

化 学 401 その 1

(注意) 第1問から第4問の解答にあたっては以下の注意事項に従うこと。

- 1 アボガドロ定数は $6.00 \times 10^{23}/\text{mol}$ 、ファラデー定数は $96,500 \text{ C/mol}$ 、気体定数は $0.0820 (\text{l} \cdot \text{atm})/(\text{mol} \cdot \text{K})$ 、 0°C は 273 K とする。
- 2 原子量は $\text{H}=1.00$ 、 $\text{C}=12.0$ 、 $\text{O}=16.0$ 、 $\text{Al}=27.0$ 、 $\text{I}=127$ として計算せよ。
- 3 有機化合物の構造式を解答する問題では、図1のようにベンゼン環の炭素とそれに直接結合している水素は省略する書き方で示すこと。またメチル基などは図のように示性式でまとめて表すこと。

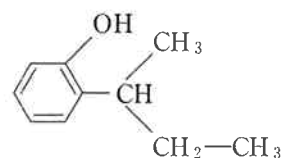
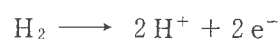


図1 構造式

第1問 次の文章を読み、下の問い(問1～3)に答えよ。

右の図2は、水素/酸素型の燃料電池を直列に4個つないだもので、 O_2 と書いてある管には酸素が、 H_2 と書いてある管には水素が入っている。管の中には、白金箔の電極があり希硫酸溶液に浸してある。この電池の両極に電球をつなぐと、水素側の電極では、



という反応が起こり、**ア** は希硫酸中を、**イ** は電極から導線を伝って移動し、酸素側の電極では **A** という反応が起こり、結果として電流が流れる。この反応は、水素が **ウ** されて **エ** が生じる燃焼反応

である。反応によって生じるエネルギーを熱エネルギーとしてではなく、**オ** なエネルギーとして取り出す。このような電池を燃料電池という。

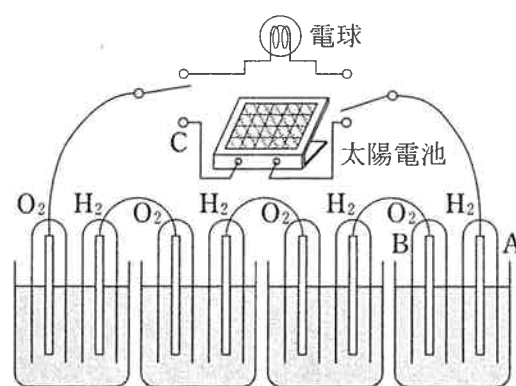


図2 燃料電池

問1 文章中の空欄 **ア** ～ **オ** にあてはまる語句を、**A** にあてはまる反応式を示せ。

ア	電流	イ	電子	ウ	酸化	エ	水	オ	電氣的
---	----	---	----	---	----	---	---	---	-----

A	$\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}$
---	--

問2 両側のスイッチを電球側につないだ場合について、次のa、bに答えよ。

- a 管A中の水素が100 ml減った時の管Bの酸素の量の変化を求めよ。ただし、管内の水蒸気分圧は無視する。
- b 酸素側の電極を白金から亜鉛に変えた場合、この電極で起こる化学変化をイオン式で表せ。

a	50 ml 減少	b	$\text{Zn} \longrightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$
---	----------	---	--

問3 次に、電極の両端のスイッチを太陽電池側に切り替えて、太陽電池に光を当てた。次のa、bに答えよ。

- a 管Aに水素を、管Bに酸素を発生させるためには、電極Cはどちらの極でなくてはならないか。

a	陽極
---	----

- b この太陽電池の起電力は10.0 Vで、最大電流は500 mAである。通電中最大電流が流れたとして、管Aに41.0 mlの水素を発生させるには、何秒間の通電が必要か。装置全体は、1気圧、 27°C に保たれているものとする。ただし、有効数字は3桁とする。

