

平成 29 年度入学者選抜学力検査問題

- 13 時 00 分 —— 14 時 30 分 **地域デザイン科学部志願者** (社会基盤デザイン学科を志願した者)
- 13 時 00 分 —— 14 時 30 分 **工学部志願者** (機械システム工学科・電気電子工学科・情報工学科を志願した者)
- 13 時 00 分 —— 15 時 30 分 **工学部志願者** (応用化学科を志願した者)
- 13 時 00 分 —— 14 時 30 分 **農学部志願者** (生物資源科学科・応用生命化学科・森林科学科を志願した者)

**理 科** (本文 26 ページ)

- [注意]
1. 検査開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけない。
  2. 「受験番号」は、解答用紙の受験番号欄に忘れずに記入すること。
  3. この問題冊子には、「物理 1 頁～8 頁(4 問題)」、「化学 9 頁～20 頁(4 問題)」、「生物 21 頁～26 頁(3 問題)」の 3 科目の問題がある。落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあつた場合は、申し出ること。
  4. 解答は、必ず解答用紙の解答欄に記入すること。所定の欄以外に記入したものは、無効である。
  5. **地域デザイン科学部**「社会基盤デザイン学科」の志願者は、物理の第 1 問～第 4 問を解答すること。
  6. **工学部**「機械システム工学科・電気電子工学科・情報工学科」の志願者は、物理の第 1 問～第 4 問を解答すること。「応用化学科」の志願者は、化学の第 1 問～第 4 問を解答すること。
  7. **農学部**「生物資源科学科」の志願者は、届け出た 1 科目を選択し、化学は第 1 問～第 2 問を、生物は第 1 問～第 3 問を解答すること。「応用生命化学科」の志願者は、化学の第 1 問～第 2 問を解答すること。「森林科学科」の志願者は、届け出た 1 科目を選択し、物理は第 1 問～第 3 問を、化学は第 1 問～第 2 問を、生物は第 1 問～第 3 問を解答すること。
  8. 問題または解答用紙に指示がある場合は、必ず計算過程も記入すること。
  9. 計算用紙は別に配付しないので、問題冊子の余白を使うこと。

# 化 学

(答えは解答用紙の所定欄に記入せよ。)

第1問から第4問について、必要があれば、次の数値を使うこと。

原子量  $H = 1.0$ ,  $C = 12.0$ ,  $N = 14.0$ ,  $O = 16.0$ ,  $Na = 23.0$ ,  $Mg = 24.3$ ,

$Al = 27.0$ ,  $Cl = 35.5$ ,  $Fe = 55.9$ ,  $Pt = 195.1$

気体定数  $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ , アボガドロ定数  $N_A = 6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$

気体はすべて理想気体とする。

字数が指定されている解答は、以下の例にならって記述せよ。

例

H	₂	O	は	,	H	⁺	と	反	応	す	る	が	,
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

**第1問** 鉄に関する以下の問1および問2に答えよ。なお、物質量および濃度を求める問いでは、計算過程を記し、解答は  $a \times 10^n$  ( $a$ は、小数点以下2桁目を四捨五入した、 $1 \leq a < 10$ の範囲の小数点以下1桁の数値で、 $n$ は整数)の形で表すこと。例えば、0.56は  $5.6 \times 10^{-1}$  と記す。

問1 次の文章を読んで、以下の問い(1)~(3)に答えよ。

塩化鉄(Ⅲ)の水溶液を ア 類に加えると青~赤紫に呈色する。また、① 塩化鉄(Ⅲ)の水溶液を沸騰水に少しずつ加えると、正の電荷を帯びている、水酸化鉄(Ⅲ)の濃い赤褐色のコロイド溶液になる。この水酸化鉄(Ⅲ)コロイド溶液に少量の電解質を加えると、その電解質から生じるイオンによって、コロイド粒子は集合して沈殿する。この現象を イ という。

(1) 下線部①について、以下の問い(i)および(ii)に答えよ。

(i) ア にあてはまる語句を記せ。

(ii) 次の化合物のうち、呈色するものを○、呈色しないものを×で答えよ。

- (a) エチレングリコール
- (b) *o*-クレゾール
- (c) ベンゼンスルホン酸
- (d) サリチル酸
- (e) サリチル酸メチル
- (f) アセチルサリチル酸

