

ゴムの弾性を測る

37期生

I テーマ設定の理由

ゴムは、身近にある物の一つである。私はそのゴムを不思議な固体だと思い、調べてみようと考えた。しかし、ゴムを調べるといっても、その範囲は広く、とてもできそうにない。そこで、ゴムの特徴の一つ、弾性がある(よく伸び、よく縮む)ということを探っていくことにした。夏休みの自由研究、本で調べて終わるより、自分で実験をしてゴムの一端を明らかにしたかったからだ。

II 研究方法

1. 文献で調べる……弾性・ゴムの種類・ゴムの構造—ゴムの弾性の秘密—
2. 実験をする……ゴムの伸び方・温度別の伸び
3. グラフを書く……実験の結果をもとにゴムの伸びについてグラフを書く。

III 研究内容

[1] 弾性

弾性とは、引っぱり曲げたりしたときに、もとにもどろうとする性質のことである。

私達は日常よく「ゴムやゼリーには弾性があるが、木やガラスには弾性がない」等というが、これは学問の立場からいうとまちがいである。ガラスや鋼鉄にも弾性はある。つまり、どんな固体にも弾性はあるのだ。ただ、弾性の強さがちがう。

ゼリーやコンニャクのように、変形させるのに小さな力で済むものは、弾性が弱い。

反対に、鋼鉄や水晶のように、変形させるのに大きな力を要するものは、弾性が強い。

ゴムは、「弾性が弱い」固体なのである。

弾性の原因は何か。それは、物質をつくりあげている原子や分子のあいだに働く力—引力あるいは反発力—である。

しかし、ゴムの弾性だけは、まったく違う仕組みで起こる。

[2] ゴムの種類

ゴムの種類には、次のようなものがある。 () 内はASTM略語

天然ゴム (NR) ・合成天然ゴム (IR) ・スチレンゴム (SBR) ・ブタジエンゴム (BR) ・クロロピレンゴム (CR) ・ブチルゴム (IIF) ・ニトリルゴム (NBR) ・エチレン・プロピレンゴム (NPDM) ・ハイパロン (CSM) ・アクリルゴム (ACM) ・ウレタンゴ

ム (U)・シリコンゴム (SI)・ふっ素ゴム (FPM)・多硫化ゴム (T)

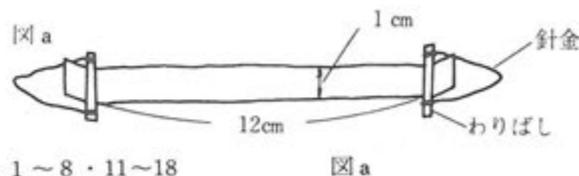
[3] ゴムの伸び

(1) 実験の準備

① ゴム

- ゴムは図 a のようにする。
- ゴムに番号をつける。

- 再生ゴム 2種類…………… 1~8・11~18
- 自転車のチューブ…………… 21~28・29・30
- ブチルゴム 2種類…………… 31~34・41~44



(2) ゴムの伸び (30℃)

① 実験方法・装置 (図 b)

