

## 異なる金属の接触による輪ゴムの劣化速度の違い

## Deteriorating Speed of the Rubber Band upon Contact with Different Metals

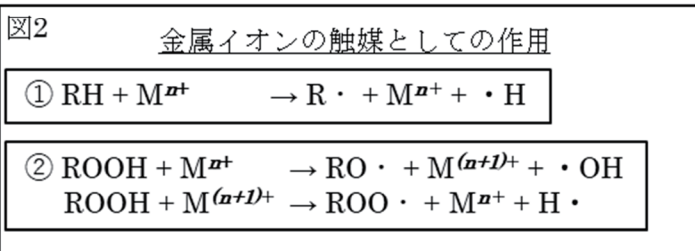
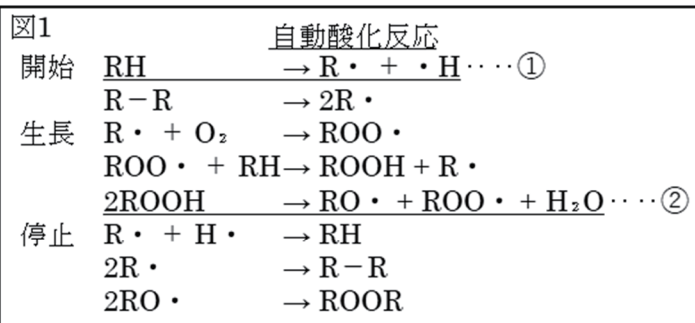
千葉県立船橋高等学校理数科 3 年

酒井 活人 松尾 麟

## &lt;はじめに&gt;

天然ゴムを含むポリマーは一度光や熱からエネルギーを受けて酸化が始まると、連鎖的に進む。(図 1)

結果として分子量が増加した場合は硬化、減少した場合は軟化することになる。この物性の変化は劣化の一種であり、金属イオンは図 1 の①、②に対してそれぞれ図 2 の①、②のように触媒として酸化を促進させる、すなわち劣化を促進させることが知られている。



これに関して H28 年度に船橋高校では、「輪ゴムに接触する金属の違いによる劣化の変化」というテーマでの研究をしている。このとき、輪ゴムの劣化を身近な道具を用いて測定する方法に苦心したが様々な誤差要因が絡み、金属ごとの劣化の度合いに有意な差は確認できなかったと結論付けていた。

本研究では先行研究に引き続き、天然ゴムから作られる輪ゴムを用いた誤差の少ない劣化測定法の確立を目指し、異なる金属の接触による劣化の度合いの差を明らかにすることで自動車のタイヤ等、日常に散見する天然ゴムと金属の接触という状態をより深く理解し、この問題の重要性を見つめなおすことを目的とする。

## &lt;目的&gt;

金属が接触することで輪ゴムの劣化に与える影響、また、その影響が金属ごとにどう違うかを明らかにする。

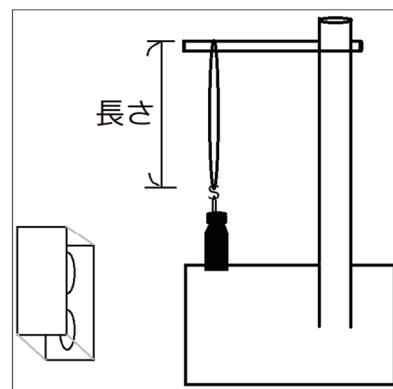
## &lt;実験1&gt;

## 目的1

- 劣化した輪ゴムの挙動を確認する。
- Cu, Al, Zn の影響力の違いを明らかにする。

### 方法 1

1. 輪ゴムに Cu 板、Al 板、Zn 板をそれぞれ挟み、各金属板と両面で接触している状態にする。
2. 30℃ 一定のインキュベーターに入れて一定期間(4 日間、1 週間、3 週間、4 週間)放置する。
3. 放置後、輪ゴムを鉄製スタンドに掛け、500g のおもりを吊るし、そのときから 8 分後の輪ゴムの長さを測る。
4. 未処理の輪ゴムと金属接触させた輪ゴムを期間別、接触させた金属別に、伸びた割合を比較する。



