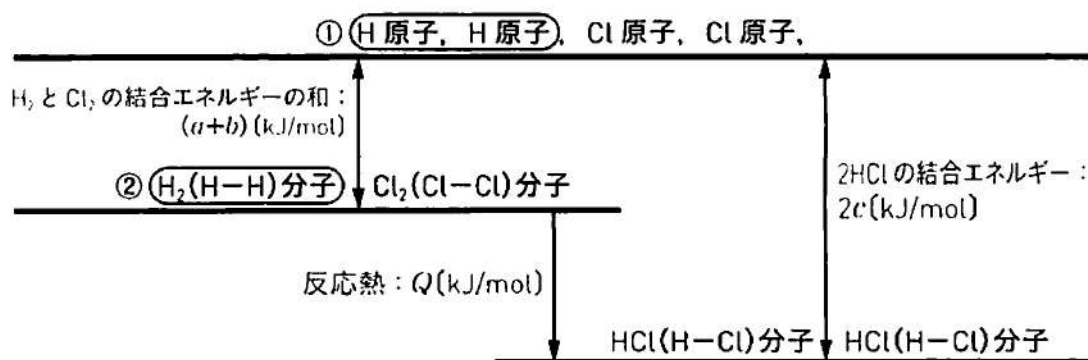
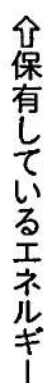


化学反応と熱
化学反応の速さ

生徒 「以前は、よく間違えていました。H-H 結合の結合エネルギーが a (kJ/mol) なら、 H_2 (気体) が a (kJ/mol) のエネルギーを保有していると思っていたんです。ですから、『 $Q = (\text{左辺の物質が保有するエネルギー}) - (\text{右辺の物質が保有するエネルギー}) = (a+b) - 2c$ 』といった、誤った式を立てていました」

先生  『 $Q = (\text{左辺の物質が保有するエネルギー}) - (\text{右辺の物質が保有するエネルギー})$ 』という式は間違えてはいない。『H-H 結合の結合エネルギーが $a(\text{kJ/mol})$ なら、 H_2 (気体)が $a(\text{kJ/mol})$ のエネルギーを保有している』という考え方が間違っている。結合エネルギーは、結合を完全に切断して個々の原子に分解するために要するエネルギーであって(次図の①と②の差)、保有しているエネルギーじゃない。



生徒 「この図で考えると、確かに、『 $Q=(a+b)-2c$ 』じゃなくて、『 $Q=2c-(a+b)$ 』なのですね」

先生 「熱化学にはさまざまな種類の問題があるけれど、次頁の式への代入で簡単に解決する問題の割合は少くない。ここでは、せめて、そういった問題だけは解けるようになるとうことが目標だ。また、“化学反応と熱”は、“化学反応の速さ”とも関わりがある。この PART10 の最後で、化学反応の速さについての出題にも触れておこう」

「化学反応と熱」で用いる手順と式



手順

STEP 1 情報の整理

① 情報の種類を判断する。

→ 結合エネルギーに関する情報か生成熱に関する情報か。

② 具体的な情報を収集する。

→ 結合エネルギーの情報または生成熱の情報を収集する。

③ 用いる熱化学方程式を選択する。

STEP 2 式への代入

① STEP 1 で整理した情報を、以下の式に代入する。

② 計算の結果を、要求されている解答の形式に整える。



式

生成熱についての式

$$\text{反応熱} = (\text{生成物質の生成熱の総和}) - (\text{反応物質の生成熱の総和})$$

結合エネルギー(本書では結合 E とも記す)についての式

$$\text{反応熱} = (\text{生成物質の結合 } E \text{ の総和}) - (\text{反応物質の結合 } E \text{ の総和})$$

「化学反応と熱」で必要な知識

生成熱

化合物 1 mol をその成分元素の単体(25°C, 1.0×10^5 Pa で最も安定な単体)から生成するときに出入りする熱量(正または負の値)のこと。

例 $\text{C(黒鉛)} + \text{O}_2(\text{気体}) = \text{CO}_2(\text{気体}) + 394 \text{ kJ}$

⇒ $\text{CO}_2(\text{気体})$ の生成熱は $+394 \text{ kJ/mol}$ (+は省略可)

