



エネルギーは増えない？  
減らない？



エネルギー保存則

蔭山篤司





# 目次

はじめに .....	3
エネルギー保存の法則	
エネルギーとは .....	7
エネルギーは互いに移り変わる!～エネルギーの様々な形態～ .....	8
エネルギー保存の法則 .....	11
不可逆変化	
不可逆変化 .....	15



はじめに



この本は別の本「中学生・高校生のための数式を使わない物理の本」の中から「エネルギー」に関する部分を抜き出したものです。





## エネルギー保存の法則



## エネルギーとは

エネルギーという言葉はよく聞きますが、エネルギーって何ですか？ と聞かれてもなかなかどう答えていいのかわからない人は多いと思います。電気とか、石油とかのイメージはあると思いますが、やはり少し漠然としたイメージだと思います。「エネルギー」は、物理では明確に定義されています。「どれだけの力を加えながら、物体をどれだけの距離移動させることができるか」で定めています。具体的には「物体に加えている力」 $E$ （「その力の方向に」移動させることができる距離」と定義されています。まどろっこしい言い方になりましたが、物理における「仕事」という言葉を使うともう少しすっきりと表現する事ができます。物理では、「力」が仕事をします。物理における「（ある力がする）仕事」は、「物体に加えている力  $E$ （その力の方向に）移動させる距離」と定められているので、ある物体が持つエネルギーとは「その物体が、他の物体に対して仕事をする（潜在的な）能力」と表現することができます。（「仕事」については後の章「仕事って何？」で詳しく述べます。）

このように、「エネルギー」の説明のためには「仕事」を理解することが必要で、「仕事」の説明のためには「力」を理解することが必要になります。これらの「仕事」や「力」については後の章で少し詳しく説明しますので、とりあえず「エネルギーがあれば物体に力を加えて動かせる」と思っただいておいて、先に進みましょう。

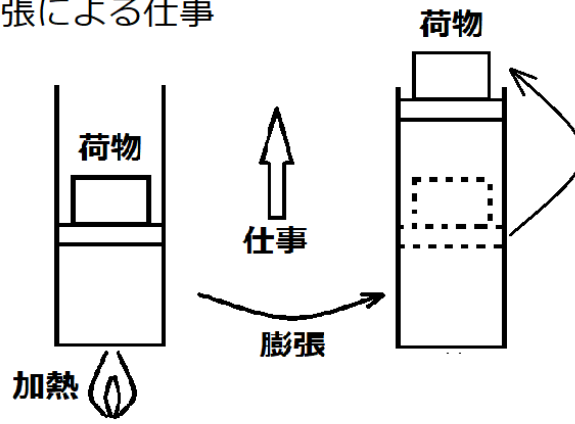
## エネルギーは互いに移り変わる!～エネルギーの様々な形態～

次にエネルギーの様々な形態について少し詳しく説明します。エネルギーには、実は様々な形態があります。例えば、熱エネルギー、電気エネルギー、光エネルギー、核エネルギー、力学的エネルギー、化学エネルギー等があります。様々な形態がありますが、エネルギーであるからには、必ず、物体に力を加えながら移動させる能力、すなわち物体に仕事をする（潜在的な）能力を持っています。少し説明すると、熱エネルギーは、例えばシリンダーに閉じ込めた気体を熱して膨張させて、閉じ込められた気体がピストンを押す力により、何かを動かす仕事をしたり、お湯を沸騰させ水蒸気でタービンを回し、蒸気機関車のように車輪を回したり、電気を起こしたりして、物体を動かすのに利用できます（図2「熱エネルギーがする仕事」）。電気エネルギーは、電流を流してモーターを回し、タイヤやギヤ（歯車）などを回転させることによって、何かを動かすのに利用できます。化学エネルギーは、化学反応を利用したもので、一番シンプルなものは、ガソリンを燃焼させその爆発によりエンジンを動かすことができます。核エネルギーは、大きな原子核が分裂したときに、分裂前より分裂後の質量の和が僅かに減り、その僅かに減った質量の分が莫大なエネルギーとなって放出されます。（相対論からの帰結であるエネルギーと質量の等価性により、減った質量の分が莫大なエネルギーとなって放出されます。）そのエネルギーを利用して発電するのが原子力発電です。過去には原子爆弾に使われたこともありました。力学的エネルギーは、中学校で聞いたことがある人もいると思いますが、運動エネルギーと位置エネルギーからなります。動いているものは止まるまでに他の物体に力を加えながら移動させることができます（図3「運動エネルギーと位置エネルギー」A）。この様に動いている物体が持つエネルギーが運動エネルギーです。また、高いところにある物体が、低いところに移動するまでの間に他の物体に力を加えながら移動させることができます。例えば、ひもで連結した2つの物体のうち一方を机の上に置き、他方を机から落とせば、机の上の物体は糸に引かれて移動します（図3「運動エネルギーと位置エネルギー」B）。この様に高いところにある物体は低いところまで移動する間に机の上の物体を動かすことができます。この、高い所にある物体が持つエネルギーが（重力による）位置エネルギーです。位置エネルギーについては、後の章でもう少し詳しく述べます。

