

化 学

計算に必要ならば、次の数値を用いよ。

原子量 : H 1, C 12, N 14, O 16, F 19, Al 27, Si 28, P 31, S 32,
Ar 40, Ca 40, Cr 52, Mn 55, Fe 56, Cu 64, Zn 65,
Ag 108, I 127, Pb 207

アボガドロ定数 : $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ ファラデー一定数 : $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

気体定数 : $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol}) = 8.3 \text{ J}/(\text{K} \cdot \text{mol})$

水のイオン積(25 °C) : $K_w = [\text{H}^+] [\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$

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

1 各問いに答えよ。

(1) 次のうち、純物質であるものをすべて選び、アにすべてマークせよ。

- | | | |
|-----------|----------|-------|
| ① 塩化ナトリウム | ② 塩 酸 | ③ 空 気 |
| ④ 青 銅 | ⑤ ダイヤモンド | ⑥ 白 金 |

(2) NH_4^+ , O^{2-} , SO_4^{2-} の名称について、正しい組合せはどれか。一つ選べ。

イ

	NH_4^+	O^{2-}	SO_4^{2-}
①	アンモニアイオン	酸素イオン	硫酸イオン
②	アンモニアイオン	酸素イオン	亜硫酸イオン
③	アンモニアイオン	酸化物イオン	硫酸イオン
④	アンモニアイオン	酸化物イオン	亜硫酸イオン
⑤	アンモニウムイオン	酸素イオン	硫酸イオン
⑥	アンモニウムイオン	酸素イオン	亜硫酸イオン
⑦	アンモニウムイオン	酸化物イオン	硫酸イオン
⑧	アンモニウムイオン	酸化物イオン	亜硫酸イオン

(3) 次の①～⑤のなかで、イオン半径が2番目に大きいものはどれか。一つ選べ。

ウ

- ① Cl^- ② K^+ ③ Br^- ④ Na^+ ⑤ Mg^{2+}

(4) リン酸イオン 1 mol に含まれる電子の物質量は何 mol か。 工, オ に数字を入れよ。
 工 オ mol

(5) 臭素の原子番号は 35 である。臭素には ${}^{79}\text{Br}$ と ${}^{81}\text{Br}$ の 2 種類の同位体があり、 ${}^{79}\text{Br}$ と ${}^{81}\text{Br}$ の存在比はそれぞれ 51 %, 49 % である。

臭素分子を、構成する原子の質量数の和で分類した。存在比が最も大きい分子には、分子 1 個あたり何個の中性子があるか。 カ, キ に数字を入れよ。

カ キ 個

(6) 塩化ナトリウムに関する記述として誤っているのはどれか。二つ選び、に二つマークせよ。

- ① 結晶は昇華しやすい。
- ② 結晶はイオン結晶に分類される。
- ③ 水溶液は電気を導く。
- ④ 水溶液は無色である。
- ⑤ 水溶液中に存在する陽イオンの数は陰イオンの数の2倍である。

(7) 食品中のタンパク質の量を調べるために、次の実験を行った。

ある食品2.0 gを分解して生じたアンモニアを、0.20 mol/Lの硫酸30 mLにすべて吸収させた。

残った硫酸を中和するには、0.20 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液が20 mL必要であった。

分解により生じたアンモニアはすべてタンパク質に由来し、タンパク質中の窒素原子がすべてアンモニアに変換されたとして、1), 2)に答えよ。

1) 硫酸に吸収されたアンモニアの物質量は何molか。最も近いものを一つ選べ。

- ① 2.0×10^{-3} mol
- ② 4.0×10^{-3} mol
- ③ 8.0×10^{-3} mol
- ④ 2.0×10^{-2} mol
- ⑤ 4.0×10^{-2} mol
- ⑥ 8.0×10^{-2} mol

2) タンパク質に窒素原子が質量パーセントで16%含まれるとする。この食品100 gに含まれるタンパク質は何gか。四捨五入して値を整数で表すとき、、に当てはまる数字を入れよ。g

(8) 0°C に保たれた実験室の中で、一方を閉じた2本のガラス管a, bに水銀を満たした。これらを水銀の入った容器中に倒立させ、放置したところ、a, bの水銀柱の高さがともに750 mm になった。

