

輪ゴムに接触する金属の違いによる劣化の変化

The Difference in the Degree of the Rubber Bands' Deterioration Caused by Different Kinds of Metals

千葉県立船橋高等学校理数科 3 年

酒井芳樹

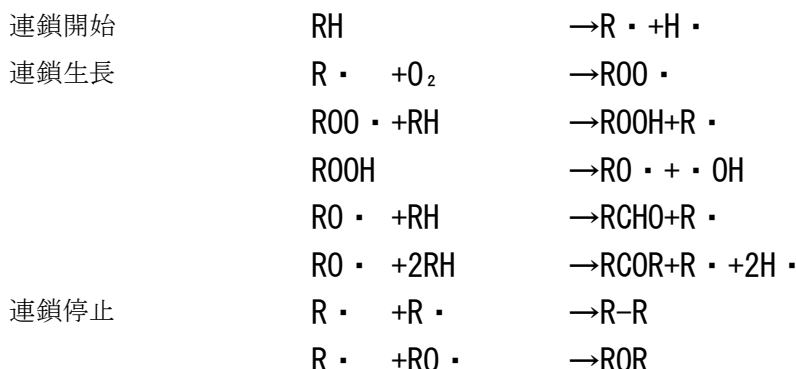
目的

ゴムやプラスチックは、熱や湿度、また、紫外線など様々な要因で劣化が促進されることが知られている。その要因の 1 つに、金属との接触による劣化促進がある。今回の研究では、接触する金属の違いによって劣化の度合いがどのように変化するか、という観点から、金属接触による劣化促進作用の重要性を鑑みることが目的として、実験を行った。

* ゴムやプラスチックの劣化の原理

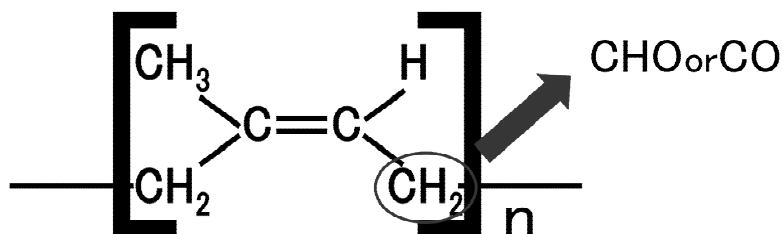
ゴムやプラスチックは、自然状態でも熱や酸素が存在すれば、自動的に劣化が起こる。これを、自動酸化反応という。ここでいう劣化とは、ゴムやプラスチックのポリマーが、酸化されることである。このポリマーの自動酸化反応の化学式は、以下のように表される。

自動酸化反応

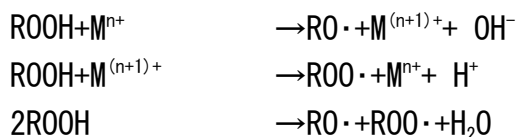


連鎖生長の最後の 2 つの反応が起こるとき、ポリマー(R)は、酸素(O)を含む形で安定し、酸化される。これがすなわち劣化である。

今回の研究では、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($[C_5H_8]_n$)である。



そして、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。それによって、ポリマーの自動酸化反応が促進される。



実験(1)は、金属の種類の違いによる、劣化促進作用の程度の違いを調べることを目的として、実験を行った。

実験(2)は、金属による劣化促進作用が、時間経過に伴って、どのように変化していくのかを調べることを目的として、実験を行った。

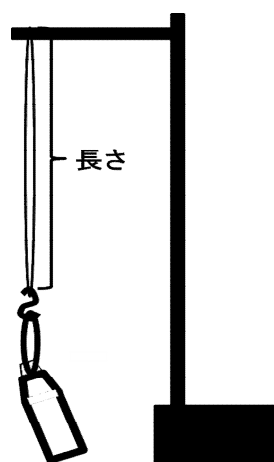
～実験(1)～

方法

- ① 約 5cm 四方の銅・鉄・鉛の金属板を用意し、それらをペトリ皿に置く。
- ② それらの金属板の上に輪ゴムを乗せ、そのうちの半分には、もう 1 枚同じ種類の金属板を乗せる。このとき、輪ゴムが金属板に、片面か両面で接触している状態である。
- ③ それらのペトリ皿を、25℃または 45℃に設定したインキュベーターに入れ、2 週間放置する。
- ④ 2 週間後、処理した輪ゴムを鉄製スタンドに吊るし、500g のおもりを S 字フックで輪ゴムに掛け、長さを 5 分ごとに 30 分間測定する。

