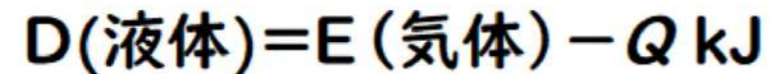
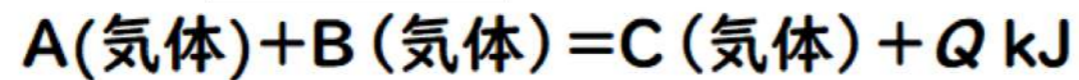


熱化学

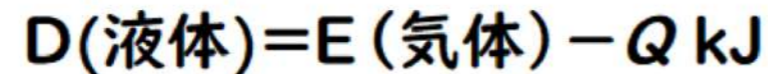
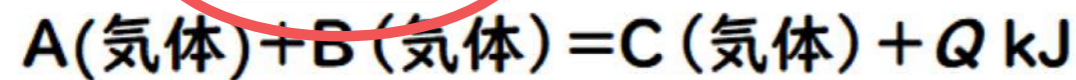
●化学反応や状態変化(蒸発や凝縮)には熱の出入りがともなう。このときに入力する熱量を という。このときの熱の出入りは次のように表記する。



上段は、 の場合、下段は の場合である。

熱化学

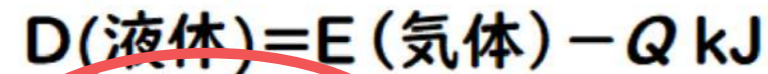
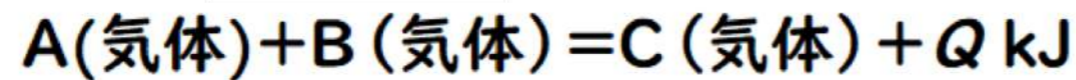
●化学反応や状態変化(蒸発や凝縮)には熱の出入りがともなう。このときに入力する熱量を **反応熱** という。このときの熱の出入りは次のように表記する。



上段は、 の場合、下段は の場合である。

熱化学

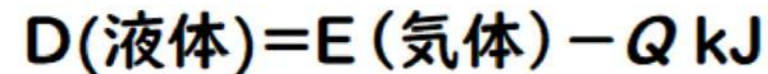
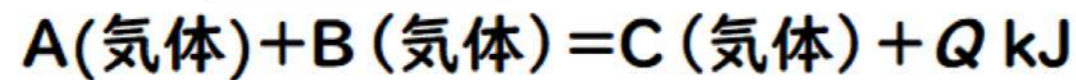
●化学反応や状態変化(蒸発や凝縮)には熱の出入りがともなう。このときに入りする熱量を **反応熱** という。このときの熱の出入りは次のように表記する。



上段は、**発熱反応** の場合、下段は の場合である。

熱化学

●化学反応や状態変化(蒸発や凝縮)には熱の出入りがともなう。このときに入りする熱量を **反応熱** という。このときの熱の出入りは次のように表記する。

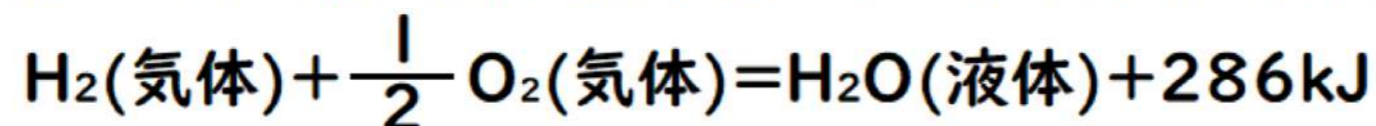


上段は、**発熱反応** の場合、下段は **吸熱反応** の場合である。

●反応熱には様々な種類(生成熱、燃焼熱など)があり、それぞれ定義がある。

●生成熱は、が、から生成するときの熱量であり、次式の場合、 H_2O (液体)の生成熱はである。

注:「±」を付けるのは、生成熱には発熱、吸熱の両方があるためである。
注:ただし、「+」の場合には省略してもよい。「-」の場合には省略できない。



●燃焼熱は、が、するときの熱量であり、上式の場合、 H_2 の燃焼熱はである。

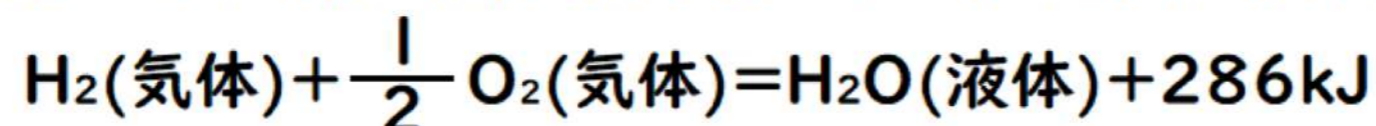
注:「±」を付けないのは、燃焼熱は発熱と決まっているためである。
注:このように、同一の熱化学方程式から複数の反応熱を読み取れることもある。

●反応熱には様々な種類(生成熱、燃焼熱など)があり、それぞれ定義がある。

●生成熱は、**1molの物質**が、から生成するときの熱量であり、次式の場合、 H_2O (液体)の生成熱はである。

注;「±」を付けるのは、生成熱には発熱、吸熱の両方があるためである。

注;ただし、「+」の場合には省略してもよい。「-」の場合には省略できない。



●燃焼熱は、が、するときの熱量であり、上式の場合、 H_2 の燃焼熱はである。

注;「±」を付けないのは、燃焼熱は発熱と決まっているためである。

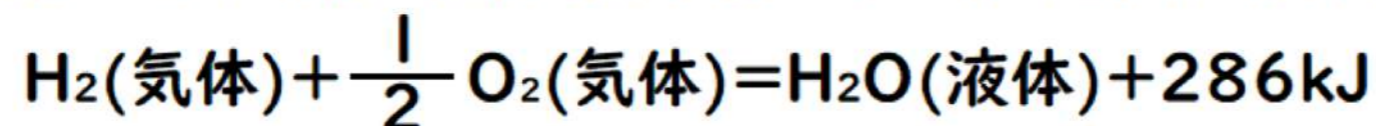
注;このように、同一の熱化学方程式から複数の反応熱を読み取れることもある。

●反応熱には様々な種類(生成熱、燃焼熱など)があり、それぞれ定義がある。

●生成熱は、 が、 から生成するときの熱量であり、次式の場合、 H_2O (液体)の生成熱は である。

注;「±」を付けるのは、生成熱には発熱、吸熱の両方があるためである。

注;ただし、「+」の場合には省略してもよい。「-」の場合には省略できない。



●燃焼熱は、 が、 するときの熱量であり、上式の場合、 H_2 の燃焼熱は である。

注;「±」を付けないのは、燃焼熱は発熱と決まっているためである。

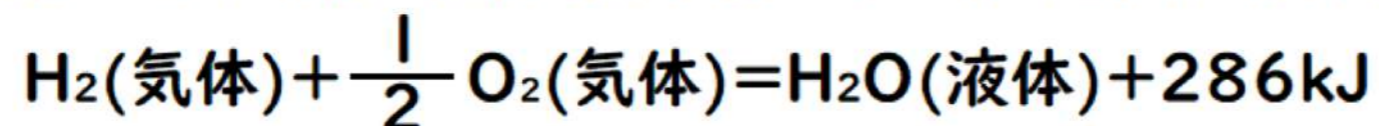
注;このように、同一の熱化学方程式から複数の反応熱を読み取れることもある。

●反応熱には様々な種類(生成熱、燃焼熱など)があり、それぞれ定義がある。

●生成熱は、**1 molの物質** が、**その構成元素の単体** から生成するときの熱量であり、次式の場合、 H_2O (液体)の生成熱は **+286 kJ/mol** である。

注; 「±」を付けるのは、生成熱には発熱、吸熱の両方があるためである。

注; ただし、「+」の場合には省略してもよい。「-」の場合には省略できない。



●燃焼熱は、 が、 するときの熱量であり、上式の場合、 H_2 の燃焼熱は である。

注; 「±」を付けないのは、燃焼熱は発熱と決まっているためである。

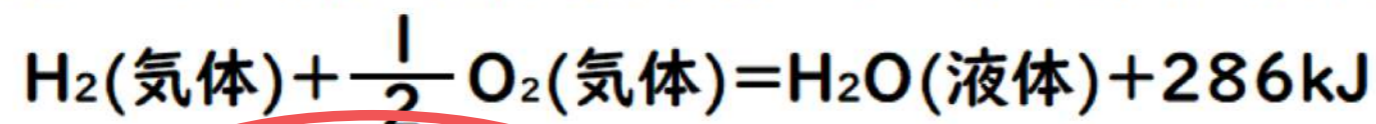
注; このように、同一の熱化学方程式から複数の反応熱を読み取れることもある。

●反応熱には様々な種類(生成熱、燃焼熱など)があり、それぞれ定義がある。

●生成熱は、**1 molの物質** が、**その構成元素の単体** から生成するときの熱量であり、次式の場合、 H_2O (液体)の生成熱は **+286 kJ/mol** である。

注; 「±」を付けるのは、生成熱には発熱、吸熱の両方があるためである。

注; ただし、「+」の場合には省略してもよい。「-」の場合には省略できない。



●燃焼熱は、**1 molの物質** が、 するときの熱量であり、上式の場合、 H_2 の燃焼熱は である。

注; 「±」を付けないのは、燃焼熱は発熱と決まっているためである。

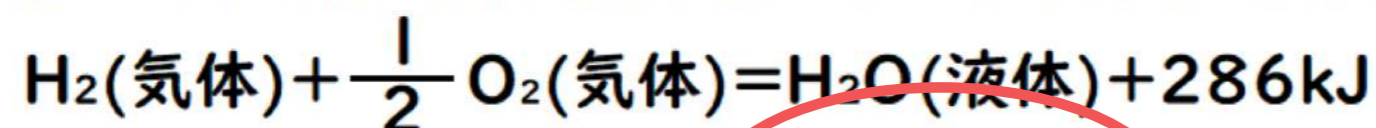
注; このように、同一の熱化学方程式から複数の反応熱を読み取れることもある。

●反応熱には様々な種類(生成熱、燃焼熱など)があり、それぞれ定義がある。

●生成熱は、**1 molの物質** が、**その構成元素の単体** から生成するときの熱量であり、次式の場合、 H_2O (液体)の生成熱は **+286 kJ/mol** である。

注;「±」を付けるのは、生成熱には発熱、吸熱の両方があるためである。

注;ただし、「+」の場合には省略してもよい。「-」の場合には省略できない。



●燃焼熱は、**1 molの物質** が、**完全燃焼** するときの熱量であり、上式の場合、 H_2 の燃焼熱は である。

注;「±」を付けないのは、燃焼熱は発熱と決まっているためである。

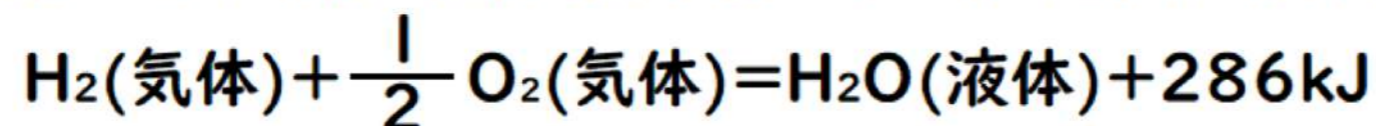
注;このように、同一の熱化学方程式から複数の反応熱を読み取れることもある。

●反応熱には様々な種類(生成熱、燃焼熱など)があり、それぞれ定義がある。

●生成熱は、**1 molの物質** が、**その構成元素の単体** から生成するときの熱量であり、次式の場合、 H_2O (液体)の生成熱は **+286kJ/mol** である。

注;「±」を付けるのは、生成熱には発熱、吸熱の両方があるためである。

注;ただし、「+」の場合には省略してもよい。「-」の場合には省略できない。



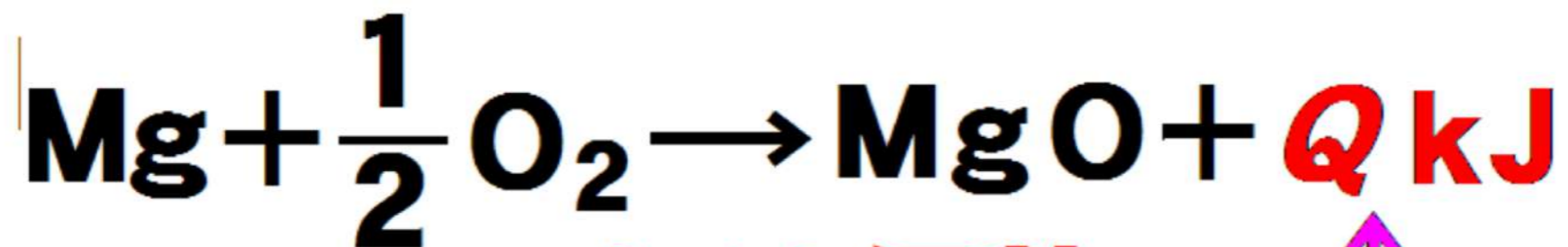
●燃焼熱は、**1 molの物質** が、**完全燃焼** するときの熱量であり、上式の場合、 H_2 の燃焼熱は **286kJ/mol** である。

注;「±」を付けないのは、燃焼熱は発熱と決まっているためである。

注;このように、同一の熱化学方程式から複数の反応熱を読み取れることもある。

同じ反応の『反応熱』でも、
異なった呼ばれ方をすることがある。

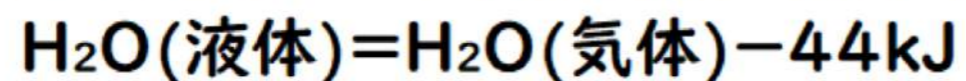
マグネシウムが燃えています。



これは何熱？ 



●蒸発熱は、が、蒸発してとなる時
する熱量であり、次式の場合、 H_2O (液体)の蒸発熱はである。
注;「-」を付けないのは、蒸発熱は吸熱であると分かり切っているからである。



また、 H_2O (気体)が凝縮する場合には、同じ熱量がことにな
るので、その熱化学方程式は次の通りとなる。

●蒸発熱は、**1 mol の液体**が、蒸発して となるとき する熱量であり、次式の場合、 H_2O (液体)の蒸発熱は である。
注；「-」を付けないのは、蒸発熱は吸熱であると分かり切っているからである。



また、 H_2O (気体)が凝縮する場合には、同じ熱量が ことになるので、その熱化学方程式は次の通りとなる。

●蒸発熱は、**1 mol の液体** が、蒸発して **気体** となるとき する熱量であり、次式の場合、 H_2O (液体)の蒸発熱は である。
注；「-」を付けないのは、蒸発熱は吸熱であると分かり切っているからである。



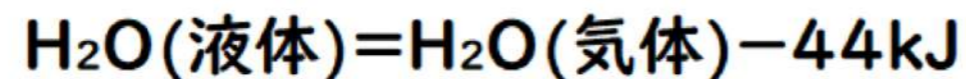
また、 H_2O (気体)が凝縮する場合には、同じ熱量が ことになるので、その熱化学方程式は次の通りとなる。

●蒸発熱は、**1 mol の液体** が、蒸発して **気体** となるとき **吸収** する熱量であり、次式の場合、 H_2O (液体)の蒸発熱は である。
注；「-」を付けないのは、蒸発熱は吸熱であると分かり切っているからである。



また、 H_2O (気体)が凝縮する場合には、同じ熱量が ことになるので、その熱化学方程式は次の通りとなる。

●蒸発熱は、**1 mol の液体** が、蒸発して **気体** となるとき **吸収** する熱量であり、次式の場合、 H_2O (液体)の蒸発熱は **44kJ/mol** である。
注；「-」を付けないのは、蒸発熱は吸熱であると分かり切っているからである。



また、 H_2O (気体)が凝縮する場合には、同じ熱量が ことになるので、その熱化学方程式は次の通りとなる。

●蒸発熱は、**1 mol の液体** が、蒸発して **気体** となるとき **吸収** する熱量であり、次式の場合、 H_2O (液体)の蒸発熱は **44kJ/mol** である。
注；「-」を付けないのは、蒸発熱は吸熱であると分かり切っているからである。



また、 H_2O (気体)が凝縮する場合には、同じ熱量が **発生する** ことになるので、その熱化学方程式は次の通りとなる。

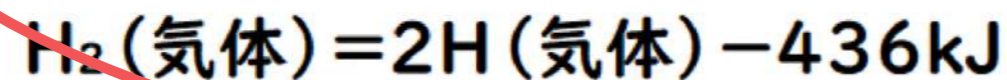
●蒸発熱は、**1 mol の液体** が、蒸発して **気体** となるとき **吸収** する熱量であり、次式の場合、 H_2O (液体)の蒸発熱は **44kJ/mol** である。
注；「-」を付けないのは、蒸発熱は吸熱であると分かり切っているからである。



また、 H_2O (気体)が凝縮する場合には、同じ熱量が **発生する** ことになるので、その熱化学方程式は次の通りとなる。

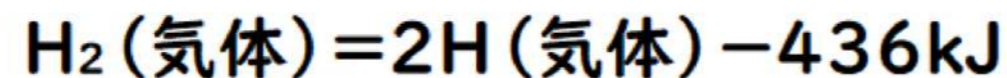


●結合エネルギーは、が、その共有結合が完全に切断されて、となるときされる熱量であり、次式の場合、H-H結合の結合エネルギーはである。
注；「-」を付けないのは、結合の切断は吸熱であると分かり切っているため。



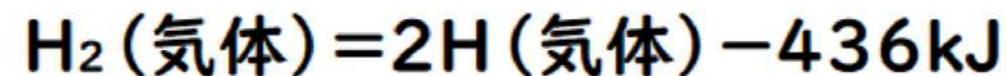
●結合エネルギーは、**気体状態の1molの分子**が、その共有結合が完全に切断されて、となる時される熱量であり、次式の場合、H-H結合の結合エネルギーはである。

注；「-」を付けないのは、結合の切断は吸熱であると分かり切っているため。



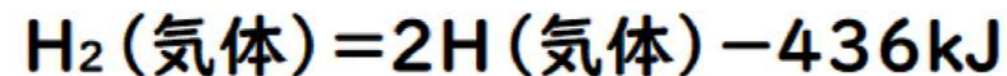
●結合エネルギーは、**気体状態の1molの分子**が、その共有結合が完全に切断されて、**ばらばらの原子**となる時 される熱量であり、次式の場合、H-H結合の結合エネルギーは である。

注；「-」を付けないのは、結合の切断は吸熱であると分かり切っているため。



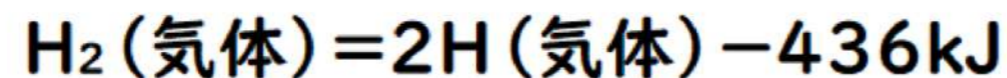
●結合エネルギーは、**気体状態の1molの分子**が、その共有結合が完全に切断されて、**ばらばらの原子**となる**とき** **吸収**される熱量であり、次式の場合、H-H結合の結合エネルギーは である。

注；「-」を付けないのは、結合の切断は吸熱であると分かり切っているため。



●結合エネルギーは、**気体状態の1molの分子**が、その共有結合が完全に切断されて、**ばらばらの原子**となる時に**吸収**される熱量であり、次式の場合、H-H結合の結合エネルギーは**436kJ/mol**である。

注；「-」を付けないのは、結合の切断は吸熱であると分かり切っているため。



これはプリントにはありません(•_•)っ。
 後でHPのスライドPDFを参照して下さい。

♻️スタンダード再確認事項

$C_2H_6(気) + \frac{7}{2}O_2(気) = 2CO_2(気) + 3H_2O(液) + 1561 kJ$	$C_2H_6(気)$ の	<input type="text"/>
$2C(黒鉛) + 2H_2(気) = C_2H_4(気) - 52.5 kJ$	$C_2H_4(気)$ の	<input type="text"/>
$H^+aq + OH^-aq = H_2O(液) + 56.5 kJ$		<input type="text"/>
$NaOH(固) + aq = NaOHaq + 44.5 kJ$	NaOH(固)の水への	<input type="text"/>
$H_2O(固) = H_2O(液) - 6.0 kJ$	$H_2O(固)$ の	<input type="text"/>
$H_2O(液) = H_2O(気) - 41 kJ$	$H_2O(液)$ の	<input type="text"/>
$CO_2(固) = CO_2(気) - 25 kJ$	$CO_2(固)$ の	<input type="text"/>
$H_2(気) = 2H(気) - 432 kJ$	$H_2(気)$ の	<input type="text"/>
$Na(気) = Na^+(気) + e^- - I [kJ]$	Na(気)の	<input type="text"/>
$Cl(気) + e^- = Cl^-(気) + A [kJ]$	Cl(気)の	<input type="text"/>

問 次の熱化学方程式が示す反応熱のうち、正しいものを○で囲め。

$C(黒鉛) + O_2(気) = CO_2(気) + Q [kJ]$ 燃焼熱 か 生成熱 か

$C(黒鉛) + \frac{1}{2}O_2(気) = CO(気) + Q [kJ]$ 燃焼熱 か 生成熱 か

標準再確認事項

絶対値

$C_2H_6(気) + \frac{7}{2}O_2(気) = 2CO_2(気) + 3H_2O(液) + 1561 kJ$	$C_2H_6(気)$ の	燃焼熱
$2C(黒鉛) + 2H_2(気) = C_2H_4(気) - 52.5 kJ$	$C_2H_4(気)$ の	<input type="text"/>
$H^+aq + OH^-aq = H_2O(液) + 56.5 kJ$		<input type="text"/>
$NaOH(固) + aq = NaOHaq + 44.5 kJ$	$NaOH(固)$ の水への	<input type="text"/>
$H_2O(固) = H_2O(液) - 6.0 kJ$	$H_2O(固)$ の	<input type="text"/>
$H_2O(液) = H_2O(気) - 41 kJ$	$H_2O(液)$ の	<input type="text"/>
$CO_2(固) = CO_2(気) - 25 kJ$	$CO_2(固)$ の	<input type="text"/>
$H_2(気) = 2H(気) - 432 kJ$	$H_2(気)$ の	<input type="text"/>
$Na(気) = Na^+(気) + e^- - I [kJ]$	$Na(気)$ の	<input type="text"/>
$Cl(気) + e^- = Cl^-(気) + A [kJ]$	$Cl(気)$ の	<input type="text"/>

問 次の熱化学方程式が示す反応熱のうち、正しいものを○で囲め。

$C(黒鉛) + O_2(気) = CO_2(気) + Q [kJ]$ 燃焼熱 か 生成熱 か

$C(黒鉛) + \frac{1}{2}O_2(気) = CO(気) + Q [kJ]$ 燃焼熱 か 生成熱 か

🔄スタンダード再確認事項

$C_2H_6(気) + \frac{7}{2}O_2(気) = 2CO_2(気) + 3H_2O(液) + 1561 kJ$	$C_2H_6(気)$ の	燃焼熱
$2C(黒鉛) + 2H_2(気) = C_2H_4(気) - 52.5 kJ$	$C_2H_4(気)$ の	生成熱
$H^+aq + OH^-aq = H_2O(液) + 56.5 kJ$		
$NaOH(固) + aq = NaOHaq + 44.5 kJ$	NaOH(固)の水への	
$H_2O(固) = H_2O(液) - 6.0 kJ$	$H_2O(固)$ の	
$H_2O(液) = H_2O(気) - 41 kJ$	$H_2O(液)$ の	
$CO_2(固) = CO_2(気) - 25 kJ$	$CO_2(固)$ の	
$H_2(気) = 2H(気) - 432 kJ$	$H_2(気)$ の	
$Na(気) = Na^+(気) + e^- - I [kJ]$	Na(気)の	
$Cl(気) + e^- = Cl^-(気) + A [kJ]$	Cl(気)の	

問 次の熱化学方程式が示す反応熱のうち、正しいものを○で囲め。

$C(黒鉛) + O_2(気) = CO_2(気) + Q [kJ]$ 燃焼熱 か 生成熱 か

$C(黒鉛) + \frac{1}{2}O_2(気) = CO(気) + Q [kJ]$ 燃焼熱 か 生成熱 か

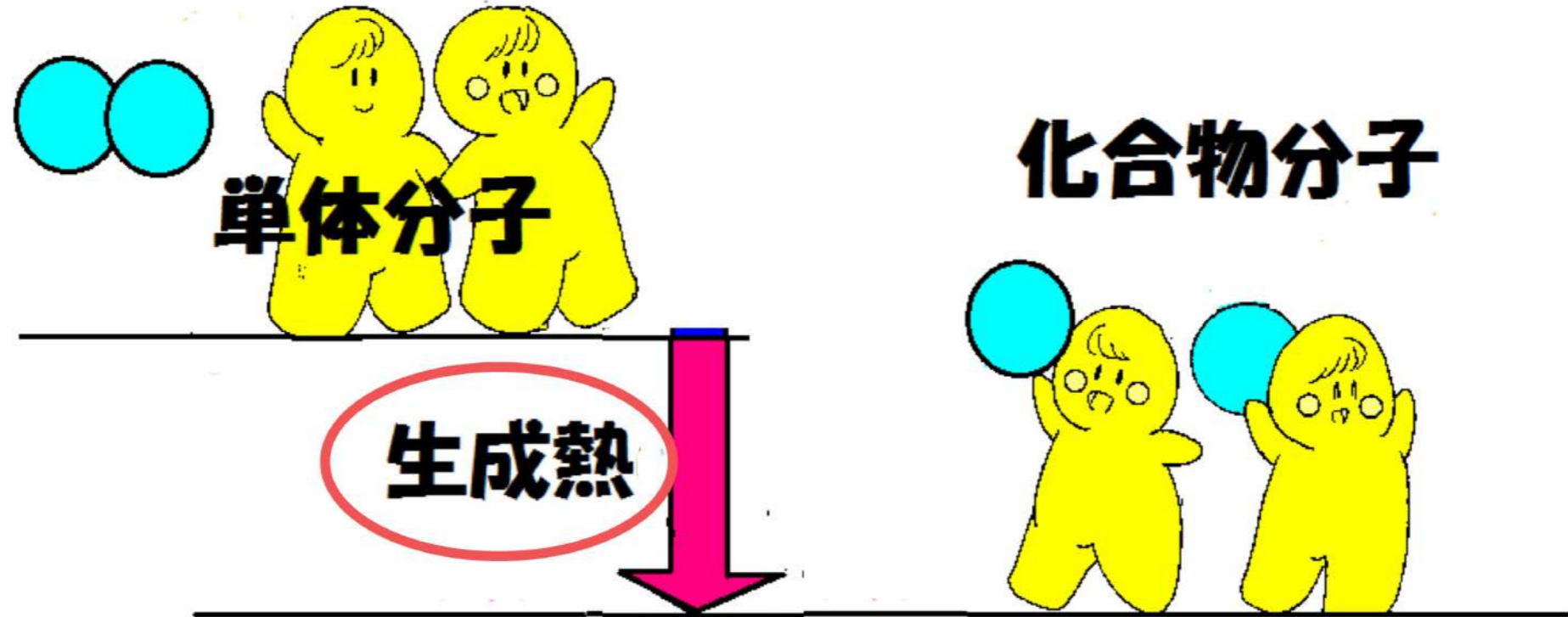
おもな化合物の生成熱[kJ/mol]

H ₂ O(気)	241.8	CH ₄ (気)	74.5
H ₂ O(液)	285.8	C ₂ H ₆ (気)	84.0
CO ₂ (気)	393.5	C ₃ H ₈ (気)	104.5
CO(気)	110.6	C ₂ H ₄ (気)	-52.2
NH ₃ (気)	46.1	C ₂ H ₂ (気)	-228.0
NO(気)	-90.3	C ₆ H ₆ (液)	-49.0
NO ₂ (気)	-33.2	CH ₃ OH(液)	239.1
N ₂ O ₄ (気)	-9.2	C ₂ H ₅ OH(液)	277.1