注 単体の生成熱は 0 である。

結合エネルギー

ある共有結合において、原子間の結合を断ち切り、各原子をばらばらの状態にするのに必要なエネルギー(絶対値)のこと。

例 $\text{H}_2(\text{気体}) = 2\text{H}(\text{気体}) - 432 \text{ kJ}$

⇒ H-H 結合の結合エネルギーは 432 kJ/mol (必ず絶対値)

THEME
28

反応熱①(生成熱が絡む問題)

例題 60 生成熱から燃焼熱を求める①

アセチレンの燃焼熱は何 kJ/mol か。
整数値で答えよ。ただし、水は液体と
して生じるものとし、水の蒸発熱は
44 kJ/mol である。

右の生成熱の表も利用せよ。

注 表の値は、25°C、大気圧下

物質	生成熱(kJ/mol)
H ₂ O (気体)	242
CO ₂ (気体)	394
C ₂ H ₆ (気体)	84
C ₂ H ₄ (気体)	-52
C ₂ H ₂ (気体)	-228

自治医大



まずは、例によって、基本的な問題からです。とはいえ、「水の蒸発熱」など、最初に検討しておくべき箇所があります。

生徒 「文中にある『水の蒸発熱は 44 kJ/mol』を熱化学方程式に直すと、

『H₂O(液体) = H₂O(気体) - 44 kJ』すなわち、

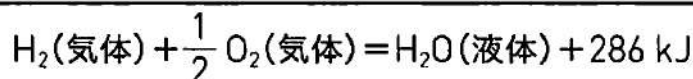
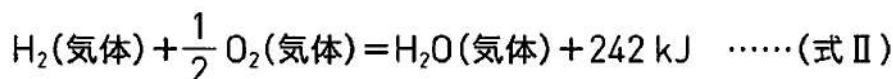
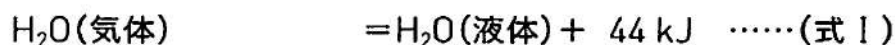
『H₂O(気体) = H₂O(液体) + 44 kJ ……(式Ⅰ)』ということですね」



先生 「表中にある『H₂O(気体)の生成熱は 242 kJ/mol』を熱化学方程式に直す

と、『H₂(気体) + $\frac{1}{2}$ O₂(気体) = H₂O(気体) + 242 kJ ……(式Ⅱ)』だから、

(式Ⅰ)と(式Ⅱ)を辺々加えると、



となる」

生徒 「つまり、『水の蒸発熱は 44 kJ/mol』をヒントにして明らかになったことは、『H₂O(液体)の生成熱は 286 kJ/mol』だってことなのですね」

STEP 1 情報の整理

① 『まず、情報の種類を判断しよう』

生成熱に関する情報が与えられている。

② 『次に、具体的な情報を収集しよう』

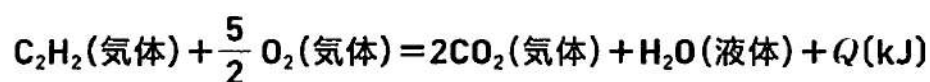
POINT 単体の生成熱は0である！

燃焼に際して O_2 が必要となるが、 O_2 は単体だから、その生成熱は0である。また、表中のエタン C_2H_6 やエチレン C_2H_4 の値は、本問題とは無関係である。

物質とその状態		生成熱の値(kJ/mol)
水	H_2O (液体)	286
二酸化炭素	CO_2 (気体)	394
アセチレン	C_2H_2 (気体)	-228
酸素	O_2 (気体)	0

③ 『では、用いる熱化学方程式を選択しよう』

題意より、求める燃焼熱を Q (kJ/mol) とおいて、アセチレンの燃焼の熱化学方程式



を作り、これを用いればよい。

STEP 2 式への代入

情報(生成熱)を整理した結果を

$$\text{反応熱} = (\text{生成物質の生成熱の総和}) - (\text{反応物質の生成熱の総和})$$

に代入する。

$$Q = \{2 \times CO_2(\text{気体}) \text{ の生成熱} + H_2O(\text{液体}) \text{ の生成熱}\} \\ - \left[C_2H_2(\text{気体}) \text{ の生成熱} + \frac{5}{2} \times O_2(\text{気体}) \text{ の生成熱} \right]$$