金属との接触 長さの計測

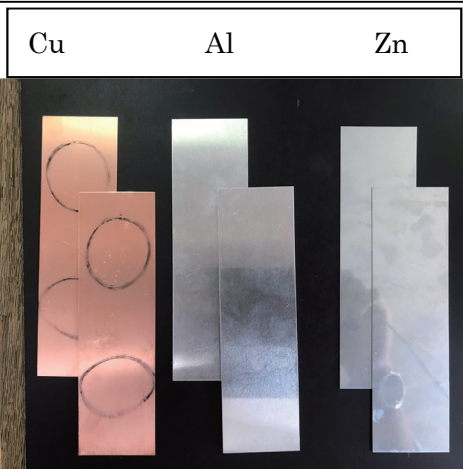
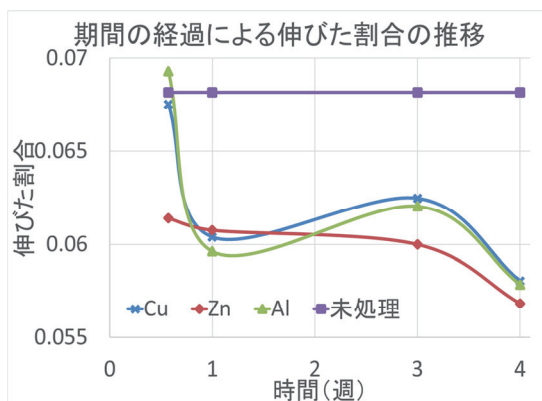
この実験を行う際、同じ処置をした場合でも長さに差がみられた。その原因の 1 つに、各輪ゴムの円周の差があると考え、下のように処理して実験を行った。

$$\text{8分時に伸びた割合} = \frac{\text{8分時の長さ} - \text{0分時の長さ}}{\text{8分時の長さ}}$$

この実験における劣化している度合いの測定法

未処理の輪ゴムの伸びた割合と金属接触させた輪ゴムの伸びた割合の差を求め、その絶対値が大きいほど劣化しているとした。

### 結果 1



未処理は 8 本の輪ゴムの平均、その他は 2 本の輪ゴムの平均である。

金属接触した輪ゴムは期間が経過するほど伸びた割合が小さくなる傾向があった。

伸びた割合は、各期間で比較すると  $Zn < Al < Cu$  となる傾向があった。

Cu 板と輪ゴムが接している部分は黒色化した。Zn 板、Al 板は色の変化が無かった。

輪ゴムごとの個体差が大きかった。

### 考察 1

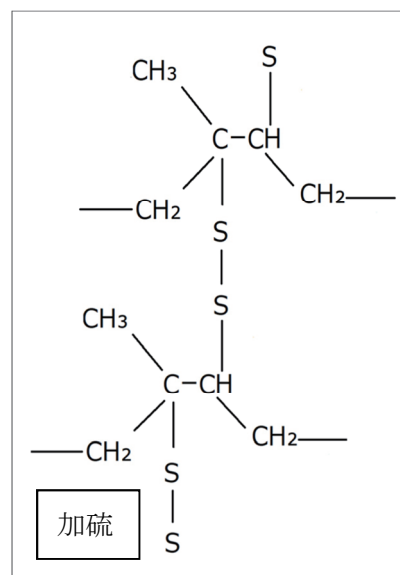
今回の輪ゴムにおける劣化は硬化による劣化だと考えられる。

劣化の促進作用の大きさは、輪ゴムの個体差を考慮すると  $Zn > Al \approx Cu$  と考えられる。

銅が黒色化した理由の一つの可能性として加硫によって加えられていた硫黄と化合したからと考えられる。

→銅のみが変色したのは溶解度積との関係からではないか。  
 酸化の可能性も十分にあり検証が必要である。  
 硫化だとすると加硫によって形成されていた架橋構造が切断され軟化しているので、酸化による劣化を上手く測定できていないということが考えられる。