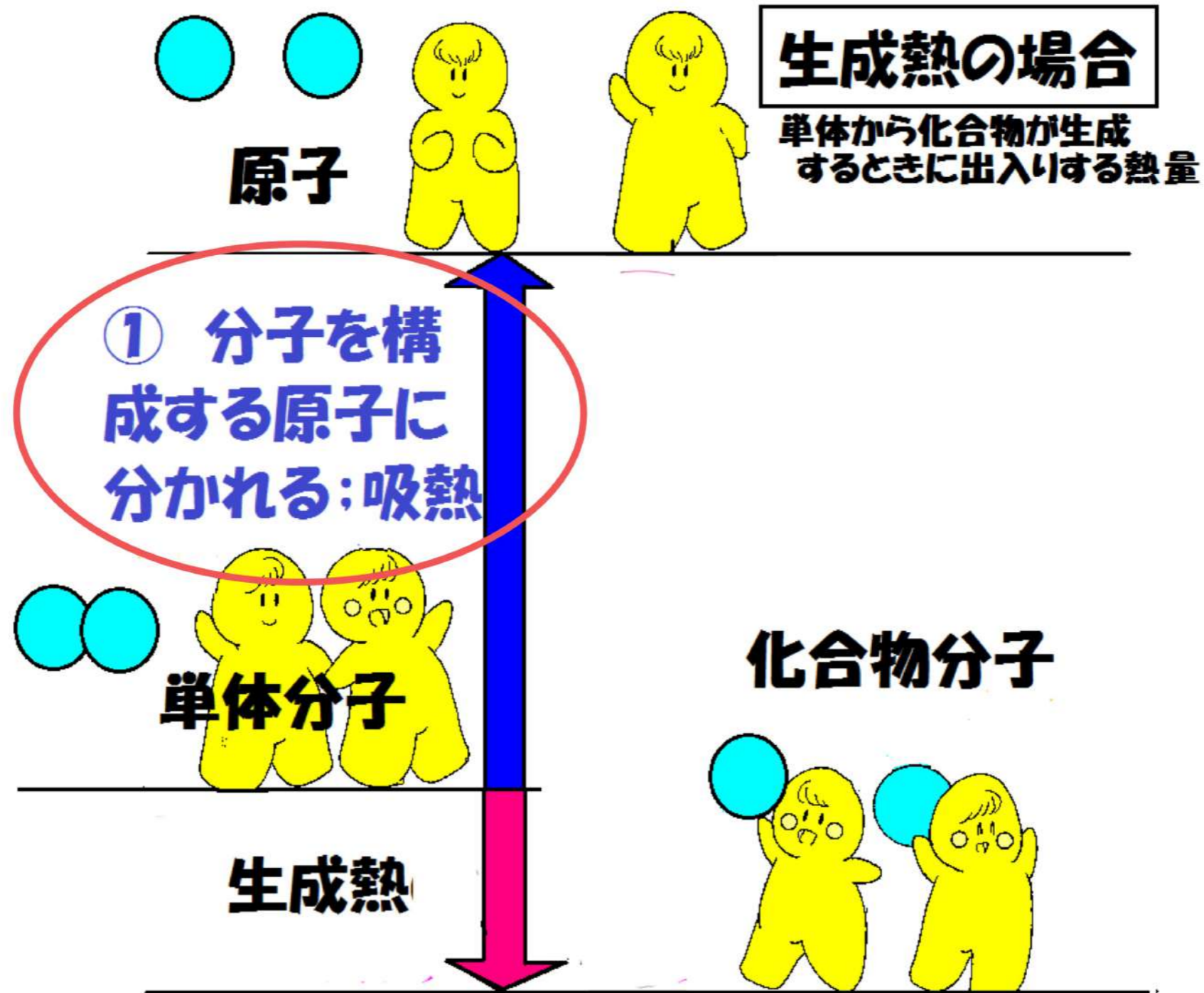
次に、『正負がある理由』を考えましょう。

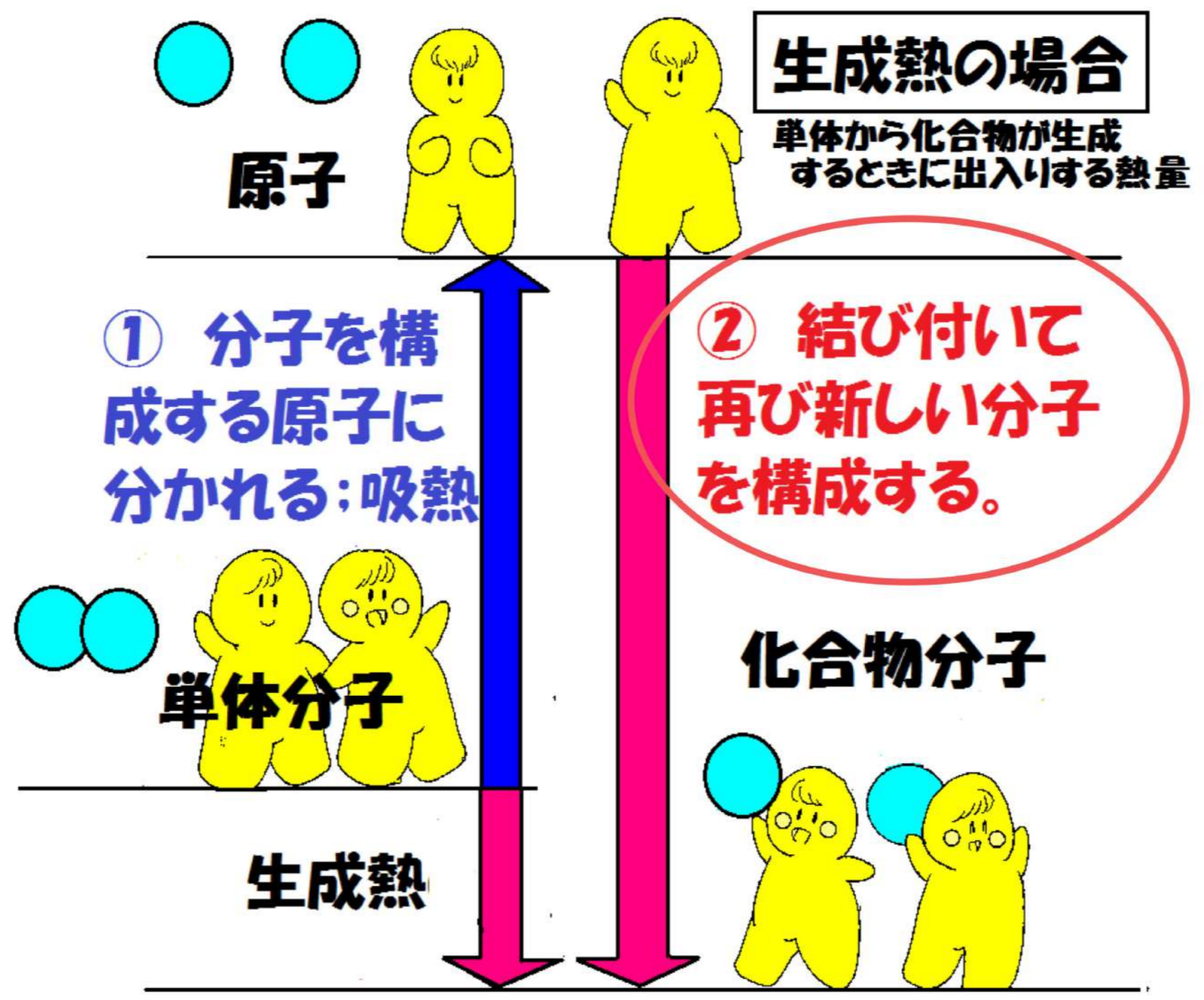
生成熱の場合

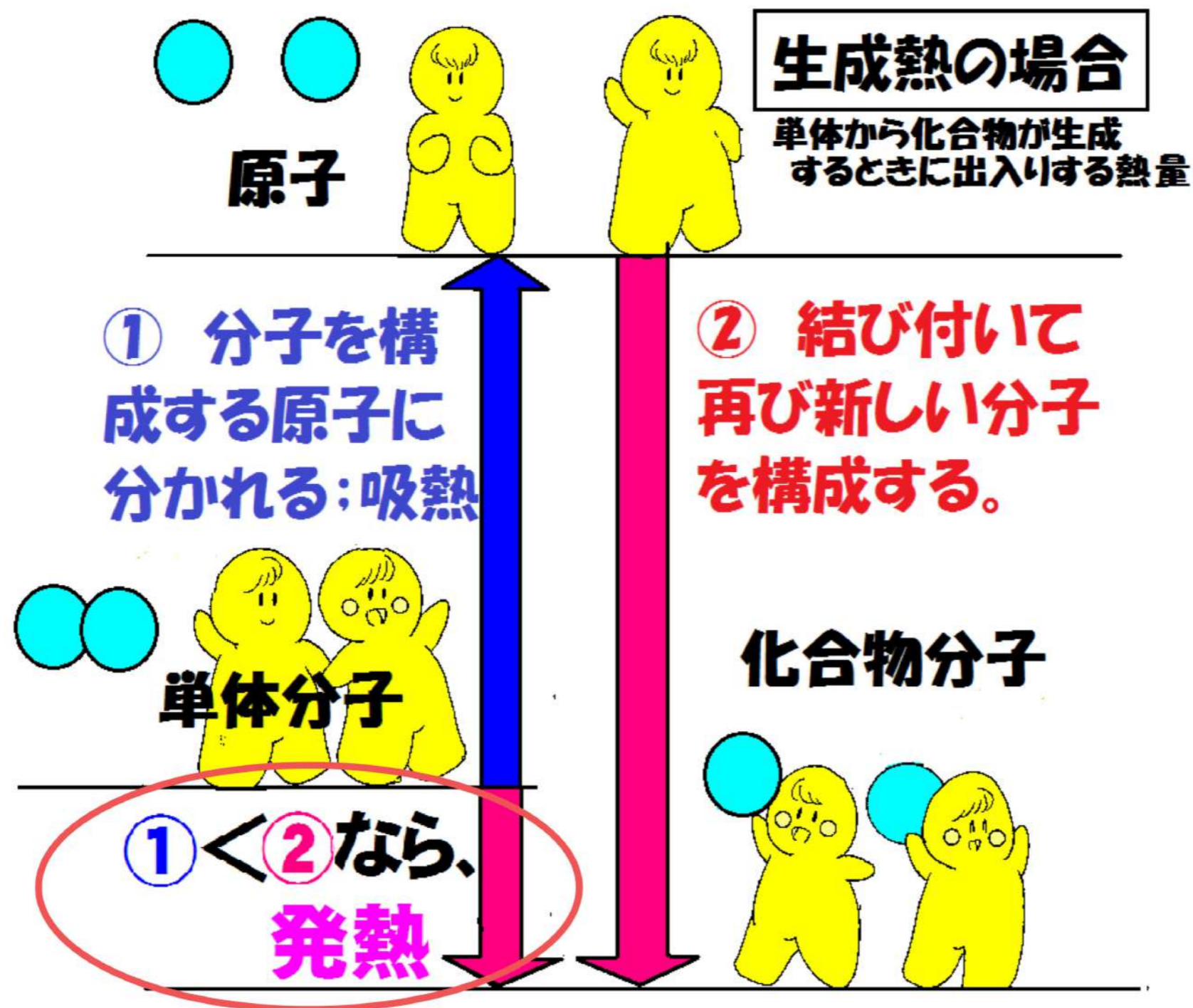
単体から化合物が生成
するときに出入りする熱量

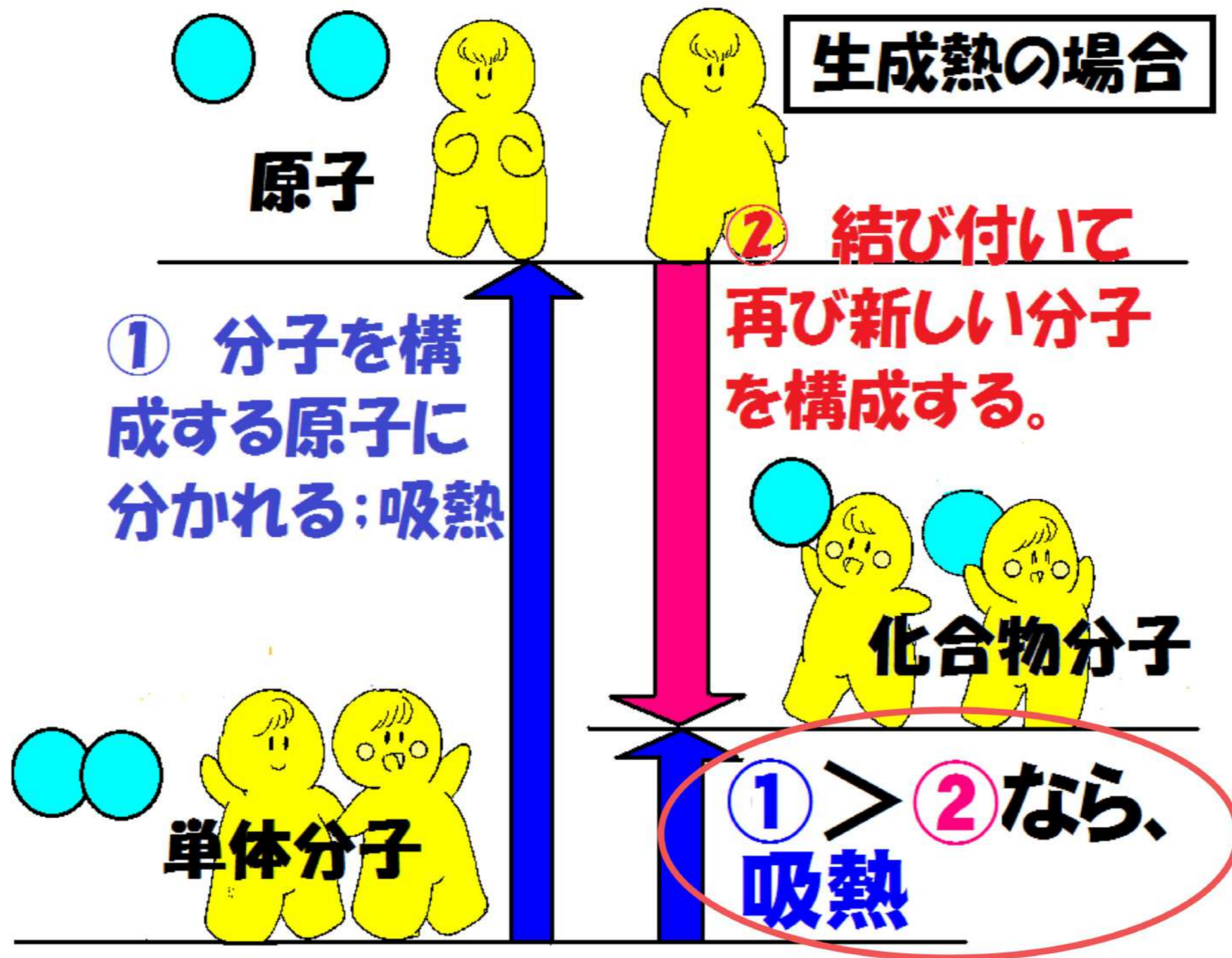


ここでは仮に発熱と置きます。









♻️スタンダード再確認事項

$C_2H_6(気) + \frac{7}{2}O_2(気) = 2CO_2(気) + 3H_2O(液) + 1561 kJ$; $C_2H_6(気)$ の	<input type="text" value="燃焼熱"/>
$2C(黒鉛) + 2H_2(気) = C_2H_4(気) - 52.5 kJ$; $C_2H_4(気)$ の	<input type="text" value="生成熱"/>
$H^+aq + OH^-aq = H_2O(液) + 56.5 kJ$; 絶対値	<input type="text" value="中和熱"/>
$NaOH(固) + aq = NaOHaq + 44.5 kJ$; $NaOH(固)$ の水への	<input type="text"/>
$H_2O(固) = H_2O(液) - 6.0 kJ$; $H_2O(固)$ の	<input type="text"/>
$H_2O(液) = H_2O(気) - 41 kJ$; $H_2O(液)$ の	<input type="text"/>
$CO_2(固) = CO_2(気) - 25 kJ$; $CO_2(固)$ の	<input type="text"/>
$H_2(気) = 2H(気) - 432 kJ$; $H_2(気)$ の	<input type="text"/>
$Na(気) = Na^+(気) + e^- - I [kJ]$; $Na(気)$ の	<input type="text"/>
$Cl(気) + e^- = Cl^-(気) + A [kJ]$; $Cl(気)$ の	<input type="text"/>

問 次の熱化学方程式が示す反応熱のうち、正しいものを○で囲め。

$C(黒鉛) + O_2(気) = CO_2(気) + Q [kJ]$ 燃焼熱 か 生成熱 か

$C(黒鉛) + \frac{1}{2}O_2(気) = CO(気) + Q [kJ]$ 燃焼熱 か 生成熱 か

♻️スタンダード再確認事項

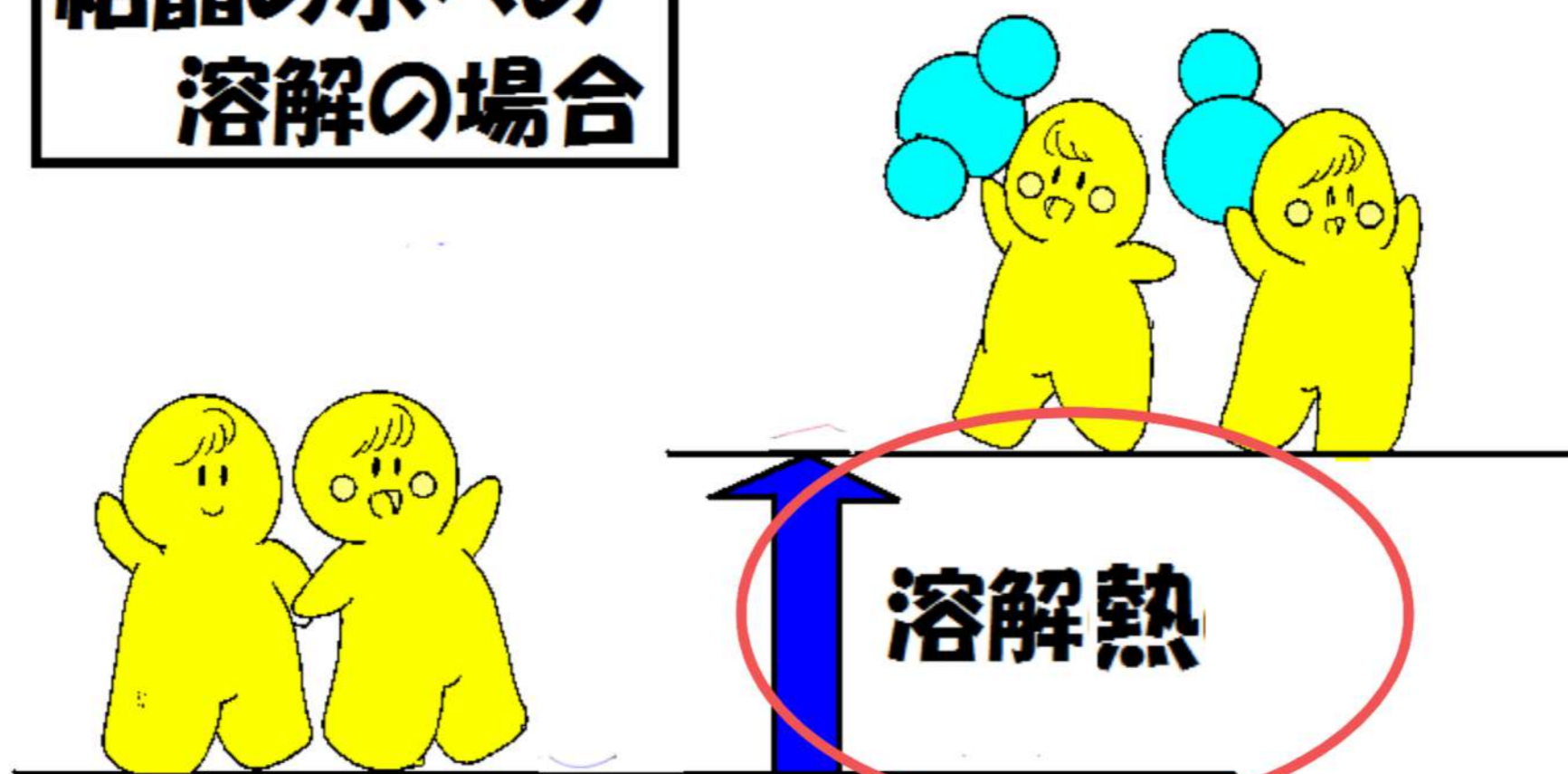
$C_2H_6(気) + \frac{7}{2}O_2(気) = 2CO_2(気) + 3H_2O(液) + 1561 kJ$		$C_2H_6(気)$ の	燃焼熱
$2C(黒鉛) + 2H_2(気) = C_2H_4(気) - 52.5 kJ$		$C_2H_4(気)$ の	生成熱
$H^+aq + OH^-aq = H_2O(液) + 56.5 kJ$			中和熱
$NaOH(固) + aq = NaOHaq + 44.5 kJ$		NaOH(固)の水への	溶解熱
$H_2O(固) = H_2O(液) - 6.0 kJ$	正負あり!	$H_2O(固)$ の	
$H_2O(液) = H_2O(気) - 41 kJ$		$H_2O(液)$ の	
$CO_2(固) = CO_2(気) - 25 kJ$		$CO_2(固)$ の	
$H_2(気) = 2H(気) - 432 kJ$		$H_2(気)$ の	
$Na(気) = Na^+(気) + e^- - I [kJ]$		Na(気)の	
$Cl(気) + e^- = Cl^-(気) + A [kJ]$		Cl(気)の	

問 次の熱化学方程式が示す反応熱のうち、正しいものを○で囲め。

$C(黒鉛) + O_2(気) = CO_2(気) + Q [kJ]$ 燃焼熱 か 生成熱 か

$C(黒鉛) + \frac{1}{2}O_2(気) = CO(気) + Q [kJ]$ 燃焼熱 か 生成熱 か

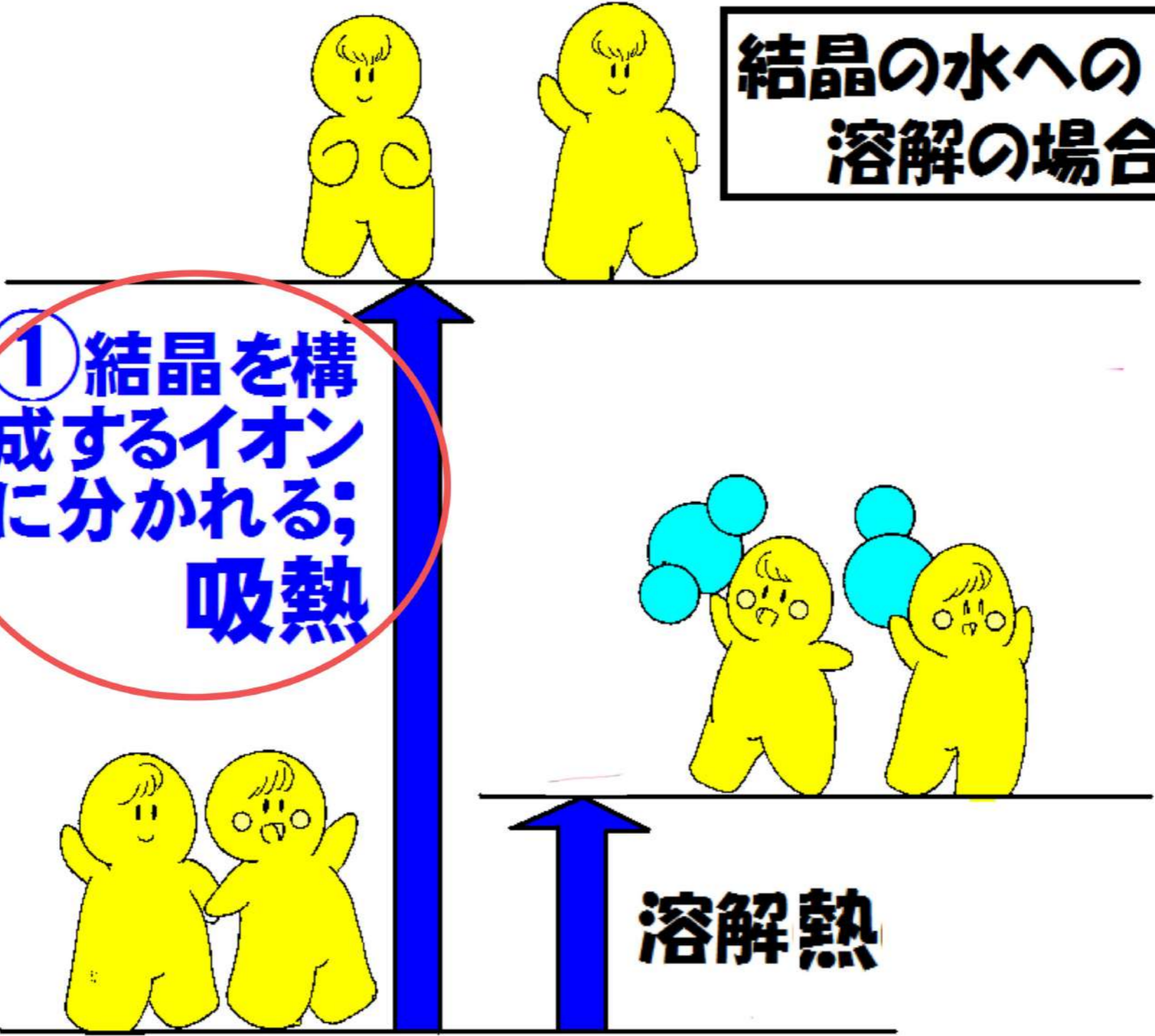
結晶の水への
溶解の場合



ここここでは仮に吸熱と置きます。

結晶の水への
溶解の場合

① 結晶を構成するイオンに分かれる;
吸熱

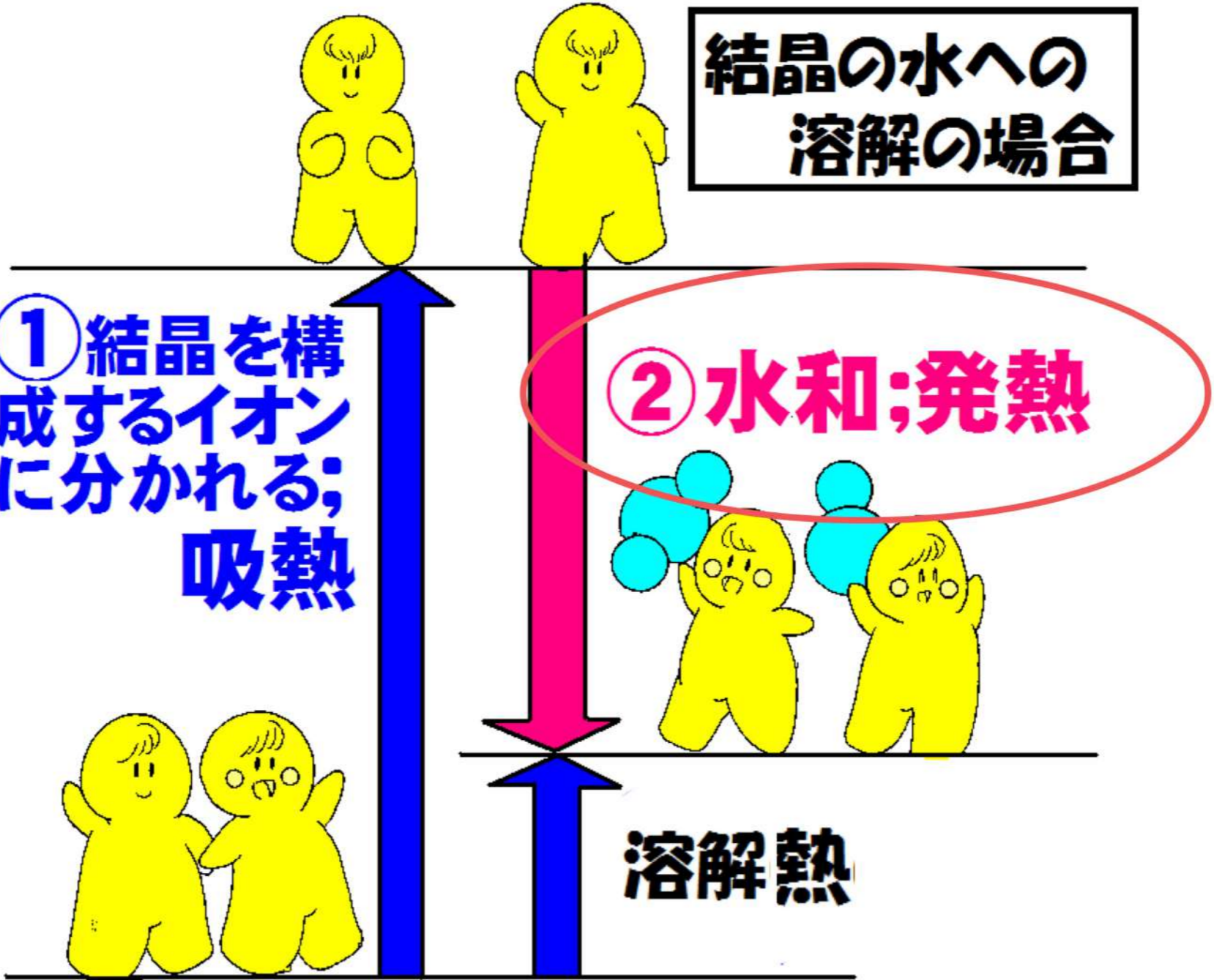


結晶の水への
溶解の場合

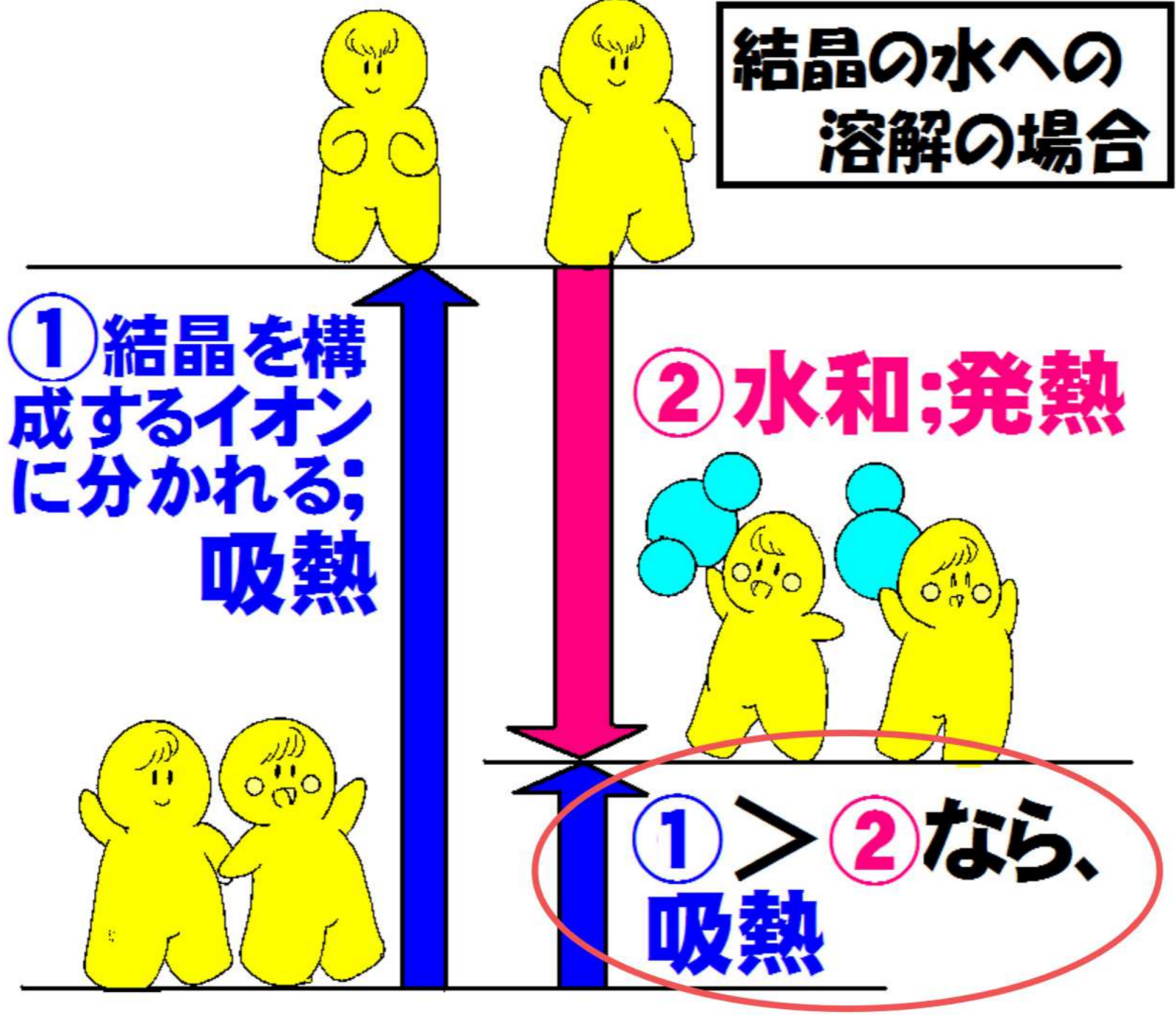
① 結晶を構成するイオンに分かれる;
吸熱

② 水和;発熱

溶解熱



結晶の水への
溶解の場合

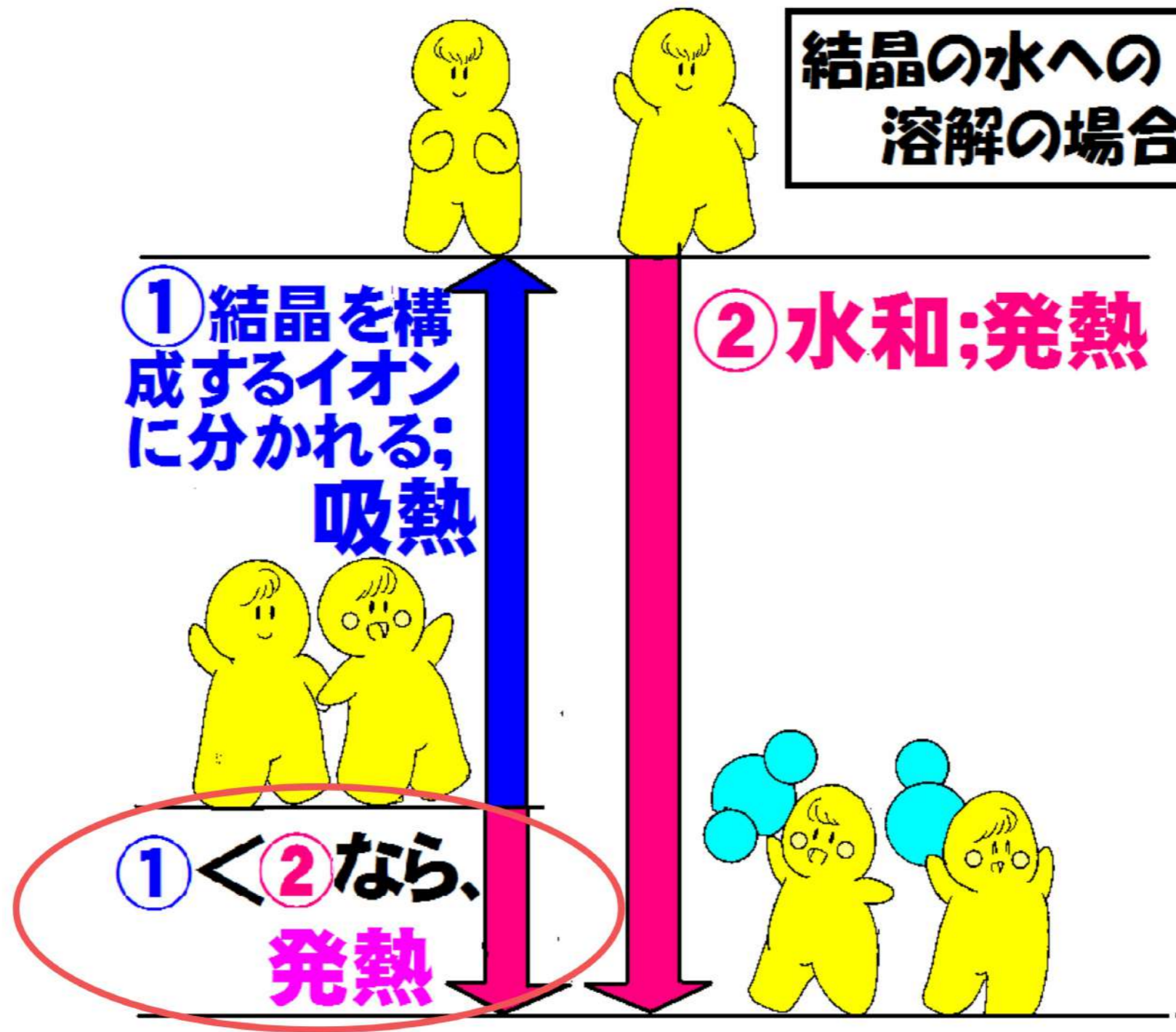


① 結晶を構成するイオンに分かれる;
吸熱

② 水和;発熱

① > ② なら、
吸熱

結晶の水への
溶解の場合



♻️スタンダード再確認事項

$C_2H_6(気) + \frac{7}{2}O_2(気) = 2CO_2(気) + 3H_2O(液) + 1561 kJ$	$C_2H_6(気)$ の	燃焼熱
$2C(黒鉛) + 2H_2(気) = C_2H_4(気) - 52.5 kJ$	$C_2H_4(気)$ の	生成熱
$H^+aq + OH^-aq = H_2O(液) + 56.5 kJ$		中和熱
$NaOH(固) + aq = NaOHaq + 44.5 kJ$	$NaOH(固)$ の水への	溶解熱
$H_2O(固) = H_2O(液) - 6.0 kJ$	$H_2O(固)$ の	融解熱
$H_2O(液) = H_2O(気) - 41 kJ$	$H_2O(液)$ の	
$CO_2(固) = CO_2(気) - 25 kJ$	$CO_2(固)$ の	
$H_2(気) = 2H(気) - 432 kJ$	$H_2(気)$ の	
$Na(気) = Na^+(気) + e^- - I [kJ]$	$Na(気)$ の	
$Cl(気) + e^- = Cl^-(気) + A [kJ]$	$Cl(気)$ の	

絶対値

問 次の熱化学方程式が示す反応熱のうち、正しいものを○で囲め。

$C(黒鉛) + O_2(気) = CO_2(気) + Q [kJ]$ 燃焼熱 か 生成熱 か

$C(黒鉛) + \frac{1}{2}O_2(気) = CO(気) + Q [kJ]$ 燃焼熱 か 生成熱 か

♻️スタンダード再確認事項

$C_2H_6(気) + \frac{7}{2}O_2(気) = 2CO_2(気) + 3H_2O(液) + 1561 kJ$; $C_2H_6(気)$ の	燃焼熱
$2C(黒鉛) + 2H_2(気) = C_2H_4(気) - 52.5 kJ$		$C_2H_4(気)$ の
$H^+aq + OH^-aq = H_2O(液) + 56.5 kJ$		中和熱
$NaOH(固) + aq = NaOHaq + 44.5 kJ$		$NaOH(固)$ の水への
$H_2O(固) = H_2O(液) - 6.0 kJ$		$H_2O(固)$ の
$H_2O(液) = H_2O(気) - 41 kJ$; 絶対値	$H_2O(液)$ の
$CO_2(固) = CO_2(気) - 25 kJ$		$CO_2(固)$ の
$H_2(気) = 2H(気) - 432 kJ$		$H_2(気)$ の
$Na(気) = Na^+(気) + e^- - I [kJ]$		$Na(気)$ の
$Cl(気) + e^- = Cl^-(気) + A [kJ]$		$Cl(気)$ の

問 次の熱化学方程式が示す反応熱のうち、正しいものを○で囲め。

$C(黒鉛) + O_2(気) = CO_2(気) + Q [kJ]$ 燃焼熱 か 生成熱 か

$C(黒鉛) + \frac{1}{2}O_2(気) = CO(気) + Q [kJ]$ 燃焼熱 か 生成熱 か

♻️スタンダード再確認事項

$C_2H_6(気) + \frac{7}{2}O_2(気) = 2CO_2(気) + 3H_2O(液) + 1561 kJ$; $C_2H_6(気)$ の	燃焼熱
$2C(黒鉛) + 2H_2(気) = C_2H_4(気) - 52.5 kJ$		$C_2H_4(気)$ の
$H^+aq + OH^-aq = H_2O(液) + 56.5 kJ$		中和熱
$NaOH(固) + aq = NaOHaq + 44.5 kJ$		$NaOH(固)$ の水への
$H_2O(固) = H_2O(液) - 6.0 kJ$		$H_2O(固)$ の
$H_2O(液) = H_2O(気) - 41 kJ$		$H_2O(液)$ の
$CO_2(固) = CO_2(気) - 25 kJ$		$CO_2(固)$ の
$H_2(気) = 2H(気) - 432 kJ$		$H_2(気)$ の
$Na(気) = Na^+(気) + e^- - I [kJ]$		$Na(気)$ の
$Cl(気) + e^- = Cl^-(気) + A [kJ]$		$Cl(気)$ の

絶対値

昇華熱

問 次の熱化学方程式が示す反応熱のうち、正しいものを○で囲め。

$C(黒鉛) + O_2(気) = CO_2(気) + Q [kJ]$ 燃焼熱 か 生成熱 か

$C(黒鉛) + \frac{1}{2}O_2(気) = CO(気) + Q [kJ]$ 燃焼熱 か 生成熱 か

🔄スタンダード再確認事項

$C_2H_6(気) + \frac{7}{2}O_2(気) = 2CO_2(気) + 3H_2O(液) + 1561 kJ$; $C_2H_6(気)$ の	燃焼熱
$2C(黒鉛) + 2H_2(気) = C_2H_4(気) - 52.5 kJ$		$C_2H_4(気)$ の
$H^+aq + OH^-aq = H_2O(液) + 56.5 kJ$		中和熱
$NaOH(固) + aq = NaOHaq + 44.5 kJ$		$NaOH(固)$ の水への
$H_2O(固) = H_2O(液) - 6.0 kJ$		$H_2O(固)$ の
$H_2O(液) = H_2O(気) - 41 kJ$		$H_2O(液)$ の
$CO_2(固) = CO_2(気) - 25 kJ$		$CO_2(固)$ の
$H_2(気) = 2H(気) - 432 kJ$		$H_2(気)$ の
$Na(気) = Na^+(気) + e^- - I [kJ]$		$Na(気)$ の
$Cl(気) + e^- = Cl^-(気) + A [kJ]$		$Cl(気)$ の

絶対値

結合エネルギー

問 次の熱化学方程式が示す反応熱のうち、正しいものを○で囲め。

$C(黒鉛) + O_2(気) = CO_2(気) + Q [kJ]$ 燃焼熱 か 生成熱 か

$C(黒鉛) + \frac{1}{2}O_2(気) = CO(気) + Q [kJ]$ 燃焼熱 か 生成熱 か

♻️スタンダード再確認事項

$C_2H_6(気) + \frac{7}{2}O_2(気) = 2CO_2(気) + 3H_2O(液) + 1561 kJ$; $C_2H_6(気)$ の	燃焼熱
$2C(黒鉛) + 2H_2(気) = C_2H_4(気) - 52.5 kJ$; $C_2H_4(気)$ の	生成熱
$H^+aq + OH^-aq = H_2O(液) + 56.5 kJ$		中和熱
$NaOH(固) + aq = NaOHaq + 44.5 kJ$; $NaOH(固)$ の水への	溶解熱
$H_2O(固) = H_2O(液) - 6.0 kJ$; $H_2O(固)$ の	融解熱
$H_2O(液) = H_2O(気) - 41 kJ$; $H_2O(液)$ の	蒸発熱
$CO_2(固) = CO_2(気) - 25 kJ$; $CO_2(固)$ の	昇華熱
$H_2(気) = 2H(気) - 432 kJ$; $H_2(気)$ の	結合エネルギー
$Na(気) = Na^+(気) + e^- - I [kJ]$; $Na(気)$ の	イオン化エネルギー
$Cl(気) + e^- = Cl^-(気) + A [kJ]$; $Cl(気)$ の	

絶対値

問 次の熱化学方程式が示す反応熱のうち、正しいものを○で囲め。

$C(黒鉛) + O_2(気) = CO_2(気) + Q [kJ]$ 燃焼熱 か 生成熱 か

$C(黒鉛) + \frac{1}{2}O_2(気) = CO(気) + Q [kJ]$ 燃焼熱 か 生成熱 か

♻️スタンダード再確認事項

$C_2H_6(気) + \frac{7}{2}O_2(気) = 2CO_2(気) + 3H_2O(液) + 1561 kJ$; $C_2H_6(気)$ の	燃焼熱
$2C(黒鉛) + 2H_2(気) = C_2H_4(気) - 52.5 kJ$		$C_2H_4(気)$ の 生成熱
$H^+aq + OH^-aq = H_2O(液) + 56.5 kJ$		中和熱
$NaOH(固) + aq = NaOHaq + 44.5 kJ$		$NaOH(固)$ の水への 溶解熱
$H_2O(固) = H_2O(液) - 6.0 kJ$		$H_2O(固)$ の 融解熱
$H_2O(液) = H_2O(気) - 41 kJ$		$H_2O(液)$ の 蒸発熱
$CO_2(固) = CO_2(気) - 25 kJ$		$CO_2(固)$ の 昇華熱
$H_2(気) = 2H(気) - 432 kJ$		$H_2(気)$ の 結合エネルギー
$Na(気) = Na^+(気) + e^- - I [kJ]$		$Na(気)$ の イオン化エネルギー
$Cl(気) + e^- = Cl^-(気) + A [kJ]$		$Cl(気)$ の 電子親和力

