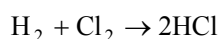


化学反応と熱 04 結合エネルギー

今回は共有結合で結びついている分子（気体）をバラバラにするときの、つまり原子（気体）にするときのエネルギー（熱）の出入りについて考えます。これまで学習してきた反応熱やヘスの法則と密接に関わっていますので、化学反応と熱の範囲の総まとめといったところです。

A. 結合エネルギー

水素 H_2 と塩素 Cl_2 が光のエネルギーによって塩化水素 HCl に変化する反応を考えてみましょう。この反応の化学反応式は、次のとおりですネ。



この反応で、水素分子 1mol の H-H 結合と塩素分子 1mol の Cl-Cl 結合が切断されると、2mol の塩化水素の H-Cl 結合ができることになります。

ここで、分子内のある結合 1mol を切る反応に必要なとするエネルギーをその結合の**結合エネルギー**といいます。

結合エネルギーは「反応に必要なとするエネルギー」ですから、吸熱反応のエネルギーですが、一般に正の値（単位：kJ/mol）で表現します。まぎらわしいので、注意してください。

B. 結合エネルギーと反応熱

反応に関わる分子の結合エネルギーがわかると、反応熱を求めることができます。上記の反応 $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{HCl}$ について考えてみましょう。

結合エネルギーは下表のとおりです。

結合	結合エネルギー (kJ/mol, 25°C)
H-H	436
Cl-Cl	243
H-Cl	432

したがって、

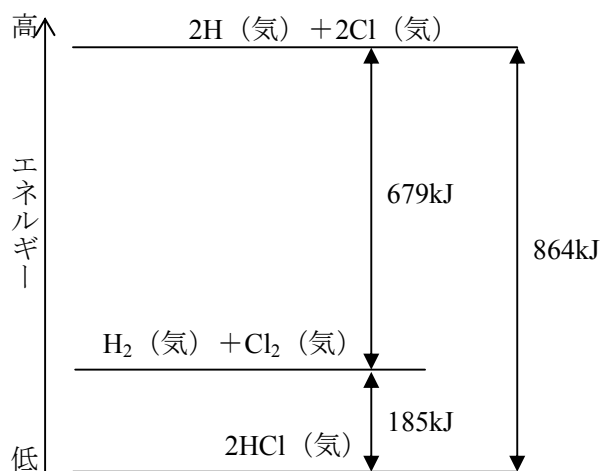
反応系 H_2 (気) + Cl_2 (気) の結合エネルギーは、つまり 1mol の H_2 (気) と 1mol の Cl_2 (気) が 2mol の H (気) と 2mol の Cl (気) になるのに必要とするエネルギーは、 $436\text{kJ} + 243\text{kJ} = 679\text{kJ}$ となります。

生成系 2HCl (気) の結合エネルギーは、

つまり 2mol の HCl (気) が 2mol の H (気) と 2mol の Cl (気) になるのに必要とするエネルギーは、 $432\text{kJ} \times 2 = 864\text{kJ}$ となります。

これをエネルギー図で表しますと、次図のようになります。

エネルギー図



これより、 $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 = 2\text{HCl} + 185\text{kJ}$

すなわち、反応熱が 185kJ であることがわかります。

$185\text{kJ} = 864\text{kJ} - 679\text{kJ}$ ですから、

これを公式化すると、

反応熱 = 生成系の結合エネルギーの総和 - 反応系の結合エネルギーの総和
となります。

例題 1

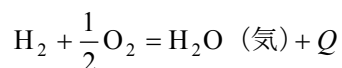
次の結合エネルギーの値を用いて、水蒸気の生成熱を求めよ。

H-H : 436kJ/mol O=O : 496kJ/mol O-H : 463kJ/mol

解答と解説

解法 1

水蒸気の生成熱をあらわす熱化学方程式は、次のとおりです。



反応系の結合エネルギーの総和は、

$$\text{H-H} \text{ が } 1\text{mol}, \text{ O}=\text{O} \text{ が } \frac{1}{2}\text{mol} \text{ ですから, } 436 + 496 \times \frac{1}{2} = 684 \text{ kJ}$$

生成系の結合エネルギーの総和は、

H-O-H が 1mol ですから、O-H は 2mol

よって、 $463 \times 2 = 926 \text{ kJ}$

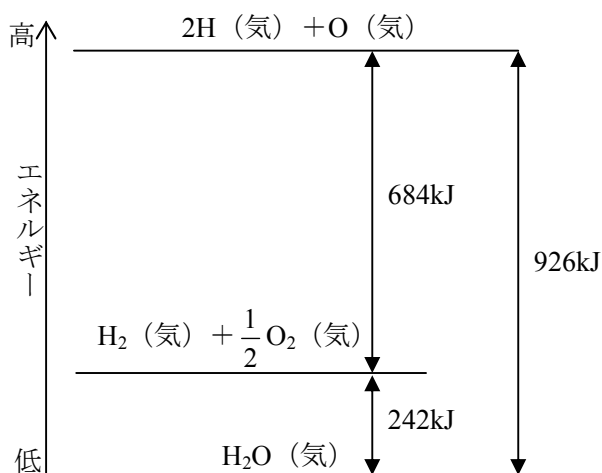
反応熱 = 生成系の結合エネルギーの総和 - 反応系の結合エネルギーの総和

より、

$$Q = 926 - 684 = 242 \text{ kJ}$$

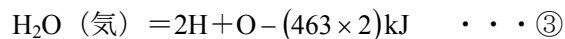
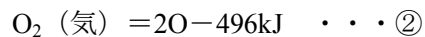
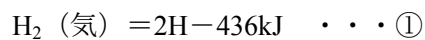
よって、水蒸気の生成熱は、242kJ/mol …… (答)

