

· 微波爐

## Q 微波爐加熱食物的原理是什麼？跟電子有關嗎？

A 微波爐是靠著微波將食物或飲料從中心處開始加熱，與電子無關。

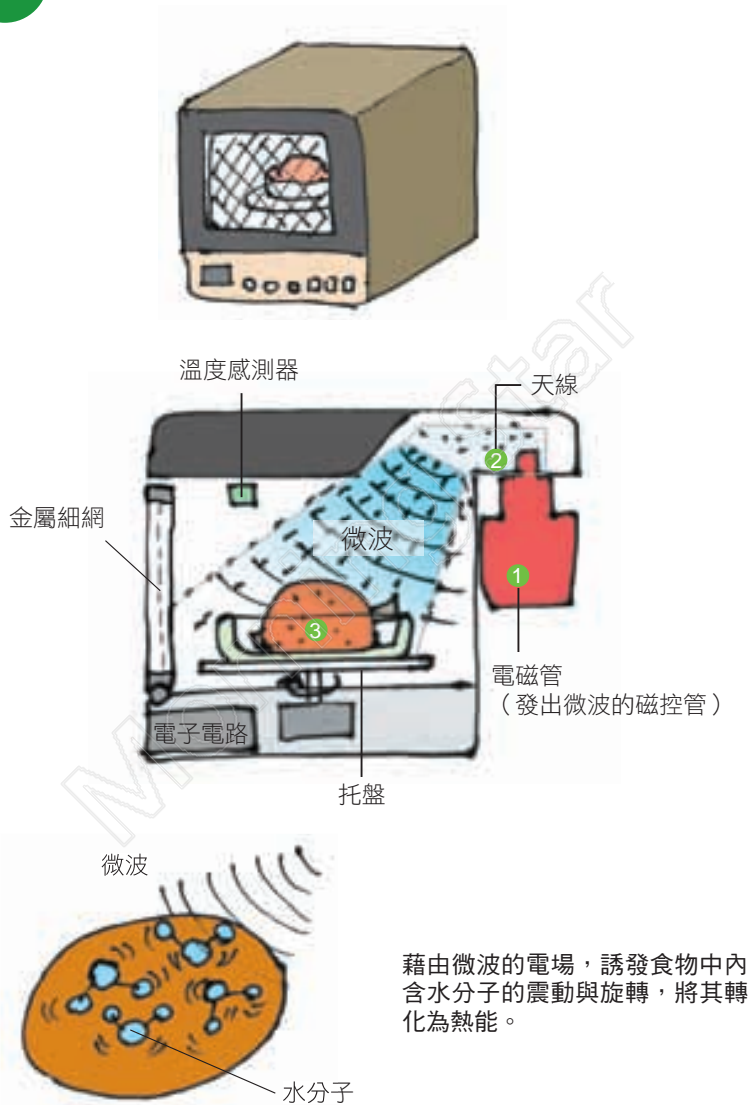
日文雖然叫做「電子爐」，但英文名稱其實是「microwave oven」（微波爐），相較之下更能表現其運作的原理。微波爐是以被稱為磁控管所產生的微波（右圖之①），藉由天線②向食物③發射，使食物籠罩在電磁波下。微波是跟手機及衛星轉播使用同樣範圍頻率的一種電磁波。手機的電磁波頻率為0.8~2GHz<sup>※</sup>，微波爐則使用2.45GHz的電磁波。

當2.45GHz的高頻率電磁波接觸到食物時，食物中內含的水為極性分子，會因為電場而以每秒25億次的頻率前後左右震動，由於水分子震動（主要是分子的旋轉）的能量會轉變為熱能，所以能將食物從內部開始加熱。簡言之，食品中內含的水分會成為熱能的來源而將食物加熱。

市面上販售的微波爐能夠辨別食物的溫度，所以可以控制電磁波的強度與加熱的時間，保持在適當的溫度。因為這個部分運用到溫度感測器等電子學的知識，因而在日文中稱為電子爐。

※1GHz等於1000MHz（兆赫），表示1秒間會震動10億次。

圖解 微波爐加熱的原理



## Q 002 為什麼在微波爐中，陶製的盤子不會變熱呢？

A 因為陶製的盤子不含水分。

食物中所含的水分，會因為電場震動產生熱能，但是陶製的盤子不含水分，所以無從產生熱能，即使放進微波爐中也不會變熱。不過，食品的熱度有可能傳導至盤子，使盤子變熱，請多加小心。

