3－1
まず、重要なことは、
与えられた熱化学方程式をどう眺めたか？
ということだと思います。

3－1

まず、重要なことは、
与えられた熱化学方程式をどう眺めたか？
ということだと思います。

(a)と[(b)、(c)]は生成熱情報です。
それに気が付けば、
(b)と(c)の整理を行うでしょう。

(a)と[(b)、(c)]は生成熱情報です。
それに気が付けば、
(b)と(c)の整理を行うでしょう。

3－1　熱化学　（大阪工業大学）

【事前の検討】・・・H_2O(液)の生成熱

H_2Oと関わりのある熱化学方程式は、（b）と（c）　！

$$H_2(気) + \frac{1}{2}O_2(気) = H_2O(気) + 242\,kJ$$
$$H_2O(液) = H_2O(気) - 44\,kJ$$
$$H_2(気) + \frac{1}{2}O_2(気) = H_2O(液) + 286\,kJ$$

H_2O(液)の生成熱；２８６ kJ／mol

(d)～(f)は結合エネルギー情報です。
ただし、(e)は分子のもつエネルギーの総和です。
それに気が付けば、
(e)の整理を行うでしょう。

（d）～（f）は結合エネルギー情報です。
ただし、（e）は分子のもつエネルギーの総和です。
それに気が付けば、
（e）の整理を行うでしょう。

【事前の検討】・・・C－H結合の結合エネルギー

$\frac{1644}{4} = 411$ kJ/mol

C－H結合の結合エネルギー；４１１　kJ／mol

次に重要なことは、
熱化学方程式の典型問題における、
『定番の流れ』に気が付いていますか？
ということだと思います。

極めて頻出の典型的な出題例。

燃焼熱

[step１] 反応熱＝（生成物の生成熱の総和）－（反応物の生成熱の総和）

生成熱

問1(2)❣️

[step２] 反応熱＝（生成物の結合エネルギーの総和）－（反応物の結合エネルギーの総和）

結合エネルギー

問2❣️

【問１、２の検討】・・・極めて頻出の典型的な出題例。

燃焼熱

[step１] 反応熱＝（生成物の生成熱の総和）－（反応物の生成熱の総和）

生成熱

[step２] 反応熱＝（生成物の結合エネルギーの総和）－（反応物の結合エネルギーの総和）

結合エネルギー

[step1]　エタンの燃焼熱から、エタンの生成熱を求める。

①　エタンの燃焼の熱化学方程式を書く。

$C_2H_6(気) + \frac{7}{2}O_2(気) = 2CO_2(気) + 3H_2O(液) + 1560kJ$

問１（１）の解答；上記の通り。

【問１、２の検討】・・・極めて頻出の典型的な出題例。

[step1]　エタンの燃焼熱から、エタンの生成熱を求める。

①　エタンの燃焼の熱化学方程式を書く。

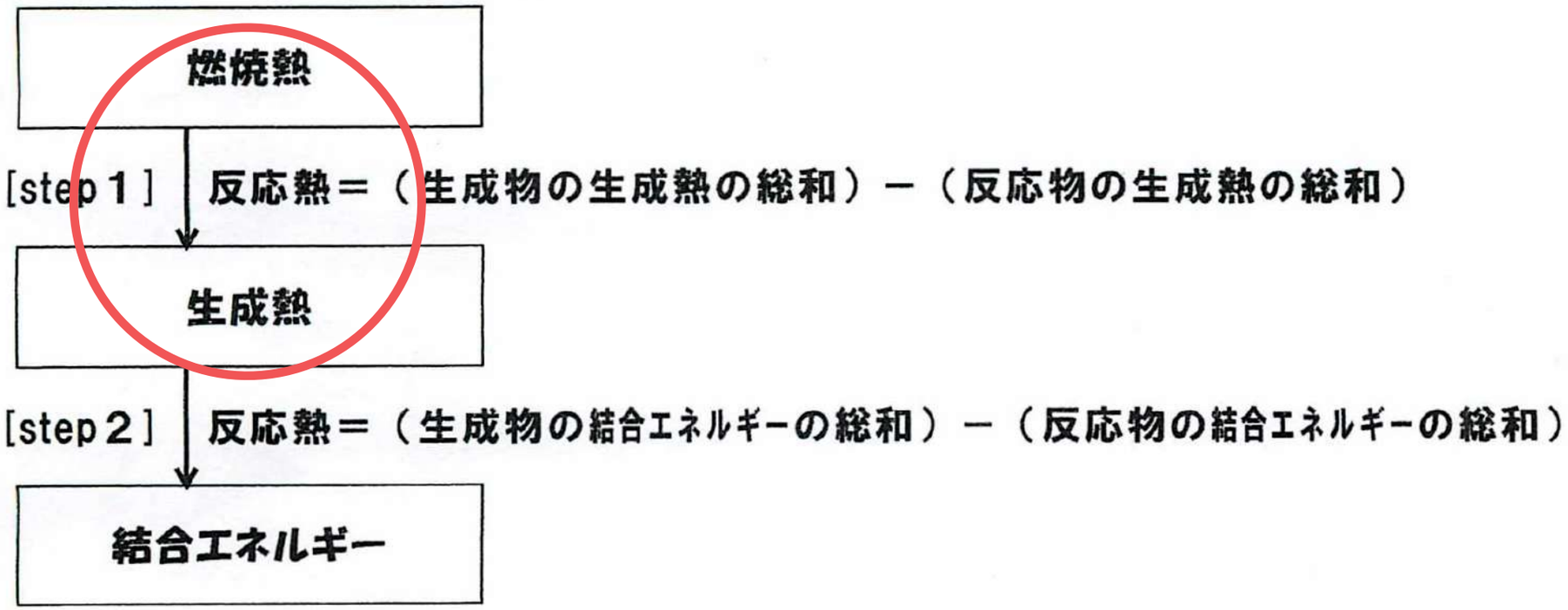
$C_2H_6(気) + \frac{7}{2}O_2(気) = 2CO_2(気) + 3H_2O(液) + 1560kJ$

問１（１）の解答；上記の通り。

②　上式に関連する生成熱情報をピックアップする。

$C_2H_6(気)$ … x kJ/mol	$CO_2(気)$ … 394 kJ/mol
$O_2(気)$ … 0 kJ/mol	$H_2O(液)$ … 286 kJ/mol

【問１、２の検討】・・・極めて頻出の典型的な出題例。



[step1]　エタンの燃焼熱から、エタンの生成熱を求める。

① エタンの燃焼の熱化学方程式を書く。

$C_2H_6(気) + \frac{7}{2}O_2(気) = 2CO_2(気) + 3H_2O(液) + 1560kJ$

問１（１）の解答；上記の通り。

② 上式に関連する生成熱情報をピックアップする。

$C_2H_6(気)$ … x kJ/mol	$CO_2(気)$ … 394 kJ/mol
$O_2(気)$ … 0 kJ/mol	$H_2O(液)$ … 286 kJ/mol

③ 用いる式を選ぶ。

反応熱＝（生成物の生成熱の総和）－（反応物の生成熱の総和）

[step1]　エタンの燃焼熱から、エタンの生成熱を求める。

① エタンの燃焼の熱化学方程式を書く。

$C_2H_6(気) + \frac{7}{2}O_2(気) = 2CO_2(気) + 3H_2O(液) + 1560kJ$

問１（１）の解答；上記の通り。

② 上式に関連する生成熱情報をピックアップする。

$C_2H_6(気)$ … x kJ/mol	$CO_2(気)$ … 394 kJ/mol
$O_2(気)$ … 0 kJ/mol	$H_2O(液)$ … 286 kJ/mol

