還元型④シトクロムcが酸化されて生じた電子により⑤酸素分子が2分子の水に還元される。この最終段階の反応を金属酵素である⑥シトクロムcオキシダーゼ（複合体IV）が触媒している。この酵素の働きにより、活性酸素種が生じないようにコントロールされているはずであるが、それでも少量の⑦スーパーオキシドアニオンや⑧過酸化水素が生じてしまう。これらの活性酸素種からの生体の防御にも金属酵素が働いている。

- 〔1〕 下線①の主要元素に含まれる4つの金属元素を元素記号で答えなさい。
- 〔2〕 下線②の加水分解反応を触媒する金属酵素を2つ挙げなさい。
- 〔3〕 下線③の呼吸鎖電子伝達系全体では、NADHによって酸素分子が水に還元される反応が起こることになる。この反応の標準反応ギブズエネルギーを求めなさい。求める過程も記しなさい。ただし、 $\text{NAD}^+/\text{NADH}$ と $\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$ の生物学的標準酸化還元電位として、それぞれ0.32 V vs. SHEと0.82 V vs. SHE、ファラデー定数 $F=96500 \text{ Cmol}^{-1}$ 、反応温度 $T=25 \text{ }^\circ\text{C}$ を用いて計算しなさい。ここでSHEは標準水素電極を意味している。
- 〔4〕 下線④のシトクロムcについて、以下の（1）、（2）の問いに答えなさい。  
 （1）ポリペプチドに共有結合した補欠分子族である $\alpha$ 型ヘムの軸配位子となる2つのアミノ酸の名称を答えなさい。  
 （2）還元型シトクロムcが反磁性になる理由を、鉄イオンの電子状態に基づいて140字以内で説明しなさい。ただし、シトクロムcの場合、鉄イオンの3d軌道の結晶場分裂エネルギーはスピン対形成エネルギーよりも大きく、低スピン型の電子配置になることがわかっている。説明に当たり、以下のカッコ内の語句を必ず一度は用いなさい。  
 （エネルギー準位、低スピン型、八面体型、配位構造、3d軌道、不対電子）
- 〔5〕 下線⑤の酸素分子の還元反応について、電子を含む半反応式で表しなさい。
- 〔6〕 下線⑥のシトクロムcオキシダーゼの酸素を還元する部位に存在する金属元素2種類を元素記号で答えなさい。
- 〔7〕 下線⑦のスーパーオキシドアニオンの不均化反応の反応式を書きなさい。また、この反応を触媒する金属酵素の名称を答えなさい。
- 〔8〕 下線⑧の過酸化水素の不均化反応の反応式を書きなさい。また、この反応を触媒する金属酵素の名称を答えなさい。

10枚のうち 8

受験番号 MC-

7

次の文章を読んで、以下の問いに答えなさい。

[1]

水素原子をボーアモデルで考える。原子核の周りを半径 $r$  [単位m]の円軌道を描いて周回運動している電子について、以下の問いに答えよ。

ただし、様々な定数を以下のように定義する。値や単位も参考までに載せておく。

プランク定数  $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}$ , 真空の誘電率  $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ J}^{-1} \text{ m}^{-1}$ ,  
円周率  $\pi = 3.14$ , 電子の静止質量  $m = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ , 電気素量  $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$  とする。

[ヒント] J(ジュール)は、SI基本単位を用いて  $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$  で表記できる。

- (1) 電子の速度を $v$  [単位 $\text{m s}^{-1}$ ]とすると、  
電子は右の式1の運動方程式を満たしながら周回運動していることになる。  
式1の(ア)及び(イ)を $h, r, m, e, v$ のうち必要な文字を用いて答えよ。

$$\boxed{\text{(ア)}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \boxed{\text{(イ)}} \cdots \text{(式1)}$$

- (2) この円運動する電子の速度 $v$ を $h, r, m, e$ および $\epsilon_0, \pi$ のうち必要な文字を用いて答えよ。
- (3) 19世紀初頭にド・ブロイは、運動量 $p$ で運動する粒子のド・ブロイ波の波長 $\lambda$ は $\frac{h}{p}$ で与えられることを提唱した。この円運動する電子のド・ブロイ波長 $\lambda$  [単位m]を $h, r, m, e$ および $\epsilon_0, \pi$ のうち必要な文字を用いて答えよ。
- (4) ボーアの量子条件によると、半径 $r$ の円軌道の長さ $2\pi r$ とド・ブロイ波長 $\lambda$ にはどのような関係があるか簡潔に説明せよ。
- (5) (4)で答えた円軌道の長さ $2\pi r$ とド・ブロイ波長 $\lambda$ の関係性が、水素の放電による発光現象の線スペクトル性にどのように関係しているのか説明せよ。

