

2025 年度

理 科 問 題

(物理・化学・生物・地学)

物理：2～9 ページ	解答用紙 3 枚
化学：10～23 ページ	解答用紙 5 枚
生物：24～39 ページ	解答用紙 4 枚
地学：40～45 ページ	解答用紙 3 枚

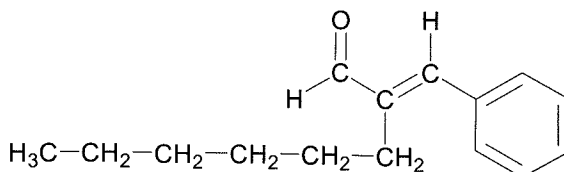
注 意 事 項

- 1 問題冊子は、監督者が「解答始め」の指示をするまで開かないこと。
- 2 問題冊子や解答用紙に脱落のあった場合には申し出ること。
- 3 解答用紙の各ページ所定欄に、それぞれ受験番号（最後のページは、左右2箇所）、氏名を必ず記入すること。なお、解答用紙は上部で接着してあるので、はがさず解答すること。
- 4 解答は、すべて解答用紙の所定欄に記入すること。
- 5 解答以外のことを書いたときは、該当箇所の解答を無効とすることがある。
- 6 解答用紙の裏面は計算等に使用してもよいが、採点はしない。
- 7 現代システム科学域の受験者は、「物理」・「化学」・「生物」・「地学」のうちから1科目を選択し、解答すること。
- 8 理学部の受験者は、次により解答すること。なお、第2・3志望がある場合、志望する学科についても確認すること。
 - (1) 数学科・生物学科・地球学科・生物化学科を志望する者は「物理」・「化学」・「生物」・「地学」のうちから2科目を選択し、解答すること。
 - (2) 物理学科を志望する者（第3志望までを含む）は、「物理」とその他に「化学」・「生物」・「地学」のうちから1科目を選択し、計2科目を解答すること。
 - (3) 化学科を志望する者（第3志望までを含む）は、「物理」・「化学」の計2科目を解答すること。
- 9 工学部の受験者は、「物理」・「化学」の計2科目を解答すること。
- 10 農学部・獣医学部・医学部医学科の受験者は、「物理」・「化学」・「生物」のうちから2科目を選択し、解答すること。
- 11 生活科学部食栄養学科の受験者は、「物理」・「化学」・「生物」のうちから1科目を選択し、解答すること。
- 12 問題冊子の余白は下書きに使用してもよい。
- 13 問題冊子及び選択しなかった科目の解答用紙は持ち帰ること。

化 学

第 1 問 (34点)

次の問 1 と問 2 に答えよ。構造式は下の例にならって記せ。



問 1 次の文章を読み、(1)～(5)の問いに答えよ。

ベンゼン環をもつ化合物 **A**, **B**, **C** (三つの化合物は、全て 分子式 $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_2$ である)^[1]の混合物をジエチルエーテルに溶解した。化合物 **A** および **C** はメタ位の二置換体であり、化合物 **B** のみ一置換体である。混合物の溶液と炭酸水素ナトリウム水溶液を、同じ分液ろうとに入れよく振りまぜたところ、気体が発生し化合物 **A** のみが水層①に移動した。また、分離したエーテル層②を蒸発乾固させたところ、化合物 **B** および **C** の混合物が得られた。この混合物をフラスコに移し、水酸化ナトリウム水溶液を加えて懸濁液とし、十分にかき混ぜると均一溶液が得られた。この反応溶液に二酸化炭素を十分に通じた後、分液ろうとに移し、ジエチルエーテルを加えてエーテル層③と水層④に分離した。エーテル層③を蒸発乾固させると、化合物 **D** のみが得られた。化合物 **D** に塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると青紫色に呈色した。分離した水層④に塩酸を加えていくと、化合物 **E** が白色固体として析出したので、吸引ろ過で集めた。このろ液をアンモニア性硝酸銀水溶液に加え加熱すると、銀が析出した。^[2]

(1) 下線部 [1] について、分子式 $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_2$ の構造異性体の中で、ベンゼン環、およびケトンを含み構造中に含む化合物はいくつ存在するか、数字で答えよ。