③ 用いる式を選ぶ。

反応熱＝（生成物の生成熱の総和）－（反応物の生成熱の総和）

④ 式に代入し、解く。

$1560 = (2\times394 + 3\times286) - (x + \frac{7}{2}\times0)$　∴ $x = 86$ kJ/mol

問１（２）の解答；８６ kJ／mol

【問１、２の検討】・・・極めて頻出の典型的な出題例。

燃焼熱

[step１] 反応熱＝（生成物の生成熱の総和）－（反応物の生成熱の総和）

生成熱

[step２] 反応熱＝（生成物の結合エネルギーの総和）－（反応物の結合エネルギーの総和）

結合エネルギー

[step２] エタンの生成熱から、エタンの結合エネルギーを求める。

① エタンの生成の熱化学方程式を書く。

$2C(黒鉛) + 3H_2(気) = C_2H_6(気) + 86\,kJ$

【問１、２の検討】・・・極めて頻出の典型的な出題例。

燃焼熱

[step１] 反応熱＝（生成物の生成熱の総和）－（反応物の生成熱の総和）

生成熱

[step２] 反応熱＝（生成物の結合エネルギーの総和）－（反応物の結合エネルギーの総和）

結合エネルギー

[step２]　エタンの生成熱から、エタンの結合エネルギーを求める。

① エタンの生成の熱化学方程式を書く。

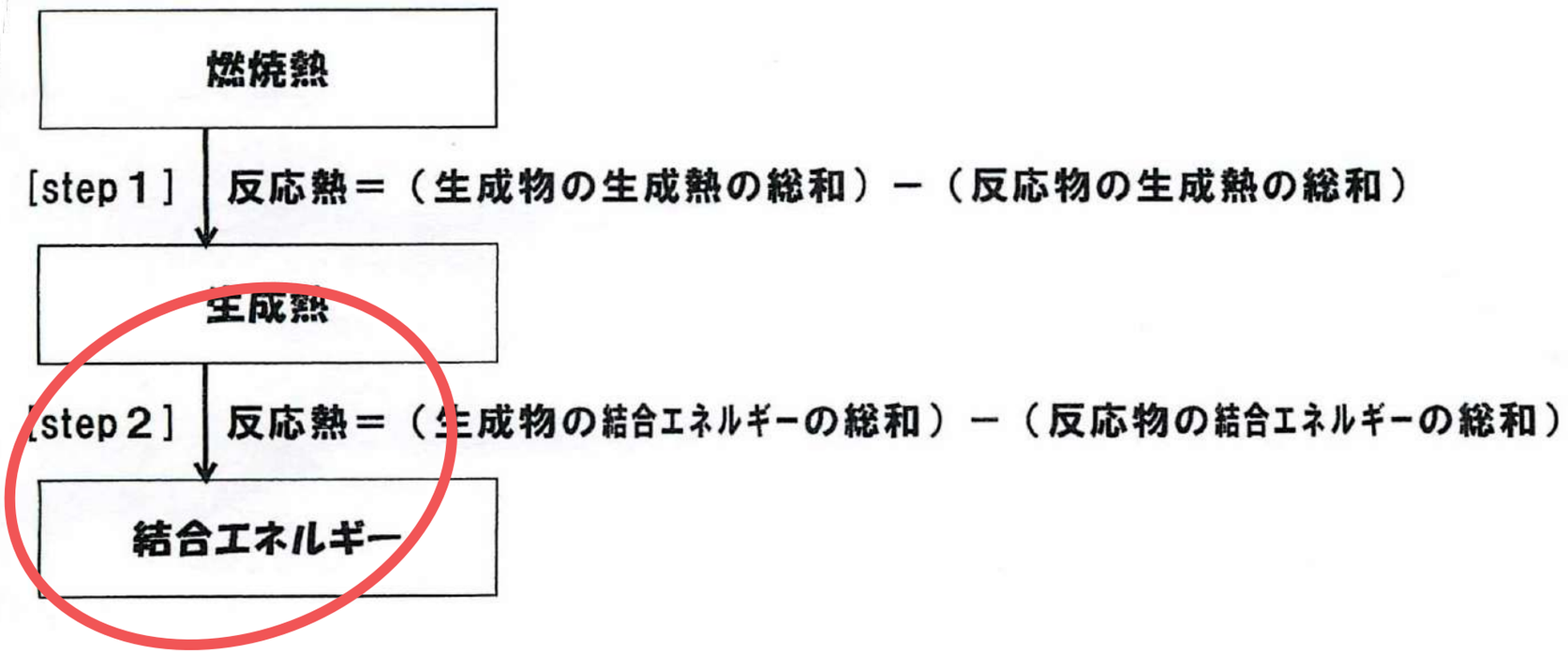
$2C(黒鉛) + 3H_2(気) = C_2H_6(気) + 86\,kJ$

② 上式に関連する結合エネルギーをピックアップする。

C(黒鉛) ---- 717 kJ/mol　　C_2H_6(気) ---- y kJ/mol

H_2(気) ---- 436 kJ/mol

【問１、２の検討】・・・極めて頻出の典型的な出題例。



[step２]　エタンの生成熱から、エタンの結合エネルギーを求める。

① エタンの生成の熱化学方程式を書く。

$2C(黒鉛) + 3H_2(気) = C_2H_6(気) + 86\,kJ$

② 上式に関連する結合エネルギーをピックアップする。

$C(黒鉛)$ ---- 717 kJ/mol　　$C_2H_6(気)$ ---- y kJ/mol

$H_2(気)$ ---- 436 kJ/mol

③ 用いる式を選ぶ。

反応熱＝（生成物の結合エネルギーの総和）－（反応物の結合エネルギーの総和）

[step２]　エタンの生成熱から、エタンの結合エネルギーを求める。

① エタンの生成の熱化学方程式を書く。

$2C(黒鉛) + 3H_2(気) = C_2H_6(気) + 86\,kJ$

② 上式に関連する結合エネルギーをピックアップする。

C(黒鉛) ---- 717 kJ/mol

C_2H_6(気) ---- y kJ/mol

H_2(気) ---- 436 kJ/mol

③ 用いる式を選ぶ。

反応熱＝（生成物の結合エネルギーの総和）－（反応物の結合エネルギーの総和）

④ 式に代入し、解く。

$86 = y - (2\times 717 + 3\times 436) \quad \therefore y = 2828$ kJ/mol

[step２]　エタンの生成熱から、エタンの結合エネルギーを求める。

① エタンの生成の熱化学方程式を書く。

$2C(黒鉛) + 3H_2(気) = C_2H_6(気) + 86\,kJ$

② 上式に関連する結合エネルギーをピックアップする。

C(黒鉛) ---- 717 kJ/mol

H_2(気) ---- 436 kJ/mol

C_2H_6(気) ---- y kJ/mol

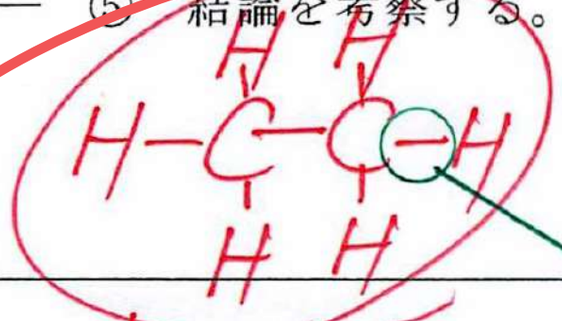
③ 用いる式を選ぶ。

反応熱＝（生成物の結合エネルギーの総和）－（反応物の結合エネルギーの総和）

④ 式に代入し、解く。

$86 = y - (2\times717 + 3\times436)$ ∴ $y = 2828$ kJ/mol

⑤ 結論を考察する。



411 kJ/mol

∴ C-Cの結合エネルギー

$= 2828 - 411\times6 = 362$ kJ/mol

全体2828 kJ/mol

問２；３６２ kJ／mol

次の3-2では、答を出す勉強より、
『問題文』を読解する勉強をしま
しょう❣️

1️⃣　細部まで読めている⁉️

2️⃣　要旨がつかめている⁉️

読解できなくても
　　読解しようと努力することが大事。

1　細部まで読めている!?

