

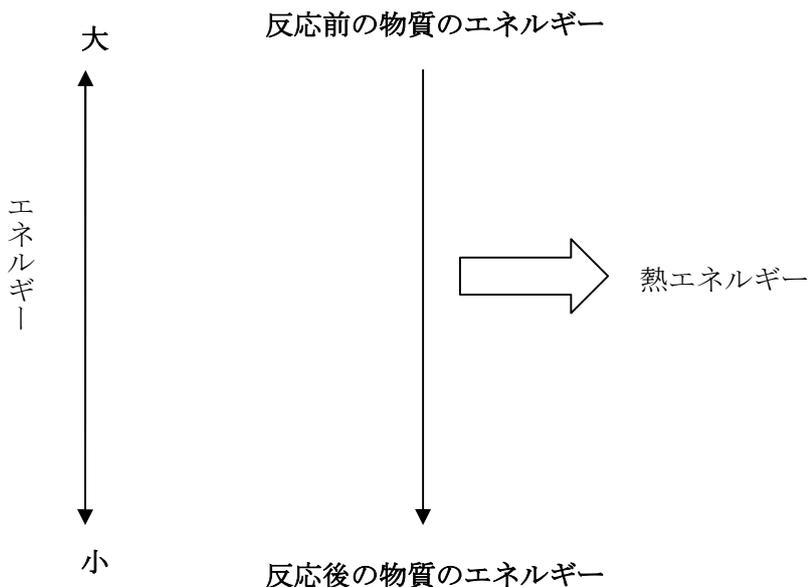
熱化学方程式と反応熱の分類

発熱反応と吸熱反応

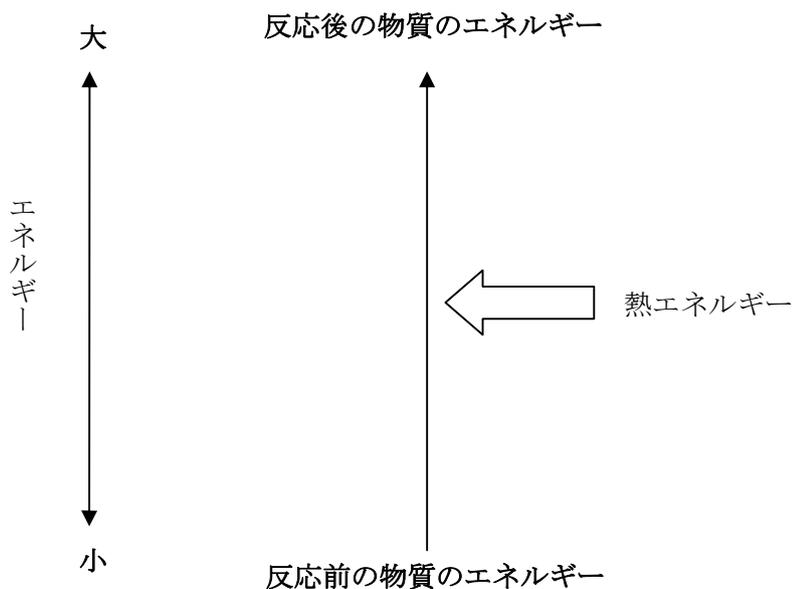
化学反応は、反応の前後の物質のエネルギーが異なるため、エネルギーの出入りを伴い、それが、熱・光・電気などのエネルギーの形で現れる。