(2) 下線部②について、以下の問い(i)および(ii)に答えよ。

(i) この化学反応を化学反応式で記せ。

(ii) このコロイド溶液を透析して、純粋な水酸化鉄(Ⅲ)のコロイド溶液を得た。この溶液の浸透圧を、27℃で測定したところ、 $3.0 \times 10^4$  Paであった。水酸化鉄(Ⅲ)のコロイド粒子を溶質分子とみなして、その濃度 [mol/L] を求めよ。

(3) 下線部③について、以下の問い(i)および(ii)に答えよ。

(i)  にあてはまる語句を漢字で記せ。

(ii) 水酸化鉄(Ⅲ)コロイド溶液に、下記の化合物をそれぞれ2.5 mgを添加して、コロイド粒子を沈殿させた。このコロイド粒子を沈殿させる効果が最も大きい化合物を、(a)~(c)の中から選び、記号で答えよ。また、その理由も述べよ。なお、添加した化合物はコロイド溶液にすべて溶解するものとする。

(a) NaCl

(b)  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$

(c)  $AlCl_3 \cdot 6H_2O$

問 2 次の文章を読んで、以下の問い(1)~(5)に答えよ。

生体は、呼吸によって酸素を取り込み<sup>①</sup>二酸化炭素を排出している。体内で酸素の運搬を担っているのは、主に血液中の水と分子量 64400 のヘモグロビン(Hb)である。血液への酸素の溶解量は、この水に溶解する量とヘモグロビンに結合する量によって決まる。ヘモグロビンは色素タンパク質のひとつで、ヘモグロビン内には二価の鉄イオンが4つあり、1つの鉄イオンに1つの酸素分子が可逆的に配位結合する。よってヘモグロビンと酸素分子との結合を平衡反応式で表すと、 $\text{Hb} + 4 \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{Hb}(\text{O}_2)_4$ となる。

血液への酸素の溶解量を調べるために、密閉容器に、ヘモグロビン濃度が 0.161 g/mL の<sup>②</sup>ヘモグロビン水溶液(人工血液)を 100 mL 入れ、密閉容器内の酸素の圧力  $P_{\text{O}_2}$  を変化させて、ヘモグロビンに結合した酸素の量の割合(酸素飽和度)を測定した。この結果を図 1—1 に示す。ヘモグロビン内のすべての鉄イオンに酸素分子が結合したとき、酸素飽和度は 100 % となる。

図 1—1 によると、ヘモグロビンの酸素飽和度は、 $P_{\text{O}_2} = 14.0 \text{ kPa}$  (状態 A : 人体の肺での酸素の圧力に相当)では 98.0 %、 $P_{\text{O}_2} = 2.50 \text{ kPa}$  (状態 B : 組織の細胞での酸素の圧力に相当)では 30.0 % である。ヘモグロビンに結合する量とヘンリーの法則に従って水に溶解する量は、<sup>③</sup>どちらも酸素の圧力<sup>④</sup>に依存している。

- (1) 二酸化炭素(下線部①)を構成する、炭素原子および酸素原子の電子式、価電子数、不対電子数、原子価を書け。
- (2) 下線部②の水溶液(100 mL)の鉄イオンの物質量[mol]を求めよ。
- (3) 下線部③について、状態 A および状態 B において、ヘモグロビン水溶液(100 mL)中で、ヘモグロビンに結合している酸素の物質量[mol]をそれぞれ求めよ。

(4) ヘモグロビン水溶液(100 mL)が、状態 A から状態 B に移行した。このとき、ヘモグロビンから放出された酸素の物質量[mol]を求めよ。

(5) 下線部④について、37 °C の水への酸素の溶解度  $S_{O_2}$  は、酸素分圧が  $P_{O_2} = 20.0 \text{ kPa}$  のとき  $S_{O_2} = 7.20 \text{ mg/L}$  であり、 $P_{O_2} = 0.00 \text{ kPa}$  では  $S_{O_2} = 0.00 \text{ mg/L}$  である。以下の問い(i)および(ii)に答えよ。