本論とは直接の関係はありませんが、
下線部の読解が出来ていますか？
まさか、読み飛ばしたりしていないでしょうね？
（入試結果を左右する）読解力の養成は、
普段の習慣からですよ。

① 分解する。

$$2N_2O_5 \longrightarrow 4NO_2 + O_2$$

CCl_4液

① 分解する。

$2N_2O_5 \longrightarrow 4NO_2 + O_2$

② 二酸化窒素は溶解する。

CCl_4液

③ 酸素は溶解しない。

① 分解する。

$$2N_2O_5 \longrightarrow 4NO_2 + O_2$$

② 二酸化窒素は溶解する。

CCl_4液

③ 酸素は溶解しない。

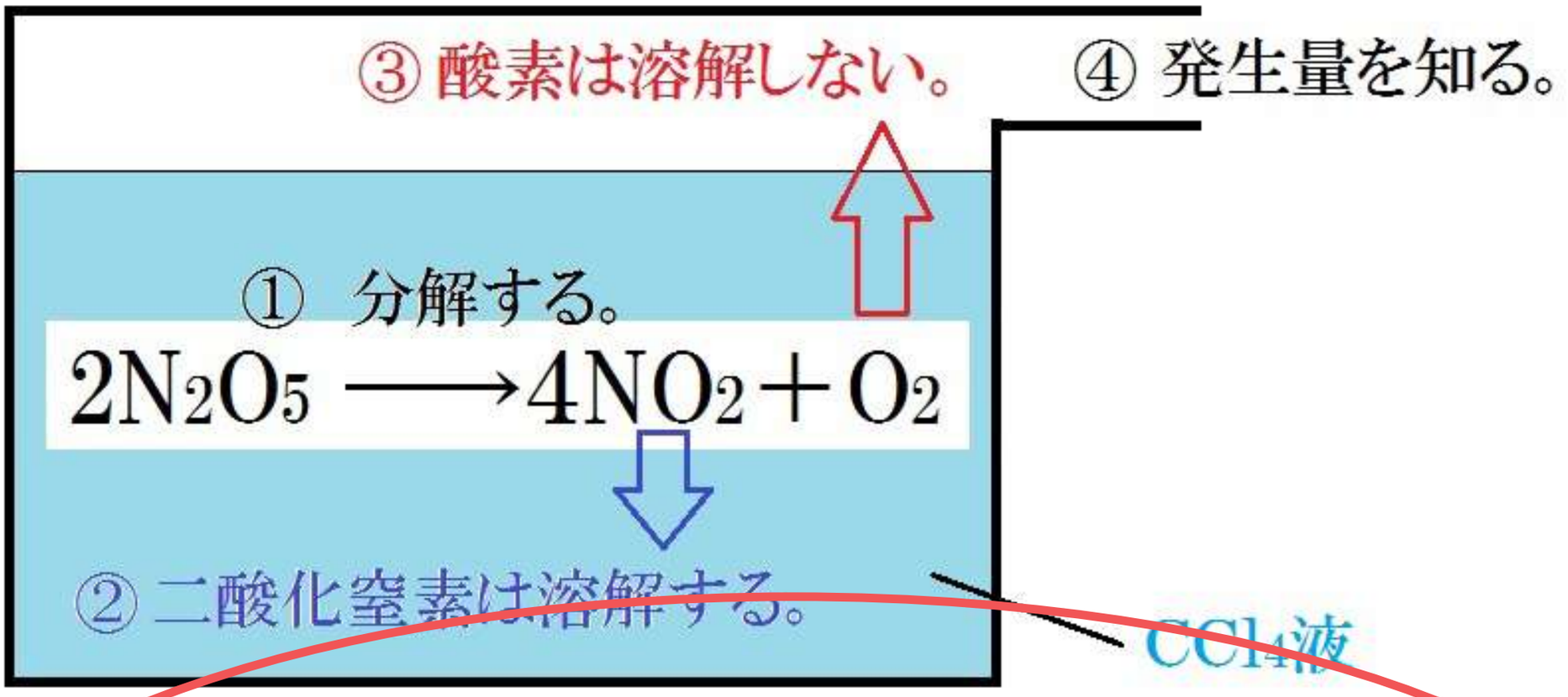
④ 発生量を知る。

① 分解する。

$$2N_2O_5 \longrightarrow 4NO_2 + O_2$$

② 二酸化窒素は溶解する。

CCl_4液



⑤ 酸素の発生量から未反応の四酸化二窒素の量がわかる。

$$2N_2O_5 \longrightarrow 4NO_2 + O_2$$

n mol	0	0
-2χ mol	$+4\chi$ mol	$+\chi$ mol
$n-2\chi$ mol	4χ mol	χ mol

2　要旨がつかめている!?

そう、表2から、
反応速度式は実験の結果から求まる・・・
言い換えれば、
化学反応式を見ただけでは求まらない・・・
ということが分かった！
ということですね。

次のスライドで詳述します。

表2　五酸化二窒素の分解反応

$2N_2O_5 \longrightarrow 4NO_2 + O_2$(気体)　($T$〔℃〕の四塩化炭素中)

$[N_2O_5]_{av}$ 〔mol/L〕	$\bar{v}$ 〔mol/(L·min)〕	$\dfrac{\bar{v}}{[N_2O_5]_{av}}$ 〔min^{-1}〕	$\dfrac{\bar{v}}{[N_2O_5]_{av}^2}$ 〔L/(mol·min)〕
2.429	ア	イ	2.67×10^{-4}
2.291	1.49×10^{-3}	6.50×10^{-4}	2.84×10^{-4}
2.161	1.41×10^{-3}	6.52×10^{-4}	3.02×10^{-4}
2.038	1.32×10^{-3}	6.48×10^{-4}	3.18×10^{-4}

$k=\dfrac{\bar{v}}{[N_2O_5]_{av}}$　すなわち、$\bar{v}=k[N_2O_5]_{av}$　が成立する。

一次反応

表２　五酸化二窒素の分解反応

$2N_2O_5 \longrightarrow 4NO_2 + O_2$(気体)　($T$〔℃〕の四塩化炭素中)

$[N_2O_5]_{av}$ 〔mol/L〕	$\bar{v}$ 〔mol/(L·min)〕	$\dfrac{\bar{v}}{[N_2O_5]_{av}}$ 〔min^{-1}〕	$\dfrac{\bar{v}}{[N_2O_5]_{av}^2}$ 〔L/(mol·min)〕
2.429	ア	イ	2.67×10^{-4}
2.291	1.49×10^{-3}	6.50×10^{-4}	2.84×10^{-4}
2.161	1.41×10^{-3}	6.52×10^{-4}	3.02×10^{-4}
2.038	1.32×10^{-3}	6.48×10^{-4}	3.18×10^{-4}

$k=\dfrac{\bar{v}}{[N_2O_5]_{av}}$　すなわち、$\bar{v}=k[N_2O_5]_{av}$　が成立する。

一次反応

$k=\dfrac{\bar{v}}{[N_2O_5]_{av}^2}$　すなわち、$\bar{v}=k[N_2O_5]_{av}^2$　は成立しない。

二次反応

$k = \dfrac{\bar{v}}{[N_2O_5]_{av}}$　すなわち、$\bar{v} = k\,[N_2O_5]_{av}$　が成立する。

一次反応

$k = \dfrac{\bar{v}}{[N_2O_5]^2_{av}}$　すなわち、$\bar{v} = k\,[N_2O_5]^2_{av}$　は成立しない。

二次反応

反応速度式は　化学反応式を見ただけでは決まらない。

【題材】

五酸化二窒素の分解反応（$2N_2O_5 \longrightarrow 4NO_2 + O_2$）

実は、この反応は、多段階反応であり、素反応ではない！

というわけですが、

取り敢えずデータを整理して

定石どおり、

平均濃度と平均速度を求めてみましょう。

$$\text{平均濃度} = \frac{[N_2O_5]_{t_1} + [N_2O_5]_{t_2}}{2}$$

$$\text{平均速度} \ \bar{v} = -\frac{\Delta[N_2O_5]}{\Delta t}$$

【step1：実験によって、ある時間での濃度を求める。】

実験結果

〔min〕	〔min〕	〔mol/L〕	〔mol/L〕	〔mol/(L·min)〕
0		2.500		
90		2.358		

惑わされないようにね！

必要なデータはこれだけ❣️

【step1：実験によって、ある時間での濃度を求める。】

実験結果

〔min〕	〔min〕	〔mol/L〕	〔mol/L〕	〔mol/(L·min)〕
0		2.500		
90		2.358		

【step2：その結果から、ある時間間隔における「平均濃度」と「平均速度」を求める。】

平均濃度の計算

⬇️既に表中に記載あり。

$$\text{平均濃度} = \frac{[N_2O_5]_{t_1} + [N_2O_5]_{t_2}}{2} = \frac{2.500+2.358}{2} = 2.429\ \text{mol/L}$$

表2　五酸化二窒素の分解反応

$2N_2O_5 \rightarrow 4NO_2 + O_2$(気体)　($T$〔℃〕の四塩化炭素中)

$[N_2O_5]_{av}$ 〔mol/L〕	$\bar{v}$ 〔mol/(L·min)〕	$\frac{\bar{v}}{[N_2O_5]_{av}}$ 〔min^{-1}〕	$\frac{\bar{v}}{[N_2O_5]_{av}^2}$ 〔L/(mol·min)〕
2.429	ア	イ	2.67×10^{-4}
2.291	1.49×10^{-3}	6.50×10^{-4}	2.84×10^{-4}
2.161	1.41×10^{-3}	6.52×10^{-4}	3.02×10^{-4}
2.038	1.32×10^{-3}	6.48×10^{-4}	3.18×10^{-4}