[ヒント] 電子の運動エネルギーと位置エネルギーの和に着目して考えよ。

[2]

ある気体分子Aと気体分子Bが下記の3つの段階を経て生成物Cへと変わる反応について考える。

- I. 気体分子Aと気体分子Bが衝突する。
- II. AとBが活性錯体ABとなる。
- III. 活性錯合体ABを形成し、遷移状態を経て生成物Cへと変化する。

この反応の反応速度定数 $k_r$ が右のアレニウスの式(式2)に従う場合について考える。

以下の問いに答えよ。ただし、 $R$ は気体定数、 $T$ は絶対温度を意味している。

$$k_r = A \exp\left(\frac{-E_a}{RT}\right) \cdots \text{(式2)}$$

- (1)  $A$  および  $E_a$  を日本語でなんというか答えよ。
- (2) この反応におけるエネルギー推移を模式的に解答用紙の図1に記す。  
 $E_a$  は図1のどこの大きさに対応するか解答用紙に図示せよ。
- (3) この反応の反応温度を $T_1$ から $T_2$ に上昇させることによって、反応速度が上昇することをマクスウェルの速さの分布図を解答用紙の図2に描き加えて説明せよ。

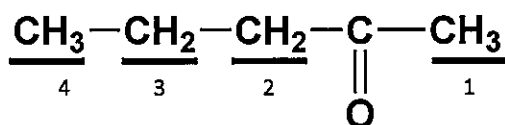


10枚のうち9

受験番号 MC-

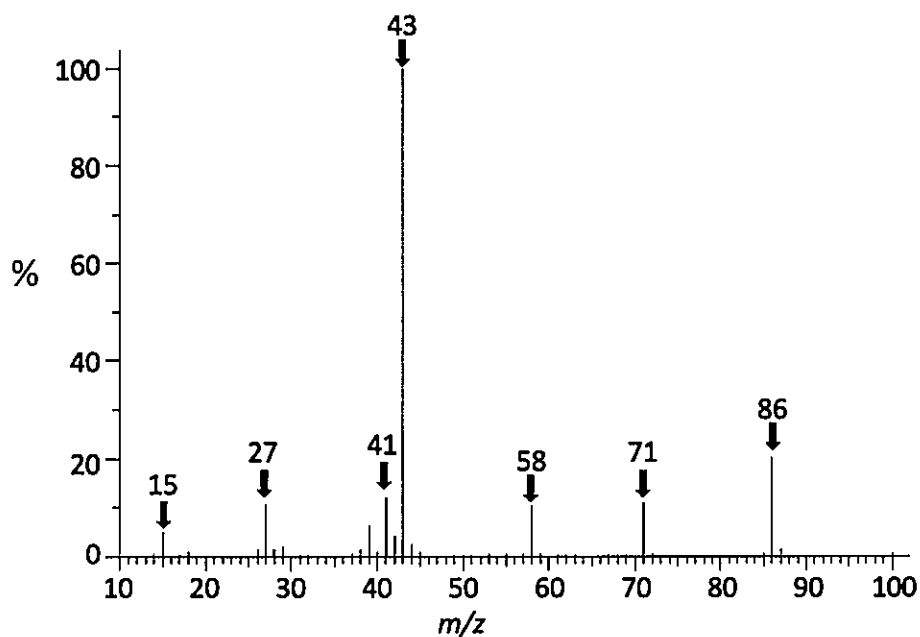
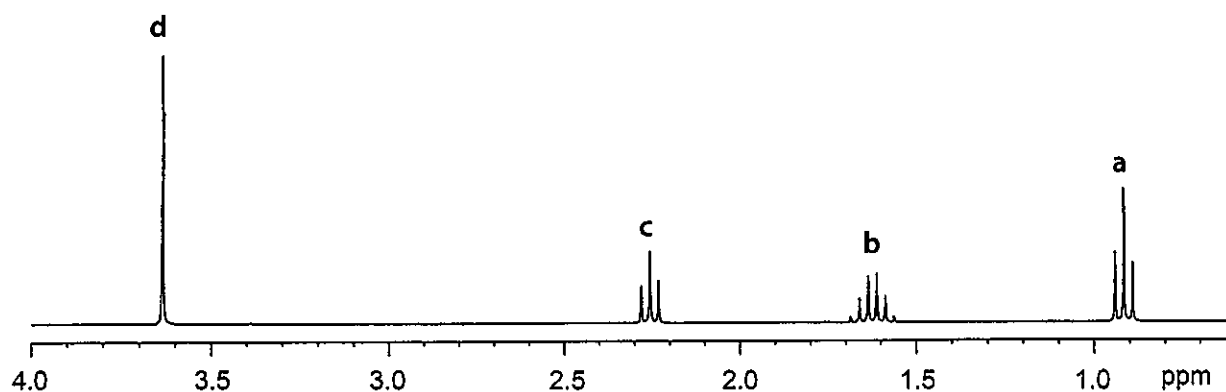
8

