

## 化学反応と熱 01 反応熱と熱化学方程式

### A. 化学反応と反応熱

物質を燃やすと必ず熱が発生します。

「物質を燃やす（燃焼）」反応は「酸化」という化学反応の一つです。

燃焼に限らず，化学反応が起こると必ず熱の発生または熱の吸収が伴います。

では，なぜ化学反応が起こると熱が伴うのでしょうか？

物質がもつ原子間の化学結合力のエネルギーや分子間に働く引力のエネルギーは位置エネルギーというエネルギーに分類されます。

位置エネルギーは貯蔵エネルギーです。したがって，物質はそのエネルギーを原子間の化学結合力のエネルギーや分子間に働く引力のエネルギーの形で蓄えていることになります。

位置エネルギーは，一般に，運動エネルギーの形で放出されます。

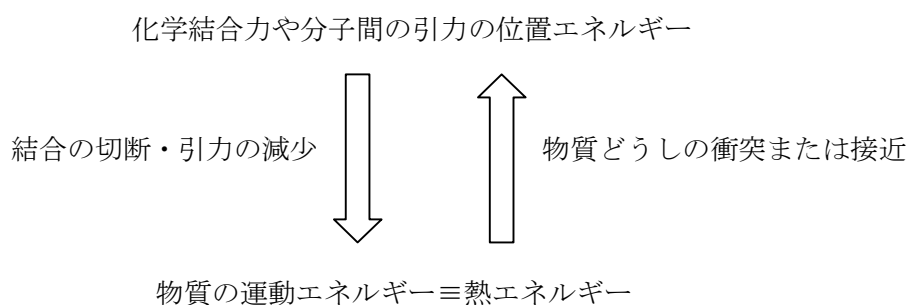
また，運動エネルギーと熱エネルギーは同じエネルギー（等価）です。

したがって，物質が蓄えている位置エネルギーは，一般に，運動エネルギーすなわち熱エネルギーの形で放出されるということになります。

逆に，運動エネルギーは位置エネルギーに変換可能です。

したがって，運動エネルギーをもった物質どうしが衝突したり接近したりすると，

その運動エネルギーの一部が失われ原子間の化学結合のエネルギーや分子間に働く引力のエネルギーとなって物質に蓄えられます。運動エネルギーを熱エネルギーに置き換えると，「熱エネルギーをもった物質どうしが衝突したり接近したりすると，その熱エネルギーの一部が失われ原子間の化学結合のエネルギーや分子間に働く引力のエネルギーとなって物質に蓄えられる」ということになります。



### B. 発熱反応と吸熱反応

化学反応では化学結合の切断（反応物質がエネルギーを放出）や生成（反応物質がエネルギーを吸収）が起こり，反応物全体（反応系）と生成物全体（生成系）でエネルギー差が生じます。この差が熱（運動エネルギー）エネルギー，光（電磁波）のエネルギー，電気エネルギーなどの形で現れます。