### 圖解 水分的有無決定是否會發熱



食物（含有水分）



陶製盤子（不含水分）

## Q 同樣是使用電磁波，可以用手機來加熱嗎？

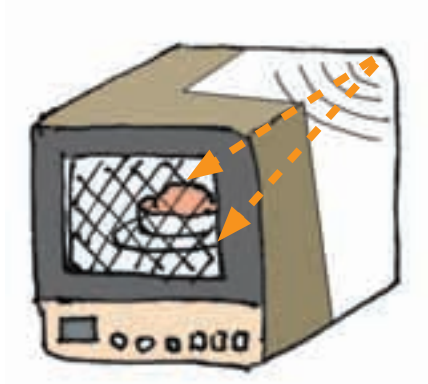
A 手機發射的電磁波，不及微波爐的千分之一，所以不能拿來加熱。

手機發射的電磁波強度，最大約為800mW（毫瓦），不到微波爐的電磁波強度1kW（千瓦）的千分之一，所以手機的電磁波無法加熱任何東西。

圖解 同樣是電磁波卻無法加熱……



800mW=0.8W以下的微弱電磁波



1000W以上的強力電磁波

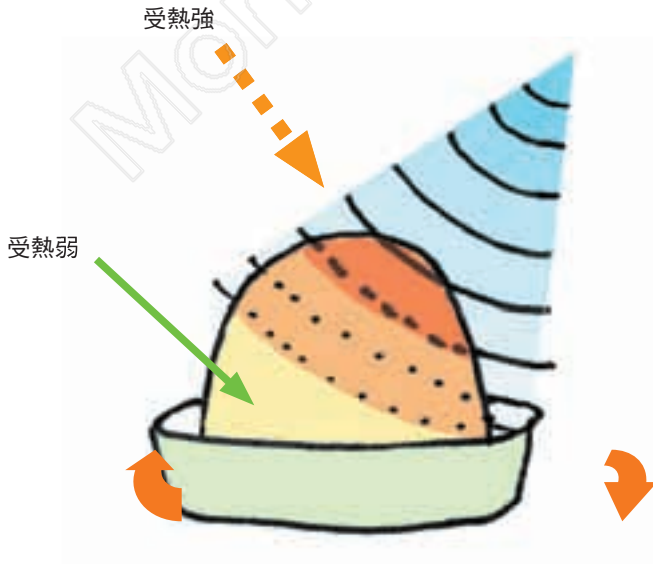


## 為什麼微波爐中的托盤要旋轉呢？

**A** 因為要讓食物整體都能接受到電磁波，所以要旋轉托盤。

如圖解所示，天線發射的電磁波無法遍及食物整體，因此食物就會分成受電磁波照射而加熱，以及不被電磁波照射而保持生冷的兩個部分。為了解決這項問題，微波爐設計了會旋轉的托盤，讓食物能夠毫無遺漏地均勻加熱。

### 圖解 為了均勻加熱而設計讓托盤旋轉



## Q 為什麼微波爐門的內側要加上金屬細網？

A 為了防止微波（電磁波）外洩（金屬網可以擋住微波）。

裝設金屬細網是為了防止微波外洩。微波爐藉由微波加熱食物，但如果微波接觸到手，就有可能會引起燙傷。為了防止這種情形，用金屬將外蓋完全覆蓋即可。但是這樣一來就看不到食物的料理狀況，因此以不讓電磁波外洩為原則設計成細網狀，我們就可以透過網子看到食物的料理狀況。