- おもりをぶらさげていき、どれだけ伸びたか印をつける。

② 結果・考察

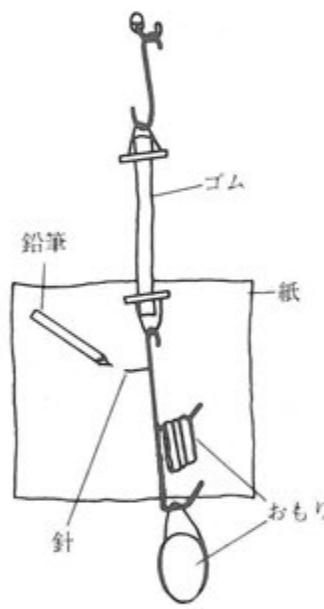


図 b

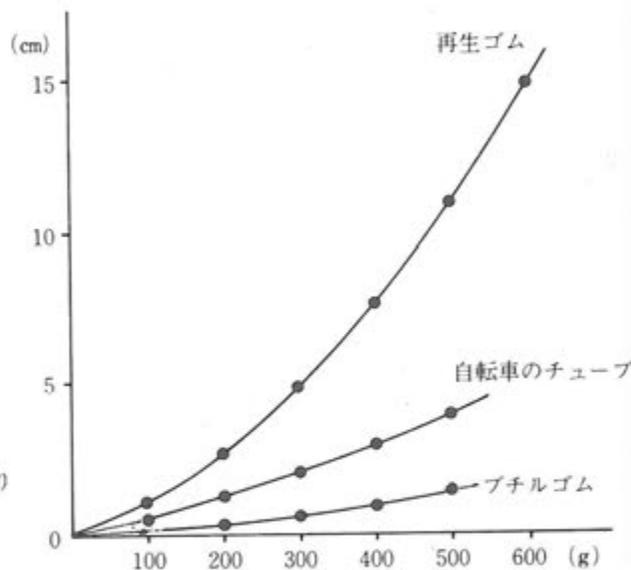


図 c

○おもりの重さとゴムの伸びをグラフにすると、図 c のようになった。

○このグラフの線は、すべて、原点を通る曲線である。このことから、ゴムにつきすおもりの重さとゴムの伸びは、正比例しないということがいえる。

(3) ゴムを冷やしたときの伸び PART I (-17℃)

① 実験方法

1. 冷凍庫にゴムと電気式の温度計とを入れ、冷やす。温度は-17℃ぐらいに保つ。
2. 充分冷やしておいて、(2)と同じように測る。

② 結果・考察

○おもりの重さとゴムの伸びをグラフにすると図 d のようになった。

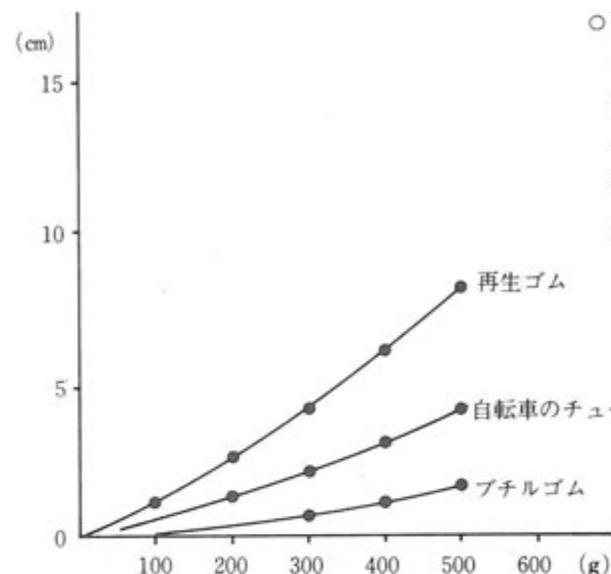


図 d

○伸び方にあまり変化はないが、温度が30℃のときに比べて、少し伸びる長さが短くなった。(ゴムによって違いはあるが、伸びにくくなったものの方が多い)

(4) ゴムを冷やしたときの伸び

PART II (-50℃)

① 実験方法・装置 (図 e)

1. ドライアイスとエタノールを、ホーローのコップに入れ、寒剤をつくる。
2. 寒剤の中にゴムを入れて冷やす。温度計も入れ、温度を測っておく。
3. 下からの伝導を防ぐため、コップの下に発泡スチロールをしく。
4. よく冷えたゴムを、図 b のようにす速くつるし、一度に450gのおもりをつるして伸びた長さを測る。

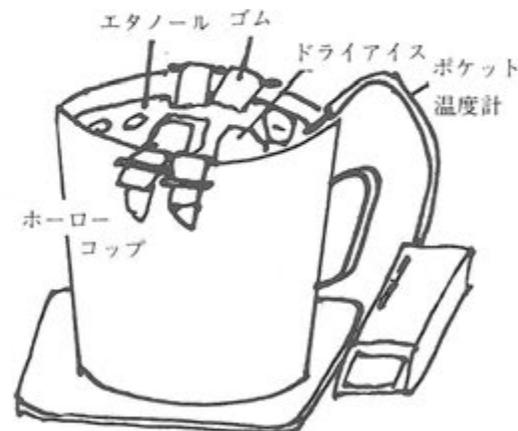


図 e

② 結果・考察

○ゴムの温度を-50℃まで下げると、おもりをつるしても、ゴムの温度が30℃のときに比べておもしろいしか伸びない。(次ページの図 f から)

○ゴムの温度を-50℃まで下げると、ゴムはかたくなった。しかし、折れなかった。

○冷やしたゴムにおもりをつりさげ、しばらくそのままにしておくと、ゴムの温度が上がっていくにつれて、ゴムは次第に長くなっていく。しかし、ゴムの温度が室温と同じになると、それ以上長くならない。