【step1：実験によって、ある時間での濃度を求める。】

実験結果

〔min〕	〔min〕	〔mol/L〕
0		2.500
90		2.358

表2　五酸化二窒素の分解反応

$2N_2O_5 \longrightarrow 4NO_2 + O_2$(気体)　($T$〔℃〕の四塩化炭素中)

$[N_2O_5]_{av}$ 〔mol/L〕	$\bar{v}$ 〔mol/(L·min)〕	$\frac{\bar{v}}{[N_2O_5]_{av}}$ 〔min^{-1}〕	$\frac{\bar{v}}{[N_2O_5]_{av}^2}$ 〔L/(mol·min)〕
2.429	ア	イ	2.67×10^{-4}
2.291	1.49×10^{-3}	6.50×10^{-4}	2.84×10^{-4}
2.161	1.41×10^{-3}	6.52×10^{-4}	3.02×10^{-4}
2.038	1.32×10^{-3}	6.48×10^{-4}	3.18×10^{-4}

【step2：その結果から、ある時間間隔における「平均濃度」と「平均速度」を求める。】

平均濃度の計算

⬇️既に表中に記載あり。

$$\text{平均濃度} = \frac{[N_2O_5]_{t_1} + [N_2O_5]_{t_2}}{2} = \frac{2.500+2.358}{2} = 2.429\ \text{mol/L}$$

平均速度の計算

$$\text{平均速度}\ \bar{v} = -\frac{\Delta[N_2O_5]}{\Delta t} = -\frac{[N_2O_5]_{t_2} - [N_2O_5]_{t_1}}{t_2 - t_1} = -\frac{2.358-2.500}{90-0} = 1.577\times10^{-3}\ \text{mol/(L·min)}$$

問3 ア **の解答**；1．58×10^{-3}

【step3：さらにその結果から、$v = K[N_2O_5]$であると仮定して、Kを求める。
また、$v = K'[N_2O_5]^2$であると仮定して、K'を求める。】

速度定数 k（一次反応）の計算

$$\frac{\bar{v}}{[N_2O_5]_{av}} = \frac{1.577\times10^{-3}}{2.429} = 6.492\times10^{-4}\ min^{-1}$$

問3 イ の解答：6.49×10^{-4}

表2　五酸化二窒素の分解反応

$2N_2O_5 \longrightarrow 4NO_2 + O_2$(気体)　($T$〔℃〕の四塩化炭素中)

$[N_2O_5]_{av}$ 〔mol/L〕	$\bar{v}$ 〔mol/(L·min)〕	$\frac{\bar{v}}{[N_2O_5]_{av}}$ 〔min^{-1}〕	$\frac{\bar{v}}{[N_2O_5]^2_{av}}$ 〔L/(mol·min)〕
2.429	ア	イ	2.67×10^{-4}
2.291	1.49×10^{-3}	6.50×10^{-4}	2.84×10^{-4}
2.161	1.41×10^{-3}	6.52×10^{-4}	3.02×10^{-4}
2.038	1.32×10^{-3}	6.48×10^{-4}	3.18×10^{-4}

【step4：他のデータと見比べて、どちらが「定数」であるか検討する。】

$[N_2O_5]_{av}$〔mol/L〕	$-\frac{\Delta[N_2O_5]}{\Delta t}$〔mol/(L·min)〕	$\frac{\overline{v}}{[N_2O_5]_{av}}$	$\frac{\overline{v}}{[N_2O_5]_{av}^2}$
2.429	ア 1.58×10^{-3}	イ 6.49×10^{-4}	2.67×10^{-4}
2.291	1.49×10^{-3}	6.50×10^{-4}	2.84×10^{-4}
2.161	1.41×10^{-3}	6.52×10^{-4}	3.02×10^{-4}
2.038	1.32×10^{-3}	6.48×10^{-4}	3.18×10^{-4}

【step4：他のデータと見比べて、どちらが「定数」であるか検討する。】

$[N_2O_5]_{av}$〔mol/L〕	$\bar{v}$〔mol/(L·min)〕	$\frac{\bar{v}}{[N_2O_5]_{av}}$	$\frac{\bar{v}}{[N_2O_5]_{av}^2}$
2.429	ア 1.58×10^{-3}	イ 6.49×10^{-4}	2.67×10^{-4}
2.291	1.49×10^{-3}	6.50×10^{-4}	2.84×10^{-4}
2.161	1.41×10^{-3}	6.52×10^{-4}	3.02×10^{-4}
2.038	1.32×10^{-3}	6.48×10^{-4}	3.18×10^{-4}

結論

$v=k[N_2O_5]$ と仮定したとき $k\left(=\frac{v}{[N_2O_5]}\right)$ はほぼ一定の値を示す。よって，仮定は正しい。

問４の解答；$k\,[N_2O_5]$

問５の解答；オ 2，カ 1

【step4：他のデータと見比べて、どちらが「定数」であるか検討する。】

$[N_2O_5]_{av}$〔mol/L〕	$\bar{v}$〔mol/(L·min)〕	$\frac{\bar{v}}{[N_2O_5]_{av}}$	$\frac{\bar{v}}{[N_2O_5]_{av}^2}$
2.429	1.58×10^{-3}	6.49×10^{-4}	2.67×10^{-4}
2.291	1.49×10^{-3}	6.50×10^{-4}	2.84×10^{-4}
2.161	1.41×10^{-3}	6.52×10^{-4}	3.02×10^{-4}
2.038	1.32×10^{-3}	6.48×10^{-4}	3.18×10^{-4}

結論 $v=k_2[N_2O_5]$ と仮定したとき $k_2\left(=\frac{v}{[N_2O_5]}\right)$ はほぼ一定の値を示す。よって、仮定は正しい。

問4の解答；$k\,[N_2O_5]$

問5の解答；オ　2，カ　1

具体的なkの値を求めておこう。

$$k=\frac{6.49\times10^{-4}+6.50\times10^{-4}+6.52\times10^{-4}+6.48\times10^{-4}}{4}=6.49\times10^{-4}\ \mathrm{min^{-1}}$$

問4の解答；$k=6.5\times10^{-4}\ \mathrm{min^{-1}}$

一次反応であることが明らかになったので、
次には一次反応の特徴が題材になっています。

一次反応では、一定時間内に一定割合変化する。

つまり、最初の30分で、$\frac{1}{n}$倍になったとすると、

次の30分でも$\frac{1}{n}$倍になり、

さらなる30分でも$\frac{1}{n}$倍になる。

【step5：一次反応であることが明らかになったので、ある時間の速度が求められる。】

実験結果

〔min〕	〔min〕	〔mol/L〕	〔mol/L〕	〔mol/(L·min)〕
0	90	2.500	2.358	ア

90分間に 2.358/2.500倍

【step5：一次反応であることが明らかになったので、ある時間の速度が求められる。】

実験結果

〔min〕	〔min〕	〔mol/L〕	〔mol/L〕	〔mol/(L·min)〕
0	90	2.500	2.358	ア
90		2.358		

90分間に 2.358/2.500倍

一次反応；ある一定時間内には同じ割合だけ変化する。

$$v_{450} = v_{360} \times \frac{[N_2O_5]_{t=90}}{[N_2O_5]_{t=0}} = 1.978 \times \frac{2.358}{2.500} = 1.865 \text{ mol/L}$$

問6の解答；1．9 mol／L

では、残る設問についても、軽くおさえておきましょう。

【問2を検討しよう】

$$2N_2O_5 \longrightarrow 4NO_2 + O_2$$

N_2O_5の分解速度とNO_2との生成速度の関係は？

$v_{N_2O_5} : v_{NO_2} = 2 : 4$　$\dfrac{v_{NO_2}}{v_{N_2O_5}} = \dfrac{4}{2} = 2.0$

問2の解答；2．0 倍

では、残る設問についても、軽くおさえておきましょう。

問 1　下線部について，表 1 で経過時間 180 min のとき，五酸化二窒素の濃度は 2.224 mol/L である。反応溶液が 500 mL であったとすると，180 min までに発生した酸素の体積は標準状態の