(2) 化合物 **A**, **B**, **C**, **D** の構造式を記せ。

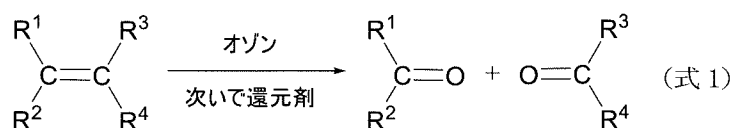
(3) 化合物 **E** の化合物名を答えよ。

- (4) 下線部 [2] について，アンモニア性硝酸銀水溶液と反応している化合物は何か．化合物名を答えよ．
- (5) 化合物 **D**，化合物 **E**，炭酸（二酸化炭素の水溶液），塩酸について，次の（あ）～（お）の記述から間違っているもの全てを選び，記号で答えよ．
- （あ） 化合物 **E** は炭酸よりも強い酸である．
 - （い） 塩酸は炭酸よりも強い酸である．
 - （う） 化合物 **D** は炭酸よりも強い酸である．
 - （え） 化合物 **E** は化合物 **D** よりも弱い酸である．
 - （お） 塩酸は化合物 **E** よりも強い酸である．

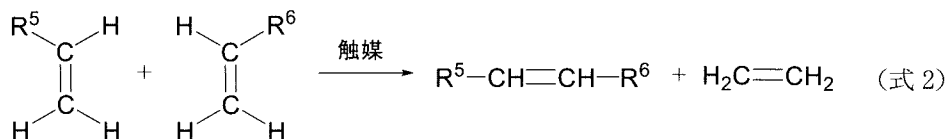
問2 次の文章を読み、(1)～(3)の問いに答えよ。ただし、構造式を記す問題では、シーストランス異性体は区別して記し、光学異性体は区別しなくてよい。

化合物 **F** および **G** は、それぞれ C_4H_8O および $C_6H_{12}O$ の分子式を有する。これらを白金触媒存在下、水素と反応させると、それぞれ $C_4H_{10}O$ および $C_6H_{14}O$ の分子式を有する化合物 **H** および **I** が得られた。化合物 **H** を、ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液と共に加熱すると黄色結晶が得られた。また、化合物 **I** に希硫酸と二クロム酸カリウムを加えて十分に加熱すると、酸性を示す化合物 **J** が得られた。化合物 **J** は分岐鎖のない直鎖状構造を有する。化合物 **F** および **G** を個別にオゾン分解（補足説明 a を参照のこと）させると、いずれも化合物 **K** を含む混合物が得られた。化合物 **G** を酢酸と縮合させると化合物 **L** が得られた。化合物 **F** と **L** とでクロスメタセシス（補足説明 b を参照のこと）を行ったところ、エチレンが発生すると共にトランス体である化合物 **M** が得られた。

[補足説明 a] オゾン分解は、分子中の炭素-炭素二重結合にオゾンを反応させた後、還元剤で処理をすることで、二重結合を切断し二つのカルボニル基へと変換する反応である。以下の式 1 にその例を示す。ここで $R^1 \sim R^4$ は種々の原子や原子団である。



[補足説明 b] メタセシス反応はオレフィンメタセシスとも呼ばれ、触媒の存在下における、アルケンの炭素-炭素二重結合の組み替え反応である。メタセシス反応を異なる二分子間の連結に応用した反応を、クロスメタセシスと呼ぶ。置換基を一つもつアルケン同士のクロスメタセシスについて、以下の式 2 にその例を示す。ここで R^5 および R^6 は種々の原子や原子団である。



(1) 化合物 **F** および **G** の構造式を記せ.

(2) 化合物 **K** に関する以下の文章について、空欄 および に当てはまる適切な化合物名を記せ.

化合物 **K** を還元して得られる常温・常圧で液体の は、工業的には主に と 2 倍の物質量の水素を高温・高圧下で反応させて得られる.

(3) 化合物 **M** の構造式を記せ.

化 学

第 2 問 (33点)

次の問 1 と問 2 に答えよ。必要であれば次の数値を用いよ。

原子量：H = 1.0, O = 16, S = 32, K = 39, Ni = 59, Pb = 207.

気体定数： $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$. ファラデー定数： $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$.