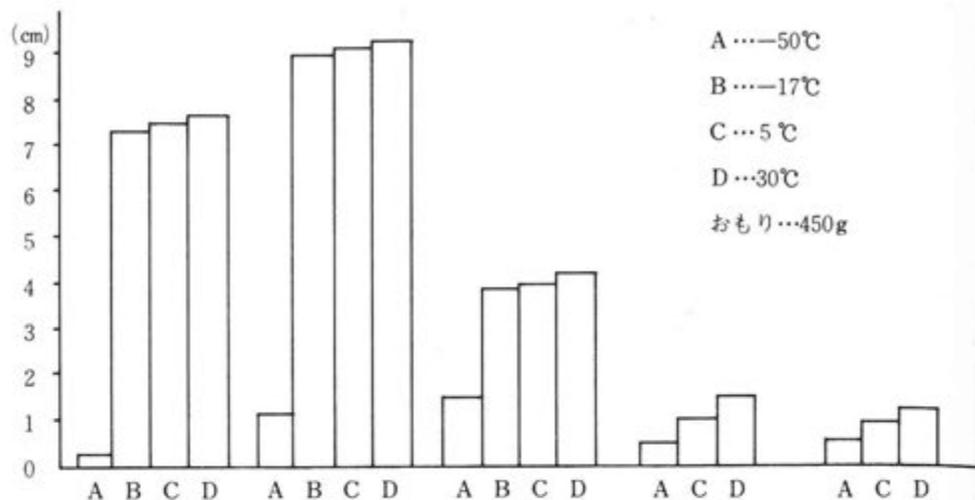


図 f

(5) ギョムを温めたときの伸び (75°C)

① 実験方法・装置 (図g)

1. ギョムにおもりをつるす。
2. ギョムに紙づつをかぶせ、その中に温度計を入れる。
3. 針が指すところに印をつける。
4. ドライヤーで紙づつの下から熱風を送る。
5. 温度が75°C前後まで上がったとき、針が指すところに印をつけ、熱風を送るのをやめる。
6. 温度が下がったときに印をつける。
7. 4~6の操作をくり返す。



図g

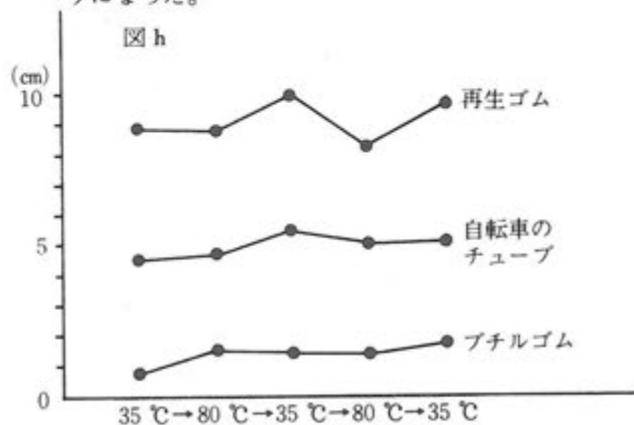


図 h

○ギョムは、熱すると縮むと言える。
(合成ギョムの中で耐熱性に優れたものは、あまり変化がないが)

(6) 実験結果のまとめ

- ギョムにつるすおもりの重さと、ギョムの伸びは、正比例しない。グラフにすると、原点を通る曲線になる。これは、ギョムの温度をかえても変わらない。
- ギョムの温度が-17°Cのときは30°Cのときに比べると、少し伸びにくくなる。
- ギョムの温度が-50°Cのとき、ギョムはかたくなり、おもりをつるしてもほとんど伸びない。
- 温度が30°Cのギョムにおもりをつるし、熱風をあてて温度を75°Cぐらいまで上げると、ギョムは縮んでいった。(多くのギョムについていえることである)

[4] ギョムの構造—ギョムの弾性の秘密—

固体の弾性は、物質をつくりあげている原子や分子のあいだに働く力—引力あるいは反発力—からくる。しかし、ギョムの弾性と他の固体の弾性は、起こるわけが違う。それでは、ギョムにはなぜ弾性があるのだろうか。それは、ギョムの構造に秘密があるのだ。

