

昭和大学医学部(I期) 化学

2025年2月7日実施

1

問 1 タンパク質は、アミノ酸がペプチド結合で連なるポリペプチド鎖からなり、その一次構造はアミノ酸配列を指す。ポリペプチド鎖は、水素結合により α -ヘリックスや β -シートなどの二次構造を形成する。さらに、疎水性相互作用やジスルフィド結合などによって立体的な三次構造が作られ、特に疎水性のアミノ酸は水を避けて内部に集まり、構造を安定させる。この現象を疎水性相互作用といい、タンパク質の適切な構造形成に重要である。複数のポリペプチド鎖が組み合わさることで四次構造を持つこともあり、これらの高次構造はタンパク質の機能発現に関与する。

水溶性タンパク質が水に分散すると、タンパク質分子は水和水に囲まれた親水コロイドとなる。これに多量の電解質を加えると、電解質のイオンが水分子と強く相互作用し、タンパク質を取り囲んでいた水和水が奪われる。その結果、タンパク質分子間の静電的反発が弱まり、ファンデルワールス力による凝集が起こることで沈殿する。この現象を塩析といい、タンパク質の分離や精製に利用される。

タンパク質に希酸を加えて加熱したり、タンパク質分解酵素を作用させたりすると、ペプチド結合が切断され、構成成分の α -アミノ酸などが生じる。この反応を加水分解という。また、タンパク質に熱・酸・塩基・重金属イオン・アルコールなどを加えると、タンパク質の立体構造が変化し、本来の機能を失って凝固や沈殿が起こる。この現象を変性といい、タンパク質の性質に大きな影響を与える。

(答) 1: 水素 2: α -ヘリックス 3: β -シート

4: ジスルフィド結合 (または 疎水性相互作用, 水素結合)

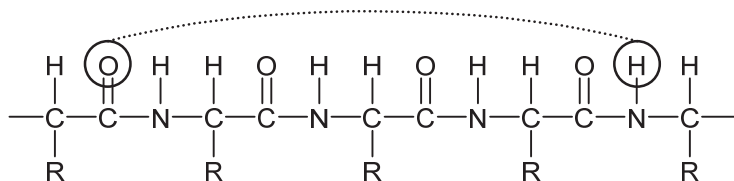
5: ポリペプチド鎖 (または サブユニット) 6: 親水 (または 分子)

7: ファンデルワールス力 (または 塩析, 疎水性相互作用) 8: 加水分解 9: 変性

問 2 1) α -ヘリックス構造では、N末端から n 番目のアミノ酸にある $C=O$ の O 原子と、 $n+4$ 番目のアミノ酸にある $N-H$ の H が水素結合で結ばれる。

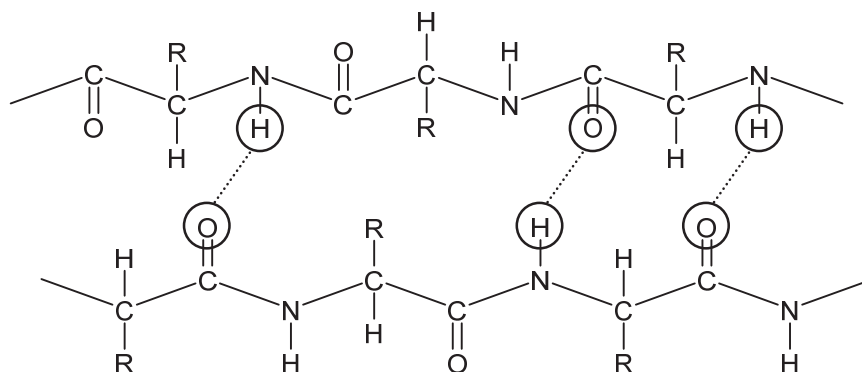
なお、この内容については昭和大学医学部入試 2014 年度 I 期 3 問 5, 2014 年度 II 期 2 問 2 で出題されている。

(答)



- 2) 図の構造は反平行 β -シート構造と呼ばれ、隣接するポリペプチド鎖が互いに逆方向(N末端 \rightleftharpoons C末端)に並んでいる。同じ向きに並ぶ平行 β -シート構造に比べて水素結合がほぼ直線的に形成され、強固で安定な構造となる。