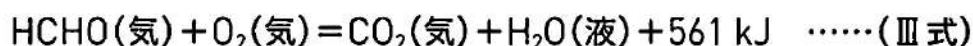
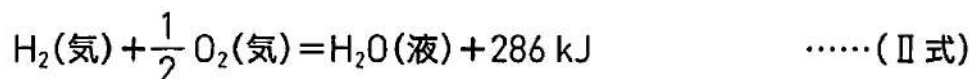
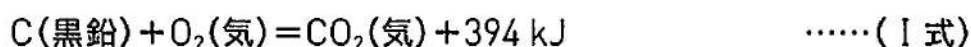
$$Q = (2 \times 394 + 286) - (-228 + \frac{5}{2} \times 0) = 1302 \text{ (kJ/mol)}$$

と求められる。

【解答】 1302 kJ/mol

例題 6-1 燃焼熱から生成熱を求める

炭素(黒鉛)、水素、ホルムアルデヒドの燃焼反応の熱化学方程式は次の通りである。



ホルムアルデヒドの生成熱はいくらか。解答は有効数字 3 桁目を四捨五入して示せ。

東京工大



これも、ほぼ、基本といえる問題ですね。

先生 「『 $\text{C(黒鉛)} + \text{O}_2(\text{気}) = \text{CO}_2(\text{気}) + 394 \text{ kJ}$ 』という式は、“ $\text{CO}_2(\text{気})$ ”という化合物 1 mol を、その成分元素の単体である“ C(黒鉛) ”と“ O_2 ”から生成するとき、その反応熱が“+394 kJ”であることを示している。つまり、この式は、 $\text{CO}_2(\text{気})$ の生成熱に関する情報を与えている」

生徒 「じゃあ『 $\text{H}_2(\text{気}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{気}) = \text{H}_2\text{O}(\text{液}) + 286 \text{ kJ}$ 』という式は、“ $\text{H}_2\text{O}(\text{液})$ ”という化合物 1 mol を、その成分元素の単体である“ H_2 ”と“ O_2 ”から生成するとき、その反応熱が“+286 kJ”であることを示している。つまり、この式は、 $\text{H}_2\text{O}(\text{液})$ の生成熱に関する情報を与えているのですね」

STEP 1 情報の整理

① 『まず、情報の種類を判断しよう』

生成熱に関する情報が与えられている。

② 『次に、具体的な情報を収集しよう』



① 未知の値(ホルムアルデヒドの生成熱)も未知数(x)を用いて情報のひとつとしてしまうとよい。

② 単体の生成熱は 0 である！

O_2 は単体であり、その生成熱は 0 である。

物質とその状態	生成熱の値(kJ/mol)
CO ₂ (気)	394
H ₂ O(液)	286
O ₂ (気)	0
HCHO(気)	x

- ③『では、用いる熱化学方程式を選択しよう』
 (Ⅰ式)と(Ⅱ式)は生成熱に関する情報を与えてくれた。
 よって、残る(Ⅲ式)



を用いるのは自明である。

STEP 2 式への代入

情報(生成熱)を整理した結果を

$$\text{反応熱} = (\text{生成物質の生成熱の総和}) - (\text{反応物質の生成熱の総和})$$

に代入する。

$$561 = \{\text{CO}_2\text{(気)の生成熱} + \text{H}_2\text{O(液)の生成熱}\} \\ - \{\text{HCHO(気)の生成熱} + \text{O}_2\text{(気)の生成熱}\}$$

すなわち、

$$561 = (394 + 286) - (x + 0) \quad \text{より、}$$

$$x = 119 \text{ (kJ/mol)}$$

が求められる。

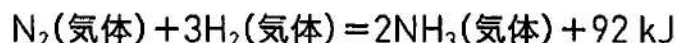
【解答】 $1.2 \times 10^2 \text{ kJ/mol}$

反応熱②

(結合エネルギーが絡む問題)

例題 6.2 生成熱から結合エネルギーを求める①

H-H 結合の結合エネルギーは 435 kJ/mol , N-H 結合の結合エネルギーは 391 kJ/mol で、また、次の熱化学方程式



がわかっている。これらをもとにして、 $\text{N} \equiv \text{N}$ 結合、すなわち窒素原子間の三重結合の結合エネルギーを求めると何(整数) kJ/mol となるか。

