

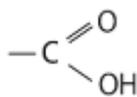
## 聖マ 2014 化学

### 略解

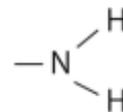
- 1 [1] 分子式： $\text{H}_2\text{O}$  構造式： $\text{H}-\text{O}-\text{H}$  分子量：18.0  
[2]  $\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$   
[3] 水素イオン濃度の逆数の常用対数で、 $\text{pH} = \log_{10} [\text{H}^+]$  で表される。  
[4] 1.3  
[5]  $0.51\text{X}^3\text{Y}$  [L]  
[6] 記号：(カ) 反応式： $\text{Sn} + 2\text{NaOH} + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Na}_2 [\text{Sn}(\text{OH})_4] + \text{H}_2$
- 2 [1] (エ)、(キ)  
[2] (エ)
- 3 [1] 液体が蒸発する速度と気体が凝縮する速度が等しくなり、見かけ上、液体の蒸発がとまった状態。  
[2] 固体  
[3] 固体、液体、気体が共存している状態。  
[4] 1) (a) (オ) (b) (ア) (c) (エ)  
2) i) (a) (ア) (b) (ア) (c) (エ)  
ii) (a) (エ) (b) (ウ) (c) (ア)

4 [1] タンパク質

[2] ②名称：カルボキシ基 構造：



③名称：アミノ基 構造：

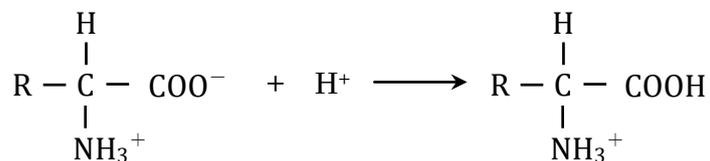


(URL: <http://dear-geneticist.jp/aboutgenetic.html>)

[3] 酸

[4] 名称：デオキシリボ核酸 略称：DNA

[5]



(図は自作)

[6] S

- 5 [1] 1) 複数の原子が共有結合で結びついた粒子が分子、酸から生じる陰イオンと塩基から生じる陽イオンがイオン結合で結びついたのが塩である。  
2) (キ)  
3) (エ)、(ケ)、(コ)、(サ)、(ス)、(セ)  
4) 物質名：アデノシン三リン酸 略称：ATP 分子式： $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{N}_5\text{O}_{13}\text{P}_3$
- [2] 9.9kg  
[3] 1) (カ)  
2) 92g

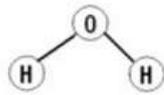
### 配点 合計 100 点

- 1 一問 4 点 × 6 問 計 24 点  
2 一問 4 点 × 2 問 計 8 点  
3 [1] ~ [3] 一問 4 点 × 3 問 [4] 一問 3 点 × 3 問 計 21 点  
4 一問 4 点 × 6 問 計 24 点  
5 [1] 一問 3 点 × 4 問 [2] 4 点 [3] 7 点 計 23 点

# 1

原則 1. 水の構造と電離 → [1]、[2] に利用

水分子は、酸素 1 分子と水素 2 分子が 2 本の単結合で結合している。



(図は <http://d.hatena.ne.jp/kibashiri/20120520/1337528384> より引用)

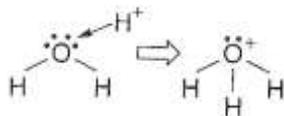
これを構造式にすると、H—O—H、分子式では、H<sub>2</sub>O である。

分子量は、その分子に含まれる原子量の総和である。

例) H<sub>2</sub>O 分子・・・ H : 原子量 1.0 が 2 個、O : 原子量 16.0 が 1 個

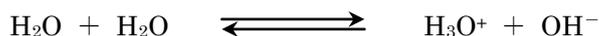
$$\begin{aligned} \text{分子量} &= \text{H の原子量} \times \text{H 原子の数} + \text{O の原子量} \times \text{O 原子の数} \\ &= (1.0 \times 2) + (16.0 \times 1) \\ &= 18.0 \end{aligned}$$

水溶液中において、水分子内 O の非共有電子対はほかの水分子から H<sup>+</sup>を引き寄せ、H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>を形成する。



(図は <http://kagakumania.seesaa.net/article/421471693.html> より引用)

このため、ごくわずかだが水は電離しており、電離平衡を保っている。



また、H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>は通常の反応式などでは省略され、H<sup>+</sup>で記されている。