### 圖解 金屬細網可以擋住電磁波

金屬細網可以防止電磁波外洩



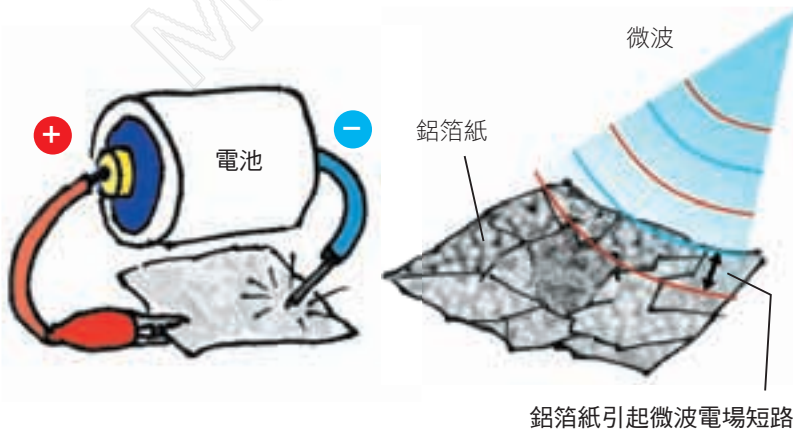


## 為什麼鋁箔紙不能放進微波爐中？

**A** 因為微波的電場引起金屬短路，有可能使鋁箔紙熔化，而尖角處也可能會放電，十分危險。

鋁等金屬導電性極佳，如果將電池的兩極連接上金屬導線（故意讓它短路時），金屬導線會因為大量電流通過而過熱熔化斷裂。把金屬放進微波爐時，微波對金屬表面施加電壓，當大量電流通過時金屬就會熔化，金屬表面附近形成強力電場，引起放電。即使只是把金粉彩繪的餐具放進微波爐，也有可能爆出火花，導致餐具表面燒焦。

**圖解** 金屬因為通過大量電流而過熱熔解，也容易引起放電

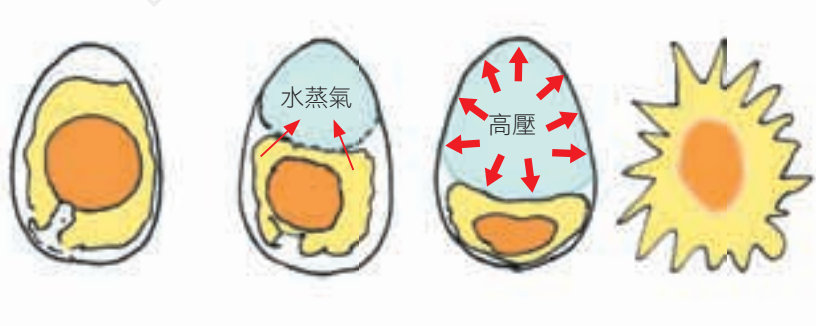


## Q 為什麼把蛋放進微波爐加熱會爆開？

A 因為加熱時水分會形成水蒸氣，卻又被封在蛋殼中，使得壓力上升而爆發。

把蛋放進微波爐加熱時，蛋殼中的蛋黃與蛋白內含的水分會因為微波加熱變成水蒸氣。此時氣體的體積大於液體，卻又被封在蛋殼中，於是蛋殼內的水分就變成了高壓水蒸氣，蛋殼耐不住高壓就會爆開。而把未開封的調理包放進微波爐加熱，袋中的水分轉為蒸氣後體積膨脹，調理包就會變得鼓脹最後爆開，也是同樣的原理。此外，如果只是短暫加熱10秒左右，水分會保持在高溫的液體狀態，當敲開蛋殼食用時，可能會急速氣化而爆開，十分危險。

### 圖解 水分轉變為水蒸氣！





· 電磁爐



## 不用火的電磁爐，為什麼能夠做出料理？



使用電磁爐的時候，鍋子本身會產生熱能。

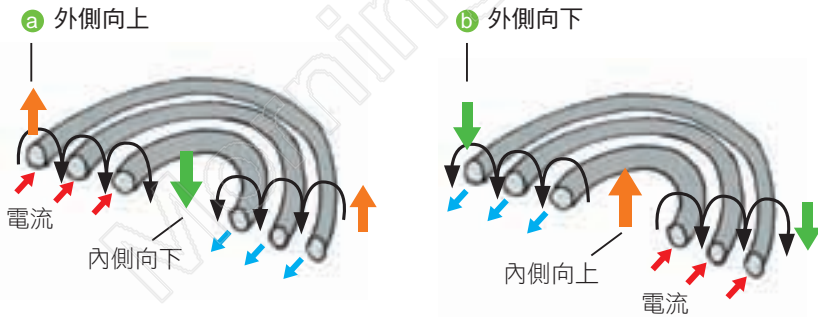
電磁爐的別名叫IH Heater，IH是「Inductive Heating」的縮寫，也就是誘導加熱的意思。如果拆開電磁爐的絕緣板，會看到底下置有金屬線圈①，從變頻器②供給2~6萬Hz（赫茲）的高頻電流，藉由金屬線圈形成交流磁場。右頁中間的圖就是描繪交流磁場的狀態。如藍色及紅色箭頭所示，高頻電流會在a到b之間，以1秒2~6萬次的頻率交交流動，而在線圈最外圈的外側跟最內圈的內側就會產生交流磁場，磁場的方向如橘色及綠色箭頭所示，以1秒2~6萬次的頻率變化。