(i) 37 °C の水への酸素の溶解度  $S_{O_2}$  を、酸素分圧  $P_{O_2}$  を用いて表せ。なお、理由も記せ。

(ii) ヘモグロビン水溶液(100 mL)が、状態 A から状態 B に移行し、水に溶解した酸素が放出された。放出された酸素の物質量[mol]を求めよ。

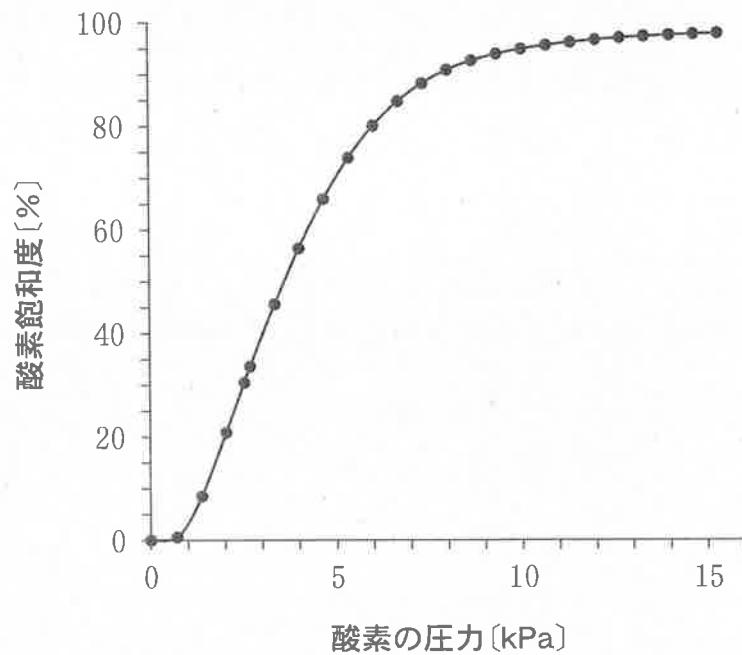


図 1—1 ヘモグロビンにおける、酸素の圧力と酸素飽和度の関係

**第2問** 次の文章を読んで、以下の問い(問1～問8)に答えよ。

同じ分子式  $C_9H_{10}O_2$  をもつ化合物 A, B, C がある。これらの構造を決定するために以下の実験1～実験6を行った。なお、反応系統図を図2—1に示す。

実験1 化合物 A, B, C を希塩酸中で加熱したところ、化合物 A からは化合物 D, E が得られ、化合物 B からは化合物 F, G が得られた。また化合物 C からは化合物 H, I が得られた。

実験2 化合物 E の水溶液に臭素水を加えると分子式  $C_6H_3OBr_3$  で表される化合物が生成した。一方、化合物 G は同様の操作を行っても反応しなかった。

実験3 化合物 G を適当な酸化剤を用いて酸化すると化合物 H が得られた。化合物 I を酸化すると化合物 F が得られた。

実験4 化合物 I をヨウ素ヨウ化カリウム水溶液に加えて加温して、水酸化ナトリウム水溶液を少しずつ加えたところ黄色沈殿が生じた。

実験5 化合物 H は混酸と加熱すると反応し、分子式  $C_7H_5NO_4$  で表される化合物が生成した。

実験6 化合物 H は固体であり水には溶けにくかったが、熱水には溶解した。一方、化合物 F, I は液体であり、どちらも水とは完全に溶解した。

問1 化合物 A を完全燃焼させると、標準状態で 67.2 L の二酸化炭素が発生した。ここで用いられた化合物 A の質量を求めよ。なお、計算過程も記せ。解答は、小数点以下2桁目を四捨五入し、小数点以下1桁まで示せ。