熱化学では，化学反応に伴う熱エネルギー（運動エネルギー）の出入りを対象にし，化学反応が起こるとき，反応系より生成系のエネルギーが小さい反応，

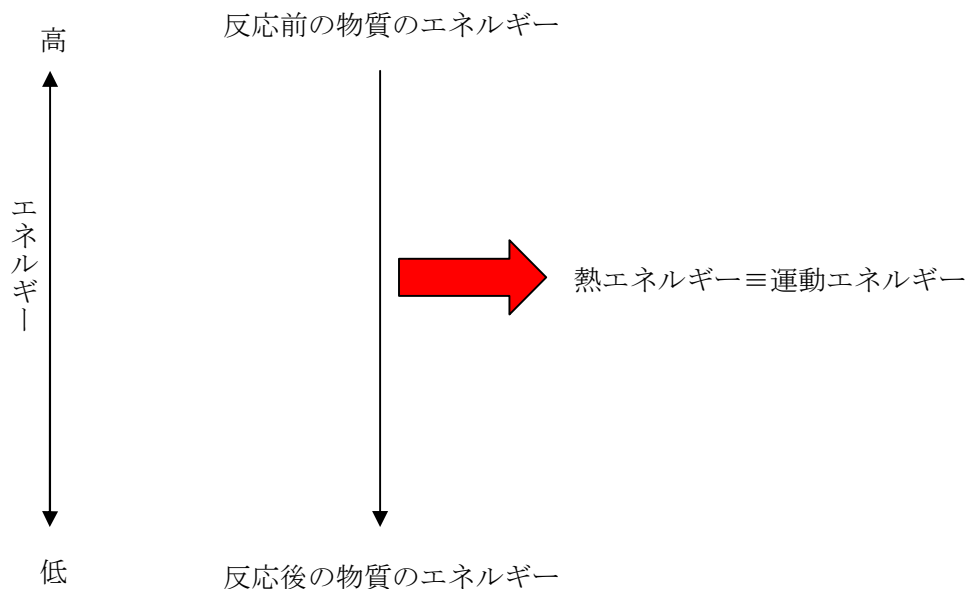
つまり、熱を放出する反応を**発熱反応**といいます。

逆に、反応系より生成系のエネルギーが大きい反応、

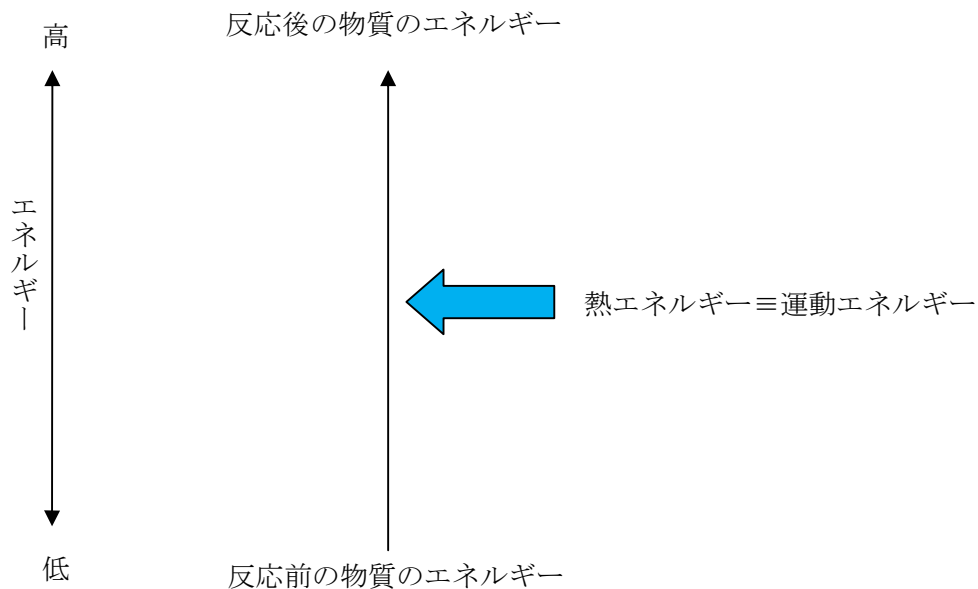
つまり、熱を吸収する反応を**吸熱反応**といいます。

また、化学反応で放出または吸収される熱を**反応熱**といいます。

### 発熱反応



### 吸熱反応



発熱反応：化学反応が起こるとき、熱を放出（≡運動エネルギーが増加）する反応。

吸熱反応：化学反応が起こるとき、熱を吸収（≡運動エネルギーが減少）する反応。

反応熱：化学反応に伴って放出または吸収される熱（≡運動エネルギー）。

### C. 熱化学方程式

化学反応をあらわす式は化学反応式ですが、

化学反応には必ず反応熱が伴いますので、

その反応熱を含めた式もつくりことができそうですネ。

そのような反応熱を含めて表した式を**熱化学方程式**といいます。

熱化学方程式のつくり方は化学反応式のそれと若干のちがいがあります。

#### 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）または（固）または固体は英語で **solid** なので（s）と，  
液体なら（液体）または（液）または液体は英語で **liquid** なので（l）と，  
気体なら（気体）または（気）または気体は英語で **gas** なので（g）と記す。  
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，  
H<sub>2</sub>O（液体）なのか H<sub>2</sub>O（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が，  
酸素などのように1つの状態しかとらない物質の場合，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反応または生成する各物質の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。  
では，具体的に熱化学方程式をつくってみることにしましょう。