交流磁場③在通過鍋底的金屬時，會感應產生渦電流④。因為鍋底的金屬具有抗電性，渦電流流動時會受阻而轉化為熱能使金屬變熱，這即稱之為「誘導加熱」，鍋子本身就可以發揮一般電熱器的加熱功能。不過即使接收到電磁波，像陶瓷跟玻璃這類絕緣體（不導電的物質）也不會產生渦電流，所以陶瓷製的絕緣板不會發熱。

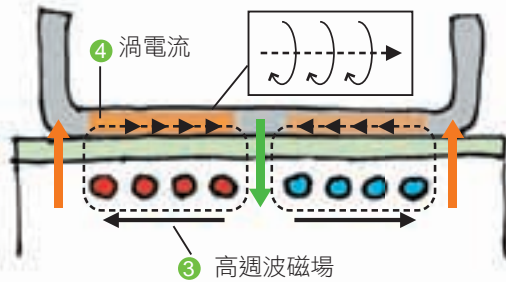
圖解 電磁爐加熱的原理



交流磁場改變方向



鍋底發揮加熱器的功能



## Q 為什麼有些鍋子可以用電磁爐加熱，有些不行？

A 電磁爐是以渦電流受阻轉化為熱能的原理工作，如果是抗電性不高的金屬鍋則無法加熱。

因為電磁爐是藉由金屬感應交流磁場，產生渦電流受阻轉化為熱能的原理加熱，抗電性不高的金屬則無法加熱。因此，如果不是鐵、不鏽鋼等高抗電性的金屬鍋，則無法充分加熱。金屬本身具有排斥高頻電流進入內部的性質，稱為「趨膚效應」(skin depth effect)。圖1以藍色表示當電流通過電線時，從橫剖面來看電線內的電流分布情形。

如①所示，從橫剖面來看直流電的流動是不變的。但是交流電通過電線時，電流會在接近電線表皮處通過，而中心處幾乎沒有電流流過。而如同②到④所顯示的，隨著交流電的頻率提高，電流就會越靠近表皮處流動。

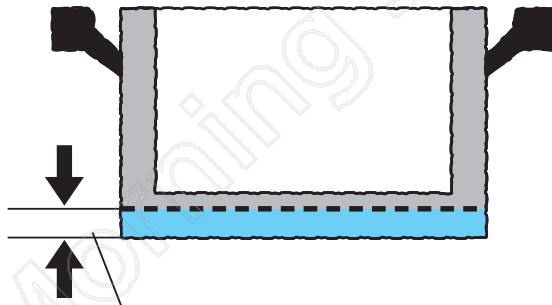
如果是金屬鍋的情形，如同右頁的圖2所示，因為電流只在鍋底的表面到淺層（稱之為趨膚深度）處流動，所以鍋子是從表面開始產生熱能。趨膚深度與電導率的平方根成反比，銅與鋁等電導率較高的金屬所製成的鍋子，因為趨膚深度較淺，發出熱能的體積較小，所以產生的熱能不足，難以使用在電磁爐上。

### 圖1 電流與趨膚效應



① 直流電    ② 低頻交流電    ③ 中頻交流電    ④ 高頻交流電

### 圖2 金屬鍋的趨膚深度



趨膚深度（渦電流只在這個部分流動）



因為「趨膚效應」的關係，高頻電流只會在接近金屬表面處流動喔！



## 為什麼會有可加熱鋁鍋的電磁爐呢？

A 這類型的產品為了加強交流磁場傳導到鍋子上的電流，有特別研發過。

即使是像鋁這類導電性較好的金屬，只要有足夠的電力（雖然能源效率不佳），仍然可以加熱。可以加熱鋁鍋的電磁爐，金屬線圈的圈數比一般的多三倍，藉此加強交流磁場。除此之外，因為高頻電波的趨膚深度較淺，電導率較高而不容易產生熱能，所以會使用6萬Hz的高頻電波來增加熱能的產生。

