

化学反応と熱 02 ヘスの法則

今回は前回学習した熱化学方程式について理解を深め、

さらに、これを応用した内容へと進んでいきます。まずは例題を解いてみましょう。

例題

1. 標準状態で 5.6L のプロパン C_3H_8 を完全燃焼させると、555kJ の発熱がある。
プロパンの燃焼熱の熱化学方程式を表せ。
2. 8.0g の水酸化ナトリウム NaOH (式量 40) を多量の水に溶かすと、9.0kJ の発熱がある。
水酸化ナトリウムの溶解熱の熱化学方程式を表せ。

解答と解説

1. 燃焼熱とは、物質 1mol を完全燃焼したときに発生する反応熱のことでしたネ。
標準状態で 1mol の気体の体積は、気体の種類に関係なく 22.4L ですから、

標準状態で 5.6L のプロパンは $\frac{5.6}{22.4}$ mol です。

よって、 $\frac{5.6}{22.4}$ mol のプロパンを完全燃焼させると 555kJ の発熱があったということにな

ります。ゆえに、プロパンの燃焼熱は、 $\frac{555[\text{kJ}]}{\frac{5.6}{22.4}[\text{mol}]} = 555[\text{kJ}] \times \frac{22.4}{5.6} \left[\frac{1}{\text{mol}} \right] = 2220[\text{kJ/mol}]$ と

なります。熱化学方程式の場合、物質の前につける係数は物質を表す(係数 1 は省略) ことと、燃焼熱とは物質 1mol を完全燃焼したときに発生する反応熱であることから、プロパンの係数を 1 とおいて、熱化学方程式を立てます。

よって、 C_3H_8 (気) + 5 O_2 (気) = 3 CO_2 (気) + 4 H_2O (気) + 2220kJ ……(答)

2. 溶解熱とは、物質 1mol を多量の溶媒に溶解するときに伴う熱のことでしたネ。

8.0g の水酸化ナトリウムの物質量は、 $\frac{8.0}{40}$ mol です。

よって、 $\frac{8.0}{40}$ mol の水酸化ナトリウムを多量の水に溶かすと、

9.0kJ の発熱があったということになります。

ゆえに、水酸化ナトリウムの溶解熱は、

$\frac{9.0[\text{kJ}]}{\frac{8.0}{40}[\text{mol}]} = 9.0[\text{kJ}] \times \frac{40}{8.0} \left[\frac{1}{\text{mol}} \right] = 45[\text{kJ/mol}]$ となります。

溶解熱とは、物質 1mol を多量の溶媒に溶解するときに伴う熱ですから、NaOH (固) の係数を 1 とおいて、熱化学方程式を立てます。

よって、 $NaOH$ (固) + aq = $NaOH$ aq + 45kJ ……(答)

ヘスの法則（総熱量保存の法則）

化学反応に伴う熱の出入りは、反応物全体（反応系）のもつエネルギーと生成物全体（生成系）のもつエネルギーの差に相当します。

したがって、反応の開始と終了の物質の種類と状態が決まれば、反応熱の大きさは途中の反応経路（反応過程）に左右されないことになります。たとえるなら、

高低差 100m の坂道を自転車で上るとします。

坂道の傾斜がゆるやかな場合は、自転車をこぐ力の大きさが小さくてすみませんが、長い距離を上らなければなりません。

逆に傾斜が急な場合は、自転車をこぐのに大きな力が必要ですが、距離は短くすみません。上り下りのある坂道ですと下りは楽ですが、下った分だけ余計に上らなければなりません。結局、どの経路を選んでも使ったエネルギーは同じということになります。

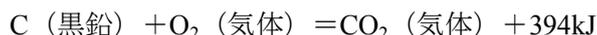
つまり、エネルギーは出発点と到達点の高さの差だけで決まるということになります。1840 年、ロシア（スイス生まれ）の化学者ヘスは反応熱に関する次の法則を発見しました。

ヘスの法則

ある一連の化学反応で発生したあるいは吸収された総熱量は、その反応のはじめの状態と終わりの状態だけで決まり、途中の反応経路によらない。たとえば、1mol の炭素（黒鉛）が燃焼し 1mol の二酸化炭素が生成する 3 つの反応経路について考えてみましょう。

経路 1.

黒鉛を完全燃焼して直接二酸化炭素にする場合
熱化学方程式

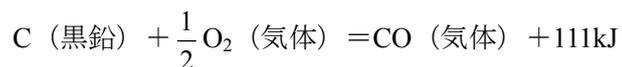


この熱化学方程式の見方

1mol の C（黒鉛）と 1mol の O₂（気体）の化学エネルギーの和は、
1mol の CO₂（気体）の化学エネルギーより 394kJ 大きい。

経路 2.

