

化学反応と熱 03 ヘスの法則の利用

今回は前回学習した“ヘスの法則”を利用して、
熱化学方程式の算術計算の問題をやってみましょう。

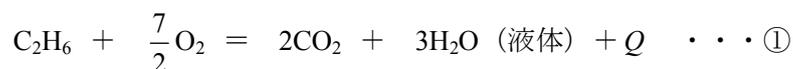
ここでは、代入法を使って簡単に未知の反応熱を求める方法について説明します。

例題

二酸化炭素, 液体の水, エタンの生成熱は, それぞれ 394kJ/mol, 286kJ/mol, 84kJ/mol である。
エタンの燃焼熱を求めよ。

解法のポイント

まず, 求める燃焼熱を Q とおいて, エタンの燃焼熱の熱化学方程式を立てます。



熱化学方程式も化学反応式と同様, 式の左辺と右辺とで原子の種類と数が等しいです。
ということは,

熱化学方程式の両辺の化合物を単体に置き換えて表すと,
「両辺の単体の種類と数が等しい」ということになります。

一方, 生成熱の熱化学方程式は,

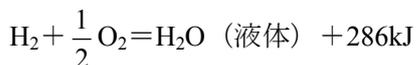
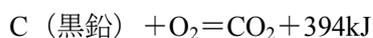
化合物 1mol の成分元素の単体 = 化合物 1mol + 生成熱
と表せますから,

化合物 1mol = 化合物 1mol の成分元素の単体 - 生成熱
となります。

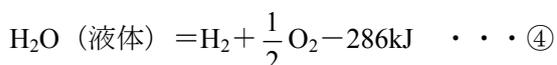
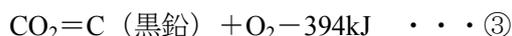
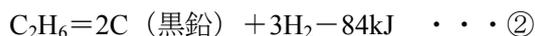
したがって, これを目的の熱化学方程式の両辺の化合物に代入すれば,
単体と生成熱で表された式になり, 両辺の単体と種類が同じですから,
すべての単体が消去され, 燃焼熱 Q と生成熱だけの 1 次方程式になってしまうので,
燃焼熱 Q を簡単に求めることができます。

手順 1.

化合物を成分元素の単体と生成熱で表す。



より,



手順 2.

①式に②, ③, ④を代入し, 整理する。

$$\{2\text{C (黒鉛)} + 3\text{H}_2 - 84\text{kJ}\} + \frac{7}{2}\text{O}_2 = 2\{\text{C (黒鉛)} + \text{O}_2 - 394\text{kJ}\} + 3 \times \left(\text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 - 286\text{kJ} \right) + Q$$

$$\therefore 2\text{C (黒鉛)} + 3\text{H}_2 + \frac{7}{2}\text{O}_2 - 84\text{kJ} = 2\text{C (黒鉛)} + 3\text{H}_2 + \frac{7}{2}\text{O}_2 - 2 \times 394\text{kJ} - 3 \times 286\text{kJ} + Q$$

$$\therefore -84\text{kJ} = -1646\text{kJ} + Q$$

$$\therefore Q = 1562\text{kJ}$$

ゆえに, エタンの燃焼熱は, 1562kJ/mol

補足

記述問題でなければ,

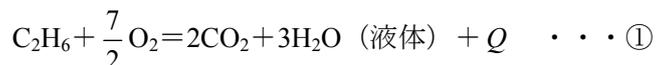
単体が消去されるのは明らかですから,

すべての単体, すなわち熱化学方程式に含まれる単体および

「化合物 1mol = 化合物 1mol の成分元素の単体 - 生成熱」の単体を除去し,

単体のない熱化学方程式に, **化合物 1mol = -生成熱**を代入すると手際がいいです。

例題の場合,



の単体を除去し,



とし,

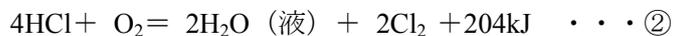
これに, $\text{C}_2\text{H}_6 = -84\text{kJ}$, $\text{CO}_2 = -394\text{kJ}$, $\text{H}_2\text{O (液体)} = -286\text{kJ}$ を代入すると,

$$-84\text{kJ} = 2 \times (-394\text{kJ}) + 3 \times (-286\text{kJ}) + Q$$

よって, $Q = 1562\text{kJ}$

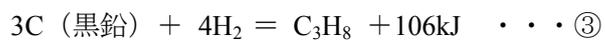
確認問題 1

次の熱化学方程式から塩化水素 HCl の生成熱を求めよ。



確認問題 2

次の熱化学方程式からプロパン C₃H₈ の燃焼熱を求めよ。



確認問題 3

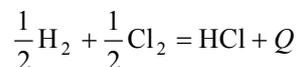
炭素 (黒鉛), 水素, エタノール C₂H₅OH (液) の燃焼熱は,
それぞれ 394kJ/mol, 286kJ/mol, 1370kJ/mol である。