問 次の熱化学方程式が示す反応熱のうち、正しいものを○で囲め。

$C(黒鉛) + O_2(気) = CO_2(気) + Q [kJ]$ 燃焼熱 か 生成熱 か

$C(黒鉛) + \frac{1}{2}O_2(気) = CO(気) + Q [kJ]$ 燃焼熱 か 生成熱 か

♻️スタンダード再確認事項

$C_2H_6(気) + \frac{7}{2}O_2(気) = 2CO_2(気) + 3H_2O(液) + 1561 kJ$; $C_2H_6(気)$ の	燃焼熱
$2C(黒鉛) + 2H_2(気) = C_2H_4(気) - 52.5 kJ$		$C_2H_4(気)$ の 生成熱
$H^+aq + OH^-aq = H_2O(液) + 56.5 kJ$		中和熱
$NaOH(固) + aq = NaOHaq + 44.5 kJ$	$NaOH(固)$ の水への	溶解熱
$H_2O(固) = H_2O(液) - 6.0 kJ$	$H_2O(固)$ の	融解熱
$H_2O(液) = H_2O(気) - 41 kJ$	$H_2O(液)$ の	蒸発熱
$CO_2(固) = CO_2(気) - 25 kJ$	$CO_2(固)$ の	昇華熱
$H_2(気) = 2H(気) - 432 kJ$	$H_2(気)$ の	結合エネルギー
$Na(気) = Na^+(気) + e^- - I [kJ]$	$Na(気)$ の	イオン化エネルギー
$Cl(気) + e^- = Cl^-(気) + A [kJ]$	$Cl(気)$ の	電子親和力

問 次の熱化学方程式が示す反応熱のうち、正しいものを○で囲め。

$C(黒鉛) + O_2(気) = CO_2(気) + Q [kJ]$ 燃焼熱 か 生成熱 か

$C(黒鉛) + \frac{1}{2}O_2(気) = CO(気) + Q [kJ]$ 燃焼熱 か 生成熱 か

♻️スタンダード再確認事項

$C_2H_6(気) + \frac{7}{2}O_2(気) = 2CO_2(気) + 3H_2O(液) + 1561 kJ$; $C_2H_6(気)$ の	燃焼熱
$2C(黒鉛) + 2H_2(気) = C_2H_4(気) - 52.5 kJ$		$C_2H_4(気)$ の 生成熱
$H^+aq + OH^-aq = H_2O(液) + 56.5 kJ$		中和熱
$NaOH(固) + aq = NaOHaq + 44.5 kJ$		$NaOH(固)$ の水への 溶解熱
$H_2O(固) = H_2O(液) - 6.0 kJ$		$H_2O(固)$ の 融解熱
$H_2O(液) = H_2O(気) - 41 kJ$		$H_2O(液)$ の 蒸発熱
$CO_2(固) = CO_2(気) - 25 kJ$		$CO_2(固)$ の 昇華熱
$H_2(気) = 2H(気) - 432 kJ$		$H_2(気)$ の 結合エネルギー
$Na(気) = Na^+(気) + e^- - I [kJ]$		$Na(気)$ の イオン化エネルギー
$Cl(気) + e^- = Cl^-(気) + A [kJ]$		$Cl(気)$ の 電子親和力

問 次の熱化学方程式が示す反応熱のうち、正しいものを○で囲め。

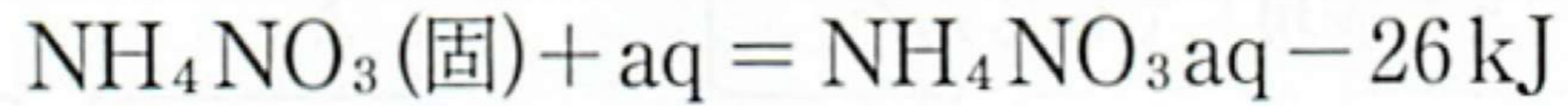
$C(黒鉛) + O_2(気) = CO_2(気) + Q [kJ]$ 燃焼熱 か 生成熱 か

$C(黒鉛) + \frac{1}{2}O_2(気) = CO(気) + Q [kJ]$ 燃~~焼~~熱 か 生成熱 か

身近な反応熱の利用例

ちょっと休憩;反応熱の視覚化

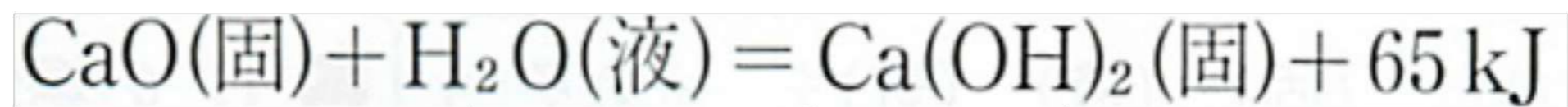




ワンパンチで中にある水の袋が破れ、水と冷却剤が混ざって即冷！



簡易・冷却パック



熱化学②

●ダイヤモンドを直接燃焼させたときの熱量は、ダイヤモンドを黒鉛に変えてから燃焼させたときの熱量の総和と等しい。反応によって出入りする熱量は および のみによって決まり、 には関係がないからである。この法則は (総熱量保存の法則) と呼ばれる。

熱化学②

●ダイヤモンドを直接燃焼させたときの熱量は、ダイヤモンドを黒鉛に変えてから燃焼させたときの熱量の総和と等しい。反応によって出入りする熱量は **最初の物質の種類と状態** および のみによって決まり、 には関係がないからである。この法則は (総熱量保存の法則) と呼ばれる。

熱化学②

●ダイヤモンドを直接燃焼させたときの熱量は、ダイヤモンドを黒鉛に変えてから燃焼させたときの熱量の総和と等しい。反応によって出入りする熱量は **最初の物質の種類と状態** および **最後の物質の種類と状態** のみによって決まり、 には関係がないからである。この法則は (総熱量保存の法則) と呼ばれる。

熱化学②

●ダイヤモンドを直接燃焼させたときの熱量は、ダイヤモンドを黒鉛に変えてから燃焼させたときの熱量の総和と等しい。反応によって出入りする熱量は **最初の物質の種類と状態** および **最後の物質の種類と状態** のみによって決まり、**途中の経路** には関係がないからである。この法則は (総熱量保存の法則) と呼ばれる。

熱化学②

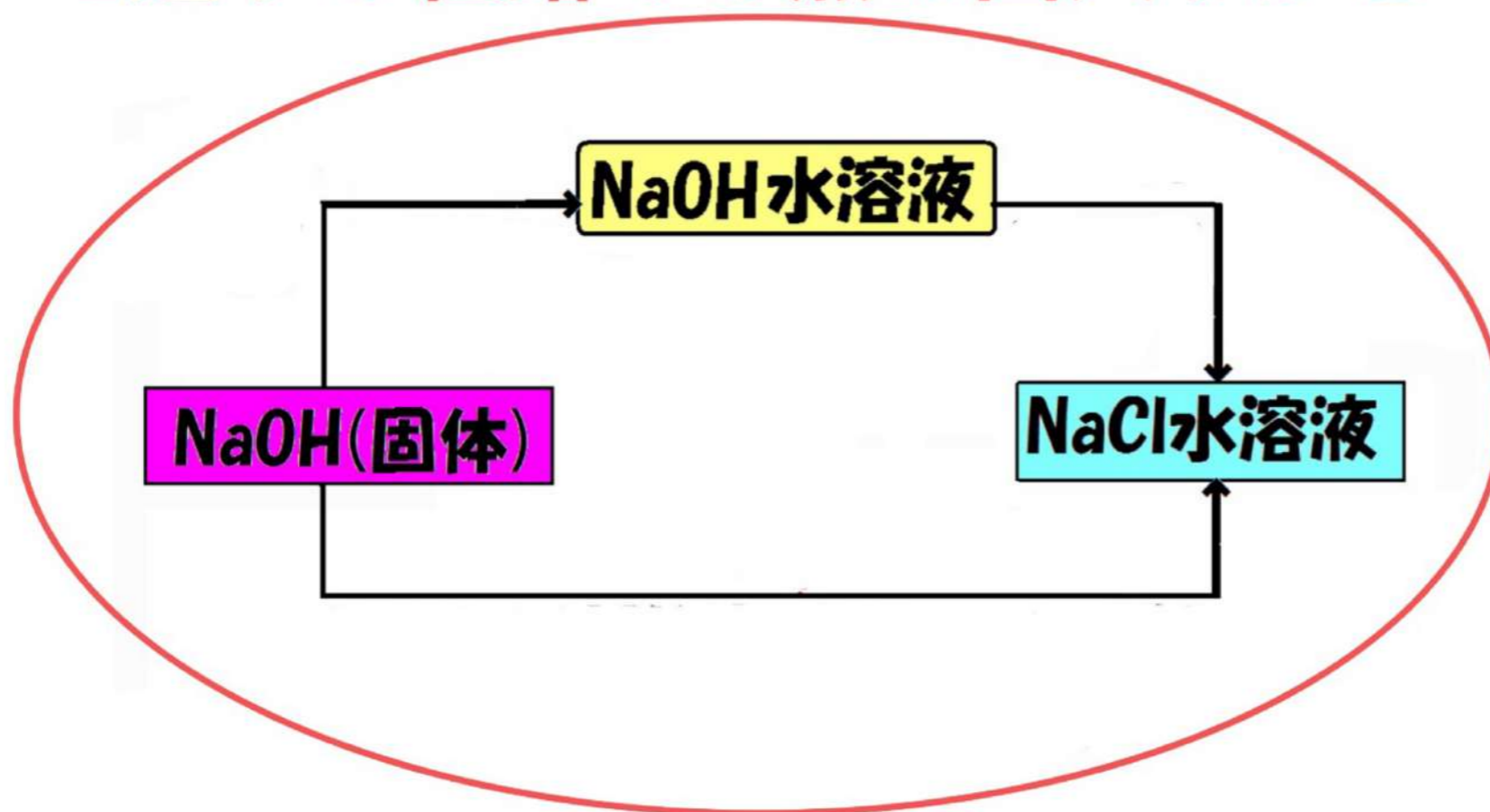
●ダイヤモンドを直接燃焼させたときの熱量は、ダイヤモンドを黒鉛に変えてから燃焼させたときの熱量の総和と等しい。反応によって出入りする熱量は **最初の物質の種類と状態** および **最後の物質の種類と状態** のみによって決まり、**途中の経路** には関係がないからである。この法則は **ヘスの法則** (総熱量保存の法則) と呼ばれる。

ヘスの法則の利用

ヘスの法則を用いると、反応熱を直接には測定できない反応についても、他の熱化学方程式を利用して、その反応熱を求めることができる。 **大きな意義！**

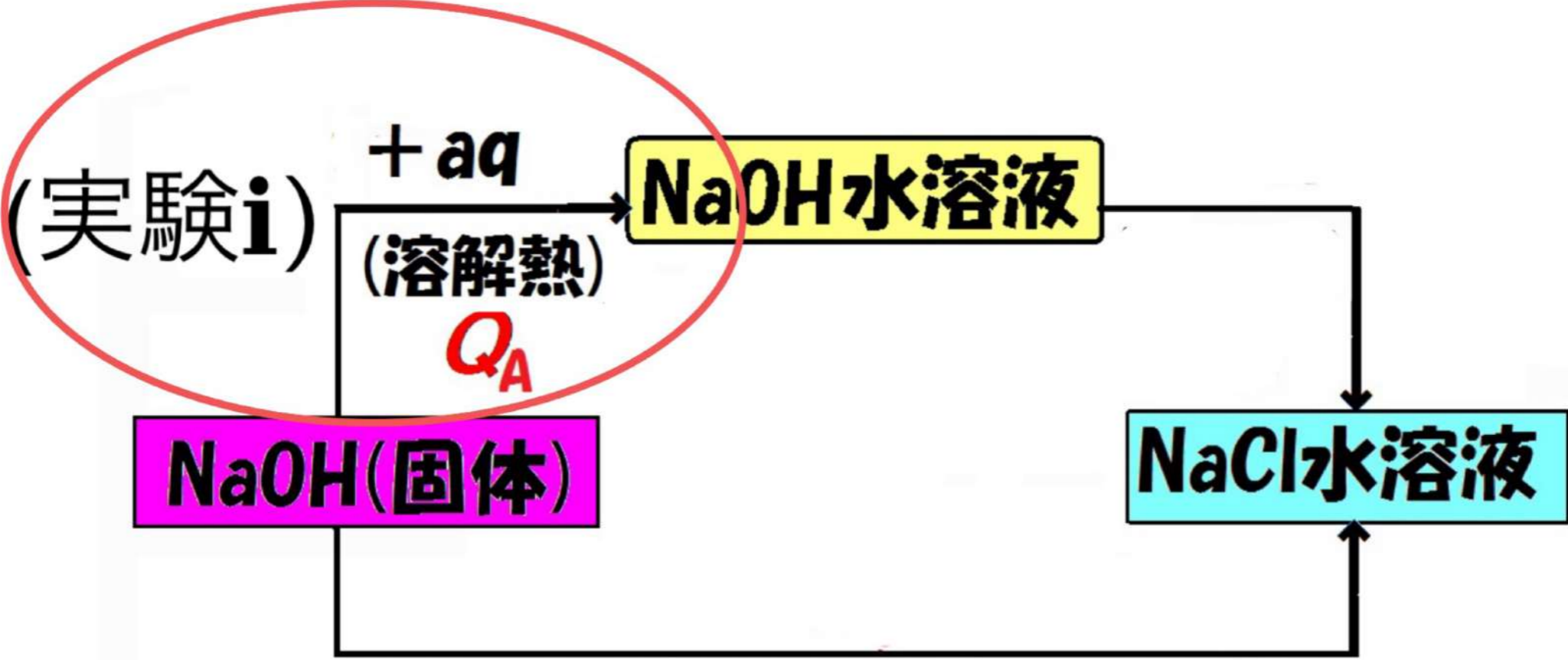
実験の内容

2通りの経路での熱の出入りから

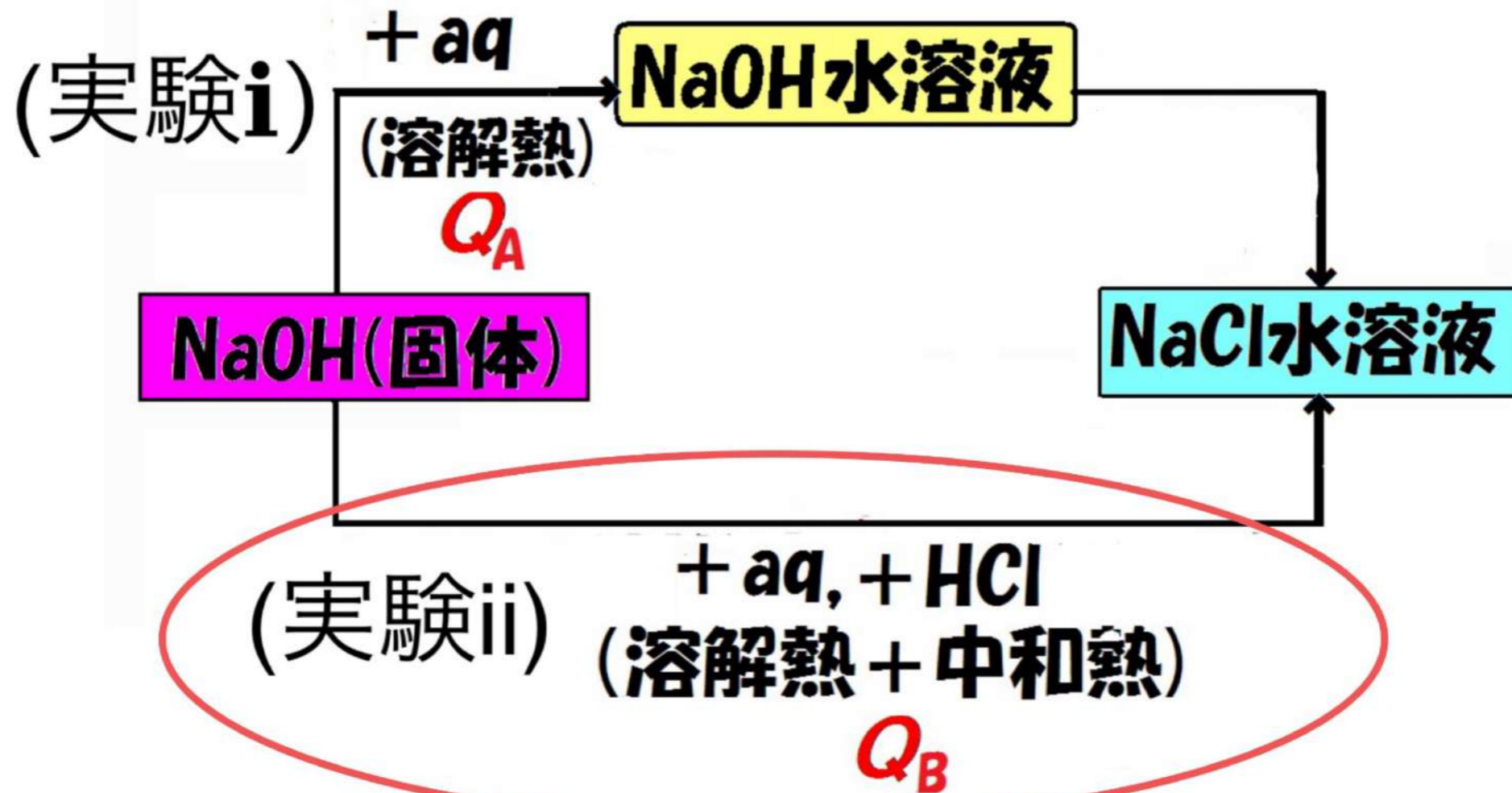


ヘスの法則を確認する。

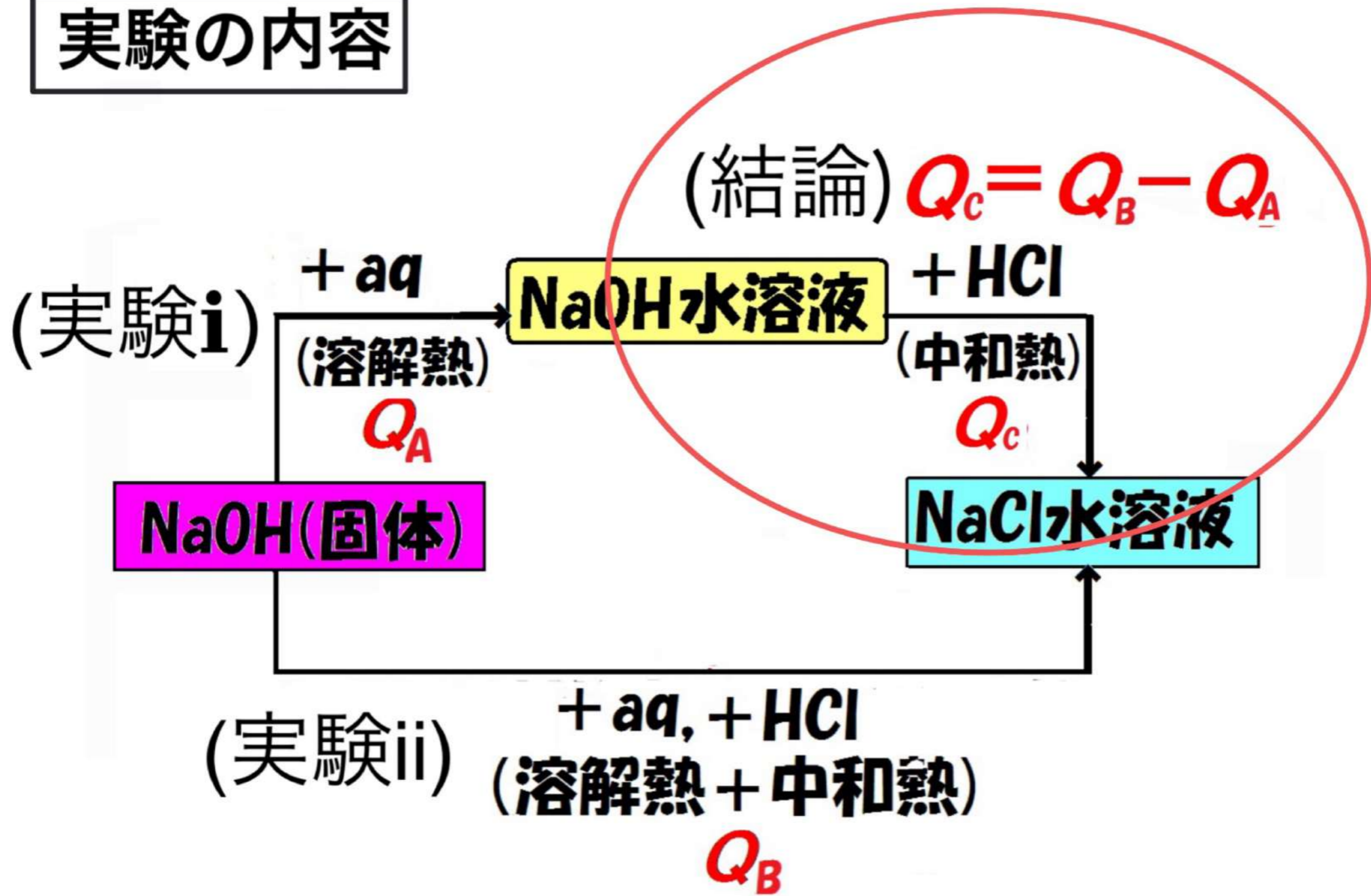
実験の内容



実験の内容

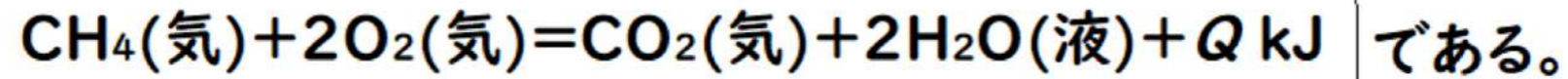


実験の内容

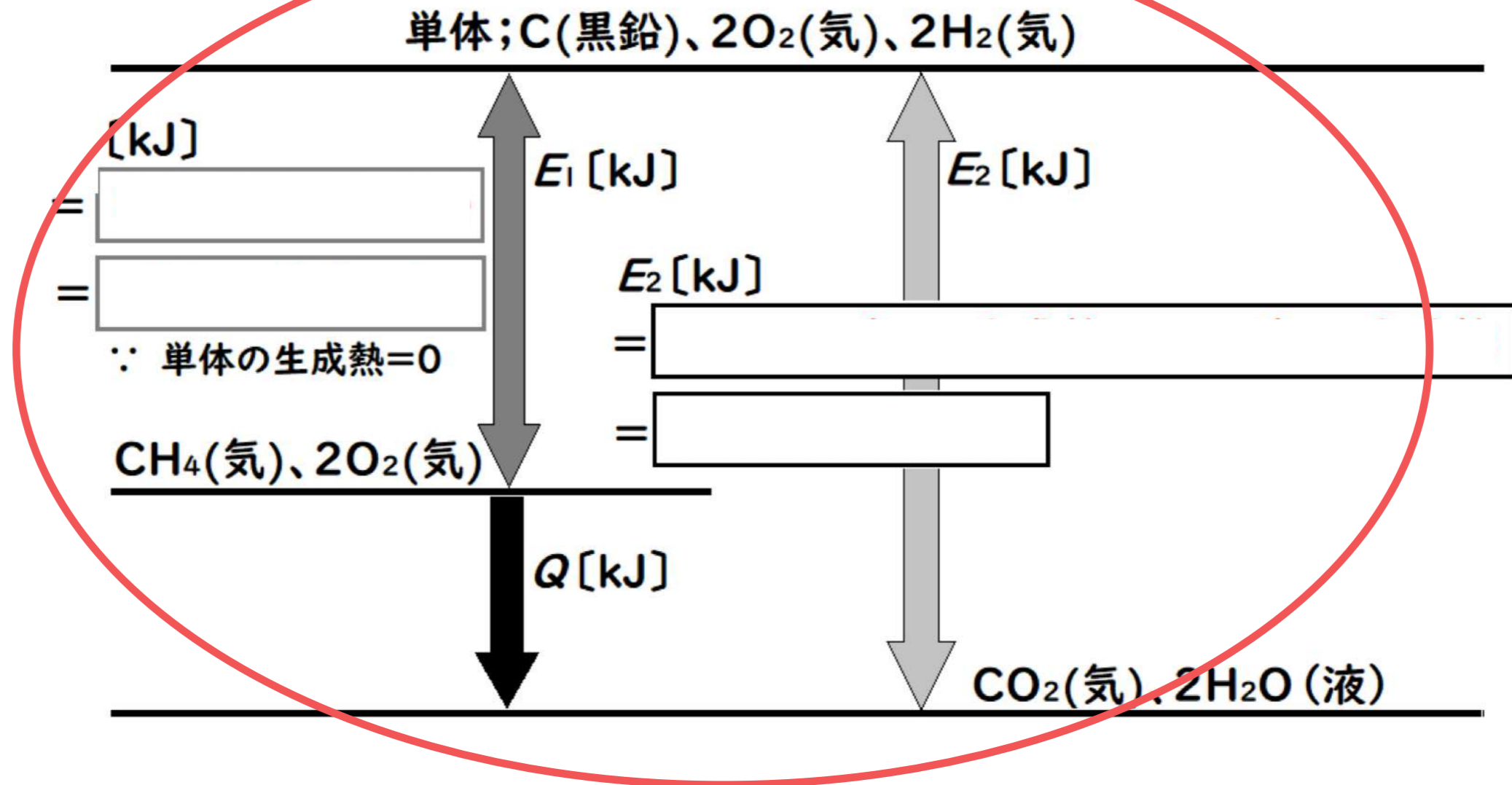


**では、ここから
具体的な熱化学の計算について。**

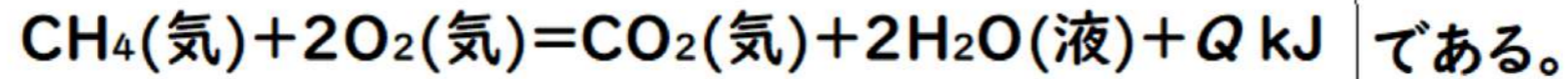
- メタンCH₄(気)の燃焼熱Q[kJ/mol]を表す熱化学方程式は



上式についてエネルギー図を描いてみると、例えば次の通り。

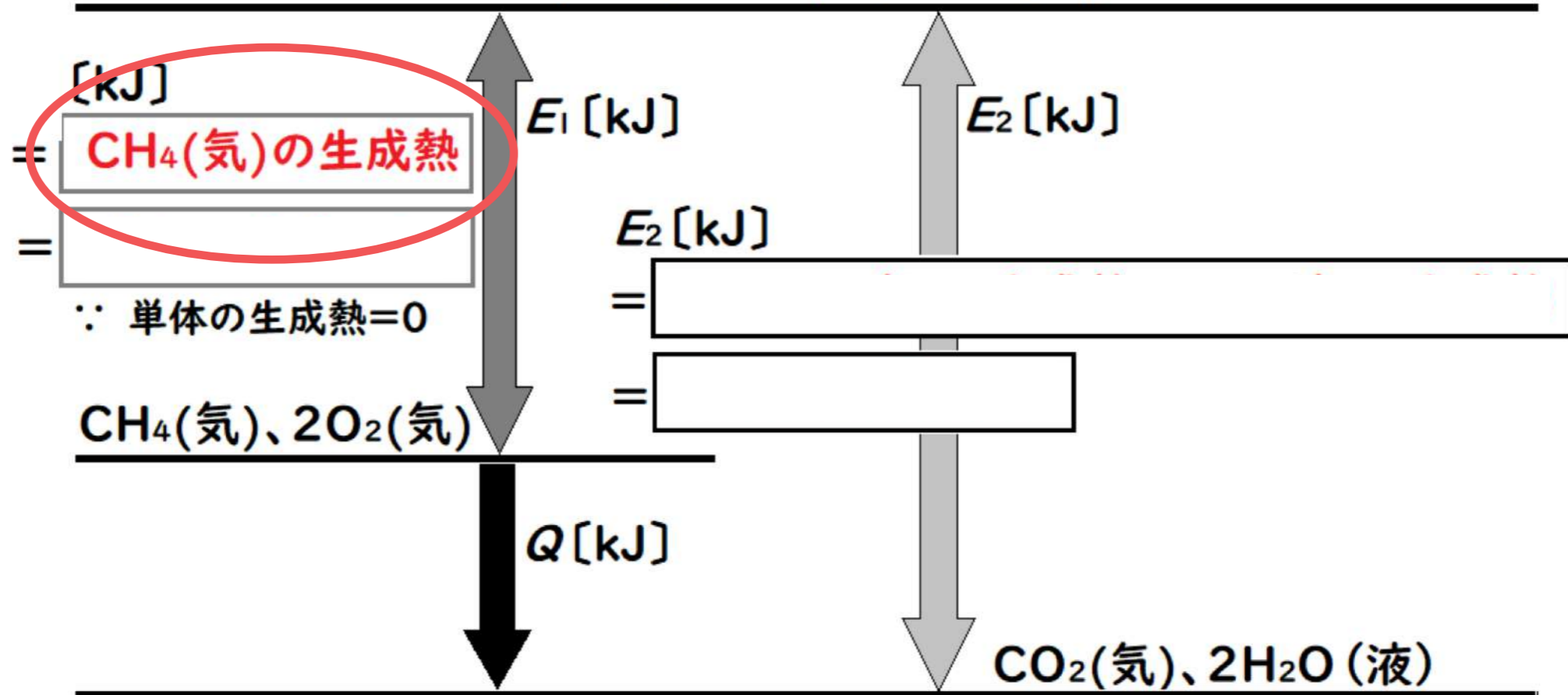


- メタンCH₄(気)の燃焼熱Q[kJ/mol]を表す熱化学方程式は

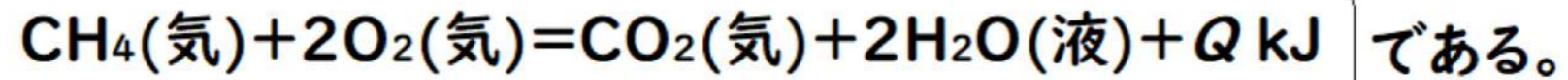


上式についてエネルギー図を描いてみると、例えば次の通り。

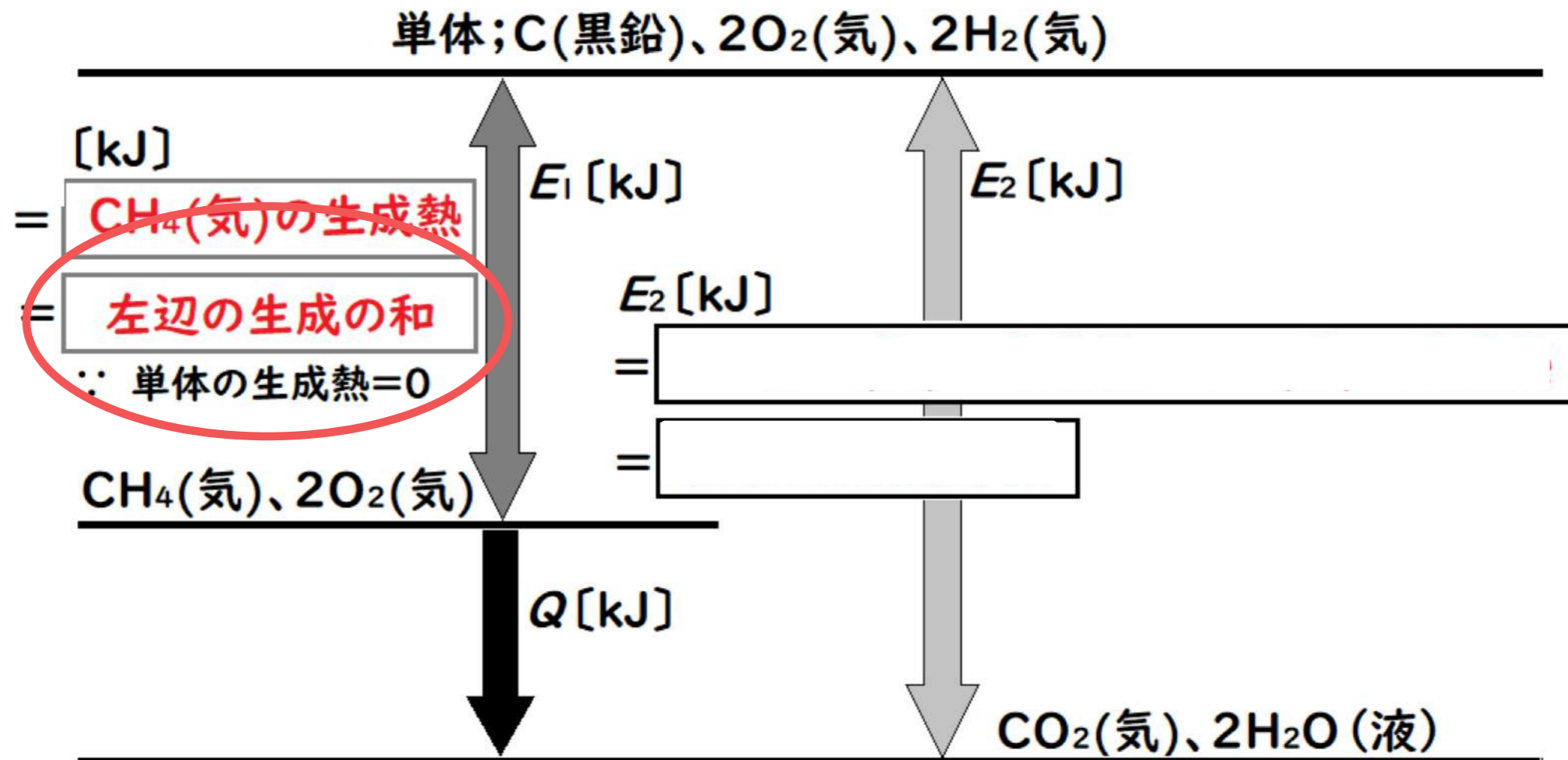
単体; C(黒鉛)、2O₂(気)、2H₂(気)



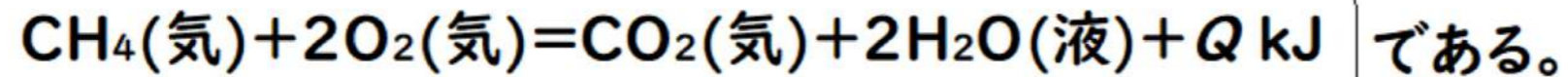
- メタンCH₄(気)の燃焼熱Q[kJ/mol]を表す熱化学方程式は



上式についてエネルギー図を描いてみると、例えば次の通り。

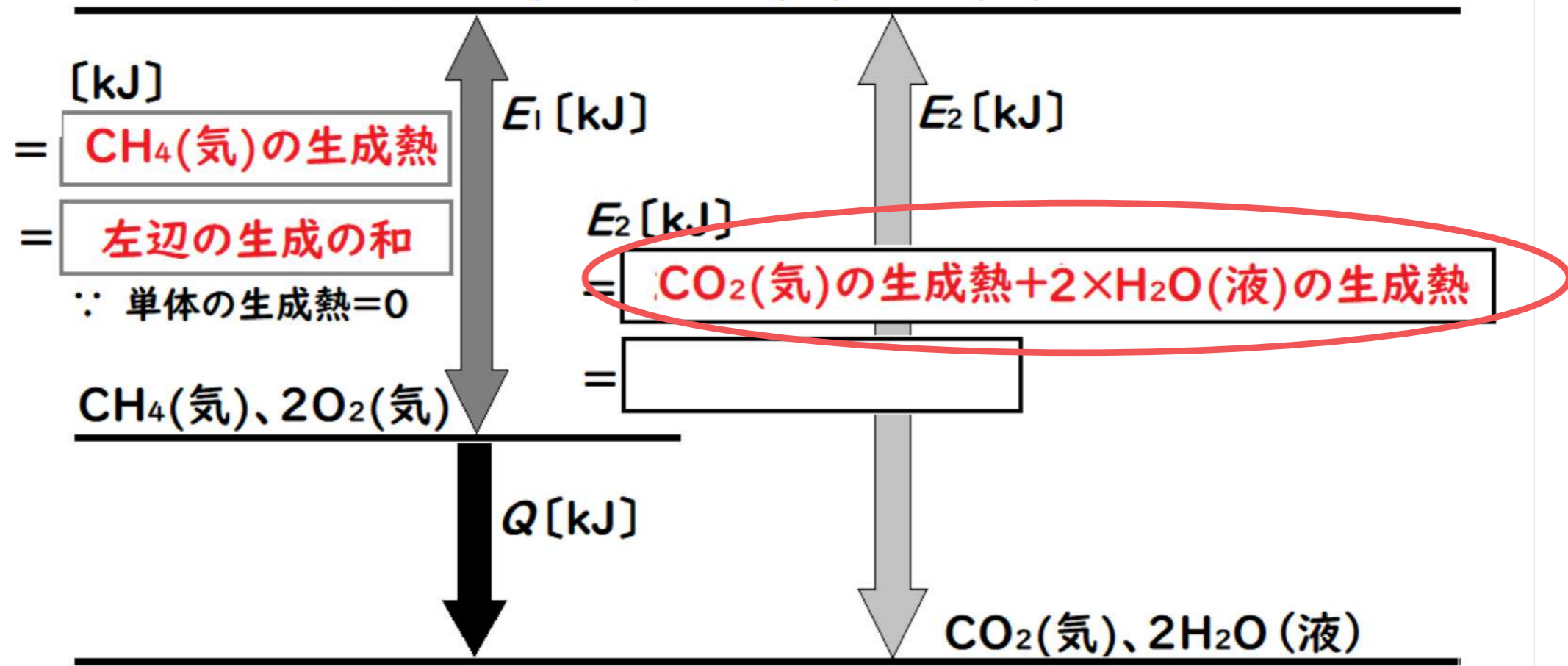


● メタン CH_4 (気)の燃焼熱 Q [kJ/mol]を表す熱化学方程式は

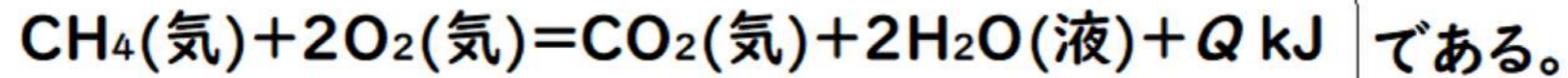


上式についてエネルギー図を描いてみると、例えば次の通り。

単体; C (黒鉛)、 2O_2 (気)、 2H_2 (気)