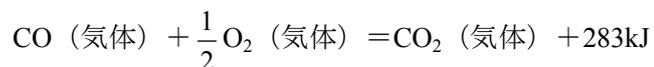
黒鉛からまず一酸化炭素を生成し、
さらにそれを完全燃焼し、二酸化炭素にする場合
黒鉛から一酸化炭素を生成するときの熱化学方程式



この熱化学方程式の見方

1mol の C（黒鉛）と $\frac{1}{2}$ mol の O₂（気体）の化学エネルギーの和は、
1mol の CO（気体）の化学エネルギーより 111kJ 大きい。

一酸化炭素を完全燃焼するときの熱化学方程式



この熱化学方程式の見方

1mol の CO (気体) と $\frac{1}{2}$ mol の O₂ (気体) の化学エネルギーの和は、

1mol の CO₂ (気体) の化学エネルギーより 283kJ 大きい。

経路 3.

黒鉛を高温高压で処理してダイヤモンドとし、

そのダイヤモンドを完全燃焼して二酸化炭素にする場合

黒鉛を高温高压で処理してダイヤモンドにするときの熱化学方程式



この熱化学方程式の見方

1mol の C (黒鉛) の化学エネルギーは、

1mol の C (ダイヤモンド) の化学エネルギーより 2kJ 小さい。

ダイヤモンドを完全燃焼して二酸化炭素にするときの熱化学方程式

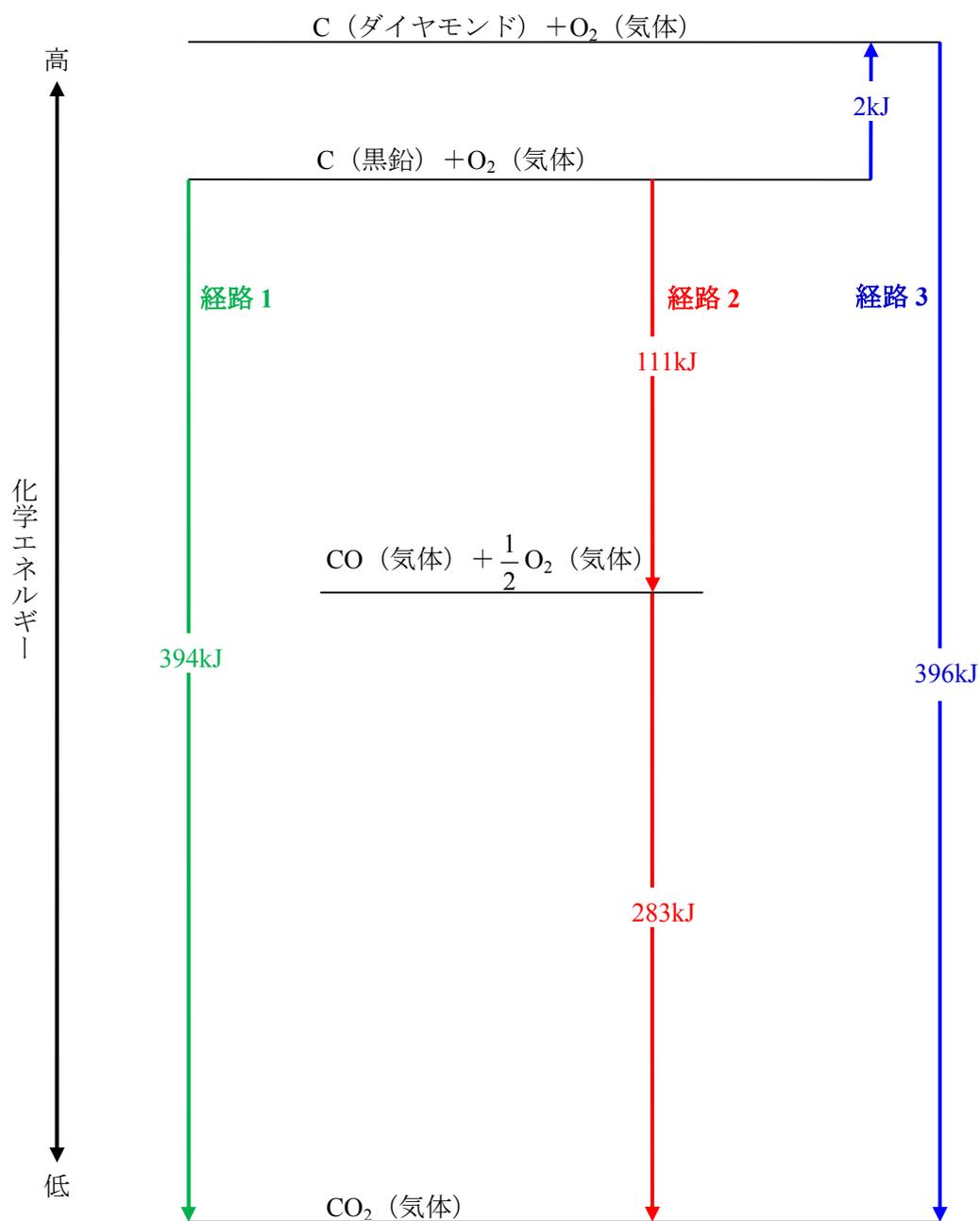


この熱化学方程式の見方

1mol の C (ダイヤモンド) と 1mol の O₂ (気体) の化学エネルギーの和は、

1mol の CO₂ (気体) の化学エネルギーより 396kJ 大きい。

これらの反応経路を図 (エネルギー図) で表すと、次のようになります。



図より，それぞれの経路での反応熱の総和は，

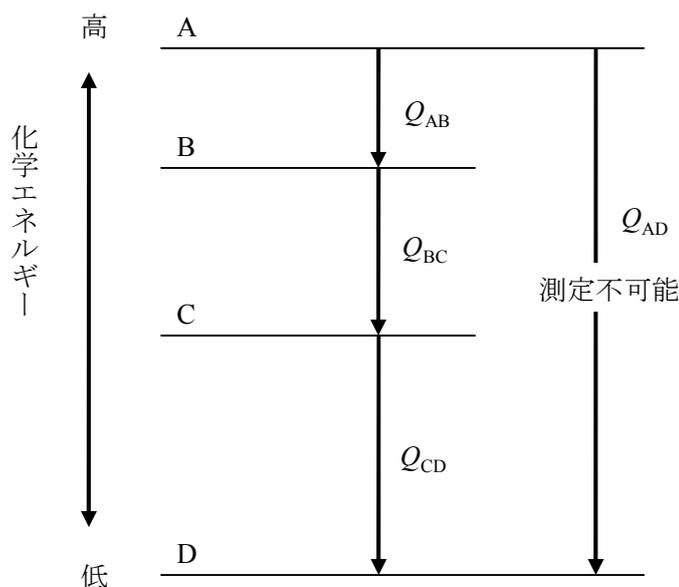
経路 1 : 394kJ

経路 2 : 111kJ+283kJ=394kJ

経路 3 : -2kJ+396kJ=394kJ

と，どの反応経路でも総発熱量は 394kJ となります。

ヘスの法則を利用すれば、測定不可能な反応熱を求めることができます。
 たとえば、A から D への変化の反応熱 Q_{AD} を直接測定することができない場合でも、