原則 2. pH → [3]、[4] に利用

pH とは、溶液の酸性またはアルカリ性の強さを示したもので、水素イオン濃度[H<sup>+</sup>]を用いて次式で求められる。

$$\text{pH} = \log_{10} \frac{1}{[\text{H}^+]} = -\log_{10} [\text{H}^+]$$

例) 水素イオン濃度[H<sup>+</sup>]=1×10<sup>-3</sup>mol/L の水溶液の pH

$$\text{pH} = \log_{10} \frac{1}{[1 \times 10^{-3}]} = -\log_{10}(1 \times 10^{-3}) = -\log_{10} 1 - \log_{10} 10^{-3} = 3$$

原則 3. 気体の体積 → [5] に利用

273K (=0℃)、1013hPa (=1atm) の標準状態では、気体分子 1mol の体積は 22.4L である。

原則4. 錯イオン → [6] に利用

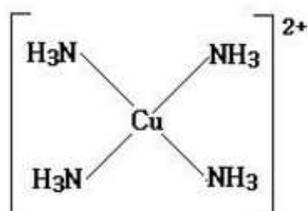
錯イオンとは、非共有電子対をもった分子や陰イオン (NH<sub>3</sub>、CN<sup>-</sup>など) が金属イオン (Cu<sup>2+</sup>など) に配位結合したものである。

また、錯イオンの中で配位結合している分子やイオンを配位子といい、代表的な配位子として、NH<sub>3</sub>、OH<sup>-</sup>、CN<sup>-</sup>、S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup>、などがある。

例) 金属イオン Cu<sup>2+</sup>と非共有電子対をもつ分子 NH<sub>3</sub>の錯イオン

錯イオン … [Cu(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>]<sup>2+</sup> : テトラアンミン銅 (II) イオン

配位子 … NH<sub>3</sub>



(図は [http://www.geocities.jp/chemhouse\\_nam/newpage0-3C-5S-2-2.html](http://www.geocities.jp/chemhouse_nam/newpage0-3C-5S-2-2.html) より引用)

[1]

【方針】

水分子の分子モデルから、構造式、分子式、さらに分子量が導けることに気づく。

【解説】

原則1の分子量を求める式より、水の分子量は次式となる。

$$\begin{aligned} \text{Hの原子量} \times 2 + \text{Oの原子量} \times 1 &= (1.0 \times 2) + (16.0 \times 1) \\ &= 18.0 \end{aligned}$$

[2]

【方針】

「省略せずに示せ。」の文言から H<sup>+</sup>ではなく H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>を利用することに気づき、2個の H<sub>2</sub>O で反応式を導く。

【解説】

H<sub>2</sub>OのOがもつ非共有電子対は、別の H<sub>2</sub>O から H<sup>+</sup>を引き寄せて H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>を形成し、原則1の電離平衡を保つ。



[3]

【方針】

「対数による定義を示して～」の文言から、原則2の pH を求める式を利用することに気づく。

【解説】

pH とは、溶液中の水素イオン濃度 [H<sup>+</sup>] mol/L を  $\text{pH} = \log_{10} \frac{1}{[\text{H}^+]}$  =  $-\log_{10} [\text{H}^+]$  で表したものである。これを 1

行（約 18cm）にまとめる。

〔4〕

【方針】

pH の異なる 2 つ塩酸を混合させることから、2 つの塩酸に含まれる水素イオン  $H^+$  の物質量をもとに混合後の水素イオン濃度  $[H^+]$  を導くことに気づく。2 つの塩酸を塩酸 A、塩酸 B としたとき、次式で求められる。

$$\text{混合後の水素イオン濃度}[H^+]_{[\text{mol/L}]} = \frac{(\text{塩酸 A の物質量} + \text{塩酸 B の物質量})[\text{mol}]}{\text{混合後の体積}[L]}$$

【解説】

pH1.0 の塩酸 300cm<sup>3</sup> を塩酸 A、pH6.0 の塩酸 300 cm<sup>3</sup> を塩酸 B とすると、原則 2 の pH を求める式より、塩酸 A の水素イオン濃度は、

$$\begin{aligned} \text{pH} &= -\log_{10}[H^+] = 1.0 \\ [H^+] &= 1.0 \times 10^{-1}[\text{mol/L}] \end{aligned}$$