問2 化合物 E の構造式および名称を答えよ。

問3 実験4で生成した黄色沈殿の構造式、およびこの時の反応の名称を答えよ。

問 4 混酸とは何かを説明し、実験 5 で行った反応の名称を答えよ。

問 5 グリセリンおよびトルエンを混酸とそれぞれ反応させると、爆薬にも用いられる化合物が得られる。これらの 2 種類の化合物の構造式および名称をそれぞれ答えよ。

問 6 化合物 F, G, H, I の構造式および名称を答えよ。

問 7 化合物 A, B, C の構造式を答えよ。

問 8 化合物 A, B, C が互いにどのような関係にあるか答えよ。

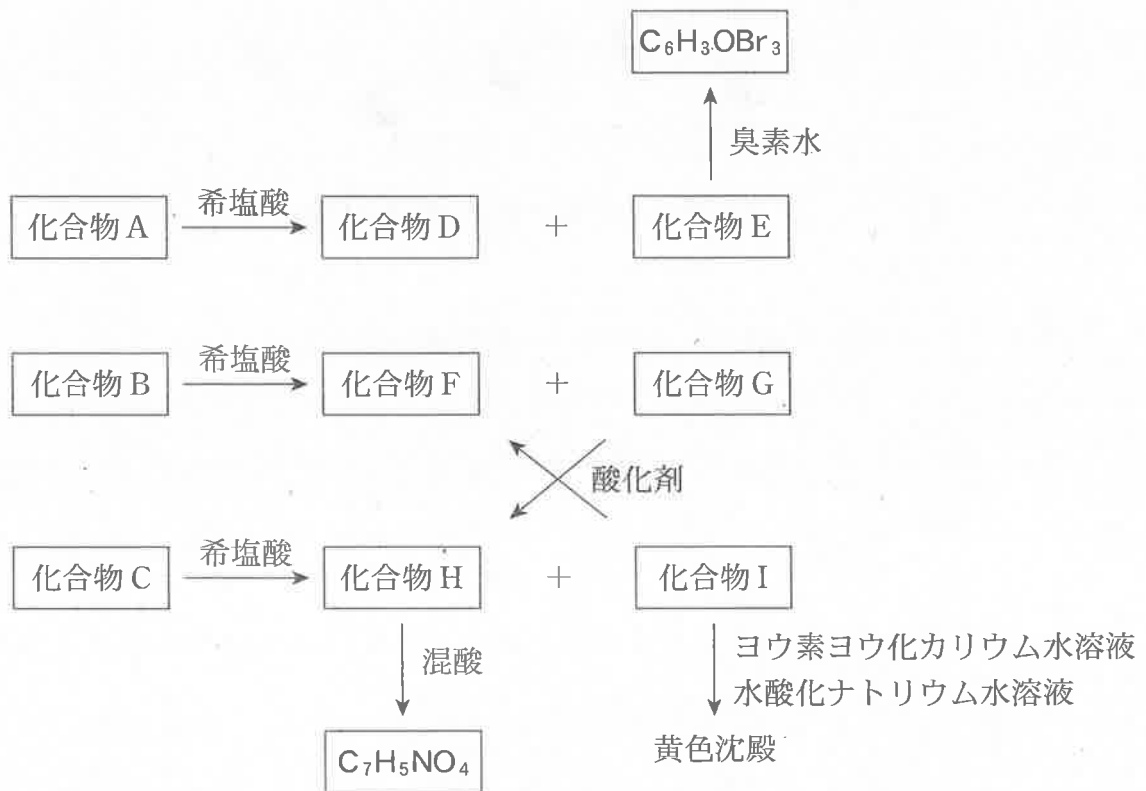


図 2—1 反応系統図

**第3問** ダイヤモンド構造に関する以下の問い(問1～問7)に答えよ。

ダイヤモンドは、それぞれの炭素原子が4個の炭素原子と正四面体をつくるように結合しており、きわめて硬い結晶である。ダイヤモンドの結晶の単位格子は、図3-1のようになる。

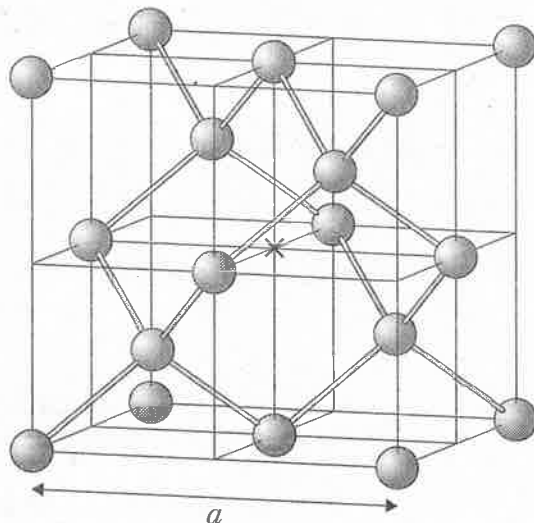


図3-1 ダイヤモンドの単位格子(Xは単位格子の中心を示す)