### 圖解 金屬鍋的表皮深度



● 小專欄

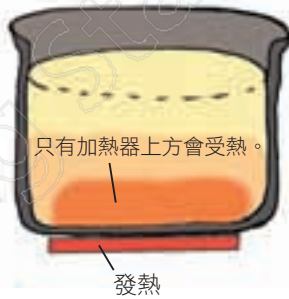
### 電子鍋的原理

因為電子鍋是以誘導加熱的原理使鍋子自身產生熱能，所以比起只對鍋子底部加溫的電鍋，能夠更加廣泛而平均地加熱。



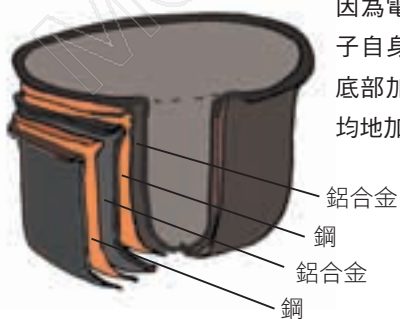
金屬線圈 磁力線

電子鍋



發熱

電鍋



鋁合金

鋼

鋁合金

鋼

因為電子鍋是以誘導加熱的原理使鍋子自身產生熱能，所以比起只對鍋子底部加溫的電鍋，能夠更加廣泛而平均地加熱。





## 冰箱是如何利用電力冷卻食物的呢？



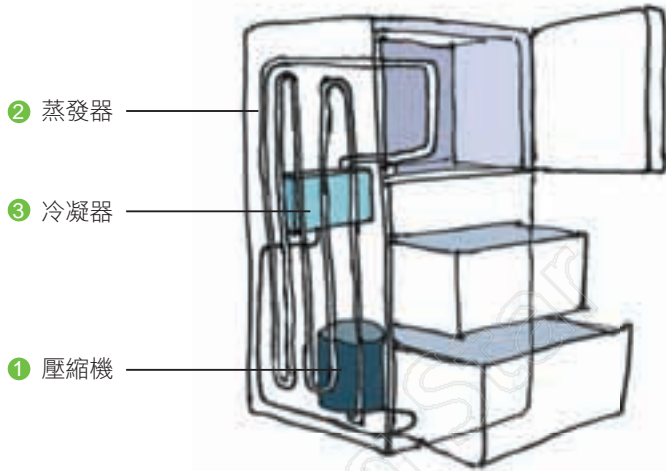
冰箱是藉由將冷媒從液體轉為氣體的過程來吸收熱能。

在醫院打針時，會先用酒精消毒注射部位，這時候會感覺到皮膚涼涼的，這就是因為酒精轉為氣體時，會從皮膚吸收熱能，這個被吸收的熱能，稱為「氣化熱」。冰箱就是利用這項原理來冷卻冰箱內的空氣。右圖是冰箱的構造。冰箱裡布有管線，冰箱外部有壓縮機①跟蒸發器②，冰箱內有冷凝器③，裡面存有稱為冷媒的化學物質。

