

# 高温環境下における輪ゴムの劣化の抑制手段

班員 安達 直恭、竹口 幸哉、花島 圭祐  
担当教諭 吉村 彰志

キーワード：ゴム、劣化、酸化

Preliminary research has shown that rubber degradation is more closely related to temperature than to time. In order to find a means of controlling the deterioration of rubber, various treatments were performed on rubber bands. After the manipulations, the rubber bands were placed in a space at 80°C and the degree of deterioration was compared. The results showed that rubber bands were prevented from deteriorating under the conditions of coloring with a pen and immersion in a liquid. These results suggest that coating the surface of the rubber bands to inhibit the acceleration of oxidation can reduce deterioration.

## 1 はじめに

私たちの身の回りには多くのゴム製品がある。ゴム製品をより長い期間使えるようになれば、ゴム製品を買い替える費用やゴム製品の劣化により発生する事故の危険を抑えられると考え、ゴムの劣化を抑制する手段を見つけることを目的として本研究を始めた。ゴムの劣化には軟化と硬化があり、主に酸化によって起こると先行研究によって分かっている<sup>(1)</sup>。また、ゴムが硬化する（硬度3Hsアップ）には10°Cに保った状態で17年、30°Cで保った状態で1.6年と非常に長い時間かかることが知られている。そのため私たちは硬化よりも短い期間で劣化を観察できる軟化劣化に注目して実験を行った。



図1 劣化したタイヤ

## 2 材料と方法

輪ゴムの伸びが大きくなることを軟化劣化と定義した。輪ゴムの伸びを測定する際はスタンドに輪ゴムを吊るし、1 kgの重りを吊るして伸ばしその全長を物差しで測定した。

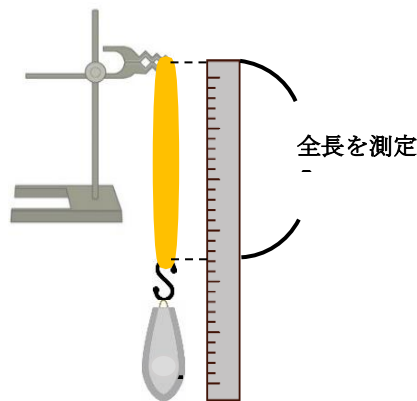


図2 実験方法

株式会社サンフレイムジャパン社のゴムバンドNo.16を使用し実験した。一度伸ばした輪ゴムは廃棄し、常に新品の状態の輪ゴムを使用した。

### <実験1>

低温・常温・高温の条件下で輪ゴムの劣化の度合いを調べるため、3°Cの冷蔵庫、30°C、80°Cに設定したインキュベーターの中にそれぞれ輪ゴムを50本ずつ入れた。10日間、毎日5本ずつ取り出して全長を測定し、平均値を求めた。

### <実験2>

30°Cに設定したインキュベーターの中に150本の輪ゴムを入れた。6週間の間、毎週30本ずつ取り出して全長を測定し、平均値を求めた。

### <実験3>

80°Cに設定したインキュベーターの中に様々な操作を行った輪ゴムを入れ、1週間後取

り出して全長を測定し、平均値を求めた。輪ゴムに行った操作は以下の通りである。

- ・赤ペン、黒ペンで着色する（油性）
- ・亜鉛版、銅板で挟む
- ・水道水、赤ワイン、石鹼水、食酢に浸す
- ・ラップ、アルミホイル、セロハンテープで覆う

比較のために無操作の輪ゴムも同じインキュベーターの中に入れた。

赤ペン・黒ペンで着色する条件は色によって輪ゴムの劣化に与える影響が異なるか調べるために条件に取り入れた<sup>(2)</sup>。着色の際には輪ゴムの元の色が見えなくなるようにした。

金属板で挟む条件もインターネット<sup>(3)</sup>より「金属に触れさせておくと劣化が促進される」という記述をもとに条件に取り入れた。

石鹼水・食酢は身の回りのものでpHが大きいものと小さいものという理由で条件に加えた。石鹼水と食酢のpHはそれぞれ10.0と3.0であった。ワインは最近需要が高まっている消毒用アルコールの代替品として入れた。液体に浸す条件では、シャーレに各液体を入れ、輪ゴムの全体を浸した。