b	643 秒
---	-------

小 計	点
-----	---

化 学

401

その 2

第2問 次の文章を読み、下の問い(問1～6)に答えよ。

周期表の第 A 周期、B 族の ア 元素であるアルミニウムは、私たちの日常生活において幅広く利用されており、地球上に存在する元素の中では酸素、イ に次いで3番目に多い。アルミニウム原子は C 価の陽イオンになり、その結晶構造は単位格子となる立方体の各頂点と各面中央に原子が存在する ウ 格子である。単体のアルミニウムは エ を原料にして精製し、D をつくり、これに氷晶石を加えて約 1000℃ に加熱し、炭素電極を用いて オ で製造される。アルミニウム単体は酸および塩基の水溶液両方に反応して塩をつくり、カ を発生する キ 元素である。しかし、濃硝酸や熱濃硫酸とは緻密な酸化被膜をつくり、ク となるため溶けにくい。アルミニウム化合物の一種で上水道・工業用水の清澄剤や媒染剤などに用いられる2種の塩が結合した形式の ケ は無色の結晶で、水に溶解すると各構成イオンと結晶水に完全に解離する。このような物質は コ と呼ばれる。この水溶液にアンモニア水を添加すると白色ゲル状の沈殿 E を生ずる。この沈殿も酸や塩基の水溶液に溶解する。

問1 文章中の空欄 ア ～ コ にあてはまる語句を、A ～ C にあてはまる数を示せ。また、化合物 D および E の化学式を示せ。

ア	典型	イ	ケイ素	ウ	面心立方	エ	ボーキサイト	オ	融解塩電解
カ	氷素	キ	両性	ク	不動態	ケ	ミョウバン	コ	複塩
A	3	B	13	C	3	D	Al ₂ O ₃	E	Al(OH) ₃

問2 下線部(a)の操作を行う理由を30字以内で説明せよ。

問2	酸化アルミニウムの融点は高いので、氷晶石を加えて融解させる。
----	--------------------------------

問3 オ で製造されるのはアルミニウムのどのような性質によるか。理由を30字以内で説明せよ。

問3	イオン化傾向が大きいため、通常の電気分解では得られない。
----	------------------------------

問4 アルミニウムの製造過程において、純度85.0%の化合物 D から純度98.0%のアルミニウム単体210gを回収した。使用した化合物 D の質量を求めよ。有効数字は3桁とする。

問4	242 g
----	-------

問5 下線部(b)でアルミニウム単体が水酸化ナトリウム水溶液に溶解する場合の化学反応式を示せ。

問5	$2Al + 2NaOH + 6H_2O \rightarrow 2Na[Al(OH)_4] + 3H_2$
----	--

問6 下線部(b)のような性質を示すアルミニウム以外の元素を元素記号で一つ示せ。

問6	Sn(Pb)
----	--------

小計	点
----	---

化 学 401 その 3

第3問 次の文章を読み、下の問い(問1～5)に答えよ。

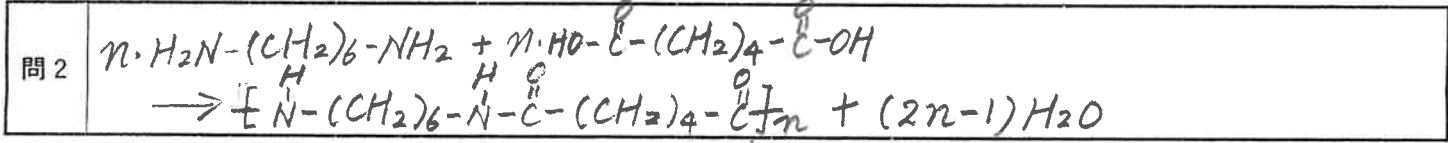
生物はタンパク質を遺伝情報なしにアミノ酸を使って勝手に合成することができない。しかし人間は遺伝情報なしに化学の力を借りてペプチドを合成する方法を手に入れた。カロザースは絹と同じようにアミド結合を多くもつ高分子化合物(ポリアミド)として、最初の合成繊維である6,6-ナイロンを世界で初めて合成した。6,6-ナイロンは、アジピン酸とヘキサメチレンジアミンとが **ア** 重合し、 **イ** 分子がとれて生成する。6,6-ナイロンは多くの長い線状分子が互いに水素結合をして配列した構造をとるので、強い繊維となる。感触は絹のようであり、引っ張り、折り曲げ、摩擦に強い。軽くて弾力性があり、しわになりにくい。6,6-ナイロンと同じポリアミド系合成繊維として **ウ** が知られている。 **ウ** の合成は、カプロラクタムに少量の水などを加えて加熱すると、カプロラクタムの環状構造が水分子の付加により開環して6-アミノヘキサン酸を生成し、さらにこれがカプロラクタムと反応して重合が進み、完了する。 **ウ** の合成での副産物として **エ** の合成で6-アミノヘキサン酸の環状型二量体(C₁₂H₂₂N₂O₂)がある。これは正常に生成された6-アミノヘキサン酸の直鎖型二量体が分子内でアミド結合を形成してしまったためである。ところが、工業生産が始まって十数年後、この人工物である環状型6-アミノヘキサン酸二量体を分解し、唯一の窒素、炭素源とし生存増殖している細菌が発見された。