(答)



- 問 3 [反応 1]はビウレット反応であり、タンパク質の溶液に薄い水酸化ナトリウム水溶液を加えた後に硫酸銅(II)(試薬 A)水溶液を加えて温めると、赤紫色に呈色する。これは、アミノ酸が 3 個以上脱水縮合したペプチドやタンパク質で陽性であり、ペプチドやタンパク質中のペプチド結合が、銅(II)イオンと錯体を形成することによって起こる。

[反応 2]はキサントプロテイン反応であり、タンパク質に濃硝酸(試薬 B)を加えて加熱すると、芳香族アミノ酸のベンゼン環がニトロ化され、黄色になる。この反応は、タンパク質中の芳香族アミノ酸の有無を確認するために用いられる。さらに、冷却後にアンモニア水(試薬 C)を加えて塩基性になると、生成したニトロ化合物のイオン化により橙黄色に変化する。

[反応 3]はニンヒドリン反応であり、タンパク質の溶液にニンヒドリン溶液(試薬 D)を加えて温めると、赤紫～青紫色に呈色する。これは、アミノ酸の遊離アミノ基がニンヒドリンと反応し、紫色の化合物が生成されることによる。この反応は、タンパク質やアミノ酸の検出に用いられる。

(答)[反応 1]ビウレット反応・試薬 A: 硫酸銅(II)水溶液,

[反応 2]キサントプロテイン反応・試薬 B: 濃硝酸・試薬 C: アンモニア水,

[反応 3]ニンヒドリン反応・試薬 D: ニンヒドリン溶液・官能基の名称: アミノ基

- 問 4 発生した気体はアンモニアである。その物質量を x mmol とすると、中和滴定の結果から次のように求められる。

$$1.0 \text{ mol/L} \times 30 \text{ mL} \times 2 \text{ 価} = x \text{ mmol} \times 1 \text{ 価} + 2.0 \text{ mol/L} \times 20 \text{ mL} \times 1 \text{ 価}$$

$$\therefore x \text{ mmol} = 20 \text{ mmol}$$

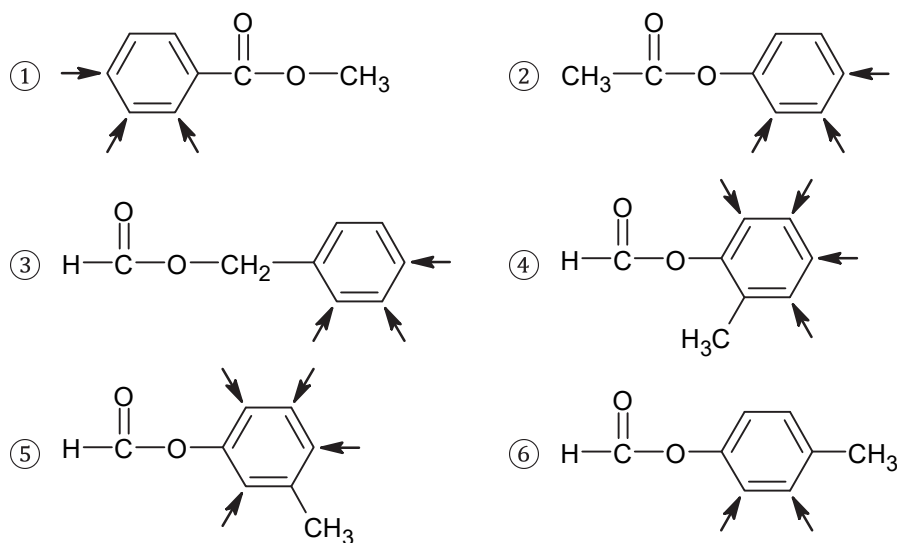
よって、食品 5 g に含まれる窒素の質量は $20 \text{ mmol} \times 14.0 \text{ g/mol} = 280 \text{ mg}$ であるから、求めるタンパク質の質量パーセントは次のようになる。

$$0.280 \text{ g} \times \frac{100}{16} \times \frac{1}{5 \text{ g}} \times 100 \% = 35.0 \%$$

