

[問 1]

1. 次の文章を読み、以下の問い(1)～(3)に答えよ。

タンパク質は、多数のアミノ酸が（ ア ）結合によって連結された高分子である。この結合は、細胞小器官である（ イ ）上でタンパク質が合成される際に、前のアミノ酸の（ ウ ）基と後のアミノ酸の（ エ ）基が結合することで形成される。タンパク質を構成する標準アミノ酸は α 炭素に遊離の（ ウ ）基と（ エ ）基が結合しているが、タンパク質に組込まれる際に水分子が脱離する形で結合するため、タンパク質に組込まれたアミノ酸部分はアミノ酸残基とよばれる。したがって、アミノ酸残基の α 炭素に結合した（ オ ）の化学的性質が、タンパク質の構造と機能を規定する上で重要な役割を担っている。

(1) 文章中の空欄（ ア ）～（ オ ）に入る最も適切な語句を答えよ。

(2) 以下の表はタンパク質を構成する 20 種類の標準アミノ酸の名称、3 文字表記、1 文字表記をまとめたものである。空欄（ カ ）～（ ト ）を埋め、表を完成させよ。

名称	3 文字	1 文字
アラニン	Ala	A
アルギニン	Arg	（ カ ）
アスパラギン	（ キ ）	（ ク ）
アスパラギン酸	（ ケ ）	（ コ ）
システイン	Cys	C
グルタミン	（ サ ）	（ シ ）
グルタミン酸	（ ス ）	（ セ ）
グリシン	Gly	G
ヒスチジン	His	H
イソロイシン	（ ソ ）	I

名称	3 文字	1 文字
ロイシン	Leu	L
リシン	Lys	（ タ ）
メチオニン	Met	M
フェニルアラニン	Phe	（ チ ）
プロリン	Pro	P
セリン	Ser	S
トレオニン	Thr	（ ツ ）
トリプトファン	Trp	（ テ ）
チロシン	Tyr	（ ト ）
バリン	Val	V

(3) (2)の表で示したアミノ酸について、以下の(a)～(e)に当てはまるものをすべて名称で答えよ。

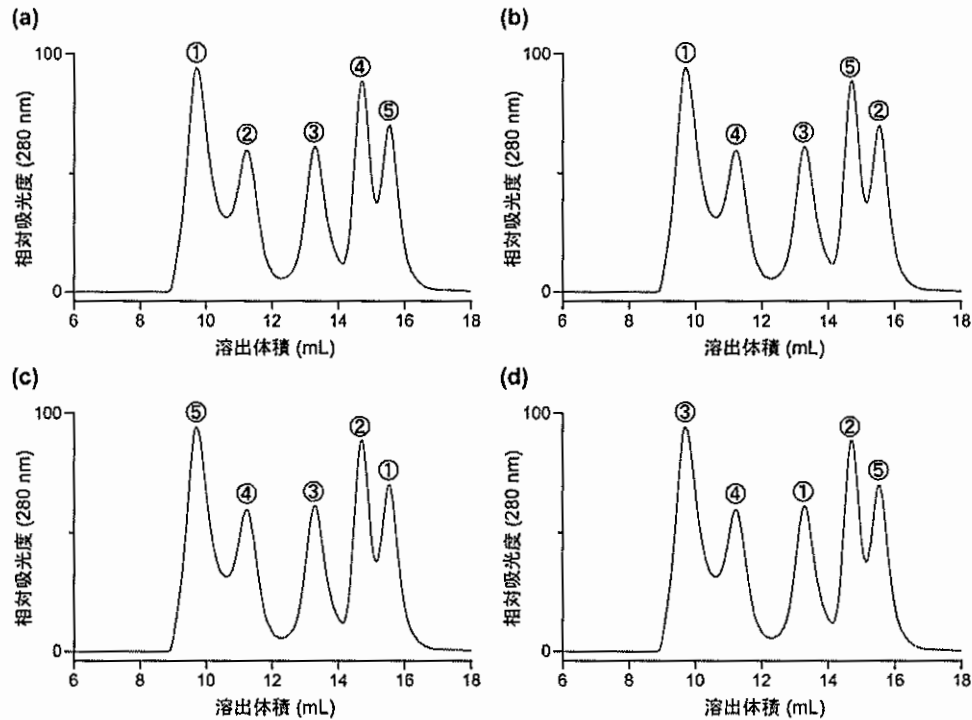
- (a) 硫黄原子を含む
- (b) 光学不活性である
- (c) 芳香環をもつ
- (d) 不斉中心が 2 つある
- (e) 塩基性である