問1 文章中の空欄 **ア** ～ **ウ** に

ア	絹	イ	水	ウ	6-ナイロン
----------	---	----------	---	----------	--------

最もふさわしい語句を示せ。

問2 下線部(a)の文章で述べられている6,6-ナイロン合成について、反応式を化学構造式を使って書け。



問3 下線部(b)で6,6-ナイロンの多くの長い線状分子が互いに水素結合をして配列した構造をつくるが、その構造を6,6-ナイロンの単量体の両末端のアミド結合を含む3つのアミド結合をもつ部分構造を使って下の図3にならって描け。また、絹のフィブロインや毛髪のケラチンなどの繊維状タンパク質がとる下の図3のようなβ構造との構造的な相違を説明せよ。

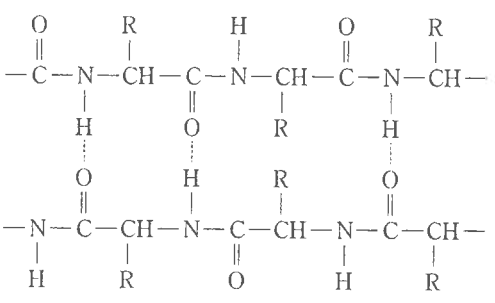
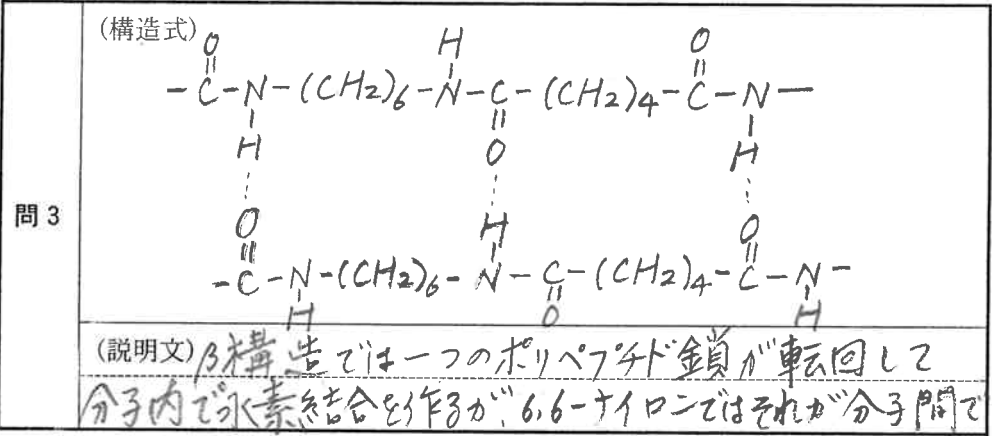
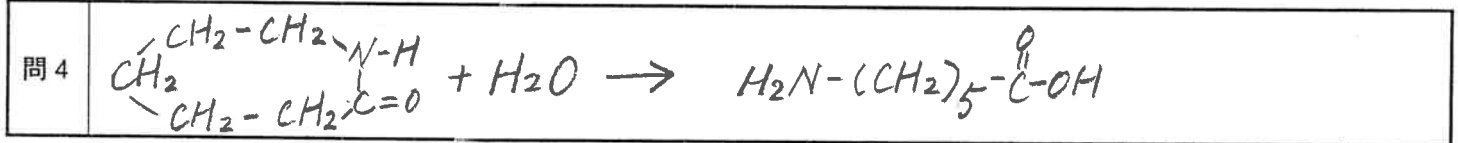