(答) 35.0 %

2

問 1 1) 分子式 $C_8H_8O_2$ の不飽和度は 5 であり、この分子式を持つエステルのベンゼン環およびエステル結合以外の部分に二重結合・三重結合・環構造は持たないことが分かる。エステルを構成するカルボン酸とアルコールまたはフェノール類の炭素数の合計が 8 であることに留意すると、次の 6 種類の構造異性体①～⑥が考えられる。

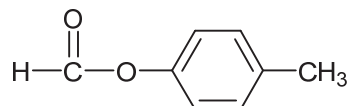


これらのうち、銀鏡反応に陽性となるのはホルミル基を有するギ酸エステル③～⑥の 4 種類である。なお、ヨードホルム反応に陽性となるものはない(酢酸や酢酸エステルは陰性であることに注意すること)。

(答)ア:6, イ:4, ウ:0

2) 鉄粉を用いて塩素を作用させているので、ベンゼン環上の水素原子の一つが塩素原子に置換される。①～⑥の各エステルの場合、上図に示した矢印の位置で置換する方法がある。これらのうち、生じる塩化物の構造異性体の種類が最も少なくなるのは⑥である。

(答)



3) 試験管にホルミル基を有する物質を入れ、アンモニア性硝酸銀溶液を加えて温めると、試験管の内壁に銀が析出し鏡のように見える。この反応が銀鏡反応であり、ホルミル基は酸化されてカルボキシ基になるが、アンモニア性硝酸銀溶液が塩基性なのでカルボキシ基は電離していることに注意する。

(答) 反応前: $R-CHO$ 反応後: $R-COO^-$

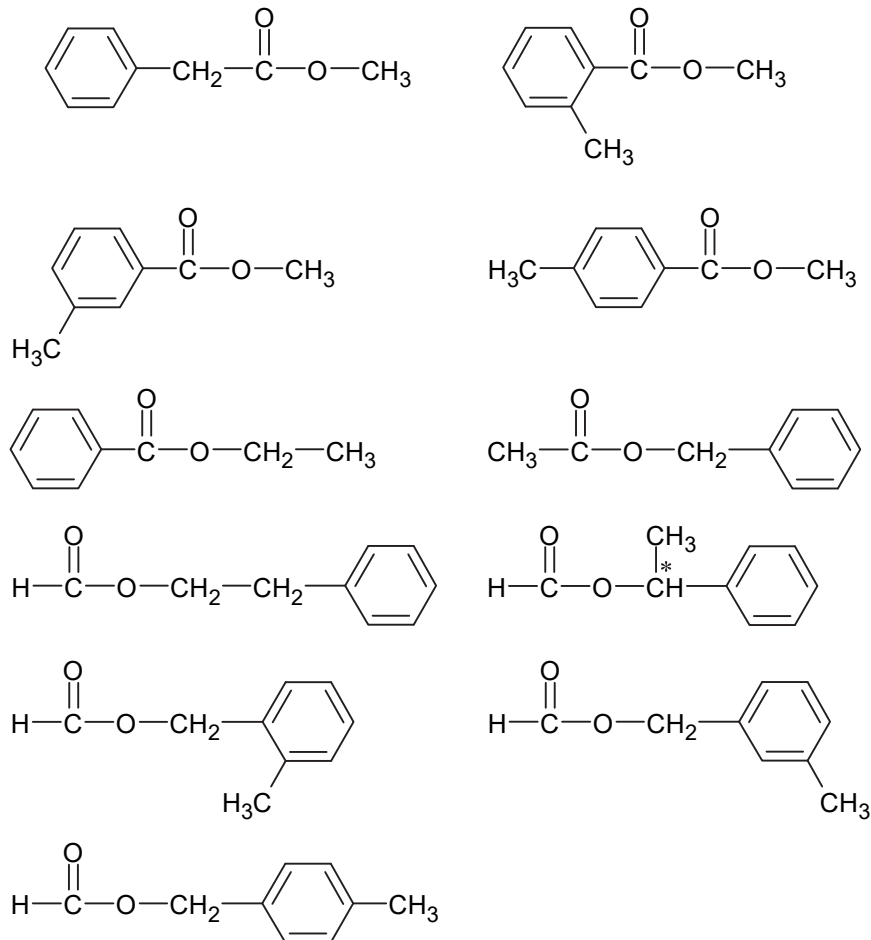
試薬名: アンモニア性硝酸銀水溶液

- 4) 試験管に調べたい物質を入れ、ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液と水酸化ナトリウム水溶液を入れて加熱すると、特有の臭いを有するヨードホルム CHI_3 の黄色沈殿を生じる。このときカルボン酸も生じるが、3)と同様に塩基性なのでカルボキシ基は電離している。