物体で覆う条件は、スマホの液晶を保護するときにフィルムを貼るときのように、覆えば劣化を防げるのではないかと<sup>(4)</sup>という考えで条件に加えた。



図3 80℃で各操作を施して放置した輪ゴムの様子



図4 80℃で各操作を施して放置した輪ゴムの様子

### 3 結果

<結果1-1>

3℃の冷蔵庫に放置した輪ゴムの全長の平均値は10日とも34～39cmの範囲内であり、時間がたっても変化は見られなかった

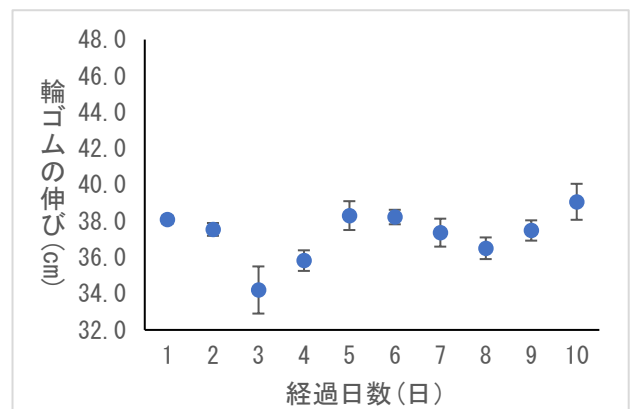


図5 実験1 3℃で放置した輪ゴムの全長の変化

<結果1-2>

30℃のインキュベーターに放置した輪ゴムの全長の平均値は10日とも37～39cmの範囲内であり、時間がたっても変化は見られなかった。

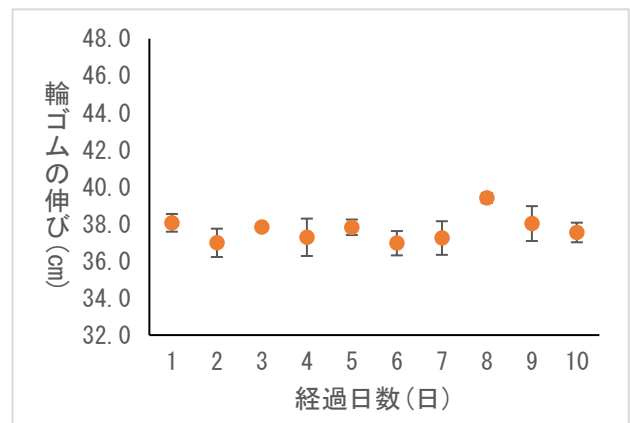


図6 実験1 30℃で放置した輪ゴムの全長の変化

<結果1-3>

80℃のインキュベーターに放置した輪ゴムの全長の平均値は35～45cmの範囲内であった。

時間が経過するにつれ、全長が長くなり、1日目では平均37cmであったが10日目では平均45cmと伸びが8cm長くなった。

また測定時、輪ゴムを伸ばす際に10本中5本が断裂した。

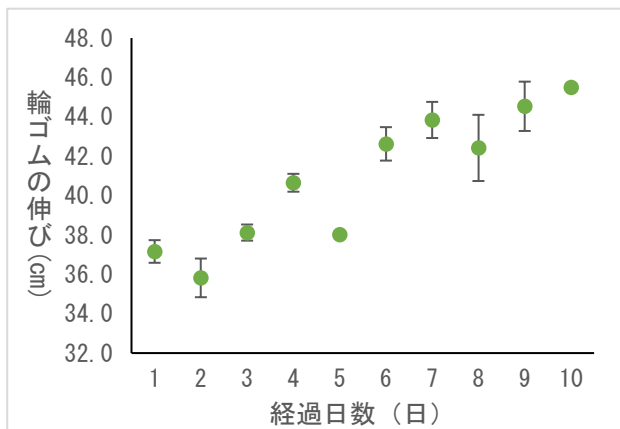


図7 実験1 80℃で放置した輪ゴムの全長の変化

<結果2>

30℃のインキュベーターに放置した輪ゴムの全長の平均値は1週目で35cmであったが6週目では36cmと6週間で1cm伸びが長くなった。

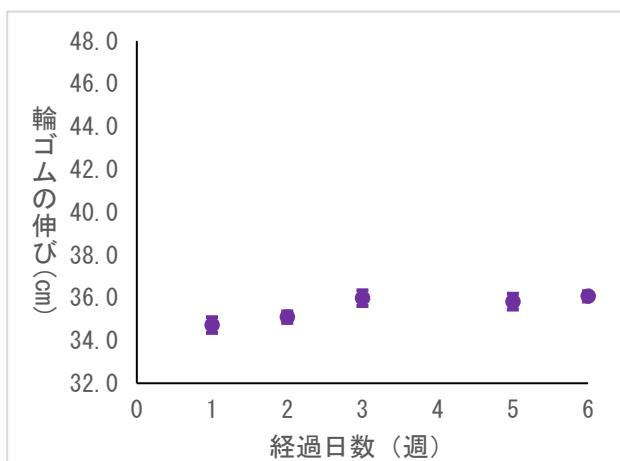


図8 実験2 30℃で6週間放置した輪ゴムの全長の変化

<結果3>

黒ペン、赤ペンで着色した場合、食酢、ワイン、水道水に浸した場合では何も操作をせずに入れた場合と比べ、輪ゴムの伸びが-2.3～-1.1cm変化した。

ラップ、テープ、アルミで覆った場合、亜鉛板、銅板で挟んだ場合では-0.70～+0.73cm変化した。

石鹼水に浸した場合では+1.16cm変化した。また、石鹼水に浸した場合でのみ輪ゴムの表面に白い粉が付着したり、数本が断裂したりした。

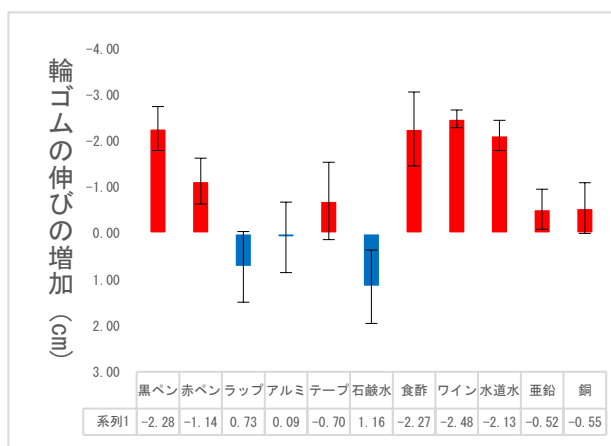


図9 実験3 輪ゴムに操作を加えたときの伸びの増加

表1 各条件の劣化の度合い

劣化を抑えられた

- ・赤ペン、黒ペン
- ・水道水
- ・ワイン
- ・食酢

劣化を抑えられなかった