問 1 次の文章を読み、(1)～(4)の問いに答えよ。

1990 年に実用化されたニッケル・水素電池は携帯機器の電源などに使われる充放電可能な二次電池であり、その起電力は約 1.2 V である。一般的なニッケル・水素電池は図のような構成であり、正極に酸化水酸化ニッケル $\text{NiO}(\text{OH})$ を、負極に水素吸蔵合金 M に水素を吸蔵した金属水素化物 MH_x を、電解液に水酸化カリウム KOH 水溶液を用いている。セパレーターは水やイオンを通し、正極と負極との直接接触を避けるためのものである。スイッチを電球側につなぐと放電が始まり、正極は $\text{Ni}(\text{OH})_2$ に、負極は M に変化する。スイッチを電源側につなぐと充電が始まり、放電とは逆の反応が起こり、元に戻ることができる。また、充放電の際には電解液 KOH 水溶液の濃度は変化しない。

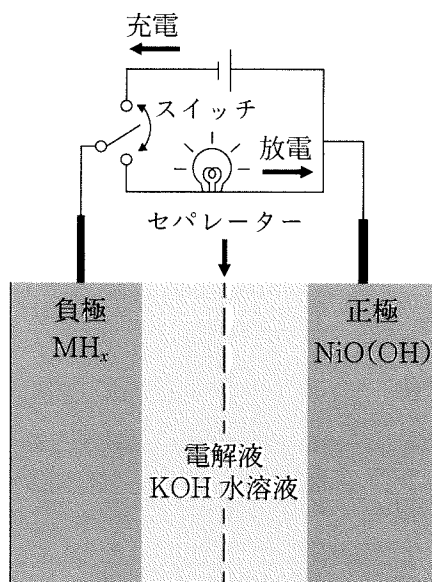


図 ニッケル・水素電池の構成

- (1) ニッケル・水素電池を放電しても水素吸蔵合金 M 中の合金の組成は変化しないものとする。このとき、放電の際の正極、負極での反応を電子 e^- を含む反応式で答えよ。ただし、反応式中では水素を吸蔵する前と後の合金をそれぞれ M および MH_x とせよ。
- (2) 放電の際の電池全体の反応式を答えよ。

(3) 充電時、正極の $\text{Ni}(\text{OH})_2$ の全てが $\text{NiO}(\text{OH})$ に、負極の M の全てが MH_x にそれぞれ戻るが、それでもなお充電することを過充電という。過充電を続けると水の電気分解が起こり、正極および負極から気体が発生し、電池内部の圧力が上がり、場合によっては破裂する危険を伴う。そこで、現在市販されている密閉型のニッケル・水素電池では、負極の MH_x の量を正極の $\text{NiO}(\text{OH})$ よりも多く充填することによって、正極および負極で発生した気体と反応させることでその問題に対処している。正極で発生した気体は MH_x と反応し水を生じる。この反応の反応式を答えよ。

(4) あるニッケル・水素電池では La （ランタン）と Ni とで構成される平均原子量 72 の水素吸蔵合金 $\text{M}_{(\text{La-Ni})}$ が用いられている。この $\text{M}_{(\text{La-Ni})}$ 10 g に 273 K (0 °C), 1.0×10^5 Pa において水素 Y [L] を貯蔵させたところ、質量が 1.4% 増加することがわかった。以下の (i)～(iii) の問いに答えよ。

(i) 下線部 [1] について、273 K (0 °C), 1.0×10^5 Pa における Y の値を有効数字 2 桁で求めよ。また、水素吸蔵後の $\text{M}_{(\text{La-Ni})}\text{H}_x$ の x の値を小数第 1 位を四捨五入し、整数で答えよ。ただし水素ガスは理想気体とみなすものとする。

(ii) この水素吸蔵合金 $\text{M}_{(\text{La-Ni})}$ を用いたニッケル・水素電池を充電して蓄えることができる電気量は $\text{A} \cdot \text{h}$ （アンペア時）で表され、 $1 \text{ A} \cdot \text{h}$ は、1 A の電流が 1 時間流れた時の電気量を意味する。完全に放電した状態で 5.1 g の $\text{M}_{(\text{La-Ni})}$ を用いたニッケル・水素電池が 1 回の充電で蓄えられる電気量 [$\text{A} \cdot \text{h}$] の最大値を有効数字 2 桁で求めよ。ただし、充電時の $\text{M}_{(\text{La-Ni})}$ の水素吸蔵量は温度や圧力に依存しないものとする。

