

雨粒が丸いのは

液体は、その表面積をできるだけ小さくしようとする傾向をもつ。液体内部の分子はその全方向で分子間相互作用をしてエネルギーを下げているが、表面の分子は相互作用の半分を無駄にしている。だから、無駄な表面積を最小にして最低エネルギー状態をとるのだ。

雨粒が丸いのは、体積に比べて表面積が最小の立方体は球だからだ。コップに水を満たしたとき、あふれそうになってもなかなかこぼれないのも、表面積が小さい状態になろうとするからだ。

雨が降った後、サトイモの葉の上にはたたくさんの小さな水滴がコロコロ転がっている。だが、こぶし大はもとより指先くらいの大ささの水滴も見ることはない。これに対し、宇宙船の中では、こぶし大どころか人間の頭の大きさ程度の水塊もできる。その映像をテレビなどで見たことがある人もいるかもしれない。なぜ、こうした違いが起るのか。その理由を物理学の考え方で説明すると次のようになる。

表面積を最小にする働きで

水塊を丸くする力は、液体表面に沿って働いている「表面張力」で、面積という2次元量が出ず、一方、水滴を壊す力は重力で、これは水滴の質量つまり体積にかかる3次元量だ。前者はサイズの2乗、後者は3乗に比例するから、大きくなれば後者の壊す力が前者を圧倒する。宇宙船の中で大きな水塊ができるのは、重さがないためだ。表面張力は液体と気体との間で起る現象を特に指しているが、より一般的には「界面張力」と表現する。液体と液体、固体と気体、固体と液体、固体と固体など2相の境界面でも張力が働いているからだ。

例えば、シャボン玉が球形になるのも、表面積を小さくして表面エネルギーを極小にする効果だが、この場合は中身も軽い気体だから大きなサイズのものでできる。以前テレビで、人間の入ったシャボン玉を見せていた。液体の表面張力は、温度が高くなると減少する。これは、分子運動が激しくなると表面と内部のエネルギーの差が小さくなるのから、不純物による影響も受け、特に界面に作用し性質を変化させる物質は表面張力を大きく低下させる。池にいるミズスマシが水面をすいすいと沈まずに移動できるのも表面張力のおかげだが、界面活性剤であるせっけんを溶かした水では表面張力が弱まり、沈んでしまう。

(東京大学名誉教授 和田昭九)

日経産業新聞
平成 30 年
4 月 24 日

山の形をつくる地殻

地球の表面には凸凹がある。凸部が山で、その集まりを山地という。その起伏状態や広がりやの違いによって、山脈、山系、山塊、高原と呼び分けられる。

日本の山地を現在の状態にしたのは、約1億年から2000万年前の造山運動だ。まず大陸の分裂が起こりヨーロッパやアフリカが分離した。しかし、約5000万年前から両大陸は接近しはじめ、約6500万年前から1800万年前までの時代に衝突して、アルプス造山帯ができた。この地球規模の変動の中で、ヒマラヤ山脈がユーラシアとインドの衝突で隆起し、日本列島も形作られた。

山は地上に現れているだけではない、それとバランスする構造を地下に持っている。山の下では山の質量に相当するだけの質量が不足していることが、重力異常などの観測によって解

重力から構造読み取り

た。たとえばヒマラヤの比較的低い山脈は、密度の高い溶岩の上に浮いているのだ。

地殻は重くて流動性のある上部マントルに浮かんでいる。このように、地殻の重量と浮力が釣りあう現象が「アイソスタシー」だ。流動性があるといたが、地震波の観測によるとマントル全体は固体だ。つまりマントルは、巨大な質量の荷重といった長い年月によるゆっくりとした力には液体の性質を示し、地震波のようなパルスの力に対しては固体として振る舞う。

アイソスタシーは、1850年ころインドで測定された思いがけない「鉛直線偏差」によって発見された。鉛直線偏差とは、地球上で実際に鉛をぶら下げた方向と、地球を仮想の球体として表面にひいた法線の差をいう。

ヒマラヤ山脈のような大きな質量の突出があれば水平方向の引力が働き、山麓での鉛直線偏差は大きくなるはずだ。しかし、実際にはヒマラヤ山脈の質量分布から予想される値から大きく外れてゼロに近かった。

アイソスタシーはこの事実を説明するために提出された地殻・マントル構造モデルで、山や海底といった地形の形成について説明の基礎を与える。アイソスタシーによって、地殻の厚さからその土地の標高が決まるからだ。

ちなみに山の形の時間変化は人の一生に例えらる。原地形が浸食されて、山稜と谷の起伏高度差が大きくなり、さらに浸食が進むと山稜が低くなり起伏が緩やかになる。この変化を幼年山地、早壮年山地、満壮年山地、晩壮年山地、老年山地に分類している。

(東京大学名誉教授 和田昭九)

日経産業新聞
平成 30 年
5 月 8 日