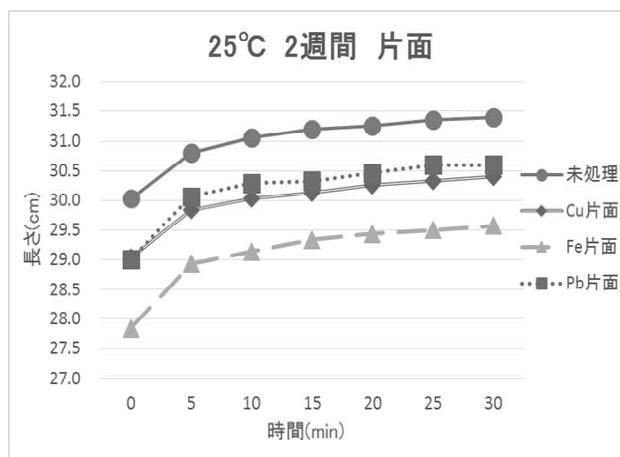


金属との接触状態

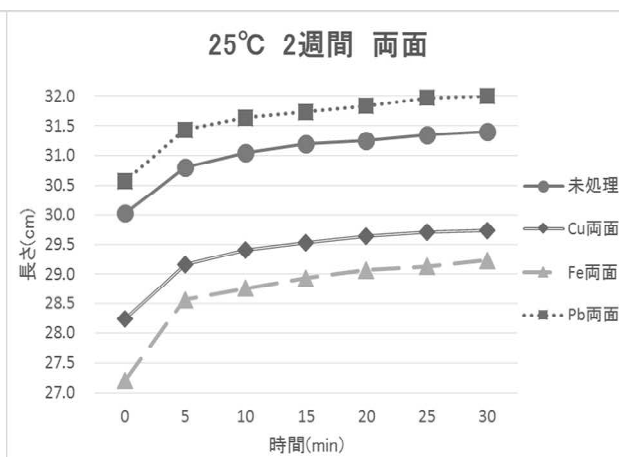


測定方法

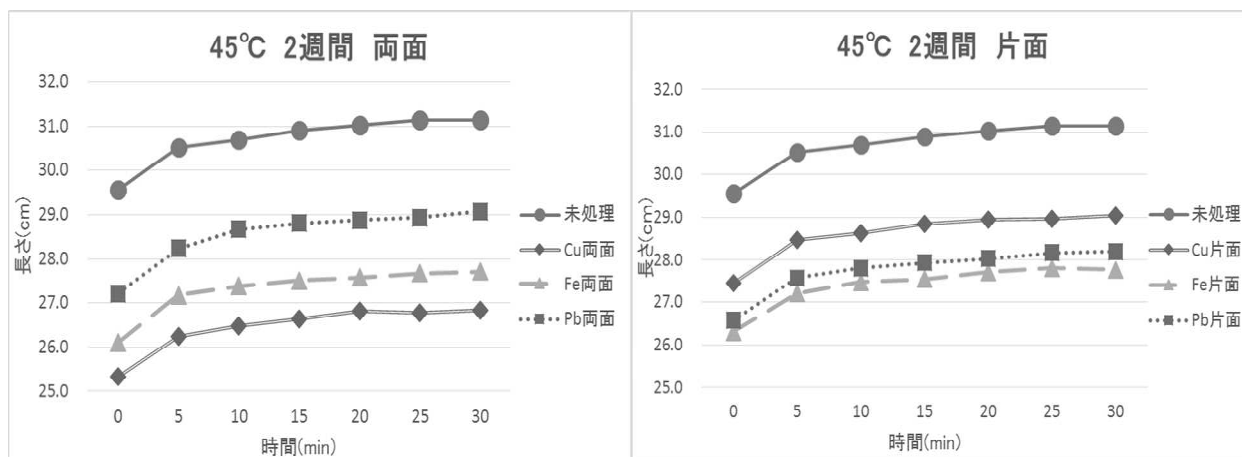
結果



25℃片面では、金属接触がすべて、未処理の長さを下回った。また、長さが短い順に並べると、鉄、銅、鉛となった。銅と鉛の長さの違いが小さかった。



25℃両面では、鉛が未処理より長くなった。しかし、鉄と銅は未処理より約 2～3cm 短くなった。金属接触を長さが短い順に並べると、鉄、銅、鉛の順番になった。



45°C片面では、すべて未処理より約 2～3cm 短くなった。順番は長さが短い順に、鉄、鉛、銅であった。鉄と鉛との差が小さかった。3 種類の金属すべてが未処理との差が 2cm 以上だった。