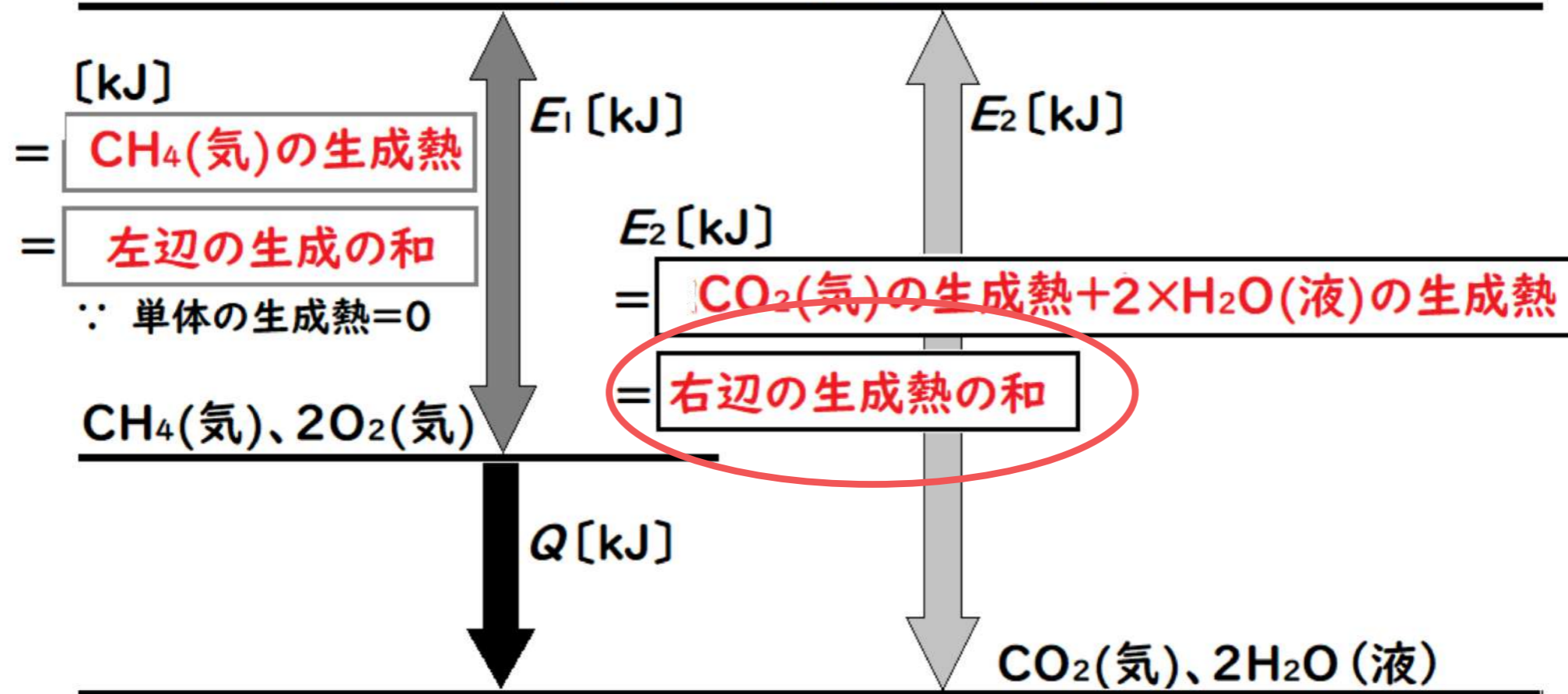


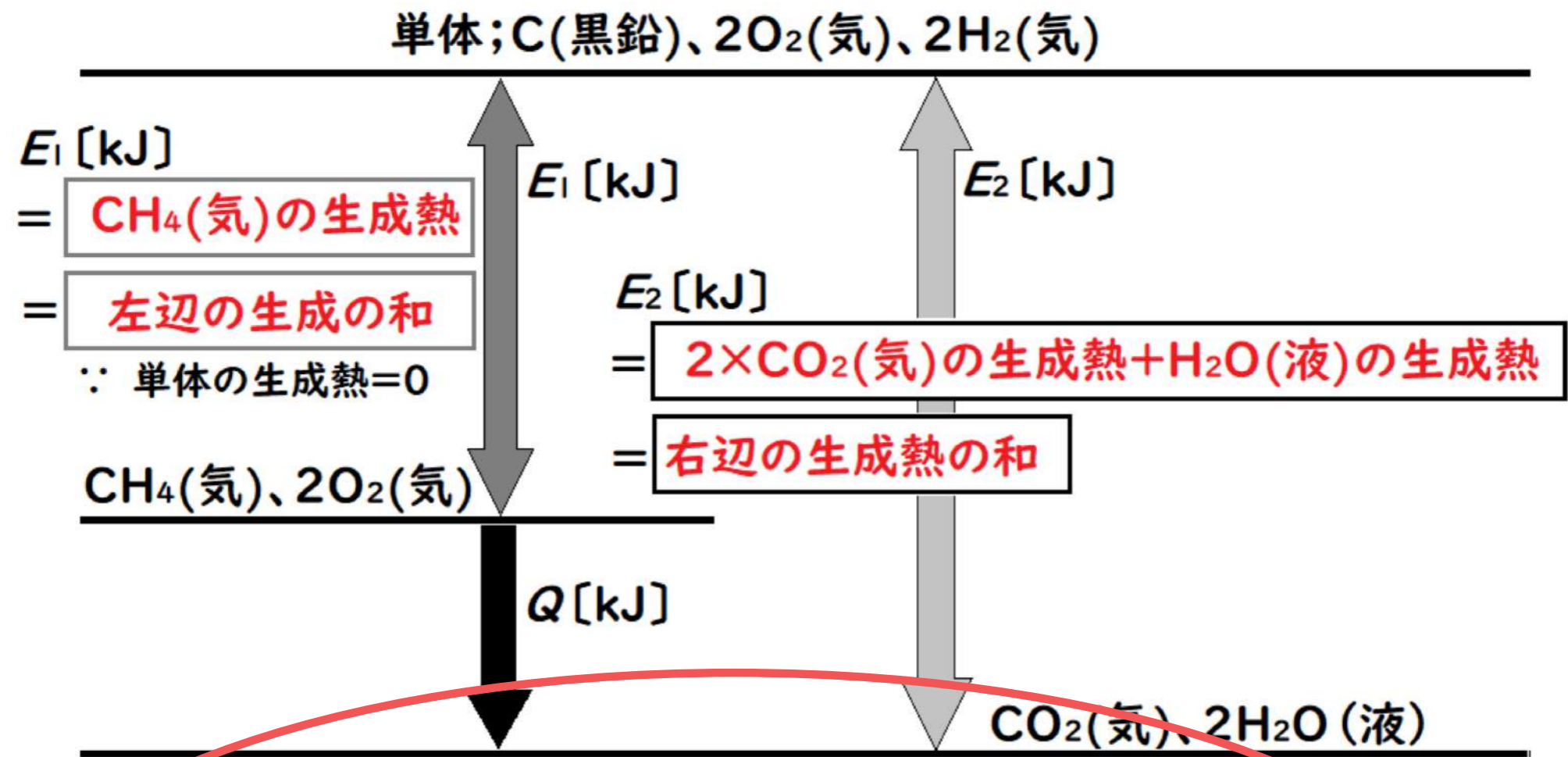
- メタン CH_4 (気)の燃焼熱 Q [kJ/mol]を表す熱化学方程式は



上式についてエネルギー図を描いてみると、例えば次の通り。

単体; C (黒鉛)、 2O_2 (気)、 2H_2 (気)



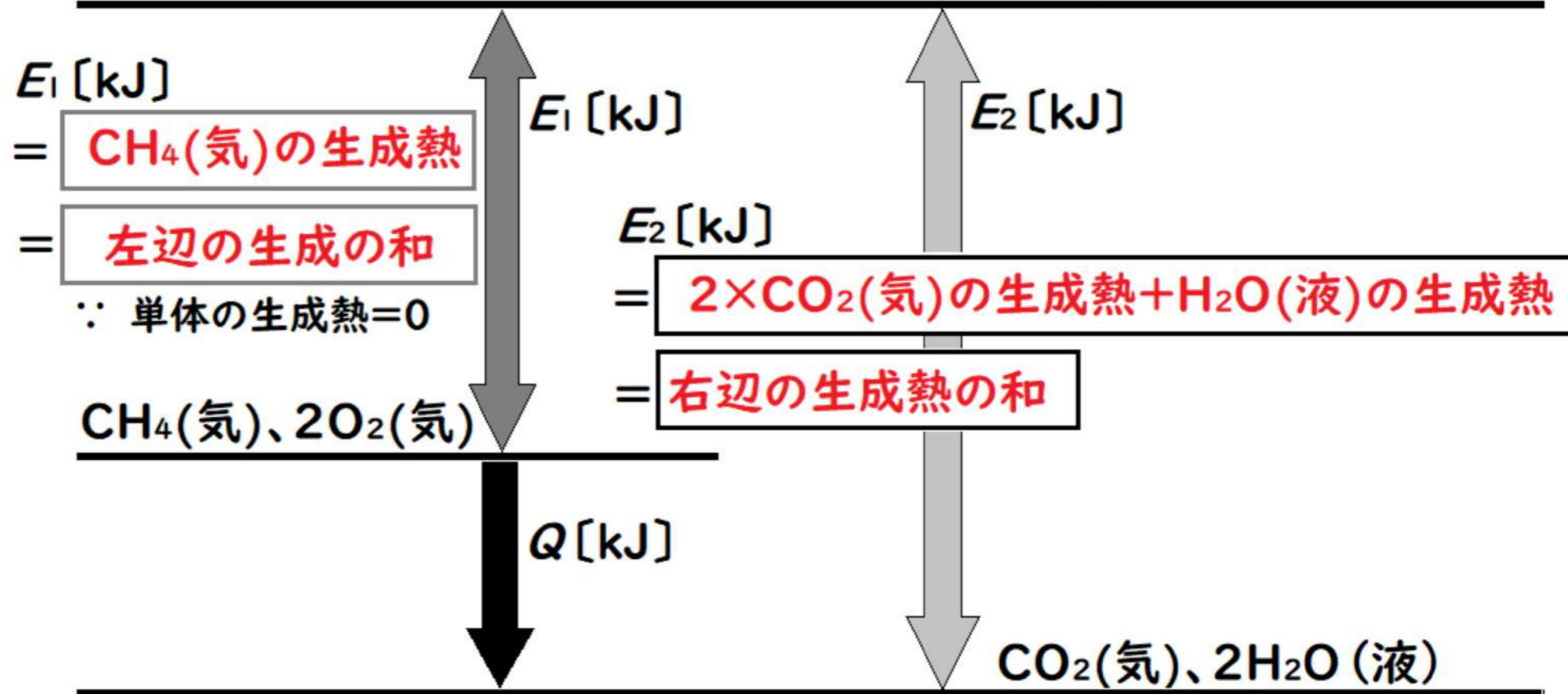


重要な式 反応熱を生成熱から求める方法

すなわち、 $Q =$

ただし、

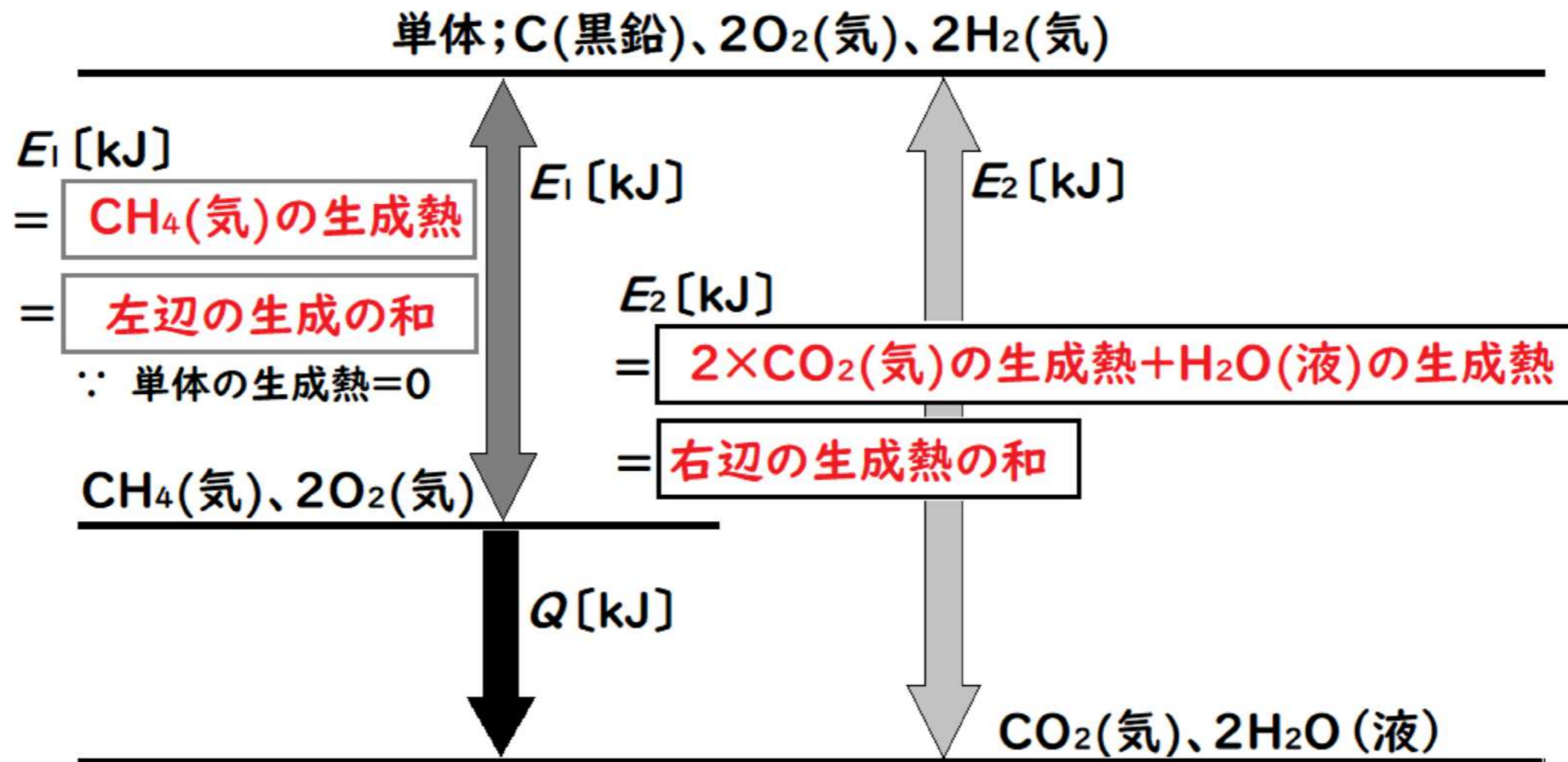
単体; C(黒鉛)、2O₂(気)、2H₂(気)



重要な式 反応熱を生成熱から求める方法

すなわち、 $Q = E_2 - E_1$

ただし、

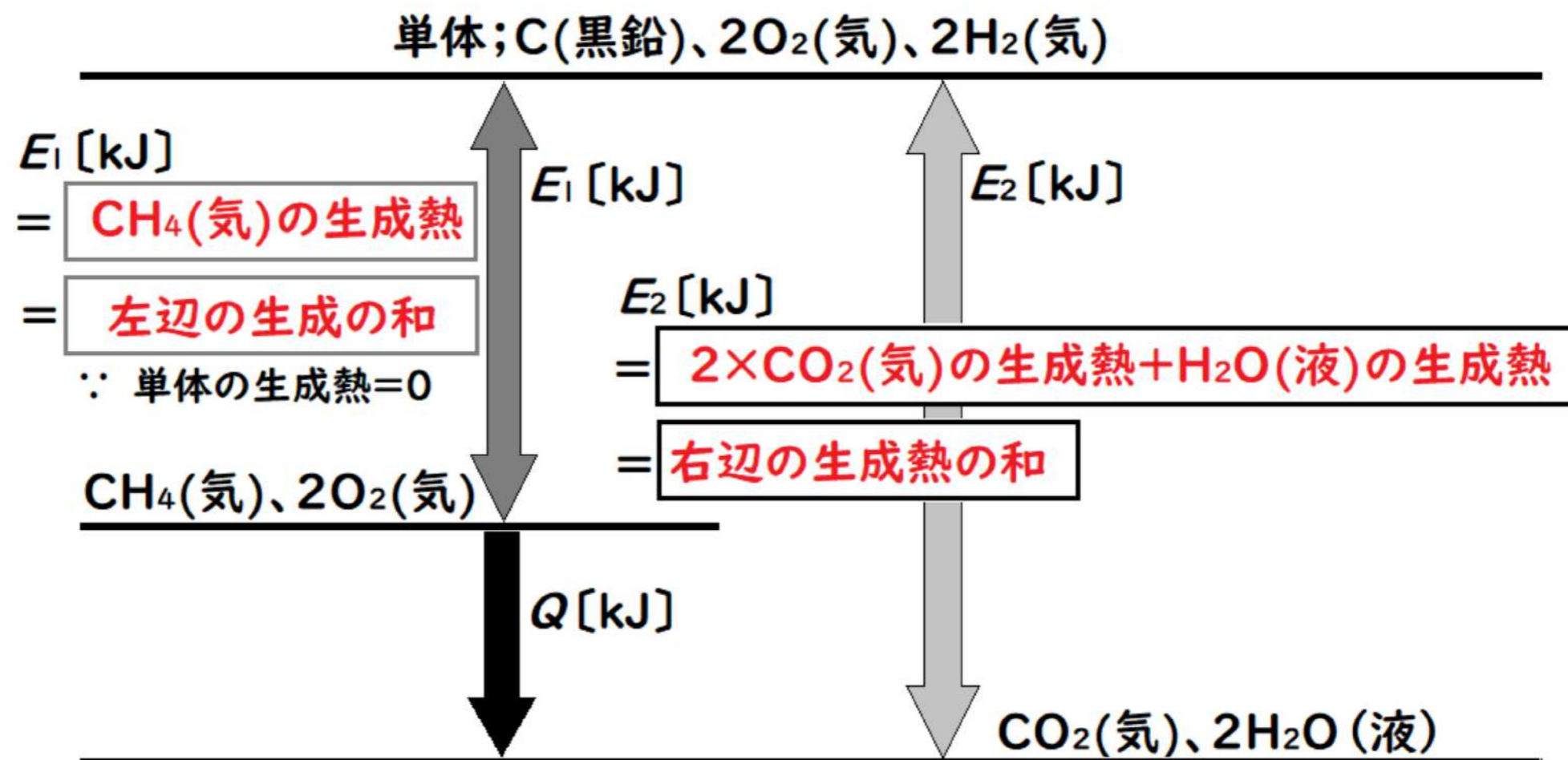


重要な式 反応熱を生成熱から求める方法

すなわち、 $Q = E_2 - E_1$

右辺の生成熱の和 - 左辺の生成熱の和

ただし、



重要な式 反応熱を生成熱から求める方法

すなわち、 $Q = E_2 - E_1$

右辺の生成熱の和 - 左辺の生成熱の和

ただし、**単体の生成熱=0**

重要な式 反応熱を生成熱から求める方法

すなわち、 $Q =$ $E_2 - E_1$

右辺の生成熱の和 - 左辺の生成熱の和

ただし、**単体の生成熱=0**

同様に、

重要な式 反応熱を結合エネルギーから求める方法

反応熱 =

ただし、この式を用いるときには、C (黒鉛) を除き、熱化学方程式中のすべての物質の状態が気体状態でなければならない。

重要な式 反応熱を生成熱から求める方法

すなわち、 $Q =$ $E_2 - E_1$

右辺の生成熱の和 - 左辺の生成熱の和

ただし、**単体の生成熱=0**

同様に、

重要な式 反応熱を結合エネルギーから求める方法

反応熱 = **右辺の結合エネルギーの和 - 左辺の結合エネルギーの和**

ただし、この式を用いるときには、C (黒鉛) を除き、熱化学方程式中のすべての物質の状態が気体状態でなければならない。

再確認

重要な式 反応熱を生成熱から求める方法

すなわち、 $Q =$

$$E_2 - E_1$$

右辺の生成熱の和 - 左辺の生成熱の和

ただし、**単体の生成熱=0**

同様に、

重要な式 反応熱を結合エネルギーから求める方法

反応熱 = **右辺の結合エネルギーの和 - 左辺の結合エネルギーの和**

ただし、この式を用いるときには、C (黒鉛) を除き、熱化学方程式中のすべての物質の状態が気体状態でなければならない。

以上の2つの式を使えばよいわけですが、

$A+B=C+D+Q\text{kJ}$ なのに

なんで $Q=(A+B)-(C+D)$ じゃないの!?

$A+B=C+D+Q\text{kJ}$

は持っているエネルギーについての等式だけど

持っているエネルギー は分からないから、

別の『エネルギー』を使って求めているから。

富士山と羊蹄山はどちらが何m高い？



富士山



羊蹄山

世界で一番高い山はどれ？
ヒント：山の高さに絶対値はない。



チンボラソ



エベレスト
(チョモランマ)



マウナケア

富士山と羊蹄山はどちらが何m高い？



富士山

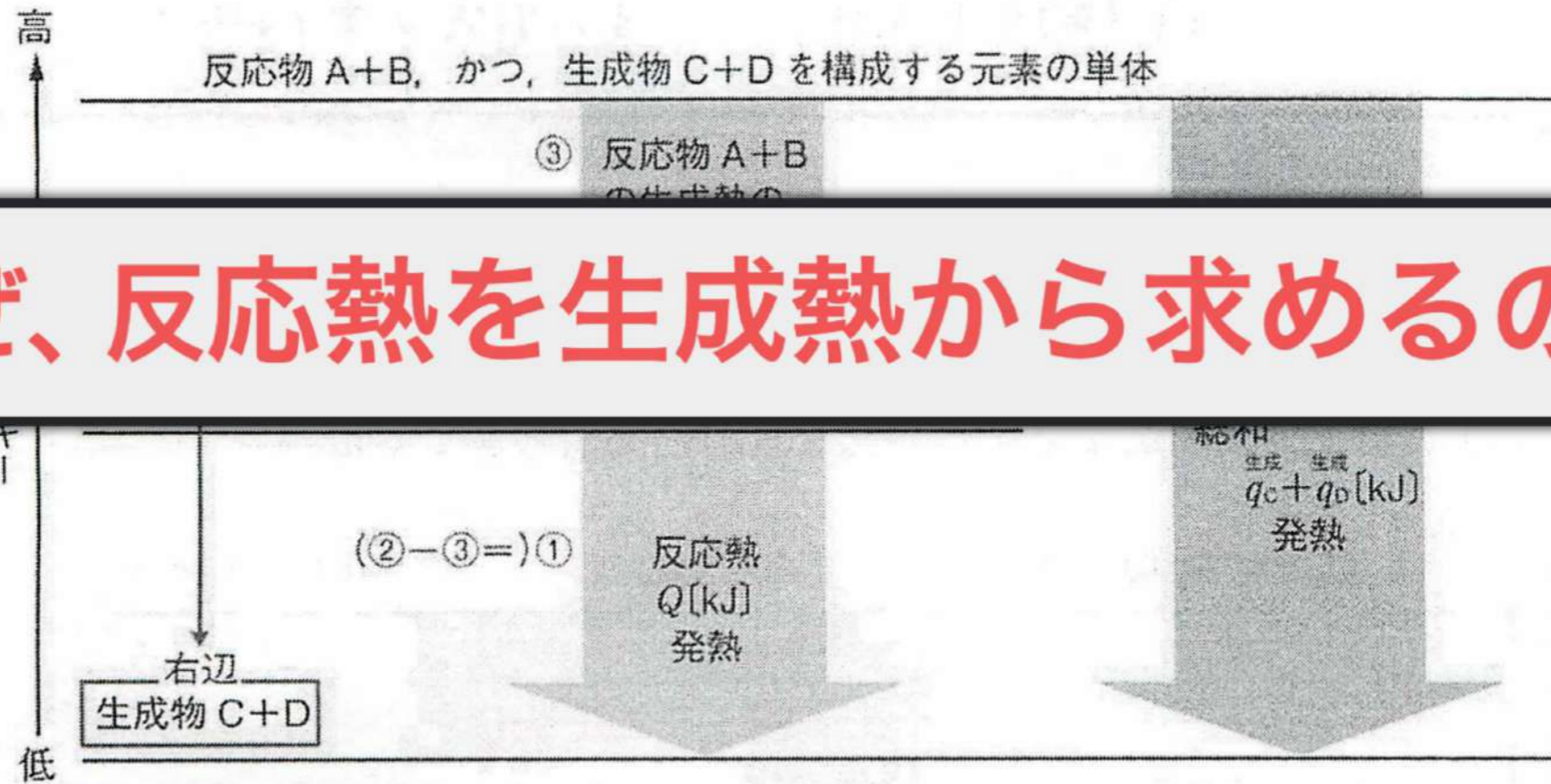


羊蹄山

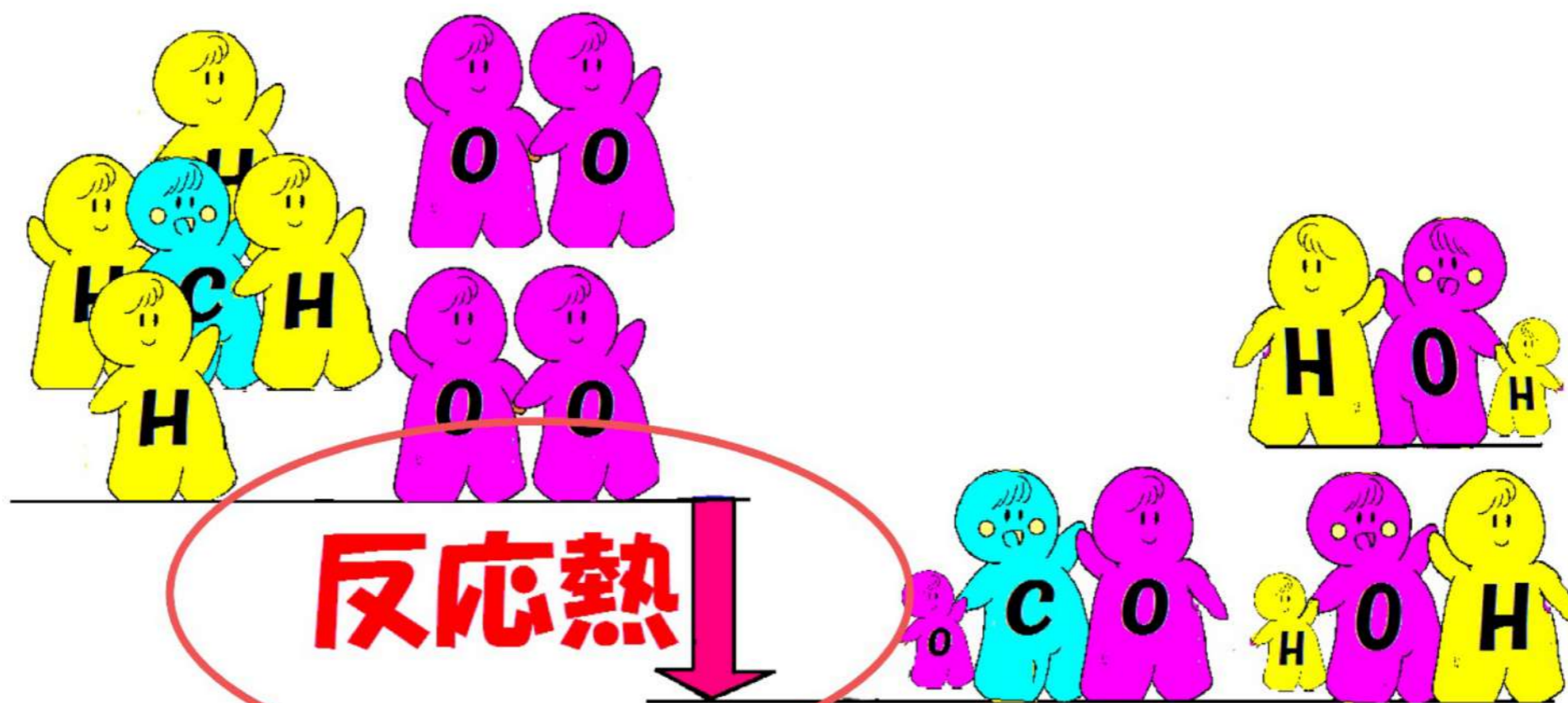
山の高さに絶対値はないので、
(海面など)
共通の基準から測った数値(標高など)を用いて、
山の高さの差を求める。

反応熱と生成熱との関係

反応熱 = (生成物の生成熱の総和) - (反応物の生成熱の総和)
ただし、「単体の生成熱 = 0」である。

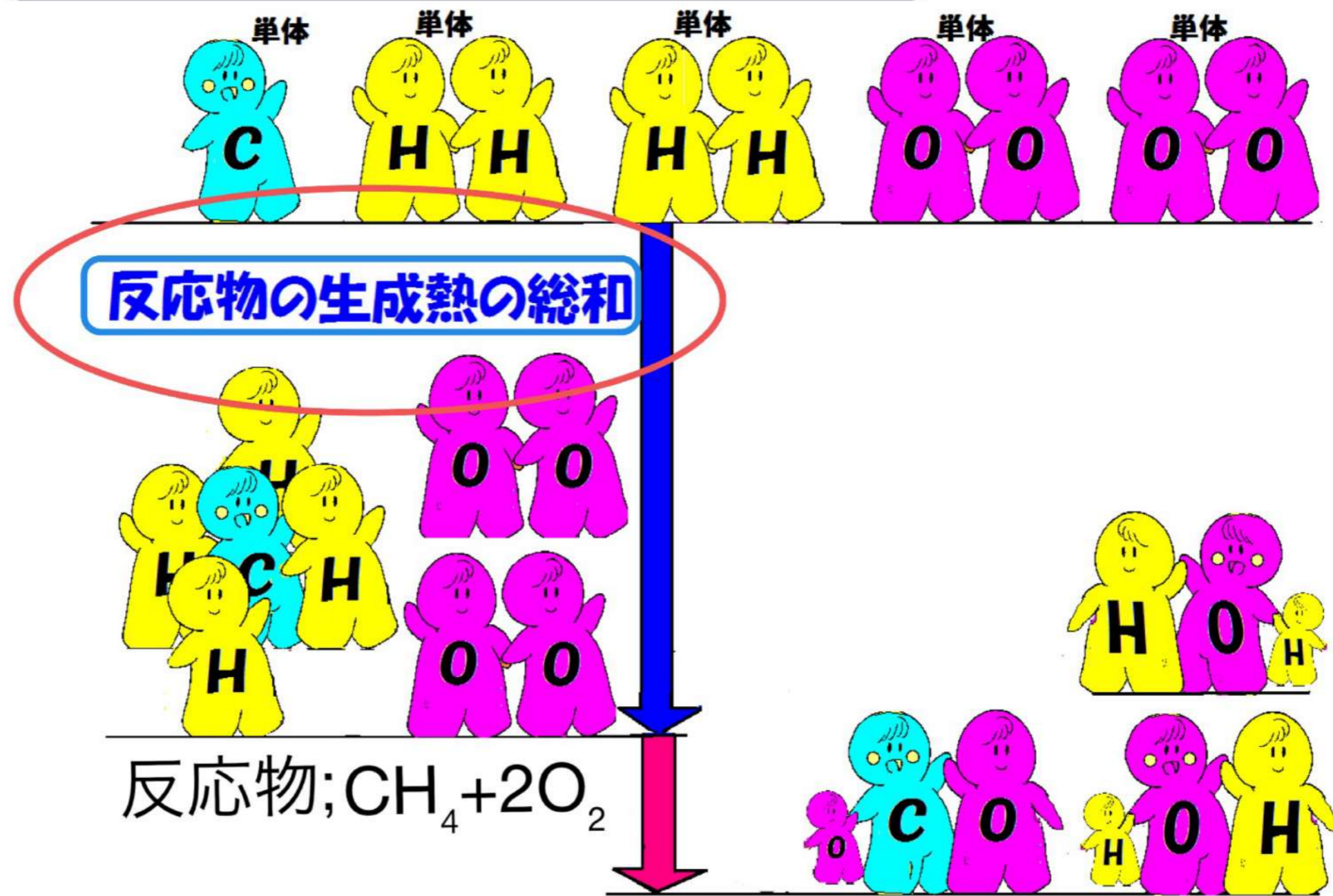


反應物: $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2$

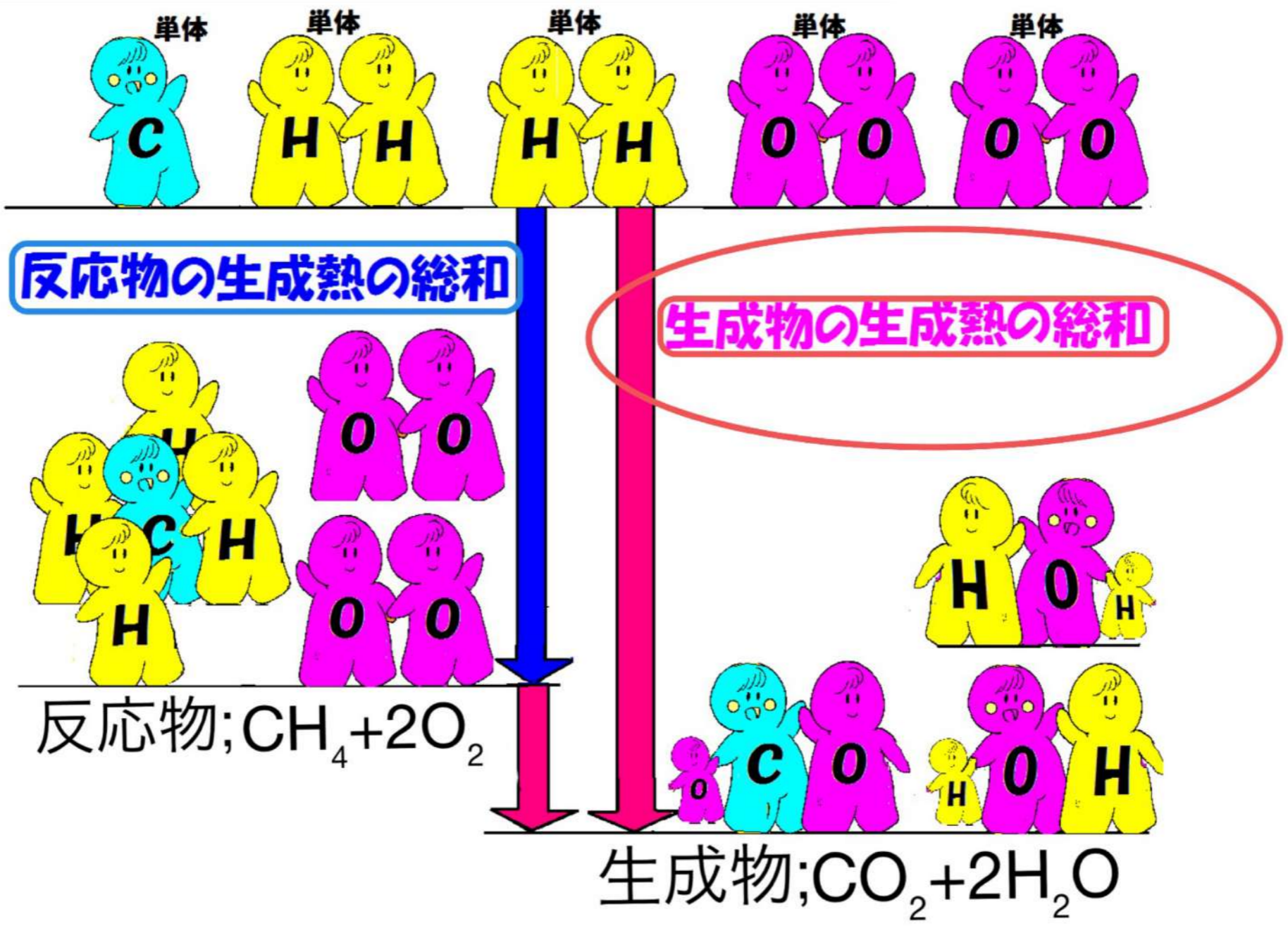


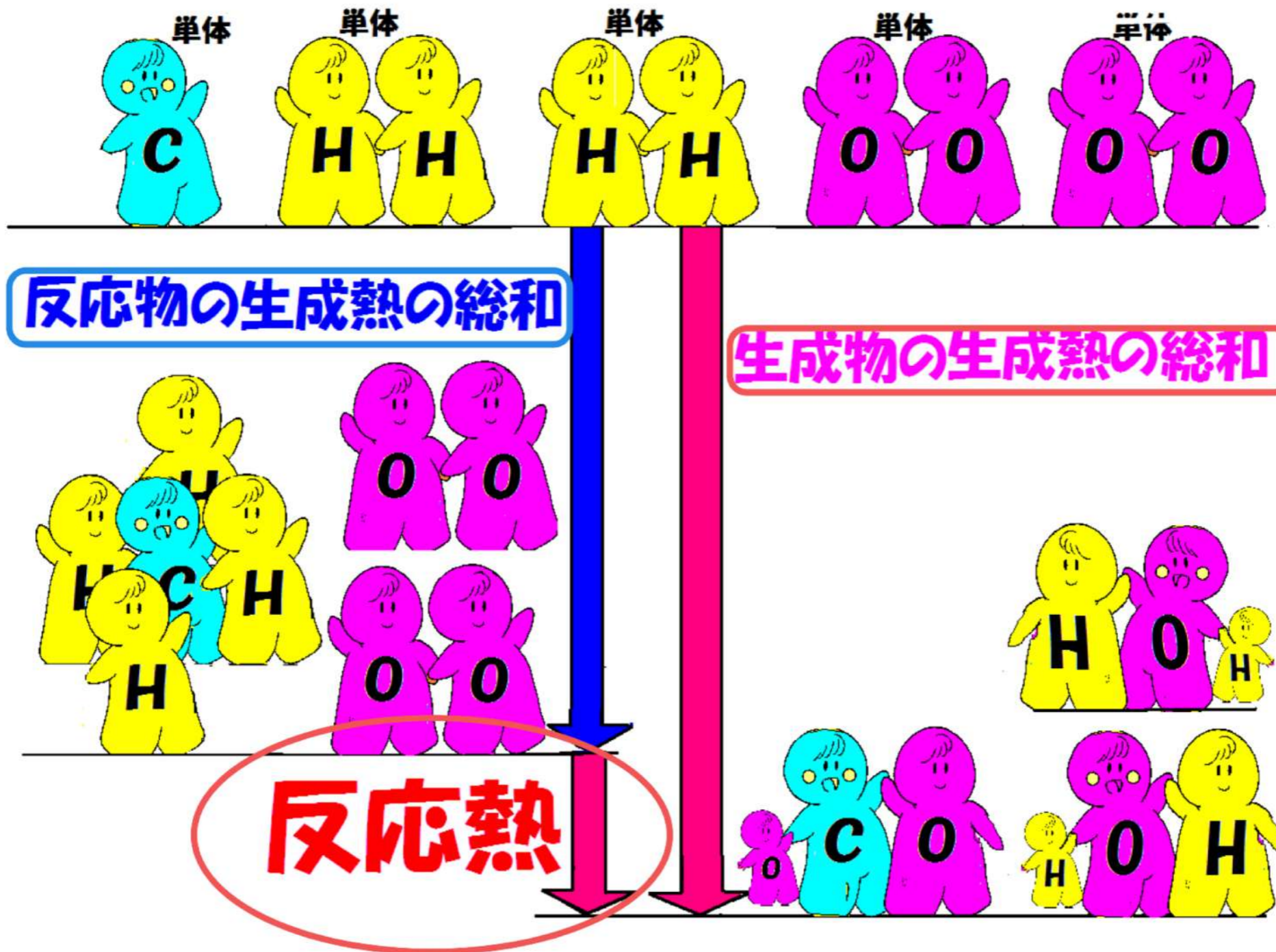
生成物: $\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