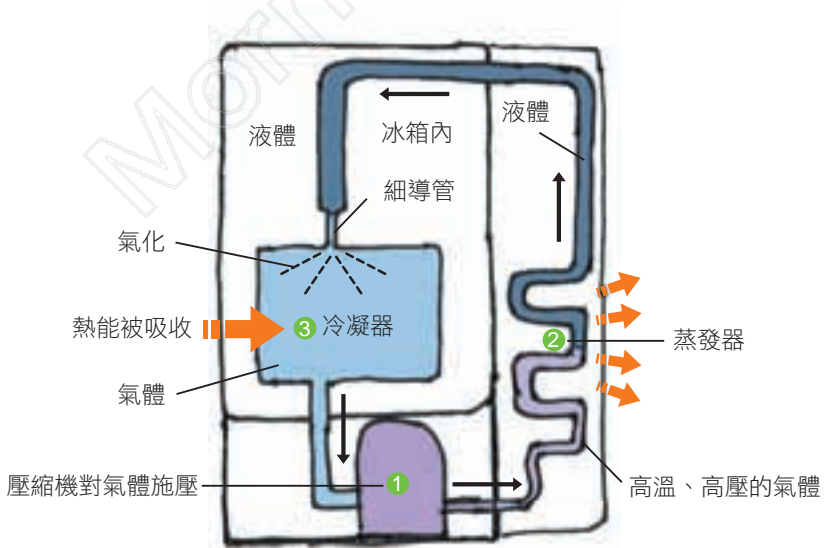
冷媒在室溫下是液體，只要溫度略微上升就會變成氣體。壓縮機靠電力帶動馬達對氣體施壓，使氣體體積變為原來的五分之一，被壓縮機①加壓後的高溫氣體因為溫度升高，所以會通過冰箱彎曲的管線，進入蒸發器②透過散熱板降溫變回液體。液體狀的冷媒被導入冰箱內，以霧狀的形態從細導管導入空間較為寬廣的冷凝器③中。所謂的霧狀，就是由液體的細小粒子所形成。冷媒的細小粒子進入空間較為寬廣的冷凝器時，會因為周圍的壓力下降變回氣體。這時候冷媒會從冷凝器吸收氣化熱，使溫度下降，變回氣體的冷媒會再次被導回壓縮機。

此時，失去熱能的冷凝器外側的空氣會被冷卻，變為「冷氣」，這種冷氣就能冷卻冰箱內的食物。因為冰箱在重複液體→氣體→液體……的變化過程中，會將冰箱內的熱能藉由蒸發器送到外部，所以也被稱為「熱泵」。空調也是基於同樣的原理。