したがって、塩酸 A に含まれる  $H^+$  の物質量は、

$$1.0 \times 10^{-1}[\text{mol/L}] \times \frac{300}{1000}[L]$$

同様に、塩酸 B に含まれる  $H^+$  の物質量は、

$$1.0 \times 10^{-6}[\text{mol/L}] \times \frac{300}{1000}[L]$$

また、塩酸 A、B ともに 300ml なので混合後の塩酸の体積は、 $\frac{300+300}{1000}[L]$  になる。

よって、方針の式に基づき混合後の  $[H^+]$  は次式で求められる。

$$\begin{aligned} [H^+] &= \left( 1.0 \times 10^{-1} \times \frac{300}{1000} + 1.0 \times 10^{-6} \times \frac{300}{1000} \right) \times \frac{1000}{300+300} \\ &\approx 5.0 \times 10^{-2}[\text{mol/L}] \end{aligned}$$

ゆえに、 $\text{pH} = -\log_{10}(5.0 \times 10^{-2}) = 2 - \log_{10} 5.0 = 1 + \log_{10} 2 = 1.3$

〔5〕

【方針】

「1013hPa (=1atm)、273K (=0°C)」の文言から、原則 3 を用いて 1mol あたり 22.4[L] の気体が生じたことに気づく。よって、CO<sub>2</sub> のモル質量 44.0[g/mol] とドライアイスの質量[g] からドライアイスの物質量[mol] を求め (式①)、昇華した CO<sub>2</sub> の体積[L] を導くことができる (式②)。

$$\text{CO}_2 \text{ のモル質量}[\text{g/mol}] = \frac{\text{ドライアイスの質量}[\text{g}]}{\text{ドライアイスの物質量}[\text{mol}]} \quad \dots \text{①}$$

$$\text{昇華した CO}_2 \text{ の体積}[L] = \text{ドライアイスの物質量}[\text{mol}] \times 22.4[\text{L/mol}] \quad \dots \text{②}$$

【解説】

ドライアイスから昇華した気体 CO<sub>2</sub> のモル質量は、

$$\text{CO}_2 \text{ のモル質量} = (12.0 \times 1) + (16.0 \times 2) = 44.0[\text{g/mol}]$$

また、ドライアイスの体積 : X<sup>3</sup>[cm<sup>3</sup>]、密度 : Y[g/cm<sup>3</sup>] よりドライアイスの質量は X<sup>3</sup>Y[g] であるから、方針の式①を用いて、

$$\text{ドライアイスの物質質量} = \frac{X^3Y}{44.0} [\text{mol}]$$

この物質質量がすべて標準状態（1013hPa、273K）で気体になったので、求める気体の体積は方針の式②より、

$$\frac{X^3Y}{44.0} \times 22.4 = 0.509X^3Y \approx 0.51X^3Y [\text{L}]$$

〔6〕

**【方針】**

「錯イオンを生じる反応を選べ」の文言から、配位子が含まれている生成物を見つければ解けることに気づく。

**【解説】**

反応で得られた生成物は次のとおりである。

(ア) 酸化アルミニウム :  $\text{Al}_2\text{O}_3$

(イ) 硫酸アルミニウム :  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

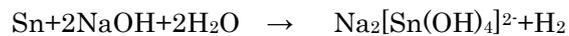
(ウ) 硫酸鉄 (Ⅱ) :  $\text{FeSO}_4$

(エ) 酸化鉄 (Ⅲ) :  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (鉄の表面に緻密な酸化皮膜として形成される)

(オ) 塩化スズ (Ⅱ) :  $\text{SnCl}_2$

(カ) テトラヒドロキソスズ (Ⅱ) 酸ナトリウム :  $\text{Na}_2[\text{Sn}(\text{OH})_4]$

原則 4 より、金属イオン  $\text{Sn}^{2+}$  のまわりに 4 個の配位子  $\text{OH}^-$  が配位結合した (カ) が正解である。このとき、錯イオンは  $[\text{Sn}(\text{OH})_4]^{2-}$  になるため、反応式は次式で表される。