〔1〕 2-ペンタノンの構造式および、 $^1\text{H}$  NMRスペクトル、電子イオン化質量分析（EI-MS）スペクトルを示す。なお、それぞれのスペクトルで図示された範囲外には、ピークは出現していない。（1）～（4）の問いに答えなさい。



2-ペンタノン

EI-MSスペクトル

 $^1\text{H}$  NMRスペクトル

整理番号
4

生命工学  
専攻

問題用紙 ライフサイエンス

10枚のうち 10

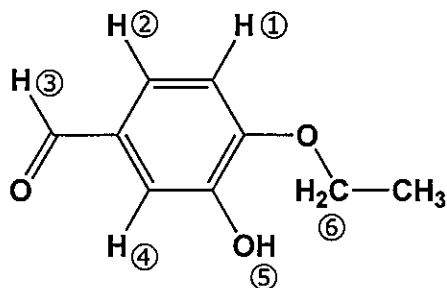
受験番号 MC-

8

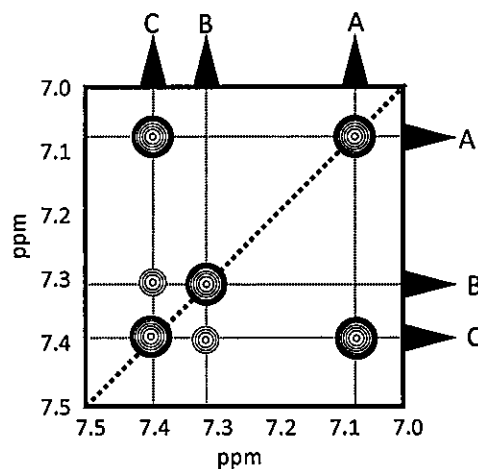
- (1) EI-MSスペクトルにおいて、基準ピークおよび $m/z$  71、 $m/z$  58に相当するフラグメントイオンの構造式をそれぞれ答えなさい。
- (2)  $^1\text{H}$  NMRスペクトルにおいて、4本のピーク(a、b、c、d)を帰属し、2-ペンタノンの構造式に付された番号を答えなさい。
- (3)  $^1\text{H}$  NMRスペクトルにおいて、ピークbの化学シフト値に相当する周波数のラジオ波を連続的に照射しながら $^1\text{H}$  NMRスペクトルを測定した場合、ピークaのスピン-スピン分裂の多重度は変化する。その多重度および、変化した理由を30字以内で説明しなさい。
- (4) 設問(3)において、ピークbはどのように変化するか、またその変化に至る理由を30字以内で説明しなさい。

[2] 4-エトキシ-3-ヒドロキシベンズアルデヒドの構造式および $^1\text{H}$ - $^1\text{H}$  COSYスペクトル模式図を下記に示す。(1)、(2)の問いに答えなさい。

- (1) 構造式中のプロトン①は、 $^1\text{H}$ - $^1\text{H}$  COSYスペクトル模式図のピークAと対応する。この情報をもとに、 $^1\text{H}$ - $^1\text{H}$  COSYスペクトル模式図のピークB、Cに対応するプロトンを構造式中の②~⑥より選びなさい。
- (2) 4-エトキシ-3-ヒドロキシベンズアルデヒドのIRスペクトルを測定すると、 $1670\text{cm}^{-1}$ に強い吸収、また、 $3247\text{cm}^{-1}$ を中心とした幅広い吸収を示した。これら2つの吸収に相当する官能基を構造式で答えなさい。



4-エトキシ-3-ヒドロキシベンズアルデヒド  
構造式



$^1\text{H}$ - $^1\text{H}$  COSYスペクトル模式図