### 圖解 冰箱的各部構造



### 圖解 冰箱冷卻的原理







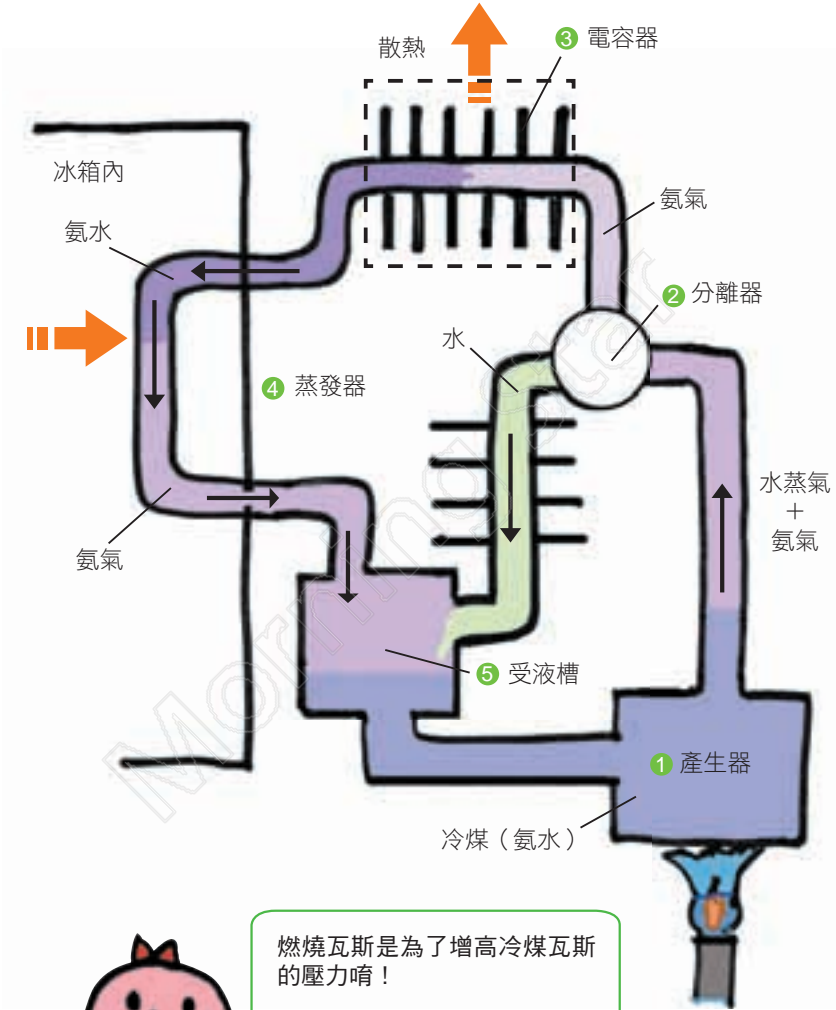
## 瓦斯冰箱的冷卻原理是什麼？

**A** 跟利用冷煤氣化熱的電冰箱一樣，不過是利用瓦斯燃燒液體冷煤，代替壓縮機產生高壓氣體。

電冰箱是用壓縮機產生高壓氣體，而瓦斯冰箱則如圖示一般，藉由燃燒瓦斯加熱產生器①中的冷煤（氨水），產生高壓的氨氣＋水蒸氣。分離器②會將水與氨氣分開，讓水回流到受液槽⑤，另一方面以相當於電冰箱冷凝器的電容器③，讓高壓氨氣冷卻，使之轉回氨水，導入冰箱中的蒸發器④。氨水在蒸發器中氣化會吸收冰箱中的熱能，使冰箱內的食物冷卻。其後，氨氣會再被引導回受液槽⑤與水結合變回氨水，再次回到產生器①加熱，不斷重複以上循環過程。

瓦斯冰箱跟電冰箱不同，並不使用馬達，所以沒有馬達運轉的聲音，因此被稱為「安靜冰箱」。還有一種稱做瓦斯冷氣的空調系統，同樣使用瓦斯冷卻。跟瓦斯冰箱不一樣，瓦斯冷氣跟電冰箱與普通冷氣一樣使用壓縮機。因為瓦斯冷氣使用瓦斯引擎產生動力使壓縮機運動，所以使用時同樣會產生引擎聲。

### 圖解 瓦斯冰箱的運作原理



燃燒瓦斯是為了增高冷煤瓦斯的壓力唷！



## 食鹽跟砂糖的溶解方式有什麼不同？

A

食鹽是以分解成鈉跟氯離子的方式溶解在水分子之間，砂糖則是直接溶解在水分子之中。

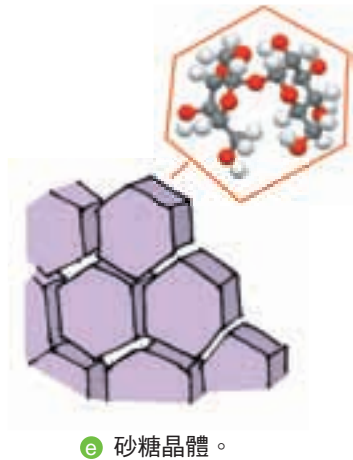
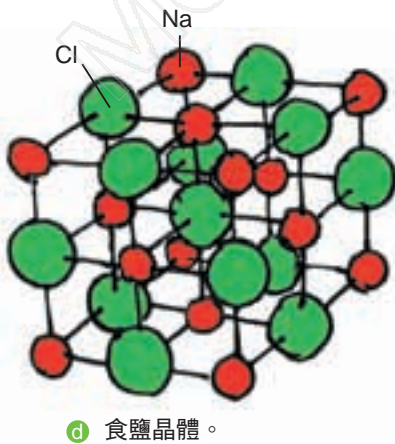
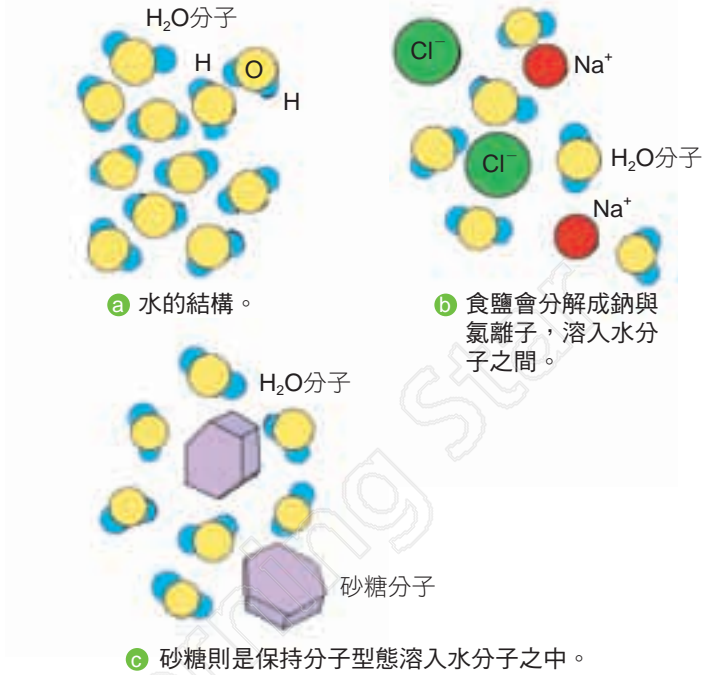
水的結構如圖 **a** 所示，水分子是以氫鍵的形態形成網路。溶解於水的意思是指物質（溶質）的分子以平均的方式，溶入身為溶媒的水分子之間。在這一點上，食鹽（氯化鈉）跟砂糖（砂糖）的溶解方式完全不同。固體狀的食鹽如 **d** 所示，正電荷帶來的鈉（ $\text{Na}^+$ ）與負電荷帶來的氯離子（ $\text{Cl}^-$ ）因為庫侖定律<sup>※</sup>緊密結合，呈現離子晶體的狀態。食鹽溶解於水時就如 **b** 所示，會分解成鈉（ $\text{Na}^+$ ）跟氯離子（ $\text{Cl}^-$ ），進入水分子的網路中。