ガラス管bの下部から物質Bの液体を適量入れた。気液平衡の状態に達したとき、bの水銀柱の高さは565 mm であった(図1)。

次の記述のうち、正しいものをすべて選び、すべて にマークせよ。ただし、水銀柱の上有る物質Bの液体の重さは無視できる。

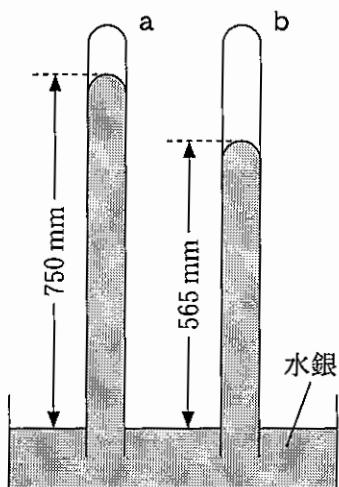


図1 水銀柱による圧力の測定

- ① このときの実験室内の空気の圧力は 750 mmHg である。
- ② 物質 B の 0°C における飽和蒸気圧は 185 mmHg である。
- ③ 実験室内の空気の圧力が大きくなると、b の水銀柱は低くなる。

2

各問い合わせに答えよ。

(1) ある揮発性の液体物質Xについて、次の順序でモル質量の測定を行った。

・内容積 V [L]の丸底フラスコに、小さい穴を開けたアルミ箔をかぶせて質量を測定すると、 m_1 [g]であった。

・このフラスコに液体のXを入れ、上記のアルミ箔でふたをした。図1のように湯に浸してXを完全に蒸発させたところ、Xの蒸気の一部が穴から逃げた。フラスコ内はXの蒸気で完全に満たされており、また、蒸気の温度は T_1 [K]であった。

・フラスコを湯から取り出し、 T_2 [K]まで手早く冷やして、フラスコ内の蒸気をすべて液体にした。フラスコのまわりの水をふき取り、液体が入った状態の丸底フラスコとアルミ箔の質量を測定した。その質量は m_2 [g]であった。

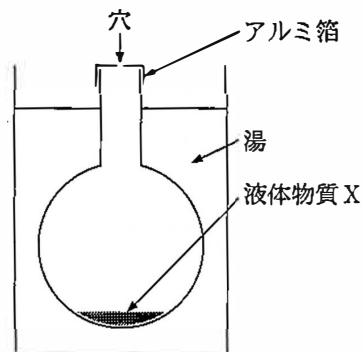


図1 モル質量の測定

Xのモル質量[g/mol]を表す式はどれか。最も適当なものを一つ選べ。ただし、大気圧を P [Pa]、気体定数を R [Pa·L/(K·mol)]とする。また、気体は理想気体とみなせるものとする。

ア

$$\textcircled{1} \quad \frac{(m_1 - m_2)RT_1}{PV}$$

$$\textcircled{2} \quad \frac{(m_1 - m_2)RT_2}{PV}$$

$$\textcircled{3} \quad \frac{(m_2 - m_1)RT_1}{PV}$$

$$\textcircled{4} \quad \frac{(m_2 - m_1)RT_2}{PV}$$

$$\textcircled{5} \quad \frac{(m_1 - m_2)T_1}{PVR}$$

$$\textcircled{6} \quad \frac{(m_1 - m_2)T_2}{PVR}$$

$$\textcircled{7} \quad \frac{(m_2 - m_1)T_1}{PVR}$$

$$\textcircled{8} \quad \frac{(m_2 - m_1)T_2}{PVR}$$

(2) ある温度の硫酸銅(II)の飽和水溶液 100 g を 20 °C まで冷却したところ、
25 g の硫酸銅(II)五水和物 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ が析出した。冷却前の温度は何°C
か。**①**~**⑥**のうちから最も近いものを一つ選び、**イ**にマークせよ。ただし、
硫酸銅(II) CuSO_4 の溶解度は図 2 に示す溶解度曲線から読み取れ。