自治医大



まずは、基本的な問題からです。

STEP 1 情報の整理

① 『まず、情報の種類を判断しよう』

結合エネルギーに関する情報が与えられている。

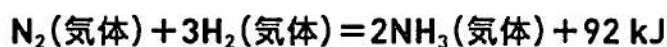
② 『次に、具体的な情報を収集しよう』

POINT 未知の値($\text{N} \equiv \text{N}$ の結合エネルギー)も未知数(x)を用いて情報のひとつとしてしまおう。

結合の種類	結合エネルギーの値(kJ/mol)
H-H	435
N-H	391
$\text{N} \equiv \text{N}$	x

③ 『では、用いる熱化学方程式を選択しよう』

題意より、



を用いるのは自明である。

STEP 2 式への代入

情報(結合エネルギー)を整理した結果を

$$\text{反応熱} = (\text{生成物質の結合 } E \text{ の総和}) - (\text{反応物質の結合 } E \text{ の総和})$$

に代入する。

$$\begin{aligned}92 &= (2\text{NH}_3 \text{ の結合 } E \text{ の総和}) - (\text{N}_2 \text{ の結合 } E + 3\text{H}_2 \text{ の結合 } E) \\&= (2 \times 3 \times \text{N-H の結合 } E) - (\text{N} \equiv \text{N の結合 } E + 3 \times \text{H-H の結合 } E) \\&= (2 \times 3 \times 391) - (x + 3 \times 435)\end{aligned}$$

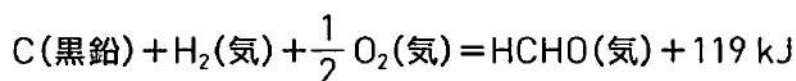
より, $x = 949 \text{ (kJ/mol)}$

が求められる。

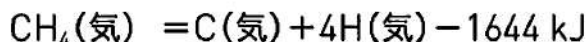
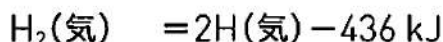
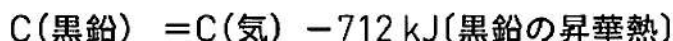
【解答】 949 kJ/mol

【例題 63】 生成熱から結合エネルギーを求める②

ホルムアルデヒドの生成反応の熱化学方程式は次の通りである。



また、炭素(黒鉛)、水素、酸素、メタンがそれぞれの原子に解離するときの熱化学方程式は次の通りである。



問 ホルムアルデヒドの C=O 結合の結合エネルギーはいくらか。解答は有効数字 3 桁目を四捨五入して示せ。ただし、ホルムアルデヒドの C-H 結合 1 つ当たりの結合エネルギーは、メタンのそれと同じとする。

東京工大



内容的には、前問とほぼ同様です。

生徒 「たとえば、 $\text{H}_2(\text{気}) = 2\text{H(気)} - 436 \text{ kJ}$ という熱化学方程式は、1 mol の水素分子 $\text{H}_2(\text{気})$ を個々の水素原子 H(気) に分解するときに、436 kJ の吸熱があることを示しているのですね」

先生 「そうだね。別の表現では、1 mol の水素分子 $\text{H}_2(\text{気})$ を個々の水素原子 H(気) に分解するために要するエネルギーは 436 kJ だってことだ」

生徒 「つまり、水素分子 $\text{H}_2(\text{気})$ の、あるいは H-H 結合の結合エネルギーは “-436 kJ/mol” ではなく、“436 kJ/mol” だということですね」

先生 「その通り。結合エネルギーは絶対値で表現される値だ。一方で生成熱には正負がある。そのあたりの違いは明確にしておこう」

STEP 1 情報の整理

① 『まず、情報の種類を判断しよう』

結合エネルギーに関する情報が与えられている。

② 『次に、具体的な情報を収集しよう』

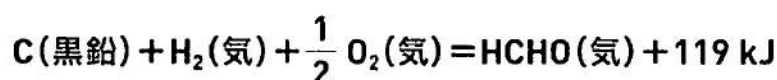
POINT 未知の値(C=Oの結合エネルギー)も未知数(x)を用いて情報のひとつとしてしまうとよい。また、CH₄(気)分子は4つのC-H結合から構成されるので、CH₄(気)分子の結合エネルギーの総和の値が1644 kJ/molであることは、C-H結合の結合エネルギーの値が $\frac{1644}{4}=411$ (kJ/mol)であることを意味する。また、ここでは、C(黒鉛)の昇華熱をC(黒鉛)の結合エネルギーの総和とみなす。