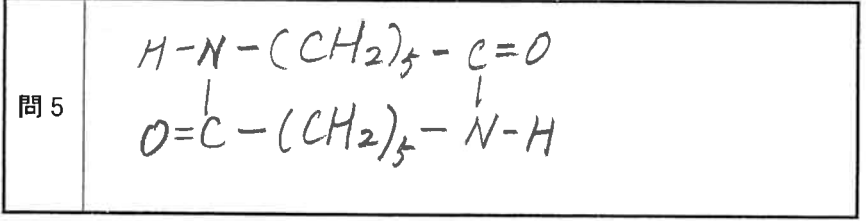
図3 タンパク質のβ構造



問4 下線部(c)の合成について、反応式を化学構造式を使って書け。



問5 6-アミノヘキサン酸について、下線部(d)の環状型6-アミノヘキサン酸二量体の構造を書け。問題・解答用紙その1の注意事項3に従うこと。



小計	点
----	---

化 学 401 その 4

第 4 問 次の文章を読み、下の問い(問 1～6)に答えよ。

エステル基を有する有機化合物 A, B, C, D, E, F がある。分子式は A : $C_3H_6O_2$, B : $C_3H_6O_2$, C : $C_4H_8O_3$, D : $C_8H_8O_3$, E : $C_{57}H_{98}O_6$, F : $C_4H_9NO_2$ である。A を加水分解して得られるカルボン酸は還元性を示す。B を酸で加水分解すると、還元性を示さない沸点 $118^\circ C$ のカルボン酸と沸点 $65^\circ C$ のアルコールが得られる。C, F は不斉炭素原子をもち、またそれらのエステルを加水分解して得られたカルボン酸も不斉炭素原子をもつ。C と D に金属ナトリウムを加えるといずれも水素ガスが発生する。D に塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると赤紫色になる。D を加水分解すると融点 $159^\circ C$ のカルボン酸と沸点 $65^\circ C$ のアルコールが得られる。E に金属ナトリウムを加えても水素ガスは発生しないが、水酸化ナトリウム水溶液で加水分解するとセッケンとグリセリンが生成する。セッケンは主に ア 作用により衣服の油分の汚れを落とすことができるが、動物性繊維の洗浄に適さないことがある。この理由としては、この繊維の主成分である イ がセッケン水溶液の ウ 性のために エ することが考えられる。

問 1 化合物 A, B, C, F の構造式を書け。問題・解答用紙その 1 の注意事項 3 に従うこと。

問 1	化 合 物 A	化 合 物 B
	$H-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-O-CH_2-CH_3$	$CH_3-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-O-CH_3$
	化 合 物 C	化 合 物 F
	$CH_3-\overset{\overset{OH}{\mid}}{CH}-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-O-CH_3$	$CH_3-\underset{\underset{NH_2}{\mid}}{CH}-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-O-CH_3$

問 2 化合物 B の沸点は次のうちどれが最も近い。記号で答えよ。

- (a) $0^\circ C$ (b) $56^\circ C$ (c) $118^\circ C$ (d) $156^\circ C$ (e) $500^\circ C$

問 2

b

問 3 化合物 D は異性体をもつが、その中で鎮痛消炎剤(医薬品)としてしつぷ薬に用いられるものの構造式を書け。問題・解答用紙その 1 の注意事項 3 に従うこと。

問 3	化 合 物 D
	$\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-O-CH_3$

問 4 10.0 g の化合物 E にヨウ素が何グラム付加するか計算せよ。ただし、化合物 E は直鎖状モノカルボン酸のエステルから構成されているとする。有効数字は 3 桁とする。

問 4

8.68 g

問 5 上の文章中の空欄 ア ～ エ にあてはまる語句を示せ。

ア	乳化	イ	タンパク質	ウ	塩基	エ	変性
---	----	---	-------	---	----	---	----

問 6 化合物 F の検出法としてどれが最適か。記号で答えよ。

- (a) ヨウ素デンプン反応 (b) ニンヒドリン反応 (c) 銀鏡反応
(d) ヨードホルム反応 (e) キサントプロテイン反応

問 6

b

小計

点