(答) 反応前: $\text{R}-\text{CO}-\text{CH}_3 \cdot \text{R}-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_3$ 反応後: $\text{R}-\text{COO}^-$

無機物質の名称:ヨウ素(ヨウ化カリウム水溶液), 水酸化ナトリウム水溶液

- 問 2 1) 分子式 $\text{C}_9\text{H}_{10}\text{O}_2$ の不飽和度も 5 であり、この分子式を持つエステルはベンゼン環およびエステル結合以外の部分に二重結合・三重結合・環構造を持たないことが分かる。芳香族エステルの加水分解ではカルボン酸の他にアルコールまたはフェノール類が生成する。③より化合物 X はフェノール類から生成するエステルではないと分かるので、②の下線部 (d) の酸性化合物はカルボン酸である。つまり、化合物 X はアルコールから生成する芳香族エステルである。これに該当するものは以下の 11 種類考えられるが、これらのうち不斉炭素原子を有するものは 1 種類しかない。それはギ酸のエステルであり、ベンゼン環に直接結合しているメチル基はない。



(答) (d) の名称:ギ酸, メチル基の数:0

- 2) フェノール類に塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると、フェノール性ヒドロキシ基と Fe^{3+} が錯体を形成し、紫色に呈色する。この反応はフェノール類の検出に利用される。

(答)フェノール性ヒドロキシ基

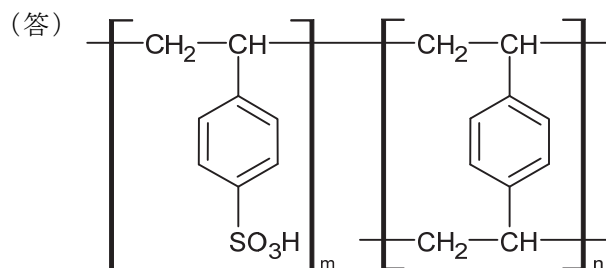
3

設問 A

- 問 1 陽イオン交換樹脂に電解質水溶液を通すと、陽イオンが水素イオンと置換されて出てくる。NaCl 水溶液を通した場合には、 Na^+ が H^+ に置換されるので、HCl 水溶液(塩酸)として出てくることになる。

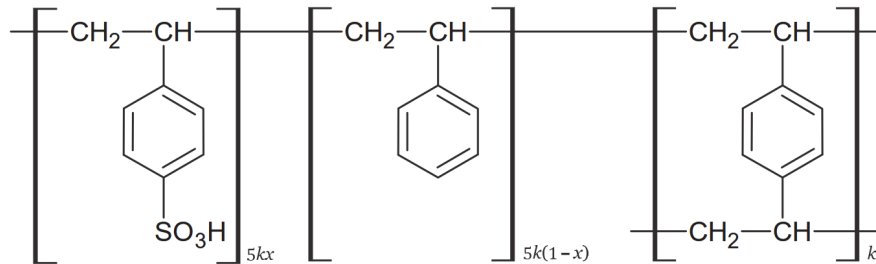
(答) a: Na^+ , b: H^+ , c: HCl

- 問 2 スチレンのみで付加重合させると鎖状高分子化合物のポリスチレンになるが、*p*-ジビニルベンゼンと共重合させることにより網目状の高分子化合物が得られる。スチレンに由来するベンゼン環のパラ位を全てスルホン化したものが答えである。



設問 B

問 スチレンと *p*-ジビニルベンゼンを物質量比 5 : 1 で共重合させているので、共重合体を次のように表すことができる。ただし、 $k > 0$, $0 < x < 1$ を満たすものとする。 x はスチレン由来のベンゼン環のうちスルホン化が起こった割合に相当する。