このように、エネルギーの形態は様々ですが、エネルギーというからにはそのエネルギーを利用することによって、物体を動かすという「仕事」ができなければなりません。そして、エネルギーを利用するとき、エネルギーの形態が変化します。熱エネルギーが電気エネルギーになったり、動いている物体がもっている運動エネルギーが、摩擦力により止まるまでに、摩擦で発生する熱エネルギーに変わったりします。

# 熱エネルギーがする仕事

## A 気体の膨張による仕事



## B タービンによる仕事

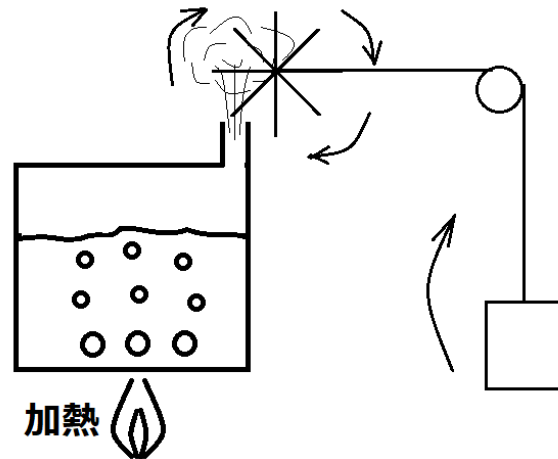


図2 熱エネルギーがする仕事

# 運動エネルギーと位置エネルギー

## A 運動エネルギー



## B 位置エネルギー

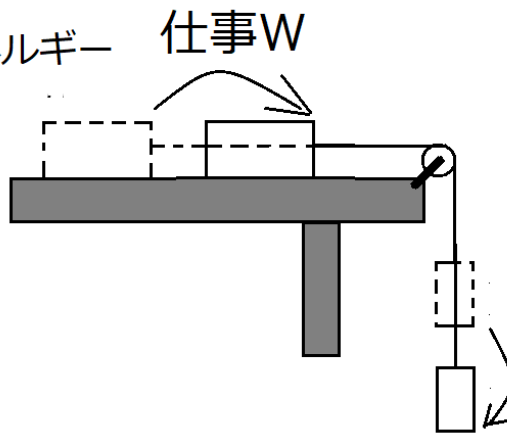


図3 運動エネルギーと位置エネルギー

## エネルギー保存の法則

この様にエネルギーの形態は変化しますが、実はエネルギーの量は全く変わりません。増えることもなければ、減ることもありません。必ず変化した後の全てのエネルギーを足せば、元のエネルギーの量とぴったり同じになっています。「それなら、エネルギーをどれだけ無駄遣いしてもいいんじゃないの?」と思いますよね? このことに関してはとても重要なことなので、後でもう少し詳しく説明します。数百年前までは、エネルギーを増やせるのではないかという考えがあり、エネルギーを増やす装置（機関）を作ろうと、発明家、研究者が人生をかけていた時代がありました。もし完成すれば、この装置は自分で作り出したエネルギーで自分自身がさらに動くので、永久に動き続けることとなります。そのため、「永久機関」と呼ばれています。もしエネルギーを増やすことができる装置を発明できれば、大金を手に入れることができます。多くの人が夢を見て努力をしましたが、どれだけ努力しても、実現はできませんでした。そのような研究の中で、エネルギーに対する理解が進み、どうやらエネルギーは増やせそうにないということがわかってきました。増えないばかりでなく、減ることもない、つまりエネルギーの量は変わらないということが確かめられ受け入れられるようになりました。何百年も前の話ですが、これを法則として表したものが「エネルギー保存則」です。エネルギーは、他の形態に移り変わりますが、その時、増えもしなければ、減りもしません。一見、エネルギーが減ったり、無くなったりしているように見えることがありますが、それは別の形のエネルギーに変わっているだけです。摩擦で熱が発生したり、電流が流れて熱が発生したりします。その熱で熱くなったものはやがて冷めますが、それは周りの空気があたたまること等に使われます。赤外線となって宇宙空間に放出されるものもあります。でも、これらを全て足し合わせれば、必ず元のエネルギーと同じ量になっています。このエネルギー保存の法則を破った現象はこれまで見つかっていません。例外なく、必ずこの法則は成り立っています。例えば昔、原子核の反応であるベータ崩壊（ある原子が電子を放出して別の原子に変わる反応）に於いて、崩壊の前後でどうしてもトータルのエネルギーが減ってしまうことが問題になっていました。そこで物理学者のパウリが、未知の粒子が不足分のエネルギーを持ち去っているという仮説を立てました。後に、この仮説通りの未知の粒子が発見され、不足分のエネルギーを持ち去っていることが確かめられ、やはりエネルギーは保存していることが分かりました。この粒子は現在ではニュートリノと呼ばれている素粒子です。ニュートリノはほとんど物質と反応せずに素通りしてしまうため、当初は実験で捕らえることができなかったのです。地球ほどの大きさでもらくらくとすり抜けてしまうくらい、ほとんど物質と反応せずに素通りします。