2. ある生物の組織から均一に精製したタンパク質 A について、ゲルろ過クロマトグラフィーと SDS-ポリアクリルアミドゲル電気泳動 (SDS-PAGE) による分析を行った。ゲルろ過クロマトグラフィーの際には以下の①～⑤のタンパク質を、SDS-PAGE の際には、以下の⑥～⑩のタンパク質をそれぞれマーカースとして使用した。

タンパク質	分子質量 (Da)	タンパク質	分子質量 (Da)
①	45,000	⑥	20,000
②	75,000	⑦	30,000
③	150,000	⑧	50,000
④	450,000	⑨	70,000
⑤	700,000	⑩	100,000

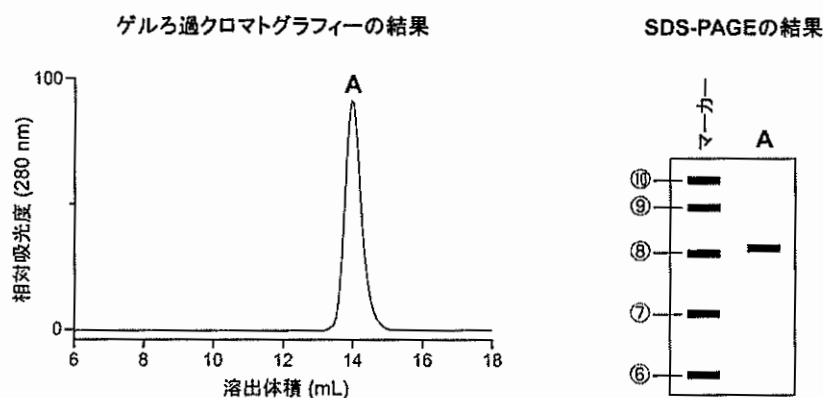
ゲルろ過クロマトグラフィーは、中性のリン酸緩衝液を使用した未変性条件下で行い、SDS-PAGE は定法に従った変性条件下で行った。すなわち、2-メルカプトエタノールと SDS を含む緩衝液中で熱処理したタンパク質を、SDS を含む緩衝液中で電気泳動した。この実験に関して、以下の問い(1)～(3)に答えよ。

(1) ゲルろ過クロマトグラフィーにおけるマーカータンパク質①～⑤の溶出パターンとして最も適切なものを以下の図(a)～(d)から 1 つ選び、その理由を述べよ。



(2) 文中の下線部について、2-メルカプトエタノールと SDS はそれぞれどのような目的で添加されているか理由を述べよ。ただし、「タンパク質を変性させるため」という記述は無効とする。

(3) タンパク質 A をゲルろ過クロマトグラフィーおよび SDS-PAGE で分析したところ、それぞれ以下の図に示すクロマトグラムおよび電気泳動像が得られた。これらおよび(1)の結果に基づき、タンパク質 A の構造について考察を述べよ。



3. ある生物の組織の抽出液からタンパク質 B を精製するため、弱陽イオン交換樹脂を使用したカラムクロマトグラフィーを行った。弱陽イオン交換樹脂には、カルボキシメチル (CM) 基 ($-\text{CH}_2\text{COOH}$) を官能基としてもつ CM-セルロースを使用した。CM 基のイオン化状態では対イオンとして Na^+ が結合している状態で使用した。CM 基の pK_a 値を 4.0 とする。以下の問い(1)～(3)に答えよ。

(1) pH 6.0 の緩衝液で平衡化した CM-セルロースに、同緩衝液で調製したタンパク質溶液を通液したところ、タンパク質 B の樹脂への吸着が確認された。pH 4.0 ではタンパク質 B の樹脂への吸着割合が低下し、一部は未吸着画分に回収された。pH 3.0 ではタンパク質 B の樹脂への吸着割合はさらに低下し、大半が未吸着画分に回収された。pH 4.0 および 3.0 においてこのような結果となった理由をそれぞれ述べよ。ただし、いずれの pH においてもタンパク質 B は安定に存在できるものとする。

(2) pH 7.0 の緩衝液で平衡化した CM-セルロースに、同緩衝液で調製したタンパク質溶液を通液したところ、タンパク質 B は樹脂に吸着せず、未吸着画分に回収された。その理由を「等電点」という語を使用して述べよ。ただし、pH 7.0 においてタンパク質 B は安定に存在できるものとする。

(3) pH 6.0 において CM-セルロースに吸着したタンパク質 B を樹脂から溶出するためにはどうしたらよいか述べよ。

[問2]