エネルギー図

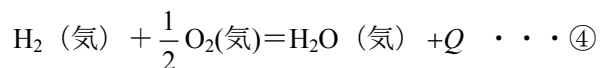


解法 2：ヘスの法則を利用する解法

与えられた結合エネルギーをあらわす熱化学方程式をつくります。



水蒸気の生成熱をあらわす熱化学方程式は、次のとおりです。



左辺と右辺の原子の種類と数は同じですから、

物質を原子で表わしたものを、すなわち①、②、③を式④に代入すると、

原子がすべて消去され、 Q の1次方程式になります。

したがって、これを解くことで Q の値が求まります。

$$2\text{H} - 436\text{kJ} + \frac{1}{2} \times (2\text{O} - 496\text{kJ}) = 2\text{H} + \text{O} - (463 \times 2)\text{kJ} + Q$$

$$\therefore -436\text{kJ} - 248\text{kJ} = -926\text{kJ} + Q$$

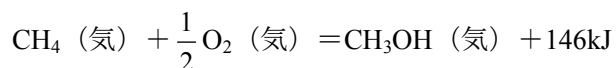
$$\therefore Q = 242\text{kJ}$$

よって、水蒸気の生成熱は、 242kJ/mol \dots (答)

例題 2

次の熱化学方程式と与えられた結合エネルギーの値より、
メタノール CH_3OH の $\text{C}-\text{O}$ 結合の結合エネルギーを求めよ。

$\text{C}-\text{H} : 416\text{kJ/mol}$ $\text{O}=\text{O} : 496\text{kJ/mol}$ $\text{O}-\text{H} : 463\text{kJ/mol}$

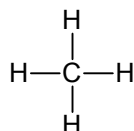


解答と解説

解法 1

反応系の結合エネルギーの総和

メタンの構造式は、



ですから、

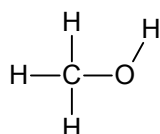
1mol のメタンには、4mol の $\text{C}-\text{H}$ 結合が含まれています。

よって、1mol のメタンの結合エネルギーは、 $416 \times 4 = 1664 \text{ kJ}$ です。

よって、反応系の結合エネルギーの総和は、 $1664 + \frac{1}{2} \times 496 = 1912 \text{ kJ}$

生成系の結合エネルギーの総和

メタノールの構造式は、



ですから、

1mol のメタノールには、1mol の $\text{O}-\text{H}$ 結合と $\text{C}-\text{O}$ 結合および 3mol の $\text{C}-\text{H}$ 結合が含まれています。

よって、 $\text{C}-\text{O}$ 結合の結合エネルギーを $E \text{ kJ/mol}$ としますと、

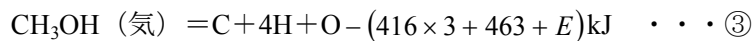
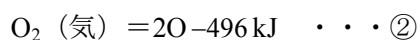
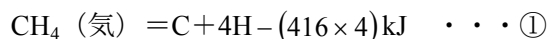
生成系の結合エネルギーの総和は、 $463 + 416 \times 3 + E = 1711 + E \text{ kJ}$

反応熱 = 生成系の結合エネルギーの総和 - 反応系の結合エネルギーの総和

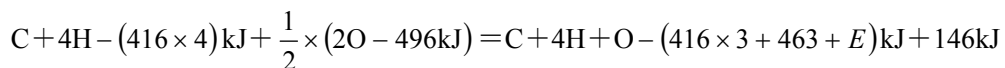
より、 $146 = 1711 + E - 1912$

よって、 $E = 347 \text{ kJ/mol}$ \cdots (答)

解法 2 : ヘスの法則を利用する解法



①, ②, ③を $\text{CH}_4 (\text{気}) + \frac{1}{2} \text{O}_2 (\text{気}) = \text{CH}_3\text{OH} (\text{気}) + 146 \text{kJ}$ に代入すると,



$$\therefore -416 \times 4 - 248 = -1248 - 463 - E + 146$$

$$\therefore E = 347$$

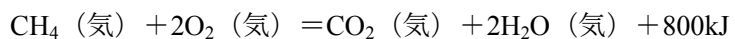
よって, $E = 347 \text{kJ/mol}$ \dots (答)

確認問題

次の熱化学方程式と結合エネルギーの値を用いて,

二酸化炭素 CO_2 の $\text{C}=\text{O}$ 結合の結合エネルギーを求めよ。

$\text{C}-\text{H} : 416 \text{kJ/mol}$ $\text{O}=\text{O} : 496 \text{kJ/mol}$ $\text{O}-\text{H} : 463 \text{kJ/mol}$



解答

802kJ/mol

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・複製自由です。」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/>