「水素 1mol を燃焼すると，液体の水が生じ，286kJ の熱が発生する。」

水素 1mol ですから，H<sub>2</sub> の係数は 1，すなわち「係数なし」となります。

したがって，O<sub>2</sub> の係数は  $\frac{1}{2}$ ，H<sub>2</sub>O は係数なしとなりますネ。

また，水素と酸素の常温常圧での状態は気体でしかありませんから，  
その状態を記さなくても構いません。

ところが水は気体と液体の状態をとれるので，状態を必ず記さなくてははいけません。

また，「286kJ の熱が発生する」とありますから，式の右辺に +286kJ と記します。

よって，熱化学方程式は  $\text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \text{H}_2\text{O} (\text{液}) + 286\text{kJ}$  となります。

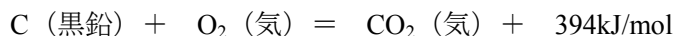
## D. 反応熱の種類

### 燃焼熱

物質 1mol を完全燃焼したときに発生する反応熱を**燃焼熱**といいます。

燃焼は発熱反応のみです。たとえば、炭素（黒鉛）の燃焼熱は 394kJ/mol です。

これを熱化学方程式で表すと、次式のようになります。



注意：一酸化炭素 CO は炭素（黒鉛）が不完全燃焼したときの生成物ですから、

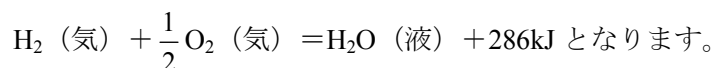
炭素 1mol が燃焼し一酸化炭素が生じるときの反応熱は燃焼熱ではありません。

**補足：水素の燃焼で生成する水は液体なのか気体なのか？**

水素 H<sub>2</sub> が完全燃焼すると水 H<sub>2</sub>O が生じますが、

燃焼熱では、液体の水が生じるときの値 286kJ/mol を使う約束になっています。

したがって、水素の燃焼熱の熱化学方程式は



尚、問題文に「生成する水は液体とする」と記されるので、覚える必要はありません。

### 生成熱

化合物 1mol が、その成分元素の単体からできるときに伴う反応熱を**生成熱**といいます。

生成熱は発熱反応と吸熱反応があります。たとえば、アンモニアの生成熱は 46kJ/mol です。

これを熱化学方程式で表すと、次式のようになります。



### 中和熱

酸と塩基が反応（中和）して、1mol の水ができるときに発生する反応熱を**中和熱**といいます。中和熱は発熱反応のみです。

たとえば、塩酸と水酸化ナトリウム水溶液の中和熱は 56.5kJ/mol です。

これを熱化学方程式であらわすと、次式のようになります。



“aq”は「アクア」と読み、多量の水を意味し、

化学式の後ろにつけると（薄い）水溶液を表します。

### 溶解熱

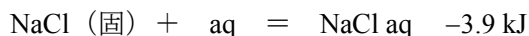
物質 1mol を多量の溶媒に溶解するときに伴う反応熱を**溶解熱**といいます。