1. DNA の塩基配列決定法であるジデオキシ法に関する以下の問い(1)～(3)に答えよ。

(1) ジデオキシ法に用いられる酵素名を答えよ。

(2) ジデオキシ法では、ヌクレオチドとして dNTP だけでなく ddNTP を反応液中加入するが、dNTP と ddNTP の構造の違いから、その理由を答えよ。

(3) ジデオキシ法において、反応液中加入する ddNTP 濃度が高すぎると DNA 配列決定にどのような問題が生じるか述べよ。

2. ある細菌のゲノム DNA に由来する DNA 断片の塩基配列を決定した。その結果をもとに、DNA 断片に存在する遺伝子を予測したところ、開始コドンの最初の塩基から停止コドンの最後の塩基までの長さが 495 塩基の遺伝子 *a* が存在することが予想された。
以下の問い(1)～(3)に答えよ。

(1) 遺伝子 *a* がコードするタンパク質 A は何個のアミノ酸からなるか答えよ。

(2) 遺伝子 *a* がコードするタンパク質 A の機能を調べるために、タンパク質のデータベースを対象に、タンパク質 A の相同性検索を実施した。以下の問い①、②に答えよ。

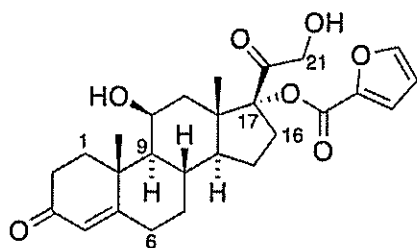
① 相同性検索に使用されるプログラム名を答えよ。

② 相同性検索により遺伝子 *a* がコードするタンパク質 A の機能を推定できる理由を答えよ。

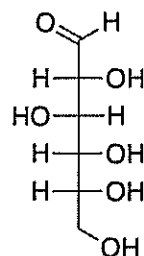
(3) 細菌の遺伝子が、どのようなアミノ酸配列からなるタンパク質をコードしているかは、開始コドンと停止コドンを指標にし、その間のすべての塩基配列をアミノ酸に翻訳することで推定できる。しかし、真核生物では、遺伝子の開始コドンと停止コドンの間のすべての塩基配列をアミノ酸に翻訳するだけでは、その遺伝子がどのようなアミノ酸配列からなるタンパク質をコードしているかを推定できない場合がある。その理由を答えよ。

[問 3]

1. 次の構造式に関する以下の問い (1)～(6) に答えよ。ただし、構造式中の数字は位置番号を表している。



化合物 ①



化合物 ②

- (1) 化合物 ① に含まれる官能基を以下の語群ア～コからすべて選び、記号を用いて答えよ。

語群

- | | | | | |
|---------|----------|----------|--------|----------|
| ア. アルケン | イ. アルキン | ウ. アルコール | エ. アミン | オ. アルデヒド |
| カ. ケトン | キ. カルボン酸 | ク. エステル | ケ. アミド | コ. チオール |

- (2) 化合物 ① に含まれる不斉炭素原子の数を答えよ。
- (3) 化合物 ① の不斉炭素原子のうち、*R* 配置である不斉炭素原子の位置番号をすべて答えよ。
- (4) 化合物 ② を IUPAC 命名法に従って命名せよ。
- (5) 化合物 ② の立体異性体の総数を答えよ。
- (6) 化合物 ② は水中において環状構造を形成する。このとき、2つの立体異性体 A、B が存在する。これら立体異性体 A、B について最も安定な立体配座をそれぞれ示せ。また、これら2つの立体異性体のうち、より安定であるものを記号で選び、その理由も述べよ。
2. 3-アミノプロパン-1-オールの酸・塩基反応に関する以下の問い (1)～(2) に答えよ。
- (1) 10% 塩酸中において、主として生成する共役酸の化学構造式を示せ。
- (2) 10% 水酸化ナトリウム水溶液中において、主として生成する共役塩基の化学構造式を示せ。
3. ベンゼン誘導体の反応に関する以下の問い (1)～(4) に答えよ。
- (1) スチレンに塩酸水溶液を作用させたときに生成する化合物を反応機構も含めて示せ。
- (2) スチレンをボラン (BH_3) と反応させた後、過酸化水素水を作用させると、(1) の構造異性体が得られた。生成物の化学構造式を示せ。
- (3) トルエンを濃硫酸存在下に 1 当量の硝酸と反応させたとき、主として生成する化合物の化学構造式を示せ。
- (4) アセトフェノンとベンズアルデヒドのエタノール溶液に水酸化ナトリウムを作用させたときに生成する化合物を反応機構も含めて示せ。