物質とその状態	結合エネルギー(の総和)の値(kJ/mol)
C(黒鉛)	712
H ₂ (気体)	436
O ₂ (気体)	494

結合の種類	結合エネルギーの値(kJ/mol)
C-H	411
C=O	x

③ 『では、用いる熱化学方程式を選択しよう』

題意より、



を用いるのは自明である。

STEP 2 式への代入

情報(結合エネルギー)を整理した結果を

$$\text{反応熱} = (\text{生成物質の結合 } E \text{ の総和}) - (\text{反応物質の結合 } E \text{ の総和})$$

に代入する。HCHOの構造式は、 $\begin{array}{c} \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ || \\ \text{O} \end{array}$ なので、

$$119 = (2 \times \text{C-Hの結合 } E + \text{C=Oの結合 } E)$$

$$- \left[\text{C(黒鉛)の全結合 } E + \text{H}_2(\text{気}) \text{ の結合 } E + \frac{1}{2} \times \text{O}_2(\text{気}) \text{ の結合 } E \right]$$

$$= (2 \times 411 + x) - (712 + 436 + \frac{1}{2} \times 494)$$

より,

$x = 692$ (kJ/mol) が求められる。

【解答】 6.9×10^2 kJ/mol

反応速度

「反応速度」で用いる手順と式

実験結果(測定時間 $t_1, t_2, \dots$ における反応物 A の濃度 $[A]_1, [A]_2, \dots$) が与えられ、「反応速度式^{*}1」を記せ、「反応速度定数 k を求めよ」、「反応時間 t_c における濃度 $[A]_c$ を求めよ」といった設問のある問題であれば、おそらく題材は一次反応($v=k[A]$)であり、解くための手順はほぼ次の通りです。

*1 一般に、反応速度式は、化学反応式から導くことはできず、実験から導く。



手順

STEP 1

情報の整理と式への代入

- ① 測定時間 t_n, t_{n+1} における反応物 A の濃度 $[A]_n, [A]_{n+1}$ を次式に代入して、 $t_n \sim t_{n+1}$ 間の平均速度 $\bar{v}$ 、平均濃度 $\overline{[A]}$ を求める。

$$\bar{v} = -\frac{[A]_{n+1} - [A]_n}{t_{n+1} - t_n}$$

$$\overline{[A]} = \frac{[A]_n + [A]_{n+1}}{2}$$

- ② 平均速度 $\bar{v}$ と平均濃度 $\overline{[A]}$ の間に比例関係があることを確認し、任意の $\bar{v}$ 、 $\overline{[A]}$ を次式に代入して、反応速度定数 k を求める。

$$\bar{v} = k\overline{[A]}$$

- ③ 上記の比例関係(一次反応)が成立するときには、一定の時間が経過するごとに、濃度は一定の割合だけ変化する。すなわち、測定時間 $t_a, t_b (= t_a + \Delta t)^{*2}, t_c (= t_b + \Delta t)^{*2}$ における反応物 A の濃度 $[A]_a, [A]_b, [A]_c$ の間には次の関係式が成立する。よって、次式に $[A]_a, [A]_b$ を代入して、 $[A]_c$ を求めることができる。

*2 $t_a \sim t_b$ 間の経過時間と、 $t_b \sim t_c$ 間の経過時間が等しい。

$$\frac{[A]_b}{[A]_a} = \frac{[A]_c}{[A]_b}$$

例題 6-4 一次反応の反応速度

容積一定の容器の中で五酸化二窒素 N_2O_5 $1.85 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ を 43°C で放置して分解反応を行った。そのときの N_2O_5 の濃度 $c(\text{mol/L})$ 、測定時間ごとの間隔における N_2O_5 の平均の濃度 $\bar{c}(\text{mol/L})$ 、平均の反応速度 $\bar{v}(\text{mol/(L}\cdot\text{s)})$ を表 1 に示す。

測定時間(s)	0	1400	2500	4000	5000	6900
$c(\text{mol/L})$	1.85×10^{-2}	9.20×10^{-3}	5.42×10^{-3}	2.82×10^{-3}	1.85×10^{-3}	7.50×10^{-4}
$\bar{c}(\text{mol/L})$		1.4×10^{-2}	7.3×10^{-3}	4.1×10^{-3}	(ア)	1.3×10^{-3}
$\bar{v}(\text{mol/(L}\cdot\text{s)})$		6.6×10^{-6}	3.4×10^{-6}	1.7×10^{-6}	(イ)	5.8×10^{-7}