上記の高分子化合物の式量は

$$184 \times 5kx + 104 \times 5k(1-x) + 130k = (400x + 650)k$$

と表せる。用いたスチレン 156 g とともに用いた *p*-ジビニルベンゼンの質量は

$$\frac{156 \text{ g}}{104 \text{ g/mol}} \times \frac{k}{5k} \times 130k \text{ g/mol} = 39.0 \text{ g}$$

である。スルホン化では $-H$ が $-SO_3H$ となるので、1 か所スルホン化すると SO_3 (式量 80.0) の分だけ分子量が増加する。よって、共重合体にあるスルホ基の物質量について次式が成立する。

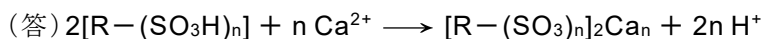
$$\frac{273 \text{ g}}{(400x + 650)k \text{ g/mol}} \times 5kx = \frac{\{273 - (156 + 39.0)\} \text{ g}}{80.0 \text{ g/mol}}$$

$$\therefore x = 0.650 = 65.0 \%$$

(答) 65 %

設問 C

問 1 カルシウムイオンは 2 価の陽イオンであることに注意する。



問 2 回収液に含まれている H^+ と同じ物質量の OH^- が中和滴定に必要である。問 1 の反応式の係数に着目して、求める Ca^{2+} の質量は次のように計算できる。

$$0.025 \text{ mol/L} \times 80 \text{ mL} \times 1 \times \frac{n}{2n} \times 40.0 \text{ g/mol} = 40 \text{ mg}$$

(答) 0.04 g

4

問 1 高さ 2.00 cm の水柱による圧力は

$$2.00 \text{ cm} \times \frac{1.00 \text{ g/cm}^3}{13.5 \text{ g/cm}^3} \times \frac{1.00 \times 10^5 \text{ Pa}}{76.0 \text{ cm}} = 194.9 \text{ Pa}$$

である。捕集した気体の分圧を $x \text{ Pa}$ とすると、つりあいの式は次のようになる。

$$1.00 \times 10^5 \text{ Pa} = x \text{ Pa} + 3.50 \times 10^3 \text{ Pa} + 194.9 \text{ Pa}$$

$$\therefore x \text{ Pa} = 9.630 \times 10^4 \text{ Pa}$$

状態方程式より、求める物質量は次のように計算できる。

$$\frac{9.630 \times 10^4 \text{ Pa} \times 0.300 \text{ L}}{8.30 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol}) \times 300 \text{ K}} = 1.160 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

(答) $1.16 \times 10^{-2} \text{ mol}$

問 2

$$\left(0.30 \text{ mol/L} \times 1.5 \text{ L} - \frac{7.62 \text{ g}}{63.5 \text{ g/mol}} \right) \times \frac{1}{1.5 \text{ L}} = 0.22 \text{ mol/L}$$

(答) 0.22 mol/L

問 3 化学反応に伴う量的関係は次表のようにまとめられる(単位は mol)。

	2SO ₂	+	O ₂	→	2SO ₃	計
反応前	2.00		1.00		0	3.00
変化量	-1.80		-0.900		+1.80	-0.900
平衡時	0.200		0.100		1.80	2.10

平衡時の全圧 p は

$$p = 1.00 \times 10^5 \text{ Pa} \times \frac{2.10 \text{ mol}}{3.00 \text{ mol}} = 7.00 \times 10^4 \text{ Pa}$$

であるから、SO₂、O₂、SO₃ の分圧はそれぞれ

$$p_{\text{SO}_2} = 7.00 \times 10^4 \text{ Pa} \times \frac{0.200 \text{ mol}}{2.10 \text{ mol}} = \frac{2}{3} \times 10^4 \text{ Pa}$$

$$p_{\text{O}_2} = 7.00 \times 10^4 \text{ Pa} \times \frac{0.100 \text{ mol}}{2.10 \text{ mol}} = \frac{1}{3} \times 10^4 \text{ Pa}$$

$$p_{\text{SO}_3} = 7.00 \times 10^4 \text{ Pa} \times \frac{1.80 \text{ mol}}{2.10 \text{ mol}} = 6.00 \times 10^4 \text{ Pa}$$