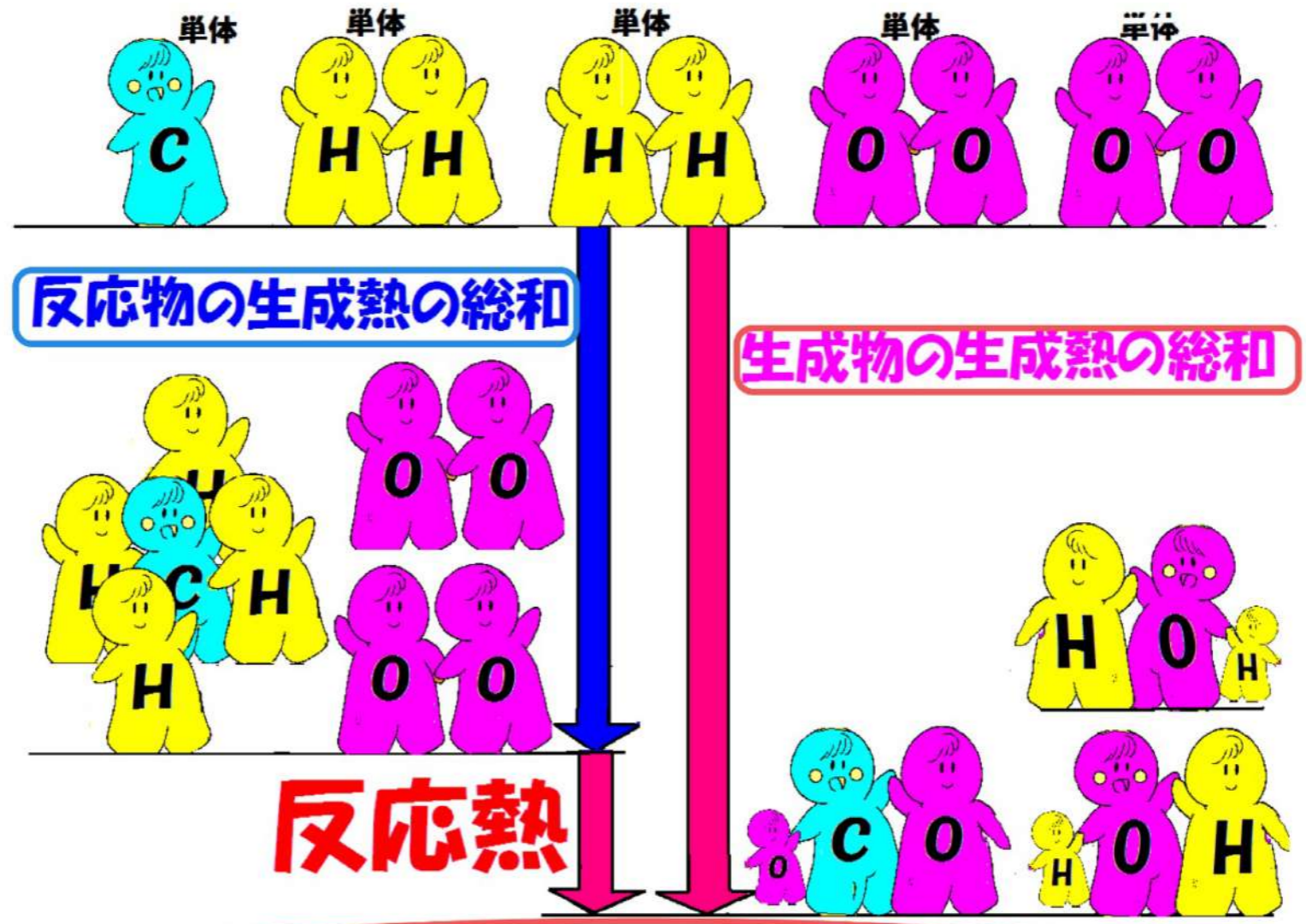
単体を基準とすると



単体を基準とすると







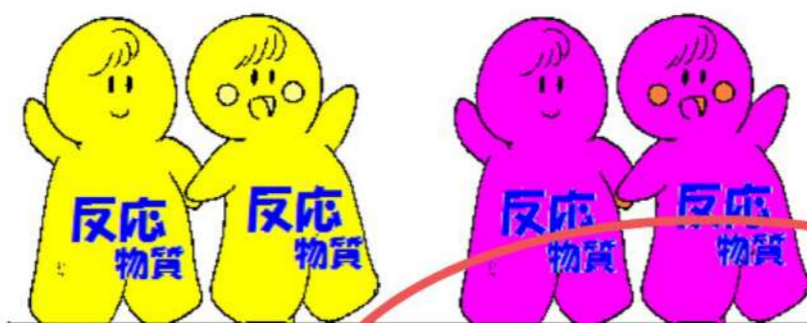
$$\text{反応熱} = (\text{右辺の物質の生成熱の総和}) - (\text{左辺の物質の生成熱の総和})$$

では、

反応熱を結合エネルギーから求める
計算方法

について考えてみましょう。

反應物



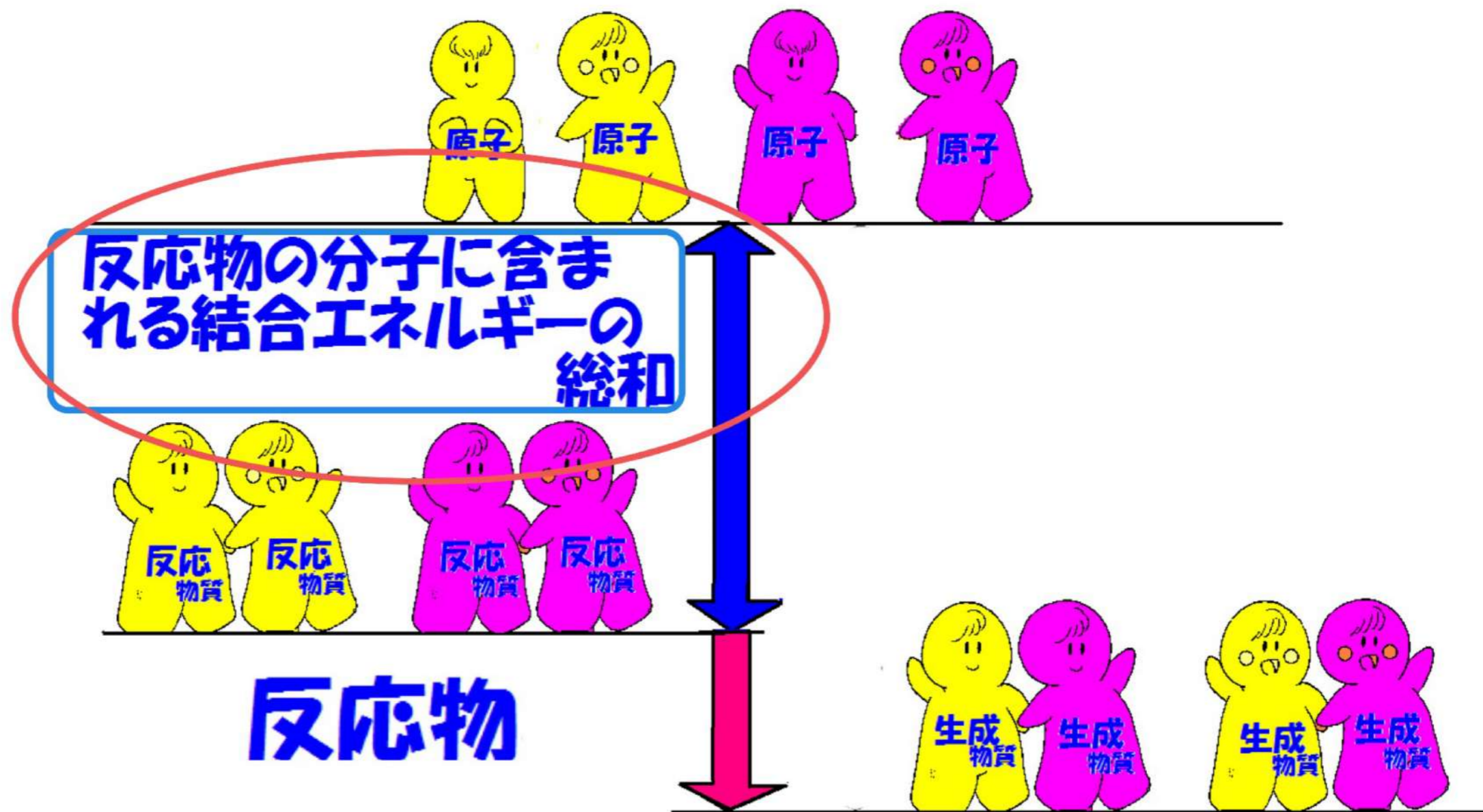
生成物



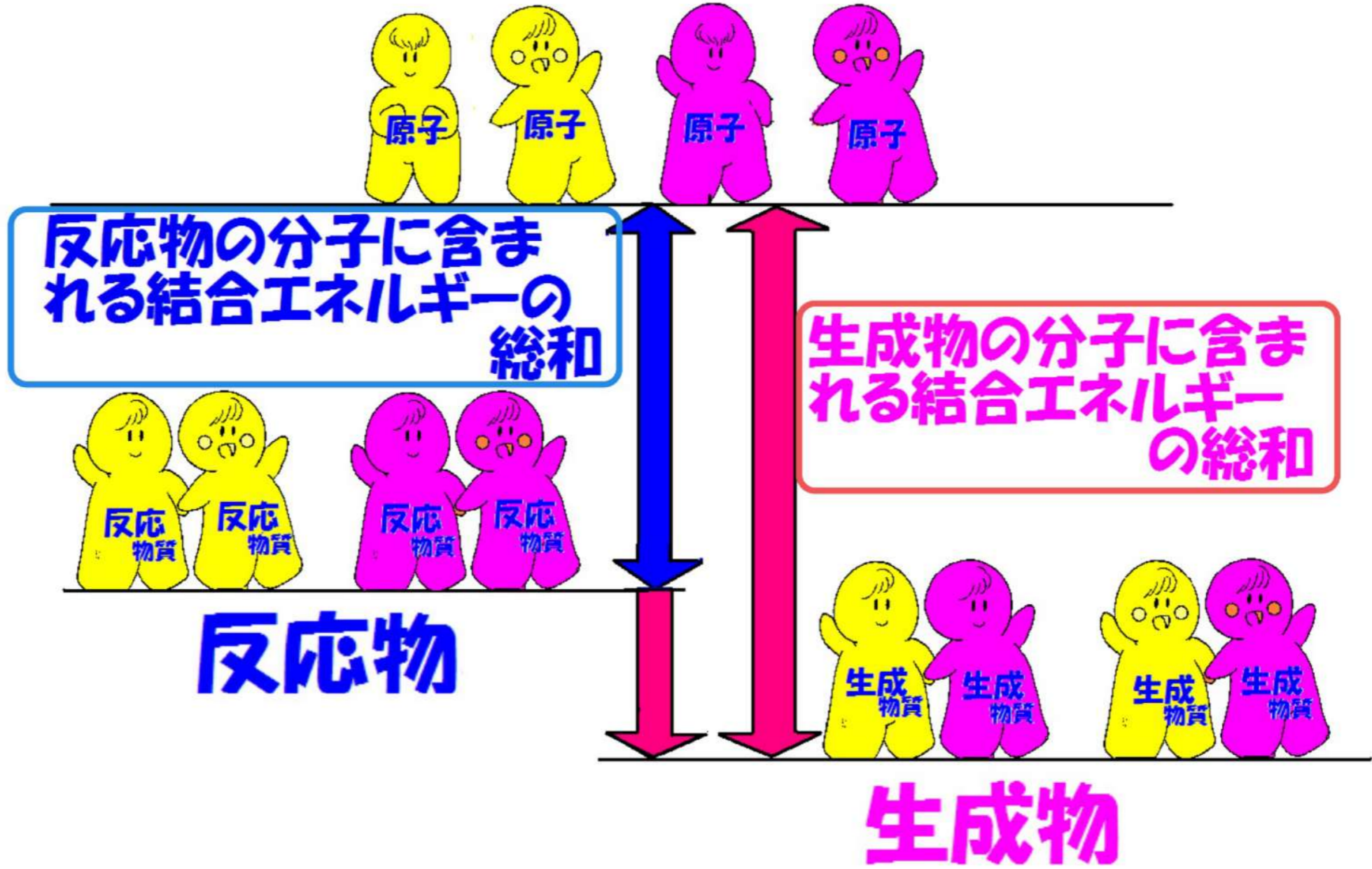
反應熱

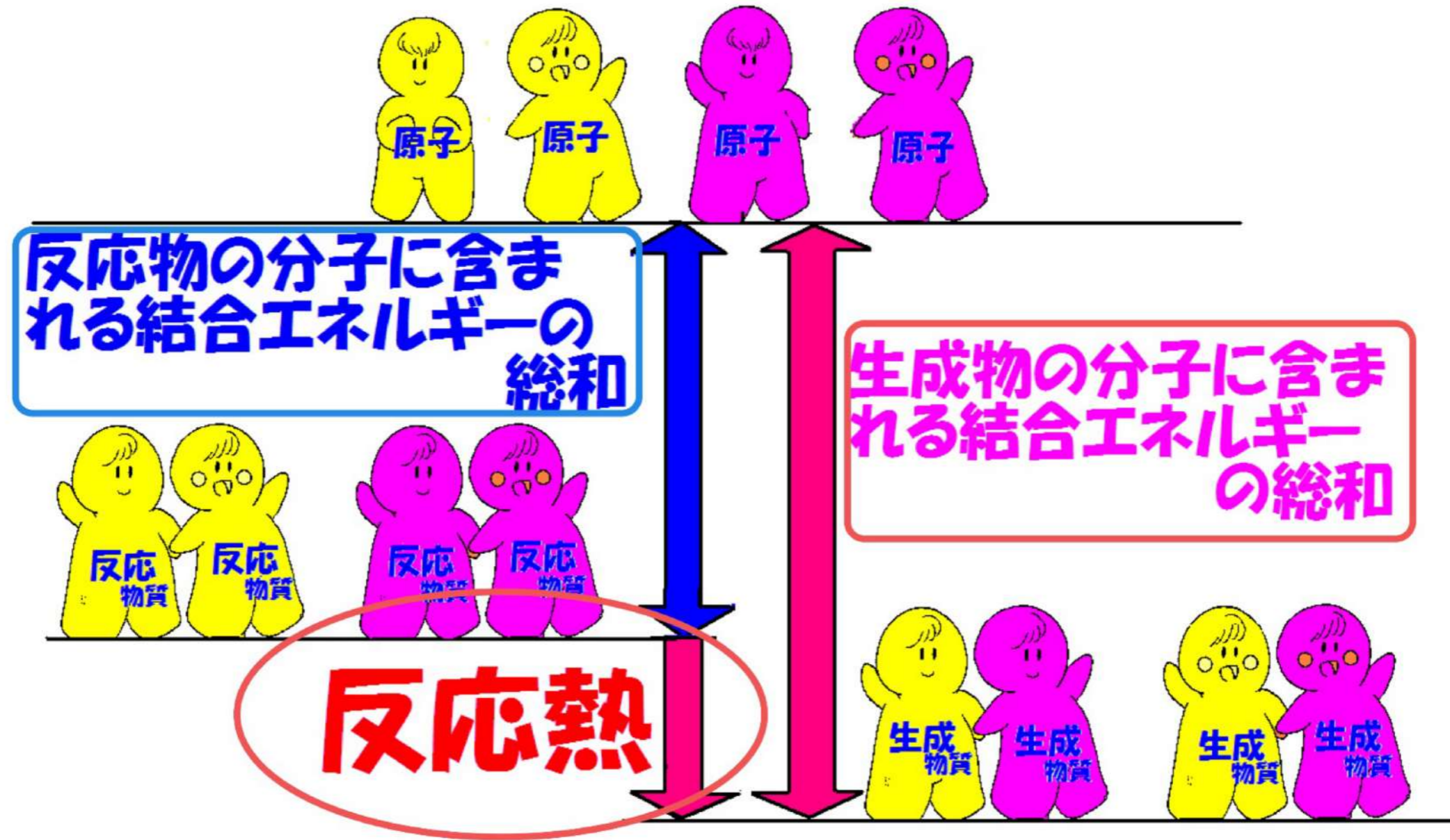


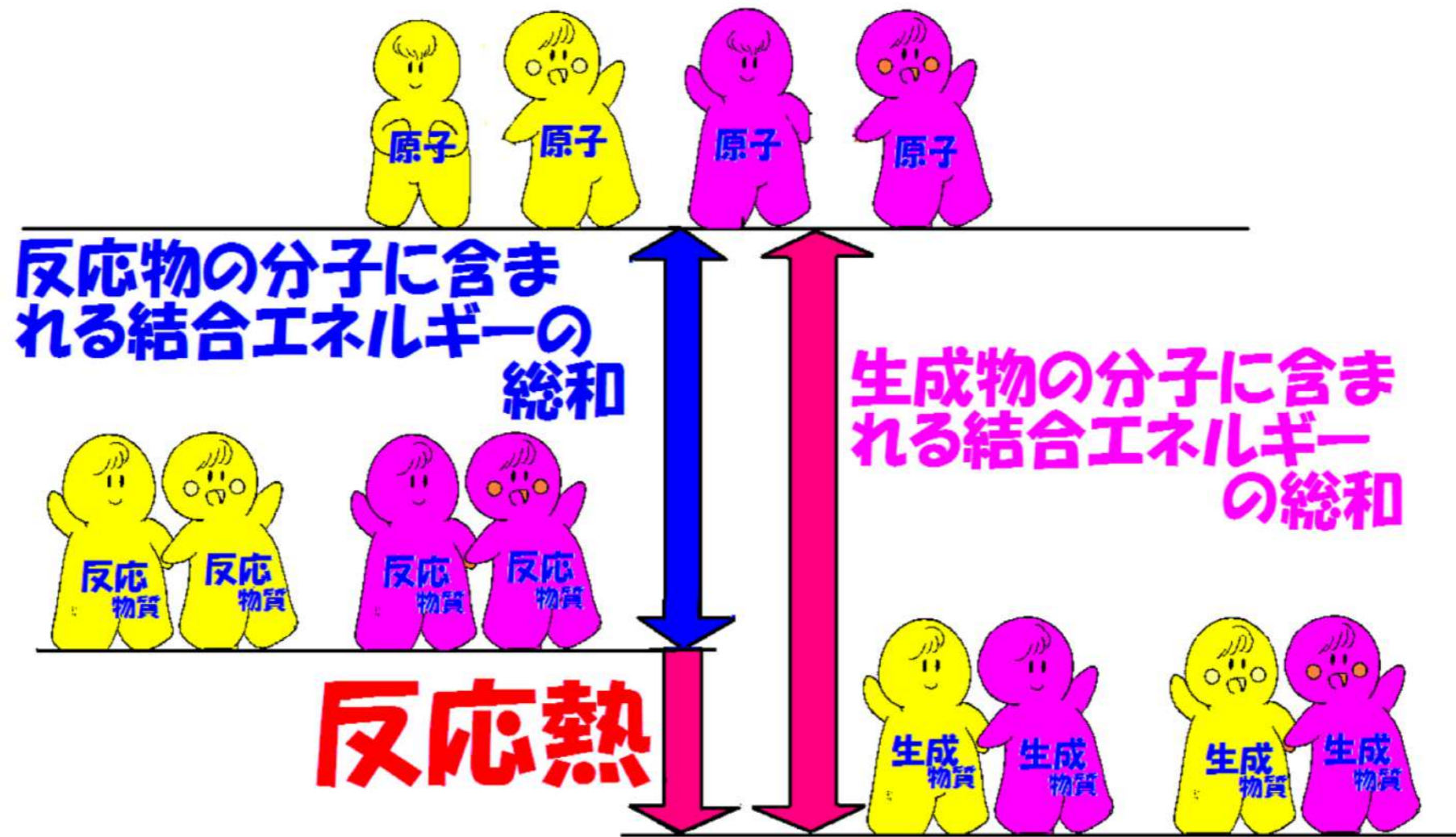
原子を基準とすると



原子を基準とすると







$$\text{反応熱} = \left(\begin{array}{l} \text{右辺の物質} \\ \text{分子に含まれる結合}E\text{の総和} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{l} \text{左辺の物質} \\ \text{分子に含まれる結合}E\text{の総和} \end{array} \right)$$

再確認

重要な式 反応熱を生成熱から求める方法

すなわち、 $Q =$

$$E_2 - E_1$$

右辺の生成熱の和 - 左辺の生成熱の和

ただし、**単体の生成熱 = 0**

同様に、

重要な式 反応熱を結合エネルギーから求める方法

反応熱 = **右辺の結合エネルギーの和 - 左辺の結合エネルギーの和**

ただし、この式を用いるときには、C (黒鉛) を除き、熱化学方程式中のすべての物質の状態が気体状態でなければならない。

では、具体的に
計算問題を解いてみましょう。

反応熱を生成熱から求める場合の解法の手順 またはその逆の場合

1 情報の整理

熱化学方程式と生成熱情報

2 式を選択

反応熱 = (^{右辺の物質} 生成物の生成熱の総和)

− (^{左辺の物質} 反応物の生成熱の総和)

ただし、単体の生成熱 = 0

3 式への代入

熱化学【例題1】

【例題1】生成熱から燃焼熱を求める

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。

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

注 表の値は、25°C、大気圧下 自治医大

最初に・・・アセチレンの完全燃焼を表す熱化学方程式中の水H₂Oの状態は液体なので、H₂O(液体)の生成熱を求めておく必要があります。

『水の蒸発熱は 44 kJ/mol』を熱化学方程式に直すと、

『H₂O(気体)の生成熱は 242 kJ/mol』を熱化学方程式に直すと、

よって、

すなわち

である。

【例題1】生成熱から燃焼熱を求める

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 自治医大

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

最初に・・・アセチレンの完全燃焼を表す熱化学方程式中の水H₂Oの状態は液体なので、H₂O(液体)の生成熱を求めておく必要があります。

『水の蒸発熱は 44 kJ/mol』を熱化学方程式に直すと、



『H₂O(気体)の生成熱は 242 kJ/mol』を熱化学方程式に直すと、

よって、

すなわち、

である。

【例題1】生成熱から燃焼熱を求める

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 自治医大

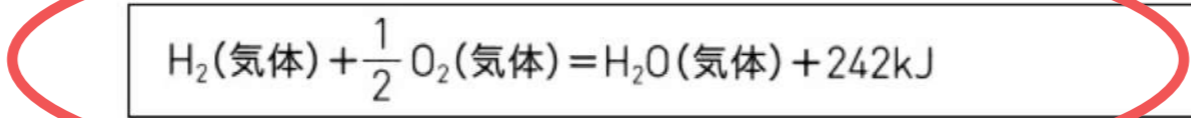
物質	生成熱 (kJ/mol)
H ₂ O (気体)	242
CO ₂ (気体)	394
C ₂ H ₆ (気体)	84
C ₂ H ₄ (気体)	-52
C ₂ H ₂ (気体)	-228

最初に・・・アセチレンの完全燃焼を表す熱化学方程式中の水H₂Oの状態は液体なので、H₂O(液体)の生成熱を求めておく必要があります。

『水の蒸発熱は 44 kJ/mol』を熱化学方程式に直すと、

$$\text{H}_2\text{O}(\text{液体}) = \text{H}_2\text{O}(\text{気体}) - 44 \text{ kJ} \quad (\text{H}_2\text{O}(\text{気体}) = \text{H}_2\text{O}(\text{液体}) + 44 \text{ kJ})$$

『H₂O(気体)の生成熱は 242 kJ/mol』を熱化学方程式に直すと、



よって、

すなわち、

である。

【例題1】生成熱から燃焼熱を求める

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。

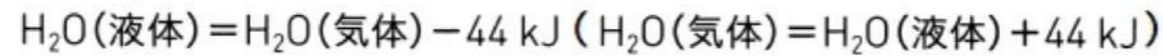
右の生成熱の表も利用せよ。

注 表の値は、25°C、大気圧下 自治医大

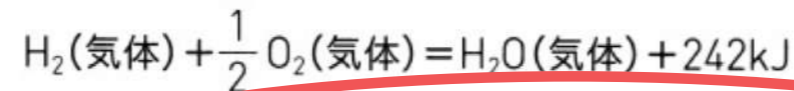
物質	生成熱 (kJ/mol)
H ₂ O (気体)	242
CO ₂ (気体)	394
C ₂ H ₆ (気体)	84
C ₂ H ₄ (気体)	-52
C ₂ H ₂ (気体)	-228

最初に・・・アセチレンの完全燃焼を表す熱化学方程式中の水H₂Oの状態は液体なので、H₂O(液体)の生成熱を求めておく必要があります。

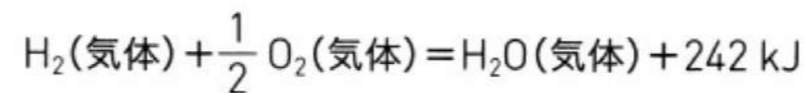
『水の蒸発熱は 44 kJ/mol』を熱化学方程式に直すと、



『H₂O(気体)の生成熱は 242 kJ/mol』を熱化学方程式に直すと、



よって、



すなわち、

である。

【例題1】生成熱から燃焼熱を求める

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。

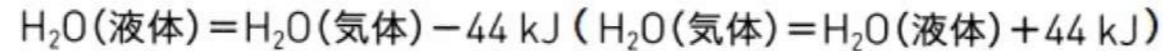
右の生成熱の表も利用せよ。

注 表の値は、25°C、大気圧下 自治医大

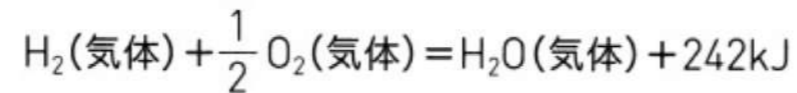
物質	生成熱 (kJ/mol)
H ₂ O (気体)	242
CO ₂ (気体)	394
C ₂ H ₆ (気体)	84
C ₂ H ₄ (気体)	-52
C ₂ H ₂ (気体)	-228

最初に・・・アセチレンの完全燃焼を表す熱化学方程式中の水H₂Oの状態は液体なので、H₂O(液体)の生成熱を求めておく必要があります。

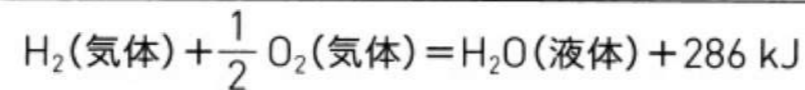
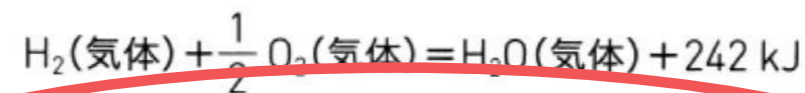
『水の蒸発熱は 44 kJ/mol』を熱化学方程式に直すと、



『H₂O(気体)の生成熱は 242 kJ/mol』を熱化学方程式に直すと、



よって、



すなわち、

である。

【例題1】生成熱から燃焼熱を求める✕

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。

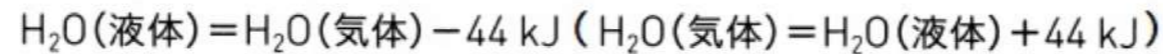
右の生成熱の表も利用せよ。

注 表の値は、25°C、大気圧下 自治医大

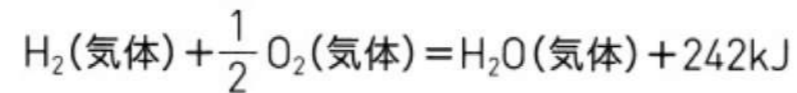
物質	生成熱 (kJ/mol)
H ₂ O (気体)	242
CO ₂ (気体)	394
C ₂ H ₆ (気体)	84
C ₂ H ₄ (気体)	-52
C ₂ H ₂ (気体)	-228

最初に・・・アセチレンの完全燃焼を表す熱化学方程式中の水H₂Oの状態は液体なので、H₂O(液体)の生成熱を求めておく必要があります。

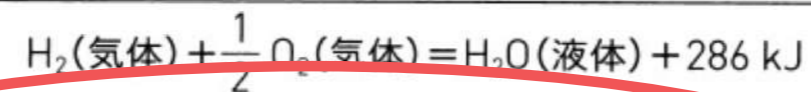
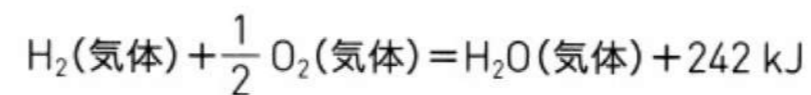
『水の蒸発熱は 44 kJ/mol』を熱化学方程式に直すと、



『H₂O(気体)の生成熱は 242 kJ/mol』を熱化学方程式に直すと、



よって、



すなわち、

H₂O(液体)の生成熱は 286 kJ/mol

である。

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 自治医大

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

STEP 1 情報の整理

- 用いる熱化学方程式を選択

- 具体的な情報を収集

物質とその状態		生成熱の値(kJ/mol)
水	H ₂ O(液体)	
二酸化炭素	CO ₂ (気体)	
アセチレン	C ₂ H ₂ (気体)	
酸素	O ₂ (気体)	

STEP 2 式への代入

反応熱 = (生成物質の生成熱の総和) - (反応物質の生成熱の総和) に代入する。

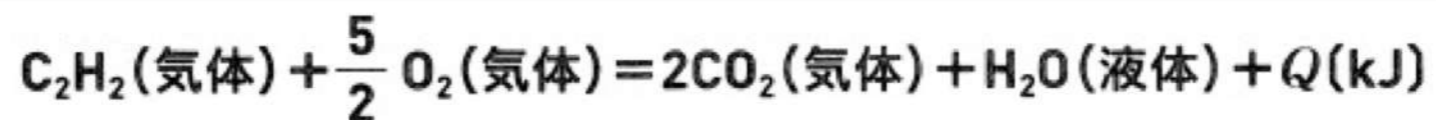
アセチレンの燃焼熱は何 kJ/mol か。
 整数値で答えよ。ただし、水は液体として生じるものとし、水の蒸発熱は 44 kJ/mol である。
 右の生成熱の表も利用せよ。

注 表の値は、25°C、大気圧下 自治医大

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

STEP 1 情報の整理

- 用いる熱化学方程式を選択



- 具体的な情報を収集

物質とその状態		生成熱の値(kJ/mol)
水	H ₂ O(液体)	
二酸化炭素	CO ₂ (気体)	
アセチレン	C ₂ H ₂ (気体)	
酸素	O ₂ (気体)	

STEP 2 式への代入

反応熱 = (生成物質の生成熱の総和) - (反応物質の生成熱の総和) に代入する。

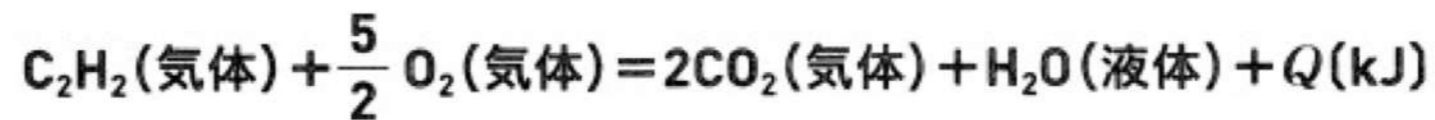
アセチレンの燃焼熱は何 kJ/mol か。
 整数値で答えよ。ただし、水は液体として生じるものとし、水の蒸発熱は 44 kJ/mol である。
 右の生成熱の表も利用せよ。

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

注 表の値は、25°C、大気圧下 自治医大

STEP 1 情報の整理

- 用いる熱化学方程式を選択



- 具体的な情報を収集

物質とその状態		生成熱の値 (kJ/mol)
水	H ₂ O(液体)	286
二酸化炭素	CO ₂ (気体)	
アセチレン	C ₂ H ₂ (気体)	
酸素	O ₂ (気体)	

STEP 2 式への代入

反応熱 = (生成物質の生成熱の総和) - (反応物質の生成熱の総和) に代入する。

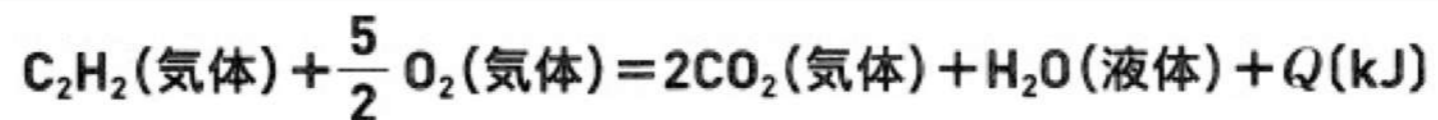
アセチレンの燃焼熱は何 kJ/mol か。
 整数値で答えよ。ただし、水は液体として生じるものとし、水の蒸発熱は 44 kJ/mol である。
 右の生成熱の表も利用せよ。

注 表の値は、25°C、大気圧下 自治医大

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

STEP 1 情報の整理

- 用いる熱化学方程式を選択



- 具体的な情報を収集

物質とその状態		生成熱の値 (kJ/mol)
水	H ₂ O(液体)	286
二酸化炭素	CO ₂ (気体)	394
アセチレン	C ₂ H ₂ (気体)	
酸素	O ₂ (気体)	

STEP 2 式への代入

反応熱 = (生成物質の生成熱の総和) - (反応物質の生成熱の総和) に代入する。

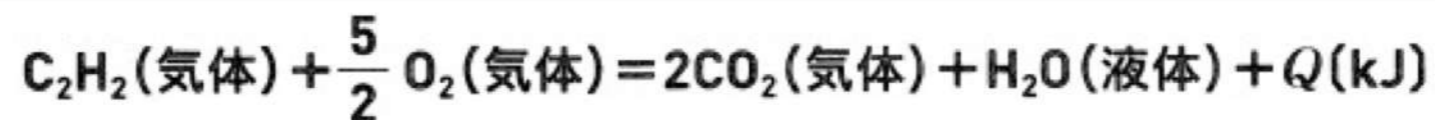
アセチレンの燃焼熱は何 kJ/mol か。
 整数値で答えよ。ただし、水は液体として生じるものとし、水の蒸発熱は 44 kJ/mol である。
 右の生成熱の表も利用せよ。