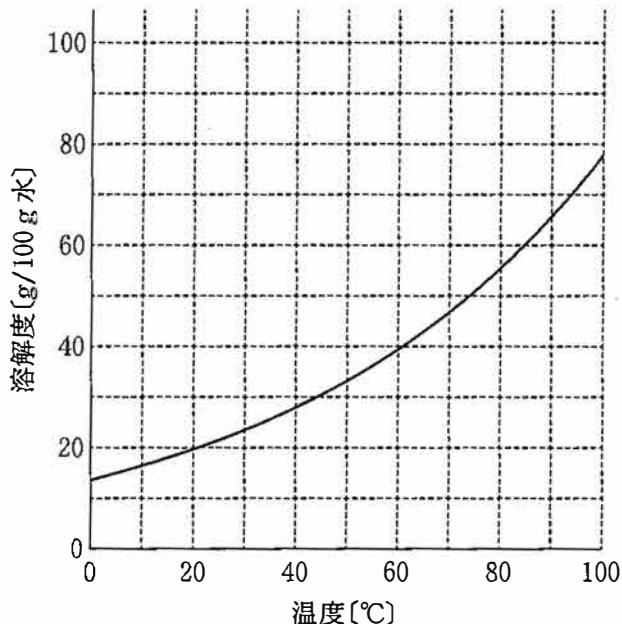


図 2 硫酸銅(II)の溶解度曲線

① 50 °C

② 55 °C

③ 60 °C

④ 65 °C

⑤ 70 °C

⑥ 75 °C

(3) 容積 1.0 L の容器 A, 容積

1.0 L の容器 B, 容積 8.0 L の容器 C が連結された装置があり、コックでそれぞれの容器が分けられている。コックを閉じた状態で、容器 A には CO_2 , 容器 B には Ar,

容器 C には N_2 が封入され、いずれも圧力は $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ であった(図 3)。温度一定のまま 2 つのコックを開き、3 つの気体を混合した。しばらくすると、全体が均一になった。この混合気体について、1), 2)に答えよ。ただし、連結部分の体積は無視できるものとする。また、各気体は互いに化学反応しないものとする。

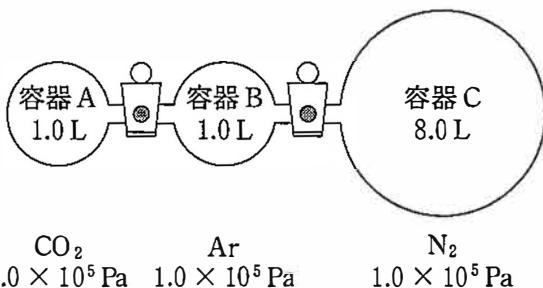


図 3 気体を混合する前の装置

1) N_2 の分圧は何 Pa か。□ウ, □エに数字を入れ、有効数字 2 術で示せ。

$$\boxed{\text{ウ}}.\boxed{\text{エ}} \times 10^4 \text{ Pa}$$

2) 全圧は何 Pa か。□オ～□キに数字を入れ、有効数字 2 術で示せ。

$$\boxed{\text{オ}}.\boxed{\text{カ}} \times 10^{\pm} \text{ Pa}$$

(4) グルコース $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 1.80 g の完全燃焼で発生する熱により、水 1.00 kg の温度を 10.0°C から 16.8°C に上昇させることができる。グルコースの燃焼熱は何 kJ/mol か。最も近いものを一つ選べ。ただし、水 1 kg の温度を 1 K 上昇させるのに必要な熱量を 4.2 kJ とし、発生する熱はすべて水の温度上昇に使われるものとする。□ク

① $1.6 \times 10^3 \text{ kJ/mol}$

② $2.9 \times 10^3 \text{ kJ/mol}$

③ $1.6 \times 10^4 \text{ kJ/mol}$

④ $2.9 \times 10^4 \text{ kJ/mol}$

⑤ $1.6 \times 10^5 \text{ kJ/mol}$

⑥ $2.9 \times 10^5 \text{ kJ/mol}$

⑦ $1.6 \times 10^6 \text{ kJ/mol}$

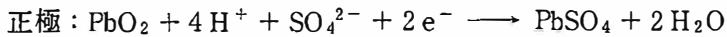
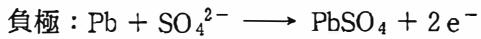
⑧ $2.9 \times 10^6 \text{ kJ/mol}$

(5) 次の①～⑤の化学反応のなかで、下線で示した原子について、酸化数の変化の絶対値が最も大きいのはどれか。一つ選べ。 ケ

- ① $2 \text{KMnO}_4 + 5 (\text{COOH})_2 + 3 \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow 2 \text{MnSO}_4 + 10 \underline{\text{C}}\text{O}_2 + 8 \text{H}_2\text{O} + \text{K}_2\text{SO}_4$
- ② $\text{K}_2\underline{\text{Cr}}_2\text{O}_7 + 4 \text{H}_2\text{SO}_4 + 3 \text{H}_2\text{O}_2 \longrightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \underline{\text{Cr}}_2(\text{SO}_4)_3 + 7 \text{H}_2\text{O} + 3 \text{O}_2$
- ③ $3 \text{Cu} + 8 \text{H}\underline{\text{N}}\text{O}_3 \longrightarrow 3 \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2 \underline{\text{N}}\text{O} + 4 \text{H}_2\text{O}$
- ④ $4 \text{H}\underline{\text{Cl}} + \text{MnO}_2 \longrightarrow \text{MnCl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + \underline{\text{Cl}}_2$
- ⑤ $2 \text{H}_2\text{S} + \underline{\text{S}}\text{O}_2 \longrightarrow 3 \underline{\text{S}} + 2 \text{H}_2\text{O}$