- 問1 中心(X)から最も近い炭素原子は何個あるか答えよ。
- 問2 中心(X)から最も近い炭素原子を頂点とした多面体は、どのような形になるか答えよ。
- 問3 単位格子の1辺の長さを  $a$  とする。中心(X)と最も近い炭素原子の距離を、単位格子の1辺の長さ  $a$  を用いて表せ。
- 問4 中心(X)から2番目に近い炭素原子を頂点とした多面体は、どのような形になるか答えよ。
- 問5 単位格子中の炭素原子の数を答えよ。



問 6 単位格子の1辺の長さを  $a$  [cm]、アボガドロ定数を  $N_A$  [/mol] とし、炭素のモル質量を  $M$  [g/mol] とする。ダイヤモンドの密度 [g/cm<sup>3</sup>] をこれらの記号を用いて表せ。

問 7 図3-1の単位格子から頂点の原子を取り除くと、10個の炭素原子が図3-2のような構造をつくっていることがわかる。この構造を含む分子はインフルエンザ薬としても利用されている。図3-2の構造について、以下の問い(1)および(2)に答えよ。

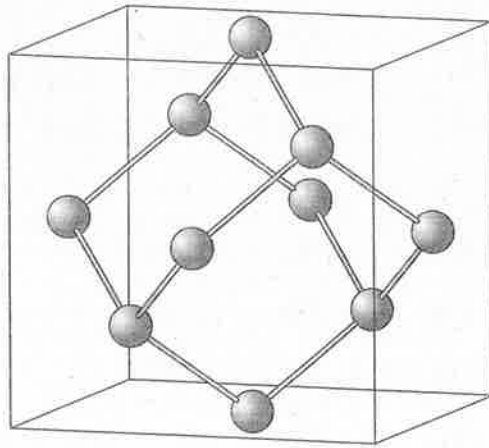


図3-2 ダイヤモンドの単位格子から頂点の原子を取り除いた構造

- (1) 図3-2の10個の炭素原子のうち9個が<sup>12</sup>Cであり、1個が<sup>13</sup>Cであるとき、<sup>13</sup>Cの位置だけが異なる2通りの構造を考えることができる。解答欄の図を利用し、<sup>13</sup>Cの位置を丸で囲むことによって、これら2通りの構造を示せ。
- (2) 図3-2の10個の炭素原子のうち8個が<sup>12</sup>Cであり、2個が<sup>13</sup>Cであるとき、<sup>13</sup>Cの位置だけが異なる5通りの構造を考えることができる。解答欄の図を利用し、<sup>13</sup>Cの位置を丸で囲むことによって、これら5通りの構造を示せ。

第4問 次の問い(問1および問2)に答えよ。

問1 アンモニアに関する次の文章を読んで、以下の問い(1)~(6)に答えよ。

内容積6.00 Lの容器内に、アンモニア、窒素、水素をそれぞれ0.500 mol/L, 0.100 mol/L, 0.050 mol/Lとなるように導入して密閉した。600 Kにてアンモニア分解反応を行い、反応の進行にともなう化合物の濃度変化を観察し、結果の一部について解析した。これらを表4-1に示す。