下の表 1 は，時間経過に伴う五酸化二窒素の濃度

表 1　四塩化炭素溶液中での五酸化二窒素の分解速度（T〔℃〕）

$2N_2O_5 \longrightarrow 4NO_2 + O_2$(気体)

時間 t 〔min〕	Δt 〔min〕	$[N_2O_5]$ 〔mol/L〕	$\Delta[N_2O_5]$ 〔mol/L〕	$\overline{v}$ 〔mol/(L·min)〕
0		2.500		
	90		−0.142	ア
90		2.358		
	90		−0.134	1.49×10^{-3}
180		2.224		
			−0.127	1.41×10^{-3}

$$2N_2O_5 \longrightarrow 4NO_2 + O_2$$

【問 1 を検討しよう】

１８０ min までに発生した酸素の物質量は、

$$(2.500 - 2.224) \times 0.500 \times \frac{1}{2} = 0.0690 \text{ mol}$$

よって、求める体積は

$22.4 \times 0.0690 = 1.545$ L

問 1 の解答；１．５５ L

では、残る設問についても、軽くおさえておきましょう。

問７の解答；活性化エネルギー以上のエネルギーをもつ分子の割合が大きくなるから。

気体　・・・ 気相平衡
気－固共存　・・・ 不均一平衡
酸塩基　・・・ (弱酸の)電離平衡
無機(沈殿形成)　・・・ (難溶性塩の)溶解平衡
有機(エステル合成)　・・・ 溶液内平衡
有機(溶媒抽出)　・・・ 分配平衡

平衡時の量を整理し(バランスシート)、
化学平衡の法則に代入する！

3－3　化学平衡　（青山学院大学）

【問題文を検討しよう】 素直に読解すればよいだけですね。

題意の反応

$$CO(気) + H_2O(気) \rightleftarrows CO_2(気) + H_2(気)$$

3－3　化学平衡　（青山学院大学）

【問題文を検討しよう】 素直に読解すればよいだけですね。

題意の反応

$$CO(気) + H_2O(気) \rightleftarrows CO_2(気) + H_2(気)$$

① COを減らすためには？

化学平衡の法則は次の通りであるから、

$$K = \frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]}$$

平衡定数を［ 大きく ］すればよい。

3－3　化学平衡　（青山学院大学）

【問題文を検討しよう】 素直に読解すればよいだけですね。

題意の反応

$$CO(気) + H_2O(気) \rightleftarrows CO_2(気) + H_2(気)$$

① COを減らすためには？

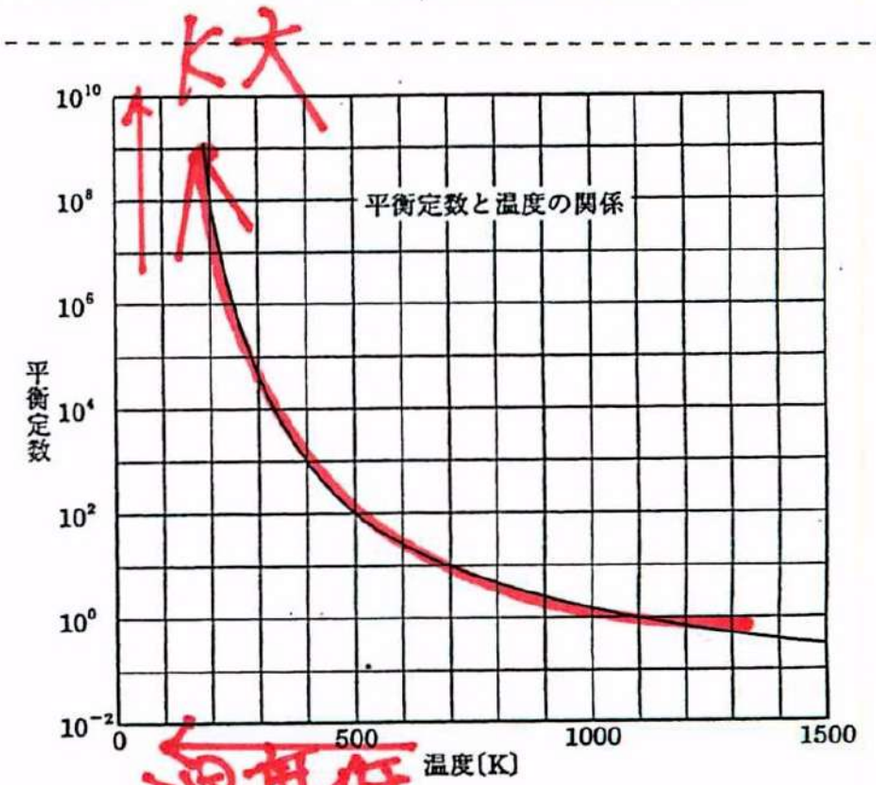
化学平衡の法則は次の通りであるから、

$$K = \frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]}$$

平衡定数を［ 大きく ］すればよい。

② 平衡定数を大きくするには？

平衡定数の温度依存性は次の通りだから、



温度を［ 低く ］するとよい。

3－3　化学平衡　（青山学院大学）

【問題文を検討しよう】 素直に読解すればよいだけですね。

題意の反応

$$CO(気) + H_2O(気) \rightleftarrows CO_2(気) + H_2(気)$$

① COを減らすためには？

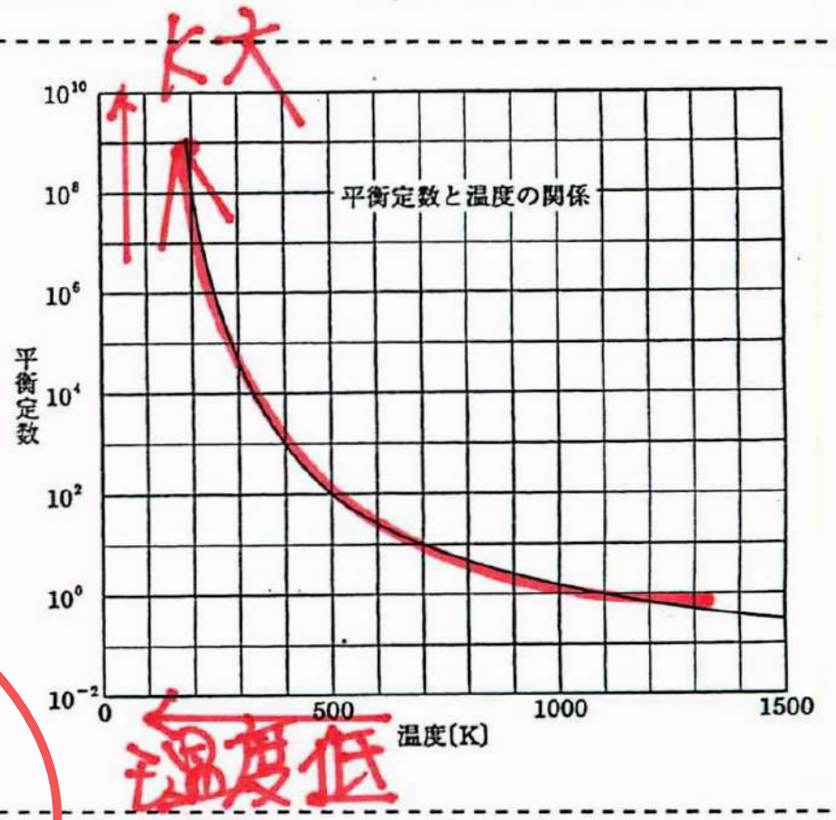
化学平衡の法則は次の通りであるから、

$$K = \frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]}$$

平衡定数を［ 大きく ］すればよい。

② 平衡定数を大きくするには？

平衡定数の温度依存性は次の通りだから、



温度を［ 低く ］するとよい。

③ COを減らすためには温度を下げればよいということは？

（温度を下げれば反応が右に進むということは？）

右向きに［ 発熱 ］反応である。

問1の解答；①・・・a、②・・・b、③・・・a

【問2（1）を検討しよう】

① バランスシート
② 化学平衡の法則
③ グラフの読み取り。

① バランスシート（平衡時の数値についての整理）

$CO_{(気)} + H_2O_{(気)} \rightleftharpoons CO_{2(気)} + H_{2(気)}$

平衡時	10	10	10	10 mol

【問2（1）を検討しよう】

① バランスシート

② 化学平衡の法則

③ グラフの読み取り。

① バランスシート（平衡時の数値についての整理）

$$CO(気) + H_2O(気) \rightleftharpoons CO_2(気) + H_2(気)$$

平衡時　10　10　10　10 mol

② 化学平衡の法則への代入

$$K = \frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]} = \frac{\frac{10}{V} \times \frac{10}{V}}{\frac{10}{V} \times \frac{10}{V}} = 1$$

