

## 平成 18 年度入学者選抜個別(第 2 次)学力検査問題

# 理 科

### 注 意 事 項

1. 解答用紙は、問題冊子と別に印刷されているから、誤らないように注意すること。
2. 解答は必ず解答用紙の指定された欄内に記入すること。点線より右側には何も記入しないこと。
3. 入学志願票に選択を記載した 2 科目について解答すること。それ以外の科目について解答しても無効である。
4. 各解答用紙には受験番号欄が 2 カ所ずつある。それぞれ記入を忘れないこと。
5. 解答用紙は、記入の有無にかかわらず、机上に置き、持ち帰らないこと。この冊子は持ち帰ってもよい。
6. この冊子は、全部で 30 ページあり、第 1 ～ 3 ページは下書用紙である。下書用紙は切り離してはいけない。
7. 落丁または印刷の不鮮明な箇所があれば申し出ること。

# 化 学

必要のある場合には次の数値を用いよ。

原子量：H = 1.0    C = 12    N = 14    O = 16    Na = 23

S = 32    Ca = 40    Cl = 35.5

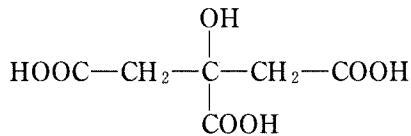
気体定数： $R = 0.082 \frac{\text{atm}\cdot\text{l}}{\text{K}\cdot\text{mol}} = 8.31 \times 10^3 \frac{\text{Pa}\cdot\text{l}}{\text{K}\cdot\text{mol}}$

アボガドロ定数： $6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$

対数： $\log_{10} 2 = 0.30$      $\log_{10} 3 = 0.48$      $\log_{10} 7 = 0.85$      $\log_e 10 = 2.30$

数値を計算して答える場合は、結果のみではなく途中の計算式も書き、計算式には必ず簡単な説明文または式と式をつなぐ文をつけよ。

- 1 クエン酸は分子内に1つの水酸基と3つのカルボキシル基をもつ化合物で、その構造を次に示す。



3価の酸であるクエン酸，2価の酸である炭酸，1価の酸である酢酸について，25℃における第一電離定数を示す。

クエン酸             $8.2 \times 10^{-4}(\text{mol/l})$

炭 酸                 $4.3 \times 10^{-7}(\text{mol/l})$

酢 酸                 $1.8 \times 10^{-5}(\text{mol/l})$

**【実験 I】** クエン酸水溶液に炭酸カルシウムを加えると二酸化炭素を発生しながら単一な組成の白い沈殿が生じた。沈殿を分離して加熱し，白色粉末状の無水塩にした。この無水塩 200 mg 中にはカルシウムが 48.2 mg 含まれていた。

【実験Ⅱ】 濃度未知のクエン酸水溶液  $10\text{ cm}^3$  をホールピペットで  $200\text{ cm}^3$  の三角フラスコに移した。蒸留水  $30\text{ cm}^3$  と 20% 硫酸水溶液  $10\text{ cm}^3$  を加えた後、水浴上で約  $70\text{ }^\circ\text{C}$  に温め、これに  $0.020\text{ mol/l}$  の過マンガン酸カリウム標準液を褐色のビュレットから滴下した。酸化還元反応が終了するのに要した過マンガン酸カリウム標準液の体積は  $11.52\text{ cm}^3$  であった。

以下の問に答えよ。

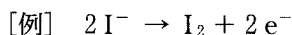
問 1 二酸化炭素を発生するものを a～f の中から全て選び、記号で示せ。

- a) クエン酸ナトリウム水溶液に炭酸カルシウムを加える。
- b) クエン酸カルシウム水溶液に硫酸を加える。
- c) 炭酸ナトリウム水溶液に硫酸を加える。
- d) 炭酸ナトリウム水溶液に水酸化カルシウムを加える。
- e) 酢酸ナトリウム水溶液に炭酸カルシウムを加える。
- f) 酢酸水溶液に炭酸カルシウムを加える。

問 2 実験Ⅰでえられた無水塩の化学式を書け。

問 3 実験Ⅰでえられた無水塩に硫酸水溶液を加えたときの反応式を書け。

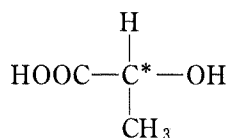
問 4 有機化合物中の炭素原子は、酸性下で過マンガン酸カリウムによって酸化され、二酸化炭素になる。クエン酸が二酸化炭素に酸化されるとき反応式を、例にならって書け。



問 5 実験Ⅱの酸化還元反応の終点はどのようにして判定されるか、その理由も書け。

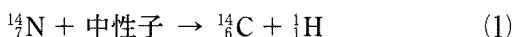
問 6 実験Ⅱのクエン酸水溶液のモル濃度はいくらか。

問 7 クエン酸 1 分子とメタノール 1 分子から水 1 分子がとれて生じる化合物の可能な構造式を全て書け。また不斉炭素原子がある場合、例にならって炭素原子の右上に\*印をつけて示せ。 [例]