とくに、化学変化と熱エネルギーの関係を扱う化学の一部門を熱化学という。

発熱反応



吸熱反応



熱化学方程式と反応熱の分類

反応熱

化学反応の前後での熱エネルギーの出入を表す方程式を熱化学方程式という。

熱化学方程式は化学反応式と似ているが、根本的に異なるので注意が必要である。

熱化学方程式のつくり方

1. 化学反応式の「→」を「＝」にする。
2. 反応熱は常温常圧（25℃，1気圧）での値を使い，方程式の右辺に記す。
このとき，発熱反応なら＋の符号を，吸熱反応なら－の符号をつける。
3. 物質の化学式の後に常温常圧（25℃，1気圧）における物質の状態を，
固体なら（固体）（固）または固体は英語で solid なので（s）と，
液体なら（液体）（液）または液体は英語で liquid なので（l）と，
気体なら（気体）（気）または気体は英語で gas なので（g）と記す。
ただし，水などのように，常温常圧で2つ以上の状態をとる物質の場合，
H₂O（液体）なのか H₂O（気体）をはっきりさせる必要があるので，
必ずその状態を記さなければならない。
一方，酸素などのように1つの状態しかない物質の場合，その状態を記す必要はない。
4. 同素体がある場合は状態名の代わりに同素体名を書いてもよい。
同素体名には常温常圧で最も安定な状態にあるものが選ばれる。
たとえば，炭素は，C（固）でもよいし C（黒鉛）でもよい。
5. 化学反応式の各係数は物質質量比を表すが，
熱化学方程式の係数は物質質量そのものを表す。
例えば，物質に係数がついてなければ 1mol の物質，係数が 2 なら 2mol の物質である。

熱化学方程式の見方

例：C（黒鉛）＋O₂（気体）＝CO₂（気体）＋394kJ

1. 熱の出入りによる見方
C（黒鉛）1mol と O₂（気体）1mol が反応して CO₂（気体）が 1mol 生成するとき，
394kJ の発熱がある。
2. エネルギー的見方
C（黒鉛）1mol と O₂（気体）1mol の化学エネルギーの和は，
CO₂（気体）1mol がもつ化学エネルギーより 394kJ 大きい。
熱化学方程式の計算問題では，エネルギー的見方が重要である。

反応熱の分類：注目する物質の係数を1にする

反応熱は化学変化の種類により、生成熱、燃焼熱、溶解熱、中和熱などに分類される。
熱化学方程式で表す場合、注目する物質の係数を1, すなわち1mol とおいて式を立てる。
そのため、他の物質の係数が分数になる場合もある。

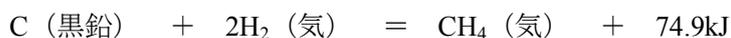
生成熱

化合物1mol がその成分元素の単体から生成するとき発生または吸収する熱量を
その化合物の生成熱という。

たとえば、メタン CH_4 (気) 1mol が、
その成分元素の単体である水素 H_2 (気) 2mol と C (黒鉛) 1mol から生成されると
74.9kJ の発熱がある。

よって、メタンの生成熱は 74.9kJ/mol である。

これを熱化学方程式で表すと、



となる。

燃焼熱

物質1mol が酸素と反応して完全燃焼するときに発生する熱量を
その物質の燃焼熱という。

発熱反応のみである。

注意

水素が完全燃焼すると水になる。

水の常温常圧の状態は、液体または気体であり、
生成するのが液体の水と気体の水とでは燃焼熱の値が異なる。

燃焼熱の熱化学方程式では、液体の水が生じるときの値 286kJ を使う約束になっている。

エタノール $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (液) 1mol が完全燃焼し、

二酸化炭素 CO_2 (気) が 2mol, 水 H_2O (液) が 3mol 生成するときの燃焼熱は 1368kJ/mol
であるが、これを熱化学方程式で表すと、