(6) 鉛蓄電池では、正極活物質に PbO_2 、負極活物質に Pb 、電解液に希硫酸が用いられている。放電すると両電極の表面に水に不溶な PbSO_4 が形成される。

放電時の両極における電子 e^- を含むイオン反応式は、次のとおりである。



- 1) 電流 5.0 A で 2 時間 40 分 50 秒の間、放電を行った。負極の質量は何 g 増加したか。四捨五入して値を整数で表すとき、ヨ～シに当てはまる数字を入れよ。コサシg

- 2) 上記 1) の放電前の電解液において、硫酸の質量パーセント濃度は 30 %、密度は 1.2 g/cm^3 、体積は 750 mL であった。放電後の電解液の質量は何 g か。四捨五入して値を整数で表すとき、ス～ソに当てはまる数字を入れよ。スセソg

(7) 成分元素の検出に関して、下線部に誤りを含む記述はどれか。一つ選べ。

タ

- ① 試料を白金線につけて、ガスバーナーの外炎に入れる。炎が黄色になった場合、試料にナトリウムが含まれる。
- ② 試料を完全燃焼させて、生じた気体を石灰水に通す。白濁した場合、試料に酸素が含まれる。
- ③ 試料を水酸化ナトリウムとともに加熱し、発生した気体に湿らせた赤色リトマス紙を近づける。青色に変化した場合、試料に窒素が含まれる。
- ④ 試料をナトリウムとともに加熱、融解し、水に溶かす。溶液を酢酸で酸性にし、酢酸鉛(II)水溶液を加える。黒色沈殿を生じた場合、試料に硫黄が含まれる。

(8) 硫酸銅(II)、硫酸亜鉛、硝酸銀の水溶液がある。次の記述a～cから、これら3種類の水溶液すべてに共通するものを正しく選んだのは①～⑦のどれか。

一つ選べ。チ

- a 塩酸を加えても沈殿を生じない。
- b アンモニア水を加えると沈殿が生じ、さらに過剰のアンモニア水を加えると沈殿が溶解する。
- c 水酸化ナトリウム水溶液を加えると沈殿が生じ、さらに過剰の水酸化ナトリウム水溶液を加えても沈殿は溶解しない。

① a

② b

③ c

④ a, b

⑤ a, c

⑥ b, c

⑦ a, b, c

3 各問いに答えよ。

(1) 次の元素の単体すべてに共通する性質として正しいものを二つ選び, アに
二つマークせよ。

Al, Au, Ag, Cu, Mg

- ① 常温で固体である。
- ② 銀白色である。
- ③ 電気をよく通す。
- ④ 水と激しく反応する。
- ⑤ 濃硝酸に対して、不動態をつくる。

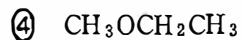
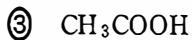
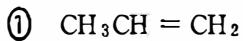
(2) 次の文中の A, B に適する語の組合せを一つ選べ。イ

製鉄所では、溶鉱炉から取り出した銑鉄を転炉に移し、Aを吹き込む。この操作で銑鉄に含まれているBを少なくして鋼を得ている。

	A	B
①	酸 素	水 素
②	酸 素	炭 素
③	酸 素	窒 素
④	水 素	酸 素
⑤	水 素	炭 素
⑥	水 素	窒 素

(3) 下の①~⑥の化合物のうち、次の 3 つの記述がすべて当てはまるものはどれか。一つ選べ。 ウ

- ・アルコールの酸化により得られる。
- ・ヨードホルム反応を示す。
- ・銀鏡反応を示す。

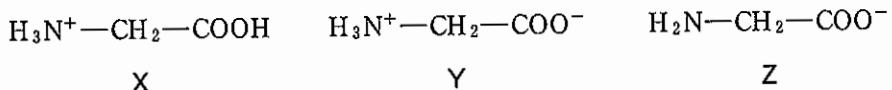


(4) 次の記述をもとに化合物 A の構造式を推定せよ。①～⑩のうちで当てはまるものを一つ選べ。 □

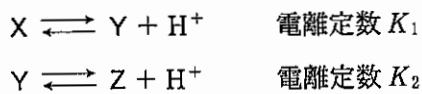
- ・ A を加水分解すると、化合物 B と化合物 C が得られた。
- ・ B は芳香族化合物であった。
- ・ B に炭酸水素ナトリウム水溶液を加えると、二酸化炭素が発生した。
- ・ 酸化剤を用いて B を酸化すると芳香族化合物 D となり、D を加熱すると分子内で脱水反応が起こった。
- ・ C には不斉炭素原子がある。