45°C両面では、すべてが未処理より約 2～4cm 短くなった。順番は、長さが短い順に、銅、鉄、鉛であった。

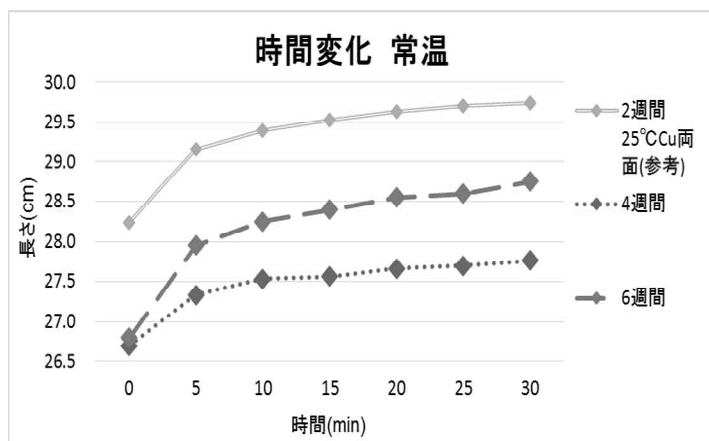
(未処理は n=3, 金属接触は n=6)

～実験(2)～

方法

- ① 銅板と両面接触している輪ゴムを用意し、ペトリ皿に置く。
- ② それらのペトリ皿にサランラップをかけて、4 週間または 6 週間、常温で放置する。
- ③ 4 週間または 6 週間放置した輪ゴムを、実験(1)と同じ方法で測定する。

結果



6 週間放置の 3 個の試料のうちの 1 個が、500g のおもりを吊るしてすぐに切れてしまった。よって、6 週間放置は 2 個平均の値である。他は 3 個平均の値である。

0 分後の長さはどちらもほぼ同じであった。しかし、30 分後では、6 週間のほうが、4 週間より約 1cm 長くなった。2 週間の結果を参考にすると、0 分後の長さが約 1.5cm 短くなっている。

考察

～実験(1)～

長さが短い順に並べた結果が 1 つに定まらなかった。全体的に鉄が最も短いように見える。銅と鉛を比べると、鉛のほうが比較的長くなっているように見える。したがって、長さが短い順に、鉄、銅、鉛という順番になっているのではないかと考えられる。

また、全体的に金属接触のほうが、未処理の輪ゴムよりも長さが短くなった。ポリマーの自動酸化反応は、ポリマー同士が架橋することで終了する。架橋とは、ポリマー同士が連結される反応である。そのため、劣化が進むと架橋反応を起こし、輪ゴムは柔軟性を失っていくものと思われる。よって、輪ゴムは長さが短いほど、劣化していると考えられる。

25℃両面の鉛のグラフだけが、未処理を上回った。その理由として、ポリマーの自動酸化反応に、酸素が大きく関わっていることが考えられる。両面で接触していると、その分空気への接触面積が小さくなる。そのため、鉛に接触させることによる劣化の促進よりも、空気に触れずに劣化が抑制される度合いのほうが大きかったためであると考えられる。

～実験(2)～

6 週間放置のほうが、4 週間放置より 30 分後の伸びの差が大きくなった。放置する期間が長くなったことで劣化が進み、輪ゴムの元の状態に戻ろうとする力が弱まったのだと考えられる。

結論

金属接触による劣化促進反応は起こっていると考えられる。しかし、接触する金属の違いによる劣化促進作用の度合いの違いは、温度や接触状態などの環境に大きく左右されることが考えられる。

今後の課題

紫外線や湿度などの、様々な環境要因も含めて、金属接触による劣化促進作用が成り立つのか、そしてどの程度影響してくるのかを調べたい。今回は 3 種類の金属を用いて実験を行ったが、今後は金属の種類を増やして実験していきたい。また、今回は 2 週間より長い期間放置する実験を銅以外で行わなかったため、今後は他の金属でどのような違いがあるのかを調べていきたい。

参考文献

- 1) 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)
- 2) 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 Vol. 55, No. 4 (2004)

反省感想

私がこの研究を通して、一番頭を悩ませたのは、劣化の測定方法についてである。今回、私は劣化という言葉キーワードとして置きながら研究を進めていったが、「劣化」という言葉を一概に説明するのは困難である。それは、測定にとっても同じことで、表面の硬度を比べるのか、密度を比べるのか、または原子レベルで比べるのかによって、結果は違ってくる。また、高校でできる範囲も限られており、例えば、値段が何千万円もする機械で、輪ゴムの分子構造を解析するようなことは不可能である。今回は、自作の器具を用いて実験を行ったが、この実験の結果が果たして本当に劣化の状態を示しているのかを証明する手段は持ち合わせていない。しかし、輪ゴムのある側面における劣化についての結果であるとは考えている。今回は 1 パターンの測定方法でしか実験を行わなかったため、他の様々な側面からの輪ゴムの劣化へのアプローチ方法を用いて、より高い精度の劣化についての議論ができれば良かったと思う。