【問2（1）を検討しよう】

① バランスシート

② 化学平衡の法則

③ グラフの読み取り。

① バランスシート（平衡時の数値についての整理）

$CO_{(気)} + H_2O_{(気)} \rightleftharpoons CO_{2(気)} + H_{2(気)}$

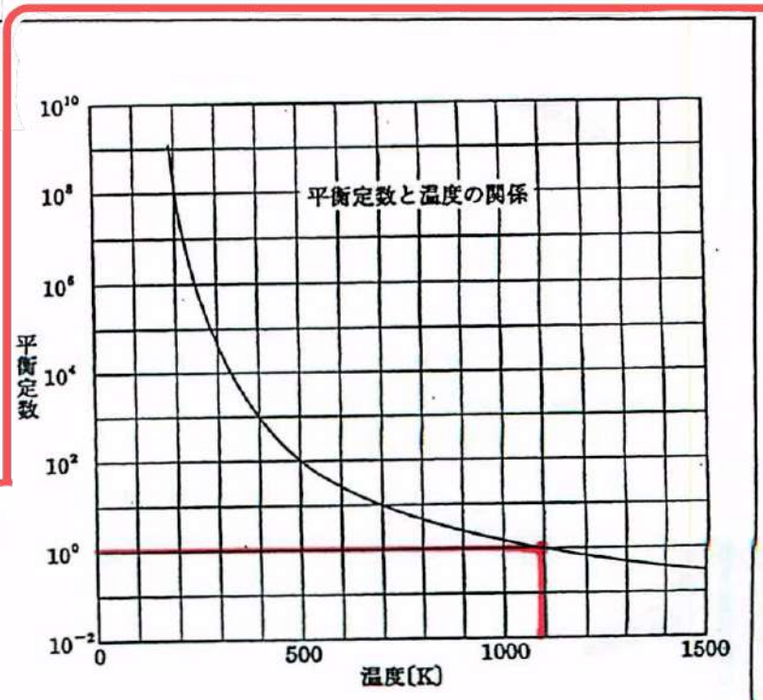
平衡時　10　10　10　10 mol

② 化学平衡の法則への代入

$$K = \frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]} = \frac{\frac{10}{V} \times \frac{10}{V}}{\frac{10}{V} \times \frac{10}{V}} = 1$$

③ 計算結果の考察

右図より 1100Kのとき K=1



問2（1）の解答：1100 K

【問2（2）を検討しよう】

① バランスシート

② 化学平衡の法則

③ 解答形式の変更

① バランスシート（平衡時の数値についての整理）

	CO	+	H_2O	⇄	CO_2	+	H_2
T_1〔K〕	10		10		10		10
変化量	$-x$		$-x$		$+x$		$+x$
T_2〔K〕	$10-x$		$10-x$		$10+x$		$10+x$

(単位：mol)

【問2（2）を検討しよう】

① バランスシート

② 化学平衡の法則

③ 解答形式の変更

① バランスシート（平衡時の数値についての整理）

	CO	+	H_2O	⇄	CO_2	+	H_2
T_1〔K〕	10		10		10		10
変化量	$-x$		$-x$		$+x$		$+x$
T_2〔K〕	$10-x$		$10-x$		$10+x$		$10+x$

（単位：mol）

② 化学平衡の法則への代入

$K=\dfrac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]}$ より、$16=\dfrac{\frac{10+x}{V}\times\frac{10+x}{V}}{\frac{10-x}{V}\times\frac{10-x}{V}}$

$\therefore x=6.0\,mol$

【問2（2）を検討しよう】

① バランスシート
② 化学平衡の法則
③ 解答形式の変更

① バランスシート（平衡時の数値についての整理）

	CO	+	H_2O	⇄	CO_2	+	H_2
T_1〔K〕	10		10		10		10
変化量	$-x$		$-x$		$+x$		$+x$
T_2〔K〕	$10-x$		$10-x$		$10+x$		$10+x$

（単位：mol）

② 化学平衡の法則への代入

$K=\dfrac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]}$ より、$16=\dfrac{\frac{10+x}{V}\times\frac{10+x}{V}}{\frac{10-x}{V}\times\frac{10-x}{V}}$