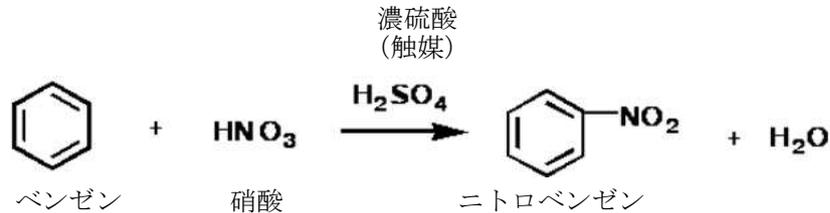


## 2

原則5. キサントプロテイン反応 → [1]、[2]に利用

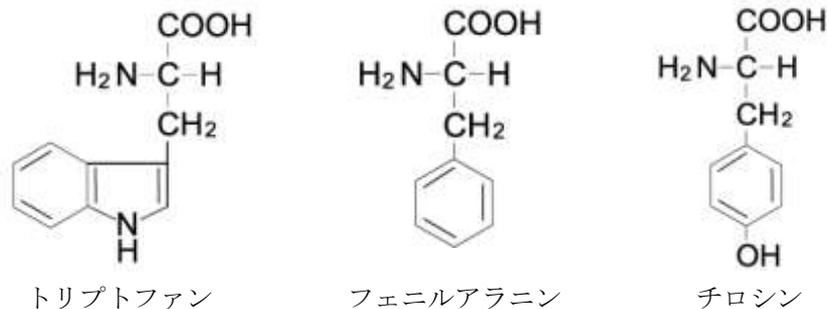
ベンゼン環のHと $\text{-NO}_2$  (ニトロ基) が置換する反応をニトロ化という。

例) ベンゼンのニトロ化



(図は [http://www.geocities.jp/don\\_guri131/houkouzoku.html](http://www.geocities.jp/don_guri131/houkouzoku.html) を引用)

ベンゼン環をもつアミノ酸やタンパク質に濃硝酸を加えて加熱すると、ニトロ化して呈色反応(酸性:淡黄色、アルカリ性:橙黄色)を生じる。これをキサントプロテイン反応という。ベンゼン環をもつアミノ酸は芳香族アミノ酸とも呼ばれ、以下のようなものがある。



(図は <http://ebn.arkray.co.jp/disciplines/term/> より引用)

[1]、[2]

### 【方針】

「キサントプロテイン反応では～」の文言から、原則5を利用することに気づく。

### 【解説】

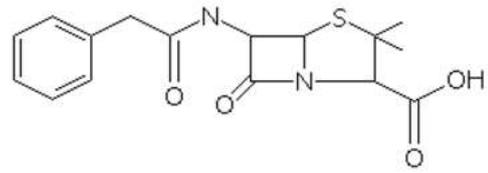
原則5より、[1]の選択肢からベンゼン環をもつものを選べばよいことがわかる。

[1]の選択肢は以下のように分類できる。

- |        |            |            |  |
|--------|------------|------------|--|
| タンパク質: | (ア) アミラーゼ  | …          | デンプンを加水分解する酵素  |
|        | (ク) ヘモグロビン | …          | 酸素を運搬するはたらきをもつ   |
| 糖類     | :          | (イ) アミロース  | … $\alpha$ -グルコースが直鎖状に縮合重合した多糖類  |
|        |            | (カ) フルクトース | … 単糖類  |
| アルコール: | (ウ) グリセリン  | …          | 示性式 $\text{CH}_2(\text{OH})\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2(\text{OH})$ |
| アミノ酸   | :          | (エ) チロシン   | … 原則5参照  |

脂肪酸 : (オ) パルミチン酸 … 示性式  $C_{15}H_{31}COOH$

抗生物質 : (キ) ペニシリン (図)



(図は <http://www.wdic.org/p/SCI/00006133.png> を引用)

このことから、アミノ酸の (エ) チロシンは正解であることがわかる。さらに、抗生物質の (キ) ペニシリンにもベンゼン環がありニトロ化で呈色反応を示すので、こちらも正解である。因みに、(ア) アミラーゼ、(ク) ヘモグロビンはタンパク質ではあるが芳香族アミノ酸を含んでいない。また、分類で示した説明のとおり、残りの選択肢にベンゼン環はない。

[2] の選択肢は、原則 5 で示したニトロ化による呈色反応であることから、(エ) 置換が正解である。

### 3

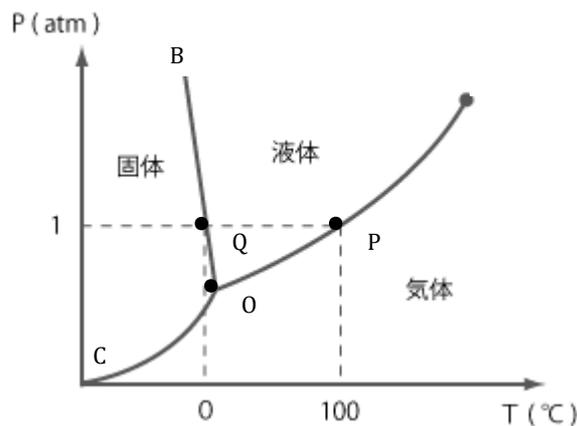
#### 原則6. 水の三態と気液平衡 → [1] ~ [4] に利用

水は、温度と圧力が変化することによって気体、液体、固体の三態いずれかの状態になる。これを図示したものが状態図である（下図）。この図より、水は 1atm の点 P において 100°C を超えると気体、100°C を下回ると液体になり、さらに温度を下げ点 Q の 0°C を下回ると固体になることがわかる。