加硫とは、天然ゴムの二重結合部分に硫黄を結合させることで弾性を高めるという工業的に一般的な操作。



まずは正確なデータを得るために輪ゴムの個体差を減らそうと考え、次の実験を行った。

## 〈実験 2〉

### 目的 2

- ・ 正確なデータを得られるようにする。

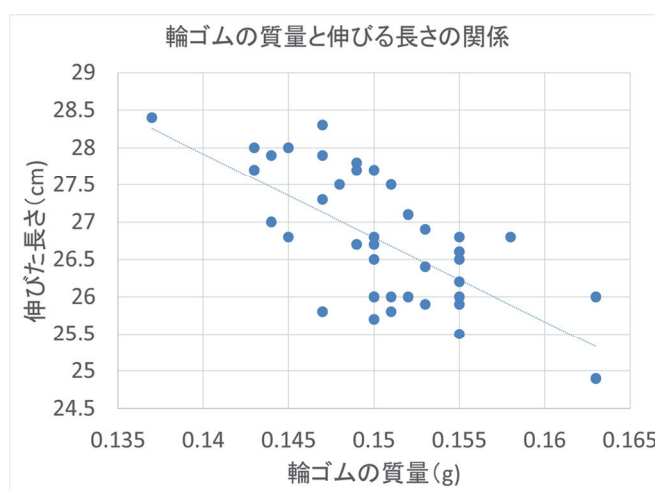
### 方法 2

輪ゴムの質量を測定した後、方法 1 の 3. における 0 分時の長さを計測した。

### 結果 2

相関係数=-0.66

弱い負の相関がみられた。



### 考察 2

円周の違いによる影響よりも太さの違いによる影響のほうが大きかったのでこのような結果になったと考えられる。

ただし、円周の違いがあったかどうかはこの結果からはわからないのでこれ以降も変化の長さを使って比較する。

質量を固定して実験を行うことで、輪ゴムの太さによる誤差を軽減できると考え、次の実験を行った。

## 〈実験 3〉

### 目的 3

- ・ Fe の影響力を明らかにする。
- ・ 輪ゴムの質量を測ることで、より正確な値をとれるかを検証する。

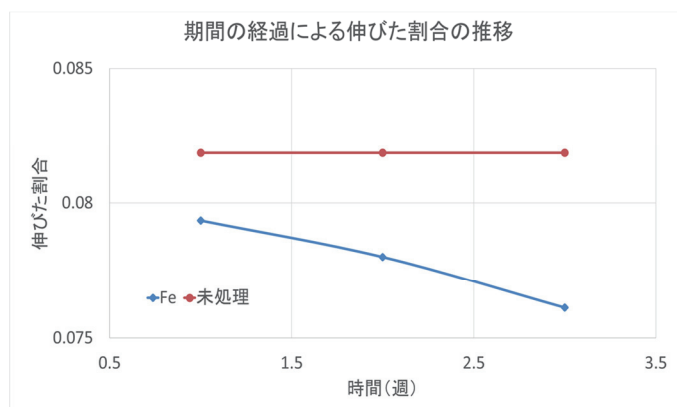
### 方法 3

方法 1 と同じ(期間は 1,2,3 週間)

### 結果 3

Fe、未処理ともに 4 本の平均である。  
他の金属と同様に、割合は徐々に小さくなっていった。

各データの値が実験 1 に比べて安定していた。



### 考察 3

伸びた割合の変化の量が、実験 1 よりかなり小さかった。質量の固定によるものなのか、Fe の促進作用が小さいからなのかは検証が必要である。

### <結論>

Zn, Cu, Al, Fe と輪ゴムが接触しているとき、劣化は促進されており、劣化するほど硬質化する。また、劣化の促進度は、 $Zn > Al \approx Cu$  である。

### <参考文献>

- ・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)
- ・H28 年度船橋高校課題研究：輪ゴムに接触する金属の違いによる劣化の変化

### <感想>

本研究を進めるうえで最も苦労したことは、各輪ゴムの個体差を考えつつも劣化の度合いを正確に比較することである。ポスター発表時にはそれについて多くの意見を交換した。そして頂いた意見を学校で試してみて効果があった時、研究の面白さを感じた。一方で、輪ゴムを放置する期間が長いため計画的に実験をしていかなければならないのに、それができずにまだまだ課題が残る状態で終わったことには反省が残る。例えば、測定時の気温や湿度による影響、鉄も含めた金属ごとのさらに正確な比較、本来触媒として作用するはずなのに黒色化した銅板についてさらに深く実験、考察ができるだろう。

課題研究では普段の勉強とは違い答えがなく、自分で見つける必要がある。また、実験の方法や考察も自分で考えていく。うまく研究が進まない時、これでいいのだろうかと不安が募る。普通の高校生活ではこのような経験はあまりできないだろう。しかしこの経験を通して、人間として成長した部分はあると思う。この経験を忘れずに、反省を生かして、これからも生活していきたいと思う。