

永久機関と熱力学の基本法則

永久機関という名称はどこかで聞いたことがあるであろう。永久機関は第一種永久機関と第二種永久機関の2種類に分類されており、それぞれ熱力学の第一法則に反するもの、第一法則には反さないが第二法則に反するものである。むしろ、歴史的に見ると無限に働き続ける夢のエネルギー源としての永久機関を追求してきた結果、これらがどうしても実現不可能であるという事実から熱力学の第一、第二法則が発展してきたと言っても間違いではない。現在でもたびたび永久機関に類するものがメディアに取り上げられ、すわ熱力学の基本法則の崩壊かなどと騒がれるが、現実には実用化されたものは存在しない。何故、ありもしないはずの永久機関(らしきもの)が登場するのか。それは、「機関(engine)」の意味を正しく理解していない人が多いからだとも言えるだろう。重要なのは、機関とはエネルギーを外部に取り出すための装置であり、単に変化し続ける系のことではないということである。例えば、まったく摩擦の無い理想的なタービンが存在したとする(理想的と言っている時点で実在はしないということだが・・・)。このタービンに最初だけなんらかの力を加えて羽根車を回転させてやれば、摩擦がないのであるから永久に動き続けることになる。ところが、これは単に回転しているだけであってエネルギーを外部に供給しているわけではないので、単なる慣性の法則によって動き続けているだけである。このような系を永久機関と呼ぶことはできない。もし、このタービンになんらかの外部出力装置を取り付けて、エネルギーを取り出せるようにしてしまえば、取り出したエネルギーの分だけタービンの持つ運動エネルギーが減少していき、最後には停止してしまうことになる。

第一種永久機関

第一種永久機関は外部からのエネルギー供給を必要とせず、無限にエネルギーを生み出し続ける機関である。明らかにエネルギー保存則、すなわち熱力学の第一法則に反していることがわかるであろう。例えば、図1は毛細管現象を利用した永久機関である。この装置では、毛細管現象によって吸い上げられた水が、液面よりも上部にある開口部から滴り落ちて、下にある水車を回す仕組みになっている。水車を回すのに使われた水は元の容器に戻るのに、蒸発してしまわない限り水が減ることはなく、永久に水車を回すことができるように思える。ところが、実際には毛細管の開口端から水が滴り落ちるには、開口部が液面よりも低いところにある場合に限り、図1のような配置で水を循環させることはできない。

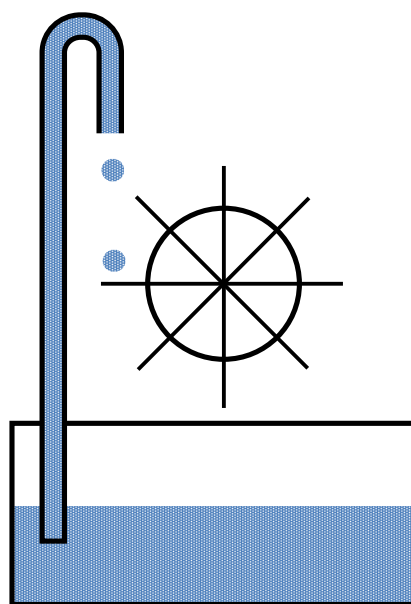


図 5w. 3 毛細管現象を利用した永久機関の概念図

第二種永久機関

第一種永久機関はエネルギー保存則を満たさないことから、現代人が惑わされることはあまりないであろう。一方、第二種の永久機関は、もう少し巧妙で実現できそうなものが多い。では、どこに問題があるかと言うと、第二種の永久機関はエネルギーをロスすることなく、永久に系のなかで循環し続ける機関であるという点である。例えば、もっとも簡単な例で言うと、二つのモーターの軸を直結して、一方をモーターとして、もう一方を発電機として使った系を考えてみよう。モーターは中心にある電磁石に電流を流すことで磁力を発生させ、その周りに配置した永久磁石との反発で回転させることで電気エネルギーを運動エネルギーに変換する装置である。逆にモーターの電磁石を機械的に回転させてやれば、電磁誘導によって電磁石に電流が生じ、力学的なエネルギーを電気エネルギーに変換することができる。軸を直結した2つのモーターの一方（モーター1）に、最初の一瞬だけ電流を流してやれば、それによってもう一方のモーター2が機械的に回転し、電流を生じる。もちろん、この電流を外部に取り出してしまえばエネルギー保存則からモーターの回転は遅くなっていくわけであるが、モーター2で発生した電流でモーター1を駆動してやるとどうだろう。もし、繋いだ二つのモーターが完全に摩擦がなく、電気抵抗も存在しないのであれば、永久に電気エネルギーと力学的エネルギーの変換が行なわれ続けるのではないだろうか？

実際には、摩擦もあるし電気抵抗も無視できないので、この系が永久に動き続けることはあり得ない。このような系が永久機関になりえないことは比較的分かりやすいが、一般的な第二種永久機関はこれを熱機関に拡張したものを含んでおり、若干矛盾点を見抜きにくくなっていることもある。熱機関は熱を仕事に変換する装置であり、第二種永久機関では、熱機関によって得られた仕事が最終的に摩擦などによって再び熱に戻り、それを再利用するという論理によって永久に動作する機関が構築される。この論理のどこが破綻しているのだろうか？

一つには、永久機関となるためには熱から仕事への変換効率が100%でなければならないということである。本文でも見てきたように、エネルギーロスの無い熱効率100%の変化と言うのは可逆過程のみであり、可逆過程は摩擦などの存在しないあくまで理想的な装置でしか実現しえないものである。もう一つは、熱は温度の高いところから低いところにしか移動しないという事実が挙げられる。Web 記載の熱機関の項でも述べられているが、熱機関は熱を高温の熱源から得ることで外界に仕事をし、次に余分な熱を低温の熱だめに捨てることで元の状態に戻る。永久機関を成立させるためには、低温の熱だめに捨てた熱を高温の熱源に戻す機構が必要となるが、エネルギーを消費せずにこれを成し遂げることは不可能であり、永久機関は成り立たないのである。最後にもう一点。これは最初にも述べたことであるが、「機関」とは外部にエネルギーを取り出すための装置であるということである。もし仮に、理想的な可逆過程のみで構成される装置を作ることができ、熱を低温側から高温側へエネルギー消費なく移動させることのできる仕組み^{*2}が存在すれば、永久に動き続

ける熱機関もどきを作ることも可能である。ところが、これは単にエネルギーが循環し続けているだけであって、このエネルギーを外部に取り出そうとすればたちまち装置はエネルギーを失って停止してしまうことになるだろう。世の中にしばしば発表される永久機関なるものは、常に『動き続ける』ことだけを民衆にアピールし、肝心の『エネルギーを取り出す』部分については口を拭って誤魔化しているものなのである。

*2 このような仕組みは「マックスウェルの悪魔」の存在によって可能となる。マックスウェルの悪魔とは、一個一個の分子を見分けることができ、高速で運動している分子と低速で運動している分子を選り分けることのできる存在である。この悪魔が存在するならば、低温の熱だめから運動エネルギーの大きな分子を取り出して高温の熱源に移し、逆に高温の熱源から低温の熱だめに運動エネルギーの小さな分子を移動させることで熱を逆流させることが可能となる。もちろん、このような悪魔は現実には存在してはいない。