表 1

- 問 1 表 1 の(ア)にあてはまる数値を有効数字 2 桁で求めよ。
- 問 2 表 1 の(イ)にあてはまる数値を有効数字 2 桁で求めよ。
- 問 3 反応速度定数 $k(\text{s}^{-1})$ を用いて、 N_2O_5 の分解反応の反応速度式(N_2O_5 の平均の反応速度 $\bar{v}$ と平均の濃度 $\bar{c}$ との関係式)を示せ。
- 問 4 この反応(N_2O_5 の分解反応)の反応速度定数 $k(\text{s}^{-1})$ を見積もり、有効数字 2 桁で答えよ。
- 問 5 少量の酸化マンガン(IV) MnO_2 に 0.90 mol/L の過酸化水素 H_2O_2 水溶液を 10 mL 加え、 20°C に保ちながら H_2O_2 の分解反応を行った。このとき、平均の分解速度 $v(\text{mol/(L}\cdot\text{mol)})$ は、次の反応速度式で表された。

$$v = kc \text{ (一次反応)}$$

ここで、 $c(\text{mol/L})$ は H_2O_2 の平均のモル濃度、 $k(\text{min}^{-1})$ は反応速度定数である。反応開始から 1.0 分後の H_2O_2 の濃度が 0.70 mol/L であったとして、反応開始から 2.0 分後の H_2O_2 の濃度を見積もり、有効数字 2 桁で答えよ。

(北大、東工大)



反応速度に関する、もっとも基本的な形式の問題です。

STEP 1 情報の整理と式への代入

① 『まず、平均速度 $\bar{v}$ と平均濃度 $\bar{c}$ を求めよう』

必要な情報は、表 1 に整理されている。式への代入は次の通り。

測定時間 4000 s, 5000 s における N_2O_5 の濃度 $2.82 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$, $1.85 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ を次式に代入し、4000 s ~ 5000 s 間の平均速度 $\bar{v} (\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{s}))$, 平均濃度 $\bar{c} (\text{mol/L})$ を求める。

$$\bar{v} = -\frac{c_{(5000 \text{ s})} - c_{(4000 \text{ s})}}{t_{(5000 \text{ s})} - t_{(4000 \text{ s})}} = -\frac{1.85 \times 10^{-3} - 2.82 \times 10^{-3}}{5000 - 4000} = 9.70 \times 10^{-7} (\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{s})) \quad \text{問 2 の解答}$$

$$\bar{c} = \frac{c_{(4000 \text{ s})} + c_{(5000 \text{ s})}}{2} = \frac{2.82 \times 10^{-3} + 1.85 \times 10^{-3}}{2} = 2.335 \times 10^{-3} (\text{mol/L}) \quad \text{問 1 の解答}$$

② 『次に、平均速度 $\bar{v}$ と平均濃度 $\bar{c}$ 間の関係を把握し、反応速度定数 k を求めよう』

必要な情報は、完成された表 1 に整理されている。これに問 1, 2 の結果を加え、完成された表 1 の平均の濃度 $\bar{c}$ (図中では, $\times 10^{-2} \text{ mol/L}$) と平均の反応速度 $\bar{v}$ (図中では, $\times 10^{-6} \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{s})$) の関係を右下図に示す。

A 点: 0 ~ 1400 s (1.4×10^{-2} , 6.6×10^{-6})

B 点: 1400 ~ 2500 s

(0.73×10^{-2} , 3.4×10^{-6})

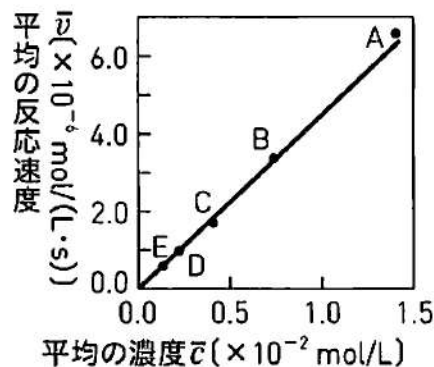
C 点: 2500 ~ 4000 s

(0.41×10^{-2} , 1.7×10^{-6})

D 点: 4000 ~ 5000 s

(0.23×10^{-2} , 0.97×10^{-6})