となる。

溶解熱

物質 1mol を多量の溶媒に溶かすときに発生または吸収した熱量をその物質の溶解熱という。

物質が溶解する過程で、化学結合の切断や溶媒分子との結合（溶媒和）が起こるが、これも広い意味で化学反応とみなせるので、反応熱として扱う。

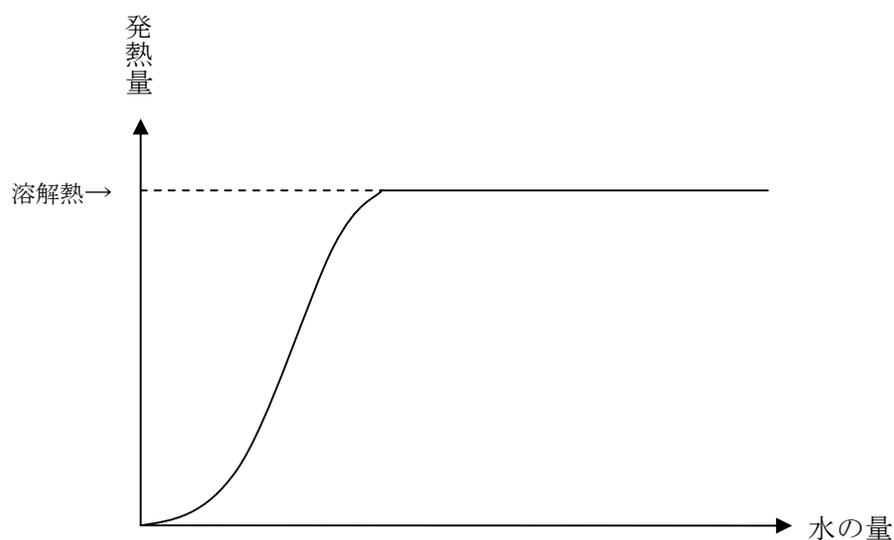
補足

「多量の溶媒に溶かすときに」としなければならない理由

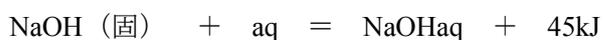
たとえば、水酸化ナトリウム 1mol を水の量を変えて溶かしたときの水の量と発熱量の関係を調べると、発熱量は水の量の増加とともに大きくなり、やがて一定になる。

この一定になったときの発熱量を溶解熱と定義するからである。

よって、「多量の溶媒に溶かすときに」としなければならない。



水酸化ナトリウムの溶解熱の熱化学方程式は



aq はラテン語 aqua の略で多量の水の意味

化学式の後に aq をつけると薄い水溶液の意味になる。

したがって、NaOHaq とは薄い水酸化ナトリウム水溶液のことである。

中和熱

水溶液中で酸と塩基が中和反応し H_2O が 1mol 生成するときの発生熱量を中和熱という。

電離による反応熱の影響を避けるために、酸も塩基も十分薄い水溶液を使う。

したがって、薄い水溶液という意味を表すために、酸・塩基の化学式の後に aq をつける。

強酸と強塩基の中和熱

強酸と強塩基の場合の中和熱は約 56.5kJ/mol である。



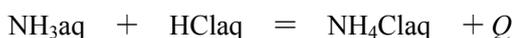
弱酸と強塩基または弱塩基と強酸の中和熱

中和反応と同時に弱酸（弱塩基）の電離反応も起こるので、その反応熱の影響が出る。

例えば、アンモニアと塩酸の中和反応では、アンモニアの電離反応が同時進行する。

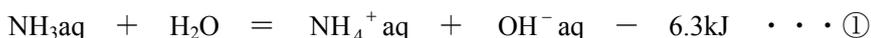
そのため、アンモニアの電離に必要な熱量だけ中和熱が小さくなる。

熱化学方程式を



とすると、

アンモニアの電離の熱化学方程式



中和反応の熱化学方程式



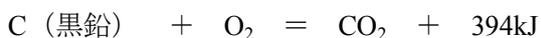
①+②より、



よって、中和熱 $Q = 50.2 \text{ kJ}$

熱化学方程式が同じでも、その反応熱は注目する物質で異なる

例



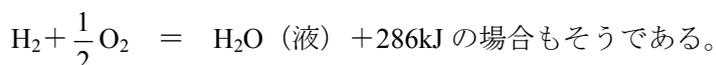
C（黒鉛）に注目したとき

C（黒鉛）（熱化学方程式では係数は物質質量 mol そのものを表す）の燃焼熱は 394kJ

CO_2 に注目したとき

その成分元素の単体である C（黒鉛）と O_2 から生成することを示しているから、394kJ は CO_2 の生成熱である。

このように、どの 1mol の物質に注目するかにより、同じ熱化学方程式であっても、反応熱が異なる場合がある。



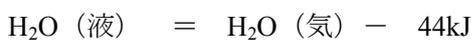
286kJ は $\text{H}_2\text{O}(\text{液})$ の生成熱とも H_2 の燃焼熱とも見ることができる。