 ヘスの法則を利用すれば間接的にその熱量を知ることができます。
 反応熱が測定可能な経路 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$ があるとすると、
 それぞれの反応熱を合計すれば、 $Q_{AB} + Q_{BC} + Q_{CD} = Q_{AD}$ となり、
 Q_{AD} を間接的に求めることができます。

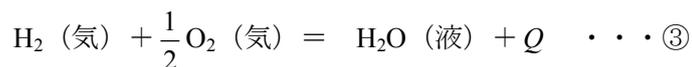
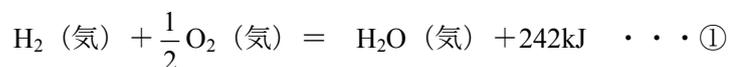


確認問題 1

6.5g のアセチレン C_2H_2 を完全燃焼させると、327kJ の発熱がある。
 アセチレンの燃焼熱の熱化学方程式を表せ。
 ただし、H、C の原子量をそれぞれ 1.0、12 とする。

確認問題 2

以下の式①と式②式の熱化学方程式を用いて、式③の反応熱 Q を求めよ。



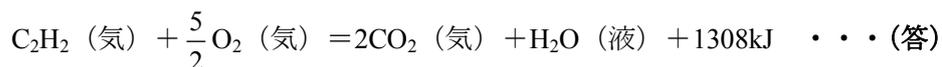
解答と解説

確認問題 1

$$\text{アセチレンのモル質量} = 12\text{g} \times 2 + 1.0\text{g} \times 2 = 14\text{g}$$

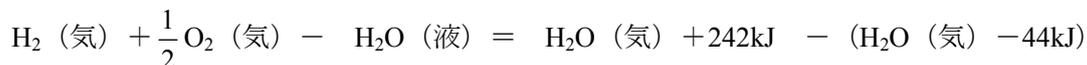
$$\text{よって, アセチレンの燃焼熱} = \frac{327\text{kJ}}{\frac{6.5}{14}\text{mol}} = 327\text{kJ} \times \frac{14}{6.5} \frac{1}{\text{mol}} = 1308\text{kJ}$$

よって,



確認問題 2

①-②より,



ことわり

本編はメルマガ高校化学の部屋 <http://www.geocities.co.jp/HeartLand-Poplar/8632/>
 バックナンバー中の記載「このメルマガは、転載・複写自由です。」に甘え、
 内容を保ったまま、整理・加筆し、転載したものです。

大学理系入試問題・受験問題集を解いてみた <http://www.toitemita.sakura.ne.jp/>