(iii) この水素吸蔵合金 $\text{M}_{(\text{La-Ni})}$ 5.10 g を用いたニッケル・水素電池を完全に充電した場合、理論上、0.142 A の電流が何時間にわたって取り出せるか、四捨五入して小数第 1 位まで求めよ。また、このとき、正極の質量は何 g 変化するか、質量の増減を示す正負の符号とともに有効数字 2 桁で求めよ。

問2 次の(1)と(2)の問いに答えよ。

(1) 原子番号20以下の異なる元素a～fに関する次の記述①～⑤を読み、(i)～(iii)の問いに答えよ。必要であれば次の値を用いよ。 $\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$, $\pi = 3.14$.

- ① 元素aと元素bは周期表の同じ周期に属する。
- ② 元素aの単体は、原子が共有結合で正四面体構造をとって連なった結晶構造をもつ。
- ③ 元素bの酸化物はボーキサイトの主成分であり、水に溶けにくい。
- ④ 元素cの単体は体心立方格子の結晶を形成し、水と激しく反応して赤紫色の炎を生じる。
- ⑤ 元素dの単体は常温で水と激しく反応し、その際、元素dと元素eからなる化合物および元素fの単体を生じる。

(i) 記述⑤の反応を化学反応式で記せ。

(ii) 異なる種類の原子が結合するとき、共有電子対をそれぞれの原子が引き寄せる強さの尺度を(ア)と呼ぶ。(ア)にあてはまる語句を記せ。また、元素a～fのうち(ア)が最小のものと最大のものを、それぞれ元素記号で答えよ。

(iii) 次の1～5の記述のうち正しいものを全て選び、番号で答えよ。

- 1. ミョウバンは元素bと元素cを1:1の数比で含み、水に溶かすと酸性を示す。
- 2. 元素cの単体の結晶において、原子を互いに接する球と仮定したとき、原子が単位格子中で占める体積の割合は約68%である。
- 3. 元素dと元素eからなる化合物の水溶液は強酸性を示す。
- 4. 元素eの単体は高温で多くの金属酸化物を還元する。
- 5. 酸化マンガン(IV)に濃塩酸を加えて加熱すると、元素fの単体が生じる。

(2) 次の文章を読み、(i)～(iv)の問いに答えよ。

硫酸は、鉛蓄電池や金属精錬、製紙、食品工業など、化学工業に広く利用されており、工業的には接触法と呼ばれるプロセスにより製造されている。この製法では、硫黄の燃焼で得られる二酸化硫黄を、触媒を用いて空気酸化して三酸化硫黄とする。これを濃硫酸に吸収させて発煙硫酸とした後、希硫酸と混合して濃硫酸を得る。このとき三酸化硫黄は全て水と反応して硫酸となる。

(i) 二酸化硫黄は黄鉄鉱 FeS_2 の燃焼により酸化鉄(Ⅲ)と共に製造することができる。この反応の化学反応式を記せ。

(ii) 接触法において、二酸化硫黄を三酸化硫黄に酸化する反応の化学反応式を記せ。

(iii) 1.60 kg の硫黄を全て燃焼させて二酸化硫黄とし、それを全て酸化して三酸化硫黄を得た。なお、これらの酸化反応は、いずれも完全に進行した。この三酸化硫黄の全量を質量 X [kg] の 98.0%濃硫酸に吸収させた後、18.0%希硫酸を必要量加えたところ、全ての三酸化硫黄が反応して 98.0%の濃硫酸が Y [kg] 得られた。このときの 98.0%濃硫酸の増加量 $Y-X$ [kg] はいくらか、四捨五入して小数第 1 位まで答えよ。

(iv) 以下の A～D の操作のうち、消費される硫酸の物質量が 2 番目と 3 番目に多いものはどれか、記号で答えよ。なお、反応には十分な量の硫酸が与えられたものとする。