- ・石鹼水
- ・セロハンテープ
- ・アルミホイル
- ・ラップ
- ・銅板
- ・亜鉛版



図10 石鹼水に入れた輪ゴム

#### 4 考察

##### <考察1>

実験1で3℃、30℃で輪ゴムの時間経過による伸びの増加が観察できなかったのに対し、80℃で輪ゴムの時間経過による伸びの増加が観察できたのは、輪ゴム内の物質の開裂が高温によって促進されたためだと考えられる。

##### <考察2>

実験2で6週間での輪ゴムの時間経過による伸びの増加が、実験1の80℃での時と比べ小さかったのは温度が低く、輪ゴム内の物質の開裂の起きる数が少なかったためだと考えられる。

##### <考察3>

輪ゴムを覆う条件で劣化が抑えられなかったのに対して、着色する条件と液体に浸す条件で劣化を抑えられたのは空気と触れている部分が少なく酸化を防ぐことができた<sup>(5)</sup>ためだと考えられる。また亜鉛版と銅板による劣化の促進が見られなかったのは、金属による劣化が起こる前に取り出してしまったためだと考えられる。石鹼水に浸した条件で輪ゴムの伸びが大きかったのは、石鹼水の中の物質と輪ゴムの主な成分である天然ゴムとの相性が悪く、輪ゴムの弾性が失われたためであると考えられる。

#### 5 今後の展望

着色や液体に浸すことによって酸化を防いでいたのかについて調べるために、耐酸化性能を持つ輪ゴムと持たない輪ゴムで劣化の度合いを比較する実験を行う。

石鹼水がゴムの劣化を促進させた原因を調べるために、使用した石鹼に含まれていたそれぞれの成分を加えた時の輪ゴムの劣化の度合いを比較する実験を行う。

#### 6 参考文献

(1)太智重光. 各種ゴムの劣化機構. 2018-8-21 (参照2023-2-6)

(2)Studium

<https://studium-univ.tokyo/science/black-hot/>(参照2023-2-10)

(3)野口優弥、東勇吾、松本均、宇都宮里佐[一般論文 ゴムの劣化事例および試験方法] 日新電機技報Vol. 64, No. 2 (2019.10)

(参照2022-10-18)

(4)スマホ画面に保護フィルムは必要? 保護フィルムのメリット・デメリット | パソコン修理・サポートのドクター・ホームネットがお届けするコラム (4900.co.jp)

(参照2023-03-16)

(5)酸化とは | 酸化防止剤の作用メカニズム | ジュンツウネット21 2021-11-5

<https://www.juntsu.co.jp/qa/qa1103.php>

(参照 2023-03-16)