注 表の値は、25°C、大気圧下 自治医大

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

STEP 1 情報の整理

- 用いる熱化学方程式を選択



- 具体的な情報を収集

物質とその状態		生成熱の値 (kJ/mol)
水	H ₂ O(液体)	286
二酸化炭素	CO ₂ (気体)	394
アセチレン	C ₂ H ₂ (気体)	-228
酸素	O ₂ (気体)	-

STEP 2 式への代入

反応熱 = (生成物質の生成熱の総和) - (反応物質の生成熱の総和) に代入する。

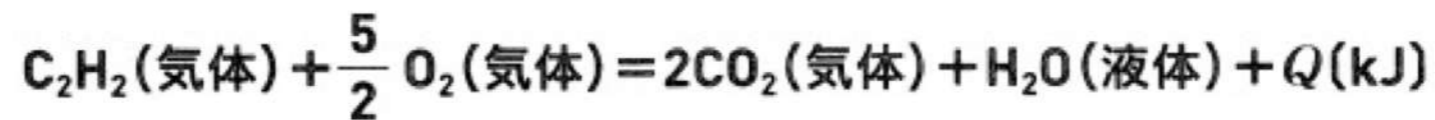
アセチレンの燃焼熱は何 kJ/mol か。
 整数値で答えよ。ただし、水は液体として生じるものとし、水の蒸発熱は 44 kJ/mol である。
 右の生成熱の表も利用せよ。

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

注 表の値は、25°C、大気圧下 自治医大

STEP 1 情報の整理

- 用いる熱化学方程式を選択



- 具体的な情報を収集

物質とその状態		生成熱の値 (kJ/mol)
水	H ₂ O(液体)	286
二酸化炭素	CO ₂ (気体)	394
アセチレン	C ₂ H ₂ (気体)	-228
酸素	O ₂ (気体)	0

STEP 2 式への代入

反応熱 = (生成物質の生成熱の総和) - (反応物質の生成熱の総和) に代入する。

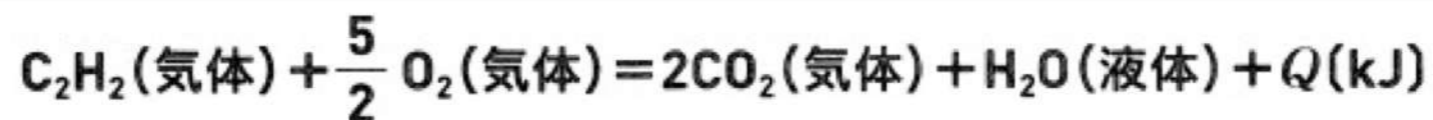
アセチレンの燃焼熱は何 kJ/mol か。
 整数値で答えよ。ただし、水は液体として生じるものとし、水の蒸発熱は 44 kJ/mol である。
 右の生成熱の表も利用せよ。

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

注 表の値は、25°C、大気圧下 自治医大

STEP 1 情報の整理

- 用いる熱化学方程式を選択



- 具体的な情報を収集

物質とその状態		生成熱の値 (kJ/mol)
水	H ₂ O(液体)	286
二酸化炭素	CO ₂ (気体)	394
アセチレン	C ₂ H ₂ (気体)	-228
酸素	O ₂ (気体)	0

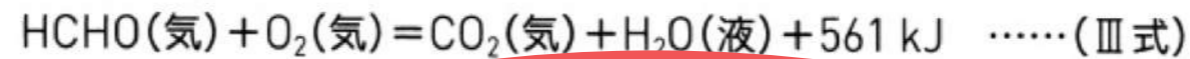
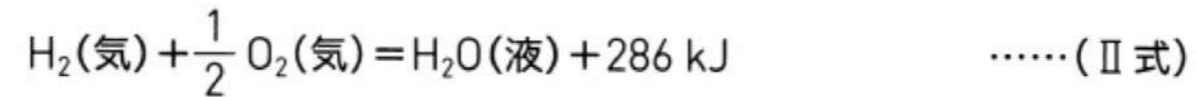
STEP 2 式への代入

反応熱 = (生成物質の生成熱の総和) - (反応物質の生成熱の総和) に代入する。

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

【例題2】 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。

STEP 1 情報の整理

- 用いる熱化学方程式を選択

- 具体的な情報を収集

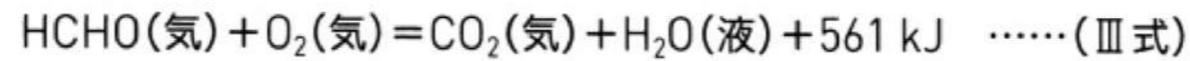
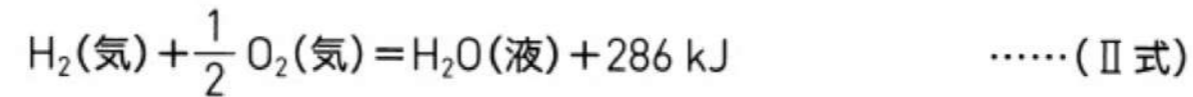
物質とその状態	生成熱の値(kJ/mol)
CO ₂ (気)	
H ₂ O(液)	
O ₂ (気)	
HCHO(気)	

STEP 2 式への代入

反応熱 = (生成物質の生成熱の総和) - (反応物質の生成熱の総和) に代入する。

【例題2】 燃焼熱から生成熱を求める

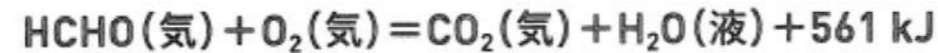
炭素(黒鉛)、水素、ホルムアルデヒドの燃焼反応の熱化学方程式は次の通りである。



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。

STEP 1 情報の整理

- 用いる熱化学方程式を選択



- 具体的な情報を収集

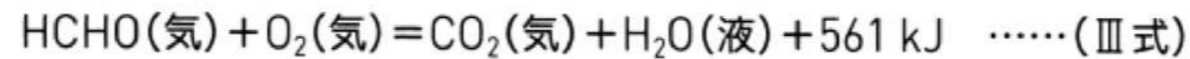
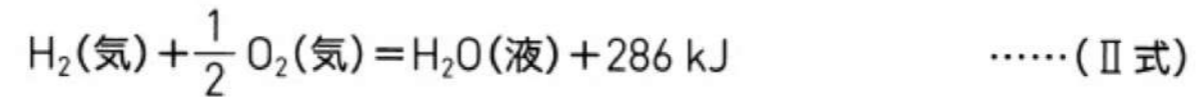
物質とその状態	生成熱の値(kJ/mol)
CO ₂ (気)	
H ₂ O(液)	
O ₂ (気)	
HCHO(気)	

STEP 2 式への代入

反応熱 = (生成物質の生成熱の総和) - (反応物質の生成熱の総和) に代入する。

【例題2】 燃焼熱から生成熱を求める

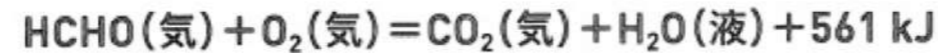
炭素(黒鉛)、水素、ホルムアルデヒドの燃焼反応の熱化学方程式は次の通りである。



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。

STEP 1 情報の整理

- 用いる熱化学方程式を選択



- 具体的な情報を収集

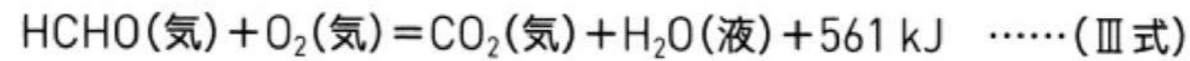
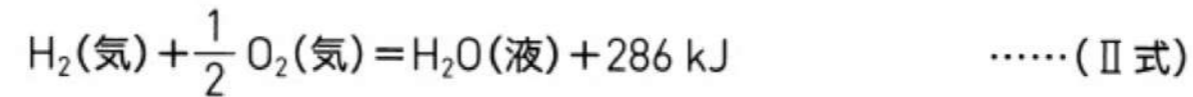
物質とその状態	生成熱の値(kJ/mol)
CO ₂ (気)	394
H ₂ O(液)	
O ₂ (気)	
HCHO(気)	

STEP 2 式への代入

反応熱 = (生成物質の生成熱の総和) - (反応物質の生成熱の総和) に代入する。

【例題2】 燃焼熱から生成熱を求める

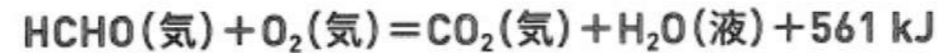
炭素(黒鉛)、水素、ホルムアルデヒドの燃焼反応の熱化学方程式は次の通りである。



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。

STEP 1 情報の整理

- 用いる熱化学方程式を選択



- 具体的な情報を収集

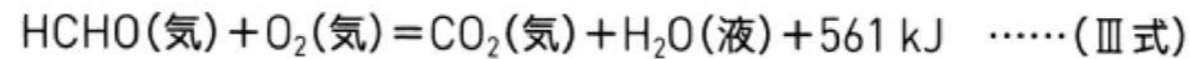
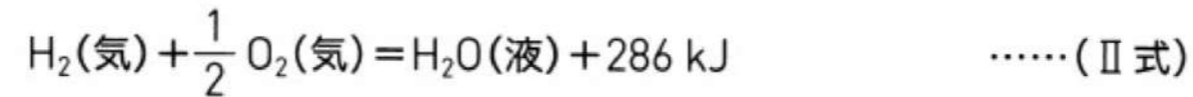
物質とその状態	生成熱の値(kJ/mol)
CO ₂ (気)	394
H ₂ O(液)	286
O ₂ (気)	
HCHO(気)	

STEP 2 式への代入

反応熱 = (生成物質の生成熱の総和) - (反応物質の生成熱の総和) に代入する。

【例題2】 燃焼熱から生成熱を求める

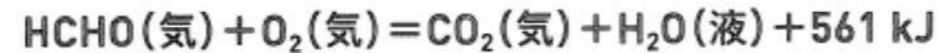
炭素(黒鉛)、水素、ホルムアルデヒドの燃焼反応の熱化学方程式は次の通りである。



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。

STEP 1 情報の整理

- 用いる熱化学方程式を選択



- 具体的な情報を収集

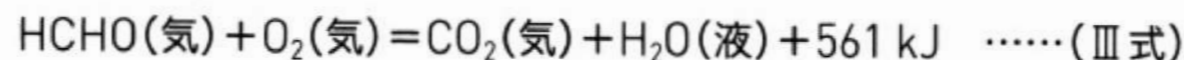
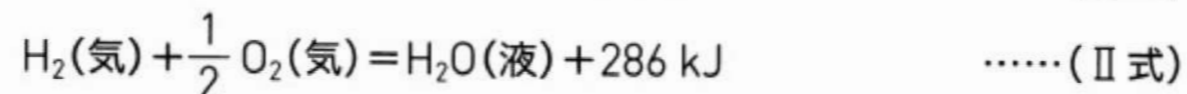
物質とその状態	生成熱の値(kJ/mol)
CO ₂ (気)	394
H ₂ O(液)	286
O ₂ (気)	0
HCHO(気)	

STEP 2 式への代入

反応熱 = (生成物質の生成熱の総和) - (反応物質の生成熱の総和) に代入する。

【例題2】 燃焼熱から生成熱を求める

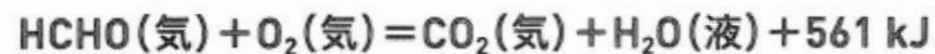
炭素(黒鉛)、水素、ホルムアルデヒドの燃焼反応の熱化学方程式は次の通りである。



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。

STEP 1 情報の整理

- 用いる熱化学方程式を選択



- 具体的な情報を収集

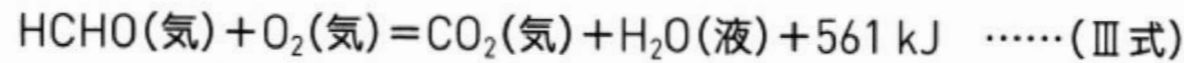
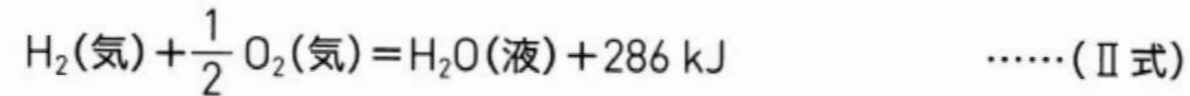
物質とその状態	生成熱の値(kJ/mol)
CO ₂ (気)	394
H ₂ O(液)	286
O ₂ (気)	0
HCHO(気)	<i>x</i>

STEP 2 式への代入

反応熱 = (生成物質の生成熱の総和) - (反応物質の生成熱の総和) に代入する。

【例題2】 燃焼熱から生成熱を求める

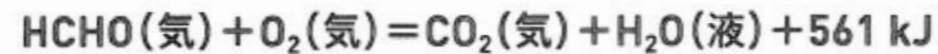
炭素(黒鉛)、水素、ホルムアルデヒドの燃焼反応の熱化学方程式は次の通りである。



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。

STEP 1 情報の整理

- 用いる熱化学方程式を選択



- 具体的な情報を収集

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

STEP 2 式への代入

反応熱 = (生成物質の生成熱の総和) - (反応物質の生成熱の総和) に代入する。

$$561 = (394 + 286) - (x + 0) \quad \text{より,} \quad x = 119 \text{ (kJ/mol)}$$

反応熱を結合エネルギーから求める場合の解法の手順 またはその逆の場合

1 情報の整理 熱化学方程式と 結合エネルギー情報

2 式を選択

$$\text{反応熱} = \left(\overset{\text{右辺の物質}}{\text{生成物の}} \overset{\text{分子に含まれる結合} E \text{の総和}}{\text{結合} E \text{の総和}} \right) - \left(\overset{\text{左辺の物質}}{\text{反応物の}} \overset{\text{分子に含まれる結合} E \text{の総和}}{\text{結合} E \text{の総和}} \right)$$

ただし、黒鉛を除き、物質の状態は気体状態に限る。

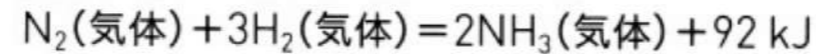
3 式への代入

熱化学【例題3】

生成熱から結合エネルギーを求める①

【例題3】~~燃焼熱から生成熱を求める~~

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



わかっている。これらをもとにして, N≡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。

STEP 1 情報の整理

- 用いる熱化学方程式を選択

- 具体的な情報を収集

結合の種類	結合エネルギーの値(kJ/mol)
H-H	
N-H	
N≡N	

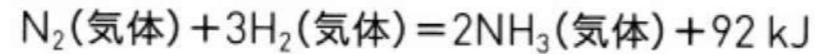
STEP 2 式への代入

反応熱 = (生成物質の結合 E の総和) - (反応物質の結合 E の総和) に代入する。

熱化学【例題3】

【例題3】~~燃焼熱から生成熱を求める~~ 生成熱から結合エネルギーを求める①

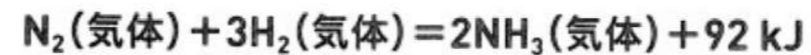
H-H 結合の結合エネルギーは 435 kJ/mol, N-H 結合の結合エネルギーは 391 kJ/mol で, また, 次の熱化学方程式



がわかっている。これらをもとにして, N≡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。

STEP 1 情報の整理

- 用いる熱化学方程式を選択



- 具体的な情報を収集

結合の種類	結合エネルギーの値(kJ/mol)
H-H	
N-H	
N≡N	

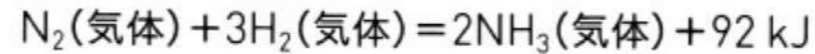
STEP 2 式への代入

反応熱 = (生成物質の結合 E の総和) - (反応物質の結合 E の総和) に代入する。

熱化学【例題3】

【例題3】~~燃焼熱から生成熱を求める~~ 生成熱から結合エネルギーを求める ①

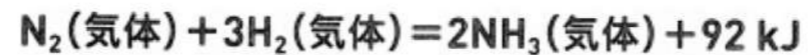
H-H 結合の結合エネルギーは 435 kJ/mol, N-H 結合の結合エネルギーは 391 kJ/mol で, また, 次の熱化学方程式



がわかっている。これらをもとにして, N≡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。

STEP 1 情報の整理

- 用いる熱化学方程式を選択



- 具体的な情報を収集

結合の種類	結合エネルギーの値(kJ/mol)
H-H	435
N-H	
N≡N	

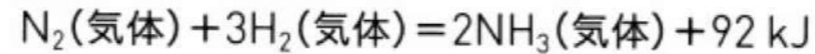
STEP 2 式への代入

反応熱 = (生成物質の結合 E の総和) - (反応物質の結合 E の総和) に代入する。

熱化学【例題3】

【例題3】~~燃焼熱から生成熱を求める~~ 生成熱から結合エネルギーを求める①

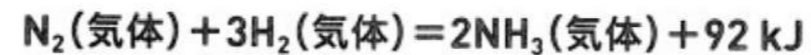
H-H 結合の結合エネルギーは 435 kJ/mol, N-H 結合の結合エネルギーは 391 kJ/mol で, また, 次の熱化学方程式



がわかっている。これらをもとにして, N≡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。

STEP 1 情報の整理

- 用いる熱化学方程式を選択



- 具体的な情報を収集

結合の種類	結合エネルギーの値(kJ/mol)
H-H	435
N-H	391
N≡N	

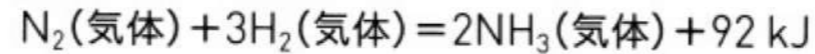
STEP 2 式への代入

反応熱 = (生成物質の結合 E の総和) - (反応物質の結合 E の総和) に代入する。

熱化学【例題3】

【例題3】~~燃焼熱から生成熱を求める~~ 生成熱から結合エネルギーを求める①

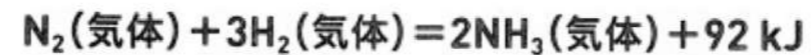
H-H 結合の結合エネルギーは 435 kJ/mol, N-H 結合の結合エネルギーは 391 kJ/mol で, また, 次の熱化学方程式



がわかっている。これらをもとにして, N≡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。

STEP 1 情報の整理

- 用いる熱化学方程式を選択



- 具体的な情報を収集

結合の種類	結合エネルギーの値(kJ/mol)
H-H	435
N-H	391
N≡N	x

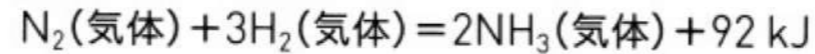
STEP 2 式への代入

反応熱 = (生成物質の結合 E の総和) - (反応物質の結合 E の総和) に代入する。

熱化学【例題3】

【例題3】~~燃焼熱から生成熱を求める~~ **生成熱から結合エネルギーを求める①**

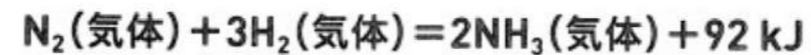
H-H 結合の結合エネルギーは 435 kJ/mol, N-H 結合の結合エネルギーは 391 kJ/mol で, また, 次の熱化学方程式



がわかっている。これらをもとにして, N≡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。

STEP 1 情報の整理

- 用いる熱化学方程式を選択



- 具体的な情報を収集

結合の種類	結合エネルギーの値(kJ/mol)
H-H	435
N-H	391
N≡N	x

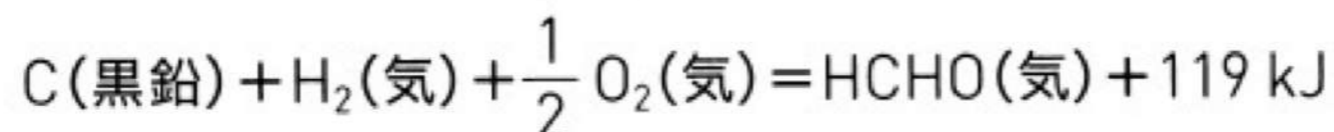
STEP 2 式への代入

反応熱 = (生成物質の結合 E の総和) - (反応物質の結合 E の総和) に代入する。

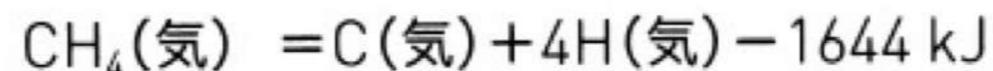
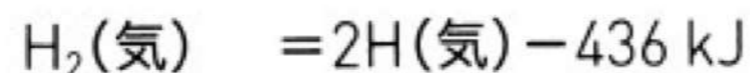
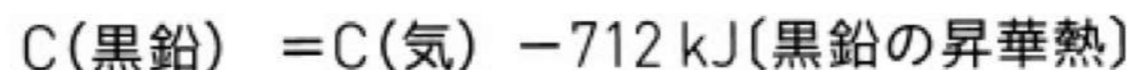
$$92 = (2 \times 3 \times 391) - (x + 3 \times 435) \quad \text{より, } x = 949 \text{ (kJ/mol)}$$

【例題4】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。

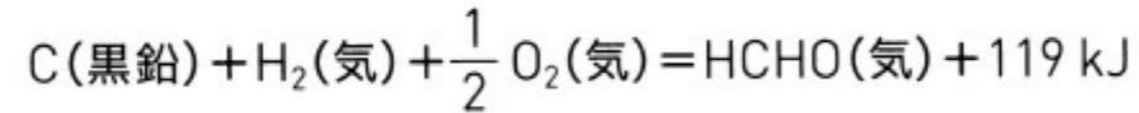


また、炭素(黒鉛)、水素、酸素、メタンがそれぞれの原子に解離するときの熱化学方程式は次の通りである。

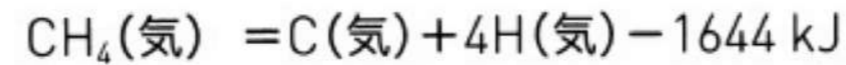
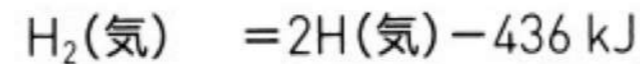
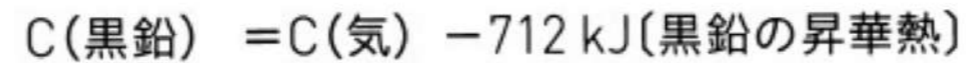


問 ホルムアルデヒドのC=O結合の結合エネルギーはいくらか。解答は有効数字3桁目を四捨五入して示せ。ただし、ホルムアルデヒドのC-H結合1つ当たりの結合エネルギーは、メタンのそれと同じとする。

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。

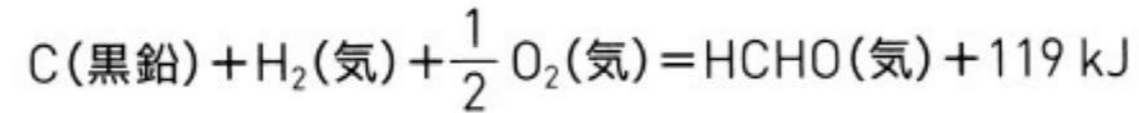


問 ホルムアルデヒドのC=O結合の結合エネルギーはいくらか。解答は有効数字3桁目を四捨五入して示せ。ただし、ホルムアルデヒドのC-H結合1つ当たりの結合エネルギーは、メタンのそれと同じとする。

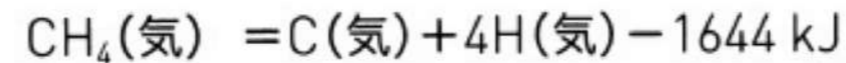
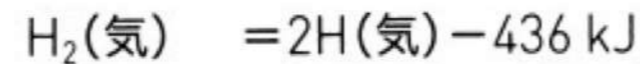
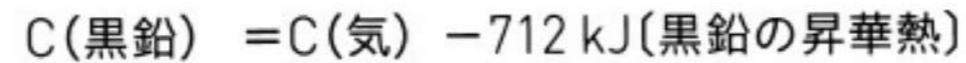
STEP 1 情報の整理

- 用いる熱化学方程式を選択

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。



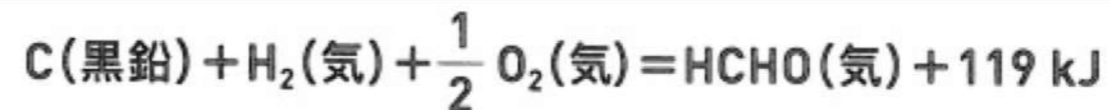
また、炭素(黒鉛)、水素、酸素、メタンがそれぞれの原子に解離するときの熱化学方程式は次の通りである。



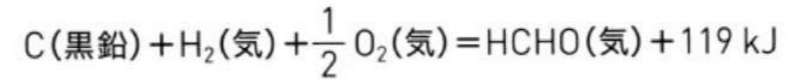
問 ホルムアルデヒドのC=O結合の結合エネルギーはいくらか。解答は有効数字3桁目を四捨五入して示せ。ただし、ホルムアルデヒドのC-H結合1つ当たりの結合エネルギーは、メタンのそれと同じとする。

STEP 1 情報の整理

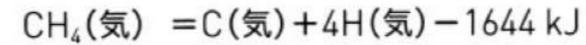
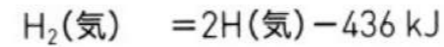
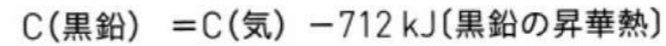
● 用いる熱化学方程式を選択



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。



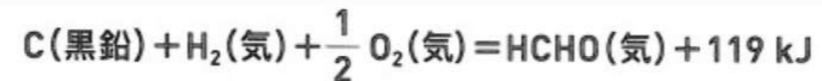
また、炭素(黒鉛)、水素、酸素、メタンがそれぞれの原子に解離するときの熱化学方程式は次の通りである。



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。

STEP 1 情報の整理

● 用いる熱化学方程式を選択



● 具体的な情報を収集

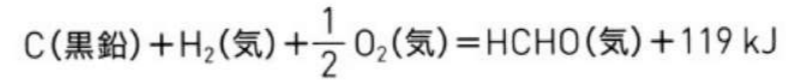
CH₄(気)分子の結合エネルギーの総和の値が1644 kJ/molであることは、C-H結合の結合エネルギーの値が $\frac{1644}{4} = 411$ (kJ/mol)であることを意味する。

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。

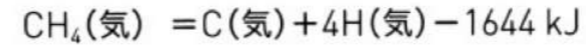
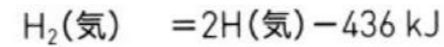
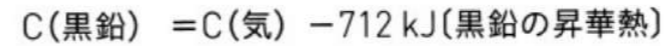
物質とその状態	結合エネルギー(の総和)の値(kJ/mol)
C(黒鉛)	
H ₂ (気体)	
O ₂ (気体)	

結合の種類	結合エネルギーの値(kJ/mol)
C-H	
C=O	

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。



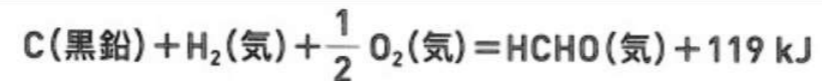
また、炭素(黒鉛)、水素、酸素、メタンがそれぞれの原子に解離するときの熱化学方程式は次の通りである。



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。

STEP 1 情報の整理

● 用いる熱化学方程式を選択



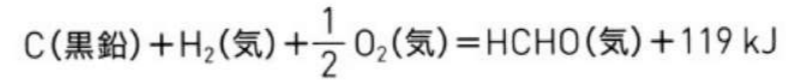
● 具体的な情報を収集

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。

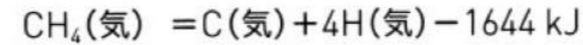
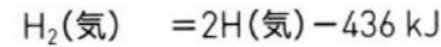
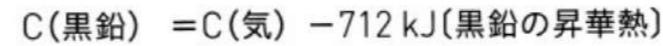
物質とその状態	結合エネルギー(の総和)の値(kJ/mol)
C(黒鉛)	712
H ₂ (気体)	
O ₂ (気体)	

結合の種類	結合エネルギーの値(kJ/mol)
C-H	
C=O	

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。



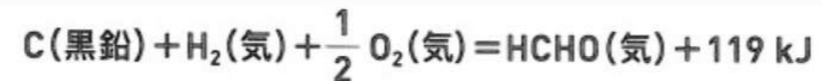
また、炭素(黒鉛)、水素、酸素、メタンがそれぞれの原子に解離するときの熱化学方程式は次の通りである。



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。

STEP 1 情報の整理

● 用いる熱化学方程式を選択



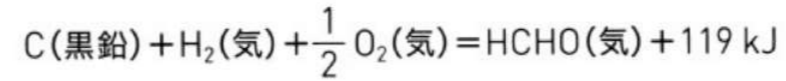
● 具体的な情報を収集

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。

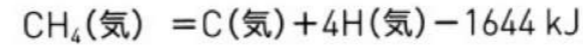
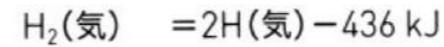
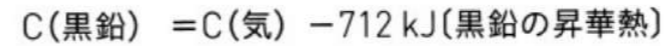
物質とその状態	結合エネルギー(の総和)の値(kJ/mol)
C(黒鉛)	712
H ₂ (気体)	436
O ₂ (気体)	

結合の種類	結合エネルギーの値(kJ/mol)
C-H	
C=O	

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。



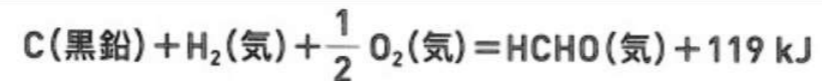
また、炭素(黒鉛)、水素、酸素、メタンがそれぞれの原子に解離するときの熱化学方程式は次の通りである。



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。

STEP 1 情報の整理

● 用いる熱化学方程式を選択



● 具体的な情報を収集

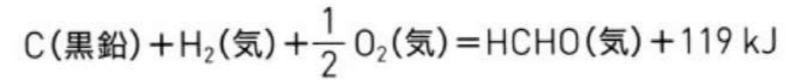
CH₄(気)分子の結合エネルギーの総和の値が1644 kJ/molであることは、C-H結合の結合エネルギーの値が $\frac{1644}{4} = 411$ (kJ/mol)であることを意味する。

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。

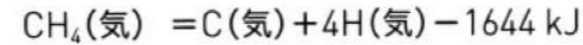
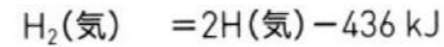
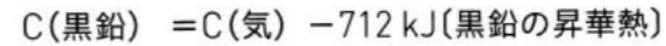
物質とその状態	結合エネルギー(の総和)の値(kJ/mol)
C(黒鉛)	712
H ₂ (気体)	436
O ₂ (気体)	494

結合の種類	結合エネルギーの値(kJ/mol)
C-H	
C=O	

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。



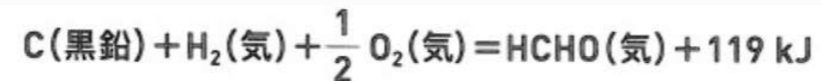
また、炭素(黒鉛)、水素、酸素、メタンがそれぞれの原子に解離するときの熱化学方程式は次の通りである。



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。

STEP 1 情報の整理

● 用いる熱化学方程式を選択



● 具体的な情報を収集

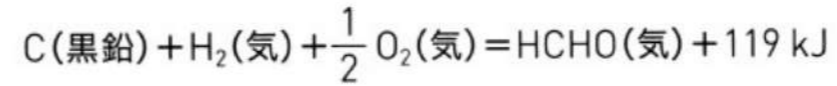
CH₄(気)分子の結合エネルギーの総和の値が1644 kJ/molであることは、C-H結合の結合エネルギーの値が $\frac{1644}{4} = 411$ (kJ/mol)であることを意味する。

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。

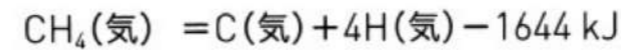
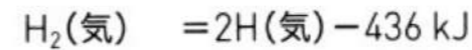
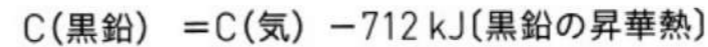
物質とその状態	結合エネルギー(の総和)の値(kJ/mol)
C(黒鉛)	712
H ₂ (気体)	436
O ₂ (気体)	494

結合の種類	結合エネルギーの値(kJ/mol)
C-H	411
C=O	

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。



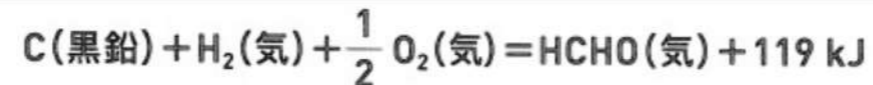
また、炭素(黒鉛)、水素、酸素、メタンがそれぞれの原子に解離するときの熱化学方程式は次の通りである。



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。

STEP 1 情報の整理

● 用いる熱化学方程式を選択



● 具体的な情報を収集

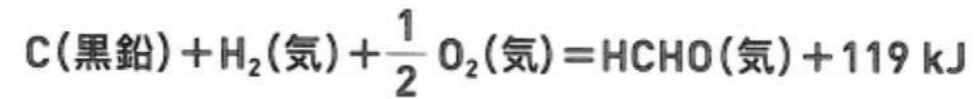
CH₄(気)分子の結合エネルギーの総和の値が1644 kJ/molであることは、C-H結合の結合エネルギーの値が $\frac{1644}{4} = 411$ (kJ/mol)であることを意味する。

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	<i>x</i>

● 用いる熱化学方程式を選択



● 具体的な情報を収集

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。

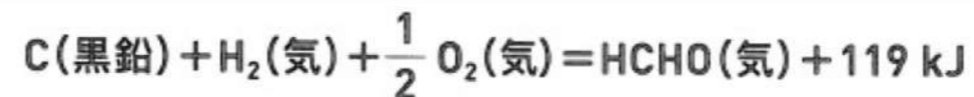
物質とその状態	結合エネルギー(の総和)の値(kJ/mol)
C(黒鉛)	712
H ₂ (気体)	436
O ₂ (気体)	494

結合の種類	結合エネルギーの値(kJ/mol)
C-H	411
C=O	<i>x</i>

STEP 2 式への代入

反応熱 = (生成物質の結合 *E* の総和) - (反応物質の結合 *E* の総和) に代入する。

● 用いる熱化学方程式を選択



● 具体的な情報を収集

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

STEP 2 式への代入

反応熱 = (生成物質の結合エネルギーの総和) - (反応物質の結合エネルギーの総和) に代入する。

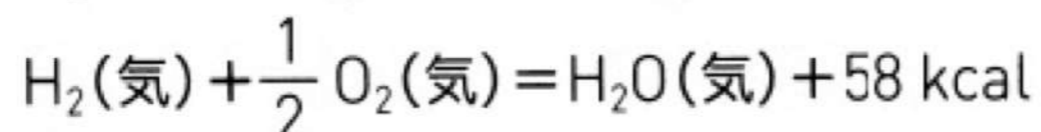
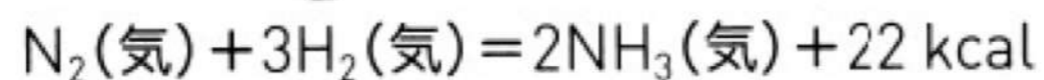
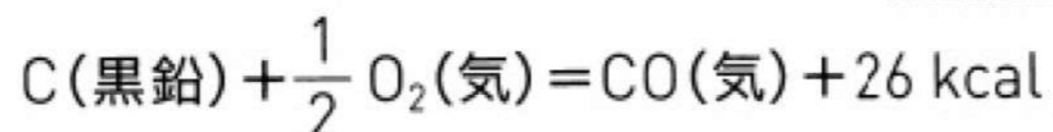
$$119 = (2 \times 411 + x) - (712 + 436 + \frac{1}{2} \times 494) \quad \text{より, } x = 692 \text{ (kJ/mol)}$$

【例題5】生成熱から結合エネルギーを求める③

表は、分子中の結合をすべて切断して、個々の原子に分解するために要するエネルギー E を記したものである。

表と次の熱化学方程式を必要に応じて利用し、下記の問題に答えよ。計算結果は、小数第1位を四捨五入して記せ。

分子(気体)	$E(\text{kcal/mol})$
CO	257
CO ₂	384
N ₂	226
NH ₃	280
H ₂ O	222



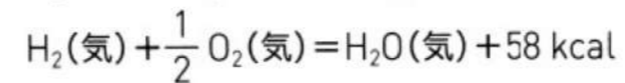
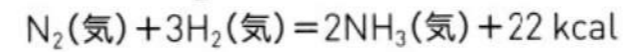
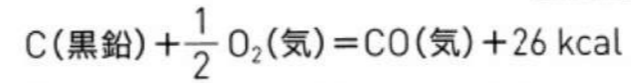
問 黒鉛 10 g をすべて個々の原子の状態に分解するために要するエネルギーは何 kcal か。東大