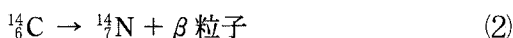


2 ある遺跡調査で発見された木片の  $^{14}\text{C}$  含有量を調べたところ、大気中  $^{14}\text{C}$  含有量の 70 % であった。 $^{14}\text{C}$  の含有量からその木片の年代測定をおこなうことができる。

大気中の二酸化炭素は、微量ではあるが十分検出可能な量の  $^{14}\text{C}$  同位体を含んでいる。この同位体は、宇宙線に含まれる中性子が窒素原子核と反応を起こすことにより生成される。つまり、



と表される。 $^{14}\text{C}$  原子核は不安定なので、次の反応にしたがって 5730 年の半減期 ( $t_{1/2}$ ) [注 1] で減少する。



このように原子核が反応で減少することを崩壊という。式(2)の反応速度は

$$-\frac{\Delta [^{14}\text{C}]}{\Delta t} = k [^{14}\text{C}] \quad (3) \text{ [注 2]}$$

と表すことができる。ここで  $k$  は速度定数、 $t$  は時間(年)である。式(1)の生成と式(2)の崩壊の釣り合いがとれることにより、大気中の二酸化炭素はほぼ一定の割合で  $^{14}\text{C}$  を含んでいる。樹木が伐採されると、木片中の  $^{14}\text{C}$  は崩壊のみが起こり、かつ伐採されてから現在に至るまで大気中の  $^{14}\text{C}$  は一定であると仮定する。

[注 1] 半減期 ( $t_{1/2}$ ) : 反応物の半分が反応を終えるのに要する時間。

[注 2] 一般に  $\frac{dx}{x} = dt$  を不定積分すると  $\log_e x = t + C$  ( $C$  は定数) になり、式(3)は  $\Delta$  を  $d$  に置き換えて積分できる。

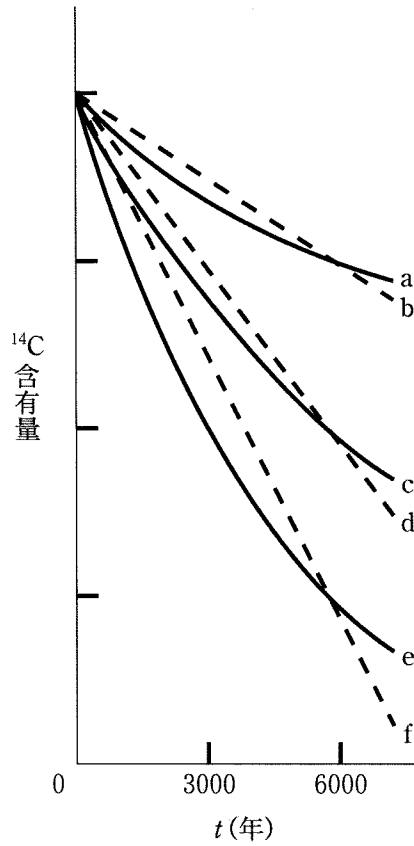
以下の間に答えよ。

問 8  $^{14}\text{C}$  の中性子の数を求めよ。

問 9  $^{14}\text{C}$  原子の最外殻電子の数を求めよ。

問 10  $^{14}\text{C}$  のような同位体を一般に何と呼ぶか。

問11 一般に、木片の  $^{14}\text{C}$  の含有量は時間経過によりどのように変化するか。最も適当なものを下図の a ~ f の中から一つ選べ。ただし、木が伐採されたときを  $t = 0$  とする。



問12  $k \cdot t_{1/2}$  を計算せよ。

問13 木片が伐採された時期は、現在からさかのぼって何年前か。計算せよ。

## 3

〔A〕 タンパク質の基本構成単位はアミノ酸であり、R を側鎖として次のように表すことができる。

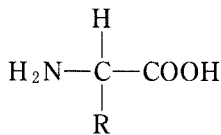


表 1

—R	アミノ酸名	3 文字表記
—CH <sub>3</sub>	ア ラ ニ ン	Ala
—CH <sub>2</sub> —OH	セ リ ン	Ser
—(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> —NH <sub>2</sub>	リ シ ン	Lys
—CH <sub>2</sub> —COOH	アスパラギン酸	Asp

R が ( 1 ) である場合を除いて、アミノ酸には 2 つの光学異性体が存在するが生体内ではほとんど ( 2 ) 型である。また、アミノ酸は 1 分子中にカルボキシル基とアミノ基を持っているため水溶液中ではイオンとして存在している。アミノ酸の化学的性質は R の種類(表 1 参照)によって決まる。アミノ酸がアミド結合によって次々と他のアミノ酸と結合し、直鎖状重合体になったものをポリペプチドという。個々のタンパク質の性質はこの直鎖状に結合したアミノ酸の数と種類および配列順序によって決まる。