このような状態変化には次の種類がある。

気体	⇒	液体	…	蒸発
液体	⇒	気体	…	凝縮
液体	⇒	固体	…	凝固
固体	⇒	液体	…	融解
固体	⇒	気体	…	昇華

図の境界線では、隣り合う 2 つの状態が共存している。例えば、境界線 OA では気体と液体、境界線 OB では液体と固体が共存した状態である。また、点 O は三重点といい、気体、液体、固体の 3 つが共存した状態である。このときの圧力と温度は物質固有の値をとる。



(図は <http://rikei-index.blue.coocan.jp/images/ten555.gif> より引用)

状態の変化は分子が移動することで起きている。例えば、液体の分子同士は分子間力で引き合うことによって液体状態を保っているが、中には分子間力を振り切るほどの大きい運動エネルギーをもった分子が液面を飛び出すことがある。これが蒸発である。一方、気体の中の運動エネルギーが小さい分子は、液面に衝突した際に分子間力につかまり液体に戻る。これが凝縮である。

通常は凝縮より蒸発する分子のほうが多い。しかし、密閉容器内では蒸発した気体分子は増え続けるので凝縮する分子の数も増えていき、ついには蒸発する分子と凝縮する分子の数が等しくなる。このとき気体と液体の変化は止まっているように見える。これを気液平衡という。

[1]

#### 【方針】

「気液平衡」という文言から、原則6より蒸発と凝縮に関係づけて説明することに気づく。

**【解説】**

原則6より、密閉容器内では蒸発して分子が液面から飛び出し気体になる一方、気体分子が液面に衝突して液体分子になる凝縮も起きている。密閉容器内の気体分子が増えていくと、いずれ蒸発する分子と凝縮する分子の数が等しくなり、密閉容器内の気体分子の数が一定に保たれた状態になる。これを2行以内にまとめる。

〔2〕

**【方針】**

問いの図1は水の状態図であることに気づく。

**【解説】**

原則6より、領域Iは液体であることがわかる。また、図1の1013hPa（大気圧）において、領域Iは0℃より低い状態であることから固体と判別できる。

〔3〕

**【方針】**

図1より、定点Cは気体、液体、固体のすべてに接している点であることに気づく。

**【解説】**

原則6より、定点Cは固体・液体・気体の三態が共存する三重点であり平衡状態を保っているということと、物質固有の圧力と温度であることがわかる。このことを1行にまとめる。

〔4〕

**【方針】**

(a)と(b)は「強い圧力で氷が解ける」と「体重がかからないと氷に戻る」、(c)は「高温」「激しく飛び散る」という文言から、圧力と温度の変化が水の三態に影響していることに気づく。

**【解説】**

1) 問題文(a)の「氷が解ける」と「氷に戻る」という部分から、原則6より(a)と(b)は融解と凝固であることがわかる。固体が溶けて液体に変化することが(オ)融解、液体から固体に変化することが(ア)凝固である。また、図1の定点Aで考えると、圧力変化(Y軸方向の移動)があれば固体(領域I)と液体(領域II)の境界線(融解曲線)を超えて状態変化することがわかる。問題文(a)はこのような圧力の変化のみで起きた固体と液体間の状態変化である。

同様に、問題文(i)の「高温」「水滴」「激しく飛び散る」という部分から、水滴が温度変化で気体になったことがわかる。よって、原則6から(c)は液体が気体に変化する(エ)蒸発である。これを図1の定点Dで考えると、油で熱せられた水滴は急激な温度変化(X軸方向への移動)で液体(領域II)と気体(領域III)の境界線(蒸気圧曲線)を超えて状態変化したことがわかる。

2) i) 前述の解説1)で説明したとおり、(a)と(b)は融解曲線上の定点A、(c)は蒸気圧曲線上の定点Cであることがわかる。

ii) 前述の解説1)で説明したとおり、状態の変化はそれぞれ、(a)固体→液体、(b)液体→固体、(c)液体→気体であることがわかる。

## 4

原則7. アミノ酸 → [1] ~ [3]、[5]、[6] に利用

アミノ酸は、1つの分子にアミノ基—NH<sub>2</sub>とカルボキシ基—COOHがある化合物のことである。このうち、1つのCにアミノ基とカルボキシ基が結合したアミノ酸をα-アミノ酸という(図1)。

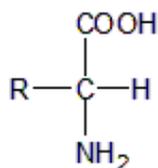


図1. α-アミノ酸

(図は自作)