物質が溶媒に溶解するとき、溶媒和と呼ばれる現象が起こりますが、

これは広い意味で化学反応と言えますから、溶解も熱化学方程式に含めます。

たとえば、塩化ナトリウムの水への溶解熱は 3.9kJ/mol の吸熱です。

これを熱化学方程式で表すと、次式のようになります。



E. 潜熱の種類

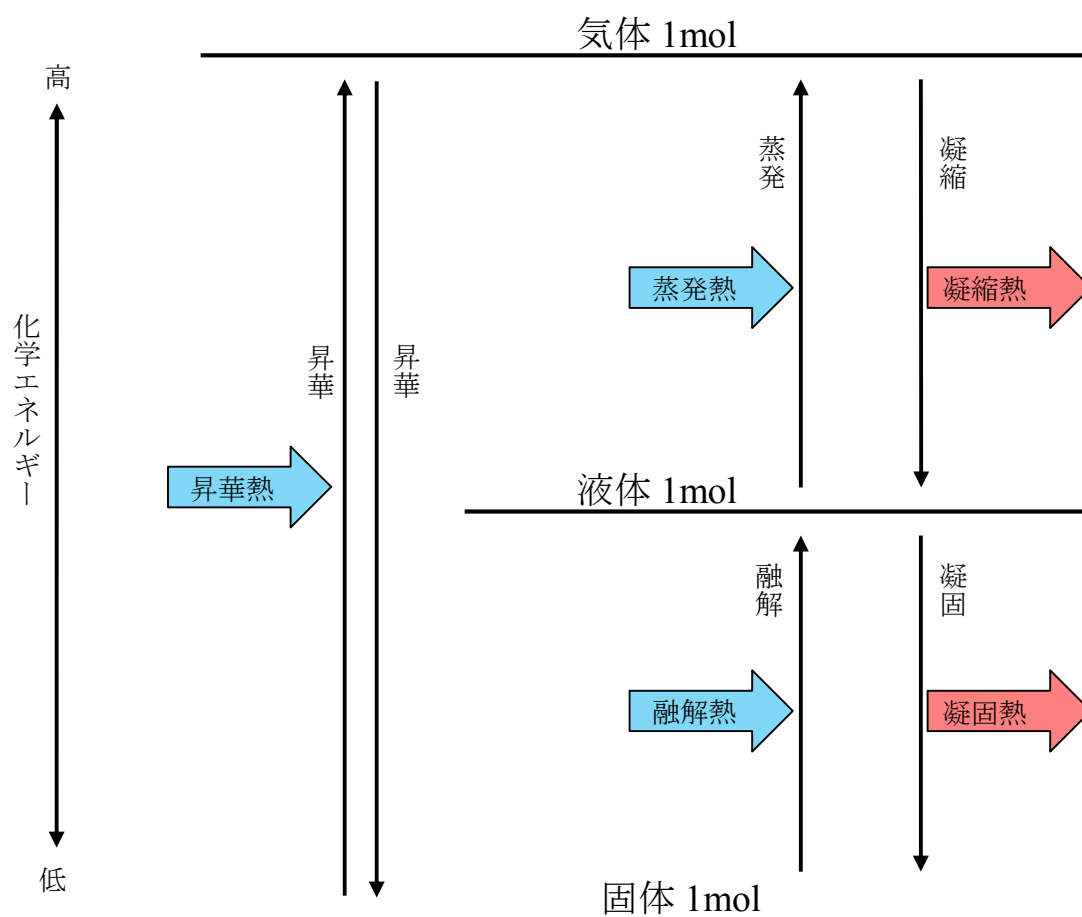
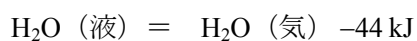
物質が状態変化するとき熱が入り出りが起こります。