- A. 導線で結んだ垂鉛板と銅板を希硫酸に浸すと、0.12 mol の気体が発生した。
- B. 0.075 mol の銅片を熱濃硫酸に全て溶かした。
- C. 0.12 mol の過マンガン酸カリウムを希硫酸に溶かし、十分な量の過酸化水素水を加えた。
- D. 鉛蓄電池を 1.4 A の電流で 9650 秒間放電した。

化 学

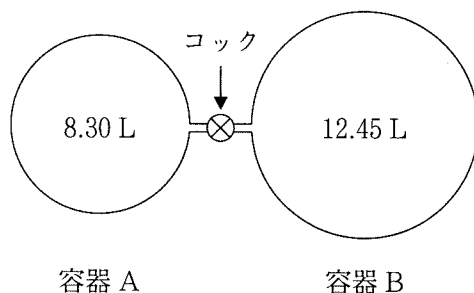
第 3 問 (33点)

次の問1と問2に答えよ。

問1 次の文章を読み、(1)と(2)の問いに答えよ。

気体定数は $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ ，絶対零度は $-273 \text{ }^\circ\text{C}$ として計算せよ。

容積 8.30 L の耐圧容器 A と容積 12.45 L の耐圧容器 B が連結され、これらの二つの容器はコックで仕切られている。両方の容器全体の温度は $27 \text{ }^\circ\text{C}$ に保持され、コックが閉じられた状態で、容器 A には分圧 $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ の窒素と分圧 $0.75 \times 10^5 \text{ Pa}$ のペンタン (C_5H_{12}) が、容器 B には分圧 $2.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ の窒素と分圧 $0.50 \times 10^5 \text{ Pa}$ のペンタンが入っている。ここで、気体状態の窒素とペンタンは理想気体の状態方程式に従ってふるまうものとする。 $27 \text{ }^\circ\text{C}$ におけるペンタンの飽和蒸気圧は $0.76 \times 10^5 \text{ Pa}$ ， $-23 \text{ }^\circ\text{C}$ におけるペンタンの飽和蒸気圧は $0.10 \times 10^5 \text{ Pa}$ とし、 $27 \text{ }^\circ\text{C}$ ，および、 $-23 \text{ }^\circ\text{C}$ では窒素は液体状態にはならないと考えてよい。また、コックおよび連結部分の容積は無視できるものとし、液体状態のペンタンの体積は容器の容積と比べて無視できるものとする。また、液体状態のペンタンへの窒素の溶解は起きないものとして考える。



- (1) 両方の容器全体の温度を $27 \text{ }^\circ\text{C}$ に保持した状態でコックを開き、十分に時間をおいた。容器内の窒素の分圧 $P_{\text{N}_2}(1) [\text{Pa}]$ とペンタンの分圧 $P_{\text{C}_5\text{H}_{12}}(1) [\text{Pa}]$ を、それぞれ有効数字2桁で求めよ。

(2) コックが開いた状態で、容器 B の温度を 27°C に保持したまま、容器 A の温度のみを -23°C に冷却し、十分に時間をおいたところ、容器内にペンタンの液体が生じた。以下の (i) ~ (ii) の問いに答えよ。

(i) この状態における窒素の全物質量のうち容器 A 内に存在する窒素の割合 $x_{\text{N}_2}(\text{A})$ [%] と容器内の窒素の分圧 $P_{\text{N}_2}(\text{2})$ [Pa] を、それぞれ有効数字 2 桁で求めよ。

(ii) この状態における容器内のペンタンの分圧 $P_{\text{C}_5\text{H}_{12}}(\text{2})$ [Pa] と液体状態のペンタンの物質量 n_{ℓ} [mol] を、それぞれ有効数字 2 桁で求めよ。

問2 次の(1)と(2)の問いに答えよ。

- (1) 次の文章を読み、(i)～(iii)の問いに答えよ。ただし、水の密度を 1.00 g/cm^3 、ヨウ素の原子量は $I = 127$ とする。また、液体に溶解したヨウ素の体積は無視できるものとする。

