

重さを測る

檉野台 本間

科学では、色々な量（重さ、長さ、時間、などなど）を正確に測ることが必要になる。今回は、重さを測ることを紹介する。「重さ」といえば、皆さんも関心が深いのではないかな。毎日ヘルスメーターにのって、「最近、体重が増えて困る。」と悩む、あの重さである。（科学では、「質量」とよぶが、本文では「重さ」と書く。）

重さの基準は2019年までは、下の写真の「キログラム原器」という金属の分銅が1 kgであると、国際的に決められていた。日本には1889年にNo.6という原器が、つくばにある産業技術総合研究所に提供された。先日一般公開で展示されたという記事が出ていたので、ご覧の方もおられるだろう。写真で分かるように、何重にも保護された容器に入っていて、厳重に管理されている。その重さは0.999999998 kg。1億分の5の変化しか生じない、安定性があるとされていた。今から30年ほど前に、きれいに洗ったところ、約50 μg (0.000050 g) だけ軽くなったそうである。これは、指紋一つに含まれる皮脂の重さに相当するということだ。

長さや時間は、自然に存在する光の速さや決まった原子の出す光の波長などを基準にしているので、人が作ったものが基準となっているのは重さだけだった。重さも、自然に固有のもので1億分の5の精度を上回る信頼性のあるものを基準にしたいと、世界の研究者が競って研究を進めてきた。その結果、2019年からは先月紹介したプランク定数を使って「重さ」が決められている。その安定性は1億分の1といわれる。

科学では物の重さをどのように測るのだろうか。私が専門にしていた化学では、「天秤」で測ることが一般的だ。

「天秤」で測れそうもない「大きなもの」「小さなもの」はどのようにしてその重さを測るのだろうか。

大きなものの代表はやはり星だろう。これは私もまったく素人だが、例えば、地球の重さは「万有引力の法則」から決めることができる。地上で物が落ちるのは、ご承知のように「地球の引力」が働いているためだ。つまり、地球の重さによってきまっているので、物が落ちる加速度（落ちるにしたがって速さが増す割合）を測ると、地球の半径などから地球の重さを計算できる。太陽の重さは、同じように地球の重さと太陽から地球の距離を使うと求めることができる。これで、4桁くらいの精度で太陽の重さは決められている。ただし、太陽は膨大なエネルギーを光などで放出している。エネルギーと「質量」は変換できるので、太陽は常に軽くなっているということもいえる。

軽い方はどうだろう。例えば、酸素や水など分子の重さは、質量分析計という機械があって精度良く測ることができる。電子や光を使ってこれらの分子をイオンにする。⊕や⊖の電荷をもっているイオンは、電気や磁石（電場や磁場）の力を受けてその運動が変わるが、軽いものほど変化が大きいのので重さを計算することができる。イオンを作る新しい方法が開発されて、分子の中ではとても大きなタンパク質などもその重さを測ることができるようになった。この新しい方法の開発で、島津製作所の田中耕一さんがノーベル化学賞をもらったのは、2002年のことだ。



日本にあるキログラム原器
https://unit.aist.go.jp/nmij/library/nmij_icp/kilogram.html