エネルギー保存の法則は、無条件で、例外なく成り立ちます。どう頑張ってもエネルギー保存の法則を破ることはできないのです。これはとても重要なことです。増えるこ

ともなければ、減ることもありません。じゃあ、エネルギーは使っても使っても減らないのであれば、エネルギーがなくなる心配は必要無いのではないかと思いますよね。これも、正しく理解しておく必要があります。確かに、使っても使ってもエネルギーは減りません。トータルの量は全く変わりません。しかし、エネルギーを使えば使うほど、熱エネルギーが増加していきます。熱エネルギーについて、ここでは詳しくは触れませんが、ひと度熱エネルギーに変わってしまったエネルギーは、一部が他のエネルギーに変わることがあっても、全てが他のエネルギーに変わることはできません。エネルギーを利用することで増えるのは、低温の物体が持つ熱エネルギーで、これは利用することが難しく、やはり全てを他のエネルギーに変換することはできません。このため、宇宙の全てのエネルギーは、最終的に全て（利用できない）低温の物体が持つ熱エネルギーに変わってしまう、ということになります。つまり、エネルギーを使えば使うほど、利用できるエネルギーが減り、利用できないエネルギーが増えていきます。

エネルギー保存の法則は無条件に成り立つ法則ですが、これと別に、力学的エネルギー保存の法則というものを聞いたことがあると思います。これはエネルギー保存の法則とはしっかり区別して理解しなくてははいけません。力学的エネルギー保存則は、条件付きで力学的エネルギーが保存されるという保存則です。詳しくはもうしばらく後で話しますが、この条件とは要するに、「力学的エネルギー以外のエネルギーに変換されなければ」というような内容の条件です。力学的エネルギー保存則は後まわしにして、次に力のお話をしましょう。



不可逆变化



## 不可逆変化

先程、エネルギーを使えば使うほど熱エネルギーがどんどん増えていくと言いましたが、その理由は自然界に「不可逆変化」という変化が存在するためです。「不可逆変化」とは、自然には逆の変化が起こらない現象です。例えば夏、部屋に氷の入ったコップを放置しておけば、やがて氷は解けて水になります。これは、氷がまわりの空気に暖められて解けるからです。このとき、熱エネルギーは温度の高い方（部屋の空気）から温度の低い方（コップの氷）へ自然に移動しますが、その逆の移動は起こりません。これは単なるエネルギーの移動なので、仮に温度の低い方から温度の高い方へ熱エネルギーが移動したとしてもエネルギー保存則には反していませんが、温度の低い方から温度の高い方への移動は自然には決して起こらないのです。

---

エネルギーは増えない？減らない？ ～エネルギー保存の法則～

---

著 藤山篤司

制作 Puboo  
発行所 デザインエッグ株式会社

---