ヨウ素は水に溶けにくく、純水 100 g に対する溶解度は、 20°C でごくわずかである。一方、ヨウ化カリウム水溶液はヨウ素をよく溶かし、褐色の水溶液を与える。これは、ア の平衡反応により、ヨウ素が水に溶けやすい物質に変化するためである。

ヨウ素は有機溶媒のヘキサンにはよく溶解する。そのため、水に含まれるヨウ素をヘキサンで抽出することができる。混じり合わないヘキサンと水の二層では、ヨウ素は両液層を行き来して平衡状態になっており、この平衡を分配平衡という。このとき、ヘキサン中のヨウ素のモル濃度を C_o [mol/L]、水中のヨウ素のモル濃度を C_w [mol/L] とすると、式1の関係が成り立つ。

$$K_D = C_o / C_w \quad (\text{式1})$$

ここで、 K_D を分配係数といい、温度が一定ならば一定の値を示す。

- (i) ア にあてはまる平衡反応についてイオン反応式を答えよ。

- (ii) 20°C において濃度 0.100 mol/L のヨウ化カリウム水溶液 100 mL にヨウ素を加えたところ、最大で 1.27 g を溶解させることができた。これは 20°C で純水 100 mL に溶かすことができるヨウ素の50倍の量であった。 1.27 g のヨウ素を加えたあとのヨウ化カリウム水溶液中におけるヨウ化物イオンの濃度 $[I^-]$ [mol/L] を答えよ。また、ア の反応の 20°C における平衡定数 K (20°C) [$(\text{mol/L})^{-1}$] の値を求め、有効数字2桁で答えよ。

- (iii) 25℃において、濃度 $5.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ のヨウ素を含むヘキサン溶液 200 mL とヨウ化カリウムを含む水溶液 1000 mL を分液ろうとに入れ、よく振り混ぜた後、静置したところ、ヨウ素の一部が水溶液に移動し、分配平衡状態となった。このとき、水溶液中に含まれるヨウ化物イオンの濃度を調べると、 $2.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ であった。このとき、ヘキサン層から水層へ抽出されたヨウ素の物質量を有効数字 2 桁で答えよ。ただし、ヘキサン層中にはヨウ素のみが溶けており、水溶液中では ア の反応のみが起こるものとする。また、25℃における K_D を 30、ア の平衡定数 K (25℃) を $1.00 \times 10^3 \text{ (mol/L)}^{-1}$ とする。

(2) 次の文章を読み、(i)～(iii)の問いに答えよ。

弱塩基とその塩の混合水溶液には、その中に酸や塩基の水溶液がわずかに混入しても、pHの値をほぼ一定に保つはたらきがある。このようなはたらきを緩衝作用といい、緩衝作用のある水溶液を緩衝液という。

- (i) アンモニアの濃度が C_X [mol/L]、塩化アンモニウムの濃度が C_Y [mol/L] となるように緩衝液を調製した。アンモニアの水中における電離定数を K_b [mol/L]、水のイオン積を K_W [(mol/L)²] としたとき、この水溶液の水素イオン濃度 $[H^+]$ [mol/L] を表す数式を C_X 、 C_Y 、 K_b および K_W を用いて答えよ。ただし、水溶液中において塩化アンモニウムは完全に電離し、アンモニアの電離度は1に比べて非常に小さいものとする。
- (ii) 25℃で pH 9.00 の緩衝液をつくるには、0.240 mol/L のアンモニア水溶液 500 mL に固体の塩化アンモニウムを何 g 加えたらよいか。有効数字 2 桁で答えよ。ただし、25℃において、 $K_b = 2.00 \times 10^{-5}$ mol/L、 $K_W = 1.00 \times 10^{-14}$ (mol/L)²、塩化アンモニウムの式量を $NH_4Cl = 53.5$ とする。また、溶かした塩化アンモニウムは完全に電離し、固体の溶解により溶液の体積は変化しないものとする。
- (iii) (ii)の緩衝液に 0.400 mol/L の塩酸 100 mL を加えた。添加後の pH について、四捨五入して小数第 2 位まで答えよ。ただし、 $\log_{10}7 = 0.845$ 、 $\log_{10}5 = 0.699$ 、 $\log_{10}3 = 0.477$ 、 $\log_{10}2 = 0.301$ のうち必要な値を使ってもよい。

(余 白)