① 	②
③ 	④
⑤ 	⑥
⑦ 	⑧
⑨ 	⑩

(5) グリシンは、水溶液中で次の X, Y, Z の 3 種類の形で存在する。



これらの間には次の電離平衡が成立し、水溶液の pH に応じて X, Y, Z のモル濃度が変化する。

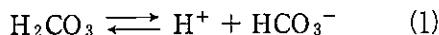


ここで、 $K_1 = 4.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$, $K_2 = 2.5 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$ とする。pH 5.5 の水溶液中において、Z のモル濃度は X のモル濃度の何倍か。[オ] ~ [ク]に数字または符号を入れ、有効数字 2 桁で示せ。

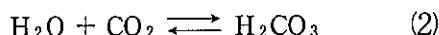
[オ]. [カ] $\times 10^{[\pm] \text{ク}}$ 倍

(6) 次の文章中の A ~ C に適する語の組合せを一つ選べ。 ケ

生体には、体液などの pH を一定に保ち続ける仕組みがある。そのひとつとして炭酸 H_2CO_3 と炭酸水素イオン HCO_3^- からなる緩衝系がある。この緩衝系では、次の電離平衡が、酸や塩基が加えられたことによる pH の変化をやわらげている。



また、 H_2CO_3 は水 H_2O に二酸化炭素 CO_2 が溶解することによって生じ、次の平衡の関係にある。



外的要因または内的要因により体液に H^+ が供給されると、式(1)の電離平衡が A 向きに移動して H^+ の増加がやわらげられ、 H_2CO_3 が B する。これにより、式(2)の平衡が C 向きに移動し、 H_2O と CO_2 が増加する。

	A	B	C
①	右	増 加	右
②	右	増 加	左
③	右	減 少	右
④	右	減 少	左
⑤	左	増 加	右
⑥	左	増 加	左
⑦	左	減 少	右
⑧	左	減 少	左

(7) 次の文章を読み、1)～3)の問い合わせに答えよ。なお、図中の構造式は立体異性体を区別していない。

いくつかの¹⁾ α -アミノ酸は、生体内でヒドロキシ化や脱炭酸などの過程を経て、アドレナリンやセロトニンのようなホルモンや神経伝達物質に変化する。

図1(次ページ)はノルアドレナリン、アドレナリンの合成過程である。フェニルアラニンのベンゼン環がヒドロキシ化されて、チロシンに変化する。さらにヒドロキシ化され、L-ドーパとなる。L-ドーパからカルボキシ基が脱離(脱炭酸)²⁾し、ドーバミンへと変化する。ドーバミンの炭素鎖の一部がヒドロキシ化されてノルアドレナリンに、さらにアミノ基がメチル化されることでアドレナリンとなる。

また、図2(次ページ)に示すように、トリプトファンのヒドロキシ化、脱炭酸を経てセロトニンが合成される。セロトニンがアセチル化³⁾され、さらに、ヒドロキシ基がメチル化を受けることでメラトニンが合成される。

1) 下線部¹⁾ α -アミノ酸に関する記述a～cについての正誤の組合せとして、

最も適当なものを下の①～⑧のうちから一つ選べ。

- a アミノ基とカルボキシ基を一つずつもつすべての α -アミノ酸では、アミノ基とカルボキシ基が同一の炭素原子に結合している。
- b すべての α -アミノ酸に鏡像異性体が存在する。
- c すべての α -アミノ酸の等電点は7.0である。