$\therefore x=6.0\,mol$

③ 計算結果の考察

COの物質量（mol）＝ $10-6.0=4.0mol$

問2（2）の解答；4.0 mol

【問2（3）を検討しよう】

最初の状態
CO, H_2O;各2.0mol

反応

平衡状態1
CO, H_2O, CO_2, H_2;各1.0mol

$y$molのH_2Oを加えた。

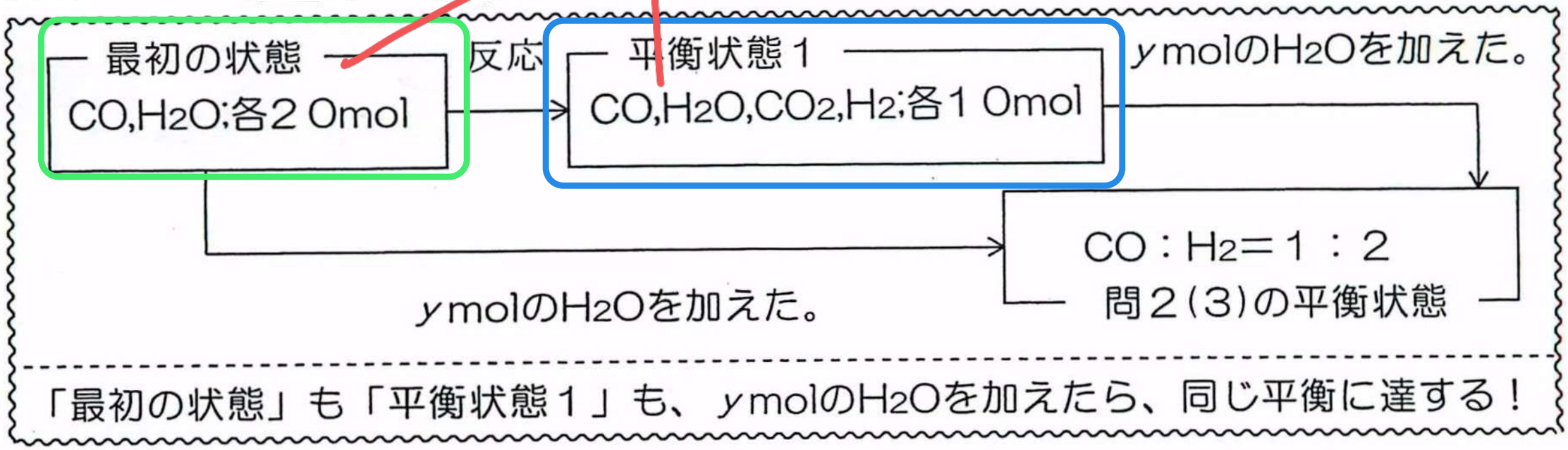
$CO : H_2 = 1 : 2$
問2(3)の平衡状態

$y$molのH_2Oを加えた。

「最初の状態」も「平衡状態1」も、$y$molのH_2Oを加えたら、同じ平衡に達する！

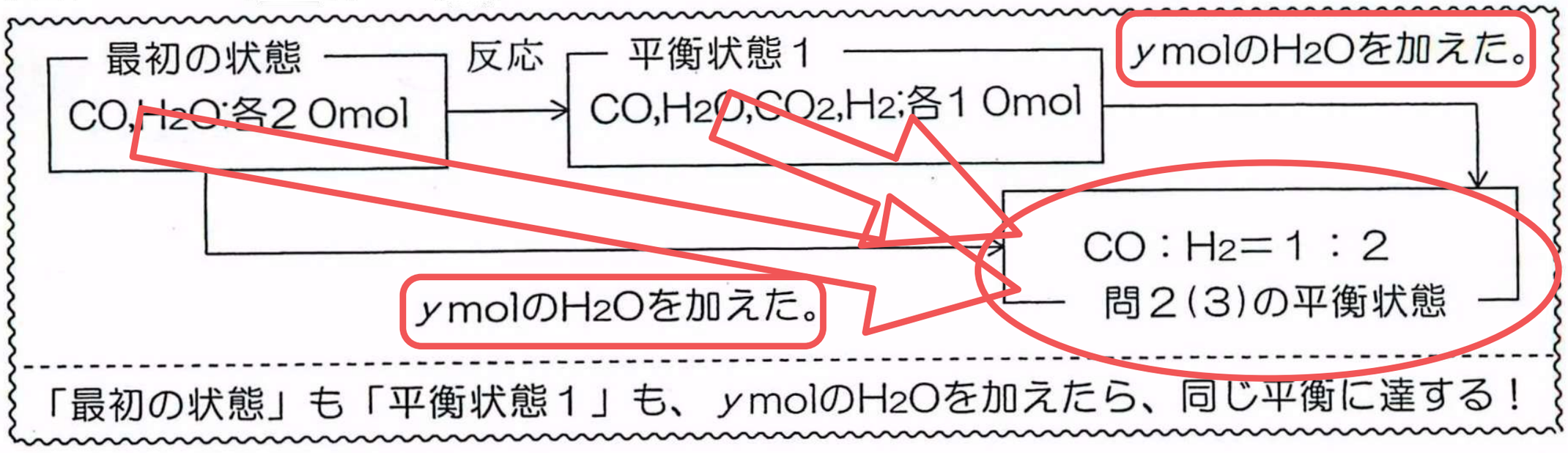
【問2（3）を検討しよう】

ある意味で同じ状態❣️



	CO	+	H_2O	⇄	CO_2	+	H_2
T_1〔K〕	20		20		0		0
変化量	-10		-10		+10		+10
T_2〔K〕	10		10		10		10

【問2（3）を検討しよう】

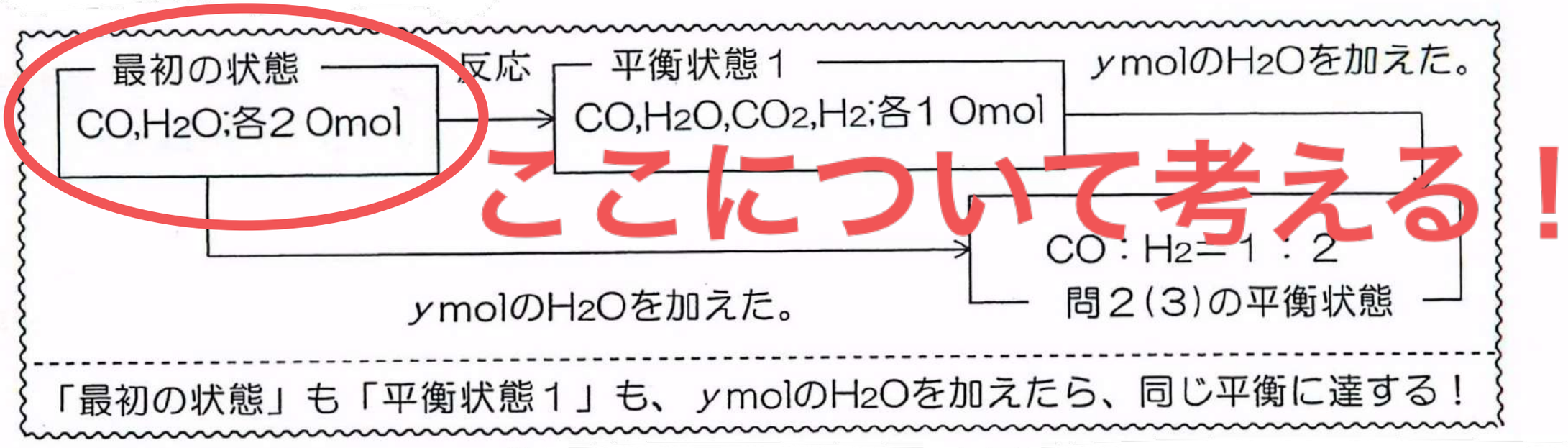


どどちらからも同じ平衡に達する。

【問2（3）を検討しよう】

① バランスシート

② 化学平衡の法則

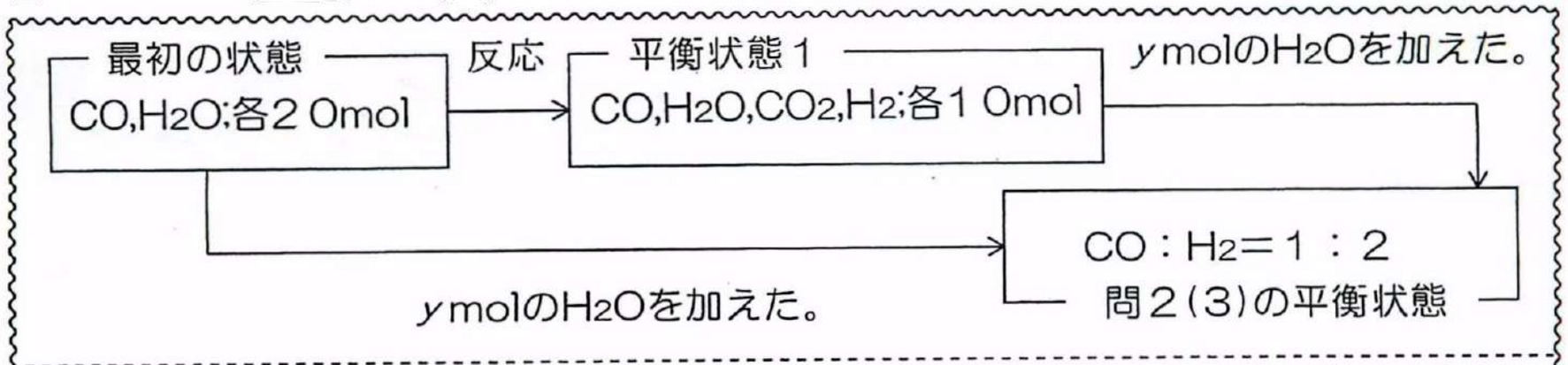


ここについて考える！

【問2（3）を検討しよう】

① バランスシート

② 化学平衡の法則



「最初の状態」も「平衡状態1」も、ymolのH2Oを加えたら、同じ平衡に達する！

① バランスシート（平衡時の数値についての整理）

	CO	+	H_2O	$\rightleftarrows$	CO_2	+	H_2
はじめ	20		20+y		0		0
変化量	−z		−z		+z		+z
平衡時	20−z		20+y−z		z		z

(単位：mol)

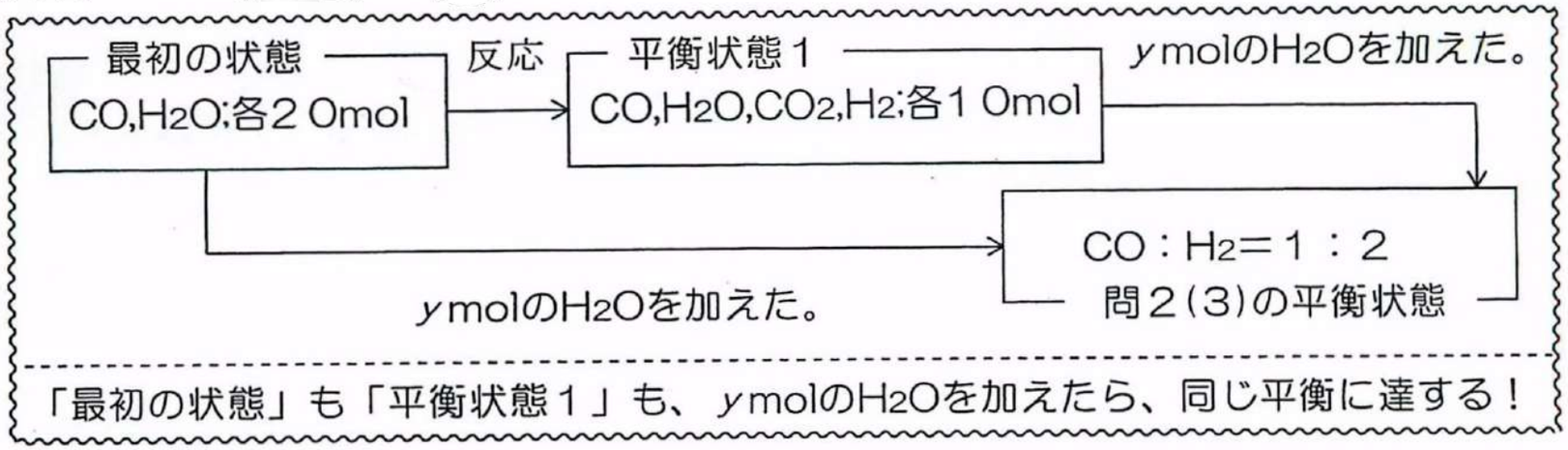
さらに、題意より、

〔Ⅰ式〕

【問2（3）を検討しよう】

① バランスシート

② 化学平衡の法則



① バランスシート（平衡時の数値についての整理）

	CO	＋	H_2O	⇄	CO_2	＋	H_2
はじめ	20		20+y		0		0
変化量	−z		−z		+z		+z
平衡時	20−z		20+y−z		z		z