状態変化も熱化学方程式のように表せる

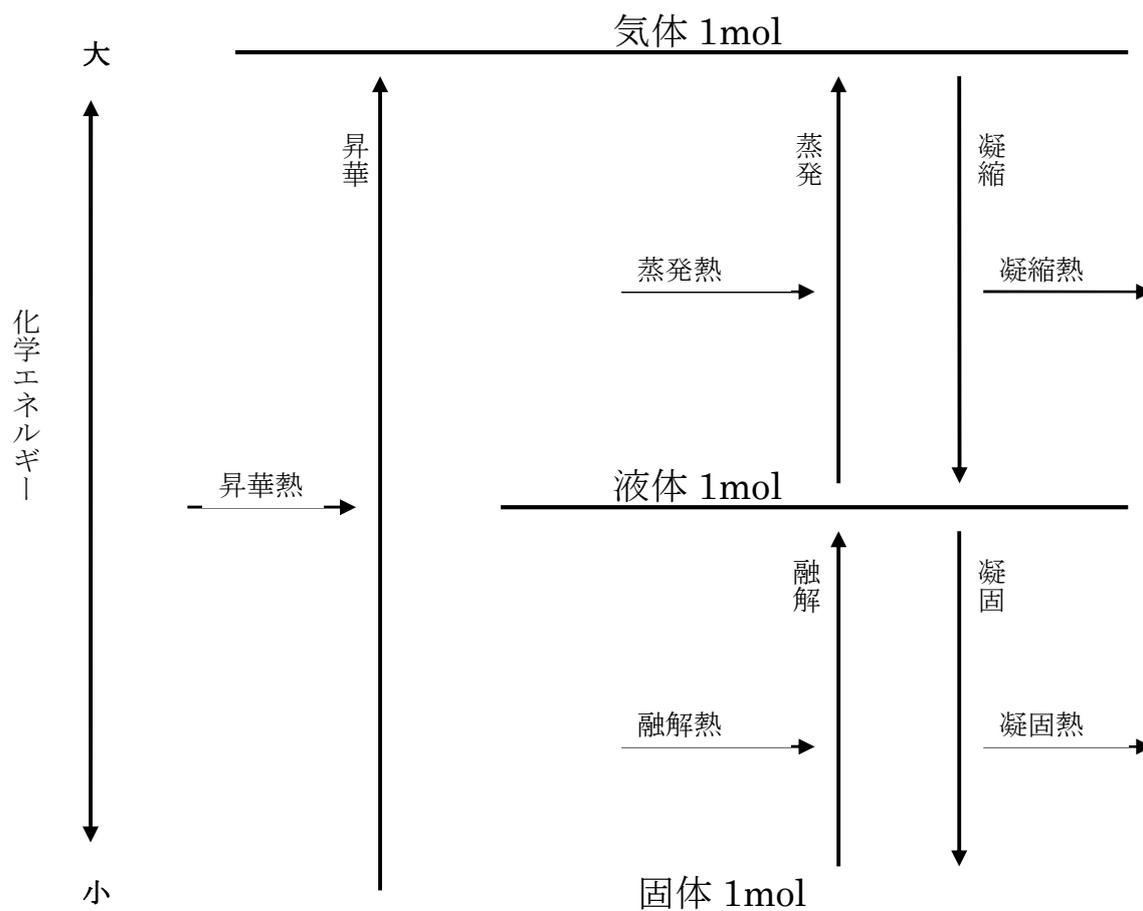
状態変化は化学変化ではないが、状態変化においても化学変化同様、熱の出入りを伴う。

よって、状態変化も熱化学方程式のように表すことができる。

たとえば、常温常圧の下、液体の水 1mol を水蒸気にするには 44kJ の熱が必要なので、



と表される。



実験による測定から 昇華熱 ≒ 融解熱 + 蒸発熱 がいえる。