	a	b	c
①	正	正	正
②	正	正	誤
③	正	誤	正
④	正	誤	誤
⑤	誤	正	正
⑥	誤	正	誤
⑦	誤	誤	正
⑧	誤	誤	誤

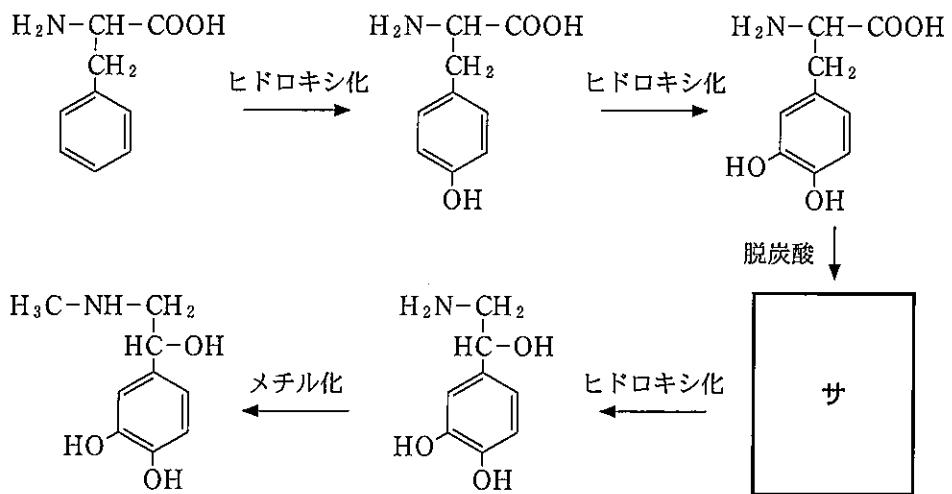


図1 フェニルアラニンからノルアドレナリン、アドレナリンが合成される過程

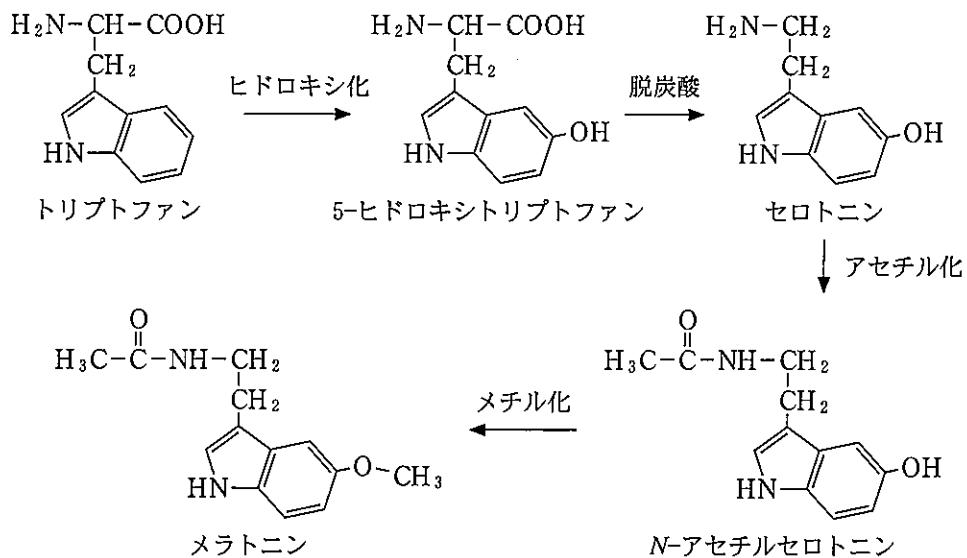
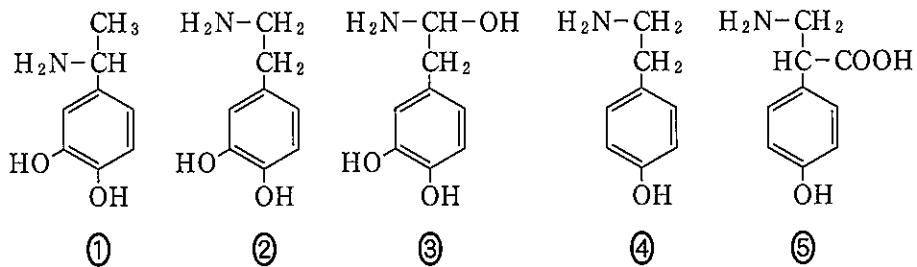


図2 トリプトファンからセロトニン、メラトニンが合成される過程

化学の問題は次ページに続く。

2) 図1のフェニルアラニンからノルアドレナリン、アドレナリンが合成される過程において、空欄 **サ** には、下線部ドーパミンが当てはまる。ドーパミンの構造式はどれか。一つ選べ。 **サ**



3) 下線部アセチル化で形成される結合はどれか。一つ選べ。 **シ**

- ① アミド結合 ② エーテル結合 ③ エステル結合
 ④ グリコシド結合 ⑤ 水素結合