エタノールの生成熱を求めよ。

解答と解説

確認問題 1

求める生成熱を Q として、熱化学方程式を立てます。



よって、 $\text{HCl} = -Q + \frac{1}{2}\text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{Cl}_2 \quad \dots \textcircled{3}$

また、 $\textcircled{1}$ より、 $2\text{H}_2\text{O}(\text{液}) = 2\text{H}_2 + \text{O}_2 - 572\text{kJ} \quad \dots \textcircled{4}$

$\textcircled{3}$ 、 $\textcircled{4}$ を $\textcircled{2}$ に代入すると、

$$4 \times \left(-Q + \frac{1}{2}\text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{Cl}_2\right) + \text{O}_2 = 2\text{H}_2 + \text{O}_2 - 572\text{kJ} + 2\text{Cl}_2 + 204\text{kJ}$$

よって、 $-4Q = -368\text{kJ} \quad \therefore Q = 92\text{kJ}$

よって、HClの生成熱は、92kJ/mol \dots (答)

補足

単体を除去して解くと、

$$\text{HCl} = -Q, \quad 2\text{H}_2\text{O}(\text{液}) = -572\text{kJ}$$

$\textcircled{2}$ の単体を除去した式、 $4\text{HCl} = 2\text{H}_2\text{O}(\text{液}) + 204\text{kJ}$ に代入すると、 $-4Q = -572\text{kJ} + 204\text{kJ}$

$$\therefore Q = 92\text{kJ}$$

確認問題 2

プロパンの燃焼熱の熱化学方程式の発熱量を Q とおくと、

熱化学方程式は、



センター試験であれば、この熱化学方程式および式 $\textcircled{1}$ 、 $\textcircled{2}$ 、 $\textcircled{3}$ を、

単体を除去して整理していいです。

すると、

$$\text{燃焼熱の熱化学方程式は、} \quad Q = \text{C}_3\text{H}_8 - 3\text{CO}_2 - 4\text{H}_2\text{O}(\text{液})$$

$$\text{式}\textcircled{1}\text{は、} \quad \text{CO}_2 = -394\text{kJ}$$

$$\text{式}\textcircled{2}\text{は、} \quad \text{H}_2\text{O}(\text{液}) = -286\text{kJ}$$

$$\text{式}\textcircled{3}\text{は、} \quad \text{C}_3\text{H}_8 = -106\text{kJ}$$

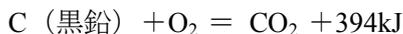
よって、

$$\begin{aligned} Q &= \text{C}_3\text{H}_8 - 3\text{CO}_2 - 4\text{H}_2\text{O}(\text{液}) \\ &= -106\text{kJ} - 3 \times (-394\text{kJ}) - 4 \times (-286\text{kJ}) \\ &= 2220\text{kJ} \end{aligned}$$

よって、プロパンの燃焼熱は、2220kJ/mol \dots (答)

確認問題 3

炭素（黒鉛）の燃焼熱の熱化学方程式は、



この方程式の単体を除去して整理すると、 $\text{CO}_2 = -394 \text{ kJ}$. . . ①

水素の燃焼熱の熱化学方程式は、



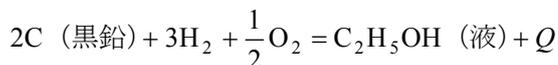
この方程式の単体を除去して整理すると、 $\text{H}_2\text{O (液)} = -286 \text{ kJ}$. . . ②

エタノールの燃焼熱の熱化学方程式は、



この方程式の単体を除去すると、 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH (液)} = 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O (液)} + 1370\text{kJ}$. . . ③

エタノールの生成熱の熱化学方程式の発熱量を Q とおくと、熱化学方程式は、



この方程式の単体を除去すると、 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH (液)} = -Q$. . . ④

①, ②, ④を③に代入すると、

$$-Q = 2 \times (-394\text{kJ}) + 3 \times (-286\text{kJ}) + 1370\text{kJ}$$

$$\therefore Q = 276 \text{ kJ}$$

よって、エタノールの生成熱は、 276kJ/mol . . . (答)

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/>