また、2つのアミノ酸が脱水縮合したものをジペプチド、さらに多数のアミノ酸が脱水縮合したものをポリペプチドといい、タンパク質はこのポリペプチドの構造をしている。

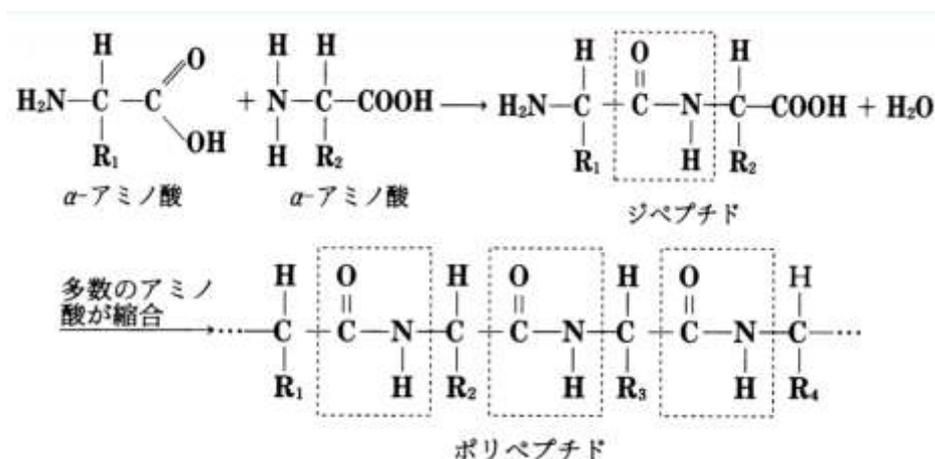


図2. アミノ酸の縮合

(図は <http://www.geocities.co.jp/HeartLand-Himawari/3613/engine/pro.html> を引用)

アミノ酸の脱水縮合は、2つのアミノ酸の—COOHと—NH<sub>2</sub>の間で水分子が取れるので—CO—NH—のアミド結合になる(図2. 点線部分)。このようなペプチド内のアミド結合は、ペプチド結合という。

図1. のように、アミノ酸には酸性を示すカルボキシ基とアルカリ性を示すアミノ基が結合しているため、水溶液中では双性イオンとなる。そのため、酸と塩基の両方で中和反応がみられる。

アミノ酸の構成元素については、アミノ酸のほとんどはC、H、O、Nで構成されているが、シスチンとメチオニンだけはSを含んでいる。また、シスチンにみられる—S—S—官能基による結合は、ジスルフィド結合という。



また、ヌクレオチドはさらに鎖状に結合してポリヌクレオチドを形成する。この鎖状のポリヌクレオチド2本の塩基同士が結合して二重らせん構造になったものが、デオキシリボ核酸（DNA）である。



図 3. DNA の二重らせん構造

(図は <http://browncapuchin.hatenablog.com/entry/illustrated-DNA-201603014> より引用)

この DNA の塩基部分（2本のポリヌクレオチドの結合部分）の配列をもとに、対応するアミノ酸が結合してタンパク質が合成される。

〔1〕、〔2〕

**【方針】**

「 $\alpha$ -アミノ酸」と「単量体」の文言から、①は $\alpha$ -アミノ酸の重合体であることに気づく。また、「酸性」と「塩基性」の文言から、②と③はアミノ酸を構成する官能基についてであることに気づく。

**【解説】**

原則7より、タンパク質は多数の $\alpha$ -アミノ酸が結合したポリペプチドの構造をとることから、 $\alpha$ -アミノ酸を単量体とする①はタンパク質であることが導ける。②と③は、 $\alpha$ -アミノ酸のもつ官能基は酸性を示すカルボキシ基とアルカリ性を示すアミノ基であることが、原則7から導ける。

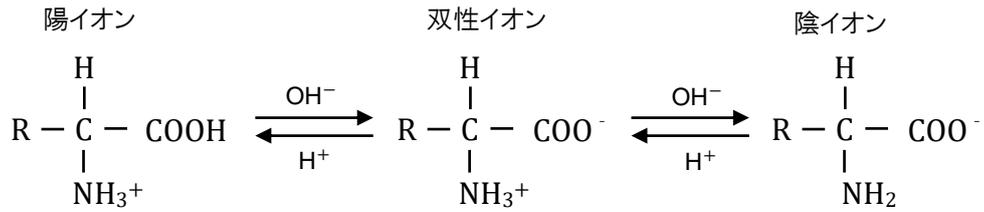
〔3〕、〔5〕

**【方針】**

「酸性」と「塩基性」を示す「両性化合物」という文言から、 $\alpha$ -アミノ酸は双性イオンであることに気づく。また、 $\alpha$ -アミノ酸が陽イオンになったことから、双性イオン内の陰イオンが中和したことを理解する。