E 点: 5000 ~ 6900 s (0.13×10^{-2} , 0.58×10^{-6})



この図から、 $\bar{c}$ と $\bar{v}$ は比例関係にあることがわかり、その比例関係は、反応速度定数 $k (\text{s}^{-1})$ を用いて、

$$\bar{v} = k\bar{c} \quad \text{問 3 の解答} \quad \cdots \cdots \text{式 1}$$

と示される。よって、完成された表 1 の値を式 1 に代入することで、 k の値を見積もることができる。

A 点: $6.6 \times 10^{-6} = k \times 1.4 \times 10^{-2}$ よって、 $k = 4.71 \times 10^{-4} (\text{s}^{-1})$

B 点: $3.4 \times 10^{-6} = k \times 7.3 \times 10^{-3}$ よって、 $k = 4.65 \times 10^{-4} (\text{s}^{-1})$

C 点: $1.7 \times 10^{-6} = k \times 4.1 \times 10^{-3}$ よって、 $k = 4.14 \times 10^{-4} (\text{s}^{-1})$

$$D \text{ 点: } 9.7 \times 10^{-7} = k \times 2.3 \times 10^{-3} \quad \text{よって, } k = 4.21 \times 10^{-4} (\text{s}^{-1})$$

$$E \text{ 点: } 5.8 \times 10^{-7} = k \times 1.3 \times 10^{-3} \quad \text{よって, } k = 4.46 \times 10^{-4} (\text{s}^{-1})$$

$$\text{平均 } k = 4.43 \times 10^{-4} (\text{s}^{-1}) \quad \text{問 4 の解答}$$

⑬ 『最後に、測定時間 t_r における濃度 c_r を求めてみよう』

題意の情報を次表に整理した。

$[\text{H}_2\text{O}_2]_{t=0}$	$[\text{H}_2\text{O}_2]_{t=1.0}$	$[\text{H}_2\text{O}_2]_{t=2.0}$
0.90 mol/L	0.70 mol/L	x (mol/L)

題意より、 $v = k[\text{H}_2\text{O}_2]$ (一次反応) が成立するので、一定の時間が経過するごとに、濃度は一定の割合だけ変化する。すなわち、測定時間 $t=0$ (min), $t=1.0$ (min), $t=2.0$ (min) における濃度 $[\text{H}_2\text{O}_2]_{t=0}$, $[\text{H}_2\text{O}_2]_{t=1.0}$, $[\text{H}_2\text{O}_2]_{t=2.0}$ の間には次の関係式(式 2)が成立する。

$$\frac{[\text{H}_2\text{O}_2]_{t=1.0}}{[\text{H}_2\text{O}_2]_{t=0}} = \frac{[\text{H}_2\text{O}_2]_{t=2.0}}{[\text{H}_2\text{O}_2]_{t=1.0}} \quad \text{……式 2}$$

したがって、上表の値を式 2 に代入して、 $[\text{H}_2\text{O}_2]_{t=2.0}$ を求めることができる。

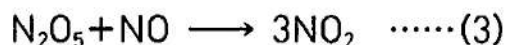
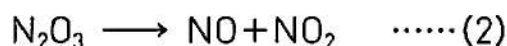
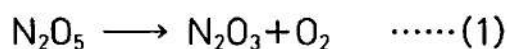
$$\frac{0.70}{0.90} = \frac{x}{0.70} \quad \text{よって, } x = 0.544 (\text{mol/L}) \quad \text{問 5 の解答}$$

【解答】 問 1 2.3×10^{-3} 問 2 9.7×10^{-7} 問 3 $\bar{v} = kc$

問 4 $4.4 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ 問 5 $5.4 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$

【注】 本問題においては、文頭に、以下の説明が示されている。

五酸化二窒素 N_2O_5 は気体の状態において以下の分解反応機構が提案されている。



N_2O_5 の分解反応は多段階であり、式(1)～(3)を組み合わせると、



となるが、式(1)の反応は式(2)および式(3)の反応に比べて非常に遅い。このため、 N_2O_5 の分解の反応速度は N_2O_5 の濃度に比例すると考えられる*。つまり、式(4)の反応速度は式(1)の反応速度によって決まる。上記の分解反応における式(1)のことを律速段階という。

* すなわち、一般に、化学反応式から反応速度式を導くことはできない。