表4-1 濃度変化と解析のまとめ

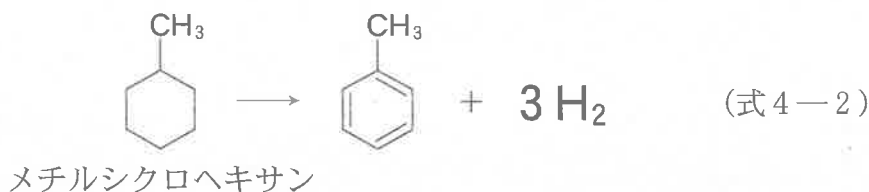
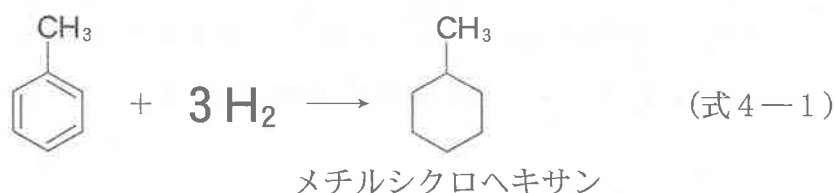
時間 [min]	アンモニア の濃度 [mol/L]	窒素の 濃度 [mol/L]	水素の 濃度 [mol/L]	アンモニアの 反応速度 [mol/(L·min)]	アンモニア の平均濃度 [mol/L]	反応速 度定数 [/min]
0	0.500	0.100	0.050			
				0.029	0.486	<i>a</i>
1	0.471	0.115	0.094			
				<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>
2	0.444	0.128	0.135			
3	0.418	0.141	0.173			
4	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>			
				<i>e</i>	0.383	0.060
5	0.371	0.164	0.243			
120	0.044	0.328	0.734			

- (1) *a*に相当する反応速度定数[/min]を求めよ。なお、計算過程も示せ。解答は、小数点以下4桁目を四捨五入し、小数点以下3桁で示せ。
- (2) *b*に相当する反応速度[mol/(L·min)]、*c*に相当する平均濃度[mol/L]、*d*に相当する反応速度定数[/min]を求めよ。なお、計算過程も示せ。解答は、小数点以下4桁目を四捨五入し、小数点以下3桁で示せ。
- (3) *e*に相当する反応速度[mol/(L·min)]を求めよ。なお、計算過程も示せ。解答は、小数点以下4桁目を四捨五入し、小数点以下3桁で示せ。

- (4)  $f$ ,  $g$ ,  $h$  に相当する濃度 [mol/L] を予想して求めよ。なお、計算過程も示せ。解答は、小数点以下 4 桁目を四捨五入し、小数点以下 3 桁で示せ。
- (5) 反応開始 5 分後における容器内の圧力 [Pa] を求めよ。なお、計算過程も示せ。解答は、 $a \times 10^n$  ( $a$  は、小数点以下 2 桁目を四捨五入した、 $1 \leq a < 10$  の範囲の小数点以下 1 桁の数値で、 $n$  は整数) の形で示せ。
- (6) 反応開始 120 分後で、アンモニア分解反応は平衡に到達していた。この反応の平衡定数  $K$  を求めよ。単位は示さなくてよい。ただし、累乗の計算がある場合、累乗の表記をそのまま解答に用いよ。また、温度を 600 K に保ったまま、アンモニアを所定量加えたところ、反応が再び平衡に到達した。このときのアンモニア濃度と水素濃度をそれぞれ  $C_A$  [mol/L]、 $C_H$  [mol/L] として、窒素濃度  $C_N$  [mol/L] を  $C_A$ ,  $C_H$ ,  $K$  を用いて表せ。

問 2 次の文章を読んで、以下の問い(1)~(3)に答えよ。

アンモニア分解で生成した水素をトルエンと反応させると、式4-1の反応により、メチルシクロヘキサンが得られる。大気圧における式4-1の反応に関して、反応温度[K]と各温度における平衡時のトルエンの反応率[%]の関係は、図4-1に示す実線のような曲線となる。ここで、反応率とは最初に導入したトルエンのうち、反応したトルエンの割合である。一方、式4-1の逆反応は式4-2で表され、メチルシクロヘキサンの分解により、トルエンと水素が得られる。反応温度[K]と各温度における平衡時のメチルシクロヘキサンの反応率[%]の関係は、図4-1に示す破線のような曲線となる。式4-1および式4-2の反応をすみやかに進行させるためには、一般的にPt触媒が用いられる。