**【解説】**

原則7より、 $\alpha$ -アミノ酸は水溶液中で双性イオンとなり、酸と塩基の両方で中和反応がみられる。これを反応式にすると以下のとおりとなる。ここで、水溶液を酸性（ $H^+$ が過剰）にした場合、双性イオンの $COO^-$ と水溶液中の $H^+$ が結びついて中和するため、双性イオンは陽イオンへ移行する。



(図は自作)

〔4〕

**【方針】**

「二重らせん構造」と「塩基の配列」から DNA についてであることに気づく。

**【解説】**

原則 8 より、二重らせん構造をとり、アミノ酸の配列を決定する塩基配列をもつものは、DNA であることがわかる。

〔6〕

**【方針】**

原則 7 と原則 8 より、アミノ酸を構成する元素と DNA を構成する元素の違いを導く。

**【解説】**

原則 7 より、アミノ酸を構成する元素は C、H、O、N と S（シスチンとメチオニンのみ）である。また、原則 8 より、DNA は C、H、O、N と P（リン酸のみ）であることがわかる。したがって、アミノ酸にはあるが DNA にはない元素は S になる。

## 5

### 原則 9. 分子と塩 → [1] に利用

不対電子をもった原子は不安定なのでほかの原子の不対電子と共有電子対をつくり安定な状態になる。この結合を共有結合といい、原子同士が共有結合で結びついた粒子を分子という。



(図は自作)

### 原則 10. ATP の構造と結合 → [2] に利用

図のように、五単糖のリボースと塩基のアデニンが結合したものをヌクレオシドの一種のアデノシンといい、このアデノシンにさらにリン酸が結合してヌクレオチドを形成する。このヌクレオチドは含まれるリン酸の数によって、アデニル酸 (=アデノシンーリン酸) : AMP、アデノシン二リン酸 : ADP、アデノシン三リン酸 : ATP になる。

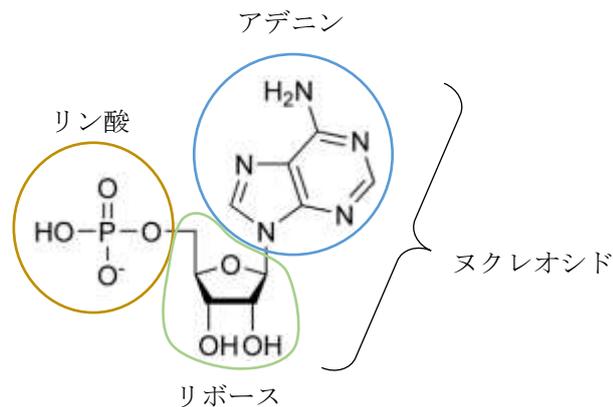


図. ヌクレオチドの構造

(図は自作)

### 原則 11. 好気呼吸 → [3] に利用

細胞の呼吸活動で酸素を必要とするものを好気呼吸という。グルコース ( $C_6H_{12}O_6$ ) は、この好気呼吸によって  $H_2O$  と  $CO_2$  に分解される。

[1]

#### 【方針】

問いの図 2 より、リン酸、五単糖 (リボース)、塩基 (アデニン) が確認できるので、ヌクレオチドについてであると気づく。1) は原則 9 より結合の違いについて、2) と 4) は原則 10 より分子 A の構造について、3) はさらに原則 7 を加えて該当する結合を導く。

### 【解説】

1) 共有電子対による共有結合が分子を形成していることを原則9より導き、塩との違いを2行にまとめる。ここで、塩とは、酸の電離で生じた $H^+$ と陰イオン、塩基の電離で生じた $OH^-$ と陽イオンのうち、陰イオンと陽イオンが静電気力で引き合って結合したものであり、この結合をイオン結合という。また、塩の粒子は共有電子対をつくらず、イオン状態のままお互い引き合って結合している。

2) 問いの図2から、原則10のヌクレオチドであることがわかる。分子Aは3個のリン酸が結合しているのでATPである。

3) まず、化学結合のイオン結合、共有結合、金属結合、水素結合について考える。イオン結合はイオン結晶、共有結合は分子、金属結合は金属結晶を形成する。問いの図2は分子なので、この中で該当するものは共有結合だけである。また、水素結合は水素を介して電氣的に引き合った極性分子同士の結合なので、価標（共有結合）のみで示されている分子Aには該当しない。よって（エ）共有結合は正解である。