【例題5】生成熱から結合エネルギーを求める③

表は、分子中の結合をすべて切断して、個々の原子に分解するために要するエネルギー E を記したものである。

表と次の熱化学方程式を必要に応じて利用し、下記の問題に答えよ。計算結果は、小数第1位を四捨五入して記せ。

分子(気体)	$E(\text{kcal/mol})$
CO	257
CO ₂	384
N ₂	226
NH ₃	280
H ₂ O	222



問 黒鉛 10 g をすべて個々の原子の状態に分解するために要するエネルギーは何 kcal か。答

STEP 1 情報の整理

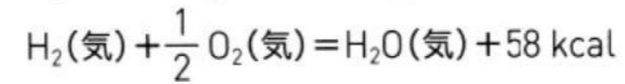
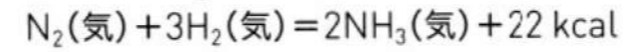
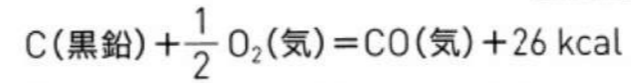
● 用いる熱化学方程式を選択

【例題5】生成熱から結合エネルギーを求める③

表は、分子中の結合をすべて切断して、個々の原子に分解するために要するエネルギー E を記したものである。

表と次の熱化学方程式を必要に応じて利用し、下記の問題に答えよ。計算結果は、小数第1位を四捨五入して記せ。

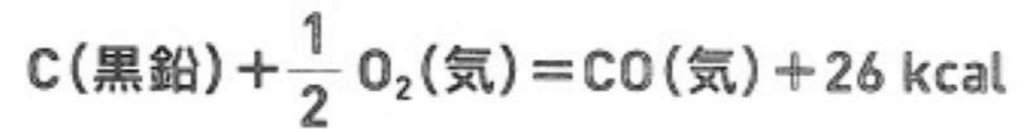
分子(気体)	$E(\text{kcal/mol})$
CO	257
CO ₂	384
N ₂	226
NH ₃	280
H ₂ O	222



問 黒鉛 10 g をすべて個々の原子の状態に分解するために要するエネルギーは何 kcal か。東大

STEP 1 情報の整理

● 用いる熱化学方程式を選択

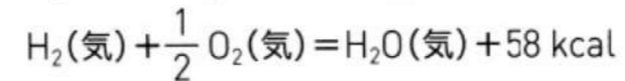
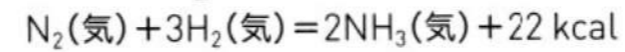
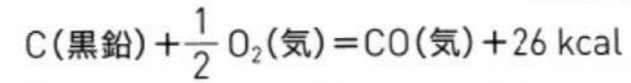


【例題5】生成熱から結合エネルギーを求める③

表は、分子中の結合をすべて切断して、個々の原子に分解するために要するエネルギー E を記したものである。

表と次の熱化学方程式を必要に応じて利用し、下記の問題に答えよ。計算結果は、小数第1位を四捨五入して記せ。

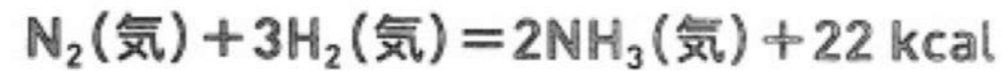
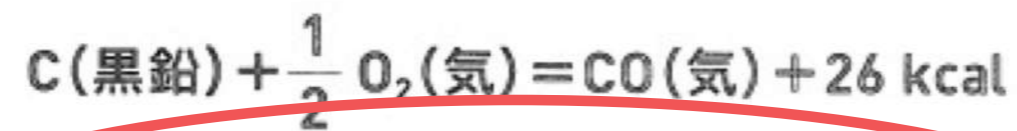
分子(気体)	$E(\text{kcal/mol})$
CO	257
CO ₂	384
N ₂	226
NH ₃	280
H ₂ O	222



問 黒鉛 10 g をすべて個々の原子の状態に分解するために要するエネルギーは何 kcal か。東大

STEP 1 情報の整理

● 用いる熱化学方程式を選択

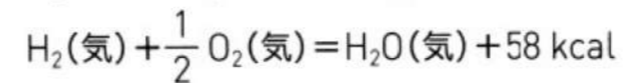
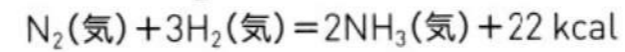
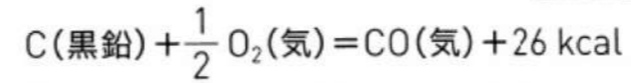


【例題5】生成熱から結合エネルギーを求める③

表は、分子中の結合をすべて切断して、個々の原子に分解するために要するエネルギー E を記したものである。

表と次の熱化学方程式を必要に応じて利用し、下記の問題に答えよ。計算結果は、小数第1位を四捨五入して記せ。

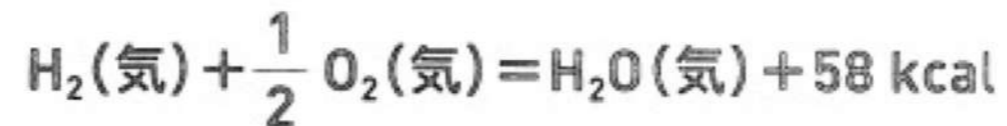
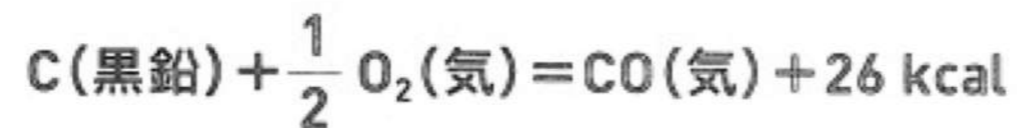
分子(気体)	$E(\text{kcal/mol})$
CO	257
CO ₂	384
N ₂	226
NH ₃	280
H ₂ O	222



問 黒鉛 10 g をすべて個々の原子の状態に分解するために要するエネルギーは何 kcal か。東大

STEP 1 情報の整理

● 用いる熱化学方程式を選択

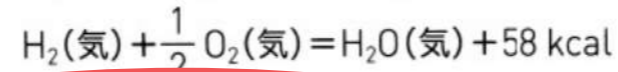
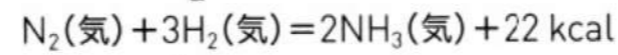
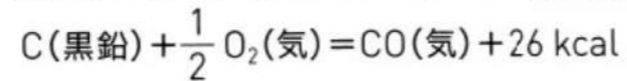


【例題5】生成熱から結合エネルギーを求める③

表は、分子中の結合をすべて切断して、個々の原子に分解するために要するエネルギー E を記したものである。

表と次の熱化学方程式を必要に応じて利用し、下記の問題に答えよ。計算結果は、小数第1位を四捨五入して記せ。

分子(気体)	$E(\text{kcal/mol})$
CO	257
CO ₂	384
N ₂	226
NH ₃	280
H ₂ O	222



問 黒鉛 10 g をすべて個々の原子の状態に分解するために要するエネルギーは何 kcal か。東大

具体的な情報を収集

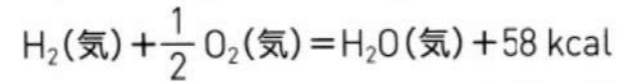
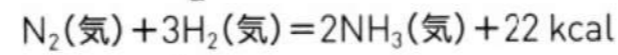
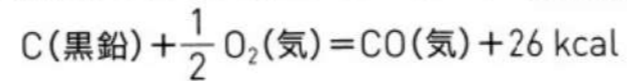
分子など	個々の原子に分解するために要するエネルギー $E(\text{kcal/mol})$
CO(気体)	
CO ₂ (気体)	
N ₂ (気体)	
NH ₃ (気体)	
H ₂ O(気体)	
C(黒鉛)	
O ₂ (気体)	
H ₂ (気体)	

【例題5】生成熱から結合エネルギーを求める③

表は、分子中の結合をすべて切断して、個々の原子に分解するために要するエネルギー E を記したものである。

表と次の熱化学方程式を必要に応じて利用し、下記の問題に答えよ。計算結果は、小数第1位を四捨五入して記せ。

分子(気体)	$E(\text{kcal/mol})$
CO	257
CO ₂	384
N ₂	226
NH ₃	280
H ₂ O	222



問 黒鉛 10 g をすべて個々の原子の状態に分解するために要するエネルギーは何 kcal か。東大

具体的な情報を収集

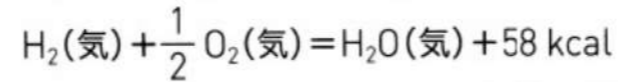
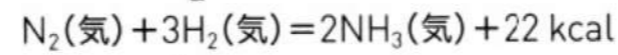
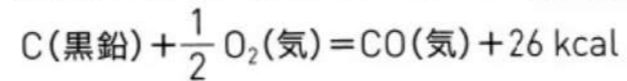
分子など	個々の原子に分解するために要するエネルギー $E(\text{kcal/mol})$
CO(気体)	257
CO ₂ (気体)	
N ₂ (気体)	
NH ₃ (気体)	
H ₂ O(気体)	
C(黒鉛)	
O ₂ (気体)	
H ₂ (気体)	

【例題5】生成熱から結合エネルギーを求める③

表は、分子中の結合をすべて切断して、個々の原子に分解するために要するエネルギー E を記したものである。

表と次の熱化学方程式を必要に応じて利用し、下記の問題に答えよ。計算結果は、小数第1位を四捨五入して記せ。

分子(気体)	$E(\text{kcal/mol})$
CO	257
CO ₂	384
N ₂	226
NH ₃	280
H ₂ O	222



問 黒鉛 10 g をすべて個々の原子の状態に分解するために要するエネルギーは何 kcal か。東大

具体的な情報を収集

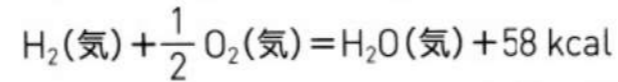
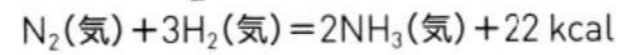
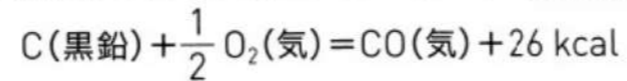
分子など	個々の原子に分解するために要するエネルギー $E(\text{kcal/mol})$
CO(気体)	257
CO ₂ (気体)	384
N ₂ (気体)	
NH ₃ (気体)	
H ₂ O(気体)	
C(黒鉛)	
O ₂ (気体)	
H ₂ (気体)	

【例題5】生成熱から結合エネルギーを求める③

表は、分子中の結合をすべて切断して、個々の原子に分解するために要するエネルギー E を記したものである。

表と次の熱化学方程式を必要に応じて利用し、下記の問題に答えよ。計算結果は、小数第1位を四捨五入して記せ。

分子(気体)	$E(\text{kcal/mol})$
CO	257
CO ₂	384
N ₂	226
NH ₃	280
H ₂ O	222



問 黒鉛 10 g をすべて個々の原子の状態に分解するために要するエネルギーは何 kcal か。東大

具体的な情報を収集

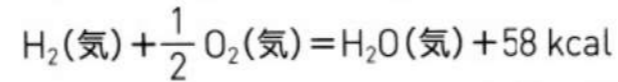
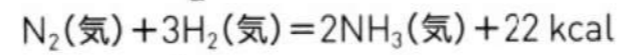
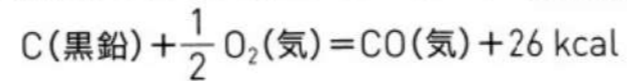
分子など	個々の原子に分解するために要するエネルギー $E(\text{kcal/mol})$
CO(気体)	257
CO ₂ (気体)	384
N ₂ (気体)	226
NH ₃ (気体)	
H ₂ O(気体)	
C(黒鉛)	
O ₂ (気体)	
H ₂ (気体)	

【例題5】生成熱から結合エネルギーを求める③

表は、分子中の結合をすべて切断して、個々の原子に分解するために要するエネルギー E を記したものである。

表と次の熱化学方程式を必要に応じて利用し、下記の問題に答えよ。計算結果は、小数第1位を四捨五入して記せ。

分子(気体)	$E(\text{kcal/mol})$
CO	257
CO ₂	384
N ₂	226
NH ₃	280
H ₂ O	222



問 黒鉛 10 g をすべて個々の原子の状態に分解するために要するエネルギーは何 kcal か。東大

具体的な情報を収集

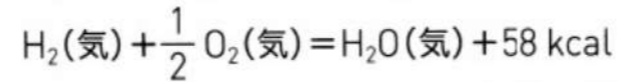
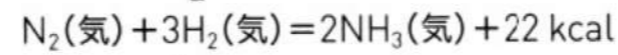
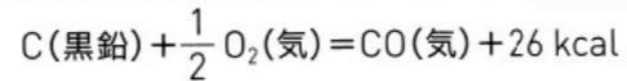
分子など	個々の原子に分解するために要するエネルギー $E(\text{kcal/mol})$
CO(気体)	257
CO ₂ (気体)	384
N ₂ (気体)	226
NH ₃ (気体)	280
H ₂ O(気体)	
C(黒鉛)	
O ₂ (気体)	
H ₂ (気体)	

【例題5】生成熱から結合エネルギーを求める③

表は、分子中の結合をすべて切断して、個々の原子に分解するために要するエネルギー E を記したものである。

表と次の熱化学方程式を必要に応じて利用し、下記の問題に答えよ。計算結果は、小数第1位を四捨五入して記せ。

分子(気体)	$E(\text{kcal/mol})$
CO	257
CO ₂	384
N ₂	226
NH ₃	280
H ₂ O	222



問 黒鉛 10 g をすべて個々の原子の状態に分解するために要するエネルギーは何 kcal か。東大

具体的な情報を収集

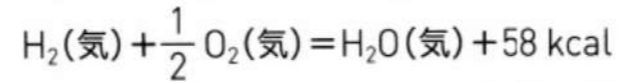
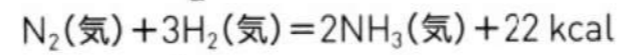
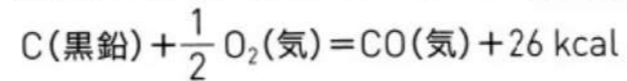
分子など	個々の原子に分解するために要するエネルギー $E(\text{kcal/mol})$
CO(気体)	257
CO ₂ (気体)	384
N ₂ (気体)	226
NH ₃ (気体)	280
H ₂ O(気体)	222
C(黒鉛)	
O ₂ (気体)	
H ₂ (気体)	

【例題5】生成熱から結合エネルギーを求める③

表は、分子中の結合をすべて切断して、個々の原子に分解するために要するエネルギー E を記したものである。

表と次の熱化学方程式を必要に応じて利用し、下記の問題に答えよ。計算結果は、小数第1位を四捨五入して記せ。

分子(気体)	$E(\text{kcal/mol})$
CO	257
CO ₂	384
N ₂	226
NH ₃	280
H ₂ O	222



問 黒鉛 10 g をすべて個々の原子の状態に分解するために要するエネルギーは何 kcal か。東大

具体的な情報を収集

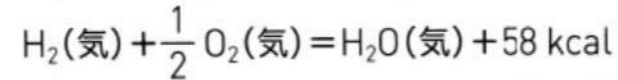
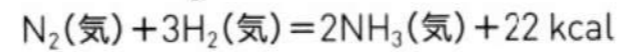
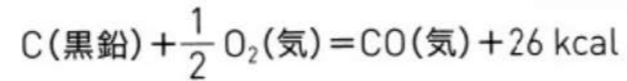
分子など	個々の原子に分解するために要するエネルギー $E(\text{kcal/mol})$
CO(気体)	257
CO ₂ (気体)	384
N ₂ (気体)	226
NH ₃ (気体)	280
H ₂ O(気体)	222
C(黒鉛)	x
O ₂ (気体)	
H ₂ (気体)	

【例題5】生成熱から結合エネルギーを求める③

表は、分子中の結合をすべて切断して、個々の原子に分解するために要するエネルギー E を記したものである。

表と次の熱化学方程式を必要に応じて利用し、下記の問題に答えよ。計算結果は、小数第1位を四捨五入して記せ。

分子(気体)	$E(\text{kcal/mol})$
CO	257
CO ₂	384
N ₂	226
NH ₃	280
H ₂ O	222



問 黒鉛 10 g をすべて個々の原子の状態に分解するために要するエネルギーは何 kcal か。東大

具体的な情報を収集

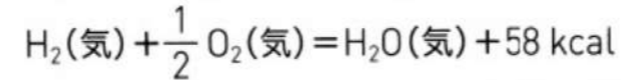
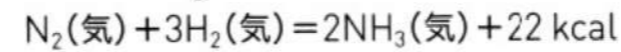
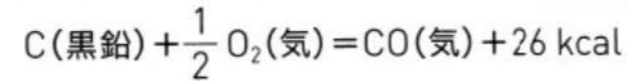
分子など	個々の原子に分解するために要するエネルギー $E(\text{kcal/mol})$
CO(気体)	257
CO ₂ (気体)	384
N ₂ (気体)	226
NH ₃ (気体)	280
H ₂ O(気体)	222
C(黒鉛)	x
O ₂ (気体)	y
H ₂ (気体)	

【例題5】生成熱から結合エネルギーを求める③

表は、分子中の結合をすべて切断して、個々の原子に分解するために要するエネルギー E を記したものである。

表と次の熱化学方程式を必要に応じて利用し、下記の問題に答えよ。計算結果は、小数第1位を四捨五入して記せ。

分子(気体)	$E(\text{kcal/mol})$
CO	257
CO ₂	384
N ₂	226
NH ₃	280
H ₂ O	222



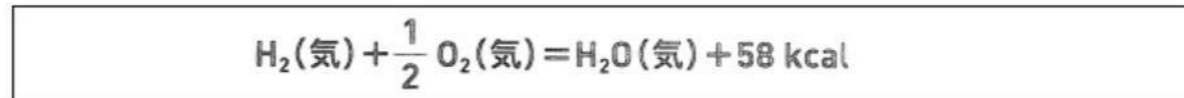
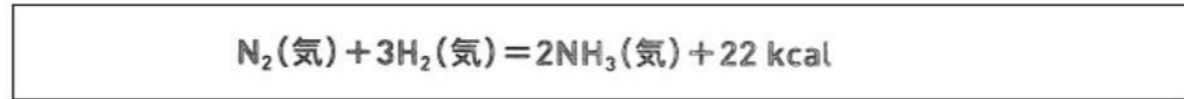
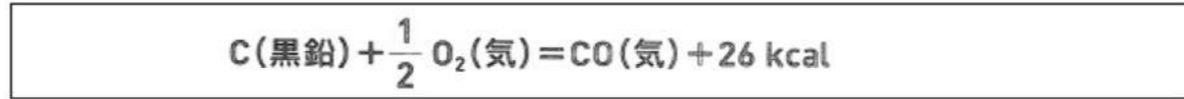
問 黒鉛 10 g をすべて個々の原子の状態に分解するために要するエネルギーは何 kcal か。東大

具体的な情報を収集

分子など	個々の原子に分解するために要するエネルギー $E(\text{kcal/mol})$
CO(気体)	257
CO ₂ (気体)	384
N ₂ (気体)	226
NH ₃ (気体)	280
H ₂ O(気体)	222
C(黒鉛)	x
O ₂ (気体)	y
H ₂ (気体)	z

STEP 1 情報の整理

● 用いる熱化学方程式を選択



● 具体的な情報を収集

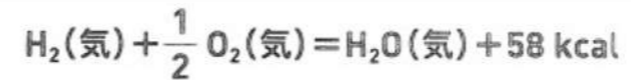
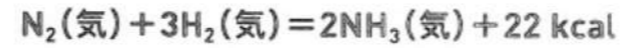
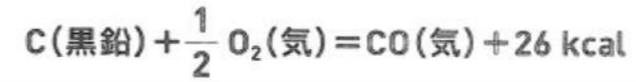
分子など	個々の原子に分解するために要するエネルギー $E(\text{kcal/mol})$
CO(気体)	257
CO ₂ (気体)	384
N ₂ (気体)	226
NH ₃ (気体)	280
H ₂ O(気体)	222
C(黒鉛)	x
O ₂ (気体)	y
H ₂ (気体)	z

STEP 2 式への代入

反応熱 = (生成物質の結合 E の総和) - (反応物質の結合 E の総和) に代入する。

STEP 1 情報の整理

● 用いる熱化学方程式を選択



● 具体的な情報を収集

分子など	個々の原子に分解するために要するエネルギー $E(\text{kcal/mol})$
CO(気体)	257
CO ₂ (気体)	384
N ₂ (気体)	226
NH ₃ (気体)	280
H ₂ O(気体)	222
C(黒鉛)	x
O ₂ (気体)	y
H ₂ (気体)	z

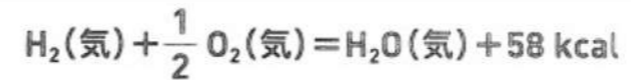
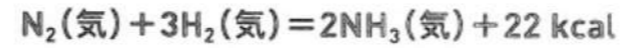
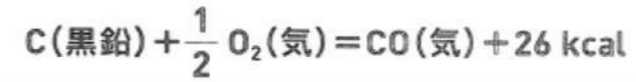
STEP 2 式への代入

反応熱 = (生成物質の結合 E の総和) - (反応物質の結合 E の総和) に代入する。

$$26 = 257 - \left(x + \frac{1}{2} \times y\right)$$

STEP 1 情報の整理

● 用いる熱化学方程式を選択



● 具体的な情報を収集

分子など	個々の原子に分解するために要するエネルギー $E(\text{kcal/mol})$
CO(気体)	257
CO ₂ (気体)	384
N ₂ (気体)	226
NH ₃ (気体)	280
H ₂ O(気体)	222
C(黒鉛)	x
O ₂ (気体)	y
H ₂ (気体)	z

STEP 2 式への代入

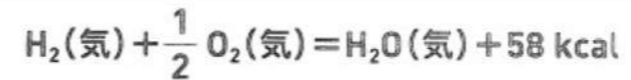
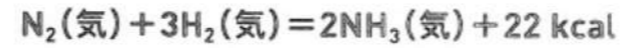
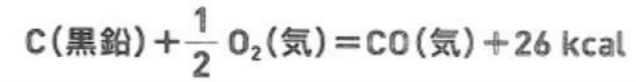
反応熱 = (生成物質の結合 E の総和) - (反応物質の結合 E の総和) に代入する。

$$26 = 257 - \left(x + \frac{1}{2} \times y\right)$$

$$22 = (2 \times 280) - (226 + 3 \times z)$$

STEP 1 情報の整理

● 用いる熱化学方程式を選択



● 具体的な情報を収集

分子など	個々の原子に分解するために要するエネルギー $E(\text{kcal/mol})$
CO(気体)	257
CO ₂ (気体)	384
N ₂ (気体)	226
NH ₃ (気体)	280
H ₂ O(気体)	222
C(黒鉛)	x
O ₂ (気体)	y
H ₂ (気体)	z

STEP 2 式への代入

反応熱 = (生成物質の結合 E の総和) - (反応物質の結合 E の総和) に代入する。

$$26 = 257 - \left(x + \frac{1}{2} \times y\right)$$

$$22 = (2 \times 280) - (226 + 3 \times z)$$

$$58 = 222 - \left(z + \frac{1}{2} \times y\right)$$

STEP 2 式への代入

反応熱 = (生成物質の結合 E の総和) - (反応物質の結合 E の総和) に代入する。

$$26 = 257 - \left(x + \frac{1}{2} \times y\right)$$

$$22 = (2 \times 280) - (226 + 3 \times z)$$

$$58 = 222 - \left(z + \frac{1}{2} \times y\right)$$

以上を連立して解くと、 $x=171$, $y=120$, $z=104$

計算の結果を、要求されている解答の形式に整える。

上述の結果($x=171$)より、C(黒鉛)1 mol, すなわち、C(黒鉛)12 g をすべて個々の原子の状態に分解するために要するエネルギーは171 kcalである。よって、黒鉛 10 g をすべて個々の原子の状態に分解するために要するエネルギーは、 $171 \times \frac{10}{12} = 142.5$ (kcal)

STEP 2 式への代入

反応熱 = (生成物質の結合 E の総和) - (反応物質の結合 E の総和) に代入する。

$$26 = 257 - \left(x + \frac{1}{2} \times y\right)$$

$$22 = (2 \times 280) - (226 + 3 \times z)$$

$$58 = 222 - \left(z + \frac{1}{2} \times y\right)$$

以上を連立して解くと、 $x=171$, $y=120$, $z=104$

計算の結果を、要求されている解答の形式に整える。

上述の結果($x=171$)より、C(黒鉛)1 mol, すなわち、C(黒鉛)12 g をすべて個々の原子の状態に分解するために要するエネルギーは171 kcalである。よって、黒鉛 10 g をすべて個々の原子の状態に分解するために要するエネルギーは、 $171 \times \frac{10}{12} = 142.5(\text{kcal})$

雑談

私たちは熱化学の学習を通して、何ができるようになったのでしょうか？

例えば、有機化合物の結合エネルギーをその燃焼熱から求められるようになったのです。

- 上記の流れを考えると、(少なくとも有機化合物を題材とする)熱化学の計算の主流は、

I. 燃焼熱から生成熱を求める。または、その逆。

「反応熱 = 生成物の生成熱の総和 - 反応物の生成熱の総和」を用いる。

II. 生成熱から結合エネルギーを求める。または、その逆。

「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」を用いる。

III. 燃焼熱から、ダイレクトに結合エネルギーを求める。または、その逆。

「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」を用いる。

であろうと思われます。



雑談

私たちは熱化学の学習を通して、何ができるようになったのでしょうか？

例えば、有機化合物の結合エネルギーをその燃焼熱から求められるようになったのです。

- 上記の流れを考えると、(少なくとも有機化合物を題材とする)熱化学の計算の主流は

『化学は結合なり』という人もいるほど結合は重要！

「反応熱 = 生成物の生成熱の総和 - 反応物の生成熱の総和」を用いる。

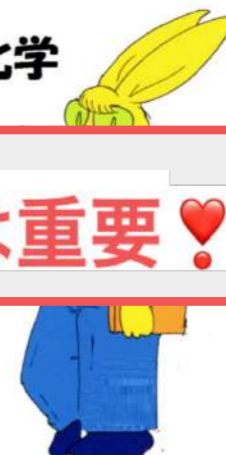
II. 生成熱から結合エネルギーを求める。または、その逆。

「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」を用いる。

III. 燃焼熱から、ダイレクトに結合エネルギーを求める。または、その逆。

「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」を用いる。

であろうと思われます。



雑談

私たちは熱化学の学習を通して、何ができるようになったのでしょうか？

例えば、有機化合物の結合エネルギーをその燃焼熱から求められるようになったのです。

● 上記の流れを考えると、(少なくとも有機化合物を題材とする)熱化学の計算の主流は、

I. 燃焼熱から生成熱を求める。または、その逆。

「反応熱 = 生成物の生成熱の総和 - 反応物の生成熱の総和」を用いる。

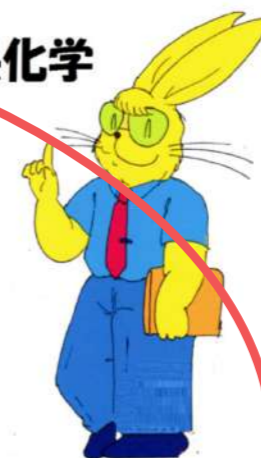
II. 生成熱から結合エネルギーを求める。または、その逆。

「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」を用いる。

III. 燃焼熱から、ダイレクトに結合エネルギーを求める。または、その逆。

「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」を用いる。

であろうと思われます。



より詳細な説明

●例えば、有機化合物の結合エネルギーを知りたいと思うときには、

① 燃焼熱を測定する。

② 「 $\text{反応熱} = \text{生成物の生成熱の総和} - \text{反応物の生成熱の総和}$ 」であり、生成物である二酸化炭素(気体)と水(液体)の生成熱(それぞれ、黒鉛、水素の燃焼熱に等しい)は分かっているので(ちなみに、反応物の一つである酸素の生成熱は0)、測定した燃焼熱から目的の有機化合物の生成熱を知ることができる。

③ 「 $\text{反応熱} = \text{生成物の結合エネルギーの総和} - \text{反応物の結合エネルギーの総和}$ 」であるから、黒鉛の昇華熱を黒鉛のもつ全結合エネルギーとおき、水素や酸素の結合エネルギーを既知とすれば、上記で求めた目的の有機化合物の生成熱から、目的の有機化合物がもつ結合エネルギーの和を求めることができる。

より詳細な説明

●例えば、有機化合物の結合エネルギーを知りたいと思うときには、

① 燃焼熱を測定する。

② 「**反応熱 = 生成物の生成熱の総和 - 反応物の生成熱の総和**」であり、生成物である二酸化炭素(気体)と水(液体)の生成熱(それぞれ、黒鉛、水素の燃焼熱に等しい)は分かっているので(ちなみに、反応物の一つである酸素の生成熱は0)、測定した燃焼熱から目的の有機化合物の生成熱を知ることができる。

③ 「**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**」であるから、黒鉛の昇華熱を黒鉛のもつ全結合エネルギーとおき、水素や酸素の結合エネルギーを既知とすれば、上記で求めた目的の有機化合物の生成熱から、目的の有機化合物がもつ結合エネルギーの和を求めることができる。

より詳細な説明

●例えば、有機化合物の結合エネルギーを知りたいと思うときには、

① 燃焼熱を測定する。

② 「**反応熱 = 生成物の生成熱の総和 - 反応物の生成熱の総和**」であり、生成物である二酸化炭素(気体)と水(液体)の生成熱(それぞれ、黒鉛、水素の燃焼熱に等しい)は分かっているので(ちなみに、反応物の一つである酸素の生成熱は0)、測定した燃焼熱から目的の有機化合物の生成熱を知ることができる。

③ 「**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**」であるから、黒鉛の昇華熱を黒鉛のもつ全結合エネルギーと置き、水素や酸素の結合エネルギーを既知とすれば、上記で求めた目的の有機化合物の生成熱から、目的の有機化合物がもつ結合エネルギーの和を求めることができる。

**ちなみに反応熱の測定方法の基本
について確認しておきましょう。**

~~熱化学【例題1】~~

●熱量を比熱から求める計算

1gの物質の温度を1°C (1K) 上昇させるために必要な熱量 (J) を **比熱** とい

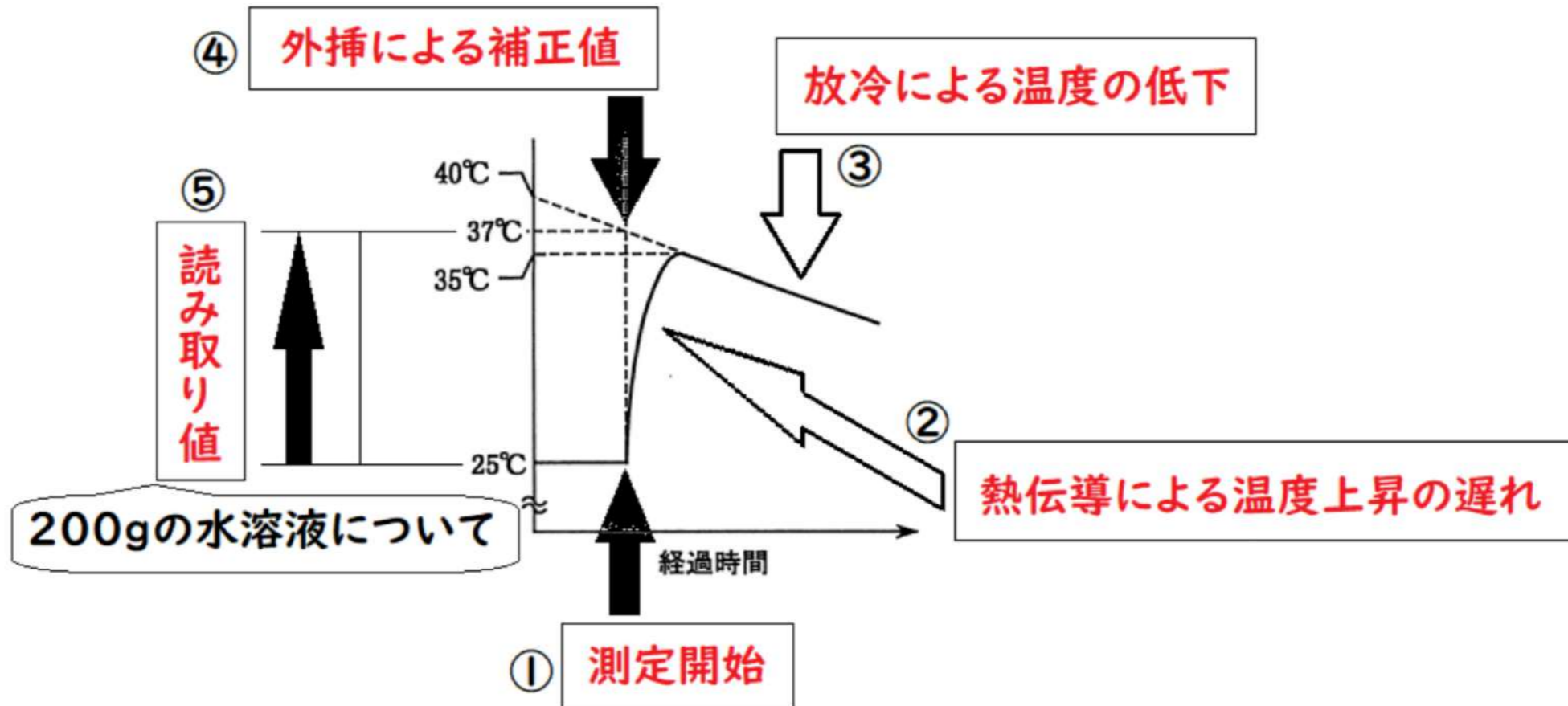
いい、**熱量(J) = 比熱 [J/(g·K)] × 物質の質量(g) × 温度変化(K)** である。

例えば、密度が1.0g·cm³の水1Lの温度を100°C上昇させるために必要な熱量

は **$4.2 \times (1 \times 10^3 \times 1.0) \times 100 = 4.2 \times 10^5 \text{ (J)} \Rightarrow 4.2 \times 10^2 \text{ (kJ)}$** である。

🔄スタンダード再確認事項

●温度変化のグラフからの読み取り



⑥よってこの実験での発熱量は？

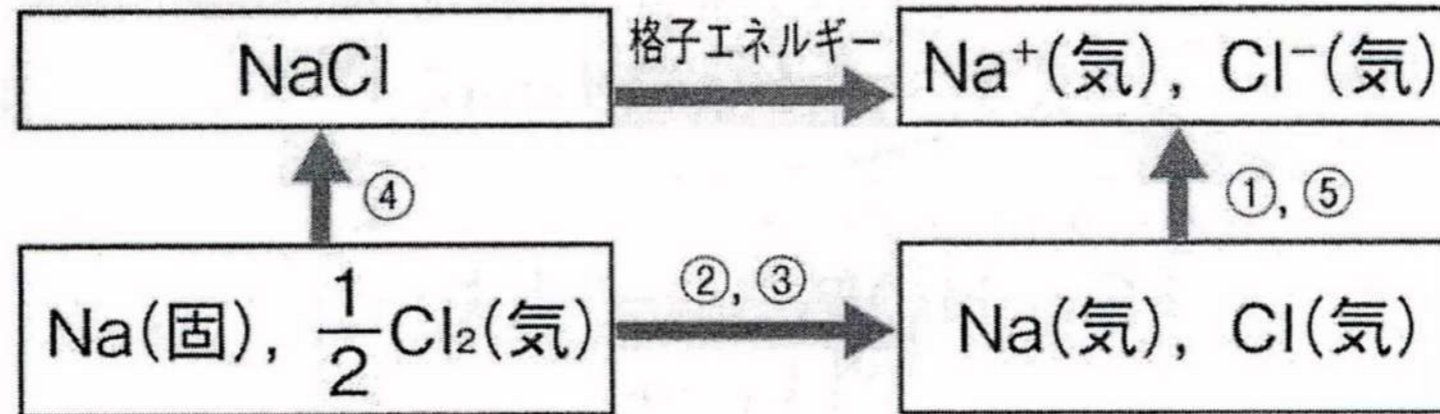
$$4.2 \times 200 \times (37 - 25) = 10080 (\text{J}) \Rightarrow 10.080 (\text{kJ}) \quad \text{解答; } 10.08 \text{kJ}$$

さて、最後の項目です。

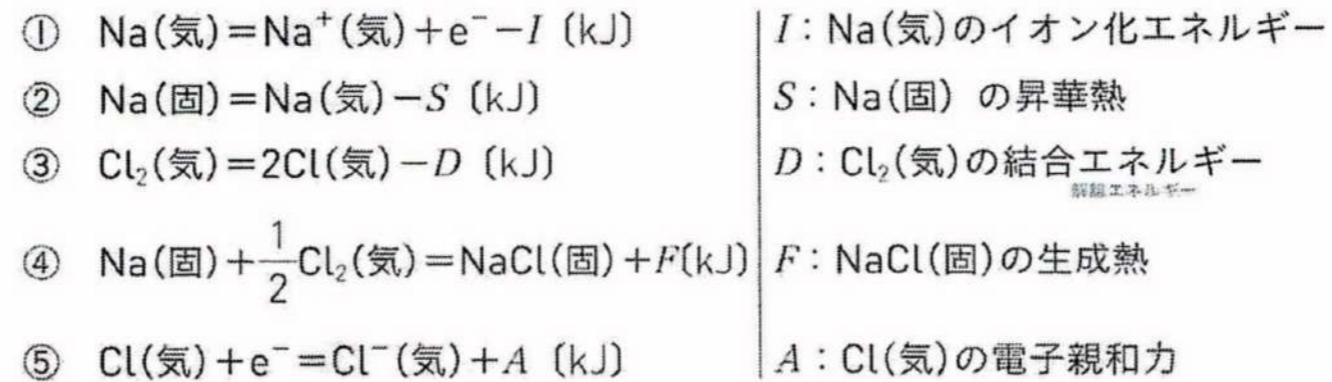
ヘスの法則の利用

ヘスの法則を用いると、反応熱を直接には測定できない反応についても、他の熱化学方程式を利用して、その反応熱を求めることができる。 **大きな意義♥**

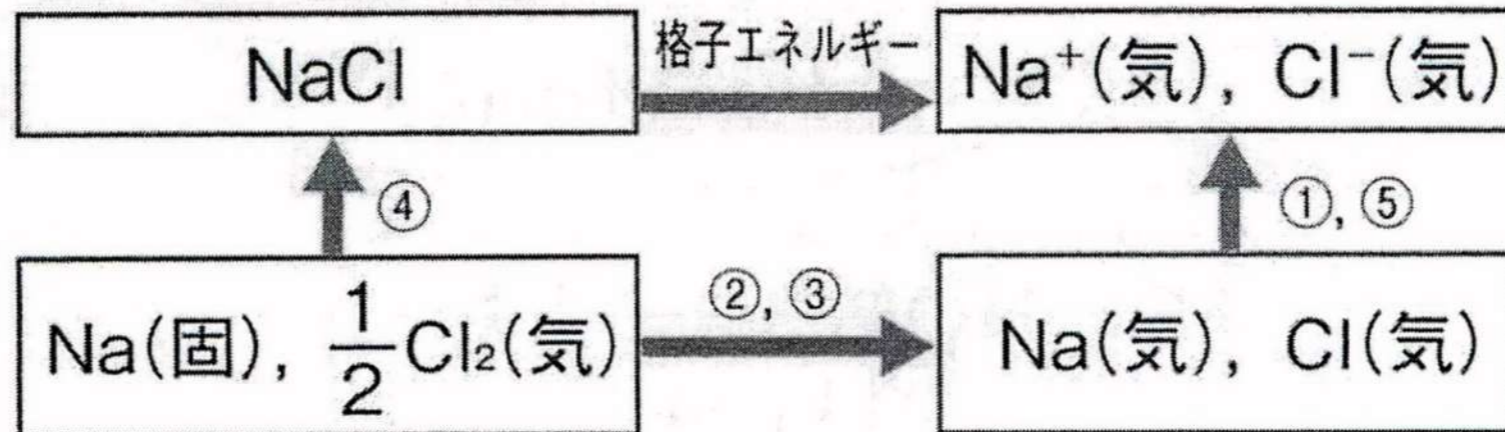
(直接測定することが難しい)格子エネルギーは、どのように求められるか?