另一方面，固體狀的砂糖 **e**，則如同分子式  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$  所表示，是由45個原子所形成的分子，並藉由分子間作用力<sup>※</sup>緊密結合成晶體。砂糖的水溶液則如 **c** 所示，分子會以原來的形狀進入水分子之間。

※1 庫侖定律（Coulomb's Law）：兩個電荷間的作用力，異符號相吸，同符號相斥。

※2 分子間作用力：兩個中性分子間的作用力，只在分子接近的情況下作用。

圖解 食鹽與砂糖（砂糖）的溶解方式不同





## 比起食鹽，水為什麼可以溶解更多的砂糖

A

因為砂糖的分子量較大。實際上雖然砂糖溶解的克數比食鹽多八倍，但從莫耳數來看並沒有差那麼多。

只要物質還能夠溶解，水就會保持透明狀。但是當溶質漸漸增加，不管再怎麼攪拌都無法保持透明時，無法溶解的物質就會沈到水底。當水溶液中的溶質已經無法再溶解時，就稱為「飽和水溶液」。每100克的溶媒可以溶解的溶質克數，稱為「溶解度」。砂糖在20°C水中的溶解度大約是204克，相較之下，食鹽（氯化鈉）的溶解度約為26克。因為砂糖（ $C_{12}H_{22}O_{11}$ ）的分子量是342克／莫耳，食鹽（ $NaCl$ ）的分子量約為58克／莫耳，從莫耳數\*來看砂糖約0.6莫耳，食鹽則約為0.45莫耳，兩者其實相差不多。

圖解

食鹽跟砂糖在100克的水中可以溶解的量

204克的  
砂糖



26克的  
食鹽

\*莫耳數：計算原子與分子數量的單位。某些物質只由原子構成，只能以原子數計算其質量。只由分子構成時，就以分子量計算其質量。

## Q 提高水溫會增加砂糖的溶解度，食鹽卻不會？

A 因為食鹽即使在低溫的水中，分子也會離子化然後溶解。但是砂糖在高溫的水中，分子之間的結合容易崩壞而溶解。

食鹽在 $20^{\circ}\text{C}$ 的100克水中會溶解0.45莫耳，但即使上升到 $100^{\circ}\text{C}$ 也只會溶解0.48莫耳，水溫高低幾乎沒有影響。將固體溶解於水時的必須熱能稱為「溶解熱」，食鹽的溶解熱只有 $3.9\text{kJ/mol}$ ，即使在低溫也會離子化後溶解，就算提高水溫，溶解度也不會增加。

相較之下，砂糖的溶解度在 $20^{\circ}\text{C}$ 的水中是0.6莫耳，在 $100^{\circ}\text{C}$ 的水中則是1.4莫耳，隨著溫度上升，溶解度也會上升。因為砂糖對水的溶解熱需要 $5.4\text{kJ/mol}$ ，所以溫度越高越容易溶解。在低溫的水中，砂糖的分子緊密結合，附著在分子表面的能量較為穩定，則難以溶解。

### 圖解 溫度與溶解方式的不同