(1) 図4-1より、式4-1の反応では反応温度が上昇すると、トルエンの反応率は減少しており、(ア) 反応であることが分かる。一方、式4-2の反応では反応温度が上昇すると、メチルシクロヘキサンの反応率が増加しており、(イ) 反応であることが分かる。(ア)および(イ)にあてはまる語句を記せ。

(2) 式4-1の反応において、トルエンの反応率が80%以上となるためには、反応温度を何度(K)以下に保つ必要があるか、図4-1を参考に答えよ。また、式4-2の反応において、反応温度を550K以上に保った場合、メチルシクロヘキサンの反応率は何%以上となるか、図4-1を参考に答えよ。

(3) 上述したように、式4-2の反応はPt触媒を用いることですみやかに進行する。ここで、反応物および生成物のエネルギーを図4-2のように定めた。このときの反応熱を図中に示せ。また、触媒がないときの反応経路を破線(.....)で、触媒があるときの反応経路を実線(——)で記せ。さらに、それぞれの活性化状態、活性化エネルギーに対応する点あるいはエネルギー差を図中に示せ。

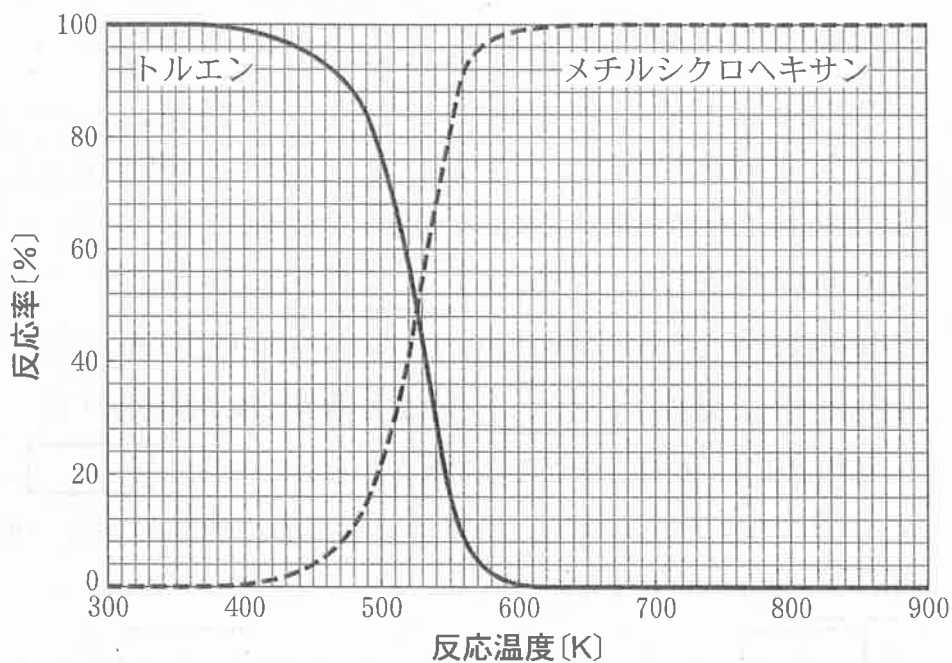


図4-1 トルエンあるいはメチルシクロヘキサンの平衡時における反応率曲線

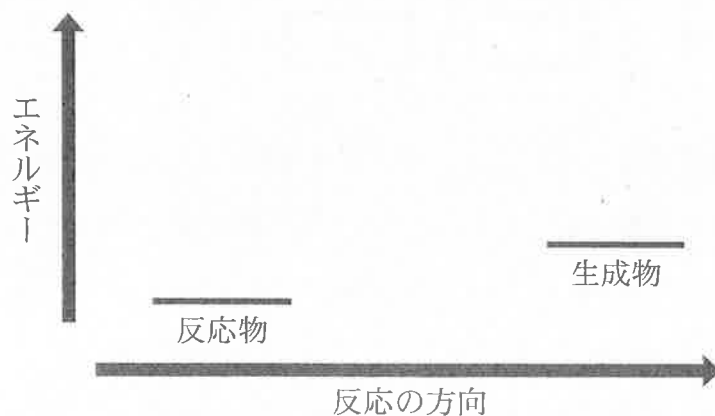


図4-2 触媒による活性化エネルギーの変化