次に、共有結合のうちの単結合、二重結合、三重結合、飽和結合、不飽和結合について考える。図2の構造式から、単結合と二重結合はあるが三重結合はないことが判別できる。また、単結合は飽和結合、二重結合と三重結合は不飽和結合である。したがって、三重結合を除いた（ケ）単結合、（コ）二重結合、（サ）不飽和結合、（ス）飽和結合は正解である。

残った選択肢について考える。原則7より、アミド結合は脱水縮合でできる $-CO-NH-$ 、アミノ酸同士のアミド結合はペプチド結合、ジスルフィド結合は $-S-S-$ を官能基とした結合であることがわかる。また、グリコシド結合は糖同士の脱水縮合であることから、これらは分子Aに該当しないことがわかる。リン酸エステル結合については、リン酸のHと化合物の $-OH$ がエステル反応で脱水縮合したもので、分子Aの $P-O-CH_2$ の結合が該当している。よって、（セ）リン酸エステル結合は正解である。

4) 2) で前述したとおり、分子Aはアデノシン三リン酸（ATP）である。分子式については、アデニンの構造式で省略されているC×4個、H×2個に注意し、明記されている原子と足し合わせれば $C_{10}H_{16}N_5O_{13}P_3$ が導ける。

〔2〕

### 【方針】

「ATPは20秒で消費される濃度が一定に保たれている」という文言から、20秒毎に3mmol/L生成されることに気づく。さらに、〔1〕4)の分子式からATPのモル質量を求めることで、1日のATP生成の総量を導く。

### 【解説】

〔1〕4)の分子式： $C_{10}H_{16}N_5O_{13}P_3$ より、ATPモル質量は、

$$12.0 \times 10 + 1.0 \times 16 + 14.0 \times 5 + 16.0 \times 13 + 31.0 \times 3 = 507.0 [\text{g/mol}]$$

20秒毎にATPは3mmol/L生成されるので、1日の生成量は、

$$\frac{24 \times 60 \times 60}{20} \times 3 \times 10^{-3} [\text{mol/L}]$$

以上のことから、体積1.5Lの脳に含まれるATPの総量は、

$$\frac{24 \times 60 \times 60}{20} \times 3 \times 10^{-3} [\text{mol/L}] \times 1.5 [\text{L}] \times 507.0 [\text{g/mol}] = 9850 [\text{g}] \doteq 9.9 [\text{kg}]$$

〔3〕

### 【方針】

1) は「好気呼吸」という文言から、原則 1 1 より正解が導けることに気づく。2) は「グルコース 1 分子あたり ATP38 分子」の文言から、〔2〕で求めた 1 日の ATP 生成量を用いてグルコースの物質量が導けることに気づく。

### 【解説】

1) 原則 1 1 より、グルコース ( $C_6H_{12}O_6$ ) が  $H_2O$  と  $CO_2$  に分解されている反応を選ばばよい。よって、酸素  $O_2$  をつかって  $H_2O$  と  $CO_2$  に分解した (カ) が正解である。

ほかの選択肢については、以下のとおりである。

- |                            |    |         |
|----------------------------|----|---------|
| (ア) 水と二酸化炭素からグルコースを合成      | …… | 光合成     |
| (イ) 水によって油脂を脂肪酸とグリセリンに分解   | …… | 加水分解    |
| (ウ) 乳酸菌がグルコースを分解して乳酸を生成    | …… | 乳酸発酵    |
| (エ) 酵母菌がグルコースを分解してエタノールを生成 | …… | アルコール発酵 |
| (オ) 乳酸菌が乳酸とエタノールに分解        | …… | ヘテロ乳酸発酵 |

2) 〔2〕の解説より、1 日で生成される ATP 物質量は、

$$\frac{24 \times 60 \times 60}{20} \times 3 \times 10^{-3} [\text{mol/L}] \times 1.5 [\text{L}] = 19.44 [\text{mol}]$$

したがって、ATP38 分子でグルコース 1 分子であることから、

$$\text{グルコースの物質量} = 19.44 \times \frac{1}{38} [\text{mol}]$$

原則 1 1 より、グルコースの分子式： $C_6H_{12}O_6$  なので、グルコースのモル質量は、

$$12.0 \times 6 + 1.0 \times 12 + 16.0 \times 6 = 180.0 [\text{g/mol}]$$

以上のことから、グルコースの総量は次式で求められる。

$$180.0 [\text{g/mol}] \times 19.44 \times \frac{1}{38} [\text{mol}] = 92.0 [\text{g}]$$