

輪ゴムの劣化
Deterioration of rubber bands
入谷 和華奈 関 恵実
IRITANI Wakana SEKI Megumi

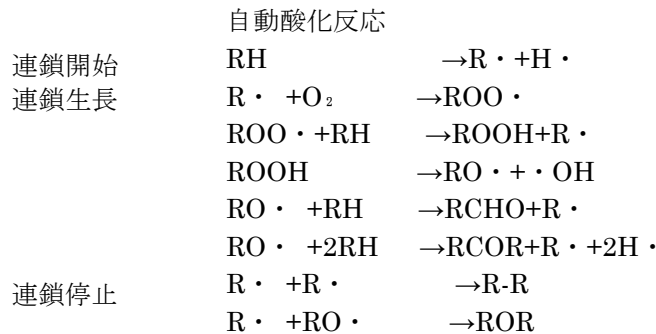
1. 動機 ・ 目的

私たちが所属している弓道部の練習で使用しているゴム弓を金属フックにつるしていると、金属に触れているゴムの部分が傷んだのではないかと思った。そこで、ゴムがなんらかの影響で劣化していると考え、何が影響しているかを調べることにした。

2. 先行研究について

<劣化について>

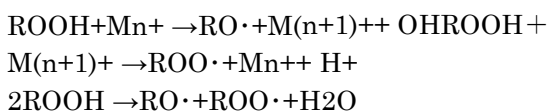
ゴムやプラスチックは、熱や酸素、光などで自動的に劣化が起こる。これを、自動酸化反応という。ここでいう劣化とは、ゴムやプラスチックのポリマーが、酸化されることである。このポリマーの自動酸化反応の化学式は、以下のように表される。



連鎖生長の最後の2つの反応が起こるとき、ポリマー(R)は、酸素(O)を含む形で安定し、酸化される。この現象が劣化である。

先行研究では、実験に市販の輪ゴムを用いた。輪ゴムは、天然ゴムからできていて、天然ゴムの主成分はポリイソプレン([C₅H₈]_n)である。

この自動酸化反応が起こるとき、金属イオンは電子の受け渡しをする触媒の役目を果たす。これにより、ポリマーの自動酸化反応が促進される。



引用：『千葉県立船橋高等学校理数科課題研究 2017 年 輪ゴムに接触する金属の違いによる劣化の変化』

<実験>

25℃と45℃における銅・鉄・鉛の輪ゴムへの影響を調べる。金属板の上に輪ゴムを置き、各温度に設定したインキュベータに入れて、2週間放置する。2週間後、その輪ゴムをスタンドにかけ、500グラムの重りをつるし0～30分まで5分ごとに輪ゴム全体の長さを測る。

<劣化の基準>

ゴムの伸びが短い(=伸びにくい)ほど劣化しているとする。

<結果と分かったこと>

先行研究では一定温度のもと、金属の種類だけを変えて比較しており、その温度ではどの金属が一番劣化を促進しているかを調べている。25℃での金属の輪ゴムへの影響は劣化を促進した順に鉄、銅、鉛、未処理であった。また45℃での金属の輪ゴムへの影響は劣化を促進した順に鉄、鉛、銅、未処理であった。未処理とは、金属版に触れさせずに一定温度で2週間放置したものである。

先行研究の実験結果の25℃と45℃での同じ金属を比較すると、全体的に45℃の方が劣化していることが分かった。このことから私たちは温度が高くなるほどゴムの劣化は進むだろうと考えた。

3. 実験

【実験①】

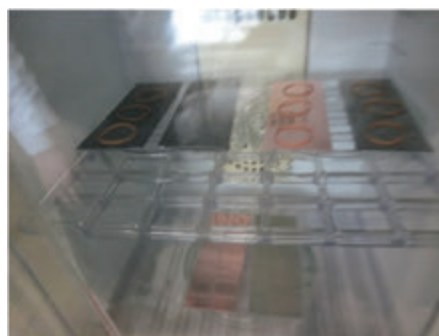
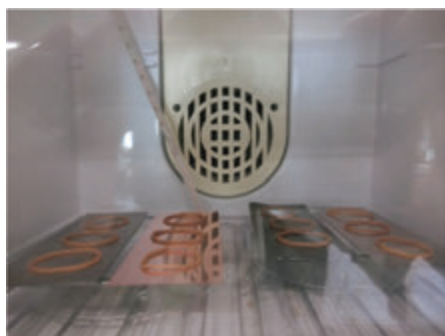
各金属で温度だけを変えて輪ゴムの劣化を比較する。先行研究より 25℃と 45℃での銅・鉄・鉛の影響度順は分かったので、銅・鉄・鉛それぞれで温度が高くなるほど劣化するのか調べる。

ここでは使用する金属として、先行研究と同じ金属（銅・鉄・鉛）を用いた。

<方法>

ほぼ先行研究と同様に行った。

- ① 銅・鉄・鉛の金属板の上に輪ゴムを乗せたものと金属板に乗せていないそのままの輪ゴムを用意する。
- ② それらを 25℃, 35℃, 45℃に設定したインキュベータに入れ 2 週間放置する。