と求められる。よって、求める圧平衡定数 K_p は次のようになる。

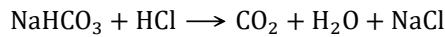
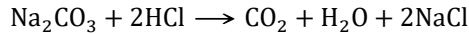
$$K_p = \frac{p_{\text{SO}_3}^2}{p_{\text{SO}_2}^2 \cdot p_{\text{O}_2}} = \frac{(6.00 \times 10^4 \text{ Pa})^2}{\left(\frac{2}{3} \times 10^4 \text{ Pa}\right)^2 \times \frac{1}{3} \times 10^4 \text{ Pa}} = 2.43 \times 10^{-2} \text{ Pa}^{-1}$$

(答) $2.43 \times 10^{-2} \text{ Pa}^{-1}$

問 4 混合物中の Na_2CO_3 と NaHCO_3 の物質量をそれぞれ $x \text{ mol}$, $y \text{ mol}$ とする。質量について

$$106 \text{ g/mol} \times x \text{ mol} + 84.0 \text{ g/mol} \times y \text{ mol} = 60.1 \text{ g}$$

が成り立つ。また、希塩酸との反応は次式の通りである。



発生した CO_2 の物質量について次式が成り立つ。

$$x \text{ mol} \times \frac{1}{1} + y \text{ mol} \times \frac{1}{1} = \frac{14.56 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}}$$

連立して

$$x \text{ mol} = 0.250 \text{ mol}, \quad y \text{ mol} = 0.400 \text{ mol}$$

を得る。よって、混合物中の Na_2CO_3 と NaHCO_3 の質量はそれぞれ次のようになる。

$$106 \text{ g/mol} \times 0.250 \text{ mol} = 26.5 \text{ g}, \quad 84.0 \text{ g/mol} \times 0.400 \text{ mol} = 33.6 \text{ g}$$

(答) Na_2CO_3 : 26.5 g, NaHCO_3 : 33.6 g

問 5 体心立方格子には 2 個の原子が存在する。この金属のモル質量は次のようになる。

$$\frac{6.0 \times 10^{23} \text{ 個/mol} \times (4.0 \times 10^{-8} \text{ cm})^3 \times 1.2 \text{ g/cm}^3}{2 \text{ 個}} = 23.0 \text{ g/mol}$$

(答) 23

【講評】

昨年度の形式を踏襲した出題となった。**2**は何と昨年度 I 期と全く同じ問題だった(ただし、4)が追加されたが…)ので、過去問を演習していた人は圧倒的に有利であった。化学の出題傾向は近年大きく変化してきた部分があるが、計算問題の出来を重視するという姿勢は変化していないものと思われる。ただ、計算問題の方針は立てやすいが、筆算をしなければならないところが多いので、受験生は大変だっただろう。有機化学を中心にしっかり取って、70%の得点率を目指したい。

昭和大学医学部[II期]模試2.20(木)

科目 英/数/化/生/物 申込締切 2月17日(月) 20:00

会場 東京/大阪/福岡

聖マリアンナ医科大学[後期]模試2.23(日)

科目 英/数/化/生/物 申込締切 2月20日(木) 20:00

会場 東京/大阪/福岡

対象 高3生・高卒生対象

料金 6,600円(税別)



※内容は変更になる場合がございます。最新の情報はホームページよりご確認ください。↗

医大別直前講習会 受付中

後期・II期

- 獨協医科大学
- 聖マリアンナ医科大学
- 日本大学
- 埼玉医科大学
- 昭和大学
- 日本医科大学



◆各講座の時間割・受講料・会場についてはHPでご確認ください。↗

本解答速報の内容に関するお問合せは



医学部専門予備校

YMS

☎ 03-3370-0410 <https://yms.ne.jp/>
東京都渋谷区代々木 1-37-14

医学部進学予備校

メビオ

☎ 0120-146-156
<https://www.mebio.co.jp/>

医学部専門予備校

英進館メビオ 福岡校

☎ 0120-192-215
<https://www.mebio-eishinkan.com/>

メルマガ登録または LINE 友だち追加で全科目を閲覧

メルマガ登録



LINE 登録