以下の問に答えよ。

問 14 空欄 1, 2 に入る語句を書け。

問 15 アラニンとセリン各 1 分子がアミド結合してできる化合物について、可能な構造式を全て示せ。

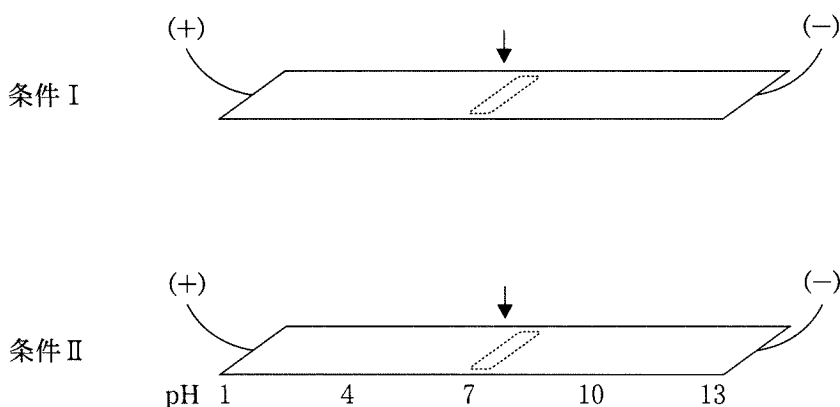
問 16 アラニンは強酸性溶液および強塩基性溶液中では主としてどのようにイオン化しているかをそれぞれ構造式で示せ。

〔B〕 次に示す(ア), (イ), (ウ)の 3 種類のトリペプチドを含む水溶液を試料として、2 つの異なる条件で電気泳動実験を行った。

(ア) Asp—Asp—Asp      (イ) Lys—Asp—Lys      (ウ) Asp—Lys—Asp

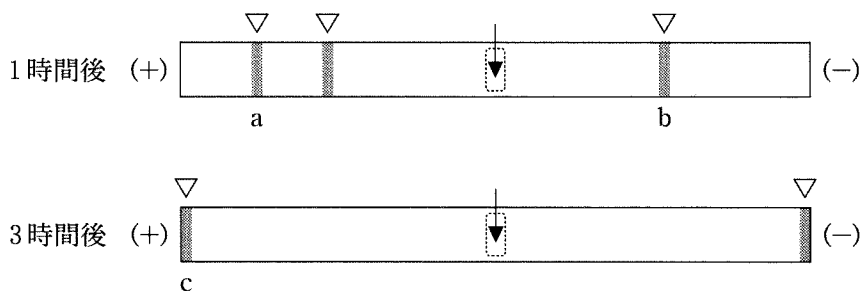
下図に示すように、条件 I では、(+)極から(-)極まで pH が 7 に保たれており、条件 II では、(+)極から(-)極に向かって pH が 1 から 13 まで、連続的な勾配が保たれている。

試料を添加して電圧をかけ、1 時間後および 3 時間後のトリペプチドの位置を調べた。試料の添加位置は図中の矢印で示された点線で囲まれた部分である。なお泳動中、トリペプチドの加水分解は起こらなかったものとする。

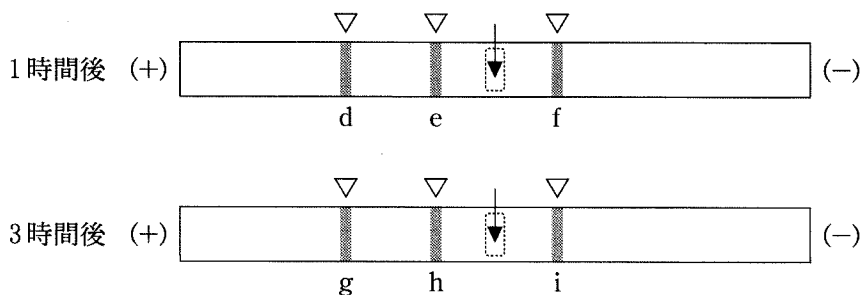


以下の問に答えよ。

問17 下図の▽で示す帯は、条件 I で泳動した 1 時間後と 3 時間後のトリペプチドの位置である。a, b, c の帯に含まれるトリペプチドを(ア), (イ), (ウ)の記号で答えよ。



問18 下図の▽で示す帯は、条件Ⅱで泳動した1時間後と3時間後のトリペプチドの位置である。1時間後のd, e, fおよび3時間後のg, h, iに含まれるトリペプチドの電荷を以下の表から選んで番号で答えよ。



1時間後		3時間後	
番号	(d, e, f)	番号	(g, h, i)
1	(-, 0, +)	1	(-, 0, +)
2	(-, -, +)	2	(-, -, +)
3	(0, 0, 0)	3	(0, 0, 0)
4	(+, 0, -)	4	(+, 0, -)
5	(+, -, -)	5	(+, -, -)
6	(0, 0, +)	6	(0, 0, +)
7	(-, 0, 0)	7	(-, 0, 0)