〈インキュベータ内での様子〉

- ③ 2 週間後、この輪ゴムを 1 つずつ鉄製スタンドに掛け、500 グラムのおもりを輪ゴムにつるし、輪ゴムの長さを 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 分の計 7 回測定する。



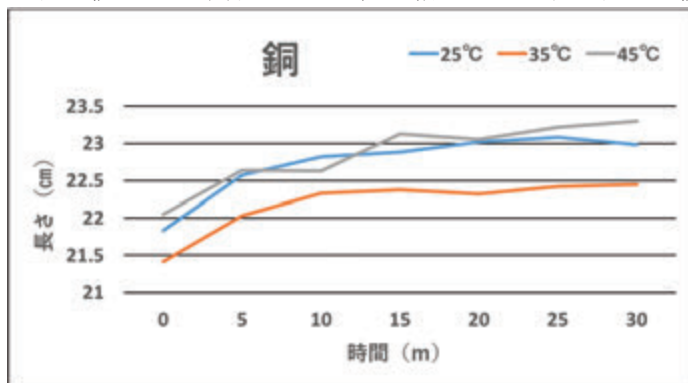
〈500 g を測った時の様子〉



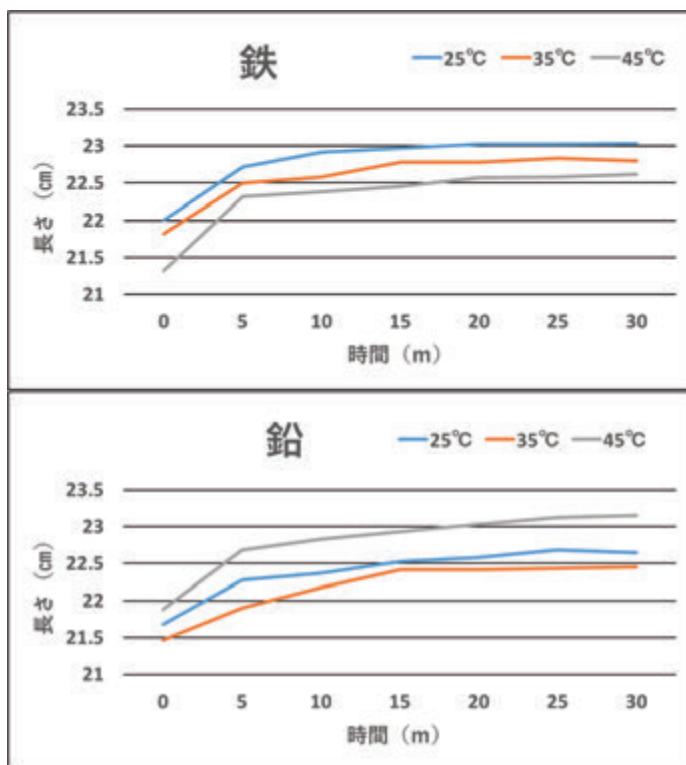
〈鉄製スタンドに吊り下げている様子〉

<結果>

表の値は同じ条件のもと 6 個の輪ゴムで実験を行った値の平均値である。



銅	25℃	35℃	45℃
0	21.83	21.42	22.05
5	22.58	22.03	22.64
10	22.82	22.33	22.63
15	22.88	22.38	23.13
20	23.02	22.32	23.06
25	23.08	22.42	23.22
30	22.98	22.45	23.3



鉄	25°C	35°C	45°C
0	22	21.82	21.32
5	22.72	22.5	22.32
10	22.92	22.58	22.38
15	22.97	22.78	22.45
20	23.02	22.78	22.57
25	23.02	22.83	22.58
30	23.03	22.8	22.62

鉛	25°C	35°C	45°C
0	21.68	21.47	21.88
5	22.28	21.9	22.68
10	22.37	22.18	22.83
15	22.53	22.42	22.93
20	22.58	22.42	23.03
25	22.68	22.43	23.12
30	22.65	22.45	23.15

輪ゴムの長さが短い温度の順番は、銅：45°C、25°C、35°C、鉄：25°C、35°C、45°C、鉛：45°C、25°C、35°Cであった。したがって、これらの温度の順番が劣化の大きい順である。銅・鉛では35°Cが一番劣化していた。鉄のみはほかの金属と違って、温度が高くなるほど劣化を促進した。

<考察>

どの金属でも温度が高くなるほど劣化を促進するだろうと考えていたが、銅・鉛の結果は予想とは違い、またすべての金属がばらばらの結果となった。25°C、35°C、45°Cの結果を比較しても規則性は見られないが、劣化を促進させやすい温度は金属によって違う可能性があると思った。

しかし、インキュベータが常に温度が一定であるかの確認ができていないことや、湿度や紫外線などの外的要因を制御できていないこともあり、現在の実験方法では温度以外のすべての外的要因を同じにすることが難しいため、各金属で温度だけを変えて輪ゴムの劣化を比較する実験については断念することにした。

【実験②】

自然環境下での金属の種類の違いによる輪ゴムの劣化を比較する。ここでは、身近な金属としてアルミニウム、鉄、銅、トタンを使用した。トタンとは、鉄を亜鉛でメッキしたものである。