(単位：mol)

さらに、題意より、

$20-z:z=1:2$　　$\therefore z=\frac{40}{3}$　　〔Ⅰ式〕

【問2（3）を検討しよう】

① バランスシート

② 化学平衡の法則

① バランスシート（平衡時の数値についての整理）

	CO	+	H_2O	$\rightleftarrows$	CO_2	+	H_2
はじめ	20		$20+y$		0		0
変化量	$-z$		$-z$		$+z$		$+z$
平衡時	$20-z$		$20+y-z$		z		z

(単位：mol)

さらに、題意より、

$20-z : z = 1 : 2$　$\therefore z = \frac{40}{3}$

〔Ⅰ式〕

② 化学平衡の法則への代入（さらに、〔Ⅰ式〕を第入する）

$K = \frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]}$ より、$1 = \dfrac{\frac{z}{V} \times \frac{z}{V}}{\frac{20-z}{V} \times \frac{20+y-z}{V}}$　ただし $z = \frac{40}{3}$

$\therefore y = 2.0 \times 10\,mol$

問2（3）の解答；2.0×10 mol

【問3を検討しよう】

K_c と K_p の関係って？

次式の化学平衡が成立しているとき，

wW(気体)$+xX$(気体)$+\cdots\cdots \rightleftarrows yY$(気体)$+zZ$(気体)$+\cdots\cdots$

平衡定数 K_c と圧平衡定数 K_p について，次の関係式が成立する。

$$K_p=K_c(RT)^{(y+z+\cdots\cdots)-(w+x+\cdots\cdots)}$$

または，$K_c=K_p(RT)^{(w+x+\cdots\cdots)-(y+z+\cdots\cdots)}$

左辺の係数の総和と右辺の係数の総和が等しいとき：$K_c=K_p$

例えば，$H_2+I_2 \rightleftarrows 2HI$ では，$K_c=K_p$ で単位はつかない！

本問では、濃度平衡定数と圧平衡定数は、同じ値である！

本問（温度 500 K）における圧平衡定数は、グラフより、$K_p=10^2$ ！

① バランスシート
ただし、
気体の制限条件を加味。
② 化学平衡の法則。
③ 解答形式の変更。

① バランスシート（平衡時の数値についての整理）

	CO	+	H_2O	⇄	CO_2	+	H_2
はじめ	n		n		0		0
変化量	$-a$		$-a$		$+a$		$+a$
平衡時	$n-a$		$n-a$		a		a

（単位：mol）

上記の結果と題意より、さらに、各気体の分圧を次のようにおける。

$p_{CO} = p_{H_2O} =$

$p_{CO_2} = p_{H_2} =$

① バランスシート
ただし、
気体の制限条件を加味。
② 化学平衡の法則。
③ 解答形式の変更。

① バランスシート（平衡時の数値についての整理）

	CO	+	H_2O	⇄	CO_2	+	H_2
はじめ	n		n		0		0
変化量	$-a$		$-a$		$+a$		$+a$
平衡時	$n-a$		$n-a$		a		a

(単位：mol)

上記の結果と題意より、さらに、各気体の分圧を次のようにおける。

$p_{CO} = p_{H_2O} = 2.6\times10^{6}\,Pa$ ← ㊟ 液体の水が生じ始めたとき

$p_{CO_2} = p_{H_2} =$

① バランスシート
ただし、
気体の制限条件を加味。
② 化学平衡の法則。
③ 解答形式の変更。

① バランスシート（平衡時の数値についての整理）

	CO	+	H_2O	⇄	CO_2	+	H_2
はじめ	n		n		0		0
変化量	$-a$		$-a$		$+a$		$+a$
平衡時	$n-a$		$n-a$		a		a

(単位：mol)

上記の結果と題意より、さらに、各気体の分圧を次のようにおける。

$p_{CO} = p_{H_2O} = 2.6\times10^{6}$ Pa ← ㊟ 液体の水が生じ始めたとき

$p_{CO_2} = p_{H_2} = p$ Pa

① バランスシート
ただし、
気体の制限条件を加味。
② 化学平衡の法則。
③ 解答形式の変更。

① バランスシート（平衡時の数値についての整理）

	CO	+	H_2O	⇄	CO_2	+	H_2
はじめ	n		n		0		0
変化量	$-a$		$-a$		$+a$		$+a$
平衡時	$n-a$		$n-a$		a		a

（単位：mol）

上記の結果と題意より、さらに、各気体の分圧を次のようにおける。

$p_{CO} = p_{H_2O} = 2.6\times10^6$ Pa ← ㊟ 液体の水が生じ始めたとき

$p_{CO_2} = p_{H_2} = P$ Pa

② 化学平衡の法則への代入（ さらに、〔Ⅰ式〕を第入する）

$K_p = \dfrac{P_{CO2}\cdot P_{H2}}{P_{CO}\cdot P_{H2O}}$ より、$10^2 = \dfrac{P\times P}{2.6\times10^6\times2.6\times10^6}$

$\therefore P = 2.6\times10^7$ Pa

① バランスシート
ただし、
気体の制限条件を加味。
② 化学平衡の法則。
③ 解答形式の変更。

① バランスシート（平衡時の数値についての整理）

	CO	+	H_2O	⇄	CO_2	+	H_2
はじめ	n		n		0		0
変化量	$-a$		$-a$		$+a$		$+a$
平衡時	$n-a$		$n-a$		a		a

(単位：mol)

上記の結果と題意より、さらに、各気体の分圧を次のようにおける。

$P_{CO} = P_{H_2O} = 2.6\times10^6\ Pa$ ← ㊟液体の水が生じ始めたとき

$P_{CO_2} = P_{H_2} = P\ Pa$

② 化学平衡の法則への代入（ さらに、〔Ⅰ式〕を第入する）

$K_P = \dfrac{P_{CO2}\cdot P_{H2}}{P_{CO}\cdot P_{H2O}}$ より、$10^2 = \dfrac{P\times P}{2.6\times10^6\times2.6\times10^6}$

$\therefore P = 2.6\times10^7\ Pa$

③ 計算結果の考察

全圧（Pa）＝ $2.6\times10^6\times2+2.6\times10^7\times2=5.72\times10^7\ Pa$

P_{CO}とP_{H2O}　P_{CO_2}とP_{H_2}

問３の解答；5.7×10^7 Pa

① バランスシート
ただし、
気体の制限条件を加味。
② 化学平衡の法則。
③ 解答形式の変更。

再掲

① バランスシート（平衡時の数値についての整理）

	CO	+	H_2O	⇄	CO_2	+	H_2
はじめ	n		n		0		0
変化量	$-a$		$-a$		$+a$		$+a$
平衡時	$n-a$		$n-a$		a		a

(単位：mol)

上記の結果と題意より、さらに、各気体の分圧を次のようにおける。

$P_{CO} = P_{H_2O} = 2.6\times10^6\,Pa$ ← ㊟液体の水が生じ始めたとき

$P_{CO_2} = P_{H_2} = P\,Pa$

② 化学平衡の法則への代入（ さらに、〔Ⅰ式〕を第入する）

$K_p = \dfrac{P_{CO2}\cdot P_{H2}}{P_{CO}\cdot P_{H2O}}$ より、$10^2 = \dfrac{P\times P}{2.6\times10^6\times2.6\times10^6}$

$\therefore P = 2.6\times10^7\,Pa$

③ 計算結果の考察

全圧（Pa）＝ $2.6\times10^6\times2+2.6\times10^7\times2=5.72\times10^7\,Pa$

K_{CO}とP_{H2O}　P_{CO_2}とP_{H_2}

問３の解答；5.7×10^7 Pa

S