(1) ギョムの構造—ギョムにはなぜ弾性があるのか—

ギョムの分子は長い鎖状高分子である。鎖状高分子とは、長い大きな分子である。力を加えないときのギョムひものなかのギョムの分子は、図 i のように丸まった構造をしている。これを「糸まり」という。それは、一本一本のギョムの分子のなかの各部分が、でたらめな回転運動(熱運動ともいう)をしているからである。そのため、糸まりも、刻々に形を変えているのだ。しかし、糸まりどうしはたがいにからまり合っているから、よその場所へころがっていくことはない。だからギョムは立派な固体なのである。

さて、つぎにこの糸まりの集団を引っばると、図 j のように長く伸びる。そして、引き伸ばされたギョムの鎖状分子は、その各部の運動によってもとの丸まった構造(図 i の形)にもどろうとする。これがギョムの弾性力の原因である。手をはなせば、その激しい運動でただちにもとの状態にはねもどる。でたらめな運動をしている鎖にとつては、無理に伸ばされた状態よりは丸まった状態の方が自然なのである。



図 i



図 j

(2) ギョムはなぜ弱い力で伸びるのか

ギョムが弱い力で伸びるのはなぜか。これは次ページの図 k のように、鋼鉄の弾性と比較すると良くわかる。金属のなかでは、金属結合とよばれる非常に強い力で原子と原子が結びついている。鋼鉄を引っばって伸ばすためには、この強い結合を引きはなさなければならない。鉄の弾性が強く、なかなか伸びないのはこのためである。

それにひきかえ、ゴムを引き伸ばすには、分子の運動で丸まっている糸まりを引き伸ばすだけである。糸まりを引き伸ばすにも、そんなに力はいらぬ。だから、ゴムは弱い力で引き伸ばすことができるのである。

(3) ゴムはなぜ非常に長く伸びるのか

図 k からわかるように、ゴムの分子の糸まりは、それぞれ非常に長い鎖状分子の丸まったものであるから、これを引き伸ばせば容易に4倍、5倍の長さになると考えられる。

(4) ゴムの弾性のまとめ

- ゴムの分子は、くちやくちやく丸まった鎖状高分子である。
- ゴムの弾性の原因は、鎖状高分子の各部分の運動である。

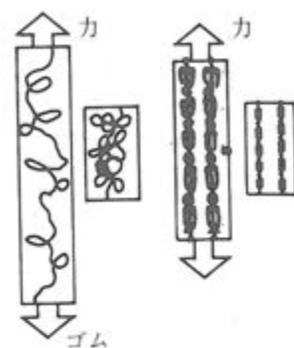


図 k

IV 結 論

- ① 弾性とは、変形させたときにもとの形にもどろうとする性質のことである。
どんな固体にも弾性はあるが、その強さはそれぞれ違っている。
- ② ゴムにはたくさんの種類があり、用途に応じて使われている。
- ③ ゴムにつるすおもりの重さとゴムの伸びは、正比例しない。グラフに表すと、原点を通る曲線になる。これは、ゴムの温度を変えても変わらない。
- ④ ゴムにおもりをつるしても、ゴムの温度によって伸びる長さが変わる。
温度が30℃のときに比べて、-17℃のときは少し伸びにくくなる。-50℃のときはほとんど伸びなくなる。ゴムを熱して75℃にすると、ゴムの分子の熱運動がきかなくなり、ゴムの弾性が強くなるので、ゴムは縮んでいく。
- ⑤ ゴムの弾性は、はね動く鎖状高分子の運動の結果である。

V 総 括

(1) 感 想

実験の装置などは、全部家にあるものを利用して使った。そのため、「科学的」という言葉からはずいぶん離れたものになってしまったが、身近にあるものでも色々な実験ができるということがわかった。

日常、何気なく使っているゴムにも、こんな秘密があったのだ。こう考えると、今年の自由研究はとても楽しいものだった。

今回は「弾性」について調べたが、このような物質の性質について研究する学問のことを、「レオロジー (流動学)」という。私はこの自由研究を通じてレオロジーにも興味をもった。また別の機会に調べてみたいと思う。

(2) 反省

たくさんのゴムを使って実験をしたかったが、ゴムが手に入らなくて、5種類のゴムしか使えなかった。

ゴムの温度を変えてみて、「ゴムの温度と伸びの関係」も調べたかったが、できなかった。

参考文献

岩波科学の本「流れる固体」 中川鶴太郎著