このときに伴う熱をまとめて潜熱（せんねつ）といいます。

潜熱には、固体が液体に融解するとき吸収する融解熱や液体が気体に蒸発するとき吸収する蒸発熱などがあります。

たとえば、水の融解熱は 6kJ/mol で、蒸発熱は 44kJ/mol です。

これらを熱化学方程式であらわすと、次式のようにになります。



F. 熱化学方程式の2つの読み方

アンモニアの生成熱の熱化学方程式

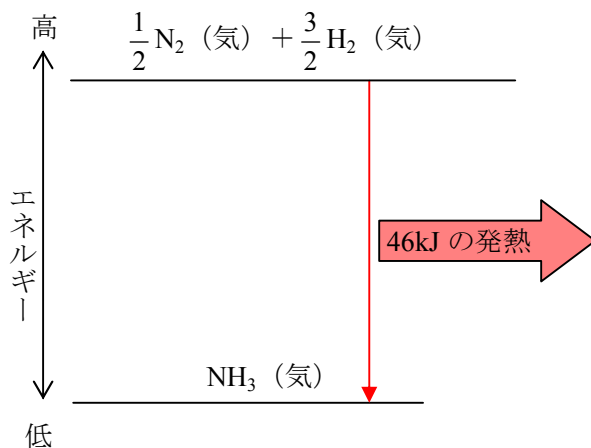


を例に熱化学方程式の2つの読み方について説明します。

読み方1

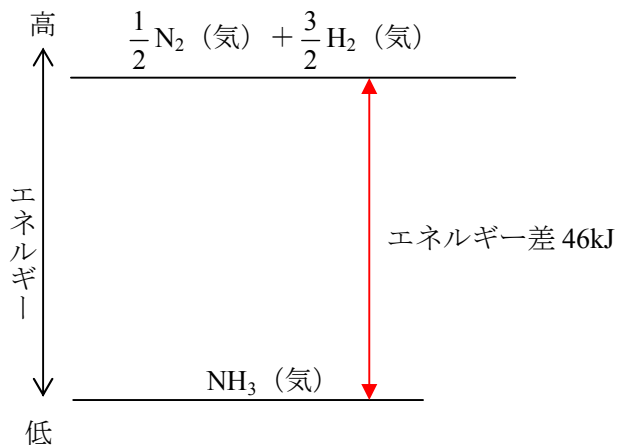
右辺の反応熱（生成熱）が正ですから、

「 $\frac{1}{2}\text{N}_2(\text{気}) + \frac{3}{2}\text{H}_2(\text{気})$  が  $\text{NH}_3(\text{気})$  に変化するとき、46kJ の発熱がある。」



読み方2

「 $\frac{1}{2}\text{N}_2(\text{気}) + \frac{3}{2}\text{H}_2(\text{気})$  は、 $\text{NH}_3(\text{気})$  より 46kJ 高いエネルギーをもつ。」



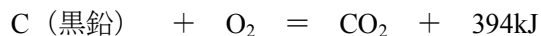
まとめ

「A が B に変化するとき、Q kJ の発熱（吸熱）がある。」と

「A は B より Q kJ 高い（低い）エネルギーをもつ。」は同じ意味である。

G. 1つの熱化学方程式が複数種の熱化学方程式を表す場合がある。

たとえば、次の熱化学方程式



について、

C (黒鉛) に注目したとき

394kJはC(黒鉛)1molが完全燃焼するときの反応熱、すなわち燃焼熱を表しています。

したがって、C (黒鉛) に注目すれば、C (黒鉛) の燃焼熱の熱化学方程式となります。

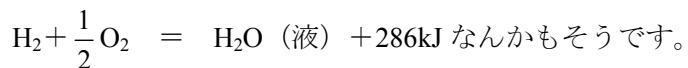
CO<sub>2</sub>に注目したとき

その成分元素の単体であるC(黒鉛)とO<sub>2</sub>から1molのCO<sub>2</sub>が生成するときの反応熱、すなわちCO<sub>2</sub>の生成熱を表しています。

したがって、CO<sub>2</sub>に注目すれば、CO<sub>2</sub>の生成熱の熱化学方程式となります。

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ります。



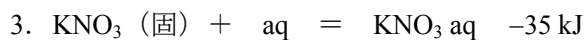
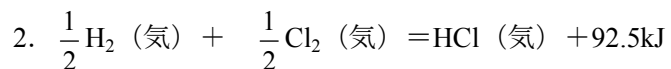
286kJはH<sub>2</sub>O(液)の生成熱ともH<sub>2</sub>の燃焼熱とも見ることができる。

**確認問題**

次の反応熱をあらわす熱化学方程式を書け。

1. メタン CH<sub>4</sub> の燃焼熱は 890kJ/mol である。
2. 塩化水素 HCl の生成熱は 92.5kJ/mol である。
3. 硝酸カリウム KNO<sub>3</sub> の水への溶解熱は 35kJ/mol の吸熱である。

解答



ことわり

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

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