上記の流れ図の①～⑤における反応熱は次の通り。



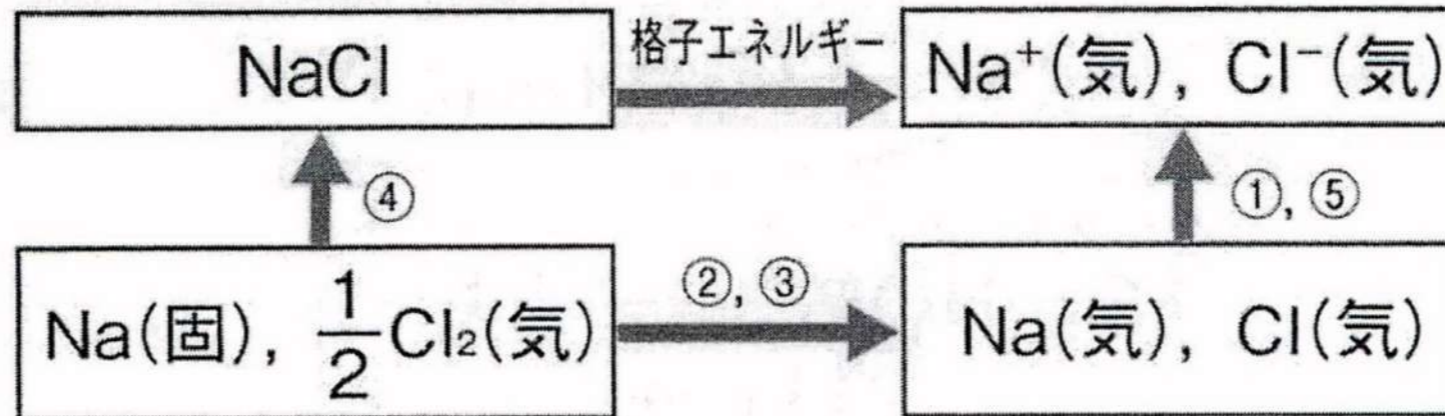
(直接測定することが難しい)格子エネルギーは、どのように求められるか?



上記の流れ図の①～⑤における反応熱は次の通り。

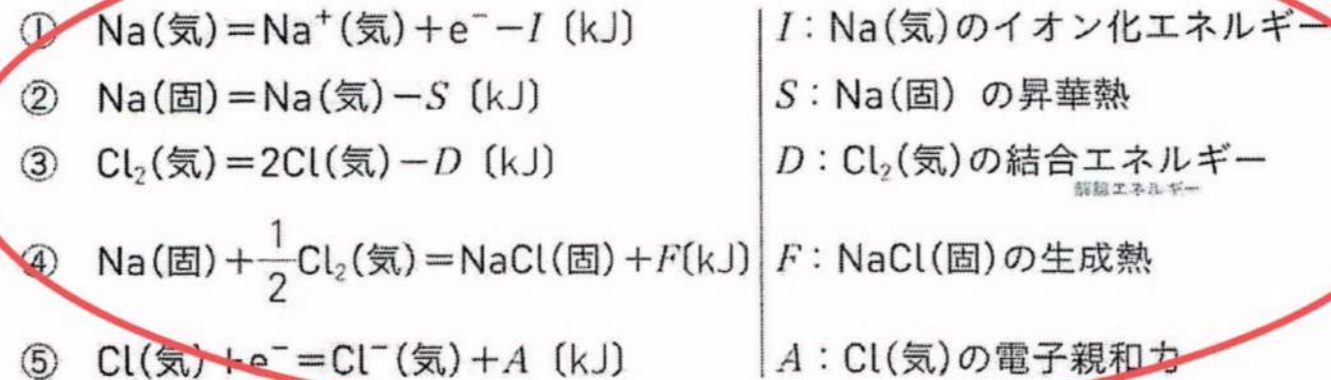
- | | |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| ① $\text{Na(気)} = \text{Na}^+(\text{気}) + e^- - I$ (kJ) | I : Na(気)のイオン化エネルギー |
| ② $\text{Na(固)} = \text{Na(気)} - S$ (kJ) | S : Na(固)の昇華熱 |
| ③ $\text{Cl}_2(\text{気}) = 2\text{Cl}(\text{気}) - D$ (kJ) | D : Cl ₂ (気)の結合エネルギー
<small>解離エネルギー</small> |
| ④ $\text{Na(固)} + \frac{1}{2}\text{Cl}_2(\text{気}) = \text{NaCl(固)} + F$ (kJ) | F : NaCl(固)の生成熱 |
| ⑤ $\text{Cl(気)} + e^- = \text{Cl}^-(\text{気}) + A$ (kJ) | A : Cl(気)の電子親和力 |

(直接測定することが難しい)格子エネルギーは、どのように求められるか?

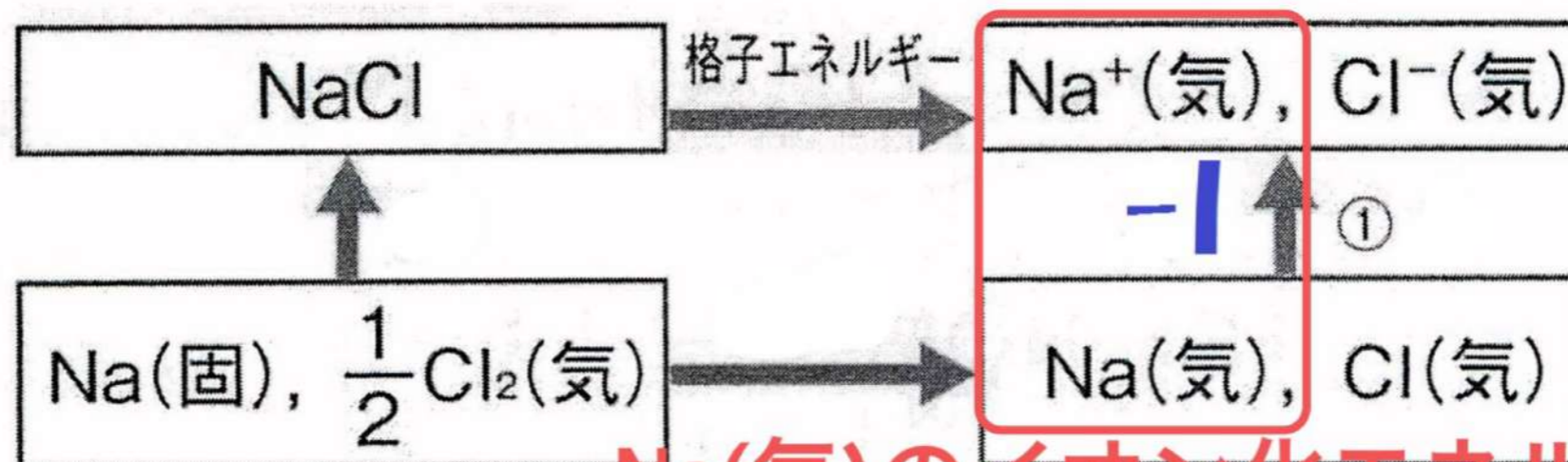


次の①～⑤の反応熱から求められる♡

上記の流れ図の①～⑤における反応熱は次の通り。



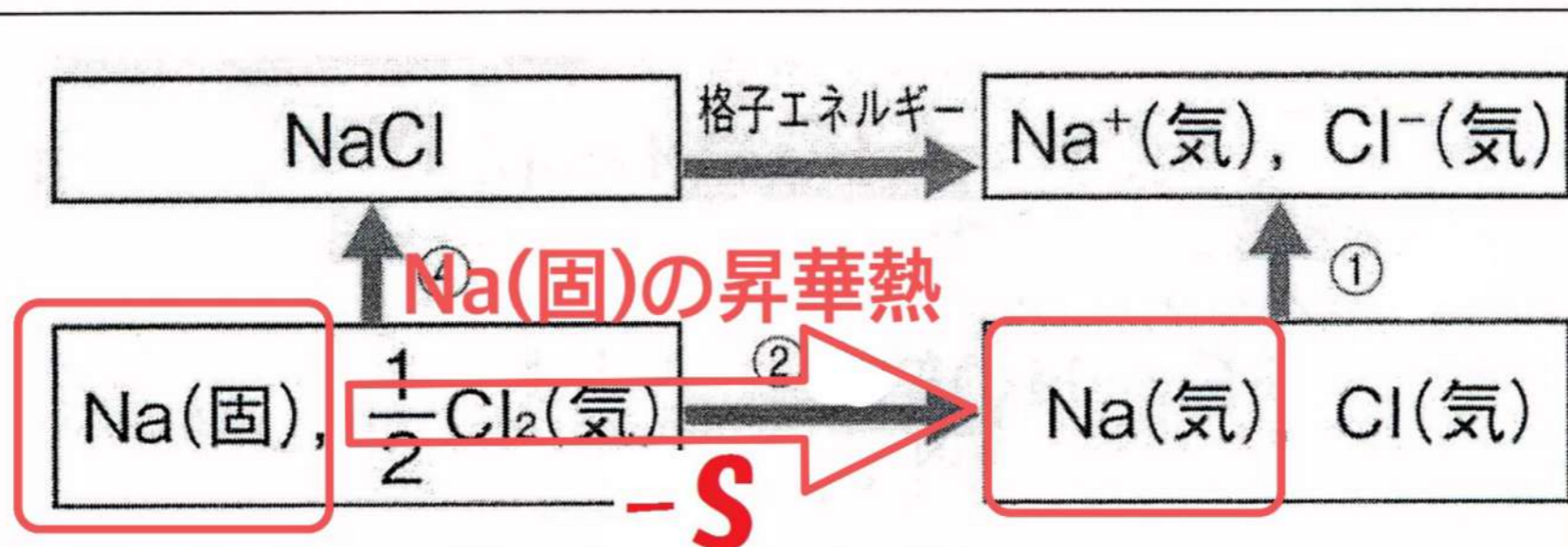
(直接測定することが難しい)格子エネルギーは、どのように求められるか?



上記の流れ図の①～⑤における反応熱は次の通り。

① $\text{Na}(\text{気}) = \text{Na}^+(\text{気}) + e^- - I$ (kJ)	I : Na(気)のイオン化エネルギー
② $\text{Na}(\text{固}) = \text{Na}(\text{気}) - S$ (kJ)	S : Na(固)の昇華熱
③ $\text{Cl}_2(\text{気}) = 2\text{Cl}(\text{気}) - D$ (kJ)	D : $\text{Cl}_2(\text{気})$ の結合エネルギー <small>解離エネルギー</small>
④ $\text{Na}(\text{固}) + \frac{1}{2}\text{Cl}_2(\text{気}) = \text{NaCl}(\text{固}) + F$ (kJ)	F : NaCl(固)の生成熱
⑤ $\text{Cl}(\text{気}) + e^- = \text{Cl}^-(\text{気}) + A$ (kJ)	A : Cl(気)の電子親和力

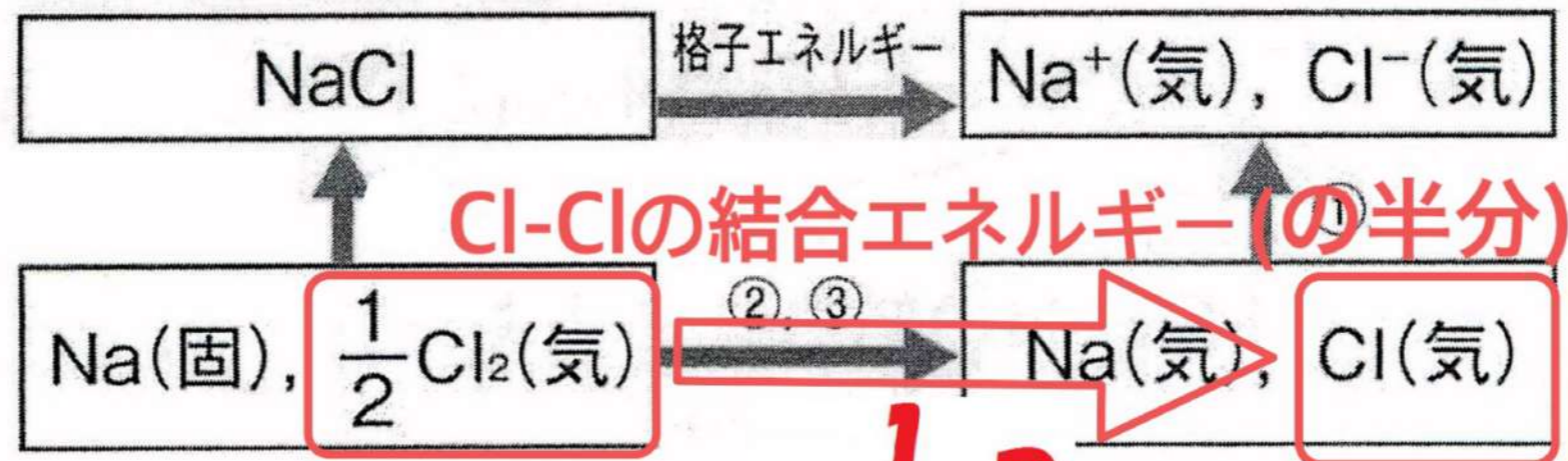
(直接測定することが難しい)格子エネルギーは、どのように求められるか?



上記の流れ図の①～⑤における反応熱は次の通り。

- | | |
|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| ① Na(気) = Na ⁺ (気) + e ⁻ - I (kJ) | I: Na(気)のイオン化エネルギー |
| ② Na(固) = Na(気) - S (kJ) | S: Na(固)の昇華熱 |
| ③ Cl ₂ (気) = 2Cl(気) - D (kJ) | D: Cl ₂ (気)の結合エネルギー
<small>解離エネルギー</small> |
| ④ Na(固) + $\frac{1}{2}$ Cl ₂ (気) = NaCl(固) + F (kJ) | F: NaCl(固)の生成熱 |
| ⑤ Cl(気) + e ⁻ = Cl ⁻ (気) + A (kJ) | A: Cl(気)の電子親和力 |

(直接測定することが難しい)格子エネルギーは、どのように求められるか?

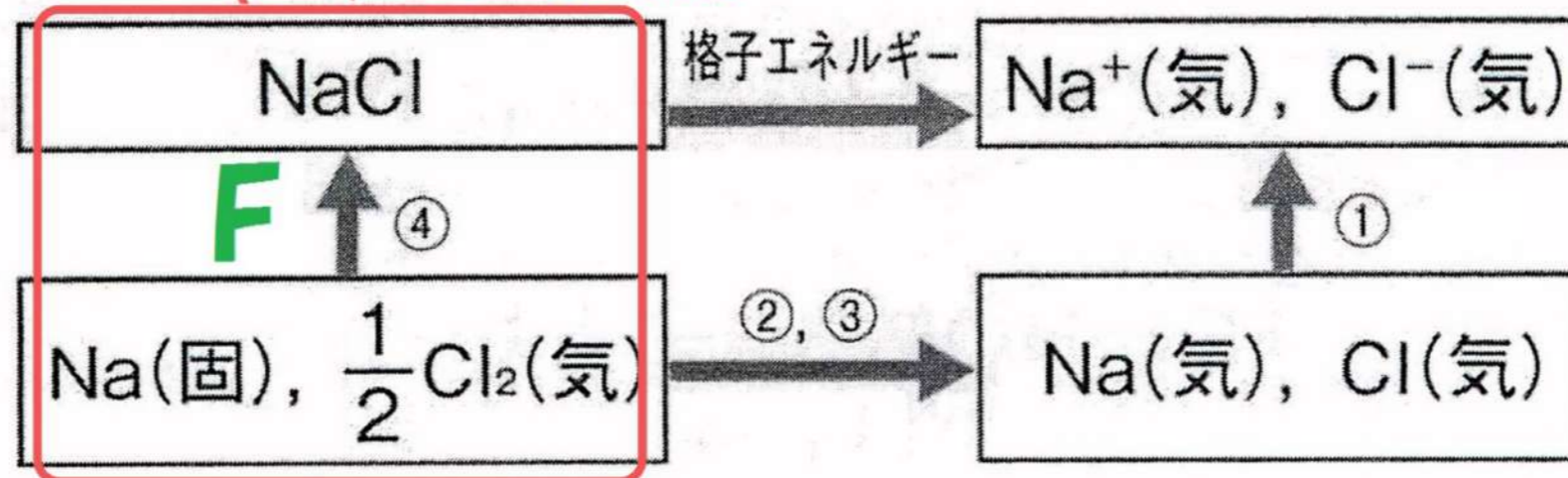


上記の流れ図の①～⑤における反応熱

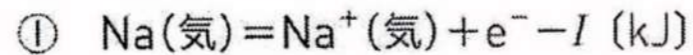
- | | |
|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| ① Na(気) = Na ⁺ (気) + e ⁻ - I (kJ) | I : Na(気)のイオン化エネルギー |
| ② Na(固) = Na(気) - S (kJ) | S : Na(固)の昇華熱 |
| ③ Cl ₂ (気) = 2Cl(気) - D (kJ) | D : Cl ₂ (気)の結合エネルギー
<small>解離エネルギー</small> |
| ④ Na(固) + $\frac{1}{2}$ Cl ₂ (気) = NaCl(固) + F (kJ) | F : NaCl(固)の生成熱 |
| ⑤ Cl(気) + e ⁻ = Cl ⁻ (気) + A (kJ) | A : Cl(気)の電子親和力 |

(直接測定することが難しい)格子エネルギーは、どのように求められるか?

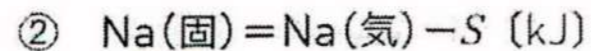
NaCl(固)の生成熱



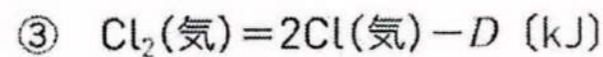
上記の流れ図の①～⑤における反応熱は次の通り。



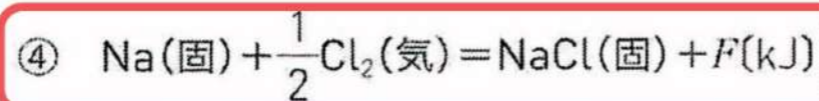
I : Na(気)のイオン化エネルギー



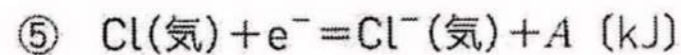
S : Na(固)の昇華熱



D : Cl₂(気)の結合エネルギー
解離エネルギー

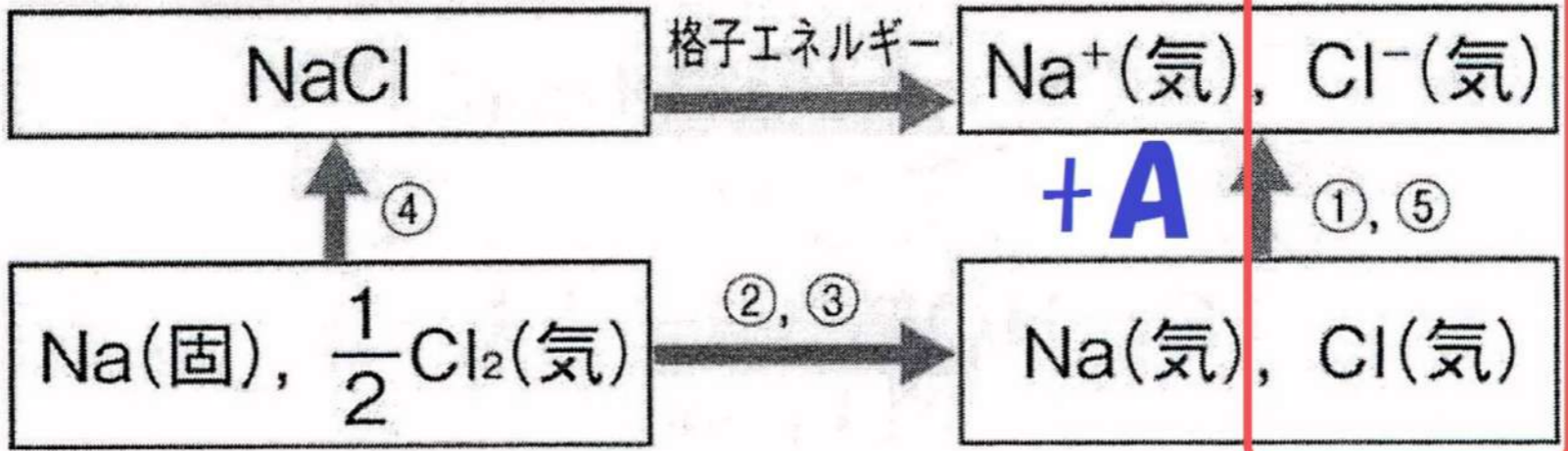


F : NaCl(固)の生成熱



A : Cl(気)の電子親和力

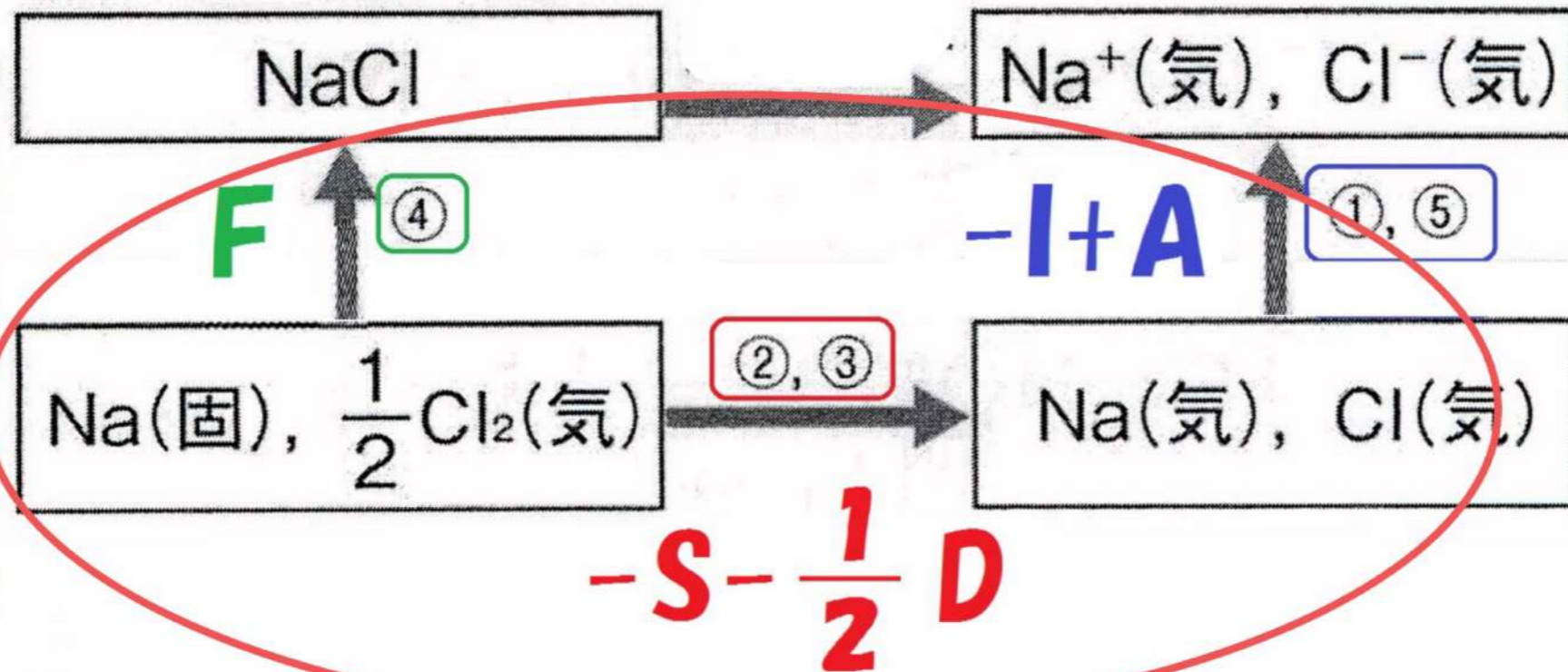
(直接測定することが難しい)格子エネルギーは、どのように求められるか？



上記の流れ図の①～⑤における反応熱は次の通り。 **Cl(気)の電子親和力**

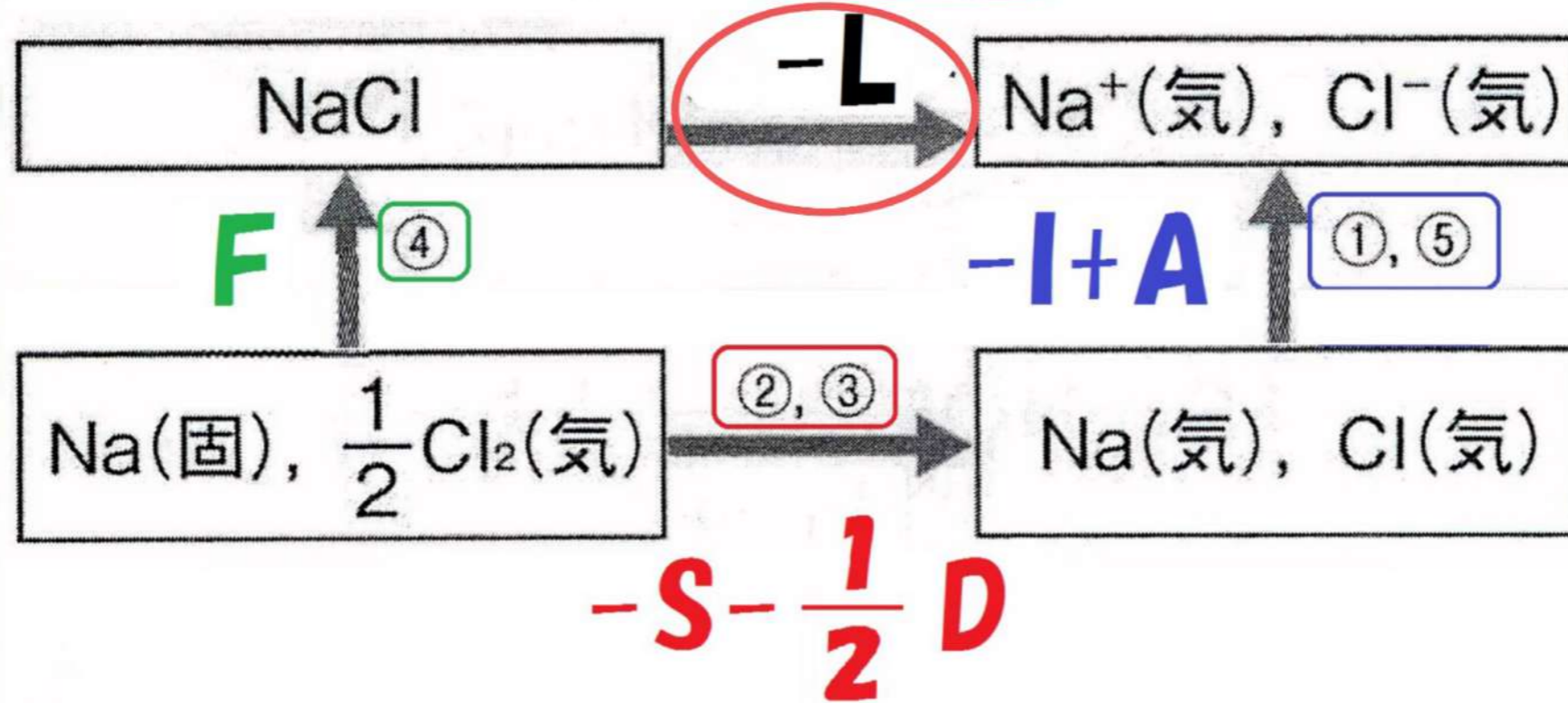
- | | |
|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| ① Na(気) = Na ⁺ (気) + e ⁻ - I (kJ) | I : Na(気)のイオン化エネルギー |
| ② Na(固) = Na(気) - S (kJ) | S : Na(固)の昇華熱 |
| ③ Cl ₂ (気) = 2Cl(気) - D (kJ) | D : Cl ₂ (気)の結合エネルギー
<small>解離エネルギー</small> |
| ④ Na(固) + 1/2 Cl ₂ (気) = NaCl(固) + F (kJ) | F : NaCl(固)の生成熱 |
| ⑤ Cl(気) + e ⁻ = Cl ⁻ (気) + A (kJ) | A : Cl(気)の電子親和力 |

これらの値が与えられれば、

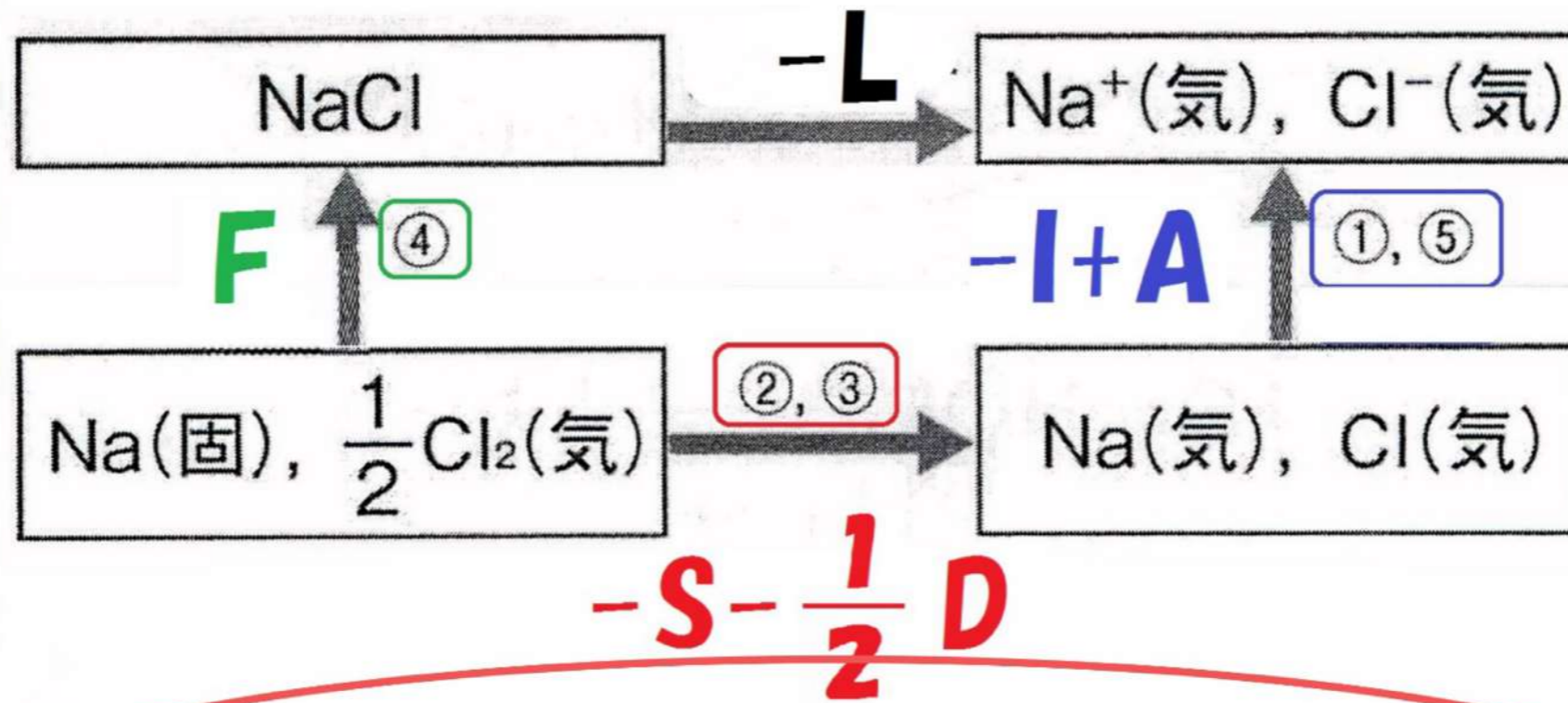


これらの値が与えられれば、

格子エネルギーLは

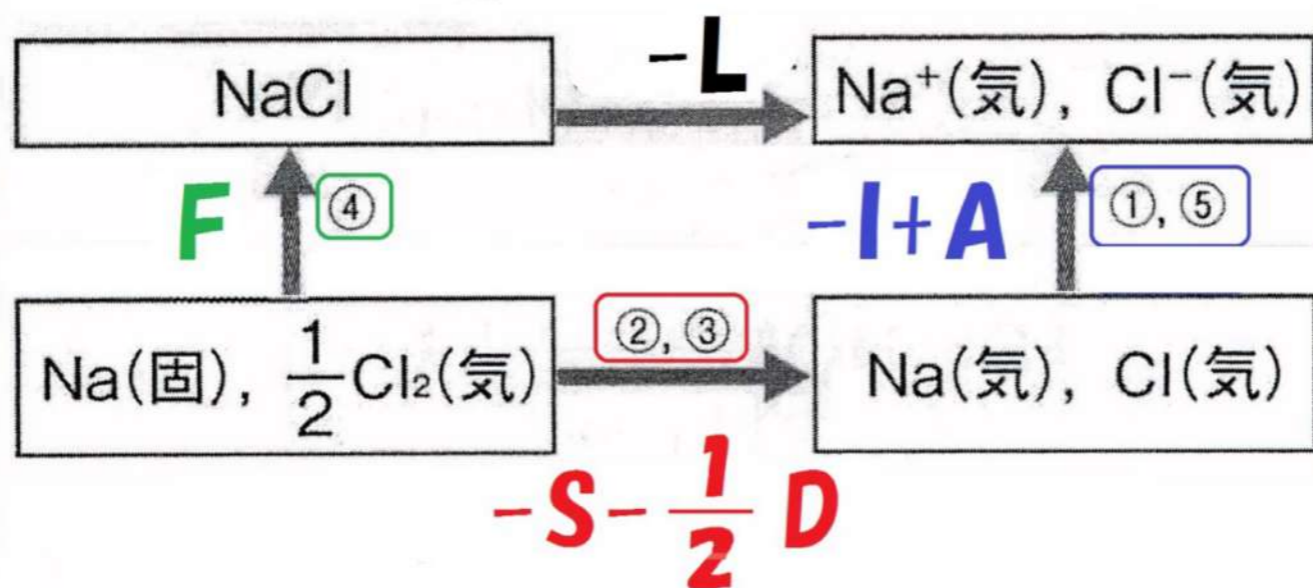


これらの値が与えられれば、
格子エネルギーLは



$$F - L = -S - \frac{1}{2} D - I + A \text{ より求められる。}$$

これらの値が与えられれば、
格子エネルギーLは



$$F - L = -S - \frac{1}{2}D - I + A \text{ より求められる}$$

すなわち、

$$L = F + S + \frac{1}{2}D + I - A$$

お疲れ様でした。