<方法>

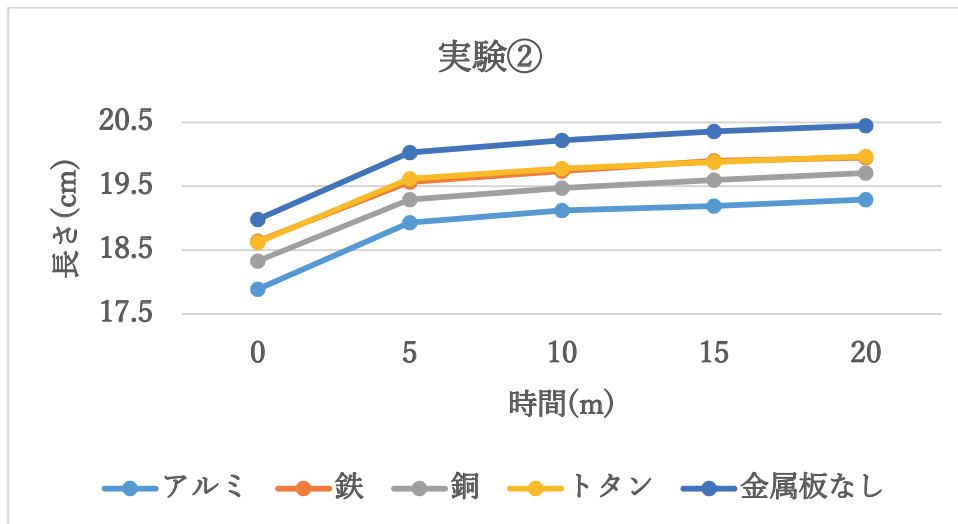
- ① プラスチックトレイにアルミ・鉄・銅・トタンの4種類の金属板を入れ、その上に輪ゴムを置く。金属板なしも用意する。
- ② 風で飛ばされないように、トレイをラップで覆い、細かい穴を数十個開けた。そしてそのまま外の日の当たるところに1週間放置する。
- ③ 1週間後、測定は実験①と同様に行い、回数は20分以降、輪ゴムの伸びにあまり変化が見られなかったため0、5、10、15、20分の計5回に変更した。

<結果>

表の値は同じ条件のもと18個の輪ゴムで実験を行った値の平均値である。

	アルミ	鉄	銅	トタン	金属板なし
0	17.89	18.64	18.33	18.62	18.98
5	18.93	19.57	19.29	19.62	20.03
10	19.12	19.74	19.47	19.78	20.22
15	19.19	19.9	19.6	19.88	20.36
20	19.29	19.95	19.71	19.97	20.45

5分ごとのゴムの長さの表



5分ごとのゴムの長さのグラフ

これらのグラフは18個のデータの平均値である。アルミニウムが一番劣化していて、次に銅、その次に鉄とトタンが同じくらい劣化していて、一番劣化していなかったのは金属板なしである。また、鉄とトタンとの差は小さく、アルミニウムと金属板なしの差は2cm以上で大きかった。

<考察>

参考文献より金属がゴムに劣化を及ぼす元素の影響度は大きい順に銅、鉄、亜鉛、アルミニウムの順である。銅、鉄、亜鉛のゴムに劣化を及ぼす影響度は参考文献通りになったが、アルミニウムのゴムに劣化を及ぼす影響度は銅より大きくなった。実験②の結果や参考文献より、ゴムと金属の関係は周りの環境によって影響されやすいのではないかと考えた。

4. 結論

私たちの実験から日常生活の中では、アルミニウムが一番輪ゴムを劣化させると考えられる。家庭で輪ゴムをフックにかけて、保管している人はもしそのフックがアルミニウムでできているならすぐに輪ゴムがダメになるだろう。では、何でできたものがいいか考えたとき、実験②での金属板なしはプラスチックトレイに直接置いているので、プラスチックと接していることになるが、実験②の結果では、金属板なしが一番劣化を促進していないので、輪ゴムをつるすフックはプラスチックがいいかもしれない。

また、ゴムの劣化は金属によって促進されるといえるが、温度や湿度、紫外線などの環境によって大きく左右されると考えられる。

5. 今後の課題

今回の研究では、輪ゴムの伸びで劣化を比較したので、顕微鏡で見たい目の違いも見てみたい。また、実験①では外的要因が大きく影響したので、断念せずに続けていくために、温度以外の環境を一定に保てるような工夫をしたい。

6. 参考文献

- 1) 酒井芳樹：輪ゴムに接触する金属の違いによる劣化の変化
https://www.chiba-c.ed.jp/funako/fttp_kousin/ssh/research/2017/2017_11c6.pdf
- 2) 大武義人：腐食と劣化(6)合成樹脂(ゴム・プラスチック)の劣化評価・分析手法、空気調和・衛生工学 第80巻 第1号(2005)、http://www.shasej.org/gakkaishi/0601/0601_kouza.pdf
- 3) 本間精一：プラスチックの実用強さと耐久性(7)、三菱化学 プラスチックス Vol.55, No.4 (2004)